সরল বিজ্ঞান

[নবম ও দশম শ্রেণীর জন্য]

কে. জি. মজুমদার, এম্. এস্-সি.
আশুতোষ কলেজের পদার্থ-বিদ্যার সিনিয়র প্রফেসর; বি. এস্-সির 'Text-Book on Light (Pass & Hons.)' ও 'Practical Physics (Pass & Honours)'-এর; 'Studies in Pre-University Physics' ও 'Higher Secondary Physics Made Easy' প্রভৃতি গ্রন্থ-প্রণেতা,

বিজয়কালী গোস্বামী, এম্. এস-সি.
[illegible] ইউনিভার্সিটির রসায়ন শাস্ত্রের অবসরপ্রাপ্ত অধ্যাপক;
নরেন্দ্রপুর রামকৃষ্ণ মিশনের রসায়ন শাস্ত্রের অধ্যাপক;
'রসায়নের গোড়ার কথা' (১ম, ২য় ও ৩য়),
'ব্যবহারিক রসায়ন' প্রভৃতি গ্রন্থ-প্রণেতা

ও

ডাঃ নীরজমোহন বসু, এম্. এস-সি; এম্. বি.
সিটি কলেজের প্রাণিবিদ্যা বিভাগের প্রধান

প্রণীত

বি. বি. ব্রাদার্স এণ্ড কোং
১৬।১, শ্যামাচরণ দে
কলিকাতা—১২।

প্রকাশক :
শ্রীসুশীলকুমার বসু, বি. এ.
বি. বি. ব্রাদার্স এণ্ড কোং
১৬।১, শ্যামাচরণ দে স্ট্রীট,
কলিকাতা—১২।

প্রথম সংস্করণ—ডিসেম্বর, ১৯৫৬

ব্রাঞ্চ
বি. বি. ব্রাদার্স এণ্ড কোং
কলেজ হোস্টেল রোড,
গৌহাটী, আসাম

প্রিণ্টার—
শ্রীসমরেন্দ্রভূষণ মল্লিক
বাণী প্রেস
১৬, হেমেন্দ্র সেন স্ট্রী
কলিকাতা-৬

ভূমিকা

প্রথম সংস্করণ

মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ কর্তৃক, 1936 হইতে সাধারণ বিজ্ঞানের নূতন পাঠ্যস্থচী নির্ধারিত হইয়াছে। ইহা আবশ্যিক পঠনীয় বিষয় এবং ইহার জন্য 1956 হইতে যে স্কুল ফাইন্যাল পরীক্ষা হইবে তাহাতে 100 নম্বর স্থিরীকৃত হইয়াছে। নূতন পাঠ্যস্থচী অনুযায়ী এই পুস্তক নবম ও দশম শ্রেণীর স্কুল ফাইন্যাল ও উচ্চ মাধ্যমিক ছাত্রছাত্রীদের জন্য লিখিত হইল। বিষয়বস্তুগুলি খুব সরল ভাষায় লিখিত হইয়াছে এবং যথাসম্ভব চিত্রসম্বলিত করা হইয়াছে। আমরা আশা করি যে, যে উদ্দেশ্যে এই পাঠ্যস্থচী নির্ধারিত হইয়াছে তাহা এই পুস্তকদ্বারা সাধিত হইবে। পুস্তকখানি খুব দ্রুত বাহির করিতে হইয়াছে, এজন্য কিছু ভুলত্রুটি থাকা সম্ভব—যদিও এই বিষয়ে যথেষ্ট সতর্কতা অবলম্বন করা হইয়াছে। শিক্ষক মহোদয়ের কাছে আমাদের বিনীত অনুরোধ যে, যদি কিছু ভুলত্রুটি তাঁহাদের গোচরে আসে তাহা আমাদিগকে জানাইলে খুবই বাধিত থাকিব। ইতি

কলিকাতা

গ্রন্থকারত্রয়

সূচীপত্র

প্রথম খণ্ড (নবম শ্রেণীর জন্য)

পদার্থবিদ্যা

অবতরণিকা

বিষয়	পৃষ্ঠা
পদার্থ ও তাহার ধর্ম (i) ; একক (ii)	(i)—(iv)

প্রথম অধ্যায় (বল-বিজ্ঞান)

কার্য করিতে কষ্ট হয় কেন (1) ; কার্য সহজ করিবার যন্ত্র (5) ; মহাকর্ষ ও নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র (11) ; উপগ্রহগুলির গ্রহের চতুর্দিকে প্রদক্ষিণ (13) ; কৃত্রিম উপগ্রহ (14) ; জোয়ার-ভাটা (16) ; অব্‌জেক্‌টিভ্‌ প্রশ্ন (18) ; প্রশ্নাবলী (21).	1—24

দ্বিতীয় অধ্যায় (আলোক-বিজ্ঞান)

আলোকের ঋজুগতি (25) ; ছায়া, প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া (27) ; সূর্যগ্রহণ ও চন্দ্রগ্রহণ (28) ; আলোকের নির্দিষ্ট বেগ (31) ; আলোকের প্রতিফলন ও তাহার নিয়ম (32) ; প্রতিবিম্ব—সদ্‌ ও অসদ্‌ বিম্ব (34) ; সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব গঠন (35) ; সরল পেরিস্কোপ (36) ; গোলীয় দর্পণ (37) ; গোলীয় দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন (39) ; সমতলে আলোকের প্রতিসরণ (41) ; গোলীয় লেন্স (43) ; লেন্সের দ্বারা প্রতিবিম্ব গঠন (45) ; মানুষের চোখ (48) ; সরল ও যৌগিক অণুবীক্ষণ (49) ; নভোবীক্ষণ (50) ; প্রিজম (51) ; আলোর বিচ্ছুরণ ও বর্ণালী (52) ; অব্‌জেকটিভ্‌ প্রশ্ন (54) ; প্রশ্নাবলী (56).	25—61

তৃতীয় অধ্যায় (তাপ-বিজ্ঞান)

