বিদ্যুৎ-তত্ত্ব শিক্ষক

প্রণেতা

শ্রীশৈলজাপ্রসাদ দত্ত ; এল, এম, ই।

মেক্যানিক্যাল ইলেকট্রিক্যাল ও অটোমবাইল ইঞ্জিনিয়ার,

Rector of the Indian Automobile Institute, Engineer of the Advance Auto Engineering Works and Author of Several Technical Publications.

&

শ্রীসুনীল কুমার মিত্র ; বি, এস-সি।

Teacher of Science & Mathematics.

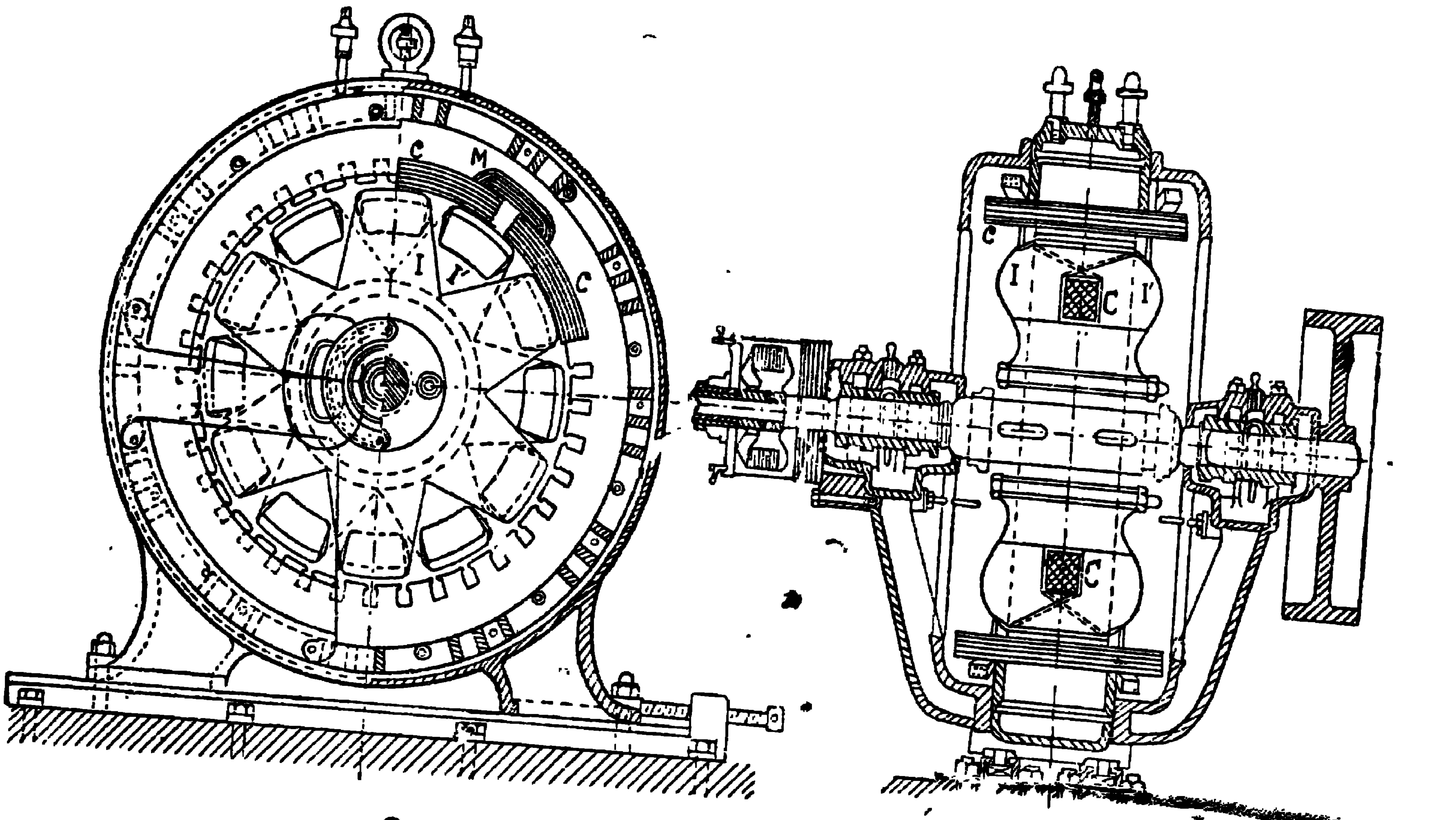
Published by the Authors 181, Maniktala Street, Calcutta.

Printed by L M Bose, at the Kohinoor Printing works.

108, Amherst Street, Calcutta.

1828

[Price Rs. 3-8.] [*All Rights Reserved*]



আধুনিক অল্‌টারনেটিং কারেণ্ট জেনারেটর

গ্রন্থকারের অপরাপর পুস্তক

সচিত্র মোটর শিক্ষক।

(বাঙ্গালা ভাষায়—৪র্থ সংস্করণ) ৩৮৪ পৃষ্ঠা ২২৫ চিত্র সহ।

মূল্য ২৷৷৹ টাকা, ডাকমাশুল স্বতন্ত্র।

ইহাতে মোটর গাড়ীর যাবতীয় জ্ঞাতব্য বিষয় সরলভাবে বর্ণিত হইয়াছে। বাঙ্গালা ভাষায় ইহাই একমাত্র পুস্তক।

सचित्र मोटर दर्पण।

(হিন্দী ভাষায় ও অক্ষরে) মূল্য ১৷৷৹, ডাকমাশুল স্বতন্ত্র।

ইহাতে মোটর গাড়ীর যাবতীয় জ্ঞাতব্য বিষয় সরল ভাবে বর্ণিত হইয়াছে। হিন্দী ভাষিদিগের শিক্ষার জন্য ইহাই একমাত্র পুস্তক।

सचित्र बिजली दर्पण।

বহুচিত্র সম্বলিত সরল হিন্দী ভাষায় ও অক্ষরে শীঘ্রই প্রকাশিত হইবে। ইহাতে সকল প্রকার বৈদ্যুতিক যন্ত্রের বিষয় বর্ণিত হইয়াছে। হিন্দী-ভাষিদিগের পক্ষে ইহাই একমাত্র পুস্তক।

দি আড্‌ভান্স অটো ইঞ্জিনিয়ারিং ওয়ার্কস্।

৭৫, ৭৬ নং বেণ্টিঙ্ক ষ্ট্রীট, কলিকাতা।

আমরা এখানে সুযোগ্য কর্ম্মচারির দ্বারা সকল প্রকারের মোটর গাড়ী মেরামত করিয়া থাকি, প্রত্যেক গাড়ী আমাদের সুদক্ষ বিচক্ষণ ইঞ্জিনিয়ার স্বয়ং দেখিয়া দেন। প্রত্যেক মোটর গাড়ির মালিকের নিকট আমাদের সবিশেষ অনুরোধ যে তাঁহারা আমাদের কার্য্য পরীক্ষা করেন। যাঁহারা নূতন বা পুরাতন গাড়ী খরিদ বা বিক্রয় করিতে চাহেন তাঁহাদিগকে আমরা ঐ বিষয়ে সাহায্য করিতে পারি।

ভূমিকা।

ভারতে বিদ্যুতের ব্যবহার ও কার্য্যাবলী কিছু নূতন অথবা বিস্ময়াত্মক বিষয় নহে। বিদ্যুৎ সম্বন্ধীয় বিজ্ঞান চর্চ্চা পৌরাণিক কাল হইতেই ভারতের নিজস্ব ব্যাপার বলিয়াই প্রকাশ আছে। পৌরাণিক যুগে বৃত্রাসুর সংহারের নিমিত্ত দধিচী মুনির অস্থি ও চর্ম্মসার লব্ধ বুদ্ধি, বিদ্যা ও জ্ঞান লইয়া বজ্রের ব্যবহার করিতে ইন্দ্র প্রভৃতি সুরেরা শিক্ষা লাভ করিয়াছিলেন।

"এ জীর্ণ পঞ্জর অস্থি পঞ্চভূতে ছার
না হ'য়ে অমরোদ্ধারে নিয়োজিত আজি।"—'হেমচন্দ্র'

রাম রাবণের যুদ্ধের সময়েও অসুরগণের মধ্যে রাবণের পুত্র মেঘনাদকে মেঘের আড়ালে থাকিয়া বিদ্যুতাস্ত্র ও আগ্নেয়াস্ত্র প্রভৃতি ব্যবহার করিতে শুনা যায়। তখনও তাঁহারা বায়ুযান (Aeroplane) প্রভৃতি মোটর চালাইতেন। সূর্য্য ও সূর্য্যের অধস্থানীয় রাজারা চৌদ্দ ঘোটক যুক্ত রথ অর্থাৎ ১৪ হর্স পাওয়ার যুক্ত মোটরের ব্যবহার করিতেন। বর্ত্তমানকালে দেখা যায় যে ন্যূনাধিক ঐ চৌদ্দ হর্স-পাওয়ারী মোটর গাড়ী সচরাচর সাধারণ কার্য্যের উপযোগী। ভারতবাসীরা চিরদিনই ইতিহাসকে অগ্রাহ্য করিয়া সমস্ত প্রকৃত তথ্য ও ঘটনাবলী রূপান্তর করিয়া কবির ভাষায় শ্রুতি মধুর করিয়া প্রকাশ করিতে প্রয়াসী ছিলেন। তাহাতেই আমাদের দেশের অনেক সত্য ঘটনা রূপান্তর হইয়া গল্পের মধ্যে পরিগণিত হইয়াছে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ঐ সকল সত্য ঘটনা গল্পের মধ্যে নিহিত থাকিয়াও কালের গতিকে সময়ে সময়ে প্রতিভাত হইয়া আমাদিগের চক্ষু ফুটাইয়া দিতেছে। ভগবানের ইহাই অবিচিন্ত লীলা ও খেলা, জগতে সময়ে সময়ে আকস্মিক দুর্ঘটনায় দেশ সকল উৎসন্ন হয় এবং তজ্জন্য অতীতের ঘটনাগুলি স্মৃতিতে পর্য্যবসিত হইয়া কেবলমাত্র আবছায়া হইয়া রূপ কথায় পরিণত হয় ও অজ্ঞানের সন্দেহ উৎপাদন করে।

বিদ্যুৎ যে কি ব্যাপার তাহা বর্ত্তমানকালে এখনও সম্যক্‌রূপে পরিস্ফুট হয় নাই, তবে উহার দ্বারা যে মানবের অসংখ্য কার্য্য সাধিত হইতে পারে এই কথা দিন যতই অগ্রসর হইতেছে ততই সম্যক্‌রূপে পুনরায় উপলব্ধি

হইতেছে। বিদ্যুৎতত্ত্বের শিক্ষার বিস্তৃতি এইজন্য বিশেষ প্রয়োজন। আমাদের দেশে দেশীয় ভাষায় দুই একখানি পুস্তক এ সম্বন্ধে ইহার পূর্ব্বেও প্রকাশিত হইয়াছে বটে কিন্তু এই বিদ্যার প্রভূত বিস্তারের জন্য এই পুস্তকখানি বহুল চিত্র সম্বলিত করিয়া এবং প্রয়োজন মত যে ভাষায় অল্প আয়াসে সকল শ্রেণীর লোক যেরূপে বুঝিতে পারেন সেইরূপ শব্দ ব্যবহার করিয়া পুস্তকখানিতে লিখিত বিষয়গুলিকে পাঠকগণের ও শিক্ষার্থিদিগের সহজে হৃদয়ঙ্গম হইবে বলিয়া সর্ব্বাঙ্গ সুন্দর করিবার চেষ্টা করা হইয়াছে। বিদ্যুৎ সম্বন্ধীয় জ্ঞানের যাবতীয় আবশ্যকীয় বিষয় বর্ত্তমান সময়োপযোগী করিয়া ইহাতে লিখিত হইল। এতদ্ব্যতীত যদি কোন বিষয় প্রয়োজনীয় বলিয়া কাহারও মনে হয় তবে গ্রন্থকারকে জানাইলে ভবিষ্যতে তাহার ব্যবস্থা করা যাইবে।

এই পুস্তকখানি প্রকাশ করিতে যে সকল সহৃদয় মহোদয় ও ব্যবসায়ীগণ সহায়তা করিয়াছেন তাঁহাদিগকে আমরা আন্তরিক কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করিতেছি। তন্মধ্যে ডাক্তার শ্রীযুত একেন্দ্রনাথ ঘোষ এম-এ, এম-ডি (প্রাথমিক চিকিৎসা সাহায্য বিষয় লিখিবার নিমিত্ত), শ্রীযুত রবীন্দ্রনাথ দত্ত, এম-এ, বি-এল (বেতার বার্ত্তাপ্রেরণ বিষয় লিখিবার নিমিত্ত), ইণ্টারন্যাশনাল জেনারাল ইলেক্‌ট্রিক কোম্পানির ইঞ্জিনিয়ার শ্রীযুত মনোরঞ্জন ঘোষ (ব্লক প্রভৃতি দ্বারা সাহায্য করিবার নিমিত্ত), ইণ্ডিয়ান অটোমবাইল ইনষ্টিটিউটের ড্রইং শিক্ষক শ্রীযুত মানগোবিন্দ পাল (নিজের তত্ত্বাবধানে ঐ বিদ্যালয়ের ইঞ্জিনিয়ারিং ক্লাসের ছাত্রগণ দ্বারা এই পুস্তকের শতকরা ৯৫টী চিত্র অঙ্কনের নিমিত্ত), এবং মেসার্স সিংহ কোম্পানির নাম বিশেষ উল্লেখযোগ্য। দি ইণ্ডিয়ান অটোমবাইল ইনষ্টিটিউটের সেক্রেটারী শ্রীযুত আশুতোষ শীল ঐ বিদ্যালয়ের লাইব্রেরী ব্যবহারের ও পুস্তক প্রকাশের সকল বিষয় সহায়তা করায় আমরা তাহার নিকট বিশেষ ঋণী।

সুধী পাঠকবর্গের হস্তে এই পুস্তকের গুণাগুণ বিচারের ভার অর্পিত হইল। ইতি

নিবেদক—

কলিকাতা। শ্রীশৈলজাপ্রসাদ দত্ত

সন ১৩৩৫ সাল। শ্রীসুনীলকুমার মিত্র।

সূচীপত্র।

প্রথম পরিচয়—(১—২৩ পৃষ্ঠা)। পূর্ব্বাভাষ—বিদ্যুতের পরিচয়, শক্তি, চুম্বক ও চুম্বকত্ব, স্বাভাবিক চুম্বক, কৃত্রিম চুম্বক, চুম্বকের ধর্ম্ম, চুম্বক বলের নিয়ম, ভূ-চুম্বকত্ব, নাবিকের দিঙ্ নির্ণয় যন্ত্র, অস্থিতিপ্রবণ সূচ চুম্বক।

দ্বিতীয় পরিচয়—(২৪—৪১ পৃষ্ঠা)। ইণ্ডাক্‌সন বা সম্ভাবন, স্থায়ী ও ক্ষণিক চুম্বক ও রক্ষণ ক্ষমতা, হানিকর সম্ভাবন, মেরুখণ্ড—রক্ষক বা সংযোজক, চুম্বকত্বের অনুমান, বৈদ্যুতিক অনুমান, চুম্বক করণ পদ্ধতি, বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা চুম্বক করণ, চুম্বকত্ব নাশ, চুম্বককর ফল, চুম্বক বলরেখা ও রাজ্য, মেরুর বলরেখা সংখ্যা, কতিপয় চুম্বক রাজ্যের চিত্র।

তৃতীয় পরিচয়—(৪২—৫২ পৃষ্ঠা)। সম্ভাবন দ্বারা লৌহের সন্নিহিত স্থানে বিপরীত মেরু সৃজন, চুম্বকীভবন প্রাখর্য্য, রাজ্য তেজ, চুম্বক করণ বল ও চুম্বকীভবন, প্রেরণ ক্ষমতা ও ধারণ সামর্থ্য, চুম্বকী ভবন রেখা, প্রেরণ ক্ষমতার পরিবর্ত্তন, চুম্বককরণ চক্র, পশ্চাদ্ভবন রেখা, চুম্বক নাশ, চুম্বক টান।

চতুর্থ পরিচয়—(৫৩—৬৩ পৃষ্ঠা)। বিদ্যুৎ বা ইলেক্ট্রিসিটী, স্থানীয় বা ঘর্ষণজাত, বিদ্যুৎ করণ, পরিচালক, অপরিচালক, অর্দ্ধচালক, আকর্ষণ বা নিক্ষেপণ বলের নিয়ম, পোটেন্সাল, গোল্ডলীফ ইলেক্ট্রোস্কোপ।

পঞ্চম পরিচয়—(৬১—৭৭ পৃষ্ঠা)। সম্ভাবন বা ইণ্ডাক্‌সান, মধ্যগের সম্ভাবনী ক্ষমতা, সম্ভাবন আকর্ষণের মূল, ধারণ ক্ষমতা, সঙ্কোচক বা কণ্ডেন্সার, বস্তুগত সম্ভাবনী ক্ষমতা, বৈদ্যুতিক অবরোধ।

ষষ্ঠ পরিচয়—(৭৮—৯৪ পৃষ্ঠা)। বহমান বিদ্যুৎ, সেল—পরমাণু—ই, এম, এফ,—রকম,—পরিচালক,—উত্তেজক, ডিপোলারাইজার, সেলের অনুমান, পোলারিজেসান, লোক্যাল এ্যাকসান।

সপ্তম পরিচয়—(৯৫—১০৮ পৃষ্ঠা)। বাধা বা রেজিষ্ট্যান্স—নিয়ম, বস্তুগত বাধার তালিকা, বাধার উপর তাপের ফল, মিশ্র ধাতু, সারকুলার মিল, তারের গেজের তালিকা, তারের গেজ।

অষ্টম পরিচয়—(১০৯—১১৯ পৃষ্ঠা)। বিদ্যুচ্চালক বল বা ই, এম, ইফ—পি, ডি, প্রবাহ, বাধার সংযোজন—সমান্তরাল, সারি, মিশ্র, সুচারু সংযোগ।

নবম পরিচয়—(১২০—১৩৫ পৃষ্ঠা) প্রবাহের ফল—তাপ—রাসায়নিক, জলের ইলেক্ট্রোলিসিস্, পরিমাণ সম্পর্কীয় নিয়ম, বিদ্যুৎ-রাসায়ণিক-সমবদলী, ইলেক্ট্রোপ্লেটিং, ইলেক্ট্রোটাইপিং

দশম পরিচয়—(১৩৬—১৫২ পৃষ্ঠা)। প্রবাহের ফল,—চুম্বক—চুম্বকরাজ্য, ভাসমান ব্যাটারি, বৈদ্যুতিক চুম্বক, আম্পেয়ারের চুম্বকত্বের অনুমান, প্রবাহের উপর

প্রবাহের বা চুম্বকের ফল, কম্পনশীল কয়েল, বাম হস্ত নিয়ম, বার্লোর চক্র, ভাসমান ব্যাটারি।

একাদশ পরিচয়—(১৫৩—১৬৬ পৃষ্ঠা)। সম্ভাবিত প্রবাহ, দক্ষিণ হস্ত নিয়ম, ফাঁসের মধ্যে সম্ভাবন, চুম্বক দ্বারা সম্ভাবন, প্রবাহবাহী কয়েল দ্বারা সম্ভাবন, স্বীয় সম্ভাবন, লেন্‌জেস্‌-ল, এরাগোর চাক্‌তি, স্বীয় সম্ভাবন হীন কয়েল, ভূ-চুম্বকত্ব দ্বারা সম্ভাবন।

দ্বাদশ পরিচয়—(১৬৭—১৭৮ পৃষ্ঠা)। ইণ্ডাক্সান কয়েল—ভাইব্রেটিং, প্রাইমারী কয়েল ও লৌহখণ্ড, কণ্ডেন্সার, সেকেণ্ডারী কয়েল, নন-ভাইব্রেটিং কয়েল, পরিবর্ত্তক বা ট্রান্স্‌ফরমার, ম্যাগ্নেটো—রোটারী পোল, পোলার ইণ্ডাক্টার, স্থির ইণ্ডাক্টার।

ত্রয়োদশ পরিচয়—(১৭৯—১৯৬ পৃষ্ঠা)। উৎপাদক বা ডায়নামো, আদিম কার্য্যাবলী, রাজ্য চুম্বক, রাজ্যের সহিত ব্রাসের সম্বন্ধ, ভোল্টেজ পতন—আভ্যন্তরিক বাধায়,—আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া, সিরিজ সাণ্ট ও কম্পাউণ্ড ডায়নামো, ওভার কম্পাউণ্ডিং।

চতুর্দ্দশ পরিচয়—(১৯৭—২১৫ পৃষ্ঠা)। রাজ্য চুম্বকের বিশেষ বিবরণ, চুম্বকের মেরু সংখ্যা, চুম্বকের মেরুখণ্ড, এডি-কারেণ্ট—মেরুখণ্ড ও বাহুর ল্যামিনেশান, ল্যামিনেটেড বাহুর অসুবিধা, রাজ্য কয়েল, আর্মেচার।

পঞ্চদশ পরিচয়—(২১৬—২৩৩ পৃষ্ঠা)। আর্মেচারে তার জড়াইবার পদ্ধতি, সংযোজনের পিচ্‌, ল্যাপ ও ওয়েভ্‌ ওয়াইণ্ডিং, ড্রাম-আর্মেচার, আর্মেচার কয়েলের তার, ব্রাস্‌, কমিউটেটার।

ষোড়শ পরিচয়—(২৩৪—২৫২ পৃষ্ঠা)। অগ্রতা ও অগ্নিস্ফুলিঙ্গরদ, ডায়নামোর ই, এম, এফ্‌ হিসাব, বহুমেরু যন্ত্র, ডায়নামোর পারকতার তালিকা, ডায়নামোর রোগ, ডায়নামোর মধ্যে সর্ট সার্কিট, ডায়নামো আর্মেচারের ঘূর্ণন গতি পরিবর্ত্তন পদ্ধতি, রোজেনবার্গ ডায়নামো, একভাব ভোল্টেজ ও অটোম্যাটিক সাণ্ট রেগুলেটার।

সপ্তদশ পরিচয়—(২৫৩—২৬৮ পৃষ্ঠা)। বৈদ্যুতিক গতিদ বা মোটর, ব্যাক ই, এম, এফ, মোটর কর্ত্তৃক সাধিত কার্য্যের পরিমাণ ও পারকতা, রকমারী মোটর, সাণ্টমোটর—গতির হ্রাস বৃদ্ধি, ষ্টার্টার রেগুলেটার, নো-ভোল্ট কাট্‌আউট্‌ ও ওভার-লোড রিলীজ।

অষ্টাদশ পরিচয়—(২৬৯—২৮৮ পৃষ্ঠা)। সিরিজ ও সাণ্ট মোটরের তুলনা, মোটর আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া, অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদের নিমিত্ত ব্রাসের পশ্চাদ্ভবন, মোটরের গতির দিক পরিবর্ত্তন, রিভার্সিং এপারেটাস, ব্যাটারি চার্জ্জিং সুইচ, ষ্টার্টার ও সাণ্ট রেগুলেটারে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ, রকমারী, বৈদ্যুতিক ব্রেক, একাধিক ডায়নামোর একত্রে কার্য্য, অনুশীলনী।

ঊনবিংশ পরিচয়—(২৮৯—৩১৩ পৃষ্ঠা)। সেকেণ্ডারী বা ষ্টোরেজ সেল সেকেণ্ডারী সেলের প্রণালী, পেষ্টেড পাতের রাসায়নিক ক্রিয়া, আকুমুলেটার সংক্রান্ত জ্ঞাতব্য বিষয়, হাইড্রোমিটার, ব্যাটারির ক্ষমতা, অলটারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা ব্যাটারি

চার্জ্জিং, ট্রান্সফর্ম্মার, ব্যাটারি চার্জ্জ করিবার পদ্ধতি, রিভার্সিব্‌ল্‌ সুইচ, মিনিমাম কাট্‌ আউট্‌, ম্যাক্সিমাম্‌ কাট্‌ আউট্‌।

বিংশ পরিচয়—(৩১৪-৩৩৬ পৃষ্ঠা)। পরীক্ষক যন্ত্র—গ্যালভানোস্কোপ, গ্যালভানোমিটার—ট্যানজেন্ট,—সাইন—সাধারণ,—কেল্‌ভিনের মিরার—কেলভিনের অধিক বাধা বিশিষ্ট, এষ্টাটিক—মুভিং বা ঘূর্ণনশীল কয়েল—বলিষ্টিক্‌, নাল্‌ প্রণালী, পোষ্ট অফিস বাক্স প্রণালী, গুরুবাধা পরিমাপ (ল্যাবরেটারী প্রণালী, লঘুবাধা পরিমাপ, এভারাসেডের মেগার, এভারসেডের ডাক্টার, পোটেন্সিও মিটার, পোটেন্সিও মিটার দ্বারা বাধা পরিমাপ, প্রবাহ পরিমাপ।

একবিংশ পরিচয়—(৩৩৭—৩৪৭ পৃষ্ঠা)। সওদাগরি পরিমাপক যন্ত্রাদি—আমমিটার, ভোল্‌ট মিটার, লিপিবদ্ধকারী আমমিটার ও ভোল্‌টমিটার, ওয়াটমিটার; লিপিবদ্ধকারী ওয়াটমিটার; বিদ্যুৎমাপক, ম্যাক্সিমাম ডিমাণ্ড ইণ্ডিকেটার, লৌহ ঘূর্ণনশীল আমমিটার ও ভোল্টমিটার, ডায়নামোমিটার টাইপ আমমিটার ও ভোল্টমিটার, ওয়াট-মিটার, পরিমাণ বা শক্তিমাপক, ম্যাক্সিমাম ডিমাণ্ড ইণ্ডিকেটার।

দ্বাবিংশ পরিচয়—(৩৪৮—৩৬২ পৃষ্ঠা)। ইলেট্রিক বেল,—কন্টিনিউয়াস রিংঙ্গিং, পোলারাইজড বা ম্যাগনেটো বেল, রীলে, ফায়ার এলার্ম বা থার্ম্মোষ্টাট, ফায়ার ইণ্ডিকেটার; বেলরিংঙ্গং ট্রান্সফর্ম্মার, টেলিগ্রাফ, সিঙ্গল নীড্‌ল, মর্স প্রণালী, মর্স প্রিণ্টার, ডুপ্লেক্স টেলিগ্রাফি, ব্রিজ সিষ্টেম, ডিফারেন্সাল প্রণালী টেলিগ্রাফের তার, টেলিগ্রাফ লাইনের দোষ, টেলিফোন, মাইক্রোফোন, টেলিফোনে ইন্‌ডাকসান কয়েলের কার্য্য, ডাকিবার প্রণালী; সেণ্টাল কারেণ্ট সিষ্টেম, অনুশীলনী।

ত্রয়োবিংশ পরিচয়—(৩৬৩—৩৭৫ পৃষ্ঠা)। তার খাটান, ক্লিট দ্বারা তার খাটান, রাওয়াল প্লাগ, ফিউজ, তার, তারের লাইন বিস্তার, সিলিং রোজ, সুইচ, প্লাগ, ফ্লেক্সেবল তার।

চতুর্ব্বিংশ পরিচয়—(৩৭৬—৪০৮ পৃষ্ঠা)। বাতির বিশেষ ফিটিংস বা উপকরণ; আলোকরূপে বিদ্যুৎ শক্তিকে ব্যবহার; বিভিন্ন ফিটিংস, ফ্লাসার; ল্যাম্প বিষয়ক জ্ঞাতব্য তালিকা, আর্ক ল্যাম্প, মারকারী ভেপার ল্যাম্প, বিদ্যুৎ প্রস্তুত উপকরণ, কেবল খাটান, তারের সংযোজনা, বিভিন্ন সুইচ, ফিউজ; পয়েন্টের তার খাটান, বিভিন্ন সংযোজনা, অয়ারিংএর দোষ নির্দ্ধারণ ও সংস্কার, লাইন পরীক্ষা, ইনসুলেসান পরীক্ষা, মেগার ব্যবহার পদ্ধতি।

পঞ্চবিংশ পরিচয়—(৪০৯—৪২৬ পৃষ্ঠা)। ক্ষমতা উৎপাদক, বিভিন্ন অবলম্বন দ্বারা, সওদাগরি বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ, দুইতার প্রণালী, ফীডারে ভোল্‌টেজ পতন, তিন তার প্রণালী, ষ্টোরেজ ব্যাটারি প্রণালী, ডবল ডায়নামো প্রণালী তিন ব্রাসযুক্ত ডায়নামো প্রণালী, ডোব্রোলস্কি তিন তার প্রণালী, অকজিলিয়ারী ডায়নামো প্রণালী, কম্পেনসেটার প্রণালী, ডায়নামো-মোটর প্রণালী, মোটর-ডায়নামো-প্রণালী, ব্যালান্স কয়েল প্রণালী, বুষ্টার।

ষড়বিংশ পরিচয়—(৪২৭—৪৬৪) পৃষ্ঠা)। অল্টারনেটিং কারেণ্টস্, অল্টারনেটিং কারেণ্টর সম্ভাবন গুণ, ট্রান্সফর্ম্মার, ফেজ ডিফারেন্স, চোকিং কয়েল, অল্টার্নেটিং কারেণ্টের প্রবাহ বেগ ও ভোল্টেজ পরিমাপ,ওয়াটমিটার ও পাওয়ার ফ্যাক্টর, অল্টারনেটার, দুইটি অল্টারনেটার প্যারালাল সংযোগ ও সিক্রনাইজার, অল্টারনেটিং কারেণ্ট মোটর, মোটর-জেনারেটার ও কনভার্টার, রোটারী কনভার্টার, কমিউটেটার মোটর, ইণ্ডাকসানমোটর,—দুই ফেজ, তিন ফেজ কারেণ্ট ও মোটর, বহু ফেজ কারেণ্ট সরবরাহ।

সপ্তবিংশ পরিচয়—(৪৬৫—৪৮৩ পৃষ্ঠা)। ইউনিট বা মান স্বরূপ এক এবং পরিমাপ, স্বতঃ সিদ্ধ ইউনিট, দৈর্ঘ্য তাহার তালিকা, ওজন তাহার তালিকা, সময় মাপিবার প্রণালী, স্থান মাপিবার 'একক', আয়তন মাপের 'একক', ধারাস্তকরণ তালিকা, বস্তুর অবস্থা-স্থিতি ও চলন, বেগ, গতি, গতিপরিবর্ত্তন, ধাক্কা, বল,কাজ ক্ষমতা, শক্তি.কল, কলের পারকতা, ওজন, মাধ্যাকর্ষণ, গাঢ়তা, বিভিন্ন দ্রব্যের ঘনতা, আপেক্ষিক গুরুত্ব, চাপ, চাপমান, বায়ু চাপমান,ঘর্ষণ, কোএফিসিয়েণ্ট অফ্ ফ্রিকসান, পিচ্ছিল পদার্থ, তাপ ও তপ্ততা, তপ্ততামান, তপ্ততা মাপের পদ্ধতি, তাপের একক, আপেক্ষিক তাপ, তাপধারণ ক্ষমতা, উত্তাপের উৎপত্তি স্থান, তাপের ফল, বিস্ফারণ হারের তালিকা, ধাতুদিগের বিগলিত হারের উত্তাপাবস্থা, বয়েলিং পয়েণ্ট, অবস্থা পরিবর্ত্তনে আয়তন পরিবর্ত্তন, অদৃশ্য তাপ, বায়বীয় পদার্থের বিস্ফারণ, বয়েল্স্ 'ল', চার্লস 'ল,' এ্যাবসোলিউট, জিরো, চাপ পরিবর্ত্তন হার, সমতপ্ততাবস্থা সমতাপাবস্থা, তাপবল বিজ্ঞান, বিস্ফারণে বায়বীয়ের কার্য্যসাধন, তাপের যাতায়াত বিধি, ক্রমগমন, প্রবাহন; প্রসারণ, ফ্লাস পয়েণ্ট, জ্বালানী দ্রব্যের বা ইন্ধনের উত্তাপ পরিমাণ, ইন্ধনের উত্তাপ শক্তির তালিকা।

অষ্টবিংশ পরিচয়—(৪৮৪—৪৯৬ পৃষ্ঠা)। হর্ষ পাওয়ার হিসাবে ইন্ধনের পরিমাণ, প্রয়োজনীয় অঙ্ক কষিবার নির্দ্দিষ্ট প্রণালী, ইঞ্জিনের ব্রেক হর্ষ পাওয়ার পরীক্ষা, বিভিন্ন উপায়ে হর্ষ পাওয়ার নির্দ্দেশ, হুইটওয়ার্থ প্যাচের তালিকা, মেনসুরেসান ফরমুলা, স্মিথসোনিয়ান টেবল হইতে উদ্ধৃত কতিপয় 'এককের' পরিচয়।

উনত্রিংশ পরিচয়—(৪৯৭—৫০৪ পৃষ্ঠা)। বেতার ও বেতার বার্ত্তা। ক্রীষ্টাল—সিঙ্গল ভালভ—টু ভালভ্-থ্রি ভালভ্ সেট।

নির্ঘণ্ট—(৫০৪—৫১২ পৃষ্ঠা।

প্রাথমিক সাহায্য—(।৶০—॥৶০ পৃষ্ঠা)।

ইলেক্ট্রিক ইঞ্জিনিয়ারিং সিলাবাস ও সাঙ্কেতিক বৈদ্যুতিক চিহ্ন—(॥৶০—৸০ পৃষ্ঠা)

আহত ব্যক্তির প্রাথমিক (চিকিৎসা) সাহায্য।

যদিও বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি চালাইতে হইলে কোন বিপদজনক কর্ম্ম করিতে হয় না, তথাপি মোটর, ডায়নামো বা উহার চালক ইঞ্জিন প্রভৃতি চালাইবার সময় নানা প্রকার দুর্ঘটনা ঘটিয়া থাকে। সেই জন্য ঐরূপ দুর্ঘটনায় সাময়িক চিকিৎসা সম্বন্ধীয় সাহায্য বিশেষ আবশ্যকীয় এবং সে সম্বন্ধে কিছু জানা প্রয়োজন। সাময়িক চিকিৎসা দ্বারা অনেক সময় বহু বিপদ হইতে রক্ষা পাওয়া যায়। এইজন্য যাঁহারা বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি বা ঐ সম্পর্কীয় যন্ত্রাদি ব্যবহার করেন তাঁহাদের জন্য নিম্নলিখিত বিষয়টি লিখিত হইল।

আকস্মিক অবসাদ (Shock) :— বাম আঘাত বা মানসিক দুর্ব্বলতা বা নিস্তেজে দেহ অবসন্ন হইয়া পড়িলে তাহাকে অবসাদ বলা হয়। ইহাতে দেহের তাপ কমিয়া গিয়া হাত পা ঠাণ্ডা হইয়া যায়; নাড়ী দ্রুত ও দুর্ব্বল হইয়া সূতার ন্যায় বহিতে থাকে, স্পন্দনগুলি ঠিক নিয়মিত ভাবে পড়ে না। সমস্ত দেহে বিন্দু বিন্দু ঘাম দেখা দেয়; নিশ্বাস প্রশ্বাস অসমান ভাবে বহিতে থাকে, জ্ঞান থাকিলেও জড়তায় আচ্ছন্ন থাকে, এবং প্রায় নির্জ্জীব হইয়া পড়ে। এই অবস্থায় লক্ষ্য করা আবশ্যক যে দেহের ভিতর কোনও রক্তস্রাব হইতেছে কিনা এবং সেইজন্য কোন চিকিৎসককে দেখান কর্ত্তব্য।

এই অবস্থায় রোগীর মাথা নীচু করিয়া রাখিবে। তাহাকে গরম কাপড়ে (যেমন কম্বল) জড়াইয়া রাখিবে। কাপড় গরম করিয়া হাত ও পায়ে সেঁক দিবে (হারিকেন বা লণ্ঠনের মাথায় বেশ ছোট ছোট কম্বলের টুকরা গরম করা যায়)। কড়া রূপে তৈয়ার করিয়া কফি গরম গরম খাওয়াইবে। ২০।৩০ মিনিট অন্তর ২০।৩০ ফোঁটা করিয়া" স্পিরিট্ এমন্ এরোমাট (Spirit Ammon Aromat) খাওয়াইবে, যদি কোন রক্তস্রাব না হয় (দেহের ভিতরের রক্তস্রাব বাহির হইতে দেখা যায় না, রোগীর নাড়ী ও অন্যান্য দেহের লক্ষণ দেখিয়া বুঝিতে পারা যায়) তাহা হইলে চায়ের চামচের এক চামচ বা কিছু অধিক ব্রাণ্ডি (Brandy) দেওয়া যাইতে পারে, তবে ব্রাণ্ডি না দেওয়াই ভাল। স্মেলিং সল্টের' (Smelling Salt) ঘ্রাণে বেশ ফল হয়। 'অম্লজান' (oxygen) বায়ুর নিশ্বাস গ্রহণ প্রয়োজন হইতে পারে। যদি নিশ্বাস প্রশ্বাস অতি ধীরে ধীরে বহিতে থাকে অথবা একেবারে বন্ধ হইয়া যায় তাহা হইলে কৃত্রিম নিশ্বাস প্রশ্বাস লওয়াইবার ব্যবস্থা করা আবশ্যক। ইতি মধ্যে চিকিৎসককে খবর দেওয়াও দরকার।

অস্থিভগ্ন (Fracture) :— দেহের যে কোন অস্থি ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। অস্থি ভগ্নের প্রধান লক্ষণ যে অঙ্গটির সচলতা সাধারণ ভাব অপেক্ষা অনেক বেশী হইয়াছে (ইহা অন্য পার্শ্বের অঙ্গের সহিত তুলনায় বেশ বুঝিতে পারা যায়) এবং তৎসঙ্গে খুব যন্ত্রনা হয় (আবার কোন কোন সময় যন্ত্রনা থাকে না) ; ঐ অস্থিখানা নাড়িলে কড় কড় শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়। অস্থিভগ্ন সন্দেহ হইলেও তাহাকে অস্থিভগ্ন ধরিয়া চিকিৎসা করা আবশ্যক। কারণ যদি অস্থিভগ্নের নিয়মমত চিকিৎসা না হয়, লোকটী জন্মের মত বিকলাঙ্গ এবং অকর্ম্মণ্য হইয়া যাইতে পারে। আহত অঙ্গটিকে অতি

ধীরে ও সতর্কতার সহিত নড়াইতে হইবে, এবং লোকটিকে কোনরূপে নড়িতে দিবে না। চিকিৎসক ডাকাইয়া তাহার সুবন্দোবস্ত করা দরকার। নিকটে চিকিৎসক পাইবার সম্ভাবনা না থাকিলে অঙ্গটা স্বাভাবিকভাবে রাখিয়া ২।৩ খানা 'বার' (অভাবে বাঁখারী) বা ঐরূপ কাষ্ঠের টুকরা দিয়া বাঁধিয়া আহত ব্যক্তিকে স্থানান্তরিত করিবে। ভিন্ন ভিন্ন অস্থিভগ্নের চিকিৎসার জন্য ভিন্ন প্রকারের কাষ্ঠফলক (বার) ব্যবহৃত হয়। সচরাচর ইঞ্জিন ষ্টার্ট করিবার (ইঞ্জিনে কোন কোন সময় ইগ্নিসানের অগ্রতা হইলে) বিপরীত দিকে ঘুরিয়া যাওয়ায় ষ্টার্টকারির হস্তের কব্জিতে গুরুতর আঘাত লাগিতে পারে (এইরূপ ইঞ্জিনের বিপরীত ঘূর্ণন গতিকে চলিত ভাষায় "ব্যাক দেওয়া" বলে)। অস্থি ভাঙ্গিয়া গেলে উহাকে বার দ্বারা বাঁধা আবশ্যক। নিকটে চিকিৎসক না থাকিলে হস্তের পশ্চাতে ও সম্মুখে দুইখানি বার বা কাষ্ঠের টুকরা দিয়া হস্তটি একটু টানিয়া সমান করিয়া বাধিয়া দেওয়া আবশ্যক। পরে ভাল করিয়া কাষ্ঠ ফলক দিয়া বাঁধিয়া দিবে।

সন্ধি ভগ্ন বা সন্ধিস্থলে অস্থির স্থানচ্যুতি (Dislocation) :— ইহার প্রধান লক্ষণ যে স্বাভাবিক সচলতার হ্রাস হইয়া যায় ও তাহার উপর যন্ত্রণা; সন্ধি ফুলিয়া উঠায় অঙ্গের স্বাভাবিক অবস্থা (অন্যদিকের সহিত তুলনায়) থাকে না, অন্য অঙ্গের সহিত তুলনায় মাপের পরিবর্ত্তন হয়। চিকিৎসক ব্যতীত অপর কাহারও অস্থিভগ্নের চিকিৎসা করা উচিৎ নহে, কারণ এই কার্য্য তত সহজ নহে।

সন্ধির মোচড় (Tortion)।—কোন সন্ধি পাকাইয়া বা মচকাইয়া যাইতে পারে। সন্ধির চারিদিকে যে সুতার মতন বন্ধনী থাকে, তাহাদের কতকগুলি ছিঁড়িয়া যাইতেও পারে। এমন কি চারিদিকের পেশী বা পেশীরজ্জু আহত হইতে পারে। মোটর ষ্টার্টে ইঞ্জিন পশ্চাদ্দিকে চালিত হইয়া সন্ধি মচকাইয়া যাইতে পারে। কোন অঙ্গ মচকাইয়া যাইতে পারে। কোন অঙ্গ মচকাইয়া গেলে তাহাকে একবারে নিশ্চল করিয়া রাখা প্রয়োজন। কাষ্ঠ ফলক দিয়া অথবা ব্যাণ্ডেজ দিয়া তাহাকে বাঁধিয়া রাখিতে হইবে। বরফ জল অথবা ঠাণ্ডাজলের পটি অথবা গরমজলের সেঁক দিবে। সঙ্গে সঙ্গে স্পিরিটে কাপড় ভিজাইয়া তাহা ঐ স্থানের চারিদিকে জড়াইয়া রাখিলে বেশ উপকার হয়। হঠাৎ কোন পেশীর প্রবল চালনা দ্বারা পেশী বা রজ্জু আহত হইতে পারে, এমন কি একেবারে ছিঁড়িয়া যাইতেও পারে। ইহাতে অতিশয় যন্ত্রনা হয়, অঙ্গটা নিশ্চল ভাবে ব্যাণ্ডেজ করিয়া রাখা আবশ্যক, পরে উপযুক্ত চিকিৎসা প্রয়োজন।

দাহ (Burn and scald) :—কোনরূপ উত্তাপে অথবা অতিরিক্ত উত্তপ্ত জলের দ্বারা দেহ পুড়িয়া যাইতে পারে। দাহর পরিমাণ অনুসারে তাহার লক্ষণ সমূহ দেখা দেয়। দাহ ৩।৪ প্রকারের। প্রথম প্রকারের দাহতে চর্ম্ম লাল হয়, এবং কিছু পরে ফোস্কা পড়ে, ইহাতে অতিশয় জ্বালা হয়। দ্বিতীয় প্রকার দাহতে চর্ম্ম এবং ইহার নিম্নস্থ মাংস নষ্ট হয়। দেহের অনেকটা স্থল পুড়িয়া গেলে অথবা মাংস পুড়িয়া নষ্ট হইয়া গেলে প্রাণের বিশেষ আশঙ্কা থাকে। অল্পস্থান পুড়িয়া গেলে, এবং যদি তাহা প্রথম প্রকারের দাহ হয়, সেক্ষেত্রে স্পিরিটে ডুবাইয়া রাখিলে অথবা স্পিরিটে

ভিজান পটি দিয়া বাঁধিয়া রাখিলে জ্বালা কমিয়া যায় এবং ফোস্কা ও পড়িতে পারে। বেশী স্থান পুড়িয়া গেলে নারিকেল তৈল এবং চুনের জলে মিশাইয়া তাহাতে কাপড় ভিজাইয়া দগ্ধ স্থানের চারিদিকে জড়াইয়া দিবে। বাকী চিকিৎসা চিকিৎসকের দ্বারাই করান ভাল। পুড়িয়া যাইবামাত্র সোডি-বাইকার্ব (Sodi bicurb.) জলে গুলিয়া দগ্ধস্থানে লাগাইয়া দিলে সঙ্গে সঙ্গে জ্বালা কমিয়া যায়।

ক্ষত(wound) :—মোটরের কাজ করিতে প্রায় হস্ত ও পদে আঁচড় লাগিতে পারে অথবা কাটিয়া যাইতে পারে। এস্থলে ঘা একটু পরিষ্কার করিয়া তাহাতে 'টিঞ্চার বেনজোইন কোঃ' (Tinch Benjoin Compound) কাপড়ের ন্যায় বিচান তুলা ভিজাইয়া তাহা ক্ষত স্থানের উপর লাগাইয়া দিবে। 'হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড' (Hydrogen peroxide) দিয়া ঘা আগে ধুইয়া লইলে আরও ভাল হয়। অধিক পরিমাণে ক্ষত হইলে ক্ষত স্থান ভাল করিয়া ধুইয়া ফেলিয়া 'বোরিক তুলা' গরম জলে ভিজাইয়া এবং নিংড়াইয়া ফেলিয়া উহার দ্বারা ক্ষত স্থান বাঁধিয়া দিবে। পরে ঐ ঘা ধোয়া কোন চিকিৎসকের তত্ত্বাবধানে করাই ভাল। রাস্তায় ক্ষত হইলে "এ্যান্টি টেটানিক সিরাম ইঞ্জেকসান" (Anti-tetanic Serum Injection) দেওয়া উচিত।

কৃত্রিম উপায়ে নিশ্বাস প্রশ্বাস কারণ (Artificial respiration) :—হঠাৎ তাড়িত প্রবাহ দেহের ভিতর দিয়া গমন করিলে অথবা জলে ডুবিয়া গেলে শ্বাস বন্ধ হইয়া যাইতে পারে। এস্থলে ঐ ব্যক্তিকে কৃত্রিম উপায়ে শ্বাস প্রশ্বাস করান আবশ্যক। জলে ডুবিয়া গেলে একটি পিপার উপর গড়াইয়া নাক মুখ হইতে জল বাহির করিয়া দেওয়া উচিত, তৎপরে ফাঁকা জায়গায় লইয়া গিয়া শ্বাস প্রশ্বাস করাইবে। মুখের ভিতর যদি কিছু থাকে (যেমন পান বা কৃত্রিম দন্ত) তাহা বাহির করিয়া ফেলা উচিত। রোগীকে উপুড় করিয়া শোয়াইয়া মুখ একদিকে ফিরাইয়া দিতে হইবে ; হাত দুইটি লম্বা করিয়া সম্মুখের দিকে বাড়াইয়া দিবে ও একজন জিহ্বাটি টানিয়া ধরিবে। এক্ষণে রোগীর উরুদেশের দুই পার্শ্বে দুই হাঁটু রাখিয়া তাহার উপর উবু হইয়া বসিবে এবং অঙ্গুলিগুলি নিম্নস্থ পাঁজরার উপর বিছাইয়া রাখিবে। বাহুদ্বয় সিধা রাখিয়া ও অঙ্গুলি গুলি সম্মুখের দিকে দিয়া ধীরে ধীরে হাঁটুর উপর ভর দিয়া উঠিয়া সমুদয় দেহের ভার রোগীর উপর দিবে এবং ২।৩ সেকেণ্ড এইরূপ করিয়া পুনরায় ভার ছাড়িয়া দিয়া পূর্ব্বের মতন বসিবে। মিনিটে ১২।১৫ বার এইরূপ করিতে থাকিবে। যতক্ষণ না আপনি নিশ্বাস প্রশ্বাস বহিতে থাকে ততক্ষণ এইরূপ করিতে হইবে। অনেক সময় ২।৩ ঘণ্টা কৃত্রিম নিশ্বাস প্রশ্বাস করান'র পর আপনি শ্বাস বহিতে থাকে, তাহার পর হস্ত ও পদ রগড়াই গরম করিতে হইবে, সর্ব্বদা হৃদয়ের দিকে হস্ত ও পদ ঘসিতে থাকিবে। জ্ঞান হইলে কফি ও চা খাইতে দিবে অথবা "স্পিরিট এমন্ এরোমাট (Spirit Amon Aromat) চায়ের চামচের অর্দ্ধ চামচ একটু জলে মিশাইয়া খাওইয়া দিবে। ইতি মধ্যে একজন সুদক্ষ চিকিৎসককে সংবাদ দেওয়া প্রয়োজন। বৈদ্যুতিক কারখানায় এই সকল দ্রব্যগুলি রাখা কর্ত্তব্য—টিঞ্চার অফ আইওডিন (Tinch Iodine) টিঞ্চার বেনজোইন কোঃ (Tinch Bonzoine compound) কার্ব্বলিক এ্যাসিড (Carbolic

Acid) হাইড্রোজেন পার অক্সাইড (Hydrogen Per oxide) হাইড্রার্জ বিন আইও ডাইড (Hydrarg Bin iodide Tabloid) বোরিক তুলা (Boric cotton) গজ (Guage) ব্যাণ্ডেজ কাপড় (Bandage cloth) তিন ইঞ্চি চওড়া ঌইঞ্চি পুরু এবং এক ফুট লম্বা ৫।৬ খানি কাঠের বার বা পাটি। একটি মেঝার গ্লাস (মাপক পাত্র একটি এক আউন্স গ্লাস।

বলকারক ঔষধ হিসাবে—

স্পিরিট্‌ এমন্‌ এরোম্যাট্‌ ২ আউন্স, ভাইনাম গ্যালিসাই ২ আউন্স

দি ইণ্ডিয়ান অটোমবাইল ইনষ্টিটিউট্‌।

৭৫, ৭৬ নং বেণ্টিঙ্ক ষ্ট্রীট, কলিকাতা।

এই স্থানে ছাত্রদিগের মোটরগাড়ী সম্বন্ধে শিক্ষা দিবার জন্য সুবন্দোবস্ত করা হইয়াছে। যাঁহারা মোটর গাড়ীর কল কব্জা ভালরূপ শিক্ষা করিয়া গাড়ীর রক্ষণাবেক্ষণ ও পরিচালনা করিতে ইচ্ছা করেন এই স্থান তাঁহাদিগের জন্য বিশেষ উপযোগী। মিঃ এস্‌, পি; দত্ত, এল, এম, ই মহাশয় স্বয়ং ছাত্রদিগের শিক্ষার তত্ত্বাবধান করেন। এই ইনিষ্টিটিউটে মেকানিক্যাল ও ইলেকৃট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিংও শিক্ষা দেওয়া হয়। বিশেষ বিবরণের জন্য সেক্রেটারীর নিকট /০ এক আনার ডাক টিকিট সহ আবেদন করুন।

ইলেক্‌ট্রিক ইঞ্জিনিয়ারিং সিলাবাস।

ইলেক্‌টিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষা করিতে হইলে শিক্ষার্থীর নিম্নলিখিত সিলাবাস মত জ্ঞানার্জ্জন করা প্রয়োজন। দি ইণ্ডিয়ান অটোমবাইল ইন্‌ষ্টিটিউটের ছাত্রদিগকে এই মত শিক্ষা দেওয়া হয়।

১। বিদ্যুৎ সম্বন্ধীয় প্রাথমিক জ্ঞান।

২। চুম্বক সম্বন্ধীয় প্রাথমিক জ্ঞান।

৩। চুম্বক ও বিদ্যুতের সম্বন্ধ।

৪। বৈদ্যুতিক বিষয়ক কল কব্জা প্রস্তুত ও তাহাদের চিত্র অঙ্কন।

৫। বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি প্রস্তুতের সামগ্রী সকল ও ব্যবহার।

৬। প্রাথমিক গতি প্রদায়ক গতিদ (মোটর)এর অনুমান ও ব্যবহার।

৭। বৈদ্যুতিক ইউনিট ও হিসাব সমূহের জ্ঞান।

৮। কলকব্জা সমূহের হিসাব সংক্রান্ত অঙ্ক শাস্ত্র।

৯। পরিমাপক যন্ত্রাদির অনুমান, ব্যবহার ও হিসাব।

১০। চলনশীল কলকব্জার অংশ সকলের ব্যবহার ও যত্ন।

১১। বৈদ্যুতিক যন্ত্র সকলের রোগ বিচার ও চিকিৎসা।

১২। আবশ্যকানুযায়ী কলকব্জা বসাইবার হিসাব করিবার জ্ঞান।

১৩। কারখানার কলকব্জা প্রস্তুত ও মেরামতের জ্ঞান।

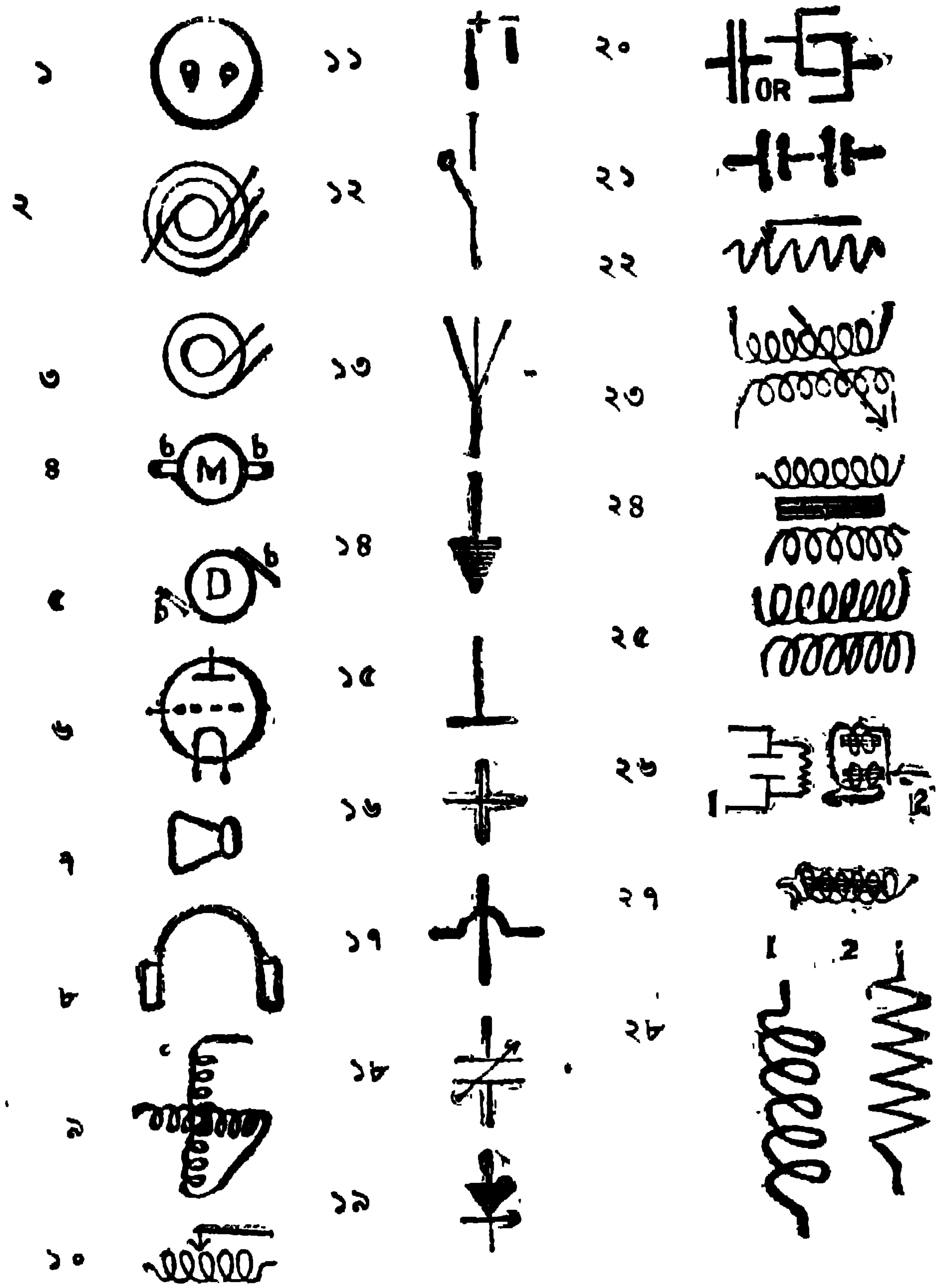
১৪। ব্যাটারি ও তাহাদের ব্যবহার ও যত্ন।

১৫। বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহের উপাদান বিষয়ক জ্ঞান।

১৬। গৃহে বা ঐরূপ কোন স্থানে তার খাটান ও খরচ হিসাব।

১৭। বিদ্যুৎ সংক্রান্ত আইন।

কতিপয় বৈদ্যুতিক ও বেতার সাঙ্কেতিক চিহ্ন



১ পয়েণ্ট। ২ কনভার্টার। ৩ অলটার্নেটার। ৪ D. C. মোটর। ৫ D C., ডায়নামো। ৬ রেডিও ভাল্‌ভ্‌। ৭ মাইক্রোফোন। ৮ হেডফোন। ৯ ভেরিওমিটার। ১০ ভেরিয়েবল ইণ্ডাকটান্স। ১১ সেল। ১২ সুইচ। ১৩ এরিয়াল। ১৪ আর্থ কানেকসান। ১৫ T জয়েণ্ট। ১৬ ক্রস জয়েণ্ট। ১৭ লুপিং বা বিজিং। ১৮ ভেরিয়েবল কণ্ডেনসার। ১৯ ক্রিষ্ট্যাল। ২০ কণ্ডেন্সার। ২১ ব্যাটারি। ২২ পোটেন্সিওমিটার। ২৩ ভেরিয়েবল ইণ্ডাকট্যান্স। ২৪ ট্রান্সফর্মার। ২৫ ইণ্ডাকসান কয়েল। ২৬-১ গ্রিড্-লীক। ২৬-২ বাজ্জার ২৭ চোকিং কয়েল। ২৮-১ ইণ্ডাকটিভ ওয়াইণ্ডিং। ২৮-২ নন ইণ্ডাটিভ ওয়াইণ্ডিং।

বিদ্যুৎ-তত্ত্ব শিক্ষক।

প্রথম পরিচয়।

পূর্ব্বাভাষ।

বিদ্যুৎ-তত্ত্ব লিখিতে বসিয়াছি বটে কিন্তু প্রকৃতপক্ষে বিদ্যুৎ যে কি তাহা এখন পর্য্যন্তও ঠিক হয় নাই, কিন্তু ইহার কার্য্য-কলাপ আজ পর্য্যন্ত বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক ও কূট-নিরীক্ষণকারিগণের দৃষ্টিতে একটা নিয়মিত ক্রম হিসাবে হয় বলিয়া স্বীকৃত হইয়াছে এবং যতই দিন যাইতেছে ততই ইহার ব্যবহার বৃদ্ধির সহিত অনুসন্ধিৎসু ব্যক্তি-গণ দ্বারা ইহার ক্রিয়া কলাপের ধারা নিরীক্ষিত হইতেছে। বিভিন্ন নিরীক্ষকের নিরীক্ষণ ইহার কার্য্যপ্রণালীকে এমন একটা যথার্থভাব পরিণত করিয়াছে যে ইহার বিষয় বিশেষ চিন্তা না করিলেও মনে হয় যে আর ইহার কার্য্যকরী নিয়ম বা ধারার বিষয় কিছু ভাবিবার নাই। ইহার দ্বারা কি কি কার্য্য করান যায় তাহার দিকে লক্ষ্য রাখা এবং বিদ্যুৎ সম্বন্ধে আমাদের কয়েকটি প্রকৃত পরিচয় বলিয়া রাখা প্রয়োজন।

(ক) বিদ্যুৎ ও চুম্বক এই দুইয়ের মধ্যে পার্থক্য বিশেষ নাই, ইহারা একই প্রকারের বলিলেও চলে। (খ) বিদ্যুৎ সম্বন্ধে যাহা কিছু আছে তাহা অনুসন্ধান করিয়া বাহির করা হইতেছে মাত্র, ইহাতে আবিষ্কার করিবার কিছুই নাই। ইহার দ্বারা বিভিন্ন কার্য্য করিবার প্রণালী আবিষ্কৃত হইয়াছে ও হইতেছে। (গ) পৃথিবী নিজেই একটি চুম্বক। চুম্বক ও বিদ্যুতের মধ্যে ঘনিষ্ট সম্বন্ধ থাকা হেতু চুম্বক সম্বন্ধেও আমাদের বিশেষ জ্ঞান থাকা প্রয়োজন।

পূর্ব্বকালে গ্রীক দার্শনিকেরা অবগত ছিলেন যে অাম্বার নামক পদার্থকে ঘর্ষণ করিয়া ছোট ছোট পদার্থের নিকট লইয়া গেলে উহা তাহাদিগকে আকর্ষণ করিতে সমর্থ হইত। সেই আকর্ষণ ক্রিয়া হইতেই ইলেকট্রিক বা ইলেকট্রিসিটী নামের উৎপত্তি হইয়াছে। সে যাহা হউক ইলেকট্রিসিটী বা বিদ্যুৎ, দ্রব্য বা শক্তি এই দুইয়ের মধ্যে কোন নামেই পরিগণিত হইতে পারে না। ইহাকে শক্তিবহনকারী অবলম্বন বলিয়া স্বীকার করা যাইতে পারে। বিদ্যুৎ-তত্ত্ববিদ্গণ বলেন যে বিদ্যুৎ সর্ব্বদা সর্ব্বস্থানে সমভাবে বিরাজিত এবং উহার দ্বারা শক্তি চালনা করিতে হইলে ঐ বিদ্যুৎকে গতি প্রদান করা প্রয়োজন। ঐ গতি প্রদান কার্য্য করিতে হইলে, কোন শক্তির দ্বারা প্রাথমিক গতির সঞ্চার করিতে পারিলে সেই গতির দ্বারা বিদ্যুৎকে গতিদান কার্য্য করান যাইতে পারে। এই বৈদ্যুতিক গতি, বিদ্যুতের সমচাপাবস্থায় বিরাজিত অবস্থা হইতে চাপ পার্থক্য রূপ অবস্থান্তর ঘটাইতে পারিলেই পুনরায় পূর্ব্বাবস্থায় প্রত্যাবর্ত্তনকালে ঘটিতে পারে। ঐ সময় বৈদ্যুতিক গতির দ্বারা বিদ্যুতের গুণধর্ম্মানুযায়ী অনেক প্রকার কার্য্য করাইয়া লওয়া যায়। বিদ্যুৎ-তত্ত্ববিদ্‌দিগের মতে শক্তি সমূহের পরিচয় প্রথমে জ্ঞাত হওয়া প্রয়োজন, যে হেতু শক্তি ব্যয় ব্যতীত কোন প্রকৃত কার্য্য সাধিত হওয়া অসম্ভব। শক্তির পরিচয় দিতে হইলে, কার্য্য করিবার পারকতাকে

বুঝায়। **বিদ্যুতের** পরিচয় দিতে হইলে যাহাতে ঐ শক্তি নিহিত আছে তাহাকে বুঝায়।

যদিও বিদ্যুৎ শক্তি নহে, কিন্তু উহার চাপ-পার্থক্য (pressure difference) ঘটাইতে পারিলে উহার দ্বারা কার্য্য করান যাইতে পারে অর্থাৎ উহা শক্তির রূপ ধারণ করে। সেইজন্য চলিত ভাষায় উহাকে বৈদ্যুতিক শক্তি বলা যায়। সচরাচর যান্ত্রিক শক্তিকেই বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত করা যায়। ডাইনামো প্রভৃতি যন্ত্র, শক্তির এক অবস্থা হইতে বৈদ্যুতিক অবস্থা যাইবার অবলম্বন মাত্র।

যেমন প্রকৃতির শক্তি ভাণ্ডারের জলপ্রপাত অবস্থা হইতে জলপ্রপাত চক্র (water turbine) দ্বারা ঘূর্ণায়মান গতি, ডাইনামো, অলটারনেটার প্রভৃতি 'অবলম্বনে' প্রদান করিলে বৈদ্যুতিক অবস্থা প্রাপ্ত হওয়া যায় তেমন বৈদ্যুতিক মোটরের মধ্যে বৈদ্যুতিক অবস্থার শক্তি প্রদান করিলে উহারা ঘূর্ণিত হইয়া ঘূর্ণায়মান গতি প্রদান করে মাত্র।

শক্তি (Energy) :—শক্তির দুই অবস্থা, যথা—(১) পোটেনস্যাল্, (২) কাইনেটিক্।

পোটেন্স্যাল্ শক্তি (potential energy) :—বস্তুর অবস্থাজনিত যে শক্তির উদয় তাহাকে পোটেন্স্যাল্ শক্তি বলা হয়।

কাইনেটিক্ শক্তি (Kinetic energy) :—বস্তুর গতি জনিত যে শক্তির উদয় তাহাকে কাইনেটিক্ শক্তি বলা হয়।

অবস্থা-জনিত শক্তি, যথা—উত্তোলিত প্রস্তর (বস্তু), উহার পতনাবস্থায় ঐ শক্তির পরিচয় পাওয়া যায়। গতি-জনিত শক্তি, যথা—ইঞ্জিনের ফ্লাই হুইল। যখন ইঞ্জিনের গতি থাকে তখন এই চক্র বা হুইল ঘূর্ণায়মান অবস্থা হেতু শক্তি ধারণ করে এবং যখন ইঞ্জিনের নিজের ঘুরিবার অবস্থা থাকে না, তখন এই চক্রে নিহিত শক্তি, প্রয়োজন কালে, ইঞ্জিনের অংশে প্রদান করিয়া উহার গতি রক্ষা করে।

রসায়ন ক্রিয়ার শক্তি (Chemical encrgy):—রসায়ন প্রক্রিয়ার দ্বারা যে শক্তি বৈদ্যুতিক ব্যাটারি হইতে পাওয়া যায়, তাহা সঙ্গে সঙ্গে বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত হয়। কিন্তু এই প্রক্রিয়ার দ্বারা যে বৈদ্যুতিক শক্তির অবস্থা পাওয়া যায় তাহা এত অল্প ও ব্যয়সাধ্য যে বড় বড় কার্য্য করাইতে হইলে এই প্রণালীতে শক্তির প্রকাশ অসম্ভব মাত্র।

ঘণ্টা বাজান, নিশান প্রেরণ প্রভৃতি করিতে হইলে ঐ প্রণালীতে শক্তি প্রস্তুত করা যাইতে পারে। ইন্ধনের রাসায়নিক শক্তিকে সোজাসুজি বৈদ্যুতিক শক্তির অবস্থায় পরিণত করিতে পারা যায় না। ক্ষমতা প্রস্তুত করিতে হইলে ইন্ধনের রাসায়নিক শক্তিকে প্রথমে উত্তাপ শক্তিতে পরিণত করিতে হয়। সেই উত্তাপ শক্তিকে উত্তাপ ইঞ্জিনের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিতে পরিণত করা যায়, তৎপরে সেই যান্ত্রিক শক্তিকে ডাইনামো প্রভৃতির সাহায্যে বৈদ্যুতিক অবস্থায় লওয়া যাইতে পারা যায়।

শক্তির অবস্থান্তর:—হেমহোলটজ, টমসন, জোল প্রভৃতি বৈজ্ঞানিকগণ স্থির করিয়াছেন যে শক্তিকে প্রস্তুত বা নষ্ট করিতে পারা যায় না কিন্তু এক অবস্থার শক্তিকে অন্য অবস্থার শক্তিতে পরিণত করা যাইতে পারে বা নিজেনিজেই উহা এক অবস্থা হইতে অন্য অবস্থায় পরিণত হইতে পারে। অনেক সময় দেখা যায় যে, যতটা এক অবস্থার শক্তিকে অন্য অবস্থায় পরিণত করিবার চেষ্টা করা যায়, অবস্থান্তরে সম্পূর্ণ ততটা শক্তি পাওয়া যায় না। বরং উহার মধ্যে অনেকটা তৃতীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় ও কাজে লাগিতে নাও পারে, কিন্তু মোটের উপর শক্তির নাশ হয় না। উপরোক্ত রীতি অনুসারে অবস্থান্তর 'লিপ্‌ম্যান" বলিয়াছেন। ম্যাক্‌স্‌ওয়েল্‌ ও ফ্যারাডের মতে, বিদ্যুৎকেও প্রস্তুত বা নষ্ট করিতে পারা যায় না, কিন্তু ইহার সমবিস্তৃতির পরিবর্ত্তন ঘটাইতে পারা যায়। লিপম্যান আরও বলেন যে প্রত্যেক

বৈদ্যুতিক বিকাশের বিপরীত বিকাশ পৃথিবীর কোন না কোন স্থানে থাকিতেই হইবে। সমবিস্তৃতি বিদ্যুৎকে পরিবর্ত্তন করিয়া একস্থানে অধিক ও অপর স্থানে কম চাপাবস্থা ঘটাইতে পারা যায় এবং বিদ্যুতের স্থিতির স্থিরাবস্থা হইতে উক্ত গতিযুক্ত অবস্থায় লওয়া যায় বা নিজেদের মধ্যে আকর্ষণ ও ত্যাগক্রিয়ার দ্বারা ঘূর্ণায়মান গতিতে পরিণত করা যায়। এই সকল বৈদ্যুতিক অবস্থা লক্ষ্য করিলে বুঝা যায় যে আমাদের বিদ্যুৎ প্রস্তুতকারক যন্ত্রসকল এবং ব্যাটারি সকল বিদ্যুৎকে সমবিস্তৃত অবস্থা হইতে পৃথক করিয়া দিবার অবলম্বন মাত্র, এবং এই সকল অবলম্বন দ্বারা অবস্থা পরিবর্ত্তিত বিদ্যুৎ পুনঃ স্বীয় সমবিস্তৃতি অবস্থায় প্রত্যাবর্ত্তন কালে বিভিন্ন কার্য্য সম্পাদন করিয়া থাকে।

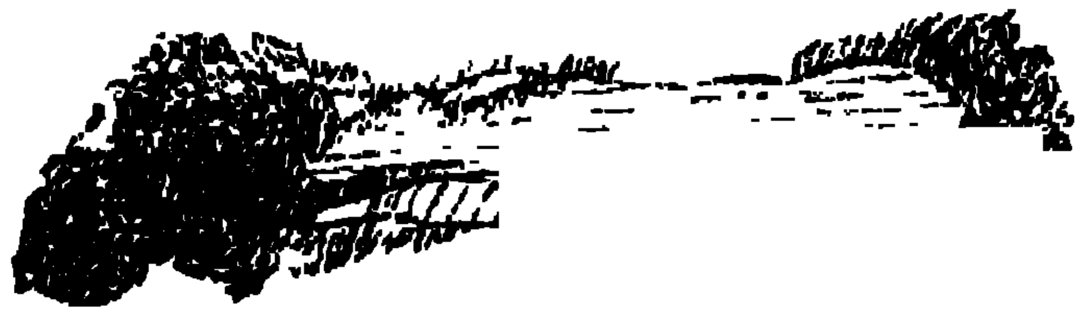
বিদ্যুৎ-তত্ত্বের অল্পদিনের মধ্যে বিশেষ উন্নতি সাধন হইয়াছে। ইহার ব্যবহার, বিভিন্ন বিষয় ও ভিন্ন ভিন্ন প্রকারে হইতেছে এবং তদনুযায়ী যন্ত্র সকলও প্রস্তুত হইতেছে, কাজে কাজেই এই যন্ত্র সকলের প্রস্তুত একটা প্রধান ব্যবসায়ের মধ্যে পরিগণিত হইয়াছে।

একস্থান হইতে বহুদূরে শক্তি বাহিত বা চালিত করিতে হইলে বৈদ্যুতিক শক্তিই একমাত্র অবলম্বন। আলোক জ্বালাইবার জন্য, পাখা চালাইবার জন্য, খনি সকলের মধ্যে বিভিন্ন কার্য্য করাইবার জন্য, তারে সংবাদ পাঠাইবার জন্য, গাড়ি চালাইবার জন্য, রোগের চিকিৎসা করিবার জন্য, বিদ্যুৎ মানবের একটা প্রধান সহায় হইয়া উঠিয়াছে।

আবার সঙ্গে সঙ্গে যতই দিন যাইবে ততই আমরা দেখিতে পাইব যে বিদ্যুতের দ্বারা আরো কত প্রকার অসাধ্য সাধন ঘটিতে পারে। যাঁহারা বিদ্যুৎ-তত্ত্ব বিষয় জানিতে উৎসুক তাঁহাদিগকে আরো উৎসাহিত করিয়া বিশেষ রূপে যতদূর সম্ভবপর হয় ইহার বিচিত্রতার বিষয় অবগত করান হইবে।

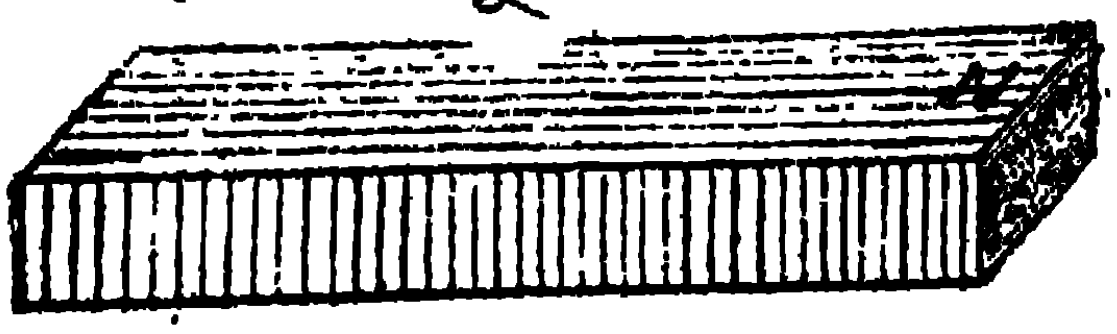
চুম্বক ও চুম্বকত্ব (Magnet and Magnetism.) কোন নির্দ্দিষ্ট দিক অবলম্বনে অবস্থান এবং লৌহ প্রভৃতি কতিপয় দ্রব্যকে আকর্ষণ এই দুই গুণ বিশিষ্ট পদার্থকে "চুম্বক" বলে ও এই গুণদ্বয়কে "চুম্বকত্ব" বলে। চুম্বকত্ব লৌহের মধ্যে অত্যুৎকৃষ্ট ভাবে পরিস্ফুট হয় বলিয়া ঐ পদার্থে চুম্বক প্রস্তুত হয়।

স্বাভাবিক চুম্বক (Natural Magnet.) :—ইহা চুম্বকত্ব বিশিষ্ট একপ্রকার প্রকৃতি-প্রসূত, কঠিন, কৃষ্ণাভ, খনিজ ধাতব পদার্থ। ইহার রাসায়নিক গঠন ($Fe_3 O_4$), ইহাকে লৌহের চুম্বক ভস্ম (Magnetic Oxide of iron.) বলে। ইহা সর্ব্বপ্রথমে এসিয়া-মাইনরের অন্তর্গত ম্যাগ্‌নেসিয়া দেশে পাওয়া গিয়াছিল বলিয়া ইহাকে "ম্যাগনেস্" বলিত ; তাহা হইতে ম্যাগনেট (Magnet) কথাটি হইয়াছে। প্রাচীনকালে খোলা সমুদ্রের উপর দিঙ্‌নির্ণয়ের জন্য নাবিকগণ কর্ত্তৃক ইহা জাহাজে ব্যবহৃত হইত বলিয়া ইহাকে "লৌডিংষ্টোন" বা "লোডষ্টোন" (Load-stone) অর্থাৎ নেতৃ-প্রস্তর বলা হইত। (চিত্র—১) স্বাভাবিক চুম্বক (আকর্ষিত লৌহচূর্ণ সহ), কিন্তু এই স্বাভাবিক চুম্বক অধিক পরিমাণে পাওয়া যায় না, ইহাদের তেজ অধিক হয় না ও আকৃতিতেও বিশেষ সুবিধা জনক হয় না বলিয়া ইহাদের ব্যবহার বিশেষ দৃষ্ট হয় না।



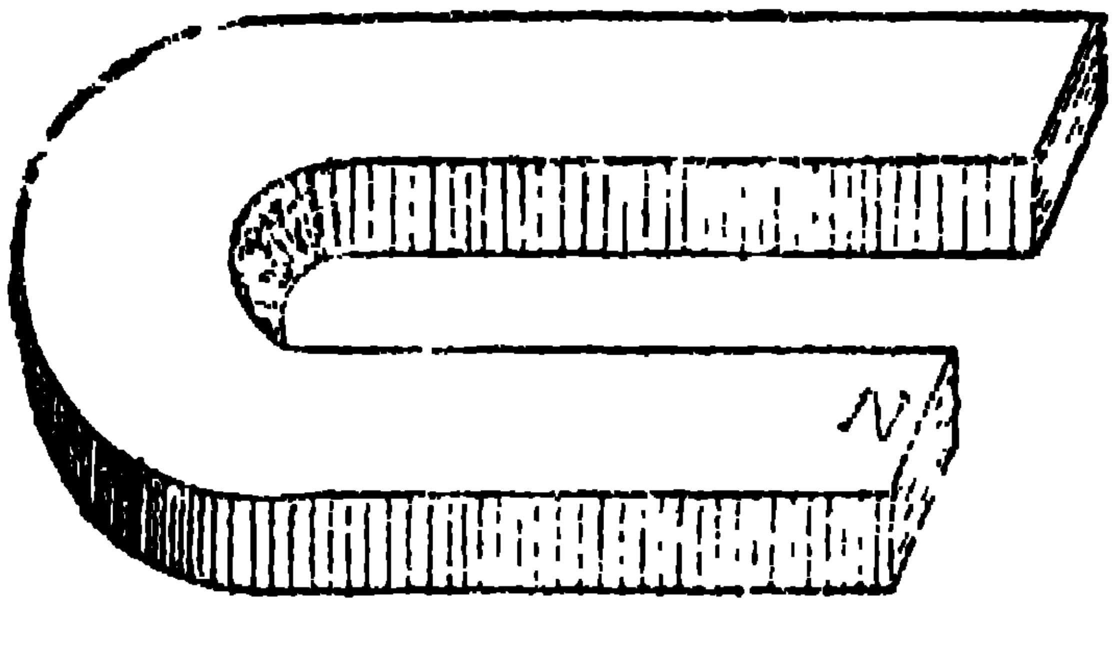
চিত্র—১

কৃত্রিম চুম্বক (Artificial Magnet) :—সুবিধামত ভাবে ব্যবহারের জন্য সুবিধা জনক আকৃতিতে ও প্রয়োজন মত তেজবান্ করিয়া কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত চুম্বককে কৃত্রিম চুম্বক বলে। ইহারা প্রয়োজন অনুসারে দণ্ডের মত (চিত্র—২) (Bar Magnet), অশ্ব ক্ষুরাকৃতি (চিত্র—৩) (Horse-

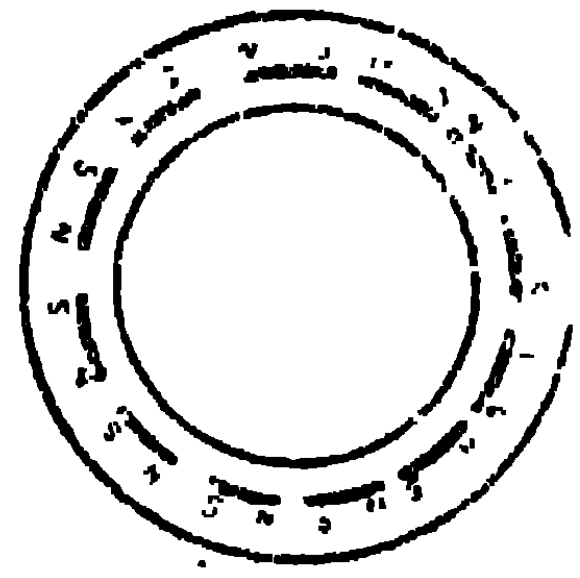


চিত্র—২

Shoe magnet), বলয়ের মত (চিত্র—৪) (Ring magnet) বা সূচের মত (চিত্র-৫) (Magnetic Needle)হইয়া থাকে। ইহাদের প্রস্তুত প্রকরণ



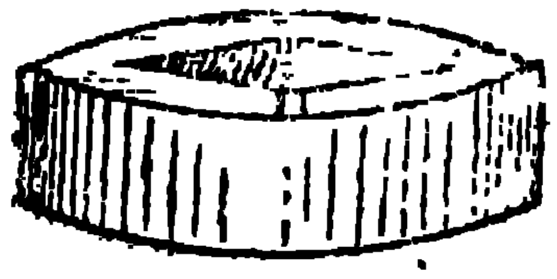
চিত্র—৩



চিত্র—৪

চিত্র—৫

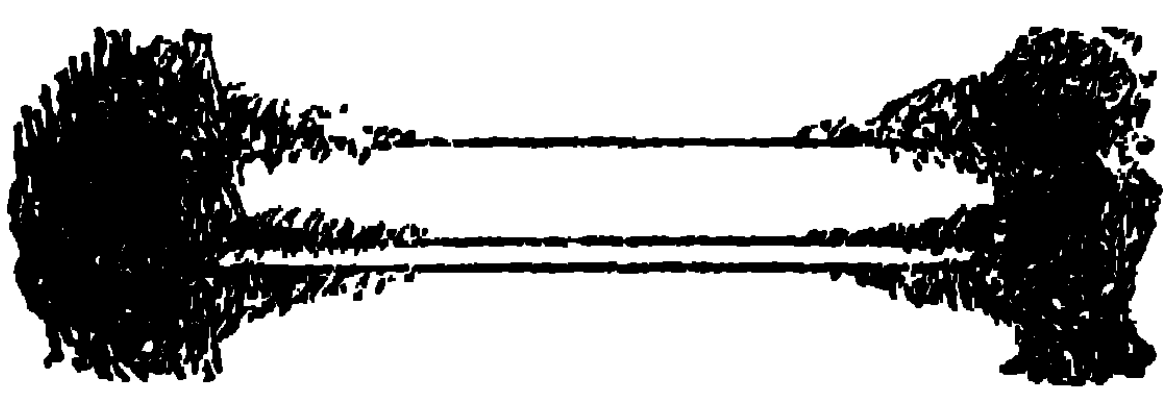
চিত্র—৬



চিত্র—৭

পরে বর্ণিত হইবে। সূচ চুম্বককে একটিখাড়া দণ্ডের উপর খাটাইয়া (চিত্র—৬) বা কাঁচের ঢাকনা বিশিষ্ট কৌটার মধ্যে ছোট ডাণ্ডার উপর খাটাইয়া সূচ-কম্পাস (চিত্র—৭) (Needle Compass) চুম্বকত্ব পরীক্ষা কার্য্যে ব্যবহার হয়।

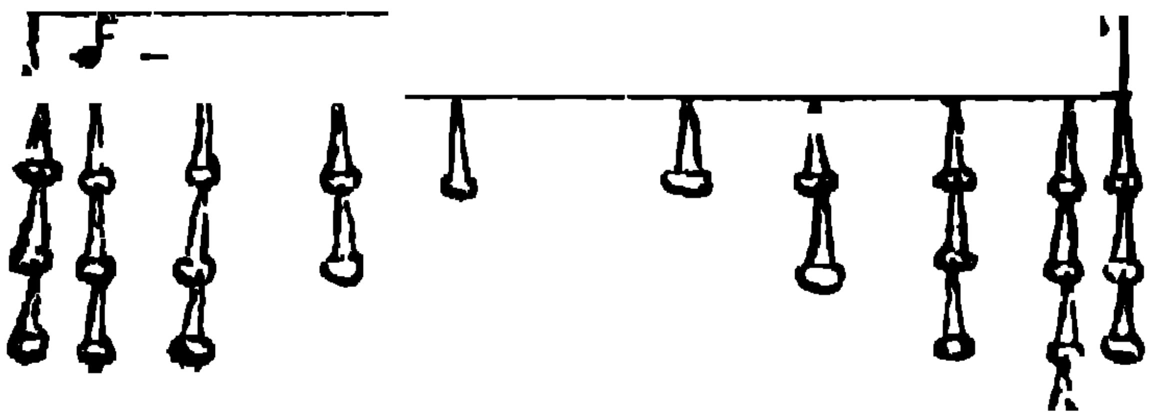
চুম্বকের ধর্ম্ম (Properties of a Magnet) :—(ক) একটি চুম্বককে লৌহচূর্ণে রাখিয়া তুলিলে, প্রচুর লৌহচূর্ণ আকর্ষিত হইয়া উহার গাত্রে লাগিয়া থাকে (চিত্র—৮)।



চিত্র—৮

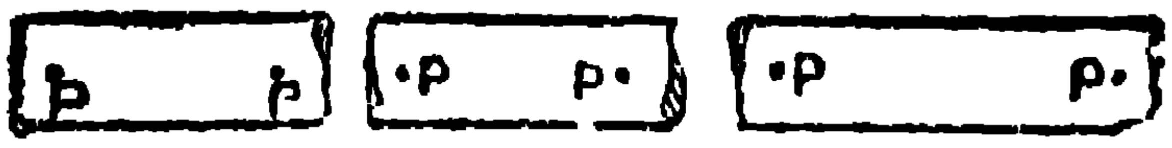
চুম্বকের বিভিন্ন স্থানে এই আকর্ষণ বলের পরিমাণ পরীক্ষা করিতে হইলে, ইহা হইতে ছোট ছোট কাঁটা-পেরেক ঝুলাইয়া দিলে দেখিতে পাওয়া যায় যে চুম্বকের শেষ ভাগদ্বয়ে এই ঝুলায়মান পেরেকের সংখ্যা অধিক, শেষভাগদ্বয় হইতে কিছু অন্তর্বর্ত্তী স্থানদ্বয়ে ইহাদের সংখ্যা সর্ব্বাপেক্ষা অধিক, এবং যতই মধ্যস্থলের দিকে অগ্রসর

হওয়া যায় ইহাদের সংখ্যা ততই কমিতে থাকে ও ঠিক মধ্যস্থলে একটিও পেরেক ঝুলিতে দেখা যায় না। (চিত্র—৯) ইহা হইতে এই প্রতীয়মান হয় যে শেষভাগদ্বয় হইতে কিছু অন্তর্বর্ত্তী স্থানে চুম্বকতেজ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক। এই স্থানদ্বয়কে চুম্বকের মেরু বা পোল (Pole) বলে।

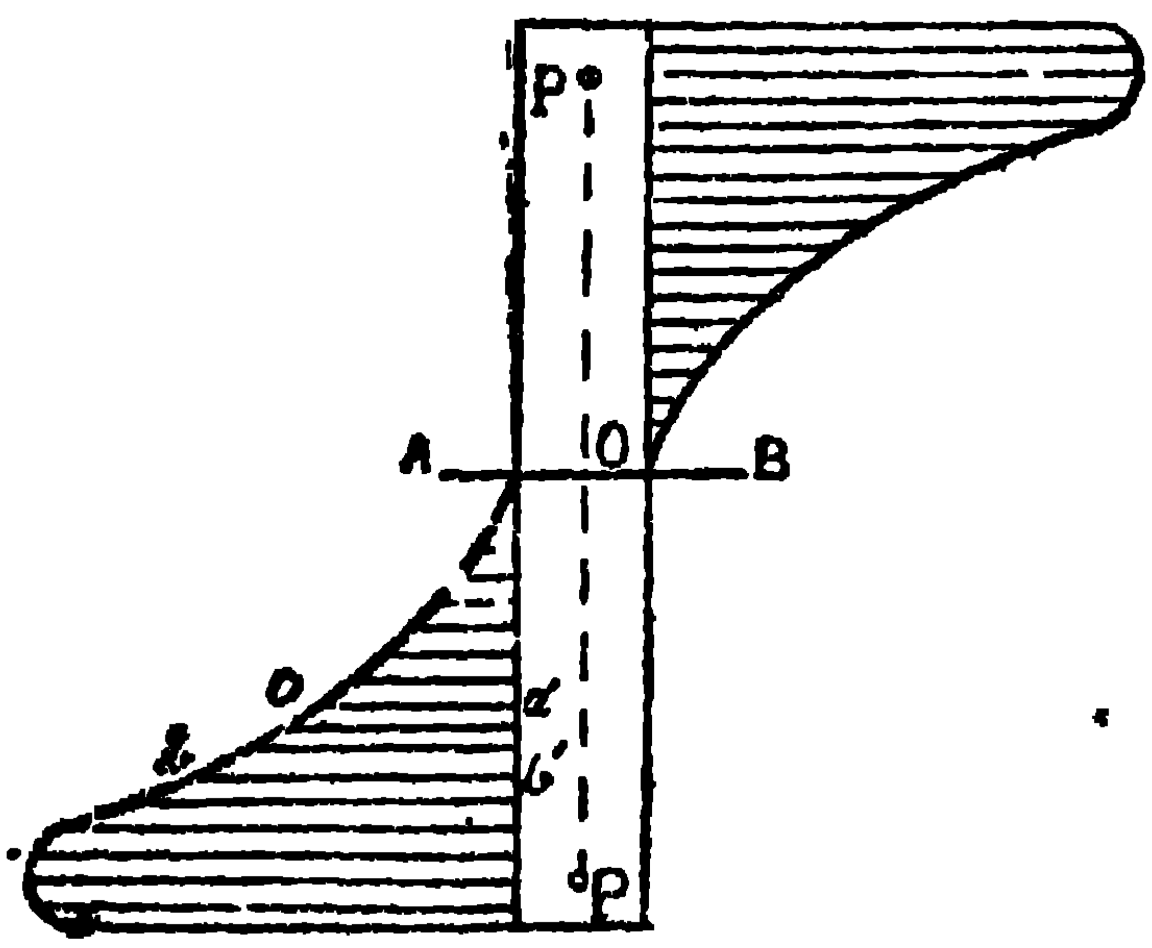


চিত্র—৯

প্রত্যেক চুম্বকেরই একরূপ দুইটি করিয়া মেরু থাকে, এমন কি, একটি চুম্বককে খণ্ড খণ্ড করিলেও তাহার প্রত্যেক খণ্ডের শেষভাগদ্বয়ে দুইটি করিয়া মেরু দৃষ্ট হইবে (চিত্র—১০)। মেরুদ্বয়ের সংযোজনী রেখাকে চুম্বকের "মেরুদণ্ড" বা "এক্সিস" বলে (P P চিত্র—১১) ও মেরুদ্বয়ের ব্যবধানকে "চুম্বক-দৈর্ঘ্য" বলে। ১১ চিত্রে চুম্বকের দৈর্ঘ্যের কোন্‌স্থানে বল পরিমাণ কিরূপ তাহা দেখান হইয়াছে। চুম্বকের কোনও স্থান হইতে একটি লম্বরেখা টানিলে চুম্বক ও বক্ররেখা মধ্যস্থ ঐ লম্বরেখার অংশটী তত্রত্য চুম্বক-বলের আনুপাতিক পরিমাণ।



চিত্র—১০



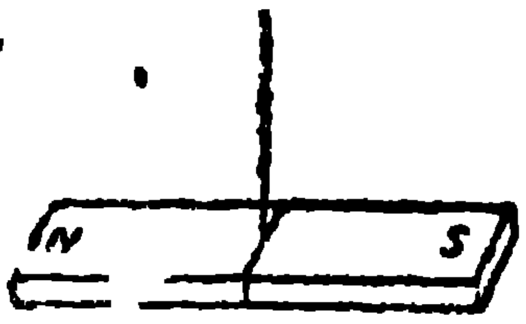
চিত্র—১১

এই চিত্রে সুস্পষ্ট ভাবে দেখান হইয়াছে কি ভাবে চুম্বক বল চুম্বকের মধ্যস্থলে শূন্য হইতে ক্রমশঃ বর্দ্ধিত হইয়া মেরুর নিকট সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয়, পরে শেষভাগদ্বয়ে একটু কমিয়া যায়। চুম্বক বলের পরিমাপক লম্বরেখাগুলি সমান্তরাল রেখা দ্বারা নির্দ্দিষ্ট হইয়াছে।

(খ) একটি চুম্বকের মাঝখানে পাকহীন সুতা (এলোসুতা) বাঁধিয়া শূন্যমার্গে ঝুলাইয়া দিলে বা খাড়া দণ্ডের উপর খাটাইলে দেখিতে পাওয়া

যায় যে চুম্বকটি বার কতক দুলিয়া কোন একটি নির্দ্দিষ্ট 'দিক' অবলম্বন করিয়া অবস্থান করে। আরও দেখা যায় যে উহাকে যেরূপ ভাবে

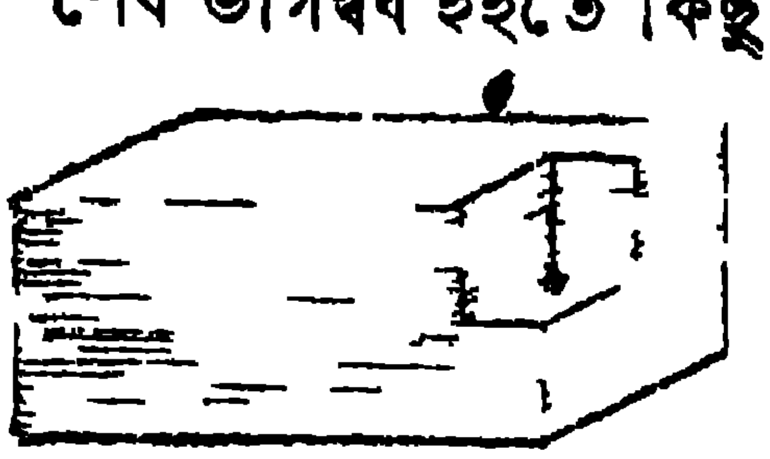
চিত্র—১২



চিত্র—১৩

দোলাইয়া বা ঘুরাইয়া দেওয়া যাউক না কেন, অবস্থান কালে উহার যে শেষভাগটি যে দিকে একবার অবস্থান করে, সেই শেষভাগটি পুনরায় সেই দিকই অবলম্বন করিয়া অবস্থান করে। যে মেরুটি পৃথিবীর উত্তরদিকে ফিরিয়া অবস্থান ক'র, তাহাকে চুম্বকের "উত্তর-অন্বেষণকারী-মেরু (North-Seeking Pole) বলে, ইহাকে প্রচলিত ভাষায় উত্তর মেরু (North Pole) বলে। যে মেরুটি দক্ষিণদিকে ফিরিয়া অবস্থান করে তাহাকে "দক্ষিণ-অন্বেষণকারী-মেরু" (South Seeking Pole) বা দক্ষিণ মেরু (South Pole) বলে। ইহাদিগকে চিনিবার জন্য উত্তর-মেরুকে "N" অক্ষর কিংবা লাল বা কাল রংদ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

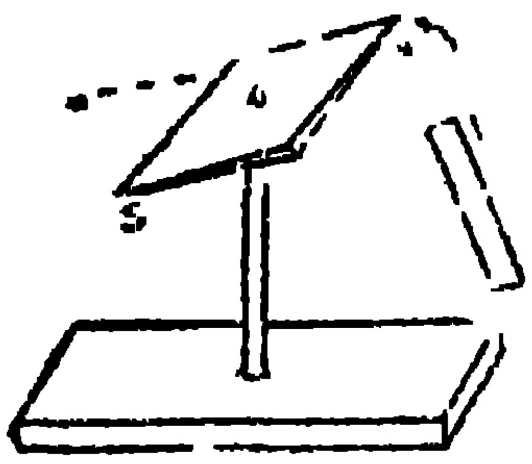
মেরুর স্থান (Position of Pole) :— ইহারা চুম্বক লৌহের শেষ ভাগদ্বয় হইতে কিছু ভিতরদিকে লৌহের মধ্যে (চিত্র ১৪)বিন্দুটীপোল।



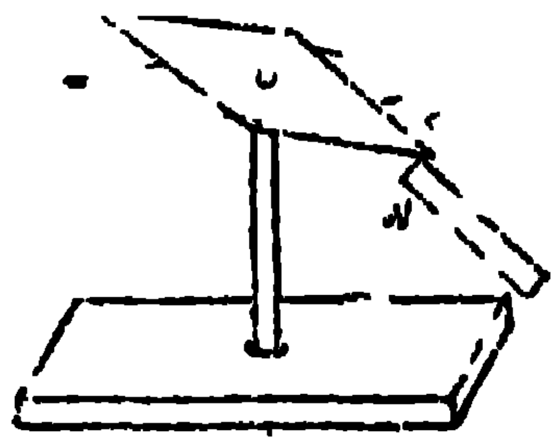
চিত্র—১৪

মেরুদ্বয়ের নিজেদের উপর কার্য্যাবলী (Action of Poles on each other) :—"অনুরূপ মেরুগুলি পরস্পরকে নিক্ষেপ করে ও বিপরীত মেরুগুলি আকর্ষণ করে"। একটি চুম্বক-সূচকে খাড়া দণ্ডের উপর খাটাইলে বা সূতার দ্বারা ঝুলাইলে উহা উত্তর-দক্ষিণ দিক লইয়া অবস্থান করিবে। অতঃপর অপর একটি চুম্বকের উত্তর মেরু এই সূচের উত্তর মেরুর নিকটে লইয়া যাইলে দৃষ্ট হইবে যে সূচটি নিক্ষেপণ হেতু ঘুরিয়া যাইতেছে। কিন্তু দাক্ষণ মেরুকে উত্তর মেরুর সন্নিহিত করিলে দৃষ্ট হইবে যে আকর্ষণ হেতু মেরুদ্বয় আরও সন্নিকটস্থ হয়। চিত্র ১৫, ১৬, ১৭, ১৮ বিন্দুদ্বারা নির্দ্দিষ্ট

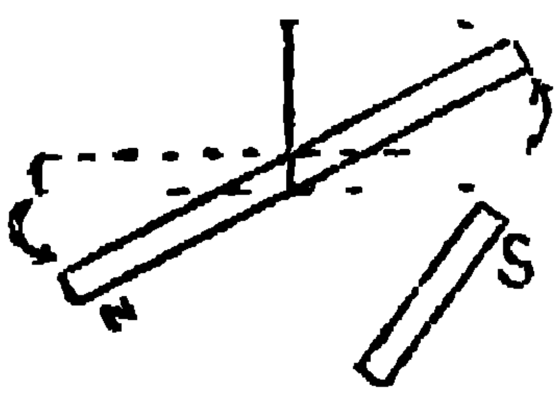
স্থানগুলি সূচের পূর্ব্বাবস্থা নির্দ্দেশ করিতেছে ও পরে সূচের কি অবস্থা তাহা চিত্রে প্রতীয়মান হইতেছে।



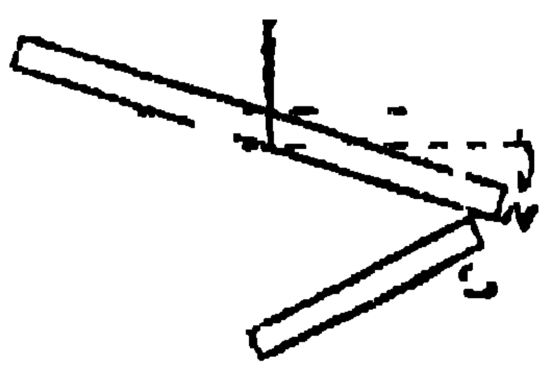
চিত্র—১৫



চিত্র—১৬



চিত্র—১৭

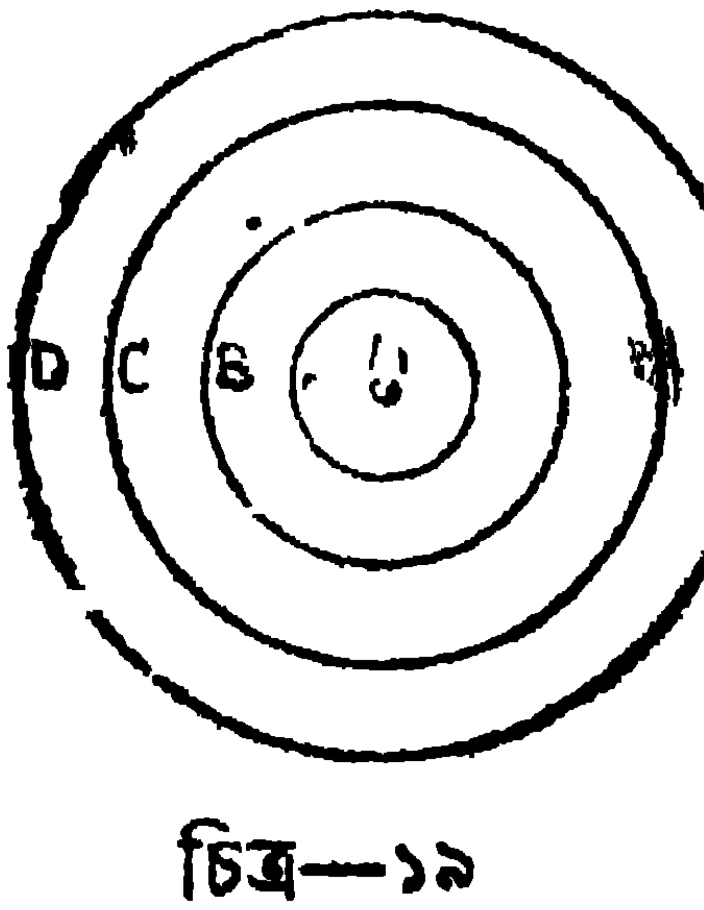


চিত্র—১৮

চুম্বকবলের নিয়ম

(Law of Magnetic force) :—পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে, দুইটি মেরু থাকিলে তাহাদের মধ্যে হয় আকর্ষণ না হয় নিক্ষেপণ বল থাকিবে। এই বলের পরিমাণ নিম্নলিখিত নিয়মানুযায়ী হয়। যথা ;—

বিরূপ বর্গ নিয়ম (Inverse Square Law) :—"চুম্বক বল মেরুদ্বয়ের তেজের গুণফলের অনুরূপ ও উহাদের ব্যবধানের বর্গের বিরূপ" অর্থাৎ ব্যবধানের বর্গ যত অধিক হইবে, বল ততই কম হইবে। একটু চিন্তা করিয়া দেখিলেই এই নিয়মটী বেশ বুঝিতে পারা যায়। কারণ একটি মেরুকে ঠিক রাখিয়া যদি অপর মেরুটীর তেজ দ্বিগুণ বা ত্রিগুণ ইত্যাদি করা যায় তাহা হইলে স্পষ্ট প্রতীয়মান হয় যে আকর্ষণ বা নিক্ষেপণ বল যথাক্রমে দ্বিগুণ বা ত্রিগুণ ইত্যাদি হইবে। ঠিক সেইরূপ অপর মেরুটীর তেজ দ্বিগুণ বা ত্রিগুণ ইত্যাদি করিলে আকর্ষণ বা নিক্ষেপণ বল যথাক্রমে দ্বিগুণ বা ত্রিগুণ ইত্যাদি হইবে। সুতরাং বল মেরুদ্বয়ের তেজের গুণফলের অনুরূপ। আর বল ব্যবধানের বর্গের বিরূপ, তাহার কারণ যদি একটি মেরুকে কোন গোলকের কেন্দ্রে অবস্থিত অনুমান করা যায় তাহা হইলে



চিত্র—১৯

মেরুটীর সমস্ত বল ঐ গোলকটির সমস্ত বিস্তৃতির উপর সর্ব্বত্র সমভাবে ছড়াইয়া পড়িবে। এখন যদি মেরুটীকে দ্বিগুণ, ত্রিগুণ বা চতুর্গুণ

ইত্যাদি ব্যাসের গোলকের কেন্দ্রে অবস্থিত অনুমান করা যায়, যে হেতু এই গোলকগুলির বিস্তৃতি যথাক্রমে চতুর্গুণ, নবগুণ বা ষোড়শগুণ ইত্যাদি ($4\pi r^2$) এবং ঐ মেরুটীর বল পূর্ব্ববৎ সমভাবে এই বিস্তৃতিগুলির উপর ছড়াইয়া পড়িতেছে, সুতরাং কোন একস্থানে বলের পরিমাণ যথাক্রমে এক চতুর্থাংশ ($\frac{১}{৪}$), এক নবমাংশ ($\frac{১}{৯}$) বা এক ষোড়ষাংশ ($\frac{১}{১৬}$) ইত্যাদি হইবে অর্থাৎ ব্যবধানের বর্গের বিরূপ হইবে। সুতরাং দেখা যায়:—

ব $\propto \frac{ম_১ \times ম_২}{দ^২}$; অর্থাৎ ব $=$ ক $\times \frac{ম_১ \times ম_২}{দ^২}$ এখন যদি $ম_১ = ম_২$ হয় ; ব $=$ ১ ও দ $=$ ১ হয় ও সেইরূপ $ম_১$ বা $ম_২$কে একক মেরুতেজ স্বীকার করা যায় তবে, ১ $=$ ক $\times \frac{১ \times ১}{১}$ বা ক $=$ ১ সুতরাং ব $= \frac{ম_১ \times ম_২}{দ^২}$

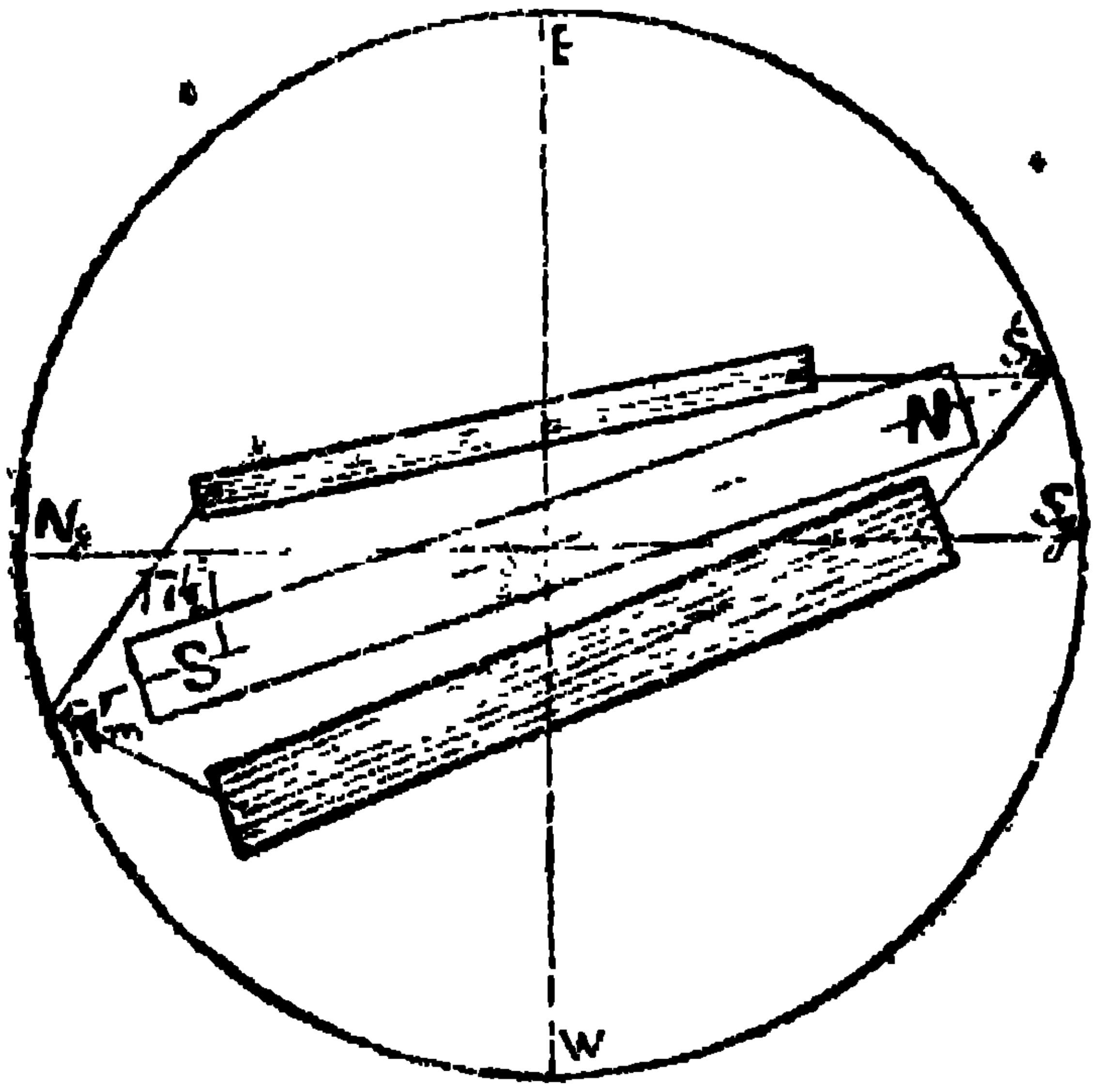
একক মেরু তেজ (Unit Pole Strength) :—"দুইটি সমান সমান মেরুকে একক দূরত্ব ব্যবধানে স্থাপন করিলে যদি তাহারা একক বলে পরস্পরকে আকর্ষণ বা নিক্ষেপ করে তাহাদিগকে একক তেজের মেরু বলে।" একক মেরু তেজকে এই ভাবে সজ্ঞাবদ্ধ করা হয় তাহার কারণ এই সংজ্ঞানুযায়ী ব $=$ ক $\times \frac{ম_১ \times ম_২}{দ^২}$, "ক" $=$ ১ হয় ও তজ্জন্য ব $=$ $\frac{ম_১ \times ম_২}{দ^২}$ এই সরল সম্বন্ধ পাওয়া যায়।

চিত্র—২০

মেরুর স্থান নির্দ্ধারণ (Determination of the

Position of Pole) :—একটি সূচ কম্পাস লইয়া একটি শায়িত চুম্বকের শেষ দিকে কয়েকটী বিভিন্ন স্থানে ২০ চিত্রে প্রদর্শিতরূপে স্থাপন করিলে দেখা যাইবে যে সূচ চুম্বকটি বিভিন্ন দিক লক্ষ্য করিয়া অবস্থান করে। এই সূচ কম্পাস প্রত্যেক স্থানেই চুম্বকের মেরুর দিকে মুখ করিয়া অবস্থান করিতেছে। সুতরাং সূচ-চুম্বকের মেরুদণ্ড ঐ স্থানগুলি হইতে চুম্বকের দিকে প্রসারিত করিয়া দিলে তাহারা যে স্থানে সম্মিলিত হয় তাহাই চুম্বকের মেরু।

ভূ-চুম্বকত্ব (Earth's Magnetism) :—দেখা যায় কোন চুম্বককে ঝুলাইয়া বা খাটাইয়া দিলে উহা নির্দ্দিষ্ট দিক অবলম্বন করে। তাহার কারণ পৃথিবীর নিজের চুম্বক গুণাবলী আছে, এবং ঝুলায়মান চুম্বক পৃথিবীর চুম্বকত্বের "অনুরূপ মেরুর নিক্ষেপণ ও বিপরীত মেরুর আকর্ষণ" নিয়ম হেতু কোন বিশিষ্ট দিক অবলম্বনে বাধ্য হয়। পৃথিবীর চুম্বকত্ব এরূপ যেন উহার ভৌগলিক মেরুদণ্ডের দুই দিকে দুইটি বৃহৎ চুম্বক আছে, তন্মধ্যে একটি অপরটি অপেক্ষা বৃহত্তর ও তাহাদের একদিকের শেষভাগদ্বয় অপরদিকের শেষভাগ দ্বয় অপেক্ষা সন্নিহিত। এই শেষভাগগুলি প্রায় ভৌগলিক মেরুর নিকট। এই চুম্বক দুইটি এরূপভাবে অবস্থিত যে ইহাদের সমরূপ ও সমগুণবিশিষ্ট একটি চুম্বক ভূ-মেরুদণ্ডের সহিত প্রায় ১৭½° কোণ করে (চুম্বকের উত্তর দিকের মেরু ভূ-মেরুদণ্ডের পশ্চিম দিকে এই কোণ করে) ইহা ২১ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। কাল চুম্বকদ্বয় ভূমধ্যস্থ অনুমিত চুম্বকদ্বয়



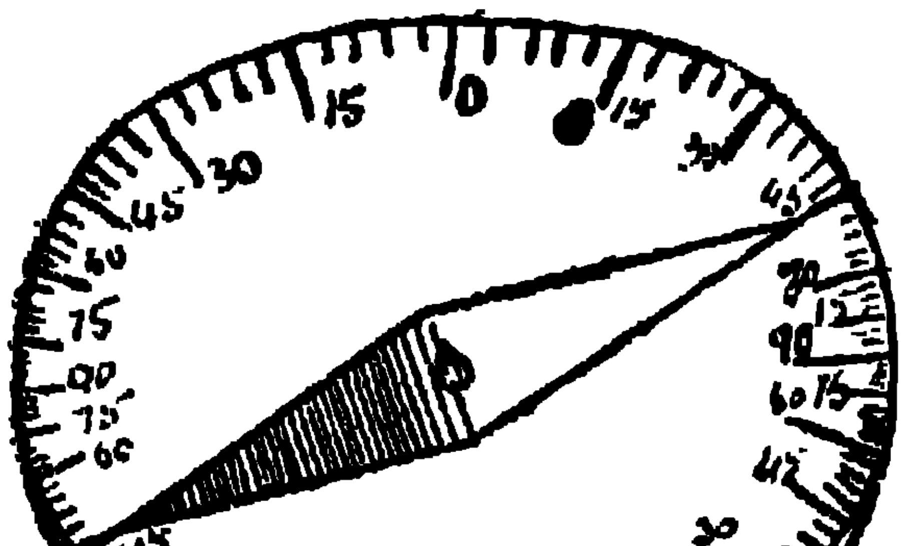
চিত্র—২১

ও S N উহাদের সমবদলী একটি চুম্বক যাহা ভূ-মেরুদণ্ডের সহিত ১৭½°

কোণে অবস্থিত। কিন্তু বাস্তবিক পৃথিবীর মধ্যে চুম্বক আছে কিনা তাহা কেহ দেখে নাই, তবে পৃথিবীর উপরে যে ফলাফল দৃষ্ট হয় তাহা হইতে অনুমান হয় যে, ঠিক যেন এরূপ দুইটি চুম্বক আছে।

দ্রষ্টব্য :—উপরে বলা হইল যে, পৃথিবীর মধ্যে দুইটি অনুমিত চুম্বক আছে। কিন্তু পৃথিবীর অন্তর্ভাগ এত গরম যে প্রায় ১২ মাইল গভীরতায় উহা লোহিত তপ্ত অবস্থায় স্থিত। সুতরাং সেখানে লৌহের চুম্বক গুণ থাকিতে পারে না, কারণ লোহিত তপ্ততায় লৌহের চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়। অতএব ভূ-চুম্বকত্ব ঊর্দ্ধতলীয় চুম্বকত্ব হেতু হইতে পারে। অথবা আমরা বহমান বিদ্যুতে দেখিব যে গোলাকার ভাবে প্রবাহিত বিদ্যুদ্বেগ দণ্ডচুম্বকের মত চুম্বক ফল উৎপাদন করে। সুতরাং ভূ-চুম্বকত্ব পৃথিবীর চতুর্দ্দিকে বহমান বিদ্যুৎ-প্রবাহ হেতুও হইতে পারে।

বিরাগ বা ডেক্লিনেসন (Declination) :—একটি চুম্বকের মধ্যভাগে সুতা বাঁধিয়া উহাকে ভূ-সমান্তরাল রাখিয়া আলগা ভাবে ঝুলাইয়া রাখিলে সচরাচর দেখা যায় উহার মেরুদণ্ড যাম্যোত্তর রেখার (Meridian) সহিত কিছু কোণ করে। এই কোণকে বিরাগ কোণ বা ডেক্লিনেসন বলে। ইহা চুম্বকের উত্তর মেরু যাম্যোত্তর রেখার যে দিকে যতটা কোণ করে তদ্দ্বারা প্রকাশিত হয়। যথা ;—বিরাগ ১৫° পশ্চিম বলিলে বুঝিতে হইবে যে চুম্বকের উত্তর মেরু যাম্যোত্তর বৃত্তের পশ্চিমদিকে ১৫° যায়। বিরাগ, স্থানের উপর নির্ভর করে অর্থাৎ বিভিন্ন স্থানে ইহা বিভিন্ন।



চিত্র—২২

<u>সমবিরাগ ও বিরাগহীন রেখা</u> (Lines of equal declination and lines of no declination.)—যে সকল দেশের বিরাগ সমান তাহাদিগকে চুম্বক মানচিত্রে রেখা দ্বারা সংযোগ করা হয়, এই রেখাগুলিকে সমবিরাগ রেখা বা আইসোগনিক লাইন

(Isogonic line) বলে। যে সমবিরাগ রেখা শূন্য বিরাগের দেশ সমূহকে সংযোগ করে তাহাকে বিরাগহীন রেখা বা এগোনিক লাইন (Agonic line) বলে।

বিরাগের পরিবর্ত্তন (Variation of declination)—বিরাগের পর্য্যায়ক্রম, বাৎসরিক দৈনিক ও নৈমিত্তিক পরিবর্ত্তন দৃষ্ট হয়।

পর্য্যায়ক্রম পরিবর্ত্তন (Periodical Change)—কোন নির্দ্দিষ্ট স্থানে সূচ চুম্বকের দিক ক্রমশঃ পরিবর্ত্তন হইতে থাকে। অর্থাৎ কোনও কালে যদি উহা একটু পূর্ব্বদিকে ফিরিয়া থাকে তাহা হইলে একটু একটু করিয়া কিছুকাল পরে উহা পশ্চিমদিকে চলিয়া যায়। যথা—নিম্নে প্রদত্ত লণ্ডনের বিরাগ তালিকা হইতে ইহা বেশ বুঝিতে পারা যায়। ১৬৫৭ সালের পূর্ব্বে বিরাগ পূর্ব্বদিকে ছিল, কিন্তু ক্রমশঃ কমিয়া কমিয়া ১৬৫৭ সালে চুম্বকের মেরুদণ্ড যাম্যোত্তর রেখার সহিত সম্মিলিত হয় ও পরে ছাড়াইয়া পশ্চিমদিকে গিয়াছে এবং পশ্চিমদিকে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক কোণ করিয়াছিল, ১৮১৬ সালে, পরে আবার কমিতেছে এবং কমিয়া উহা যাম্যোত্তর রেখা পার হইয়া পুনরায় পূর্ব্বে যাইবে ও তথা হইতে ফিরিবে।

বৎসর	বিরাগ			বৎসর	বিরাগ		
১৫৮০	১১°	১৭'	পূ	১৮৯০	১৭°	২৯'	প
১৬৩৪	৪	০'	„	১৮৯৩	১৭	১১'	„
১৬৫৭	০	০'		১৮৯৫	১৬°	৫৭'	„
১৭০৫	৯'	০'	প	১৮৯৮	১৬°	৩৯'	„
১৭৬০	১৯°	৩০'	„	১৮৯৯	১৬°	২৬'	„
১৮১৬	২৪	৩০'	„	১৯০২	১৬	১২'	„
১৮৬৬	২০°	৩০'	„	১৯০৬	১৬°	৩'	„
১৮৮২	১৮°	২২'	„	১৯১২	১৫	১৪'	„
১৮৮৯	১৭°	৩৫'	„				

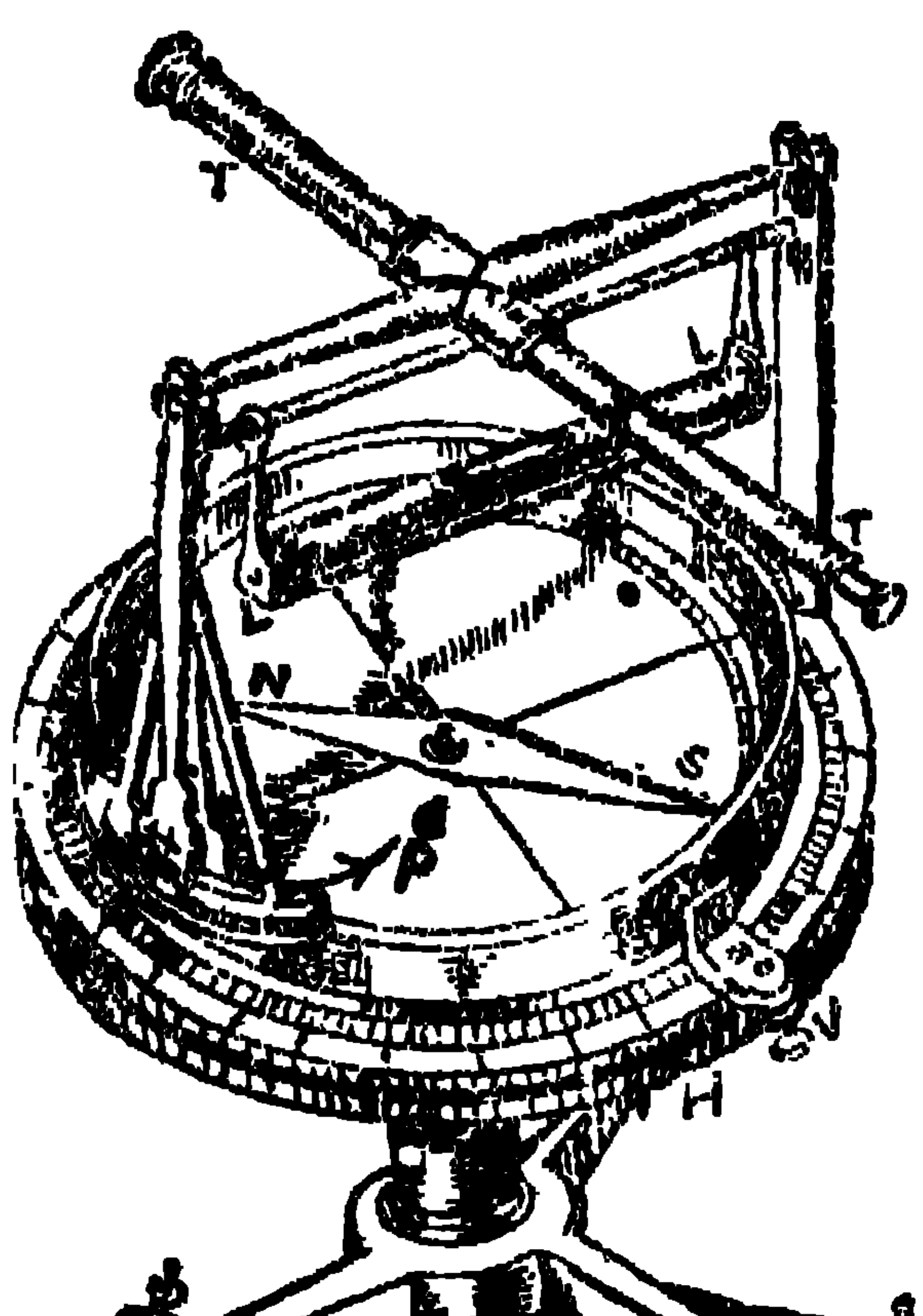
বাৎসরিক পরিবর্ত্তন (Annual change) :—

বৎসরের মধ্যে চুম্বকের দিক অল্প পরিমাণে পরিবর্ত্তিত হয়। লণ্ডনে বাসন্তী ক্রান্তি-পাতের (Vernal equinox) সময় এই পরিবর্ত্তন সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয় এবং উত্তরায়ণের (Summer solastices) সময় সর্ব্বাপেক্ষা কম হয় এবং তাহার পর বাকি নয় মাস ধরিয়া ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে।

দৈনিক পরিবর্ত্তন (Daily change) :—খুব সূক্ষ্ম যন্ত্র সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় প্রত্যেক দিনের মধ্যে চুম্বকের দিকের গতি অল্প পরিমাণে পরিবর্ত্তন হয়। যেমন ইংলণ্ডে উত্তর মেরু প্রাতে ৭টা হইতে ১টা পর্য্যন্ত পশ্চিমগামী হয়, পরে রাত্রি ১০টা পর্য্যন্ত পূর্ব্বগামী হয় এবং সূর্য্যোদয় পর্য্যন্ত প্রায় এই অবস্থায় থাকে।

অবৈধ পরিবর্ত্তন (Irregular change) :—প্রায়ই অকস্মাৎ চুম্বকের দিকের পরিবর্ত্তন ঘটে। এই অবৈধ ও নৈমিত্তিক উদ্বেগকে চুম্বক ঝড় বা (Magnetic storm) বলে এবং প্রায়ই ইহার সহিত আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাত, ভূমিকম্প ও মেরু-জ্যোতির (aurora) সম্বন্ধ দেখা যায়।

বিরাগমান বা ডেক্লিনোমিটার (Declinometer) :—অর্থাৎ বিরাগ বা ডেক্লিনেসন মাপিবার যন্ত্র। ইহা ২৩ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে T একটি জ্যোতিষ্ক দূরবীক্ষণ (Astronomical-telescope)। ইহা খাড়াতলে ঘুরিতে পারে। ইহাতে একটি পিত্তলের বাক্স যাহাতে(১) সম অংশে বিভক্ত একটি বৃত্ত যাহার আড়দিকের দাগটি দূরবীক্ষণের মেরুদণ্ডের ঠিক নিম্নে থাকে এবং (২) ঐ বৃত্তের কেন্দ্রে খাড়া দণ্ডে খাটান একটি হাল্কা চুম্বক সূচ N S আছে। বাক্সটি একটি পায়ার উপর স্থাপিত,এই পায়াতে তিনটি সম আকার যুক্ত প্যাঁচের পায়া ও আছে। H একটি নিবদ্ধ সম অংশে বিভক্ত বৃত্ত যাহার উপর দূরবীক্ষণ সহ বাক্সটি ঘুরে। V বাক্সটির সহিত সংবদ্ধ একটি প্রবিভাজক (vernior) যাহার দ্বারা দূরবীক্ষণটি কতটা ঘুরিল মাপা যায়। P অপর একটি প্রবিভাজক যাহা দূরবীক্ষণের মেরুদণ্ডের সহিত ঘুরে ও তাহা হইতে ভূ-সমান্তরালের সহিত দূরবীক্ষণের কোণ মাপা যায়। L L সুরাসূত্র।



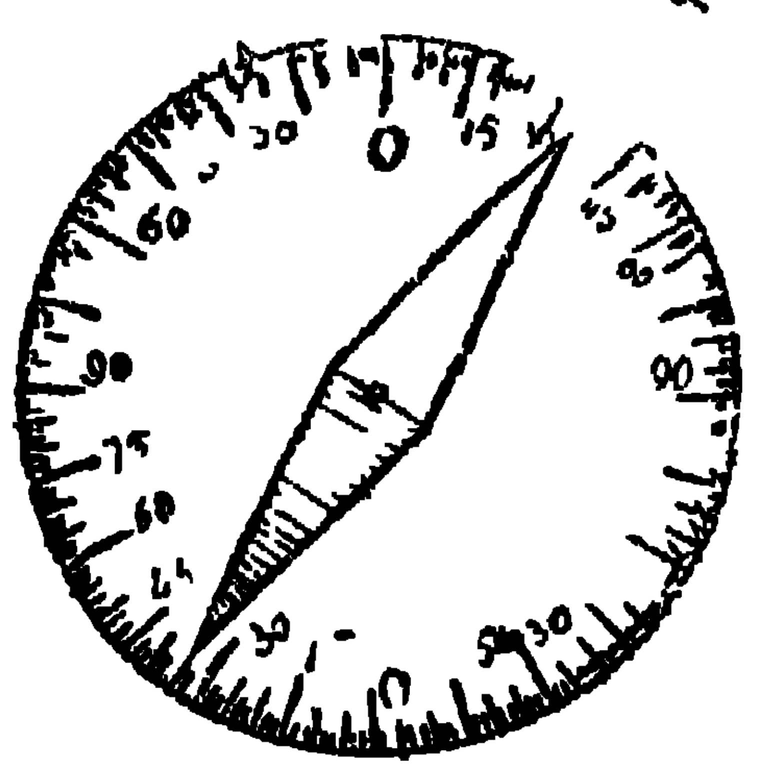
চিত্র- ২৩

বিরাগ মাপিবার প্রণালী (Method of measuring declination):—(১) প্রথমতঃ সমতলকারী প্যাঁচের পায়া S ও সুরাসূত্র (Spirit level) Lএর সাহায্যে যন্ত্রটিকে ভূ সমান্তরাল করিতে হইবে।

(২) পরে যাম্যোত্তর বৃত্ত ঠিক করিতে হইবে। ইহা ঠিক দ্বিপ্রহর বেলায় সূর্য্যকে লক্ষ্য করিলেই পাওয়া যায়। এখন সমাংশে বিভক্ত বৃত্তের ব্যাসটি যাম্যোত্তর বৃত্তে অবস্থিত দূরবীক্ষণের ঠিক নিম্নে রহিল।

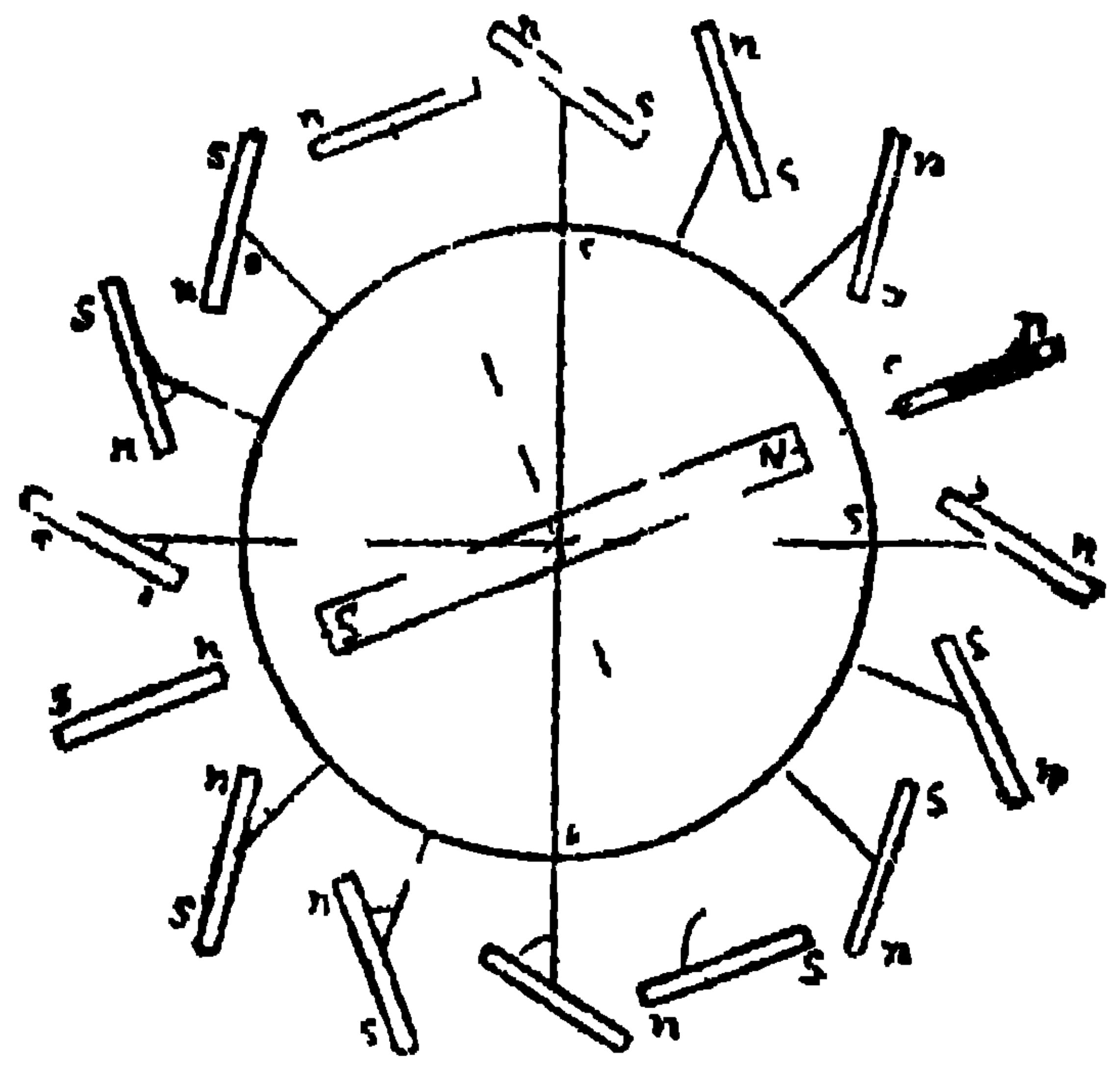
(৩) এখন চুম্বক সূচের শেষভাগ N ও ঐ ব্যাসের মধ্যে যে কোণ দৃষ্ট হয় তাহাই বিরাগ

অবনতি বা ডিপ (Dip or Inclination) :— যদি একটি চুম্বকের মধ্যস্থল দিয়া আড়াআড়ি ভাবে একটি ছিদ্র করিয়া তাহার মধ্য দিয়া একটি আবর্ত্তন কীলক দিয়া তাহাতে চুম্বকটিকে যাম্যোত্তর বৃত্তে রাখা হয়, তাহা হইলে চুম্বকটি অধোর্দ্ধ দিকে আবর্ত্তন করিতে সক্ষম হইবে ও সচরাচর দেখা যাইবে যে চুম্বক মেরুদণ্ড ভূ সমান্তরালের সহিত কিছু কোণ করে। এই কোণকে অবনতি বলে। (চিত্র—২৪)



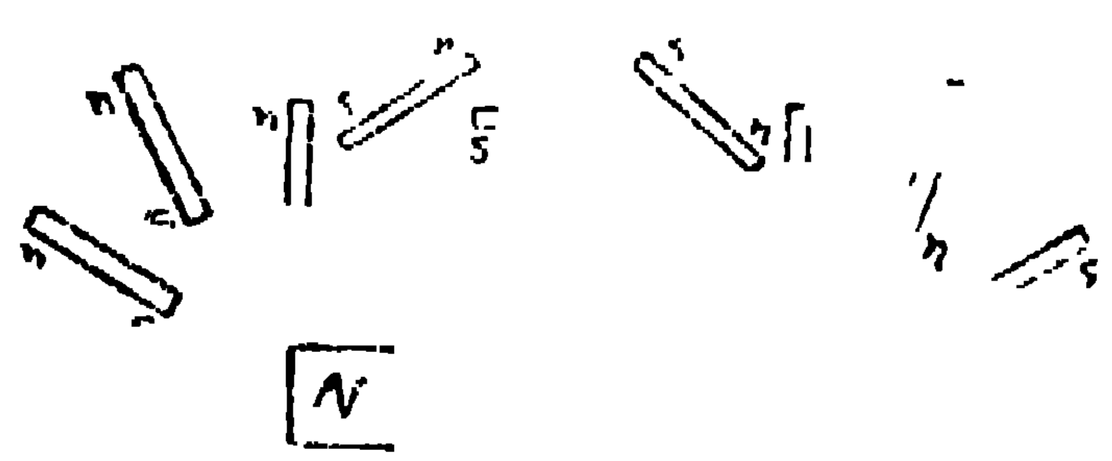
চিত্র—২৪

ইহা চুম্বকের নিম্ন মেরু খাড়া রেখার উত্তর বা দক্ষিণদিকে যতটা কোণ করে তদ্দ্বারা প্রকাশিত হয় এবং দেখা যায় যে বিরাগের মত অবনতিও পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন। ইহার পরিমাণ বিষুবদেশে ০°(অর্থাৎ ভূ-সমান্তরাল) হইতে মেরু প্রদেশে ৯০° পর্য্যন্ত (অর্থাৎ খাড়া)। অবশ্য উত্তর মেরুপ্রদেশে চুম্বকের উত্তর মেরু নিম্নদিকে থাকে ও দক্ষিণ প্রদেশে ইহা উপর দিকে থাকে। ভূমধ্যস্থ চুম্বক হেতু পৃথিবীর উপরিস্থ চুম্বকের অধোর্দ্ধদিক বা অবনতি বিভিন্ন স্থানে কিরূপে উত্তরমেরু প্রদেশে নিম্নদিকে ৯০°, বিষুবদেশে ভূ-সমান্তরাল হইয়া দক্ষিণমেরু প্রদেশে উপরদিকে ৯০° হয় তাহা ২৫ চিত্রে দেখান হইয়াছে।



চিত্র—২৫

পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে অবনতি-কোণ কেন পৃথক হয় বা পৃথিবীর উপরে চুম্বকের অধোর্দ্ধদিক ভিন্ন ভিন্ন দেশে কেন বিভিন্ন হয় তাহার কারণ এই যে,



চিত্র—২৬

ভূমধ্যস্থ চুম্বকের সহিত তুলনায় বিভিন্ন দেশসমূহের অবস্থা বিভিন্ন বলিয়া ভিন্ন ভিন্ন দেশে চুম্বকের উপর বিভিন্ন প্রকারের চুম্বক বল হওয়া হেতু উহারা বিভিন্ন দিক অবলম্বন করে। ইহা ২৬ চিত্রে একটি চুম্বকের চারিদিকে সূচ-চুম্বকের দিক ক্রমশঃ কিরূপে পরিবর্ত্তিত হয় তাহা দেখিলেই বুঝা যাইবে।

<u>সম-অবনতি ও অবনতিহীন রেখা</u> (Lines of equal dip and lines of no dip):—

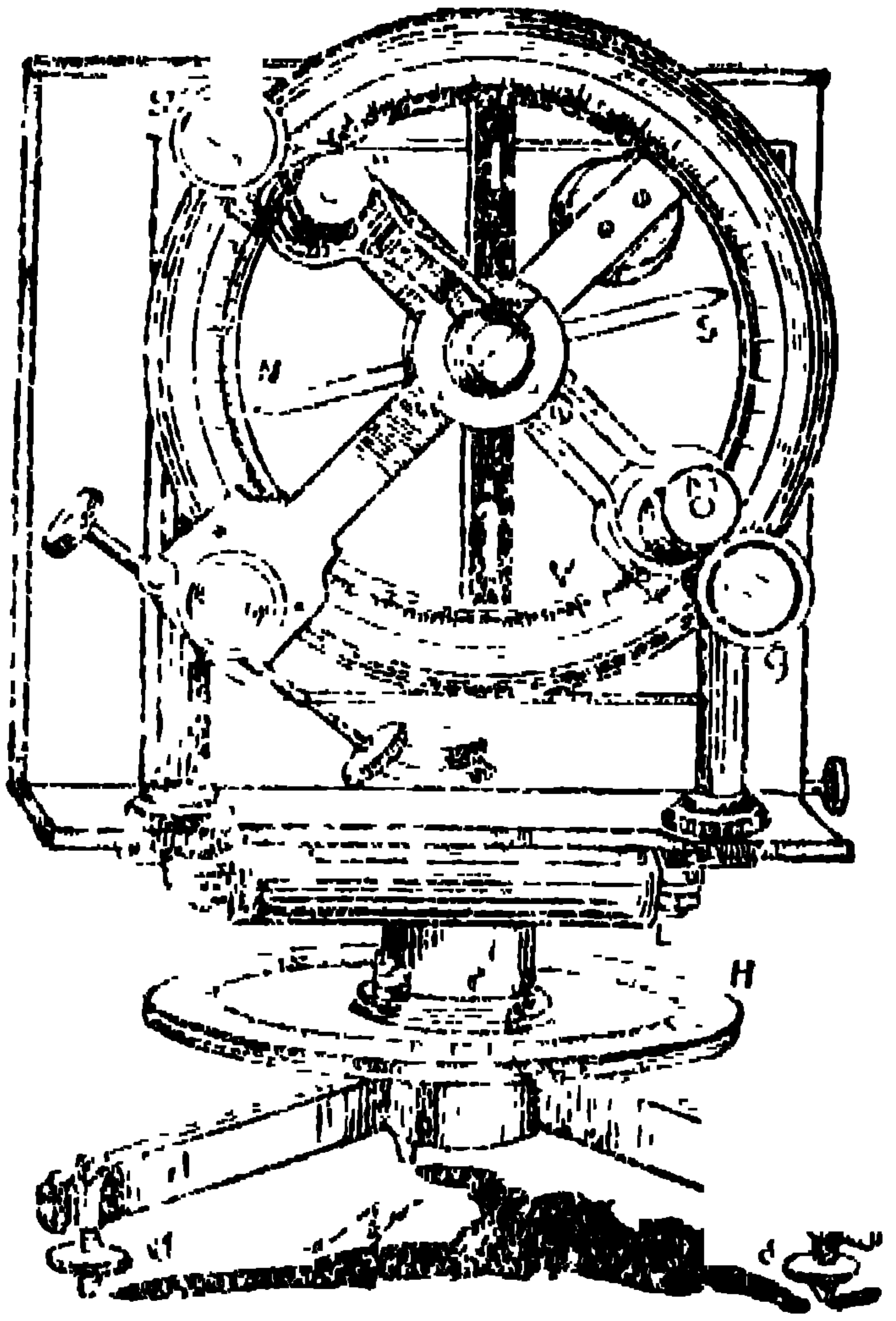
যে সকল দেশের অবনতি সমান তাহাদিগকে চুম্বক মানচিত্রে রেখা দ্বারা সংযোগ করা হয়, এই রেখাগুলিকে 'সম-অবনতি রেখা' বা আইসোক্লিনিক লাইন (Isoclinic line) বলে। যে 'সম-অবনতি রেখা' অবনতিহীন দেশসমূহকে সংযোগ করে তাহাকে 'অবনতিহীন রেখা' বা এক্লিনিক লাইন (Aclinic line) অর্থাৎ 'চুম্বকবিষুবরেখা' বা ম্যাগনেটিক ইকোয়েটার (Magnetic Equator) বলে।

<u>অবনতির পরিবর্ত্তন</u> (variation of dip) :—

বিরাগের মত অবনতিরও পর্য্যায়ক্রম পরিবর্ত্তন ঘটে। ইহা নিম্ন তালিকায় লণ্ডনের অবনতির পরিবর্ত্তন হইতে বুঝিতে পারা যায় ;—

বৎসর	অবনতি		বৎসর	অবনতি		
১৫৭৬	৭১°	৫০′	১৮৯০	৬৭°	২৩′	
১৬৭৬	৭৩°	৩০′	১৮৯৫	৬৭	১৫′	
১৭২৩	৭৪°	৪২′	১৮৯৮	৬৭°	১২′	
১৮০০	৭০°	৩৫′	১৮৯৯	৬৭°	১০′	
১৮২৮	৬৯°	৪৭′	১৯০৩	৬৭°	০′	৫১″
১৮৫৪	৬৮°	৩১′	১৯০৬	৬৬°	৫৫′	
১৮৭৪	৬৭°	৪৩′	১৯১২	৬৬°	৫১′	৪৮″

অবনতিমান বা ডিপ বা ইনক্লিনেসন কম্পাস (Dip or Inclination Compass) :—



চিত্র—২৭

২৭ চিত্রে অবনতি মাপিবার একটি যন্ত্র দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে (১) H একটি ভূ-সমান্তরাল সমাংশে বিভক্ত পিত্তলের বৃত্ত, ইহা সমতলকারী প্যাঁচের তেপায়ার উপর অবস্থিত।

(২) এই বৃত্তের উপর ইহার কেন্দ্র-স্থিত খাড়া কীলকে আবর্ত্তনশীল একটি প্লেট আছে।

(৩) V একটি খাড়া সমাংশে বিভক্ত বৃত্ত যাহার দ্বারা অবনতি মাপা হয়।

(৪). এই খাড়া বৃত্তের কেন্দ্রে ভূ-সমান্তরাল কীলকে খাটান N S একটি চুম্বক-সূচ যাহা এই বৃত্তের খাড়া তলে আবর্ত্তন করে।

(৫) L একটি সুরাসূত্র (প্লেটে আবদ্ধ)।

(৬) M ও M´ দুইটি অণুবীক্ষণ এবং g ও g´ দুইটি আয়না।

অবনতি মাপিবার প্রণালী (Method of Measuring dip) :—(১) প্রথমতঃ H বৃত্তকে ভূ-সমান্তরাল করিতে হইবে, তাহা হইলেই V বৃত্তটি খাড়া হইবে। ইহা ঐ সুরাসূত্র দেখিয়া ও প্যাঁচ বিশিষ্ট পায়া S তিনটির সাহায্যে করা যায়।

(২) পরে প্লেটকে H এর উপর ঘুরাইতে হইবে যতক্ষণ না চুম্বক-সূচ সোজাসুজি খাড়াভাবে ঝুলে। এই অবস্থায় চুম্বকের বা খাড়াবৃত্ত V এর 'তল' চুম্বক যাম্যোত্তর তলে লম্ব হইল। কারণ এই স্থানের পৃথিবীর চুম্বক বলকে ভূ-সমান্তরাল ও খাড়া এই দুই ভাগে বিভক্ত করিলে ভূ-সমান্তরাল ভাগটি চুম্বকতলে লম্বভাবে থাকায় উহাকে ঘুরাইতে পারিতেছে না, কেবলমাত্র কীলকের উপর চুম্বকের চাপ বৃদ্ধি ঘটাইতেছে এবং কেবল-মাত্র খাড়া অংশটি থাকায় সূচটি খাড়াভাবে ঝুলিতেছে।

(৩) এখন প্লেটকে H এর উপর ৯০° ঘুরাইতে হইবে। তাহা হইলেই চুম্বকটি চুম্বক যাম্যোত্তর তলে আসিল।

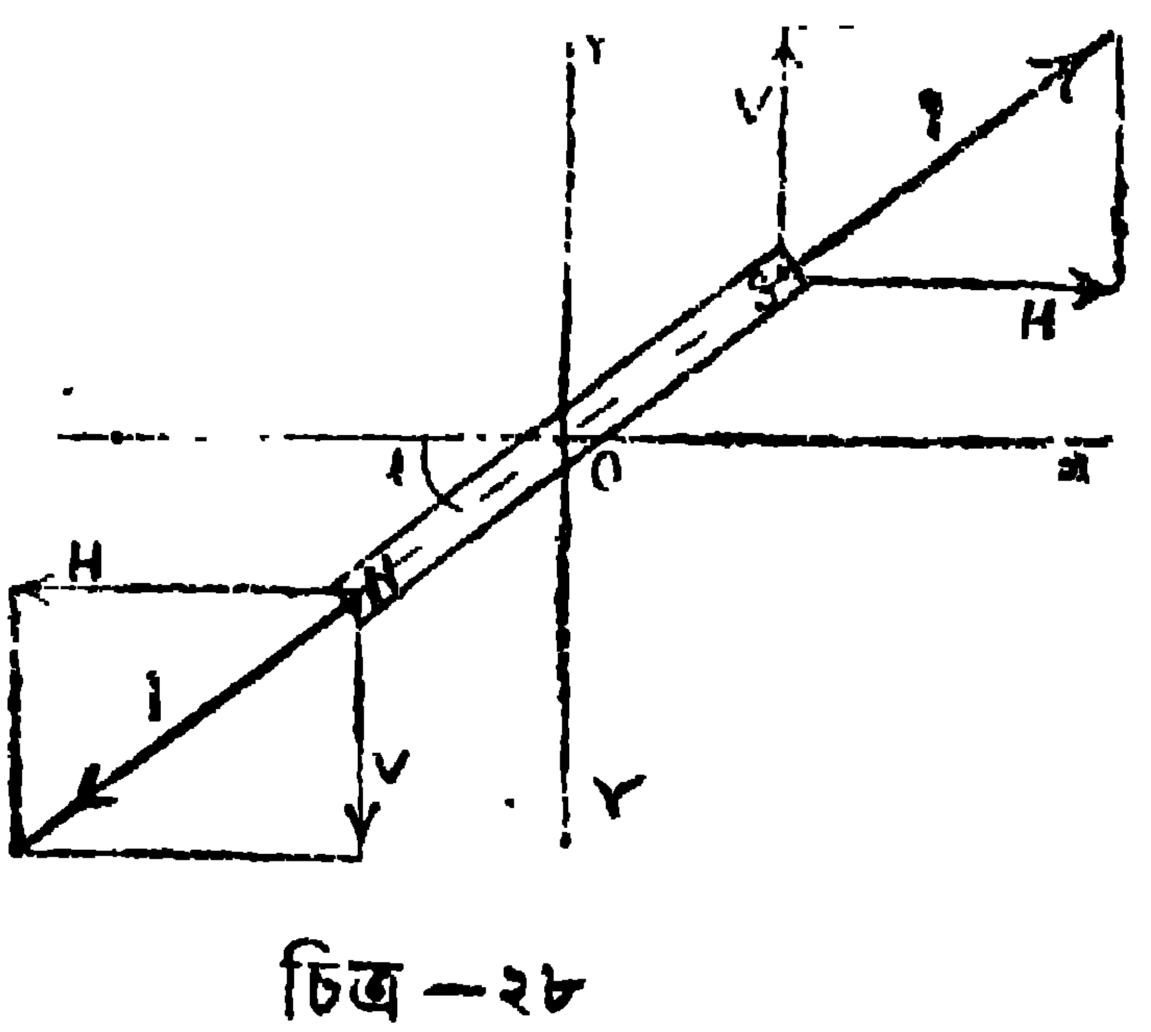
(৪) ঐ চুম্বকের মেরুদণ্ড ও চুম্বকের কেন্দ্র দিয়া ভূ-সমান্তরাল রেখার মধ্যস্থ 'কোণ'

অবনতি। এই ভূ-সমান্তরাল রেখার শেষ ভাগদ্বয় V বৃত্তে ০° কোণ করে। সুতরাং চুম্বকের পোল ঐ বৃত্তে যে কোণ দর্শিত করে তাহাই অবনতি। এই কোণ অণুবীক্ষণ যন্ত্র M ও M' এর সাহায্যে দেখা যায়।

বিভিন্ন স্থানের বিরাগ ও অবনতি :—পূর্ব্বে বলা হইয়াছে যে বিভিন্নপ্রদেশে ভিন্ন ভিন্ন বিরাগ ও অবনতি দৃষ্ট হয়। নিম্ন তালিকায় কতকগুলি দেশের বিরাগ ও অবনতি প্রদত্ত হইল :—

	বিরাগ			অবনতি		
গ্রীণউইচ	১৬°	২৬′	প	৬৭°	৬′	উ
হংকং	০°	১৬′	পূ	৩১°	২০′	উ
মেলবোরন্	৮°	২৬′	পূ	৬৭°	২৫′	দ
পোল (অষ্ট্রিয়া)	৯°	২০′	প	৬০°	১৩′	উ
ম্যানিলা (ফিলিপাইন)	০°	৫২′	পূ	১৬°	১১′	উ
ব্যারাকপুর (১৯১৪)	০°	৩২′ ২″	পূ	৩০°	৫৮′ ৯″	উ

সম্পূর্ণ চুম্বক বল ও তাহার ভাগদ্বয় (Magnetic force and its components) :—কোন স্থানে একটি চুম্বককে সর্ব্বতোভাবে আলগা করিয়া ঝুলাইলে, চুম্বকটি ঐ স্থানে পৃথিবীর চুম্বক বল যেদিকে সেই দিক লইয়া অবস্থান করে। এই দিককে তত্রত্য "সম্পূর্ণ চুম্বকবল দিক" বলে। এই সম্পূর্ণ চুম্বক-বলকে যদি ভূ-সমান্তরাল ও খাড়া এই দুই দিকে ভাগ করা যায়, তবে ভূ-সমান্তরাল ভাগটি চুম্বককে চুম্বক যাম্যোত্তর-তলে লইয়া যায় ও খাড়া ভাগটি চুম্বককে অধোর্দ্ধদিকে হেলাইয়া দেয় এবং ইহাই অবনতির কারণ।



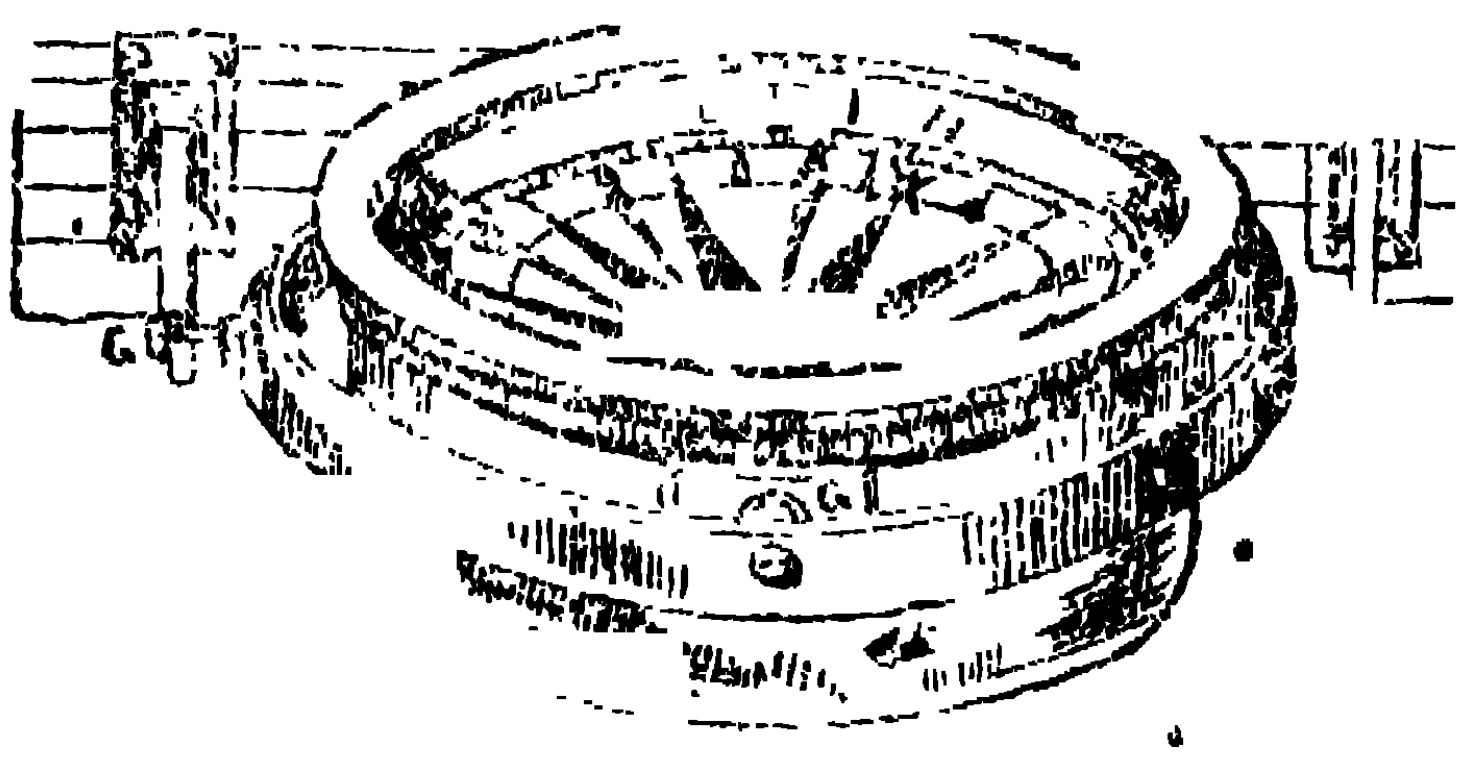
চিত্র—২৮

এখন যদি পৃথিবীর সম্পূর্ণ চুম্বক-বল হয় 'I' এবং ইহার ভূ-সমান্তরাল ভাগ 'H' ও খাড়া ভাগ 'V' (চিত্র—২৮) হয়, তাহা

হইলে $H = I \cos. i$, ও $V = I \sin. i$। এই সম্পূর্ণ চুম্বক বল চুম্বক বিষুব দেশসমূহে সর্ব্বাপেক্ষা কম হয়, কারণ ঐ স্থানগুলি ভূ-চুম্বকের মেরু হইতে সর্ব্বাপেক্ষা দূরে এবং যত 'অক্ষ' বাড়িতে থাকে অর্থাৎ যত মেরুপ্রদেশের দিকে অগ্রসর হওয়া যায়, এই বল ততই বাড়িতে থাকে এবং ইহা চুম্বক মেরুপ্রদেশদ্বয়ে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক। চুম্বক মানচিত্রে সমবলের দেশসমূহকে যে রেখা দ্বারা সংযোগ করা হয় তাহাকে 'সম-বল রেখা' বা আইসোডিনামিক লাইন (Iso-dynamic line) বলে।

নাবিকের দিঙ্‌নির্ণয় যন্ত্র (Mariner's Compass)

'ভূ-চুম্বকত্ব' খোলা সমুদ্রের উপর দিঙ্‌নির্ণয় কার্য্যে খুব সহায়তা করে। আমরা জানি যে একটি সূচ-চুম্বক উত্তর-দক্ষিণ মেরুর দিক লইয়া অবস্থান করে এবং বিরাগ মানচিত্রেও পাওয়া যায়, সুতরাং ঝুলায়মান চুম্বকের দিক ও তত্রত্য বিরাগ হইতে জাহাজের গন্তব্যদিক ঠিক করা হয়।



চিত্র—২৯

নাবিকগণের এই ঝুলায়মান চুম্বকযন্ত্রকে 'দিঙ্‌নির্ণয়যন্ত্র' বলে (চিত্র—২৯)। ইহাতে একটি ৩২ ভাগে বিভক্ত বৃত্তাকার ডায়াল আছে (চিত্র—৩০)। এই বিভাগগুলি এইরূপে পাওয়া যায় :—

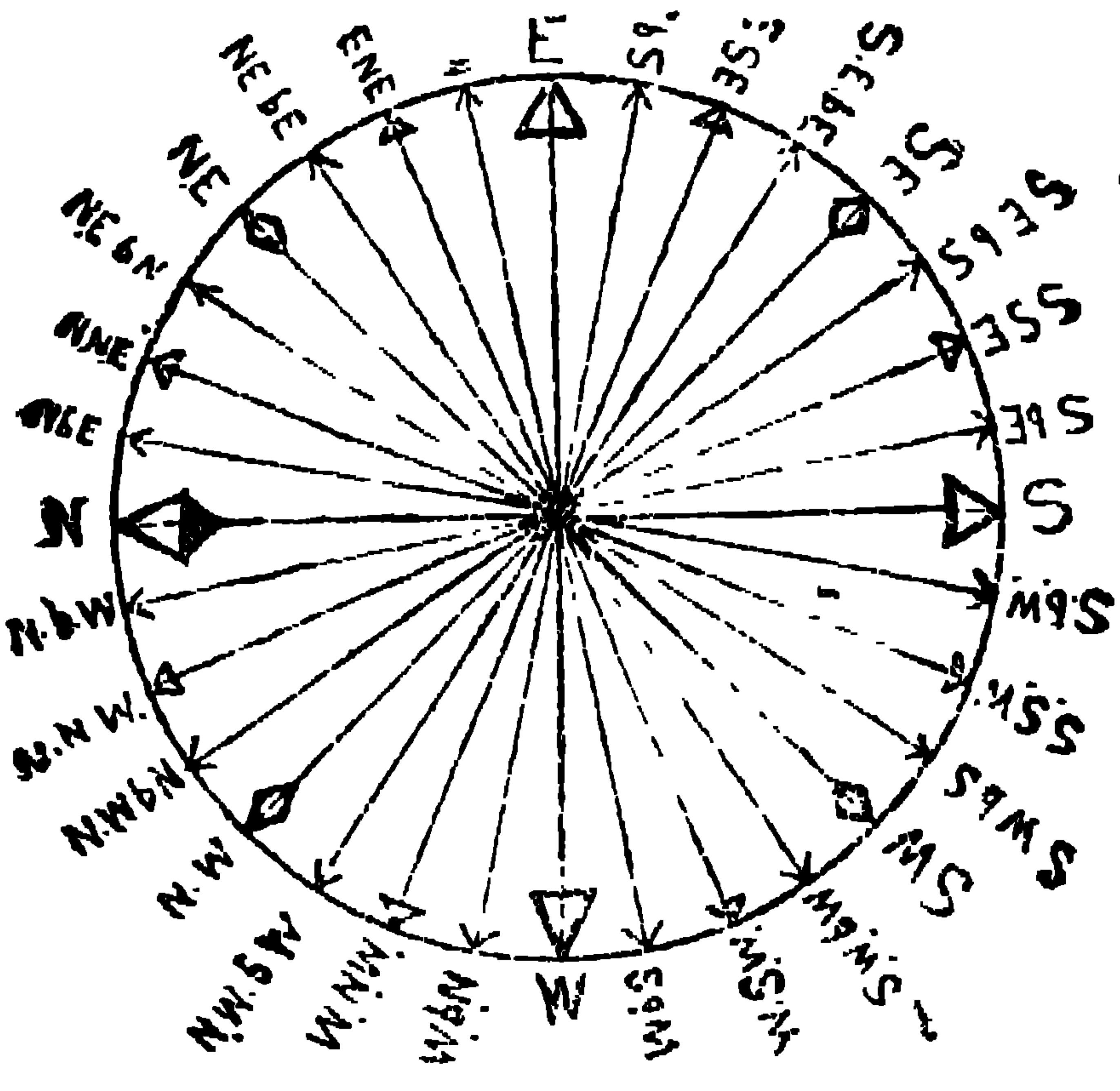
প্রথমতঃ বৃত্তটিকে কেন্দ্রে সমকোণ করিয়া চারি ভাগে ভাগ করিতে হইবে। এই রেখা গুলির শেষভাগে যথাক্রমে N, E, S, W এই চারি অক্ষর দ্বারা উত্তর পূর্ব্ব, দক্ষিণ ও পশ্চিম দিক নির্দ্দিষ্ট হয়। পরে প্রত্যেক রেখাদ্বয়ের মাঝখান দিয়া রেখা টানিয়া সমকোণ গুলিকে দ্বিখণ্ডিত করিতে হইবে। এই রেখাগুলির মধ্যে যে N ও E এর মধ্যে থাকে তাহাকে N,E, যেটা E ও S এর মধ্যে

থাকে তাহাকে S,E, যেটী S ও W এর মধ্যে থাকে তাহাকে S,W ও যেটী W ও N এর মধ্যে থাকে তাহাকে N,W দ্বারা চিহ্নিত হয়। এই ভাবে বৃত্তটী ৮ ভাগে বিভক্ত হইল। পরে আবার প্রতি রেখাদ্বয়ের মধ্যস্থল দিয়া রেখা টানিয়া এই ৮টি কোণকে দ্বিখণ্ডিত করিয়া ১৬টি করিতে হইবে। ইহাতে ৮টি রেখার প্রয়োজন হইবে, N,E, S,E, S,W, ও N,W এই চারি রেখার প্রত্যেকের দুইদিকে দুইটি করিয়া। তন্মধ্যে যেটী N, E রেখার N দিকে পড়ে, তাহাকে N,N,E, যেটী E এর দিকে পড়িবে তাহাকে E,N,E এই ভাবে N,E, S ও W এই চারিটীকে গোড়ায় চিহ্নিত করিতে হয়। সর্ব্ব শেষে এই ১৬টি কোণকে দ্বিখণ্ডিত করিয়া ৩২টি করিতে হইবে। ইহাতে ১৬টি রেখার প্রয়োজন হইবে। ইহাদিগকে চিহ্নিত করিতে হইলে কোন রেখা যে রেখাদ্বয়ের মধ্যে পড়ে তন্মধ্যে যেটী পূর্ব্বপ্রাপ্ত তাহাকে লইতে হয় (যথা N ও N,N,E র মধ্যে পড়িলে N কে লইতে হইবে, N,E ও N.N.E বা E.N. E এর মধ্যে পড়িলে N E কে লইতে হইবে) ও তাহারা N,E,S, W এই চারিদিকের মধ্যে যে দিকে পড়ে সেই দিকটি লইতে হয় ও ইহাদের মাঝে b এই অক্ষরটি লিখিত হয়, যথা—

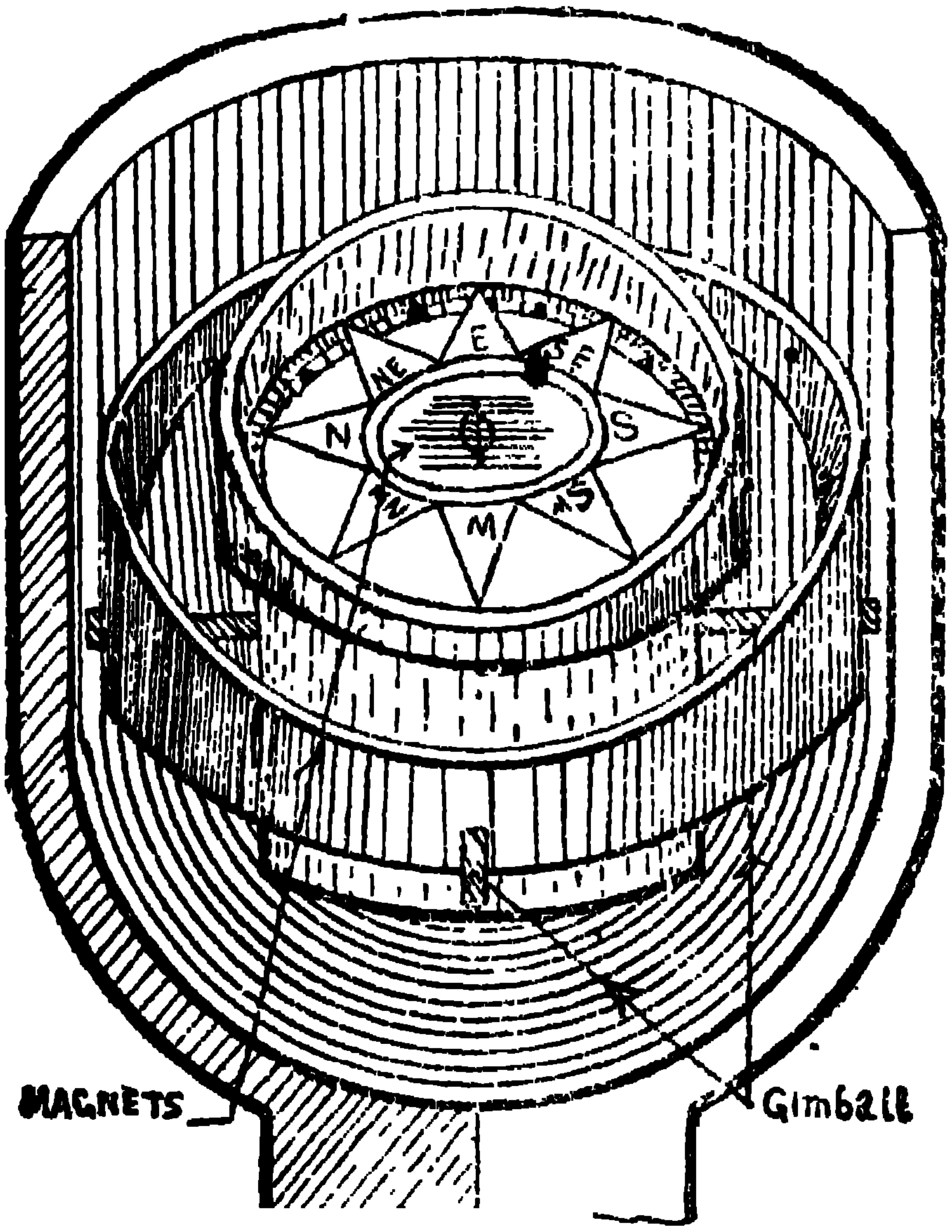
N ও N.N.E মধ্যস্থ রেখা N.b.N দ্বারা চিহ্নিত হয়
N,E, ও E,N,E " " N.E.b.E " " "
E ও E.S.E " " E.b.S " " "
SW ও W.S.W " " S.W.b.W " " "
N.W. ও W,N.W " " N.W.b.W " " "

এইভাবে প্রস্তুত ডায়ালের কেন্দ্র হইতে নিম্নদিকে চুম্বক-সূচটি ঝুলান থাকে সূচটি সচরাচর একটি চুম্বকে প্রস্তুত না হইয়া চুম্বকে পরিণত কতকগুলি ঘড়ির স্প্রিংএর সমাহার যাহা লম্বভাবে থাকে। ৩১ চিত্রে ইহারা সমান্তরালরেখা দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। সূচসহ ডায়ালটি একটি কাঁচ বিশিষ্ট বাক্সের মধ্যে আবদ্ধ থাকে, জাহাজ দুলিবার সময় যাহাতে বাক্সটি ভূ-সমান্তরাল থাকিতে পারে তজ্জন্য বাক্সটি একজোড়া আড়কীলকে বসান আছে। এই আড় কীলককে গিম্বল (Gimbal) বলে। ইহা সমকোণে সজ্জিত দুইটি কীলকে গঠিত। এই দিঙনির্ণয় যন্ত্রের ছেদিত চিত্র দেওয়া হইল(চিত্র—৩১)।

কয়েকটি কারণ বশতঃ এই যন্ত্র দ্বারা ভুল দিক দর্শিত হইতে পারে, যথা ;



চিত্র—৩০



চিত্র—৩১

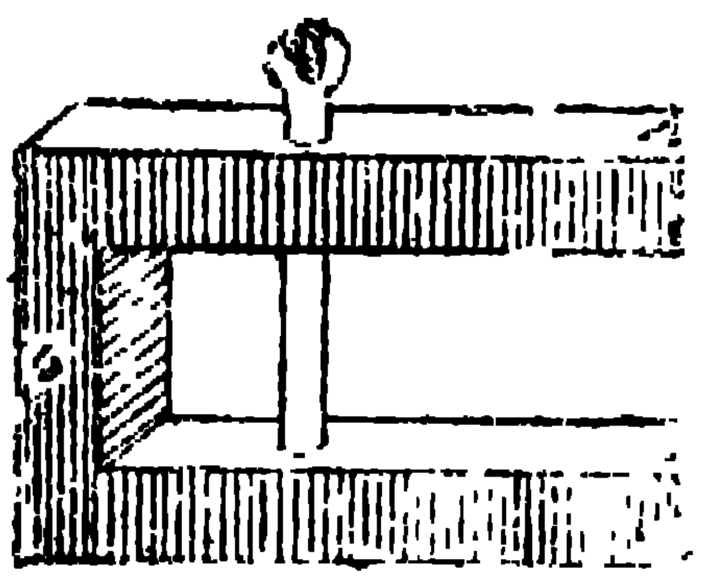
(১) জাহাজ গঠন কালে লৌহময় অংশ হাতুড়ীর আঘাত দ্বারা চুম্বকীভূত হয়—এই চুম্বকগুলি দ্বারা 'দিক-নির্ণয় যন্ত্রের উপর যে ফল হয় তাকে সেমিসাকুর্লার এরার (Semi-circular error) বলে। এই ফল নষ্ট করিবার নিমিত্ত সূচ চুম্বকের নিম্নে লম্বালম্বি ভাবে একটী স্থায়ী চুম্বক স্থাপিত করা থাকে।

(২) জাহাজকে ভাসাইবার সময় ভূ-চুম্বক দ্বারা সম্ভাবন হেতু নরম লৌহময় অংশগুলি চুম্বকীভূত হইয়া যে কুফল ঘটায় তাহাকে কোয়াড্রান্ট্যাল এরার (Quadrantal error) বলে। ইহা বদ করিতে হইলে যন্ত্রটীর চতুর্দ্দিকে আড়া আড়ি ভাবে কতকগুলি নরম লৌহখণ্ড বা চুম্বক রাখা হয়।

(৩) লৌহময় মাল বোঝাই করিলে যে কুফল ফলে তাহাকে কার্গো এরার (Cargo error) বলে।

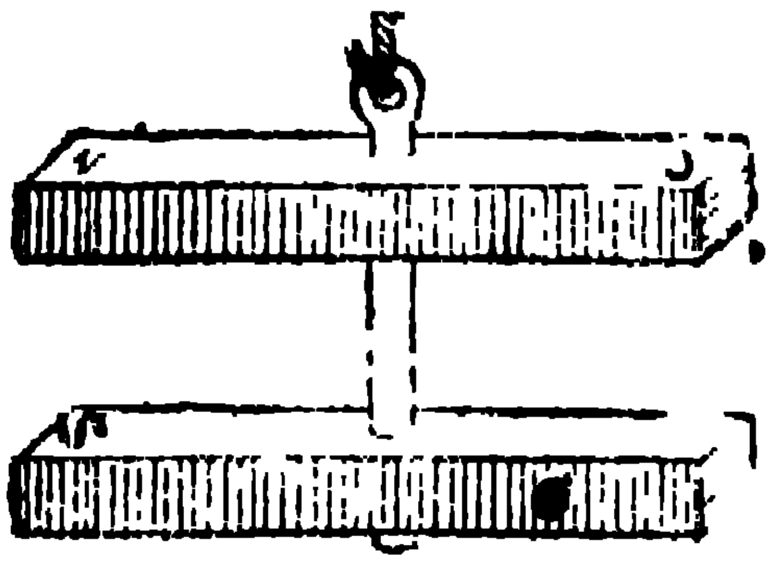
(৪) তরঙ্গের সহিত জাহাজের দোলন হেতু যে কুফল হয় তাহাকে হীলিং এরার (Heeling error) বলে। ইহা বদ করিতে হইলে চুম্বক-সূচের ঠিক নিম্নে খাড়া ভাবে কতকগুলি চুম্বক রাখা হয়।

অস্থিতিপ্রবণ সূচ (Astatic Needle)—অনেক সময় এরূপ চুম্বকের প্রয়োজন হয় যাহা ভূ-চুম্বকত্বের দ্বারা বিচলিত হইবে না। তাহাকে অস্থিতি-প্রবণ চুম্বক অথবা 'এস্‌টাটিক ম্যাগনেট' (Astatic Magnet) বলে। ইহাতে চুম্বককে এরূপ ভাবে সাজান হয় যে উহার একই দিকে ভূ-চুম্বকের সম পরিমাণে বিপরীত ফল হয়। যথা ;— একটি চুম্বককে যদি ৩২ চিত্রে দর্শিত ভাবে বাঁকান হয়, তবে উহার একই দিকে মেরুদ্বয় থাকায় উহার একই দিকে পৃথিবীর ফল সম পরিমাণে বিপরীত দিকে হইবে, সুতরাং উহা আর ঘুরিয়া যাইবে না, যে কোন অবস্থায় অবস্থান করিতে সক্ষম হইবে।

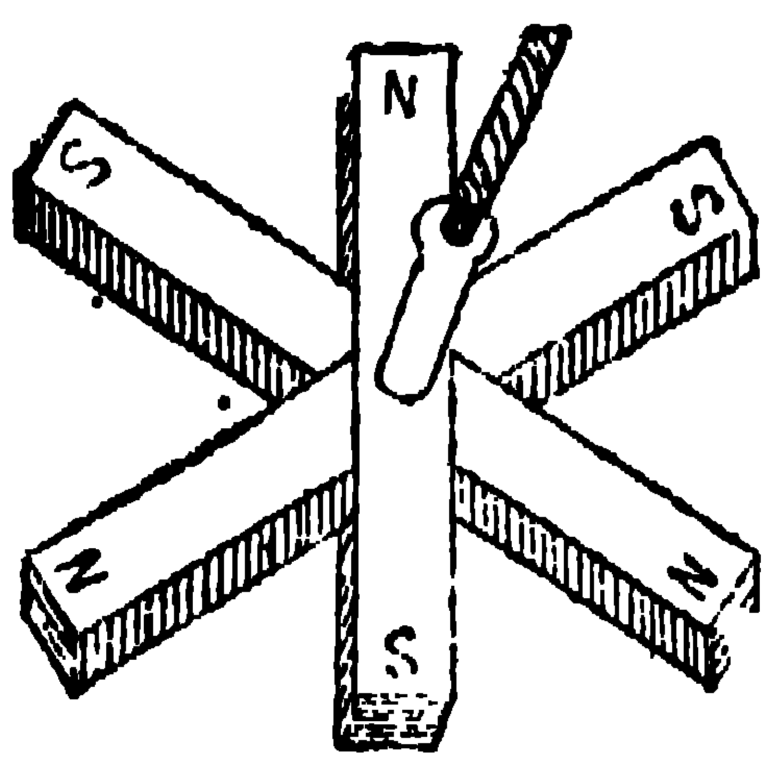


চিত্র—৩২

'নোবিলি' নামক একজন বিজ্ঞানবিদ্ সম তেজের সম আকৃতির চুম্বকের বিপরীত পোল একদিকে করিয়া খাটাইয়া 'অস্থিতি প্রবণ' চুম্বক প্রস্তুত করেন। ইহাকে নোবিলির 'এস্‌টাটিক পেয়ার' (Pair) বলে। ইহাতে একটি চুম্বকের উপর পৃথিবীর যে ফল হয়, অপরটির উপর বিপরীত ফল হয়, সুতরাং উভয়ের ফল মিলিত হইয়া উভয়েই নষ্ট হইয়া যায়। অপর একপ্রকারে অস্থিতি প্রবণ চুম্বক হইতে পারে। ইহাতে কতকগুলি সমতেজের সম-আকৃতির চুম্বককে মাঝখানে এরূপভাবে আবদ্ধ করা হইয়াছে যেন তাহাদের পরস্পরের বিপরীত মেরুগুলি সন্নিহিত থাকে এবং তাহাদের মধ্যস্থ কোণগুলি সব সমান হয়।



চিত্র—৩৩



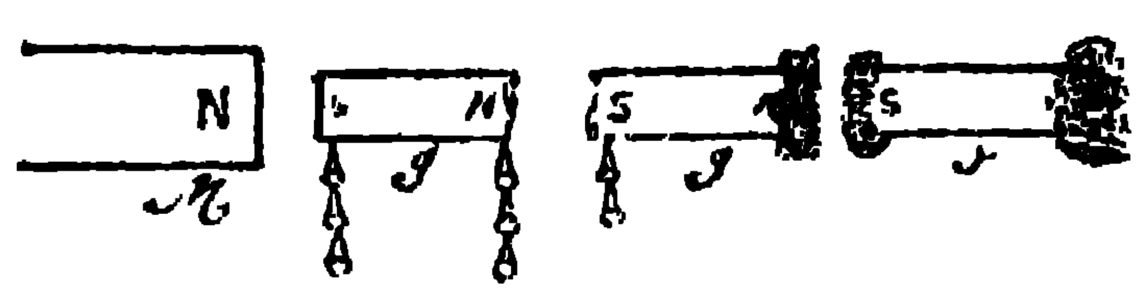
চিত্র—৩৪

দ্বিতীয় পরিচয়।

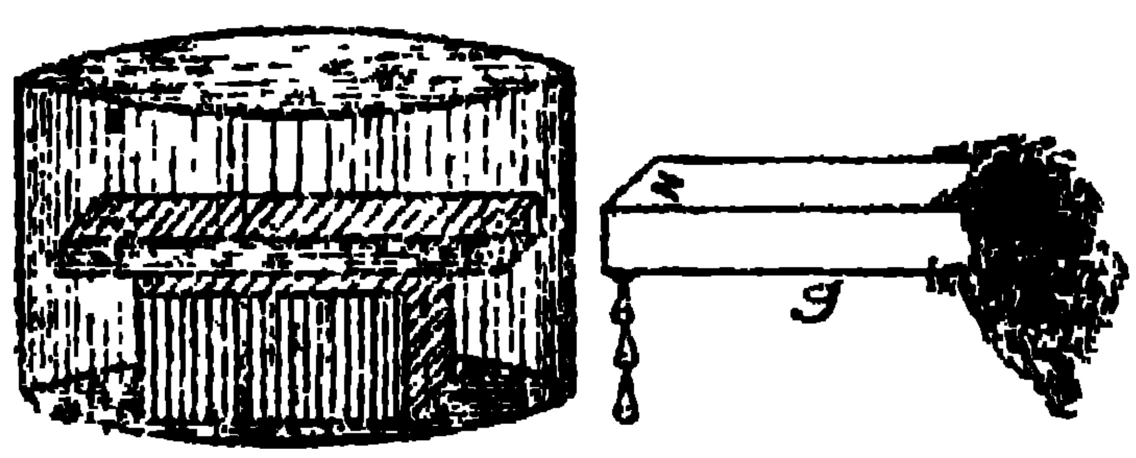
সম্ভাবন বা ইণ্ডাকসন (Induction) :—'চুম্বকের সান্নিধ্য হেতু লৌহের চুম্বকত্ব-প্রাপ্তিকে চুম্বক-সম্ভাবন বলে'। যদি একটি চুম্বকের মেরুর নিকট লৌহখণ্ড রাখা যায় (১) লৌহটি লৌহচুর প্রভৃতি চুম্বক পদার্থকে আকর্ষণ করিতে সক্ষম হয়(চিত্র ৩৫), (২) এবং একটি চুম্বক-সূচ দ্বারা পরীক্ষা করিলে আকর্ষণ ও নিক্ষেপণ হইতে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে লৌহের যে শেষাংশটি চুম্বক মেরুর নিকটে তাহা বিপরীত মেরুত্ব ও যেটি মেরু হইতে দূরে তাহা অনুরূপ মেরুত্ব প্রাপ্ত হয়, (চিত্র৩৬) এবং আরও দৃষ্ট হইবে যে এই চুম্বক সম্ভাবন, সম্ভাবিত চুম্বক দ্বারা তৎসন্নিহিত অন্য লৌহে এবং এই লৌহ হইতে তৎপরবর্ত্তী অপর লৌহে,এইভাবে পর পর অনেক লৌহে হইতে পারে (চিত্র ৩৭)। আর কাঁচ বা কাগজ প্রভৃতি বস্তু দ্বারা নির্ম্মিত জারের মধ্যে চুম্বকটিকে স্থাপন করিয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে বাহিরে সম্ভাবন কার্য্য সাধিত হয়, (চিত্র—৩৮)।

চিত্র—৩৫

চিত্র—৩৬



চিত্র—৩৭

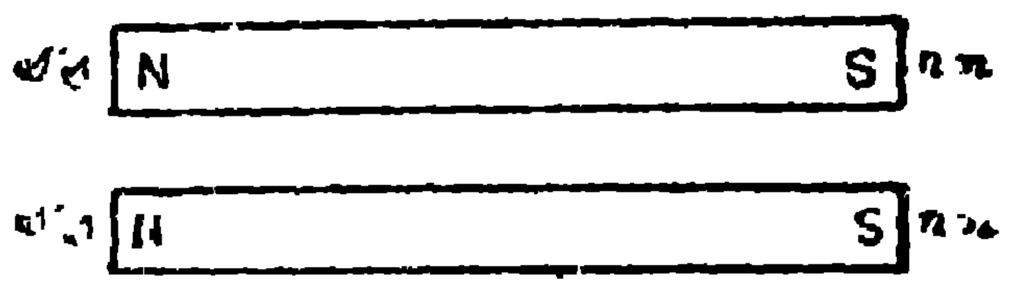


চিত্র—৩৮

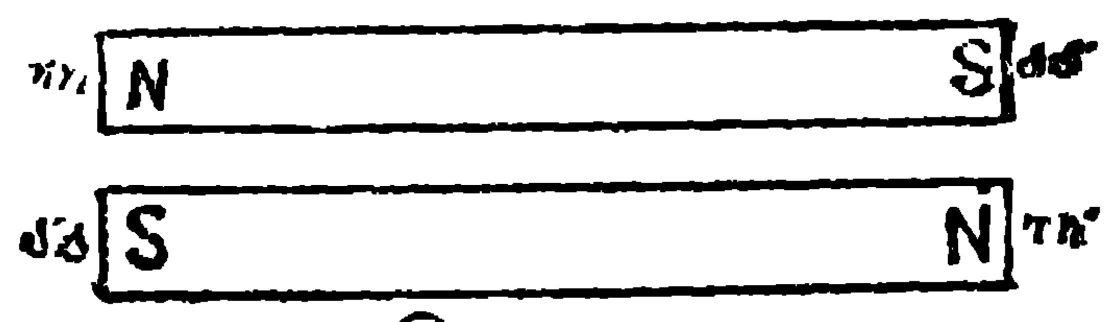
সম্ভাবন আকর্ষণের কারণ (Attraction is due to Induction) :—চুম্বক দ্রব্যের প্রতি চুম্বকের আকর্ষণের হেতু "সম্ভাবন"। সম্ভাবিত অনুরূপ মেরু অপেক্ষা সম্ভাবিত বিপরীত মেরু সম্ভাবক মেরুর নিকটবর্ত্তী বলিয়া বিপরীত মেরুদ্বয়ের আকর্ষণ বল অনুরূপ মেরুদ্বয়ের নিক্ষেপণ বল অপেক্ষা অধিক। সুতরাং আকর্ষণ পরিলক্ষিত হয়।

স্থায়ী ও ক্ষণিক চুম্বক ও রক্ষণ ক্ষমতা (Permanent and temporary magnet and Retaintivity):—ষ্টিলের মধ্যে চুম্বকত্ব স্থায়ীভাবে সম্ভাবিত হয় কিন্তু নরম লৌহের (soft-iron) মধ্যে উহা ক্ষণিক ভাবে সম্ভাবিত হয় অর্থাৎ সম্ভাবক মেরু যতক্ষণ উহার সমীপে থাকে ততক্ষণ উহার চুম্বকত্ব থাকে। অর্থাৎ ষ্টিলের রক্ষণ ক্ষমতা বা (retaintivity) খুব বেশী এবং নরম লৌহের রক্ষণ-ক্ষমতা প্রায় নাই বলিলেই হয়। এই রক্ষণ-ক্ষমতা ষ্টিলের কঠিনতার উপর নির্ভর করে এবং স্থায়ী চুম্বকের জন্য (কড়া পাইনের) টাংষ্টেন ষ্টিলই (glass hardened tungsten steel) প্রশস্ত।

হানিকর সম্ভাবন (Harmful induction) :—দুইটি চুম্বকের অনুরূপ মেরুদ্বয় একই দিকে রাখিয়া স্থাপন করিলে প্রত্যেক মেরু হইতে সম্ভাবন দ্বারা অপর চুম্বকের নিজস্ব মেরু গুলির স্থানে যথাক্রমে বিপরীত মেরু সম্ভাবিত হইবে (চিত্র-৩৯)। সুতরাং মেরুগুলির তেজ কমিয়া যাইতে থাকিবে ও কালে চুম্বকদ্বয় সাধারণ লৌহে পরিণত হইবে। এরূপ সম্ভাবন ক্রিয়াকে হানিকর সম্ভাবন বলে। কিন্তু যদি বিপরীত



চিত্র—৩৯

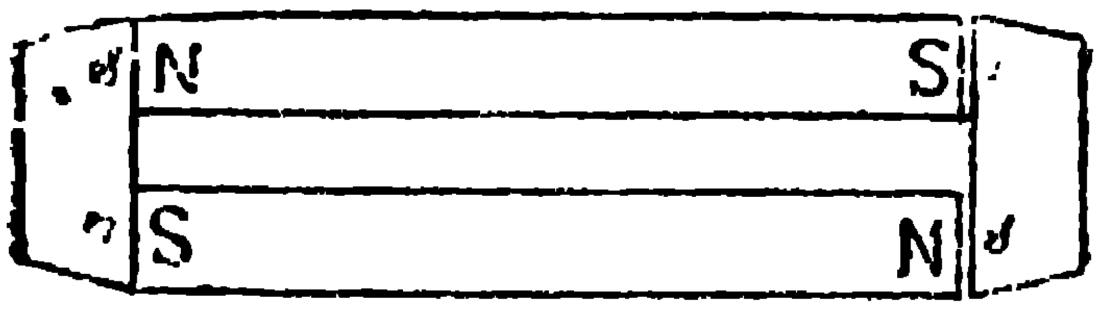


চিত্র—৪০

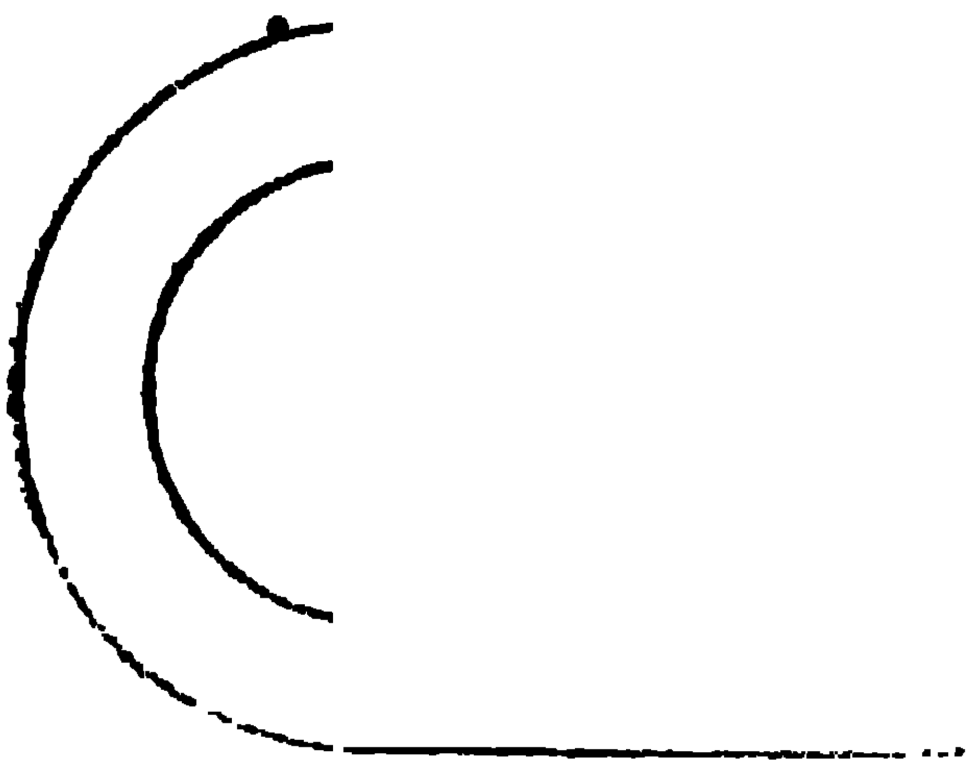
মেরুদ্বয়কে একই দিকে রাখিয়া স্থাপন করা যায় তাহা হইলে প্রত্যেক মেরু দ্বারা সম্ভাবন হেতু অপর চুম্বকের নিজস্ব মেরুগুলির স্থানে

যথাক্রমে অনুরূপ মেরু সম্ভাবিত হইবে (চিত্র—৪০)। সুতরাং এরূপভাবে রাখিলে চুম্বকের তেজ কখনও কমিতে পারে না। চিত্রে N ও S দ্বারা আদিম মেরু এবং n ও s দ্বারা সম্ভাবিত মেরু নির্দ্দিষ্ট হইয়াছে।

মেরু খণ্ড, রক্ষক বা সংযোজক (Pole Piece, keeper or armature):—চুম্বক হইতে নির্গত হইয়া বায়ুর মধ্য দিয়া গমন কালে চুম্বক বলের তেজ কমিয়া যায়। কিন্তু যদি বায়ুর মধ্য দিয়া না যাইয়া কোন চুম্বক পদার্থের (যেমন লৌহের) মধ্য দিয়া যায় তাহা হইলে তেজ কমে না। এইজন্য চুম্বকের বিপরীত মেরুদ্বয়কে সচরাচর নরম লৌহখণ্ড দ্বারা সংযোজিত করিয়া রাখা হয়। তাহাতে চুম্বকের তেজ আদৌ কমিবার সম্ভাবনা থাকে না। এরূপ লৌহখণ্ডকে মেরুখণ্ড (pole piece) বা রক্ষক (keeper) অথবা সংযোজক (armature) বলে। দণ্ড-চুম্বকের বেলায় দুইটি চুম্বক লইয়া দুইটি লৌহখণ্ড দ্বারা তাহাদের বিপরীত মেরুদ্বয়কে দুই দিকে সংযোগ করিতে হয় (চিত্র-৪১)। অশ্বক্ষুরাকার চুম্বক হইলে তাহারমেরুদ্বয় একইদিকে বলিয়া একখণ্ড লৌহ হইলেই চলে।



চিত্র—৪১



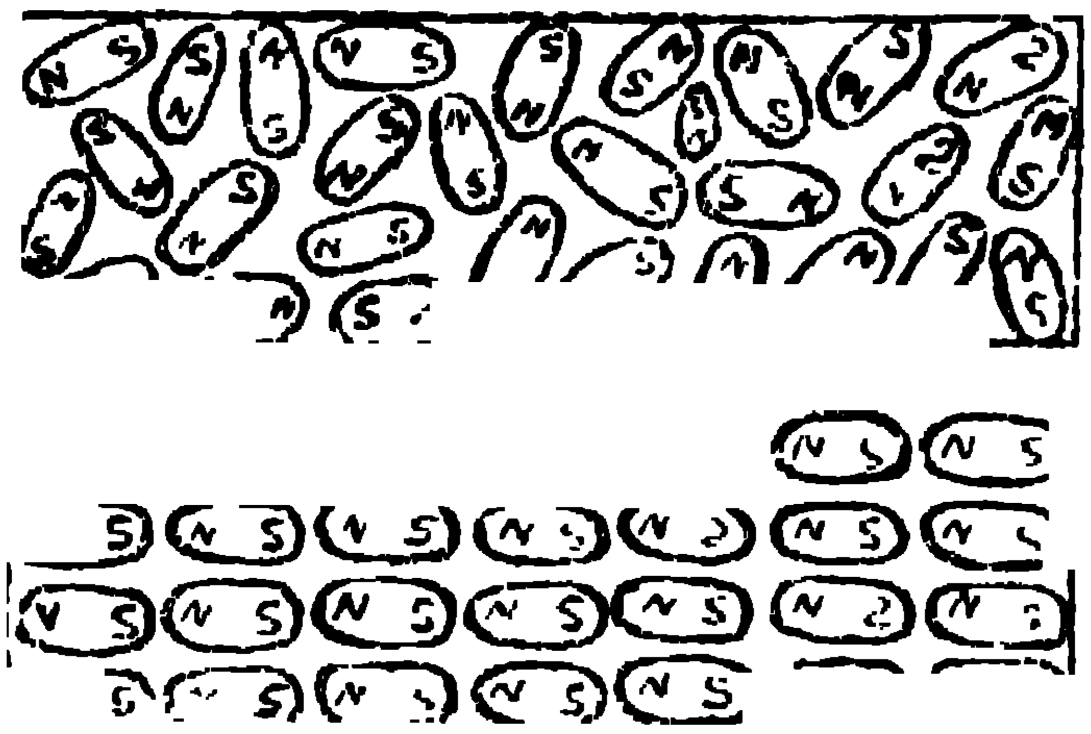
চিত্র—৪২

চুম্বকত্বের অনুমান (Theory of magnetism):—

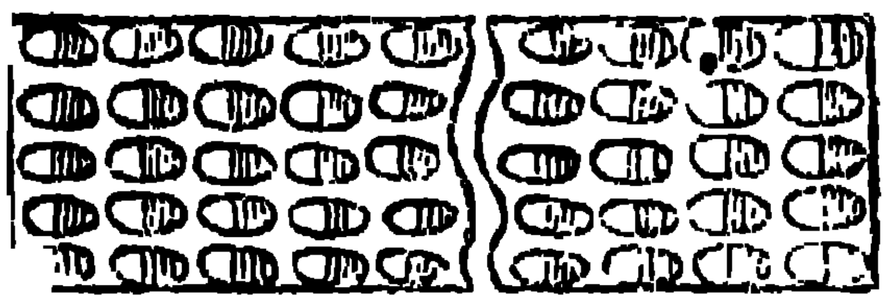
(১) আনবিক অনুমান (Molecular theory):—

লৌহের অনু পরমানুগুলি নিজেরাই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র চুম্বক। সাধারণ লৌহে চুম্বকত্ব দৃষ্ট না হইবার কারণ এই যে, এই অনু পরমানুগুলি এরূপ এলোমেলো ভাবে সাজাইয়া থাকে যে কতকগুলির কার্য্যাবলী অন্য কতকগুলির বিপরীত কার্য্যাবলীর দ্বারা নষ্ট হইয়া যায়। যদি তাহাদিগকে

এরূপভাবে সাজান হয় যে সমস্ত বা অধিকাংশ N মেরু একদিকে ফিরিয়া থাকে, তাহা হইলে সমস্ত বা অধিকাংশ S মেরু বিপরীত দিকে ফিরিয়া থাকিবে এবং লৌহটি চুম্বকে পরিণত হইবে। যেদিকে যে মেরুগুলি ফিরিয়া থাকে সেই শেষভাগে সেই মেরু লক্ষিত হইবে। পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে যে এক মেরু বিশিষ্ট চুম্বক হয় না। তাহার কারণ এই যে, অণু পরমাণু অখণ্ডনীয়, সুতরাং যে কোন স্থানেই চুম্বককে খণ্ডিত করা যাউক না কেন (চিত্র—৪৫) প্রত্যেক খণ্ড চুম্বকের দুই শেষভাগে দুইটি বিপরীত মেরু পাওয়া যাইবে। সাদা ও কাল দ্বারা দর্শিত হইয়াছে।

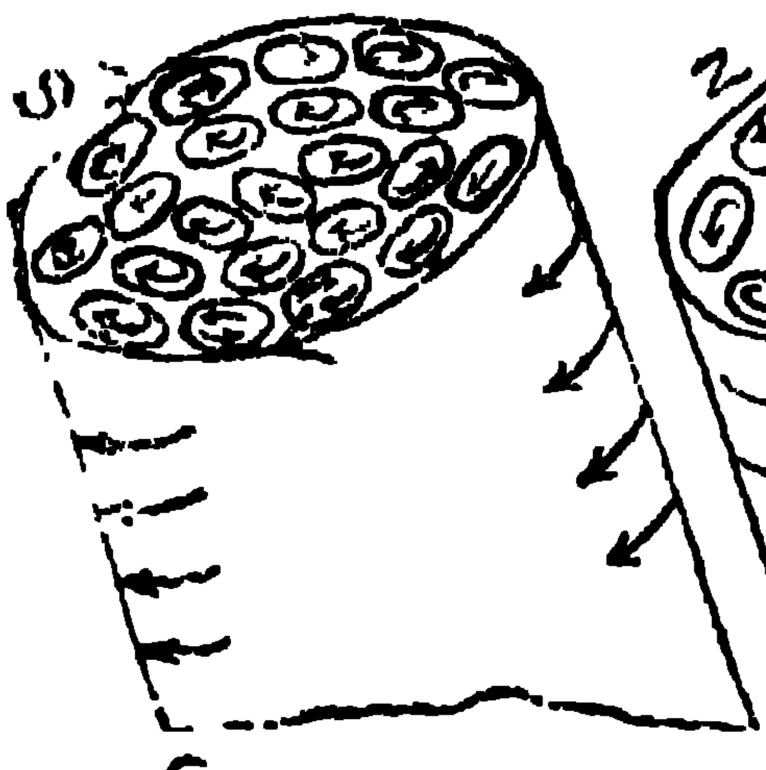


চিত্র—৪৩, ৪৪

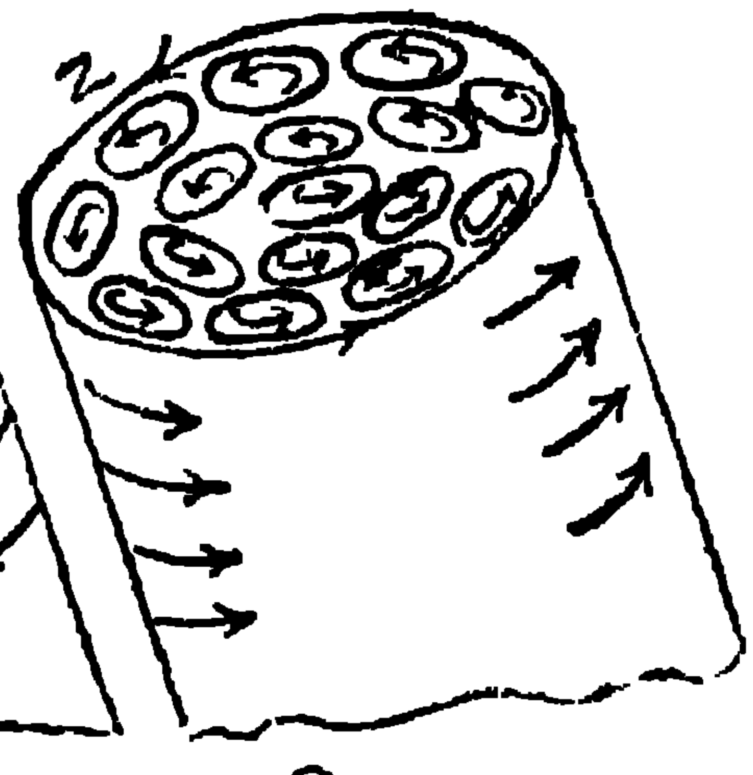


চিত্র—৪৫

(২) বৈদ্যুতিক অনুমান (Electrical theory):—আমপেয়ার কর্ত্তৃক আরও সমুচিত ব্যাখ্যা প্রদত্ত হইয়াছে। তাঁহার মতানুযায়ী প্রত্যেক অণুর উপর দিয়া বৃত্তাকারে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতেছে। 'চুম্বকীভবনের' পূর্ব্বে এই অণুগুলি এরূপ এলোমেলোভাবে সজ্জিত থাকে যে, এক এর প্রবাহ সন্নিহিত অপরের প্রবাহের বিপরীত। সুতরাং প্রবাহ হেতু চুম্বক ফলগুলি উল্টাপাল্টা হয় বলিয়া তাহা বাহিরে দৃষ্ট হয় না। চুম্বক-করণ কালে অণুগুলি এরূপভাবে সজ্জিত হয় যে প্রবাহগুলি সব একই দিকে সমান্তরাল ভাবে বহিতে থাকে। প্রবাহগুলি



চিত্র—৪৬



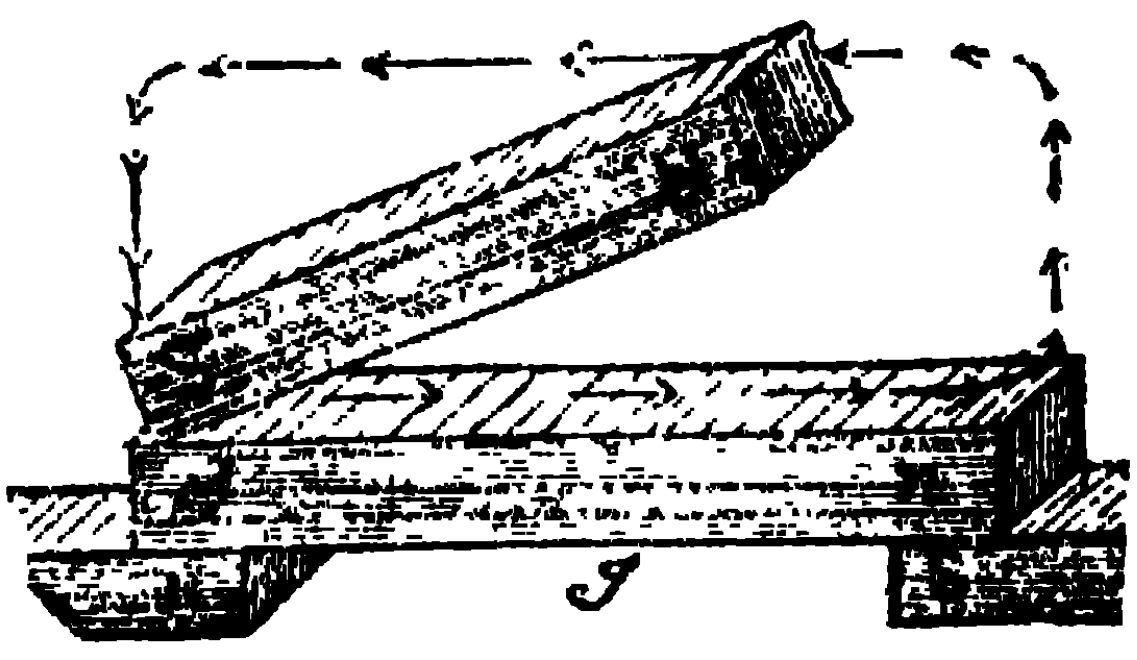
চিত্র—৪৭

যতই সমান্তরাল হইতে থাকিবে, চুম্বকত্বের ততই পুষ্টিসাধন হইবে। অবশ্য প্রবাহের দিক আমাদের লক্ষ্য করিবার দিকের উপর নির্ভর করে। যদি S মেরুর দিক হইতে দেখা যায় তাহা হইলে ঘড়ির কাঁটা যেদিকে ঘুরে প্রবাহ সেই ভাবে বহিতেছে, আর যদি N মেরুর দিক হইতে লক্ষ্য করা যায় তাহা হইলে তাহার বিপরীত দিকে বহিতেছে বা ঘুরিতেছে। N ও S নির্দ্দেশ করিতেছে। বহমান বিদ্যুতে প্রবাহের "চুম্বক ফল" পাঠ করিলে এ বিষয়ের বিশেষ জ্ঞান হইবে। বলা বাহুল্য আনবিক প্রবাহের সমষ্টি গাত্র-প্রবাহ।

চুম্বক-করণ পদ্ধতি (Magnetisation)

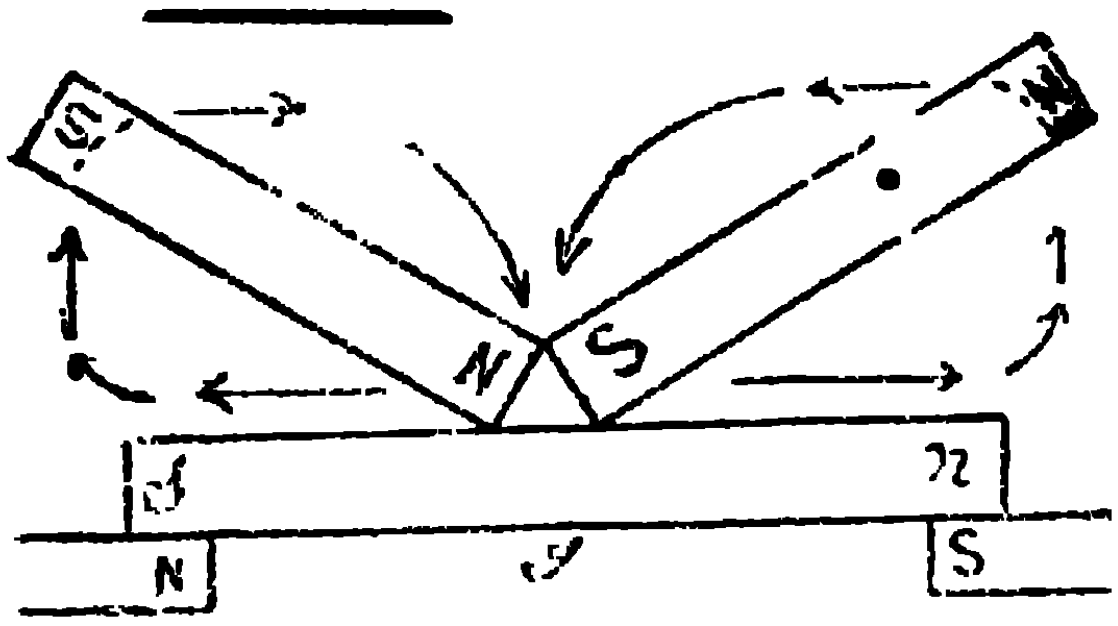
- সম্ভাবন
  - চুম্বক দ্বারা
    - এক স্পর্শ
    - পৃথক স্পর্শ
    - উভয় স্পর্শ
  - ভূ-চুম্বকত্ব দ্বারা
- বিদ্যুৎ-প্রবাহ

<u>একস্পর্শ</u> (Single touch) একটি লৌহকে টেবিলের উপর শায়িত করিয়া একটি চুম্বকের একটি মেরুকে ঐ লৌহের উপর দিয়া ঘষিয়া এক প্রান্ত হইতে অন্য প্রান্ত পর্য্যন্ত টানিয়া লইয়া যাইতে হইবে এবং একবার এরূপ ভাবে ঘষিয়া টানা হইলে মেরুটিকে তুলিয়া পুনরায় পূর্ব্ব প্রান্তে বসাইয়া এরূপ ভাবে টানিতে হইবে। লৌহটির এক পিঠের উপর বার কতক এরূপ করিতে হইবে। মেরুটি লৌহের যে প্রান্তকে শেষ স্পর্শ করে তথায় বিপরীত মেরু সৃষ্ট-হয়।



চিত্র—৪৮

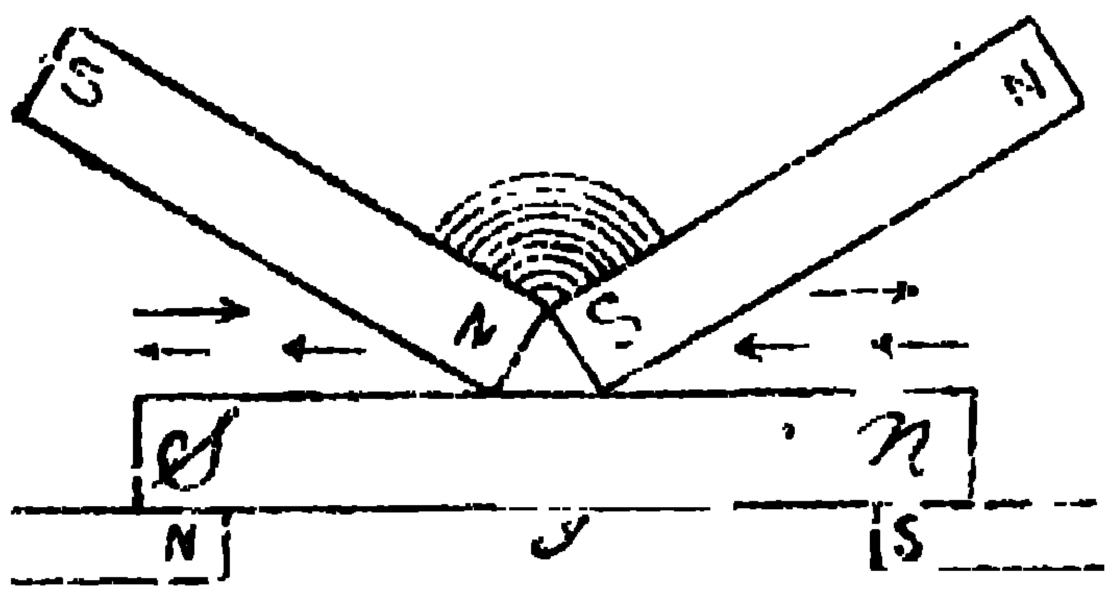
পৃথক স্পর্শ (Separate touch):—টেবিলের উপর শায়িত লৌহের মধ্যস্থলে দুইটি চুম্বকের বিপরীত মেরুদ্বয় বসাইয়া লৌহের উপর দিয়া ঘষিয়া দুই প্রান্তের দিকে মেরু দুইটিকে পৃথক করিয়া টানিয়া লইয়া যাইতে হইবে; পরে লৌহের শেষভাগদ্বয়ে উপস্থিত হইলে মেরুদ্বয়কে একস্পর্শের মত তুলিয়া পুনরায় লৌহের মধ্যস্থলে বসাইয়া এইরূপে



চিত্র—৪৯

টানিতে হইবে। এক পিঠের উপর বারকতক এরূপ করিয়া লৌহটিকে উল্টাইয়া উল্টাপিঠে এরূপ করিতে হইবে। সাবধান যেন একই শেষভাগদিকে একই মেরু সব সময় টানা হয়। এইরূপ করিলে লৌহটি চুম্বক হইবে এবং একস্পর্শের মত যে মেরু যে প্রান্তকে শেষ স্পর্শ করে তথায় বিপরীত মেরু দৃষ্ট হইবে।

উভয় স্পর্শ (Double Touch):—টেবিলের উপর শায়িত লৌহটার যে কোন স্থানে দুইটি চুম্বকের বিপরীত মেরুদ্বয় একসঙ্গে বসাইয়া তাহাদিগকে পৃথক না করিয়া লৌহটার উপর দিয়া ঘষিয়া একবার এক প্রান্ত পর্য্যন্ত, পরবারে উল্টাদিকে অন্য প্রান্ত পর্য্যন্ত এইরূপে বারকতক টানিতে



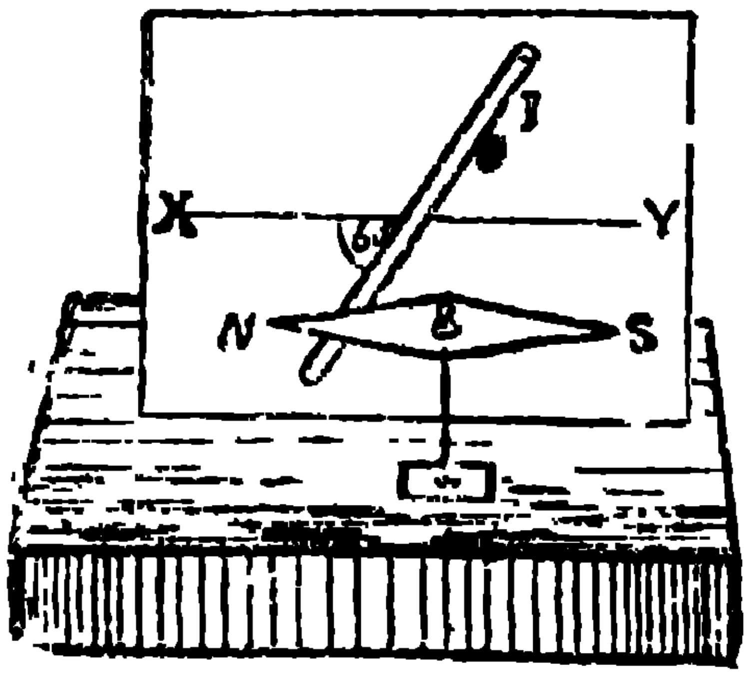
চিত্র—৫০

হইবে। পরে লৌহটাকে উল্টাইয়া উল্টা পিঠে বারকতক এইরূপ করিলেই লৌহটা চুম্বকে পরিণত হইবে। সাবধান যেন লৌহটার একই প্রান্তে একই মেরু সর্ব্ব সময় থাকে। যে মেরু যে প্রান্তে থাকে সেই প্রান্তে বিপরীত মেরু সৃষ্ট হয়।

দ্রষ্টব্য— চুম্বক করণে চুম্বকমেরুকে লৌহের উপর ঘষিতে হইবে কি লৌহকে ঘষিতে হইবে তাহা সুবিধা সাপেক্ষ। যথা—বিদ্যুৎ প্রবাহ জনিত চুম্বক (Electro-magnet) সাহায্যে চুম্বক করণে চুম্বককে নড়ন চড়ন কষ্টসাধ্য বলিয়া সচরাচর লৌহকে চুম্বক মেরুর উপর ঘষা হয়। আর লৌহকে কেবল টেবিলের উপর শায়িত না করিয়া দুইটি চুম্বকের বিপরীত মেরুদ্বয়ের উপর শায়িত করিলে চুম্বক করণ কার্য্য খুব সরল হইয়া যায়। তবে লক্ষ্য রাখা কর্ত্তব্য যে লৌহের যে প্রান্তে যে রূপ মেরু টানা হইবে সেই প্রান্তটী যেন সেরূপ মেরুর উপর শায়িত হয়।

ভূ-চুম্বক দ্বারা (By earth's induction):—একটি

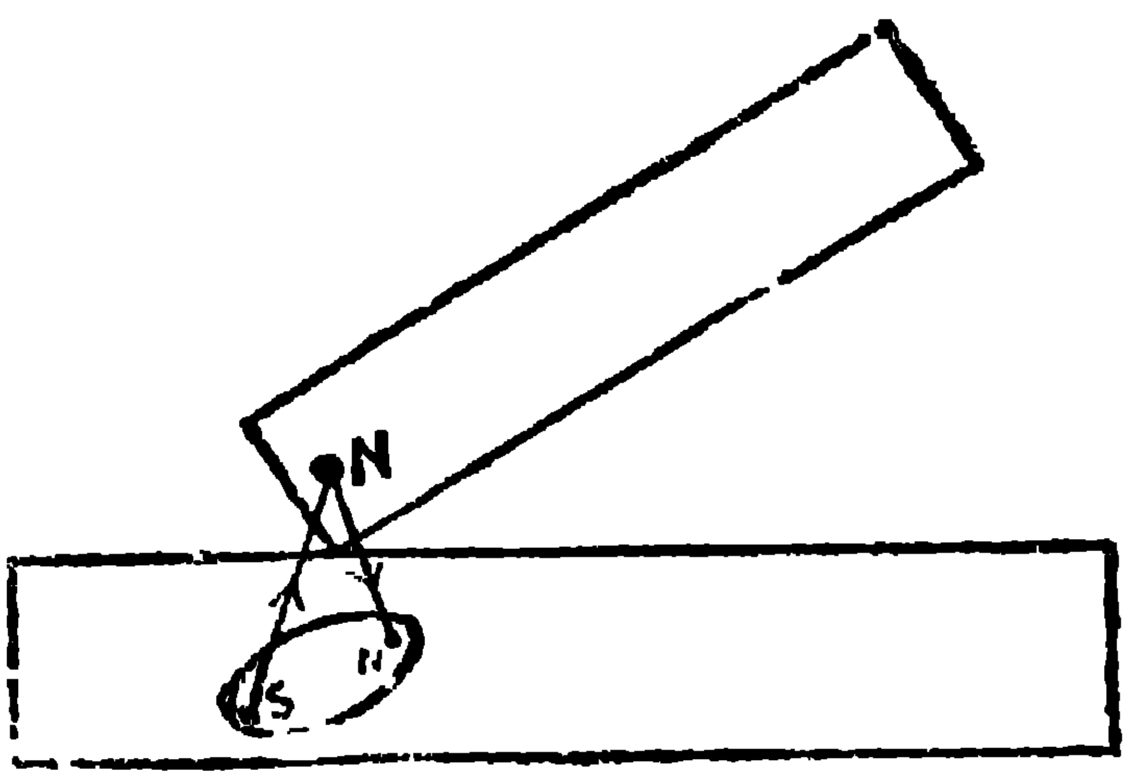
লৌহকে সম্পূর্ণ চুম্বক-বলদিকে রাখিয়া আস্তে আস্তে হাতুড়ির ঘা দিলে ঐ লৌহ চুম্বকে পরিণত হয়। এইভাবে অনেক সময় পেটা পেরেক ইত্যাদি প্রস্তুত কালে চুম্বক হইয়া যায়।



চিত্র—৫১

(N. B.) ম্যাগনেটো প্রভৃতির অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বক বৈদ্যুতিক চুম্বকদ্বারা চুম্বক করণ বিধি ঠিক এইরূপ। অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বকের শেষভাগদ্বয় বৈদ্যুতিক চুম্বকের মেরুদ্বয়ে রক্ষিত হয়, পরে উহাকে উহার শেষভাগদ্বয়ের একবার এক-দিকে, পরে অন্যদিকে একটু একটু কাৎ করিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয় যাহাতে প্রতি বার উহা মেরুদ্বয় দ্বারা আকৃষ্ট হইয়া সজোরে তাহাদের উপর পড়ে ও সেই আঘাতে অনু পরমানুগুলির কম্পন হয় এবং উহারা সহজে সজ্জিত হয়। চুম্বককরণের পর তাড়িৎ বা বিদ্যুৎ প্রবাহ চুম্বক হইতে তুলিয়া লইবার পূর্ব্ব হইতেই অশ্বক্ষুর-চুম্বকের শেষভাগদ্বয় মেরুখণ্ড দ্বারা সংযুক্ত করিয়া রাখিতে হয় ও যতক্ষণ কোন আর্মেচার দেওয়া না যায় ততক্ষণ উহাকে মেরুখণ্ড হইতে সরান হয় না (চিত্র—৫৪)।

উল্লিখিত চারি প্রকার চুম্বক-করণের মূল কারণ চুম্বকের, বৈদ্যুতিক চুম্বকের বা ভূ-চুম্বকের চুম্বকত্বের দ্বারা সম্ভাবন। সম্ভাবন দ্বারা লৌহের অনু পরমানুগুলি এরূপ ভাবে সজ্জিত হয় যে সমস্ত বা অধিকাংশ N-মেরু একদিকে ফিরিয়া যায় ও সমস্ত বা অধিকাংশ S-মেরু বিপরীত দিকে ফিরিয়া যায়। এই কার্য্য চুম্বককারী চুম্বকের মেরু ও লৌহের অনু পরমানু মেরুগুলির মধ্যে আকর্ষণ ও নিক্ষেপণ দ্বারা সাধিত হয়।

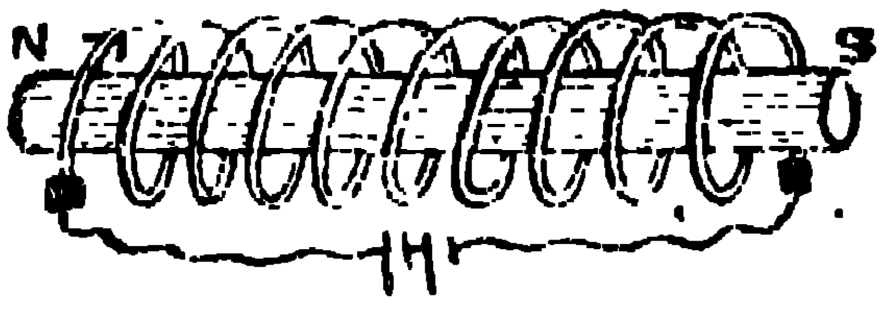


চিত্র—৫২

এই ক্রিয়ার সময় লৌহকে আস্তে আস্তে ঘা

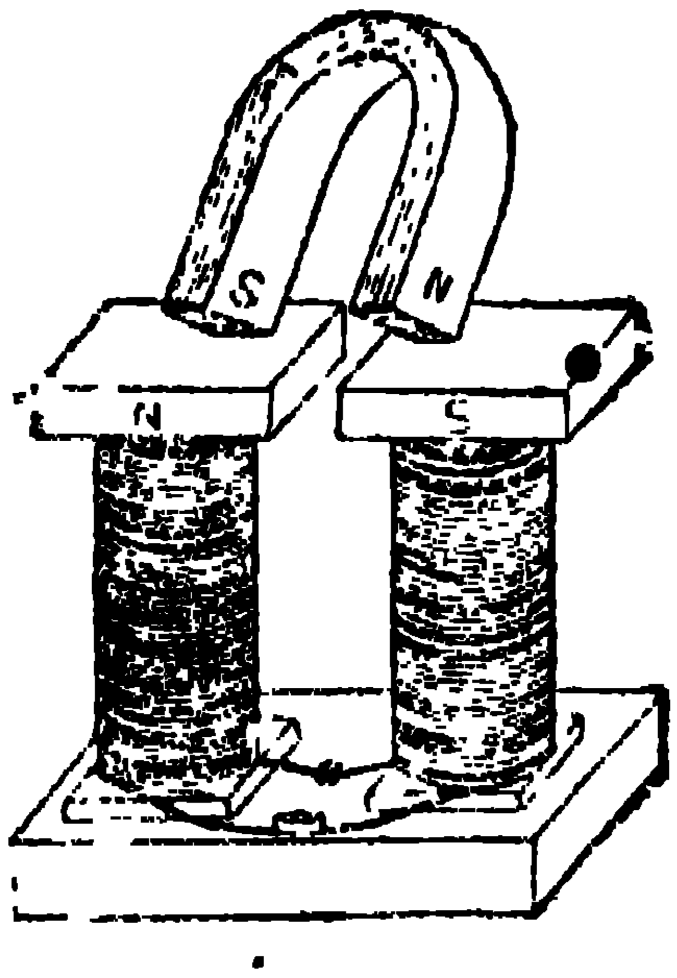
মারিলে অণু পরমাণুগুলির কম্পন হয় ও সেই অবস্থায় উহারা সহজে ঘুরিয়া মেরু হিসাবে সাজাইয়া যাইতে সক্ষম হয়। এই চুম্বককরণে সাবধান হইতে হইবে যেন স্থায়ী চুম্বকের ষ্টিলে কোন প্রকারে জোরে আঘাত না লাগে, কারণ উহার পাইন এত কড়া যে উহা কাঁচের ধাতের ন্যায় ভঙ্গুর, সুতরাং ভাঙ্গিয়া যাইবার বিশেষ সম্ভাবনা।

বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা চুম্বক করণ (Magnetisation by Electric current) :—একটি লৌহকে বিদ্যুৎ প্রবাহ বহনকারী **রোধিত** (Insulated) তারের গুটির (Coil) মধ্যে প্রবেশ করাইলে উহা (দুই শেষভাগে) দুই মেরুবিশিষ্ট চুম্বকে পরিণত হয় (চিত্র—৫৩)।

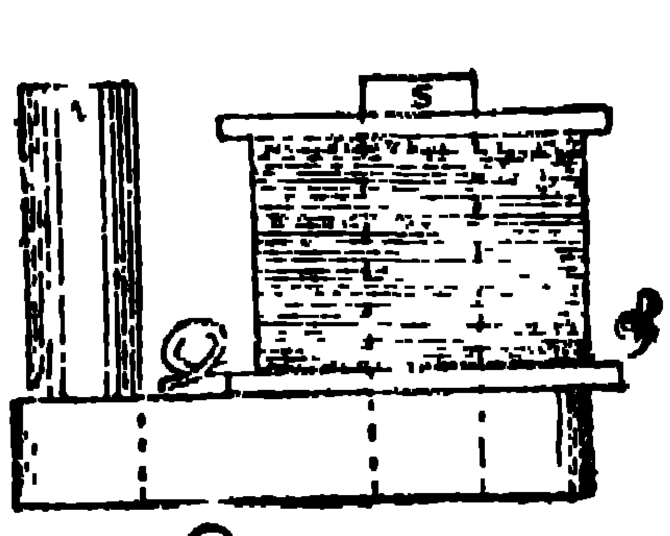


চিত্র—৫৩

এই তাড়িৎ চুম্বকের তেজ প্রবাহের তেজের উপর, গুটির পাকসংখ্যার ও লৌহের আকৃতি প্রকৃতির উপর নির্ভর করে ইহা পরে বলা হইতেছে। বৈদ্যুতিক চুম্বকের অশ্বক্ষুরাকৃতি নরম লৌহটি সচরাচর একটি ভারী ভিত্তিতে আবদ্ধ থাকে। এই লৌহের দুই দিকের দুই বাহুতে দুইটি 'রোধিততারের' গুটিবিশিষ্ট বিদ্যুৎরোধিত কাঠিম পরাইয়া দেওয়া হয়। এই কাঠিমদ্বয়ে তার এরূপভাবে জড়ান ও সংযুক্ত থাকে যে উপর হইতে দেখিলে, একটি গুটিতে প্রবাহ ঘড়ির কাঁটার দিকে ও অপরটীতে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে (বিদ্যুৎ চালনা করিলে) প্রবাহিত হইতে দেখায়। বৈদ্যুতিক চুম্বকের মেরুত্ব, প্রবাহ ঘূর্ণনের দিকের উপর নির্ভর করে। বহমান বিদ্যুতে প্রবাহের চুম্বকগুণাবলী পাঠ করিলে দেখা যায় যে মেরুর দিক হইতে যে কয়েলটিতে প্রবাহকে ঘড়ির কাঁটার দিকে

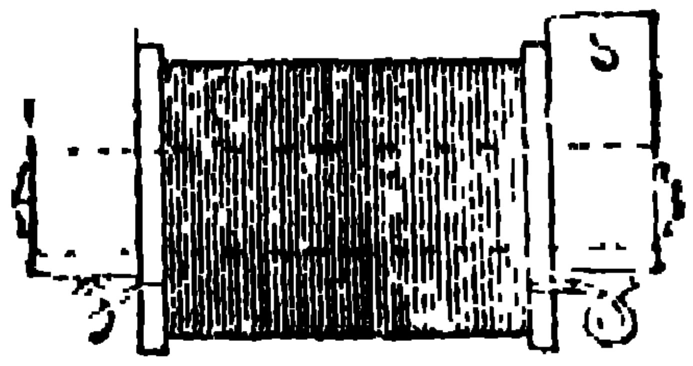


চিত্র—৫৪

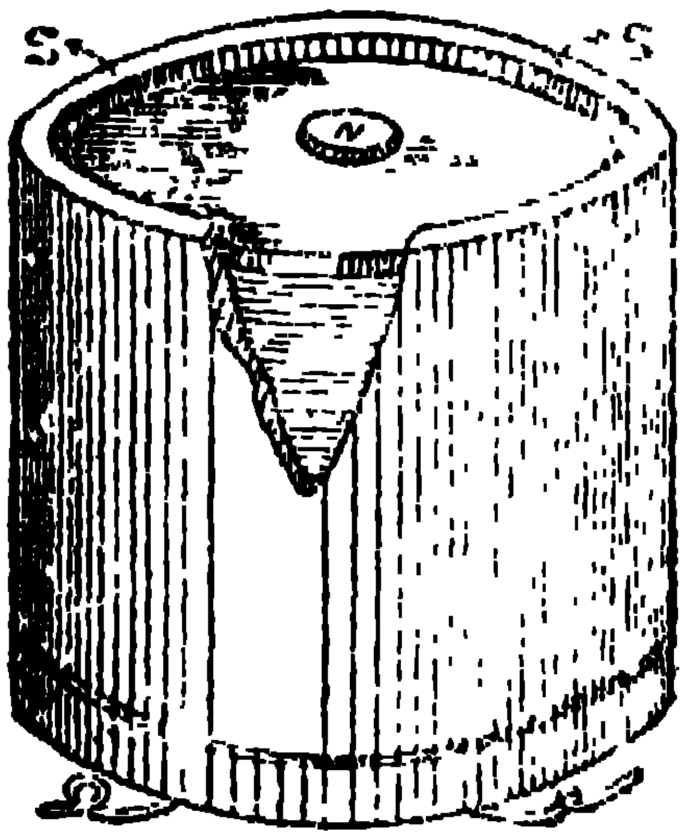


চিত্র—৫৫

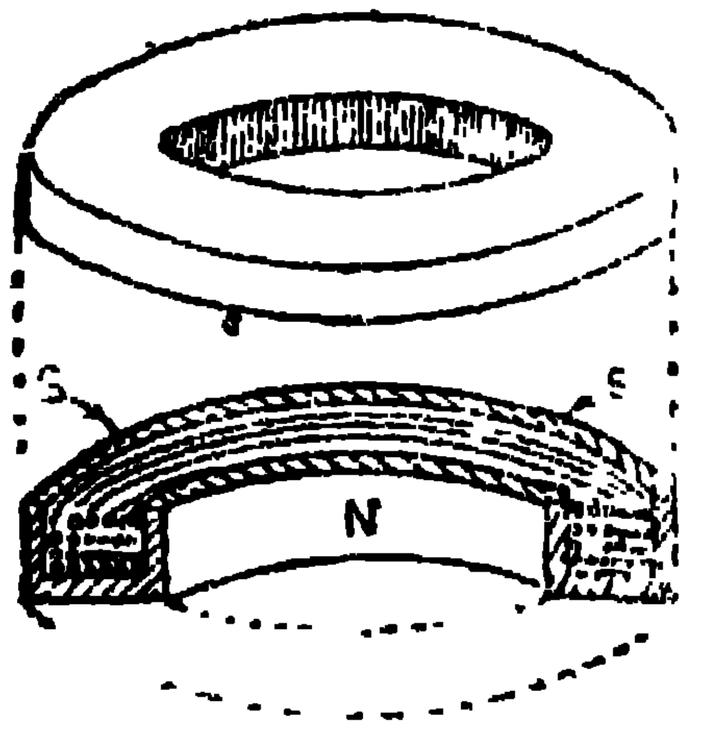
ঘুরিতে দৃষ্ট হইবে তদ্দ্বারা S মেরু ও যে কয়েলটিতে প্রবাহ তাহার বিপরীত দিকে দৃষ্ট হইবে তদ্দ্বারা N মেরু সৃষ্ট হইবে। কতকগুলি বিভিন্ন প্রকারের বৈদ্যুতিক চুম্বকের চিত্র দেওয়া হইল:—



চিত্র—৫৬



চিত্র—৫৭



চিত্র—৫৮

বৈদ্যুতিক চুম্বকের নিয়ম (Laws of Electro-Magnet):—(১) বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ উহার প্রবাহের তেজের অনুরূপ (২) বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ গুটির পাকসংখ্যার অনুরূপ অর্থাৎ এই উভয় নিয়ম একত্র করিলে বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ আমপেয়ার পাকের অনুরূপ, (৩) বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ লৌহের ধাতের উপর নির্ভর করে। যথা;—নরম লৌহের তেজ খুব অধিক হয়, কিন্তু প্রবাহ বন্ধের সহিত চুম্বকত্বও নষ্ট হইয়া যায়, আবার ইস্পাতে যদিও চুম্বকত্বের তেজ খুব বেশী হয় না, কিন্তু প্রবাহ বন্ধ হইলেই অধিকাংশ চুম্বকত্ব পরেও থাকে—যদি প্রবাহের তেজ ঠিক থাকে। (৪) বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ গুটির তারের পদার্থের উপর বা উহার ব্যাসের উপর নির্ভর করে না।

চুম্বকত্ব নাশ (Destruction of Magnetism):—(১) সম্ভাবন দ্বারা (ক) কোন চুম্বক মেরুর দ্বারা (খ) ভূ-চুম্বকদ্বারা, যথা—উত্তরমেরু প্রদেশে যদি চুম্বকের দক্ষিণ অন্বেষণকারী মেরুকে নিম্নে রাখা যায় বা দক্ষিণমেরু প্রদেশে যদি উত্তর অন্বেষণকারী মেরুকে নিম্নে রাখা যায়। এই সকল স্থলে আদিম মেরুর বিপরীত মেরু সম্ভাবিত হয় ও তদ্দ্বারা চুম্বক তেজ হ্রাস বা ধ্বংস হয়।

(২) দুর্ব্যবহার, —স্বেচ্ছায় বা আকস্মিক—যাহাতে অনু পরমানুগুলির কম্পন হইতে পারে।

(৩) চুম্বককে লোহিত তপ্ত করিলে—

(৪) চুম্বককে মোচড়াইলে—

চুম্বক-করণের ফল (Effects of Magnetisation) :—
(১) লৌহ বা ইস্পাতকে চুম্বক করিলে উহা দৈর্ঘ্যে সামান্য বাড়িয়া যায়। এই বৃদ্ধি অত্যন্ত অল্প। সম্পূর্ণ ভাবে চুম্বক করিলেও এই বৃদ্ধি পূর্ব্বের দৈর্ঘ্যের মাত্র $\frac{১}{৭২০০০}$ ভাগ। উত্তপ্ত হইলে যেমন বস্তুর আয়তন বাড়ে, চুম্বক-করণ কালে কিন্তু সেরূপ হয় না, উহার দৈর্ঘ্যবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে স্থূলতা কমে। এই দৈর্ঘ্যবৃদ্ধির কারণ এই যে অনুগুলির আকার ঠিক গোলাকার নহে, কমলালেবুর মত একদিকের ব্যাস অপরদিকের ব্যাস অপেক্ষা ঈষৎ বড় এবং অনুর মেরুদ্বয় এই বৃহৎ ব্যাসে স্থিত। সুতরাং, চুম্বকীভবন কালে এই বৃহৎ ব্যাসগুলি দৈর্ঘ্যের দিকে সজ্জিত হয় বলিয়া চুম্বকের দৈর্ঘ্য বাড়ে ও স্থূলতা কিছু কমে।
(২) চুম্বকীভবন ও চুম্বক নাশের সময় চুম্বকপদার্থে ঈষৎ টিক্ টিক্ শব্দ হয়।
(৩) যখন লৌহদণ্ডে দ্রুত চুম্বকীভবন ও চুম্বক নাশ হয়, তখন উহা উত্তপ্ত হইয়া উঠে। ইহা হইতে অনুমান হয় যে চুম্বকীভবন কালে চুম্বক পদার্থের অনুগুলির মধ্যে ঘর্ষণ হয়।

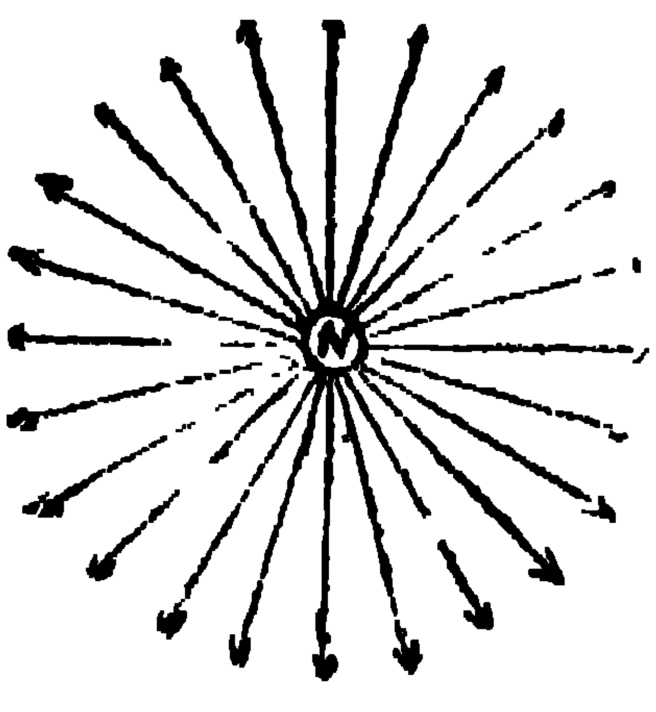
(৪) চুম্বকীভবন কালে বক্র দণ্ড সোজা হইবার চেষ্টা করে।

চুম্বক বল-রেখা ও রাজ্য (Magnetic lines of force and Field of force) :—**বল-রেখা** (Lines of force) :— একটি মেরু, লৌহকে বা বিপরীত মেরুকে আকর্ষণ করে ও অনুরূপ মেরুকে নিক্ষেপ করে। এই আকর্ষণ বা নিক্ষেপণ বল মেরু তেজের গুণ ফলের অনুরূপ ও তাহাদের ব্যবধানের বর্গের বিরূপ। এ বিষয়ের কিছু কারণ দেখাইবার জন্য ধরিয়া লওয়া হয় মেরুগুলি "বলরেখা" নামীয়

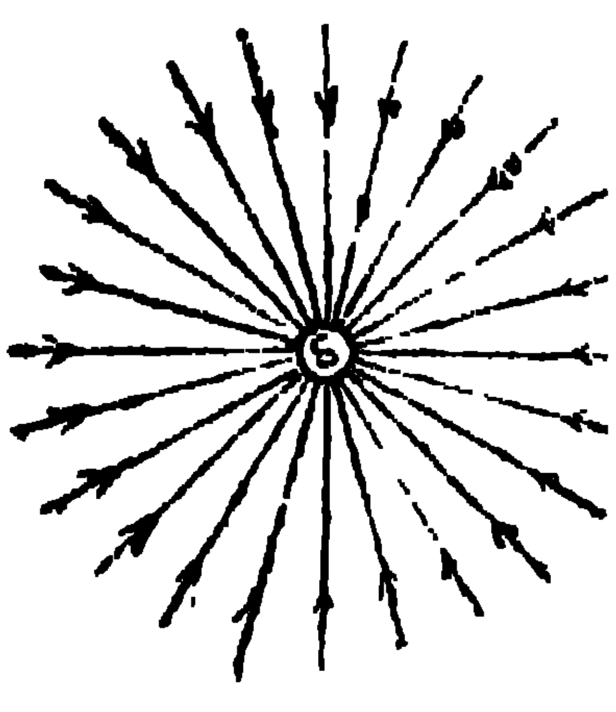
কতকগুলি রেখার উৎপত্তি বা সন্ধিস্থান ব্যতীত আর কিছুই নহে এবং এই বলরেখা গুলিতে যথোপযুক্ত গুণ আরোপ করিয়া উল্লিখিত ঘটনা গুলির সামঞ্জস্য করা হয়। বলরেখার অস্তিত্ব সম্বন্ধে বাস্তবিক কিছু সত্য আছে কিনা তাহা জানা নাই, তবে বিদ্যুতের সহিত চুম্বকত্বের সম্বন্ধকে সহজে বুঝিতে গেলে এইরূপ ধারণা করিয়া লইতে হয়।

বলরাজ্য (Field of force) :—চুম্বকের চারিদিকে যেস্থানে চুম্বকবল অর্থাৎ বলরেখা আছে তাহাকে চুম্বক-বলরাজ্য বলে। এই বলরাজ্যে প্রত্যেক স্থানের চুম্বকবল দূরত্বের উপর (বিরূপবর্গ অনুযায়ী) নির্ভর করে ও ঐ চুম্বক বলের দিক বলরেখার দিক দ্বারা নির্দ্দিষ্ট হয়। যেহেতু বলরেখাগুলি সব বক্ররেখা, কোন বিন্দুতে চুম্বক বলের দিক ঐ বিন্দুতে বলরেখার "স্পর্শজ্যা" দ্বারা নির্দ্দিষ্ট হয়। বলরেখাতে এই গুণদ্বয় আরোপ করা হয় (১) ইহারা সঙ্কোচনশীল অর্থাৎ বর্দ্ধিত রবারের সুতার মত কোঁচকাইয়া ছোট হইবার চেষ্টা করে; (২) ইহারা পরস্পরকে নিক্ষেপ করে (অতএব দুইটি রেখা মিলিতে পারে না)।

ইহা স্বীকৃত হয় যে N-মেরু বলরেখার উৎপত্তিস্থান ও S-মেরু উহাদের সন্ধিস্থল, সুতরাং তাহাদিগকে একাকী ভাবে আঁকিলে (চিত্র ৫৯-৬০) অনুরূপ হইবে।



চিত্র—৫৯



চিত্র—৬০

একাকী মেরুর রাজ্য (Field due to isolated poles) :—যেহেতু বলরেখারা পরস্পরকে নিক্ষেপ করে, তাহারা কোন একটি মেরু হইতে—কেন্দ্র হইতে বৃত্তের ব্যাসার্দ্ধবৎ—চতুর্দ্দিকে সমভাবে ছড়াইয়া পড়িবে। সুতরাং যদি তীরের দ্বারা বলরেখার দিক নির্দ্দেশ করা যায় তাহা হইলে চিত্র ৫৯ অনুযায়ী একাকী N বা চিত্র ৬০

অনুযায়ী S মেরু নির্দ্দিষ্ট হইবে। যেহেতু N-মেরুকে বলরেখার উৎপত্তি স্থান ধরা হয়, ৫৯ চিত্রে বলরেখাগুলি যেন উহা হইতে নির্গত হইয়া চতুর্দ্দিকে ছড়াইয়া পড়িতেছে। আর S-মেরুকে বলরেখার সন্ধিস্থল ধরা হয় বলিয়া ৬০ চিত্রে বলরেখাগুলি যেন চতুর্দ্দিক হইতে আসিয়া ঐ মেরুতে নিহিত হইতেছে।

মেরুর বলরেখা সংখ্যা:—ইহা মেরুর তেজের উপর নির্ভর করে। **একক বর্গ পরিমিত তলের উপর একক বলের পরিবর্ত্তে লম্বভাবে একটি করিয়া বলরেখা ধরা হয়।** অতএব এখন যদি M তেজের একটি মেরুকে একক ব্যাসার্দ্ধ (১ সেন্টিমিটার) গোলকের কেন্দ্রে অবস্থিত অনুমান করা যায়, তাহা হইলে যেহেতু ঐ গোলকের তলের প্রতি বিন্দু, মেরু হইতে একক ব্যবধানে স্থিত, ইহার প্রতি একক বর্গ পরিমিত তলের উপর M বল হইবে। সুতরাং প্রতি একক বর্গ পরিমিত তলের মধ্য দিয়া M সংখ্যক বলরেখা যাইতেছে, কিন্তু গোলকটির তলের সমস্ত বর্গ পরিমাণ 4π ($4\pi r^2$ হইতে, কারণ $r=$১), অতএব গোলকটির সমস্ত তলের মধ্য দিয়া অর্থাৎ মেরুর চতুর্দ্দিকে $4\pi M$ সংখ্যক বলরেখা বিস্তৃত হইতেছে।

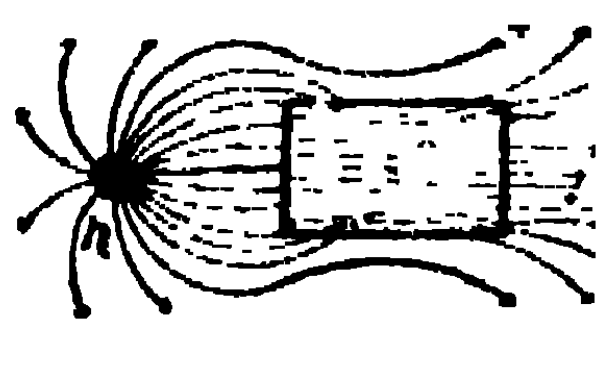
(১) তলদ্বারা কর্ত্তিত বলরেখার সংখ্যা মেরু-তেজের অনুরূপ:—উপরে প্রমাণ হইয়াছে যে, M তেজের মেরুর বলরেখার সংখ্যা $4\pi M$, সুতরাং বলরেখার সংখ্যা মেরুতেজের অনুপাতে হয়। অতএব কোন তলদ্বারা কর্ত্তিত বলরেখার সংখ্যা মেরুতেজের অনুপাতে হইবে।

(২) তলদ্বারা কর্ত্তিত বলরেখার সংখ্যা ব্যবধানের বর্গের বিরূপ:—ধরা যাউক যেন একটি একক বর্গ পরিমিত তল M তেজের মেরু হইতে D দূরত্বে বল রেখার সহিত সমকোণ করিয়া বসান হইয়াছে। ইহাতে অনুমান করিতে হইবে যেন তলটি D ব্যাসার্দ্ধ গোলকের

অংশ ও মেরুটি গোলকের কেন্দ্রে স্থিত। যেহেতু মেরুটির সমস্ত বলরেখার সংখ্যা $4\pi M$ ও গোলকটির সমস্ত তলের বিস্তৃতি $4\pi D^2$, এই $4\pi M$ বলরেখা $4\pi D^2$ বিস্তৃতির উপর সমভাবে ছড়াইয়া পড়িতেছে। সুতরাং D দূরত্বে স্থিত একক পরিমিত বিস্তৃতির উপর $\frac{4\pi M}{4\pi D^2}$—সংখ্যক বলরেখা পড়িতেছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে কত্তিত বলরেখার সংখ্যা মেরুতেজের অনুরূপ ও ব্যবধান বর্গের বিরূপ।

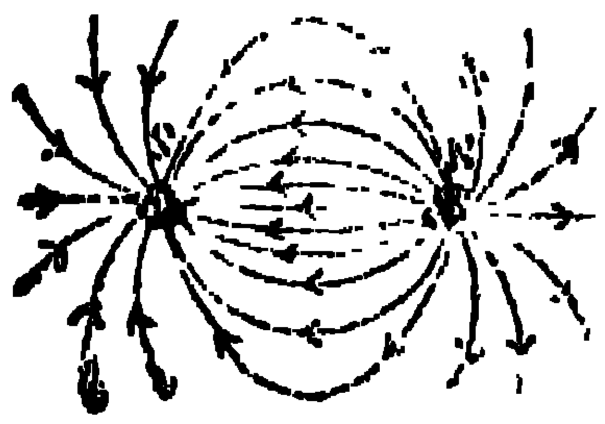
বলরেখার অপর একটি নাম ফ্লাক্স্ (Flux) এবং বলরেখার সহিত সমকোণকারী একক বর্গ পরিমিত তলের মধ্য দিয়া বলরেখার সংখ্যাকে 'ফ্লাক্স-ডেন্সিটী' (Flux density) বা 'বলরেখা-ঘনতা' বলে।

এখন আকর্ষণ, নিক্ষেপণ ও বলপরিমাণ অর্থাৎ বিরূপ বর্গ নিয়মের কারণ নির্দ্দেশ করা হইবে। (১) লৌহ ও মেরুর আকর্ষণ :—একটি লৌহকে চুম্বক রাজ্যে রাখিলে,—যেহেতু লৌহ চুম্বক পদার্থ এবং ইহা বলরেখার সুন্দর 'মধ্যগ' (Medium) অর্থাৎ বলরেখারা ইহার মধ্য দিয়া গমনে বিশেষ বাধা পায় না,—সেই হেতু অধিকাংশ বলরেখা গমনে বাধা না পাইবার জন্য লৌহের মধ্য দিয়া যাইবার নিমিত্ত ইহার দিকে বাঁকিয়া আসে (চিত্র-৬১) এবং মেরু হইতে লৌহে পতিত বলরেখাগুলির সঙ্কোচনশীলতাই মেরু ও লৌহের মধ্যে আকর্ষণের কারণ।



চিত্র—৬১

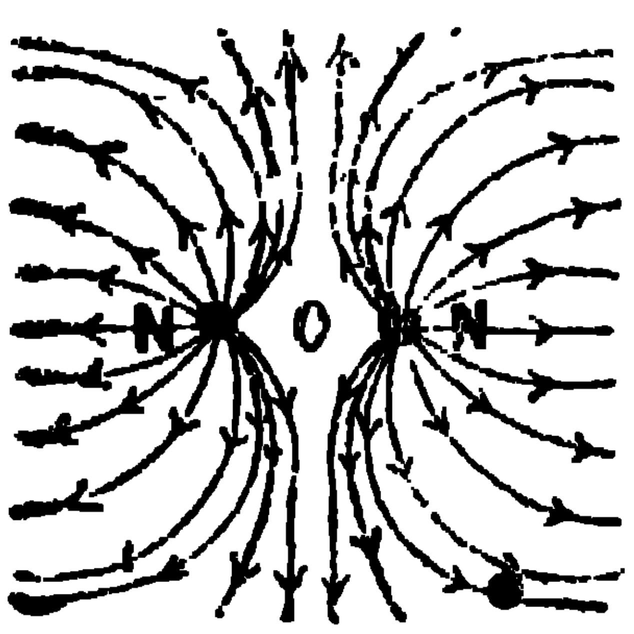
(২) বিপরীত মেরুদ্বয়ের আকর্ষণ :—যদি একটি N ও একটি S মেরু থাকে তাহা হইলে N মেরু হইতে প্রসারিত অধিকাংশ বলরেখা নির্গত হইয়া দেখিবে যে নিকটে S মেরু আছে, ইহা তাহাদের সন্ধিস্থল। সুতরাং তাহারা তাহাতে পড়িবে (চিত্র—৬২)। এই N মেরু হইতে S মেরুতে পতিত বলরেখাগুলির সঙ্কোচনশীলতাই মেরুদ্বয়ের মধ্যে আকর্ষণের কারণ। যেহেতু বল লৌহের উপর



চিত্র—৬২

বা বিপরীত মেরুতে পতিত ফ্লাক্সের উপর নির্ভর করে এবং এই ফ্লাক্স ঘনতা মেরুতেজের অনুরূপ ও ব্যবধান বর্গের বিরূপ সুতরাং আকর্ষণ বল বিরূপবর্গ নিয়মানুযায়ী হয়।

অনুরূপ মেরুদ্বয়ের মধ্যে নিক্ষেপণ:—যদি দুইটি একই মেরুকে লওয়া যায়, তাহা হইলে একটি মেরুর বলরেখাগুলি সর্ব্বদিকে প্রসারণ কালে একদিকে দ্বিতীয় মেরুটির একই প্রকার বলরেখার সম্মুখীন হইবে এবং যেহেতু বলরেখারা পরস্পরকে নিক্ষেপ করে, এই দিকের বলরেখাগুলি ফিরিয়া বিপরীত দিকে যাইতে বাধ্য হইবে। ঠিক সেইরূপ দ্বিতীয় মেরুটির বলরেখাগুলির মধ্যে যাহারা প্রথম মেরুটির দিকে অগ্রসর হইতেছিল তাহারা প্রথম মেরুটির বলরেখা দ্বারা নিক্ষিপ্ত হইয়া বিপরীত দিকে বাঁকিয়া যাইতে বাধ্য হইবে (চিত্র—৬৩)। কিন্তু

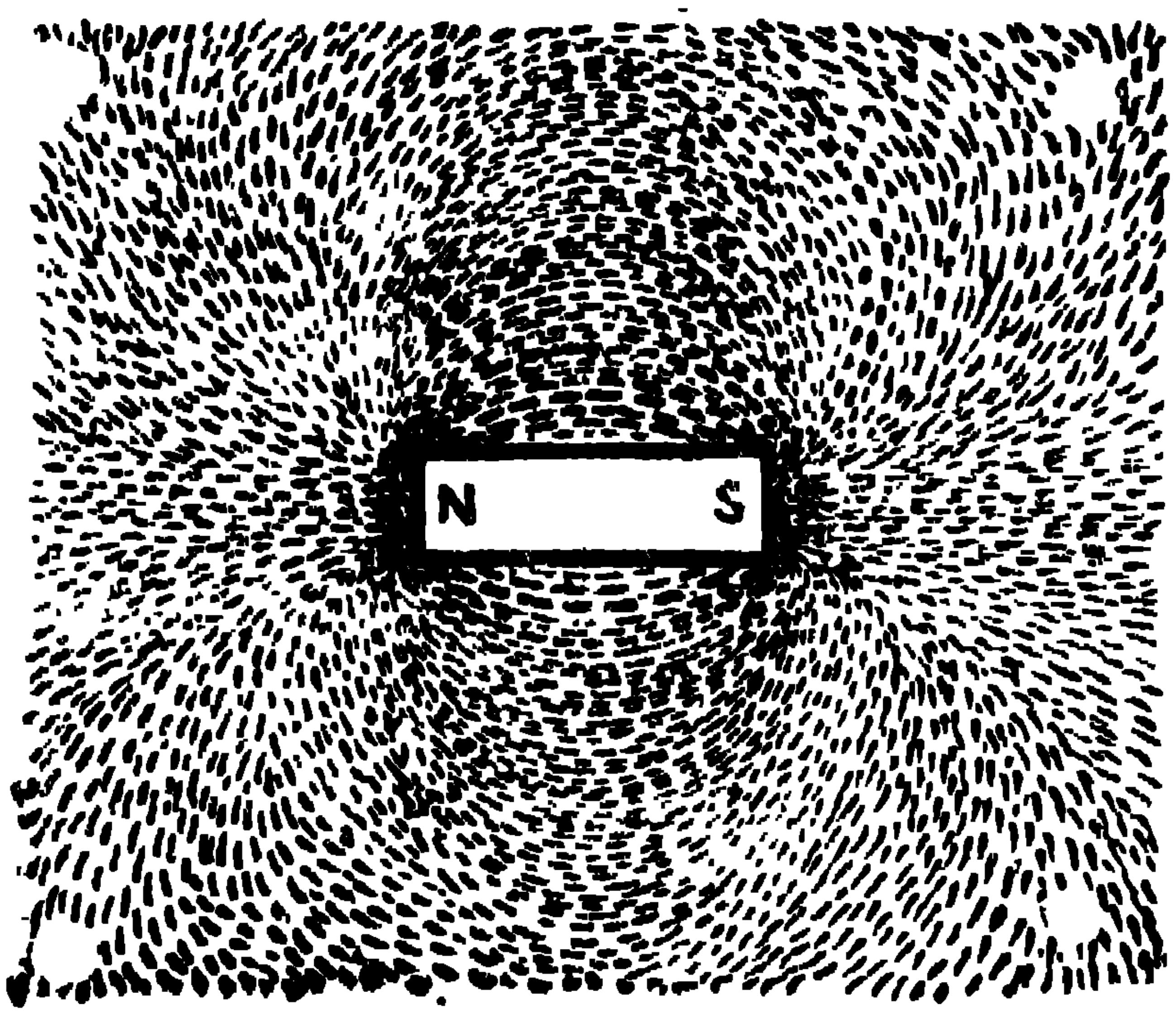


চিত্র—৬৩

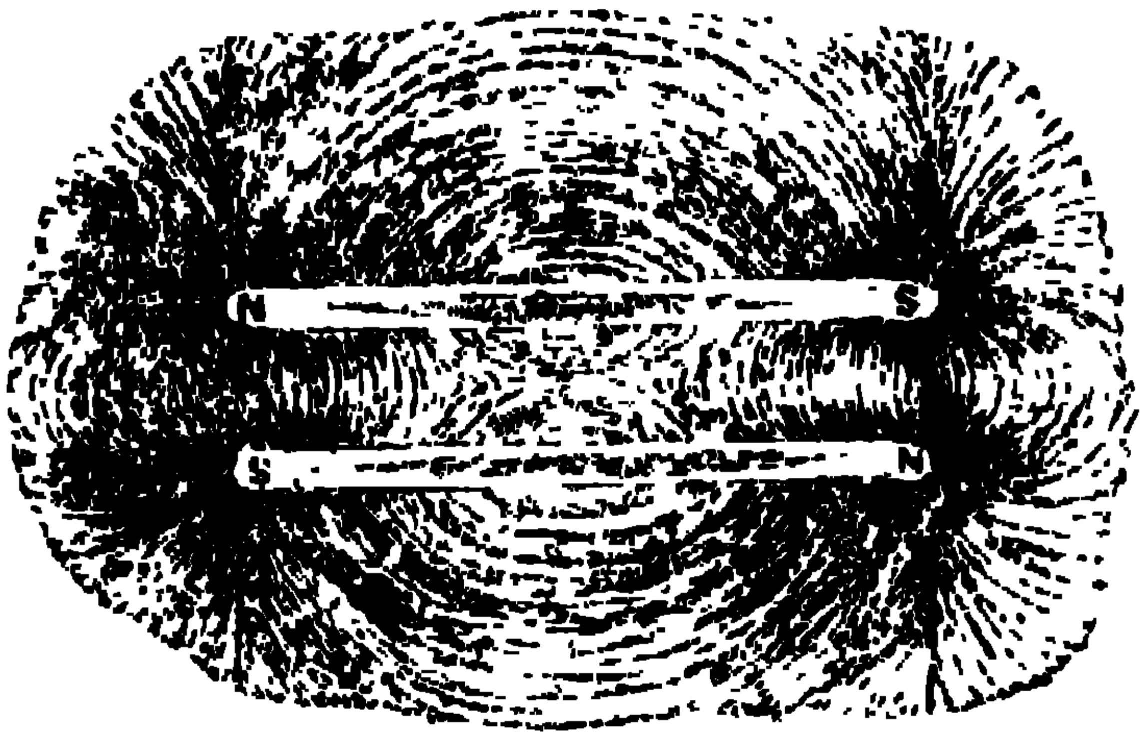
বলরেখারা পরস্পরের নিক্ষেপণ হেতু, সর্ব্বদিকে সমভাবে প্রসারণশীল এবং যেহেতু তাহারা অনুরূপ মেরুর বলরেখা থাকাতে একদিকে আসিতে পারিতেছে না, তাহারা নিজেদের মেরুর উপর বিপরীত দিকে একটি ঠেলা উৎপাদন করিবে এবং মেরুগুলি আল্‌গা থাকিলে তাহাদিগকে ঐ বিপরীত দিকে ঠেলিয়া লইয়া যাইবে ও এইরূপে নিজেদের জন্য মাঝখানে স্থান করিবে। অতএব নিক্ষেপণের কারণ বিপরীত দিকে বাঁকিয়া যাওয়া বলরেখাগুলির সোজা হইবার চেষ্টা। কিন্তু এই চেষ্টার পরিমাণ বক্র বলরেখার সংখ্যার অনুপাতে হয়, ও এই বক্র বলরেখার সংখ্যা মেরুদ্বয়ের তেজের উপর ও তাহাদের ব্যবধানের বিরূপ বর্গের উপর নির্ভর করে। সুতরাং ইহাও বিরূপবর্গ নিয়মানুযায়ী হয়।

কতিপয় চুম্বক রাজ্যের চিত্র— (১) একটি শায়িত চুম্বকের উপর একটি পিজবোর্ড (Card board) রাখিয়া তাহাতে লৌহচূর সমভাবে

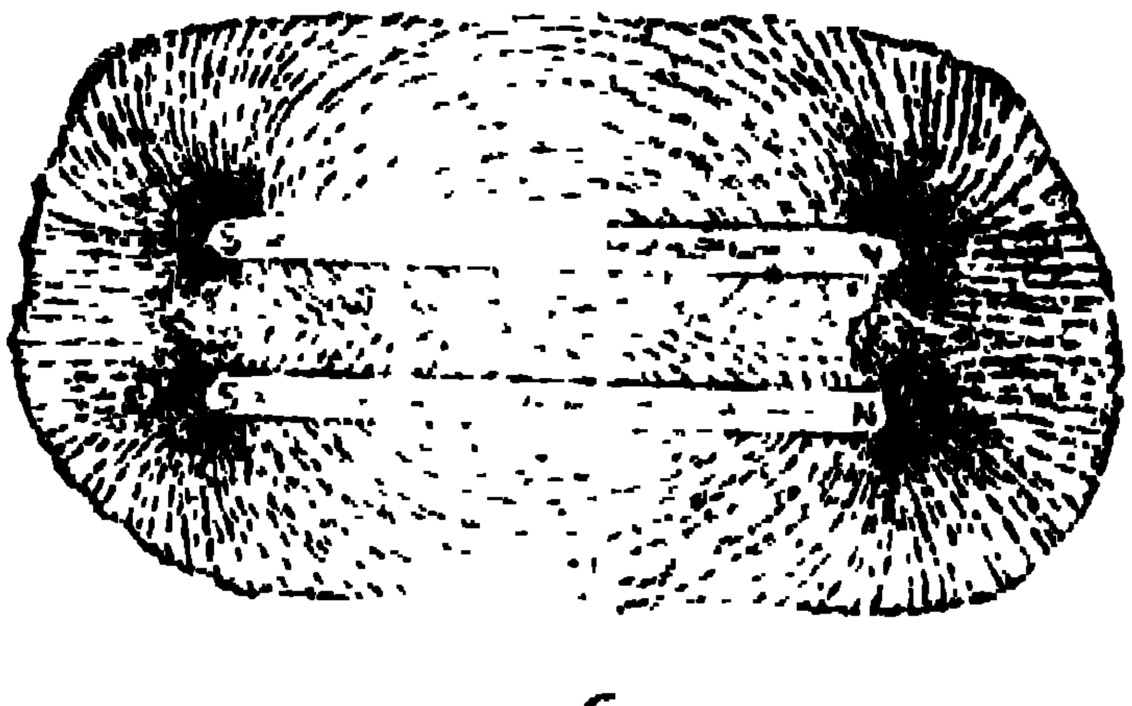
ছড়াইয়া আস্তে আস্তে টোকা মারিলে লৌহচুর গুলি বলরেখার দিক অনুযায়ী সজ্জিত হয়। লৌহচুরগুলি পিজবোর্ডে পড়িয়া থাকিলে এরূপভাবে সজ্জিত হইতে পারে না—চুম্বক বল এত প্রবল নহে যে পিজবোর্ডের সহিত লৌহচুরের ঘর্ষণ অতিক্রম করিয়া তাহাদিগকে সাজায়। পিজবোর্ডে টোকা মারিলে লৌহচুরগুলি একটু লাফাইয়া উঠে এবং পড়িবার সময় বায়ুর মধ্যে ঘুরিয়া বলরেখার দিক লইয়া পড়ে। এইরূপে লৌহ-চুর দ্বারা চুম্বক রাজ্যের চিত্র প্রদত্ত হইল। ৬৪ চিত্রে একটি চুম্বক ব্যবহৃত হইয়াছে, ইহার N মেরু উত্তর দিকে আছে। ৬৫ চিত্রে চুম্বকদ্বয়ের বিপরীত মেরু রক্ষিত হইয়াছে ও ৬৬ চিত্রে অনুরূপ মেরু একই দিকে স্থাপিত হইয়াছে।



চিত্র—৬৪



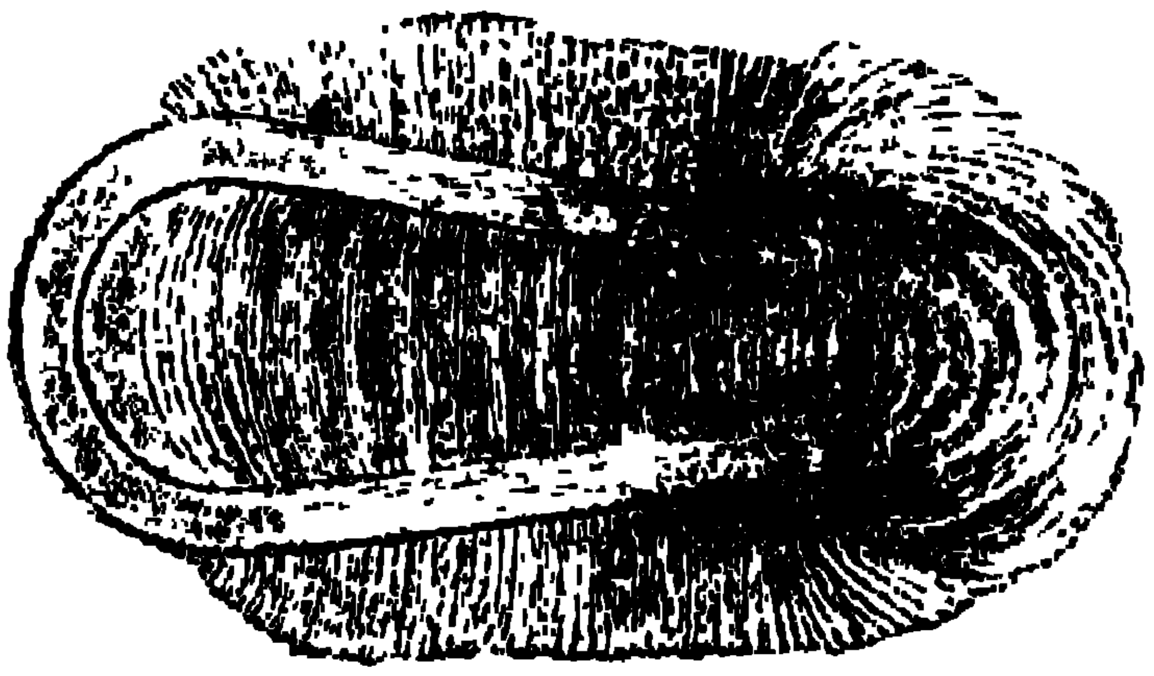
চিত্র—৬৫



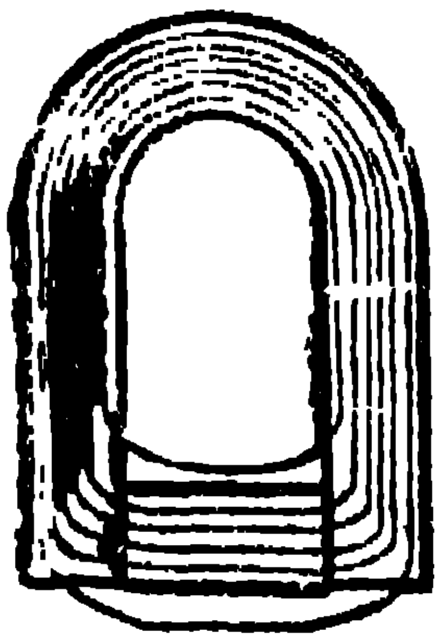
চিত্র—৬৬

তাহাদিগকে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে বলরেখাগুলি কিরূপে একটি মেরু হইতে নির্গত হইয়া বায়ুর মধ্য দিয়া সন্নিহিত বিপরীত মেরুতে যাইবার সময় দূরবর্ত্তী স্থানে পাতলা ভাবে ছড়াইয়া পড়িতেছে। কিন্তু যদি এই বিপরীত মেরুদ্বয় মেরুখণ্ড (pole piece) দ্বারা সংযুক্ত হয়, তাহা হইলে

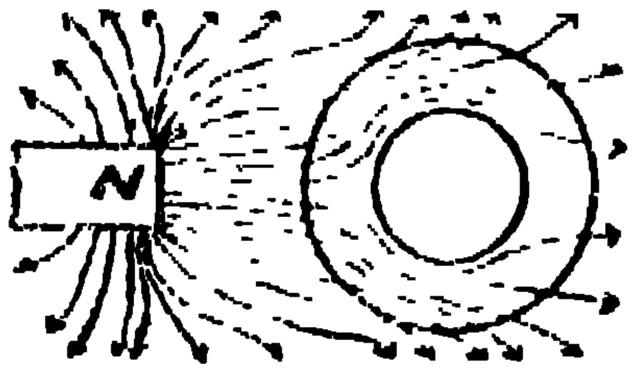
বলরেখাগুলি আর বায়ুর মধ্যে ছড়াইয়া পড়িবে না, সকলেই বা অধিকাংশই এই মেরু-খণ্ডের মধ্য দিয়া যাইতে থাকিবে এবং এই মেরুদ্বয়ের মধ্যে মেরুখণ্ড না থাকিয়া বায়ু থাকিলে যে পরিমাণ বলরেখা যাইত, মেরু-খণ্ড থাকিলে তদপেক্ষা অধিক বল-রেখা যাইবে। চিত্র ৬৮ হইতে দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে চুম্বক পদার্থ পাইলে বলরেখাগুলি বায়ুর মধ্য দিয়া আর না যাইয়া সকলেই বা অধিকাংশ এই চুম্বক পদার্থের মধ্য দিয়া যায়। তাহার কারণ এই যে বায়ু-মার্গে গমনে উহারা অধিক বাধা পায়, সুতরাং অধিক পরিমাণে যাইতে পারে না, আর চুম্বক পদার্থের মধ্য দিয়া গমনে অতি অল্প বাধা পায় সেইজন্য অত্যন্ত অধিক পরিমাণে যাইতে পারে। চুম্বক পদার্থের এই গুণকে পারমিএবিলিটী (Permeability):—বা 'প্রেরণ ক্ষমতা' বলে।



চিত্র—৬৭



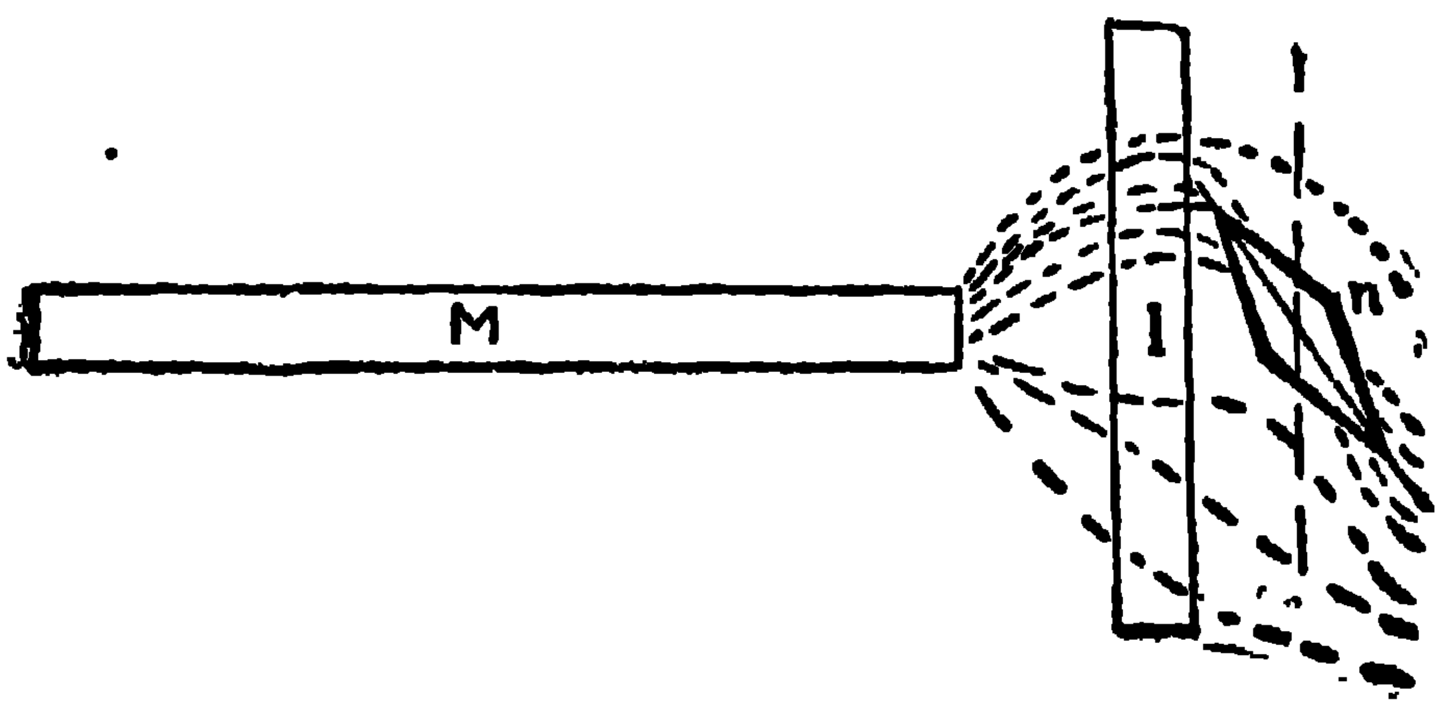
চিত্র—৬৮



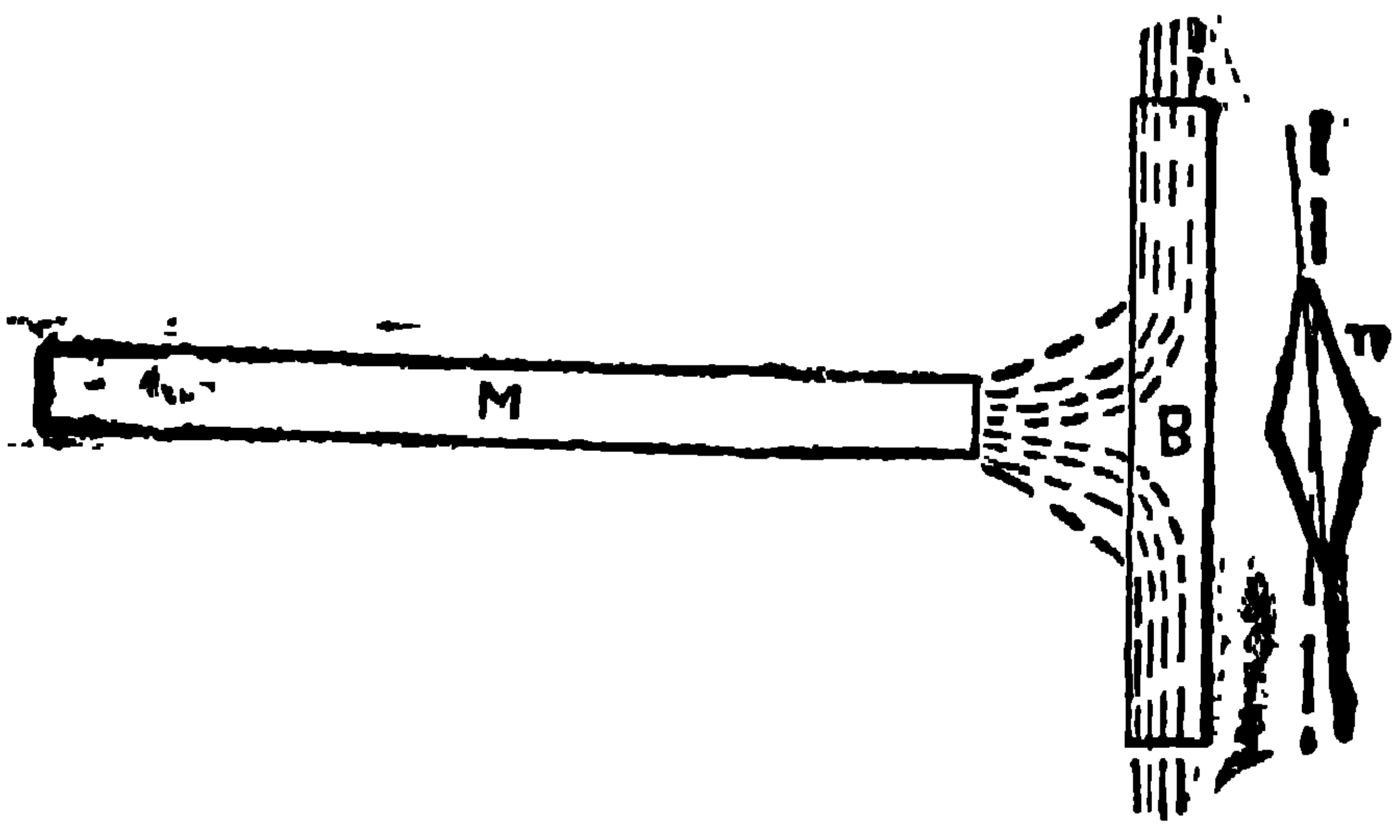
চিত্র—৬৯

চুম্বক পথ রোধ (Magnetic screening):—একটি স্থানকে যদি লৌহ দ্বারা অবরোধ করা যায় তাহা হইলে বহির্ভাগস্থ কোন চুম্বক হেতু ঐ অবরুদ্ধ স্থানে চুম্বক রাজ্য সৃষ্ট হইবে না। বলরেখা-গুলি চুম্বক হইতে লৌহের একশেষ ভাগে পড়িবে ও লৌহময় পথের মধ্য দিয়া লৌহের অপর শেষভাগে যাইয়া তথা হইতে বাহিরে বায়ুতে নির্গত হইবে সুতরাং অবরুদ্ধ বায়ুময় স্থানে কোন বলরেখা দৃষ্ট হইবে না।

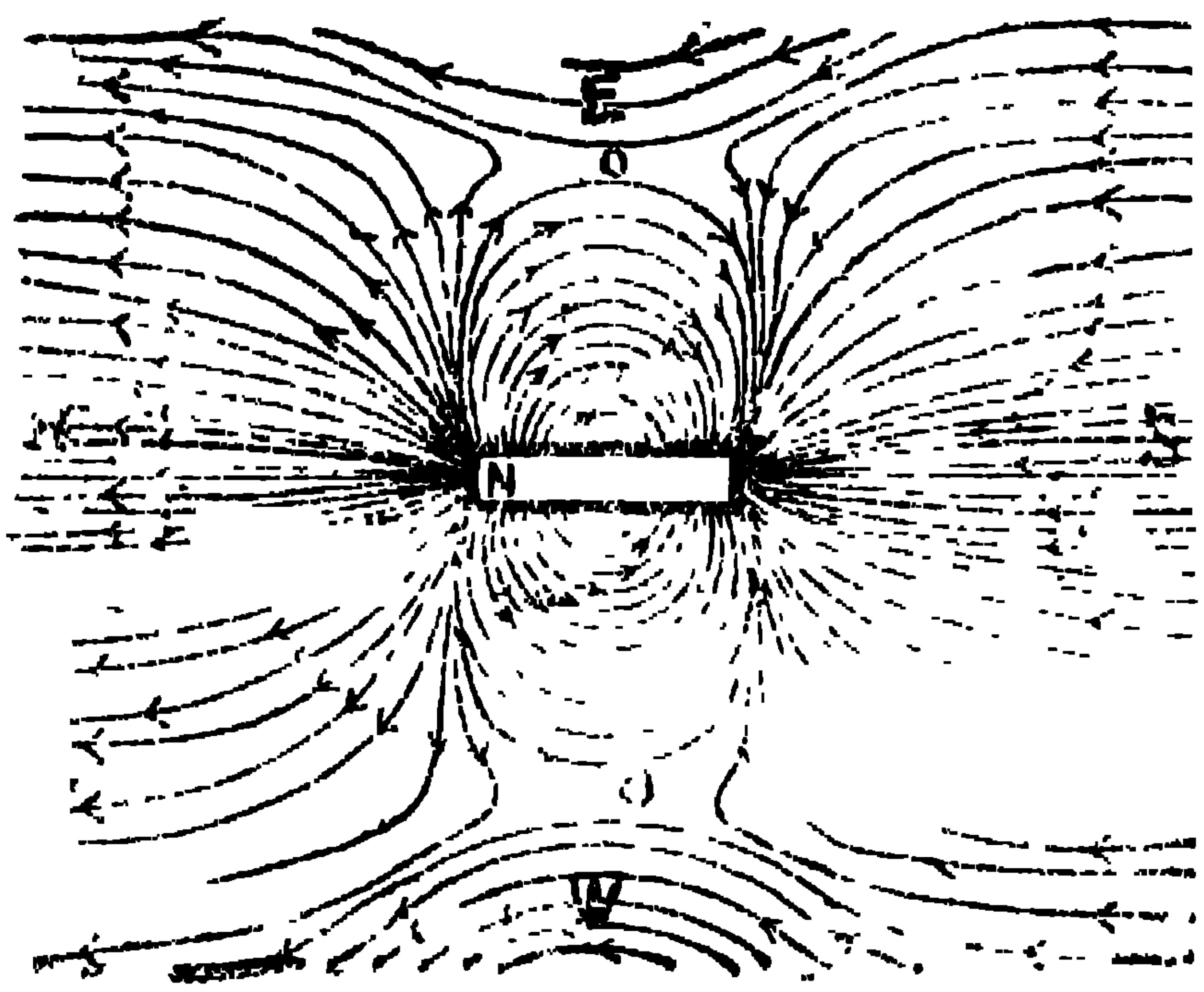
ইহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা স্থিরীকৃত হইতে পারে। ৭০ চিত্রে চুম্বক ও সূচ চুম্বকের ব্যবধানে আড়াআড়ি ভাবে একটি চুম্বক পদার্থ আছে এবং দৃষ্ট হইবে যে সূচ-চুম্বকটি বায়ুতে যেভাবে আকর্ষিত হয়, এস্থলে সেইভাবে আকর্ষিত হইতেছে।



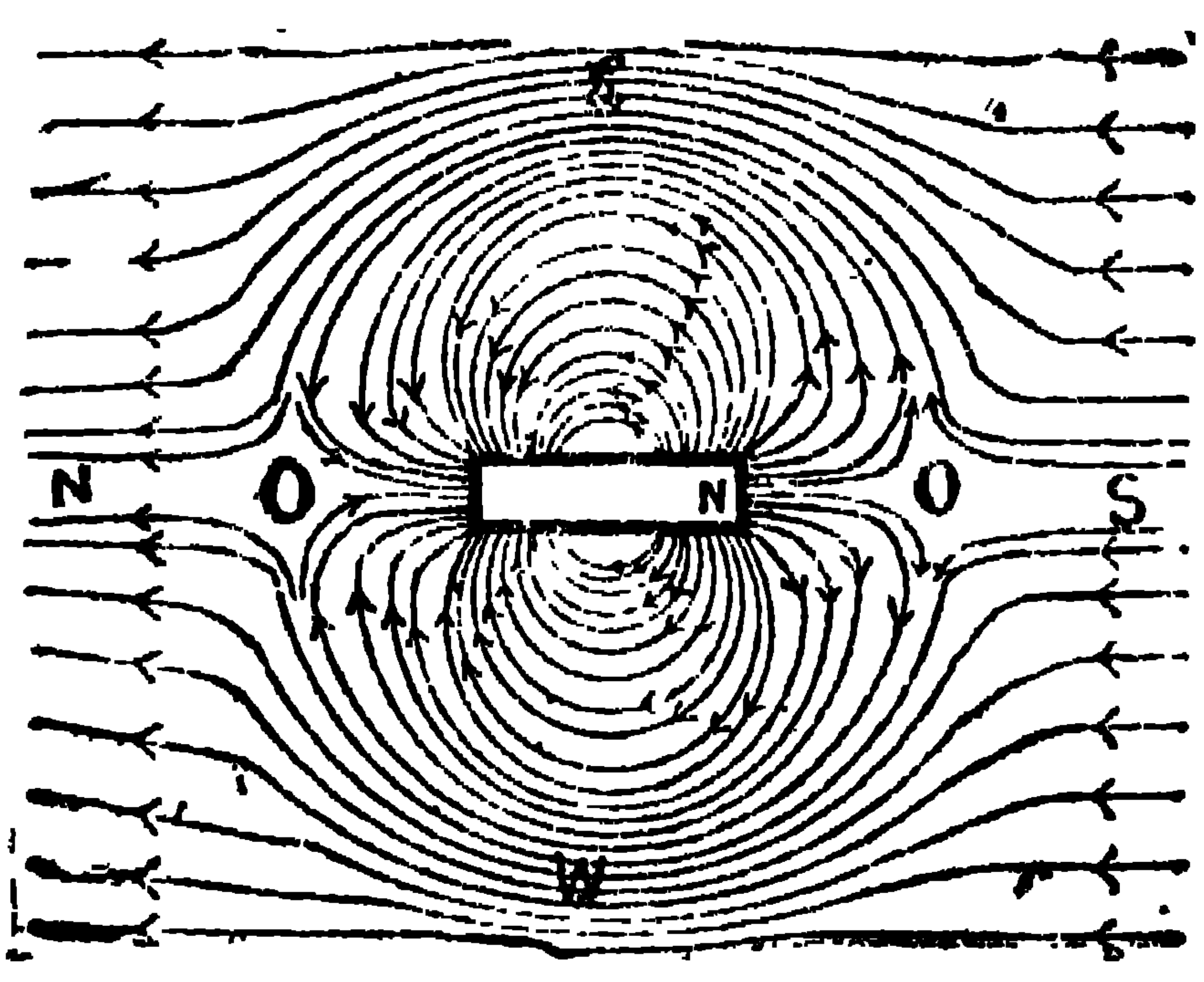
চিত্র—৭০।



চিত্র—৭১



চিত্র—৭২

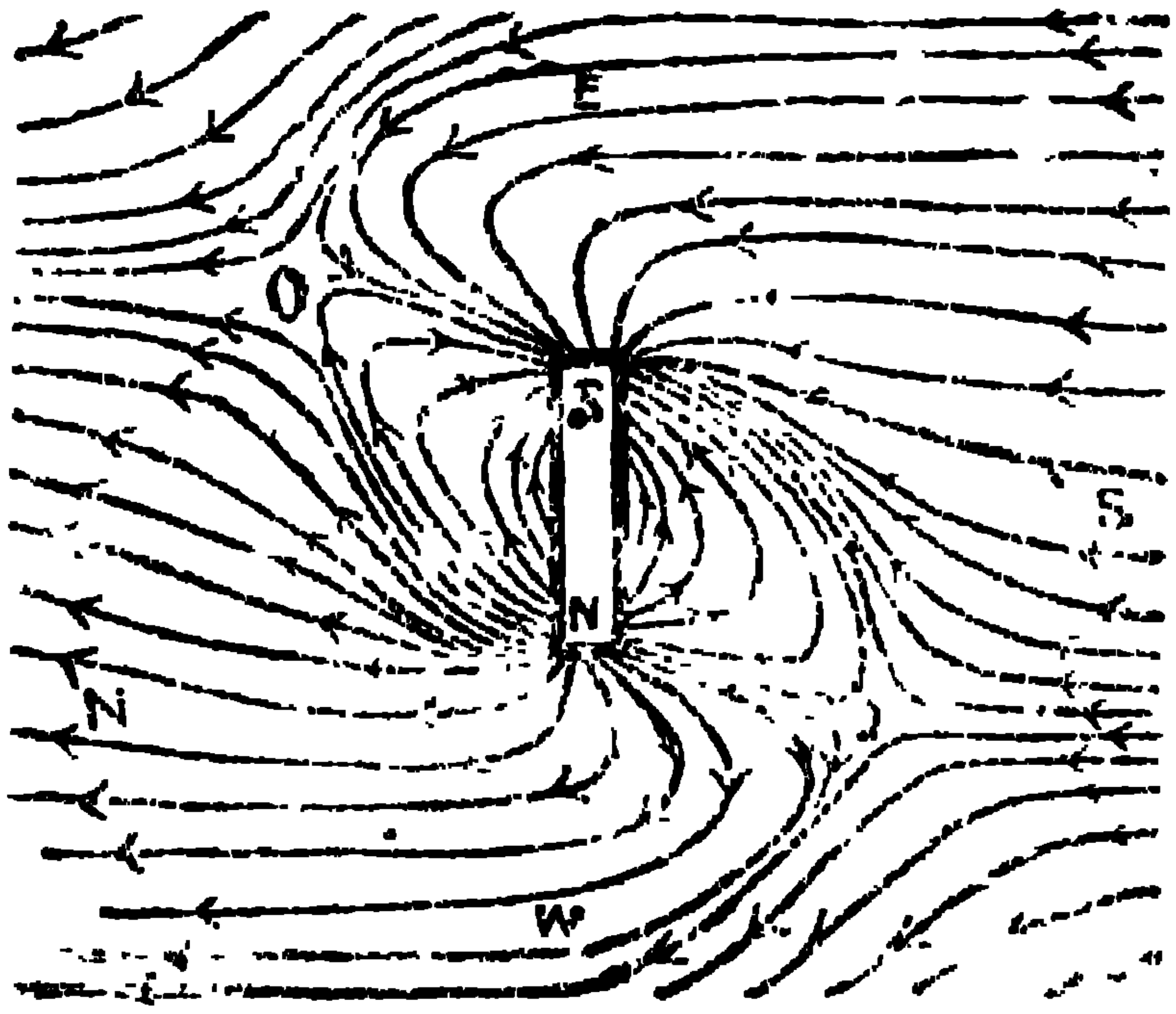


চিত্র—৭৩

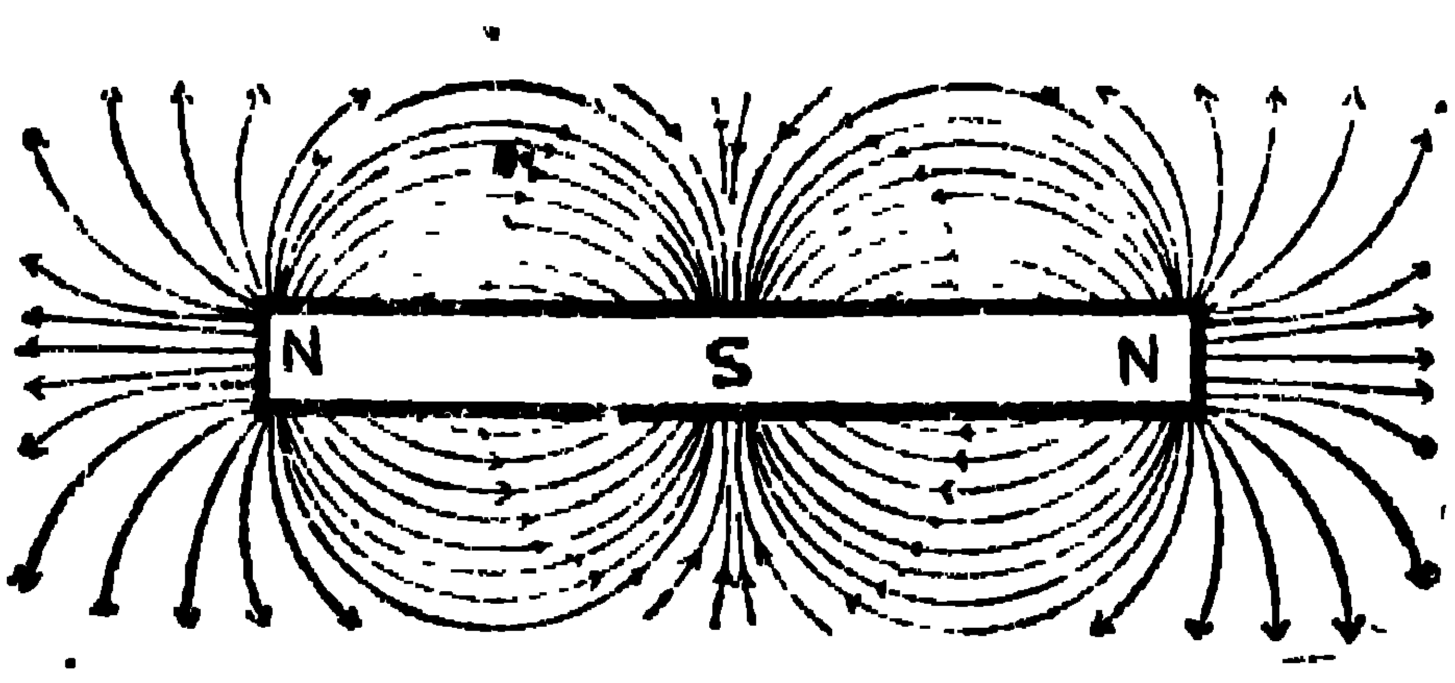
৭১ চিত্রে চুম্বক ও সূচ-চুম্বকের ব্যবধানে আড়াআড়িভাবে একটি নরমলোহ আছে। এস্থলে দৃষ্ট হইবে যে সূচ-চুম্বক আর বিশেষ আকর্ষিত হইতেছে না। বলরেখাগুলি দেখিলেই বুঝিতে পারা যাইবে। চিত্রদ্বয়ে 1 পিত্তল B লোহ।

(২) আমরা লৌহচূর সাহায্যে পূর্ব্বে চুম্বক-রাজ্য অঙ্কনের বিষয় দেখিয়াছি ; এখন আমরা লৌহচূর ব্যতীত আর এক প্রকারে চুম্বকরাজ্য অনুসরণ-প্রণালী সূচ-চুম্বকের সাহায্যে হয় দেখিব। চুম্বককে কাগজের উপর শায়িত রাখিয়া একটি সূচ-কম্পাসকে উহার নিকট বসাইলে সূচ-চুম্বকটি চুম্বকবলের দিক লইয়া অবস্থান করিবে। এই সূচ চুম্বকের শেষভাগ দ্বয় কাগজের উপর পেন্সিলের বিন্দু দ্বারা চিহ্নিত করিয়া কম্পাসটিকে

তুলিয়া একটু সরাইয়া এরূপভাবে বসাইতে হইবে যেন সূচের একটি শেষভাগ একটি বিন্দুর উপর থাকে ও তখন অপর শেষভাগটির স্থান কাগজের উপর পেন্সিল দ্বারা চিহ্নিত করিয়া লইতে হইবে। এইভাবে কম্পাসটিকে একটু একটু করিয়া পূর্ব্ববৎ সরাইয়া প্রচুর বলরেখা আঁকা যাইতে পারে। চুম্বকের চতুর্দ্দিকস্থ এই বলরেখাময় স্থান ঐ চুম্বকের রাজ্য। এইভাবে প্রস্তুত কয়েকটি চুম্বক রাজ্যের চিত্র দেওয়া হইল।



চিত্র—৭৪



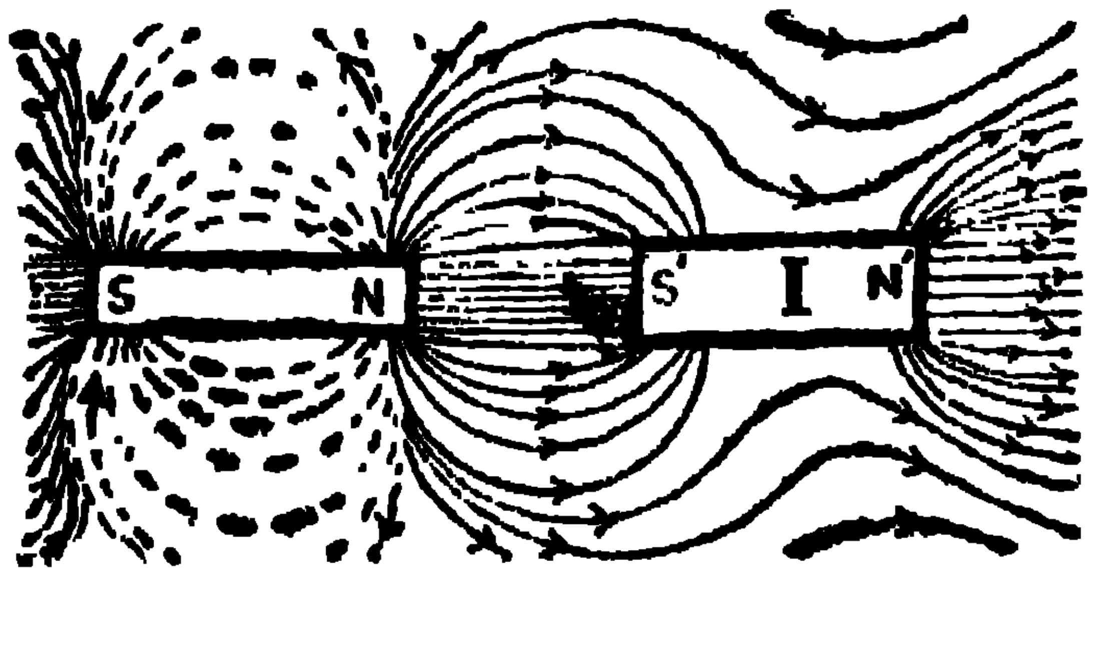
চিত্র—৭৫

এই চিত্রগুলি হইতে দেখা যাইবে যে মেরুর নিকটবর্ত্তী স্থানে যেখানে চুম্বক বল অধিক সেখানে এই বলরেখাগুলি অতি ঘনভাবে সন্নিবিষ্ট, ও দূরবর্ত্তী স্থানে যেখানে চুম্বকবল কম সেখানে বলরেখার ঘনতাও কম। পৃথিবীর চুম্বক রাজ্যে স্থিত চুম্বকের চুম্বক রাজ্য কিরূপ হইবে তাহা ৭২,৭৩,৭৪ চিত্রগুলিতে দেখান হইয়াছে। দেখা যাইতেছে যে ঐ চিত্রগুলিতে 'O' চিহ্নিত স্থানগুলি দিয়া কোন বলরেখা যাইতেছে না। অর্থাৎ এই স্থানগুলিতে একটি চুম্বকের ফল অপর চুম্বকের বা ভূ-চুম্বকের বিপরীত ফল দ্বারা নষ্ট হইয়া যাইতেছে। এই স্থানগুলিকে 'বলবিহীন স্থান' (Null Point) বলে। ৭৫ চিত্রে 'কন্সিকোয়েন্ট' মেরু বিশিষ্ট চুম্বকের রাজ্য দর্শিত হইল। ইহার দুই প্রান্তেই N মেরু, সুতরাং উভয় প্রান্ত হইতে বলরেখা নির্গত হইতেছে এবং মাঝে S মেরু, এইখানে বলরেখাগুলি নিহিত হইতেছে।

তৃতীয় পরিচয়।

সম্ভাবন দ্বারা লৌহের সন্নিহিত স্থানে বিপরীত মেরু সৃজন—(Opposite polarity is created at the near end by Induction) :—

যদি একটি নরম লৌহকে চুম্বক বাজ্যে রাখা যায় তবে দেখা যায় অধিকাংশ বলরেখা লৌহের মধ্য দিয়া যাইতে থাকিবে। এবং লৌহের এক শেষভাগ দিয়া বলরেখাগুলি লৌহের মধ্যে প্রবেশ করিবে ও অন্য শেষভাগ দিয়া নির্গত হইয়া যাইবে। বলরেখা প্রবিষ্ট লৌহটি এখন বলরেখার প্রভাবে ঠিক একটি চুম্বকের ন্যায় হয়। উহার যে শেষভাগ হইতে বলরেখা নির্গত হইতেছে তাহা N-মেরু ও যে শেষ ভাগ দিয়া বলরেখা প্রবেশ করিতেছে তাহা S-মেরু। এখন যদি লৌহটি N-মেরুর নিকটে থাকে তাহা হইলে N-মেরু হইতে নির্গত বলরেখা লৌহের নিকটবর্ত্তী শেষভাগ দিয়া উহার মধ্যে প্রবেশ করিবে; অর্থাৎ নিকটবর্ত্তী শেষভাগটি S-মেরুর ন্যায় হইবে এবং দূরবর্ত্তী শেষ ভাগ দিয়া নির্গত হইবে অর্থাৎ দূরবর্ত্তী শেষভাগটি N-মেরুর ন্যায় হইবে।



চিত্র—৭৬

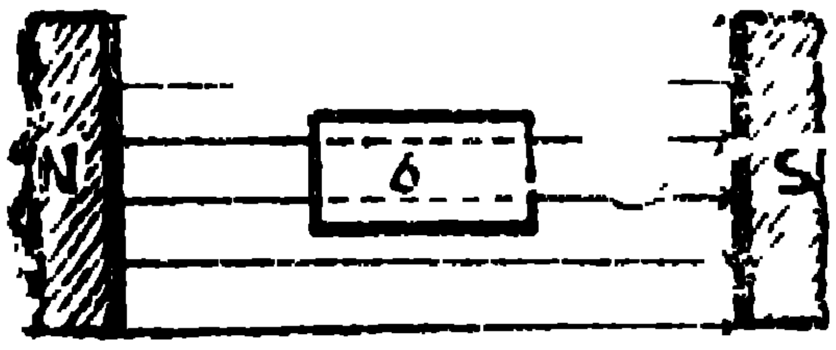
ইহা ৭৬চিত্রে দর্শিত হইয়াছে, N ও S চুম্বকের মেরু, এবং N′ ও S′ লৌহের মধ্যে সম্ভাবিত মেরু। এই চিত্রে আরও দেখা যাইতেছে, কিরূপে পর পর লৌহখণ্ড থাকিলে তাহাদের উপর সম্ভাবন সম্ভব ও এই সম্ভাবনের তীব্রতা কিরূপে ক্রমশঃ কমিয়া যায়। চুম্বক হইতে প্রথম I লৌহটিতে যত রেখা প্রবেশ করিতেছে তাহাই এই লৌহের সম্ভাবিত চুম্বকত্বের

পরিমাপ। এই I লৌহতে প্রবিষ্ট রেখাগুলি অপর শেষভাগ দিয়া নির্গত হইবার সময় কতকগুলি ভূ চুম্বকের N মেরুতে চলিয়া যায় ও বাকীগুলি দ্বিতীয় লৌহে প্রবেশ করিবার মত থাকে। সুতরাং ২য় লৌহে প্রবিষ্ট বলরেখার সংখ্যা I লৌহ অপেক্ষা কম, অর্থাৎ ২য় লৌহের মধ্যে সম্ভাবনও I এর অপেক্ষা ঠিক ঐ পরিমাণে কম হয়।

চুম্বকী ভবনের প্রাখর্য্য (Intensity of magnetisation) :—ইহা চুম্বকের মেরুমুখের একক বর্গের মেরু-তেজ। যদি চুম্বকের মেরুতেজ M ও উহার মুখের বিস্তৃতি a হয় তাহা হইলে প্রাখর্য্য $I = \frac{M}{a}$ (চুম্বক মেরুদণ্ডের লম্ব তলে a পরিমিত হয়)।

রাজ্যতেজ (Intensity of field) :—যে চুম্বক রাজ্যে একক মেরু রাখিলে তাহার উপর একক বল (১ ডাইন) পড়ে তাহাকে একক তেজের রাজ্য বলে। চুম্বক রাজ্যের তেজ H দ্বারা ব্যক্ত হয়। যদি একটি M তেজের মেরুকে A তেজের রাজ্যে স্থাপন করা যায় তাহা হইলে এই মেরুর উপর M × H 'ডাইন' বল পড়িবে।

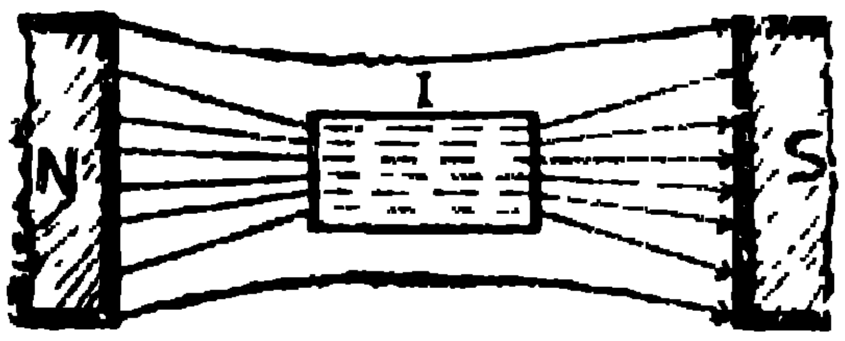
চুম্বককরণ বল ও চুম্বকীভবন (Magnetising for e and Magnetisation) :—দেখা গিয়াছে যে একটি চুম্বক তাহার সন্নিধানে চুম্বক রাজ্য উৎপন্ন করে। ৭৭ চিত্রে



চিত্র—৭৭

সর্ব্বত্র সমভাব চুম্বক রাজ্যে একটি পিত্তল বসান রহিয়াছে। পিত্তল অচুম্বক পদার্থ, সুতরাং ইহার দ্বারা চুম্বকরাজ্যের কোন পরিবর্ত্তন ঘটিবে না। পিত্তল অধিকৃত স্থান দিয়া যে রেখাগুলি যাইতেছে তাহারা পিত্তল থাকিবার পূর্ব্বেও ঐ স্থান দিয়া যাইতেছিল, বস্তুতঃ চুম্বক-রাজ্য সম্পর্কে পিত্তল বায়ুর ন্যায়। কিন্তু যদি পিত্তলটিকে এখন সরাইয়া লওয়া যায় এবং উহার স্থানে একটি ঐ আকৃতির লৌহ রাখা হয় তাহা হইলে ঐ লৌহের মধ্যে

সম্ভাবিত চুম্বক দৃষ্ট হইবে (চিত্র—৭৮)। অর্থাৎ লৌহের মধ্যে প্রচুর 'বাড়তি' বলরেখা সৃষ্ট হয় এবং শেষ ভাগদ্বয়ে যেখানে এই রেখাগুলি নির্গত হইতেছে বা বায়ু হইতে প্রবিষ্ট হইতেছে, তথায় মেরু দৃষ্ট হয়। এখানে যেটী বামদিকে তাহা S মেরু ও যেটী ডাইনদিকে তাহা N মেরু