তাপের উৎস (62) ; তাপের ফল (63) ; তাপ ও উষ্ণতা (64) ; তাপমান যন্ত্র (65) ; পারদ থার্মোমিটার নির্মাণ ও অংশাঙ্কন (65) ; সিক্সের গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার (67) ; ডাক্তারী থার্মোমিটার (68) ; কঠিনের প্রসারণ (69) ; কঠিনের প্রসারণের ব্যবহারিক প্রয়োগ (71) ; তরলের প্রসারণ (72) ; গ্যাসের প্রসারণ (73) ; বায়ুপ্রবাহ, জলবায়ু ও স্থলবায়ু (74) ; পদার্থের অবস্থান্তর (75) ; গলন ও কঠিনীভবন (76) ; বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন (78) ; বাষ্পায়নে শৈত্যের উৎপত্তি (80) ; তাপ সঞ্চালন (81) ; তাপ সঞ্চালনের ব্যবহারিক দৃষ্টান্ত (83) : অবজেক্‌টিভ প্রশ্ন (85) ; প্রশ্নাবলী (87).	62—91

বিষয় পৃষ্ঠা

রসায়ন-বিদ্যা

চতুর্থ অধ্যায় (রাসায়নিক বিক্রিয়া-সমূহ)

অম্ল, ক্ষারক ও লবণ (92); সাধারণ লবণ, সোডিয়াম কার্বনেট্, কষ্টিক সোডা ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (96) ; নাইট্রোজেন চক্র (97) ; সার-সমূহের উৎপাদন (101) ; চুনের উৎপাদন (102) ; খরজল, মৃদুজল ও খরজলের মৃদুতা সম্পাদন (105) ; অবজেক্‌টিভ প্রশ্ন (109) ; প্রশ্নাবলী (111). 92—114

জীববিদ্যা

পঞ্চম অধ্যায় (ব্যাঙ ও মাছের গঠন)

ব্যাঙের বহিরঙ্গ (115) ; ব্যাঙের পৌষ্টিকতন্ত্র (117) ; রক্তসংবহনতন্ত্র (118) ; শ্বসনতন্ত্র (121) ; নার্ভতন্ত্র (122) ; রেচনতন্ত্র (124) ; জননতন্ত্র (125) ; ব্যাঙের জীবন-বৃত্তান্ত (126) ; মাছের বহিরাঙ্গ (127) , ভেট্‌কিমাছের পৌষ্টিকতন্ত্র (129) ; রক্তসংবহনতন্ত্র (130) ; শ্বসনতন্ত্র (131) ; স্নায়ুতন্ত্র (132) ; রেচনতন্ত্র (133) ; জননতন্ত্র (133) ; জীবন-বৃত্তান্ত (134) ; অবজেক্‌টিভ প্রশ্ন (134) ; প্রশ্নাবলী (135). 115—136

ষষ্ঠ অধ্যায় (মানবদেহ)

রক্ত (137) ; মানুষের হৃৎপিণ্ড ও দেহে রক্ত-সংবহন (138) ; নাড়ী (140) ; মানুষের পৌষ্টিকতন্ত্র (141) ; খাদ্যের পরিপাক ক্রিয়া (143) ; খাদ্য (146) ; অবজেক্‌টিভ প্রশ্ন (151) ; প্রশ্নাবলী (152). 137—152

দ্বিতীয় খণ্ড (দশম শ্রেণীর জন্য)

পদার্থবিদ্যা

প্রথম অধ্যায় (শব্দবিজ্ঞান)

শব্দ-সংক্রান্ত কয়েকটি রাশি (155) ; শব্দের উৎপত্তি (155) ; শব্দের বিস্তারের মাধ্যম (158) ; শব্দের প্রতিফলন (158) ; শব্দের প্রতিধ্বনি (159) , মানুষের কর্ণ (161) ; অবজেক্‌টিভ প্রশ্ন (163) ; প্রশ্নাবলী (164). 155—164

বিষয় পৃষ্ঠা

দ্বিতীয় অধ্যায় (তড়িৎ-বিজ্ঞান)

ইলেকট্রনীয় মতবাদ (165); তড়িৎপ্রবাহ ও উহার উৎপত্তি (166); প্রবাহমাত্রা ও পরিবাহীর রোধ (168); সরল ভোল্টীয় কোষ (169); ড্যানিয়েল কোষ (170); লেক্লানস্ কোষ (170); নির্জল কোষ (171); সঞ্চয়ক কোষ (172); তড়িৎপ্রবাহের ফল (173); তড়িৎ-চুম্বক (176); বৈদ্যুতিক ঘণ্টা (176); চুম্বকের উপর বিদ্যুৎপ্রবাহের ক্রিয়া (178); বিদ্যুৎপ্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া (179); বিদ্যুৎশক্তির ব্যবহারিক প্রয়োগ (180); বৈদ্যুতিক পাখার রেগুলেটর (182); তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ (183); তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশের পরীক্ষা (183); ইলেকট্রিক টেলিগ্রাফ (186); টেলিফোন (190), অব্জেকটিভ্ প্রশ্ন (191); প্রশ্নাবলী (193). 165—195

রসায়ন-বি...

অবতরণিকা

ধাতু ও অধাতুর পার্থক্য (196); প্রশ্নাবলী (201)। ... 196—201

তৃতীয় অধ্যায় (লৌহ ও ইস্পাত)

লৌহের অবস্থান (202); লৌহ নিষ্কাশন (203); বিশুদ্ধ আয়রনের ধর্ম (205); লৌহের প্রকারভেদ (207); ইস্পাতের পণ্য উৎপাদন (208); তিনপ্রকার লৌহের তুলনা (210); বিভিন্ন প্রকার লৌহের ব্যবহার (211); প্রশ্নাবলী (212). 202—213

চতুর্থ অধ্যায় (কপার বা তাম্র)

তামার অবস্থান (213); তামার নিষ্কাশন (214); তামার ধর্ম; (218); তামার ব্যবহার (219); তামার সংকর (220); প্রশ্নাবলী (220). 213—220

পঞ্চম অধ্যায় (অ্যালুমিনিয়াম)

অ্যালুমিনিয়ামের অবস্থান (221); অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশন (222); ; অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম (224); অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার (227); প্রশ্নাবলী (228). 221—229