চিত্র—৭৮

হইতেছে। ধরা যাউক যে এরূপ ভাবে উৎপন্ন প্রতি মেরুর তেজ M, তাহা হইলে চুম্বকত্ব হেতু 4 π M রেখা N মেরু হইতে মধ্যগে (এখানে বায়ু) নির্গত হইয়া S মেরুতে আসিতেছে ও তথা হইতে লৌহের মধ্য দিয়া পুনরায় N মেরুতে ফিরিতেছে। এতদ্ব্যতীত রাজ্যের রেখাগুলিও লৌহের মধ্য দিয়া যাইতেছে। এখন যদি রাজ্য তেজ হয় H ও লৌহটির আড়-কর্ত্তনের বিস্তার হয় a, তাহা হইলে লৌহের মধ্য দিয়া রাজ্যের a H বলরেখা যাইতেছে এবং এই রেখাগুলি যেদিকে যাইতেছে 4 π M রেখা-গুলিও সেইদিকে যাইতেছে। সুতরাং যদি হানিকর কারণ কিছু না থাকে, তাহা হইলে লৌহের মধ্য দিয়া মোট a H+4 π M বলরেখা যাইতেছে। ইহার মধ্যে a H বলরেখা রাজ্য হেতু এবং তাহা লৌহের অবর্ত্তমানেও থাকিবে ও 4 π M বলরেখা লৌহের মধ্যে সম্ভাবিত চুম্বক হেতু। ইহাদের মধ্যে a H কে 'চুম্বককরণ রেখা' বা 'লাইন অফ্ ম্যাগনেটাই-জেসন' (Lines of magnetisation) ও a H+4 π M কে 'সম্ভাবন রেখা' বা 'লাইন্স্-অফ্-ইণ্ডাকসন' (Lines of Induction) অথবা 'ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স্' (Magnetic flux) বলে। এই ফ্লাক্সের 'ডেন-সিটি' বা 'ঘনতা' অর্থাৎ মেরুমুখের প্রতি একক বর্গ বিস্তৃতির মধ্য দিয়া যত রেখা হয় তাহাকে 'ফ্লাক্স-ডেনসিটি' (Flux density) বলে, ইহা B দ্বারা সূচিত হয়, অতএব $B=\frac{aH+4\pi M}{a}=H+4\pi\frac{M}{a}$,

কিন্তু $\frac{M}{a}$ কে চুম্বকীভবনের প্রাখর্য্য বলে ও ইহা I দ্বারা সূচিত হয়, সুতরাং ;—$B = H + 4\pi I$ অথবা $I = \frac{B-H}{4\pi}$ ।

প্রেরণ ক্ষমতা ও ধারণ-সামর্থ্য (Permeability and Sus eptibility) :—বায়ু 'মধ্যগ' থাকায় যত রেখা-ঘনতা হয় তাহার সহিত তুলনায় কোন বস্তু (যথা লৌহ ইত্যাদি) মধ্যগ হইলে তাহার যত গুণ রেখা ঘনতা হয় তাহাকে ঐ বস্তুর প্রেরণ ক্ষমতা (permeability) বলে। সুতরাং ইহা $\frac{B}{H}$ এই ভগ্নাংশ দ্বারা প্রকাশিত হয় ও ইহা M দ্বারা সূচিত হয়, অর্থাৎ $M = \frac{B}{H}$ । রাজ্য তেজের সহিত তুলনায় তাহার যত গুণ চুম্বক-প্রাখর্য্য সৃষ্ট হয় তাহাকে ধারণ-সামর্থ্য (Susceptibility) বলে। সুতরাং ইহা $\frac{I}{H}$ দ্বারা প্রকাশিত হয় ও ইহা K দ্বারা সূচিত হয়, বা $K = \frac{I}{H}$ । অতএব নিম্নলিখিত সম্বন্ধগুলি পাওয়া যায়,—

(১) $B = \frac{H + 4\pi M}{a}$ (২) $B - H = 4\pi I$

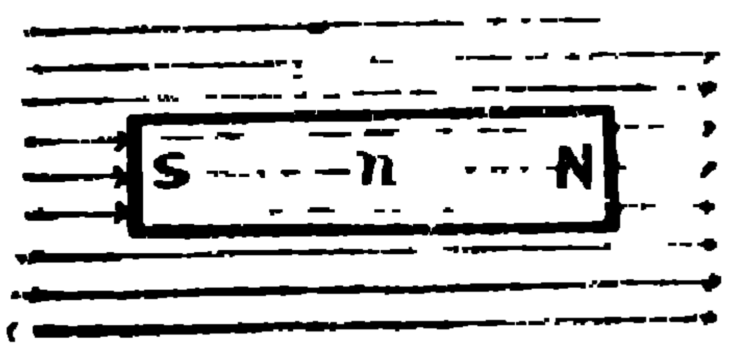
(৩) $I = \frac{B-H}{4\pi}$ (৪) $M = \frac{B}{H}$

(৫) $K = \frac{I}{H}$ (৬) $M =$

(৭) $K = \frac{M-1}{4\pi}$

গণনা কালে মনে রাখা উচিত B'তে H ও $4\pi I$ এই দুইটি বস্তু আছে কিন্তু কার্য্যকালে তাহার প্রয়োজন নাই ; কারণ B ও H উভয়কেই পৃথকভাবে সহজে মাপা যায়।

মেরুগুলির চুম্বকত্ব নাশ প্রয়াস (Demagnetising effect of the poles) :—৭৯ চিত্র অনুযায়ী কোন লৌহকে চুম্বক রাজ্যে অবস্থিত অনুমান করিলে, ঐ চিত্র অনুযায়ী মেরু সৃষ্ট হইবে। এখন যদি কোন

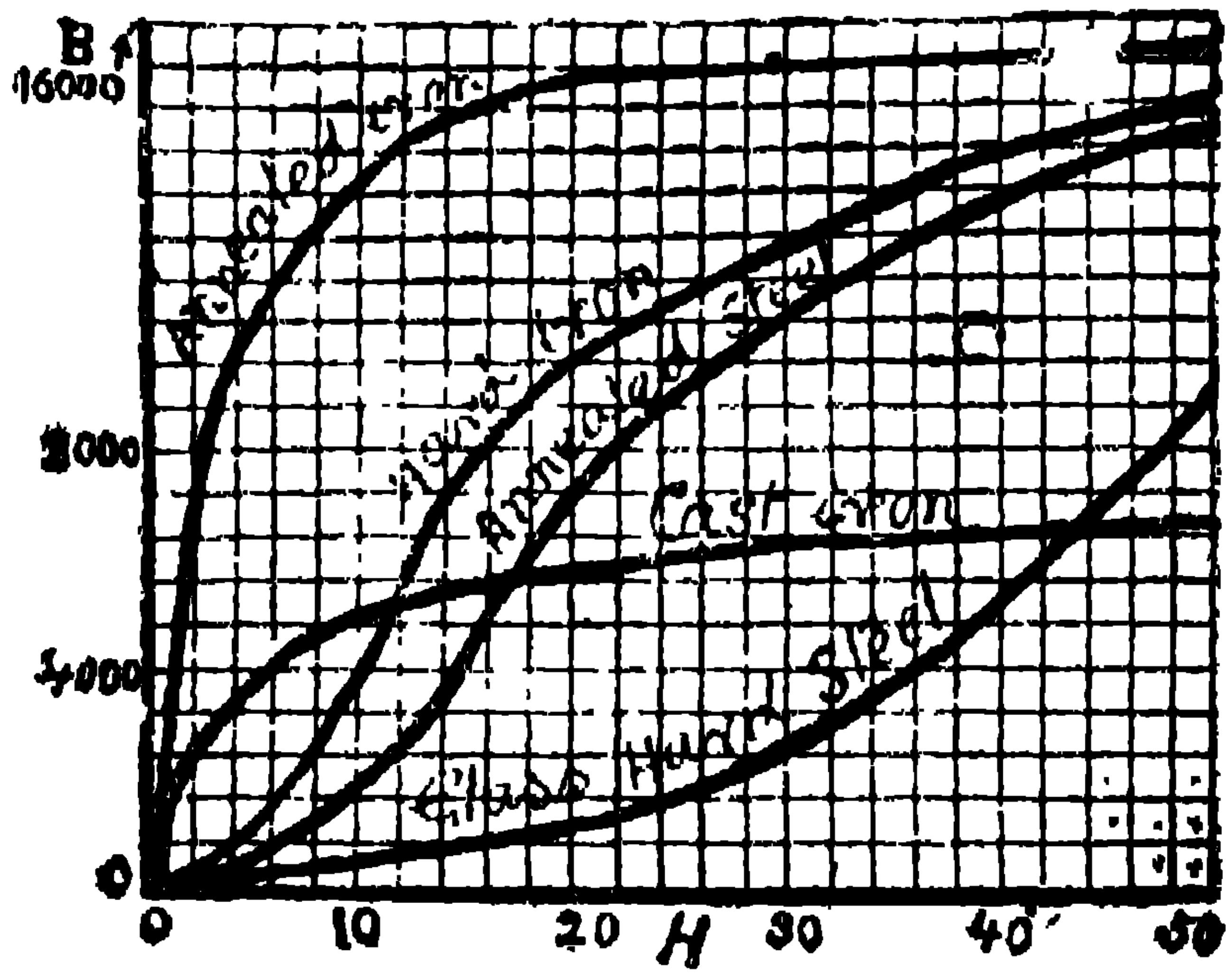


চিত্র—৭৯।

একক N মেরুকে ঐ লৌহের মধ্যে n বিন্দুতে চলনক্ষম অবস্থায় অবস্থিত অনুমান করা যায়, তাহা হইলে রাজ্যের দ্বারা ইহা ডাইনদিকে প্রক্ষেপিত হইবে। কিন্তু যদি মেরুদ্বয়ের দ্বারা আকর্ষণ ও নিক্ষেপণ বিবেচনা করা যায় তাহা হইলে দেখিতে পাওয়া যায় যে উহা মেরুদ্বয় দ্বারা বামদিকে যথাক্রমে নিক্ষিপ্ত ও আকৃষ্ট হয়। সুতরাং n বিন্দুতে চুম্বক বল মেরুদ্বয় হেতু হ্রাস হইতেছে। অতএব এই বিরুদ্ধাচরণকে নষ্ট করিতে না পারিলে সম্ভাবন $aH+4\pi M$ অপেক্ষা কম হইবে। এই বিরুদ্ধাচরণকে নষ্ট করিতে হইলে অনুমান করিতে হইবে লৌহটি এত লম্বা যে উহার শেষভাগদ্বয় বিবেচ্য বিন্দু হইতে বহুদূরে, সুতরাং এখানে উহাদের দরুণ কোনরূপ ধর্ত্তব্য ফলাফল নাই, কেবলমাত্র এই সময়েই ধরিতে পারা যায় যে সম্ভাবন $= aH+4\pi M$।

চুম্বকীভবন রেখা (Magnetisation curve):—কোন চুম্বক রাজ্যে একটি লৌহকে রাখিলে লৌহটি চুম্বকে পরিণত হয়। রাজ্যতেজের সহিত লৌহটির চুম্বকত্বের তেজের সম্বন্ধ গ্রাফ-কাগজে লিপি-বদ্ধ করিলে যে রেখা পাওয়া যায় তাহাকে লৌহটির **চুম্বকীভবন** রেখা বলে। এই চুম্বকীভবন রেখা বিভিন্ন প্রকার লৌহের পক্ষে বিভিন্ন, ইহা ৮০ চিত্র হইতে দৃষ্ট হইবে। এই চিত্র হইতে আরও দেখিতে পাওয়া যায় যে রাজ্য-তেজ H যখন শূন্য হইতে ৫এর মধ্যে ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে নরম লৌহে (Soft iron) সম্ভাবন B অতি দ্রুত বাড়িতে থাকে, পরে ৫ হইতে ২০ মধ্যে (B) এর

বৃদ্ধির হার অতি মন্দ হয় অর্থাৎ উহা (B) প্রায় সমভাবে থাকে। আবার ঢালাই লৌহের (cast iron) বেলায় দেখা যায় H যখন ০ হইতে ২৫ অবধি বাড়িতে থাকে B এর বৃদ্ধির হার সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয়, পরে H এর ২৫ হইতে ৩৫ এর মধ্যে B এর বৃদ্ধি ক্রমান্বয়ে কমে ও তাহার পরে B এর বৃদ্ধির হার অতি অল্প হয়। কঠিন ষ্টিলের (Hard steel) বেলায় দেখা যায় যে H এর প্রথম অবস্থায় B এর বৃদ্ধির হার সমভাব হয় ও প্রায় H এর অনুপাতে হয়। চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে এই চুম্বকীভবন রেখাগুলি কেহই সরল রেখা নহে সুতরাং প্রেরণক্ষমতা M বা $\frac{B}{H}$ সর্ব্বত্র সমান নহে, H এর উপর নির্ভর করিতেছে এবং কোন পরিমাণ হইতে আরম্ভ করিয়া সর্ব্বাপেক্ষা অধিক গুরুত্বে আসে ও পরে কমিতে থাকে তাহাও দেখান হইয়াছে। প্রেরণক্ষমতা M, ইহা ব্যতীত আরও অন্যান্য বিষয়ের উপর নির্ভর করে তন্মধ্যে পূর্ব্ব চুম্বকত্ব, পাদর্থ্য, রাজ্যতেজ, তপ্ততা ও পূর্ব্ব পরিচয় উল্লেখ যোগ্য। এই রেখাগুলি হইতে বুঝা যায় কিরূপ লৌহে কতটা চুম্বক-করণ বল (H) হইলে উহা সুবিধা জনক চুম্বকে পরিণত হইবে।

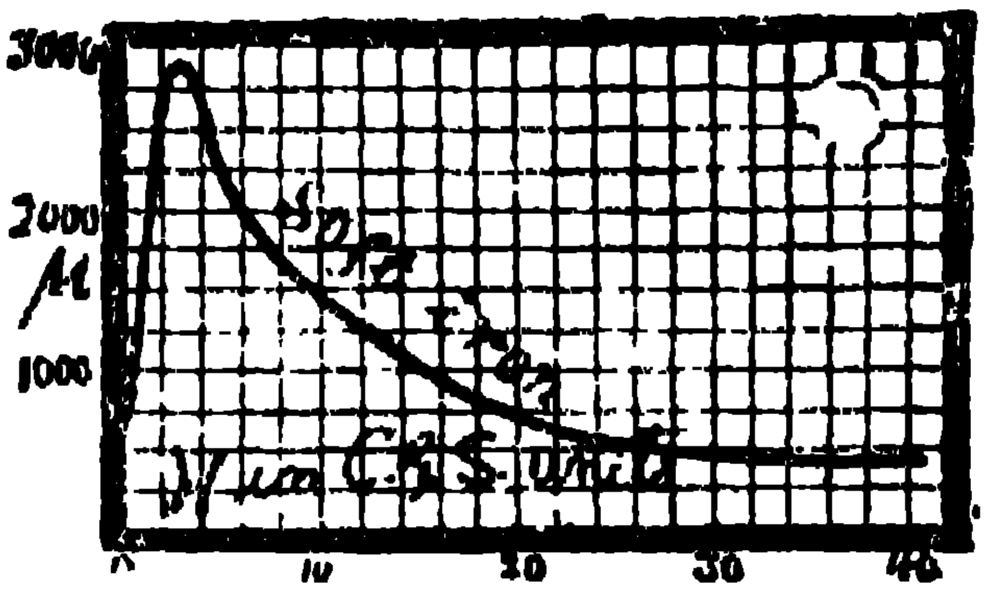


চিত্র—৮

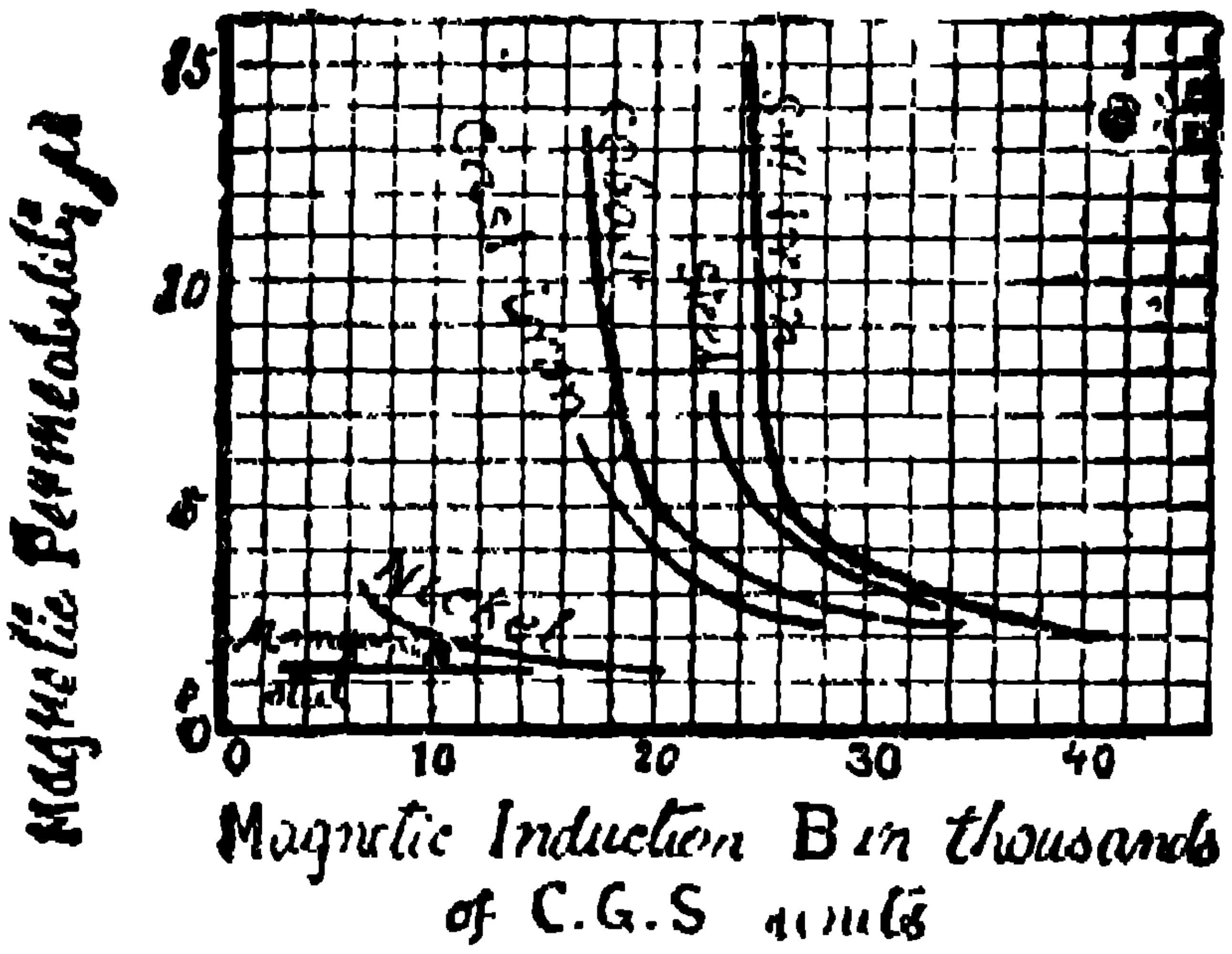
প্রেরণক্ষমতার পরিবর্ত্তন (Variation of Permeability):—(১) ইহা বস্তুর পদার্থের উপর নির্ভর করে।

(২) ইহা রাজ্য-তেজের উপর নির্ভর করে। যথা ;—দুর্ব্বল রাজ্যে, নরম লৌহের বেলায় অতি দ্রুত গুরুত্বে পরিণত হয় ও তাহার পর কমিতে থাকে

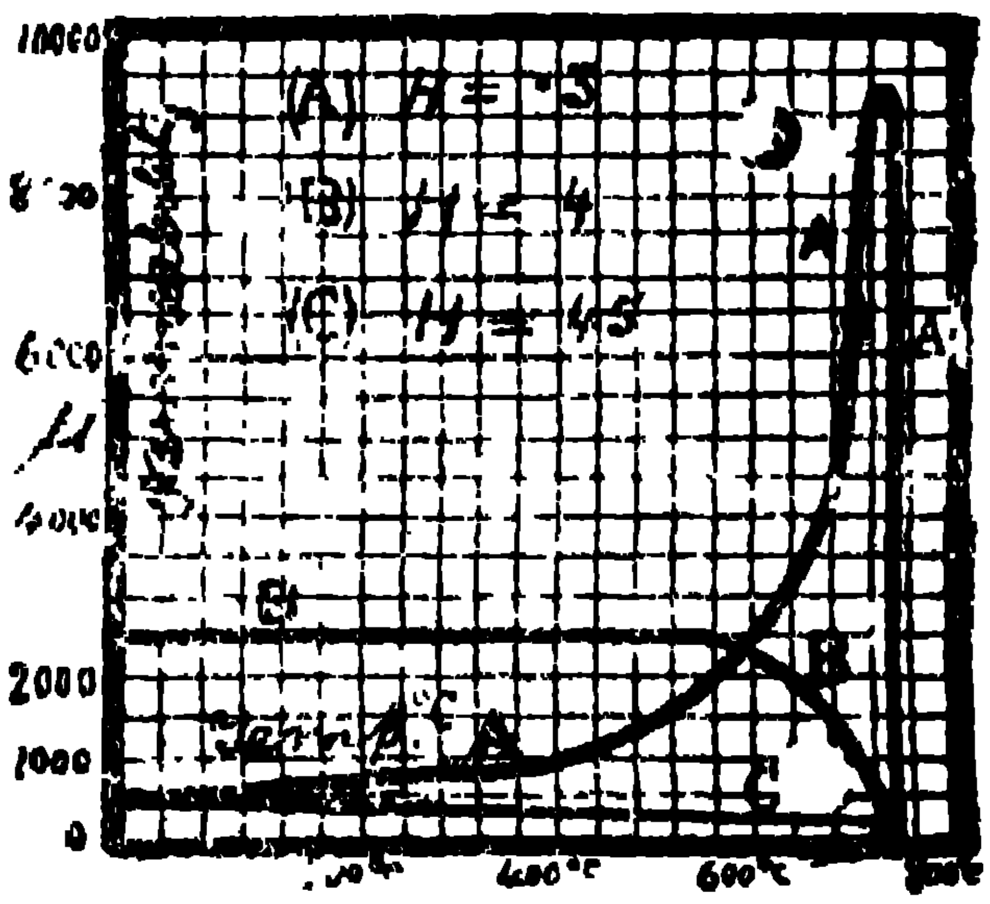
(চিত্র—৮১)। বলবান্ রাজ্যে কেবল ম্যাঙ্গানিজ্ ষ্টিল ব্যতীত সকল চুম্বক দ্রব্যের M কমিতে থাকে, উহার M প্রায় সমভাব, চিত্র—৮২।



চিত্র—৮১



চিত্র—৮২



চিত্র—৮৩

(৩) ইহা তপ্ততার উপরও নির্ভর করে। দুর্ব্বল রাজ্যে M তপ্ততার সহিত প্রথমে অল্প অল্প পরে দ্রুত বাড়িতে থাকে ও শেষে লৌহের অবস্থান্তর তপ্ততা প্রায় ৭৮৫°C ক্রমশঃ একেতে নামিয়া আইসে। তেজবান্ রাজ্যে M একভাবে কমিতে থাকে ও প্রায় ঐ ৭৮৫° C সময় সহসা কমিয়া যায় (চিত্র ৮৩)।

চুম্বক-করণ চক্র (Magnetisation Cycle):— যদি চুম্বক-বল H কে ক্রমান্বয়ে সমভাবে পরিবর্দ্ধন করা যায়—(ইহা লৌহকে পরিবেষ্টনকারী নলাকারগুটি বা সোলিনয়েডের (Solenoid) মধ্য দিয়া প্রবাহকে সমভাবে বৰ্দ্ধিত করিলেই হইবে),—তাহা হইলে দেখা যায় যে B প্রথমতঃ অতি দ্রুত বৃদ্ধি পায়, পরে অতি অল্প হারে বাড়িতে থাকে ও শেষে যখন লৌহটি পূর্ণ চুম্বকত্বে আসে, H বা প্রবাহের কোনও পরিবর্দ্ধন হেতু

Bএর বিশেষ কোন বৃদ্ধি লক্ষিত হয় না, উহা প্রায় একভাব রহিয়া যায়। এখন যদি প্রবাহ হ্রাস করিয়া H কে কমাইতে থাকা যায়, তাহা হইলে B ও কমিতে থাকিবে বটে কিন্তু যে পরিমাণে বাড়িয়াছিল তদপেক্ষা কম পরিমাণে কমে সুতরাং প্রবাহকে শূন্যে পরিণত করিলেও B শূন্যে পরিণত হয় না, কিছু অবশিষ্ট থাকে, ইহাকে অবশিষ্ট চুম্বকত্ব (Residual magnetism) বলে। এই অবশিষ্ট চুম্বকত্বকে নষ্ট করিতে হইলে প্রবাহের দিক উল্টাইয়া দিয়া বিপরীত দিকের প্রবাহকে ক্রমশঃ বাড়াইতে থাকিলে, উহার কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ হইলে B শূন্যে পরিণত হইবে। বিপরীত দিকের H এর এই পরিমাণকে "সংহার বল" (Co-ercieve force) বলে। অতএব অবশিষ্ট চুম্বকত্ব নষ্ট করিতে বিপরীত দিকে যে পরিমাণ H লাগে তাহাকে চুম্বকত্ব-নাশক বা সংহার বল বলে। ইহার পরেও যদি বিপরীত দিকের প্রবাহকে আরও বাড়াইতে থাকা যায় তাহা হইলে বিপরীত দিকে B অপেক্ষাকৃত অধিক হারে প্রস্তুত হইতে থাকিবে, অর্থাৎ চুম্বকের মেরুত্ব উল্টাইয়া যাইবে এবং এখানেও পূর্ব্ববৎ, কিন্তু কিছু অধিক হারে, B প্রথমতঃ অতি দ্রুত বাড়িয়া, পরে অল্প হারে বাড়িতে থাকে ও শেষে লৌহটি চুম্বক পূর্ণতার নিকট আসিলে B প্রায় সমভাব রহিয়া যায়। দৃষ্ট হইবে যে প্রথম চুম্বক-করণে H এর যে পরিমাণে লৌহটি চুম্বক-পূর্ণতা প্রাপ্ত হইয়াছিল, এস্থলেও বিপরীত দিকে H এর প্রায় সেই পরিমাণেই লৌহটি চুম্বক-পূর্ণতা প্রাপ্ত হয়।

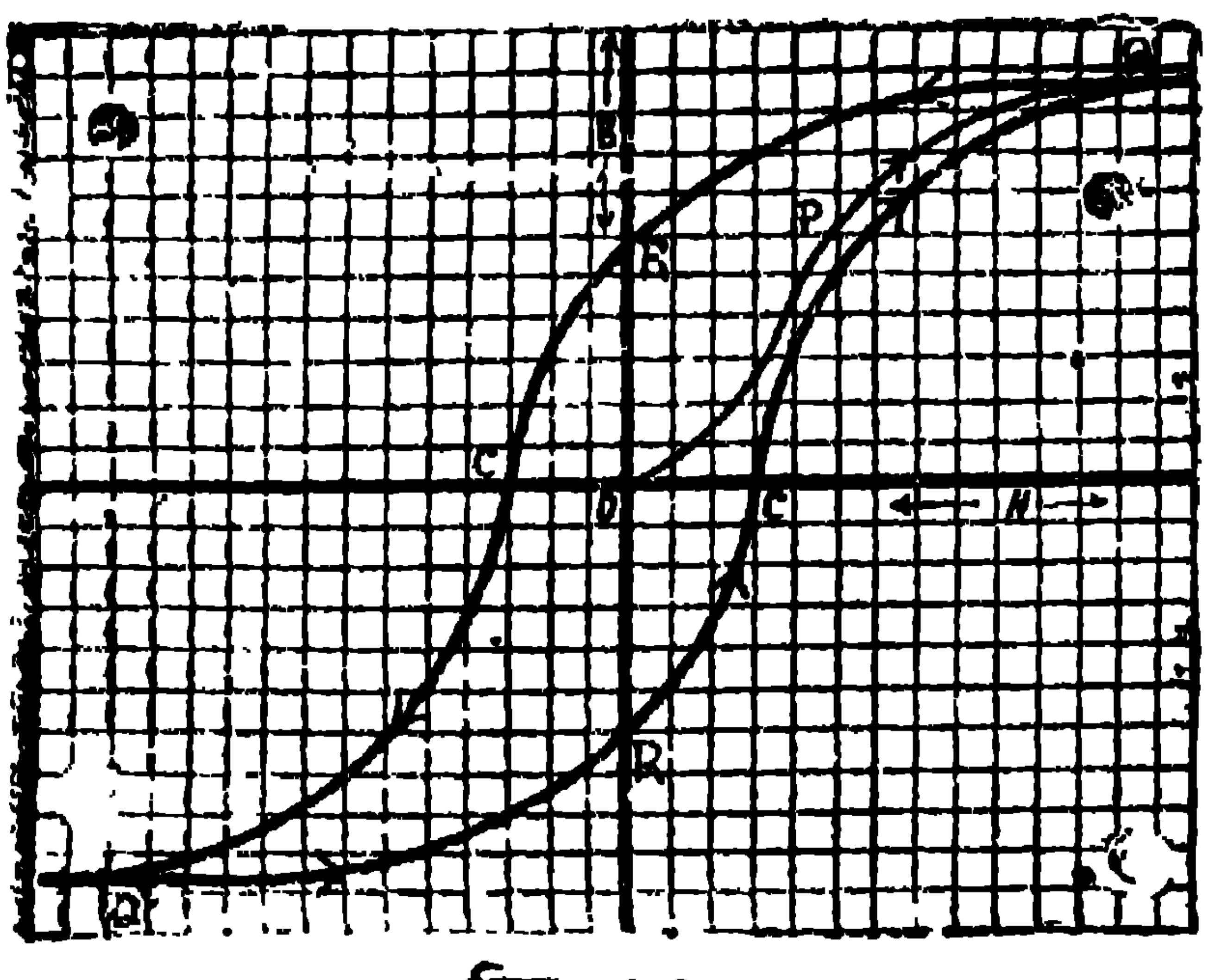
এখন যদি এই বিপরীত দিকের প্রবাহকে ক্রমান্বয়ে কমান যায় তাহা হইলে B ও ঠিক পূর্ব্ববৎ কমিতে থাকিবে এবং H বা প্রবাহ শূন্য হইলেও B শূন্যে পরিণত হইবে না, পূর্ব্বের অবশিষ্ট চুম্বকত্বের সমান চুম্বকত্ব রহিয়া যাইবে। পুনরায় যদি প্রবাহকে বিপরীত করিয়া প্রথমবারের দিকে দেওয়া যায় ও প্রবাহের তেজ ক্রমশঃ বাড়াইতে থাকা যায়

তাহা হইলে ঠিক পূর্ব্বের সমান সংহার-বল দ্বারা এই বিপরীত (দিকের) অবশিষ্ট চুম্বকত্ব নষ্ট হইবে ও পরে প্রবাহের আরও বৃদ্ধির সহিত B ঠিক প্রথম বারের মত কিছু কিছু অধিক হারে বাড়িতে থাকিবে ও লৌহটি ঠিক পূর্ব্বের সহিত সমান চুম্বক-করণ বল দ্বারা সম্পূর্ণ চুম্বকত্ব প্রাপ্তির পর B সমভাব রহিয়া যাইবে।

দ্রষ্টব্য—এখন যদি প্রবাহকে পুনরায় কমান যায় তাহা হইলে পূর্ব্বের মত অল্প হারে চুম্বকত্ব কমিতে থাকিবে। সুতরাং সর্ব্ব প্রথম চুম্বক-করণ কালে লৌহটির চুম্বকত্বের যে হারে পরিবর্ত্তন হইয়াছিল সেই হারের পরিবর্ত্তন আর পাওয়া যায় না।

প্রবাহ বা Hএর পরিবর্ত্তন হেতু Bএর এইরূপে শূন্য হইতে কোন দিকে গরিষ্ঠে ও তৎপরে শূন্য হইয়া অন্য দিকের গরিষ্ঠে বৃদ্ধি ও সর্ব্ব শেষে শূন্য হইয়া প্রথম গরিষ্ঠে ফিরিয়া যাওয়াকে "চুম্বককরণ-চক্র" বলে।

পশ্চাদ্ভবন রেখা (Hysteresis Curve) :—এরূপ পরিবর্ত্তন কালের H ও তদনুযায়ী Bএর পরিমাণ সকলকে গ্রাফ কাগজে লিপিবদ্ধ করিয়া যে রেখাচিত্র পাওয়া যায় তাহাকে 'পশ্চাদ্ভবন রেখা' বা হিষ্টে-রেসিস্ কার্ভ (Hysteresis Curve) বলে। এই রেখাচিত্র হইতে Hএর হ্রাস কালে B আনুপাতিক ভাবে হ্রাস না হইয়া কিরূপে পিছাইয়া পড়ে তাহা বেশ সহজে বুঝিতে পারা যায়।



চিত্র—৮৪

৮৪ চিত্রে এই রেখাচিত্র দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে ভুজযুগ্মের (Co-ordinate) খাড়া রেখাটিতে B ও শায়িত রেখাটিতে H পরিমিত হইয়াছে। দক্ষিণে পরিমিত H একদিকের প্রবাহ ও বামে পরিমিত H তাহার বিপরীত দিকের প্রবাহকে নির্দ্দেশ করিতেছে। ঠিক সেইরূপ ঊর্দ্ধে পরিমিত B প্রথম দিকের প্রবাহ ও নিম্নে পরিমিত B বিপরীত দিকের প্রবাহ হেতু উৎপন্ন হইয়াছে।

৮৪ চিত্রটিতে O P বক্র রেখাটি চুম্বকীভবন বা চুম্বককরণ রেখা ও সমস্ত বক্ররেখাগুলির সমষ্টি চুম্বককরণ-চক্র নির্দ্দেশ করিতেছে এবং চুম্বকীভবন রেখার সহিত তুলনায় Q R C রেখা দ্বারা পশ্চাদ্ভবন দৃষ্ট হইতেছে। বলা বাহুল্য যে এই পশ্চাদ্ভবন রেখা চিত্রে প্রথম অঙ্কিত রেখাটি অর্থাৎ চুম্বকীভবন রেখাটি এই চক্রে আর অনুসৃত হয় না, অবশ্য সম্পূর্ণ চুম্বক অবস্থায় লৌহ ব্যবহার করিতে হইবে; যেমন চিত্র ৮৪ হইতে দেখিতে পাওয়া যাইতেছে।

এই রেখাচিত্রে O R দ্বারা অবশিষ্ট চুম্বকত্ব ও O C দ্বারা সংহার বল নির্দ্দিষ্ট হইতেছে। বক্ররেখা দ্বারা সমস্ত অবরুদ্ধ স্থানকে পশ্চাদ্ভবন ফাঁস (Hysteresis loop) বলে এবং ইহার বিস্তৃতি লৌহের মধ্যে চুম্বক অবস্থার দ্রুত পরিবর্ত্তন হেতু ব্যয়িত কর্ম্মের পরিমাপ। এই ফাঁস যত সরু হইবে, পশ্চাদ্ভবনে ততই কম কার্য্য ব্যয়িত হইতেছে বুঝিতে হইবে। অবশ্য এই সমস্ত ব্যয়িত কার্য্যের কারণ লৌহের মধ্যে তাপোৎপত্তি। যথা সম্ভব কম কার্য্য ব্যয় হইবে এরূপ লৌহ নির্ব্বাচন করিতে হইলে, বিশেষতঃ যখন উহা অস্থির চুম্বকবলাধীন, তখন ইহা (পশ্চাদ্ভবন রেখা) অত্যন্ত সাহায্য করে কারণ তখন দেখিতে হইবে যে পরীক্ষাধীন লৌহটীর পশ্চাদ্ভবন ফাঁস সরু হইতেছে কিনা। এবং এই অবধারণা নিমিত্তই বৈদ্যুতিক কার্য্যোপলক্ষে প্রদত্ত লৌহের চুম্বক পরীক্ষা দৈনন্দিন কর্ম্ম।

চুম্বকত্বনাশন (Demagnetisation):—যদি কোন চুম্বকত্ব-বিশিষ্ট লৌহের চুম্বকত্ব নাশ করিতে হয় তাহা হইলে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বন করিতে হয়। লৌহটি চুম্বককরণ কালে যেরূপ চুম্বককর-বলাধীন হইয়াছিল উহাকে অন্ততঃ সেরূপ চুম্বককর-বলাধীন করিতে হইবে এবং এই চুম্বককর বল অর্থাৎ প্রবাহকে তৎপরে বিপরীত করণ কালে শূন্যে পরিণত করিতে হইবে। অবিচ্ছিন্ন প্রবাহ হইলে, ব্যাটারি ও চুম্বককর কয়েলের অন্তরা একটি 'গতিদ' (Motor) চালিত ঘূর্ণায়মান 'পরিবর্ত্তক' (Transformer) ও প্রবাহের পরিমাণের পরিবর্ত্তনের জন্য 'সিরিজ' সংযুক্ত একটি পরিবর্ত্তনশীল বাধার ব্যবহার করিতে হইবে। ট্যাঁক ঘড়ি প্রভৃতির মত বস্তুর বেলায়, যাহারা চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হইলে, ব্যালান্স-হুইল চালক হেয়ার স্প্রিংএর উপর ক্রিয়া করিয়া বিপত্তি ঘটায়, ঘড়িটিকে একটি

তেজবান্ চুম্বকের নিকট একটি পাকান সুতায় ঝুলাইলে, পাক খুলিবার সময় সুতাটি যখন ঘড়িটিকে ঘুরাইতে থাকিবে তখন উহাকে ক্রমশঃ দূরে সরাইয়া লইয়া যাইলে চুম্বক নাশন ক্রিয়া সম্পন্ন হয়। অচুম্বক নামে বিখ্যাত ঘড়িগুলির হেয়ার-স্প্রিং ষ্টীলের পরিবর্ত্তে প্যালাডিয়ামে প্রস্তুত, সুতরাং চুম্বক রাজ্যে নিষ্ক্রিয়।

চুম্বক টান (Magnetic pull) :—যদি দুইটি চুম্বক মুখের বিস্তৃতি হয় a বর্গ সেন্টিমিটার ও বলরেখা-ঘনতা বা ফ্লাক্স্ ডেন্সিটি হয় B, ও আকর্ষণ বল হয় P, তাহা হইলে,—

$$P = \frac{B^2 a}{৪\pi} \text{ ডাইন (Dyne) বা } P = \frac{B^2 a \text{ (ইঞ্চি)}}{1317^2} \text{ পাউণ্ড lb. wt.}$$

$$P = \frac{B^2 a}{৪\pi} \text{ dynes}$$

$$= \frac{B^2 a \times (2 \cdot 54)^2 \text{ ইঞ্চি}}{8\pi} \times \frac{1}{981} \times \cdot 0022 \text{ lb. wt.}$$

যেহেতু, ১ ইঞ্চি = ২.৫৪ সেন্টিমিটার,

৯৮১ ডাইন = ১ গ্রাম ওজন,

১ গ্রাম ওজন = ·০০২২ পাউণ্ড ওজন।

$$\frac{B^2 a}{1317^2} \text{ lb. wt. (a = area in sq. in.)}$$ ।

চতুর্থ পরিচয়।

বিদ্যুৎ বা ইলেকট্রিসিটী (Electricity)

বিদ্যুৎ

স্থানীয় বা ঘর্ষণ-জাত (Statical or frictional) অর্থাৎ স্থানে স্থিত বা ঘর্ষণোদ্ভূত

বহমান (Current) যাহা প্রবাহিত হয়

'ইথার'এর কম্পনজনিত (Radio)

রাসায়নিক (Chemical) রসায়ন ক্রিয়া হইতে উদ্ভূত

তাপোদ্ভূত (Thermo)

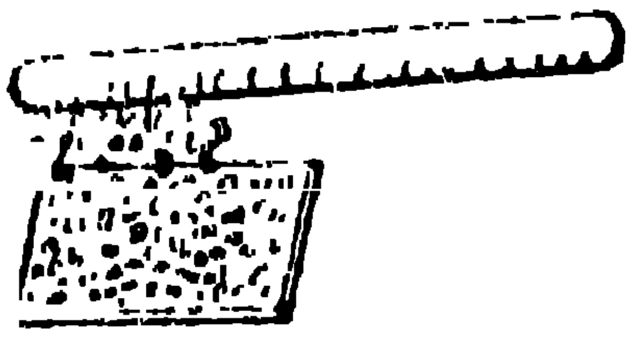
কায্যোদ্ভূত (Dynamical)

স্থানীয় বা ঘর্ষণজাত বিদ্যুৎ:—বিদ্যুৎ একপ্রকার অভৌতিক বায়ু বিশেষ। কেহ কেহ মনে করেন বিদ্যুৎ প্রত্যেক বস্তুতেই বর্ত্তমান এবং উচ্চ পোটেনশ্যাল (Potential) হইতে নিম্ন পোটেনশ্যালে বহে, যেমন তাপ উচ্চ তপ্ততা হইতে নিম্ন তপ্ততায় বহে, তরল পদার্থ উচ্চ স্তর (level) হইতে নিম্ন স্তরে বহে ও বায়বীয় পদার্থ উচ্চ চাপ হইতে নিম্ন চাপে বহে।

যেমন কোন স্থানে বায়ুর প্রবেশ বা তথা হইতে নিষ্ক্রান্ত করাইবার সময় যথাক্রমে যাহার বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটিতে থাকে তাহাকে 'চাপ' বা 'প্রেসার' (Pressure) বলে। কোন পাত্রে তরল পদার্থ ঢালিতে থাকিলে বা তাহা হইতে নিঃসৃত করিয়া দিতে থাকিলে যাহার যথাক্রমে উচ্চতা বা নিম্নতা ঘটিতে থাকে তাহাকে 'স্তর' বা 'লেভেল' (level) বলে, এবং কোন বস্তুতে তাপ দান বা তাহা হইতে বিয়োগ করিতে থাকিলে যাহার যথাক্রমে উচ্চতা বা নিম্নতা ঘটিতে থাকে তাহাকে 'তপ্ততা' বা 'টেম্পারেচার'

(Temperature) বলে, ঠিক সেইরূপ কোন বস্তুতে বিদ্যুৎ দান বা তাহা হইতে বিয়োগ করিতে থাকিলে যাহার উন্নতি বা অবনতি ঘটিতে থাকে তাহাকে **'পোটেন্‌স্যাল'** (Potential) বলে। বিদ্যুৎ কারণ এবং পোটেনশ্যাল ফল যাহার উন্নতি কোন বস্তুর উপর ঘটে যখন তাহাতে বিদ্যুৎ দেওয়া যায় বা অবনতি ঘটে যখন তাহা হইতে বিদ্যুৎ লওয়া হয়। অর্থাৎ বিদ্যুৎ পরিমাণ বাচক ও পোটেনশ্যাল গুণ-বাচক সুতরাং ক্রমবাচক।

সকল বস্তুতেই (বস্তু বিশেষে) কিছু পরিমাণ বিদ্যুৎ আছে ও তাহাদের কোনও না কোনরূপ পোটেনশ্যালও আছে। সাধারণ অবস্থায় সকল ভূসংলগ্ন বস্তুর পোটেনশ্যাল সমান ও তাহা পৃথিবীর পোটেনস্যালের সহিত সমান। এই পোটেনস্যালকে শূন্য ধরা হয়, সুতরাং সাধারণ বস্তুতে কিছুই পোটেনস্যাল নাই। এখন যদি কোন সাধারণ বস্তু হইতে কিছু বিদ্যুৎ লওয়া যায় তাহা হইলে ইহার পোটেনস্যাল কমিবে অর্থাৎ শূন্যের নীচে যাইবে বা নেগেটিভ (Negative) হইবে, বস্তুটিকে তখন বলা হয় নেগেটিভ পোটেনস্যালের বা নেগেটিভ ভাবে বিদ্যুদ্বান্ (Negatively Charged)। আর যদি কোন সাধারণ অবস্থার বস্তুতে কিছু বিদ্যুৎ দেওয়া যায় তাহা হইলে ইহার পোটেনস্যাল বৃদ্ধি পাইবে অর্থাৎ শূন্যের উপর উঠিবে বা পজিটিভ (Positive) হইবে, এবং বস্তুটিকে তখন বলা হয় পজিটিভ পোটেনস্যালের বা পজিটিভ ভাবে বিদ্যুদ্বান্ (Positively Charged)।

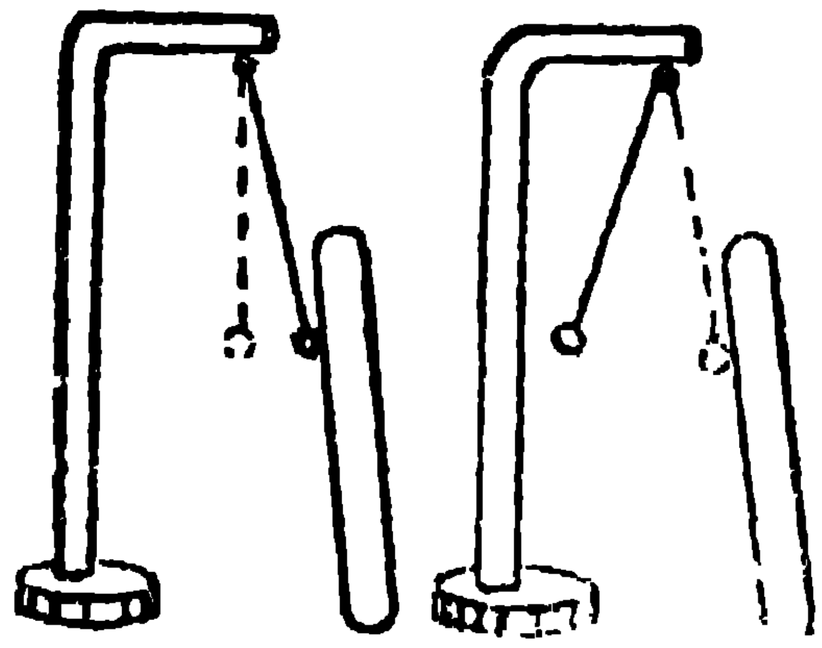


চিত্র—৮৫

বিদ্যুৎকরণ(Electrification):—পরখ (১) (ক) একটি কাঁচদণ্ডকে সিল্কের রুমাল দ্বারা ঘর্ষণ করিয়া কাঁচদণ্ডটিকে অথবা সিল্ক-রুমালটিকে ছোট ছোট কাগজের টুকরা বা কুটা প্রভৃতি হাল্‌কা দ্রব্যের উপর ধরিলে দেখা যায় যে কাগজের টুকরা বা

কুটাগুলি বারংবার আকৃষ্ট হইয়া দণ্ডের বা রুমালের গায়ে লাফাইয়া উঠে ও মুহূর্ত্তকাল লাগিয়া থাকিয়া পুনরায় পড়িয়া যায়। (চিত্র—৮৫)।

(খ) ঠিক এইরূপে একটি ইবনাইট দণ্ডকে ফ্লানেল দ্বারা ঘর্ষণ করিয়া কাগজ বা কুটার টুকরা লইয়া পরখ করিলে দেখা যায় যে ঐরূপই ঘটে।



চিত্র—৮৬, ৮৭

পিথ বল ইলেকট্রোস্কোপ (Pith Ball Electroscope) :—একটি সোলার গুলিকে সিল্কের সুতা বাঁধিয়া ঝুলাইয়া একটি সিল্ক দ্বারা ঘর্ষিত কাঁচদণ্ড তাহার নিকটে আনিলে গুলিটি প্রথমে আকর্ষিত হইয়া কাচদণ্ডকে স্পর্শ করে ও তৎপরেই নিক্ষিপ্ত হয়। (চিত্র—৮৬, ৮৭) বিন্দুরেখা পূর্ব্বাবস্থা নির্দ্দেশ করিতেছে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে ঘর্ষণের পর কাঁচ, ইবনাইট, সিল্ক বা ফ্লানেল নূতন গুণ প্রাপ্ত হয়, এই গুণের হেতু উহাদের বৈদ্যুতিক অবস্থা প্রাপ্তি বা চলিত ভাষায় বিদ্যুদ্বান্ হওয়া। ঘর্ষণ দ্বারা একটি বস্তু হইতে বিদ্যুৎ নিঃসৃত হইয়া অপর বস্তুটিতে প্রযুক্ত হয়, ইহাই বৈদ্যুতিক অবস্থা প্রাপ্তির কারণ।

একটি বস্তু হইতে বিদ্যুৎ গ্রহণ ও তাহা অপর বস্তুতে দান, একটি বস্তুর সহিত অপর একটি বস্তুর ঘর্ষণ দ্বারা করা যায় এই জন্যই ইহাকে ঘর্ষণজাত বিদ্যুৎ বলে। ঘর্ষণ কালে ঘর্ষণের জন্য যে কার্য্যশক্তি লাগে তাহা বিভিন্ন পোটেনস্যালে স্থিত বিদ্যুৎরূপ "বৈদ্যুতিক শক্তি"তে পরিণত হয়।

যুগপৎ সমপরিমাণ বিদ্যুৎ স্থজন :—পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে, ঘর্ষণকালে একটি বস্তু হইতে বিদ্যুৎ নিঃসৃত হইয়া অপর একটি বস্তুতে প্রবিষ্ট হওয়া, বস্তু দুইটির বিদ্যুদ্বান্ হইবার কারণ। সুতরাং স্পষ্টতই একটি বস্তুর যে পরিমাণ বিদ্যুৎ হ্রাস হয় অপর বস্তুটির ঠিক সেই পরিমাণ বিদ্যুৎলাভ হয় এবং যদি তাহাদের পরস্পরকে পরিচালক দ্বারা সংযুক্ত করা যায় তাহা হইলে একটির বাড়তি বিদ্যুৎ অপরটিতে

যাইয়া তাহার অভাব মোচন করতঃ উভয়েই সাধারণ অবস্থায় অর্থাৎ অবৈদ্যুতিক অবস্থায় আসিবে। ইহা নিম্নলিখিত পরখ দ্বারা জানা যায়। (চিত্র—৯১)

পরখ (২) একটি কাঁচদণ্ডকে সিল্কের রুমাল দ্বারা ঘষিয়া টুকরা কাগজ লইয়া পৃথক ভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে উভয়েই বিদ্যুদ্বান্ হইয়াছে। এখন ঐ রুমালকে বেশ করিয়া কাঁচদণ্ডের গাত্রে জড়াইয়া দিয়া এই রুমাল পরিবেষ্টিত দণ্ডকে কাগজের টুকরা প্রভৃতি হালকা বস্তুর উপর ধরিলে দেখা যাইবে যে আর উহারা

চিত্র—৮৮

আকৃষ্ট হয় না। ঠিক সেইরূপ ইবনাইট দণ্ডকে ফ্লানেল দ্বারা ঘর্ষণ করিয়া উভয়কে পৃথক ভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উভয়েই বিদ্যুদ্বান্, কিন্তু ফ্লানেলটিকে ইবনাইট দণ্ডের ঘর্ষিত স্থানের উপর জড়াইয়া এই ফ্লানেল আবৃত দণ্ডকে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহার বৈদ্যুতিক অবস্থা কিছুই নাই। সুতরাং এই পরখ হইতে প্রমাণিত হয় যে ঘর্ষণকালেএকই সঙ্গে সমপরিমাণ বিপরীত বৈদ্যুতিক অবস্থার সৃষ্টি হয়,নচেৎ একত্রিত হইলে উহাদের অবৈদ্যুতিক অবস্থায় হইতে পারে না। (চিত্র—৮৮)

(দ্রষ্টব্য)—কোন বস্তু বিদ্যুদ্বান্ কিনা দেখিবার সহজ উপায় 'উহার দ্বারা কাগজের টুকরা বা কুটা প্রভৃতি হালকা বস্তু আকৃষ্ট হয় কিনা।' বস্তুটি বিদ্যুদ্বান্ হইলে এই পদার্থগুলি পুনঃ পুনঃ আকৃষ্ট ও উহার গাত্র স্পর্শ করতঃ নিক্ষিপ্ত হয়। গোল্ড-লীফ-ইলেকট্রোস্কোপ (Gold Leaf Electroscope) নামে একটি যন্ত্রের সাহায্যে ইহা সুচারুরূপে পরীক্ষিত হয়। অতএব আমরা দেখি ঘর্ষণকালে একটি বস্তু পজিটিভ ভাবে ও অপরটি নেগেটিভ ভাবে বিদ্যুদ্বান্ বা চার্জ্জড্ হয়। নিম্ন তালিকায় কতকগুলি পদার্থের নাম এরূপ ভাবে লিপিবদ্ধ হইয়াছে যে তাহাদের মধ্যে যে কোন দুইটি লইয়া ঘর্ষণ করিলে যাহার নাম পূর্ব্বে আছে তাহা পজিটিভ ভাবে বিদ্যুদ্বান্ হইবে।

আস্‌বেষ্টস্ (Asbestos)
লোম (Fur)
ফ্লানেল (Flannel)
গজদন্ত (Ivory)
কাঁচ (Glass)
তুলা (Cotton)
কাগজ (Paper)
রেসম (Silk)
হাত (The hand)
কাষ্ঠ (Wood)
ধাতু (Metal)
ভারতীয় রবার (India Rubber)
গালা (Sealing wax)
রজন (Resin)
আম্বার (Amber)
গন্ধক (Sulphur)
গাটা-পার্চা (Gutta Parcha)
কলোডিয়ান (Collodian)
গান-কটন (Gun Cotton)

পরিচালক (Conductors), **অপরিচালক** (Non-Conductors or Insulators) **ও অৰ্দ্ধচালক** (Semi-Conductors) :—পরিচালক বা কণ্ডাকটার :—দেখা যায়, যে কোন বস্তু দ্বারা ঘর্ষিত হউক না কেন, রৌপ্য, তাম্র, লৌহ প্রভৃতি বস্তু হস্ত দ্বারা ধৃত থাকিলে কোনরূপ বিদ্যুদ্বত্তার পরিচয় দেয় না, আবার কাঁচ, সিল্ক, পশম প্রভৃতি বস্তু বিদ্যুদ্বান্ হয়। তাহার কারণ এই যে ধাতু, অম্ল, ধাতব লবণ, শরীর ইত্যাদি কতকগুলি বস্তু নিজেদের উপর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে দেয়, সুতরাং তাহারা যদি শরীর বা এবম্প্রকার অন্য কোন বস্তু দ্বারা পৃথিবীর সহিত সংলগ্ন থাকে তাহা হইলে তাহাদের বিদ্যুদ্বত্তা নষ্ট হইয়া যায় অর্থাৎ বিদ্যুৎ পৃথিবীকে দান করিয়া যদি তাহারা পজিটিভ ভাবে বিদ্যুদ্বান্ হইয়া থাকে বা পৃথিবী হইতে বিদ্যুৎ গ্রহণ করিয়া যদি নেগেটিভ ভাবে বিদ্যুদ্বান্ হইয়া থাকে। তাহাতে পৃথিবীর বৈদ্যুতিক অবস্থা বা পোটেনস্যালের কিছুমাত্র পরিবর্ত্তন ঘটে না, কারণ তুলনায় পৃথিবী অতীব বৃহৎ। এবম্প্রকার বস্তু যাহারা এক স্থান হইতে অন্য স্থানে বিদ্যুৎ-চালনাক্ষম তাহাদিগকে পরিচালক বা কণ্ডাকটার বলে। কাঁচ, সিল্ক, বায়ু প্রভৃতির মত বস্তু নিজেদের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ হইতে দেয় না। সুতরাং হস্তদ্বারা ধৃত থাকিলেও তাহাদের বিদ্যুদ্বত্তা নষ্ট হয় না, এই জন্যই ঘর্ষণের পর তাহাদিগকে বিদ্যুদ্বান্ দৃষ্ট হয়। এবম্প্রকার বস্তু যাহাদের

মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ হইতে পারে না তাহাদিগকে অপরিচালক, ইনসুলেটার বা ননকণ্ডাকটার বলে। আবার এরূপ কতকগুলি বস্তু আছে যাহারা ভাল পরিচালকও নয় বা ভাল অপরিচালকও নয়, তাহাদিগকে অর্দ্ধচালক বলে। নিম্নে ইহাদিগের তালিকায় সর্ব্বাপেক্ষা ভাল পরিচালকের নাম অগ্রে ও অপরিচালকের নাম শেষে লেখা হইয়াছে।

কণ্ডাক্‌টার (Conductor)।

রৌপ্য।	অপরাপর ধাতু।	পারদ।	অম্ল (acid)।
তাম্র।	মিশ্র ধাতু।	কয়লা।	ধাতব লবণ।

অর্দ্ধ কণ্ডাক্‌টার (Semi-Conductor)।

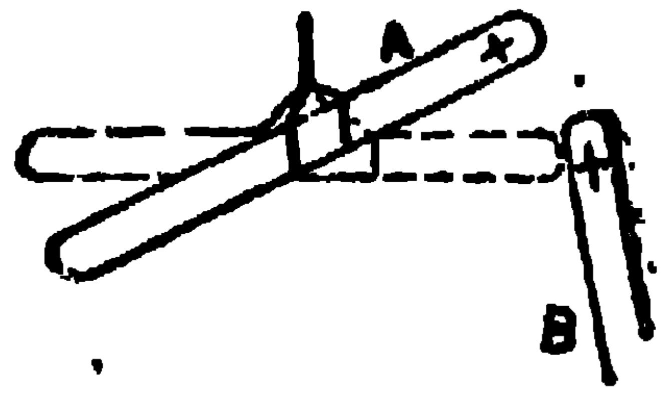
জল।	কাষ্ঠ।	আস্‌বেস্‌টস্‌।
শরীর।	মার্ব্বেল প্রস্তর।	গজদন্ত।
তুলা।	কাগজ।	শ্লেট প্রস্তর।

নন্‌-কণ্ডাক্‌টার (Non-Conductor or Insulator)।

তৈল।	গন্ধক।	ইবনাইট।	কোয়ার্টস্‌।
চিনামাটী।	রজন।	প্যারাফিন।	বায়ু।
পশম।	রবার।	অভ্র।	
রেসম।	গালা।	কাঁচ।	

N. B.—যদিও ইহাদের মধ্য দিয়া বৈদ্যুতিক শক্তি প্রবাহিত হইতে পারে না তথাপি শক্তির চাপের আধিক্য হইলে ইনসুলেসনের মাত্রাও অধিক করিতে হয়। নতুবা অবস্থা হিসাবে ইহাদের কেহ কেহ কণ্ডাকটারের কার্য্য করে।

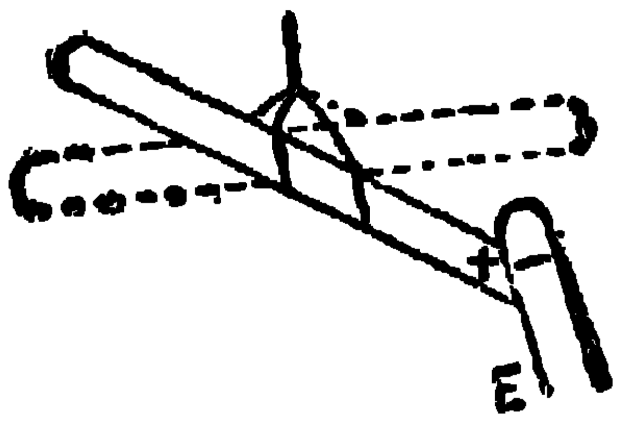
বিদ্যুতের রকম ও তাহাদিগের নিজেদের উপর কার্য্যাবলী :—



চিত্র—৮৯

(পরখ ৩) (ক) একটি কাঁচদণ্ডের এক শেষ ভাগ সিল্কের রুমাল দ্বারা ঘষিয়া বিদ্যুদ্বান্‌ করিয়া দণ্ডটিকে মাঝখানে সূতা দ্বারা ঝুলাইয়া দিয়া পরে আর একটি কাঁচদণ্ডকে বিদ্যুদ্বান্‌ করিয়া ঝুলায়িত দণ্ডের বিদ্যুদ্বান্‌ শেষ ভাগের নিকট লইয়া আসিলে দেখা যায় যে ঝুলায়িত কাঁচদণ্ডটি নিক্ষেপণ হেতু ঘুরিয়া যাইতেছে (চিত্র—৮৯)।

(খ) কিন্তু যদি ঝুলায়িত কাঁচদণ্ডের নিকট ফ্লানেল দ্বারা বিদ্যুদ্বান্ ইবনাইট দণ্ড লইয়া আসা যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে উহা আকৃষ্ট হইয়া নিকটে চলিয়া আসিতেছে (চিত্র—৯০)। (গ) ইবনাইটের পরিবর্ত্তে সিল্কের রুমালটি আনিলেও কাঁচ দণ্ডটিকে আকর্ষিত হইতে দৃষ্ট হইবে। (ঘ) কিন্তু ফ্লানেলটিকে কাঁচদণ্ডের নিকট আনিলে উহা নিক্ষিপ্ত হইবে। ঠিক এইরূপে ইবনাইটকে বিদ্যুদ্বান্ করিয়া ঝুলাইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে বিদ্যুদ্বান্ সিল্ক বা ইবনাইট দ্বারা নিক্ষিপ্ত ও কাঁচদণ্ড বা ফ্লানেল দ্বারা আকৃষ্ট হয়।



চিত্র—৯০

এই পরীক্ষাগুলি হইতে প্রমাণ হয় যে—(১) কাঁচদণ্ডের যে বৈদ্যুতিক অবস্থা হয় ফ্লানেলেও সেই বৈদ্যুতিক অবস্থা (ক ও খ হইতে) হয়।

(২) বৈদ্যুতিক অবস্থা দুই প্রকার অতএব দুই প্রকার ফল দৃষ্ট হয়।

(৩) "অনুরূপ বিদ্যুদ্বান্ বস্তুদ্বয়ে নিক্ষেপণ ও বিপরীত বিদ্যুদ্বান্ বস্তুদ্বয়ে আকর্ষণ হয়।"

আকর্ষণ বা নিক্ষেপণ বলের নিয়ম :—(বিরূপ বর্গ নিয়ম)। দুইটি বিদ্যুদ্বান্ বস্তু যে বলের দ্বারা আকর্ষণ বা নিক্ষেপ করে তাহা চুম্বক বলের মত (১) বিদ্যুৎ পরিমাণদ্বয়ের গুণ ফলের অনুরূপ ও (২) তাহাদের ব্যবধানের বর্গের বিরূপ। অর্থাৎ—

$$F = \frac{Q_1 \times Q_2}{d^2}, \quad F = \text{বল}$$

Q_1 ও Q_2 = বিদ্যুদ্বয়ের পরিমাণ
d = তাহাদিগের ব্যবধান

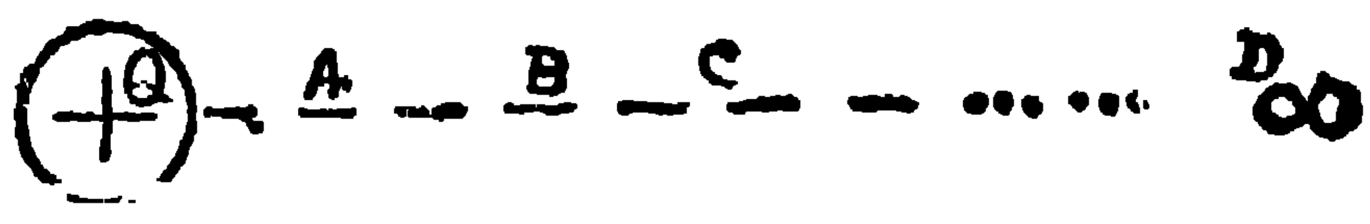
'একক' বিদ্যুৎ পরিমাণ :—দুইটি সমপরিমাণ বিদ্যুৎকে একক দূরত্ব (১ সেমি) ব্যবধানে রাখিলে যদি তাহারা একক বলের দ্বারা (১ ডাইন) আকর্ষণ বা নিক্ষেপ করে, তাহাদিগকে এক 'সি, জি, এস' স্থানীয় বৈদ্যুতিক একক (One C. G. S. Electro-static unit) বলে। ইহা উল্লিখিত

$F = \frac{Q_1 \times Q_2}{d^2}$ হইতে পাওয়া যায়। (একক মেরুতেজের সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য)।

এই এককটি অত্যন্ত ছোট বলিয়া ব্যবহার হয় না। ইহা অপেক্ষা ৩ × ১০৯ গুণ বড় পরিমাণকে ব্যবহার্য্য একক ধরা হয়, ইহাকে (Coulomb) বলে। বহমান বিদ্যুতে অপর একটি একক ব্যবহার হয়।

পোটেনস্যাল (Potential) :—ইহা পূর্ব্বে বর্ণিত হইয়াছে। এখন কার্য্যের সহিত সম্বন্ধ দেখাইয়া ইহার পরিমাপ পদ্ধতি বর্ণিত হইবে। পৃথিবীর পোটেনস্যালকে শূন্য ধরা হয়, কারণ ইহা এত বৃহৎ যে আমাদের ব্যবহার্য্য বিদ্যুৎ ইহার পোটেনস্যালকে বদলাইতে পারে না। বস্তুতঃ সঠিক শূন্য (Absolute Zero) পোটেনস্যাল অনন্ত দূরত্বে, কারণ কোন বিদ্যুদ্বান্ বস্তুর বল অনন্তে নিশ্চয়ই শূন্য এবং এক এককের পোটেনস্যাল—সঠিক সংজ্ঞা প্রদানে এই পোটেনস্যালকেই শূন্য ধরিতে হইবে। কিন্তু যে পোটেনস্যালকেই শূন্য ধরা যাউক না কেন দুইটি বিন্দুর মধ্যে পোটেনস্যাল পার্থক্য বা পি, ডি (P. D.) একই হইবে এবং কার্য্যকালে এই পোটেনস্যাল পার্থক্যই প্রয়োজন হয়।

ধরা যাউক যেন Q একটি পজিটিভ বিদ্যুৎ সম্পন্ন বস্তু (চিত্র—৯১) ও ইহার নিকটে আর অন্য কোন বিদ্যুৎ নাই। তাহা হইলে পোটেনস্যাল Q বিন্দুতে পজিটিভ হইতে ক্রমান্বয়ে কমিতে কমিতে অনন্তে সর্ব্বত্র শূন্যে

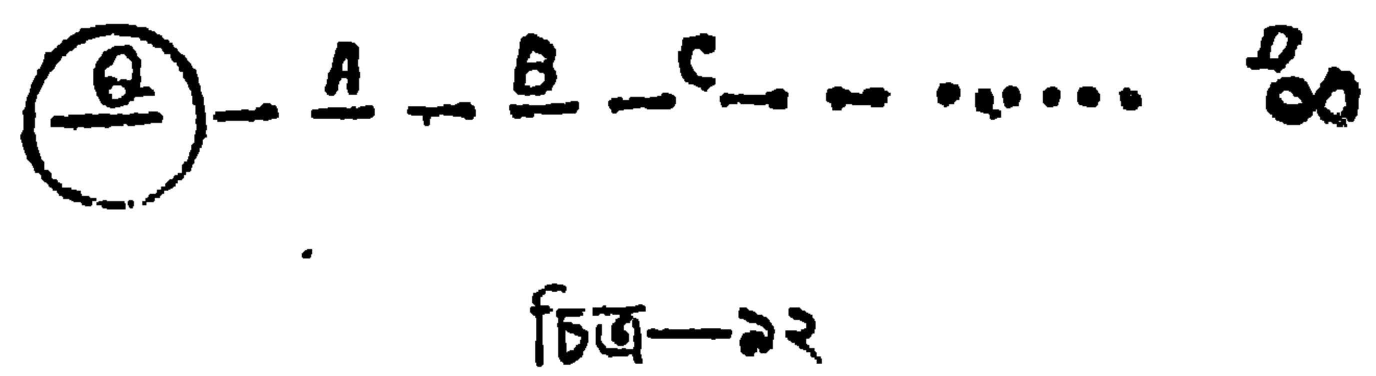


চিত্র—৯১

পরিণত হইতেছে। আর ধরা যাউক যেন অনন্তে D বিন্দুতে একটি একক পজিটিভ বিদ্যুৎ আছে। এই একক বিদ্যুৎকে অনন্ত হইতে C বিন্দুতে আনিতে হইলে, Q বিন্দুতে স্থিত বিদ্যুতের নিক্ষেপণ বলের বিরুদ্ধে ইহার উপর কার্য্য করিতে হইবে। অতএব 'একক' বিদ্যুৎটী যখন C বিন্দুতে উপস্থিত হইল তখন উহা আবস্থিক শক্তি বা পোটেনস্যাল এনার্জ্জি

সম্পন্ন হইল এবং এই আবস্থিক-শক্তির পরিমাণ, উহাকে C বিন্দুতে আনিতে যে পরিমাণ কার্য্য করিতে হয়, তাহার সহিত সমান। স্পষ্টতঃই B বিন্দুতে আনিতে আরও অধিক কার্য্য করিতে হইবে এবং A বিন্দুতে আনিতে তদপেক্ষা অধিক কার্য্য করিতে হইবে। এই সকল করিতে যে সকল কার্য্য করিতে হইবে তাহা নিক্ষেপণবলের উপর নির্ভর করিতেছে এবং এই নিক্ষেপণবল 'মধ্যগ' বা মিডিয়াম (medium), Q বিন্দুর বিদ্যুৎ পরিমাণ ও তাহা হইতে ব্যবধানের উপর নির্ভর করে, অর্থাৎ Q হইতে ক্রমশঃ বহির্দ্দিকে পোটেনস্যালের পরিবর্ত্তনের মত। সুতরাং স্বভাবতঃই এই কার্য্যের সহিত পোটেনস্যালের ঘনিষ্ট সম্বন্ধ আছে। যদি একক পজিটিভ বিদ্যুৎকে অনন্ত হইতে C বিন্দুতে আনিতে V_3 'আর্গ' (erg) কার্য্য করিতে হয় তাহা হইলে Q বিন্দুর বিদ্যুৎ জনিত ঐ C বিন্দুর পোটেনস্যাল V_3 স্থানীয়-বৈদ্যুতিক একক। ঠিক সেইরূপ B বিন্দুতে আনিতে যদি V_2 আর্গ কার্য্য করিতে হয় তাহা হইলে ঐ B বিন্দুতে Q বিন্দুর বিদ্যুৎ হেতু পোটেনস্যালের পরিমাণ V_2 স্থানীয় বৈদ্যুতিক একক। এবং B ও Cএর মধ্যে পোটেনস্যাল পার্থক্য বা পি, ডি ($V_2 - V_3$) স্থানীয়-বৈদ্যুতিক একক। Q বিন্দুস্থিত বিদ্যুদ্বান্ বস্তুটিতে একক বিদ্যুৎটিকে আনিতে যদি V_1 'আর্গ' কার্য্য ব্যয় হয় তবে ঐ Q বিন্দুর বা বস্তুটির পোটেনস্যাল পরিমাণ V_1 স্থানীয়-বৈদ্যুতিক একক।

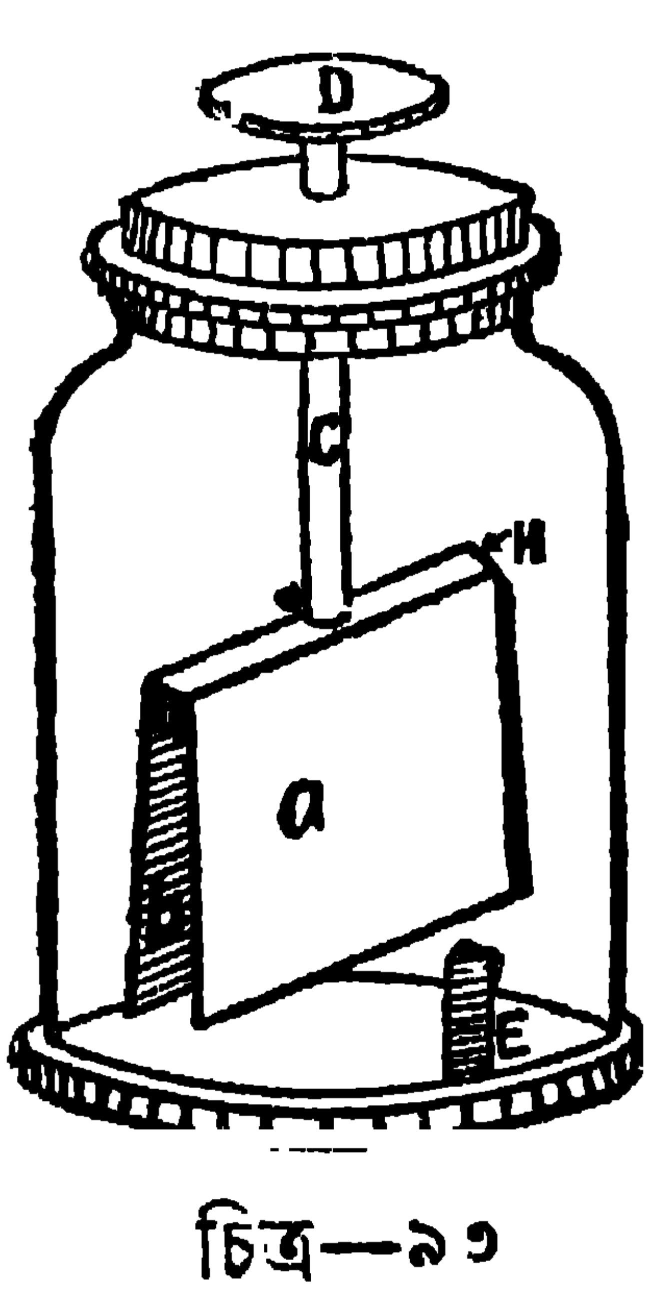
যদি ঐ বস্তুটিতে পজিটিভ বিদ্যুৎ না থাকিয়া নেগেটিভ বিদ্যুৎ থাকে (চিত্র—৯২) তাহা হইলেও পূর্ব্বোক্ত যুক্তিই চলিবে, কেবলমাত্র মনে রাখিতে হইবে যে এস্থলে নিক্ষেপণ বল না হইয়া আকর্ষণ বল হইবে ও



চিত্র—৯২

অনন্ত হইতে অগ্রসর হইতে হইলে একক পজিটিভ বিদ্যুৎটির উপর কার্য্য করিতে হইবে না, উহা নিজেই কার্য্য করিবে। ইহা হইতে পোটেনস্যালের

এই সংজ্ঞা পাওয়া যায়। "কোন বিদ্যুৎসম্পন্ন বস্তুর পরিবেষ্টনকারী রাজ্যের কোন বিন্দুর পোটেনস্থাল, পরিমাণে অনন্ত হইতে ঐ বিন্দু পর্য্যন্ত একটি একক পজিটিভ বিদ্যুৎকে আনিতে যে পরিমাণ কার্য্য উহার উপর বা উহার দ্বারা সাধিত হয় তাহার সহিত সমান"। এবং প্রমাণিত হইয়াছে যে এই কার্য্যের পরিমাণ $=\frac{Q}{r}$, Q = বিদ্যুদ্বান্ বস্তুর বিদ্যুৎ পরিমাণ ও r = বিদ্যুদ্বান্ বস্তু হইতে বিন্দুটির দূরত্ব। দুইটি বিন্দুর মধ্যে পোটেনস্থাল পার্থক্য একটি একক বিদ্যুৎকে এক বিন্দু হইতে অপরটিতে লইয়া যাইতে যে পরিমাণ কার্য্য উহার উপর বা উহার দ্বারা সাধিত হয় তদ্দ্বারা পরিমিত হয়। অতএব কোন বিন্দুর পোটেনস্থাল এক সি, জি, এস, (C. G. S.) স্থানীয়-বৈদ্যুতিক একক যদি অনন্ত হইতে ঐ বিন্দু পর্য্যন্ত একক পরিমাণ পজিটিভ বিদ্যুৎকে আনিতে বা আসিতে হইলে ১ আর্গ কার্য্য উহার উপর বা উহার দ্বারা সাধিত হয়। ইহার কোন বিশেষ নাম নাই ও ব্যবহার হয় না। ব্যবহার্য্য একককে ভোল্ট (Volt বলে, ভোল্ট স্থানীয় বৈদ্যুতিক এককের $\frac{১}{৩০০}$ অংশ। বহমান বিদ্যুতে পোটেনস্থাল মাপিবার অপর একটি একক ব্যবহার হয়, তাহাকে সি, জি, এস চুম্বক-বৈদ্যুতিক (Electromagnetic) একক বলে। ইহা স্থানীয় বৈদ্যুতিক এককের $\frac{১}{৩ \times ১০^{১০}}$ অংশ। অতএব ভোল্ট $= ১০^{৮}$ চুম্বক বৈদ্যুতিক একক।

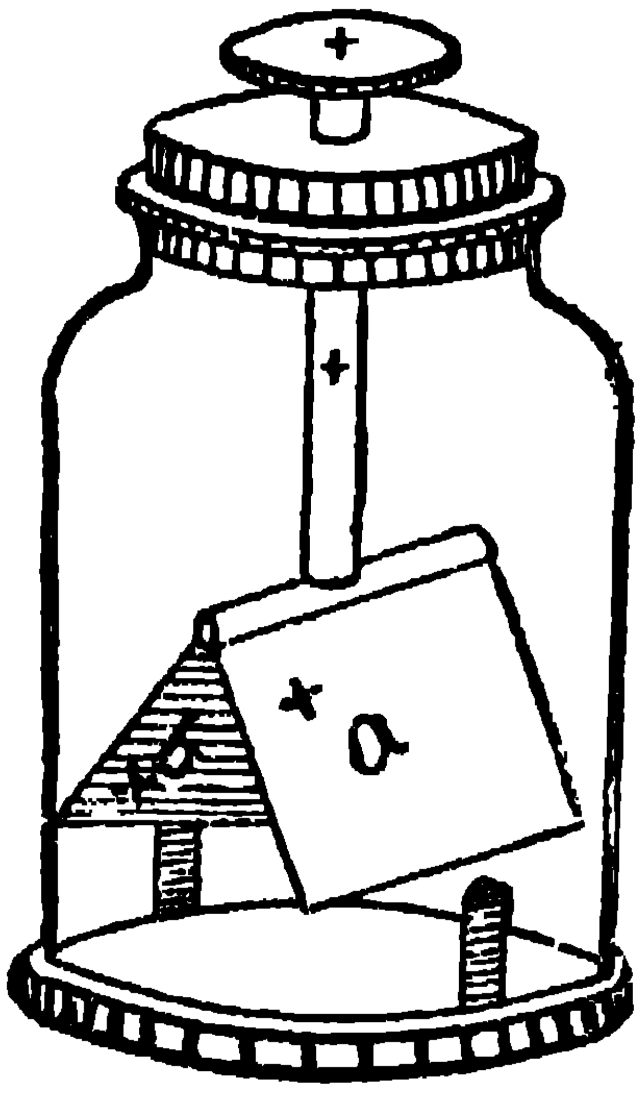


চিত্র—৯৩

গোল্ড লীফ্ ইলেকট্রোস্কোপ (Gold leaf Electroscope) :—

একটি বিদ্যুৎ পরীক্ষক যন্ত্রের বর্ণনা হইবে। ইহাকে গোল্ড লীফ ইলেকট্রোস্কোপ বলে, কারণ ইহাতে দুই টুকরা সোণার পাত ব্যবহার হয় (চিত্র—৯৩)।

ইহাতে C, পিত্তল দণ্ডে সংযুক্ত D একটি পিত্তল চাকতি এবং A ও B দুইটি সোণার পাত, E একটি কাঁচের জার, দুইটি ধাতব পাত ইহাতে আছে, ইহারা ঐ জারের গাত্রে সংলগ্ন ও পৃথিবীর সহিত সংযুক্ত হইতে পারে।



চিত্র—১৪

যদি D চাকতিতে বিদ্যুৎ দেওয়া যায় তাহা হইলে ঐ বিদ্যুৎ C, দণ্ডে ও A ও B স্বর্ণপাতে বিস্তৃত হইবে। এবং যেহেতু অনুরূপ বিদ্যুৎ পরস্পরকে নিক্ষেপ করে, নিক্ষেপণ হেতু স্বর্ণপাত দুইটি ফাঁক হইয়া যাইবে (চিত্র—১৪)।

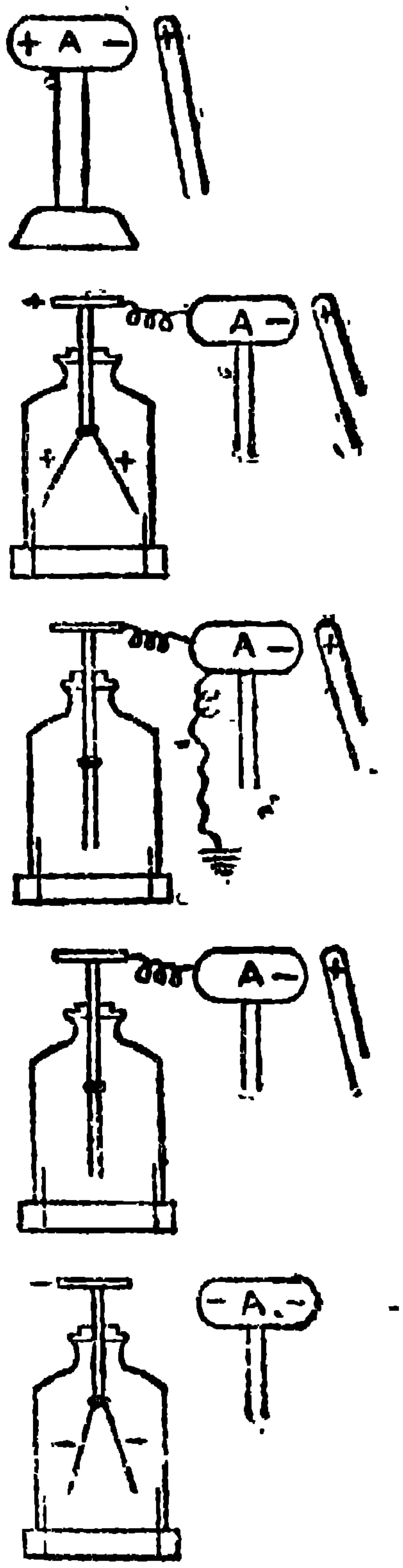
স্বর্ণপাত দুইটিতে বিদ্যুতের পরিমাণ যত অধিক হইবে, উহারা তত অধিক ফাঁক হইবে। এবং উহাদের নিকট ভূসংলগ্ন ধাতব পাতদ্বয় থাকায় উহারা অপেক্ষাকৃত অধিক ফাঁক হইবে, ইহার কারণ সম্ভাবন পড়িলে বুঝা যাইবে।

এই যন্ত্রের সাহায্যে কোন বস্তু বিদ্যুদ্বান্ কিনা পরীক্ষা করা যায়। বস্তুটিকে D চাকতির সহিত স্পর্শ করাইলে যদি স্বর্ণপাত ফাঁক হয় তাহা হইলে উহা বিদ্যুদ্বান্। বস্তুটিকে D চাকতির সহিত না ঠেকাইয়া উহার নিকটে আনিলেই যদি উহা বিদ্যুদ্বান্ হয় তাহা হইলেও স্বর্ণপাত দুইটি ফাঁক হইবে। ইহার কারণ সম্ভাবন হইতে বুঝা যাইবে।

দ্রষ্টব্য—এই যন্ত্রটিতে স্বর্ণপাত ব্যবহার করিবার কারণ এই যে স্বর্ণের খুব পাতলা পাতলা পাত প্রস্তুত হইতে পারে (১ঘন ইঞ্চি পরিমাণ স্বর্ণ হইতে প্রায় ৩০০০০০ বর্গ ইঞ্চি বিস্তৃত পাত হইতে পারে)। যদিও স্বর্ণ অধিকাংশ ধাতু অপেক্ষা ভারী, ইহার পাত এত পাতলা হইতে পারে যে অন্য যে কোন ধাতুর সমবিস্তৃতির পাত অপেক্ষা ইহার পাত হাল্কা। প্রবণ (Sensitive) যন্ত্র প্রস্তুত করিতে হইলে খুব হাল্কা পাতই প্রশস্ত, যাহাতে সামান্য বিদ্যুৎ পরিমাণের ক্ষীণ বল (নিক্ষেপণ) দ্বারা হাল্কা পাত সহজেই অধিক ফাঁক হয়। ইহার দ্বিতীয় সুবিধা এই যে পাতের স্থূলতা অতি অল্প হওয়ায় ফাঁক হইতে বিশেষ বাধা পায় না।

পঞ্চম পরিচয়

সম্ভাবন বা ইণ্ডাকসন (Induction) :—



চিত্র—৯৫,৯৬,৯৭,৯৮,৯৯।

একটি পরিচালকের নিকট একটি বিদ্যুদ্বান্ বস্তু লইয়া আসিলে পরিচালকটিতে বিদ্যুৎ সম্ভাবিত হয়, পরিচালকটির যে অংশ বিদ্যুদ্বান্ বস্তুর নিকটে থাকে তথায় বিপরীত বিদ্যুৎ ও যে অংশ দূরে থাকে তথায় অনুরূপ বিদ্যুৎ সম্ভাবনে সৃষ্ট হয়, এবং এই সম্ভাবিত অনুরূপ ও বিপরীত বিদ্যুদ্দয় পরিমাণে সমান। সম্ভাবনকালে স্পর্শ করিলে অনুরূপ বিদ্যুৎ সম্ভাবক বিদ্যুৎ দ্বারা নিক্ষিপ্ত হয় বলিয়া পৃথিবীতে চলিয়া যায় কিন্তু বিপরীত বিদ্যুৎ পারে না, কারণ উহা সম্ভাবক বিদ্যুৎ দ্বারা আকর্ষিত হইয়া থাকে। এইজন্য সম্ভাবিত বিপরীত বিদ্যুৎকে বদ্ধ বিদ্যুৎ (Bound Charge) ও অনুরূপ বিদ্যুৎকে স্বাধীন বিদ্যুৎ (Free Charge) বলে। (চিত্র—৯৫)।

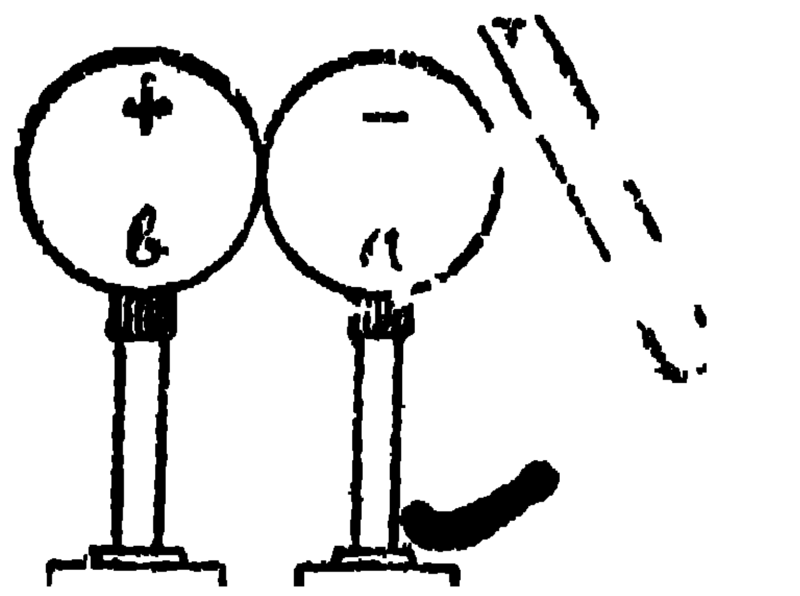
(পরখ ১) A একটি পরিচালক, ইহা অপরিচালক দণ্ডে স্থাপিত ও উহার নিকটে একটি পজিটিভ বিদ্যুদ্বান্ বস্তু আছে। এবং উহাদের মধ্যে কিছু ফাঁক আছে অর্থাৎ উহাদের ব্যবধানে অপরিচালক (বায়ু) আছে চিত্র—৯৫। একটি তার দিয়া Aকে গোল্ডলীফ ইলেকট্রোস্কোপে সংযুক্ত করিলে স্বর্ণপাত দুইটি ফাঁক হইবে (চিত্র—৯৬)। ইহা হইতে দেখা যায় যে A বিদ্যুদ্বান্ হইয়াছে।

(২) এখন যদি Aকে স্পর্শ করা যায় বা তার দিয়া ভূ-সংলগ্ন করা হয় তাহা হইলে স্বর্ণপাতদ্বয় বুজিয়া যাইবে চিত্র—৯৭, Aএর বিদ্যুৎ পৃথিবীতে চলিয়া যাওয়ার দরুণ উহার অবৈদ্যুতিক অবস্থা হইল (চিত্র—৯৮)।

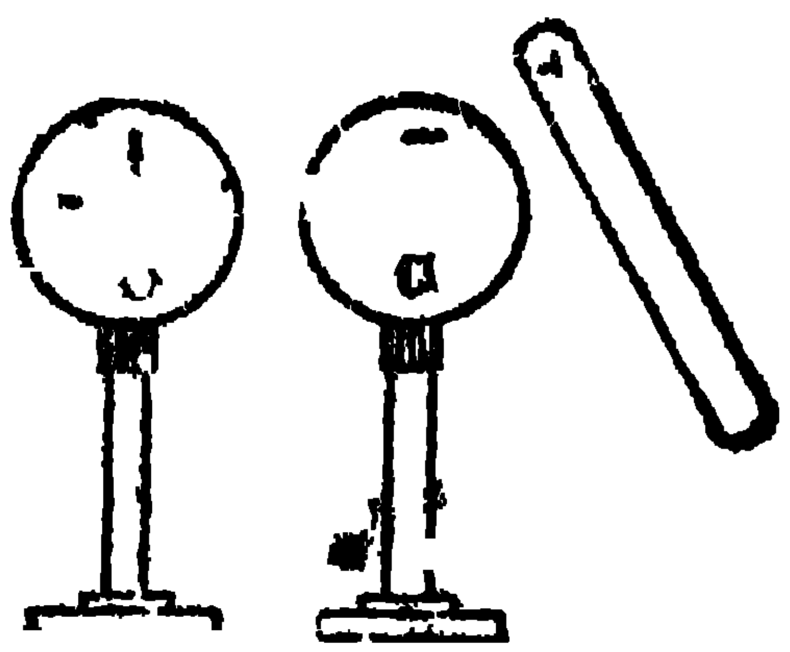
(৩) আর যদি এখন বিদ্যুদ্বান্ বস্তুকে সরাইয়া লওয়া হয় তাহা হইলে দেখা যায় স্বর্ণপাত পুনরায় ফাক হয় (চিত্র—৯৯)।

(৪) কিন্তু যদি Aকে স্পর্শ না করিয়া বিদ্যুদ্বান্ বস্তুকে সরাইয়া লওয়া হয় তাহা হইলে স্বর্ণপাত বুজিয়া যায়।

এইগুলি হইতে বুঝা যায় যে Aতে বিদ্যুৎ সৃষ্ট হইয়াছে ও সমপরিমাণে দুইটি বিপরীত বিদ্যুৎ সৃষ্ট হইয়াছে। তন্মধ্যে একটি সর্ব্বদাই সম্ভাবক বিদ্যুৎ দ্বারা নিক্ষিপ্ত হইতেছে ও অপরটি আকর্ষিত হইতেছে, এইজন্যই তার দ্বারা সংযোগ করিলে ইলেকট্রোস্কোপের স্বর্ণপাতে এই নিক্ষিপ্ত বিদ্যুৎ চলিয়া যায় ও তদ্দরুণ স্বর্ণপাতদ্বয় ফাক হয়। পরে হস্ত দ্বারা স্পর্শ করিলে এই নিক্ষিপ্ত বিদ্যুৎ পৃথিবীতে চলিয়া যায়, কিন্তু অপর বিদ্যুৎটি আকর্ষিত হইয়া আছে বলিয়া পালাইতে পারে না, Aএর সর্ব্বত্র বিস্তৃত হইতেও পারে না, ইহা সম্ভাবক বিদ্যুতের নিকটে থাকে,সুতরাং স্বর্ণপাতদ্বয় বুজিয়া যায়। পরে হস্ত সরাইয়া লইয়া বিদ্যুদ্বান্ বস্তু সরাইয়া লইলে এই আকর্ষিত বা বদ্ধবিদ্যুৎ Aএর সর্ব্বত্র ও ইলেকট্রোস্কোপে ছড়াইয়া পড়ে, সেইজন্য পাতদ্বয় পুনরায় ফাক হয়। বলা বাহুল্য যে আকর্ষিত বিদ্যুৎটি সম্ভাবক বিদ্যুতের অবশ্যই বিপরীত ও নিক্ষিপ্ত বিদ্যুৎটি সম্ভাবক বিদ্যুতের অনুরূপ। ইহা এই ভাবেও প্রমাণ করা যায় :—পরখ (চিত্র—১০০) :— A ও B দুইটি অপরিচালক দণ্ডে স্থাপিত পরিচালক ও দণ্ডটি বিদ্যুদ্বান্ বস্তু। Aএর সহিত B সংলগ্ন। দণ্ডকে উহাদের নিকট লইয়া আসিলে সম্ভাবন হইবে। পরে Aকে B হইতে পৃথক করিয়া (চিত্র—১০১)দণ্ডকে সরাইয়া লইয়া যাইলে দেখা যাইবে যে A ও Bএর মধ্যে আকর্ষণ হয়, A ও দণ্ডের মধ্যে আকর্ষণ হয় কিন্তু B ও দণ্ডের মধ্যে নিক্ষেপণ হয়। আবার Aর সহিত Bকে সংযুক্ত করিয়া দিলে উহারা অবৈদ্যুতিক



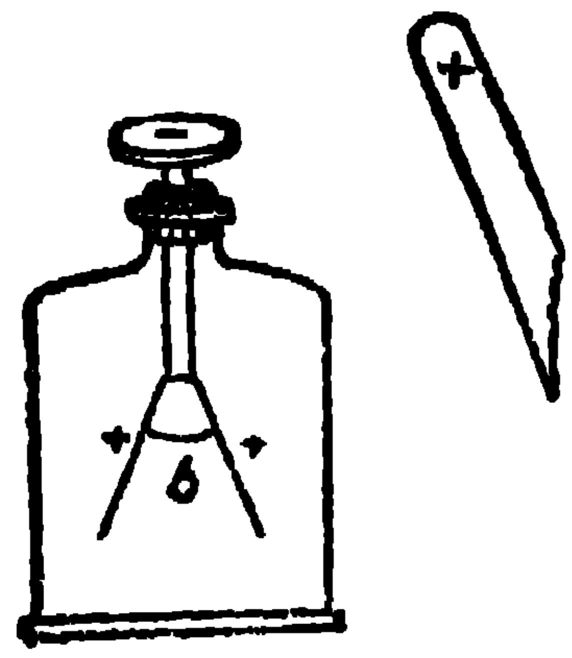
চিত্র—১



ত্র—১০১

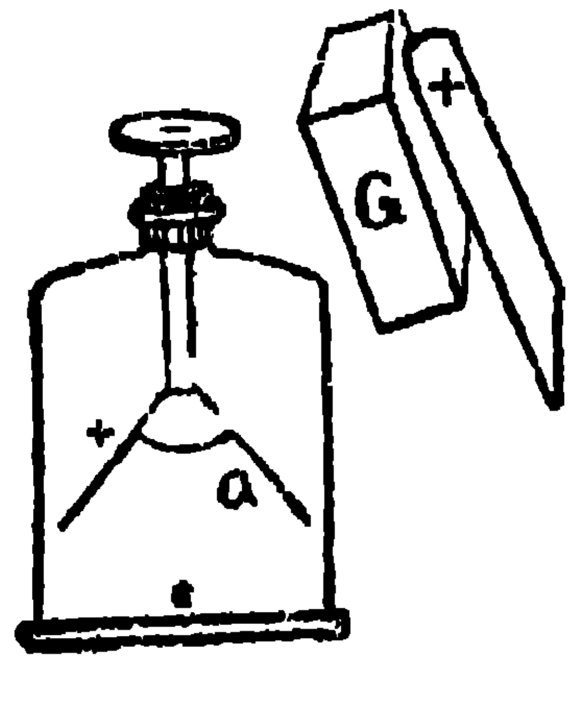
অবস্থায় যায়। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে সমপরিমাণে দুই প্রকার বিদ্যুৎই সম্ভাবিত হয়, তন্মধ্যে বিপরীতটি আকর্ষিত হইয়া নিকটবর্ত্তী ভাগে থাকে ও অনুরূপটি নিক্ষেপন হেতু দূরবর্ত্তী স্থানে চলিয়া যায়।

মধ্যগের সম্ভাবনী ক্ষমতা (Inductive Capacity) :—পরথ, (ক) সিল্ক দ্বারা ঘষিয়া একটি কাঁচদণ্ডকে বিদ্যুদ্বান্ করিয়া ইলেকট্রোস্কোপের নিকট ধরিলে দেখা যাইবে যে স্বর্ণপাত ফাঁক হইবে। ইহার কারণ "সম্ভাবন" হয়। সম্ভাবন সৃষ্ট বিপরীত বিদ্যুৎ চাকতির উপর এবং অনুরূপ বিদ্যুৎ স্বর্ণপাতের উপর (কারণ ইহা চাকতি অপেক্ষা দূরবর্ত্তী) আশ্রয় লয়। এই সম্ভাবিত অনুরূপ বিদ্যুৎ হেতু পাতদ্বয় ফাঁক হয়। এস্থলে ইলেকট্রোস্কোপ ও কাচদণ্ডের ব্যবধানে বায়ু আছে, সুতরাং বায়ু 'মধ্যগের' মধ্য দিয়া সম্ভাবন ক্রিয়া হইতেছে (চিত্র—১০২)।



চিত্র—১০২

(খ) এখন যদি বায়ুর পরিবর্ত্তে কাঁচ বা অন্য কোন অপরিচালককে উহাদের ব্যবধানে রাখিয়া মধ্যগ'কে বদলাইয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে পাতদ্বয়ের মধ্যে ফাঁক বাড়িয়া যায়, (চিত্র—১০৩)। সুতরাং পাতদ্বয়ের মধ্যে নিক্ষেপণ বল অধিক হইতেছে, অতএব তাহাদের উপর অধিকতর বিদ্যুৎ সম্ভাবিত হইয়াছে, অর্থাৎ সম্ভাবনের ক্রিয়া বাড়িয়াছে।



চিত্র—১০৩

এইরূপে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে প্রায় প্রত্যেক কঠিন বা তরল অপরিচালক 'মধ্যগ' হইলে সম্ভাবনের তীব্রতা অধিক হয় অর্থাৎ বায়ু অপেক্ষা ইহারা অধিক সম্ভাবন ঘটাইতে পারে। বায়ুর সহিত তুলনায় ইহারা যতগুণ সম্ভাবন ঘটাইতে পারে তাহাকে ইহাদের 'সম্ভাবনী ক্ষমতা' বলে।

সম্ভাবনের অনুমান (Theory of Induction) :—অপরিচালকের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে পারে না, সেই জন্য অনুমান হয় যে চাপ পার্থক্য হেতু বিদ্যুৎ প্রবাহের চেষ্টা হইলে অপরিচালকদের মধ্যে আবস্থিক পরিবর্ত্তন ঘটে,—সেই হেতু উহারা বিপরীত দিকে সমান চাপ দিয়া প্রবাহ বন্ধ করিতে সক্ষম হয়, কিন্তু পরিচালকদের মধ্যে এই আবস্থিক পরিবর্ত্তন ঘটে না বলিয়া উহারা বিপরীত দিকে চাপ দিতে অক্ষম"

হয়, সুতরাং উহাদের উপর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়, যাবৎ সর্ব্বত্র চাপ বা পোটেনস্যাল সমান না হয়। যদি অনুমান করা যায় যে ঘরের মধ্যে কোন বস্তুতে Q পরিমাণ পজিটিভ বিদ্যুৎ আছে, তাহা হইলে এই বিদ্যুৎ হেতু চারিদিকে অপরিচালক মধ্যগের (বায়ু) মধ্যে বৈদ্যুতিক চাপ বা পোটেনস্যাল সৃষ্ট হইবে এবং এই চাপ বা পোটেনস্যাল ঐ বিদ্যুদ্বান্ বস্তুটির নিকট হইতে প্রথমতঃ অতি দ্রুত কমিতে থাকিবে ও যতই ভূ-সংলগ্ন বস্তুর নিকটে অগ্রসর হওয়া যাইবে ইহা অর্থাৎ পোটেনস্যাল ততই ক্রমশঃ কমিয়া ভূ-সংলগ্ন বস্তুতে শূন্যে পরিণত হইবে। সুতরাং যদি কোন স্থানে A ও B দুইটি বিন্দু লওয়া যায়, (চিত্র—১০৪), তাহা হইলে A বিন্দুর চাপ বা পোটেনস্যাল B বিন্দুর চাপ বা পোটেনস্যাল অপেক্ষা অধিক। এই চাপ বা পোটেনস্যাল পার্থক্য হেতু A হইতে B বিন্দুতে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইবার চেষ্টা করিতেছে। কিন্তু 'মধ্যগ' (বায়ু) অপরিচালক বলিয়া উহার আবস্থিক পরিবর্ত্তন ঘটিতেছে, তজ্জন্য উহা বিপরীত দিকে সমান চাপ দিয়া প্রবাহ বন্ধ করিতে সক্ষম হইতেছে। এখন যদি A ও B বিন্দুদ্বয়কে একটি পরিচালক দ্বারা সংযুক্ত করা যায় (চিত্র—১০৫), তাহা হইলে যেহেতু উহার আবস্থিক পরিবর্ত্তন ঘটে না, উহা বিপরীতদিকে চাপ প্রদানে অক্ষম,—চাপ বা পোটেনস্যাল পার্থক্য হেতু উহার উপর দিয়া A হইতে B বিন্দুতে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে A হইতে Bর দিকে বিদ্যুৎ ততক্ষণ অপসৃত হইবে যে পর্য্যন্ত না A B পরিচালকের সর্ব্বত্র পোটেনস্যাল সমান হয়। অতএব স্পষ্টই দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে পরিচালকের A বিন্দুতে সাধারণ অবস্থা অপেক্ষা কম বিদ্যুৎ থাকিবে কারণ এখান হইতে বিদ্যুৎ সরিয়া যাইতেছে অর্থাৎ A বিন্দুতে নেগেটিভ বিদ্যুৎ হইল এবং B বিন্দুতে সাধারণ অবস্থা অপেক্ষা সমপরিমাণ অধিক বিদ্যুৎ হইল কারণ ঐ অপসৃত বিদ্যুৎ এখানে আসিয়াছে, অর্থাৎ B বিন্দুতে সমপরিমাণ পজিটিভ বিদ্যুৎ হইল। এখন Q হইতে বহির্দ্দিকে কিরূপে পোটেনস্যাল প্রথমতঃ অতি দ্রুত কমিতে থাকে তাহা যদি স্মরণ করা যায় তাহা হইলে ইহা সহজেই প্রতীয়মান হইবে যে A B কে যত Qর সন্নিহিত করা যাইবে, A ও B এর মধ্যে ততই অধিক পোটেনস্যাল পার্থক্য হইবে, সুতরাং A হইতে B তে ততই অধিক পরিমাণ

চিত্র—১০৪

চিত্র—১০৫

বিদ্যুৎ অপসৃত হইবে, অর্থাৎ সম্ভাবনের তীব্রতা ততই অধিক হইবে। এখন যদি Q পজিটিভ না হইয়া নেগেটিভ হয়, তাহা হইলে ইহার চাপ বা পোটেনস্যাল পৃথিবীর বা ভূ-সংলগ্ন বস্তুদের পোটেনস্যাল অপেক্ষা কম। অতএব Q হইতে বহির্দ্দিকে যতই দূরে যাওয়া যাইবে পোটেনস্যাল ততই বাড়িতে থাকিবে। সুতরাং B বিন্দুর পোটেনস্যাল A বিন্দুর পোটেনস্যাল অপেক্ষা অধিক। অতএব A ও B কে পরিচালক দ্বারা সংযুক্ত করিলে B হইতে বিদ্যুৎ অপসৃত হইয়া A বিন্দুতে ততক্ষণ আসিবে যতক্ষণ না B এর পোটেনস্যাল কমিয়া ও Aর পোটেনস্যাল বাড়িয়া A ও Bর সর্ব্বত্র সমপোটেনস্যাল হয়। অতএব দেখা গেল এস্থলে কিরূপে B নেগেটিভ ভাবে ও A পজিটিভ ভাবে বিদ্যুদ্বান্ হইল।

সম্ভাবনী ক্ষমতা :—বিদ্যুদ্বান্ বস্তু ও পরিচালকের ব্যবধানে বায়ু 'মধ্যগ' না হইয়া যদি কোন কঠিন বা তরল অপরিচালক মধ্যগ হয় তাহা হইলে সম্ভাবনের তীব্রতা বাড়িয়া যায়। এবং পরিচালকটি বিদ্যুদ্বান্ বস্তুর নিকটবর্ত্তী হইলে সম্ভাবনের তীব্রতা বাড়িয়া যায়। অতএব দেখা যাইতেছে যে বায়ুর পরিবর্ত্তে কোন কঠিন অপরিচালকের ব্যবহারের ফল বায়ুর স্থূলতা হ্রাস করা অর্থাৎ পরিচালকটিকে বিদ্যুদ্বান্ বস্তুর সন্নিহিত করার সামিল। যথা ৫ সেণ্টিমিটার পুরু অভ্র ১ সেণ্টিমিটার পুরু বায়ুর সহিত সমান ফলপ্রদ। অতএব অভ্রের সম্ভাবনী ক্ষমতা ৫।

সম্ভাবন আকর্ষণের মূল :—কাঁচদণ্ড বা কোন বস্তু বিদ্যুদ্বান্ হইলে কাগজের টুকরা বা কুটা প্রভৃতি হালকা বস্তুকে আকর্ষণ করে। তাহার কারণ এই যে বিদ্যুদ্বান্ বস্তুটি ঐ সকল বস্তুদের নিকটবর্ত্তী হইলে সম্ভাবন হয়। সম্ভাবন হেতু বিপরীত বিদ্যুৎ নিকটবর্ত্তী স্থানে সৃষ্ট হয় ও অনুরূপ বিদ্যুৎ দূরবর্ত্তী স্থানে সৃষ্ট হয়। সম্ভাবক বিদ্যুৎ ও সম্ভাবিত বিদ্যুৎ দ্বয়ের মধ্যে আকর্ষণ ও নিক্ষেপন হয়। তন্মধ্যে বিপরীত বিদ্যুৎটি নিকটবর্ত্তী হওয়ায় আকর্ষণ বল নিক্ষেপণ বল অপেক্ষা অধিক, সুতরাং বস্তুটি আকর্ষিত হয়। আরও দৃষ্টে

হইবে যে আকর্ষিত হইয়া বিদ্যুদ্বান্ বস্তুর সহিত স্পর্শিত হইলে উহা নিক্ষিপ্ত হয়। তাহার কারণ স্পর্শিত হইলে উহার সম্ভাবিত বিপরীত বিদ্যুৎ সম্ভাবক বিদ্যুৎ দ্বারা নষ্ট হইয়া যায় ও পরে ঐ সম্ভাবক বিদ্যুতের কিছু অংশ স্পর্শহেতু উহাতে আইসে ও সেইজন্য অনুরূপ বিদ্যুদ্বয়ে নিক্ষেপন হেতু উহা নিক্ষিপ্ত হয়। এবং পরে ভূমিতে পড়িলে উহার বিদ্যুৎ নষ্ট হইয়া যায় সুতরাং পুনরায় সম্ভাবন হয় ও আকর্ষিত হয়।

ধারণ ক্ষমতা (Capacity) :—কোন বস্তুর বৈদ্যুতিক ধারণ ক্ষমতা বলিতে উহার বিদ্যুৎ ধারণ করিবার ক্ষমতাকে বুঝায়। বস্তুটির পোটেনস্যালকে একক পরিবর্দ্ধিত করিতে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ লাগে, ইহা তদ্দ্বারা পরিমিত হয়। অতএব একটি পরিচালকের ধারণ ক্ষমতা এক সি, জি, এস, স্থানীয় বৈদ্যুতিক একক, যদি একক পরিমিত স্থানীয় বিদ্যুৎ দ্বারা উহার একক পরিমাণ স্থানীয় বৈদ্যুতিক পোটেনস্যাল বৰ্দ্ধিত হয়। ইহার কোনও নাম নাই এবং কার্য্যেও ব্যবহার হয় না। ব্যবহার্য্য একককে 'ফ্যারাড্' (Farad) বলে। পরিচালকের ধারণ ক্ষমতা এক ফ্যারাড বলা যায় যদি এক 'কুলম্ব' (Coulomb) বিদ্যুৎ দ্বারা উহার পোটেনস্যাল ১ ভোল্ট্ (Volt) বর্দ্ধিত হয়। ১ ফ্যারাড = ৯×১০^{১১} স্থানীয় বৈদ্যুতিক একক। $১০^{৬}$ ফ্যারাডকে মাইক্রো-ফ্যারাড (Microfarad) বলে। বহমান বিদ্যুতে অপর একটি একক ব্যবহার হয়, তাহাকে সি, জি, এস, চুম্বক—বৈদ্যুতিক একক বলে এবং ইহা ৯×১০^{২০} স্থানীয় বৈদ্যুতিক একক বা $১০^{৯}$ ফ্যারাড।

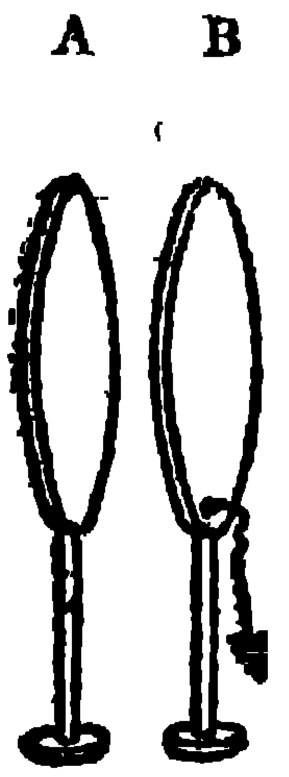
<u>গোলকের ধারণক্ষমতা ব্যাসার্দ্ধের সহিত সমান</u> :—কারণ r ব্যাসার্দ্ধের একটি গোলকে Q পরিমাণ বিদ্যুৎ দিলে অনুমান করা যায় যেন বিদ্যুৎটি কেন্দ্রে আছে ও তাহা হইলে ঐ গোলকের উপরিস্থ যে কোন বিন্দু কেন্দ্র হইতে r দূরত্বে থাকায় তথাকার পোটেনস্যাল

$\frac{Q}{r}$। অতএব দেখা যাইতেছে Q পরিমাণ বিদ্যুতের জন্য পোটেনস্যাল বৃদ্ধি হইতেছে $\frac{Q}{r}$। সুতরাং একক পরিমিত পোটেনস্যাল বৃদ্ধির

$Q \div \frac{Q}{r}$ বা r পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন। অতএব গোলকটির ধারণক্ষমতা r বা উহার ব্যাসার্দ্ধ। সুতরাং ১ সেন্টিমিটার ব্যাসার্দ্ধের গোলকের ধারণ ক্ষমতা এক স্থানীয় বৈদ্যুতিক একক।

পাতের বেলায় উহার বিস্তৃতি যতই অধিক হইবে বিদ্যুৎ বিস্তারিত হইবার স্থান ততই অধিক পাইবে, সুতরাং পোটেনস্যাল বৃদ্ধি ততই কম হইবে অর্থাৎ উহার ধারণ-ক্ষমতা ততই অধিক।

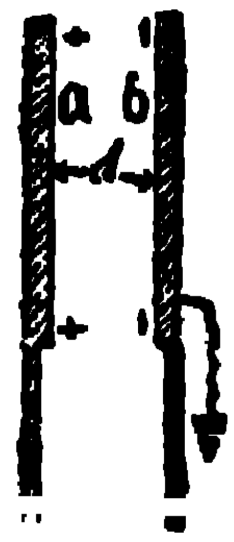
সঙ্কোচক বা কণ্ডেনসার (Condenser) :—কোন প্রদত্ত পরিচালককে কণ্ডেনসারে পরিণত করিলে উহার ধারণক্ষমতা বিশেষভাবে পরিবর্দ্ধিত হয়। ঐ পরিচালকটির নিকট কোন অপরিচালক পদার্থের ব্যবধানে একটি দ্বিতীয় ভূসংলগ্ন পরিচালক রাখিলেই কণ্ডেসনসার প্রস্তুত হইল। A একটি অপরিচালক দণ্ডে স্থাপিত পরিচালক পাত, B দ্বিতীয় পরিচালক পাত ও ইহা তার দ্বারা ভূসংলগ্ন; A ও B এর ব্যবধানে অপরিচালক বায়ু রহিয়াছে। যদি A পরিচালকে বিদ্যুৎ দানকরা যায় তাহা হইলে উহার নিজের ধারণক্ষমতা অনুযায়ী পোটেন্স্যাল বৃদ্ধি হওয়া উচিত, কিন্তু উহার নিকট ভূসংলগ্ন পরিচালক B থাকায় ইহার উপর সম্ভাবন করে ও এই পরিচালকটি ভূ-সংলগ্ন থাকায় সম্ভাবিত



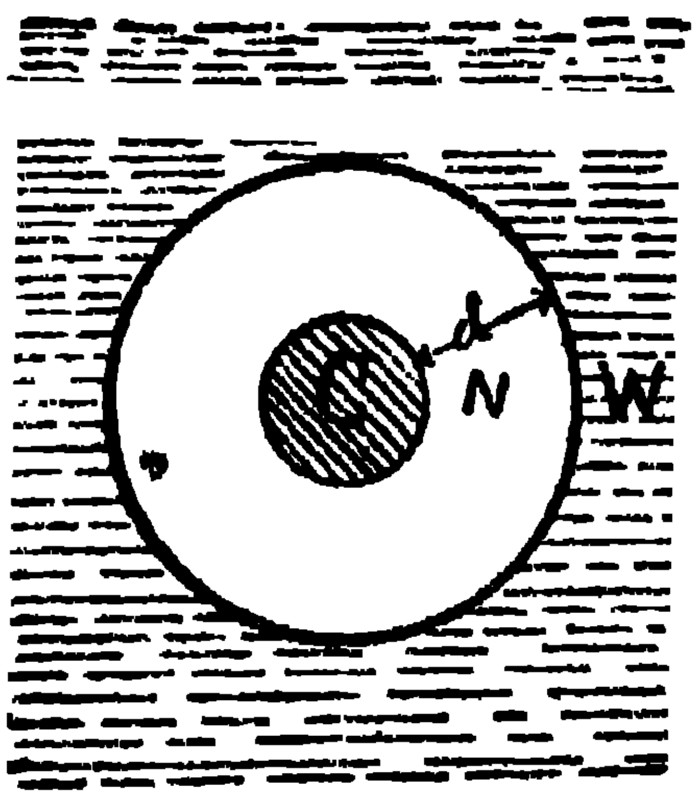
চিত্র ১০৬

অনুরূপ বিদ্যুৎ পৃথিবীতে চালিত হয় ও বিপরীতবিদ্যুৎ আবদ্ধঅবস্থায় ইহার উপর ভিতরদিকের গাত্রে থাকে। সুতরাং ইহার চতুর্দ্দিকস্থ স্থান সমূহে A পরিচালকের পোটেনস্যালের বিপরীত পোটেনস্যাল উৎপন্ন করে। সুতরাং একত্রুভয়ের সংযোগে পোটেনস্যাল বৃদ্ধি কম হয় অর্থাৎ তাহা হইলেই ধারণ-

ক্ষমতা অধিক হইল। এই ব্যবধানকারী অপরিচালক পদার্থকে 'ডাই-ইলেক-ট্রিক (Di-electric) বলে। বিশেষ বিশেষ ডাই-ইলেকট্রিকের সাহায্যে এই সম্ভাবন ক্রিয়া তীব্র ভাবে ঘটান যায়, সুতরাং তাহাদের বেলায় পোটেনস্যাল বৃদ্ধি অতি অল্প হয়, অতএব ধারণক্ষমতা অত্যন্ত পরিমাণে বৃদ্ধি পায়। বস্তুতঃ দেখিতে গেলে যে কোন বিদ্যুদ্বান্ বস্তু কণ্ডেনসার। কারণ উহা ঘরের দেওয়াল ছাদ, মেজ বা অন্যান্য ভু-সংলগ্ন বস্তুর সহিত কণ্ডেনসারে পরিণত হয়, তবে এগুলি অত্যন্ত দূরে থাকে ও সচরাচর বায়ু দ্বারা বেষ্টিত হয় বলিয়া সম্ভাবনের তীব্রতা অধিক হয় না সুতরাং ইহার পোটেনসালের বৃদ্ধি বিশেষ হ্রাস পায় না, অর্থাৎ ধারণক্ষমতা পরিবর্ত্তিত হয় না। জলের মধ্য দিয়া যে সমস্ত তার যায়, তাহারা জলের সহিত কণ্ডেনসারে পরিণত হয়, উহার ইন্সুলেসন ডাই-ইলেট্রিকের কার্য্য করে চিত্র১০৮।

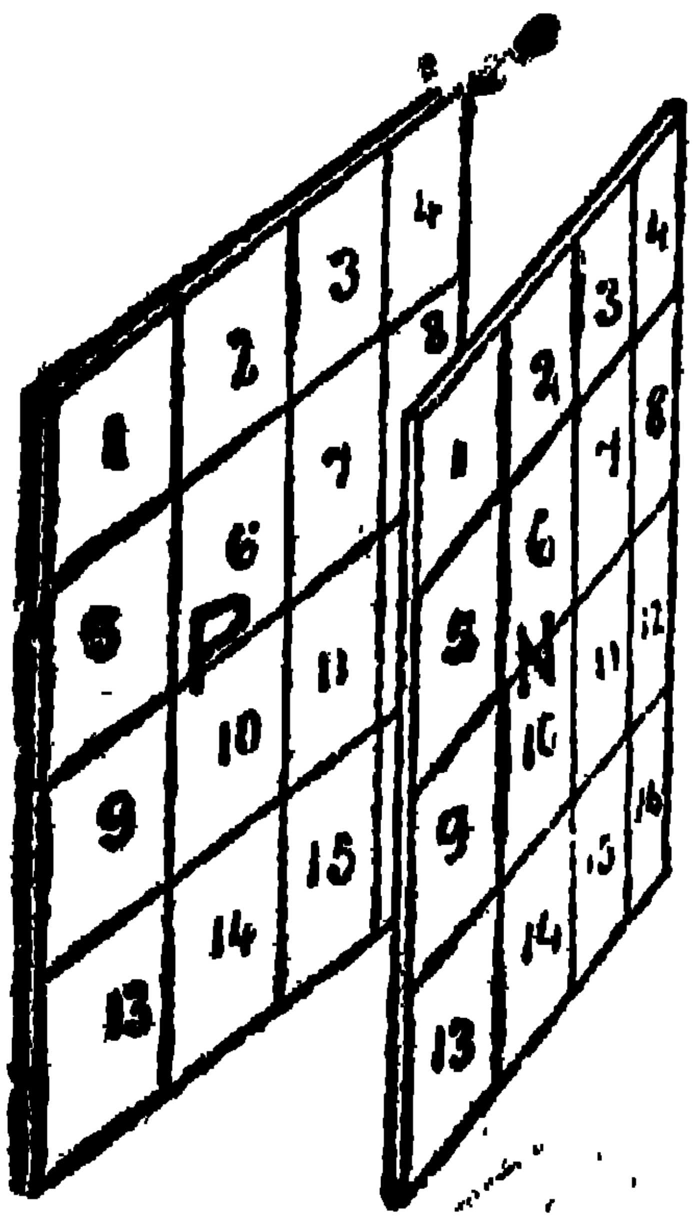


চিত্র—১০৭



চিত্র—১০৮

কণ্ডেনসারের ধারণক্ষমতা, পাতের বিস্তৃতির উপর নির্ভর করে। প্লেট কণ্ডেনসারে বৃহৎ পাত ব্যবহার করিলে কেবলমাত্র ভিতর দিকের গাত্র কণ্ডেনসারপ্রস্তুত করে, বাহির দিকের গাত্র অর্থাৎ পাতটির সমস্ত গাত্রের অর্দ্ধেক অংশ ব্যবহার হয় না। কিন্তু যদি পাতদ্বয়কে ছোট ছোট টুকরা করা যায়, যেমন১০৯চিত্রে১৬টি ভাগ করা হইয়াছে এবং তাহাদিগকে ১১০ চিত্রে দর্শিত ভাবে একটি করিয়া P এর টুকরা, তারপর অপরিচালক দিয়া একটি N এর টুকরা, ইত্যাদি, এইভাবে সাজাইয়া সমস্ত P এর টুকরাগুলিকে একদিকে একত্র



চিত্র—১০৯

যোগ করিয়া ও সমস্ত N এর টুকরাগুলিকে অপরদিকে একত্র যোগ করিয়া ব্যবহার করা যায়, তাহা হইলে স্পষ্টই দেখা যাইতেছে যে দুইশেষভাগের পাত দুইটির বহির্দ্দিকের গাত্র ব্যতীত অন্য সমস্ত পাতগুলির উভয় গাত্রই কণ্ডেনসার প্রস্তুত করিয়াছে। সুতরাং এরূপ ভাবে ছোট ছোট টুকরা করিয়া ব্যবহার করিলে পাতের গাত্রের অধিকাংশ ভাগই কণ্ডেনসার প্রস্তুত কার্য্যে ব্যবহৃত হয়। এরূপ ভাবে পাত ব্যবহার করিলে কণ্ডেনসারের ধারণ ক্ষমতার অনুপাতে পদার্থ কম লাগিবে ও উহা আকৃতিতে ছোট হয় বলিয়া ব্যবহারের সুবিধা ও স্থানের সঙ্কুলান হয়।

চিত্র—১১০

বস্তুগত সম্ভাবন ক্ষমতা (Specific Inductive Capacity):—দেখা যায় বায়বীয় পদার্থের পরিবর্ত্তে তরল বা কঠিন ডাই-ইলেক্‌ট্রিকের ব্যবহারে সম্ভাবনের তীব্রতা বর্দ্ধিত হয়। বায়ু-কণ্ডেনসারে বায়ুর পরিবর্ত্তে সমস্থূলতার কোন কঠিন ডাই-ইলেক্‌ট্রিক ব্যবহারের বৈদ্যুতিক ফল বায়ুর স্থূলতা হ্রাস বা কণ্ডেনসারের ধারণক্ষমতা বৃদ্ধি। যদি কোন বায়ু-কণ্ডেনসারের বায়ুর স্থূলতা হয় d ও সম ধারণক্ষমতার জন্য অন্য কোন ডাই-ইলেকট্রিকের স্থূলতা হয় $K \times d$, তাহা হইলে K দ্বারা এই ডাই-ইলেকট্রিকের বস্তুগত সম্ভাবনক্ষমতা পরিমিত হয়। অথবা যদি কোন কণ্ডেনসারে বায়ুর পরিবর্ত্তে সমস্থূলতার অন্য কোন ডাই-ইলেকট্রিকের ব্যবহার দ্বারা উহার ধারণক্ষমতা K গুণ বর্দ্ধিত হয় তাহা হইলে এই ডাই-ইলেকট্রিকের বস্তুগত সম্ভাবন ক্ষমতা K। অতএব দেখা যাইতেছে K = বস্তুগত সম্ভাবন ক্ষমতা

চিত্র—১১১

$$= \frac{\text{কোন পদার্থ ডাই-ইলেক্‌ট্রিক হইলে কণ্ডেনসারের ধারণ ক্ষমতা}}{\text{সমস্থূলতার বায়ু ডাই-ইলেকট্রিক হইলে উহার ধারণ ক্ষমতা}}$$

অথবা কোন পদার্থ ডাই-ইলেকট্রিক হইলে কণ্ডেনসারের ধারণ ক্ষমতা

—K × ঐরূপ বায়ু কণ্ডেনসারের ধারণ ক্ষমতা। এই সকল হইতে দৃষ্ট হয় কণ্ডেনসারের ধারণক্ষমতা এইগুলির উপর নির্ভর করে :—

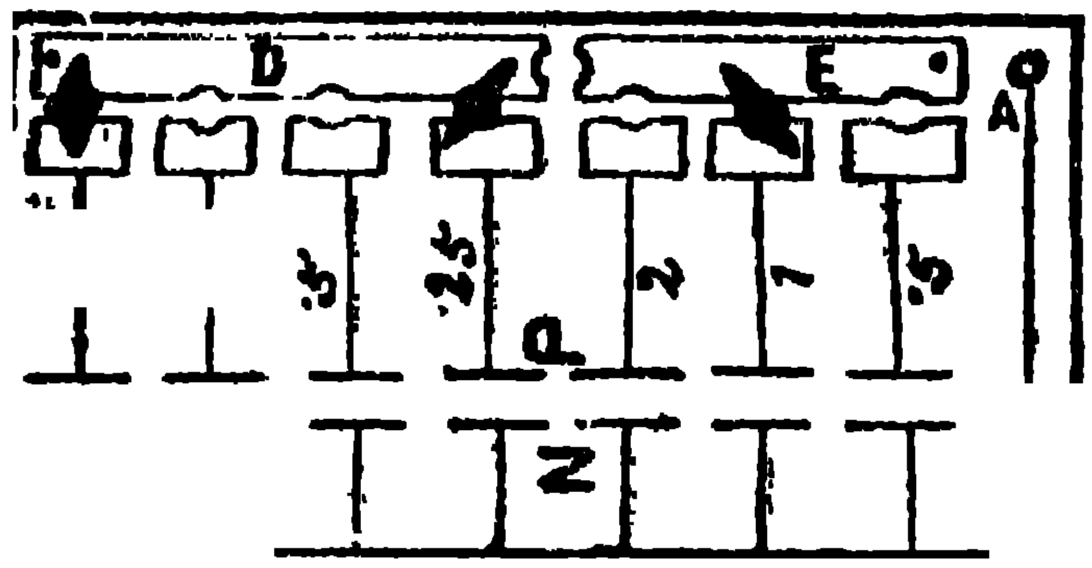
(১) পাতের পরিমাপ—পাতের বিস্তৃতি যতই অধিক হইবে ধারণ ক্ষমতা ততই অধিক হইবে। (২) পাতদিগের ব্যবধান—এই ব্যবধান যত কম হইবে ধারণ ক্ষমতা ততই অধিক হইবে। (৩) বস্তুগত সম্ভাবন ক্ষমতা K, K যত অধিক হইবে ধারণ ক্ষমতা ততই অধিক হইবে।

বস্তুগত সম্ভাবন ক্ষমতার তালিকা।

বস্তুর নাম	সম্ভাবন ক্ষমতা	বস্তুর নাম	সম্ভাবন ক্ষমতা
পিচ (Asphalt)	২·৭	কাগজ (টেলিফোন্)	২
রবার (India Rubber)	২·২৫	ঐ (Cable)	২—২·৫
কাঁচ (Glass)	৫·৩৫—৯·৯	মোম	২—২·৫
গাটাপার্চা (Gutta Percha)	৩·৩৩—৪·৯	গালা	২·৯৫—৩·৬৭
অভ্র (Mica)	২·৫—৬·৬	গন্ধক	৪
" বাঙ্গালার হলদে	২·৭৫	কাঠ, লাল বীচ (red beach)	
" " সাদা	৪·২৫	‖ চোঁচ	২·৫—৪·৮৫
" " লালচে (Ruby)	৪·২৫—৪·৭৫	" " ⊥ "	৩·৬—৭·৭৫
" মান্দ্রাজের জরদ (Brown)	২·৫—৩·৫	" ওক (Oak) ‖ "	২·৪৫—৪·২৫
" " সবুজ	৪—৫·৫	" " ⊥ "	৩·৬—৭
" " লালচে (Ruby)	৪·৪	হীরা	১৬·৫
আম্বার (ক্যানাডা)	৩	লেড সালফেট (Lead Sulphate)	২৮
		বায়ু	১

পরীক্ষা কার্য্যে ব্যবহার্য্য একটি ষ্ট্যাণ্ডার্ড কণ্ডেনসার ১১৩ চিত্রে দেখান হইয়াছে। ইহা টিন ও অভ্র বা টিন ও মোমকাগজে প্রস্তুত। সরু এ

মোটা রেখাগুলি টিনপাত, ছিন্ন রেখাগুলি অভ্র নির্দ্দেশ করিতেছে। বিজোড় সংখ্যক পরিচালক টিনপাতগুলি সরু রেখার দ্বারা নির্দ্দিষ্ট এবং একত্র B টার্মিনালে সংযুক্ত। জোড় সংখ্যক পরিচালক টিন পাতগুলি মোটা রেখার

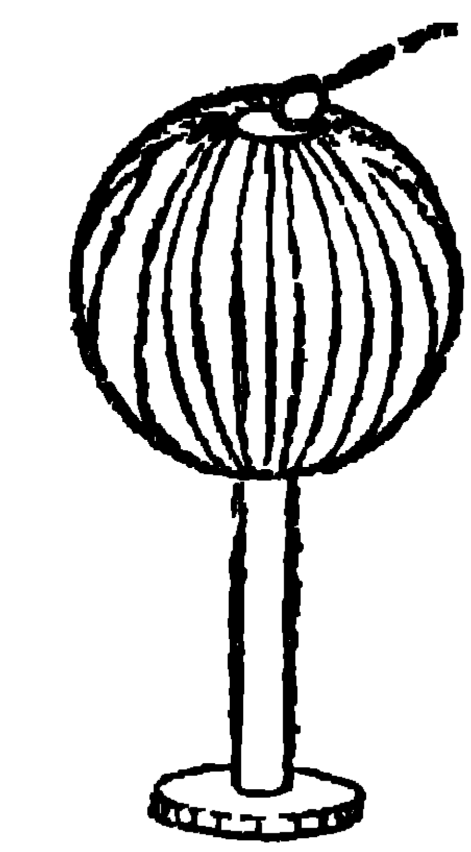


চিত্র—১১২ চিত্র—১১৩

দ্বারা দর্শিত এবং একত্র A টার্মিনালে সংযুক্ত আছে। এইরূপে ইহা দুইটি বৃহৎপাত বিশিষ্ট কণ্ডেনসারে পরিণত হইয়াছে। সচরাচর ইহাদের ধারণ ক্ষমতা $\frac{1}{8}$ মাইক্রোফ্যারাড। ১১২ চিত্রে টেলিগ্রাফে ব্যবহৃত একটি পরিবর্ত্তনক্ষম কণ্ডেনসার দেখান হইয়াছে। ইহাতে টিনপাত ও মোম কাগজে গঠিত সাতটি কণ্ডেনসার আছে ও তাহাদের সমষ্টির ধারণক্ষমতা ৭ $\frac{1}{2}$ মাইক্রোফ্যারাড। তাহাদের N চিহ্নিত পাতগুলি A টার্মিনালে সংযুক্ত এবং P চিহ্নিত পাতগুলির মধ্যে ৪টিকে D চিহ্নিত পিত্তলখণ্ডে ও বাকী ৩টিকে E চিহ্নিত পিত্তল খণ্ডের সহিত প্লাগদ্বারা সংযোগ করা যায়। D চিহ্নিত অংশ হইতে ·২৫ মাইক্রোফ্যারাড করিয়া ·২৫ হইতে ৩·৭৫ মাইক্রোফ্যারাড ও E চিহ্নিত অংশ হইতে ·৫ মাইক্রোফ্যারাড করিয়া ·৫ হইতে ৩·৫ মাইক্রোফ্যারাড পর্য্যন্ত ধারণক্ষমতা পাওয়া যাইতে পারে। আবার প্লাগদ্বারা D ও E কে সংযোগ করিলে মোট ৭ $\frac{1}{2}$ মাইক্রোফ্যারাড ধারণক্ষমতাও পাওয়া যায়।

বৈদ্যুতিক অবরোধ (Electrical Secreening) **ও বিদ্যুতের আবাস** (Seat of Charge):—কোন স্থানকে পরিচালক (যথা তারের জালতি প্রভৃতি) দ্বারা ঘিরিয়া ও ঢাকিয়া দিলে ঐ

অবরুদ্ধ স্থানে বাহিরস্থ কোন বিদ্যুতের বৈদ্যুতিক ফল থাকে না। সুতরাং কোন ইলেকট্রোস্কোপকে ঐ ভাবে অবরোধ করিলে বাহির হইতে কোন বিদ্যুদ্বান্ বস্তু উহার উপর কোন ক্রিয়া করিতে পারে না। ইহার কারণ এই যে, কোন বস্তুতে বিদ্যুৎ দান করিলে দেখা যায় বিদ্যুৎ ইহার বহির্গাত্রে বিস্তৃত হয়—এমন কি কোন বস্তুর অন্তর্ভাগে বিদ্যুৎ দান করিলেও উহা বহির্গাত্রে চলিয়া আইসে অর্থাৎ বিদ্যুৎ বহির্গাত্রে অবস্থান করে।

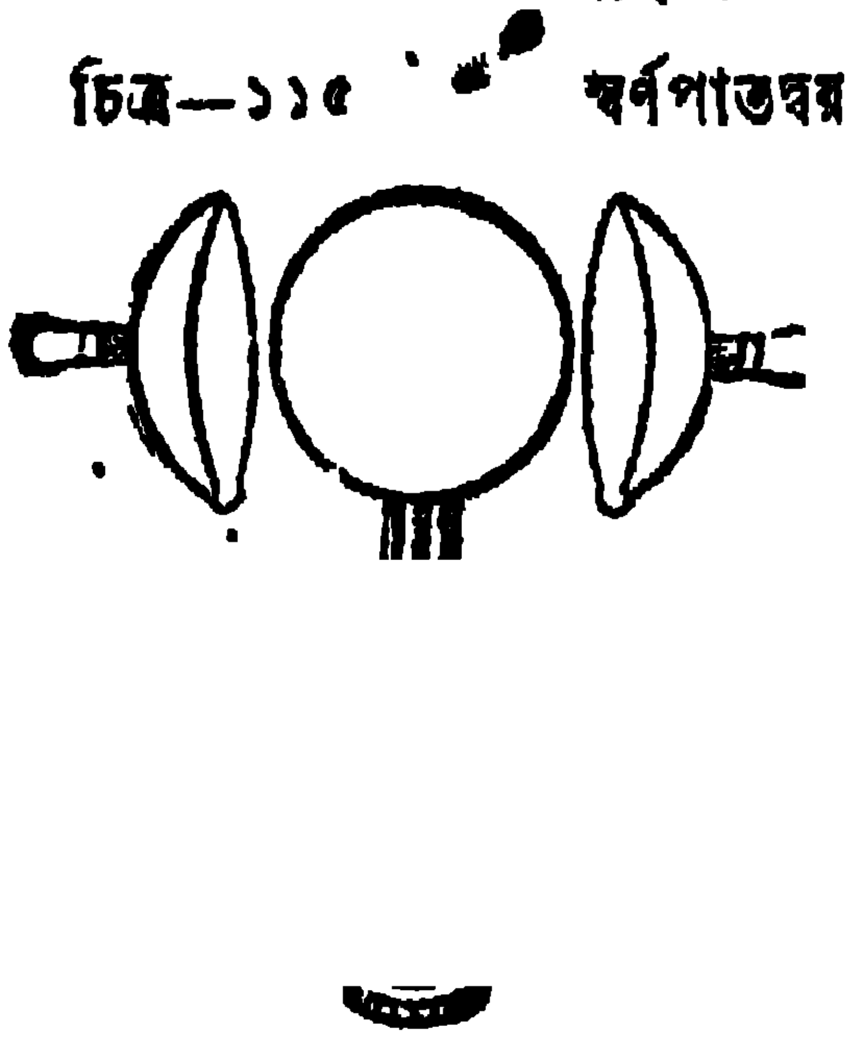


চিত্র—১১৪

১১৪ চিত্রে একটি ফাঁপা পবিচালক বস্তু একটি অপরিচালক দণ্ডে স্থাপিত। বস্তুটিব উপবদিকে একটি বড় ছিদ্র আছে একটি বিদ্যুদ্বান্ বস্তুকে সূতাদ্বাবা ঝুলাইয়া এই ছিদ্রের মধ্য দিয়া ফাঁপা বস্তুটিব অন্তর্ভাগে ছাড়িয়া দিযা—একটি "প্রুফ-প্লেন" দিয়া বস্তুটিব অন্তর্গাত্র স্পর্শ করিযা ঐ প্রুফ-প্লেনকে গোল্ডলীফ ইলেক্‌ট্রোস্কোপের নিকট লইয়া গেলে দৃষ্ট হইবে স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয় না—সুতবাং প্রুফ-প্লেন বিদ্যুৎ পায় নাই, অর্থাৎ অন্তর্ভাগে বিদ্যুৎ নাই। কিন্তু যদি প্রুফ প্লেন দ্বাবা বস্তুটির বহির্গাত্রকে স্পর্শ করা যায়, তাহা হইলেই এই প্রুফ-প্লেন দ্বাবা স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয়। সুতবাং দেখা যাইতেছে যে যদিও বিদ্যুৎ অন্তর্ভাগে দান কবা হইয়াছে, উহা সঙ্গে সঙ্গে বহির্গাত্রে চলিয়া আসিয়া স্থিতি লাভ করিয়াছে।

চিত্র—১১৫

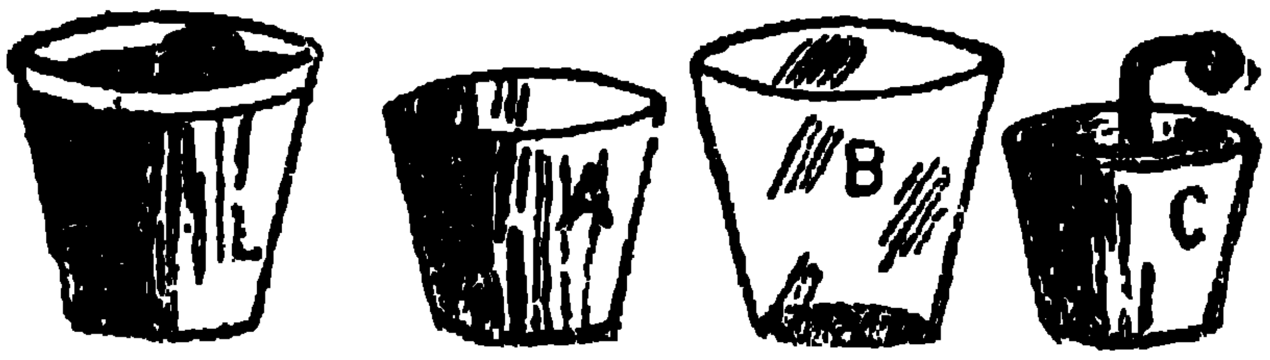
প্রুফ প্লেন (Proof Plane)—অপরিচালক দণ্ডদ্বারা ধৃত পাই পয়সার ন্যায় ক্ষুদ্র ধাতব চাকতি, চিত্র ১১৫। ইহা দ্বারা কোন বস্তু বিদ্যুদ্বান্ কিনা উল্লিখিত ভাবে পরীক্ষিত হয়।



চিত্র—১১৬

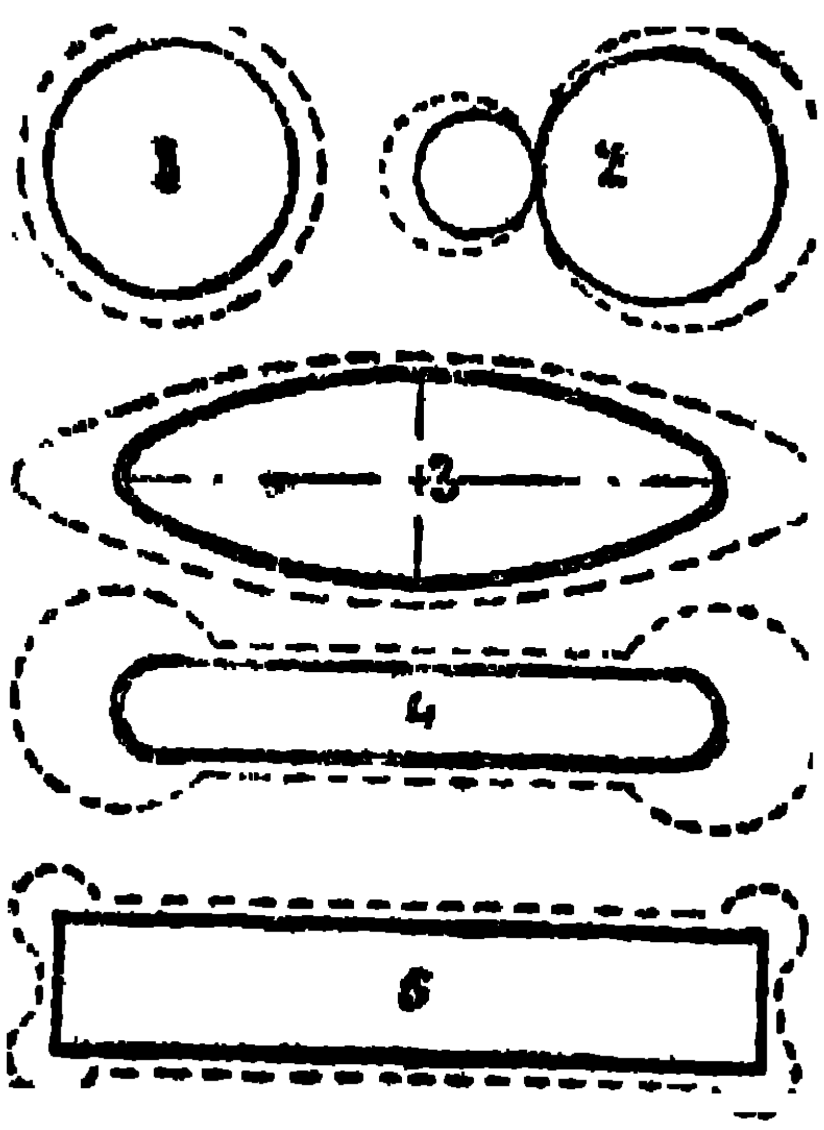
অপরিচালক দণ্ডে স্থাপিত একটি পরিচালক গোলককে বিদ্যুদ্বান্ করিয়া, অপরিচালক দণ্ড দ্বারা ধৃত দুইটি অর্দ্ধগোলক দ্বারা ঢাকিলে দেখা যায় আবৃত গোলকটি বিদ্যুৎহীন হয় ও ঢাকাদ্বয়ের বহির্গাত্র বিদ্যুদ্বান্ হয়, চিত্র ১১৬।

কণ্ডেন্সার লইয়া পরীক্ষা করিলে দৃষ্ট হয় পরিচালক পাতগুলির গাত্রে বিদ্যুৎ থাকে না, ইহা কেবলমাত্র পজিটিভ ও নেগেটিভ পাতদ্বয়ের মধ্যস্থ অপরিচালকটির গাত্রদ্বয়ের মধ্যে; বৈদ্যুতিক অবস্থা এবং পরিচালক ঐ বৈদ্যুতিক অবস্থার পরিচালনের কার্য্য করে মাত্র।



চিত্র—১১৭

লীডেন জার (Leyden Jar) এর সাহায্যে ইহা সহজেই দৃষ্ট হয়। দুইটি ধাতব গেলাস A ও C এবং একটি কাঁচের গেলাস B এই তিনটি দ্বারা লীডেন জার কণ্ডেনসার গঠিত, চিত্র ১১৭। A গেলাসটির মধ্যে B কাঁচের গেলাসটি বসাইয়া তন্মধ্যে C গেলাসটি বসাইলেই কণ্ডেনসার প্রস্তুত হইল, কারণ A ও C অপরিচালক B দ্বারা ব্যবহিত হইল। একটি ধাতব গেলাস যথা Cকে বিদ্যুৎ দান করিলে অপরটি যথা A সম্ভাবন হেতু বিদ্যুদ্বান্ হইবে—অবশ্য সম্ভাবিত অনুরূপ বিদ্যুৎকে ভূমিতে অপসারিত করিতে হইবে। এখন যদি কোন অপরিচালক দ্রব্যের সাহায্যে A, B ও Cকে পৃথক করা যায়—চিত্র ১১৭, তাহা হইলে দৃষ্ট হইবে A ও Cকে ভালরূপে ভূ-সংলগ্ন করিবার পরেও পুনরায় ঐ কাঁচের গেলাসটির দ্বারা কণ্ডেনসার প্রস্তুত করিলে ইহা বিদ্যুদ্বান্ বা চার্জড্ কণ্ডেসারের পরিচয় দেয়। কিন্তু যদি কাঁচের গেলাসটির ভিতর ও বহির্গাত্রের সর্ব্বত্র ভালরূপে হস্তদ্বারা স্পর্শ করা যায়, তাহা হইলে পুনরায় একত্র সাজাইলে আর বিদ্যুদ্বত্তার পরিচয় পাওয়া যায় না।

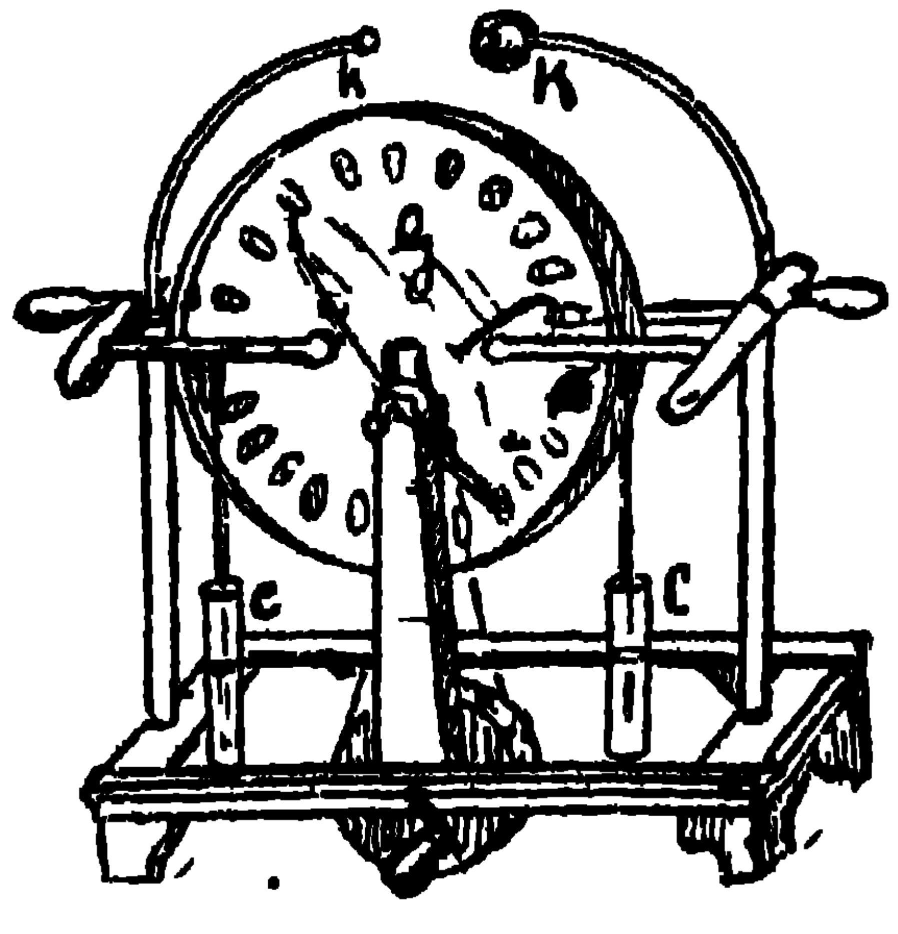


চিত্র—১১৮-১২২

পরিচালক বস্তুর কোন স্থানে বিদ্যুৎ দান করিলে উহা ঐ বস্তুটির উপর সর্ব্বত্র এরূপভাবে ছড়াইয়া পড়ে যেন সর্ব্বত্র পোটেনস্যাল সমান হয়। সর্ব্বত্র পোটেনস্যাল সমান হইতে হইলে অবয়ব অনুসারে কোথাও অধিক ও কোথাও বা কম পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন হয়। দেখা যায়, যেখানে গাত্রের বক্রতা অধিক তথায় অধিক পরিমাণে বিদ্যুৎ জমা হয়। বিভিন্ন আকৃতির বস্তুর কোথায় কি ভাবে বিদ্যুৎ সঞ্চিত হয় ১১৮-১২২ চিত্রে দেখান হইয়াছে। এই চিত্রগুলিতে বস্তুটির গাত্রের কোন স্থানে লম্ব রেখা টানিলে বিন্দু রেখা পর্য্যন্ত এই লম্ব রেখার

দৈর্ঘ্য তত্রস্থ বিদ্যুৎ পরিমাণের আনুপাতিক। চিত্রগুলি হইতে দৃষ্ট হইবে (১) গোলকের সর্ব্বত্র বক্রতা সমান বলিয়া বিন্দু রেখা উহার গাত্র হইতে সর্ব্বত্র সমদূর। (২) দুইটি গোলককে পরস্পরের সহিত স্পর্শ করাইলে স্পর্শিত স্থান অন্তর্ভাগবর্ত্তী হয় বলিয়া তথায় বিদ্যুৎ স্থিতিলাভ করে না—বাহিরের দুই দিকে সরিয়া যায়। (৩) ডিম্বাকার বস্তুর ক্ষুদ্র মেরুদণ্ডের দিকে বক্রতা কম বলিয়া ঐ সকল স্থানে অল্প বিদ্যুৎ থাকে আর দীর্ঘ মেরুদণ্ডের দিকে বক্রতা অধিক বলিয়া তথায় অধিক পরিমাণে বিদ্যুৎ জমা হয়। (৪, ৫) ঠিক ঐ কারণে পাতের সমতল স্থানে বিদ্যুৎ অতি অল্প থাকে আর ধারে ধারে অত্যন্ত পরিমাণে জমা হয়। এই কারণে, সূচাল মুখের বক্রতা অকস্মাৎ অধিক বলিয়া তথায় সমস্ত বিদ্যুৎ জমা হইবার চেষ্টা করে, কিন্তু ঐ মুখে স্থান অতি অল্প বলিয়া অবশেষে ঐ স্থানদিয়া নির্গত হইয়া যাইতে থাকে। এইজন্য বিদ্যুদ্বান্ বস্তুর গাত্রে কোন স্থানে সূচাল মুখ থাকিলে উহা শীঘ্রই বিদ্যুদ্বিহীন হয়।

১২৩ চিত্রে স্থানীয় বিদ্যুৎ উৎপাদক যন্ত্র দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে বার্ণিষ করা দুইটি কাঁচের প্লেট দন্তচক্র দ্বারা এরূপ ভাবে আবদ্ধ আছে যে হ্যাণ্ডেলটিকে ঘুরাইতে থাকিলে প্লেটদ্বয় বিপরীত দিকে ঘুরিতে থাকে। এই প্লেটগুলির ধারের দিকে কতকগুলি ধাতুখণ্ড আছে এবং প্রত্যেক প্লেটের বিপরীত ধাতুপাতগুলিকে স্পর্শ করিয়া একটি দণ্ডের দুইদিকে দুইটি ধাতব্ তারের বুরুষ আছে। এই বুরুষগুলি দ্বারা প্রত্যেক প্লেটের বিপরীত ধাতু পাতের বৈদ্যুতিক অবস্থা নষ্ট করা হয়। এতদ্ব্যতীত প্লেটদ্বয়ের দুই দিকে বহির্গাত্রের সমীপে দুই জোড়া চিরুণীর মত ধাতুখণ্ড আছে। ইহাদিগের দ্বারা প্লেট'এর ধাতুপাতগুলিতে সম্ভাবিত বিদ্যুৎ আহরণ করা যায় এবং তাহা সঞ্চিত করিবার নিমিত্ত এই চিরুণী

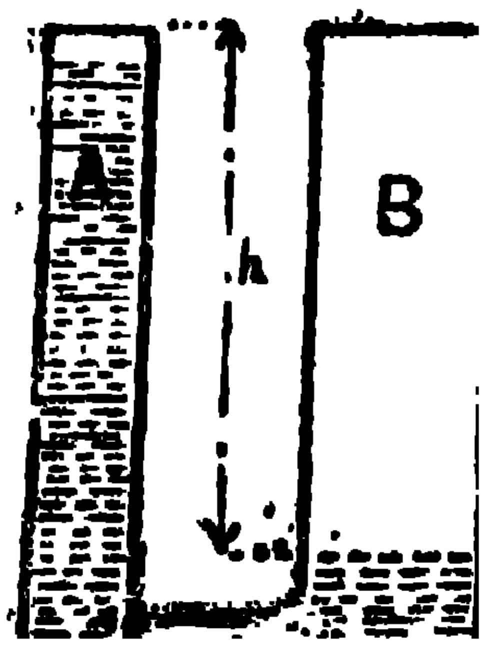


চিত্র—১২৩

(c c) লাডেন জার কণ্ডেনসারের সহিত সংযুক্ত। কণ্ডেনসার দুইটি হইতে দুইটি ধাতববাহু আছে. এই বাহুদ্বয়ের শেষ ভাগে দুইটি গুলি আছে এবং অপরিচালক হ্যাণ্ডেল দ্বারা এই গুলিদ্বয়কে ইচ্ছামত সন্নিহিত করা যায়। কাচের প্লেটকে ঘুরাইতে থাকিলে প্লেটদ্বয়ের মধ্যে বৈদ্যুতিক অবস্থার স্বাভাবিক পার্থক্য হেতু সম্ভাবন দ্বারা উভয় প্রকার স্থানীয় বিদ্যুৎ উৎপন্ন হইতে থাকে এবং তাহা কণ্ডেনসারদ্বয়ে জমা হইতে থাকে। ধাতব বাহুর গুলি দুইটিকে সন্নিহিত করিলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ (Spark) হইয়া উহাদের বৈদ্যুতিক অবস্থা নষ্ট হয়।

ষষ্ঠ পরিচয়।

বহমান বিদ্যুৎ (Current Electricity):—যদি দুইটি পাত্রে বিভিন্ন লেভেলে জল থাকে ও তাহারা তলদেশে নলদ্বারা সংযুক্ত হয়, তাহা হইলে যে পর্য্যন্ত না লেভেলের সমতা হয়, ঐ নলের মধ্য দিয়া, উচ্চ লেভেলের পাত্র হইতে নিম্ন লেভেলে পাত্রে, জলপ্রবাহ হইতে থাকে (চিত্র—১২৪)। ঠিক সেইরূপ যদি দুইটি বস্তুতে বিভিন্ন পোটেনস্যালে বিদ্যুৎ থাকে এবং তাহারা একটি পরিচালক তার দ্বারা সংযোজিত হয়, তাহাহইলে, যে পর্য্যন্ত বস্তুদ্বয়ের পোটেনস্যাল সমান না হয়, ঐ তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুতের প্রবাহ হইতে থাকে। ইহাকে বিদ্যুৎ **প্রবাহ** বলে।

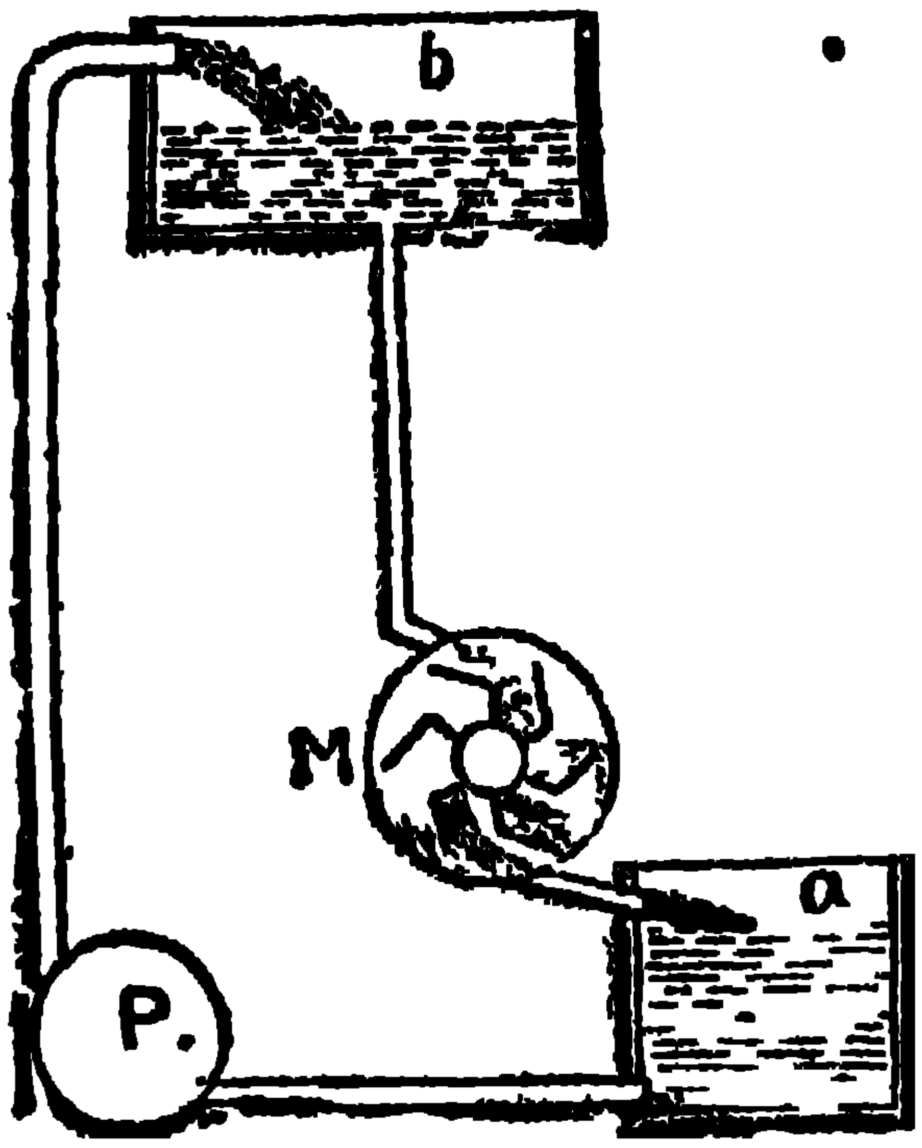


চিত্র—১২৪

এস্থলে দেখা যাইবে যে উল্লিখিত জল প্রবাহ চিরস্থায়ী নহে। কিয়ৎ-ক্ষণের মধ্যেই উচ্চ লেভেলের পাত্র হইতে জল নিঃসৃত হইয়া নিম্ন লেভেলের পাত্রে যাইয়া লেভেলের সমতা আনে, ও তখন প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়। ঠিক সেইরূপ বিদ্যুতের বেলায়ও,—যেহেতু বিদ্যুৎ আলোক শক্তির মত অতি প্রচণ্ড বেগে প্রবাহিত হয়—অতি অল্প সময়ের মধ্যেই প্রবাহ হেতু পোটেন-স্যালের সমতা আসে ও প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়। সুতরাং, 'এইরূপে দুইটি বিভিন্ন পোটেনস্যাল' এর বস্তুকে সংযোজন দ্বারা তারের মধ্য দিয়া যে প্রবাহ সৃষ্ট হয় তাহার স্থায়িত্ব অতি অল্প।

কিন্তু যদি একটি পাম্প দিয়া, কর্ম্মশক্তি দ্বারা, নিম্ন লেভেলের পাত্র হইতে সর্ব্বদা জল পাম্প করিয়া উচ্চ লেভেলের পাত্রে দিয়া লেভেলের পার্থক্য বজায় রাখা হয়, তাহা হইলে সর্ব্বদা উচ্চ লেভেলের পাত্র হইতে নিম্ন

লেভেলের পাত্রে জল প্রবাহ হইতে থাকিবে (চিত্র—১২৫)। ঠিক সেইরূপ বিদ্যুতের বেলায়ও, যদি এরূপ ব্যবস্থা করা যায়, যে প্রবাহকালে উচ্চ পোটেনস্যালের বস্তু হইতে বিদ্যুৎ নিঃসরণ কালে সঙ্গে সঙ্গে উহার ক্ষতিপূরণ ঘটিতে থাকে ও নিম্ন পোটেনস্যালের বস্তুটিতে বিদ্যুৎ প্রবেশকালে সঙ্গে সঙ্গে উহার বৃদ্ধিনাশ ঘটিতে থাকে, তাহা হইলে পোটেনস্যাল পার্থক্য সর্ব্বদা বজায় থাকিবে ও বরাবর বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে থাকিবে। এই অবস্থা সেলে ও ডায়নামোতে (Cell and Dynamo) পাওয়া যায়।



চিত্র—১২৫

জলের বেলায় যেমন কর্ম্মশক্তি ব্যয় করিয়া পাম্প দ্বারা লেভেলের পার্থক্য বজায় রাখা হয় ও সেইজন্য জল প্রবাহ হইতে থাকে, সেইরূপ সেলের বেলায় রাসায়নিক শক্তি ব্যয় করিয়া 'উত্তেজক' (Excitant) দ্বারা ও ডায়নামোর বেলায় কর্ম্মশক্তি ব্যয় করিয়া চুম্বক রাজ্য দ্বারা পোটেনস্যাল পার্থক্য বজায় রাখা হয় ও সেইজন্য সর্ব্বদা বিদ্যুৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। অতএব সেলের উত্তেজক পদার্থ ও ডাইনামোর চুম্বক রাজ্য পাম্পের ন্যায় কার্য্য করে।

জলের বেলায় দেখা যায় যে জল প্রবাহের কারণ পাত্র দুইটির মধ্যে জলের চাপ পার্থক্য; জলের এই চাপ পার্থক্য যত অধিক হইবে জল প্রবাহের বেগ ততই অধিক হইবে। আবার যে নলটির মধ্য দিয়া জল প্রবাহিত হইতেছে সেই নলটি যত বাধাদায়ক হইবে, প্রবাহের বেগ ততই কম হইবে। অতএব জল প্রবাহের বেগ চাপ-পার্থক্য অনুযায়ী ও পথের বাধার বিরূপ ভাবে হয়। ঠিক সেইরূপ বিদ্যুতের বেলাতেও বস্তু দুইটির

মধ্যে পোটেনশ্যাল বা বৈদ্যুতিক চাপের পার্থক্য বিদ্যুৎ প্রবাহের কারণ সুতরাং প্রবাহের বেগ 'পোটেনশ্যাল পার্থক্য' বা 'বৈদ্যুতিক চাপ পার্থক্য' অনুযায়ী হয়। এবং প্রবাহ বহিবার সময় উহার পথ (তার) দ্বারা বাধা প্রাপ্ত হয়। এই বাধা যত অধিক হইবে, প্রবাহের বেগ তত কম হইবে। সুতরাং জলের ন্যায় বিদ্যুৎ প্রবাহের বেগ পোটেনশ্যাল পার্থক্য বা বৈদ্যুতিক চাপ পার্থক্য অনুযায়ী ও পথের বাধার বিরূপ ভাবে হয়।

সেল (Cell) :—সেল প্রধানতঃ দুইটি বিভিন্ন পরিচালক এবং কোন উত্তেজক (Excitant) দ্বারা সংগঠিত, এই উত্তেজক সচরাচর তরল অবস্থায় দৃষ্ট হয়। পরিচালকদ্বয়ের স্বভাব ধর্ম্ম এরূপ যে উত্তেজকের সহিত রাসায়নিক প্রক্রিয়া ঘটিলে একটির পোটেনশ্যাল উচ্চ অর্থাৎ পজিটিভ হয়, ইহাকে পজিটিভ (+) পোল বলে ও অপরটির পোটেনশ্যাল নিম্ন অর্থাৎ নেগেটিভ হয়, ইহাকে নেগেটিভ (−) পোল বলে। এই পোলদ্বয়কে তার দ্বারা সংযুক্ত করিলে তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে থাকিবে। বিদ্যুৎ প্রবাহ কালে পরিচালকের সহিত উত্তেজকের রাসায়নিক প্রক্রিয়া পরিচালক-দ্বয়ের পোটেনশ্যাল বা বৈদ্যুতিক চাপ-পার্থক্য বজায় রাখে। অতএব সেলে রাসায়নিক শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত হয়। কিন্তু প্রায়ই সেলের কার্য্যকালে রাসায়নিক প্রক্রিয়া হেতু হানিকর দ্রব্য উৎপন্ন হইয়া থাকে, ইহা 'পোলারিজেসন' (Polarisation) করে, অর্থাৎ সেলের কার্য্যাবলী হ্রাস বা বন্ধ করিয়া দিবার প্রয়াস পায়, সুতরাং ইহাকে নষ্ট করা প্রয়োজন, তজ্জন্য 'ডিপোলারাইজার' (Depolariser) নামক অন্য পদার্থের ব্যবহারের প্রয়োজন হয়। আবার কোন কোন স্থলে 'স্থানীয়' ক্রিয়া (Local-action) নামক একটি হানিকর ক্রিয়া ঘটে, তাহাও বন্ধ করিবার জন্য কোন পদার্থের ব্যবহার প্রয়োজন হয়। বলা বাহুল্য সেল গঠনে বস্তু সকলকে ধারণ করিবার জন্য উপযুক্ত পাত্রাদি এবং পোলদ্বয়ের সহিত তার সংযোগের নিমিত্ত উপযুক্ত বন্ধন-স্ক্রু প্রয়োজন।

সেলের পরমায়ু (Life of cell) :—সেলের মধ্যে রাসায়নিক প্রক্রিয়া হেতু প্রবাহ পাওয়া যায়। উত্তেজকের সহিত পরিচালকের এই রাসায়নিক প্রক্রিয়া কালে পরিচালকটি ও কোন কোন স্থলে উত্তেজক উভয়েই ক্ষয় প্রাপ্ত হইতে থাকে ও তৎপরিবর্ত্তে নূতন রকমের পদার্থ উৎপন্ন হয়। সুতরাং যতক্ষণ পর্য্যন্ত তাহাদের মধ্যে কেহ ক্ষয় প্রাপ্ত হইয়া একেবারে নিঃশেষ না হয় ততক্ষণ পর্য্যন্ত প্রবাহ পাওয়া যাইবে। অবশ্য অনেক স্থলে দেখা যায় যে সেলের পোল-দ্বয়কে সংযোগ করিবার কিছু পরেই প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায় এবং বলা বাহুল্য যে উত্তেজক ও পরিচালকের মধ্যে কেহই তখনও বিশেষরূপ ক্ষয়প্রাপ্ত হয় নাই। সেলের পরমায়ু যে শেষ হইয়াছে তাহা নহে, তবে পোলরিজেসন হেতু সেলের কার্য্যাবলীর ব্যাঘাত ঘটিতেছে বলিয়া, ঠিক মত সেল প্রস্তুত হইতে না পারিবার দরুণ, প্রবাহ বন্ধ হইতেছে এবং ডিপোলারাইজার ব্যবহার করিয়া পোলারিজেসান বন্ধ করিলেই প্রবাহ পাওয়া যাইতে থাকিবে।

সেলের ই, এম, এফ, (E. M. F.) :—সেলের পোলদ্বয় অর্থাৎ পরিচালক দুইটিকে উত্তেজকের মধ্যে ডুবাইলে রাসায়নিক প্রক্রিয়া হেতু তাহাদের মধ্যে যে পোটেনশ্যাল বা চাপ-পার্থক্য ঘটে তাহাই পোলদ্বয়কে তারদ্বারা সংযুক্ত করিলে বিদ্যুৎকে সেলের মধ্য দিয়া ও তারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করায়। সেইজন্য এই পোটেনশ্যাল বা চাপ পার্থক্যকে বিদ্যুচ্চালক-বল বা ইলেকট্রো-মোটিভ-ফোর্স (Electro-motive-force) বা সংক্ষেপে ই, এম, এফ, (E. M. F) বলে। ইহা ভোল্ট (Volt) দ্বারা পরিমিত হয়।

সেলের রকম :—সেল প্রধানতঃ দুই প্রকারের—(১) প্রাইমারী (Primary) বা যাহা নিজেই বিদ্যুৎ প্রবাহ দানে সক্ষম, (২) সেকেণ্ডারী (Secondary), বা ষ্টোরেজ (Storage) সেল বা আকুমুলেটার

(Accumulator) অর্থাৎ যাহা অপর কোন স্থান হইতে বিদ্যুৎ প্রবাহ নিজের মধ্যে সঞ্চয় করিয়া সেই প্রবাহ দান করে। ইহাদিগের মধ্যে প্রাইমারী সেল গঠনকারী বস্তু, ই, এম, এফ, ও ব্যবহার অনুসারে অনেক প্রকারের হয়, যথা ;—ক্লার্ক (Clark) সেল, পি, ডি মাপিবার জন্য, বাইক্রোমেট সেল, বুনসেন সেল, ইত্যাদি। প্রস্তুত কারক হিসাবে আকুমুলেটারও রকমারী হয়।

সেলের পরিচালক :—নিম্ন তালিকায় কতকগুলি পরিচালকের নাম এরূপভাবে দেওয়া হইয়াছে যে উপযুক্ত উত্তেজকে যে কোন দুইটিকে ব্যবহার করিলে যাহার নাম প্রথমে আছে তাহার নেগেটিভ পোটেনশ্যাল হইবে। সুতরাং তালিকা অনুসারে বস্তু দুইটির মধ্যে তফাৎ যত অধিক হইবে তাহাদের মধ্যে তত অধিক পোটেন্স্যাল পার্থক্য হইবে। সেলে ব্যবহৃত এই পরিচালকদ্বয় সেলের দুইটি পোল (Pole) বা টার্মিনাল (Terminal)।

১। দস্তা (Zinc, Zn)	৪। সীসা (Lead. Pb)	৭। বিসমাথ (Bismuth. Bi)	১০। রূপা (Silver. Ag)
২। ক্যাডমিয়াম (Cadmium. Cd)	৫। লৌহ (Iron. Fe)	৮। এন্টিমনি (Antimony.Sb)	১১। সোণা (gold. Au)
৩। টিন (Tin. Sn)	৬। নিকেল (Nickel. Ni.)	৯। তামা। (Copper. Cu).	১২। প্লাটিনাম (Platinum. Pt)
			১৩ কয়লা (Carbon. C)

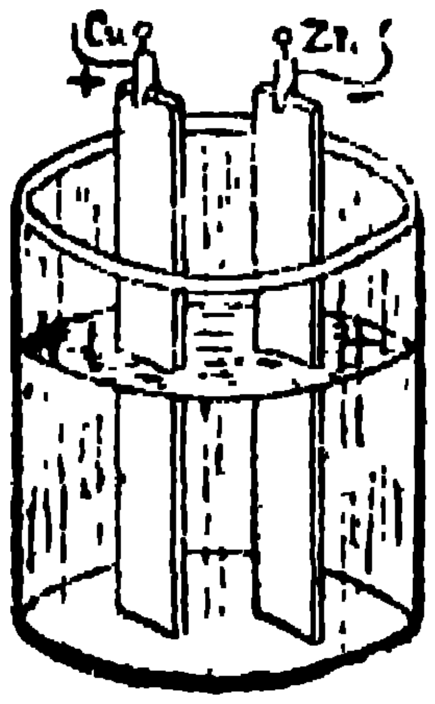
উত্তেজক (Excitant) :—ইহার নাম হইতেই সেল সম্পর্কে ইহার কার্য্য বুঝা যাইতেছে। সেলে ব্যবহৃত পরিচালক দুইটির পজিটিভ ও নেগেটিভ পোটেনশ্যাল হইবার গুণ তাহাদের নিজেদের মধ্যেই নিহিত আছে, কেবল মাত্র উহা কার্য্যে পরিণত হইবার জন্য

কাহারও দ্বারা উত্তেজনার অপেক্ষা করে। এই উত্তেজক পদার্থ হইতেই উহা উত্তেজনা পায়। বস্তু বিশেষে বিভিন্ন প্রকারের উত্তেজক প্রয়োজন হয়। নিম্নে কতকগুলি উত্তেজকের তালিকা দেওয়া হইল। জলমিশ্রিত (প্রয়োজন মত) সালফিউরিক এসিড্ ($H_2 SO_4$ dil.), জলমিশ্রিত সালফিউরিক্ এসিডে গোলা পোটাসিয়াম বাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$), জলে গোলা জিঙ্ক সালফেট ($Zn SO_4$, $6 H_2O$), লবণ জল, জলে গোলা নিশাদল ($N H_4Cl$), জলে গোলা ক্যাডমিয়াম সালফেট ($Cd O_4$), ইত্যাদি।

ডিপোলারাইজার (Depolarisor):—সেলের মধ্যে, উহার কার্য্যকালে, 'হাইড্রোজেন' (Hydrogen) নামক একটি গ্যাস উৎপন্ন হইয়া সেলের কার্য্যের ব্যাঘাত করে, সুতরাং এই হাইড্রোজেন গ্যাসকে নষ্ট করিবার জন্য 'অক্সিজেন' গ্যাস (Oxygen) প্রয়োজন হয় যাহাতে উভয়ে মিশিয়া জল (H_2O) হয়। এই অক্সিজেন পাইবার জন্য সেলের মধ্যে এরূপ পদার্থ ব্যবহার করিতে হয় যাহাতে অপর্য্যাপ্ত পরিমাণে অক্সিজেন আছে। সেই পদার্থগুলিকে 'ডিপোলারাইজার' অর্থাৎ পোলারিজেসন নাশক বলে। নিম্নে সচরাচর ব্যবহৃত কতকগুলি ডিপোলারাইজারের নাম প্রদত্ত হইল। ম্যাঙ্গানিজ্ ডাই-অক্সাইড বা পার্-অক্সাইড ($Mn O_2$), নাইট্রিক এসিড ($H NO_3$), পোটাসিয়াম বাইক্রোমেট বা ক্রোমিক এসিড ($K_2 Cr_2 O_7$ বা $H_2 CrO_4$), লেড্-পার্-অক্সাইড ($Pb O_2$) কপার সালফেট (তুতে, $Cu SO_4$) ইত্যাদি।

সাদাসিধা সেল ও তাহার অনুমান (The Simple Cell and its Theory) :—সাদাসিধা সেল Zn (দস্তা) ও Cu (তামা) এবং $H_2 SO_4$, dil. (জল মিশ্রিত সালফিউরিক এসিড) দ্বারা গঠিত হয়, চিত্র—১২৬। ইহার কার্য্যপ্রকরণ 'আয়নিক থিয়োরী' বা অনুমান দ্বারা ব্যাখ্যা করা হয়। সে অনুমান এই যে জলের সহিত মিশ্রণের পর H_2SO_4 এর কতকগুলি অণু (Molecule) 'আয়নাইজড্' (Ionised) হইয়া

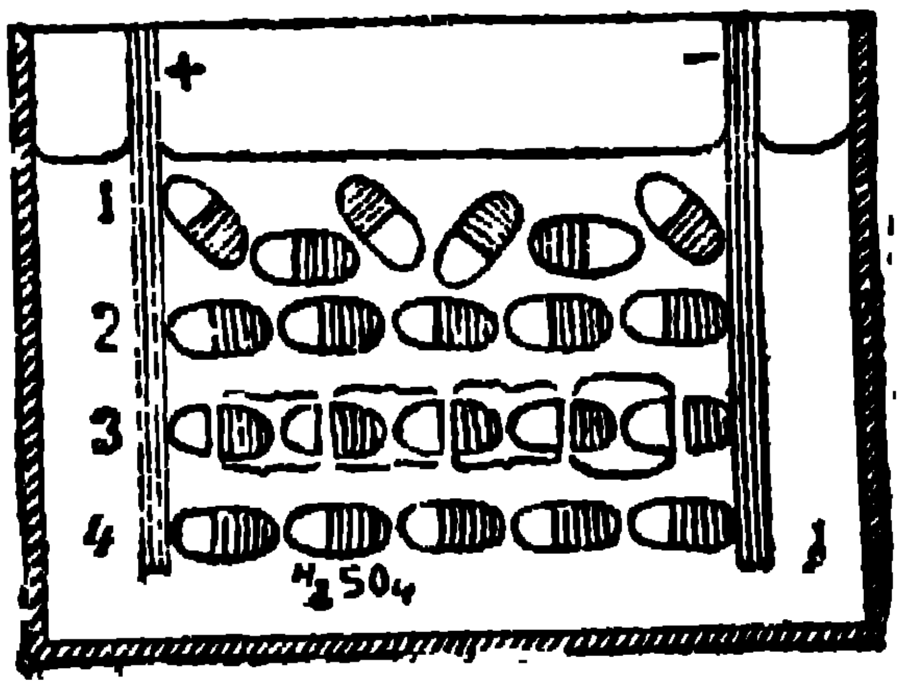
যায়, অর্থাৎ $H_2(+)$ ও $SO_4(-)$ এই দুই ভাগে বিভক্ত হয়। তন্মধ্যে SO_4 ভাগগুলিতে কিছু পরিমাণ নেগেটিভ আয়ন অর্থাৎ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র



চিত্র—১২৬

নেগেটিভ চার্জ্জ থাকে, ও H_2 ভাগগুলিতে সমপরিমাণ পজিটিভ চার্জ্জ থাকে। যুগ্ম H_2SO_4 অনুগুলিতে এই পজিটিভ ও নেগেটিভ আয়নগুলি পরস্পরের সহিত মিশিয়া অবৈদ্যুতিক অবস্থায় থাকে, সেইজন্য H_2SO_4 অম্লর কোনরূপ বৈদ্যুতিক অবস্থা দৃষ্ট হয় না এবং এই অনুগুলির পজিটিভ ও নেগেটিভ 'আয়নবিশিষ্ট' H_2 ও SO_4 গুচ্ছে পরিণত হওয়াকে আয়নাইজড্ হওয়া বা আয়নাইজেসন (Ionisation) বলে। $H_2(+)$ ভাগকে 'হাইড্রিয়ন' (Hydrion) ও $SO_4(-)$ ভাগকে 'সালফিয়ন' (Sulphion) বলে। যাহাই হউক, আয়নাইজড্ হইবার পর, যেহেতু Cu অপেক্ষা Znএর অক্সিডাইজড্ (Oxydised) হইবার চেষ্টা অধিক, SO_4 গুচ্ছের জন্য Cu অপেক্ষা Znএর রাসায়নিক আকর্ষণ অধিক। আবার SO_4 গুচ্ছের জন্য H_2 অপেক্ষা Znএর রাসায়নিক আকর্ষণ অধিক, সুতরাং dil. H_2SO_4 উত্তেজকে Zn ও Cu ডুবাইলে $SO_4(-)$ গুচ্ছ Znএর দিকে আকৃষ্ট হইয়া তাহার গাত্রে আসিয়া লাগে। এই $SO_4(-)$ কর্তৃক পরিত্যক্ত H_2 (+) পরবর্ত্তী H_2SO_4 অম্লর SO_4 (−) এর সহিত মিশিয়া H_2SO_4 প্রস্তুত করে ও তাহা হইতে H_2 (+) নির্গত করে, এই নির্গত H_2 (+) তৎপরবর্ত্তী H_2SO_4 অম্লর SO_4 (−) এর সহিত মিশিয়া তাহা হইতে H_2 (+) নির্গত করে,—এরূপ ভাবের কার্য্য চলিতে থাকে, যে পর্য্যন্ত না Cu এর গাত্রস্থ H_2SO_4 হইতে H_2 (+) নির্গত হইয়া তাহার গাত্রে লাগে। অতএব দেখা যাইতেছে Znএর উপর প্রত্যেক SO_4 (−) গুচ্ছের পতনের জন্য Cuএর উপর একটি করিয়া H_2 (+) গুচ্ছের পতন হয়। এই SO_4 (−) গুচ্ছ Znকে

তাহার নেগেটিভ চার্জ্জ দিয়া তাহার পোটেনস্যালকে নেগেটিভ করে এবং তাহার সহিত রাসায়নিক সংমিশ্রন দ্বারা $ZnSO_4$ (জিঙ্ক-সালফেট) প্রস্তুত করে, অতএব Zn ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। আর H_2 (+) গুচ্ছ Cuকে তাহার পজিটিভ চার্জ্জ দিয়া তাহার পোটেনস্যালকে পজিটিভ করে ও Cuএর উপর কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না থাকায় তাহার গাত্রে বুদবুদের মত লাগিয়া থাকে। এইরূপে দুইটি বিভিন্ন পোটেনস্যাল বিশিষ্ট পরিচালকের সৃষ্টি হয়, (চিত্র—১২৭)।



চিত্র—১২৭

এখন যদি উহাদিগকে কোন পরিচালক (ধাতব তার) দ্বারা সংযোগ করা না হয়, তাহা হইলে অনুরূপ বিদ্যুতের মধ্যে নিক্ষেপন হেতু উক্তকার্য্য বন্ধ হইয়া যায়। আর যদি তাহাদিগকে সংযুক্ত করা যায় তাহা হইলে Cu হইতে পজিটিভ বিদ্যুৎ সংযোজক পরিচালকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া Znএ যায় (তাহার নেগেটিভ বিদ্যুতের সহিত মিশিয়া তাহার পোটেনস্যালকে বর্দ্ধিত করিবার জন্য)। কিন্তু কাহারও পোটেনস্যাল বাড়িতে বা কমিতে পারে না, কারণ উক্তকার্য্য সকল সময়েই চলিতে থাকে। এইরূপে সর্ব্বদাই পোটেনস্যাল পার্থক্য বজায় থাকে ও তজ্জন্য বিদ্যুৎ প্রবাহ পাওয়া যায়।

পোলারিজেসান (Polarisation) :—নির্গত H_2 গ্যাস Cu এর উপর পতিত হয় ও উহার সহিত কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়া না থাকা হেতু উহার গাত্রে বুদবুদের মত লাগিয়া থাকে। এখন যদি এই H_2 গ্যাসকে Cuর গাত্র হইতে অপসৃত করা না যায় তাহা হইলে পরে যে নবোৎপন্ন পজিটিভ চার্জ্জ বিশিষ্ট H_2 গ্যাস হইবে তাহারা আর Cu এর গাত্রে লাগিতে পারিবে না, এই বুদবুদগুলির উপর পড়িবে। সুতরাং তাহাদের বিদ্যুৎ আর Cuতে আসিতে পারিবে না, কারণ H_2 গ্যাস

অপরিচালক। অতএব Cuর পোটেনশ্যাল আর বাড়িতে পারিবে না, বরং Znএর সহিত সংযুক্ত থাকায় ইহার পোটেনশ্যাল নেগেটিভ হইয়া যাইতে থাকিবে। অতএব Zn ও Cuর মধ্যে পোটেনশ্যাল পার্থক্য কমিয়া যাইবে ও সেই হেতু প্রবাহ বেগও কমিয়া যাইবে। এইরূপে পজিটিভ ইলেক্‌ট্রোডের উপর H_2 গ্যাস জমা হেতু সেলের ই, এম, এফ, ক্রমশঃ হ্রাস পাওয়া ও তজ্জন্য প্রবাহ বেগ কমিয়া যাওয়াকে "পোলারিজেসন" বলে।

ডিপোলারিজেসন ও ডিপোলারাইজার

(Depolarisation and Depolarisor) :—পোলারিজেসন বন্ধ করাকে ডিপোলারিজেসন বলে। ইহা দুই উপায়ে হয়, (১) মেক্যানিক্যাল (Mechanical means) যথা বুরুষ বা এবম্প্রকার কিছুর দ্বারা গ্যাসকে তাড়াইয়া দেওয়া। কিন্তু ইহাতে সর্ব্বদাই কোন ব্যক্তির মনোযোগের প্রয়োজন হয় বলিয়া এ প্রথা অবলম্বন করা হয় না। (২) কেমিক্যাল (Chemical) বা রাসায়নিক অর্থাৎ এমন কোন রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করিতে হয় যাহা হইতে (O_2) অক্সিজেন নিষ্ক্রান্ত হইয়া ঐ O_2, H_2এর সহিত মিশিয়া যায়, বা যাহা অন্য কোন প্রকারে H_2এর সহিত মিশিয়া যায়। এই রাসায়নিক দ্রব্য, যাহা পোলারিজেসন নষ্ট করে, তাহাকে 'ডিপোলারাইজার' বলে ও পোলারিজেসন নষ্ট হওয়াকে ডিপোলারিজেসন বলে। বিভিন্ন প্রকারের ডিপোলারাইজারের নাম পূর্ব্বে দেওয়া হইয়াছে।

লোক্যাল এ্যাকসান (Local Action) বা স্থানীয় কার্য্য :—সেলে একেবারে বিশুদ্ধ Zn ব্যবহার নিষিদ্ধ, (যেহেতু H_2SO_4 এর বিশুদ্ধ Znএর উপর কোন রাসায়নিক ক্রিয়া নাই) বিশুদ্ধ Zn সেল সংগঠনে সক্ষম হয় না। সেইজন্য সেলে বাজার চলন Zn ব্যবহার করিতে হয়। এই বাজার চলন Znএ সাধারণতঃ লৌহ, ক্যাডমিয়াম প্রভৃতি দ্রব্য-গুলি ভেজাল (Impurity) ভাবে থাকে এবং এই ভেজালগুলি Znএর

নাম	নেগেটিভ পোল	উত্তেজক	পজিটিভ পোল	ডিপোলারাইজার	ই, এম, এফ, (ভোল্ট)
ড্যানিয়েল (Daniell)	পারদলিপ্ত Zn	১ভাগ H_2SO_4 ও ৪ভাগজল	Cu	Cu SO_4	১·০৬
,,	,,	১ভাগ H_2SO_4 ও ১২ভাগজল	,,	,,	১·০৯
বুনসেন (Bunsen)	,,	১ভাগ H_2SO_4 ও ১২ভাগজল	C	HNO_3	১·৯৪
লেকল্যাঙ্ক (Leclanche)	,,	জলে গোলা NH_4Cl	,,	MnO_2	১·৪৬
শুষ্কসেল (Dry cell)	„	১ NH_4Cl, ১ ZnO ৩ প্ল্যাষ্টারস্ অফ প্যারিস ২ $ZnCl_2$ ও জল	„	MnO_2	১·৩
বাইক্রোমেট(Bichromate	„	১১ $K_2Cr_2O_7$ ২৫ H_2SO_4 ১০০ জল	„	$K_2Cr_2O^7$	২·০৩
গ্রোভ (Grove)	„	১ H_2SO_4 ১২ জল	Pt	HNO_3	১·৯৩
ওয়েষ্টন (Weston)	পারদলিপ্ত Cd	জলে গোলা Cd SO_4	Hg	$Hg_2SO_4+CdSO_4$	১·০১৮, ২০°C
ক্লার্ক (Clark)	পারদলিপ্ত Zn	জলে গোলা Zn SO_4	Hg.	$Hg_2SO_4+ZnSO_4$	১·৪৩৪ ১৫°C
সেকেণ্ডারী, সীসার সেল	Pb	H_2SO_4 ঘনত্ব ১·১	Pb O_2	P bO_2	২·২
„ এডিসন (Edison)	Fe	KOH ৩% জলে গোলা	Ni O		১·১
„ মেন (Main)	পারদলিপ্ত Zn	H_2SO_4 ক্ষমতা ১·১	PbO_2	P bO_2	২·৫

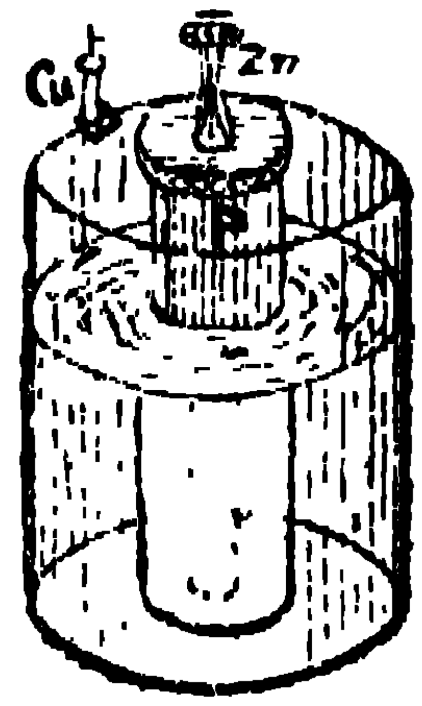
গাত্রে Znএর সহিত ক্ষুদ্রাকার সেল প্রস্তুত করে ও ঐ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র সেলগুলির প্রবাহ ঐ স্থানেই হইতে থাকে। এই স্থানীয় সেল সংগঠনকে লোক্যাল এ্যাকসন বলে। ইহাতে Znএর ক্ষয় হইতে থাকে অথচ এই ক্ষয় হেতু যে প্রবাহ তাহা বাহিরে Zn ও Cu সংযোজক তারের মধ্য দিয়া পাওয়া যায় না। অতএব এই লোক্যাল এ্যাকসানকে বন্ধ করা প্রয়োজন, তাহা Zn এ পারদলেপন (Amalgamation) দ্বারা সাধিত হয়। Znকে পারদের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিলে পারদ ইহার গাত্রে কিছু গভীরতা পর্য্যন্ত লিপ্ত হইয়া যায়। এই পারদ-লিপ্ত Zn ব্যবহার করিলে Zn এর ক্ষয়কালে নির্গত ভেজাল পারদ-লিপ্ত হইয়া যায় এবং যেহেতু পারদলিপ্ত ভেজাল Zn এর সহিত সেল সংগঠন করে না, লোক্যাল এ্যাকসান আর হইতে পারে না, এই ভেজালগুলি তলায় পড়িয়া যায়।

রকমারী সেল (Kinds of cells) :—সচরাচর ব্যবহৃত ও প্রয়োজনীয় সেলগুলির তালিকা ৮৭ পৃষ্ঠায় প্রদত্ত হইল।

উল্লিখিত সেলগুলির মধ্যে শেষোক্ত বাদে বাকীগুলি প্রাইমারী সেল, তন্মধ্যে ড্যানিয়েল (Daniell), বুনসেন (Bunsen), লেকল্যাঙ্ক (Leclanche), বাইক্রোমেট (Bichromate) ও শুষ্ক (Dry) সেল সহজসাধ্য বা সস্তা বলিয়া নানা কার্য্যে ব্যবহৃত হয় এবং ক্লার্ক ও ওয়েষ্টন সেল অন্যান্য সেলের বৈদ্যুতিক পরিমাপের জন্য 'ষ্ট্যাণ্ডার্ড' (Standard) সেল ভাবে ব্যবহৃত হয়। 'ষ্টোরেজ' বা 'সেকেণ্ডারী' সেলগুলি খুব ভেজাল বলিয়া নানা কার্য্যে ব্যবহার হয়। প্রাইমারী সেলগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল।

ড্যানিয়েল সেল (Daniell Cell) :—ইহা দুইটি তরল পদার্থ বিশিষ্ট সেল। ইহাতে দুইটি পাত্রের প্রয়োজন। একটি বড় পাত্র, তাহার মধ্যে ঘন তুঁতের ($CuSO_4$) জল ও তন্মধ্যে নলাকারে বাঁকান তামার পাত ও দ্বিতীয় ছোট পাত্রটি থাকে। এই দ্বিতীয় পাত্রটি কূপময়, ইহার মধ্যে জলমিশ্রিত সালফিউরিক এসিড (১ ভাগ এসিড ও ৪ ভাগ জল) ও তন্মধ্যে

পারদলিপ্ত দস্তা (Zn) দণ্ড থাকে, চিত্র—১২৮। তুঁতের জলের ঘনতা বা তেজ বজায় রাখিবার জন্য বড় পাত্রটির উপর দিকে একটি ছিদ্রময় 'তাক' করিয়া তন্মধ্যে তুঁতের ঢেলা রাখা হয়। কোন কোন স্থলে তামার পাতটিকেই পাত্রাকারে বড় পাত্রটির পরিবর্ত্তে ব্যবহার করা হয়। তামার পাতটি বা পাত্রটি পজিটিভ পোল, দস্তা দণ্ড নেগেটিভ পোল, সালফিউরিক এসিড উত্তেজক ও তুঁতে ডিপোলারাইজার। কার্য্যাবলী—



সেল গঠন :—$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ চিত্র—১২৮

ডিপোলারিজেসন্ :—$H_2 + CuSO_4 = H_2SO_4 + Cu$.

অতএব দেখা যাইতেছে যে সেল গঠনে যে পরিমাণ H_2SO_4 নষ্ট হয়, $CuSO_4$ হইতে সেই পরিমাণ এসিড উৎপন্ন হয়, সুতরাং এসিড ফুরাইয়া যাইবার সম্ভাবনা নাই, কেবলমাত্র Zn এর ক্ষয় হইতেছে এবং Cu তাম্র পাতের গাত্রে নিক্রান্ত হইতেছে ও তাহাতে লাগিতেছে সুতরাং তাম্র পাতটি ক্রমশঃ মোটা হইতে থাকিবে ও $Cu\ SO_4$ কমিতে থাকিবে।

দ্রষ্টব্য—অন্তর্বর্ত্তী পাত্রের জন্য কূপময় পাত্র ব্যবহার করিতে হয় যাহাতে তরল পদার্থে সিক্ত হইয়া এই পাত্রটির মধ্য দিয়া তরল পদার্থের যোগাযোগ ঘটিয়া সেলের কার্য্য এক পাত্রস্থ একটি পোল হইতে অপর পাত্রস্থ অন্য পোল পর্য্যন্ত বাহিত হয়, অথচ পাত্র-দুইটির মধ্যস্থ বিভিন্ন পদার্থ দুইটির সংমিশ্রন না ঘটে।

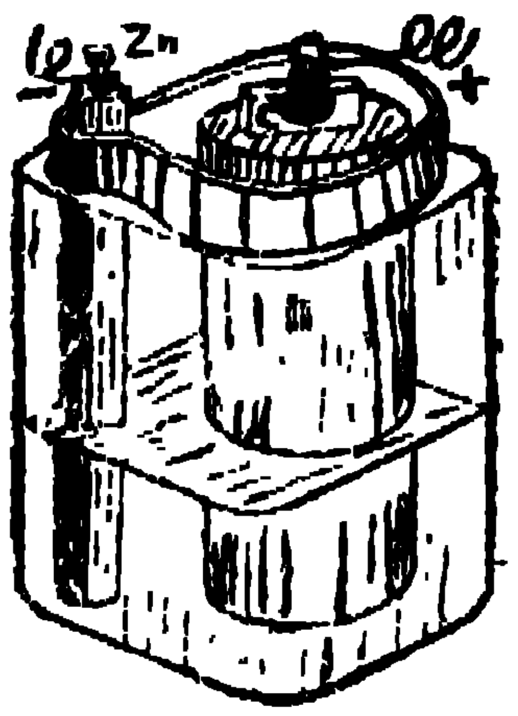
বুনসেন সেল (Bunsen Cell) :—ইহাতেও দুইটি পাত্র আছে। একটি বড় কাঁচের বা চিনামাটীর যাহার মধ্যে জলমিশ্রিত সালফিউরিক এসিড (১ ভাগ এসিড ও ১২ ভাগ জল) ও নলাকারে বাঁকান পারদলিপ্ত দস্তার (Zn) পাত থাকে। এই দস্তার চোঙ্গের মধ্য দিয়া দ্বিতীয় কূপময় চিনামাটীর পাত্রটিকে প্রথম পাত্রে রাখা হয় ও এই দ্বিতীয় পাত্রে নাইট্রিক্ এসিড (HNO_3) ও তন্মধ্যে C কয়লাদণ্ড (Carbon rod) থাকে। C দণ্ডটি পজিটিভ ও Zn পাতটি নেগেটিভ পোল, H_2SO_4 উত্তেজক ও HNO_3 ডিপোলারাইজার। কার্য্যাবলী—

সেল গঠন :—$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

ডিপোলারিজেসন :—$H_2 + 2HNO_3 = 2H_2O + 2NO_2$

অতএব এই সেলে Zn ও H_2SO_4 উভয়েই ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং হানিকর ও অস্বাস্থ্যকর NO_2 গ্যাস নির্গত হয়।

লেকল্যাঙ্ক সেল (Leclanche Cell) :—ইহাতেও দুইটী পাত্র আছে চিত্র—১২৯। একটি বড় কাঁচের শিশি বা জারের মধ্যে তীব্র, নিশাদলের জল (Saturated NH_4Cl solution) থাকে ও তন্মধ্যে পারদলিপ্ত Zn দণ্ড ও দ্বিতীয় কূপময় চিনামাটীর পাত্রটি থাকে। এই দ্বিতীয় পাত্রটির মধ্যে MnO_2 ও গ্যাস কয়লার গুঁড়া দ্বারা ঘেরা একটি কয়লাদণ্ড (C) থাকে। এই গুঁড়াগুলিকে এরূপ চাপিয়া ভর্ত্তি করা হয় যেন কয়লাদণ্ডটি বেশ শক্ত ভাবে আঁটিয়া যায় ও পরে পাত্রটির মুখ পিচদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়।



চিত্র—১২৯

এই কয়লাদণ্ডের উপর পিচের শেষ ভাগে একখণ্ড সীসা বা পিত্তল সংযুক্ত থাকে ও ইহাই পজিটিভ (+) পোল এবং Zn নেগেটিভ (—) পোল, NH_4Cl উত্তেজক ও MnO_2 ডিপোলারাইজার। কার্য্যাবলী—

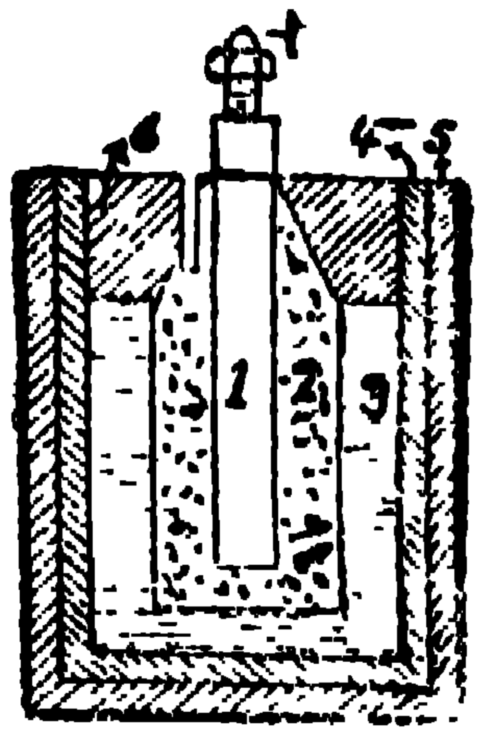
সেল গঠন :—$Zn + 2NH_4Cl = ZnCl_2 + 2NH_3 + H_2$

ডিপোলারিজেসন :—$H_2 + 2MnO_2 = H_2O + Mn_2O_3$

অতএব ইহাতে Zn ও উত্তেজক NH_4Cl উভয়েই ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে থাকে এবং 'এমোনিয়া' গ্যাস (NH_3) নির্গত হয়।

শুষ্কসেল (Dry cell)—প্রায় সকলপ্রকার শুষ্কসেল লেকল্যাঙ্ক সেলের ন্যায়, কেবলমাত্র তরল পদার্থের সহিত কিছু মিশ্রিত করিয়া উহাকে ঘন করিয়া ব্যবহার করা হয়। E. C. C. শুষ্কসেলের গঠন ১৩০ চিত্রে প্রদত্ত হইল। ইহাতে (৪) চোঙ্গের মত দস্তা পাতের পাত্র, ইহার পরেই (৩) কর্দ্দমাকার ঘন পদার্থ, ইহা প্যারিস প্লাষ্টার, ময়দা, জিঙ্ক ক্লোরাইড

($ZnCl_2$) ও নিশাদল (NH_4Cl) জলে মাখিয়া প্রস্তুত হয়, এই ঘন পদার্থের পর আবার দ্বিতীয় একটি ঘন পদার্থ (২) আছে। এই দ্বিতীয় ঘন পদার্থ কয়লার গুঁড়া, মাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড, জিঙ্কক্লোরাইড ও নিশাদলকে জলে মাখিয়া প্রস্তুত। এই দ্বিতীয় ঘন পদার্থের মধ্যে (১) একটি গ্যাস কয়লার দণ্ড। এই সেলটি বাহিরে পিজবোর্ড (৫) আবৃত ও উপর দিকে পিচ দিয়া ঢাকা এবং উপরে একটি সরু ছিদ্র থাকে যাহাতে উহার মধ্য হইতে গ্যাস নির্গত হইতে পারে। ইহাতে কার্ব্বন পজিটিভ পোল ও দস্তা নেগেটিভ পোল। ইহার ই, এম, এফ, প্রায় লেকল্যান্স সেলের ন্যায়, এবং আভ্যন্তরিক বাধা সাধারণতঃ '৫ ওম এরও কম।



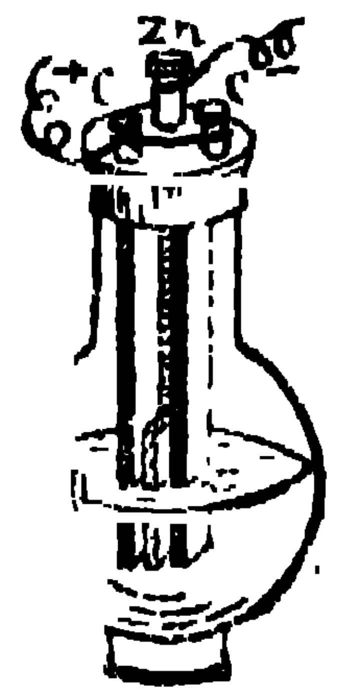
চিত্র—১৩০

হেল্লেসেন(Hellesen) শুষ্ক সেল—গোলকাগজ আবৃত উপর্য্যুপরি দুইটি দস্তা পাতের পাত্র থাকে, তন্মধ্যে অন্তবর্ত্তী পাত্রটি ছিদ্রময়। এই পাত্রদ্বয়ের মধ্যে জলের সহিত কর্দ্দমাকারে প্যারিস প্লাষ্টার, নিশাদল ও ট্রাগাকান্থ গঁদ মিশ্রিত থাকে। সেলটির মধ্যস্থলে কার্ব্বন দণ্ড থাকে ও এই কার্ব্বনদণ্ডের চতুর্দ্দিকে জলে মিশ্রিত ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড, নিশাদল ও প্লামবেগো (Plumbago) কর্দ্দমাকারে ব্যবহৃত হয়। সেলটি উপরদিকে পিচ দিয়া ঢাকা ও এই পিচের মধ্য দিয়া সরু ছিদ্র থাকে যাহাতে ভিতর হইতে গ্যাস নির্গত হইতে পারে। আকৃতি অনুযায়ী ইহাদের আভ্যন্তরিক বাধা '২—'৭ ওম পর্য্যন্ত হয়।

শুষ্কসেলের সুবিধা এই যে তাহাদিগকে সহজে একস্থান হইতে অন্যস্থানে লইয়া যাওয়া যায়, যে কোন অবস্থায় তাহাদের ধারণ করা যায়, তাহাদিগকে বিশেষ দেখা শুনা করিতে হয় না এবং তাহারা সাধারণ তরল পদার্থ বিশিষ্ট সেল অপেক্ষা পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন।

বাইক্রোমেট সেল (Bichromate cell):—ইহা একটি এবনাইট ছিপি

বিশিষ্ট কাঁচের বোতলে প্রস্তুত, চিত্র—১৩১। দুইটি সমান্তরাল কয়লার পাত পজিটিভ পোল, ইহারা পিত্তল দ্বারা উপরে সংযুক্ত। ইহাদের মধ্য দিয়া একটি পারদলিপ্ত Zn প্লাত আছে, ইহাই নেগেটিভ পোল। এই Zn পাতটি ছিপির মধ্য দিয়া একটি গোল দণ্ডের দ্বারা ধৃত। সেল যখন ব্যবহার হইতেছে না তখন এই দণ্ডটিকে টানিয়া উপর দিকে তুলিয়া লইলে Znটি তরল



চিত্র—১৩১

পদার্থ হইতে উঠিয়া আসে, সুতরাং আর ক্ষয় হয় না। ইহাতে যে তরল পদার্থ ব্যবহার হয় তাহার উপাদান নিম্নে প্রদত্ত হইল।

জল.............. ১০০ ভাগ $K_2Cr_2O_7$..........১০ ভাগ

H_2SO_4............৩০ ,, Hg_2SO_4............১ ,,

Hg_2SO_4 (মার্কিউরাস সালফেট) Zn কে এমালগাম বা পারদলিপ্ত অবস্থায় রাখিবার জন্য ব্যবহার হয়। এই সেলের কার্য্যাবলী—

সেলগঠন :—$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

ডিপোলারিজেসন :—$K_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 মিলিয়া পোটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4) ও ক্রোমিক এসিড (H_2CrO_4) উৎপন্ন হয়। এই ক্রমিক এসিডই প্রকৃত পক্ষে ডিপোলারাইজারের কার্য্য করে অর্থাৎ H_2 কে জলে পরিণত করে ও তজ্জন্য নিজে ক্রোমিক অক্সাইড (Cr_2O_3) হইয়া যায়। এই ক্রোমিক অক্সাইড পরে H_2SO_4 এর সহিত মিলিত হইয়া ক্রোমিয়াম সালফেট $Cr_2(SO_4)_3$ হয় এবং তাহা K_2SO_4 এর সহিত যুক্ত হইয়া ক্রোম-এলাম $K_2Cr_2(SO_4)_4$ নামক এক প্রকার লবণ উৎপন্ন করে যথা—

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + H_2O = 2H_2CrO_4 + K_2SO_4$$

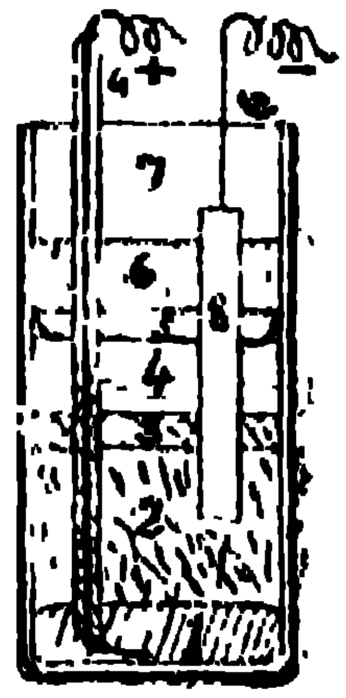
$$2H_2CrO_4 + 3H_2 = Cr_2O_3 + 5H_2O$$

$$Cr_2O_3 + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

$$K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 = K_2Cr_2(SO_4)_4$$

অতএব এই সেলে H_2SO_4 ও Zn উভয়েই ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।

ক্লার্কসেল (Clark Cell) :—ষ্ট্যাণ্ডার্ডরূপে এই সেলটি ই, এম, এফ, পরিমাপ কার্য্যে ব্যবহার হয়। বোর্ড-অফ-ট্রেড (Board of Trade) কর্ত্তৃক নির্দ্ধারিত সেলের গঠন ১৩২ চিত্রে প্রদত্ত হইল। ধারণকারী পাত্রটি একটি ২ সেন্টিমিটার চওড়া ও ৪ বা ৫ সেন্টি-মিটার লম্বা কাঁচের পাত্র। এই পাত্রের তলদেশে (১) পারদ আছে, এই পারদ পজিটিভ পোল। এই পারদের উপরে (২) একটি খুব ঘন কর্দ্দমাকার পদার্থ; এই ঘন পদার্থ জলে জিঙ্ক-সালফেট ($ZnSO_4$)কে পূর্ণমাত্রায় গুলিয়া তাহার সহিত মার্কুরাস সালফেট (Hg_2SO_4) মিশ্রিত করিয়া প্রস্তুত। এই ঘন পদার্থের উপর (৩) জিঙ্ক সালফেটের দানা ও তদুপরি (৪) পূর্ণমাত্রায় গোলা জিঙ্ক সালফেটের জল থাকে। পাত্রটিকে প্রথমতঃ (৬) কর্কের ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া তদুপরি সোডিয়াম সিলিকেট আবৃত (৭) শিরীস দ্বারা উপর দিক হইতে আবদ্ধ করা হয়। (৮) একটি দস্তা দণ্ড ইহাই নেগেটিভ পোল ও (৯) একটি কাঁচের নলদ্বারা আবৃত পারদস্পর্শি প্লাটিনাম তার, ইহাই পজিটিভ পোল। এই সেলের ১৫ C তপ্ততায় ই, এম, এফ, ১·৪৩৪ ভোল্ট এবং ইহার টেম্পারেচার কো-এফিসিয়েন্ট = ·০০০৭৭। সুতরাং t°C তপ্ততায় যদি ই, এম, এফ, হয় Et, তাহা হইলে Et = ১·৪৩৪[১—·০০০৭৭ (t—১৫)]।



চিত্র—১৩২

ক্লার্কসেলের প্রস্তুত প্রকরণ :—পারদকে ডিষ্টিল (distil) করিয়া (অর্থাৎ তাপযোগে বাষ্পীভূত করিয়া ঐ বাষ্পকে পরিষ্কার পাত্রে তরলতায় ঘনীভূত করিয়া) পরিষ্কৃত করিতে হইবে।

দস্তা (Zn) দণ্ডটির এক প্রান্তে একটি তাম্র তার ঝালিয়া, উহাকে শিরীস কাগজ দ্বারা মাজিয়া, সালফিউরিক এসিডে ডুবাইয়া, ডিষ্টিল্ড জলে ধুইয়া শুষ্ক করিয়া লইতে হইবে।

মার্কুরাস সালফেটকে পরিষ্কারের জন্য উহাকে একটি বোতলের মধ্যে জল ও একটু নির্ম্মল পারদ সহ বারকতক নাড়িয়া জল ফেলিয়া দিতে হইবে, এরূপ দুইবার করিতে হইবে।

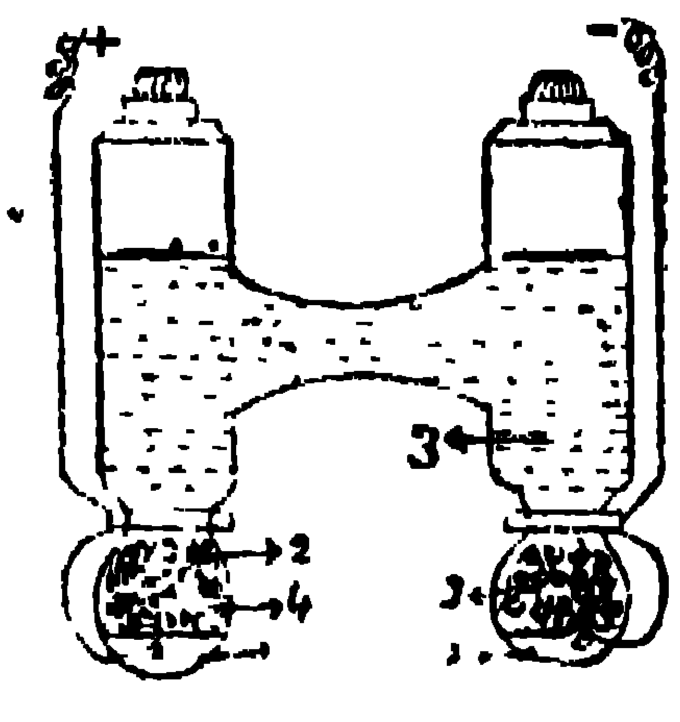
জিঙ্ক সালফেট'কে একটি পাত্রের মধ্যে অর্দ্ধেক (ওজনে) পরিমাণ ডিষ্টিল্ড জলে গুলিয়া, (যদি একটুও এসিড থাকে তাহা নষ্ট করিবার নিমিত্ত) উহার সহিত সালফেটের ওজনের দুইশতাংশ (২%) জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO) মিশ্রিত করিতে হইবে। পরে উহাকে ঈষৎ উষ্ণ (৩০°C অধিক না হয়) করিতে হইবে। তৎপরে জিঙ্ক অক্সাইডকে (এসিড নাশ করিয়া যাহা অতিরিক্ত থাকে), সালফেটে পরিণত করিবার নিমিত্ত উহাতে,

জিঙ্ক সালফেটের ওজনের অষ্টমাংশ (১২॥ %) মার্কুরাস সালফেট (যাহা পূর্ব্বমতে পরিষ্কৃত হইয়াছে) মিশ্রিত করিয়া গরম থাকিতে থাকিতে ছাকিয়া (filter) লইয়া বোতলজাত করিতে হইবে।

কর্দ্দমাকার পদার্থটি জিঙ্ক সালফেট গোলা জলে মার্কুরাস সালফেট মিশ্রিত করিয়া (যাহাতে জলে পূর্ণমাত্রায় জিঙ্কসালফেট থাকে তজ্জন্য বোতল হইতে ইহার কিছু দানা লইয়া মিশ্রিত করিতে হয়) তাহাতে একটু পারদ দিয়া নাড়িয়া নাড়িয়া প্রস্তুত হয়। এই কর্দ্দমাকার পদার্থকে ঈষৎ উষ্ণ করিয়া (৩০°C অধিক না হয়) শীতল হইবার সময় ঘণ্টাখানেক পর্য্যন্ত মধ্যে মধ্যে নাড়িতে হয়। তাহা হইলেই পূর্ণ মাত্রায় জিঙ্ক সালফেট ও মার্কুরাস সালফেট গুলিয়া যায়।

প্লাটিনাম তারের প্রান্তকে লোহিত তপ্ত করিয়া পারদের মধ্যে নিমজ্জিত করা হয়।

ওয়েষ্টন সেল (Weston Cell):—ইহাও ই, এম, এফ, পরিমাপ কার্য্যে ব্যবহার হয়। ইহার গঠন ১৩৩ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। (৫) পারদ, ইহাই পজিটিভ পোল, (৪) ঘন কর্দ্দমাকার মার্কুরাস সালফেট, ইহা ডিপোলারাইজার (১) পারদসিক্ত ক্যাডমিয়াম, ইহা নেগেটিভ পোল (২) ক্যাডমিয়োম সালফটের দানা (৩) পূর্ণমাত্রায় গোলা ক্যাডমিয়াম সালফেটের জল, ইহাই উত্তেজক। ইহাতে দুইটি ধাতব অঙ্গুরীয় আছে, একটি পারদের সহিত অপরটি ক্যাডমিয়ামের সহিত সংযুক্ত, সুতরাং ইহারাই সেলের পোলদ্বয়। এই সেলের

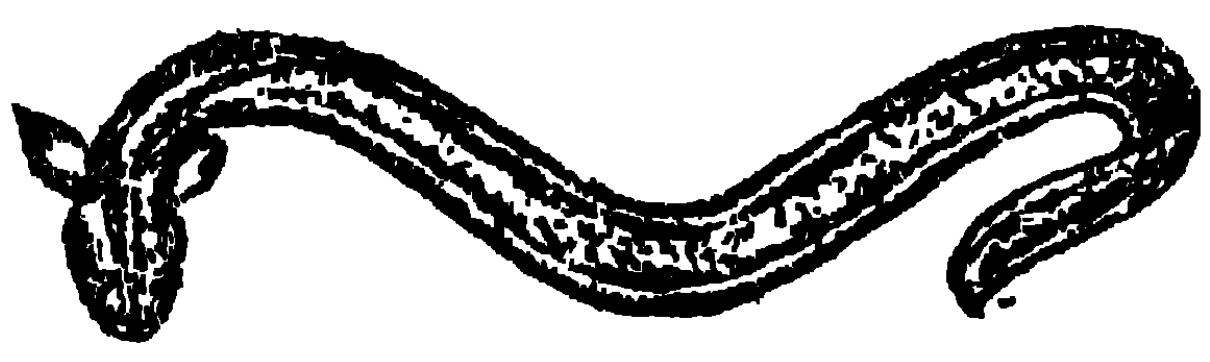


চিত্র—১৩৩

ই, এম, এফ, ২০°C তপ্ততায় ১·০১৮৪ ভোল্ট (International Volt) এবং t°C তপ্ততায় যদি ই, এম, এফ, হয় Et, তাহা হইলে

$$t = ১·০১৮৪ - ·০০০০৪০৬(t-২০) - ·০০০০০০৯৫(t-২০)^২ + ·০০০০০০০১(t-২০)^৩$$

এক প্রকার সামুদ্রিক মৎস্য (চিত্র ১৩৪) আছে যাহাদের মাথা হইতে লেজ পর্য্যন্ত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র সেলে পরিপূর্ণ। এই সেলগুলির সংখ্যা এত অধিক যে, উহাকে স্পর্শ করিবামাত্র "শক" লাগে। এই গুণ দ্বারাই ঐ মৎস্য আক্রমণকারী হইতে রক্ষা লাভ করে।



চিত্র—১৩৪

সপ্তম পরিচয়।

বাধা বা রেজিষ্ট্যান্স (Resistance) :—বিদ্যুৎকে প্রবাহিত হইতে হইলে উহার গন্তব্য পথের বাধাকে অতিক্রম করিতে হয়। সুতরাং এই বাধা যত অধিক হইবে বিদ্যুৎ প্রবাহের বেগ (Current strength) ততই কম হইবে। এই বাধা পরিমাপের একক 'ওম' (Ohm)। ০°C তপ্ততায় ১ বর্গ মিলিমিটার চওড়া ১০৬·৩ সেন্টিমিটার লম্বা পারদ স্তম্ভের বাধা ১.ওম বা ৫০ গজ ২৫ B. W. G. তামার তারের বাধা প্রায় ১ ওম। 'হোয়েটষ্টোন ব্রিজ' (Wheastone Bridge) বা 'ওমমিটার' (Ohmmeter) দ্বারা বাধা মাপা হয়।

বাধার নিয়ম (Law of Resistance) :—

(১) পথের বাধা উহার দৈর্ঘ্য অনুপাতে হয়, অর্থাৎ দৈর্ঘ্য যত অধিক হইবে বাধাও সেই অনুযায়ী অধিক হইবে।

(২) পথের বাধা উহার আড়কর্ত্তনের বিস্তৃতির (Cross sectional area) বিরূপ ভাবের হয় অর্থাৎ পথটি যত চওড়া হইবে বাধা ততই কম হইবে।

(৩) ইহা পথের পদার্থটির 'বস্তুগত বাধা' দিবার ক্ষমতার (Specific Resistance) উপর নির্ভর করে। বিভিন্ন প্রকার পদার্থের বাধা দিবার ক্ষমতাও বিভিন্ন। কোন পদার্থের ঘন ১ সেন্টিমিটারের (a Centimeter Cube) বাধা দিবার ক্ষমতাকে 'স্পেসিফিক রেজিষ্ট্যান্স' বা 'বস্তুগত বাধা' বলে। যে সকল বস্তুর স্পেসিফিক রেজিষ্ট্যান্স অতি অল্প যেমন ধাতব পদার্থাদি, তাহাদিগকে পরিচালক বলে। পরিচালকদিগের বস্তুগত বাধা সেইজন্য 'মাইক্রোম' (Microhm) অর্থাৎ $\frac{১}{১০০০০০০}$ ওম দ্বারা মাপা হয়। তরল পদার্থাদির বস্তুগত বাধা খুব বেশীও নয়, কমও নয়। সেই

বস্তুগত বাধার তালিকা।

পদার্থের নাম	মাইক্রোমে বস্তুগত বাধা প্রতি ঘন ১ সেমি (Legal Microhm)	টেম্পারেচার এফিসিয়েন্ট "a" Rt = Ro (I +
রূপা (Silver)	১·৪৬৮	·০০৪৪
তাম্র (Copper annealed)	১·৫৬	·০০৩৯
„ (Hard drawn)	১·৬২	·০০৩৮
লৌহ	৯·০৬	·০০৭৭
নিকেল	২২·৬৩	·০০৪৯
সীসা	২০·৪	·০০৪২
পারদ	৯৪	·০০০৭৫
প্লাটিনাম	১০·৯৬	·০০৩৭
জার্ম্মান সিলভার	৩১	·০০০৪
প্লাটিনয়েড	৪২	·০০০২২
ম্যাঙ্গানিন	৪৩	·০০০০০৬
টাংষ্টেন	৫·৫১	·০০৪৫
দস্তা	৫·৭৫	·০০৩৭
পিত্তল	৭	·০০২
<u>তরল</u>	<u>ওম</u>	
জল ৪°C	৯×১০^{৬}	
„ ১৫°C	৩×১০^{৬}	
সালফিউরিক এসিড ৫ % ১৮°C	৪·৮৮	
„ „ ২০ % „	১·৫৬	
তুঁতের জল (Sturated))	৩০	
<u>অপরিচালক</u>	<u>মেগোম</u>	
পোর্সীলেন	৩×১০^{৯}	
গালা (Shellac)	৯×১০^{৯}	
রজন	৫×১০^{১০}	
অভ্র (রংহীন)	২×১০^{১১}	
কাঁচ	২×১০^{৭}	
বায়ু	∞	

ঘন এক ইঞ্চির বাধা = ·৩৯০৭ × ঘন ১ সেমি বাধা।

জন্য উহা 'ওম' দ্বারা পরিমিত হয়। যাহাদের বস্তুগত বাধা অত্যন্ত অধিক তাহাদিগকে অপরিচালক বলে এবং তাহাদের বেলায় ইহা 'মেগোম' (Megohm) অর্থাৎ ১০০০,০০০ ওম দ্বারা মাপা হয়।

দ্রষ্টব্য—পরিচালকতা (Conductivity) বা কোন বস্তুর নিজের মধ্য দিয়া প্রবাহ চালাইবার ক্ষমতা উহার বাধার উপর বিরূপ ভাবে নির্ভর করে। অর্থাৎ উহা যত অধিক বাধাদায়ক হইবে উহার পরিচালকতা ততই কম হইবে। সুতরাং ইহা $\frac{১}{বাধা}$ বা $\frac{১}{ওম}$ দ্বারা পরিমিত হয় ও ইহাকে 'মো' (Mho, Ohm কথাটি উল্টাইয়া) বলে। অতএব পরিচালকতা বা মো $= \frac{১}{ওম}$।

বাধার উপর তাপের ফল (Effect of temperature on resistance) :—বস্তুদিগের বাধা দিবার বা পরিচালনা করিবার ক্ষমতা তপ্ততার উপর নির্ভর করে। পরিচালকদিগের রোধ-ক্ষমতা তপ্ততা বৃদ্ধিতে কমিয়া যায়, এমন কি কোন কোন অপরিচালক খুব গরম হইলে ভাল পরিচালকে পরিণত হয়। যথা—১০°F তপ্ততা বৃদ্ধি হেতু তামার বাধা ২% বাড়িয়া যায় আর অপরিচালক গাটাপার্চ্চার বাধা কমিয়া প্রায় অর্দ্ধেক হইয়া যায় ; ২০°F তপ্ততা বৃদ্ধি হেতু তামার বাধা প্রায় ৪·২% বাড়ে ও গাটাপার্চ্চার বাধা কমিয়া প্রায় ($\frac{১}{৫}$) পঞ্চমাংশ হয়। ম্যাঙ্গানিন্ (Manganin—৮৪% তামা + ১২% ম্যাঙ্গানিজ + ৪% নিকেল) নামক একটি মিশ্র ধাতুর বাধা 0°Cহইতে ৩৪°C মধ্যে অতি অল্প বৃদ্ধি হয় ও তারপর কমে, কিন্তু এই পরিবর্ত্তন এত অল্প যে তাহা অগ্রাহ্য করা যাইতে পারে, সেইজন্য পরীক্ষা কার্য্যে ইহা ষ্ট্যাণ্ডার্ড রূপে ব্যবহার হয়। জার্ম্মাণ সিলভার (German Silver—৪ তামা + ১ দস্তা + ২ নিকেল) ও প্লাটিনয়েড্ (Platinoid—৫৯% তামা + ২৫·৫% দস্তা + :৪% নিকেল + ১·৫% টাংষ্টেন) নামক মিশ্র ধাতু দুইটিরও তপ্ততা হেতু বাধা পরিবর্ত্তন অতি অল্প হয়।

ধাতুদিগের তপ্ততার সহিত বাধার নিম্নলিখিত সম্বন্ধটি পাওয়া যায়—
$R_t = R_o (1 + at + bt^2)$, R_t = t°Cএর বাধা R_o = 0°Cএর বাধা,

t = তপ্ততা, a ও b কোনও নির্দ্দিষ্ট ধাতুর বেলায় অপরিবর্ত্তনীয় কিন্তু বিভিন্ন ধাতুর সময় ইহা একটু বদলাইয়া যায়। এই সম্বন্ধটিতে b অতি অল্প সেইজন্য ইহাকে ত্যাগ করিয়া এই সহজ সম্বন্ধটি লওয়া হয়:—

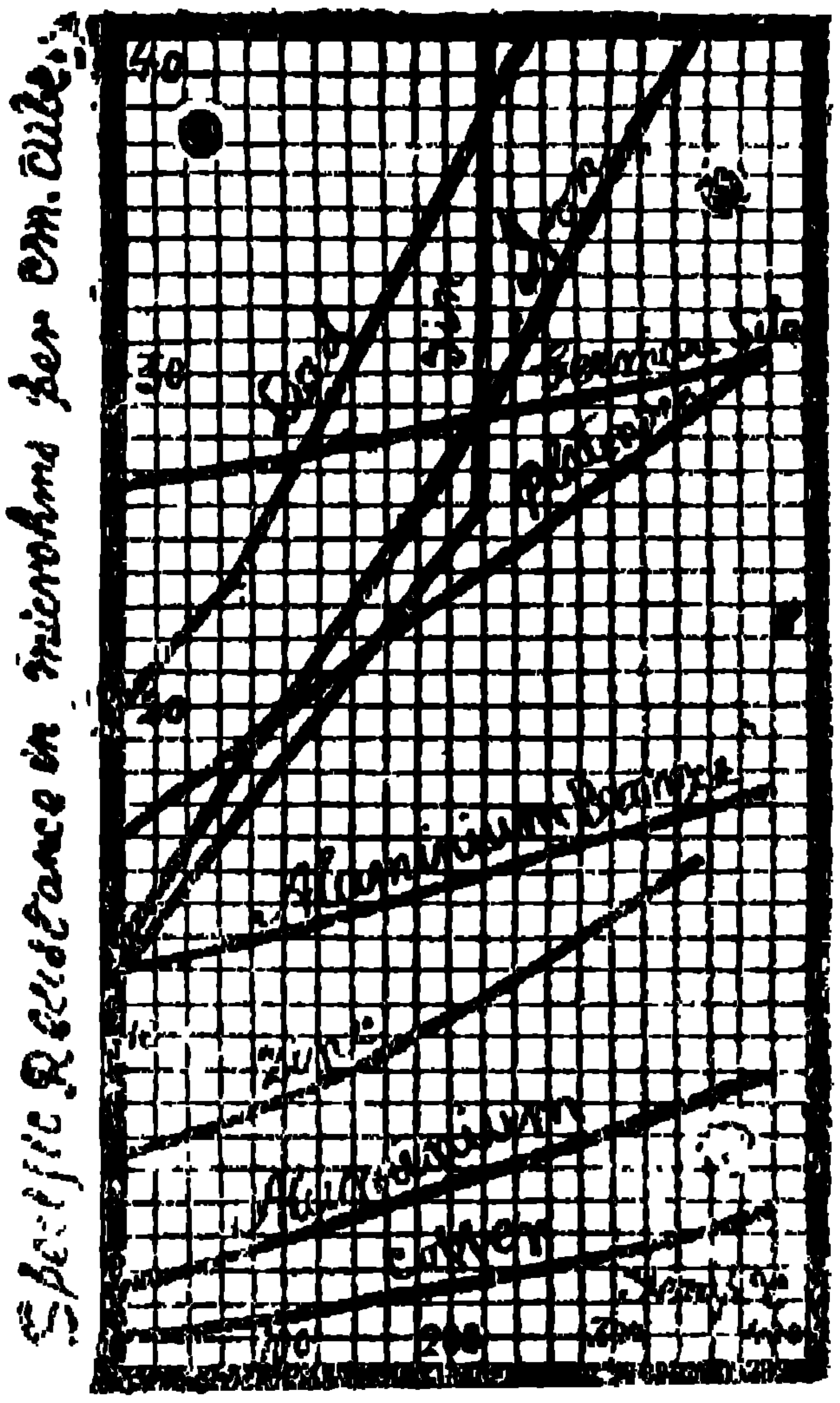
$$R_t = R_o\ (1 + at)$$

aকে টেম্পারেচার কো-এফিসিয়েণ্ট (Temperature Co-efficient) বা বাধা পরিবর্ত্তন-হার বলে, ইহা একক বাধার ১°C তপ্ততা হেতু বৃদ্ধিকে বুঝায়। নির্ম্মল ধাতুদিগের পক্ষে দেখা যায় যে a = ·০০৩৮, কেবলমাত্র পারদের পক্ষে ·০০০৮।

ইহা হইতে অনুমান হয় এবসোলিউট শূন্য ডিগ্রিতে (−২৭৩°C) নির্ম্মল ধাতুদিগের বাধা থাকিবে না, অবশ্য যদি ঐ টেম্পারেচার পর্য্যন্ত ঠাণ্ডা করা অবধি বাধার টেম্পারেচার কো-এফিসিয়েণ্ট ঠিক এইরূপ থাকে। কিন্তু কার্য্যতঃ তাহা ঘটে না, যথা—প্লাটিনামের পক্ষে দেখা গিয়াছে −২০০°Cএর নিকট তপ্ততা হ্রাস হেতু উহার যে পরিমাণে বাধা হ্রাস হয় −২৫০°C এর নিকট তদপেক্ষা অনেক কম পরিমাণে হয়, আবার লৌহের পক্ষে দেখা যায় যে −২৫৩°C এর অবস্থার বাধা −১৯০°C এর বাধার অপেক্ষা অধিক।

মিশ্র ধাতু:—মিশ্র ধাতুদিগেরও তপ্ততা বৃদ্ধির সহিত বাধাবৃদ্ধি হয় বটে, কিন্তু নির্ম্মল ধাতুদিগের সহিত তুলনায় অতি অল্প পরিমাণে। যথাঃ—জার্ম্মাণ সিলভারের a = ·০০০৪৪ (অর্থাৎ নির্ম্মল ধাতুর প্রায় $\frac{1}{9}$ ভাগ)। মিশ্র ধাতুদিগের বাধা নির্ম্মল ধাতু অপেক্ষা অনেক অধিক কিন্তু টেম্পারেচার কো-এফিসিয়েণ্ট অর্থাৎ তপ্ততা হেতু পরিবর্ত্তন অতি অল্প, সেইজন্য ইহাদিগকে অধিক-বাধা মাপক যন্ত্রে (High resistance measuring instruments) ও বাধাদায়ক কয়েলে (Standard resistance coil) ব্যবহার করা হয়, যেহেতু ব্যবহারকালে প্রবাহ জনিত উত্তাপে গরম হইলেও বাধা প্রায় অপরিবর্ত্তিত থাকে।

কার্ব্বন (Carbon) ও অপরিচালক :—তপ্ততা বৃদ্ধিতে ইহাদিগের বাধা কমিয়া যায়, অর্থাৎ উহাদিগের টেম্পারেচার কো-এফিসিয়েন্ট নেগেটিভ বা বিয়োগবাচক। কার্ব্বন ফিলামেন্ট বাতির কার্ব্বনের শীতল অবস্থার বাধা উত্তপ্ত অবস্থার বাধার ১'৬—২'৪ গুণ। দেখা গিয়াছে একটি সাধারণ ঐরূপ বাতির শীতল অবস্থার বাধা ছিল ৬০০ ওম, এবং ভোল্টেজ বা চাপ বাড়াইতে থাকিলে তাহার বাধা ক্রমশঃ কমিয়া ৭৫ ভোল্টে ২৮৮ ওমে পরিণত হইয়াছিল, এবং ৯০ ভোল্ট হওয়া পর্য্যন্ত ইহা ঐরূপ ছিল, পরে ১৪০ ভোল্টে কমিয়া ২৯৩ ওম হইয়াছিল। গাটাপার্চ্চা ও ইণ্ডিয়া রবারের (India Rubber) 0°C এর বাধা 24°C এর বাধার যথাক্রমে ২৪ ও ৪ গুণ। 'জির্কোনিয়া' (Zirconia) নামক পদার্থটি সাধারণ তপ্ততায় অপরিচালক কিন্তু অধিক তপ্ততায় পরিচালক। ইহা নার্ষ্ট (Nernst) বাতিতে 'থোরিয়া'র সহিত (Thoria) মিশ্রিত হইয়া ব্যবহৃত হয়। জির্কোনিয়া জির্কোনিয়ামের অক্সাইড ও থোরিয়া থোরিয়ামের অক্সাইড। কতকগুলি বস্তুর তপ্ততার সহিত বাধার সম্বন্ধ ১৩৫ চিত্রে প্রদর্শিত হইল।



চিত্র—১৩৫

দ্রষ্টব্য। কোন বস্তুর বাধা উহার আণবিক অবস্থা, ঘনতা, নির্ম্মলতা, কাঠিন্য প্রভৃতির উপর নির্ভর করে। দেখা গিয়াছে তামার ঘনতা কমাইলে উহার বাধা বাড়িয়া যায়। তার গুলি চাপ প্রাপ্ত হইয়া কড়া হইলে বাধা বাড়িয়া যায়। নির্ম্মল ধাতুর বাধা অপেক্ষা মিশ্র ধাতুদিগের বাধা সবসময়েই অধিক।

বাধা সম্পর্কীয় হিসাব :—আমরা বাধার প্রথম নিয়ম হইতে দেখিতে পাই যে, $R \propto l$ এবং দ্বিতীয় নিয়ম হইতে দেখিতে পাই যে $R \propto \frac{1}{a}$, (l—পথের দৈর্ঘ্য ও a = পথের আড়কর্ত্তনের বিস্তৃতি)। সুতরাং এই দুইটিকে একত্র করিলে $R \propto \frac{l}{a}$ বা $R = K \times \frac{l}{a}$, (K = কোন অপরিবর্ত্তনীয় সংখ্যা)। এখন যদি l = ১ সেমি ও a = ১বর্গ সেমি হয়, তাহা হইলে $R = K$, সুতরাং K = পথের পদার্থের বস্তুগত বাধা। এই বস্তুগত বাধাকে যদি S লেখা যায় তাহা হইলে $R = S\frac{l}{a}$ ।

অনেক সময়ে ঘন এক ইঞ্চির বাধাকে S ধরা হয়, ঘন ১ সেমির বাধাকে ·৩৯০৭ দিয়া গুণ করিলে ঘন এক ইঞ্চির বাধা পাওয়া যায়। তারের দৈর্ঘ্য সচরাচর ফুট বা গজ দ্বারা মাপা হয় এবং তালিকাতেও এই হিসাবেই উহার বাধা দেওয়া থাকে। তারের স্থূলতা উহার আড়কর্ত্তনের বিস্তৃতি দ্বারা মাপা হয়। গোল তারের পক্ষে এই আড়কর্ত্তনের বিস্তার কখনও বর্গ ইঞ্চি কখনও বা 'সার্কুলার মিল' (Circular mil) দ্বারা মাপা হয়।

সার্কুলার মিল (Circular mil) :—মিলে পরিমিত ব্যাসের বর্গকে তারের সার্কুলার মিলে স্থূলতা ধরা হয়। $\frac{১}{১০০০}$ বা ·০০১ ইঞ্চিকে মিল বলে। সুতরাং যদি একটি তারের ব্যাস হয় ৪ মিল বা ·০০৪ ইঞ্চি, উহার স্থূলতা ৪ × ৪ = ১৬ সার্কুলার মিল, অথবা যদি ব্যাস হয় $\frac{১}{৪}$ বা ·২৫ ইঞ্চি তাহা হইলে ·২৫ ইঞ্চি = ২৫০ মিল, সুতরাং স্থূলতা = ২৫০ × ২৫০ = ৬২৫০০ সার্কুলার মিল। সার্কুলার মিলে স্থূলতা মাপিতে হইলে মাইক্রোমিটার (Micrometer) দ্বারা মিলে উহার ব্যাস মাপিয়া লইয়া তাহাকে বর্গ করিয়া লইতে হয়।

চতুষ্কোণ আড়কর্ত্তনের তারের স্থূলতা বর্গ বা স্কয়ার মিল (Square mil) দ্বারা পরিমিত হয়। ১ স্কয়ার মিল বলিতে ১ মিল লম্বা ও এক মিল চওড়া চৌকা বিস্তৃতিকে বুঝায়। যেহেতু বৃত্তের বিস্তৃতি = $\frac{\pi D^2}{4}$ = ·৭৮৫৪ D^2, ১ সার্কুলার মিল =

·৭৮৫৪ স্কয়ার মিল। যথা—একটি তাম্রপাত পরিচালকের আড়কর্ত্তন ১ ইঞ্চি × $\frac{১}{৮}$ ইঞ্চি। স্কয়ার মিলে ও সাকুলার মিলে ইহার স্থূলতা কত ?

$\frac{১}{৮}$ ইঞ্চি = $\frac{১০০০}{৮}$ = ১২৫ মিল, ∴ স্কোয়ার মিলে স্থূলতা = ১০০০ × ১২৫ = ১২৫০০০

∴ সাকুর্লার মিলে স্থূলতা = ১২৫০০০ ÷ ·৭৮৫৪ = ১৭১৮৮৭।

মিল ফুট—(Mil foot) :—১ মিল ব্যাসের ১ ফুট লম্বা তারকে ১ মিল ফুট বলে : ১ মিল ফুট অমিশ্র তামার তারের ৭৫° F তপ্ততায় বাধা = ১০·৭৯ ওম, সুতরাং তামার যে কোন তারের বাধা = $\frac{\text{ফুটে তারের দৈর্ঘ্য} \times ১০·৭৯}{\text{সাকুর্লার মিল}}$ ওম। যথা—৫০০ গজ লম্বা ২৫০ সাকুর্লার মিল মোটা তারের বাধা কত হইবে ?

বাধা = $\frac{৫০০ \times ৩ \times ১০·৭৯}{২৫০}$ = ৬৪·৭৪ ওম।

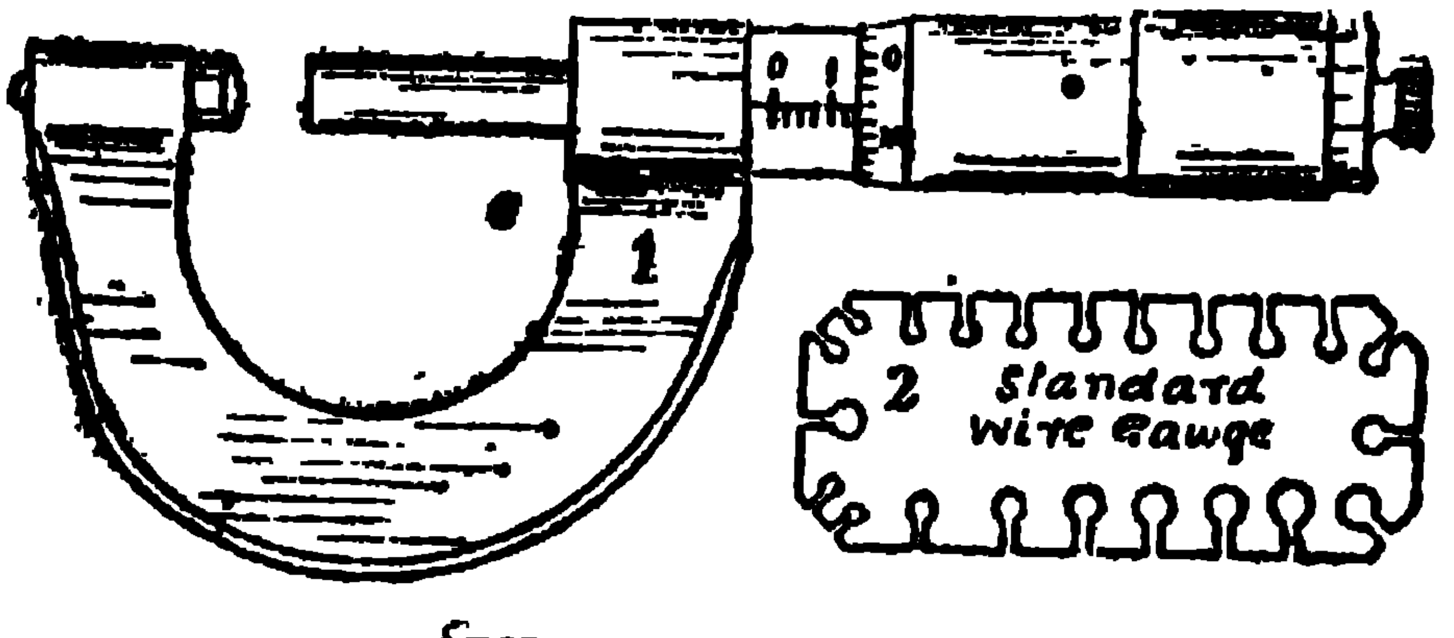
ইহা হইতে তারের স্থূলতাও পাওয়া যায়।

সাকুর্লার মিল = $\frac{\text{ফুটে তারের দৈর্ঘ্য} \times ১০·৭৯}{\text{ওম}}$

যথা—৫০০ গজতারের যদি বাধা ৬৪·৭৪ ওম হয় তাহা হইলে উহার স্থূলতা কত হইবে ?

সাকুর্লার মিল = $\frac{৫০০ \times ৩ \times ১০·৭৯}{৬৪·৭৪}$ = ২৫০।

মিল হিসাবে তারের বা পাতের স্থূলতা মাপিবার জন্য মাইক্রোমিটার স্ক্রু-গেজ (Micrometer screw gauge) ব্যবহার হয়। এই স্ক্রু গেজ ১৩৬— চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে $\frac{১}{১০০০}$ ইঞ্চি পর্য্যন্ত মাপা যায়। ইহা একটি প্রবিভাজক (Vernier) যন্ত্র বিশেষ। ইহাতে দণ্ডটিতে ১ ইঞ্চিকে ৪০টি ভাগে বিভক্ত করা আছে। এই দণ্ডটির উপর একটি চোঙ্গকে ঘুরাইতে পারা যায়। এই চোঙ্গের দর্শিত শেষভাগটি ২৫ ভাগে বিভক্ত এবং ভিতরে এরূপভাবে স্ক্রুর বন্দোবস্ত আছে যে চোঙ্গকে পুরাপুরি ১ পাক বা ২৫ দাগ ঘুরাইলে উহা দণ্ডের উপর ১ ঘর বা $\frac{১}{৪০}$ ইঞ্চি চালিত হয়। সুতরাং চোঙ্গকে উহার ছোট ছোট দাগের এক দাগ ঘুরাইলে উহা দণ্ডের উপর $\frac{১}{৪০} \times \frac{১}{২৫} = \frac{১}{১০০০}$ ইঞ্চি চালিত হয়। কোন কোন স্ক্রু গেজে চোঙ্গ ২৫ দাগেই বিভক্ত ও দণ্ড ২০ দাগে বিভক্ত থাকে। ইহাদিগের বেলায় দেখা যাইবে



চিত্র—১৩৬, ১৩৭

যে চোঙ্গকে দুই পাক ঘুরাইলে তবে উহা দণ্ডের উপর এক দাগ চালিত হয়, সুতরাং এক পাক বা ২৫ দাগ ঘুরাইলে উহা দণ্ডের উপর $\frac{১}{২০} \times \frac{১}{২} = \frac{১}{৪০}$ ইঞ্চি চালিত হয় অর্থাৎ চোঙ্গের ছোট এক দাগ ঘুরাইলে উহা $\frac{১}{৪০} \times \frac{১}{২৫} = \frac{১}{১০০০}$ ইঞ্চি চালিত হয়। এই চোঙ্গটি চলিবার সহিত সম্মুখীন দণ্ডটি চালিত হয়, সুতরাং চোঙ্গটির ১দাগ ঘূর্ণন হেতু সম্মুখীন দণ্ড $\frac{১}{১০০০}$ ইঞ্চি চালিত হয়। কোন্ তারের ব্যাস মিল হিসাবে মাপিতে হইলে প্রথমতঃ দুই মুখকে ঠেকাইয়া দিয়া দেখিতে হয় চোঙ্গের কোন্ দাগ দণ্ডের কোন্ দাগের সহিত মিলিয়াছে,—যন্ত্রের দোষ না থাকিলে চোঙ্গের • চিহ্নিত দাগ দণ্ডের • চিহ্নিত দাগের সহিত ভজিয়া যাইবে। পরে তারটিকে আটকাইতে হইলে দণ্ডের উপর চোঙ্গ পুরাপুরি কত দাগ সরিয়া আসিয়াছে তাহা দেখিতে হয়, এরূপ যতগুলি দাগ হইবে ততগুলি $\frac{১}{২০}$ ইঞ্চি হইল এবং চোঙ্গের যে দাগটি দণ্ডের সহিত প্রথম মিলিয়াছিল সেই দাগটি চোঙ্গের সহিত ছোট ছোট ভাগের কত ভাগ ঘুরিয়া গিয়াছে তাহা দেখিতে হয়। এইরূপ যতগুলি ভাগ ঘুরিয়া গিয়াছে ততগুলি $\frac{১}{১০০০}$ ইঞ্চি হইল। এই দুইটিকে যোগ করিলে তারের স্থূলতা পাওয়া যাইবে। যথা—চিত্রে চোঙ্গ দণ্ডের উপর পূর্ণ পাঁচ দাগ ও চোঙ্গের তিন দাগ ঘুরিয়াছে, সুতরাং মুখদ্বয়ের মধ্যে ব্যবধান বা তারের স্থূলতা $= \frac{৫}{২০} + \frac{৩}{১০০০} = \frac{২৫০}{১০০০} + \frac{৩}{১০০০} = \frac{২৫৩}{১০০০}$ ইঞ্চি বা ২৫৩ মিল।

তারের স্থূলতা সহজে উহার গেজ (Gauge) দ্বারা পরিমিত হয়। বিভিন্ন তার প্রস্তুতকারকগণের বিভিন্ন গেজ আছে, তন্মধ্যে যে কয়েকটী গেজ সাধারণতঃ প্রচলিত তাহাদের পরিমাপ তালিকায় প্রদত্ত হইল। এই তালিকা হইতে দৃষ্ট হইবে যে গেজ যত বাড়িতে থাকে তারের স্থূলতা ততই কমে। অনেক স্থলে মোটা তার ব্যবহার করিতে হইলে বাঁকাইবার সময় যাহাতে উহা নরম হয় এবং ভাঙ্গিয়া না যায় সেইজন্য একটি মোটা তার ব্যবহার না করিয়া কতকগুলি সরু গেজের তার একত্র ব্যবহার করিতে হয়। এইরূপ তারের গেজ এই ভাবে লেখা হয় যথা—$\frac{৭}{১৬}$ কেব্‌ল (cable), ইহাতে বুঝিতে হইবে যে ১৬ গেজের ৭টী তার একত্র আছে। সুতরাং ১৬ গেজের একটি তারের যে আড়কর্ত্তনের বিস্তৃতি, ইহার বিস্তৃতি তাহার ৭ গুণ কিন্তু ইহার বাধা ঐ ৭ গুণ বিস্তৃতির একটি তারের বাধা অপেক্ষা প্রায় ৩% অধিক।

তারের গেজ সচরাচর ধারে কাটা দাগ বিশিষ্ট একটি চাকতি সাহায্যে দৃষ্ট হয়। বিভিন্ন তার প্রস্তুতকারকগণের গেজ বিভিন্ন বলিয়া তাঁহারা নিজেদের গেজ অনুযায়ী চাকতি প্রস্তুত করেন। এই বিভিন্ন প্রকারের গেজ চাকতি বাজারে পাওয়া যায়। এরূপ একটি আমেরিকান ব্রাউন এ্যাণ্ড সার্প (American standard বা Brown and Sharp, B & S) গেজের চাকতি ১৩৭ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ঐ চাকতির ধারে ধারে কাটা দাগগুলির পাশে গেজের সংখ্যা লেখা থাকে। যে তারের গেজ জানিতে হইবে তাহাকে দেখিতে হইবে ঐ চাকতির কোন্ কাটা দাগের মধ্যে ঠিক ফিট করে, সেই ঘরের গেজই তারের গেজ।

তারের গেজের তালিকা (ইঞ্চিতে পরিমিত ব্যাস)।

গেজ সংখ্যা	আমেরিকান ষ্ট্যাণ্ডার্ড গেজ (B & S)	বিরমিংহাম (B.W.G.)	ওয়াস বারন এ্যাণ্ডমোয়েন (W& MG	টেনটম (N. T.)	G. W. Prenties	বৃটিশ ষ্ট্যাণ্ডার্ড (S.W.G.)
০০০	·৪০৯৬৪	·৪২৫	·৩৬২	·৩৬০	·৩৫৮৬	·৩৭২
০০	·৩৬৪৮০	·৩৮০	·৩৩১	·৩৩০	·৩২৮২	·৩৪৮
০	·৩২৪৮৬	·৩৪০	·৩০৭	·৩০৫	·২৯৯৪	·৩২৪
১	·২৮৯৩০	·৩০০	·২৮৩	·২৮৫	·২৭৭৭	·৩০০
১২	·০৮০৮০৮	·১০৯	·১০৫	·১০৫০	·১০৬৫	·১০৪
১৪	·০৬৪ ৮৪	·০৮৩	·০৮০০	·০৮০০	·০৮১৬	·০৮০০
১৬	·০৫০৮২০	·০৬৫	·০৬৩০	·০৬১০	·০৬২৭	·০৬৪০
১৮	·০৪০৩০৩	·০৪৯	·০৪৭০	·০৪৫০	·০৪৭৮	·০৪৮০
১৯	·০৩৫৮৯০	·০৪২	·০৪১০	·০৪০০	·০৪১১	·০৪০০
২০	·০৩১৯৬১	·০৩৫	·০৩৫০	·০৩৫০	·০৩৫১	·০৩৬০
২১	·০২৮৪৬২	·০৩২	·০৩২০	·০৩১০	·০৩২১	·০৩২০
২২	·০২৫৩৪৭	·০২৮	·০২৮০	·০২৮০	·০২৯০	·০২৮০
২৩	·০২২৫৭১	·০২৫	·০২৫০	·০২৫০	·০২৬১	·০২৪০
২৪	·০২০১০০	·০২২	·০২৩০	·০২২৫	·০২৩১	·০২২০
২৮	·০১২৬৪১	·০১৪	·০১৬০	·০১৬০	·০১৭০	·০১৪৮
৩৬	·০০৫০০০	·০০৪	·০০৯০	·০০৯০	·০১০০	·০০৭৬

এই তালিকায় তারের স্থূলতা নির্দ্ধারণের জন্য উহার গেজের পরিমাপ দেওয়া হইয়াছে। এখনও পর্য্যন্ত তারের কোন দৈর্ঘ্য হেতু কি বাধা হইবে সে বিষয় কিছু বলা হয় নাই। যদি এই তালিকা সাহায্যে বাধা বাহির করিতে হয় তাহা হইলে তাহা কিছু গণনা সাপেক্ষ। কারণ $R = S\frac{l}{a}$ এই সম্বন্ধ দ্বারা বস্তুগত বাধার তালিকা হইতে S এর পরিমাণ ও উল্লিখিত তালিকা হইতে ব্যাস লইয়া তাহা হইতে a বাহির করিয়া গণনা করিতে হইবে। এত পরিশ্রম না করিয়া বাধা নির্ণয়ের গেজ অনুযায়ী তামার তারের বাধার তালিকা নিম্নে প্রদত্ত হইল। এই তালিকা হইতে তারের ওজনও পাওয়া যায় এবং কি পরিমাণ প্রবাহ নির্ব্বিঘ্নে দেওয়া যায় (Safe Current) ও কি প্রবাহ দ্বারা গলিয়া যাইবার সম্ভাবনা (Fusing Current) সে সমস্তই এই তালিকা হইতে পাওয়া যায়। প্রবাহ গমন কালে প্রবাহ দ্বারা তাপোৎপত্তি হেতু সকল তারই গরম হইয়া উঠে। এই তাপের পরিমাণ প্রবাহ বেগের উপর নির্ভর করে। সুতরাং যদি প্রবাহ বেগ অধিক হয় তাহা হইলে অধিক উত্তাপ উৎপন্ন হইবে ও তার সরু হইলে তারের পদার্থ পরিমাণ কম সুতরাং উহার তপ্ততা বৃদ্ধি অধিক হইবে এবং যেহেতু তারটি সরু উত্তাপ 'প্রসারণ' (Radiation) দ্বারা নির্গত হইবার স্থান অল্প পাইবে, সুতরাং তারটি গরম হইয়া গলিয়া যাইবার সম্ভাবনা। কিন্তু যদি তারটি মোটা হয় তাহা হইলে উহার পদার্থের পরিমাণ অধিক, সুতরাং উহার তপ্ততা বৃদ্ধি কম হইবে আবার প্রসারণের স্থানও অধিক পাইবে, সুতরাং উত্তাপ দ্রুত নির্গত হইয়া যাইবে, সুতরাং তারটি জ্বালিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে না। এই জন্যই কিরূপ তার দিয়া কতটা প্রবাহ নির্ব্বিঘ্নে যাইতে পারে ও কতটা প্রবাহ দ্বারা তার গলিয়া যাইবার সম্ভাবনা সেগুলি জানা প্রয়োজন বলিয়া উহাদিগকে তালিকাভুক্ত করা হইয়াছে।

আমেরিকান B & S গেজ (তামার তারের) বাধা ইত্যাদি

গেজ	ওজন ১০০০ ফুটের	ওমে বাধা ১০০০ ফুটের	নির্ব্বিঘ্ন প্রবাহ	নির্ব্বিঘ্ন প্রবাহ
আমেরিকান (B & S)		২০ C	রবার আবৃত	অন্য অপরি-চালক আবৃত
০০০০	৬৪০'৫	'০৪৯	২০০	৩০০
০০০	৫০৭'৯	'০৬১৮	১৭৫	২৭৫
০০	৪০২'৮	'০৭৭৯৩	১৪০	২২৫
০	৩১৯'৫	'০৯৮২৭	১২৫	২০০
১	২৫৩'৩	'১২৩৯	১০৫	১৫০
২	২০০'৯	'১৫৬৩	০	১২৫
৩	১৫৯'৩	'১৯৭	৭৮	১০০
৪	১২৬'৪	'২৪৮৫	৬৮	৯২
৫	১০০'২	'৩১৩৩	৫৫	৮০
৬	৭৯'৪৬	'৩৯৫১	৪৮	৭২
৮	৫০	'৬২৮২	৩৪	৪৮
১০	৩১'৪৩	'৯৯৮৯	২৪	৩০
১২	১৯'৮	১'৫৮৮	১৮	২৪
১৪	১২'৪৩	২'৫২৫	১৪	২০
১৬	৭'৮২	৪'০১৬	৬	১০
১৮	৪'৯২	৬'৩৮৫	৩	৫

এলুমিনিয়াম তার তামার ৮৪% অংশ বহনক্ষম। গলনের প্রবাহ (Fusing Current), যে প্রবাহ দ্বারা তার গরম হইয়া গলিয়া যাইতে পারে তাহা $C = A\,d^{\frac{3}{2}}$ এই সম্বন্ধ হইতে পাওয়া যায়, এই সম্বন্ধ C = গলনের প্রবাহ, d = ইঞ্চিতে তারের ব্যাস, A = অপরিবর্ত্তনীয় সংখ্যা যাহা তারের পদার্থের উপর নির্ভর করে। বিভিন্ন ধাতুর A প্রদত্ত হইল— তামা = ১০২৪৪, এলুমিনিয়ম = ৭৫৮৫, প্লাটিনাম = ৫১৭২, জার্ম্মান সিলভার = ৫২৩০, প্লাটিনয়েড = ৪৭৫০, লৌহ = ৩১৪৮, সীসা = ৩১৭৯, মিশ্রধাতু (সীসা ২ ভাগ, টিন ১ ভাগ) = ১৩১৮।

এই অবধি যাহা কিছু বলা হইয়াছে তাহাতে কেবলমাত্র তামার তারের বাধা পাওয়া যায়, এই তামার তারই সচরাচর ব্যবহৃত হয়। কিন্তু যদি তারটি তামার না হইয়া অন্য ধাতুর হয় তাহা হইলে $R = S \times \frac{l}{a}$ এই সম্বন্ধ হইতে হিসাব করিয়া উহার বাধা বাহির করিতে হয়।

ইহা অতি পরিশ্রম সাপেক্ষ বলিয়া নিম্নে একটি গুণক তালিকা প্রদত্ত হইল। এই তালিকাতে গেজের সহিত গুণক দেওয়া আছে। এই গুণক দ্বারা কোনও ধাতুর মাইক্রোমে বস্তুগত বাধাকে গুণ করিলে ঐ ধাতুর ঐ গেজের তারের বাধা ওমে পাওয়া যাইবে। যথা:—১ মিটার ২৩ গেজ তামার তারের বাধা (তামার বস্তুগত বাধা = ১'৭২৪ মাইক্রোম) = '০৩৮৭ × ১'৭২৪ = '০৬৬৮ ওম।

গুণক তালিকা (Table of Multiplying Factor)

গেজ আমেরিকান B & S	১ মিটারের গুণক	গেজ আমেরিকান B & S.	১ মিটারের গুণক
০০০০	'০০০০৯৩৩	২১	'০২৪৪
০০	'০০০১৪৮	২৩	'০৩৮৭
১	'০০০২৩৬	২৫	'০৬১৬
৩	'০০০৩৭৫	২৭	'০৯৭৯
৫	'০০০৫৯৬	২৯	'১০৫৭
৭	'০০০৯৪৮	৩১	'২৪৭৬
৯	'০০১৫১	৩৩	'৩৯৩৭
১১	'০০২৪	৩৫	'৬২৬২
১৩	'০০০৩৮১	৩৭	'৯৯৫
১৫	'০০৬০৬	৩৯	১'৫৮৩
১৭	'০০৯৬৩	৪০	১'৯৯৬
১৯	'০০৫৩		

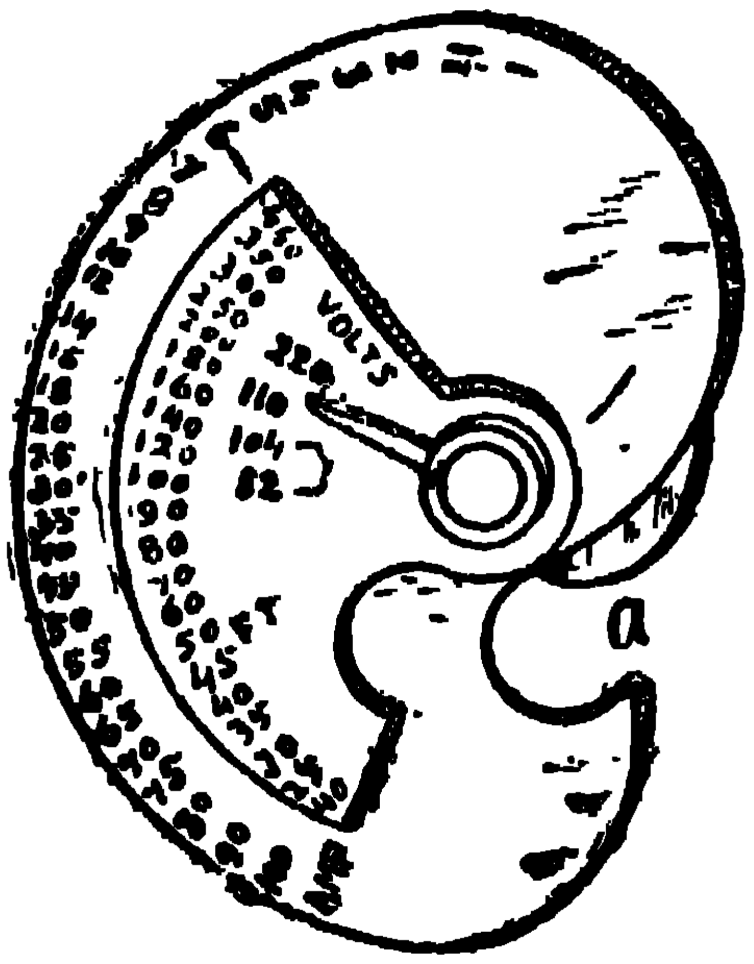
প্রদত্ত গেজগুলি ছাড়া অন্য গেজের তারের বাধা বাহির করিতে হইলে যে গেজের বাধা বাহির করিতে হইবে সেই গেজ অপেক্ষা ৩ গেজ কম তারের বাধাকে দ্বিগুণ করিলেই হইবে। যথা :—১৮ গেজের বাধা= ২×(১৮—৩)=২×(১৫ গেজের বাধা)।

এতক্ষণে আমরা যে কোন তারের বাধা হিসাব করিতে ও তারটি যদি তামার হয় তাহা হইলে উহা গেজ অনুযায়ী নির্ব্বিঘ্নে কত প্রবাহ (আম্প) বহন করিতে পারে সে বিষয়েরও কিছু ধারণা করিতে সক্ষম হইয়াছি। কিন্তু এগুলি কিছু বিদ্যাবুদ্ধি ও মস্তিষ্কের কার্য্য দরকার করে, সুতরাং শিক্ষিত ব্যক্তি ব্যতীত অপরের দ্বারা কিরূপ কার্য্যে কিরূপ গেজের তার প্রয়োজন তাহা নির্দ্ধারিত হইতে পারে না। এবং যদিও শিক্ষিত ব্যক্তি এই নির্দ্ধারণ কার্য্যে সক্ষম বটে, ইহা হিসাবের কার্য্য বলিয়া কিছু সময় সাপেক্ষ। সময় বাঁচাইবার জন্য এবং যাহাতে যে কোন ব্যক্তির দ্বারাও এ কার্য্য চলিতে পারে, সেইজন্য, তার হিসাবের একটি যন্ত্র নির্ম্মিত হইয়াছে, ইহাকে ওয়্যারম্যান্স্ ক্যালকুলেটিং গেজ (Wireman's Calculating Gauge) বলে।

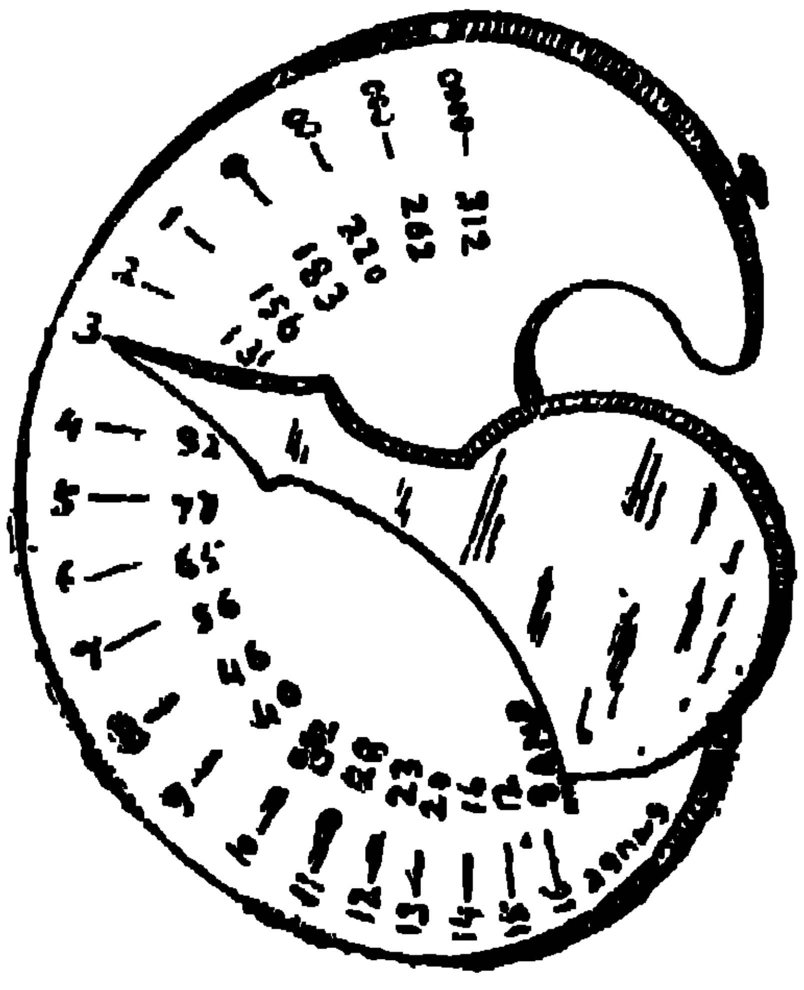
এই যন্ত্রটির সাহায্যে কত ফুট তারের মধ্য দিয়া কত আমপেয়ার প্রবাহ পাঠাইতে হইবে এবং তাহার চাপ বা ভোল্টেজ (Voltage) কত এবং ঐ ভোল্টেজের কত অবনতি বা হ্রাস (drop or loss) হইতে দেওয়া যাইতে পারে এগুলি জানা থাকিলে তৎক্ষণাৎ কত গেজের (B & S) তার ব্যবহার করিতে হইবে, তারটি ঠিক প্রয়োজন মত গেজের কিনা এবং উহা নির্ব্বিঘ্নে কত আমপেয়ার প্রবাহ বহিতে পারে সেগুলি নির্দ্ধারিত হইয়া যায়। যন্ত্রটি ১৩৮ ও ১৩৯ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে।

১৩৮ চিত্র যন্ত্রটির সম্মুখ ও ১৩৯ চিত্র উহার পশ্চাদ্ভাগ। যন্ত্রটির সম্মুখ ভাগে দেখা যাইবে যে দুইটি বৃত্ত আছে, তন্মধ্যে বড় বৃত্তটিতে আমপেয়ার (Amp) ও ছোট বৃত্তে ফুট, ভোল্টেজ ও অধিকতম ভোল্টেজ হ্রাস লেখা আছে। এই ছোট বৃত্তটিকে

ঘুরাইয়া যত ফুট তার ব্যবহার করা হইতেছে, ফুটের সেই সংখ্যাটি ঐ তারকে যত আমপেয়ার প্রবাহ বহিতে হইবে আমপেয়ারের সেই সংখ্যার সহিত সমান করিয়া ধরিতে হইবে। যথা, চিত্রে দেখান হইয়াছে ৪৫ ফুট তারকে ৬৫ আমপেয়ার প্রবাহ বহিতে হইবে। পরে



চিত্র—১৩৮।



চিত্র—১৩৯।

কাঁটা (Pointor) ঘুরাইয়া যত ভোল্টেজ ব্যবহার হইতেছে ও ভোল্টেজের শতকরা হিসাবে অধিকতম যে পরিমাণ হ্রাস হইতে দেওয়া যাইতে পারে সেই সংখ্যার সহিত ধরিতে হইবে। যথা, চিত্রে ১১০ ভোল্ট ও ১% হ্রাস দেখান হইয়াছে। তাহা হইলে পশ্চাদ্ভাগে (১৩৯ চিত্রে) কাঁটার দ্বারা দর্শিত হইবে কি গেজের তার ও তাহাতে নির্ব্বিঘ্নে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক কত আমপেয়ার প্রবাহ দেওয়া যাইতে পারে। যথা, চিত্রে দর্শিত হইয়াছে ৩ গেজের তার ও ১১০ আমপেয়ার প্রবাহ। আবার তারটি ঠিক ৩ গেজের কিনা তাহা a চিহ্নিত স্থানে উহা ঠিক ফিট করে কিনা তাহা দেখিয়া স্থির করা হয়। এই a চিহ্নিত কাঁকটি এরূপ ভাবের হইতে থাকে যে, যে গেজটি দর্শিত হইবে, এই কাঁকটিরও সেই গেজ হয়।

অষ্টম পরিচয়।

বিদ্যুচ্চালক বল বা ই, এম, এফ, (E. M. F) :—

পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে রাসয়নিক প্রক্রিয়া দ্বারা ঘটিত পোলদুটির মধ্যে পোটেনস্যাল পার্থক্য সংযোজক পথের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎকে গতিদান করে, সেই হেতু ইহাকে (পোটেনস্যাল পার্থক্যকে) বিদ্যুতের চালকবল, ইলেক্ট্রোমোটিভ ফোর্স বা ই, এম, এফ, (E.M.F.) বলে। বিদ্যুৎ প্রবাহের বেগ ই, এম, এফ, অনুযায়ী হয়। পথের বাধার উপরও প্রবাহের বেগ নির্ভর করে বটে কিন্তু বিরূপভাবে।

পি, ডি, ও ই, এম, এফ, (P. D. & E. M. F.) :—

বিদ্যুৎ প্রবাহকালে পথের যে কোন দুই বিন্দুর মধ্যে পোটেনস্যাল পার্থক্যকে পোটেনস্যাল ডিফারেন্স বা পি, ডি, (Potential difference or P. D.) বলে। অসংযুক্ত অবস্থায় পোলদ্বয়ের মধ্যে যে পোটেনস্যাল পার্থক্য তাহাকে ই, এম, এফ, বলে ও বিদ্যুৎ প্রবাহ কালে সংযুক্ত অবস্থায় পোল বা টার্মিনাল দ্বয়ের মধ্যে যে পোটেনস্যাল পার্থক্য তাহাকে পোলদ্বয়ের বা টার্মিনালদ্বয়ের পি, ডি, বলে। অতএব দেখা যাইতেছে যে অবস্থা-বিশষের পি, ডি, কে ই, এম, এফ, বলে। পোলদ্বয়ের অসংযুক্ত অবস্থায় পোটেনস্যাল পার্থক্য বা ই, এম, এফ, ও তাহাদের সংযুক্ত অবস্থায় পোটেনস্যাল পার্থক্য বা পি, ডি,'র মধ্য কিছু প্রভেদ আছে। ই, এম, এফ, পোলদ্বয়ের পি, ডি, অপেক্ষা অধিক। তাহার কারণ এই যে অসংযুক্ত অবস্থায় যে পি, ডি, অর্থাৎ ই, এম, এফ, তাহা পোলদ্বয়কে সংযুক্ত করিলে প্রবাহকালে দুইটি বাধায় পতিত হয়—এক বাহ্যিক পথ অর্থাৎ যদ্দ্বারা পোলদ্বয়কে সংযুক্ত করা হয়, সুতরাং যাহার মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ পজিটিভ হইতে নেগেটিভ পোলে প্রবাহিত হয়, দ্বিতীয় আভ্যন্তরিক পথ, অর্থাৎ

সেলের মধ্যস্থ তরল পদার্থ যাহার মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ নেগেটিভ হইতে পজিটিভে আসে। বিদ্যুচ্চালক বল বা ই, এম, এফ, এই সমস্ত পথের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎকে চালায় সুতরাং ইহার কিছু অংশ বিদ্যুৎকে আভ্যন্তরিক পথের মধ্য দিয়া চালায় ও বাকী অংশ বাহ্যিক পথের মধ্য দিয়া চালায়। সংযোগের পর এই বাহ্যিক পথের বাধাকে অতিক্রম করিয়া বিদ্যুৎকে চালাইতে ই, এম, এফ, এর যে অংশ লাগে তাহাই পোলদ্বয়ের পি, ডি, এবং ইহা সর্ব্বদাই ই, এম, এফ, অপেক্ষা কম হইবে যদি না আভ্যন্তরিক পথের বাধাকে অতিক্রম করিতে কিছুমাত্র পি, ডি, প্রয়োজন না হয়, অর্থাৎ আভ্যন্তরিক পথের বাধা কিছু না থাকে, যাহা কার্য্যতঃ অসম্ভব। এবং এই আভ্যন্তরিক পথের বাধাকে অতিক্রম করাইয়া বিদ্যুৎ চালাইতে ই, এম, এফ, এর যে অংশ লাগে তাহাকে আভ্যন্তরিক পথে পতিত পি, ডি, (Potential drop in internal resistance) বলে। অতএব যদি ই, এম, এফ, হয় E, পোলদ্বয়ের পি, ডি, V ও আভ্যন্তরিক পতিত পি, ডি, v, তাহা হইলে $E = V + v$।

পোটেনশ্যাল পার্থক্য মাপের একক ভোল্ট (Volt) এবং ড্যানিয়েল সেলের ই, এম, এফ, প্রায় ১ ভোল্ট, সুতরাং ইহার সহিত তুলনায় অন্যান্য সেলের ই, এম, এফ, মোটামুটি পাওয়া যাইতে পারে। ঠিকমত ভাবে ই, এম, এফ, মাপিতে হইলে ক্লার্কস্ ষ্ট্যাণ্ডার্ড সেল বা ওয়েষ্টন ষ্ট্যাণ্ডার্ড সেলের ই, এম, এফ, এর সহিত তুলনা করিয়া মাপিতে হয়। ইলেকট্রোমিটার সাহায্যে ই, এম, এফ, ও ভোল্টমিটার (Voltmeter) সাহায্যে ভোল্টেজ বা পি, ডি, মাপা হয়।

প্রবাহ (Current) :—প্রবাহ মাপিবার একক **আমপেয়ার** (Ampere)। পৃথক্ পোটেনশ্যাল বিশিষ্ট দুই বিন্দুকে পরিচালক দ্বারা সংযুক্ত করিলে বিদ্যুৎ প্রবাহ হয়। এই প্রবাহের বেগ পি, ডি, অনুযায়ী হয়, অর্থাৎ পি, ডি, যত অধিক হইবে প্রবাহের বেগ তত অধিক হইবে। ইহা

সংযোজক পরিচালকের বাধার উপর বিরূপ ভাবে নির্ভর করে অর্থাৎ বাধা যত অধিক হইবে প্রবাহের বেগ তত কম হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে

$C \propto E$ এবং $C \propto \frac{1}{R}$

সুতরাং $C \propto \frac{E}{R}$ বা $C = K \times \frac{E}{R}$, (K = Constant)

যদি ১ পি, ডি, বা ভোল্ট বিশিষ্ট দুই বিন্দুকে একক বাধা বা ১ ওম দ্বারা সংযুক্ত করিলে যে প্রবাহ হয় তাহাকে একক পরিমিত প্রবাহ বা আমপেয়ার ধরা যায় তাহা হইলে K = ১ ও $C = \frac{E}{R}$।

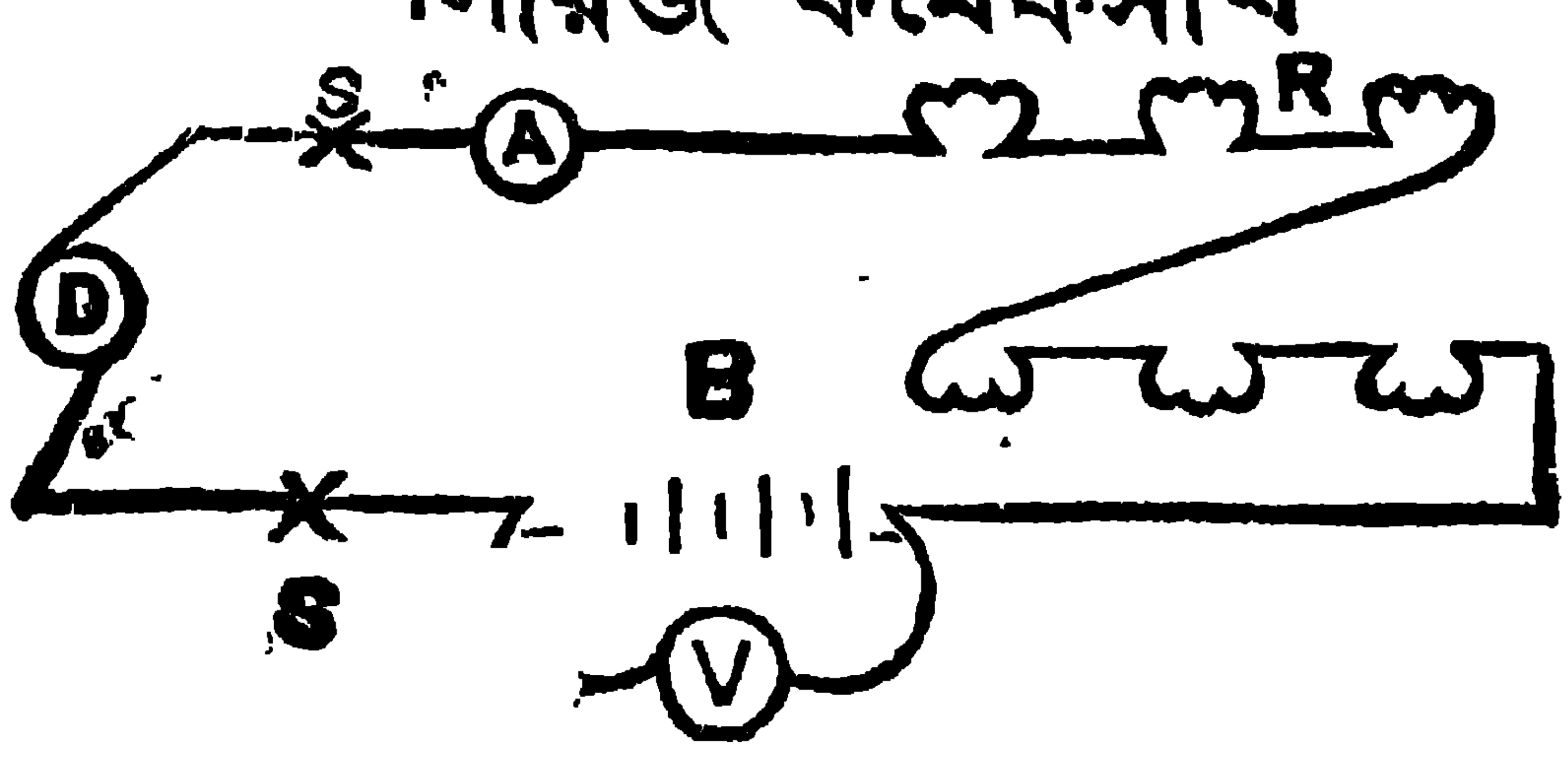
ইহাকে ওমস-ল (Ohm's Law) বলে। অতএব ওম্‌স-ল অনুসারে

আমপেয়ার = $\frac{\text{ভোল্ট}}{\text{ওম}}$ বা আ = $\frac{\text{ভো}}{\text{রে}}$ ($C = \frac{E}{R}$ বা $A = \frac{V}{W}$)

বাধার সংযোজন (Connection of Resistances)

বাধা তিন প্রকারে সংযোগ করা যায়। (১) সারি, ক্রমিক বা সিরিজ (Series), (২) শাখা, সমান্তরাল, প্যারালাল (Parallel) বা সান্ট (Shunt), (৩) মিশ্র, কম্পাউণ্ড (Compound) বা মিক্সড্ (Mixed)।

সিরিজ কনেকসান



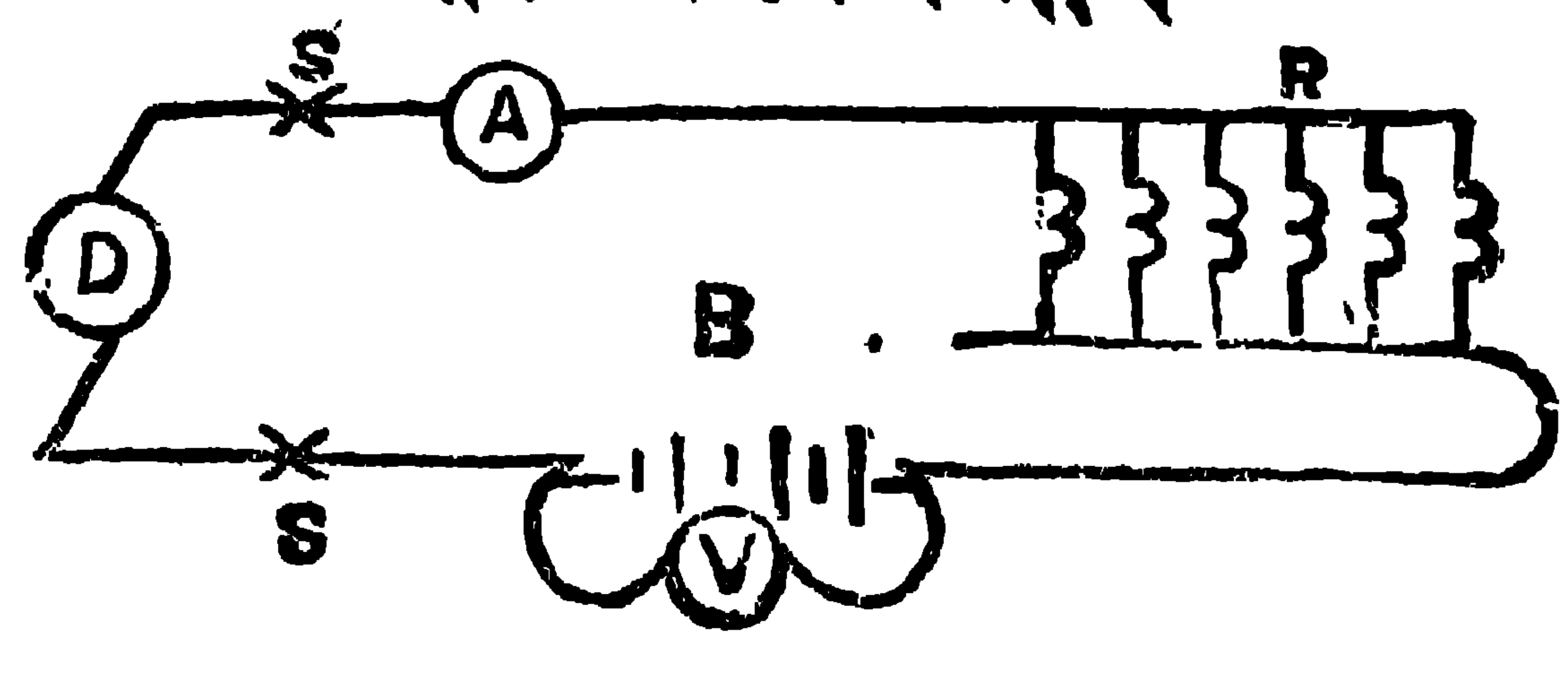
চিত্র—১৪০

ক্রমিক (Series) **সংযোজন**:—কতকগুলি বাধাকে

মালা গাঁথার মত একটির পর একটি করিয়া যোগ করাকে সিরিজ সংযোজন বলে। সিরিজ সংযোজনে যে প্রবাহ হয় তাহাকে প্রত্যেক বাধার মধ্য দিয়া যাইতে হয় ও পথটির মোট বাধা বিভিন্ন বাধাগুলির সমষ্টি। অতএব যদি S, R, প্রভৃতি কতকগুলি বাধার পরিমাপ হয় তাহা হইলে তাহাদিগকে সিরিজে সংযুক্ত করিলে মোট বাধা হইবে $S+R+\&c.$, ১৪০ চিত্র।

সমান্তরাল (Parallel) সংযোজন :—কতকগুলি বাধা শাখার ন্যায় সকলেই একস্থান হইতে নির্গত হইয়া অপর একস্থানে সম্মিলিত হইলে তাহাকে প্যারালাল সংযোগ বলে। এরূপ সংযোজনে যতগুলি শাখাপথ হয় প্রবাহ ততগুলি অংশে বিভক্ত হইয়া এক একটি অংশ এক একটি শাখার মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। ফলতঃ এরূপ সংযোজনে পথের বিস্তৃতি বাড়িয়া যায়, কারণ বিদ্যুৎ একই সময়ে সকলগুলির মধ্য দিয়া আংশিক ভাবে প্রবাহিত হয়। এখন যদি A ও Bএর মধ্যে

সন্ট কনেকসান



চিত্র—১৪১

(চিত্র ১৪১) পি, ডি, হয় E, মোট প্রবাহ C, শাখাগুলির মধ্য দিয়া আংশিক প্রবাহগুলি C_1, C_2, C_3 ইত্যাদি ও শাখাগুলির বাধা যথাক্রমে r_1, r_2, r_3, ইত্যাদি এবং যদি ঐ বাধা সকলের 'সমবদলি' (equivalent) একটি বাধা অর্থাৎ যাহা উহাদের সকলের পরিবর্ত্তে একলাই ঐ প্রবাহ (C) উৎপন্ন করিবে তাহার পরিমাণ হয় R, তাহা হইলে ;—

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots$$

এবং $C = \frac{E}{R},\ C_1 = \frac{E}{r_1},\ C_2 = \frac{E}{r_2},\ C_3 = \frac{E}{r_3}, \cdots$

$$\therefore\ \frac{E}{R} = \frac{E}{r_1} + \frac{E}{r_2} + \frac{E}{r_3} + \cdots$$

বা $\frac{১}{R} = \frac{১}{r_1} + \frac{১}{r_2} + \frac{১}{r_3} + \cdots$

সমবদলি বাধার বিরূপ বিভিন্ন বাধাগুলির বিরূপের (inverse) সমষ্টি।

দ্বিশাখাবিশিষ্ট পথে (in a two way circuit):—

$$\frac{১}{R} = \frac{১}{r_1} + \frac{১}{r_2} = \frac{r_1 + r_2}{r_1 r_2}$$

$$\therefore\ R = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

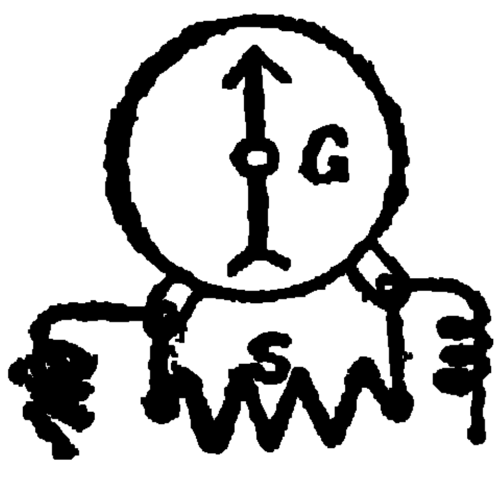
এবং $E = C_1 r_1 = C_2 r_2$

$$\therefore\ \frac{C_1}{C_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

অর্থাৎ শাখা দুইটিতে প্রবাহ তাহাদের বাধার বিরূপ ভাবের হয়, যথা—$r_1 =$ ২ ওম, $r_2 =$ ৩ ওম হইলে তাহাদের সমবদলি একটি বাধা

$$R = \frac{২ \times ৩}{২ + ৩} \text{ ওম} = \frac{৬}{৫} \text{ ওম এবং } \frac{\text{২ ওমে প্রবাহ}}{\text{৩ ওমে প্রবাহ}} = \frac{৩}{২}$$

সাণ্ট (Shunt):—গ্যালভানোমিটার প্রভৃতি কতকগুলি সূক্ষ্ম যন্ত্রের মধ্য দিয়া সমস্ত প্রবাহ বহিলে উহাদের ক্ষতি হইবার সম্ভাবনা, যথা গ্যালভানোমিটারের চুম্বক-সূচ এত ঘুরিয়া যাইবে যে উহা কার্য্যকরী হইবে না। সেইজন্য অনেক সময়ে তাহাদের মধ্য দিয়া প্রবাহের অংশ পাঠান প্রয়োজন হয়। ইহা ঐ গ্যালভানোমিটারের টার্মিনালদ্বয়কে একটি তারদ্বারা সংযোগ করিলেই সাধিত হইবে



চিত্র—১৪২

(চিত্র—১৪২)। এই তারকে সাণ্ট (Shunt) বলে। চিত্র হইতে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে গ্যালভানোমিটার ও সাণ্ট প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত। সুতরাং যদি সমস্ত প্রবাহ হয় C, গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত প্রবাহের অংশ Cg ও সাণ্টের মধ্য দিয়া প্রবাহের অংশ Cs এবং গ্যালভানোমিটারের বাধা G ও সাণ্টের বাধা S, তাহা হইলে ;

$$C = Cg + Cs$$

$$\frac{Cg}{Cs} = \frac{S}{G}$$

$$\therefore \quad \frac{Cg}{Cg + Cs} = \frac{S}{G + S}$$

অর্থাৎ $Cg = \frac{S}{G+S}(Cg + Cs) = \frac{S}{G+S} C \cdots (১)$

এবং $C = \frac{G+S}{S} Cg \cdots\cdots (২)$

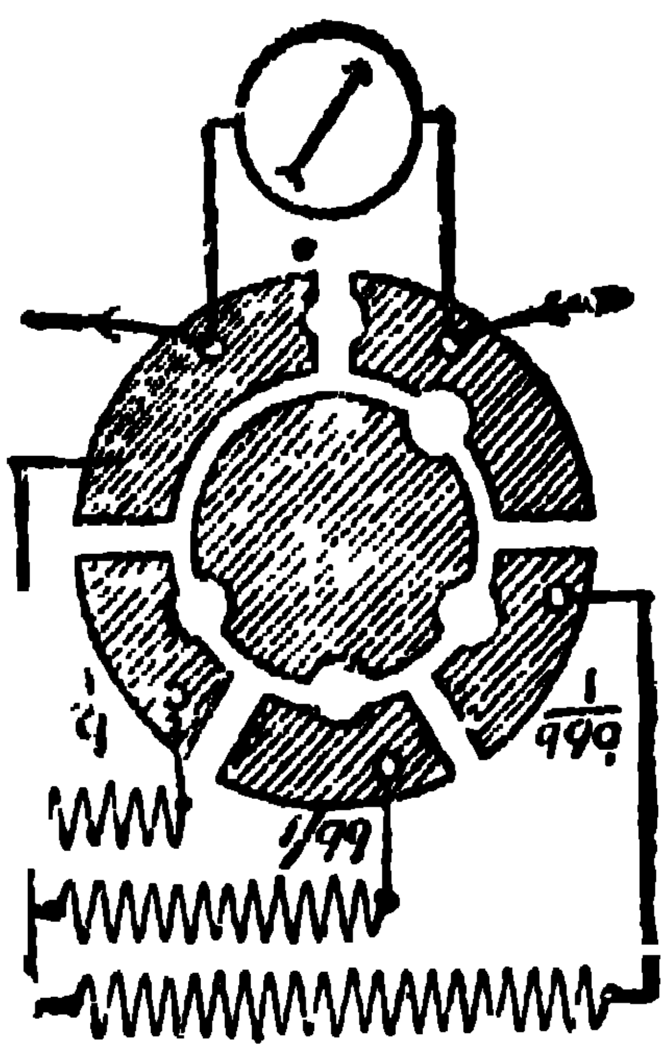
অতএব (১) হইতে দেখা যায় যে সমস্ত প্রবাহকে $\frac{S}{G+S}$ এই ভগ্নাংশ দ্বারা গুণ করিলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত প্রবাহের অংশ পাওয়া যায় এবং (২) হইতে দেখা যায় যে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত প্রবাহের অংশকে $\frac{G+S}{S}$ দিয়া গুণ করিলে মোট প্রবাহ পাওয়া যায়। এই $\frac{G+S}{S}$ সাণ্টের পূরণ-ক্ষমতা (Multiplying power) বলে এবং ইহা সচরাচর M দ্বারা সূচিত হয়।

সুতরাং $Cg = \frac{C}{M}$, বা $C = M\,Cg$

$$\frac{G+S}{S} = M \;(৩) \text{ ও } S = \frac{\;}{M-1} \;(৪)$$

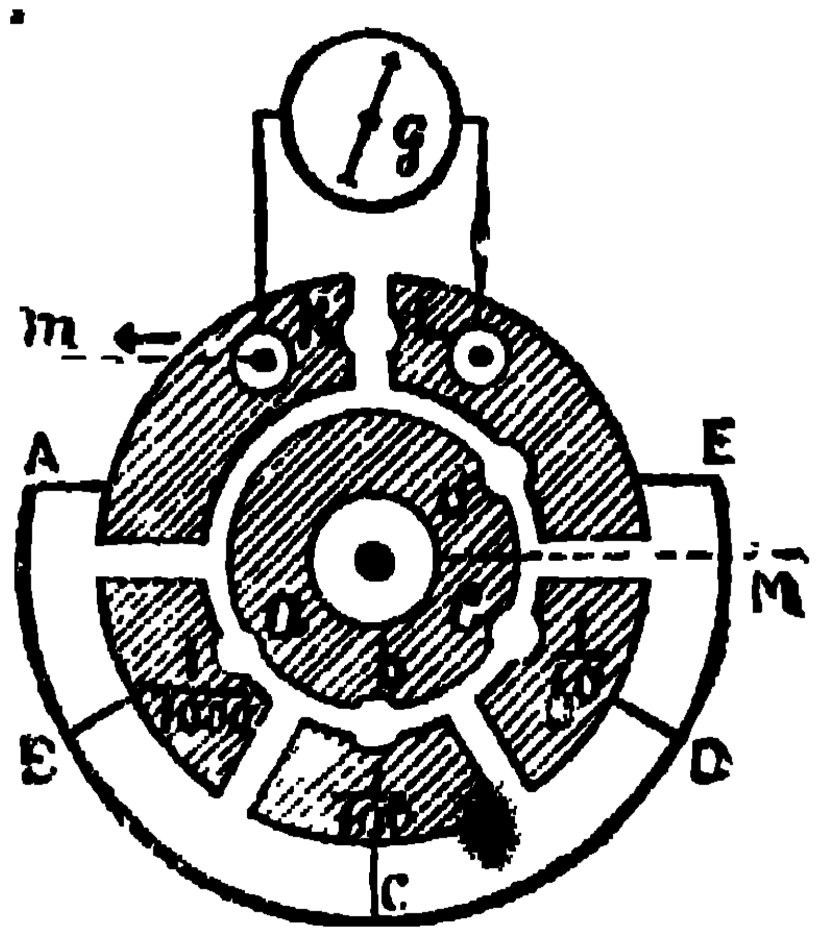
অতএব এখন যদি মোট প্রবাহের ১/১০ অংশ যন্ত্রের মধ্য দিয়া পাঠাইবার প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে সাণ্টের পূরণক্ষমতা ১০ হওয়া প্রয়োজন সুতরাং (৪) হইতে S = ১/৯ G, অর্থাৎ সাণ্টের বাধা যন্ত্রের বাধার ৯ ভাগের ১ ভাগ হওয়া চাই। ঠিক সেইরূপ যন্ত্রের মধ্য দিয়া ১/১০০ বা ১/১০০০ ভাগ প্রবাহ বহিবে, যদি ইহার সাণ্টের বাধা যথাক্রমে ইহার বাধার ১/৯৯ বা ১/৯৯৯ অংশ হয়। এই প্রণালীতে

একটি সাণ্ট বাক্স ১৪৩ চিত্রে দেখান হইয়াছে। ইহা হইতে দেখা যাইবে যে গর্ত্ততিনটির মধ্যে যে কোনটিতে প্লাগ (Plug) বা চাবি বসাইয়া দিয়া কয়েল তিনটির মধ্যে যে কোন একটিকে ইচ্ছানুযায়ী যন্ত্রের সহিত সাণ্টভাবে সংযুক্ত করা যাইতে পারে। বলা বাহুল্য যে এই প্রকার সাণ্ট বাক্স যে যন্ত্রের জন্য ইহা প্রস্তুত সেই নির্দ্দিষ্ট যন্ত্রের সহিত ব্যবহার্য্য, কারণ সেই যন্ত্রের বাধার হিসাবে এই সাণ্ট কয়েলগুলির বাধা ধার্য্য করা হইয়াছে।



চিত্র ১৪৩

ইউনিভার্সাল সাণ্ট বাক্স (Universal Shunt Box) :—এই সাণ্ট বাক্সে সাণ্ট কয়েল গুলি এরূপ ভাবে সজ্জিত যে ইহাকে যে কোন গ্যালভানোমিটারের সহিত ব্যবহার করা যাইতে পারে (চিত্র ১৪৪)। বামদিক হইতে প্রথম কয়েলের বাধা ১০ ওম, দ্বিতীয়টির বাধা ৯০ ওম তৃতীয়টির বাধা ৯০০ ওম চতুর্থটির ৯০০০ ওম ; সুতরাং সকলের একত্রে ১০০০০ ওম। সাণ্ট বাক্সের A ও E গ্যালভানোমিটারের টার্মিনালদ্বয়ের সহিত সংযোগ করিতে হয় ও প্রবাহ বহনকারী তারদ্বয়কে M ও m এর সহিত সংযোগ করিতে হয়। কেন্দ্র হইতে Mসংলগ্ন একটি ঘূর্ণনশীল বাহু থাকে। ইহাকে ঘুরাইয়া E, D, C, B, A, প্রভৃতি চিহ্নিত ধাতুখণ্ডগুলিতে দেওয়া যায়। যদি



চিত্র ১৪৪

ইহা E চিহ্নিত ধাতুখণ্ডে থাকে তাহা হইলে সমস্ত কয়েলটি সাণ্টভাবে ব্যবহৃত হইল, অতএব S = ১০০০০ ওম, এবং গ্যালভানামিটারের বাধা G হইলে, $Cg = \frac{১০০}{G+১০}$

যদি বাহুটিকে D চিহ্নিত ধাতুখণ্ডে দেওয়া যায় তাহা হইলে ৯০০০ ওম কয়েলটি G এর সহিত যোগ হইয়া গেল, সুতরাং যন্ত্রের বাধা হইল G+৯০০০, আর সাণ্টকয়েলে রহিল ১০০০ ওম। সুতরাং এখন

$Cg = \frac{১০০০}{(G+৯০০০)+১০০০}$ $\therefore C = \frac{১০০০}{G+১০}$ C = প্রথম প্রবাহের $\frac{১}{১০}$ অংশ।

ঠিক সেইরূপ C চিহ্নিত ধাতুখণ্ডের সহিত বাহুটিকে লাগাইলে যন্ত্রের সহিত কয়েলের ৯৯০০ ওম যোগ হইয়া গেল ও সাণ্ট কয়েলে রহিল ১০০ ওম সুতরাং

$Cg = \frac{১০০}{(G+৯৯০০)+১} \cdot C = \frac{১০০}{G+১০০০০} C$ অর্থাৎ প্রথম প্রবাহের $\frac{১}{১০০}$ অংশ।

ঠিক সেইরূপ বাহুকে B চিহ্নিত ধাতুখণ্ডে দিলে যন্ত্রের মধ্য দিয়া প্রথম প্রবাহের $\frac{১}{১০০০}$ অংশ প্রবাহিত হইবে।

দ্রষ্টব্য :—সাণ্ট ব্যবহার করিলে পথের বাধা কমিয়া যায় সুতরাং নূতন বাধা সিরিজে যোগ করিয়া পথের বাধাকে বাড়াইতে হয়। যথা কেবল মাত্র যন্ত্রটি ব্যবহার করিলে বাধা হইল G। কিন্তু সাণ্ট ব্যবহার করিলে মোট বাধা হইল $\frac{GS}{G+S}$।

সুতরাং বাধা হ্রাসের পরিমান $= G - \frac{GS}{G+S} = G - \frac{G}{\frac{G+S}{S}} = G - \frac{G}{M}$ (৫)

সুতরাং সাণ্ট যুক্ত যন্ত্রের সহিত $G - \frac{G}{M}$ এই পরিমাণ বাধা সিরিজে যোগ করিলে তবে পথের বাধা সমান থাকিবে। "সমান মোট প্রবাহ" (Constant total current) সাণ্টে সাণ্ট কয়েলের যোগের সহিত সঙ্গে সঙ্গে উপযোগী বাধা যোগ হইয়া যায়।

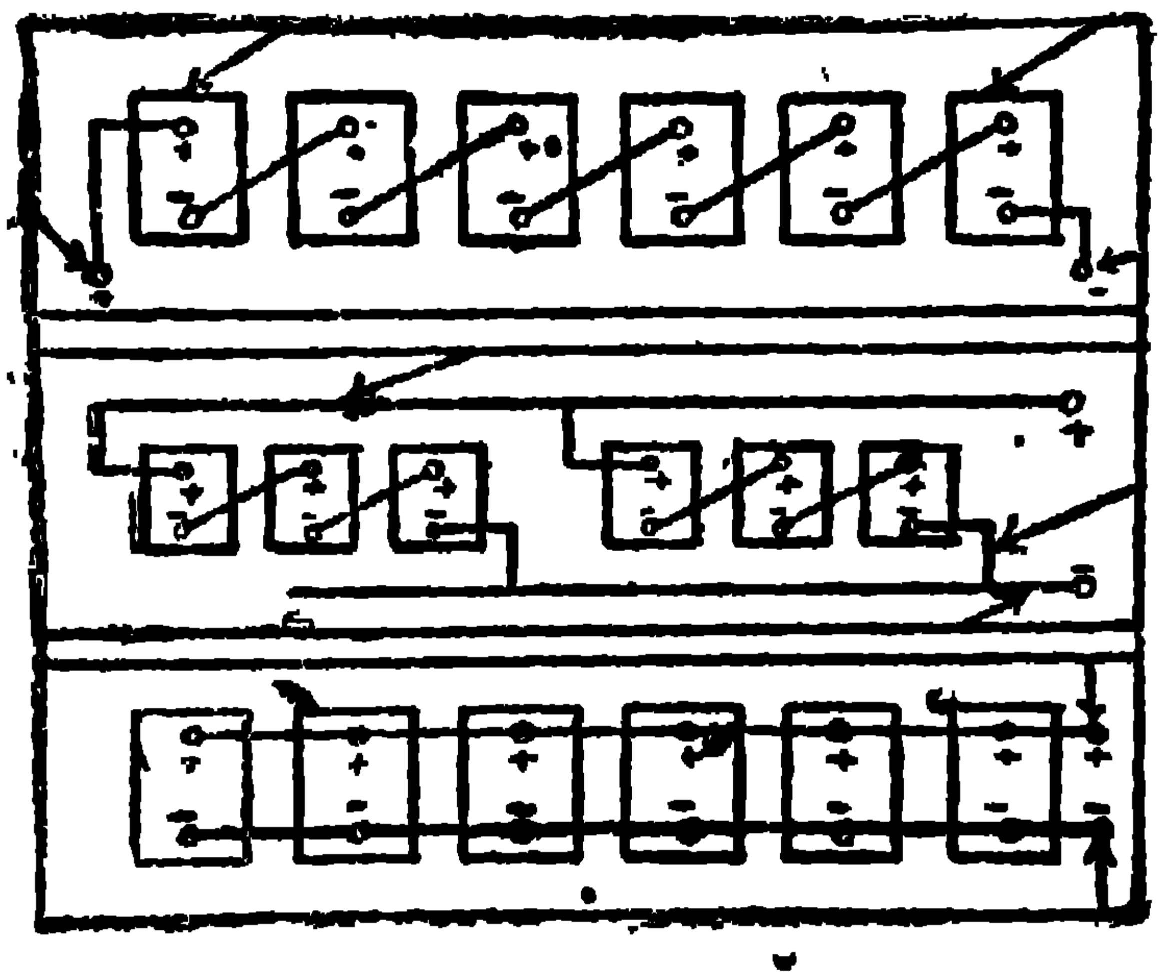
<u>মিশ্র সংযোগ</u> (Compound circuit) :—প্রয়োজন অনুসারে একই পথে সিরিজ ও প্যারালাল সংযোগ উভয়েই একসঙ্গে ব্যবহার হইলে তাহাকে মিশ্র সংযোগ বলে।

ব্যাটারি (Battery) :—কতকগুলি সেলকে একসঙ্গে সংযুক্ত করিলে ব্যাটারি হইল। সেল তিন প্রকারে সাজান বা সংযুক্ত হয়—

১। সিরিজ, ২। প্যারালাল, ৩। মিশ্র।

১। সিরিজ—ইহাতে একটি সেলের নেগেটিভ পোল দ্বিতীয়টির পজিটিভ পোলের সহিত, দ্বিতীয়টির নেগেটিভ তৃতীয়টির পজিটিভের সহিত, এইরূপ ভাবে পর পর যোগ করিয়া যাওয়া হয়। কেবলমাত্র প্রথমটির পজিটিভ পোল ও শেষটির নেগেটিভ পোল খালি থাকে। ইহারাই ব্যাটারির পজিটিভ ও নেগেটিভ পোলদ্বয়। (চিত্র—১৪৫)।

যদি প্রতি সেলের ই, এম, এফ, হয় E ও আভ্যন্তরিক বাধা r ও সেলের সংখ্যা n, তাহা হইলে প্রথম সেলটির পজিটিভ পোল হইতে শেষ



চিত্র—১৪৫, ১৪৬, ১৪৭।

সেলের নেগেটিভ পোল অর্থাৎ ব্যাটারির পোলদ্বয়ের মধ্যে পি,ডি, হইবে n E এবং পোলগুলির আভ্যন্তরিক বাধা সকল সিরিজে সংযুক্ত বলিয়া মোট আভ্যন্তরিক বাধা হইবে n r। এখন যদি বাহ্যিক বাধা হয় R, তাহা হইলে প্রবাহ (n সেল হেতু)

$Cn = \frac{nE}{R+nr}$, এবং একটি সেল লইলে $C_1 = \frac{E}{R+r}$। যদি R এর সহিত তুলনায় R এত ক্ষুদ্র হয় যে r কে অগ্রাহ্য করা চলে, তাহা হইলে একটি সেলে $C_1 = \frac{E}{R}$ ও n সেল হইতে $Cn = \frac{nE}{R} = nC_1$. অর্থাৎ যতগুলি সেল লওয়া যাইবে তত গুণ প্রবাহ মিলিবে। কিন্তু যদি r এর সহিত তুলনায় R এত ক্ষুদ্র হয় যে তাহাকে অগ্রাহ্য করা চলে তাহা হইলে $Cn = \frac{nE}{nr} = \frac{E}{r} = C_1$। অর্থাৎ একটি সেল লইলে যে প্রবাহ মিলিবে, n সেল লইলেও সেই প্রবাহই মিলিবে। সুতরাং এস্থলে পূর্ব্বের মত সুবিধা পাওয়া গেল না। এরূপ স্থলে প্যারালাল সংযোগে সুবিধা হয়।

প্যারালাল:—ইহাতে সবসেলের পজিটিভ পোলগুলি একসঙ্গে যোগ করা হয় ও নেগেটিভ পোলগুলি একসঙ্গে যোগকরা হয়, এইরূপে ব্যাটারির একটি পজিটিভ পোল ও একটি নেগেটিভ পোল প্রস্তুত হয়। ১৪৭ চিত্রে পজিটিভ ও নেগেটিভ পোল তীর দ্বারা দর্শিত হইয়াছে।

ইহাতে যদি একটি সেলের ই, এম, এফ, হয় E তাহা হইলে সমষ্টির অর্থাৎ ব্যাটারির পোলদ্বয়ের মধ্যেও পি, ডি, E এবং প্রত্যেকটির আভ্যন্তরিক বাধা r হইলে এইরূপে সংযুক্ত n সেলের মোট আভ্যন্তরিক বাধা হইবে $\frac{r}{n}$(কারণ $\frac{১}{R}=\frac{১}{r}+\frac{১}{r}+\ldots=n\times\frac{১}{r}$ $\therefore R=\frac{r}{n}$)। অতএব বাহ্যিক বাধা R হইলে প্রবাহ $Cn=\frac{E}{R+\frac{r}{n}}=\frac{nE}{nR+r}$ ও একটি সেল হইতে $C_1=\frac{E}{R+r}$ ৷ অতএব r এর সহিত তুলনায় R যদি এত ছোট হয় যে উহাকে অগ্রাহ্য করা চলে, তাহা হইলে n সেল লইলে $Cn=\frac{nE}{r}=n\times\frac{E}{r}=nC_1$ বা একটি সেল লইলে যে প্রবাহ হয় তাহার n গুণ। কিন্তু R এর সহিত তুলনায় r অগ্রাহ্য ভাবের ছোট হইলে $Cn=\frac{nE}{nr}=\frac{E}{R}=C_1$, অর্থাৎ কিছুই সুবিধাজনক নহে।

মিশ্র সংযোগ বা মিক্সড্ গ্রুপিং (Mixed Grouping):—ইহাতে কতকগুলি সেলকে সিরিজে সংযুক্ত করা হয় ও এই সিরিজে সংযুক্ত কতকগুলি ব্যাটারিকে প্যারালালে সংযুক্ত করা হয়, চিত্র ১৪৬।

যদি সেলের মোট সংখ্যা হয় $m\times n$ ও তাহাদের মধ্যে প্রত্যেক সিরিজে সংযুক্ত ব্যাটারিতে m সেল থাকে ও এইরূপের n ব্যাটারিকে প্যারালালে সংযোগ করিয়া একটি বড় ব্যাটারি হয়, তাহা হইলে প্রত্যেক সিরিজে সংযুক্ত m সেলের ব্যাটারির পোলদ্বয়ের পি, ডি, m E ও আভ্যন্তরিক বাধা m r এবং n ব্যাটারি প্যারালালে সংযুক্ত হইয়া যে বড় ব্যাটারি তাহার পোলদ্বয়ের পি, ডি, ঐ m E এবং আভ্যন্তরিক বাধা

$\frac{m\,r}{n}$। এখন যদি বাহ্যিক বাধা হয় R, তাহা হইলে m n সেলের প্রবাহ $C_{mn} = \frac{m\,E}{R + \frac{mr}{n}} = \frac{m\,n\,E}{nR + mr}$।

সুচারু সংযোগ (Best Grouping) :—এখন দেখা যাউক কি ভাবে সাজাইলে Cmn এর পরিমাণ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয়।

$$C_{mn} = \frac{m\,n\,E}{nR + mr},$$

m n = প্রদত্ত সেলের সংখ্যা, সুতরাং অপরিবর্ত্তনীয়, R বাহ্যিক বাধা, r প্রত্যেক সেলের আভ্যন্তরিক বাধা, সুতরাং R r বা m n R r অপরিবর্ত্তনীয় এবং E প্রদত্ত সেলের ই, এম, এফ, সুতরাং অপরিবর্ত্তনীয়, সুতরাং m n E অপরিবর্ত্তনীয়। সুতরাং Cmn গরিষ্ঠ হইবে—

যদি $n\,R + m\,r$ লঘিষ্ঠ হয়।

বা $(n\,R + m\,r)^2$ লঘিষ্ঠ হয়।

বা $(n\,R + m\,r)^2 - 4\,m\,n\,Rr$ " "

বা $(n\,R - m\,r)^2$ " "

(কিন্তু বর্গ সংখ্যার লঘিষ্ঠ পরিমাণ শূন্য)

সুতরাং যদি $nR - mr = 0$

বা $nR = mr$

অর্থাৎ $\frac{R}{r} = \frac{m}{n}$।

নবম পরিচয়।

প্রবাহের ফল—(১) তাপ।

প্রবাহ দ্বারা নিম্নলিখিত ফলগুলি পাওয়া যায় ও তাহাদের কার্য্যে লাগান হয়—(১) উত্তাপন (Heating), (২) রাসায়নিক (Chemical), (৩) চুম্বক (Magnetic) ফল যাহা হেতু প্রবাহের একটি চুম্বকের উপর বা অন্য একটি প্রবাহের উপর ফল থাকে।

(১) উত্তাপন (Heating):—একটি তারের মধ্য দিয়া প্রবাহ যাইতে থাকিলে দেখা যায় যে তারটি গরম হইয়া উঠে এবং পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে এই উৎপন্ন তাপের পরিমাণ (১) বাধার পরিমাণ, (২) প্রবাহের বর্গ ও (৩) প্রবাহের সময় অনুযায়ী হয়। অর্থাৎ $H \propto C^2 Rt$, H = তাপ পরিমাণ, C = প্রবাহবেগ, R = বাধা ও t = সময়। ইহাকে জুল্‌স্‌-ল (Joule's Law) বলে। ইহা এই ভাবে হিসাব করিলে পাওয়া যায়।

যদি কোন তারের শেষ ভাগদ্বয়ের পি, ডি, হয় E, তাহা হইলে তন্মধ্য দিয়া Q পরিমাণ বিদ্যুৎ বহিয়া যাইলে যে কার্য্য সাধিত হইল তাহা W হইলে

$$W = Q \times E$$

কিন্তু $Q = C \times t$

$$\therefore W = C \times E \times t$$

আবার $E = C \times R$

$$\therefore W = C^2 Rt$$

এখন যদি J = জুল্‌স্‌ ইকুইভ্যালেন্ট (অর্থাৎ কার্য্য পরিমাণ যাহা একক তাপের সহিত সমান = ৪.২×১০^{৭} আর্গ) হয়, তাহা হইলে

$$H = \frac{W}{J} = \frac{C^2 Rt}{J}$$

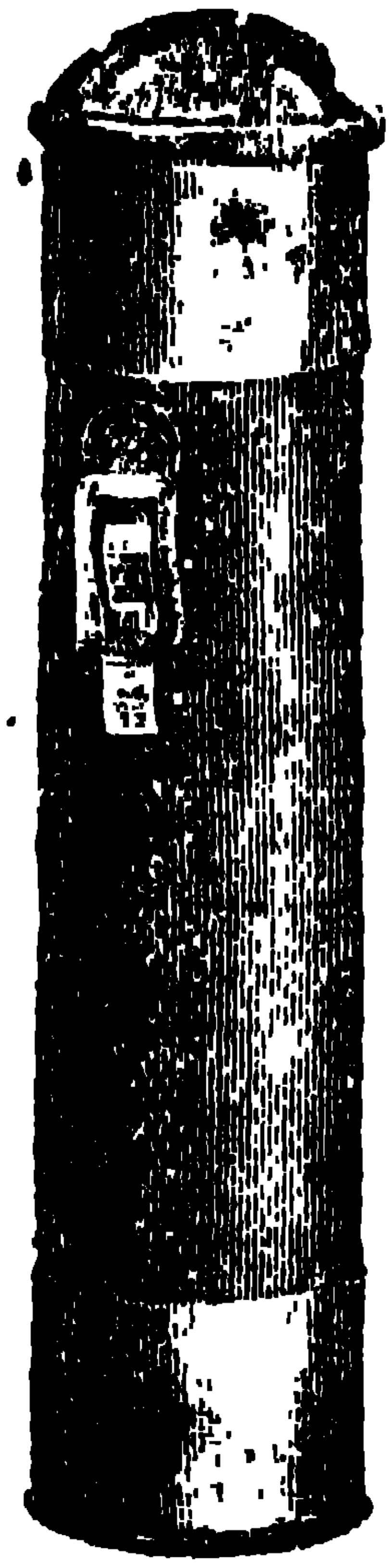
ইহাতে ব্যবহৃত এককগুলি সব সি, জি, এস, (C. G. S) এককে আছে, ইহাদিগকে ব্যবহার্য্য এককে অর্থাৎ আমপেয়ার ও ওমে পরিণত করিতে হইলে যথাক্রমে Cকে $১০^{-১}$ ও Rকে $১০^{৯}$ দিয়া গুণ করিতে হইবে।

$$\text{সুতরাং } H = \frac{C^2 \times ১০^{-২} \times R \times ১০^{৯} \times t}{৪.২ \times ১০^{৭}} \quad \frac{C^2 Rt}{৪.২} \quad ৪\ C^2 Rt$$

(C = আমপেয়ার ও R = ওম)

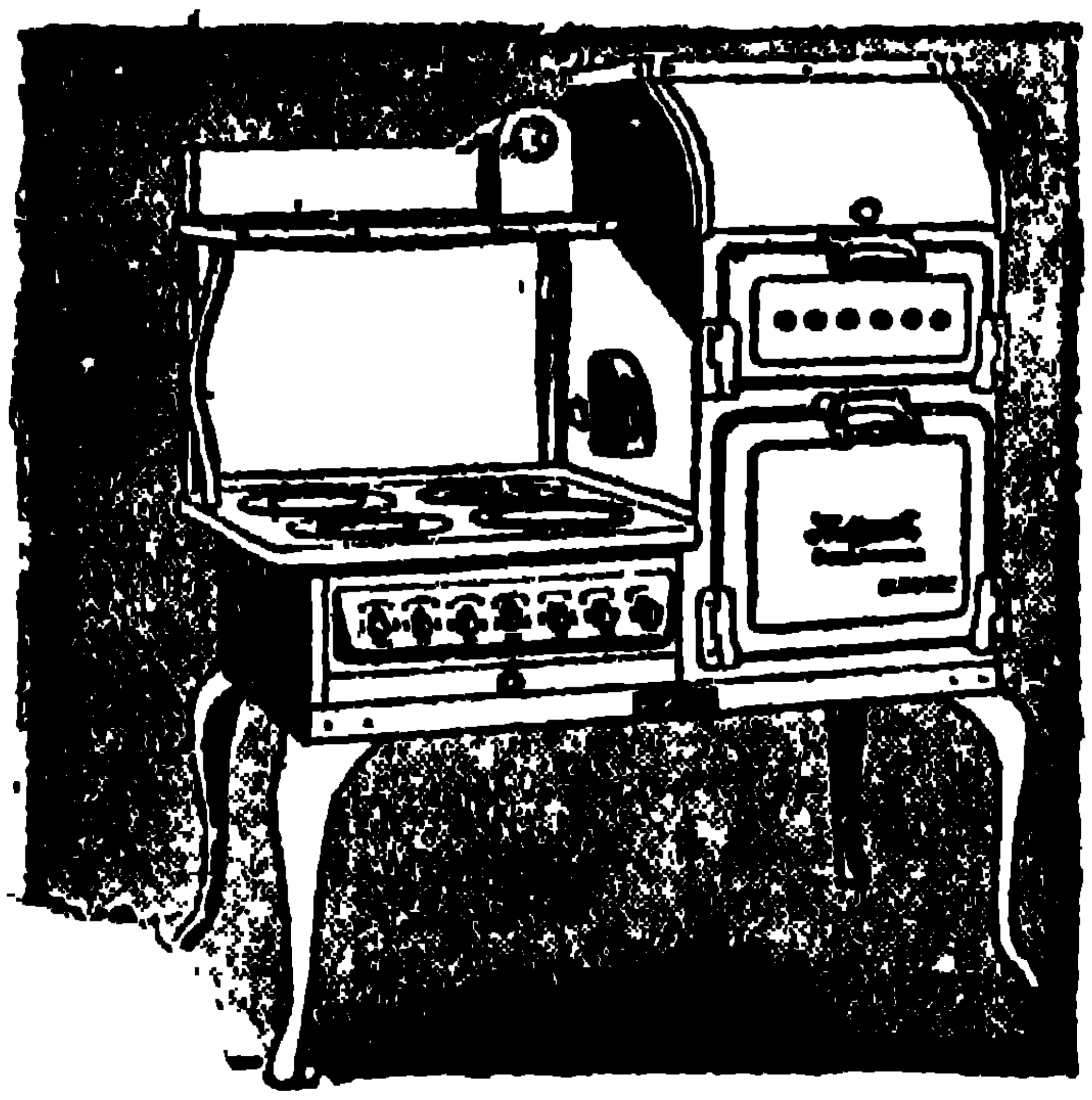
বিদ্যুৎ-প্রবাহের তাপক গুণ নানা কার্য্যে ব্যবহার হয়, যথা—অস্ত্র-চিকিৎসকেরা সরু প্লাটিনাম তারকে শুভ্র তপ্ত করিয়া তদ্দ্বারা অস্ত্র করেন, খনির মধ্যে বারুদে ও টরপেডোতে সচরাচর এই তাড়িতোদ্ভুত তাপ লাগান হয়, সেইজন্য কিয়ৎ পরিমাণ বারুদকে সরু প্লাটিনাম তার দ্বারা ঘেরা হয় ও ঐ তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ কালে উহা গরম হইয়া বারুদকে জ্বালাইয়া দেয়। এই তাপ দ্বারা ধাতব পদার্থাদি গলান হয়। বৈদ্যুতিক বাতি বা উনানও এই তাপের ফল, বাতির বাল্বের মধ্যে যে সরু তার থাকে তাহা দিয়া প্রবাহ যাইবার সময় উহা এত গরম হয় যে শুভ্র তপ্ত হইয়া যায় ও আলোক নির্গত হয়। এই বাতি সম্বন্ধে পরে বর্ণিত হইবে। বৈদ্যুতিক উনান (Heater) বা ইস্ত্রির (Iron) মধ্যে কয়েলের আকারে তার পাকান থাকে, প্রবাহ যাইবার সময় এই তার গরম হইয়া লাল হইয়া যায় ও ইহা হইতে উত্তাপ নির্গত হইতে থাকে। এই তাপন গুণ বৈদ্যুতিক পরিমাপ কার্য্যে কতকগুলি বৈদ্যুতিক যন্ত্রে ব্যবহার হয়। যথা—হট-অয়ার এমমিটার ও ভোল্টামিটার প্রভৃতি। কয়েকটী তাপ উৎপাদনকারী গৃহে ব্যবহার্য্য বৈদ্যুতিক দ্রব্যের চিত্র প্রদত্ত হইল :—

১৪৮চিত্রে একটি সাধারণ হ্যাণ্ড-টর্চ লাইটের আকৃতি দেওয়া হইয়াছে। এই হ্যাণ্ড টর্চ বাতি একটি বা ততোধিক প্রাইমারি সেলের (ড্রাই বা শুষ্ক) সংযোগে বিদ্যুৎ প্রস্তুত করিয়া উহার মধ্যস্থিত ইন্‌ক্যাণ্ডিসেণ্ট বাল্বটিকে প্রজ্জ্বলিত করে। ইহাদের মধ্যে এমন টর্চও দেখা যায় যাহাদের রোসনাই দেড় হাজার ফুট পর্য্যন্ত যায়। পথে ঘাটে ইহারা বেশ কার্য্যোপযোগী হয়। ইহাদের ব্যাটারি প্রায় ৭ হইতে ২০ ঘণ্টা পর্য্যন্ত বৈদ্যুতিক শক্তি দানে সমর্থ হয়। ব্যাটারিগুলি অধিক পুরাতন হইলে, তাহাদের শক্তি কার্য্যে ব্যয়িত না হইয়াই অপচয় হইয়া যায়। সুতরাং ঐ বাতিকে বিদেশে (যেখানে ব্যাটারি পাওয়া যায় না) লইয়া যাইতে হইলে নূতন ব্যাটারি সংগ্রহ করিয়া লইয়া যাওয়াটা বিধেয়। ব্যাটারি বাজারে খরিদ করিতে পাওয়া যায়।



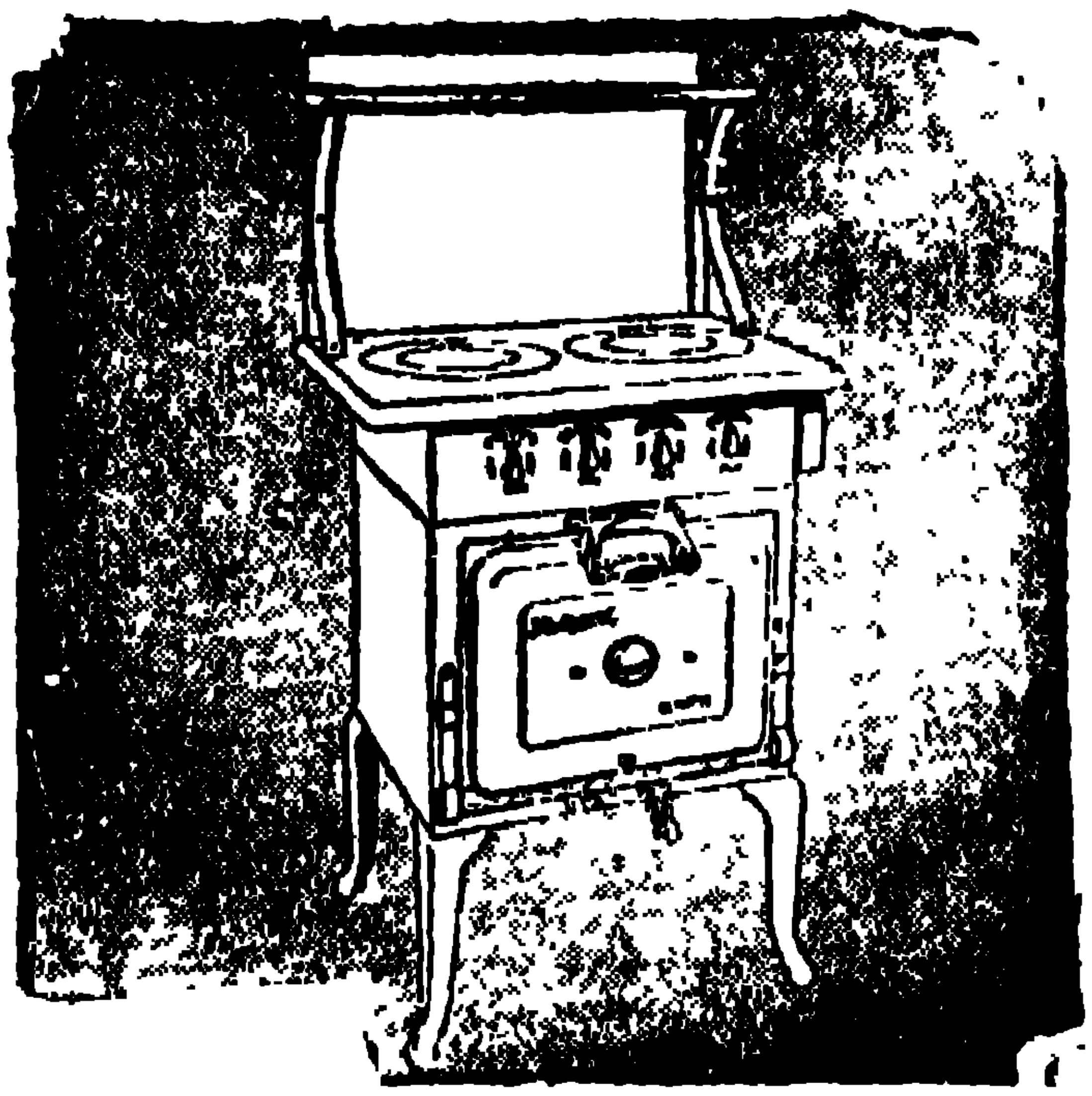
চিত্র—১৪৮

১৪৯ চিত্রে একটি ক্যাবিনেট ইলেক্ট্রিক উনান বা বৈদ্যুতিক উনান আছে। ইহার সহিত আবার খাদ্য দ্রব্যাদি গরম রাখিবার জন্য হট্-চেষ্টও আছে। ঐ উনানে খাদ্যদ্রব্যাদি প্রস্তুত করিয়া পরে পার্শ্বস্থিত হট্-চেষ্টের মধ্যে রাখিয়া দিলে খাদ্যাদি শীঘ্র শীতল হয় না। এই উনানের বিদ্যুৎ প্রবাহক তার এক প্রকার উচ্চ-উত্তাপ সহনশীল ধাতুর দ্বারা নির্ম্মিত।

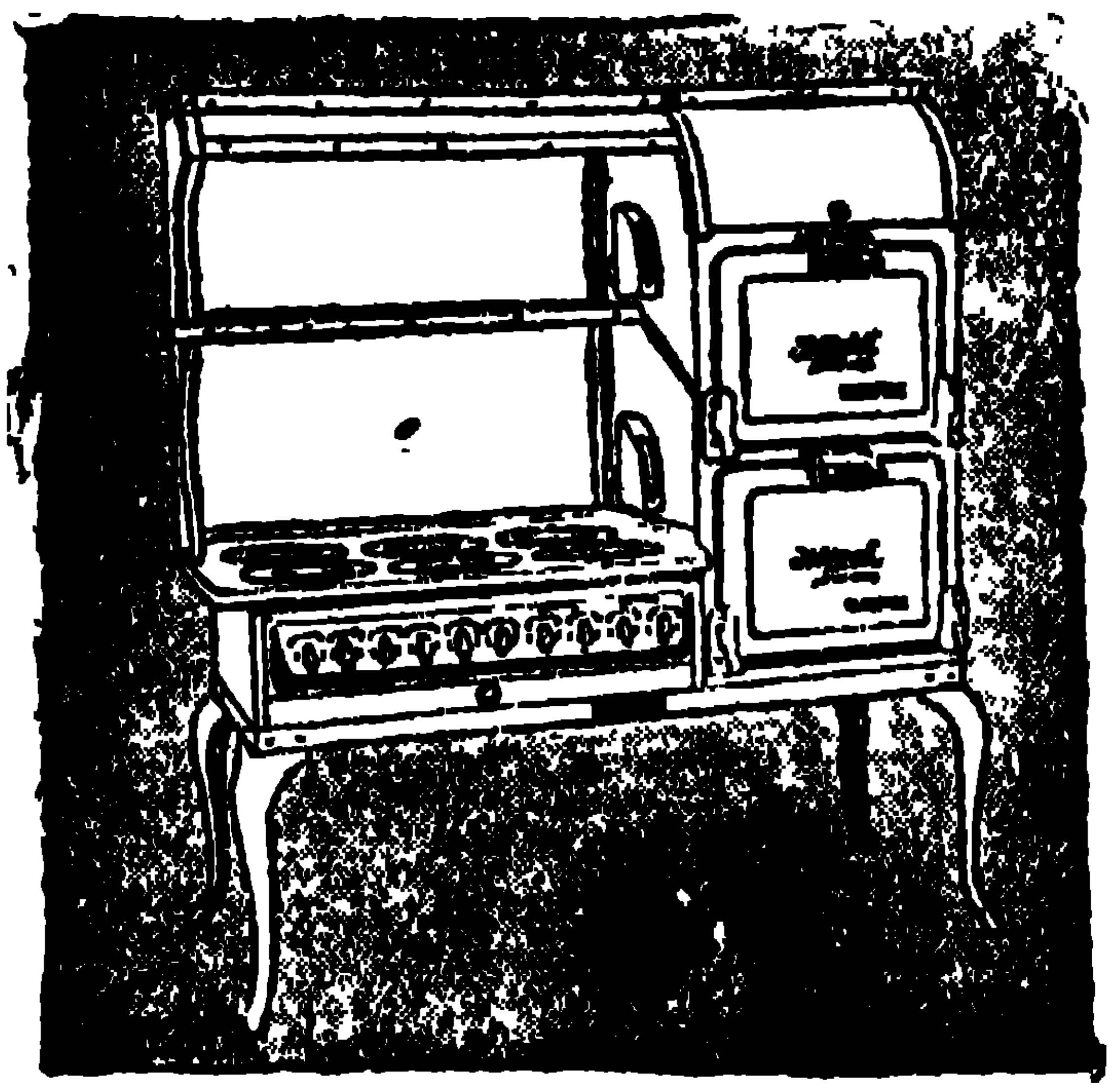


চিত্র—১৪৯

এই তারকে বৈদ্যুতিক ভাষায় এলিমেণ্ট (Element) বলা যায়। এইরূপ ক্যাবিনেট উনান দেখিতে সুন্দর ও ঘরের আসবাবরূপে বিরাজ করে। ১৫০ চিত্রে একটি বৈদ্যুতিক উনানের আকৃতি দেওয়া হয়েছে ইহাতে কেবলমাত্র দুইটি গরম করিবার এলিমেণ্ট আছে, ইহাতে একত্রে দুইটি সাধারণ উনানের কার্য্য হইতে পারে। ইহারা হট-চেষ্ট উনানের নিম্নে স্থাপিত। ১৫১ চিত্রে একটি বৃহৎ বৈদ্যুতিক উনান সমষ্টি দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে এক সঙ্গে অনেকগুলি উনানের মুখ আছে, ইহার দ্বারা অনেক প্রকারের রন্ধন একত্রে করা যাইতে পারে। উহার বৈদ্যুতিক শক্তি বাহক "এলিমেণ্ট" অর্থাৎ হট্ অয়ার ঠিক পূর্ব্ব বর্ণিত উনানের ন্যায়। ১৫২ চিত্রে একটি ছোট উষ্ণ করিবার উনান দর্শিত হইয়াছে। এই উনানের দ্বারা বেকিং ও রুটী টোষ্ট প্রভৃতি প্রকারের কার্য্য বেশ সুচারুরূপে সম্পন্ন হইতে পারে। ১৫৩ চিত্রে একটি গৃহ উষ্ণকারী রেডিয়েটারের আকৃতি দর্শিত হইয়াছে। শীতপ্রধান দেশের পক্ষে ইহা অতীব প্রয়োজনীয় দ্রব্য। ইহার উষ্ণ করিবার তার বা "ফিলামেণ্ট" উনানের তারের

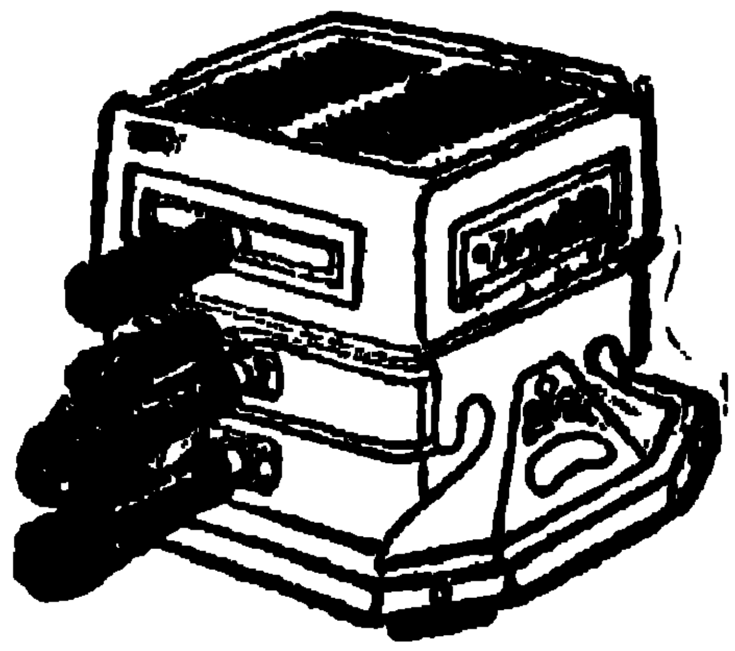


চিত্র—১৫০

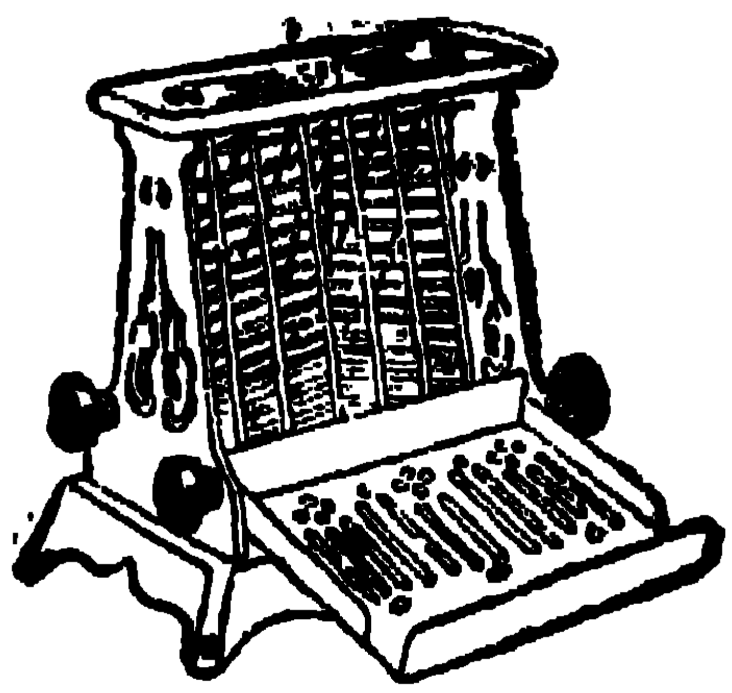


চিত্র—১৫১

ন্যায়। এই রেডিয়েটার ব্যতীত আরো অনেক প্রকার রেডিয়েটার প্রস্তুত হয় তাহাদের চিত্র এখানে স্থানাভাব বশতঃ দেওয়া হয় নাই।

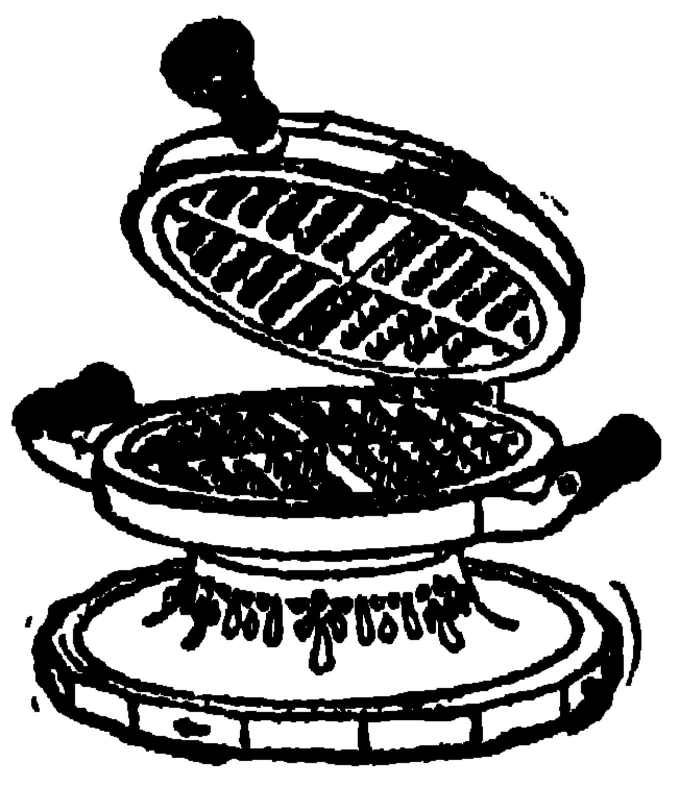


চিত্র—১৫২



চিত্র—১৫৩

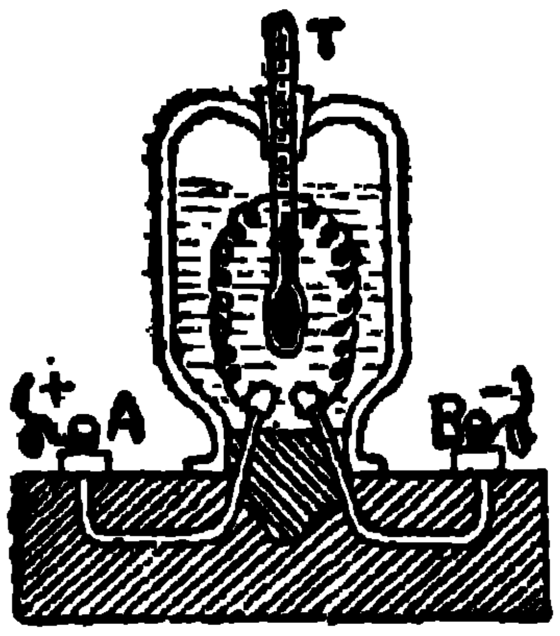
চিত্র—১৫৪



চিত্র—১৫৫

১৫৪ চিত্রে একটি তরল পদার্থ উষ্ণ করিবার কেটলীর ছবি দেওয়া হইয়াছে। এই কেটলীর নিম্নভাগে ভিন্ন কোটরে একটি বিদ্যুৎ প্রবাহক এলিমেণ্ট আছে। বিদ্যুৎ লাইনের সহিত সংযোগ করিয়া দিলেই এই "এলিমেণ্ট" উষ্ণ হইয়া উপর কোটরস্থিত জল প্রভৃতি তরল পদার্থকে উষ্ণ করে। ইহার দ্বারা চা প্রস্তুতের উষ্ণ জল অনায়াসে প্রস্তুত হইতে পারে। ১৫৫ চিত্রে একটি "হট্‌প্লেটের" আকৃতি দেওয়া হইয়াছে ইহাতে রুটি প্রভৃতি প্রস্তুত করা যায়। পাউরুটি টোষ্ট করা যায়। এই সকল উষ্ণকারী দ্রব্যের এলিমেণ্ট নষ্ট হইয়া গেলে বাজারে ক্রয় করিতে পারা যায়। ইহা বিশেষ লক্ষ্য রাখা কর্ত্তব্য যে যখন এইসকল উষ্ণকারী উনান অধিক উত্তপ্ত হয়, তখন উহাদের বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ রাখা প্রয়োজন নতুবা এলিমেণ্ট পুড়িয়া যাইবার বিশেষ সম্ভাবনা।

প্রবাহ দ্বারা উৎপন্ন উত্তাপ ১৫৩ চিত্রে দর্শিত যন্ত্রটীর দ্বারা পরিমিত হইতে পারে। প্রবাহ বহিবার সময় কয়েলটি দ্বারা উৎপন্ন উত্তাপ তরল পদার্থকে গরম করে; ঐ তরল পদার্থের তপ্ততা T থার্মোমিটার দ্বারা দর্শিত হয় এবং A ও B টার্মিনালদ্বয় দ্বারা কয়েলে প্রবাহ দান করা যায়। এই যন্ত্রে সচরাচর তরল পদার্থটির জন্য এলকোহল অথবা টার্পেনটাইন তৈল ব্যবহৃত হয়।



চিত্র—১৫৩

যদি ব্যবহৃত তরল পদার্থের পরিমাণ হয় m গ্র্যাম, স্পেসিফিক-হিট s এবং উহা to উত্তপ্ত হয়, তাহা হইলে উত্তপ H—mst

প্রবাহের ফল—(২) রাসায়নিক।

যেমন সেলের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা বিদ্যুৎ প্রবাহ পাওয়া যায়, ঠিক তাহার বিপরীত ভাবে সেলের বাহিরে এই প্রবাহ দ্বারা কতকগুলি তরল পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া সাধিত হইতে পারে। পরীক্ষা করিলে দেখিতে পাওয়া যায় তরল পদার্থ তিন প্রকারের হইতে পারে,—

(১) যাহাদের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ হইতে পারে না বা অপরিচালক, যথা—পেট্রোলিয়াম বা টার্পেনটাইন।

(২) যাহাদের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে পারে বটে, কিন্তু বিশ্লেষণ হয় না, যথা—পারদ, গলিত ধাতু।

(৩) যাহাদের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহকালে বিশ্লেষণ হয়।

এই শেষোক্ত পদার্থগুলি সাধারণতঃ গলিত বা তরল লবণাক্ত পদার্থ এবং ইহাদিগকে ইলেকট্রোলাইট (Ele trolyte) বলে ও প্রবাহ দ্বারা ইহাদের বিশ্লেষণ হওয়াকে ইলেকট্রোলিসিস (Electrolysis) বলে।

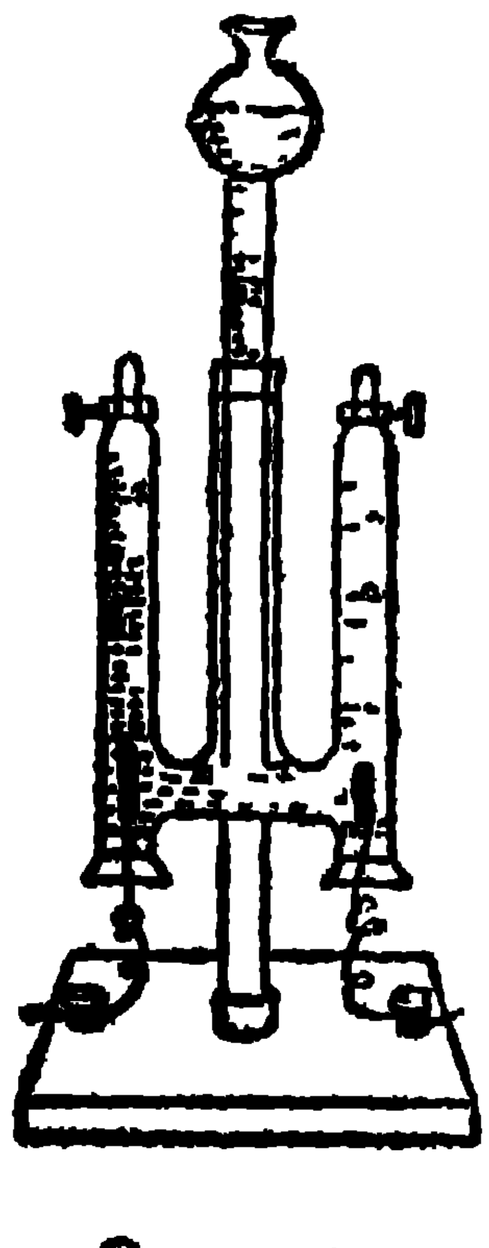
ইলেকট্রোলইটের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য পজিটিভ ও নেগেটিভ

তারের সহিত সংযুক্ত যে দুইটি ধাতুখণ্ড তরল পদার্থের মধ্যে ব্যবহার হয় তাহাদিগকে ইলেকট্রোড (Electrode) বলে। তন্মধ্যে যেটী পজিটিভ তারের সহিত সংযুক্ত থাকে তাহাকে পজিটিভ ইলেকট্রোড বা এনোড (Anode) বলে ও যেটি নেগেটিভ তারের সহিত সংযুক্ত থাকে তাহাকে নেগেটিভ ইলোক্ট্রোড বা ক্যাথোড (Kathode) বলে। অতএব তরল পদার্থের মধ্যে এনোড হইতে ক্যাথাডে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। যে পাত্রের মধ্যে ইলেকট্রোলিসিস সাধিত হয় তাহাকে ভল্টামিটার (Voltameter) বলে। যদি কপার সালফেট ($Cu\,SO_4$, তুঁতে), সিলভার নাইট্রেট ($Ag\,NO_3$), পোটাসিয়াম আয়োডাইড ($K\,I$), সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$) সালফিউরিক এসিড ($H_2\,SO_4$), হাইড্রোক্লোরিক এসিড ($H\,Cl$), প্রভৃতি দ্রব্য জলে গুলিয়া তন্মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয় তাহা হইলে উহারা বিশ্লিষ্ট হইয়া যথাক্রমে Cu ও SO_4, Ag ও NO_3, K ও I, Na ও Cl, H_2 ও SO_4, H ও Cl প্রভৃতি পদার্থে পরিণত হয়। তন্মধ্যে অগ্র লিখিত পদার্থগুলিতে অর্থাৎ Cu, Ag, K, Na, H_2 প্রভৃতিতে পজিটিভ চার্জ্জ থাকে বলিয়া ইহারা নেগেটিভ ইলেকট্রোডে আক্রান্ত হয় ও অপরগুলিতে অর্থাৎ SO_4, NO_3, I, Cl ইত্যাদিতে নেগেটিভ চার্জ্জ থাকে বলিয়া ইহারা পজিটিভ ইলোকট্রোডে আক্রান্ত হয়। এই ভাবে বিশ্লিষ্ট হইয়া উৎপন্ন বৈদ্যুতিক অবস্থা বিশিষ্ট Cu, Ag, K, Na, H_2, ও SO_4, NO_3, I, Cl প্রভৃতিকে চলিত ভাষায় 'আয়ন' (Ion) বলে। প্রকৃতপক্ষে উহারা অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অসংখ্য বিদ্যুৎ পরিমাণের সমাহার এবং সেই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিদ্যুৎ পরিমাণকে আয়ন বলে এবং এরূপভাবে বিশ্লিষ্ট হওয়াকে 'আয়োনাইজেসন' (Ionisation) বলে। যেগুলিতে পজিটিভ আয়ন থাকে তাহাদিগকে 'এনিয়ন' (Anion) বলে এবং তাহারা নেগেটিভ ইলেকট্রোডের (Kathode) উপর আক্রান্ত হয় যথা—Cu, Ag, K, Na, H_2 প্রভৃতি, আর যে গুলিতে নেগেটিভ আয়ন

থাকে তাহাদিগকে 'কেটিয়ন' (Kation) বলে এবং তাহারা পজিটিভ ইলেকট্রোডের (Anode) উপর আক্রান্ত হয়, যথা—SO_4, NO_3, I, Cl, O ইত্যাদি। এখন এই Cu, Ag বা এবম্প্রকার দ্রব্যাদি নেগেটিভ ইলেকট্রোডের গাত্রে ধরিয়া যায় কিন্তু K, Na প্রভৃতি দ্রব্যাদির জলের উপর রাসায়নিক প্রক্রিয়া থাকায় জলের সহিত $2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$ বা $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$ এই প্রকার রাসায়নিক কার্য্য করিয়া H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে এবং K বা Na প্রভৃতির পরিবর্ত্তে এই H_2 গ্যাস নেগেটিভ ইলেকট্রোডের গাত্রে জমিতে দৃষ্ট হয়। পজিটিভ ইলেকট্রোডের উপর SO_4, NO_3, I, Cl প্রভৃতি দ্রব্য পড়ে এবং ইলেকট্রোডের ধাতুটি যদি এরূপ হয় যে তাহার উপর ইহাদের রাসায়নিক ক্রিয়া আছে তাহা হইলে ইলেকট্রোডের পদার্থটিকে যথাক্রমে সালফেট, নাইট্রেট, আয়োডাইড, ক্লোরাইড ইত্যাদি লবণে পরিণত করে, নতুবা ইলেকট্রোডের সহিত কোনরূপ রাসায়নিক ক্রিয়া না ঘটিলে জলের সহিত ঘটিয়া $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$, $2NO_3 + H_2O = 2HNO_3 + O$, $I_2 + H_2O = 2HI + O$, $Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$ এইভাবে O_2 গ্যাস নিঃসৃত করে। এই O_2 গ্যাসই পজিটিভ ইলেকট্রোডে জমিতে দেখিতে পাওয়া যায়। অবশ্য প্রথম প্রথম এই O_2 গ্যাস জলের মধ্যে গুলিয়া যাইতে থাকে, সেইজন্য গোড়ার মুখে উহা জমিতে দৃষ্ট হয় না। বলা বাহুল্য যে K I বা Na Cl এর পক্ষে একদিকে K বা Na দ্বারা জল বিশ্লিষ্ট হইয়া উহার একটি উপাদান H_2 নির্গত হয়, KOH বা NaOH প্রস্তুত হয় এবং অপর দিকে I বা Cl কর্ত্তৃক জল বিশ্লিষ্ট হইয়া ইহার অপর উপাদান O_2 নির্গত হয় ও HI বা HCl প্রস্তুত হয়, পরে এই KOH ও HI বা NaOH ও HCl মিশিয়া যথাক্রমে KI বা NaCl পুনরায় প্রস্তুত হয়, যথা—$KOH + HI = KI + H_2O$ বা $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$। অতএব ফলতঃ দেখা যাইতেছে যেন KI বা NaCl অভগ্ন

রহিয়া গেল, কেবলমাত্র H_2O বা জল H_2 ও O_2 এই দুই উপাদানে বিভক্ত হইল। এরূপ কার্য্য HNO_3 বা H_2SO_4 এর পক্ষেও ঘটে,—ইহারা বিশ্লিষ্ট হইয়া H ও NO_3 বা H_2 ও SO_4 হয়। একদিকে এই H_2 গ্যাস জমে অপরদিকে NO_3 বা SO_4 কর্ত্তৃক জল হইতে O_2 নিঃসৃত হয় ও HNO_3 বা H_2SO_4 পুনঃ প্রস্তুত হয় যেমন পূর্ব্বে দেখান হইয়াছে।

জলের ইলেকট্রোলিসিস (Electrolysis of water) নির্ম্মল জলের মধ্যে দুইটি প্লাটিনামের ইলেকট্রোড ডুবাইলে দেখা যায় যে জলের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না অর্থাৎ নির্ম্মল জল প্রায় অপরিচালক। কিন্তু যদি এই জলে কিঞ্চিৎ পরিমাণে সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) বা সাধারণ লবণ (NaCl) মিশ্রিত করা যায় তবে দেখা যায় যে ইলেকট্রোড দুইটিতে গ্যাস বুদবুদ জমে। এনোড ও ক্যাথোডের উপর দুইটি জলপূর্ণ পাত্র উপুড় করিয়া ধরিয়া রাখিলে দেখা যাইবে যে কিয়ৎক্ষণ পরে তাহাদের মধ্য হইতে জল নিঃসৃত হইয়া গিয়া উপর দিকে গ্যাস জমিতেছে। তন্মধ্যে ক্যাথোডের পাত্রে অধিক পরিমাণে গ্যাস জমে ও এনোডের পাত্রে অতি অল্প পরিমাণে গ্যাস জমে। তাহার কারণ এনোডে যে গ্যাস নিঃসৃত হয় তাহা জলে গুলিয়া যায় বলিয়া প্রথম প্রথম জমিতে দেখা যায় না, পরে যখন এনোড পাত্রের জল পূর্ণমাত্রায় ঐ গ্যাসকে গুলিয়া লয় তখন নিঃসৃত গ্যাস জলে আর গোলে না, জলকে সরাইয়া পাত্রটির উপর দিকে গিয়া জমিতে থাকে। এই সময় হইতে ক্যাথোড পাত্রে যে পরিমাণ গ্যাস জমিতে থাকে তাহা যদি মাপা যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে ক্যাথোড পাত্রের গ্যাসের পরিমাণ এনোড পাত্রের গ্যাসের পরিমাণের প্রায় দ্বিগুণ এবং পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে ক্যাথোড পাত্রে H_2 গ্যাস



চিত্র—১৫৭

ও এনোড পাত্রে O_2 গ্যাস জমে। জলের এই ইলেকট্রোলিসিস হইতে প্রমাণ হয় যে জল H_2 ও O_2 নামক দুইটি উপাদানে গঠিত ও H_2এর পরিমাণ O_2এর দ্বিগুণ। প্রবাহ যাইবার সময় $H_2 SO_4$ বিশ্লিষ্ট হইয়া H_2 ও SO_4 হয়, H_2 ক্যাথোডে জমে ও SO_4 এনোডে যায় ও তথায় জলের সহিত মিশিয়া $H_2 SO_4$ পুনরায় প্রস্তুত হয় ও O_2 নির্গত হয়। ঠিক সেইরূপ NaCl বিশ্লিষ্ট হইয়া Na ও Cl হয়। Na ক্যাথোডে যায় ও তথায় জলের সহিত মিশিয়া NaOH প্রস্তুত হয় ও H_2 নির্গত করে এবং Cl_2 এনোডে যায় ও তথায় জলের সহিত মিশিয়া HCl প্রস্তুত করে ও O_2 নির্গত হয়, পরে Na OH ও HCl মিশিয়া পুনরায় NaCl ও জল প্রস্তুত হয়। প্রবাহ দ্বারা এই সকল বিশ্লেষণ কালে SO_4, Cl, HCl, $H_2 SO_4$ প্রভৃতি পদার্থ হয় বলিয়া প্লাটিনামের ইলেকট্রোড ব্যবহার করিতে হয়, কারণ এই ধাতুর উপর উহাদের কোনও রাসায়নিক ক্রিয়া নাই, নতুবা অন্য ধাতু ব্যবহার করিলে তাহারা ক্ষয়প্রাপ্ত হইবে। যে যন্ত্রের মধ্যে জলের ইলেকট্রোলিসিস্ হয় তাহাকে জলের ভল্টামিটার বলে।

পরিমাণ সম্পর্কীয় নিয়ম :—একটি সারকিটে (বিদ্যুৎ প্রবাহের পথে) কতকগুলি জলের ভল্টামিটার বসাইয়া দিলে দেখা যায় যে প্রত্যেকটিতেই ক্যাথোডে সমপরিমাণে H_2 নির্গত হয়, তাহাদের ইলেকট্রোডগুলির আকার যতই বিভিন্ন হউক না কেন বা ইলেকট্রোডদ্বয় যতই বিভিন্ন ব্যবধানে থাকুক না কেন। অথবা যদি ভল্টামিটারগুলিতে তুঁতের ($Cu SO_4$) জল থাকে তাহা হইলে ক্যাথোডগুলির উপরে সমপরিমাণ তামা (Cu) জমা হয়। এখন যদি কোনটায় এসিড মিশ্রিত জল, কোনটায় $Cu SO_4$ গোলা জল, কোনটায় $AgNO_3$ গোলা জল থাকে তাহা হইলে বিভিন্ন ক্যাথোডে নিক্রান্ত বিভিন্ন আয়নগুলির (H_2, Cu, Ag প্রভৃতি) পরিমাণ সমান হইবে না বটে, কিন্তু ইহা দেখা যাইবে যে জলের ভল্টামিটারে যদি ওজনে দুই ভাগ H_2 নিক্রান্ত

হয়, $CuSO_4$ ভল্টামিটারে ৬৩ ভাগ Cu ও $AgNO_3$ ভল্টামিটারে ২১৬ ভাগ Ag নিষ্ক্রান্ত হয়। এই পরিমাণগুলি উহাদের রাসায়নিক সমবদলীর (Chemical Equivalent) অনুপাতে হয়। অতএব দেখা যায় যে—

১। "যদি বিভিন্ন ইলেকট্রোলাইটের মধ্য দিয়া একই বা সমান প্রবাহ প্রবাহিত করা যায়, তাহা হইলে বিভিন্ন ইলেকট্রোডে নিষ্ক্রান্ত আনয়নের ওজন পরিমাণ তাহাদের রাসায়নিক সমবদলীর অনুপাতে হয়।" যথা, বিভিন্ন ভল্টামিটারে জল, হাইড্রোক্লোরিক এসিড, কপার-সালফেট, সিলভার-নাইট্রেট, পোটাসিয়াম-আয়োডাইড, গলিত টিনক্লোরাইড প্রভৃতিকে ইলেকট্রোলিসিস্ করিলে এবং যথাবিহিত উপায দ্বারা নিষ্ক্রান্ত আয়নগুলিকে পুরাপুরি সঞ্চয় করিয়া ওজন করিলে দেখা যায় যে প্রতি ১ পাউণ্ড হাইড্রোজেন নিষ্ক্রান্ত হইলে ততক্ষণে বিভিন্ন ইলেকট্রোডে ৩১·৫ পাউণ্ড Cu, ১০৮ পাঃ Ag, ১২৭ পাঃ I, ৫৯ পাঃ Sn (টিন), ৩৫·৫ পাঃ Cl, ৮ পাঃ O_2 ও ৩৯·১ পাঃ K নির্গত হয়। এবং এই পরিমাণগুলি উহাদের রাসায়নিক সমবদলীর আনুপাতিক।

২। "কোন নির্দ্দিষ্ট সময়ের মধ্যে নিষ্ক্রান্ত আয়নের পরিমাণ প্রবাহের তেজের অনুপাতে হয়।" অর্থাৎ, ১ আমপেয়ার প্রবাহ দ্বারা কোন সময়ের মধ্যে যে পরিমাণ আয়ন নিষ্ক্রান্ত হয়, ৫ বা ৮ আমপেয়ার প্রবাহ দ্বারা সেই সময়ের মধ্যে যথাক্রমে তাহার ৫ বা ৮ গুণ আয়ন নিষ্ক্রান্ত হয়।

৩। "কোন নির্দ্দিষ্ট প্রবাহ দ্বারা নিষ্ক্রান্ত আয়নের পরিমাণ সময়ের অনুপাতে হয়।" অর্থাৎ ১ সেকেণ্ডে যত আয়ন নিষ্ক্রান্ত হয় ৬ বা ১০ সেকেণ্ডে তাহার যথাক্রমে ৬ বা ১০ গুণ আয়ন নিষ্ক্রান্ত হয়।

বিদ্যুৎ-রাসায়নিক সমবদলী বা ইলেকট্রো কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট (Electro-Chemical Equivalent—E. C. C.)—১ সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত ১ আমপেয়ার প্রবাহ

দ্বারা নিষ্ক্রান্ত কোন পদার্থের আয়নের পরিমাণকে ঐ পদার্থের ইলেকট্রো-কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট বলে। ১ আমপেয়ার প্রবাহ দ্বারা ১ সেকেণ্ডে ·০০০০১০৪ গ্রাম H_2 নিষ্ক্রান্ত হয়, সুতরাং H_2এর E.C.C. = ·০০০০১০৪। অন্য কোন পদার্থের E. C. C. = H_2এর E. C. C. × ঐ পদার্থের কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট (নিয়ম ২ হইতে)। যথা :—Cu এর কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট ৩১·৫, সুতরাং ইহার E. C. C. = ·০০০০১০৪ × ৩১·৫ = ·০০০৩২৭৬, Agএর কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট ১০৮, অতএব ইহার E. C. C. = ·০০০০১০৪ × ১০৮ = ·০০১১২৩২। এবং দেখা যায় যে ১ আমপেয়ার প্রবাহ দ্বারা ১ সেকেণ্ডে যথাক্রমে ·০০০৩২৭৬ গ্রাম Cu ও ·০০১১২৩২ গ্রাম Ag নিষ্ক্রান্ত হয়।

দ্রষ্টব্য—কোন পদার্থের কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট বলিতে ঐ পদার্থের পরমাণুর ওজনকে উহার ভ্যালেন্সি (Valency) দ্বারা ভাগ করিলে যে ভাগফল হয় তাহাকে বুঝায়। পরমাণুর ওজন বলিতে H_2 পরমাণুর ওজনকে ১ ধরিলে পদার্থটির ওজন যাহা হয়, যথা :—Zn = ৬৫, Cu = ৬৩ এবং ভ্যালেন্সি বলিতে পদার্থটির একটি পরমাণু যতগুলি H_2 পরমাণুর সমবদলী, যথা :—$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ অতএব ১টি Zn পরমাণু দুইটি H_2 পরমাণুর সমবদলী, সুতরাং Znএর ভ্যালেন্সি = ২। অতএব Zn এর কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট = $\frac{৬৫}{২}$ = ৩২·৫। সেইরূপ $CuSO_4$ হইতে দেখা যায় Cuএর ভ্যালেন্সি = ২, সুতরাং Cuএর কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট $\frac{৬৩}{২}$ = ৩১·৫।

অতএব উল্লিখিত নিয়মত্রয় হইতে দেখা যায় যে $w = e \times C \times t$,

w = নিষ্ক্রান্ত আয়নের পরিমাণ, e = ইলেকট্রো-কেমিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট, C = আমপেয়ারে পরিমিত প্রবাহ বেগ, t = সেকেণ্ডে পরিমিত সময় পরিমাণ।

ইলেকট্রোলিসিসের ব্যবহার—ইলেকট্রোলিসিসের সাহায্যে নিম্নলিখিত কার্য্যগুলি সমাধা হইতে পারে।

১। কোন রাসায়নিক পদার্থের উপাদান নিষ্পত্তি।

২। নির্ম্মল ধাতু প্রাপ্তি।

৩। প্রবাহের বেগ পরিমাপ।

৪। ইলেকট্রোটাইপ কার্য্য।

৫। ইলেকট্রোপ্লেট কার্য্য।

১। রাসায়নিক পদার্থের উপাদান নিষ্পত্তি:—যেমন জলের ভল্টামিটার হইতে জানা যায় যে জল H_2 ও O_2 নামক দুইটি উপাদানে গঠিত ও ওজনে প্রতি ১ ভাগ H_2এর সহিত ৮ ভাগ O_2 থাকে বা আয়তনে ২ ভাগ H_2এর সহিত ১ভাগ O_2 থাকে।

২। নির্ম্মল ধাতু প্রাপ্তি বিষয় রসায়ন সম্পর্কীয় পুস্তকের আলোচ্য বিষয়।

৩। প্রবাহের বেগ পরিমাপ কার্য্য—দেখা গিয়াছে $w = e \times C \times t$। অতএব যদি নিক্রান্ত আয়নের ওজন দেখা যায় ও প্রবাহের সময় দেখা যায়, তাহা হইলে এই সম্বন্ধ হইতে Cএর পরিমাণ বাহির করা যায়, অবশ্য তালিকা হইতে e জানিতে হইবে।

যথা—একটি $Cu\,SO_4$ ভল্টামিটারে ১৫ মিনিটে ৩ গ্রাম Cu নিক্রান্ত হইয়াছে। কি প্রবাহ বহিয়াছে?

$$w = e \times C \times t$$

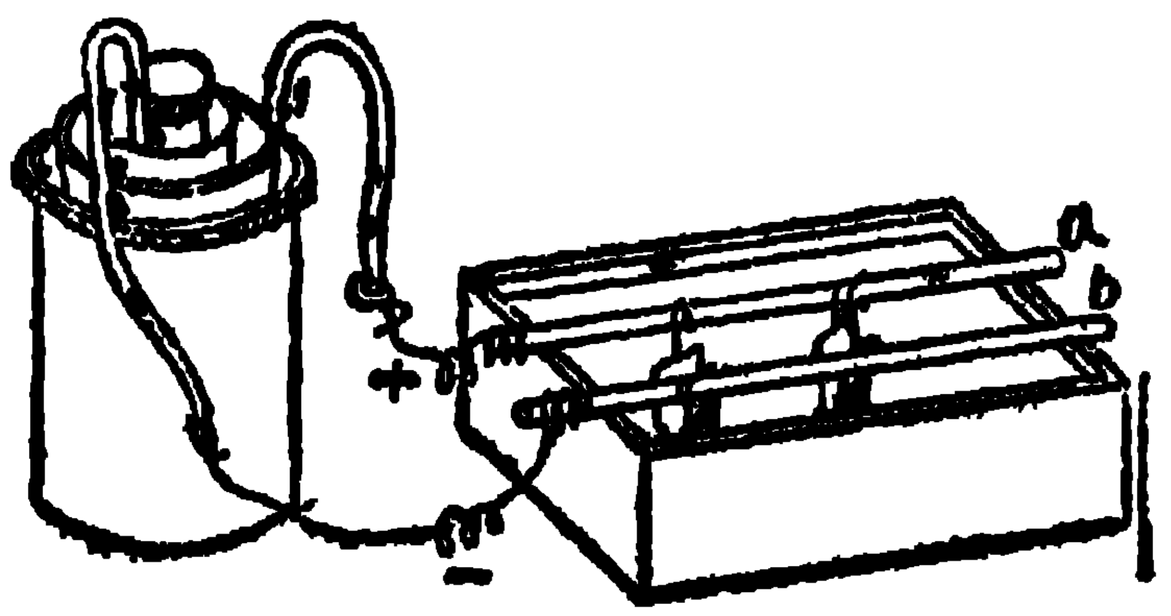
বা $$৩ = ·০০০০৩২৭৬ \times ১৫ \times ৬০ \times C = ·২৯৪৮৪\ C$$

বা $$C = \frac{৩}{·২৯৪৮৪} = ১০·১৭$$ আমপেয়ার।

৪। ইলেকট্রোটাইপ কার্য্য—ইলেকট্রোলিসিস দ্বারা তামার ইলেকট্রোটাইপ করা হয়। যে বস্তুটির ইলেকট্রোটাইপ করিতে হইবে, প্রথমতঃ তাহার একটি ছাঁচ করিয়া লইতে হয়, পরে সেই ছাঁচের উপর ইলেকট্রোলিসিস দ্বারা $CuSO_4$ ভল্টামিটার মধ্যে তামা জমাইতে হয়। যে সকল বস্তু পদক প্রভৃতির ন্যায় কঠিন ও চাপসহনশীল তাহাদের গাটা পার্চ্চার উপর ছাপ লওয়া হয়। এই নিমিত্ত গাটাপার্চ্চাকে গরম জলে রাখিয়া নরম করিয়া ঐ বস্তুটির উপর চাপিয়া ছাঁচ লইতে হয়। কাঠের ব্লক (Wood Block) ও টাইপ প্রভৃতির সচরাচর মোমের ছাঁচ হয়। মোম, চর্ব্বি ও ভেনিস-টার্পিণ একসঙ্গে গলাইয়া মিশ্রিত করিয়া একটি চেটাল পাত্রে ঢালিয়া দিতে হয় এবং উহা ঠাণ্ডা হইয়া জমিয়া একেবারে কঠিন হইবার পুর্ব্বেই ব্লক বা টাইপ উহার উপর চাপিয়া ছাপ তুলিয়া লইতে হয়। কোন কোন স্থলে প্লাষ্টার-অফ্-প্যারিস (Plaster of Paris) ও গলনক্ষম মিশ্র ধাতু (Fusible Alloy) দ্বারা ছাঁচ প্রস্তুত হইয়া থাকে। ছাঁচ প্রস্তুত হইলে ঐ ছাঁচকে পরিচালকে পরিণত করিতে হয়, তজ্জন্য ঐ ছাঁচের উপর সুচারু ভাবে গ্রাফাইট (Graphite) চূর্ণ মাখাইয়া দিতে হয়। এই ছাঁচটিকে $Cu\,SO_4$ ভল্টামিটারে ক্যাথোড ভাবে ব্যবহার করিতে হয় ও এনোডটি একটি তামার পাতের করিয়া প্রাইমারী বা

সেকেণ্ডারী সেল বা ব্যাটারি দ্বারা কিম্বা ডাইরেক্ট কারেণ্ট ডায়নামো হইতে প্রবাহ দিতে হয়। $CuSO_4$ বা তুঁতের তীব্র সলিউসান ব্যবহার করিতে হয়। কার্য্যকালে যেমন যেমন $CuSO_4$ বিশ্লিষ্ট হইয়া Cu (তামা) ক্যাথোডে বা ছাঁচের উপর পড়িতে থাকে SO_4 এনোডে অর্থাৎ তামার পাতের উপর পড়িয়া তাহার সহিত মিশিয়া $CuSO_4$ উৎপন্ন করে। সুতরাং $CuSO_4$ জলের তেজ নষ্ট হয় না।

১৫৮ চিত্রে কার্য্যপ্রকরণ দেখান হইয়াছে। $CuSO_4$এর জল ধারণকারী পাত্রটি কাষ্ঠ পরিবেষ্টিত কাঁচ, শ্লেটপাথর বা রবার দ্বারা প্রস্তুত। এই পাত্রটির উপরে আড়াআড়ি ভাবে দুইটি তাম্রদণ্ড আছে (A ও B), এই দণ্ড দুইটী সেলের বা ব্যাটারির নেগেটিভ ও পজিটিভ পোলের সহিত তার দ্বারা সংযুক্ত। ছাঁচটি (m) B হইতে ও তামার পাতটি (Cu) A হইতে $CuSO_4$ জলের মধ্যেনিমজ্জিত।



চিত্র—১৫৮

ছাঁচের উপর ইলেকট্রোলিসিস দ্বারা পাতলা ভাবে তামা জমান যায় ও এই তামাকে ছাঁচ হইতে খুলিয়া লইয়া ইহার মধ্যে গলিত টাইপমেটাল (যে ধাতু দিয়া টাইপ প্রস্তুত হয়) দিয়া ইহাকে শক্ত করা যায়।

খোদিত কাষ্ঠাদি হইতে ইলেকট্রোটাইপ করিবার উদ্দেশ্য এই যে প্রয়োজন মত এই উপায়ে অনেকগুলি একই রূপ প্রতিকৃতি পাওয়া যায় এবং ইহাদিগের দ্বারা বহু সহস্র কপি ছাপা চলে।

৫। ইলেকট্রোপ্লেটিং—বিভিন্ন উদ্দেশ্য সাধনার্থে ইলেকট্রোলিসিস দ্বারা একপ্রকার ধাতুর উপর ভিন্ন প্রকার ধাতু জমান হয়, ইহাকে ইলেকট্রোপ্লেটিং বলে। যথা—পিত্তল গহনাদিতে সোণা ধরাইয়া সোণার মত করা হয়, লৌহকে নিকেল ধরান হয়, যাহাতে লৌহে মরিচা না পড়ে, ইত্যাদি।

১। গিল্ডিং (Guiluing) বা গিল্টি করা—

ইহার দ্বারা সস্তার ধাতুর উপর সোণা ধরাইয়া সোণার মত করা হয়। ইহাতে যে সলিউসান ব্যবহার করা হয় তাহাতে ওজনে

$AuCl_3$, (গোল্ড ক্লোরাইড Gold Chloride) .... ১ ভাগ
KCN (পোটাসিয়াম সায়ানাইড Potassium Cyanide) উগ্রবিষ ১০ "
জল............২০০ ভাগ থাকে।

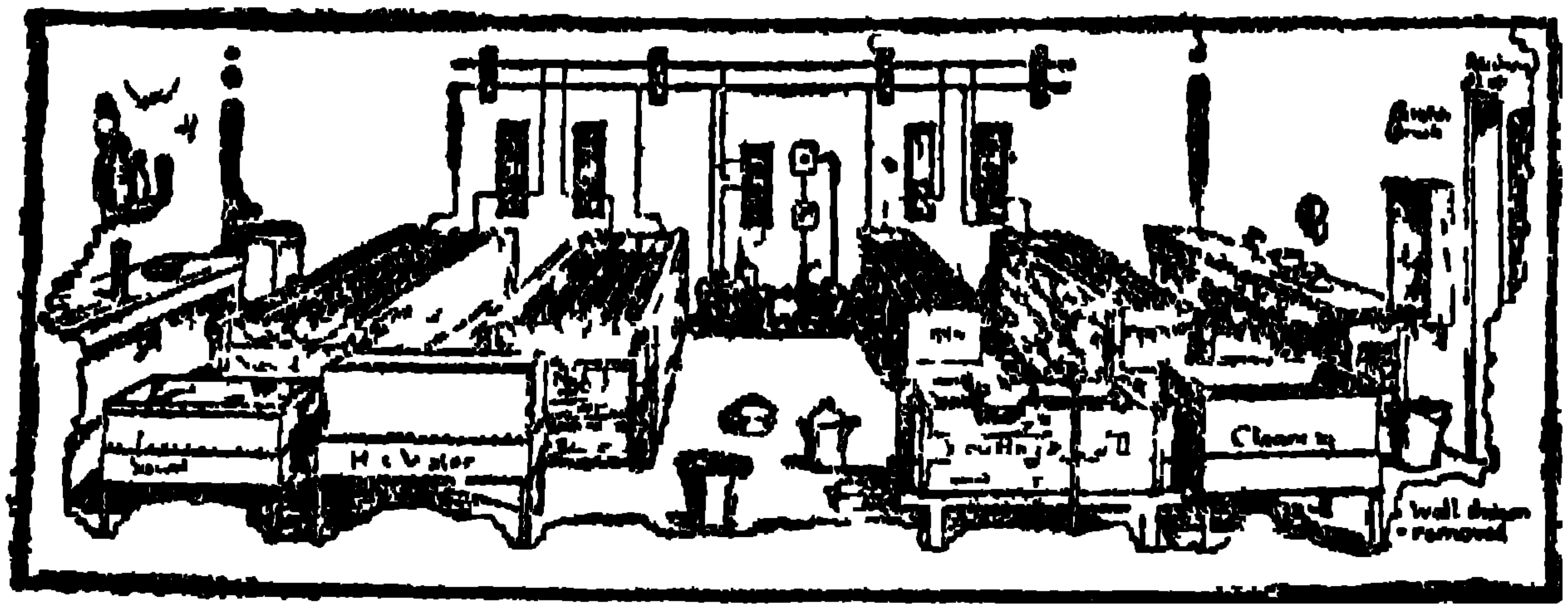
যে ধাতুটির উপর সোণা ধরাইতে হইবে তাহাকে নেগেটিভের সহিত সংযুক্ত করিয়া নেগেটিভ ইলেকট্রোড করিতে হইবে এবং একটি সোণার পাতকে (Gold Sheet) পজিটিভ ইলেকট্রোড করিতে হইবে যাহাতে কার্য্যকালে $AuCl_2$ ভগ্ন হইয়া Au (সোণা) নেগেটিভে ধাতুটির উপর জমিতে থাকিলে Cl_2 (ক্লোরিন) পজিটিভে সোণার পাতের উপর পড়িয়া $AuCl_2$ উৎপন্ন করে ও এই ভাবে সলিউসানের তেজ বজায় রাখে। সুতরাং দেখা যাইবে যে পজিটিভে সোণার পাতটি ক্রমশঃই ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে থাকে ও নেগেটিভে ধাতুটির উপর সোণা জমিতে থাকে।

সিলভারিং (Silvering) :—ইহার দ্বারা সস্তার ধাতুর উপর রূপা ধরাইয়া তাহাকে রূপার মত করা হয়। ইহাতে যে সলিউসান ব্যবহার হয় তাহাতে ওজনে—

$Ag(CN)_2$ (সিলভার সায়ানাইড Silver Cyanide)		১ ভাগ
KCN (পোটাসিয়াম সায়ানাইড)	... ...	১ "
জল	... ...	১২৫ "

ও ফোঁটা কয়েক কার্ব্বন বাই-সালফাইড CS_2 থাকে।

যে ধাতুটির উপর রূপা ধরাইতে হইবে তাহাকে নেগেটিভের সহিত সংযুক্ত করিয়া নেগেটিভ ইলেকট্রোড করিতে হইবে এবং একটি রূপার পাতকে (Silver sheet)



চিত্র—১৫১

পজিটিভ ইলেকট্রোড করিতে হইবে যাহাতে কার্য্যকালে $Ag(CN)_2$ উৎপন্ন করিতে থাকে ও এই ভাবে সলিউসানের তেজ বজায় রাখে। সুতরাং দেখা যাইবে যে পজিটিভে রূপার পাতটি ক্রমশঃই ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে থাকে ও নেগেটিভে ধাতুটির উপর রূপা জমিতে থাকে। উল্লিখিত উভয় প্রণালীতেই যে ধাতুর উপর সোণা বা রূপা ধরাইতে হইবে তাহাকে ভালরূপ পরিষ্কার করিতে হইবে। তজ্জন্য ইহাকে (১) তৈলময় পদার্থ নাশ-

করিবার জন্য পাতলা কষ্টিক সোডার (Na OH) জলে ফুটাইতে হইবে, (২) জল দিয়া ধুইতে হইবে, (৩) মরিচা নষ্ট করিবার জন্য ক্ষণেকের জন্য জল মিশ্রিত নাইট্রিক এসিডে (HNO_3) ডুবাইয়া রাখিতে হইবে, (৪) কঠিন বুরুষ দ্বারা বুরুষ করিতে হইবে, এবং (৫) নির্মল জলে ধুইয়া লইতে হইবে।

স্মরণ রাখিতে হইবে যে ইলেকট্রোটাইপ বা ইলেকট্রোপ্লেট করিতে হইলে— সলিউসান হইতে নিষ্ক্রান্ত ধাতব পদার্থে পজিটিভ চার্জ্জ থাকা হেতু উহা নেগেটিভ ইলেকট্রোডে পড়ে বলিয়া যে বস্তুতে ঐ নিষ্ক্রান্ত ধাতু ধরাইতে হইবে তাহাকে নেগেটিভ তারের সহিত সংযুক্ত করিয়া সলিউসানের মধ্যে নেগেটিভ ইলেকট্রোডে পরিণত করিতে হইবে এবং সলিউসানের তেজ বজায় রাখিবার জন্য যে ধাতু ধরান হইবে সেই ধাতুর একটি পাত বা দণ্ডকে সলিউসানের মধ্যে পজিটিভ ইলেকট্রোড করিতে হইবে।

১৫৯চিত্রে একটি ইলেকট্রোপ্লেটিং প্লান্ট দর্শিত হইয়াছে।

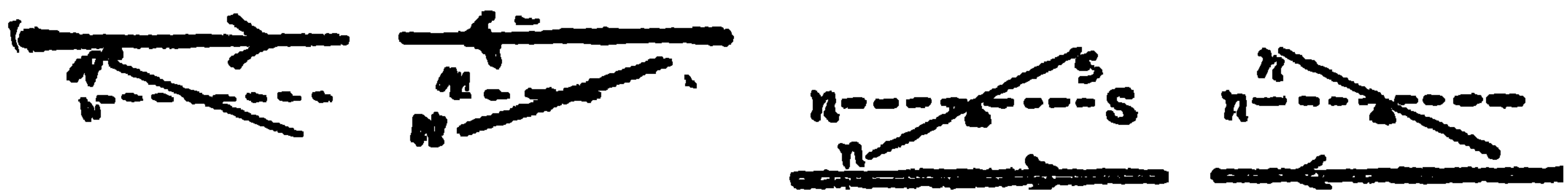
দ্রষ্টব্য :—পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে নির্ম্মল জল অপরিচালক বলিয়া উহার মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে না। উহার মধ্য দিয়া প্রবাহ বহাইতে হইলে উহাতে কোনও লবণ বা এসিড মিশ্রিত করিতে হয়। লবণ বা এসিড মিশ্রিত জলের মধ্যে পজিটিভ ও নেগেটিভ ইলেকটোডদ্বয়কে নিমজ্জিত করিবামাত্র ঐ লবণ বা এসিড পদার্থের বিশ্লেষণ আরম্ভ হয়। কিন্তু কিঞ্চিৎ বিশ্লেষণ ঘটিলেই ঐ বিশ্লিষ্ট উপাদানগুলি পুনর্মিলনের চেষ্টা করে। যেমন কোন বস্তুকে বল প্রয়োগ দ্বারা উপরে উঠান যায়, কিন্তু কিঞ্চিৎ উত্থিত হইলেই বস্তুটি নিম্নদিকে নামিবার চেষ্টা করে ও নিম্নদিকে চাপ দেয় ঠিক সেইরূপ কিঞ্চিৎ বিশ্লেষণ হইবামাত্র বিশ্লিষ্ট উপাদানগুলি পুনর্মিলিত হইবার চেষ্টা করে এবং এই পুনর্মিলনের চেষ্টার দরুন প্রযুক্ত ভোল্টেজের বিপরীত দিকে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। ইহাকে ইলেক-ট্রোলিসিসের ব্যাক ই, এম, এফ, বলে। এই পুনর্মিলনের চেষ্টাকে অতিক্রম করিয়া বিশ্লেষণ ক্রিয়া চালাইতে হইলে প্রযুক্ত ভোল্টেজ ব্যাক ই, এম, এফ, অপেক্ষা অধিক হওয়া প্রয়োজন। বিশ্লেষণ হইবার পূর্ব্বে প্রযুক্ত ভোল্টেজ ইলেকট্রোলাইটের মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহের ভোল্টেজ, কিন্তু বিশ্লেষণ ঘটিবার পরে প্রযুক্ত ভোল্টেজ হইতে ব্যাক ই, এম, এফ, বাদ দিলে যে পরিমাণ ভোল্টেজ থাকে তাহাই তখন ইলেকট্রোলাইটের মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহের ভোল্টেজ। যথা :—যদি প্রযুক্ত চাপ হয় ৬ ভোল্ট, তাহা হইলে প্রথমে যে প্রবাহ বহে তাহার ভোল্টেজ ৬ ভোল্ট। প্রবাহ কিয়ৎক্ষণ বাহয়া কিঞ্চিৎ বিশ্লেষণ ঘটিলেই যদি পুনর্মিলনের নিমিত্ত ব্যাক ই, এম, এফ, হয় ৪ ভোল্ট, তাহা হইলে তখন ইলেকট্রোলাইটের মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহের ভোল্টেজ ৬ − ৪ = ২ ভোল্ট মাত্র।

দশম পরিচয়।

প্রবাহের ফল (Effect of Current)

৩। চুম্বক ফল (Magnetic Effect)

যদি একটি প্রবাহ বহনকারী তারকে একটি সূচ চুম্বকের উপর ধরা যায় তাহা হইলে দেখা যায় যে সূচ চুম্বকটি ঘুরিয়া প্রবাহের সহিত সমকোণ



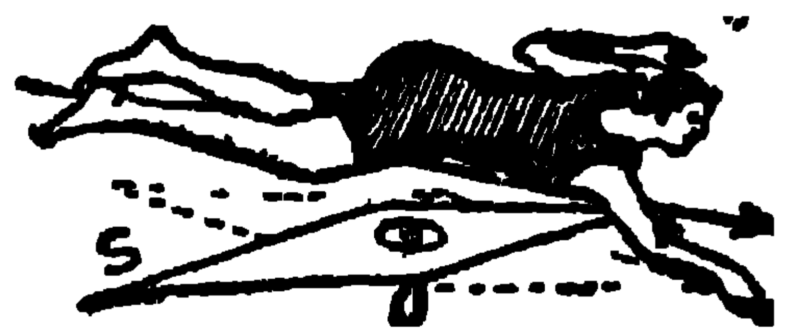
চিত্র—১৬০ চিত্র—১৬১ চিত্র—১৬২ চিত্র—১৬৩

করিতে চেষ্টা করে। সূচ-চুম্বকটিকে খাড়া দণ্ডে খাটাইয়া তারটিকে একবার তাহার উপরে, পরে তাহার নীচে এবং আবার উল্টা করিয়া তাহার উপরে নীচে ধরিলে নিম্নলিখিত ফলগুলি দৃষ্ট হয়।

তারের (প্রবাহের) স্থান	প্রবাহের দিক	N—মেরুর ঘূর্ণন	চিত্র
সূচের উপরে	উত্তর হইতে দক্ষিণ	পূর্ব্বদিকে	১৬০
"	দক্ষিণ হইতে উত্তর	পশ্চিমদিকে	১৬১
সূচের নিম্নে	উত্তর হইতে দক্ষিণ	পশ্চিমদিকে	১৬২
"	দক্ষিণ হইতে উত্তর	পূর্ব্বদিকে	১৬৩

এই ফলগুলি হইতে চুম্বকের ঘূর্ণন সম্বন্ধে নিম্ন লিখিত নিয়মটি পাওয়া যায়। ইহা আমপেয়ার কর্ত্তৃক প্রদত্ত হইয়াছিল বলিয়া ইহাকে আমপেয়ারের নিয়ম (Ampere's Rule) বা সন্তরণকারীর নিয়ম (Swiming man's rule) বলে (চিত্র—১৬৪)।

আমপেয়ারের নিয়ম (Ampere's Rule)—"তারের উপর দিয়া চুম্বকের দিকে মুখ রাখিয়া প্রবাহের দিকে (অনুমিত) সন্তরণকারীর বাম হস্তের দিকে N মেরু (ডান হস্তের দিকে S মেরু) ঘুরিয়া যায়।" এই নিয়ম অনুসারে তারের যে কোন অবস্থায় চুম্বকের ঘূর্ণনের দিক নির্দ্ধারিত হয়।

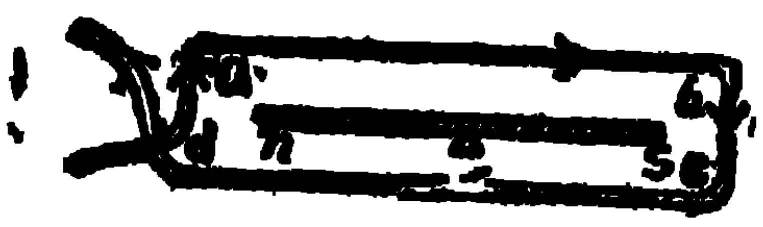


চিত্র—১৬৪

আবার এই নিয়মের সাহায্যে চুম্বকের ঘূর্ণনের দিক লক্ষ্য করিয়া কোন তারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত প্রবাহের দিক নির্ণয় করা যাইতে পারে। যথা—

সেলের মধ্যে প্রবাহের দিঙ্‌নির্ণয় :—একটি সেলের পোলদ্বয়কে এরূপভাবে লম্বা বক্র তার দ্বারা সংযোগ করিয়া লওয়া হউক যেন চুম্বক শূচের উপর ঐ তারের কোনরূপ ফলাফল না থাকে। এখন ঐ সেলকে তুলিয়া উহার পজিটিভ টার্মিনালকে উত্তর দিকে ও নেগেটিভ টার্মিনালকে দক্ষিণ দিকে রাখিয়া দণ্ডে খাটান চুম্বকের উপর ধরিলে উহার N মেরু পশ্চিম দিকে ও S মেরু পূর্ব্বদিকে ঘুরিয়া যায় এবং সেলটিকে ঘুরাইয়া উহার নেগেটিভ টার্মিনালকে উত্তর দিকে ও পজিটিভ টার্মিনালকে দক্ষিণ দিকে রাখিয়া চুম্বকের উপর ধরিলে উহার N মেরু পূর্ব্বদিকে ও S মেরু পশ্চিমদিকে ঘুরিয়া যায়। ইহা হইতে প্রমাণ হইতেছে (১) বাহিরে প্রবাহের সময় সেলের তরল পদার্থের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় এবং সেলের মধ্যস্থ এই প্রবাহ নেগেটিভ হইতে পজিটিভে যায়।

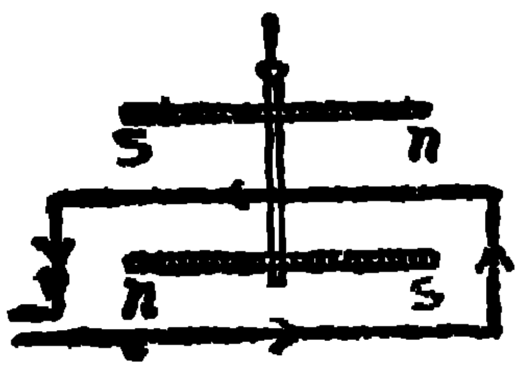
১৬৫ চিত্র হইতে আমপেয়ারের নিয়ম অনুযায়ী স্পষ্টই দেখা যায় যে একটি তারকে চুম্বকের চতুর্দ্দিকে পাকাইয়া দিলে প্রবাহ বহিবার সময় ঐ তারের উপরের অংশ, নীচের অংশ ও দুই পার্শ্বের দুইটি অংশ এই চারি অংশই চুম্বকের উপর একরূপ ফল উৎপাদন করে। এবং



চিত্র—১৬৫

তারটিকে ঐরূপভাবে একই দিকে যতবার পাকাইয়া দেওয়া যাইবে,

প্রত্যেক পাকটিই চুম্বকের উপর একরূপ ফল উৎপাদন করিবে। সুতরাং সমস্ত পাকগুলির সমগ্র ফল পাকের সংখ্যা অনুপাতে বাড়িয়া যাইবে। চুম্বকের উপর প্রবাহের ফল পরিমাণ প্রবাহের বেগ অনুসারে হয়, অর্থাৎ বেগ যতগুণ অধিক হইবে ফলের পরিমাণও ততগুণ অধিক হইবে। এখন যদি একটি মাত্র চুম্বক সূচ ব্যবহার না করিয়া এষ্টাটিক পেয়ার ব্যবহার করা যায় তাহা হইলে ঘুরিবার সময় পৃথিবী তাহাদের ঘূর্ণনে কোনরূপ বাধা দিবে না, সুতরাং প্রবাহ হেতু যতটা পরিমাণ ঘূর্ণন হইতে পারে তাহা হইবে। তবে এষ্টাটিক পেয়ারের দুইটি চুম্বককেই কয়েলের মধ্যে রাখিলে কোনরূপ ফল দেখিতে পাওয়া যাইবে না, কারণ একটি চুম্বকের উপর যে ফল হইবে, অপরটির উপর ঠিক তাহার সমপরিমাণ বিপরীত ফল হইবে, সুতরাং এই দুইটিতে কাটিয়া যাইবে। সেইজন্য এই পেয়ারের একটি চুম্বককে কয়েলের মধ্যে ও অপরটিকে কয়েলের বাহিরে রাখিয়া স্থাপন করিতে হয় (চিত্র ১৬৬)। ইহাতে কয়েলের প্রত্যেক অংশের ফল মধ্যস্থিত চুম্বকের উপর একইরূপ এবং উপরিস্থ বাহিরের চুম্বকের উপর কয়েলের উপরদিকের তারগুলির ফল পূর্ব্বফলেরই মত, কেবলমাত্র কয়েলের নিম্নদিকের তারগুলির ফল এই চুম্বকের উপর পূর্ব্বফলের বিপরীত, কিন্তু তাহাও আবার এই তারগুলি ঐ চুম্বক হইতে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক দূরে স্থিত বলিয়া পরিমাণে অতি অল্প। সুতরাং পূর্ব্বফলটিই পরিলক্ষিত হইবে।



চিত্র—১৬৬

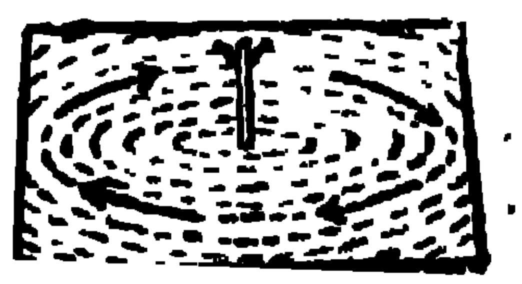
প্রবাহ দ্বারা চুম্বকের ঘূর্ণন—এই ফলটি গ্যাল্‌ভানোমিটার (Galvanometer) প্রভৃতি কতিপয় যন্ত্রে প্রবাহের বেগ প্রভৃতি মাপিবার জন্য ব্যবহার হয়।

প্রবাহের চুম্বক রাজ্য (Magnetic field of a Current) :—এখন দেখা যাউক প্রবাহের চুম্বক রাজ্য কিরূপ হয়।

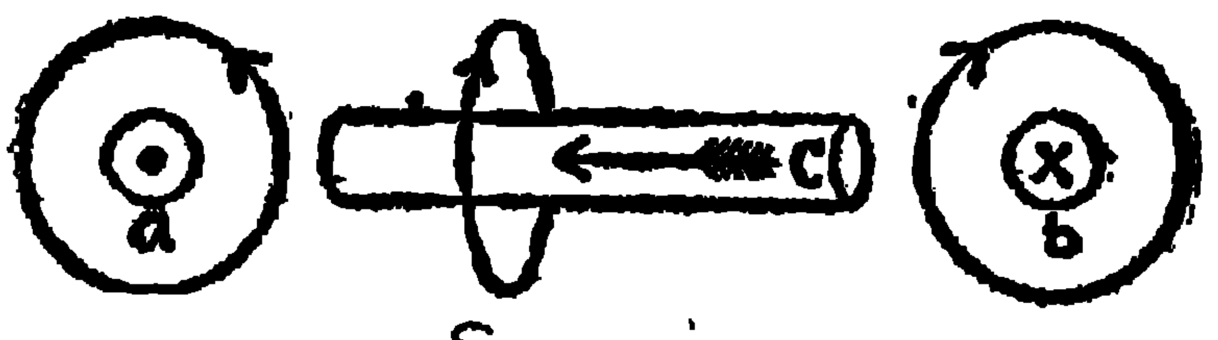
১। প্রবাহবাহী একটি তারকে লৌহচুরের মধ্যে রাখিয়া তুলিলে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে তারের গায়ে চতুর্দ্দিকে লৌহচুর আকৃষ্ট হইয়া জড়াইয়া থাকে, ঠিক যেন তাহারা চুম্বক কর্ত্তৃক আকৃষ্ট হইয়া আছে। এবং ঐ তারের মধ্য দিয়া প্রবাহ বন্ধ করিয়া দিলে আকৃষ্ট লৌহচুরগুলি তার হইতে খসিয়া পড়িয়া যায়, চিত্র ১৬৭।

চিত্র—১৬৭

২। একটি পিজবোর্ডের মধ্যস্থলে ছিদ্র করিয়া একটি তার চালাইয়া দিয়া, ঐ পিজবোর্ডের উপর কিছু লৌহচুর সমভাবে ছড়াইয়া দিয়া ঐ তারটির উপরদিক ও নীচের দিক সেলের সহিত সংযুক্ত করিয়া তারের মধ্য দিবা প্রবাহ পাঠাইলে এবং তলদেশ হইতে পিজবোর্ডে আস্তে আস্তে টোকা মারিলে দেখা যাইবে লৌহচুরগুলি তারের চতুর্দ্দিকে এক-কেন্দ্র বৃত্তাকারে সজ্জিত হইয়া যায়। এই বৃত্তগুলি চুম্বক বলরেখা নির্দ্দেশ করিতেছে, চিত্র ১৬৮।

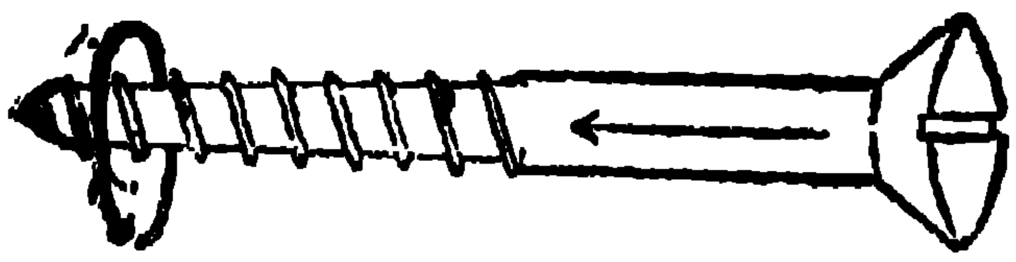

চিত্র—১৬৮

উল্লিখিত পরখদ্বয় হইতে প্রমাণ হয়, প্রবাহ বহনকারী তারের চতুর্দ্দিকে চুম্বক রাজ্য উৎপন্ন হয়। এই চুম্বক রাজ্য উৎপন্ন হয় বলিয়া পিজবোর্ডে স্থিত লৌহচুরগুলি এই চুম্বক রাজ্যে থাকা হেতু চুম্বকে সম্ভাবিত হয়। এই সম্ভাবিত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র চুম্বকগুলি বৃত্তাকার বলরেখায় "স্পর্শ-জ্যা" (Tangent) ভাবে সজ্জিত হয়। এবং আমপেয়ারের নিয়মানুযায়ী যদি কোন সন্তরণকারীকে এই সম্ভাবিত চুম্বকের দিকে মুখ করিয়া প্রবাহের দিকে সাঁতার দিতে অনুমান করা যায় তাহা হইলে N-মেরু তাহার বামহস্তের দিকে যাইবে—ইহা হইতে বলরেখার দিক নির্দ্ধারণ করা যায়। অতএব একটু চিন্তা করিলেই ইহা হইতে এই নিয়ম



চিত্র—১৬৯

দেখা যাইবে—"যদি প্রবাহ আমাদের নিকট হইতে বহিয়া সম্মুখ দিকে অগ্রসর হইতে থাকে তাহার চুম্বক রাজ্যে N-মেরু ঘড়ির কাঁটা ঘূর্ণনের দিকে বা S মেরু ঘড়ির কাঁটা ঘূর্ণনের বিপরীত দিকে (Anti-clockwise) ঘুরিবে, চিত্র—১৬৯।



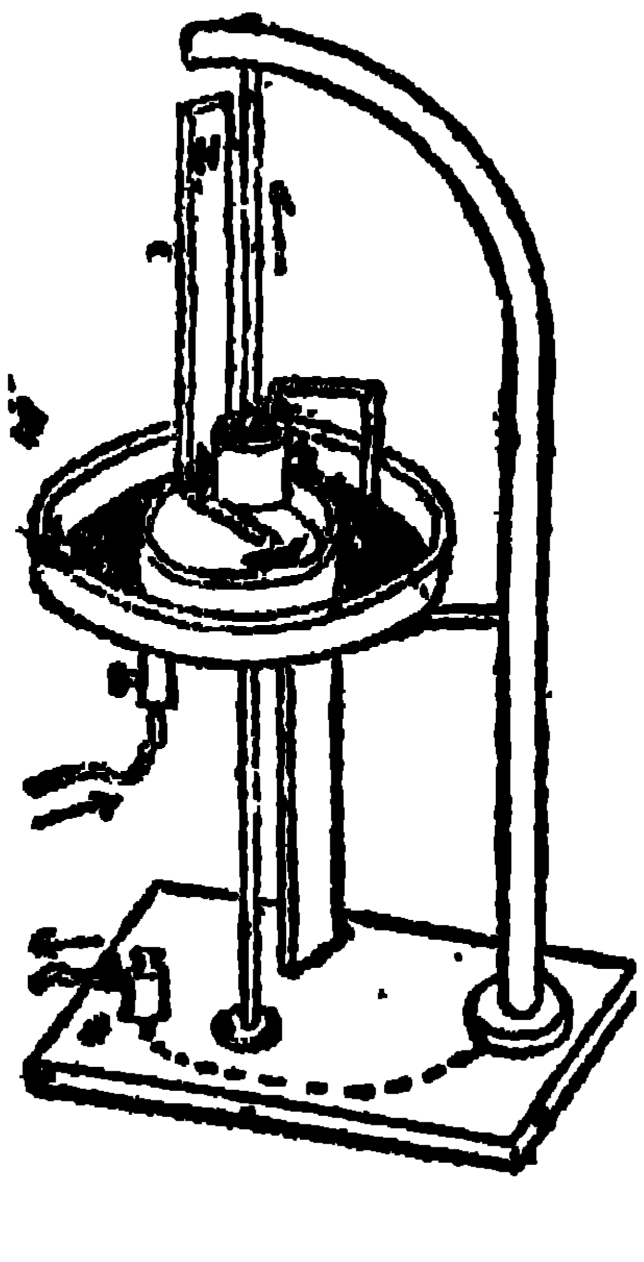
চিত্র—১৭০

অর্থাৎ "বিদ্যুৎ প্রবাহের দিকে একটি ডাহিনা স্ক্রুকে (Right-handed screw) চালাইতে হইলে বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ যেদিকে ঘোরে N-মেরু সেই দিকে ঘুরিবে, চিত্র—১৭০।

দ্রষ্টব্য :—দর্শকের দিক হইতে সম্মুখদিকে বহিয়া যাইতে থাকিলে তীর দ্বারা নির্দিষ্ট প্রবাহের পশ্চাদ্ভাগ দৃষ্ট হয় বলিয়া উহা × দ্বারা এবং দর্শকের দিকে প্রবাহ আসিতে থাকিলে প্রবাহ নির্দেশক তীরের মুখটী দৃষ্ট হয় বলিয়া ইহা ⊙ দ্বারা দর্শিত হয়।

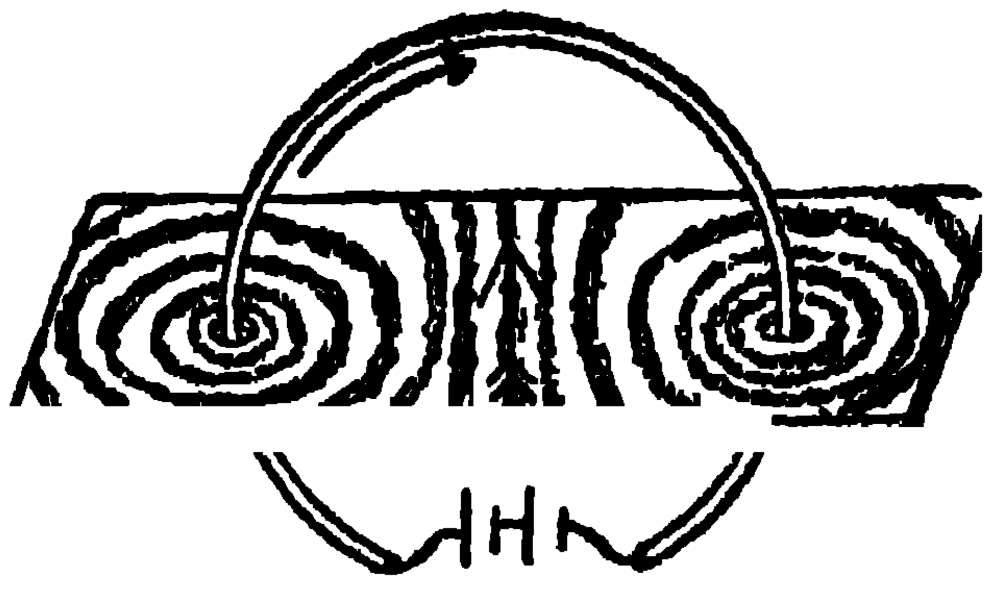
চিত্র—১৭১

উপরে বলা হইল যে একটি চুম্বক মেরু প্রবাহবাহী তারের চতুর্দ্দিকে ঘুরিতে থাকে কিন্তু কার্য্যতঃ দেখা যায় যে একটি চুম্বক সূচ প্রবাহের চতুর্দ্দিকে ঘুরিতে থাকে না, কেবল মাত্র একটু ঘুরিয়া প্রবাহের আড়াআড়ি ভাবে দাঁড়াইয়া থাকিবার চেষ্টা করে। তাহার কারণ এই যে এক মেরু বিশিষ্ট চুম্বক হয় না, চুম্বক সূচের দুই দিকে দুইটি বিভিন্ন মেরু আছে, সুতরাং একটি মেরু যদি ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরিতে চেষ্টা করে, অপরটি তাহার বিপরীত দিকে ঘুরিতে চেষ্টা করিবে, অতএব ফলে কেহই তারের চতুর্দ্দিকে ঘুরিতে পারিবে না, কেবলমাত্র চুম্বকটী আড়াআড়ি দিকে একটু ঘুরিয়া দাঁড়াইয়া যাইবে। কিন্তু যদি এক মেরু-বিশিষ্ট চুম্বক পাওয়া যায় অর্থাৎ চুম্বকের একটি মেরুকে প্রবাহোদ্ভূত চুম্বক রাজ্যে রাখা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে চুম্বক মেরুটি প্রবাহের চতুর্দ্দিকে উল্লিখিত নিয়মানুযায়ী ঘুরিতে থাকিবে। ১৭২ চিত্রে দর্শিত ভাবে একটি চুম্বক Nকে মধ্যস্থলে বাঁকাইয়া একটি তারের সরু মুখের উপর



চিত্র—১৭২

খাটান হইয়াছে। ঊর্দ্ধ টার্মিনাল দিয়া প্রবাহ আসিয়া গোলাকার পারদপাত্রে যাইয়া ঐ চুম্বকে রক্ষিত ক্ষুদ্র পারদ পাত্রে পৌঁছিতেছে ও তথা হইতে উপরের তার দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে। অতএব চুম্বকের উপর মেরুটী (N) প্রবাহের চুম্বক রাজ্যে আছে ও নিম্ন মেরুটী চুম্বক রাজ্যের বাঁহিরে। ইহাতে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে চুম্বকটী ঘুরিতে থাকিবে। এখানে উপর ইহতে চুম্বককে এন্টিক্লকওয়াইজ ঘুরিতে দৃষ্ট হইবে।



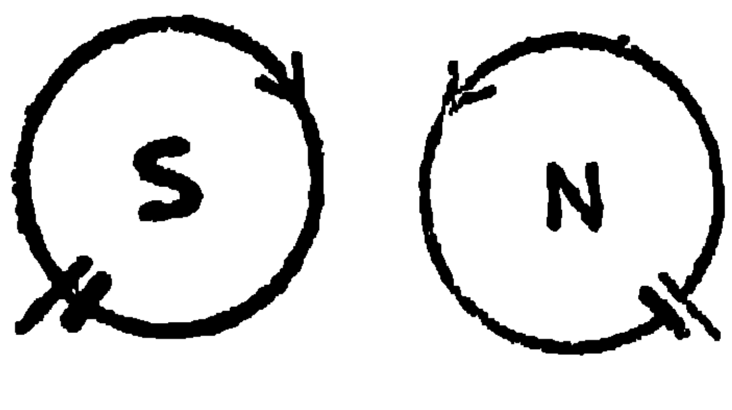
চিত্র—১৭৩

গোলাকারে বক্র তারের মধ্য দিয়া প্রবাহের চুম্বক রাজ্য (Field due to Circular current)—একটি তারকে গোল করিয়া বাঁকাইয়া তাহার মধ্য দিয়া প্রবাহ পাঠাইলে যেরূপ চুম্বক রাজ্য উৎপন্ন হয় তাহা ১৭৩ চিত্রে দেখান হইয়াছে। ইহাতে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, তারের নিকটে বলরেখাগুলি বৃত্তাকার ও পাকের মধ্যস্থলের নিকটে বলরেখাগুলি পাকের তলে লম্বভাবে পড়িতেছে। চিত্র ১৭৪ হইতে দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে বলরেখাগুলি যেন পাকের মধ্য দিয়া একদিক হইতে অপর দিকে যাইতেছে। ডাহিনা স্ক্রু নিয়ম অনুসারে একটু চিন্তা করিয়া দেখিলে দেখা যাইবে যদি কয়েলের দিকে তাকাইলে উহার প্রবাহ ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরিতে দৃষ্ট হয়, চিত্র ১৭৫, তাহা হইলে পাকের যে দিকটি সম্মুখদিকে থাকে তাহার উপর বলরেখগুলি গিয়া পড়িতেছে ও পাকের যে দিকটি পশ্চাতে আছে তাহা দিয়া বলরেখাগুলি নির্গত হইয়া যাইতেছে। অর্থাৎ পাকের যে দিকটি সম্মুখদিকে থাকে তাহা যেন S-মেরু ও যাহা পশ্চাতে থাকে তাহা যেন N-মেরু। সুতরাং এই পাকটি একটি পাতলা চুম্বকের (Shell magnet) সামিল যাহার সম্মুখ

চিত্র—১৭৪

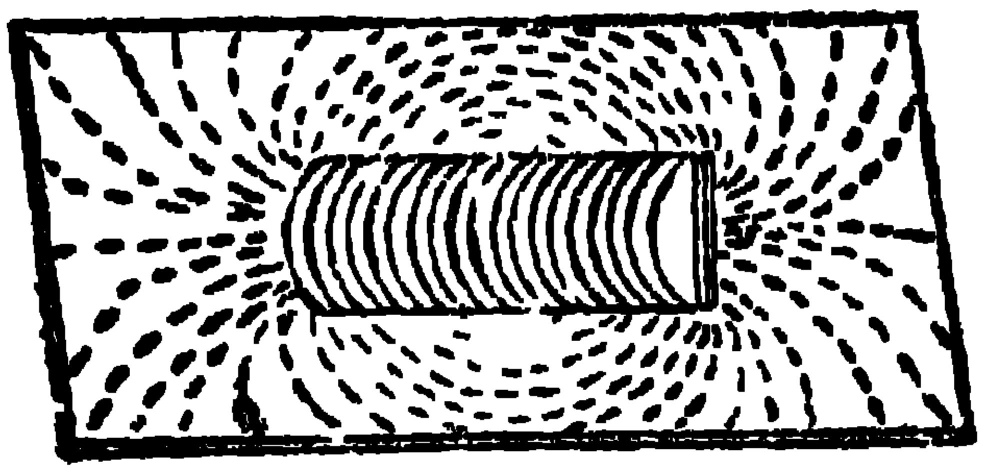
চিত্র—১৭৫

মুখে একটি মেরু ও পশ্চাৎ মুখে বিপরীত মেরু এবং এই চুম্বকের দৈর্ঘ্য তারের স্থূলতার সহিত সমান। আর যদি প্রবাহ ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরিতে দৃষ্ট হয়, (চিত্র ১৭৬, ১৭৭) তাহা হইলে পাকটি একটি পাতলা চুম্বকের সামিল যাহার সম্মুখ মুখ N-মেরু ও পশ্চাৎ মুখ S-মেরু।



চিত্র—১৭৬ চিত্র—১৭৭

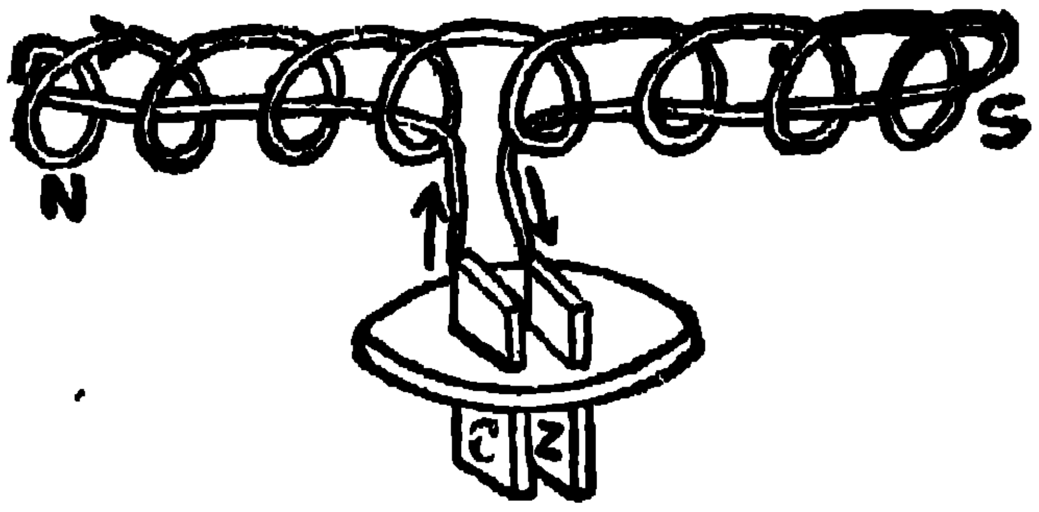
কয়েল (Coil) বা সলিনয়েডের (Solenoid) চুম্বক রাজ্য:—কতকগুলি পাক একসঙ্গে পর পর থাকিলে তাহাকে কয়েল বলে, এই কয়েলের তারের প্রান্ত দুইটি কয়েলের মধ্য দিয়া ফিরাইয়া লইয়া গিয়া মধ্যস্থান দিয়া বাহির করিয়া লইলে তাহাকে সলিনয়েড বলে।


চিত্র—১৭৮

কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ দিলে প্রত্যেক পাকটি পাতলা চুম্বকে পরিণত হয়। এবং যেহেতু প্রত্যেক পাকের মধ্য দিয়া প্রবাহ একই দিকে বহিতেছে প্রত্যেক পাকের একই রূপ মেরুগুলি একদিকে ও বিপরীত মেরুগুলি অপরদিকে সৃষ্ট হয়, চিত্র ১৭৮। সুতরাং সমগ্র কয়েলটী এই পাতলা চুম্বকগুলির সমষ্টি, অর্থাৎ ইহা একটি দণ্ড চুম্বক (bar magnet) যাহার দৈর্ঘ্য কয়েলের দৈর্ঘ্যের সহিত সমান। অতএব এই কয়েলের চুম্বক রাজ্য দণ্ড চুম্বকের রাজ্যের মত। ইহা ১৭৮ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে।

ভাসমান ব্যাটারি (Floating battery) দ্বারা কয়েলের চুম্বকত্ব পরীক্ষা:—একটি সলিনয়েডের একটি শেষভাগ তামার পাত ও অপর শেষ ভাগটি দস্তার পাতের সহিত সংযুক্ত করিয়া, ঐ পাতদ্বয়কে একটি বড় শোলার মধ্য দিয়া প্রবেশ করাইয়া ইহাদিগকে ভাসমান করিয়া

একটি পাত্রে জলমিশ্রিত সালফিউরিক এসিডে ভাসাইলে দেখা যায় যে ইহা এরূপভাবে ঘুরিয়া যায় যে সলিনয়েডটি দণ্ডচুম্বকের মত উত্তর দক্ষিণ দিক লইয়া অবস্থান করে। এবং একটি চুম্বক মেরু কয়েলের শেষদিকে লইয়া গেলে দেখা যায় যে এক শেষভাগ আক্রান্ত ও অপর শেষভাগ নিক্ষেপিত হয়। ১৭৯ চিত্রে



চিত্র—১৭৯

তীরদ্বারা প্রবাহের দিক নির্দ্দেশকরা হইয়াছে। ইহাতে আমপেয়ারের নিয়মানুযায়ী বাম শেষভাগটি N মেরু ও ডাহিনা শেষভাগটি S মেরু হয়। এবং পরীক্ষা করিলেই দেখা যাইবে যে বামশেষভাগটি N মেরু দ্বারা ও ডাহিনা শেষভাগটি S মেরু দ্বারা নিক্ষিপ্ত হয়।

বৈদ্যুতিক চুম্বক (Electromagnet) :—প্রবাহবিশিষ্ট চুম্বকরাজ্যোৎপাদক কয়েলের মধ্যে একটি লৌহকে বৈদ্যুতিক অসংযুক্ত অবস্থায় রাখিলে লৌহটি চুম্বকে পরিণত হয় এবং আমপেয়ারের নিয়ম নুযায়ী লৌহের দিকে মুখ রাখিয়া কয়েলের উপর দিয়া প্রবাহের দিকে সন্তরণকারীর বামহস্তের দিকে N মেরু ও দক্ষিণ হস্তের দিকে S মেরু সৃষ্ট হয়, (চিত্র—৫৩)। এই চুম্বকীভবনের অনুমান এই যে কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ যাইতে থাকিলে কয়েলটি একটি দণ্ডচুম্বকের ন্যায় হয় ও কয়েলের মধ্যে চুম্বকরাজ্য উৎপন্ন হয় অর্থাৎ বলরেখা সৃষ্ট হয়। এই চুম্বক রাজ্যের বলরেখার সংখ্যা রাজ্যের মধ্যগের (অর্থাৎ যাহার মধ্যে বলরেখা সৃষ্ট হয়) উপর নির্ভর করে। যেমন অধিক বাধাপ্রদ পথে প্রবাহের তেজ কম হয়, সেইরূপ বায়ু প্রভৃতি মধ্যগের মধ্যে বলরেখা যাতায়াতে অধিক বাধা পায় বলিয়া অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হইতে পারে না। কিন্তু লৌহ প্রভৃতি চুম্বক পদার্থের মধ্য দিয়া যাতায়াতে বলরেখা অতি অল্প বাধা পায় বলিয়া ইহাদের মধ্যে বলরেখা অত্যন্ত অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হইতে

পারে। লৌহের এই গুণকে প্রেরণ-ক্ষমতা বা পারমিএবলিটী (Permeability) বলে। বায়ুব সহিত তুলনায় সমবিস্তৃতির লৌহের মধ্যে যতগুণ বলরেখা উৎপন্ন হইতে পারে, তাহা'ক লৌহের প্রেরণ-ক্ষমতা বলে। অতএব দেখা যাইতেছে বায়ুর প্রেবণ-ক্ষমতা ১ ও অন্যান্য বস্তুর প্রেরণ-ক্ষমতা ইহার সহিত তুলনায় বাহির করা হয়। যে বস্তুর প্রেরণ-ক্ষমতা অধিক, কোন চুম্বকরাজ্যে তাহার মধ্যে অধিক সংখ্যক বলরেখা উৎপন্ন হয়, অর্থাৎ তাহা চুম্বকে পরিণত হয়। এই জন্যই কয়েল উৎপন্ন রাজ্যে লৌহ রাখিলে লৌহটি চুম্বকে পরিণত হয়। লৌহের এই চুম্বকত্বের তেজ উহার প্রেরণ-ক্ষমতার উপর নির্ভর করে। উহার প্রেরণ-ক্ষমতা যত অধিক হইবে উহা ততই তেজাল চুম্বক হইবে। আবার রাজ্যের তেজ কয়েলের পাক সংখ্যা ও তাহাদের মধ্য দিয়া প্রবাহের বেগের উপর নির্ভর করে। সুতরাং বৈদ্যুতিক চুম্বক সম্বন্ধে নিম্নলিখিত নিয়মগুলি পাওয়া যায়।

১। বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ প্রবাহের বেগের অনুপাতে হয় (যতক্ষণ লৌহটি সামান্য চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হইয়াছে ও প্রবাহের তেজ কম ততক্ষণ এই নিয়মটি চলে)।

২। বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ পাকসংখ্যার অনুপাতে হয় (এই নিয়মটি যতক্ষণ (ক) চুম্বকটি পূর্ণত্ব প্রাপ্তি হইতে অনেক দূরে ও (খ) প্রবাহেব বেগ একইরূপ অর্থাৎ পাকসংখ্যা বৃদ্ধি দ্বারা তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হেতু বাধা যদি না বাড়ে, ততক্ষণ চলে)।

উল্লিখিত নিয়মদ্বয়কে একত্র করিলে বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ আমপেয়ার-পাকের (Ampere turns) অনুপাতে হয়। আমপেয়ার পাক বলিতে আমপেয়ার × পাকসংখ্যা বুঝায়।

অতএব যদি চুম্বক মেরুর তেজ হয় m, প্রবাহ বেগ হয় C আমপেয়ার ও পাকসংখ্যা হয় n, তাহা হইলে:—

$$m = K \times Cn$$

K = অপরিবর্ত্তনীয় গুণক যাহা লৌহের আকৃতি প্রকৃতির (অর্থাৎ প্রেরণ ক্ষমতা প্রভৃতির) উপর নির্ভর করে।

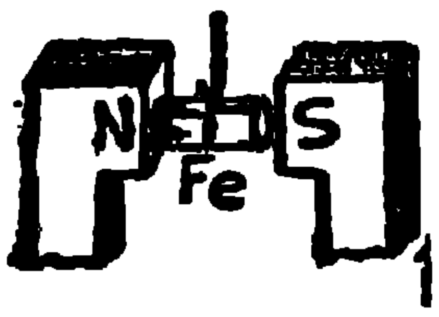
৩। "বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ কয়েলের তারের স্থূলতা বা পদার্থের উপর নির্ভর করে না।"

৪। প্রবাহ বেগ ঠিক থাকিলে চুম্বকের তেজ কয়েলের ব্যাসের উপর নির্ভর করে না (অবশ্য কয়েলের দৈর্ঘ্যের তুলনায় ব্যাস ছোট হওয়া চাই ও লৌহ যেন কয়েলের দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড় হয় যাহাতে উহার শেষভাগ কয়েল হইতে বাহির হইয়া থাকে)।

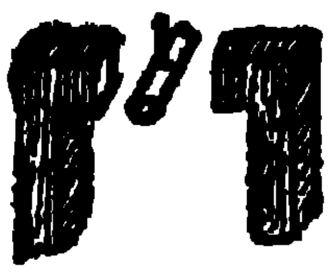
আমপেয়ারের চুম্বকত্বের অনুমান (Ampere's theory of magnetism) :—দেখা গিয়াছে প্রবাহবাহী কয়েল সর্ব্বতোভাবে একটি চুম্বকের মত। ইহা হইতে আমপেয়ার অনুমান করিয়া গিয়াছেন যে চুম্বকত্বের কারণ প্রবাহ। তাঁহার অনুমান অনুযায়ী চুম্বকের প্রত্যেক অনুপরমাণুগুলির উপর দিয়া বৃত্তাকারে সর্ব্বদা প্রবাহ বহিতেছে। চুম্বকীভবনের পূর্ব্বে এই অনুপরমাণুগুলি এরূপ বিশৃঙ্খল ভাবে সজ্জিত থাকে যে একের প্রবাহ অপরের বিপরীত প্রবাহ দ্বারা নষ্ট হইয়া যায়, সুতরাং সাধারণ লৌহে চুম্বকত্ব দৃষ্ট হয় না। কিন্তু যখন অনুগুলি এরূপ ভাবে সজ্জিত হয় যে সকল বা অধিকাংশ অনুগুলির প্রবাহ একই দিকে অর্থাৎ সমান্তরাল ভাবে বৃত্তাকারে বহিতে থাকে তখন লৌহের মধ্যে চুম্বকত্ব দৃষ্ট হয়। যত অধিক সংখ্যক অনু এইরূপে একই ভাবে সজ্জিত হইবে, চুম্বকত্বের তেজ ততই অধিক হইবে অর্থাৎ লৌহটি ততই চুম্বকত্বের পূর্ণত্ব প্রাপ্ত হইবে। এখন এই পৃথক পৃথক অনুগুলির উপর দিয়া প্রবাহিত বৃত্তাকার প্রবাহগুলিকে একত্র করিলে উহারা লৌহ খণ্ডের উপর দিয়া প্রবাহিত বৃত্তাকার প্রবাহের সামিল (চিত্র—৪৬, ৪৭)। যদিও এই চিত্রে দেখা যাইতেছে যে লৌহের উপর দিয়া প্রবাহ সর্ব্বত্র একই দিকে

বহমান, তত্রাপি দুই প্রকার মেরু উৎপন্ন হয়, তাহার কারণ ঐ লৌহের এক শেষভাগ হইতে দেখিলে প্রবাহ যদি ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘূর্ণায়মান দেখায়, অপর শেষভাগ হইতে উহা বিপরীত দিকে ঘূর্ণায়মান দেখাইবে। সুতরাং যে শেষভাগ হইতে প্রবাহকে ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘূর্ণায়মান দেখায় সেই শেষভাগে S-মেরু ও যে শেষভাগ হইতে প্রবাহকে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘূর্ণায়মান দেখায় সেই ভাগে N-মেরু দৃষ্ট হয়।

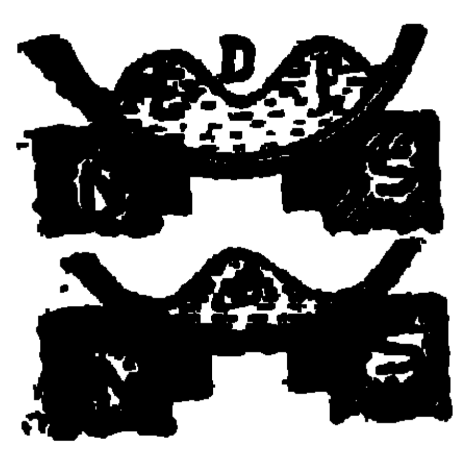
(Paramagnetism and Diamagnetism) :—খুব তেজাল বৈদ্যুতিক চুম্বক সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া ফ্যারাডে সিদ্ধান্ত করিয়া গিয়াছেন যে প্রত্যেক বস্তুরই উপর চুম্বকের ফলাফল আছে। তিনি দুইটী মেরুর মধ্যে বস্তুকে ঝুলাইয়া দেখিয়াছেন যে কতকগুলি মেরুর দিকে (axially) অবস্থান করে, অর্থাৎ মেরু সংযোজক রেখার লম্বালম্বি ভাবে অবস্থান করে (চিত্র—১৮০)। এবম্প্রকার বস্তুগুলি চুম্বক দ্বারা আক্রান্ত হয়। এরূপ বস্তুদিগকে তিনি প্যারাম্যাগনেটিক বলিয়াছেন। এবং কতকগুলি বস্তু নিক্ষেপণ হেতু মেরু সংযোজক রেখায় আড়াআড়ি ভাবে অবস্থান করে (চিত্র—১৮১)। ইহাদিগকে তিনি ডায়াম্যাগনেটিক বলিয়াছেন।



চিত্র—১৮০


চিত্র—১৮১।

তরল পদার্থকে কাঁচের সরু নলের মধ্যে পুরিয়া ঐ নলকে মেরুদ্বয়ের মধ্যে ঝুলাইয়া দেখিয়াছেন যে প্রায় সকল পদার্থের নল মেরুদণ্ডের দিক অবলম্বন করে। সুতরাং তরল পদার্থগুলি সাধারণতঃ প্যারাম্যাগনেটিক। কিন্তু রক্ত, জল ও এলকোহল প্রভৃতি কতিপয় তরল পদার্থের নল মেরু সংযোজক রেখায় লম্বভাবে অবস্থান করে, অতএব উহারা ডায়াম্যাগনেটিক। মেরুদ্বয়ের উপর স্থাপিত একটি ছোট ঘড়ির কাঁচের উপর তরল পদার্থ রাখিয়াও পরীক্ষা করা চলে। যদি তরল পদার্থ টি ডায়াম্যাগনেটিক হয় তাহা হইলে নিক্ষেপণ হেতু মেরুদ্বয়ের মধ্যস্থলে উহা চুড়া হইয়া উঠিবে (চিত্র—১৮৩)। আর যদি উহা প্যারাম্যাগনেটিক হয় তাহা হইলে আকর্ষণ হেতু উভয় মেরুর উপরেই চুড়া হইয়া উঠিবে (চিত্র—১৮২)। অবশ্য এগুলি এত অল্প মাত্রায় হয় যে তাহা সাধারণ চক্ষে নিরীক্ষণ করা দুঃসাধ্য। গ্যাস লইয়া পরীক্ষা করিয়া তিনি



চিত্র—১৮২-১৮৩।

দেখিয়াছেন যে উহা প্যারাম্যাগনেটিক হইলে অগ্নিশিখাবৎ উপর দিকে প্রসারিত হইয়া উঠে, আর ডায়াম্যাগনেটিক হইলে আড়াআড়ি দিকে প্রসারিত হয়। উভয় প্রকার চুম্বক বস্তুর তালিকা প্রদত্ত হইল।

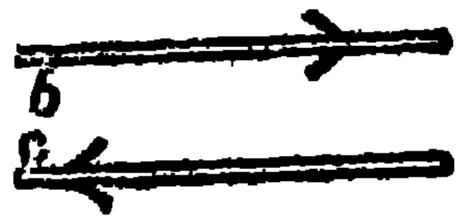
প্যারাম্যাগনেটিক :—	ডায়াম্যাগনেটিক :—	
লৌহ	বিসমাথ	সোণা
নিকেল	ফস্‌ফরাস	গন্ধক
কোবল্ট	এন্টিমনি	সিলিনিয়াম
ম্যাঙ্গানিজ	পারদ	জল
ক্রোমিয়াম	দস্তা	এলকোহল
সিরিয়াম	সীসা	বায়ু
প্লাটিনাম	তাম্র	হাইড্রোজেন
অক্সিজেন	রূপা	
উক্ত ধাতুদিগের লবণ ও খনিজ পদার্থ		

দ্রষ্টব্য :—ভারী বায়ুর মধ্যে যেমন হালকা গ্যাস পূর্ণ বেলুন উপরে উঠিয়া যায় সেইরূপ গুরু প্যারাম্যাগনেটিক মধ্যগের মধ্যে লঘু প্যারাম্যাগনেটিক দ্রব্য ঝুলাইলে তাহা ডায়া-ম্যাগনেটিক দ্রব্যের মত নিক্ষিপ্ত হয়।

প্রবাহের উপর প্রবাহের বা চুম্বকের ফল

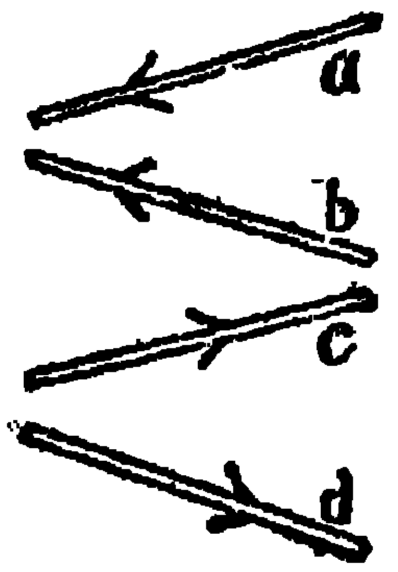
(Effect of current and magnet upon current)

সমান্তরাল প্রবাহ (Parallel currents) :—একই দিকেবহমান দুই সমান্তরাল প্রবাহের মধ্যে আকর্ষণ ও বিপরীতদিকে বহমান দুই সমান্তরাল প্রবাহের মধ্যে নিক্ষেপণ হয়। যথা ১৮৪ চিত্রে A ও B তারদ্বয়ের মধ্যে আকর্ষণ হয়, কিন্তু B ও C বা A ও C তারদ্বয়ের মধ্যে নিক্ষেপণ হয়। এই আকর্ষণ বা নিক্ষেপণের কারণ এই প্রবাহ-বান্ তারগুলি পাতলা চুম্বকের ধারের মত। যখন প্রবাহ একইদিকে বহিতে থাকে তখন সম্মুখীন মেরুদ্বয় বিপরীত সেইজন্য আকর্ষণ হয় ও যখন প্রবাহ বিপরীত দিকে বহিতে থাকে তখন সম্মুখীন মেরুদ্বয় অনুরূপ সেইজন্য নিক্ষেপণ হয়।



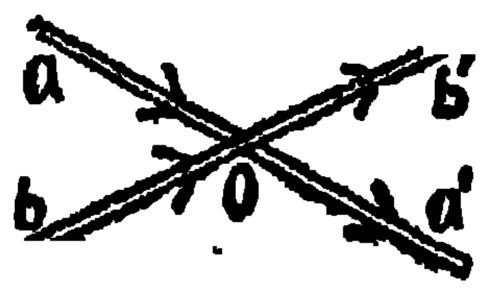
চিত্র—১৮৪

কৌণিক প্রবাহ (Angular current) :—প্রবাহবাহী দুইটি তার যদি সমান্তরাল না হইয়া কিছু কোণ উৎপন্ন করে, তাহা হইলে উভয় তার দিয়াই যদি প্রবাহ শৃঙ্গের দিকে অথবা শৃঙ্গ হইতে বহির্দ্দিকে প্রবাহিত হয় তাহা হইলে তারদ্বয়ের মধ্যে আকর্ষণ হয়। আর যদি একটিতে শৃঙ্গেরদিকে প্রবাহ বহে ও অপরটিতে শৃঙ্গ হইতে বহির্দ্দিকে বহে, তাহা হইলে তারদ্বয়ের মধ্যে নিক্ষেপণ হয়। যথা ১৮৫ চিত্রে A ও B অথবা C ও D তারদ্বয়ের মধ্যে আকর্ষণ হয় কিন্তু B ও C তারদ্বয়ের মধ্যে নিক্ষেপণ হয়।



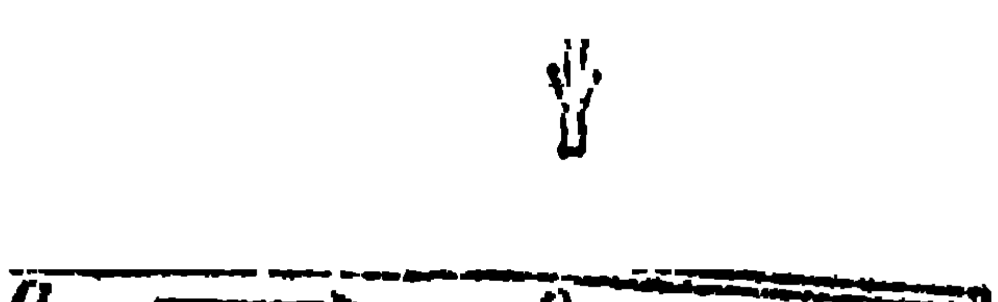
চিত্র—১৮৫

অতএব, যদি দুইটি তার পরস্পরকে অতিক্রম করে (চিত্র ১৮৬) এবং যদি তাহারা O বিন্দুতে ঘুরিতে সক্ষম হয়, তাহা হইলে উল্লিখিত নিয়মানুযায়ী A O ও B Oএর মধ্যে এবং A′ O ও B′ Oএর মধ্যে আকর্ষণ এবং B O ও A′ Oএর মধ্যে নিক্ষেপণ হইবে। সুতরাং তার-দ্বয় সমান্তরাল হইবার চেষ্টা করিবে।



চিত্র—১৮৬

ঠিক সেইরূপ যদি একটি প্রবাহ অপরের একদিকে পড়ে (চিত্র ১৮৭) তাহা হইলে যেহেতু A O ও B এর মধ্যে আকর্ষণ এবং O A′ ও B এর মধ্যে নিক্ষেপণ হয়, B চলনক্ষম হইলে উহা AA′এর সমান্তরাল হইবে।

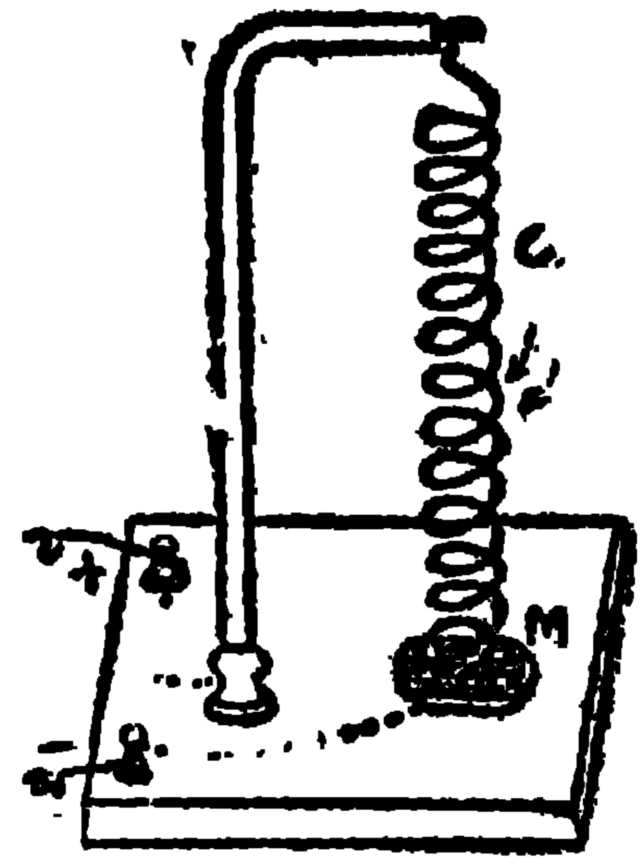


চিত্র—১৮৭

কম্পনশীল কয়েল (Roget's vibrating spiral) :—সমান্তরাল প্রবাহের মধ্যে আকর্ষণ রগেটের কম্পনশীল কয়েল (চিত্র ১৮৮) দ্বারা দর্শিত হয়। এই চিত্রে C একটি তারের কয়েল। এই কয়েলটি একটি দণ্ড হইতে ঝুলিয়া M পাত্রের পারদকে স্পর্শ করিতেছে। দণ্ডটি ও পারদ পাত্রটি দুইটি

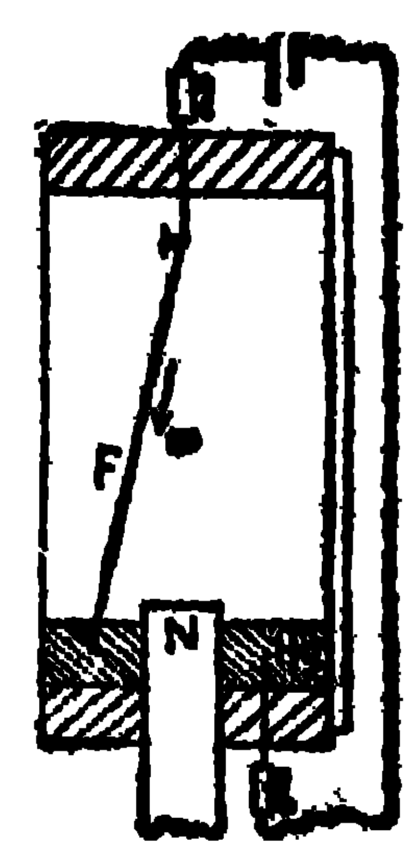
বন্ধন-স্ক্রুর সহিত সংযুক্ত। বন্ধন-স্ক্রুদ্বয়কে ব্যাটরির পোলদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত করিলে,কয়েলের মধ্য হইয়া পারদ পাত্র দিয়া প্রবাহ বহিতে থাকিবে।

কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিতে থাকিলে কয়েলের বিভিন্ন পাকের তার গুলির মধ্যে আকর্ষণ হয়, কারণ প্রতি দুইটি করিয়া পাক ধরিলে দেখা যায় যে প্রবাহ সমান্তরাল ভাবে একই দিকে বহিতেছে। সুতরাং এই আকর্ষণ হেতু কয়েলটি সঙ্কুচিত হয় ও উহার পাকগুলি উপরদিকে উঠিয়া পড়ে, সুতরাং কয়েলের নিম্নশেষভাগটি পারদ পাত্র ছাড়িয়া যায়। তখন কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়, সুতরাং কয়েলটি পূর্ব্ববৎ প্রসারিত হয় ও পুনরায় পারদ স্পর্শ করে। পারদ পাত্র স্পর্শ করিলেই আবার সঙ্কুচিত হয়, এইভাবে কয়েলটি একবার সঙ্কুচিত ও তৎক্ষণাৎ প্রসারিত হয়, অর্থাৎ ইহা যেন কাঁপিতে থাকে। সেইজন্য ইহাকে কম্পনশীল কয়েল বলে।



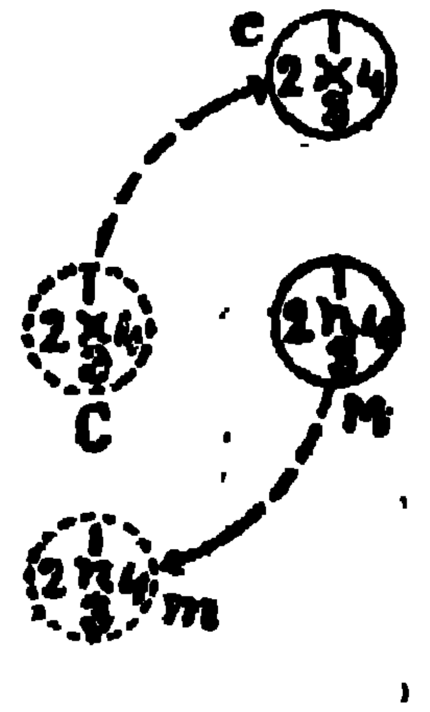
চিত্র—১৮৮

প্রবাহের উপর চুম্বকের ফল (Effect of magnet on current):—চুম্বকের উপর প্রবাহের ফল দেখা গিয়াছে। তাহাতে যদি একটি তার দিয়া প্রবাহ আমাদের দিক হইতে বাহির দিকে বহিয়া যায় তাহা হইলে একটি N মেরু তারের চতুর্দ্দিকে ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরিবে। অর্থাৎ ডাহিনা স্ক্রুকে প্রবাহের দিকে চালাইতে হইলে ডান হাতের বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ যে দিকে ঘোরে N মেরু সেইদিকে ঘুরিবে কিন্তু যদি N মেরুটিকে আটক রাখিয়া তারটিকে চলনক্ষম করা যায় (চিত্র ১৮৯) তাহা হইলে ইহা অতি সহজেই বুঝিতে পারা যায় যে আমাদের দিক হইতে বহির্দ্দিকে বহমান প্রবাহ বিশিষ্ট তার N মেরুর চতুর্দ্দিকে ঘড়ির কাঁটার দিকে

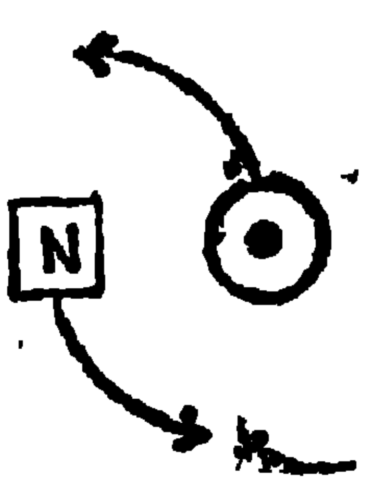


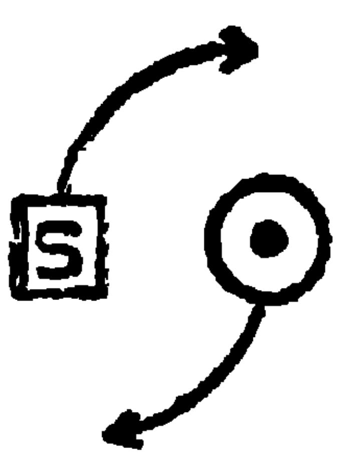
চিত্র—১৮৯

ঘুরিবে (চিত্র ১৯০)। আরযদি মেরুটি N না হইয়া S হয়, তাহা হইলে ঐরূপ প্রবাহ বিশিষ্ট তার ঘড়ির কাঁটা ঘূর্ণনের বিপরীত দিকে ঘুরিবে (চিত্র ১৯১) অথবা মেরুটিকে পরিবর্ত্তিত না করিয়া যদি N মেরুই ব্যবহার করা যায়, তাহা হইলে বিপরীত প্রবাহ অর্থাৎ বাহির হইতে আমাদের দিকে আসিতেছে এরূপ প্রবাহ বিশিষ্ট তার ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরিবে (চিত্র ১৯২)। আর যদি বদলাইয়া S মেরু লওয়া হয় ও প্রবাহের দিক বদলাইয়া বাহির হইতে আমাদের দিকে আসিতেছে এরূপ প্রবাহ বিশিষ্ট তার লওয়া হয় তাহা হইলে ঘূর্ণনের দিক পরিবর্ত্তিত হইবে না, অর্থাৎ তারটি ঘড়ির কাঁটার দিকেই ঘুরিবে (চিত্র ১৯৩)।



চিত্র—১৯০





চিত্র—১৯১ চিত্র—১৯২ চিত্র—১৯৩

এখন যদি ঐ মেরুগুলির চুম্বক রাজ্য অনুমান করা যায় তাহা হইলে প্রতীয়মান হইবে যে তারটি যেন বলরেখাগুলিকে কাটিতেছে ; এবং ঐ চিত্রগুলিকে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে নিম্নলিখিত "বাম হস্ত নিয়ম পাওয়া যায়—

বামহস্ত নিয়ম (Left hand rule) ;—"বামহস্তের বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ ও প্রথম অঙ্গুলিকে লম্বভাবে সম্পূর্ণ প্রসারিত করিয়া দ্বিতীয় অঙ্গুলিকে ঐ অঙ্গুলিদ্বয়ে বা তালুদেশে লম্ব রাখিয়া প্রসারিত করিলে যদি প্রথম অঙ্গুলি (*F*irst finger) বলরেখার দিক ও দ্বিতীয় অঙ্গুলি প্রবাহের দিক নির্দ্দেশ করে, তাহা হইলে বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ (Thu*m*b) প্রবাহ বাহী তারের গতির (*M*otion) দিক নির্দ্দেশ করে, চিত্র—১৯৪।

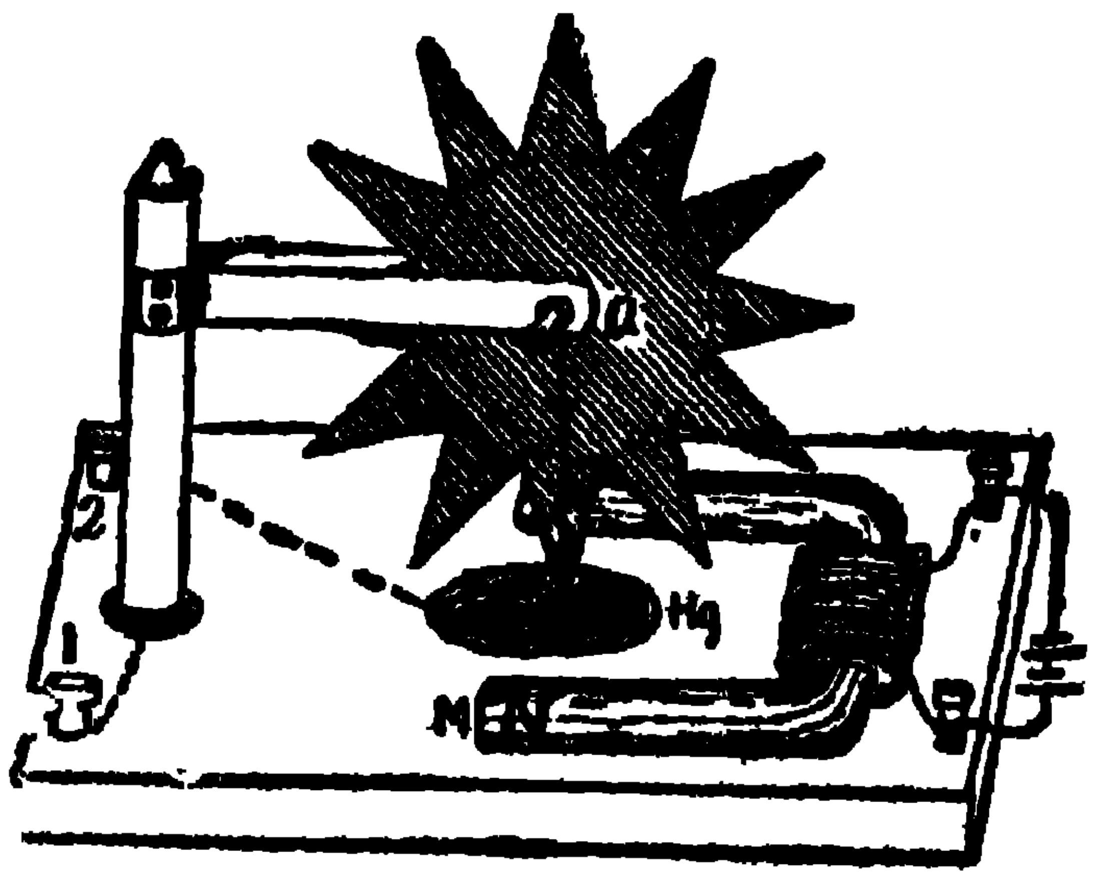
এখন যদি কোন চুম্বক রাজ্য থাকে ও তন্মধ্যে একটি প্রবাহ-

বাহী তারকে লইয়া আসা যায় তাহা হইলে তারটি এই বামহস্ত নিয়মানুযায়ী বলরেখাগুলিকে কাটিয়া চলিয়া যাইবে। প্রবাহের উপর চুম্বকের এই ফল বার্লোর চক্রে (Barlow's Wheel) ব্যবহার হইয়াছে।

* বার্লোর চক্র (Borlow's Wheel) :—১৯৫ চিত্রে বার্লের চক্র দেখান হইয়াছে। ইহাতে M একটি অশ্বক্ষুরা-কৃতি বৈদ্যুতিক চুম্বক, এই চুম্বকের মেরুদ্বয়ের মাঝে Hg একটি পারদ পাত্র ও a একটি দন্ত চক্র যাহা এরূপ ভাবে দণ্ডের উপর খাটান যে ঘুরিবার সময় খাড়া অবস্থার দাঁত পারদ স্পর্শ করে। 1 ও 2 দুইটি বন্ধন স্ক্রু, 2 পারদ পাত্রের সহিত ও 1 চক্রের সহিত সংযুক্ত।

চিত্র—১৯৪

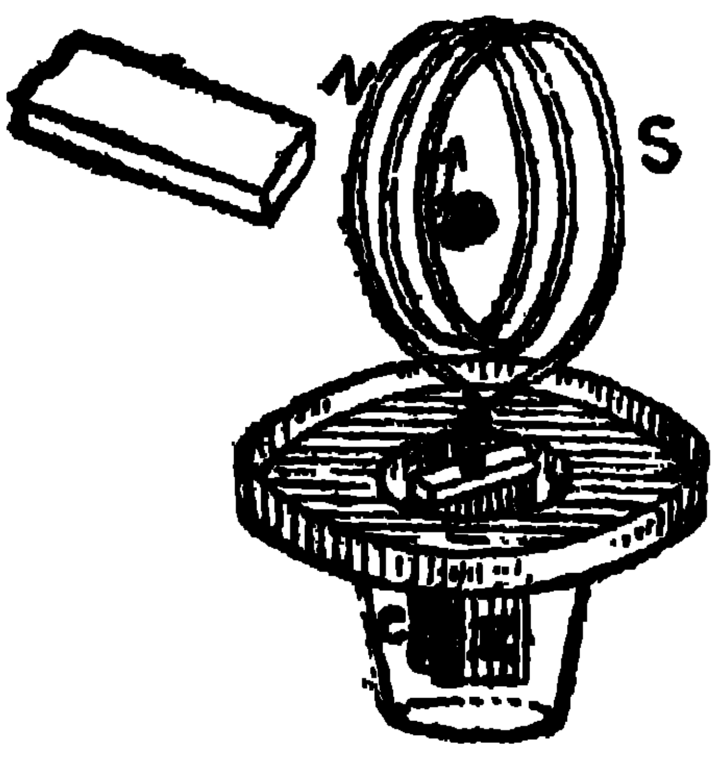
এখন যদি একটি ব্যাটারি হইতে দুইটি তার লইয়া 1 ও 2 এর সহিত সংযোগ করা হয় তাহা হইলে, চক্রটির যদি কোন দন্ত পারদ পাত্রকে স্পর্শ করিয়া থাকে, ব্যাটারি হইতে চক্রের পারদস্পর্শি দন্ত দিয়া, পারদ পাত্র দিয়া প্রবাহ বহিবে। এস্থলে যেহেতু মেরুদ্বয়ের মধ্যে বলরেখাগুলি ভূ-সমান্তরাল ও প্রবাহ পারদস্পর্শি খাড়াদন্তের মধ্য দিয়া যাইতেছে, (সুতরাং বলরেখা-গুলিতে লম্বভাবে আছে) প্রবাহ বহনকারী দন্তটি বলরেখা ও প্রবাহ এই দুইটিতে লম্বভাবে চালিত হইবে, অর্থাৎ বামহস্ত নিয়ম অনুযায়ী কোন একটি নির্দ্দিষ্ট দিকে চালিত হইবে। একটি দাঁত পারদ পাত্র ছাড়িয়া গেলে প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায় বটে, কিন্তু পরক্ষণেই পরবর্ত্তী দন্তটী আসিয়া পারদ পাত্র স্পর্শ করে ও প্রবাহ বহিতে থাকে।



চিত্র—১৯৫

ও চক্রটি ঘুরিতে থাকে। এই ভাবে চুম্বক রাজ্য ও প্রবাহ দ্বারা পরিচালকের গতি পাওয়া যায়।

ভাসমান ব্যাটারি :—পূর্ব্বে প্রবাহের চুম্বক গুণাবলী দেখাইবার জন্য যে ভাসমান ব্যাটারির বিষয় লেখা হইয়াছে তাহাতে প্রবাহের উপর চুম্বকের ফল দেখান হইয়াছে। সেখানে দেখা গিয়াছে যে ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘূর্ণায়মান প্রবাহ S মেরু দ্বারা নিক্ষিপ্ত ও N মেরুদ্বারা আক্রান্ত হয় এবং বিপরীত দিকে ঘূর্ণায়মান প্রবাহ S মেরু দ্বারা আক্রান্ত ও N মেরু দ্বারা নিক্ষিপ্ত হয় এবং এই ফলগুলি প্রবাহের চুম্বক গুণাবলী দ্বারা বুঝান হইয়াছে।



চিত্র—১৯৬

১৯৬ চিত্রে একটি রোধিত (insulated) তারকে কয়েলের আকারে জড়াইয়া, উহার প্রান্তদ্বয়কে একটি বড় শোলার মধ্য দিয়া প্রবেশ করাইয়া একটি প্রান্ত হইতে একটি দস্তা পাত, অপরটি হইতে একটি কার্ব্বনপ্লেট ঝুলাইয়া জলমিশ্রিত সালফিউরিক এসিডে ভাসাইয়া দিলে ভাসমান ব্যাটারি প্রস্তুত হইল। কয়েলটির নিকট একটি চুম্বক মেরু আনিলে দৃষ্ট হয় উহার এক মুখ নিক্ষিপ্ত হয়, অপর মুখ আক্রান্ত হয়—সুতরাং ব্যাটারিটি ঘুরিয়া যায়। বৃত্তাকার প্রবাহের চুম্বক গুণাবলীর বিষয় চিন্তা করিলেই উক্ত চিত্র হইতে এই আকর্ষণ ও নিক্ষেপণের কারণ সহজেই বুঝিতে পারা যাইবে।

প্রবাহের উপর চুম্বকের ফল অর্থাৎ চুম্বক রাজ্যে প্রবাহবাহী তারের চলন অথবা তাহার বিপরীত ফল অর্থাৎ প্রবাহবাহী তারের স্থিরাবস্থা হেতু রাজ্যোৎপাদক চুম্বকের চলন মোটর নামক যন্ত্রে এবং কতকগুলি পরীক্ষক ও পরিমাপক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়। উহাদের পরিচয়গুলিতে ইহাদের পুনরুল্লেখ হইবে।

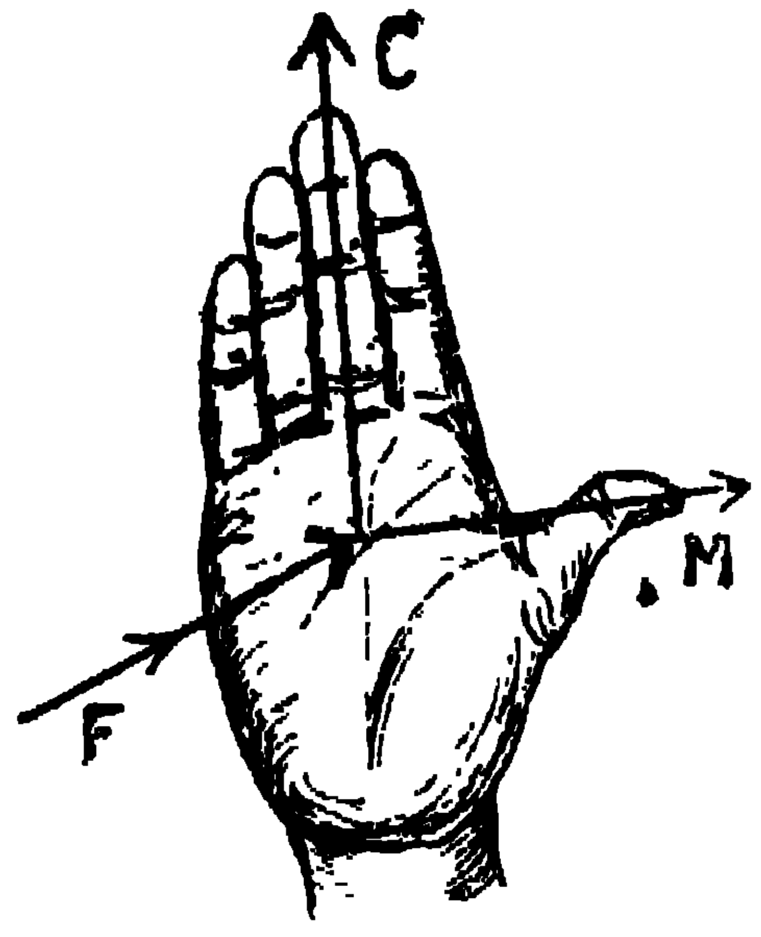
একাদশ পরিচয়।

সম্ভাবিত প্রবাহ (Induced current) :—চুম্বক রাজ্যে একটি প্রবাহ বাহী পরিচালক বা তার থাকিলে তাহা চালিত হয়, অর্থাৎ বলরেখাকে কাটিতে থাকে এবং এই চলনের দিক বামহস্ত নিয়মানুসারে পাওয়া যায়। এখন তাহার বিপরীত ফল আলোচিত হইবে। চুম্বক রাজ্যে যদি একটি তার বা পরিচালক চলিতে থাকে বা বলরেখা কাটিতে থাকে তাহা হইলে কি ঘটিবে। চুম্বক রাজ্যে যদি একটি পরিচালক এরূপভাবে চালিত হয় যে উহা বলরেখা কাটিতে থাকে, তাহা হইলে ঐ রাজ্যে ঐ পরিচালকের মধ্যে যেরূপ প্রবাহ হেতু পরিচালকটির ঐরূপ চলন হয়, ঐরূপ চলন হেতু পরিচালকের মধ্যে তাহার বিপরীত দিকে প্রবাহ সৃষ্ট হয়। অর্থাৎ পরিচালকটির মধ্যে এরূপ দিকে প্রবাহ উৎপন্ন হয় যে, এই উৎপন্ন প্রবাহহেতু যেন পরিচালকটি বিপরীত দিকে চালিত হয়, অর্থাৎ এই উৎপন্ন প্রবাহ পরিচালকের গতি রোধ করিবার চেষ্টা করে। চুম্বকরাজ্যে পরিচালকের গতিহেতু এই সৃষ্ট প্রবাহকে সম্ভাবিত প্রবাহ বা "ইনডিউস্‌ড কারেণ্ট" (Induced curient) বলে। এই সম্ভাবিত প্রবাহের দিক দক্ষিণ হস্ত নিয়মানুসারে হয়।

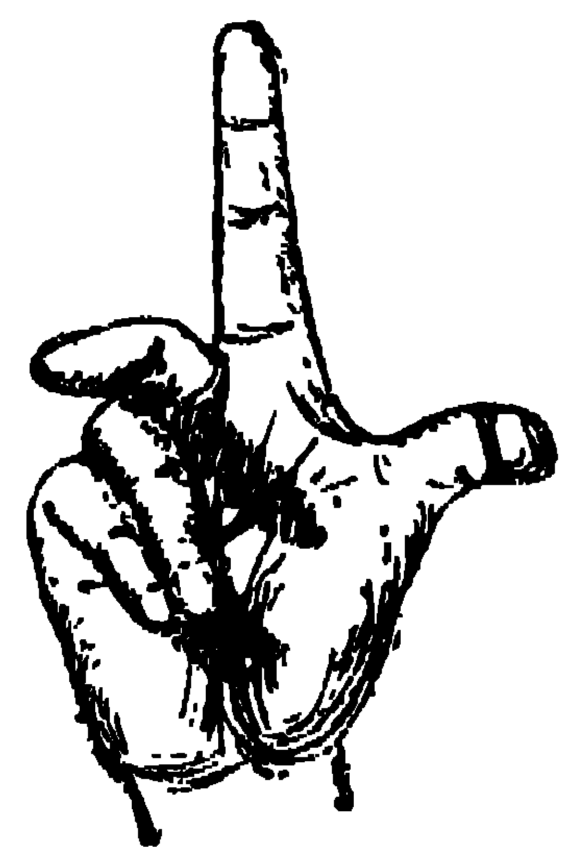
দক্ষিণহস্ত নিয়ম (Right hand rule) :—

(১) দক্ষিণহস্তের তালুদেশকে প্রসারিত করিয়া বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠকে অন্য অঙ্গুলিগুলিতে লম্ব রাখিয়া যদি তালুদেশকে বলরেখার সম্মুখে এরূপ ভাবে ধরা যায় যে বলরেখাগুলি তালুদেশের উপর লম্বভাবে পতিত হয় ও বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ পরিচালকের গতির দিক নির্দ্দেশ করে, তাহা হইলে প্রবাহ অন্য অঙ্গুলিগুলির দিকে হইবে (চিত্র—১৯৭)।

(২) দক্ষিণ হস্তের বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ ও প্রথম অঙ্গুলিকে পরস্পরের সহিত লম্ব রাখিয়া সম্পূর্ণ প্রসারণ করতঃ দ্বিতীয় অঙ্গুলিকে তালুদেশের সহিত



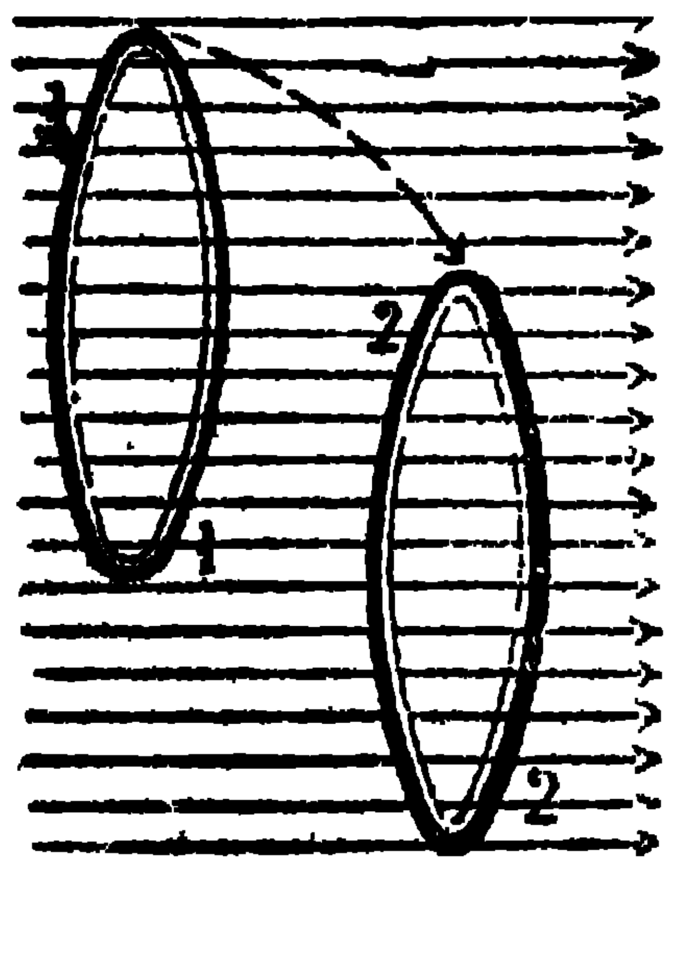
চিত্র—১৯৭



চিত্র—১৯৮

লম্বভাবে বাঁকাইলে—যদি প্রথম (*F*irst) অঙ্গুলি বলরেখার দিক (*F*ield) ও বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ (Thu*m*b) পরিচালকের গতির (*M*otion) দিক নির্দ্দেশ করে, তাহা হইলে সম্ভাবিত প্রবাহ দ্বিতীয় অঙ্গুলির দিকে হইবে, চিত্র ১৯৮।

ফাঁসের মধ্যে সম্ভাবন :—এখন যদি তারটিকে বাঁকাইয়া একটি চতুষ্কোণ পাক বা ফাঁসে পরিণত করা যায় ও এই ফাঁসটিকে চুম্বক রাজ্যে (১৯৯ চিত্রে) প্রদর্শিত ভাবে চালিত করা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে যদিও ফাঁসটি বলরেখা কাটিতেছে, উহার মধ্যে প্রবাহ সম্ভাবিত হয় না। কিন্তু যদি ফাঁসটি ২০০ চিত্রে দর্শিত ভাবে ১—১ অবস্থা হইতে ২—২ বা ৩—৩ অবস্থায় চালিত হয় তাহা হইলে উহার মধ্যে প্রবাহ সম্ভাবিত হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে ফাঁসের বেলায় উহার মধ্য দিয়া গমনকারী বল-রেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত হইলে উহার মধ্যে



চিত্র—১৯৯

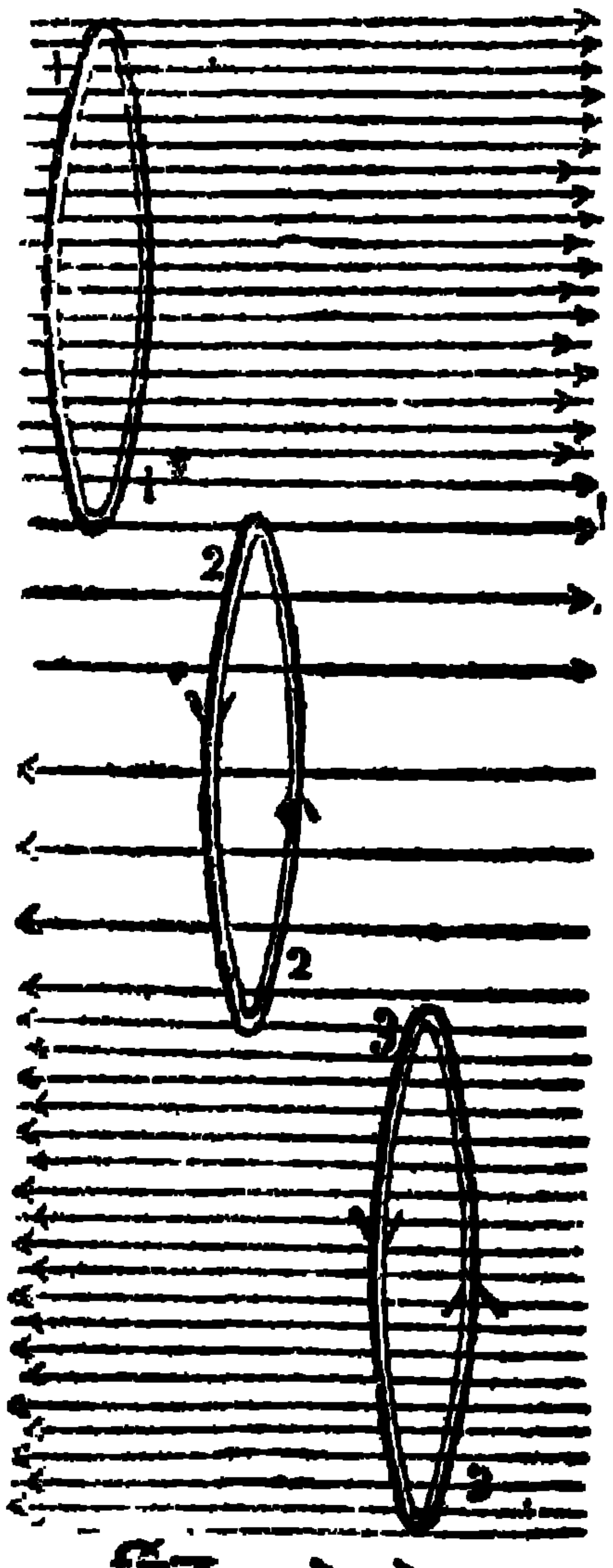
প্রবাহ সম্ভাবিত হয়। দক্ষিণ হস্ত নিয়ম অনুযায়ী এই সম্ভাবিত প্রবাহের দিক নির্ণয় করা যাইতে পারে। একটু চিন্তা করিলে দেখা যাইবে যে ফাঁসটির ১—১ হইতে ৩—৩ অবস্থায় ঘূর্ণনকালে ফাঁসের খড়া অংশ দ্বারা বলরেখা কর্ত্তিত হয় কিন্তু ভূসমান্তরাল অংশদ্বয় দ্বারা বলরেখা কর্ত্তিত হয় না। সুতরাং খাড়া অংশদ্বয়েরই মধ্যে ভোল্টেজ সম্ভাবিত হয়, ভূসমান্তরাল অংশদ্বয় কেবল মাত্র তাহাদের পরিচালক সংযোজকের কার্য্য করে। আরও দৃষ্ট হইবে ঘূর্ণনকালে সম্মুখ ভাগের গতি যে দিকে হয়, পশ্চদ্ভাগের গতি তাহার বিপরীত দিকে হয়, সুতবাং সম্মুখে সম্ভাবিত প্রবাহের দিক যাহা হইবে, পশ্চাতে তাহার বিপরীত হইবে, অর্থাৎ সমস্ত ফাঁসটিকে অনুমান করিলে ফাঁসটির মধ্য দিয়া প্রবাহ একই দিকে ঘুরিবে। এই প্রবাহের দিকগুলি ফাঁসের গায়ে তীর দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। এখন যদি ফাঁসটি চতুষ্কোণ না হইয়া বৃত্তাকার হয় তাহা হইলেও উল্লিখিত যুক্তিই চলিবে এবং এবম্প্রকার ফাঁসের ২০০ চিত্রে দর্শিত গতি দ্বিবিধ হেতু কিরূপ প্রবাহ সম্ভাবিত হইবে তাহা ঐ চিত্রগুলিতে দেখান হইয়াছে।

চিত্র—২০০।

দ্রষ্টব্য:—কোন পরিচালক বলরেখা কাটিতে থাকিলেই বা কোন ফাঁসের মধ্য দিয়া গমনকারী বলরেখাব সংখ্যা পরিবর্ত্তিত হইতে থাকিলেই যে প্রবাহ সম্ভাবিত হইবে তাহা নহে। এ সময়ে পরিচালকের বা ফাঁসের শেষ ভাগদ্বয়ের মধ্যে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয় এবং যদি বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ পায় তবে প্রবাহ ঘটিতে পারে, নচেৎ নহে। এবং যতক্ষণ ধরিয়া বলরেখা ছেদন বা বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তন হইতে থাকে ততক্ষণ ধরিয়া ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয় ও যেদিকে ই, এম, এফ, হয় সেই দিকে প্রবাহ পাওয়া যাইতে পারে, পরে আর ই, এম, এফ, বা প্রবাহ থাকে না।

অন্য আর একটি নিয়ম দ্বারা এই সম্ভাবিত প্রবাহের দিক নির্ণয় করা যায়,—যখন তারের পাক বা ফাঁসের মধ্য দিয়া গমনকারী বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে তখন উহার মধ্যে এরূপ দিকে ই, এম, এফ,

ও সম্পূর্ণ পথ হইলে প্রবাহ উৎপন্ন হয় যে, ঐ প্রবাহ হেতু ফাঁসটি এরূপ পাতলা চুম্বকের সামিল হইবে যে, ইহার বলরেখা দ্বারা ফাঁসের মধ্যে বলরেখার পরিবর্ত্তন সংশোধিত হইয়া যেন ফাঁসের মধ্যে রাজ্যের পূর্ব্বাবস্থা বজায় থাকে। অর্থাৎ যদি ফাঁসের মধ্যদিয়া কোনরূপ বলরেখার সংখ্যা বাড়িতে থাকে তাহা হইলে তারের মধ্যে এরূপ দিকে ই, এম, এফ, ও প্রবাহ উৎপন্ন হয় যে ঐ প্রবাহ হেতু পাতলা চুম্বকের সামিল ফাঁসটির বলরেখা পরিবর্দ্ধনশীল বলরেখার বিপরীত হইবে এবং যদি বলরেখার সংখ্যা কমিতে থাকে তাহা হইলে এরূপ দিকে প্রবাহ উৎপন্ন হইবে যেন উহা একইরূপ বলরেখা উৎপন্ন করে ও এইভাবে ফাঁসের মধ্যে সম্ভাবনের পূর্ব্বে যে অবস্থা ছিল পরেও সেই অবস্থা রাখিবার চেষ্টা করে। ইহা হইতে ফাঁসের মধ্যে রাজ্যের অবস্থান্তর ঘটিবার অক্ষমতা প্রকাশ পাইতেছে, সেইজন্য ইহাকে "বৈদ্যুতিক জড়তা" (Electrical Inertia) বলে।



চিত্র—২০১

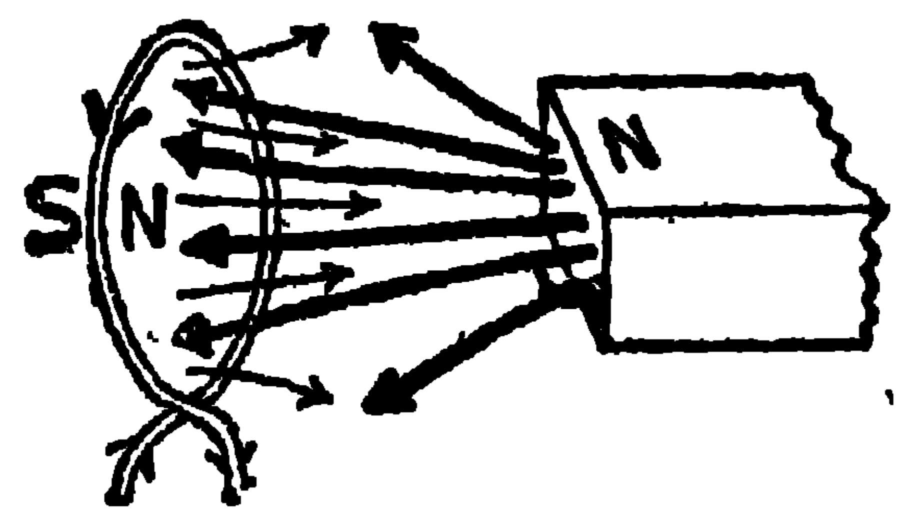
দ্রষ্টব্য :—ফাঁসের মধ্যে সম্ভাবন হইতে হইলে রাজ্যের মধ্যে উহাকে যে ঘুরিতেই হইবে তাহা নহে, উহার গতি যেরূপই হউক না কেন, যদি ঐ গতি দ্বারা উহার মধ্য দিয়া গমনকারী বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত হয় তাহা হইলেই উহাতে সম্ভাবন সম্ভব। ১৯৯ চিত্রে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে সর্ব্বত্র সমতেজ রাজ্যে ঐরূপ গতি দ্বারা ফাঁসের মধ্য দিয়া বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত হয় না, সেই জন্যই সম্ভাবন হয় নাই। কিন্তু যদি রাজ্যের বিভিন্ন স্থানে তেজের পার্থক্য থাকে তাহা হইলে ঐরূপ গতি দ্বারা সম্ভাবনা সম্ভব, চিত্র ২০১ দ্রষ্টব্য।

অতএব কোন পরিচালকের (১) যাতায়াত গতি (Reciprocating motion) অর্থাৎ পর্য্যায়ক্রমে একবার একদিক হইতে সোজাসুজি অপর দিকে যাওয়া ও তৎপরে তথা হইতে বিপরীত

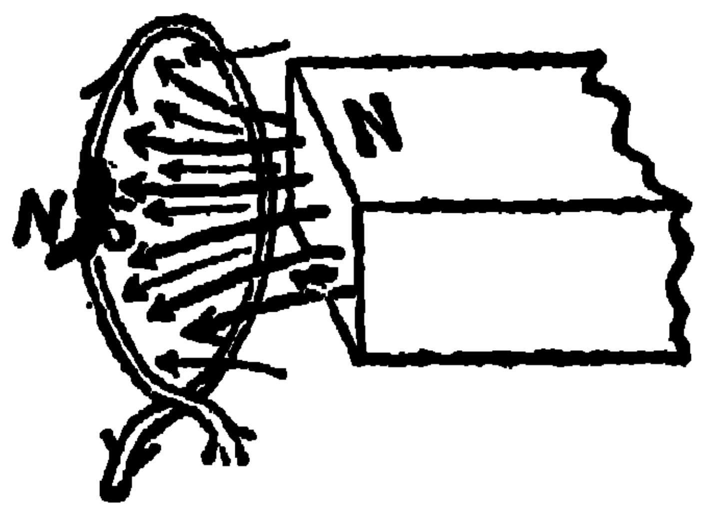
গতিতে পূর্ব্বস্থানে ফিরিয়া আসা, বা ঘূর্ণনগতি (Rotary motion) অর্থাৎ সর্ব্বদা কোন একদিকে ঘুরিতে থাকা হেতু সর্ব্বদা বলরেখা ছেদন দ্বারা অনবরত ই, এম, এফ, ও সম্পূর্ণ পথ হইলে প্রবাহ সম্ভাবিত হইতে পারে বটে, কিন্তু যাতায়াত গতি ও তাহার উপযুক্ত রাজ্য উৎপাদন করা দুঃসাধ্য বলিয়া, অনবরত ই, এম, এফ, ও প্রবাহ পাইতে হইলে সহজসাধ্য ঘূর্ণন গতি দ্বারা পাওয়া হয়, যথা, ডায়নামো। ঘূর্ণন গতিতে রাজ্যের তেজ সর্ব্বত্র সমভাব হউক বা নাই হউক তাহাতে কিছু আসে যায় না। আবার রাজ্যের মধ্যে ফাঁসের ঘূর্ণন দ্বারাই যে বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত করিতে হইবে তাহা নহে, ফাঁসকে ঠিক রাখিয়া রাজ্যোৎপাদক চুম্বক বা উহার সামিল কোন প্রবাহবাহী কয়েলকে দূর হইতে ফাঁসের নিকটে বা নিকট হইতে দূরে লইয়া যাইতে থাকিলে ফাঁসের মধ্য দিয়া বলরেখারর সংখ্যা পরিবর্ত্তন হেতু ই, এম, এফ, ও প্রবাহ সম্ভাবিত হইতে পারে। আবার একটি ফাঁস ব্যবহার না করিয়া যদি সিরিজে সংযুক্ত কতকগুলি ফাঁস (যথা একটি কয়েল) ব্যবহার করা যায়, তাহা হইলে কয়েলের শেষভাগদ্বয়ের মধ্যে সম্ভাবিত ই, এম, এফ, এর পরিমাণ পাকের সংখ্যানুপাতে বাড়িয়া যায়, কারণ প্রত্যেক ফাঁসটিতেই ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়।

চুম্বকদ্বারা সম্ভাবন (Induction by a magnet) :—একটি চুম্বক মেরুকে কয়েলের নিকটে আনিতে বা নিকট হইতে তফাতে লইয়া যাইতে থাকিলে কয়েলের মধ্যে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়। কয়েলের শেষভাগদ্বয় গ্যালভানোমিটারের সহিত সংযোগ করিলে উহার মধ্য দিয়া বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ হয় এবং কয়েল ও উহার মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে। এই প্রবাহ হেতু গ্যালভানোমিটারের চুম্বক ঘুরিয়া যায় এবং চুম্বকের এই ঘূর্ণনের দিক হইতে প্রবাহের দিক নির্দ্ধারণ করা যাইতে পারে। এইভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে একটি N মেরুকে কয়েলের দিকে আনিতে থাকিলে, কয়েলে যে প্রবাহ সম্ভাবিত হয়,

তাহা চুম্বকের দিক হইতে "এণ্টিক্লকওয়াইজ" (Anticlockwise) দেখায় এবং ঐ N মেরুকে কয়েলের নিকট হইতে সরাইয়া লইয়া যাইতে থাকিলে কয়েলের মধ্যে ক্লকওয়াইজ প্রবাহ সম্ভাবিত হয়। ঠিক সেইরূপ

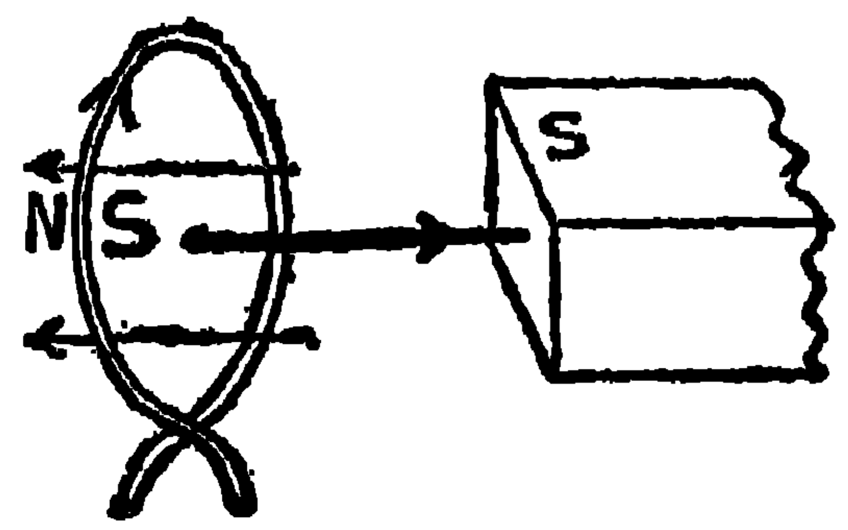


চিত্র—২০২

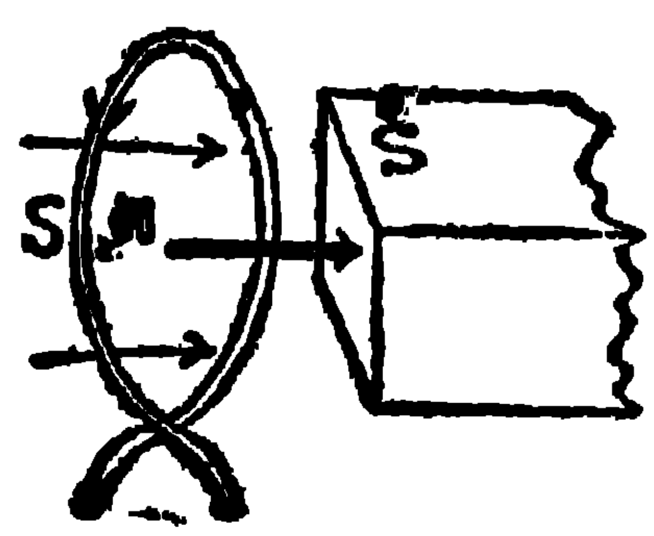


চিত্র—২০৩

একটি S মেরু লইয়া পরথ করিলে দেখা যাইবে যে মেরুটি কয়েলের দিকে অগ্রসর হইবার সময় মেরুর দিক হইতে দেখিলে কয়েলে সম্ভাবিত প্রবাহ ক্লকওয়াইজ দেখায়। এবং S মেরুটিকে কয়েলের নিকট হইতে সরাইয়া লইয়া যাইতে থাকিলে সম্ভাবিত প্রবাহ মেরুর দিক হইতে এণ্টিক্লক-ওয়াইজ দেখায়। এই সম্ভাবিত প্রবাহ হেতু চুম্বকের সামিল কয়েলের বলরেখাগুলিকে সরু রেখা দ্বারা নির্দ্দেশ করিলে ২০২, ২০৩, ২০৪, ২০৫



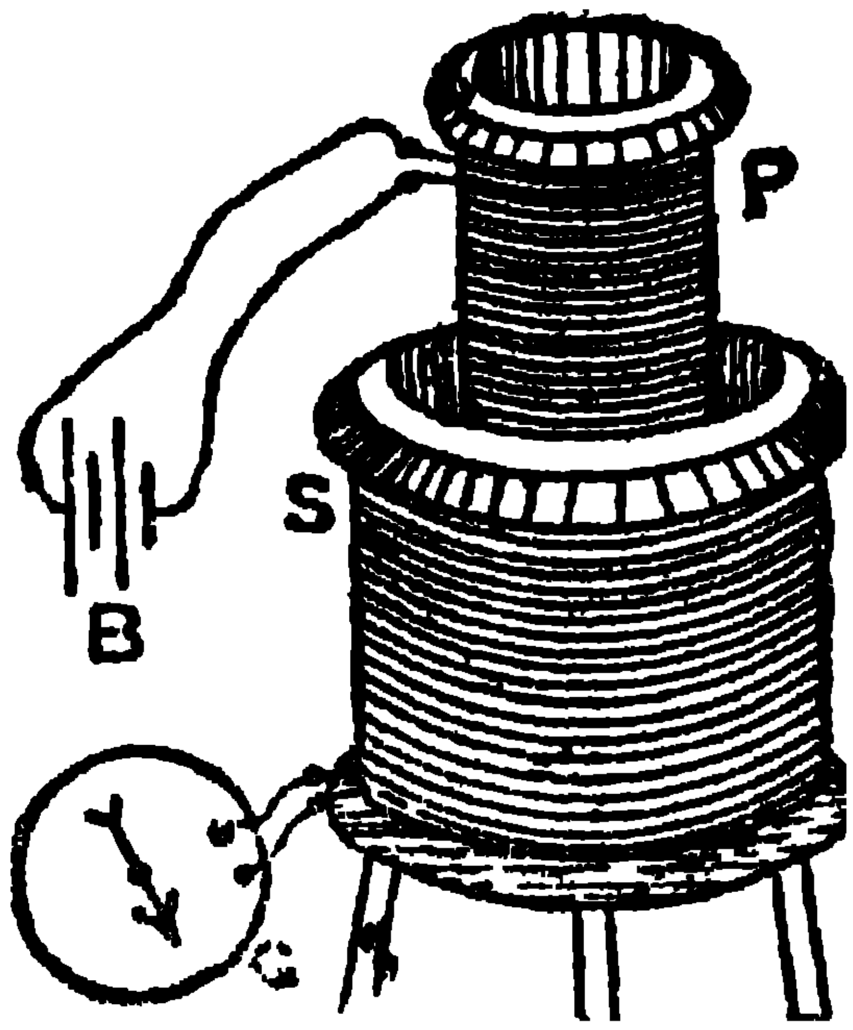
চিত্র—২০৪



চিত্র—২০৫

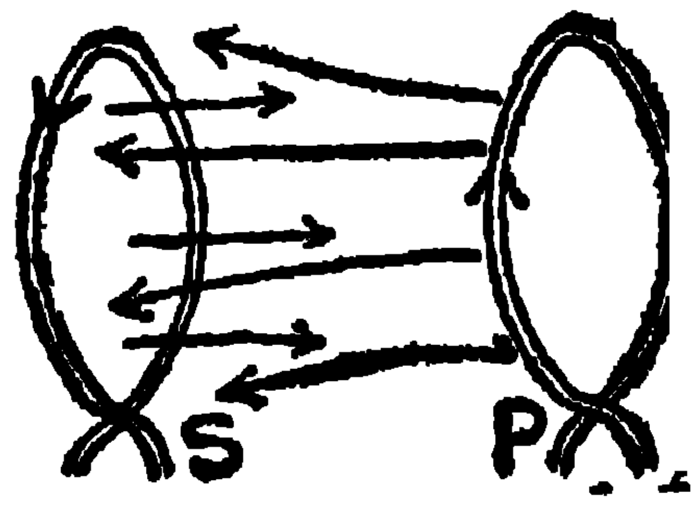
চিত্রগুলি হইতে সুস্পষ্ট ভাবে দেখা যাইবে কিরূপে কয়েলের মধ্য দিয়া বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধির সময় সম্ভাবিত প্রবাহ হেতু বিপরীত বলরেখা সৃষ্ট হইয়া ও বলরেখা হ্রাসের সময় একইরূপ বলরেখা সৃষ্ট হইয়া কয়েলের মধ্যস্থ রাজ্যতেজের সমতা বা পূর্ব্বাবস্থা বজায় রাখিবার চেষ্টা করিতেছে।

প্রবাহবাহী কয়েল দ্বারা সম্ভাবন (Induction by Current carrying Coil) :—চুম্বকের পরিবর্ত্তে একটি প্রবাহবাহী কয়েল ব্যবহার করিলে, যেহেতু ইহা দণ্ড চুম্বকের সামিল অর্থাৎ বলরেখাদ বিষয়ে দণ্ড চুম্বকের ন্যায় ফল দেয়. ইহা দ্বিতীয় কয়েলটির মধ্যে দণ্ড চুম্বকের ন্যায় সম্ভাবন করিবে। এই প্রবাহবাহী কয়েলকে আদি বা 'প্রাইমারী' (Primary) কয়েল ও যে কয়েলের মধ্যে সম্ভাবন হয় তাহাকে সেকেণ্ডারী (Secondary) কয়েল বলে। ২০৬চিত্রে P দ্বারা প্রাইমারী ও S দ্বারা সেকেণ্ডারী দর্শিত হইয়াছে।



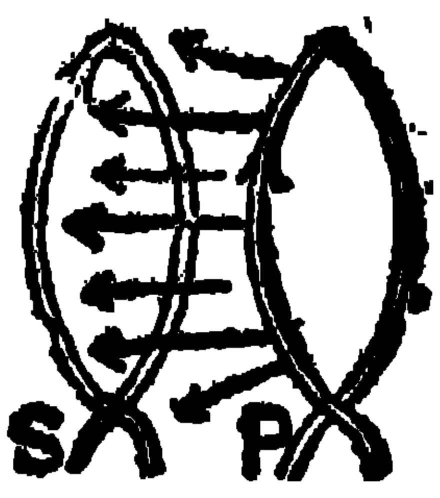
চিত্র—২০৬

প্রাইমারী কয়েলকে যাদ সেকেণ্ডারী কয়েলের দিকে অগ্রসর করাইতে থাকা যায় (চিত্র—২০৭) তাহা হইলে সেকেণ্ডারী কয়েলে প্রাইমারী প্রবাহের বিপরীত দিকে প্রবাহ সম্ভূত হয়, যথা,—প্রাইমারী প্রবাহ ক্লকওয়াইজ হইলে সেকেণ্ডারীর সম্ভূত প্রবাহ এণ্টিক্লকওয়াইজ হয় ইহাকে বিরূপ সম্ভাবন (Inverse Current) বলে। ইহার কারণ অগ্রসর হইবার সময় প্রাইমারী প্রবাহ দ্বারা যে প্রকার বলরেখা হয় তাহাদের সংখ্যা সেকেণ্ডারী কয়েলের মধ্যে বৃদ্ধি হইতে থাকে বলিয়া রাজ্যের পূর্ব্বাবস্থা রক্ষণের উদ্দেশ্যে এই বলরেখা বৃদ্ধি নষ্ট করিবার নিমিত্ত বিপরীত বলরেখা সৃজন করিবার জন্য সেকেণ্ডারীতে বিপরীত প্রবাহ সম্ভূত হয়। ঠিক সেইরূপ প্রাইমারী কয়েলকে যদি সেকেণ্ডারীর নিকট হইতে সরাইয়া তফাতে লইয়া যাইতে থাকা যায়, (চিত্র—২০৮) তাহা হইলে সেকেণ্ডারীর মধ্যে একই রূপ অর্থাৎ একই দিকে ঘূর্ণায়মান প্রবাহ সম্ভাবিত হয়।



চিত্র—২০৭

ইহাকে অনুরূপ সম্ভাবন (Direct Current) বলে। ইহার কারণ দূরে সরিয়া যাইবার সময় প্রাইমারী প্রবাহ হেতু যে বলরেখা তাহাদের সংখ্যা সেকেণ্ডারী কয়েলের মধ্যে হ্রাস হইতে থাকে বলিয়া, রাজ্যের পূর্ব্বাবস্থা রক্ষণের উদ্দেশ্যে বলরেখা হ্রাস নষ্ট করিবার নিমিত্ত ঠিক ঐরূপ বলরেখা সৃষ্টি করিবার জন্য সেকেণ্ডারীর মধ্যে একই দিকে ঘূর্ণায়মান প্রবাহ সম্ভাবিত হয়।



চিত্র—২০৮

অতএব দেখা যাইতেছে যে "প্রাইমারী কয়েল অগ্রসরকালে বিরূপ সম্ভাবন ও দূরে সরিয়া যাইবার সময় অনুরূপ সম্ভাবন হয়"।

এখন চুম্বক বা প্রাইমারী কয়েলকে না নাড়িয়া এক স্থানে ঠিক রাখিয়া সেকেণ্ডারী ক॰ লকে অগ্রসর করাইতে বা পিছাইয়া লইয়া যাইতে থাকিলে ঠিক পূর্ব্বের মত সম্ভাবন ক্রিয়া ঘটিবে।

সম্ভাবিত ই, এম, এফ, এর পরিমাণ :—চুম্বক রাজ্যে একটি পরিচালক পথে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত করিতে হইলে রাজ্য ও পথের মধ্যে তুলনায়, কোনটির এরূপ গতি থাকা চাই যেন পরিচালক দ্বারা অবরুদ্ধ বলরেখার সংখ্যার পরিমাণ পরিবর্ত্তিত হয়। সুতরাং সম্ভাবিত ই, এম, এফ,এর পরিমাণ বলরেখা সংখ্যা পরিবর্ত্তনের 'হারের উপর নির্ভর করে। যদি কোন সময়ে বলরেখার সংখ্যা হয় n ও t সেকেণ্ড পরে ঐ সংখ্যা হয় n' তাহা হইলে বলরেখা পরিবর্ত্তন—n—n' ও এই পরিবর্ত্তনের হার—$\frac{n-n'}{t}$। সুতরাং ই, এম, এফ, $=\frac{n-n'}{t}$ সি, জি, এস, চুম্বক বৈদ্যুতিক একক। অর্থাৎ একটি ফাঁসের মধ্য দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে একটি করিয়া রেখা দ্বারা বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত হইতে থাকিলে ১ সি, জি, এস, চুম্বক-বৈদ্যুতিক একক ই, এম, এফ, হয়। আবার যদি একটি ফাঁস না লইয়া সিরিজে সংযুক্ত কতকগুলি ফাঁস অর্থাৎ কয়েল লওয়া যায় তাহা

হইলে কয়েলের শেষ ভাগদ্বয়ের মধ্যে পি, ডি, প্রত্যেক ফাঁসগুলির ই, এম, এফ,এর সমষ্টি। সুতরাং যদি প্রত্যেক ফাঁসে সমান ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়, তাহা হইলে $\frac{n-n'}{t}$ কে পাক সংখ্যা দিয়া গুণ করিলে কয়েলের ই, এম, এফ, পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ পাক সংখ্যা S হইলে ই, এম, এফ, = $S \times \frac{n-n'}{t}$ চুম্বক-বৈদ্যুতিক একক। আবার যেহেতু $১০^৮$ চুম্বক-বৈদ্যুতিক একক ই, এম, এফ, = ১ভোল্ট, সুতরাং সম্ভাবিত ই, এম,এফ, = $S \times \frac{n-n'}{t} \times \frac{১}{১০^৮}$ ভোল্ট। অর্থাৎ প্রতি সেকেণ্ডে$১০^৮$ বা ১০০০০০০০০ রেখা দ্বারা বলরেখার সংখ্যা পরিবর্তিত হইতে থাকিলে ১ ভোল্ট ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়। এবং ওম্‌স-ল ($C = \frac{E}{R}$) হইতে যদি কয়েল ও পথের মোট বাধা হয় R তাহা হইলে প্রবাহ $C = S \times \frac{n-n'}{t} \times \frac{১}{১০^৮}/R = \frac{S(n-n')}{১০^৮ \, Rt}$ আমপেয়ার।

স্বীয় সম্ভাবন (Self Induction) :—কোন কয়েলে নিজের দ্বারা নিজের মধ্যে সম্ভাবনকে স্বীয় সম্ভাবন বা 'সেল্‌ফ্‌ ইণ্ডাকসান' বলে।

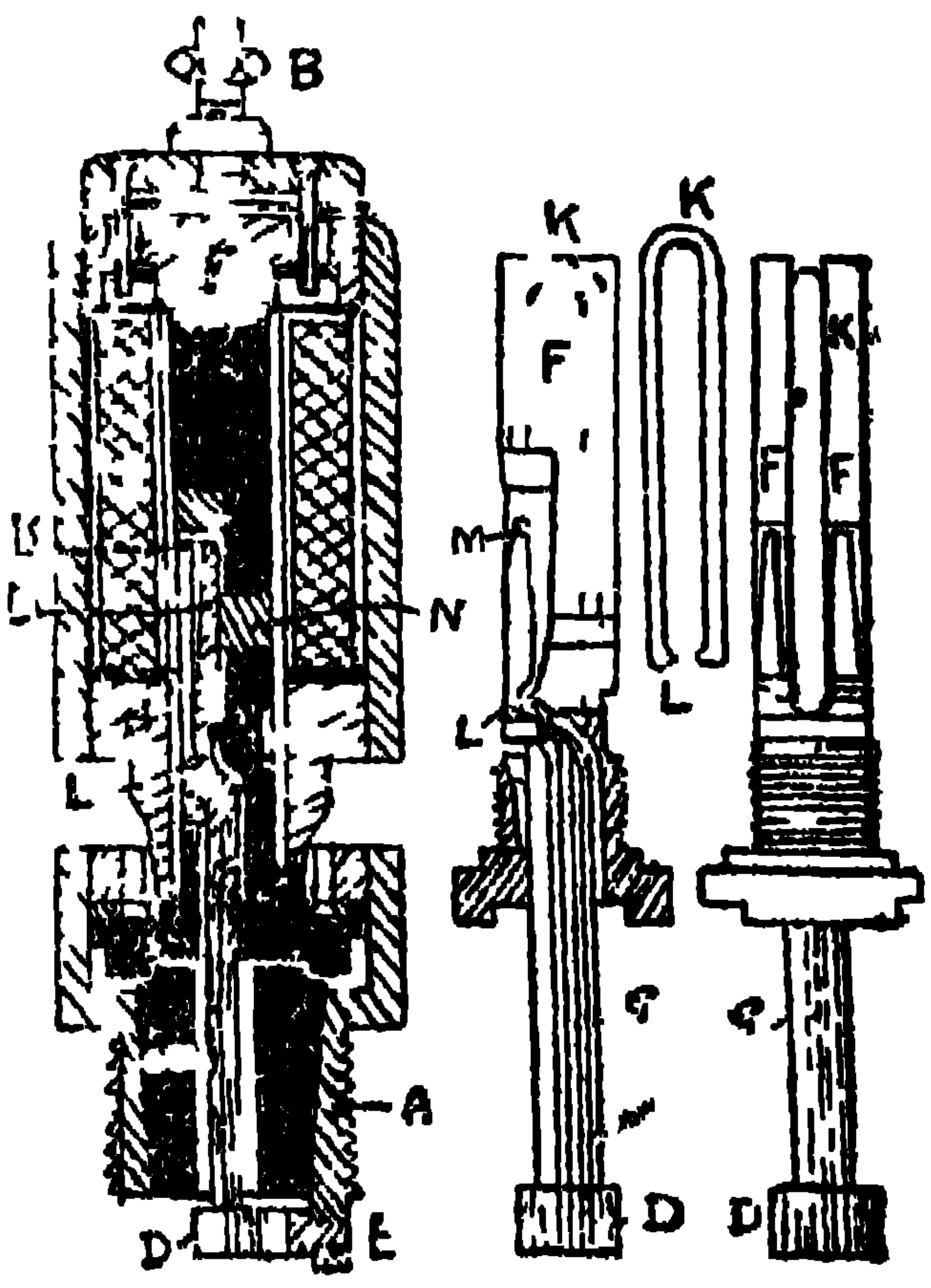
চিত্র—২০৯

যদি একটি কয়েলের শেষ ভাগদ্বয় ব্যাটারি বা অন্য কোন প্রবাহ উৎপাদকের সহিত সংযোগ করা যায় তাহা হইলে ঐ কয়েলের পাকগুলির মধ্য দিয়া প্রবাহকে ঘুরিয়া ঘুরিয়া বহিতে হইবে। এখন প্রথম পাকটিতে প্রবাহ উপস্থিত হইলে উহা পাতলা চুম্বকের সামিল হয়। সুতরাং উহার বলরেখাগুলি অন্যান্য পাক সকলের মধ্য দিয়া যায়। কিন্তু তাহাদের মধ্য দিয়া পূর্ব্বে কোন বলরেখা ছিল না, সুতরাং তাহাদের মধ্যদিয়া বলরেখার সংখ্যা বাড়িতেছে। অতএব এই অন্যান্য পাকগুলিতে বিরূপ সম্ভাবন

হইবে। এই বিরূপ সম্ভাবন হেতু যে বিপরীত ভোল্টেজ ও প্রবাহ সম্ভূত হইবে তাহা প্রথম পাকটির প্রবাহকে অগ্রসর হইতে বাধা দিবে, অবশ্য যতক্ষণ পর্য্যন্ত অন্যান্য পাকগুলিতে এই সম্ভাবন ক্রিয়া চলিতে থাকে ততক্ষণ পর্য্যন্ত ঐ ব্যাটারি বা উৎপাদক প্রেরিত প্রবাহ অগ্রসর হইতে বাধা পায়। পরে, প্রথম পাকটিতে প্রবাহ স্থিতিলাভ করিলে বলরেখার সংখ্যা এক ভাব হইয়া যায় বলিয়া সম্ভাবন ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায় ও প্রথম পাকটির প্রবাহ অগ্রসর হইতে আর বাধা পায় না। সুতরাং ইহা দ্বিতীয় পাকটিতে উপস্থিত হয়। এখন প্রবাহ বিশিষ্ট দুইটি পাক হওয়া হেতু বলরেখার সংখ্যা দ্বিগুণ হইয়া যায়। সুতরাং দ্বিতীয় পাকটিতে অগ্রসর হইবার সময় পূর্ব্বের মত অন্যান্য পাকগুলিতে বিরূপ সম্ভাবন হয়। এরূপে প্রেরিত প্রবাহ প্রত্যেক পাকটিতে স্থিতিলাভকালে সম্মুখীন অন্যান্য পাকগুলি হইতে ক্ষণিক বাধা প্রাপ্ত হইতে হইতে অগ্রসর হইতে থাকে ও মুহূর্ত্তের মধ্যে সমস্ত কয়েলটিতে স্থিতি লাভ করে। তখন আর সম্ভাবন হয় না, উহা একভাবে বহিতে থাকে। কয়েলের মধ্যে ঢুকিবার সময় প্রবাহ কেবলই বাধা পাইতে থাকে বলিয়া উহার তেজ গোড়ার মুখে ক্ষণেকের জন্য (অর্থাৎ যতক্ষণ না সমস্ত কয়েলে উহা স্থিতি লাভ করে) হ্রাস বৃদ্ধি পাইতে থাকে। সেইজন্য বৈদ্যুতিক বাতি প্রভৃতির পথে কোনস্থানে তার কয়লের মত পাকান থাকিলে, উহাদিগকে জ্বালবার সময় সুইচ টিপিয়া সংযোগ করিলে বাতি একেবারেই পূর্ণতেজে জ্বলে না, প্রথম মুখে আলোর তেজ একবার বাড়িয়া যায় ও পরক্ষণেই কমিয়া যায়—অবশ্য এরূপ খুব অল্প সময়ের জন্য হয়, কারণ সমস্ত কয়েলটিতে প্রবাহ স্থিতিলাভ করিলেই উহা সমতেজে জ্বলিতে থাকে। এই সম্ভাবনকে সংযোগ কালীন স্বীয় সম্ভাবন (Self Induction at make) বলে। ঠিক সেইরূপ কয়েলের মধ্য দিয়া যদি প্রবাহ একবার স্থিতি লাভ করিয়া থাকে তাহা হইলে কয়েলের অন্তর্বর্ত্তী স্থান

বলরেখাময়। এখন পথ কাটিয়া দিয়া প্রবাহ বন্ধ করিতে যাইলে কয়েলের মধ্যে প্রবাহ নাশকালে ঐ বলরেখাগুলিও নাশ প্রাপ্ত হইবে। সুতরাং কয়েলের মধ্যে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস হইতেছে। অতএব কয়েলে এখন অনুরূপ সম্ভাবন হইবে অর্থাৎ পূর্ব্বে যে দিকে প্রবাহ বহিতেছিল এখন ঠিক সেইদিকে বহমান প্রবাহ সম্ভাবিত হইবে (যাহাতে পূর্ব্ব বলরেখার মত বলরেখা সৃষ্ট হইয়া বলরেখার সংখ্যা হ্রাস হইতে না পায়)। এই একই দিকে বহমান প্রবাহ পূর্ব্ব প্রবাহ দ্বারা যে কার্য্য হইতেছিল তাহা আরও কিয়ৎক্ষণের জন্য চালায়, সেইজন্য ইহাকে বাড়তি প্রবাহ (Extra Current) বলে। এই কারণে পূর্ব্বোক্ত বাতির বেলায় সুইচ উল্টাইয়া পথ কাটিয়া দিবামাত্রই বাতি নিবিয়া যায় না, আরও কিছু অল্প সময়ের জন্য জ্বলে ও পরে ক্রমশঃ নিবিয়া যায়। এই সম্ভাবনকে উন্মোচন কালীন স্বীয়-সম্ভাবন (Self Induction at break) বলে।

এই উন্মোচন কালীন স্বীয় সম্ভাবনের প্রয়োজনীয় ফল অগ্নিস্ফুলিঙ্গ (Spark) যাহা প্রায়ই পথটির ভগ্ন স্থানের বায়ুস্তবককে পার হইতে দৃষ্ট হয় এবং ইহা ইন্ধনে অগ্নিসংযোগের (Ignition) নিমিত্ত ইগ্‌নিশান কয়েল বা লোটেনসান ম্যাগনেটোতে উৎপাদিত হয়। এই উন্মোচন বা ব্রেক কোন কোন স্থলে মেক্যানিকাল উপায়ে ও কোন কোন স্থলে ২১০ চিত্রে দর্শিত লো-টেনসান প্লাগের দ্বারা ইলেকট্রো ম্যাগ্নেটিক ইগ্‌নিশান প্রণালীতে অটোম্যাটিক ভাবে সাধিত হয়।

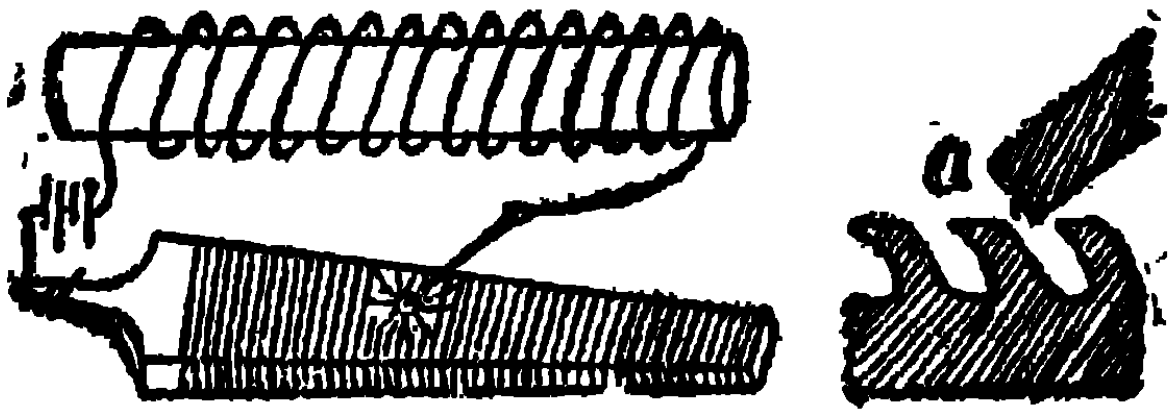


চিত্র—২১০

এই অগ্নিস্ফুলিঙ্গের কারণ এই যে, এই উন্মোচনকালীন সম্ভাবন কালে যে একইদিকে বহমান প্রবাহ সৃষ্ট হয় তাহার কারণ পূর্ব্বে যে দিকে ভোল্টেজ ছিল সম্ভাবন দ্বারা সেই দিকে ভোল্টেজ উৎপাদিত হয় এবং পথ কাটিবার সময় হঠাৎ প্রবাহ বন্ধ হইবার উপক্রম হয় বলিয়া বলরেখার দ্রুত পরিবর্ত্তন হেতু এই সম্ভাবিত ভোল্টেজ অত্যন্ত অধিক হয় এবং ইহার সহিত পূর্ব্ব ভোল্টেজ মিলিয়া উহা আরও কিছু পরিবর্দ্ধিত হয় এবং উন্মোচনের প্রথম অবস্থায় বিভক্ত পথের মধ্যে ব্যবধান অতি অল্প বলিয়া এই উন্নত ভোল্টেজ বা চাপ হেতু বিদ্যুৎ ভগ্নস্থানের পাতলা বায়ুস্তরের রোধকতা উল্লঙ্ঘন করিতে সক্ষম হয়। এই সময় সশব্দে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয়, ইহাকে উন্মোচনকালীন অগ্নিস্ফুলিঙ্গ (Spark at break) বলে।

দ্রষ্টব্য :—অপরিচালকের রোধকতা উল্লঙ্ঘন সময় সশব্দে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হওয়া অর্থাৎ শব্দ, উত্তাপ, আলোক শক্তি উৎপাদিত হইবার কারণ এই যে অপরিচালকের রোধক গুণ হেতু উহার মধ্যস্থ কোন স্থানদ্বয়ের মধ্যে বৈদ্যুতিক চাপ পার্থক্য বা ভোল্টেজ থাকিলেও উহা প্রবাহ রদ করিতে সক্ষম হয়। ভোল্টেজ অতিক্রম করিয়া প্রবাহ রদ করিতে হইলে উহাকে সমপরিমাণ বিপরীত চাপ (reaction or opposing influence) দিতে হয়, তজ্জন্য উহার অবস্থান্তর (Strain) ঘটে। সুতরাং স্থানদ্বয়ের মধ্যে চাপ পার্থক্য বা ভোল্টেজ যতই বাড়িতে থাকিবে উহাদের মধ্যস্থ অপরিচালকের ততই উত্তরোত্তর অধিক পরিমাণে অবস্থান্তর ঘটিতে থাকিবে। কিন্তু অপরিচালক হিসাবে এই অবস্থান্তরের একটী অনতিক্রম্য সীমা আছে। সুতরাং সেই সীমা অতিক্রম হইয়া যায় এরূপ প্রকারের ভোল্টেজ হইলে উহা আর সহ্য করিতে পারে না, উহার রোধ-ক্ষমতা ভগ্ন হয় ও বিদ্যুৎ বেগ উল্লঙ্ঘন করে। এই রোধ-ক্ষমতা ভগ্নকালে শব্দ হয় যেমন ফুটবলের ব্লাডারের মধ্যে ক্রমশঃ বায়ু প্রবেশ করাইতে থাকিলে উহার অন্তর্ভাগ ও বহির্ভাগের মধ্যে চাপ পার্থক্য ঘটিতে থাকে ও তজ্জন্য উহার অবস্থান্তর ঘটিতে থাকে অর্থাৎ উহা ফুলিতে থাকে এবং এই অবস্থান্তর হেতু উহার মধ্যস্থ বায়ুকে উল্টাদিকে চাপ দিয়া আটক করিয়া রাখিতে সক্ষম হয়। কিন্তু যখন উহা ফুলিবার সীমায় পৌঁছায়, তখন ভিতরের বায়ুর চাপ একটু বাড়িলেই আর উহা আটকাইতে সক্ষম হয় না, বায়ু উহাকে ফাটাইয়া অর্থাৎ উহার আটক করিবার ক্ষমতাকে ভগ্ন করিয়া সশব্দে নির্গত হইয়া যায়। অপরিচালকের রোধ ক্ষমতা ভগ্নকালে ইহার অনুগুলি অত্যন্ত আলোড়িত হওয়া হেতু উহা এত উত্তপ্ত হয় যে তাহাতে তারের শেষ ভাগ বাষ্পীভূত হইয়া তারদ্বয়ের শেষ ভাগদ্বয়ের মধ্যে বাষ্পীয় ধাতব পথ উৎপন্ন করে—এই প্রজ্বলিত ধাতব বাষ্পই স্পার্ক বা অগ্নিস্ফুলিঙ্গরূপে দৃষ্ট হয়।

পরখ :—২১১ চিত্রে লৌহে জড়ান একটি কয়েলের, এক শেষভাগ ব্যাটারির একটি পোলে সংযুক্ত, ব্যাটারির অপর পোল একটি উকার (File) সহিত সংযুক্ত। এখন কয়েলের অপর প্রান্ত হইতে একটি তার লইয়া উকার উপর দিয়া ঘষিয়া টানিয়া গেলে দেখা যাইবে যে

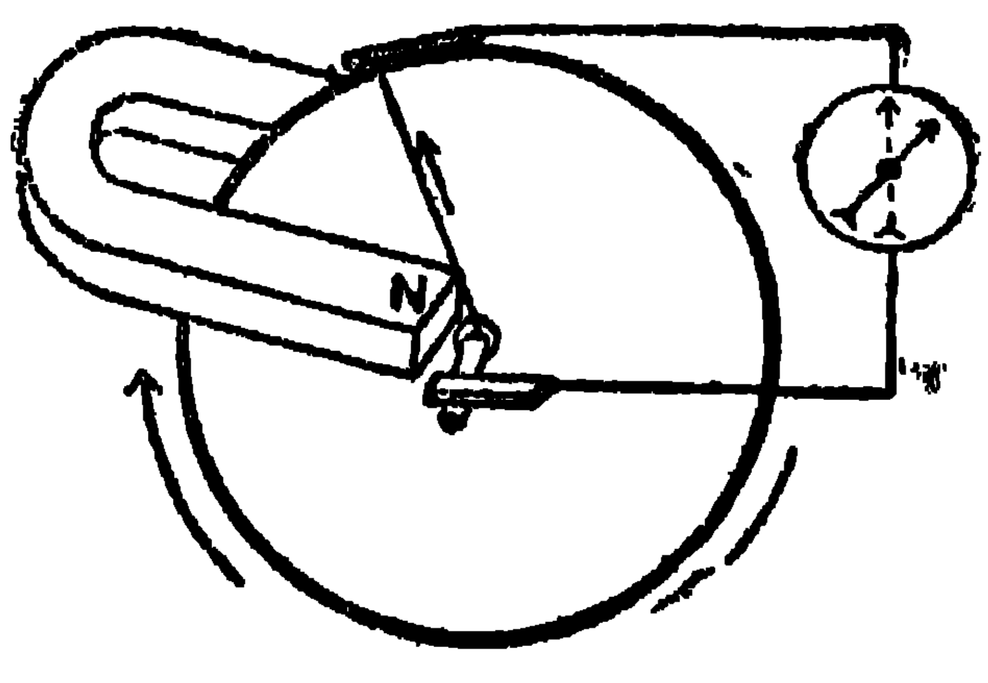


চিত্র—২১১

স্পার্ক হইতে থাকে এবং লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে তারটি উকার করাতের মত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দাঁতগুলিকে স্পর্শ করিবার সময় স্পার্ক হয় না, ছাড়িয়া যাইবার সময় স্পার্ক হয়, যেমন a চিহ্নিত স্থানে উকার বর্দ্ধিত আকারে ছেদিত দৃশ্য দ্বারা দেখান হইয়াছে। ইহার কারণ সহজেই দেখা যাইতেছে যে একটি দাঁতকে স্পর্শ করিবার কালে স্বীয় বিরূপ সম্ভাবন হয় ও স্পর্শ করিবার পর ত্যাগ করিবার কালে স্বীয় অনুরূপ সম্ভাবন হয়।

লেনজেস্-ল (Lenz's Law) "যে কোন প্রকার বৈদ্যুতিক সম্ভাবনের সময় সম্ভাবিত প্রবাহের দিক এরূপ হয় যে চুম্বক রাজ্যে পরিচালকের যেরূপ গতি হেতু এই প্রবাহ সম্ভাবিত হয়, এইরূপ (সম্ভাবিত) প্রবাহ হেতু ঐ রাজ্যে কোন পরিচালকের তাহার বিপরীত গতি হয়"। ইহাকে লেনজেস্-"ল" বলে। ইহার পুনরুল্লেখ করা হইল কারণ ডায়নামোতে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া (Reaction) বলিতে ইহাকেই বুঝায়। অতএব সম্ভাবিত প্রবাহ পরিচালকের গতিরোধ করিবার চেষ্টা করে। ইহা নিম্নলিখিত পরখগুলি হইতে দেখা যায়।

পরখ :—(১) বার্লোর হুইলে যদি ব্যাটারির পরিবর্ত্তে একটি গ্যালভানোমিটার ব্যবহার করা যায় ও হুইল বা চক্রকে ঘুরাইতে থাকা যায়, তাহা হইলে দেখা যাইবে যে তারে প্রবাহ সম্ভাবিত হয় ও তদ্ধেতু গ্যালভানোমিটারের চুম্বক ঘুরিয়া যায়। চুম্বকের এই ঘূর্ণন হইতে সম্ভাবিত প্রবাহের দিক নিরূপণ করিলে দৃষ্ট হইবে যে সম্ভূত প্রবাহ এরূপ দিকে হইয়াছে যে যদি ব্যাটারি দ্বারা এই দিকে প্রবাহ দেওয়া যাইত তাহা হইলে চক্রটি বিপরীত দিকে ঘুরিত।

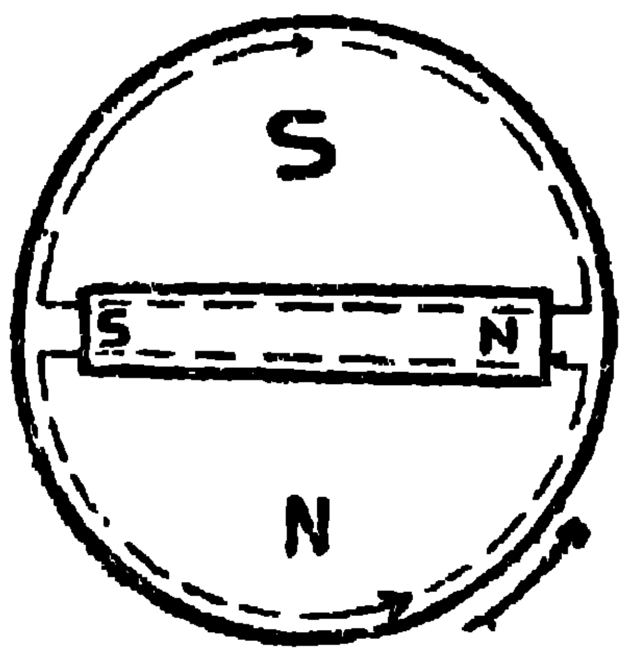


চিত্র—২১২

(২) একটি খুব তেজাল অশ্বক্ষুরাকৃতি বৈদ্যুতিক চুম্বকের মেরুদ্বয়ের মাঝে একটি তাম্রপাতকে যদি আড়াআড়ি দিকে টানা যায় অর্থাৎ যেন পাতটি বলরেখা কাটিতে থাকে, তাহা হইলে বোধ হইবে পাতটি যেন কোন ঘন পদার্থের মধ্য দিয়া কাটিয়া যাইতেছে।

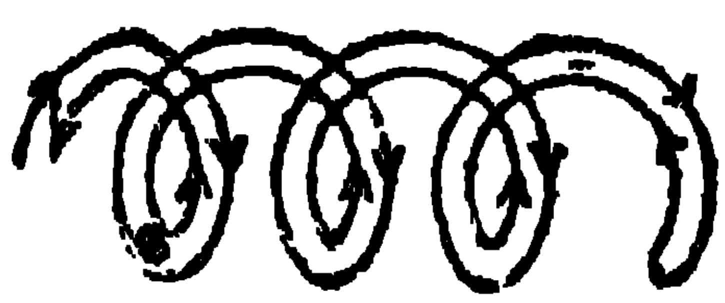
(৩) একটি খুব তেজাল অশ্বক্ষুরাকৃতি বৈদ্যুতিক চুম্বকের মেরুদ্বয়ের মাঝে একটি তামার তালকে সুতা বাঁধিয়া ঝুলাইয়া দিয়া সুতাটিকে পাকাইলে দৃষ্ট হইবে যে তামার তালটি ঘুরিতেছে না, অথবা যদিও ঘোরে তাহা অতি আস্তে আস্তে। কিন্তু প্রবাহ বন্ধ করিয়া দিলে চুম্বকত্ব প্রায় নষ্ট হইয়া যায় ও তখন সুতাটিকে পাকাইলে তালটি দ্রুত ঘুরিতে থাকে।

(৪) আরাগোর চাকতি (Arago's Disc) যন্ত্রটিতে চুম্বক সূচের নীচে তামার চাকতিকে কোনদিকে ঘুরাইলে চুম্বকটিও সেইদিকে ঘোরে, তদ্দ্বারাও এই ফল প্রকাশ পায়। অতএব চুম্বকরাজ্যে কোন প্রকার গতি দ্বারা বলরেখা কাটিবার সময়ে পরিচালকদের মধ্যে এরূপ প্রবাহ সম্ভূত হয় যে ঐ সম্ভূত প্রবাহ হেতু ঐ রাজ্যে পরিচালকের বিপরীত দিকে ঘুরিবার প্রবৃত্তি হয়। ইহাকেই ডায়নামোর আমেচার রিএকসান (reaction) বলে।

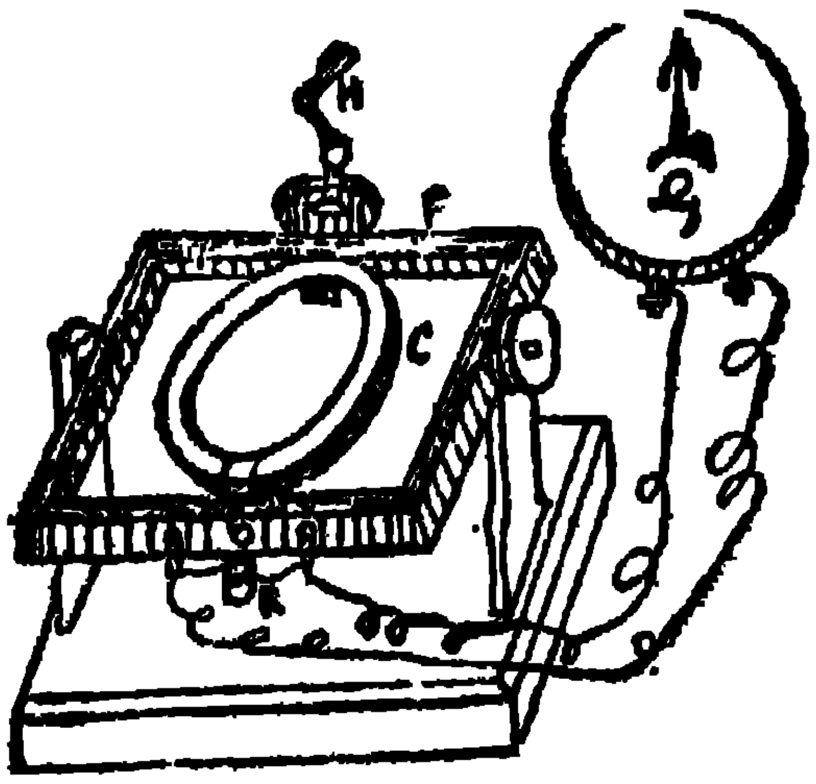


চিত্র—২১৩

স্বীয় সম্ভাবনহীন কয়েল :—একটি তারকে মাঝখানে দুই ভাঁজে মুড়িয়া কয়েল করিলে স্বীয় সম্ভাবন হইতে পায় না, কারণ, ইহাতে সর্ব্বত্র সর্ব্বদা দুই বিপরীত দিকে প্রবাহ বহে, সুতরাং চুম্বকরাজ্য সৃষ্ট হয় না, ২১৪ চিত্র।


চিত্র—২১৪

ভূচুম্বকত্ব দ্বারা সম্ভাবন :—২১৫ চিত্রে দর্শিত যন্ত্রটির H হ্যাণ্ডেলটি ঘুরাইতে থাকিলে কয়েল বিশিষ্ট গোলাকার C ফর্ম্মাটি ঘুরিতে থাকে ও F R চিহ্নিত চৌকা ফর্ম্মাটিকে ঘুরাইয়া ঠিক ভাবে সেট করিতে পারিলে অর্থাৎ যেন পৃথিবীর চুম্বক বলরেখাগুলি উহার মধ্য দিয়া লম্বভাবে যায়, C. কয়েলে প্রবাহ সম্ভাবিত হয় এবং তাহা গ্যালভানোমিটারের সাহায্যে দৃষ্ট হইতে পারে। অবশ্য R চিহ্নিত স্থানে কয়েলটির শেষ ভাগদ্বয় এরূপ ভাবে স্থাপিত যে ঘূর্ণন কালে যেন সর্ব্বদাই তারদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত থাকিয়া বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ রাখে।

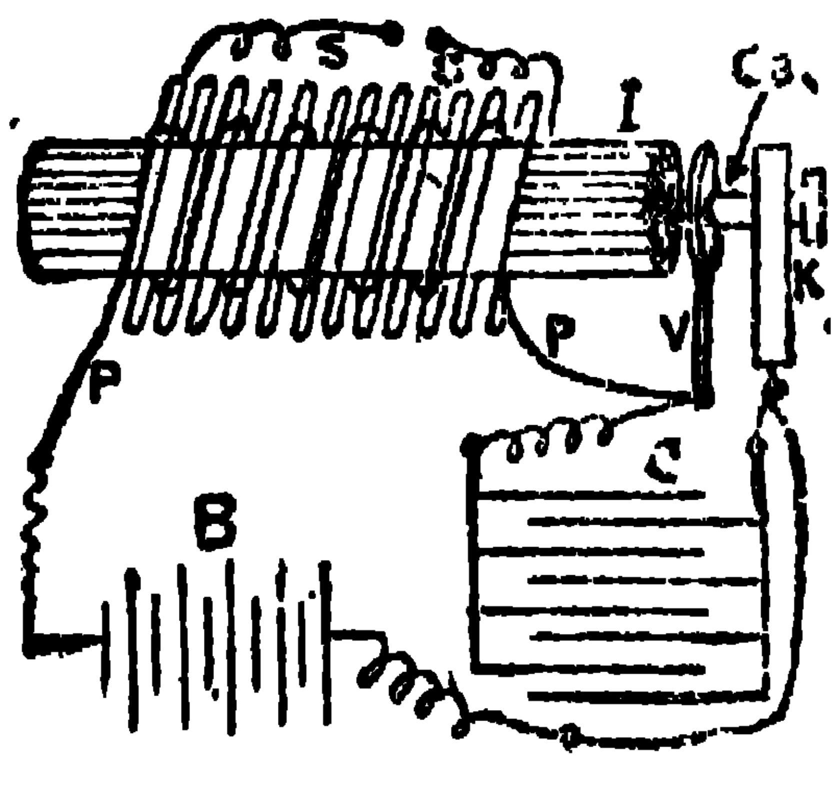


চিত্র—২১৫

দ্বাদশ পরিচয়।

এখন আমরা একটি সম্ভাবন যন্ত্রের উল্লেখ করিব, ইহাকে ট্রান্সফর্ম্মার বলে। ইহার কার্য্য ভোল্টেজ হ্রাসবৃদ্ধি করা। সচরাচর যে সকল ট্র্যান্স-ফর্ম্মারে অগ্নিস্ফুলিঙ্গের নিমিত্ত ভোল্টেজ বাড়ান হয় তাহাকে ইণ্ডাকসান কয়েল বলে এবং যে গুলিতে অন্য কোন কার্য্যের জন্য, যথা, দূরস্থানে শক্তি সরবরাহে অপচয় কমাইবার জন্য, ভোল্টেজ বৃদ্ধি বা প্রয়োজন অনুসারে হ্রাস করা হয় তাহাদিগকে ট্র্যান্সফর্ম্মার বলে।

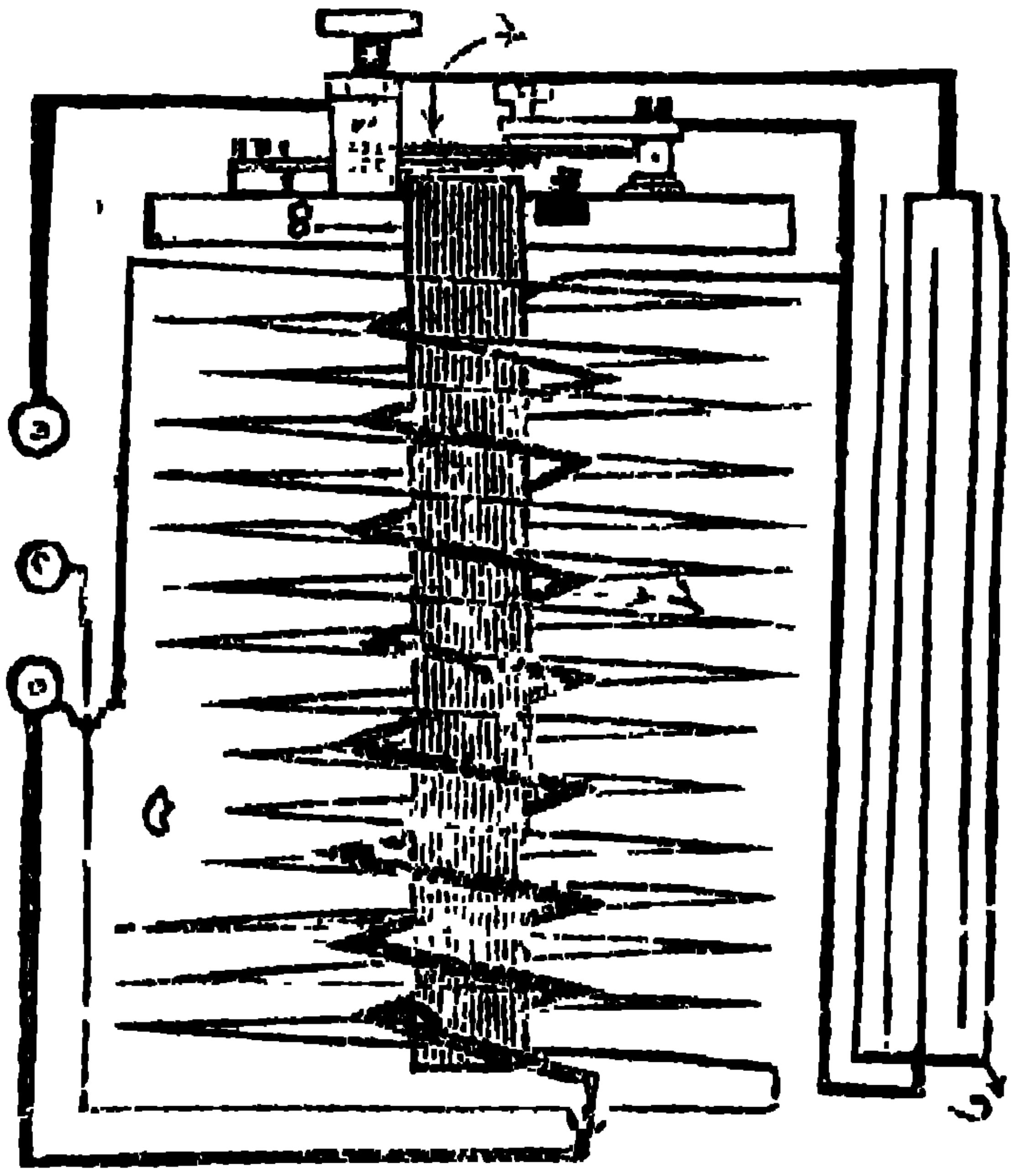
ইণ্ডাক্সান কয়েল—ভাইব্রেটিং (Induction Coil, Vibrating):—২১৬চিত্রে ভাইব্রেটিং ইণ্ডাক-সান কয়েলের কাঠাম ও ২১৭ চিত্রে উহার আভ্যন্তরিক গঠন দেখান হইয়াছে। ইহা কন্টিনিউয়াস কারেণ্ট, যথা, ব্যাটারির সহিত ব্যবহৃত হইতে পারে আবার অলটারনেটিং কারেণ্টের সহিতও ব্যবহৃত হয়, যথা, ফোর্ড গাড়িতে।



চিত্র—২১৬

প্রাইমারী কয়েল ও লৌহখণ্ড—২১৬চিত্রে P প্রাইমারী কয়েলটি মোটা তারের অল্পসংখ্যক পাকবিশিষ্ট এবং ইহা I লৌহখণ্ডটির উপর জড়ান ও ইহার শেষভাগদ্বয় ৪—৬ ভোল্ট ব্যাটারির সহিত সুইচদ্বারা সংযুক্ত করিতে হয়। প্রাইমারী কয়েলের মধ্যে এই লোহখণ্ডটি (I) ব্যবহারের উদ্দেশ্য এই যে প্রাইমারী কয়েল দিয়া প্রবাহ যাইতে থাকিলে যে বলরেখা উৎপন্ন হয় তাহাদের সংখ্যা এই লৌহটি থাকা হেতু অত্যধিক পরিমাণে বাড়িয়া যায়, সুতরাং অত্যন্ত প্রখর রাজ্য সৃষ্ট হয় ও প্রাইমারী কয়েলের প্রবাহ বন্ধকালে এই অত্যধিক সংখ্যক বলরেখা হঠাৎ নাশ প্রাপ্ত

হয়, সুতরাং সম্ভাবনের তীব্রতা বাড়িয়া যায়। এবং কয়েলটি ভাইব্রেটিং কয়েল হইলে ইহার দ্বিতীয় উদ্দেশ্য এই যে প্রাইমারী কয়েলে প্রবাহ হেতু



অংশাবলী—

১। ট্রেম্বলার স্প্রিং।

২। আডজাষ্টিং স্ক্রু।

৩। কন্‌ডেন্সার্।

৪। আরমেচার কোর্।

৫। সেকেণ্ডারী কয়েল্।

৬। প্রাইমারী কয়েল্।

৭। টারমিনালস্।

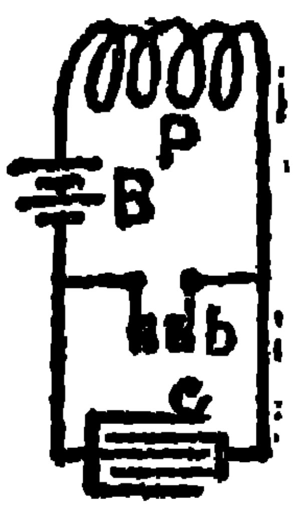
চিত্র—২১৭

চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হইলে V ট্রেম্বলার স্প্রিংকে নিজের উপর টানিয়া লয় ও এই ভাবে V ও K এর মধ্যে বিচ্ছেদ ঘটাইয়া ব্যাটারি হইতে প্রাইমারী কয়েলের পথ বিচ্ছিন্ন করিয়া দেয়। সুতরাং তখন ব্যাটারি হইতে প্রাইমারী কয়েলের মধ্যে আর প্রবাহ যাইতে পারে না, উহা প্রবাহ হীন হয় ও I লৌহ খণ্ডটির চুম্বকত্বনাশ হয়, অতএব I আর Vকে টানিয়া রাখিতে পারে না, V পূর্ব্বস্থানে ফিরিয়া আসে অর্থাৎ Kএর সংস্পর্শে আসে এবং প্রাইমারী কয়েলের মধ্যে পথ সম্পূর্ণ করিয়া পুনরায় প্রাইমারীর মধ্য দিয়া প্রবাহ বহায় ও উক্তপ্রকার কার্য্যাবলী পুনঃ পুনঃ ঘটিতে থাকে। অতএব লৌহখণ্ডটি ঐ স্প্রিং এর সাহায্যে অনবরত ব্যাটারির সহিত প্রাইমারী কয়েলের যোগাযোগ ঘটাইতে থাকে অর্থাৎ ইহা "অটোম্যাটিক কণ্ট্যাক্ট মেকার ও ব্রেকার" (Automatic Contact maker and breaker)। কয়েলটির কার্য্যকালে V স্প্রিংটি অনবরত একবার লৌহের নিকট ও তৎপরেই K এর নিকট দ্রুত আসিতে থাকে

বলিয়া উহাকে লৌহ ও Kএর মধ্যে তুলিতে দৃষ্ট হয়, সেইজন্য ইহাকে কম্পনশীল বা ভাইব্রেটিং কয়েল বলে। এস্থলে দৃষ্ট হইবে যে I লৌহ খণ্ডটিকে একটি নিরেট লৌহে নির্ম্মিত না করিয়া অনেকগুলি সরু সরু লম্বা লৌহের রোধিত তার বা পাত একত্র করিয়া প্রস্তুত করা হয়। তাহার কারণ—প্রাইমারী কয়েলে প্রবাহের পরিবর্ত্তন ঘটিতে থাকে বলিয়া লৌহ খণ্ডটির মধ্যে বলরেখা সংখ্যার পরিবর্ত্তন হইতে থাকে, সুতরাং ইহাতে (গাত্রে) প্রবাহ সম্ভাবিত হয়, ইহাকে গাত্র-প্রবাহ বা এডিকারেণ্ট (Eddy Current) বা ফুকো কারেন্ট (Foucolt Current) বলে।

লৌহটি নিরেট হইলে বাধা অল্প বলিয়া এডিকারেণ্টের বেগ অত্যন্ত অধিক হইবে তজ্জন্য লৌহটি অত্যন্ত গরম হইবে এবং অন্যান্য আপত্তিকর ফলের মধ্যে ইহার "পারমিয়েবিলিটী" কমিয়া যাইবে সুতরাং সম্ভাবনের তীব্রতা কমিয়া যাইবে। কিন্তু যদি ঐরূপ অনেকগুলি ইনসুলেটেড লৌহের তার বা পাত দ্বারা গঠিত হয় তাহা হইলে চুম্বক পথের কোন ব্যাঘাত ঘটে না, পরন্তু তারগুলি সরু বলিয়া এডিকারেণ্টের বেগ অল্প হয়, সুতরাং উহা আর অধিক গরম হইতে পারে না।

কণ্ডেন্সার:—২১৬ চিত্র হইতে দেখা যাইবে যে কণ্ডেনসারটি এরূপভাবে সংযুক্ত হয় যেন V ও Kএর মধ্যে পথের বিচ্ছেদ ঘটিলে বিচ্ছেদ হেতু প্রবাহ বহিবার অভাব ইহার দ্বারা মোচন হয়। অর্থাৎ বিচ্ছেদ-কালে প্রাইমারী কয়েলের শেষ ভাগদ্বয়ের সহিত ব্যাটারি ও কণ্ডেনসার সিরিজে সংযুক্ত হয়, কিন্তু বিচ্ছেদের ব্যবধান ও কণ্ডেনসার প্যারালালভাবে



চিত্র ২১৮

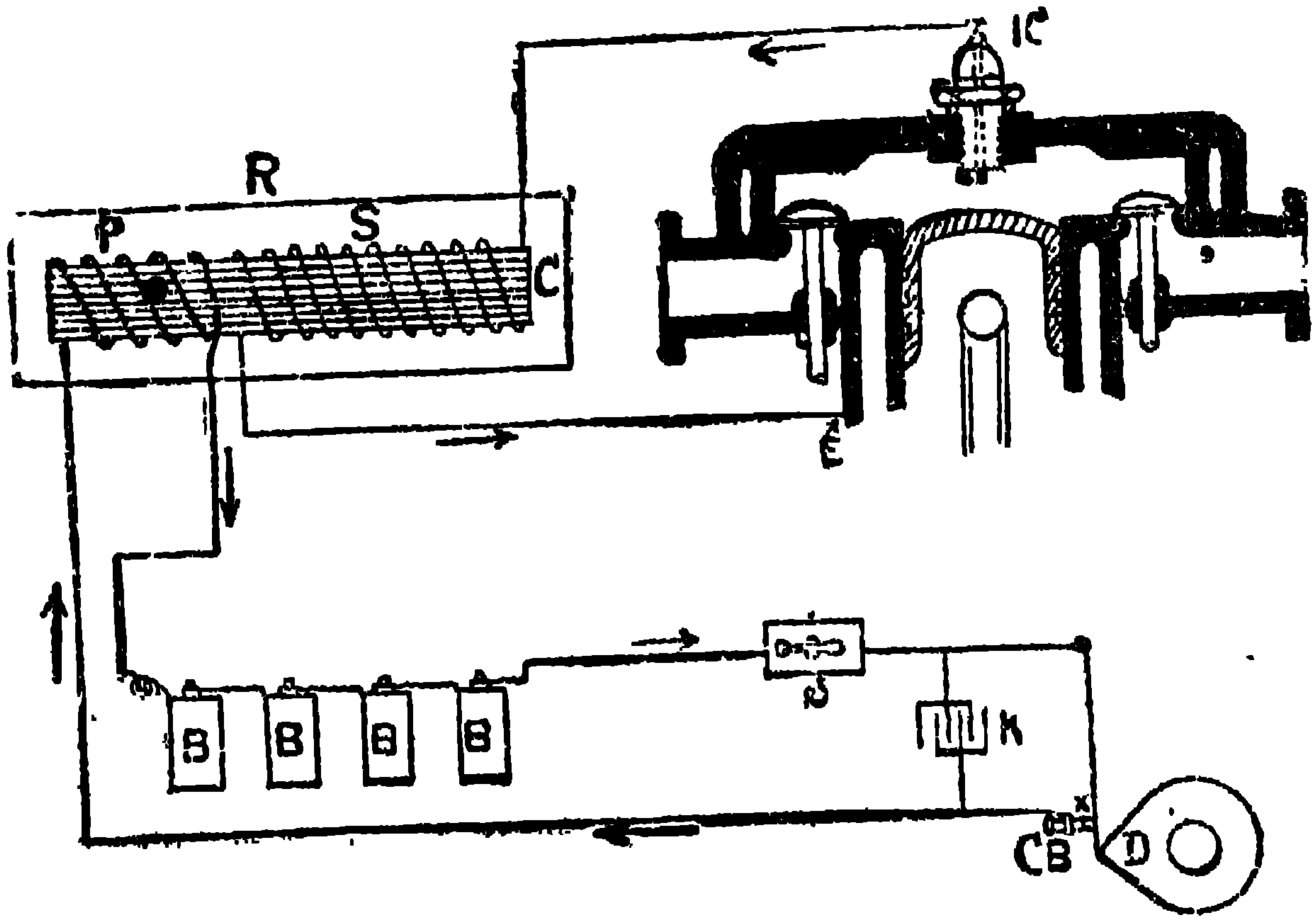
সংযুক্ত থাকে, ২১৮চিত্র। কণ্ডেনসার ব্যবহারের উদ্দেশ্য এই যে V ও Kএর মধ্যে, প্রাইমারী কয়েলের পথ বিচ্ছেদকালে, ব্রেক স্পার্ক হয়। যদি এই ব্রেকস্পার্ক ঘটে তাহা হইলে সেকেণ্ডারী কয়েলে সম্ভাবন ক্রিয়ার তীব্রতা কমিয়া যায়, আর V ও Kএর ধাতু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এই নিমিত্ত ঐ ব্রেকস্পার্ক রদ বা হ্রাস

করিবার জন্য কণ্ডেনসারটি ঐ ভাবে সংযুক্ত হয়, যাহাতে বিচ্ছেদকালে প্রাইমারী কয়েলের অত্যধিক চাপের প্রবাহ বিচ্ছিন্ন স্থানকে লাফাইয়া প্রবাহিত না হইয়া কণ্ডেনসারকে চার্জ্জ করে অর্থাৎ উহার মধ্যে সঞ্চিত হয়; কিন্তু যেহেতু এখনও কণ্ডেনসারের পাতগুলি প্রাইমারী কয়েল ও ব্যাটারির মধ্য দিয়া সংযুক্ত, ইহা সঙ্গে সঙ্গেই প্রাইমারী কয়েলের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎকে বপরীত দিক দিয়া প্রবাহিত করাইয়া বিদ্যুৎহীন হয়। অতএব দেখা যায় কণ্ডেনসার স্প্রিংএর ন্যায় কার্য্য করে। কণ্ডেনসার হইতে প্রাইমারী কয়েলের মধ্যে প্রেরিত এই বিপরীতদিকের প্রবাহ লৌহখণ্ডটির অবশিষ্ট চুম্বকত্বকে একেবারে নষ্ট করিয়া দেয়, সুতরাং V স্প্রিংটি অতি অল্প সময়ের মধ্যে লৌহখণ্ডকে ছাড়িয়া চলিয়া যায় এবং ব্যাটারি ও প্রাইমারী কয়েলের মধ্যে সংযোজন পুনরায় স্থাপন করে ও এইভাবে বিচ্ছেদ ও সংযোজন ক্রিয়া দ্রুত ঘটাইতে থাকে।

সেকেণ্ডারী কয়েল—ইহা প্রাইমারী কয়েলের উপরে জড়ান হয় এবং ইহার শেষভাগদ্বয় S ও S´ বাহিরে রাখা হয়। প্রাইমারী কয়েলের পাক সংখ্যার সহিত তুলনায় ইহার পাকসংখ্যা যতগুণ অধিক হইবে ইহাতে ততগুণ অধিক ভোল্টেজ সম্ভাবিত হয়। যেহেতু শক্তি সৃজন বা নাশ করা যায় না, প্রাইমারী কয়েলের শক্তি পরিমাণ সেকেণ্ডারী কয়েলের শক্তি পরিমাণের সহিত সমান এবং এই বৈদ্যুতিক শক্তির পরিমাণ $C \times E$, সুতরাং সেকেণ্ডারী কয়েলে ভোল্টেজ যত অধিক হয়, উহাতে প্রবাহ তত কম হয়, অতএব খুব সরু তার ব্যবহার করা যায়। সচরাচর সেকেণ্ডারী কয়েলের পাকসংখ্যা খুব অধিক হয় বলিয়া স্তরের পর স্তর জড়াইতে হয় এবং তাহাদিগকে খুব ভালভাবে ইনসুলেট করিতে হয়।

কয়েলের কার্য্যাবলী:—ব্যাটারির সহিত প্রাইমারী কয়েলকে সংযোগ করিয়া প্রাইমারী কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ পাঠাইবার সময় প্রাইমারী কয়েলে বিরূপ সম্ভাবন হইতে থাকে, সুতরাং প্রাইমারী

কয়েলের ভোল্‌টেজ খুব অধিক হয় না। সেকেণ্ডারী কয়েলেও সম্ভাবন হেতু ই, এম, এফ, থাকে বটে এবং পথ সম্পূর্ণ পাইলে প্রবাহও হইতে পারে, কিন্তু এই ই, এম, এফ, এত অধিক হয় না যে S ও S´ স্থানে ব্যবধানকে প্রবাহ উল্লঙ্ঘন করে। সুতরাং সেকেণ্ডারী কয়েলে এ অবস্থায় কোন প্রবাহ হয় না। কিন্তু যখন প্রাইমারী কয়েলে ব্রেক বা পথের বিচ্ছেদ ঘটে তখন অনুরূপ সম্ভাবন হেতু প্রাইমারীর ভোল্‌টেজ ও প্রবাহ খুব বাড়িয়া যায় (ইহা Helmholtzএর $C = \frac{E}{R}[1 - e^{-\frac{RT}{l}}]$ এই নিয়ম হইতে পাওয়া যাইতে পারে), এবং তখন সেকেণ্ডারী কয়েলের সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ এত অধিক হয় যে এই পথের কোন স্থানে (যথা S ও S´) যদি বিচ্ছেদ ব্যবধান থাকে তাহা হইলে বিদ্যুৎ ঐ ব্যবধান উল্লঙ্ঘন করিয়া প্রবাহিত হইতে পারে। অবশ্য সেকেণ্ডারীতে সম্ভাবিত ই, এম, এফ,



চিত্র—২১৯

এর পরিমাণ যত বর্দ্ধিত করিতে হইবে প্রাইমারী কয়েলের পাক-সংখ্যার সহিত তুলনায় উহার পাকসংখ্যাকে ততগুণ অধিক করিতে হইবে। প্রাইমারী

কয়েলের ব্রেকের সময় উহার বর্দ্ধিত চাপের প্রবাহ যাহাতে বিচ্ছেদ স্থানকে উল্লঙ্ঘন করিয়া প্রবাহিত না হয় তজ্জন্য কণ্ডেনসার ব্যবহৃত হয়।

নন ভাইব্রেটিং কয়েল (Nonvibrating Coil) :—ইহাতে প্রাইমারী কয়েল ও ব্যাটারীর সহিত সংযোগ ও বিচ্ছেদ লৌহটির চুম্বকত্ব প্রাপ্তি দ্বারা আপনা আপনি সাধিত হয় না, ইহাতে একটি ক্যামের সাহায্যে ঐ কার্য্য সাধিত হয়। চিত্রে D ক্যামের দর্শিত অবস্থায় স্পার্ক হয় না, উহা কণ্টাক্ট পয়েণ্টকে ছাড়িয়া যাইবার সময় স্পার্ক হয়, চিত্র—২১৯।

কয়েল সম্বন্ধীয় অন্যান্য বিষয় "মোটর শিক্ষকে" দ্রষ্টব্য।

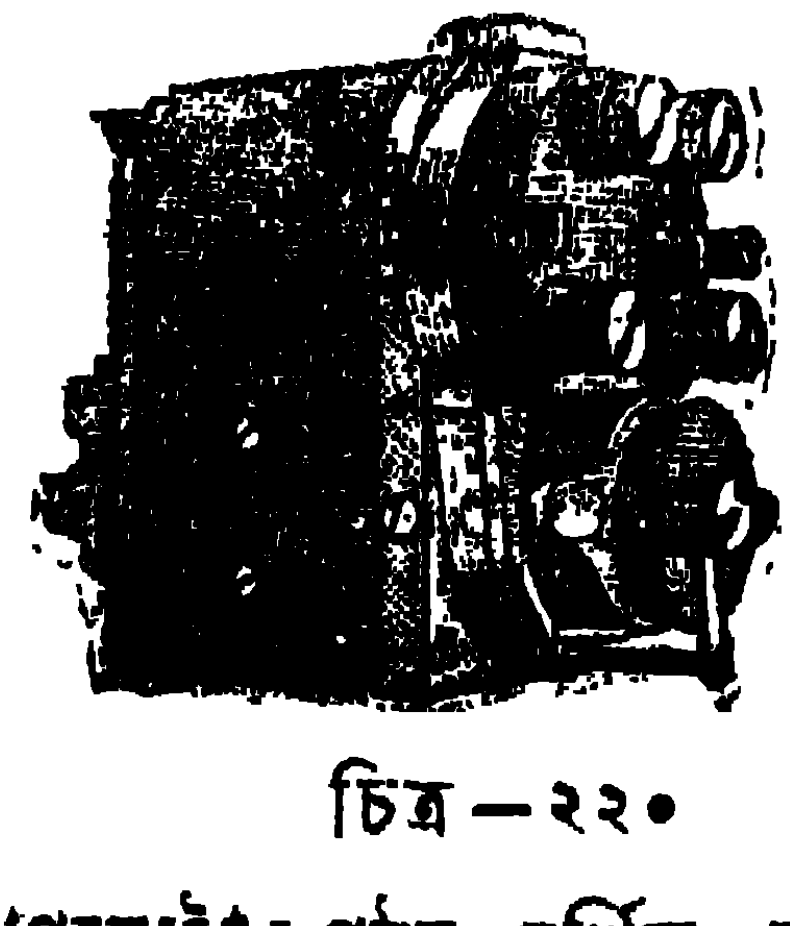
পরিবর্ত্তক বা ট্র্যান্সফরমার (Transformer) :—দুইটি কয়েল ও একটি লৌহখণ্ডের সাহায্যে একটি কয়েলের অল্প চাপের অধিক প্রবাহকে, সম্ভাবন দ্বারা, অপর কয়েলে অধিক চাপের অল্প প্রবাহে পরিণত করা যায় বা ইহার বিপরীত অবস্থা সাধিত হইতে পারে এবং এই সম্ভাবন ক্রিয়া সমভাবপ্রবাহ কালে মেক ও ব্রেকের সময় হয় বলিয়া কণ্ট্যাক্ট মেকার ও ব্রেকারের প্রয়োজন হয়, যথা ইণ্ডাকসান কয়েলে। কিন্তু দিক পরিবর্ত্তনশীল (alternating) প্রবাহ হইলে তাহার প্রয়োজন হয় না।

প্রবাহ হইতে উদ্ভূত উত্তাপ ($H=C^2R$) প্রবাহের বর্গ অনুযায়ী হয়। সুতরাং প্রবাহ বেগ অধিক হইলে অধিক পরিমাণ শক্তি উত্তাপে পরিণত হইয়া অপচয় হইয়া যায়। এইজন্য একস্থান হইতে অপরস্থানে শক্তি সরবরাহ করিতে হইলে যদি কম চাপের অধিক প্রবাহ প্রয়োজন হয় এবং ঠিক ঐরূপ শক্তিই উৎপাদিত হয় তাহা হইলে পথে তাহাকে অধিক চাপের কম প্রবাহে পরিণত করা হয়, যাহাতে শক্তির অপচয় কম হয়, এবং শক্তি ব্যয়ের স্থানে পুনরায় তাহাকে প্রয়োজন মত কম চাপের অধিক প্রবাহে পুনঃ পরিণত করিয়া লওয়া হয়। অবশ্য এরূপ পরিবর্ত্তন কালে কিছু শক্তি ব্যয় হইয়া যাইতে পারে বটে, কিন্তু এরূপ পরিবর্ত্তন না করিলে যে ক্ষতি হইত তাহার তুলনায় ইহা অতি অল্প।

এইরূপ অধিক চাপের কম প্রবাহে পরিণত করিবার অপর একটি সুবিধা এই যে প্রবাহ কম বলিয়া সরু তার ব্যবহার করা চলে, সুতরাং তামার খরচা কম হয়। যথা :—

কোন স্থানে হয়ত ৪৪০ ভোল্‌ট ১২ আমপেয়ার প্রবাহ প্রয়োজন এবং ইহা ১০ মাইল দূর হইতে সরবরাহ করিতে হইবে ও তথায় যেন ঠিক এইরূপই উৎপাদিত হইতেছে। এই দশ মাইল পথ লইয়া যাইবার জন্য উৎপাদন স্থানে পরিবর্ত্তকের সাহায্যে ইহাকে ৫২৮০ ভোল্‌টের ১ আমপেয়ার প্রবাহে পরিণত করিয়া পুনরায় শক্তি ব্যয়ের স্থানে ইহাকে ৪৪০ ভোল্‌ট ১২ আমপেয়ার প্রবাহ করা যাইতে পারে। অতএব দেখা যাইতেছে যে ট্র্যান্সফরমারের কার্য্য ইণ্ডাক্‌সান্ কয়েলের ন্যায়, কেবলমাত্র প্রভেদ এই যে ট্রান্সফর্ম্মার সচরাচর আলটার্নেটিং কারেন্টের ভোলটেজ বৃদ্ধি (Step up) বা ভোলটেজ হ্রাস (Step down) করিবার জন্য ব্যবহৃত হয় কিন্তু ইণ্ডাকসান কয়েলে ভোলটেজকে এরূপ বর্দ্ধিত করা হয় যেন স্পার্ক হয় এবং ইহা অলটার্নেটিং ও কন্টিনিউয়াস উভয় প্রকার কারেন্টের সহিত ব্যবহার হয়—কেবলমাত্র কন্টিনিউয়াস কারেন্টের সময় কণ্ট্যাক্টমেকার ও ব্রেকার প্রয়োজন হয়।

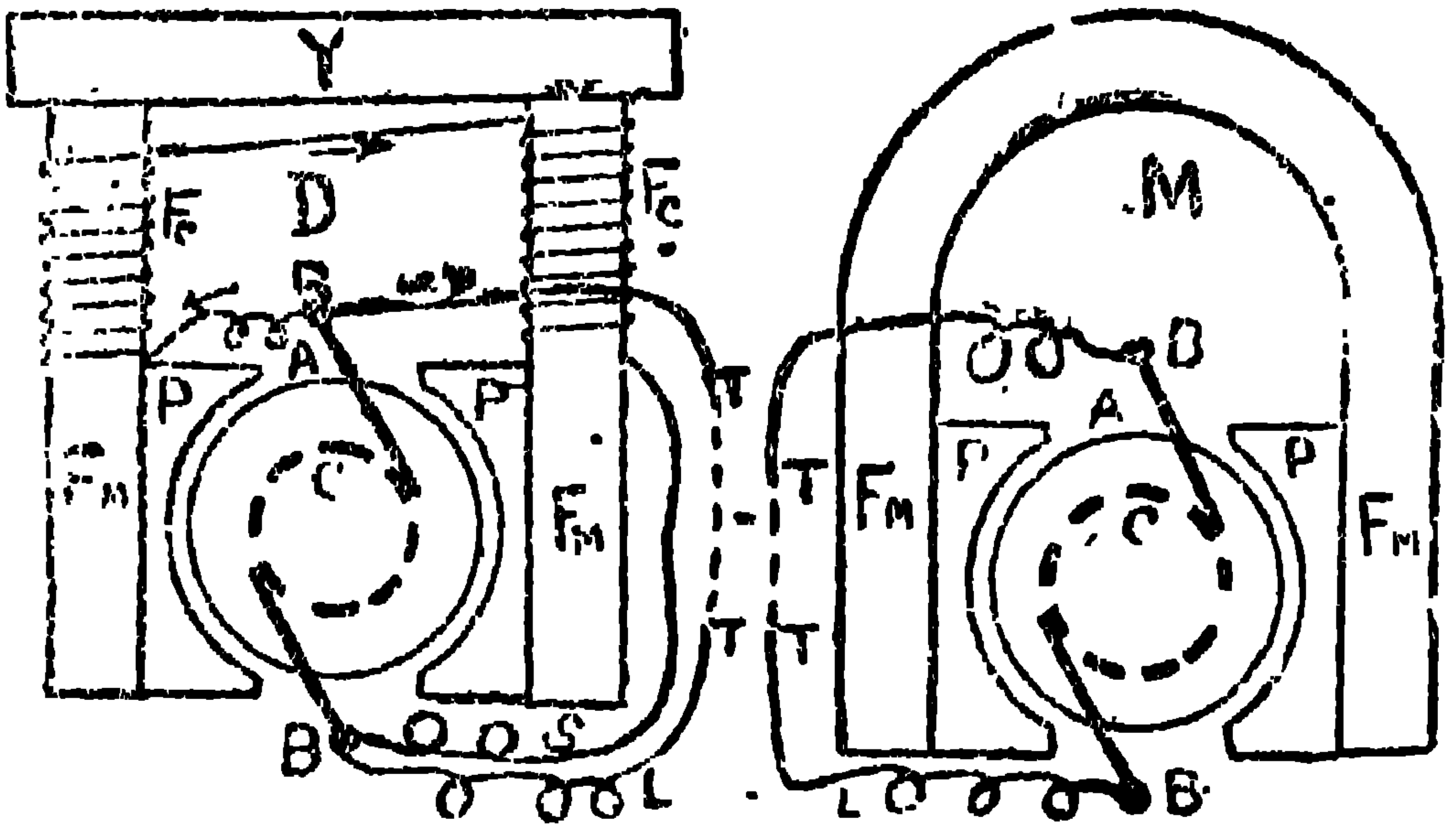
ম্যাগ্নেটো :—যেমন প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী ব্যাটারি হইতে প্রবাহ পাওয়া যায় সেইরূপ ম্যাগ্নেটো (২২০ চিত্র) ও ডায়নামো হইতে প্রবাহ পাওয়া যাইতে পারে। ডায়নামোর সহিত ম্যাগনেটোর কার্য্যের বিশেষ পার্থক্য নাই—ডায়নামোর রাজ্য-চুম্বক অস্থায়ী কিন্তু ম্যাগনেটোর চুম্বক স্থায়ী।



চিত্র—২২০

২২১ চিত্রের ডায়নামো ও ২২২ চিত্রে ম্যাগনেটোর গঠন দর্শিত হইল। এখন ম্যাগ্নেটোর বিষয় বলা হইবে।

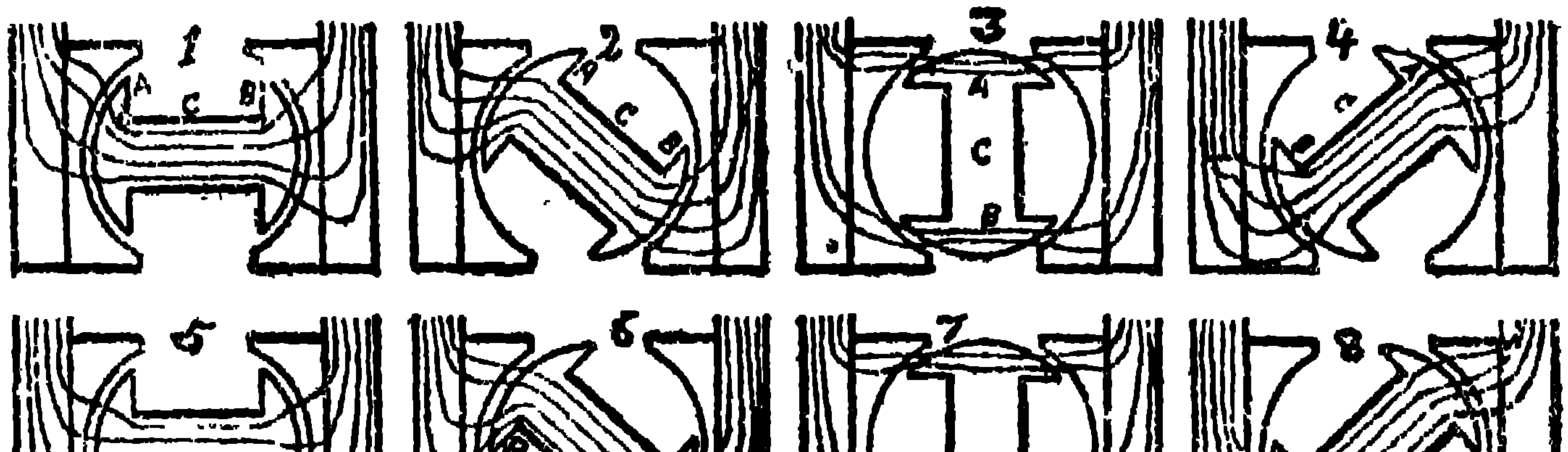
ম্যাগ্নেটোর কার্য্যাবলী বুঝিবার প্রয়োজনীয় অংশ ২২৩-২৩০ চিত্রে দর্শিত হইল। ইহাতে একটী অশ্বক্ষুরাকৃতি স্থায়ী চুম্বকের দুইটী মেরু ও ABC একটী



চিত্র—২২১ চিত্র—২২২

H আকৃতি লৌহখণ্ডে (Siemen's H armature) তার জড়ান আছে।

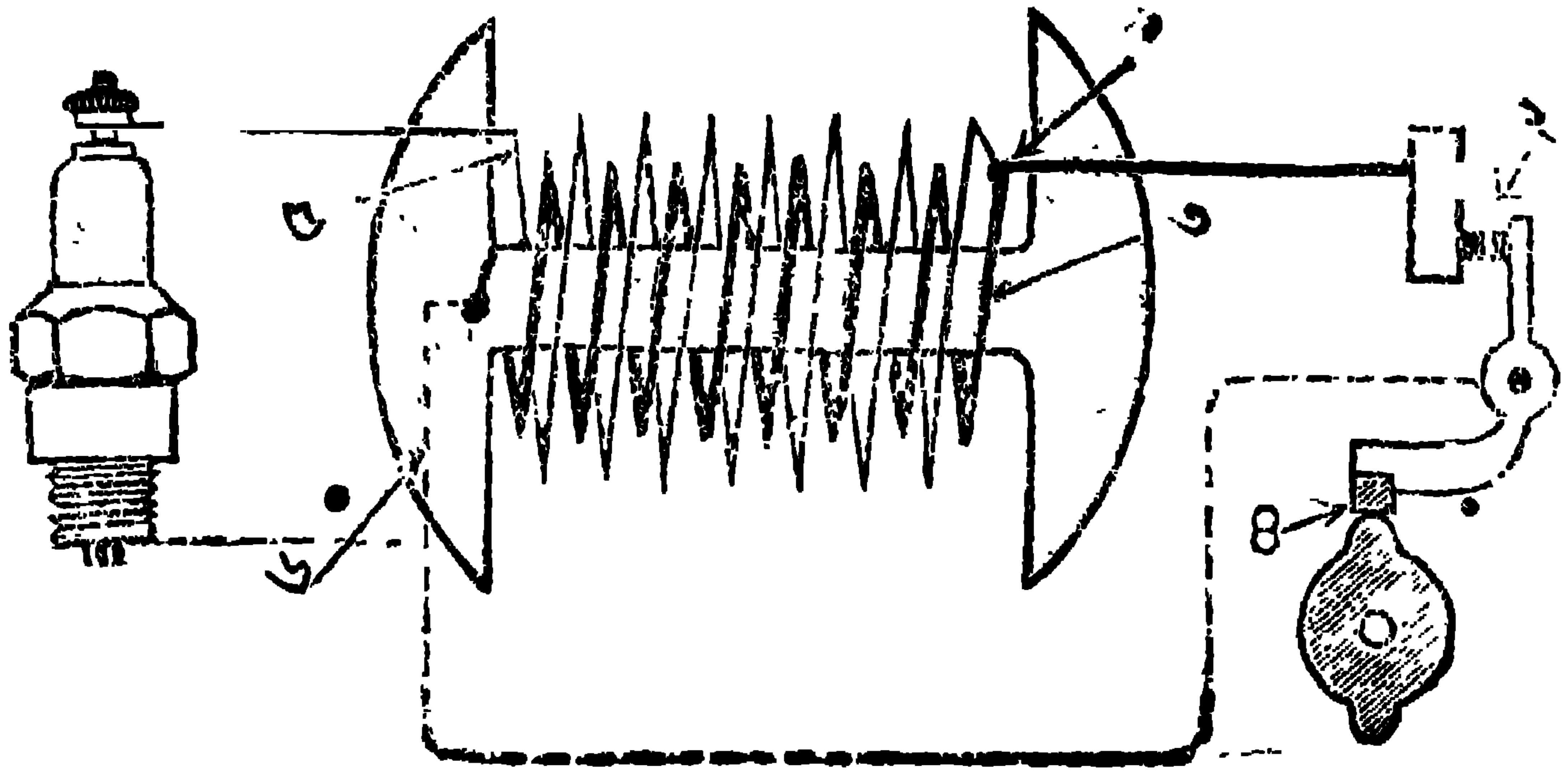
কয়েল সহ আর্ম্মেচারটী চুম্বকের মেরুদ্বয়ের মাঝে ঘুরিতে থাকিলে, আর্ম্মেচার ABC এর মধ্যে বলরেখার অবস্থা কিরূপে পরিবর্ত্তন হয় তাহা



চিত্র—২২৩—২৩০।

২২৩ হইতে ২৩০ চিত্র সাহায্যে কতকটা ধারণা করা যায়। ইহাতে দৃষ্ট হইবে ১ ও ২ অবস্থার মধ্যে আর্ম্মেচারের B অংশের মধ্যে সুতরাং কয়েল এর মধ্যে বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত হয় না, কিন্তু ২ হইতে ৪ অবস্থায়

যাইলেই কয়েলের মধ্য দিয়া বলরেখার দিক বিপরীত হইয়া যায় এবং দৃষ্ট হইবে এই দুই অবস্থার মাঝামাঝি ৩ অবস্থায় কয়েলের মধ্য দিয়া কোন বলরেখা যায় না, উহারা A ও C অংশদ্বয় দিয়া একমেরু হইতে অপর মেরুতে যায়। সুতরাং এইস্থানে কয়েলের মধ্যে সম্ভাবন হয় (ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয় এবং সম্পূর্ণ পথ পাইলে প্রবাহ উৎপন্ন হয়)। এই সম্ভাবন হইবামাত্র যদি পথের বিচ্ছেদ ঘটান যায় (কণ্টাক্ট ব্রেকারের সাহায্যে) তাহা হইলে বিচ্ছেদ কালীন স্বীয় সম্ভাবন দ্বারা ভোলটেজ পরিবর্দ্ধিত হয় এবং লো-টেনসান ম্যাগনেটো হইলে বিচ্ছেদ স্থানের অগ্নিস্ফুলিঙ্গ কার্য্যে ব্যবহৃত হয়। হাই-টেনসান ম্যাগনেটোতে ইণ্ডাকসান কয়েলের মত দুইটী কয়েল আর্ম্মেচারে জড়ান থাকে, চিত্র ২৩১। একটীকে প্রাইমারী বলে, ইহা অপেক্ষাকৃত মোটা তারের ও অল্পসংখ্যক পাক বিশিষ্ট,



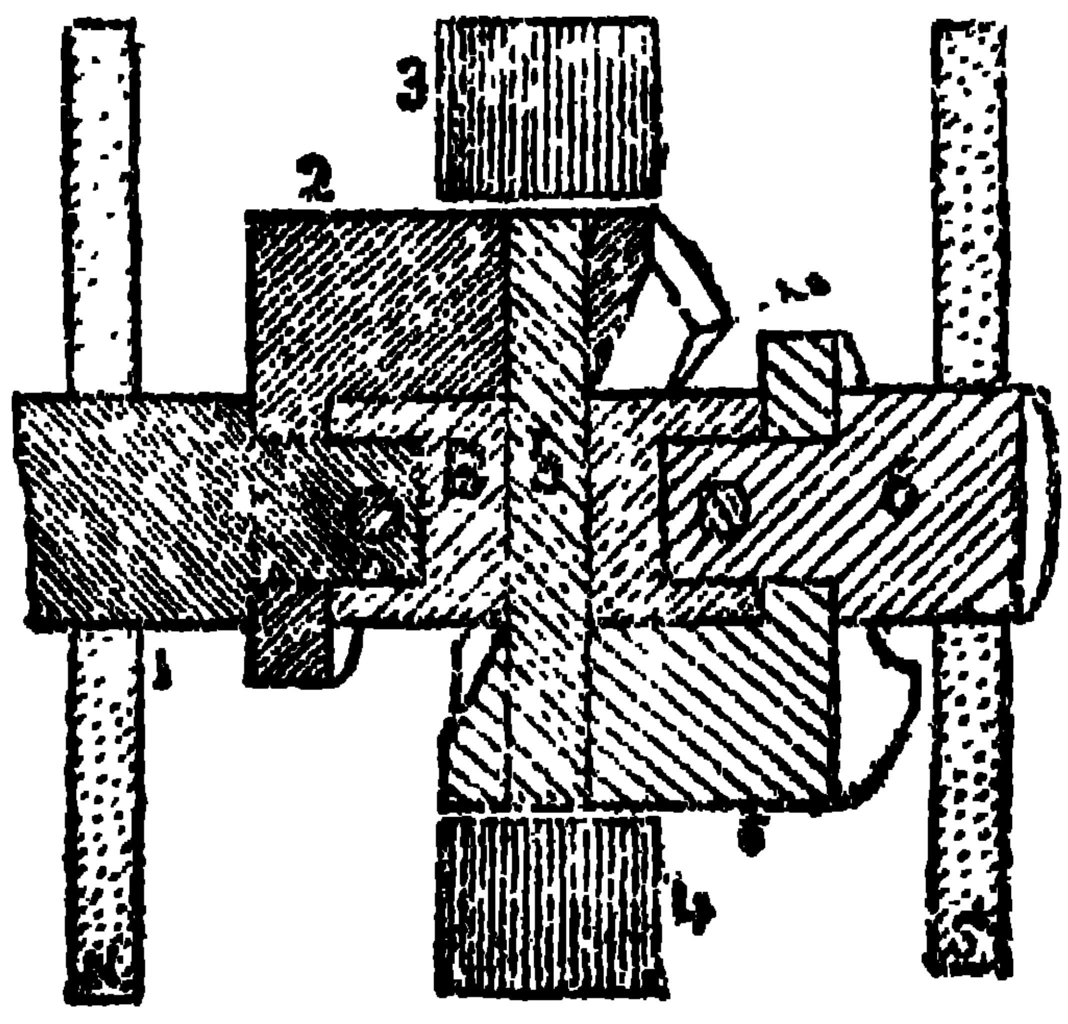
চিত্র—২৩১

অপরটীকে সেকেণ্ডারী বলে, ইহা অপেক্ষাকৃত সরু তারের ও অধিকসংখ্যক পাক বিশিষ্ট, এবং সেকেণ্ডারীটী প্রাইমারীর উপরে জড়ান হয়। ইহার কার্য্যপ্রণালী অবিকল ইণ্ডাক্সান কয়েলের মত, প্রভেদ এই যে, ইণ্ডাক্সান কয়েলে বাহির হইতে (যথা কোন ব্যাটারি হইতে) প্রবাহ সরবরাহ হয়, কিন্তু ইহাতে সম্ভাবন দ্বারা প্রবাহ উৎপন্ন হয়। অতএব ৩ অবস্থায়

সম্ভাবন হইবামাত্র প্রাইমারী কয়েলের বিচ্ছেদ স্থানের বিচ্ছেদকালীন অগ্নিস্ফুলিঙ্গ কণ্ডেন্সার দ্বারা রুদ্ধ করা হয়, ও সেকেণ্ডারী কয়েলে অত্যধিক ভোলটেজ সম্ভাবিত হয় ও তদ্ধেতু সেকেণ্ডারী কয়েলের শেষভাগদ্বয়ের মধ্যে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয়। এই অত্যধিক ভোলটেজ হেতু স্পার্ক হয় বলিয়া ইহাকে হাই-টেনসান ম্যাগ্নেটো বলে এবং সেকেণ্ডারী কয়েলকে কেহ কেহ হাই-টেনসান কয়েল বলে। উল্লিখিত চিত্র গুলিতে আরও দৃষ্ট হইবে যে ৭ অবস্থায় এইপ্রকার সম্ভাবন হয়, তবে প্রবাহ বিপরীত দিকে উৎপন্ন হয়—অর্থাৎ ইহাতে অলটার্ণেটিং কারেণ্ট সৃষ্ট হয়, কিন্তু তাহাতে কার্য্যের কোন হানি হয় না, কারণ কেবল মাত্র—অগ্নিস্ফুলিঙ্গ প্রয়োজন। অতএব দেখা যাইতেছে যে আর্ম্মেচারের একবার ঘূর্ণনে দুইবার ফলদায়ক সম্ভাবন হইয়া দুইবার অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয়।

সচরাচর সেকেণ্ডারী কয়েলের আভ্যন্তরিক শেষভাগ প্রাইমারীর একশেষ ভাগের সহিত সংযুক্ত হয়, প্রাইমারীর অপর শেষভাগ আর্মেচারের লৌহখণ্ডের সহিত সংযুক্ত হয়, সুতরাং ম্যাগনেটোর লৌহ বা বডি (শরীর) সেকেণ্ডারীর এক শেষভাগ ও উহার বাহ্যিক শেষভাগটী অপর শেষভাগ।

উপরে যে প্রকার ম্যাগনেটো বর্ণিত হইল তাহাতে আর্ম্মেচার ঘোরে ও চুম্বকপোল স্থির থাকে,—'রোটেটিং আর্ম্মেচার টাইপ' (Rotating armature type)। কোন কোন ম্যাগনেটোতে আর্ম্মেচার স্থির থাকে, চুম্বক পোল ঘোরে, তাহাকে 'পোলার ইণ্ডাকটার টাইপ' (Polar Inductor type) বলে, ইহার ছেদ-দৃশ্য ২৩২ ও ২৩৩ চিত্রে দর্শিত হইল।



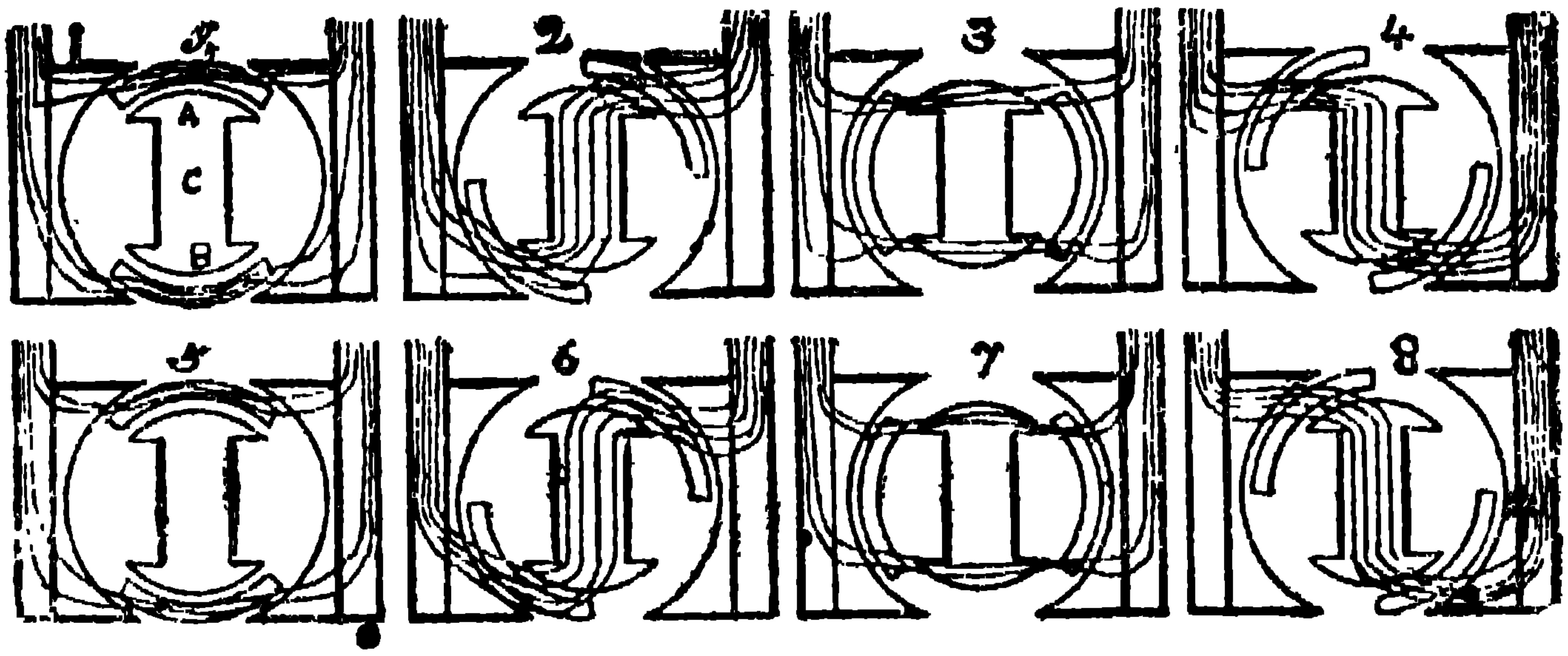
চিত্র—২৩২

২৩২ চিত্রে বলরেখাগুলি কিরূপ পথ দিয়া গমনাগমন করিতেছে তাহা দর্শিত

হইয়াছে এবং ঐ চিত্রগুলি হইতে সম্ভাবন কোন্ সময়ে ঘটে তাহা সহজেই বুঝিতে পারা যাইবে। ২৩২ চিত্রে ঘূর্ণনশীল অংশটীর ছেদ-দৃশ্য দর্শিত হইয়াছে। ইহার মধ্য দিয়া বলরেখার পথ একটি পোল হইতে১—২—৩—৪—৫—৬হইতে অপর পোল। B ও b পিত্তল খণ্ড যাহা দ্বারা ২ ও ৫ চিহ্নিত লৌহখণ্ড

চিত্র—২৩১ (ক, খ, গ)

দ্বয় আবদ্ধ। আবার কোন কোন ম্যাগনেটোর পোল ও আর্ম্মেচার উভয়েই স্থির থাকে, উহাদের অন্তরা একজোড়া বক্র U-আকৃতি লৌহখণ্ড(Sleeve)



চিত্র—২৩৪—২৪১

বরাবর একদিকে ঘুরিয়া কয়েলের মধ্যে বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত করে, ২৩৪-২৪১ চিত্র। ইহাকে স্লিভ ইণ্ডাক্টার টাইপ (Sleeve Inductor type) বলে। এই চিত্রগুলি হইতে দৃষ্ট হইবে যে স্লিভের প্রত্যেক ঘূর্ণনে চারিবার অগ্নিস্ফুলিঙ্গ দিবার উপযোগী সম্ভাবন হয়, কিন্তু রোটারী আর্ম্মেচার বা পোল টাইপে দুইবার স্পার্ক হয়। ম্যাগনেটোর আভ্যন্তরিক সংযোজনাদি ও ইঞ্জিনের প্লাগের সহিত সংযোজন ২৪২ চিত্রে দর্শিত হইল।

ম্যাগ্নেটো ও ইণ্ডাকসান কয়েল ইগ্নিসান অর্থাৎ ইন্ধনে অগ্নি সরবরাহের নিমিত্ত ব্যবহার হয়। ইহাদিগের বিশেষ বিবরণ মোটর শিক্ষকে দ্রষ্টব্য।

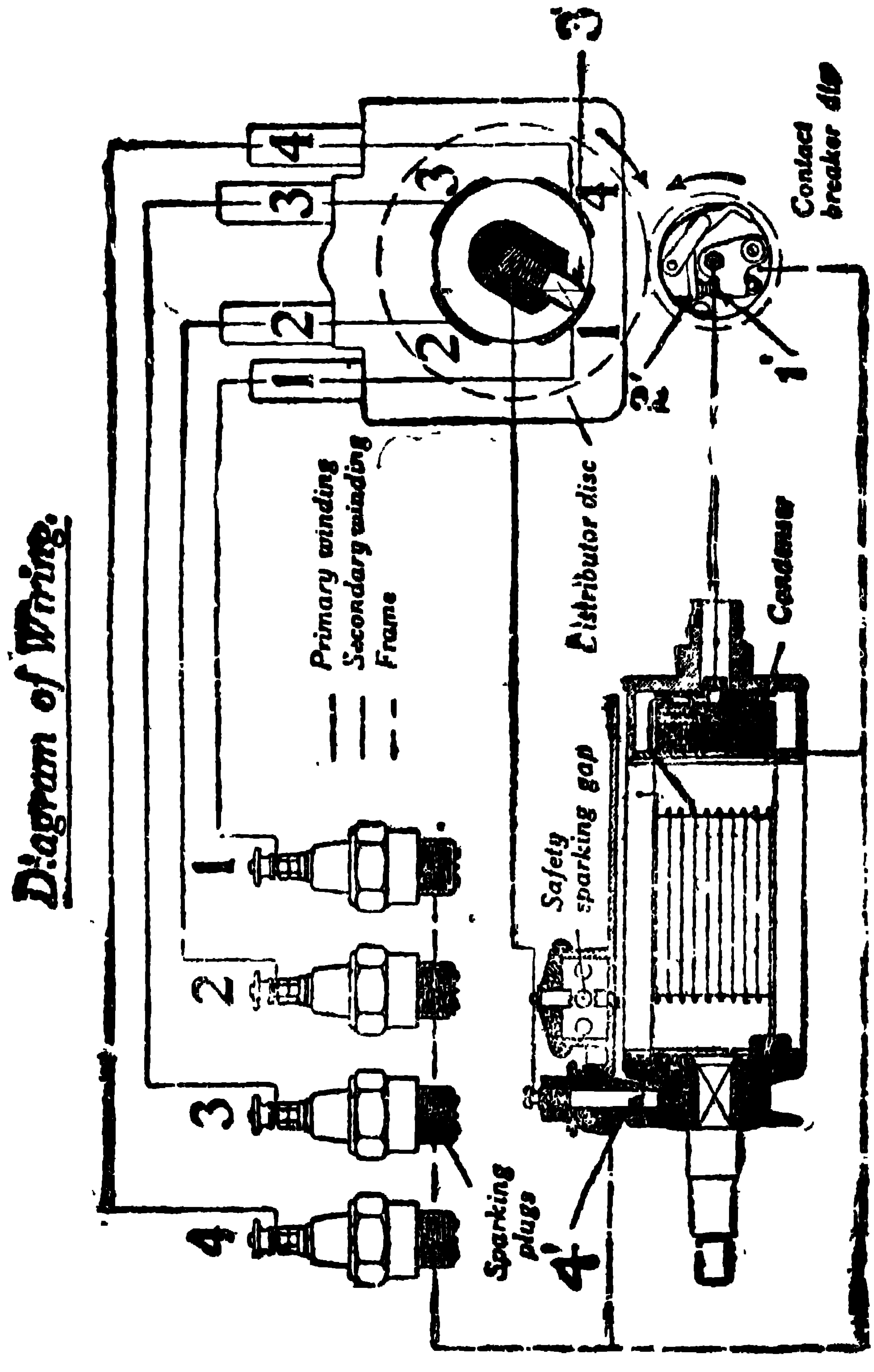


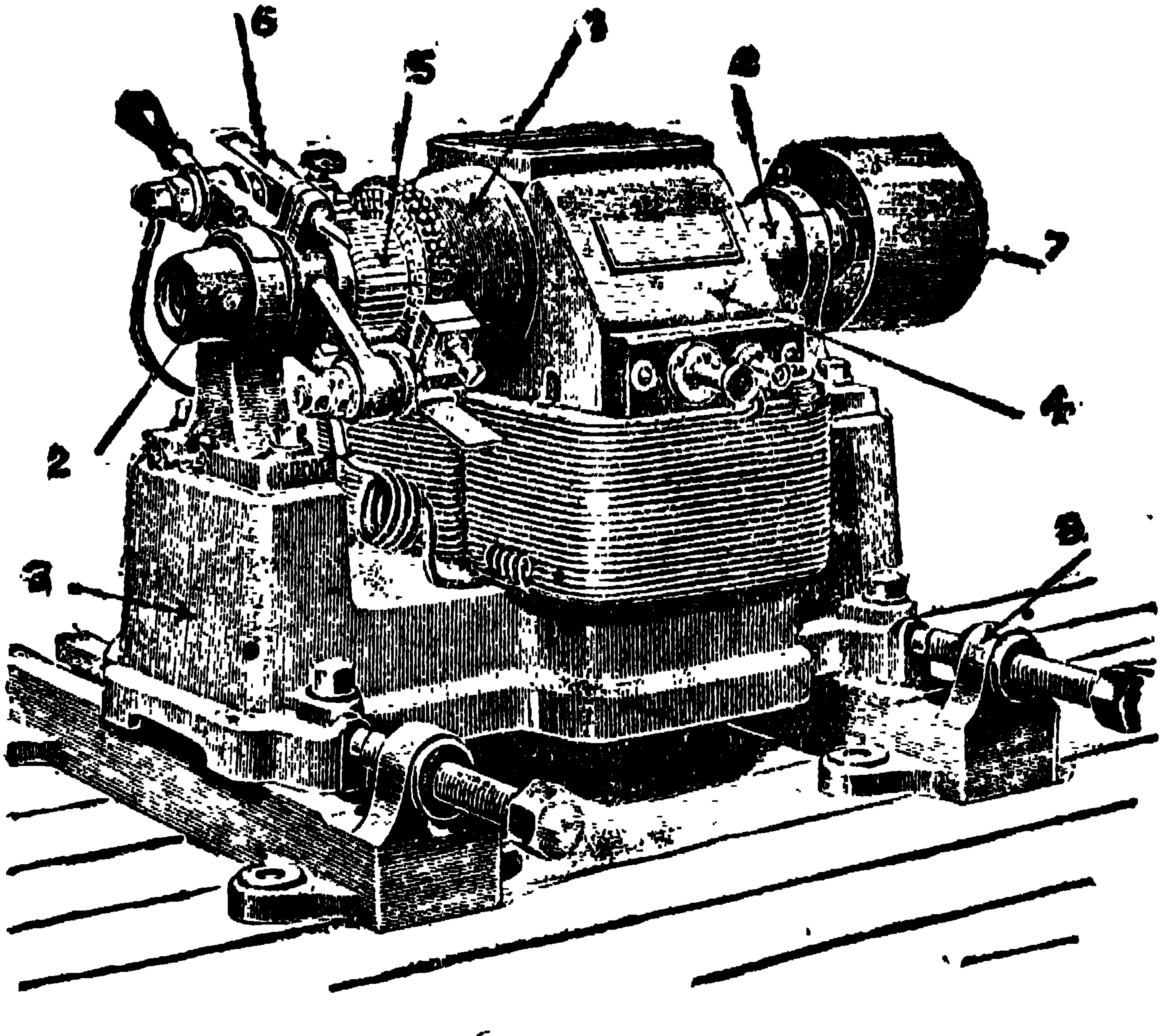
Diagram of Wiring
Primary winding
Secondary winding
Frame
Distributor disc
Safety sparking gap
Sparking plugs
Condenser
Contact breaker
1
2
3
4

চিত্র—২৪২

ত্রয়োদশ পরিচয়।

উৎপাদক বা ডায়নামো (Dynamo)।

বিদ্যুৎ প্রবাহ উৎপাদক যন্ত্র বা ডায়নামো (Dynamo) বা জেনারেটার (Generator) :—এই যন্ত্রে কার্য্য



চিত্র—২৪৩

শক্তি দ্বারা বৈদ্যুতিক শক্তি অর্থাৎ কার্য্য শক্তির পরিবর্ত্তে বৈদ্যুতিক প্রবাহ উৎপন্ন হয়। সেইজন্য ইহাকে প্রবাহ উৎপাদক যন্ত্র, জেনারেটার বা ডায়নামো বলে। ২৪৩ চিত্রে একটি জেনারেটার দর্শিত হইল।

আমরা পূর্ব্বেই দেখিয়াছি যে, কোন একটি পরিচালক কোন চুম্বক রাজ্যে বলরেখাকে কাটিতে থাকিলে পরিচালকটির মধ্যে পি, ডি, উৎপন্ন হয় ও বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ পাইলে পরিচালকটির মধ্যে প্রবাহ উৎপন্ন হয়, এবং এই প্রবাহের দিক দক্ষিণহস্ত নিয়মানুযায়ী পাওয়া যায়। যে যন্ত্রের দ্বারা এইভাবে প্রবাহ উৎপন্ন হয় তাহাকে ডায়নামো বলে। সুতরাং ডায়নামোর প্রধান অঙ্গ চুম্বকরাজ্য উৎপাদনের জন্য একটি চুম্বক ও পরিচালক তার যাহাতে, বলরেখা ছেদনহেতু, প্রবাহ উৎপন্ন হইবে। কিন্তু এইভাবে উৎপন্ন প্রবাহের দিক কেবলই উল্টাইয়া যাইতে থাকে বলিয়া বহির্পথে একই দিকে প্রবাহ পাইতে হইলে কমিউটেটার (Commutator) নামক একটি অবলম্বনের সাহায্য প্রয়োজন হয়। এই কমিউটেটারের কার্য্য গতি পরিবর্ত্তনশীল প্রবাহকে একদিকে গতিবান্ করা। এবং তারগুলিকে ঠিকভাবে স্ব স্ব স্থানে ধরিয়া রাখিবার জন্য আর্মেচার (Armature) নামক একটি অবলম্বনের সাহায্য লইতে হয়। এই আর্ম্মেচারকে চুম্বক পদার্থ অর্থাৎ লৌহদ্বারা নির্ম্মাণ করা হয়, যাহাতে চুম্বক রাজ্যের তেজ পরিবর্দ্ধিত হয়। সুতরাং আর্ম্মেচার তারগুলিকে ধরিয়া রাখে ও রাজ্যের তেজ পরিবর্দ্ধিত করে। ইহা ব্যতীত বহির্পথের সহিত বৈদ্যুতিক সংযোজনের নিমিত্ত ব্রাস বা বুরুস (Brush) প্রয়োজন হয়। বলা বাহুল্য যে বৃহৎ যন্ত্রকে ঠিকভাবে খাড়া করিবার জন্য বেডপ্লেট (Bed Plate), ও. বেল্টিং দ্বারা চালিত হইলে টাইট দিবার জন্য শ্লাইড রেল (Slide Rail) প্রয়োজন হয়। আর্ম্মেচার ও তদুপরি তারকে বৈদ্যুতিক ভাষায় সচরাচর আর্ম্মেচার বলে। সুতরাং ডায়নামোকে মোটামুটি এই কয়েকটি অংশে বিভক্ত করা যায় :—

১। রাজ্যচুম্বক (Field Magnet)।

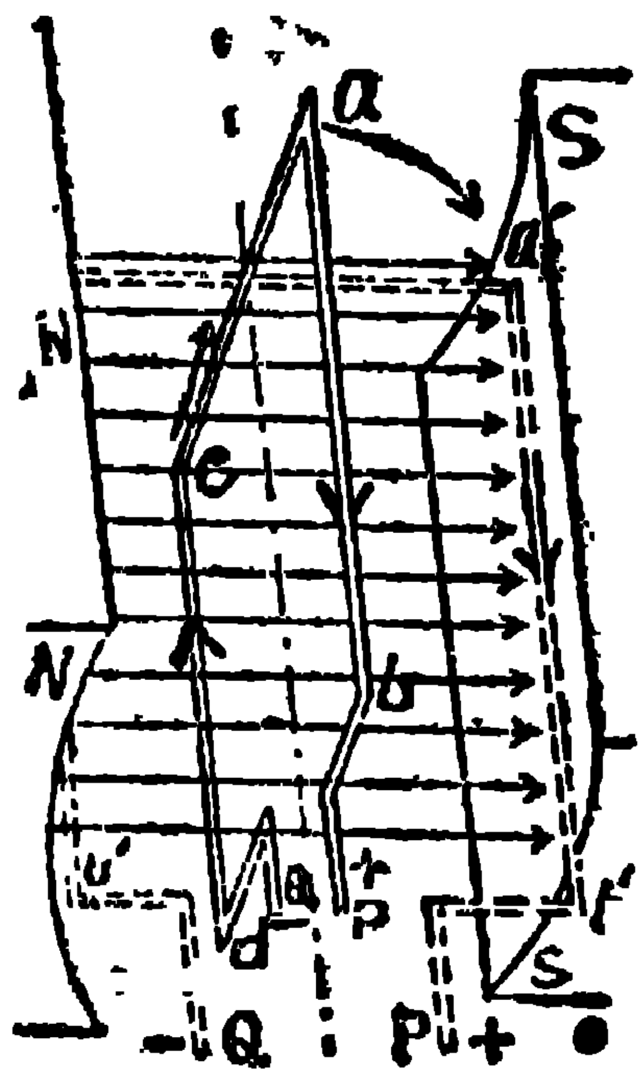
২। আর্ম্মেচার (তারশুদ্ধ) (Armature with wires)।

৩। কমিউটেটার (Commutator)।

৪। ব্রাস (Brush)।

৫। বেড প্লেট ও শ্লাইড রেল (Bed Plate and Slide Rails)।

আদিম কার্য্যাবলী (Fundamental Principle) :— একটি পরিচালক (যথা তার) চুম্বকরাজ্যে বলরেখা কাটিতে থাকিলে উহার শেষভাগদ্বয়ে পি, ডি, উৎপন্ন হয় ও উহার শেষভাগদ্বয়কে বৈদ্যুতিক সংযোগ করিলে তাহার ও সংযোজক পথের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে। এখন এই চুম্বকরাজ্যের জন্য দুইটি বিপরীত মেরু (যেমন অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বকের) ও তাহাদের মধ্যে অবস্থিত একটি তার যেমন A B (চিত্র ২৪৪) অনুমান করা যাউক। এই তারকে বলরেখা কাটিতে হইলে তারটিকে চলিতে হইবে ও এই চলন দুই প্রকারের হইতে পারে ;—



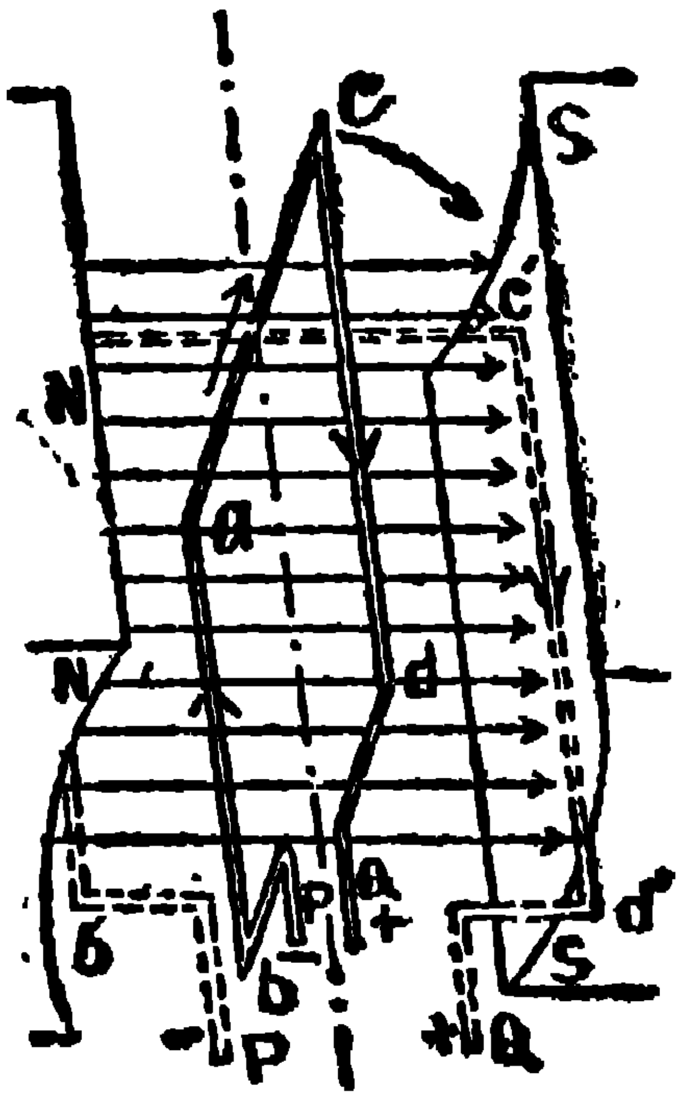
চিত্র—২৪৪

(১) যাতায়াত গতি (Reciprocating motion) বা পর্য্যায়ক্রমে একবার একদিক হইতে সোজাসুজি অপর দিকে যাওয়া ও তৎপরেই তথা হইতে বিপরীত দিকে (পূর্ব্বস্থানে) ফিরিয়া আসা।

(২) ঘূর্ণন গতি (Rotary motion) বা সর্ব্বদা কোন একদিকে ঘুরিতে থাকা। যদি মেরুদ্বয়ের মাঝে তারটির বলরেখার আড়াআড়ি দিকে যাতায়াত গতিদ্বারা বলরেখা ছেদন ঘটিতে থাকে তাহা হইলে নিয়ম মত তারটিতে পি, ডি, ও বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ পাইলে প্রবাহ উৎপন্ন হইবে বটে, কিন্তু তারটির এরূপ যাতায়াত গতি সাধন করা কষ্টসাধ্য। সেইজন্য মেরুদ্বয়ের মাঝে তারের ঘূর্ণন গতি সাধিত হইয়া থাকে।

উক্ত ২৪৪ চিত্রে N ও S একটি অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বকের মেরুদ্বয় ও B A C D একটি তারের চতুষ্কোণ ফাঁস। সুতরাং N মেরু হইতে বলরেখাগুলি S মেরুতে যাইতেছে, অতএব মেরুদ্বয়ের মধ্যস্থ স্থানে চুম্বকরাজ্য

হইয়াছে ও এই রাজ্যে ফাঁসটি অবস্থিত আছে। এখন ফাঁসটিকে যদি চিত্রে দর্শিতভাবে ঘুরাইতে থাকা যায় তাহা হইলে A C ও B D বল-রেখার দিকেই ঘুরিতে থাকে বলিয়া বলরেখা কাটে না। প্রথম অর্দ্ধেক পাক ঘুরিবার সময় ফাঁসের A B অংশ বলরেখা কাটিবার কালে উপরদিক হইতে নীচের দিকে আসিতে থাকে, সুতরাং "দক্ষিণ হস্ত" নিয়মানুযায়ী A B তে প্রবাহ A হইতে Bএর দিকে হইবে। C D অংশটি বলরেখা কাটিবার সময় নীচের দিক হইতে উপর দিকে উঠিতে থাকে, সুতরাং ঐ নিয়মানুযায়ী C Dএর মধ্যে প্রবাহ D হইতে Cএর দিকে হইবে। সুতরাং সমস্ত



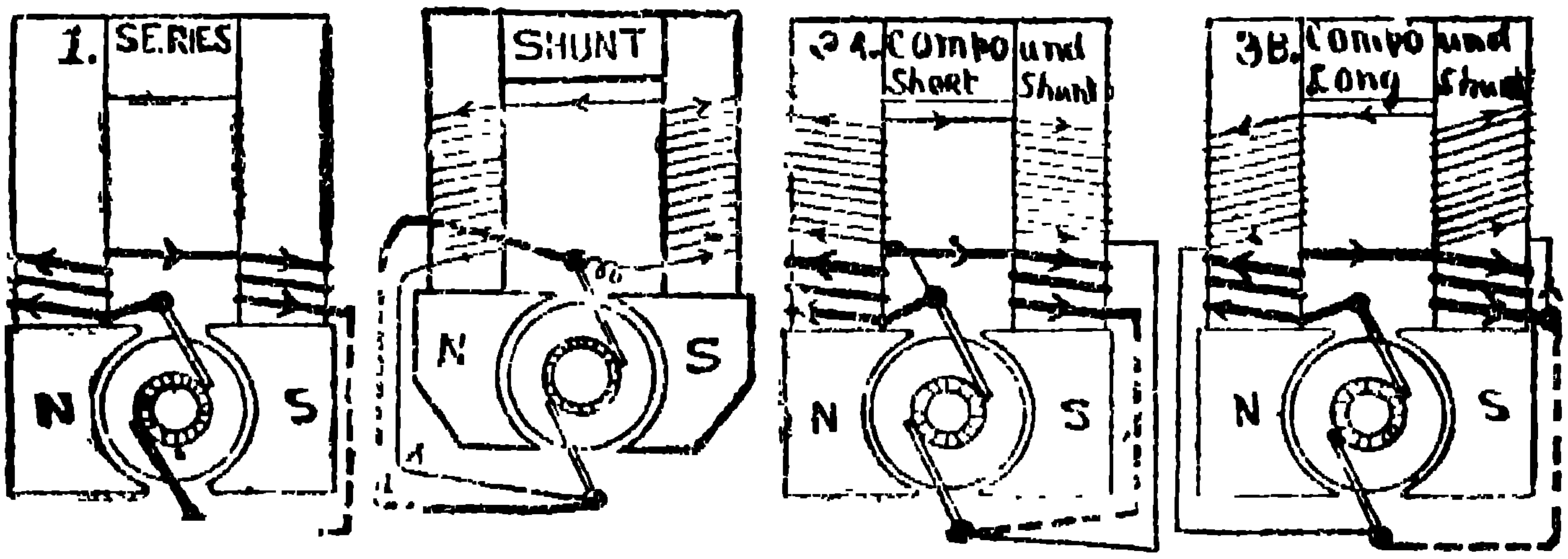
চিত্র—২৪৫

ফাঁসটির মধ্য দিয়া প্রবাহ D হইতে Bতে বহিবে। এখন পরবর্ত্তী অর্দ্ধেক পাক ঘুরিবার সময় A B নীচের দিক হইতে উপর দিকে উঠিতে থাকে, সুতরাং ইহাতে প্রবাহ গতি বিপরীত হইয়া যায়, চিত্র ২৪৫। এবং C D উপর দিক হইতে নীচের দিকে নামিতে থাকে, সুতরাং ইহাতেও প্রবাহ গতি বিপরীত হইয়া যাইবে। অতএব এই দ্বিতীয় অর্দ্ধেক পাক ঘুরিবার সময় ফাঁসটির মধ্যে প্রবাহ গতি উল্টাইয়া যায় অর্থাৎ B হইতে Dতে বহিতে থাকে। সুতরাং যদি B ও D হইতে বহির্পথ আরম্ভ হয় তাহা হইলে এই ফাঁসে প্রবাহ গতি উল্টাইবার সহিত বহির্পথেও প্রবাহ গতি উল্টাইয়া যাইতে থাকিবে। কিন্তু যদি বহির্পথে সকল সময়েই একই দিকে প্রবাহ গতি প্রয়োজন হয় তাহা হইলে B ও Dএর সহিত বহির্পথের এরূপ সংযোজন হওয়া আবশ্যক যেন প্রবাহ গতি পরিবর্ত্তনের সহিত সংযোজনও বদলাইয়া যায়। যে উপায় দ্বারা ইহা সাধিত হয় তাহাকে কমিউটেটার (Commutator) বলে। ইহার গঠন ও কার্য্য

প্রণালী পরে বর্ণিত হইবে। অতএব এখন আমরা ধরিতে পারি যে ফাঁসটি ঘুরিতে থাকিলে বহির্পথে একই দিকে প্রবাহ যোগান যাইতে পারে।

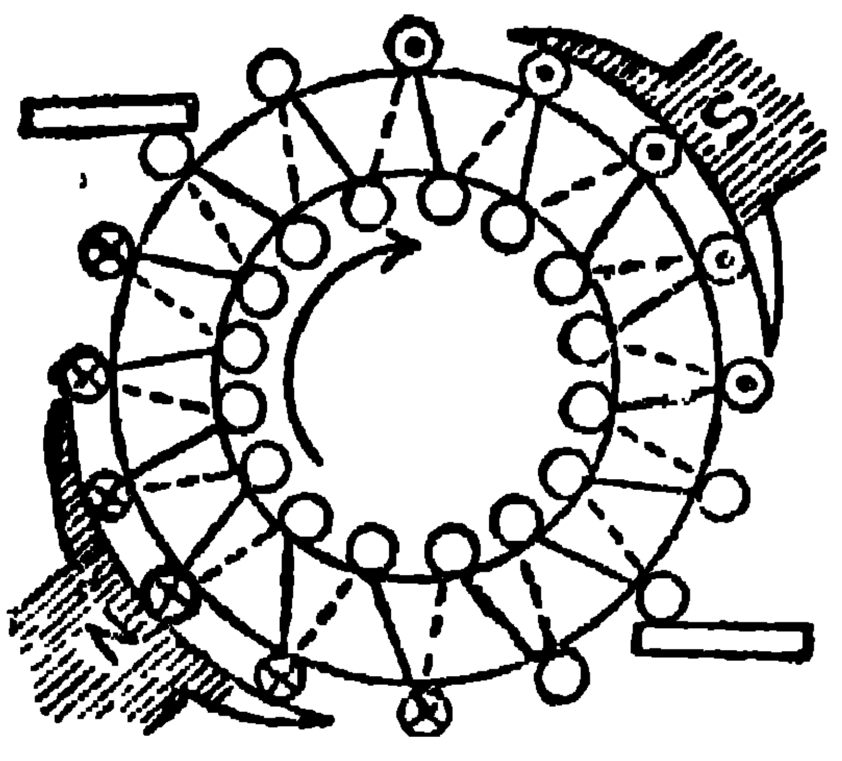
রাজ্য ও রাজ্য-চুম্বক (Field & Field magnet):—রাজ্য উৎপাদনের নিমিত্ত চুম্বক প্রয়োজন হয়। এই চুম্বক, স্থায়ী (Permanent) বা বৈদ্যুতিক (Electromagnet) হইতে পারে। স্থায়ী চুম্বক অপেক্ষা বৈদ্যুতিক চুম্বকের তেজ খুব অধিক হয় এবং প্রবাহের বেগ পরিবর্ত্তন দ্বারা চুম্বকের তেজকে ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্ত্তিত করিতে পারা যায় বলিয়া সচরাচর বৈদ্যুতিক চুম্বকই ব্যবহার হইয়া থাকে। এই চুম্বকের আকার অশ্বক্ষুরাকৃতি এবং যদিও অনেক স্থলে দেখিতে ঠিক অশ্বক্ষুরাকৃতি নহে, কার্য্যে ইহা অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বকের ন্যায়। এই বৈদ্যুতিক চুম্বকের ধাতু বাঙ্গলা লৌহ (Wrought iron) ও ইস্পাত (Steel)। অবশ্য মূল্য, ওজন ও পারকতার দিকে লক্ষ্য রাখিয়া ধাতু নির্ব্বাচন করিতে হয়। বৈদ্যুতিক চুম্বকের বেলায় প্রবাহবাহী কয়েল দ্বারা মেরু উৎপাদিত হয়। এই কয়েল কোন কোন স্থলে ইয়োক (Yoke) বা চুম্বকের বাহুদ্বয়ের সংযোজকে পরান থাকে, আবার কোন কোন স্থলে দুইভাগে বিভক্ত হইয়া, প্রতি বাহুতে একটি করিয়া, দুই বাহুতে দুইটি কয়েল থাকে। কোন কোন স্থলে এই কয়েলকে বাহির হইতে, যথা ব্যাটারি বা অন্য কোন ডায়নামো হইতে, প্রবাহ দিয়া উত্তেজিত করা হয়, ইহাকে পৃথক উত্তেজিত (Separate excitation) বলে। আবার কোন কোন স্থলে ডায়নামোর স্বীয় প্রবাহ দ্বারা ইহাকে উত্তেজিত করা হয়, ইহাকে স্বীয়-উত্তেজিত চুম্বক (Self excitat on) বলে। অবশ্য এস্থলে বুঝিতে হইবে যে প্রথমাবস্থায় কয়েলে প্রবাহ না থাকিলেও চুম্বকের সামান্য পরিমাণ অবশিষ্ট চুম্বকত্ব (Residual magnetism) থাকেই। সেই অবশিষ্ট চুম্বকত্বের রাজ্যে আর্মেচারের কয়েল বা তার ঘুরিতে থাকিলে তাহাতে প্রবাহ উৎপন্ন হয়, এই প্রবাহ বিভিন্ন প্রণালীতে গঠিত ডায়নামোর রাজ্য চুম্বকের কয়েলের

মধ্যে বিভিন্ন প্রকারে যাইয়া রাজ্যকে কার্য্যোপযোগী করে। এই বিভিন্ন উপায়গুলির নাম প্রদত্ত হইল, যথা, স্বীয় উত্তেজিত ডায়নামোর রাজ্য কয়েল তিন প্রকারে সংযুক্ত হয়—১। সিরিজ, ২। সাণ্ট ও ৩। কম্পাউণ্ড। (চিত্র—২৪৬, ২৪৭, ২৪৮, ২৪৯)।



চিত্র—২৪৬, ২৪৭, ২৪৮, ২৪৯

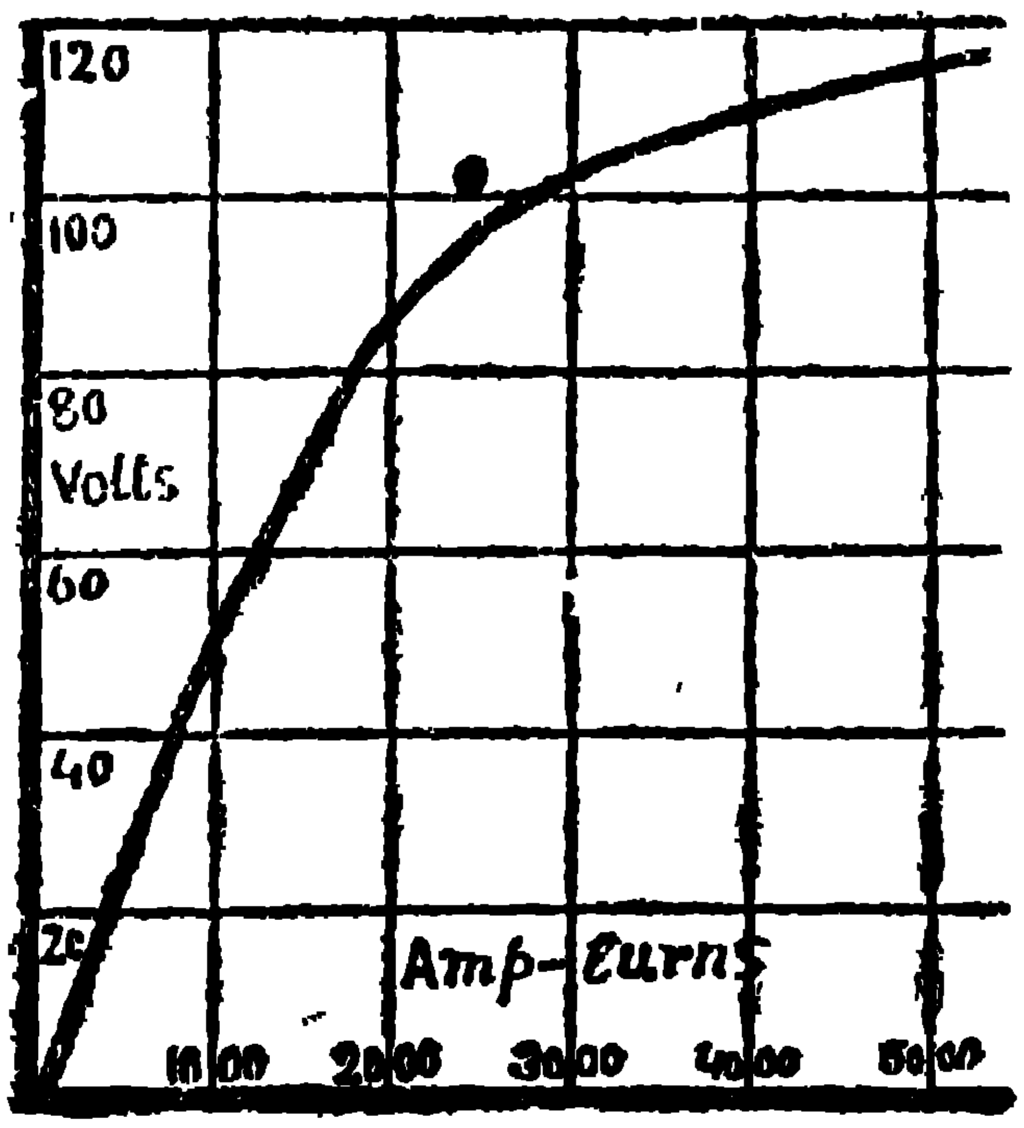
আর্মেচার:—আর্মেচারের বিষয় যদিও পরে বিশদভাবে বর্ণনা করা হইবে, এখানে এইটুকু জানিতে হইবে যে আর্মেচার কোরটি লৌহ নিৰ্ম্মিত বলিয়া রাজ্যের বলরেখাগুলি বায়ুপথ পরিত্যাগ করিয়া প্রায় সকলেই আর্মেচারের মধ্য দিয়া গমন করে ও তাহাদের সংখ্যা বিশেষভাবে পরিবর্দ্ধিত হয়, এবং এই আর্মেচারের উপর আর্মে-চার কয়েলের পাকসংখ্যা একটি, দুইটি না হইয়া বহুসংখ্যক হয়, যাহাতে সকল সময়েই তাহাদের মধ্যে কোন না কোন পাক অধিক পরিমাণে এবং কোন না কোন পাক অল্প পরিমাণে বলরেখা কাটিতে থাকে ও এইজন্য সব সময়েই প্রায় একভাব ভোল্টেজ সম্ভূত হয়। এবং ২৫০চিত্রে দর্শিতভাবে বিপরীত তারদ্বয়ে ব্রাস দুইটি সংযুক্ত থাকে, সুতরাং এই ব্রাসদ্বয় দ্বারা আর্মেচারের কয়েলটি দুইভাগে বিভক্ত হয় ও এই ভাগদ্বয় ব্রাস দুইটির মধ্যে প্যারালাল



চিত্র—২৫০

ভাবে সংযুক্ত এবং প্রত্যেক ভাগের পাকগুলি সিরিজে সংযুক্ত। সুতরাং প্রত্যেক ভাগের বিভিন্ন পাকের পি, ডি,র সমষ্টি ব্রাস দুইটির মধ্যে পি, ডি, এবং ভাগদ্বয়ের প্রবাহের সমষ্টি ব্রাস দুইটির মধ্যে প্রবাহের সমান।

রাজ্যের সহিত ব্রাসের সম্বন্ধ:— বাহির হইতে প্রবাহ দ্বারা রাজ্য কয়েলকে উত্তেজিত অনুমান করিলে এই বিষয়টি সহজে বোধগম্য হয় বলিয়া আমরা এস্থলে তাহাই ধরিব। যদি রাজ্য কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ দেওয়া যায় এবং আর্মেচারকে ঘুরাইতে থাকা যায় তাহা হইলে ডায়নামোতে কোন নির্দ্দিষ্ট ভোল্টেজ উৎপন্ন হইবে। রাজ্যতেজ যত অধিক হইবে ও আর্মেচারের ঘূর্ণনগতি যত অধিক হইবে, আর্মেচার কয়েলের প্রতি তারের পাকের পি, ডি, ততই অধিক হইবে এবং যেহেতু আর্মেচার কয়েলের অর্দ্ধেক পাকসংখ্যা সিরিজে সংযুক্ত, এই অর্দ্ধেক কয়েলের শেষ ভাগদ্বয়ের পি, ডি, অর্থাৎ ব্রাস দুইটির ই, এম, এফ, পাকের সংখ্যানুপাতে পরিবর্দ্ধিত হইবে। যথা, যদি একটি আর্মেচারকে মিনিটে ৫০০ বার ঘুরান হয় ও তৎপরে মিনিটে ১০০০ বার ঘুরান হয়, তাহা হইলে দ্বিতীয়বারে প্রথমবারের দ্বিগুণ ই, এম, এফ, হইবে। যদি চুম্বককর প্রবাহ বেগকে বর্দ্ধিত করা যায় তাহা হইলে আর্মেচারের ই, এম, এফ, বাড়িবে বটে, কিন্তু সম-অনুপাতে নহে। কারণ লৌহের চুম্বকীভবনের একটি মাত্রা বা সীমা আছে এবং লৌহের চুম্বকত্ব এই সীমার নিকটবর্ত্তী হইলে, চুম্বককর বলের অর্থাৎ চুম্বককর আমপেয়ার পাকের অধিক পরিবর্দ্ধন ঘটিলে তবে চুম্বকত্বের সামান্য পরিবর্দ্ধন ঘটে। ২৫১ চিত্র হইতে



চিত্র—২৫১

ইহা বেশ সহজে বুঝিতে পারা যাইবে। এই গ্রাফ চিত্রে শায়িত রেখায় আমপেয়ার পাক ও খাড়া রেখায় আর্মেচারে উৎপন্ন ভোল্‌টেজ পরিমিত হইয়াছে। ইহা হইতে দেখা যাইবে যে ১০০০ আমপেয়ার পাকে যত ভোল্‌ট হয়, ২০০০ আমপেয়ার পাকে প্রায় তাহার দ্বিগুণ ভোল্‌ট হয়, কিন্তু ৩০০০ আমপেয়ার পাকের সময় ভোল্‌টেজের বৃদ্ধিহার কিছু কমিয়া যায় এবং তাহার পরেও কয়েলকে যতই ক্রমশঃ উত্তেজিত করা যাইতে থাকিবে ভোল্‌টেজ বাড়িতে থাকে বটে,কিন্তু বৃদ্ধিহার ক্রমেই কমিয়া যাইতে থাকে। সুতরাং এই রাজ্য তেজের সহিত তুলনায় ভোল্‌টেজের পরিমাণ নির্দ্দেশক রেখাটি প্রথমে খাড়াভাবে উঠে ও পরে ক্রমশঃ শায়িত অবস্থা প্রাপ্ত হয়। এই রেখাকে ডায়নামোর খোলা পথে ই, এম, এফ, বিশেষত্ব রেখা (E. M. F. Characteristic Curve) বলে। চলিত ভাষায় ইহাকে চুম্বকীভবন বিশেষত্ব (Magnetisation Characteristic) রেখা বলে।

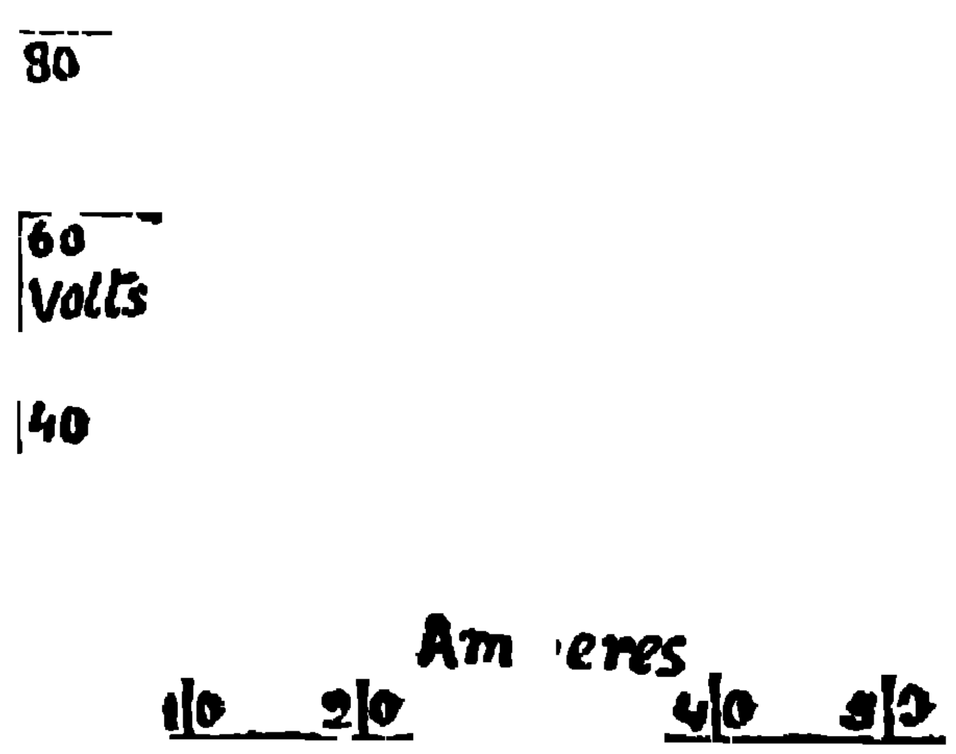
উপরে যে প্রকার ডায়নামোর চুম্বকীভবন বিশেষত্ব রেখা দেওয়া হইয়াছে ঐ প্রকার ডায়নামো হইতে ১১০ ভোল্‌ট পাইতে হইলে চুম্বক বাহুতে প্রায় ৪০০০ আমপেয়ার পাক প্রয়োজন হইবে। এই ৪০০০ আমপেয়ার পাক মোটা তারের ৪০টি পাকের মধ্য দিয়া ১০০ আমপেয়ার প্রবাহ দিয়া পাওয়া যাইতে পারে। অথবা ২০০০ পাকের মধ্য দিয়া ২ আম্প প্রবাহ দিয়া পাওয়া যাইতে পারে। প্রথম দৃষ্টান্তে কয়েলের তারটি মোটা ও পাকসংখ্যা অল্প বলিয়া উহার বাধা কম, সুতরাং প্রবাহ পাঠাইবার জন্য অল্প ভোল্‌ট প্রয়োজন হয়, যথা প্রায় যেন ২ ভোল্‌ট ; কিন্তু দ্বিতীয় দৃষ্টান্তে তারটি সরু ও পাকসংখ্যা বহু বলিয়া উহার বাধাও অধিক, সুতরাং প্রবাহ পাঠাইবার জন্য ভোল্‌টেজও অধিক প্রয়োজন হইবে, যথা, প্রায় ১০০ ভোল্‌ট। কিন্তু উভয় দৃষ্টান্তেই উত্তেজনার জন্য যে শক্তি প্রয়োজন হয় তাহা যদি ওয়াটে (Watt = C × E) মাপা যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে তাহারা সমান,১০০আম্প × ২ভোল্ট = ২ আম্প × ১০০ভোল্ট = ২০০ ওয়াট।

ভোল্‌টেজ পতন (Voltage drop) :—ইহা দুইটী কারণ বশতঃ ঘটে—১। আর্মেচারের তারের বাধা অতিক্রম করিবার জন্য আভ্যন্তরিক পথে ভোল্‌টেজ পতন ও ২। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া (Armature Reaction) হেতু ভোল্‌টেজ হ্রাস।

আভ্যন্তরিক বাধায় ভোল্টেজ পতন (Voltage drop in internal circuit) :—ডায়নামোকে যদি বাহিরে প্রবাহ যোগাইতে হয় তাহা হইলে ব্রাসভোল্টেজ কমিয়া যাইবে। ব্যাটারিতেও এরূপ হয় আমরা দেখিয়াছি। ডায়নামোর আর্মেচার তারের কিছু বাধা আছে, ইহাকে ডায়নামোর আভ্যন্তরিক বাধা বলে। বহির্পথে প্রবাহ বহিতে হইলে তাহাকে এই আভ্যন্তরিক পথেও বহিতে হয়, সুতরাং বহির্পথের বাধাকে অতিক্রম করিতে যেমন কিছু ভোল্টেজ প্রয়োজন হয়, সেইরূপ এই আভ্যন্তরিক পথের বাধা অতিক্রম করিতেও কিছু ভোল্টেজ প্রয়োজন হয়। আর্মেচারের মধ্যে যে ভোল্টেজ সম্ভাবিত হয় তাহার কিছু অংশ এই আভ্যন্তরিক পথের বাধাকে অতিক্রম করিতে প্রয়োজন হয় ও বাকী অংশ বাহ্যিক পথের বাধাকে অতিক্রম করে। সুতরাং সম্পূর্ণ পথে, অর্থাৎ বাহ্যিক পথে প্রবাহ বহিবার সময়, টার্মিনাল ভোল্টেজ বা ব্রাসদ্বয়ের মধ্যে পি,ডি. সম্ভাবিত ই,এম,এফ,অপেক্ষা কম হয়। আর্মেচারের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহাইতে যে ভোল্টেজ প্রয়োজন হয় তাহাকে আভ্যন্তরিক পথে ভোল্‌টেজ পতন (Voltage drop) বলে, এই ভোল্‌টেজ পতন $C = \frac{E}{R}$ হইতে $E = CR$ এই সম্বন্ধ দ্বারা পাওয়া যায় (R = আর্মেচারের বাধা ও C = প্রবাহ)। সুতরাং প্রবাহ যত অধিক হইবে ভোল্‌টেজ পতন ততই অধিক হইবে।

আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া বা রি-একসান (Armature Reaction) :—আভ্যন্তরিক পথে পতন ছাড়া অন্য এক কারণ বশতঃ

ভোল্‌টেজ হ্রাস হয়, তাহাকে আর্মেচার রি-একসান বলে। ইহা একপ্রকার সম্ভাবনের পরিচয়ে বলা হইয়াছে। সেখানে দেখা গিয়াছে যে সম্ভাবিত প্রবাহের দিক এরূপ যে উহা গতিবান্ পরিচালককে বিপরীত দিক গতিদান করিয়া উহার গতিরদ বা হ্রাস করিবার প্রয়াস পায়। সেইরূপ এখানেও আর্মেচারের ঘূর্ণন গতিকে রদ বা হ্রাস করিবার চেষ্টা করে, তদ্ধেতু সম্ভাবিত ই,এম,এফ,এর পরিমাণ কমিয়া যায়। ইহাকে আর্মেচার রি-একসান বলে।



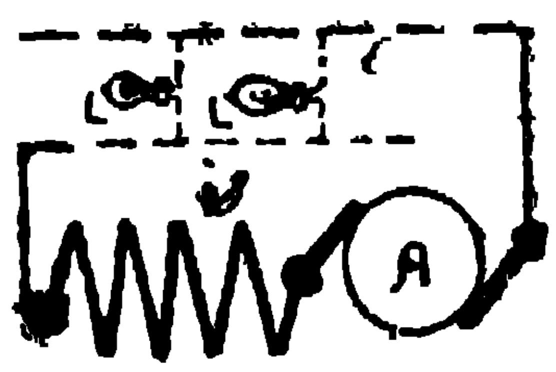
চিত্র—২৫২

দ্রষ্টব্য :—যে পরিচালকগুলিতে প্রবাহ সম্ভাবিত হয়, (আর্মেচারে জড়ান তারগুলি, ইহাদের বিপরীত দিকে গতি প্রাপ্তির আশঙ্কা থাকে বলিয়া) তাহাদিগকে আর্মেচারের লৌহখণ্ডের উপর দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করিবার বান্দাবস্ত করিতে হয়, যথা, খাঁজের মধ্যে জড়াইতে হয়।

আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া ও আভ্যন্তরিক পথে পতন হেতু উৎপন্ন ভোল্‌টেজ সম্পূর্ণ ভাবে বহির্পথে পাওয়া যাইতে পারে না; এবং ডায়নামো হইতে যত অধিক প্রবাহ লওয়া যাইবে, বহির্পথে প্রযুজ্য ভোল্‌টেজ ততই কমিয়া যাইবে। ২৫২ চিত্র হইতে দৃষ্ট হইবে একটী ১১০ ভোল্‌টের ডায়নামো হইতে প্রবাহ না লইলে উহাতে প্রায় ১১০ ভোল্ট উৎপন্ন হয়, কিন্তু ১০ আম্প করিয়া প্রবাহ লইতে থাকিলে মোটে ১০৯ ভোল্ট চাপ পাওয়া যায়, ২০ আম্প হইলে প্রায় ১০৭ ভোল্‌ট ৩০ আম্প হইলে প্রায় ১০৪ ভোল্‌ট, ৪০ আম্প হইলে প্রায় ১০০ ভোল্‌ট ইত্যাদি প্রকারের চাপ বহির্পথে পাওয়া যায়। এরূপ রেখাকে সম্পূর্ণপথের বিশেষত্ব রেখা (Closed circuit characteristic curve) বলে।

সিরিজ ডায়নামো (Series Dynamo) :—ইহাতে ডায়নামোর পোলদ্বয়ের সহিত রাজ্যের কয়েল ও বহির্পথ বা লাইন সিরিজে

সংযুক্ত হয়, অর্থাৎ আর্মেচারের একটি ব্রাস কয়েলের এক শেষ ভাগের সহিত সংযুক্ত হয়, কয়েলের অপর শেষভাগটি লাইনের একটি তারের সহিত ও লাইনের অপর তারটি আর্মেচারের দ্বিতীয় ব্রাসের সহিত, এই ভাবে সংযুক্ত হয়। ইহাতে আর্মেচারের সমস্ত প্রবাহ রাজ্য কয়েলের মধ্য দিয়া গিয়া তবে লাইনে প্রবাহিত হয় এবং একই প্রবাহ পর পর করিয়া প্রত্যেকটির মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। অতএব রাজ্যকয়েল প্রবল প্রবাহ দ্বারা উত্তেজিত হয়, সুতরাং উহার অল্প সংখ্যক পাকদ্বারা প্রয়োজন মত চুম্বককর বল পাওয়া যায়। সেইজন্য সিরিজ ডায়নামোতে রাজ্য কয়েলের পাকসংখ্যা অল্প হয় এবং যাহাতে উহা প্রবল প্রবাহ বহনক্ষম হইতে পারে তজ্জন্য মোটা তার ব্যবহৃত হয়, সুতরাং রাজ্যকয়েলের বাধা অতি অল্প হয়। ইহাতে যদি বহির্পথ খোলা থাকে তাহা হইলে লাইন, আর্মেচার বা রাজ্যকয়েলের মধ্যে প্রবাহ বহিতে পায় না, সুতরাং রাজ্যকয়েলও উত্তেজিত হয় না। কিন্তু রাজ্য-কয়েল উত্তেজিত না হইলেও, চুম্বকের কিছু পরিমান অবশিষ্ট (residual) চুম্বকত্ব থাকা হেতু আর্মেচারের ব্রাসদ্বয়ের মধ্যে সামান্য পরিমাণে কিছু পি, ডি, উৎপন্ন হয়—অবশ্য এই পি, ডি, পরিবর্দ্ধিত হইতে পায় না। অতএব দেখা যাইতেছে যে সিরিজ ডায়নামোর বহির্পথ খোলা অবস্থায় ভোল্টেজ অতি অল্প হয় বা কার্য্যতঃ প্রায় কিছুই হয় না। এখন যদি বহির্পথ সংযুক্ত করা যায় (যথা ২৫৩



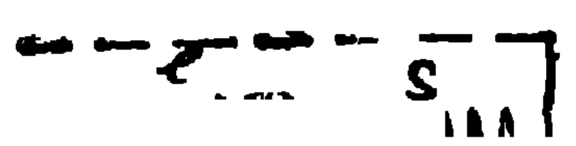
চিত্র—২৫৩

চিত্রে কতকগুলি বাতির দ্বারা এই সংযোজন করা হইয়াছে) তাহা হইলে এই সামান্য ভোল্টেজ হেতু লাইন, আর্মেচার ও রাজ্য কয়েলের মধ্য দিয়া সামান্য প্রবাহ বহিবে ও রাজ্য-কয়েল সামান্য উত্তেজিত হইবে, তজ্জন্য রাজ্যতেজ পরিবর্দ্ধিত হইবে ও সেই সঙ্গে ই, এম, এফ, এবং প্রবাহ বেগ বর্দ্ধিত হইবে ও তজ্জন্য রাজ্যতেজ পূর্ব্বের মত আরও

পরিবর্দ্ধিত হইবে। যদি লাইনের বাধা অধিক হয়, তাহা হইলে প্রবাহ বেগ অল্প হইবে, সুতরাং ই, এম, এফ, ও অল্প হইবে। কিন্তু যদি বহির্পথের বাধা অল্প হয় (যথা ঐ বাতিগুলির সহিত আরও কতক-গুলি বাতি প্যারালালভাবে সংযুক্ত করিয়া দিলেই বাধা অল্প হইয়া যাইবে) তাহা হইলে সমস্ত পথটির মধ্য দিয়া প্রবাহবেগ বাড়িয়া যাইবে, সুতরাং চুম্বক অতি প্রখর ভাবে চুম্বকীভূত হইবে ও ই, এম, এফ,ও অধিক হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে সিরিজ ডায়নামোতে ভার (Load) বাড়াইতে থাকিলে উহার ভোল্‌টেজ বাড়িতে থাকে। কিন্তু এই ভোল্‌টেজ বৃদ্ধির একটি সীমা আছে। কারণ চুম্বকের তেজ বরাবর বাড়িয়া যাইতে পারে না, উহা পুর্ণত্ব প্রাপ্তির (Saturation) পর এক ভাব রহিয়া যায়। আবার আমের্চারের মধ্যে ভোল্‌টেজের কিছু পতন হয়, আমেচারের মধ্যে প্রবাহ বেগ যত অধিক হইবে এই ভোল্‌টেজ পতনও ততই অধিক হইবে। সুতরাং ডায়নামোতে কোন নির্দ্দিষ্ট ভোল্‌টেজ হইবার পর যখন চুম্বক আর প্রখর হইতে পারে না, তখন ভার বাড়াইতে থাকিলে, বাধা হ্রাস হেতু প্রবাহ বেগ বাড়িয়া যাইতে থাকে বলিয়া আমের্চারের মধ্যে অধিকতর ভোল্‌টেজ পতন ঘটিতে থাকে ও তজ্জন্য টার্মিনাল ভোল্‌টেজ বা ব্রাসদ্বয়ের পি, ডি, উত্তোরত্তর কমিয়া যাইতে থাকে। অতএব দেখা যাইতেছে যে সিরিজ ডায়নামোতে যতক্ষণ ভার খুব বেশী নয়, ভারবৃদ্ধির সহিত ভোল্‌টেজ বৃদ্ধি ঘটিতে থাকে, পরে ভার আরও বাড়াইলে ভোল্‌টেজ কিছুক্ষণের জন্য এক ভাব থাকে ও তৎপরে ভার আরও বাড়াইলে ভোল্‌টেজ কমিয়া যাইতে থাকে। প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত পরিবর্ত্তনশীল সংখ্যক বাতি (Glow lamp) সিরিজ ডায়নামোর সাহায্যে প্রজ্জ্বলিত করা চলে না। কারণ বাতির সংখ্যার সহিত ভোল্‌টেজ পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে সুতরাং বাতিগুলির ক্যাণ্ডল্ পাওয়ার (Candle Power.