ষষ্ঠ অধ্যায় (জিঙ্ক বা দস্তা)

জিঙ্কের অবস্থান (229); জিঙ্কের নিষ্কাশন (230); জিঙ্কের ধর্ম (232); জিঙ্কের ব্যবহার (234); জিঙ্কের সংকর (235); প্রশ্নাবলী (235). 229—236

বিষয় পৃষ্ঠা

জীববিদ্যা ও স্বাস্থ্য

সপ্তম অধ্যায় (অ্যামিবা, স্পাইরোগাইরা, ফার্ণ ও ঈষ্টের জীবন-বৃত্তান্ত)

অ্যামিবা (237) ; স্পাইরোগাইরা (240) ; ফার্ণ (242) ; ঈষ্ট (244) ; অব্‌জেক্‌টিভ্‌ প্রশ্ন (247) ; প্রশ্নাবলী (248). 237—249

অষ্টম অধ্যায় (অভিব্যক্তি, বংশগতি ও অভিযোজন)

অভিব্যক্তি (250) ; বংশগতি (256) ; অভিযোজন (257) ; অব্‌জেক্‌টিভ্‌ প্রশ্ন (261) ; প্রশ্নাবলী (261). 250—261

নবম অধ্যায় (সাধারণ রোগ ও মহামারী)

রোগ সংক্রমণ ও তাহার প্রতিরোধ (262) ; বায়ুবাহিত সংক্রামক ব্যাধি (264) ; জলবাহিত রোগ (266) ; পতঙ্গবাহী রোগ (273) ; দেহের সংস্পর্শজনিত রোগ (277) ; অব্‌জেক্‌টিভ্‌ প্রশ্ন (278) ; প্রশ্নাবলী (280) 262—280

—

Board of Secondary Education

Syllabus in General Science

CLASS IX

Objective : Same as in Class VII

A. MECHANICS :	
1. What makes work hard ; weight, friction, inertia.	
2. General notion of gravitation, Newton's Law of attraction. Simple explanation of movement of Moon and of artificial satellites. Simple explanation of tides.	
3. Simple machines to make work easier ; inclined plane : lever, pulleys. (Simple pulleys).	Demonstration, experiments with inclined plane, pulleys.
B. LIGHT :	
1. Light travels in a straight line ; shadows ; eclipses.	Construction of a pinhole camera.
2. Light travels with finite velocity (simple statement) ; Light from the sun takes 8 mins. to reach us. Light travels faster than sound. Lightning is seen before thunder is heard.	
3. Reflection of light at plane and spherical mirrors ; convex and concave (Focus and focal length). Real and virtual images (no mathematical formulae).	Construction of a periscope. Formation of images by mirrors.
4. Refraction ; convex lens. Focus and focal length (no mathematical formulae)	Experiments on refraction through glass and water. Formation of images by lenses.

5. The eye as a lens (simple explanation).	Demonstration of principal parts of telescope and of simple and compound microscopes. Demonstration of model of an eye.
6. The Prism, Dispersion of colours.	Use of prism to show formation of spectrum.
C, HEAT.	
1. Main sources of heat : Sun, mechanical action (friction), chemical reactions (burning of fuels), electricity.	
2. Effects of heat : Expansion of solids, liquids, gases (examples and applications), land and sea breezes.	Ball and ring experiment. Expansion of different metals, of liquids and gases.
3. Heat and Temperature : Thermometers : fixed points and scale ; maximum and minimum thermometer ; clinical thermometer.	
4. Change of state : Melting ; freezing ; evaporation, boiling ; condensation ; heat is required for melting and evaporation.	Melting and boiling points of different substances ; preparation of ice by rapid evaporation of ether.
5. How heat travels ; conduction (clothing and body covering). convection (heating and ventilation), Radiation.	Conduction--experiments ; convection of liquids and gases.
D. CHEMICAL REACTIONS :	
1. Acids, bases and salts (to be treated mainly by examples).	Hydrochloric, sulphuric, nitric and carbonic acids ; caustic potash, caustic soda and barium hydroxide ; common salt.
2. Chemical composition and principal uses of common salt, sodium carbonate, caustic soda, Hydro-chloric acid.	

3. Nitrogen Cycle and Nitrogen compounds in agriculture : Fertilisers—Ammonium sulphates and Nitrates : Bacterial action —nodules of leguminous plants ; crop-rotation.	
4. Lime and its products ; Chalk ; lime-burning ; quick lime and slaked lime.	Action of water on quick-lime, action of carbon dioxide on lime water.
5. Hard water and soft water —methods of softening water.	Use of soaps in different kinds of water (before and after boiling).
E. LIVING BEINGS :	
1. Outline of internal and external structure of toad or frog and of common fish.	Demonstration of principal structure by dissection.
F. THE HUMAN BODY :	
1. Human blood ; the blood circulation, pumping action of the heart ; arteries ; capillaries ; veins ; feeling and pulse ; red and white corpuscles.	Charts on blood circulation. Demonstration of first-aid in case of bleeding including use of tourniquet.
2. Digestive system of man ; mouth ; teeth ; tongue ; gullet : stomach ; small intestine ; pancreas ; liver. Action of enzymes in aiding digestion.	Charts on digestive system.
3. Food ; source of energy for Man ; our food needs balanced diet (protein, fat, carbohydrate, salt, water, vitamin, roughage).	

CLASS X

Objective : Same as in Class VII

A.	SOUND :	
1.	Production by a vibrating body.	Vibrating tuning fork ; sonometer ; working of sound box of gramophone.
2.	Material medium necessary for transmission of sound.	Demonstration with vacuum pump and bell.
3.	Reflection, echoes.	
4.	How we hear : the human ear.	Demonstration of model of the ear.
B.	ELECTRICITY :	
1.	Electric current and voltaic cell ; idea of electric potential (compare with waterfall).	Working of simple voltaic cell.
	Effects of electric current : magnetic, heating, chemical ; Electric bell.	Construction of electromagnet, assembling an electric bell ; electrolysis.
3.	Idea of intensity (like flow of water per unit time : something pushed). Idea of resistance (compare flow of water through pipe : pipe offers resistance to flow)	
4.	Interaction of electricity and magnetism.	Simple experiments to show action of magnet on current and currrent on magnet.
5.	Electromagnetic induction (Faraday).	Experiments on electromagnetic induction.
6.	Daniell Cell, Leclanche Cell and Lead accumulators. (No explanation of chemical reaction required).	Handling of Daniell Cell and Leclanche Cell (dry and wet) and lead accumulator.
	Electricity as energy ; Motors, Heating and lighting ; Electric lamps.	Working models ; handling of an electric iron, stove and heater, study of fan regulator.
	Electricity for communication : telegraph, telephone.	Model of telegraph.