C. P.) বদলাইতে থাকে। কিন্তু যদি প্রজ্বলিত বাতির সংখ্যা অপরিবর্ত্তিত রাখা যায় তাহা হইলে সিরিজ ডায়নামো ব্যবহার করা চলে বটে, কিন্তু এরূপ ব্যবহার বড় একটা হয় না। পূর্ব্বে আর্কলাইট (Arc light) জ্বালাইবার জন্য সিরিজ ডায়নামো খুব ব্যবহার হইত, কিন্তু আজকাল ইহা'র ব্যবহার কমিয়া গিয়া সাণ্ট ডায়নামো ব্যবহার হইতেছে।

সাণ্ট ডায়নামো (Shunt Dynamo):—চিত্র ২৫৪, ইহাতে ডায়নামোর পোলদ্বয়ের সহিত রাজ্য কয়েল ও লাইন সাণ্ট বা প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত অর্থাৎ আর্মেচারের একটি ব্রাসের সহিত রাজ্য কয়েলের একশেষভাগ ও লাইনের একটি তার সংযুক্ত হয়, এবং কয়েলের অপরশেষভাগটি ও লাইনের দ্বিতীয় তারটি দ্বিতীয় ব্রাসের সহিত সংযুক্ত হয়।

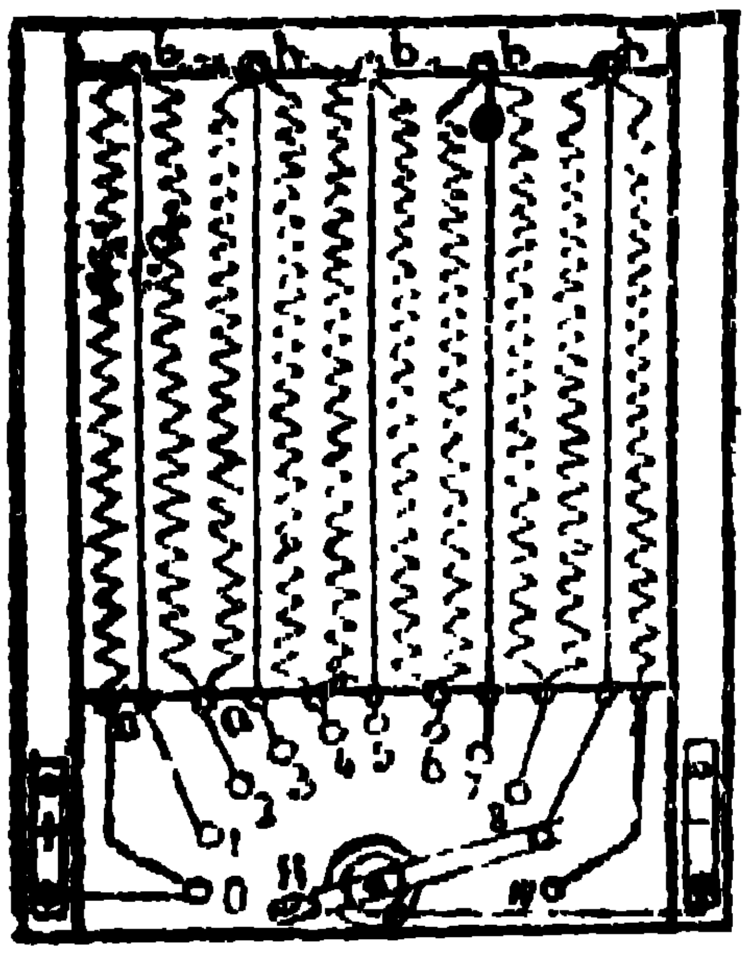


চিত্র—২৫৪

ইহাদিগের মধ্যে লাইনকে প্রধান পথ (Main Circuit) ও রাজ্য কয়েলকে শাখাপথ (Shunt circuit) বলে। এরূপ সংযোজনে ব্রাসদ্বয়ের মধ্যে যে পি, ডি, লাইনের তারদ্বয়ের মধ্যে সেই পি, ডি, ও রাজ্য কয়েলের শেষভাগদ্বয়ের মধ্যেও সেই পি, ডি, হয়, অর্থাৎ রাজ্যকয়েল, আর্মেচারের মধ্যে যে সমান্য ভোল্‌টেজ পতন হয় তাহা ব্যতীত ডায়নামোর ভোল্টেজের যাহা বাকী থাকে, তদ্দ্বারা উত্তেজিত হয়। অতএব ইহা খুব অধিক অর্থাৎ প্রায় ডায়নামোর ভোল্টেজ দ্বারা উত্তেজিত হয়। সুতরাং প্রবাহ বেগ কম রাখিবার জন্য এই রাজ্য কয়েলের বাধাকে অধিক করিতে হয়, তজ্জন্য সরু তারের অধিক সংখ্যক পাক ব্যবহার করা হয়। এস্থলে সিরিজ ডায়নামোর বিপরীত ভাবে আমপেয়ার বা প্রবাহকে কম রাখিয়া পাক সংখ্যাকে বাড়াইয়া প্রয়োজন মত আমপেয়ার পাক প্রস্তুত করা হয়। নচেৎ আমপেয়ার অধিক হইলে আর্মেচারে মোটা তার ব্যবহার করিতে হয়। তাহাতে আরমেচার কয়েলে তাম্রের ওজন অধিক লাগে। ডায়নামোকে হালকা করিবার জন্য ও তাম্র সাশ্রয় করিবার জন্য

রাজ্য কয়েলের বাধাকে অধিক করিতে হয়, এবং এই বাধা আর্মেচার বা লাইনের বাধার সহিত তুলনায় খুবই অধিক হয়। অতএব লাইনের সংযুক্ত অবস্থায় আর্মেচারের প্রবাহ রাজ্য কয়েল ও লাইনের বাধার বিপরীত অনুপাতে বিভক্ত হইয়া লঘু প্রবাহটি রাজ্যকয়েলের মধ্য দিয়া ও গুরু প্রবাহটি লাইনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। সাণ্ট ডায়নামোকে প্রথম চালাইতে হইলে সিরিজ ডায়নামোর মত লাইনকে সংযুক্ত রাখিলে চলিবে না। কারণ যেহেতু প্রবাহ কম বাধাদায়ক পথ দিয়া প্রবাহিত হয়, প্রথম হইতেই যদি লাইন সংযুক্ত থাকে তাহা হইলে সামান্য অবশিষ্ট চুম্বকত্বের ক্ষীণ রাজ্যে আর্মেচারের ঘূর্ণন দ্বারা সম্ভাবিত সামান্য ই, এম, এফ, হেতু সামান্য প্রবাহের প্রায় সমস্তটুকুই লাইনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকিবে, সুতরাং রাজ্যকয়েল উত্তেজিত হইবে না ও ভোল্টেজও বাড়িবে না। এইজন্য প্রথমতঃ লাইনকে উন্মুক্ত রাখিয়া সামান্য অবশিষ্ট চুম্বকত্বের ক্ষীণ রাজ্যে আর্মেচারকে ঘুরাইতে হয়, যাহাতে সম্ভাবিত ই, এম, এফ, হেতু সামান্য প্রবাহের সমস্তটুকুই রাজ্য কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া উহাকে উত্তেজিত করে ও তজ্জন্য রাজ্যের তীক্ষ্ণতা কিয়ৎ পরিমাণে বৃদ্ধি হেতু সম্ভাবিত ই, এম, এফ, ও প্রবাহের পরিমাণ কিছু বাড়িয়া যায় ও এইরূপে পরস্পর পরস্পরকে উত্তোরোত্তর বৃদ্ধি করিতে থাকে, যতক্ষণ না ডায়নামোটি পূর্ণ ভোল্টেজ প্রাপ্ত হয়, তখন লাইন সংযুক্ত করা হয়। অবশ্য লাইন সংযুক্ত করিবামাত্র ভোল্টেজ পতন হয়। যথা একটি ১১০ ভোল্টের সাণ্ট ডায়নামো লইলে লাইনের অসংযুক্ত অবস্থায় উহার ভোল্টেজ প্রায় ১১০ ভোল্ট হইবে। এখন যদি লাইনে কতকগুলি প্যারালালে সজ্জিত বাতিকে সুইচ দ্বারা সংযুক্ত করা যায় ও তজ্জন্য ডায়নামোকে ১০ আমপেয়ার প্রবাহ যোগাইতে হয় তাহা হইলে ইহার ফলে আর্মেচারের তারের বাধায় অর্থাৎ আভ্যন্তরিক পথে ভোল্টেজ পতন ও আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া (Reaction) হেতু টার্মিনাল বা ব্রাস-

দ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ কমিয়া প্রায় ১০৯ ভোল্ট দাঁড়াইবে। সুতরাং এখন রাজ্য কয়েলের শেষভাগদ্বয় আর ১১০ ভোল্টের সহিত সংযুক্ত নহে, ১০৯ ভোল্টের সহিত সংযুক্ত, অতএব চুম্বককর প্রবাহ অর্থাৎ রাজ্য-কয়েলের মধ্যে প্রবাহ কিছু কমিয়া যাইবে, সুতরাং উত্তেজনাও কিছু কম হইবে ও সেই হেতু ডায়নামো ভোল্টেজের আরও কিছু পতন হইবে। যদি আরও কতকগুলি প্যারালালে সংযুক্ত বাতির সংখ্যা বৃদ্ধিদ্বারা ভার বাড়াইয়া ২০ আম্পেয়ার প্রবাহ লওয়া হয় তাহা হইলে দৃষ্ট হইবে যে পৃথক উত্তেজিত ডায়নামোতে ভোল্টেজ কমিয়া ১০৭ ভোল্ট হয় কিন্তু স্বীয় উত্তেজিত সান্ট ডায়নামোতে ঐ ভাবেই উহা আরও পতিত হইয়া প্রায় ১০৫ ভোল্ট দাঁড়ায় এবং আরও ভার বৃদ্ধি করিয়া ৩০ আমপেয়ার করিয়া প্রবাহ লইতে থাকিলে উহা পতিত হইয়া প্রায় ১০০ ভোল্ট দাঁড়ায় এবং পৃথক উত্তেজিত যন্ত্রে ইহা প্রায় ১০৩ ভোল্ট হইয়াছিল। অতএব দেখা যাইতেছে যে সিরিজ ডায়নামোর বিপরীত ভাবে সান্ট ডায়নামোতে স্বীয় উত্তেজিত ডাইনামোর ন্যায়, তবে কিছু অধিকতর হারে, ভার বৃদ্ধির সহিত ভোল্টেজ পতিত হয়। সুতরাং স্পষ্টতই পৃথক উত্তেজিত ডায়নামোর ন্যায় সান্ট কয়েলের সহিত পরিবর্ত্তনীয় বাধা (Regulating resistance), চিত্র ২৫৫, সাহায্যে ভোল্টেজকে প্রয়োজনমত কম বেশী করা যাইতে বা একভাবে রাখা যাইতে পারে।



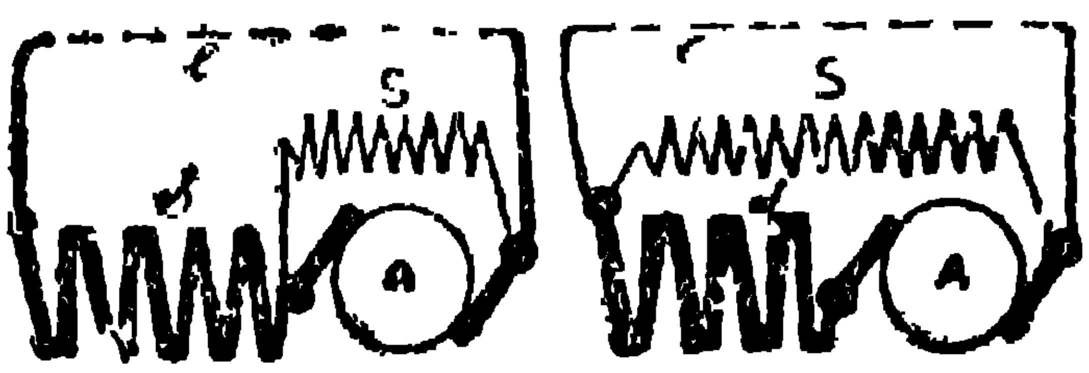
চিত্র—২৫৫

রাজ্য কয়েলের উত্তেজনা :—

একটি ১১০ ভোল্ট ডায়নামোর কয়েল কর্ত্তৃক উত্তেজনা এরূপ হওয়া প্রয়োজন যে, কোনরূপ ভার না থাকিলে অর্থাৎ লাইনের খোলা অবস্থায় যেন আর্মেচারের ভোল্টেজ ১১০ ভোল্ট হয়, এমন কি রাজ্যকয়েলের শেষ ভাগদ্বয়ের মধ্যে পি, ডি, কেবলমাত্র ৯০ ভোল্ট হইতে পারে, বাকী

২০ ভোল্ট সাণ্ট রেগুলেটার (regulator) এ পতিত হইয়াছে। ক্রমশঃ যত ভার বাড়িতে থাকে সাণ্ট কয়েলের এই পরিবর্ত্তনীয় বধাকে ক্রমশঃ কমাইয়া সাণ্ট বা রাজ্যকয়েলের মধ্যে প্রবাহের বেগ বাড়াইয়া রাজ্যের প্রাখর্য্য পরিবর্দ্ধন দ্বারা ডায়নামোর ভোল্টেজ একভাব করা হয়। আজকাল সর্ব্বত্র সাণ্ট ডায়নামোই প্রচুর ভাবে ব্যবহার হইতেছে। ইহার দ্বারা ব্যাটারি চার্জ্জকরা, আলোজ্বালান, প্রভৃতি সকল কার্য্যই হইয়া থাকে। তবে কোন কোন প্রকার কার্য্যের জন্য কম্পাউণ্ড ডায়নামো ব্যবহার হয়, কিন্তু ইহা তত অধিক প্রচলিত নহে।

কম্পাউণ্ড ডায়নামো (Ccmpound Dynamo) ঃ—ইহা সিরিজ ও সাণ্ট ডায়নামোর সংমিশ্রণ চিত্র ২৫৬-২৫৭। বস্তুতঃ ইহা সাণ্ট ডায়নামোই, কেবলমাত্র আবশ্যক অনুযায়ী অল্প সংখ্যক পাকের একটি ছোট সিরিজ কয়েল থাকে। ইহা অল্প সংখ্যক পাকের সাণ্ট কয়েল বিশিষ্ট সিরিজ ডায়নামো নহে। এই যন্ত্রের সুবিধা এই যে, সাণ্ট কয়েল ছাড়া সিরিজে সংযুক্ত কতকগুলি পাক আছে বলিয়া, যে কোন পরিমাণ প্রবাহ লওয়া হউক না কেন টার্মিনাল দ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ একভাব রাখা চলে: অবশ্য কেবলমাত্র সাণ্ট যন্ত্রে আর্মেচারের ঘূর্ণন গতিকে বা রেগুলেটার সংযুক্ত সাণ্ট কয়েলের বাধাকে ঠিকমত পরিবর্ত্তন দ্বারা ভোল্টেজ একভাব রাখা চলে বটে, কিন্তু এই উভয় কার্য্যের যে কোনটাতেই পরিচর্য্যা প্রয়োজন হয়, কিন্তু কম্পাউণ্ডে উহা নিজে নিজেই ঠিক করে। সাণ্ট যন্ত্রে ভারবৃদ্ধির সহিত চাপ বা ভোল্টেজ কমিয়া যায় ও সিরিজ যন্ত্রে উহা বাড়িয়া যায়, সুতরাং সাণ্ট কয়েলের সহিত ঠিক হিসাব মত সিরিজ কয়েল ব্যবহার করিলে উহা নিজে নিজেই সকল ভারেই টার্মিনালদ্বয়ের মধ্যে প্রায় একভাব চাপ বা ভোল্টেজ দিবে।

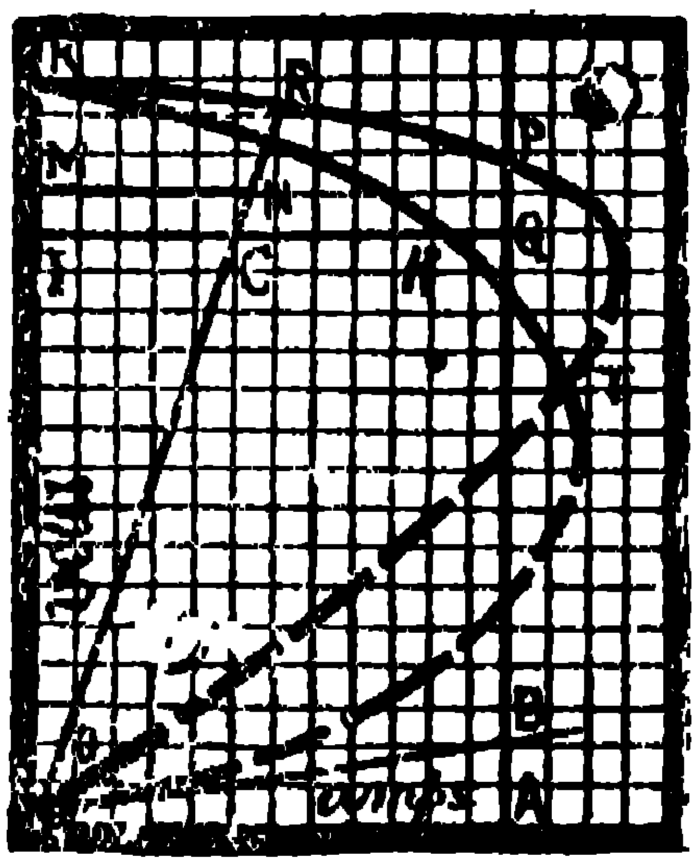


চিত্র—২৫৬, ২৫৭

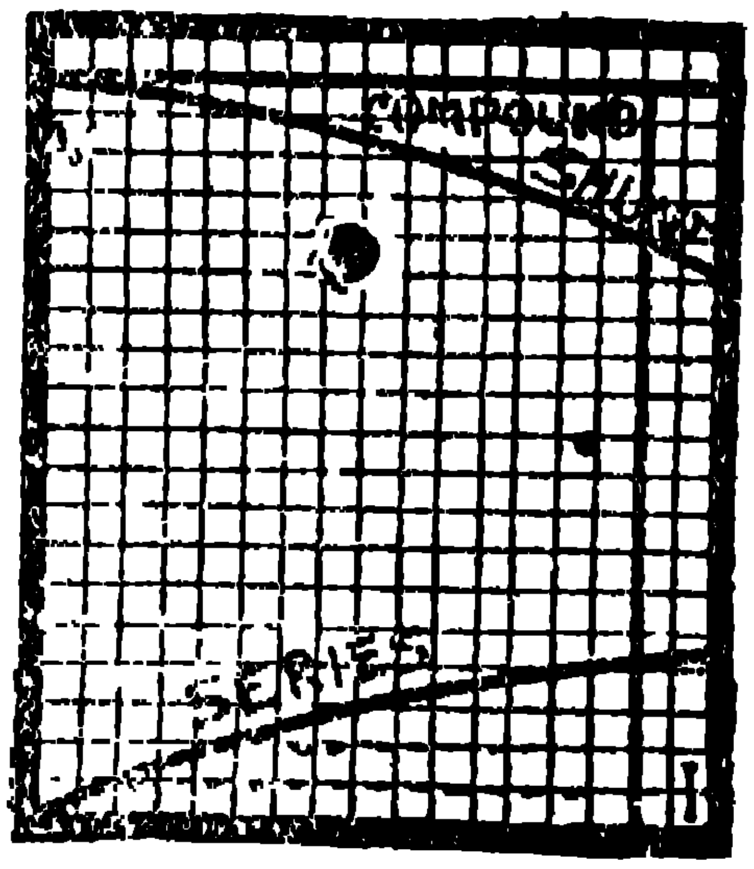
ওভার কম্পাউণ্ডিং (Over Compounding) :—যদি পূর্ব্বোক্ত হিসাব ছাড়া আরও অধিক সংখ্যক সিরিজ পাক ব্যবহার করা যায় তাহা হইলে প্রবাহ বৃদ্ধির সহিত টার্মিনালদ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ বাড়িতে থাকিবে ; এবং দূরবর্ত্তী কোন স্থলে প্রবাহ যোগাইতে হইলে লাইনে যে ভোল্টেজ পতন হয় তাহা ইহা দ্বারা 'কাটান' করা চলে ও তথায় একভাব ভোল্টেজের প্রবাহ পৌছিতে পারিবে। সুতরাং কেবলমাত্র যে টার্মিনালদ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ একভাব করা যায় তাহা নহে, দরকার মত কিছু অধিক সংখ্যক সিরিজ পাক ব্যবহার দ্বারা কোন দূরবর্ত্তী স্থানে সমভাব ভোল্টেজ যোগাইতে পারা যায়। এবং এই উদ্দেশ্যে ঐ অধিক সংখ্যক সিরিজ পাক ব্যবহারকে 'ওভার কম্পাউণ্ডিং' বলে।

ডায়নামোর বিশেষত্ব রেখা (Characteristic curves of Dynamos)—আর্মেচারের নির্দ্দিষ্ট ঘূর্ণন গতিতে কোন ডায়নামোর প্রবাহ বেগ পরিবর্ত্তনের সহিত

চিত্র—২৫৮



চিত্র—২৫৯



চিত্র—২৬০

চাপ বা ভোল্টেজ পরিবর্ত্তনের সম্বন্ধ গ্রাফ কাগজে লিপিবদ্ধ করিলে যে রেখা পাওয়া যায় তাহাকে উহার বিশেষত্ব রেখা বা 'ক্যারাক্টারিষ্টিক কার্ভ' বলে। এই রেখা পাইতে হইলে ডায়নামোকে প্রায় ১৫ মিনিট কাল চালাইয়া উহাকে একভাব অবস্থায় আনিতে হয়, তৎপরে উহার ঘূর্ণন গতি ঠিক রাখিয়া আমমিটার দ্বারা বহির্পথের প্রবাহ ও ভোল্টমিটার দ্বারা টার্মিনালদ্বয়ের মধ্যে চাপ মাপিয়া লইতে হয়। এইরূপে প্রাপ্ত বিভিন্ন প্রবাহকে শায়িত রেখায় ও তাহার চাপকে খাড়া

রেখায় লিপিবদ্ধ করিয়া যে রেখা পাওয়া যায় তাহাকে 'বাহ্যিক বিশেষত্ব রেখা' (External Characteristic Curve) বলে। কারণ ইহা হইতে বাহ্যিক প্রবাহের সহিত বাহ্যিক ভোল্টেজের সম্বন্ধ দেখা যায়। বাহ্যিক ভোল্টেজের সহিত আর্মেচারের মধ্যে পতিত ভোল্টেজ যোগ করিয়া যে মোট ভোল্টেজ হয় এবং মোট প্রবাহ (ইহা সিরিজ যন্ত্রে বাহ্যিক পথের প্রবাহ কিন্তু সাণ্ট যন্ত্রে বাহ্যিক পথের ও সাণ্ট কয়েলের প্রবাহের সমষ্টি) লিপিবদ্ধ করিয়া যে রেখা হয় তাহাকে মোট বিশেষত্ব রেখা (Total Charactoristic Curve) বলে। যথা ২৫৮ চিত্রে C Q E সিরিজ ডায়নামোর বাহ্যিক বিশেষত্ব রেখা ও C P T মোট বিশেষত্ব রেখা, O A প্রবাহ, A Q তখনকার টার্মিনাল ভোল্টেজ ও P Q আর্মেচারের মধ্যে ভোল্টেজ পতন নির্দ্দেশ করিতেছে। ২৫৯ চিত্রে H T C সাণ্ট ডায়নামোর বাহ্যিক বিশেষত্ব রেখা বটে কিন্তু R P T O মোট বিশেষত্ব রেখা নয়, কারণ ইহাতে মোট প্রবাহ ধরা হয় নাই, ইহা বাহ্যিক প্রবাহ ও মোট ভোল্টেজের রেখা এবং O A প্রবাহ, A Q তখনকার বাহ্যিক ভোল্টেজ ও Q P আর্মেচারের মধ্যে ভোল্টেজ পতন নির্দ্দেশ করিতেছে। এই চিত্র দ্বয় হইতে দেখা যাইতেছে কিরূপে সিরিজ যন্ত্রে প্রবাহের সহিত ভোল্টেজ বাড়ে ও সাণ্ট যন্ত্রে প্রবাহের সহিত ভোল্টেজ কমে। সুতরাং এখন যদি এরূপ একটি কম্পাউণ্ড যন্ত্র করা যায় যে তাহার সাণ্ট অংশের বিশেষত্ব রেখা ২৬০ চিত্রে দর্শিত রূপ হইলে সিরিজ-অংশের বিশেষত্ব রেখা ঐ চিত্রে দর্শিতরূপ হয়, তাহা হইলে উভয়ের সাহায্যে সমস্ত যন্ত্রটির বিশেষত্ব রেখা সরল রেখা দ্বারা দর্শিত রেখার মত হইবে, অর্থাৎ ইহা হইতে দেখা যাইতেছে যে কোন প্রবাহে ভোল্টেজ একভাব আছে।

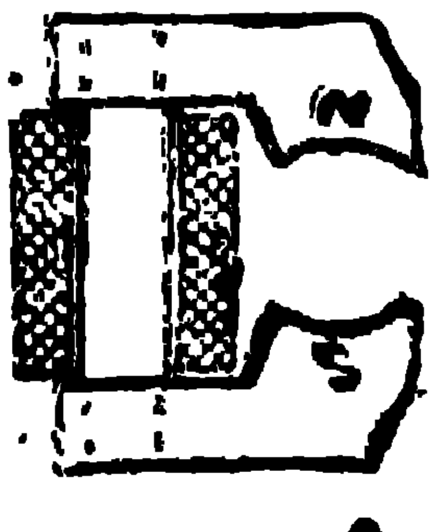
চতুর্দ্দশ পরিচয়।

রাজ্য চুম্বকের বিশেষ বিবরণঃ—রাজ্য চুম্বক দুই প্রকারের হইতে পারে—

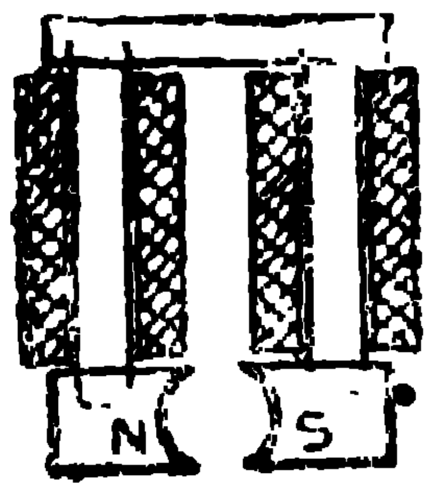
১। 'শ্যালিয়েণ্ট' মেরু বিশিষ্ট (Salient Pole),

২। 'কন্সিকোয়েণ্ট' মেরু বিশিষ্ট (Consequent Pole),

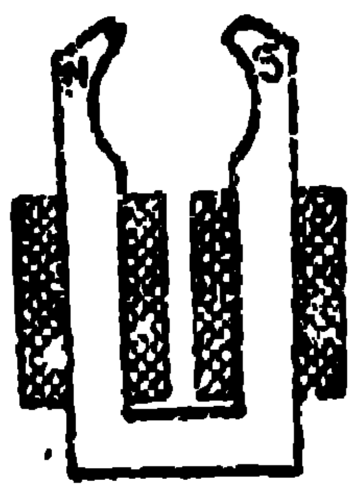
শ্যালিয়েণ্ট মেরু বিশিষ্ট চুম্বক ২৬১—২৬৩ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে, তন্মধ্যে ২৬১ চিত্রে ইয়োকে কয়েল দ্বারা উৎপাদিত ও ২৬৩ চিত্রে বাহুদ্বয়ে দুইটি কয়েল দ্বারা উৎপাদিত শ্যালিয়েণ্ট মেরু দেখান হইয়াছে। অবশ্য দুই বাহুতে দুইটি কয়েল ব্যবহার না করিয়া একটি বাহুতে, আমপেয়ার পাক দ্বিগুণ হয় এরূপ, অধিক সংখ্যক পাকের একটি কয়েল ব্যবহার করিলেও



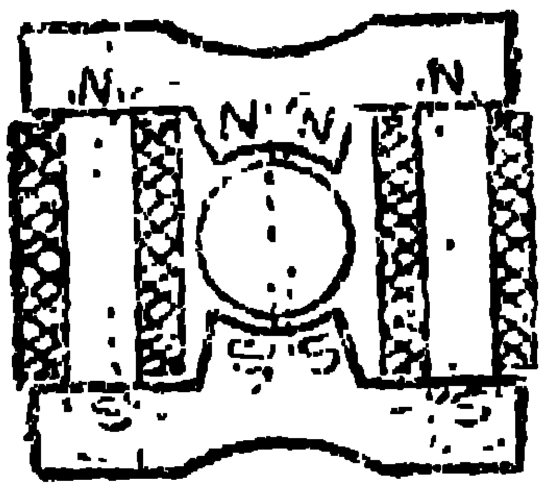
চিত্র—২৬১



চিত্র—২৬২



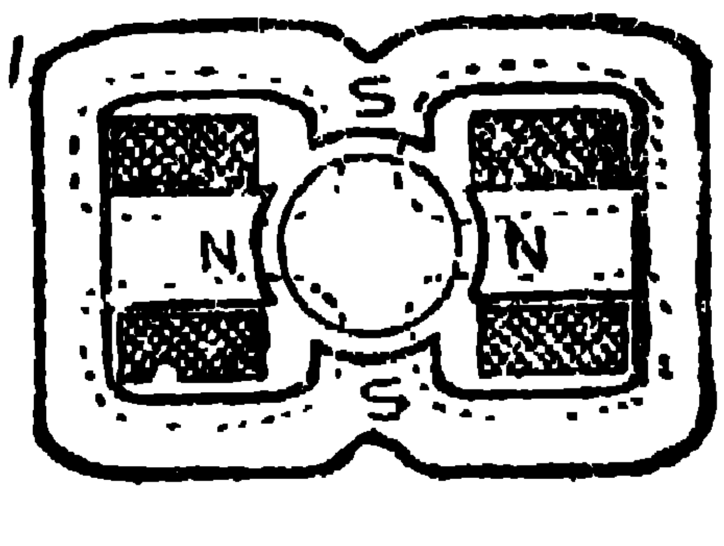
চিত্র—২৬৩



চিত্র—২৬৪

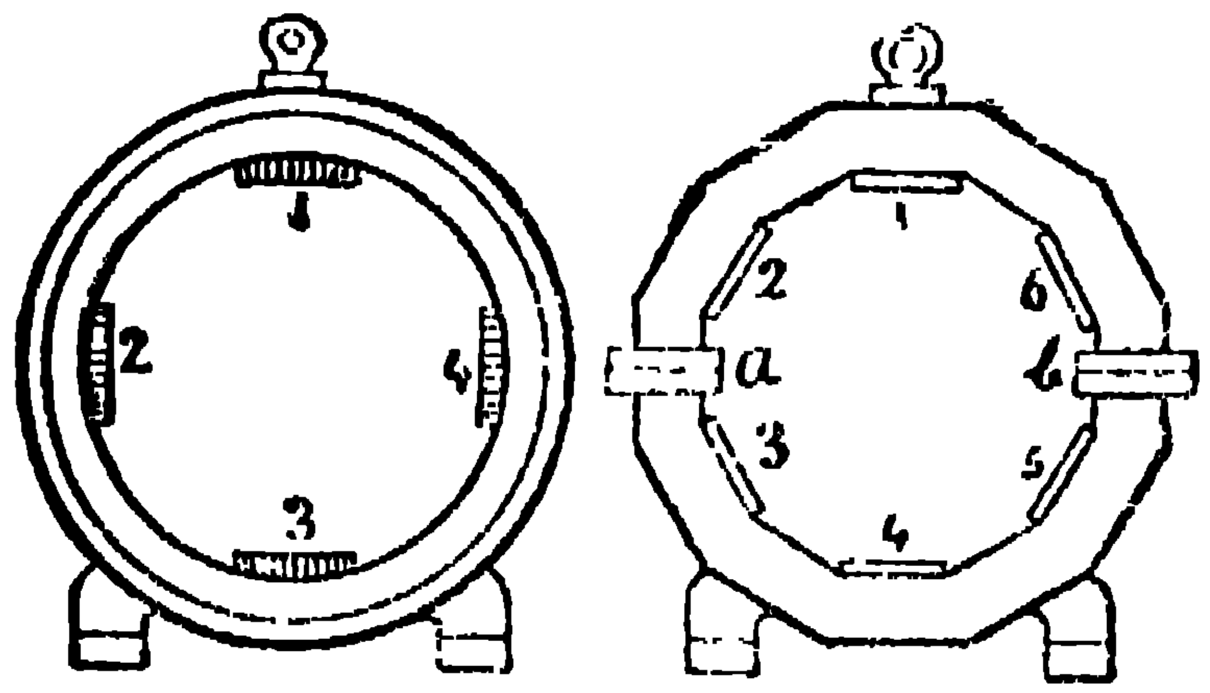
চলে। কন্সিকোয়েণ্ট মেরু বিশিষ্ট চুম্বক ২৬৪ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে, ইহা দুই ইয়োকে দুইটি কয়েল দ্বারা উৎপাদিত। এই চিত্রগুলি হইতে এই দুই প্রকার মেরুর মধ্যে প্রভেদ দৃষ্ট হইবে—শ্যালিয়েণ্ট মেরুর বেলায় চুম্বকের লৌহপথ সম্পূর্ণ নহে, উহার শেষভাগদ্বয়ে অর্থাৎ মেরুখণ্ডদ্বয়ে বিপরীত মেরুদ্বয় সৃষ্ট হয়, আর কন্সিকোয়েণ্ট মেরুর বেলায় চুম্বকের লৌহপথ সম্পূর্ণ বটে কিন্তু মাঝখানে প্রত্যেক কয়েল দ্বারা একই স্থানে একই প্রকার মেরু সৃষ্ট হয়। চিত্রে ইহাদের বলরেখাগুলি দেখিলে উহাদের পার্থক্য আরও সহজে বোধগম্য হইবে।

চুম্বকের মেরু-সংখ্যা:—পূর্ব্বে যে সকল ডায়নামোর উল্লেখ করা হইয়াছে তাহারা সকলেই দ্বি-মেরু বিশিষ্ট, কিন্তু ইহাদের সংখ্যা ২, ৪, ৬, ৮ বা আরও অধিক জোড় সংখ্যক হইতে পারে, তবে নিতান্ত বৃহৎ যন্ত্র না হইলে ১৬ বা ৩২ মেরু বিশিষ্ট চুম্বক করা হয় না, কারণ ইহাতে এত অধিক 'ফিটিং' প্রয়োজন হয় ও এত অধিক পরিশ্রম পড়ে যে, মেরুসংখ্যা পরিবর্দ্ধনের সুবিধা অপেক্ষা অসুবিধাই অধিক হয়। মেরুসংখ্যা পরিবর্দ্ধনের সুবিধা এই যে চুম্বকের নিমিত্ত অল্প পরিমাণ লৌহ প্রয়োজন হয়, রাজ্য কয়েলে অল্প পরিমাণ তার লাগে ও আর্মেচারেরও তারের পরিমাণ অল্প লাগে। ইহার কারণ ২৬৫, ২৬৬, ২৬৭ চিত্রগুলি হইতে বুঝিতে পারা যাইবে। এই চিত্রগুলি হইতে দৃষ্ট হইবে যে ইয়োকটিকে ফ্রেমের আকারে ব্যবহার করা হয় এবং এই ফ্রেমের স্থূলতা কয়েল আবরিত বাহুর স্থূলতার অনুরূপ। সুতরাং ২ মেরু বিশিষ্ট চুম্বক হইলে বাহুর স্থূলতা যেরূপ হইবে, ৪, ৬ বা ৮ মেরু বিশিষ্ট চুম্বক হইলে বাহুর স্থূলতা যথাক্রমে মোটামুটি তাহার $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ বা $\frac{1}{4}$ হইবে, সুতরাং ফ্রেমের স্থূলতাও ঐরূপ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ বা $\frac{1}{4}$ হইবে। মেরুসংখ্যা পরিবর্দ্ধনে রাজ্যকয়েলে অল্প পরিমাণ তার প্রয়োজন হয়, তাহার কারণ এই যে, দ্বি-মেরু চুম্বকে পাকসংখ্যা যত হইবে বহু মেরু চুম্বকেও মোট পাকসংখ্যা তাহাই হইবে। সুতরাং দ্বি-মেরু চুম্বকের বাহু মোটা বলিয়া তারের প্রত্যেক পাক লম্বা হয়, অতএব মোটা তার অধিক লাগে। আবার বহু মেরুর বেলায় প্রত্যেক মেরুর তেজ কম বলিয়া আর্মেচার রি-একসান কম হয়, এবং চারিদিকেই একটু একটু তফাতে মেরু আছে বলিয়া আর্মেচারে পাকসংখ্যা অল্প করিয়া দিলেও চলে—সুতরাং আর্মেচারে কম তার হইলেই চলে। ২৬৫ চিত্রে দুইটি কয়েল দ্বারা উৎপাদিত চারি মেরু বিশিষ্ট চুম্বক দর্শিত হইয়াছে।

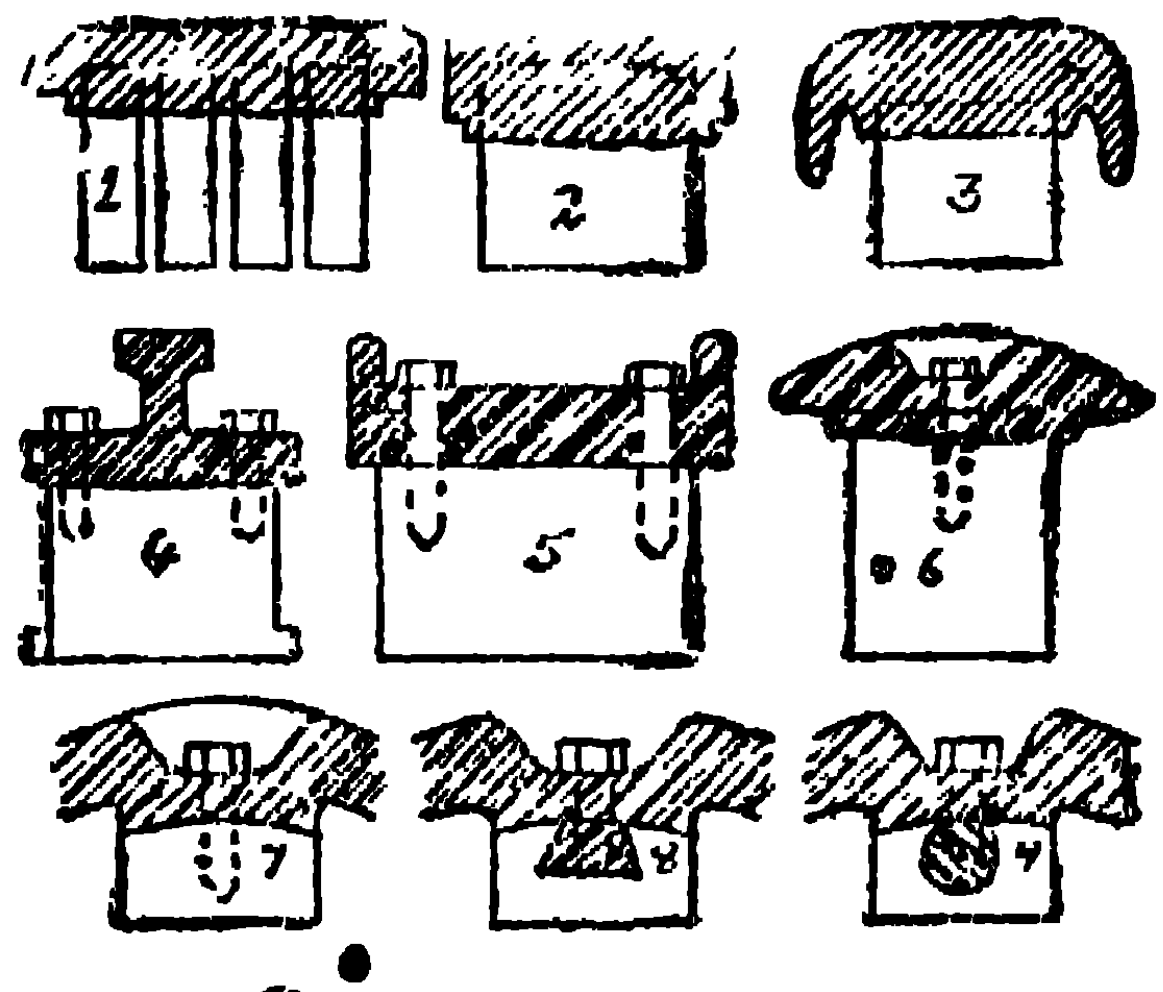


চিত্র—২৬৫

বহু মেরু চুম্বকের মেরুগুলি এরূপ ভাবে উৎপাদিত হয় যেন একটি মেরুর পর বিপরীত মেরু থাকে। এরূপ চুম্বকের রাজ্য তাহাদের বলরেখা দ্বারা ২৬৫ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। বহু মেরু ডায়নামোর ইয়োক বৃত্তাকার (চিত্র—২৬৬) বা বহুভুজ-আকার (চিত্র—২৬৭) হয় এবং ইহাতে চুম্বক বাহু সকল বসাইবার বন্দোবস্ত থাকে। ইহা চিত্রদ্বয়ে সংখ্যা দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। বৃহৎ যন্ত্র হইলে ফ্রেমটি দুইভাগে গঠিত হয়, তাহাদের মধ্যে একটি উপরের অংশ ও অপরটি নিম্নের অংশ (চিত্র- ২৬৭)। এইরূপ খণ্ডিত ফ্রেমের সুবিধা এই যে, আর্মেচার



চিত্র—২৬৬, ২৬৭

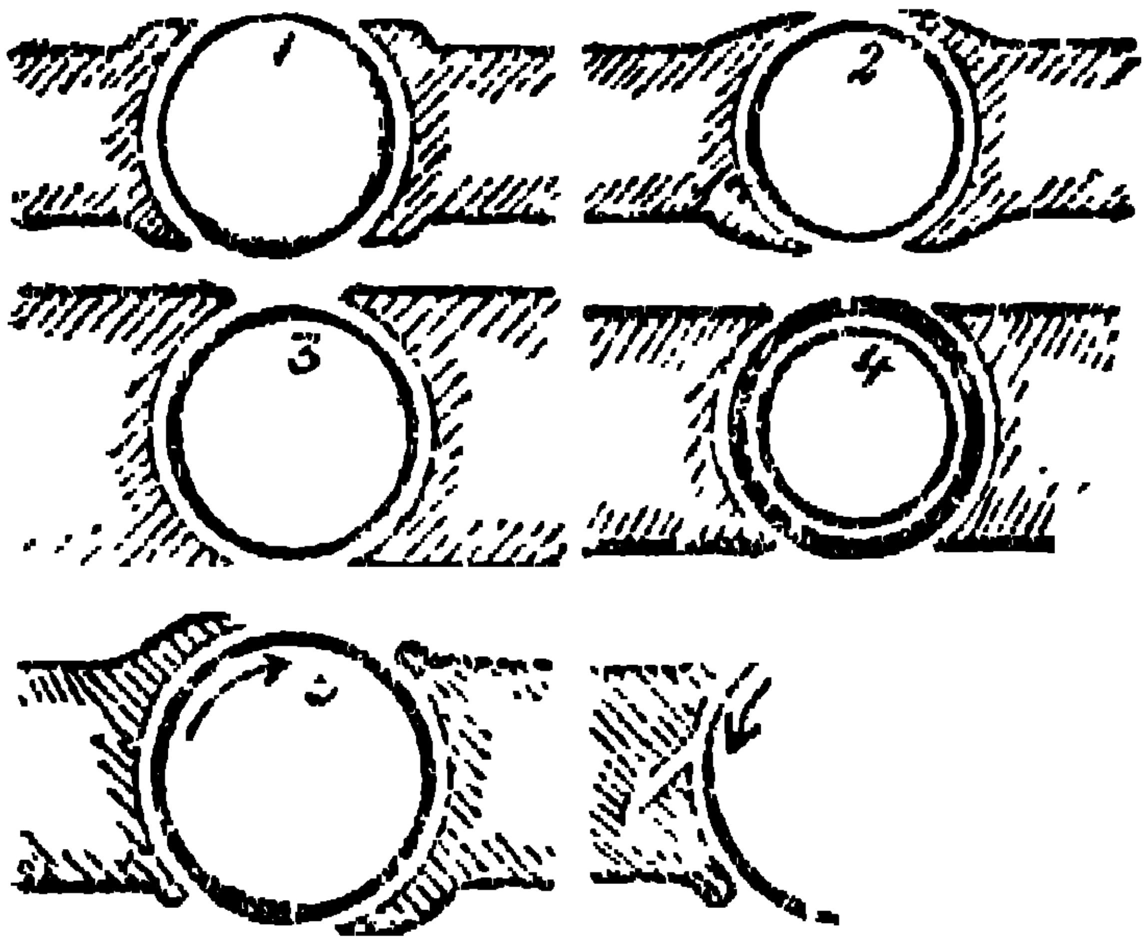


চিত্র—২৬৮-২৭৬

পরীক্ষাকালে আর্মেচারকে বাহির করিতে হয় না—উপরের অংশটিকে সরাইয়া আর্মেচার পরীক্ষা করা চলে। ইয়োক বা ফ্রেমের সহিত বাহুগুলি কিরূপে সংবদ্ধ হয় তাহা নানাপ্রকার ইয়োকের সেকসান চিত্র (চিত্র ২৬৮—২৭৬) দেখিলে বুঝিতে পারা যাইবে।

চুম্বকের মেরুখণ্ড (Pole pieces) :—ইহারা চুম্বক বাহুর বা কোরের (Core) আর্মেচার শেষভাগে সংযুক্ত থাকে বা বাহুর সহিত একসঙ্গে ঢালাই হইয়া প্রস্তুত হয়। ইহাদের কার্য্য আর্মেচারের সহিত বাহুর মুখের ব্যবধান সমান রাখা সেইজন্য ইহার আর্মেচারের নিকটবর্ত্তী অংশ

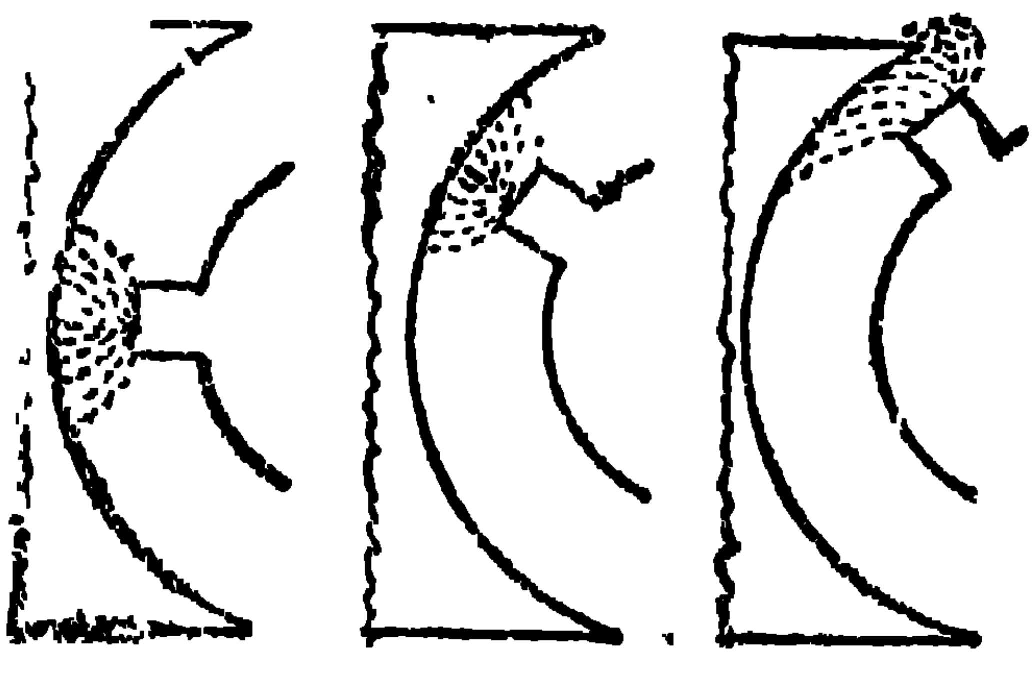
বৃত্তাংশের মত (চিত্র ২৭৭-২৮২)। বায়ুস্তরের বাধা কমাইবার জন্য ইহাদের বৃত্তাংশাকারগুলির শেষভাগ শৃঙ্গের মত বাড়াইয়া দেওয়া হয়, চিত্র ২৭৮, যাহাতে, চুম্বকরাজ্য এক ভাবের থাকে। কোন কোন স্থলে আর্মেচার যেদিকে ঘোরে সেই দিকের শৃঙ্গকে অধিক বাড়ান হয়, (চিত্র—২৮১), আবার এক প্রকার ডায়নামোতে মেরু খণ্ডদ্বয়ের মাঝে একটি চোঙ্গের মত লৌহ থাকে, ঐ চোঙ্গের মধ্যে আর্মেচার ঘোরে (চিত্র—২৮০)। আবার কোন কোন স্থলে মেরুখণ্ডে হেলান খাঁজ বা শ্লট (Slot) কাটা থাকে (চিত্র—২৮২)।



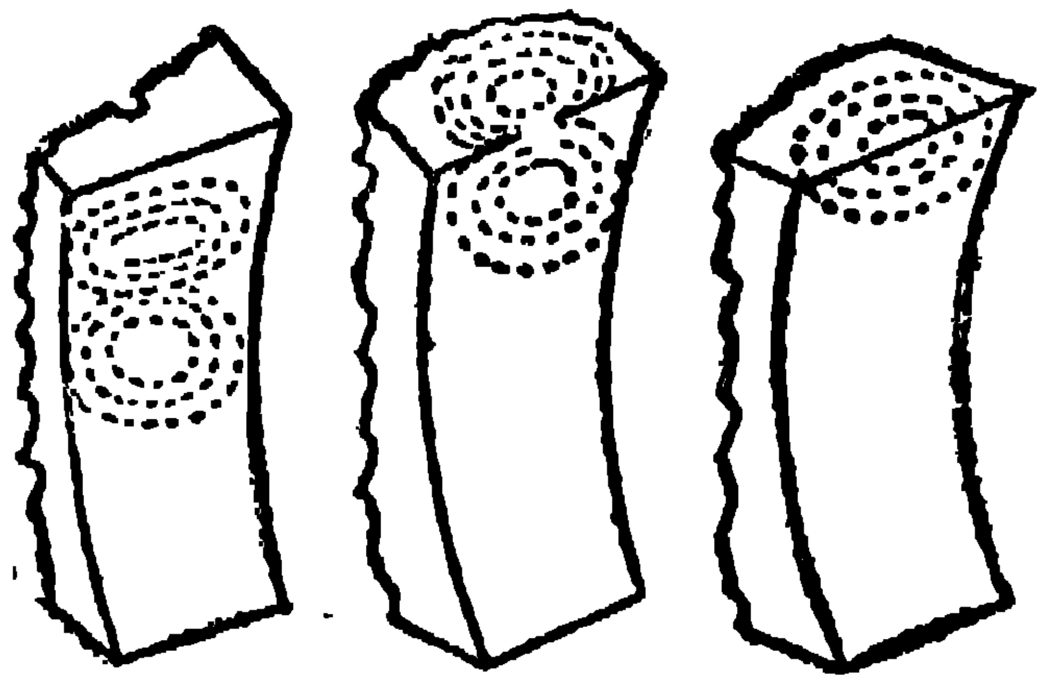
চিত্র—২৭৭-২৮২

এডি কারেণ্ট, মেরুখণ্ড ও বাহুর ল্যামিনেসন

(Eddy current, Lamination of Pole piece and Core) :—
আর্মেচার ঘুরিবার সময় বলরেখা সকল মেরুখণ্ডের ও বাহুর মধ্যে এক স্থান



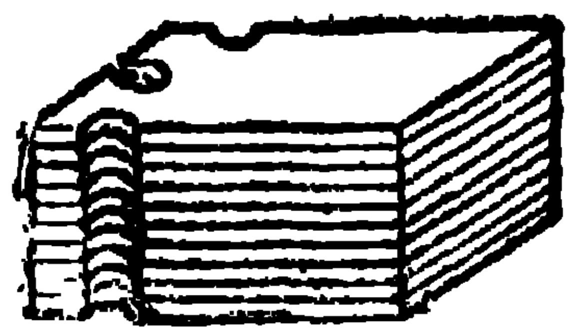
চিত্র—২৮৩-২৮৫



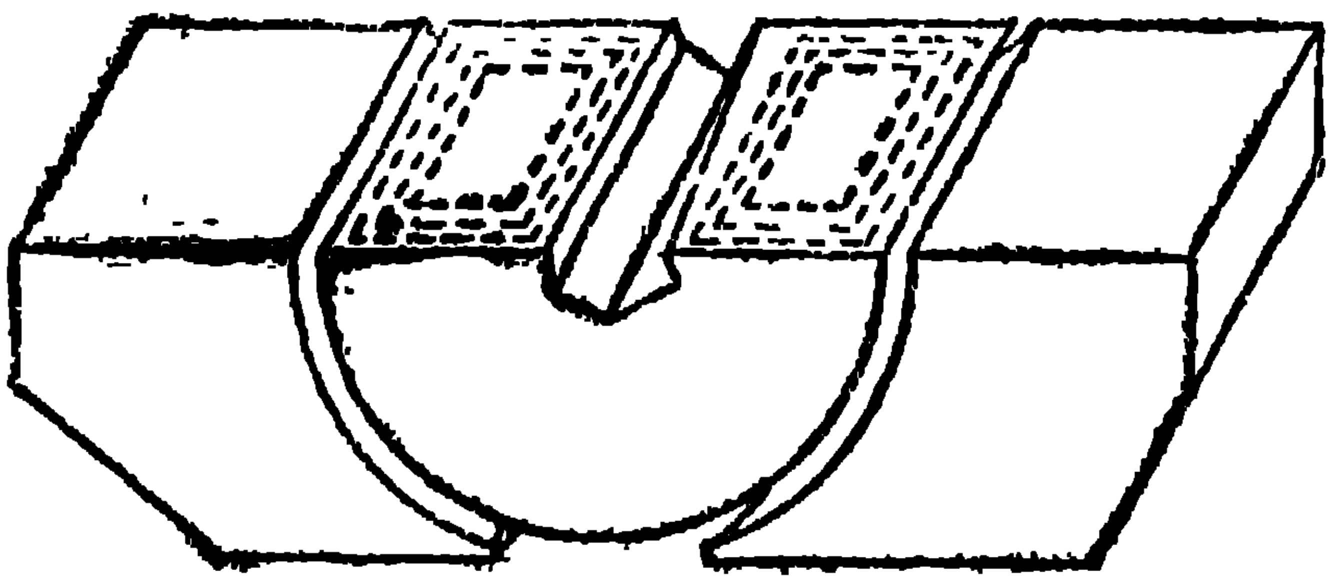
চিত্র—২৮৬-২৮৮

হইতে অন্যত্র চালিত হয় (চিত্র ২৮৩-২৮৫) তজ্জন্য উহাদের মধ্যে এডি-কারেণ্ট উৎপন্ন হয়। এই এডিকারেণ্টের পথ সকল ২৮৬-২৮৮চিত্রে দেখান হইয়াছে। এই এডিকারেণ্টকে কমাইবার নিমিত্ত বাহু ও মেরুখণ্ডকে 'ল্যামিনেটেড' করিতে হয় অর্থাৎ উহাদিগকে একটি নিরেট লৌহখণ্ড

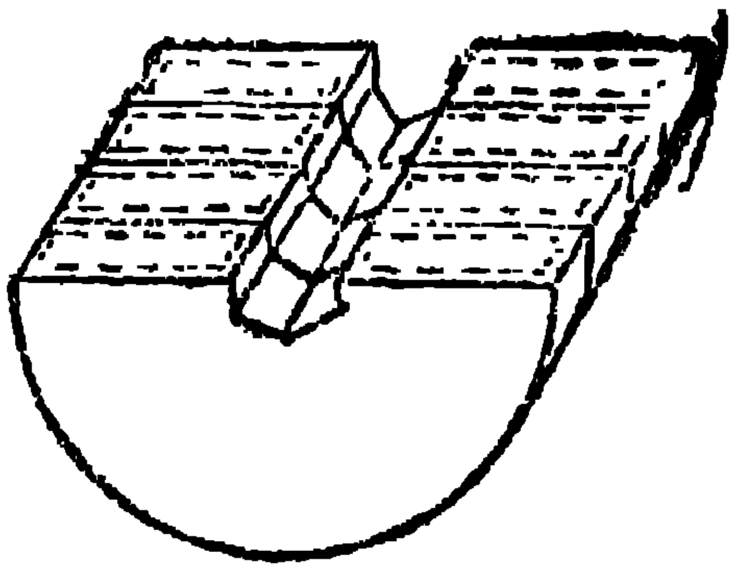
না করিয়া কতকগুলি ইন্‌সুলেটেড লৌহপাতকে একত্র সংযুক্ত করিয়া প্রস্তুত করা হয়, চিত্র ২৮৯। ইহাতে বৈদ্যুতিক পথ সকল সূক্ষ্ম হইয়া যায় বলিয়া এডিকারেণ্টের প্রকোপ অধিক হয় না, অথচ চুম্বক পথেরও কিছু ব্যাঘাৎ ঘটে না। এই জন্য আর্মেচার কোরকেও ল্যামিনেটেড করিতে



চিত্র—২৮৯



চিত্র—২৯০



চিত্র—২৯১

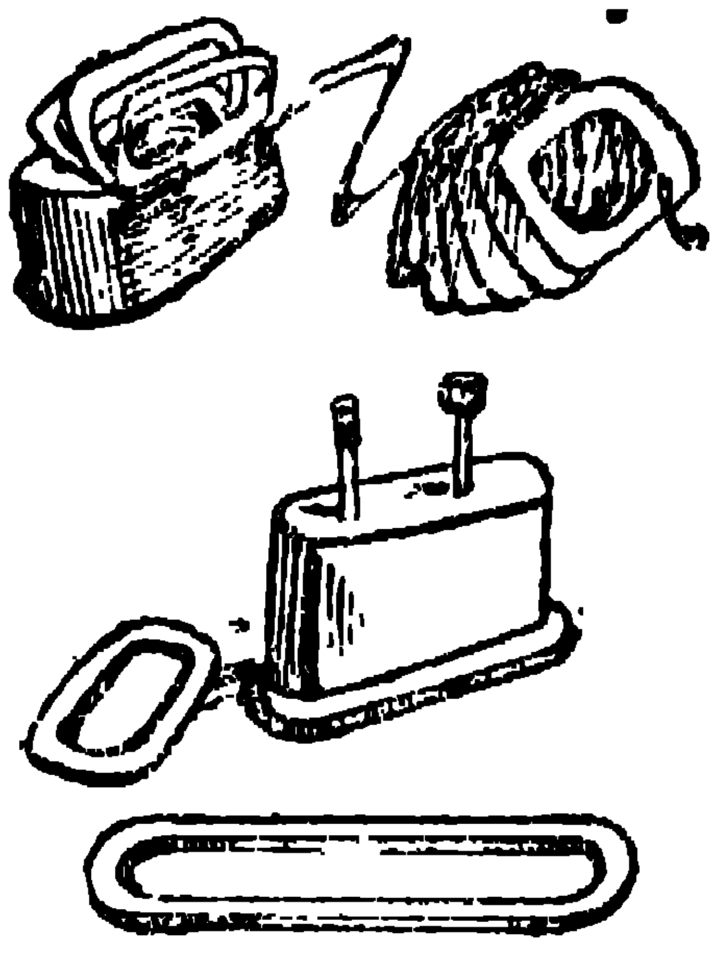
হয়, চিত্র ২৯১। ল্যামিনেটেড বাহুগুলির ফ্রেমের সহিত সংযোগ স্থলে কোনরূপ বায়ুন্তর থাকিলে চুম্বক পথের বাধা অত্যন্ত অধিক হয় বলিয়া ইহাদিগকে ফ্রেমের সহিত 'কাষ্ট ওয়েল্ডিং' (Cast welding) করা হয়।

ল্যামিনেটেড বাহুর অসুবিধা :—বাহুগুলিকে 'ল্যামিনেটেড' করিতে হইলে অর্থাৎ রোধিত লৌহপাত দ্বারা নির্ম্মিত করিতে হইলে উহাদিগকে আর গোল চোঙের মত রাখা চলে না, চতুষ্কোণ হইয়া যায়। সুতরাং, যেহেতু সম বিস্তৃতির জন্য বৃত্ত অপেক্ষা চতুষ্কোণের পরিধি অধিক, ইহার উপর কয়েলের প্রত্যেক পাকটির তার অধিকতর লম্বা হইবে, অতএব কয়েলে অধিক পরিমাণ তার লাগিবে।

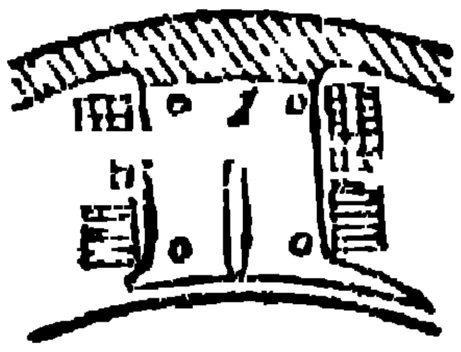
রাজ্যকয়েল (Field Coil) :—ইহা কোন কোন স্থলে ফর্ম্মার উপর জড়াইয়া, পরে ফর্ম্মা হইতে খুলিয়া লইয়া ব্যবহার হয়, অথবা কাঠিমের উপর জড়ান হয় ও ঐ কাঠিম সমেত ব্যবহার হয়। পূর্ব্বোক্তকে Former wound ও শেষোক্তকে Spool wound বলে। এই কয়েল-গুলিকে চুম্বক লোহের বাহুতে বা ইয়োকে গলাইয়া পরাইয়া দেওয়া হয়।

এইভাবে কয়েল নির্ম্মাণে তারকে জড়াইতে খুব সুবিধা হয় এবং কয়েলের কোন দোষ হইলে সহজেই কয়েলটিকে বা কয়েলসমেত কাঠিমকে বাহির করিয়া লইয়া উহা পরীক্ষা করা যায়। এই নিমিত্ত চুম্বক লৌহের গাত্রে তার জড়াইয়া কয়েল প্রস্তুত হয় না। ভাল ইনসুলেটেড তার দিয়া কয়েল প্রস্তুত করিতে হয়, যাহাতে পাশাপাশি দুইটি পাকের সংস্পর্শে বৈদ্যুতিক সংযোগ স্থাপিত না হয় এবং প্রত্যেক স্তরকে অপর স্তর হইতে বিশেষ যত্নের সহিত ইনসুলেট করিতে হয় এবং কম্পাউণ্ড ডায়নামোর সিরিজ কয়েল হইতে সাণ্টকয়েলকে ভালরূপ ইনসুলেসন দ্বারা পৃথক করিতে হয়। এই ইনসুলেসনের নিমিত্ত সচরাচর প্রেসপ্যান (Press-pahn) কাগজ ব্যবহার হয়। অবশেষে চুম্বক লৌহ হইতে কয়েলকে ইনসুলেট করিবার নিমিত্ত কয়েলের বহির্গাত্রে প্রথমে প্রেসপ্যান ও তৎপরে বার্ণিষযুক্ত ফিতা জড়াইতে হয়—অবশ্য, মোটের উপর ইহার দ্বারা সুবিধা অপেক্ষা অসুবিধাই অধিক সৃষ্ট হয়, কারণ ইহাতে কয়েলের মধ্যে উৎপন্ন উত্তাপ নির্গমের অসুবিধা হয়। কয়েলের মধ্যে উৎপন্ন উত্তাপ প্রথমতঃ ক্রমগমন দ্বারা স্তরগুলির মধ্য দিয়া বহির্গাত্রে আসে ও তথা হইতে প্রবাহন ও প্রসারণ দ্বারা নির্গত হইয়া বায়ুতে যায় অথবা চুম্বক লৌহে প্রবেশ করে ও তন্মধ্য দিয়া সহজেই ক্রমগমন দ্বারা পরিচালিত হইয়া যায়। কোন কোন স্থলে বায়ু খেলিয়া কয়েলকে শীতল রাখিবার জন্য উহার মধ্যে মুক্তপথ থাকে। সাণ্ট যন্ত্রের রাজ্য কয়েলের বাধা অধিক হওয়া প্রয়োজন বলিয়া ইহা সরু তার দিয়া প্রস্তুত হয়। সিরিজ যন্ত্রের রাজ্যকয়েলের তারটি মোটা হওয়া দরকার এবং বড় বড় যন্ত্রে তাম্রের ফিতার মত লম্বা সরু ফালি ফ্রেমের উপর ধারের দিকে কয়েলের আকারে বাঁকাইয়া (চিত্র—২৯২) পরে হাতে করিয়া প্রত্যেক পাকটিকে ইনসুলেট করিয়া ব্যবহার করা হয়। কয়েলগুলি পরস্পর পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয়, যাহাতে প্রত্যেকটির মধ্য দিয়া একই প্রবাহ বহে এবং ইহাদিগকে এরূপ

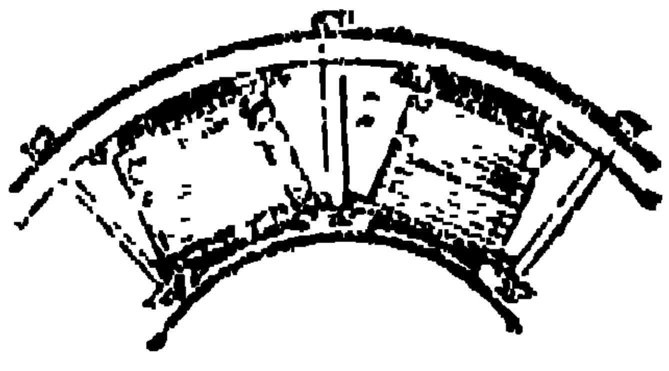
ভাবে সংযোগ করিতে হয় যেন একটি মেরুর পর তাহার বিপরীত মেরু সৃষ্ট হয়, অথচ অবশিষ্ট চুম্বকত্বকে সাহায্য করে অর্থাৎ অবশিষ্ট চুম্বকত্বের মত চুম্বকত্ব সৃজন করে, নচেৎ বিপরীত হইলে চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যাইবে, তখন আর কোনরূপ ভোল্টেজ পাওয়া যাইবে না। চুম্বক বাহুতে যে সকল কয়েল পরান হয় তাহারা মেরু খণ্ডের শৃঙ্গ দ্বারা ধৃত থাকে, আর যদি শৃঙ্গ না থাকে ২০৪ চিত্রে দর্শিত ভাবে আবদ্ধ করিতে হয়। বহিঃসংযোজনের জন্য কয়েলের তারের শেষভাগদ্বয় বাহিরে নিষ্ক্রান্ত করিয়া রাখিতে হয়, এবং অভ্যন্তরস্থ শেষভাগটিকে এরূপভাবে ইনস্থলেট করিয়া বাহির করিয়া আনিতে হয়, যেন উহা উপরিস্থ তারের সহিত সংযোগ হইয়া, সর্ট সারকিট হইয়া না যায়। এই নিমিত্ত সচরাচর শেষভাগদ্বয়ের একটিকে উপরদিক অপরটিকে নিম্নদিক দিয়া বাহির করিতে হয়।



চিত্র—২৯২



চিত্র—২৯৩



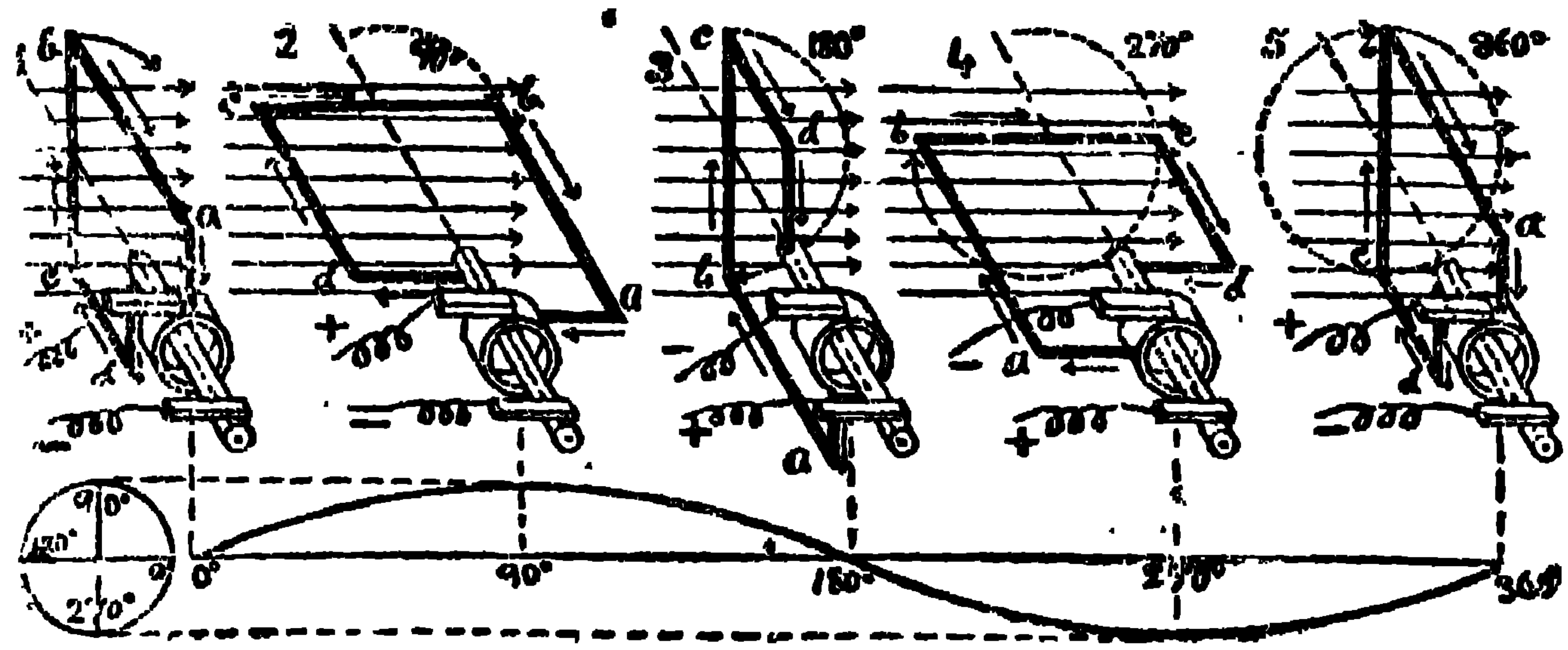
চিত্র—২৯৪

আর্মেচার।

আর্মেচার (Armature:) :—আর্মেচার বলিতে যাহা বুঝায় তাহাকে প্রধানতঃ দুই অংশে বিভক্ত করা যায়—১। লৌহখণ্ড(Iron Core) ২। তদুপরি জড়ান তারের কয়েল (The Coil wound over it)। আর্মেচারের লৌহখণ্ডের আকার তিনপ্রকার—১। বলয় বা রিং (Ring), ২। ঢক্কা বা ড্রাম (Drum) ও ৩। চাকতি বা ডিস্ক (Disc) আকারের।

এখন আর্মেচারের উপর কি কারণে তার কিরূপভাবে জড়ান উচিৎ তাহা বুঝিবার জন্য ২৪৪ চিত্র দ্রষ্টব্য। ইহাতে চুম্বকরাজ্যে কেবলমাত্র একটি ফাঁস ঘুরিতেছে এবং প্রত্যেক পুরা একপাক ঘূর্ণনকালে সর্ব্বত্র বলরেখা ছেদনের হার সমান হয় না। এবং সম্ভাবিত ই, এম, এফ্, এর পরিমাণ বলরেখা ছেদনের হারের অনুপাতে হয় বলিয়া, যেখানে যেরূপ হারে বলরেখা ছেদিত হয় সেখানে অর্থাৎ সেই সময়ে সেই পরিমাণে ভোলটেজ সম্ভাবিত হয়।

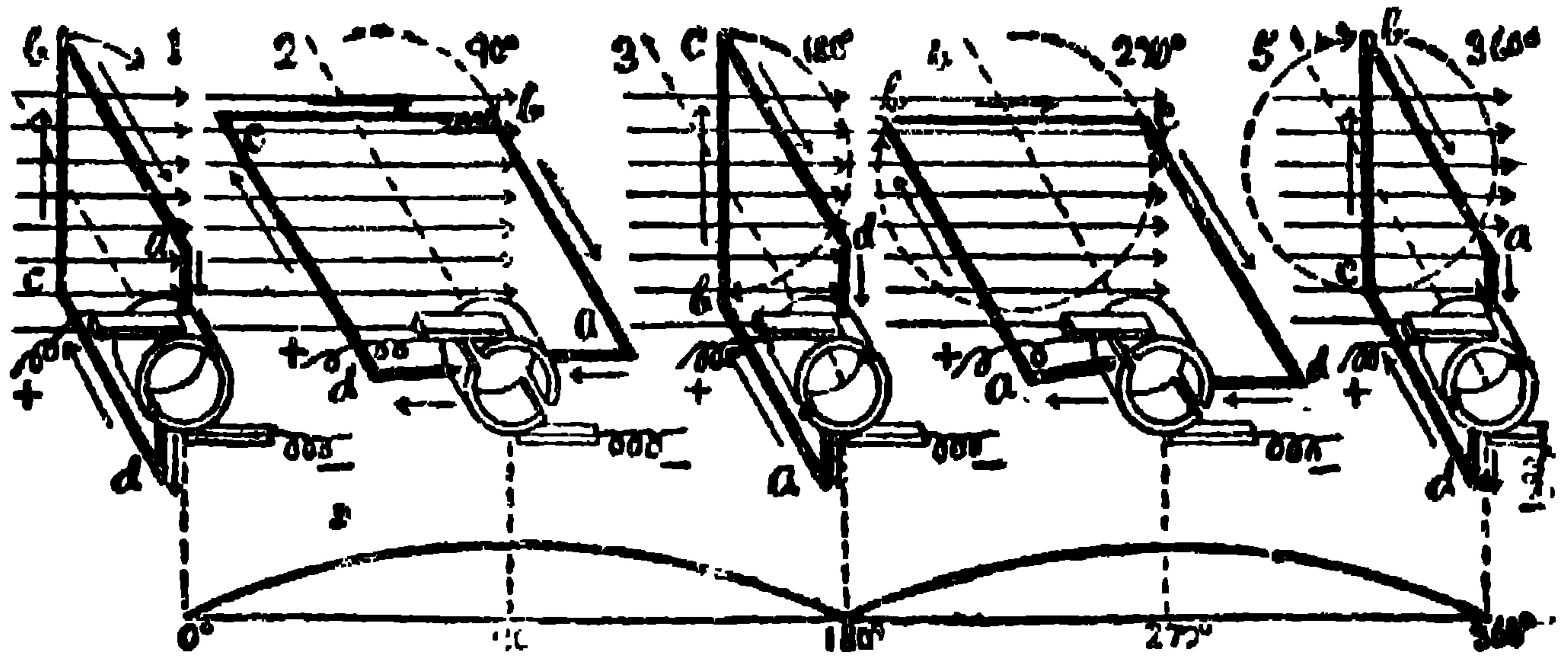
যথা—২৯৫ চিত্রে ফাঁসটি (১) অবস্থা হইতে (২) অবস্থায় আসিবার কালে প্রথম অবস্থায় বলরেখা এক রকম কাটে না বলিলেই চলে, সেইজন্য ঐ সময় কোনরূপ ভোল্টেজ সম্ভাবিত হয় না। পরে ক্রমশঃই অধিক হইতে অধিকতর পরিমাণে বলরেখা কাটিতে থাকে, সুতরাং সম্ভাবিত ভোল্টেজও ঐরূপভাবে ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে, (২) অবস্থার সময়



চিত্র—২৯৫

সর্ব্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে বলরেখা কাটিতে থাকে বলিয়া ঐ সময় সম্ভাবিত ভোল্টেজের পরিমাণ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয়। পরে (২) অবস্থা হইতে (৩) অবস্থায় যাইবার কালে বলরেখা ছেদনের হার ক্রমশঃ কমিয়া যাইতে থাকে, সুতরাং সম্ভাবিত ভোল্টেজও ঐ অনুসারে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণ হইতে ক্রমশঃ কমিয়া যাইতে থাকে ও (৩) অবস্থায় পৌঁছিলে পুনরায় বলরেখা ছেদনের হার শূন্যে পরিণত হয়, সুতরাং সম্ভাবিত ভোল্টেজও ঐ সময় (কমিয়া) শূন্য হইয়া যায়। পরে (৩) অবস্থা হইতে (৪) অবস্থায় যাইবার কালে তারগুলি বিপরীত গতিতে বলরেখা কাটিতে থাকে বলিয়া সম্ভাবিত ভোল্টেজের

দিক বিপরীত হইয়া যায় এবং (১) হইতে (২) অবস্থায় যাইবার ন্যায় প্রথম অবস্থায় বলরেখা ছেদনের হার শূন্য হইতে ক্রমশঃ বাড়িয়া (৪) অবস্থায় সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয় বলিয়া, এই বিপরীত দিকে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজও শূন্য হইতে বাড়িয়া (৪) অবস্থার সময় সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয় ও অবশেষে (৪) অবস্থা হইতে (৫) অবস্থায় আসিবার সময়, পূর্ব্বের (২) হইতে (৩) অবস্থায় আসিবার ন্যায়, বিপরীত দিকে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ অধিক পরিমাণ হইতে কমিয়া (৫) অবস্থায় শূন্যে পরিণত হয়। এখন পূর্ণ একপাক ঘূর্ণন হইল এবং এই সময়ে কিরূপে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ প্রথমাবস্থায় শূন্য হইতে ক্রমশঃ বাড়িয়া সর্ব্বাপেক্ষা গরিষ্ঠ পরিমাণে পৌঁছায় ও তৎপরে ক্রমশঃ কমিয়া পুনরায় শূন্য হয় ও তৎপরে ইহার দিক বিপরীত হইয়া যায় ও এই বিপরীত দিকের সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ পূর্ব্বের ন্যায় প্রথমাবস্থায় ক্রমশঃ বাড়িয়া সর্ব্বাপেক্ষা গরিষ্ঠ পরিমাণ হইয়া তৎপরে ক্রমশঃ কমিয়া পুনরায় শূন্যে পরিণত হয়—তাহা উক্ত চিত্রের নিম্নভাগে গ্রাফ দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। এখন উহাকে আবার ঘুরাইতে থাকিলে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ পুনরায় ঠিক

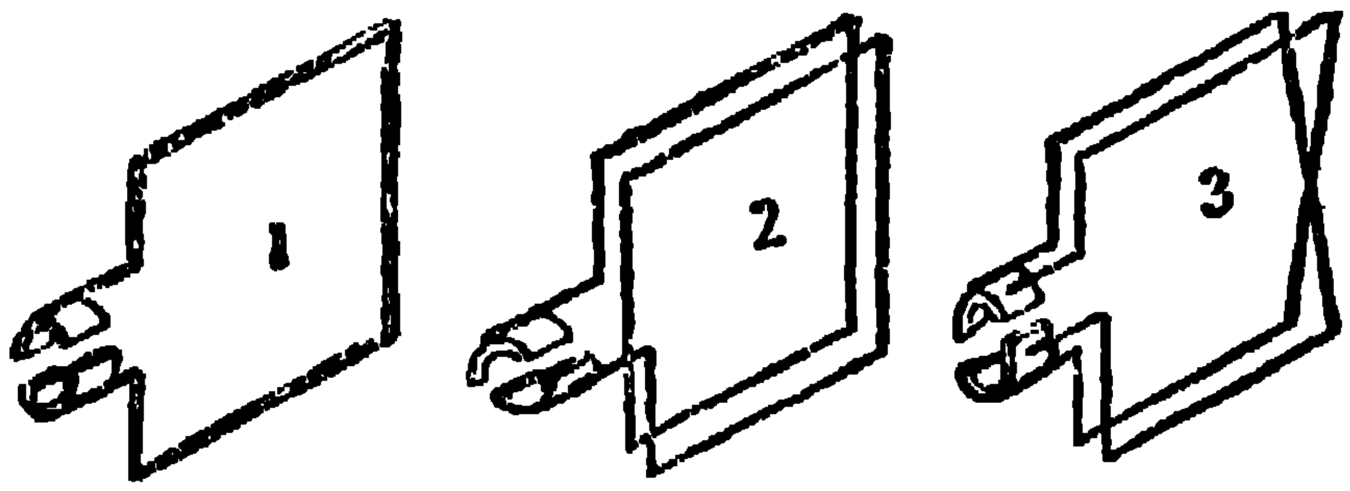


চিত্র—২৯৬

এইভাবেই হইতে থাকিবে। এবং যেহেতু ভোল্‌টেজের অনুপাতে প্রবাহ হয়, সম্পূর্ণ পথ হইলে সম্ভাবিত প্রবাহের পরিমাণও এইভাবে পরিবর্ত্তিত হইবে। সুতরাং তাহাও প্রায় ঠিক এইরূপ গ্রাফ চিত্র দ্বারা নির্দ্দিষ্ট হইবে। ইহাকে 'অলটারনেটিং' বা পরিবর্ত্তনশীল (Alternating) কারেন্ট বলে। গ্রাফচিত্রের এইরূপ রেখাকে সাইন কার্ভ (Sine Curve) বলে। সুতরাং অল্টারনেটিং কারেন্ট ও তাহার ভোল্টেজ সাইনকার্ভ দ্বারা সূচিত হয়। এখন এই (৩) অবস্থা পার হইবার সময় অর্থাৎ সম্ভাবিত ভোল্টেজ ও প্রবাহের দিক বিপরীত হইবার সময় যদি, কমিউটেটারের সাহায্যে, বহির্পথের সহিত

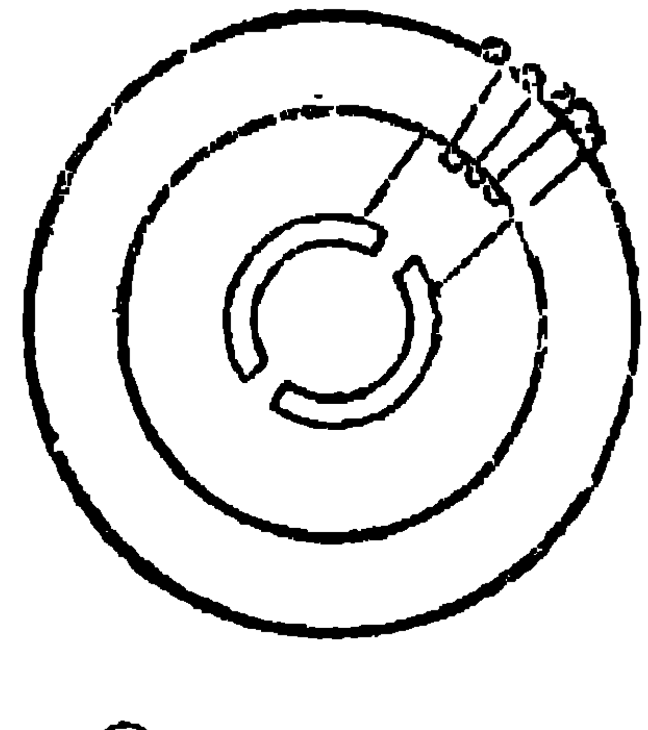
সংযোজনও বদলাইয়া যায়, তাহা হইলে যদিও এই ফাঁসটির (আর্মেচার তার) মধ্যে সম্ভাবিত ভোল্টেজ ও প্রবাহের পরিমাণ ও দিক উল্লিখিত ভাবে পরিবর্ত্তিত হইতে থাকিবে বটে, কিন্তু বহির্পথে উক্তপ্রকারে ভোল্টেজ ও প্রবাহের পরিমাণ বদলাইতে থাকিবে, পরন্তু দিক বদলাইবে না, উহারা সব সময়েই একই দিকে হইবে। সুতরাং এই অবস্থার বহির্পথের ভোল্টেজ ও প্রবাহ ২৯৬ চিত্রের নিম্নভাগে গ্রাফ দ্বারা নির্দ্দিষ্ট হইবে। এখনও কিন্তু এই প্রবাহকে কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট (Continuous Current) বলা চলে না। এরূপ প্রবাহের বিশেষ কোনও নাম নাই, তবে একান্ত কোন নাম দিতে হইলে ইহাকে একই দিকে বহমান স্পন্দনশীল প্রবাহ (Pulsating Current in the same direction) বলা চলে।

এখন কি ভাবে ফাঁসের শেষভাগদ্বয়ে সংযুক্ত কমিউটেটার বা ব্রাসদ্বয়ের মধ্যে সম্ভাবিত ভোল্টেজ বা প্রবাহের পরিমাণ বাড়াইতে পারা যায় দেখা যাউক। ২৯৭—২৯৯চিত্র তিনটি দেখিলে দেখা যাইবে যে ২৯৭ চিত্রে ব্রাসদ্বয়ের মধ্যে যত ভোল্টেজ সম্ভাবিত হইবে



চিত্র—২৯৭-২৯৯

২৯৮তে দুইটি পাক সিরিজে সংযুক্ত থাকা হেতু উহার ব্রাসদ্বয়ের মধ্যে দ্বিগুণ ভোল্টেজ সম্ভাবিত হইবে কিন্তু প্রবাহ সমান থাকিবে, এবং ২৯৯ চিত্রে দুইটি পাক প্যারালালে সংযুক্ত আছে, ইহাতে ব্রাস দুইটির মধ্যে ভোল্টেজ বাড়িবে না, একটি ফাঁসের ন্যায় হইবে, কিন্তু প্রবাহ দ্বিগুণ হইবে। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে সিরিজে সংযুক্ত পাকসংখ্যা বাড়াইলে ঐ পাকসংখ্যা অনুপাতে ভোল্টেজ বাড়িয়া যায়। সুতরাং যদি একটি কয়েল (চিত্র ৩০০) ব্যবহার করা হয়, তাহা হইলে কয়েলের পাক সংখ্যানুপাতে উহাতে সম্ভাবিত ভোল্টেজের পরিমাণ বাড়িয়া যাইবে

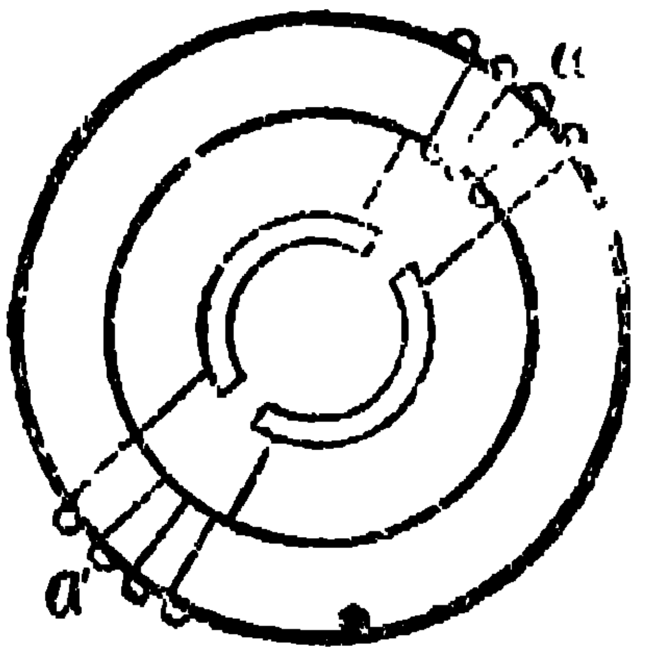


চিত্র—৩০০

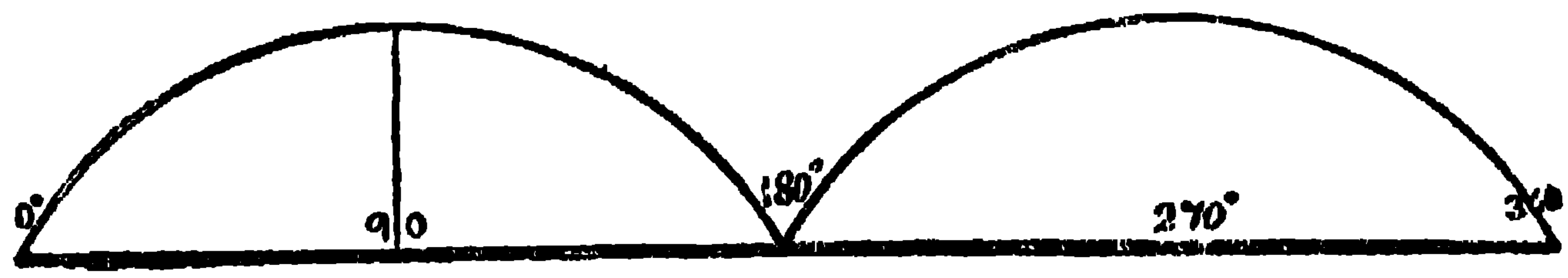
এবং এই কয়েলটি মেরুর সন্নিহিত হইবার সময় বলরেখা ছেদনের হার সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয় বলিয়া ঐ সময় গরিষ্ঠ পরিমাণ ভোল্‌টেজ সম্ভাবিত হয় এবং প্রত্যেক বার ঘূর্ণনে, দ্বি-মেরু যন্ত্রে, উহা একবার N মেরু ও অর্দ্ধেক পাক ঘুরিয়া S মেরুর সন্নিহিত হয় বলিয়া, এই দুই সময় সম্ভাবিত ভোল্‌টেজের পরিমাণ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয়, সুতরাং ইহার ভোল্‌টেজের গ্রাফ

চিত্র—৩০১

পূর্ব্বের ন্যায় একবার ঘূর্ণনে দুইবার স্পন্দনশীল হইবে, চিত্র ৩০১। এখন যদি এই কয়েলের ঠিক বিপরীত দিকে অর্থাৎ ১৮০° ব্যবধানে ঐরূপ আর একটি কয়েল স্থাপিত হয় তাহা হইলে এক একটি কয়েল এক একটি মেরুর অধীন হইবে, সুতরাং যুগপৎ উভয় কয়েলেই সম পরিমাণ ভোল্‌টেজ সম্ভাবিত হইবে। এখন উহাদিগকে পরস্পরের সহিত এরূপ ভাবে সংযুক্ত করা যাইতে পারে যে উহাদের অবশিষ্ট শেষ ভাগদ্বয় কমিউটেটারের সহিত সংলগ্ন হইয়া ব্রাসদ্বয়ের মধ্যে কয়েলদ্বয়ের সম্ভাবিত কারেন্টের সমষ্টি কারেন্ট উৎপন্ন করিবে, ৩০২ চিত্র, অর্থাৎ দ্বিগুণ কারেন্ট সৃষ্ট হইবে, কিন্তু স্পন্দনসংখ্যা প্রতি ঘূর্ণনে দুইবার হইবে।



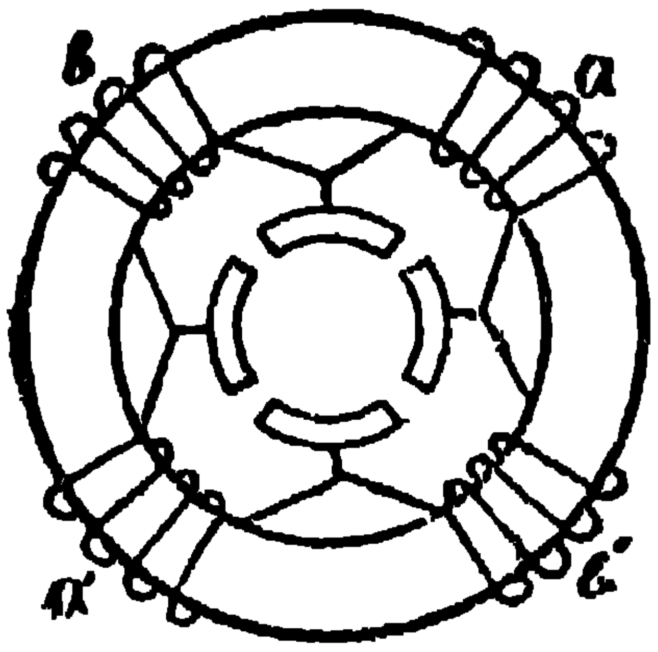
চিত্র—৩০২



চিত্র—৩০৩

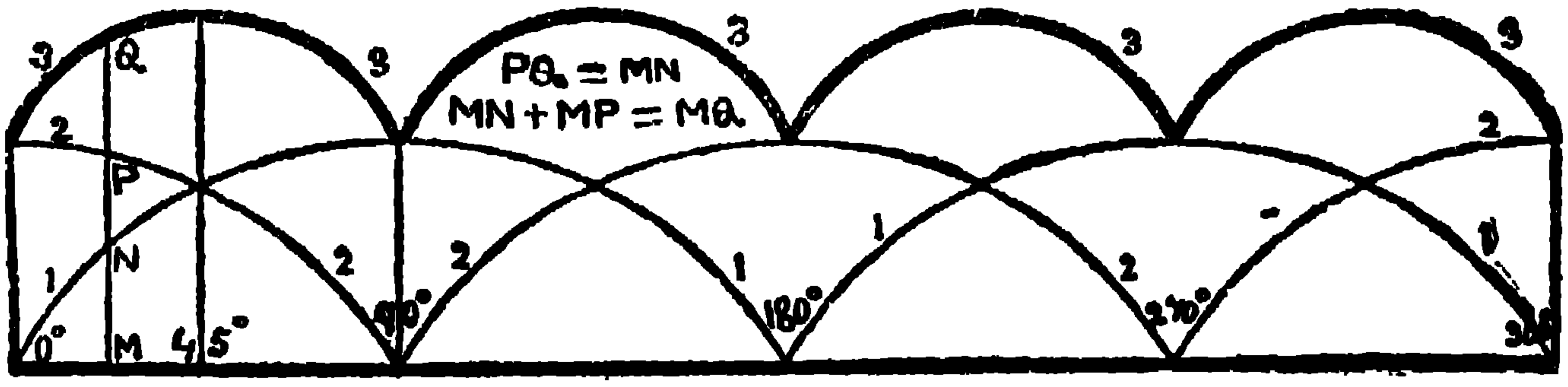
অতএব দেখা যাইতেছে যে বিপরীত দিকে অবস্থিত একজোড়া কয়েল দ্বারা

কারেণ্টের পরিমান বৃদ্ধি পায়, কিন্তু স্পন্দন প্রতি ঘূর্ণনে দুইবার হয়, চিত্র ৩০৩। এখন যদি সমান দূরস্থিত এইরূপ আরও একজোড়া কয়েল অর্থাৎ মোট চারিটি কয়েল লওয়া হয় (চিত্র ৩০৪), তাহা হইলে প্রত্যেক ঘূর্ণনে



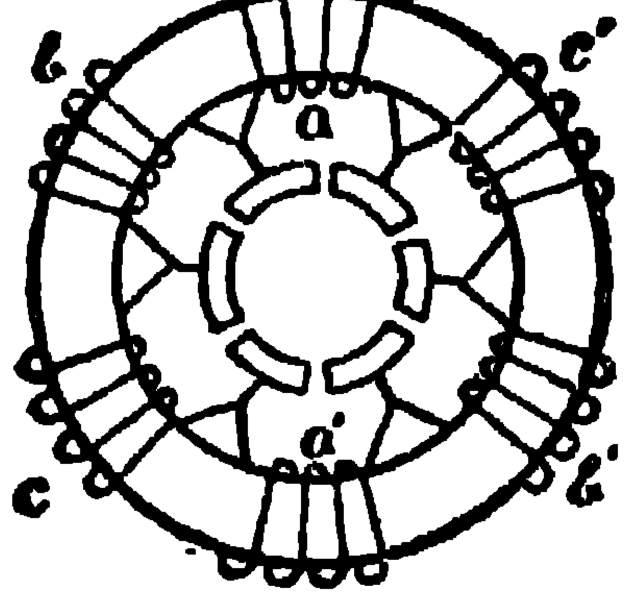
চিত্র—৩০৪

প্রতিজোড়া কয়েলে দুইবার করিয়া স্পন্দন হইবে, অর্থাৎ দুইজোড়া কয়েলে মোট ৪ বার স্পন্দন হইবে। স্পন্দন সংখ্যা যত বাড়িতে থাকে, স্পন্দনের সীমা ততই কমিয়া যায় ও মোট ভোল্‌টেজের গ্রাফরেখা সরল রেখার ন্যায় হইতে থাকে। ইহা ৩০৫ চিত্রে গ্রাফদ্বারা দর্শিত হইয়াছে। ১ চিহ্নিত রেখাটি A, A´ কয়েলের ভোল্‌টেজ রেখা ও ২ চিহ্নিত রেখাটি B, B´



চিত্র—৩০৫

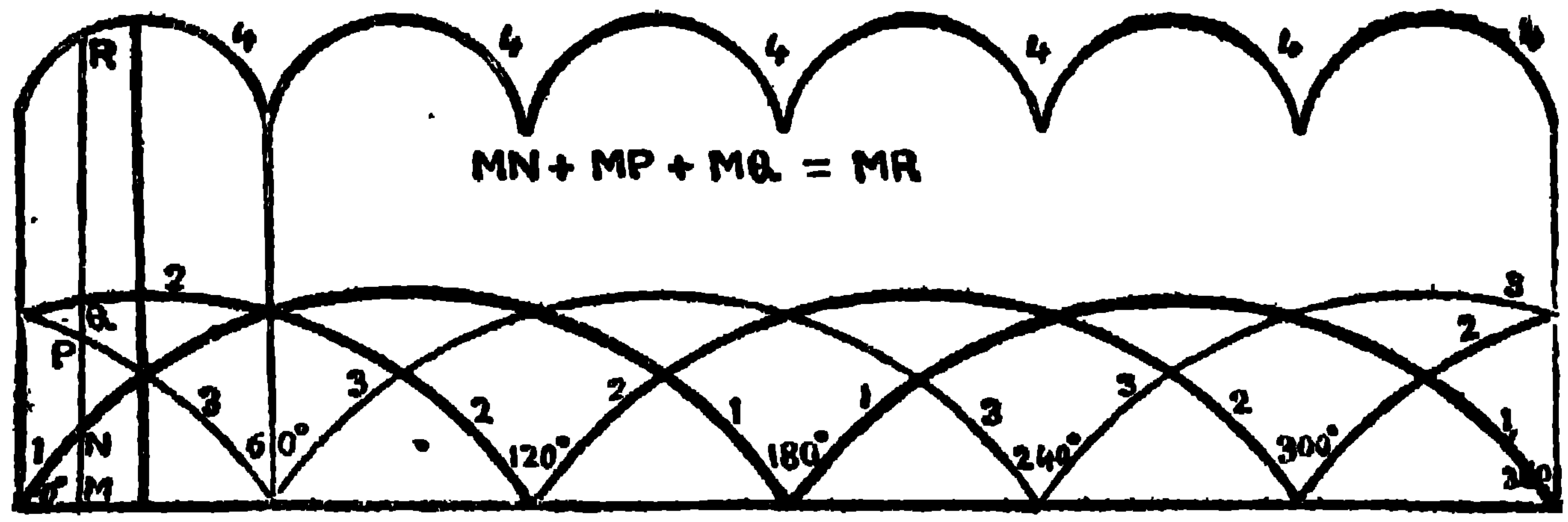
কয়েলের ভোল্‌টেজ রেখা, সুতরাং কোন সময়ের ভোল্‌টেজ উহাদের মধ্যে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজের সমষ্টি, যথা O M সময়ের ভোল্‌টেজ—A ও A´ কয়েল হেতু P M+B ও B´ কয়েল হেতু N M—Q M (P হইতে M N এর সহিত সমান করিয়া মাপিয়া Q বিন্দুটি পাওয়া যায়)। এইরূপ ভাবে মোট ভোল্‌টেজ গুলি বাহির করিলে চিত্রে (৩) চিহ্নিত রেখাটি পাওয়া যায়। ইহা হইতে দেখা যাইতেছে যে,



চিত্র—৩০৬

প্রতি ঘূর্ণনে ৪ বার স্পন্দন হয় এবং স্পন্দনের সীমা অল্প হয়। ঠিক এইরূপে

যদি তিন জোড়া বা ৬টি কয়েল লওয়া হয়, চিত্র৩০৬, তাহা হইলে ৩০৭চিত্র অনুযায়ী (১) চিহ্নিত রেখা A ও A′এর, (২) চিহ্নিত রেখা B ও B′ এর এবং (৩) চিহ্নিত রেখা C ও C′এর ভোল্‌টেজ রেখা। সুতরাং যে কোন সময়ের ভোল্‌টেজ ঐ সময়ের তিনটি ভোল্‌টেজের সমষ্টি, যথা O M সময়ের ভোল্‌টেজ = NM + PM + QM = RM। এইরূপে মোট ভোল্‌টেজ বাহির

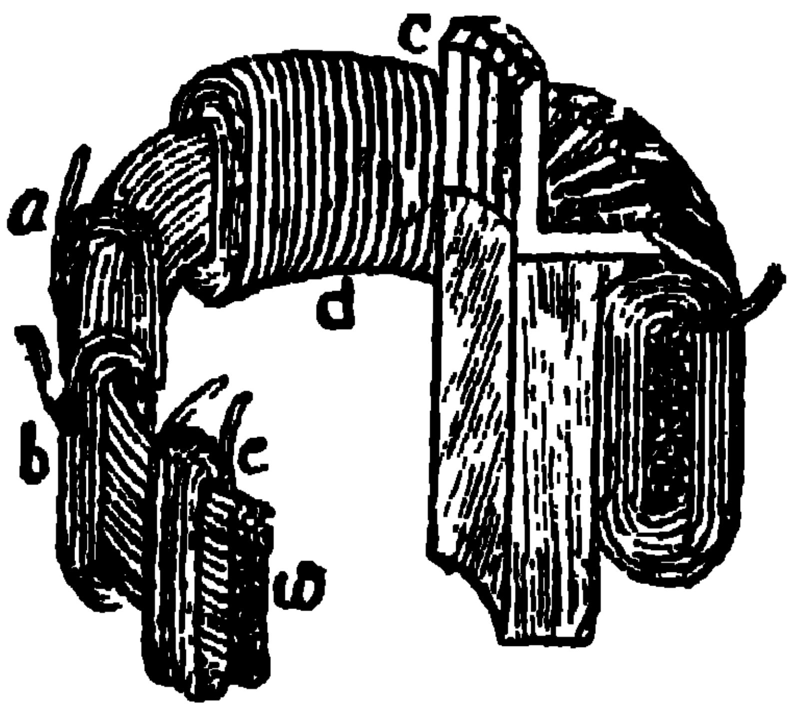


চিত্র—৩০৭

করিতে থাকিলে (৪) চিহ্নিত রেখা পাওয়া যাইবে এবং ইহা হইতে দেখা যাইবে যে প্রতি ঘূর্ণনে স্পন্দন সংখ্যা হয় ৬ ও স্পন্দনের সীমা অপেক্ষাকৃত আরও কমিয়া গিয়াছে। অতএব এইরূপে কয়েল সংখ্যা বাড়াইলে স্পন্দন এত দ্রুত হইবে এবং উহার সীমা এত কমিয়া যাইবে যে মোট ভোল্‌টেজ সবসময়ে পরিমাণে প্রায় একভাব হইবে এবং উহার গ্রাফ প্রায় সরলরেখা হইবে। এইরূপে একইদিকে প্রায় একভাব ভোল্‌টেজ ও তজ্জন্য একভাব প্রবাহ উৎপন্ন হইতে পারে। এইরূপ প্রবাহকে কন্টিনিউয়াস কারেন্ট (Continuous Current) বা সমভাবে একই দিকে বহমান প্রবাহ বলে।

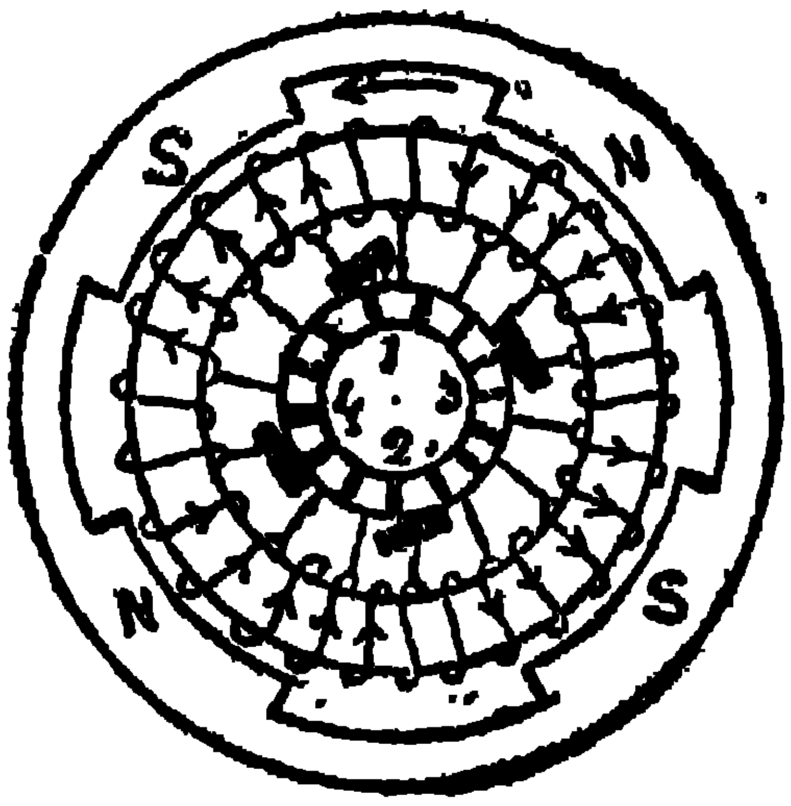
রিং আর্মেচার (Ring Armature) :—ইহা গ্র্যামী (Gramme) কর্তৃক প্রথম প্রস্তুত হইয়াছিল ও আকৃতি বলয়াকার বলিয়া ইহাকে Gramme রিং আর্মেচার বলে। পূর্ব্বকালে ইহার কোর এডিকারেন্ট হ্রাসের জন্য একটি রোধিত লৌহ তারকে জড়াইয়া

কয়েলের আকারে প্রস্তুত হইত, চিত্র ৩০৮, আজকাল কতকগুলি পাতলা বলয়াকার লৌহ পাতের চাকৃতির দ্বারা ইহা গঠিত হয় এবং এডি কারেন্ট হ্রাসের জন্য প্রত্যেক চাকতিদ্বয়ের মধ্যে পাতলা কাগজ দিয়া উহাদিগকে রোধিত করিতে হয়। সচরাচর এ-নীল্‌ড চারকোল লৌহ (Annealed Charcoal iron) হইতে এই পাত প্রস্তুত হয়। রিং আর্মেচারের



চিত্র—৩০৮

কোরের উপর তার জড়াইয়া কয়েল প্রস্তুত করা হয়, এই নিমিত্ত, কোরের বহির্ভাগ দিয়া তার লইয়া গিয়া রিংএর মধ্যস্থলের গর্ত্তের মধ্য দিয়া তারকে চালাইয়া পুনরায় বহির্ভাগ দিয়া, এইভাবে কোরের কোন স্থানের চতুর্দ্দিকে তারকে জড়াইয়া কয়েল প্রস্তুত করিতে হয় এবং এইরূপ একই দিকে জড়ান অনেকগুলি পৃথক পৃথক কয়েল কোরের বিভিন্নস্থানে প্রস্তুত করা হয়। প্রত্যেক কয়েলের শেষভাগদ্বয় কমিউটেটারের দিকে নির্গত করিয়া রাখিয়া সন্নিহিত কয়েলদ্বয়ের সন্নিহিত শেষভাগদ্বয় একসঙ্গে সংযোগ করিয়া ঐ সংযোগস্থল কমিউটেটারের একটি ধাতুখণ্ডের সহিত সংযুক্ত করিতে হয়। এই সংযোগ পদ্ধতি ৩০৯ চিত্র দেখিলে সহজেই বোধগম্য হইবে। এই চিত্রে একটি ৪ মেরু বিশিষ্ট যন্ত্র দর্শিত হইয়াছে—ইহাতে যেরূপ অবস্থায় মেরুগুলি সজ্জিত আছে এবং আর্মে-চারের উপর তীর দ্বারা উহার যেরূপ ঘূর্ণন গতি দর্শিত হইয়াছে, তাহাতে আর্মেচারের কয়েলগুলির মধ্যে তীর দ্বারা দর্শিত দিকে প্রবাহ উৎপন্ন



চিত্র—৩০৯

হইবে। এখন দেখা যাইবে যে উপরিস্থ N ও S মেরুদ্বয়ের সন্নিহিত

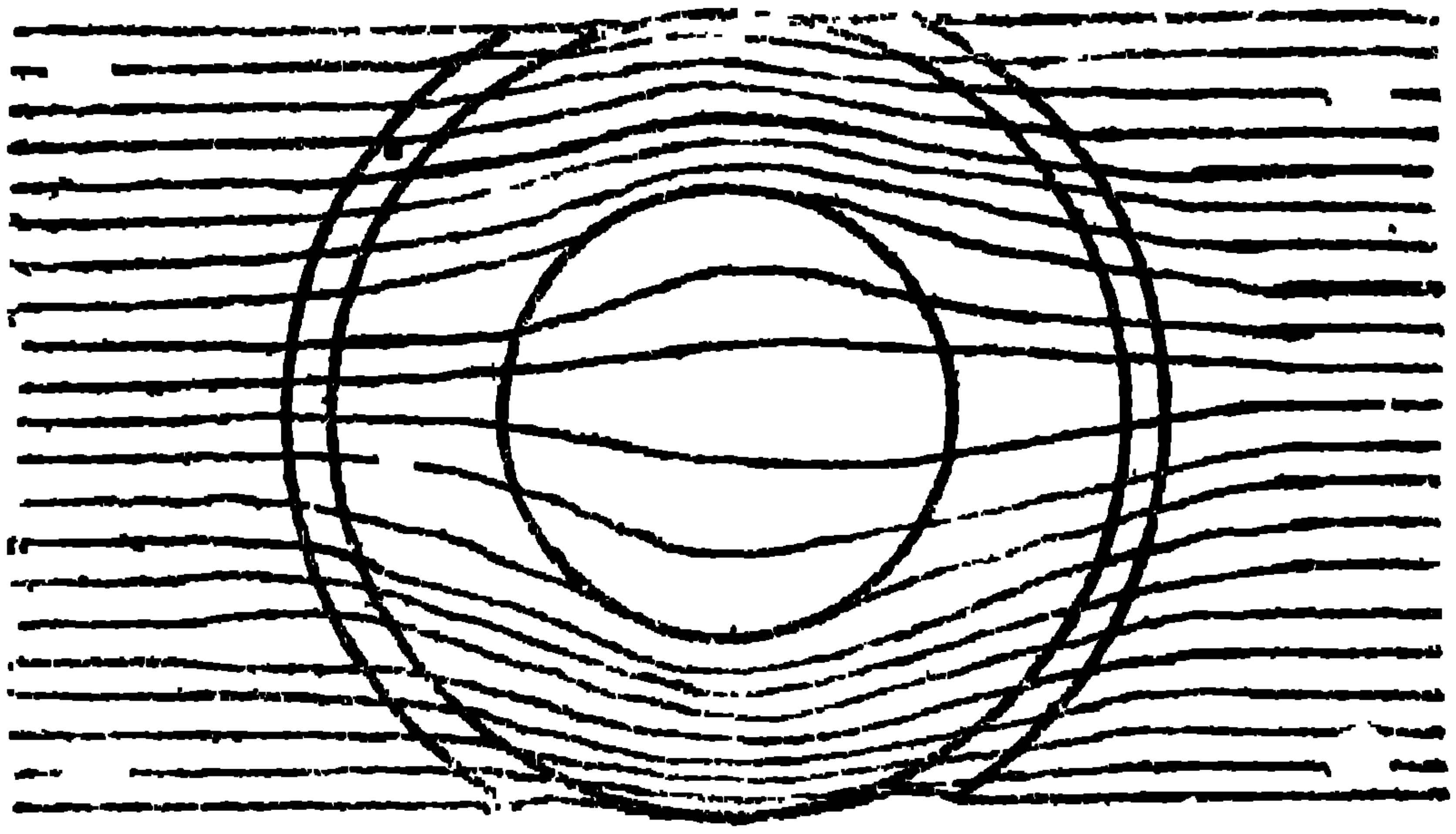
কয়েলের অংশদ্বয়ে বিপরীত দিকে বহমান প্রবাহ সম্ভাবিত হইতেছে এবং এই বিপরীত প্রবাহদ্বয় (1) চিহ্নিত+ব্রাস দিয়া বহির্পথে বহিয়া (3 ও 4) চিহ্নিত–ব্রাসদ্বয় দিয়া আর্মেচার কয়েলের উর্দ্ধ অর্দ্ধাংশে পুনরায় ফিরিয়া আসিতেছে। এবং ঠিক সেই সঙ্গে নিম্নস্থ N ও S মেরুদ্বয়ের সন্নিহিত কয়েলের অংশদ্বয়ে বিপরীত দিকে বহমান প্রবাহ উৎপন্ন হইতেছে ও তাহারা (2) চিহ্নিত+ব্রাস দিয়া বহির্পথে বহিয়া (3 ও 4) চিহ্নিত –ব্রাসদ্বয় দ্বারা আর্মেচার কয়েলের নিম্ন অর্দ্ধাংশে ফিরিয়া আসিতেছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে আর্মেচার কয়েলটি চারি অংশে বিভক্ত হইয়া যাইতেছে, সুতরাং চারিটি ব্রাস প্রয়োজন হইবে এবং ইহাদের এক একটিকে মেরুদ্বয়ের মাঝে এরূপ ভাবে স্থাপিত করিতে হইবে যেন চারি অংশে বিভক্ত আর্মেচার কয়েলের সন্নিহিত অংশদ্বয়ের বিপরীতগামী প্রবাহদ্বয় যে স্থানে আসিয়া মিশিতেছে সেই স্থানগুলি যেন ব্রাস দ্বারা সংযুক্ত হয়, যাহাতে এক একটি ব্রাসের মধ্য দিয়া বিপরীত প্রবাহদ্বয় একত্রে প্রবাহিত হয়। অতএব বহু মেরু যন্ত্রে যতগুলি মেরু আছে ততগুলি ব্রাস প্রয়োজন হয়। ইহাতে আরও দৃষ্ট হইবে যে এই ভাবে তার জড়ান হইলে+ব্রাসদ্বয়ের (1 ও 2 চিহ্নিত) মধ্যে কোনরূপ পোটেনশ্যাল পার্থক্য নাই, সুতরাং উহাদিগকে প্যারালালে সংযোগ করা চলে, অর্থাৎ (2) চিহ্নিত ব্রাসকে (1) চিহ্নিত ব্রাসের সহিত একটি তার দ্বারা সংযোগ করিয়া (1) চিহ্নিত ব্রাসকে বহির্পথের সহিত সংযোগ করা চলে। ইহাতে (2) চিহ্নিত ব্রাসকে আর ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় না, কেবলমাত্র ঐ (1) চিহ্নিত একটি ব্রাস থাকিলেই চলিবে। ঠিক সেইরূপ (3 ও 4) চিহ্নিত ব্রাসদ্বয়ের মধ্যে কোনরূপ পোটেনশ্যাল পার্থক্য না থাকা হেতু, বহির্পথের সহিত সংযোগের জন্য দুইটির পরিবর্ত্তে যে কোন একটিকে ব্যবহার করা চলে, অর্থাৎ (4) চিহ্নিত ব্রাসকে ব্যবহার না করিয়া উহাকে (3) চিহ্নিত ব্রাসের সহিত একটী তার দ্বারা সংযুক্ত রাখিয়া কেবলমাত্র (3) চিহ্নিত ব্রাসকে

ব্যবহার করা চলে। এইরূপ (1, 2) ও (3, 4) ব্রাস চারিটির পরিবর্ত্তে কেবলমাত্র (1 ও 3) ব্রাসদ্বয়কে বহির্পথের সহিত সংযোগ করিবার জন্য ব্যবহার করা যাইতে পারে। আর্মেচার কয়েল যদি জোড়সংখ্যক অংশে বিভক্ত হয়, অর্থাৎ যদি আর্মেচারে জোড়সংখ্যক কয়েল থাকে, তাহা হইলে কমিউটেটারেরও জোড়সংখ্যক পরিচালক খণ্ড থাকিবে। অতএব প্রত্যেক পরিচালক খণ্ডের ঠিক বিপরীত দিকে আর একটি করিয়া পরিচালক খণ্ড পাওয়া যাইবে এবং যেহেতু এই পরিচালক খণ্ডদ্বয়ের মধ্যে কোনরূপ পোটেনস্যাল পার্থক্য হয় না,উহাদিগকে আড়াআড়িভাবে একটি করিয়া তার দিয়া সংযুক্ত করিয়া রাখিলে অর্দ্ধেক সংখ্যক ব্রাস ব্যবহার করিলেই চলিবে। এরূপ আর্মেচারকে ক্রস্-কানেক্টেড(Cross Connected)আর্মেচার বলে।

৩০৮ চিত্র কয়েল বিশিষ্ট তার নির্ম্মিত রিং-আর্মেচারের ছেদ দৃশ্য। W আর্মেচার কোরের ছেদিত রোধিত তারের দৃশ্য, a, b, c, d. আর্মে-চারের উপর জড়ান কয়েল সকল। সহজে বুঝিবার জন্য a, b, c, এর নিকট হইতে কতকগুলি কয়েল খুলিয়া লওয়া হইয়াছে। C কমিউ-টেটারের পরিচালকখণ্ড, ইহার প্রতি কোয়ায় পার্শ্ববর্ত্তী দুইটী কয়েলের সন্নিহিত শেষভাগদ্বয় সংযুক্ত হইয়াছে। আধুনিক বলয়াকার চাকতি নির্ম্মিত রিং আর্মেচারে তার জড়ান হয় এবং পাশাপাশি দুইটী তারের শেষ-ভাগদ্বয় একত্রে কমিউটেটারের একটি ধাতুখণ্ড বা কোয়ার সহিত ঝালিয়া উহার সহিত সংযুক্ত হয়।

রিং আর্মেচারের মধ্যে বলরেখার অবস্থা (চিত্র ৩১০) দেখিলে দেখা যাইবে যে প্রায় সমস্ত বলরেখাই লৌহখণ্ডের মধ্য দিয়া যায়, অতি অল্প সংখ্যক বলরেখা লৌহখণ্ডকে পার হইয়া বলয়ের মধ্যস্থলের বায়ুর মধ্য দিয়া যায়। সুতরাং আর্মেচার কোয়ের অভ্যন্তরস্থ তারগুলি বলরেখা একরূপ কাটেই না বলিলেই চলে। সুতরাং এই অংশগুলিতে কোনরূপ ভোল্টেজ সম্ভাবিত হয় না। এইজন্য ইহাদিগকে মৃত তার বা 'ডেড্ অয়ার' (Dead

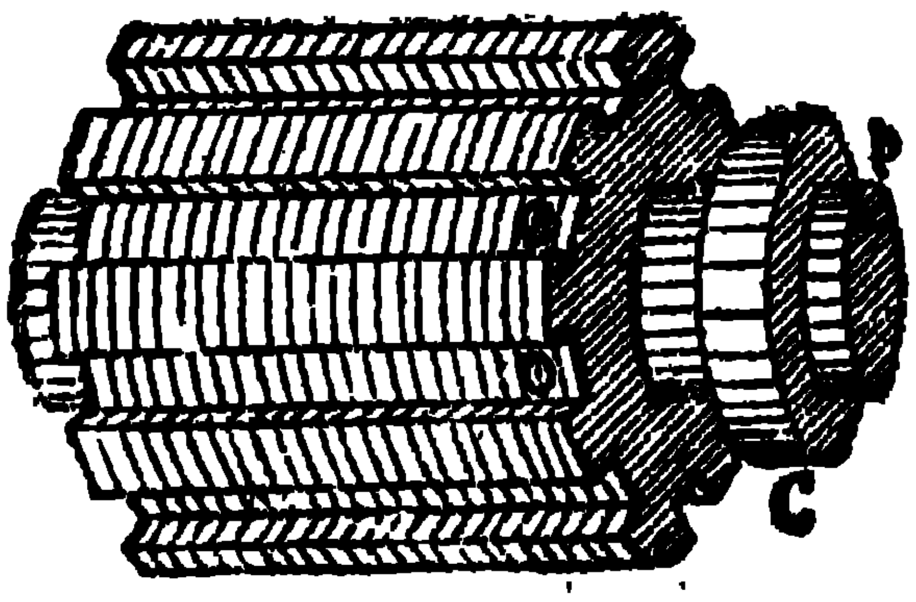
Wire) বলে। অথচ এইরূপ আর্মেচারে ইহাদিগের ব্যতিরেকে বৈদ্যুতিক



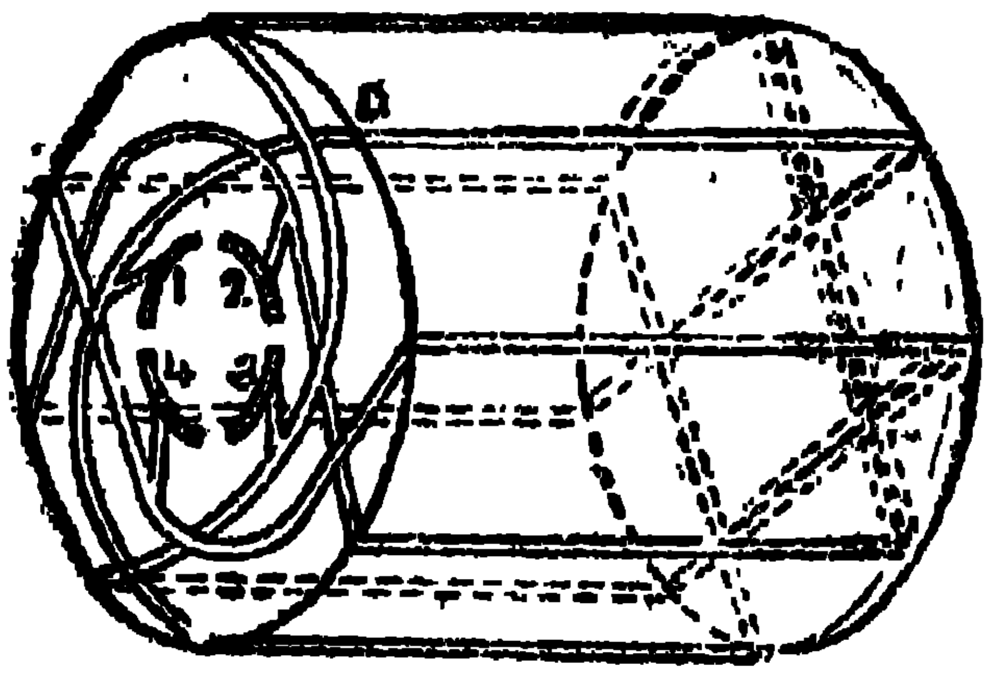
চিত্র—৩১০

পথ সম্পূর্ণ হয় না। অতএব দেখা যায়, রিং আর্মেচারে নিস্ফল তার অনেক লাগিয়া যায়—ইহাই রিং আর্মেচারের দোষ।

ড্রাম আর্মেচার (Drum Armature) :—ইহার অবয়ব ৩১১ ও ৩১২ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে লৌহকোরের উপর দিক দিয়া অর্থাৎ বহির্গাত্রের উপর দিয়া তার জড়াইয়া কয়েল প্রস্তুত করিতে হয়। অতএব ইহাতে লৌহকোরের অভ্যন্তর দিয়া কোন তার নাই,



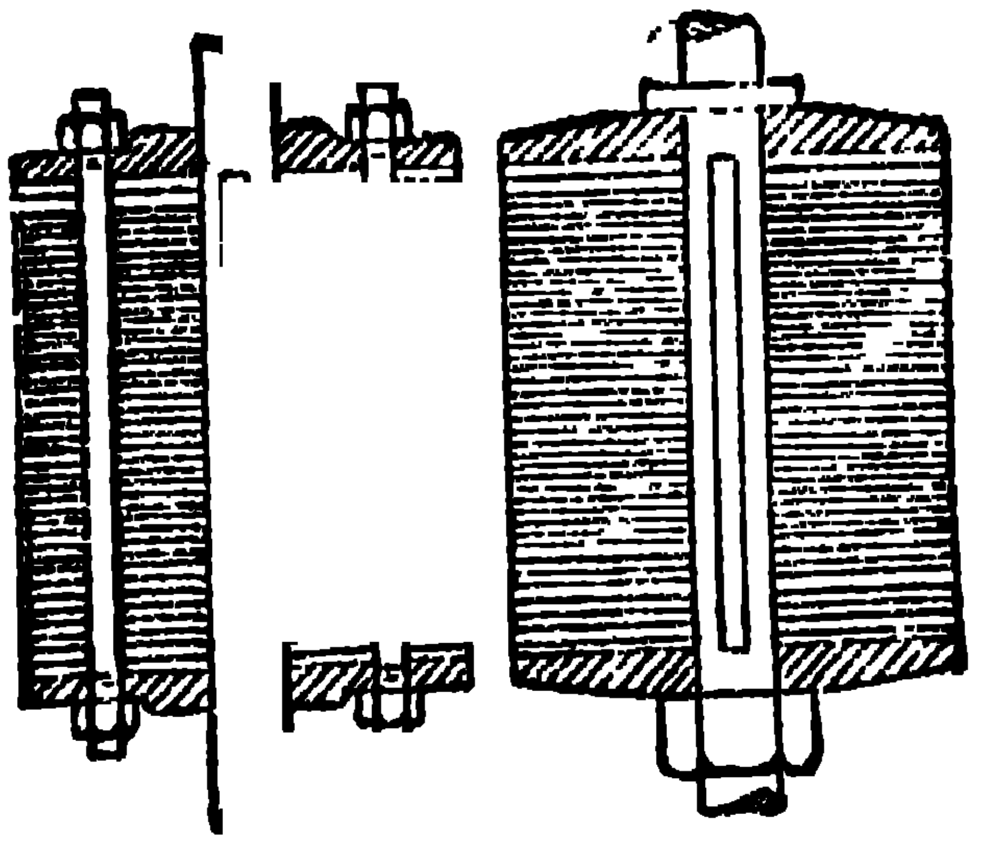
চিত্র—৩১১



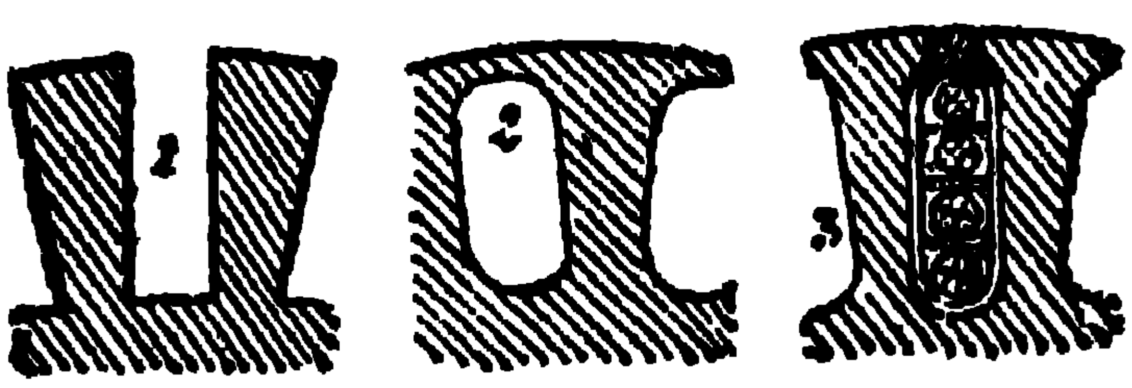
চিত্র—৩১২

সকল ফাঁস বা কয়েলগুলিই লৌহের উপর বা বহির্গাত্রে আছে, চিত্র ৩১২। সুতরাং সমস্তগুলিতেই ভোল্টেজ সম্ভাবিত হইবে। অবশ্য আড়দিকে তারের যে অংশগুলি থাকে তাহাতে কোনরূপ আর্মেচারেই ভোল্টেজ

সম্ভাবিত হয় না, উহারা কেবল মাত্র বৈদ্যুতিক পথের সংলগ্নতা রাখে। যাহাতে কয়েলগুলি স্ব স্ব স্থানে ঠিক ভাবে থাকে, তজ্জন্য কোন কোন আর্মেচার কোরের শেষভাগদ্বয়ে কীলক দ্বারা আটকাইবার ব্যবস্থা থাকে, কোথাও কোরের উপর লম্বালম্বি খাঁজ কাটা থাকে, চিত্র ৩১১। ঐ খাঁজের মধ্যে তার জড়াইতে হয়। এডিকারেণ্ট হ্রাস করিবার নিমিত্ত আধুনিক রিং আর্মেচারের ন্যায় ড্রাম আর্মেচার (কাগজ ব্যবহিত) পাতলা পাতলা লৌহচাকতি দ্বারা (চিত্র ৩১৩-৩১৪) গঠিত হয় বলিয়া চাকতিগুলির ধারে খাঁজ কাটা হয়, অর্থাৎ দাঁত বিশিষ্ট চাকতিগুলি ঠিক ভাবে সাজাইলে কোরের উপর এই খাঁজ আপনা হইতেই উৎপন্ন হইবে। এই খাঁজ তিন প্রকার হয়, খোলা খাঁজ (Open slot) চিত্র ৩১৫, বদ্ধ খাঁজ (closed slot) চিত্র ৩১৬, ও প্রায় বদ্ধ খাঁজ, চিত্র ৩১৭, ইহার মুখটি এত অপ্রশস্ত যে কেবলমাত্র অল্প সংখ্যক তার গলিতে পারে। কীলক বিশিষ্ট কোরকে বন্ধুর বা 'মৃদু' (Smooth) আর্মেচার এবং খাঁজ বিশিষ্টকে দাঁত বিশিষ্ট (Toothed or Grooved) আর্মেচার বলে। দাঁতবিশিষ্ট আর্মেচারের অসুবিধা এই যে দাঁতগুলির মধ্যে ব্যবধান অধিক হইলে মেরু খণ্ডে সর্ব্বত্র বলরেখা সমভাবে চারাইয়া পড়ে না, যথা ৩১৮ চিত্রে A স্থানে বলরেখা নাই বলিলেই হয়, অথচ উহার দুইপার্শ্বে বলরেখা আছে,—সুতরাং ঘূর্ণনকালে মেরুখণ্ডে এডি কারেণ্ট সম্ভাবিত হয়। সেই নিমিত্ত এরূপভাবের দাঁত কাটিতে হয় যে, যে কোন



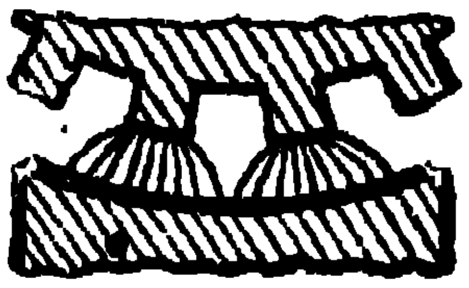
চিত্র—৩১৩ ও ৩১৪



চিত্র—৩১৫-৩১৭

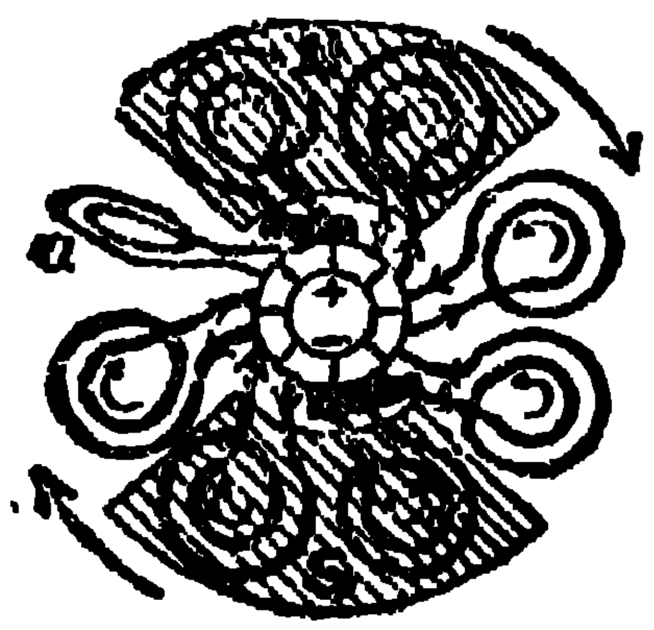
দাঁতদ্বয়ের শেষভাগের ব্যবধান যেন দাঁত হইতে মেরুখণ্ডের ব্যবধানের ২—২½ গুণের অধিক না হয়। তাহা হইলে মেরু খণ্ডের সর্ব্বত্র বলরেখা প্রায় সমভাবে চারাইয়া পড়ে (চিত্র ৩১৯) ও এডিকারেণ্ট হইবার সম্ভাবনা থাকে না।

চিত্র—৩১৮



চিত্র—৩১৯

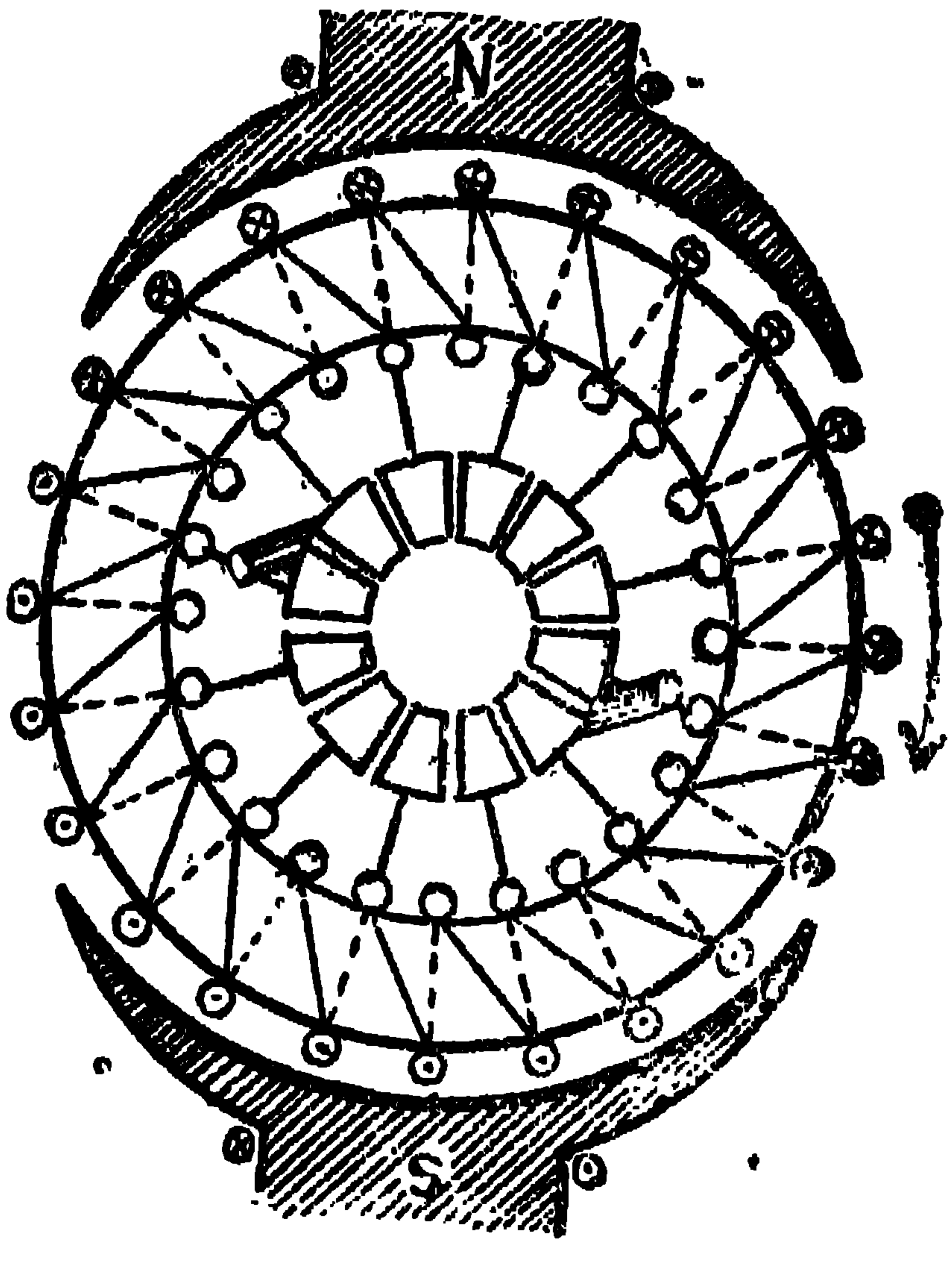
ডিস্ক আর্মেচার (Disc Armature):—ইহার ব্যবহার প্রায় দৃষ্ট হয় না। এডিকারেণ্ট ও হিষ্টেরেসিস হেতু অপচয় রোধ ইহার উদ্দেশ্য। ইহার কয়েলগুলি সব সময় বলরেখাগুলিতে লম্বভাবে থাকে অর্থাৎ কয়েলের এক্সিস বা মেরু বলরেখার সহিত সমান্তরাল। অর্থাৎ রিং আর্মেচারের কয়েলগুলিকে ৯০° ঘুরাইয়া দিলে যেরূপ হয়, ইহার কয়েলগুলি সেই অবস্থায় থাকে, চিত্র ৩২০। এই চিত্রে a কয়েল দ্বারা রিং আর্মেচারের একটি কয়েলের অবস্থা দর্শিত হইয়াছে। কয়েলগুলিকে এরূপ অবস্থায় স্বস্থানে আবদ্ধ রাখা ও তাহাদিগকে কমিউটেটার ও পরস্পরের সহিত সংযোগ করা দুঃসাধ্য বলিয়া ইহা ব্যবহার হয় না।



চিত্র—৩২০

পঞ্চদশ পরিচয়।

আর্মেচারে তার জড়াইবার পদ্ধতি (Arm ture winding) :—ইচ্ছানুযায়ী ফল পাইবার জন্য আর্মেচারের তারগুলিকে ঠিকভাবে সংযোগ করা দ্বি-মেরু যন্ত্রের রিং আর্মেচার বা বহুমেরু যন্ত্রের রিং আর্মেচারের প্যারালাল সংযোগ সহজ কার্য্য, তাহা ৩০৯ ও ৩২১ চিত্র দেখিলেই বুঝিতে পারা যাইবে। কিন্তু ড্রাম আর্মেচারের পক্ষে বা বহুমেরু যন্ত্রের রিং আর্মেচারের সিরিজ সং-যোজনের পক্ষে ইহা কিছু শক্ত, বিশেষতঃ যদি যন্ত্রটি বহুমেরু বিশিষ্ট হয়।



চিত্র—৩২১

আর্মেচারের কয়েল সংখ্যা অধিক হইলে এই সংযোজন ক্রিয়া আরও কঠিন হইয়া দাঁড়ায়, সেই নিমিত্ত বড় বড় যন্ত্রের পক্ষে সংযোজনের উপদেশ তালিকাকারে দেওয়া থাকে।

এই তালিকাতে F দ্বারা ফ্রণ্ট (Front) বা সম্মুখের তার অর্থাৎ কমিউটেটারের নিকটবর্ত্তী তার, B দ্বারা (Back) বা পশ্চাতের তার অর্থাৎ কমিউটেটার হইতে বিপরীত দিকের তারকে এবং U ও D দ্বারা যথাক্রমে উপর (Up) ও নিম্ন (Down) দিক বুঝায়।

আর্মেচারে তার বেষ্টন পদ্ধতির বিভিন্ন দৃশ্য, যথা—১। এণ্ডভিউ (End view), ২। র‍্যাডিয়্যাল (Radial) ও ৩। ডেভালাপ্‌ড (Developed) চিত্র বা 'ডায়াগ্রাম' (Diagram)। যে স্থলে যেরূপ চিত্রদ্বারা আর্মেচারকে বুঝান সুবিধা হইয়াছে, সে স্থলে সেরূপ ভাবে ইহা চিত্রিত হইয়াছে।

১। এণ্ডভিউ চিত্রে আর্মেচারকে এক শেষভাগ হইতে, সুবিধার জন্য কমিউটেটার শেষভাগ হইতে, যেরূপ দেখায় সেইভাবে উহাকে চিত্রিত করা ইহাতে সম্মুখের তারগুলিকে টানা রেখা ও পশ্চাতের তারগুলিকে ছিন্ন রেখা দ্বারা দর্শিত হয়। ২। র‍্যাডিয়াল চিত্রে আর্মেচারের শেষভাগের সংযোজক তারগুলি বক্ররেখা দ্বারা সূচিত হয়—তন্মধ্যে কমিউটেটারের দিকস্থ তারগুলিকে আর্মেচার পরিধির মধ্যে ও উহার বিপরীত দিকের অর্থাৎ আর্মেচারের পশ্চাৎদিকের তারগুলিকে ঐ পরিধির বাহিরে দেখান হয়, যাহাতে সহজে 'সারকিট' বা বৈদ্যুতিক পথ অনুসরণ করা যায় ও তার অগ্রসরবর্ত্তী হইতেছে, কি পশ্চাদ্বর্ত্তী হইতেছে, নিরূপণ করা যায়। ৩। ডেভালাপ্‌ড চিত্রে আর্মেচারকে লম্বাদিকে একস্থানে চিরিয়া সমতলে বিস্তৃত করিলে যেরূপ দেখায় সেইভাবে ইহা চিত্রিত হয়। ৩২২, ৩২৮ ও ৩৩২ চিত্র দেখিলে ইহাদিগের মধ্যে পার্থক্য সহজে বুঝিতে পারা যাইবে।

সংযোজনের পিচ (Pitch) :—এখন সংযোজন সম্পর্কে 'পিচ' বলিতে কি বুঝায় তাহা বুঝিতে হইবে। আর্মেচারের উপর তারকে সমান ও সম্পূর্ণ ভাবে জড়াইতে হইলে উহার শেষভাগে একটি খাঁজের বা স্থানের তারকে অপর একটি খাঁজে বা স্থানে লইয়া যাইতে হয়। এই একটি খাঁজ হইতে অপর খাঁজের যত ব্যবধান তাহাকে পিচ বলে। সম্মুখ শেষভাগের অর্থাৎ কমিউটেটার শেষভাগের পিচকে ফ্রণ্ট পিচ (Front Pitch) ও পশ্চাদ্দিকের পিচকে ব্যাক পিচ (Back Pitch) বলে। সম্মুখ ভাগে তার যে দিকে অগ্রসর হয় তাহাকে ফরওয়ার্ড (Forward) ধরা হয়। ইহার সহিত তুলনায় পশ্চাদ্দিকে তার যদি এই দিকেই অগ্রসর হয় তাহা হইলে তাহাকে ফরওয়ার্ড (ব্যাক) পিচ বলে, চিত্র ৩২২ আর যদি বিপরীত দিকে অগ্রসর হয় তাহা হইলে তাহাকে ব্যাক ওয়ার্ড (Backward) (ব্যাক) পিচ বলে, চিত্র ৩২৮। যাহাতে বুঝিতে কোন অসুবিধা

না হয় তজ্জন্য চিত্রগুলিতে সম্মুখদিকের সংযোজক তারগুলি পূর্ণ রেখা দ্বারা ও পশ্চাদ্দিকের সংযোজক তারগুলি ছিন্নরেখা দ্বারা সূচিত হইয়াছে। ফ্রণ্ট পিচ যে ব্যাক পিচের সহিত সমান হইবে তাহার কোন বাঁধাধরা নিয়ম নাই। বৈদ্যুতিক ফলের সমতা রাখিয়া এক টানায় জড়াইয়া যাইবার নিমিত্ত পিচের পরিমাণ খাঁজের ও মেরুর সংখ্যার উপর নির্ভর করে। যথা, ৩২২ চিত্রে সম্মুখভাগে ১নং হইতে তার কমিউটেটার হইয়া ৬নং এ যাইতেছে, সুতরাং ফ্রণ্ট পিচ=৬−১=৫, তৎপরে পশ্চাদ্ভাগে পূর্ব্বের ন্যায় একই দিকে অগ্রসর হইয়া ৬নং হইতে ১১নং এ যাইতেছে, সুতরাং ব্যাক পিচ=১১−৬=৫ ফরওয়ার্ড, আবার সম্মুখভাগে কমিউটেটারের মধ্য দিয়া ৫ ঘর ডিঙ্গাইয়া ৪নং এ যাইতেছে ও পশ্চাতে একইদিকে ৫ ঘর ডিঙ্গাইয়া ৪নং হইতে ৯নংএ আসিতেছে। অতএব দেখা যাইতেছে ইহাতে ফ্রণ্ট পিচ ৫ এবং ব্যাক পিচ ৫ ফরওয়ার্ড। ৩২৩চিত্রে সম্মুখভাগে ১নং হইতে কমিউটেটার হইয়া ১৪নং এ যাইতেছে, অর্থাৎ ২৫নং ২৩নং প্রভৃতির দিক দিয়া গুণিলে ১১ ঘর উল্লঙ্ঘন করিতেছে, সুতরাং ফ্রণ্ট পিচ ১১ এবং পশ্চাতে ১৪নং হইতে ঐ দিকে ঘুরিয়া ৩নং ঘরে যাইতেছে সুতরাং ব্যাক পিচও ১১ ফরওয়ার্ড। কিন্তু ৩২৪ চিত্রে ফ্রণ্ট পিচ ১১ ও ব্যাক পিচ ৯ ফরওয়ার্ড। এবং ৩২৮ চিত্রে ফ্রণ্ট পিচ ৭ ও ব্যাক পিচ ৫ ব্যাক ওয়ার্ড, আর ৩২৯ চিত্রে ফ্রণ্ট পিচ ৭ ও ব্যাক পিচ ৫ ফরওয়ার্ড। ৩২৮,৩২৯ চিত্র দুইটিতে সম্মুখভাগের সংযোজক তার আর্মেচারের পরিধির মধ্যে ও পশ্চাদ্ভাগের সংযোজক তার ঐ পরিধির বাহিরে বক্ররেখা দ্বারা দর্শিত হইয়াছে, এইজন্য এইগুলি র‍্যাডিয়াল ডায়াগ্রাম।

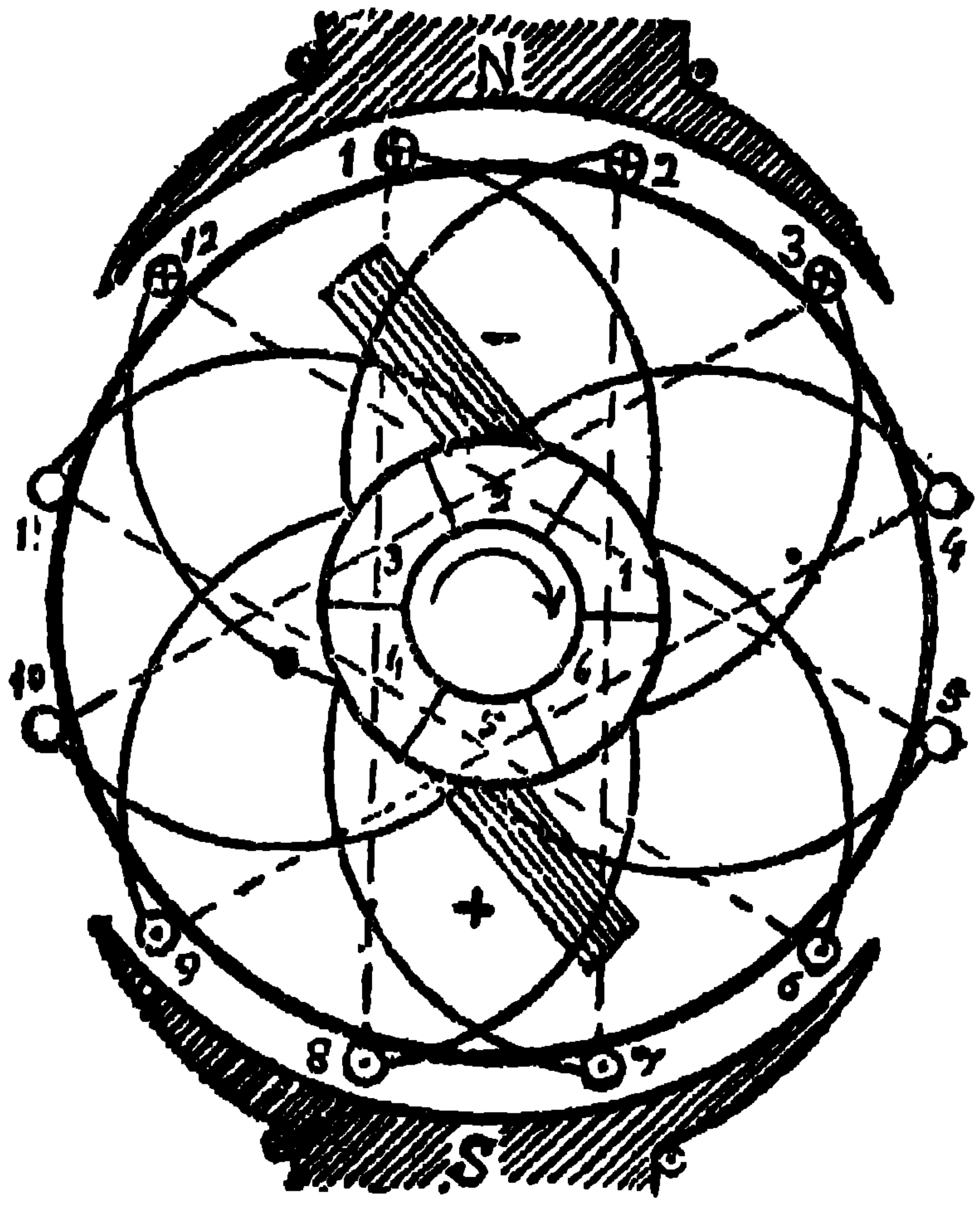
ল্যাপ ও ওয়েভ্ ওয়াইণ্ডিং (Lap and wave winding):—আর্মেচারের তার দুইভাবে জড়ান যায়, তাহাদিগকে ল্যাপ ও ওয়েভ্ ওয়াইণ্ডিং বলে।

ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং:—ইহাতে কয়েলের শেষভাগগুলি কমিউ-

টেটারের পর পর ধাতুখণ্ডের সহিত সংযোগ করা হয়, যথা চিত্র ৩২২, ৩২৩ ৩২৪ ও ৩২৮।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং :—ইহাতে কয়েলের শেষভাগগুলি কিছু ফাঁক হইয়া গিয়া ঠিক পরবর্ত্তী কমিউটেটার ধাতুখণ্ডে সংযুক্ত না হইয়া কিছু তফাতের ধাতুখণ্ডের সহিত সংযুক্ত হয়, যথা, চিত্র ৩২৯।

এখন তার জড়াইবার পদ্ধতি বুঝাইবার জন্য কতকগুলি যন্ত্রে কিরূপ-ভাবে আর্মেচারে তার জড়ান হইয়াছে তাহা দেখাইয়া দিলেই হইবে। দ্বিমেরু যন্ত্রের রিং আর্মেচারে তার জড়ান খুব সহজ (চিত্র ৩২১ দ্রষ্টব্য), সেই-জন্য ইহা আর পৃথকভাবে দেখান হইল না। এখন দেখা যাউক দ্বিমেরু যন্ত্রের ড্রাম আর্মেচারে কি ভাবে তার জড়ান উচিত। ৩২২ চিত্র হইতে দেখা যাইবে যে আর্মে-চারে মোট ১২টি তার আছে, তন্মধ্যে ৪টি (যথা ১২, ১, ২ ও ৩নং) N মেরুর অধীন, ৪টি (যথা ৬, ৭, ৮ ও ৯) S মেরুর অধীন ও বাকী ৪টি—২টি করিয়া কাহারও অধীনে নাই। এবং আর্মেচারের তীর দ্বারা দর্শিত দিকে ঘূর্ণনঅনুযায়ী তারগুলিতে যেরূপ দিকে ই, এম, এফ, ও প্রবাহ সম্ভাবিত হয় তাহাও × ও ⊙ দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। অর্থাৎ ৪, ৫, ১০ ও ১১নং তারে কোনরূপ ভোল্টেজ সম্ভাবিত হইতেছে না। ১, ২, ৩ ও ১২নং তারে এরূপ দিকে ভোল্টেজ সম্ভাবিত হইতেছে যে প্রবাহ



চিত্র—৩২২

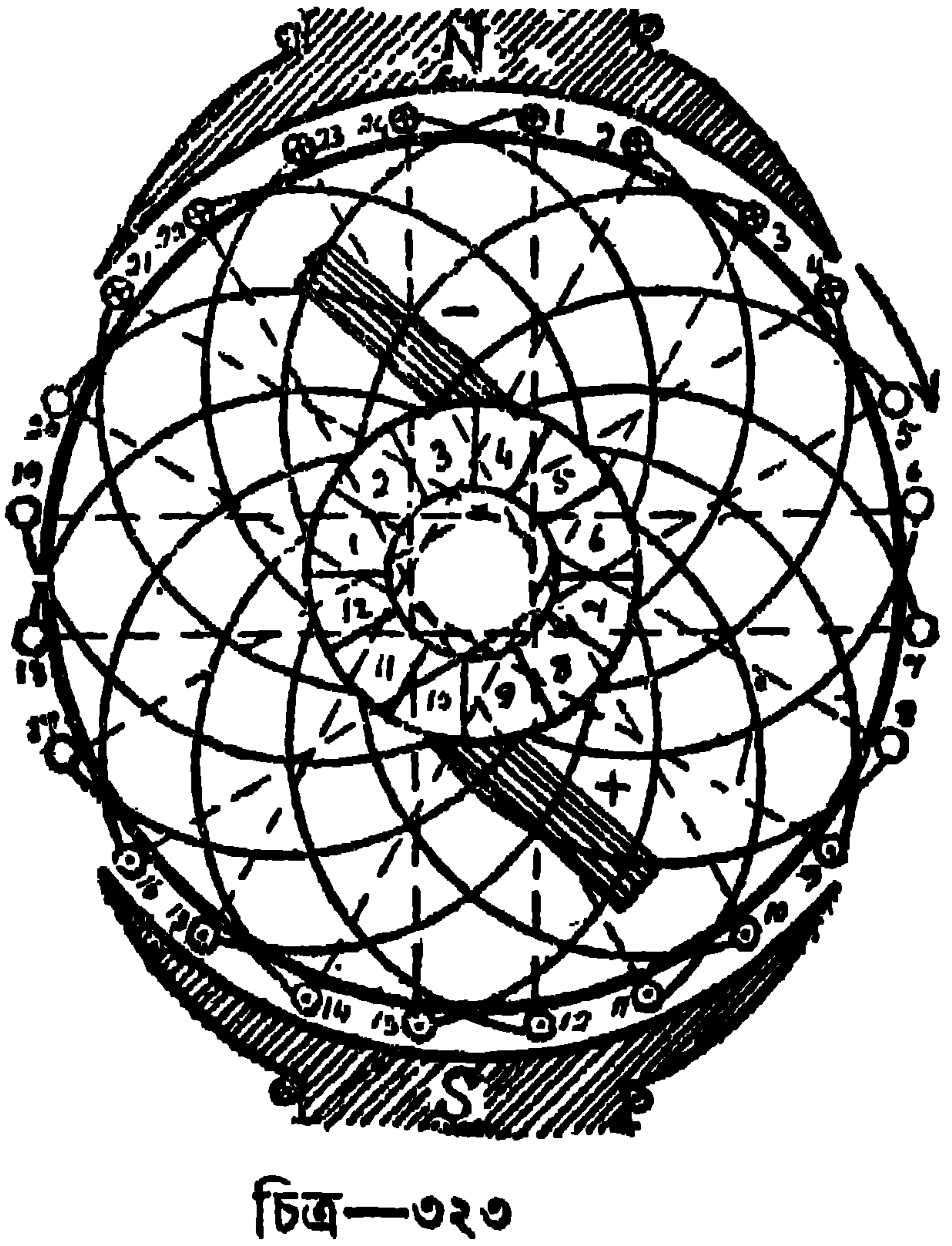
দর্শকের নিকট হইতে সম্মুখদিকে বহিয়া যাইতেছে, আর ৬, ৭, ৮ ও ৯নং তারে তাহার বিপরীত দিকে ভোল্টেজ সম্ভাবিত হইতেছে, সুতরাং প্রবাহ দর্শকের দিকে আসিতেছে। অতএব ১নং তারকে ৬, ৭, ৮ ও ৯নং তারের মধ্যে যে কোনটির সহিত সংযুক্ত করিয়া দিলে ই, এম, এফ, সিরিজে সংযুক্ত হয়। কিন্তু যদি ১নং তারকে ঠিক ইহার বিপরীত দিকে স্থিত ৭নং তারের সহিত সংযুক্ত করা যায় তাহা হইলে সংযোজনের পথ খুব অল্প হয় বটে, কিন্তু এরূপ সংযোজন দ্বারা বরাবর একটানা তারকে জড়ান চলে না। কারণ পশ্চাদ্দিকে তার ৭নং হইতে, উহার ঠিক বিপরীত, ১নং এ আসিয়া পুনরায় পৌছায়। সুতরাং মোট তার সংখ্যার অৰ্দ্ধেক সংখ্যাকে পিচ ধরা চলে না, তদপেক্ষা কিছু অল্প সংখ্যাকে পিচ ধরিতে হয়। এখানে মোট তার সংখ্যা ১২, এবং ১২র অৰ্দ্ধেক ৬, সুতরাং ৬ অপেক্ষা অল্প সংখ্যাকে পিচ ধরিতে হইবে, যথা, এখানে পিচ—৫ ধরা হইয়াছে। সুতরাং এই পিচ অনুযায়ী সম্মুখদিকে ১ হইতে তার ৬এ গিয়াছে ও পশ্চাতে ৬ হইতে ১১তে গিয়াছে, সম্মুখদিকে ১১ হইতে ৪এ ও পশ্চাতে ৪ হইতে ৯এ, সম্মুখে ৯ হইতে ২এ ও পশ্চাতে ২ হইতে ৭এ, সম্মুখে ৭ হইতে ১২তে ও পশ্চাতে ১২ হইতে ৫এ, সম্মুখে ৫ হইতে ১০এ ও পশ্চাতে ১০ হইতে ৩এ, সম্মুখে ৩ হইতে ৮এ ও পশ্চাতে ৮ হইতে পুনরায় ১এ, এইরূপে সমস্ত ঘরগুলিকে একবার ঘুরিয়া, যেখান হইতে গিয়াছিল পুনরায় সেখানে আসিল। সম্মুখদিকের সংযোজন একটি করিয়া ধাতুখণ্ডের মধ্য দিয়া করা হইয়াছে। এখন এইভাবে বেষ্টিত আর্মেচারের তার সকল সিরিজে সংযুক্ত রিং আর্মেচারের তারগুলির ন্যায় কার্য্য করিবে। ইহা প্রবাহের পথ অনুসরণ করিয়া যাইলেই দেখিতে পাওয়া যাইবে। যথা:—ধরা যাউক যেন একদিকে ৪ ও ১১নং তারের সহিত সংযুক্ত কমিউটেটারের ধাতুখণ্ডের উপর একটি ব্রাস সংলগ্ন আছে ও অপরদিকে ৫ ও ১০নং তারের সহিত সংযুক্ত কমিউটেটার ধাতুখণ্ডের সহিত অপর ব্রাসটি সংলগ্ন আছে। বামদিকের ব্রাস হইতে

যাইবার জন্য দুইটী পথ আছে—একটি ৪নং তার দিয়া, অপরটি ১১নং দিয়া। প্রথম পথটি দিয়া ৪নং হইতে পশ্চাৎ সংযোজন দিয়া ৯নং তারে আসা যায়, ৯নং তারে এরূপ দিকে ভোল্‌টেজ সম্ভাবিত যে প্রবাহ দর্শকের দিকে আর্মেচারের উপর বহিতেছে। এখন যদি এইদিকে আসা যায় তাহা হইলে সম্মুখ-সংযোজনে ৫নং কমিউটেটার কোয়ার মধ্যে দিয়া ২নংএ আসা যায়। এই ২নং তারে এরূপদিকে ভোল্‌টেজ সম্ভাবিত যে প্রবাহ দর্শকের নিকট হইতে অর্থাৎ আর্মেচারের উপর পশ্চাদ্দিকে বহিয়া যাইতেছে। অতএব এই দুইটি ভোল্‌টেজই একই দিকে হইল, সুতরাং তাহারা পরস্পর যোগ হইয়া গেল। এখন পশ্চাদ্দিকে ২নং হইতে ৭নংএ তার গিয়াছে, এই ৭নং তারে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ এরূপদিকে যে প্রবাহ সম্মুখদিকে বহিতেছে, সুতরাং ইহার ভোল্‌টেজের সহিত যোগ হইয়া গেল। এখন ৭নং তার দিয়া সম্মুখ দিকে আসিলে, ইহা সম্মুখ ভাগে ৪নং কমিউটেটার কোয়ার মধ্য দিয়া ১২নং তারে পৌছিতেছে। তথায় (১২নং তারে) এরূপ দিকে ভোল্‌টেজ সম্ভাবিত যে প্রবাহ সম্মুখ হইতে পশ্চাদ্দিকে বহিতেছে, সুতরাং ইহার ভোল্‌টেজও পূর্ব্বের ভোল্‌টেজের সহিত যোগ হইয়া গেল। এখন এই ১২নং তার হইতে, পশ্চাৎ সংযোজন দ্বারা, ইহা ৫নং তারে যাইতেছে। ইহাতে কোন ভোল্‌টেজ সম্ভাবিত হয় নাই, সুতরাং ইহা ডানদিকের ব্রাসের সহিত সংযুক্ত থাকায় প্রবাহ এই ব্রাসে আসিয়া পৌছিতেছে এবং দেখা যাইল যে ৯, ২, ৭ ও ১২ নং তারগুলিতে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ সকল একসঙ্গে যোগ হইয়া গেল। ঠিক এইরূপে যদি দ্বিতীয় পথ অনুসরণ করা যায় তাহা হইলে পশ্চাতে ১১ হইতে ৬এ, তথা হইতে সম্মুখে ৬ হইতে ১এ, পশ্চাতে ১ হইতে ৮ এ, সম্মুখে ৮ হইতে ৩এ, পশ্চাতে ৩ হইতে ১০এ ও অবশেষে ১০ হইতে ডানদিকের ব্রাসে পৌছান হয় এবং এতদ্বারা পূর্ব্বের ন্যায় ৬, ১, ৮ ও ৩নং তারগুলিতে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ সকল একসঙ্গে যোগ হইয়া গেল। অতএব দেখা

যাইতেছে যে প্রথম পথে ৪টি ফলপ্রদ ও ২টি নিস্ফল তার (৪ ও ৫) আছে এবং দ্বিতীয় পথেও ৪টি ফলপ্রদ ও ২টি নিস্ফল তার (১০ ও ১১) আছে। সুতরাং প্রথম পথটিতেও যে ই, এম, এফ, দ্বিতীয় পথেরও সেই ই, এম, এফ, এবং এই সমভোল্টেজের পথদ্বয় রিং আর্মেচারের ন্যায় ব্রাস দুইটির মধ্যে প্যারালালে সংযুক্ত। এই সংযোজনে পথদ্বয়কে এইভাবে লিপিবদ্ধ করা যায় —

− { ৪—৯—২—৭—১২—৫ ; ১১—৬—১—৮—৩—১০ } +

কমিলটেটার কোয়ার সহিত তারগুলির সংযোজন পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে একটি কমিউটেটার কোয়া সংযুক্ত হইলে পর তৎপরবর্ত্তী কমিউটেটারখণ্ড সংযুক্ত হইয়াছে সুতরাং ইহা ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং।

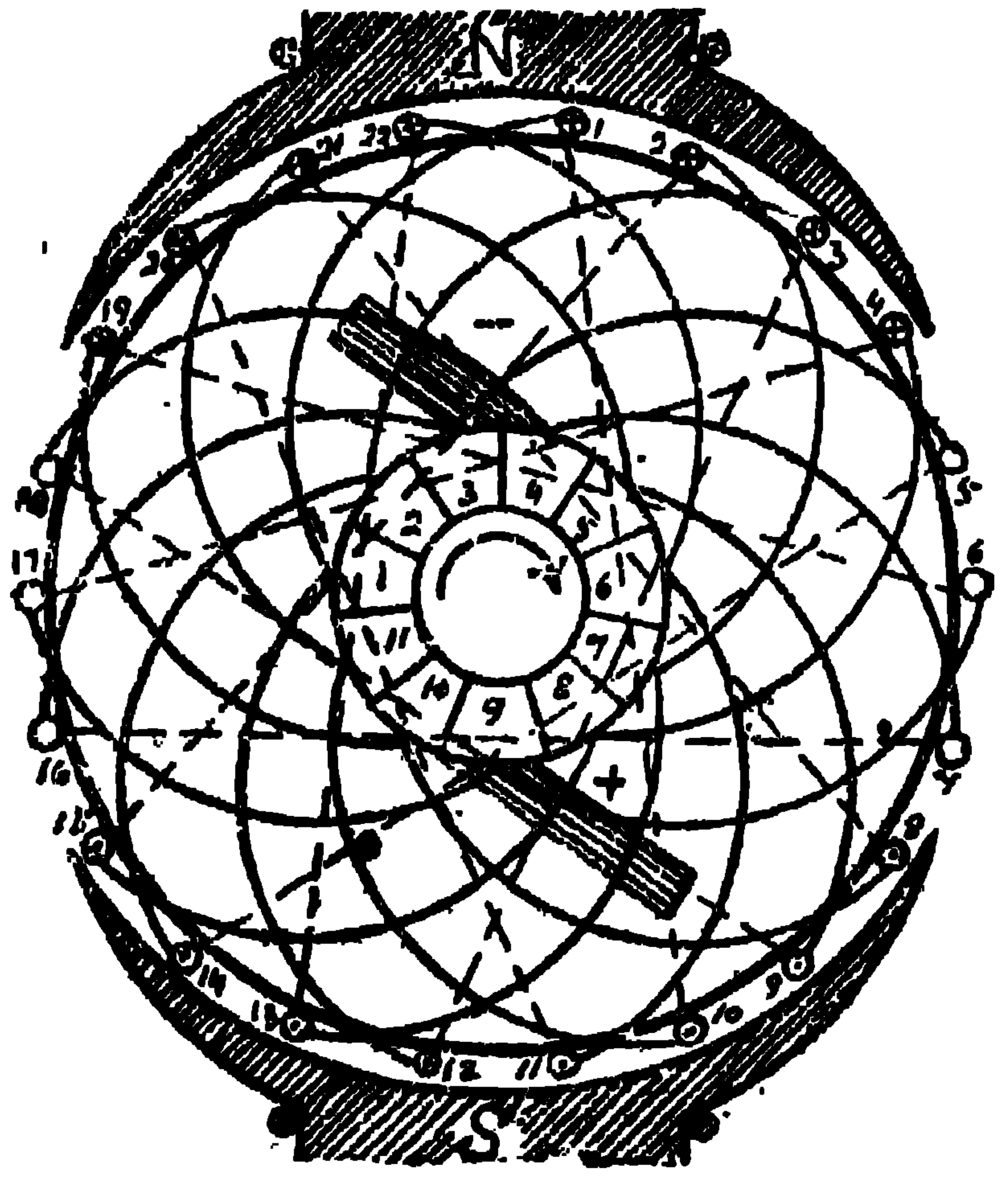


চিত্র—৩২৩

৩২৩ চিত্রে ২৪টি তারবিশিষ্ট আর্মেচারের ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং দেখান হইয়াছে। ইহাতে পিচ =১১ ধরা হইয়াছে, (মোট তার সংখ্যার অর্দ্ধেক =১২,তদপেক্ষা ১ কম=১১)। দেখা যাইবে যে ইহাতেও ঠিক পূর্ব্বের মত ফল হইতেছে এবং ইহার বৈদ্যুতিক পথ দুইটি ;—

− { ৫—১৬—৩—১৪—১—১২—২৩—১০—২১—৮ ; ২০—৯—২২—১১—২৪—১৩—২—১৫—৪—১৭ } +

দ্রষ্টব্যঃ—একটানা তার জড়াইতে হইলে পিচসংখ্যা অযুগ্ম বা বিজোড় হওয়া চাই, নচেৎ যদি জোড় হয়, যথা, পূর্ব্ব উদাহরণে—১০ হইলে ১নং ঘর হইতে ১১, ১১ হইতে ২১, এইভাবে সমস্ত বিজোড় ঘরগুলি দিয়া তার যাইতে থাকিবে, জোড় সংখ্যক ঘর দিয়া তার যাইবে না, সুতরাং এই জোড় সংখ্যক ঘরগুলির জন্য আবার একটি দ্বিতীয় তার ব্যবহার করিতে হইবে। আবার পিচকে যে তার সংখ্যার অর্দ্ধেকের ১কম করিতে হইবে তাহার কোন নিয়ম নাই, ১ বেশী হইলেও চলে, যথা. পূর্ব্ব উদাহরণে পিচ=১১ বা ১৩ হইলেও হয়।



চিত্র—৩২৪

আবার সম্মুখের পিচ যে পশ্চাতের সহিত সমান হইবে তাহারও কোন নিয়ম নাই, যথা পরবর্ত্তী উদাহরণে, চিত্র ৩২৪, সম্মুখ পিচ=১১, পশ্চাৎ পিচ =৯, মোটতার= ২২। আর পশ্চাতের পিচ যে সম্মুখের পিচের দিকে হইবে তাহারও কোন নিয়ম নাই, যথা ৩২৮ চিত্রে পশ্চাৎ পিচ সম্মুখ পিচের বিপরীত দিকে, ইহাকে ব্যাকওয়ার্ড ব্যাক পিচবলে।

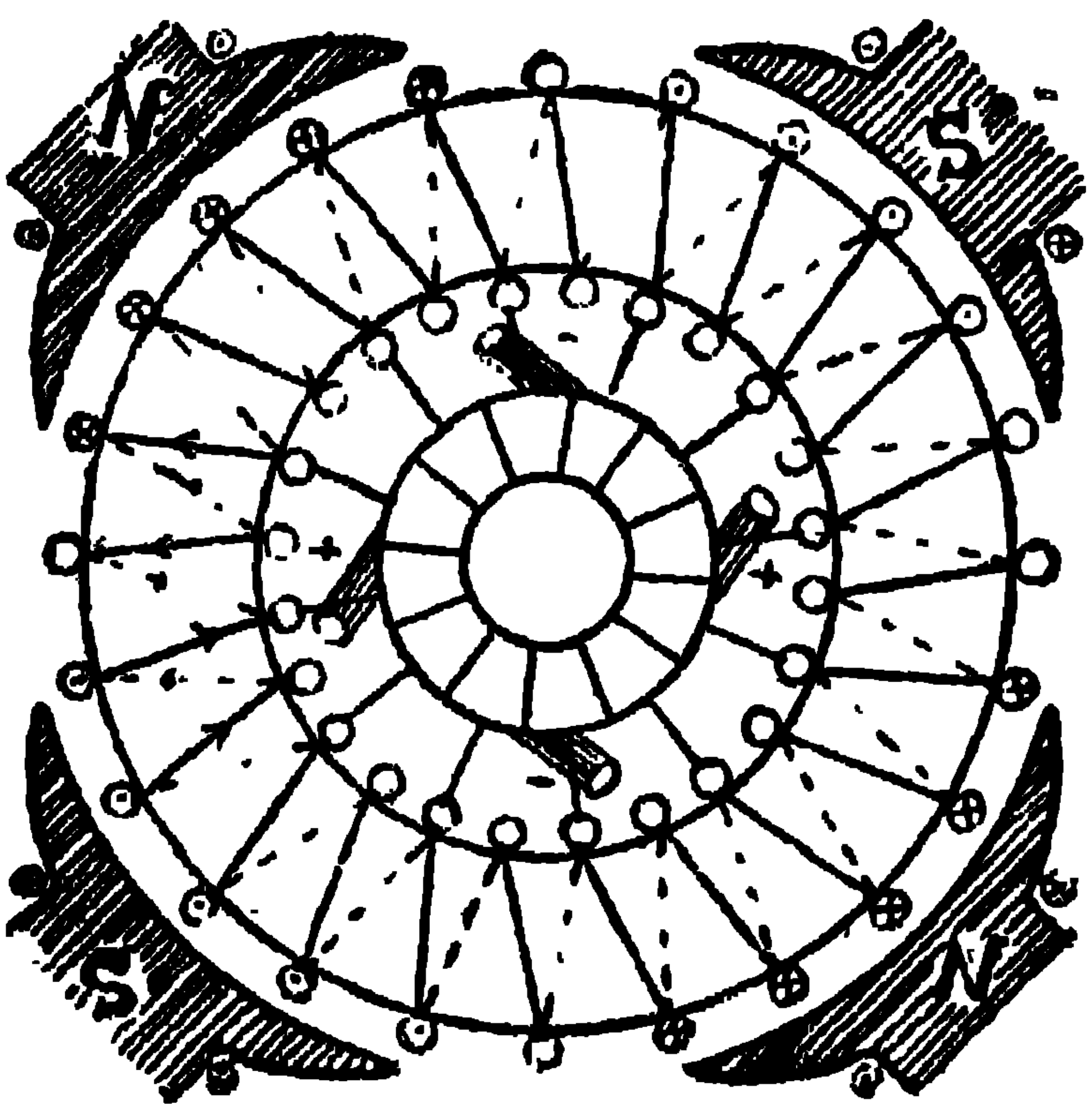
৩২৪ চিত্রে ২২টি তার বিশিষ্ট ড্রাম আর্মেচারের ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং এণ্ডভিউ দ্বারা দেখান হইয়াছে, ইহার বৈদ্যুতিক পথ—

$$- \left\{ \begin{matrix} ৫—১৪- \quad ৩—১২- \quad ১—১০—২১— ৮—১৯— ৬ \\ ১৮— ৯—২০—১১—২২—১৩— ২—১৫— ৪—১৭ \end{matrix} \right\} +$$

ইহাতে ব্রাসের সহিত তুলনায় আর্মেচারের যেরূপ অবস্থা দর্শিত

হইয়াছে তাহাতে দেখা যাইতেছে, যে ১৬ ও ৭নং নিষ্ফল তারদ্বয় —ব্রাসের মধ্য দিয়া 'সর্ট সার্কিট' হইয়া যাইতেছে, ৫ ও ৬নং নিষ্ফল তারদ্বয় একটি বৈদ্যুতিক পথ এবং ১৮ ও ১৭নং নিষ্ফল তারদ্বয় অপর বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ করিতেছে।

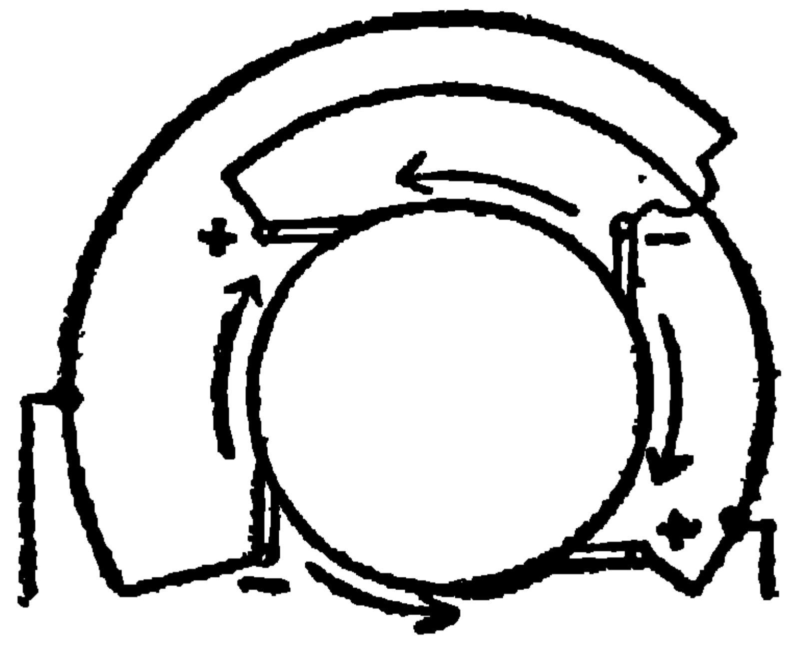
এখন কতকগুলি বহু মেরু বিশিষ্ট যন্ত্রের আর্মেচারের বিষয় বর্ণিত হইবে। রিং আর্মেচার হইলে দ্বিমেরু যন্ত্রের আর্মেচারকে কিছুমাত্র পরিবর্ত্তন না করিয়া ব্যবহার করিতে পারা যায়, কেবলমাত্র যতগুলি মেরু ততগুলি ব্রাস ব্যবহার করিতে হয়। যথা ৩২৫ চিত্রে একটি ৪ মেরু বিশিষ্ট যন্ত্রের রিং আর্মেচার দর্শিত হইয়াছে। এখন যদি আর্মেচারকে ঘড়ির কাঁটার দিকে



চিত্র—৩২৫

ঘুরিতে অনুমান করা যায়, তাহা হইলে N মেরুদ্বয়ের অধীনস্থ বাহিরের তারগুলিতে দর্শকের নিকট হইতে বহির্দ্দিকে বহমান প্রবাহ সম্ভূত হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে আর্মেচার কয়েলের উর্দ্ধবাম চতুর্থাংশের প্রবাহ বাম ব্রাসের দিকে যাইতেছে, অতএব ইহা+ব্রাস হইতেছে এবং উর্দ্ধব্রাস —ব্রাস হইতেছে। আর্মেচার কয়েলের উর্দ্ধ দক্ষিণ চতুর্থাংশের প্রবাহ উর্দ্ধ ব্রাস হইতে দক্ষিণ ব্রাসে বহিতেছে, সুতরাং দক্ষিণ ব্রাস+ব্রাস ও উর্দ্ধ ব্রাস ইহার -- ব্রাস। কয়েলের নিম্ন বাম চতুর্থাংশের প্রবাহ নিম্ন ব্রাস হইতে বাম ব্রাসে যাইতেছে,—অতএব বাম ব্রাস+ব্রাস ও নিম্ন ব্রাস ইহার—ব্রাস। এবং কয়েলের নিম্ন দক্ষিণ চতুর্থাংশের প্রবাহ নিম্ন ব্রাস হইতে দক্ষিণ ব্রাসে যাইতেছে,

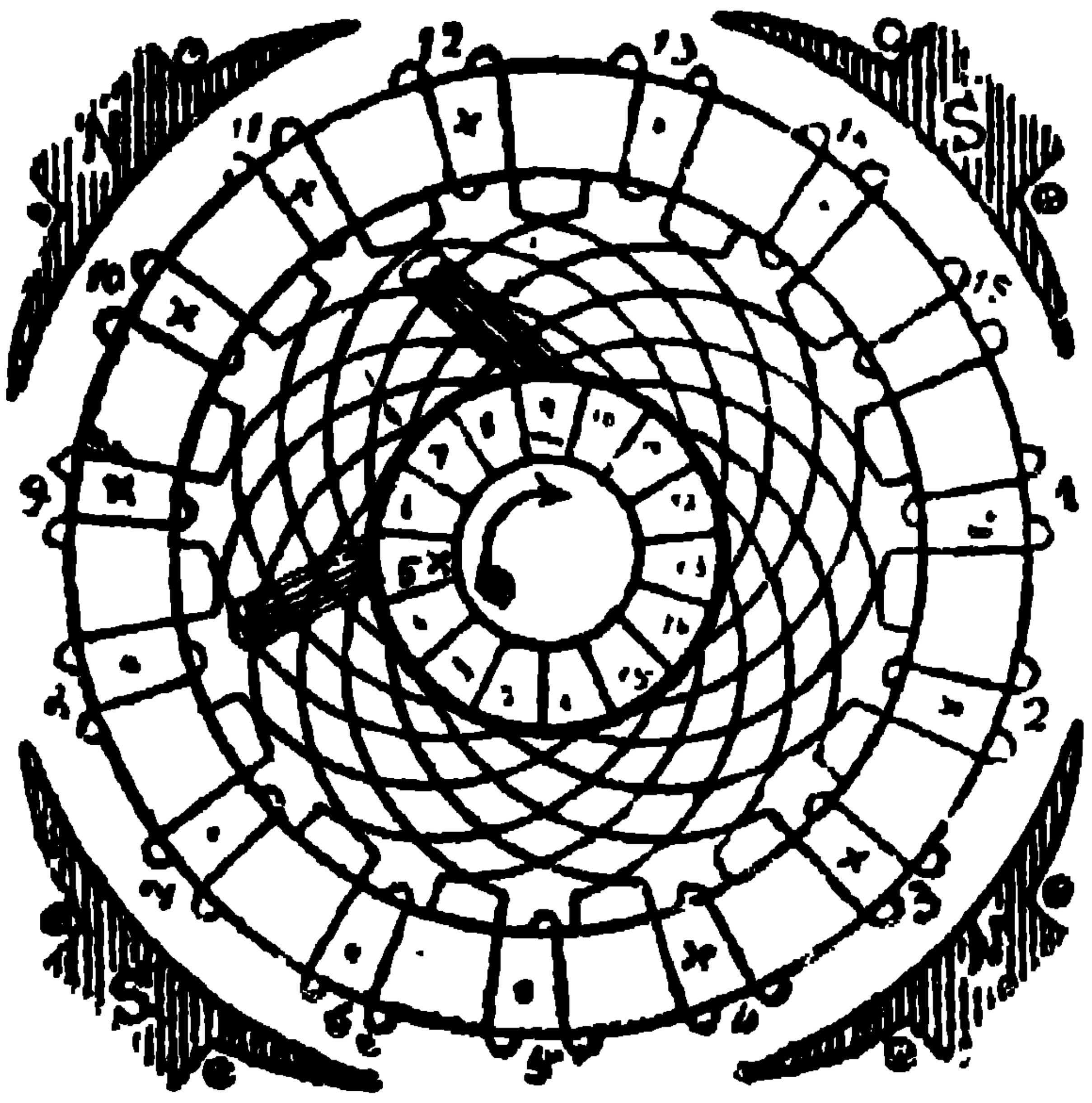
সুতরাং দক্ষিণ ব্রাস + ব্রাসও নিম্ন ব্রাস ইহার — ব্রাস। অতএব প্রত্যেক বিপরীত ব্রাসদ্বয়ের একইরূপ মেরুত্ব। সুতরাং যদি তাহাদিগকে পরিচালক দ্বারা, যথা, তাম্রের ফিতা দ্বারা সংযুক্ত করা হয়, চিত্র ৩২৬, তাহা হইলে মেন বা বহির্পথের সহিত এই ফিতাদ্বয় সংযোগ করা চলে। ইহাতে এক চতুর্থাংশ কয়েল হইতে ভোল্‌টেজ উৎপন্ন হইতেছে এবং এরূপ চারিটি অংশ প্যারালালে সংযুক্ত হইয়াছে—সুতরাং প্রত্যেক চতুর্থাংশের যে প্রবাহ পরিমাণ তাহার চারিগুণ প্রবাহ মেনে বা বহির্পথে সরবরাহ হইবে। তারের এরূপ বেষ্টনকে প্যারালাল ওয়াইণ্ডিং বলে এবং ইহা কম ভোল্‌টেজ ও অধিক প্রবাহ দিবার পক্ষে উপযোগী, যেহেতু বহির্পথে অধিক প্রবাহ দিতে হইলেও আর্মেচারে সরু তার ব্যবহার করা চলে, কারণ ইহাদিগকে এক চতুর্থাংশ প্রবাহ বহন করিতে হইবে—কিন্তু দুই মেরু-বিশিষ্ট হইলে অর্দ্ধেক প্রবাহ বহন করিতে হইবে। সেইরূপ ৬, ৮ বা ১০ মেরু বিশিষ্ট যন্ত্র হইলে ৬, ৮ বা ১০টি ব্রাস প্রয়োজন হয়, আর্মেচার কয়েল ৬, ৮ বা ১০ অংশে বিভক্ত হইয়া যায়, এবং প্রত্যেক অংশের মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহ বহির্পথের প্রবাহের $\frac{১}{৬}$, $\frac{১}{৮}$ বা $\frac{১}{১০}$ অংশ হয়, এবং আর্মেচারের ই, এম, এফ, কয়েলের $\frac{১}{৬}$, $\frac{১}{৮}$ বা $\frac{১}{১০}$ অংশের পাক বা তার দ্বারা উৎপন্ন হয়।



চিত্র—৩২৬

যদি অধিক ভোল্‌টেজ পাইতে হয় তাহা হইলে পাকের সংখ্যা বাড়াইতে হয়, কিন্তু এরূপ না করিয়া বেষ্টন ও সংযোজন এরূপ করা শ্রেয় যে এই চারি অংশ যেন দুইমেরু যন্ত্রের ন্যায় প্যারালালে সংযুক্ত দুই অর্দ্ধাংশে পরিণত হয়। সুতরাং তখন সিরিজে সংযুক্ত অর্দ্ধেক পাকসংখ্যা হইতে ই, এম, এফ, উৎপন্ন হয়। এই নিমিত্ত একটি চতুর্থাংশকে তৎপার্শ্ববর্ত্তী (বিপরীত মেরুর অধীন) অংশের সহিত সংযুক্ত না করিয়া অনুরূপ

মেরুর অধীন ঠিক বিপরীত দিকে স্থিত চতুর্থাংশের সহিত (তাম্রফিতা দ্বারা) সিরিজে সংযুক্ত করিতে হয়। ইহাকে সিরিজ ওয়াইণ্ডিং বলে।



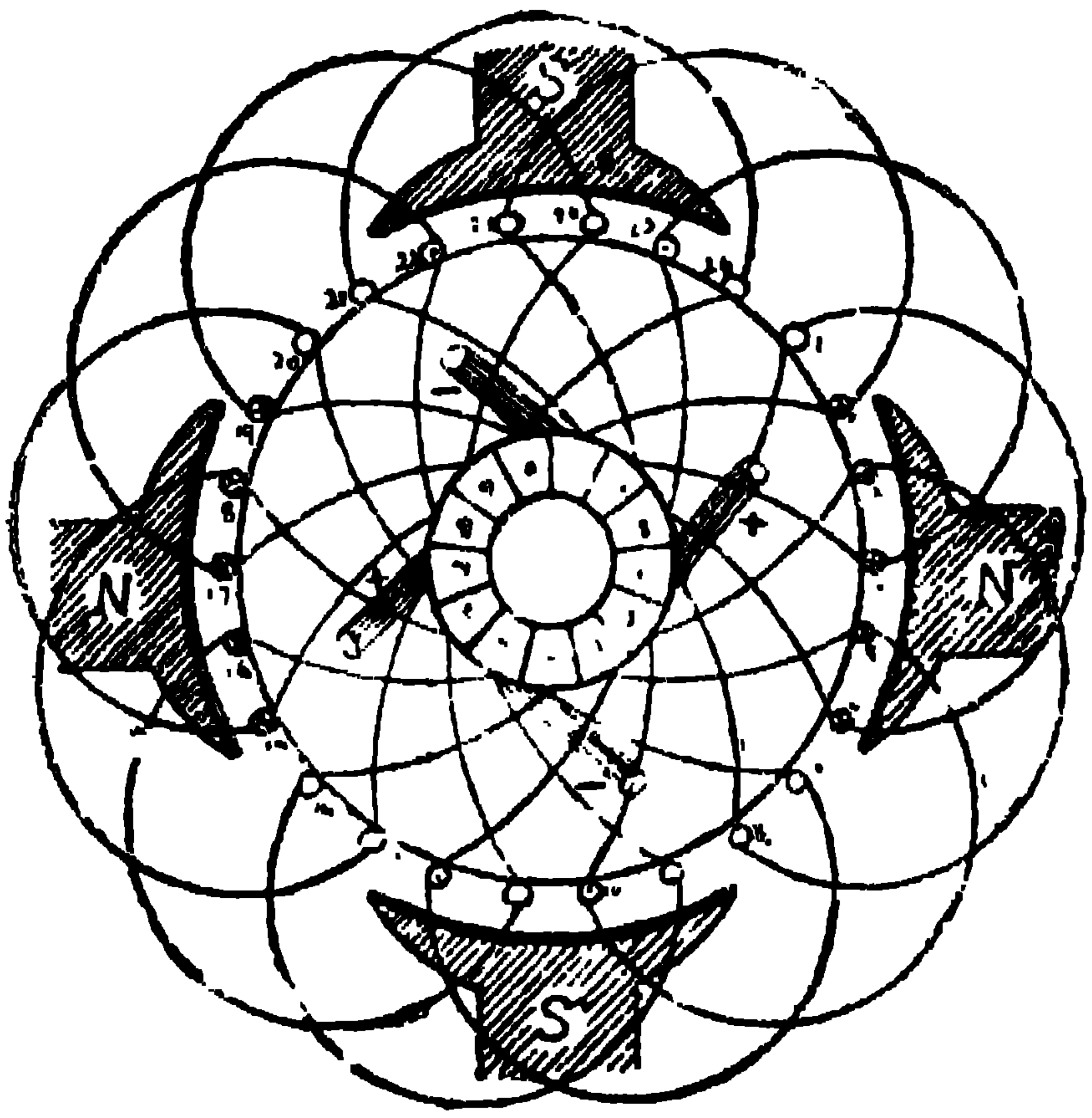
চিত্র—৩২৭

৩২৭ চিত্রে এই সংযোজন দেখান হইয়াছে। ইহাতে আর্মেচারে ১৫টি কয়েল আছে এবং প্রবাহের পথ অনুসরণ করিলে দেখা যাইবে যে ঊর্দ্ধ-দিকের—ব্রাস হইতে প্রবাহ একপথে ৭টি কয়েল, অপর পথে ৮টি কয়েলের মধ্য দিয়া যাইয়া + ব্রাসে উপনীত হইতেছে, সুতরাং এই পথদ্বয়ের ই, এম, এফ, যোগ হইয়া প্যারালালে সংযুক্ত হইতেছে। আরও দৃষ্ট হইবে যে ৪টি ব্রাসের পরিবর্ত্তে কেবলমাত্র ২টি ব্রাস প্রয়োজন এবং তাহারা ঠিক বিপরীত দিকে স্থাপিত না হইয়া কমিউটেটারের $\frac{১}{৪}$ অংশ ৯০° ব্যবধানে স্থাপিত। ইহার বৈদ্যুতিক পথ—

$$\left\{\begin{matrix} ১০—২—৯—১—৮—১৫—৭—১৪ \\ ৩—১১—৪—১২—৫—১৩—৬ \end{matrix}\right\}$$

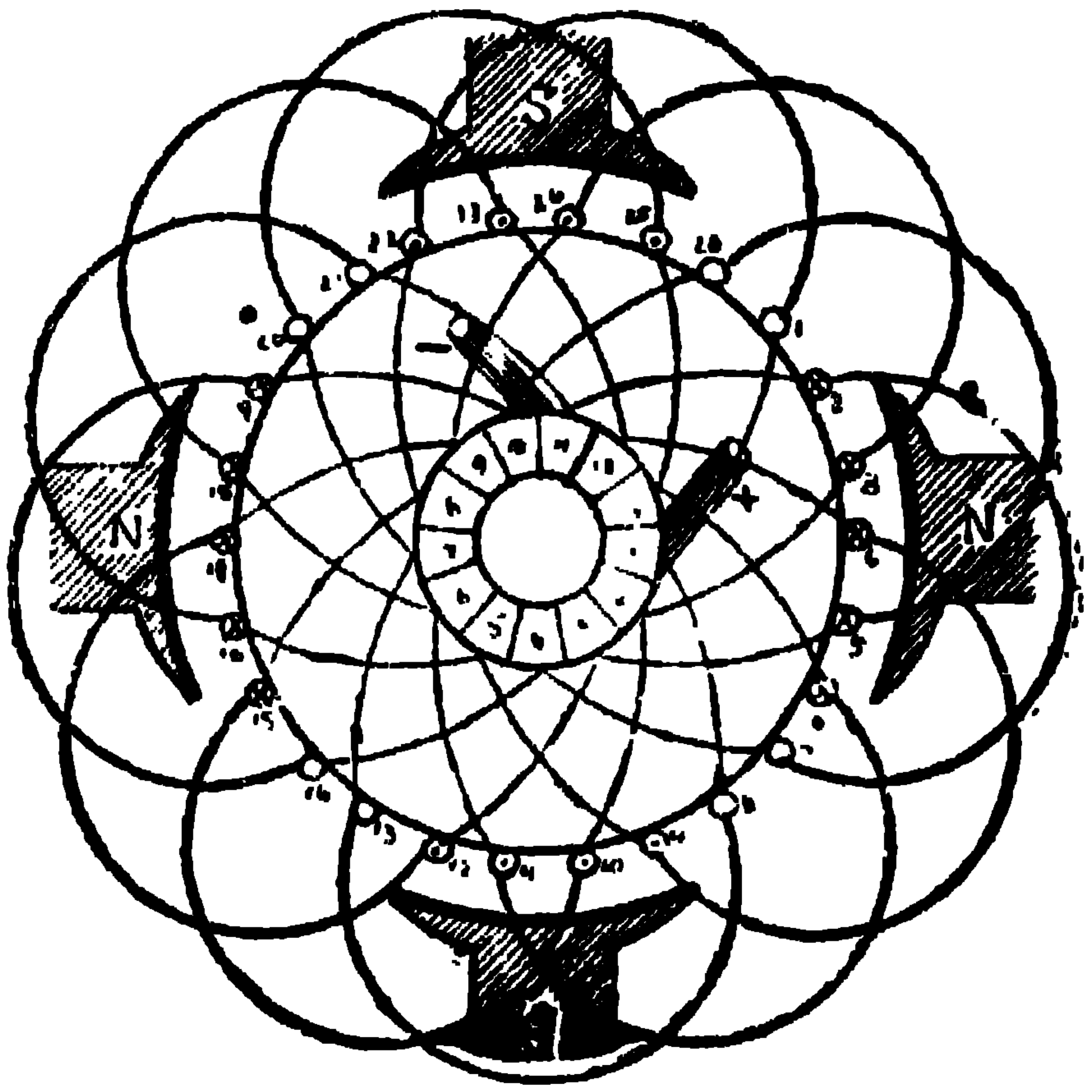
ড্রাম আর্মেচার:—বহুমেরু যন্ত্রের ড্রাম আর্মেচারের পিচ মোট তার বা খাঁজসংখ্যার অর্দ্ধেক নহে, যতগুলি মেরু মোট খাঁজসংখ্যার তত অংশ, যথা, ৪, ৬ বা ৮ মেরু হইলে মোট খাঁজসংখ্যার $\frac{১}{৪}$, $\frac{১}{৬}$ বা $\frac{১}{৮}$ অংশ করিতে হয়, তবে ই, এম, এফ, গুলির ঠিকমত সিরিজ সংযোজন করিতে পারা যায়। ঠিকমত পিচ নির্ণয় করিতে পারিলে রিং আর্মেচারের মত ইহারও সিরিজ বা প্যারালাল সংযোজন হইতে পারে, যথা—৩২৮ চিত্রে প্যারালাল ওয়াইণ্ডিং দেখান হইয়াছে, ইহাকে চলিত ভাষায়

'ল্যাপ' বা 'লুপ' (Lap or Loop) ওয়াইণ্ডিং বলে। ইহার দ্বারা পশ্চাৎ পিচ সম্মুখপিচের বিপরীত বুঝায়। ইহাতে ২৬টি তার আছে। ইহার সম্মুখ পিচ ৭ ও পশ্চাৎ পিচ ৫ ব্যাকওয়ার্ড। ইহার বৈদ্যু-তিক পথ সহজে অনুসরণ করিবার জন্য পশ্চাতের সংযোজক তার গুলি আর্মেচার পরিধির বাহিরে টানা হইয়াছে—ইহাকে 'র‍্যাডিয়াল ডায়াগ্রাম' বলে।



চিত্র—৩২৮

৩২৯ চিত্রে সিরিজ ওয়াইণ্ডিং দেখান হইয়াছে। ইহাকে চলিত ভাষায় 'ওয়েভ' (wave) ওয়াইণ্ডিং বলে। ইহার দ্বারা পশ্চাৎ পিচ সম্মুখ পিচের দিকে বুঝায়। সিরিজে সংযুক্ত বলিয়া কেবলমাত্র দুইটি ব্রাস প্রয়োজন হয়। ইহার তার সংখ্যা ও পিচ ঠিক পূর্ব্বের মত, কেবলমাত্র পশ্চাৎ পিচ ব্যাকওয়ার্ড না হইয়া ফরওয়ার্ড। ইহাও চিত্রে 'র‍্যাডিয়াল-ডায়াগ্রাম' দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। বেষ্টন পদ্ধতি— ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং।



চিত্র—৩২৯

৩২৮ চিত্রের বৈদ্যুতিক পথ—

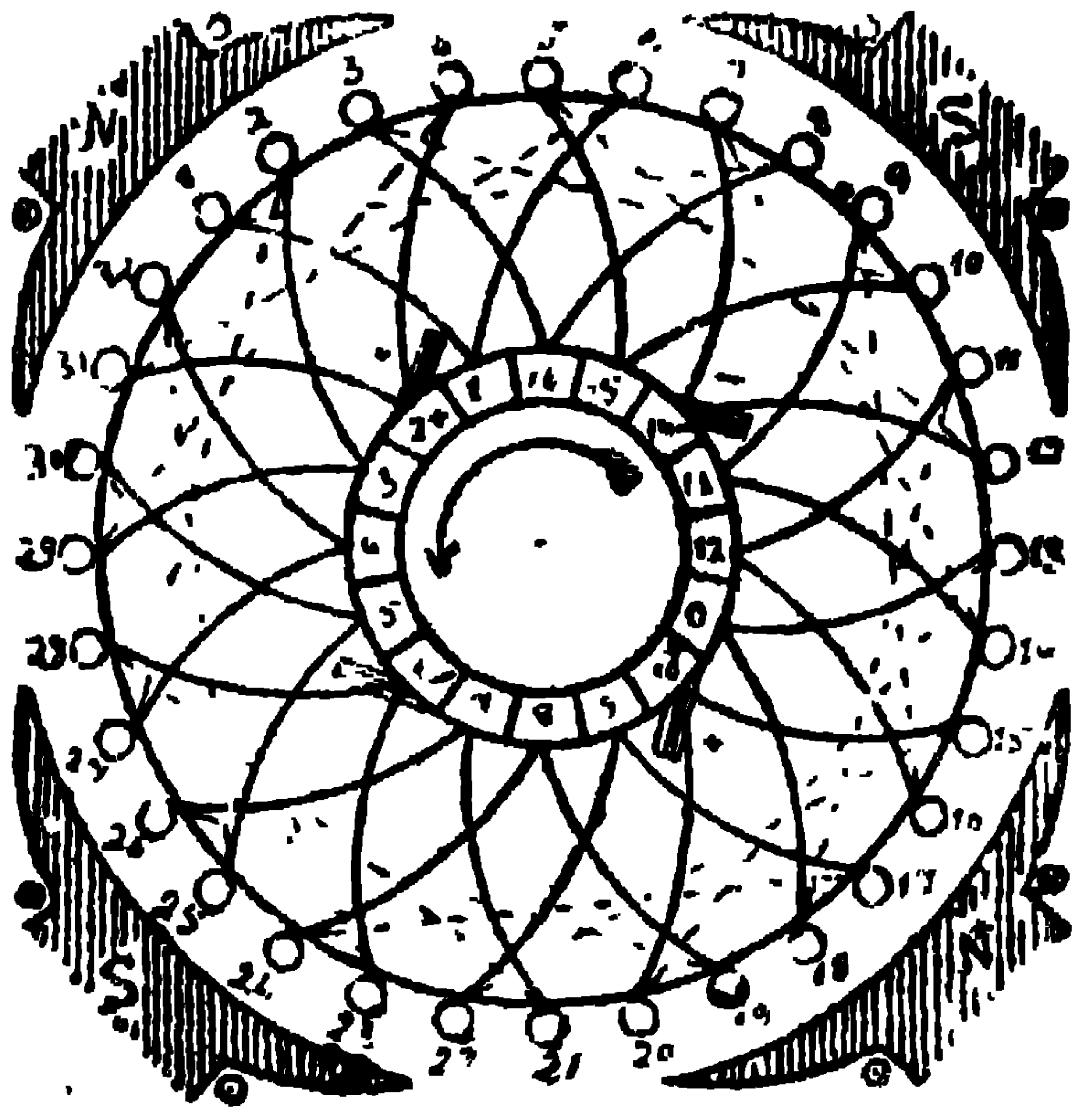
ঊর্দ্ধ — ২—২৩—৪—২৫—৬—১ + ডান
" " ১৯—২৪—১৭—২২—১৫—২০ " বাম
নিম্ন " ৭—১২—৫—১০—৩—৮ " ডান
" " ১৪—৯—১৬—১১—১৮—১৩ " বাম

ঊর্দ্ধ—[২১—২৬]—ঊর্দ্ধ, অর্থাৎ এই তারদ্বয় 'সর্ট সার্কিটেড'।

৩২৯ চিত্রের বৈদ্যুতিক পথ—

— { ২৬—৫—১২—১৭—২৪—৩—১০—১৫—২২—১
২১—১৬—৯—৪—২৩—১৮—১১—৬—২৫—২০—১৩—৮ } +

এবং—[২—৭—১৪—১৯]—অর্থাৎ 'সর্ট সার্কিটেড'।



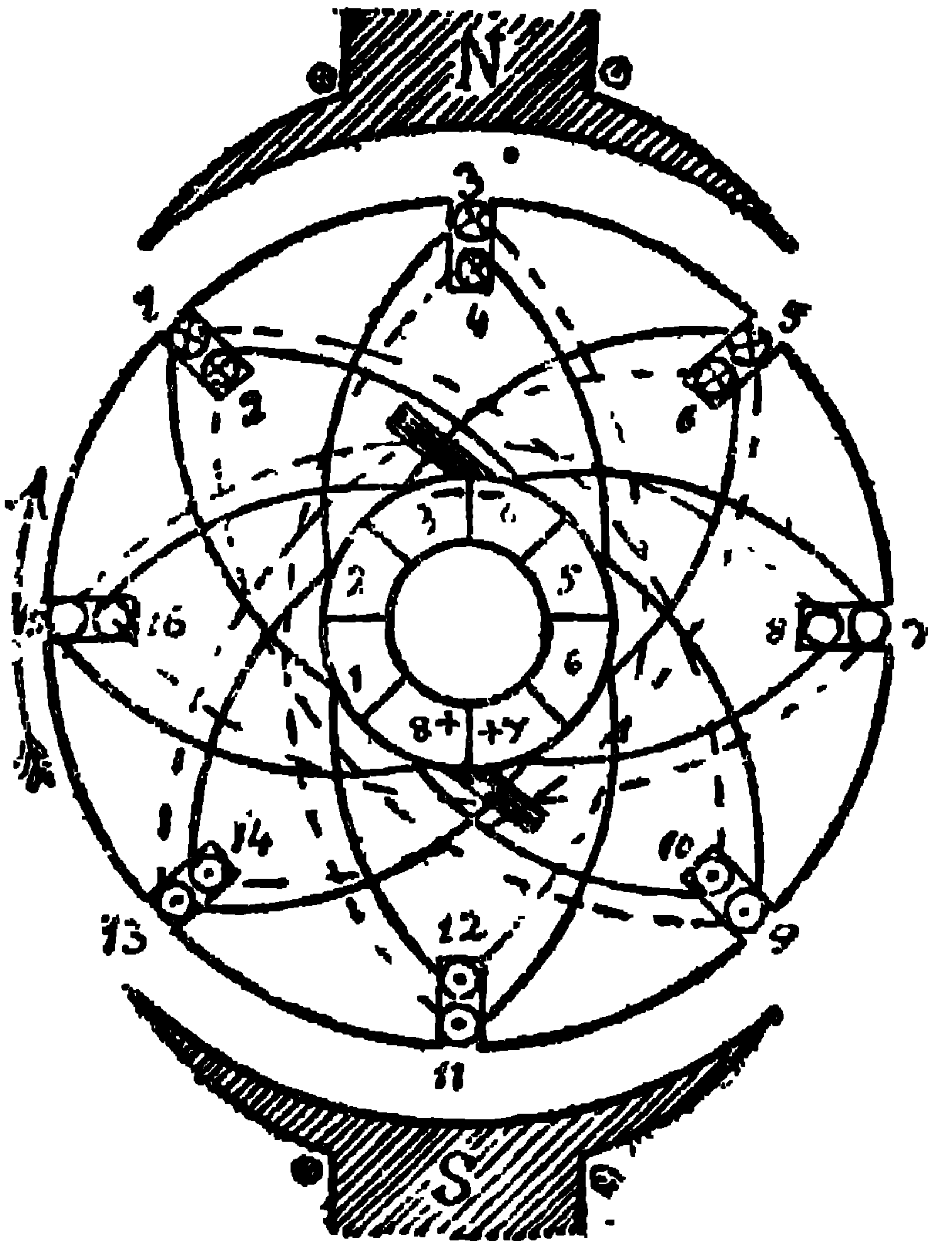
চিত্র—৩৩০

৩৩০ চিত্রে ৩২টি তার বিশিষ্ট একটি ড্রাম আর্মেচারের ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং দৃষ্ট হইবে। ইহাতে ৪টি মেরু, সুতরাং ৪টি ব্রাস আছে। ইহার সম্মুখ পিচ ৫ ও পশ্চাৎ পিচ৭ ব্যাকওয়ার্ড। আর্মেচারের চিত্রে দর্শিত ঘূর্ণন অনুসারে ইহার বৈদ্যুতিক পথ—

ঊর্দ্ধ—ব্রাস { ১২—৫—১০—৩—৮—১—৬—৩১ } ঊর্দ্ধ + ব্রাস
" " ৭—১৪—৯—১৬—১১—১৮—১৩—১০ নিম্ন "
নিম্ন— " ২৮—২১—২৬—১৯—২৪—১৭—২২—১৫ ঊর্দ্ধ "
২৩—৩০—২৫—৩২—২৭—২—২৯—৪ নিম্ন "

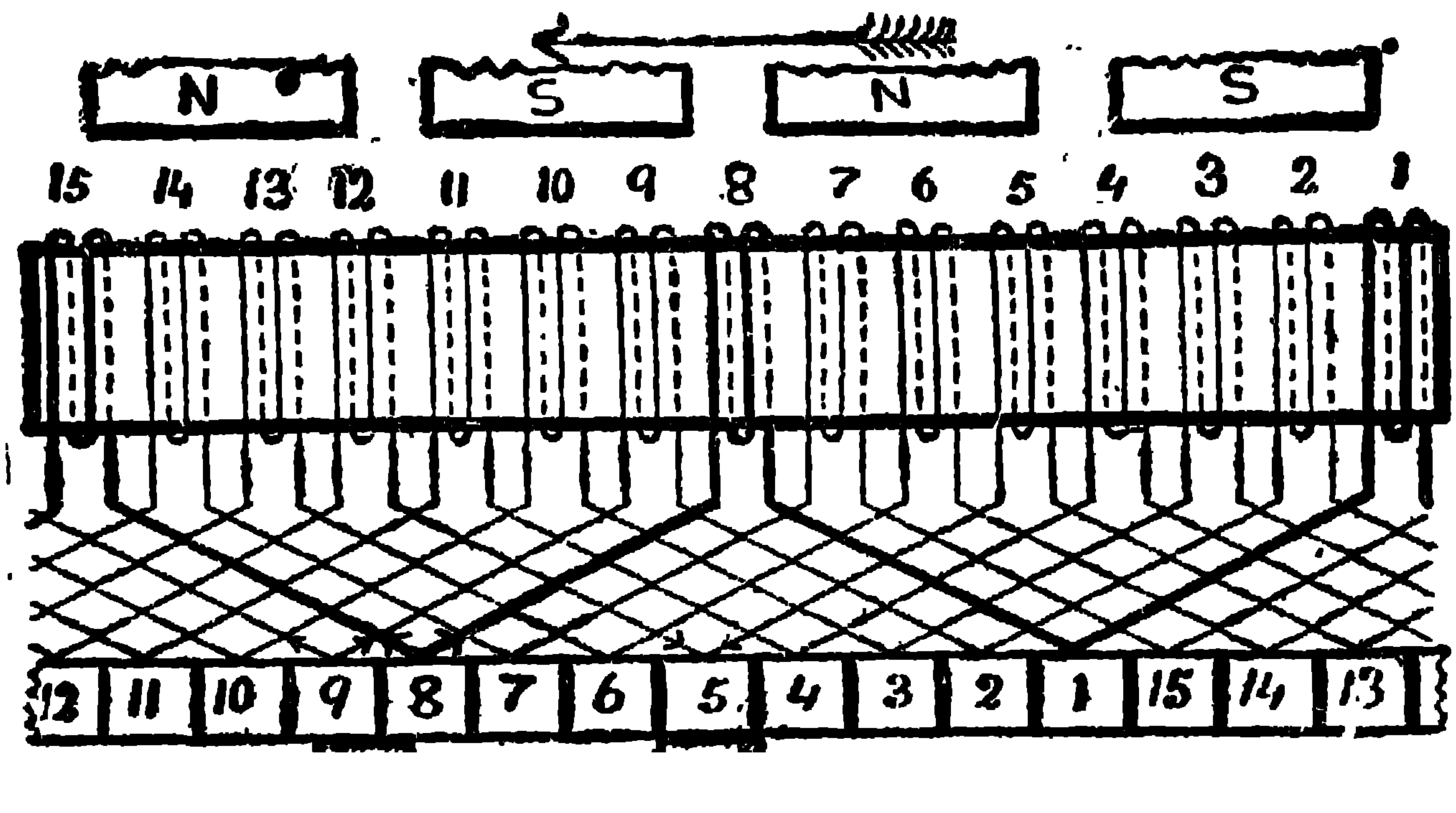
উল্লিখিত ভাবে একস্তরে তার বেষ্টনের মন্দ ফল এই যে কতকগুলি সন্নিহিত তারে সমস্ত চাপ বা ভোল্‌টেজ সম্ভাবিত হয়—কিন্তু দুই স্তরে (চিত্র ৩৩১) তার জড়াইলে আর এরূপ হয় না। তবে দুইস্তরে তার

জড়াইতে হইলে, প্রথম ১টি স্তর জড়াইয়া তদুপরি দ্বিতীয় স্তর, এভাবে জড়ান হয় না, কারণ তাহাতে দ্বিতীয় স্তরে তারের দৈর্ঘ্য অধিক হইবে, সুতরাং বাধা অধিক হইবে। সেই নিমিত্ত নিম্ন স্তরের একটি তার উপর স্তরের একটির সহিত সংযুক্ত হয়—ইহা চিত্র হইতে সুস্পষ্ট দেখা যাইবে। চিত্রে তীর দ্বারা আর্মেচারের ঘূর্ণন এবং × ও ⊙ দ্বারা উৎপন্ন প্রবাহের দিক দর্শিত হইয়াছে।



চিত্র—৩৩১

ডুপ্লেক্স ও ট্রিপ্লেক্স (Duplex and Triplex) ওয়াইণ্ডিং :—অধিক প্রবাহ



চিত্র—৩৩২

পাইবার জন্য আর্মেচারকে ২, ৩ বা ততোধিক বিভিন্ন তার দ্বারা পৃথকভাবে জড়ান

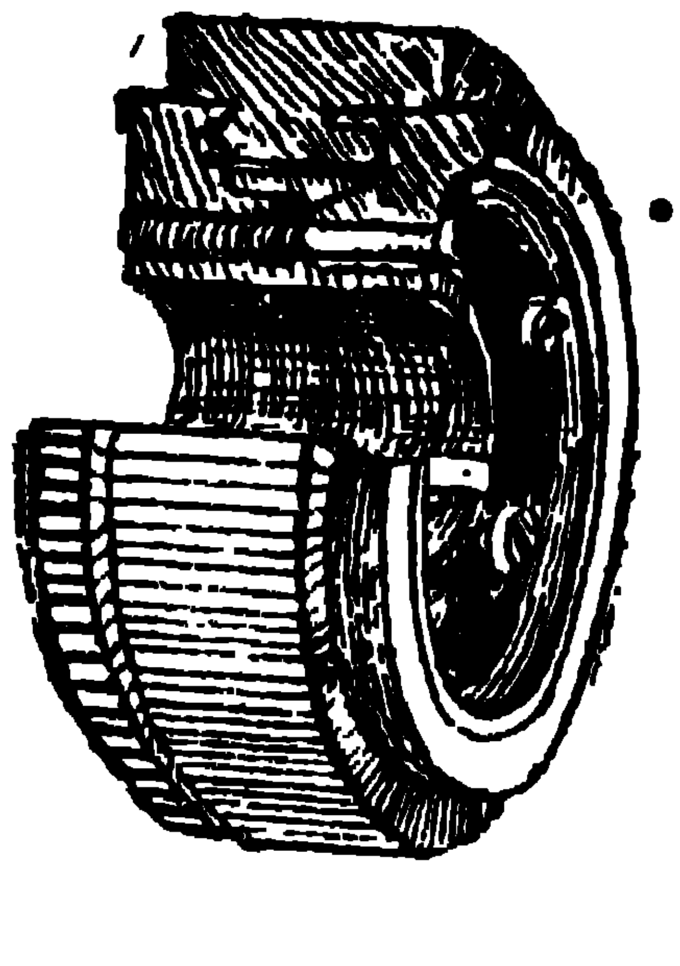
যাইতে পারে এবং প্রত্যেক তারের জন্য বিভিন্ন কমিউটেটার ব্যবহার করিয়া, উহাকে অন্য তার হইতে পৃথকভাবে নিজের কমিউটেটারের সহিত সংযুক্ত করা যাইতে পারে। কার্য্যতঃ বিভিন্ন কমিউটেটারগুলি একসঙ্গে মিলাইয়া একত্রে একস্থানে ব্যবহার হয়, এই নিমিত্ত কমিউটেটারের কোয়াগুলিকে এরূপভাবে সাজাইতে হয়, যেন একটি তারের একটি কমিউটেটার কোয়ার পর অপর তারের একটি কোয়া থাকে। এইরূপে দুইটি বা তিনটি বিভিন্ন তার দ্বারা আর্মেচার জড়ানকে যথাক্রমে ডুপ্লেক্স বা ট্রিপ্লেক্স ওয়াইণ্ডিং বলে। একটি ১৫টি তারবিশিষ্ট রিং আর্মেচারের ডেভোলাপ্‌ড ডায়াগ্রাম ৩৩২ চিত্রে দেখান হইয়াছে। ইহা ৩২৭ চিত্রের রিং আর্ম্মেচারবিশিষ্ট ৪ মেরু যন্ত্রটি।

আর্মেচার কয়েলের তার:—কোন কোন স্থলে কতকগুলি তারকে একত্র করিয়া এই তার গুচ্ছ দ্বারা আর্মেচারকে বেষ্টন করা হয়, অথবা অধিক প্রবাহ হইলে মোটা তাম্রের ফিতা ব্যবহার হয়,—ইহাকে 'বার' (Bar) ওয়াইণ্ডিং বলে। কিন্তু সচরাচর তারকে কোন ফ্রেমের উপর জড়াইয়া, ঠিকমত আকার করিয়া, ফ্রেম হইতে খুলিয়া লইয়া আর্মেচারের খাঁজে খাঁজে পরাইয়া দেওয়া হয় এবং কমিউটেটার কোয়া-গুলির সহিত সংযোজনের নিমিত্ত কমিউটেটার শেষভাগের দিকে কয়েল-গুলির শেষভাগদ্বয় নির্গত হইয়া থাকে, পরে এই নির্গত শেষভাগগুলি কমিউটেটার কোয়ার সহিত ঠিকভাবে সংযোগ এবং পরস্পর হইতে ইনস্যুলেট করিতে হয়। ইহাকে 'ফর্মার, (Former) ওয়াইণ্ডিং বলে।

আর্ম্মেচার কোর:—বায়ু খেলিয়া ঠাণ্ডা রাখিবার জন্য কোরকে নীরেট না করিয়া মধ্যে মধ্যে ছিদ্র পথ রাখা হয়।

কমিউটেটার:—ইহা কতকগুলি একধার পাতলা অপরধার মোটা এরূপ ধরণের তাম্র খণ্ডকে একত্রিত করিয়া চোঙ্গের আকারে প্রস্তুত হয়। এই তাম্রখণ্ডগুলিকে কমিউটেটারের কোয়া বলে। ইহার তাম্রখণ্ড প্রত্যেকে প্রত্যেকটি হইতে ভালরূপে রোধিত বা ইনসুলেটেড। এই রোধনের জন্য সচরাচর দুইটি কোয়ার অন্তরা অভ্র ব্যবহার হয়। এই চোঙ্গ বা কমিউটেটার যে সাফটের সহিত আবদ্ধ করা হয় তাহা হইতেও ইহাকে ভালভাবে রোধিত করিতে হয়। ৩৩৩ সেকসান

চিত্র হইতে ইহার গঠন প্রণালী বোধগম্য হইবে। আর্ম্মেচারের



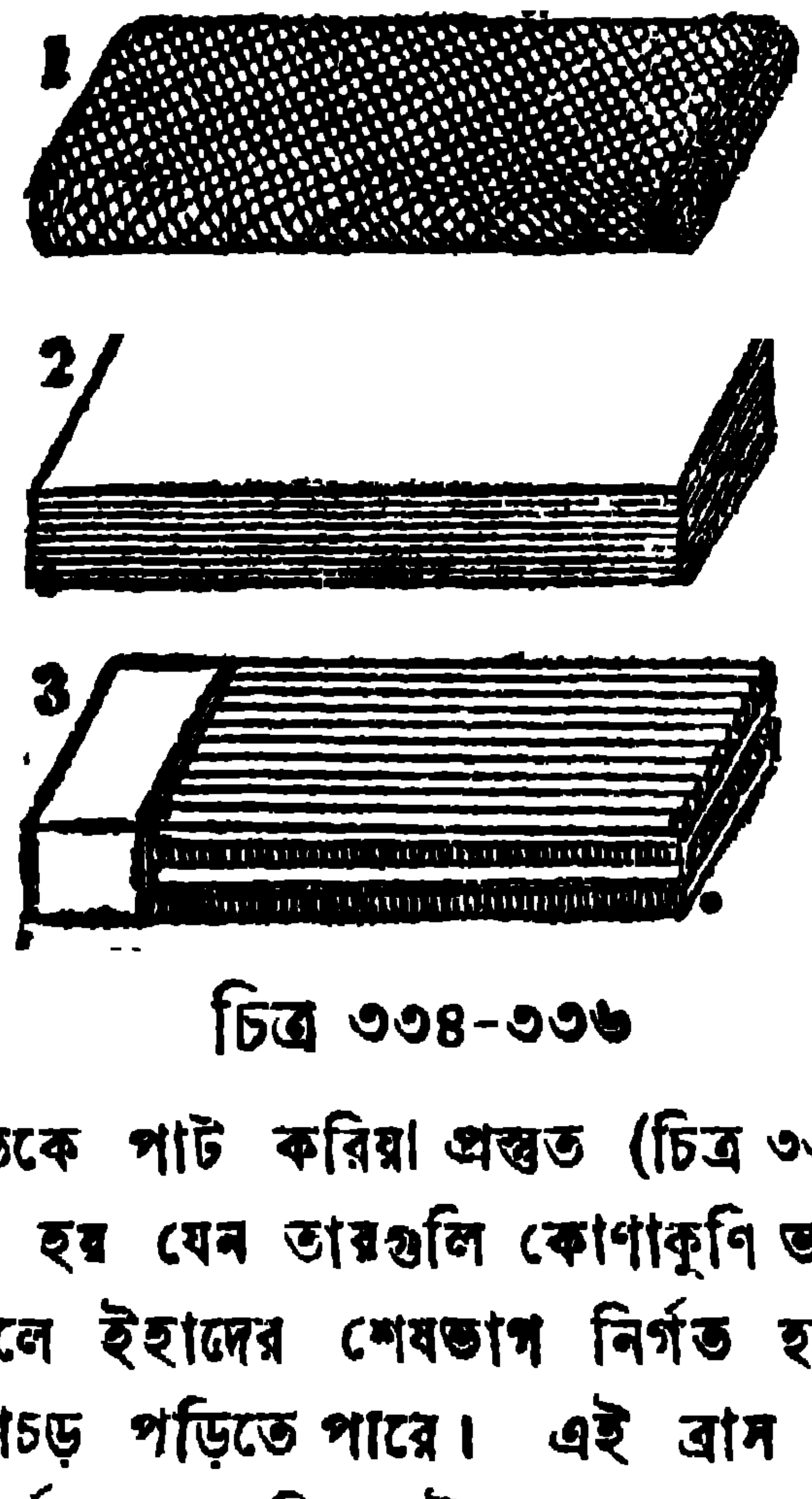
চিত্র—৩৩৩

প্রত্যেক কয়েল পরবর্ত্তী কয়েলের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয় এবং এইরূপ এক একটি সংযোগ স্থান কমিউটেটারের এক একটি ধাতুখণ্ডের সহিত সংযুক্ত হয়,—সুতরাং আর্ম্মেচারে যতগুলি কয়েল থাকে কমিউটেটারে ততগুলি ধাতুখণ্ড বা কোয়া আবশ্যক হয়।

ব্রাস (Brushes):—পূর্ব্বে ইহারা তাম্র দ্বারা প্রস্তুত হইত কিন্তু আজকাল 'স্পার্ক' বা অগ্নিস্ফুলিঙ্গ বন্ধ করিবার জন্য ইহা সচরাচর কার্ব্বন দ্বারা প্রস্তুত হয়। তাম্রব্রাস তিন প্রকারের হয়—

১। জালতি বা 'গজ' (Gauge) ব্রাস,
২। তার বা 'অয়ার' (Wire) ব্রাস ও
৩। পাত বা ষ্ট্রিপ (Strip) ব্রাস।

ইহাদিগকে ৩৩৪—৩৩৬ চিত্রে দেখান হইয়াছে।



চিত্র ৩৩৪-৩৩৬

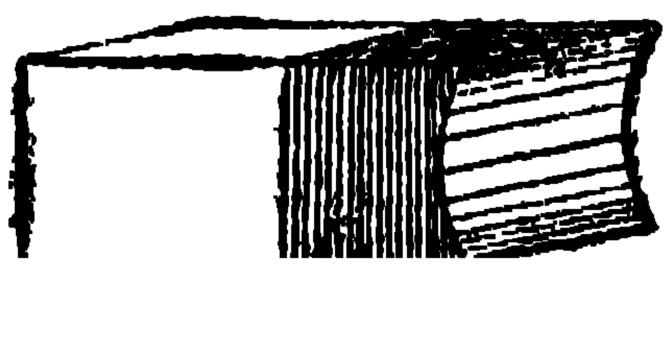
গজব্রাস:— ইহা একখণ্ড তাম্রতারের জালতিকে পাট করিয়া প্রস্তুত (চিত্র ৩৩৪) হয়। এই জালতিকে এরূপভাবে পাট করিতে হয় যেন তারগুলি কোণাকুণি ভাবে থাকে, নচেৎ তারগুলি সোজাসুজি ভাবে থাকিলে ইহাদের শেষভাগ নির্গত হইয়া থাকিবে এবং তাহাতে কমিউটেটারের উপর আঁচড় পড়িতে পারে। এই ব্রাস খুব নরম হয় ও কমিউটেটারের সহিত ভালভাবে স্পর্শ করে, কিন্তু ইহা ব্যয় সাপেক্ষ।

তার বা অয়ার ব্রাস:—ইহা কতকগুলি তাম্রের তারকে একত্রিত করিয়া। প্রস্তুত হয়। ইহা গজ ব্রাস অপেক্ষা কড়া বলিয়া কমিউটেটারের উপর দাগ পড়ে ও উভয়েই ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এই নিমিত্ত অনন্যোপায় ব্যতীত ইহা ব্যবহৃত হয় না।

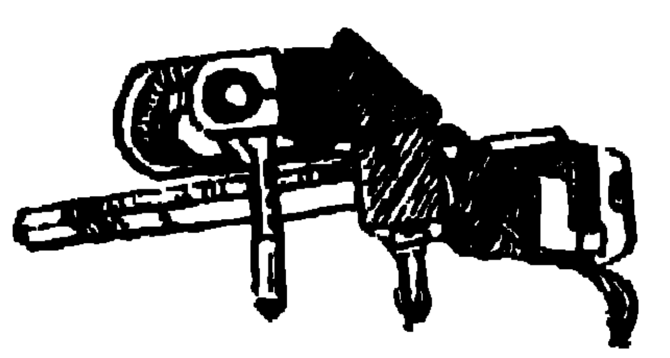
পাতব্রাস:—ইহা কতকগুলি তাম্রের পাতকে একত্রিত করিয়া প্রস্তুত হয়, চিত্র ৩৩৫, সুতরাং ইহার প্রস্তুত প্রকরণ খুব সহজ। কিন্তু ইহা বড় কড়া হয় বলিয়া সচরাচর ব্যবহার হয় না। কোন কোন স্থলে ইহাকে একটু নরম করিবার জন্য একটি

করিয়া পাত ও তৎপরে একস্তর তার. চিত্র ৩৩৬, এইভাবে কতকগুলি পাত ও কয়েকস্তর তার দ্বারা প্রস্তুত হয়। এই ব্রাস গুলিকে হেলাইয়া বা শায়িত ভাবে (Tangentially) ব্যবহার করা হয়। সুতরাং যন্ত্রকে একই দিকে ঘুরাইতে হয়। কেবলমাত্র গজব্রাসকে খাড়াভাবে ব্যবহার করা চলে। অতএব যন্ত্রকে যে দিকে ইচ্ছা ঘুরান যায়। কিন্তু ধাতব ব্রাস সকল ব্যবহার করিলে অত্যন্ত অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হইতে থাকে এবং অগ্নিস্ফুলিঙ্গ কালে ব্রাসগুলি হইতে ধাতুকণা নির্গত হইয়া কমিউটেটারের উপর জমিয়া উহার কোয়াগুলির মধ্যে বৈদ্যুতিক সংযোজন ঘটায়, অর্থাৎ উহাদিগকে 'সর্ট সার্কিটেড' করিয়া দেয়। এই নিমিত্ত অধুনা ইহাদিগের পরিবর্ত্তে কার্ব্বন ব্রাস প্রচলিত।

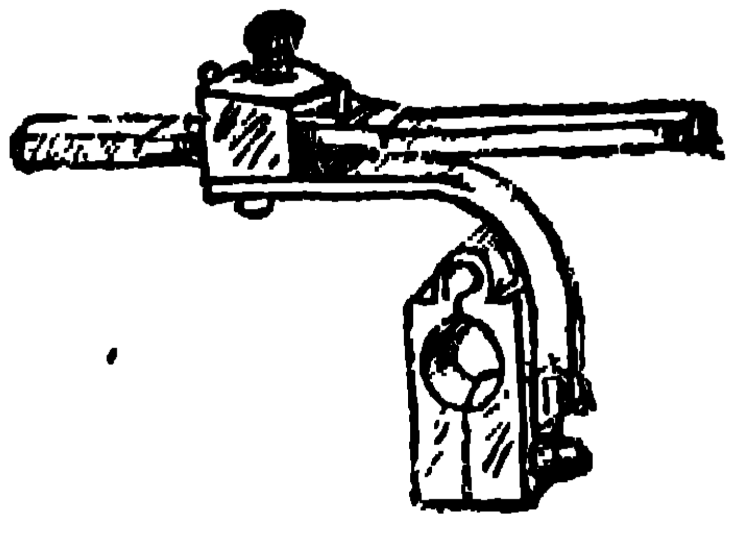
কার্ব্বন ব্রাস :—ইহারা গ্যাস কার্ব্বন হইতে প্রস্তুত। এবং ইহাদের আকার চতুষ্কোণ স্তম্ভের মত, কেবল মাত্র চোঙ্গের মত কমিউটেটারের উপর ঠিক ভাবে স্পর্শ করিয়া থাকিবার জন্য এক শেষভাগে বৃত্তাংশের মত খাঁজ কাটা থাকে, চিত্র ৩৩৭, এবং ইহাদিগকে খাড়াভাবে ব্যবহার করা হয়, সুতরাং কমিউটেটারকে যে দিকে ইচ্ছা ঘুরাইতে পারা যায়। কমিউটেটারের উপর চাপিয়া স্পর্শ করিয়া থাকিবার জন্য এই কার্ব্বনের টুকরা গুলি স্প্রিং বিশিষ্ট হোল্ডারে (Holder) পরাইয়া, ঐ হোল্ডার সমেত ব্যবহার করা হয়, চিত্র ৩৩৮। তাম্র অপেক্ষা কার্ব্বনের বাধা খুব বেশী বলিয়া উহার যে বিস্তৃতি (area) কমিউটেটারের গাত্রে স্পর্শ করিয়া থাকে, তাহাকে খুব বাড়াইতে হয়। এই নিমিত্ত কার্ব্বন ব্রাসগুলি খুব প্রশস্ত করিতে হয়। ব্রাসগুলি খুব প্রশস্ত হওয়ায় উহাকে খণ্ড খণ্ড করিয়া কতকগুলি ছোট ছোট ব্রাস করিয়া একত্র ব্যবহার হয়, চিত্র ৩৪০। তাহাতে যদি দুই একটী ব্রাস খারাপ হইয়া যায় তাহা হইলে পরীক্ষার নিমিত্ত কেবলমাত্র ঐ ছোট ব্রাসকে অপসৃত করিলে অন্য ব্রাসগুলি দ্বারা কার্য্য চলিতে থাকিবে। যাহাতে ভাল ভাবে বৈদ্যুতিক সংযোগ হয়, সেইজন্য এই ব্রাসগুলির উপরাংশ ইলেকট্রোলিসিস দ্বারা তাম্র আবৃত হয়।



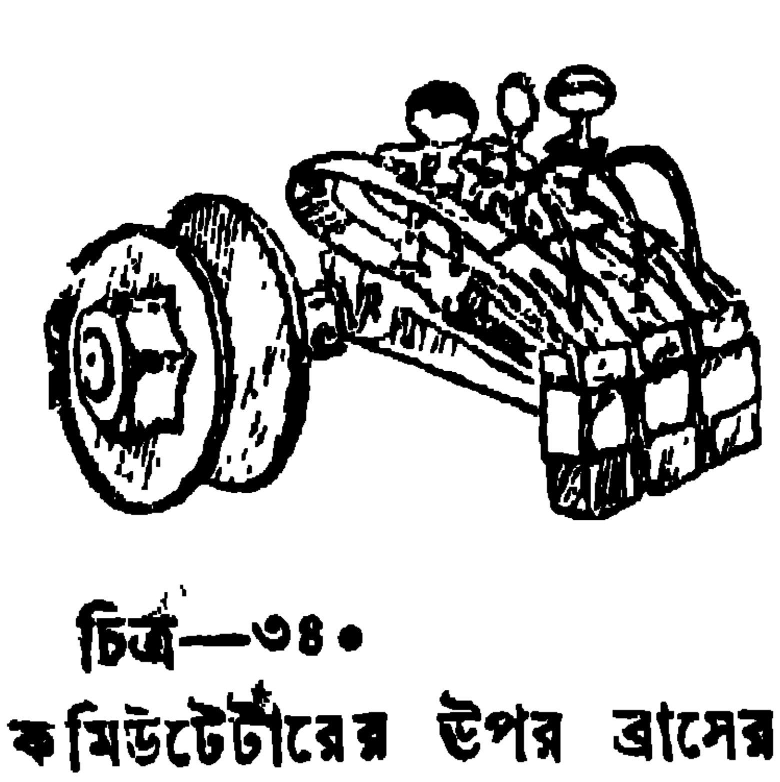
চিত্র—৩৩৭



চিত্র—৩৩৮



চিত্র—৩৩৯



চিত্র—৩৪০

কমিউটেটারের উপর ব্রাসের স্থান পরিবর্ত্তন করিতে পারিবার জন্য ব্রাসসমেত হোল্ডারকে 'ব্রাস-রকার' (brush rocker) নামক একটি অবলম্বনে আবদ্ধ করা থাকে।

ব্রাসের সংখ্যা বা কতগুলি স্থানে ব্রাস আবশ্যক :—আর্মেচারের মধ্যে সম্ভাবিত ই, এম, এফ, কমিউটেটার হইতে পাইবার নিমিত্ত ঘূর্ণায়মান কমিউটেটারের উপর ব্রাসকে স্পর্শ করাইয়া রাখিতে হয়। এবং কোন্ কোন্ স্থানে ব্রাস বসাইতে হইবে তাহা ওয়াইণ্ডিং চিত্রে সম্ভাবিত ই, এম, এফ, এর দিক তীর অনুযায়ী অনুসরণ করিলে পাওয়া যায়। কমিউটেটারের যে কোয়াতে দুইটি বিভিন্ন দিক হইতে তীর মিলিত হয় তথায়+ব্রাস ও যেখান হইতে দুইটি তীর বিভিন্ন দিকে যাইতে থাকে তথায়—ব্রাস বসাইতে হয়। প্যারালাল রিংওয়াইণ্ডিং ও ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং এ যতগুলি মেরু ততগুলি ব্রাস প্রয়োজন হয় এবং তাহাদিগকে কমিউটেটারের চতুর্দ্দিকে সুসমঞ্জস ভাবে সাজাইতে হয় এবং তাহাদিগের নিজেদের মধ্যে কৌণিক ব্যবধান মেরুগুলির কৌণিক ব্যবধানের সহিত সমান। ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং হইলে মেরুসংখ্যা যতই হউক না কেন কেবল মাত্র দুইটি ব্রাস প্রয়োজন হয় এবং তাহাদিগের মধ্যে একদিকে ৯০° ও অপর দিকে ২৭০° ব্যবধান—ওয়াইণ্ডিং ডায়াগ্রাম দ্রষ্টব্য।

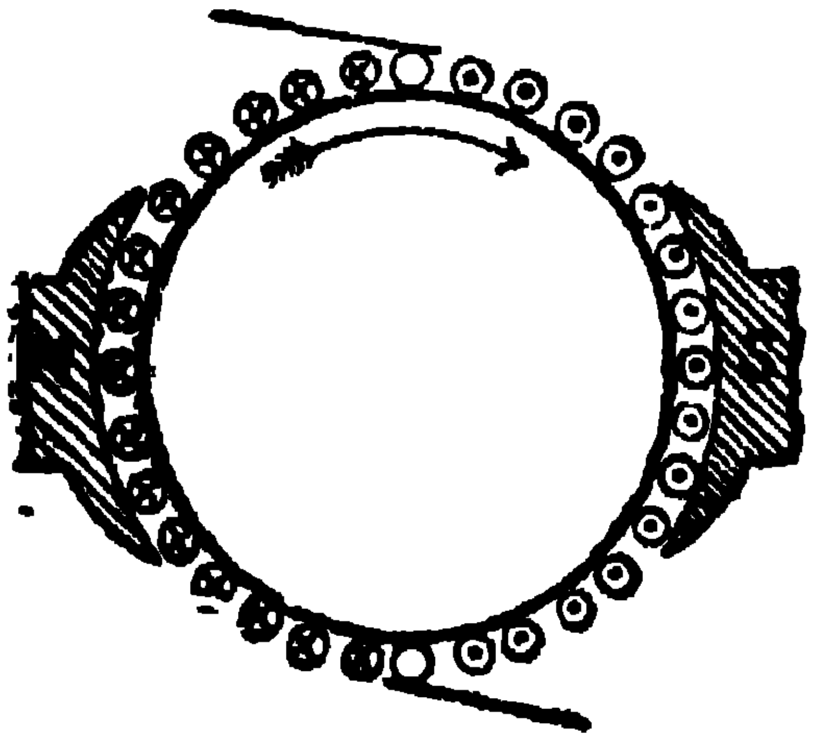
দ্রষ্টব্য:—ডায়নামোর চিত্র অঙ্কন করিবার সময় ব্রাসের কমিউটেটার স্পর্শী প্রান্তকে আর্ম্মেচারের ঘূর্ণনের দিকে হেলাইয়া আঁকিতে হয়। যদিও আধুনিক কার্ব্বন ব্রাস কমিউটেটারের গাত্রে খাড়া ভাবে স্থাপিত হয়, তত্রাপি আঁকিবার সময় উল্লিখিত নিয়মটি মানিয়া চলিলে, তাহা দ্বারা নির্দ্দেশ করা না থাকিলেও, ব্রাসের অবস্থা হইতে আর্ম্মেচারের ঘূর্ণণের দিক নির্দ্ধারণ করা যায় (ওয়াইণ্ডিংএর চিত্রগুলি দ্রষ্টব্য)। কোন আর্ম্মেচারকে, যথা, মোটর প্রভৃতির, উভয়দিকে ঘূর্ণনক্ষম বুঝাইতে হইলে ব্রাসগুলিকে কমিউটেটারের গাত্রে খাড়া ভাবে আঁকা হয়, (মোটরের পরিচয় দ্রষ্টব্য)।

ষোড়শ পরিচয়।

অগ্রতা ও অগ্নিস্ফুলিঙ্গ বন্দ (Lead and Sp.rkless Commutation) :—এখন দেখা যাউক কমিউটেটারের ঠিক কোন্ স্থানে ব্রাস বসাইলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হইবে না। এতদূর অবধি বলিয়া আস হইয়াছে—ব্রাসের স্থান এরূপ যে উহার একদিকে কয়েলটি একটি মেরুর অধীন ও অপরদিকে অপর মেরুর অধীন, অর্থাৎ কয়েলের মধ্যে একদিকে প্রবাহ বহিতে বহিতে যখনই অপরদিকে বহমান প্রবাহ সম্ভাবিত হয় তৎক্ষণাৎ যেন উহার কমিউটেটার কোয়া ব্রাস পরিত্যাগ করে। এই নিমিত্ত, ডায়নামোর কার্য্যাবলী সহজে বুঝাইবার জন্য রাজাচুম্বকের মেরুদ্বয়ের মাঝামাঝি স্থানে ব্রাস স্থাপিত ধরা হইয়াছে, অর্থাৎ রাজ্যচুম্বকের মেরু সংযোজক রেখাতে লম্বরেখা টানিলে উহা আর্ম্মেচারের যে স্থানে পড়ে সেই স্থানকে ব্রাসের স্থান ধরা হইয়াছে। এতক্ষণ অবধি এই স্থানকে নিস্ফল স্থান (Neutral zone) ও এইস্থান পার হইবার সময় সম্ভাবিত প্রবাহের দিক উল্‌টাইয়া যায়, ধরা হইয়াছে। কিন্তু বাস্তবিক ইহা ঠিক নহে। আর্ম্মেচার যে দিকে ঘুরিবে এই স্থান হইতে সেইদিকে খানিকটা অগ্রসর হইলে তবে এই নিস্ফল স্থান পাওয়া যায় এবং কার্য্যতঃও দেখা যাইবে যে ডায়নামো চলিতে থাকিলে আর্ম্মেচারের ঘূর্ণনদিকে ব্রাসকে কিছু অগ্রবর্ত্তী করাইয়া দিলে তবে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ বন্ধ হয়। ব্রাসকে অগ্রবর্ত্তী করাইবার নিমিত্ত ব্রাসের হোল্ডার বা ধারকগুলি ব্রাস রকার নামক একটি অবলম্বনের সহিত আবদ্ধ থাকে, এই ব্রাস-রকারকে ঘুরাইয়া হোল্ডার সমেত ব্রাসকে অগ্রপশ্চাৎ করান যায় এবং কতটা অবধি অগ্রবর্ত্তী করিলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ বন্ধ হইবে, তাহা ব্রাসকে একটু একটু করিয়া সরাইয়া পরীক্ষা (Trial) দ্বারা নিরূপণ করিতে হয়।

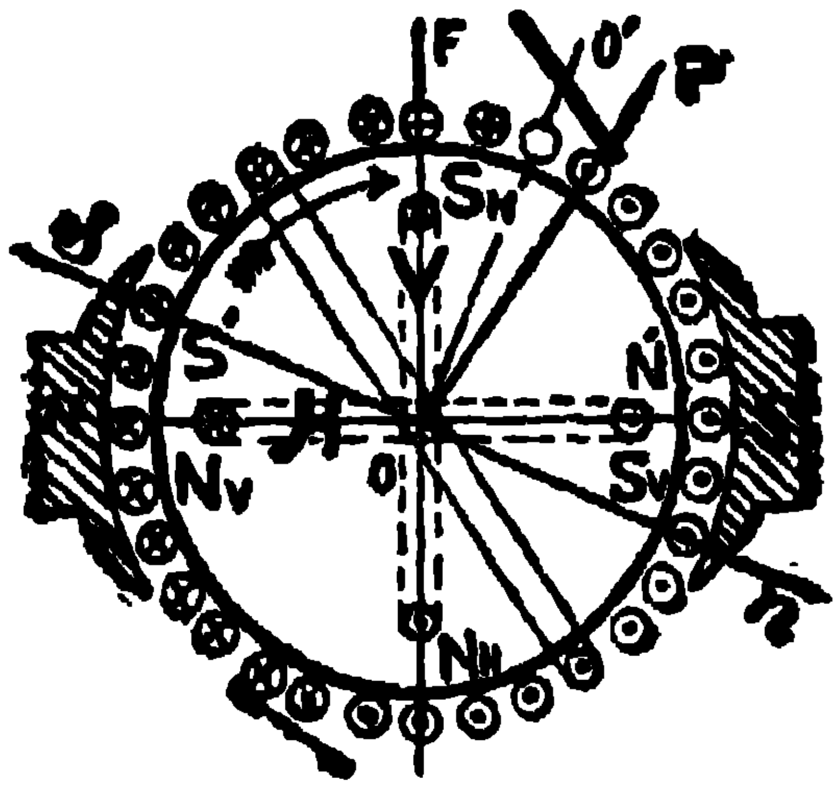
অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ করিবার জন্য ব্রাসকে পূর্ব্বকথিত নিষ্ফল স্থান হইতে যতটা অগ্রবর্ত্তী করিতে হয় তাহাকে ব্রাসের অগ্রতা বা লীড(Lead) বলে।

অগ্রতার প্রথম কারণ :—আমে´চারের মধ্যে প্রবাহহেতু রাজ্যের বক্রতা বা নিষ্ফল স্থানের অগ্রভবন। পূর্ব্বে বলা হইয়াছে ঠিকমত নিষ্ফল স্থান মেরুদ্বয়ের মাঝামঝি স্থান হইতে আমে´চারের ঘূর্ণনদিকে কিছু অগ্রবর্ত্তী, অবশ্য যদি আমে´চার ঘুরিতে থাকে। নচেৎ যদি আমে´চার না ঘোরে তাহা হইলে এই মাঝামাঝি স্থানই নিষ্ফল স্থান। কিন্তু যখন আমে´চার ঘুরিতে থাকে তখন ইহার পরিচালকগুলির মধ্যে প্রবাহ উৎপন্ন হয়, ও এই প্রবাহ দ্বারা আমে´চারের লৌহকোরটি চুম্বকীভূত হয়। এই চুম্বকীভবনের প্রাখর্য্য আমে´চারের মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহবেগের উপর নির্ভর করে। ৩৪১ চিত্র অনুযায়ী একটি ড্রাম আর্ম্মেচার লইলে, উহাতে আর্ম্মেচারের যেরূপ ঘূর্ণনগতি দর্শিত হইয়াছে তদনুযায়ী যেরূপ প্রবাহ হয় তাহা ঐ চিত্রে ⊙ ও × দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। অতএব দৃষ্ট হইবে এই আর্ম্মেচারের পাক বা ফাঁসগুলিকে দুইভাগে বিভক্ত করা চলে—ভূসমান্তরাল ও খাড়া।



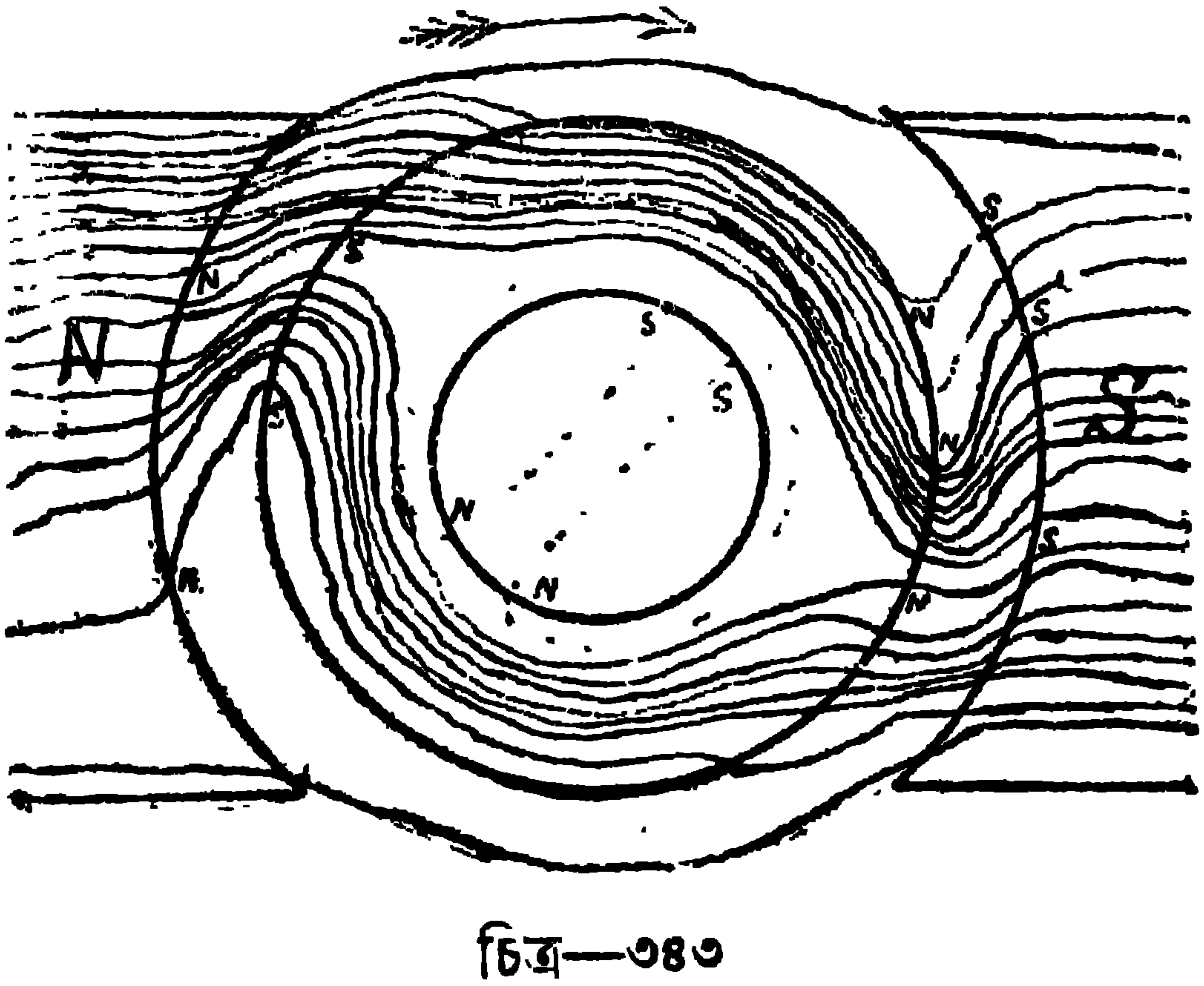
চিত্র—৩৪১

এইগুলি ৩৪২ চিত্রে যথাক্রমে H ও V দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। এখন যদি "দক্ষিণ হস্ত" বা" আম্পেয়ারের "সন্তরণকারী" নিয়মানুসারে এই দুইপ্রকার ফাঁস গুলির মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহ হেতু আর্ম্মেচার লৌহে সম্ভাবিত চুম্বকত্বের মেরুত্ব নির্দ্ধারণ করা যায়, তাহা হইলে ভূ-সমান্তরাল অংশ হেতু H দ্বারা সূচিত ও খাড়া অংশ হেতু V



চিত্র—৩৪২

অক্ষর দ্বারা সূচিত ভাবের মেরুত্ব হইবে (চিত্রে H ও V মেরুঅক্ষরে সংযুক্ত) অর্থাৎ H চিহ্নিত ভূসমান্তরাল ফাঁসগুলি দ্বারা রাজ্যের আড়দিকে মেরুত্ব উৎপন্ন হয়, ইহাকে আড়চুম্বকত্ব বা 'ক্রসম্যাগনেটিজম্' (Cross-magnetism) বলে এবং চিত্র হইতে দৃষ্ট হইবে আড়চুম্বকত্বের মেরুত্ব এরূপ যে আর্মেচারের ঘূর্ণন গতিকে বাধা দেয়, সুতরাং আর্মেচারের চালক ইঞ্জিনের উপর ভার আনয়ন করে; এখন বুঝিতে পারা যাইতেছে যে পূর্ব্বে যাহাকে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া বলা হইয়াছে, ইহা তাহারই একটি অংশ বা কারণ। এবং V চিহ্নিত খাড়া ফাঁসগুলি দ্বারা ভূ-সমান্তরাল দিকে এরূপভাবে মেরুসম্ভাবিত হয় যে S হইতে N এর দিকে অর্থাৎ রাজ্যের বিপরীত দিকে বলরেখা উৎপন্ন হয়, সুতরাং ইহার দ্বারা রাজ্য তেজ হ্রাস পায়, সেইজন্য এই ফাঁসগুলিকে চুম্বক নাশক ফাঁস (Demagnetising belt) বা বিপরীত পাক (Back turns) বলে এবং ইহা আর্মেচার প্রতিক্রিয়ার অপর অংশ বা কারণ।



চিত্র—৩৪৩

অর্থাৎ আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া ক্রসম্যাগনেটিজেসান ও ডিম্যাগনেটাইজিং বেল্ট হেতু ঘটে। এখন এই ডিম্যাগনেটাইজিং বেলট হেতু রাজ্যের

প্রাখর্য্য (আর্মেচারের মধ্যে) হ্রাস প্রাপ্ত হয়—অর্থাৎ রাজ্য কর্তৃক আর্মে-চারের মধ্যে যে সম্ভাবিত মেরুত্ব, তাহার তেজ হ্রাস হয়। আর্মেচারের এই হ্রাসপ্রাপ্ত ভূ-সমান্তরাল মেরু তেজকে যদি S′ ও N′ ধরা যায়, তাহা হইলে এবম্প্রকার তেজবিশিষ্ট মেরু রাজ্য ও ক্রশম্যাগনেটিজেশান বা আড়দিকের রাজ্য, এতদুভয়ে মিলিয়া মোট রাজ্য কিছু বাঁকিয়া যায় এবং ইহা বাঁকিয়া আর্মেচারের ঘূর্ণনগতির দিকে কিছু অগ্রসর হয়, ইহা ৩৪৩ চিত্রে ঘূর্ণায়মান রিং.আর্মেচারের মধ্য দিয়া বলরেখার আনুমাণিক অবস্থা দেখিলে বুঝা যায়। অতএব মোট বলরাজ্যের দিক আর্মেচারের ঘূর্ণনদিকে ঘুরিয়া যায়, ইহা ৩৪২ চিত্রে s n রেখা দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। সুতরাং এই মোট বলরাজ্যে লম্বরেখা টানিলে উহা কমিউটেটারের যে স্থান দিয়া যায়, সেইখানটি প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তনের স্থান এবং তথায় কোনরূপ ভোলটেজ সম্ভাবিত হয় না। কিন্তু ব্রাসকে কেবলমাত্র এই অবধি অগ্রসর করাইলে চলিবে না, ইহা অপেক্ষা আরও কিছু অধিক অগ্রসর করিতে হইবে।

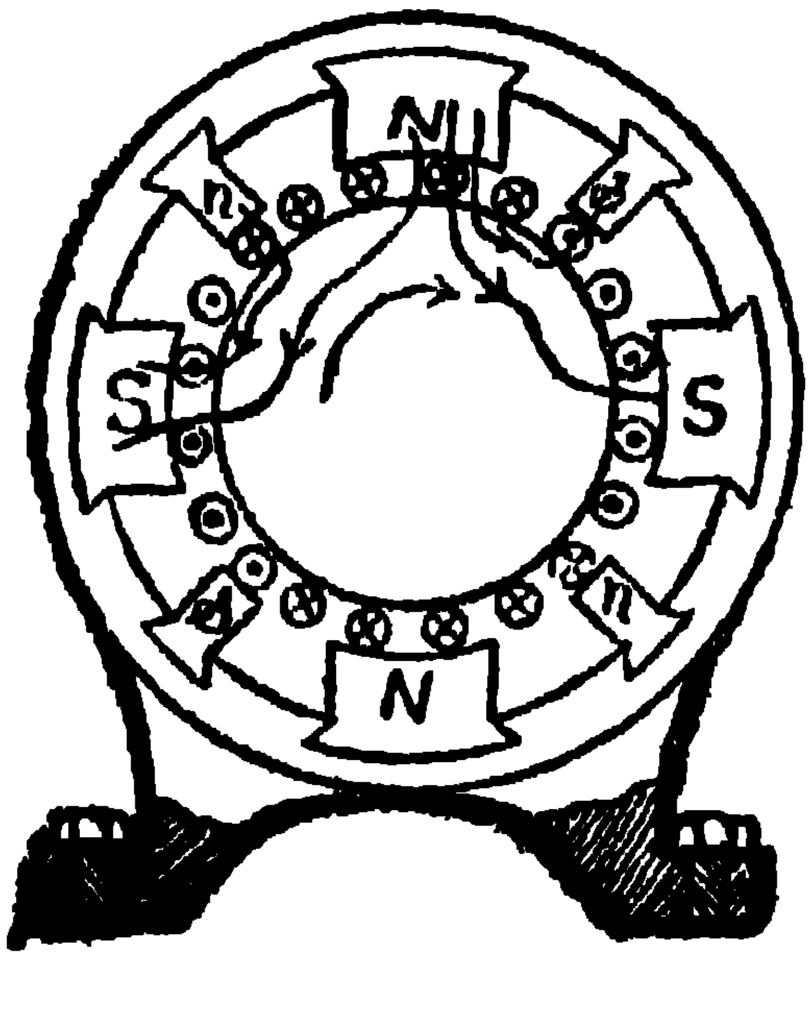
অগ্রতার দ্বিতীয় কারণ ভগ্নকালীন অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ :—নিরবিচ্ছিন্নভাবে প্রবাহ আহরণের জন্য ব্রাসের মুখ এত চওড়া হয় যে উহা সর্ব্বদাই দুইটি করিয়া কমিউটেটার কোয়াকে স্পর্শ করিয়া থাকে, সুতরাং আর্মেচার রিংই হউক বা ড্রামই হউক, ঐ কোয়াদ্বয়ের মধ্যস্থ পাক বা ফাঁসগুলি ব্রাসের মধ্য দিয়া বৈদ্যুতিকভাবে সংযুক্ত বা সর্ট 'সার্কিটেড' হয়। এখন যদি ব্রাসটি O′ চিহ্নিত স্থানে, চিত্র ৩৪২, (যেখানে কোনরূপ ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয় না) স্থাপন করা হয়, তাহা হইলে ঐ স্থানে সর্ট-সার্কিটেড কয়েল বা ফাঁসগুলির মধ্যে যদিও কোনরূপ ভোলটেজ সম্ভাবিত হয় না। তত্রাপি কিছু প্রবাহ থাকে। তাহার কারণ, ব্রাসে পৌঁছিবার পূর্ব্বে পর্য্যন্ত উহা যে মেরু ত্যাগ করিতে উদ্যত, তাহার অধীন ছিল এবং সেই মেরুদ্বারা উহাতে ভোলটেজ সম্ভাবিত হইয়াছিল,

তজ্জন্য ইহাতে প্রবাহ বহিতেছিল এবং বলা বাহুল্য যে এই প্রবাহ এই মেরুর অধীনস্থ আর্মেচারের অর্দ্ধেক পরিমিত কয়েলের মধ্য দিয়া বহিতেছিল। যখন উহা নিষ্ফল স্থানে আসে, তখন উহার মধ্যে খুব অল্প সময়ের জন্য ভোলটেজ সম্ভাবনা বন্ধ হয় বটে, কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে প্রবাহ বন্ধ হয় না, ইহা আরও কিছুক্ষণের জন্য অবশ্য খুব অল্প সময়ের জন্য ঠিক পূর্ব্বের মত ঐ কয়েলের মধ্য দিয়া, অর্থাৎ যে দিকে বহিতেছিল সেই দিকে, বহিতে থাকে (যেমন একটি ইঞ্জিন কোন গাড়িকে ঠেলিয়া লইয়া যাইতে যাইতে হঠাৎ ঠেলা কার্য্য বন্ধ করিয়া থামিয়া গেলেও গাড়ী তৎক্ষণাৎ থামে না, ইঞ্জিন বন্ধ হইবার পরেও কিছুক্ষণের জন্য চলিতে থাকে ও কিছু পরে থামিয়া যায়)। এই অবস্থায় ফাঁস বা কয়েলটি ব্রাসের মধ্য দিয়া সর্ট-সার্কিটেড হওয়ায় ভোল্‌টেজ সাম্ভাবনা বন্ধ হইবার পরেও বহমান প্রবাহ, আর্ম্মেচার কয়েলের অর্দ্ধাংশের মধ্য দিয়া প্রবাহিত না হইয়া, ব্রাস ও কমিউটেটারের কোয়াদ্বয়ের মধ্য দিয়া নিজের মধ্যে বহিতে থাকে। এখন প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই কমিউটেটারের একটি কোয়া ব্রাসকে ছাড়িয়া যাইবে, সেই সময় সর্ট-সার্কিটেড কয়েলটির বৈদ্যুতিক পথ ঐ ব্রাসের স্থানে ভগ্ন হইবে। সুতরাং কয়েলটির মধ্যে প্রবাহ থাকা হেতু, ঐ পথ ভগ্নকালে, কয়েলটির মধ্যে স্বীয় সম্ভাবন হইবে এবং ইহা ভগ্নকালীন স্বীয় সম্ভাবন বলিয়া ঐ স্থানে ভগ্ন কালীন অগ্নিস্ফুলিঙ্গ (Break spark) হইবে। ইহাই ব্রাসের নিকট অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হইবার কারণ। অগ্নি স্ফুলিঙ্গ রদ করিতে হইলে, যদি ব্রাসটিকে আরও একটু অগ্রসর করা যায়, তাহা হইলে পথ ভগ্ন হইবার পূর্ব্বেই, ঐ ব্রাস অপর মেরুর অধীন হইবে ও ব্রাসটী কেমিউটেটার কোয়াকে স্পর্শ করিয়া থাকিবার কালে, পূর্ব্বে যে প্রবাহ বহিতেছিল তাহা ক্রমশঃ হ্রাস হইয়া বন্ধ হইয়া যাইবে ও বিপরীত দিকে প্রবাহ সম্ভাবিত হইতে থাকিবে (পরেও কয়েলের মধ্য দিয়া এই

বিপরীত দিকেই প্রবাহ বহমান হইবে)। সুতরাং ব্রাসটিকে এরূপ স্থানে দেওয়া হয় যে, ঐ স্থানে কমিউটেটার কোয়া ব্রাস পরিত্যাগকালে অর্থাৎ পার হইবার সময়, এই নব (বিপরীত দিকের) ই, এম, এফ, ও তৎকালীন প্রবাহ এরূপ পরিমাণে সম্ভাবিত হয় যে, ভগ্নকালীন স্বীয় সম্ভাবন হেতু বর্দ্ধিত হইয়াও উহারা, পরে পূর্ণ সম্ভাবনের সময় ঐ কয়েলের মধ্যে যতটা পরিমাণ ভোল্‌টেজ ও প্রবাহ সম্ভাবিত হয়, তাহাদের অপেক্ষা অধিক হয় না—অতএব আর অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয় না। অর্থাৎ ব্রাসটিকে এরূপস্থানে দিতে হইবে যে পরে এই কয়েলের মধ্যে যে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণ ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হইবে ও তদ্ধেতু ইহার মধ্য দিয়া যে প্রবাহ বহমান হইবে, ভগ্ন কালীন স্বীয় সম্ভাবন দ্বারা বর্দ্ধিত হইয়াও যেন ইহাতে তদপেক্ষা অধিক ই, এম, এফ, বা প্রবাহ সম্ভাবিত না হয়। এই স্থানটি সকল সময় পরীক্ষা (trial) দ্বারা নিরুপিত হইয়া থাকে।

ইণ্টার পোল ডায়নামো (Interpole Dynamo) ও যে কোন পরিমাণের প্রবাহ বিনা অগ্নিস্ফুলিঙ্গে একটি স্থান হইতে আহরণ :—পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে ব্রাসকে যথাস্থানে না বসাইলে ব্রাস ও কমিউটেটারের মধ্যে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ঘটে—এই অগ্নিস্ফুলিঙ্গ কমিউটেটার ও ব্রাস উভয়ের পক্ষেই ক্ষতিকর। সুতরাং ব্রাসকে এরূপ স্থানে স্থাপিত করিতে হয় যেন যথাসম্ভব অল্প অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয় এবং দৃষ্ট হইয়াছে এই স্থানটি সমষ্টি চুম্বক রাজ্যের নিস্ফল স্থানের কয়েক ডিগ্রী (°) পরে। এখন এই সমষ্টি চুম্বক রাজ্য, সুতরাং উহার নিস্ফল স্থান, আর্মেচার প্রবাহের উপর নির্ভর করে। প্রবাহ যত অধিক হইবে সমষ্টি চুম্বকরাজ্য তত অধিক ঘুরিয়া যাইবে। অতএব ডায়নামো হইতে বিভিন্ন পরিমাণের প্রবাহ লইতে থাকিলে সমষ্টি চুম্বকরাজ্য, সুতরাং নিস্ফল স্থানের, দিক পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে। অতএব প্রবাহ অনুযায়ী ব্রাসকে বিভিন্ন স্থানে স্থাপিত করিতে হয়—প্রবাহ যত অধিক হইবে ব্রাসের লীড তত অধিক হওয়া প্রয়োজন। ইণ্টার পোল যন্ত্রে প্রবাহের পরিমাণ পরিবর্ত্তনের সহিত ব্রাসের স্থান পরিবর্ত্তনের প্রয়োজন হয় না। ইহাতে প্রবাহের পরিমাণ পরিবর্ত্তিত হইতে থাকিলেও সমষ্টি চুম্বকরাজ্য ও নিস্ফল স্থানের দিক পরিবর্ত্তিত হয় না। অতএব প্রবাহ পরিমাণ যেরূপই হউক না কেন ব্রাসকে প্রায় এক স্থানে স্থাপিত রাখিয়া উহা আহরণ করা যায়। বলরেখাসহ ইণ্টার পোল যন্ত্র ৩৪৪ চিত্রে দর্শিত হইল। ইহাতে দৃষ্ট হইবে প্রত্যেক দুইটি করিয়া

প্রধান মেরুর মাঝামাঝি স্থানে একটি করিয়া অতিরিক্ত মেরু আছে চিত্রে ইহারা অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্রাকারে দর্শিত হইয়াছে। এই অতিরিক্ত মেরুগুলির উত্তেজক কয়েল সকল আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত। সুতরাং প্রবাহ যত অধিক হয় ইহাদের মেরুতেজ তত প্রখর হয় এবং চিত্রে প্রধান মেরুগুলির সহিত তুলনায় ইহাদিগের মেরুত্ব বা বলরেখার অবস্থা দেখিলে দৃষ্ট হইবে প্রবাহ দ্বারা আর্মেচারের যেখানে N বা S মেরু সৃষ্ট হয়, এই অতিরিক্ত মেরু দ্বারা তথায় যথাক্রমে S বা N মেরু অর্থাৎ বিপরীত মেরু সৃষ্ট হয়। অতএব প্রবাহ পরিমাণে যেরূপই পরিবর্ত্তিত হউক না কেন (খানিকটা সীমার মধ্যে), সমষ্টিরাজ্যের দিক প্রায় অপরিবর্ত্তিত থাকে। এতদ্ব্যতীত কয়েলগুলি



চিত্র—৩৪৪

নিষ্ক্রিয় স্থান পার হইবার সময় উহাদিগের মধ্যে ই এম, এফ এর দিক পরিবর্ত্তন কার্য্যে সাহায্য করে—সুতরাং 'কমুটেশান' (Commutation) ভাল হয়।

ডায়নামোর ই. এম, এফ, হিসাবঃ—দ্বিমেরু যন্ত্রে ধরা যাউক F—আর্মেচারের মধ্য দিয়া মোট 'ফ্লাক্স' (Flux) বা বলরেখা, Z—আর্মেচারস্থ সিরিজে সংযুক্ত মোট তার সংখ্যা, N—প্রতি সেকেণ্ডে আর্মেচারের ঘূর্ণন সংখ্যা,—তাহা হইলে প্রত্যেক ঘূর্ণনে প্রত্যেকতার F বলরেখাকে দুইবার কাটে, অর্থাৎ প্রত্যেক ঘূর্ণনে ২ F বলরেখাকে কাটে, সুতরাং প্রতিসেকেণ্ডে ২ F N বলরেখাকে কাটে, সুতরাং প্রত্যেক তারের ই, এম, এফ,—২ F N সি, জি, এস, ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইউনিট বা $\frac{২FN}{১০^৮}$ ভোলট। এবং যেহেতু আর্মেচারের দুই বিপরীত স্থানে দুইটি ব্রাশ স্থাপিত হয়, আর্মেচারের মধ্যে একটি ব্রাস হইতে অপর ব্রাসে যাইবার জন্য প্রবাহ দুইটি সমান পথ পায়, একটি একদিক দিয়া, আর একটী অপর-দিক দিয়া। সুতরাং এই পথদ্বয়ের প্রত্যেকের মোট তার সংখ্যা Z/২ এবং ইহারা সিরিজে সংযুক্ত। এবং যেমন প্যারালালে সংযুক্ত দুইটি ব্যাটারির ই, এম, এফ, একটি ব্যাটারির ই, এম, এফ, এর সমান, ডায়নামোতেও প্যারালালে সংযুক্ত পথদ্বয়ের ই, এম, এফ, একটি পথের ই, এম, এফ, এর

সহিত সমান। সুতরাং ডায়নামোর মোট ই, এম, এফ, = Z/২ সংখ্যক তার হেতু ই, এম, এফ।

সুতরাং ই, এম, এফ, $= \frac{২FN}{১০^৮} \times \frac{Z}{২}$ ভোলট $= \frac{FNZ}{১০^৮}$ ভোলট।

$= \frac{\text{বলরেখা} \times \text{ঘূর্ণনগতি} \times \text{তার সংখ্যা}}{১০^৮}$ ভোলট।

বহুমেরু যন্ত্র:—যদি P জোড়া মেরু থাকে তাহা হইলে মোট বলরেখা = P × (এক জোড়া মেরুর বলরেখা) সুতরাং উল্লিখিত সম্বন্ধ হইতে আর্মেচারের তারগুলি সিরিজে সংযুক্ত হইলে ই, এম, এফ, $= \frac{P \times F \times N \times Z}{১০^৮}$ ভোল্‌ট, আর যদি তারগুলি প্যারালালে সমুক্ত হয়, ই, এম, এফ, $= \frac{F \times N \times Z}{১০^৮}$ ভোল্‌ট। যথা, একটি চারি মেরু বা দুইজোড়া মেরু বিশিষ্ট যন্ত্র লইলে—যদি আর্মেচারের তার সকল সিরিজে সংযুক্ত হয়, তাহা হইলে তার সকল দুইভাগে বিভক্ত হইতেছে এবং প্রত্যেকভাগে Z/২ সংখ্যক তার আছে। এবং যেহেতু প্রত্যেক মেরু হইতে মোট F সংখ্যক বলরেখা আর্মেচারের মধ্যে হয়, এবং এরূপ চারিটি মেরু আছে, সুতরাং প্রত্যেক এক পাক ঘূর্ণনে ৪ F সংখ্যক বলরেখা ছেদিত হইতেছে, অতএব প্রতি সেকেণ্ডে মোট ৪ F N সংখ্যক বলরেখা ছেদিত হইতেছে, সুতরাং প্রত্যেক তারের মধ্যে $\frac{৪FN}{১০^৮}$ ভোল্‌ট ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হইতেছে এবং এরূপ Z/২ সংখ্যক তার সিরিজে সংযুক্ত থাকায়, মোট সম্ভাবিত ই, এম, এফ, $= \frac{৪FN}{১০^৮} \times \frac{Z}{২} = \frac{২FNZ}{১০^৮}$ ভোল্‌ট, এস্থলে P = ২। কিন্তু যদি প্যারালালে সংযুক্ত যন্ত্র হয়, তাহা হইলে ঐ Z সংখ্যক তার প্যারালালে সংযুক্ত চারিটি ভাগে পরিণত হইতেছে, সুতরাং প্রত্যেক ভাগে মোট তার সংখ্যা = Z ৪, এবং পূর্ব্বের ন্যায় প্রত্যেক ভাগের মধ্যে (সুতরাং মোট) সম্ভাবিত ই, এম, এফ, $= \frac{৪FN}{১০^৮} \times \frac{Z}{৪}$ ভোল্‌ট $= \frac{FNZ}{১০^৮}$ ভোল্‌ট।

ডায়নামোর পারকতা (Efficiency of Dynamos) প্রত্যেক যন্ত্রেই যে পরিমান শক্তি যোগান হয় সেই পরিমান কার্য্য পাওয়া যায় না, কোন না কোন কারণে কিছু শক্তির অপব্যয় ঘটে। কোন যন্ত্রের মধ্যে যে পরিমান কার্য্যশক্তি যোগান হয় তাহার সহিত তুলনায় যে পরিমাণ কার্য্য ঐ যন্ত্র হইতে পাওয়া যায় তাহাকেঐ যন্ত্রের পারকতা বা 'এফিসিয়েন্সি' (Efficiency) বলে। ডায়নামো ও মোটরে বেয়ারিংএর সহিত সাফটের ঘর্ষণ, ব্রাসের ঘর্ষণ এবং বায়ুর মধ্যে ঘূর্ণায়মান অংশাবলী হেতু বাধা, এই সকল কারণে কিছু অপব্যয় বটে। এতদ্ব্যতীত আর্মেচার ও রাজ্য চুম্বক সকল উত্তপ্ত হওয়া, এবং এডি কারেণ্ট ও হিষ্টেরেসিস হেতু লৌহের মধ্যে কিছু অপচয় হয়। এই সকল কারণে ডায়নামো বা মোটরের মধ্যে যতটা শক্তি প্রয়োগ করা হয় ততটা পরিমাণ কার্য্য পাওয়া যায় না। এই সম্পর্কে নিম্নলিখিত সূত্রগুলি দ্রষ্টব্য—

$$\text{বৈদ্যুতিক পারকতা} = \frac{\text{বহিৰ্পথে ওয়াট}}{\text{মোট উৎপন্ন ওয়াট}}$$

$$\text{Electrical Efficiency} = \frac{\text{Watt in the external circuit}}{\text{Total watt generated}}$$

$$\text{সওদাগরি পারকতা} = \frac{\text{বহির্পথে ওয়াট}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}}$$

$$\text{Commercial efficiency} = \frac{\text{watts in the external circuit}}{\text{Total power supplied}}$$

সুতরাং সওদাগরি পারকতা সকল সময় বৈদ্যুতিক পারকতা অপেক্ষা কম, কারণ যন্ত্রের মধ্যে ঘর্ষণ হেতু অপচয় ঘটেই। কিন্তু এরূপ অপচয় অতি অল্প হয় বলিয়া এই পারকতা দ্বয়ের মধ্যে অধিক প্রভেদ হয় না। ভাল বড় যন্ত্রের সওদাগরি পারকতা ৯২% হইতে ৯৫%।

$$\text{যান্ত্রিক পারকতা} = \frac{\text{মোট উৎপন্ন ওয়াট}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}}$$

$$\text{Mechanical efficiency} = \frac{\text{Total watts generated}}{\text{Total Power supplied}}$$

সুতরাং পূর্ব্বসূত্রদ্বয় হইতে—

$$\text{যান্ত্রিকপারকতা} = \frac{\text{সওদাগরি পারকতা}}{\text{বৈদ্যুতিক পারকতা}}$$

$$\text{Mechanical Efficiency} = \frac{\text{Commercial Efficiency}}{\text{Electrical Efficiency}}$$

উপরেই বলা হইল, ঘর্ষণ, এডিকারেণ্ট, হিষ্টেরেসিস, প্রভৃতি হেতু ডায়নামোতে শক্তির আভ্যন্তরিক অপচয় খুবই অল্প হয় (ভাল যন্ত্রে প্রায় ৪%—৬%) এই জন্য ভাল ডায়নামোর যান্ত্রিক পারকতা অত্যন্ত অধিক হয়, প্রায় ৯৬% বা ৯৭% এবং শক্তির রূপান্তর করিতে ভাল ডায়নামোর মত পারক যন্ত্র আর নাই বলিলেই হয়। এবং পারকতা হিসাবে মোটর (বৈদ্যুতিক) ঠিক ডায়নামোর মত। অতএব এই বৈদ্যুতিক যন্ত্র দুইটী সর্ব্বাপেক্ষা অধিক "পারক" যন্ত্র।

পারকতার তালিকা (Table of Efficiencies) :— যদি ডায়নামোর মধ্যে ঘর্ষণ, এডিকারেণ্ট ও হিষ্টেরেসিস হেতু আভ্যন্তরিক শক্তির অপচয় হয় W ওয়াট, e = টার্মিনালদ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ বা পি, ডি, বহির্পথের প্রবাহ হয় C আমপেয়ার, Ra — আর্ম্মেচারের, Rm — রাজ্যচুম্বকের সিরিজ কয়েলের ও Rs — সাণ্ট কয়েলের বাধা, তাহা হইলে—

যন্ত্র	বৈদ্যুতিক পারকতা	সাওদাগরি পারকতা
সিরিজ	$\frac{eC}{eC+C^2(Ra+Rm)}$	$\frac{eC}{eC+C^2(Ra+Rm)+W}$
সাণ্ট	$\frac{eC}{eC+\frac{C^2}{Rs}+\left(C+\frac{e}{Rs}\right)^2 Ra}$	$\frac{eC}{eC+\frac{C^2}{Rs}+\left(C+\frac{e}{Rs}\right)^2 Ra+W}$

যদি সর্ট সাণ্ট কম্পাউণ্ড যন্ত্র হয়, বৈদ্যুতিক পারকতা—

$$\frac{eC}{eC+C^2Rm+(e+CRm)^2+\left(C+\frac{e+CRm}{Rs}\right)^2Ra}$$

সওদাগরি পারকতা—উপরের হরের (Denominator) সহিত W যোগ করিলে পাওয়া যাইবে।

ডায়নামোর রোগ (Defects in Dynamos):— ডায়নামোর একটি খুব সাধারণ রোগ, আর্ম্মেচার ঠিকমত বা প্রয়োজন মত গতিতে ঘুরিতে থাকিলেও উহাতে প্রবাহ উৎপন্ন হয় না বা যদিও হয়, যতটা প্রবাহ উৎপন্ন হইবার জন্য যন্ত্রটি প্রস্তুত হইয়াছে, ততটা প্রবাহ হয় না। এই রোগের কারণ হইতে পারে, (১) ডায়নামোর নিজের মধ্যে কোন দোষ, অথবা (২) যে বহির্পথে প্রবাহ সরবরাহ করিতে হইবে তাহাতে কোন দোষ, যথা, সাণ্ট যন্ত্রে, যদি ইনসুলেসান ঠিক থাকে এবং ডায়নামোটি ঠিক থাকে, তাহা হইলে প্রবাহ উৎপন্ন না হইবার কারণ (১) বহির্পথের বাধা অত্যন্ত কম হওয়া বা (২) রাজ্যচুম্বকের প্রয়োজনমত চুম্বকত্ব না থাকা। পূর্ব্বেই দেখা গিয়াছে যে ভাল সাণ্ট ডায়নামোর রাজ্যকয়েলের বাধা বহির্পথের বাধার সহিত তুলনায় খুব অধিক এবং এই বহির্পথের বাধা, মেনের মধ্যস্থ প্যারালালে সংযুক্ত বাতির সংখ্যা যত বাড়ান যায়, তত কম হয়। সুতরাং যদি এইভাবে বা অন্য কোন প্রকারে বহির্পথের বাধাকে কমাইয়া, ডায়নামোকে ঠিক ভাবে কার্য্য করিতে হইলে ঐ বাধা যেরূপ হওয়া উচিৎ, তদপেক্ষা যদি অনেক কমাইয়া ফেলা যায়, তাহা হইলে ডায়নামো আর কাজ করিতে অর্থাৎ প্রবাহ দিতে পারিবে না। যাহাতে সমস্ত প্রবাহ রাজ্যকয়েলের মধ্য দিয়া যায় সেইজন্য সমস্ত বহির্পথ ডায়নামো হইতে খুলিয়া দিয়া (সুইচ উঠাইয়া দিয়া) যন্ত্রটিকে দুএক মিনিট কাল চালাইয়া, এইরূপে হ্রাস প্রাপ্ত রাজ্য চুম্বকের উত্তেজনাকে বর্দ্ধিত করা

যায়। অতঃপর রাজ্যচুম্বক ঠিক ভাবে উত্তেজিত হইলে, সুইচ সাহায্যে বহির্পথে প্রবাহ লওয়া চলে।

ডায়নামো উত্তেজিত না হওয়াঃ—(ক) অনেক সময় ভুল সংযোজন হেতু (অর্থাৎ যাহাতে ইহার ঘূর্ণন গতি উল্‌টাইয়া যায়) হয়। এরূপস্থলে রাজ্যকয়েলের শেষভাগদ্বয়ের সংযোজন ব্রাসের সহিত পূর্ব্ব সংযোগের বিপরীত করিয়া দিতে হয় (২৫০ পৃষ্ঠায় দ্রষ্টব্য)। কতকগুলি প্রকার যন্ত্রে, বিশেষতঃ বহুমেরু যন্ত্রে, রাজ্যকয়েলের সংযোজন না বদলাইয়া কেবল ব্রাস-রকারকে ঘুরাইয়া এই ভুলের ফল সংশোধিত হইতে পারে, যথা ৪-মেরু বা ৬-মেরু যন্ত্রে ব্রাস-রকারকে যথাক্রমে পরিধির $\frac{1}{8}$ বা $\frac{1}{6}$ অংশ ঘুরাইতে হইবে। দ্বিমেরু যন্ত্রে সচরাচর এরূপ করা হয় না, কারণ তাহাতে রকারকে পরিধির অর্দ্ধেক ঘুরাইতে হইবে। ৩৫১, ৩৫৩চিত্রদ্বয় দেখিলে সহজে বুঝিতে পারা যাইবে কিরূপে ব্রাসের স্থান পরিবর্ত্তন দ্বারা রাজ্যকয়েলের সংযোজন পরিবর্ত্তিত হয়।

(খ) টার্মিনালে ময়লা পড়া বা (গ) স্ক্রু টাইট না হওয়া হেতু টার্মিনাল স্থানে ভালরূপ সংযোজন ক্রিয়া না ঘটার দরুণ হইতে পারে, অথবা (ঘ) বহির্পথের মধ্যে সংযোজনগুলি ভালরূপ না হওয়ার দরুণও হইতে পারে। (ঙ) ব্রাস হোল্ডারের সহিত রাজ্যকয়েলের বা টার্মিনালের সংযোজক তারগুলি যদি আল্‌গা থাকে বা ছিন্ন হয়, অথবা যদি (চ) ব্রাসগুলি কমিউটেটারের উপর যথাস্থানে স্থাপিত না হয় তাহা হইলে ডায়নামো উত্তেজিত হইবে না, (ছ) অনেক সময় ইনস্থলেসানের দোষ হেতু সর্ট সার্কিট হওয়ার দরুণ ডায়নামো ঠিকভাবে কাজ করে না।

ডায়নামোর মধ্যে সর্ট সার্কিট ঘটাঃ—ডায়নামো বা মোটর প্রভৃতির ন্যায় বৈদ্যুতিক যন্ত্রে সর্ট সার্কিট ঘটিলে শক্তির অপব্যয় হয়, সেই জন্য যন্ত্রগঠনে ও তার জড়াইয়া কয়েল প্রস্তুত করণে বিশেষ সাবধান হইতে হয়। ডায়নামোতে নিম্নলিখিত

কয়েক প্রকারের সর্ট সার্কিট ঘটিতে পারে,—(১) রাজ্যকয়েল ও চুম্বকের মধ্যে (২) রাজ্যকয়েলের নিজের মধ্যে, (৩) আর্ম্মেচারের লৌহখণ্ডের মধ্যে, (৪) আর্ম্মেচার কয়েলের নিজের মধ্যে, (৫) কমিউটেটারের কোয়াগুলির মধ্যে এবং (৬) ব্রাসহোল্ডার গুলি ও রকারের মধ্যে। এখন কোনস্থানে সর্ট সার্কিট ঘটিয়াছে তাহা স্থির করিবার উপায় নিম্নে প্রদত্ত হইল।

(১) রাজ্যকয়েল ও চুম্বকের মধ্যে সর্ট সার্কিট দেখিতে হইলে একটি ৫০ ভোল্ট ব্যাটারি লইয়া উহার একটি পোল রাজ্যকয়েলের এক শেষভাগের সহিত ও অপর পোল একটি গ্যালভানোমিটারের একটি বন্ধন স্ক্রু'র সহিত সংযুক্ত করিয়া, গ্যালভানোমিটারের অপর বন্ধন স্ক্রু হইতে একটি তার লইয়া চুম্বক লৌহের যে কোন স্থানে স্পর্শ করাইলে যদি গ্যালভানোমিটারের চুম্বক স্থচ ঘুরিয়া যায় তাহা হইলেপ্রবাহ বহিতেছে, সুতরাং রাজ্যকয়েল ও চুম্বকের মধ্যে সর্ট সার্কিট আছে।

(২) রাজ্যকয়েলের নিজের মধ্যে সর্ট সার্কিট দেখিতে হইলে রাজ্যকয়েলের তারের স্থূলতা ও পাকসংখ্যা হইতে ঐ তারের দৈর্ঘ্য ও তাহা হইতে ইহার বাধা হিসাব করিয়া বাহির করিতে হইবে। অতঃপর বাস্তবিক উহার বাধা কি, তাহা হোয়েটষ্টোন ব্রিজ ও রেজিষ্ট্যান্স কয়েলের সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া ঠিক করিতে হইবে। যদি এই বাস্তবিক বাধার সহিত হিসাব মত বাধার বিশেষ প্রভেদ হয়, তাহা হইলে কয়েলের নিজের মধ্যে সর্ট সার্কিট আছে বুঝিতে হইবে। রাজ্যকয়েলে সর্ট সার্কিট হইলে, খুলিয়া পুনরায় উহাকে ঠিক ভাবে জড়াইতে হইবে।

(৩) আর্ম্মেচার ও উহার কয়েলের মধ্যে সর্ট সার্কিট দেখিতে হইলে, কমিউটেটার হইতে ব্রাস সকল খুলিয়া লইয়া (১) এর মত আর্ম্মেচার কয়েলের এক শেষভাগ ব্যাটারির একপোলের সহিত সংযোগ করিয়া, ব্যাটারির অপর পোল গ্যালভানোমিটারের একটি

বন্ধন স্ক্রুর সহিত সংযোগ করিয়া, গ্যালভানোমিটারের অপর স্ক্রু হইতে একটি তার লইয়া আর্মেচারের বা কমিউটেটারের যে কোন অনাবৃত লৌহ অংশে স্পর্শ করাইলে, যদি সর্ট সার্কিট হইয়া থাকে, তাহা হইলে গ্যালভানোমিটারের সূচ ঘুরিয়া যাইবে।

(৪) আর্মেচারের কয়েলগুলির নিজেদের মধ্যে সর্ট সার্কিট দেখিতে হইলে কয়েলগুলিকে কমিউটেটারের কোয়া হইতে খুলিয়া, পৃথক ভাবে প্রত্যেক কয়েলের বাধা বাহির করিতে হইবে। কোন কয়েলের বাধা গড়বাধা হইতে অধিক তফাৎ হইলে ঐ কয়েলটিতে সর্ট সার্কিট আছে।

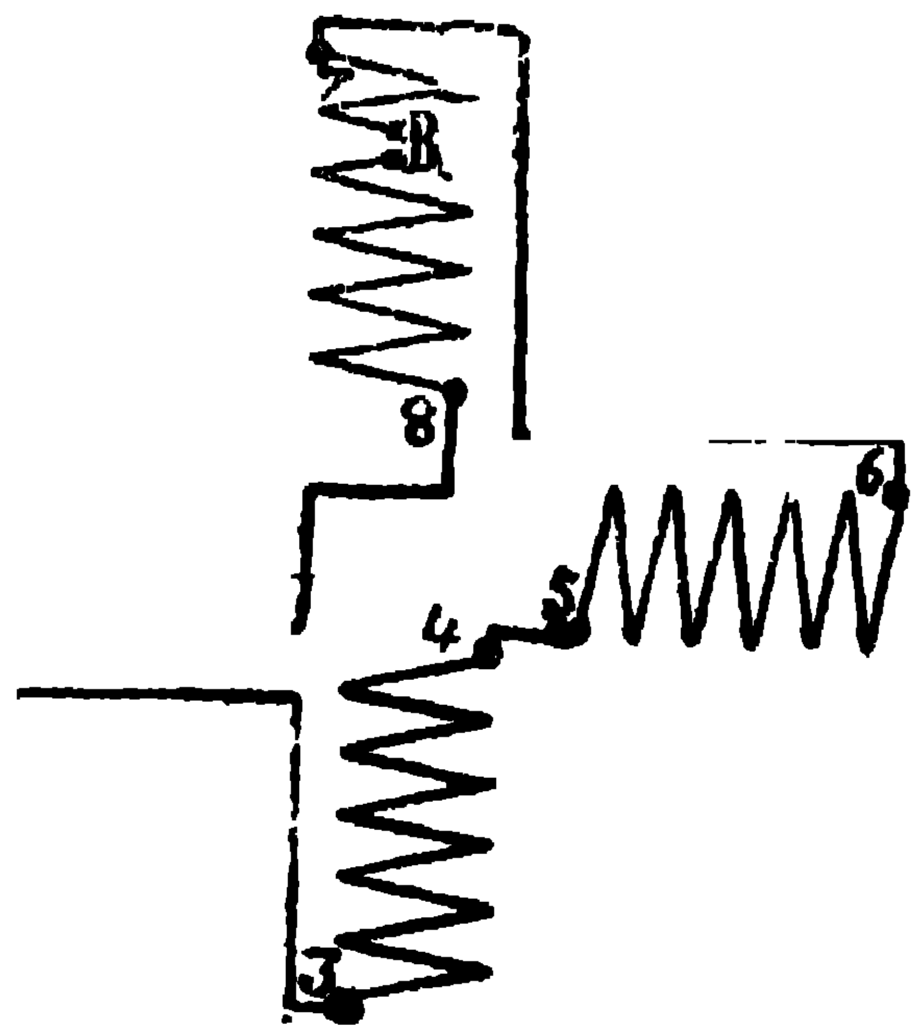
ইহা আরও সহজ উপায়ে দেখা যাইতে পারে। ব্রাসগুলি তুলিয়া দিয়া উত্তেজিত রাজ্য চুম্বকের রাজ্যে আর্মেচারকে ঘুরাইলে, যদি উহার কোন কয়েলে সর্ট সার্কিট থাকে তাহা হইলে তাহাতে খুব অধিক প্রবাহ সম্ভাবিত হইবে ও তজ্জন্য তাহা গরম হইয়া উঠিবে।

(৫) কমিউটেটারের কোয়াগুলির মধ্যে সর্ট সার্কিট দেখিতে হইলে, কয়েলগুলি খুলিয়া দিয়া, একটি সেল ও গ্যালভানোমিটার লইয়া প্রত্যেক কোয়া তাহার সন্নিহিত কোয়ার সহিত সর্ট সার্কিট হইয়াছে কিনা দেখিতে হইবে। সেলের একটি পোল গ্যালভানোমিটারের একটি বন্ধন স্ক্রু'র সহিত যোগ করিয়া, সেলের অপর পোল হইতে একটি তার ও গ্যালভানোমিটারের অপর বন্ধন স্ক্রু হইতে একটি তার, এই দুইটি তার লইয়া পাশাপাশি দুইটি কোয়াতে স্পর্শ করাইলে, যদি গ্যালভানোমিটারের সূচ ঘুরিয়া যায়, তাহা হইলে কোয়াদ্বয় পরস্পর হইতে ভালরূপে রোধিত নহে।

(৬) ব্রাস হোল্ডারের সহিত 'রকারের' সর্ট সার্কিট হইয়াছে কিনা ধরিতে হইলে, একটি ম্যাগ্নেটো বেলের তারদ্বয় লইয়া একটিকে রকারের সহিত সংযুক্ত রাখিয়া অপরটিকে এক একটি করিয়া হোল্ডারের সহিত স্পর্শ করাইয়া ম্যাগ্নেটে বলের হ্যাণ্ডেল ঘুরাইলে, যদি কখনও ঘণ্টা

বাজে, তাহা হইলে ঐ হোল্ডারের সহিত সর্ট সার্কিট ঘটিয়াছে। লাইন হইতে পরীক্ষা করিতে হইলে, লাইন ভোল্টেজের উপযোগী একটি আলো লইয়া লাইনে একটি তারের সহিত সংযুক্ত করিতে হয়, আলোর অপর টার্মিনাল হইতে একটি তার ও লাইনের অপর তার, এই দুইটি তার লইয়া পূর্ব্বের মত পরীক্ষা করিলে, যদি আলো জ্বলে, তাহা হইলে সর্ট সার্কিট ঘটিয়াছে।

(২) মেনের মধ্যে সর্ট সার্কিট থাকিলে সিরিজ যন্ত্রের আর্ম্মেচার ঘুরিতে বাধা পাইবে এবং ইহাকে চালাইতে অধিক ক্ষমতা প্রয়োজন হইবে। সান্ট যন্ত্র কিন্তু অত্যন্ত দ্রুত চলিবে, ইহাকে 'রেস' (Race) করা বলে। কম্পাউণ্ড ডায়নামো হইলে আর্ম্মেচারের গতি প্রায় একভাব থাকে বটে, কিন্তু অত্যন্ত অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয় এবং যন্ত্রটি গরম হইয়া উঠে। যদি ডায়নামো ঠিক ভাবে না চলে তাহা হইলে প্রথমে দেখা উচিৎ মেনে দোষ আছে কি না, সেইজন্য মেনকে যন্ত্র হইতে খুলিয়া দিয়া যন্ত্রের সহিত পরীক্ষক আলো বা 'পাইলট ল্যাম্প' (Pilot Lamp) সংযুক্ত করিয়া যন্ত্রটিকে চালাইলে যদি উহা ঠিকমত জ্বলে, তাহাহইলে বুঝিতে হইবে মেনে দোষআছে এবং তখন মেনে কোন্ স্থানে কিরূপ দোষ হইয়াছে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। অবশ্য যন্ত্রের ভোলটেজ অনুযায়ী সিরিজসংযুক্ত কতকগুলি ল্যাম্প বা বাতি ব্যবহার করিতে হয়। রাজ্য বা আর্ম্মেচার কয়েলের কোন স্থানে তার ছিন্ন থাকিলে ডায়নামো কার্য্য করিবে না।



চিত্র—৩৪৫

এরূপ ছেদ সহজেই ধরা পড়ে, আর দৃষ্টির অতীত হইলে ব্যাটারি বা

এবম্প্রকার কোন স্থান হইতে প্রবাহ লইয়া উহা লক্ষিত হইতে পারে, কারণ এইস্থান বা কয়েল দিয়া প্রবাহ বহিবে না। যথা—

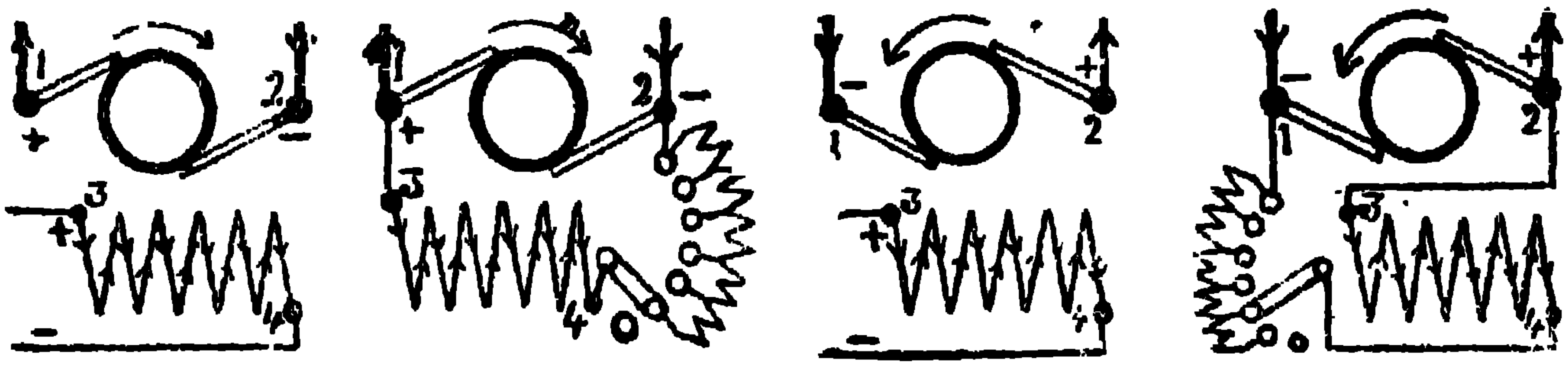
৩৪৫ চিত্রে B চিহ্নিত স্থানে রাজ্য কয়েলের তার কাটিয়া গিয়াছে। এখন যদি ব্যাটারির একটি পোল কোন রাজ্য কয়েলের এক শেষ ভাগের সহিত সংযুক্ত করিয়া (যথা চিত্রে ৩এর সহিত) ব্যাটারির অপর পোল একটি বাতির একটি টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত করিয়া, বাতির অপর টার্মিনাল হইতে তার লইয়া কয়েলগুলির শেষভাগগুলির সহিত ক্রমান্বয়ে সংযুক্ত করিতে থাকা যায় (যথা চিত্রে ৪, ৫, ৬, ৭, ৮ প্রভৃতির সহিত), তাহা হইলে দেখা যাইবে যে ৭ অবধি আসা পর্য্যন্ত বাতি জ্বলিবে, কিন্তু ৭ হইতে ৮ যাইলে আর বাতি জ্বলে না, অতএব স্থির হয় যে ৭-৮ কয়েলে ছেদ আছে। বাতির পরিবর্ত্তে ভোল্টমিটার ব্যবহার করা যাইতে পারে, B বিন্দু পার হইবার আগে পর্য্যন্ত ইহার সূচ দ্বারা ভোল্টেজ দর্শিত হইবে, কিন্তু B বিন্দু পার হইলে আর কোন ভোল্টেজ দর্শিত হইবে না, সূচটি শূন্য চিহ্নিত স্থানে আসিবে। এই ছেদ নির্দ্ধারণের জন্য ম্যাগনেটো ও পোলারাইজ্‌ড বেলও ব্যবহার হয়।

রাজ্য কয়েলগুলি পরস্পরের সহিত ঠিকভাবে সংযুক্ত না হইলে যদি উৎপাদিত মেরুগুলি এরূপ হয় যে একটি মেরুর পরবর্ত্তী মেরু বিপরীত না হইয়া অনুরূপ হয়, তাহা হইলেও ডায়নামো প্রবাহ দিবে না। কিরূপ ভাবের মেরু উৎপাদিত হইতেছে তাহা কয়েলগুলির পাক অনুসরণ করিলে স্থির হইতে পারে, অথবা ব্যাটারি হইতে কয়েলগুলির মধ্য দিয়া প্রবাহ দিয়া উৎপাদিত মেরুগুলির মেরুত্ব সূচ চুম্বকের সাহায্যে নির্দ্ধারিত হইতে পারে।

ডায়নামো আর্মেচরের ঘূর্ণন গতি পরিবর্ত্তন পদ্ধতি—রাজ্য কয়েল ব্রাসের সহিত এরূপ ভাবে সংযুক্ত হওয়া প্রয়োজন যেন আর্ম্মেচারের প্রবাহ রাজ্য কয়েলের মধ্য দিয়া যাইলে অবশিষ্ট চুম্বকত্ব পরিবর্দ্ধিত হয়।

এখন ৩৪৬ চিত্র অনুযায়ী একটি পৃথক উত্তেজিত ডায়নামোর রাজ্য কয়েলের ৩ চিহ্নিত শেষভাগ বাহিক উৎপাদকের+এর সহিত ও ৪ চিহ্নিত শেষভাগ—এর সহিত সংযুক্ত অবস্থায় আর্ম্মেচারের ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘূর্ণনে যদি ১ চিহ্নিত ব্রাস+ব্রাস ও ২ ব্রাস নেগেটিভ হয়, তাহা হইলে ইহাকে স্বীয় উত্তেজিত সাণ্ট যন্ত্রে পরিণত করিতে হইলে, আর্ম্মেচারের

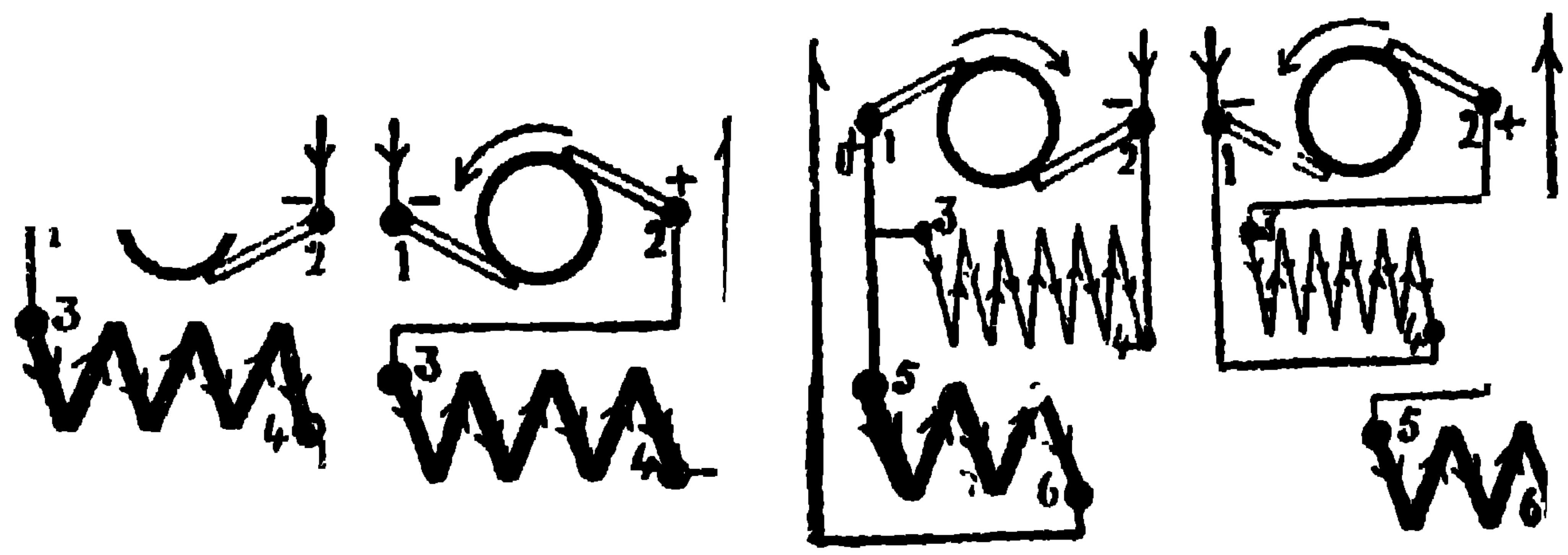
ঐরূপ ঘড়ির কাঁটার মত ঘূর্ণন রাখিলে, রাজ্যকয়েলের সংযোজন ৩৪৭ চিত্র অনুযায়ী ৩ শেষভাগ + ব্রাসের সহিত ও ৪ শেষভাগ – ব্রাসের সহিত



চিত্র—৩৪৬ চিত্র—৩৪৭ চিত্র—৩৪৮ চিত্র—৩৪৯

সংযোগ করিতে হইবে এবং প্রয়োজন মত রেগুলেটিং রেজিষ্ট্যান্স ব্যবহার করিলে সংযোজন পদ্ধতি ৩৪৭ চিত্রে দর্শিত অনুযায়ী হইবে।

এখন যদি আর্মেচারের ঘূর্ণনগতি উল্টাইয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে ৩৪৮ চিত্রে পৃথক উত্তেজিত যন্ত্রে ১ ব্রাস (যাহা পূর্ব্বে + ছিল) এখন – হইয়া যাইতেছে ও ২ ব্রাস (যাহা পূর্ব্বে – ছিল) এখন + হইতেছে। সুতরাং স্বীয় উত্তেজিত যন্ত্রে পরিণত করিতে হইলে, যদি এস্থলেও পূর্ব্ববৎ ৩ শেষভাগে ১ ব্রাসের সহিত ও ৪ শেষভাগ ২ ব্রাসের সহিত সংযুক্ত করা যায়, তাহা হইলে রাজ্যকয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ গতি বিপরীত হইয়া যাওয়া সঙ্গে সঙ্গে অবশিষ্ট চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যাইবে। অতএব যন্ত্রটিকে পূর্ব্বের ন্যায় স্বীয়



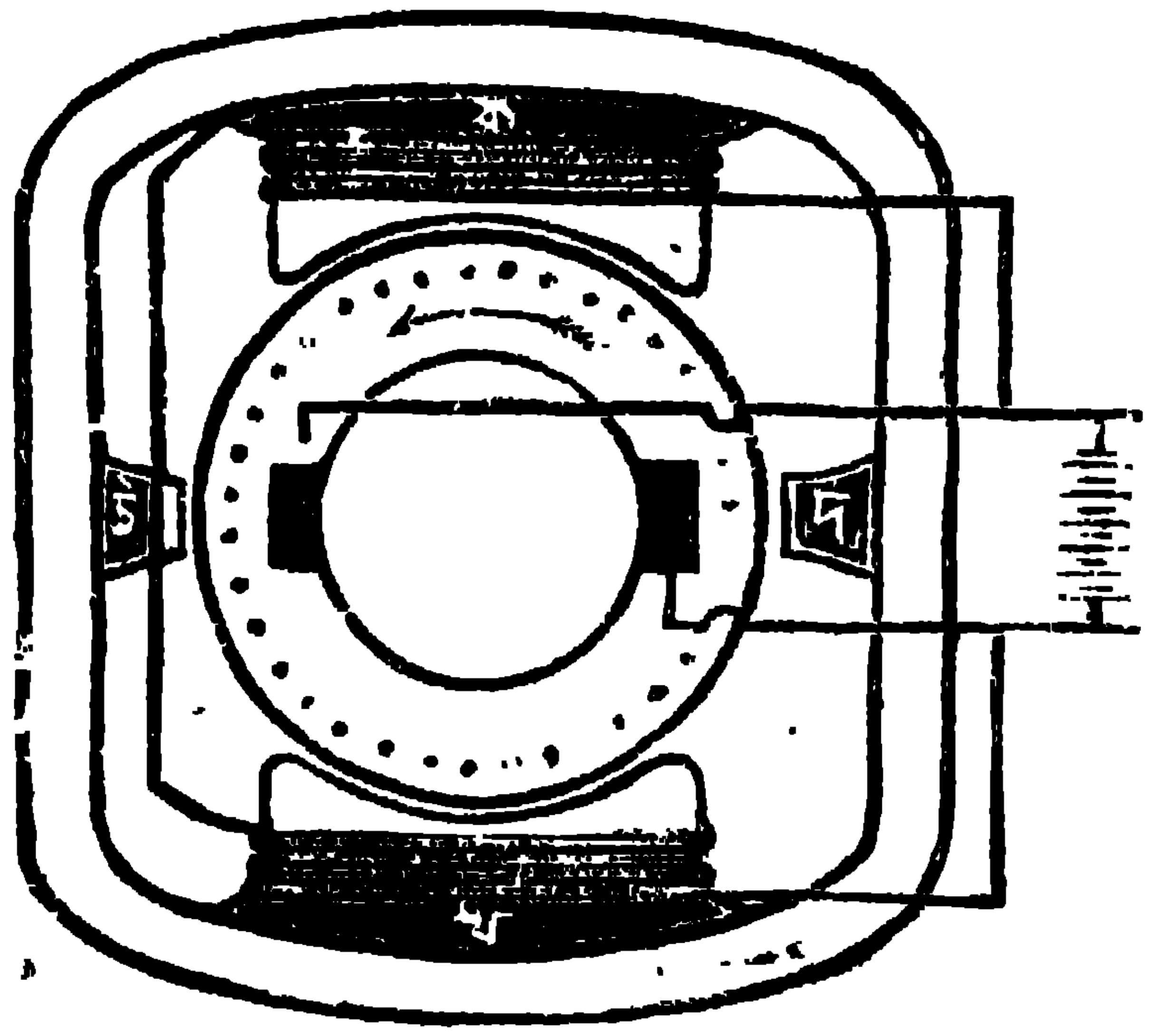
চিত্র—৩৫০ চিত্র—৩৫১ চিত্র—৩৫২ চিত্র—৩৫৩

উত্তেজিত হইতে হইলে রাজ্যকয়েলের সংযোজনও বদলাইতে হইবে, অর্থাৎ ৩ শেষভাগ ২ (উপস্থিত +) ব্রাসের সহিত ও ৪ শেষভাগ ১

(উপস্থিত—) ব্রাসের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, চিত্র ৩৪৯। সাণ্ট যন্ত্রের ন্যায় সিরিজ যন্ত্রেও আর্ম্মেচারের ঘূর্ণন গতির পরিবর্ত্তনের সহিত রাজ্য কয়েলের সংযোজনও বদলাইতে হইবে, ইহা আর খুলিয়া বুঝাইবার প্রয়োজন নাই, ৩৫০, ৩৫১ চিত্রদ্বয় দেখিলেই সংযোজন পরিবর্ত্তন পদ্ধতি বুঝিতে পারা যাইবে।

কম্পাউণ্ড যন্ত্রে সাণ্ট ও সিরিজ উভয় কয়েলেরই সংযোজন উলটাইয়া দিতে হইবে। ইহা ৩৫২, ৩৫৩ চিত্রদ্বয় দেখিলে বুঝিতে পারা যাইবে।

রোজেনবার্গ ডায়নামো ঃ—৩৫৪ চিত্রে রোজেনবার্গ (Rosenburg) ডায়নামোর গঠন দর্শিত হইয়াছে। ইহা রেল গাড়ীতে আলোক জ্বালাইবার নিমিত্ত ও রেলগাড়ীর ব্যাটারি চার্জ্জ করিবার নিমিত্ত ব্যবহৃত হয়। ইহা গাড়ীর 'আকসেল' (axle) দ্বারা চালিত হয়। ইহার গঠন এরূপ যে বিভিন্ন গতিতেও প্রায় সমভাবে (তেজে) কারেণ্ট উৎপন্ন করে এবং কারেণ্ট সমান থাকিলে ভোণ্টেজও প্রায় সমান থাকে।

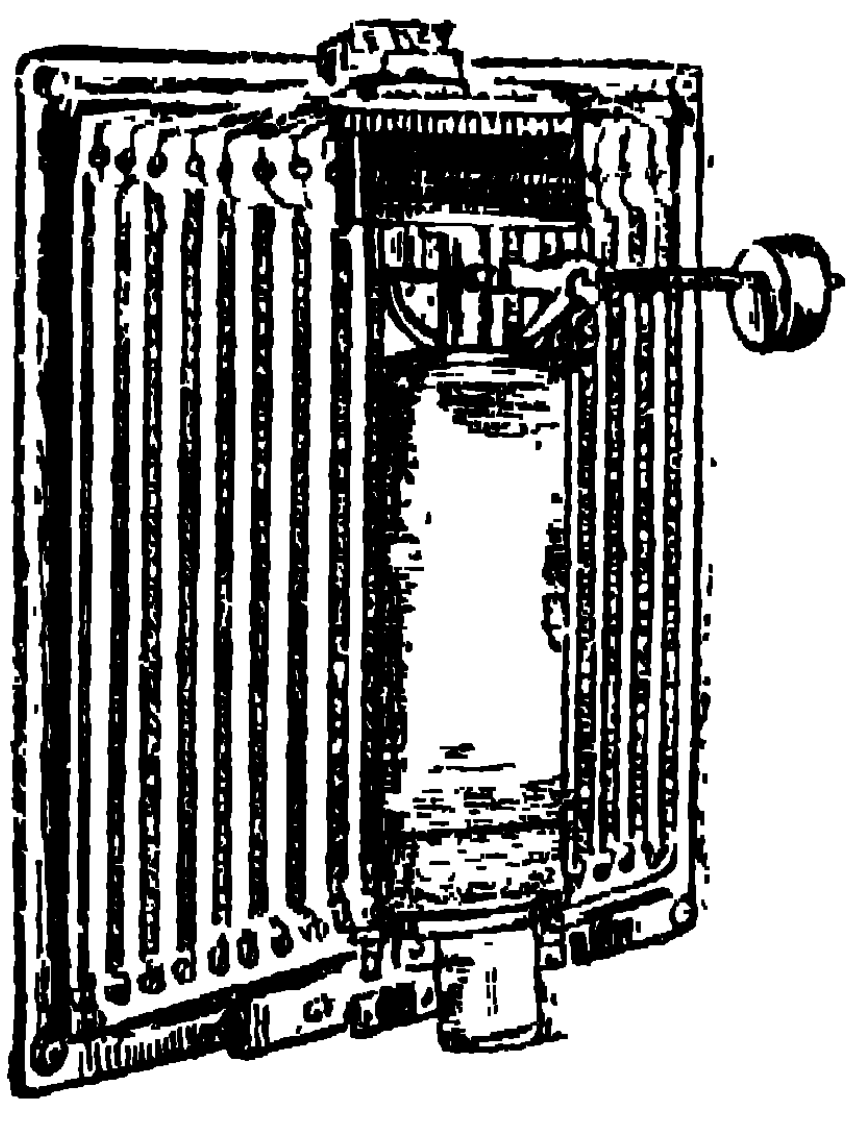


চিত্র—৩৫৪

একভাব ভোণ্টেজ ও অটোম্যাটিক সাণ্ট রেগুলেটার।

পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে ডায়নামোর ভোল্টেজ একভাব করণার্থে কম্পাউণ্ড ডায়নামো প্রস্তুত হয়—কিন্তু ইহাতেও চালক ইঞ্জিন বা মোটরকে (প্রাইম মুভারকে) একভাব গতিতে ঘোরা চাই। আদিম চালকের ঘূর্ণন গতির হ্রাস বৃদ্ধি হেতু ডায়নামোর ঘূর্ণন গতির হ্রাস বৃদ্ধি দ্বারা উৎপন্ন ভোলটেজের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে। এরূপ স্থলে ডায়নামো হইতে একভাব ভোলটেজ পাইবার উদ্দেশ্যে নানা প্রকারের 'অটোম্যাটিক সাণ্ট রেগুলেটার' প্রস্তুত হইয়াছে। ইহাদিগের কার্য্য-প্রণালী—অবস্থানুসারে সাণ্ট কয়েলের সহিত নিজে

নিজেই প্রয়োজন মত অল্প বা অধিক বাধা সিরিজে সংযুক্ত করিয়া যন্ত্রটীকে একভাব ভোলটেজ (Constant Voltage) বিশিষ্ট করে। ৩৫৫ চিত্রে এই প্রকার একটি উপলম্বন দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে পারদধারী একটি কাঁচের পাত্র একটি খাড়া লৌহ-দণ্ডের উর্দ্ধ সীমায় আবদ্ধ। লৌহদণ্ডটীর নিম্ন প্রান্ত একটি খুব সরু তারের কয়েলের মধ্যে প্রবিষ্ট। এই কয়েলটী ডায়নামোর সহিত সংযুক্ত থাকে, সুতরাং ডায়নামোর পূর্ণ ভোলটেজ পায়। লৌহদণ্ডটীর মধ্যস্থল একটি লিভারের এক প্রান্তের সহিত সংযুক্ত. লিভারের অপর প্রান্তে প্রয়োজন মত কিছু ভার (Counter weight) দ্বারা লৌহদণ্ডটী ঝুলায়মান। বাধাদায়ক কয়েলগুলি লৌহকাঠামে (frame) চীনামাটী দ্বারা পাশাপাশি ভাবে আবদ্ধ এবং তাহাদের প্রান্তগুলি কাঁচপাত্রস্থ পারদের মধ্যে বিভিন্ন স্তরে (level) নিমগ্ন। যে সকল বাধা কয়েলের প্রান্ত পারদে নিমগ্ন, তাহারা পারদ দ্বারা 'সর্ট সার্কিটেড', সুতরাং সেই সকল কয়েলের বাধা সাণ্ট কয়েলের সহিত সিরিজে প্রযুক্ত হয় না, কেবলমাত্র যেগুলির প্রান্ত পারদে নিমগ্ন নহে তাহারাই সাণ্ট কয়েলে সিরিজে সংযুক্ত হইয়া উহার বাধাকে বর্দ্ধিত করে।



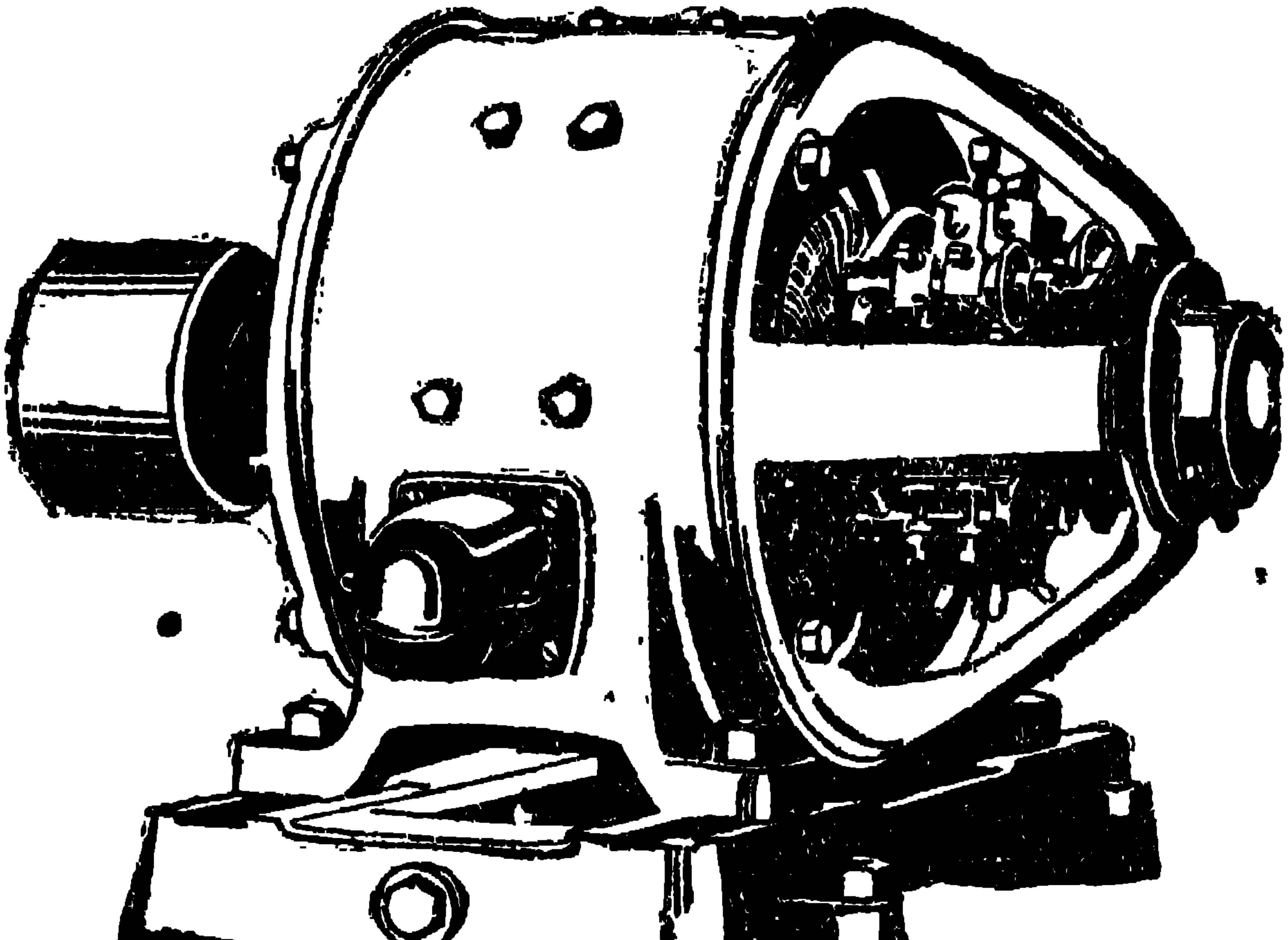
চিত্র—৩৫৫

কার্য্যাবলী:—যদি ডায়নামোর ভোলটেজ বর্দ্ধিত হয় (গতি বৃদ্ধি হেতু), লৌহদণ্ডকে পরিবেষ্টনকারী কয়েলের মধ্যে প্রবাহ অধিক হয়, সুতরাং ইহা লৌহদণ্ডটিকে অধিকতর জোরে আকর্ষণ করিয়া পারদ পাত্রসহ লৌহদণ্ডটিকে কিছু নামাইয়া লয়। তখন পারদ পাত্রে নিমগ্ন কতকগুলি বাধা কয়েলের প্রান্ত পারদ হইতে উত্থিত হয় ও তাহাদের বাধা সাণ্ট কয়েলে সিরিজে প্রযুক্ত হইয়া সাণ্ট কয়েলের প্রবাহকে হ্রাস করতঃ রাজ্যতেজকে প্রয়োজন মত ক্ষীণ করিয়া পুনরায় পূর্ব্ব ভোলটেজ আনয়ন করে। আবার যদি ভোলটেজ হ্রাস পায়, তাহা হইলে লৌহদণ্ডকে পরিবেষ্টনকারী কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ বেগ অল্প হয়। তখন লৌহদণ্ডের উপর আকর্ষণ বল অল্প হয়, সুতরাং লিভারের অপর প্রান্তের ভার দ্বারা পারদ পাত্রসহ লৌহ দণ্ডটী উর্দ্ধদিকে চালিত হয়। তখন পাত্রস্থ পারদে অধিক সংখ্যক বাধা-কয়েলের প্রান্ত নিমগ্ন হইয়া 'সর্ট সার্কিটেড' হয় ও অল্প সংখ্যক বাধা-কয়েল সিরিজে সাণ্ট কয়েলের সহিত সংযুক্ত হয়। অতএব সাণ্ট কয়েলের মধ্যে প্রবাহ বেগ বর্দ্ধিত হয় ও রাজ্যতেজকে প্রখর করিয়া ভোল্টেজকে পরিবর্দ্ধিত করে।

সপ্তদশ পরিচয়।

বৈদ্যুতিক গতিদ বা মোটর (Motor)

পূর্ব্ব পরিচয়ে ডায়নামো বর্ণিত হইয়াছে। ইহাতে কোন অংশের গতির (ঘূর্ণন) দ্বারা প্রবাহ উৎপন্ন হয়। এখন ইহার বিপরীত যন্ত্র বর্ণিত হইবে, ইহাতে প্রবাহ দিলে ইহার কোন অংশ গতিবান্ (ঘূর্ণন) হয়। প্রবাহ পাইলে ইহা গতি দান করে বলিয়া ইহাকে গতিদ বা 'মোটর' বলে।

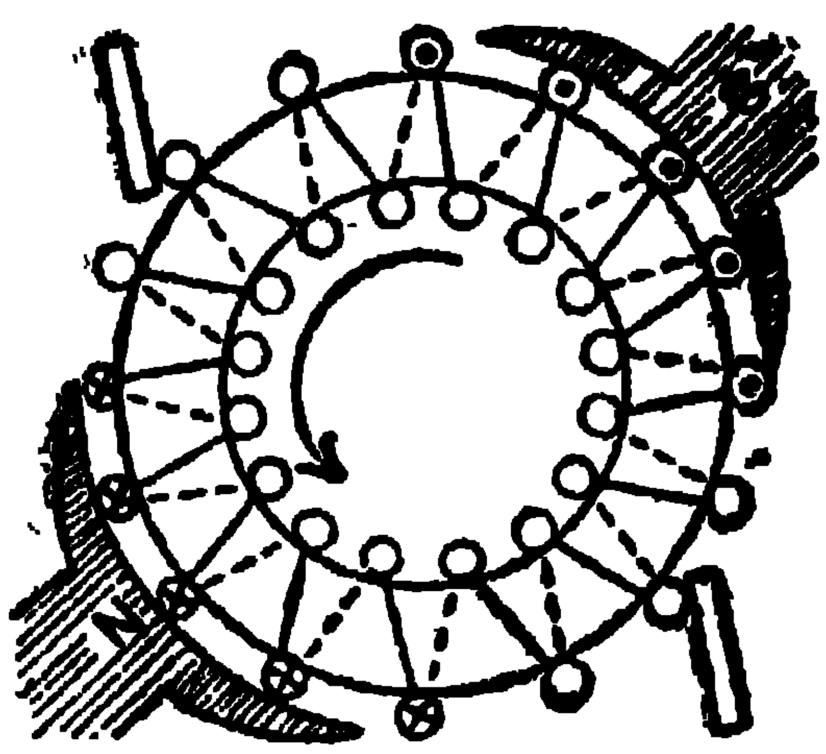


চিত্র—৩৫৬

ডায়নামোতে যান্ত্রিক শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত হয়, আর মোটরে বৈদ্যুতিক শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে পরিণত হয়।

যদি একটি উত্তেজিত রাজ্য বিশিষ্ট ডায়নামোর আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া প্রবাহ দেওয়া যায়, তাহা হইলে আর্ম্মেচার গতিবান্ হইবে এবং যতক্ষণ

প্রবাহ বহিবে উহা ঘুরিতে থাকিবে। কমিউটেটার থাকা হেতু N মেরুর অধীনস্থ আর্ম্মেচারের অর্দ্ধাংশের সমস্ত তারগুলির মধ্য দিয়া একদিকে প্রবাহ



চিত্র—৩৫৭

বহিবে এবং S মেরুর অধীনস্থ আর্ম্মেচারের অপর অর্দ্ধাংশ দিয়া বিপরীত দিকে প্রবাহ বহিবে, সুতরাং আর্ম্মেচার একই দিকে ঘুরিতে থাকিবে। আর্ম্মেচারের ঘূর্ণনদিক খুব সহজে আম্পেয়ারের "সন্তরণকারীর" নিয়ম বা ফ্লেমিংএর 'বামহস্ত' নিয়ম হইতে পাওয়া যায়, যথা—৩৫৭ চিত্রে আর্ম্মেচার (মোটরে) ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে (anticlockwise) ঘুরিবে।

মোটর আর্ম্মেচারের প্রণালী ঠিক ডায়নামো আর্ম্মেচারের মত (ডায়নামো চিত্র২৫০ দ্রষ্টব্য)। উভয় স্থলেই বাম দিকে N মেরু আছে এবং আর্ম্মেচারের বাম অর্দ্ধাংশের প্রবাহ দর্শকের নিকট হইতে সম্মুখদিকে বহমান। ডায়নামোতে ঐ ভাবের প্রবাহ পাইবার নিমিত্ত আর্ম্মেচাকে ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরাইতে হইয়াছে, কিন্তু ঐরূপ প্রবাহ প্রেরণ বা বহান হেতু মোটরের আর্ম্মেচার তদ্বিপরীত অর্থাৎ ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরিবে।

ব্যাক ই, এম, এফ, (Back E. M. F.) :—ডায়নামোতে প্রবাহের দিক নির্ণয়ের সময় দেখা গিয়াছে, আর্ম্মেচারের প্রত্যেক তারে এরূপ দিকে প্রবাহ উৎপন্ন হয় যে, উহা আর্ম্মেচারকে বিপরীত দিকে ঘুরাইবার চেষ্টা করে, অর্থাৎ আর্ম্মেচারে বাহির হইতে প্রদত্ত চালকবলের উপর, সম্ভাবিত প্রবাহ, আভ্যন্তরিক বাধা আনয়ন করে। মোটরেও ঠিক ঐ একই ফল দৃষ্ট হয়, তবে কিছু বিশেষ প্রভেদ আছে। আমরা জানি চুম্বকরাজ্যে ঘূর্ণায়মান প্রত্যেক তারে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়। বৈদ্যুতিক মোটরের আর্ম্মেচার খুব বলবান্ রাজ্যে ঘোরে। স্বভাবতঃই এই ঘূর্ণন প্রবাহ দ্বারা সম্পাদিত হউক, বা কোন বাহিক

চালক বল দ্বারা সাধিত হউক তাহাতে কিছু আসে যায় না, ঘূর্ণন-কালে প্রত্যেক তারে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়। এই ই, এম, এফ, এর দিক নির্ণয় করিতে হইলে ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘূর্ণায়মান আর্ম্মেচার বিশিষ্ট ২৫০ চিত্রের প্রণালীর সহিত এই চিত্রের প্রণালী তুলনা করিলে ⊙ ও × দ্বারা নির্দ্দেশিত ই, এম, এফ, এর দিক হইতে দেখা যাইবে যে. তথায় নিম্নব্রাস + ও উর্দ্ধ ব্রাস—হইয়াছিল, কিন্তু এখানে, (মোটরে) আর্ম্মেচার বিপরীত দিকে ঘুরিতেছে বলিয়া অর্ম্মেচারের মধ্যে সম্ভাবিত প্রবাহের দিক উল্টাইয়া যাইবে। সুতরাং উর্দ্ধ ব্রাস+ও নিম্ন ব্রাস—হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে, আর্ম্মেচারের ঘূর্ণন হেতু সম্ভাবিত ই, এম, এফ, আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া, বাহির হইতে প্রেরিত প্রবাহের বিরুদ্ধে কার্য্য 'করে, ফলে যদি অন্য কোন ই, এম, এফ, না থাকে, তাহা হইলে এই সম্ভাবিত ই, এম, এফ, হেতু আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া, বাহির হইতে প্রেরিত প্রবাহের বিপরীত দিকে, বহমান প্রবাহ উৎপন্ন হইবে। চলন্ত বৈদ্যুতিক মোটরের আর্ম্মেচারের মধ্যে উৎপন্ন ই, এম, এফ,কে এইজন্য বিপরীত বা 'ব্যাক' বা 'কাউণ্টার' ই, এম, এফ, (Back or Counter E. M. F.) বলে। ইহার ফল এই যে, 'ওম্‌স-ল' অনুযায়ী আর্ম্মেচারের টার্মিনাল ভোল্টেজ বা শেষভাগদ্বয়ের চাপ পার্থক্যকে আর্ম্মেচারের বাধা দিয়া ভাগ করিলে হিসাব মত যে পরিমাণ প্রবাহ হয়, তাহা অপেক্ষা আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া প্রকৃত বহমান প্রবাহকে অনেক কমাইয়া দেয়। যথা,—

যদি ·৫ ওম বাধা বিশিষ্ট একটি স্থির আর্ম্মেচারকে হঠাৎ ১১০ ভোলটের সহিত সংযুক্ত করা যায়, তাহা হইলে "ওম্‌স-ল" অনুযায়ী আর্ম্মেচারের মধ্যে $\frac{১১০}{.৫}$=২২০ আমপেয়ার প্রবাহ হইবে এবং এই অত্যধিক প্রবাহ তৎক্ষণাৎ আর্ম্মেচারকে নষ্ট করিয়া দিবে এবং ব্রাস ও যেন উভয়কেই গলাইয়া দিবে। যদি কেবলমাত্র আর্ম্মেচারকে

একেবারে পূর্ণ ভোলটেজের সহিত সংযুক্ত না করিয়া উহার সহিত একটি প্রায় ৫ ওম রেগুলেটিং বাধাকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া, ঐ বাধা সমেত ব্যবহার করা যায়,তাহা হইলে আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া মোটে ২০ আমপেয়ার প্রবাহ বহিবে। এখন আর্ম্মেচার ঘুরিতে আরম্ভ করিবে ও চুম্বকরাজ্যে ঘূর্ণন হেতু ব্যাক ই, এম, এফ, উৎপন্ন করিবে এবং এই ব্যাক ই, এম, এফ, হেতু শীঘ্রই প্রবাহ কমিয়া যাইবে। এখন সিরিজে সংযুক্ত রেগুলেটিং বাধাকে ক্রমশঃ কমাইয়া সর্ট সার্কিট অর্থাৎ, আর্ম্মেচার হইতে বিচ্ছেদ করিয়া দেওয়া যাইতে পারে; কারণ এই সিরিজ বাধাকে যত কমান হইবে আর্ম্মেচার তত দ্রুত ঘুরিবে, সুতরাং ব্যাক ই, এম, এফ, তত বাড়িয়া যাইতে থাকিবে ও সিরিজ বাধা কমা হেতু আর্ম্মেচারের মধ্যে যে প্রবাহ পরিবর্ত্তনের আশঙ্কা আছে তাহা আর হয় না। এইরূপে রেগুলেটিং বাধাকে ক্রমশঃ 'সর্ট সার্কিট' করিয়া দিলে আর্ম্মেচার পূর্ণগতি প্রাপ্ত হইবে। এখন দেখা যাউক এই পূর্ণ গতির পরিমাণ কত হইতে পারে।

মোটর এত দ্রুত চলিতে পারে না যে ইহার মধ্যে সম্ভাবিত ব্যাক ই, এম, এফ, ইহাতে প্রযুক্ত বাহ্যিক ই, এম, এফ, এর সহিত সমান হয়, কারণ তাহা হইলে আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া কোন প্রবাহ বহিবে না, সুতরাং আর্ম্মেচারের ঘূর্ণন ক্ষমতা থাকিবে না। কিন্তু 'বেয়ারিং'এর মধ্যে ঘর্ষণ, আর্ম্মেচারের জড়তা (Inertia) ও বায়ু প্রদত্ত বাধা প্রভৃতি অতিক্রম করিয়া আর্ম্মেচার সাফট্‌কে ঘুরাইতে, কিছু না কিছু (যদিও খুব অল্প হইতে পারে) ক্ষমতার প্রয়োজন হয়। অতএব আর্ম্মেচারের মধ্যে প্রবাহ পরিমাণ একেবারে শূন্য হইতে পারে না। যথা, ১০০ আমপেয়ারের জন্য প্রস্তুত মোটরের জন্য, কোন ভার না চাপাইলেও, ৩—৫ আমপেয়ার প্রবাহ লাগে। যদি বাহ্যিক বা প্রদত্ত ই, এম, এফ, হয় ১১০ ভোলট, তাহা হইলে বিনা ভারে ব্যাক ই, এম, এফ, ইহার কাছাকাছি যায় বটে, কিন্তু ঠিক এতটা হয় না. যথা, প্রায়

১০৯·৮ ভোলট হয় অর্থাৎ ১১০ ভোলট হইতে ১ ভোলটের ২ দশমাংশ কম থাকে।

এখন যদি মোটরে ভার চাপান যায়—যেমন যদি ব্রেক কষা যায় বা বেলটিং দিয়া ইহার দ্বারা কোন সাফটকে চালান যায়, তাহা হইলে ভারহীন অবস্থায় আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া বহমান সামান্য প্রবাহ এই ভার অতিক্রম করিতে পারে এরূপ ক্ষমতা দিতে অক্ষম হইবে। সুতরাং মোটরের গতি কিছু কমিয়া যাইবে; যথা—ধরা যাউক উহা মিনিটে ১০০০ পাক ঘূর্ণন হইতে মিনিটে ৯৯০ পাক ঘূর্ণনে পরিণত হইল। কিন্তু যেমনি মোটরের গতি কিছু কমিবে, সঙ্গে সঙ্গে উহার ব্যাক ই, এম, এফ, ও ঐ অনুপাতে কমিবে। সুতরাং আভ্যন্তরিক ব্যাক ই, এম, এফ, হইতে বাহ্যিক বা প্রদত্ত ই, এম, এফ, এর পার্থক্য কিছু বাড়িয়া যাইবে, অতএব আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহ এরূপ পরিমানে বাড়িতে পারে যে ভার অতিক্রম করিতে যেরূপ আবর্ত্তক ক্ষমতার প্রয়োজন হয় উহা সেরূপ দিতে পারক হয়। এস্থলে ব্যাক ই, এম, এফ, কমিয়া প্রায় ১০৯ ভোলট দাঁড়াইবে। যদি দ্বিগুণ ভার প্রযুক্ত হয়, তাহা হইলে মোটরের গতি আরও কমিয়া যাইবে, যে পর্য্যন্ত না ইহার ব্যাক ই, এম, এফ, প্রায় ১০৮ ভোলট হয়। তখন প্রযুক্ত ই, এম, এফ, এর সহিত ইহার পার্থক্য ২ ভোলট আর্ম্মেচারের মধ্যে প্রায় দ্বিগুণ প্রবাহ উৎপন্ন করে ও তজ্জন্য আর্ম্মেচার দ্বিগুণ বাধা অতিক্রম করিতে পারক হয়। যদি ভার অপসারিত করা হয়, তাহা হইলে মোটর আবার দ্রুত ঘুরিতে আরম্ভ করিবে যতক্ষণ না ইহার ব্যাক ই, এম, এফ, ১১০ ভোলটের কাছাকাছি বা ১০৯·৮ ভোলট হয়। অতএব দেখা যায় যে বৈদ্যুতিক মোটর নিজে নিজেই কার্য্যানুযায়ী বৈদ্যুতিক ক্ষমতা গ্রহণ করে, অর্থাৎ ইহা স্বীয় শাসনাধীন (Self Governed)। কিন্তু বাষ্পীয় ইঞ্জিন কিম্বা

টারবাইন বা জলীয় ইঞ্জিনে কার্য্যানুসারে বাষ্প বা জলের পরিমাণকে অল্পাধিক করিবার জন্ত 'গভর্ণার' (Governor) নামক একটি পৃথক অবলম্বনের প্রয়োজন হয়।

দ্রষ্টব্য :—আর্মেচারের বাধা যত অধিক হইবে, কোন নির্দ্দিষ্ট কার্য্য সাধনার্থে আর্মেচারের মধ্যে প্রয়োজন মত প্রবাহ পাইতে হইলে টার্মিনাল ভোল্টেজ ও ব্যাক ই, এম, এফ, এর মধ্যে প্রভেদ ততই অধিক হওয়া আবশ্যক, সুতরাং মোটরের গতি ততই হ্রাস হওয়া উচিৎ।

মোটর কর্ত্তৃক সাধিত কার্য্যের পরিমাণ ও ইহার পারকতা :—যদি একটি সিরিজ মোটরের টার্ম্মিনাল ভোলটেজ বা প্রযুক্ত ই, এম, এফ, হয় E এবং ব্যাক ই, এম, এফ, হয় e. তাহা হইলে E—e ভোল্ট এই চাপ পার্থক্য হেতু আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে, সুতরাং যদি আর্ম্মেচার কয়েলের বাধা হয় R, তাহা হইলে "ওমস্-ল" অনুযায়ী আর্ম্মেচারের মধ্যে প্রবাহ $C = \frac{E-e}{R}$। কোন সময়ের মধ্যে মোটর কর্ত্তৃক সাধিত কার্য্য পরিমাণ আর্ম্মেচারের মধ্যে বহমান প্রবাহকে ব্যাক ই, এম, এফ, ও সময়ের পরিমাণ দ্বারা একত্র গুণ করিলে পাওয়া যায়। সুতরাং সাধিত কার্য্য $= e\,C\,t = \frac{e(E-e)}{R}t$ "জুল" (Joule) সিরিজ মোটরের পক্ষে।

সুতরাং যদি মোটরটিকে এরূপ ভাবে আটকাইয়া রাখা যায় যে উহা ঘুরিতে না পারে, তাহা হইলে প্রবাহ খুব অধিক হইবে বটে, কিন্তু $e=0$ বলিয়া সাধিত কার্য্য $=0$ হইবে। আবার মোটরকে যদি এরূপ বেগে ঘুরিতে দেওয়া যায় যে $e=E$ হয়, তাহা হইলে প্রবাহ $C=0$ হইবে এবং কোন কার্য্য সাধিত হইবে না। বস্তুতঃ মোটরকে, এমন কি কোন ভার প্রযুক্ত না করিলেও, সর্ব্বদা ঘর্ষণাদি বাধা অতিক্রমার্থে, কিছু কার্য্য করিতে হয়ই, সুতরাং e কদাপি E এর সহিত

সমান হইতে পারে না। মোটরকে যতই ভারযুক্ত করা হইবে, উহার মধ্যে ততই অধিক প্রবাহ হইবে এবং যেহেতু প্রযুক্ত ক্ষমতা = E C ওয়াট ও কার্য্য পরিণত ক্ষমতা = e C ওয়াট (সিরিজ মোটরে) অতএব বৈদ্যুতিক পারকতা $= \frac{eC}{EC} = \frac{e}{E}$। অতএব বৈদ্যুতিক পারকতা = ১০০% বা ১, যখন মোটর ছুটিয়া যায় (run away), অর্থাৎ এত দ্রুত ঘোরে যে e = E প্রায়, এবং তখন মোটর অতি অল্প কার্য্য করিতেছে এবং তাহা সর্ব্বাপেক্ষা অধিক পারকতার সহিত করিতেছে।

দেখা যাউক কখন মোটর সর্ব্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে বা হারে কার্য্য করে। মোটরের সাধিত কার্য্য $= e\frac{(E-e)}{R}t$। ইহাতে কেবলমাত্র e পরিবর্ত্তনশীল। সুতরাং সাধিত কার্য্যেরপরিমাণ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হইবে—

যদি $e(E-e)$ গরিষ্ঠ হয়,

বা $\frac{1}{4}E^2 - e(E-e)$ লঘিষ্ঠ হয়,

" $(\frac{1}{2}E - e)^2$ " "

কিন্তু বর্গসংখ্যার লঘিষ্ঠ পরিমাণ = o,

সুতরাং যদি $\frac{1}{2}E - e = 0$ হয়,

বা $e = \frac{1}{2}E$ হয়।

অতএব দেখা যাইতেছে, মোটর যখন সর্ব্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে কার্য্য করিতে থাকে, তখন উহার পারকতা $= \frac{1}{2}$ বা ৫০%।

সহজে বুঝাইবার জন্য উপরে সিরিজ মোটরের আলোচনা হইয়াছে, কিন্তু ঐ একই প্রকার যুক্তি অন্যান্য প্রকার যন্ত্রের পক্ষেও চলিবে, স্মরণ রাখিতে হইবে যে সাণ্ট এবং কম্পাউণ্ড মোটরে C কেবলমাত্র আর্ম্মেচার প্রবাহকে বুঝায়, বাহির হইতে মোট প্রদত্ত প্রবাহ নহে। যদি টার্মিনালের মধ্যে, অর্থাৎ বাহির হইতে প্রদত্ত, ভোল্‌টেজ হয় E. এবং সাণ্ট কয়েলের বাধা হয় R_s, তাহা হইলে সাণ্ট কয়েলের

মধ্যে বহমান প্রবাহ $=\frac{E}{Rs}$ এবং যদি বাহির হইতে মোট প্রযুক্ত প্রবাহ হয় C, তাহা হইলে আর্মেচারের মধ্যে বহমান প্রবাহ $= C-\frac{E}{Rs}$। অতএব সাধিত কার্য্য $= e\left(C-\frac{E}{Rs}\right)t$ জুল।

ডায়নামোর ন্যায় মোটরেও ঘর্ষণ, হিষ্টেরেসিস, এডিকারেণ্ট ও তাপোৎপত্তি হেতু শক্তির অনিবার্য্যনীয় অপব্যয় ঘটে। এই সম্পর্কে ডায়নামোর মত ইহারও এই সূত্রত্রয় পাওয়া যায়—

$$\text{বৈদ্যুতিক পারকতা} = \frac{\text{গতি উৎপাদনার্থে ব্যয়িত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা}}{\text{মোট প্রদত্ত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা}}$$

$$\text{সওদাগরি পারকতা} = \frac{\text{প্রাপ্ত কার্য্য পরিমাণ (ব্রেক হইতে পরিমিত)}}{\text{মোট প্রদত্ত ক্ষমতা}}$$

$$\text{যান্ত্রিক পারকতা} = \frac{\text{প্রাপ্ত কার্য্য পরিমাণ (ব্রেক হইতে পরিমিত)}}{\text{গতি উৎপাদনার্থে ব্যয়িত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা}}$$

সুতরাং যদি E = প্রযুক্ত ভোল্টেজ,

e = ব্যাক ই, এম, এফ,

C = মোটরে প্রযুক্ত প্রবাহ,

W = ঘর্ষনাদি হেতু অপব্যয়িত ক্ষমতা,

Ca = আর্মেচারের মধ্যে বহমান প্রবাহ,

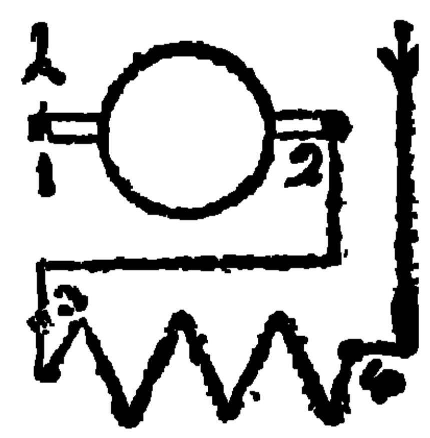
Cs = সাণ্ট কয়েলের প্রবাহ হয়,

তাহা হইলে নিম্নলিখিত তালিকাটি পাওয়া যায়—

যন্ত্র	বৈদ্যুতিক পারকতা	সওদাগরি পারকতা
সিরিজ	$\frac{e}{E}$	$\frac{eC-W}{EC}$
সাণ্ট	$\frac{eCa}{E(Ca+Cs)}$	$\frac{eCa-W}{E(Ca+Cs)}$

রকমারী মোটর ঃ—ডায়নামোর ন্যায় মোটরও তিন প্রকারে হইতে পারে বটে, ১। সিরিজ ২। সাণ্ট ও ৩। কম্পাউণ্ড মোটর, কিন্তু কম্পাউণ্ড মোটরের বিশেষ প্রচলন দৃষ্ট হয় না, সেইজন্য প্রয়োজন অনুসারে দুই প্রকারের মোটর হয়—সিরিজ ও সাণ্ট।

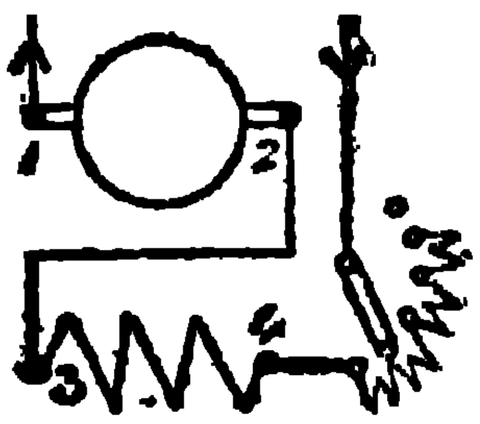
সিরিজ মোটর :—সিরিজ ডায়নামোর মত ইহাতে মোটা তারের অল্প সংখ্যক পাকবিশিষ্ট রাজ্যকয়েল আর্ম্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে, সুতরাং লাইনের সহিত যোগ করিলে আর্ম্মেচারের মধ্যে যে প্রবাহ বহমান হয় তদ্দ্বারাই রাজ্যকায়েল উত্তেজিত হয়। ৩৫৮ চিত্রে ইহার সংযোগ প্রণালী দর্শিত হইয়াছে। অতএব আর্ম্মেচারের প্রবাহ যত অধিক হইবে, ইহার রাজ্য তত প্রখর হইবে। সুতরাং কোন নির্দ্দিষ্ট ভোল্‌টেজের সহিত সংযুক্ত থাকিলে, ভার যদি অধিক হয়, তাহা হইলে আর্ম্মেচারে প্রবাহ অধিক হইবে,



চিত্র—৩৫৮

অতএব রাজ্যও তীব্রভাবে উত্তেজিত হইবে এবং এই তীক্ষ্ণ রাজ্যে অল্প গতি দ্বারাই আর্মে'চারের মধ্যে প্রযুক্ত ভোল্টেজের অনুযায়ী ব্যাক ই, এম, এফ, সৃষ্ট হইবে। কিন্তু যদি মোটরে ভার অল্প হয়, তাহা হইলে আর্মে'চারের প্রবাহ অল্প হইবে, অতএব রাজ্যও ক্ষীণ হইবে, সুতরাং এই ক্ষীণ রাজ্যে প্রদত্ত ভোল্টেজের অনুযায়ী ব্যাক ই, এম, এফ, উৎপাদনের নিমিত্ত ইহাকে অত্যন্ত দ্রুতগতিতে ঘুরিতে হইবে। এই নিমিত্ত অল্প বা বিনাভারে সিরিজ মোটর চালান হয় না, তাহাতে উহা "ছুটিয়া" (run away) যাইবে। চিত্রে দৃষ্ট হইবে যে মোটরটি সর্ব্বদা কোন এক নির্দ্দিষ্ট (অপরিবর্ত্তিত) ভোল্টেজের সহিত সংযুক্ত। কিন্তু যদি উহাকে বিভিন্ন ভারে একভাব গতিতে চালিত করিতে হয় তাহা হইলে কম ভারের সময় আর্ম্মেচারের প্রবাহকে কম রাখিতে হইবে, সুতরাং মোটরটি কম ভোল্টেজের সহিত সংযুক্ত হওয়া উচিত এবং অধিক ভারের সময়

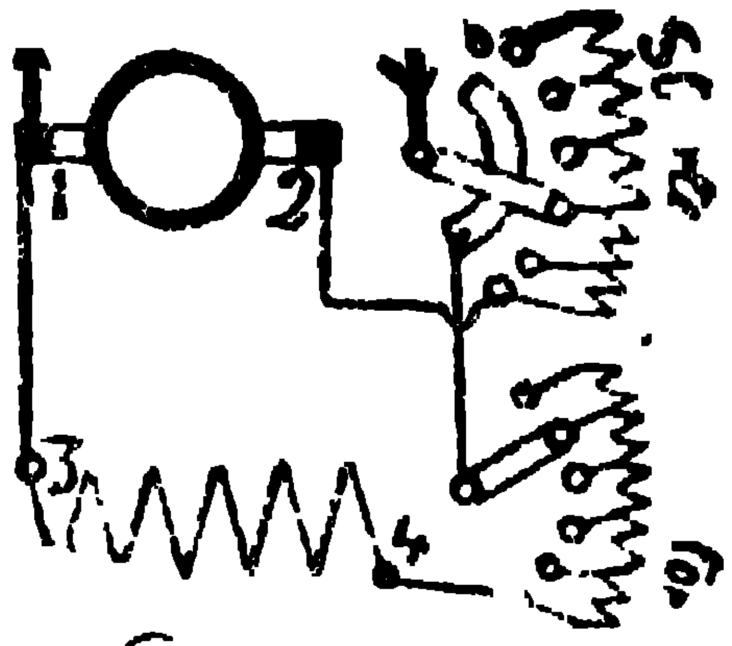
আর্ম্মেচারের প্রবাহ অধিক হওয়া প্রয়োজন বলিয়া তখন মোটরটি অধিক ভোল্টেজের সহিত সংযুক্ত হওয়া উচিত। অতএব দেখা যাইতেছে যে বিভিন্ন ভারে একভাব গতিতে চালিত করিতে হইলে, মোটরে প্রযুক্ত ভোল্টেজকে হ্রাস বৃদ্ধি করিতে হয়। প্রযুক্ত ভোল্টেজের এই হ্রাস বৃদ্ধি সাধনের জন্য আর্ম্মেচারের সহিত, রাজ্যকয়েল ছাড়া, একটি বাধাপ্রদ কয়েল সিরিজে সংযুক্ত করিতে হয়, চিত্র ৩৫৯। এই বাধা-প্রদ কয়েলটির বাধা পরিবর্ত্তনীয়, সুতরাং ইহা হইতে যদি অধিক পরিমাণ বাধা মোটরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয়, তাহা হইলে এই বাধাতে অধিক ভোল্টেজ প্রযুক্ত হইবে। আর মোটরে অধিক ভোল্টেজ প্রয়োজন হইলে, এই বাধার পরিমাণ কমাইয়া দিলেই হইবে। এবং এই বাধাকে হ্রাস করিতে করিতে একেবারে বাদ দিলে মোটর 'সাপ্লাই লাইনের' ভোল্টেজ প্রাপ্ত হইবে। এই বাধাকে এইজন্য সিরিজ রেগুলেটার (Series Regulator) বলে এবং ইহার দ্বারাই মোটর লাইনের সহিত সংযুক্ত বা উহা হইতে বিযুক্ত হয় বলিয়া ইহাকে সিরিজ ষ্টার্টার (Starter) বলা চলে।



চিত্র—৩৫৯

সাণ্ট মোটর :—সাণ্ট ডায়নামোর মত সাণ্ট মোটরের রাজ্যকয়েল আর্ম্মেচারের সহিত সাণ্ট বা প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত থাকে। ইহাতে লাইনের প্রবাহ বিভক্ত হইয়া, কিছু রাজ্যকয়েলের মধ্য দিয়া ও বাকী আর্ম্মেচারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। সুতরাং রাজ্যকয়েল সর্ব্বদা একই প্রবাহ দ্বারা উত্তেজিত হয় বলিয়া, রাজ্যতেজ সর্ব্বদা সমান থাকে অর্থাৎ ইহা পৃথক উত্তেজিত যন্ত্রের ন্যায় কার্য্য করে। পূর্ব্বেই দেখা গিয়াছে একভাব রাজ্যতেজ বিশিষ্ট অর্থাৎ সাণ্টমোটরে ভারবৃদ্ধি ঘটিলে আর্ম্মেচারের ঘূর্ণনগতি কিছু হ্রাস হয়। এই হ্রাস অতি অল্প, যন্ত্র অনুযায়ী ·১%—৫%। সুতরাং সাণ্টমোটরের গতি সর্ব্বভারে প্রায় একভাব থাকে।

এখন দেখা যাউক্ সাণ্টমোটরকে কিরূপভাবে চালিত করিতে হয়। সাণ্ট ডায়নামোর মত ইহার রাজ্যকয়েলকে প্রথমেই সম্পূর্ণ উত্তেজিত করিতে হইবে, সুতরাং রাজ্যকয়েল লাইনের সহিত প্রথমেই সংযুক্ত হওয়া প্রয়োজন। আবার আর্ম্মেচারের সহিত একটি পরিবর্ত্তনীয় বাধা সিরিজে সংযুক্ত থাকা উচিত, যাহাতে গোড়ার মুখে আর্ম্মেচারের স্থির বা অল্প গতি অবস্থায় উহার মধ্য দিয়া অত্যধিক প্রবাহ না হয়। সুতরাং সাণ্টমোটরকে ৩৬০ চিত্রে দর্শিত রূপে একটি ষ্টার্টারের সহিত সংযুক্ত করা উচিত। ইহাতে ষ্টার্টিং হ্যাণ্ডেলটি উপরে থাকিলে মোটর লাইন হইতে বিযুক্ত ও ঐ হ্যাণ্ডেলকে ক্রমশঃ ঘুরাইয়া নিম্নে আনিবামাত্র রাজ্যকয়েল বৃত্তাকার স্লিপ



চিত্র- ৩৬০

রিংএর দ্বারা লাইনের সহিত সংযুক্ত হয় ও আর্ম্মেচার, ষ্টার্টার বাধার মধ্য দিয়া, লাইনের সহিত সংযুক্ত হয় এবং হ্যাণ্ডেলকে যতই নিম্ন দিকে লওয়া যাইবে, আর্ম্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত ষ্টার্টারের বাধার পরিমাণ ততই কমিয়া যাইতে থাকিবে এবং নিম্ন প্রান্তে সমস্ত বাধাই আর্ম্মেচার হইতে বিযুক্ত হইয়া যায়, রাজ্য কয়েল কিন্তু রেগুলেটারের মধ্য দিয়া লাইনের সহিত সংযুক্ত থাকে।

সাণ্টমোটরের গতির হ্রাসবৃদ্ধি ঃ—মোটর এত দ্রুত ঘুরিবার চেষ্টা করে যেন উহার ব্যাক ই, এম, এফ, প্রদত্ত ভোল্‌টেজের প্রায় সমান হয়। অতএব মোটরের গতি প্রদত্ত ভোল্‌টেজ ও রাজ্যতেজের উপর নির্ভর করে। প্রদত্ত ভোল্‌টেজ কম বা রাজ্য প্রখর হইলে মোটর ধীরে চলিবে, আর প্রদত্ত ভোল্‌টেজ অধিক বা রাজ্য ক্ষীণ হইলে মোটর দ্রুত চলিবে। সুতরাং মোটরের গতি কম করিতে হইলে, যেহেতু রাজ্যকে সীমার অতিরিক্ত উত্তেজিত করিতে পারা যায় না, প্রদত্ত ভোল্‌টেজকে কমাইতে হয়, তজ্জন্য আর্ম্মেচারের

সহিত স্থায়ীভাবে একটি বাধা সিরিজে সংযুক্ত করিয়া রাখা হয়, যাহাতে প্রদত্ত ভোল্‌টেজের কিছু পরিমাণ ঐ বাধায় পতিত হয় ও সুতরাং আর্মেচার বা টার্মিনালদ্বয়ের ভোল্‌টেজ কম হয়।

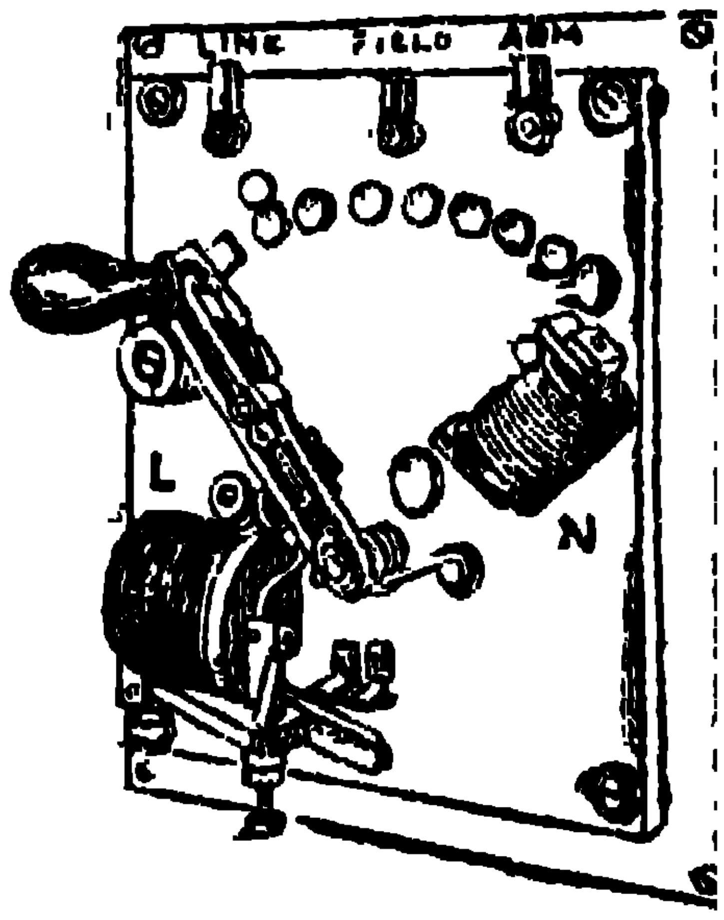
যথা—আর্মেচারে ২২০ ভোলট প্রযুক্ত হইলে, যদি উহা মিনিটে ৫০০০ বার করিয়া ঘুরিতে থাকে, তাহা হইলে আর্মেচারের সহিত সিরিজে ১ ওম বাধা যুক্ত হইলে ভার অনুযায়ী উহার গতি কমিয়া যাইবে—যেমন, কোন ভারে যদি আর্মেচারের মধ্যে প্রবাহ হয় ১১ আম্প, তাহা হইলে দেখা যায় যে সিরিজ বাধায় পতিত ভোলটেজের পরিমাণ = ১ × ১১ = ১১ ভোল্‌ট, সুতরাং আর্মেচারে প্রদত্ত হইতেছে ২২০—১১ = ২০৯ ভোলট, বা প্রদত্ত ভোলটেজের ১/২০ অংশ কমিয়া যাইবে, বা উহা মিনিটে প্রায় ৪৭৫০ পাক ঘুরিবে। যদি কোন ভারে আর্মেচারে প্রবাহ হয় ২২ আম্প, তাহা হইলে সিরিজ বাধায় পতিত ভোলটেজ = ১ × ২২ = ২২ ভোলট, সুতরাং আর্মেচারে প্রযুক্ত ভোলটেজ = ২২০—২২ = ১৯৮ ভোলট বা প্রযুক্ত ভোলটেজের ১/১০ অংশ কমিয়া যাইতেছে, সুতরাং গতিও ১/১০ অংশ কমিয়া যাইবে বা উহা মিনিটে প্রায় ৪৫০০ বার ঘুরিবে। ঠিক সেইরূপ যদি কোন অধিক ভারে প্রবাহ হয় ১১০ আম্প এবং আর্মেচার উহা বহনক্ষম হয়, তাহা হইলে সিরিজ বাধায় পতিত ভোল টেজ = ১১০ ভোল্‌ট বা প্রদত্ত ভোল্‌টেজের অর্দ্ধেক, সুতরাং ঘূর্ণনগতি অর্দ্ধেক হইয়া মিনিটে প্রায় ২৫০০ বার হইবে। আর মোটরের গতি পরিবর্দ্ধিত করিতে হইলে, যেহেতু লাইনের ভোল্‌টেজকে পরিবর্দ্ধিত করিতে পারা যায় না, রাজ্যের উত্তেজনাকে হ্রাস করিতে হয়, সেইজন্য ডায়নামোর মত, ৩৬০ চিত্রে দর্শিত ভাবে, সাণ্ট রাজ্যকয়েলের সহিত একটি পরিবর্ত্তনীয় বাধা সিরিজে সংযুক্ত করিতে হয়। এই পরিবর্ত্তনীয় বাধাকে হ্রাস বৃদ্ধি করিয়া রাজ্যকে প্রখর বা ক্ষীণ করা যাইতে পারে।

খুব সতর্ক হওয়া প্রয়োজন যেন লাইনের সহিত আর্মেচারকে সংযুক্ত রাখিয়া কদাপি সাণ্ট বা রাজ্য কয়েলকে বিযুক্ত করা না হয়। কারণ এরূপ স্থলে কেবলমাত্র যৎসামান্য অবশিষ্ট চুম্বকত্ব থাকা হেতু রাজ্য অত্যন্ত ক্ষীণ হয়, সুতরাং দুইটি ব্যাপার ঘটিতে পারে, (১) মোটর ভয়ঙ্কর গতিবান্‌ হইতে পারে, তাহাতে বেল্টিং-এর পুলি, কমিউটেটার ও আর্মেচারের কয়েল প্রভৃতি টুকরা টুকরা হইয়া যাইতে পারে, বা (২) যদি অত্যধিক ভার থাকা হেতু ছুটিয়া যাইতে সক্ষম না হয়, তাহা হইলে সামান্য পরিমাণে ব্যাক ই, এম, এফ, প্রস্তুত হইবে, সুতরাং আর্মেচারের মধ্যে এত অধিক প্রবাহ হইবে যে তাহা

হইতে উৎপন্ন উত্তাপে উহা নষ্ট হইয়া যাইবে, ব্রাস গলিয়া যাইবে, এবং, আরও শ্রেয়স্কর, ফিউজ গলিয়া যাইবে। এই প্রকার দুর্ঘটনা যাহাতে না ঘটে সেইজন্য সাণ্ট রেগুলেটার এরূপভাবে প্রস্তুত যে সাণ্ট পথের বিয়োগ অসম্ভব, অর্থাৎ ষ্টার্টিং হ্যাণ্ডেলের সাহায্যে আর্ম্মেচারের সঙ্গে সঙ্গে সাণ্টরাজ্যকয়েল লাইন হইতে বিযুক্ত হয়, নচেৎ নহে।

ষ্টার্টার (Starter), **রেগুলেটার** (Regulator), **নো ভোল্ট কাট আউট্** (No volt cut out) **ও ওভার লোড রিলীজ** (Over load Release):—৩৬১ চিত্রে একটি সাণ্ট মোটরের ষ্টার্টার দর্শিত হইল।

ষ্টার্টার:—উপরে দৃষ্ট হইল যে চলনকালে মোটরের আর্ম্মেচারকে প্রথমেই লাইনের পূর্ণ ভোল্টেজের সহিত সংযুক্ত করা চলে না, সেইজন্য আর্ম্মেচারের সহিত একটি বাধাকে সিরিজে সংযুক্ত রাখিতে হয় এবং মোটর চলিতে থাকিলে ক্রমশঃ ঐ বাধাকে সট-সার্কিট বা আর্ম্মেচার হইতে বিচ্ছেদ করিয়া দিতে হয়। এই কার্য্য যে উপায় দ্বারা সাধিত হয়, তাহাকে ষ্টার্টার বলে। ষ্টার্টারে একটি হ্যাণ্ডেল থাকে, ইহা লাইনের সহিত সংযুক্ত হয় এবং ইহাকে ঘুরাইলে উহা কতকগুলি সারিসারিভাবে সজ্জিত তাম্র খণ্ডকে স্পর্শ করিয়া যাইতে থাকে। যখন উহা প্রথম তাম্র খণ্ডকে স্পর্শ করে তখন ঐ বাধার

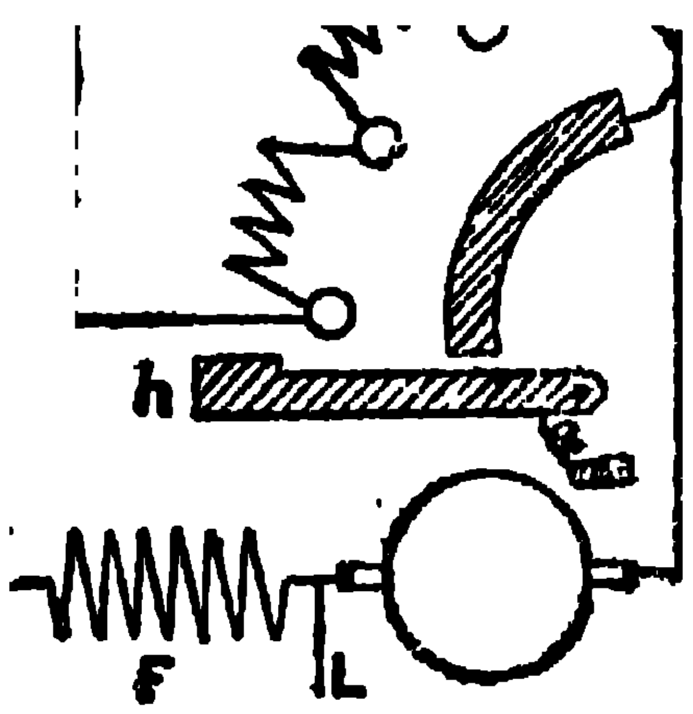


চিত্র—৩৬১

মধ্য দিয়া আর্ম্মেচারে প্রবাহ বহে, অতএব সমস্ত বাধাটি আর্ম্মেচারের সহিত সংযুক্ত হয়। অতঃপর যেমন হ্যাণ্ডেলটিকে ঘুরাইয়া পর পর ধাতু খণ্ড সকলকে স্পর্শ করান হয়, ঐ বাধার কিয়দংশ করিয়া বিচ্ছেদ হইয়া যাইতে থাকে, এবং একেবারে শেষ সীমায় উপস্থিত হইলে

সমস্ত বাধাটি বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। অতএব ষ্টার্টারে হাণ্ডেলটিকে এক সীমা হইতে অপর সীমা পর্য্যন্ত চালাইতে হয়।

রেগুলেটার:—কিন্তু রাজ্য কয়েল্ প্রভৃতির উত্তেজনা হ্রাসবৃদ্ধির জন্য উহাদের সহিত যে সিরিজে সংযুক্ত পরিবর্ত্তনীয় বাধা থাকে তাহার কিয়দংশ ব্যবহার করিতে হয় বলিয়া, উহার যে পরিমাণ বাধা ব্যবহার্য্য সেইস্থানে ঐ রেগুলেটারের হ্যাণ্ডেলকে স্থাপিত করিতে হয়। অতএব রেগুলেটারের হ্যাণ্ডেলকে ষ্টার্টারের হ্যাণ্ডেলের মত এক সীমা হইতে আরম্ভ করিয়া অপর সীমা পর্য্যন্ত চালান হয় না। প্রয়োজন মত কোন এক নির্দ্দিষ্ট স্থানে রাখিতে হয়।



চিত্র—৩৬২

নো ভোল্‌ট রিলীজ:—পূর্ব্বেই দৃষ্ট হইয়াছে যে, আর্ম্মেচারে প্রথম মুখেই লাইনের পূর্ণ ভোল্‌টেজ প্রযুক্ত হয় না, কারণ তাহাতে এত অধিক প্রবাহ উৎপন্ন হইবে যে, তদ্দরুণ গরম হইয়া ইনস্যুলেসান প্রভৃতি নষ্ট হইয়া যাইবে। সেই নিমিত্ত ষ্টার্টার ব্যবহার হয়। এখন যদি মোটরের চলন কালে হঠাৎ লাইন ভোল্‌টেজ বিহীন হয় অর্থাৎ লাইনের প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়, তাহা হইলে মোটরও থামিয়া যাইবে এবং বলা বাহুল্য যে ষ্টার্টারের বাধাটি আর্ম্মেচার হইতে বিচ্ছিন্ন আছে। এখন যদি হঠাৎ ভোল্‌টেজ বিশিষ্ট হয় অর্থাৎ লাইনে প্রবাহ আইসে, তাহা হইলে ষ্টার্টারের বাধাটি বিযুক্ত আছে বলিয়া লাইনের পূর্ণ ভোল্‌টেজ স্থির আর্ম্মেচারে প্রযুক্ত হইবে, সুতরাং তাপোৎপত্তি হেতু আর্ম্মেচার নষ্ট হইয়া যাইবে। সেই নিমিত্ত এই ষ্টার্টারের মধ্যে এরূপ একটি ব্যবস্থা

থাকে যদ্দ্বারা লাইন ভোল্‌টেজ হীন হইলে, উহার সহিত আর্ম্মেচারের সংযোজন আপনা হইতেই বিচ্ছিন্ন হয়—তাহাকে 'নো ভোল্‌ট রিলীজ' বলে। ৩৬১ চিত্রে রাজ্য প্রবাহ দ্বারা উত্তেজিত দক্ষিণদিকের বৈদ্যুতিক চুম্বকটি নো ভোলট রিলীজের কার্য্য করে, ৩৬২ চিত্র দেখিলে ইহার কার্য্য প্রণালী বুঝা যাইবে। ইহাতে A বৈদ্যুতিক চুম্বকটি রাজ্য প্রবাহ দ্বারা উত্তেজিত এবং ষ্টার্টিং হ্যাণ্ডেলটি একটি স্প্রিংএর সহিত আবদ্ধ। ঐ স্প্রিংটি উহাকে সর্ব্বদাই টানিয়া বৈদ্যুতিক পথের বাহিরস্থ একটি তাম্র খণ্ডের উপর আনিবার চেষ্টা করে। হ্যাণ্ডেলটিকে তথা হইতে ঘুরাইয়া শেষ সীমাতে অর্থাৎ Aএর নিকট লইয়া যাইলে, রাজ্য প্রবাহ দ্বারা উত্তেজিত A বৈদ্যুতিক চুম্বক দ্বারা উহা ঐখানে ধৃত থাকে। পরে যদি লাইন কখনও ভোল্‌টেজ বিহীন হয়, তাহা হইলে Aএর চুম্বকত্ব নাশ হয় বলিয়া, উহা হ্যাণ্ডলকে আর ধরিয়া রাখিতে পারে না, হ্যাণ্ডেলটি স্প্রিংদ্বারা পুনরায় (পূর্ব্বে যে স্থানে ছিল) সেই তাম্র খণ্ডের উপর আনীত হয়, সুতরাং লাইন হইতে আর্ম্মেচার বিচ্ছিন্ন হয়। পরে লাইনে প্রবাহ আসিলে মোটরকে পূর্ব্বের ন্যায় পুনরায় ঐ ষ্টার্টারের সাহায্যে চালাইয়া লইতে হয়।

ওভার লোড রিলীজ :— পূর্ব্বেই দৃষ্ট হইয়াছে যে মোটরে যতই অধিক ভার প্রদত্ত হউক না কেন, উহা কখনও তাহাকে অতিক্রম করিতে অক্ষম হয় না। ভার অধিক হইতে থাকিলে উহার বেগ বা গতি কমিয়া যায় ও সেইজন্য উহার ব্যাক ই, এম, এফ, কম হয় বলিয়া লাইনের কার্য্যকরী ই, এম, এফ, অধিক হয়। তজ্জন্য আর্ম্মেচারের মধ্যে প্রবাহবেগ অধিক হয়, সুতরাং আর্ম্মেচারের 'মোচড়' বা 'টর্ক' অধিক হয় ও উহা গুরু ভার অতিক্রম করিতে সক্ষম হয়। অতএব ভার যত অধিক হইতে থাকে, আর্ম্মেচার ও লাইনের মধ্যে প্রবাহ ততই অধিক হইতে থাকে। কিন্তু এই প্রবাহ, আর্ম্মেচার অনুযায়ী, কোন

নির্দ্দিষ্ট পরিমাণের অধিক হইলে, প্রবাহোৎপন্ন তাপ দ্বারা আর্ম্মেচার প্রভৃতি নষ্ট হইয়া যাইবে। সেইজন্য ষ্টার্টারে এইরূপ একটি ব্যবস্থা থাকা উচিৎ যদ্দ্বারা প্রবাহ কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা অধিক হইবার সময় মোটর লাইন হইতে বিযুক্ত হয়—ইহাকে 'ওভার লোড রিলীজ' বলে। ৩৬১ চিত্রে বামদিকস্থ নিম্ন বৈদ্যুতিক চুম্বক এই রিলীজের কার্য্য করে। ৩৬২ চিত্রে ইহার কার্য্য পদ্ধতি বুঝিতে পারা যাইবে। ইহাতে B বৈদ্যুতিক চুম্বকটি ওভার লোড রিলীজ। এই B চুম্বকটি আর্ম্মেচার প্রবাহ দ্বারা উত্তেজিত। সুতরাং আর্ম্মেচারে প্রবাহ বাড়িতে থাকিলে উহার চুম্বকত্বের তেজও অধিক হইতে থাকে এবং প্রবাহ কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণের হইলে, ইহার তেজ এত প্রবল হয়, যে স্প্রিংএর টান অতিক্রম করিয়া একটি লৌহদণ্ডকে (ইহার আর্ম্মেচার) আকর্ষণ করিয়া লয়। তখন এই আকর্ষিত লৌহদণ্ডটি একটি তাম্রখণ্ডকে(C)স্পর্শ করিয়া নো ভোল্‌ট রিলীজ বৈদ্যুতিক চুম্বকটিকে রাজ্যকয়েল হইতে সর্ট সার্কিট বা বিচ্ছেদ করিয়া দেয় ও তখন নো ভোল্‌ট রিলীজের বৈদ্যুতিক চুম্বকটি আর উত্তেজিত থাকে না বলিয়া, ষ্টার্টারের হ্যাণ্ডেলটি স্প্রিং দ্বারা পূর্ব্বস্থানে, ষ্টার্টিং বাধার বাহিরে আনীত হয় ও মোটর লাইন হইতে বিযুক্ত হয়। নো ভোল্‌ট রিলীজ, ওভার লোড রিলীজ ও ষ্টার্টিং বাধা একত্রে একটি বোর্ডের উপর থাকে, তাহাকে চলিত ভাষায় ষ্টার্টার বলে। এরূপ একটি ষ্টার্টার ৩৬১ চিত্রে দর্শিত হইল। মোটরের গতি নিয়ন্ত্রিত করিবার জন্য সাণ্টরাজ্যকয়েলের সহিত সিরিজে সংযুক্ত একটি পরিবর্ত্তনীয় বাধা বা রিঅষ্ট্যাট (Rheostat) ব্যবহার করিতে হয়।

সিরিজ মোটরের ষ্টার্টারে কেবলমাত্র ষ্টার্টিং বাধা বা রিঅষ্ট্যাট থাকে। উহা মোটরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয় এবং মোটর চলিতে আরম্ভ করিলে উহাকে ক্রমশঃ সর্ট সার্কিট করিয়া দিতে হয়।

অষ্টাদশ পরিচয়

সিরিজ ও সাণ্ট মোটরের তুলনা:—সিরিজ মোটরে ভারবৃদ্ধির সহিত আর্ম্মেচার প্রবাহ ও তৎসহ রাজ্যতেজ বাড়িতে থাকে বলিয়া ইহাতে "ষ্টার্টিং টর্ক" (Starting Torque) বা চলিবার মুখে আর্ম্মেচারের মোচড়, অর্থাৎ যে জোরে আর্ম্মেচার ঘুরিবার চেষ্টা করে, তাহা খুব অধিক হয়। সেইজন্য ইহা যে কোনরূপ অতিভার অতিক্রম করিতে সক্ষম হয়। এইজন্য ইহা ভারোত্তলন-কারী বৈদ্যুতিক ক্রেন, বৈদ্যুতিক ট্রাম, মোটরগাড়ি, রেলগাড়ি ও বৈদ্যুতিক পাখাতে ব্যবহার করা হয়। অবশ্য ভার অধিক হইলে মোটরের গতি অল্প হয় ও ভার অল্প হইলে মোটরের গতি দ্রুত হয়—যথা, ক্রেনে অল্পভার অধিক ভার অপেক্ষা শীঘ্র উঠে, ঢালু জায়গায় উঠিবার সময় ভার অধিক হয় বলিয়া ট্রাম ও গাড়ির গতি হ্রাস পায়।

সিরিজ মোটরকে কিন্তু, যেখানে ভার একেবারে অপসারিত হইতে পারে, এরূপ স্থলে ব্যবহার করা হয় না, কারণ ভারহীন হইলেই উহা ভয়ঙ্কর গতিবান্ হইবে। এবং এই নিমিত্তই সিরিজ মোটর যন্ত্রাদির সহিত বেল্‌টিং দ্বারা সংবদ্ধ হয় না। কারণ যদি কোনরূপে ভয়ঙ্কর গতিবান্ হয় তাহা হইলে বেল্‌টিং ছিঁড়িয়া যাইবে। সেই নিমিত্ত পাম্প প্রভৃতি চালাইবার নিমিত্ত সিরিজ মোটর যন্ত্রাদির সহিত 'পিনিয়ান' (Pinion) বা দন্তচক্র দ্বারা সংবদ্ধ হয়, যাহাতে দন্তগুলির মধ্যে ঘর্ষণ হেতু মোটর সর্ব্বদা কিছু না কিছু ভার প্রাপ্ত হয়।

সাণ্ট মোটরে ভার পরিবর্ত্তনের সময় আর্ম্মেচরে প্রবাহ পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে বটে, কিন্তু রাজ্যতেজ পরিবর্ত্তিত হয় না। এই নিমিত্ত ভারহীন হইলেও উহা ভয়ঙ্কর গতিবান্ হইবার আশঙ্কা থাকে না

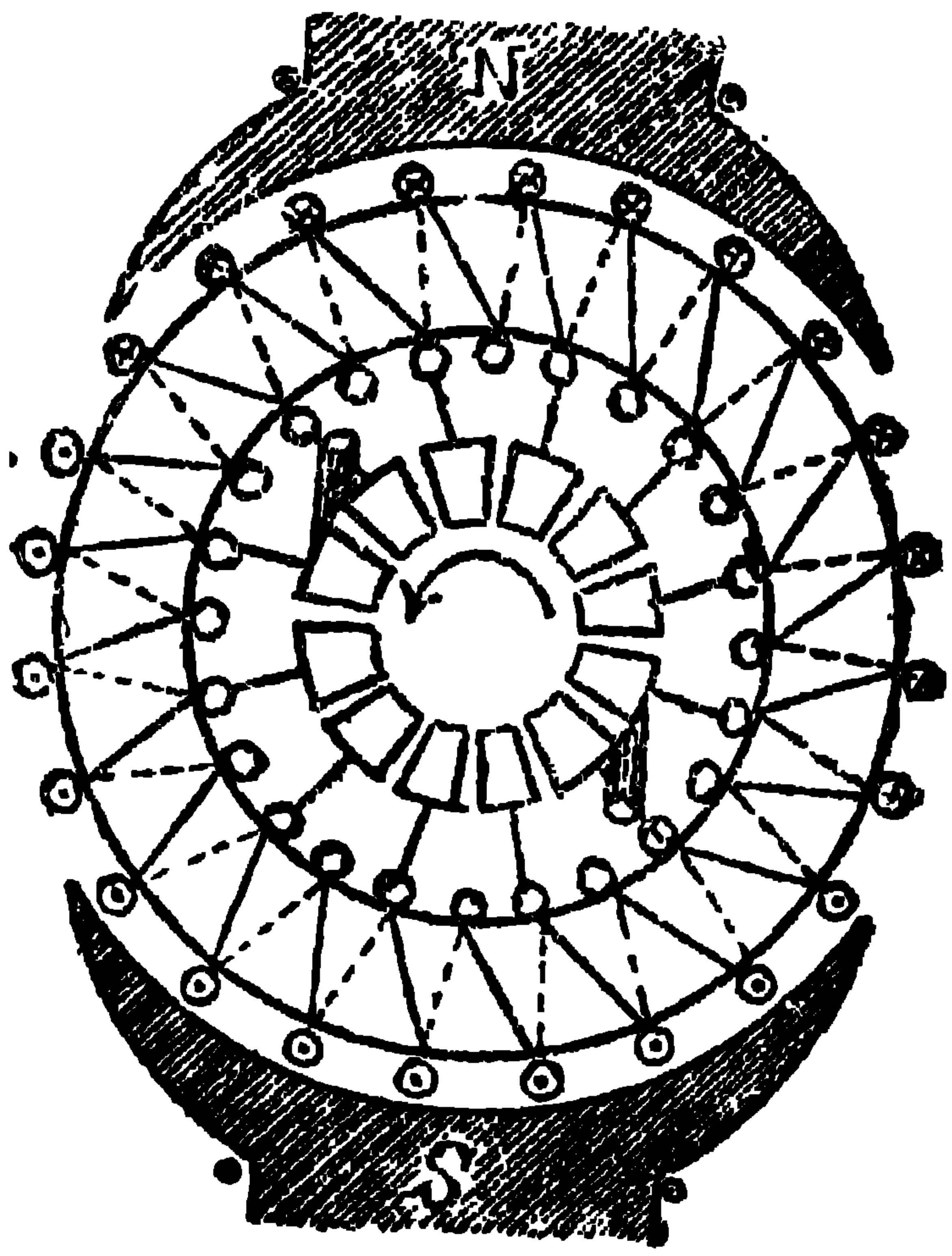
বলিয়া, যে সকল স্থানে ভার একবারে অপসারিত হইতে পারে, যথা—'মেসিন সপ' (Machine shop) প্রভৃতিতে, সান্ট মোটর ব্যবহার হয়।

সান্ট মোটর অপেক্ষা সিরিজ মোটরের সুবিধা এই যে, সিরিজ মোটরে ষ্টার্টার হইতে মোটরে একটি লাইন বা তার প্রয়োজন হয় এবং মোটর হইতে প্রবাহ ফিরিবার জন্য আর একটি ফিরিবার তার (Return wire), এই সর্ব্বসমেত মোট দুইটি মেন বা তার প্রয়োজন হয়, কিন্তু সান্ট মোটরে ষ্টার্টার হইতে মোটরে দুইটি তার ও প্রবাহ ফিরিবার জন্য মোটর হইতে একটি তার, এই তিনটি মেন বা তার মোটর হইতে প্রয়োজন হয়। এই নিমিত্ত যদি ষ্টার্টার হইতে মোটরের দূরত্ব অধিক হয়, যথা—কোন উচ্চ ঘরের ছাদ হইতে মোটর সমেত পাখা ঝুলে আর উহার 'সংযম যন্ত্র' (controller) দেওয়ালের কোন নিম্ন স্থানে থাকে, তাহা হইলে সিরিজ মোটর ব্যবহারে অনেকটা তার সাশ্রয় হইবে।

মোটর আর্ম্মেচারের প্রতিক্রিয়াঃ—ডায়নামোর মত মোটরেও আর্ম্মেচারের ঐ প্রকার প্রতিক্রিয়া হয় ও তজ্জন্য রাজ্যতেজ হ্রাস হয়, সুতরাং মোটরের গতি বৃদ্ধি ঘটে। আর্ম্মেচারের মধ্যে প্রবাহ যত অধিক হয়, প্রতিক্রিয়াও তত অধিক হয়, সুতরাং মোটরের গতিও তত বাড়িয়া যায়। এই জন্য ভার বাড়িলে আর্ম্মেচারের মধ্যে প্রবাহ অধিক বলিয়া আর্ম্মেচারের প্রতিক্রিয়া হেতু গতি বাড়িয়া যায়, কিন্তু এই পরিবর্দ্ধিত গতি দৃষ্টি গোচর হয় না, কারণ আর্ম্মেচারের মধ্যে প্রবাহ যত অধিক হয় উহার মধ্যে পতিত ভোল্টেজের পরিমাণ তত অধিক হয়, সুতরাং এই ভোল্টেজ পতন হেতু উহার গতিও কমিয়া যায়। এই গতি হ্রাস প্রতিক্রিয়া হেতু গতি বৃদ্ধি অপেক্ষা সচরাচর অধিক হয় বলিয়া, সাধারণতঃ গতি হ্রাসই দৃষ্ট হয়। তবে এই বুঝিতে পারা যাইতেছে যে, ভোল্টেজ পতন হেতু গতি যতটা হ্রাস হওয়া উচিৎ ততটা হয় না, প্রতিক্রিয়া হেতু গতি পরিবর্দ্ধিত হয় বলিয়া, হ্রাসের পরিমাণ কিছু কমিয়া যায়। তবে যদি খুব অধিক

প্রতিক্রিয়া বিশিষ্ট আর্মেচার হয়, তাহা হইলে ভার বৃদ্ধির সহিত গতি বৃদ্ধি দৃষ্ট হইবে। কিন্তু অধিকাংশ স্থলে ভোল্টেজ পতনের ফল প্রতিক্রিয়ার বিরূপ ফল দ্বারা সংশোধিত করা হয় এবং তজ্জন্য মোটরের গতি প্রায় এক ভাব থাকে। সিরিজ মোটরে প্রতিক্রিয়ার ফল বিশেষ পরিলক্ষিত হইবে না, কারণ ভারবৃদ্ধির সহিত রাজ্যতেজ বাড়িতে থাকে।

অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদের নিমিত্ত ব্রাসের পশ্চাত্তবন :—যে সকল মোটরে বিভিন্ন ভাবে ব্রাসে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয়, তাহাদের অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ বা হ্রাস করিবার জন্য ভার পরিবর্ত্তনের সহিত কমিউটেটারের উপর ব্রাসকে আর্মেচারের গতির বিপরীত দিকে সরাইয়া দিতে হয়, অর্থাৎ ব্রাসকে পিছাইয়া দিতে হয় (ডায়নামোতে কিন্তু আর্মেচারের গতির দিকে আগাইয়া দিতে হয়)। ব্রাসকে পিছাইবার কারণ এইযে ব্রাস পার হইবার সময়প্রবাহের দিক উলটাইয়া যায় বলিয়া ব্রাসকে এরূপস্থলে বসাইতে হইবে যেন তথায় সর্ট সার্কিটেড (ব্রাসদ্বারা) কয়েলের মধ্যে প্রবাহ উল্টাইয়া যায়। সুতরাং ব্রাসকে এরূপ স্থলে স্থাপিত করিতে হইবেযেখানে রাজ্যক্ষীণএবং কয়েলের মধ্যে সম্ভাবিত ই, এম, এফ, পূর্ব্বে যেরূপ ছিল এই ক্ষীণ রাজ্যদ্বারা যেন তাহার বিপরীত ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয় এবং যেহেতু মোটরে রাজ্যমেরু তদধীনস্থ প্রত্যেক আর্মেচার তারে

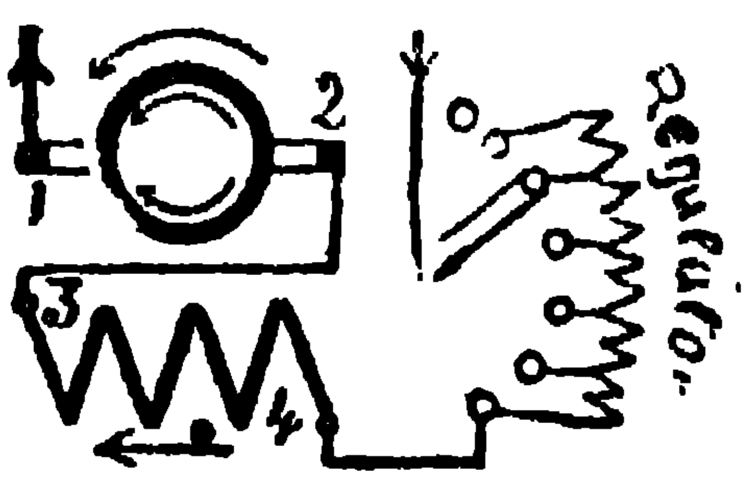


চিত্র—৩৬৩

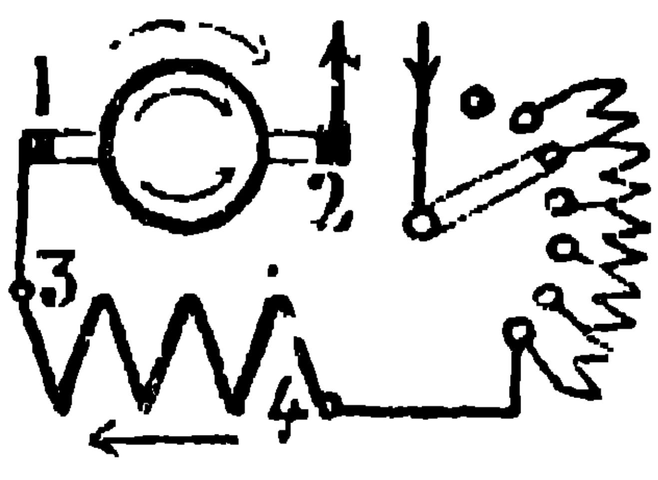
এরূপ দিকে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত করে যে এই ই, এম, এফ, (ব্যাক) হেতু প্রবাহ আর্মেচার প্রবাহের বিপরীতদিকে বহিবার চেষ্টা করে। ব্রাসকে

এরূপ স্থানে স্থাপিত করা উচিৎ যে, প্রত্যেক কয়েল মেরু ত্যাগ করিবার কিছু পূর্ব্বেই ব্রাস দ্বারা সর্ট সার্কিটেড্ হয়। এই নিমিত্ত ৩৬৩ চিত্রে দর্শিত স্থানে—নিস্ফল স্থান হইতে পশ্চাদ্দিকে—ব্রাসকে সরান উচিৎ। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ডায়নামোতে আর্ম্মেচারের ঘূর্ণনদিকে ব্রাসকে সরাইতে হয়, কিন্তু মোটরে আর্ম্মেচারের ঘূর্ণনের বিপরীত দিকে ব্রাসকে সরাইতে হয়। উভয়দিকে ঘূর্ণনক্ষম (reversible) মোটরের ব্রাস রকারকে সরাইতে পারা যায় না, উহারা এরূপভাবে গঠিত যে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয় না।

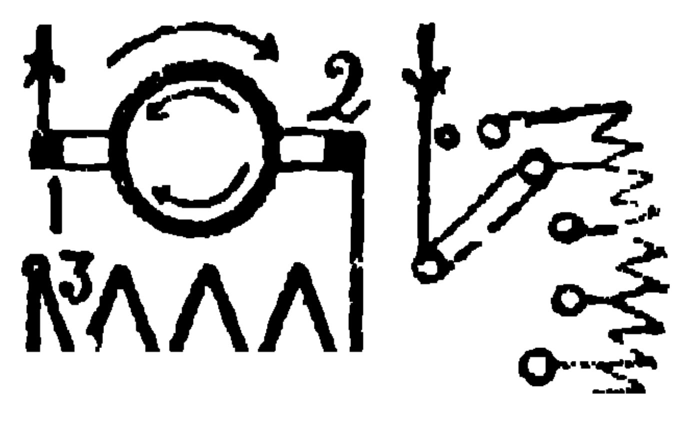
মোটরে গতির দিক পরিবর্ত্তন :—মোটরের ঘূর্ণন গতি উল্‌টাইতে হইলে হয়,(১)আর্ম্মেচারের প্রবাহকে উল্‌টাইতে হইবে,আর নাহয়,(২)রাজ্যাকয়েলের প্রবাহকে উল্‌টাইয়া রাজ্যচুম্বকের মেরুত্বকে উল্‌টাইতে হইবে। যদি আর্ম্মেচারের প্রবাহ ও রাজ্যচুম্বকের মেরুত্ব উভয়কেই এক-সঙ্গে উল্‌টাইয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে বলা বাহুল্য যে ঘূর্ণনগতি উল্‌টাইবে



চিত্র—৩৬৪



চিত্র—৩৬৫



চিত্র—৩৬৬

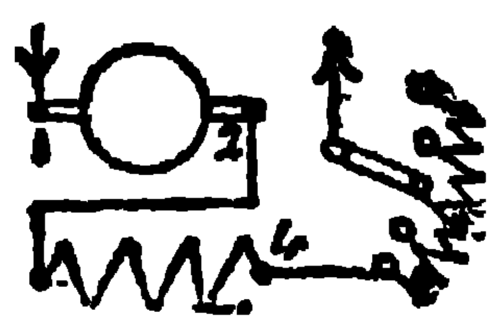
না, পূর্ব্বের দিকে ঘুরিবে। কয়েকটি চিত্র দ্বারা গতির দিক পরিবর্ত্তনের জন্য মোটরের সংযোজন পরিবর্ত্তন প্রণালী ব্যক্ত করা হইল। চিত্রগুলিতে আর্ম্মেচারের মধ্যে দুইটি তীর দ্বারা আর্মেচারের মধ্যে প্রবাহের দিক ও আর্ম্মেচারের বাহিরের তীর দ্বারা উহার ঘূর্ণন গতির দিক দর্শিত হইয়াছে।

৩৬৪ চিত্রে কোনদিক হইতে দেখিলে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘূর্ণায়মান একটি সিরিজ মোটরের সংযোজন দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে রাজ্যাকয়েলে ৪ হইতে ৩ টার্মিনালে ও আর্মেচারে ২ হইতে ১ ব্রাসে প্রবাহ বহিতেছে। ইহার ঘূর্ণনদিক পরিবর্ত্তন করিতে হইলে (১) ৩৬৫

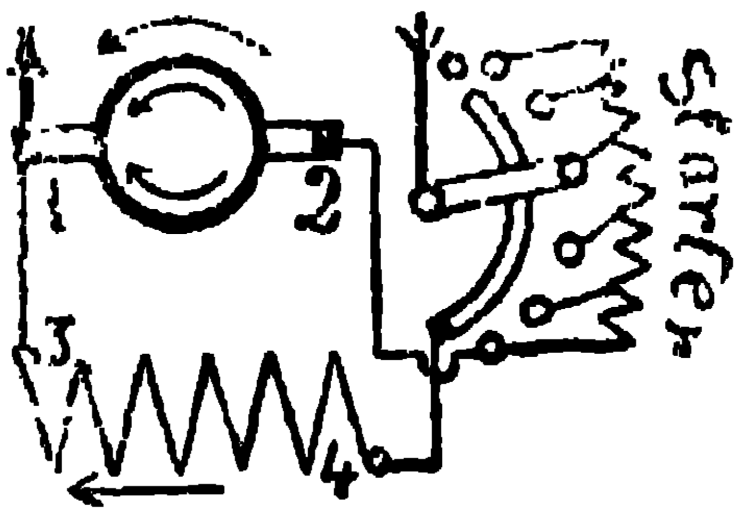
চিত্র অনুযায়ী কেবলমাত্র আর্মেচারে প্রবাহের দিক বিপরীত করিতে হইবে এবং তজ্জন্য ব্রাসদ্বয়ে যে দুইটি তার গিয়াছে (একটি রাজ্য-কয়েল হইতে ও অপরটি রিটার্ণ-মেন) তাহাদের সংযোজন উল্টাইয়া দিতে হইবে অর্থাৎ ১ ব্রাসকে রাজ্যকয়েলের ৩ টার্মিনালের সহিত ও ২ ব্রাসকে রিটার্ণ মেনের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। ইহাতে রাজ্য অপরিবর্ত্তিত, কেবলমাত্র আর্মেচারে প্রবাহ ১ হইতে ২ ব্রাসে অর্থাৎ উল্টাদিকে রহিল, সুতরাং মোটরের গতি বিপরীত হইবে বা ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরিবে।

৩৬৬ চিত্রে আর্মেচারের প্রবাহ ঠিক রাখিয়া কেবলমাত্র রাজ্যকয়েলের প্রবাহ উল্টাইয়া দিয়া গতির দিক পরিবর্ত্তন পদ্ধতি দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে রাজ্যকয়েলের ৩ টার্মিনাল ষ্টার্টারের সহিত ও ৪ এবং টার্মিনাল ২ ব্রাসের সহিত সংযুক্ত করা হইয়াছে। ইহাতে মোটরের গতি বিপরীত হইয়া গিয়াছে অর্থাৎ ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে হইয়াছে।

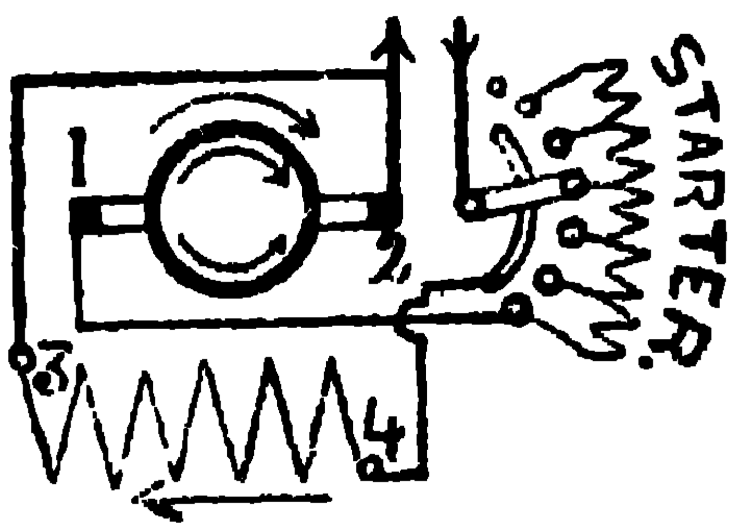
কিন্তু যদি এইরূপ আভ্যন্তরিক সংযোজন পরিবর্ত্তিত না করিয়া কেবল-মাত্র বাহিরের মেন বা লাইনের সংযোজন উল্টাইয়া দেওয়া যায়, যথা, ৩৬৭ চিত্র অনুযায়ী + মেনকে মোটর ব্রাসের সহিত ও — বা রিটার্ণ মেনকে ষ্টার্টারের সহিত সংযুক্ত করা হয়, তাহা হইলে আর্মেচার ও রাজ্যকয়েল উভয়েরই প্রবাহ উলটাইয়া যায় বলিয়া গতি উলটায় না। সুতরাং এরূপ সংযোজন ভুল। ৩৬৮ চিত্রে ঘড়ির কাঁটার বিপরীতদিকে ঘূর্ণায়মান একটি



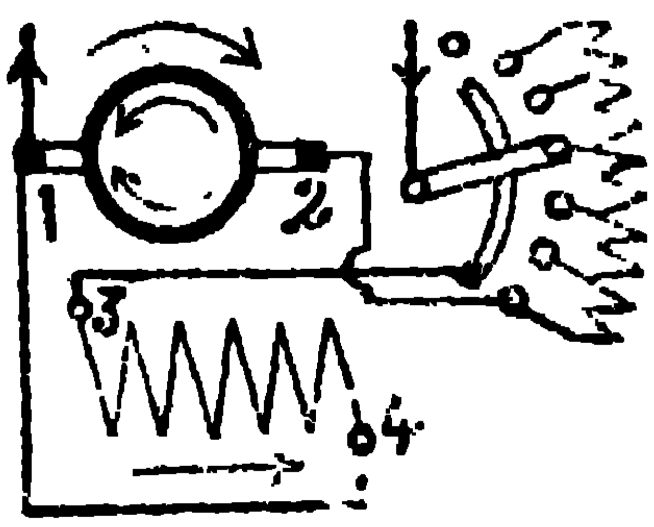
চিত্র — ৩৬৭



চিত্র — ৩৬৮



চিত্র — ৩৬৯

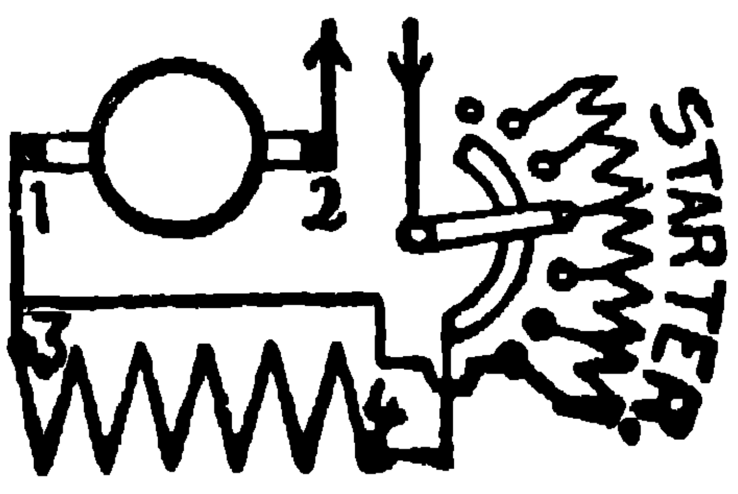


চিত্র — ৩৭০

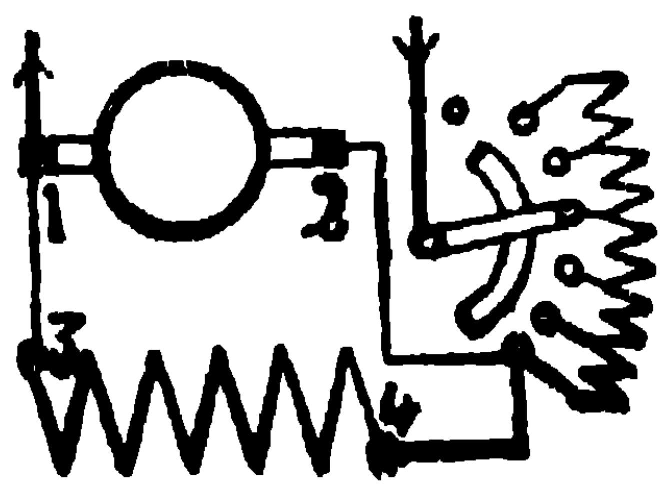
সান্ট মোটরের সংযোজন দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে আর্মেচারে ২ হইতে ১

ব্রাসে ও রাজ্যকয়েলে ৪ হইতে ৩ টার্মিনালে প্রবাহ বহিতেছে। ৩৬৯ চিত্রে রাজ্যপ্রবাহকে ঠিক রাখিয়া কেবলমাত্র আর্মেচার প্রবাহের দিক বদলাইয়া অর্থাৎ ১ হইতে ২ ব্রাসে প্রবাহ বহাইয়া মোটরের দিক পরিবর্ত্তনের নিমিত্ত সংযোজন পরিবর্ত্তন পদ্ধতি দর্শিত হইয়াছে। ৩৭০চিত্রে আর্মেচার প্রবাহকে ঠিক রাখিয়া কেবলমাত্র রাজ্যপ্রবাহকে উল্‌টাইয়া দিয়া অর্থাৎ ৩ হইতে ৪ টার্মিনালে প্রবাহিত করাইয়া মোটরের ঘূর্ণনগতি পরিবর্ত্তনের নিমিত্ত সংযোজন পরিবর্ত্তন পদ্ধতি দর্শিত হইয়াছে।

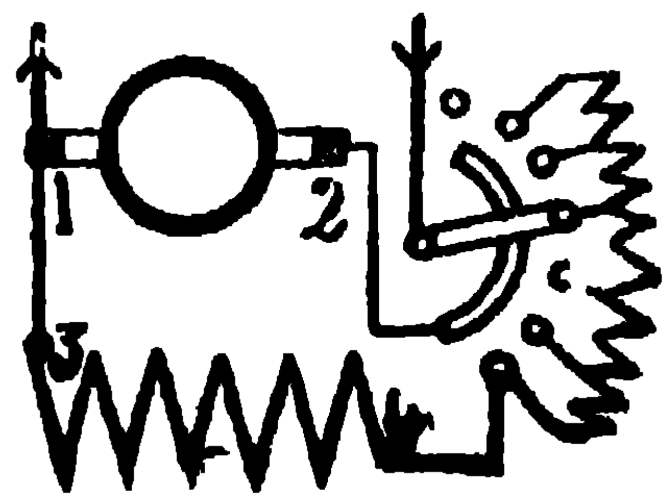
দ্রষ্টব্য :—সংযোজন পরিবর্ত্তনকালে সর্ব্বদা লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন যেন ষ্টার্টিং হ্যাণ্ডেলটি প্রথম কণ্ট্যাক্ট পিসকে স্পর্শ করিবামাত্র রাজ্যকয়েলে পূর্ণ ভোল্‌টেজ প্রযুক্ত হয় এবং তাহা মোটরকে চালাইবার সময়, সর্ব্বদা, এমন কি ষ্টার্টারকে সর্ট সার্কিট করিয়া দিলেও,যেন বজায় থাকে,অন্যথা বিপজ্জনক ব্যাপার ঘটিতে পারে। যথা (১) ৩৬৯ চিত্রানুযায়ী আর্মেচারের সংযোজন



চিত্র—৩৭১



চিত্র—৩৭২



চিত্র—৩৭৩

পরিবর্ত্তনকালে রাজ্যকয়েলের ৩ টার্মিনালকে মেন পর্য্যন্ত না আনিয়া যদি ভুলক্রমে ৩৭১ চিত্রের মত ১ ব্রাসের সহিত সংযুক্ত করিয়া মোটরকে চালান হয়, তাহা হইলে রাজ্যকয়েলের ৪ টার্মিনাল শ্লিপ রিং দিয়া + মেন ও ৩ টার্মিনাল১ ব্রাস দিয়া আর্মেচারের মধ্য দিয়া—মেনের সহিত সংযুক্ত বলিয়া রাজ্যকয়েল প্রযুক্ত ভোল্‌টেজ প্রায় পূর্ণমাত্রায় পায় এবং গোড়ার দিকে অর্থাৎ মোটর চলিবার মুখে উহার দ্বারা কোনরূপ ব্যাক ই, এম, এফ, উৎপন্ন হয় না বলিয়া রাজ্য প্রায় পূর্ণমাত্রায় উত্তেজিত হয়, সুতরাং মোটর চলিতে আরম্ভ করে বটে, কিন্তু মোটর চলিতে

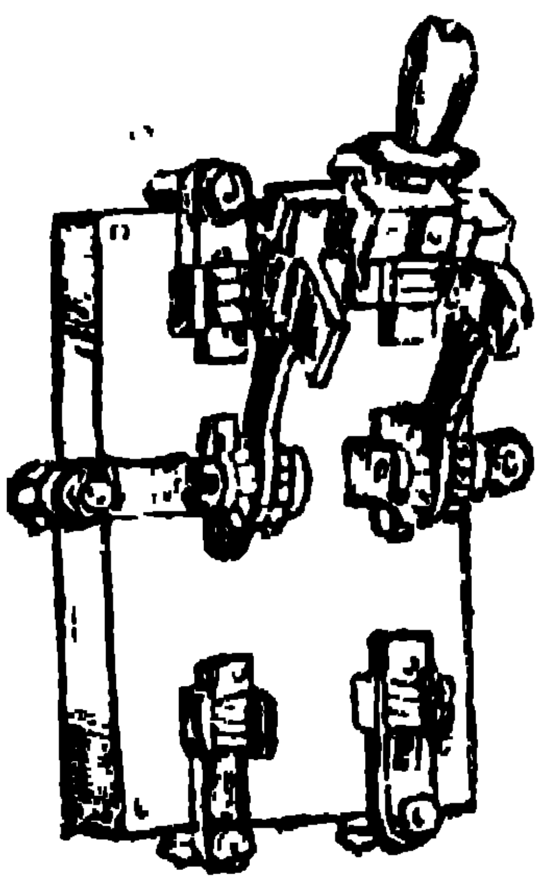
থাকিলে উহাতে ব্যাক ই, এম, এফ, উৎপন্ন হয় ও এই ব্যাক ই, এম, এফ, আর্মেচারের মধ্যে ২ ব্রাস হইতে ১ ব্রাসের দিকে হয়, সুতরাং রাজ্যকয়েলে ৩ টার্মিনাল হইতে ৪ টার্মিনালের দিকে অর্থাৎ প্রযুক্ত ভোল্টেজের বিপরীত দিকে বলিয়া, আর্মেচারে প্রযুক্ত ভোল্টেজের পরিমাণ হ্রাস পায় ও রাজ্যতেজ কমিয়া যায় এবং ষ্টার্টারকে সর্ট সার্কিট করিলে রাজ্যকয়েলে প্রায় কোনরূপ ই, এম, এফ, থাকে না, সুতরাং হয় মোটর ভয়ঙ্কর গতিবান্ হইবে, না হয় ফিউজ বিগলিত হইবে। অথবা (২) রাজ্যকয়েলের টার্মিনাল দ্বয়কে আরমেচারের ব্রাসদ্বয়ের সহিত, যেমন ৩১২ চিত্রে ৩ টারমিনাল ১ ব্রাসের সহিত ও ৪ টারমিনাল ২ ব্রাসের সহিত সংযুক্ত ষ্টার্টারের সর্ট সার্কিট করিবার কণ্ট্যাক্ট পিসের সহিত সংযোগ করাও ভুল। কারণ এইরূপ সংযোজনে ষ্টার্টারের রেগুলেটিং বাধা রাজ্যকয়েলের সহিত সিরিজে সংযুক্ত বলিয়া রাজ্য লাইনের পূর্ণ ভোল্টেজ পায় না, অতএব রাজ্যতেজ ক্ষীণ হয়—ইহাতে ভারযুক্ত না হইলে অধিক প্রবাহের সাহায্যে কোনপ্রকারে আর্মেচার ঘুরিতে পারে বটে, কিন্তু ভারযুক্ত হইলে উহা ঘুরিতে পারে না। তবে যদি মোটরকে একবার কোন রকমে গতিবান্ করা যায়, তাহা হইলে উহা বেশ চলিতে থাকিবে—কারণ তখন উহার মধ্যে ব্যাক ই এম, এফ, অর্থাৎ আরমেচারের মধ্যে ১ ব্রাস হইতে ২ ব্রাসের দিকে ই, এম, এফ, উৎপন্ন হইতে থাকে এবং ইহা রাজ্যকয়েলে প্রযুক্ত ভোল্টেজের দিকে অর্থাৎ ৪ হইতে ৩ টারমিনালের দিকে প্রযুক্ত হইয়া রাজ্যতেজকে প্রখরতর করিতে থাকে এবং অবশেষে ষ্টার্টারকে সর্ট সার্কিট করিলে রাজ্যকয়েল লাইনের পূর্ণ ভোল্টেজ প্রাপ্ত হয়।

অতএব দেখা যাইতেছে যে এই শেষোক্ত ভুল সংযোজন হেতু মোটর একেবারেই চলিবে না, তবে যদি উহাকে একবার চালাইয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে উহা বেশ চলিতে থাকিবে। কিন্তু প্রথমোক্ত ভুল

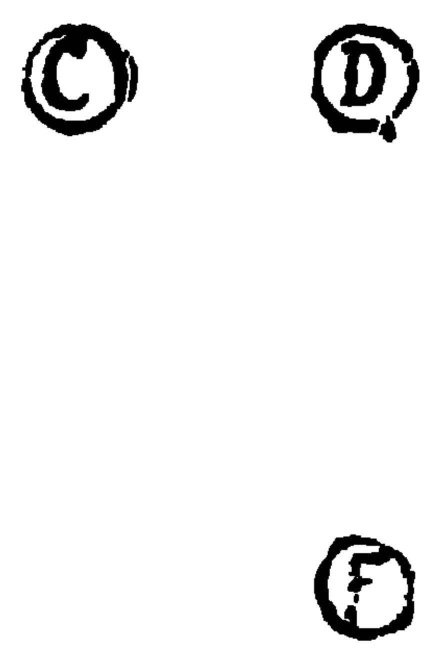
সংযোজনে মোটর যথারীতি চলিতে পারে বটে কিন্তু উহা কার্য্যকরী হয় না। আবার ৩০৩চিত্রে দর্শিতরূপ সংযোজনও ভুল। এই সকল কারণে মোটরের গতি পরিবর্ত্তনের নিমিত্ত সংযোজন পরিবর্ত্তনকালে নিম্নলিখিত নিয়মটির দিকে লক্ষ্য রাখা একান্ত কর্ত্তব্য।

"একটি মেন পোল আরমেচার ও রাজ-কয়েলের সহিত সংযুক্ত টারমিনালের সহিত যোগ হইবে এবং দ্বিতীয় মেন পোল ষ্টারটারের সহিত যোগ হইবে এবং ষ্টার্টারে ইহা এরূপ ভাবে দুইপথে যেন বিভক্ত যে চালাইবার গোড়ার মুখেই যেন রাজ-কয়েল লাইনের পূর্ণ ভোল্‌টেজ পায়, আর রেগুলেটিং বাধাটি আরমেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে। পরে চলনকালে ষ্টার্টিং হ্যাণ্ডেলকে ঘুরাইয়া ক্রমশঃ এই রেগুলেটিং বাধাকে সর্ট সার্কিট অর্থাৎ আরমেচার হইতে বাদ দেওয়া হয়।"

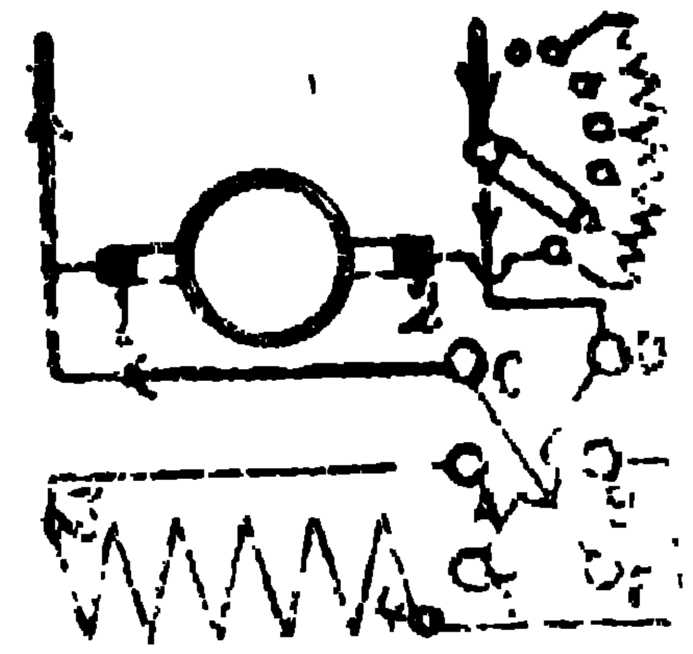
অনেক স্থলে বিশেষতঃ বহুমেরু বিশিষ্ট মোটরে কেবলমাত্র ব্রাস-গুলিকে একটি মেরুর বিস্তৃতির সমান অপসারন দ্বারা আর্মেচারে প্রবাহের দিক উল্টাইয়া মোটরের গতি বিপরীত করা হয়।



চিত্র—৩০৪



চিত্র—৩১৫



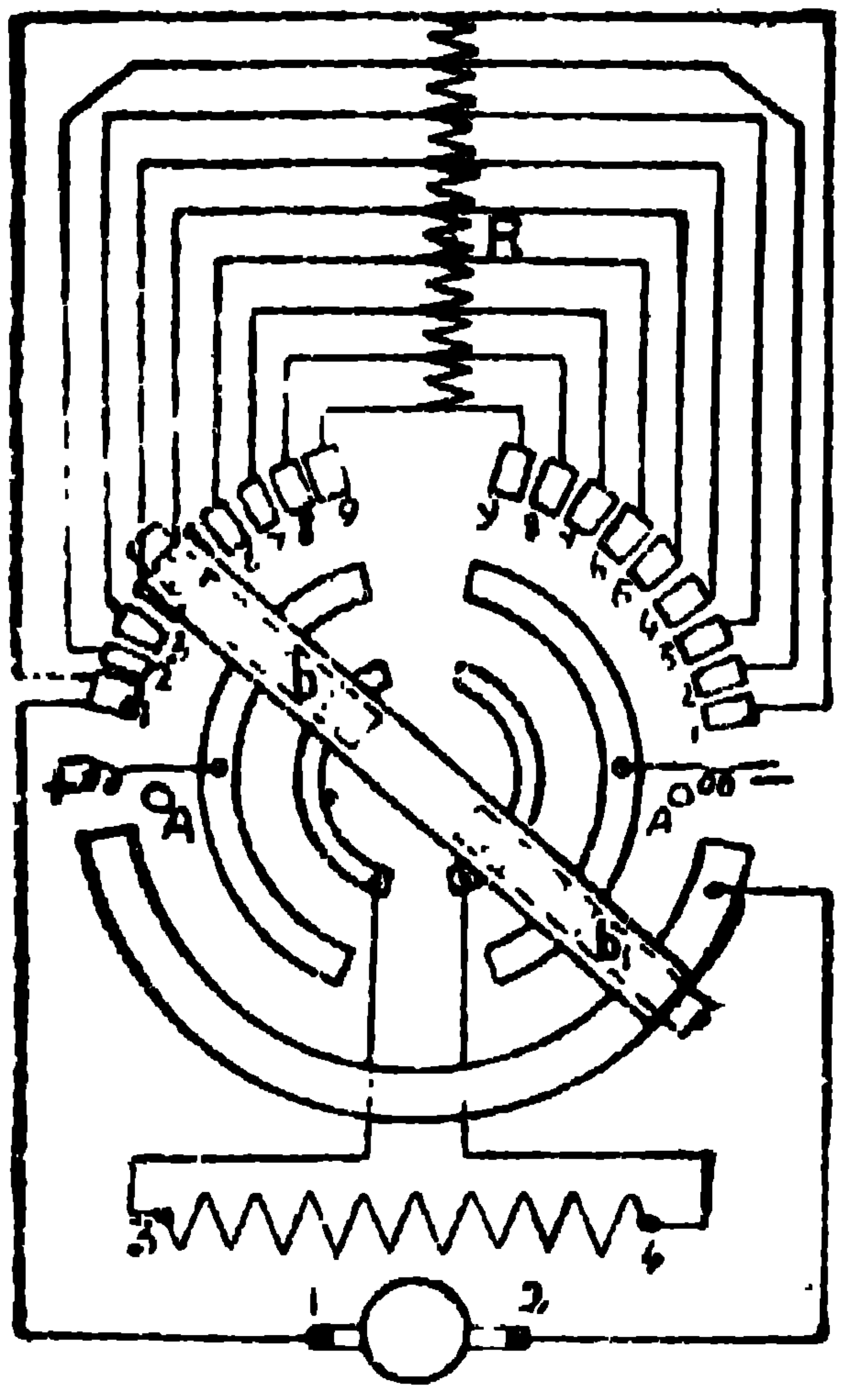
চিত্র—৩১৬

রিভার্সিং এপারেটাস (Reversing apparatus) বা উল্‌টাইবার যন্ত্র :—অনেক স্থলে, যেমন বৈদ্যুতিক 'লিফ্‌ট' (Lift) ক্রেন, ট্রাম প্রভৃতিতে, মোটরকে একবার একদিকে তৎপরে অন্যদিকে

চালাইতে হয়, সেই নিমিত্ত, গতির দিক সহজে পরিবর্ত্তনের নিমিত্ত, উল্টাইবার উপায় বা 'রিভার্সিং এপারেটাস' প্রয়োজন হয়। এইরূপ একটি 'ডবল পোল থ্রো বা চেঞ্জ-ওভার সুইচ' (Double Pole throw or change over switch) ৩৭৪ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ইহার হ্যাণ্ডেলটি নিম্নে থাকিলে যেরূপ সংযোজন হয় উহাকে উপরে উঠাইয়া দিলে তাহার বিপরীত সংযোজন হয়। তাহা ৩৭৫চিত্রে উহার আভ্যন্তরিক গঠন দেখিলে বুঝা যাইবে। এই চিত্রে হ্যাণ্ডেলের পাদদ্বয় A ও B হইতে কোন যন্ত্র বা কয়েলের বৈদ্যুতিক পথদ্বয় আরম্ভ হয়, এবং যদিও হ্যাণ্ডেলের সহিত সংযুক্ত বটে, কিন্তু পরস্পর হইতে অপরিচালক দ্বারা রোধিত। হ্যাণ্ডেলটি নিম্নে থাকিলে A এর সহিত E ও Bএর সহিত F সংযুক্ত হয় এবং Cএর সহিত F ও D এর সহিতE সংযুক্ত বলিয়া, Aর সহিত D ও Bএর সহিত C সংযুক্ত হইতেছে। কিন্তু হ্যাণ্ডেলটি উপরে থাকিলে Cর সহিত A ও D এর সহিত B সংযুক্ত হয়। ৩৭৬ চিত্রে মোটরের সহিত এই সুইচের সংযোজন দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে দৃষ্ট হইবে যে D+মেন ও C – মেনের সহিত সংযুক্ত, সুতরাং হ্যাণ্ডেলটি নিম্নে থাকিলে, রাজ্যকয়েলে ৩ হইতে ৪ টারমিনালে প্রবাহ বহে ও হ্যাণ্ডেলটি উপরে থাকিলে রাজ্যকয়েলে ৪ হইতে ৩ টারমিনালে প্রবাহ বহে, সুতরাং রাজ্যকয়েলের প্রবাহ উল্টাইয়া যায়। অথচ আরমেচারের প্রবাহ ঠিক থাকে, অতএব মোটরের গতি বিপরীত হয়।

বলা বাহুল্য যে এই সুইচ রাজ্য কয়েলের সহিত ব্যবহার না করিয়া আমেচারের সহিত ব্যবহার করিলে কেবলমাত্র আর্মেচার প্রবাহ উল্টাইয়া যাইবে ও মোটরের গতির দিক বিপরীত হইবে। কিন্তু এরূপ সুইচ দ্বারা এই প্রণালীতে মোটরের দিক বিপরীত করিতে যাইলে সাংঘাতিক কুফল ঘটিবে। কারণ মোটরের চলন্ত অবস্থায় ষ্টার্টারের বাধা মোটর হইতে বিচ্ছিন্ন থাকে, সুতরাং তখন এই সুইচ দ্বারা দিক পরিবর্ত্তন

করিতে যাইলে আর্মেচার একেবারে লাইনের পূর্ণ ভোল্টেজ প্রাপ্ত হয়



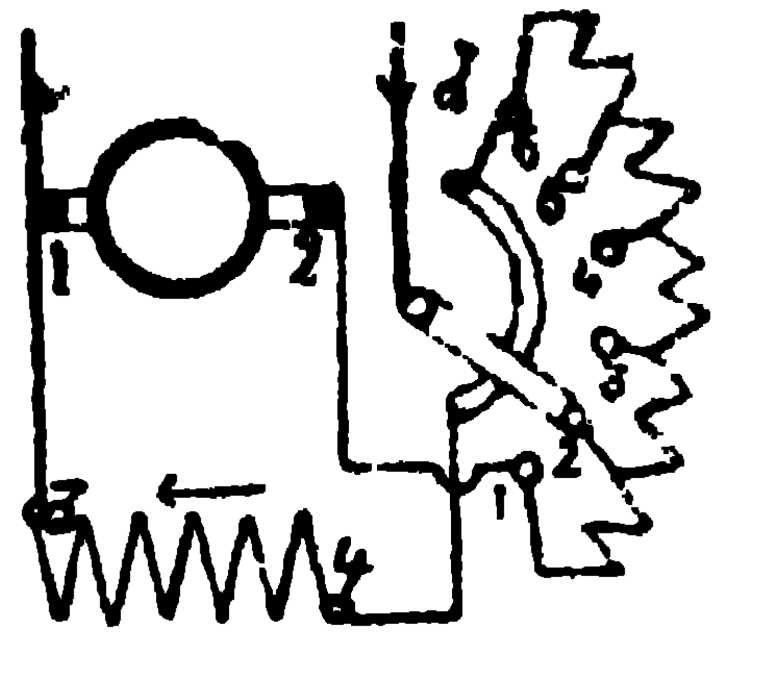
চিত্র—৩৭৭

বলিয়া উহা নষ্ট হইয়া যাইবে। এই নিমিত্ত, অর্থাৎ এই কুফল নষ্ট করিবার জন্য, এই সুইচ ষ্টার্টারের সহিত এরূপ ভাবে আবদ্ধ থাকে যে সুইচ উঠান মাত্র আর্মেচার লাইন হইতে বিযুক্ত হয়। এইরূপ সুইচকে রিভার্সিং-ও-ষ্টার্টিং সুইচ বলে। এই সুইচ ৩৮০ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে, ইহার কার্য্য প্রণালী চিত্র হইতে বুঝা যাইবে।

এই সুইচের ডানভাগটি অবিকল বামভাগের মত। ইহার বাধাপ্রদ কয়েল R ৩৭৭ চিত্রে দর্শিত ভাবে ডান ও বামদিকস্থ ১, ২ ৩, ৪,... তাম্র বা কাংসখণ্ডগুলির সহিত সংযুক্ত। তন্মধ্যে ১ চিহ্নিত খণ্ডদ্বয় দ্বারা বাধাটি সর্ট সার্কিট হয়। এই সুইচে আরও দৃষ্ট হইবে যে কতকগুলি অর্দ্ধবৃত্তাকার স্লিপ-রিং আছে ও হ্যাণ্ডেলটি একদিকে b অপরদিকে b_1 ব্রাসদ্বয় দ্বারা তাহাদিগকে স্পর্শ করে ও এই ব্রাসদ্বয় পরস্পর হইতে রোধিত। ইহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা অন্তর্বর্ত্তী স্লিপ-রিং দ্বয় রাজ্যকয়েলের ৩ ও ৪ টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত ও তৎপরবর্ত্তী স্লিপরিংদ্বয় + ও — লাইনের সহিত সংযুক্ত। আর্মেচারের ২ ব্রাস বহির্ভাগস্থ বৃহৎ স্লিপরিং ও ১ ব্রাস ১ চিহ্নিত সর্ট সার্কিটকারী ধাতুখণ্ডের সহিত সংযুক্ত। হ্যাণ্ডেলটি মাঝামাঝি স্থানে খাড়াভাবে অর্থাৎ অধোর্দ্ধ দিক লইয়া থাকিলে, ইহার ব্রাসদ্বয় মেনের সহিত সংলগ্ন স্লিপরিংদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত থাকে না, কারণ এই রিংগুলি এতদূর অবধি আসে নাই। এখন যদি চিত্রে দর্শিতভাবে হ্যাণ্ডেলকে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরান হয়, তাহা হইলে উহার উর্দ্ধ ব্রাস b অন্তর্বর্ত্তী ক্ষুদ্র স্লিপরিং ও ৯ ধাতুখণ্ডকে + মেনের সহিত সংযুক্ত করে। সুতরাং প্রবাহ দুইভাগে বিভক্ত হইয়া একভাগ একেবারে রাজ্যকয়েলের মধ্যে ৩ হইতে ৪ টার্মিনালে বহে ও অপরভাগ ৯ ধাতুখণ্ড হইতে সমস্ত ষ্টার্টিং বাধা R এর মধ্য দিয়া ১ ধাতুখণ্ডে আসিয়া তথা হইতে আর্মেচারের মধ্যে ১ হইতে ২ ব্রাসে বহে এবং ৪ টার্মিনাল ক্ষুদ্র স্লিপরিং হইতে b_1 ব্রাসের সাহায্যে A স্লিপরিং-এর মধ্য দিয়া মেনের সহিত সংলগ্ন নিম্ন স্লিপরিং-এর সহিত সংযুক্ত বলিয়া বৈদ্যুতিক পথ এইভাবে সম্পূর্ণ হয়। সুতরাং মোটর চলিতে আরম্ভ করিবে এবং ধরা যাউক যেন ইহা ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরিবে।

এখন হ্যাণ্ডেলটিকে ক্রমশঃ ঐভাবে ঘুরাইতে থাকিলে ষ্টার্টিং বাধা R ক্রমশঃ আংশিক ভাবে বিচ্ছিন্ন হইতে হইতে, ১ ধাতুখণ্ডে হ্যাণ্ডেলটি আসিলে সর্ট সার্কিট হইয়া যায় ও তখন আর্ম্মেচারটি লাইনের পূর্ণ ভোল্টেজ প্রাপ্ত হয় ও মোটর পূর্ণগতিতে চলিতে থাকে। কিন্তু যদি মাঝামাঝি স্থান হইতে হ্যাণ্ডেলটিকে ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরান হইত, তাহা হইলে + মেনের সহিত সংলগ্ন স্লিপ-রিং হইতে প্রবাহ b_1 ব্রাসে দুইভাগে বিভক্ত হইয়া একভাগ ক্ষুদ্র স্লিপরিংএ ও তথা হইতে রাজ্যকয়েলের মধ্যে ৩ হইতে ৪ টার্মিনালে অর্থাৎ পূর্ব্বের ন্যায় একই দিকে বহিবে, প্রবাহের অপর ভাগটি b ব্রাস হইতে A স্লিপরিংএ ও তথা হইতে আর্ম্মেচারের মধ্যে ২ হইতে ১ ব্রাসের দিকে বহিয়া বামদিকে ১ ধাতুখণ্ড দিয়া R ষ্টার্টিং বাধার মধ্য হইয়া ডানদিকের ৯ ধাতুখণ্ডের সহিত সংযুক্ত b ব্রাসের সাহায্যে – মেনে বহিবে ও এইভাবে বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ হইবে ও মোটর চলিতে আরম্ভ করিবে। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে আর্ম্মেচারের মধ্যে প্রবাহ দিক উল্টাইয়া যাইতেছে অর্থাৎ ২ব্রাস হইতে এখন ১ ব্রাসে হইতেছে (পূর্ব্বে ১ ব্রাস হইতে ২ ব্রাসে হইয়াছে), কিন্তু রাজ্যকয়েলে প্রবাহ পূর্ব্বের ন্যায় দিকেই আছে। সুতরাং মোটরের গতি বিপরীত হইবে। এবং হ্যাণ্ডেলটিকে এই দিকে ঘুরাইতে থাকিলে ষ্টার্টিং বাধা ক্রমশঃ আংশিকভাবে বিচ্ছিন্ন হইতে থাকিবে ও ডানদিকের ১ ধাতুখণ্ডে উহা সর্ট সার্কিট হইয়া যাইবে, তখন আর্ম্মেচার লাইনের পূর্ণ ভোল্টেজে পূর্ণ গতিতে চলিতে থাকিবে। যাহাতে হ্যাণ্ডেল ১ পার হইয়া বরাবর ঘুরিয়া না যায় তজ্জন্য A চিহ্নিত স্থানদ্বয়ে আটকাইবার জন্য দুইটি ধাতুকীলক আছে।

ষ্টার্টার ও সাণ্ট রেগুলেটারে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ :—উপরে যে সমস্ত ষ্টার্টার ও রেগুলেটার প্রভৃতি বর্ণিত হইল তাহাদের দ্বারা মোটরকে ঠিক ভাবে চালান বা 'ষ্টার্ট' করিতে পারা যায় বটে, কিন্তু থামাইবার সময় সাণ্ট কয়েলে স্বীয় সম্ভাবন হেতু, ঐ ষ্টার্টার প্রভৃতিতে অত্যন্ত অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ঘটে। এই অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ করিবার নিমিত্ত উহাদিগের মধ্যে এরূপ ব্যবস্থা থাকা প্রয়োজন যেন, "সাণ্ট কয়েলে স্বীয় সম্ভাবনের সময় অর্থাৎ উহা লাইন হইতে বিচ্ছিন্ন হইবার সময় সাণ্ট পথ অসম্পূর্ণ না হইয়া সম্পূর্ণ থাকে।" ইহা

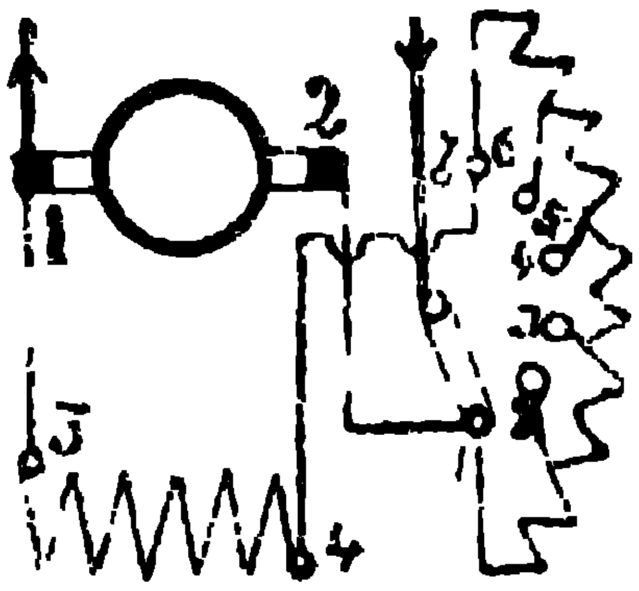


চিত্র—৩৭৮

ষ্টার্টারে যে ভাবে সম্পন্ন হয়, তাহা ৩৭৮ চিত্র হইতে বুঝিতে পারা যাইবে।

৩৭৮ চিত্রে ষ্টার্টিং বাধার শেষভাগ সাণ্ট রাজ্য কয়েলের স্লিপরিংএর সহিত সংলগ্ন এরূপ একটি ষ্টার্টার ও তাহার মোটরাদির সহিত সংযোজন দর্শিত হইয়াছে। ইহা

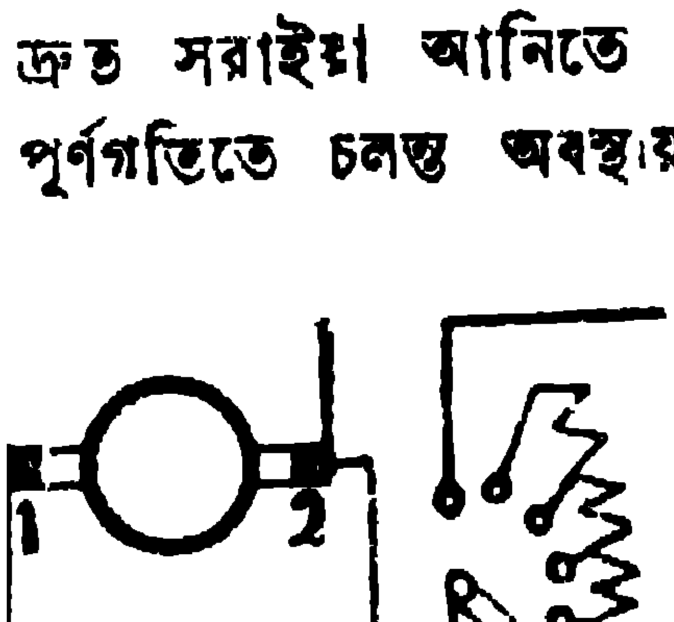
হইতে স্পষ্টই দৃষ্ট হইবে যে চালাইবার সময় রাজ্যকয়েল লাইনের পূর্ণ ভোল্‌টেজ পায় ও আর্মেচার ষ্টার্টিং বাধার সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে। কিন্তু মোটরকে থামাইবার জন্য লাইন হইতে বিযুক্ত করিবার সময় ষ্টার্টিং হ্যাণ্ডেলটি ৬ চিহ্নিত স্থানে যাইলেও সাণ্টকয়েল ষ্টার্টিং বাধা ও আর্মেচরের মধ্য দিয়া সংযুক্ত থাকে এবং যেহেতু আর্মেচার চলন্ত অবস্থায় আছে, উহার ব্যাক ই, এম, এফ, ২ ব্রাস হইতে ষ্টার্টিং বাধার মধ্য দিয়া সাণ্ট কয়েলে ৪ হইতে ৩ টার্মিনালে (অর্থাৎ রাজ্যকয়েলে পূর্ব্বে যে দিকে প্রবাহ বহিতেছিল) প্রবাহ বহায়। সুতরাং, যেহেতু রাজ্যকয়েলের অবস্থা বিশেষ পরিবর্ত্তিত হইল না, উহাতে স্বীয় সম্ভাবন প্রায় হইবে না বলিলেই হয়। অতএব অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হইবে না।



চিত্র—৩৭৯

৩৭৯ চিত্রে পূর্ব্ব প্রকারের একটি ষ্টার্টার ও তাহার সংযোজন দর্শিত হইয়াছে। দৃষ্ট হইবে যে ইহাতে সাণ্টকয়েলের স্লিপরিং ব্যবহার হয় না। রাজ্য কয়েলের যে টার্মিনালটি স্লিপরিং এর সহিত সংযুক্ত হইত, তাহা ষ্টার্টিং বাধার শেষভাগের সহিত চিত্রে দর্শিত ভাবে সংযুক্ত। ইহাতে দৃষ্ট হইবে যে ষ্টার্টিং বাধাকে সর্ট সার্কিট করিবার নিমিত্ত ষ্টার্টিং হ্যাণ্ডেলকে ঘুরাইতে থাকিলে রাজ্যকয়েলের প্রবাহকে ষ্টার্টিং বাধার মধ্য দিয়া আসিতে হয়, সুতরাং রাজ্যকয়েল লাইনের পূর্ণ ভোল্টেজ পায় না, খানিকটা ঐ ষ্টার্টিং বাধায় পতিত হয়। কিন্তু, যেহেতু তুলনায় রাজ্যকয়েলের বাধা ষ্টার্টারের বাধা অপেক্ষা অনেক অধিক, ষ্টাটারে পতিত ভোল্টেজের পরিমাণ খুব অল্প। সুতরাং রাজ্যকয়েলের প্রবাহ খুবই অল্প কমিবে (যথা—ষ্টার্টারের মধ্য দিয়া না যাইলে যদি ৩ আম্প হইত, তাহা হইলে উহার মধ্য দিয়া যাইবার দরুণ হয়ত ২·৭৫ আম্প হইবে)। রাজ্যতেজ এইরূপে একটু হ্রাস বলিয়া মোটরও একটু দ্রুত চলিবে। বাকী সমস্ত বিষয়ে ইহা ঠিক পূর্ব্ব ষ্টার্টারের ন্যায়, অতএব বলা বাহুল্য যে পূর্ব্ব কারণ বশতঃ ইহাতে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয় না।

দ্রষ্টব্য:—এই ষ্টার্টারদ্বয়ে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ করিতে হইলে ষ্টার্টিং হ্যাণ্ডলকে খুব দ্রুত সরাইয়া আনিতে হয়, যাহাতে লাইন হইতে বিচ্ছেদ কালে মোটরটি প্রায় পূর্ণগতিতে চলন্ত অবস্থায় থাকে। নতুবা ঐ হ্যাণ্ডলকে আস্তে আস্তে সরাইতে থাকিলে মোটরের গতিও সঙ্গে সঙ্গে কমিয়া যায়, সুতরাং হ্যাণ্ডলটি ষ্টার্টিং বাধাকে ছাড়িয়া যাইবার সময় মোটরের প্রায় কোনরূপ ব্যাক ই, এম, এফ, থাকে না, অতএব অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ঘটিয়া যাইবে।



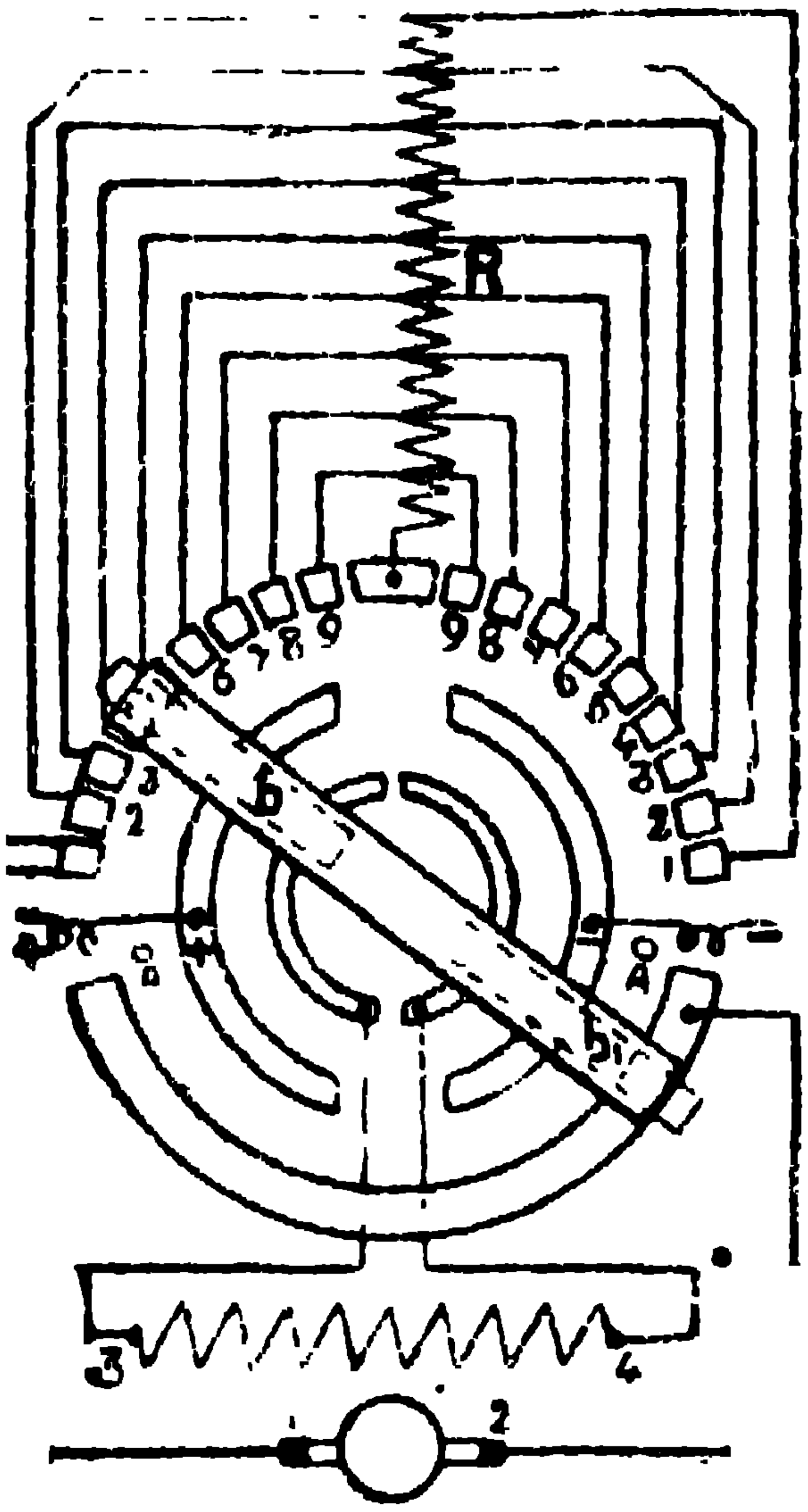
চিত্র—৩৮০

আবার কোন কোন স্থলে সাণ্ট রাজ্যকয়েলকে উহার নিজের মধ্য দিয়াই পূর্ণভাবে সংযুক্ত রাখা হয়, তাহাতে স্বীয় সম্ভাবনের প্রবাহ এই পথ দিয়াই বহে। যথা—ডায়নামোর বেলায় সাণ্ট রেগুলেটারও ৩৮০ চিত্রে দর্শিতভাবে সংযুক্ত হয়। ইহাতে দৃষ্ট হইবে রেগুলেটারের যে ধাতুখণ্ডে হ্যাণ্ডেল

যাইলে যেন বিযুক্ত হয়, তাহা সান্টকয়েলের ৩ টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত, ইহা ব্যতীত বাকী সব পূর্ব্বের ন্যায়। ইহাতে দৃষ্ট হইবে সান্টকয়েলকে আর্মেচার হইতে বিযুক্ত করিবার সময় হ্যাণ্ডেলটি বিযুক্তকারী শেষ ধাতুখণ্ডে যাইবামাত্র রাজ্যকয়েলটি নিজের মধ্য দিয়া পূর্ণ পথ পায়।

দ্রষ্টব্য ঃ—সান্টরেগুলেটারের হ্যাণ্ডেলকে ষ্টার্টারের হ্যাণ্ডেলের মত দ্রুত সরাইলে চলিবে না, পরন্তু ইহার বাধাকে শেষ ধাতুখণ্ডে (অর্থাৎ বিচ্ছেদের ঠিক পূর্ব্বে) কিছুক্ষণ রাখিতে হয়, যাহাতে যন্ত্রের ভোল্টেজ ইতিমধ্যে কমিয়া যায়।

৩৭৭ চিত্রে যে ষ্টার্টার দর্শিত হইয়াছে তাহাতে ৩৮১ চিত্রে দর্শিতভাবের ব্যবস্থা দ্বারা ঐ অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ করা হয়। ইহাতে আরও দৃষ্ট হইবে উপরদিকে মাঝখানে একটি চওড়া ধাতুখণ্ডের সহিত R ষ্টার্টিং বাধা সংযুক্ত আছে এবং অন্তর্ভাগস্থ ছোট স্প্রিংরিং দ্বয়ের মধ্যে ফাঁক এরূপ অল্প যে হ্যাণ্ডেলটি লাইনকে বিযুক্ত করিবার জন্য মাঝখানে আনিলে ক্ষুদ্র স্লিপরিং দ্বয় হ্যাণ্ডেলস্থ একটি ব্রাস দ্বারা পরস্পরের সহিত সংযুক্ত থাকে এবং আর্মেচারও ষ্টার্টিং বাধার মধ্য দিয়া পূর্ণভাবে সংযুক্ত থাকে। এই সুইচ ব্যবহারের সময় সাবধান থাকিতে হয় যেন হ্যাণ্ডেলটিকে দ্রুত চালাইয়া মাঝামাঝি স্থানে লইয়া যাওয়া না হয়। কারণ তাহাতে স্বীয়-সম্ভাবন সৃষ্ট প্রবাহ নষ্ট হইবার (মরিয়া যাইবার) সময় পায় না, সুতরাং অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ঘটিবে।

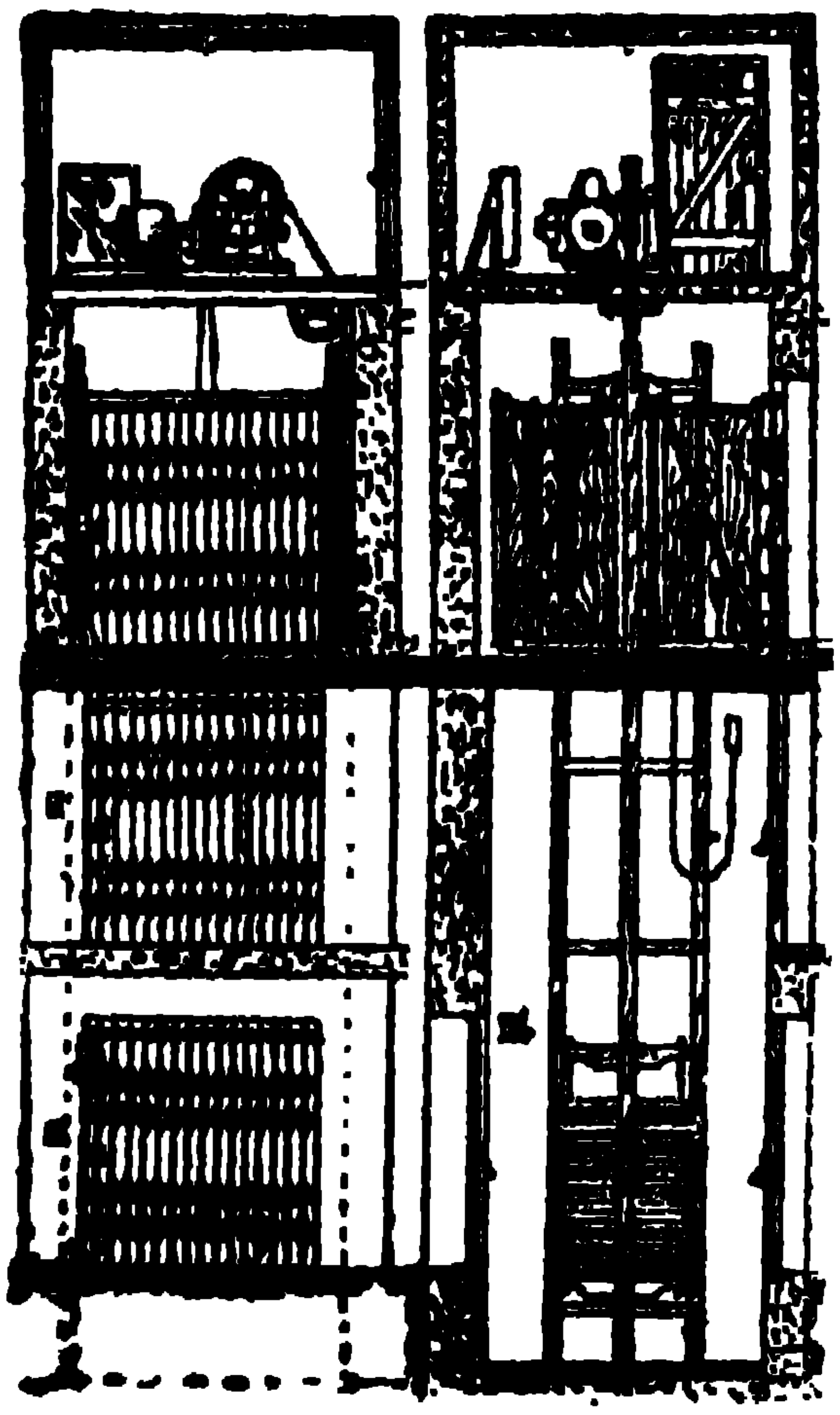


চিত্র—৩৮১

রকমারী মোটর ঃ—

মোটর দ্বারা নানাপ্রকার কার্য্য সাধিত হয়, তন্মধ্যে লিফ্ট (lift) চালান, মেসিন বা যন্ত্রাদি চালান, পাখা চালান, ক্রেন চালান, ট্রাম, রেলগাড়ি বা মোটরগাড়ি প্রভৃতি চালান উল্লেখ যোগ্য। যে সকল স্থলে মোটরে ড্যাম্প বা ধূলা লাগিবার সম্ভাবনা সেখানে মোটরের ইয়োককে এরূপভাবে প্রস্তুত করা হয় যে উহার মধ্যে ড্যাম্প বা ধূলা প্রবেশ করিতে পারে না—এরূপ মোটরকে ঢাকা বা 'এনক্লোজড টাইপ' (Enclosed type) বলে।

৩৮৪ চিত্রে একটি সাকসন পাখা চালাইবার মোটর দর্শিত হইয়াছে। ইহারা সচারচর দ্বিমেরু বিশিষ্ট হয়। ট্রাম বা রেলগাড়ির বেলায় অধিকাংশ স্থলে লাইনের উপরে শূন্য দিয়া প্রবাহবাহী তার (+ মেন) থাকে, ও প্রবাহ ফিরিবার রিটার্ণ মেন লাইনের রেলের সহিত সংযুক্ত থাকে এবং অনেকগুলি রেল পরস্পর সংযোগ করিয়া লাইন প্রস্তুত হয় বলিয়া, পর পর দুইটি রেলের মধ্যে ভালরূপ বৈদ্যুতিক সংযোজনের নিমিত্ত উহারা পরস্পরের সহিত মোটা তাম্রতার দ্বারা ভালরূপে সংযুক্ত থাকে।

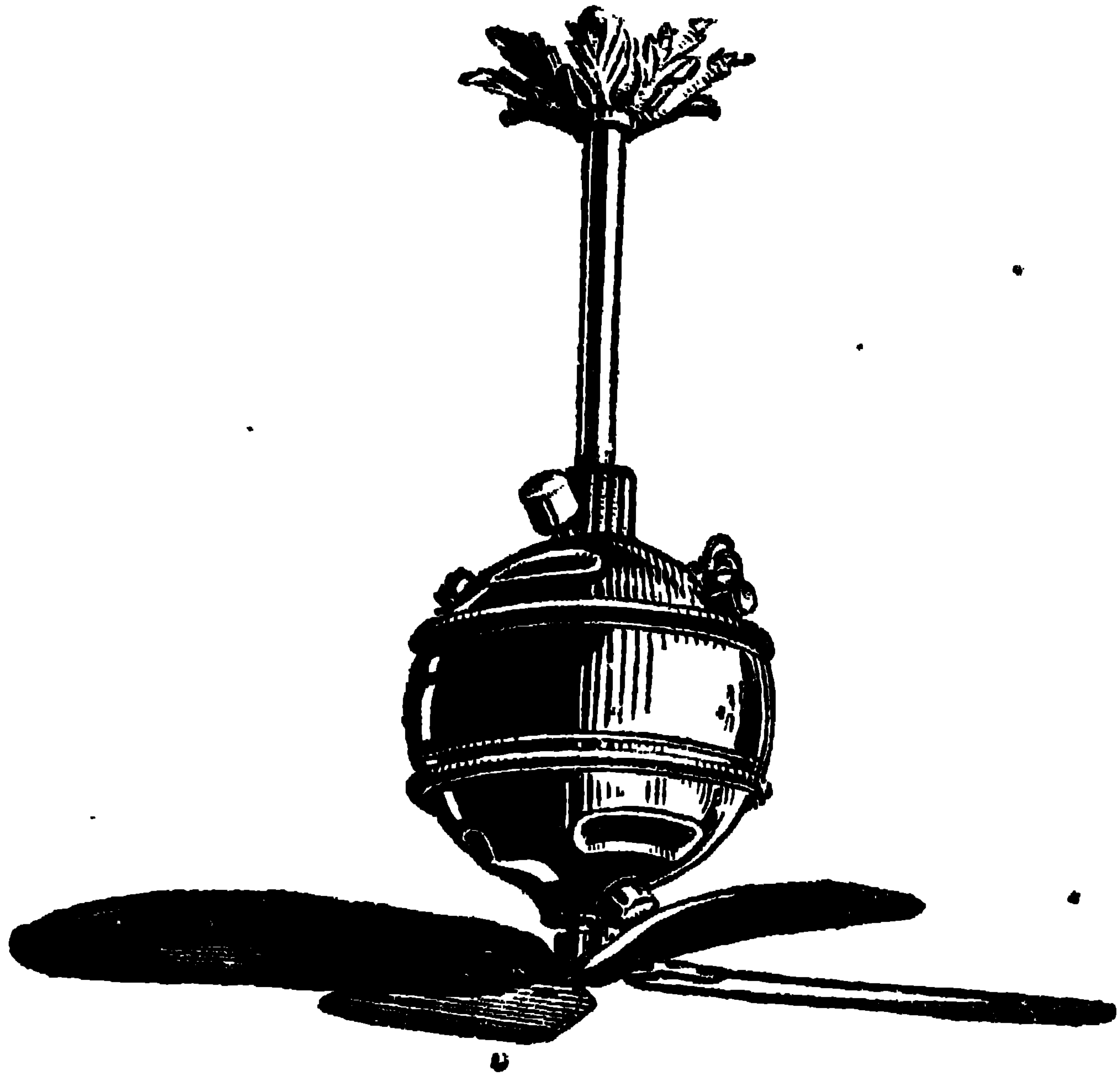


চিত্র—৩৮২

উহার আর্মেচারের একটি ব্রাস তার দ্বারা গাড়ির চাকার সহিত সংযুক্ত ও অপর ব্রাসটি হইতে তার গাড়ির ছাদের উপরে কোন কাষ্ঠ বা ধাতব দণ্ডের (ধনুকের মত দণ্ডের) মধ্য দিয়া গিয়া পিত্তল বা তাম্রের চাকার (trolly) সাহায্যে শূন্যের প্রবাহ বাহী তারের সহিত সংযুক্ত হয়। এই মোটরগুলি সচারচর ২ মেরু বিশিষ্ট হয় ও উভয়দিকেই ঘুরিতে পারে যাহাতে গাড়ি অগ্রসর হইতে বা পিছাইতে পারে। ৩৮২ চিত্রে একটি লিফ্ট দর্শিত হইয়াছে।

ট্রাম মোটরের ষ্টার্টারকে কন্ট্রোলার (controller) বলে। ইহার গঠন পূর্ব্বোক্ত ষ্টার্টারগুলি হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন। ইহার ষ্টার্টিং বাধার ধাতুখণ্ড সকল (contact pieces) একটি খাড়া চোঙ্গের গায়ে স্থাপিত এবং একটি কাষ্ঠের তক্তা হইতে কতকগুলি ব্রাস এই ধাতুখণ্ড সকলকে স্পর্শ করে। চোঙ্গটি একটি হ্যাণ্ডেলের সাহায্যে ঘুরান হয় ও এইভাবে ষ্টার্টারের মধ্যে প্রয়োজনমত সংযোজন সাধিত হয়। মোটরকে উল্টাদিকে

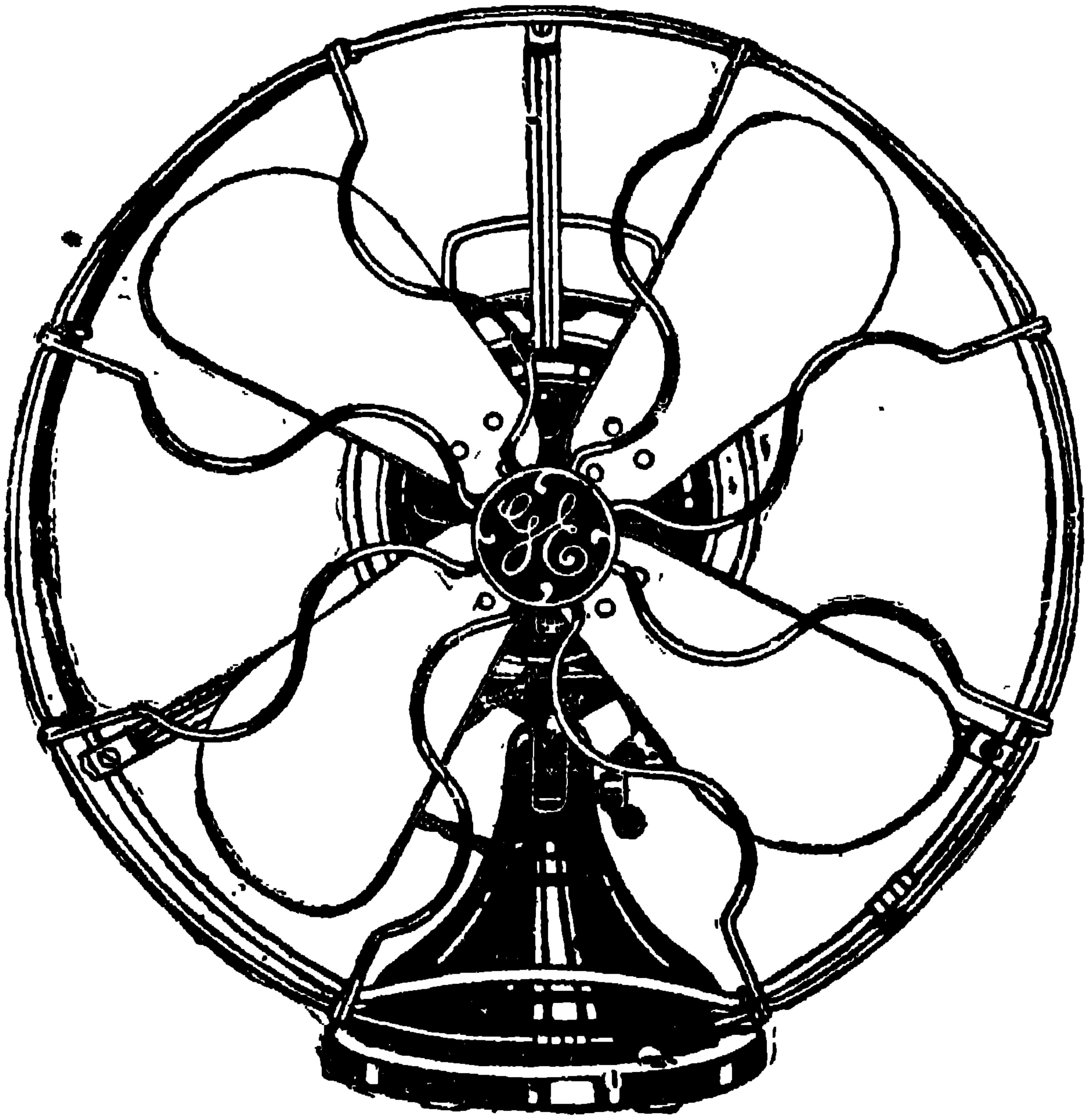
ঘুরাইবার জন্য একটি পৃথক রিভার্সিং সুইচ থাকে, অবশ্য ইহা কণ্ট্রোলারের সহিত এরূপভাবে সংবদ্ধ থাকে যে মোটরকে না থামাইয়া এই সুইচ ব্যবহার করা যায় না। বৈদ্যুতিক ক্রেনেও এই প্রকার কণ্ট্রোলার ব্যবহার হয়।



চিত্র—৩৮৩

বৈদ্যুতিক ব্রেক ঃ—বৈদ্যুতিক ট্রাম ও রেলগাড়ি প্রভৃতিকে হঠাৎ থামাইবার জন্য মেকানিক্যাল ব্রেক অপেক্ষা বৈদ্যুতিক ব্রেক আশু ফলপ্রদ। ব্যবহৃত মোটরটির দ্বারাই এই ব্রেকের কার্য্য সাধিত হয়। এই উদ্দেশ্যে মোটরকে লাইন হইতে বিযুক্ত করিয়া আর্মেচারের ব্রাসদ্বয় একটি বাধার মধ্য দিয়া রাজ্যাকয়েলের সহিত এরূপভাবে সংযুক্ত করিতে হয় যেন চলন্ত মোটরের ব্যাক ই, এম, এফ, হেতু প্রবাহ রাজ্যাকয়েলের

মধ্য দিয়া পূর্ব্বের ন্যায় দিকে প্রবাহিত হইয়া পূর্ব্বভাবে রাজ্যকে উত্তেজিত রাখে ও ঐ বাধার মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। এখন এই উত্তেজিত রাজ্যে চলন্ত আর্মেচার ডায়নামোতে পরিণত হয়, ইহার প্রবাহ ঐ বাধার মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়, কিন্তু যেহেতু এই প্রবাহ সম্ভাবনের নিমিত্ত কার্য্য-



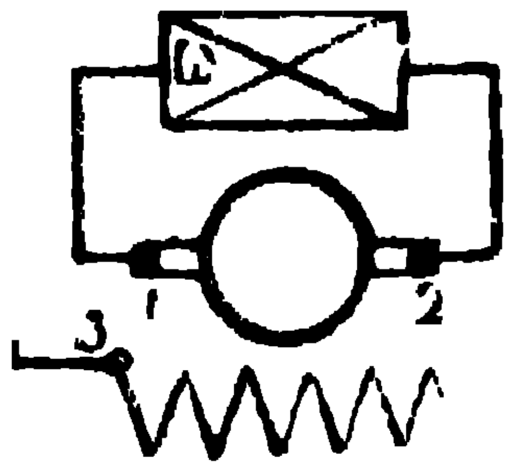
চিত্র—৩৮৪

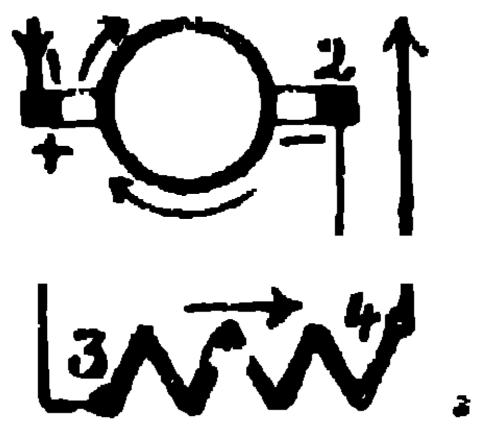
শক্তি প্রয়োজন, মোটরকে লাইন হইতে বিযুক্ত করিবার পর, গাড়িটির নিজের গতি হেতু যে কার্য্যশক্তি, তাহা এই প্রবাহ সম্ভাবনে ব্যয়িত হয় এবং গাড়িটি শীঘ্র থামিয়া যায়। অবশ্য আর্মেচারের গতি যত অধিক হয় এই প্রবাহও তত অধিক পরিমাণে সম্ভাবিত হয়, সুতরাং গাড়ির অধিক গতিতেই এই বৈদ্যুতিক ব্রেকের কার্য্য সুচারুভাবে সম্পন্ন হয়। কিন্তু

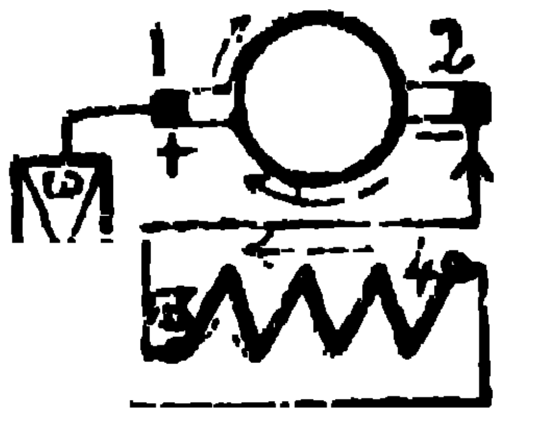
গাড়িকে একেবারে গতিহীন করিতে হইলে বৈদ্যুতিক ব্রেক ব্যতীত মেকানিক্যাল ব্রেকও প্রয়োজন হয়।

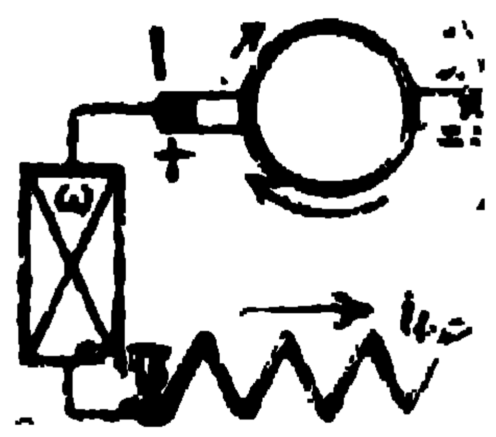
সান্ট মোটরের বেলায়, লাইন হইতে বিযুক্ত মোটরের আর্মেচার ব্রাসদ্বয়কে কেবলমাত্র একটি বাধার মধ্য দিয়া, ৩৮৫ চিত্র ভাবে সংযুক্ত করিয়া দিলেই ব্রেকের কার্য্য হইবে। ৩৮৬ চিত্রে চালিত মোটরের সংযোজন দর্শিত হইয়াছে।

সিরিজ মোটরের বেলায় কিন্তু চালিত মোটরকে (৩৮৬ চিত্র) লাইন হইতে বিযুক্ত করিয়া উহার আর্মেচারকে বাধা ও রাজ্যক-য়েলের মধ্য দিয়াই (৩৮৭ চিত্র) কেবলমাত্র সংযোগ করিলে চলিবে না, কারণ তাহা হইলে ৩৮৭ চিত্র হইতে দৃষ্ট হইবে রাজ্যে প্রবাহ উল্টাইয়া যায়, সুতরাং চুম্বকত্ব নাশ হইবে ও প্রবাহ সম্ভাবিত হইবে না।


চিত্র—৩৮৫


চিত্র—৩৮৬


চিত্র—৩৮৭

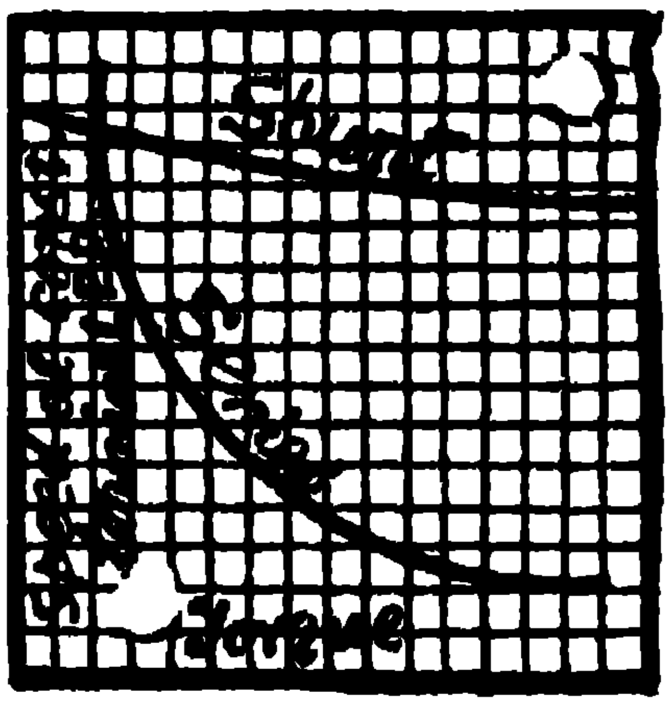

চিত্র—৩৮৮

সুতরাং রাজ্য কয়েলের সংযোজনও ৩৮৮ চিত্র ভাবে উল্টাইয়া দিতে হয়, যাহাতে রাজ্যকয়েলে পূর্ব্বের ন্যায় দিকে প্রবাহ বহে।

ব্রেকের নিমিত্ত প্রয়োজনীয় সংযোজনাদি কণ্ট্রোলারের দ্বারাই হয়। সচরাচর কণ্ট্রোলার এরূপ যে হ্যাণ্ডেলটি ডান সীমায় যাইলে ব্রেকের কার্য্য হয় ও বাম দিকে থাকিলে কণ্ট্রোলারের কার্য্য হয়। বাম সীমা থামাইবার স্থান।

ম্যাগ্নেটিব-ব্লো-আউট:—গাড়ি প্রভৃতিকে অনবরত ষ্টার্ট করা, উহার গতি নিয়ন্ত্রণ করা বা ব্রেক করা প্রভৃতি কার্য্য কণ্ট্রোলারকে সাধন করিতে হয় বলিয়া উহার মধ্যে কেবলই বৈদ্যুতিক পথ বিচ্ছেদ

ও তজ্জন্য অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ঘটিতে থাকে। এবং যেহেতু এই অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হেতু উহার অংশ বা অংশাবলী ক্ষয় প্রাপ্ত হয়, বৈদ্যুতিক চুম্বকের সাহায্যে ইহাদিগকে নিবাইয়া দেওয়া হয়। এই ব্যবস্থাকে 'ম্যাগনেটিক ব্লো আউট' (Magnetic blow out) বলে। এই স্ফুলিঙ্গ প্রজ্জলিত ধাতব বা কার্ব্বনের বাষ্প কণা ব্যতীত আর কিছুই নহে। এই ধাতব বা কার্ব্বনের বাষ্পীয় কণাগুলির মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিবার সময় উহারা গরম হইয়া 'গ্লো' (Glow) করে। সুতরাং এস্থলে একটি তেজাল বৈদ্যুতিক চুম্বক থাকিলে এই প্রবাহবান্ বাষ্পীয় পরিচালক, চুম্বক রাজ্যে থাকা হেতু, সরিয়া যাইবে, অতএব অগ্নিস্ফুলিঙ্গ পথ বাড়িয়া যায়, সুতরাং উহা যাইতে যাইতে নিবিয়া যায়।



চিত্র—৩৮৯

৩৮৯ চিত্রে বিভিন্ন প্রকারের মোটরের বিশেষত্ব রেখা দর্শিত হইয়াছে।

একাধিক ডায়নামোর একত্রে কার্য্য:—দুইটী ডায়নামোকে পরস্পরের সহিত সিরিজ বা প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত করা যাইতে পারে। যেমন দুইটী সেলকে সিরিজে সংযুক্ত করিলে প্রবাহ পরিবর্ত্তিত হয় না, ভোল্‌টেজ পরিবর্দ্ধিত হয়, সেইরূপ দুইটী ডায়নামোকে সিরিজে সংযুক্ত করিলে মোট ভোল্‌টেজ উহাদের ভোল্‌টেজের সমষ্টি হয়। কিন্তু যদি প্রবাহ পরিবর্দ্ধিত করিতে হয়, তাহা হইলে ডায়নামো দুইটিকে প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত করিতে হইবে। প্যারালাল ভাবে দুই ডায়নামোকে চালাইতে হইলে বিশেষ লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন, যেন উহাদের প্রত্যেকের ভোল্‌টেজ সমান হয়। নচেৎ যদি একটির ভোল্‌টেজ অপরটীর ভোল্‌টেজ অপেক্ষা অধিক হয়, তাহা হইলে অধিক ভোল্‌টেজ বিশিষ্ট যন্ত্র হইতে অল্প ভোল্‌টেজ বিশিষ্ট যন্ত্রের মধ্য দিয়া প্রবাহ চালিত হইবে (যন্ত্র দ্বয়ের ভোল্‌টেজের যে পার্থক্য সেই চাপ অল্প ভোল্‌টেজ বিশিষ্ট

যন্ত্রে প্রযুক্ত হইবে)। অতএব অল্প ভোল্টেজ বিশিষ্ট যন্ত্রটী এখন মোটরে পরিণত হইবে এবং শক্তি (বৈদ্যুতিক) উৎপাদন না করিয়া গ্রহণ বা 'কনজিউম' (Consume) করিতে থাকিবে—অধিক ভোল্টেজ বিশিষ্ট হইতে। মোটরে পরিণত যন্ত্রটির ঘূর্ণন গতির দিক পরিবর্ত্তিত হয় না, কারণ ফিল্ড কারেন্টের দিক পরিবর্ত্তিত হয় না, কেবলমাত্র আর্মেচার কারেন্টের দিক পরিবর্ত্তিত হয়—সুতরাং যন্ত্রটী ডায়নামো অবস্থায় যে দিকে ঘোরে, মোটরে পরিণত হইলেও সেই দিকেই ঘুরিতে থাকে। অতএব যন্ত্রটী ডায়নামো ভাবে চলিতেছে, কি মোটর ভাবে চলিতেছে, তাহা ঘূর্ণন দিক হইতে ধরা সুকঠিণ। যন্ত্রটী মোটর ভাবে চলিবার সময় তদীয় চালক ইঞ্জিন ও অপরাপর অংশাবলী উহার অতিক্রমনীয় ভার হয় অর্থাৎ ইঞ্জিনকে অধিকতর গতিতে চালাইতে থাকে।

উপরে বলা হইল প্যারালাল সংযোগের নিমিত্ত দুইটী ডায়নামোর ভোল্টেজ সমান হওয়া প্রয়োজন, নচেৎ একটি মোটরে পরিণত হয়। ভোল্টেজের সমানতা বলিতে এখানে বুঝিতে হইবে ডায়নামোর মধ্যে উৎপাদিত ভোলটেজ নহে, উহারা উভয়ে যেখানে (যথা বাসবার, Busbar) সংযুক্ত হয় তথায় যেন প্রত্যেকটী দ্বারা প্রযুক্ত ভোল্টেজ সমান হয়। নিম্নে উদাহরণ হইতে এ বিষয় স্পষ্ট জ্ঞানলাভ হইবে।

দুইটী ডায়নামোর প্রত্যেকের আর্ম্মেচারের বাধা ·৫ ওম, একটির ই, এম, এফ, ৬০০ ভোল্ট অপরটির ৬১০ ভোল্ট, উহাদিগকে মোট ২০০০ আম্প প্রবাহ দিতে হইবে, কোনটী কি পরিমাণ প্রবাহ দিবে?

ধরা যাউক, ৬০০ ভোল্ট যন্ত্রটী C আম্প প্রবাহ দিবে, তাহা হইলে ৬১০ ভোল্ট যন্ত্রটী ২০০০ —C আম্প প্রবাহ দিবে।

অতএব ৬০০ ভোল্ট যন্ত্রের আর্ম্মেচারে ·৫ × C ভোল্ট ভোল্টেজ পতন হইবে, এবং ৬১০ ভোল্ট যন্ত্রের আর্ম্মেচারে ·৫ (২০০০—C) ভোল্ট ভোল্টেজ পতন হইবে।

সুতরাং বাস বারে ৬০০ ভোল্ট যন্ত্রদ্বারা ৬০০ − ·৫ × C ভোল্ট চাপ প্রযুক্ত হইবে এবং ৬১০ ভোল্ট যন্ত্র দ্বারা ৬১০ − ·৫ (২০০০ − C) ভোল্ট চাপ প্রযুক্ত হইবে।

যেহেতু বাসবারে উভয় যন্ত্রই সংযুক্ত, এই বাসবারে প্রত্যেকটী দ্বারা প্রযুক্ত ভোল্টেজ সমান হওয়া উচিৎ, অতএব

$$৬০০ - ·৫C = ৬১০ - ·৫(২০০০ - C)$$

$$বা\ ১০ - ১০০০ + C = ০$$

$$বা\ C = ৯৯০$$

অর্থাৎ ৬০০ ভোল্ট যন্ত্রটী দ্বারা ৯৯০ আম্প এবং ৬১০ ভোল্ট যন্ত্রটী দ্বারা ২০০০ − ৯৯০ = ১০১০ আম্প প্রবাহ সরবরাহ হইবে।

অনুশীলনী।

(১) সান্টডায়নামো কাহাকে বলে? কম্পাউণ্ড যন্ত্র হইতে উহার প্রভেদ কি? কম্পাউণ্ড করিবার উদ্দেশ্য কি?

(২) একটি আমেচার মিনিটে ২০০০ পাক ঘুরিতেছে এবং কমিউটেটরে ৬০টি কোয়া আছে ও ব্রাসের বিস্তৃতি দুইটি কোয়ার বিস্তৃতের সমান। কতক্ষণ ব্যাপিয়া কয়েল সর্ট সার্কিট হইয়া থাকে? ·০০১ সেঃ

(৩) উক্ত (২ নং) প্রশ্নে সর্ট সার্কিট থাকিবার কালে যদি বলরেখার সংখ্যার পরিবর্তন পরিমাণ হয় ৪০০,০০০, তাহা হইলে কি ভোল্টেজ সম্ভাবিত হয়? ৪ ভোল্ট

(৪) কি উপায়ে ডায়নামো হইতে (১) একই দিকে সম পরিমাণ প্রবাহ (২) অল্টারনেটিং কারেন্ট (৩) বিভিন্ন ভোল্টেজের সম পরিমাণ কারেন্ট (৪) একভাব ভোল্টেজের যে কোন পরিমাণ কারেন্ট, পাওয়া যায়?

(৫) ডায়নামোকে চালাইবার ও থামাইবার মুখে কি কি বিষয় দৃষ্টি রাখা কর্ত্তব্য?

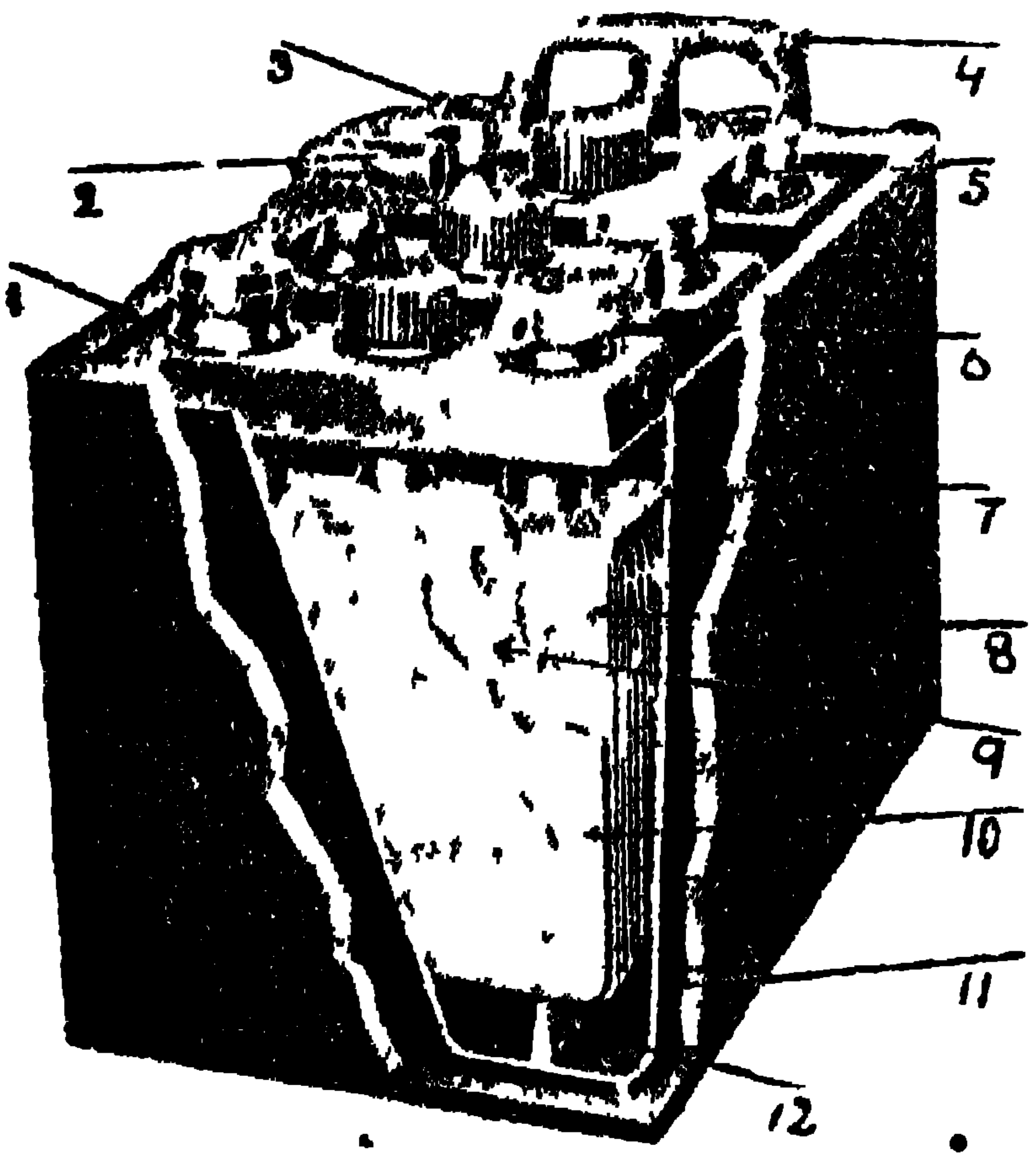
(৬) ডায়নামোতে প্রথমতঃ কোন্ কোন্ স্থানে সর্ট সার্কিট লাগা ঘটিতে পারে? তাহা কিরূপ পরীক্ষার দ্বারা নির্ণিত হয়?

(৭) ডায়নামোতে "লীড" কাহাকে বলে? কি জন্য প্রবাহ অনুযায়ী ব্রাসের স্থানকে পরিবর্ত্তিত করিতে হয়? এমন কোন উপায় আছে কি যদ্দ্বারা, বিভিন্ন পরিমাণের প্রবাহ হইলেও, ব্রাসের স্থানকে পরিবর্ত্তন করিবার প্রয়োজন হয় না?

(৮) সিরিজ মোটরকে কি ভাবে ব্রেক (brake) এ পরিমিত করা যায়?

ঊনবিংশ পরিচয়।

ষ্টোরেজ বা সেকেণ্ডারী সেল বা আকুমুলে-
(Storage or Secondary cell or Accumulator)·—



১। কাষ্ঠ বাক্স—ব্যাটারির।
২। এসিড ঢালিবার ছিপি(Plug) বায়ু চলাচলের ছিদ্রসহ।
৩। (+) টার্মিনাল।
৪। হ্যাণ্ডেল।
৫। টপ কানেক্টার (Top connector)।
৬। (−) টার্মিনাল।
৭। এসিড লেভেল।
৮। (+) প্লেট।
৯। সেপারেটার।
১০। (−) প্লেট।
১১। রবার জার এক একটিসেলের।
১২। প্লেট দাঁড়াইবার রিজ(Ridge)।

চিত্র—৩৯০

অনুমান ও আদিম প্রণালী :—জলের ভলটামিটারের মধ্য দিয়া প্রবাহ দিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া H_2 এবং O_2 গ্যাসে পরিণত হইতে থাকে। এই কার্য্য কিয়ৎকাল চলিবার পর প্রবাহ বন্ধ করিয়া প্রবাহদায়ক যন্ত্রটি বাদ দিয়া, ইলেক্ট্রোডদ্বয়কে তার দ্বারা সংযোগ করিলে দৃষ্ট হয়, ভলটামিটার সেলের গুণ প্রাপ্ত হইয়াছে—ঐ তারের মধ্য দিয়া ক্ষণকাল প্রবাহ বহে। ভোলটমিটার দ্বারা ইহার ভোল্‌টেজ মাপা যাইতে পারে এবং সূচকম্পাস দ্বারা এই প্রবাহের দিক নিরূপণ করিলে দৃষ্ট হয় যে, বাহিরে এনোড হইতে ক্যাথোডে, সুতরাং ইলেক্ট্রোলাইটের মধ্যে ক্যাথোড হইতে এনোডে অর্থাৎ যেদিকে প্রবাহ বহমান হইয়াছিল তাহার বিপরীত দিকে প্রবাহ বহে। এই ঘটনার অনুমান, বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা কোন ইলেক্ট্রোলাইট 'অয়ন' অবস্থায় বিশ্লিষ্ট হইবার কালে বিশ্লিষ্ট আয়নগুলি আবস্থিক শক্তি সম্পন্ন হয় ও পুনর্ম্মিলিত হইবার চেষ্টা করে, এইরূপে তাহারা বিপরীত দিকে ই এম, এফ, উৎপন্ন করে, ইহাকে ইলেক্ট্রোলিসিসের ব্যাক ই, এম, এফ, বলে। ব্যাক ই, এম, এফ, ইলেক্ট্রোলাইটের উপর নির্ভর করে এবং $E = \frac{HJZ}{১০৮}$ ভোলট এই সম্বন্ধ

হইতে পাওয়া যায়,—ইহাতে E = ব্যাক ই, এম, এফ, H = ১ গ্র্যাম আয়ন অপর আয়নের সহিত সংমিশ্রণে উৎপন্ন উত্তাপ পরিমাণ, J = তাপের মেকানিক্যাল ইকুইভ্যালেণ্ট বা একক তাপ অনুযায়ী কার্য্য পরিমাণ = $4 \cdot 2 \times 10^7$ আর্গ, Z = C G.S. বিদ্যুচ্চুম্বক একক পরিমিত বিদ্যুৎ দ্বারা উৎপন্ন আয়ন পরিমাণ।

সেকেণ্ডারী সেলের প্রণালী ঃ—উক্ত প্রণালী সেকেণ্ডারী সেলে ব্যবহৃত হয়। সালফিউরিক এসিড মিশ্রিত জলে (ওজনে ১ ভাগ এসিড ও ১০ ভাগ জল) দুইটি সীসক পাতকে ইলেক্ট্রোডরূপে ব্যবহৃত করিয়া প্রবাহ বহাইলে ইহাকে চার্জ্জ করা বলে। + পাতে অক্সিজেন ও — পাতে হাইড্রোজেন নিঃসৃত হয়। ইহাতে + পাতের গাত্র ঘোর পাটকিলে রঙ্গের লেড পারঅক্সাইড (PbO_2)এ পরিণত হয় ও — পাতের হাইড্রোজেন, বুদবুদ আকারে, ভাসিয়া উঠে, সুতরাং — পাত অপরিবর্ত্তিত অবস্থায় থাকে। এখন প্রবাহ বন্ধ করিয়া পাতদ্বয়কে তার দ্বারা সংযুক্ত করিলে তারের মধ্য দিয়া + পাত হইতে — পাতে অর্থাৎ তরল পদার্থের মধ্যে — পাত হইতে + পাতে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় এবং এই সংযোজন ভোল্টমিটারের মধ্য দিয়া করিলে ইহাতে প্রায় ২ ভোল্ট দর্শিত হইবে। এই প্রবাহ কিয়ৎকাল বহিয়া ক্রমশঃ বন্ধ হইয়া যাইবে, ইহাকে ডিসচার্জ্জ হওয়া বলে। এখন পাতদ্বয়কে পরীক্ষা করিলে দৃষ্ট হইবে + পাতে পারঅক্সাইড নাই, উভয় পাতেই লেড সালফেট ($PbSO_4$) ও সামান্য পরিমাণ 'লিথার্জ্জ' বা লেড মন্-অক্সাইড (PbO) হইয়াছে। ইলেক্ট্রোলাইটের মধ্য দিয়া প্রবাহ দেওয়া বন্ধ করিলে রসায়নিক ক্রিয়া বিপরীত দিকে ঘটিবার চেষ্টা করে এবং পাতদ্বয় তার দ্বারা সংযুক্ত থাকায় + পাতের উপর হাইড্রোজেন ও — পাতের উপর অক্সিজেন গ্যাস নিঃসৃত হয়। হাইড্রোজেন + চার্জ্জবিশিষ্ট ও অক্সিজেন — চার্জ্জবিশিষ্ট বলিয়া উক্ত বিপরীত রাসায়নিক ক্রিয়ার সময় প্রাইমারী সেলের মত প্রবাহ পাওয়া যায়। + পাতে হাইড্রোজেন পার্-অক্সাইড (PbO_2)কে রিডিউস করিয়া মন্-অক্সাইডে পরিণত করে ;—

(১) $PbO_2+H_2=PbO+H_2O$

এবং যেহেতু H_2SO_4এর সন্নিধানে PbO দাঁড়াইতে পারে না, ইহার অধিকাংশ $PbSO_4$ হইয়া যায় ;—

(২) $PbO+H_2SO_4=PbSO_4+H_2O$

– পাতে নবনিঃসৃত (Nascent) অক্সিজেন PbO উৎপন্ন করে ;—

(৩) $Pb+O=PbO$

(৪)। পরে (২) এর ন্যায় PbO হইতে $PbSO_4$ ও জল প্রস্তুত হয় এই নিমিত্ত উভয় পাতেই $PbSO_4$ ও অল্প পরিমাণ PbO দৃষ্ট হয়। এখন ইহাকে পুনরায় চার্জ্জ করা চলে। চার্জ্জ করিবার সময় + পাতে অক্সিজেন PbO এবং $PbSO_4$ কে PbO_2তে পরিণত করে, যথা—

(৫) $PbO+O=PbO_2$

(৬) $PbSO_4+O+H_2O=PbO_2+H_2SO_4$

– পাতে হাইড্রোজেন PbO এবং $PbSO_4$ কে Pb তে পরিণত করে, যথা,—

(৭) $PbO+H_2=Pb+H_2O$

(৮) $PbSO_4+H_2=Pb+H_2SO_4$

ইহা হইতে দৃষ্ট হয় চার্জ্জ করিবার সময় (৬) ও (৮) ক্রিয়া দ্বারা ইলেক্ট্রোলাইটের আপেক্ষিক গুরুত্ব বর্দ্ধিত হয় ও ডিসচার্জ্জ হইবার সময় (১) (২) ও (৪) ক্রিয়া দ্বারা ইহা হ্রাস পায়। এইজন্য ইলেক্ট্রোলাইটের অপেক্ষিক গুরুত্ব হইতে সেলের অবস্থা নির্দ্ধারিত হয়। সম্পূর্ণ চার্জ্জ হইলে আপেক্ষিক গুরুত্ব ১'২০৫—১'২১৫ ও ডিস্চার্জ্জ হইলে ১'১৭—১'১৯ হয়। আপেক্ষিক গুরুত্ব পরিমাপের জন্য হাইড্রোমিটার বা ব্যাটারি 'টেষ্টার' ব্যবহৃত হয়, চিত্র ৪০৩ দ্রষ্টব্য।

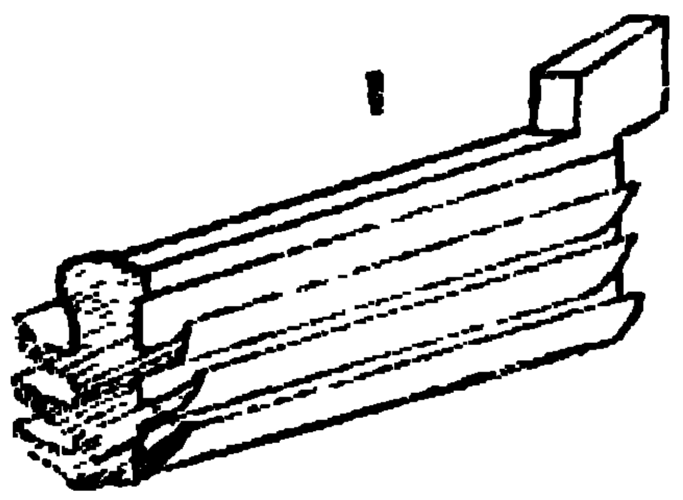
সেকেণ্ডারী সেল, ষ্টোরেজ সেল বা আকুমুলেটারের এই আনুমানিক প্রণালী হইতে দৃষ্ট হয় বস্তুতঃ ইহার মধ্যে বৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চিত হয় না,

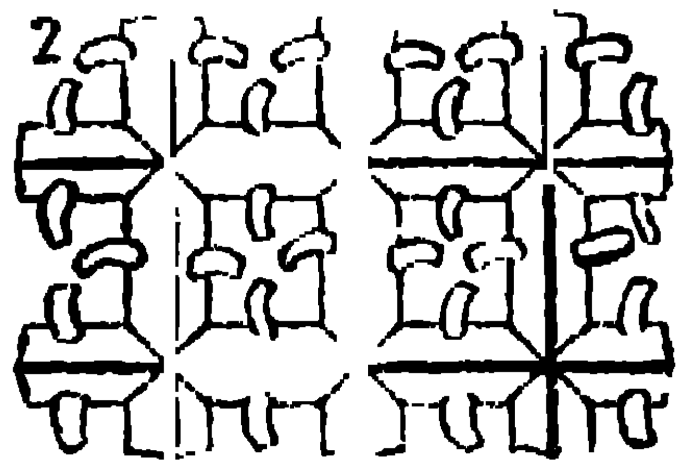
পরন্তু বৈদ্যুতিক শক্তিকে আবশ্যিক রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করা হয়, পরে এই রাসায়নিক শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত হয়।

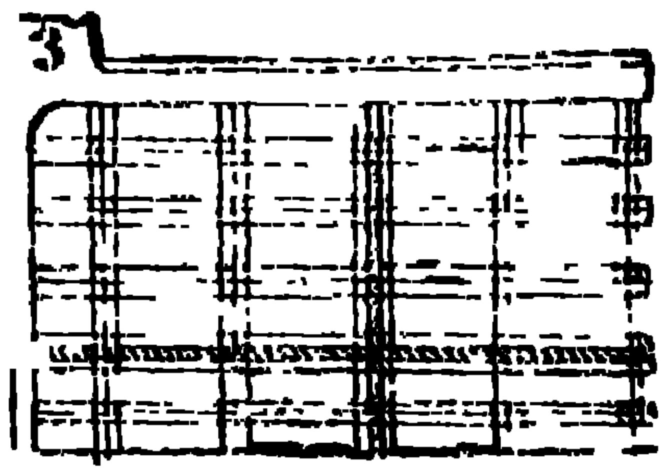
সেলের আয়ুবৃদ্ধি :—+ পাতের গাত্রে উৎপন্ন PbO_2এর পরিমাণ অতি অল্প বলিয়া উল্লিখিত ভাবে প্রস্তুত সেলের স্থায়িত্ব অতি অল্প।

সেলের আয়ু নিম্নলিখিত ভাবে পূর্ব্বে পরিবর্দ্ধিত হইত :—চার্জ্জ করিবার সময় কিয়ৎকাল প্রবাহ বহিলে যখন এনোডের গাত্র PbO_2এর পাতলা স্তর দ্বারা আবৃত হয়, তখন প্রবাহের দিক বিপরীত করিয়া দেওয়া হয় অর্থাৎ এনোডকে ক্যাথোডে ও ক্যাথোডকে এনোডে পরিণত করা হয়। এখন নব এনোড O_2 সাহায্যে PbO_2এর পাতলা স্তর দ্বারা আবৃত হয় এবং PbO_2 আবৃত নব ক্যাথোডে H_2 নিঃসৃত হওয়ায় PbO_2 রিডিউস্‌ড হইয়া ধাতব Pb তে পরিণত হয়। ইহার অবস্থা অনেকটা স্পঞ্জের মত হয়, সুতরাং পাতটি স্পঞ্জ সীসা আবৃত হয়। প্রবাহকে আবার বিপরীত করিয়া দিলে স্পঞ্জ সীসা আবৃত পাতে O_2 নিঃসৃত হওয়ায় উহার স্পঞ্জের মত সীসা অনায়াসে PbO_2তে পরিণত হয়, অধিকন্তু নূতন সীসার খানিকটা স্তর PbO_2তে পরিণত হয় এবং PbO_2 আবৃত পাতটি স্পঞ্জ সীসা আবৃত হয়। এইভাবে প্রবাহের দিক ক্রমান্বয়ে বিপরীত করিয়া দিলে একটি পাতে PbO_2এর পুরু স্তর ও অপর পাতে স্পঞ্জ সীসার পুরু স্তর পাওয়া যায়। এখন PbO_2এর পরিমাণে অধিককাল ব্যাপিয়া প্রবাহ দিতে সক্ষম হয়, অধিকন্তু অপর পাতটি স্পঞ্জ সীসা আবৃত হওয়ায় উহার বিস্তৃতি অধিক সুতরাং আভ্যন্তরিক বাধা অল্প হইবে। যাহাতে পাতগুলি কূপময় হয় ও অনায়াসে রাসায়নিক ক্রিয়া সাধিত হয়, তজ্জন্য চার্জ্জ করিবার পূর্ব্বে উহাদিগকে কিছুক্ষণ ষ্টীমে রাখিয়া নাইট্রিক এসিড মিশ্রিত গরম জলে কয়েকঘণ্টা ডুবাইয়া রাখিতে হয়। উল্লিখিত ভাবে পাত প্রস্তুত পদ্ধতি ইহার প্রবর্ত্তক 'প্ল্যান্টি' (Planti) নাম অনুসারে পরিচিত।

আধুনিক পাত গঠন :—আজকাল অনবরত প্রবাহের দিক বদলাইয়া পাত প্রস্তুত হয় না, 'ফর' (Faure) প্রবর্ত্তিত পদ্ধতি অনুযায়ী পাতগুলিতে, চার্জ্জ করিবার পূর্ব্বে, রেডলেড্ (Pb_3O_4) কে সালফিউরিক এসিডে কর্দ্দমাকারে মাখিয়া পাতের উপর লাগান হয়। অনেক স্থলে কেবলমাত্র + পাতে ঐ পদার্থ লাগান হয়, — পাতে সালফিউরিক এসিডে কর্দ্দমাকারে মাখা 'লিথার্জ্জ' (PbO) ব্যবহৃত হয়। ইহাদিগকে পেষ্টেড প্লেট বা পাত বলে, ৩৯০ চিত্র। এই কর্দ্দমাকার পদার্থ পাতের গাত্রে আবদ্ধ থাকিবার জন্য পাতগুলি "শিরতোলা" বা "খাঁজকাটা" প্রভৃতি আকারের হয়। কয়েক প্রকার পাতের কাঠাম ৩৯১-৩৯৩ চিত্রে প্রদত্ত হইল। কোন কোন সেলে প্ল্যান্টি + পাত ও পেষ্টেড — পাত ব্যবহৃত হয়।


চিত্র—৩৯১


চিত্র—৩৯২


চিত্র—৩৯৩

পেষ্টেড পাতের রাসায়নিক ক্রিয়া :—(ক). চার্জ্জ করিবার পূর্ব্বে—Pb_3O_4 ব্যবহার করিলে, এসিডে ডুবাইলে PbO_2 এবং $PbSO_4$ হয়, যথা—

(১) $Pb_3O_4 + 2H_2SO_4 = PbO_2 + 2PbSO_4 + 2H_2O$

সুতরাং + ও — উভয় পাতেই পারঅক্সাইড ও সালফেট থাকে। (খ) চার্জ্জ করিবার সময়, পজিটিভ পাতে অক্সিজেন সালফেটকে পার অক্সাইডে পরিণত করে, যথা,—

(২) $PbSO_4 + O + H_2O = PbO_2 + H_2SO_4$

— পাতে হাইড্রোজেন (H_2) PbO_2 ও $PbSO_4$কে রিডিউস করিয়া স্পঞ্জ সীসকে পরিণত করে, যথা—

(৩) $PbO_2 + 2H_2 = Pb + 2H_2O$

(৪) $PbSO_4 + H_2 = Pb + H_2SO_4$

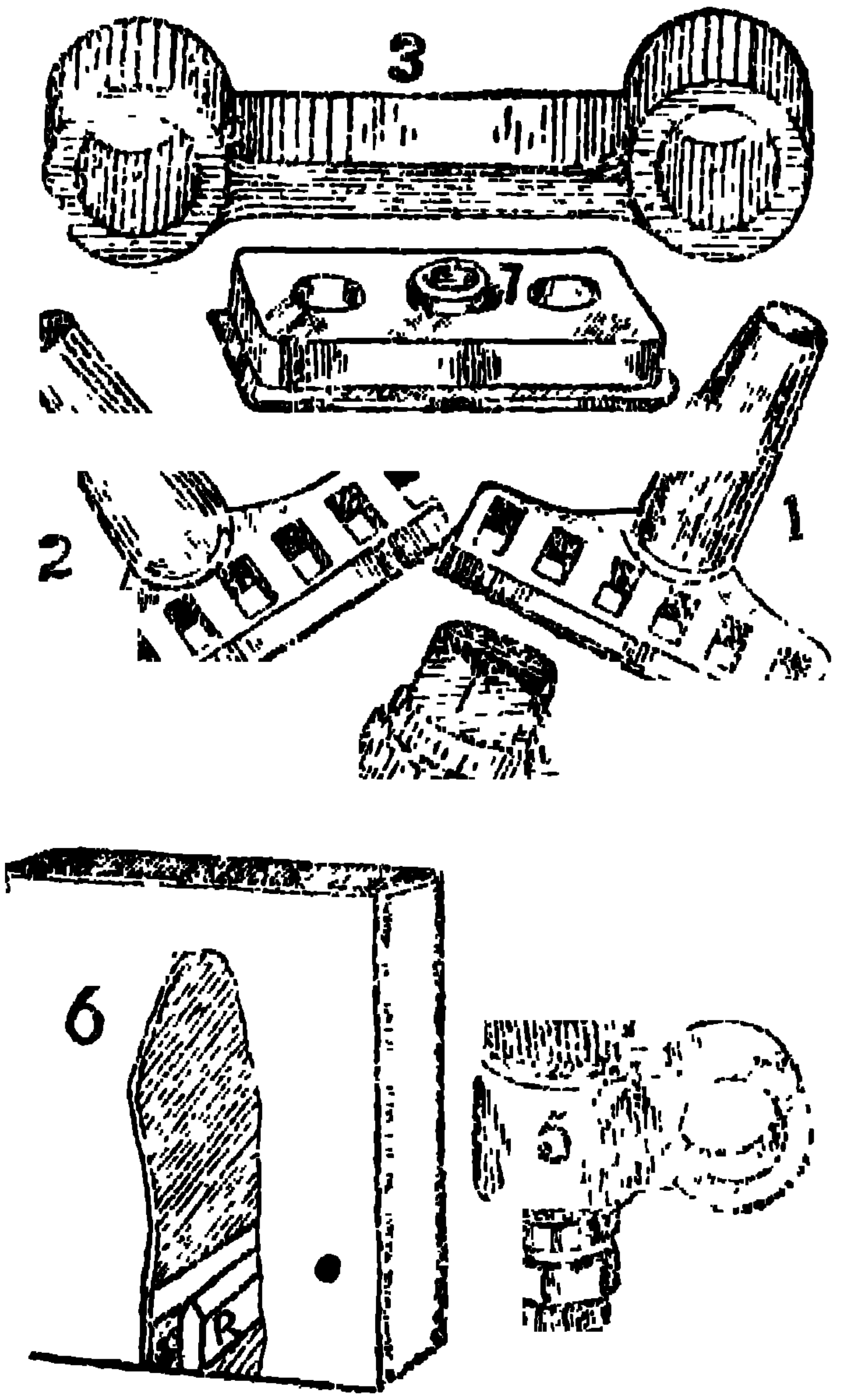
এইরূপে চার্জ্জ করিবার পরে পূর্ব্বের ন্যায় + পাতে PbO_2 ও — পাতে স্পঞ্জ Pb পাওয়া যায় এবং (১) ও (৪) ক্রিয়া দ্বারা H_2SO_4 প্রস্তুত হওয়ায় চার্জ্জ করিবার কালে ইলেক্ট্রোলাইটের আপেক্ষিক গুরুত্ব বর্দ্ধিত হয়।

(গ) ডিসচার্জ্জ কালীন রাসায়নিক ক্রিয়া পূর্ব্বের ন্যায়। — পাতে PbO ব্যবহার করিলে চার্জ্জ করিবার পূর্ব্বেই এসিডে ডুবাইলে $PbSO_4$ প্রস্তুত হয়, যথা—

(৫) $PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$

পরে পূর্ব্বের ন্যায় রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে। সেলের কেপাসিটী আমপেয়ার-আওয়ার দ্বারা পরিমিত হয়—অর্থাৎ সেল হইতে প্রাপ্তব্য আমপেয়ার হিসাবে পরিমিত প্রবাহকে, উহা যত ঘণ্টা কাল ব্যাপিয়া ঐ প্রবাহ দিতে সক্ষম তদ্দ্বারা গুণ করিলে যে গুণফল (আমপেয়ার × ঘণ্টা) হয় তদ্দ্বারা পরিমিত হয়। কোন সেল বা ব্যাটারি হইতে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক যে পরিমাণ প্রবাহ লওয়া যাইতে পারে (Maximum Discharge Current) তাহা সেলের গাত্রে প্রস্তুতকারক দ্বারা লেখা থাকে। কোন সেলের গরিষ্ঠ প্রবাহ দিবার ক্ষমতা ১০ আমপেয়ার ও উহার কেপাসিটী ১২০ আম্প-আওয়ার হইলে, উহা ১০ আম্প হিসাবে ১২ ঘণ্টা বা ৫ আম্প হিসাবে ২৪ ঘণ্টা, বা ৩ আম্প হিসাবে ৪০ ঘণ্টা কাল প্রবাহ দিতে পারে। কিন্তু গরিষ্ঠ প্রবাহ অপেক্ষা অধিক প্রবাহ লইলে দৃষ্ট হইবে, উহার কেপাসিটী কিছু কম, যথা—উহা হইতে ২০ আম্প হিসাবে প্রবাহ লইলে দৃষ্ট হইবে উহা ৬ ঘণ্টা স্থায়ী হইবে না, প্রায় ৫ ঘণ্টা প্রবাহ দিবে, ৩০ আম্প হিসাব মোট ৩ ঘণ্টা প্রবাহ দিবে। সেলের কেপাসিটী উহার পাতের পরিমাপ বা সাইজ ও তাহাদের প্রস্তুতি বা 'ফর্ম্মেসান' (Formation) এর উপর নির্ভর করে।

কেপাসিটী বাড়াইবার জন্য পাতের বিস্তৃতি অধিক করিতে হইলে বড় পাত ব্যবহার না করিয়া, কণ্ডেনসার প্রস্তুতের ন্যায়, স্থান ও পদার্থ পরিমাণ সঙ্কুলানের নিমিত্ত ছোট ছোট পাত প্যারালালে সংযুক্ত করিয়া ব্যবহার হয়, চিত্র ১০৯,১১০ দেখিলে ইহা বুঝিতে পারা যায়। এরূপ সাজানতে প্রত্যেক পাতদ্বয়ের মধ্যে ব্যবধান অল্প হওয়ায় আভ্যন্তরিক বাধা অল্প হয়, এবং যাহাতে পাতগুলি পরস্পরের সহিত স্পর্শ করিয়া সর্ট সার্কিট না ঘটায়, তজ্জন্য প্রত্যেক পাতদ্বয়ের অন্তরা সেপারেটার (৯ চিত্র ৩৯০) ব্যবহৃত হয়। ছিদ্র বিশিষ্ট এবনাইট বা সেলুলয়েড পাত, লবনাক্ত পদার্থ রহিত কাষ্ঠ বা ফাইবার পাত (Fibre) বা কাঁচের তুলা (Glass Wool) প্রভৃতি কূপময় অপরিচালক পদার্থ দ্বারা সেপারেটার প্রস্তুত হয় এবং ইহাদের আকৃতি সেলের পাত অপেক্ষা কিছু বড় হওয়া প্রয়োজন।

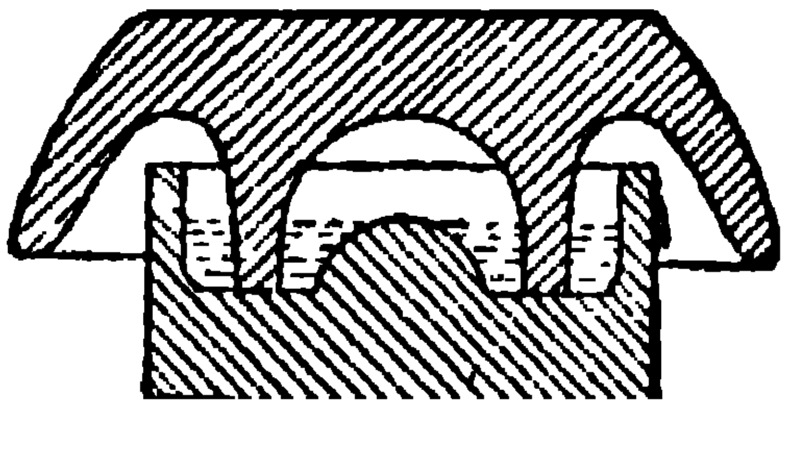


চিত্র—৩৯৪—৪০০

সেল গঠনে প্রয়োজনীয় অপরাপর দ্রব্য:— সেলের এসিড মিশ্রিত জল, পাত, প্রভৃতি ধারণ করিবার নিমিত্ত একটি বাক্সের প্রয়োজন হয়। বাক্সটি এরূপ পদার্থে নির্ম্মিত যেন এসিড দ্বারা ক্ষতি গ্রস্ত না হয়। এই বাক্স সীসা, কাঁচ, রবার, সেলুলয়েড বা এবনাইট নির্ম্মিত হয়। ব্যবহার দ্বারা সেলের পাত ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হইতে থাকিলে, পাত হইতে ক্রমশঃ পেষ্ট খষিয়া বাক্সের তলদেশে জমে এবং যাহাতে

পাতগুলির মধ্যে সর্ট-সার্কিট না ঘটে তজ্জন্য তলদেশে খাড়া শির তোলা থাকে, চিত্র ৩৯০। পাতগুলি ঐ শিরের উপর দণ্ডায়মান থাকে, এবং পাত হইতে খষিয়া যাওয়া পেষ্ট শিরের খাঁজের মধ্যে থাকে। ইহা ব্যতীত বাক্সে একটি ঢাকনা ও পাতগুলির সংযোজক টার্মিনাল প্রভৃতি প্রয়োজন হয়, চিত্র ৩৯৪-৪০০ দ্রষ্টব্য।

আকুমুলেটার সংক্রান্ত জ্ঞাতব্য বিষয়ঃ—

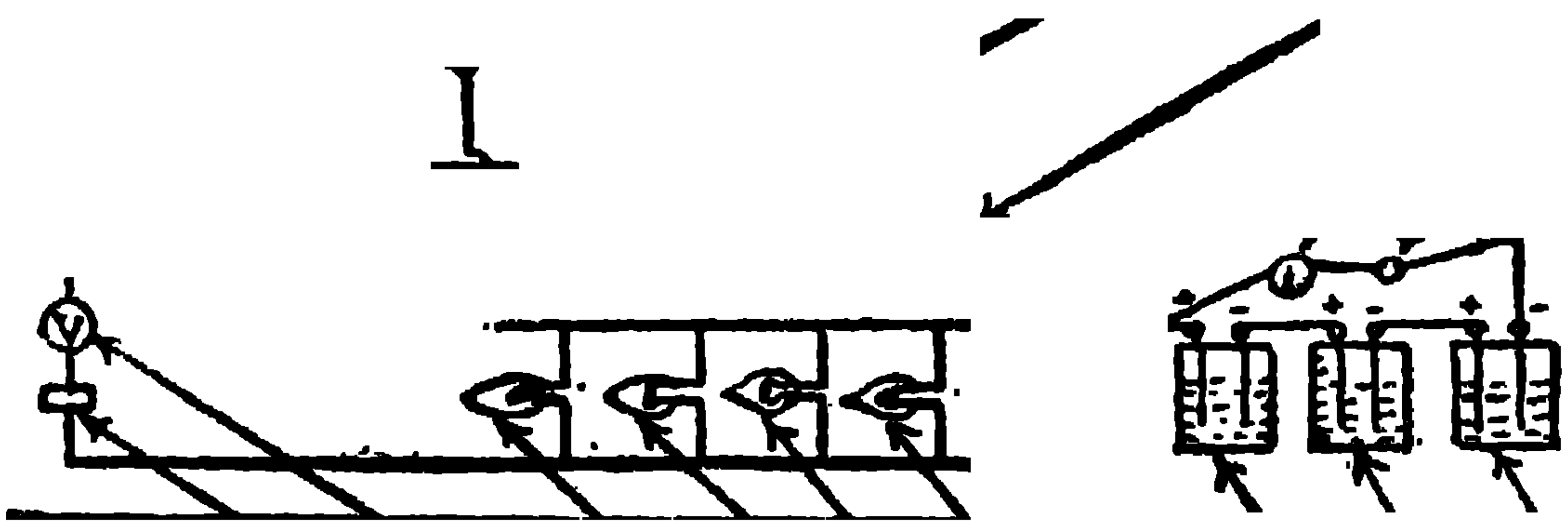


চিত্র—৪০১

আকুমুলেটার শুষ্ক স্থানে ইনস্থলেটারের উপর রাখিতে হয়। অধিক কেপাসিটী বিশিষ্ট হইলে গ্লাস-অয়েল ইনস্থলেটারের (চিত্র ৪০১) উপর রাখিতে হয়।

নূতন ব্যাটারিতে এসিড দিবামাত্রই চার্জ্জ করিতে হইবে, নচেৎ কঠিন লেড সালফেট প্রস্তুত হইয়া ব্যাটারির পারকতা ও আয়ু ক্ষয় করে। নির্ম্মল এসিড (আপেক্ষিক গুরুত্ব ১.২) ব্যবহার করিতে হয়, তাহা যেন প্লেট ছাড়াইয়া ½ ইঞ্চি উপর পর্য্যন্ত থাকে।

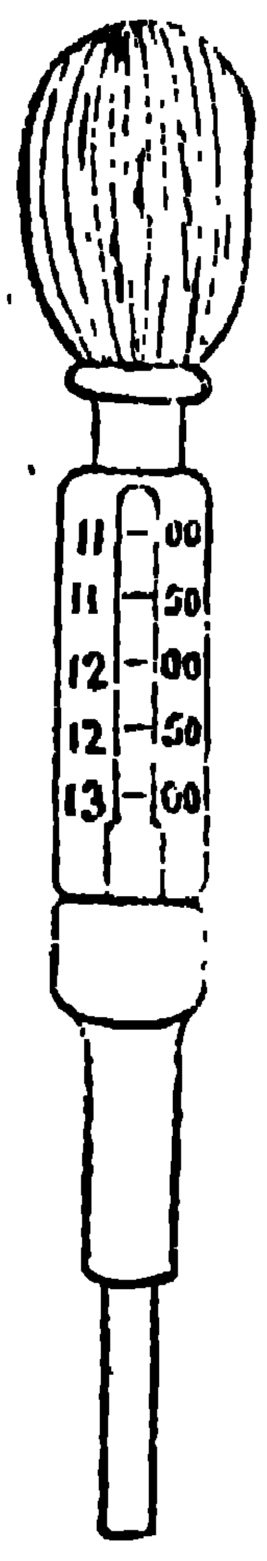
যে ডায়নামো হইতে ব্যাটারি চার্জ্জ হইবে তাহা যেন সিরিজ ডায়নামো না হয়; পৃথক উত্তেজিত বা সান্ট ডায়নামো ব্যবহার করিতে হয়, অথবা কপাউণ্ড হইলে সিরিজ রাজ্যকয়েলকে বাদ দিতে হয়। প্রতি সেলের



চিত্র—৪০২

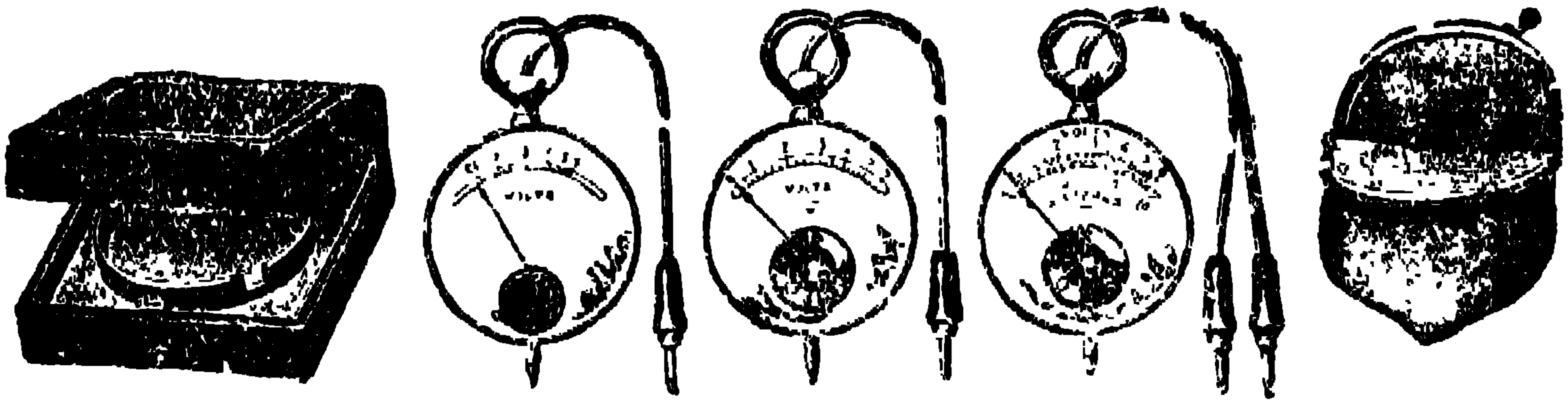
জন্য ২.৬—২.৭৫ চার্জ্জিং ভোল্ট প্রয়োজন হয়। চার্জ্জ করিতে হইলে ডায়নামো বা লাইনের + তার ব্যাটারির + পোলের সহিত ও — তার, — পোলের সহিত সংযুক্ত করিতে হয়। ৪০২চিত্রে চার্জ্জিং পদ্ধতি দর্শিত হইল।

পাটখিলে রং.এর প্লেটগুলি যে পোলের সহিত সংযুক্ত তাহা + পোল ও ধূসর বর্ণের প্লেটগুলি যাহার সহিত সংযুক্ত তাহা — পোল। পোল নিরূপণ করিতে হইলে পোলদ্বয় হইতে দুইটি তার লইয়া লবণাক্ত জলে নিমগ্ন করিলে, যে তারে গ্যাস বুদবুদ (হাইড্রোজেন) জমিতে দৃষ্ট হইবে তাহা — পোল। ব্যাটারির বেলায় এই পরীক্ষার্থে ব্যাটারির অন্ততঃ কিছু চার্জ্জ থাকা প্রয়োজন এবং ব্যাটারি ডিসচার্জ্জড্ হইয়া গেলেও এরূপ সামান্য চার্জ্জ থাকে। অথবা মেরু নিরূপক কাগজ (Pole Finding paper) দ্বারাও ইহা নিরুপিত হইতে পারে। ব্যাটারি চার্জ্জ করিবার সময় সম্পূর্ণ চার্জ্জ করিতে হয়। সম্পূর্ণ চার্জ্জ হইলে ইলেক্ট্রোলাইট ঘোলা হয়, উভয় প্লেট হইতে প্রচুর গ্যাস নির্গত হয় ও ফেনা হইয়া ফুটিবার মত হয়, এবং ইলেক্ট্রোলাইটের আপেক্ষিক গুরুত্ব আর পরিবর্দ্ধিত হইতে থাকে না, প্রায় ১'২ হয়। আপেক্ষিক গুরুত্ব দেখিবার জন্য 'হাইড্রোমিটার, ৪০৩ চিত্র ব্যবহার হয়, ইহার গঠন ও ব্যবহার বিধি 'মোটর শিক্ষকে' দ্রষ্টব্য। ডায়নামো হইতে চার্জ্জ করিতে থাকিলে, চার্জ্জ হইয়া গেলে, আগে ব্যাটারিকে সুইচ দ্বারা বিযুক্ত করিয়া পরে ডায়নামোকে থামাইতে হয়। ব্যাটারির প্রস্তুতকারক যে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক প্রবাহ নির্দ্ধারিত করিয়া দেয়, তদপেক্ষা অধিক প্রবাহ উহা হইতে লইতে নাই। তাহাতে অত্যধিক প্রবাহ জনিত অত্যধিক উত্তাপে প্লেটের সীসা ও পেষ্টের অসমান বিস্ফারণ হেতু বক্রতা প্রাপ্তিতে পেষ্ট খষিয়া যায় এবং প্রবল রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারাও পেষ্ট খষিয়া যায় ও কঠিণ সালফেট প্রস্তুত হয়। এই কারণ ব্যাটারির পোলদ্বয়কে সর্ট সার্কিট করিতে নাই। ব্যাটারির সহিত সর্ব্বাপেক্ষা অধিক প্রবাহ লেখা না থাকিলে, মোটামুটি (+) পাতের গাত্রের প্রতি ১২ বর্গইঞ্চিতে ১ আম্প প্রবাহ ধরা যাইতে পারে।



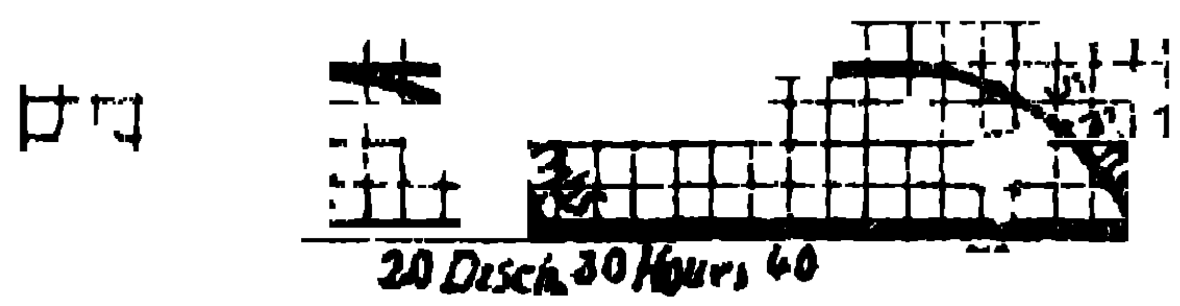
চিত্র—৪০৩

সাধারণ অবস্থায় ১'৮৫ ভোল্টেজের নিম্নে ব্যাটারিকে আর ব্যবহার করিতে নাই ; তবে ১ ঘণ্টায় ডিসচার্জ্জ হইয়া যায় এরূপ প্রবাহ লইতে থাকিলে ১'৭৫ ভোল্টেও উহাকে ব্যবহার করা চলে। ব্যাটারির ই, এম, এফ, ও

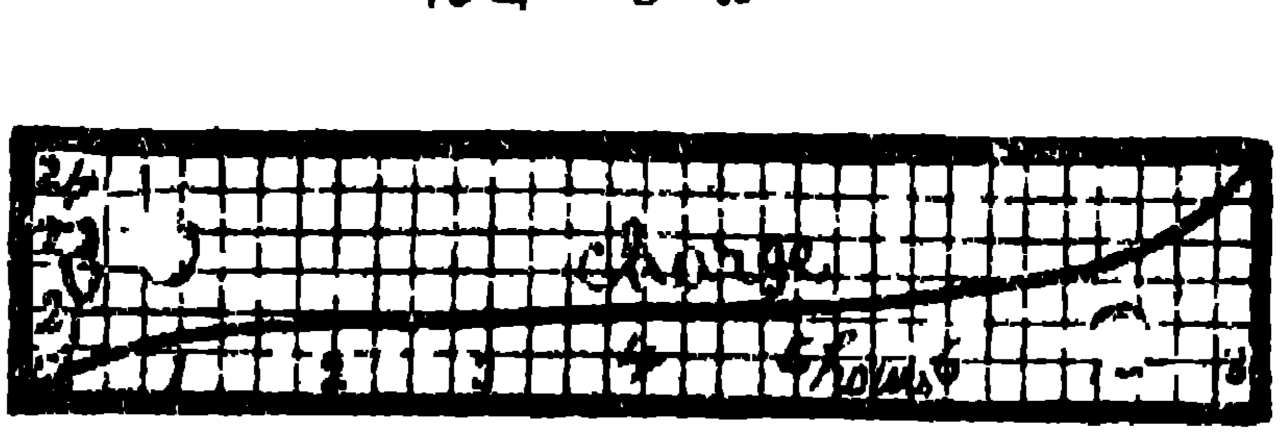


৪০৪—৪০৮

প্রবাহ মাপিবার জন্য ভোল্টমিটার ও আমমিটার ব্যবহৃত হয়, ৪০৪—৪০৮ চিত্রে পকেট সেট ভোল্টমিটার, আমমিটার ও তাহাদের বাক্স দর্শিত হইয়াছে। ব্যাটারিকে সর্ব্বদা চার্জ্জড্ অবস্থায় রাখিতে হয়, নচেৎ কঠিণ সালফেট প্রস্তুত হয়। এইজন্য ব্যাটারিকে ফেলিয়া রাখিতে হইলে উহাকে একটু একটু সাময়িক চার্জ্জ দিতে হয়। ব্যাটারির ইলেক্ট্রোলাইটের জল মরিয়া গেলে নির্ম্মল জল যোগ করিয়া আপেক্ষিক গুরুত্ব বজায় রাখিতে হয়। এবং গ্যাস নির্গমের ছিদ্র পথটি সাফ রাখিতে হয়, নচেৎ বন্ধ হইয়া গেলে উহার বাক্স ফাটিয়া যায়। ডায়নামোর প্রবাহ দানের ক্ষমতার একটি সীমা থাকে, কোন ডায়নামোর পক্ষে তাহার ঐ সীমা অতিক্রম করা সম্ভব নহে, কিন্তু আকুমুলেটার হইতে যে কোন পরিমাণ প্রবাহ পাওয়া যাইতে পারে—তবে অত্যধিক প্রবাহ হইলে ব্যাটারিটি

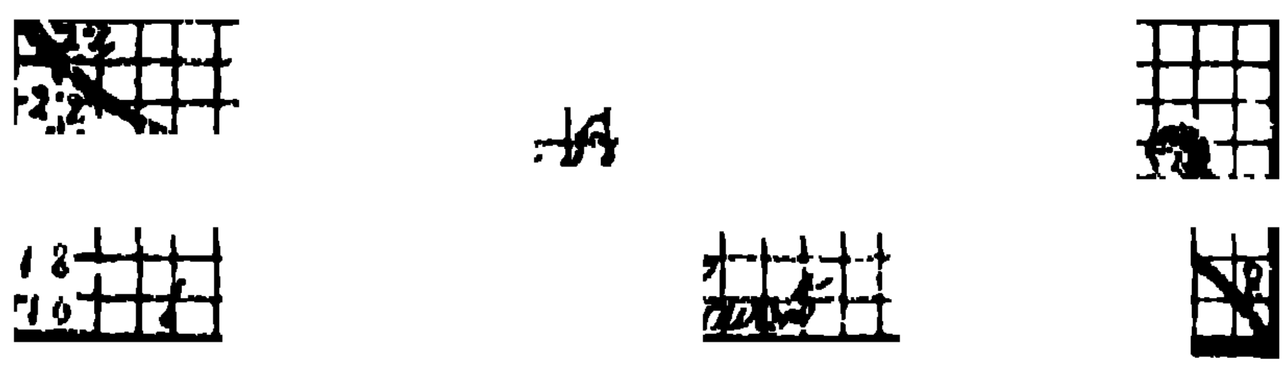


চিত্র—৪০৯

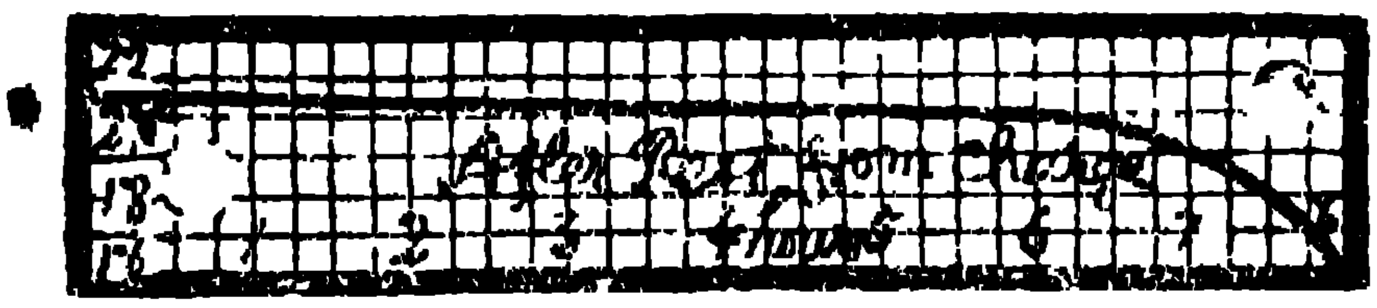


চিত্র—৪১০

নিজেই খারাপ হইয়া যাইবে, তত্রাচ প্রবাহ দানে অক্ষম হইবে না। এই নিমিত্ত ব্যাটারির প্রস্তুত কারক উহা হইতে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক কি পরিমাণ প্রবাহ লওয়া চলিতে পারে তাহা সচরাচর উল্লেখ করিয়া দেন, এই প্রবাহকে "গরিষ্ঠ প্রবাহ" (Maximum discharge current) বলে। গরিষ্ঠ প্রবাহ ব্যাটারির পাতগুলির গঠন, বিস্তৃতি, পরিমাপ ও সংখ্যার উপর নির্ভর করে।



চিত্র—৪১১



চিত্র—৪১২

ব্যাটারির ক্ষমতা আম্পেয়ার-ঘণ্টা (ampere-hour) দ্বারা পরিমিত হয়। কোন ব্যাটারির ক্ষমতা ২৪০ আম্প-ঘণ্টা ও গরিষ্ঠ প্রবাহ ৪০ আম্প হইলে, ৪০ আম্প করিয়া প্রবাহ লইতে থাকিলে উহা খারাপ হইবে না। এবং হিসাব মত ৬ ঘণ্টা কাল ব্যাপিয়া প্রবাহ দিতে পারা উচিৎ বটে, কিন্তু দৃষ্ট হইবে হয়ত ৫ ঘণ্টা ৫০ মিনিট কাল ঐ ভাবে প্রবাহ দিতে পারে। অর্থাৎ ঐরূপ অধিক প্রবাহ লইতে থাকিলে দেখা যায় ব্যাটারির ক্ষমতা কম হয়। কিন্তু যদি ২০ আম্প করিয়া প্রবাহ লইতে থাকা যায় তাহা হইলে হিসাব মত ১২ ঘণ্টা কাল ব্যাপিয়া প্রবাহ দেয়। আবার যদি আরও অল্প পরিমাণে প্রবাহ লইতে থাকা যায়, তাহা হইলে দৃষ্ট হয়। উহার ক্ষমতা ২৪০ আম্প-ঘণ্টা অপেক্ষা অধিক যথা, ১০ আম্প করিয়া প্রবাহ লইলে হিসাব মত ২৪ ঘণ্টা কাল প্রবাহ দেওয়া উচিৎ, কিন্তু কার্য্যতঃ দৃষ্ট হইবে, হয়ত ২৭ ঘণ্টা কাল ঐরূপ প্রবাহ দিবে, অর্থাৎ ক্ষমতা প্রায় ২৭০ আম্প-ঘণ্টা দাঁড়াইতেছে। প্রবাহ আরও কম লইতে থাকিলে দৃষ্ট হইবে ক্ষমতা আরও অধিক,

যথা, ৫ আম্প করিয়া প্রায় ৫৮ ঘণ্টা কাল প্রবাহ দিবে—অর্থাৎ ক্ষমতা প্রায় ২৯০ আম্প-ঘণ্টা দৃষ্ট হইবে। ইহা ৪০৯ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে।

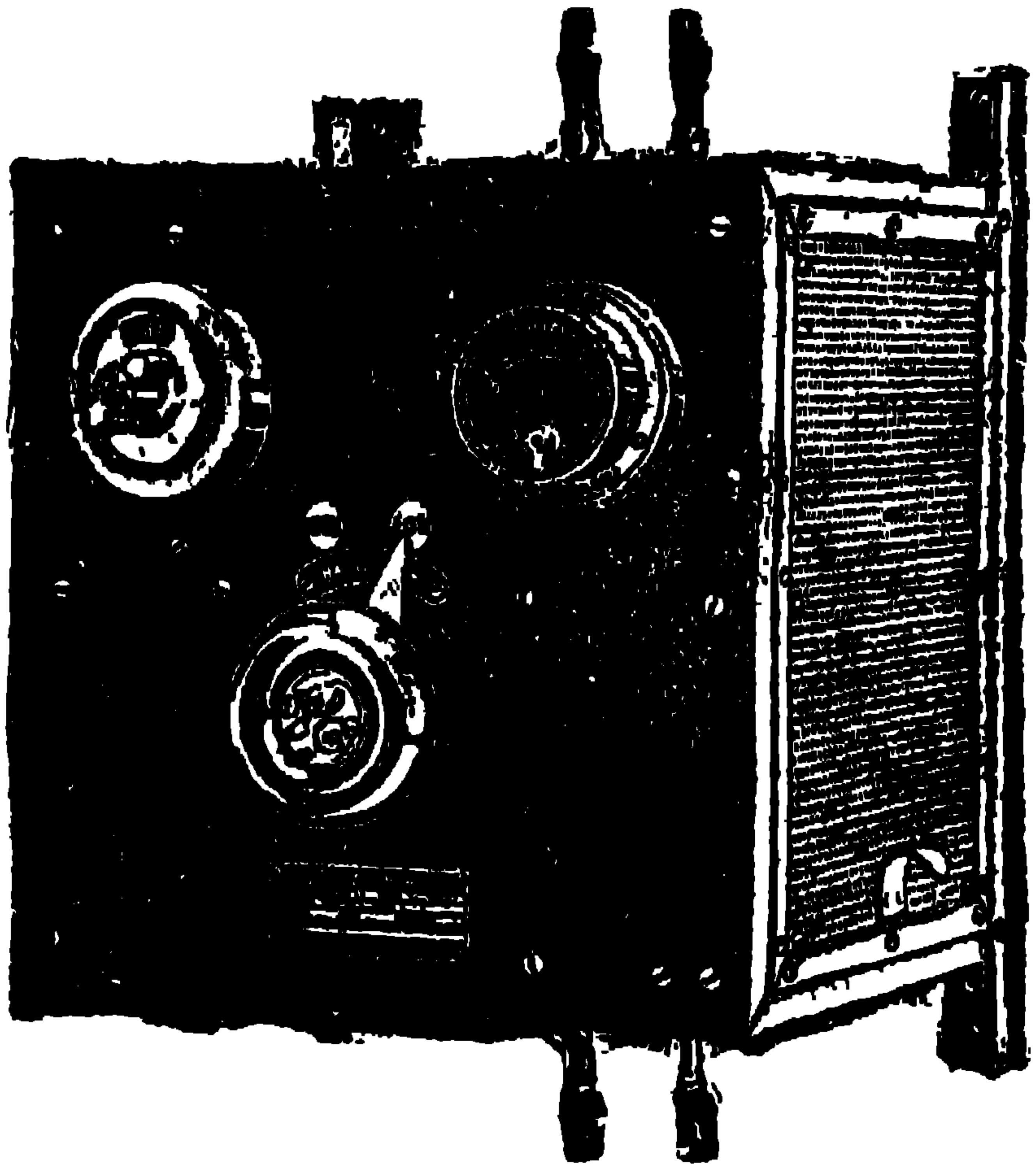
ব্যাটারির পারকতা (Efficiency):—উক্ত ব্যাটারিকে চার্জ্জ করিতে হইলে দৃষ্ট হইবে প্রায় ৩০০ আম্প-ঘণ্টা প্রয়োজন হয়, কিন্তু উহা হইতে মোটে ২৪০ আম্প-ঘণ্টা পাওয়া যায়—অর্থাৎ উহার পারকতা প্রায় ৮০%।

দুই ভোল্ট ব্যাটারির ই, এম, এফ, ১.৮ ভোল্টে নামিয়া আসিলে বুঝিতে হইবে ব্যাটারি ডিসচার্জ্জড্ হইয়া গিয়াছে অর্থাৎ উহা হইতে আর প্রবাহ লওয়া উচিৎ নহে। ইহার পরেও প্রবাহ লইলে ই, এম, এফ, দ্রুত শূন্যে পরিণত হয় এবং পাতগুলিতে অত্যধিক সালফেট ($PbSO_4$) প্রস্তুত হয়—তখন ইহাকে পুনরায় চার্জ্জ করা কষ্টদায়ক। সেইজন্য ই, এম, এফ, ১.৮ ভোল্টে পরিণত হইলে ব্যাটারিকে যত শীঘ্র সম্ভব পুনরায় চার্জ্জ করিতে হয়। চার্জ্জ করিবার কালে ইহার ই, এম, এফ, অতি দ্রুত প্রায় ২ ভোল্টে পরিণত হয় এবং কয়েক ঘণ্টা কাল (পূর্ণ চার্জ্জ না হওয়া পর্য্যন্ত) এই ই, এম, এফ, প্রায় সম ভাব থাকে, পরে যখন প্রায় সম্পূর্ণভাবে চার্জ্জ হইয়া আসে, তখন ই, এম, এফ, দ্রুত বাড়িয়া ২.৪ ভোল্টে পরিণত হয়। চার্জ্জ করিবার কালে ই, এম, এফ, এর এরূপ পরিবর্ত্তণ ৪১০ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ব্যাটারিকে চার্জ্জ করা শেষ হইবার মুখে ই, এম, এফ, যখন ২.৪ ভোল্টে পরিণত হয় তখন সঙ্গে সঙ্গে গ্যাস নির্গত হইতে থাকে এবং তরল পদার্থ (এসিড মিশ্রিত জল) ফুটিবার আকার ধারণ করে। ই, এম, এফ, ২ ভোল্ট হইতে দ্রুত ২.০ ভোল্টে পরিণত হইবার কারণ পাতের কূপগুলির মধ্যে H_2SO_4 উৎপন্ন হইয়া ঐ স্থানে এসিডের গাঢ়তা বৃদ্ধি হয়। ব্যাটারিকে কিয়ৎকাল ফেলিয়া রাখিলে ঐ গাঢ় এসিড ক্রমশঃ কূপ মধ্য হইতে নির্গত হইয়া সমস্ত তরল

পদার্থের মধ্যে ছড়াইয়া পড়ে, তখন প্লেট সন্নিহিত এসিডের গাঢ়তা কমিয়া যায় ও ই, এম, এফ, ২ ভোল্টে পরিণত হয়। সুতরাং ব্যাটারিকে চার্জ্জ করা শেষ হইবার সঙ্গে সঙ্গেই যদি উহাকে ডিসচার্জ্জ করাইতে থাকা যায়, তাহা হইলে ৪১১ চিত্রে দর্শিত-ভাবে উহার ই, এম, এফ, ২·৪ ভোল্ট হইতে দ্রুত পতিত হইয়া ২ অপেক্ষা সামান্য অধিক ভোল্টে পরিণত হয় ও তখন অনেক্ষণ পর্য্যন্ত ই, এম, এফ, সমভাব থাকিয়া (এই ই, এম, এফ, কে মোটামুটি ২ ভোল্ট ধরা যায়) ২ ভোল্ট অপেক্ষা কিছু কম হইলে অপেক্ষাকৃত অধিক হারে কমিয়া ১·৮ ভোল্টে পরিণত হয়। এই অবস্থায় ব্যাটারিকে পুনরায় চার্জ্জ করিতে হয়। আর যদি ব্যাটারিকে চার্জ্জ করিবার পর ঘণ্টা কয়েক ফেলিয়া রাখা যায় ও তৎপরে উহাকে ব্যবহার করা যায়, তাহা হইলে ৪১২ চিত্রে দর্শিতভাবে, প্রথম হইতেই উহার ই, এম, এফ, ২ অপেক্ষা সামান্য অধিক ভোল্ট (মোটামুটি ২ ভোল্ট) দৃষ্ট হয় এবং এই ই, এম, এফ, অনেকক্ষণ বজায় থাকে, অর্থাৎ অতি অল্প হারে কমিতে থাকে; এবং ই, এম, এফ, ২ অপেক্ষা কিছু কম ভোল্টে পরিণত হইলে—পূর্ব্বের ন্যায় অপেক্ষাকৃত অধিক হারে কমিয়া ১·৮ ভোল্টে পরিণত হয়—তখন ইহাকে পুনরায় চার্জ্জ করা বিধেয়। ১·৮ ভোল্টের পরেও ব্যাটারিকে ব্যবহার করিতে যাইলে ই, এম, এফ, অতি দ্রুত হ্রাস হইয়া শূন্যে পরিণত হয়।

অল্টারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা ব্যাটারি চার্জ্জিং—আজকাল দেখিতে পাওয়া যায় অধিকাংশ বড় বড় সহরে ডাইরেক্ট কারেণ্ট সাপ্লাই না হইয়া অল্টারনেটিং কারেণ্ট সাপ্লাই হইতেছে। অতএব এই সকল স্থানে সাধারণ ভাবে ব্যাটারি চার্জ্জ করা সম্ভবপর নহে। এইরূপ স্থলে আমাদের একটি এলুমিনিয়াম রেক্টিফায়ার ব্যাটারির সহিত সিরিজে দিয়া কার্য্য সাধন করা কর্ত্তব্য। ঐ রেক্টি-

ফায়ারে চারিটি সেল আছে। প্রত্যেক সেলে একটি করিয়া সীসার পাত ও একটি করিয়া এলুমিনিয়াম রড, এলুমিনিয়াম-ফস্‌ফেট্ (Aluminium Phosphate) সলিউসনে নিমজ্জিত আছে। এলুমিনিয়ামের আশ্চর্য্য ধর্ম্মানুসারে ঐ ব্যাটারি যেন ইলেক্ট্রিক ভাল্‌ভের কার্য্য করে। ঐ সেল্ কারেণ্টকে এক দিক হইতে অপর দিকে যাইতে দেয় কিন্তু যখন



চিত্র—৪১৩

কারেণ্টের গতি পরিবর্ত্তন হয় তখন তাহার গতিরোধ করে। অতএব কারেণ্টের গতি এক দিক হইতে ঠিক ডাইরেক্ট্-কারেণ্টের ন্যায় কার্য্য করিয়া ব্যাটারি চার্জ্জ করে। ঐ রেক্টিফায়ার সহজেই প্রস্তুত করিতে পারা যায় এবং সাধারণ প্রাইমারী ব্যাটারির ন্যায় তিন চারি মাস অন্তর এলুমিনিয়াম রড্‌টী বদল করিতে হয়। এলুমিনিয়াম ফসফেট 'ডিষ্টিল্‌ড্' জলে গুলিতে হয়। এই উপায়ে যদি ব্যাটারি চার্জ্জ করা হইতে থাকে তবে কারেণ্টের অর্দ্ধাংশ প্রায় নষ্ট হইয়া যায়। অধিক আকুমুলেটার চার্জ্জ করিতে হইলে একটি অল্‌টারনেটিং কারেণ্ট মোটর দ্বারা ডায়নামো চালাইলেই সুবিধা হয়। অধুনা ডাইরেক্ট এবং অল্‌টারনেটিং কারেণ্ট মোটর-জেনারেটার এক সঙ্গেই প্রস্তুত হইতেছে, তাহাকে কন্‌ভারটার (Converter) কহে। ঐ কন্‌ভারটারের একদিকে স্লিপ রিং, অপর দিকে কমিউটেটার স্থাপিত হয়। স্লিপ রিংএর এক

দিকে অলটারনেটিং কারেণ্ট দিলে, কমিউটেটার হইতে ডাইরেক্ট কারেণ্ট পাওয়া যায়। কোন কোন স্থলে 'মার্কারী ভেপার রেক্টি ফায়ার' ব্যবহৃত হয়। ৪১৩ চিত্রে অপর একটি অবলম্বন দর্শিত হইল—ইহাকে 'টাংগার ব্যাটারি চার্জ্জার' (Tungar Battery Charger) বলে। ইহা প্রধানতঃ তিনটি দ্রব্যে গঠিত—(১) একটি বা দুইটি বাল্ব, (২) একটি ট্রান্স ফর্মার এবং (৩) উহাদিগকে ধারণ করিবার জন্য একটি ষ্টিলের বাক্স।

বাল্ব :—বাল্বটিকে ইন্‌ক্যাণ্ডিসেণ্ট আলোকের বাল্বের ন্যায় দেখিতে, ইহার ফিলামেণ্টটি অল্প ভোল্‌টেজের উপযুক্ত। ঐ ফিলামেণ্ট ক্যাথোডের কার্য্য করে এবং একটি, বা কোনস্থলে দুইটি, কার্ব্বন, এনোডের কার্য্য করে। বাল্বটী অতি নির্ম্মল আর্গন (Argon) গ্যাস * পূর্ণ। ফিলামেণ্টটিতে শক্তি-দান করিলে ইলেকট্রোডদ্বয়ের অন্তরা এই গ্যাসপূর্ণ স্থান অল্পবাধাবিশিষ্ট বৈদ্যুতিক ভাল্বের ন্যায় কার্য্য করে, কেবলমাত্র একদিকে—এনোড হইতে ক্যাথেডে—প্রবাহকে বহিতে দেয়। এই ভাবে ইহা হইতে একদিকে বহমান বা ডাইরেক্ট কারেণ্ট পাওয়া যায়।

ট্রান্সফর্মার :—ইহার দ্বারা তিনটি কার্য্য সাধিত হয়, (১) ব্যাটারিতে যেরূপ ভোল্‌টেজ প্রয়োজন হয়, অলটার্ণেটিং কারেণ্টের ভোল্‌-টেজকে তাহাতে পরিণত করে, (২) ইহা ফিলামেণ্টকে উত্তেজিত করিবার একটি পৃথক উপায়, (৩) ইহা ব্যাটারিকে সরবরাহ প্রবাহ হইতে রোধিত করিয়া রাখে। বৈদ্যুতিক অংশটী ষ্টিলের বাক্সটির মধ্যে থাকে।

ব্যাটারি চার্জ্জ করিবার পদ্ধতি (charging the battery) :—আকুমুলেটার চার্জ্জ করিবার সময় প্রথমে দেখিতে হইবে কতটা প্রবাহ দ্বারা কতকাল চার্জ্জ করিতে হইবে অর্থাৎ কি পরিমাণ প্রবাহ উহার মধ্য দিয়া কতকাল বহাইতে হইবে। ইহা ব্যাটারির চার্জ্জিং

* আর্গন একপ্রকার বায়বীয় এলিমেণ্ট (element)। ইহা বায়ুতে দৃষ্ট হয়। বায়ুর প্রায় ১% এই গ্যাস।

কারেণ্ট' (যে পরিমাণ প্রবাহ দ্বারা উহাকে চার্জ্জ করিতে হইবে) ও উহার কেপাসিটি বা ক্ষমতা হইতে নির্দ্ধারিত হয়। এই চার্জ্জিং কারেণ্ট ও কেপাসিটি প্রস্তুতকারক দ্বারা ব্যাটারি সহ উল্লেখিত হয়, যথা,—একটি ব্যাটারির চার্জ্জিং কারেণ্ট ৫ আম্প ও কেপাসিটি ২০০ আম্প-ঘণ্টা হইলে, যেহেতু আকুমুলেটারদিগের পারকতা বা 'এফিসিয়েন্সি' প্রায় ৮৫%, ২০০ আম্প-ঘণ্টা ব্যাটারির মধ্যে সঞ্চিত করিতে হইলে ২০০ ÷ ·৮৫ = ২৩৫ আম্প-ঘণ্টা লাগিবে। অতএব ৫ আম্প প্রবাহ দ্বারা চার্জ্জ করিলে, ২৩৫ ÷ ৫ = ৪৭ ঘণ্টাকাল ব্যাপিয়া চার্জ্জ করিতে হইবে অর্থাৎ প্রায় দুইদিন লাগিবে। বলা বাহুল্য চার্জ্জিং কারেণ্ট অপেক্ষা অধিক প্রবাহ দ্বারা চার্জ্জ করিলে আকুমুলেটার নষ্ট হইয়া যায়।

আকুমুলেটার চার্জ্জ করিতে হইলে বাহির হইতে প্রবাহ উহার মধ্য দিয়া বহাইতে হয়, সুতরাং এই প্রবাহের ভোল্‌টেজ ব্যাটারির ই, এম, এফ, অপেক্ষা কম হইলে চলিবে না। ডিসচার্জ্জ হইয়া গেলে সেল প্রতি আকুমুলেটারের ই,এম, এফ, ১·৮ভোল্‌ট হয়, অতএব চার্জ্জ করিবার প্রথমাবস্থায় সেল প্রতি অন্ততঃ ১·৮ ভোল্‌ট প্রযুক্ত হইলে তবে ব্যাটারি চার্জ্জ হইতে আরম্ভ হইবে। কিয়ৎ পরিমাণে চার্জ্জ হইলেই সেল প্রতি ব্যাটারির ই, এম, এফ, গড়ে প্রায় ২ ভোল্‌ট হয়, সুতরাং তখন চার্জ্জ করিবার নিমিত্ত সেল প্রতি ২ ভোল্‌ট চাপ প্রযুক্ত হওয়া প্রয়োজন। চার্জ্জ করা শেষ হইবার সময় সেল প্রতি ই, এম, এফ, প্রায় ২·২ ভোল্‌ট হয়, সুতরাং তখন সেল প্রতি ২·২ ভোল্‌ট চার্জ্জ করিবার নিমিত্ত প্রয়োজন হয়।

সাধারণে যে সকল ব্যাটারি ব্যবহার করেন সেগুলি চার্জ্জ করিতে হইলে, হয় কোন চার্জ্জিং কোম্পানির নিকট হইতে চার্জ্জ করিয়া লইতে হয়, আর যদি তাঁহারা বৈদ্যুতিক শক্তির গ্রাহক হন তাহা হইলে ইচ্ছা করিলে নিজেদের সাপ্লাই মেন হইতেও চার্জ্জ করিয়া লইতে পারেন। এই চার্জ্জ করিবার প্রণালী নিম্নে একটি উদাহরণ দ্বারা বর্ণিত হইল।

ধরা যাউক যেন সাপ্লাই মেনের প্রেসার ২২০ ভোল্ট, চার্জ্জিং কারেণ্ট ৫ আম্প এবং ৪টী সেল বিশিষ্ট একটি ও ৩টী সেল বিশিষ্ট একটি, এই দুইটি আকুমুলেটার চার্জ্জ করিতে হইবে। একসঙ্গে চার্জ্জ করা মনস্থ করিলে উহাদিগকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া লইতে হইবে, অর্থাৎ একটির (+) পোল অপরটির (−) পোলের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। তাহা হইলে একটির (−) ও অপরটির (+) পোল অসংযুক্ত। যেহেতু চার্জ্জ করিবার সময় আকুমুলেটারের মধ্যে (+) পাত হইতে (−) পাতে প্রবাহ বহাইতে হইবে (অর্থাৎ আকুমুলেটার হইতে প্রবাহ লইবার সময় উহার মধ্যে যে দিকে প্রবাহ বহে তাহার বিপরীত দিকে), অতএব (+) পোলকে (+) মেন'এর ও (−) পোলকে (−) মেন'এর সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, কিন্তু সোজাসুজি এরূপ সরল সংযোজন চলিবে না, কারণ ব্যাটারিদ্বয়ে মোট ৭টী সেল আছে, সুতরাং প্রথমাবস্থায় তাহাদের মোট ই,এম,এফ, = ১'৮ × ৭ = ১২'৬ ভোল্ট, অতএব প্রযুক্ত (লাইন হইতে) ২২০ ভোল্টের ১২'৬ ভোল্ট ব্যাটারির ই, এম, এফ, হেতু নষ্ট হয় ও বাকী ২০৭'৪ ভোলট ব্যাটারিতে প্রযুক্ত হয়, এবং যেহেতু ব্যাটারির আভ্যন্তরিক বাধা প্রযুক্ত ভোল্ট অনুযায়ী অধিক নহে, প্রবাহ অত্যন্ত অধিক হইবে ও ব্যাটারি খারাপ হইয়া যাইবে। এই নিমিত্ত ব্যাটারির সহিত এরূপ কোন বাধাকে সিরিজে সংযুক্ত করিতে হইবে যাহাতে প্রবাহ ৫ আম্প অপেক্ষা অধিক না হয়। ২২০ ভোল্টের কার্ব্বন ফিলামেণ্ট বাতি (lamp) দ্বারা ঐ কার্য্য সুচারু ভাবে সাধিত হয়। তবে, একটি বাতি ব্যবহার করিলে প্রবাহ অতি অল্প হয়, এই নিমিত্ত প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত এতগুলি বাতি ব্যবহার করিতে হয় যাহাতে ৫ আম্প প্রবাহ হইতে পারে। যথা,—১৬ ক্যাণ্ডেল্ পাওয়ার বাতি ব্যবহার করিলে—(যেহেতু ইহাদিগের প্রতি ক্যাণ্ডেল পাওয়ারে প্রায় ৩'৫ ওয়াট শক্তি প্রয়োজন হয়)—প্রত্যেক আলোর জন্য ৩'৫ ওয়াট × ১৬ = প্রায় ৫৫ ওয়াট শক্তি প্রয়োজন হইবে। যেহেতু ওয়াট = আম্প ×

ভোল্‌ট, কারেন্ট=৫৫÷২২০=·২৫ আম্প। সুতরাং ৫ আম্প প্রবাহ পাইতে হইলে৫÷·২৫=২০টী আলোক প্যারালালে সংযুক্ত করিতে হইবে।

এই আলোকগুলির একটি টারমিনাল ব্যাটারির(−) টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত করিয়া, ব্যাটারির (+) টারমিনাল লাইনের (+) মেন'এর সহিত ও আলোকের অপর টার্মিনাল (−) মেনের সহিত সংযুক্ত করিলেই ব্যাটারি যথারীতি চার্জ্জ হইতে থাকিবে। বলা বাহুল্য সংযোজনাদি সুইচের মধ্য দিয়া করা হয়।

দ্রষ্টব্য :—চার্জ্জ করিবার প্রথমাবস্থায় ব্যাটারিদ্বয় দ্বারা লাইনের চাপের বিরুদ্ধে প্রায় ১২$\frac{১}{২}$ ভোল্ট চাপ প্রদত্ত হয়, সুতরাং ব্যাটারির মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিতে থাকিলে লাইনের ভোল্‌টেজ কমিয়া (২২০−১২$\frac{১}{২}$) ভোল্ট=২০৭$\frac{১}{২}$ ভোল্‌ট হয় এবং আলোক গুলিতে এই ২০৭$\frac{১}{২}$ ভোল্‌ট চাপ প্রযুক্ত হয়। কিন্তু যেহেতু উহারা ২২০ ভোল্‌টের উপযোগী, এই কিয়দল্প চাপ হেতু উহাদের জ্যোতিঃ কিছু হ্রাস হইবে। পরে ব্যাটারি কিছু চার্জ্জ হইলে ব্যাটারিদ্বয় দ্বারা ৭×২=১৪ ভোল্‌ট চাপ প্রদত্ত হয়, সুতরাং আলোকগুলিতে ২২০−১৪=২০৬ ভোল্‌ট চাপ প্রযুক্ত হয় ও উহাদের জ্যোতিঃ অপেক্ষাকৃত হ্রাস পায়। এবং পূর্ণ মাত্রায় চার্জ্জ হইয়া আসিলে ব্যাটারিদ্বয় হইতে ২·২×৭=১৫·৪ ভোল্‌ট চাপ প্রদত্ত হয় ও আলোক তখন ২২০−১৫·৪=২০৪·৬ ভোল্‌ট চাপ প্রাপ্ত হয়। সুতরাং জ্যোতিঃ আরও কমিয়া যায়। সেলের সংখ্যা অধিক হইলে আলোকের প্রাপ্ত চাপ এরূপ কমিয়া যাইতে পারে যে হয়ত উহারা মিটমিট করিয়া জ্বলিবে বা আদৌ জ্বলিবে না।

এখন দেখা যাউক কত কাল ব্যাপিয়া চার্জ্জ করিতে হইবে—ধরা যাউক যেন একটি ব্যাটারির ক্ষমতা ১২০ আম্প-ঘণ্টা, অপরটির ১৬০ আম্প-ঘণ্টা। তাহা হইলে ৫ আম্প প্রবাহ দ্বারা চার্জ্জ করিতেএকটিতে

$\frac{১২০}{৫} \times \frac{১০০}{৮৫} = ২৮\frac{১}{৪}$ ঘণ্টা ও অপরটিতে $\frac{১৬০}{৫} \times \frac{১০০}{৮৫} = ৩৭\frac{৩}{৪}$

ঘণ্টা লাগিবে। সুতরাং ২৮—২৯ ঘণ্টার মধ্যে পূর্ব্ব ব্যাটারিকে সরাইয়া লইতে হইবে ও দ্বিতীয় ব্যাটারিকে আলোকাদির সহিত সংযুক্ত রাখিয়া আরও প্রায় ১০ ঘণ্টা কাল চার্জ্জ করিতে হইবে।

ব্যাটারি চাৰ্জ্জিং কোম্পাণিগণ চার্জ্জ করিবার নিমিত্ত বহুসংখ্যক ব্যাটারি পান। সুতরাং তাঁহারা উল্লিখিত প্রণালীমতে অর্থাৎ ব্যাটারির সহিত আলোক সংযুক্ত করিয়া বৃথা আলোকের মধ্যে শক্তি অপচয় করেন না, আলোকের পরিবর্ত্তে ব্যাটারি ব্যবহার করিয়া সমস্ত শক্তি চার্জ্জিং কার্য্যে নিযুক্ত করেন। ইহা উদাহরণ দ্বারা নিম্নে বর্ণিত হইল।

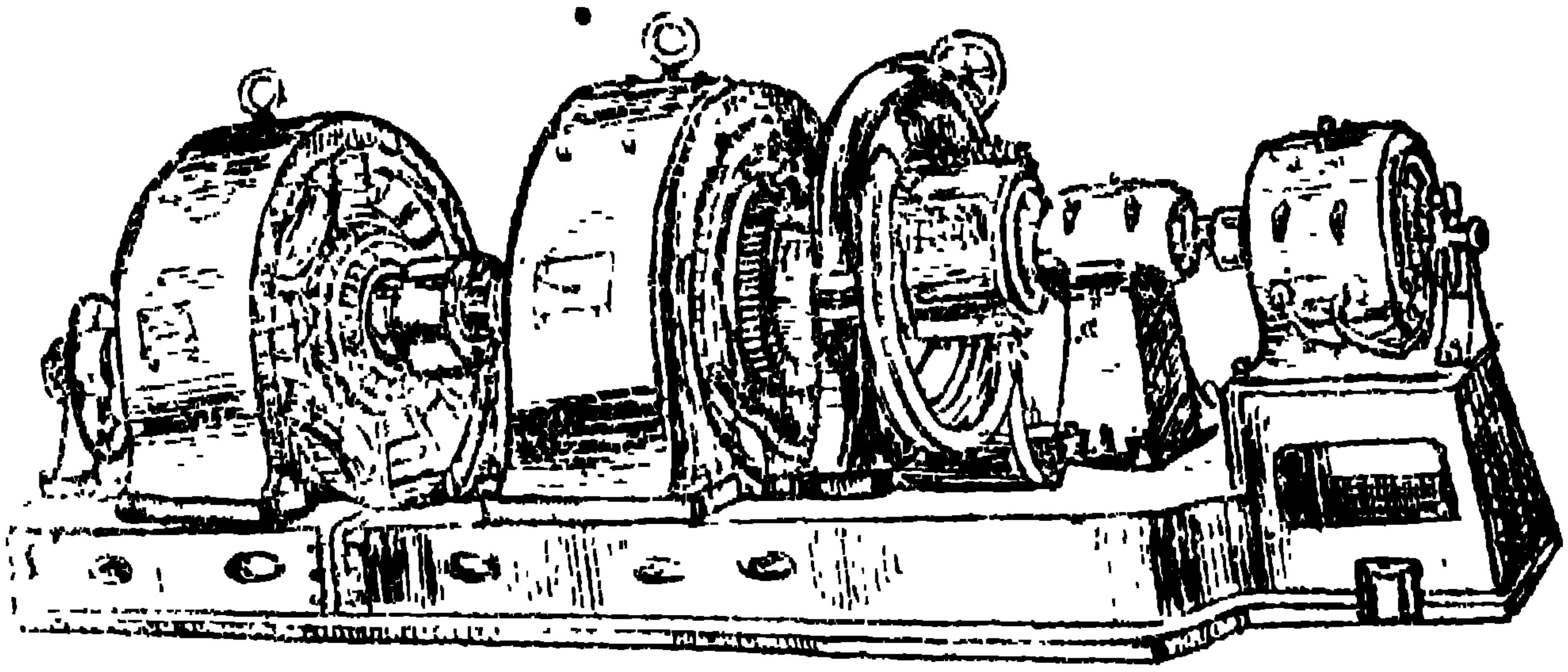
ধরা যাউক লাইনের চাপ ২২০ ভোল্‌ট ও প্রতি সেলের আভ্যন্তরিক বাধা গড়ে '১ ওম ও চার্জ্জিং কারেণ্ট ৫ আম্প।

সুতরাং ৫ আম্প প্রবাহ বহাইবার নিমিত্ত প্রতি সেলে '১ × ৫ = '৫ ভোল্‌ট প্রয়োজন। এতদ্ব্যতীত. প্রথমাবস্থায় সেলের ই, এম, এফ, ১'৮ ভোল্‌ট. সুতরাং এই ই, এম, এফ, অতিক্রম করিবার নিমিত্ত ১'৮ ভোল্‌ট চাপ প্রয়োজন হইবে। অতএব প্রথমাবস্থায় সেলের মধ্য দিয়া ৫ আম্প প্রবাহ বহাইতে হইলে সেল প্রতি ১'৮ + '৫ = ২'৩ ভোল্‌ট চাপ প্রয়োজন হইবে। সুতরাং ২২০ ভোল্‌ট লাইনে প্রথমতঃ ২২০ ÷ ২'৩ = প্রায় ৯৬ টী সেল একত্র সিরিজে সংযুক্ত করিয়া ব্যবহার করিতে হইবে। আবার, যেহেতু কিয়ৎ পরিমাণে চার্জ্জ হইলে প্রতি সেলের ই, এম, এফ, ২ ভোল্‌ট হয়, এই অবস্থায় ৫ আম্প প্রবাহ বহাইতে হইলে সেল প্রতি ২ + '৫ = ২'৫ ভোল্‌ট প্রয়োজন হইবে। সুতরাং এই অবস্থায় উক্ত লাইনে ২২০ ÷ ২'৫ = ৮৮টী সেল সিরিজে সংযুক্ত থাকা প্রয়োজন। এবং চার্জ্জ করা শেষ হইবার সময় প্রতি সেলের ই, এম, এফ, প্রায় ২'২৫ ভোল্‌ট হয়, সুতরাং তখন সেল প্রতি ২'২৫ + '৫ = ২'৭৫ ভোল্‌ট চাপ প্রয়োজন। অতএব এই অবস্থায় মোটে ২২০ ÷ ২'৭৫ = ৮০ টী সেল সিরিজে সংযুক্ত থাকিতে পারে। অতএব দেখা যাইতেছে উক্ত লাইনে প্রথমে ৯৬টি সেল লইয়া আরম্ভ করিয়া, চার্জ্জ হওয়া হেতু যেমন যেমন সেলগুলির ই, এম, এফ, বাড়িতে থাকে সেই মত এক ধার হইতে

সেলগুলির সংখ্যা ক্রমশঃ হ্রাস করিতে করিতে অবশেষে ৮০টী পর্যান্ত সেল রাখিতে হইবে। ৮০ হইতে ৯৬—এই ১৬টী সেলকে 'এণ্ড' (end) সেল বলে। এই এণ্ড সেলগুলির সংখ্যা হ্রাস দ্বারা লাইনের ভোল্‌টেজকে চার্জ্জ করিবার উপযোগী রাখা হয়। এই এণ্ড সেলের সংখ্যা হ্রাস বৃদ্ধির নিমিত্ত বিশেষ প্রকারের সুইচ ব্যবহৃত হয়, তাহাকে ব্যাটারি সুইচ (Battery Switch) বলে। ইহা পরে বর্ণিত হইয়াছে। পাওয়ার হাউসে সময় বিশেষে আকুমুলেটার হইতে শক্তি সরবরাহ করা হয়। ঐ আকুমুলেটার গুলি পাওয়ার হাউসেই চার্জ্জ হইয়া থাকে। পাওয়ার হাউসে চার্জ্জ করিবার প্রণালী অনেকটা চার্জ্জিং কোম্পাণির মত। ব্যাটারিগুলি সিরিজে সংযুক্ত হইয়া 'বাস-বার' (Bus Bar) হইতে চার্জ্জ হয় এবং উহারা লাইনের সহিত প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত থাকে। বাস-বারের ভোল্‌টেজ ব্যাটারিগুলির পক্ষে অপ্রচুর হইলে 'বুষ্টার' (Booster) দ্বারা তাহা প্রয়োজন মত বাড়াইয়া লইতে হয়। এবং সংযোজন পদ্ধতি এরূপ যে ডায়নামো মধ্যে উৎপাদিত শক্তি অপেক্ষা 'চাহিদা' (Demand) অল্প হইলে, উদ্বৃত্ত শক্তি দ্বারা ব্যাটারিগুলি চার্জ্জ হইতে থাকে এবং অল্পকালের জন্য ডায়নামো'র শক্তি অপেক্ষা চাহিদা অধিক হইলে ব্যাটারিগুলি ডিসচার্জ্জ হইয়া বাকী শক্তি যোগাইতে থাকে। যখন চাহিদা এত অল্প হয় যে ডায়নামো চালাইবার খরচা পোষায় না, তখন ডায়নামো বন্ধ করিয়া কেবল মাত্র ব্যাটারি গুলি হইতে শক্তি সরবরাহ করা হয়। এই প্রণালীতে দুইটি ব্যাটারি সুইচ প্রয়োজন হয়, একটি চার্জ্জকালে এণ্ড সেলের সংখ্যা হ্রাস বৃদ্ধির নিমিত্ত, অপরটি ডিসচার্জ্জকালে এণ্ড সেলের সংখ্যা হ্রাস বৃদ্ধির নিমিত্ত।

<u>রিভার্সিব্‌ল্ বুষ্টার</u> (Reversible Booster) :—শক্তি সরবরাহ কালে পাওয়ার হাউসে ডায়নামোর সহিত ব্যাটারি প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত রাখা হয়। ইহার উদ্দেশ্য লাইনে চাহিদা কম হইলে উদ্বৃত্ত শক্তি দ্বারা ব্যাটারি চার্জ্জ হইতে থাকে, আবার যখন চাহিদা উৎপাদকের ক্ষমতা অপেক্ষা অধিক হয় তখন ঐ চার্জ্জড

ব্যাটারি ডায়নামোর সহিত মিলিত হইয়া উভয়ে শক্তি সরবরাহ করে। চার্জ্জ করিবার কালে ডায়নামোর ভোল্‌টেজকে বর্দ্ধিত করিয়া চার্জ্জ করিবার উপযোগী করি-



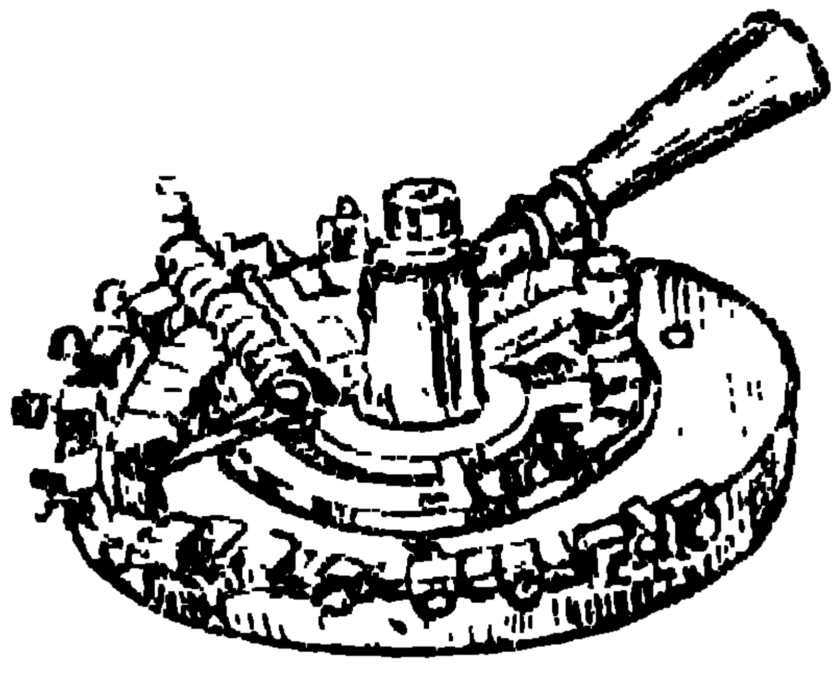
চিত্র—৪১৪

বার নিমিত্ত ব্যাটারির সহিত সিরিজে 'বুষ্টার' নামক একটি অবলম্বন ব্যবহৃত হয়। ইহাকে চার্জ্জিং বুষ্টার বলে। ইহা সচরাচর সাণ্ট মোটর দ্বারা চালিত একটি সাণ্ট ডায়নামো। মোটরটি উৎপাদকের প্রবাহ দ্বারা চালিত হইয়া ইহার সহিত আবদ্ধ সাণ্ট ডায়নামোর আর্মেচারকে ঘুরাইয়া উহাতে ব্যাটারিকে চার্জ্জ করিবার উপযোগী ভোল্‌টেজ উৎপন্ন করে। বলা বাহুল্য এই চার্জ্জিং ডায়নামোটির রাজ্যকয়েল মোটরটির রাজ্যকয়েলের ন্যায় প্রধান ডায়নামো বা উৎপাদকের প্রবাহ দ্বারাই উত্তেজিত হয়।

অনেক সময় যেমন, বৈদ্যুতিক ট্রাম ও রেল প্রভৃতি প্রণালীতে, এক এক সময় ভার অত্যন্ত অধিক হয়, অর্থাৎ খুব অধিক প্রবাহ প্রয়োজন হয়। এরূপ স্থলে ঐ অত্যধিক প্রবাহ সরবরাহ কালে ব্যাটারির ভোল্‌টেজও হ্রাস প্রাপ্ত হয়। সুতরাং এরূপ বুষ্টার প্রয়োজন হয় যাহা ব্যাটারির হ্রাস প্রাপ্ত ভোল্‌টেজকে পরিবর্দ্ধিত করে। ইহাকে রিভার্সিব্‌ল্ বুষ্টার বলে। ইহা দুই দিকেই, অর্থাৎ ব্যাটারি চার্জ্জ হইবার কালে এবং ব্যাটারি ডিস্‌চার্জ্জ হইবার কালে বুষ্টারের কার্য্য করে। ৪১৪ চিত্রে একটি অটোম্যাটিক রিভর্সিবল বুষ্টার দর্শিত হইয়াছে—ইহা, যখন যে দিকে বুষ্টারের কার্য্য করিবার প্রয়োজন, আপনা আপনি সেই দিকে বুষ্টারের কার্য্য করে। ইহাতে একই বেড প্লেটে একটি মোটর, একটি বুষ্টার ও একটি এক্‌সাইটার বা উত্তেজক আবদ্ধ আছে। বুষ্টারের আর্মেচার ব্যাটারির সহিত সিরিজে সংযুক্ত করা হয়। ইহাতে একটি 'একচুয়েটিং কয়েল' (actuating coil) ও স্প্রিংসহ একটি কার্ব্বন রেগুলেটার আছে; ইহাদ্বারা বুষ্টারের দিক বিপরীত করা হয়। যখন জেনারেটারে অত্যধিক ভার প্রযুক্ত হয় তখন রেগুলেটার সাহায্যে এক্সাইটারের মধ্য দিয়া এরূপ দিকে প্রবাহ বহে যে তাহা বুষ্টারের রাজ্যকয়েলকে এরূপ দিকে উত্তেজিত করে যে ইহার ভোলটেজ ব্যাটারির সহিত মিলিত হইয়া ব্যাটারিকে ডিসচার্জ্জ হইতে অর্থাৎ প্রবাহ যোগাইতে সক্ষম করে এবং ব্যবস্থা এরূপ করা থাকে যে ব্যাটারির প্রবাহ ও

ডায়নামো সাধারণ অবস্থায় যেরূপ প্রবাহ দেয়, ইহাদের সমষ্টি লাইনের চাহিদার সহিত সমান। আবার যদি লোড কম হয় অর্থাৎ চাহিদা অল্প হয় তাহা হইলে রেগুলেটার সাহায্যে এক্সাইটারের মধ্য দিয়া এরূপ দিকে প্রবাহ বহে যে উহা বুষ্টারের রাজ্যাকয়েলকে এরূপদিকে উত্তেজিত করে যে তাহা ব্যাটারিকে চার্জ্জ করিতে থাকে এবং তখন উৎপাদকের মধ্যে উৎপাদিত শক্তি লাইন ও ব্যাটারির মধ্য দিয়া প্রবাহিত শক্তি দ্বয়ের সমষ্টি। যখন সাধারণ অবস্থার ভার প্রযুক্ত থাকে তখন বুষ্টারের রাজ্যাকয়েল উত্তেজিত হয় না— উৎপাদকের শক্তি লাইনে প্রযুক্ত হয়। অতএব দেখা যায় এরূপ প্রণালী দ্বারা উৎপাদক প্রায় একভাব ভার প্রাপ্ত হয়—ভারের অল্পাধিক্যতা রিভার্সিবল্ বুষ্টার সাহায্যে ব্যাটারি দ্বারা একভা বীভূতহয়।

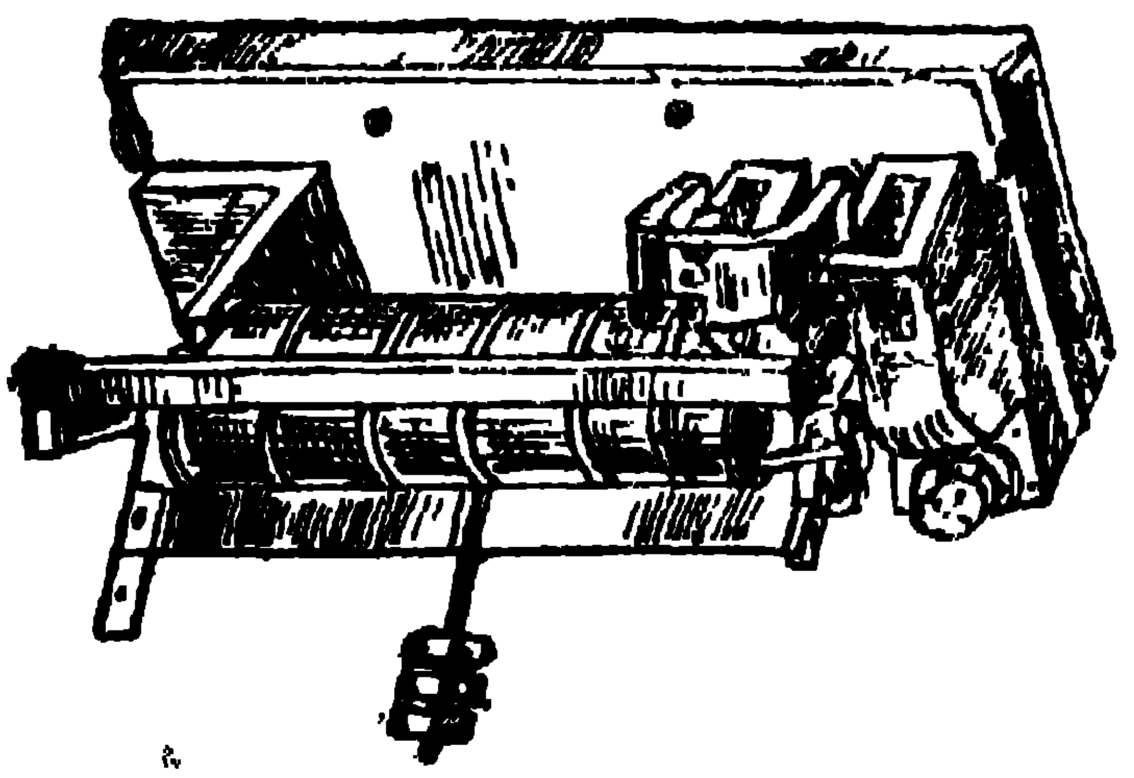
ব্যাটারি সুইচ :—ব্যাটারি চার্জ্জ করিবার সময় প্রয়োজন মত সেলের সংখ্যা হ্রাস বা বৃদ্ধি করিবার নিমিত্ত ৪১৫ চিত্রে দর্শিত সুইচ ব্যবহৃত হয়। এই সুইচে অপরিচালক খণ্ডদ্বারা ব্যবহিত কতকগুলি পরিচালক খণ্ড বৃত্তাকারে সজ্জিত আছে। লিভারের সহিত আবদ্ধ একটি কার্ব্বন বুরুষ এই ধাতু খণ্ডকে স্পর্শ করে এবং হ্যাণ্ডেল দ্বারা এই লিভারকে ঘুরাইয়া যে কোন ধাতু খণ্ডের উপর উক্ত বুরুষকে স্থাপিত করিতে পারা যায়। বুরুষটি একটি কার্ব্বন খণ্ডে প্রস্তুত নহে, দুইটি কার্ব্বন খণ্ডে প্রস্তুত এবং তাহাদের মধ্যে প্রধান বুরুষটি লিভারের সহিত আবদ্ধ, দ্বিতীয়টি প্রধান বুরুষের সাহত একটি বাধা বিশিষ্ট কয়েল দ্বারা আবদ্ধ। বুরুষটি একখণ্ড কার্ব্বন দ্বারা প্রস্তুত হইলে (১) যদি উহা দুইটি সন্নিহিত ধাতুখণ্ডের ব্যবধান অপেক্ষা সরু হয়, তাহা হইলে একটি ধাতু খণ্ডকে ত্যাগ করিয়া পরবর্ত্তী ধাতু খণ্ডে যাইবার সময় সংযোজনের বিচ্ছেদ ঘটিবে ও বিচ্ছেদ কালীন অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ঘটিবে, আর (২) যদি উহা ঐ ব্যবধান অপেক্ষা চওড়া হয়, তাহা হইলে একটি ধাতু খণ্ড হইতে পরবর্ত্তী ধাতু খণ্ডে যাইবার প্রাক্কালে পর পর ধাতু খণ্ড দ্বয় বুরুষ দ্বারা সংযুক্ত হইবে, ইহাতে সংযোগের বিচ্ছেদ ঘটে না বটে, কিন্তু ঐ ধাতু



চিত্র—৪১৫

খণ্ডদ্বয়ের মধ্যে সংযুক্ত সেল বা ব্যাটারির—ঐ বুরুষ দ্বারা সর্ট সার্কিট ঘটে ও সেল বা ব্যাটারি খারাপ হইয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। এই নিমিত্ত কার্ব্বন খণ্ডদ্বয় পরস্পরের সহিত বাধাদায়ক কয়েল দ্বারা সংযুক্ত। এই কার্ব্বন খণ্ডদ্বয় পরস্পর হইতে এরূপ ব্যবধানে থাকে যে প্রধান কার্ব্বনটি ধাতু খণ্ডের উপর থাকিলে অপরটি ধাতু খণ্ডদ্বয়ের ব্যবধানে অপরিচালক খণ্ডের উপর থাকে, অতএব প্রধানটি কোন ধাতুখণ্ডকে ত্যাগ করিবার পূর্ব্বেই পরবর্ত্তী ধাতু খণ্ড অপর কার্ব্বন খণ্ড দ্বারা সংযুক্ত হয়, অথচ এই ধাতু খণ্ড দ্বয়ের মধ্যে (সুতরাং সেল বা ব্যাটারির) সর্ট সার্কিট ঘটিতে পারে না, কারণ তাহাদের মধ্যে ঐ বাধাদায়ক কয়েলটি আছে। স্থায়ী সংযোজন প্রধান কার্ব্বন দ্বারা করা হয়, নচেৎ বাধাদায়ক কয়েলে শক্তির অপব্যয় হইবে।

মিনিমাম কাট আউট (Minimum cut out):— ডায়নামো ও আকুমুলেটার একসঙ্গে প্যারালালে কার্য্য করিতে থাকিলে সময় বিশেষে আকুমুলেটার হইতে প্রবাহ ডায়নামোর মধ্য দিয়া বহিতে পারে। যথা, ডায়নামোর চালক ইঞ্জিনের গতি হ্রাস হেতু ডায়নামোর ভোল্টেজ আকুমুলেটারের ভোলটেজ অপেক্ষা অল্প হইলে আকুমুলেটার হইতে প্রবাহ ডায়নামোর আর্মেচারের মধ্য দিয়া বহিবে, ডায়নামোটি মোটরে পরিণত হইবে ও ইঞ্জিনকে চালাইতে থাকিবে, ইঞ্জিনটি (মোটরের) ভার স্বরূপ হইবে। আকুমুলেটারের সহিত সাণ্ট ডায়নামো ব্যবহৃত হয় বলিয়া ডায়নামোর কোন ক্ষতি হইবার সম্ভাবনা থাকে না, কিন্তু ঐ প্রবাহ পরিমাণ অত্যধিক হইলে প্রবাহ জনিত উত্তাপ হেতু আকুমুলেটারটি নষ্ট



চিত্র—৪১৬

হইয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। এই নিমিত্ত আকুমুলেটারের সহিত মিনিমাম-কাট-আউট ব্যবহৃত হয়। এই অবলম্বনের উদ্দেশ্য ডায়নামোর ভোল্‌টেজ হ্রাস হেতু আকুমুলেটার হইতে ডায়নামোতে প্রবাহ বহিবার কালে আকুমুলেটারকে ডায়নামো হইতে বিচ্ছেদ করিয়া দেওয়া। ইহাতে পাশাপাশি দুইটি পারদ আধার আছে, চিত্র—৪১৬, তাহাদের উপর দিকে একটি U আকৃতি ধাতুখণ্ড এরূপ ভাবে অবস্থিত যে পারদ আধার দ্বয় ধারক যন্ত্রের পশ্চাদংশটী উপর দিকে উঠিলে এই U আকৃতি ধাতুখণ্ডের শেষভাগদ্বয় পারদের মধ্যে নিমজ্জিত হইয়া আধার দ্বয়ের মধ্যে ধাতব সংযোজন ঘটায়। U আকৃতি ধাতুখণ্ডের মাঝখানে একটি চলনক্ষম লৌহের 'লিভার' আছে, লিভারটি নিম্নদিকে নির্গত হইয়া আছে। এই লিভারের সহিত একটি লৌহ 'আকসেল' ভূ-সমান্তরাল ভাবে সংযুক্ত আছে ও আকসেলটির শেষ ভাগদ্বয় হইতে দুইটি ছোট লৌহখণ্ড পশ্চাদ্দিকে নির্গত হইয়া আছে। এই ছোট লৌহখণ্ড দুইটি পিত্তল পাত দ্বারা সংযুক্ত ও ঐ পিত্তল পাত হইতে ভার ঝুলান থাকে— এই ভার দ্বারা যন্ত্রটির পশ্চাদ্ভাগ নিম্নদিকে টান পায়। আকসেলটী (লৌহ; একটি তাম্রতারের কয়েলের মধ্যে আবরিত থাকে। ঐ কয়েলের একটি মুখ অন্তর্বর্তী পারদ পাত্রের সহিত সংযুক্ত, অপর মুখটি একটি মেন টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত, দ্বিতীয় মেন টার্মিনাল (বহির্ভাগস্থ) পারদ পাত্রের সহিত সংযুক্ত। কয়েলটির মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিলে আকসেল ও তৎসংলগ্ন লৌহখণ্ডদ্বয় চুম্বকীভূত হইয়া, সমষ্টি একটি অশ্ব ক্ষুরাকার চুম্বকে পরিণত হয়। এই অবলম্বনটির একটি টার্মিনাল (বহির্ভাগস্থ পারদ পাত্রের সহিত সংযুক্ত) ডায়নামোর সহিত ও অপর টার্মিনাল আকুমুলেটারের সহিত সংযুক্ত হয়, সুতরাং বর্ত্তমান অবস্থায় কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিতে পারে না (U আকৃতি ধাতুখণ্ড পাত্রদ্বয়ের পারদে নিমজ্জিত হয় নাই বলিয়া)। আকুমুলেটার চার্জ্জ

করিতে হইলে ইহার ভোল্টেজ অপেক্ষা ডায়নামোর ভোল্টেজকে কিছু অধিক দাঁড় করাইতে হইবে ও পরে ঐ অবলম্বন হইতে ভার কিছু কিছু করিয়া তুলিয়া লইতে হইবে, যতক্ষণ না পারদ পাত্রদ্বয় উঠিয়া U আকৃতি ধাতুখণ্ড দ্বারা পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হয়। এখন ডায়নামো হইতে প্রবাহ উহার টার্মিনাল হইতে বহির্ভাগস্থ পারদ পাত্র, তথা হইতে U আকৃতি ধাতুখণ্ড দিয়া অন্তর্ভাগস্থ পারদ পাত্রে, ইহা হইতে কয়েলের মধ্য দিয়া দ্বিতীয় টার্মিনাল ও আকুমুলেটারে প্রবাহিত হয়। সুতরাং আকসেল ও তৎসংযুক্ত লৌহ খণ্ডদ্বয় অশ্বক্ষুরাকার চুম্বকে পরিণত হয় এবং কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণের প্রবাহ হইলে, উহার আকর্ষণ বল এত অধিক হয় যে ভারের টান অতিক্রম করিয়া চলনক্ষম পারদ-পাত্রদ্বয়ের আধার সহ অংশটিকে টানিয়া রাখে। পরে যদি কোন সময় ডায়নামোর ভোলটেজ কমিয়া যাইতে থাকে, তাহা হইলে যখন ডায়নামোর ভোলটেজ আকুমুলেটারের ভোলটেজের সহিত সমান হইবে, সেই সময় কোনরূপ প্রবাহ বহিতে পারিবে না ও কয়েলটি প্রবাহ শূন্য হওয়ায় বৈদ্যুতিক চুম্বকের চুম্বকত্ব চলিয়া যায়, সুতরাং উহা আর পারদ পাত্রের আধারকে টানিয়া রাখিতে পারে না। অতএব পারদ পাত্রসহ ঐ আধার ভার দ্বারা নিম্নদিকে নামিয়া আসে, পারদ পাত্র দ্বয়ের মধ্যে সংযোজন বিচ্ছিন্ন হয় ও সার্কিট কাটিয়া যায়—ব্যাটারি ডিস্চাজ্জ হইবার আর আশঙ্কা থাকে না।

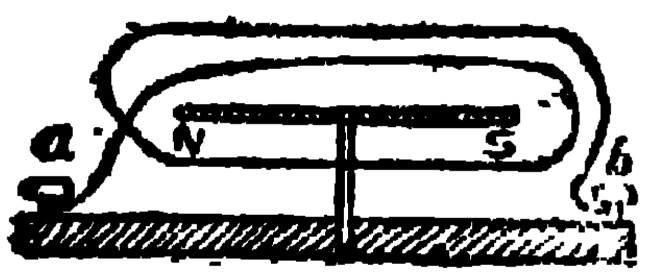
ম্যাক্সিমাম-কাট-আউট (Maximum cut out) :— অত্যধিক প্রবাহ দ্বারা আকুমুলেটার বা অন্যান্য বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি খারাপ হইয়া যায় বলিয়া, এরূপ অবলম্বনের প্রয়োজন হয় যদ্দ্বারা প্রবাহ কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণকে অতিক্রম কালে সার্কিট বা বৈদ্যুতিক পথ কাটিয়া যায়। ইহাকে ম্যাক্সিমাম-কাট আউট বলে। ইহার কার্য্য-প্রণালী ঠিক উল্লিখিত মিনিমাম-কাট আউটের ন্যায়।

বিংশ পরিচয়

পরীক্ষক যন্ত্র (Testing Instruments)

গ্যাল ভানোস্কোপ (galvanoscope) :–

কোন পথে প্রবাহ বহিতেছে কিনা এবং উহা কোন্ দিকে বহিতেছে তাহা এই যন্ত্রের সাহায্যে মোটামুটি দেখিতে পারা যায়। ইহাতে একটি রোধিত তারের কয়েল ও এই কয়েলের মধ্যে একটি সূচ-চুম্বক ঝুলায়িত থাকে এবং কয়েলের শেষ ভাগদ্বয় দুইটি বন্ধন স্ক্রু'র সহিত আবদ্ধ থাকে। কোন পথে প্রবাহ বিদ্যমান কিনা দেখিতে হইলে ঐ পথের শেষভাগদ্বয় বন্ধন স্ক্রু দ্বয়ের সহিত (৪১৭ চিত্র দ্রষ্টব্য) সংযুক্ত করিয়া ঐ কয়েলের মধ্য দিয়া বৈদ্যুতিক পথ সম্পন্ন করিলে যদি ঐ পথে প্রবাহ বহে তাহা হইলে তাহা কয়েলের মধ্য দিয়াও প্রবাহিত হইবে সুতরাং সূচ-চুম্বকটি ঘুরিয়া যাইবে। অতএব সূচচুম্বকের ঘূর্ণন হইতে প্রবাহ বিদ্যমান কিনা তাহা ধরা যাইতে পারে। আর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম অনুসারে এই কয়েলের মধ্যে প্রবাহের দিক ও তাহা হইতে পথে প্রবাহের দিক পাওয়া যাইতে পারে। সচরাচর কয়েলটি যন্ত্রের অভ্যন্তরে থাকা হেতু দৃষ্টিগোচর হয় না বলিয়া প্রথমতঃ কোন প্রাইমারী সেল হইতে প্রবাহ দিয়া সূচের ঘূর্ণন দিক দেখিয়া লইয়া পরে পথের সহিত যোগ করিয়া, ঘূর্ণন হইতে প্রবাহের দিক নিরূপণ করা হয়। বলা বাহুল্য যে ঐ কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ বেগ যত অধিক হইবে, উহার মধ্যে রাজ্যতেজ তত প্রখর হইবে। সুতরাং চুম্বকটি ততই অধিক পরিমাণে ঘুরিয়া যাইবে। অতএব যন্ত্রটিকে একটু ভালভাবে প্রস্তুত করিলে ইহা দ্বারা প্রবাহ বেগের পরিমাণ মাপা যাইতে পারে। এই ভালরূপে প্রস্তুত যন্ত্রটিকে গ্যালভানোমিটার বলে।

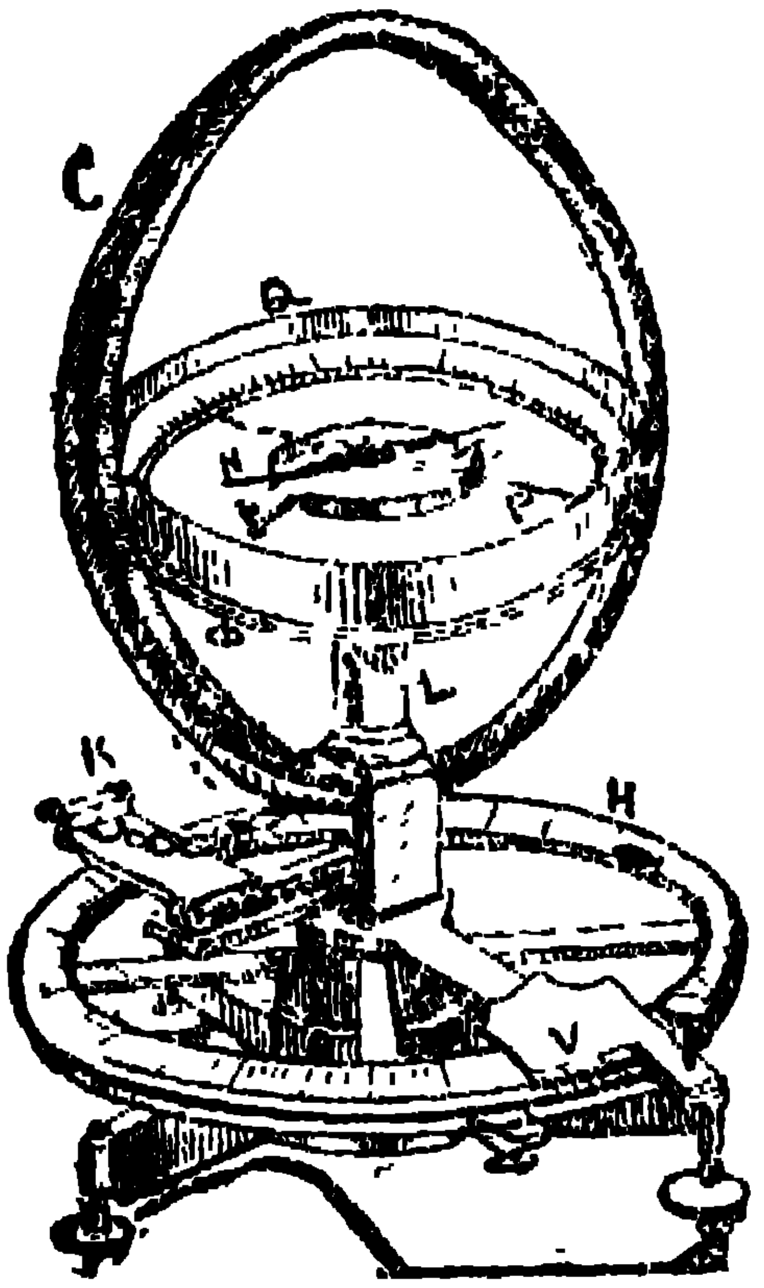


চিত্র-৪১৭

গ্যালভানোমিটার (galvanometer) :—

ট্যানজেণ্ট (Tangent) গ্যালভানোমিটার :—ইহাতে একটি বৃত্তাকার মোটা তাম্রতার বা কাষ্ঠের উপর জড়ান রোধিত তারের একটি কয়েল C খাড়া ভাবে আছে ও ঐ বৃত্তের কেন্দ্রে একটি ছোট সূচচুম্বক SN খাটান আছে। বৃত্তের ব্যাসের তুলনায় এই চুম্বকটি এত ছোট যে ইহার উপর কয়েলের রাজ্যতেজ সর্বত্র সমান ধরা যাইতে পারে। ঐ কয়েল বা তারের শেষভাগদ্বয় দুইটি বন্ধন স্ক্রু'র K সহিত সংযুক্ত এবং চুম্বকসূচের আড়দিকে হালকা এলুমিনিয়ামের একটি লম্বা কাঁটা P (Pointer) আছে

ও পয়েণ্টারের ঠিক নিম্নেই ডিগ্রি চিহ্নিত একটি ভূ সমান্তরাল বৃত্ত H আছে। ইহার সাহায্যে পয়েণ্টার যতটা ঘুরিতেছে তাহা দেখা হয়। যন্ত্রটিকে ব্যবহার করিবার সময়ে প্রথমে উহার কয়েলকে চুম্বক মিরিডিয়ানে আনিতে হয়। তখন চুম্বক ও কয়েল একই তলে থাকিবে। তারপর ইহার কয়েলর মধ্য দিয়া প্রবাহ পাঠাইতে হয়। প্রবাহ বহিবার সময় সূচটি ঘুরিয়া যায়। সূচটি এখন দুইটি বলের অধীনে থাকে, একটি কয়েল দ্বারা উৎপাদিত চুম্বক রাজ্যের বল, এই বল কয়েলের তলে লম্বভাবে থাকে, এবং অপরটি ভূ-চুম্বকত্বের বল, ইহা কয়েলের তলে থাকে। সুতরাং সমকোণকারী এই চুম্বক



চিত্র—৪১৮

বলদ্বয়ের অধীনে চুম্বক সূচটি উহাদের সমবদলি বলের দিকে অবস্থান করিবে। এই বলদ্বয়ের মধ্যে ভূচুম্বকত্বের বল অপরিবর্ত্তনীয় এবং কয়েলের রাজ্যবল উহার মধ্যে বহমান প্রবাহের উপর নির্ভর করে, সেইজন্য প্রবাহ পরিমাণ অধিক হইলে সূচটি অধিক ঘুরে। যদি c আমপেয়ার প্রবাহ হেতু কয়েলের তল হইতে সূচটি a কোণ ঘুরিয়া যায় তাহা হইলে, $c = ১০ k \tan a$,

সেইজন্য ইহাকে ট্যানজেণ্ট গ্যালভানোমিটার বলে। k = এই গ্যালভানোমিটারের রিডাকসান ফ্যাক্টার $= H.\frac{r}{2\pi n}$; H—ভূচুম্বকত্বের রাজ্যবল ও $\frac{r}{2\pi n}$ কে গ্যালভানোমিটার কন্‌ষ্ট্যাণ্ট বলে।

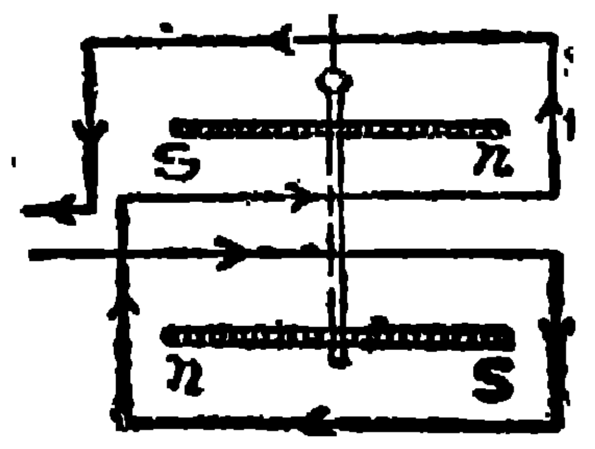
সাইন (Sine) গ্যালভানোমিটার:—ট্যানজেণ্ট অথবা যে কোন গ্যালভানোমিটারের সূচ-চুম্বকটির উপর যদি সর্ব্বত্র রাজ্যবল সমান হয় তাহা হইলে তাহাকে সাইন গ্যালভানোমিটার ভাবে

ব্যবহার করা যাইতে পারে—ইহাতে কেবলমাত্র কয়েলটিকে খাড়াভাবে ঘুরাইবার একটি ব্যবস্থা থাকা প্রয়োজন। ৪১৮ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে কিরূপে একটি ট্যানজেণ্ট গ্যালভানোমিটারকে সাইন গ্যালভানোমিটারে পরিণত করা হইয়াছে। ইহাতে দৃষ্ট হইবে C খাড়া কয়েলের ফ্রেম L পায়ার সহিত আবদ্ধ এবং এই পায়াটিও খাড়াভাবে ঘুরে। আরও দৃষ্ট হইবে L পায়া হইতে একটি ভার্নেয়ার V ভূসমান্তরাল ডিগ্রী (°) অঙ্কিত H বৃত্তের উপর আছে। ইহা হইতে কয়েলটিকে কতটা ঘুরান হইল তাহা দেখা হয়। কয়েলের তারের শেষভাগদ্বয় K চিহ্নিত স্থানে দুইটি বন্ধন স্ক্রু'র সহিত সংলগ্ন। আড়দিকে P পয়েণ্টার বিশিষ্ট SN চুম্বক সূচটী ডিগ্রী অঙ্কিত Q বৃত্তের কেন্দ্রে খাটান আছে, যন্ত্রটিকে লেভেল্ করিবার জন্য স্ক্রু বিশিষ্ট তেপায়ার উপর ইহা আবদ্ধ। যন্ত্রটিকে ব্যবহার করিবার সময় প্রথমতঃ ইহাকে ঠিকমত লেভেল করিয়া কয়েলটিকে চুম্বক মেরিডিয়ানে আনিতে হয় ও তারপর প্রবাহ পাঠান হয়। চুম্বক সূচটী ঘুরিয়া কোন একস্থানে স্থির হইবে। এখন কয়েলটিকে ক্রমশঃ চুম্বকসূচের দিকে ঘুরাইয়া লইয়া যাইতে হইবে যতক্ষণ না চুম্বক সূচটী কয়েলের তলে আইসে। কয়েলটীকে কতটা ঘুরান হইল তাহা V ভার্নেয়ারের সাহায্যে H বৃত্ত হইতে দেখিতে হইবে। কয়েলটি মেরিডিয়ান হইতে যতটা 'কোণ' ঘুরিয়াছে প্রবাহ বেগ তাহার সাইনের আনুপাতিক $C = \frac{r}{2\pi} H \sin a$ (a—ঘূর্ণন কোণ)।

সাধারণ গ্যালভানোমিটার :—ইহা অনেকটা গ্যালভানোস্কোপের মত, কেবলমাত্র যন্ত্রটিকে 'সেনষ্টিভ' (Sensitive) করিবার জন্য অর্থাৎ অল্প প্রবাহেও চুম্বকের ঘূর্ণন পাইবার জন্য (১) রাজ্যাডেজ বাড়াইবার নিমিত্ত কয়েলে তারের পাকসংখ্যা অধিক হয় ও কয়েলটি ক্ষুদ্রাকার হয় (২) ভূ-চুম্বকত্বের ফল নষ্ট করিবার জন্য (ক) 'নোবিলির' এষ্টাটিক পেয়ার ব্যবহার হয় অথবা (খ) 'হাউই'এর (Houoy)

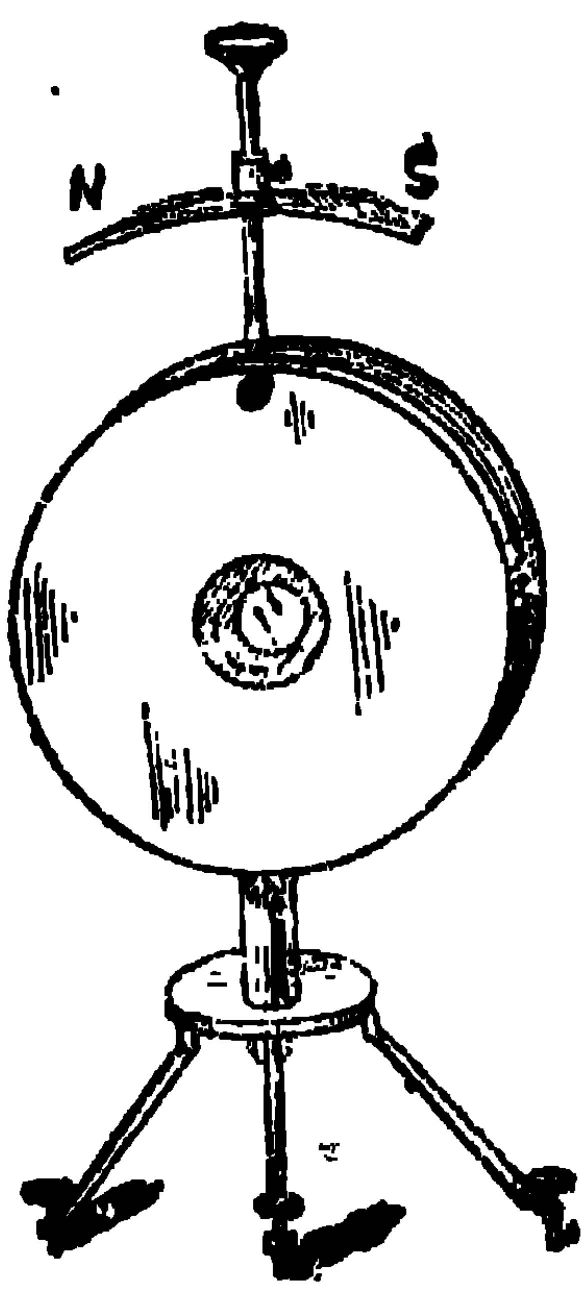
উপায় অবলম্বন হয়—অর্থাৎ গ্যালভানোমিটারের নিকটে একটি দণ্ডচুম্বককে এরূপ ভাবে রাখা হয় যে ইহার ও ভূ-চুম্বকত্বের রাজ্য উভয়ে মিলিয়া যে নাল পয়েণ্ট (Null point) হয় তথায় যেন সূচ-চুম্বকটি থাকে, সুতরাং চুম্বক সূচের উপর ভূ-চুম্বকত্বের ফল বিশেষ কিছু হয় না।

৪২০ চিত্রে একটি এষ্টাটিক গ্যালভানোমিটার দর্শিত হইয়াছে। ইহার কয়েল দুইপ্রকারের হয়, ১। কয়েলটি একটি সূচকে ঘেরিয়া থাকে, ১৬৬ চিত্র, ২। কয়েলটি উভয় চুম্বক সূচকেই এরূপ ভাবে ঘিরিয়া থাকে যে উভয়কেই একই দিকে ঘুরায়, ৪১৯ চিত্র। এই সূচ একটি পাকহীন সিল্ক তন্তু দ্বারা ঝুলান থাকে, এবং সূচের আড়দিকে একটি পয়েণ্টার থাকে—ইহাই ডিগ্রী অঙ্কিত বৃত্তের উপর সূচের ঘূর্ণন নির্দ্দেশ করে। কোন কোন স্থলে এই সিল্ক তন্তুর সহিত একটি ছোট আয়না আবদ্ধ থাকে।



চিত্র—৪১৯

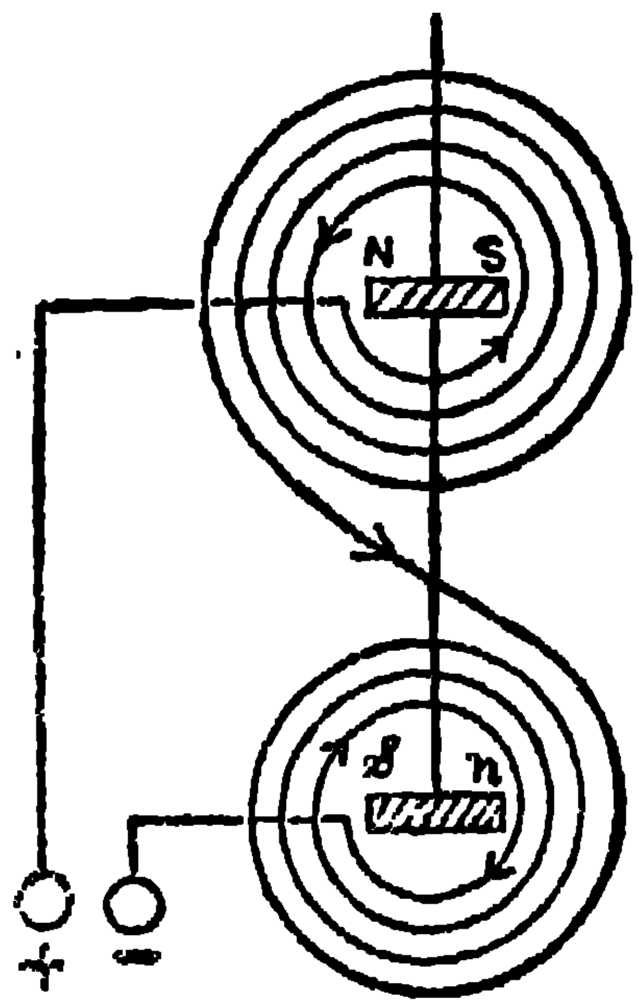
কেলভিনের মিরার (Kelvin's mirror) গ্যালভানোমিটার ৪২০ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে একটি চুম্বক বা চুম্বক ব্যাটারি ছোট 'ককুন' সিল্ক তন্তু দ্বারা ঝুলান থাকে। সেইজন্য ইহা প্রায় ডেডবীট (Dead beat) হয় অর্থাৎ দোলে না, একেবারেই যতটা ঘুরিবার ততটা ঘুরিয়া সেইখানে থামিয়া যায়। ঐ তন্তুর সহিত একটি ছোট আয়না (Concave mirror) আবদ্ধ থাকে। আয়না ও চুম্বক সমেত কয়েলটি একটি কাঁচের ঢাকনা বিশিষ্ট পিত্তল নির্ম্মিত বাক্সের মধ্যে থাকে এবং কয়েলটির বাধা কার্য্যানুযায়ী ২০০০—



চিত্র—৪২০

১০,০০০ ওম হয়। যন্ত্রটিকে সেনজিটিভ করিবার জন্য হাউই এর উপায় অবলম্বন করা হয়। সেইজন্য চিত্রে দর্শিত ভাবে N-S বক্র চুম্বকটি ব্যবহার করা হয়। এই চুম্বককে উপর নীচের দিকে সরাইবার জন্য একটি স্ক্রু বিশিষ্ট কলার আছে। এই চুম্বকটি যন্ত্রটিকে ডেডবীট করে। ইহাতে একের দশলক্ষাংশ ·০০০০০১ আমপেয়ার প্রবাহ পর্য্যন্ত মাপা হয়।

কেলভিনের অধিক বাধা বিশিষ্ট এষ্টাটিক গ্যালভানোমিটার:—ইহা অত্যন্ত সেনজিটিভ। ইহাতে একের

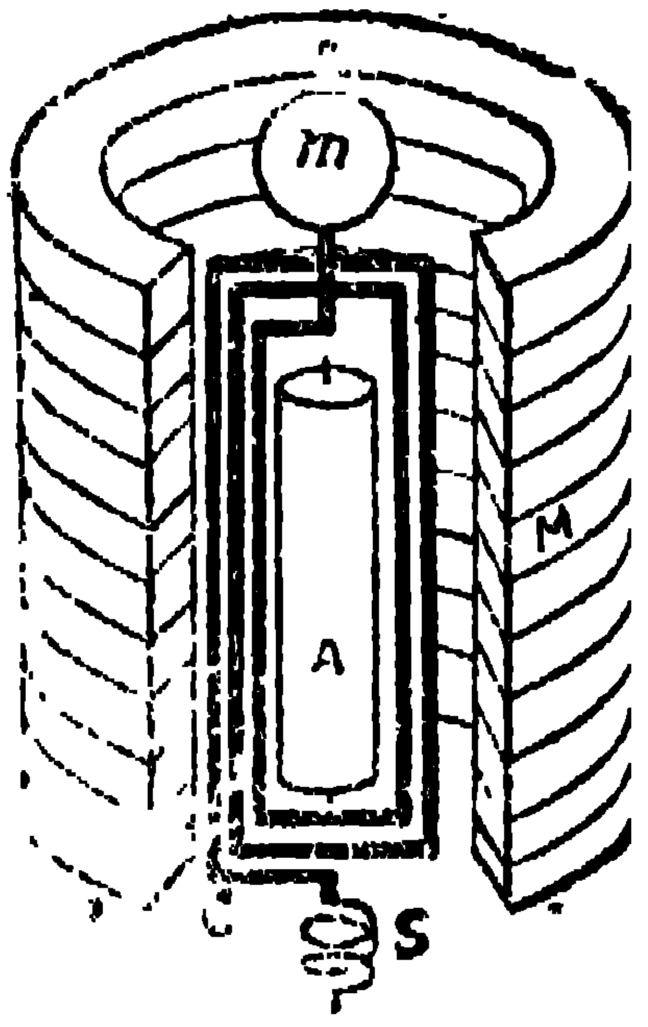


চিত্র—৪২১

দশকোটী অংশ আমপেয়ার প্রবাহ পর্য্যন্ত মাপা চলে। ইহার কয়েলের বাধা খুব অধিক। এবনাইট বাক্সের মধ্যে কার্য্যানুসারে প্রায় ৫০০০—১০০,০০০ ওম বাধা বিশিষ্ট চারিটি কয়েল থাকে। উপরে পাশাপাশি দুইটি কয়েল থাকে তাহাদের মধ্যে এষ্টাটিক পেয়ারের একটি চুম্বক থাকে, (৪২১ চিত্রে ইহা একটি কয়েল দ্বারা দর্শিত হইয়াছে), ও নিম্নে পাশাপাশি দুইটি কয়েল থাকে ঐ চিত্রে তাহা একটি কয়েল দ্বারা দর্শিত হইয়াছে, ইহাদের মধ্যে এষ্টাটিক পেয়ারের অপর চুম্বকটি থাকে এবং ঐ এষ্টাটিক পেয়ারের সহিত একটি ক্ষুদ্র আয়না থাকে। ইহা কাঁচের ঢাকনা বিশিষ্ট পিত্তল নির্ম্মিত বাক্সের মধ্যে থাকে।

মুভিং কয়েল (Moving Coil) বা কয়েল ঘূর্ণনশীল গ্যালভানোমিটার:—উপরে যে সমস্ত গ্যালভানোমিটার বর্ণিত হইল তাহাদের চুম্বক রাজ্য উৎপাদক কয়েলগুলি স্থির থাকে, চুম্বক ঘোরে। এখন যে গ্যালভানোমিটার বর্ণিত হইবে তাহাতে চুম্বকটি স্থির থাকে, সুতরাং কয়েল ঘোরে। এই কয়েল তার দ্বারা ঝুলান থাকে

এবং ঐ তারে কোন পয়েণ্টার বা আয়না আবদ্ধ থাকে। ৪২২ চিত্রে 'ডিপ্রেজ' ও 'ডি-আর্ষণভ্যাল্' (Despretz and D' Arsonval) এর কয়েল ঘূর্ণনশীল গ্যালভানোমিটার খুলিয়া দেখান হইয়াছে। ইহাতে একটি অশ্ব ক্ষুরাকৃতি চুম্বক আছে। এই চুম্বকের মেরুদ্বয়ের মাঝে একটি বার্ণিশ রোধিত তারের কয়েল তার দ্বারা ঝুলান আছে ও নিম্নে কয়েলটি S স্প্রিং দ্বারা আবদ্ধ। ঐ তারটি কয়েলের একশেষভাগের সহিত ও স্প্রিংটি কয়েলের অপর শেষভাগের সহিত সংযুক্ত, সুতরাং ইহাদের মধ্য দিয়া কয়েলের মধ্যে প্রবাহ পাঠান হয়। কয়েলের মধ্যে একখণ্ড নরম লৌহ A আছে। ইহার দ্বারা কয়েলের মধ্যে রাজ্যতেজের প্রাখর্য্য বৃদ্ধি পায়। প্রবাহ পাঠাইলে কয়েলটি ঘুরিয়া যায়। ইহার ঘূর্ণন দিক ফ্লেমিংএর 'বাম হস্ত নিয়মানুযায়ী' হয়, কয়েলটি ঘুরিলেই উহা যে তার দ্বারা ঝুলান তাহা পাকাইয়া যায়, অর্থাৎ তাহাতে 'টর্সান' (Torsion) হয়। এই পাক বা টর্সান হেতু কয়েলটি কোন নির্দ্দিষ্ট স্থানে স্থির হয়, এই যন্ত্রটি ডেডবীট। এবং



চিত্র—৪২২

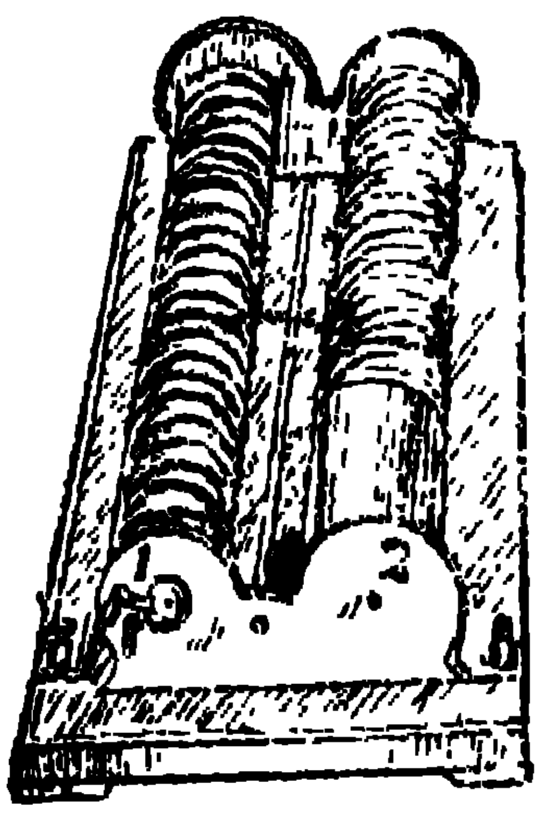
ত $C = \frac{G}{\cos a}$, সুতরাং যদি ঘূর্ণন খুব কম হয়, তাহা হইলে—

যেহেতু $a = \sin a$, $C = G \tan a$ অর্থাৎ $C = G \times a$

ঘূর্ণনশীল কয়েল গ্যালভানোমিটারের মধ্যে "আরটন" ও "ম্যাথার" (Ayrton and Mather) কৃত যন্ত্রটি খুব আধুনিক। ইহার স্থায়ী অশ্ব-ক্ষুরাকৃতি চুম্বকটি প্রায় চোঙ্গের মত, কেবলমাত্র একস্থানে একটু ফাঁক আছে। ঐ ফাঁকের মধ্যে লম্বা, সরু, চতুষ্কোণ কয়েলটি একটি রৌপ্য নলের মধ্যে ঝুলে এবং এই কয়েলকে কার্য্যানুযায়ী বদলান যায় ও বিভিন্ন

বাধা বিশিষ্ট (যথা ৩, ১৪, ৯৫, ৩২৫ ওম) কয়েল ইহার জন্য প্রস্তুত হয়। ইহার কয়েলের মধ্যে কোন নরম লৌহ থাকে না।

বলিষ্টিক গ্যালভানোমিটার (Ballistic Galvanometer) :—ইহার দ্বারা খুব ক্ষণ স্থায়ী প্রবাহ, যথা, কণ্ডেন্সার ডিসচার্জ্জ হইবার কালে যে প্রবাহ তাহা মাপা হয়। ইহা ঘূর্ণনশীল কয়েল অথবা ঘূর্ণনশীল চুম্বক উভয় প্রকারের হইতে পারে। এই ঘূর্ণনশীল অংশটির 'মোমেণ্ট অফ ইনার্সিয়া' (Moment of Inertia) অধিক হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ ইহা ভারী হওয়া চাই, যাহাতে ইহা ঘুরিতে আরম্ভ করিবার পূর্ব্বেই যেন কণ্ডেন্সার ডিসচার্জ্জ হইয়া যায়। ইহাতে যদি প্রবাহিত বিদ্যুৎ পরিমাণ হয় Q, a=ঘূর্ণন কোণ, C=প্রবাহ যদ্দ্বারা একক কোণ ঘূর্ণন হয় ; T=দোলনেরসময় (time period) ও K=Correction factor তাহা হইলে, $Q=\frac{T}{2\pi}CKa$.