C. METALS,	
1. Study of the natural occurrence and properties and uses of the following metals and alloys: iron. copper, aluminium, zinc, steel, brass, bell-metal. (Details of methods of extraction are not required.)	
D. LIVING BEINGS.	
1. Elementary idea about structure and life history of amoeba, spirogyra (algae), yeast and fern.	**Demonstration by charts and specimens.**
F. GENERAL IDEAS ABOUT :—	
(a) Evolution, (b) Heredity, (c) Adaptation.	Demonstration by charts.
F. COMMON DISEASES AND EPIDEMICS Brief and elementary statement of main symptoms, causes, treatment [illegible] vention in each case.	Demonstration by charts.
(i) Air-borne diseases: common cold, influenza.	
(ii) Water-borne diseases: cholera, typhoid, dysentery.	
(iii) Insect-borne diseases: Malaria, plague.	
(iv) Diseases by contact: Ring-worm, scabies.	

পদার্থ বিদ্যা

(Physics)

অবতরণিকা

(Introduction)

অঃ—1. পদার্থ ও তাহার ধর্ম ঃ

পদার্থের সংজ্ঞা—প্রতিদিন আমরা যে সমস্ত জিনিষের সংস্পর্শে আসি তাহাদিগকে পদার্থ বলা হয়। ইহাদের ওজন আছে, ইহারা স্থান অধিকার করিতে পারে এবং ইহাদিগকে এক বা একাধিক ইন্দ্রিয় দ্বারা অনুভব করা যায়। অতএব, (যাহাদের ওজন (weight) ও জড়তা (inertia) আছে, যাহারা স্থান অধিকার করিতে পারে এবং যাহাদিগকে এক বা একাধিক ইন্দ্রিয়দ্বারা অনুভব করা যায় তাহাদিগকে **পদার্থ** বলে) কাঁচ, লোহা, জল, বাতাস প্রভৃতি জিনিষের মধ্যে পদার্থের সব গুণগুলি বিদ্যমান, কাজেই উহাদিগকে পদার্থ বলা হয়।

পদার্থের তিন অবস্থা—পদার্থ তিনটি বিভিন্ন অবস্থায় থাকিতে পারে,—যথা, **কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থা**। উষ্ণতার পরিবর্তনে পদার্থের অবস্থান্তর হইতে পারে। কাঠ, লোহা, মাটি প্রভৃতিকে কঠিন পদার্থ বলে। কঠিনের একটি নির্দিষ্ট আকার (shape) ও আয়তন (volume) আছে। জল, তৈল, স্পিরিট প্রভৃতিকে তরল পদার্থ বলে। ইহারা একস্থান হইতে অন্যস্থানে প্রবাহিত হইতে পারে। ইহাদের নির্দিষ্ট আয়তন আছে কিন্তু কোন নির্দিষ্ট আকার নাই। উহারা যে পাত্রে থাকে সেই পাত্রের আকার ধারণ করে। বাতাস, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতিকে বায়বীয় পদার্থ বলে। তরলের মত ইহারাও একস্থান হইতে অন্যস্থানে প্রবাহিত হইতে পারে। ইহাদের নির্দিষ্ট আয়তন বা আকার কোনটাই নাই।

পদার্থের ক্রমিক বিভাজন—যদি বিভিন্ন প্রকার পদার্থকে ক্রমাগত ভাঙিয়া যাওয়া যায় তাহা হইলে শেষ পর্যায়ে যে অবিভাজ্য কণিকাগুলি পাওয়া যাইবে তাহারা একই প্রকার বা বিভিন্ন প্রকারের হইতে পারে। কতকগুলি পদার্থ

আছে, যাহাদের ক্রমিক বিভাজনের শেষ পর্যায়েও একই প্রকার কণিকা পাওয়া যায়; এইসব পদার্থকে **মৌলিক পদার্থ** (**elements**) বলে। এক্ষণে এই মৌলিক পদার্থের সংখ্যা 101 হইয়াছে। লোহা, তামা, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ। আবার কতকগুলি পদার্থ আছে, যাহাদের ক্রমিক বিভাজনের শেষ পর্যায়ে, একাধিক বিভিন্ন পদার্থ-কণিকা পাওয়া যায়, ইহাদিগকে **যৌগিক পদার্থ** (**compound**) বলে। জল একটি যৌগিক পদার্থ, কারণ ইহা হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি বিভিন্ন ধরণের বায়বীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় যাহাদের ধর্ম জলের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন।

মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে **পরমাণু** (**atom**) বলে, যাহাদের স্বাধীন সত্তা থাকিতেও পারে আবার না'ও থাকিতে পারে এবং দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগের সময়, উহাদের পরমাণুগুলিই অংশগ্রহণ করিয়া থাকে। যৌগিক পদার্থের স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট যে ক্ষুদ্রতম কণা পাওয়া যায়, এবং যাহার ধর্ম ও যৌগিক পদার্থের ধর্ম অভিন্ন, তাহাদিগকে যৌগিক পদার্থের **অণু** (**molecule**) বলে। এই অণুগুলি বিভাজ্য এবং ইহাদের বিভাজনে যে কণিকা-গুলির সৃষ্টি হয় তাহাদের ধর্ম, যৌগিক পদার্থের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন।