চিত্র—৪২৩

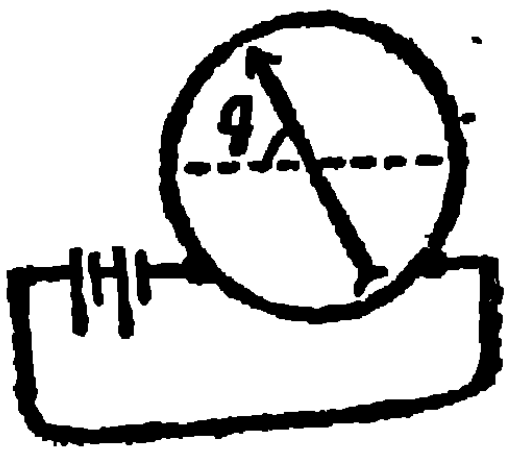
বাধা পরিমাপ: হোয়েটষ্টোন রিঅষ্ট্যাট (Wheatstone Rheostat):—যে যন্ত্র দ্বারা, উহাকে না খুলিয়া, কোন পথের বাধাকে পরিবর্ত্তিত করা যায় তাহাকে রিঅষ্ট্যাট বলে। হোয়েটষ্টোন কৃত রিঅষ্ট্যাট ৪২৩ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে।

ইহাতে সমান্তরাল ভাবে দুইটি চোঙ্গ আছে। তন্মধ্যে ১ পিত্তলের ও ২ কাষ্ঠের এবং ২টিতে তার জড়াইবার জন্য প্যাঁচের মত খাঁজ কাটা আছে। ২ এর উপর তার এই খাঁজে খাঁজে জড়াইয়া যায়, সুতরাং ইহার ফাঁসগুলি পরস্পর হইতে রোধিত থাকে, কিন্তু ১ এর উপর তারের ফাঁসগুলি পিত্তলকে স্পর্শ করিয়া থাকে, সুতরাং ইহার তারগুলি সর্ট সার্কিটেড। ২ কয়েলের শেষভাগ একটি ধাতব চাকতিকে স্পর্শ করিয়া থাকে, এই ধাতব চাকতিটি ডানদিকের বন্ধন স্ক্রু'র সহিত সংলগ্ন, আর পিত্তল চোঙ্গটি বামদিকের বন্ধন স্ক্রু'র সহিত স্প্রিং দ্বারা সংলগ্ন। তারের অপর শেষভাগটি চোঙ্গের সহিত সংলগ্ন। বাম বন্ধন স্ক্রু হইতে ঐ তারের মধ্য দিয়া যে প্রবাহ প্রবাহিত হইবে তাহা ২ কাষ্ঠ চোঙ্গের ফাঁসগুলির মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবে। সুতরাং এই কয়েলগুলির বাধা ইহার পথে পড়ে, কিন্তু চোঙ্গের তারে যাইলে উহার চোঙ্গটির মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয় সুতরাং ১এর ফাঁসগুলি বাধা দেয় না। হ্যাণ্ডেলটির সাহায্যে ২ চোঙ্গকে ঘুরাইতে পারা যায় ও এইভাবে ইহাতে ফাঁসের সংখ্যা কম বেশী করা যায়। বাধা হিসাব করিবার জন্য ২ চোঙ্গের অপর বহির্শেষভাগে দুইটি পয়েণ্টার বিশিষ্ট একটি অঙ্কিত বৃত্ত আছে, তাহাতে একটি পয়েণ্টার দ্বারা ফুট ও অপরটির দ্বারা ইঞ্চি দর্শিত হয়।

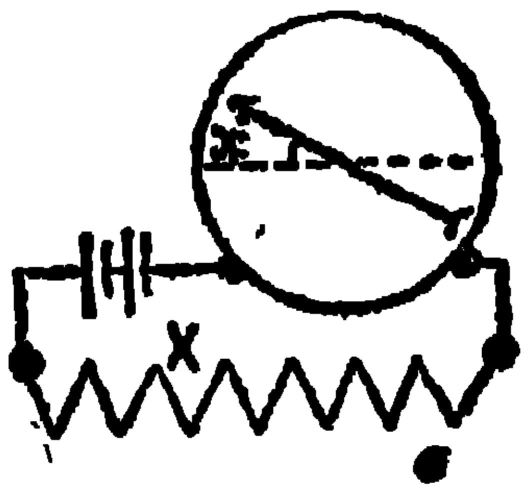
এই রিঅষ্ট্যাটের দ্বারা দুই প্রণালীতে বাধা মাপা যায়—১। সাবষ্টিটিউসান (Substitution) ২। কমপ্যারিজান (Comparison)।

সাবষ্টিটিউসান প্রণালী—যাহার বাধা মাপিতে হইবে তাহাকে একটি ব্যাটারির সহিত যে কোন গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়া ৪২৫চিত্রে দর্শিত ভাবে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া গ্যালভানোমিটারের স্থচ কতটা ঘোরে দেখিতে হইবে। পরে ঐ স্থানে রিঅষ্ট্যাট ব্যবহার করিয়া দেখিতে হইবে ইহার দ্বারা কতটা বাধা প্রদত্ত হইলে গ্যালভানোমিটার স্থচের পূর্ব্বের সমান ঘূর্ণন হয়। রিঅষ্ট্যাটের এই বাধা পূর্ব্বের বাধার সহিত সমান।

কমপ্যারিজান্ প্রণালী :—ইহাতে একটি ট্যানজেণ্ট গ্যালভানোমিটার ব্যবহার হয়। ধরা যাউক যেন গ্যালভানোমিটার সমেত বৈদ্যুতিক পথের বাধা $=G$, অজানিত বা পরিমাপ্য বাধা $=X$, এবং একটি জানিত বাধা $=R$, এখন ব্যাটারিকে কেবলমাত্র গ্যালভানোমিটারের সহিত সংযুক্ত করিলে যদি চুম্বক স্থচ g 'কোণ' ঘোরে চিত্র ৪২৪, পরে ব্যাটারি ও গ্যালভানোমিটারের মধ্যে অজানিত বাধাটিকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া (চিত্র ৪২৫) যদি ঘূর্ণন হয় x এবং X এর পরিবর্ত্তে ঐ স্থানে জানিত R বাধাকে ব্যবহার করিলে ঘূর্ণন যদি হয় r তাহা হইলে, যেহেতু—



চিত্র—৪২৪



চিত্র—৪২৫

(১) ঘূর্ণন কোণের 'ট্যানজেণ্ট' প্রবাহের আনুপাতিক, অর্থাৎ $C \propto \tan g$

এবং (২) প্রবাহ বাধার বিরূপ অনুপাতে হয়—$C \propto \frac{1}{G}$

$$\therefore \quad \frac{1}{G} \propto \tan g \quad \text{বা } G \propto \text{Cot } g.$$

$$\frac{1}{G+X} \propto \tan x \text{ বা } G+X \propto \text{Cot } x$$

$$\text{ও} \quad \frac{1}{G+R} \propto \tan r \quad \text{বা } G+R \propto \text{Cot } r$$

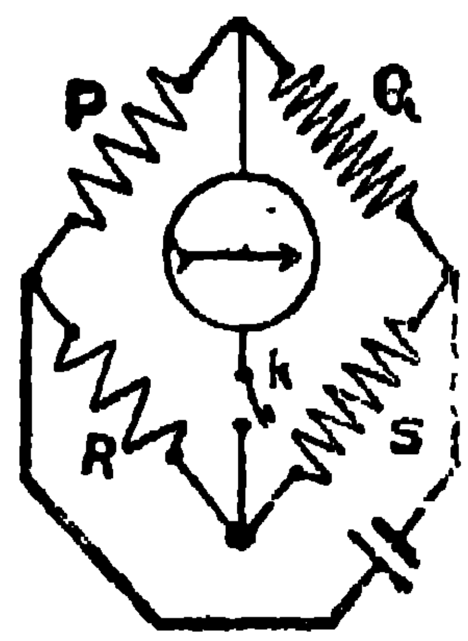
$$X \propto \text{Cot } x - \text{Cot } g.$$

$$R \propto \text{Cot } r - \text{Cot } g$$

বা $$\frac{X}{R} = \frac{\text{Cot } x - \text{Cot } g}{\text{Cot } r - \text{Cot } g}$$

গ্যালভানোমিটার সমেত বাধা খুব অল্প হইলে $\frac{X}{R} = \frac{\text{Cot } x}{\text{Cot } r}$

নাল(Null)প্রণালী :—এই প্রণালীতে গ্যালভানোমিটার সূচের ঘূর্ণন হইবে না। ইহা ৪২৬ চিত্র দেখিলেই বুঝা যাইবে ইহাতে অজানিত বাধাটি ছাড়া তিনটি জানিত বাধা প্রয়োজন হয় ও এই বাধা চারিটিকে চিত্রে দর্শিত ভাবে প্যারালালে সংযুক্ত দুইটি শাখাপথে পরিণত করিতে হয়। ইহাতে দৃষ্ট হইবে প্রত্যেক পথে দুইটি করিয়া বাধা সিরিজে সংযুক্ত আছে—এই পথের বাধাদ্বয়ের সংযোগস্থল গ্যালভানোমিটারের সহিত সংযুক্ত। সুতরাং যদি গ্যালভানোমিটার সূচের ঘূর্ণন না হয়, তাহা হইলে গ্যালভানোমিটারের মধ্যে দিয়া সংযুক্ত বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে পি, ডি, নাই। অর্থাৎ ইহাদের পোটেনস্যাল সমান। অতএব দেখা যাইতেছে Pএ পোটেনস্যাল পতন= Rএ পোটেনস্যাল পতন, এবং Qএ পোটেনস্যাল পতন=Sএ পোটেনস্যাল পতন। কিন্তু বাধার অনুপাতে পোটেনস্যাল পতন হয়, সুতরাং



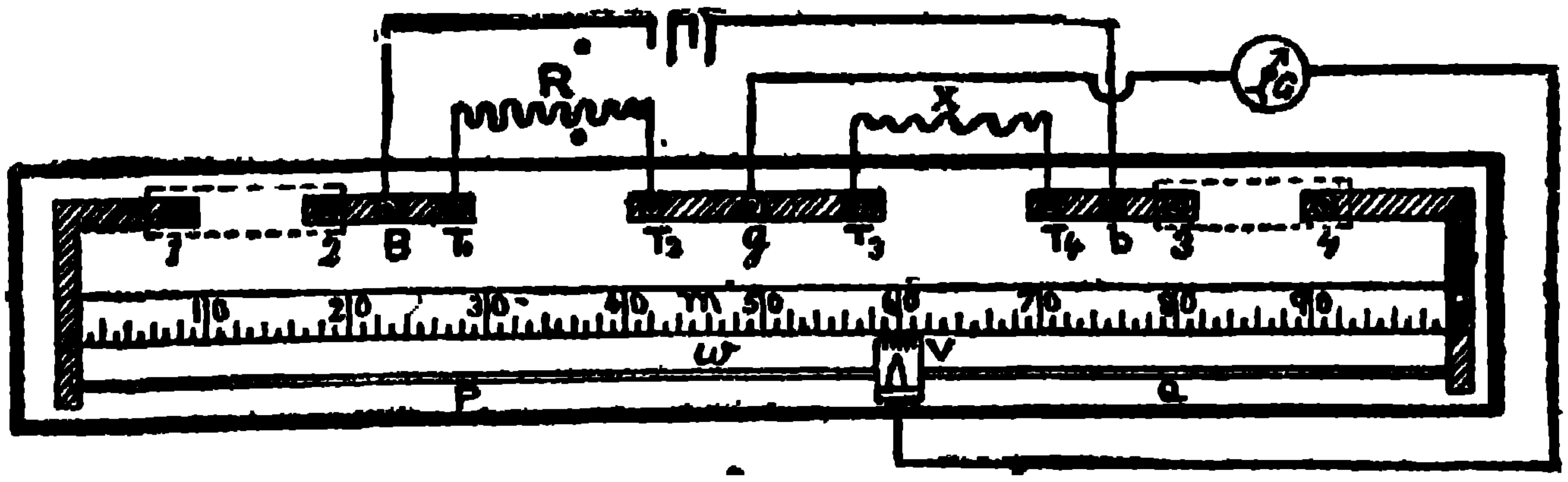
চিত্র—৪২৬

$$\frac{R}{S} = \frac{P}{Q} \text{ বা } R = S \times \frac{P}{Q}$$

এই প্রণালী অনুযায়ী হোয়েটষ্টোন মিটার ব্রিজ এবং পোষ্ট অফিস বক্স বা রেজিষ্ট্যান্স কয়েল দ্বারা বাধা পরিমিত হয়।

হোয়েটষ্টোন ব্রিজ :—ইহার গঠন ৪২৭ চিত্রে দর্শিত হইল। ইহাতে মোটামুটি বন্ধন স্ক্রু সংযুক্ত তিনটি তাম্র পাত B, g, b, থাকে। যদি b ও g এর মধ্যে X অজানিত বাধাকে দেওয়া যায় তাহা হইলে g ও Bএর মধ্যে একটি জানিত বাধা R দিতে হইবে। আর দৃষ্ট হইবে b ও B একটি সরু তার w দ্বারা সংযুক্ত। এই তারটির

ব একটি মিটার স্কেল আছে ও তারটি সচরাচর ১ মিটার লম্বা হয়। পরিমাপ্য ও

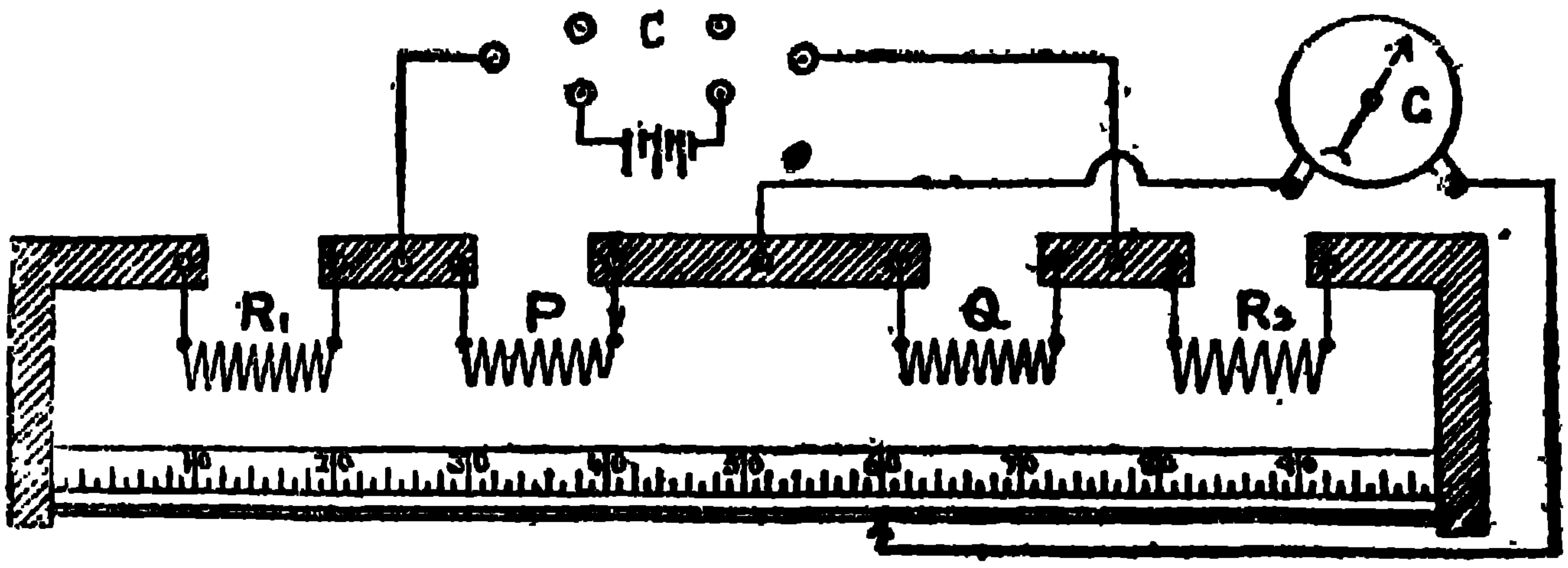


চিত্র—৪২৭

জানিত বাধার সংযোগ স্থান অর্থাৎ gকে গ্যালভানোমিটারের একটি বন্ধন স্ক্রুর সহিত সংযোগ করিতে হয়। পরে bকে ব্যাটারির এক পোল এবং B কে অপর পোলের সহিত সংযুক্ত করিয়া গ্যালভানোমিটারের অপর বন্ধন স্ক্রু হইতে একটি তার লইয়া w তারের কোন স্থানে স্পর্শ করাইলে সাধারণতঃ উহার মধ্য দিয়া প্রবাহ যাওয়া হেতু গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন হইবে। এখন ঐ w তারের বিভিন্ন স্থান স্পর্শ করিতে করিতে এমন একটি স্থান বাহির করিতে হইবে যেখানে গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন হয় না। ধরা যাউক যেন V সেই স্থান। চিত্রটিতে যেরূপভাবে অক্ষর সাজান হইয়াছে তহাতে পূর্ব্ববর্ত্তী চিত্র অনুযায়ী

$\frac{X}{R} = \frac{Q}{}$ অংশের বাধা $=$ দৈর্ঘ্য $\frac{Q}{P}$ অতএব $X = R\frac{Q}{P}$

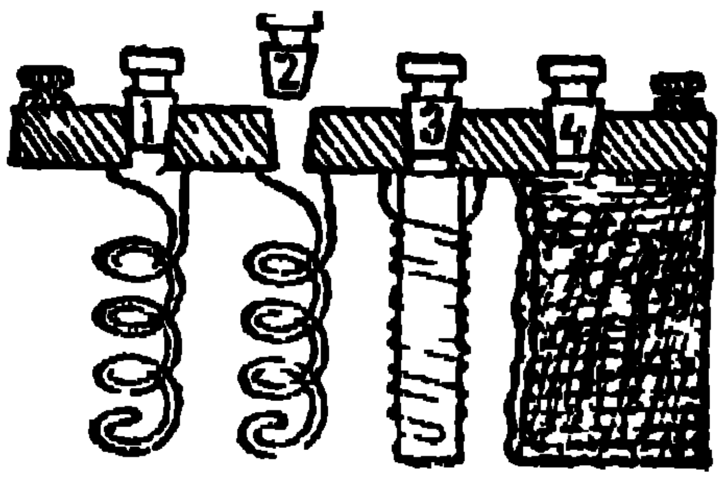
যদি Q=৬০ সেমি, তাহা হইলে P=৪০ সেমি, এবং R=১০ ওম হইলে, $X = ১০ \times \frac{৬০}{৪০} = ১৫$ ওম। P ও Qএর মাপ ঐ মিটার স্কেল হইতে দৃষ্ট হয়।



চিত্র—৪২৮

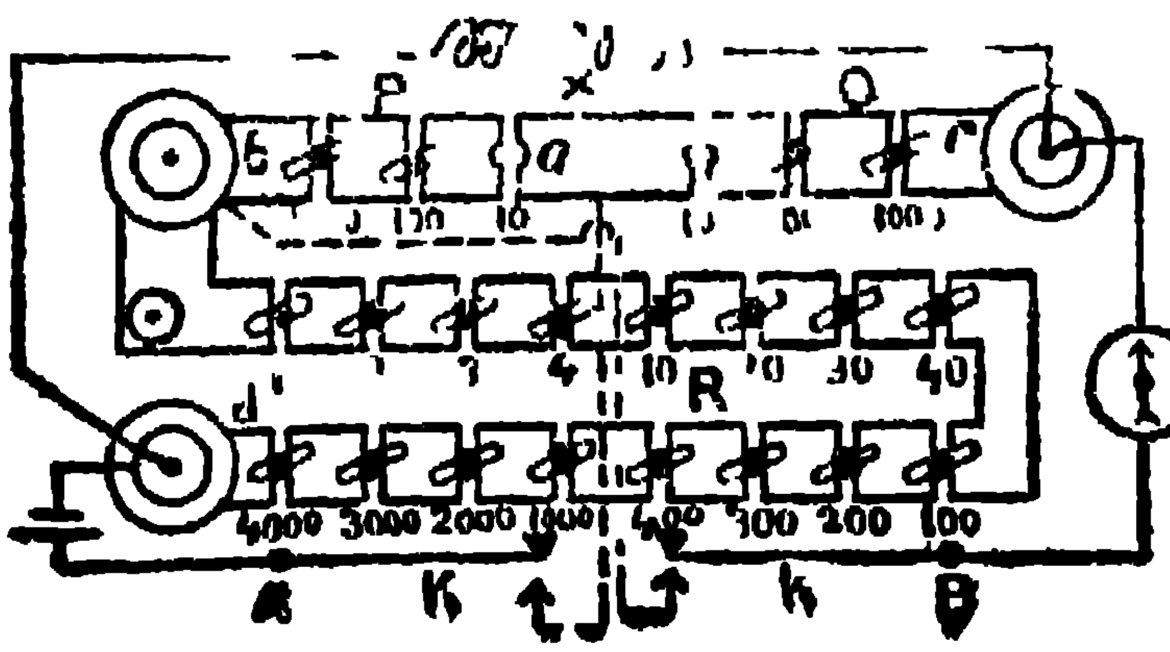
বিদ্যুজ্জনিত উত্তাপ (Thermo-electric effect), উভয়দিকের ধাতুখণ্ডগুলির অসমান বাধা, প্রভৃতি হেতু ভুল সংঘটন রদ করিয়া নির্ভুলভাবে পরীক্ষা সাধন করিতে হইলে ৪২৮ চিত্রমত একটি রিভার্সিং-কী C(Reversing key) ব্যবহার করিতে হয়।

পোষ্ট অফিস বাক্স প্রণালী :—ইহা অবিকল মিটার ব্রিজ প্রণালীর মত। মিটার ব্রিজের ৩টী জানিত বাধার মধ্যে একটি R ও বাকী দুইটিকে বিভক্ত করিয়া পাওয়া যায়। ইহাতে কিন্তু সকল প্রকার বাধাগুলি দেওয়া থাকে। যাহাতে সেলফ ইণ্ডাকসান না হয় সে-জন্য এই বাধা কয়েলগুলি নন ইণ্ডাকটিভ ভাবে জড়াইয়া প্রস্তুত। এই নন ইণ্ডাকটিভ কয়েলগুলির এক শেষভাগ পর পর সজ্জিত এক একটি ধাতু খণ্ডের সহিত সংযুক্ত এবং ঐ ধাতুখণ্ড চাবি (key) দ্বারা একটি পরবর্ত্তীর সহিত সংযুক্ত ৪২৯ চিত্র।



চিত্র ৪২৯

কোন চাবি তুলিয়া লইলে প্রবাহকে ঐ কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে হয়, সুতরাং ঐ কয়েলের বাধা ঐ পথে প্রযুক্ত হয়, কিন্তু চাবি লাগান থাকিলে ধাতুখণ্ড দিয়াই প্রবাহ বহিয়া যায়, সুতরাং কোন বাধাই প্রযুক্ত হয় না। এই কয়েলগুলিকে দৃঢ় করিবার জন্য গালা গালাইয়া ঐ কয়েল বাক্সের মধ্যে ঢালা থাকে, ও এই কয়েলগুলি ঐ গালার মধ্যে থাকে। কয়েলগুলির পরস্পরের মধ্যে সংযোজন ৪৩০ চিত্রে দর্শিত হইল। ইহাতে অক্ষর গুলি ৪২৭ চিত্রের ন্যায় সাজান রহিয়াছে P ও Q কে রেসিওআম (Ratio arm) বলে, ইহাদের প্রত্যেকটিতে তিনটি করিয়া বাধা কয়েল ১০, ১০০ ১০০০ ওম আছে। R কে রিঅষ্ট্যাট বলে, ইহাতে অনেকগুলি কয়েল আছে এবং ইহার বাধাকে ১ হইতে ১০০০০ ওম পর্য্যন্ত করা যায়। X অজানিত বাধা। ইহার ব্যবহার পদ্ধতি নিম্ন উদাহরণ হইতে সহজে বুঝা যাইবে।



চিত্র—৪৩০

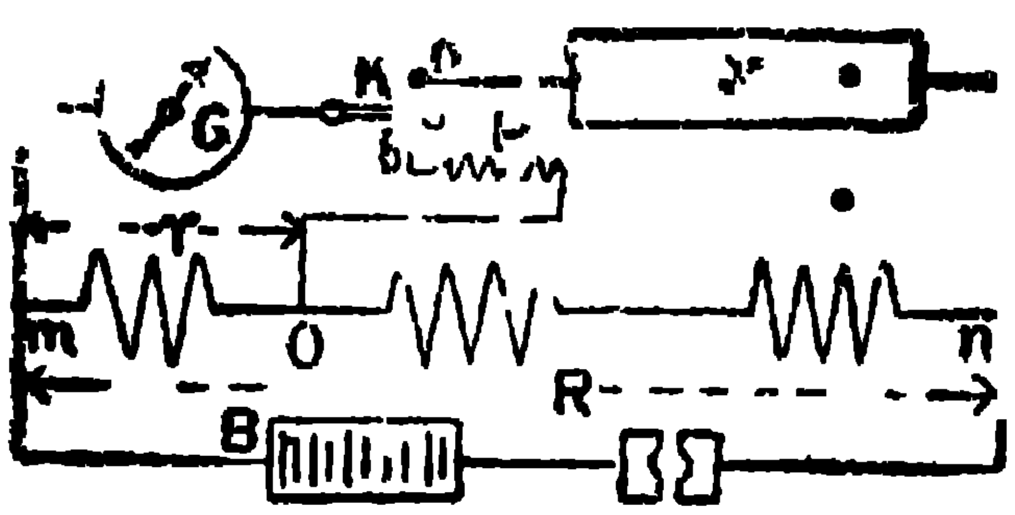
(১) চাবি তুলিয়া P এর বাধা করা হইল ১০ ওম ও Q এরও বাধা করা হইল ১০ ওম, সুতরাং যেহেতু $P/Q = R/X$ হইবে। এখন R হইতে ৫ ওম এর চাবি তুলিয়া দেখা গেল গ্যালভানোমিটার ডান দিকে ঘুরে। কিন্তু ৬ ওম বাধা হইলে বামদিকে ঘোরে, অতএব X এর বাধা ৫—৬ ওম এর মধ্যে।

(২) এখন P কে করা হইল ১০০ ও Q কে ১০ ওম, সুতরাং R ৫০ ৬০ ওম এর মধ্যে, দেখা গেল R ৫৬ ওম হইলে ঘূর্ণন ডানদিকে আর ৫৭ ওম হইলে বাম দিকে, সুতরাং X ৫'৬-৫'৭ ওমএর মধ্যে।

(৩) এখন P কে ১০০০ ও Q কে ১০ ওম করা হইল, সুতরাং R ৫৬০—৫৭০ ওম এর মধ্যে হইবে। কিন্তু দেখা গেল R ৫৬৪ ওম হইলে গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন হয় না। সুতরাং X = ৫'৬৪ ওম।

গুরুবাধা (High resistance) পরিমাপ (ল্যাব-

রেটারী প্রণালী) :—মিটার ব্রিজ দ্বারা মেগোম পরিমিত বাধা মাপা যায় না। ল্যাবরেটারীতে যে প্রণালী অবলম্বন করা হয় তাহা ৪৩১ চিত্রে দেখান হইয়াছে। ইহাতে G একটি অধিক বাধা বিশিষ্ট গ্যালভানোমিটার, R একটি প্রায়



চিত্র ৪৩১

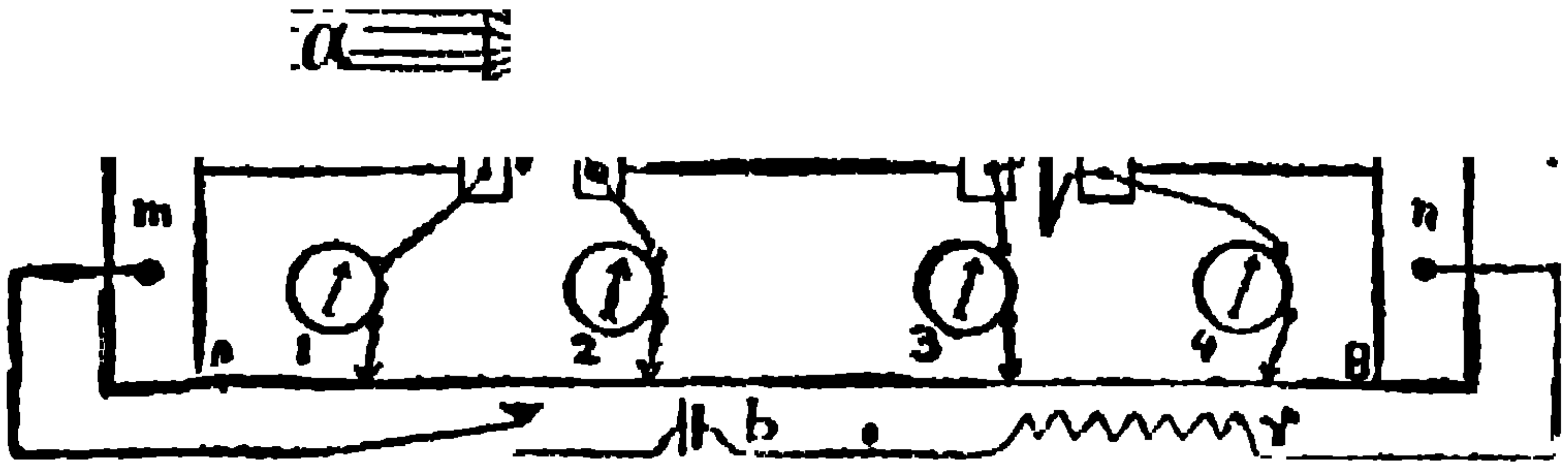
১০০০০০০ ওম বাধা, ইহা কতকগুলি বাধাকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া প্রস্তুত, x গুরুবাধা যাহাকে মাপিতে হইবে, P একটি জানিত বাধা, B একটি ব্যাটারি, ও k একটি ভালরূপে রোধিত চাবি, ইহাকে a অথবা b উভয়ের সহিত সংযুক্ত করা যায়। k কে a এর সহিত স্পর্শ করাইয়া গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন X_1 দেখিতে হইবে। পরে k কে b এর সহিত স্পর্শ করাইলে x বাধা সার্কিট হইতে বাতিল হইয়া, জানিত বাধা P এর মধ্য দিয়া পথ সম্পূর্ণ হয়। এখন R কে (দরকার হইলে P কেও) এরূপভাবে ঠিক করিতে হইবে যে এখন গ্যালভানোমিটারের যে ঘূর্ণন হইবে p তাহা যেন পরিমাণে প্রায় X_1 এর মত হয়। অতএব যদি m ও n এর মধ্যে পি, ডি, হয় E এবং m O এর মধ্যে পি, ডি, হয় e এবং প্রথমবারে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়া প্রবাহ হয় C ও দ্বিতীয়বারে c, তাহা হইলে $C = \frac{E}{G+x}$ এবং $c = \frac{e}{G+P}$

অর্থাৎ $\frac{C}{c} = \frac{E}{e} \times \frac{G+P}{G+x}$ অর্থাৎ $\frac{X_1}{p} = \frac{R}{r} \times \frac{G+P}{G+x}$

ইহাতে x বাদে বাকী সবগুলি জানিত।

লঘুবাধা (Low resistance) পরিমাপ :—মোটর বা ডায়নামো আর্মেচারের কয়েল প্রভৃতির ন্যায় অল্প বাধা ৪৩২ চিত্রে দর্শিত প্রণালীতে মাপা যায়। ইহাতে A B একটি অল্প বাধা বিশিষ্ট সমস্থূল ষ্ট্যাণ্ডার্ড তার m ও n মোটা ধাতুখণ্ডদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত

এবং m ও n এর বন্ধন স্ক্রুর দ্বারা ইহা ব্যাটারি b ও রিঅষ্ট্যাট r এর সহিত সিরিজে সংযুক্ত (চাবির মধ্য দিয়া)। পরিমাপ্য



চিত্র—৪৩২

বাধা a (আর্মেচারের) ও প্রায় ঐ পরিমিত একটি জানিত বাধা R ধাতুখণ্ডদ্বয়ের (m ও n) সহিত চিত্রে দর্শিত ভাবে সিরিজে সংযুক্ত। সুতরাং ব্যাটারির সহিত ইহারা ও তার A B প্যারালালে সংযুক্ত। বলা বাহুল্য আর্মেচারের কোন ফাঁস বা কয়েল হইলে ইহাকে আর্মে-চার হইতে ঝাল খুলিয়া বাহির করিয়া লইয়া ইহার দুই শেষভাগ ঐ ভাবে সংযোগ করা হয়। একটি খুব প্রবণ (Sensitive) গ্যালভানোমিটারের একটি টার্ম্মিনালকে পরিমাপ্য বাধার এক শেষভাগের সহিত সংযুক্ত করিয়া উহার অপর টার্ম্মিনাল হইতে তার লইয়া A B এর বিভিন্ন স্থানে স্পর্শ করাইয়া এমন একটি স্থান 1 বাহির করিতে হয় যেখানে গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন হয় না। ঠিক এইভাবে গ্যাল-ভানোমিটারকে উহার অপর শেষভাগের সহিত সংযুক্ত করিয়া A B তারের উপর 2 বিন্দু এবং R বাধার শেষভাগদ্বয়ের সহিত ক্রমা-ন্বয়ে সংযোগ করিয়া 3 ও 4 বিন্দু নিরূপণ করা হয়। ইহা চিত্রে 1-2-3-4 দ্বারা দর্শিত হইয়াছে। অতএব ইহা হইতে স্পষ্ট দেখা যায়—

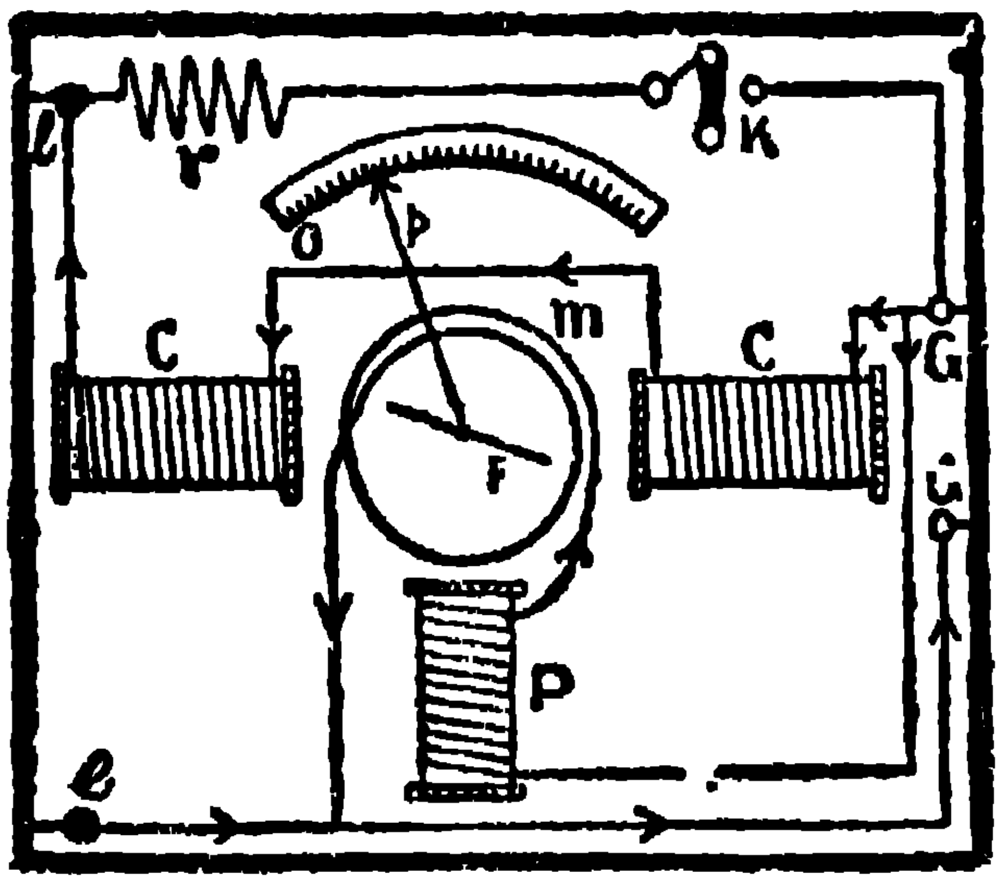
a এর শেষভাগদ্বয়ের মধ্যে পি, ডি, = 1 ও 2 এর মধ্যে পি, ডি, এবং
R............................... = 3 ও 4.................... ....

$$\text{অতএব } \frac{\text{a শেষভগেদ্বয়ের পি, ডি}}{\text{R..................}} = \frac{\text{1 ও 2 এর মধ্যে পি, ডি,}}{\text{3 ও 4.................}}$$

সুতরাং যদি a ও R এবং মধ্য দিয়া প্রবাহ হয় C ও A B তারের প্রবাহ হয় c তাহা হইলে

$$\frac{C \times a \text{ এর বাধা}}{C \times R \text{ এর বাধা}} = \frac{c \times (1\text{-}2) \text{ তারের বাধা}}{c \times (3\text{-}4) \cdots\cdots\cdots\cdots}$$

$$\text{বা } a \text{ এর বাধা} = R \times \frac{1\text{-}2 \text{ দৈর্ঘ্য}}{3\text{-}4 \text{ দৈর্ঘ্য}}$$



চিত্র—৪৩৩

এভারসেডের ওম্-মিটার (Evershed's Ohm-meter) বা গৃহাদির তার পরীক্ষক যন্ত্র :—ইহার গঠন ও কার্য্যপ্রণালী ৪৩৩ চিত্র হইতে বুঝা যাইবে।

ইহাতে সমকোণে স্থাপিত দুই জোড়া কয়েল আছে P ও C। ইহাদের মাঝখানে একটি নরম লৌহের সূচ F কীলকে খাটান আছে—এবং এই সূচের সহিত একটি কাঁটা আছে p, সূচটি ঘুরিলে কাঁটাটি O স্কেলের উপর ঘুরে। এবং এই সূচটিকে চুম্বক করিবার নিমিত্ত P হইতে একটি অধিক বাধা বিশিষ্ট উত্তেজক কয়েল m ইহাকে বেষ্টন করিয়া আছে। সুতরাং যদিও Pএর নিজের বাধা অধিক নয়, m এর সহিত সিরিজে সংলগ্ন থাকায় ইহার বাধা খুব অধিক। একটি ছোট ম্যাগনেটো (উৎপাদক যন্ত্র) হইতে G G টার্ম্মিনাল দিয়া এই যন্ত্রের মধ্যে প্রবাহ দেওয়া হয় এবং ইনসুলেসান বা কণ্ডাকটার যাহার বাধা মাপিতে হইবে তাহাকে l ও e টার্মিনাল দ্বয়ের মধ্যে সংযুক্ত করা হয়, C এর সহিত সিরিজে সংযুক্ত করা হয়। C এর বাধা খুব অল্প বলিয়া প্রায় সমস্ত প্রবাহ এই পথ দিয়াই বহিবার চেষ্টা করে। সেইজন্য ইহাকে কারেণ্টকয়েল বলে। আর m সমেত P র বাধা অধিক বলিয়া ইহাকে প্রেসার কয়েল বলে। ম্যাগনেটোটিকে এই যন্ত্র হইতে ৫।৭ ফুট দূরে রাখিতে হয়, নচেৎ ইহা দ্বারা সূচটি আক্রান্ত হইবে। ম্যাগনেটো হইতে প্রবাহ দিলে উহা G টার্ম্মিনালে দুইভাগে বিভক্ত হইয়া একভাগ Pএর মধ্য দিয়া অপরভাগ C ও অজানিত বাধার মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। পূর্ব্ব প্রবাহ সূচটিকে Pএর মেরুদণ্ডের দিকে স্থাপিত করিবার চেষ্টা করে, আর দ্বিতীয়টি সূচকে C এর মেরুদণ্ডের দিকে স্থাপিত করিবার চেষ্টা করে। সুতরাং কাঁটাটির স্থান P ও Cএর প্রবহের উপর নির্ভর করে, এবং যেহেতু প্রবাহ বাধার বিরূপ, কাঁটার ঘূর্ণন এই দুই পথের বাধার সম্বন্ধের

উপর নির্ভর করে: অজানিত বাধাটি খুব অল্প হইলে অধিকাংশ প্রবাহ C এর মধ্য দিয়া বহে এবং কাঁটাটি স্কেলের O চিহ্নিত স্থানের দিকে থাকে, এবং অজানিত বাধা প্রেসার কয়েল পথের বাধার সহিত তুলনায় খুব অধিক হইলে অধিকাংশ এই পথ দিয়া (Pএর মধ্য দিয়া) বহে এবং কাঁটাটি স্কেলের অপর দিকে যায়। এইভাবে অজানিত বাধা শূন্য হইতে অনন্ত (Infinity) হইলে কাঁটাটি স্কেলের এক শেষভাগ (O চিহ্নিত) হইতে অপর শেষভাগে (ডানদিকে) যায় এবং স্কেলটি এরূপভাবে অঙ্কিত যে উহা হইতে বাধা ওমে বা মেগোমে পাওয়া যায়। প্রত্যেক যন্ত্রে একটি 'টু কণ্ট্যাক্ট' সুইচ k থাকে, ইহার দ্বারা একটি প্রয়োজন মত সাণ্ট বাধা r, P এর সহিত প্যারালালে সংযুক্ত করিয়া যন্ত্রটিকে বিভিন্ন বাধা মাপিবার উপযোগী করা হয়।

এই যন্ত্রটির দ্বারা বাড়ির অয়ারিং (Wiring) সহজে পরীক্ষা করা যায় —যথা (১) মেন ও মাটির মধ্যে কিরূপ ইনসুলেসান আছে দেখিতে হইলে সমস্ত আলোক প্রভৃতিকে খুলিয়া লইয়া, সুইচগুলি লাগাইয়া (on) দিয়া, মেনের এক শেষ ভাগ l টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত করিয়া অপর টার্মিনালকে উন্মুক্ত রাখিয়া এবং e টার্ম্মিনালকে মাটির সহিত সংযুক্ত করিয়া ম্যাগনেটো হইতে প্রবাহ দিতে হয়। এই যন্ত্রে কাঁটার দ্বারা মেন ও মাটির মধ্যে ইনসুলেসানের বাধা দর্শিত হইবে। (২) দুইটি মেনের মধ্যে ইনসুলেসানের বাধা দেখিতে হইলে, একটির এক শেষ ভাগ l টার্ম্মিনালের সহিত, অপরটির এক শেষভাগ e টার্ম্মিনালের সহিত সংযুক্ত করিতে হয় এবং উহাদের অপর শেষভাগদ্বয় উন্মুক্ত রাখিতে হয় এবং সমস্ত বাতি প্রভতিকে পূর্ব্বের ন্যায় খুলিয়া লইতে হয়। বাটি মধ্যস্থ সমস্ত বৈদ্যুতিক পথের ইনসুলেসানের বাধা পরীক্ষা করিতে হইলে সমস্ত সুইচ বা ফিউজগুলিকে লাগাইয়া দিতে হয় এবং সমস্ত বাতি প্রভৃতিকে স্ব স্ব স্থানে রাখিতে হয় এবং যন্ত্রটীকে মেনের সহিত সংযোগ করিতে হয়। যদি ইনসুলেসান-বাধা প্রয়োজন মত বাধা অপেক্ষা কম হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে কোন স্থানে লীক (Leak) হইতেছে। এই লীক ধরিতে হইলে একেবারে দূরবর্ত্তী শেষভাগ হইতে আরম্ভ করিয়া তারের সংযোগ স্থান সকল একটি একটি করিয়া খুলিয়া লইয়া প্রত্যেকবার

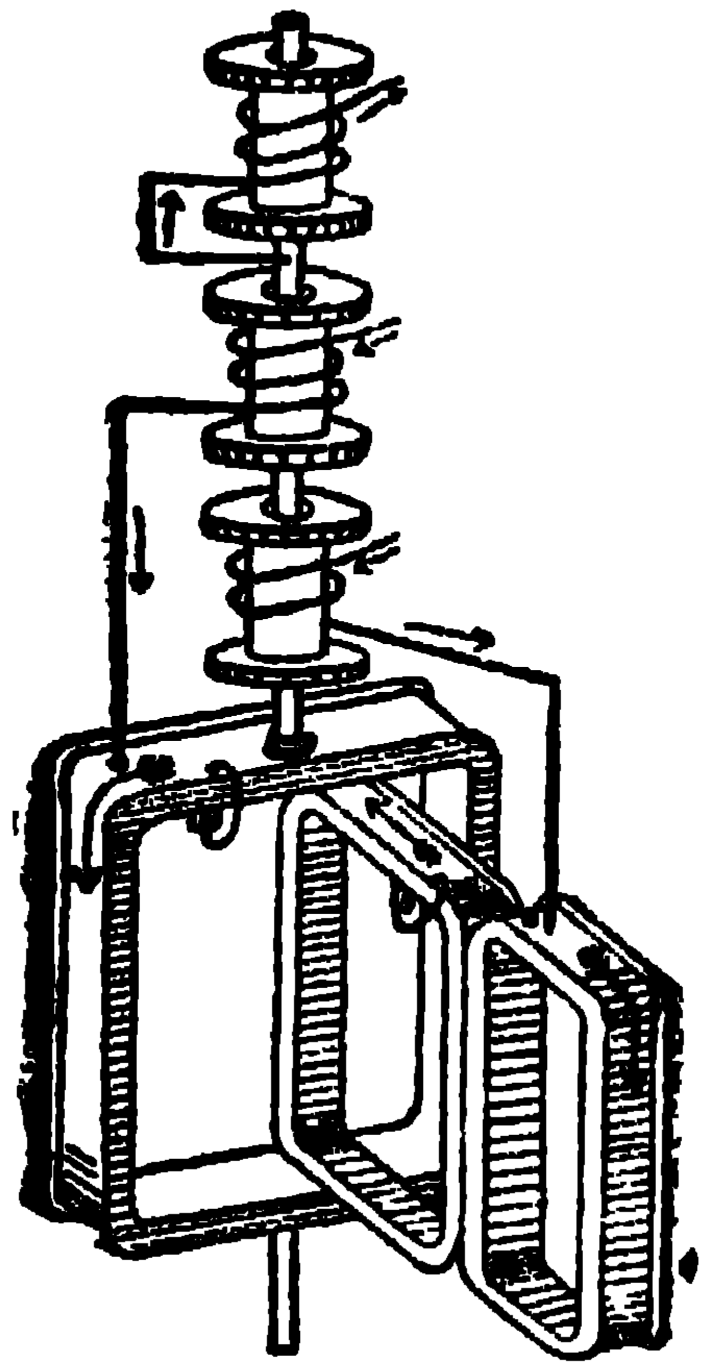
ইনসুলেসানের বাধা পরীক্ষা করিতে হয়। যেখানে ইনসুলেসানের বাধা ঠিকমত দর্শিত হইবে ঠিক তাহার পরেই লীক হইতেছে বুঝিতে হইবে।

নিকটে কোন চুম্বকরাজ্য থাকিলে বা সন্নিহিত অপর কোন লাইন হইতে লীক হইতে থাকিলে এই পরীক্ষা কার্য্যের ব্যাঘাৎ ঘটে। সেইজন্য যে বাটির তার সকল পরীক্ষা করা হয় তাহার রাস্তার মেন ডব্‌ল পোল সুইচ দ্বারা প্রথমে কাটিয়া দেওয়া হয় এবং ব্যাঘাৎকারী কোন কারণ থাকিলে ম্যাগনেটোকে বিপরীত দিকেও ঘুরাইয়া পরীক্ষা কার্য্য করিলে ভুল সংশোধন হইয়া যায়। এই যন্ত্র ব্যবহার করিবার সময় লক্ষ্য রাখা কর্ত্তব্য, যে লাইন পরীক্ষা করা হইতেছে তাহাতে যে চাপ প্রযুক্ত হয়, পরীক্ষা কালে ম্যাগনেটো হইতে যেন তাহার ২৷৩গুণ চাপ প্রযুক্ত হয়।

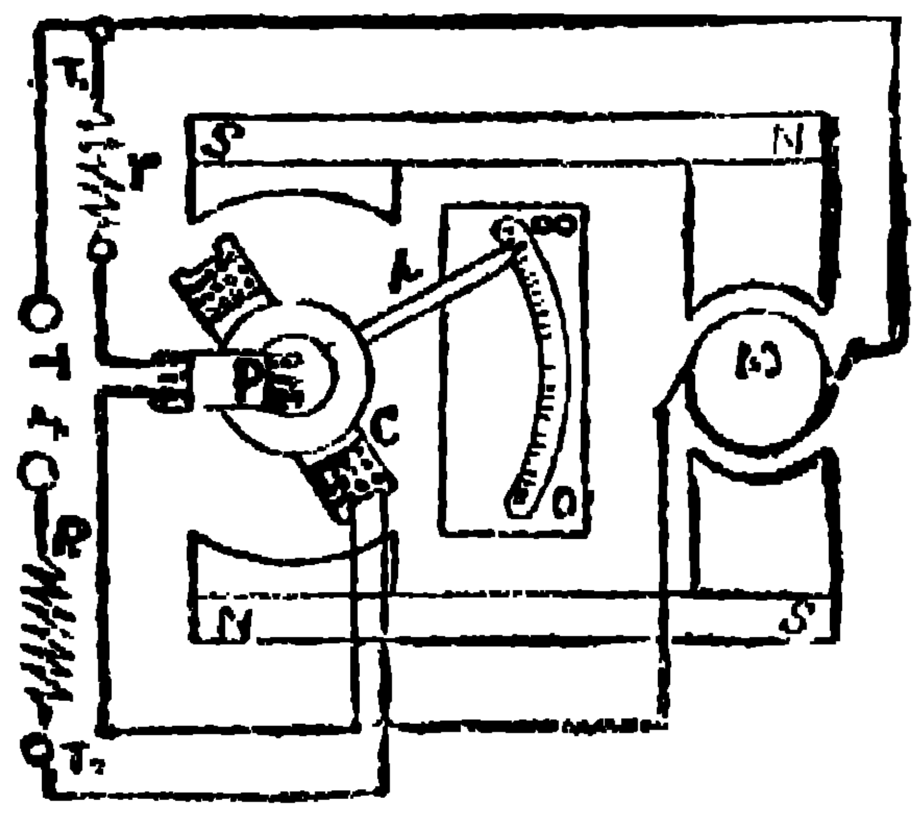
এভারসেড্‌স্ মেগার (Evershed's Megger) :—

এই যন্ত্র প্রধানতঃ গুরুবাধা মাপিবার জন্য প্রস্তুত এবং সচরাচর ১০০০ ওম হইতে ২০০০ মেগোম ইহা দ্বারা পরিমিত হইতে পারে। ইহা দুই প্রকারের হয়—পরিবর্ত্তনশীল চাপ (Variable pressure) ও সমভাব চাপে (Constant pressure) ব্যবহারের জন্য। ইহাতে ম্যাগনেটো ও ওমমিটার উভয়েই একত্রে একটি বাক্সের মধ্যে থাকে এবং ম্যাগনেটোর চুম্বকের রাজ্যে কাঁটাবিশিষ্ট ঘূর্ণনশীল অংশটি থাকে। এই ঘূর্ণনশীল অংশটি হেলাইয়া স্থাপিত দুইটি কয়েল দ্বারা গঠিত C, P চিত্র ৪৩৫। এই কয়েলদ্বয় ৪৩৪ চিত্রে ভালভাবে দর্শিত হইয়াছে। এবং উহারা পরস্পরের সহিত এরূপ ভাবে আবদ্ধ যে উভয়ে একসঙ্গে ঘুরে। ইহাদের মধ্য দিয়া প্রবাহ দিলে ম্যাগনেটোর চুম্বকরাজ্যে (NS) ইহা ঘুরিয়া যায়। ঘূর্ণনের পরিমাণ প্রবাহ তেজের উপর ও রাজ্যতেজের উপর নির্ভর করে। এই ঘূর্ণন পরিমাণ স্কেলের উপর কাঁটা দ্বারা দর্শিত হয়। রাজ্যতেজকে প্রখর করিবার নিমিত্ত প্রত্যেক কয়েলটির মধ্যে একটি নরম লৌহের রিং আছে। ইহাদিগের মধ্যে P কয়েলটি M ম্যাগনেটোর টার্মিনালদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত

সুতরাং ইহার মধ্যে প্রবাহ তেজ ম্যাগনেটোর টার্ম্মিনালের পি, ডি, অনুযায়ী হয়। অপর কয়েলটি C পরিমাপ্য বাধার সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয়,



চিত্র—৪৩৪



চিত্র—৪৩৫

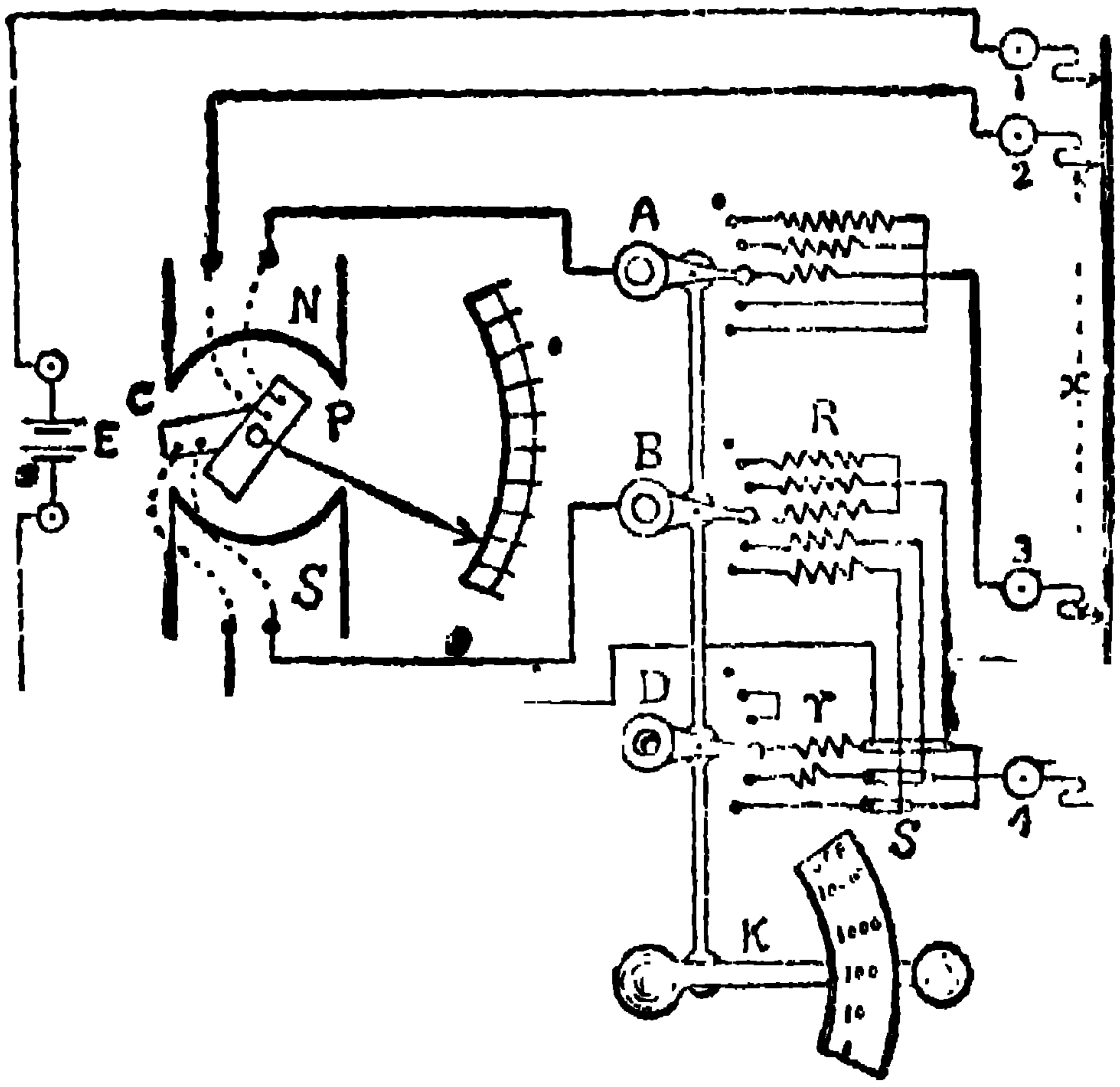
সুতরাং ইহার ঘূর্ণন বল পরিমাপ্য বাধার মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহ অর্থাৎ যে প্রবাহ লীক হইয়া যাইতেছে তাহার উপর নির্ভর করে। সুতরাং কয়েলদ্বয়ের ঘূর্ণন হইতে ইহাদিগের মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহের সম্বন্ধ অর্থাৎ প্রযুক্ত পি, ডি,র সহিত যে প্রবাহ লীক হইয়া যাইতেছে তাহার সম্বন্ধ বা অজানিত বাধাটির পরিমাণ নির্দ্ধারণ হয়।

এই যন্ত্রকে একটু পরিবর্ত্তিত করিয়া **ব্রিজ মেগার** (Bridge megger) নামে একটি যন্ত্র প্রস্তুত হয়। তাহাকে হোয়েটষ্টোন ব্রিজ ভাবে ব্যবহার করা চলে ও তদ্দ্বারা ০ হইতে ৪০ মেগোম পর্য্যন্ত বাধা মাপা যায়।

এভারসেডস্ ডাক্টার (Evershed's Ducter) ইহার দ্বারা আর্ম্মেচার কয়েল প্রভৃতির ন্যায় লঘু বাধা পরিমিত হয় এবং ইহার কার্য্য প্রণালী অনেকটা মেগারের ন্যায়। ইহার হেলান কয়েলদ্বয় C ও P (৪৩৬ চিত্র) এর মধ্যে P প্রেসার কয়েল এবং ইহা পরিমাপ্য

অজানিত বাধার (X) শেষভাগদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত—সুতরাং ইহার মধ্যে প্রবাহ তেজ Xএর শেষভাগদ্বয়ের পি, ডি, অনুযায়ী হয়। C কয়েলের এক শেষভাগ Sএর বামদিকে সংযুক্ত, অপর শেষভাগ R বাধার মধ্য দিয়া S এর ডানদিকে সংযুক্ত এবং E ব্যাটারি হইতে S ও অজানিত বাধা x এর মধ্য দিয়া প্রবাহ দেওয়া হয়। সুতরাং C কয়েলের মধ্য দিয়া বহমান প্রবাহ xএর মধ্য দিয়া মোট প্রবাহের উপর নির্ভর করে। এবং C ও P এর মধ্যে প্রবাহের সম্বন্ধ x এর বাধার উপর নির্ভর করে। সুতরাং কয়েলদ্বয়ের ঘূর্ণন হইতে xএর বাধা পরিমিত হয়।

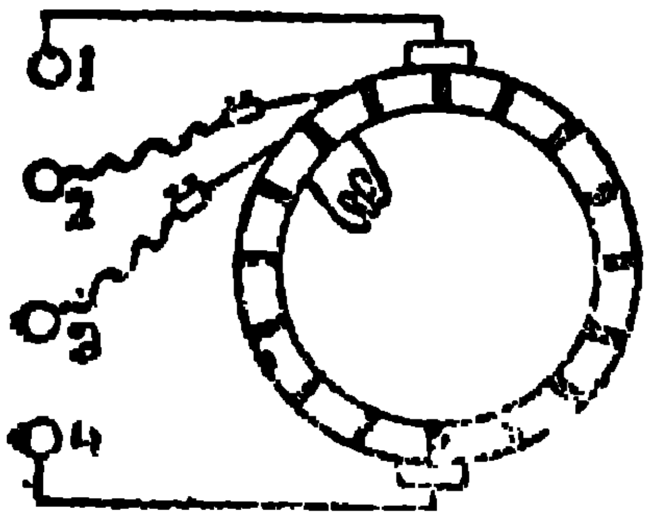
এই যন্ত্রে ১০ মাইক্রোম হইতে ৫ ওম পর্য্যন্ত বাধা মাপা যায় এবং বিভিন্ন পরিমাণের বাধা মাপিবার জন্য যন্ত্রের মধ্যে ব্যবস্থা আছে। ইহাতে পাঁচটি পথ বিশিষ্ট একটি চাবি (Key) আছে K, ইহা ৫টি পথ-



চিত্র—৪৩৬

বিশিষ্ট ৩টি স্পর্শ-খণ্ড A. B, Cকে স্পর্শ করে। A স্পর্শ-খণ্ড P পথের বাধাকে প্রয়োজন অনুযায়ী পরিবর্ত্তিত করে। D দ্বারা ব্যাটারি ও অজানিত

বাধা ঠিকমত বাধা S এর সহিত ও প্রয়োজন হইলে r বাধার সহিত সংযুক্ত হয়। B দ্বারা C কয়েলের পথটি প্রয়োজন মত R বাধার মধ্য দিয়া S এর কোন নির্দ্দিষ্ট বাধার সহিত সংযুক্ত হয়। স্কেলে ০—৫০০মাইক্রোম পর্য্যন্ত অঙ্কিত থাকে,কিন্তু K এর অবস্থা অনুযায়ী ইহাকে ১, ১০, ১০০, ১০০০, বা ১০০০০ দিয়া গুণ করিয়া লইতে হয়।



চিত্র—৪৩৭

৪৩৭ চিত্রে আর্শ্মেচার কয়েলের বাধা কি ভাবে পরিমিত হয় দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে মাত্র একটি কয়েল দর্শিত হইয়েছে।

আমমিটার ও ভোল্টমিটার দ্বারা বাধা পরিমাপ:—

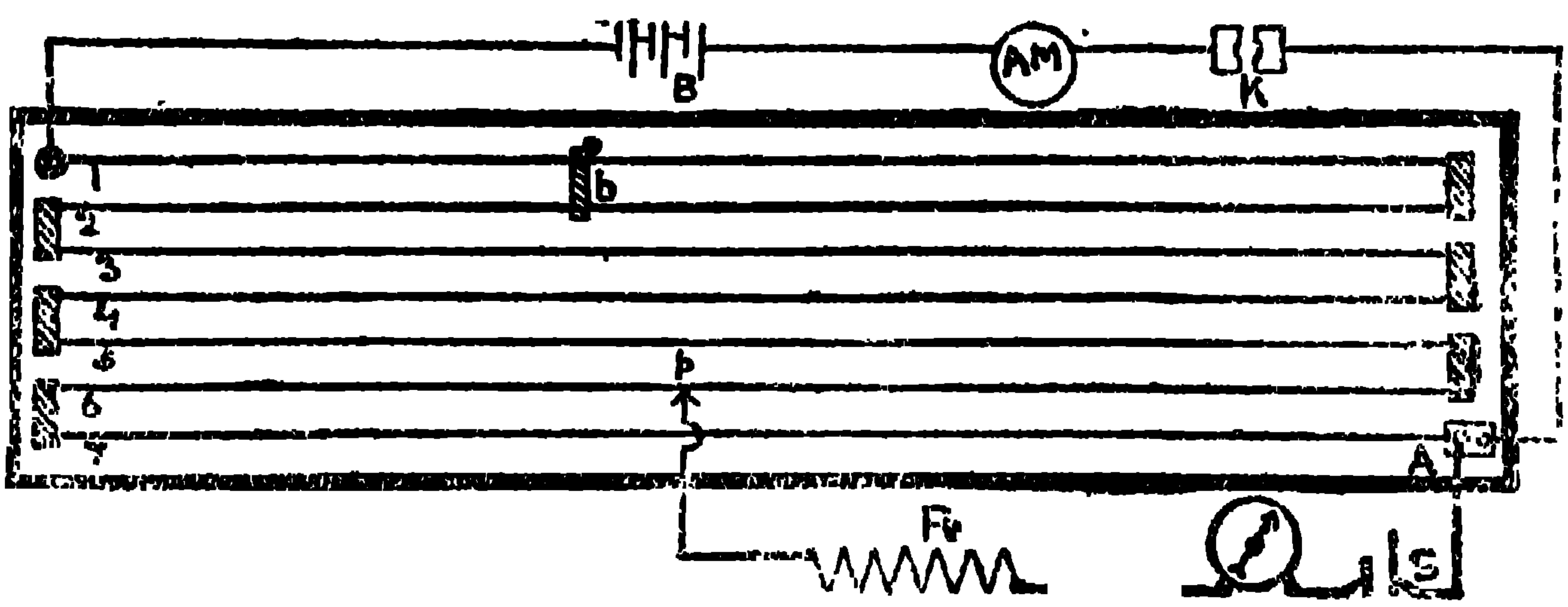
আমরা জানি $C=\frac{E}{R}$, $\therefore R=\frac{E}{C}$

এখন যদি একটি প্রজ্বলিত বাতির বাধা মাপিতে হয়, তাহা হইলে আমমিটার দ্বারা যদি প্রবাহ দেখা যায় C ও ভোল্টমিটার দ্বারা পি, ডি, দেখা যায় V তাহা হইলে ভোল্টমিটারের বাধা R হইলে ইহার মধ্যে প্রবাহ $\frac{V}{R}$, সুতরাং বাতির মধ্যে প্রবাহ $= C-\frac{V}{R}$, সুতরাং বাতির

বাধা $\frac{V}{C-\frac{V}{R}}$

পোটেনসিওমিটার (Potentiometer):—পি, ডি ও ই, এম, এফ, মাপিবার নিমিত্ত পোটেনসিওমিটারই সর্ব্বাপেক্ষা ভাল যন্ত্র। ইহা এই তিনটি বিষয়ে অতুলনীয়—(১) ইহাতে নাল প্রণালী ব্যবহার হয়, সুতরাং গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন মাপিতে হয় না। (২) ব্যাটারি প্রভৃতি পরীক্ষা কালে উহা হইতে প্রবাহ লওয়া হয় না, সুতরাং পোলারিজেসান হইতে পায় না বলিয়া উহার ই, এম, এফ, পরিবর্ত্তিত হইতে পায় না। (৩) ব্যাটারি বা গ্যালভানোমিটারের বাধা হিসাবের মধ্যে আসে না, কারণ

তাহাদের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে না। প্রবাহ ও বাধা মাপিবার জন্যও এই যন্ত্র ব্যবহার হয় এবং আমমিটার ও ভোল্টমিটার ঠিক আছে কিনা দেখিবার জন্য এবং তাহাদিগকে ঠিক ভাবে দাগিয়া লইবার জন্য ইহা ব্যবহার হয়। সংযোজনাদিসহ যন্ত্রটি ৪৩৮ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে।



চিত্র—৪৩৮

ইহাতে একটি কাঠের তক্তায় মোটা তাম্রখণ্ড দ্বারা সিরিজে সংযুক্ত সাতটি ১ মিটার লম্বা ম্যাঙ্গানিজ বা প্লাটিনাম-ইরিডীয়াম তার আছে এবং ইহাদের পার্শ্বে একটি মিটার স্কেল আছে ও তারগুলির নিম্নে একটি কাঁচের প্লেট থাকে এবং সংযোজনাদি করিবার নিমিত্ত কতকগুলি বন্ধন স্ক্রু আছে। পরীক্ষাকালে প্রবাহ পরিবর্ত্তিত হইতেছে কিনা ধরিবার নিমিত্ত একটি আমমিটার তারগুলির সহিত সিরিজে সংযুক্ত করা হয় এবং ব্যাটারি B একটি চাবি K দ্বারা তারগুলির সহিত সংযুক্ত হয় এবং খুব সেনজিটিভ গ্যালভানো-মিটার, যথা 'ডি-আর্যণভ্যাল' গ্যালভানোমিটার ব্যবহার হয়। পোটেনসিওমিটারের প্রত্যেক তারটির বাধা প্রায় মিটারে ২ ওম।

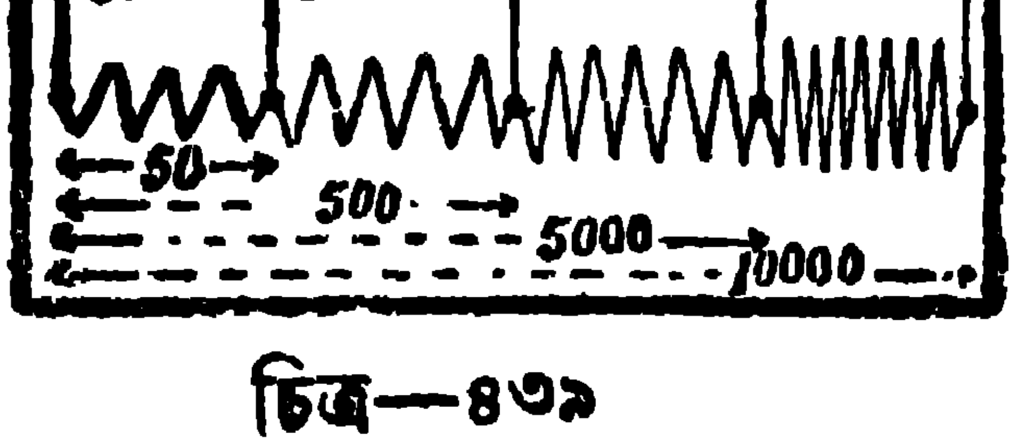
ব্যবহার কালে ইহার ı ও A শেষভাগদ্বয় আমমিটার A M ও চাবি Kএর মধ্য দিয়া একটি ব্যাটারি Bএর সহিত সংযুক্ত হয় এবং S ক্লার্কের ষ্ট্যাণ্ডার্ড সেলের + পোল A এর সহিত ও – পোল একটি বাধা R ও গ্যালভানোমিটারের মধ্য হইয়া চলন-ক্ষম চাবি pএর সহিত সংযুক্ত করা হয়। p চাবিকে A হইতে ১৪৩·৪ সেমি দূরে স্থাপিত করা হয় (কারণ ষ্ট্যাণ্ডার্ড সেলের ই, এম, এফ,=১·৪৩৪ ভোল্ট)। ব্যাটারি B হেতু A ও pএর মধ্যে—পি, ডি, নিম্ন পথ দিয়া A S R pএর দিকে প্রবাহ বহাইবার চেষ্টা করে ও সেল Sএর ই, এম, এফ, এই পথে তাহার বিপরীত দিকে অর্থাৎ p R S A এই দিকে প্রবাহ বহাইবার চেষ্টা করে। অতএব পোটেনসিওমিটারের মধ্যে প্রবাহকে যদি এরূপভাবে পরিবর্ত্তিত করা যায় যে A ও pএর মধ্যে পি, ডি, (ইহা এই পথের বাধা ও প্রবাহের গুণফল) S সেলের ই, এম, এফ, এর সহিত সমান হয়, তাহা হইলে এই পথে কোন প্রবাহ বহিবে না ও গ্যালভানোমিটার ঘুরিবে না। এই কার্য্য অপর একটি চলনক্ষম

চাবি b এর দ্বারা সাধিত হয়—ইহা পোটেনসিওমিটারের তারগুলিকে সংযুক্ত করিয়া সর্ট সার্কিট করিয়া দেয়। bএর স্থান পরিবর্ত্তিত করিয়া এরূপ একটি স্থান বাহির করাহয় যে গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন হয় না. সুতরাং তখন A ও pএর মধ্যে পি,ডি,=১·৪৩৪ ভোল্ট এবং যেহেতু Ap=১৪৩৪ মিলি-মিঃ ; তারের প্রতি মিলিমিটারে পি,ডি,='০০১ভোল্ট।

(১) পোটেনসিও মিটার দ্বারা ই, এম, এফ, পরিমাপ :—

(ক) লঘু ই, এম, এফ,—কোন একটি সেলের ই, এম, এফ, মাপিতে হইলে, Sকে অপসৃত করিয়া এই স্থানে সেলটিকে ব্যবহার করিতে হইবে (সেলের + পোলকে Aএর সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে), এবং bকে ঠিক রাখিয়া pকে সরাইয়া এমন স্থান বাহির করিতে হইবে যেখানে গ্যালভানোমিটার ঘোরে না। যদি এই স্থানটি A হইতে ১৫০০ মিলি-মিঃ দূরে হয় তাহা হইলে সেলের ই, এম, এফ, = ১৫০০ × ·০০১ ভোল্ট = ১·৫ ভোলট। এইভাবে প্রায় ৫·৫ ভোলট পর্য্যন্ত মাপা চলে।

(খ) গুরু ই, এম, এফ, পরিমাপ:—প্রায় ২০০। ২৫০ ভোলট পি, ডি, মাপিতে হইলে যে বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে ঐ পি, ডি, তাহা একটি গুরু বাধার (১০,০০০ ওম বা আরও অধিক) সহিত সংযুক্ত করিয়া, এই বাধার কোন পরিমিত অংশে পতিত পোটেনস্যাল পরিমাণ উক্ত প্রণালী মতে মাপা হয় ও ইহা হইতে সমস্ত বাধাটিতে পতিত পোটেনশ্যাল পরিমাণ বা পরিমাপ্য পি, ডি, হিসাব করিয়া লওয়া হয় (পোটেনশ্যাল বাধার অনুপাতে পতিত হয়)। এই কার্য্যে ভোল্ট বক্স (Volt Box) নামে একটি বাধা সমন্বিত বাক্স ব্যবহার করিতে হয়।

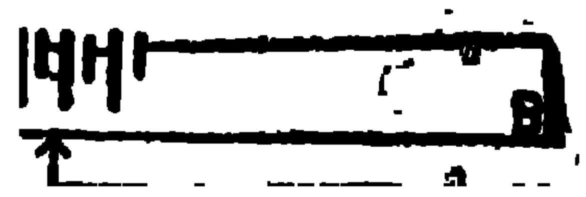


চিত্র—৪৩৯

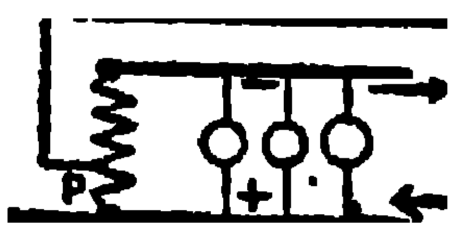
ইহার বিভিন্ন অংশাবলীর বাধা—ab=৫০ ওম, ac=৫০০ ওম, ad=৫০০০ ওম, ae=১০,০০০ ওম। (চিত্র—৪৩৯ দ্রষ্টব্য।

সুতরাং পোটেনসিওমিটারে মাপিয়া যদি দেখা যায় যে a ও bএর

মধ্যে পি,ডি, = ১'১ ভোল্ট, তাহা হইলে a eএর মধ্যে বা মোট পি,ডি, =



$\frac{১০,০০০}{৫০}$ × ১'১ ভোল্ট = ২২০ ভোল্ট।

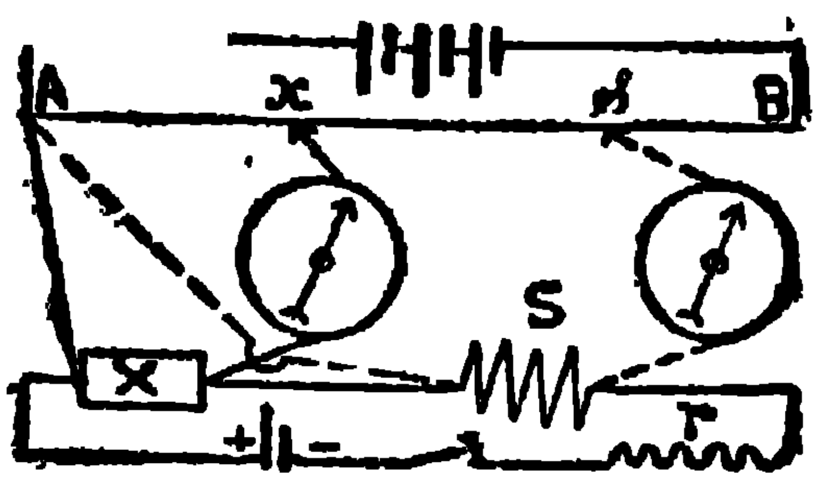


চিত্র—৪৪০

৪০০ চিত্রে পোটেনসিওমিটারের সহিত ভোল্ট বাক্স প্রভৃতির সংযোজন পদ্ধতি দর্শিত হইল, P ভোল্ট বক্স।

(২) পোটেনসিও মিটার দ্বারা বাধা পরিমাপ :—

(ক) লঘু বাধা :—৪৪১ চিত্রে সংযোজন ও কার্য্য পদ্ধতি দর্শিত হইল। X পরিমাপ্য অজানিত বাধা, ইহা একটি জানিত ষ্ট্যাণ্ডার্ড বাধা S, একটি পরিবর্ত্তনীয় বাধা r ও একটি আকুমুলেটারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত। গ্যালভানোমিটারকে x ও Sএর শেষভাগে সংযুক্ত করিয়া পোটেনসিওমিটারে x স্থানটি বাহির করিতে হইবে।



চিত্র—৪৪১

$$\frac{\text{Xএর শেষ ভাগদ্বয়ের পি,ডি,}}{\text{Sএর শেষ ভাগদ্বয়ের পি,ডি,}} = \frac{(\text{X প্রবাহ}) \times (\text{Xএর বাধা})}{(\text{S প্রবাহ}) \times (\text{S এর বাধা})} = \frac{\text{Xএর বাধা}}{\text{Sএর বাধা}}$$

অর্থাৎ $\text{X এর বাধা} = \frac{\text{Xএর শেষ ভাগদ্বয়ের পি,ডি,}}{\text{S ,, ,, ,, ,,}} \times \text{S এর বাধা}$

বা $X = \frac{\cdot০০১ \times D}{\cdot০০১ \times d} S = \frac{D}{d} S$ D = A হইতে x এর দৈর্ঘ্য
d = A ... s ,, ,,

(খ) গুরু বাধা :—X গুরু হইলে ইহার কোন অংশের পি, ডি, ও তাহা হইতে ঐ অংশের বাধা বাহির করিয়া মোট X এর বাধা হিসাব করিয়া লইতে হয়।

দ্রষ্টব্য :—আমমিটার দ্বারা X এর মধ্যে বহমান প্রবাহ মাপিলে Sএর প্রয়োজন হয় না। R = EC এই সম্বন্ধ হইতে R পাওয়া যায়, (E = Rএর শেষ ভাগদ্বয়ের পি,ডি,)

(৩) পোটেনসিওমিটার দ্বারা প্রবাহ পরিমাপ :—

প্রবাহকে অবস্থানুসারে জানিত ষ্ট্যাণ্ডার্ড লঘু বাধা ('১, '০১, '০০১ ওম বা তদপেক্ষা কম) দিয়া প্রবাহিত করা হয় ও বাধাটির শেষভাগদ্বয়ের পি,ডি, পোটেনসিওমিটার দ্বারা নির্দ্ধারণ করা হয়। প্রবাহ = (পি, ডি) ÷ (বাধা)

এইভাবে খুব অল্প হইতে খুব অধিক প্রবাহ পর্য্যন্ত নির্ভুল ভাবে মাপা যায় এবং বিশুদ্ধ তাম্র প্রস্তুত করণে যে অত্যধিক প্রবাহ ব্যবহার হয় তাহা এই প্রণালীতে মাপা হয়।

পোটেনসিওমিটার ব্যবহারের দ্বিতীয় প্রণালী—ইহাতে ৪৩৮চিত্রে দর্শিত চলনক্ষম চাবি b থাকে না, এবং ষ্ট্যাণ্ডার্ড সেল S ব্যবহার করিয়া p চলনক্ষম চাবি দ্বারা কোন্ স্থানে গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন হয় না বাহির করিতে হয়। যদি পোটেনসিওমিটারের মধ্যে প্রবাহ হয় C এবং উহার একক দৈর্ঘ্যের বাধা হয় R, একক দৈর্ঘ্যের পি, ডি, = C R ভোল্ট।

অতএব A ও p এর মধ্যে পি,ডি, = C R × দৈর্ঘ্য A p ভোল্ট।

অর্থাৎ C R × দৈর্ঘ্য A p = ১'৪৩৪। বা $C\,R = \dfrac{১'৪৩৪}{\text{দৈর্ঘ্য}\,Ap}$ ভোল্ট।

এখন ষ্ট্যাণ্ডার্ড সেলের পরিবর্ত্তে যাহার ই, এম, এফ, মাপিতে হইবে তাহাকে ঐ স্থানে ব্যবহার করা হয় এবং যদি এখন L বিন্দুতে গ্যালভানোমিটারের ঘূর্ণন না হয়—

A ও L এর মধ্যে পি,ডি, = C R × দৈর্ঘ্য A L ভোল্ট

$$\frac{১'৪৩৪}{\text{দৈর্ঘ্য}\ A\,p} \times \text{দৈর্ঘ্য}\ A\,L \text{ ভোল্ট।}$$

অর্থাৎ পরিমাপ্য ই, এম, এফ, = $\dfrac{A\,L}{A\,p} \times$ ১'৪৩৪ ভোল্ট।

একবিংশ পরিচয়।

সওদাগরি পরিমাপক যন্ত্রাদি।

(Commercial measuring Instruments)

(১) **আমমিটার** (Ammeter)—ইহার দ্বারা আমপেয়ার হিসাবে কোনও পথের প্রবাহ মাপা হয়। ইহার মূলে নিম্নলিখিত বৈদ্যুতিক ফলগুলি ব্যবহৃত হয়। (ক) প্রবাহের তাপকগুণ—তপ্ত তারের যন্ত্র (Hot wire instrument) (খ) বিদ্যুৎ চুম্বক ফল—চুম্বকেব উপর প্রবাহের ফল, যথা, ঘূর্ণনশীল লৌহ যন্ত্রে, বা প্রবাহের উপর চুম্বকের ফল—যথা, ঘূর্ণনশীল কয়েল যন্ত্রে, (গ) প্রবাহের উপর প্রবাহের ফল—ডায়নামোমিটার যন্ত্রে।

(২) **ভোল্টমিটার** (Voltmeter)—ইহার দ্বারা কোন বৈদ্যুতিক পথের কোন বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে চাপ পার্থক্য ভোল্ট হিসাবে মাপা হয়। ইহাতে উল্লিখিত ফলগুলি ব্যতীত ঘার্ষণিক বৈদ্যুতিক আকর্ষণ ও নিক্ষেপন ফল ব্যবহার হয়, যথা ঘার্ষণিক বৈদ্যুতিক ভোল্টমিটার।

(৩) **লিপিবদ্ধকারী** (Recording) **আমমিটার ও ভোল্টমিটার** :—ইহারা চলন্ত কাগজের উপর কোনও সময়ের মধ্যে প্রবাহ ও পি, ডি, কিরূপভাবে পরিবর্ত্তিত হইয়াছে তাহা লিপিবদ্ধ করে।

(৪) **ওয়াটমিটার** (Watt meter)—ইহার দ্বারা পথের কোন স্থানে, কোন সময়ে, কি হারে শক্তি ব্যয় হইতেছে তাহা ওয়াট হিসাবে মাপা হয়।

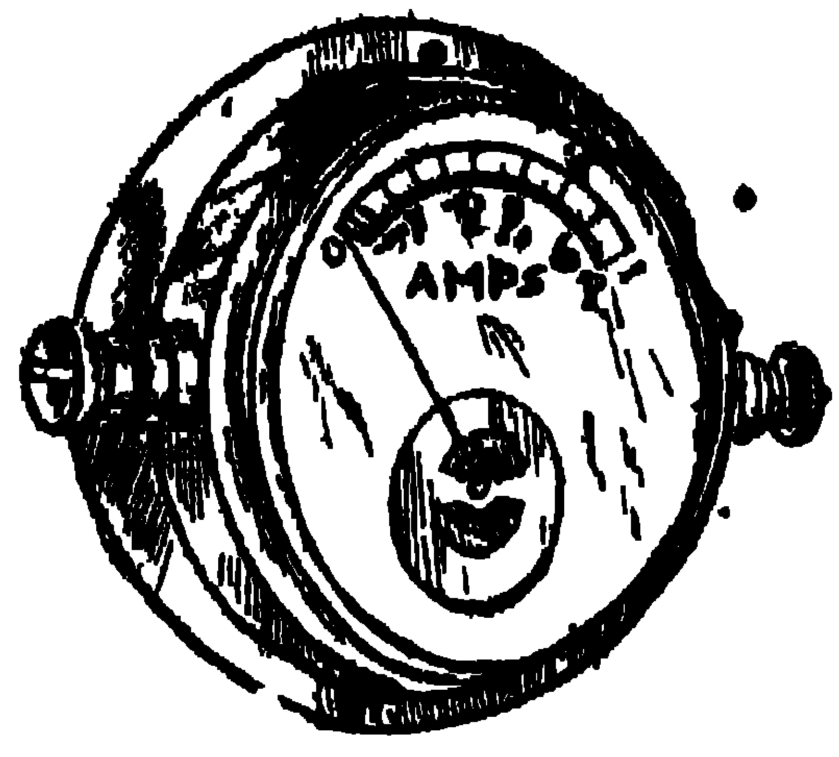
(৫) **লিপিবদ্ধকারী** (Recording) **ওয়াটমিটার** :—ইহারা কোন সময়ের মধ্যে কি ভাবে শক্তি ব্যয়ের হার পরিবর্ত্তিত হইয়াছে তাহা লিপিবদ্ধ করে।

(৬) **বিদ্যুৎমাপক** (Electricity meter) :—ইহারা দুই প্রকারের (ক) আমপেয়ার-আওয়ার (Ampere-hour), কুলম্ব্ (Coulomb) বা কোয়ান্টিটি (quantity, পরিমাণ) মিটার। ইহাদের দ্বারা কোনও সময়ের মধ্যে সরবরাহ বিদ্যুতের পরিমাণ মাপা হয়, (খ) ওয়াট-আওয়ার (Watt-hour) বা এনার্জি (Energy, শক্তি) মিটার :— ইহার দ্বারা কোনও সময়ের মধ্যে সরবরাহ মোট বৈদ্যুতিক শক্তির পরিমাণ মাপা হয়। প্রথমটির দ্বারা CT এবং দ্বিতীয়টির দ্বারা ECT মাপা হয়। C = প্রবাহ, T = ঘণ্টা হিসাবে পরিমিত যে সময় ব্যাপিয়া প্রবাহ বহে এবং E = ভোল্টে পরিমিত চাপ। ওয়াট মিটারগুলিতে সাধারণতঃ B.O.T. (Board of Trade) 'একক' হিসাবে শক্তি মাপা হয়। এই একককে কিলোওয়াট-আওয়ার (Kilowatt-hour, kwh = ১০০০ ওয়াট-আওয়ার) বলে। একভাব ভোল্টেজ বিশিষ্ট পথে ওয়াট-আওয়ার আমপেয়ার-আওয়ারের অনুপাতে হয়, সুতরাং আমপেয়ার-আওয়ার হইতেই B. O. T. একক পরিমিত হয়। ইলেকট্রিসিটী মিটারগুলিতে নিম্নলিখিত প্রণালীগুলি ব্যবহৃত হয়, (১) রাসায়নিক ক্রিয়া (Electrolytic meter) (২) গতিদ ক্রিয়া (Motor meter) (৩) ঘটিকা প্রণালী (Clock meter) (৪) তাপকগুণ (Thermal meter).

(৭) **ম্যাক্সিমাম্ ডিমাণ্ড ইণ্ডিকেটার** (Maximum Demand Indicator)— ইহার দ্বারা কোন সময়ের মধ্যে সর্বাপেক্ষা অধিক কি পরিমাণ প্রবাহ ব্যবহৃত হইয়াছে তাহা দৃষ্ট হয়। ইহা ইলেকট্রিসিটী মিটারের একটি রকম, ইহাতে তাপকগুণ ব্যবহৃত হয়।

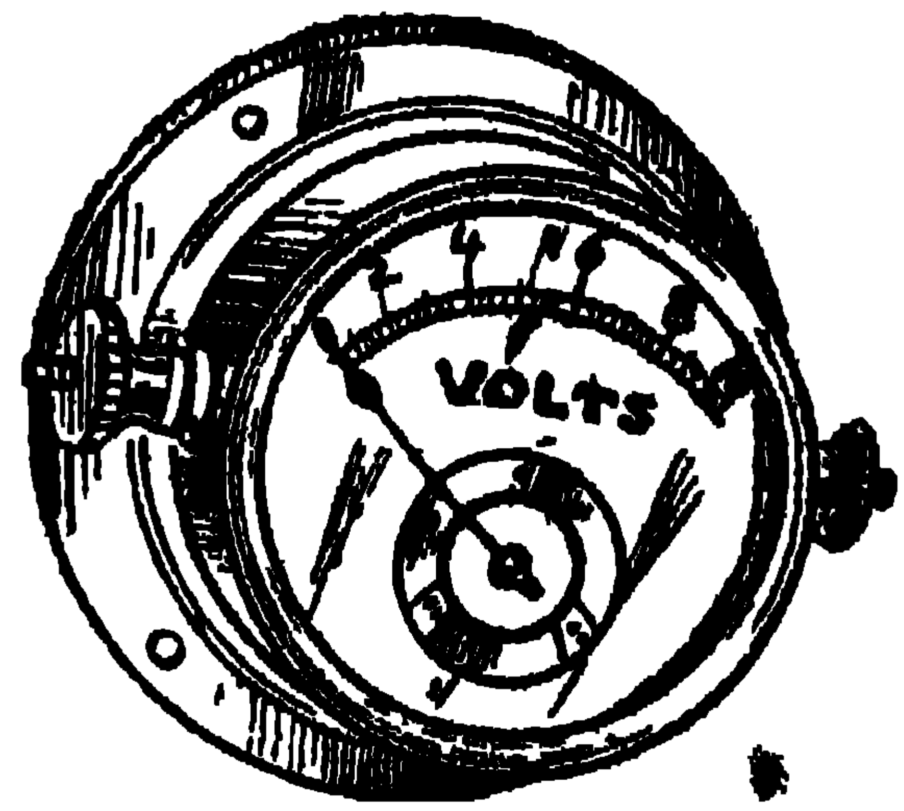
<u>আমমিটার ও ভোল্টমিটার এবং তাহাদের মধ্যে পার্থক্য</u> :—ইহারা প্রায় একরূপ, কেবলমাত্র আমমিটারের বাধা অল্প, ভোল্ট মিটারের বাধা অধিক এবং আমমিটারকে পরীক্ষাধীন পথের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করিতে হয়, ভোল্টমিটারকে প্যারালালে সংযুক্ত করিতে হয়।

যেহেতু আমমিটার দ্বারা প্রবাহ পরিমিত হয়, ইহাকে প্রবাহবান্ পথের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করিতে হয়, চিত্র ৪৪২, এবং ইহার বাধা খুব অল্প হওয়া প্রয়োজন নচেৎ প্রবাহ হ্রাস হইবে, ইহার মধ্যে অধিক ভোল্টেজ পতিত হইবে ($E=C\times R$), এবং ইহার মধ্যে প্রচুর শক্তি অপব্যয় হইবে ($W=C^2R$), যথা—প্রবাহ যদি ১০ আম্প ও আমমিটারের বাধা ১ ওম হয়, তাহা হইলে ইহার মধ্যে ব্যয়িত ক্ষমতা $=১০^২\times১=১০০$ ওয়াট, কিন্তু বাধা ·০০১ ওম হইলে অপব্যয়িত ক্ষমতা $=১০^২\times·০০১=$ ·১ ওয়াট।



চিত্র—৪৪২

ভোল্টমিটার দ্বারা কোন বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে পি, ডি, পরিমিত হয় বলিয়া ইহাকে ঐ বিন্দুদ্বয়ের মধ্যস্থ পথের সহিত প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত করিতে হয়, চিত্র ৪৪৩ এবং ইহার বাধা খুব অধিক হওয়া প্রয়োজন। ইহার কারণ নিম্ন উদাহরণ হইতে বুঝা যাইবে। কোন পথে একভাবে ১০ আম্প প্রবাহ বহমান এবং এই পথে একটি ৪ ওম বাধা বিশিষ্ট কয়েল আছে। তাহা হইলে এই কয়েলের শেষ ভাগদ্বয়ের পি, ডি, $=১০\times৪=৪০$ ভোল্ট। এখন যদি ১ ওম বাধা বিশিষ্ট ভোল্টমিটার কয়েলের শেষ ভাগদ্বয়ের সহিত প্যারালালে (সান্টভাবে) সংযোগ করা হয়, তাহা হইলে মোট বাধা হইবে $\frac{১\times৪}{১+৪}=\frac{৪}{৫}$ ওম।



চিত্র—৪৪৩

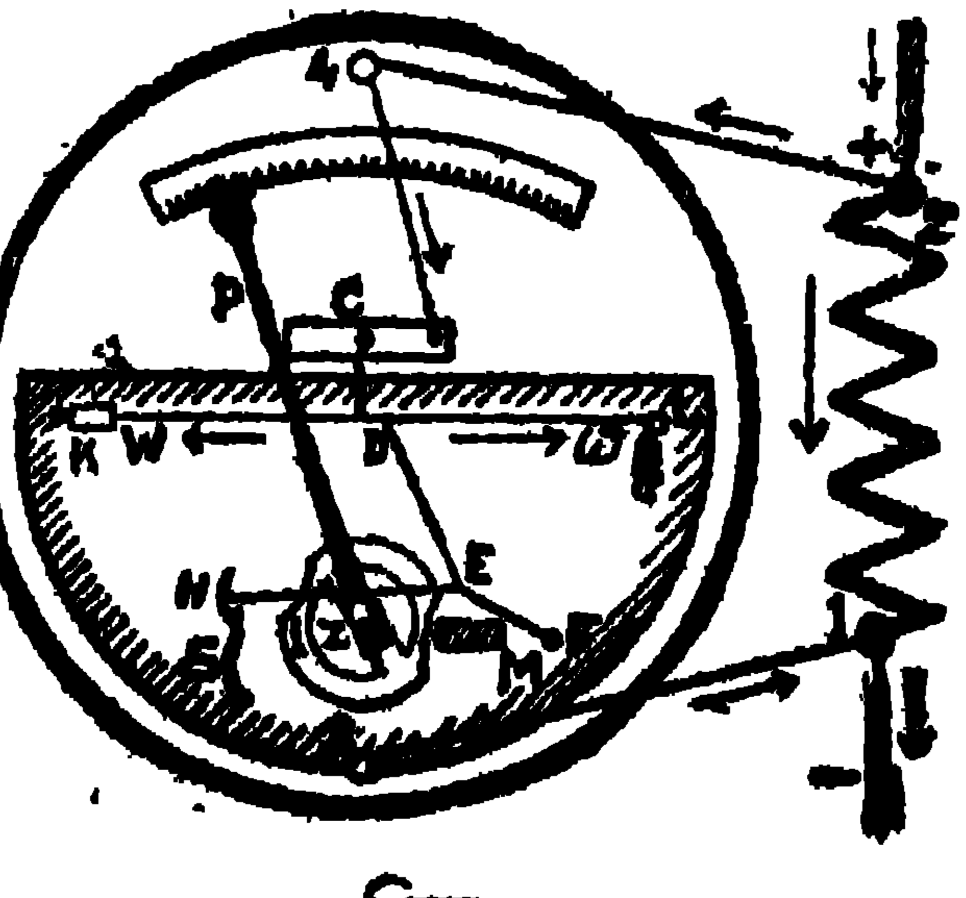
সুতরাং এখন কয়েলের শেষভাগদ্বয়ের মধ্যে পিডি $=১০\times\frac{৪}{৫}=৮$ ভোল্ট। অর্থাৎ ৪০ ভোল্ট পি,ডি,৮ ভোল্টে পরিণত হইতেছে, সুতরাং পি,ডি, সঠিক পরিমিত হইল না। কিন্তু যদি ভোল্ট মিটারের বাধা হয় ৪০০০ ওম, তাহা হইলে মোট বাধা হইবে $\frac{৪০০০\times৪}{৪০০০+৪}=\frac{১৬০০০}{৪০০৪}=৩.৯৯৬$ ওম। এবং কয়েলের শেষ ভাগদ্বয়ে পি,ডি, $=১০\times৩.৯৯৬=৩৯.৯৬$ বা প্রায় ৪০ ভোল্ট, অর্থাৎ পূর্ব্ব ভোল্টেজের সহিত সমান। আরও দৃষ্ট হইবে যে ভোল্ট মিটার এইরূপ অধিক বাধা বিশিষ্ট বলিয়া উহার মধ্যে অপব্যয়িত ক্ষমতাও অল্প। যথা, ধরা যাউক, যেন কোনস্থানদ্বয়ের মধ্যে একভাবে ১০০ ভোল্ট পি, ডি, বর্ত্তমান, তাহা হইলে ৪০০০ ওম বাধা বিশিষ্ট ওমমিটারের মধ্যে ব্যয়িত ক্ষমতা $\frac{E^2}{R}=\frac{১০০^২}{৪০০০}=২.৫$ ওয়াট কিন্তু ১ ওম বাধা বিশিষ্ট হইলে ব্যয়িত ক্ষমতা $=\frac{১০০^২}{১}=১০,০০০$ ওয়াট। অতএব দেখা যাইতেছে যে ভোল্টমিটারের মধ্যে অপব্যয়িত ক্ষমতার পরিমাণ হ্রাস করিতে হইলে

ইহার বাধা অধিক হওয়া প্রয়োজন। ভোল্ট মিটারের বাধা পরিমাপ্য পি,ডি, অনুযায়ী হয়। যথা—আকুমুলেটার প্রভৃতির সেলের ই, এম, এফ, পরীক্ষার্থে ৫ হইতে ১৫ ওম বাধা বিশিষ্ট ভোল্টমিটার সচরাচর ব্যবহৃত হয় এবং ১১০ ভোল্ট পি,ডি, বিশিষ্ট পথে ১০,০০০ ওম পর্য্যন্ত বাধা বিশিষ্ট যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

আমমিটার ও ভোল্টমিটারের পরিমাপ ক্ষমতা বৃদ্ধি :—অধিক পরিমাণ প্রবাহ মাপিবার নিমিত্ত আমমিটারের মধ্যে সাণ্ট ব্যবহারের ব্যবস্থা থাকে, যাহাতে পরিমাপ্য প্রবাহের কোন নির্দ্দিষ্ট অংশ আমমিটারের মধ্য দিয়া বহে, বাকী ঐ সাণ্টের মধ্য দিয়া বহে। যথা—যদি কোন আমমিটার সর্ব্বাপেক্ষা অধিক ·১আম্প প্রবাহ বহনক্ষম হয়, তাহা হইলে ১ আম্প প্রবাহ মাপিতে হইলে উহার বাধার $\frac{১}{৯}$ একটি বাধাকে উহার সহিত সাণ্টে সংযোগ করিয়া দিতে হইবে। তাহা হইলেই মোট প্রবাহের $\frac{১}{১০}$ ভাগ অর্থাৎ ·১ আম্প আমমিটারের মধ্য দিয়া বহিবে। সেইরূপ ১০ আম্প বা ১০০ আম্প প্রবাহ মাপিতে হইলে যথাক্রমে $\frac{১}{৯৯}$ বা $\frac{১}{৯৯৯}$ সাণ্ট ব্যবহার করিলে ·১ আম্প আমমিটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবে। এইরূপ সাণ্ট বিশিষ্ট আমমিটার এরূপভাবে চিহ্নিত হয় যে তাহা হইতে মোট প্রবাহ দৃষ্ট হয়। ভোল্ট মিটারের পরিমাপ ক্ষমতা বৃদ্ধির জন্য ইহার মধ্যে বাধা কয়েল সিরিজে সংযোগ করিবার ব্যবস্থা থাকে। যথা—এই কয়েলের বাধা আমমিটারের বাধার সমান, দ্বিগুণ বা ত্রিগুণ ইত্যাদি হইলে মোট পি,ডি,ভোল্টমিটারের পি,ডি,র ২, ৩ বা ৪ গুণ। অর্থাৎ সিরিজে সংযুক্ত কয়েলের বাধা ভোল্টমিটারের বাধার A গুণ হইলে মোট পি, ডি, ভোল্টমিটার পি,ডি,র (A + ১) গুণ। এই ভোল্ট মিটার গুলি এরূপভাবে চিহ্নিত হয় যে ইহাতে একেবারে মোট পি,ডি, দৃষ্ট হয়।

হট অয়্যার (তপ্ত তার) আমমিটার ও ভোল্টমিটার

৪৪৪ চিত্রে হট অয়্যার আমমিটারের কাঠাম দর্শিত হইল। ইহাতে একটি প্লাটিনাম-সিলভার তার Ww এর মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিবার সময়, তাপোৎপত্তি হেতু উহার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হইতে প্রবাহ পরিমিত হয়। সেইজন্য ইহাকে মাপক তার বলে। এই Ww তারটি একটি পিত্তল পাতের উপর এক দিকে (ডানদিকে) L একটি ভল্কানাইট



চিত্র—৪৪৪

ফিতার সহিত আবদ্ধ এবং এখানে পিত্তলপাতের সহিত ধাতব সংযোজন

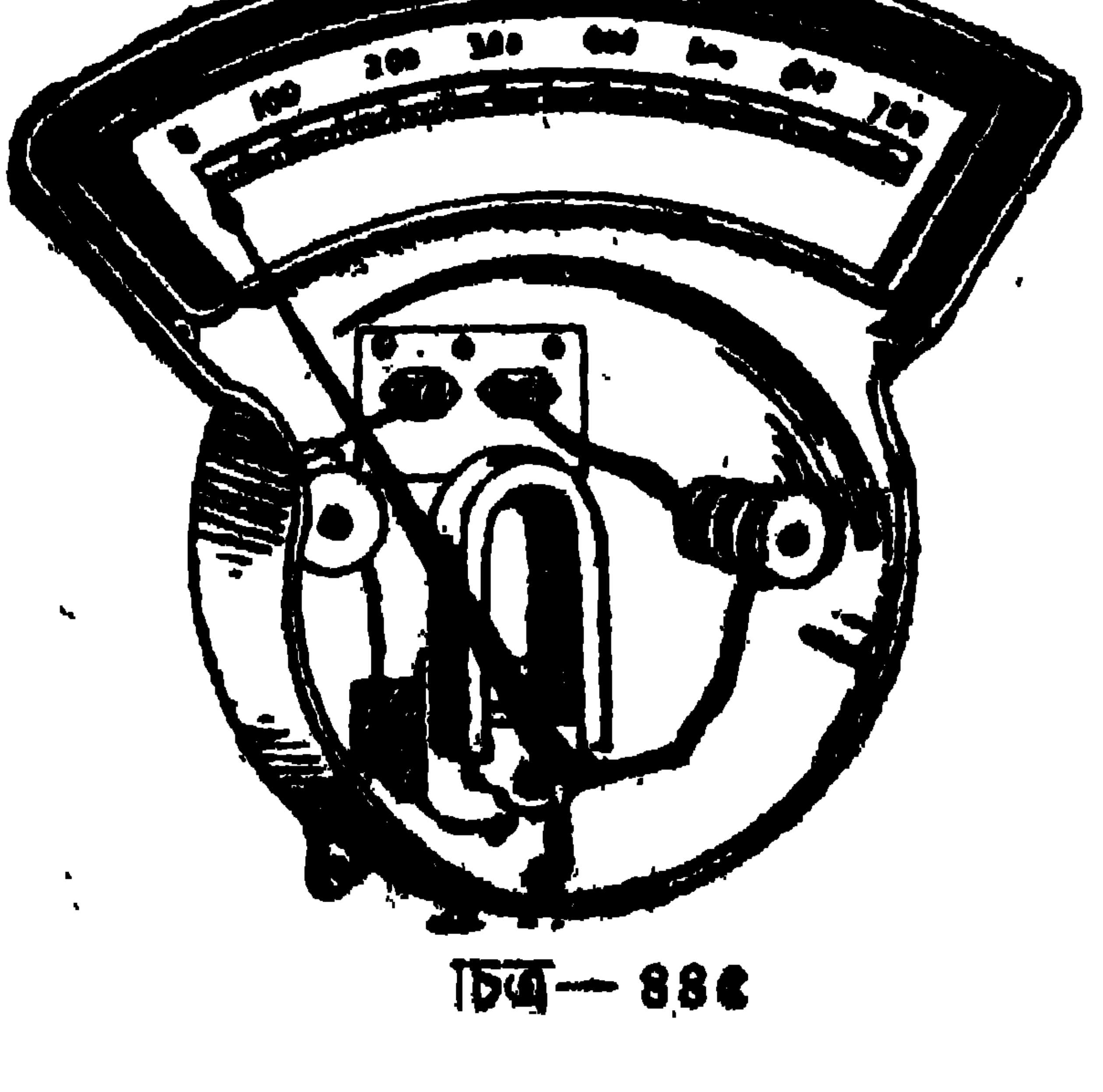
দ্বারা বৈদ্যুতিকভাবে সংযুক্ত, অপরদিকে (বামদিকে) Ww তারটি পিত্তল পাতস্থিত K বন্ধন স্ক্রুর সহিত টানিয়া আবদ্ধ। তারটির প্রায় মাঝখান হইতে DEF একটি ফসফর-ব্রঞ্জের তার F দণ্ডে টানিয়া আবদ্ধ—F দণ্ডটি পিত্তল পাত হইতে রোথিত। DEFএর প্রায় মাঝখান হইতে EZH একটি সিল্ক তন্তু একটি ঘূর্ণনক্ষম চাকতি বা পুলিকে (Pulley) একপাক বেষ্টন করিয়া (S) ষ্টিল স্প্রিংএর সহিত আবদ্ধ। সুতরাং ইহাও (তন্তু) টানিয়া আবদ্ধ এবং Ww একটু আল্‌গা হইলেই (বর্দ্ধিত হইলে) S স্প্রিং সিল্ক তন্তুকে টানিয়া পুলিটিকে ঘুরাইবে। এই পুলিটির কীলকের (Spindle) সহিত একটি এলুমিনিয়াম কাঁটা P আবদ্ধ আছে—ইহার দ্বারা স্কেলের উপর প্রবাহ পরিমাণ দর্শিত হয়। যন্ত্রটিকে 'ডেডবীট' করিবার জন্য পুলির কীলকের সহিত একটি এলুমিনিয়াম চাকতি আবদ্ধ থাকে এবং এই চাকতি M স্থায়ী চুম্বকের মেরুদ্বয়ের মাঝে স্থাপিত। C একটি তাম্র ফিতা, ইহা পিত্তল পাত হইতে রোথিত বটে, কিন্তু Ww তারের ঠিক মধ্যস্থলের সহিত স্প্রিং দ্বারা বৈদ্যুতিক ভাবে সংযুক্ত, যাহাতে তারটি বাতাসে কম্পিত না হয় এবং ইহা 4 টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত, অপর টার্মিনাল 3 পিত্তলপাতের সহিত আবদ্ধ। 3 ও 4 টার্মিনালদ্বয় কনষ্ট্যান্টিন নামক মিশ্র ধাতু নির্শ্মিত 1, 2 সাণ্টের সহিত সংযুক্ত। প্রায় ১০০ আম্প পর্য্যন্ত প্রবাহ মাপিবার উপযোগী যন্ত্রে এই সাণ্ট সচরাচর যন্ত্রের মধ্যে উহার পশ্চাদ্ভাগে থাকে, কিন্তু তদপেক্ষা অধিক প্রবাহ মাপিবার উপযোগী যন্ত্রে ইহা পৃথক থাকে এবং কার্য্যকালে প্রয়োজন মত সাণ্ট টার্মিনালদ্বয়ের সহিত (প্যারালালে) সংযুক্ত করা হয়।

কার্য্যাবলী :—পরিমাপ্য প্রবাহ 2 স্থানে দুইভাগে বিভক্ত হইয়া একভাগ 1, 2 সাণ্টের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়, অপর ভাগ 4, টার্মিনাল হইতে C ও তথা হইতে Wwতে যাইয়া দুইভাগে বিভক্ত হয়। একভাগ Wতে যাইয়া অপর ভাগ wতে যাইয়া, উভয়ে পিত্তল পাতে পুনঃ সম্মিলিত

হইয়া 3 টার্মিনাল দিয়া 1 তে প্রবাহিত হয়। ইহার ফলে Ww তারটি উত্তপ্ত হইয়া দৈর্ঘ্যে বর্দ্ধিত হয়, সুতরাং S স্প্রিং দ্বারা সূচটি স্কেলের উপর চালিত হয়। স্কেলটি পোটেনসিওমিটার বা অন্য কোন যন্ত্রের সহিত তুলনা করিয়া এরূপভাবে চিহ্নিত যে ইহাতে একেবারে মোট প্রবাহ পরিমাণ দর্শিত হয়।

দ্রষ্টব্য :—(L) ভল্কানাইট ফিতাটি ব্যবহারের উদ্দেশ্য এই যে তপ্ততা বৃদ্ধিতে Ww ও পিত্তল পাতের মধ্যে বিস্ফারণের পার্থক্য ইহার সঙ্কোচন দ্বারা নাশ করা হয়।

হট অয়ার ভোল্টমিটার ঠিক হট অয়ার আমমিটারের ন্যায়। প্রভেদ এই যে Ww তারটি অপেক্ষাকৃত সূক্ষ্ম ও 1, 2, সাণ্টের পরিবর্ত্তে কন্‌ষ্ট্যাণ্টিনের একটি বাধা দায়ক তার বা কয়েল ইহার সহিত সিরিজে সংযুক্ত করিতে হয়। ১০ ভোল্ট হইতে তদূর্দ্ধ ভোল্টেজ পরিমাপের উপযোগী ফিউজ বিশিষ্ট হয় এবং প্রায় ৪০০ ভোল্ট পর্য্যন্ত মাপিবার উপযোগী যন্ত্রগুলিতে ঐ সিরিজ বাধা উহাদের অভ্যন্তরে পশ্চাদ্ভাগে থাকে. তদূর্দ্ধ পরিমাপের উপযোগী যন্ত্রগুলির জন্য পৃথক বাক্সের মধ্যে এই বাধা থাকে, কার্য্যকালে সংযোগ করিয়া লইতে হয়।



চিত্র—৪৪৫

কয়েল ঘূর্ণনশীল (Moving coil) আমমিটার ও ভোল্টমিটার :—ইহাদের মধ্যে চুম্বক রাজ্যে প্রবাহবান্ কয়েলের ঘূর্ণনদ্বারা প্রবাহ ও পি, ডি, পরিমিত হয়, সুতরাং ইহাদিগের গঠন ও কার্য্যপ্রণালী কয়েল ঘূর্ণনশীল গ্যালভানোমিটারের মত।

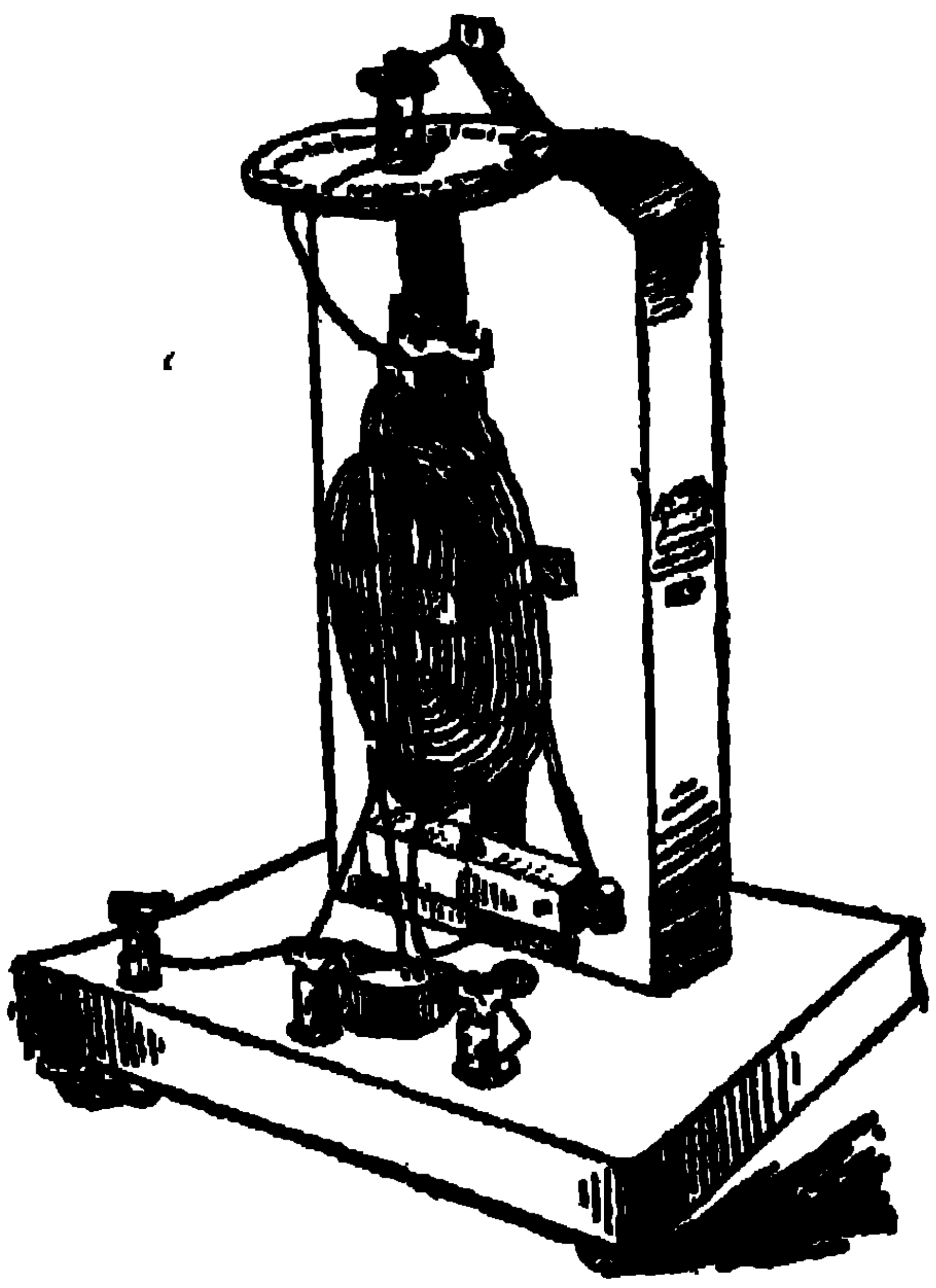
৩৪৫ চিত্রে এই যন্ত্রের অভ্যন্তর ভাগ দর্শিত হইল। ইহাতে একটি অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বক ও উহার মেরুখণ্ডদ্বয় আছে, মেরুখণ্ডদ্বয়ের মাঝে খাটান নরম লৌহের চোঙ্গাকার আর্মেচার (রাজ্যতেজ প্রখর করিবার জন্য) ও তদুপরি এলুমিনিয়াম ফ্রেমে জড়ান ঘূর্ণনক্ষম কয়েল, এবং আচুম্বক মিশ্রধাতুর দুইটি হেয়ার স্প্রিং আছে, একটি অপরটির বিপরীত দিকে জড়ান, যাহাতে তপ্ততা পরিবর্ত্তনে সঙ্কোচন বা বিস্ফারণ হেতু কোন প্রকার ফল না হয় এবং কয়েলের উপর দিকস্থ হেয়ার স্প্রিংএর এক শেষভাগ কয়েলের তারের এক শেষ ভাগের সহিত ও নিম্নদিকস্থ হেয়ার স্প্রিংএর এক শেষ ভাগ অপর শেষ ভাগ কয়েলের সহিত সংযুক্ত। স্প্রিং দ্বয়ের অপর শেষ ভাগগুলি স্থির অংশের সহিত আবদ্ধ, এবং ইহারাই কয়েলের মধ্যে প্রবাহ প্রবেশের ও উহা হইতে নির্গমের পথ এবং কয়েলের ঘূর্ণনকে তত্ত্বাবধান (Control) করে। কয়েলের সহিত একটি এলুমিনিয়াম কাঁটা আবদ্ধ থাকে, ইহা স্কেলের উপর প্রবাহ বা ভোল্টেজ পরিমাণ নির্দ্দেশ করে। এই সমস্ত সরঞ্জামটি লৌহ আবৃত, যাহাতে বাহ্যিক চুম্বক দ্বারা ইহার উপর কোন ফল না হয়। সাধারণ অবস্থায় কয়েলটি মেরু সংযোজক রেখায় ৪৫° কোণ করিয়া অবস্থান করে। ইহার মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিবার সময় ইহার ঘূর্ণনদিক "বামহস্ত নিয়ম" হইতে পাওয়া যায়। বলা বাহুল্য অল্টারনেটিং কারেন্ট হইলে এই যন্ত্র ব্যবহার করা চলিতে পারে না। আমমিটারে সান্টে ও ভোল্টমিটারে সিরিজে বাধা ব্যবহার করা হয় এবং ভোল্টমিটারের কয়েলটী অধিক বাধা বিশিষ্ট সরু তারের।

লৌহ ঘূর্ণনশীল (Moving iron) আমমিটার ও ভোল্ট মিটার—এই যন্ত্রগুলিতে নিম্নলিখিত প্রণালী ব্যবহার হয়। (১) প্রবাহবান্ সলিনয়েড বা কয়েলের ঠিক মধ্যস্থলে রাজ্যতেজ সর্ব্বাপেক্ষা প্রখর ও সমভাব, (২) কিন্তু শেষ ভাগদ্বয়ের নিকটে তারের সন্নিহিত স্থানে রাজ্য প্রখর, কারণ এই স্থানে অনেক বলরেখা গাত্র দিয়া নির্গত হইয়াযায় (চিত্র—১৭৪ দ্রষ্টব্য), সুতরাং কয়েলের মধ্যে একটি লম্বা নরম লৌহ ঝুলান থাকিলে উহা তারের দিকে আকৃষ্ট হইবে, আর যদি লৌহটি ছোট হয় তাহা হইলে কয়েলের ঠিক মধ্যস্থলে যাইবে। লৌহটির স্থানচ্যুতি প্রবাহ তেজের উপর নির্ভর করে, সুতরাং ইহা হইতে প্রবাহ ও পি, ডি, পরিমিত হইতে পারে।

ডায়নামোমিটার টাইপ আমমিটার ও ভোল্টমিটার :—ইহাদের কার্য্য পদ্ধতি নিম্নলিখিত নিয়মগুলির উপর নির্ভর করে—(১) একই দিকে বহমান সমান্তরাল প্রবাহদ্বয়ের

মধ্যে আকর্ষণ, বিপরীত দিকে বহমান সমান্তরাল প্রবাহদ্বয়ের মধ্যে নিক্ষেপণ (চিত্র ১৮৪ দ্রষ্টব্য), (২) একই বিন্দুর দিকে বহমান বা তথা হইতে নির্গত কৌণিক প্রবাহদ্বয়ের মধ্যে আকর্ষণ ও একটি, কোন বিন্দুর দিকে, অপরটি, বিন্দু হইতে, বহমান এরূপ কৌণিক প্রবাহদ্বয়ের মধ্যে নিক্ষেপণ (চিত্র ১৮৫ দ্রষ্টব্য) এবং (৩) আকর্ষণ বা নিক্ষেপণ বল প্রবাহদ্বয়ের গুণফল ও তারের দৈর্ঘ্য অনুপাতে হয় ও তাহাদের ব্যবধানের বিরূপ ভাবের হয়। সুতরাং ইহা দ্বারা প্রবাহ তেজ বা পি,ডি, পরিমিত হইতে পারে। এই যন্ত্রের সুবিধা এই যে প্রবাহের দিক বিপরীত হইলেও কাঁটার ঘূর্ণন বিপরীত হইবে না, কারণ উভয় তার বা কয়েলে প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তিত হয় সুতরাং ইহা ডাইরেক্ট ও অল্টার-নেটিং উভয় প্রকার প্রবাহের পক্ষে ব্যবহৃত হইতে পারে।

* **ওয়াট মিটার** (Watt-meter—Siemen's watt-meter) :—ইহার প্রণালী ঠিক সিমেন্স ইলেকট্রো—ডায়নামোমিটারের মত, ৪৪৬ চিত্র। ইহার কাঠাম ৪৪৭ চিত্রে দেখান হইল। ইহাতে ঘূর্ণনক্ষম কয়েল ABC মোটা তারের অল্প বাধা বিশিষ্ট এবং ইহা মেন লাইনের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয়, সুতরাং ইহা "অ্যামমিটার-কয়েল"। সরু তারের অধিক পাক বিশিষ্ট EFG কয়েলটি অধিক বাধা বিশিষ্ট এবং ইহা, যাহার ক্ষমতা (Power) ব্যয় মাপিতে হইবে তাহার সহিত সাণ্টভাবে সংযুক্ত করিতে হয়,



চিত্র — ৪৪৬

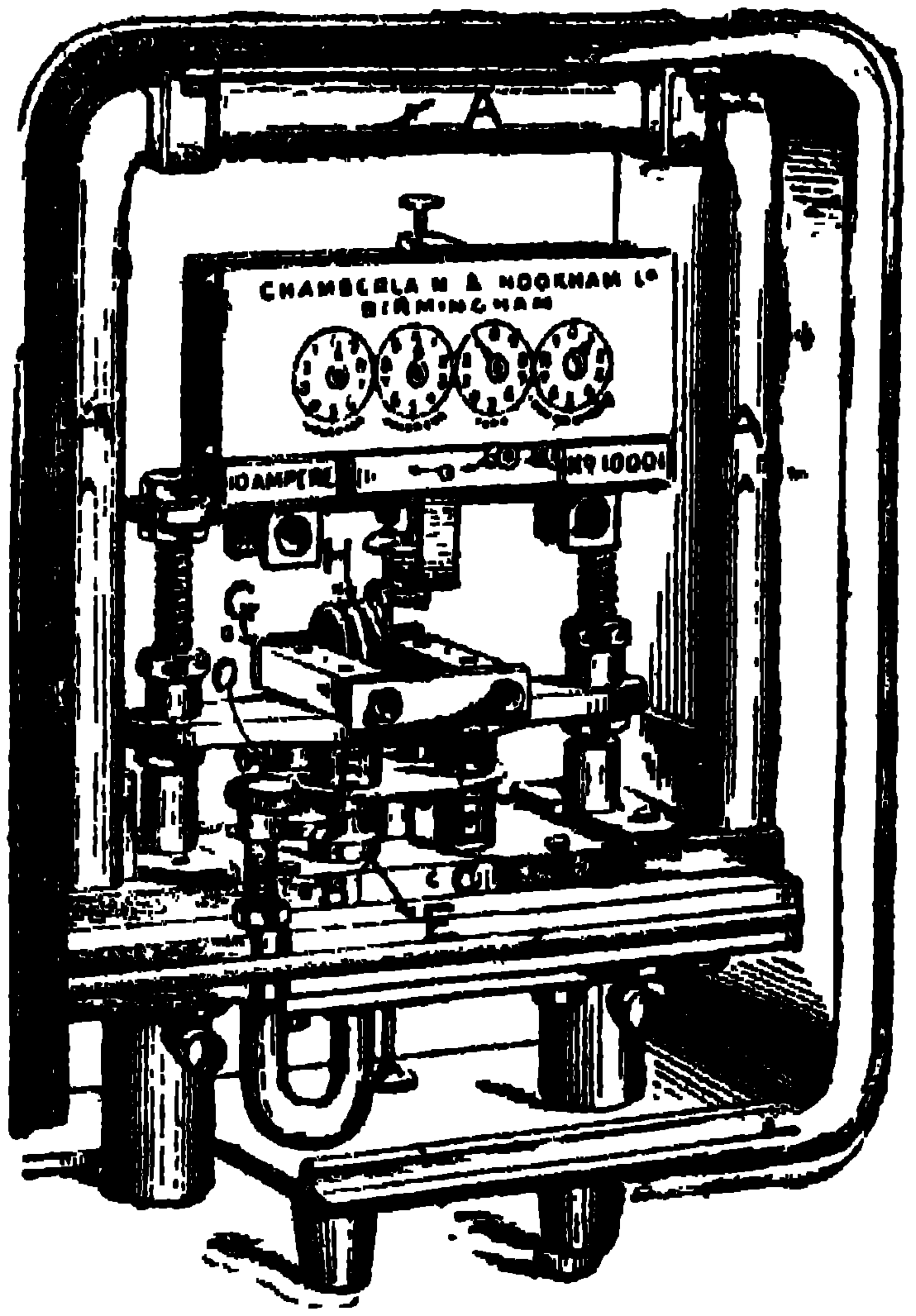
ইহা ভোল্টমিটার কয়েল সাধারণ অবস্থায় কয়েলদ্বয়ের তল পরস্পরের সহিত সমকোণ করিয়া অবস্থান করে এবং তাহাদের সহিত সংযুক্ত

চিত্র—৪৪৭

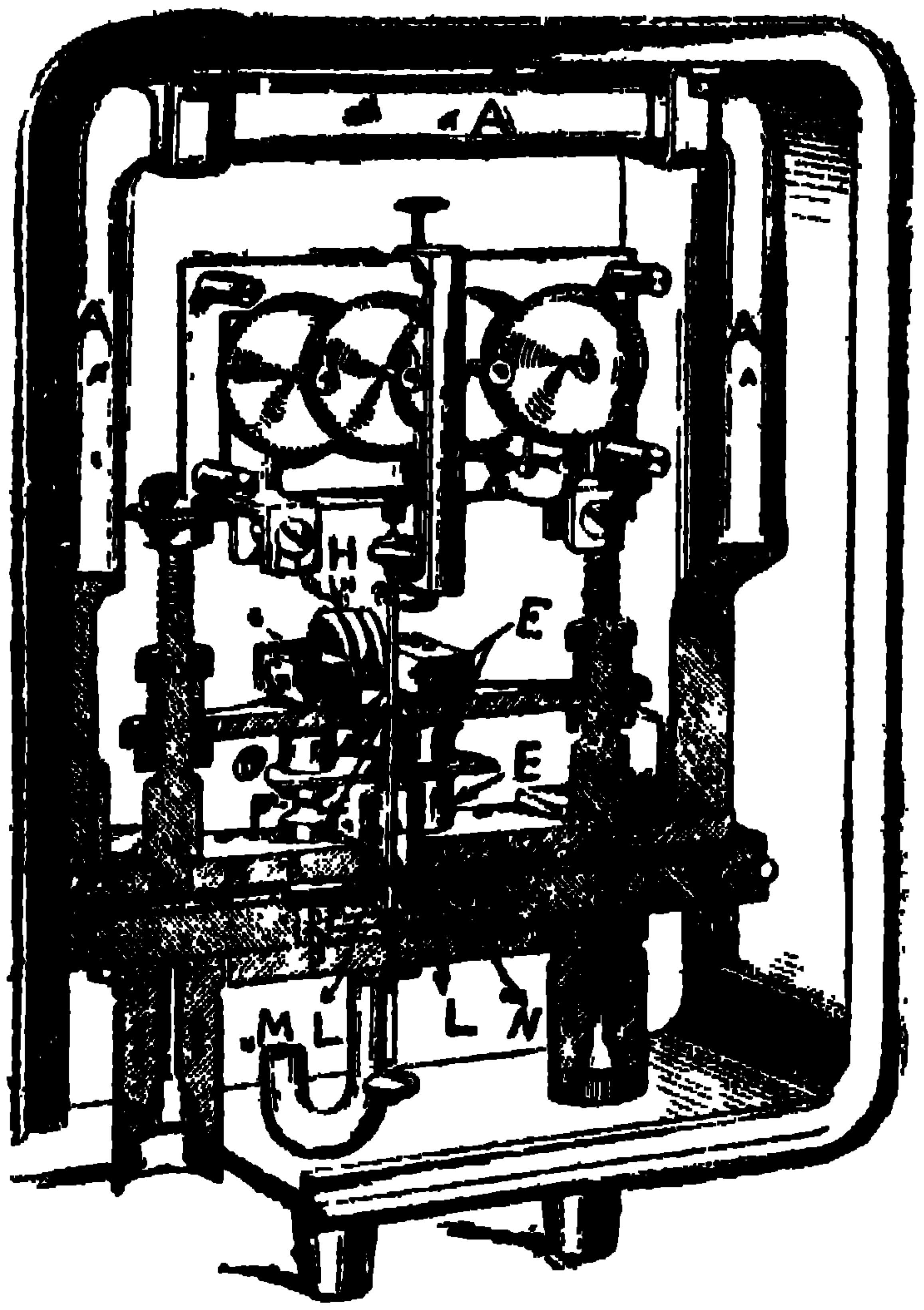
কাঁটা শূন্য চিহ্নিত স্থানে অবস্থান করে। সংযোজনাদির পর লাইনের প্রবাহ C ঘূর্ণনক্ষম কয়েল ABC এর মধ্য দিয়া বহে এবং উপকরণের টার্মিনাল-দ্বয়ের মধ্যে পি, ডি, Eএর অনুপাতে অল্প পরিমাণ প্রবাহ EFGএর মধ্য দিয়া বহে। সুতরাং ঘূর্ণনবল এই প্রবাহদ্বয়ের গুণফলের অনুপাতে হয় অর্থাৎ ECএর অনুপাতে হয়। উপকরণের মধ্যে ব্যয়িত ক্ষমতা ECএই গুণ-ফলের অনুযায়ী। ঘূর্ণনক্ষম কয়েলকে ঘুরাইয়া পূর্ব্বস্থানে আনিতে যদি S টর্সান হেডকে (তৎসহ P কাঁটাকে) a° ঘুরাইতে হয় তাহা হইলে টর্সান হেতু ঘূর্ণনবল a°র আনুপাতিক এবং ইহা প্রবাহ হেতু ঘূর্ণনবলের সমান, সুতরাং $EC \propto a$, অর্থাৎ উপকরণের মধ্যে ব্যয়িত ওয়াট = Ka (K = যন্ত্র অনুযায়ী কোন অপরিবর্ত্তনীয় সংখ্যা, ইহা পরীক্ষ দ্বারা নির্দ্ধারণ করিতে হয়)।

ব্যবহার :—ডাইরেক্ট কারেণ্টের সহিত ব্যবহার করিবার সময় ঘূর্ণনক্ষম কয়েলের তলকে চুম্বক 'মেরিডিয়ানে' লম্ব ভাবে রাখিতে হইবে, যাহাতে ইহার উপর ভূ-চুম্বকত্বের কোন ক্রিয়া না ঘটে, এবং সংযোজক তারগুলি খুব সন্নিহিত হওয়া প্রয়োজন, নচেৎ তাহাদের প্রবাহের দ্বারা ইহার উপর ক্রিয়া ঘটিতে পারে। অল্টারনেটিং কারেণ্টের সহিত ব্যবহার্য্য ওয়াট-মিটারের কাঠাম ও ধারক প্রভৃতি অপরিচালকে প্রস্তুত হওয়া বিধেয়, নচেৎ তাহাদিগের মধ্যে এডিকারেণ্ট হইবে ও তদ্দ্বারা ঐ কয়েলের উপর ক্রিয়া ঘটিবে। এতদ্ব্যতীত স্থির কয়েলটি দুই পরিবর্ত্তনীয় অংশে গঠিত হওয়া প্রয়োজন, যাহাতে ঘূর্ণনক্ষম কয়েলের নিকট রাজ্যতেজকে পরিবর্ত্তিত করিতে পারা যায়। সচরাচর ভোল্টমিটার কয়েলের সহিত একটি বাধা কয়েল (স্বীয় সম্ভাবনহীন) সিরিজে ব্যবহৃত হয়। বাহ্যিকচুম্বক রাজ্য হেতু আক্রান্ত হইলে প্রবাহের দিক বিপরীত করিয়া দ্বিতীয় বার পরীক্ষিত হয়।

পরিমাণ বা শক্তিমাপক (Quantity or Energy meter) :—এরন (Aron) ক্লক মিটার—ইহাতে পাশাপাশি দুইটি



চিত্র—৪৪৮

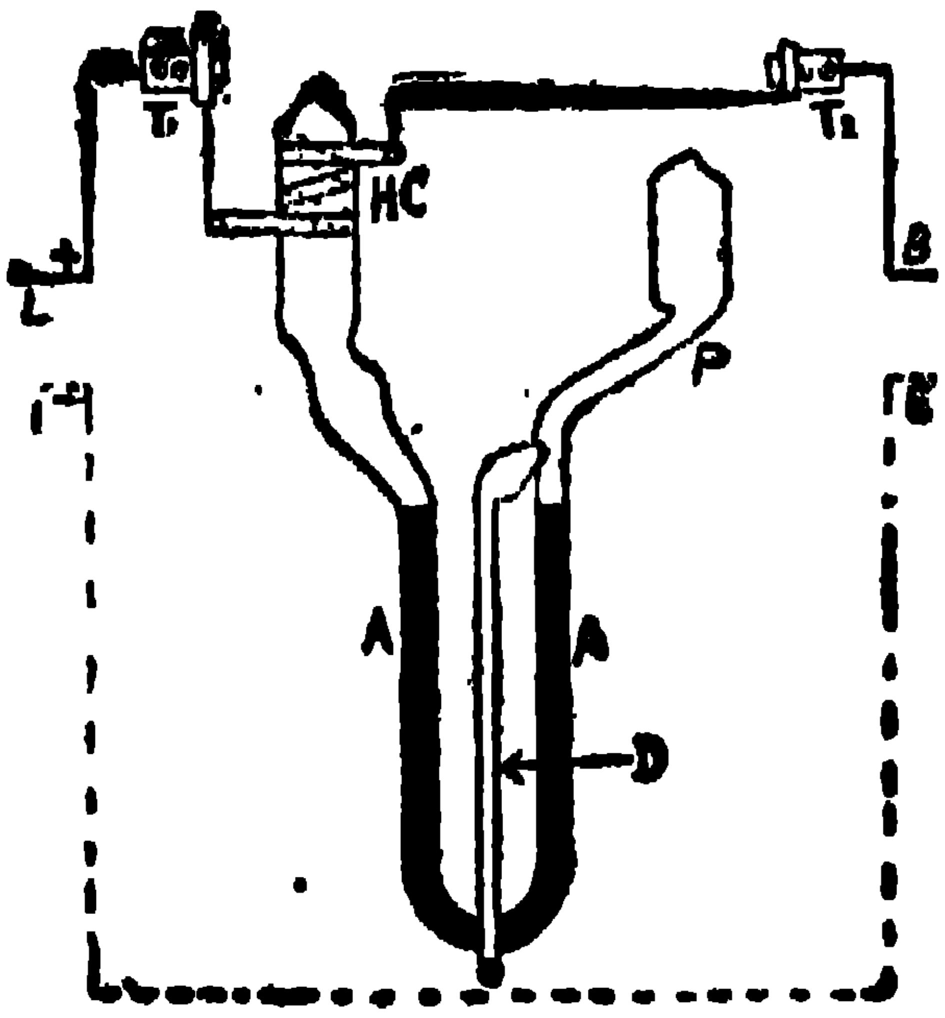


চিত্র—৪৪৯

পেণ্ডুলাম আছে। পেণ্ডুলামের গুলি (Bob) লৌহ নির্ম্মিত ও কয়েল আবৃত এবং গুলিদ্বয়ের কয়েলদ্বয় পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত ও লাইনের সহিত সাণ্টে, প্রত্যেক পেণ্ডুলামের ঠিক নিম্নে, একটি খাড়া সলিনয়েড থাকে। এই খাড়া সলিনয়েডদ্বয় পরস্পরের সহিত সিরিজে এরূপ সংযুক্ত যে প্রবাহ বহিবার সময় একটি সলিনয়েডের উপরদিকস্থ গুলির সন্নিহিত শেষভাগে বিপরীত মেরুত্ব ও অপর কয়েল তদুপরিস্থ গুলির অনুরূপ মেরুত্ব সৃষ্টি হয়। সুতরাং একটি গুলি ও তন্নিম্নস্থ সলিনয়েডের মধ্যে আকর্ষণ হয়, সুতরাং এই পেণ্ডুলামের গতি বাড়িয়া যায় ($t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$) এবং অপরগুলি ও তন্নিম্নস্থ সলিনয়েডের মধ্যে নিক্ষেপ হেতু পেণ্ডুলামের গতি কমিয়া যায়। পেণ্ডুলামদ্বয়ের গতির পার্থক্য চক্রে প্রযুক্ত হয়।

ইহা হইতে আম্প-ঘণ্টা (amp-hours) পরিমিত হয়। এক ভাব চাপ বিশিষ্ট পথে ওয়াট-ঘণ্টা বা B.O.T. ইউনিট ইহাতে পরিমিত হয়। আধুনিক ক্লক মিটারগুলিতে দম দিবার প্রয়োজন হয় না। ইহারা সেল্ফ ওয়াইণ্ডিং এবং ইহাদের মধ্যে অটোম্যাটিক রিভার্সিং গিয়ার থাকে। তদ্দ্বারা প্রতি দশ মিনিট অন্তর গুলির কয়েলের মধ্যে প্রবাহ দিক বিপরীত হইয়া যায় ও এইভাবে ভারহীন সময়ের ভুল সংশোধিত হয়।

ম্যাক্সিমাম ডিমাণ্ড ইণ্ডিকেটার ঃ—ইহা কাঁচের U আকৃতি A A একটি নলের দ্বারা প্রস্তুত, চিত্র ৪৫০। নলটির শেষভাগদ্বয় বাল্বে পরিণত ও একটি (ডানদিকের) নলের গাত্র হইতে একটি নল (D) আছে। অপর নলের বাল্ব (বামদিকের) একটি (H C) কয়েল দ্বারা ঘেরা; এই কয়েল সার্কিটের সহিত যোগ করিতে হয়। A A নলের মধ্যে কিছু পরিমাণ সালফিউরিক এসিড থাকে। H C কয়েল দিয়া প্রবাহ বহিবার সময় ইহা উত্তপ্ত হইয়া বাল্ব মধ্যস্থ বায়ুকে গরম করে। উত্তপ্ত বায়ুর বিস্ফারণ হেতু সালফিউরিক এসিড D নলের মধ্যে চালিত হয়। D নলের মধ্যে চালিত এসিডের পরিমাণ বায়ুর তপ্ততা, সুতরাং কয়েলের মধ্য দিয়া কোন সময়ে বহমান গরিষ্ঠ প্রবাহ বেগ, অনুযায়ী হয়। এইভাবে কোন সময়ের মধ্যে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক কি পরিমাণ প্রবাহ বহিয়াছে তাহা ধরা যায়।

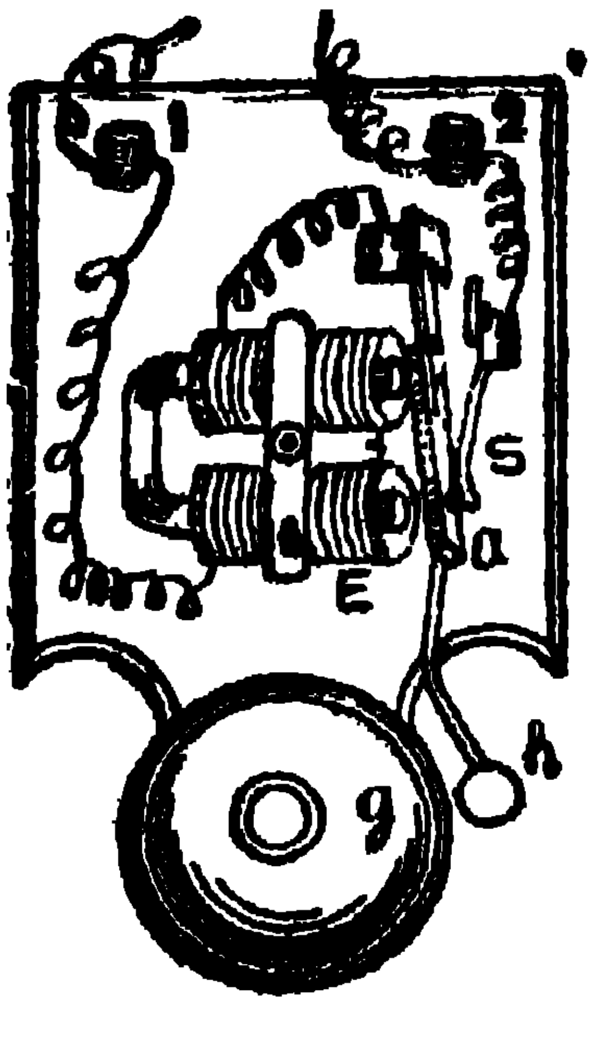


চিত্র—৪৫০

দ্বাবিংশ পরিচয়।

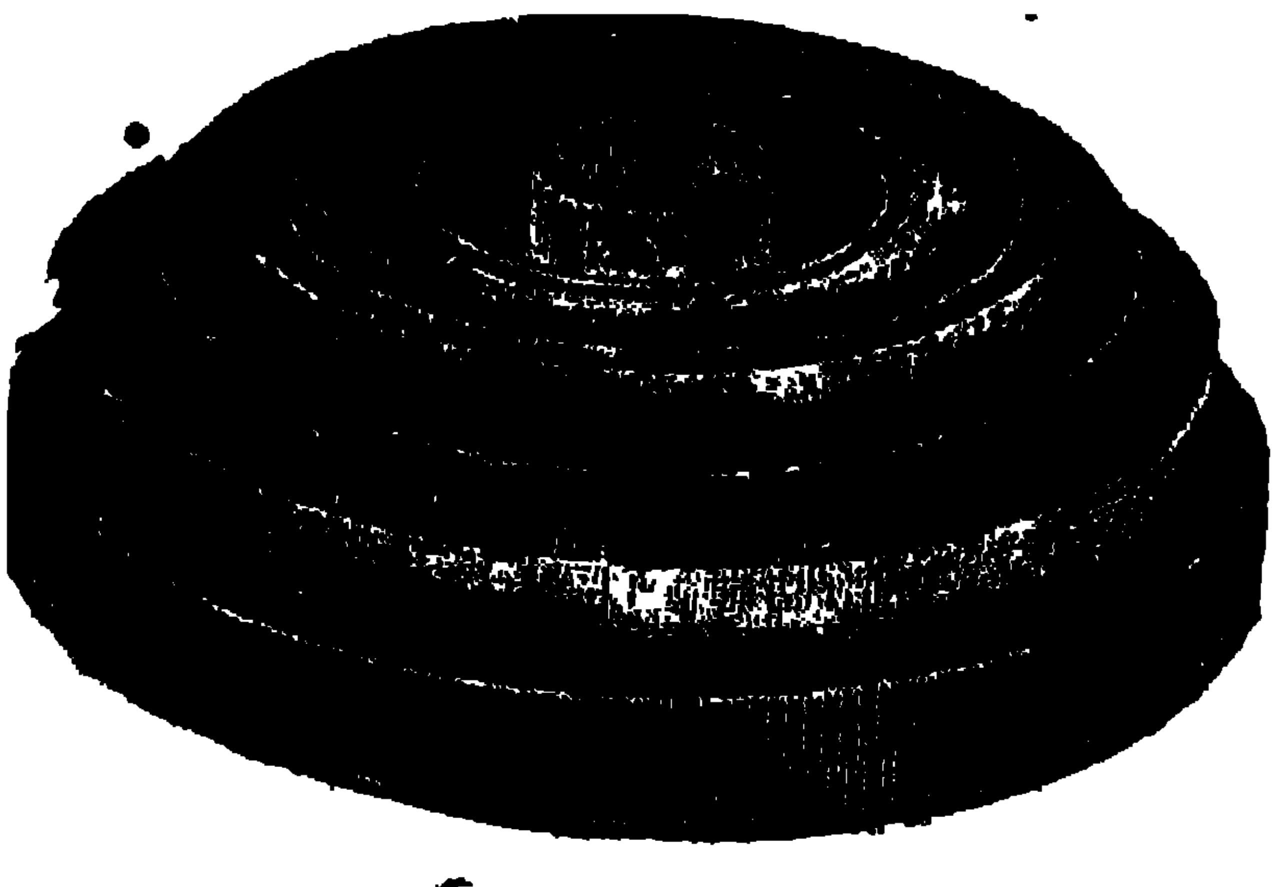
ইলেকট্রিক বেল, টেলিগ্রাফ ও টেলিফোন।

ইলেকট্রিক বেল্‌স (Electric Bells) :—৪৫১ চিত্রে বৈদ্যুতিক ঘণ্টার কাঠাম হইতে ইহার কার্য্যপ্রণালী বুঝিতে পারা যাইবে। ইহাতে E একটি বৈদ্যুতিক চুম্বক, a নরম লৌহের আর্মেচার, ইহা স্প্রিং দ্বারা একটি স্থানে আবদ্ধ ও সাধারণ অবস্থায় S (অপর স্প্রিং) এর সহিত স্পর্শ করিয়া থাকে। ২ টার্মিনাল S এর সহিত ও ১ টার্মিনাল চুম্বক কয়েলের এক শেষ ভাগের সহিত সংযুক্ত, কয়েলের অপর শেষভাগ a এর সহিত সংযুক্ত। টার্মিনাল দ্বয়কে একটি 'পুসের' মধ্য দিয়া লাইনের সহিত সংযুক্ত



চিত্র—৪৫১

করিয়া 'পুস' টিপিলে বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ হয় ও কয়েলে প্রবাহ বহা হেতু E লৌহটি চুম্বকে পরিণত হইয়া a নরম লৌহকে আকর্ষণ করে ও h হাতুড়িটি g ঘণ্টার উপর পড়িয়া একটি আওয়াজ হয়।



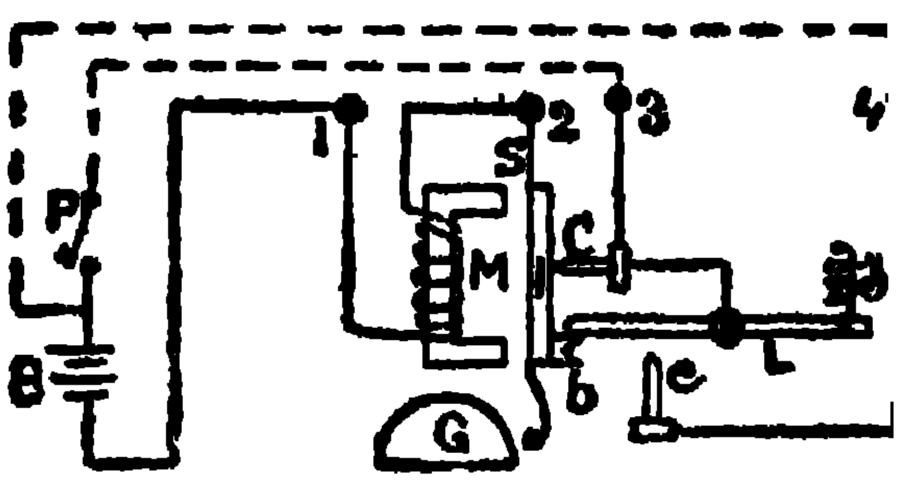
চিত্র—৪৫২

কিন্তু এইসঙ্গে S ও a এর মধ্যে বিচ্ছেদ ঘটে বলিয়া প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়, সুতরাং E এর চুম্বকত্ব নাশ হেতু, স্প্রিং দ্বারা a পূর্ব্বস্থানে S এর সংস্পর্শে আনীত হয়, এবং তখনও যদি 'পুস' টেপা থাকে তাহা হইলে

বৈদ্যুতিক পথের সম্পূর্ণতা হেতু a উক্ত প্রকারে আকর্ষিত হইবে ও আওয়াজ হইবে। এইরূপে যতক্ষণ 'পুসকে' টিপিয়া রাখা হইবে, অনবরত ঘণ্টা বাজিতে থাকিবে। ভগ্নকালীন স্বীয় সম্ভাবনের বাড়তি প্রবাহ হেতু বিচ্ছেদ স্থান a ও S এর মধ্যে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ হয় বলিয়, যাহাতে ঐ স্থানের ধাতু ক্ষয়প্রাপ্ত না হয় সেইজন্য প্লাটিনাম বা প্লাটিনো-ইরিডিয়াম থাকে। ৪৫২ চিত্রে পুসের আকার দর্শিত হইল।

দ্রষ্টব্য :—যদি a কে S এর মধ্য দিয়া ২ এর সহিত সংযুক্ত না করিয়া সোজা-সুজি ২ এর সহিত সংযুক্ত করা হয়, তাহা হইলে 'সিঙ্গল ষ্ট্রোক' (Single stroke) ঘণ্টায় পরিণত হয়। ইহাতে পুস টিপিলে a আকর্ষিত হয় ও g ঘণ্টার উপর পড়িয়া একটি আওয়াজ হয়, কিন্তু বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ থাকায় E লৌহটির চুম্বকত্ব নষ্ট হয় না, সুতরাং A আর ফিরিয়া আসে না। এরূপ স্থলে প্রত্যেক আওয়াজের জন্য পুসকে টিপিতে হয়।

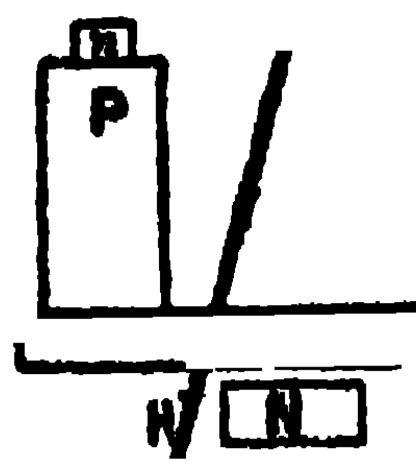
কণ্টিনিউয়াস রিঙ্গিং বেল :—ইহাতে পুসকে একবার টিপিয়া ছাড়িয়া দিলেও ঘণ্টা বরাবর বাজিতে থাকিবে। ৪৫৩ চিত্রে ইহার কাঠাম দর্শিত হইল। ইহাতে আমে´চার I হইতে একটু ধাতু নির্গত হইয়া আছে এবং ঐ নির্গত অংশের উপর একটি লিভার L আছে। লিভারটি C এর সহিত সংলগ্ন। লিভারটির নিকট দ্বিতীয় একটি কণ্ট্যাক্ট স্ক্রু c আছে, ইহা চতুর্থ টার্মিনাল 4 সহিত সংযুক্ত।



চিত্র—৪৫৩

'পুস' টিপিলে প্রবাহ P 3 C I 21 এই পথ দিয়া বহে। I আকর্ষিত হয় ও হাতুড়ি ঘণ্টার উপর পড়িয়া আওয়াজ হয়। I আকর্ষিত হইলে L লিভার c এর উপর পড়িয়া যায় এবং 'পুস' ছাড়িয়া দিলেও প্রবাহ অপর একটি পথ, যথা—4c L C I 2 1 দিয়া বহিতে থাকে ও ঘণ্টা বাজিতে থাকে। ইহাকে থামাইবার জন্য L কে তুলিয়া পুনরায় নির্গত ধাতুখণ্ড bএর উপর রাখিবার একটি ব্যবস্থা আছে।

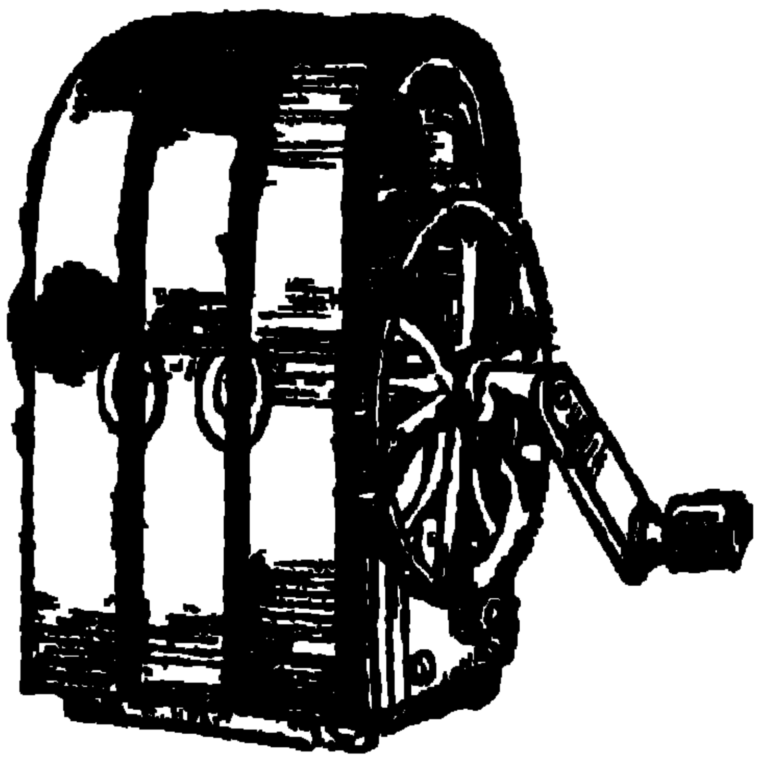
পোলারাইজড বা ম্যাগনেটো বেল (Polarised or Magneto Bell) :—৪৫৪ চিত্রে অলটারনেটিং কারেন্টের সহিত ব্যবহারোপযোগী ম্যাগনেটো বেলের কাঠাম দর্শিত হইল। ইহাতে A আর্মে´চারটি R স্থানে এরূপভাবে আবদ্ধ যে দুলিতে পারে এবং এই স্থানের সহিত H হাতুড়ীটি আবদ্ধ, সুতরাং H দুলিতে থাকিলে H একবার G, তৎপরে G´ ঘণ্টাকে বাজাইতে থাকে। N ও S একটি স্থায়ী অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বকের মেরুদ্বয়। চিত্র হইতে দৃষ্ট হইবে যে S কর্তৃক



চিত্র—৪৫৪

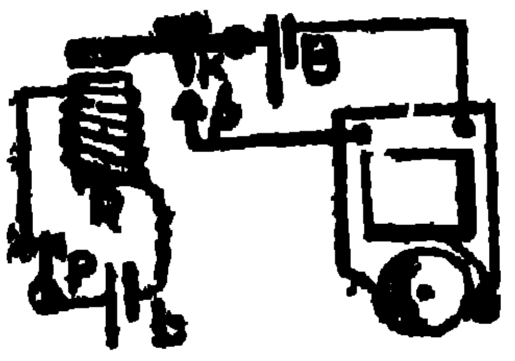
আর্মে´চারের মাঝখানে উত্তর মেরু ও শেষ ভাগদ্বয়ে দক্ষিণ মেরু s ও s´, সম্ভাবিত

হইবে, আর N কর্ত্তৃক অশ্বক্ষুরাকৃতি লৌহটির মাঝখানে (ইয়োকে) দক্ষিণ মেরু S′ ও শেষভাগদ্বয়ে উত্তর মেরু n ও n′ সম্ভাবিত হইবে। এখন যদি অশ্বক্ষুরাকৃতি লৌহটির কয়েলের মধ্য দিয়া এরূপ দিকে প্রবাহ বহে যে তদ্দারা Q শেষভাগে N মেরু ও P শেষভাগে S মেরু সৃষ্ট হয়, তাহা হইলে ডানদিকে n′ ও s এর মধ্যে আকর্ষণ বল বর্দ্ধিত হইবে এবং বামদিকে নিক্ষেপণ বল হইবে ও চিত্রে দর্শিত ভাবে s′ আকর্ষিত হইয়া n′ এ ঘুরিয়া যাইবে ও হাতুড়ি বামদিকে G ঘণ্টাকে ঘা মারিবে। প্রবাহ বিপরীত হইলে Q ও P র মেরুত্ব বিপরীত হইয়া যাইবে এবং s n এর নিকট আসিবে ও হাতুড়ি G′ ঘণ্টাকে ঘা মারিবে। এইরূপ প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তনের সহিত একবার G ও তৎপরে G′ এর উপর ঘা পড়িতে থাকে।



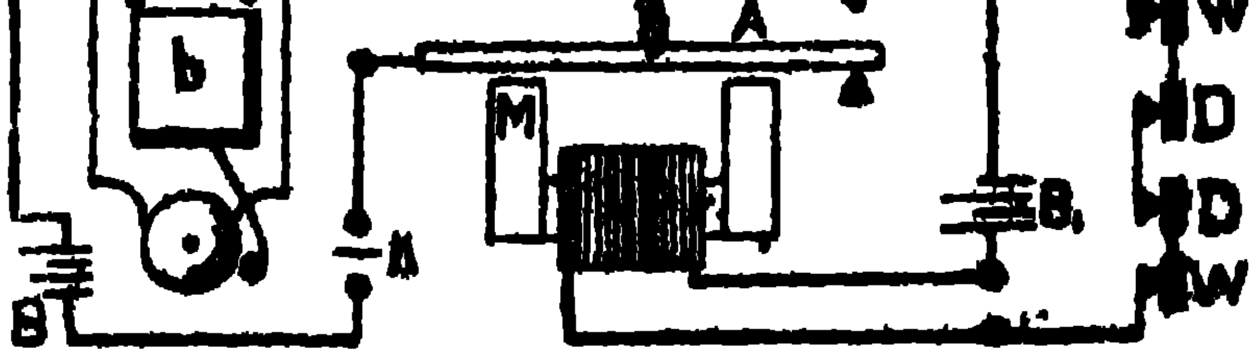
চিত্র ৪৫৫

রীলে (Relay):—ঘণ্টা দূরবর্ত্তী স্থানে থাকিলে প্রবাহ বেগ এত কমিয়া যাইতে পারে যে (পুস টিপিলে) ঘণ্টা বাজিবার নিশ্চয়তা কিছু থাকে না। এরূপ স্থলে রীলে ব্যবহার হয়। রীলের কার্য্যপ্রণালী ৪৫৬ চিত্র হইতে বুঝা যাইবে। ইহা আর্মেচার বিশিষ্ট বৈদ্যুতিক চুম্বক R। 'পুস' টিপিলে লাইনের প্রবাহ দ্বারা ইহা চুম্বকে পরিণত হইয়া আর্মেচারকে আকর্ষণ করিয়া লয়। আর্মেচার আকর্ষিত হইলে উহার স্প্রিং এর সহিত আবদ্ধ K ও P এর সহিত সংস্পর্শ ঘটিয়া ঘণ্টার মধ্য দিয়া তত্রস্থ ব্যাটারি B এর পথ সম্পূর্ণ হয় ও তখন এই B ব্যাটারির প্রবাহ দ্বারা ঘণ্টা বাজিতে থাকে।



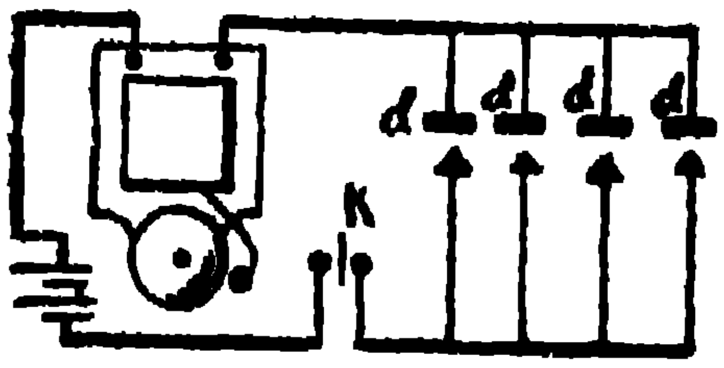
চিত্র—৪৫৬

চোর প্রভৃতি গৃহে প্রবেশ সঙ্কেত:—ইহাতে দরজা জানালা প্রভৃতিকে এরূপভাবে বেল সার্কিটের অন্তর্ভুক্ত করা হয়, যে ইহারা পুসের কার্য্য করে। সচরাচর ইহা দুই প্রণালীর হয়—(১) সম্পূর্ণ পথ (Closed circuit system) (২) খোলা পথ (Open circuit system)। ৪৫৭ চিত্রে ক্লোজড সার্কিট সিষ্টেম দর্শিত হইয়াছে। সাধারণ অবস্থায় জানালা দরজা প্রভৃতির সহিত সংযুক্ত B_1 ব্যাটারি হইতে প্রবাহ বহিতে থাকে ও তদ্ধেতু বৈদ্যুতিক চুম্বক M তাহার আর্মেচার A কে আকর্ষণ করিয়া বেল সার্কিট খুলিয়া রাখে। দরজা কি জানালা খুলিলে B_1 ব্যাটারির সার্কিট ভগ্ন হয়,



চিত্র—৪৫৭

সুতরাং বৈদ্যুতিক চুম্বকের চুম্বকত্ব নাশ হেতু স্প্রিং সাহায্যে A আর্মেচার দ্বারা বেল সার্কিট সম্পূর্ণ হয় ও ঘণ্টা বাজিতে থাকে। (ইহাতে চোর যাহার সন্নিহিত অর্থাৎ B1 ব্যাটারির তার সকলকে কাটিতে থাকে, কিন্তু তাহাতে বেল সার্কিটের কোন হানি হয় না)।

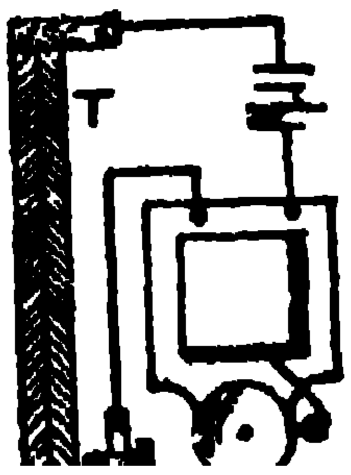


চিত্র—৪৫৮

৪৫৮ চিত্রে 'ওপন' সার্কিট সিষ্টেম দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে জানালা দরজা প্রভৃতিকে খুলিলে, ঘণ্টার মধ্য দিয়া ব্যাটারির পথ সম্পূর্ণ হয় ও ঘণ্টা বাজিতে আরম্ভ করে। (কিন্তু তার কাটিয়া দিলে বেল সার্কিট ভগ্ন হয় ও ঘণ্টা থামিয়া যায়)।

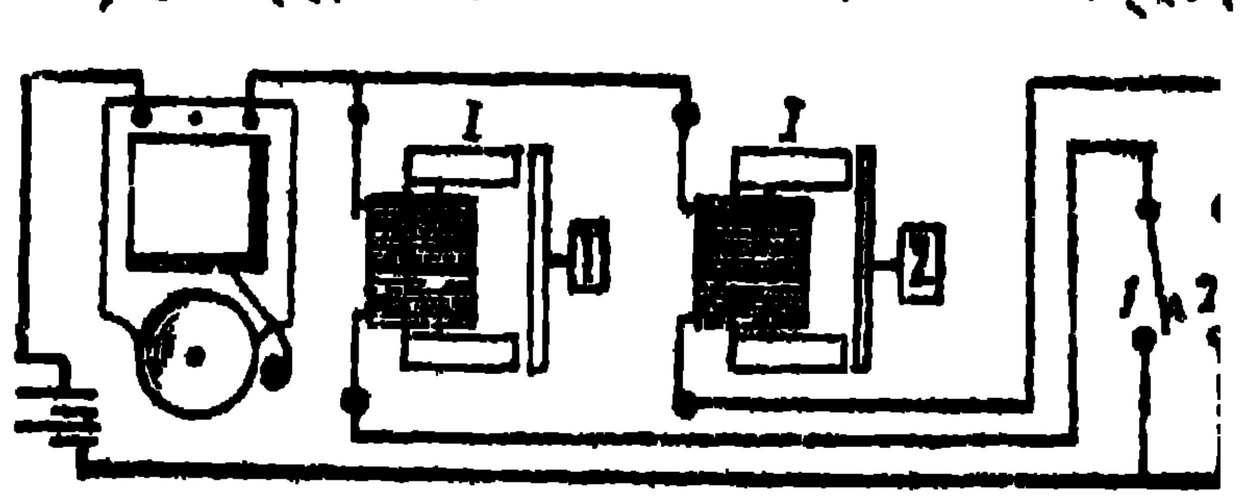
ক্লোজড্ সার্কিট সিষ্টেমে অনেকগুলি জানালা দরজা হইলে তাহাদিগকে সিরিজে এবং ওপন্ সার্কিট সিষ্টেমে তাহাদিগকে প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত করিতে হয়। সচরাচর বেল সার্কিটে একটি সুইচ K ব্যবহৃত হয়, ইহার দ্বারা দিনের বেলায় ঐ স্থানে বেল সার্কিট খুলিয়া রাখে ও রাত্রে পুনরায় সংযোগ করিয়া রাখে। অনেক সময় এই সংযোগ করিতে ভুলিয়া গিয়া ঘণ্টা যন্ত্রের উপর দোষারোপ করে।

ফায়ার এলার্ম বা থার্মোষ্ট্যাট :—সচরাচর প্রচলিত ফায়ার এলার্ম ৪৫৯ চিত্রে দর্শিত হইল। ইহাতে T খাড়া দণ্ডটি একটি লৌহ পাত ও একটি পিত্তল পাতকে একত্র আবদ্ধ করিয়া প্রস্তুত। লৌহপাতটি কণ্ট্যাক্ট স্ক্রুর দিকে থাকে। তপ্ততা বৃদ্ধিতে—যেহেতু লৌহ অপেক্ষা পিত্তলের বৃদ্ধি হার অধিক, দণ্ডটি ভিতর দিকে বাঁকিয়া আসে ও কালে কণ্ট্যাক্ট স্ক্রু'কে স্পর্শ করিয়া বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ করে ও ঘণ্টা বাজিতে থাকে। অন্য এক প্রকার যন্ত্রে, একটি পাত্রের মধ্যে আবদ্ধ বায়ু তপ্ততা বৃদ্ধিতে বিস্ফারিত হইয়া পাত্রের ছিপিকে উঠাইয়া কণ্ট্যাক্ট স্ক্রুর সহিত স্পর্শ করাইয়া বেল সার্কিট সম্পূর্ণ করে।



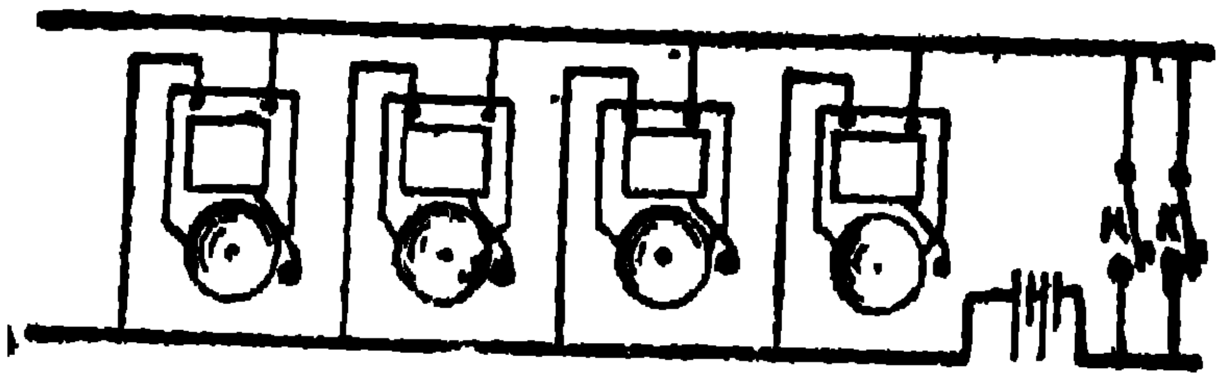
চিত্র—৪৫৯

ফায়ার ইণ্ডিকেটার (Fire Indicators) :—ইহা অনেক প্রকারের হয়। কোন্ স্থান হইতে ডাক হইতেছে তাহা কিরূপে জানা যায় ৪৬০ চিত্র হইতে সহজে বুঝা যাইবে। ইহাতে দৃষ্ট হইবে বিভিন্ন স্থানের জন্য পৃথক ইণ্ডিকেটার আছে। ইণ্ডিকেটার

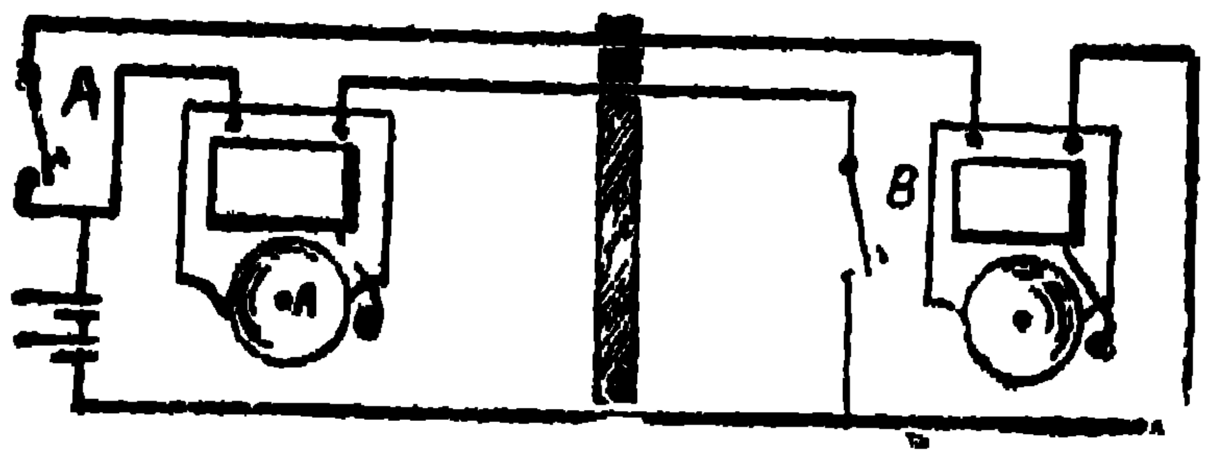


চিত্র—৪৬০

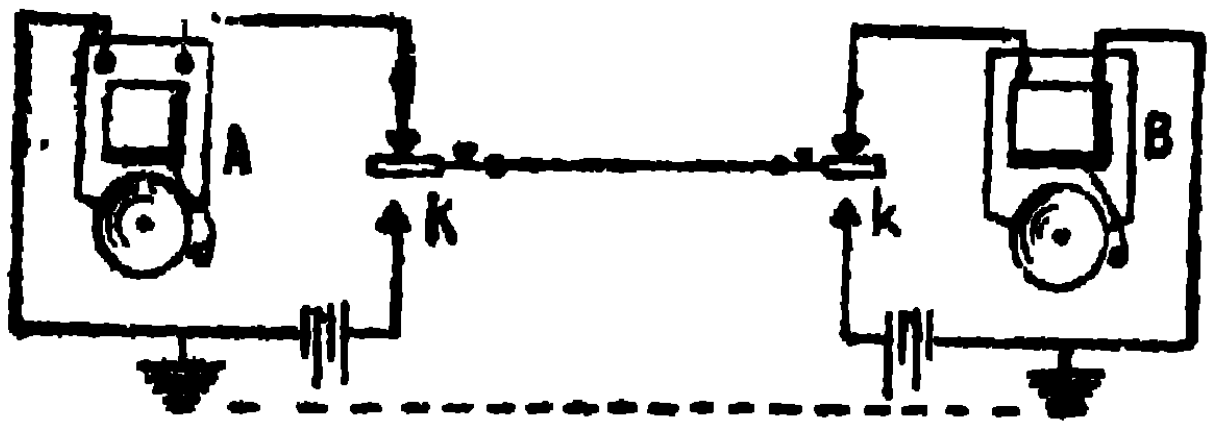
গুলি বৈদ্যুতিক চুম্বক। ইহাদের আর্মেচারের সহিত একটি করিয়া নম্বর প্লেট আবদ্ধ থাকে। যে স্থান হইতে ডাকা হয়, তাহার ইণ্ডিকেটার-করেলের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে, আর্মেচার আকর্ষিত হয় ও নম্বর প্লেট হইতে স্থান নির্দ্ধারিত হয়। একটি পুস টিপিয়া এক সঙ্গে



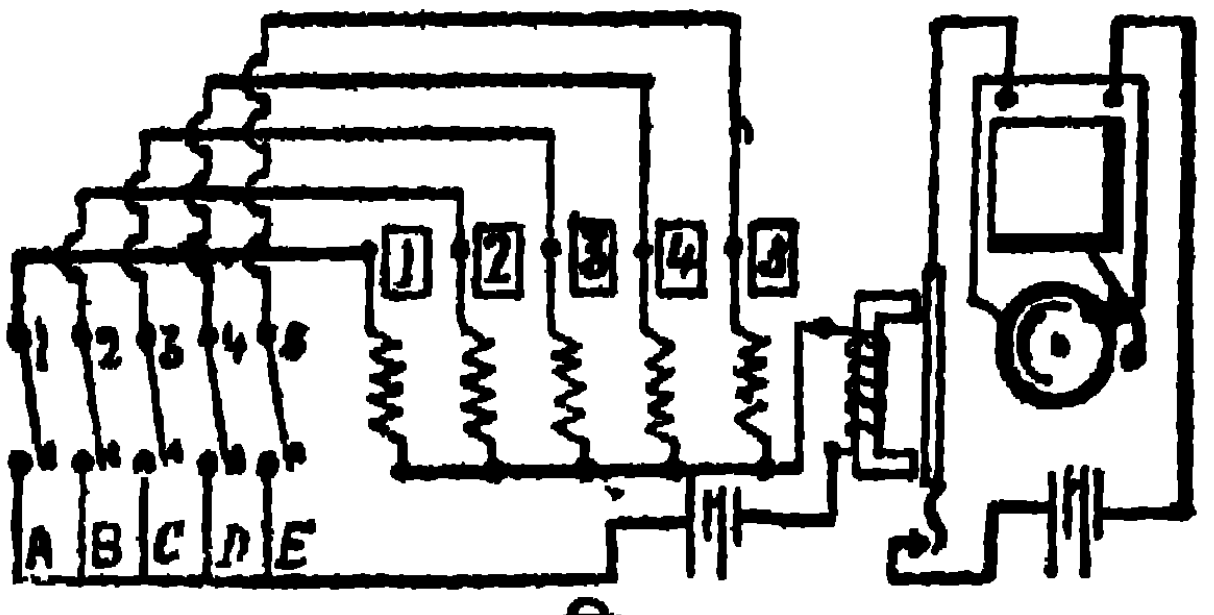
চিত্র—৪৬১



চিত্র—৪৬২



চিত্র—৪৬৩



চিত্র—৪৬৪

অনেক গুলি ঘণ্টা বাজাইতে হইলে তাহাদিগকে প্যারালালে সংযুক্ত করিতে হইবে, চিত্র ৪৬১ । ৪৬২ চিত্রে দৃষ্ট হইবে কিরূপে নিজেদের ঘণ্টা না বাজাইয়া A দ্বারা B এর ঘণ্টা ও B দ্বারা A এর ঘণ্টা বাজান হইতে পারে। ৪৬৩ চিত্রে বিশেষ প্রকার সুইচ (K) বা kএর সাহায্যে কিরূপে পৃথিবীকে রিটার্ণ ভাবে ব্যবহার করিয়া, কেবল মাত্র একটি তার ব্যবহার দ্বারা, উক্ত কার্য্য সাধিত হয় দর্শিত হইয়াছে। সাধারণ অবস্থায় K উপর দিকে স্পর্শ করিয়া থাকে. যাহাতে অপরের দ্বারা ঘণ্টা বাজান হইতে পারে K কে নিম্নের সহিত স্পর্শ করাইলে, অপরের ঘণ্টা বাজে। ৪৬৪ চিত্রে বিভিন্ন স্থান হইতে যথা ৫টি স্থান হইতে একটি ঘণ্টা বাজাইবার সংযোজনাদি দর্শিত হইয়াছে। কোন্ স্থান হইতে ডাকা হইতেছে নির্দ্ধারণের নিমিত্ত প্রয়োজনীয় সংখ্যক (৫টি) ইণ্ডিকেটার আছে।

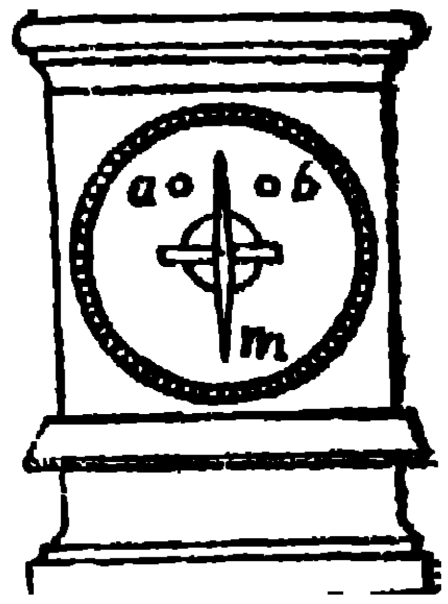
চিত্র – ৪৬৫

বেল রিঙ্গিং ট্রান্সফরমার :—ইহা উচ্চ ভোল্টের বিদ্যুৎ বেগকে অল্প ভোল্টের উপযোগী বিদ্যুৎ চাপে আনয়ন করিয়া সাধারণ অল্প ভোল্ট উপযোগী বেলকে কার্য্য করায়, চিত্র—৪৬৫। অনেক সময় অল্প ভোল্টযুক্ত কারেণ্টকে উচ্চ ভোল্টে লইবারও প্রয়োজন হয়। অল্টারনেটিং কারেণ্ট সারকিটেও অনেক সময় ইহার ব্যবহার দেখা যায়।

টেলিগ্রাফ (Telegraph).

টেলিগ্রাফ :—একস্থান হইতে অন্যস্থানে সাঙ্কেতিক বার্ত্তা প্রেরণকে টেলিগ্রাফ বলে। যে স্থান হইতে বার্ত্তা প্রেরিত হয় তাহাকে সেণ্ডিং ষ্টেশন (Sending Statien) ও যেখানে বার্ত্তা প্রেরিত হয়

তাহাকে 'রিসিভিং ষ্টেশন' (Receiving Station) বলে। টেলিগ্রাফ দুই প্রণালীর হয়—এক প্রণালীতে সেণ্ডিং ষ্টেশন হইতে রিসিভিং ষ্টেশন পর্য্যন্ত তার প্রয়োজন হয়, অপরটি আধুনিক বেতার বা 'অয়্যারলেস' (wireless) টেলিগ্রাফ। সাধারণ টেলিগ্রাফের প্রণালী—দুই বিভিন্ন সঙ্কেতের সমবায়ে এক ধারা বা ডাক (Code) প্রস্তুত হয়। পুরাতন প্রণালীতে একদিকের প্রবাহ দ্বারা একটি সঙ্কেত ও বিপরীত প্রবাহ দ্বারা অপর সঙ্কেত করা হয়। নূতন প্রণালীতে অল্পক্ষণস্থায়ী প্রবাহ দ্বারা একটি সঙ্কেত ও অপেক্ষাকৃত অধিককাল ব্যাপী প্রবাহ দ্বারা অপর সঙ্কেত হয়।



চিত্র—৪৬৬

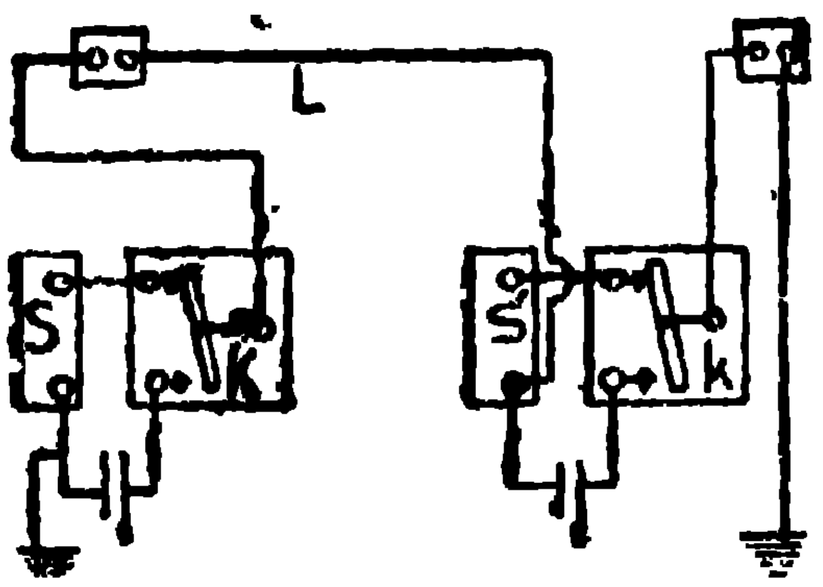
সিঙ্গল নীড্‌ল (Single Needle) প্রণালী :—ইহাতে ট্রান্সমিটারে একটি হ্যাণ্ডেল থাকে, চিত্র ৪৬৭, তদ্দ্বারা উভয়দিকের মধ্যে যে কোন দিকে প্রবাহ পাঠান যায়। 'রিসিভারে' একটি চুম্বক সূচ প্রবাহের দিক অনুযায়ী ডানদিকে অথবা বামদিকে ঘোরে। সূচের একদিকের ঘূর্ণন একটি সঙ্কেত, বিপরীত দিকের ঘূর্ণন অপর সঙ্কেত, ও সূচকে লক্ষ্য করিয়া সঙ্কেত ধরিতে হয়। কোন কোন স্থলে সূচের দুইদিকে দুইটি বিভিন্ন ধাতুর টুক্‌রা আবদ্ধ থাকে, চিত্র ৪৬৬। সূচটি একদিকে একটি ধাতুকে ঘা মারিলে এক প্রকার শব্দ হয়, অপরদিকে অন্য ধাতুকে ঘা মারিলে অন্যপ্রকার শব্দ হয়, সুতরাং কর্ণের দ্বারা সঙ্কেত পাঠ হয়, চক্ষের প্রয়োজন হয় না।

চিত্র—৪৬৭

মর্স প্রণালী (Morse System) :—ইহাতে ট্রান্সমিটার দ্বারা অল্পকালব্যাপী প্রবাহ ও অপেক্ষাকৃত অধিককাল ব্যাপী প্রবাহ দ্বারা বিভিন্ন সঙ্কেতদ্বয় সাধিত হয়। কোন কোন রিসিভারে শব্দ হইবার ও কোন কোন রিসিভারে একেবারে বিন্দু (-Dot) ও দাঁড়ি (—Dash) এইভাবে ছাপা হইবার ব্যবস্থা থাকে।

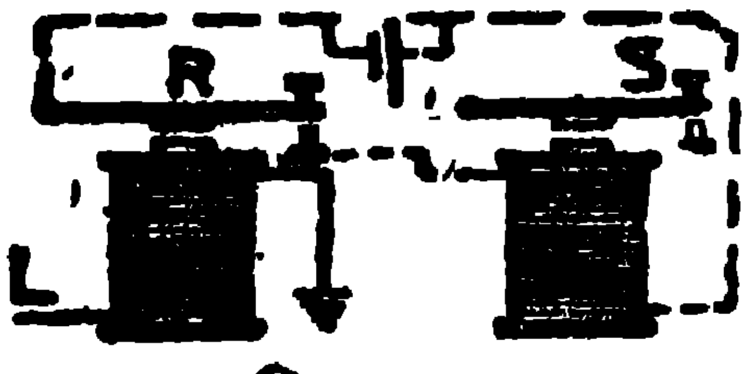
মর্স সাউণ্ডার (Morse Sounder) :—ইহা আর্মেচার বিশিষ্ট একটি বৈদ্যুতিক চুম্বক। প্রবাহ বহিবার সময় আর্মেচারটি আকর্ষিত হইয়া একটি দণ্ডের উপর আঘাৎ করিলে শব্দ হয় ও প্রবাহ বন্ধ হইলে আর্মেচারটি ফিরিয়া গিয়া অপর একটি দণ্ডে আঘাৎ করিলে আবার শব্দ হয়। এই শব্দদ্বয়ের মধ্যে যে সময়ের ব্যবধান তাহা প্রবাহ বহিবার সময় নির্দ্দেশ করিতেছে। এই শব্দদ্বয়ের মধ্যে সময়ের ব্যবধান অল্প হইলে "ডট" বলে। (—) ড্যাস (-) ডটের তিনগুণ।

মর্স প্রিণ্টার (Morse Printer) :—ইহাতে ঘড়ির ন্যায় একটি কলের দ্বারা কাঠিমে জড়ান ফিতার ন্যায় কাগজ গুটাইয়া যাইতে থাকে এবং একটি কালীবিশিষ্ট চাকা, প্রবাহ বহিবার সময়, কাগজের উপর স্পর্শ করিয়া, প্রবাহ অল্পক্ষণ স্থায়ী হইলে বিন্দুর ন্যায় ছোট দাগ (ডট্) ও অপেক্ষাকৃত অধিকক্ষণ স্থায়ী হইলে দাঁড়ির ন্যায় লম্বা দাগ (ড্যাস) কাটে। এই ডট্ ও ড্যাসের বিভিন্ন সমবায় দ্বারা বিভিন্ন অক্ষর বা সঙ্কেত সূচিত হয় ও কোড অনুযায়ী বার্ত্তা নির্দ্ধারিত হয়। ৪৬৮ চিত্রে মর্স প্রণালীর সংযোজন দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে S সাউণ্ডার, K চাবী (Key), L লাইন, ও ব্যাটারি আছে। যদি বামদিকের চাবীকে নামান যায় তাহা হইলে উহা উপরের কণ্ট্যাক্টকে ত্যাগ করিবে এবং বামদিকের ব্যাটারি হইতে প্রবাহ এই চাবী দিয়া লাইনে ও তৎপরে ডানদিকের সাউণ্ডারের মধ্য দিয়া বহিয়া পৃথিবী দিয়া ফিরিয়া আসিবে।



চিত্র—৪৬৮

রীলে (Relay) :—দূরত্ব অধিক হইলে প্রবাহ বেগ অত্যন্ত ক্ষীণ হইয়া যায়। এরূপস্থলে ক্ষীণ প্রবাহকে একটি 'রীলের' মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। রীলে, আর্মেচার বিশিষ্ট একটি

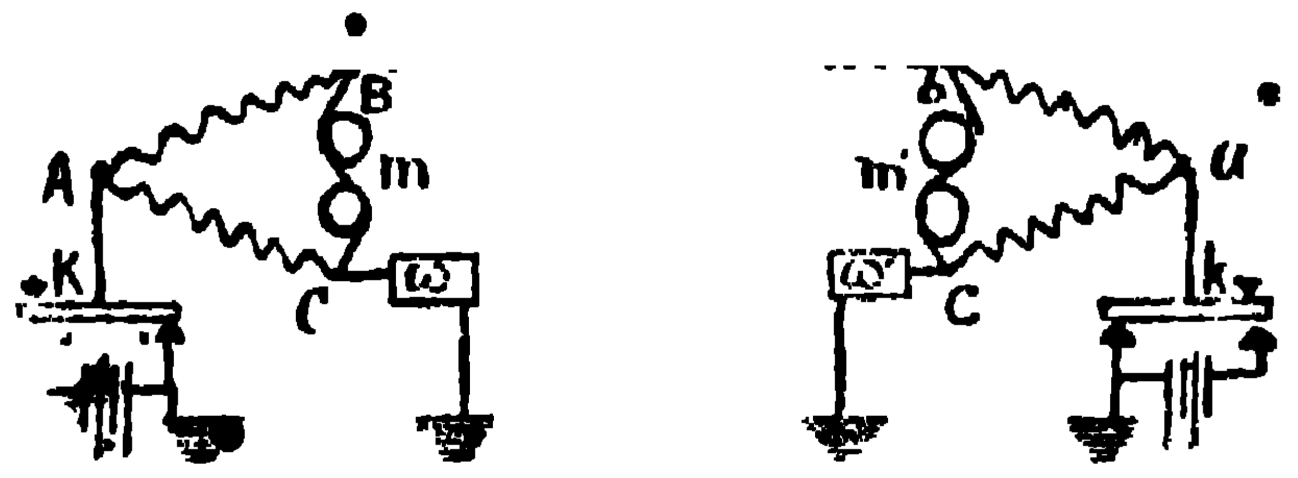


চিত্র—৪৬৯

বৈদ্যুতিক চুম্বক। প্রবাহ বহিবার সময় ইহার আর্মেচার আকর্ষিত হইলে একটি ধাতুখণ্ডকে স্পর্শ করিয়া তত্রত্য একটি পৃথক ব্যাটারির বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ করে। এই পৃথক ব্যাটারির প্রবাহ সাউণ্ডারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া কার্য্য করে। ৪৬৯ চিত্রে R রীলে।

ডুপ্লেক্‌স্ টেলিগ্রাফি (Duplex Telegraphy) :—ইহা দ্বারা একসঙ্গে একটি তার দিয়া দুইদিকে বার্ত্তা পাঠান যায়। দুই প্রকারে ইহা সাধিত হয়, ১। ব্রিজ, (২) ডিফারেন্স্যাল সিষ্টেম।

ব্রিজ সিষ্টেম (Bridge System):—ইহাতে রিসিভার তদীয় সেণ্ডার হইতে এরূপ দুই শাখার সহিত সংযুক্ত যে প্রেরিত প্রবাহ দ্বারা শাখাদ্বয়ের শেষভাগের পোটেনস্যাল সমান বর্দ্ধিত হয়, সুতরাং রিসিভারের মধ্য দিয়া ঐ প্রবাহ বহে না। পরন্তু অন্যস্থান হইতে লাইনের মধ্য দিয়া আগত প্রবাহ দুইটি পথ পায়—তন্মধ্যে একটির বাধা অপরের বাধা অপেক্ষা অনেক অধিক। সেইজন্য প্রবাহ দুই অসমান অংশে বিভক্ত হয়, প্রবাহের এই পার্থক্য দ্বারা রিসিভারের মধ্যে ক্রিয়া সাধিত হয়। এই প্রণালী ৪৭০ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে m বামদিকের রিসিভার, W এরূপ একটি বাধা যে A হইতে

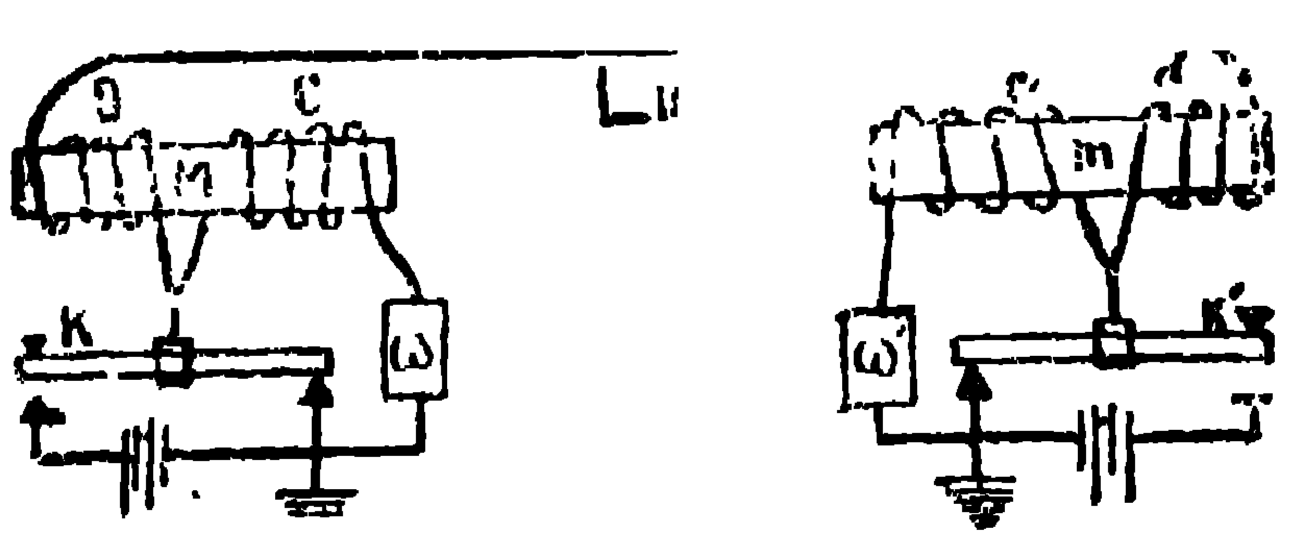


চিত্র—৪৭০

পৃথিবী পর্য্যন্ত পথ w এর মধ্য দিয়া ধরা হউক বা লাইনের মধ্য দিয়া দূরবর্ত্তী ষ্টেশনের মধ্য দিয়া ধরা হউক, বাধা সমান। এবং A হইতে প্রবাহ দ্বারা B ও C এর পোটেনস্যাল সমান বর্দ্ধিত হয়। সুতরাং বামদিকের চাবি K কে নামান হইলে m এর মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে না, m´ এর মধ্য দিয়া প্রবাহ বহা হেতু ক্রিয়া ঘটে। ঠিক সেইরূপ ডানদিকের চাবি k কে নামান হইলে m´ এর মধ্যে ক্রিয়া ঘটে না, m এর মধ্যে

ক্রিয়া ঘটে। এবং দুইটি স্থানেই একসঙ্গে কার্য্য করিতে থাকিলে এইরূপ ফলই হইবে।

ডিফারেন্স্যাল প্রণালী (Differential System) :— ইহাতে রিসিভারের কয়েল 'ডবল আউণ্ড' (Double wound) অর্থাৎ উভয়দিক দিয়া জড়ান। প্রেরিত প্রবাহ উভয়দিকে জড়ান কয়েলের মধ্য দিয়া বহে বলিয়া কোন ফল দর্শিত হয় না, কিন্তু আগত প্রবাহ এক-দিকে জড়ান কয়েলের মধ্য দিয়া বহে, সুতরাং ক্রিয়া সাধিত হয়। ৪৭১

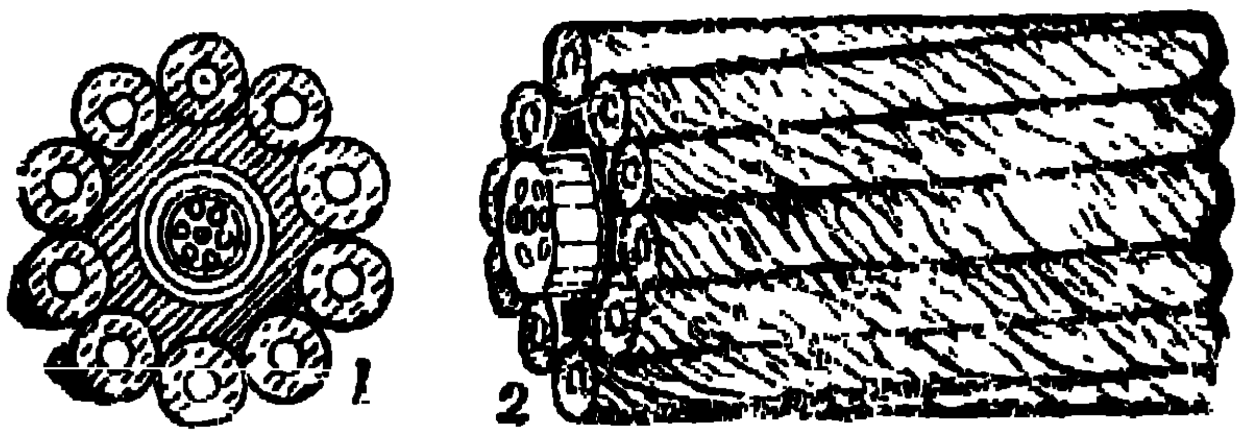


চিত্র—৪৭১

চিত্রে এই প্রণালী দর্শিত হইয়াছে। M বামদিকের রিসিভার, ইহাতে বিপরীত দিকে জড়ান দুইটি সমান কয়েল D ও C আছে। একটি w সহিত সংযুক্ত, অপরটি লাইনের সহিত সংযুক্ত। w বাধাটি এরূপ যে K কে নামাইলে w এর মধ্য দিয়া উভয় প্রবাহের পরিমাণ সমান হয়, এবং যেহেতু তাহাদের দ্বারা বিপরীত ফল হয়, Mএ কোন ফল হয় না। কিন্তু লাইনের মধ্য দিয়া m এ যে প্রবাহ যায় তাহা উহার একটি কয়েল d এর মধ্য দিয়া বহে ও ক্রিয়া সাধিত হয়। যদি K ও K′ উভয় চাবিকেই একসঙ্গে নামান যায় তাহা হইলে, দেখিতে গেলে লাইনের মধ্যে প্রবাহ বহিবে না, কিন্তু w ও w′ এর মধ্যে বহমান প্রবাহ তাহাদের সহিত সিরিজে সংযুক্ত C ও c কয়েলের মধ্য দিয়া বহিবে এবং C ও c এর মধ্যে ক্রিয়া সাধিত হইবে। লাইন খুব লম্বা হইলে উহার কেপাসিটী অধিক হওয়া হেতু কার্য্যের ব্যাঘাৎ হয়, এইজন্য কণ্ডেন্সার ব্যবহার করিতে হয়। এবং জলমগ্ন তারের (Submarine Cable) পক্ষেও কণ্ডেন্সার প্রয়োজন হয়।

<u>টেলিগ্রাফের তার</u> :— সাধারণতঃ এগুলি গ্যালভানাইজড লোহের তার, কিন্তু আজ-

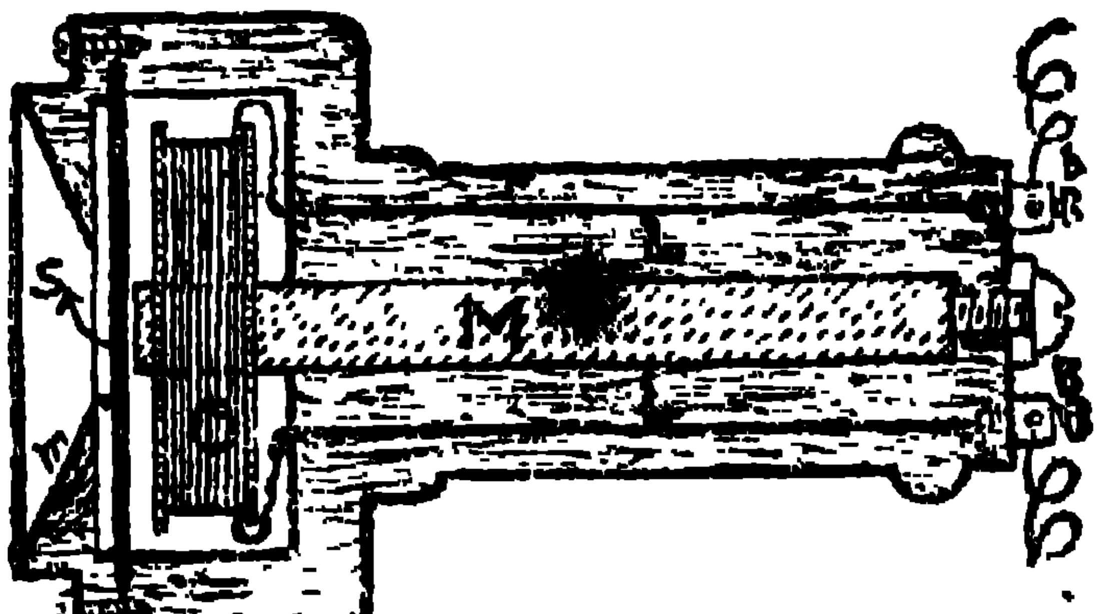
কাল তাম্র তারও ব্যবহার হইতেছে। শূন্যগামী তার অনাবৃত থাকে, কেবলমাত্র উহারা তাহাদের ধারক হইতে রোধিত। মাটী বা জলের মধ্য দিয়া যে তার যায় তাহারা বিশেষ ভাবে রোধিত এবং কনডুইটের (Conduit) মধ্যে থাকে। সমুদ্রের মধ্যদিয়া যে তার যায় তাহা খুব শক্ত হওয়া প্রয়োজন। ৪৭২ চিত্রে সাবমেরিন কেব্‌ল্ দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে ঠিক মধ্য স্থলে কতকগুলি সরু তাম্র তার একত্র আছে, তাহার উপর কয়েক স্তর গাটা পার্চ্চা আছে, তৎপরে আঁল্‌কাতরা সিক্ত চট জড়ান আছে—ও তদুপরি, শক্ত করিবার জন্য, আল্‌কাতরা শিক্ত চট জড়ান ষ্টিল তার দ্বারা আবৃত।



চিত্র—৪৭২

টেলিগ্রাফ লাইনের দোষ :—মাটী বা জল মধ্যস্থ কেব্‌লে অন্তর্ভাগস্থ তাম্র তার ছিন্ন হওয়া বা কেব্‌লটি ছিন্ন হওয়া হেতু অথবা ভগ্নস্থান বা যেথানে ইনস্থলেসান ঠিক মত নাই সেইস্থান দিয়া তামা ও মাটির মধ্যে সর্ট সার্কিট হইয়া যাওয়া হেতু দোষ সকল ঘটে। শূন্যগামী তার ধৃত স্থানে ভূ-সংলগ্ন হওয়া বা সন্নিহিত দুইটি তার স্পর্শ হইয়া যাওয়া হেতু দোষ ঘটে। টেলিগ্রাফের তার কোনস্থানে একেবারে ছিন্ন হইলে পরীক্ষা যন্ত্রে ইহার বাধা অশেষ (Infinite) দৃষ্ট হইবে, অথবা গ্যালভানোমিটারের সূচ ঘুরিবে না। আংশিক ছেদ ঘটিয়া থাকিলে দৃষ্ট হইবে ইহার বাধা অত্যন্ত অধিক এবং 'লীক' হইতে থাকিলে দৃষ্ট হইবে ইহার বাধা অত্যন্ত অল্প। আর্থ রিটার্ণ লাইনে কোন স্থানে মাটির সহিত সর্ট সার্কিট ঘটিতে পারে, ইহাকে 'ফুল আর্থ ফল্ট' (Full earth fault) বলে। এরূপ দোষ কোথায় ঘটিয়াছে তাহা হিসাব করিয়া বাহির করা চলে, যথা—যদি কোন কেব্‌লের প্রতি মাইলে বাধা হয় ২ ওম, এবং যদি কেব্‌লটি ১০০ মাইল লম্বা হয়, তাহা হইলে কেবলের মোট বাধা হওয়া উচিৎ ২×১০০=২০০ ওম। কিন্তু যদি দৃষ্ট হয় লাইনের বাধা ১৬০ ওম (ইহা ২০০ ওম অপেক্ষা কম হইবে) দাঁড়াইতেছে, তাহা হইলে ১৬০/২ = ৮০ মাইল, অর্থাৎ ৮০ মাইল দূরে সর্ট সার্কিট ঘটিয়াছে।

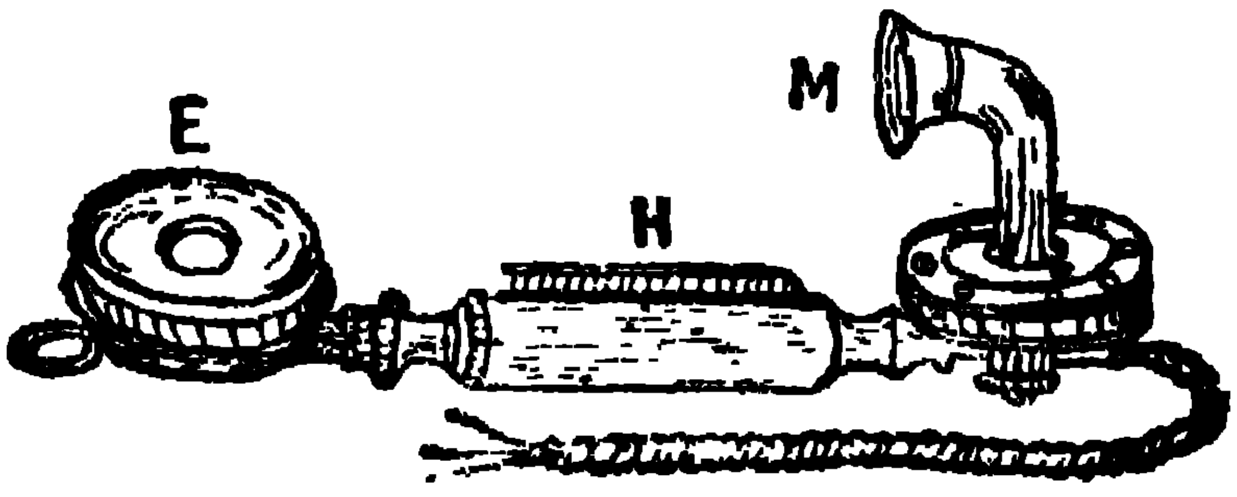
টেলিফোন (Telephone) :—ইহা দ্বারা শব্দ একস্থান হইতে অন্যত্র চালিত হয় শব্দ শক্তি উদ্ভূত বৈদ্যুতিক শক্তি শব্দশক্তিতে পরিণত হয়। ৪৭৩ চিত্রে টেলিফোনের সেকসান হইতে ইহার কার্য্যপ্রণালী বুঝা যাইবে। ইহাতে এবনাইট বা কাষ্ঠকেসের মধ্যে M একটি স্থায়ী চুম্বক,



চিত্র—৪৭৩

উহার এক শেষভাগে C একটি কয়েল, কয়েলের শেষভাগদ্বয় কাষ্ঠখণ্ডের অন্য প্রান্তস্থ B ও b বন্ধন স্ক্রুদ্বয়ের সহিত কাষ্ঠের মধ্য দিয়া L L´ তার দ্বারা সংযুক্ত। চুম্বকটির সম্মুখে খুব নিকটে S একটি নরম লৌহের চাকতি, m মাউথ পিস (Mouth piece) ও কাষ্ঠ-খণ্ডের অন্তরা স্ক্রু দ্বারা আবদ্ধ আছে। মাউথ পিসের সম্মুখে কথা কহিলে শব্দময় বায়ুর স্পন্দন দ্বারা লৌহপাতটি স্পন্দিত হয়, সুতরাং উহা একবার চুম্বকের সন্নিহিত ও তৎপরেই উহা হইতে দূরবর্ত্তী হইতে থাকে। যেহেতু লৌহ চুম্বকের সন্নিহিত হইলেই চুম্বকোদ্ভূত বলরেখার সংখ্যা পরিবর্দ্ধিত হয় এবং উহা চুম্বক হইতে দূরে সরিয়া যাইলে বলরেখার সংখ্যা কমিয়া যায়, লৌহপাতটির স্পন্দনকালে কয়েলের মধ্যে বলরেখার সংখ্যা পরিবর্ত্তিত হয় ও পাতটির স্পন্দন (সুতরাং উচ্চারিত শব্দ) অনুযায়ী কয়েলের মধ্যে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়। কয়েলের শেষভাগদ্বয় (B ও b বন্ধন স্ক্রু হইতে) যদি ঠিক এরূপ আর একটি যন্ত্রের মধ্য দিয়া সংযোজিত হয়, তাহা হইলে এই সম্ভাবিত ই, এম, এফ, অনুযায়ী প্রবাহ দ্বিতীয় যন্ত্রটির কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবে ও তজ্জন্য প্রবাহ অনুযায়ী তাহার চুম্বক তেজের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটিবে। চুম্বক তেজ বৃদ্ধি পাইলে তাহার লৌহ-পাতটি চুম্বকের সন্নিহিত হইবে ও চুম্বক তেজ হ্রাস হইলে লৌহপাতটি দূরে সরিয়া যাইবে ও এইভাবে লৌহপাতটির স্পন্দন ঘটিবে। এবং দৃষ্ট হইবে প্রথম যন্ত্রের লৌহপাতের যেরূপ স্পন্দন হইবে, তদ্ধেতু সম্ভাবিত প্রবাহ দ্বারা দ্বিতীয় যন্ত্রে লৌহপাতের ঠিক সেইরূপ স্পন্দন ঘটিবে এবং দ্বিতীয় যন্ত্রের লৌহপাতের এই স্পন্দন দ্বারা তৎসন্নিহিত বায়ু স্পন্দিত হইয়া উচ্চারিত শব্দের মত শব্দ উত্থিত করিবে। এস্থলে দৃষ্ট হইবে যে একই যন্ত্রকে ট্রান্সমিটার ও রিসিভার ভাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে এবং পূর্ব্বে তাহাই হইত, কিন্তু আধুনিক টেলিফোন যন্ত্রে পূর্ব্বোক্ত যন্ত্রটি রিসিভার ভাবে ব্যবহৃত হয়, এবং মাইক্রোফোন নামে দ্বিতীয় অবলম্বন

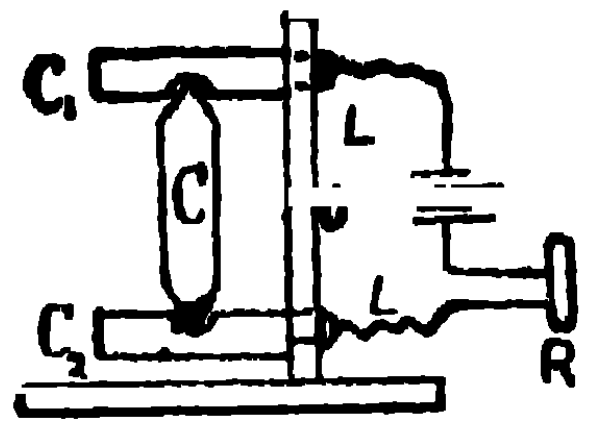
ট্রান্সমিটারের কার্য্য করে। এই মাইক্রোফোন ট্র্যান্সমিটার ও রিসিভার একটি হ্যাণ্ডেলের দুইদিকে এরূপভাবে আবদ্ধ যে ট্র্যান্সমিটারকে মুখের নিকট ধরিলে রিসিভার কাণের নিকট আসে। চিত্র—৪৭৪, M মাইক্রোফোন ট্র্যান্সমিটার, E রিসিভার হ্যাণ্ডেল সুইচ। ট্র্যান্সমিটারকে



চিত্র—৪৭৪

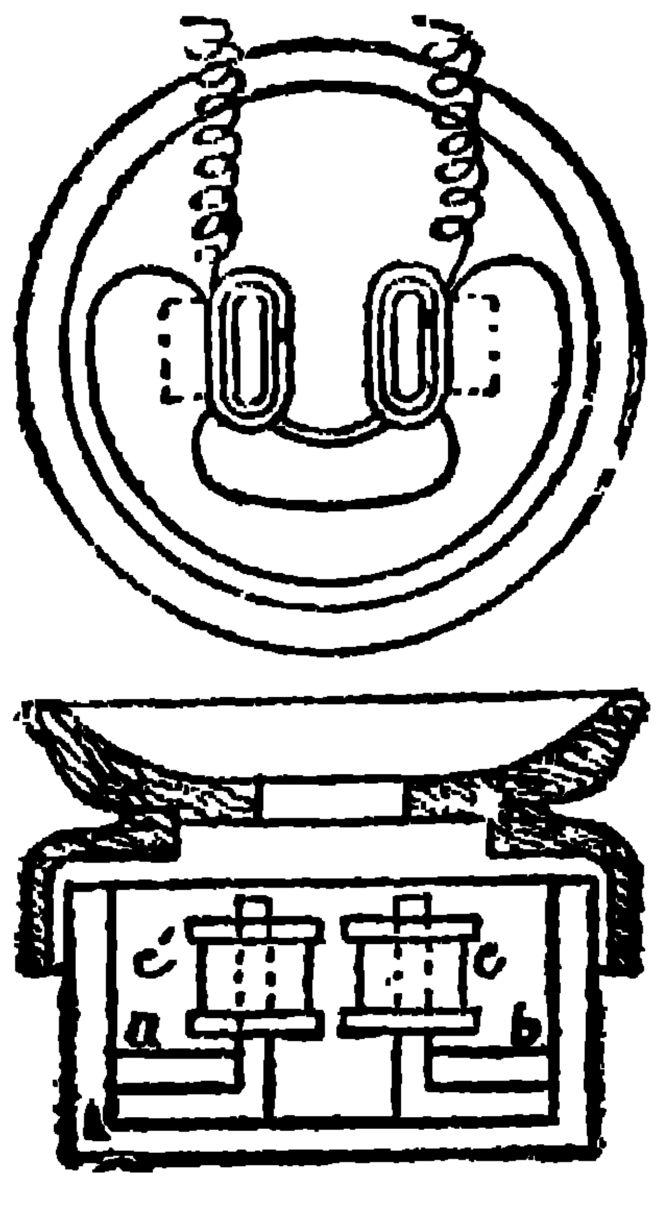
'মাউথ পিস' ও রিসিভারকে 'ইয়ার পিস' (Ear piece) বলে।

মাইক্রোফোন (Microphone) :—বৈদ্যুতিক পথের আলগা সংযোগস্থলের বাধা বিশেষতঃ কার্ব্বনের বেলায়, শব্দ জনিত স্পন্দন দ্বারা বিশেষ পরিবর্ত্তিত হয়, সুতরাং ব্যাটারির সহিত সংযুক্ত থাকিলে বাধা অনুযায়ী বিভিন্ন পরিমাণের প্রবাহ বহিবে। যথা ৪৭৫ চিত্রে C একটি কার্ব্বন দণ্ড C_1 ও C_2 দুইটি কার্ব্বন দণ্ডের খাঁজে আলগাভাবে ধৃত এবং C_1 হইতে একটি তার ব্যাটারি, তাহা হইতে রিসিভার R এর মধ্য হইয়া C_2তে ফিরিয়া আসিয়াছে। C_1 ও C_2 একটি অপরিচালক দণ্ডে আবদ্ধ। Cএর সম্মুখে ঈষৎ শব্দ করিলে তাহা Rএ শ্রুত হইবে। শব্দ বা বায়ুর স্পন্দন দ্বারা C এর স্পন্দন হেতু C_1 ও C_2 এর সহিত C এর সংযোগ স্থানদ্বয়ের বাধা বিশেষ পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে। ও তজ্জন্য ব্যাটারি হইতে বিভিন্ন পরিমাণের প্রবাহ বহমান হয়। এই প্রবাহ সিরিজে সংযুক্ত R এর মধ্য দিয়াও বহে ও তদ্দ্বারা ইহার লৌহ-পাতটি ঐ ভাবে স্পন্দিত হইয়া শব্দ উৎপন্ন করে। আধুনিক মাইক্রোফোন ট্র্যান্সমিটারে Cএর পরিবর্ত্তে কার্ব্বনের গুঁড়া দুইটি কার্ব্বনখণ্ডের অন্তরা সংরক্ষিত। এই কার্ব্বন খণ্ড দুইটির মধ্যে একটি একটি ত্বকের সহিত সংযুক্ত, যাহাতে শব্দ হেতু ত্বকের স্পন্দন দ্বারা ইহা স্পন্দিত হয় এবং



চিত্র—৪৭৫

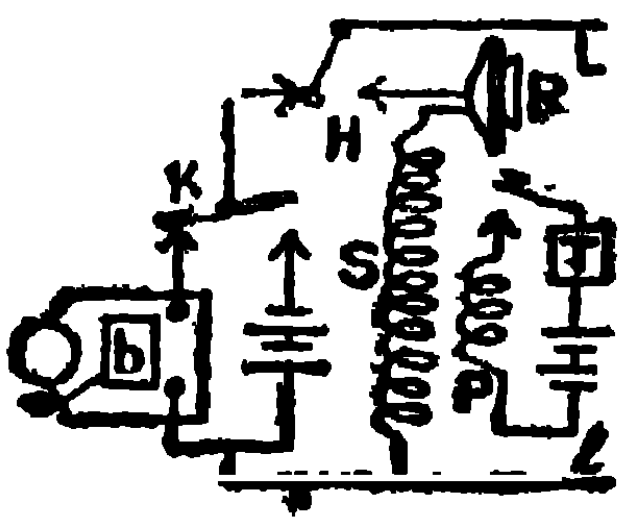
যাহাতে সমস্ত কার্ব্বন গুঁড়াগুলি একসঙ্গে একটি নীরেট কার্ব্বনের মত নড়িয়া না যায়, তাহার ব্যবস্থা থাকে। এই মাইক্রোফোন বিপরীত কার্য্যক্ষম নহে, অর্থাৎ রিসিভারের কার্য্য করিতে পারে না, কারণ বিভিন্ন পরিমাণের প্রবাহ দ্বারা ইহার এরূপ স্পন্দন হয় না যে তদ্দ্বারা শ্রুতিগোচর শব্দ হয়। তবে সুবিধা এই যে সামান্য শব্দেও সুচারু কার্য্য করে। এই নিমিত্ত ইহা ট্রান্সমিটার ও পূর্ব্বোক্ত যন্ত্রটি রিসিভার ভাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া একটি ইণ্ডাকসান কয়েল প্রয়োজন হয়। চিত্র ৪৭৬ একটি মাইক্রোফোনের 'প্ল্যান ও সেকসান'।



চিত্র—৪৭৬

টেলিফোনে ইনডাকসান কয়েলের কার্য্য:—

ইহা দ্বারা ট্র্যান্সমিটারকে অল্প বাধা বিশিষ্ট করা হয় যাহাতে অনুপাতে বাধার পরিবর্ত্তন অধিক হয়। সাধারণ ট্র্যান্সমিটারে সর্ব্বদাই লাইনের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে, কিন্তু ইহাতে তাহা হয় না; এবং ইহা দ্বারা ই, এম, এফ, পরিবর্দ্ধিত হয় বলিয়া লাইনের অধিক বাধা অতিক্রম করা যায়। এগুলি ৪৭৭ চিত্র দেখিলে বুঝা যাইবে। ইহাতে ব্যাটারি সমেত মাইক্রোফোন প্রাইমারী কয়েলের সহিত ও লাইন সেকেণ্ডারী কয়েলের সহিত সংযুক্ত, সুতরাং ব্যাটারির প্রবাহ লাইনের মধ্য দিয়া বহে না, কেবলমাত্র সেকেণ্ডারীতে সম্ভাবিত প্রবাহ লাইনের মধ্য দিয়া বহে ও ইহার ভোল্টেজ সেকেণ্ডারীর পাকসংখ্যানুপাতে (প্রাইমারীর সহিত তুলনায়) বর্দ্ধিত হয়। অধিকন্তু যাহাতে ব্যাটারির প্রবাহ প্রাইমারীর মধ্য দিয়া, কেবলমাত্র টেলিফোন ব্যবহার কালে, প্রবাহিত হয় তজ্জন্য একটি সুইচের ব্যবস্থা থাকে। এ ছাড়া কোন স্থান



চিত্র—৪৭৭

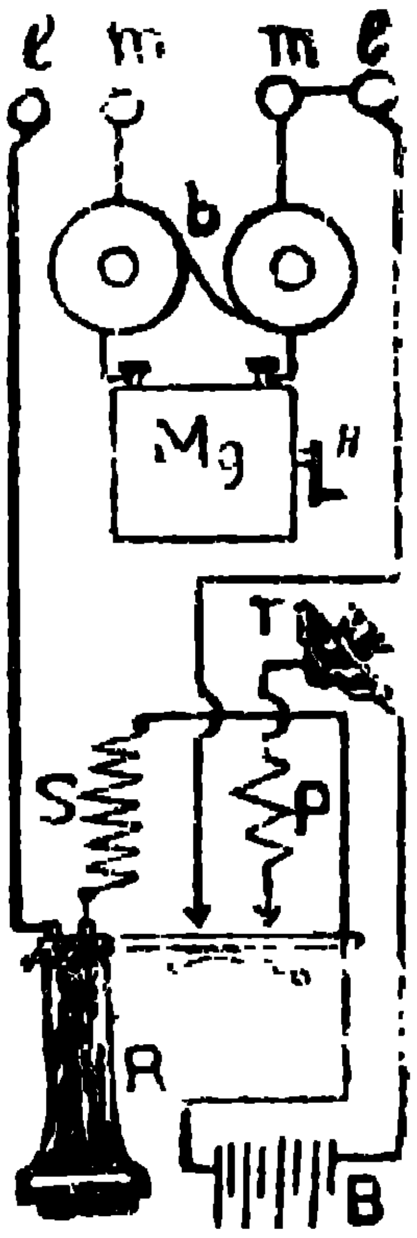
হইতে খবর আসিয়াছে কিনা দূর হইতে জানিবার নিমিত্ত কোন সঙ্কেত, যথা, ঘণ্টা বাজা বা আলো জ্বলিবার ব্যবস্থা থাকে। যথা ৪৪৭ চিত্রে ঘণ্টা বাজিবার ব্যবস্থা দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে রিসিভার একটি হুকের উপর স্থাপিত। রিসিভারের ভারে হুকটি নামিয়া যাইয়া লাইনকে ঘণ্টার মধ্য দিয়া সংযুক্ত রাখে, সুতরাং বাহির হইতে আগত প্রবাহ দ্বারা ঘণ্টা বাজে। রিসিভারকে হুক হইতে তুলিয়া লইলে লাইন ঘণ্টা হইতে বিযুক্ত হইয়া সেকেণ্ডারীর মধ্য দিয়া সংযুক্ত হয় ও কথা শুনা যায় এবং এইসঙ্গে প্রাইমারীর সুইচও সংযুক্ত হয়, সুতরাং মাইক্রোফোনে কথা বলা চলে।

ডাকিবার প্রণালী :—টেলিফোন সাহায্যে কথা কহিতে হইলে, যাহার সহিত কথা কহিতে হইবে তাহাকে প্রথমতঃ ডাকিবার প্রয়োজন হয়। এই ডাকা কার্য্য নিম্নলিখিত কয়েক প্রণালীতে হয়। (১) ম্যাগনেটো যন্ত্রের দ্বারা :—ইহা টেলিফোন যন্ত্রের সহিত একত্র থাকে এবং বিশেষ দেখা শুনা প্রয়োজন করে না। ৪৭৮ চিত্রে ম্যাগনেটো দ্বারা ঘণ্টা বাজাইয়া সঙ্কেত পদ্ধতি দর্শিত হইয়াছে।

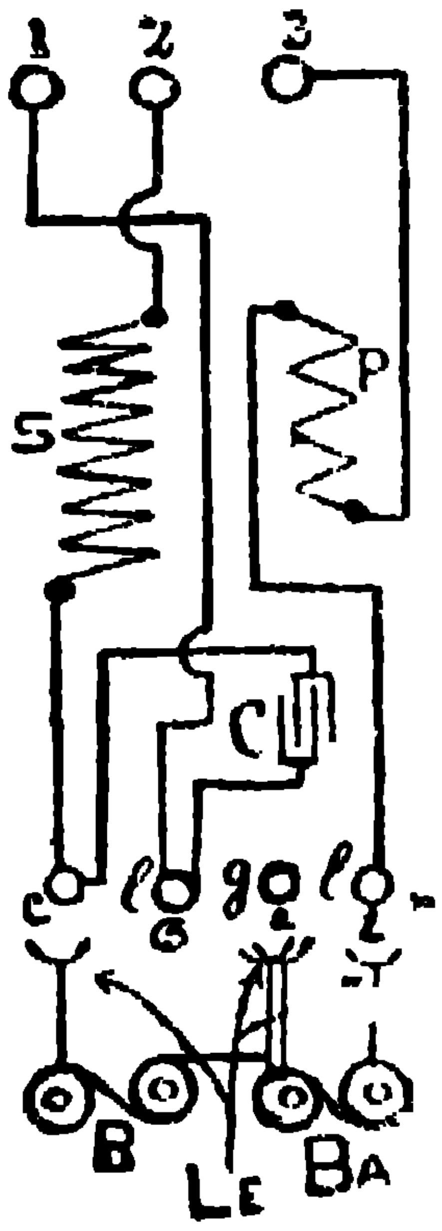
(২) ব্যাটারি দ্বারা :—ইহা ৪৭৭ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। এই ব্যাটারি টেলিফোন যন্ত্রের নিকটেই থাকে। সকল সময় ব্যাটারি কার্য্যোপযুক্ত আছে কিনা লক্ষ্য রাখিতে হয়। এই ব্যাটারি সচরাচর প্রাইমারী সেল।

(৩) সেণ্ট্রাল কারেণ্ট সিষ্টেম (Central Current System) :—ইহাতে এক্সচেঞ্জে ব্যাটারি বা ডায়নামো থাকে এবং ষ্টেসন হইতেই তাহার প্রবাহ ব্যবহার করে।

ডাকিবার উপায় :—ইহা সাধারণতঃ বৈদ্যুতিক ঘণ্টা বা ইণ্ডিকেটোর দ্বারা সাধিত হয়। অনেকস্থলে ল্যাম্প জ্বলিবার ব্যবস্থা ও থাকে। হুক হইতে টেলিফোন যন্ত্রকে উঠাইলেই এক্সচেঞ্জে আলো জ্বলে, তখন যে ব্যক্তির সহিত কথা কহিতে চায় এক্সচেঞ্জের লোক তাহার লাইনের সহিত ইহার লাইন সংযুক্ত করিয়া দেয় (এই সময় একটি শব্দ হয়)। কথা



চিত্র—৪৭৮



চিত্র—৪৭৯

শেষ হইয়া গেলে যন্ত্রটি হুকের উপর রাখিলে অপর আলো জ্বলে। তখন এক্সচেঞ্জের লোক লাইন কাটিয়া দেয়। ৪৭৭ চিত্রে বেল বক্সের আধুনিক আভ্যন্তরিক সংযোজন দর্শিত হইয়াছে। ৪৭৮ চিত্রে ম্যাগনেটো সেটের সংযোজন দর্শিত হইয়াছে। ৪৭৯ চিত্রে একই লাইনে টেলিফোন ও মর্স টেলিগ্রাফ কার্য্য সাধন প্রণালী দর্শিত হইয়াছে।

অনুশীলনী।

১। টেলিফোনে ব্যবহৃত মাইক্রোফোন ট্র্যান্সমিটার চিত্র সহ বিবরণ কর।

২। রীলে দ্বারা বেল এর কার্য্য পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

৩। বেল, টেলিগ্রাফ ও টেলিফোনে বৈদ্যুতিক চুম্বক ব্যবহারের উদ্দেশ্য কি?

৪। একটি জলমগ্ন কেব্‌ল্‌ এর কোন স্থানে 'ফুল-আর্থফল্ট' ঘটিয়া থাকিলে কিরূপে ধরিবে কত দূরে উহা ঘটিয়াছে।

৫; টেলিফোন যন্ত্রে ইণ্ডাক্‌সান কয়েল ব্যবহারের উদ্দেশ্য কি?

৬। ইলেকট্রিক বেল সকল সিরিজ ভাবে সংযুক্ত হইলে ঠিক মত কার্য্য করে না— তাহার কারণ কি?

৭। ম্যাগ্নেটো বেল্‌ এ স্থায়ী চুম্বক কেন ব্যবহৃত হয়।

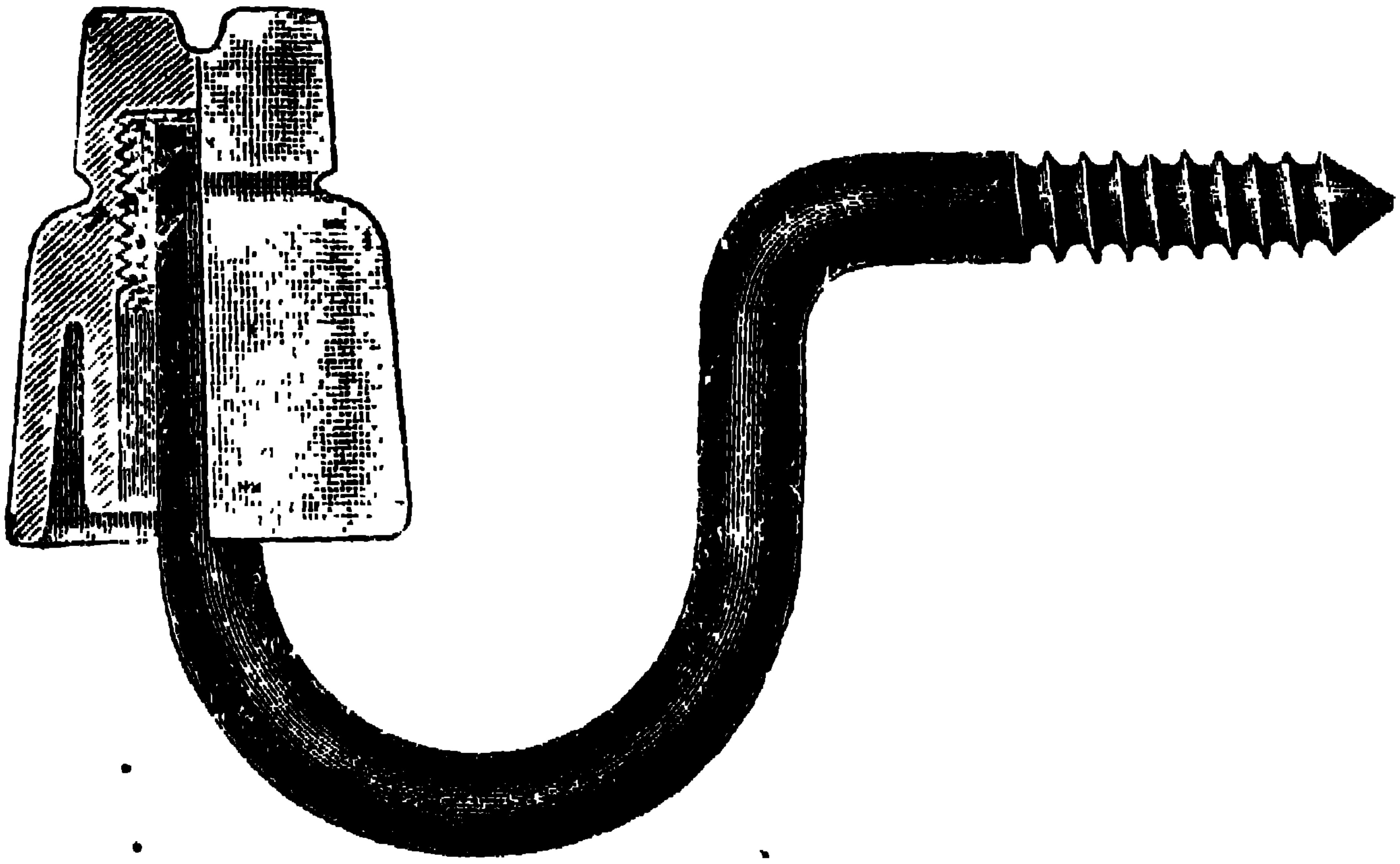
৮। টেলিফোনে কিরূপে শব্দ শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত হয় ও ঐ বৈদ্যুতিক শক্তি হইতে কিরূপে পুনরায় শব্দ শক্তি পাওয়া যায়?

৯। কন্টিনিউয়াস রিঙ্গিং বেল কাহাকে বলে। ইহার সংযোজনাদির চিত্র অঙ্কন কর।

ত্রয়োবিংশ পরিচয়।

তার খাটান (Wiring)।

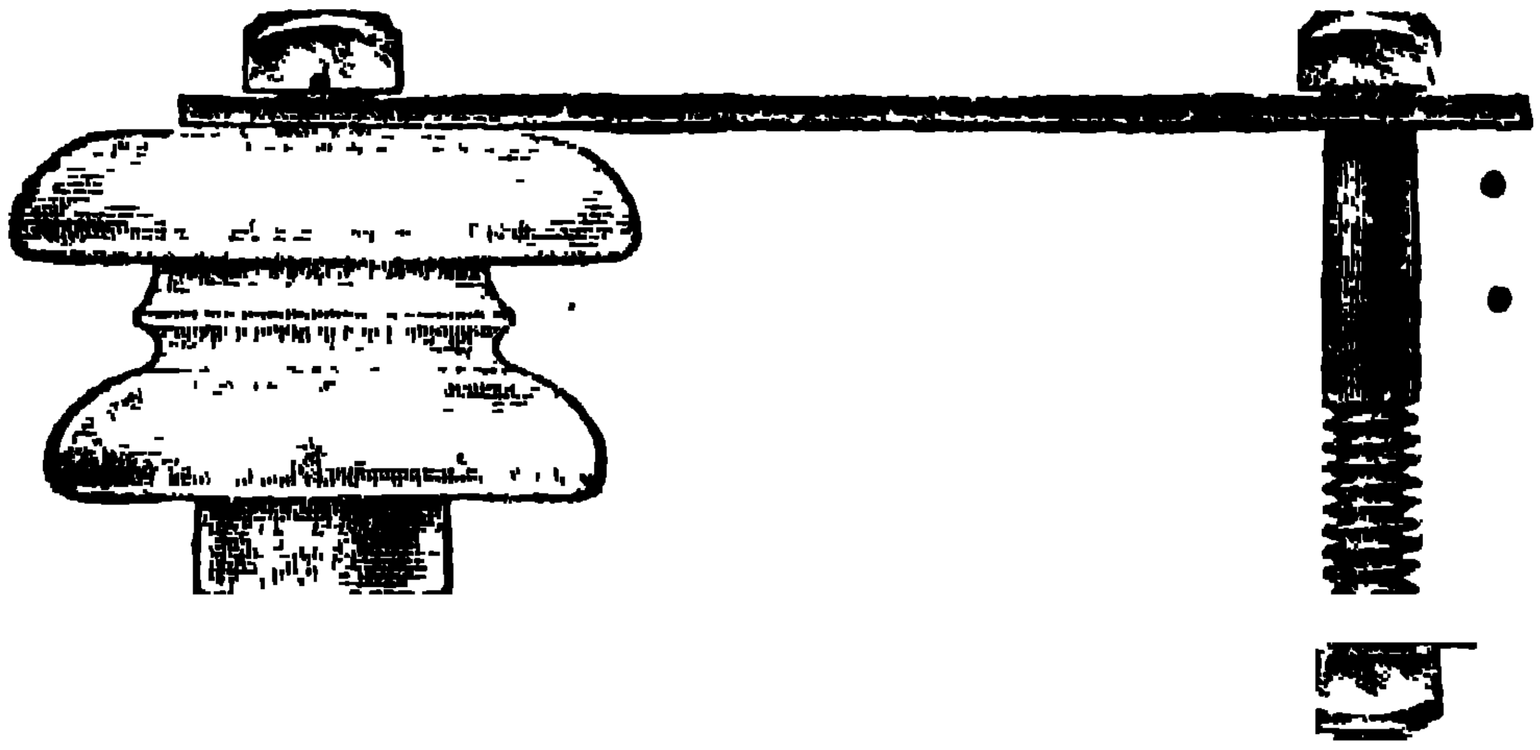
বৈদ্যুতিক শক্তি সহজে ধাতু পদার্থ অবলম্বনে প্রবাহিত হইতে পারে পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে। ঐ ধাতু সকল বিদ্যুৎ প্রবাহ কালে নিজ নিজ



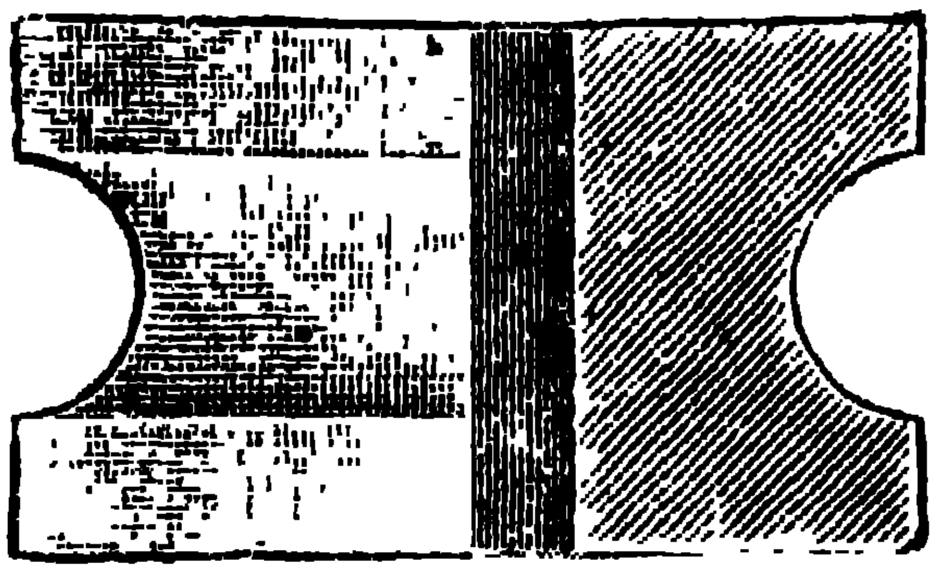
চিত্র—৪৮০

গুণ ধর্ম্ম হেতু ঐ প্রবাহের অল্পাধিক প্রতিরোধের কারণ হয়। সেইজন্য বৈদ্যুতিক শক্তি চালনা করিতে হইলে যে ধাতু সর্ব্বাপেক্ষা সহজ পথ প্রদান করে অর্থাৎ প্রবাহে কম বাধা প্রদান করে, তাহাকেই ব্যবহার করা বিধেয়। এই বিষয়ে তাম্রকেই কার্য্যোপযোগী ধাতু বলিয়া স্বীকৃত হয়। এই ধাতুকে তারের আকৃতিতে পরিণত করিয়া বৈদ্যুতিক শক্তির পরিচালনা করা যায়। এই তারের ব্যাসের মাপ প্রভৃতি বৈদ্যুতিক শক্তির পরিমাপের উপর নির্ভর করে, ইহার হিসাব পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে। যাহাতে সহজে অক্সিডাইজড না হয় অর্থাৎ মরিচা না পড়ে, তজ্জন্য তাম্রের উপর

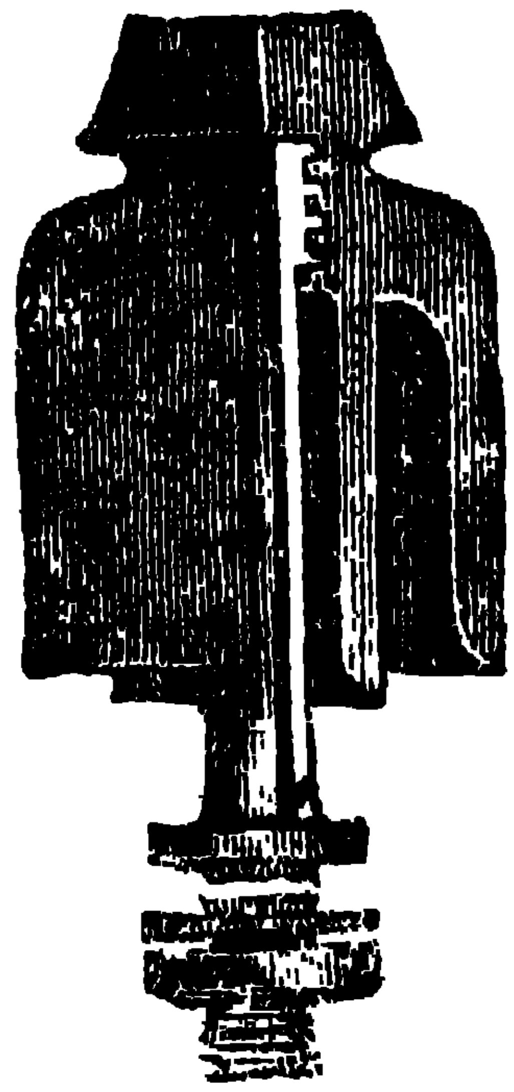
টিনের কলাই থাকা বিধেয়। বৈদ্যুতিক শক্তি সম্পন্ন তার ভূমি বা অপর



চিত্র—৪৮১



চিত্র—৪৮২



চিত্র—৪৮৩

কোন বিদ্যুৎ প্রবাহক ধাতুর সহিত সংযুক্ত হইলে তদ্দ্বারা বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় হইতে পারে, সেইজন্য বিভিন্ন স্থান দিয়া তারকে লইয়া যাইতে হইলে ঐ তারের উপর এমন কোন পদার্থ দ্বারা বেষ্টন করিতে হয় যাহাতে ঐ তারের বৈদ্যুতিক শক্তি গন্তব্য পথ হইতে অন্য কোন দিকে প্রবাহিত হইতে না পারে। তারের এই বেষ্টনকে ইনসুলেসান (Insulation) বলা হয়। এই ইনসুলেসানের মাত্রা যত অধিক হয়, বিদ্যুৎবাহক তার ততই বিশ্বাস যোগ্য হয়। আবার অনর্থক অধিক ইনসুলেসান করিয়া তারের মূল্য ও আকৃতি বৃদ্ধিও নিষ্প্রয়োজন।

বৈদ্যুতিক শক্তি বহনকারী তার স্থান হিসাবে খাটাইবার জন্য বিভিন্ন প্রণালী অবলম্বন করা যায় ও নানা প্রকার সংযোজক উপকরণের (Fittings) প্রয়োজন হয়। এই তার শূন্য মার্গ দিয়া, ভূমির মধ্য দিয়া বা জলের মধ্য দিয়া লইয়া যাইবার প্রয়োজন হয়। অতএব তারের ইনসুলেসানও সেই হিসাবে করিতে হয়।

হাউস অয়্যারিং কার্য্যে যে তার ব্যবহৃত হয় তাহাতে সাধারণতঃ এক পর্দ্দা ভাল রবারের আবরণ, এই আবরণকে রক্ষা করিবার নিমিত্ত এক পর্দ্দা ফিতা বা সুতার বুনান, তৎপরে আর এক পর্দ্দা রবার ও তদুপরি ফিতা বা সুতার বুনান থাকে। যাহাতে সুতার বুনানটি ড্যাম্পে নষ্ট না হয়, তজ্জন্য ইহাকে মোমে বা আলকাৎরা প্রস্তুত বার্ণিশে (marline) সিক্ত করা হয়। দুইটি তারকে একত্র সংযোগ করিবার সময় এই ইনসুলেসানকে চাঁচিয়া ও কাটিয়া তুলিয়া দিয়া প্রয়োজনমত নির্ম্মল ধাতব তার বাহির করিতে হয়, এই সময় বিশেষ দৃষ্টি রাখা কর্ত্তব্য যেন ফিতার বা বুনানের সুতা উঠিয়া না থাকে, কারণ তদ্দ্বারা 'লীক্ (Leak) হইতে অর্থাৎ অজ্ঞাতসারে অনর্থক চুয়াইতে পারে এবং সংযোগ স্থানের উভয় দিকে এক ইঞ্চি পরিমিত স্থানের বুনান উঠাইয়া দেওয়া কর্ত্তব্য।

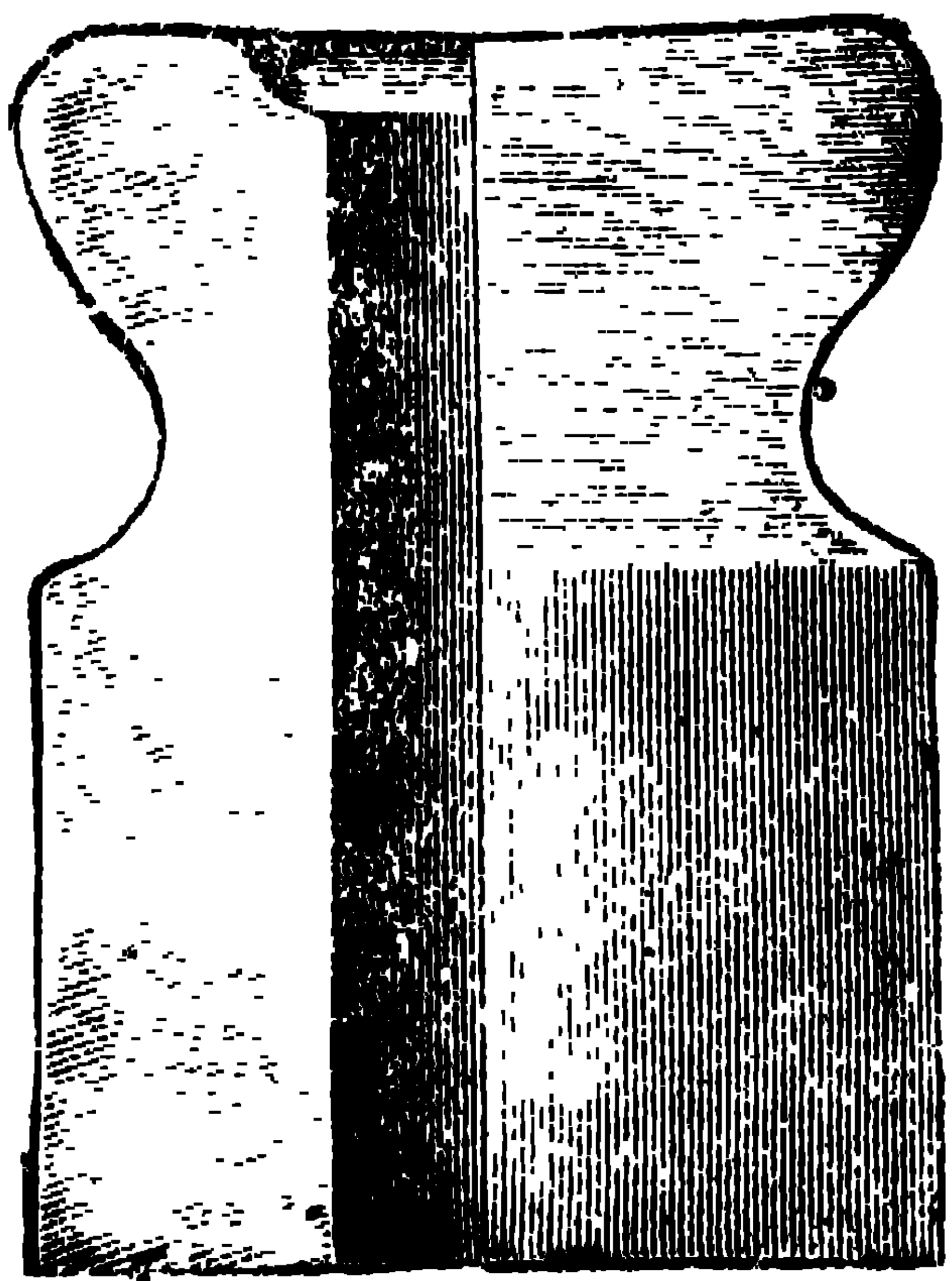
যে কোন বাড়ি বা গৃহে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রবাহক তার বাতি ও পাখা প্রভৃতির জন্য নিম্নলিখিত প্রণালী-গুলিতে খাটান যাইতে পারে—

১। ক্লিট দ্বারা (Cleat wiring)

২। কাষ্ঠের কেসিং দ্বারা (Wood casing wiring)

৩। লৌহের পাইপের মধ্য দিয়া (Conduit wiring)

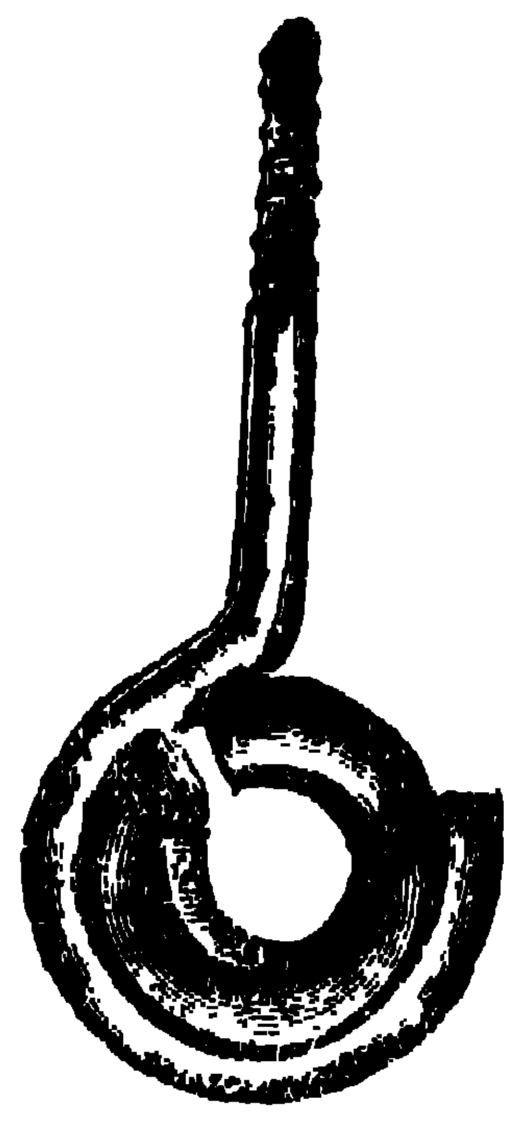
৪। সীসার দ্বারা বেষ্টিত তার দ্বারা (Lead covered wiring, Henley's system)।



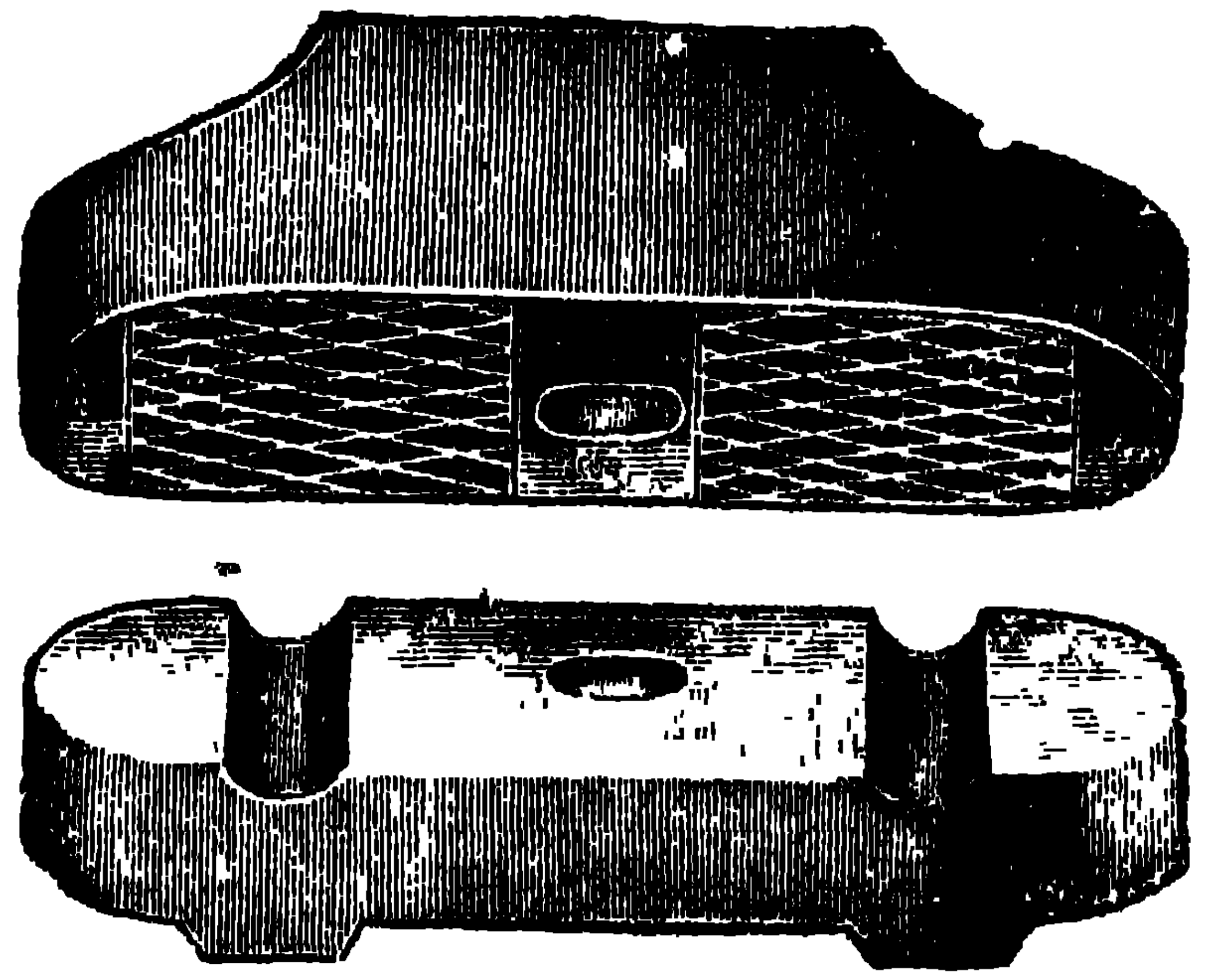
চিত্র—৪৮৪

১। **ক্লিট দ্বারা তার খাটান** (Cleat wiring) :— গৃহের বা বাটীর মধ্যে তার খাটাইতে হইলে যদিও তারকে ইনসুলেট

করা হয়, তথাপি গৃহের দেওয়াল হইতে স্যাঁৎসেঁতা বা ড্যাম্প লাগিলে

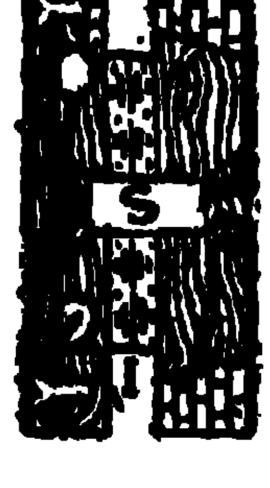


চিত্র—৪৮৫



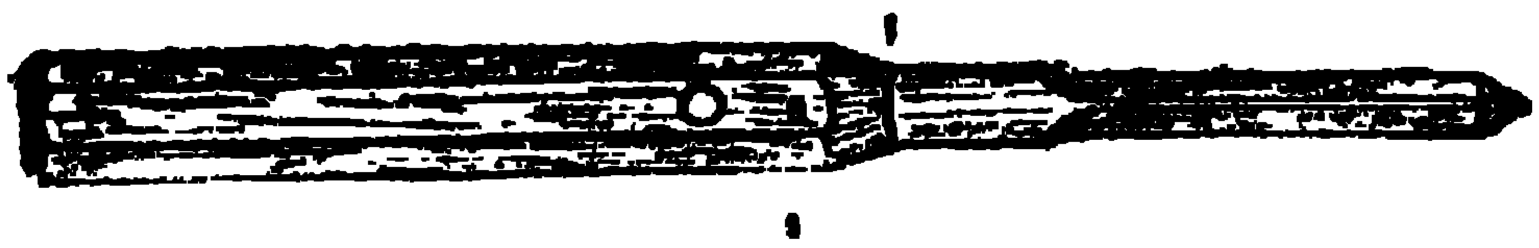
চিত্র—৪৮৬

তারের ইনস্যুলেসানের ক্ষতি হয় ও ক্রমশঃ তার হইতে বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় হয়, সেইজন্য সাধারণ ইনস্যুলেসান যুক্ত তারকে চীনামাটির ঠিকরা বা ক্লিটের উপর দিয়া লইয়া যাওয়া হয়, তাহাতে তার দেওয়ালের সহিত সংযোগ হয় না। এইরূপ অয়্যারিংকে ক্লিট অয়্যারিং বলা হয় ৪৮৬ চিত্রে ক্লিট ও ৪৮৭ চিত্র তার লইয়া যাওয়া দেখান হইল। দেওয়ালের সহিত ক্লিট লাগাইতে হইলে প্রথমে দেওয়ালে ছিদ্র করিয়া উহার মধ্যে কাষ্ঠের গুলি, পিন বা প্যানা প্রবেশ করাইয়া দিতে হয় ও প্রয়োজন হইলে ঐ প্যানাগুলি সিমেণ্ট মাটি দিয়া আঁটিতে হয়। প্যানাগুলির সাইজ ১½ হইতে ২ ইঞ্চি লম্বা ও ১ ইঞ্চি চৌকা কাষ্ঠ হইতে প্রস্তুত হয়। ৪৮৭ চিত্রে পিন পোঁতা চিত্র দেওয়া হইল। এই পিন ৩ ফুট অন্তর ফিট করা বিধেয়। আর এক প্রকারে কঠিন দেওয়ালের সহিত ক্লিট, সীসা মোড়া তার ও কেসিং ফিট করিবার রীতি আছে। দেওয়ালে যদি অধিক গর্ত্ত করিবার আপত্তি থাকে বা দেওয়াল



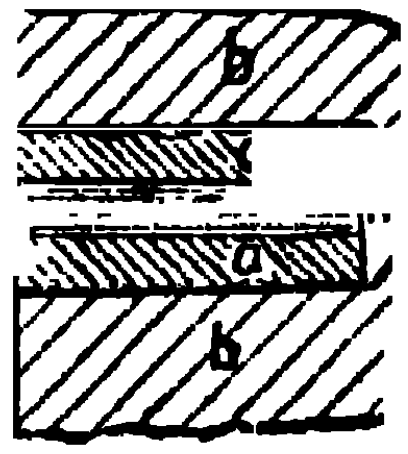
চিত্র—৪৮৭

কাঁচের, পাথরের বা চীনা মাটির হয়, তবে একটি ভোমর বা ড্রিল (Drill) চিত্র ৪৮৮ দ্বারা ঐ দেওয়ালে ৩ সুতা (⅛") মোটাগর্ত্ত প্রায়

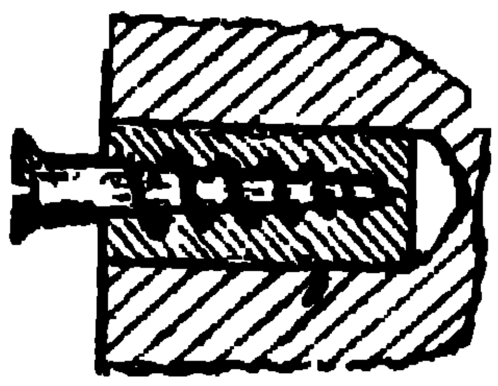


চিত্র—৪৮৮

১ ইঞ্চি আন্দাজ করিতে হইবে, তৎপরে ঐ ভোমর বাহির করিয়া ঐ গর্ত্তের মধ্যে সরু পাট কাঠির ন্যায় সুতার বোনা পিন প্রবেশ করাইয়া দিতে হইবে। তৎপরে এই পিনের মধ্যে স্ক্রু প্রবেশ করাইয়া দিলেই এই পিন দেওয়ালের সহিত দৃঢ়ভাবে আঁটিয়া যাইবে। এই পাট কাঠির (পাঁকাটী) ন্যায় বোনা প্যানার নাম রাওয়াল প্লাগ (Rowal Plug) রাখা হইয়াছে।



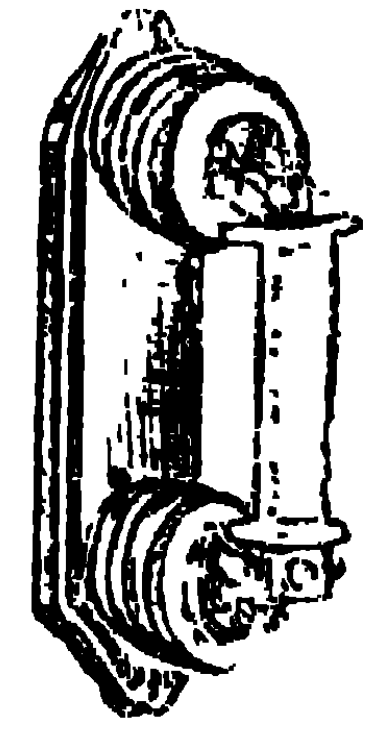
চিত্র—৪৮৯



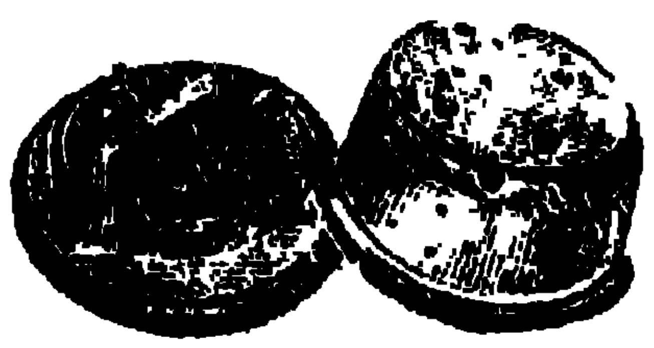
চিত্র—৪৯০

পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে যে, বৈদ্যুতিক শক্তি চালনা করিতে হইলে উহার জন্য একটি গন্তব্য পথ ও আর একটি প্রত্যাবর্ত্তনের পথ থাকা প্রয়োজন। এইজন্য তার খাটাইবার সময় প্রায় সর্ব্বদা দুইটি করিয়া তার খাটান প্রয়োজন হয়। ইংরাজীতে, এই দুইটি তারের, যেটী দিয়া প্রবাহ যায় তাহাকে লীড (Lead) ও যেটী দিয়া প্রত্যাবর্ত্তন করে তাহাকে রিটার্ণ (Return) বলা যায়। যাহাতে লীড ও রিটার্ণের মধ্যে সংশয় না হয় তজ্জন্য সচরাচর লীডকে (*L*ead) বামদিকে (*L*eft) ও রিটার্ণকে (*R*eturn) ডানদিকে (*R*ight) রাখা হয়, কোথাও বা লাল ও কাল তার ব্যবহার করে, লাল তারটী লীড হয়। তারকে যখন কোন দেওয়ালের মধ্য ভেদ করিয়া চলিতে হয়, তখন দেওয়ালের মধ্যের তারের অংশকে সীসার পাইপ বা চীনা মাটির পাইপের মধ্য দিয়া লইতে হয়, তাহাতে ঐ তারে স্যাঁৎতা বা ড্যাম্প লাগিয়া ভূমি সংলগ্ন হইবার আশঙ্কা থাকে না। এই তার আবরণকারী পাইপের শেষ দুইটি ভাগ অন্ততঃ দেওয়াল হইতে ৬ ইঞ্চি আন্দাজ বাহির হইয়া থাকা

উচিত। গৃহে তার খাটাইবার সময় দুইটি তারকে জুড়িতে হইলে, প্রথমে ঐ তার দুইটির শেষভাগের ইনসুলেসান পৃথক করিতে হইবে। ইহা একটি ছুরীর সাহায্যে হইয়া থাকে। ছুরী দিয়া ইনসুলেসান কাটিবার সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে যেন ছুরীর আঘাৎ বা দাগ তারে না পড়ে। তাহাতে তার যখম হয় এবং সেই দাগ ধরিয়া তারটি ছিঁড়িয়া যাইতে পারে। আবশ্যক মত ইনসুলেসান ছাড়াইয়া তারটিকে মিহি শিরিস কাগজ দ্বারা পরিষ্কৃত করিয়া লইতে হয়, নতুবা অপরিষ্কার তারের সংযোগে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রবাহের বিঘ্ন ঘটিতে পারে। দুইটি তারের সংযোগ উত্তম হওয়া প্রয়োজন, এবং ঐ তার যদি কোনক্রমে উত্তম সংযোগ না হয়, তবে বিদ্যুৎ-প্রবাহ কালে সেই সংযোগ স্থান গরম হয়, এমন কি নিকটে কোন দহনোপযোগী পদার্থ থাকিলে তাহাকে দহনও করিতে পারে। সেইজন্য সর্ব্বদাই এই সংযোগ একটি চীনামাটির পাত্রের মধ্যে করা হয়। পাত্রটির নাম জংসন বক্স বা জয়েণ্ট বক্স। কেহ কেহ ইহাকে জয়েণ্ট কাটআউট বলিয়া থাকেন। কোন কোন জয়েণ্ট বক্সের মধ্যে ফিউজ (সহজে গলনক্ষমতার) দিবারও ব্যবস্থা থাকে। এই ফিউজ দিবার উদ্দেশ্য, যদি কোথাও অযথা অধিক বৈদ্যুতিক শক্তি প্রবাহিত হয়, তখনই এই ফিউজ গলিয়া যাইয়া তারের বৈদ্যুতিক প্রবাহ রোধ করে। তাহাতে বাহক তারের বা অপর কোন দ্রব্যের হানি করিতে দেয় না। এই ফিউজ কাটা বা জ্বলিয়া যাওয়া কার্য্য ইহার মধ্যে হয়, সেইজন্য এই উপকরণের নাম কাটআউট রাখা হইয়াছে। ইহার আকৃতি গোল বা চৌকা হয়। গোল কাটআউট ৪৯২ চিত্রে দেওয়া হইল। এখানে জানিয়া রাখা প্রয়োজন তার



চিত্র—৪৯১



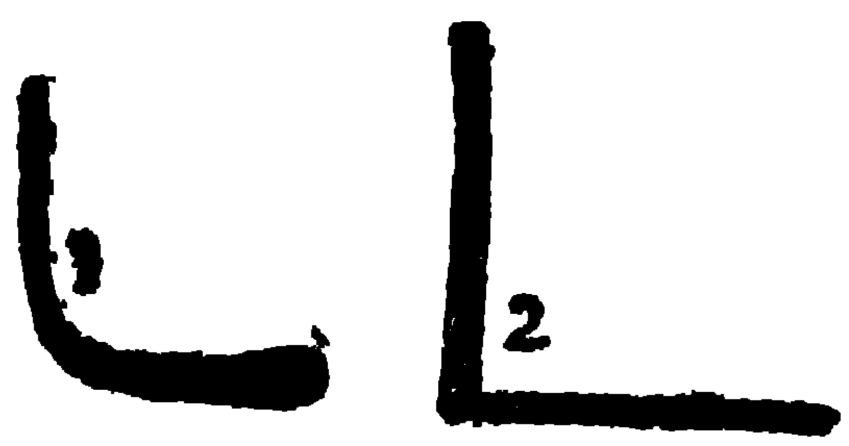
চিত্র—৪৯২

সংযোগ করিতে হইলেই অন্ততঃ ঐ সংযোগ স্থানে একটি জয়েণ্ট বক্স দেওয়া প্রয়োজন। যে স্থানে জয়েণ্ট বক্স বসাইতে হয়, ঐ বক্সের

বসিবার জন্য সাইজ মত একটি কাষ্ঠের টুকরার বা ব্লকের উপর বসাইতে হয়। এই টুকরা যদি দেওয়ালের উপর বসাইতে হয় তবে পূর্ব্ব চিত্র মত দেওয়ালে প্যানা পুতিয়া ঐ প্যানার সহিত একটি ব্লক স্ক্রু দিয়া জুড়িতে হয়। ব্লক ও পিনের মধ্য চীনামাটির ঠিকরা বা ক্লিট দিয়া ব্লকটিকে দেওয়াল হইতে পৃথক রাখা সর্ব্বদা কর্ত্তব্য। নতুবা ঐ ব্লকে ড্যাম্প লাগিলে ব্লক সংলগ্নিত তারের অংশগুলি ড্যাম্প দ্বারা অধিকৃত হয় ও বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় হয়। কাষ্ঠের উপর দিয়াও তার লইয়া যাইতে হইলে চীনামাটির ঠিকরার উপর দিয়া লওয়া বিধেয়। নতুবা কোন কারণে তারে অগ্নি সংযোগ হইলে বা তার গরম হইতে থাকিলে ঐ তার সংযুক্ত কাষ্ঠে অগ্নি লাগিবার বিশেষ সম্ভাবনা। যে সকল স্থানে তার ছাদ ভেদ করিয়া উঠাইবার প্রয়োজন হয়, সেই সকল স্থানে ছাদের মধ্যে সীসার পাইপ দেওয়া যায়। সেই পাইপ ৬—৯ ইঞ্চি পর্য্যন্ত ছাদের উপর দিকে বাহির হইয়া থাকা প্রয়োজন। ক্লিট অয়্যারিং হইলে ছাদ হইতে অন্ততঃ মনুষ্যের খাড়াই অর্থাৎ ৬ ফুট পর্য্যন্ত কেসিং থাকা প্রয়োজন।

২। কাষ্ঠের কেসিং দ্বারা অয়্যারিং (Wood Casing wiring):—ক্লিট অয়্যারিং এবং কেসিং অয়্যারিংএর মধ্যে বিশেষ কোন পার্থক্য নাই, কেবল বিদ্যুৎ প্রবাহক তার ক্লিটের মধ্য দিয়া না লাগাইয়া কাষ্ঠের কেসিংএর 'গ্রুভ' বা গর্ত্তের মধ্যে দিয়া লওয়া হয় এবং কেসিংএর উপর 'ক্যাপিং' বা চাপা লাগান হয়। দেওয়ালের মধ্যে তার লইবার ব্যবস্থা ঠিক ক্লিট অয়্যারিংএর ন্যায় করা হয়। কেসিংগুলি ব্যবহারের পূর্ব্বে উহাদের ড্যাম্প লাগা রোধ করিবার জন্য 'সেল্যাক' পালিস বা গালার বার্নিশ লাগান হয়। এই কেসিং,তারের সাইজ অনুযায়ী, ১॥০ ইঞ্চি হইতে ৩ ইঞ্চি পর্য্যন্ত চওড়া দেখিতে পাওয়া যায় এবং উহার গ্রুভ বা গর্ত্ত তারের মাপ অনুযায়ী ছোট বড় করা হয়। সাধারণ কেসিংএ দুইটি গ্রুভ সাধারণতঃ কাটা হয়, বিশেষ কার্য্যের জন্য সময় সময় তিনটি পর্য্যন্ত

গ্রুভও হইয়া থাকে। দুইটি গ্রুভ যুক্ত কেসিং একটি 'লীড' তারের জন্য ও অপরটী 'রিটার্ণ' তারের জন্য প্রস্তুত হইয়া থাকে। সিঁড়ির তার অয়্যারিং প্রভৃতিতে ৩টি গ্রুভযুক্ত কেসিংএর ব্যবহার দেখা যায়। তার খাটান মিস্ত্রিদের লক্ষ্য রাখিতে হইবে যেন ক্যাপিং বা চাপা আঁটিবার সময় স্ক্রুপ তারে লাগিয়া তারের ইনস্যুলেসান নষ্ট না করে। কেসিংএর মধ্যে তার চালাইবার সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে যেন তারের কোথাও অযথা ভাঁজ না পড়ে। তারের ভাঁজ দিতে হইলে অন্ততঃ ঈষৎ গোলের উপর ভাঁজ দেওয়া প্রয়োজন। ৪৯৩ (১) চিত্রে দেখান হইল। একেবারে কোণা ভাঁজ দিলে (২) তারের যখম হইবার সম্ভাবনা অধিক। আরও অধিক লক্ষ্য রাখিতে হইবে যেন কোন লীড কোন রিটার্ণকে স্পর্শ না করে। লীড তার রিটার্ণকে বা রিটার্ণ-লীড তারকে অতিক্রম করিবার প্রয়োজন হইলে উহাদের মধ্যে উপযুক্ত ইনস্যুলেসান করা প্রয়োজন। ইংরাজীতে তারকে 'ইনস্যুলেট' করিয়া উল্লঙ্ঘন কার্য্যকে 'ব্রিজিং' (Bridging) বলে।



চিত্র—৪৯৩

৩। লৌহের পাইপের মধ্য দিয়া অয়্যারিং

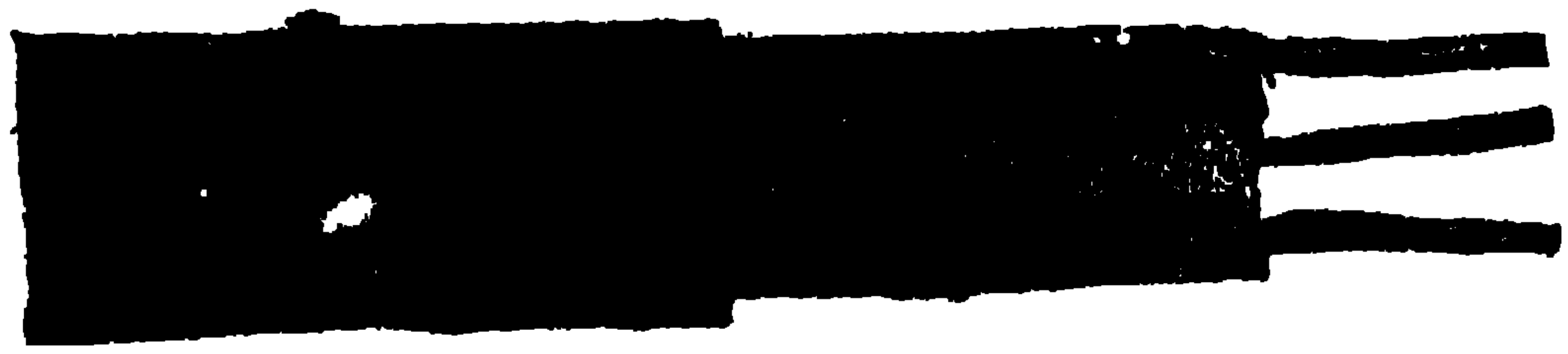
(Conduit wiring):—ক্লিট বা কাষ্ঠের কেসিংএর মধ্য দিয়া তার লইয়া না গিয়া যদি লৌহের পাইপের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ বাহক তার লইয়া যাওয়া হয়, এইরূপ অয়্যারিংকে কনডুইট অয়্যারিং বলা যায়। এই পাইপের মধ্যে বিশেষরূপে 'ফাইবার' কাগজ দ্বারা বা এনামেল করিয়া, নতুবা কোনরূপ নন্ কণ্ডাক্টিং দ্রব্যের দ্বারা ইনস্যুলেট করা হয়। এইরূপ অয়্যারিংএ যদি কোথাও তারের সংযোগ করিতে হয়, তবে উহার বিশেষ জংসন বক্স ব্যবহার হয় এবং ঐ জংসন বক্সগুলির মধ্যে 'পোরসিলেন' (Porcelain) ফিটিং দ্বারা তারগুলির সংযোগ হয়। ইহাতে লীড ও রিটার্ণ তারের একত্র হইয়া সর্ট সার্কিট হইবার সম্ভাবনা থাকে না।

বিদ্যুৎ বাহক তার যদি কোন খোলা স্থানে থামের উপর দিয়া যাইতে থাকে ও সেখান হইতে তারকে যদি গৃহের মধ্যে লইতে হয়, তাহা হইলে দেখিতে হইবে যে, যে পাইপ বা গর্ত্ত দিয়া তার গৃহে প্রবেশ করিতেছে তাহার মধ্যে কোন প্রকারে বৃষ্টির জল প্রবেশ না করে। জল প্রবেশ করিতে পারিলে পাইপ মধ্যস্থ তারকে নষ্ট করিয়া দেয়।

সীসার দ্বারা বেষ্টিত ইনসুলেটেড তার দ্বারা অয়্যারিং (Lead covered wiring) :—সাধারণ লাইন তারের উপর আবার একটি সীসার বেষ্টন করা হয়। ইহার সুবিধা এই যে হঠাৎ তারের ইনসুলেসানে ড্যাম্প লাগিতে পারে না। সীসা বেষ্টিত তার কখন ১ গাছি, ২ গাছি, ৩ গাছি পর্য্যন্ত একটি বেষ্টনের মধ্যে থাকে।

চিত্র—৪৯৪

একের অধিক তার থাকিলেও প্রত্যেক তার রবার প্রভৃতি ইনসুলেসান দ্বারা অপর তার হইতে ইনসুলেটেড অবস্থায় থাকে। দুই গাছি তারযুক্ত (লীড ও রিটার্ণ)



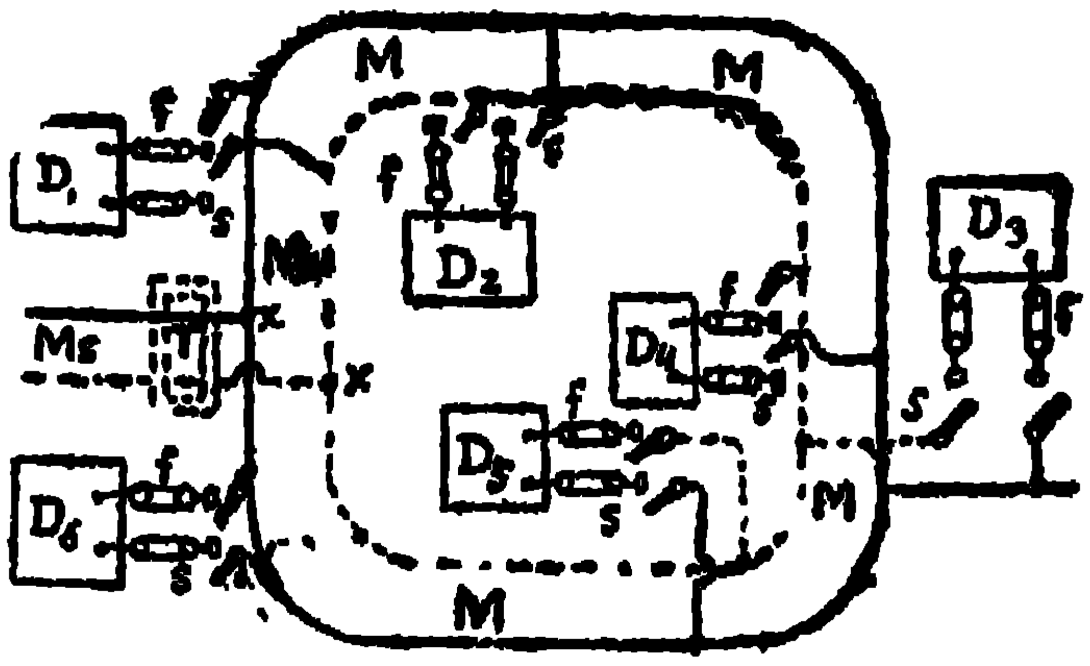
চিত্র—৪৯৫

সীসা বেষ্টিত তারই অধিক প্রচলিত। ১ গাছি বা ৩ গাছি যুক্ত তার বিশেষ কার্য্যের জন্য প্রস্তুত হয়। এই সীসা বেষ্টিত তারে ড্যাম্প লাগা হইতে বিশেষ ভয় না থাকায় ইহাদের দেওয়ালের মধ্য দিয়া বা দেওয়াল সংলগ্নিত করিয়া খাটান হয়। এই তার খাটাইবার সরঞ্জাম কেসিং ও ক্লিট অয়্যারিং হইতে কিছু কিছু পৃথক। কিন্তু সাধারণ ক্লিট অয়্যারিং বা কেসিং অয়্যারিংএর সরঞ্জাম লইয়াও এই তার খাটান যাইতে পারে। এই তার খাটাইতে

হইলে এইটি লক্ষ্য রাখিতে হইবে যেন তারের উপরের সীসার বেষ্টন সর্ব্বদা পরস্পর ধাতুর সংযোগ থাকে এবং ঐ বেষ্টিত সীসা যেন একটি তামার বা মোটা গ্যালভানাইজ্‌ড তার দ্বারা উত্তম রূপে ভূমি সংলগ্ন করা হয়। এই ভূমি সংযোগ কার্য্য একটি ৪ স্কোয়ার ফুট ½ ইঞ্চি মোটা ভাল লোহের চাদর অন্ততঃ ৫।৬ ফুট খুঁড়িয়া মাটিতে প্রবেশ করাইয়া দিয়া তাহার সহিত হইতে পারে। জলের পাইপের সহিতও হইতে পারে কিন্তু ইহা আইন সঙ্গত নহে। এই সীসার কেসিং বা বেষ্টনের সহিত ভূমি সংযোগের উদ্দেশ্য এই যে, যখন বহমান তার দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে থাকে তখন বাহিরের বেষ্টন ধাতব হওয়ায় উহাতেও বিদ্যুৎ তেজ সঞ্চারিত হয় এবং যদি কোন কারণে ঐ ধাতব বেষ্টন হইতে ভূমির সহিত উপযুক্ত বৈদ্যুতিক সংযোগ না হয়, তবে ঐ তারে বিদ্যুৎ বেগ চার্জ্জড অবস্থায় অবস্থান করে এবং কোন প্রকারে উহা কোন প্রাণীর দ্বারা স্পর্শিত হইলে বৈদ্যুতিক 'সক্' লাগিবার বিশেষ সম্ভাবনা। এমন শুনা গিয়াছে সেই সক এত অধিক যে কাহারও বা প্রাণ হানিও হইয়াছে।

বিদ্যুৎ শক্তি বহনকারী তারের লাইন ও উহাদের নাম :—যেমন একটি গাছ হইলে তাহার গুঁড়ি শাখা উপশাখা প্রভৃতি হয়, সেইরূপ বিদ্যুৎ শক্তি পরিচালনা করিতে হইলে তাহার ধাতব লাইনেরও শাখা ও উপ-শাখার প্রয়োজন। তাহাদিগকে আমরা যথাক্রমে (১) ফিডার, সাব ফিডার, মেন, সাবমেন, ব্রাঞ্চ প্রভৃতি বলিয়া থাকি। ফিডার লাইন হইতে সাব-ফিডার লাইন, সাব ফিডার লাইন হইতে মেন লাইন, মেন হইতে সাব-মেন লাইন, সাব মেন লাইন হইতে ব্রাঞ্চ লাইন প্রভৃতি নির্গত হয়। যেমন বৃক্ষের গুঁড়ি শাখা হইতে মোটা এবং শাখা উপশাখা প্রভৃতি হইতে মোটা, কারণ গুঁড়ি একটি, উহাকেই সকল শাখা উপশাখা প্রভৃতিকে খাদ্য দিতে হইতেছে, সেইরূপ ক্রম হিসাবেও বিদ্যুৎ শক্তিও প্রথমে লাইনের যে তার দিয়া প্রবাহিত হইতেছে সেই তার ক্রম হিসাবে

সর্ব্বাপেক্ষা মোটা হওয়া প্রয়োজন। এই তার সকলের স্থুলতা ও সূক্ষ্মতা কারেণ্টের পরিমাণের এবং লাইনের দূরত্বের উপর নির্ভর করে। যদি কারেণ্টের বেগ অধিক হয়, তারের ব্যাসও অধিক হওয়া প্রয়োজন। বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাপ হিসাবে তারের ব্যাস ও মাপের তালিকা এই



চিত্র—৪৯৬

পুস্তকে দেওয়া হইয়াছে। কোন ধাতুর তারই একেবারে বাধাহীন নহে। অর্থাৎ প্রত্যেক ধাতুর তারই বিদ্যুৎ গতিকে কিছু না কিছু বাধা প্রদান করিয়া থাকে। তার যত ব্যাসে বড় হয় অর্থাৎ মোটা হয় সেই হিসাবে বাধার হার ততই অল্প হয় পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে।

লাইন হইতে বৈদ্যুতিক শক্তির ব্যবহার ও বিশেষ উপকরণ :— সাধারণ গৃহে লোকে আলোক জ্বালাইবার, পাখা চালাইবার, জল তুলিবার পাম্প চালাইবার ও দ্রব্যাদি গরম করিবার জন্য বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যবহার করিয়া থাকেন। এই সকল কার্য্যে এই শক্তি প্রয়োগ করিতে হইলে বিশেষ কতকগুলি অবলম্বনের প্রয়োজন হয়। যে সারকিটের যে অংশের দ্বারা বিভিন্ন অবলম্বনে বিদ্যুৎ পরিচালক লাইন হইতে লইয়া বিশিষ্ট স্থানে পাওয়া যায়, বৈদ্যুতিক ভাষায় তাহাকে পয়েণ্ট বলা যায়। অতএব দেখা যাইতেছে পয়েণ্ট বিদ্যুৎ পরিচালক লাইন হইতে শক্তিদানকারী অংশ মাত্র।

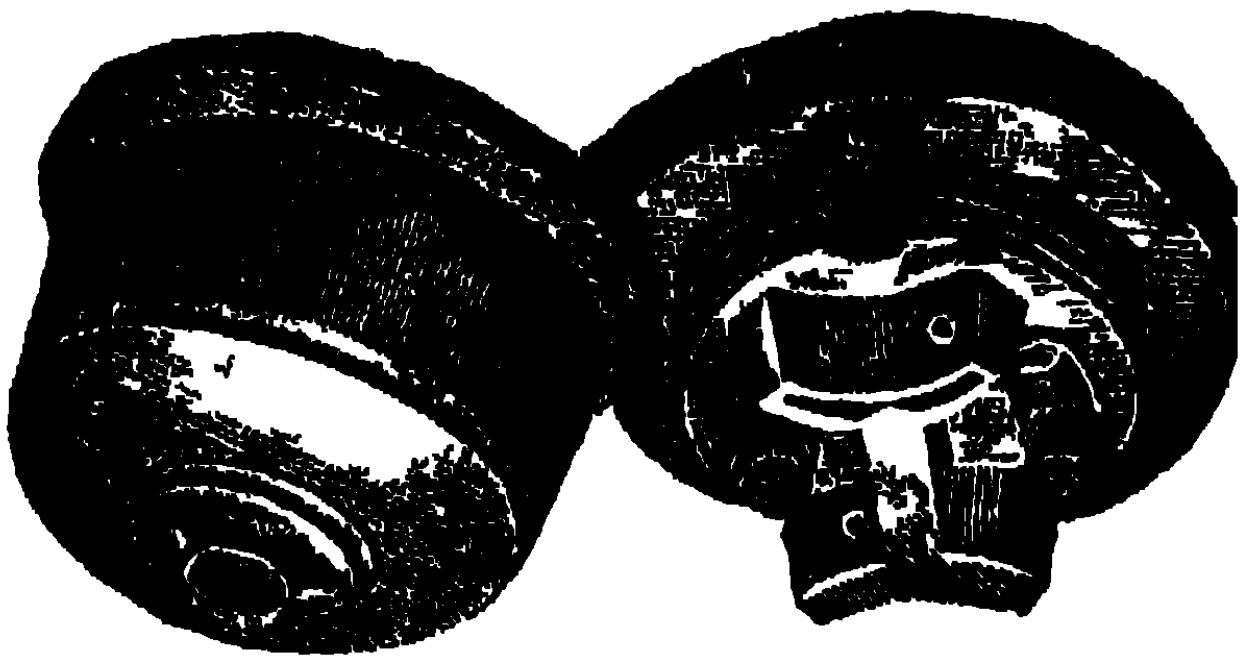
পয়েণ্ট প্রস্তুত করিতে হইলে উহার দ্রব্যাদির তালিকা :--

১। পয়েণ্টের লাইন প্রস্তুত করিবার উপযোগী "ইনসুলেটেড তার" (এই তারের ব্যাসের মাপ বা গেজ, পয়েণ্টের কারেণ্টের আবশ্যকতা হিসাবে নির্ণিত হয়)।

২। "ফিউজ কাটআউট" :—ইহা নিকটস্থ বিদ্যুৎ বহনকারী ডাইরেক্ট লাইনের সহিত পয়েণ্টের তারকে সংযোগ করে এবং

আবশ্যক হইলে পয়েণ্টকে বিদ্যুৎ বহনকারী লাইন হইতে পৃথক করে।

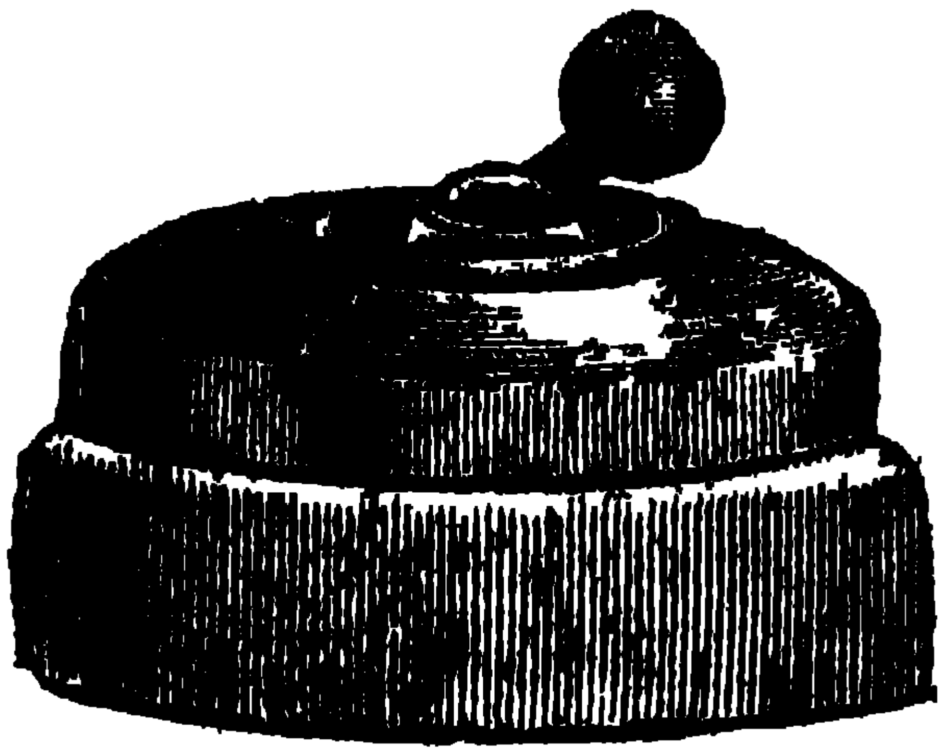
৩। সিলিং রোজ (Ceilling Rose) :—এই উপকরণ হইতে বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যবহৃত হয়। পয়েণ্টের এই দ্রব্য পর্য্যন্ত 'ফিক্সার' (Fixture) বা স্থিতঅংশ, লাইনের তার এই পর্য্যন্ত আসিয়া শেষ হইয়াছে।



চিত্র—৪৯৭

সচরাচর এগুলি সিলিংএ ব্যবহার হয় বলিয়া ইহার নাম সিলিং রোজ।

৪। সুইচ (Switch) :—এই উপকরণ দ্বারা পয়েণ্টে বা লাইনে বৈদ্যুতিক শক্তির চলাচল ইচ্ছামত করান যায়। এই সুইচ ভাল না হইলে হস্তে বৈদ্যুতিক শক লাগিবার সম্ভাবনা।



চিত্র—৪৯৮

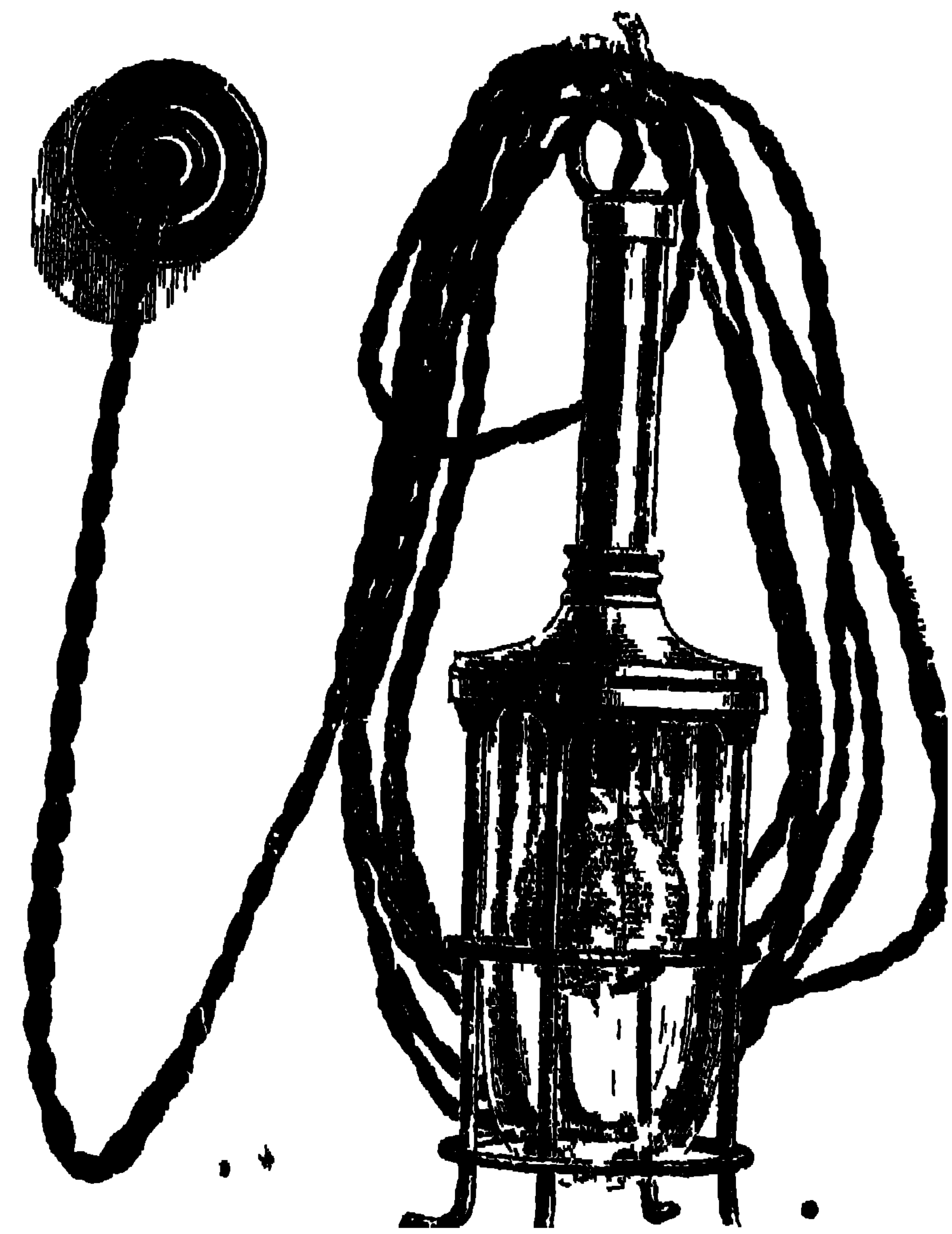
চিত্র—৪৯৯

৫। প্লাগ ও এডপ্টার (Plug & Adupter) :—এই উপকরণ দ্বারা বিদ্যুৎ বাহক লাইনের তার হইতে বিদ্যুৎ শক্তি কার্য্যস্থানে অর্থাৎ আলোক, পাখা প্রভৃতিতে ফ্লেক্সেবল তার সাহায্যে লওয়া যাইতে পারে। অনেক সময় এই প্লাগ তিন পিনযুক্ত, এবং কোথাও কোথাও বা কন্‌সেনট্রিক ভাবে প্রস্তুত হইয়া ব্যবহৃত হয়।

৬। ক্লিট কেসিং প্রভৃতি উপকরণ :—যেমন

লাইনের তারের জন্য ব্যবহৃত হয় সেইরূপ পয়েণ্টের জন্যও ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

৭। ফ্লেক্সেব্‌ল তার (Flexible wire):—এই তার কতকগুলি সরু সরু তারের সমষ্টির উপর ইনস্থলেটেড হওয়ায় ইহাকে যে ভাবে ইচ্ছা বহুবার বাঁকাইতে পারা যায়। ইহাতে তার সকল সরু সরু হওয়ায় মোচড়াইলেও সহজে ভাঙ্গিয়া যাইবার ভয় থাকে না। এই তার প্রায়ই দুইটি (লীড ও রিটার্ণ) একত্রে পাকাইয়া থাকিতে দেখা যায়। ৫০০ চিত্রে একটি ইন্‌স্পেক্‌সান ল্যাম্পের ফ্লেক্সেব্‌ল তার দ্বারা ওয়াল প্লাগের সহিত সংযোগ দেখান হইয়াছে।



চিত্র—৫০০

দ্রষ্টব্য :—এই ফ্লেক্সেব্‌ল তার সাধারণত $\frac{23}{76}$ অর্থাৎ ৪০ গেজের ৩৫ গাছা তার একত্র করিয়া ব্যবহৃত হয়। ইহাকে কোন কোন মেকার দুইবার রবার দ্বারা আবৃত করে আবার কেহ বা একবার রবার দ্বারা আবৃত করে। সেইজন্য ইহারা সিঙ্গল বা ডবল ভল্‌কানাইজ্‌ড নামে অভিহিত হয়। ইহার বাহিরের আবরণ সিল্ক বা সুতির বুনান দ্বারা করিয়া দেখিতে সুন্দর হয়। আর এক প্রকার ফ্লেক্সেব্‌ল তার ব্যবহার হয়, ইহাতে দুই গাছি তার রবার দ্বারা পৃথকভাবে ইন্‌সুলেটেড্‌ হইয়া বাহিরের একটি আবরণ দ্বারা আবৃত হয়। এই আবরণ সাধারণতঃ সুতার বুনান ও তাহাতে আলকাতরা মাখান। ইহাকে "ওয়ার্ক সপ্‌" ফ্লেক্স বলা যায়।

চতুর্বিংশ পরিচয়।

বাতির বিশেষ ফিটিংস্‌ বা উপকরণ ঃ—

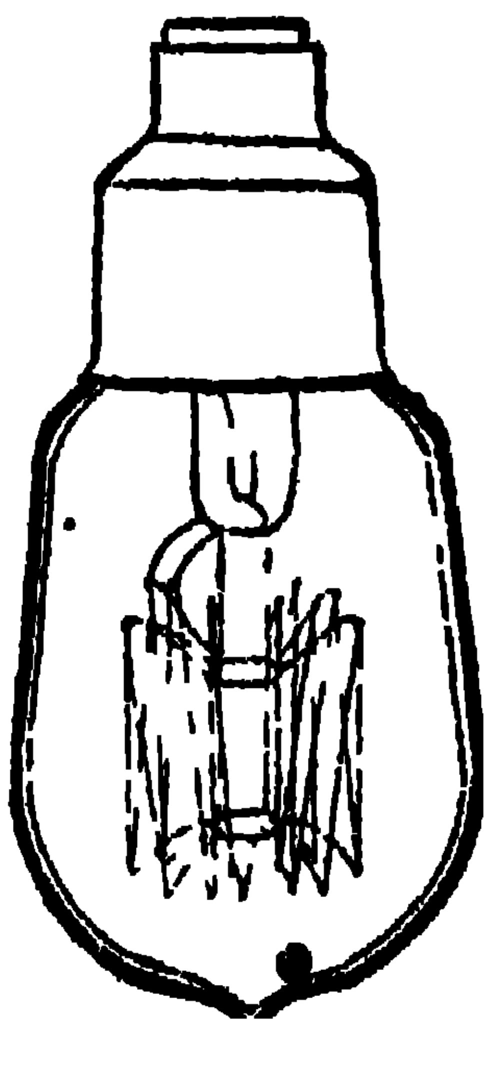
পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে যে বৈদ্যুতিক শক্তির কার্য্য, শক্তির অপর তিনটি অবস্থার মধ্য দিয়া সাধিত হইয়া থাকে, যথা—১। রাসায়নিক কার্য্য ২। উত্তাপ ও আলোক কার্য্য, ৩। চুম্বকাবস্থায় আকর্ষনিক কার্য্য। এই সকল কার্য্যপ্রণালী বিভিন্ন পরিচয়ে বর্ণিত হইয়াছে। আলোক সম্বন্ধে এইস্থানে বর্ণিত হইবে।

বৈদ্যুতিক শক্তির দ্বারা আলোকিত করিতে হইলে বিভিন্ন প্রকারের ল্যাম্পের ব্যবহার হইয়া থাকে। এই ল্যাম্প সাধারণতঃ দুই প্রকারের প্রস্তুত হয়, যথা,—১। সম্পূর্ণভাবে কাঁচ দ্বারা আবৃত করিয়া তারখণ্ডকে বৈদ্যুতিক প্রবাহের দ্বারা গরম করিয়া প্রদ্দীপ্ত করান হয়। এই সকল ল্যাম্পের বাহিরের বায়ুর সহিত কোনরূপ সংযোগ নাই। ইহাকে ইংরাজীতে সীল্ড-ফিলামেণ্ট ল্যাম্প (Sealed Filament Lamp) বলা যায়। এই ফিলামেণ্ট সকল বিভিন্ন ধাতু বা মিশ্র ধাতুর দ্বারা প্রস্তুত ও কাঁচের পাত্রের মধ্যে রক্ষিত। ২। বায়ুর সহিত সংস্পর্শ হইয়া বিদ্যুৎ প্রবাহের দ্বারা যে সকল ল্যাম্পের ধাতব খণ্ড প্রজ্জ্বলিত হয় তাহাদের বায়ু সংস্পর্শিত ল্যাম্প বলা যায়। যথা—'নার্স্ট ল্যাম্প' (Nernst Lamp)। যে সকল ল্যাম্পে দুইটি পরিচালক খণ্ড প্রথমে একত্র হইয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ হইতে দিয়াই পৃথক হয় এবং সেই ফাঁক স্থান উল্লঙ্ঘন করিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহকালীন আলোক প্রদান করে তাহাদের আর্ক ল্যাম্প (Arc Lamp) বলা যায়। এই আর্ক ল্যাম্প বিভিন্ন প্রকারের ও ভাবে প্রস্তুত হয়।

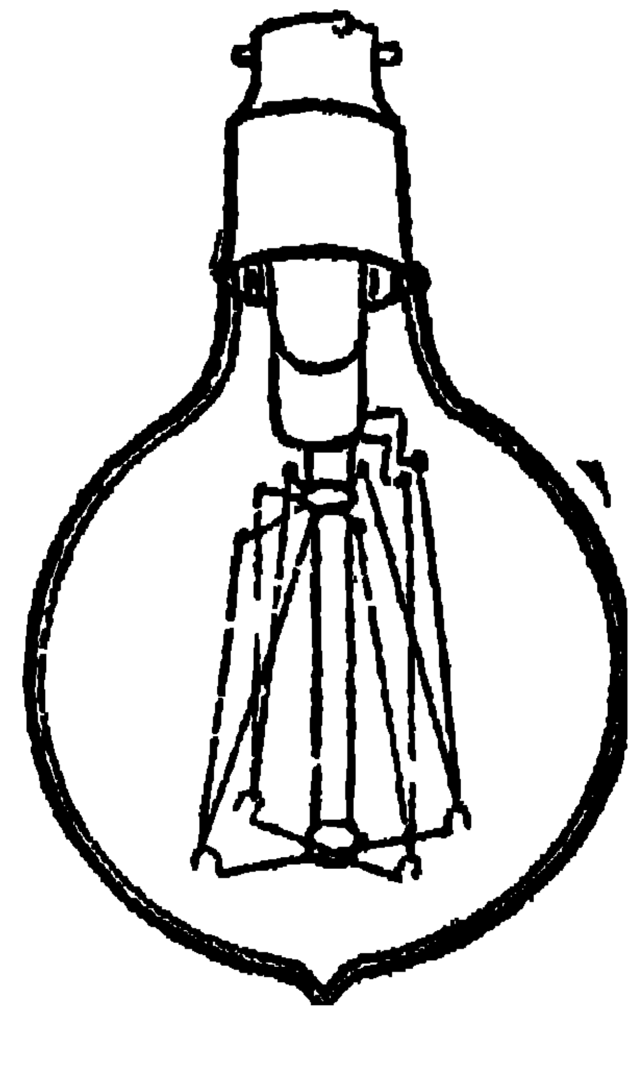
আলোকরূপে বিদ্যুৎ শক্তিকে ব্যবহার ঃ—

যে সকল ল্যাম্পের প্রজ্জ্বলন শীল ধাতু সম্পূর্ণ কাঁচ দ্বারা আবদ্ধ থাকে,

এমন কি বায়ু পর্য্যন্তও ঐ প্রজ্জ্বলনশীল ধাতু স্পর্শিত হয় না, তাহাদিগকে "ইনক্যাণ্ডিসেণ্ট ফিলামেণ্ট ল্যাম্প (Incandescent Filament Lamp) বলা যায়। এই ইনক্যাণ্ডিসেণ্ট ল্যাম্পের ফিলামেণ্ট বা প্রজ্জ্বলনশীল ধাতু বিভিন্ন ধাতুর তারের দ্বারা নির্ম্মিত হয়। যে সকল ল্যাম্পের ফিলা-মেণ্ট বাঁশের চোঁচ বা সূতা পুড়াইয়া উহার ছাই (কার্ব্বন) দ্বারা প্রস্তুত হয় তাহাদিগকে কার্ব্বন ফিলামেণ্ট ল্যাম্প (Carbon Filament Lamp) বলা যায়। এই ল্যাম্পের জ্যোতিঃ কিছু লাল ও প্রতি ষ্ট্যাণ্ডার্ড একক বাতির জ্যোতিঃ উৎপন্ন করিতে ৩৷৹ হইতে ৪ ওয়াট বৈদ্যুতিক ক্ষমতা খরচ করে। যেমন ১৬ বাতির জ্যোতিঃ যুক্ত কার্ব্বন ল্যাম্প হইলে ৫৫ হইতে ৬০ ওয়াট পর্য্যন্ত খরচ করে। ইংরাজীতে বাতির জ্যোতিঃকে ক্যাণ্ডেল পাওয়ার বলা যায় (Candle power. c. p.)। যদি ল্যাম্পের মধ্যে কার্ব্বন ফিলামেণ্ট না দিয়া মেটাল ফিলামেণ্ট দ্বারা ল্যাম্প প্রস্তুত করা যায় তবে দেখা যায় যে এই আলোকের জ্যোতিঃ কার্ব্বন ল্যাম্পের জ্যোতিঃ অপেক্ষা সাদা এবং ইহাতে প্রতি ক্যাণ্ডেল পাওয়ার ১ হইতে ১৷৹ ওয়াটের অধিক খরচ করায় না। অতএব দেখা যাইতেছে যে সম ক্যাণ্ডেল পাওয়ার যুক্ত ল্যাম্প হইলে কার্ব্বন ল্যাম্প অপেক্ষা মেটাল ল্যাম্পে খরচ একের তৃতীয়াংশ পড়ে। সেই কারণে বিশেষ স্থান ও অবস্থা ব্যতীত কার্ব্বন ফিলা-মেণ্ট বাতি ব্যবহৃত হয় না, মেটাল ফিলামেণ্ট ল্যাম্পের প্রচলনই অধিক। অধুনা বাজারে আর একপ্রকার ইনক্যাণ্ডিসেণ্ট ল্যাম্প প্রচলিত হইয়াছে



চিত্র—৫০১

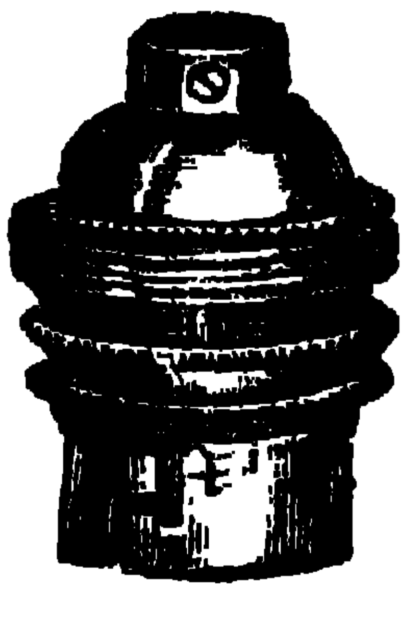


চিত্র—৫০২

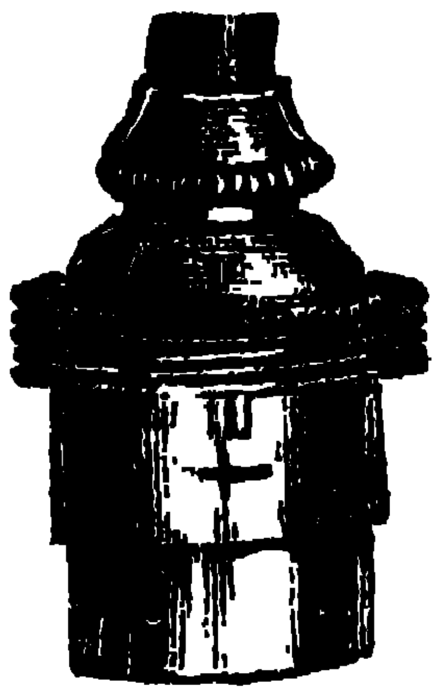
ইহাদের অর্দ্ধ ওয়াট (Half watt) ল্যাম্প বলা যায়। ইহার আলোক আবার সাধারণ মেটাল ফিলামেণ্ট ল্যাম্প অপেক্ষা সাদা। ইহাতে বিদ্যুৎ খরচ আবার সাধারণ মেটাল ফিলামেণ্ট ল্যাম্পেরও অর্দ্ধেক। সেই জন্য ইহার নাম হইয়াছে হাফ্ ওয়াট ল্যাম্প। প্রকৃত পক্ষে ১০০ ক্যাণ্ডেল পাওয়ারের নিম্নে কোন হাফ-ওয়াট ল্যাম্পই ঠিক অর্দ্ধ ওয়াট খরচ করায় না। ক্যাণ্ডেল পাওয়ার যত কমিতে থাকে, হাফ-ওয়াট ল্যাম্প ততই সাধারণ মেটাল ফিলামেণ্ট ল্যাম্পের ন্যায় খরচ করায়। ১০০ ক্যাণ্ডেল পাওয়ারের উপর পাওয়ার যুক্ত যত হাফ ওয়াট ল্যাম্প প্রস্তুত হয়, তাহারা প্রকৃতই প্রতি ক্যাণ্ডেল পাওয়ারে অর্দ্ধ ওয়াট খরচ করায়। পূর্ব্বকথিত কার্ব্বন ও সাধারণ মেটাল ফিলামেণ্ট ল্যাম্প সকলের মধ্য হইতে পাম্প দ্বারা বায়ু নিষ্কাষন করিয়া তৎক্ষণাৎ উহাদের 'সীল' করিয়া দেওয়া যায়, যাহাতে কোনরূপে উহাদের মধ্যে পুনরায় বায়ু প্রবেশ করিতে না পারে। কারণ বায়ু প্রবেশ করিতে দিলেই প্রজ্জ্বলনশীল ফিলামেণ্ট তৎক্ষণাৎ বায়ুর অক্সিজেন গ্যাসের সহিত সংস্পর্শিত হইলেই ঐ ফিলামেণ্টগুলি অক্সিডাইস্‌ড হইয়া কাটিয়া যাইবে ও বৈদ্যুতিক পথ ছেদিত হইবে। এই নিমিত্ত কেহ কেহ এই ল্যাম্পকে ভ্যাকুয়াম ল্যাম্প (Vacuum Lamp) বলেন। কিন্তু অর্দ্ধ ওয়াট ল্যাম্পের মধ্যের বায়ু নিষ্কাষন করিয়া উহার মধ্যে নাইট্রোজেন গ্যাস ভর্ত্তি করিয়া তৎক্ষণাৎ সীল করিয়া দেওয়া যায়। নাইট্রোজেন গ্যাসের গুণ এই যে অল্প পরিমান বিদ্যুৎ প্রবাহের দ্বারাই ফিলামেণ্টকে (অক্সিডাইজ্‌ড না করিয়া) অত্যন্ত উত্তপ্ত করে। এই ফিলামেণ্ট অতিশয় উত্তপ্ততা হেতু অল্প বিদ্যুৎ প্রবাহে অধিক জ্যোতিঃ বা আলো দান করে। এই ল্যাম্পদিগকে কেহ কেহ গ্যাস ফিল্ড ল্যাম্প (Gas filled Lamp) নামে অভিহিত করেন। অন্য প্রকার ল্যাম্প যাহা প্রফেসার নার্স্ট দ্বারা আবিষ্কৃত হইয়াছে তাহাকে নার্স্ট ল্যাম্প নামে অভিহিত করা যায়। এই ল্যাম্প প্রতি ক্যাণ্ডেল পাওয়ারের জন্য

অর্দ্ধ ওয়াট বৈদ্যুতিক ক্ষমতা খরচ করে। ইহা উপরোক্ত তিন প্রকার ল্যাম্প হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত। এই ল্যাম্পের ফিলামেণ্ট ভ্যাকুয়াম বা নাইট্রোজেন গ্যাসযুক্ত কাঁচ পাত্রে প্রজ্জ্বলিত না হইয়া সাধারণ তৈলের ল্যাম্পের ন্যায় বায়ুর সাহায্যে জ্বলিয়া থাকে। পরে ইহার একটি কাঠাম চিত্র ও কার্য্যকরী বিবরণ দেওয়া হইয়াছে।

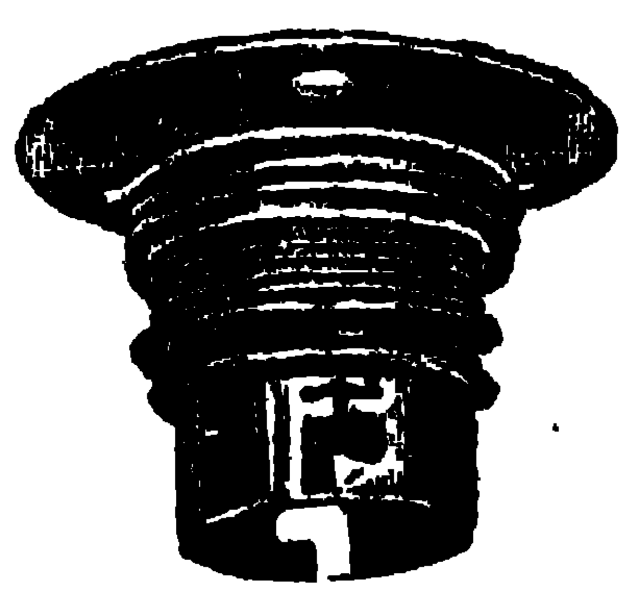
পূর্ব্বোক্ত ল্যাম্প সকল লাইনের সহিত সংযোগ করিতে হইলে ল্যাম্প হোল্ডারের সাহায্যে করিতে হয়। এই ল্যাম্প-হোল্ডার সকল ল্যাম্পের ক্যাপের তৈয়ারের উপর নির্ভর করে। উপরোক্ত ল্যাম্পে কাহারও বা স্ক্রু-ক্যাপ কাহারো বা বায়োনেট ক্যাপ



চিত্র—৫০৩

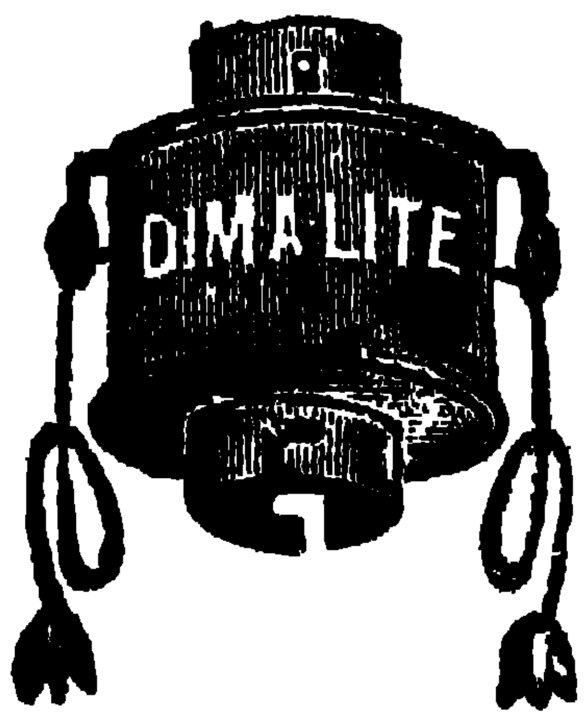


চিত্র—৫০৪



চিত্র—৫০৫

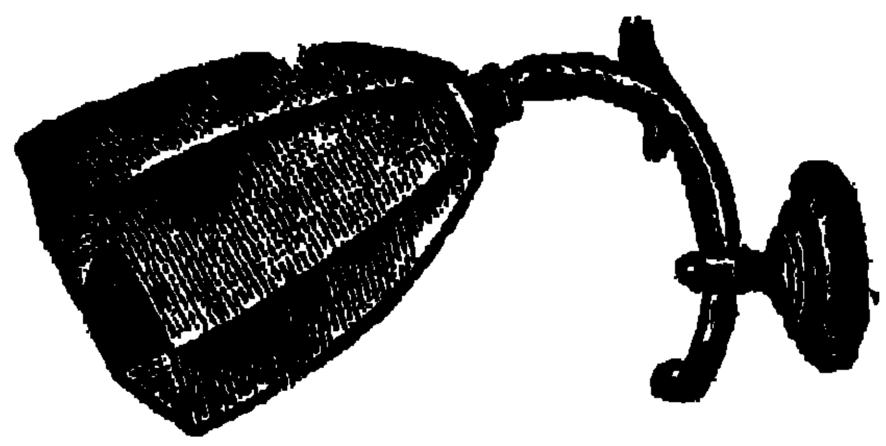
আবার কাহারও বা গলায়াত ফিটিং ক্যাপ থাকে, সেই হিসাবে হোল্ডার ও 'স্ক্রু হোল্ডার' 'বায়োনেট-ক্যাপ হোল্ডার' ও 'গলায়াত-হোল্ডার' নামে অভিহিত হয়। এখানে বিভিন্ন প্রকারের ক্যাপের উপযোগী হোল্ডারের চিত্র দেওয়া হইল। কতকগুলি ল্যাম্প



চিত্র—৫০৬

চিত্র—৫০৭

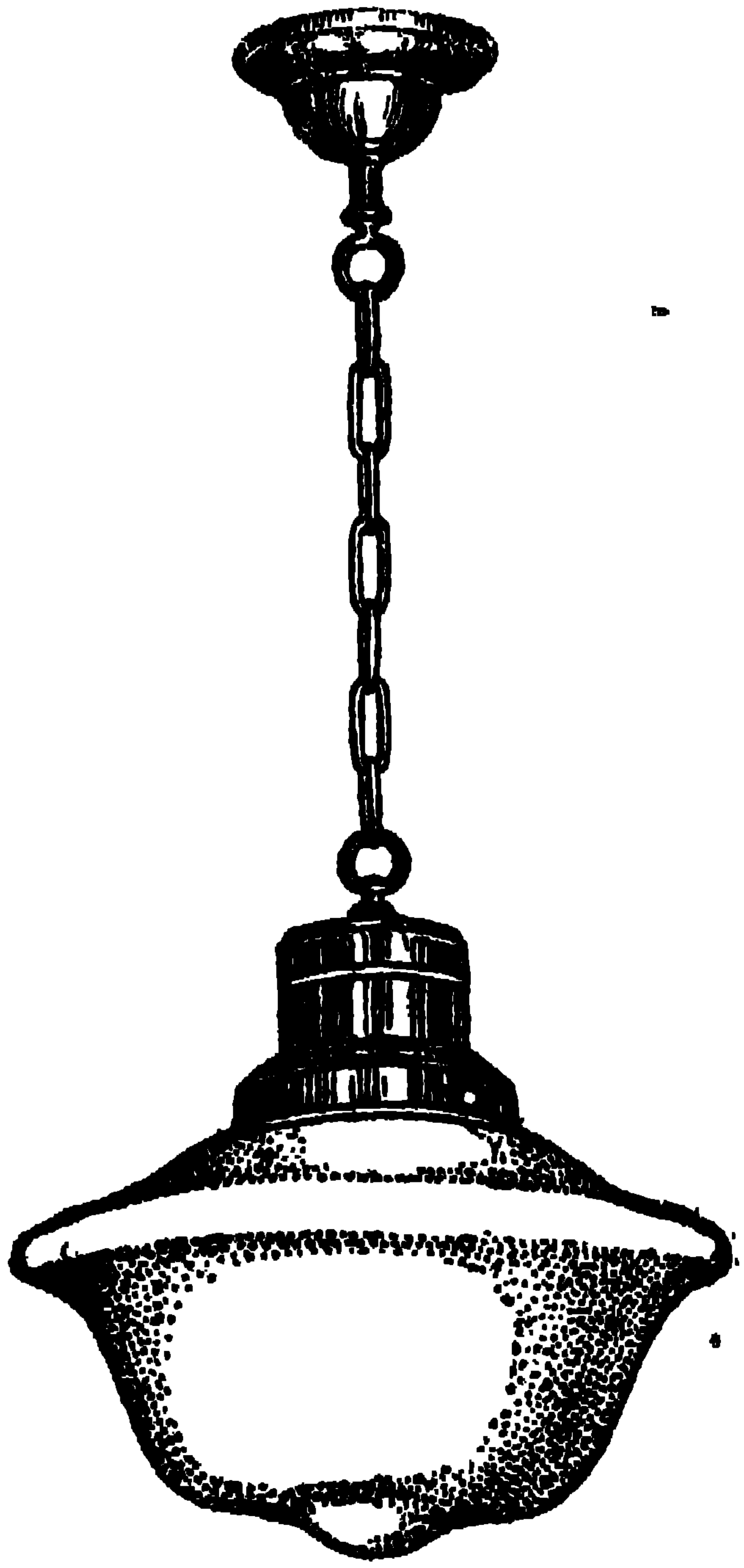
আবার ঝুলান না হইয়া ব্রাকেটের দ্বারা সংযুক্ত হয়। ঐ ব্রাকেট সাধারণতঃ দেওয়ালে লাগান হয়। ঝুলায়মান ল্যাম্প আবার ওজন হিসাবে



চিত্র—৫০৮

হ্যামিণ্টন পোল দ্বারা বা চেন দ্বারা খাটান হয়। আজকালের আবার

ফ্যাসান, সেড ল্যাম্পের উপর না দিয়া নিম্নদিকে দিতে হয়, তাহাতে আলোক বরাবর নীচে না পড়িয়া সেডে পড়িয়া প্রতিবিম্বিত হইয়া নীচে পড়ে। ইহার গুণ এই যে কোথাও ছায়া পড়ে না ও চক্ষু শীতল



চিত্র—৫০৯

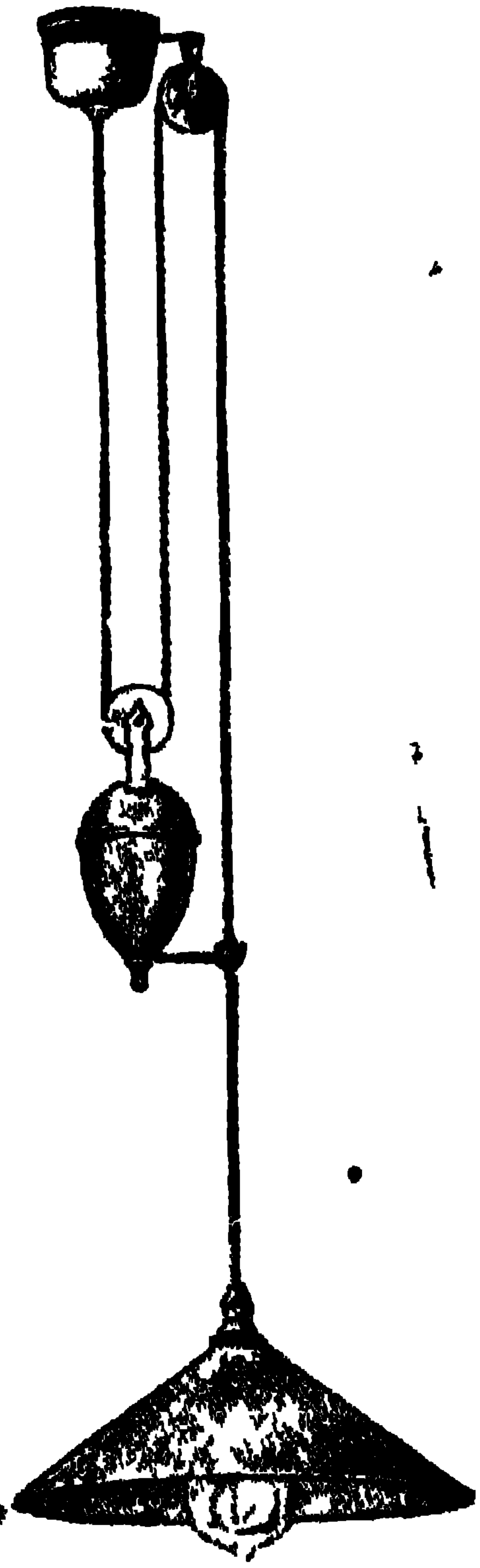
চিত্র—৫১০

রাখে, ৫০৯ চিত্রে দ্রষ্টব্য। নিকটে লেখা পড়া প্রভৃতি কার্য্যের জন্য ফ্লেক্সেবল কর্ড দ্বারা বিদ্যুৎ শক্তি প্লাগের সাহায্যে লাইন হইতে লইয়া টেবিল ল্যাম্প জ্বালিতে পারা যায়, চিত্র ৫১০। কোন কোন হোল্ডারের সহিত চাবি থাকে, উহার দ্বারাও আলোককে নিবান জ্বালান যায়। এইরূপ হোল্ডারকে কী হোল্ডার বলে চিত্র—৫১৫। চিত্র ৫১১ ও ৫১২

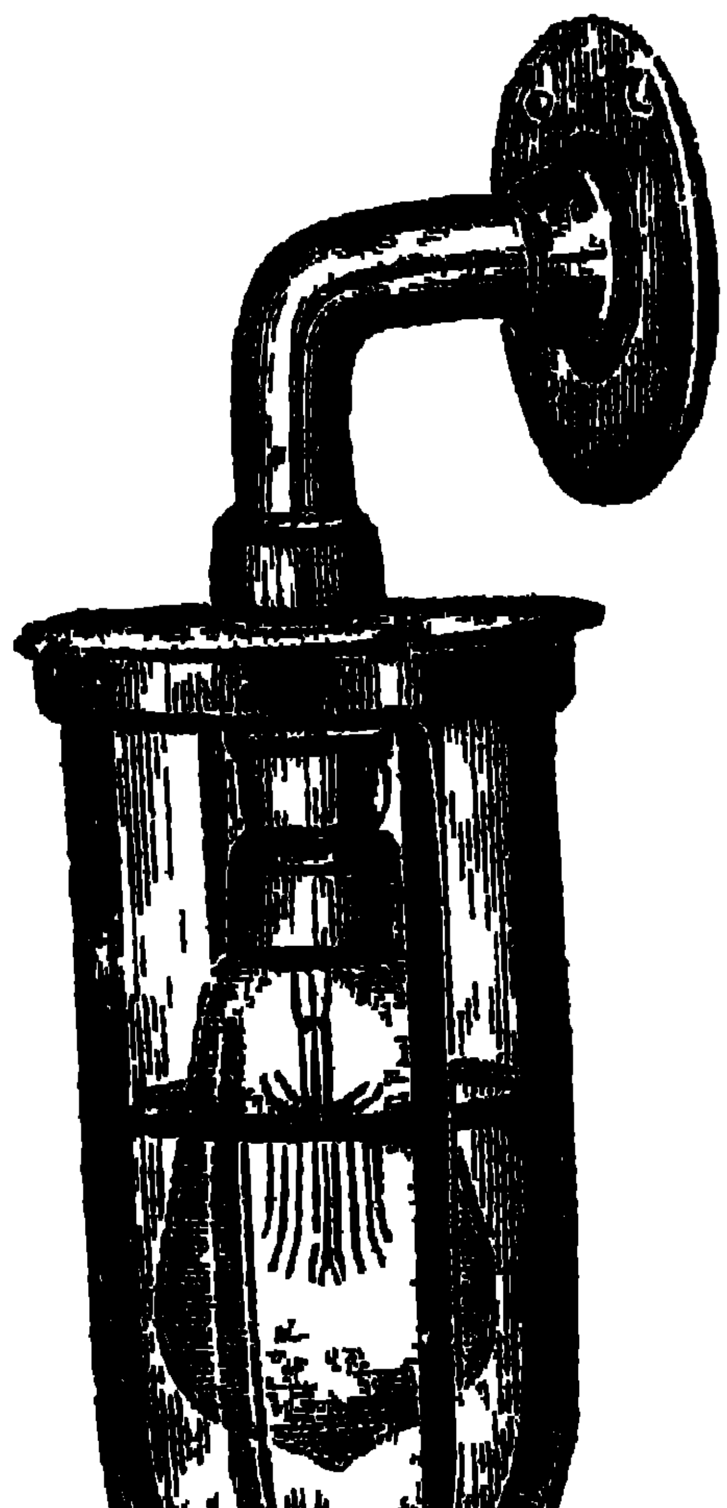
সাধারণ আলোক স্তম্ভের, চিত্র ৫১৪ একটি ওয়াটার টাইট ফিটিংসের,

চিত্র—৫১১

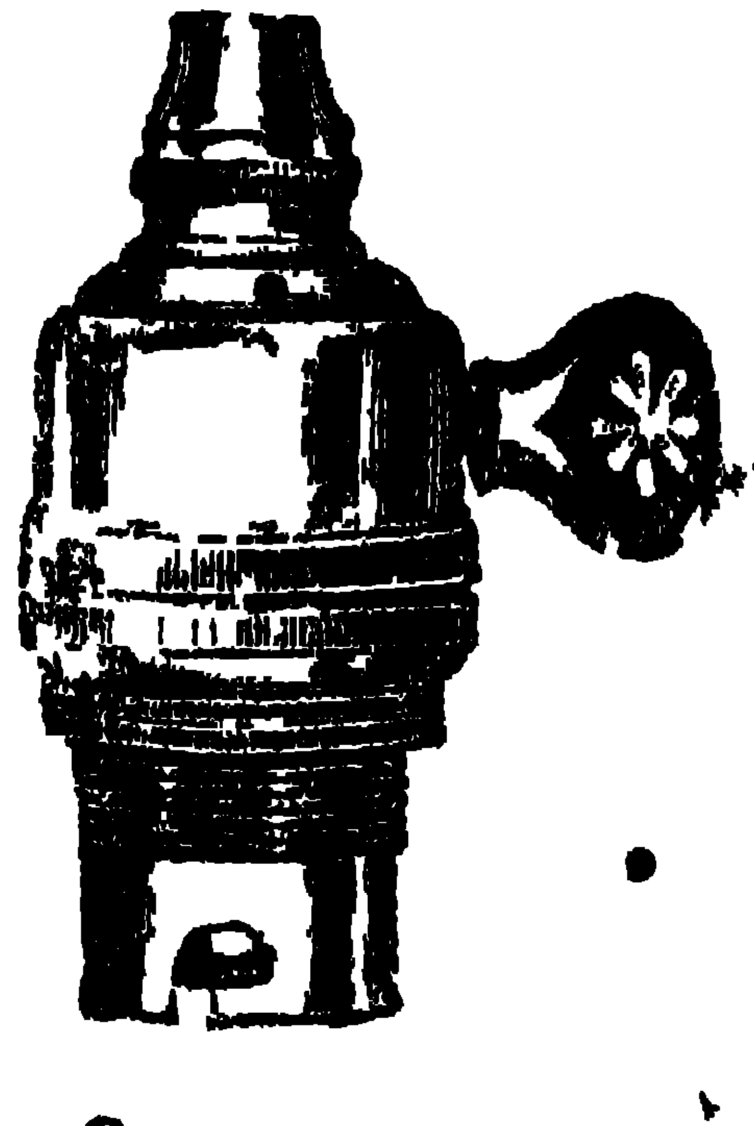
চিত্র—৫১২



চিত্র—৫১৩



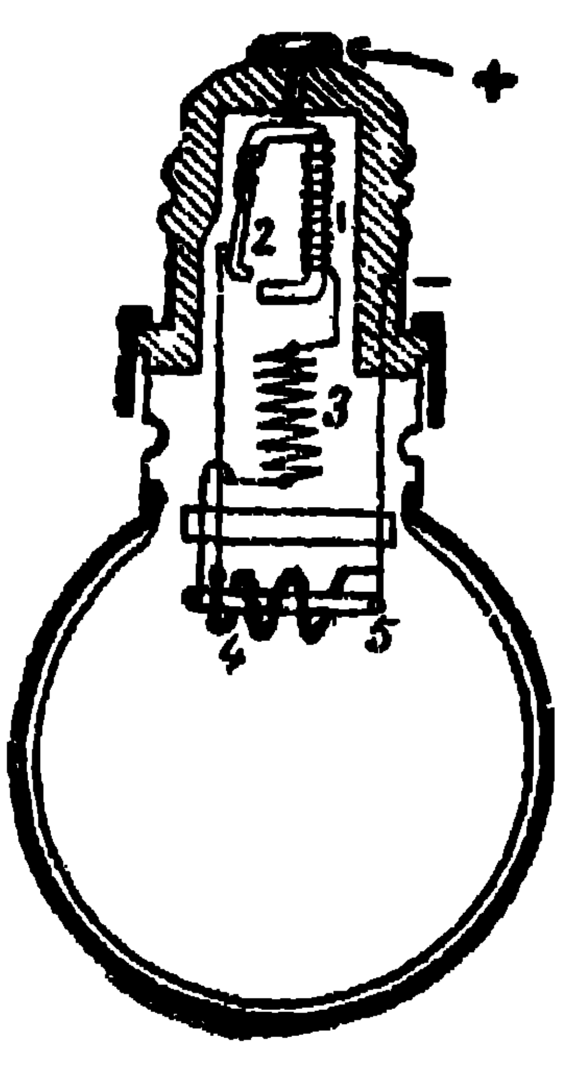
চিত্র—৫১৪



চিত্র—৫১৫

এবং ৫১৩ চিত্রে আলোককে উপর নীচু করিবার বন্দোবস্ত দেখান হইয়াছে।

নারস্ট ল্যাম্প :—এই ল্যাম্পে নার্স্ট দ্বিতীয় শ্রেণীর কণ্ডাকটারকে ফিলামেন্টরূপে ব্যবহার করিয়াছেন। এই শ্রেণীর কণ্ডাকটারগণ শীতল অবস্থায় উহাদের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে দেয় না। কিন্তু উহাদের লাল উত্তপ্ত করিতে পারিলে উহাদের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। এবং ঐ প্রবাহের দ্বারা ফিলামেণ্ট প্রদীপ্ত হয়। এই প্রথম উক্ত ক্রিয়া একটি প্লাটিনাম গুটির দ্বারা হইতে পারে। ৫১৬ চিত্রে এই ল্যাম্পের বিভিন্ন অংশের সংযোগ দেখান হইয়াছে। যে বিদ্যুৎ প্রবাহ + হইতে – পোলে প্রবাহিত হইবে তাহার দুইটি পথ আছে। একটি পথ একটি ক্ষুদ্র ইলেক্ট্রো ম্যাগনেটের আমে'চার হইয়া উষ্ণকারক প্লাটিনাম কয়েলের মধ্য দিয়া এবং অপর একটি পথ ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেটের তারের গুটির মধ্য হইয়া লৌহ নির্ম্মিত বাধাদায়ক তারের (এই বাধাদায়ক তার একটি ভ্যাকুয়াম টিউবের মধ্যে রক্ষিত আছে), মধ্য দিয়া তৎপরে ঐ বিশেষ বস্তুর দ্বারা প্রস্তুত ফিলামেণ্টের মধ্য দিয়া নেগেটিভ লাইন সংযুক্ত হয়। ল্যাম্প জ্বালিতে হইলে প্রথমে সুইচ খুলিয়া বিদ্যুৎ চাপ দিলেই বিদ্যুৎ প্রথমে আরমেচার হইয়া উত্তাপকারী কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে এবং ঐ বিশেষ ধাতুর ফিলামেণ্টটিকে কিছুক্ষণের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে তখন দ্বিতীয় পথ দিয়া ইলেক্ট্রো ম্যাগনেটের গুটির পথ দিয়া লৌহ রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়া, ফিলামেণ্ট দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, তখন এই প্রবাহ হেতু ইলেক্ট্রো ম্যাগনেট আরমেচারটিকে আকর্ষণ করে এবং সেই আকর্ষণের দরুণ প্রথম বৈদ্যুতিক পথটি বিচ্ছিন্ন হয় এবং উহা দিয়া আর বিদ্যুৎশক্তি প্রবাহিত হইতে পারে না এবং দ্বিতীয় পথটির দ্বারা প্রবাহিত হইয়া ল্যাম্পটিকে কার্য্য করায়।



চিত্র—৫১৬

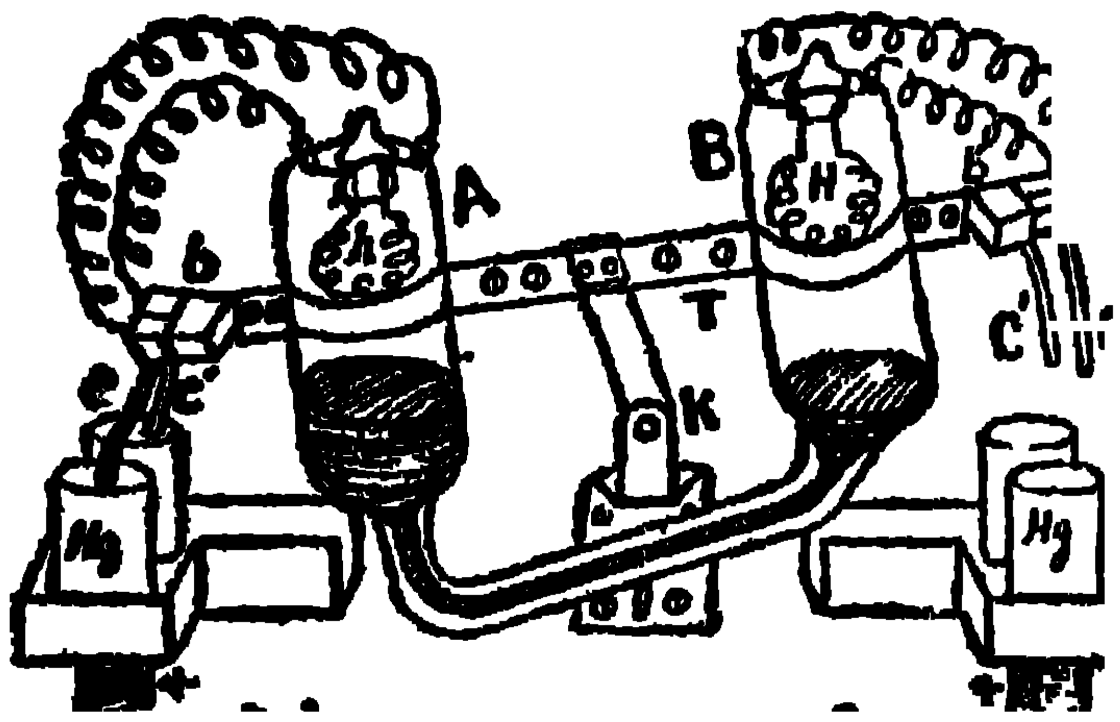
অংশাবলী :—1, ইলেক্ট্রিক আমে'চার, 2, ইলেক্ট্রো ম্যাগনেট কয়েল 3, লৌহ-নির্ম্মিত বাধাদায়ক তার (ভ্যাকুয়াম পাত্রে রক্ষিত), 4, উষ্ণ কারক প্লাটিনাম কয়েল, 5, বিশেষ বস্তুর দ্বারা প্রস্তুত দ্বিতীয়:শ্রেণীর কণ্ডাকটার।

এই ল্যাম্পের ক্যাপ সাধারণ বায়োনেট বা স্ক্রু আকৃতির হয়। চিত্রে স্ক্রু ক্যাপ দেখান হইয়াছে। এই ল্যাম্পের ফিলামেণ্টে প্রতি ক্যাণ্ডেল পাওয়ারে ½ ওয়াট বিদ্যুৎ শক্তি ব্যয় করে। আজকাল ½ ওয়াট মেটাল ফিলামেণ্ট গ্লো-ল্যাম্প আবিষ্কৃত হইয়া এই ল্যাম্পের প্রচলন অধিক নাই।

ফ্লাসার (Flasher) :—দোকান বা বিজ্ঞাপন প্রভৃতিতে দৃষ্টি আকর্ষণের নিমিত্ত রাত্রিকালে কোন বা কতিপয় বৈদ্যুতিক আলোক ইচ্ছানুযায়ী জ্বালা বা নিবান ফ্লাসারের উদ্দেশ্য। কোন কোন স্থলে ঐ আলোকগুলির সমষ্টি দ্বারা অক্ষরাদি গঠিত হয়, কোথাও বা অক্ষরাদির

সম্মুখে বা পশ্চাতে থাকিয়া তাহাদিগকে আলোকিত করে এবং এই আলোকগুলিকে রঙ্গীন করিবার নিমিত্ত বাল্বগুলিকে রঙ্গীন করা হয়। কোনস্থলে কতকগুলি করিয়া আলোক পর্য্যায়ক্রমে জ্বলে ও নিবিয়া যায়, আবার কোনস্থলে বা জ্বলিবার পর একেবারে না নিবিয়া মিট মিট করিয়া জ্বলে। ফ্লাসারের এই কার্য্য পদ্ধতি নিম্নের চিত্র দেখিলে বুঝা যাইবে।

থার্ম্মাল ফ্লাসার (Thermal flasher):—ইহাদিগের কার্য্যপ্রণালী প্রবাহোদ্ভূত তাপে বস্তুর বিস্ফারণ দ্বারা বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ হওয়া। ৫১৭ চিত্রে একটি 'টু-ওয়ে' থার্ম্মাল ফ্লাসার দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে যদি b´ টার্মিনাল দিয়া প্রবাহ বহে তাহা হইলে H কয়েল দ্বারা B



চিত্র—৫১৭

এর বায়ু উত্তপ্ত হয় ও তজ্জন্য উহার পারদের কিয়দংশ A তে নির্গত হইয়া যায়, সুতরাং A ভারী হওয়ায় উহা অবনত হইয়া পড়ে ও cc´ দ্বারা ১ নম্বর বাতিগুলি প্রজ্বলিত হয়। এখন এই সঙ্গে b´ লাইন হইতে বিযুক্ত হয় ও b দ্বারা h লাইনের সহিত সংযুক্ত হয় ও পূর্ব্বের ন্যায় এখন A হইতে পারদের কিয়দংশ নির্গত হইয়া B এ যাইয়া উহাকে অবনত করে ও তদ্ধেতু CC দ্বারা ২ নং বাতির সার্কিট সম্পূর্ণ হয় ও b লাইন হইতে বিযুক্ত হয়। এইরূপে পর্য্যায়ক্রমে ফ্লাসার সংযুক্ত আলোক সকল বার বার নিবিয়া যায় ও পুনরায় প্রজ্জ্বলিত হয়।

মোটর চালিত ফ্লাসার:—লাইন হইতে প্রবাহ পাইলে মোটরের আর্মেচার ঘুরিতে থাকে, ঐ আর্মেচারের স্পিণ্ডেল (Spindle) দ্বারা অপর একটি সাফ্‌টকে (Shaft) ঘুরান হয়। এই সাফটে কতকগুলি ক্যাম আছে, উহারা পর্য্যায়ক্রমে স্ব স্ব পুসকে টিপিয়া বৈদ্যুতিক সংযোগ ঘটায়।

বাতি সকল কতক্ষণ ধরিয়া জ্বলিবে বা নিবিয়া থাকিবে তাহা এই ক্যাম সকলের আকৃতির ও 'টালের' উপর নির্ভর করে।

দ্রষ্টব্য :—আর্ক ল্যাম্প ও নার্স্ট ল্যাম্পের সহিত ফ্লাসার ব্যবহৃত হয় না, গ্লো ল্যাম্পের সহিত ব্যবহৃত হয়। কারণ আর্কল্যাম্প প্রভৃতি, প্রবাহ বহিবামাত্র, প্রজ্জ্বলিত হয় না, বা প্রবাহ বন্ধ হইবামাত্র নিবিয়া যায় না—কিছু সময় লাগে অর্থাৎ প্রবাহ বহমান হইবার কিয়ৎক্ষণ পরে জ্বলে ও প্রবাহ বন্ধ হইবার কিছু পরে নিবিয়া যায়।

ল্যাম্প বিষয়ক জ্ঞাতব্য তালিকা।

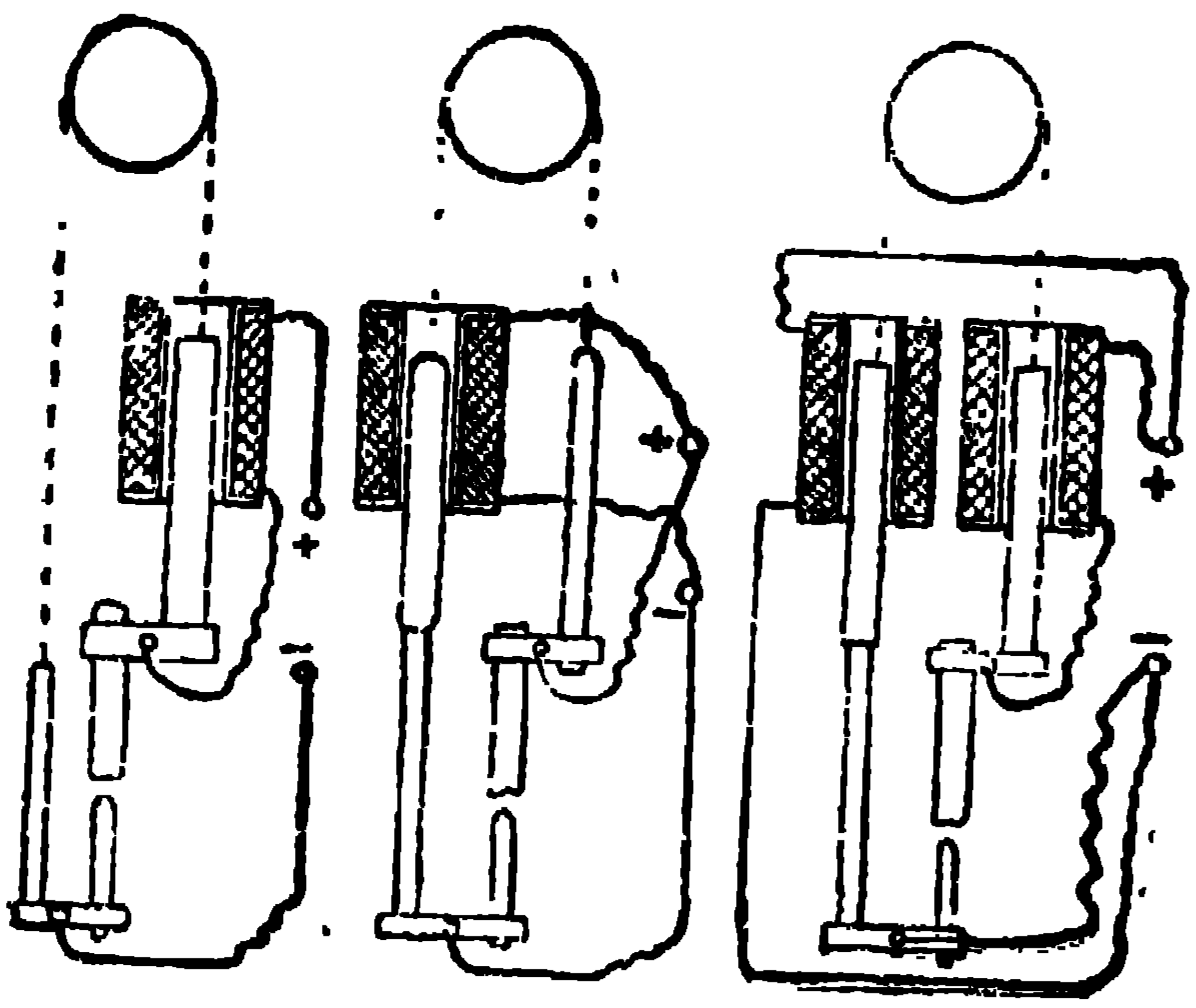
নং	ফিলামেণ্ট	জীবন (ঘণ্টাহিঃ)	ক্যাণ্ডেল পাওয়ার হিসাবে ওযাট খরচ।
১	কার্ব্বন ফিলামেণ্ট	২৫০০	৩৫ হইতে ৪
২	মেটাল ফিলামেণ্ট	১৫০০	১ ১২ হইতে ১·৮৪
৩	হাফ ওয়াট বা গ্যাস ফিল্ড ল্যাম্প	১০০০	৩২ হইতে ১০০ ক্যাণ্ডেল পাওয়ার পর্যন্ত প্রায় ১ হইতে ½ ওযাট এবং ১০০ ক্যাণ্ডেল পাওয়ার উর্দ্ধে ঠিক প্রতি কাঃ পাঃ হিসাবে ½ ওয়াট খরচ করে।

এই হাফ ওয়াট ল্যাম্প মোটর গাড়ীর হেড লাইটের জন্যও ব্যবহৃত হয়। এবং রাস্তা ঘাট প্রভৃতির অন্য প্রকার আলোক উঠিয়া গিয়া ইহার প্রচলনই অধিক হইয়াছে।

<u>আর্ক ল্যাম্প</u> (Arc Lamp) :—যখনই কোন বৈদ্যুতিক পথ প্রবাহকালীন রোধ করা যায় তখনই দেখা যায় যে সেই রোধিত স্থান দিয়া অগ্নিস্ফুলিঙ্গ বাহির হয় এবং পরে বন্ধ হয়। ইহার কারণ প্রথমে বৈদ্যুতিক পথ সুন্দরভাবে সংযুক্ত থাকে, ক্রমে বিযুক্ত কালে যতই বিযুক্ত অবস্থা প্রাপ্ত হইতে থাকে ততই ধাতব পথের আয়তন কম হইতে থাকে এবং বিদ্যুৎ বেগ দ্বারা সেই অল্পায়তন পথ অপেক্ষাকৃত উষ্ণ হয় এবং ধাতব ধূম্রের সঞ্চার করে, এবং যখন ঐ পথ বিচ্ছিন্ন হয়, প্রবাহজনিত উত্তাপ সেই ধাতব ধূম্র অবলম্বনে একপ্রকার অগ্নিস্ফুলিঙ্গ-সেতু প্রস্তুত করিয়া কিয়ৎক্ষণের জন্য প্রবাহিত হইতে থাকে। এই প্রজ্জ্বলমান স্ফুলিঙ্গ-সেতুকে আমরা

'আর্ক্' বলিয়া থাকি। ইহা হইতেই আর্ক ল্যাম্পের উৎপত্তি। এই আর্ক সর্ব্ব সময়ে একভাবে পাইতে হইলে ধাতু দণ্ড ব্যবহার সুবিধাজনক নহে। কারণ তাঁহারা শীঘ্রই বিগলিত ও ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এই ধাতুদণ্ডের পরিবর্ত্তে কার্ব্বন দণ্ড ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কার্ব্বনের বাধাদায়ক শক্তি ধাতু অপেক্ষা অধিক হওয়ায় আর্ক হইবার সময় উহাদের আর্ক প্রস্তুতকারী সীমাদ্বয় প্রজ্জ্বলিত হয় এবং আর্ক প্রস্তুতকালীন উহারা পরস্পরের মধ্যে উভয় বিযুক্ত হয় এবং আর্ক সর্ব্বসময়ে প্রস্তুত হয় এবং বায়ু ও কার্ব্বন-ধূম্র উত্তপ্ত হইয়া বিদ্যুৎপথে অতীব বাধাদায়ক হয়, এবং সেই বাধার মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ যাইয়া কার্ব্বনের সীমাকে প্রজ্জ্বলিত করে। এই ক্রিয়ার সময় পজিটিভ কার্ব্বনটি হইতে ধূম্র বহির্গত হওয়ায় উহার আলোক যত না আর্ক হইতে নির্গত হয়, পজিটিভ কার্ব্বনের বিন্দু হইতেই অধিক নির্গত হয়, সেইজন্য পজিটিভ কার্ব্বনকে আলোকের মূল বা জড় বলা যায়। একদিকে প্রবাহিত (Continuous current) বিদ্যুৎ শক্তির জন্য প্রস্তুত আর্ক ল্যাম্পের পজিটিভ কার্ব্বনটি নেগেটিভ কার্ব্বন হইতে অধিক স্থূল করা যায়। কারণ পজিটিভ কার্ব্বনটি আলোকের মূল বা জড় হওয়ায় উহা শীঘ্র ক্ষয় প্রাপ্ত হয়। এই আর্ক ল্যাম্পের কার্ব্বন ক্ষয়প্রাপ্ত হইলে উহাদের সর্ব্বদা সমব্যবধান করিয়া দিতে হয়। এই কার্য্য যাহাতে কতকটা আপনা আপনি সাধিত হয় সেইজন্য ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেটিক ক্রিয়ার সাহায্য লইয়া এই আর্ক ল্যাম্প প্রস্তুত হইয়া থাকে। আর্ক ল্যাম্প দিগকে নিয়মিত কার্য্য করাইতে হইলে প্রত্যহ উহার তত্ত্বাবধানের প্রয়োজন হয়। একের অধিক আর্ক-ল্যাম্প ব্যবহৃত হইলে উহারা প্রায়ই সারিতে (সিরিজে series) সংযুক্ত হয়। কার্ব্বনের উপকরনানুযায়ী উহাদের আলোকের রংএর তারতম্য করিতে পারা যায়। এই সকল আর্ক ল্যাম্প সাধারণতঃ ৩৫ হইতে ৪০ ভোল্ট সার্কিটে ব্যবহৃত হয়। ২২০ ভোল্ট সার্কিটে আর্ক ল্যাম্প ব্যবহার করিতে হইলে হয় উহারা কোন রেজিষ্ট্যান্স কয়েলের সহিত,

সিরিজে বা কয়েকটি আর্ক ল্যাম্প সিরিজে ব্যবহৃত হয়। এই আর্ক ল্যাম্পের খরচ প্রতি ক্যাণ্ডেল পাওয়ারে অর্দ্ধ ওয়াট, কিন্তু অধুনা অর্দ্ধওয়াট গ্যাস ফিল্ড ল্যাম্প আবিষ্কার হইয়া এই আর্ক ল্যাম্পের ব্যবহার কমিয়া গিয়াছে।



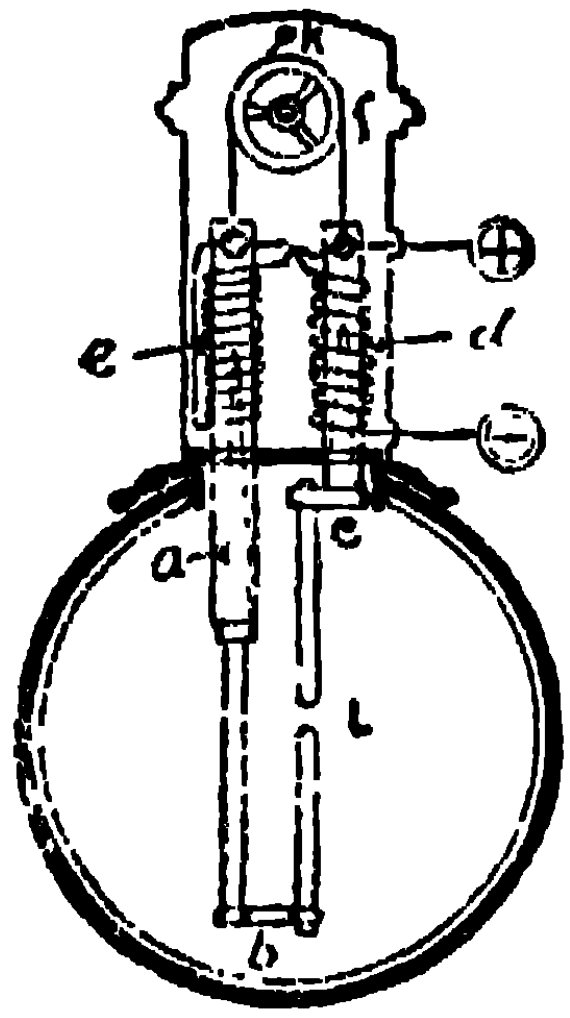
চিত্র—৫১৮, ৫১৯. ৫২০

আজকাল ইহারা বিশেষ কার্য্যের দরুণ,যেমন সিনেমা কার্য্য, আর্ক ওয়েল্ডিং প্রভৃতির জন্য ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এই আর্ক ল্যাম্প সকলের ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেটিক কয়েলের ক্রিয়া তিন প্রকার সংযোগ ব্যবস্থার দ্বারা হইয়া থাকে, যথা—১। সিরিজ ২। সাণ্ট, ৩। কম্পাউণ্ড। সেইজন্য আর্ক ল্যাম্পদের সিরিজ, সাণ্ট ও কম্পাউণ্ড আর্ক ল্যাম্প নামে অভিহিত করা যায়। উহাদের কাঠাম যথাক্রমে ৫১৮, ৫১৯, ৫২০ চিত্রে দেখান হইল।

চিত্রে দৃষ্ট হইবে যে উপর ও নিম্নের কার্ব্বন হোল্ডারদ্বয় একটি রোলারের দ্বারা চালিত চেন বা দড়ির দ্বারা ঝুলান অবস্থায় রক্ষিত হয়। উপরের কার্ব্বন হোল্ডারের সহিত একটি লৌহ কোর সংযুক্ত থাকে এবং ঐ লৌহ কোর একটি কয়েলের মধ্যে এমনভাবে প্রবিষ্ট হয় যাহাতে এই কোর কয়েলের উপর বা নীচের দিকে যাইতে পারে। কয়েলটি আর্ক কার্ব্বন দ্বয়ের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয়। কারেণ্ট প্রবাহিত হইলেই ঐ কয়েলের মধ্য দিয়াও প্রবাহিত হয়। ঐ কারেণ্ট প্রবাহের দ্বারা কয়েলটি উত্তেজিত হইলে ঐ লৌহ কোরটিকে কয়েলের মধ্যে আরও টানিয়া লয়, সেই সঙ্গে কার্ব্বন দুইটির মধ্যে ব্যবধান হইয়া বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন হয়। যত কার্ব্বন ক্ষয় হইতে থাকে, বৈদ্যুতিক বেগ কম হইতে থাকে, তাহাতে

কয়েলের কারেণ্টও কম হওয়ার দরুণ কার্ব্বনের ব্যবধান ও কম হয়। উহাতে আবার অধিক কারেণ্ট প্রবাহিত হইয়া কয়েলকে তেজযুক্ত করে, তাহাতে কোরের পুনরায় জোর আকর্ষণ হেতু সংলগ্নিত কার্ব্বন দ্বয়েরও অধিক ব্যবধান ঘটে ও তাহাতে আর্কেরও তেজ অধিক হয়। এইরূপে নিজে নিজেই আর্কের ব্যবধান ঠিক করিয়া এই ল্যাম্প কার্য্য করে। সময় সময় এই ল্যাম্পের সহিত সিরিজে, ভোল্টেজ হিসাবে, একটি ভিন্ন রেজিষ্ট্যান্স বা বাধা কয়েলও সংযুক্ত হয়। লাইন ভোল্টেজের অবস্থা ও কার্য্য অনুযায়ী সাণ্ট ও কম্পাউণ্ড আর্ক ল্যাম্পও ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

একটি ডিফারেন্স্যাল আর্ক ল্যাম্পের কাঠাম-চিত্র প্রদত্ত হইল, ৫২১ চিত্র দ্রষ্টব্য।

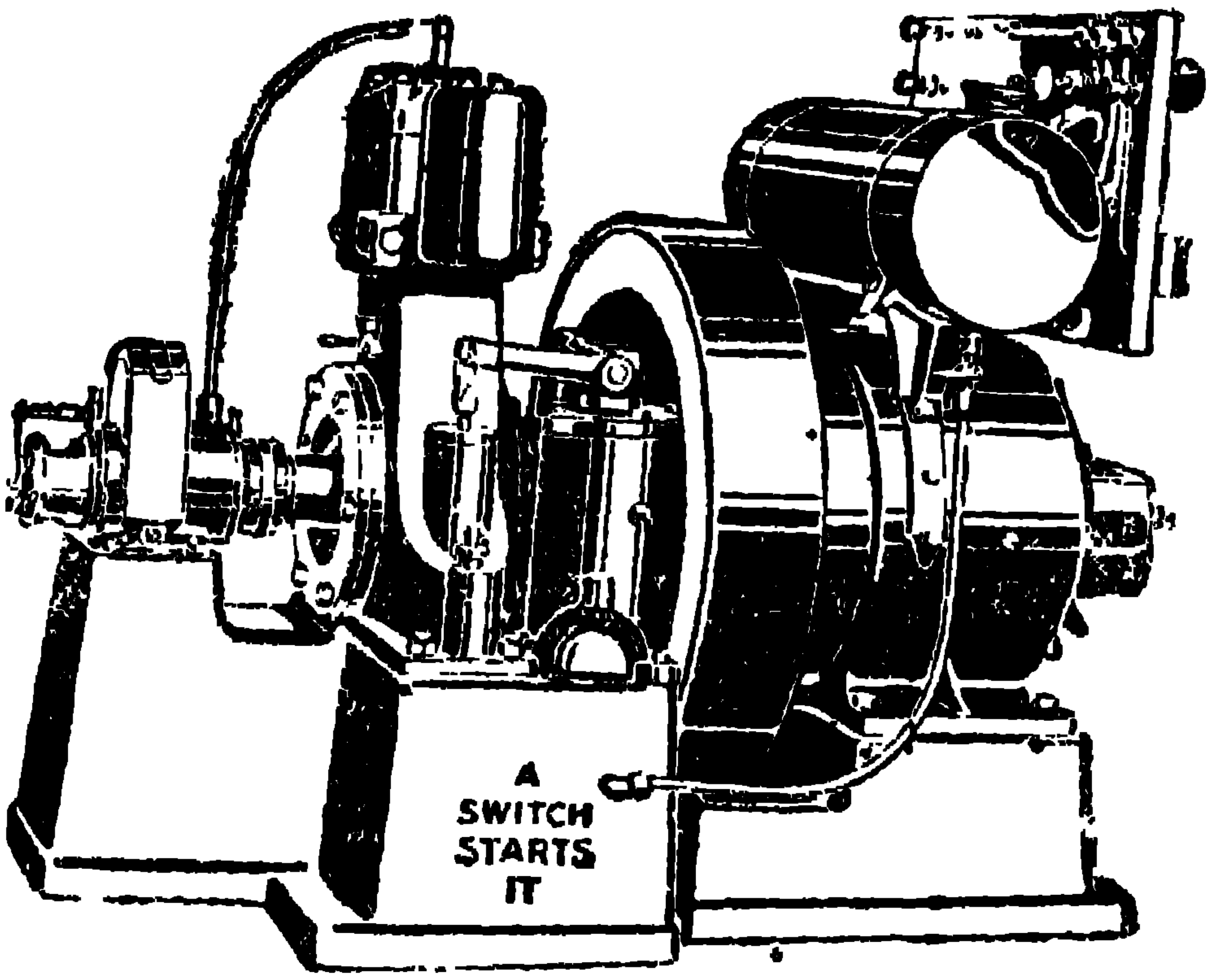


চিত্র—৫২১

মারকারী ভেপার ল্যাম্প (Mercury Vapour Lamp):—মারকারী ভেপারে বা ধূম্রে বিদ্যুৎ তেজ প্রবাহিত করাইয়া বৈদ্যুতিক আলোক পাওয়া যাইতে পারে। এই ল্যাম্পে প্রতি ক্যাণ্ডেল পাওয়ারে প্রায় ½ ওয়াট শক্তি খরচ হয়। এই ল্যাম্পকে 'কুপার হিউইট' ল্যাম্প বলা যায়। ইহার প্রস্তুতি অতীব সরল। ইলেক্ট্রোডের সহিত একটি লম্বা কাঁচের টিউব থাকে। নীচেরটি পারদের দ্বারা প্রস্তুত ও উপরেরটি লৌহ বা নিকেলের প্রস্তুত, এই ল্যাম্প জ্বালিতে হইলে উহাকে একটু কাত করিলেই ঐ টিউব দিয়া পারদ গড়াইয়া মুহূর্ত্ত কালের মধ্যে দুই ইলেক্ট্রোডকে সংযোগ করে, এই সংযোগের ফলে ঐ পারদ ধূম্রকে উষ্ণ করিয়া বিদ্যুৎ বহমান অবস্থায় আনয়ন করে। এই ল্যাম্পের সহিত সিরিজে একটি রেজিষ্ট্যান্স সংযোগ করা প্রয়োজন। এই ধূম্রের আলোক অতীব প্রখর ও নীলাভ। ইহার আলোকে লাল রং কালো প্রতীয়মান হয়। অতএব এই আলোকের সাহায্যে রং পরিচয় কার্য্য হইতে পারে

না। এই আলোকে ড্রইং আফিসের কার্য্য বেশ সুন্দর চলে, যেহেতু ইহার আলোক বেশ সমভাবে বিস্তৃত হইয়া পড়ে। ইহার আলোক অতীব তেজস্কর হওয়ায় আলোক চিত্র কার্য্যে ইহার আদর যথেষ্ট। এই আলোকের জ্যোতিঃ গাত্র চর্ম্মের উপর কার্য্য করে এবং ইহার দিকে দৃষ্টিপাত করিলে চক্ষুরোগ হইবার সম্ভাবনা।

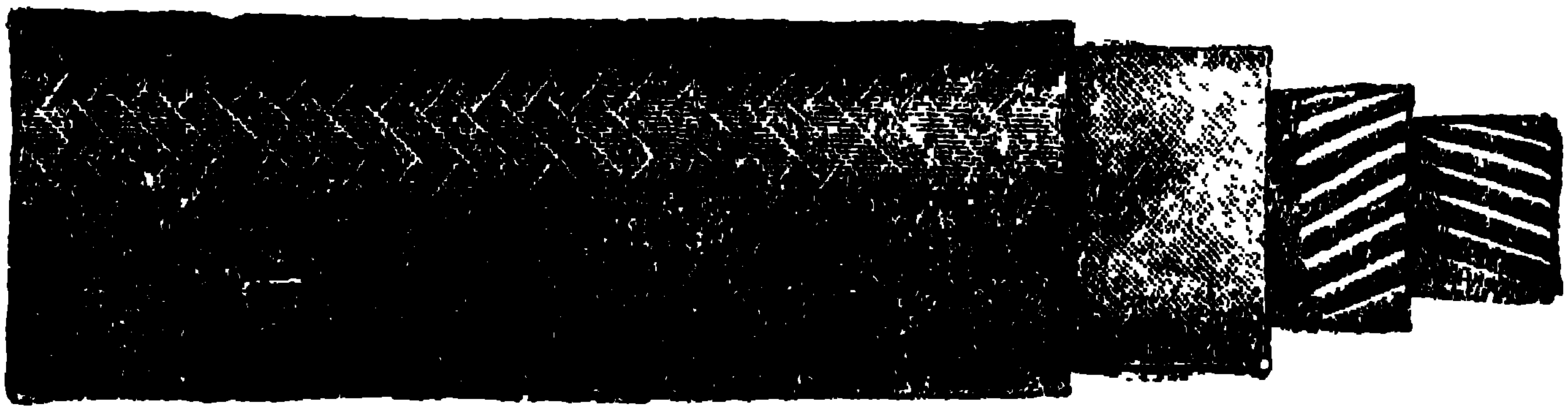
বৈদ্যুতিক প্রবাহ সাধারণ কার্য্যের জন্য সরবরাহ করিতে হইলে সাণ্ট ডায়নামো ব্যবহার করিতে হয় এই সাণ্ট ডায়নামো হইতে ৩টি তার বাহিরে আনা হয়। এই তিনটি তারের মধ্যে একটি পজিটিভ + ও একটি নেগেটিভ — ও তৃতীয়টি সাণ্টরাজ্য কয়েলের তার। এই তিনটি তার মেন সুইচ বোর্ডে লইয়া গিয়া তথায়



চিত্র—৫২২

পজিটিভ তারটি + টারমিনালে, নেগেটিভ তারটি — টারমিনালে এবং সাণ্ট কয়েলের তারটি একটি রেগুলেটিং রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়া রিটার্ণ সার্কিট টারমিনালের সহিত সংযোগ হইবে। তৎপরে + ও — টারমিনাল হইতে আমমিটার, ভোল্ট মিটার, মেন ফিউজ প্রভৃতির সহিত সংযোগ হইয়া মেন বোর্ড হইতে পজিটিভ ও নেগেটিভ তার দুইটি বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ লাইনে যাইবে। এই লাইন পূর্ব্বোক্ত মত জলের মধ্য দিয়া, ভূমির মধ্য দিয়া কিম্বা থামের সাহায্যে শূন্য মার্গ দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। তারগুলি বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন পথ দিয়া লইয়া তারের ইনসুলেসান ও তার আটকাইবার

সরঞ্জামও বিভিন্ন প্রকারের করিবার প্রয়োজন হয়। অতল জলের মধ্য দিয়া যে তার খাটান হয় তাহাকে সাব-মেরিন কেব্‌ল (Submarine Cable) বলা যায়। এই সাবমেরিন কেব্‌ল এর চিত্র পূর্ব্বেই দেওয়া হইয়াছে। এই কেব্‌ল ছিঁড়িয়া না যায় সেই জন্য উহার উপরের রবারের ইনস্যুলেসানের উপর ষ্টিল তার দিয়া জড়াইয়া তৎপরে আবার উহাকে ভাল করিয়া রবার ইনস্যুলেট করিয়া উহার উপর, স্যাঁৎসেতা বা ড্যাম্প হইতে রক্ষা করিবার জন্য, সীসার কেসিং বা আবরণ দেওয়া যায়। এই কেব্‌ল ভাসমান খাম্বা বা বয়া'র সহিত আবদ্ধ থাকে যাহাতে জলের মধ্যে নির্দ্দিষ্ট স্তর হইতে উঠিতে বা নামিতে না পারে। এই সমুদ্র মধ্যস্থ "সাবমেরিন

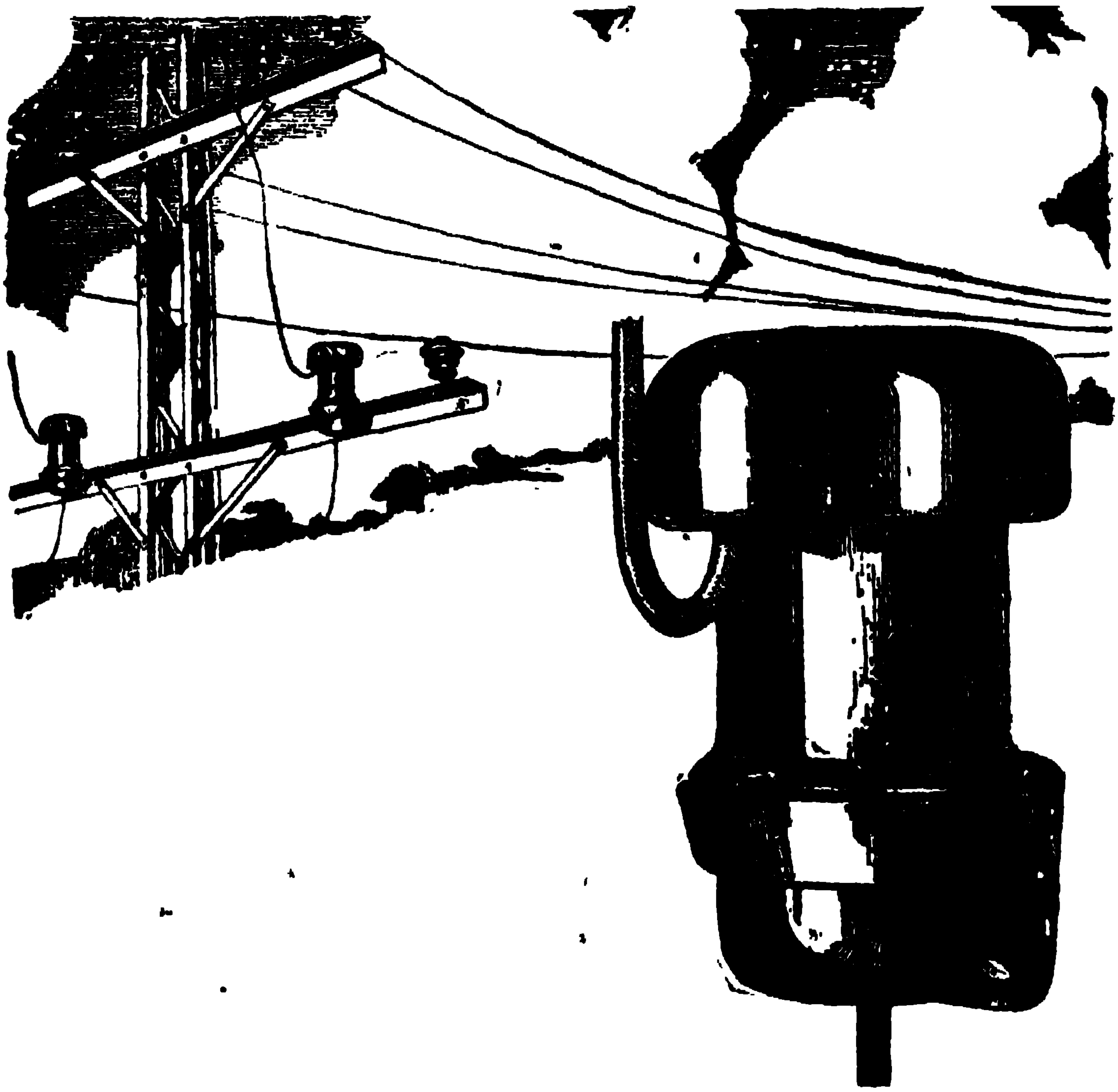


চিত্র—৫২৩

কেব্‌ল" টেলিগ্রাফ প্রভৃতি লাইনের জন্যই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। সচরাচর ভূগর্ভ (Underground) চিত্র—৫২৩ ও শূন্য মার্গ (Over head) চালিত লাইনই বিদ্যুৎ প্রবাহ সরবরাহের জন্য বিশেষ প্রশস্ত; যে কোম্পানীকে অনেক গ্রাহককে বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ করিতে হয় এবং বড় বড় খরিদ্দারকে নানা কারণ বশতঃ অধিক ভোল্টেজের কারেণ্ট সরবরাহ করিতে হয় সেই স্থলে সাপ্লাই কোম্পানী দুইটি মেন তার না লইয়া গিয়া তিনটি মেন তার খাটাইয়া থাকেন।

লাইটনিং এ্যারেষ্টার (Lightning Arrester) :— ইহা শূন্যমার্গ চালিত লাইনে ব্যবহৃত হয়। ইহা লাইন ও ঐ সংলগ্ন যন্ত্রাদিকে বজ্রপাত হইতে রক্ষা করে। ৫২৪ চিত্রে ইহার ব্যবহার দর্শিত হইল।

অয়্যারিং বা তার খাটান সম্বন্ধে কতিপয় জ্ঞাতব্য বিষয়—তার (Wire) :—শক্তির অপচয় হ্রাস



চিত্র—৫২৪

করিবার নিমিত্ত তারগুলির ধাতু এরূপ হওয়া প্রয়োজন যেন দৈর্ঘ্য অনুপাতে বাধা অল্প হয়। তজ্জন্য নির্ম্মল তাম্রই প্রশস্ত। সমস্ত আলো প্রভৃতি এককালে জ্বলিলে যেরূপ প্রবাহ লাগে তদনুযায়ী হিসাবমত ঠিক মত গেজের তার ব্যবহার করিতে হয়—নচেৎ সরু হইলে অযথা উষ্ণ হইবার বা গলিয়া যাইবার সম্ভাবনা, আর অযথা মোটা হইলে অধিক তাম্র খরচ হয়। যাহাতে সহজে অক্সিডাইস্‌ড না হয় অর্থাৎ মরিচা না পড়ে

তজ্জন্য তাম্রের উপর টিনের কলাই থাকা বিধেয়। যাহাতে স্যাঁৎসেঁতা (Damp) না লাগে এবং প্রবাহ লীক্ হইতে না পারে তজ্জন্য ভাল ভল্কানাইজ্‌ড রবার প্রভৃতি ইনস্যুলেটিং পদার্থ দ্বারা আবৃত হওয়া প্রয়োজন। এই ইনস্যুলেটিং আবরণের স্থূলতা ভোল্টেজ অনুসারে অধিক হইবে। এই আবরণ যাহাতে নষ্ট না হয় তজ্জন্য ফিতা বা সূতার বুনান দ্বারা আবৃত থাকে। এবং এই সূতার বুনানকে ড্যাম্প বা এসিড প্রভৃতি হইতে রক্ষা করিবার জন্য ইহাকে মোম (Wax) বা আলকাৎরা প্রস্তুত বার্ণিশে (Marline) সিক্ত করা হয়। সচরাচর দুইটি করিয়া ফিতা আচ্ছাদিত রবারের আবরণ দেওয়া হয়, চিত্র ৫২৫। এই রবার প্রভৃতি এরূপ হয় যেন ১৭০°C তপ্ততায় না গলে।

চিত্র—৫২৫

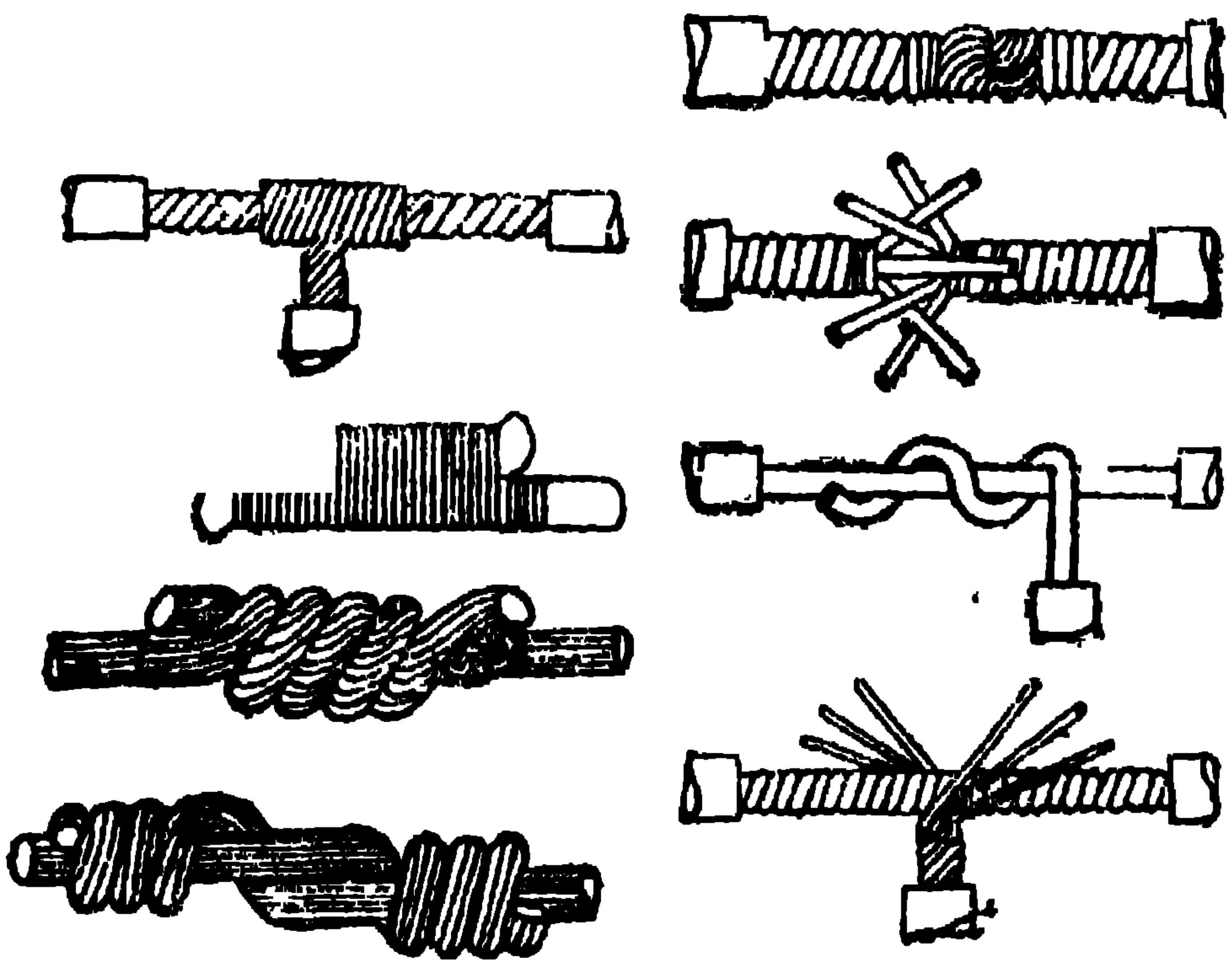
তার খাটান :—তার খাটাইবার সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে অযথা অধিক তার যেন ব্যবহার না হয়, অথচ দেখিতে সুচারু হয়, বিসদৃশ্য না হয়।

(+) পজিটিভ ও (−) নেগেটিভ তারের মধ্যে যাহাতে সন্দেহ না হয় তজ্জন্য সচরাচর পজিটিভ তার বা লীড্‌কে (Lead) বামদিকে (Left) ও নেগেটিভ বা রিটার্ণ (Return) তারকে ডাইনদিকে (Right) রাখা হয়। আবার কোথাও বা দুই বিভিন্ন রংএর তার যথা লাল ও কালো বা সাদা ও কালো রংএর তার ব্যবহার করে। সাধারণতঃ লাল তারটি পজিটিভ হয়। মিস্ত্রিগণ পজিটিভ তারকে গরম তার ও নেগেটিভকে ঠাণ্ডা তার বলে, সংযোজনাদির সময় কালো তার ও লাল বা সাদা তারের সহিত ঐ প্রকার তার সংযোগ করিতে হয়। পজিটিভ তার (+) লাইন হইতে সুইচে যায়, নেগেটিভ তার (−) লাইন হইতে পয়েণ্টে যায়, পয়েণ্ট হইতে সুইচ পর্যন্ত তারকে সংযোজক তার বলে। শাখা বাহির করিবার সময় এক রংএর তারের সহিত সেই রংএর তার যোগ করিতে হয়।

উক্ত নিয়মগুলি মানিয়া চলিলে কাজের সুবিধা হয় ও সর্ট সার্কিট প্রভৃতি দোষ ঘটিবার সম্ভাবনা কম থাকে।

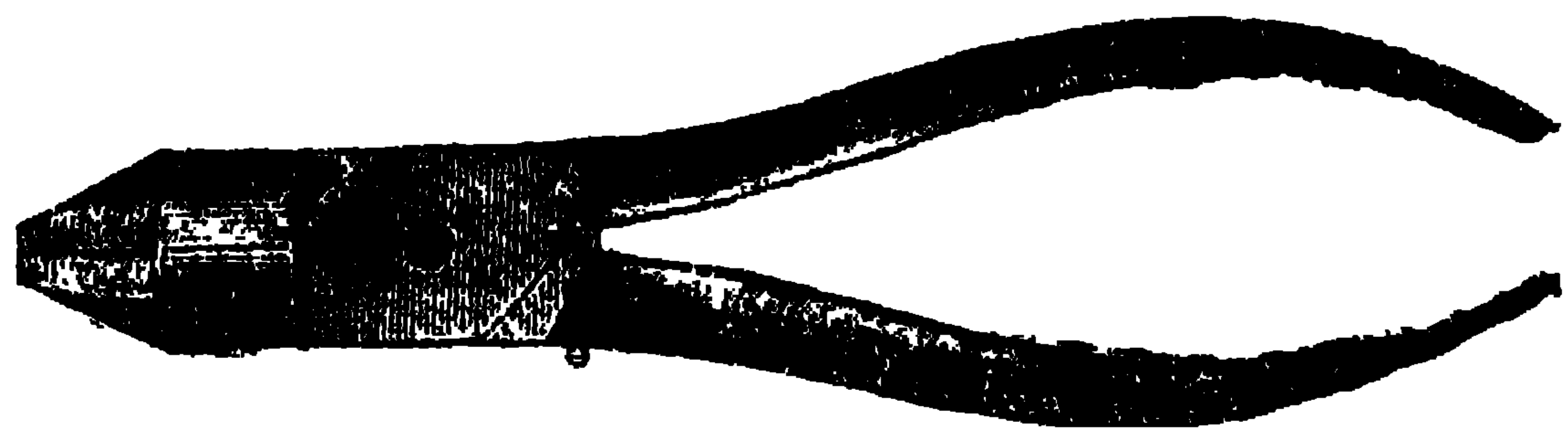
জমি বা কায়া সংযোগ (Earth Connection) :— এই প্রথায় উৎপাদকের (+) টার্মিনাল হইতে (+) তারটি আসিয়া সুইচে যায় ও (−) তারটি সুইচ হইতে পয়েণ্ট ও তথা হইতে জমি বা ধাতব কায়ার সহিত সংলগ্ন উৎপাদকের (−) টার্মিনালের সহিত সার্কিট সম্পূর্ণ করে। ছাদ বা দেওয়াল প্রভৃতি ভেদ করিয়া তার লইয়া যাইতে হইলে প্রথমে তাহাদের মধ্যে ছিদ্র করিতে হয়, পরে ঐ ছিদ্রের মধ্যে চীনামাটী বা সীসার পাইপ দিয়া তাহার মধ্য দিয়া তার লইয়া যাইতে হয়। পাইপের মুখগুলি নিম্নদিকে বাঁকাইয়া দিতে হয়, যেন বৃষ্টি প্রভৃতির জল প্রবেশ করিতে না পারে।

তারের সংযোগ স্থল (Joint) :— দুইটি তারকে একত্র সংযোগ করিতে হইলে প্রথমতঃ ধাতব তারের শেষভাগের অপরিচালক আবরণকে ছুরি দ্বারা কাটিয়া তুলিয়া ফেলিতে হইবে; তৎপরে সাবধানের সহিত আস্তে আস্তে চাঁচিয়া তারকে এরূপ ভাবে সাফ করিতে হইবে যেন ধাতু কাটিয়া না যায়। পরে প্লায়ার্স চিত্র ৫৩৫ দ্বারা উভয়ের ধাতব তারকে পরস্পরের সহিত এরূপ ভাবে জড়াইয়া দিতে হইবে যে ভালরূপ ধাতব সংস্পর্শ হয়—চিত্র ৫২৬-৩৪। তার সাফ করিবার জন্য কোন এসিড ব্যবহার করিতে নাই। পরে সংযোগস্থলকে অপরিচালক



চিত্র—৫২৬-৫৩৪

ফিতা দ্বারা আচ্ছাদিত করিয়া পূর্ব্বে যে পরিমাণে রোধিত ছিল সেই পরিমাণে রোধিত করিতে হয় যাহাতে কোন প্রকারে ঐ স্থান দিয়া লীক না ঘটে। এস্থলে বিশেষ সাবধান হওয়া প্রয়োজন যেন ফিতার বা তারের উপরিস্থ



চিত্র—৫৩৫

বুনানের কোনরূপ সূতা বাহির হইয়া না থাকে, কারণ তদ্দ্বারা স্যাঁওতা যাইতে পারে ও লীক ঘটিতে পারে। তজ্জন্য সংযোগস্থলের উভয়দিকে ১ ইঞ্চি পরিমিত স্থান হইতে বুনান উঠাইয়া দিতে হয়। প্রত্যেক সংযোজন যেন বেশ দৃঢ় ও স্থায়ী হয় এবং তাহা জয়েণ্ট বক্সের মধ্যে রাখা হয়। জয়েণ্ট বক্সের বাহিরে যেন নগ্ন তার (Bare wire) না থাকে। পজিটিভ ও নেগেটিভ উভয় তারের সংযোজন যেন নিকটবর্ত্তী না হয়, যেন প্রায় ১ ফুট তফাতে থাকে।

জয়েণ্ট বক্স (Joint box) :—এগুলি চীনামাটীর ক্লুটের মত দুই অংশে গঠিত। এক অংশ সংযোগস্থলের নিম্নদিকে ও অপর অংশকে উপর দিকে দিয়া সংযোগস্থলকে আবৃত করা হয়।

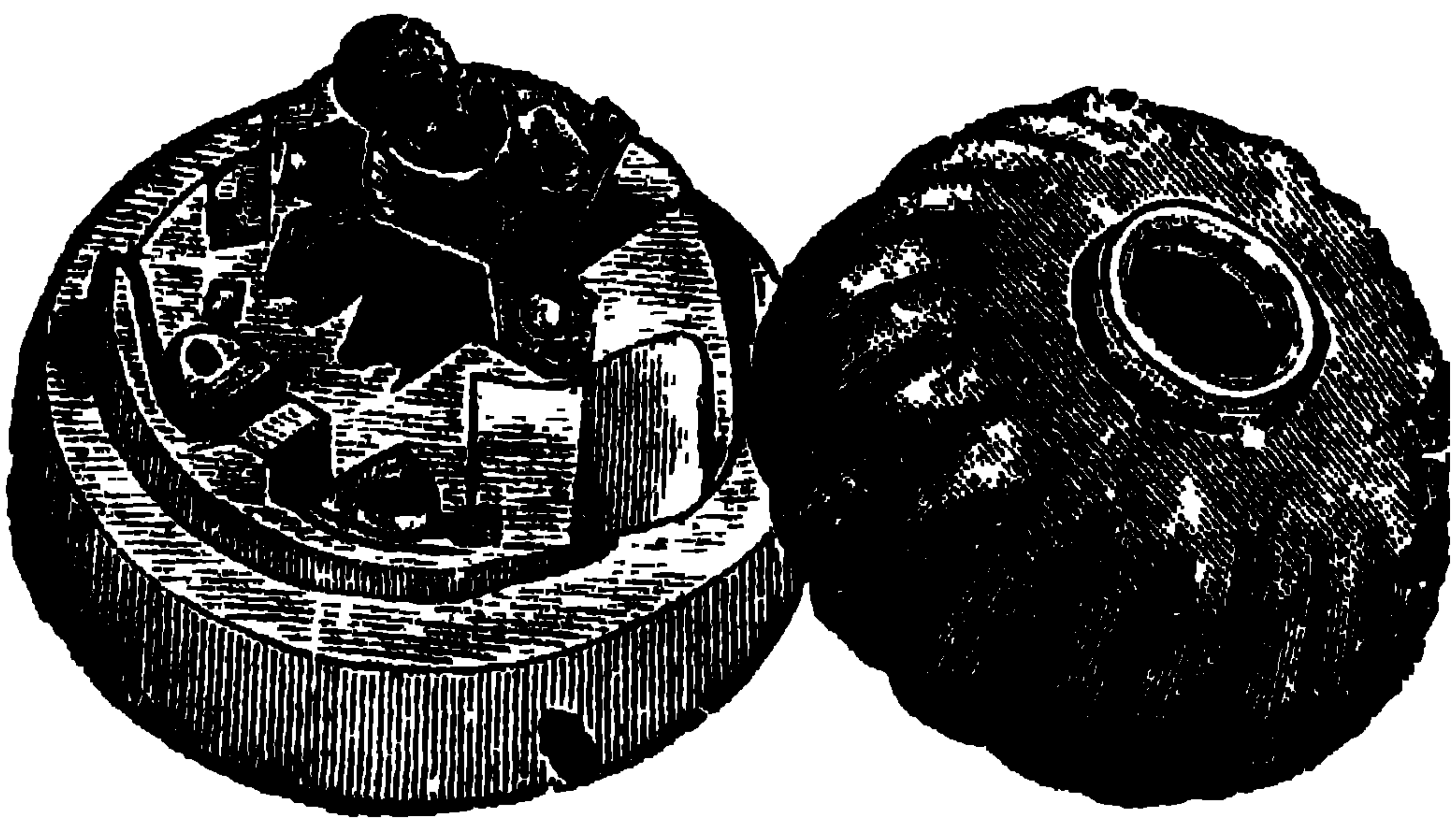
কেসিং ও ক্লিট (Casing & Clit) :—তারগুলি যাহাতে বহুকাল স্থায়ী হয় তজ্জন্য উহাদিগকে কেসিংএর মধ্যে দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। কেসিং সীসার পাইপ বা ১½—২ ইঞ্চি চওড়া পাতলা কাঠের ফালি দ্বারা প্রস্তুত। এই কাষ্ঠে ½—১ ইঞ্চি ব্যবধানে তারের স্থূলতানুযায়ী দুইটি লম্বা লম্বি খাঁজ কাটা থাকে। এই খাঁজে তার বসান হয় এবং তাহার উপর আর একটি পাতলা কাষ্ঠ দিয়া স্ক্রু দিয়া আঁটিয়া দেওয়া হয়। এই কেসিং এদেশে সচরাচর সেগুন কাষ্ঠে প্রস্তুত এবং ইহাকে গালার বার্ণিশ

মাখাইয়া লইতে হয়। বায়ু খেলিবার নিমিত্ত কেসিং ও দেওয়াল প্রভৃতির মধ্যে কিছু ব্যবধান থাকা প্রয়োজন। তজ্জন্য কেসিং গুলিকে স্পেসিং ইনস্যুলেটারের উপর বসান হয়। স্পেসিং ইনস্যুলেটারগুলি পরস্পর হইতে ৩।৪ ফুট অন্তর থাকে। অনেক স্থলে ইহাদিগের পরিবর্ত্তে ক্লিটের নিম্নাংশগুলি ব্যবহার করে। কোন কোন স্থলে কেসিং ব্যবহার করে। ক্লিটগুলি চীনামাটী নির্ম্মিত দুই অংশে গঠিত, একটি দেওয়ালে থাকে ইহার খাঁজে তার বসাইয়া অপরটী তাহার উপর দিয়া স্ক্রু দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়।

তার অনুযায়ী কেসিংএর তালিকা।

তারের নম্বর	কেসিংএর বিস্তৃতি	খাঁজের বিস্তৃতি
১৬, ১৮, ২০, $\frac{৩}{২২}$	$১\frac{১}{২}$ ইঞ্চি	৪
১৪, $\frac{৩}{১৮}$	২ "	$\frac{৩}{১২}$
$\frac{৭}{১৮}$, $\frac{১}{২২}$		-

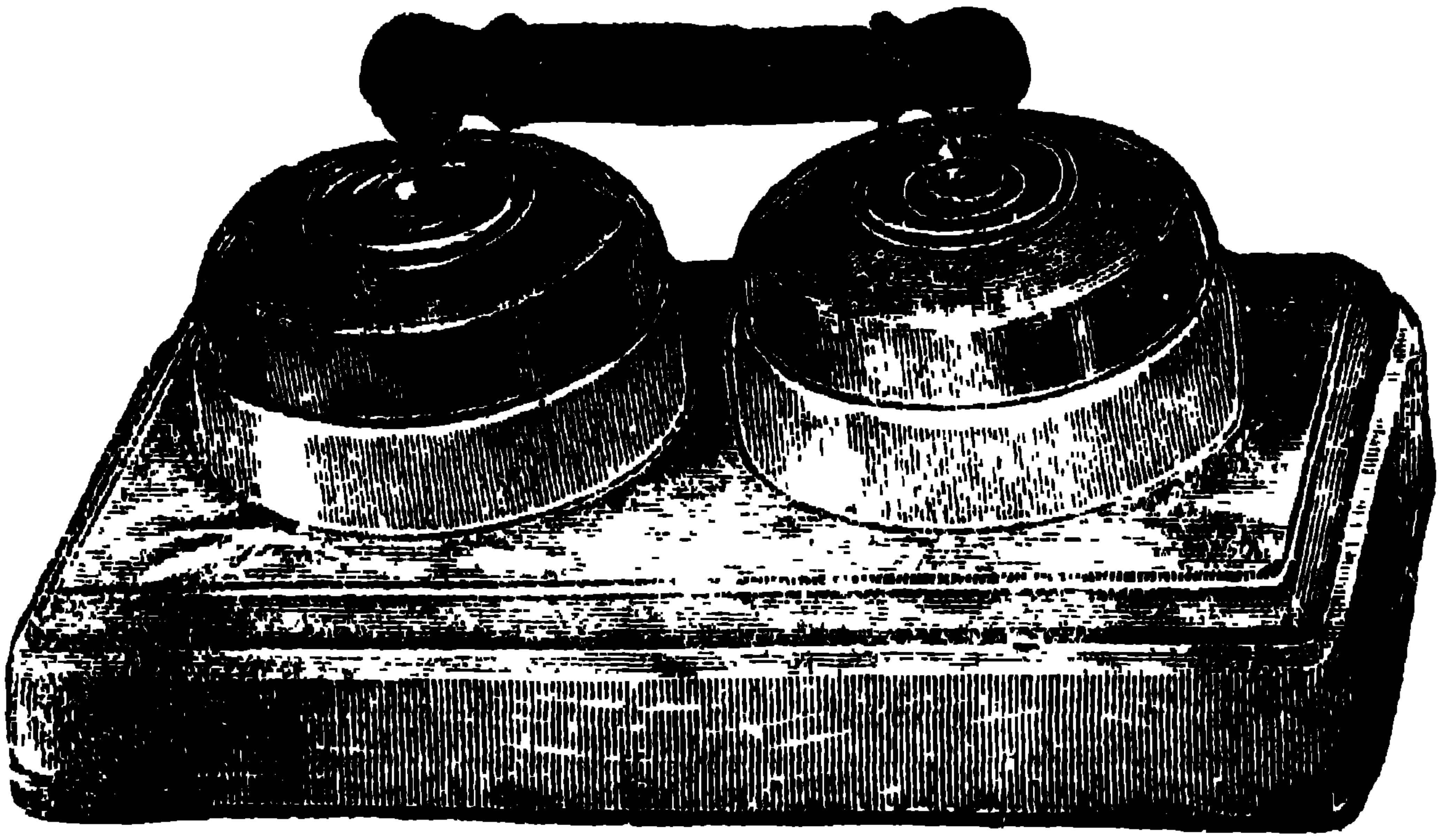
স্যুইচ (Switch):—ইহার দ্বারা ইচ্ছামত বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ করা বা কাটিয়া দেওয়া হয়। পজিটিভ ও নেগেটিভ তারদ্বয়ের সহিত সংযোগের জন্য ইহাতে ছিদ্র ও স্ক্রু বিশিষ্ট দুইটি পিত্তল



চিত্র—৫৩৬

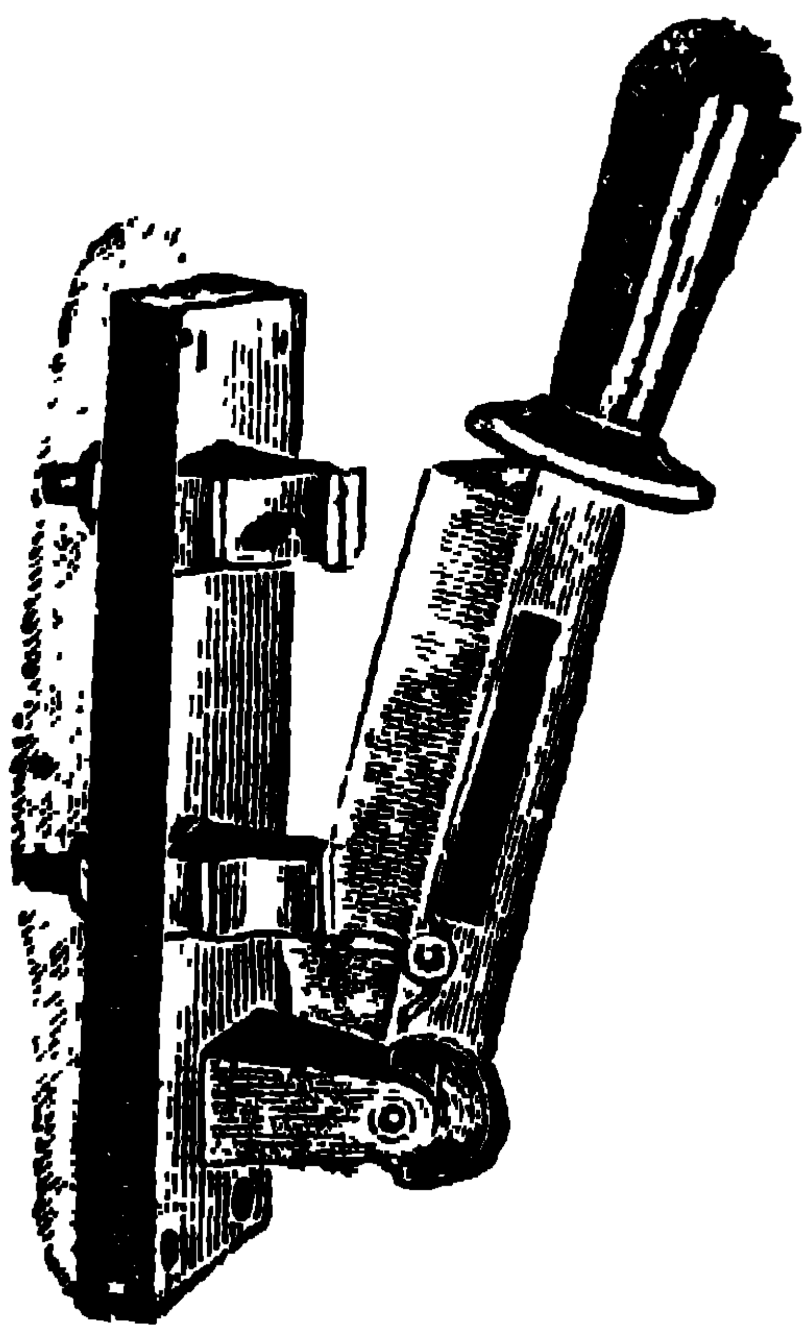
বা অন্য ধাতুখণ্ড থাকে। এই ধাতুখণ্ডদ্বয় অপরিচালক পদার্থের উপর স্থিত সুতরাং পরস্পর হইতে রোধিত। একটি অপরিচালক হ্যাণ্ডেল দ্বারা ধৃত অন্য একটি ধাতুখণ্ড দ্বারা (+) ও (−) তারের ধাতু খণ্ড দ্বয়কে

পরস্পরের সহিত সংযুক্ত করা যায় ও এইভাবে বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ হয়।



চিত্র—৫৩৭

সুইচের হ্যাণ্ডেলটিকে একদিকে তুলিয়া দিলে ঐ সংযোগক্রিয়া ঘটে, তাহাকে সুইচ অন্ (Switch on) বলে, আর তাহাকে বিপরীত দিকে তুলিয়া দিলে হ্যাণ্ডেল সংযুক্ত ধাতুখণ্ড উহাদিগকে ত্যাগ করিলে পথের বিচ্ছেদ ঘটে, ইহাকে সুইচ অফ্ (Switch off) বলে। সুইচে কোনরূপ দাহ্য পদার্থ যেন না থাকে এবং উহার হ্যাণ্ডেলটির অপরিচালিক অংশ বাদে বাকী সমস্ত অংশ যেন ঢাকনা দ্বারা ঢাকা থাকে এবং উহার + ও – তারের ধাতুখণ্ড দ্বয় পরস্পর হইতে ও হ্যাণ্ডেলের ধাতুখণ্ড হইতে যেন এরূপ ব্যবধানে থাকে যে বিযুক্ত অবস্থায় আর্কিং (Arching), স্পার্কিং বা অগ্নিস্ফুলিঙ্গ না হয়। অধিক ভোল্টেজ ও কম ভোল্টেজ অনুসারে দুই প্রকার সুইচ ব্যবহার হয়। অধিক ভোল্টেজ



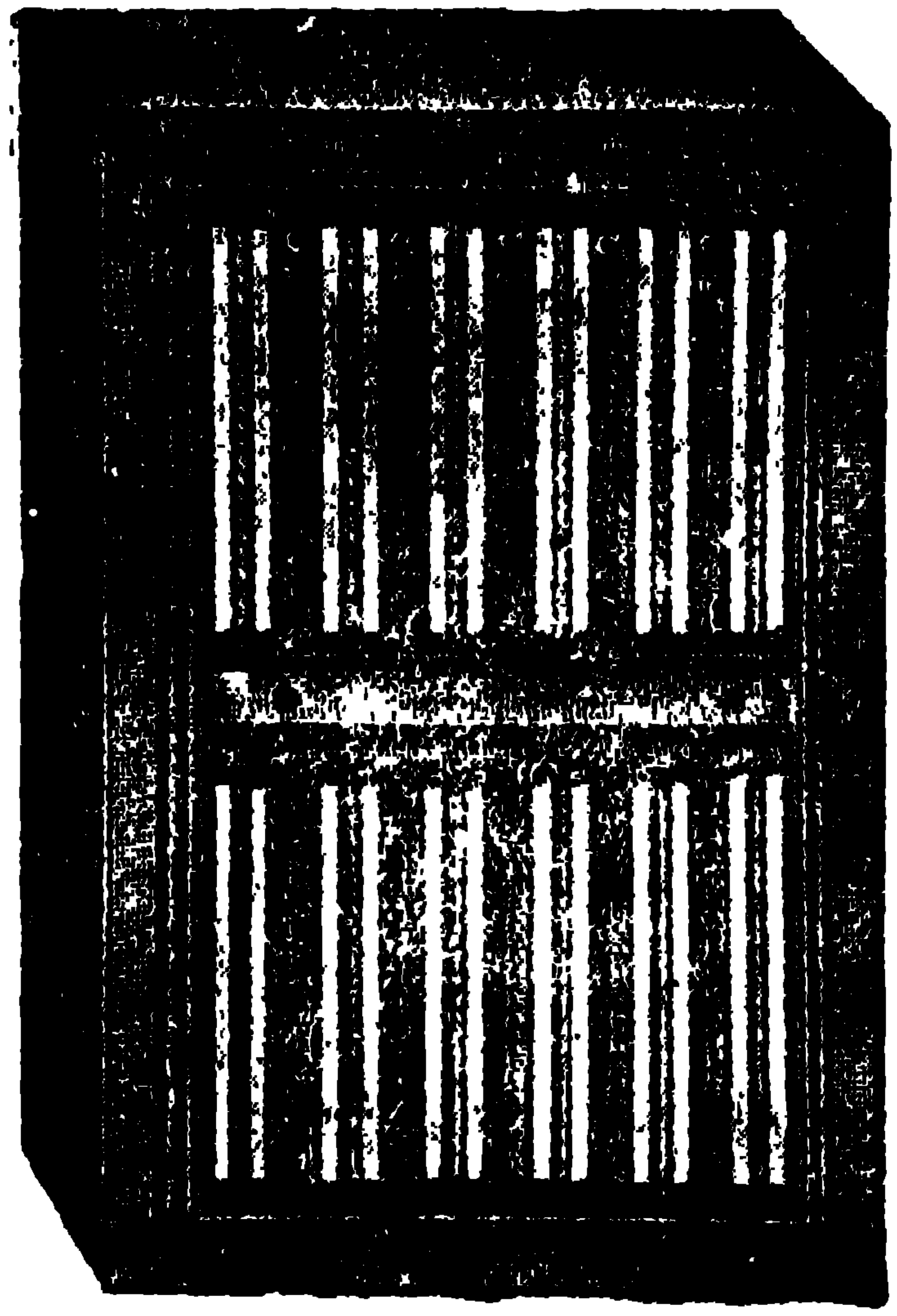
চিত্র—৫৩৮

বিশিষ্ট লাইনে ব্যবহার্য্য সুইচগুলির অংশাবলী সাধারণ সুইচ অপেক্ষা ভালরূপে রোধিত। ৫৩৬ চিত্রে একটি ঢাকনা খোলা সুইচ, ৫৩৭ চিত্রে একটি ডবল সুইচ ও ৫৩৮ চিত্রে একটি 'নাইফ' (knife) সুইচ দর্শিত হইয়াছে।

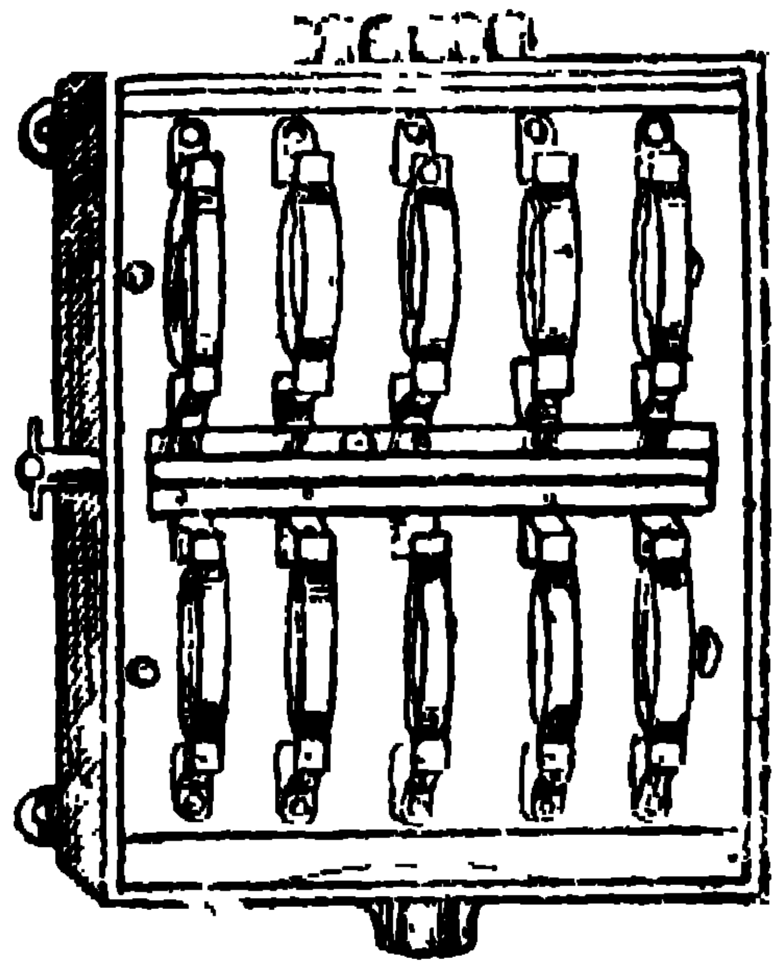
তারের কেসিং, সুইচ বোর্ড প্রভৃতিকে দেওয়ালে খাটাইবার নিমিত্ত, দেওয়ালে গর্ত্ত করিয়া ঐ গর্ত্তে কাষ্ঠ কীলক (পিন) পুরিয়া সিমেণ্ট প্রভৃতি দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। যদি পিন কোন কারণে আল্‌গা হইয়া যায় তাহা হইলে বাটালী দ্বারা উহার মধ্যস্থল চিরিয়া তন্মধ্যে কীলক (Wedge) পুরিয়া দিলেই উহা আঁটিয়া যাইবে। এই পিন কেসিংএর বেলায় ৩।৪ ফুট অন্তর বসান হয় ও তাহারা আকারে ছোট হয়; সুইচ বোর্ড প্রভৃতি ভারী বস্তুর জন্য ভার অনুযায়ী এই পিনগুলি বৃহৎ হয়। পিনগুলি দেওয়াল হইতে যেন উঁচু বা নীচু না হয়, অর্থাৎ দেওয়ালের গায়ের সহিত যেন সমান ভাবে মিলিয়া থাকে। পিনগুলি দেওয়ালের সহিত দৃঢ় ভাবে আবদ্ধ হইলে পর তাহাদের উপর স্পেসিং ইনসুলেটার (ক্লিট) দিয়া তদুপরি কেসিং প্রভৃতি স্ক্রু দিয়া ক্লিটের মধ্য দিয়া কাষ্ঠ পিনের সহিত আবদ্ধ করা হয়। পিনের উপর ক্লিট ব্যবহারের উদ্দেশ্য দেওয়াল ও কেসিং প্রভৃতির মধ্য দিয়া বায়ু সঞ্চালনের পথ প্রদান করা।

ফিউজ (Fuse):—পাছে অত্যধিক প্রবাহ হেতু উত্তাপ দ্বারা তার পুড়িয়া গিয়া কোন স্থানে আগুন লাগিয়া যায় সেইজন্য—ইঞ্জিনে যেরূপ সেফ্‌টি ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হয়—বৈদ্যুতিক পথে সেইরূপ ফিউজ ব্যবহার হইয়া থাকে। ফিউজ বাহির হইতে একটি চীনামাটির ঢাকনা বিশিষ্ট বাক্সের ন্যায় দেখিতে, চিত্র—৫৩৯-৫৪০। ইহার মধ্যে দুইটি ধাতুখণ্ড আছে তাহারা লাইনের তারের সহিত সংযুক্ত থাকে এবং বাক্সের মধ্যে ঐ ধাতুখণ্ডদ্বয় ফিউজ অয়্যার (Fuse wire) নামক একপ্রকার মিশ্রধাতুর তার দ্বারা সংযুক্ত থাকে। এই ফিউজতারের গুণ এই যে তাহারা লাইনের তার অপেক্ষা অল্প তপ্ততায় বিগলিত

হয়—সুতরাং অত্যধিক প্রবাহ হইলে তদ্‌জনিত উত্তাপ হেতু লাইনের তার পুড়িবার আগেই ফিউজ তার বিগলিত হইয়া যায় ও ফিউজের মধ্যস্থ ধাতু-খণ্ডদ্বয়ের বৈদ্যুতিক সংযোজন বিচ্ছিন্ন হয়। বৈদ্যুতিক পথ



চিত্র—৫৩৯



চিত্র—৫৪০

সম্পূর্ণ করিতে হইলে পুনরায় ফিউজ তার দিয়া ধাতুখণ্ডদ্বয়কে সংযোগ করা হয়। লাইনের প্রবাহ অনুসারে ফিউজ তার নির্দ্ধারিত হয়।

কাট আউট (Cut out):—এগুলি তারের সংযোগস্থলে সংযোজনের নিমিত্ত ব্যবহৃত হয়। যদি ফিউজ তার দ্বারা সংযোজন সাধিত হয় তাহা হইলে তাহাকে ফিউজ কাট আউট বলে, আর যদি লাইনের তার দ্বারাই সংযোজন সাধিত হয় তাহা হইলে তাহাকে জয়েণ্ট বক্স বলে।

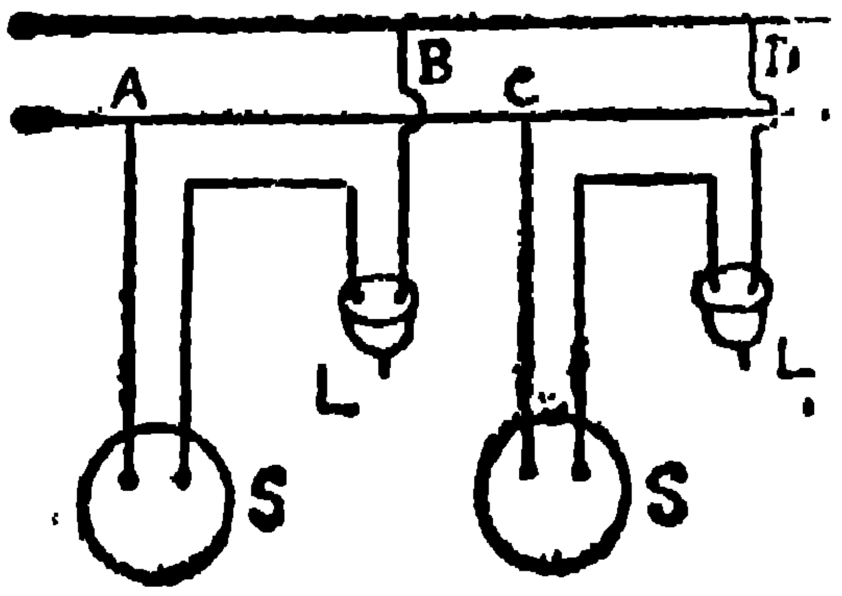
সিলিং রোজ (Ceiling Rose):—ইহারা ছাদের তলদেশে কড়ি প্রভৃতি হইতে তার ঝুলাইবার নিমিত্ত ব্যবহৃত হয়। সুইচের মত ইহাদের মধ্যে দুইটি ধাতুখণ্ড থাকে, লাইনের তারদ্বয় ঐ ধাতুখণ্ডের সহিত সংযুক্ত হয় ও তথা হইতে দুইটি তার ঢাকনার ছিদ্র দিয়া পয়েণ্টে যায়।

ওয়াল প্লাগ (Wall Plug) :—এগুলি কাষ্ঠ বা চীনামাটী নির্ম্মিত। ইহাতে দুইটি ধাতুখণ্ড থাকে, ঐ ধাতুখণ্ডদ্বয় পয়েণ্ট হইতে আগত তারদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত থাকে এবং ঐ প্লাগদ্বারা পয়েণ্টকে লাইনের সহিত সংযুক্ত করা হয় (লাইনে সংযুক্ত এডপ্টারে বসাইয়া)।

হোল্ডার (Holder) :—এগুলি আলোকের বাল্ব প্রভৃতিকে ধারণ করিবার জন্য। বাল্ব যাহাতে পড়িয়া না যায় তজ্জন্য ইহাতে খাঁজ কাটা বা প্যাঁচ থাকে এবং লাইনের তারদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত দুইটি ধাতুখণ্ড থাকে। বাল্বটিকে পরাইয়া দিলে ইহার টার্মিনালদ্বয় ঐ ধাতুখণ্ডদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত হয়।

তার খাটান (Wiring)।

সুইচ ও পয়েণ্ট (আলো পাখা প্রভৃতি) লাইনের সহিত সংযোজন :—পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে লাইনে দুইটি তার থাকে, একটি পজিটিভ অপরটি নেগেটিভ এবং আলো বা পাখা প্রভৃতিকে পয়েণ্ট বলে। কিরূপ উদ্দেশ্যে কিরূপ সুইচ দ্বারা পয়েণ্ট লাইনের সহিত সংযুক্ত করা হয় এস্থলে কতকগুলি চিত্র দ্বারা দর্শিত হইল।

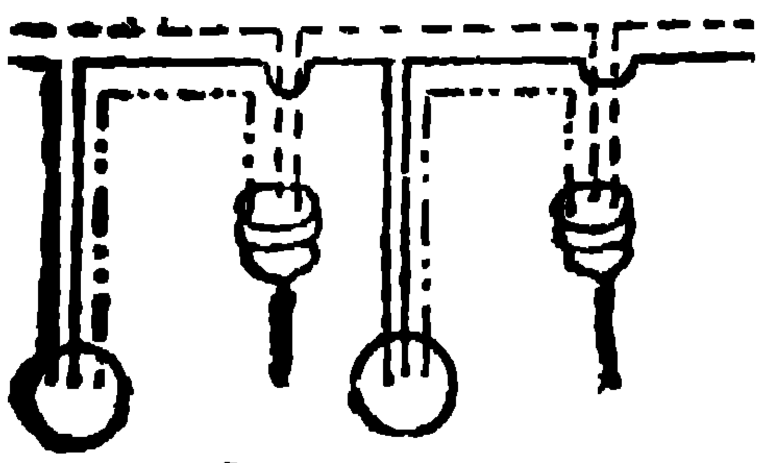


চিত্র—৫৪১

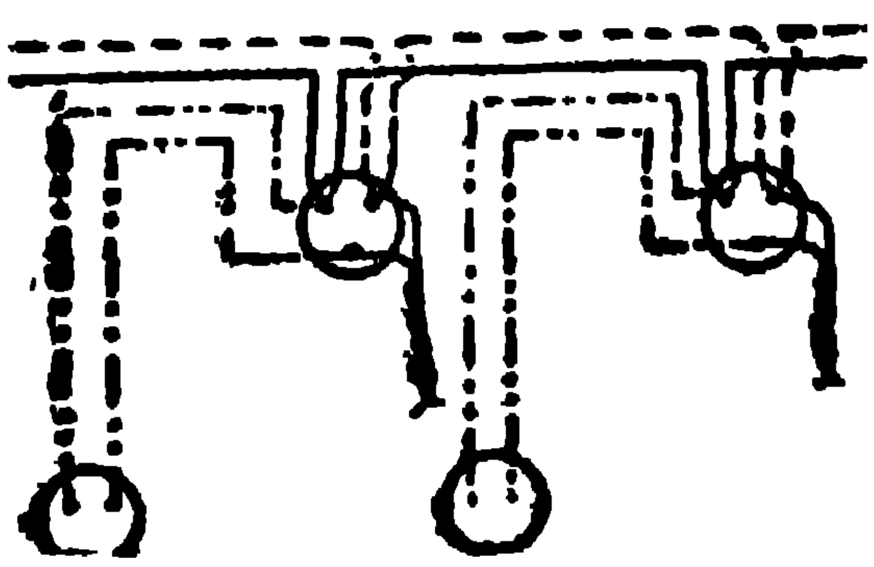
৫৪১ চিত্রে দুইটি পয়েণ্ট L ও L প্রত্যেকেই নিজ নিজ সুইচ S ও S দ্বারা লাইনের সহিত সংযুক্ত দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে দৃষ্ট হইবে লাইনের একটি তারের A স্থান হইতে একটি তার সুইচের একটি টার্মিনালে গিয়াছে, সুইচের অপর টার্মিনাল হইতে একটি তার পয়েণ্টের বা তাহার হোল্ডারের একটি টার্মিনালে গিয়াছে, হোল্ডার বা পয়েণ্টের অপর টার্মি-নাল হইতে একটি তার লাইনের অপর তারে B স্থানে গিয়াছে। অপর পয়েণ্টটির বেলায়ও সংযোজন ঠিক এইরূপ। প্রত্যেক পয়েণ্টটিকে তদীয়

সুইচ দ্বারা তত্ত্বাবধান করা হয়। ইহাতে যে সংযোজন পদ্ধতি দর্শিত হইয়াছে তাহাতে লাইনের তারকে চাঁচিয়া অপর তার (৫৪১ চিত্র অনুযায়ী) সংযোগ করিতে হয়।

৫৪২ চিত্রে স্বীয় স্বীয় সুইচ দ্বারা পরিচালিত উক্ত পয়েণ্ট দুইটির আর এক প্রকার সংযোগ পদ্ধতি দর্শিত হইয়াছে। ইহাকে 'লুপিং-ইন' (Looping in) বলে। ইহাতে দৃষ্ট হইবে লাইনের তারের সহিত কোন তার সংযুক্ত হয় নাই, লাইনের একটি তার সুইচে গিয়াছে ও তথা হইতে পুনরায় লাইনভাবে নির্গত হইয়া যাইতেছে, লাইনের অপর তারটি পয়েণ্ট, হোল্ডার বা সিলিং রোজের একটি টার্মিনালে গিয়াছে ও তথা হইতে পুনরায় লাইনভাবে নির্গত হইয়া যাইতেছে, সুইচের অপর টার্মিনালটি পয়েণ্ট, হোল্ডার বা সিলিং রোজের অপর টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত করা হইয়াছে। এই পদ্ধতিতে লাইনের তার সুইচ পর্য্যন্ত যাইতেছে; সুতরাং অধিক পরিমাণ কণ্ডুইট লাগিবে এবং যেহেতু লাইনের সমস্ত প্রবাহ (সকল পয়েণ্টের নিমিত্ত প্রবাহ) উহার মধ্য দিয়া বহমান সুইচে আগত কণ্ডুইটলাইনের মত মোটা হওয়া প্রয়োজন। অতএব অধিক তামা খরচ হয়। 'সিমপ্লেক্স' (Simplex) সিলিং রোজ ব্যবহার করিলে কণ্ডুইট ও তামার পরিমাণ অল্প লাগিবে। এই পদ্ধতি ৫৪৩ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে দৃষ্ট হইবে লাইন সিলিং রোজ পর্য্যন্ত আসিতেছে এবং সিলিং রোজ হইতে পৃথক তার সুইচে যাইতেছে এবং ঐ সিলিং রোজের পয়েণ্টের মধ্য দিয়া যে প্রবাহ প্রয়োজন কেবলমাত্র তাহাই সুইচে আগত তারের মধ্য দিয়া বহিবে. অতএব তারটি আর মোটা হইবার

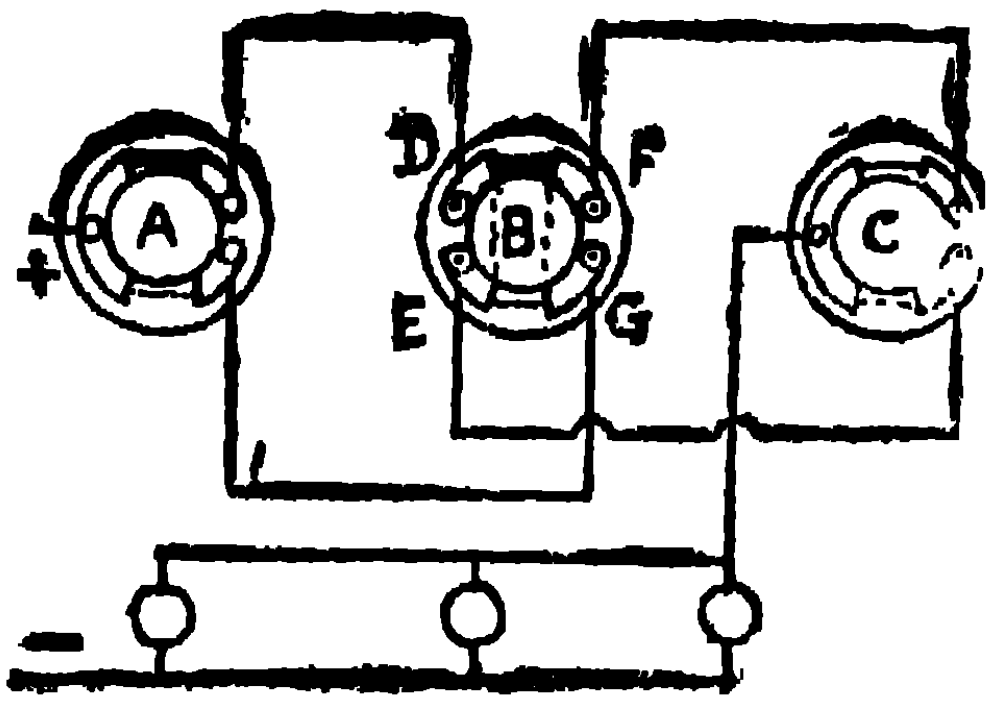


চিত্র—৫৪২



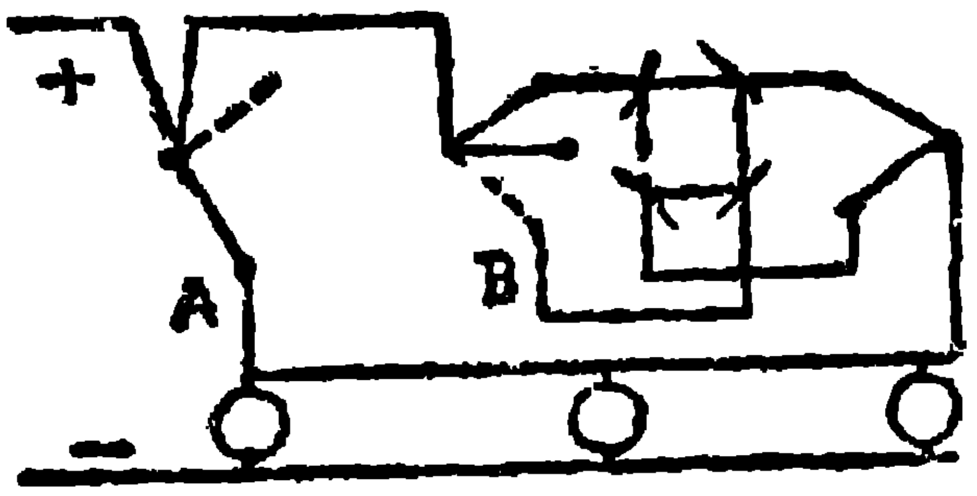
চিত্র—৫৪৩

আবশ্যক নাই এবং কণ্ডুইট সাশ্রয় হইল। লম্বা লম্বা বারাণ্ডা ও সিঁড়ি



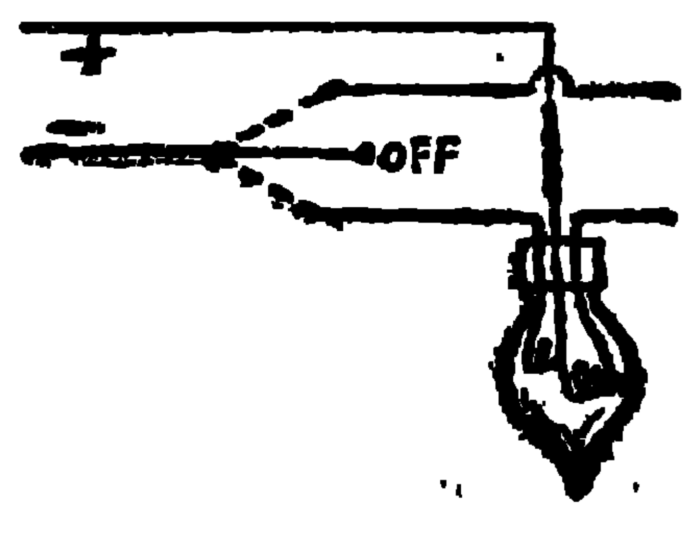
চিত্র—৫৪৪

প্রভৃতিতে পাখা বা আলোককে একাধিক স্থান হইতে পরিচালিত করিবার প্রয়োজন হয়। ৫৪৪ চিত্রে তিনটি সুইচ A, B, C দ্বারা পরিচর্য্যা দর্শিত হইয়াছে। টানা রেখাগুলি সুইচের এক অবস্থা ও ছিন্ন রেখাগুলি অপর অবস্থা নির্দ্দেশ করিতেছে এবং চিত্রে আলোকগুলি প্রজ্জ্বলিত আছে। যে কোন সুইচের অবস্থা বদলাইয়া দিলেই উহারা নিবিয়া যাইবে, তখন যে



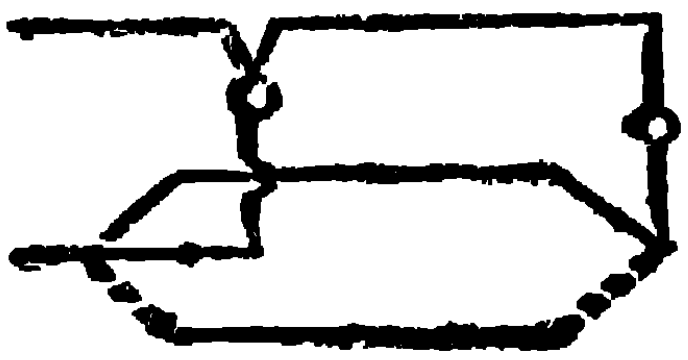
চিত্র—৫৪৫

কোন সুইচের অবস্থা বদলাইলে উহারা পুনঃ প্রজ্জ্বলিত হইবে। ৫৪৫ চিত্রে একটি পয়েণ্টকে দুই স্থান হইতে পরিচালিত করিবার ব্যবস্থা দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে দৃষ্ট হইবে বামদিকে একটি 'সিঙ্গল-ওয়ে' (Single-way) ও একটি 'টু-ওয়ে এ্যাণ্ড অফ' (Two way and off) সুইচ আছে। এই দুইটি সুইচই যদি "অফ" করা থাকে তাহা হইলে আলোকাদি জ্বলিতে পারে না, যদি টু-ওয়ে সুইচটী 'অন' করা থাকে এবং সিঙ্গল-ওয়ে সুইচটী 'অফ' করা থাকে তাহা হইলে অপরাপর সুইচ দ্বারা সার্কিট পরিচালিত হইতে পারে কিন্তু সিঙ্গল-ওয়ে সুইচটী 'অন' করা থাকিলে অপর কোন সুইচ দ্বারাই আলোকাদি নিবান যায় না। ৫৪৬ চিত্রে একটি টু-ওয়ে এ্যাণ্ড অফ সুইচ দ্বারা দুই ফিলামেণ্ট (হয়ত একটি ১ CP অপরটী ১৬ CP) আলোকের যে কোন ফিলামেণ্টকে ইচ্ছানুযায়ী প্রজ্জ্বলিত করা যায়। এই ব্যবস্থা হাসপাতাল প্রভৃতিতে



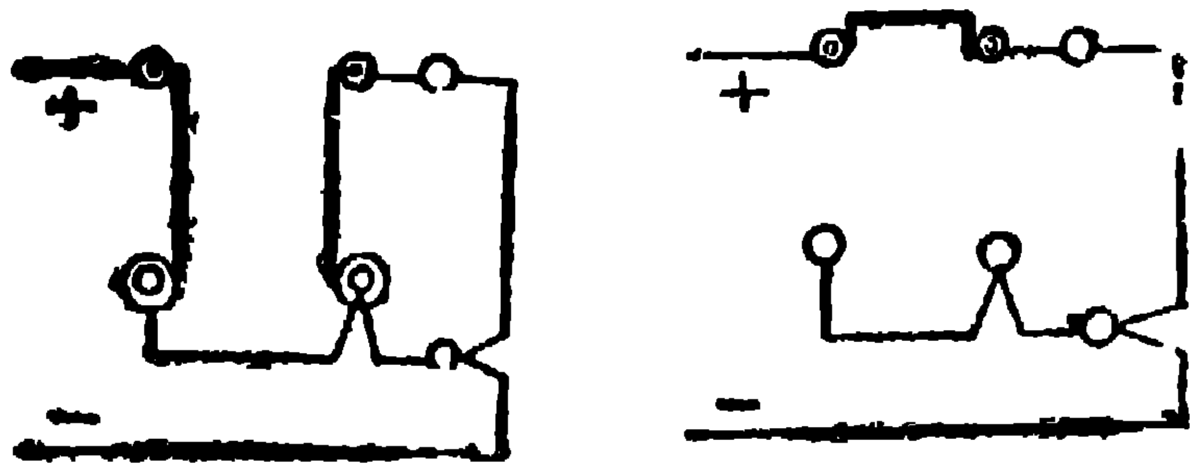
চিত্র—৫৪৬

ভহ প্রয়োজন হয়। বিছানায় শুইয়া আরামে পড়াশুনা করিতে ইচ্ছা করিলে ৫৪৭ চিত্রে দর্শিত ব্যবস্থা দ্বারা সাধিত হইতে পারে। ইহাতে



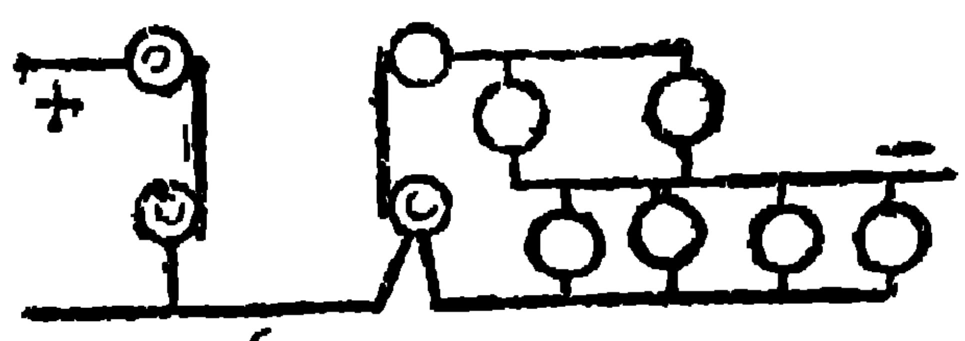
চিত্র—৫৪৭

বিছানার নিকট একটি থ্রি-ওয়ে সুইচ ও টেবিলের নিকট একটি টু-ওয়ে সুইচ আছে। ডানদিকের আলোটি টেবিলের সন্নিহিত ও বামদিকের আলোটি বিছানার সন্নিহিত। টু-ওয়ে সুইচ দ্বারা কেবল মাত্র ডানদিকের আলোকটি পরিচালিত হয় এবং টু-ওয়ে সুইচটি যেরূপ অবস্থাতেই থাকুক না কেন থ্রি-ওয়ে সুইচ দ্বারা যে কোন আলোককে পরিচালিত করা যাইতে পারে, কিন্তু একসঙ্গে উভয় আলোককে প্রজ্বলিত করা যায় না। ৫৪৮ ও ৫৪৯ চিত্রে 'সিরিজ প্যারালাল



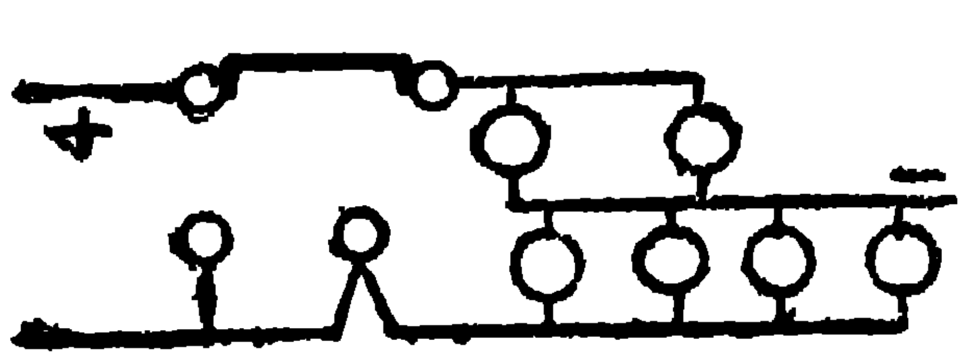
চিত্র—৫৪৮, ৫৪৯

এ্যাণ্ড অফ ডুপ্লেক্স সুইচ' দ্বারা ইচ্ছানুযায়ী একটি বা দুইটি আলোককে একটি সুইচ দ্বারা প্রজ্বলিত করিবার ব্যবস্থা দর্শিত হইয়াছে। ৫৪৮ চিত্রে আলোক দুইটি প্যারালাল ভাবে আছে, ৫৪৯ চিত্রে কেবলমাত্র একটি আলোক জ্বলিবে। ৫৫০-৫৫২ চিত্রগুলিতে দর্শিত

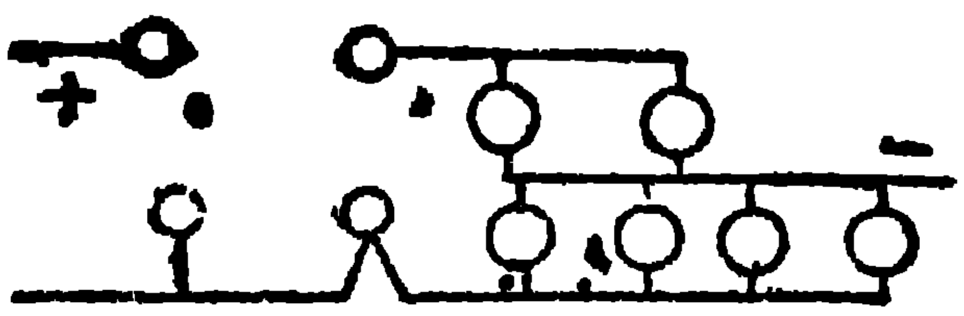


চিত্র—৫৫০

হইয়াছে কিরূপে উক্ত সিরিজ প্যারালাল এ্যাণ্ড অফ ডুপ্লেক্স সুইচ দ্বারা বড় বড় হলের মধ্যে অনেকগুলি বা ইচ্ছানুযায়ী কতিপয় বিশিষ্ট আলোককে প্রজ্বলিত করা যায়, ৫৫০ চিত্রে প্রত্যেক আলোকটি প্রজ্বলিত হইতেছে, ৫৫১ চিত্রে প্রত্যেক তৃতীয় আলোক প্রজ্বলিত দর্শিত হইয়াছে, এবং দৃষ্ট হইবে তাহারা উপরের সার্কিটে আছে ও ৫৫২ চিত্রে সমস্ত আলোকই নিবিয়া আছে।



চিত্র—৫৫১



চিত্র—৫৫২

অয়্যারিংএর দোষ নির্দ্ধারণ ও সংস্কার।

যদি ঠিক মত আলোক না জ্বলে বা মোটরাদি না চলে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে কোথাও দোষ হইয়াছে। এই দোষ হয় আলোক বা মোটরের মধ্যে, না হয় লাইনে হইয়া থাকিতে পারে। যাহাই হউক দোষ কিসে হইয়াছে এবং কোথায় কিরূপ ভাবের হইয়াছে তাহা পরীক্ষা করিয়া ধরিতে হইবে ও পরে তাহা সংশোধন করিতে হইবে।

দোষ হইয়াছে কিনা ধরিবার নিমিত্ত একটি আলোক ব্যবহৃত হয়, ইহাকে পরীক্ষক আলোক বা 'টেষ্ট ল্যাম্প' (Test Lamp) বলে—ইহা একটি সাধারণ নির্দ্দোষ ইনক্যানডেসেণ্ট আলোক।

(১) কোন আলোক ঠিক মত না জ্বলিলে ঐ আলোকটির পরিবর্ত্তে টেষ্ট ল্যাম্পটি ব্যবহার করিলে (ক) যদি ইহা ঠিকমত জ্বলে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে পরীক্ষাধীন আলোকটির নিজের মধ্যে দোষ হইয়াছে। (খ) আর যদি টেষ্ট ল্যাম্প না জ্বলে তাহা হইলে লাইনে দোষ হইয়াছে।

(২) ঠিক সেইরূপ মোটরের পক্ষে মোটরের পরিবর্ত্তে টেষ্ট ল্যাম্প ব্যবহার করিলে (ক) যদি ইহা ঠিকমত জ্বলে তাহা হইলে মোটরের মধ্যে দোষ হইয়াছে। (খ) আর যদি টেষ্ট ল্যাম্প না জ্বলে তাহা হইলে লাইনে দোষ হইয়াছে।

(১ক) আলোকের মধ্যে এই কয়টি দোষ ঘটিতে পারে (১) আলোর ফিলামেণ্ট কাটিয়া যাওয়া। ইহা আলোকের টার্মিনালের সহিত একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা (Call bell) সিরিজে সংযুক্ত করিয়া ব্যাটারি বা কোথাও হইতে কারেণ্ট দিলে যদি ঘণ্টা বাজে তাহা হইলে ফিলামেণ্ট কাটে নাই আর ফিলামেণ্ট কাটিয়া থাকিলে ঘণ্টা বাজিবে না। ফিলামেণ্ট কাটিয়া থাকিলে বাল্বটিকে বদলান ছাড়া উপায় নাই। (২ক) আলোকের ক্যাপের টার্মিনালদ্বয়ের সহিত ফিলামেণ্টের শেষ ভাগদ্বয়ের ঠিক মত সংযোজন না থাকা—ইহাতে বাল্বকে বদলাইতে হইবে।

(২খ) ক্যাপের টার্মিনালদ্বয়ের সহিত হোল্ডারের টার্মিনালদ্বয় ঠিকমত স্পর্শ না করা। এই দোষ কোন স্থলে উহাদিগের কোন একটিকে বা উভয়কে চাঁচিয়া দিলে, কোথাও বা গলিত রাং লাগাইয়া উঁচু করিয়া দিলে (যেখানে যেরূপ প্রয়োজন হয়) সংশোধিত হইতে পারে।

(২ক) মোটরের মধ্যে দোষ ঘটিয়া থাকিলে কোথায় কি প্রকারের দোষ হইয়াছে নির্দ্ধারণ করিয়া মেরামত করিবে (মোটরের পরিচয় দ্রষ্টব্য)।

(১খ, ২খ) লাইনের মধ্যে দোষ হইয়া থাকিলে এই কয়েক প্রকারের দোষ ঘটিয়া থাকিতে পারে :—

(১) সংলগ্নতাহীনতা বা ডিসকন্টিনিউইটি (Discontinuity)।

(২) ভুল তার বা রংপোলারিটী (Wrong Polarity)।

(৩) সর্ট সার্কিট (Short circuit) বা আর্থ কনেক্সান।

(৪) মন্দ রোধকতা বা ব্যাড ইনসুলেসান (Bad Insulation)।

সংলগ্নতাহীনতা (ক) বৈদ্যুতিক উপকরণগুলির মধ্যে অথবা (খ) লাইনের তারের মধ্যে ঘটিতে পারে ;—

(ক) বৈদ্যুতিক উপকরণের দোষ যথা, হোল্ডার, সিলিং রোজ, ফিউজ কাট আউট, জয়েন্ট বক্স, সুইচ প্রভৃতির মধ্যে দোষ হেতু ঠিকমত বৈদ্যুতিক সংযোগ না হওয়া। ইহা টেষ্ট বাল্ব লইয়া হোল্ডার হইতে আরম্ভ করিয়া পর পর সুইচ বোর্ড অবধি পরীক্ষা করিয়া ধরিতে হইবে কোন্‌টি যথারীতি কার্য্য করিতেছে না। ইহাদিগের মধ্যে সুইচকে সদা সর্ব্বদা ঘাঁটাঘাঁটি করা হয় বলিয়া ইহার মধ্যে নানা প্রকার দোষ ঘটিবার সম্ভাবনা, তন্মধ্যে এই গুলি উল্লেখ যোগ্য। সুইচের মধ্যে বন্ধন স্ক্রু ঢিলা হইয়া যাওয়ার দরুণ লাইনের তারদ্বয় সুইচের ধাতুখণ্ডদ্বয়ের সহিত ঠিকমত সংযুক্ত না হওয়া, এরূপ স্থলে বন্ধন স্ক্রুকে আঁটিয়া টাইট দিতে হইবে। সুইচের মধ্যে ধূলা বা কলঙ্ক পড়া হেতু সুইচ হ্যাণ্ডেলের ধাতুখণ্ড দ্বারা সুইচ মধ্যে তারের ধাতু-খণ্ডদ্বয়ের পরস্পরের সহিত ঠিকমত সংযোগ না হওয়া, এরূপ স্থলে উহাদিগকে

শিরিস কাগজ দিয়া মাজিয়া ঝাড়িয়া পরিষ্কার করিয়া দিতে হইবে। মেনের সুইচ খারাপ হইলে বা ফিউজ গলিয়া গেলে তদধীনস্থ সমস্ত আলোক নিবিয়া যাইবে ও পাখা প্রভৃতি বন্ধ হইয়া যাইবে। ফিউজ বিগলিত হইলে নূতন ফিউজ তার দ্বারা উহা পুনরায় সংযুক্ত করিয়া দিতে হইবে, এই সময় সুইচ দ্বারা লাইনকে মেন হইতে বিযুক্ত রাখিতে হইবে, নচেৎ সক লাগিবে। সুইচ খারাপ হইলে তাহাকে মেরামত করিবার সময়ে প্রথমে মেনের ফিউজকে সুইচ হইতে খুলিয়া দিয়া মেরামত করিতে হইবে, পরে সুইচকে 'অফ' (off) করিয়া ফিউজ লাগাইয়া দেওয়া হয়, তাহা হইলে আর সক লাগিবে না। সুইচ প্রভৃতির মধ্যে ঠিকমত সংযোগ ক্রিয়া সাধিত হইতেছে কিনা ধরিতে হইলে উহার উভয়দিকের তার লইয়া একটি তারকে ব্যাটারির এক টার্মিনালের সহিত ও অপর তারকে ঐ ব্যাটারির ভোল্টেজে প্রজ্জ্বলনক্ষম একটি আলোকের সহিত সংযোগ করিতে হয়; পরে ব্যাটারির অপর টার্মিনাল হইতে একটি তার লইয়া আলোকটির অপর টার্মিনালে যোগ করিয়া সুইচ 'অন্' করিলে, যদি আলোক জ্বলে তাহা হইলে সুইচের মধ্যে সংযোজন ঠিকমত ঘটিতেছে. আর আলোক না জ্বলিলে সংযোজন ঘটিতেছে না। 'কল-বেলের' সাহায্যে এই পরীক্ষা চলিতে পারে। জয়েণ্ট বক্স, ফিউজ বক্স প্রভৃতির মধ্যে সংযোজন ঠিকমত আছে কিনা কল বেলের সাহায্যে উক্ত প্রণালী মত পরীক্ষা করিতে হয়।

সংলগ্নতা পরীক্ষা (Continuity test) করিতে হইলে দেখিতে হইবে প্রত্যেক তারের আদি হইতে শেষপ্রান্ত পর্য্যন্ত বৈদ্যুতিক সংলগ্নতা আছে কি না অর্থাৎ এক প্রান্তে প্রবাহ দিলে অপর প্রান্ত পর্য্যন্ত তাহা চালিত হয় কিনা। কল বেলের সাহায্যে এই পরীক্ষা খুব সহজেই সাধিত হয়। ব্যাটারির একটি পোলের সহিত যে তারের সংলগ্নতা পরীক্ষা করা হইবে তাহার একপ্রান্ত সংযুক্ত করিতে হইবে, তারের অপর প্রান্ত বেলের এক টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে ও বেলের অপর টারমিনাল

ব্যাটারির অপর পোলটির সহিত সংযুক্ত করিলে যদি ঘণ্টা বাজে তবে সংলগ্নতা ঠিক আছে, আর সংলগ্নতা ঠিক না থাকিলে ঘণ্টা বাজিবে না।

পোলারিটী টেষ্ট :—তারের পোল ঠিকমত না হইলে অর্থাৎ একটি পজিটিভ ও অপরটি নেগেটিভ না হইলে, বৈদ্যুতিক পথ বা সার্কিট সম্পূর্ণ হয় না। যথা, একটি আলোক বা পাখাকে দুইটি পজিটিভ বা দুইটি নেগেটিভ তারের সহিত সংযুক্ত করিলে উহা জ্বলিবে না বা চলিবে না। এই সকল কারণে নানা প্রকার কার্য্য বিশেষে কোন স্থলে একটি পজিটিভ ও একটি নেগেটিভ এই দুই বিভিন্ন প্রকারের তার, কোথাও বা উভয়েই পজিটিভ বা উভয়েই নেগেটিভ অর্থাৎ একই প্রকারের তার প্রয়োজন হয়। এই নিমিত্ত তারের পোলারিটী নির্দ্ধারণ প্রয়োজন হয় ও এই উদ্দেশ্যে 'পোল ফাইণ্ডিং পেপার' নামক এক প্রকার কাগজ ব্যবহৃত হয়। গ্যালভানোস্কোপ সাহায্যে এই কার্য্য সমাধা হইতে পারে। পজিটিভ ও নেগেটিভের জন্য দুই বিভিন্ন রংএর তার ব্যবহার করিলে পোলারিটীর সমস্যা কম হয়।

সর্ট সার্কিট :—আলোক বা পাখা প্রভৃতি বা অন্য কোন বাধা ব্যতীত পজিটিভের সহিত নেগেটিভ তারকে সংযুক্ত করিয়া সার্কিট বা পথ সম্পূর্ণ করিলেই সর্ট-সার্কিট বা ক্ষুদ্র পথ হইল। সর্ট-সার্কিট বা আর্থ কানেক্সান নির্দ্ধারণে প্রায় সকলেই মেগার প্রভৃতি যন্ত্রটি ব্যবহার করিয়া থাকেন। পরীক্ষক যন্ত্রের পরিচয় দ্রষ্টব্য।

ইনসুলেসান টেষ্ট :—তার যেরূপ ভাবেই রবার প্রভৃতি দ্বারা রোধিত হউক না কেন, এবং সুইচ, সিলিং রোজ, জয়েণ্ট ও ফিউজ বক্স প্রভৃতি যেরূপ ভাবের ভাল অপরিচালক পদার্থ দ্বারা প্রস্তুত হউক না কেন, সকল সময়েই কিছু না কিছু প্রবাহ উহাদের মধ্য দিয়া অজ্ঞাতসারে প্রবাহিত বা লীক (Leak) হইতে থাকে। লীক হইতেছে কিনা দেখিতে হইলে অয়্যারিং এর তারের সহিত একটি গ্যালভানোমিটারকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া ব্যাটারি হইতে প্রবাহ দিলে দৃষ্ট হইবে সুইচ অফ

করা বা হোল্ডারে বাল্ব না থাকা প্রভৃতি সত্ত্বেও গ্যালভানোমিটারের সূচ ঘুরিয়া যায়। লীকের পরিমাণ অয়্যারিংএর ইনসুলেসানের বাধা হইতে পরিমিত হয়—ইনসুলেসানের বাধা যত অধিক দৃষ্ট হইবে লীক তত কম হইতেছে বুঝিতে হইবে। এই ইনসুলেসানের বাধা মেগার দ্বারা দৃষ্ট হয়। কি পরিমাণ লীক হইতে দেওয়া যাইতে পারে তাহা ইলেক্ট্রিক সাপ্লাই কোম্পানী দ্বারা নির্দ্ধারিত হয়।

মেগার ব্যবহার পদ্ধতি।

মেনের সহিত জমির ইনসুলেসান পরীক্ষা ঃ—মেনের এক প্রান্তকে l টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, অপর প্রান্ত খোলা থাকিবে ও e টার্মিনালকে জমি সংলগ্ন করিতে হইবে। তৎপরে সমস্ত আলোক প্রভৃতিকে অপসারিত করিয়া সুইচগুলিকে অন্ করিয়া দিয়া জেনারেটারকে মিনিটে ৬০ বার হিসাবে ঘুরাইতে হইবে। তাহা হইলেই ওমমিটারে জমি হইতে মেনের ইনসুলেসান দর্শিত হইবে।

দুইটি মেনের মধ্যে ইনসুলেসান পরীক্ষা ঃ—মেনদ্বয়ের আদি প্রান্তদ্বয় যথাক্রমে l ও e এর সহিত সংযুক্ত করিতে হয় এবং উহাদের শেষ প্রান্তদ্বয়কে খোলা রাখিতে হয় ও সমস্ত আলোক প্রভৃতিকে খুলিয়া লইতে হয়।

সমস্ত ইন্‌ষ্টলেসানের ইনসুলেসানের বাধা পরীক্ষা :—

l কে লাইনের আদি প্রান্তের সহিত ও e কে জমির সহিত সংযুক্ত করিতে হয় এবং সমস্ত ফিউজ, সুইচ ও আলোক প্রভৃতিকে যথাযথ স্থানে সংযুক্ত রাখিতে হয়। ইনসুলেসানের বাধা নির্দ্ধারিত (Standard) বাধা অপেক্ষা কম দর্শিত হইলে নিশ্চয়ই অপর্য্যাপ্ত লীক ঘটিতেছে। কোন্ ভাগে বা শাখায় দোষ ঘটিয়াছে ধরিতে হইলে, দূরবর্ত্তী স্থান হইতে

আরম্ভ করিয়া এক একটি করিয়া কাট আউটকে খুলিয়া দিতে হয় ও প্রত্যেক বার ইনস্যুলেসানের বাধা দেখিতে হয়।

দ্রষ্টব্য :—সন্নিহিত কেব্‌ল হইতে লীক হেতু বা সন্নিহিত চুম্বকরাজ্য হেতু উক্ত পরীক্ষায় ভুল আসিতে পারে, সেইজন্য পরীক্ষাকালে রাস্তার মেনকে ডবল পোল সুইচ দ্বারা গৃহ হইতে বিযুক্ত করা কর্ত্তব্য এবং ম্যাগনেটোকে একবার একদিকে তৎপরে বিপরীত দিকে ঘুরাইয়া পরীক্ষা করা উচিত। এবং লাইনে যে ভোল্টেজ প্রযুক্ত হইবে, পরীক্ষাকালে তাহার দ্বিগুণ বা ততোধিক ভোল্টেজ ব্যবহার করিতে হয়, কারণ দোষযুক্ত লাইন কম ভোল্টেজে ঠিকমত কার্য্য করিতে পারে, কিন্তু কার্য্যকরী ভোল্টেজ প্রযুক্ত হইলেই উহা অকর্ম্মণ্য হয়। এইজন্য "ইনষ্টিটিউসান অফ ইলেকট্রিক্যাল ইঞ্জিনীয়ার" কর্ত্তৃক ইনস্যুলেসানের ন্যূন বাধার নিমিত্ত নিম্নলিখিত নিয়ম প্রদত্ত হইয়াছে।

(১) জমির সহিত ওয়ারিং তারের সমস্তটির বা কোন অংশের ইনস্যুলেসানের বাধা ফিটিং ও আলোক প্রভৃতি লাগাইবার পূর্ব্বে মাপিতে হইলে কার্য্যকরী ভোল্টেজের দ্বিগুণ অপেক্ষা কম ভোল্টেজ হইলে চলিবে না, এবং ঐ বাধা ৩০কে পয়েন্ট সংখ্যা দিয়া ভাগ দিলে যে ভাগফল হয় তত মেগোম অপেক্ষা কম হইলে চলিবে না। পয়েন্ট সংখ্যা বলিতে আলোক বা মোটর প্রভৃতিতে প্রবাহ যোগাইবার জন্য যত জোড়া তার লাগে তাহাই ধরিতে হয়।

(২) নিম্নলিখিত পরীক্ষা না করা পর্য্যন্ত লাইনে প্রবাহ চালান হইবে না—সমস্ত আলোক প্রভৃতিকে ঠিকভাবে লাগাইয়া দিয়া এবং সমস্ত সুইচ ও ফিউজ প্রভৃতিকে অন্ করিয়া দিয়া কার্য্যকরী ভোল্টেজের দ্বিগুণ ভোল্টেজ প্রযুক্ত করিলে ইনস্যুলেসানের বাধা যেন কোন মতেই ২৫কে আলোক সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলে যত ভাগফল হয় তত মেগোম অপেক্ষা কম না হয়। আলোক এবং অন্যান্য অবলম্বনগুলিকে খুলিয়া

লইলে পরিচালকগুলির মধ্যে ইনসুলেসানের বাধা যেন ২৫কে আলোক সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলে যে ভাগফল হয় তত মেগোম অপেক্ষা কম না হয়। এইভাবে প্রাপ্ত কোন অংশের ইনসুলেসানের বাধা ১ মেগোমের ন্যূন হইলে তাহাতে কোন মোটর, হীটার (Heater) বা তাপক অথবা অন্য কোন অবলম্বন ব্যবহার করা উচিত নহে।

লীক:—কি পরিমাণে কারেণ্ট লীক হইতেছে তাহা লাইনের ভোল্টেজকে ইনসুলেসানের বাধা দিয়া ভাগ করিলে পাওয়া যায় এবং এই লীকের পরিমাণ যেন এককালে সমস্ত আলোক, মোটর প্রভৃতি কার্য্য করিলে যে প্রবাহ লাগে তাহার $\frac{1}{5000}$ ভাগের অধিক না হয়।

দ্রষ্টব্য :—এস্থলে জানা প্রয়োজন যে তার খাটাইবার সঙ্গে সঙ্গে উহাদের কন্টিনিউইটি ও ইনসুলেসানের বাধা এবং সুইচ, সিলিং রোজ, পেণ্ডাণ্ট, প্লাগ প্রভৃতির অপরিচালক পদার্থের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহে কিনা পরীক্ষা করিয়া যাওয়া উচিৎ। তারের কন্টিনিউইটি পরীক্ষার্থে উহাকে ব্যাটারি ও গ্যালভানোমিটারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করিতে হইবে। গ্যালভানোমিটারের সূচ ঘুরিলেই কন্টিনিউইটি ঠিক আছে। কোন ফিটিংকে পরীক্ষা করিতে হইলে ব্যাটারি ও গ্যালভানোমিটার হইতে তারদ্বয় লইয়া ফিটিংটির রোধিত ধাতুখণ্ডদ্বয়ের সহিত সংযুক্ত করিলে যদি সূচ ঘুরিয়া যায় তাহা হইলে ফিটিংটির দোষ আছে।

অনুশীলনী

১। অয়ারিংএ কি কি দোষ হইতে পারে ?

২। ইনসুলেসানের দোষ কি ভাবে পরীক্ষিত হয় ?

৩। মেগার কি কি কার্য্যে ব্যবহৃত হয় ?

৪। 'সর্ট'স-র্কিট' কাহাকে বলে ও উহা কিরূপে লক্ষিত হয়

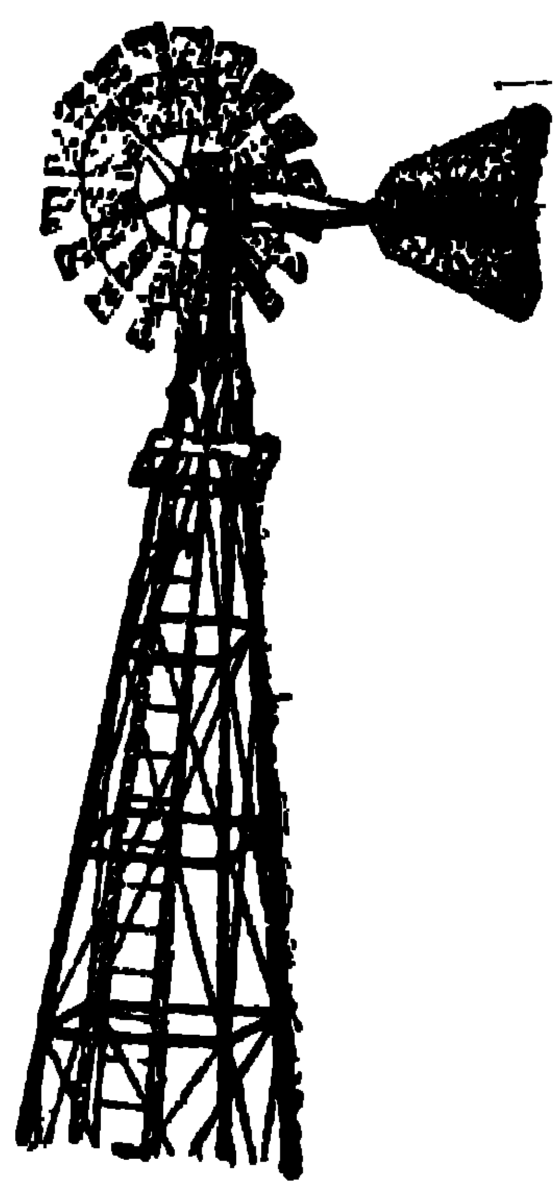
পঞ্চবিংশ পরিচয়।

ক্ষমতা উৎপাদক (Power Plant)।

পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে যে সওদাগরি বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করিতে হইলে সেল বা ব্যাটারির দ্বারা হওয়া অসম্ভব, সেই জন্য ডায়নামো, অলটারনেটার প্রভৃতি দ্বারা বৈদ্যুতিক শক্তির সরবরাহ করা হয়।

যে সকল স্থানে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহকারী কোন কোম্পানী নাই সেই সকল স্থানে বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যবহারের প্রয়োজন হইলে ব্যবহারকারিকে শক্তি প্রস্তুত করিয়া লইতে হইবে। পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে বৈদ্যুতিক প্রকাশ অপরাপর শক্তির অবস্থান্তর মাত্র এবং শক্তির এই অবস্থা ঘটাইবার জন্য অনেক উপায় ও যন্ত্র প্রস্তুত হইয়াছে। ইহাদের মধ্যে কতিপয় যন্ত্র ব্যবসা সূত্রে সর্ব্ব উপায় অপেক্ষা কার্য্যকরী। ইহারা ম্যাগনেটো, ডায়নামো অল্টারনেটার প্রভৃতি নামে অভিহিত হয়। এই সকল যন্ত্র চুম্বক-অবস্থার সহায়তায় বৈদ্যুতিক শক্তির সঞ্চার করা হেতু ইহাদের ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেটিক (Electro-Magnetic) জেনারেটার বলা যায়। এই ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেটিক জেনারেটারকে বৈদ্যুতিক শক্তির প্রকাশ করিতে হইলে ইহাদের কোন কোন অংশকে চালনা করিবার প্রয়োজন হয়। এই অংশ বা অংশ সকল চালনা করিতে হইলে পৃথক শক্তির দ্বারা চলন গতির বিকাশ প্রথমে করিতে হয় এবং সেই চলনগতির দ্বারা ইহাদের অংশ বা অংশ সকল চালিত হয়, সেইজন্য এই ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেটিক জেনারেটারকে প্রথম চালক বলা যায় না। এই জেনারেটারকে গতি দিতে হইলে, হয় কোন জীবশক্তি দ্বারা না হয় কোন প্রাথমিক গতি সঞ্চারকারী কলের দ্বারা দিতে হয়। রীতিমত ভাবে কার্য্য লইতে হইলে জীবশক্তির দ্বারা একভাবে

কার্য্য হওয়া অসম্ভব সেইজন্য প্রথম চালক কলের দ্বারা কার্য্য করানই বিধেয়। প্রথম চালক (প্রাইমমুভার) মোটর বা ইঞ্জিন এই প্রথম চালককল সকল বিভিন্ন প্রকারের শক্তির স্থিতির অবস্থানুযায়ী প্রস্তুত হইয়া থাকে ও তাহারা বিভিন্ন নামে অভিহিত হয়। যথা—



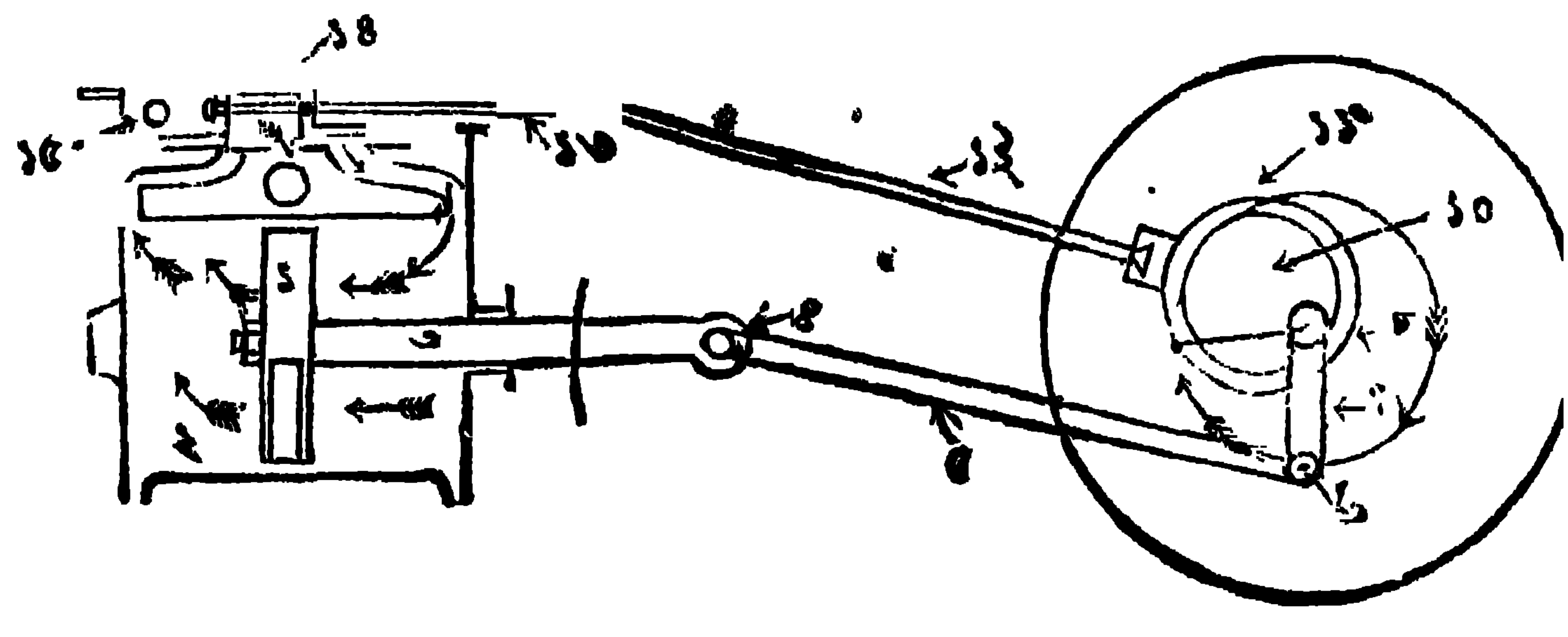
চিত্র—৫৫৩

(১) বহমান বায়ু চালিত প্রথমচালক কল (Wind mills) চিত্র—৫৫৩।

(২) প্রবহমান জল চালিত প্রথমচালক কল (Water Weel or Turbine) জল প্রপাত চালিত প্রথমচালক কল।

(৩) উত্তাপাবস্থায় দ্রব্যের আয়তন অল্পাধিক্যতা হেতু চালিত প্রথম চালক কল (Heat Engines). চিত্র—৫৫৪।

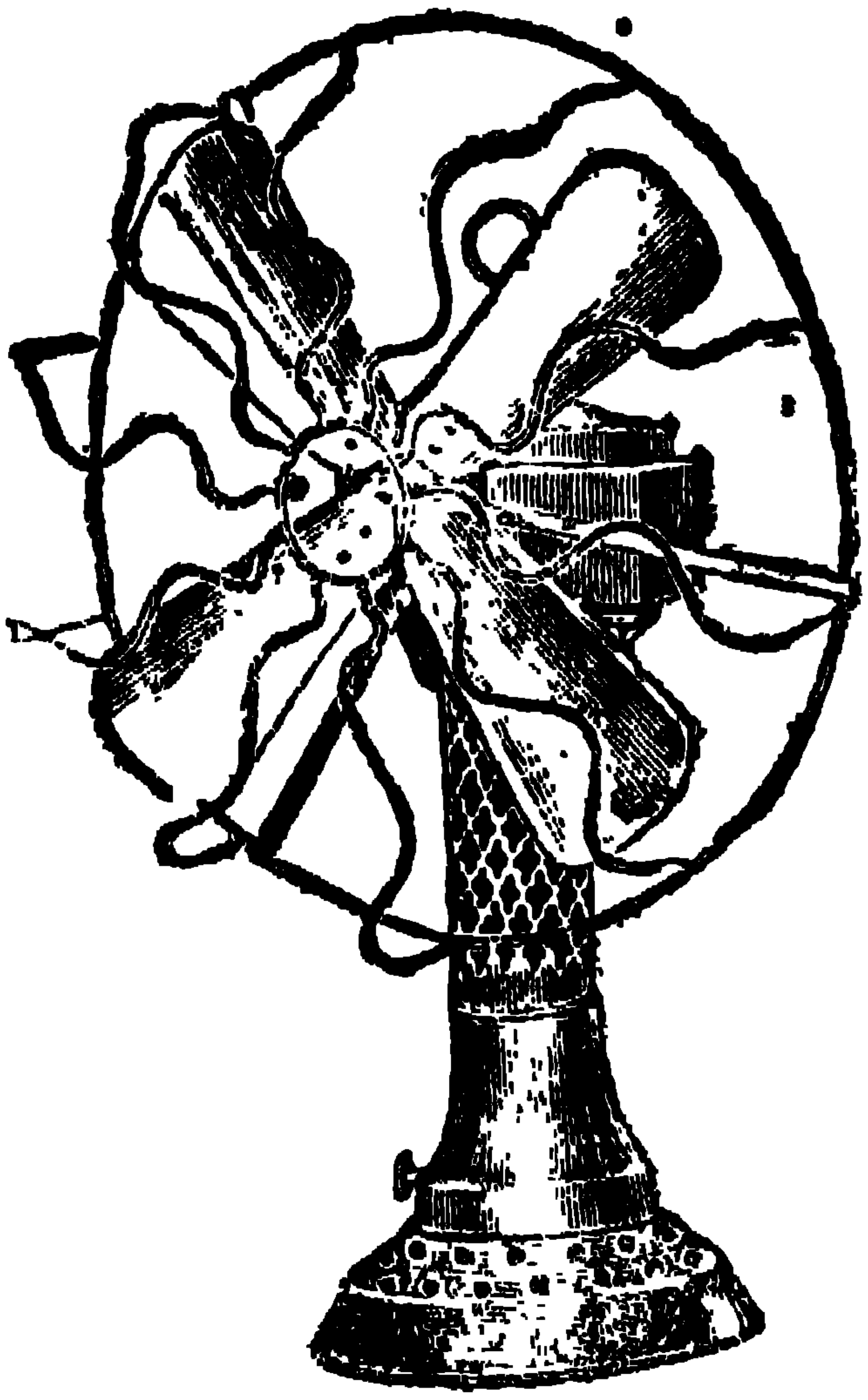
উপরোক্ত কয়েক প্রকার প্রথম চালক কল স্থান ও অবস্থার উপর নির্ভর করে। যেমন যদি অধিক ক্ষমতার প্রয়োজন হয় তবে তদনুযায়ী বড় প্রথম চালকের প্রয়োজন ও



চিত্র—৫৫৪

অল্প ক্ষমতার প্রয়োজন হইলে ছোট প্রথম চালকের প্রয়োজন। বায়ু চালিত কল প্রায়ই অল্প ক্ষমতা প্রয়োজন হইলে ব্যবহৃত হইয়া থাকে, আবার, বিশেষতঃ যেখানে প্রবল বায়ু প্রায় সদা সর্ব্বদা প্রবাহিত হইতে থাকে সেই খানেই এই প্রকার কল ব্যবহৃত হইতে

পারে। জলপ্রপাত চালিত কল প্রপাতের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। যেখানে ছোট প্রপাত আছে সেখানে অধিক ক্ষমতার প্রয়োজন হইলে সেই প্রপাতের দ্বারা কার্য্য সম্পন্ন হয় না। সেইখানে অপর প্রকারের শক্তি যাহা সহজে পাওয়া যায় সেই শক্তি চালিত কলের প্রয়োজন হয়। সকল স্থানে সব সময়ে বহমান বায়ু বা জল ও জলপ্রপাত প্রভৃতি পাওয়া যায় না। সেই কারণে উত্তাপ শক্তি চালিত কলেরই অধিক প্রচলন। কারণ উত্তাপশক্তি বিভিন্ন প্রকার ইন্ধন হইতে পাওয়া যাইতে পারে এবং ঐ ইন্ধন কোন না কোন প্রকারে এক স্থান হইতে স্থানান্তরে বহন করিয়া লইয়া যাইয়া কার্য্য করান যাইতে পারে।



চিত্র—৫৫৫

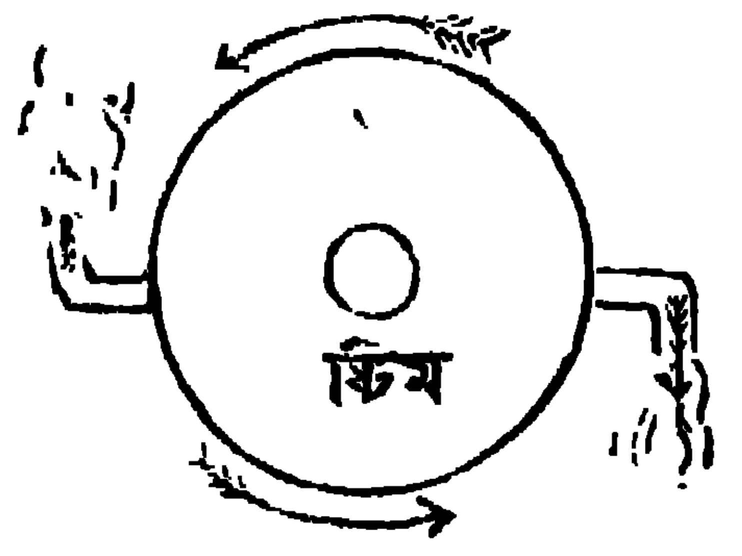
উত্তাপ শক্তি জনিত প্রথম চালক কল দুই প্রধান পদ্ধতিতে কার্য্য করে যথা—

(১) একসটারনাল কম্বাশ্চান ইঞ্জিন।

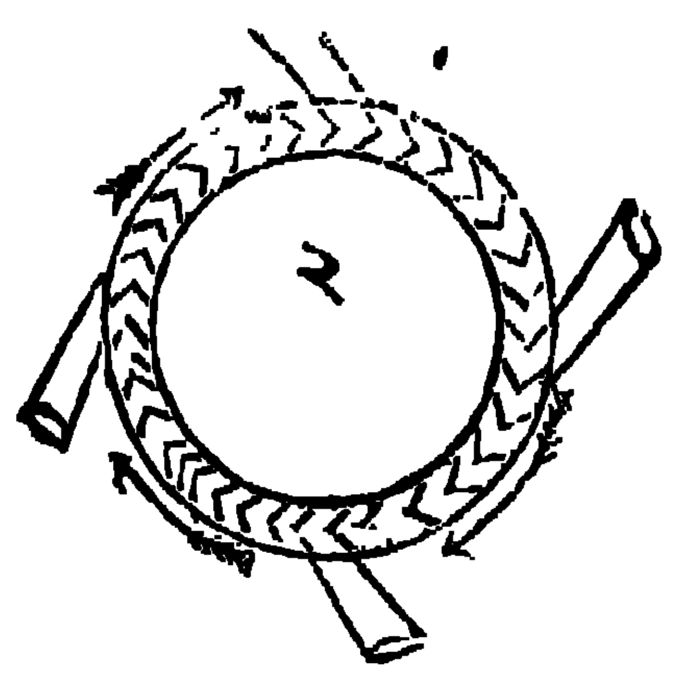
(২) ইন্টার্ণাল কম্বাশ্চান ইঞ্জিন।

যে যন্ত্রে শক্তিকে কার্য্যকরী ক্ষমতাতে আনয়ন করা যায় তাহাকে ইঞ্জিন বলা যায়। উত্তাপ শক্তির ব্যবহার উপরোক্ত দুইপ্রকার ইঞ্জিন দ্বারা হইতে পারে। উত্তাপ শক্তি কোন দ্রব্যের মধ্যে প্রবেশ করিয়া সেই দ্রব্যের আকৃতি বৃদ্ধি করাইতে দৃষ্ট হয়। সেই আকৃতি বৃদ্ধি যদি কোন আবৃত পাত্রের মধ্যে হয় এবং ঐ পাত্রে এমন ব্যবস্থা থাকে যাহাতে দ্রব্যের আকৃতি বৃদ্ধি হইবার চেষ্টা হইলে পাত্রের কোন অংশ সরিয়া গিয়া ঐ পাত্রস্থিত দ্রব্যের আকৃতি বৃদ্ধির জন্য স্থান সঙ্কুলান করায়, তখন দেখা যায় যে পাত্রের যে অংশটি স্থান সঙ্কুলানের জন্য সরিয়া যায় তাহার গতি প্রস্তুত হইয়াছে, কোন দ্রব্যকে গতি দ্বারা কার্য্য করাইতে হইলে এই শক্তিবান্ অংশের সহিত সুবিধামত সংযোগ করিতে পারিলে কার্য্য পাওয়া যাইতে পারে। অতএব দেখা যাইতেছে যে আমাদের ইঞ্জিন বলিলে একটি দ্রব্যাধারক পাত্র ও একটি গতিবান্ অংশ প্রয়োজন হয়। ঐ পাত্রটিকে সিলিণ্ডার ও গতিবান অংশটিকে পিষ্টন বলা যায়। জল ও গ্যাসের মধ্যে উত্তাপশক্তি প্রবেশ করিলে দেখা যায় উহার প্রভাবে জলের আকার বাষ্পে পরিণত হইয়া বৃদ্ধি হয় ও গ্যাস নিজ অবস্থাতেই বৃদ্ধি হয়। উত্তাপ শক্তি উহাদের মধ্যে প্রবেশ করিয়া উহাদের আকৃতি বৃদ্ধি করিবার চেষ্টা করিলে দেখা যায় যে যদি উহারা কোন আবৃত পাত্রের মধ্যে হয় এবং ঐ আবৃত পাত্র হইতে উহাদের নির্গত হইবার কোন উপায় না থাকে, তবে উহাদের আয়তন বৃদ্ধি পাইবার উপক্রম হেতু পাত্রের গাত্রে চাপ দিতে থাকে, ঐ চাপের অবস্থা এত বৃদ্ধি করা যাইতে পারে যে এমন কি এই পাত্রটিকে ফাটাইয়া

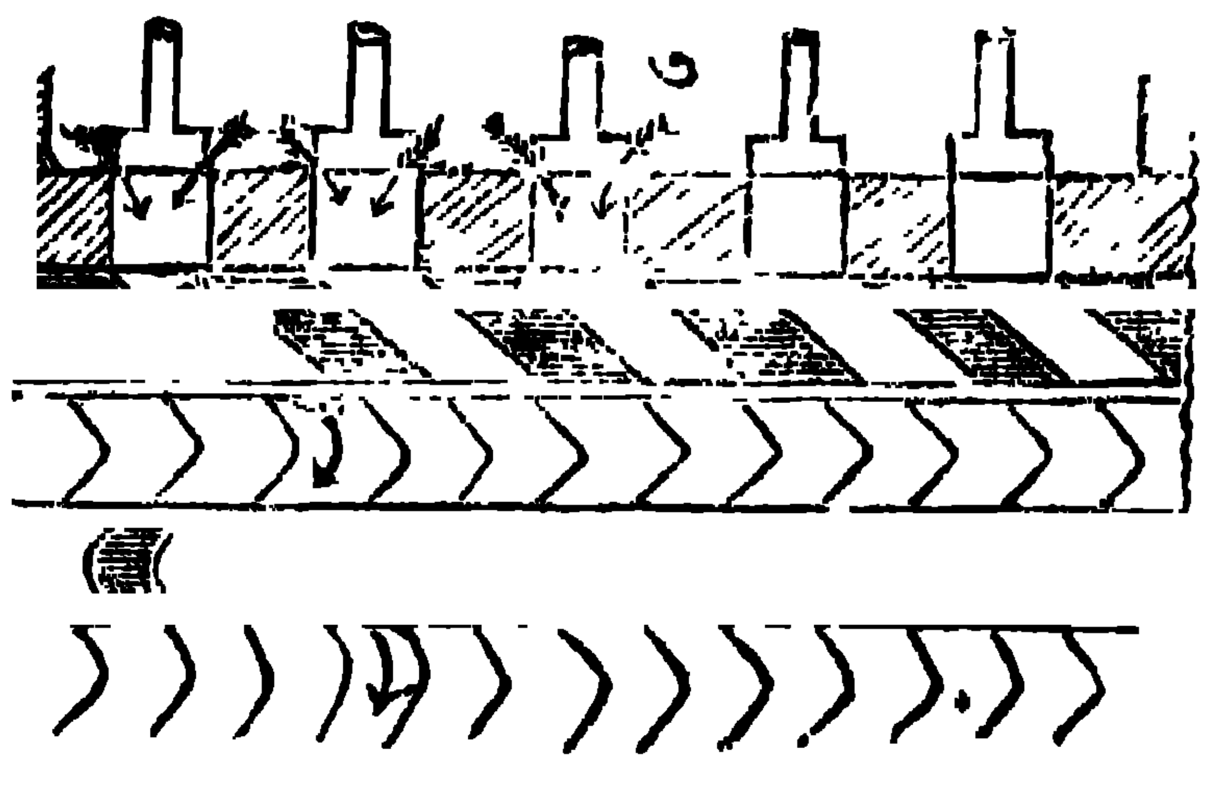
উহারা আয়তনে বৃদ্ধি হয়। আমাদের ইঞ্জিন এমন ভাবে প্রস্তুত হয় যে ঐ পাত্র না ফাটাইয়া পিষ্টন অংশকে ঠেলিয়া আয়তন বৃদ্ধির স্থান সঙ্কুলান করায়। অগ্নির দ্বারা জলের আয়তন বৃদ্ধি করিয়া চাপযুক্ত বাষ্প প্রস্তুত কার্য্য সিলিণ্ডারের মধ্যে না করাইয়া একটি ভিন্ন পাত্রে করা যায়। সেই পাত্রটিকে বয়লার বলা যায়। এই বয়লার হইতে চাপযুক্ত বাষ্প (steam) পাইপ দ্বারা লইয়া আসিয়া সিলিণ্ডারের মধ্যে দিলে সিলিণ্ডারের পিষ্টন অংশটি চলাচল করিয়া কার্য্য করে। এই নিমিত্ত বাষ্প বা ষ্টীম ব্যবহারকারী ইঞ্জিনকে 'একসটারনাল কম্বাশ্চান' ইঞ্জিন বলা যায়। যে সকল ইঞ্জিনে সিলিণ্ডারের মধ্যে প্রজ্বলনোপযোগী গ্যাস প্রবেশ করাইয়া উহার মধ্যেই অগ্নি সংযোগ করাইয়া গ্যাস বিস্ফারিত করিয়া পিষ্টনকে চলাচল করান যায় তাহাকে 'ইন্টার্ণাল কম্বাশ্চান' ইঞ্জিন বলা যায়। অধুনা এই একসটার্ণাল কম্বাশ্চান ও ইন্টার্ণাল কম্বাশ্চান কার্য্যের দ্বারা যে সকল ইঞ্জিনে সিলিণ্ডারের মধ্যে পিষ্টন যাতায়াত করিয়া কার্য্য করে তাহাদিগকে রেসিপ্রোকেটিং ইঞ্জিন ও যে সকল ইঞ্জিনে বাষ্প বা গ্যাস ধারক পাত্রের মধ্যে ঘূর্ণনক্ষম পাখাকে ঘুরাইয়া কার্য্য করান হয় তাহাদিগকে টারবাইন ইঞ্জিন বলা যায় চিত্র ৫৫৭।



চিত্র—৫৫৬



চিত্র—৫৫৭



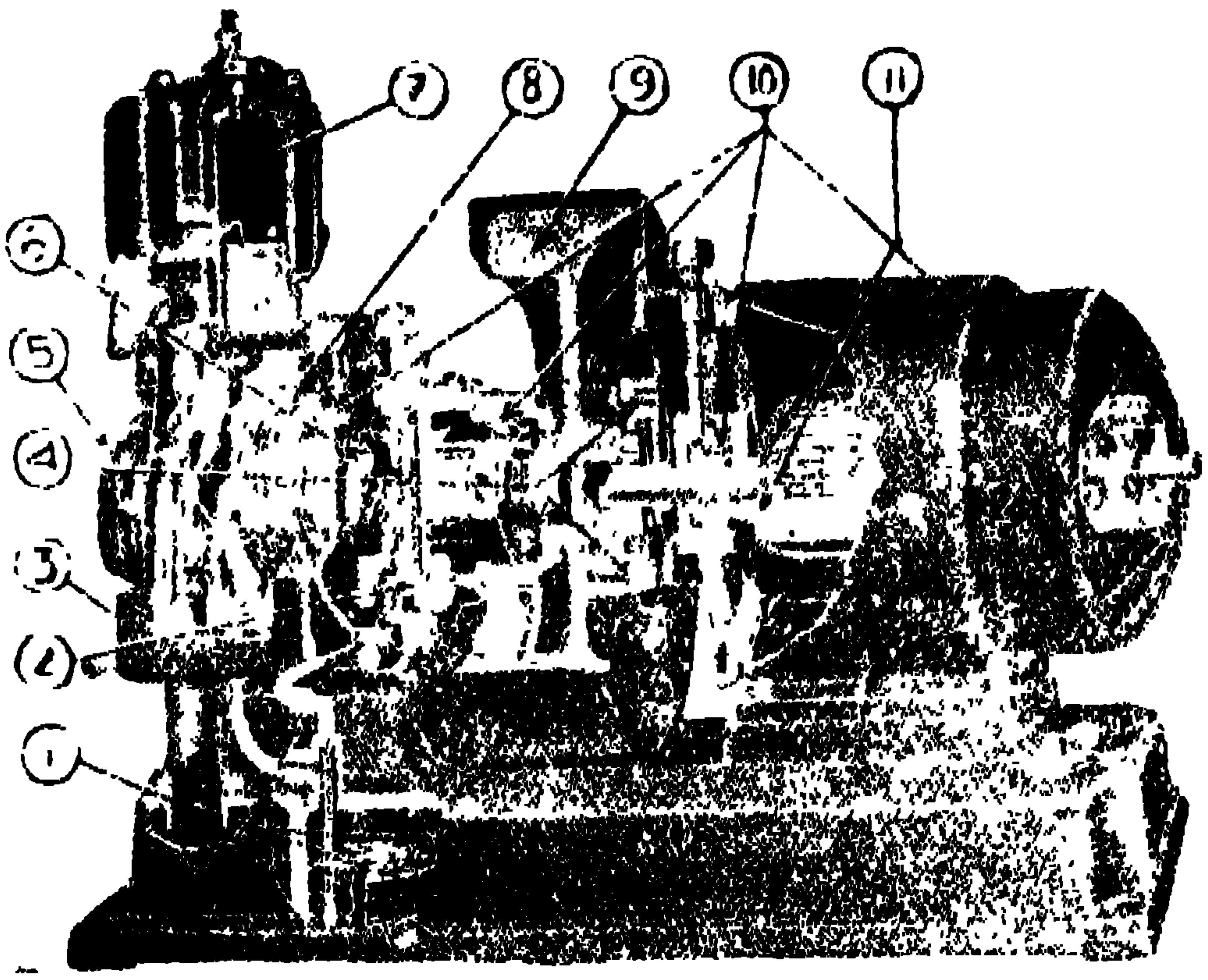
চিত্র—৫৫৮

আমাদের এই পুস্তকে ইঞ্জিন সকলের বিবরণ আয়ত্তাধীন নহে, ইহার বিষয় "মোটর শিক্ষক" পুস্তকে বিশদ ভাবে বর্ণিত হইয়াছে। আমাদের জানা বিশেষ প্রয়োজন যে বৈদ্যুতিক জেনারেটার চালাইতে হইলে ইঞ্জিনের গতি এক ভাবে থাকা প্রয়োজন, নতুবা জেনারেটারের ভোল্টেজ কম বেশী হইবার সম্ভাবনা। যখনই ডায়নামো প্রভৃতির জন্য প্রাইমমুভার বা ইঞ্জিন পৃথক ক্রয় করিতে হইবে তখন ভাল করিয়া বিক্রেতাকে বলিয়া দিতে হইবে যে ইঞ্জিনটি বৈদ্যুতিক কল চালাইবার জন্য প্রয়োজন।

আজকাল বাংলোতে বৈদ্যুতিক শক্তির দ্বারা কার্য্য করাইবার জন্য অনেক প্রকারের ছোট ছোট ইউনিট বা বৈদ্যুতিক প্লান্ট ব্যবহৃত হইতেছে।

ইহাদের প্রথম চালক বা ইঞ্জিন নানা প্রকার ইন্ধন দ্বারা চালিত। এই সকল ইঞ্জিন নিম্নলিখিত নামে অভিহিত হয়, যথা,—১। পেট্রোল ইঞ্জিন। ২। গ্যাস ইঞ্জিন। ৩। কেরোসিন ইঞ্জিন। ৪। ক্রুড অয়েল ইঞ্জিন। ৫। ডিসেল ইঞ্জিন। ৬। ষ্টীম ইঞ্জিন।

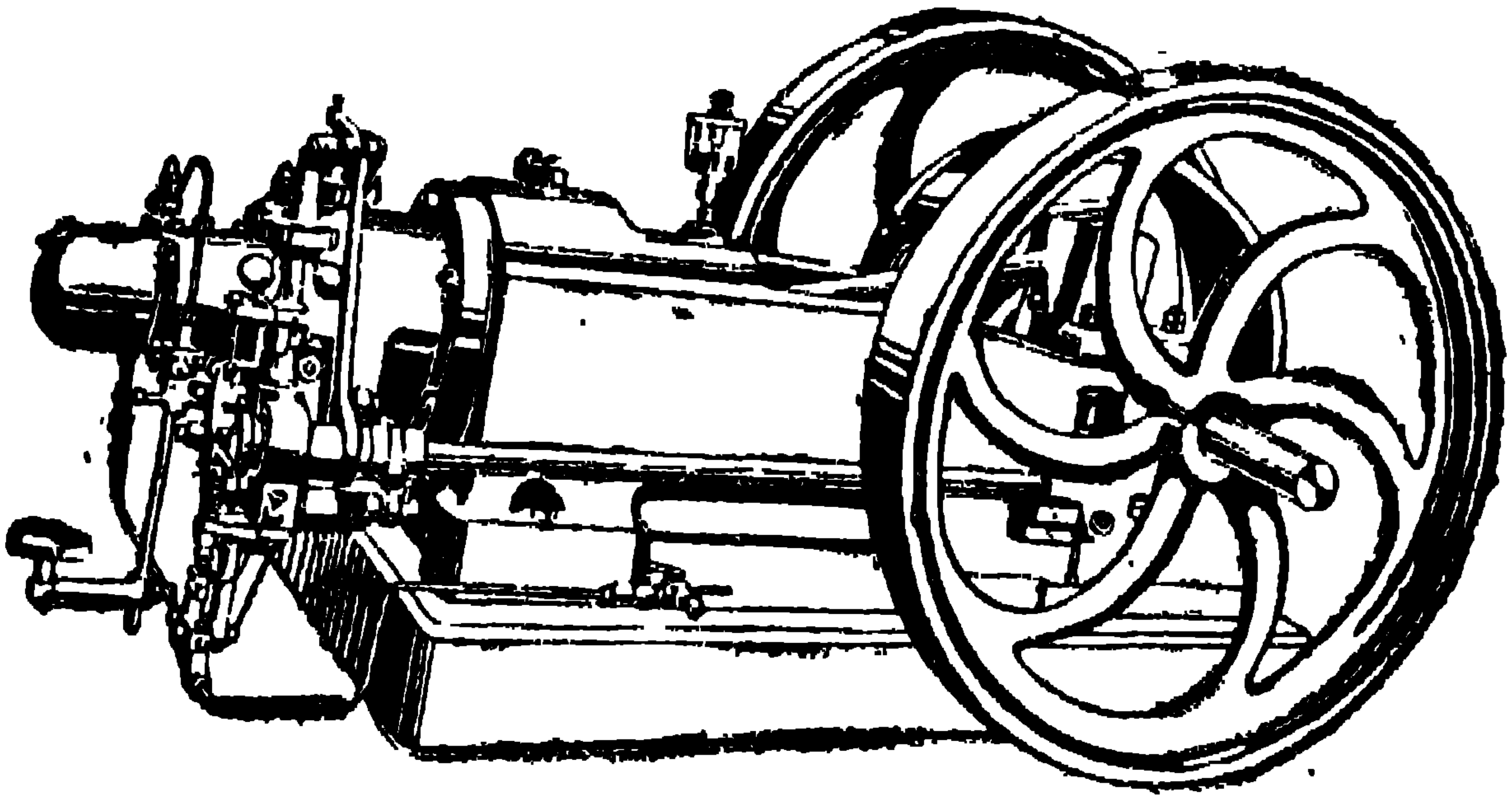
যে সকল স্থানে অল্প শক্তির প্রয়োজন সেখানে পেট্রোল ইঞ্জিন দ্বারা ডায়নামো চালানই বিধেয়। যদিও পেট্রোলে খরচ কিছু অধিক পড়ে, তথাপি ইহাকে চালাইবার জন্য অধিক বেগ পাইতে হয় না। বিশেষতঃ ইঞ্জিনের ক্র্যাঙ্ক সাফট দ্বারা ডায়নামো একেবারে চালিত হয়



চিত্র—৫৫৯

(Direct coupled), বেলটিং প্রভৃতির হাঙ্গামা ইহাতে নাই। পেট্রোল ও লুব্রিকেটিং তৈল এবং ইঞ্জিনকে শীতল রাখিবার ব্যবস্থা ঠিক রাখিলেই যে কোন অনভিজ্ঞ ব্যক্তির দ্বারাও ইহা চালিত হইতে পারে। ডেলকো প্রভৃতি অনেকগুলি সেট কতিপয় আলোক জ্বালাইবার ও পাখা প্রভৃতি চালাইবার জন্য প্রস্তুত হইয়াছে। ইহাদের মেকানিক্যাল ক্ষমতা ½ হইতে ৩ ঘোটক শক্তি পর্যান্ত হইয়া থাকে। ৫২২, ৫৫৯, ৫৬০ চিত্রে কয়েকটী ছোট ছোট ক্ষমতা প্রস্তুত কারক সমষ্টির চিত্র দেওয়া হইল :—

ইহার অধিক ক্ষমতা প্রয়োজন হইলে যেখানে গ্যাস পাওয়া যায়, সেখানে গ্যাস ইঞ্জিন, নতুবা কেরোসিন তৈল দ্বারা চালিত ইঞ্জিন ব্যবহার হয়। দশের অধিক ঘোটকের ক্ষমতা প্রয়োজন হইলে প্রায়ই ক্রুড অয়েল ইঞ্জিন বা সেমি ডিসেল ইঞ্জিন ব্যবহার করিলে ভাল হয়। ছোট খাট



চিত্র —৫৬০

সহরে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করিতে হইলে যেখানে ৫০ ঘোটক ক্ষমতা প্রয়োজন ক্রুড অয়েল ইঞ্জিনই সচরাচর ব্যবহার হইয়া থাকে। কোন কোন বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহকারী কোম্পানী সাকসান গ্যাস ইঞ্জিনও ব্যবহার করিয়া থাকে। আবার যদি ঐ শক্তি কোন কয়লা প্রধান দেশের জন্য প্রয়োজন হয়, তবে ষ্টীম ইঞ্জিন ব্যবহার হইয়া থাকে।

শক্তির 'চাহিদা' (Demand) অনুসারে প্রাথমিক গতি প্রদায়ক যন্ত্র ও বিদ্যুৎ-উৎপাদক কল প্রস্তুত হয়। যেখানে অল্প শক্তির প্রয়োজন সেখানে ঐ কার্য্য ছোট ছোট কল সকলের সাহায্যে হইতে পারে। আবার যেখানে চাহিদা অধিক সেখানে সুবৃহৎ কলের প্রয়োজন হয়। যেখানে শক্তিকে দূরে লইতে হয় ও সকল সময় 'চাহিদা' সমভাব থাকে না, সেখানে অযথা-ব্যয় লাঘব করিবার জন্য অন্যান্য উপায়ও অবলম্বন করিতে হয়। এখন আমরা সেই সকল বিষয় আলোচনা করিব।

সওদাগরি বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ :—

সওদাগরি বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করিতে হইলে নিম্নলিখিত বিষয়গুলির বিষয় ভাল করিয়া বিবেচনা ও যন্ত্রাদি সংগ্রহ করিতে হইবে।

১। দৈনিক ২৪ ঘণ্টার মধ্যে সর্ব্ব সমেত কতটা ক্ষমতার প্রয়োজন।

২। প্রতি মুহূর্ত্তে গড়ে কতটা ক্ষমতার প্রয়োজন।

৩। সমস্ত দিবা রাত্রে কখন ও কতক্ষণ গরিষ্ঠ ক্ষমতা প্রয়োজন।

৪। ক্ষমতা প্রেরণ কালে অপচয় কত।

৫। ডায়নামো বা অল্টারনেটারের পারকতা।

৬। ইঞ্জিন বা প্রথম চালকের পারকতা।

এই সকল বিষয় লক্ষ্য করিয়া ক্ষমতার হিসাব করিতে হইবে, তাহাতে ইঞ্জিনের হর্ষ-পাওয়ার পাওয়া যাইবে। এই হর্ষ পাওয়ারের উপর অন্ততঃ আরও একের চতুর্থাংশ ক্ষমতা সময় অসময়ের জন্য অধিক ধরিয়া ইঞ্জিনের হর্ষ-পাওয়ার ধার্য্য করিতে হইবে। ডায়নামো প্রভৃতি বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদক যন্ত্র সকল দুই এক ঘণ্টা কাল কথিত (declared) ক্ষমতার উপর ২৫% প্রয়োজন হইলে ২৫% অধিক ক্ষমতা দিতে সক্ষম হয়। এই দুই ঘণ্টা কালের অধিক সময় ঐ অধিক ক্ষমতার প্রয়োজন হইলে অন্য কোন উপায়ের দ্বারা ঐ অধিক ক্ষমতা যোগান প্রয়োজন, ইঞ্জিন ও ডায়নামোর ক্ষমতা গড় প্রয়োজন ক্ষমতার উপর হিসাব করা হয়। যেখানে দিবা রাত্রে একপ্রকার ক্ষমতার প্রয়োজন সেখানে একভাবে ক্ষমতা উৎপন্ন করিলেই চলে, কিন্তু যে সকল স্থানে দিবাভাগের কোন কোন সময় গড় ক্ষমতা অপেক্ষা অধিক ক্ষমতা প্রয়োজন হয় ও রাত্রে গড় ক্ষমতা অপেক্ষা কম ক্ষমতা প্রয়োজন, সেই সকল স্থানে হয় ইঞ্জিন ও ডায়নামোকে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক ক্ষমতার উপযোগী করিতে হয়, নতুবা গড় ক্ষমতার ইঞ্জিন ও ডায়নামো বসাইয়া উহার সহিত উপযুক্ত সেকেণ্ডারী ব্যাটারির ব্যবস্থা করিতে হয়। ঐ ব্যাটারির কেপাসিটী এইরূপ হওয়া

চাই, যাহাতে আবশ্যক হইলে ডায়নামোর সম্পূর্ণ ক্ষমতার অধিক ক্ষমতা প্রয়োজন হইলেও যোগাইতে পারে। এবং যখন গড় ক্ষমতা অপেক্ষা কম ক্ষমতার প্রয়োজন হয়, সেই সময় ইঞ্জিন ও ডায়নামোর অতিরিক্ত ক্ষমতার দ্বারা ব্যাটারিটী পুনরায় চার্জ্জ হইয়া থাকিতে পারে। আবার যে স্থানে অধিক ক্ষমতার প্রয়োজন ও চাহিদার পরিবর্ত্তন অধিক, সেই সকল স্থানে এক'সেট' ইঞ্জিন না বসাইয়া আবশ্যক মত একের অধিক 'সেট' বসাইলে প্রাথমিক খরচ একটু অধিক পড়ে বটে, কিন্তু চালাইবার খরচ মোটের উপর কম পড়ে। সাধারণতঃ সাপ্লাই কার্য্যের জন্য সাণ্ট ডায়নামো ব্যবহৃত হয়, ইহারা একের অধিক হইলে "বাস বার" দ্বার প্যারালাল বা সাণ্টে সংযুক্ত হয়। লক্ষ্য রাখিতে হয় যেন দ্বিতীয় ডায়মামোকে চালাইবার প্রয়োজন হইলে উহার ভোল্টেজ অপর চলন্ত ডায়নামোর ভোল্টেজের সহিত সমান হইলে তবে উহাকে সুইচ দ্বারা "বাস বারে" সংযোগ করিতে হয়। নতুবা ডায়নামোর রীতি অনুসারে ঐ দ্বিতীয় ডায়নামোটি বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন না করিয়া মোটর হইয়া চলিবে এবং প্রথম চলন্ত ডায়নামোকে সাহায্য না করিয়া বরং উহা হইতে বৈদ্যুতিক শক্তি লইয়া ঘুরিতে থাকিবে, সঙ্গে সঙ্গে দ্বিতীয় ডায়নামোর চালকইঞ্জিনেরও কতকটা ভার প্রথম চলন্ত ডায়নামোতে পড়ে। অতএব এইরূপ কার্য্য যাহাতে না হয় তাহা লক্ষ্য করিতে হইবে। ভোল্টেজ মিলন করিয়া সুইচ সংযোগকে 'সিনক্রনাইজিং' (Syncrhonising) বলে।

যদি বৈদ্যুতিক প্রবাহকে বহুদূরে লইয়া গিয়া কার্য্যে লাগাইতে হয়, তবে দেখা যায় যে হয় ঐ প্রবাহের চাপ অত্যধিক করিতে হয়, নতুব প্রবাহ বাহক কণ্ডাকটারের ব্যাস (diameter) বৃদ্ধি করিতে হয় অর্থাৎ মোটা তার ব্যবহার করিতে হয়। মোটা তার ব্যবহার করিতে গেলে খরচ অত্যন্ত অধিক পড়ে, সেইজন্য প্রবাহের চাপকেই (volt) অধিক করাই যুক্তিযুক্ত। আমরা জানি বৈদ্যুতিক শক্তি $= C \times V =$ watt, বৈদ্যুতিক

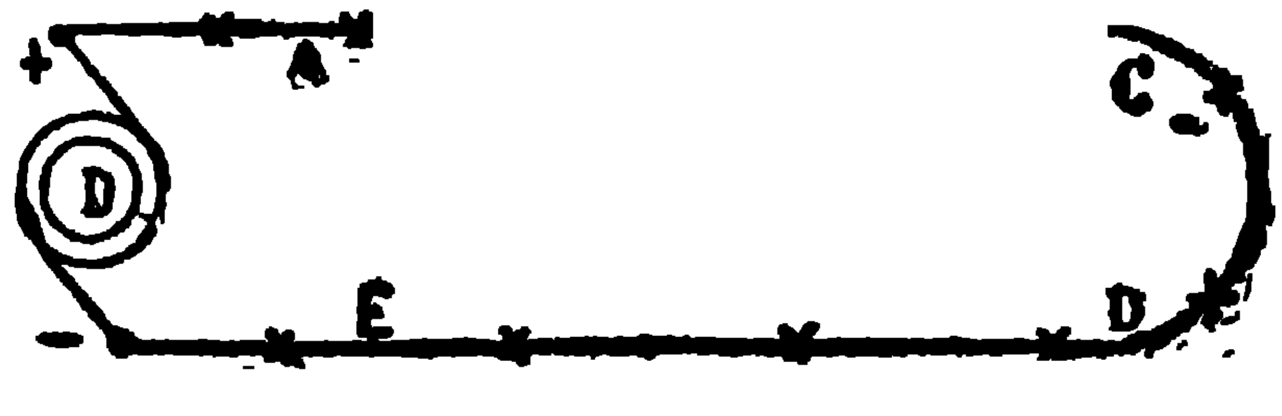
শক্তির অপচয় = C × R. —অতএব "C" কে পরিমাণে যত কম করিতে পারা যায়, শক্তির অপচয় ততই অল্প হয়। কিন্তু আবার অধিক চাপযুক্ত বিদ্যুৎকে গৃহকার্য্যে ব্যবহার করা বড়ই বিপদজনক, সেইজন্য অধিক তেজের বৈদ্যুতিক শক্তি প্রস্তুত করিয়া সেই শক্তিকে তার দ্বারা কার্য্যস্থানে বহন করিয়া লইয়া পরে গৃহে গৃহে সরবরাহ করিবার পূর্ব্বে ঐ শক্তির চাপকে নিরাপদে ব্যবহারোপযোগী করিয়া দিতে হইবে। অতএব এই কার্য্য করিতে হইলে সরবরাহ স্থান হইতে আগত বিদ্যুৎ বেগ কমাইবার জন্য একটি অবলম্বন প্রয়োজন হয়, তাহাকে ব্যালান্সার বলা যায়। অল্টারনেটিং কারেণ্টকে ডাইরেক্ট কারেণ্ট বা ডাইরেক্ট কারেণ্টকে অল্টারনেটিং কারেণ্টে পরিণত করিতে হইলে একটি যন্ত্রের প্রয়োজন হয়, তাহাকে রোটারী কনভার্টার বলা যায়। এই যন্ত্রের এক প্রান্তে স্লিপ-রিং ও অপর প্রান্তে কমিউটেটার আছে। ডাইরেক্ট কারেণ্টকে অল্টারনেটিং কারেণ্টে লইতে হইলে কমিউটেটারের দিকে ডাইরেক্ট কারেণ্ট দিলে স্লিপ-রিং হইতে অল্টারনেটিং কারেণ্ট পাওয়া যাইবে, এবং স্লিপ-রিংএর দিকে অল্টারনেটিং কারেণ্ট দিলে কমিউটেটার হইতে ডাইরেক্ট কারেণ্ট পাওয়া যাইবে। ডাইরেক্ট কারেণ্টের চাপ বা ভোল্টেজ কমবেশী করিতে হইলে ব্যালান্সারের বা বুষ্টারের সাহায্যে হয়। অল্টারনেটিং কারেণ্টের ভোল্টেজ কম বেশী করিতে হইলে ট্রান্সফরমারের সাহায্যে করা যায়। এখন দেখা যায় কার্য্য হিসাবে উপরোক্ত যন্ত্র সকলের সাহায্যে ইচ্ছামত বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করা যায়।

শক্তি সরবরাহ প্রণালী (Supply System)।

পাওয়ার হাউস হইতে শক্তি সরবরাহ কার্য্যে ধাতব পরিচালকাদির মূল্যের দিকে লক্ষ্য রাখিতে হয়। সেইজন্য সরবরাহ প্রণালী এরূপ হওয়া বিধেয় যেন তাহাতে তারের পরিমাণ (ওজন) কম লাগে।

দুই তার প্রণালী :—ইহা প্রধানতঃ চারি প্রকারের :—
১। সিরিজ, ২। প্যারালাল, ৩। সিরিজ-প্যারালাল, ৪। প্যারালাল-সিরিজ।

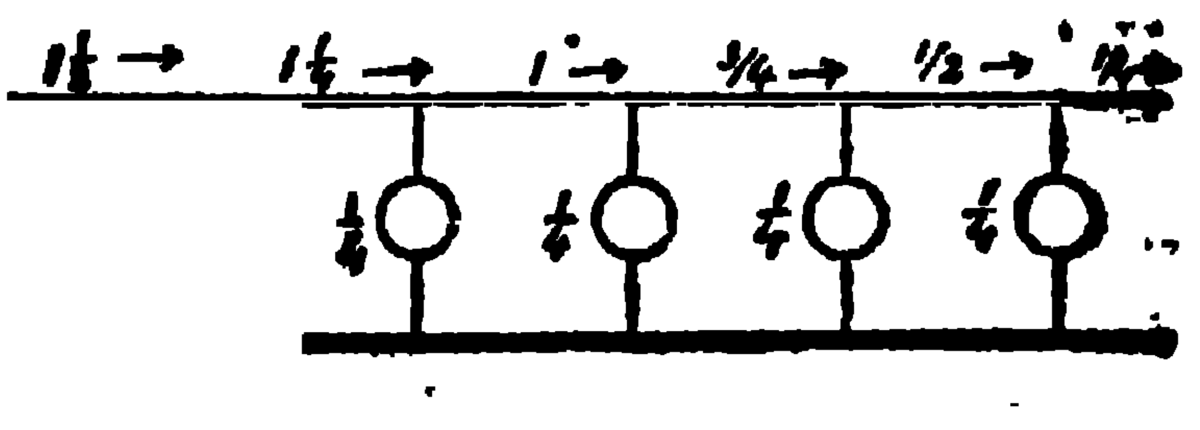
দুই তারের সিরিজ প্রণালী :—৫৬১ চিত্রে ইহা দর্শিত হইয়াছে। ইহার দ্বারা খুব সহজে শক্তি সরবরাহ হয় এবং প্রবাহ বেগ সর্বত্র সমান, কিন্তু বাধা অনুযায়ী ভোল্টেজ কমিয়া যায়। ইহা আর্ক-লাইটে ও টেলিগ্রাফ কার্য্যে ব্যবহৃত হয়—টেলিগ্রাফ কার্য্যে কেবল একটি তার প্রয়োজন হয়। কিন্তু ইহার অসুবিধা এই যে অধিক ভোল্টেজ বিশিষ্ট বলিয়া দুর্ঘটনার সম্ভাবনা।



চিত্র—৫৬১

যথা—ইহার A বিন্দুটি ভূ-সংলগ্ন থাকিলে, কোন ব্যক্তি ঐ স্থান স্পর্শ করিলে কোন সক্ পাইবে না, কিন্তু পাঁচটী আলোকের পর D বিন্দু স্পর্শ করিলে ৫×৫০=২৫০ ভোল্ট অনুযায়ী সক পাইবে (প্রত্যেক আর্ক লাইটে প্রায় ৫০ ভোল্ট পি, ডি, প্রয়োজন হয়), D বিন্দু স্পর্শ করিলে ৯×৫০=৪৫০ ভোল্ট অনুযায়ী সক পাইবে। সাধারণতঃ ৬০টি আর্ক লাইট এক এক সার্কিটে ব্যবহার হয়। সুতরাং সার্কিটের ভোল্টেজ প্রায় ৬০×৫০=৩০০০ ভোল্ট।

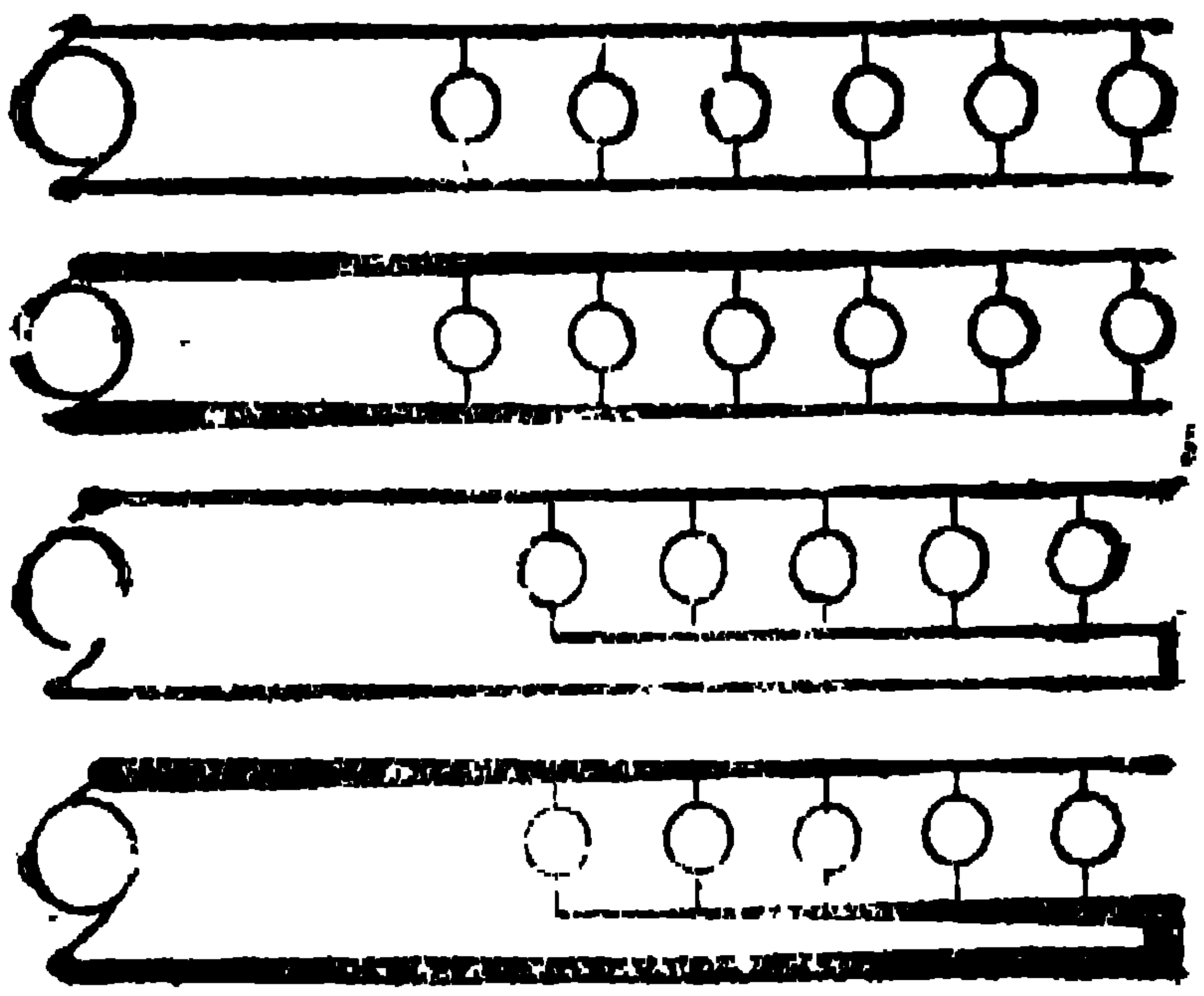
দুই তারের প্যারালাল প্রণালী :—৫৬২ চিত্রে এই প্রণালী দর্শিত হইয়াছে। ইহা অপেক্ষাকৃত জটিল। যেহেতু ইহাতে ভোল্টেজ একভাব থাকে, এই প্রণালী সর্ব্বত্র, এমন কি অধিকাংশ আর্ক-ল্যাম্পেও ব্যবহৃত হয়। ইহাতে সিরিজ প্রণালী অপেক্ষা অধিক তার লাগে। এই প্রণালীর তিনটি অসুবিধা;—



চিত্র—৫৬২

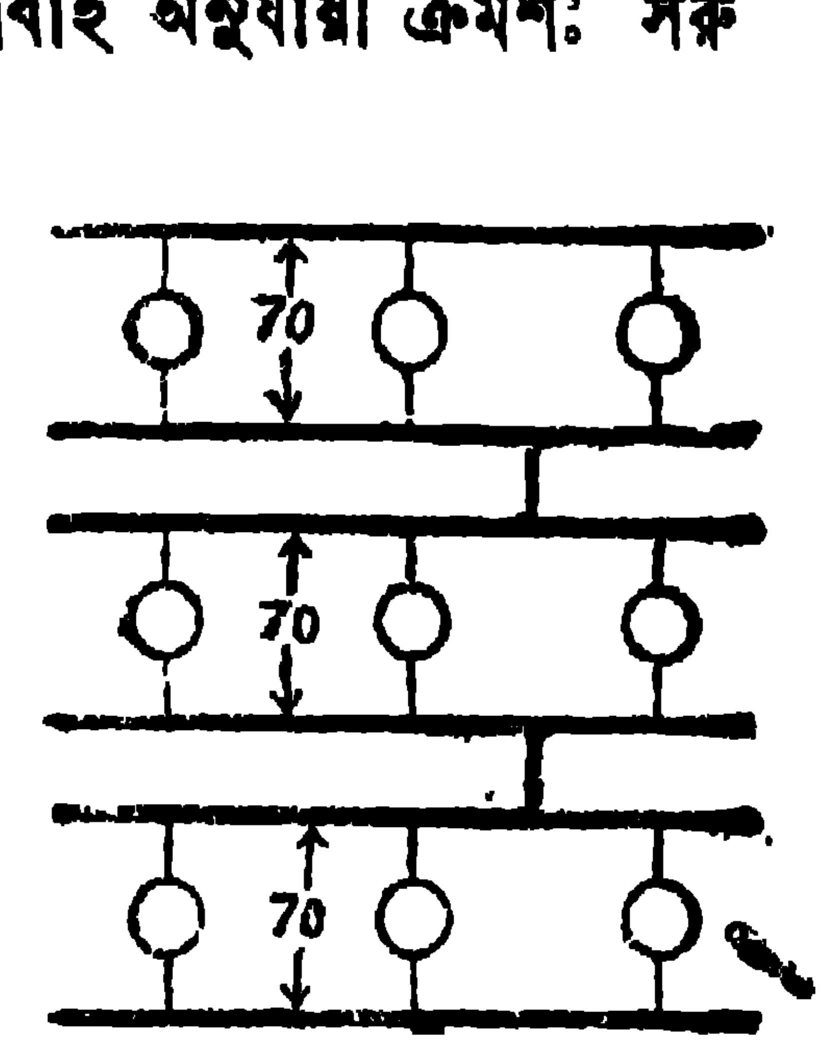
১। আলোক বা মোটর প্রভৃতিতে ডায়নামোর ভোল্টেজ অপেক্ষা কম ভোল্টেজ পায়, ইহা তত হানিকর নহে, ২। কোন কোন আলোক বা মোটর অন্যাপেক্ষা অল্প ভোল্টেজ পায়, ৩। কোন আলোক বা মোটরকে

লাইনের সহিত সংযুক্ত বা বিযুক্ত করিবার কালে অন্যের ভোল্টেজ পরিবর্ত্তিত হয়। এই শেষোক্ত দুইটি হানিকর; ইহাদিগকে রোধকরণার্থে 'বুষ্টার' ব্যবহার হয় বা ডায়নামোদিগকে প্যারালাল ভাবে চালান হয়। ইনক্যানডিসেণ্ট ল্যাম্প সকল ২২০ ভোল্ট অপেক্ষা অধিক চাপ সহিতে পারে না বলিয়া এই প্রণালী উহাদের পক্ষে খুব উপযোগী। এই প্রণালী দুই অংশে গঠিত (১) ফীডার বা ডায়নামো হইতে আগত পরিচালকদ্বয়। (২) মেন বা যে পরিচালকদ্বয়ে আলোক বা মোটরাদি সংযোগ করা হয়, ফিডার মেনের সহিত দুই ভাবে সংযুক্ত হয়—(১) প্যারালাল ফীডিং—ইহাতে ফীডার মেনদ্বয়ের একই শেষ ভাগে সংযুক্ত হয়, (২) এণ্টি-প্যারালাল ফীডিং ইহাতে ফীডার—মেনের বিপরীত শেষ ভাগের সহিত সংযুক্ত হয়। মেন গুলি স্থূল হইতে পারে বা প্রবাহ অনুযায়ী ক্রমশঃ সরু হইতে পারে; চিত্র—৫৬৩-৫৬৬।



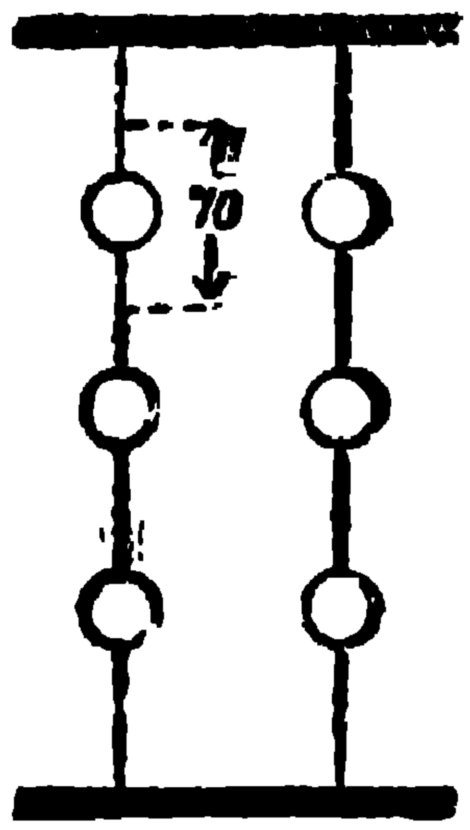
চিত্র—৫৬৩-৫৬৬

সিরিজ প্যারালাল প্রণালীঃ— ৫৬৭ চিত্র, ইহাতে কতকগুলি আলোক বা মোটর প্রভৃতি প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত হয় ও এরূপ কতকগুলি প্যারালালে যুক্ত সমষ্টি সিরিজে সংযুক্ত হয়। বলা বাহুল্য কোন একটি সমষ্টির আলোক বা মোটরের ভোল্টেজ সমান হওয়া চাই ও প্রত্যেক সমষ্টির মধ্যে দিয়া যেন একই প্রবাহ বহিতে পারে।



চিত্র—৫৬৭

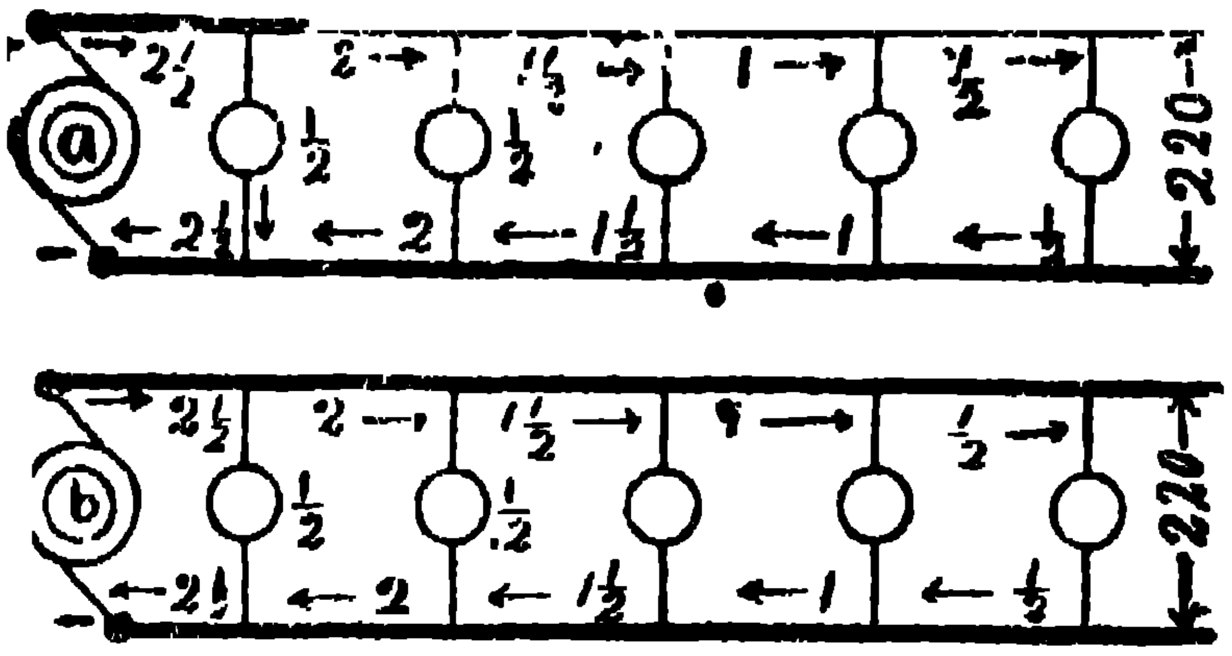
প্যারালাল সিরিজ প্রণালীঃ—৫৬৮ চিত্রে ইহা দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে সিরিজে সংযুক্ত কতকগুলি আলোক বা মোটরের সমষ্টি প্যারালাল ভাবে সংযুক্ত। যে স্থলে লাইনের ভোল্টেজ একটি আলোক বা মোটরের ভোল্টেজ অপেক্ষা অনেক অধিক তথায় ইহা ব্যবহার হয়।



চিত্র—৫৬৮

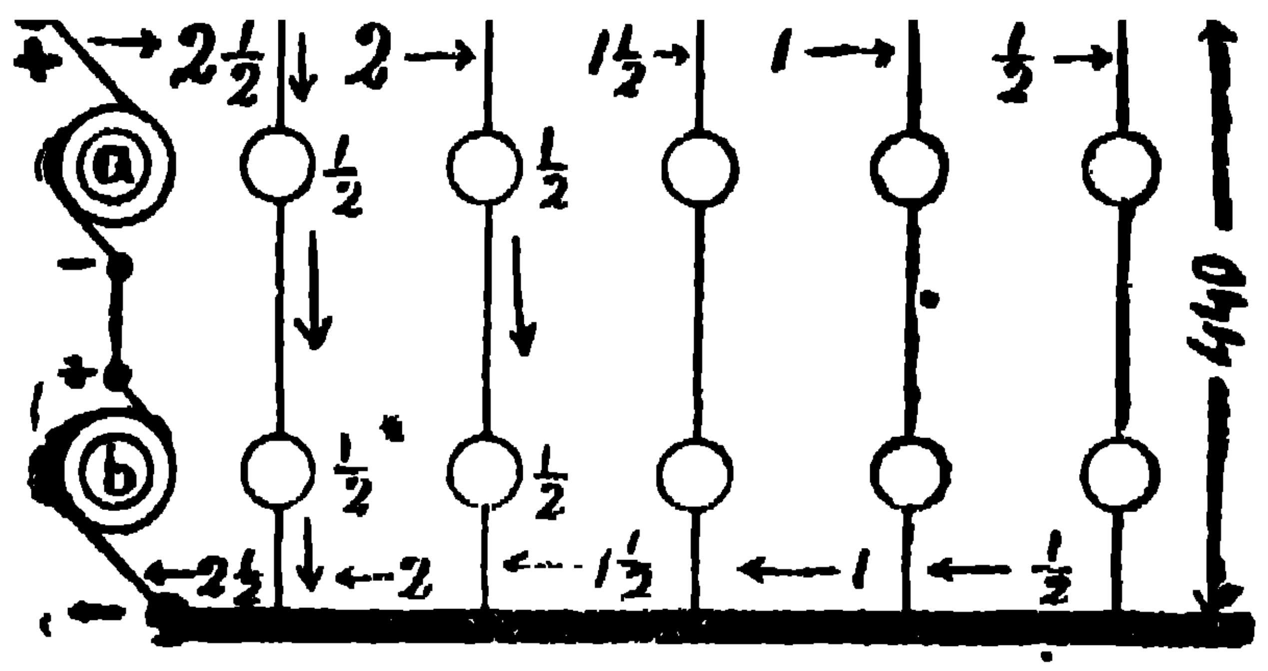
ফীডারে ভোল্টেজ পতনঃ— ফিডারগুলি সাপ্লাই স্থান অর্থাৎ পাওয়ার হাউসের সুইচ-বোর্ড হইতে ডিষ্ট্রিবিউটিং ষ্টেশন পর্য্যন্ত প্রবাহ সরবরাহ করে; এবং অনেক সময়ে দৈর্ঘ্য খুব বেশী হয়। সুতরাং তাহাদের মধ্যে ভোল্টেজ পতন হয়। ফিডারে ভোল্টেজ পতন রদ করা আবশ্যক এবং সরবরাহের যে কোন প্রণালী এরূপ হওয়া উচিৎ যেন যে কোন ভাবে ডিষ্ট্রিবিউটিং পয়েন্টগুলি একভাবে ভোল্টেজ প্রাপ্ত হয়।

তিন তার প্রণালীঃ—এই প্রণালীর প্রধান উদ্দেশ্য তাম্রের সাশ্রয়। যেহেতু তারের স্থূলতা প্রবাহের উপর নির্ভর করে, ভোল্টেজের উপর নির্ভর করে না, যথা যে তার ১০ ভোল্টের ৩ আম্প প্রবাহ বহন করিতে পারে, তাহা ১০,০০০ ভোল্টের ও ৩ আম্প প্রবাহ বহন করিতে পারিবে এবং যেহেতু বৈদ্যুতিক ক্ষমতা প্রবাহ ও ভোল্টেজের গুণফল (E × C) সুতরাং স্পষ্টই দেখা যায় তারের স্থূলতা (অতএব প্রবাহ) ঠিক রাখিয়া ভোল্টেজ বৃদ্ধি দ্বারা তারের মধ্য দিয়া বাহিত ক্ষমতার পরিমাণ পরিবর্দ্ধিত করা যাইতে পারে। এইজন্য সকল সময় যথা সম্ভব অধিক ভোল্টেজ বিশিষ্ট প্রবাহ সরবরাহের বন্দোবস্ত করিতে হয়। ইহার আর একটি সুবিধা, সরবরাহ শক্তির তুলনায় ফিডার বা মেনে উত্তাপ জনিত শক্তির (C^2R) অপচয় ও কম হয়। ইনক্যাণ্ডিসেণ্ট (কার্ব্বন ফিলামেণ্ট) আলোগুলিতে সচরাচর ২২০ ভোল্ট চাপ প্রয়োজন হয় এবং প্রত্যেক



চিত্র--৫৬৯-৫৭০

৩২ বাতির আলোকে ঐ চাপে প্রায় ½ আম্প প্রবাহ লাগে অর্থাৎ প্রত্যেক ৩২ বাতির আলোকে ২২০ × ½ = ১১০ ওয়াট ক্ষমতা প্রয়োজন হয় কিন্তু যদি আলোকটিকে ৪৪০ ভোল্টের উপযোগী করা যায় তাঁহা হইলে ¼ আম্প প্রবাহ লাগিবে (৪৪০ × ¼ = ১১০ ওয়াট)। সুতরাং সমস্থূল তার ব্যবহার করিলে দ্বিগুণ সংখ্যক আলোককে ক্ষমতা যোগান যায়। এখন দেখা যাউক কি ভাবে ভোল্টেজ বৃদ্ধি করিতে পারা যায়।



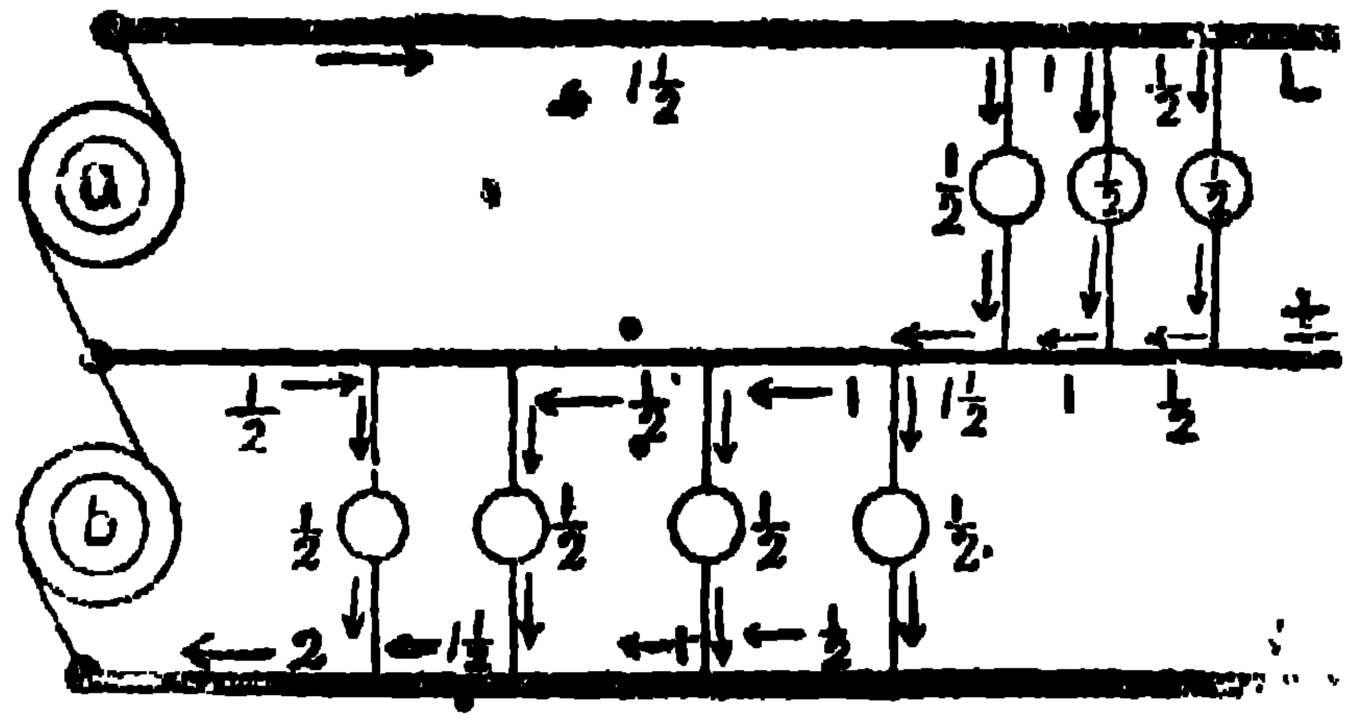
চিত্র—৫৭১

৫৬৯ ৫৭০ চিত্রে A ও B দুইটি ডায়নামো পৃথক-ভাবে দুইটি পৃথক সার্কিটে ক্ষমতা যোগাইতেছে ও প্রত্যেকেই ২২০ ভোল্টে ৩ আম্প করিয়া প্রবাহ দিতেছে। এখন যদি ডায়নামোদ্বয়কে সিরিজে সংযুক্ত করা যায় (চিত্র ৫৭১)অর্থাৎ একটির পজিটিভ ব্রাস অপরটির নেগেটিভ ব্রাসের সহিত সংযুক্ত করা হয় তাহা হইলে কেবলমাত্র দুইটি তার (ফিডার) প্রয়োজন হইবে এবং এই ফিডারদ্বয়ের মধ্যে পি, ডি, = ৪৪০ ভোল্ট হইবে, সুতরাং ২২০ ভোল্টের দুইটি করিয়া আলোক বা মোটরকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া ঐ দুইএর সমষ্টিকে লাইনের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। এস্থলেও ঠিক পূর্ব্বের ন্যায় প্রত্যেক আলোক প্রভৃতির মধ্য দিয়া ½ আম্প করিয়া প্রবাহ যাইবে ও তাহাদের প্রত্যেকে ২২০ ভোল্ট করিয়া চাপ পাইবে। কারণ দুইটিতে মিলিয়া ৪৪০ ভোল্ট পাইতেছে। অতএব ঠিক পূর্ব্বের ন্যায় তাহারা ক্ষমতা প্রাপ্ত হইবে, অথচ প্রায় অর্দ্ধেক পরিমাণ তার সাশ্রয়

হইল। কিন্তু ইহাতে অসুবিধা এই যে, কোন একটি আলোক নিবাইয়া দিলে অপরটি পুড়িয়া যাইবে। এই অসুবিধা নিবারণের নিমিত্ত ডায়নামো-দ্বয়ের সংযোগ স্থল হইতে তৃতীয় একটি তার প্রয়োজন হয়, সেইজন্য এই প্রণালীকে 'তিন তার' প্রণালী বলে। এই তৃতীয় তারের কার্য্য কোন একটি আলোক নিবাইয়া দিলে অপর আলোকটির প্রবাহ আলোক হইতে ইহার মধ্য দিয়া ডায়নামোতে বা ডায়নামো হইতে ইহার মধ্য দিয়া আলোকে গিয়া উহাকে ঠিকমত ক্ষমতা প্রদান করে ও এইভাবে যে কোন স্থানীয় অথবা সংখ্যক আলোককে ইচ্ছানুযায়ী নিবাইয়া বা জ্বালিয়া দেওয়া সম্ভবপর হয়। এই তারটির উভয়দিকে সমান ভার থাকিলে ইহার মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিবে না—সেইজন্য ইহাকে 'নিউট্রাল অয়ার' (Neutral wire) বলে এবং ইহা o বা + দ্বারা চিহ্নিত হয়, শেষ চিহ্নটী নির্দ্দেশ করিতেছে যে ইহা প্রথম ডায়নামোর পজিটিভ তার ও দ্বিতীয় ডায়নামোর নেগেটিভ তার। নিউট্রাল তারের উভয়দিকে ভার সমান না হইলে ইহার মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিবে, নিম্নদিকে ভার অধিক হইলে ডায়নামো হইতে ইহার মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিবে আর উপর দিকে ভার অধিক হইলে ডায়নামো অভিমুখে প্রবাহ বহিবে। কার্য্যতঃ শক্তি ব্যবহারকগণকে এরূপভাবে ভাগ করিয়া দেওয়া হয় যে নিউট্রাল তার দিয়া যতদূর সম্ভব কম প্রবাহ বহে। সচরাচর নিউট্রাল তারের স্থূলতা পার্শ্বের তারের স্থূলতার প্রায় অর্দ্ধেক হয়। কয়েক প্রকার উপায়ের সাহায্যে তিন তার প্রণালীতে কেবলমাত্র একটি ডায়নামো ব্যবহার করা যাইতে পারে, যথা,—

(১) **ষ্টোরেজ ব্যাটারি প্রণালী**ঃ—ইহাতে একটি ষ্টোরেজ ব্যাটারিকে পার্শ্বের তারদ্বয়ের মধ্যে সংযোগ করা হয় এবং নিউট্রাল তারটিকে এরূপ স্থানে সংযোগ করা হয় যেন উহার চাপ ঠিক মত হয়।

(২) **ডবল ডায়নামো প্রণালী**ঃ—(চিত্র—৫৭২), ইহাতে একটি আর্মেচার কোরে দুইটি তার জড়ান ও তাহারা দুইটি পৃথক



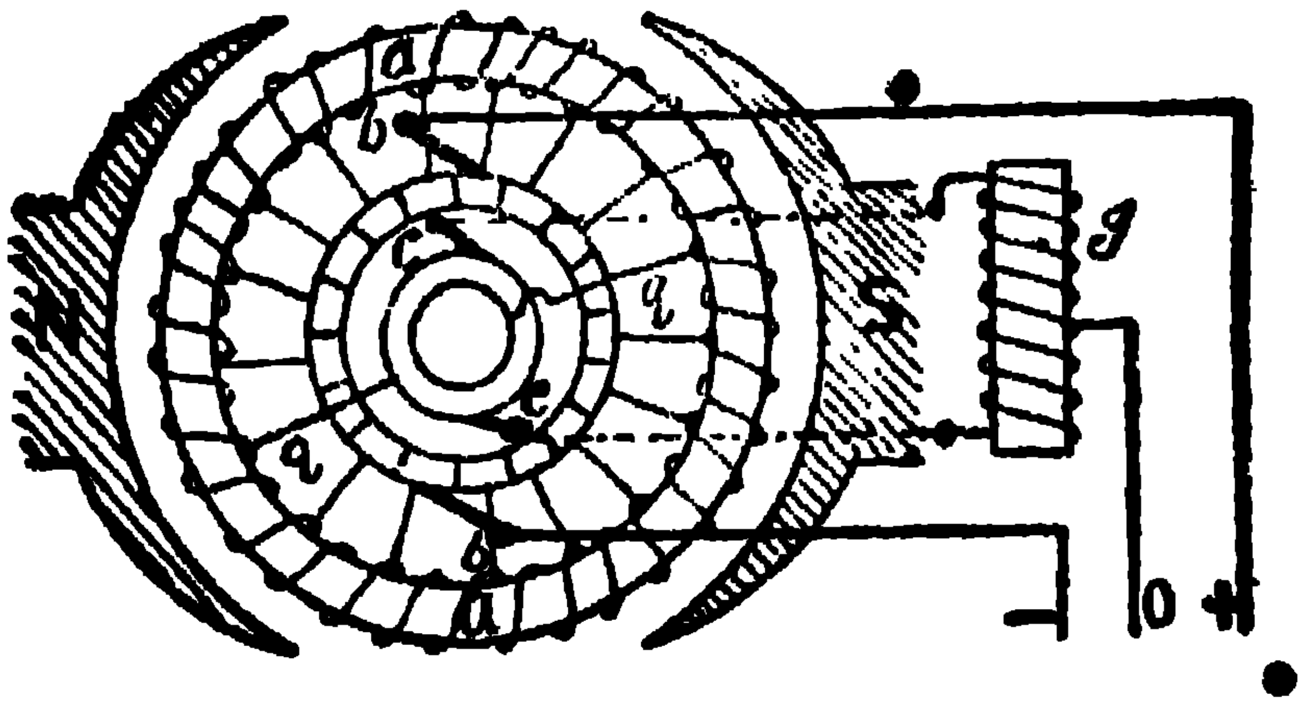
চিত্র—৫৭২

কমিউটেটারের সহিত সংযুক্ত এরূপ একটি ডবল-ডায়নামো ব্যবহার হয়। এই ডবল ডায়নামো সিরিজে সংযুক্ত দুইটি পৃথক ডায়নামোর মত কার্য্য করে। চিত্র ৫৭২ একই সাফটের উপর পৃথক কমিউটেটারদ্বয় আছে।

(৩) ব্রিজ প্রণালী ঃ—ইহাতে পার্শ্বের তারদ্বয়কে একটি বাধাদায়ক তার বা কয়েল দ্বারা সেতুর মত সংযোগ করা হয় এবং একটি স্থান পরিবর্ত্তনক্ষম সুইচ দ্বারা নিউট্রাল তারকে উহার এরূপ স্থানে সংযোগ করা হয় যেন দুইদিকেই ভার সমান হয়।

(৪) তিন ব্রাসযুক্ত ডায়নামো প্রণালী ঃ—ইহার ডায়নামোতে তৃতীয় একটি ব্রাস থাকে ও নিউট্রাল তারটি তাহার সহিত সংযুক্ত করা হয়।

(৫) ডোব্রোলস্কি (Dobrowolsky) তিন তার প্রণালী ঃ—ইহাতে একটি সেল্‌ফ ইণ্ডাকসান কয়েল সাধারণ ডাইরেক্ট কারেণ্ট ডায়নামোর আর্মেচারের দুই বিপরীত ভাগে সংযুক্ত থাকে,



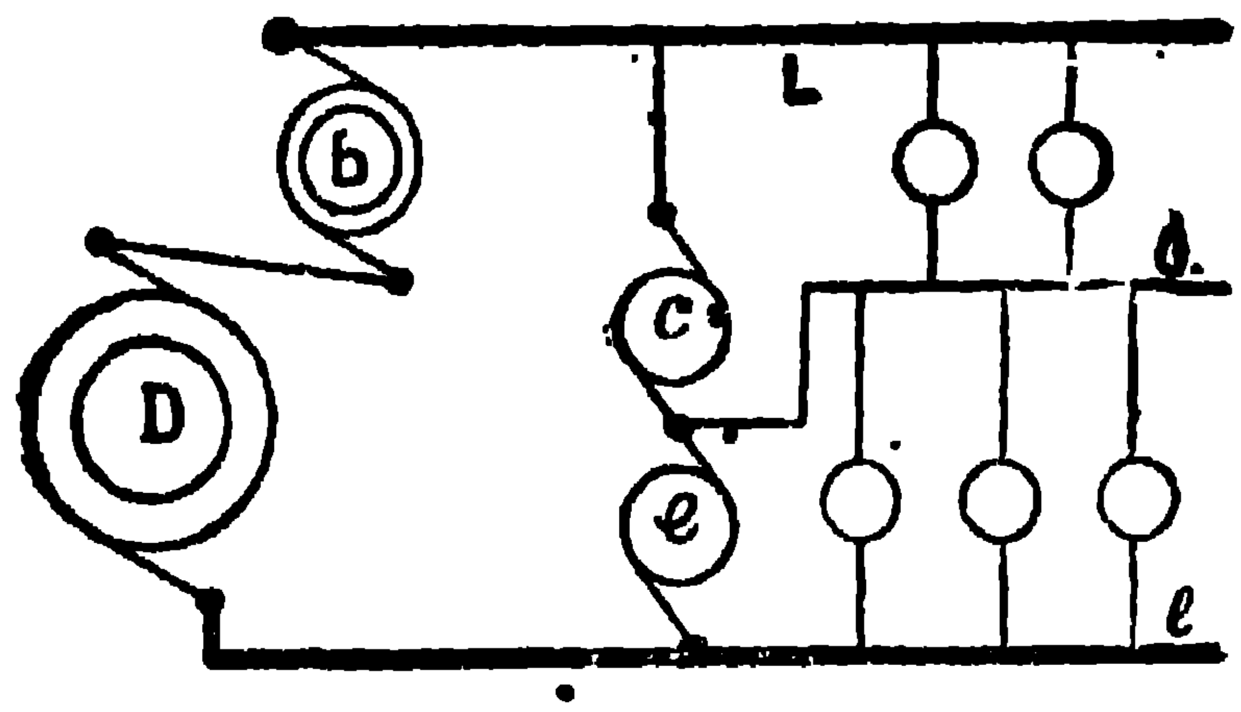
চিত্র—৫৭৩

চিত্র ৫৭৩। a আর্মেচার, I ইণ্ডাকসন কয়েল ইহার c c ব্রাস দুইটি রিংএর দ্বারা আর্মেচারের দুই বিপরীত দিকের সহিত সংযুক্ত (অতএব আর্মেচার ঘুরিলেও I স্থির থাকিতে পারে। কোন কোন স্থলে ইহা আর্মেচারের সহিত ঘুরে, তথায় c c ব্রাস প্রয়োজন হয় না)। I গুটির মাঝখানের ফাঁসের নিউট্রাল

তার o সংযুক্ত এবং ধারের + ও – তারদ্বয় কমিউটেটার ব্রাস b ও b এর সহিত সংযুক্ত। I কয়েলের টারমিনালদ্বয় অল্টারনেটিং চাপ প্রাপ্ত হয়, সুতরাং এই কয়েল দ্বারা স্বীয় সম্ভাবন হেতু আমেচারের সর্ট সার্কিট ঘটিতে পারে না পরন্তু ইহার দুই অর্দ্ধাংশের সম্ভাবনী ক্ষমতা (Inductance) সমান হওয়ায় নিউট্রাল তারের চাপ দুইধারের "+" ও "–" এর মাঝামাঝি। যখন দুইদিকের ভার সমান না হয়, নিউট্রাল তারের মধ্য দিয়া প্রবাহের বিয়োগফল অনায়াসেই I কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়, যেহেতু এই প্রবাহ দ্রুত পরিবর্ত্তনশীল নহে. সুতরাং সম্ভাবন-হেতু বাধা প্রাপ্ত হয় না। বলা বাহুল্য শক্তির অপচয় ও দুইদিকের ভোল্টেজের পার্থক্য হ্রাসের নিমিত্ত এই I কয়েলের বাধা (ওম্ হিঃ) খুব অল্প হওয়া প্রয়োজন ও স্বীয় সম্ভাবনী ক্ষমতা খুব অধিক হওয়া উচিৎ।

(৬) **অকজিলিয়ারী ডায়নামো প্রণালী**:—ইহাতে নিউট্রাল তারটি দ্বিতীয় একটি ডায়নামোর সহিত সংযুক্ত। এই দ্বিতীয় ডায়নামোকে অকজিলিয়ারী ডায়নামো বলে, ইহার ভোল্টেজ প্রধান ডায়নামোর ভোল্টেজের প্রায় অর্দ্ধেক এবং ইহা প্রধান ডায়নামো হইতে সচরাচর বেল্টিং দ্বারা চালিত হয়। নেগেটিভ দিকে ভার অধিক হইলে ইহা ডায়নামোর কার্য্য করে ও পজিটিভ দিকে ভার অধিক হইলে মোটরের কার্য্য করে।

(৭ **কমপেনসেটার প্রণালী**:—চিত্র ৫৭৪, ইহাতে দুইটি অকজিলিয়ারী ডায়নামো c ও c সিরিজে সংযুক্ত হইয়া চিত্রে দর্শিত ভাবে ব্যবহৃত হয়, ইহাদিগকে কমপেনসেটার (Compensator) বা ইকোয়ালাইজার (Equalizer) বলে। প্রত্যেক কমপেনসেটারে প্রধান ডায়নামোর ভোল্টেজের অর্দ্ধেক ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় এবং ভার ও চাপকে সমভাবে ভাগ করিয়া দেয়। যে দিকে ভার কম হয় তথায় কমপেনসেটার মোটরে পরিণত হয় এবং অপরটিকে ডায়নামোর মত

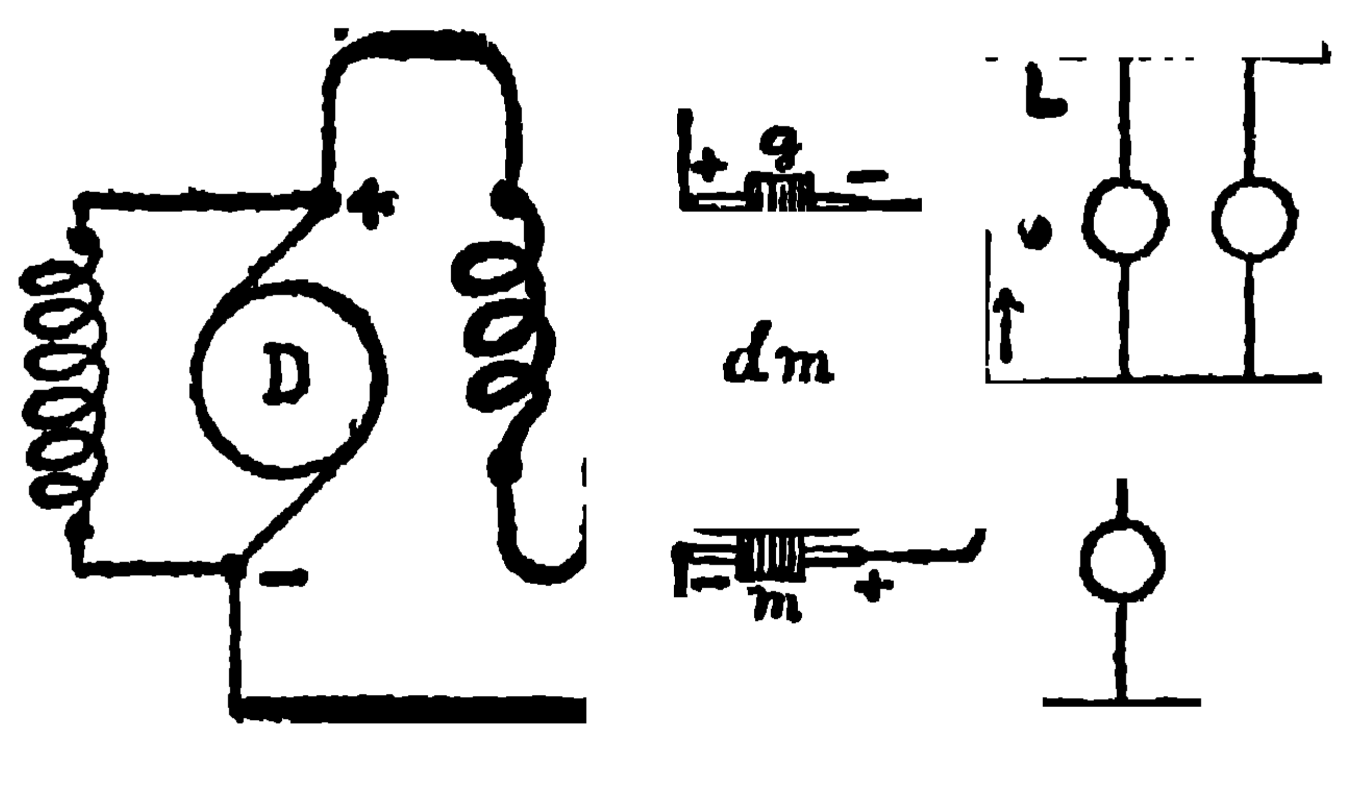


চিত্র—৫৭৪

চালায়। ভার দুইদিকেই সমান হইলেই উভয় কমপেন-সেটারই ভারহীন মোটরের ন্যায় চলে, সুতরাং শক্তির বিশেষ অপচয় হয় না। এই প্রথায় উভয় দিকের জন্যই কেবলমাত্র একটি বুষ্টার B প্রয়োজন হয়, কারণ কমপেন-সেটারগুলি বুষ্টারের পরে বাহিরের তারের সহিত সংযুক্ত থাকায় চাপ পার্থক্য দুই দিকের মধ্যে সমভাবে ভাগ করিয়া দেয়।

(৮) ডায়নামো-মোটর প্রণালী :—

ডায়না-মোটর :—ইহা একই সাফটে ডায়নামো ও মোটরের সমষ্টি,—মোটরটি প্রবাহ গ্রহণ করিয়া চলে ও ডায়নামোকে চালাইয়া প্রবাহ উৎপন্ন করে—ডায়নামোর উৎপাদিত ভোল্টেজ মোটরের প্রাপ্ত ভোল্টেজ অপেক্ষা কম হইতে পারে বা বেশীও হইতে পারে। অলটারনেটিং কারেণ্ট সার্কিটে ট্রান্সফরমার যে কার্য্য করে, ডাইরেক্ট কারেণ্ট সার্কিটে ডায়না-মোটর দ্বারা সেই প্রকার ক্রিয়া সাধিত হয়। ৫৭৫ চিত্রে ডায়না-মোটর ব্যবহার পদ্ধতি দর্শিত হইয়াছে। dm ডায়না মোটর, g ডায়নামোর দিক, m মোটরের দিক। প্রধান ডায়নামোর যদি উভয়দিকে ভার সমান থাকে তাহা হইলে নিউ-



চিত্র—৫৭৫

ট্রাল তারে প্রবাহ বহিবে না কেবলমাত্র ডায়না-মোটরের সিরিজে সংযুক্ত আর্মেচারদ্বয়ের মধ্য দিয়া অল্প পরিমাণ প্রবাহ বহিবে ও উভয়েই মোটরে

পরিণত হইবে। আর যদি একদিকের ভার অধিক হয় তাহা হইলে ডায়না-মোটরের সেইদিকে আর্মেচারটি ডায়নামোতে পরিণত হইয়া প্রবাহ যোগায় ও অপরদিকে আর্মেচারটি মোটরে পরিণত হইয়া অপরদিকের ভার বৃদ্ধি করে অর্থাৎ কম ভার যুক্ত দিক হইতে প্রবাহ লয়, ৫৭৫ চিত্রে উর্দ্ধ ভাগটি অধিক ভারযুক্ত, dmএর উর্দ্ধ আর্মেচার g ডায়নামো নিম্ন আর্মেচার m মোটরে পরিণত হইতেছে।

(৯) **মোটর ডায়নামো প্রণালী**:—ইহাতে একটি মোটর একটি ডায়নামোর সহিত সংযুক্ত থাকে ও এই সমষ্টিকে ব্যালান্সার বলে। ইহার প্রকরণ ঠিক ডায়না-মোটরের ন্যায়।

(১০) **ব্যালান্স কয়েল প্রণালী**:—এই প্রণালীতে আবর্ত্তনশীল ডায়নামো বা মোটরাদির পরিবর্ত্তে কয়েল ব্যবহৃত হয়।

বুষ্টার (Booster):—কোন সার্কিটের কোন স্থানে ভোল্‌টেজ বৃদ্ধির নিমিত্ত যে ডায়নামো ব্যবহার হয় তাহাকে বুষ্টার বলে। ইহা সচরাচর মোটর দ্বারা চালিত হয় এবং উভয়ের আর্মেচার পরস্পরের সহিত সংযুক্ত থাকে। অবশ্য কোন কোন স্থলে ইঞ্জিন বা লাইন সাফট দ্বারাও চালিত হয়। অধিক দূরগামী বা ভারযুক্ত ফীডার গুলিতে ভোল্‌টেজ এত পতিত হয় যে তাহা যেন সকলের কার্য্যোপযোগী হয় না, এরূপ স্থলে বুষ্টার দ্বারা চাপ বর্দ্ধিত করা হয়। অ্যাকুমুলেটার চার্জ্জ করিবার সময়ও উপযুক্ত ভোল্‌টেজ পাইবার নিমিত্ত বুষ্টার ব্যবহৃত হয়।

উপরে ২ ও ৩ তার প্রণালী ছাড়া ৪, ৫ ও ৭ তার প্রণালীও কোন কোন দেশে প্রচলিত ইহাদিগের আনুপাতিক তারের পরিমাণ প্রদত্ত হইল।

২ তার প্রণালী	... ...	—	১০০০
৩ „ „	৩টি তারই এক মাপের	...	৩৭০
„ „ „	নিউট্রাল তার অর্দ্ধেক স্থূল	...	৩১৩
৪ „ „	সকল তার সমান মাপের	...	২২২
৫ „ „	„ „ „ „	...	১৫৬

ষড়বিংশ পরিচয়।

অল্‌টারনেটিং কারেণ্টস্ (Alternating Currents)।

আমরা জানি যে বিদ্যুৎশক্তি প্রস্তুত কারক কল প্রথমে অলটারনেটিং প্রবাহ প্রস্তুত করে। সিমেন্স "H" আর্মেচারে শ্লিপ-রিং দ্বারা বিদ্যুৎশক্তি প্রবাহিত করাইলে ইহা অবগত হওয়া যায়। এই প্রবাহকে কমিউটেটার নামক অবলম্বনের দ্বারা কণ্টিনিউয়াস বা ডাইরেক্ট কারেণ্টে পরিণত করা যায়। আমরা এখন এই অলটারনেটিং কারেণ্টের গুণাগুণ প্রভৃতি লক্ষ্য করিব ও উহার প্রস্তুতকারক বিশেষ যন্ত্র ও তাহাদের কার্য্যাবলীর বিষয় আলোচনা করিব। কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের তিনটি বিষয় লক্ষিত হইয়াছিল, যথা—

১। উত্তপ্ত ও আলোকিত করিবার শক্তি।

২। চুম্বক করিবার শক্তি।

৩। ইলেক্ট্রোলিসিস করিবার শক্তি।

এই অলটারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা উত্তপ্ত ও আলোকিত করিবার শক্তি ঠিক কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ন্যায় প্রকাশ পায়। কিন্তু চুম্বকত্ব বা ইলেক্ট্রোলিসিস করিবার সময় উপায়ান্তরের প্রয়োজন হয়। অলটারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা আলোক জ্বালাইতে ঐ কারেণ্টের অলটারনেসান অন্ততঃ মিনিটে ৩০০০ অর্থাৎ প্রতি সেকেণ্ডে ৫০ হওয়া চাই। ইহার কম হইলে আলোকের তেজ পুনঃপুনঃ কম বেশী হইবে অর্থাৎ কম্পনশীল হইবে এবং ঐ আলোকে কার্য্য করা কষ্টকর হয় ও চক্ষুপীড়া হয়। আর্ক-ল্যাম্প ও অলটারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা প্রজ্জলিত হইতে পারে, কিন্তু বিশেষত্ব এই যে কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট ব্যবহার করিলে যেমন + কার্ব্বনটি শীঘ্র ক্ষয়প্রাপ্ত হয়, অলটারনেটিং কারেণ্টের বেলায় সেরূপ হয় না, উভয়েই সমান

ভাবে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। কারণ প্রত্যেকেই পর্য্যায়ক্রমে + ও— হইতে থাকে। আবার কন্টিনিউয়াস কারেণ্টের বেলায় যেমন প্রত্যেক আর্ক ল্যাম্পে প্রায় ৫০-৬০ ভোল্ট চাপ প্রয়োজন হয়, অলটারনেটিংএর বেলায় কেবলমাত্র প্রায় ২৫-৩০ ভোল্ট চাপ প্রয়োজন হয়। ক্ষীণোজ্জ্বল না হইয়া সমভাবে জ্বলিতে গ্লো-ল্যাম্পে যেমন মিনিটে প্রায় ৫০টী স্পন্দন প্রয়োজন হয়, আর্ক ল্যাম্পের বেলায় কিন্তু প্রায় মিনিটে ১০০ স্পন্দনের কমে হয় না।

চুম্বক-সূচের উপর কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ন্যায় অলটারনেটিং কারেণ্টেরও সূচকে ঘুরাইয়া দেওয়া ফল আছে, তবে কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট একইদিকে বহে বলিয়া চুম্বক সূচ একইদিকে ঘুরিয়া থাকে, আর অলটারনেটিং কারেণ্ট পর্য্যায়ক্রমে একবার একদিকে তৎপরে বিপরীত দিকে বহে বলিয়া চুম্বকসূচও পর্য্যায়ক্রমে একবার একদিকে তৎপরে বিপরীত দিকে ঘুরিয়া যায়। প্রবাহের স্পন্দন হার কম হইলে (সেকেণ্ডে ২ তিনটি) চুম্বকও ধীরে ধীরে দুলিতে থাকিবে। তখন চুম্বকের দোলন দর্শন সাধ্য হইবে, আর প্রবাহের স্পন্দন হার অধিক হইলে (সেকেণ্ডে ২০।৩০টি) চুম্বক এত দ্রুত আন্দোলিত হয় (অল্পস্থানের মধ্যে) যে উহার দোলন সুস্পষ্ট পরিলক্ষিত হয় না, কেবলমাত্র উহাকে কম্পিত হইতে দৃষ্ট হয়। রোধিত কয়েল পরিবেষ্টিত লৌহের উপর কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ন্যায় অলটারনেটিং কারেণ্টেরও চুম্বককরণ ফল আছে—লৌহটি চুম্বকীভূত হয় ও অন্য লৌহকে আকর্ষণ করিয়া ধরিয়া রাখে। কিন্তু অলটারনেটিং কারেণ্টের এতদ্ব্যতীত দুইটি অতিরিক্ত ফল দৃষ্ট হয়। ১। তীক্ষ্ণ শব্দ হয়। ২। চুম্বকীভূত ও আকর্ষিত উভয় লৌহই অত্যন্ত গরম হয়। শব্দ হইবার কারণ এই যে, প্রবাহ একদিকে বহিয়া বহিতে মাঝে বন্ধ হয় ও তৎপরে বিপরীত দিকে বহিতে আরম্ভ করে। দিক পরিবর্ত্তনের প্রাক্কালে প্রবাহ বন্ধের সময় চুম্বকত্ব নাশ হয় ও তখন লৌহটি আর আকৃষ্ট হয় না। অতএব উহা পড়িয়া যাইতে থাকে, কিন্তু ক্ষণমধ্যে বিপরীত প্রবাহ দ্বারা

বিপরীত মেরু সৃষ্ট হয় ও তদ্দ্বারা লৌহটি পুনরায় চুম্বকে আকৃষ্ট হয়, এই সময়ে চুম্বক ও লৌহের মধ্যে ঘাৎপ্রতিঘাতের একটি শব্দ হয়। প্রবাহের স্পন্দন হার যত অধিক হইবে, এই শব্দও তত দ্রুত ঘটিতে থাকিবে ও তীক্ষ্ণ শব্দ শ্রুত হইবে। লৌহদ্বয় উত্তপ্ত হইবার কারণ এই যে কয়েলের মধ্যে অলটারনেটিং প্রবাহ বহে বলিয়া লৌহের মধ্যে উৎপন্ন বলরেখার সংখ্যা ও দিক পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে, এইজন্য লৌহ পরিচালক বলিয়া উহার মধ্যে সম্ভাবিত প্রবাহ বা এডিকারেণ্ট সৃষ্ট হয় ও ঐ প্রবাহ হেতু উহারা উত্তপ্ত হয়। এইজন্য অলটারনেটিং কারেণ্টের যন্ত্রগুলির লৌহময় অংশকে ল্যামিনেটেড করিতে হয়।

কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ন্যায় অলটারনেটিং কারেণ্টেরও ইলেক্ট্রো-ডিনামিক অর্থাৎ প্রবাহের উপর প্রবাহের গতি উৎপাদন ফল দৃষ্ট হয়। দুইটি কয়েলের মধ্যে একটিকে আবদ্ধ ও অপরটিকে আলগা রাখিয়া উভয়ের মধ্য দিয়া অলটারনেটিং প্রবাহ দিলে কয়েলদ্বয়ের মধ্যে আকর্ষণ বা নিক্ষেপণ হয়—উভয় কয়েলে প্রবাহ সর্ব্বদা একই দিকে বহিতে থাকলে আকর্ষণ, আর বিপরীত দিকে বহিতে থাকিলে নিক্ষেপণ হয়। প্রবাহ অলটারনেটিং বলিয়া উক্ত কার্য্যাবলীর কোন হানি হয় না, কারণ একটি কয়েলে প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তিত হইলে সঙ্গে সঙ্গে অপর কয়েলটিতেও প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তিত হয়। কিন্তু যদি একটি কয়েলে অলটারনেটিং কারেণ্ট ও অপরটিতে কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট দেওয়া যায় তাহা হইলে আকর্ষণ ও নিক্ষেপণ পর পর দ্রুত ঘটিতে থাকে বলিয়া আলগা কয়েলকে স্পন্দিত হইতে দৃষ্ট হয়।

কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ন্যায় অলটারনেটিং কারেণ্টেরও রাসায়নিক ফল অর্থাৎ ইলেক্ট্রোলিসিস কার্য্যে রাসায়নিক বিশ্লেষণ করিবার ক্ষমতা আছে বটে. তবে প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে বলিয়া ইলেক্ট্রোড দ্বয়ের মেরুত্ব পরিবর্ত্তিত হয়, অর্থাৎ উভয় ইলেক্ট্রোডই পর পর উভয় মেরুত্ব

প্রাপ্ত হয়, সুতরাং প্রত্যেক ইলেক্ট্রোড দ্বারা সম পরিমাণে উভয় প্রকার আয়ন উৎপাদিত হয়।

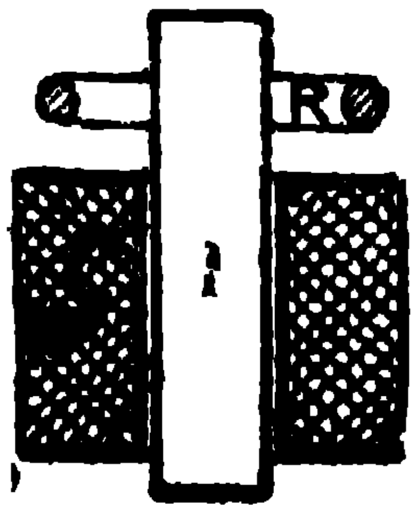
যথা,—জলের ইলেক্ট্রোলিসিস করিলে প্রত্যেক ইলেক্ট্রোডের উপর H_2 O_2 গ্যাস (জলের উপাদানের পরিমাণে) নিঃসৃত হইবে। অতএব অলটারনেটিং কারেন্ট দ্বারা বিভিন্ন আয়ন বা উপাদানগুলিকে পরস্পর হইতে পৃথক করা অসম্ভব। অতএব স্পষ্টই দেখা যাইতেছে অলটারনেটিং প্রবাহ দ্বারা আকুমুলেটার চার্জ্জ করা যায় না।

দ্রষ্টব্য :—অলটারনেটিং কারেন্টের স্পন্দন হার খুব অধিক হইলে (সেকেণ্ডে শতাধিক) কোন প্রকার চুম্বক বা রাসায়নিক ফল দৃষ্ট হয় না। কারণ তখন লৌহ বা ইলেক্ট্রোলইটের অনুগুলি অলটারনেটিং কারেন্টের পর্য্যায়ক্রমে বিপরীত ফল অনুযায়ী নিজেদের অবস্থাকে এত দ্রুত পরিবর্ত্তিত করিতে পারে না।

অলটারনেটিং কারেন্টের সম্ভাবন গুণ।

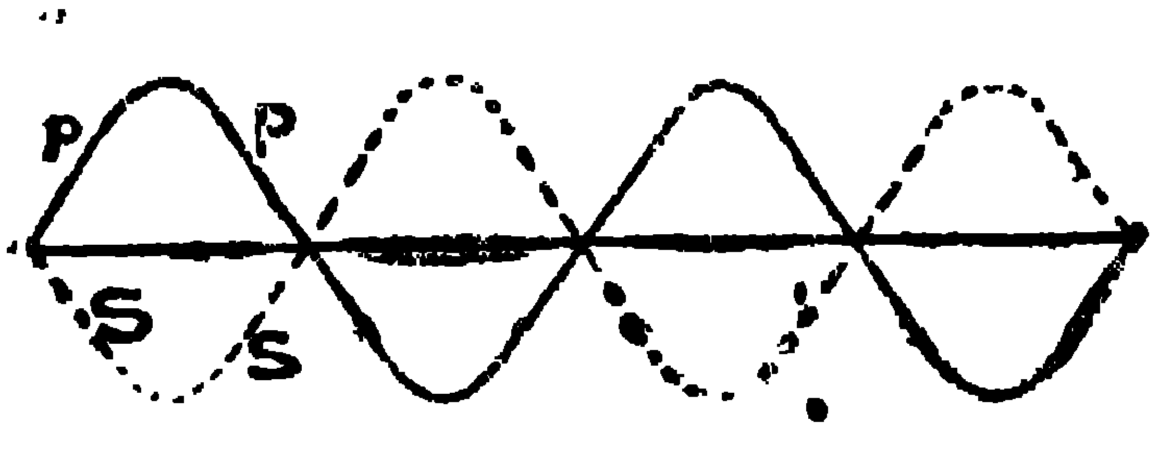
কন্টিনউয়াস কারেন্ট ও অলটারনেটিং কারেন্টের সোসাদৃশ্য ফলগুলি উল্লেখ করা হইল। এখন অলটারনেটিং কারেন্টের বিশিষ্ট ফল দর্শিত হইবে, যথা—"সম্ভাবন গুণ" (Induction effect)।

কতকগুলি চাকতি বা তার দ্বারা প্রস্তুত (ল্যামিনেটেড) একটি লৌহ দণ্ডকে একটি কয়েলের মধ্যে রাখিয়া ঐ কয়েলের উপর একটি ধাতব বলয় স্থাপিত করিয়া, কয়েলের মধ্যে দিয়া অলটারনেটিং প্রবাহ দিলে দৃষ্ট হইবে বলয়টি উপরদিকে উঠিয়া পড়ে এবং যতক্ষণ প্রবাহ বহে ইহা শূন্যে আধারহীন অবস্থায় অবস্থান করে চিত্র ৫৭৬। আরও দৃষ্ট হয় যে, লৌহদণ্ড ও বলয় উভয়েই গরম হইয়া উঠে। ইহা হইতে এই প্রতীয়মান হয় যে বলয়ের মধ্যে প্রবাহ সম্ভাবিত হয়। এই সম্ভাবিত প্রবাহের দিক বলয়ের গতির দিক হইতে পাওয়া যায়।



চিত্র—৫৭৬

যেহেতু কয়েল হইতে বলয় নিক্ষিপ্ত হয় এবং বিপরীত দিকে বহমান দুই সমান্তরাল প্রবাহের মধ্যে নিক্ষেপণ হয়, অতএব তাহার বিপরীত দিকে হয়, অর্থাৎ কয়েলের মধ্যে কারেন্ট যখন ক্লক-ওয়াইজ, এবং কয়েলে যখন এণ্টিক্লক-ওয়াইজ, বলয়ে তখন ক্লক-ওয়াইজ হয়। ৫৭৭ চিত্রে

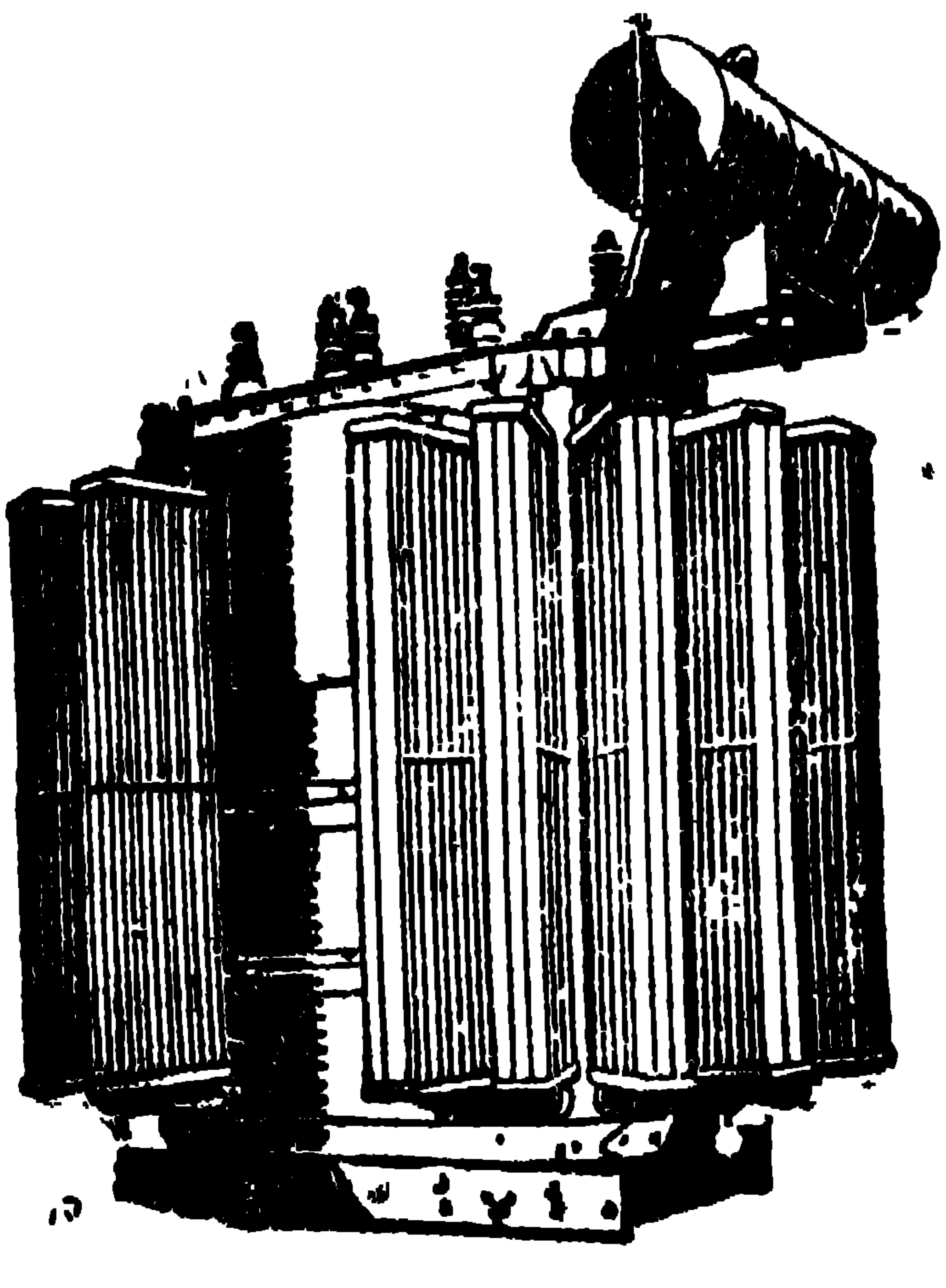


চিত্র—৫৭৭

ইহা দর্শিত হইয়াছে, টানা রেখা P. P. কয়েলের মধ্যে প্রদত্ত কারেণ্ট বা প্রাইমারী কারেণ্ট ও ছিন্ন রেখা S. S, বলয়ের মধ্যে সম্ভাবিত কারেণ্ট বা ইণ্ডিউসড্ কারেণ্ট। কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহ বহিতে থাকিলে লৌহটি চুম্বকীভূত হয়। লৌহের মধ্যে (সুতরাং কয়েলের মধ্যে) বলরেখা উৎপন্ন হয়। কন্টিনিউয়াস কারেণ্ট হইলে প্রবাহ একই দিকে সমতেজে বহিতে থাকে সুতরাং বলরেখাগুলি সমপরিমাণে একই দিকে হয় বলিয়া সম্ভাবন ঘটে না। কিন্তু অলটারনেটিং প্রবাহ হইলে প্রবাহের দিক ও পরিমাণ পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে। এবং যেহেতু এই পরিবর্ত্তনশীল বলরেখা পরিচালক বলয়ের মধ্য দিয়া যাইতেছে, ঐ বলয়ে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয় ও বলয়ের বৈদ্যুতিক পথ সম্পূর্ণ বলিয়া উহাতে প্রবাহ বহে। "লেঞ্জেসল" বা "বৈদ্যুতিক জড়তা" অনুসারে দৃষ্ট হইবে বলয়ের প্রবাহ (বা ই, এম. এফ) সর্ব্বদা কয়েলের প্রবাহ (বা ই, এম, এফ) র বিপরীত হইবে, এবং বলয়ের মধ্যে সম্ভাবিত প্রবাহের পরিবর্ত্তন হার কয়েলের প্রবাহের পরিবর্ত্তন হারের সমান হইবে। যেমন বলয়টির মধ্যে বলরেখার পরিবর্ত্তন হইতে থাকে, সেইরূপ কয়েলটির নিজের মধ্যেও হইতে থাকে, সুতরাং কয়েলের মধ্যে সর্ব্বদা বিপরীত ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়, যেমন মোটরের আর্মেচারে হয়। ইহাকে ব্যাক ই, এম, এফ বলে। এই স্বীয় সম্ভাবিত বিপরীত ই এম, এফ, (ব্যাক ই, এম, এফ,) হেতু প্রযুক্ত ই, এম, এফ, একেবারে নষ্ট হইতে পারে না, কারণ তাহা হইলে মোটেই প্রবাহ বহিবে না ও বলরেখা পাওয়া যাইবে না, অর্থাৎ লৌহটি চুম্বকীভূত হইবে না। যেমন মোটরের বেলায় হয়, ঠিক সেইরূপ ব্যাক ই, এম, এফ, সর্ব্বদা প্রাইমারী ই, এম, এফ, অপেক্ষা কম থাকে। বলা বাহুল্য লৌহখণ্ডটির মধ্যেও বলরেখার পরিবর্ত্তন হয় এবং উক্ত প্রকার অলটারনেটিং

ভোল্টেজ ও প্রবাহ সম্ভাবিত হয়, ইহাকে 'এডি-কারেণ্ট' বলে। এই জন্যই লৌহটি গরম হইয়া উঠে। এই উত্তাপ হ্রাস করিতে হইলে উহাকে একখণ্ড নীরেট লৌহদ্বারা গঠিত না করিয়া কতকগুলি তার বা চাকতিকে একত্রিত করিয়া গঠিত হয়। এরূপ লৌহখণ্ডকে ল্যামিনেটেড লৌহখণ্ড বলে, ইহা পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে। যেহেতু অলটারনেটিং কারেণ্টের পরিবর্ত্তন হার অত্যন্ত অধিক, 'বলরেখা পরিবর্ত্তনের হার' সম্ভাবিত ভোল্টেজ পরিমাণ খুব অধিক হয়। অতএব এডি-কারেণ্টকে কম রাখিতে হইলে কন্টিনিউয়াস কারেণ্টে যেরূপ পাতলা পাত ব্যবহৃত হয়, অলটারনেটিং কারেণ্টের বেলায় তদপেক্ষা অধিক পাতলা পাত ব্যবহার করিতে হয়, যথা, কন্টিনিউয়াস কারেণ্টে আর্মেচারের পাত '০২ ইঞ্চি পুরু হয়, অলটারনেটিং কারেণ্ট হইলে উহা '০১ ইঞ্চি, এমন কি '০০৮ ইঞ্চি পর্য্যন্ত পাতলা হয়।

ট্র্যান্সফরমার (Transformer) :—অলটারনেটিং কারেণ্টের সম্ভাবনী ক্ষমতা 'পরিবর্ত্তক' বা ট্র্যান্সফরমার প্রস্তুত করণে বিশেষ সহায় হয়। কন্টিনিউয়াস কারেণ্ট হইলে বলরেখা পরিবর্ত্তনের উদ্দেশ্যে প্রবাহ পুনঃ পুনঃ বন্ধ করিবার নিমিত্ত (যথা ইণ্ডাকসান কয়েল ও ম্যাগনেটোতে) যেমন কোন অংশের চালনা বা ঘূর্ণনের প্রয়োজন হয়, অলটারনেটিং কারেণ্টের বেলায় প্রবাহ স্বভাবতঃই পরিবর্ত্তনশীল বলিয়া ট্র্যান্সফরমারের মধ্যে কোন অংশের গতি প্রয়োজন হয় না। ৫৭৮ চিত্র অনুযায়ী যদি একটি চতুষ্কোণ লৌহদণ্ডের দুই



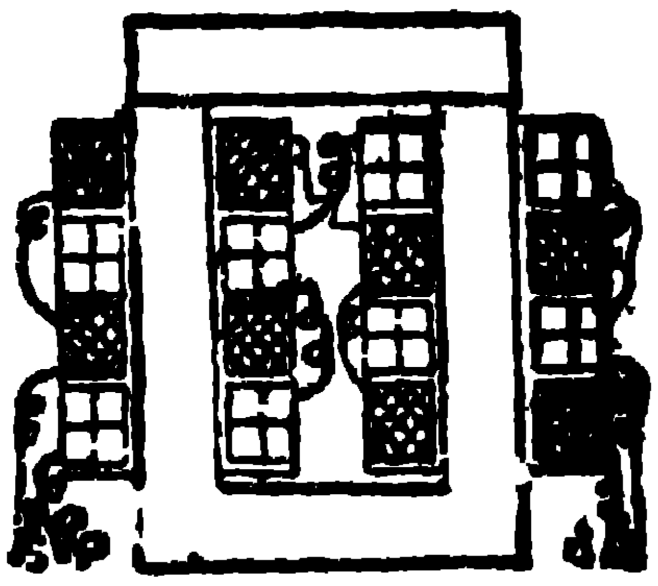
চিত্র—৫৭৮

বাহুতে দুইটি কয়েল থাকে, তাহা হইলে একটি কয়েলের মধ্য দিয়া অলটারনেটিং কারেণ্ট বহিবার কালে লৌহের মধ্যে পরিবর্ত্তনশীল বলরেখার উদয় হেতু দ্বিতীয় কয়েলটিতে ভোল্‌টেজ সম্ভাবিত হইবে এবং পথ সম্পূর্ণ থাকিলে সম্ভাবিত প্রবাহ উৎপন্ন হইবে। বলা বাহুল্য এই সম্ভাবিত ভোল্টেজ ও প্রবাহ সম্ভাবক প্রবাহের ন্যায় অলটারনেটিং হইবে।

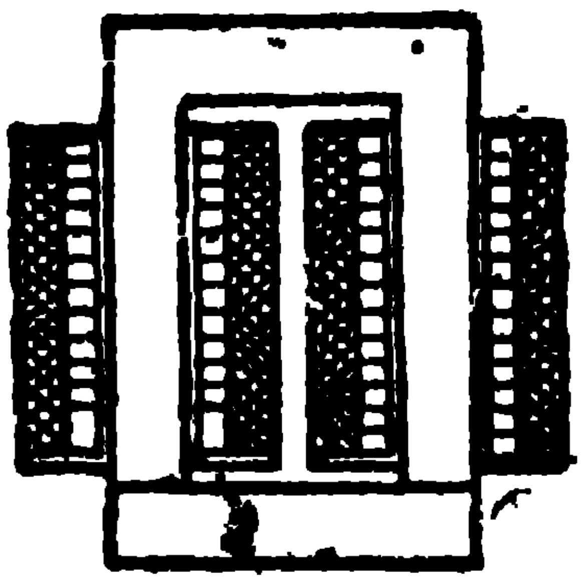
সেকেণ্ডারী কয়েলে সম্ভাবিত ভোল্‌টেজ উহার পাকসংখ্যানুপাতে হইবে। কারণ পূর্ব্বেই দেখা গিয়াছে যে প্রাইমারী কয়েলে স্বীয় সম্ভাবন দ্বারা প্রায় সম পরিমাণ ব্যাক ই, এম, এফ, হয়—

যথা, প্রাইমারী কয়েলে ১০০ পাক থাকিলে এবং উহাতে ১০০ ভোল্ট চাপ প্রযুক্ত হইলে স্বীয় সম্ভাবন হেতু বিপরীত দিকে প্রায় ৯৯ ভোল্ট চাপ উৎপন্ন হয়, অর্থাৎ প্রতি পাকে প্রায় ১ ভোল্ট করিয়া চাপ সম্ভাবিত হয়। সুতরাং সেকেণ্ডারী কয়েলের মধ্যে ঐ সম্ভাবন ক্রিয়া দ্বারা প্রতি পাকে ১ ভোল্ট করিয়া চাপ উৎপন্ন হইবে। অতএব সেকেণ্ডারী কয়েলে যদি ১০০০ বা ১০০০০ ইত্যাদি পাক থাকে উহাতে যথাক্রমে ১০০০ বা ১০০০০ ইত্যাদি ভোল্ট চাপ পাওয়া যাইবে এবং যেহেতু বৈদ্যুতিক শক্তি চাপ ও প্রবাহের গুণফল ($W=E\times C$) দ্বারা পরিমিত হয় এবং শক্তিকে পরিবর্দ্ধিত বা হ্রাস করা যায় না—সেকেণ্ডারী কয়েলে ভোল্টেজ যেরূপ বাড়িবে, উহাতে কারেণ্ট বা আম্পেয়ারেজ (amperage). সেই অনুপাতে কমিবে। যথা—প্রাইমারী কয়েলের পাকসংখ্যা=১০০, প্রযুক্ত ভোল্টেজ=৫০ ও প্রবাহ=১ আম্প এবং সেকেণ্ডারী কয়েলের পাকসংখ্যা ৫০০০০ হইলে উহার ভোল্টেজ=$\frac{৫০}{১০০}$ × ৫০০০০ = ২৫০০০ হইবে ও কারেণ্ট=$\frac{১\times৫০}{২৫০০০}=\frac{১}{৫০০}$ =·০০২ আম্প হইবে।

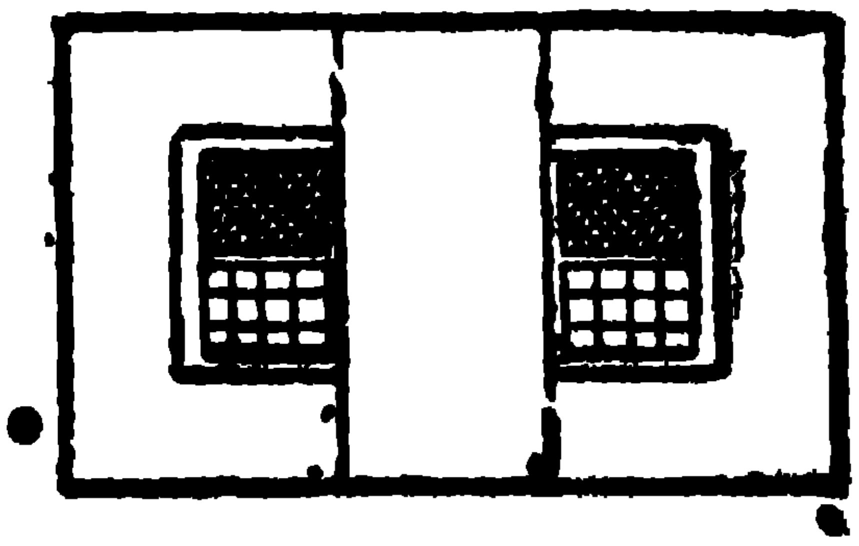
ট্র্যান্সফরমার ব্যবহারের উদ্দেশ্য একাদশ পরিচয়ে বর্ণিত হইয়াছে, এক্ষণে উহাদের গঠন বর্ণিত হইবে। সচরাচর ব্যবহৃত ট্রান্সফরমার গুলিতে