অঃ—2. একক ঃ বিজ্ঞানে বহুপ্রকার রাশি আছে উহাদিগের যে কোনটিকে মাপিতে হইলে ঐ রাশির একটি সুবিধাজনক নির্দিষ্ট অংশ লওয়া হয় যাহাকে রাশিটির **একক** (**unit**) বলে। কোন নির্দিষ্ট রাশির মধ্যে উহার একক যতবার থাকিবে, সেই সংখ্যাই ঐ নির্দিষ্ট রাশির মাপ হইবে। অতএব, **রাশির মাপ =সংখ্যা × একক**। যেমন, দৈর্ঘ্যের একক এক ইঞ্চ লইয়া যদি দেখা যায় যে, কোন দৈর্ঘ্যের মধ্যে ঐ একক (ইঞ্চ) 10 বার আছে তাহা হইলে ঐ দৈর্ঘ্যের পরিমাপ 10 ইঞ্চ হইবে।

বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই এককের একটি নাম দেওয়া হয়, যেমন সি. জি. এস. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের এককের নাম সেন্টিমিটার, ভরের এককের নাম গ্রাম, বলের এককের নাম ডাইন প্রভৃতি। অতএব বহুপ্রকার রাশির জন্য বহুপ্রকার একক হইবে। যতগুলি রাশি আছে তাহাদের মধ্যে তিনটি রাশির—দৈর্ঘ্য, ভর ও সময়ের—একক পরস্পর নির্ভরশীল নয় বলিয়া ঐ তিনটি রাশির একককে **মৌলিক একক** (**fundamental units**) বলে। অন্যান্য রাশির একক ঐ তিনটি

মৌলিক একক দ্বারা গঠন করা যায়, এজন্য অন্যান্য রাশির একককে লব্ধ একক (derived units) বলে; যেমন, [ক্ষেত্রফল [দুইটি দৈর্ঘ্যের গুণফল], আয়তন [তিনটি দৈর্ঘ্যের গুণফল], বেগ [দৈর্ঘ্য ÷ সময়] প্রভৃতির একক তিনটি মৌলিক একক হইতে পাওয়া যায়। এজন্য উহাদের একককে লব্ধ একক বলে।]

মৌলিক এককের দুইটি বিশিষ্ট পদ্ধতি আছে, যথা, (a) **মেট্রিক বা সি. জি. এস্.** পদ্ধতি এবং (b) **ব্রিটিশ বা এফ. পি. এস্.** পদ্ধতি।

দৈর্ঘ্যের একক.—সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের এককের নাম **সেণ্টিমিটার।** প্যারিসের আন্তর্জাতিক 'ওজন ও পরিমাপের কার্যালয়ে' প্ল্যাটিনাম ইরিডিয়ামের যে দণ্ডটি বিশুদ্ধ বরফের উষ্ণতায় রাখা আছে তাহার দুই প্রান্তের দুইটি বিন্দুর মধ্যস্থ দূরত্বকে এক **মিটার (metre)** ধরা হয়। এক সেন্টিমিটার=1/100 মিটার। এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের এককের নাম **ফুট।** **এক ইঞ্চ (1/12 ফুট) =2·54 সে. মি.।** এক মিটার=39·371 ইঞ্চ ও এক মাইল=1·61 কিলোমিটার।

ভরের একক.—4°C. উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার বিশুদ্ধ জলের যে ভর হইবে তাহাকে **গ্রাম** বলে এবং সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ইহাই ভরের একক। এফ. পি. এস্, পদ্ধতিতে ভরের এককের নাম **পাউণ্ড।** **এক পাউণ্ড=453·6 গ্রাম।** 2·2 পাউণ্ড=এক কিলোগ্রাম। আমাদের দেশে বর্তমানে ভরের একক এক কিলোগ্রাম ধরা হয়, যাহা পূর্বের এক সের ও 1·2 ছটাক ভরের সমান।

সময়ের একক—ভৌগোলিক মধ্যতলকে (geographical meridian) পর পর দুইবার অতিক্রম করিতে সূর্যের যে সময় লাগে তাহাকে **সৌরদিন (solar day)** বলে। এই সৌরদিনের পরিমাণ বৎসরের বিভিন্ন দিনে বিভিন্ন হয়, এজন্য বৎসরের 365 সৌরদিনের পরিমাণের গড় লওয়া হয় যাহাকে **গড় সৌরদিন (mean solar day)** বলে। গড় সৌরদিন=24 ঘণ্টা=1440 মিনিট=86400 সেকেণ্ড। সি. জি. এস্. ও এফ. পি. এস্. উভয়বিধ পদ্ধতিতেই সময়ের একক সেকেণ্ড লওয়া হয়। ইঞ্চের সঙ্গে সেন্টিমিটারের এবং পাউণ্ডের সঙ্গে গ্রামের যে পারস্পরিক সম্বন্ধ দেওয়া হইয়াছে তাহাদের দ্বারা এক পদ্ধতির পরিমাপকে অন্য পদ্ধতিতে পরিবর্তিত করা যায়।

বর্গক্ষেত্র আয়তন ও ঘনত্বের একক.—(i) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বর্গক্ষেত্রের একক,—**বর্গ-সেণ্টিমিটার (square centimetre** অথবা সংক্ষেপে **sq. cm.)** এবং এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে বর্গক্ষেত্রের একক,—**বর্গ-ফুট (square-foot,** অথবা সংক্ষেপে **sq. ft.)**।

(ii) কোনও বস্তু যে স্থান অধিকার করে, সেই অধিকৃত স্থানকে বস্তুর **আয়তন** বলে। সি. জি. এস. পদ্ধতিতে আয়তনের একক,—**ঘন-সেণ্টিমিটার** (**cubic centimetre** অথবা সংক্ষেপে c. c.)। ইহা অপেক্ষা বড় এককের নাম **লিটার** (**litre**)। এক লিটার = 1000 ঘন সেন্টিমিটার (1000 c. c.)। এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে আয়তনের একক,—**ঘন-ফুট** (**cubic-foot** অথবা সংক্ষেপে **cu. ft.**)। ব্যবহারিক এককের নাম **গ্যালন** (**gallon**)। 62°F উষ্ণতার 10 পাউণ্ড জলের আয়তনকে **গ্যালন** বলে। এক গ্যালন = 4·54 লিটার।