চিত্র—৫৭৯



চিত্র—৫৮০



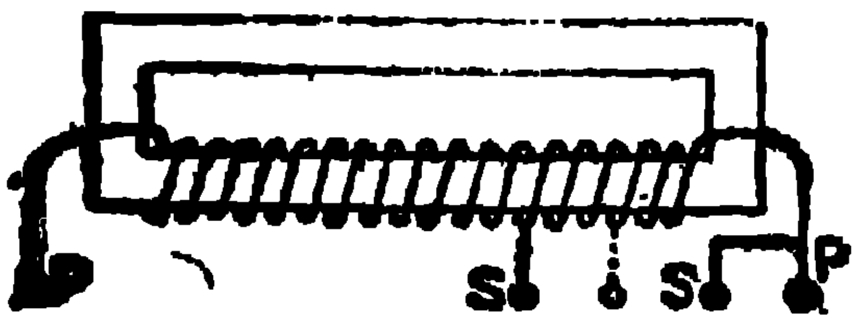
চিত্র—৫৮১

প্রাইমারীর উপর সেকেণ্ডারী জড়ান হয় না। কতিপয় চিত্র দেওয়া হইল।

যে ট্রান্সফরমারগুলির লৌহপথ সম্পূর্ণ তাহাকে closed magnetic circuit বলে, এইরূপ গঠন অসুবিধাজনক বলিয়া চিত্র ৫৭৯-৫৮১ অনুযায়ী অংশ সংযোগ করিয়া প্রস্তুত হয়।

অটো ট্রান্সফরমার (Auto-transformer) :—

৫৮২ চিত্রে দর্শিত অটো ট্রান্সফরমার ধাতব ফিলামেণ্ট বাতির জন্য অলটারনেটিং কারেণ্টের সহিত ব্যবহার হয় এবং ইহার দ্বারা ভোল্টেজ কমান হয়। ইহাতে প্রাইমারী কয়েল একটি লৌহখণ্ডের উপর জড়ান হয় এবং সেকেণ্ডারীর জন্য পৃথক কয়েল ব্যবহার না করিয়া ঐ প্রাইমারীর প্রয়োজনমত কতকগুলি পাক বাদ দেওয়া হয়। ঠিকমত দেখিতে গেলে অটো-ট্রান্সফরমার বলিতে যে যন্ত্রের মধ্যে প্রবাহ উৎপাদিত হয় ও ভোল্টেজ পরিবর্ত্তিত হয় তাহাকে বুঝায়। ম্যাগনেটো এই প্রকার যন্ত্র. ইহা পূর্ব্বেই বর্ণিত হইয়াছে।



চিত্র—৫৮২

ট্রান্সফরমারের মধ্যে অপচয় (Losses in Transformers) :—

(১) প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী কয়েলের মধ্যে তাপোৎপত্তি হেতু অপচয়—ইহা কয়েলের আকার ও তারের দৈর্ঘ্য কমাইয়া কম করা যায়।

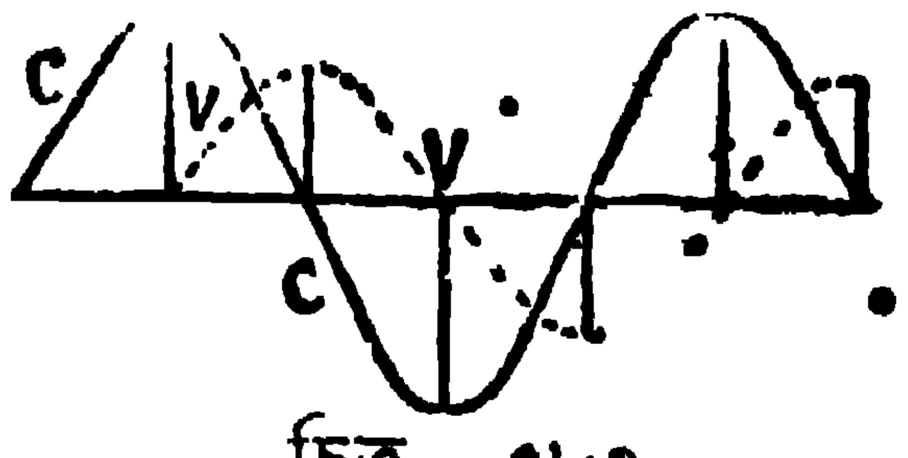
(২) লৌহের মধ্যে এডিকারেণ্ট (Eddy current) হেতু অপচয়—ইহা কতকগুলি ইনসুলেটেড লৌহের পাতলা পাত বা সরু তার একত্র ব্যবহার দ্বারা কমান যায়।

(৩) লৌহের মধ্যে হিষ্টেরেসিস অপচয় (Hysteresis losses)—ইহা বিশেষ প্রকার লৌহ নির্ব্বাচন দ্বারা কমান যায়।

(৪) চৌম্বক অপচয় (Magnetic leakage) :—যথা, প্রাইমারী কয়েল হেতু সমস্ত চুম্বক বলরেখাগুলি হয়ত সেকেণ্ডারীর মধ্য দিয়া না যাইতে পারে। ইহা কয়েলগুলিকে ঠিকভাবে সাজাইলে কমান যায়—যথা, ভালভাবে ইনসুলেট করিয়া প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী তার ৫৭৯-৫৮১ চিত্রগুলি অনুসারে জড়ান হয়।

ফেজ ডিফারেন্স (Phase difference) :—অল্টারনেটিং কারেণ্টের সম্ভাবন ও স্বীয় সম্ভাবন গুণের বিষয় পূর্ব্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। লৌহের উপর জড়ান একটি কয়েলের মধ্যে দিয়া অল্টারনেটিং কারেণ্ট প্রবাহিত করাইলে স্বীয় সম্ভাবন তীব্র ভাবে ঘটে। অল্টারনেটিং

কারেণ্টের পরিমাণ ও দিক যেমন পরিবর্ত্তনশীল, স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, এরও পরিমাণ ও দিক পরিবর্ত্তনশীল। সুতরাং অল্টারনেটিং কারেণ্টের ন্যায় স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, তরঙ্গের ন্যায় রেখার দ্বারা নির্দ্দিষ্ট হয়। তবে অল্টারনেটিং কারেণ্ট যখন গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ট (বিপরীত দিকে গরিষ্ঠ) হয়, স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, তখন গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ট হয় না বা কারেণ্ট যখন শূন্যে পরিণত হয় স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, তখন শূন্য হয় না। কারেণ্টের গরিষ্ঠ, শূন্য ও লঘিষ্ট হওয়ার সহিত স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, এর গরিষ্ঠ, শূন্য ও লঘিষ্ট হওয়ার মধ্যে কিছু সময় ব্যবধান থাকে, ইহাকে ফেজ 'ডিফারেন্স, বলে। এখন ফেজ ডিফারেন্সের কারণ দেখা যাউক।



চিত্র—৫৮৩

৫৮৩ চিত্রে তরঙ্গের মত C C রেখাটি অল্টারনেটিং কারেণ্ট নির্দ্দেশ করিতেছে। প্রবাহের চৌম্বক রাজ্য প্রবাহের সহগামী অর্থাৎ প্রবাহ গরিষ্ঠ হইবার সঙ্গে সঙ্গে রাজ্যতেজ সর্ব্বাপেক্ষা প্রখর হয়, প্রবাহ শূন্য হইবামাত্র রাজ্যতেজ নাশ হয় ও প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তনের সহিত রাজ্য বিপরীত হইয়া যায় এবং প্রবাহ লঘিষ্ট অর্থাৎ বিপরীত দিকে গরিষ্ঠ হইবামাত্র রাজ্য-তেজ বিপরীত দিকে সর্ব্বাপেক্ষা গরিষ্ঠ হয়। স্বীয় সম্ভাবনের ই. এম, এফ, সম্ভাবক প্রবাহ (Primary Current) তেজ বা রাজ্যতেজের উপর নির্ভর করে না, রাজ্যতেজ পরিবর্ত্তন-হারের উপর নির্ভর করে—ইহা রাজ্য-তেজ পরিবর্ত্তন হারের আনুপাতিক। এখন ৫৮৩ চিত্র হইতে দৃষ্ট হইবে সম্ভাবক প্রবাহ C যখন গরিষ্ঠ বা লঘিষ্ট, তখন কিয়ৎকালের নিমিত্ত Cএর পরিমাণ প্রায় সমভাব থাকে, সুতরাং রাজ্যতেজের পরিবর্ত্তন ঘটে না। অতএব এই অবস্থায় স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, শূন্য হয়। যখন C শূন্যে পরিণত হইয়া বিপরীত দিকগামী হয়. সেই সময় Cএর পরিবর্ত্তন হার সর্ব্বাপেক্ষা অধিক, সুতরাং রাজ্যতেজেরও পরিবর্ত্তন হার এই অবস্থায়

সর্ব্বাপেক্ষা অধিক, অতএব স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, এই সময় গরিষ্ঠ হয়। অতএব দৃষ্ট হইতেছে প্রবাহ যখন গরিষ্ঠ বা লঘিষ্ট, স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, তখন শূন্য এবং প্রবাহ যখন শূন্য, স্বীয় সম্ভাবনের ই, এম, এফ, তখন গরিষ্ঠ (একদিকে বা তাহার বিপরীত দিকে)। এই স্বীয়-সম্ভাবনের ই. এম, এফ, এর দিক "লেঞ্জেস-ল" অনুসারে রাজ্য পরিবর্ত্তনের বিপরীত ভাবে হয়—অর্থাৎ সম্ভাবক কারেণ্ট বা রাজ্যতেজ হ্রাস হইবার সময় ই, এম, এফ, এরূপ দিকে সম্ভাবিত হয় যে এই ই, এম, এফ, হেতু প্রবাহ দ্বারা রাজ্যতেজ যেন প্রখর হয় অর্থাৎ প্রাইমারী ই, এম, এফ, এর দিকে বা পজিটিভ হয়, এবং যখন সম্ভাবক প্রবাহ বা রাজ্যতেজ বৃদ্ধি পাইতে থাকে, তখন ই, এম, এফ, এরূপ দিকে সম্ভাবিত হয় যে এই ই, এম, এফ, হেতু প্রবাহ দ্বারা যেন রাজ্যতেজ হ্রাস পায়, অর্থাৎ প্রাইমারী ই, এম, এফ, এর বিপরীত দিকে বা নেগেটিভ হয়। সুতরাং স্বীয়-সম্ভাবনের ই, এম, এফ, কে গ্রাফ কাগজে লিপিবদ্ধ করিলে ইহা তরঙ্গের ন্যায় 'V' রেখা দ্বারা নির্দ্দিষ্ট হইবে (বিন্দুরেখা V V চিত্র ৫৮৩) এবং এই রেখা সম্ভাবক প্রবাহের একের চতুর্থাংশ 'পিরিয়াড' (Period) পরে আরম্ভ হয়। সুতরাং প্রবাহ গরিষ্ঠ, শূন্য বা লঘিষ্ট হইবার এক চতুর্থাংশ পিরিয়াড পরে স্বীয় সম্ভাবনের ই; এম, এফ, যথাক্রমে শূন্য বা লঘিষ্ট হয়।

পুরাপুরি একটি তরঙ্গের সময়কে পিরিয়াড বলে। প্রবাহ শূন্য হইতে আরম্ভ করিয়া গরিষ্ঠ হইয়া পুনরায় শূন্য হইয়া (এইখানে অর্দ্ধ-পিরিয়াড হইল) লঘিষ্ট হইয়া অর্থাৎ বিপরীত দিকে গরিষ্ঠ হইয়া পুনরায় শূন্য হইলে একটি সম্পূর্ণ তরঙ্গ হইল এবং এই সময়কে পিরিয়াড বলে।

দ্রষ্টব্য :—ট্রান্সফর্মারের সেকেণ্ডারী কয়েল উন্মুক্ত থাকিলে, সুতরাং উহা হইতে শক্তি গ্রহণ না করিলে অর্থাৎ উহা ভারযুক্ত না হইলে উক্ত প্রকার ভাব ঘটে। কেবলমাত্র চুম্বক করণার্থে প্রাইমারী কয়েলের মধ্য দিয়া যৎকিঞ্চিৎ প্রবাহ বহে এবং তাহা প্রযুক্ত ভোল্টেজের এক চতুর্থাংশ পিরিয়াড পশ্চাতে যায়।

কণ্টিনিউয়াস-কারেণ্ট সার্কিটের শক্তি যেমন 'ওয়াট, দ্বারা পরিমিত হয় (ওয়াট = ভোল্ট × অ্যাম্প), অল্টারনেটিং কারেণ্ট সার্কিটেরও শক্তি

ওয়াট দ্বারা পরিমিত হয়, তবে ইহাতে চাপ ও প্রবাহ উভয়ে পরিবর্ত্তনশীল বলিয়া অলটারনেটিং কারেণ্ট সার্কিটের শক্তি বলিতে কোন নির্দ্দিষ্ট শক্তিকে বুঝায় এবং তাহা তৎকালীন ভোল্টকে তৎকালীন 'আম্প' দিয়া গুণ করিলে পাওয়া যায়। পূর্ব্বেই দৃষ্ট হইয়াছে যে ভোল্টেজ ও কারেণ্টের মধ্যে ফেজের এক-চতুর্থাংশ পিরিয়াড পার্থক্য হইলে ভোল্টেজ যখন গরিষ্ঠ, কারেণ্ট তখন শূন্য ও কারেণ্ট যখন গরিষ্ঠ, ভোল্টেজ তখন শূন্য,অতএব এই সকল সময়ে ওয়াট = ০। অতএব ফেজ ডিফারেন্স এক-চতুর্থাংশ পিরিয়াড হইলে সার্কিটে শক্তি (ওয়াট হিঃ) সর্ব্বাপেক্ষা কম, ফেজ ডিফারেন্স যত অল্প হইবে শক্তি ততই অধিক হইবে, ফেজ ডিফারেন্স কিছুই না থাকিলে—অর্থাৎ গরিষ্ঠ ভোল্টেজের সময় গরিষ্ঠ কারেণ্ট ও শূন্য ভোল্টেজের সময় শূন্য কারেণ্ট হইলে—সর্ব্বাপেক্ষা অধিক শক্তি পাওয়া যায়। ট্রান্সফর্মারের ভারহীন অবস্থায় যদি অনুমান করা যায় যে কেবলমাত্র চুম্বককরণার্থে যৎসামান্য প্রবাহ বহে, তাহা হইলে সার্কিটে তখন কিছুই শক্তি (ওয়াট) নাই। ভোল্টেজ হইতে সিকি-পিরিয়াড ব্যবহৃত চুম্বককর কারেণ্টকে ওয়াট-হীন বা 'ওয়াটলেস' (Watt-less) কারেণ্ট বলে। সুতরাং ভারহীন ট্রান্সফর্মারে 'ওয়াটলেস' কারেণ্ট বহে। যে কারেণ্টের ভোল্টেজ হইতে ফেজের ব্যবধান বা ডিফারেন্স নাই, সুতরাং যাহা হইতে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক শক্তি পাওয়া যায়, তাহাকে 'ওয়াট-কারেণ্ট' বলে—'ওয়াট-কারেণ্ট' 'ওয়াট-লেস' কারেণ্টের ঠিক বিপরীত, কার্য্যকরী ভোল্টেজকে তৎকালীন আম্প দ্বারা গুণ করিলে পাওয়া যায় (স্বীয় সম্ভাবনহীন সার্কিটে ঠিক এইরূপ)।

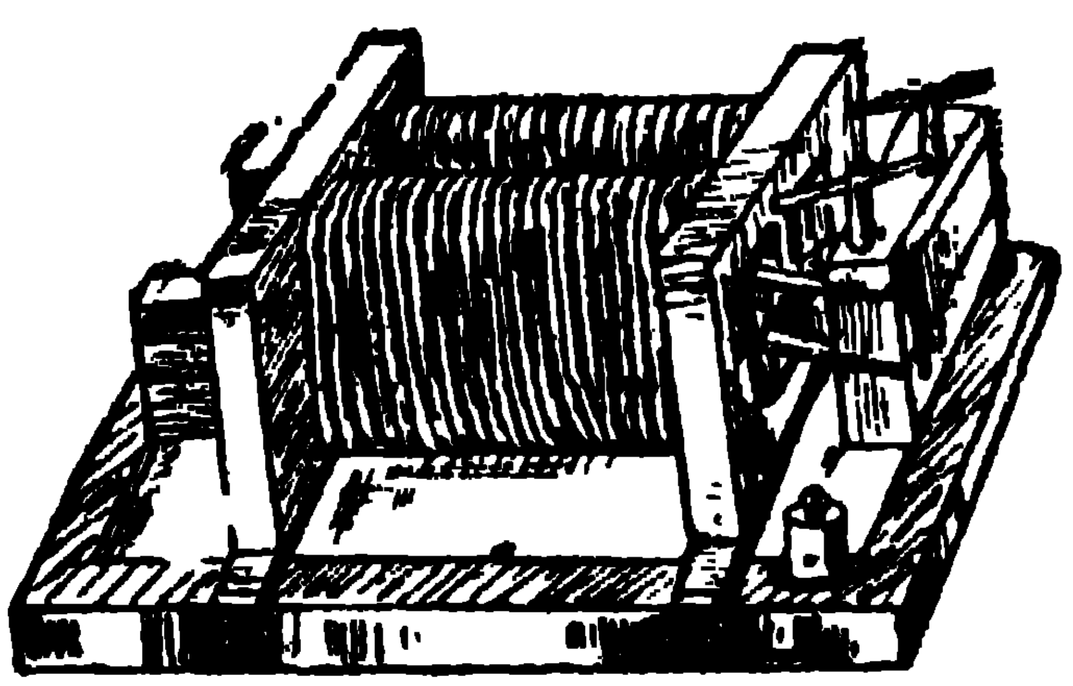
আদৌ স্বীয় সম্ভাবন নাই এরূপ সার্কিট অনুমান ব্যতীত কার্য্যতঃ অসম্ভব, তবে হয়ত স্বীয় সম্ভাবন অতি অল্প—গ্লোল্যাম্প বিশিষ্ট সার্কিট। ট্র্যান্সফর্মারের সেকেণ্ডারী কয়েলের সহিত কতকগুলি 'গ্লোল্যাম্প' সংযুক্ত হইলে প্রায় কেবলমাত্র ওয়াট কারেণ্ট সেকেণ্ডারীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। প্রাইমারী কয়েলে চুম্বককর ওয়াটলেস্ কারেণ্ট (যাহা সেকেণ্ডারী

কয়েলের উন্মুক্ত অবস্থায় বহিতেছিল) ব্যতীত এই ওয়াট কারেণ্টও বহিবে, অতএব এই প্রবাহদ্বয়ের সমষ্টি প্রবাহ ভোল্টেজের সহিত একই ফেজে নাই, অথবা উহাদের ফেজের ব্যবধান 'সিকি পিরিয়াডও' নহে। সেকেণ্ডারী যত অধিক ভারযুক্ত হইবে, অর্থাৎ উহা হইতে যত অধিক 'ওয়াটকারেণ্ট লওয়া যাইবে, ফেজের ব্যবধান ততই অল্প হইবে। পূর্ণমাত্রায় ভারযুক্ত ট্রান্সফর্মারের ওয়াট কারেণ্টের সহিত তুলনায় যৎসামান্য চুম্বককর 'ওয়াট-হীন কারেণ্টকে অগ্রাহ্য করা চলে ও এরূপ অবস্থায় দৃষ্ট হইবে ফেজ-ডিফারেন্স নাই। সুতরাং পূর্ণমাত্রায় ভারযুক্ত ট্রান্সফর্মার হইতে ২২০ ভোল্ট চাপে ১০০ আম্প প্রবাহ লইলে উহা হইতে প্রাপ্তব্য শক্তি = ২২০ × ১০০ = ২২ 'কিলো-ওয়াট।'

দ্রষ্টব্য :—এযাবৎ কাল বলা হইয়াছে যে ভারহীন ট্রান্সফর্মারে কেবল-মাত্র 'ওয়াটহীন' কারেণ্ট অর্থাৎ সিকি-পিরিয়াড ফেজ ডিফারেন্স বিশিষ্ট কারেণ্ট বহে। ইহার সত্যতা আনুমানিক। বস্তুতঃ ট্রান্সফর্মার ভারহীন হইলেও অর্থাৎ উহার সেকেণ্ডারী কয়েল উন্মুক্ত থাকিলেও কেবল মাত্র যে সিকিপিরিয়াড ফেজ ডিফারেন্স বিশিষ্ট ওয়াটলেস কারেণ্ট প্রাইমারী কয়েলে বহে তাহা নহে, সেকেণ্ডারী কারেণ্ট উৎপন্ন হয় এবং তাহা লৌহ চাকতিগুলিতে বহে,' যেহেতু প্রত্যেক চাকতি নিজেই সম্পূর্ণ ধাতব পথ—এই প্রবাহকে গাত্র প্রবাহ বা 'এডি-কারেণ্ট' বলে এবং চাকতিগুলি যতই পাতলা ও বাধাদায়ক হউক না কেন, কিছু না কিছু এডি কারেণ্ট হয়ই হয়। সেকেণ্ডারী কয়েলের সম্পূর্ণ সার্কিট অবস্থায় উহার মধ্যে বহমান প্রবাহ হেতু প্রাইমারী কয়েলে যেরূপ ফল হয়, এই 'এডি-কারেণ্ট-গুলির দরুণও সেইরূপ ফল প্রাইমারী কয়েলে হয় অর্থাৎ যেহেতু সেকেণ্ডারী কয়েলে প্রবাহ বহার দরুণ প্রাইমারী কয়েলে ওয়াট কারেণ্ট প্রবেশ করে, এই 'এডি-কারেণ্ট'গুলির দরুণও প্রাইমারী কয়েলে 'ওয়াট-কারেণ্ট' বহে। অতএব দেখা যাইতেছে ট্রান্সফর্মার ভারবিহীন হইলেও উহার

প্রাইমারী কয়েলের মধ্যে দিয়া কিছু পরিমাণ 'ওয়াট কারেণ্ট' বহে। লৌহময় অংশাবলীতে যে পরিমাণ উত্তাপশক্তি এডিকারেণ্ট হেতু উৎপন্ন হয়, সকল অবস্থায় ট্রান্সফর্মারের মধ্যে সেই পরিমাণ শক্তি ব্যয় হয়। সুতরাং ভারহীন ট্রান্সফরমারের কারেণ্ট ও ভোল্‌টেজের মধ্যে 'ফেজ-ডিফারেন্স সর্ব্বদাই সিকি-পিরিয়াডের কম, এবং উহার মধ্যে ব্যয়িত ওয়াট, ভোল্‌টেজ ও কারেণ্টের গুণফল অপেক্ষা কম হইলেও, শূন্য অপেক্ষা অধিক।

চোকিং কয়েল (Choking Coil) :—যদি কোন অল্টারনেটিং কারেণ্ট সার্কিটে অল্প কার্য্যকরী শক্তি প্রয়োজন হয় ও (অল্টারনেটিং কারেণ্ট) ডায়নামো হইতে অধিক শক্তি প্রযুক্ত হয়, তাহা হইলে উদ্বৃত্ত শক্তির বৃথা অপব্যয় এই অবলম্বন দ্বারা বন্দ করা হয়। ইহা অনেকটা ক্ষুদ্র ট্রান্সফর্মারের ন্যায়। তবে ট্রান্সফর্মারে লৌহখণ্ডের উপর দুইটি কয়েল পরিবেষ্টিত থাকে, ইহাতে কেবলমাত্র একটি কয়েল পরিবেষ্টিত থাকে। যদি মাত্র একটি ৫০ ভোল্ট অল্টারনেটিং কারেণ্ট আর্ক ল্যাম্প ২২০ ভোল্ট বিশিষ্ট লাইনে সংযুক্ত করিতে হয়, তাহা হইলে বাকী ১৭০ ভোল্টের জন্য উপযুক্ত বাধাকে ল্যাম্পের সহিত সিরিজে ব্যবহার করিতে হইবে। এখন যদি উক্ত ল্যাম্পে ১০ আম্প প্রবাহ প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে ল্যাম্পটির দ্বারা ৫০ × ১০ = ৫০০ ওয়াট শক্তি গৃহীত হয়, এবং সিরিজ বাধায় ১৭০ × ১০ = ১৭০০ ওয়াট শক্তি বৃথা ব্যয়িত হয় ও ডায়নামোকে ২২০ × ১০ = ২২০০ ওয়াট শক্তি সরবরাহ করিতে হয়। কিন্তু যদি সিরিজ বাধাটির পরিবর্ত্তে চোকিং-কয়েল ব্যবহৃত হয়, তাহা হইলে ইহার দ্বারা স্বীয় সম্ভাবন হেতু বিপরীত দিকে ই, এম, এফ, উৎপন্ন হইয়া কারেণ্ট ও ভোল্‌টেজের



চিত্র—৫৮৪

মধ্যে প্রচুর ফেজ-ডিফারেন্স আনয়ন করে। এস্থলে কারেণ্ট ১০ আম্পই হইবে এবং ল্যাম্প ও চোকিং কয়েল একত্রে ২২০ ভোল্ট চাপ পাইবে, কিন্তু গৃহীত শক্তি ২২০০ ওয়াট অপেক্ষা অনেক অল্প হইবে ; ইহা আর্ক ল্যাম্পে যে ৫০০ ওয়াট প্রয়োজন হয় তদপেক্ষা বিশেষ অধিক হইবে না।

অল্টারনেটিং কারেণ্টের প্রবাহ বেগ ও ভোল্টেজ পরিমাপঃ—অলটারনেটিং কারেণ্ট পর্য্যায়ক্রমে দুই বিপরীত দিকে বহিতে থাকে, সুতরাং একদিকের প্রবাহকে + ধরিলে অপর দিকের প্রবাহ − হইবে এবং এই প্রবাহ বেগ দুই সম + ও − পরিমাণের মধ্যে স্পন্দিত হয়। প্রবাহ বেগের স্পন্দনের কারণ ভোল্টেজের ঐরূপ দুই সম বিপরীত পরিমাণের মধ্যে স্পন্দন। প্রবাহ বেগ প্রবাহের ফল দ্বারা পরিমিত হয়। যেমন তাপন ফল বা চুম্বক ফল। অলটারনেটিং কারেণ্টের ১ আম্প বলিলে বুঝিতে হইবে ইহারদ্বারা আম্প যন্ত্র কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ন্যায় উত্তাপ উৎপন্ন হয়। সুতরাং 'হট অয়ার' কণ্টিনিউয়াস ও অলটারনেটিং উভয় কারেণ্টের জন্য ব্যবহার হইতে পারে। দৃষ্ট হয় অলটারনেটিং কারেণ্টের গরিষ্ঠ পরিমাণ ঐ 'একক' পরিমাণের ১·8১ গুণ বা এই 'একক' পরিমাণ গরিষ্ঠ পরিমাণের ·৭০৭ অংশ। উক্ত একক দ্বারা পরিমিত অলটারনেটিং কারেণ্টের পরিমাণকে 'কার্য্যকরী পরিমাণ' (Effective বা virtual current) বলে। ঠিক সেইরূপ অলটারনেটিং কারেণ্টের কার্য্যকরী ভোলটেজ বলিলে বুঝিতে হইবে যে, কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের যে ভোলটেজ কোন নির্দ্দিষ্ট বাধায় (ওম) প্রযুক্ত হইলে যেরূপ উত্তাপ উৎপন্ন হয়, অলটারনেটিং কারেণ্টের এই ভোল্টেজ দ্বারাও ঐ বাধায় সেইরূপ উত্তাপ উৎপন্ন হয়। এই সংজ্ঞা মতে পরিমিত অলটারনেটিং কারেণ্টের ভোল্টেজকে কার্য্যকরী (Effective বা virtual) ভোলটেজ বলে, এবং ইহা পূর্ব্বের ন্যায় গরিষ্ঠ ভোলটেজের ·৭০৭ অংশ বা গরিষ্ঠ ভোল্টেজ কার্য্যকরী ভোল্টেজের ১·8১ গুণ।

সুতরাং কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ২২০ ভোল্টের উপযোগী বাতির নিমিত্ত অলটারনেটিং কারেণ্টের প্রায় ৩১০ গরিষ্ঠ ভোলটেজ (দেড়গুণ) প্রয়োজন।

ওয়াটমিটার ও পাওয়ার ফ্যাক্টর (Wattmeter and Power Factor):—অলটারনেটিং কারেণ্ট সার্কিটে শক্তি বা ওয়াট মাপিতে হইলে কেবলমাত্র 'এফেকটিভ' ভোল্টেজ ও 'এফেকটিভ' কারেণ্ট অবগত হইলে চলিবে না, এরূপ যন্ত্র ব্যবহার করিতে হইবে যাহাতে যে কোন সময়ের ভোল্টেজ ও তৎকালীন প্রবাহ দর্শিত হয় অর্থাৎ তৎকালীন ওয়াট পরিমিত হয়। এই নিমিত্ত ৪৪৬ চিত্রের ন্যায় ওয়াটমিটার নামক যন্ত্রটী ব্যবহার করা যাইতে পারে, কেবলমাত্র ভোল্টেজ ও কারেণ্টের মধ্যে ফেজের পার্থক্য রদ করিবার জন্য স্থির কয়েলটী (কারেণ্ট কয়েল, যাহার মধ্য দিয়া আমমিটারের ন্যায় মেনের সমস্ত প্রবাহ প্রবাহিত হয়) মোটা তারের অল্প সংখ্যক পাক বিশিষ্ট এবং ঘূর্ণনক্ষম কয়েলটী (প্রেসার কয়েল, যাহাতে ভোলটমিটারের ন্যায় মেনের সমস্ত ভোল্টেজ প্রযুক্ত হয়) সরু তারের অল্প সংখ্যক পাক বিশিষ্ট এবং ভোলটমিটারের ন্যায় ইহার সহিত বাধাদায়ক নন্ ইণ্ডাকটিভ কয়েল সিরিজে যুক্ত থাকে (চিত্র ২১৪)।

দ্রষ্টব্য :—ঘূর্ণনক্ষম অর্থাৎ প্রেসার কয়েলটি স্থির এবং কারেণ্ট কয়েলের আড়াআড়ি দিকে থাকে অর্থাৎ তাহারা পরস্পরের সহিত ৯০° 'কোণ' করে। ঘুরিয়া গেলে কয়েলদ্বয়ের মধ্যে নিক্ষেপণ বল কমিয়া যায়, সুতরাং ঘূর্ণনক্ষম কয়েলকে ঘুরাইয়া পূর্ব্বস্থানে (স্থির কয়েলের সহিত সমকোণে) রাখা প্রয়োজন। এই নিমিত্ত উপরের ডায়ালটির উপর মাঝখানে একটি ছোট 'মিল্ড-হেড' (milled head, টাকার ন্যায় ধারে কিরকিরে কাটা চাকতি) স্প্রিংএর সহিত আবদ্ধ থাকে এবং এই ঘূর্ণন হেতু 'টর্সান' দ্বারা নিক্ষেপণ বল পরিমিত হয় বলিয়া ঘূর্ণন মাপিবার জন্য উহার সহিত একটি কাঁটা থাকে। কাঁটাটি ডায়ালটির উপর ঘুরে এবং ডায়ালটি সচরাচর ডিগ্রীতে (°) বিভক্ত থাকে। যন্ত্রটিকে: কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট সাহায্যে দাগিয়া বা 'ক্যালিব্রেট' (callibrate) করিয়া লইতে হয়, যথা কারেণ্ট কয়েলে ১০০ আম্প প্রবাহ দিয়া সিরিজে সংযুক্ত বাধা কয়েলসহ প্রেসার কয়েলে ১১০ ভোল্ট চাপ প্রযুক্ত করিয়া দেখিতে হয় ঘূর্ণিত প্রেসার কয়েলকে পূর্ব্বস্থানে আনিতে মিল্ড হেডকে কত ডিগ্রী ঘুরাইতে হয় (ইহা ঐ কাঁটা ও ডিগ্রীতে বিভক্ত ডায়ালটির সাহায্যে হয়) ধরা যাউক যদি ২০° ঘুরাইতে হয়, তাহা হইলে ২০° হেতু টর্সান দ্বারা ১০×১০০ = ১০০০ ওয়াট পরিমিত হইতেছে—সুতরাং প্রতি ডিগ্রী টর্সান দ্বারা ৫০ ওয়াট বুঝায়।

এই যন্ত্রে কোন সময় ঘূর্ণনক্ষম কয়েলটি স্থির কয়েল দ্বারা যে বলে আকর্ষিত বা নিক্ষিপ্ত হয় তাহা তৎকালীন যুগপৎ ভোল্‌টেজ ও কারেণ্টের গুণফলের উপর নির্ভর করে, সুতরাং ইহা দ্বারা তৎকালীন শক্তি (ওয়াট) সঠিক পরিমিত হয়, যথা, ভোল্‌টেজ ও কারেণ্ট যদি একই ফেজে থাকে অর্থাৎ উহাদের মধ্যে যদি ফেজের ব্যবধান না থাকে (যেমন একটি গ্লো-ল্যাম্পের সহিত সংযুক্ত করিলে প্রায় এইরূপ অবস্থা প্রাপ্ত হওয়া যায়) তাহা হইলে উক্ত ওয়াটমিটার দ্বারা দর্শিত ওয়াট পরিমাণ হট-অয়্যার আমমিটার ও ভোল্‌টমিটার দ্বারা পরিমিত আম্পেয়ারেজ ও ভোল্‌টেজের গুণফলের সহিত প্রায় মিলিয়া যায়। যথা, আমমিটারে ·২ আম্প ও ভোল্‌টমিটারে ৫০০ ভোল্‌ট দর্শিত হইলে ওয়াট মিটারে প্রায় ১০০ ওয়াট দর্শিত হয়। কিন্তু যদি সিকি পিরিয়াড ফেজের ব্যবধান হয় তাহা হইলে আমিমিটারে ·২ আম্প ও ভোল্‌টমিটারে ১০০ ভোল্‌ট দর্শিত হইবে বটে, কিন্তু ওয়াটমিটারে ০ ওয়াট দর্শিত হইবে। আম্প × ভোল্‌টকে এপারেণ্ট ওয়াট (Apparent watt) বলে এবং ওয়াট মিটার দ্বারা দর্শিত ওয়াট পরিমাণকে 'রীয়েল' বা 'এফেকটিভ' ওয়াট (Real or effective watt) বলে। এপারেণ্ট ওয়াটের সহিত এফেকটিভ ওয়াটের সম্বন্ধ হইতে ফেজের ব্যবধান হিসাব করিয়া লওয়া যাইতে পারে। $\frac{\text{এফেকটিভ ওয়াট}}{\text{এপারেণ্ট ওয়াট}}$ এই ভগ্নাংশকে 'পাওয়ার ফ্যাক্টর' (Power factor) বলে এবং ইহা ফেজ ব্যবধান কোণের 'কোসাইনের' (Cosine) সহিত সমান। এই 'কোণকে যদি a ধরা যায় তাহা হইলে—পাওয়ার ফ্যাক্টর $= \frac{\text{এফেকটিভ ওয়াট}}{\text{এপারেণ্ট ওয়াট}} = \text{Cos}\,a$

a সম্ভাবন বা ইণ্ডাকসান হীন পথে ফেজ ব্যবধান ০°, সুতরাং পাওয়ার ফ্যাক্টার = Cos ০ = ১, আর যে পথে ইণ্ডাকসান ঘটে তাহাতে পাওয়ার ফ্যাক্টার একের কম হয়, ফেজ ডিফারেন্স 'সিকি পিরিয়াড' বা ৯০° হইলে

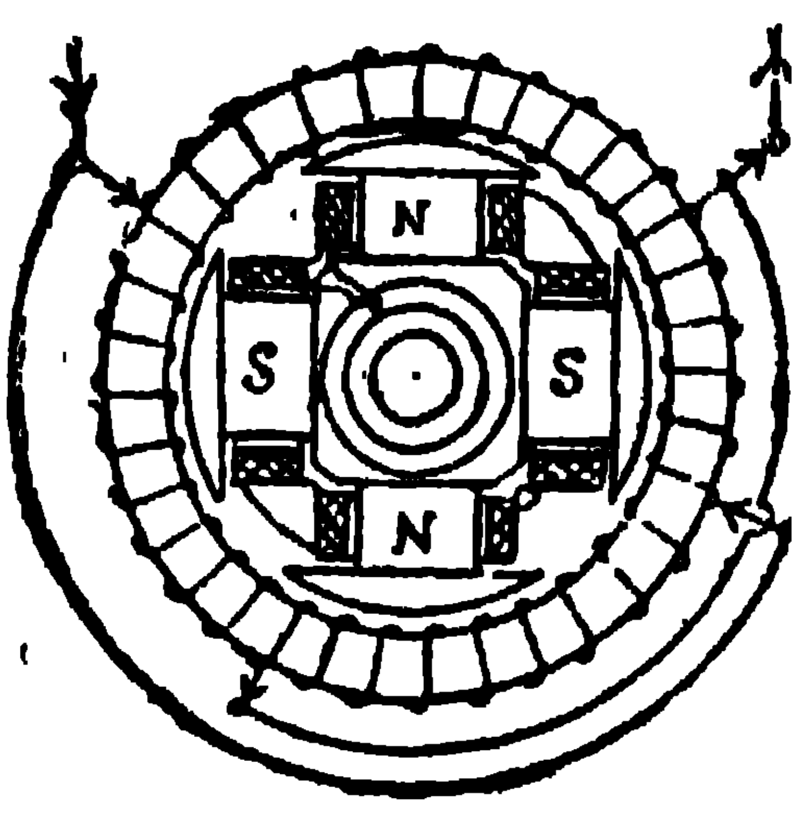
পাওয়ার ফ্যাক্টার = Cos ৯০° = ০। অতএব পাওয়ার ফ্যাক্টার জানা থাকিলে ওয়াট মিটার ব্যতীরেকেও শক্তি বা ওয়াট পরিমিত হয়।

রীয়েল ওয়াট = এপারেণ্ট্ ওয়াট + পাওয়ার ফ্যাক্টার। ফেজ-মিটার নামক যন্ত্র দ্বারা সোজাসুজি পাওয়ার ফ্যাক্টার মাপা যাইতে পারে, কিন্তু ইহা প্রায় ব্যবহার হয় না। উপরে যে 'ওয়াট মিটার' বর্ণিত হইল তদ্দারা একেবারেই ওয়াট পরিমিত হয়।

অল্টারনেটার (Alternator) বা অল্টারনেটিং কারেণ্ট উৎপাদক :—অল্টারনেটিং কারেণ্ট উৎপাদন পদ্ধতি পূর্ব্বেই বর্ণিত হইয়াছে। তথায় দৃষ্ট হইবে যে, কয়েলের শেষভাগদ্বয়কে দুইটি স্লিপ-রিং (Slip ring) এর সহিত সংযুক্ত রাখিতে হয়। ঐ স্লিপরিংদ্বয় হইতে কার্ব্বনব্রুষ দ্বারা বাহিরে প্রবাহ সরবরাহ হয়। ইহাতে কমিউটেটারের ন্যায় কোন অবলম্বন প্রয়োজন হয় না। অল্টারনেটিং কারেণ্ট উৎপাদক যন্ত্রগুলির মধ্যে কাহারও স্থির চুম্বক রাজ্যে কয়েল সমেত আর্মেচার ঘুরে, আবার কোন কোন স্থলে কয়েল সমেত আর্মেচার স্থির থাকে, রাজ্যের চুম্বক ঘুরে। যে অংশটি ঘুরে তাহাকে 'রোটার' (Rotor) বলে ও যে অংশটি স্থির থাকে তাহাকে 'ষ্টেটার' (Stator) বলে। সুতরাং এই যন্ত্রসকল দুই প্রকারের হইতে পারে। ফিল্ড ষ্টেটার, আর্মেচার রোটার, বা ফিল্ড রোটার, আর্মেচার ষ্টেটার। রোটারী (Rotary) অর্থাৎ আবর্ত্তনকারী অংশটি ষ্টেটার বা স্থির অংশের অন্তর্ভাগবর্ত্তী হয়। সুতরাং ষ্টেটার আর্মেচার (বা রোটারী ফিল্ড) বিশিষ্ট যন্ত্রের সুবিধা এই যে আর্মেচারকে খুব বৃহদাকৃতি করা যায়; অতএব উহাতে প্রচুর কয়েল ব্যবহৃত হইতে পারে। কয়েল সংখ্যা প্রচুর বলিয়া অধিক ভোল্টেজ পাওয়া যাইবে এবং আর্মেচারের স্থিরাবস্থা হেতু প্রবাহ বাহিরে সরবরাহের নিমিত্ত স্লিপ-রিং ও ব্রুষের প্রয়োজন হয় না; কয়েলের দুইমুখকে দুইটি ধাতুখণ্ডের সহিত সংযুক্ত রাখিয়া ঐ ধাতুখণ্ডদ্বয় হইতে তারদ্বারা শক্তি সরবরাহ হইতে পারে, সুতরাং আর্মেচার ও তৎসংশ্লিষ্ট অংশাবলীর ইনসুলেসানের কার্য্যাদি অতীব অনায়াস সাধ্য হয়।

অল্টারনেটারের রাজ্য চুম্বক ডাইরেক্ট কারেণ্ট দ্বারা উত্তেজিত হয় এবং ঐ উত্তেজনা (excitation) তিন প্রকারে সাধিত হয়, (১) অল্টারনেটারের নিজের মধ্যে উৎপাদিত শক্তি দ্বারা (কমিউটেটার সাহায্যে অল্টারনেটিং কারেণ্টকে ডাইরেক্ট কারেণ্টে পরিণত করিয়া), (২ ও ৩) অপর কোন স্থান হইতে প্রবাহ লইয়া, যথা, (২) অলটারনেটারের সহিত একই সাফটে চালিত একটি ডাইরেক্ট কারেণ্ট ডায়নামোর প্রবাহ দ্বারা (৩) বাহির হইতে কোন প্রবাহ দ্বারা।

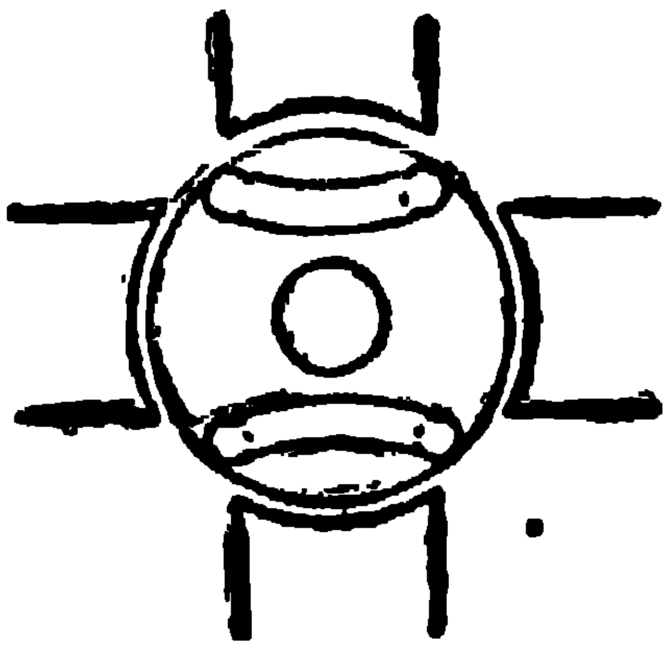
অলটারনেটারের মধ্যে উৎপন্ন অলটারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা রাজ্যচুম্বককে উত্তেজিত করিতে হইলে ঐ কারেণ্টকে ডাইরেক্ট করিয়া লইতে হয়। এই নিমিত্ত কমিউটেটার ব্যবহৃত হয়। এই কমিউটেটারকে সুবিধামত সচরাচর স্লিপ-রিংএর বিপরীত দিকে স্থাপিত করিতে হয়। এই প্রকার কলকে ডবল-কারেণ্ট অলটারনেটার বলে। রোটারী ফিল্ড যন্ত্রে ফিল্ড কয়েলের জন্য স্লিপ-রিং ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়। রোটারী ফিল্ড রিং আর্মেচার যন্ত্র ৫৮৫ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে।



চিত্র—৫৮৫

রিং আর্মেচার অপেক্ষা ড্রাম আর্মেচারের প্রস্তুত প্রকরণ সহজ বলিয়া ইহাই অধিকাংশ স্থলে ব্যবহৃত হয়। ড্রামআর্মেচারের তার জড়াইবার পদ্ধতি ডাইরেক্ট কারেণ্ট হইতে কিছু বিভিন্ন, যথা—যদি ২০০ ফাঁস থাকে, ডাইরেক্ট কারেণ্ট ড্রাম আর্মেচারে ঐ ২০০ ফাঁসকে সমভাবে চতুর্দ্দিকে বিছাইয়া দেওয়া হয়, অলটারনেটিং কারেণ্ট ড্রাম আর্মেচারের বেলায় ঐ ২০০ ফাঁসকে একই স্থানে জড়ান হয়। ইহাতে ফল ভাল পাওয়া যায়, কারণ যে কোন সময় প্রত্যেক তারের ফেজ সমান, অর্থাৎ ভোলটেজ যখন শূন্য হয় তখন সকল তারেই উহা শূন্য হয় এবং ভোলটেজ যখন গরিষ্ঠ

হয় তখন সকল তারেই উহা গরিষ্ঠ হয়। এই প্রকার তার জড়াইবার পদ্ধতি ৫৮৫ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে দৃষ্ট হইবে যে পোল প্রতি মাত্র একটি করিয়া খাঁজ আর্মেচারে প্রয়োজন। অবশ্য পোল প্রতি দুইটি বা ততোধিক করিয়া খাঁজ থাকিতে পারে, কিন্তু এরূপ স্থলে তার এরূপভাবে জড়াইতে হইবে যেন তাহারা আর্মেচারে একই দিকে চুম্বক মেরু সৃজন করে, অর্থাৎ কয়েলগুলি যেন সমান্তরাল হয়। ইহা ৫৮৬ চিত্র দেখিলেই সহজে বুঝিতে পারা যাইবে। এই চিত্রে ৪ পোল যন্ত্রের চারিটি খাঁজ বিশিষ্ট আর্মেচার দর্শিত হইয়াছে। এই চারিটি খাঁজে দুইটি কয়েল সমান্তরাল ভাবে আছে।

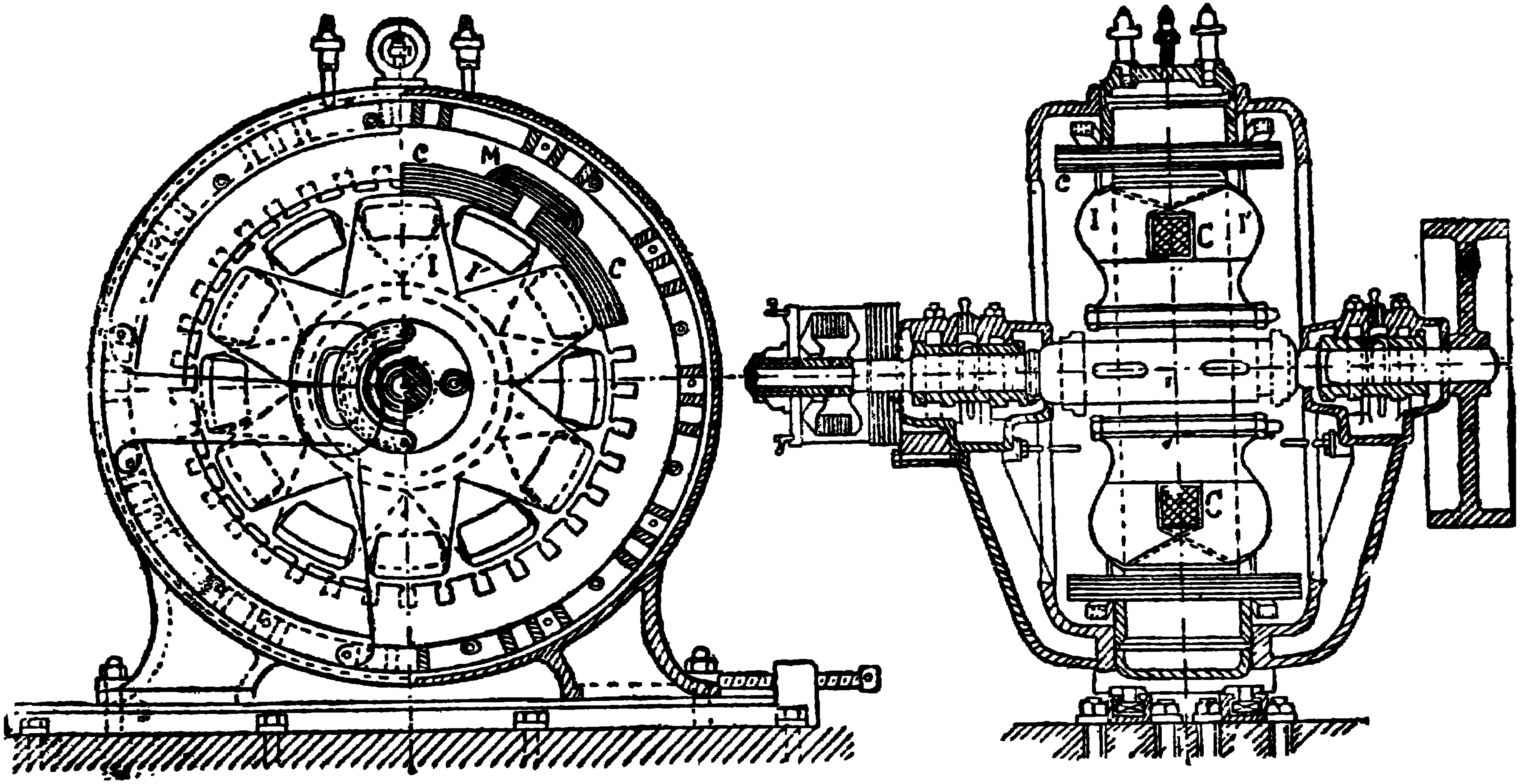


চিত্র—৫৮৬

রোটারী ফিল্ড যন্ত্রে ঘূর্ণায়মান ফিল্ড কয়েলগুলিকে দৃঢ় করিবার নিমিত্ত মোটা তার ব্যবহার করিতে হয়। মোটা তারের বাধা অল্প, সুতরাং অল্প ভোল্‌টেজেই অধিক প্রবাহ দেয়, এবং তার মোটা বলিয়া পাকসংখ্যা যদিও অল্প, অধিক প্রবাহ দ্বারা প্রয়োজন মত উত্তেজক আম্প-পাক (ampere turn) পাওয়া যায়। সচরাচর ১১০ ভোল্‌টের অধিক ভোল্‌টেজ প্রয়োজন হয় না, সুতরাং শ্লিপ-রিং প্রভৃতির ইনসুলেসান কার্য্য অনায়াস সাধ্য। অল্‌টারনেটিং কারেন্ট যন্ত্রের আর্মেচারের খাঁজগুলি ডাইরেক্ট কারেন্ট যন্ত্রের আর্মেচারের খাঁজ অপেক্ষা প্রশস্ত এবং হাই-টেনসান অর্থাৎ অধিক ভোল্‌টেজ উৎপাদক যন্ত্রের আর্মেচারের খাঁজের মধ্যে অপরিচালক পদার্থের নল থাকে, ঐ নলের মধ্য দিয়া তার যায়।

৫৮৭ চিত্রে একটি অল্টারনেটারের ছেদ চিত্র দর্শিত হইয়াছে। ইহার ফিল্ড রোটারী (আর্মেচার স্থির)। ইহাতে C (স্থির আর্মেচারের) কয়েল যাহাতে অল্টারনেটিং প্রবাহ সম্ভাবিত হয়, M আর্মেচারের ল্যামিনেটেড্ লৌহপাত সমষ্টি—ইহার দুই শেষ ভাগ পর পর দুইটি কয়েলে প্রবিষ্ট এবং প্রত্যেক কয়েলের মধ্যে এইরূপ দুইটি করিয়া অবকাশ আছে। I ও I′ রোটারী (আবর্ত্তনশীল) রাজ্য চুম্বক—ইহা দুইটি দন্তচক্রাকার

অল্টারনেটিং কারেণ্ট জেনারেটার।



চিত্র—৫৮৭

লৌহে প্রস্তুত। ঐ দন্তগুলির শেষভাগ হুকের মত বাঁকান এবং চক্রদ্বয় এরূপভাবে আবদ্ধ যে একটির দন্তদ্বয়ের ব্যবধানে অপরটীর দন্ত, যথা I একটির দন্ত, I´ অপরটীর দন্ত। রাজ্য চুম্বকের উত্তেজক কয়েল C. উক্ত চক্রদন্তদ্বয়ের মধ্যে স্থাপিত এবং যেহেতু দন্তচক্রদ্বয় একটি লৌহ মেরু দ্বারা আবদ্ধ, একটি চক্রে দন্তগুলি S মেরু ও অপরটীর দন্তগুলি N মেরু হয়, এবং যেহেতু একটি চক্রের একটি দন্তের পর তৎপরবর্ত্তী চক্রের একটি দন্ত আছে, রাজ্য চুম্বকের মেরুগুলি একটি N অপরবর্ত্তীটি S, এই ভাবে সজ্জিত হইতেছে। এইরূপ যন্ত্রকে অল্‌টারনেটিং-পোল টাইপ বলে। রাজ্য চুম্বকের উত্তেজক কয়েল C দন্তচক্রদ্বয় সহ আবর্ত্তনশীল, সুতরাং স্লিপ-রিং দ্বারা উহাতে প্রবাহ প্রযুক্ত হয়।

দুইটি অল্টার্নেটারের প্যারালাল সংযোগ ও সিংক্রনাইজার (Synchroniser) :—দুইটি অল্টারনেটারকে প্যারালালে সংযুক্ত কন্টিনিউয়াস কারেন্ট ডায়নামোদ্বয়ের মত, কেবলমাত্র উহাদিগকে যে সম ভোল্‌টেজে আনিলেই চলিবে তাহা নহে, ভোল্‌টেজ সমান করা ব্যতীত উহাদের ঘূর্ণন গতি সমান করিয়া একই ফেজে সংযুক্ত করিতে হয়। ঘূর্ণন গতি সমান করিয়া একই ফেজে সংযুক্ত করাকে 'মিল করা' বা সিংক্রনাইজ (Synchronise) করা বলে। স্পীডোমিটার বা ট্যাকোমিটার প্রভৃতি নামক ঘূর্ণনগতি পরিমাপক যন্ত্রের দ্বারা ঘূর্ণনগতি পরিমিত হইতে পারে বটে, কিন্তু সিংক্রনাইজ করণার্থে ঘূর্ণনগতির এরূপ সঠিক পরিমাপ প্রয়োজন যে তাহা উক্ত যন্ত্র দ্বারা সাধিত হইতে পারে না। এই উদ্দেশ্যে অল্পায়াসে ঘূর্ণনগতি অতি সঠিক পরিমাপ কিরূপে সাধিত হয় তাহা নিম্নে বর্ণিত হইল। অল্‌টারনেটার দুইটির যে ভোল্‌টেজ সেই ভোল্‌টেজের দুইটি ল্যাম্প দ্বারা উহাদিগকে আড়াআড়ি ভাবে সংযুক্ত করিতে হইবে, অর্থাৎ একটির পজিটিভ অপরটীর নেগেটিভ টার্মিনালের সহিত একটি আলোক দ্বারা সংযুক্ত করিতে হইবে। এবং একটি ডবল পোল সুইচকে "অফ" (off) বা উন্মুক্ত রাখিয়া যন্ত্রদ্বয়কে চালাইতে হইবে। যদি তাহাদের ভোল্‌টেজ পরস্পরের বিপরীত হয় তাহা হইলে কোন আলোকই জ্বলিবে না, আর যদি ভোল্‌টেজ একই দিকে হয়, তাহা হইলে (১) যন্ত্রদ্বয়ের মধ্যে ফেজের পার্থক্য থাকিলে ল্যাম্প

ক্ষীণভাবে জ্বলিবে, ফেজপার্থক্য যত অল্প হইবে, ল্যাম্প তত উজ্জ্বল জ্বলিবে, এবং যখন যন্ত্রদ্বয়ের কোনরূপ ফেজ পার্থক্য থাকিবে না, তখন ল্যাম্পদ্বয় পূর্ণ জ্যোতিঃতে জ্বলিবে। এই সময় ডবলপোল সুইচ দ্বারা যন্ত্রদ্বয়কে (প্যারালাল ভাবে) সংযুক্ত করিতে হইবে। অল্প ভোল্টেজের যন্ত্র হইলে একের (+) টার্মিনাল অপরের (−) টার্মিনালের সহিত একটি ল্যাম্প দ্বারা সংযুক্ত হয়, অপেক্ষাকৃত অধিক ভোল্টেজের যন্ত্র হইলে অবস্থানুসারে সিরিজে সংযুক্ত একাধিক ল্যাম্প দ্বারা সংযুক্ত হয় এবং অত্যধিক ভোল্টেজ বা 'হাইটেনসান' বিশিষ্ট যন্ত্র হইলে ট্র্যান্সফর্মার দ্বারা প্রত্যেকের ভোল্টেজ অবনত করিয়া ঐ অবনত ভোল্টেজ ল্যাম্পে প্রযুক্ত করা হয়।

অল্টারনেটিং কারেণ্ট মোটর।

সিংক্রনাস মোটর :—কন্টিনিউয়াস কারেণ্টের বেলায় দেখা গিয়াছে জেনারেটারকে মোটরভাবে ব্যবহার করা যায়। এখন দেখা যাউক অল্টারনেটারকে অল্টারনেটিং কারেণ্ট মোটর ভাবে ব্যবহার করা যায় কি না। যদি অল্টারনেটারের স্থির আর্মেচারের তারগুলিতে স্লিপ রিং দ্বারা প্রবাহ প্রযুক্ত হয়, তাহা হইলে ঐ তারের মধ্য দিয়া প্রবাহ যেমনই বহিবে, আর্মেচার ঘুরিবার উদ্যোগ করিবে, কিন্তু প্রত্যেক স্থির বস্তুর গতিশীল হইতে কিছু সময় আবশ্যক হয়। সুতরাং আর্মেচার ঘুরিবার পূর্ব্বেই প্রবাহের দিক বিপরীত হইয়া যায় ও উহা বিপরীত দিকে ঘুরিবার প্রয়াস পায়। আর্মেচার ঘুরিতে অক্ষম হয়, কেবল কাঁপিতে থাকে।

যদি একটি এরূপ ঘূর্ণায়মান আর্মেচার লওয়া যায় যে প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তনের সহিত আর্মেচারের তার ঘুরিয়া গিয়া বিপরীত পোলের অধীন হয়, তাহা হইলে আর্মেচার একই দিকে অধিকতর গতিতে ঘুরিবে। এইরূপ মোটরকে সিংক্রনাস-মোটর বলে। সিংক্রনাস মোটরকে গোড়ার মুখে কন্টিনিউয়াস কারেণ্ট দ্বারা বা অন্য কোন উপায়ে স্পন্দন সংখ্যার অনুরূপ গতিতে ঘূর্ণায়মান করিয়া তবে অল্টারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা চালান

হয়। যথা, স্পন্দন সংখ্যা মিনিটে ৮০০০ হইলে দ্বি-মেরু যন্ত্রে মিনিটে ৪০০০ বা ৮-মেরু যন্ত্রে মিনিটে ১০০০ বার ঘুরিতেছে, এরূপ অবস্থায় আর্মেচারকে আনিয়া ৮০০০ স্পন্দনবিশিষ্ট ঐ অল্টারনেটিং কারেণ্ট উহাতে প্রযুক্ত হয়।

সিংক্রনাস-মোটরের সুবিধা, উহা প্রায় একভাব গতিতে চলে এবং ভোল্টেজ ও কারেণ্টের মধ্যে ফেজের পার্থক্য থাকে না, কিন্তু প্রধান অসুবিধা এই যে, কোন কারণে, যথা—গুরুভার হেতু—যদি উহার গতি কমিয়া যায় তাহা হইলে উহা থামিয়া যাইবে, কারণ যেরূপ প্রবাহকালে উহার তার যে মেরুর অধীন থাকা উচিৎ, গতি হ্রাস হেতু তাহার বিপরীত মেরুর অধীন থাকিলেই বিপরীত দিকে ঘুরিবার প্রয়াস পাইবে—সুতরাং মোটর থামিয়া যাইবে। এইজন্য ইহা কলকারখানায় সাফট প্রভৃতি চালান কার্য্যের অনুপযুক্ত।

মোটর-জেনারেটার ও কনভার্টার:— দূরবর্ত্তী স্থানে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করিতে হইলে অল্টারনেটিং কারেণ্টই সুবিধাজনক, কিন্তু এই প্রকার কারেণ্টের অসুবিধা এই যে; আকুমুলেটর চার্জ্জ করা প্রভৃতি কার্য্য ইহার দ্বারা সাধিত হইতে পারে না। এই নিমিত্ত সচরাচর নিম্নলিখিত পদ্ধতি অবলম্বিত হয়। সেণ্ট্রাল ষ্টেশনে বা পাওয়ার হাউসে (যেখানে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদিত হয়) অল্টারনেটিং কারেণ্ট উৎপাদিত হইয়া সাব-ষ্টেশনে বা ডিষ্ট্রিবিউটিং ষ্টেশনে (যাহা সরবরাহের পল্লীগুলির মধ্যে কতকগুলি সন্নিকটস্থ তদধীন পল্লীগুলিতে শক্তি সরবরাহ করে) সরবরাহ হয়। এই ডিষ্ট্রিবিউটিং ষ্টেসন গুলিতে অল্টারনেটিং কারেণ্ট, উপযুক্ত ভোল্টেজের কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টে পরিণত হইয়া আকুমুলেটার চার্জ্জ করে ও তদধীন পল্লীগুলিতে সরবরাহ করে। যখন চাহিদা অতি অল্প হয় তখন কেবলমাত্র আকুমুলেটার হইতে ঐ অল্প শক্তি সরবরাহ হয়, সেণ্ট্রাল-ষ্টেশনের ও সাব-ষ্টেশনের যন্ত্র সকল বন্ধ থাকে। আবার অল্প কালের জন্য চাহিদা অত্যধিক হইলে সাব-ষ্টেশনে

কন্টিনিউয়াস কারেন্টে পরিণত সেণ্ট্রাল ষ্টেশনের শক্তির সহিত আকু-মুলেটার হইতে শক্তি যোগদান করে।

সাব-ষ্টেশনে অল্টারনেটিং কারেণ্টকে ডাইরেক্ট কারেণ্টে পরিণত করিববার নিমিত্ত দুইপ্রকার যন্ত্র ব্যবহার হয়, (১) মোটর-জেনা-রেটার—ইহাতে দুইটি যন্ত্র থাকে, একটি অল্টারনেটিং কারেণ্ট মোটর ও তৎসংযুক্ত একটি কন্টিনিউয়াস কারেণ্ট ডায়নামো, (২) রোটারী-কনভার্টার—ইহা একটি যন্ত্র, ইহার আর্মেচার ঘূর্ণনশীল এবং ঐ আর্মেচারের একদিকে স্লিপ-রিং ও অপরদিকে কমিউ-টেটার থাকে। উভয়বিধ অবলম্বনে সিংক্রনাস-মোটর ব্যবহার করা যাইতে পারে, ব্যাটারির প্রবাহ দ্বারা মোটরের আদিম গতি উৎপাদিত হয়।

মোটর-জেনারেটারের বেলায়, ব্যাটারি হইতে প্রবাহ ডাইরেক্ট কারেণ্ট ডায়নামোতে প্রযুক্ত হয়, ডায়নামো তখন মোটর ভাবে চালিত হইয়া সিংক্রনাস-মোটরকে চালত করে, যখন সিংক্রনাস-মোটরের গতি অল্টার-নেটিং কারেণ্টের স্পন্দন সংখ্যার সহিত মিলিয়া যায় তখন ঐ মোটরকে অল্টারনেটিং কারেণ্টের সহিত যোগ করিয়া দেওয়া হয়। তখন সিংক্রনাস মোটর ডাইরেক্ট কারেণ্ট ডায়নামোকে চালায়। ইহাতে উহা অধিক উত্তেজিত হয়, ই, এম, এফ, পরিবর্দ্ধিত হয় ও ব্যাটারিকে চার্জ্জ করে।

মোটর-জেনারেটারের অংশদ্বয় যে কোন ভোল্টেজের উপযোগী হইতে পারে, যথা—মোটরটি ২০০০ বা ১০০০০ ভোল্টের, ডায়নামোটি ২১০ বা ৪৪০ ভোল্টের প্রভৃতি হইতে পারে। কনভার্টার দ্বারা কিন্তু 'হাই-টেনসান' বা অত্যাধিক ভোল্টেজের অল্টারনেটিং কারেণ্টকে সোজাসুজি লো-টেনসান' বা অল্প ভোল্টেজের ডাইরেক্ট কারেণ্টে পরিণত করা যায় না। ট্র্যান্সফর্মার দ্বারা প্রথমতঃ হাইটেনসান অল্টারনেটিং কারেণ্টকে উপযুক্ত লো-টেনসান অল্টারনেটিং কারেণ্টে পরিণত করা হয়, পরে ইহা হইতে লো-টেনসান ডাইরেক্ট কারেণ্ট প্রস্তুত হয়। তাহার কারণ।

কনভার্টারের আর্মেচারে স্লিপ-রিং ও কমিউটেটারের সহিত সংযুক্ত কেবলমাত্র একটি ওয়াইণ্ডিং থাকে, অথবা দুইটি পৃথক ওয়াইণ্ডিং থাকে। যাহাই হউক, যেহেতু একই আর্মেচারে অল্টারনেটিং কারেণ্ট হইতে কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট (অথবা কণ্টিনিউয়াস হইতে অল্টারনেটিং কারেণ্ট) উৎপন্ন হইতেছে, উহাদের ভোল্টেজের মধ্যে নিশ্চয়ই কিছু সামঞ্জস্য থাকিবে—কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ভোল্টেজ, অল্টারনেটিং কারেণ্টের (গরিষ্ঠ) ভোল্টেজের সহিত সমান হইবে (একটি ওয়াইণ্ডিং বিশিষ্ট আর্মেচার লইলে এই উপলব্ধি সহজ হইবে) অল্টারনেটিং কারেণ্ট ভোল্টেজ বলিলে দুইরকম বুঝাইতে পারে—(১) গরিষ্ঠ বা ম্যাক্সিমাম্ ভোলটেজ, (২) কার্য্যকরী বা এফেকটিভ্ ভোলটেজ,(ম্যাক্সিমাম ভোল্টেজ = ১·৪১ × এফেকটিভ ভোল্টেজ বা এফেকটিভ ভোলটেজ = ·৭ × ম্যাক্সিমাম ভোলটেজ) এখানে ঐ ম্যাক্সিমাম ভোলটেজকে বুঝাইতেছে। অতএব কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ভোলটেজ অলটারনেটিং কারেণ্টের ম্যাক্সিমাম ভোলটেজের সহিত সমান অথবা এফেকটিভ ভোলটেজের ১·৪১ গুণ হওয়া প্রয়োজন, যথা ১০০ ভোলটের কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট পাইতে হইলে কনভার্টারের মধ্যে ১০০ ম্যাক্সিমাম ভোলটের বা ৭০ এফেকটিভ ভোলটের অলটারনেটিং কারেণ্ট প্রয়োজন হইবে। এই নিমিত্ত ট্রান্সফর্মার দ্বারা হাই-টেনসানকে লো-টেনসানে পরিণত করিবার প্রয়োজন হয়।

দ্রষ্টব্য :—উপরে অল্টারনেটিং ও কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের ভোল্টেজের মধ্যে যে সম্বন্ধ দর্শিত হইল তাহা আনুমানিক। বস্তুতঃ আর্মেচারের বাধায় (ওমে পরিমাপ্য) কিছু ভোল্টেজ পতিত হয়। সুতরাং উৎপন্ন ভোল্টেজ আনুমানিক পরিমাণ অপেক্ষা কিছু অল্প হয়, যথা—৭০ ভোল্ট অল্টারনেটিং কারেণ্ট হইতে কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট ১০০ ভোল্টের না হইয়া প্রায় ৯৭ বা ৯৮ ভোল্টের হয়, সেইরূপ ১০০ ভোল্টের কণ্টিনিউয়াস কারেণ্ট হইতে অল্টারনেটিং কারেণ্ট ৭০ ভোল্টের না হইয়া প্রায় ৬৮ বা ৬৯ ভোল্ট হয়। উল্লিখিত সম্বন্ধ দুই-ফেজ যন্ত্রের নিমিত্ত—D.C, ভোল্ট : A.C. ভোল্ট : : $\sqrt{২}$: ১। কিন্তু ৩ফেজ যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে ইহাতে D.C. ভোল্ট : A. C. ভোল্ট : : $\frac{২\sqrt{২}}{\sqrt{৩}}$: ১।

উল্লিখিত যন্ত্রগুলি যে কেবলমাত্র অলটারনেটিং কারেণ্টকে কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টে পরিণত করে, তাহা নহে, নিম্নলিখিত ভাবে ইহারা কার্য্য করে

(১) ডাইরেক্ট কারেণ্ট দিলে অল্টারনেটিং কারেণ্ট উৎপন্ন করিবে।

(২) অল্টারনেটিং কারেণ্ট দিলে ডাইরেক্ট কারেণ্ট উৎপন্ন করিবে।

(৩) ডাইরেক্ট কারেণ্ট দিলে মোটরভাবে চলিবে।

(৪) অল্টারনেটিং কারেণ্ট দিলে সিংক্রনাস মোটরভাবে চলিবে।

(৫) ইঞ্জিন দ্বারা চালিত হইলে ডাইরেক্ট কারেণ্ট উৎপন্ন করিবে।

(৬) ইঞ্জিন দ্বারা চালিত হইলে অল্টারনেটিং কারেণ্ট উৎপন্ন করিবে।

(৭) ইঞ্জিন দ্বারা চালিত হইলে ডাইরেক্ট ও অল্টারনেটিং উভয় প্রকার কারেণ্ট উৎপন্ন করিবে।

(৮) ডাইরেক্ট কারেণ্ট দিলে অল্টারনেটিং কারেণ্ট দিবে ও কার্য্য করিবে।

(৯) অল্টারনেটিং কারেণ্ট দিলে ডাইরেক্ট কারেণ্ট উৎপন্ন করিবে।

কমিউটেটার-মোটর (Commutator Motor) :—এখন দেখা যাউক কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের (কমিউটেটার বিশিষ্ট) মোটরকে অলটারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা চালান যায় কিনা। কণ্টিনিউয়াস কারেণ্টের বেলায় দেখা যায়, মেনে'র সংযোজন উল্টাইয়া দিলে মোটরের ঘূর্ণনের ব্যঘাৎ ঘটে না, কারণ ইহাতে আর্মেচার ও ফিল্ড কয়েল উভয়ের মধ্য দিয়া প্রবাহের দিক যুগপৎ বিপরীত হইয়া যায়, সুতরাং আর্মেচার পূর্ব্বের দিকেই ঘুরিতে থাকে। অতএব অলটারনেটিং কারেণ্ট প্রযুক্ত হইলেও মোটরের ঘূর্ণনের ব্যাঘাৎ ঘটে না, কারণ কারেণ্টের দিক পরিবর্ত্তনের সহিত আর্মেচার ও ফিল্ড কয়েল উভয়ের মধ্যে কারেণ্টের দিক যুগপৎ পরিবর্ত্তিত হয়—সুতরাং মোটর সর্ব্বদা একই দিকে ঘুরিবে, তবে ব্রাস দ্বারা সর্ট-সার্কিটেড কয়েলের মধ্যে প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তন কালে স্বীয় সম্ভাবন হেতু ব্রাস ও কমিউটেটারের মাঝে অত্যন্ত অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ঘটে। বলা বাহুল্য অলটারনেটিং কারেণ্ট দ্বারা চালাইবার উপযুক্ত কমিউটেটার মোটরের চুম্বক অংশকে নিরেট লৌহে প্রস্তুত না করিয়া ল্যামিনেটেড লৌহে প্রস্তুত করা বিধেয়।

উক্ত প্রণালীতে সিরিজ মোটর বেশ চলিতে পারে এবং অংশাবলীর কিছু পরিবর্ত্তন করিলে, যথা—ফিল্ড কয়েল-ব্যতীত পোল-পিসের মুখে খাঁজের মধ্যে 'নিউট্রালাইজিং ওয়াইণ্ডিং' (Neutralizing winding) নামক কয়েল ব্যবহার করিলে এবং অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদের বিশেষ ব্যবস্থা করিলে ইহা এক ফেজের (Single phase) মোটররূপে সুচারুভাবে চলিতে পারে এবং ইলেকট্রিক রেলওয়েতে ব্যবহৃত হয়। সাণ্ট-মোটরের বেলায়—মেন'এ কারেণ্ট ও ভোলটেজের দ্রুত হ্রাস বৃদ্ধি ও দিক পরিবর্ত্তনের সহিত আর্মেচারের মধ্যে হ্রাস বৃদ্ধি ও দিক পরিবর্ত্তন দ্রুত ঘটিতে থাকে, কিন্তু সাণ্ট-ফিল্ড কয়েলে অধিক সংখ্যক গুটি থাকে বলিয়া উহাতে হ্রাস বৃদ্ধি ও দিক পরিবর্ত্তন অতি ধীরে ধীরে হয়, ইহাতে রাজ্যের উত্তেজনার হ্রাস বৃদ্ধি ও দিক পরিবর্ত্তন অতি ধীরে ধীরে হয় এবং তাহা আর্মেচারের মধ্যে দ্রুত হ্রাস বৃদ্ধি ও দিক পরিবর্ত্তনের কিছু ব্যঘাৎ করে। এই কারণে ফেজের বিশেষ পার্থক্য ঘটে বলিয়া অতি অল্প ক্ষমতা উৎপন্ন হয়। এইজন্য এইরূপ মোটর অলটারনেটিং কারেণ্টে ব্যবহার হয় না।

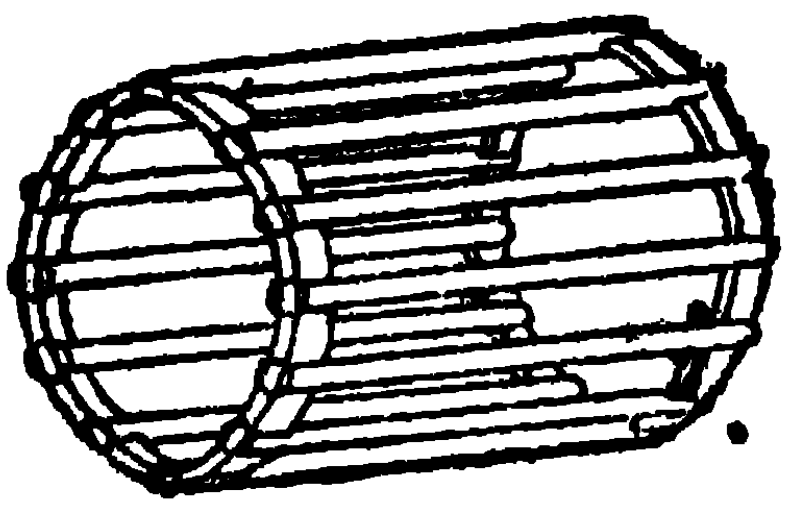
ইণ্ডাকসান-মোটর।

এখন একটি নূতন রকমের মোটর বর্ণিত হইবে, ইহাকে ইণ্ডাকসান মোটর বা রাজ্য ঘূর্ণায়মান মোটর বলে। দেখা যাউক কি ভাবে ঘূর্ণায়মান রাজ্য উৎপন্ন হয়। যদি আড়াআড়ি ভাবে (অর্থাৎ ৯০° কোণ করিয়া) দুইটি কয়েল থাকে এবং তাহাদের মধ্যে দিয়া অলটারনেটিং কারেণ্ট দেওয়া যায় এবং তাহাদের মধ্যে যদি সিকি-পিরিয়াড ফেজের পার্থক্য হয়, তাহা হইলে এই প্রকার প্রবাহদ্বয়ের সমন্বয়ে যে চুম্বক রাজ্য উৎপন্ন হয় তাহা ঘূর্ণায়মান হয়। এই ঘূর্ণায়মান চুম্বক রাজ্যের মাঝখানে একটি পরিচালক থাকিলে তাহাতে ই, এম, এফ, সম্ভাবিত হয়, এবং সম্পূর্ণ পথ পাইলে প্রবাহ বহে। এই প্রবাহের দিক এইরূপ হয় যেন রাজ্যের ঘূর্ণন বন্ধ হয়।

কিন্তু যেহেতু রাজ্যের ঘূর্ণন বন্ধ হইতে পারে না, মধ্যস্থানে স্থিত পরিচালকটী রাজ্যের ঘূর্ণনের দিকে ঘুরিতে থাকিবে, যাহাতে পরস্পরের সহিত তুলনায় কাহারও স্থানান্তর না হয়। অতএব দেখা যায় পরিচালকটির মধ্যে সম্ভাবিত প্রবাহের ফল রাজ্যের ঘূর্ণনগতি হ্রাস করা এবং উহা রাজ্যের প্রাখর্য্যও হ্রাস করে। যাহাই হউক, মধ্যস্থলে স্থিত ঐ পরিচালকটী বা আর্মেচার, রাজ্যের ঘূর্ণনের দিকে সমগতিতে ঘুরিবার চেষ্টা করে, কিন্তু সমগতিতে ঘুরিতে পারে না—কারণ তাহা হইলে পরিচালকটির উপর কোনরূপ চুম্বক রাজ্যের পরিবর্ত্তন ঘটিবে না, অতএব ভোল্টেজ বা প্রবাহ সম্ভাবিত হইবে না, সুতরাং প্রবাহবিহীন পরিচালকের ঘুরিবার কোন কারণ থাকিবে না, ঘর্ষনাদি বাধা হেতু উহার গতি কমিয়া যাইতে থাকিবে। কিন্তু গতি একটু কমিলেই উহাতে চুম্বকরাজ্যের পরিবর্ত্তন—ভোলটেজ ও প্রবাহ সম্ভাবন হইবে ও তাহা হইতে ঘর্ষণাদি বাধা অতিক্রমকারী ঘূর্ণনবল পাইবে। এইভাবে যতক্ষণ কয়েলদ্বয়ে সিকি-পিরিয়াড ফেজ পার্থক্য বিশিষ্ট প্রবাহদ্বয় বহিবে, আর্মেচারটী বরাবর ঘুরিবে। ভার যত অধিক হইবে, রাজ্যের সহিত তুলনায় আর্মেচারের ঘূর্ণনগতি ততই অল্প হইবে, ফলে আরমেচারের মধ্যে সম্ভাবন ক্রিয়া তীব্র হয় ও উহাতে অধিক প্রবাহ উৎপন্ন হয় ও তদ্দারা অধিক ভার অতিক্রম করিতে সক্ষম হয়।

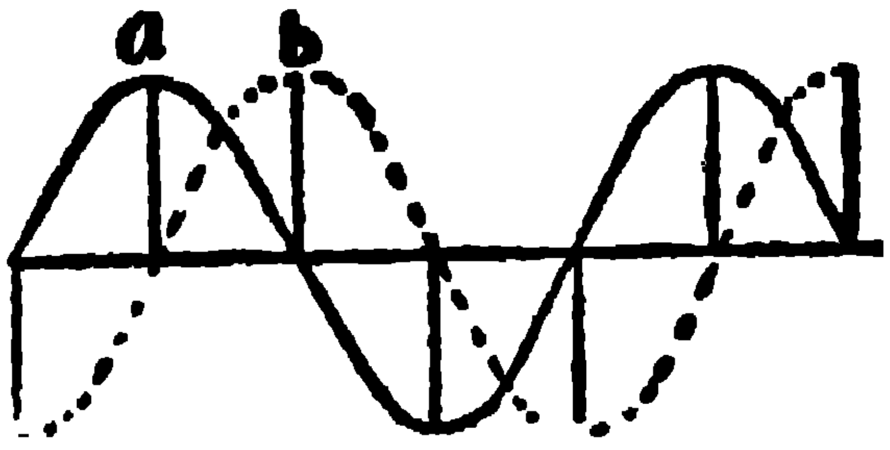
উল্লিখিত প্রণালীর মোটরকে 'ইণ্ডাকসান-মোটর' বলে, এবং যেহেতু ইহা সিংক্রনাস ভাবে চলে না, ইহাকে "এসিংক্রনাস" (Asynchronous) মোটরও বলে। ইহার আর্মেচারের ঘূর্ণনগতি রাজ্যের ঘূর্ণনগতি অপেক্ষা অল্প হয়, এবং এই ঘূর্ণনগতিদ্বয়ের পার্থক্যকে 'স্লিপ' (Slip) বলে।

দুই ফেজ ইণ্ডাক্সান-মোটর (Two phase Induction motor) :—রাজ্যতেজকে প্রখর করিবার জন্য ইহার বহির্ভাগ স্থিত অংশ ও অন্তর্ভাগস্থ ঘূর্ণনক্ষম অংশ উভয়েই লৌহ চাকতির দ্বারা গঠিত। অন্তর্ভাগস্থ ঘূর্ণনক্ষম আরমেচারটির উপর খাঁজ কাটা থাকে বা



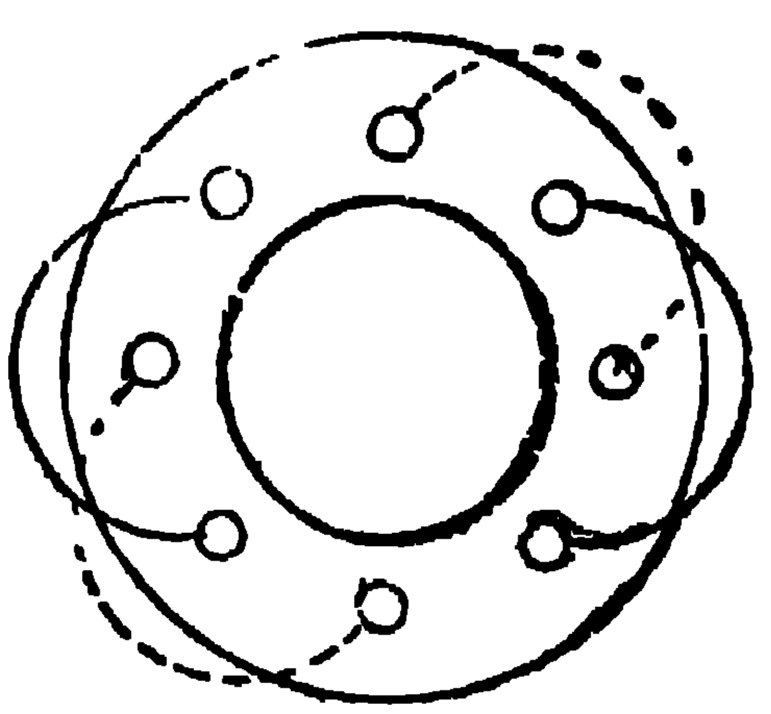
চিত্র—৫৮৮

ছিদ্র করা থাকে। এই খাঁজ বা ছিদ্রগুলির মধ্য দিয়া তার প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। এই তারগুলি পরস্পরের সহিত নানা রকমে সংযুক্ত হয়। ৫৮৮ চিত্রে এক প্রকারের সংযোগ পদ্ধতি দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে তারগুলির একই দিকের প্রান্ত সকল একটি করিয়া তাম্র বলয় দ্বারা পরস্পরের সহিত সংযুক্ত। এই প্রণালীতে বেষ্টিত আর্মেচারকে 'স্কুইরেল কেজ রোটার' (Squirrel Cage Rotor) বলে। বহির্ভাগস্থ অংশটির ভিতরদিকের গাত্রে ৯০° ব্যবধানে চারিটি ছিদ্র থাকে, বিপরীত ছিদ্রদ্বয়ের মধ্যে একটি করিয়া (ঘূর্ণায়মান রাজ্যের) কয়েল থাকে। এই কয়েলদ্বয়ের ফেজের সিকি-পিরিয়াড পার্থক্য রাখিয়া দুইটি অলটারনেটিং কারেণ্ট দেওয়া হয়। এই দুই ফেজ বিশিষ্ট অলটারনেটিং কারেণ্টদ্বয়কে গ্রাফ দ্বারা লিপিবদ্ধ করিলে (চিত্র ৫৮৯) দৃষ্ট হইবে একটি কয়েলে (a) প্রবাহ যখন গরিষ্ঠ, অপরটিতে (b) প্রবাহ তখন শূন্য,—সুতরাং তখন প্রবাহবান্ (a) কয়েলের আড়াআড়ি দিকে রাজ্য উৎপন্ন হয়। পুনরায় b কয়েলে প্রবাহ যখন গরিষ্ঠ, a কয়েলে প্রবাহ তখন শূন্য, তখন b কয়েলের আড়াআড়ি দিকে রাজ্য সৃষ্ট হয়। অতএব দেখা যাইতেছে, a কয়েলে প্রবাহ গরিষ্ঠ হইয়া b কয়েলে গরিষ্ঠ (ও a কয়েলে শূন্য) হইবার মধ্যে অর্থাৎ সিকি পিরিয়াডে রাজ্য ৯০° ঘুরে, অর্থাৎ প্রতি পিরিয়াডে রাজ্য একবার সম্পূর্ণ ঘুরিয়া যায়। রাজ্যের এই ঘূর্ণন হেতু আর্মেচারের পরিচালক তারগুলিতে প্রবাহ সম্ভাবিত হয় ও আর্মেচার ঘুরিতে আরম্ভ করে। মোটর ভারযুক্ত না হইলে অর্থাৎ কেবল মাত্র ঘর্ষণাদি বাধা অতিক্রম করিয়া ঘুরিতে হইলে আর্মেচারের ঘূর্ণন সংখ্যা

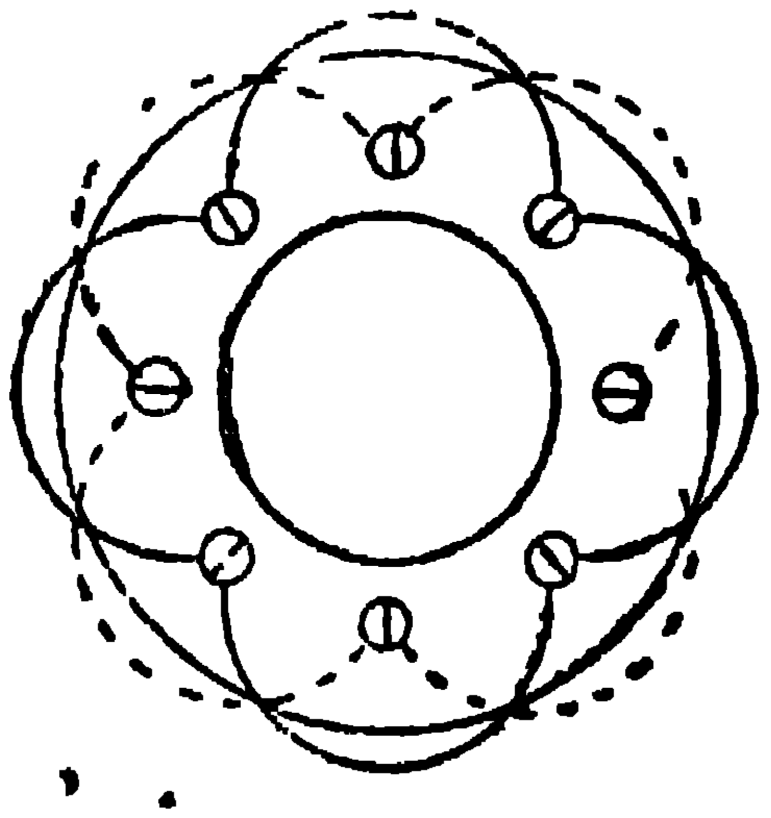


চিত্র—৫৮৯

রাজ্যের ঘূর্ণন সংখ্যার সমান হয় বলিলেই চলে, কারণ প্রভেদ এত অল্প হয় যে তাহা স্পীডোমিটার প্রভৃতি দ্বারা ধরা যায় না। ভার প্রযুক্ত হইলে, ভার অনুযায়ী আর্মেচারের ঘূর্ণনগতি কমিয়া যায়। যদি বিনা ভারে ঘূর্ণন মিনিটে ৪০০০ বার ও ভারযুক্ত হইলে মিনিটে ৩৬০০ বার হয়, তাহা হইলে শ্লিপ = ৪০০ ঘূর্ণন বা বা শতকরা হিসাবে ১০°/০। আর্মেচারের ঘূর্ণন, চুম্বক রাজ্যের ঘূর্ণনের সমান হয়। চুম্বকরাজ্যের ঘূর্ণন মেরুসংখ্যার উপর নির্ভর করে। দ্বিমেরু যন্ত্রে প্রবাহের প্রতি স্পন্দনে বা পিরিয়াডে চুম্বক রাজ্য একবার ঘুরে। সুতরাং চুম্বক রাজ্য বা আর্মেচারের ঘূর্ণন সংখ্যা পিরিয়াড সংখ্যার সমান। এই প্রকার যন্ত্রের বিষয় উপরে বলা হইয়াছে। ৪ মেরু বা ৬-মেরু যন্ত্র হইলে, প্রবাহের একবার স্পন্দনে চুম্বক-রাজ্য $\frac{১}{২}$ বা $\frac{১}{৩}$ অংশ ঘুরে, সুতরাং প্রবাহের ২ বা ৩ বার স্পন্দনে চুম্বকরাজ্য একবার ঘুরে অর্থাৎ উপরে বর্ণিত যন্ত্রটী ৪ মেরু বিশিষ্ট হইলে বিনা ভারে উহার আর্মেচার মিনিটে ২০০০ বার বা ৮ মেরু বিশিষ্ট হইলে মিনিটে ১০০০ বার ঘুরিত। এই প্রণালীর মোটরগুলি সচরাচর ৪, ৬ বা ততোধিক মেরুবিশিষ্ট হয়। ৪-মেরু যন্ত্রের রাজ্য-চুম্বকের কয়েল প্রণালী ৫৯০ ও ৫৯১ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে। চিত্রদ্বয় হইতে দৃষ্ট হইবে, ৮টি খাঁজ প্রয়োজন। ৫৯০ চিত্রে কয়েল এরূপভাবে সজ্জিত যে কন্সিকোয়েণ্ট মেরু বিশিষ্ট চুম্বক উৎপন্ন হয়। ইহাতে ৪টি কয়েল আছে, প্রতি ফেজে ২টি করিয়া, টানা রেখার দ্বারা দর্শিত কয়েলদ্বয় এক ফেজের ছিন্ন রেখার দ্বারা দর্শিত কয়েলদ্বয় অপর ফেজের। কয়েলগুলি এরূপভাবে সজ্জিত যে



চিত্র—৫৯০

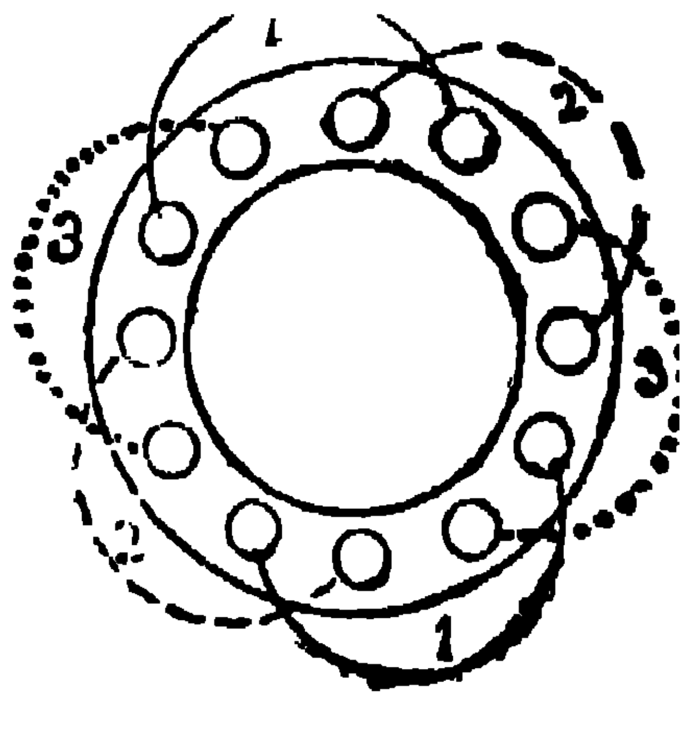


চিত্র—৫৯১

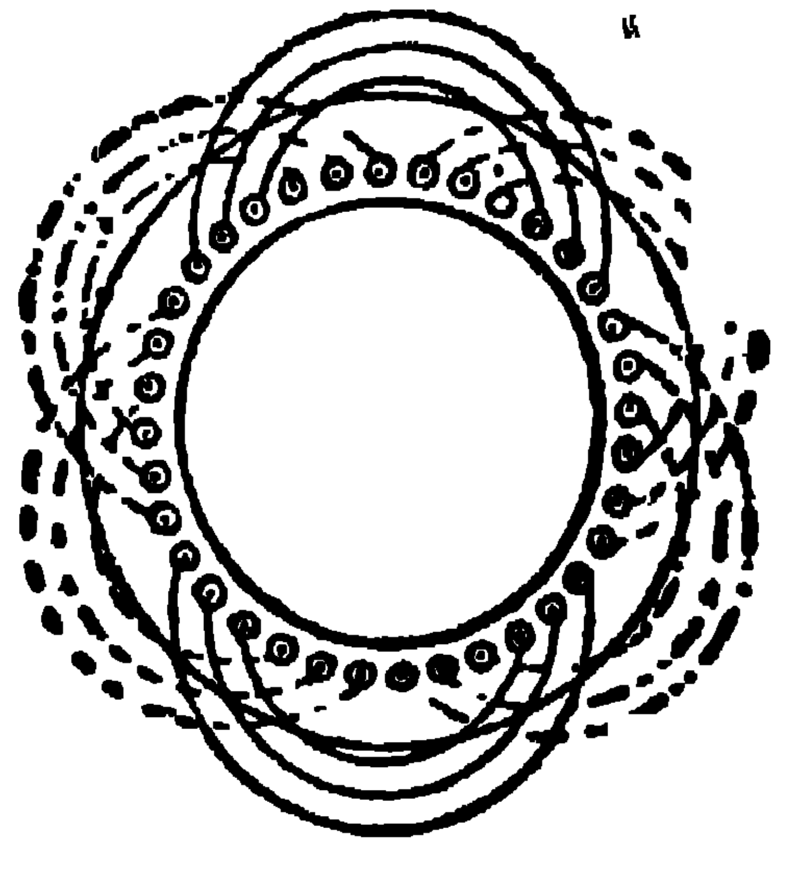
কয়েল-আবৃত স্থানে একইরূপ মেরু সৃষ্ট হয়, সুতরাং কয়েলদ্বয়ের আড়া-আড়ি স্থানদ্বয়ে বিপরীত মেরু সৃষ্ট হয়। এইজন্য ইহাকে কন্সিকোয়েন্ট মেরুবিশিষ্ট চুম্বক বলে। ৫৯১ চিত্রে বিপরীত মেরুগুলিও কয়েল দ্বারা সৃষ্ট, সেইজন্য ৪ মেরুর নিমিত্ত প্রতি ফেজে ৪টি করিয়া ২ ফেজে মোট ৮টি কয়েল ব্যবহৃত হইয়াছে।

তিন-ফেজ কারেন্ট ও মোটর:—তিন-ফেজের কারেন্ট দ্বারাও ঘূর্ণায়মান রাজ্য উৎপন্ন হইতে পারে। তিনটি কয়েলকে পরস্পরের সহিত ১২০° 'কোণে' সজ্জিত করিয়া উহাদের মধ্য দিয়া ⅓ পিরিয়াড ফেজের পার্থক্য রাখিয়া প্রবাহ দিলে তিন ফেজ বিশিষ্ট কারেন্ট হইল। এইরূপ কারেন্ট তিনটি ৫৯৩ চিত্রে গ্রাফ দ্বারা লিপিবদ্ধ হইয়াছে। তিন-ফেজ বিশিষ্ট কারেন্টের প্রতি পিরিয়াডে চুম্বকরাজ্য একবার ঘুরে। তিন-ফেজ কারেন্টের মোটরগুলি সচরাচর দ্বি-মেরু যন্ত্র হয় না, ৪, ৮ বা ততোধিক মেরু বিশিষ্ট হয়। ৫৯৫ চিত্রে কন্সিকোয়েন্ট মেরু বিশিষ্ট ৪-মেরু যন্ত্রের রাজ্য চুম্বক ও তাহার কয়েল প্রণালী দর্শিত হইয়াছে। ইহাতে প্রত্যেক ফেজের কারেন্টের জন্য ঠিক বিপরীত দিকে দুইটি করিয়া এইরূপে তিনটি ফেজের কারেন্ট ত্রয়ের জন্য ৬টি কয়েল আছে (টানা রেখা, ছিন্ন রেখা ও বিন্দু রেখা দ্বারা দর্শিত), সুতরাং ইহাতে ১২টী খাঁজের প্রয়োজন হয়। আবার কোন স্থলে প্রত্যেক

চিত্র—৫৯২



চিত্র—৫৯৩



চিত্র—৫৯৪

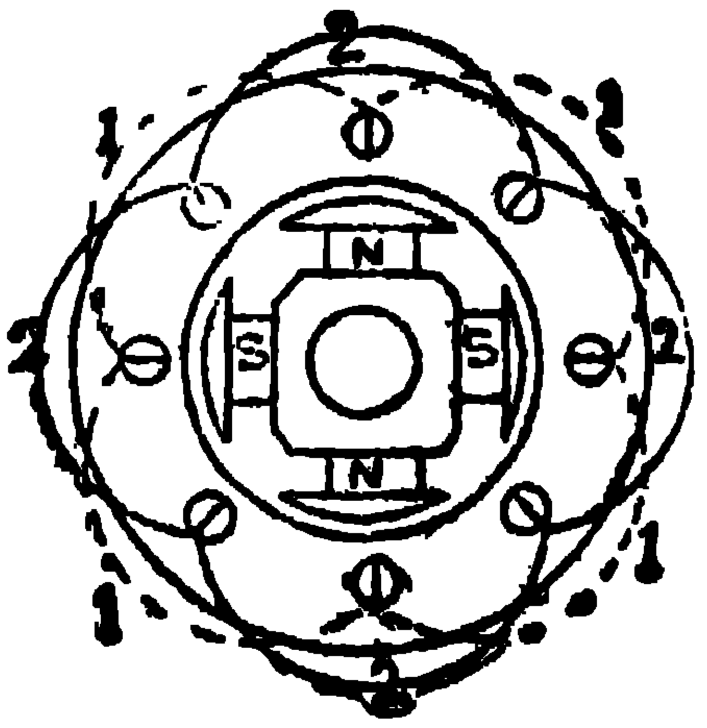
কয়েলের জন্য দুইটি করিয়া খাঁজ না হইয়া ৪,৬ বা ততোধিক খাঁজ থাকিতে পারে, যথা, ৫৯৪ চিত্রে প্রত্যেক কয়েলের জন্য ৬টী খাঁজ আছে—অর্থাৎ একসঙ্গে তিনটি করিয়া কয়েল একত্র একটি কয়েলের কার্য্য করিতেছে। কন্সিকোয়েণ্ট মেরু বিশিষ্ট যন্ত্র হইলে কয়েলগুলির দ্বারা আবৃত স্থানগুলিতে একই প্রকার মেরু সৃষ্ট হয় ও কয়েলের বহির্ভাগে বিপরীত (কন্সি-কোয়েণ্ট) মেরুগুলি সৃষ্ট হয়। আর যদি সকল মেরুগুলিই কয়েল দ্বারা উৎপন্ন হয় তাহা হইলে প্রত্যেক মেরুর নিমিত্ত একটি কয়েল প্রয়োজন হয়। স্কুইরেল-কেজ রোটার ইহাতে ব্যবহার হয়। ইহার তার জড়াইবার পদ্ধতি 'দুই-ফেজ' মোটর হইতে পৃথক এবং ইহার গঠনও কিছু ভিন্ন, নতুবা কার্য্য হিসাবে ইহাদের মধ্যে কিছুই প্রভেদ ঠিক করা যায় না।

বহু ফেজ-কারেণ্ট (Multi-phase or Polyphase current) :—দুই-ফেজ কারেণ্ট প্রস্তুত করিতে হইলে এক-ফেজ কারেণ্ট উৎপাদক দুইটি একই প্রকার অল্টারনেটারের স্থির আর্মেচারদ্বয়কে একই সাফটে এরূপভাবে (একটিকে অপরটির মেরু ব্যবধানের অর্দ্ধেক ঘুরাইয়া) আবদ্ধ করিতে হয় যেন একটির মেরুসকল অপরটির মেরু সকলের ব্যবধানের মাঝে পড়ে। সুতরাং দ্বি-মেরু বিশিষ্ট যন্ত্র হইলে একটির মেরুদ্বয় বা মেরু উৎপাদক কয়েলদ্বয় হইতে ৯০° বা সিকি পাক ঘুরিয়া বসিবে, অথবা ৪-মেরু বিশিষ্ট যন্ত্র হইলে একটির মেরু চতুষ্টয় বা মেরু উৎপাদক কয়েল সকল অপটির মেরু চতুষ্টয় বা মেরু উৎপাদক কয়েল সকল হইতে ৪৫° বা ১ পাকের অষ্টমাংশ ঘুরিয়া বসিবে। এইভাবে তিন-ফেজ কারেণ্টও উৎপন্ন হইতে পারে—ইহাতে একই সাফটে তিনটি সমান আর্মেচার আবদ্ধ করিতে হইবে এবং দ্বি-মেরু যন্ত্র হইলে একটি আর্মেচারের মেরু সকলের অপর আর্মেচারের মেরু সকল হইতে ৬০° সরাইয়া দিতে হইবে বা ৪- মেরু যন্ত্র হইলে একটি আর্মেচারের মেরু সকলকে অপরটির মেরু সকল হইতে ৩০° বা ১ পাকের

দ্বাদশাংশ ঘুরাইয়া দিতে হইবে এইরূপে বহু বা পলিফেজ কারেণ্টের যন্ত্র ব্যবহার হয়।

দ্রষ্টব্য :—উপরে বিভিন্ন ফেজের মেরু সকলের মধ্যে ব্যবধান 'কোণ' দ্বারা পরিমিত হইয়াছে। মেরু সকলের মধ্যে কৌণিক ব্যবধান বলিতে কোন ফেজের কোন একটি মেরু ও তাহার বিপরীত দিকে তদীয় বিপরীত মেরুকে সংযোগ করিলে যে সরল রেখা হয় সেই প্রকার সরলরেখাগুলি টানিলে পৃথক ফেজের সান্নিহিত রেখাদ্বয়ের মধ্যে যে 'কৌণিক' ব্যবধান তাহাই মেরুদ্বয়ের মধ্যে ব্যবধান। এই নিমিত্ত মেরু সকলের মধ্যে ব্যবধান 'কোণ' দ্বারা প্রকাশিত হইয়াছে।

উল্লিখিত ভাবে বহুসংখ্যক আর্মেচার না লইয়া বহু-ফেজ মোটরের ন্যায় একই আরমেচারে বিভিন্ন ফেজের জন্য পৃথক পৃথক কয়েলের সেট ব্যবহার করিলে আরও সহজে বহু ফেজ কারেণ্ট প্রস্তুত হইতে পারে। এই উপায়ে দুই-ফেজ কারেণ্ট প্রস্তুত করিতে হইলে প্রতি ফেজের কারেণ্টের জন্য দ্বি-মেরু যন্ত্রে দুইটি করিয়া মোট চারিটি কয়েল আবশ্যক এবং এক ফেজের কয়েলদ্বয়কে অন্য ফেজের কয়েলদ্বয়ের সহিত ৯০° ব্যবধানে স্থাপিত করিতে হইবে। কনসিকোয়েণ্ট মেরুবিশিষ্ট চারি-মেরু যন্ত্র হইলেও প্রতি ফেজে দুইটি করিয়া দুই ফেজে মোট চারিটি কয়েল আবশ্যক, কিন্তু এক ফেজের কয়েলদ্বয়কে অন্য ফেজের কয়েলদ্বয় হইতে একদিকে ৪৫° অপরদিকে ১৩৫° ব্যবধানে স্থাপিত করিতে হইবে,



চিত্র—৫১৫

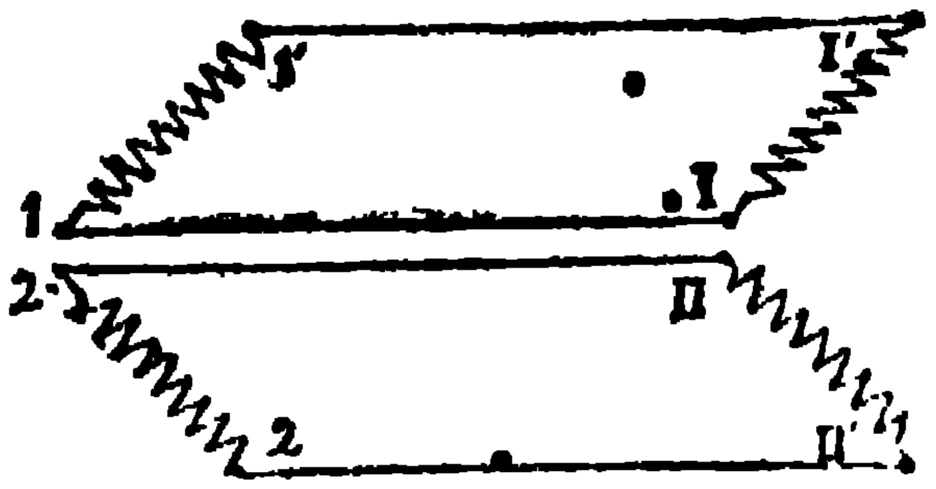
কারণ চারি মেরুর পরস্পরের মধ্যে ব্যবধান ৯০°, সুতরাং এক ফেজের কয়েল হইতে অপর ফেজের কয়েলের ব্যবধান ৪৫° হওয়া প্রয়োজন। আর যদি প্রতি মেরুর জন্য একটি করিয়া কয়েল, এইভাবে চারি মেরুর জন্য প্রতি ফেজে চারিটি করিয়া কয়েল থাকে, তাহা হইলে স্পষ্টই দেখা যায়, এক ফেজের কয়েল চতুষ্টয় হইতে অপর ফেজের কয়েল

চতুষ্টয়ের ব্যবধান ৪৫° হইবে। এই প্রকার দুই-ফেজ কারেণ্ট উৎপাদক "পলিফেজ" অল্টারনেটার ৫৯৫ চিত্রে দর্শিত হইয়াছে, ইহাতে ১ চিহ্নিত ছিন্ন রেখা দ্বারা নির্দ্দিষ্ট কয়েল চারিটি এক ফেজের, ২ চিহ্নিত টানা রেখার দ্বারা নির্দ্দিষ্ট কয়েল চারিটি অপর ফেজের।

এই প্রণালী অনুযায়ী তিন-ফেজ কারেণ্ট ও খুব সহজে প্রস্তুত হইতে পারে। ইহাতে স্থির আর্মেচারের লৌহটিতে তিনটি ফেজের জন্য তিনটি সেট পৃথক কয়েল থাকা প্রয়োজন। দ্বি-মেরু যন্ত্র হইলে, প্রতি ফেজে দুইটি করিয়া, মোট ছয়টি কয়েল থাকিবে এবং এক ফেজের কয়েল অপর ফেজের হইতে ৬০° ব্যবধান থাকিবে। 'চারি-মেরু' যন্ত্র হইলে, প্রত্যেক মেরু, কয়েল দ্বারা উৎপাদিত হইলে, প্রতি ফেজে চারিটি করিয়া মোট বারটি কয়েল থাকিবে। আর কন্‌সিকোয়েণ্ট মেরু বিশিষ্ট হইলে, প্রতি ফেজে দুইটি করিয়া মোট ছয়টি কয়েল থাকিবে, এবং একফেজের কয়েল হইতে অপর ফেজের কয়েল ৩০° ব্যবধানে থাকিবে। অতএব এই সকল হইতে দেখা যায় যে 'বহু-ফেজ' অল্টারনেটারের স্থির আরমেচারের কয়েল বা খাঁজের সংখ্যা পরিবর্দ্ধিত করিতে হয়। উপসংহারে বলিয়া রাখা উচিৎ এক-ফেজ যন্ত্র অপেক্ষা বহু-ফেজ যন্ত্রের কার্য্যকারিতা অধিক, দেখা গিয়াছে এক-ফেজ ভাবে বেষ্টিত (কয়েল) যে যন্ত্র ৭০।৮০ "কিলোওয়াট" ক্ষমতা উৎপন্ন করে তাহা বহুফেজ ভাবে ১০০ "কিলোওয়াট" পর্য্যন্ত ক্ষমতা দিতে সক্ষম হয়।

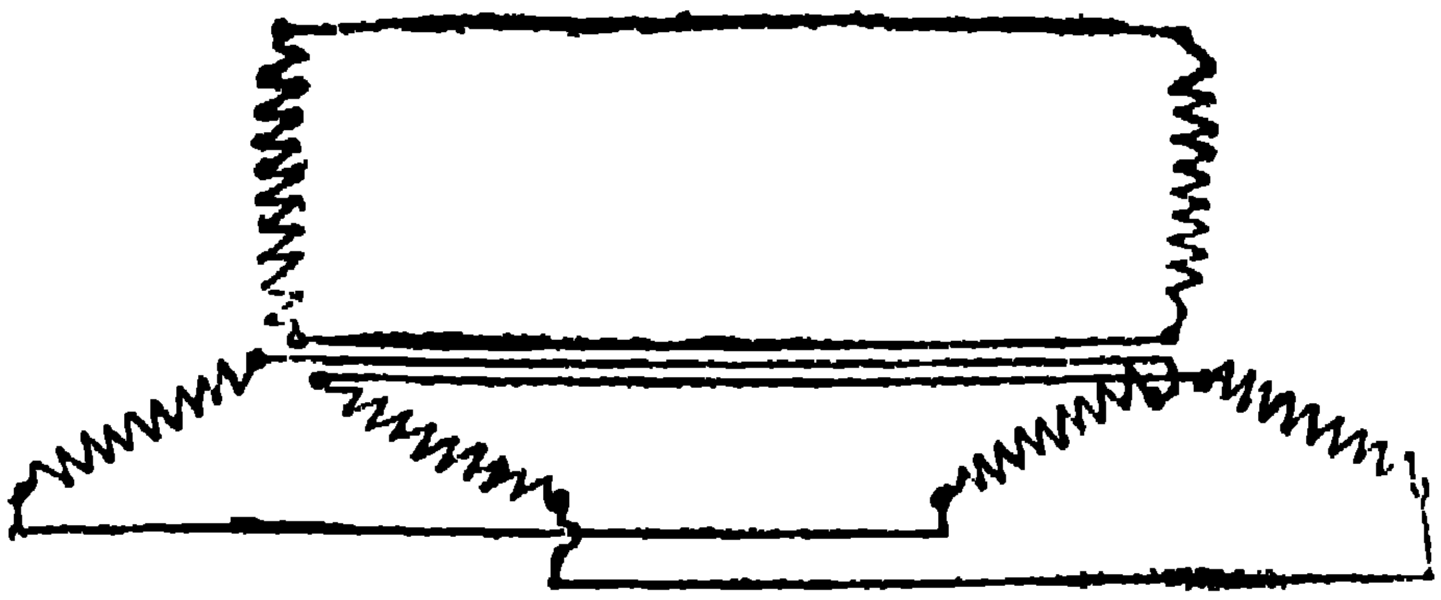
বহু-ফেজ কারেণ্ট সরবরাহ:— বহুফেজ অল্টারনেটারের কারেণ্ট সম-বহু-ফেজ মোটরে প্রযুক্ত হইলে অল্টারনেটারের এক এক ফেজের কয়েলকে মোটরের এক এক ফেজের কয়েলের সহিত পৃথক ভাবে সংযুক্ত করা যাইতে পারে। ইহাতে প্রত্যেক ফেজের কয়েলের জন্য দুইটি করিয়া "মেন" (তার) প্রয়োজন হইবে, যথা দুই-ফেজে চারিটি, চিত্র ৫৯৬, তিন-ফেজে ছয়টি, চিত্র ৫৯৭।

এই চিত্রদ্বয় হইতে আরও দৃষ্ট হইবে, দুই-ফেজ যন্ত্রের এক ফেজের কয়েল অপর ফেজের কয়েলের সহিত 'সমকোণ' করে, চিত্রেও ১, ১´ কয়েল ২, ২´ কয়েলে 'সমকোণে' স্থাপিত এবং তিন-ফেজ যন্ত্রে এক ফেজের কয়েল অপর কয়েলের সহিত ১২০°, 'কোণ' করে



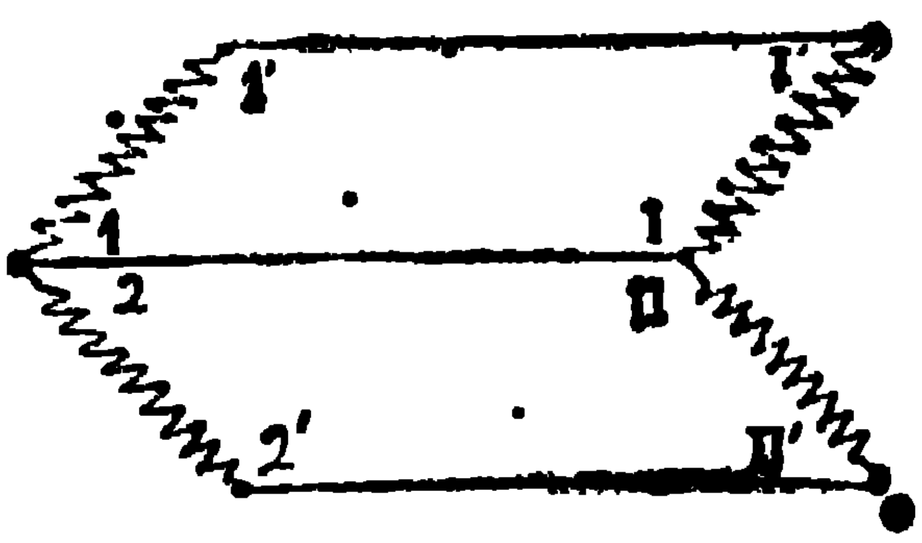
চিত্র—৫৯৬

চিত্রেও কয়েল তিনটি পরস্পরের সহিত ১২০° 'কোণ' করিতেছে। আবার উক্ত প্রকার সরবরাহ কার্য্যে দুই-ফেজের বেলায় দুইটি



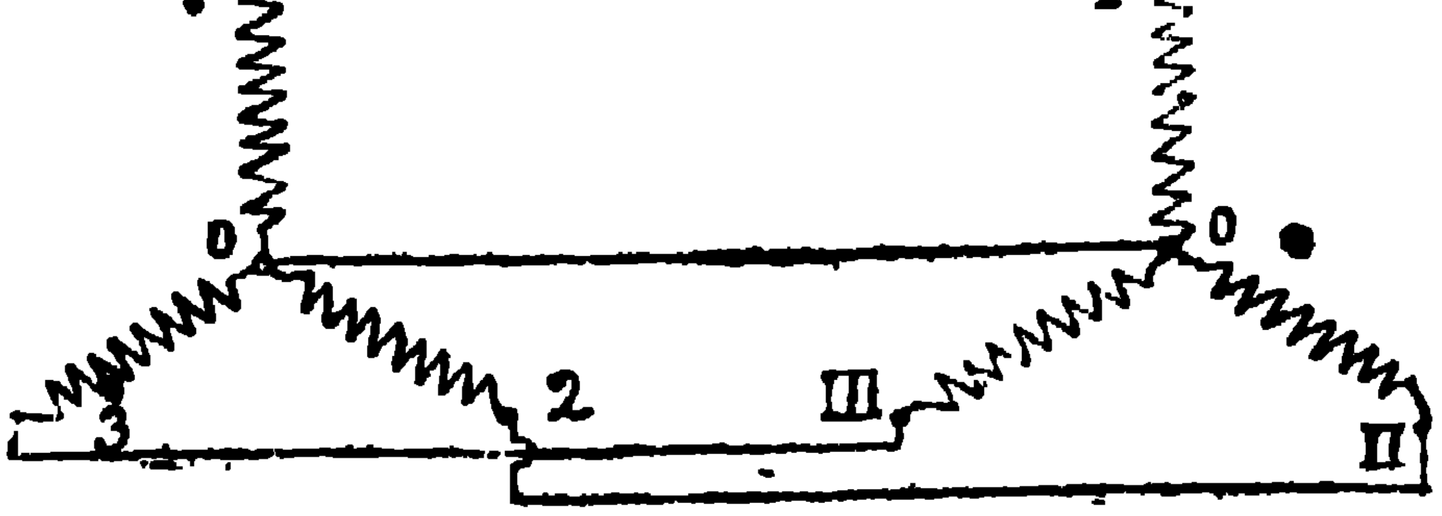
চিত্র—৪৯৭

মেন'কে ও তিন-ফেজের বেলায় তিনটি মেন'কে একত্র একটি করা যাইতে পারে, চিত্র ৫৯৮ ও ৫৯৯। এই উদ্দেশ্যে ১১´ কয়েলের ১ সীমা ২২´ কয়েলের ২ চিহ্নিত সীমার সহিত সংযুক্ত করিতে হয় ও ঠিক এইরূপে মোটরের I ও II চিহ্নিত সীমাদ্বয়কে একত্র সংযোগ করিতে হয়, পরে ঐ সংযোগ স্থানদ্বয়কে একটি তার দ্বারা সংযুক্ত



চিত্র—৫৯৮

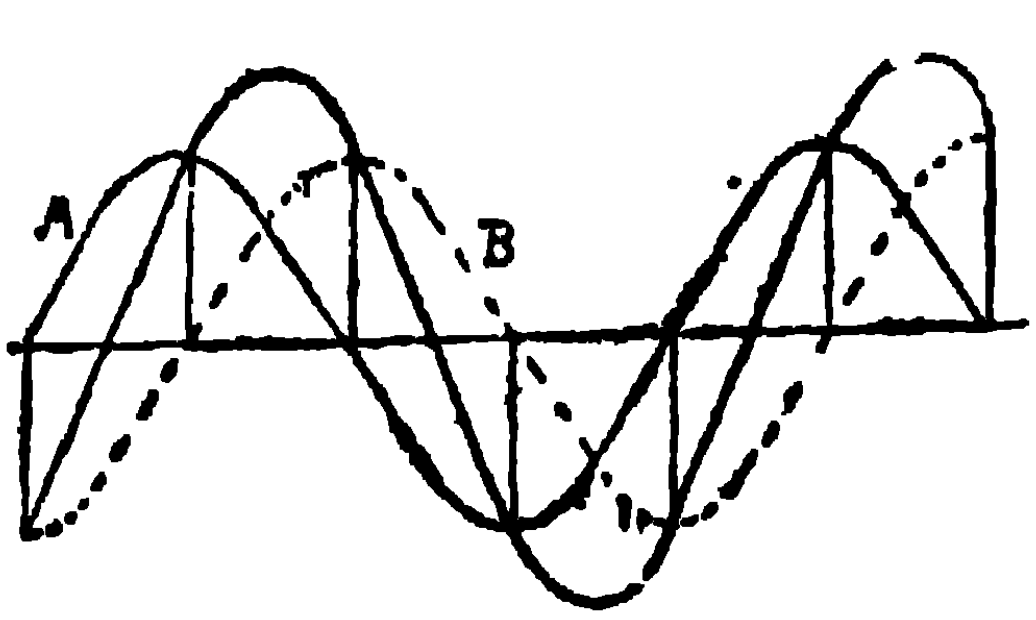
করিতে হয়। এই প্রণালী অনুসারে, তিন ফেজ কারেণ্টের বেলায় অলটারনেটারের কয়েল তিন সেটের • চিহ্নিত প্রান্তত্রয়



চিত্র—৫৯৯

একত্র ও মোটরের কয়েল তিন সেটের ০ চিহ্নিত প্রান্তত্রয় একত্র সংযুক্ত করিয়া ঐ সংযোগ স্থানদ্বয়কে একটি তার দ্বারা সংযুক্ত করিলেই চলিবে এবং পরে প্রমাণিত হইবে এই তারটি প্রয়োজন হয় না, চিত্র ৬০২। অতএব দেখা যাইতেছে তিনটি তার দ্বারাই দুই বা তিন-ফেজ কারেণ্ট সরবরাহ হইতে পারে।

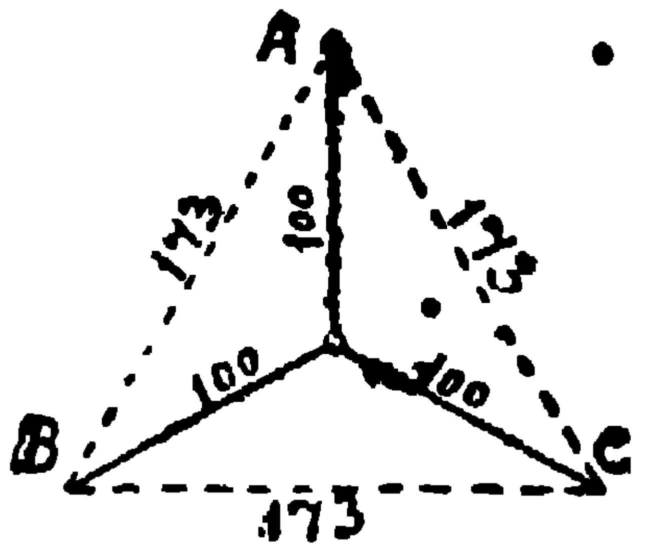
এখন দেখা যাউক, মাঝের তারটির কিরূপ স্থূলতা হওয়া প্রয়োজন, অর্থাৎ উহার মধ্য দিয়া কি পরিমাণ প্রবাহ বহে, এবং উহাতে কিরূপ ভোল্টেজ হয়। দুই-ফেজ প্রবাহের বেলায়—যেহেতু প্রবাহদ্বয়ের মধ্যে সিকি-পিরিয়াড (৯০°) ফেজের ব্যবধান থাকে—উভয়ের মধ্যে প্রবাহ একই সময়ে গরিষ্ঠ বা লঘিষ্ট হইতে পারে না, একটিতে প্রবাহ যখন গরিষ্ঠ, অপরটিতে তখন লঘিষ্ট এবং মাঝের তারটির মধ্য দিয়া উভয় প্রবাহের সমষ্টি প্রবাহিত হয়। এখন এই প্রবাহদ্বয়কে গ্রাফে লিপিবদ্ধ করিয়া তাহাদের সমষ্টির 'গ্রাফ' লিপিবদ্ধ করিলে (চিত্র ৬০০ A ও B প্রবাহদ্বয়, অপর রেখাটি তাহাদের সমষ্টির গ্রাফ) দৃষ্ট হইবে প্রবাহদ্বয়ের সমষ্টি একটির $\sqrt{2}$ বা ১.৪১ গুণ। এবং আরও দেখা যায় প্রবাহের সমষ্টির গরিষ্ঠ পরিমাণ একটি প্রবাহের গরিষ্ঠের ১.৪১ গুণ এবং সমষ্টির কার্য্যকরী পরিমাণও (Effective current) একটি কার্য্যকরী পরিমাণের ১.৪১ গুণ এবং ঠিক এইরূপ ভোল্টেজের পক্ষেও সমষ্টি গরিষ্ঠ বা কার্য্যকরী পরিমাণ একটির গরিষ্ঠ বা কার্য্যকরী পরিমাণের ১.৪১ গুণ। অতএব দেখা যাইতেছে মাঝের তারটী পার্শ্বের তারের ১.৪১ গুণ বা প্রায় দেড় গুণ মোটা হওয়া প্রয়োজন।



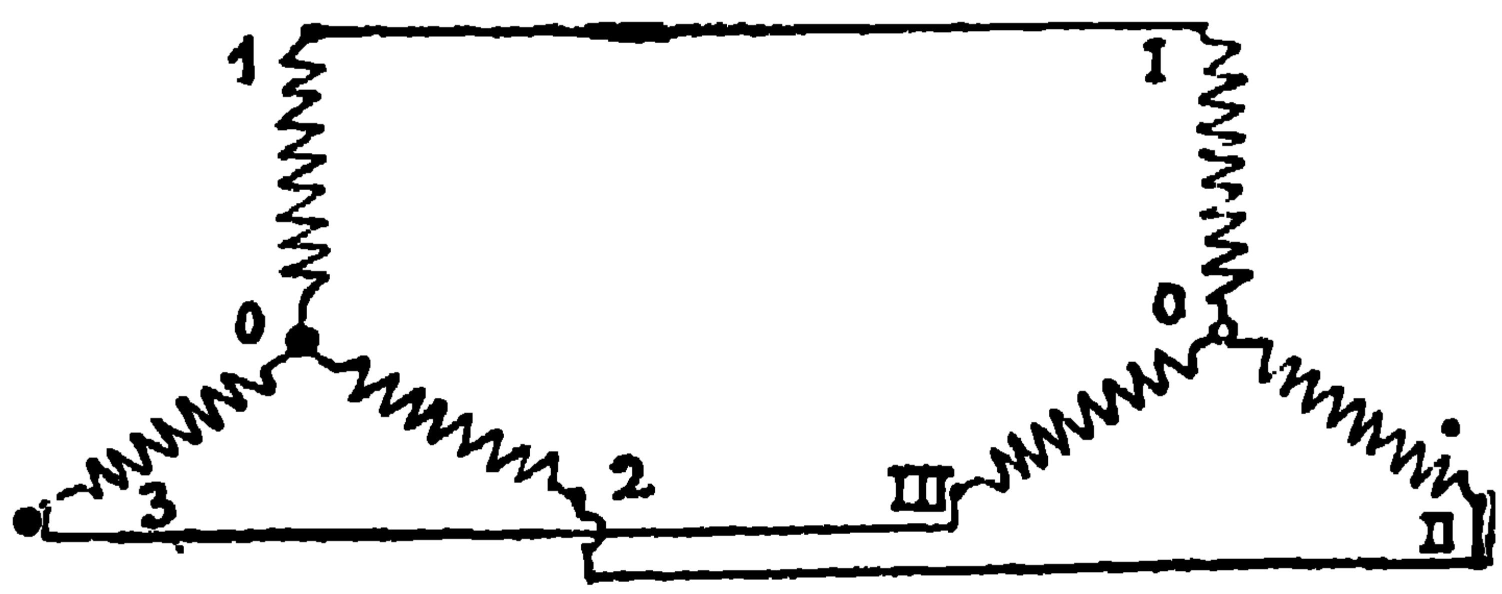
চিত্র—৬০০

তিন ফেজের বেলায় কয়েল তিনটি পরস্পরের সহিত ১২০° 'কোণে' অবস্থিত, সুতরাং তাহাদিগকে ৬০১ চিত্রে দর্শিত ভাবে আঁকিলে দৃষ্ট হইবে

যে কোন দুইটির সমন্বয়ে ১'৭৩ গুণ ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়, সুতরাং পার্শ্বের যে কোন দুইটি তারের মধ্যে ভোল্টেজ ১'৭৩ গুণ হয় কিন্তু মাঝের



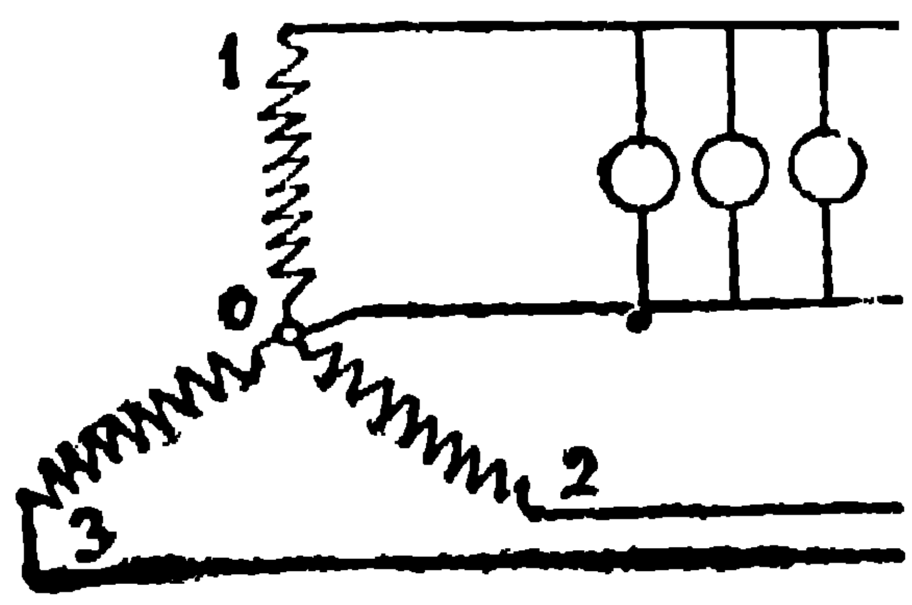
চিত্র—৬০১



চিত্র—৬০২

সংযোজক তারটিতে কিছুই ভোল্টেজ (অতএব প্রবাহ) থাকে না, কারণ যে কোন দুইটির সমন্বয়ে অপরটির বিপরীত দিকে সম পরিমাণ বিপরীত ভোল্টেজ হয়। সুতরাং মাঝের তারটি ব্যবহার না করিলেও চলে, অবশ্য যদি কেবলমাত্র (তিন-ফেজের) মোটর চালাইতে হয়। কিন্তু যদি আলোকও জ্বালাইতে হয় তাহা হইলে মাঝের

চিত্র—৬০৩

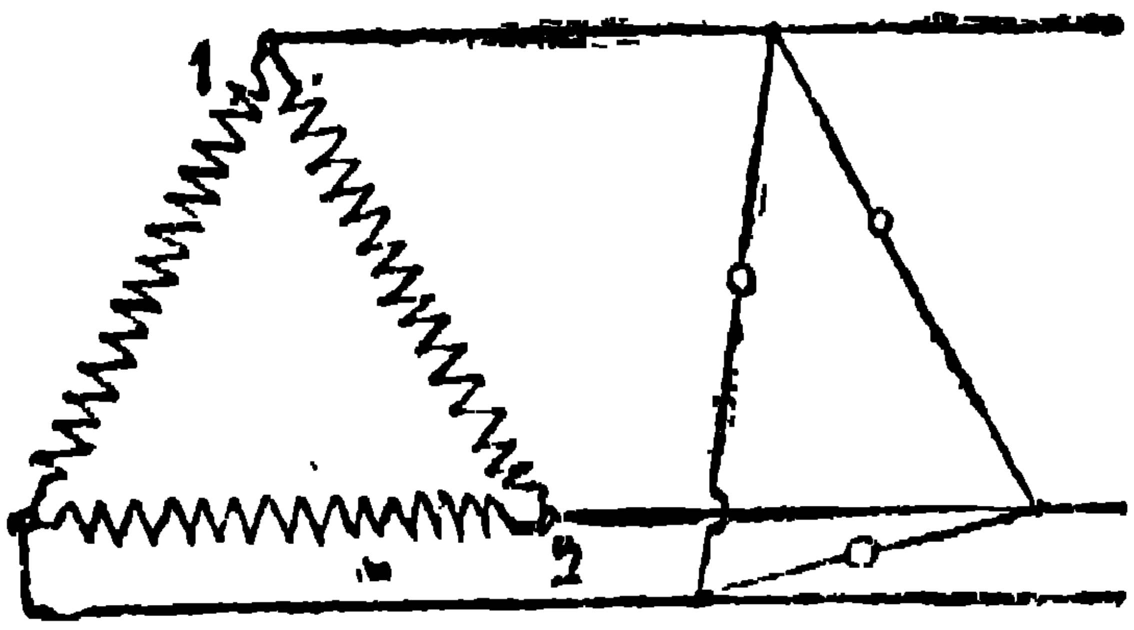


চিত্র—৬০৪

তারটি প্রয়োজন হয়, এরূপ স্থলে মোটরটি বাহিরের তার তিনটির সহিত সংযুক্ত হয় এবং আলোকগুলি মাঝের ও একটি করিয়া বাহিরের তারের সহিত (অর্থাৎ এক-ফেজের কয়েলে) সংযুক্ত হয়, চিত্র ৬০৩। অতএব মেটেরটি ১৭৩ ভোল্টের হইলে আলোকগুলি ১০০ ভোল্টের উপযোগী হওয়া প্রয়োজন। সচরাচর উক্ত প্রণালীতে প্রতি ফেজে ১১০ ভোল্ট উৎপন্ন হয়, সুতরাং মোটরটি প্রায় ১৯০ ভোল্টের উপযোগী হওয়া প্রয়োজন। বলা বাহুল্য প্রতি ফেজে ভার সমান থাকিলে মাঝের তারে প্রবাহ বহিবে না,

কিন্তু যদি কোন ফেজে অধিক সংখ্যক আলোক ব্যবহৃত হয়, তাহা হইলে অন্যগুলি অপেক্ষা উহাতে অধিক প্রবাহ বহিবে এবং প্রবাহের পার্থক্য মাঝের তারটি দিয়া বহিবে, এমন কি যদি কেবলমাত্র একটি ফেজে কতকগুলি আলোক থাকে ও অপরগুলিতে আলোক না থাকে, চিত্র ৬০৪, তাহা হইলে ঐ ফেজে প্রবাহিত সমস্ত প্রবাহ মাঝের তার দিয়া বহিবে।

উপরে কয়েলগুলির যে প্রকার সন্নিবেশ দর্শিত হইল তাহাকে 'ষ্টার' (star তারা) কনেকসান বলে, কারণ ইহাতে তারা হইতে রশ্মি যেমন চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে সেইভাবে কেন্দ্র হইতে কয়েলগুলি চতুর্দ্দিকে প্রসারিত হইতেছে। ইহা ব্যতীত আর এক প্রকার সন্নিবেশন আছে তাহাকে 'মেশ' (mesh জালতি) কনেকসান বলে। ইহাতে কয়েলগুলি এরূপভাবে সাজান হয় যেন একটি জালতি বা ফাঁস প্রস্তুত করে, চিত্র ৬০৫ ; এই চিত্র হইতে প্রথমেই অনুমিত হইবে কয়েলগুলি নিজেদের মধ্য দিয়া সর্ট-সার্কিটেড, উহাদের মধ্য দিয়া অত্যন্ত অধিক প্রবাহ বহিবে ; কিন্তু তাহা নহে। পূর্ব্বের হিসাব অনুযায়ী একটির ভোল্টেজ অপর দুইটির ভোল্টেজ দ্বারা নাশ হয়। এই সংযোজনে বাহিরের দুইটি তারের মধ্যে ভোল্টেজ এক-ফেজ ভোল্টেজের সহিত সমান, কিন্তু কারেণ্ট একটি ফেজ কারেণ্টের ১·৭৩ গুণ। 'ষ্টার' কনেকসানে বাহিরের তারদ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ 'ফেজ ভোল্টেজের' ১·৭৩ গুণ, কিন্তু প্রবাহ ফেজ প্রবাহের সমান।



চিত্র—৬০৫

সপ্তবিংশ পরিচয়

ইউনিট বা মান স্বরূপ এক এবং পরিমাপ (Unit and Measure)—কোনও কিছু মাপিতে হইলে ঐ প্রকারের জিনিষের নির্দ্ধারিত কিয়দংশকে "এক" বলিয়া ধরিয়া লওয়া হয়, ইহাকেই ইউনিট বা মান স্বরূপ এক বলে। বিভিন্ন প্রকারের মাপের জন্য বিভিন্ন নামের ইউনিট বা একক ব্যবহার হয়, যথা.—দৈর্ঘ্য মাপিতে এক 'গজ', ওজন মাপিতে এক 'পাউণ্ড', সময় মাপিতে এক 'ঘণ্টা' ইত্যাদি।

আবার পরিমাপ্য বস্তুর লঘুত্ব ও গুরুত্ব অনুযায়ী পরিমাপক "এক"কে নির্দ্ধারিত এক অপেক্ষা কিয়দংশ লঘু বা কিয়ৎগুণ গুরু করিয়া লইতে হয়, যথা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দূরত্ব মাপিতে গজের এক তৃতীয়াংশ (১/৩) ফুট—অথবা তদপেক্ষা ক্ষুদ্র, ফুটের এক দ্বাদশাংশ (১/১২)—ইঞ্চি ব্যবহার হয়, আবার বৃহৎ দৈর্ঘ্য মাপিতে মাইল—গজের ১৭৬০ গুণ ব্যবহার হইয়া থাকে।

একক অনুযায়ী পরিমাপ প্রকাশক সংখ্যার বিপরীত পরিবর্ত্তন :—

পরিমাপক এককের পরিমাপ কোনরূপে পরিবর্ত্তিত হইলে পরিমাপ প্রকাশক সংখ্যার পরিমাণ বিপরীত ভাবে পরিবর্ত্তিত হয়, যথা ফুটকে একক ধরিয়া যদি কোন দৈর্ঘ্য ১২ ফুট হয়, তাহা হইলে ফুটের তিনগুণ গজকে একক ধরিলে উহা চারি গজ (১২র তৃতীয়াংশ, ১/৩) হইবে আবার ফুটের দ্বাদশাংশ ইঞ্চিকে একক ধরিলে উহা ১৪৪" ইঞ্চি (১২র ১২ গুণ) হইবে। অর্থাৎ একক যত বড় হইবে, পরিমাপ্যের পরিমাণ ততই অল্প সংখ্যায় প্রকাশিত হইবে।

স্বতঃসিদ্ধ ইউনিট (Fundamental units) :—সমস্ত জাগতিক পরিমাপ তিনটি স্বতঃসিদ্ধ ইউনিট হইতে প্রাপ্ত হওয়া যায়, যথা :—(১) দৈর্ঘ্য, (২) পদার্থ, (৩) সময়। ইহারা যথার্থই স্বতঃসিদ্ধ কারণ ইহাদের পরিচয় এই তিনপ্রকার ইউনিট অপেক্ষা সহজ হওয়া সম্ভবপর নহে। ইহাদের মধ্যে পদার্থের পরিমাণ ওজন দ্বারা পরিমিত হয়।

ভিন্ন ভিন্ন দেশ বা জাতি হিসাবে এগুলি বিভিন্ন এককে পরিমিত হয়, যথা :—দৈর্ঘ্য মাপিতে বিটিশেরা ইয়ার্ড (yard) বা গজ ব্যবহার করে। এই গজ একটি ব্রোনজ্ ধাতু নির্ম্মিত দণ্ডে ৬০° ফা (60° F.) তপ্ততায় অঙ্কিত হইয়া ব্রিটিশ ষ্ট্যাণ্ডার্ড অফিসে রক্ষিত আছে। ফরাসী একক ধারা ক্রমান্বয়ে দশ অংশ করিয়া পরিবর্ত্তিত হয়, যথা—ডেসি=১/১০, সেণ্টি=১/১০০, মিলি=১/১০০০, ডেকা=১০, হেক্টো=১০০, কিলো=১০০০।

ফরাসীরা মিটার (Metre) ব্যবহার করে। এই মিটার পৃথিবীর দ্রাঘিমা বৃত্তের (½ meredian = from pole to the equator) ১০০০০০০০ অংশের এক অংশ। এই মাপটি প্লাটিনাম্ দণ্ডে ০° সে (0° C.) তপ্ততায় অঙ্কিত হইয়া ফরাসী আর্কিভজে রক্ষিত আছে।

ওজন মাপিতে ব্রিটিশেরা পাউণ্ড (Pound) ব্যবহার করে। ইহা একতাল প্লাটিনামের ওজন। ঐ প্লাটিনাম তালটী ষ্ট্যাণ্ডার্ড অফিসে শিশির মধ্যে রক্ষিত আছে। ফরাসীরা গ্র্যাম (Gramme) ব্যবহার করে। এই গ্র্যাম্ ৪° 'সে' তপ্ততায় ১ ঘন সেন্টিমিটার জলের ওজন।

সময় প্রায় সর্ব্বত্রই সৌর দিবস (Solar day) ও তাহার অংশ ঘণ্টা, মিনিট, সেকেণ্ড ইত্যাদি দ্বারা পরিমিত হয়।

দৈর্ঘ্য মাপের তালিকা :—

ব্রিটিশ প্রণালী :—		ফরাসী প্রণালী :—	
১২ ইঞ্চিতে	১ ফুট	১০ মিলিমিটারে	১ সেণ্টিমিটার
৩ ফুটে	১ গজ	১০ সেণ্টি মিটারে	১ ডেসিমিটার
১৭৬০ গজে	১ মাইল	১০ ডেসিমিটারে	১ মিটার
———		১০ মিটারে	১ ডেকা মিটার
৬ ফুটে	১ ফ্যাদম্	১০ ডেকা মিটারে	১ হেক্টো মিটার
২২০ গজে	১ ফার্লং	১০ হেক্টোমিটারে	১ কিলো মিটার

ওজন মাপের তালিকা :—

ব্রিটিশ প্রণালী :—		ফরাসী প্রণালী :—	
৬০ গ্রেণে	১ ড্র্যাম্	১০ মিলিগ্র্যামে	১ সেণ্টিগ্র্যাম্
১৬ ড্র্যামে	১ আউন্স	১০ সেণ্টিগ্র্যামে	১ ডেসিগ্র্যাম্
১৬ আউন্সে	১ পাউণ্ড	১০ ডেসিগ্র্যামে	১ গ্র্যাম্
২৮ পাউণ্ডে	১ কোয়ার্টার	১০ গ্র্যামে	১ ডেকাগ্র্যাম্
৪ কোয়ার্টারে	১ হন্দর	১০ ডেকাগ্র্যামে	১ হেক্টোগ্র্যাম্
২০ হন্দরে	১ টন	১০ হেক্টোগ্র্যামে	১ কিলোগ্র্যাম্

সময় মাপিবার প্রণালী :—

৬০ সেকেণ্ডে	১ মিনিট	৩৬৫ দিনে	১ বৎসর
৬০ মিনিটে	১ ঘণ্টা	১০০ বৎসরে	১ শতাব্দী
২৪ ঘণ্টায়	১ দিন		

ইহাদিগের মধ্যে ইঞ্জিনিয়ারিং কার্য্যে সচরাচর ফুট, পাঃ ও সেঃ দ্বারা যথাক্রমে দৈর্ঘ্য, ওজন ও সময় পরিমিত হয়। এরূপ পরিমাপের নাম ফুট-পাউণ্ড-সেকেণ্ড প্রণালী (ফু-পা-সে, F. P. S. System) বা ব্রিটিশ গণনা রীতি। বৈজ্ঞানিক গবেষণা কার্য্যে সচরাচর সেণ্টিমিটার, গ্র্যাম্ ও সেকেণ্ড দ্বারা যথাক্রমে দৈর্ঘ্য, ওজন ও সময় মাপা হয়। এই প্রণালীকে 'সি-জি-এস' C. G. S. System বা বৈজ্ঞানিক প্রণালী বলে।

স্থান মাপিবার একক :—

১ ফুট × ১ ফুট = ১ বর্গ ফুট (1 Sq. Ft.) ব্রিটিশ প্রণালী।

১ সেণ্টিমিটার × ১ সেণ্টিমিটার = ১ বর্গ সেণ্টিমিটার (1 sq. cm.) C.G.S.

আয়তন মাপের একক :—

১ ফুট × ১ ফুট × ১ ফুট = ১ ঘন ফুট (1 Cub. Ft.) ব্রিটিশ প্রণালী।

১ সেঃ মিঃ × ১ সেঃ মিঃ × ১ সেঃ মিঃ = ১ ঘন সেঃ মিঃ (1 cub, cm.) C. G. S.

ধারান্তকরণ তালিকা (Conversion Table)—

ব্রিটিশ হইতে সি, জি. এস—দৈর্ঘ্য ১ ইঞ্চি = ২'৫৪ সেণ্টিমিটার। ১ ফুট = ৩০'৪৭৯৭ সেঃ মিঃ। ১ মাইল = ১৬০৯'৩ মিটার।

সি. জি. এস হইতে ব্রিটিশ—(১) সেণ্টিমি = ·৩৯৩৭ ইঞ্চি। ১ মিটার = ৩৯'৩৭ ইঞ্চি। ২ কিলো মি = ·৬২১৩৮ মাইল। (২) বস্তুসমষ্টি বা ওজন,—১ গ্রেণ = ·০৬৪৮ গ্র্যাম্। ১ আউন্স = ২৮'৩৪৯০ গ্র্যাম্। ১ পাঃ = ৪৫৩'৫৯ গ্র্যাম। ১ গ্র্যাম = ১৫'৪৩২ গ্রেণ। ১ গ্র্যাম = ·০০২২০৪৬ পাঃ। (৩) বর্গ—১ বর্গ. ইঞ্চি = ৬'৪৫১৫ বর্গ সেণ্টিমি। ১ বর্গ সেণ্টিমি = ·০৬১ ঘন ইঞ্চি। (৪) ঘন—১ ঘন ইঞ্চি = ১৬'৩৮৭ ঘন সেণ্টিমি। ১ ঘন ফুট = ·২৪৩১৬ ঘন সেণ্টিমি। ১ ঘন সেণ্টিমি = ·০৬১ ঘন ইঞ্চি। ১ লিটার = ৬১'০২৭ ঘন ইঞ্চি।

গতি বিজ্ঞান (Dynamics)।

বস্তুর অবস্থা—স্থিতি ও চলন (Rest and Motion)—জগতের সমস্ত বস্তুই স্থির বা চলন্ত এই দুইটী অবস্থার মধ্যে একটী অবস্থার অন্তর্গত। যখন কোন বস্তু তাহার চতুর্দ্দিকস্থ বস্তু সমূহের সহিত তুলনায় কোনরূপ স্থান পরিবর্ত্তন করিতেছে না তখন ঐ বস্তুটী ঐ সকল বস্তুর নিকট স্থির অবস্থায় আছে বলা হয়; যখন উহা স্থান পরিবর্ত্তন করিতেছে, উহাদের সহিত তুলনায় ইহাকে চলন্ত বলা হয়।

বেগ (Speed)—একক সময়ের মধ্যে যতটা দূরত্ব চলিয়া যায়

তাহাকে বেগ বলে। ইহা ফুট-সেকেণ্ড অথবা মাইল-ঘণ্টা দ্বারা মাপা হয়, যথা :—সেকেণ্ডে ৫ ফুট বা ৫ ফু-সে, (FS) ঘণ্টায় ২০ মাইল বা ২০ মা-ঘ (mh)।

গতি (Velocity)—দিগ্বিশিষ্ট অর্থাৎ কোনও নির্দ্দিষ্ট দিকের বেগকে গতি বলে। যথা,—ঘণ্টায় ১৫ মাইল পূর্ব্বদিকে বা বম্বে হইতে মান্দ্রাজে। অতএব গতির দুইটী অংশ, (১) বেগ বা পরিমাণ, (২) দিক।

গতি দুই প্রকারের, একভাব বা পরিবর্ত্তনশীল। যখন গতির দিক ও পরিমাণ কোনটাই বদলাইতেছে না অর্থাৎ সকল সময়ে একই দিকে সমবেগে যাইতেছে তখন তাহাকে একভাব গতি (Uniform Velocity) বলে। আর যখন দিক অথবা পরিমাণ বা দুইটাই বদলাইতেছে তখন তাহাকে পরিবর্ত্তনশীল গতি (Variable Velocity) বলে।

গতি পরিবর্ত্তন (Acceleration)—পরিবর্ত্তনশীল গতির পরিবর্ত্তনের হারকে গতি-পরিবর্ত্তন বলে। ইহা একক সময়ে যে পরিমাণ গতির দ্বারা গতির হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তদ্দ্বারা পরিমিত হয়,যথা —প্রতি সেকেণ্ডে গতির পরিমাণ ২ ফুট-সেকেণ্ড দ্বারা পরিবর্ত্তিত হইলে ইহাকে সেকেণ্ডে ২ ফুট-সেকেণ্ড বা ২ ফু-সে-সে বলে (fss)। পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ হেতু গতি পরিবর্ত্তন ৩২ ফু-সে সে বা ৯৮১ সেমি সে-সে। (fss. or cm.ss)

আবার গতি পরিবর্ত্তন দুই প্রকার হইতে পারে, এক ভাব ও পরিবর্ত্তনশীল। যদি সকল সময়েই পরিবর্ত্তনের হার একরূপ থাকে তাহা হইলে তাহাকে একভাব গতি-পরিবর্ত্তন (Uniform acceleration) বলে। আর যদি পরিবর্ত্তনের হার একরূপ না থাকে তাহা হইলে তাহাকে পরিবর্ত্তনশীল গতি-পরিবর্ত্তন (Variable acceleration) বলে। যথা—একটী বস্তুর গতি ১ম সেকেণ্ডে ৫ ফু-সে, ২য় তে ৮ফু-সে, ৩য় তে ১১ ফু-সে, ৪র্থে ১৪ ফু-সে, ৫ মে ১৮ ফু-সে, ৬ ষ্ঠে ২০ ফু-সে। ইহা হইতে দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে প্রথম চারি সেকেণ্ড ধরিয়া বস্তুটির গতি সমপরিমাণে পরিবর্ত্তিত হইয়াছে অর্থাৎ এই সময়ের জন্য ইহার গতি পরিবর্ত্তন একভাব ও তাহা ৩ ফু-সে-সে। কিন্তু সমস্ত ৬ সেকেণ্ড ধরিয়া দেখিলে বলিতে হইবে যে ইহার গতি পরিবর্ত্তন পরিবর্ত্তনশীল।

ধাক্কা (Momentum)—গতিজনিত বস্তুর অবস্থাকে ধাক্কা বা মোমেণ্টাম বলে। ইহা বস্তুর পদার্থের পরিমাণ ও গতির গুণফল দ্বারা পরিমিত হয়। ধা=প×গ ($M = m \times v$)

বল (Force)—যাহা বস্তুর গতি জনিত অবস্থার পরিবর্ত্তন করে (বা পরিবর্ত্তনের চেষ্টা করে) তাহাকে বল বা ফোর্স বলে।

অতএব বল, ধাক্কা পরিবর্ত্তনের হেতু ; সুতরাং ধাক্কা পরিবর্ত্তনের হার বলের অনুযায়ী হয়—সুতরাং

$$ব \propto \frac{প \times গ_২ - প \times গ_১}{সে\ (সময়)} \quad কিংবা\ ব \propto \frac{প\ (গ_২ - গ_১)}{সে}$$

অথবা, ব ∝ প × গতি পরিবর্ত্তন—

বা ব = ক × প × গতি-পরিবর্ত্তন—(ক = অপরিবর্ত্তনীয় সংখ্যা)

এখন, যদি, যখন প = ১, গতি পরিবর্ত্তন = ১, সেই সময়ের বলকে একক বল বলিয়া ধরা হয়, তাহা হইলে, ১ = ক × ১ × ১

অর্থাৎ, ক = ১ এবং ব = প × গতি পরিবর্ত্তন

একক বল (Unit force)—যে বল একক পরিমাণ পদার্থের উপর একক গতি-পরিবর্ত্তন আনে তাহাকে 'একক বল' বলে। ব্রিটিশ ধারায় একক বলকে পাউণ্ড্যাল বলে, ইহা ১ এক পাউণ্ড ওজনের পদার্থের উপর ১ ফু-সে-সে গতি পরিবর্ত্তন আনে। কিন্তু ইহা ছোট বলিয়া ইঞ্জিনিয়ারিং কার্য্যে পাউণ্ডের ওজনকে একক ধরা হয়। ১ পাউণ্ড ওজন = ১ পা × ৩২ ফু-সে-সে = ৩২ পাউণ্ড্যাল। বৈজ্ঞানিক হিসাবে ডাইন (Dyne) কে একক ধরে। ইহা ১ গ্র্যাম পদার্থের উপর ১ সেমি-সে-সে গতি পরিবর্ত্তন আনে।

কাজ (Work)—কোন বল উহার নিজের দিকের লাইনের উপর কিছু দূর স্থানান্তরিত হইলেই কার্য্য করা হইয়াছে বুঝিতে হইবে। এই কাজ বল ও স্থানচ্যুতির দূরত্বের গুণফল দ্বারা মাপা হয়। কারণ একক বলের একক দূরত্ব স্থানচ্যুতি হইলেই একক কাজ হইয়াছে ধরা হয়।

ব্রিটিশ ধারায় কাজের একক ১ ফু-পা অর্থাৎ ১ পা ওজন'কে ১ ফু ঊর্দ্ধে তুলিতে যে কাজ হয়। বৈজ্ঞানিক ধারায় কাজের একক'কে আর্গ (erg) বলে। ইহা ১ ডাইন্

বল'এর ১ সেমি দূরত্ব স্থানচ্যুতি ঘটিলে যে কাজ হয়। কিন্তু ইহা অত্যন্ত ছোট বলিয়া ইহার ১০৭ গুণকে একক ধরে ও তাহাকে 'জুল' (joule) বলে।

কোন ব্যক্তি কোন বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করিলে বস্তুটী যদি প্রযুক্ত বলের দিকে স্থানান্তরিত হয় তবে বলা হয় যে ব্যক্তির দ্বারা বা বস্তুটির উপর কাজ করা হইয়াছে। নচেৎ, বিপরীত দিকে যাইলে বলা হয় বস্তুটির দ্বারা বা ব্যক্তির উপর কাজ হইয়াছে। যথা—বস্তুর স্বভাব নীচু দিকে যাওয়া। এখন যদি কেহ উর্দ্ধ দিকে বল প্রয়োগ করিয়া একটী বস্তুকে উত্তোলিত করে তাহা হইলে ঐ ব্যক্তির দ্বারা বা বস্তুটির উপর বা পৃথিবীর আকর্ষণের বিরুদ্ধে কার্য্য করা হইল, আবার উত্তোলিত বস্তুটিকে ছাড়িয়া দিলে উহা নীচু দিকে আসিতে থাকিবে এবং কার্য্যক্ষম হইবে. তখন বস্তুটির দ্বারা বা পৃথিবীর আকর্ষণের দ্বারা কার্য্য হইতেছে বলা হয়।

ক্ষমতা (Power)—কার্য্যকরণের হারকে ক্ষমতা বলে। ইহা ব্রিটিশ ধারায় অশ্বের ক্ষমতার দ্বারা পরিমিত হয়। তাহাকে অশ্ব-ক্ষমতা (অ-ক্ষ) বা হর্স-পাওয়ার (Horse-Power সংক্ষেপে এচ্. পী, H. P.) বলে। ১ অ-ক্ষ = ৩৩০০০ ফু-পা-মি। বৈজ্ঞানিক ধারায় ইহা ওয়াট্ (Watt) দ্বারা পরিমিত হয়। ১ ওয়াট্ = ১ জু-সে বা ১০৭ আর্গ-সেকেণ্ড।

শক্তি (Energy)—কোন বস্তুতে যাহা থাকার দরুণ ইহা কাজ করিতে সমর্থ হয় তাহাকে শক্তি বা এনার্জি বলে। শক্তি দুই প্রকার,—

(১) গতিক শক্তি (Kinetic energy. কাইনেটিক্)।

(২) আবস্থিক শক্তি (Potential energy. পোটেন্স্যাল্)।

(১) গতিক শক্তি :—গতি হেতু বস্তুর মধ্যে যে শক্তি থাকে তাহাকে গতিক শক্তি বলে। গতিরোধ কালে এই শক্তি হইতে কাজ পাওয়া যায়।

২। আবস্থিক শক্তি :—কোন বস্তু স্বাভাবিক অবস্থায় না থাকিয়া নূতন অবস্থায় থাকা হেতু যে শক্তি, তাহাকে আবস্থিক শক্তি বলে। ইহা হইতে কার্য্য পাইতে হইলে ইহাকে গতিতে পরিণত হইতে হয়, নতুবা স্থানান্তর ঘটিতে পারে না।

কল (Machine) :—যাহা অন্য কোন বস্তুর শক্তি হইতে চালিত হইয়া সুবিধামত ভাবে কার্য্য প্রদান করে তাহাকে 'কল' বলে।

কলের পারকতা (Mechanical Efficiency)—কল হইতে প্রাপ্ত কার্য্যের সহিত কলের মধ্যে প্রদত্ত কার্য্যের সম্বন্ধকে কলের পারকতা বলে। ইহা সাধারণতঃ শতকরা হিসাবে পরিমিত হয়।

ওজন (Weight)—কোন বস্তুর পদার্থকে পৃথিবী যে জোরে টানে তাহাকে ঐ বস্তুটির ওজন বলে। ইহা পদার্থের পরিমাণ ও পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে বস্তুটির কেন্দ্রের ব্যবধানের উপর নির্ভর করে।

মাধ্যাকর্ষণ (Gravity)—পৃথিবীর উপরিস্থ প্রত্যেক বস্তুর প্রতি পৃথিবীর টানকে মাধ্যাকর্ষণ বলে। এই আকর্ষণ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে বস্তুটির কেন্দ্রের ব্যবধানের উপর নির্ভর করে। পৃথিবীর বহির্ভাগে এই ব্যবধান যত অধিক, এই টান ব্যবধান-বর্গের বিরূপভাবে কম ও অন্তর্ভাগে এই ব্যবধান যত কম টানও তত কম। অতএব ঠিক কেন্দ্রে টান কিছুই নাই এবং পৃথিবীর ঠিক উপরিভাগে এই টান সর্ব্বাপেক্ষা অধিক এবং ইহার জন্য প্রত্যেক বস্তুর উপর ৩২ ফু-সে-সে বা ৯৮১ সেমি-সে-সে গতি-পরিবর্ত্তন হয়।

গাঢ়তা (Density)—পদার্থের ঘনতা। ইহা একক আয়তনের মধ্যস্থ পদার্থের পরিমাণ দ্বারা পরিমিত হয়। যথা--জলের ঘনতা ১ ঘন ফুটে ৬২·৪ পাউণ্ড।

বিভিন্ন দ্রব্যের ঘনতা (পাউণ্ড হিসাবে এক ঘন ফুটের ওজন)।

চিনা লৌহ (Cast Iron)	৪৭০ পাঃ	ইষ্টক গাঁথুনী (Brick work)	১১২ পাঃ
বাঙ্গালা লৌহ (W I)	৪৯০ "	সেগুণ কাষ্ঠ	৫০ "
তাম্র (Copper)	৫৫০ "	দেবদারু কাষ্ঠ	৪০ "
পারা (Mercury)	৮৪৯ "	পেট্রোল (Petrol)	৫০ "
এ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)	১৬০ "	বায়ু 0° সেণ্টিগ্রেড	
সীসা (Lead)	৭০০ "	(১ পা= ১৩·১৪ ঘন ফুট)	·০৭৬ "
জল (Water)	৬২·৪ "	কোল গ্যাস (Coal Gas)	·০৩৫৪ "

আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific Gravity)—কোন বস্তুর ওজনের সহিত সমআয়তনের জলের ওজনের সম্বন্ধকে আপেক্ষিক গুরুত্ব বা স্পেসিফিক গ্র্যাভিটী বলে। যথা—পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব ১৩.৬। অর্থাৎ সমআয়তনের জল ও পারদ লইলে পারদ জলের ১৩.৬ গুণ ভারী হয়। বায়বীয় পদার্থের বেলায় হাইড্রোজেন গ্যাসের সহিত তুলনা করা হয়।

লৌহ (ইস্পাত)	৭.১—৭.৮	শোলা	.২২—.২৬
সীসা	১১	সেগুণ কাষ্ঠ	.৬৬—.৮৮
রৌপ্য	১০.৬	বাঁশ	.৩১—.৪
তাম্র	৮.৮৫—৮.৯৫		

চাপ (Pressure)—কোন স্থানে একটী বস্তু রাখিলে, বস্তুটির ওজন ঐ স্থানের উপর সংরক্ষিত হইতেছে, অর্থাৎ স্থানটী চাপ পাইতেছে। এই চাপ একক পরিমিত স্থানের উপর যে বল পাড়তেছে তদ্বারা পরিমিত হয়। ধারক পাত্রের সকল দিকের গাত্রে বায়বীয় পদার্থ চাপ দেয়।

চাপমান (Pressure Gauge)—এই যন্ত্রের দ্বারা বায়বীয় পদার্থের চাপ প্রতি বর্গ ইঞ্চের উপর পাউণ্ড ওজন হিসাবে পরিমিত হয়।

বায়ু চাপমান (Barometer)—এই যন্ত্রে বায়ুর চাপ পরিদৃষ্ট হয়, ইহাতে সাধারণতঃ পারদ বা অন্য কোন তরল পদার্থের স্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা বায়ুর চাপ সামলান হয়। এই স্তম্ভের উচ্চতাই ঐ চাপের পরিমাণ। যথা, বায়ুর চাপ পারদের ৩০ ইঞ্চি বা জলের ৩৪ ফুট। পাউণ্ড ওজন হিসাবে ইহা প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে ১৪.৭ পাউণ্ড।

ঘর্ষণ বা ফ্রিকসান্‌ (Friction)—যদি দুইটী বস্তুকে একত্রে ঠেকাইয়া রাখা হয় ও একটিকে অপরটির উপর চালাইবার চেষ্টা করা হয়, তাহা হইলে উহার গমনে বাধা দায়ক একটী বল অনুভূত হইবে। ইহাকেই ঘর্ষণোদ্ভূত বা ঘার্ষণিক বাধা বলে। বিশেষ উপায় দ্বারা ইহাকে হ্রাস করিতে পারা যায় বটে কিন্তু ইহাকে একেবারে নষ্ট করা যায় না। ঘার্ষণিক বাধা সম্বন্ধে নিম্নলিখিত নিয়মগুলি পাওয়া যায় ;—

১। ঘার্ষণিক বাধা স্পৃষ্ট গাত্রগুলির মধ্যস্থ চাপের অনুরূপ।

২। ইহা স্পৃষ্ট গাত্রগুলির স্বভাব ও অবস্থার উপর নির্ভর করে।

৩। ইহা স্পৃষ্ট গাত্রগুলির বিস্তৃতির উপর নির্ভর করে না, অতএব একক বিস্তৃতির উপরিস্থ চাপের নির্ভর করে না।

৪। ইহা ঘর্ষণের গতির উপর নির্ভর করে যদি গতির হ্রাস বৃদ্ধি অত্যধিক হয়। গতি বৃদ্ধি হইলে ইহা কমে ও হ্রাস হইলে ইহা বাড়ে।

কোএফিসিয়েণ্ট অফ্ ফ্রিক্সান্ (Coefficient of Friction)—কোন বস্তুকে ঘার্ষণিক বাধা অতিক্রম করাইতে হইলে তাহার ওজনের যত গুণ বল প্রয়োজন হয় তাহাকে কোএফিসিয়েণ্ট অফ্ ফ্রিক্সান্ বলে। ইহা স্পৃষ্ট গাত্রগুলির অবস্থা ও স্বভাবের উপর নির্ভর করে। ইহা সাধারণ অবস্থায় ঐ গাত্রগুলির মধ্যস্থ চাপের উপর নির্ভর করে না কিন্তু চাপ যদি এত অধিক হয় যে গাত্র চেপ্টাইয়া যাইবার সম্ভাবনা, তাহা হইলে ইহা অত্যন্ত অধিক হয়। ইহা ঘর্ষণের গতির উপর নির্ভর করে না (যতক্ষণ না গতির হ্রাস বৃদ্ধি অত্যধিক হয়)।

কোএফিসিয়েণ্ট অফ্ ফ্রিক্সান্ গাত্রের স্বভাব ও অবস্থার উপর নির্ভর করে বলিয়া বিশেষ বিশেষ পদার্থ ও তাহাদের গাত্রের অবস্থার পরিবর্ত্তন দ্বারা ঘার্ষণিক বাধার হ্রাসবৃদ্ধি হইতে পারে। যথা, বাধা কমাইতে হইলে—

১। ধাতব পদার্থ ব্যবহার—

২। গাত্রগুলিকে মসৃন করণ—

৩। পিচ্ছিল করণ—

কোএফিসিয়েণ্ট অফ্ ফ্রিকসানের তালিকা।

তৈলাক্ত মসৃণ ধাতুর সহিত ধাতুর ঘর্ষণ—·০৮ হইতে ·১২।

(বিনা তৈল,) মসৃণ ধাতুর সহিত ধাতুর ঘর্ষণ—·১৭।

কাষ্ঠে কাষ্ঠে ঘর্ষণ (মসৃণ) ·৩৩।

পাথরের সহিত পাথরের ঘর্ষণ (মসৃণ)—·৬৫।

চাকার উপর প্রতি টন পিছু ঘার্ষণিক প্রতিবন্ধকতা।

রেল লাইনের উপর	৪ হইতে ৮ পাউণ্ড	বা	১/৫৬০ হইতে ১/২৮০
ট্রাম লাইনের উপর	১৪ পাঃ	বা	১/১৬০
সাধারণ রাস্তার উপর	৩৩ পাঃ	বা	১/৬৮
ম্যাকাডাম রাস্তার উপর	৪৬ হইতে ৬৭ পাঃ	বা	১/৪৯ হইতে
কাঁকর রাস্তার উপর	১৫০ পাঃ	বা	১/১৫

পিচ্ছিল পদার্থ ও পিচ্ছিল করণের তালিকা

১।	কম উত্তাপাবস্থায়,	হাল্কা খনিজ তৈল,
২।	অত্যন্ত অধিক চাপ ও মন্দগতি,	গ্র্যাফাইট, সোপ-ষ্টোন ও অন্যান্য কঠিন পিচ্ছিলকারী বস্তু।
৩।	অধিক চাপ ও মন্দগতি,	গ্র্যাফাইট ও চর্ব্বি, গ্রীজ বা অন্যান্য পদার্থ।
৪।	অধিক চাপ ও ক্ষিপ্রগতি,	স্পার্ম-তৈল, রেড়ীর তৈল ও ভারী খনিজ পিচ্ছিল তৈল।
৫।	অল্প চাপ ও ক্ষিপ্র গতি	স্পার্ম, পরিস্কৃত খনিজ, অলিও, রেপ বা তুলাবিচির তৈল।
৬।	সাধারণ কল কব্জা,	চর্ব্বি ভারী খনিজ তৈল, ও ভারী সবজী তৈল।
৬।	ষ্টিম সিলিণ্ডার,	ভারী খনিজ তৈল।
৮।	ট্যাক-ঘড়ি ও সৌখিন কল কব্জা,	নীট্স্ ফুট, পরপয়েজ, অলিভ, ও হাল্কা খনিজ তৈল।

উত্তাপ (Heat)

তাপ ও তপ্ততা, (Heat and Temperature)—তাপ শক্তির একপ্রকার রূপ। তাপের (heat) দরুণ বস্তুর তপ্ততা (temperature) পারিবর্ত্তন ঘটে। তাপ যত অধিক দেওয়া যায় বস্তুর তপ্ততা ততই বাড়ে ও যত অধিক কমান হয় অর্থাৎ বাহির করিয়া লওয়া হয়। তপ্ততা ততই কমে বা বস্তু ততই শীতল হয়। বস্তুতঃ দেখিতে গেলে তাপ বস্তুর মধ্যে পদার্থের অনুপরমানুগুলির কম্পন বিশিষ্ট কাইনেটিক্ এনার্জ্জিরূপে থাকে।

তপ্ততামান বা থার্ম্মোমিটার (Thermometer) :—ইহার দ্বারা তপ্ততা নির্দ্ধারিত হয়। ইহা সাধারণতঃ কাঁচ নির্ম্মিত। একটী কাচের লম্বা সরু চোঙার (tube) একদিক জোড়া ও অপর দিকটী ফাঁপা বাল্বে পরিণত। ঐ বাল্বটির মধ্যে সাধারণতঃ পারদ থাকে ও চোঙটির গাত্রে দাগ কাটা থাকে। এই দাগগুলির ব্যবধান ডিগ্রি (°) বা ডিগ্রির অংশ। সরু নলী-মধ্যস্থ পারদ যে দাগের সহিত সমান হইয়া

থাকে সেই দাগের দ্বারা যত ডিগ্রি বুঝায় তাহাই তপ্ততা বা টেম্পারেচার। বলা বাহুল্য যে পারদ-থার্ম্মোমিটারের মধ্যে পারদ ব্যতীত বায়ু বা অন্য কোন পদার্থ থাকে না।

তপ্ততা মাপের পদ্ধতি (Scale of Temperature)—টেম্পারেচার তিন প্রকারে পরিমিত হয়, ১। সেন্টিগ্রেড (Centigrade), ২। ফারেনহেইট, (Fahrenheit), ৩। রোমার (Reaumur)।

১। সেণ্টিগ্রেড হিসাবে বরফ যে টেম্পারেচারে গলে তাহাকে ০°C ও জল যে টেম্পারেচারে নর্ম্মাল বায়ুচাপে (৭৬ সেঃমিঃ) ফুটে তাহাকে ১০০°C ধরা হয় ও মধ্যস্থিত ব্যবধানকে ১০০টী ভাগ করিয়া তাহাদের প্রত্যেকটিকে ১° বলে। এই টেম্পারেচার হিসাব বৈজ্ঞানিক প্রনালীতে ব্যবহৃত হয়।

২। ফারণহেইট হিসাবে বরফের গলনের টেম্পারেচার হইতে জলের নর্ম্মাল বায়ুচাপে ফুটনের টেম্পারেচারের মধ্যস্থিত ব্যবধানকে ১৮০ ভাগ করা হইয়াছে এবং বরফ ও লবণের মিশ্রণে যে ফ্রিজিং মিক্শ্চার হয় তদ্দারা যে সর্ব্বাপেক্ষা কম টেম্পারেচার পাওয়া যায় তাহাকে ০°F ধরা হয়। ইহা বরফের গলনের টেম্পারেচার হইতে ১৮০ ভাগে বিভক্ত ক্ষুদ্র দাগের মত ৩২ দাগ নিম্নে। অতএব বরফের গলনের টেম্পারেচার ৩২°F ও জলের ফুটনের টেম্পারেচার ১৮০+৩২=২১২°F। এই টেম্পারেচারের হিসাব ব্রিটিশ প্রণালীতে ব্যবহৃত হয়।

৩। রোমার হিসাবে বরফের গলনের টেম্পারেচারকে ০°R (রো) ও জলের ফুটনের টেম্পারেচারকে ৮০°R (রো) ধরা হয় ও মধ্যস্থিত ব্যবধানকে ৮০ ভাগ করা হইয়াছে। এরূপ প্রত্যেক ভাগকে ১° R (রো) বলে। ইহা সচরাচর ব্যবহার হয় না।

ধারান্তকরণ :—উল্লিখিত হিসাবগুলি হইতে স্পষ্টই দেখিতে পাওয়া যায় যে ;—

$$\frac{\text{সেন্টি}}{১০০} = \frac{\text{ফা}-৩২}{১৮০} = \frac{\text{রো}}{৮০}$$

তাপের একক (Unit of Heat)—১পা জলকে ১°ফা উত্তপ্ত করিতে যে পরিমাণ তাপ লাগে তাহাকে ১ ব্রিটিশ থার্ম্মাল ইউনিট (B. Th. U.) বলে। ১ গ্র্যাম্ জলকে ১° সেণ্টি উত্তপ্ত করিতে যে তাপ লাগে তাহাকে ১ ক্যালরী (Calorie) বলে। ইহা বৈজ্ঞানিক 'একক'।

আপেক্ষিক তাপ (Specific Heat)—কোন বস্তুকে কিছু ডিগ্রি তপ্ত করিতে যে তাপ লাগে তাহার সহিত সম ওজনের জলকে সমান তপ্ত করিতে যে তাপ লাগে তাহার সম্বন্ধকে আপেক্ষিক তাপ বলে। ইহা বস্তুর জন্য তাপকে জলের জন্য তাপ দ্বারা ভাগ করিয়া পাওয়া যায়।

বিভিন্ন বস্তুর আপেক্ষিক তাপ—

লৌহ—Iron—	·১১৪	কাঁচফ্লিন্ট—Glass Flint—	·১১৭
তাম্র—Copper—	·০৯৫	বরফ—Ice—	·৫
সীসা—Lead	·০৩১	জল—Water—	·১
পারদ—Mercury—	·০৩৩	বায়ু—Air—	·২৩৭
রৌপ্য—Silver—	·০৫৫	বাষ্প—Steam—	·৫

তাপ ধারণ ক্ষমতা—(Thermal Capacity)—বস্তুর উত্তাপ ধারণের ক্ষমতাকে থার্ম্মাল কেপাসিটী বা তাপধারণ ক্ষমতা বলে। ইহা বস্তুটিকে ১° তপ্ত করিতে যে পরিমাণ তাপ লাগে তদ্দারা পরিমিত হয়। ইহা বস্তুর পদার্থের পরিমাণকে আপেক্ষিক উত্তাপ দ্বারা গুণ করিয়া পাওয়া যায়।

তাপ সম্বন্ধীয় গণনা।

১	পাঃ জলকে	১০ ফা তপ্ত করিতে		১	ব্রিটিশ থার্ম্মাল ইউনিট	
ক	পা	„	১° ফা	„	ক × ১ = ক	„
ক	পা	„	খ° ফা	„	ক × খ	„
(১) ক	পা অন্য বস্তু যাহার স্পেসিফিক হিট গ খ° ফা				ক × খ × গ	„

আর তপ্ত ও শীতল বস্তুর সংমিশ্রণে, (২) নির্গত তাপ = আগত তাপ।

উত্তাপের উৎপত্তি স্থান (Sources of Heat)

১। সূর্য্য।
২। রাসায়নিক ক্রিয়া (যথা, দহন ইত্যাদি)।
৩। অবস্থার পরিবর্ত্তন (যথা, বাষ্পকে জলে পরিণত করিবার সময়)।
৪। কার্য্যকরণ (যথা, ঘর্ষণ ইত্যাদি দ্বারা)।
৫। তড়িৎপ্রবাহ (যথা, বৈদ্যুতিক আলোক)।
৬। পৃথিবীর আভ্যন্তরিক তাপ।

তাপের ফল (Effects of Heat)—

১। আয়তন পরিবর্ত্তন (Change of Volume)।
২। তপ্ততা পরিবর্ত্তন (Change of Temperature)।
৩। অবস্থা পরিবর্ত্তন (Change of State)।
৪। আভ্যন্তরিক শক্তির পরিবর্ত্তন (Change of Internal Stress)
৫। রাসায়নিক ক্রিয়া (Chemical Action)।
৬। বৈদ্যুতিক পরিণাম (Electrical Effects)।

১। তপ্ত করিলে প্রায় সকল বস্তুরই আয়তন বৃদ্ধি হয়। তপ্ততা যত অধিক হয় আয়তন বৃদ্ধিও ততই অধিক হইয়া থাকে। শীতল করিলে ঠিক ঐভাবে সঙ্কোচন হইয়া থাকে। কঠিন পদার্থের ১ আয়তনের ১° তপ্ততায় যে পরিমাণ আয়তন বৃদ্ধি হয় তাহাকে উহার বিস্ফারণ হার (Coefficient of Dilatation) বলে। তরল ও বায়বীয় পদার্থের বেলায় ০° র ১ আয়তনের ১° তপ্ততায় যে পরিমাণ আয়তন বৃদ্ধি হয় তাহাকে উহাদের বিস্ফারণ হার বলে। সমস্ত বায়বীয় পদার্থের বিস্ফারণ হার প্রায় একই রূপ. কিন্তু বিভিন্ন প্রকারের কঠিন ও তরল পদার্থের বিভিন্ন বিস্ফারণ হার। তরল ও বায়বীয় পদার্থের বিস্ফারণ বলিলে তাহাদের আয়তনের বিস্ফারণই বুঝায়, কিন্তু কঠিনের বেলায় কেবল মাত্র দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি (যথা, সরু তারের বেলায়) বা বিস্তৃতির বৃদ্ধি (পাতের বেলায়) বা আয়তন বৃদ্ধি বুঝাইতে পারে। সেই জন্য কঠিনের বিস্ফারণ হারে কেবল মাত্র দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির হার দেওয়া হইল। বিস্তৃতি বৃদ্ধির হার ইহার দুই গুণ ও আয়তন বৃদ্ধির হার উহার তিন গুণ। বায়বীয় পদার্থের বিস্ফারণ সম্বন্ধে পরে আরও কিছু বর্ণিত হইবে।

বিস্ফারণ হারের তালিকা Table of co-efficient of Expansion

কাঁচ	...	·০০০০০৮৬	দস্তা	...	·০০০০২৯
প্লাটিনাম	...	·০০০০০৮৬	রবার	...	·০০০৪৮৭
লৌহ	...	·০০০০১২	বরফ	...	·০০০০৫
তাম	...	·০০০০১৭	বায়ু	...	·০০৩৬৭
পিত্তল	...	·০০০০১৯	হাইড্রোজেন	...	·০০৩৬৬

২। তাপ দানে সকল বস্তুরই তপ্ততা বৃদ্ধি হয় (যতক্ষণ অবস্থা পরিবর্ত্তন না হয়)। তপ্ততা বৃদ্ধি আয়তন বৃদ্ধির অনুরূপ হয় বলিয়া আয়তন বৃদ্ধি দ্বারা ইহা পরিমিত হয়। থার্ম্মোমিটারে যে বস্তু ব্যবহার হয় তাহার আয়তন বৃদ্ধি হইতেই তপ্ততা পরিদৃষ্ট হয়। সুতরাং থার্ম্মোমিটারে এরূপ বস্তুর ব্যবহার বিধেয় যাহার বিস্ফারণ হার সকল তপ্ততায় প্রায় এক ভাব অথচ কাঁচগাত্রে জড়াইয়া না যায়। এরূপ বস্তু সকলের মধ্যে পারদই সর্ব্বোৎকৃষ্ট। স্থল বিশেষে বায়ু ও এ্যালকোহল ব্যবহার হইয়া থাকে। শেষোক্তর বেলায় উহাকে পারদ থার্ম্মোমিটারের সহিত তুলনা করিয়া লইতে হয়।

৩। প্রায় সকল বস্তুই কঠিন, তরল ও বায়বীয় এই তিন অবস্থার মধ্যে যে কোন অবস্থায় থাকিতে পারে। তাপের যোগ বা বিয়োগে প্রায় সকল বস্তুরই বস্তু বিশেষে বিশিষ্ট বিশিষ্ট তপ্ততায় অবস্থান্তর ঘটান যায়। এরূপ অবস্থান্তর ঘটনের সময় যে বস্তুটির অবস্থান্তর ঘটিতেছে তাহার তপ্ততা পরিবর্ত্তন হয় না।

তাপযোগে কঠিন হইতে তরল অবস্থায় যাওয়াকে গলন বা মেলটিং (Melting), তরল হইতে বাষ্পীয় অবস্থায় যাওয়াকে বাষ্পীভবন বা ভেপারাইজেশান (Vaporisation). ও কঠিন হইতে বাষ্পীয় অবস্থায় যাওয়াকে সাব্লিমেশান্ (Sublimation) বলে এবং তাপ বিয়োগে বাষ্পীয় হইতে তরল বা কঠিন অবস্থায় আসাকে তরলতায় বা কঠিনতায় ঘনীভবন (Condensa ion into liquid or solid) ও তরল হইতে কঠিন অবস্থায়

তাহাকে জমিয়া যাওয়া বা ফ্রিজিং (Freezing) বলে। এতন্মধ্যে মেল্টিং ও ফ্রিজিং একই তপ্ততায়, আর ফুটন (Boiling) ও তারল্যে ঘনীভবন (Condensation) একই তপ্ততায় হয়। যে তপ্তায় এগুলি ঘটে তাহাদিগকে যথাক্রমে মেল্টিং পয়েণ্ট (Melting point) বা ফ্রিজিং পয়েণ্ট (Freezing point) ও বয়েলিং পয়েণ্ট (Boiling point) বলে।

দ্রষ্টব্য,—অনেক তরল পদার্থ হইতে প্রায় সকল তপ্ততায় ধীরে ধীরে উহার উপর হইতে বাষ্প হয়। এরূপ বাষ্পীভবনকে ইভাপোরেসান্ (Evaporation) বলে। কিন্তু যে অবস্থায় তরল পদার্থের যে কোন স্থানে বাষ্প হইতে পারে তাহাকে ফুটন বা বয়েলিং বলে।

চাপ পরিবর্ত্তনে মেল্টিং পয়েণ্টের অতি অল্প পরিবর্ত্তন ঘটে কিন্তু বয়েলিং পয়েণ্টের বিশেষ পরিবর্ত্তন ঘটিয়া থাকে।

কতকগুলি দ্রব্যের মেল্টিং ও বয়েলিং পয়েণ্ট নিম্নে প্রদত্ত হইল।

ধাতু বিগলনের তপ্ততা।

মেল্টিং পয়েণ্ট।

চিনা লৌহ—	২১০০° ফা	দস্তা—	৭৭০° ফা
বাঙ্গালা লৌহ—	৩০০৯° ,,	রাং—	৪৪২° ,,
ইস্পাত—	২৭০০° ,,	গান মেটাল—	১৯০০° ,,
তাম্র—	১৯৯৭° ,,	সীসা—	৬১৩° ,,
পিত্তল	১৭০০° হইতে ১৯০০° ,,	হোয়াইট মেটাল—	৭০০° হইতে ৪০০° ,,

বয়েলিং পয়েণ্ট—(নর্ম্মাল চাপে)

জল	২১২° ফা	তাম্র ...	৪১৯০° ফা
পারদ	৬৫৪·৬° ,,	লৌহ	৪৪৪২° ,,

অবস্থা পরিবর্ত্তনে আয়তন পরিবর্ত্তন।

গলনের সময় লৌহ, পিত্তল ও বরফ প্রভৃতি কতিপয় দ্রব্যের আয়তন কমে আর অন্যান্য বস্তুর আয়তন বাড়ে। এইজন্য লৌহ ও পিত্তল দ্বারা ঢালাইয়ের কাজ ভাল হয়।" কিন্তু বাষ্পীভবনের সময় সকলেরই আয়তন বিশেষরূপ বাড়ে। যথা—পেট্রোল বাষ্প পেট্রোলের ২ ৬ গুণ ষ্টিম জলের ১৬৫০ গুণ।

অদৃশ্য তাপ (Latent Heat)—পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে যে অবস্থা পরিবর্ত্তন করিতে হইলে তাপের যোগ বা বিয়োগ করিতে হইবে, অথচ অবস্থা পরিবর্ত্তনকালে তপ্ততা পরিবর্ত্তন হয় না। এরূপ তাপকে অদৃশ্য তাপ বলে।

ব্রিটিশ প্রণালীতে ১ পা ও বৈজ্ঞানিক প্রণালীতে ১ গ্র্যাম্ পদার্থের বিনা তপ্ততা পরিবর্ত্তনে অবস্থা পরিবর্ত্তন করিতে যে তাপ লাগে তাহাকে অদৃশ্য তাপ বলে। গলনের সময় তাহাকে গলনের অদৃশ্য তাপ (Latent Heat of Fusion) আর বাষ্পীভবনের সময় বাষ্পীভবনের অদৃশ্য তাপ (Latent Heat of Vaporization) বলে। কতিপয় দ্রব্যের—

গলনের অদৃশ্য তাপ		বাষ্পীভবনের অদৃশ্য তাপ	
বরফ—	১৪৪	জল	৯৬৭
চাকের মোম—	৭৬	সীসা—	৩১৪

৪। তপ্ত করিলে প্রায় সকল বস্তুরই আভ্যন্তরিক শক্তি কমে। এই জন্যই লৌহের গঠন পরিবর্ত্তন করিতে হইলে উহাকে গরম করিয়া লাল করিতে হয়।

৫। অনেক রাসায়নিক ক্রিয়া তাপযোগে সাধিত হয়। যথা—কয়লাকে গরম করিলে উহা বায়ুর অক্সিজেন-গ্যাসের সহিত মিশিতে সক্ষম হয়। ইহাকেই জ্বলন বলে।

বায়বীয় পদার্থের বিস্ফারণ—

বয়েল্‌স্-ল (Boyle's Law)—একই তপ্ততায় বায়বীয় পদার্থের আয়তন চাপের বিপরীত ভাবে পরিবর্ত্তিত হয়। অর্থাৎ চাপ যত বাড়ে আয়তন তত কমে ও চাপ যত কমে আয়তন তত বাড়ে।

অর্থাৎ আ (V = Volume) $\propto \frac{}{\text{চা}}$ (P = Pressure)

,, আ × চা = ক (অপরিবর্ত্তনীয় সংখ্যা) (V × P = K)

যথা, ২০ পা চাপে আয়তন ৩০ ঘন ইঞ্চি হইলে ১০ পা চাপে ৬০ ঘন ইঞ্চি বা ৪০ পা চাপে ১৫ ঘনইঞ্চি হইবে। সকল সময়েই আ × চা = ২০ × ৩০ = ১০ × ৬০ = ৪০ × ১৫ = ৬০০।

চার্লস্-ল (Charles' Law)—চাপ একভাব রাখিলে গ্যাসের আয়তন প্রতি ১° সেণ্টি বা ফা তপ্ততায় উহার ০° আয়তনের $\frac{১}{২৭৩}$ বা $\frac{১}{৪৬১}$ ভাগ বাড়ে। ইহাই গ্যাসের বৈজ্ঞানিক বা ব্রিটিশ প্রণালীর বিস্ফারণ হার।

ইহাতে দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে যদি কোন গ্যাসকে −২৭৩° সেন্টি বা −৪৬১° ফা পর্য্যন্ত শীতল করা হয় তাহা হইলে উহার আয়তন শূন্য হইবে। এই তপ্ততাকে ০° এ্যাব্সোলিউট্ (Absolute—সম্পূর্ণ) বলে।

এ্যাব্সোলিউট্ জিরো—(Absolute Zero)—যে তপ্ততায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়। সেণ্টিগ্রেড্ প্রণালীতে উহা −২৭৩° সেণ্ট ও ব্রিটিশ প্রণালীতে উহা −৪৬১° ফা।

এ্যাব্সোলিউট্ টেম্পারেচার—এই −২৭৩° সেণ্ট বা −৪৬১° ফা কে ০° ধরিয়া কোন সাধারণ টেম্পারেচার যাহা দাঁড়ায় তাহাকে এ্যাব্সোলিউট্ টেম্পারেচার বলে। তাহা সাধারণ টেম্পারেচারটিতে বৈজ্ঞানিক প্রণালী হইলে ২৭৩° ও ব্রিটিশ প্রণালী হইলে ৪৬১° যোগ করিয়া পাওয়া যায়। যথা—জলের বয়েলিং পয়েন্ট ১০০° সেন্টি বা ১০০+২৭৩ =৩৭৩° এ্যাব্সোলিউট সেন্টি অথবা ২১২° ফা বা ২১২°+৪৬১°=৬৭৩° এ্যাব-ফা।

আয়তন এ্যাব্সোলিউট্ তপ্ততার অনুরূপ ঃ—এ্যাব্সোলিউট্ ০° তে আয়তন ০ ও এ্যাব্সোলিউট্ তপ্ততা যত বাড়ে আয়তনও ততই বাড়ে। অতএব আয়তন এব্সোলিউট্ তপ্ততার অনুরূপ। অর্থাৎ আয়তন ∝ এ্যাবসোলিউট তপ্ততা।

$$\text{বা}\quad \frac{\text{আয়তন}}{\text{এ্যাব্সোলিউট্ তপ্ততা}} = \text{ক (অপরিবর্ত্তনীয়)}$$

আবার, ইহার সহিত বয়েল্স্-ল সংযোগ করিলে—

$$\frac{\text{আয়তন} \times \text{চাপ}}{\text{এ্যাবসোলিউট তপ্ততা}} = \text{ক}\quad \left\{\frac{P \times V}{T} = K\right\}$$

চাপ পরিবর্ত্তন হার ('চারল্স্-ল')ঃ—

উল্লিখিত সম্বন্ধটিতে আয়তনের ও এ্যাব্সোলিউট্ তপ্ততার সহিত চাপের যেরূপ সম্বন্ধ, চাপ ও এ্যাব্সোলিউট তপ্ততার সহিত আয়তনেরও ঠিক সেইরূপ সম্বন্ধ। সুতরাং একভাব চাপে তপ্ততা পরিবর্ত্তনে আয়তনের যেরূপ পরিবর্ত্তন ঘটে (চারল্স্-'ল') একভাব আয়তনে তপ্ততা পরিবর্ত্তনে চাপেরও ঠিক সেইরূপ পরিবর্ত্তন ঘটিবে। ইহাকেই চাপ পরিবর্ত্তন হারের চারল্স্-'ল' বলে। অর্থাৎ—একভাব আয়তনের প্রতি

১° তপ্ততা পরিবর্ত্তনে চাপ ০° চাপের ১/২৭৩ বা ১/৪৯১ (বৈজ্ঞানিক বা ব্রিটিশ ডিগ্রী (°) অনুযায়ী) ভাগ করিয়া পরিবর্ত্তিত হয়।

সম তপ্ততাবস্থা (Isothermal Condition)—
যদি কোন গ্যাসের অবস্থা পরিবর্ত্তন কালে তপ্ততা পরিবর্ত্তন না হয়, অর্থাৎ বয়েল্‌স্-ল অনুসারে অবস্থা পরিবর্ত্তন ঘটে তাহা হইলে গ্যাসের ঐ অবস্থাকে সম তপ্ততাবস্থা বলে। সমতপ্ততায় পরিবর্ত্তনকালে গ্যাসের তপ্ততা বৃদ্ধি পাইবার চেষ্টা পাইলে উহা হইতে তাপ বহির্গত করাইয়া দিয়া বা তপ্ততা হ্রাস পাইবার চেষ্টা পাইলে উহার মধ্যে বাহির হইতে তাপ প্রবেশ করাইয়া সকল সময় তপ্ততা এক ভাব রাখিতে হয়।

সম তাপাবস্থা (Adiabatic Condition)—যদি কোন গ্যাসের অবস্থা পরিবর্ত্তন কালে বাহির হইতে উহার মধ্যে তাপ প্রবিষ্ট হইতে বা উহার মধ্য হইতে বহির্গত হইতে দেওয়া না হয় তাহা হইলে তাহাকে সমতাপাবস্থা বলে।

তাপবল-বিজ্ঞান (Thermo-Dynamics)—১ম নিয়ম (1st Law)—যখন তাপকে কার্য্যে বা কার্য্যকে তাপে পরিণত করা হয় তখন দেখিতে পাওয়া যায় যে সকল সময়েই তাপের পরিমাণ ও কার্য্যের পরিমাণের মধ্যে একটি নির্দ্দিষ্ট সম্বন্ধ আছে, এবং সেই সম্বন্ধটী এই যে প্রতি ব্রিটিশ থার্ম্মাল ইউনিট ৭৭৮ ফু-পা কার্য্যের সহিত সমান। ইহাকে জুল্‌স্ ইকুইভ্যালেণ্ট বলে, কারণ ডাঃ জুল (Dr. Joule) প্রথম এই নির্দ্দিষ্ট সম্বন্ধের বিষয় বলেন। **২য় নিয়ম (2nd Law)** তাপ স্বভাবতঃ উচ্চ তপ্ততা হইতে নিম্ন তপ্ততায় যায় কিন্তু নিম্ন তপ্ততা হইতে উচ্চ তপ্ততায় যাইতে হইলে বাহ্যিক কার্য্যকরণ প্রয়োজন। যেমন—জল স্বভাবতঃ উচ্চ হইতে নিম্নে যায় কিন্তু নিম্ন হইতে উচ্চে যাইতে হইলে নিজে নিজে পারে না, কাহাকেও কার্য্য করিতে হয়।

বিস্ফারণে বায়বীয়ের কার্য্যকরণ ঃ—

যদি কোন সিলিণ্ডারের মধ্যে কিছু বায়বীয় পদার্থ পিষ্টন দ্বারা চাপে আবদ্ধ থাকে এবং ঐ চাপ যদি কমাইয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে বায়বীয়ের বিস্ফারণ ঘটিবে এবং বিস্ফারণ কালে পিষ্টনকে বহির্দ্দিকে ঠেলিয়া লইয়া যাইবে। এই পিষ্টনটিকে ঐ বহিঃস্থিত চাপের বিরুদ্ধে ঠেলিয়া লইয়া যাইতে গ্যাসের দ্বারা কিছু কার্য্য সাধিত হইবে। এই কার্য্যের পরিমাণ—যদি পিষ্টনের উপর চাপ হয় "চা" উহার বিস্তৃতি হয় "বি" এবং

উহার স্থানচ্যুতির লম্বত্ব হয় "ল" তাহা হইলে পিষ্টনের উপরিস্থ বল = চা × বি এবং কার্য্য সাধিত = চা × বি × ল। আবার বি × ল = বিস্ফারণ, সুতরাং কার্য্য সাধিত = চা × বিস্ফারণ। ইহা কেবল যে সিলিণ্ডারে থাকিলেই সত্য তাহা নহে সকল রূপ পাত্রের বেলায় সত্য। এবং ইহাও দেখিতে পাওয়া যাইবে যে বিস্ফারণে বায়বীয়টী শীতল হইয়াছে এবং পরীক্ষা করিলে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে উক্ত কার্য্যসাধনে জুলের নিয়মানুযায়ী যে পরিমাণ তাপ দরকার বায়বীয় হইতে ঠিক সেই পরিমাণ তাপ নাশ হইয়াছে ও তজ্জন্য বায়বীয়ের ঠিক তদনুরূপ তপ্ততা কমিয়াছে।

বায়বীয়ের অনুপরমানুগুলির মধ্যে আকর্ষণ বা নিক্ষেপণ বল নাই :—

বিস্ফারণে বায়বীয়ের অনুপরমানুগুলির মধ্যস্থ ব্যবধান বৃদ্ধি হয়, সুতরাং যদি উহাদের পরস্পরের মধ্যে আকর্ষণ বল থাকে তাহা হইলে এই ব্যবধান বৃদ্ধির জন্য আভ্যন্তরিক আকর্ষণ বলের বিরুদ্ধে বায়বীয়কে আভ্যন্তরিক কার্য্য সাধন করিতে হইবে, সুতরাং তজ্জন্য আরও কিছু তাপ নাশ হওয়া উচিৎ, কিন্তু তদ্রূপ পরিলক্ষিত হয় না। অতএব আকর্ষণ বল নাই। সেইরূপ যদি অনুপরমানুগুলির মধ্যে নিক্ষেপণ বল থাকে তাহা হইলে এই আভ্যন্তরিক নিক্ষেপণ বল হেতু পিষ্টনের উপর কিছু আভ্যন্তরিক কার্য্য সাধিত হইবে এবং তাহা বায়বীয়ের কার্য্যকে সাহায্য করিবে। সুতরাং বায়বীয়কর্তৃক আরও কম কাজ সাধন ও তজ্জন্য তাপ নাশ হওয়া উচিৎ। কিন্তু এরূপ পরিলক্ষিত হয় না। অতএব নিক্ষেপন বলও নাই।

তাপের যাতায়াত বিধি -

এক স্থান হইতে অন্যস্থানে তাপ তিন প্রকারে যাতায়াত করে।

১। ক্রমগমন (Conduction), ২। প্রবাহন (Convection), ৩। প্রসারণ (Radiation)।

১। **ক্রমগমন** (Conduction)—যদি একটি লৌহদণ্ডের একদিক আগুনের মধ্যে দেওয়া যায় তাহা হইলে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে কিয়ৎক্ষণ পরে উহার বহির্ভাগস্থ, আগুনের নিকটবর্ত্তী কিয়দংশ গরম হইয়াছে। এখানে আগুনের মধ্যবর্ত্তী লৌহ প্রথমে তাপযোগে তপ্ত হয়, পরে তাপ একটী অনু হইতে পরবর্ত্তী অনুতে এবং তাহা হইতে তৎপরবর্ত্তী অনুতে, এইভাবে ক্রমান্বয়ে তপ্ত অংশ হইতে শীতল অংশে যাইতে থাকে। তাপের এইরূপ অনু হইতে পরবর্ত্তী অনুতে ক্রমান্বয়ে যাওয়াকে ক্রমগমন বলে। ক্রমগমনে পদার্থের স্থানচ্যুতি হয় না, কেবলমাত্র তাপ একটা পদার্থ হইতে পরবর্ত্তী পদার্থে, এই ভাবে যাইতে থাকে।

২। **প্রবাহন** (Convection)—আগুনের উপর একটী পাত্র করিয়া জল বা অন্য কোন তরল পদার্থ চাপাইলে উহা গরম হইয়া উঠে।

এখানে প্রথমে পাত্রটী অগ্নির তাপ দ্বারা গরম হয়। পাত্রটী গরম হইলে উহার তলদেশের তরল পদার্থ পাত্র হইতে ক্রমগমন দ্বারা তাপ প্রাপ্ত হইয়া উত্তপ্ত হয় এবং তজ্জন্য ইহার আয়তন বর্দ্ধন হওয়ায় উহা উপরিস্থ তরল পদার্থ অপেক্ষা হালকা হইয়া যায়। সুতরাং এই হাল্‌কা তপ্ত তলদেশীয় তরল পদার্থ উপরে ভাসিয়া উঠে এবং উপরিস্থ শীতল ভারী তরল পদার্থ নিম্নে নামিয়া যায় ও ঐরূপ ভাবে তাপ প্রাপ্ত হইয়া উপরে উঠিয়া আইসে। এরূপভাবে সমস্ত তরল পদার্থটী গরম হইয়া উঠে। তাপের এইরূপ একস্থান হইতে অন্যস্থানে কোন বস্তু দ্বারা বহনকে প্রবাহন বলে। প্রবাহনে তাপ নিজে স্থানান্তরিত হয় না, তাপ কোন বস্তুর মধ্যে আশ্রয় লয় ও ঐ বস্তুটী তাপ সহ স্থানান্তরিত হয়। প্রবাহন তরল ও বায়বীয় পদার্থের মধ্যে সম্ভব। ক্রমগমনও তরল ও বায়বীয়ের মধ্যে সম্ভব হয় যদি উপরিভাগ হইতে তাপ দেওয়া যায়।

৩। **প্রসারণ** (Radiation)—একটী তপ্ত বস্তুর পার্শ্বে হাত লইয়া যাইবা মাত্র তাপ অনুভব করিতে পারা যায়। অতএব বস্তুটী হইতে হাতের উপর তাপ আসিয়াছে। এখানে তাপ কিরূপ ভাবে আসিতেছে? ক্রমগমন বা প্রবাহন দ্বারা নয়। কারণ বস্তুটী ও হাতের ব্যবধানে বায়ু আছে এবং যদিও বস্তুটির ঠিক পরবর্ত্তী বায়ু ক্রমগমন হেতু তাপ পায় বটে কিন্তু ঐরূপ ভাবে তপ্ত বায়ু পার্শ্ববর্ত্তী দিকে আসিতে পারে না। তাহা বিস্ফারণে হাল্‌কা হইয়া প্রবাহনে ঊর্দ্ধে উঠিয়া যাইবে। অতএব দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে বস্তুটী হইতে তাপ বায়ুর মধ্য দিয়া হাতে আসিতেছে এবং সেই তাপ বায়ুকে তপ্ত করিতেছে না, কারণ যদি কোন তাপ লইয়া বায়ু তপ্ত হয় তাহা হইলে সেই তাপ বায়ুর সহিত ঊর্দ্ধে উঠিয়া যাইবে। এইভাবে তাপ বস্তুটী হইতে চতুর্দ্দিকে সরল রেখায় ছড়াইয়া পড়িতেছে, যেরূপ ভাবে কোন গোলকের কেন্দ্র হইতে উহার ব্যাসার্দ্ধগুলি চতুর্দ্দিকে প্রসারিত হয়। তাপের এইরূপ কোন কিছুকে তপ্ত না করিয়া চতুর্দ্দিকে প্রসারণের নাম প্রসারণ। এই প্রসারণ দ্বারা সূর্য্য হইতে তাপ পৃথিবীতে আসে। ক্রমগমন বা প্রবাহন হেতু কোন বস্তুর তাপনাশ বন্ধ করা অদ্যাবধি কোন উপায় দ্বারা সম্ভবপর হয় নাই। তাপ, আলোক, শব্দ, প্রভৃতি প্রসারণ দ্বারা স্থানান্তরিত হয় বলিয়া ইহাদিগকে প্রসারণী শক্তি (Radiant Energy) বলে।

ফ্লাশ-পয়েণ্ট (Flash-point) কোন তৈল কিম্বা স্পিরিটকে যদি খোলা পাত্রে গরম করা যায় এবং তপ্ততামান দ্বারা তপ্ততা দেখিতে থাকা যায় তবে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, তপ্ততাঙ্ক এমন একটী অবস্থা আইসে যেখানে অগ্নি উহার নিকটে লইয়া গেলে উহার উপরিস্থ ধূম্রে অগ্নি প্রজ্বলিত হইয়া উঠে। তৈলের এই অবস্থাকে আমরা ওপ্‌ন ফ্লাশ-পয়েণ্ট Open Flash-point) বলিয়া থাকি। (সাবধান যেন পেট্রোল বা ভোলেটাইল স্পিরিটে এই পরীক্ষা করা না হয়, কারণ উহাদের ফ্লাস-পয়েণ্ট অতিশয় অল্প (low), অতএব উহার দ্বারা বিপদ ঘটিবার সম্ভাবনা)। উহা আরও উত্তপ্ত করিলে তৈলের উপর অগ্নি জ্বলিতে থাকে। সেই অবস্থাকে বার্ণিং-পয়েণ্ট (Burning-point) কহে।

জ্বালানী দ্রব্যের বা ইন্ধনের উত্তাপ পরিমাণ।

ভিন্ন ভিন্ন ইন্ধনের ওজন অনুসারে উহাদিগের হইতে কম বেশী উত্তাপ শক্তি পাওয়া যায়। নিম্নলিখিত তালিকায় কতকগুলি ইন্ধনের এক পাউণ্ডে কত উত্তাপ শক্তি (Thermal Unit) আছে তাহা দেওয়া হইল।

ইন্ধনের উত্তাপ শক্তির তালিকা ঃ—

১ পাউণ্ড কয়লা (Coal)—১৪৪১০ ব্রিটিশ থার্ম্মাল ইউনিট
১ পাউণ্ড পেট্রোল (Petrol)—১৯৪১০—২০৫২০ ঐ
১ কিউবিক ফুট কোল গ্যাস — ৬৯৯ ঐ
১ কিউবিক ফুট ডসন গ্যাস—২৮৩ ঐ

অষ্টবিংশ পরিচয়।

হর্ষ পাওয়ার হিসাবে ইন্ধনের উত্তাপ পরিমাণ

১ পাঃ পেট্রোলে প্রায়, ২০,০০০ ব্রিটিশ থার্ম্মাল ইউনিট।

জুলের হিসাব মত ১ ব্রিটিশ থার্ম্মাল ইউনিটে ৭৭২ ফুট-পাঃ কার্য্য সাধিত হয়।

অতএব ১ পাঃ পেট্রোলে ২০,০০০ × ৭৭২ = ১৫৪৪০০০০ ফুট-পাঃ কার্য্য সাধিত হয়।

আমাদের জানা আছে যে ওয়াটের মতে ৩৩,০০০ ফুট পাঃ কার্য্য এক মিনিটের মধ্যে সাধিত হইলে তাহাকে হর্ষ পাওয়ার মিনিট বলা যায়।

অতএব হর্ষ পাওয়ার ঘণ্টা হইলে ৩৩,০০০ × ৬০ কার্য্য ইউনিট।

অতএব এক পাউণ্ড পেট্রোল এক ঘণ্টায় ব্যবহৃত হইলে—

$$\frac{১৫৪৪০০০০}{৩৩,০০০ \times ৬০} = ৭\cdot৮ \text{ হর্ষ পাওয়ার উৎপন্ন করে।}$$

যদি একটী গাড়ীর গতি ঘণ্টায় ৬০ মাইল হয় এবং উহার ওজন ১ টন হয় তবে দেখা যায় যে সাধারণ রাস্তার উপর দিয়া রাস্তা ও বায়ুর প্রতিবন্ধকতা প্রভৃতির বিরুদ্ধে গাড়ী টানিতে হইলে প্রতি টন পিছু কম বেশী ২০০ পাঃ প্রয়োজন হয়।

অতএব দেখা যাইতেছে যে ৩০ মাইল বেগে গাড়ী চলিতে হইলে।

$$\frac{২০০ \times ৩০ \times ১৭৬০ \times ৩}{৩৩,৩০০০ \times ৬০} = ১৮ \text{ হর্ষ পাওয়ার}$$

অতএব দেখা যায় যে ইঞ্জিনের কার্য্যকরণ হিসাবে ১৬ হর্ষ পাওয়ার ঘণ্টায় প্রস্তুত করিতে হইলে ২ পাউণ্ড পেট্রোলের প্রয়োজন হয়। কিন্তু প্রকৃত কার্য্যোপযোগী ইঞ্জিনে কাল্পনিক ইঞ্জিন অপেক্ষা ৫ গুণ অধিক পেট্রোল প্রয়োজন হয়। অতএব ১৬ হর্ষ পাওয়ার ১ ঘণ্টা কাল অবধি প্রস্তুত করিতে হইলে ২×৫=১০ পাউণ্ড পেট্রোলের প্রয়োজন হয়।

°৭০০ পেট্রোলের ওজন প্রতি গ্যালনে ৭ পাউণ্ড, অতএব যদি ১০ পাউণ্ড পেট্রোলে ৩০ মাইল চলে তবে ১ গ্যালন পেট্রোলে ২১ মাইল চলিবে।

হর্ষ পাওয়ার নির্দ্ধারণ—

১। হর্ষ পাওয়ার (Horse-power) বা ঘোড়ার ক্ষমতা, ইহা পূর্ব্বেই উত্তমরূপে বর্ণিত হইয়াছে। সময়ের সহিত কার্য্যের হিসাবকে হর্ষ পাওয়ার কহে। এক মিনিটের মধ্যে ৩৩,০০০ পাউণ্ডকে ১ ফুট স্থানান্তরিত করিলে উহার যে শক্তির প্রয়োজন হয় তাহাকে ব্রেক হর্ষ পাওয়ার বলা যায়। ইঞ্জিনের হর্ষ পাওয়ার এই হিসাবানুসারে স্থিরীকৃত হয়। ফরাসী হর্ষ পাওয়ার ৩২৪৪৯ ফুট-পাউণ্ড। অতএব দেখা যায় যে বিটিশ হর্ষ পাওয়ার অপেক্ষা ফরাসীর হর্ষ পাওয়ার কিছু অল্প।

২। ব্রেক হর্ষ পাওয়ার (Brake Horse Power,—B. H. P.)—যে ক্ষমতা যথার্থ কার্য্যের জন্য পাওয়া যায় তাহাকে ব্রেক হর্ষ পাওয়ার বলা যায়। উহা ফ্লাই-হুইলের উপর ব্রেক দিয়া স্থিরীকৃত হয়। উহার হিসাব প্রণালী—

$$\text{ব্রেক হর্ষ পাওয়ার} = \frac{\pi d \times (W_1 - W_2) \times N,}{৩৩,০০০}$$

এখানে π = ৩·১৪১৬৯ বা ২২/৭ ;—d = ফ্লাই-হুইলের ব্যাসের মাপ ইঞ্চি হিসাবে—

W1—ব্রেকের টানের দিক ; W2 = ব্রেকের টানের বিপরীত শেষাংশ।

N = ফ্লাই হুইলের বৃত্তাবর্ত্তনের এক মিনিটের সংখ্যা।

৩। "একচুয়াল" বা যথার্থ হর্ষ পাওয়ার (Actua Horse power)—যে ক্ষমতা ইঞ্জিন হইতে পাওয়া যায় অর্থাৎ ইঞ্জিনের মধ্যে গ্যাস প্রজ্বলিত হইয়া যে ক্ষমতা উৎপন্ন করে এই সম্পূর্ণ ক্ষমতার কিয়দংশ ইঞ্জিনের নিজের কার্য্যে লাগিয়া যায়, অতএব ইহার ব্যবহার হয় না। সচরাচর মেকারেরা ব্যবসা সূত্রে ইঞ্জিনের ক্ষমতা দেখাইবার জন্য প্রকাশ করিয়া থাকেন, ইহা অর্থ শূন্য।

৪। ইণ্ডিকেটেড্ হর্ষ পাওয়ার (Indicated Horse power, I. H. P.)—ইহা ইণ্ডিকেটার নামক যন্ত্রের সাহায্যে পরিমিত হয়। এক বর্গ ইঞ্চির (Squre-inch) প্রতি যত পাঃ চাপ পড়ে, সেইরূপ সমস্ত বর্গ ইঞ্চি হিসাব করিয়া উহাকে ষ্ট্রোকের মাপ এবং এক মিনিটে যত ষ্ট্রোক হয় তাহা দিয়া গুণ করিয়া ৩৩০০০ দিয়া ভাগ দিয়া পুনরায় ৪ দিয়া ভাগ দিলে ফোর বা চারি ষ্ট্রোক ইঞ্জিনের হর্ষ পাওয়ার পাওয়া যায়।

$$\text{Formula —I. H. P. } \frac{\text{P. L. A. N.}}{৩৩০০০}$$

ইহা ডবল এ্যাকটিং ষ্টিম ইঞ্জিনের জন্য এবং চারি সিলিণ্ডারের পেট্রোল ইঞ্জিনের জন্য।

Note :—বুঝিবার সুবিধার জন্য কোন কোন স্থলে ইংরাজি অক্ষর ব্যবহার হইয়াছে ; উহাদের বাঙ্গালা ভাষায় লিখিতে গেলে উহারা আরও জটিল হইয়া পড়ে।

$$\text{I. H. P.} = \frac{\text{P. L. A. N.}}{৩৩,০০০} \times \frac{১}{৪}$$ সিঙ্গল সিলিণ্ডার চারি ষ্ট্রোক ইঞ্জিন।

$$\text{I. H. P.} = \frac{\text{P. L. A. N.}}{৩৩,০০০} \times \frac{১}{২}$$ সিঙ্গল সিলিণ্ডার দুই ষ্ট্রোক ইঞ্জিন।

এখানে—P = (Total pressure in lb) পাঃ হিসাবে সমস্ত বর্গ ইঞ্চিতে চাপ।

L = (Length of Stroke in feet) ষ্ট্রোকের ফুট হিসাবে পরিমাণ।

A = (Area in squre inch) সিলিণ্ডারের বিস্তার বর্গ ইঞ্চি হিঃ। N = (Numher of Stroke per minute) এক মিনিটের মধ্যে যতগুলি ষ্ট্রোক হয়, ফ্লাই-হুইলের গতি দৃষ্টে উহা লক্ষিত হইবে।

মেক্যানিকাল্ এফিসিয়েন্সি (Mechanical Ffficiency) বা যন্ত্র কৃত ক্ষমতার পারকতা, অর্থাৎ যে পরিমাণ ক্ষমতার নিয়োগ করা যায় সেই পরিমাণ ক্ষমতা কার্য্যকালে পাওয়া যায় কি না। কারণ সিলিণ্ডারের মধ্যে যে ক্ষমতা উৎপন্ন হয় তাহার অনেকাংশ ইঞ্জিনকে চালাইবার জন্য প্রয়োজন হয়, অতএব সম্পূর্ণ ক্ষমতা কার্য্যে আইসে না : উহা (Per cent) শতকরা হিসাবে উক্ত হয়।

$$\text{মেক্যানিকাল এফিসিয়েন্সি} = \frac{\text{ক্ষমতার কার্য্য}}{\text{ক্ষমতার নিয়োগ}} \times ১০০$$

উপরিউক্ত প্রণালীতে কার্য্যকরী ক্ষমতা শতকরা হিসাবে বাহির হইবে।

ইঞ্জিনের ব্রেক হর্স পাওয়ার পরীক্ষা।

স্প্রিং ব্যালান্স্ দ্বারা পরীক্ষা—ফ্লাই-হুইলের উপর ব্লক বসাইয়া উহার উপর একটি শুষ্ক রজ্জু দুই পাক জড়াইয়া দেওয়া হয়। উহা এমন ভাবে স্থাপিত হয় যেন ইঞ্জিন চলিবার সময় ঐ রজ্জুর এক সীমায় একটি নির্দ্দিষ্ট ওজন দেওয়া হয় এবং অপর সীমায় একটি স্প্রিং ব্যালান্স্ লাগান হয়; ঐ দুইটি দ্রব্য ইঞ্জিনের গতি স্থির করিয়া লাগান হয়। যে দিক হইতে টান পড়িবে সেই দিকে স্প্রিং ব্যালান্সটী আর অপর দিকে ঐ নির্দ্দিষ্ট ওজনটি বাঁধিয়া দেওয়া হয়। ঐ ক্র্যাঙ্ক-সাফ্‌টের গতি নিরূপণ করিবার জন্য একটি গতি-নিরূপণ-যন্ত্র ঠিক সাফ্‌টের কেন্দ্রে লাগাইয়া দেওয়া হয় (Revolution-counter or Tachometer)। যখন ইঞ্জিন চলিতে থাকে তখন রজ্জুর দ্বারা স্প্রিং ব্যালান্সে টান পড়ে এবং উহার কাঁটাতে দেখা যায় যে কত পাউণ্ড টান পড়িতেছে।

নিম্ন তালিকামত বিষয়গুলির প্রতি দৃষ্টি রাখিতে হইবে।

মিনিটের গতি N.	নির্দ্দিষ্ট ওজনের পাউণ্ড হিঃ W1	স্প্রিং ব্যালান্সের ওজন কাঁটার দ্বারা নিরূপণ। W2	ফ্লাই-হুইলের ব্যাস উহার কেন্দ্র হইতে রজ্জুর কেন্দ্র পর্য্যন্ত লইতে হইবে। d.
৪০০	১৬০	১০	১ ফুট

$$\text{উদাহরণ—B. H.P.} = \frac{\pi.d. \times N\ (W_1 - W_2)}{৩৩,০০০}$$

$$\text{অতএব}\quad \frac{\pi.d \times ১ \times ৪০০\ (১৬০—১০)}{৩৩,০০০} = \frac{৪০}{৭} = ৫\cdot৭\ \text{B.H,P.}$$

এখানে দেখা যায় যে—$\pi = \frac{২২}{৭}$, d = ফ্লাই-হুইলের ব্যাস (diameter)

N = ফ্লাই-হুইল মিনিটে যতবার ঘুরে।

W_2 = নির্দ্দিষ্ট বা নির্দ্ধারিত ওজন।

W_1 = স্প্রিং ব্যালেন্সের কাঁটায় দর্শিত ওজন।

ব্রেক টেষ্টের দ্বিতীয় পন্থা—

ইঞ্জিন প্রস্তুত করিবার পর উহার হর্ষ পাওয়ার টেষ্ট হইয়া থাকে। উহা রজ্জু ব্যতীত অন্য উপায়েও স্থিরীকৃত হয়। কেহ কেহ দুইটি কাষ্ঠের ব্রেক-সু এমন ভাবে প্রস্তুত করেন, যাহাতে উহা ফ্লাই-হুইলকে ঠিক ভাল রূপে ধরিতে পারে। উহার দ্বারা কম বেশী চাপিবার পন্থা রাখা হয় যাহাতে ফ্লাই-হুইলকে ঐরূপ চাপিতে পারে। উহাদের মধ্যে একটির একধার হইতে একটী বাহু বাহির হইয়াছে। ঐ বাহুর শেষ ভাগে কিছু ওজন দিতে হয় এবং গতি নিরূপণ যন্ত্রের সাহায্যে ক্র্যাঙ্ক-সাফ্‌টের গতি স্থির করা হয়।

Formulae—B.H.P. $= \dfrac{W \times L \times R \times \text{Circumference}}{৩৩,০০০}$

এখানে—W = ওজন (weight)।

L = উহার ফুট হিসাবে মাপ। উহা ফ্লাই-হুইল কেন্দ্র হইতে স্থাপিত ওজনের মধ্যভাগ পর্য্যন্ত ফুট হিসাবে মাপ ধরা হয়।

R = ফ্লাই-হুইলের প্রত্যাবর্ত্তন (Rvolution) সংখ্যা (এক মিনিটে)।

Circumference = একবার আবর্ত্তনের পথের মাপ। Circum. = πd.।

এক হর্ষ পাওয়ার = ৩৩,০০০ ফুট-পাউণ্ড-মিনিট।

ইঞ্জিনের বৈদ্যুতিক হিসাবে পরীক্ষা (Electrical Test)—এই পরীক্ষা সর্ব্বপ্রকার পরীক্ষা অপেক্ষা উত্তম ও সূক্ষ্ম। ইঞ্জিনের সহিত ডায়নামো সংযোগ করিয়া উহার ক্ষমতা স্থিরীকৃত হয়। ঐ ডায়নামোর ক্ষমতা ইঞ্জিন অপেক্ষা অধিক হওয়া প্রয়োজন। ডায়নামোর সহিত ইঞ্জিন কাপ্‌লিং দ্বারা সংযোজিত হয় এবং উহার লাইনের সহিত একটী ভোল্টমিটার (প্যারালালে) এবং একটী আমমিটার সিরিজে যোগ করা হয়। ডায়নামোতে (লোড) আলোক কিম্বা কোন রেজিষ্টান্স দেওয়া হয়। যখন ইঞ্জিন চলিতে থাকে ডায়নামো হইতে বৈদ্যুতিক ক্ষমতা উৎপাদিত হইয়া ঐ বাতি কিম্বা রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে। উহা উক্ত আমমিটার ও ভোল্টমিটারে দৃষ্ট হয়। পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে যে ইলেকট্রিক ক্ষমতা বা তাহার কার্য্য অ্যাম্পেয়ারকে ভোল্ট দিয়া গুণ করিলেই পাওয়া যায়। ঐ কার্য্যকে আমরা ওয়াট বলিয়া থাকি। এক আম্পেয়ারকে এক ভোল্ট দিয়া গুণ করিলে এক ওয়াট হয়। ঐরূপ ৭৪৬ ওয়াটে ১ হর্ষ পাওয়ার হয়।

অতএব দেখা যায় যে A × V = Watt (ওয়াট) ;

অতএব—B. H. P. = ৭৪৬ Watt (ওয়াট) ।

$$\frac{A \times V}{৭৪৬} = \text{ব্রেক-হর্ষ-পাওয়ার ।}$$

Note,—বেয়ারিং ফ্রিকসান এই স্থানে লওয়া হয় নাই ।

সিলিণ্ডারের মাপ হিসাবে হর্ষ-পাওয়ার নির্দ্ধারণ

১। সিলিণ্ডারের লিটার অনুসারে পরিমাণ × এক মিনিটে ফ্লাই-হুইল কতবার ঘুরে × '০০৬৪ কে ১২০০ দিয়া ভাগ দিলে হর্ষ পাওয়ার নির্দ্দেশ হয়।

২। $$\frac{\text{সিলিণ্ডারে (ঘন ইঞ্চি × সংখ্যা) মিনিটে সাফ্‌ট কতবার ঘুরে।}}{১২০০}$$

= হর্ষ পাওয়ার (H. P.)

৩। $$\frac{\text{[সিলিণ্ডারের ব্যাস (dia) × ষ্ট্রোকের মাপ] ২ × সংখ্যা}}{৬৫০০} = H.P.$$

Note,—যদিও উপরি উক্ত কয়েকটী প্রণালী হর্ষ পাওয়ার বাহির করিবার জন্য নির্দ্দিষ্ট হইয়াছে, তথাপি উহাদের দ্বারা কখনও ঠিক হিসাব করিতে পারা যায় না, কারণ ক্ষমতা নির্দ্দেশ অনেক প্রকারে কঠিন হইয়া পড়ে। অনেক সময় কম্পেসান অভাবে ফ্রিকসান দ্বারা, পেট্রোলের গুণানুসারে কার্য্যের প্রতিবন্ধকতা ঘটে এবং সেটিং ঠিক না হইলে সকলই বৃথা হয়।

সমতল ভুমিতে ইঞ্জিন বা মোটরের হর্ষ-পাওয়ার।

$$H. P. = \frac{F \times W \times D}{৩৩০০০ \times T.}$$

এখানে—
- F = প্রত্যেক টন প্রতি ৫০ পাঃ ধরিয়া লইতে হয়।
- W = টন হিসাবে মোট ওজন।
- D = ফুট হিসাবে দূরত্ব।
- T = মিনিট হিসাবে সময়।

গাড়ী উচ্চে উঠিতে হইলে—হর্ষ পাওয়ার।

$$\frac{D \times W}{H \times ৩৩০০০ \times T} = H. P.$$

এখানে— { D = ফুট হিসাবে সম্পূর্ণ দূরত্ব।
H = এক ফুট খাড়াইয়ের ঢালুর দূরত্ব (Slant distance)।
W = গাড়ীর সম্পূর্ণ ওজন।
T = মিনিট হিসাবে সময়।

রয়েল অটোমবাইল ক্লাবের হিসাব প্রণালী।

$$\frac{(\text{সিলিণ্ডারের ব্যাস})\quad ২ \times \text{সিলিণ্ডারের সংখ্যা}}{২\cdot৫} = \text{H.P.}\ (\text{হর্স-পাওয়ার})$$

হুইটওয়ার্থ প্যাচের তালিকা

বেল্টের ব্যাসের মাপ	এক ইঞ্চিতে কত গুনা	বেল্টের ব্যাসের মাপ,	এক ইঞ্চিতে কত গুণা
১/৮ ইঞ্চি	৪০ ,,	১ ১/৮ ইঞ্চি	৭ ,,
১/৪ ,,	২০ ,,	১ ১/৪ ,,	৭ ,,
৩/৮ ,,	১৬ ,,	১ ৩/৮ ,,	৬ ,,
১/২ ,,	১২ ,,	১ ১/২ ,,	৬ ,,
৫/৮ ,,	১১ ,,	১ ৫/৮ ,,	৫ ,,
৩/৪ ,,	১০ ,,	১ ৩/৪ ,,	৫ ,,
৭/৮ ,,	৯ ,,	১ ৭/৮ ,,	৪·৫ ,,
১ ,,	৮ ,,	২ ,,	৪·৫ ,,

MENSURATION FORMULAE.

In the following formulae : A denotes area ; S surface ; V, volume ; a, b, c, the sides of a figure ; h, the altitude ; l, the Slant height ; R and r, radii of circles.

Rectangle or Parallelogram, $A = ah$.

Triangle, $A = \frac{1}{2} ah$ or $\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$, where $s = \frac{1}{2}(a+b+c)$.

Trapezium—Parallel sides a and b, $A = \frac{1}{2}(a+b)h$,

Circle, Circumf. $= 2\pi \times r$, $A = \pi \times r_0^2$. or $\pi(R^2 - r^2)$.

Ellipse—Semiaxes a and b, $A = \pi \times ab$.

Prism $S = 2(ab+bc+ac)$, $V = abc$, diagonal $= \sqrt{a^2+b^2+c^2}$

Cylinder, $S = 2\pi \times rh + 2\pi \times r^2$, $V = \pi \times r^2 h$

Cone, $S = \pi \times rl + \pi \times r^2$, $V = \frac{1}{3}\pi \times r^2 h$

Sphere, $S = 4\pi \times r^2$, $V = \frac{4}{3}\pi \times r^3 = {\cdot}5236 d_3$.

Ring, $S = 4\pi^2 Rr$, $V = 5\pi^2 r^2 R$.

DEFINITIONS OF UNITS.

(FROM SMITHSONIAN TABLES.)

ACTIVITY. Power of rate of doing work ; unit, the Watt.

AMPERE. Unit of electrical current. The international ampere, "which is one-tenth of the unit of current of the C. G. S. system of electromagnetic units, and which is represented sufficiently well for practical use by the unvarying current which, when passed through a solution of nitrate of silver in water, and in accordance with accompanying specifications, deposits silver at the rate of 0·00111800 of a gram per second."

The ampere = 1 coulomb per second = 1 volt across 1 ohm = 10^{-1} E. M. U. = 3×10^{9} E. S. U. (E M. U. = C. G. S. electromagnetic units. E. S. U = C. G. S. electrostatic units).

Amperes = volts/ohms = watts/volts.
Amperes × volts = amperes^2 × ohms = watts

ANGSTROM. Unit of wave-length = 10^{-1} meter.

ATMOSPHERE. Unit of pressure.

English normal = 14·7 pounds per sq. in = 29·929 in. = 760·18 mm. Hg. 32°F.

French normal = 760 mm of Hg. 0°C = 29·922 in. = 14·70 lbs. per sq. in.

BAR. A pressure of one dyne per cm^2.

BRITISH THERMAL UNIT. Heat required to raise one pound of water at its temperature of maximum density, 1°F. = 252 gram-calories.

CALORIE. Small calorie = gram-calorie = therm = quantity of heat required to raise one gram of water at its maximum density, one degree Centigrade.

Large calorie = kilogram-calorie = 1000 small calories = one kilogram of water raised one degree Centigrade at the temperature of maximum density.

CANDLE INTERNATIONAL. The international unit of candlepower maintained jointly by national laboratories of England, France and United States of America.

CARAT. The diamond carat standard in U. S.—200 milligrams. Old standard 205·3 milligrams = 3·168 grs.

The gold carat : pure gold is 24 carats ; carat is 1/24 part.

CIRCULAR AREA. The square of the diameter = 1·2734 × true area.

True area = ·785321 × circular area.

COULOMB. Unit of quantity. The international coulomb is the quantity of electricity transferred by a current of one international ampere in one second = 10^{-1} E. M. U = 3×10^{9} E. S. U.

Coulombs = (volts-seconds)/omhs = ampers × seconds.

CUBIT = 18 inches.

DAY. Mean solar day = 1440 minutes = 86400 seconds = 1·0097379 sidereal day, Sidereal day = 86164·20 mean solar seconds.

D_1G_1T. 3/4 inch. ; 1 12 the apparent diameter of the sun or moon.

DIOPTER. Unit of "power" of a lens. The number of diopters = the reciprocal of the focal length in meters.

DYNE. C. G. S. unit of force = that force which acting for one second on one gram produces a velocity of one cm. per sec. = lg ÷ gravity acceleration in cm/sec sec.

Dynes = wt. in gram. × acceleration of gravity in cm/sec/sec.

ELECTRO CHEMICAL EQUIVALENT is the ratio of the mass in grams deposited in an electrolytic cell by an electrical current to the quantity of electricity.

ERG. C. G. S. unit of work and energy = one dyne acting through one centimeter.

FARAD. Unit of electrical capacity. The international farad is the capacity of a condenser charged to a potential of one international volt by one international coulomb of electricity $= 10^{-9}$ E. M. U. $= 9 \times 10^{11}$ E. S. U. The one-millionth part of a farad (microfarad) is more commonly used.

Farads = coulmbs/volts.

FOOT-POUND. The work which will raise one pound one foot high.

FOOT-POUNDALS. The English unit of work = foot pounds/g. [g.—acceleration produced by gravity.]

GAUSS. A unit of intensity of magnetic field $= 1$ E. M. U. $= \frac{1}{3} \times 10^{-10}$ E.S.U.

GRAM-CENTIMETER. The gravitational unit of work = g. ergs.

HEAT OF THE ELECTRIC CURRENT generated in a metallic circuit without self-induction is proportional to the quantity of electricity which has passed in coulombs multiplied by the fall of potential in volts, or is equal to (coulombs × volts)/4·181 in calories.

The heat in small or gram calories per second = (amperes^2 × ohms) /4·181 = vols^2 / (ohms × 4·181) = (volts × amperes) /4·181 = watts /4·181.

HEAT. Absolute zero of heat $-273 \cdot 13$°C., $-218 \cdot 5$°R., $-459 \cdot 6$°F.

HEFNER UNIT. Photometric standard.

HENRY. Unit of induction. It is "the induction in a circuit when the electromotive force induced

in this circuit is one international volt, while the inducing current varies at the rate of one ampere per second." = 10^9 E.M.U. = $1/9 \times 10^{-11}$ E.S U.

HORSE POWER. The English and American horsepower is defined by some authorities as 746 watts and by others as 440 foot-pounds per second. The continental horsepower is defined by some authorities as 735 watts and by others as 75 kilogram-meters per second.

JOULE. Unit of work = 10^7 ergs. Joules = (volts^2 × seconds) /ohms = watts × seconds = amperes^2 × ohms × sec

JOULE'S EQUIVALENT. The mechanical equivalent of heat = $4{\cdot}185 \times 10^7$ ergs.

KILODYNE. 1000 dynes. About one gram.

KINETIC ENERGY in ergs = grams × (cm./sec.)^2/2.

LITRE. The quantity of pure water at 4°C (760 mm. Hg. pressure) which weighs 1 kilogram and = 1·000027 cu. dm.

LUMEN. Unit of flux of light-candles divided by solid angles.

MEGABAR. Unit of pressure = 1,000.000 bars = 0·987 atmospheres.

MEGADYNE. One-million dynes. About one kilogram.

METER CANDLE. The intensity of ilumination due to standard candle distant one meter.

MHO. The unit of electrical conductivity. It is the reciprocal of the ohm.

MICRO. A prefix indicating the millonth part.

MICROFARAD. One-millionth of a farad, the ordinary measure of electrostatic capacity.

MICRON, One-millionth of a meter.

MIL. One-thousandth of an inch.

MILE, Nauticl or geographical = 6080·204 feet.

MILLI. A prefix denoting the thousandth part.

MONTH. The anomalistic month = time of revolution of moon from one perigee to another = 27·56460 days.

The nodical month = draconitic month = time of revolution from a node to the same node again = 27·21222 days.

The sidereal month = the time of revolution referred to the stars = 27·2166 days (mean value) but varies by about three hours on account of the eccentricity of the orbit and "peturbations."

The synodic month = the revolution form one new moon to another = 29·5306 days (mean value) = the ordinary month. It varies by about 13 hours.

OHM. Uuit of electrical resistance. The international ohm is based upon the ohm equal to 10^9 units of resistance of the C. G. S. system of electromagnetic units and "is respresented by the resistance offered to an unvarying electric current by a column of mercury, at the temparature of melting ice, 14·4521 grams in mass, of a constant cross section and of the length of 106·3 centimeters." = 10^9 E.M.U. = $1/9 \times 10^{-11}$ E.S.U.

International ohm = 1·01367 B. A. ohms = 1·06292. Siemens' ohms.

B A. ohm = 0·98651 international ohms.

Siemens' ohm = 0·94080 international ohms.

PENTANE CANDLE. Photometric standard.

$\pi = 22/7$ = ratio of the circumference of a cricle to its diameter = 3·141592653 59.

POUNDAL. The British unit of force. The force which will in one second impart a velocity of one foot per second to a mass of one pound.

RADIAN = 180°/ π = 57°29578° = 57°17'45" = 206265".

SECOHM. A unit of self-induction = 1 sec × 1 ohm.

THERM = small calorie = (obsolete.)

THERMAL UNIT, BRITISH = The quantity of heat required to warm one pound of water at its temperature of maximum density one degree Fahrenheit = 252 gram-calories.

VOLT. The unit of electromotive force (E. M. F.) The international volt is "the electromotive force that, steadily applied to a conductor whose resistance is one international ohm, will produce a current of one international ampere. The value of the E. M. F. of the Weston Normal cell is taken as 1.0183 international volts at 20°C. = 10^8 E, M. U = 1/300 E. S. U

VOLT-AMPERE. Equivalent to Watt/Power factor.

WATT. The unit of electrical power = 10^7 units of power in the C. G. S. system. It is represented sufficiently well for practical use by the work done at the rate of one joule per second.

Watts = volts × amperes = amperes^2 × ohms = volts^2/ ohms (direct current or alternating current with no phase difference). Wats × seconds = Joules.

WEBER; A name formerly given to the coulomb.

WORK in ergs = dynes × cm. Kinetic energy in ergs = grams × (cm./sec.)^2/2.

YEAR.

	days,	hours,	minutes,	seconds.
Anomalistic year =	365	6	13	48
Sidereal ,, =	365	6	9	9·314
Ordinary ,, =	365	5	48	46·4
Tropical ,,	same as the ordinary year.			

উনত্রিংশ পরিচয়

বেতার বা অয়ারলেস (Wireless) বার্ত্তা।

বেতার বার্ত্তাপ্রেরণের অনুমান ঈদৃশ ক্ষুদ্র পুস্তকের অন্তর্গত নহে, তবে অনেক গৃহেই ইহা আজকাল ব্যবহৃত হইতেছে বলিয়া ব্যবহার প্রণালী সম্বন্ধে কিছু বলা হইবে।

আমরা জানি একস্থানে শব্দ করিলে অপর স্থান হইতে তাহা শ্রুত হইতে পারে। এই স্থানদ্বয়ের মধ্যে বায়ু বা বায়বীয় কোন পদার্থের উপস্থিতি প্রয়োজন। শব্দ বায়বীয় পদার্থের অনুগুলির কম্পন ব্যতীত আর কিছুই নহে। কোন নির্দ্দিষ্ট হারে কম্পমান বায়বীয় পদার্থের অনুগুলি কর্ণমধ্যস্থ ত্বকে পড়িলে ত্বক কাঁপিতে থাকে এবং ত্বকের এই কম্পন স্নায়ু দ্বারা মস্তিষ্কে চালিত হইলে শব্দের অনুভূতি হয়। বায়বীয় পদার্থকে কম্পমান করিবার নিমিত্ত কোন বস্তুর কম্পনের প্রয়োজন হয়, ইহাকে শব্দ উত্থাপক বা 'এমিটার' (Emitter) বলে, যথা,—টিউনিং ফর্ক, এসরাজ, সেতার প্রভৃতির তার সকল, ঢোলকের চামড়া ইত্যাদি। কোনস্থানে এমিটারকে কম্পমান করিলে তৎ-সন্নিহিত বায়বীয় পদার্থ কম্পিত হয়, এবং এই কম্পন চতুর্দ্দিকে তরঙ্গের মত ছড়াইয়া পড়ে। যখন তরঙ্গ কর্ণে আসিয়া পৌঁছায়, তখন শব্দ শ্রুত হয়—কর্ণকে রিসিভার ও এমিটার ও রিসিভার মধ্যস্থ তরঙ্গায়িত বায়বীয় পদার্থকে মধ্যগ বা মিডিয়াম (medium) বলে।

ঠিক সেইরূপ যদি একস্থানে কোন আলোকময় বস্তু থাকে, তাহা অপর স্থান হইতে দৃষ্ট হইতে পারে। এখানে দৃষ্ট হইবে যে, ঐ আলোকময় পদার্থ এবং চক্ষুর অন্তরা কোন প্রকার পদার্থময় বস্তু না থাকিলেও আলোকময় বস্তুটী দৃষ্ট হয়। অর্থাৎ শব্দ শক্তি যেরূপ পদার্থময় বস্তুর সাহায্যে এক স্থান হইতে অন্যত্র চালিত হয় আলোকশক্তির সেরূপ পদার্থময় বস্তুর সাহায্য প্রয়োজন হয় না। আলোক শক্তিও শব্দ শক্তির ন্যায় তরঙ্গের মত চতুর্দ্দিকে প্রসারিত হয় বটে, তবে এই তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে প্রভেদ এই যে শব্দ শক্তির তরঙ্গ Longitudinal এবং তাহা পদার্থময় বস্তুর অণুপরমাণুর কম্পন জনিত, আর আলোক শক্তির তরঙ্গ Transverse এবং কোন এক সর্ব্বত্র বিরাজমান অপদার্থ বস্তু বিশেষের অণুপরমাণুর কম্পন জনিত। সর্ব্বত্র বিরাজমান এই অপদার্থ বস্তুটির অস্তিত্ব আনুমানিক যাহা আলোকাদির ন্যায় শক্তির চলাচল বুঝিবার নিমিত্ত অবধারণা করিয়া লইতে হয়, এবং ইহা 'ইথার' (Ether) নামে অভিহিত হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে বাদ্যযন্ত্র যেরূপ বায়বীয় পদার্থের মধ্যে তরঙ্গ সৃজন করে যাহা কর্ণে পৌঁছিলে শব্দের প্রতীতি হয়, আলোকময় বস্তুও সেইরূপ ইথারের মধ্যে এক প্রকার তরঙ্গ উত্থাপন করে যাহা চক্ষুতে আসিয়া পৌঁছিলে আলোকময় বস্তুটী দৃষ্ট হয়। এখানে ঐ আলোকময় বস্তুটী এমিটার বা ট্র্যান্সমিটার, চক্ষু রিসিভার, এবং সর্ব্বভেদী ইথার মধ্যগ বা মিডিয়ামের কার্য্য করিতেছে।

বেতার বার্ত্তা প্রেরণ বা অয়ার-লেস টেলিগ্রাফিতে আলোক শক্তির চলাচল প্রণালীর

মত সম্ভাবন প্রণালীতে (৫ম পরিচয়) বৈদ্যুতিক শক্তির সাহায্যে ইথারের মধ্যে তরঙ্গ সৃষ্ট হয় এবং রিসিভিং ষ্টেশনে উপযুক্ত যন্ত্রের সাহায্যে ইথারের ঐ তরঙ্গকে পুনরায় বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত করিয়া সঙ্কেতাদি বুঝা হয়, সুতরাং সেণ্ডিং ষ্টেশন হইতে রিসিভিং ষ্টেশন পর্য্যন্ত কোন তারের প্রয়োজন হয় না। যে অবলম্বনটির সাহায্যে বৈদ্যুতিক শক্তিকে ইথারের তরঙ্গে পরিণত করা হয় তাহাকে ট্র্যান্সমিটার, এবং যাহার দ্বারা ইথারের ঐ তরঙ্গ সমূহকে পুনরায় বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত করা হয় তাহাকে রিসিভার বলে। সরকারী আইন অনুযায়ী ট্র্যান্সমিটার সকলে ব্যবহার করিতে পারেন না, পোষ্টঅফিস হইতে লাইসেন্স লইলে রিসিভার ব্যবহার করিতে পারেন। লাইসেন্সের মূল্য বাৎসরিক দশ টাকা। এই রিসিভারের প্রণালী নিম্নে বর্ণিত হইল।

সম্ভাবনের পরিচয়ে দৃষ্ট হইয়াছে একটি বিদ্যুদ্বান্ বস্তুর দ্বারা অপর একটি (ভূসংলগ্ন) পরিচালকে বৈদ্যুতিক শক্তি সম্ভাবিত হয় এবং বস্তুদ্বয় সন্নিহিত হইলে সম্ভাবিত শক্তির আধিক্য হেতু উহা যন্ত্র দ্বারা দৃষ্ট হয়। বেতার বার্ত্তা প্রেরণের যে বৈদ্যুতিক শক্তি তাহা প্রেরণগৃহ (Transmitting Station) হইতে একটি তারে প্রেরিত হয়। সেই তারটি জমি হইতে প্রায় ১০০।১৫০ ফিট উচ্চে স্থাপিত থাকে যাহাতে ইহার প্রেরণ কার্য্যের ব্যাঘাৎ না ঘটে। এই তারটী যখন বৈদ্যুতিক শক্তি দ্বারা উত্তেজিত হয় অর্থাৎ বৈদ্যুতিক অবস্থা প্রাপ্ত হয় তখন উহা যে কোন অপর পরিচালক বা কণ্ডাক্টারে বৈদ্যুতিক উত্তেজনা সৃষ্টি করে অর্থাৎ সম্ভাবন দ্বারা বৈদ্যুতিক শক্তি সৃষ্টি করে। এই শেষোক্ত (সম্ভাবিত) শক্তি যদি সাবধানে বেতার গ্রহণ যন্ত্রে (Receivor) লইয়া আসা যায়, আর সেই যন্ত্র যদি যথোপযুক্ত শক্তি সম্পন্ন হয় এবং প্রেরক যন্ত্রের সহিত মিল (in tune) থাকে তবে প্রেরণযন্ত্রের স্পন্দন গ্রহণ-যন্ত্রে অনুভূত হইবে। ইহাই বেতারের প্রণালী।

যে শব্দ বিস্তার (Broad cast) করিতে হইবে তাহা প্রেরণ গৃহে মাইক্রোফোন ট্রান্সমিটারের সম্মুখে উচ্চারিত করিতে হয়। নানা প্রকার শব্দ মাইক্রোফোনের গাত্রে নানা প্রকার ধাক্কা মারে ও ঐ ধাক্কাগুলি নানা প্রকার অর্থাৎ স্পন্দনশীল (Pulsating) বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত হয়। প্রেরক তারটিতে পূর্ব্ব হইতেই একভাবে স্পন্দনশীল প্রবাহ বহিতে থাকে এবং তাহার সহিত উপরোক্ত স্পন্দনশীল প্রবাহ যোজিত হয়। ইহাতে প্রেরক তারে যে এক ভাবের স্পন্দনশীল প্রবাহ বহিতেছিল তাহার স্পন্দনের বৈষম্য ঘটে। এই বৈষম্য গ্রহণ তারে ও তৎপরে গ্রহণ যন্ত্রে লক্ষিত হয়। ইহাই বেতার বার্ত্তা।

বেতার বার্ত্তা গ্রহণ করিতে হইলে প্রেরণ যন্ত্রের সঙ্গে গ্রহণ যন্ত্রের স্পন্দন এক হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ প্রেরণ যন্ত্রে একটি স্পন্দনে যতটুকু সময় লাগে গ্রহণ যন্ত্রেও ঠিক সেই সময়ের মধ্যে যেন একটি বৈদ্যুতিক উত্তেজনা উৎপন্ন হইয়া ভূমিতে যায়। গ্রহণ যন্ত্রে প্রথমতঃ ভেরিয়েবল ইণ্ডাক্টান্সের পাকসংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধি দ্বারা ও তৎপরে কণ্ডেনসারের কেপাসিটি হ্রাস বৃদ্ধি দ্বারা এই কার্য্য সাধিত হয়।

বেতার বার্ত্তা গ্রহণে প্রধানতঃ তিনটি জিনিষ প্রয়োজন,—(১) শূন্যস্থ তার (Aerial), (২) ভূ-সংলগ্ন তার (Earthed wire) এবং (৩) গ্রহণ যন্ত্র (Receiver)।

১। গ্রহণ তার—ইহাকে ভূমি হইতে যথাসম্ভব উর্দ্ধে রাখিতে হয়। সাধারণতঃ

২০।৩০ ফিট উচ্চ হইলে বেশ ভালই হইবে। এই তারটী ৭/২২ গেজের তামার তার হইলেই বেশ ভাল হয়। দৈর্ঘ্যে তারটী ১০০ ফিটের অধিক কিংবা খুব কম হওয়া বাঞ্ছনীয় নহে। ঐ তারকে ইনস্থলেটার (পোর্সিলেন, কাঁচ বা এবনাইট) দ্বারা উহার পোষ্ট বা ভিত্তি হইতে রোধিত (ইনস্থলেট) করিতে হয়। কোন কোন জোরাল যন্ত্রে বাহিরের এরিয়্যাল প্রয়োজন হয় না, তবে যদি প্রেরণ তার ২।১ মাইলের মধ্যে না হয় তাহা হইলে বাহিরের এরিয়্যাল অবশ্য একেবারে প্রয়োজন না হইলেও গৃহমধ্যস্থ এরিয়্যাল অপেক্ষা যে অনেক বিষয়ে উৎকৃষ্ট তাহাতে কোন সন্দেহ নাই।

২। ভূ-সংলগ্নতার—কলিকাতায় বা অন্য কোন সহরে যেখানে জলের কল আছে সেখানে কলের পাইপে বেশ করিয়া একটি তামার তার ঝালিয়া লইলেই চলিবে (কলে যখন জল থাকিবে না তখন পাইপ খালি করিয়া ঝালিতে হইবে)। পল্লীগ্রামে একটি বালৃতি বা কেরোসীনটিন মাটিতে পুতিয়া দিয়া তাহার গায়ে একটি তার ঝালিয়া দিলেই চলিবে।

৩। গ্রহণ যন্ত্র:—গ্রহণ যন্ত্র মোটামুটি দুই প্রকার। একটির নাম স্ফটিক প্রস্তর যন্ত্র বা ক্রীষ্টালসেট (Crystal set) আর অন্যটি ভালভ্ সেট (Valve set) অথবা বায়ুবিহীন একদিকে বৈদ্যুতিক শক্তি চালক যন্ত্র। আবার এই দুইটির সংমিশ্রণে ক্রীষ্টাল ভালভ্ সেট (Crystal-valve set) নামক আর এক প্রকার যন্ত্রও প্রস্তুত হয়।

কয়েল:—প্রত্যেক যন্ত্রেই অন্ততঃ একটি করিয়া তারের কয়েল বা গুটি থাকে। উহা ইণ্ডাক্টান্সের কার্য্য করে। ঐ কয়েল সাহায্যে প্রেরণ যন্ত্রের স্পন্দনের সহিত গ্রহণ যন্ত্রের স্পন্দনের অল্পবিস্তর সমতা বা ঐক্য সাধিত হয়। এই কয়েলটী গ্রহণ তার এবং ভূ-সংলগ্ন তারের মধ্যে স্থাপিত হয়, অর্থাৎ ইহার একটি প্রান্ত গ্রহণ তারে অপর প্রান্ত ভূ-সংলগ্ন তারে সংযুক্ত হয়।

কণ্ডেনসার:—এই কয়েলের সঙ্গে সিরিজে বা প্যারালালে উপযুক্ত পরিবর্ত্তনক্ষম (Variable) কণ্ডেনসার যোগ করিলে তদ্দ্বারা সূক্ষ্মভাবে স্পন্দনের সমতা সুচারু ভাবে সাধন করা যায়।

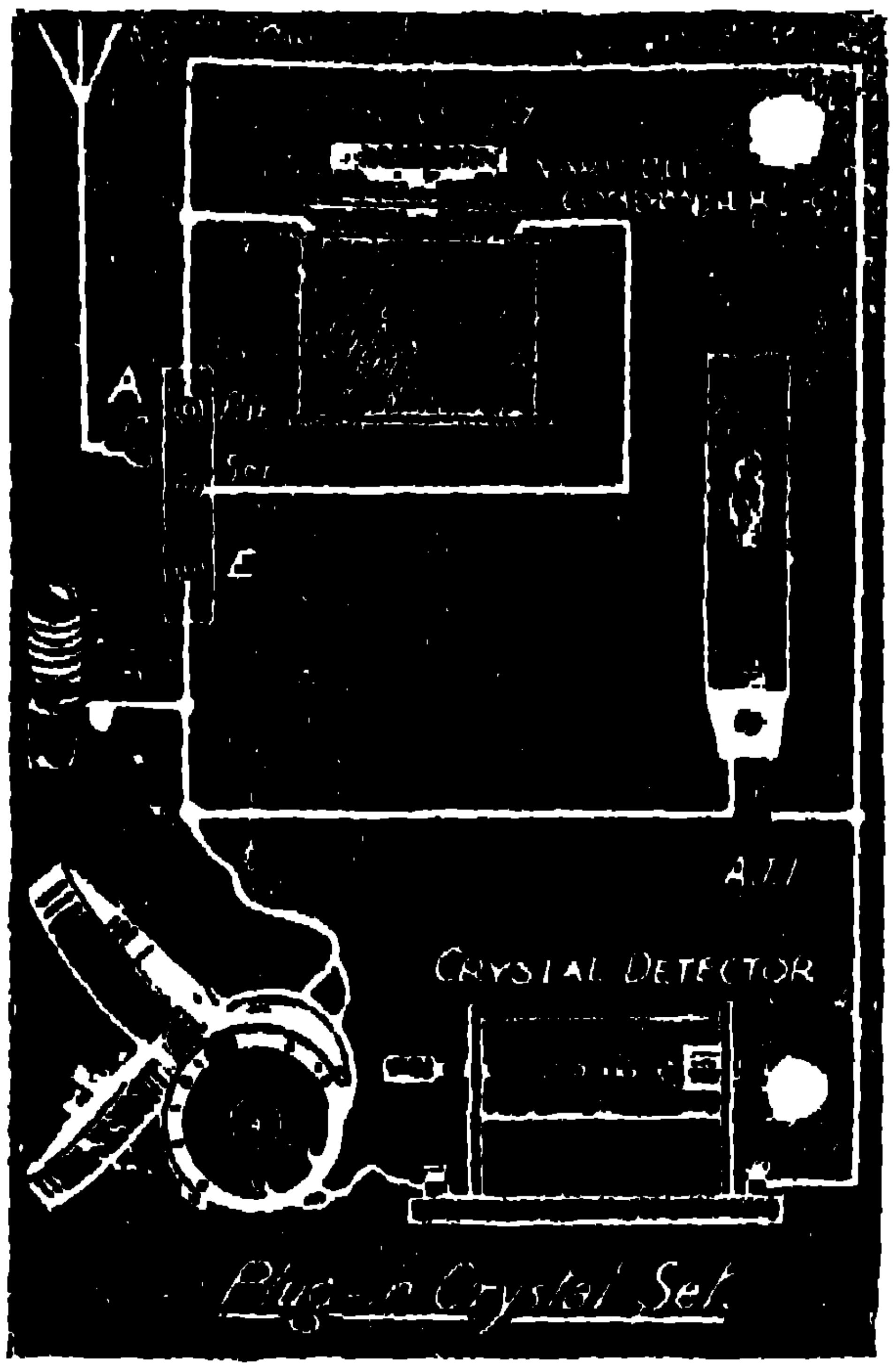
ডিটেক্টার (Detector)—ইহাই আসল গ্রহণ যন্ত্র। এই অবলম্বনটি দ্বারা প্রেরণ যন্ত্রের দ্রুত বৈদ্যুতিক স্পন্দন (High frequency) যাহা গ্রহণ যন্ত্রে ঐ অবস্থাতেই ধৃত হয় তাহাকে শ্রবণোপযুক্ত ধীর স্পন্দনে (Audible frequency) পরিণত করা হয়। ডিটেক্টার দুই প্রকার—ক্রীষ্টাল ও ভালভ্।

টেলিফোন, লাউডস্পীকার (Loudspeaker) বা শ্রবণ যন্ত্র—ইহা দ্বারা ধীর বৈদ্যুতিক (Low frequency) স্পন্দন শব্দে পরিণত হয়।

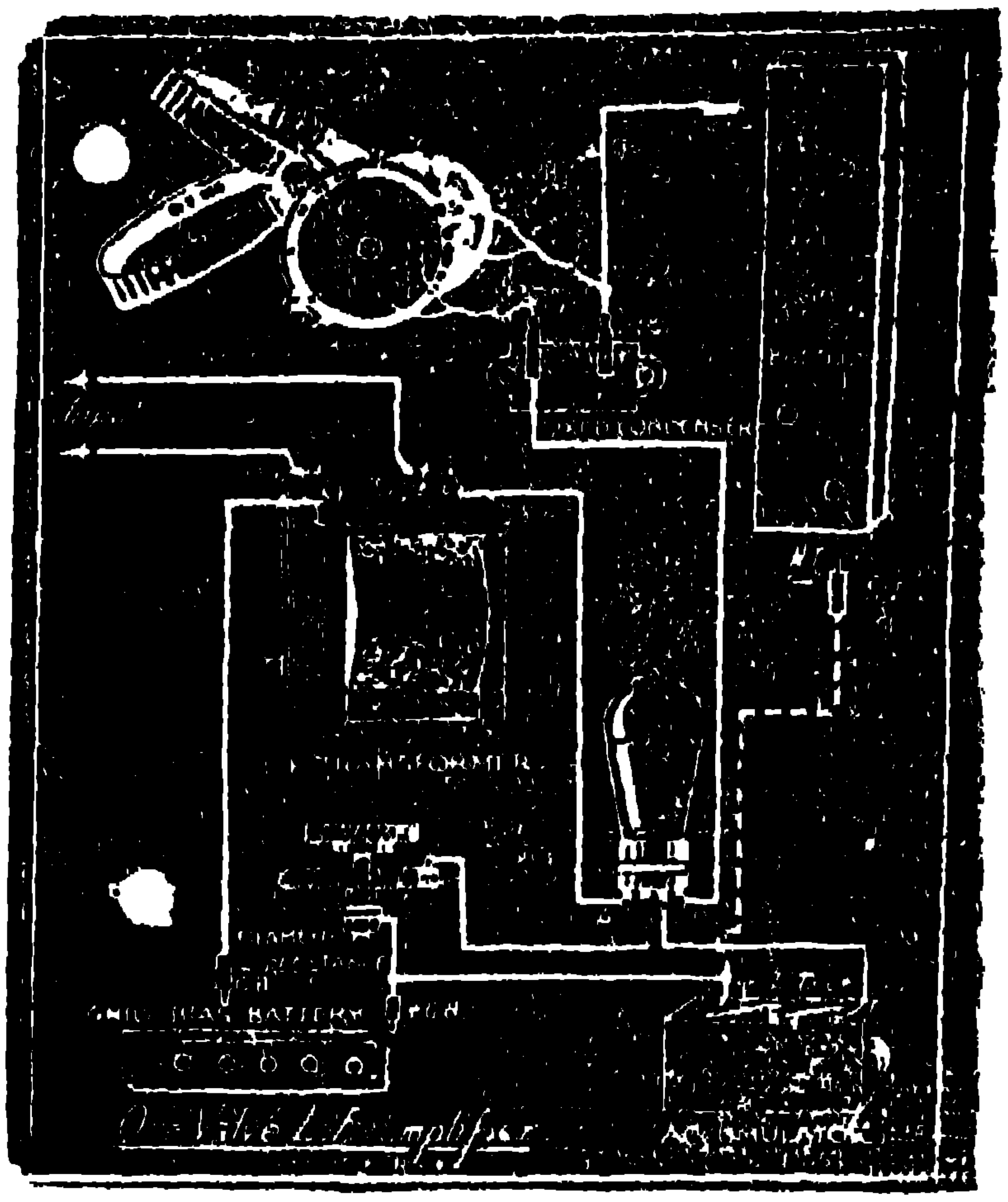
ক্রীষ্টাল-সেট (Crystal set)—বেতার গ্রহণ যন্ত্রের মধ্যে ইহাই সকলের অপেক্ষা সরল। পরিবর্ত্তনক্ষম কণ্ডেনসার এবং কয়েল দ্বারা যে ক্রীষ্টাল সেট প্রস্তুত হয় তাহাই সর্ব্বোৎকৃষ্ট বলিয়া মনে হয়। ইহাতে নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলি প্রয়োজন হয়।

১। একটি সিঙ্গল কয়েল হোলডার। ২। একটি ৫০ কি ৭৫ নং কয়েল (আই-প্রানিক) ৩। একটি পরিবর্ত্তনক্ষম বা ভেরিয়েবল কণ্ডেনসার—'০০০৫ মাইক্রোফ্যারাড। ৪। একটি ক্রীষ্টাল ডিটেক্টার (ক্রীষ্টাল সহ) ৫। পাঁচটি টার্মিনাল। ৬। একটি

কণ্ডেনসার '০০১—'০০২ মাইক্রোফ্যারাড। ৭। একটি হেডফোন বা টেলিফোন। ৮। একটি ১০"×৬"×১" কাষ্ঠেরতক্তা (তলায় থাকিবে) ৯। একটি ১০"× ৪"×$\frac{১}{৪}$" এবনাইট (সম্মুখের প্যানেল) ১০। উপযুক্ত বাক্স। ১১। সংযোজনাদির জন্য ইনস্যুলেটেড তার। ৬০৬ চিত্রে সংযোজনাদি দর্শিত হইয়াছে।



চিত্র—৬০৬


চিত্র—৬০৭

ভালভ্ সেট (Valve set)—সাধারণতঃ ভালভ্সেট দূরের বেতার বার্ত্তা গ্রহণের জন্য, অথবা নিকটের বার্ত্তা সকলে শুনিবার নিমিত্ত লাউডস্পীকার চালাইবার জন্য ব্যবহৃত হয়। পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে ভালভ ডিটেক্টারের কার্য্য করিতে পারে। তাহা ছাড়া ক্রীষ্টাল বা ভালভ-ডিটেক্টারের পরে বা আগে ভালভ্ যোগ করিয়া যন্ত্রের জোর বৃদ্ধি করা যাইতে পারে। ডিটেক্টারের অগ্রে বসাইলে বহুদূরের বার্ত্তা পাইবার সুবিধা হয়—পরে বসাইলে ডিটেক্টারের মৃদু আওয়াজকে উচ্চতর করিয়া তোলে।

৬০৭ চিত্রে ক্রীষ্টাল ও ভালভ্ ডিটেক্টারের পরে একটি ভালভ বসাইবার পদ্ধতি দর্শিত হইল। ইহার দ্রব্যগুলির তালিকা—১। ট্রান্সফর্মার ১ঃ৩ বা বা ১ঃ ৫। ২। একটি কণ্ডেনসার '০০১ বা '০০২ মাইক্রোফ্যারাড্। ৩। ভালভ সীট (ভালভ বসাইবার স্থান) ৪। ভালভ্ (পাওয়ার ভালভ্) ৫। গ্রিড্ ব্যাটারি (৩—৪½ ভোল্ট) ৬। হাইটেনসান ব্যাটারি (৭৫—১০৮ ভোল্ট) ৭। লোটেনসান ব্যাটারি (২ বা ৪ ভোল্ট) ৮। রি-অষ্ট্যাট বা ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্স। ৯। তার, তলার কাঠ, প্যানেল, টার্মিনাল, বাক্স, ইত্যাদি।

ভালভ্ ব্যবহার করিতে হইলে সাধারণতঃ ২টী ব্যাটারি প্রয়োজন হয়। একটি অধিক ভোলটেজ বিশিষ্ট ব্যাটারি (৪০—২০০ ভোল্ট) আর একটি অল্প ভোল্টেজ

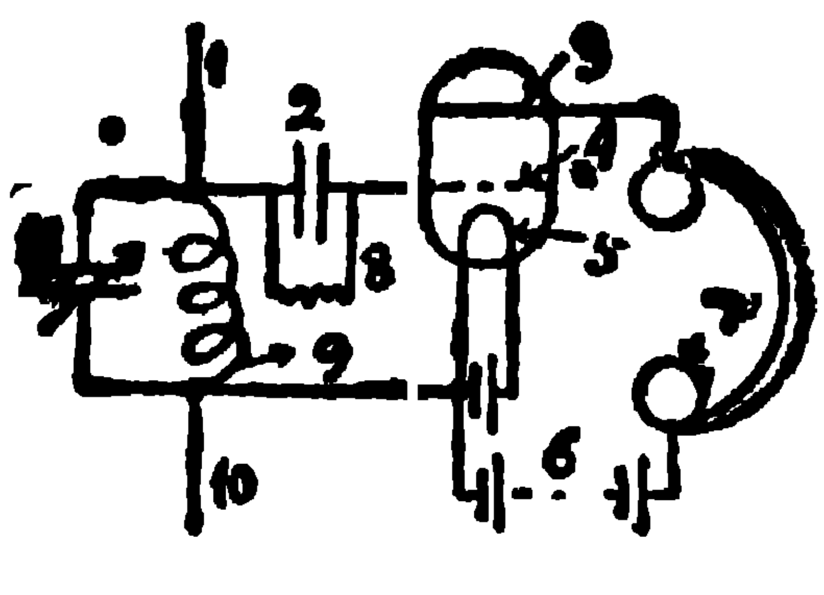
বিশিষ্ট (২, ৪ বা ৬ ভোল্ট) ব্যাটারি, ডিটেক্টারের পরে ভাল্‌ভ্ বসাইতে হইলে আর একটি (।।—১০ ভোল্ট) ব্যাটারি প্রয়োজন হয়, ইহার নাম গ্রিড্ (Grid) ব্যাটারি।

সাধারণ ভালভ্ দেখিতে প্রচলিত বৈদ্যুতিক প্রদীপের বাল্বের মত। উহার ভিতর হইতে যথা সম্ভব বায়ু বাহির করিয়া লওয়া (vacuum) হয়। সাধারণ ভালভের ৪টী 'প্রং' (Prongs) বা পায়ার মত টার্মিনাল থাকে। দুইটির নাম ফিলামেণ্ট প্রং। ভালভের ভিতরে সূক্ষ্ম ফিলামেণ্ট দ্বারা এই প্রং দুইটি পরস্পরের সহিত সংযুক্ত। লোটেনসান বা অল্প ভোল্‌টেজ বিশিষ্ট ব্যাটারি দ্বারা এই ফিলামেণ্টটিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং কোন কোন ভালভে ইহা এত উত্তপ্ত হয় যে আলোক ও নির্গত হয় অর্থাৎ উহা প্রদীপ্ত হয়। যে ফিলামেণ্ট প্রং এর সহিত লো-টেনসান ব্যাটারির নেগেটিভ সংযুক্ত হয় তাহার সহিত হাই টেনসান ব্যাটারির নেগেটিভও সাধারণতঃ সংযুক্ত হয়। আর যে দুইটি প্রং আছে তাহার মধ্যে একটি ভালভের মধ্যস্থিত একটি প্লেটের সহিত সংযুক্ত করা থাকে। সেই প্লেটটি ফিলামেণ্টের কিছু উপরে বা কিছু দূরে পার্শ্বে অবস্থিত থাকে। এই প্রংটীর নাম প্লেট-প্রং (Plate Prong)। আর একটি প্রংএর সহিত একটি জালতি সংযুক্ত আছে—ইহা প্লেট এবং ফিলামেণ্টের অন্তরা অবস্থিত। এই প্রংএর নাম গ্রিড-প্রং (Grid Prong)। ভাল্‌ভ ডিটেক্টারের কার্য্য করিলে গ্রিড্-প্রং এরিয়াল গ্রিড লীক ও গ্রিড কণ্ডেন্সারের সহিত সংযুক্ত হয়। ভ্যালভ্ এম্‌প্লিফায়ারের (amplifier) এর কার্য্য করিলে গ্রিড ব্যাটারির নেগেটিভ পোলের সহিত ট্রান্সফর্ম্মার এর সেকেণ্ডারীর মধ্য দিয়া সংযুক্ত হয়। গ্রিড ব্যাটারির পজিটিভ পোল ফিলামেণ্টের নেগেটিভে সংযুক্ত হয়।

লোটেনসান ব্যাটারি হইতে বিদ্যুৎ প্রবাহ ফিলামেণ্ট দিয়া যাইবার সময় ফিলামেণ্ট উত্তপ্ত হইলে ইলেক্ট্রন (Electron) সকল পজিটিভ পোটেনস্যাল যুক্ত প্লেটে চালিত হয়। যাইবার সময় গ্রিড লঙ্ঘন করিয়া যাইতে হয়। অতএব ঐ গ্রিডে যদি কোন একটানা স্পন্দন বা পরিবর্ত্তনশীল স্পন্দন থাকে তাহা হইলে ইলেক্ট্রন প্রবাহ সেই স্পন্দন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হইবে। অতএব তদনুযায়ী অল্পাধিক ইলেক্ট্রন যাইয়া প্লেটের পজিটিভ আয়নকে নাশ বা নিউট্রালাইজ (Neutralize) করিবে। অতএব হাই-টেনসান ব্যাটারি হইতে তদনুযায়ী অল্পাধিক কারেণ্ট বাহ হইবে। সুতরাং ব্যাটারি ও প্লেটের মধ্যে যদি একটি টেলিফোন যোগ করা যায় তাহা হইলে সেই H.T. বিদ্যুৎ প্রবাহের অল্পাধিক্যতা বেতার বার্ত্তারূপে আমাদের কর্ণে প্রতিধ্বনিত হইবে।

৬০৮ চিত্রে একটি সাধারণ একভালভ গ্রহণ যন্ত্রের বিবরণ প্রদত্ত হইল, ইহাতে—

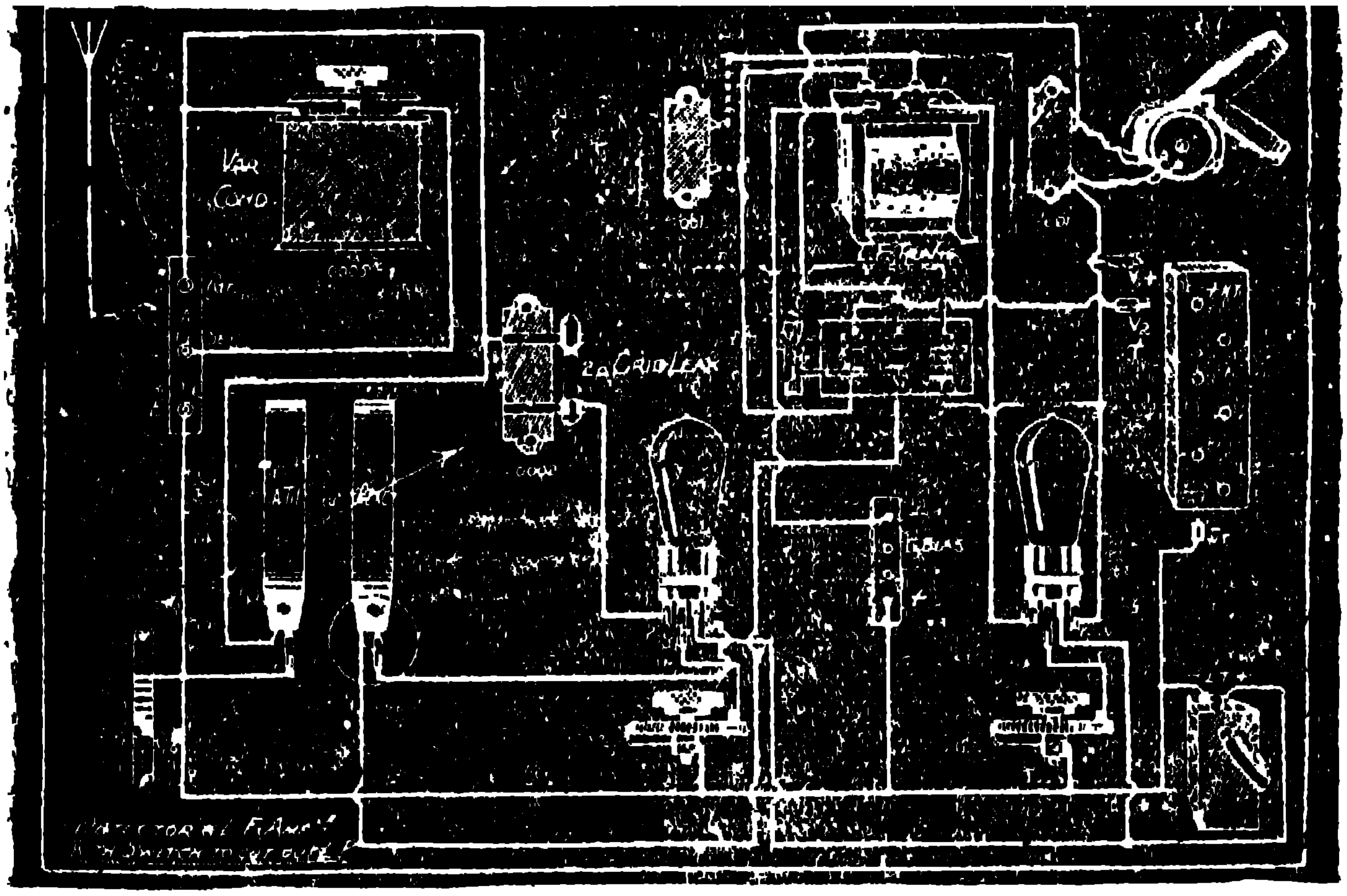
১। এরিয়াল	৬। হাইটেনসান ব্যাটারি
২। '০০০৩ কণ্ডেন্সার	৭। টেলিফোন
ভালভের	৮। গ্রিডলীক বা রেজিষ্ট্যান্স
৩। প্লেট	৯। কয়েল
৪। গ্রিড	১০। ভূ-সংলগ্নতার বা আর্থ অয়ার
ফিলামেণ্ট	১১। পরিবর্ত্তনক্ষম কণ্ডেন্সার



চিত্র-

দুই ভালভ গ্রহণ যন্ত্র :—ইহা দুই প্রকারের হইতে পারে, যথ—(১) এক ভালভ ডিটেক্টার ও অন্য লো-ফ্রিকোয়েন্সি এম্প্লিফায়ার, অর্থাৎ স্বর বাড়াইবার ব্যবস্থা সম্বলিত ভালভ ডিটেক্টার, অথবা (২) এক ভালভ হাই-ফ্রিকোয়েন্সি এম্প্লিফায়ার ও অন্য ডিটেক্টার, অর্থাৎ গৃহীত ক্ষীণ শক্তিকে গ্রহণ ভালভের পক্ষে কার্য্যোপযোগী করিবার ব্যবস্থা তৎসহ গ্রহণ ও ডিটেকসানের ব্যবস্থা সম্বলিত। প্রথম যন্ত্রদ্বারা বেতার বার্ত্তাকে অধিকতর উচ্চৈঃস্বরে বাহির করা যায় এবং দ্বিতীয়টির সাহায্যে বহুদূরের ট্রান্সমিটিং ষ্টেশনের ক্ষীণ শক্তিকে পরিবর্দ্ধিত করিয়া শ্রবণযোগ্য করা যায়।

৬০৯ চিত্রে পথম যন্ত্রটির এবং ৬১০ চিত্রে দ্বিতীয় যন্ত্রটির সংযোজন প্রদত্ত হইল।

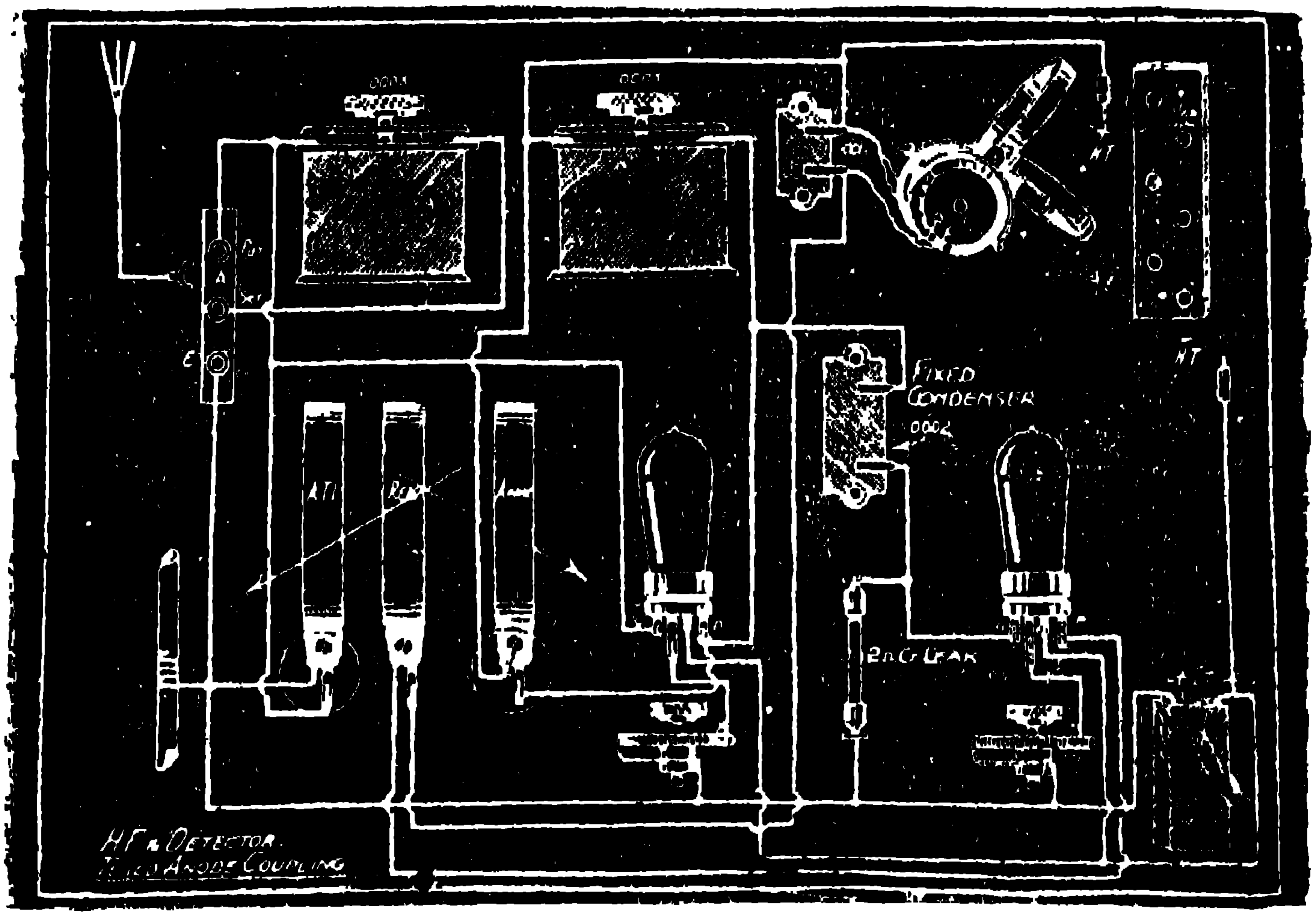


চিত্র—৬০৯

প্রথম যন্ত্রটির আবশ্যকীয় দ্রব্যের তালিকা—১। একটি '০০০৫ ভেরিয়েবল কণ্ডেন্সার ২। একটি ডবল কয়েল হোলডার ৩। একটি ৭৫ ও একটি ৫০ নং কয়েল ৪। দুইটি ভালভ সীট—৫। দুইটি ভালভ—একটি ডিটেক্টার ও অন্যটি পাওয়ার ৬। একটি গ্রিডলীক—২ মেগোম ৭। একটি গ্রিড কনডেন্সার ('০০০৩ মাইক্রোফ্যারাড) ৮। ট্র্যান্সফর্ম্মার (১ : ৩) ৯। দুইটি কনডেন্সার—'০০১ মাইক্রোফ্যারাড ১০। দুইটি ফিলামেণ্ট রিওষ্টাট ১১। নয়টি টারমিনাল ১২। দুইটি ওয়াণ্ডার প্লাগ ১৩। টেলিফোন বা লাউড স্পীকার—রেজিষ্ট্যান্স ২০০০-৪০০০ ওম আর বাক্স, প্যানেল, বেসবোর্ড, টারমিনালষ্ট্রিপ, ইত্যাদি ও (ক) হাই টেনসান ব্যাটারি (৬০—১২০ ভোল্ট (খ) লো টেনসান ব্যাটারি, ভালভ অনুযায়ী ২, ৪, বা ৬ ভোল্ট (গ) গ্রিড ব্যাটারি ১॥ হইতে ৯ ভোল্ট এবং একটি ডবল পোল থ্রো সুইচ এই যন্ত্রে ব্যবহৃত হইয়াছে, ইহা দ্বারা ইচ্ছামত একটি মাত্র ভালভ বা দুইটি ভালভই ব্যবহৃত হইতে পারে।

দ্বিতীয় যন্ত্রের আবশ্যকীয় দ্রব্যের তালিকা—

১। একটি '০০০৫ ভেরিয়েবল কণ্ডেন্সার ২। একটি '০০০৩ ৩। একটি তিন কয়েল হোলডার—বা একটি ডবল কয়েল হোলডার ও একটি সিঙ্গল কয়েল হোলডার ৪। তিনটি কয়েল—একটি ৭৫ অন্য দুইটি ৫০ ও ৪০ হইলে চলিতে পারে। (যন্ত্রে বসাইয়া কোন নম্বরের কয়েল ভাল লাগিবে ঠিক করাই বিধেয়। ৫। একটি ২ মেগোম গ্রিডলীক। ৬। একটি '০০০৩ মাইক্রোফ্যারাড কণ্ডেন্সার। ৭। দুইটি ভালভ— একটি H F অন্যটি H :F or D) ৮। দুইটি ভালভ সীট ৯। দুইটি ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্স ১০। ৮টী টার্মিনাল ১১। টেলিফোন বা হেডফোন ১২। '০০১ কণ্ডেন্সার। তার, বাক্স. প্যানেল ইত্যাদি ও (ক) হাইটেনসান ব্যাটারি ৪০।৪৫ ভোণ্ট (খ) লো-টেনসান ব্যাটারি, ভালভ হিসাবে ২, ৪ বা ৬ ভোণ্ট।



চিত্র—৬১০

তিনভালভ যন্ত্র প্রস্তুত করিতে হইলে ৬০৯ ও ৬১০ চিত্রে বর্ণিত যন্ত্রে ৬০৭ চিত্রে বর্ণিত যন্ত্র যোগ করিয়া দিতে হইবে। যেখানে ফোন বসিবার কথা সেখান হইতে ৬০৭ চিত্রের INPUT আরম্ভ হইবে। আর হাইটেনসান ব্যাটারির সঙ্গে লোটেনসানের যে ডট বা ফোটা দেওয়া লাইন টানা থাকে সেইটা সংযোজিত করিতে হইবে না। লাউড স্পীকার ভাল রকম চালাইতে হইলে ৬০৯নং চিত্রে বর্ণিত যন্ত্রের সহিত ৬০৭নং চিত্রে বর্ণিত যন্ত্র সংযুক্ত করিয়া দিলেই সর্ব্বোৎকৃষ্ট হইবে তবে যে কোন অবস্থায় ২টি ট্রান্সফর্মারের প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারীর মধ্যে সম্বন্ধ ১/২ বা ১/৩ এর অধিক না হয়, অন্যথা শব্দের বিকৃতি ঘটে।

নির্ঘণ্ট

অগ্নিস্ফুলিঙ্গ রদ ২৩৪
,, উন্মোচন কালীন ১৬৪
অগ্রতা বা লীড ২৩৪, ২৩৫
অগ্রতার কারণ ২৩৫, ২৩৭
অদৃশ্য তাপ ৪৭৯
অর্দ্ধ কণ্ডাক্টার ৫৮
অনুমান, আনবিক ২৬
,, চুম্বকত্বের ২৬, ১৪৫
,, বৈদ্যুতিক ২৭
,, সম্ভাবনের ৬৬,
,, সেলের ৮৩
অপরিচালক ৫৭
অবনতি ১৬
,, রেখা, সম ১৭
,, হীন রেখা ১৭
,, পরিবর্ত্তন ১৭
,, মান ১৮০
,, বিভিন্ন স্থানের ১৯
অস্থিতি প্রবণ সূচ ২৩
অল্টার্ণেটার ৪৪৩
অয়্যারিং ৩৬৩
,, ক্লীট ৩৬৫
,, কাষ্ঠ বা উড্ কেসিং ৩৬৫, ৩৬৯
,, কনডুইট ৩৬৫, ৩৭০
,, লেড্ কভার্ড ৩৭১
আইসো-ক্লিনিক লাইন ১৭
,, গণিক ,, ১৩
,, ডিনামিক ,, ২০
আকর্ষণ ও নিক্ষেপন বলের নিয়ম ৫৯
আপেক্ষিক উত্তাপ ৪৭৫, ৪৭৬
আপেক্ষিক গুরুত্ব ৫৭২
আভ্যন্তরিক পথে পতিত পি, ডি ১১০
আমপেয়ার ১১০
,, পাক ১৪৪
,, নিয়ম ১৩৬
আমমিটার ৩৩৭, ৩৩৮, ৩৩৯,
,, কয়েল ঘূর্ণনশীল ৩৪২
,, ডায়নামো মিটার টাইপ ৩৪৩
,, লিপি বদ্ধ কারী ৩৩৭
,, লৌহ ঘূর্ণনশীল ৭৪৩
,, হট্ অয়্যার ৩৪০
আম্পেয়ার আওয়ার মিটার ৩৩৮
আর্গ ৪৬৯
আরাগোর চাক্তি ১৬৬
আর্ম্মেচার ১৮০, ১৮৪, ২০৩
,, ক্রস কানেক্টেড ২১২
,, খাঁজ বা দাঁত বিশিষ্ট ২১৪
,, চাকতি বা ডিস্ক ২০৩, ২১৫
,, চক্রো বা ড্রাম ২০৩, ২১৩, ২২৬
,, বলয় বা রিং ২০৩, ২০৯
,, বঙ্কুর বা স্মুদ ২১৪
,, তার জড়াইবার পদ্ধতি ২১৬
আড় চুম্বকত্ব ২৩৬
আয়ন ১২৬
ই, এম, এফ, ৮১, ১০৯
,, সম্ভাবিত ১৫৫, ১৬০,
,, পরিমাপ ৩৩৪, ৪৪০
,, ব্যাক বা কাউণ্টার ২৫৪, ২৫৫
ইঞ্জিনের বৈদ্যুতিক পরীক্ষা ৪৮৮
ইনসুলেটার ৫৮

ইনসুলেসান ৩৬৪
ইনক্লিনেসান কম্পাস ৮
ইন্ডাক্সান ২৪, ৪৮
,, ইনভাস ১৫৯
,, ডাইরেক্ট ১৬০
ইনডিউসড্ কারেন্ট ১৫৩
ইলেক্ট্রোস্কোপ, গোল্ড লীফ ৬২
,, পিথ বল ৫৫
ইলেক্ট্রোড ১২৬
ইলেক্ট্রো-মিটার ১১০
,, -লাইট ১২৫
,, -লিসিস্ ১২৫, ১২৮
,, -টাইপ ১৩২
,, প্লেটিং ১৩৩
ইয়ার্ড ৪৬৫
ইয়োক ১৮৩
উৎপাদক ১৭৯
উত্তাপের উৎপত্তি স্থান- ৪৭৬
উত্তেজক ৮২
উত্তেজনা, পৃথক ১৮৩
,, স্বীয় ১৮৩
,, রাজ্য কয়েলের ১৯৩
উভয় স্পর্শ ২৯
,, একক তাপের ৪৭৫
,, অমিতন ৪৬৭
,, স্থান ৪৬৭
,, স্বতঃসিদ্ধ ৪৬৫
এক ভাব ভোল্টেজ ২৫১
একুমুলেটার ৮১, ২৮৯
এক স্পর্শ ২৮
এক্সিস্ চুম্বকের ৮
এক্লিনিক লাইন ১৭
এগনিক ,, ১৪
এডপ্টার ৩৭৪
এনার্জি মিটার ৩৩৮
এনিয়ন ১২৬
এনোড ১২৬
এফিসিয়েন্সি ২৪২
এও সেল ৩০৮
এভার সেডের ওম মিটার ৩২৭
,, ডাক্টার ৩০৩
,, মেগার ৩২৯
এব সলিউট জিরো ৪৮০
,, টেম্পারেচার ৪৮০
এরন ব্লক মিটার ৩৪৬
এরার কার্গো ২২
,, কোয়াড্রান্ট্যাল ২২
,, সেমি সার্কুলার ২২
,, হীলিং ২২
এলার্ম, ফায়ার ৩৫১
,, বার্গলার ৩৫০
এষ্টাটিক পেয়ার বা ম্যাগনেট ২৩
ওজন ৪৭১
ওভার কম্পাউণ্ড ১৯৫
,, লোড রিলীজ ২৬৭
ওম ৯৫
ওমস্ ল ১১১
ওয়াট ৪৭০, ৪৮৮
,, মিটার ৩৩৬, ৩৪৪
,, ,, লিপি বদ্ধকারী ৩৩৭
ওয়াট ও ওয়াটলেস কারেন্ট ৪৩৭
ওয়াণ্ডিং, আর্মেচার ২১৬
,, ওয়েভ ২১৯, ২২৭
,, ট্রিপ্লেক্স ২২৯
,, ডুপ্লেক্স ২২৯
,, ফর্মার ২৩০
,, বার ২৩০
,, লুপ ২২৭
,, ল্যাপ ২১৮, ২২৭
ওয়ার্ক সপ ফ্লাক্স ৩৭৫
কণ্ট্যাক্ট ব্রেকার ও মেকার, অটোমেটিক ১৬৮

কনভার্টার ৪৪৯
কণ্ডেনসার ৭০,১৬৯
কম্প্যারিজান প্রণালী ৩২১
কম্পনশীল কয়েল, রগেটের ১৪৮
কমিউটেটার ১৮০, ১৮২, ২৩০
কল ৪৭০
কলের পারকতা ৪৭১
কয়েল, প্রাইমারী ১৫৯, ১৬৭
,, সেকেণ্ডারী ১৫৯, ১৭০
,, সম্ভাবন হীন ১৬৬
,, ইণ্ডাকসান—ভাইব্রেটিং ১৬৭
,, ,, নন্ ভাইব্রেটিং ১৭২
,, চোকিং ৪৩৯
কাজ ৪৬৯
কারেণ্ট ১৮০
,, এডি বা ফুকো ১৬০,২০০
,, অলটারনেটিং বা পরিবর্তনশীল ২০৫
,, কণ্টিনিউয়াস ২০৬
,, পালসেটিং ২০৬
,, সরবরাহ ৪১৭, ৪৬০
কাট আউট, ফিউজ ৩৭৩
,, ,, ম্যাক্সিমাম ৩১৩
,, ,, মিনিমাম ৩১৩
ক্যাথোড্ ১২৬
ক্যালরী ৪৭৫
কুলম্ব ৬০
,, মিটার ৩৩৮
কেজ স্কুইরেল ৪৫৫
কেটিয়ন ১২৭
কোয়ণ্টিটি মিটার ৩৩৮
কো এফিসিয়েণ্ট অব ফ্রিকশান ৫৭৩
ক্যাণ্ডল পাওয়ার ৩৭৭
ক্রম গমন ৪৮২
ক্রস্ ম্যাগ্নেটিজম্ ২৩৬
খাঁজ, খোলা, বন্ধ, প্রায় বন্ধ ২১৪
গতি ৪৬৮
গতি পরিবর্তন ৪৬৮
গতিদ ২৫৩
গতির হ্রাস বৃদ্ধি. সাণ্ট মোটরের ২৬৩
গলন বা মেল্টিং ৪৭৭, ৪৭৮
,, এর প্রবাহ ১০৫
গাঢ়তা বা ঘনতা ৪৭১
গ্র্যাম ৪৬৪
গিল্ডিং বা গিল্টি করা ১৩৩
গেজ, অয়ার মেণস্ ক্যালকুলেটিং ১০৭
,, তারের ১০৩
গ্যালভানোস্কোপ ৩১৪
গ্যাল্ভানোমিটার ৩১৪
,, অধিক বাধা বিশিষ্ট ৩১৯
,, আর্টন ও ম্যাথাব ৩১৯
,, কেলভিনের মিরার ৩১৭
,, ট্যানজেণ্ট ৩১৪
,, ডিপ্রেজ ও ডি'আবসনভ্যাল ৩১৯
,, বল্লিসটিক ৩২০
,, মুভিং কয়েল ৩১৮
,, সাইন্ ৩১৫
,, সাধারণ ৩১৬
ঘনীভবন বা কণ্ডেনসেসান ৪৭৭, ৪৭৮
ঘর্ষণ বা ফ্রিক্সান ৪৭২
ঘূর্ণন গতি পরিবর্তন. ড্রাইনামোর ২৪৯,২৫১
,, ,, ,, মোটরের ২৭২
চলন ৪৬৭
চার্লস-ল ৪৭৯
চাপ বা প্রেসার ৫৩, ৪৭২
চাপ পরিবর্তন হার ৪৮০
চাপমান বা ব্যারোমিটার ৪৭২
চার্জ, +, −, ৫৪
চুম্বক ও চুম্বকত্ব ৬
,, ধর্ম্ম ৭
,, দৈর্ঘ্য ৮
,, করণের কল ৩৩
,, বল ও চুম্বকীভবন ৪৩

চুম্বক করণ চক্র ৪৮
,, টান •২
,, নাশন ৫১
,, করণ পদ্ধতি ২৮
,, ,, ,, ভূ-চুম্বক দ্বারা ২৯
,, ,, ,, বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা ৩১
,, বলের নিয়ম ১০
,, পথ রোধ ৩৯
,, নাশক ফাঁস ২৩৬
,, বৈদ্যুতিক ৩১,১৪৩
,, ,, নিয়ম ৩২
,, বল ১৩৬
,, রাজ্য ৩৯-৪১
চুম্বকত্ব, অবশিষ্ট ৪৯
,, নাশ ৩২
,, ,, প্রয়াস ৪৬
চোর প্রভৃতি গৃহে প্রবেশ সঙ্কেত ৩৫০
জাংসান বক্স ৩৬৮
জুল ৪৭০
জুলস্-ল ১২০
জেনারেটার ১৭৯, ৪৪৬
টর্চ লাইট ১২২
টারবাইন ৪১২
টেম্পারেচার ৫৩
,, কোইফিসিয়েন্ট ৯৮
টেলিগ্রাফ ৩৫২
,, ডুপ্লেকস্ ৩৫৫
টেলিফোন্ ৩৫৭,৩৬১
টেলিফোনে ডাকিবার উপায় ৩৬১
ট্রান্সফর্মার ৩৪২, ৪৩৪
ডাই-ইলেক্ট্রিক ৭১
ডাইন ৪৬৯
ডায়নামো ১৭৯
,, আদিম কার্য্যাবলী ১৮১
,, ই, এম, এফ, হিসাব ২৪০
,, ইন্টার পোল্ ২৩৯
ডায়নামো কম্পাউণ্ড ১৮৪,১৯৪
,, সান্ট ১৮৪,১৯১
,, সিরিজ ১৮৪,১৮৮
,, রোজেন বার্গ ১৫১
,, 'র রোগ ২২৪
ডায়গ্রাম, এণ্ড ভিউ ২১৭
,, ডেভালাপ্ড ২১৭, ২২৯ ২৩০
,, র‍্যাডিয়াল ২১৭, ২২৭
ডায়া ম্যাগনেটিজম্ ১৪৬
ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড, ফারেনহিট্ রোমার ৪৭৪, ৪৭৫
ডিপোলারাইজার ৮৩
ডিপোলারিজেসান্ ৮৬
ডিফারেন্সাল প্রণালী ৩৫৬
ডিম্যাগনেটাইজিং বেল্ট ২৩৬
ডেড অয়ার বা মৃত-তার ২১২
তপ্ততা ৪৩, ৪৭৪
,, মান বা থার্মোমিটার ৪৭৬
তাপ ৪৭৪
,, ধারণ ক্ষমতা ৪৭৬
,, বল বিজ্ঞান ৪৮১
তাপের ফল ৪৭৬
তার, আর্মেচার কয়েলের ২৩০
,, খাটান ২৬৩
,, ,, কাষ্ঠের কেসিংদ্বারা ৩৬৯
,, ,, ক্লীট ,, ৩৬৫
,, লোহের পাইপ,, ৩৭০
,, ,, সীসার,, ,, ৩৭৫
,, জলমগ্ন বা সাব্‌মেরিণ ৩৫৭
,, টেলিগ্রাফের ৩৫৬, ৩৫৭
,, ফ্লেক্সিবল্ ৩৭৫
তালিকা, ওজন ৪৬৬
,, দৈর্ঘ্য ৪৬৬
,, বাধা ৯৬
,, গুণক ১০৬
,, ধারান্তকরণ ৪৬৭

তালিকা সময় ৪৬৬
,, সেল
,, তারের গেজ
তুলনা, সিরিজ ও সান্ট মোটরের ২৬৯
থার্ম্মোষ্ট্যাট্ ৩৫১
দক্ষিণ হস্ত নিয়ম ১৫৩
দিঙ্ নির্ণয় যন্ত্র ২০
দোষ, টেলিগ্রাফ লাইনের ৩৫৭
ধাক্কা ৪৬৮
ধারণ ক্ষমতা ৬৯
,, ,, গোলকের ৬৯
,, সামর্থ্য ৪৫
নন কণ্ডাক্টার ৫৮
নাল প্রণালী ৩৪২
নাসট ল্যাম্প ২৬২
নিষ্ফল স্থান বা নিউট্রালজোন ২৩৪
নেতৃ প্রস্তুর ৬
নো ভোল্ট রিলীজ ২৬৬
পরিবর্ত্তক বা ট্রান্সফরমার ১৭২, ৪৩২
পরিচালক বা কণ্ডাক্টার ৫৭, ৫৮
পরিমাণ মাপক ৩৪৬
,, সম্পর্কীয় নিয়ম ১২৯
পরিমাপক যন্ত্রাদি ৩৩৭।
পরিমাপ
পরীক্ষক যন্ত্র ৩১৪
পয়েণ্ট ৩৭৩
পশ্চাৎ ভবন, ব্রাসের ২৭১
,, ,, ফাঁস ৫১
,, ,, রেখা ৫০
পাউণ্ড ৪৬৬
পাউণ্ড্যাল ৪৬৯
পাওয়ার ফ্যাক্টর ৪৪১
পার্মি এবিলিটি ৩৯
পারকতা ২৪২, ২৪৩ ২৬০
,, ডায়নামোর ২৪২—২৪৪
,, মোটরের ২৫৮—২৬০
পিচ, সংযোজনের ২১৭
,, ক্রণ্ট ২১৭
,, ফরওয়ার্ড ৩১৭
,, ব্যাক্ ২১৭
,, ,, ওয়ার্ড ২১৭
পিচ্ছিল পদার্থ— ৪৭৪
পি, ডি, ১২৯
পুস্ ৩৪৮
পোটেনসিওমিটার ৩৩২, ৩৩৬
পোটেনস্যাল ৫৪, ৬০
পোল ৮
পোলারিজেসান্ ৮০, ৮৩, ৮৫
পোষ্টাফিস বক্স ৩২৪
পৃথক স্পর্শ ২৯
প্যাঁচের তালিকা ৪৯০
প্যারাম্যাগনেটিজম্ ১৪৬
প্রতিক্রিয়া, আর্মেচারের ১২৫, ১৮৭, ২১০
প্রবাহ ৭৮, ১১০
,, কৌণিক ১৪৮
,, পরিমাপ ১৩২, ৩৩৬, ৪৪০
,, বাড়তি বা একস্ট্রা ১৬৩
,, সমান্তরাল ১৪৭
,, সম্ভাবিত ১৫৩
,, পরিবর্ত্তনশীল ২০৫, ৪২৭
,, সমভাব ২০৬, ২০৯
,, স্পন্দন শীল ২০৬
প্রবাহের উপর চুম্বকের ফল ১৪৯
,, চুম্বক রাজ্য ১৩৮, ১৪১, ১৪২
প্রবাহ দ্বারা চুম্বকের ঘূর্ণন ১৩৮
প্রবাহন ৪৮২
প্রসারণ ৪৮২
প্রাখর্য্য, চুম্বকী ভবনের ৪৩
প্রাথমিক সাহায্য ।৶০-।৵০
প্রেরণ ক্ষমতা ৩৯, ৪৫, ৪৭
প্লক প্লেন ৭৫
প্লাগ ৩৭৪

প্লাগ, রাওয়াল ৩৬৭
,, লো-টেনসান্ ১৬৩
ফায়ার ইণ্ডিকেটার ৩৫১
ফিউজ ৩৬৮, ৩৭৩
ফিউজিং কারেণ্ট ১০৫
ফিল্ড কয়েল ২০১
ফীডার ৩৭২
ফু-পা-সে প্রণালী (F.P.S. system) ৪৬৭
ফেজ ডিফারেন্স ৪৩৪
ফ্যারাড ৬৯
,, মাইক্রো- ৬৯
ফ্রিজিং পয়েণ্ট ৪৭৮
ফ্লাক্স ও ফ্লাক্স ডেনসিটি ৩৬, ৪৪
ফ্লাশ পয়েণ্ট ৪৮৪
ফ্লাসার ৩৮২
,, থার্ম্মাল ৩৮৩
,, মোটর চালিত ৩৮৩
বল ৪৬৯
বলরেখা, চুম্বক ৩০
,, ,, সংখ্যা. মেরুর ৩৫
,, রাজ্য ৩৪
,, বিহীন স্থান ৪১
বয়েলস্-ল ৪৭৯
বয়েলিং পয়েণ্ট ৪৭৮
বাতি ৩৭৬
বাধা ৯৫
,, কার্ব্বন ও অপরিচালকের ৯৯
,, মিশ্রধাতুর ৯৮
,, পরিবর্ত্তনীয় ১৯৩
,, পরিমাপ ৩২০
,, ,, গুরু ৩২৪, ৩৩৫
,, ,, লঘু ৩২৫, ৩৩৫
,, বস্তুগত ৯৫
, হিসাব ১০০
বাধার নিয়ম ৯৫
,, উপর তাপের ফল ৯৭
বামহস্ত নিয়ম ১৫০
বালে ার চক্র ১৫১
বাষ্পীভবন বা ভেপোরিজেসান্ ৪৭৭, ৪৭৮
বিদ্যুৎ ২, ৩
,, সৃজন ৫৪
,, স্বাধীন ৬৮
,, বদ্ধ ৪৮
,, স্থানীয় বা ঘর্ষণজাত ৫৩
,, মাপক ৩৩৮
,, উৎপাদক যন্ত্র ৭৭
,, চালক বল ১০৯
,, এর আবাস ৭৪
,, রকম ও কার্য্যাবলী ৫৮
বিরাগ ১৩, ১৪, ১৫, ১৬
বিরাগমান ১৫
বিস্তারণ হার ৪৭৭
,, দ্বারা কার্য্য ৪৮১
বিরূপবর্গ নিয়ম ১০, ৩৫, ৩৭
বিশেষত্ব রেখা ১৯৫, ১৯৬
বুষ্টার ৪২৬
,, রিভার্সিবল ৩০৮
বেগ ৪৬৭
বেড প্লেট ১৮০
বেল ৩৪৮
,, কণ্টিনিউয়াস রিঙ্গিং ৩৪৯
,, পোলারাইজড বা ম্যাগ্নেটো ৪৯
বৈদ্যুতিক উনান ১২২
বৈদ্যুতিক অবরোধ ৭৪
,, জড়তা ১৫৬
,, শক্তি ব্যবহার, আলোকরূপে ৩৭৬
বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট ৩৩৮
ব্যাটারি ১১৬-১১৮
,, ভাসমান ১৪২, ১৫২
,, সুইচ ৩১০
ব্যাক-টারনস্ বা বিপরীত পাক ২৩৬
ব্রাস বা বুরুষ ১৮০, ২৩১-২৩২

ব্রাস হালডার ২৩২
,, রকার ২৩২
ব্রাক ৩৭২
ব্রিজ মেগার ৩৩০
ব্রিজ সিষ্টেম ৩৫৫
ব্রিজিং ৩৭০
ব্রিটিশ থার্ম্মাল ইউনিট ৪৭৫
ব্রেক স্পার্ক ১৬৪
ব্রেকটেষ্ট ৪৮০, ৪৮৮
ভল্টামিটার ১২৬
ভূ-চুম্বকত্ব ১২
ভোল্টমিটার ১১০, ৩৩৭-৩৩৯
,, কয়েল ঘূর্ণনশীল ৩৪২
,, হট ওয়ার ৩৪০
,, লিপিবদ্ধকারী ৩৩৭
,, লৌহ ঘূর্ণনশীল ৩৪৩
,, ডায়নামোমিটার টাইপ ৩৪৩
ভোল্টেজ পতন ১৮৭
মধ্যাকর্ষণ ৪৭১
মর্স প্রণালী ৩৫৩
,, প্রিন্টার ৩৫৪
,, সাউণ্ডার ৩৫৪
মাইক্রোম ৯৫
মাইক্রোমিটার ১০০
মাইক্রোফোন ৩৫৯
মিটার
মেরু ৮
,, কন্সিকোয়েন্ট ৪১
,, দণ্ড ৮
,, খণ্ড ২৬
,, সৃজন ৪২
মেরুর স্থান ৯, ১১
,, কার্য্যাবলী ৯
মেনসুরেসান টেবল ৪৯০
মেল্টিং পয়েন্ট ৪৭৮
মেগাওয়ার ৯৭
মেন ৩৭২
মো (Mho) ৯৭
মোটর ২৫৩
,, ইণ্ডাকসান ৪৫৩
,, কমিউটেটার ৪৫২
,, কম্পাউণ্ড ২৬১
,, সান্ট ২৬২
,, সিরিজ ২৬১
ম্যাক্সিমাম ডিমাণ্ড ইণ্ডিকেটার ৩৩৮, ৩৪৭
ম্যাগনেট ৬
ম্যাগনেটিক ইকোয়েটার ১৭
ম্যাগনেটো ১৭৩
,, লো-টেনসান্ ১৭৫
,, পোলার ইনডাক্টার ১৭৬
,, রোটেটিং আর্ম্মেচার ১৭৬
,, স্লিভ ইনডাক্টার ১৭৭
,, হাই-টেনসান ১৭৫
রক্ষক ২৬
রক্ষণ ক্ষমতা ২৫
রাজ্য কয়েল ২০১
রাজ্য চুম্বক ৩৩, ১৮৩
,, ,, কন্সিকোয়েন্ট মেরু ১৯৭
,, ,, এর মেরু খণ্ড ১৯৯
,, ,, ,, সংখ্যা ১৯৮
,, তেজ ৪৩
রাজ্যের সহিত ব্রাসের সম্বন্ধ ১৮৫
রি-অষ্ট্যাট ১৬৮
রি-য়্যাক্সান ১৬৫, ১৬৬
রিটার্ণ ১৬৭
রীলে ৩৫০, ৩৫৪
রেখা, চুম্বক করণ ৪৪
,, চুম্বকী ভবন ৪৬
,, সম্ভাবন ৯৪
রেজিষ্ট্যান্স ৯৫
রেগুলেটার ১৯৩, ১৯৪, ২৬৬
,, অটোম্যাটিক্ সান্ট ২৫১

রেগুলেটার, সিরিজ ২৬২
রেস করা ২৪৮
লাইন অব ম্যাগনেটাইজেসান ৪৪
„ „ ইন্‌ডাকশান্ ৪৪
লীড ৩৩৭
লীডেন জার ৭৬
লেড্ কভারিং বা সীসার পাইপ ৩৬৫
লেঞ্জেস্-ল ১৬৫
লেভেল ৫৩
লোক্যাল একসান্ ৮৬
লোড ষ্টোন ৬
ল্যাম্প ৩৭৬
„ আর্ক- ৩৭৬, ৩৮৪
„ ইন্‌কেণ্ডিসেণ্ট ফিলামেণ্ট ৩৭৭
„ কার্ব্বন „ ৩৭৭, ৩৮৪
„ মেটাল „ ৩৭৭, ৩৮৪
„ শীল্ড ৩৭৬
„ ক্যাপ—স্ক্রু ৩৭৯
„ „ গলায়াৎ ৩৭৯
„ „ বায়নেট ৩৭৯
„ গ্যাস ফিল্ড ৩৭৮, ৩৮৪
„ প্লাটলট্‌ ২৪৮
„ বায়ু সংস্পর্শিত ৩৭৬
„ ব্র্যাকেট ৩৭৯
„ ভ্যাকুয়াম ৩৭৮
„ শেড্ ৩৮০
„ ষ্ট্যাণ্ড ৩৮০, ৩৮১
„ হাফ ওয়াট ৩৭৮, ৩৮৪
„ হোল্ডার ৩৭৯
ল্যামিনেটেড বাহুর অসুবিধা ২০১
ল্যামিনেসান ২০০
শক্তি ২, ৩, ৪৭০
„ কাইনেটিক ৩, ৪৭০
„ পোটেনস্থাল ৩ ৪৭০
„ মাপক ৩, ৪, ৬
„ রাসায়নিক ৪
শক্তির অবস্থান্তর ৪
শ্লাইড রেল ১৮০
ষ্টার্টার ২৬২, ২৬৫
ষ্টার্টিং টর্ক ২৬৯
„ বাধা ২৬৮
সংহার বল ৪৯
সংযোজক ২৬
সংযোজন, সিরিজ ১১১
„ প্যারালাল ১১২
„ কম্পাউণ্ড ১১৬
„ ব্রাসের প্যারালাল ২২৫
সমবদলি, রাসায়নিক ১৩০
„ বিদ্যুৎ „ ১৩০
সমবলরেখা ২০
সম বিরাগ রেখা ১৩
„ তাপাবস্থা ৪৮১
„ তপ্ততাবস্থা ৫৮১
সর্ট সার্কিট ৪০৫
সম্ভাবন ২৪, ৪৮, ৪৩০
„ ভূচুম্বক দ্বারা ২৯, ১৬৬
„ চুম্বক „ ১৫৭
„ কয়েল ১৫৯
„ ফাঁসের মধ্যে ১৫৪
„ অনুরূপ ১৬০
„ বিরূপ ১৫৯
„ স্বীয়, ১৬১
„ ক্ষমতা, বস্তুগত ৭২
„ „ মধ্যগের ৩৬
„ হানিকর ২৫
সাইন কার্ভ ২০৫
সাধিত কার্য্য, মোটরের ২৫৭
সাব ফীডার ৩৭২
„ মেন ৪৭২
সাংকেতিক বৈদ্যুতিক চিহ্ন ৬০
সাবষ্টিটিউসান প্রণালী ৩২১
সার্কুলার মিল ১০১

শাণ্ট	১১৩
,, বক্স	১১৫
সিলভারিং	১৩৪
সিলিং রোজ	৪৭৪
সিঙ্গল নিউক্ল প্রণালী	৩৫৩
সুইচ	৩৭৪
সুচারু সংযোগ	১১৯
সূচ কম্পাস	৭
সেণ্টি-গ্র্যা-সে বা সি, জি, এস, সিষ্টেম	৪৬৬
সেল	৮০
,, ওয়েষ্টন	৯৪
,, প্রাইমারী	৮১
,, সেকেণ্ডারী	৮১
,, সাদা সিধা	৮৩
,, ক্লার্ক	৯৩
,, ডানিয়েল	৮৮
,, বুনসেন	৬৯
,, বাইক্রোমেট	৯১
,, লেকল্যাঙ্ক	৯০
,, শুষ্ক	৯০
,, হেলসেন	৯১
সেলের পরমায়ু	৮১
সেলের পরিচালক	৮২
,, তালিকা	৮১
সেণ্ট্রাল কারেণ্ট সিষ্টেম	৩৬১
স্কয়াব মিল	১০০
স্ক্রু-নিয়ম	১৪০
স্থান পরিমাপ	৪৬৭
স্থায়ী চুম্বক	২৫
স্থিতি	৪৬৭
স্মিথসোনিয়ান টেবল	৪৯১, ৪৯৬
হর্স পাওয়ার	৪৭০, ৪৮৫
,, ,, ইণ্ডিকেটেড	৪৮৬
,, ,, একচুয়াল	৪৮৬
,, ,, ব্রেক	৪৮৫
,, ,, ও ইঞ্জিন	৪৮৫
,, ,, ,, সিলিণ্ডার	৪'৯
হিষ্টেরেসিস	৫১
হোল্ডার	৩৭৯, ৩৮০
হ্যামিলটন পোল	৩৭৯
হুইটষ্টোন ব্রিজ	৩২২
ক্ষণিক চুম্বক	৪৫
ক্ষমতা	৪৭০
,, বৃদ্ধি, অ্যামমিটার-ভোল্ট মিটার	৩৪০

সমাপ্ত।