(iii) এক আয়তন বস্তুতে যে ভর থাকে তাহাকে ঐ বস্তুর **ঘনত্ব** (**density**) বলে। এক ঘন-সেন্টিমিটার (1 c. c.) বস্তুর যে ভর হইবে তাহাকে সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ঐ বস্তুর **ঘনত্ব** বলে। সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ঘনত্বের একক,—গ্রাম প্রতি ঘন-সেন্টিমিটারে (gms. per. c.c.)। যথা,—জলের ঘনত্ব, ·1 gm. per c.c.। এক ঘন-ফুট (1 cu. ft.) বস্তুর যে ভর হইবে তাহাকে এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে বস্তুর ঘনত্ব বলে। এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্বের একক,—পাউণ্ড প্রতি ঘন ফুটে (lbs per cu. ft.)। যথা,—জলের ঘনত্ব, 62·5 lbs per cu. ft।

তাপের একক—তাপের পরিমাণ মাপিবার জন্য যে এককের প্রয়োজন হয় তাহাকে ক্যালরি বলে। এক গ্রাম বিশুদ্ধ জলের উষ্ণতা $14\frac{1}{2}$°C. হইতে $15\frac{1}{2}$°C. পর্যন্ত বাড়াইতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে **ক্যালরি** বলে। ব্যবহারিক প্রয়োজনে এই ক্যালরি খুব ছোট একক, এজন্য ইহার 1000 গুণ লইয়া একটি বড় একক নির্দিষ্ট করা হয় যাহাকে **কিলো-ক্যালরি** বলে। অতএব, এক কিলো-ক্যালরি = 1000 ক্যালরি। আমরা আমাদের খাদ্য হইতে কাজ করিবার শক্তি সংগ্রহ করি এবং খাদ্য হইতে যে শক্তি পাওয়া যায় তাহা কিলো-ক্যালরিতে প্রকাশিত হয়। একজন পূর্ণবয়স্ক পরিশ্রমী মানুষের জন্য দৈনিক 2500 কিলো-ক্যালরি তাপশক্তির প্রয়োজন। আমরা যে ভাত, আটা প্রভৃতি শ্বেতসার জাতীয় খাদ্য গ্রহণ করি তাহার প্রতি গ্রাম হইতে চার কিলো-ক্যালরি তাপশক্তি পাই। চর্বি জাতীয় খাদ্যের প্রতি গ্রাম হইতে নয় কিলো-ক্যালরি তাপশক্তি পাই।

প্রথম অধ্যায় (Chapter I)

বলবিজ্ঞান (Mechanics)

1.1 কার্য করিতে কষ্ট হয় কেন (what makes work hard) ?

যখন আমরা কোনও বাধার সম্মুখীন হই তখন বলপ্রয়োগ করিয়া ঐ বাধাকে অতিক্রম করিয়া থাকি এবং এজন্য আমাদিগকে কার্য করিতে হয় এবং আমরা কষ্ট অনুভব করি। এই বাধা তিন রকমে আসিতে পারে, যথা,—(i) পৃথিবীর আকর্ষণ-জনিত, (ii) ঘর্ষণ-জনিত ও (iii) বস্তুর জড়তা জনিত। এক্ষণে এই বাধাগুলির বিষয় বিশদ আলোচনা করিব।

(i) **পৃথিবীর-আকর্ষণ :** মনে কর তুমি সিঁড়ি দিয়া উপরে উঠিতেছ (1নং চিত্র) কিন্তু পৃথিবীর আকর্ষণ তোমাকে সর্বদা নীচের দিকে টানিয়া আনিতে চেষ্টা করিতেছে। অতএব তোমার মাংসপেশীর সাহায্যে তোমাকে বল প্রয়োগ করিতে হবে যাহাতে তুমি পৃথিবীর এই আকর্ষণকে অতিক্রম করিয়া উপরে উঠিতে পার। এজন্য তোমাকে পরিশ্রম করিতে হইবে এবং তুমি কষ্ট অনুভব করিবে। আবার ধর তুমি কুয়া হইতে জল তুলিতেছ (2নং চিত্র)। বাল্‌তি-ভর্তি জলকে পৃথিবী নীচের দিকে টানিতেছে ; কাজেই মাংসপেশীর সাহায্যে বল প্রয়োগ করিয়া যদি বাল্‌তি-ভর্তি জলের উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বলকে নিষ্ক্রিয় করিতে পার তবেই জলের বাল্‌তি উপরে তুলিতে পারিবে। **কোনও বস্তুর উপর পৃথিবী যে আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে তাহাকে ঐ বস্তুর ওজন বলে।** একটা ছোট বাল্‌তি জলে ভর্তি করিয়া তুলিতে যে কষ্ট হয়, একটা বড় বাল্‌তি জলে ভর্তি করিয়া তুলিতে বেশী কষ্ট

1 নং চিত্র

হয়। ইহার কারণ ছোট বাল্‌তিতে কম ভরের জল থাকে এবং বড় বাল্‌তিতে বেশী ভরের জল থাকে। আবার একজন রোগা লোকের (যাহার ভর কম) একতলা হইতে দোতলা উঠিতে যে কষ্ট হইবে, একজন মোটা লোকের (যাহার ভর বেশী) ঐরূপ উঠিতে বেশী কষ্ট হইবে। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, বস্তুর ভর যত বেশী হইবে তাহার উপর পৃথিবীর আকর্ষণও তত বেশী হইবে এবং এই আকর্ষণকে নিষ্ক্রিয় করিয়া বস্তুকে উপরে তুলিতে বেশী কষ্ট হইবে। উঁচু পাহাড়ে যখন আমরা উঠি, তখন আমরা কষ্ট অনুভব করি (3 নং চিত্র) ; কারণ আমাদের ওজনকে (অর্থাৎ আমাদের উপর পৃথিবীর আকর্ষণকে) নিষ্ক্রিয় করিয়া দেহকে উপরে তুলিতে আমাদের মাংসপেশীগুলি সর্বদা কাজ করিতেছে। অতএব এখন বোঝা গেল যে, পৃথিবী কোন বস্তুকে সর্বদা নীচের দিকে আকর্ষণ করিতেছে বলিয়া সেই বস্তুকে উপরে তুলিতে কাজ করিতে হয় এবং সেজন্য কষ্ট হয়।

2 নং চিত্র

(ii) **ঘর্ষণ (Friction) :** চার চাকার ছোট গাড়ীতে শিশুকে শোয়াইয়া মাঠে বেড়াইতে লইয়া যাওয়া নিশ্চয়ই তোমরা দেখিয়াছ (4 নং চিত্র)। এই গাড়ীকে মাঠের উপর দিয়া টানিতে যে পরিমাণ কষ্ট হয়, পিচ্ দেওয়া রাস্তায় টানিতে তাহা অপেক্ষা কম কষ্ট হয়। আবার মার্বেলের মসৃণ মেজের উপর এই গাড়ী টানিতে খুবই কম কষ্ট হয়। বিভিন্ন ধরণের তলে গাড়ী টানিতে কষ্টের তারতম্য কেন হইল এখন তাহা বুঝাইয়া বলিব।

3 নং চিত্র

দুইটি বস্তুকে সংস্পর্শে রাখিয়া যদি উহাদের মধ্যে আপেক্ষিক বেগের (relative velocity) সৃষ্টি করা হয়, অর্থাৎ একটি বস্তুর বেগ অপরটির বেগের তুলনায় বেশী কিংবা কম করা হয় তাহা হইলে উহাদের মিলনতলে একটি বিরুদ্ধ বলের সৃষ্টি হয় যাহাকে **ঘর্ষণ (friction)** বলে। সংস্পৃষ্ট বস্তু দুইটির মধ্যের আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেওয়াই ঘর্ষণের একমাত্র ধর্ম যাহার ফলে বস্তু দুইটির আপেক্ষিক গতি ক্রমশঃ নষ্ট হইয়া যাইতে থাকে। একটি বলকে মাটির উপর চালাইয়া দিলে কিছুক্ষণ যাইবার পর বলটি থামিয়া যায়; কারণ মাটি স্থির থাকিলেও বলের গতি

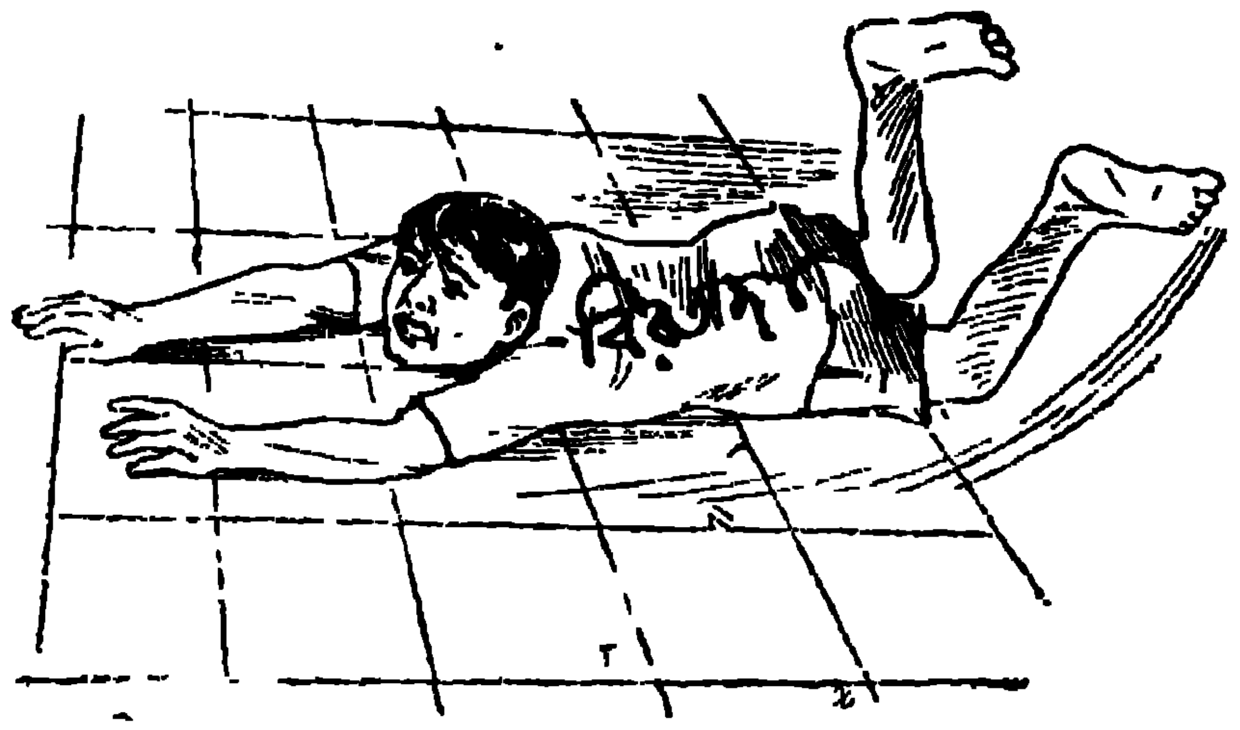
4 নং চিত্র

আছে, এজন্য বল ও মাটির মধ্যে ঘর্ষণ-জনিত একটি বিরুদ্ধ বলের সৃষ্টি হয় যাহা বলের গতিকে ক্রমশঃ কমাইয়া উহাকে শেষে একেবারে থামাইয়া দেয়। বস্তু দুইটি যত মসৃণ হইবে ঘর্ষণ জনিত বিরুদ্ধ বলও তত কম হইবে। সেইজন্য একটি বলকে মাটির উপর চালাইলে যতদূর যাইবে একটি মসৃণ মেঝের উপর সমান জোরে চালাইলে পূর্বাপেক্ষা বেশীদূর যাইবে। শিশুর ছোট গাড়ী বিভিন্ন প্রকার তলে চালাইতে যে কষ্টের তারতম্য হয় তাহা এই ঘর্ষণ বলের সাহায্যে সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। মাঠ খুবই অমসৃণ হওয়ায় উহার উপর গাড়ী টানিলে ঘর্ষণের জন্য বিরুদ্ধ বল বেশী পরিমাণে হয়, কাজেই চালককে মাঠের উপর গাড়ী টানিতে বেশী কাজ করিতে হয় এবং উহার কষ্টও বেশী হয়। কিন্তু মার্বেলের মেঝে খুবই মসৃণ; এজন্য উহার উপর গাড়ী টানিলে ঘর্ষণ বল খুব কম হয়, কাজেই চালককে খুব কম কাজ করিতে হয় এবং উহার কষ্টও কম হয়। উপরের আলোচনা

5 (ক) নং চিত্র

হইতে তোমাদের মনে হইবে যে ঘর্ষণ না থাকিলেই যেন অনেক সুবিধা হইত কিন্তু তাহা নয়, ঘর্ষণ বল থাকার যেমন অসুবিধা আছে, তেমন সুবিধাও আছে।

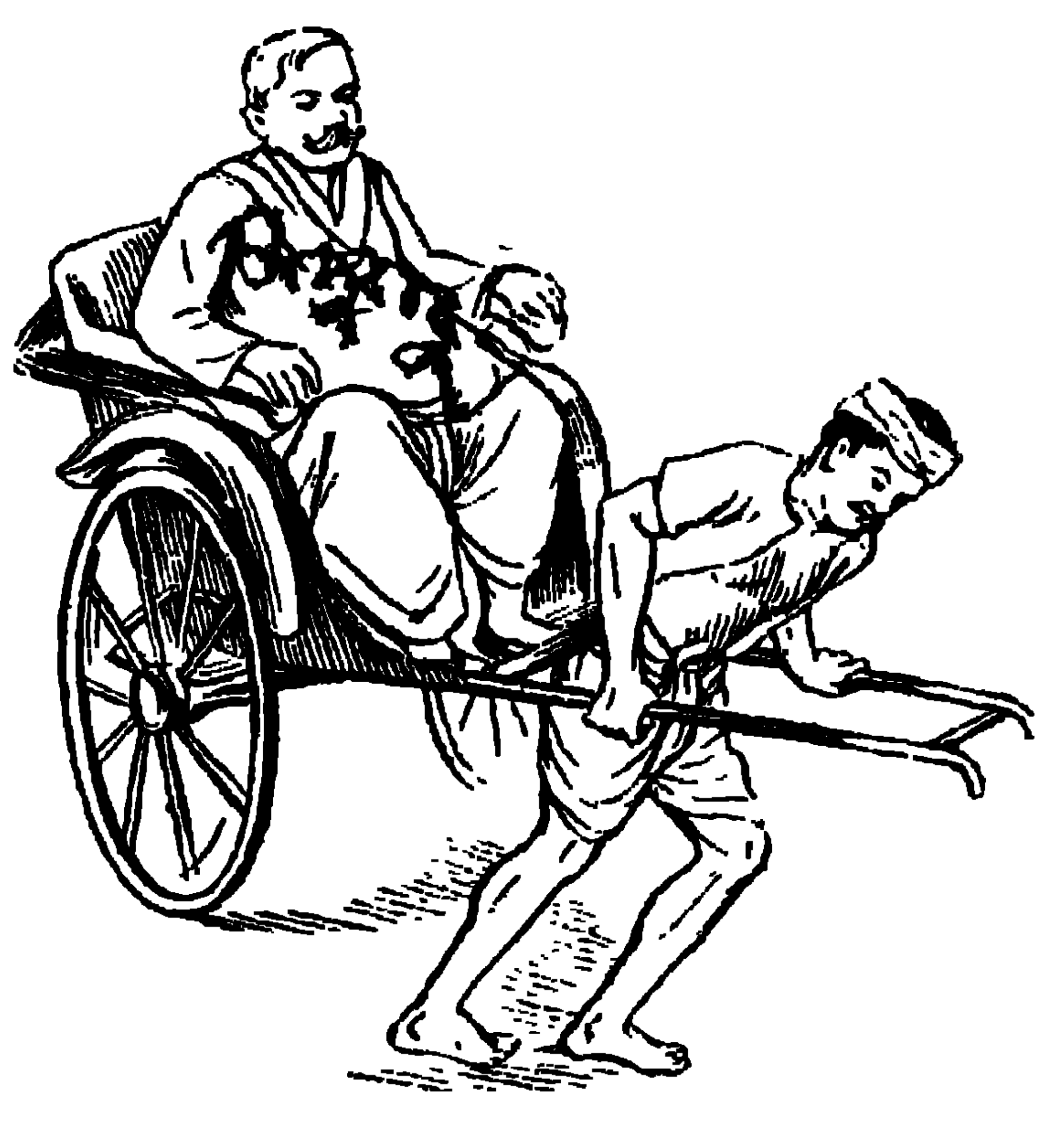
যখন আমরা রাস্তার উপর দৌড়াই, তখন পা দিয়া মাটিতে চাপ দিই এবং তাহার ফলে আমরা এগিয়ে যাই [5(*a*) নং চিত্র]। মাটি ও পায়ের মধ্যে ঘর্ষণ বল থাকায় আমাদের পা পিছলাইয়া যায় না, এজন্য দৌড়ান সহজ হয়। কিন্তু মনে কর মার্বেল পাথরের উপর তেল ঢালিয়া উহার তলকে খুব মসৃণ করিয়া রাখা হইল। এখন ইহার উপর তুমি যদি দৌড়ানর চেষ্টা কর তাহা হইলে তুমি সঙ্গে সঙ্গে পড়িয়া যাইবে [5(*b*) নং চিত্র]; কারণ ঘর্ষণবল খুব কম হওয়ায় পা দিয়া মেঝের উপর চাপ দিলেই পা সরিয়া যাইবে। ঘর্ষণবল কমাইয়া অনেক সময় কাজের সুবিধা করা হয়। যেমন গরুর গাড়ীর চাকা যে অক্ষের উপর ঘোরে তাহার উপর তেল দিয়া ঘর্ষণ বল কমাইয়া দেওয়া হয় এবং ইহার ফলে চাকা ঘুরাইতে গরুর কষ্ট কম হয়।



5 (*b*) নং চিত্র

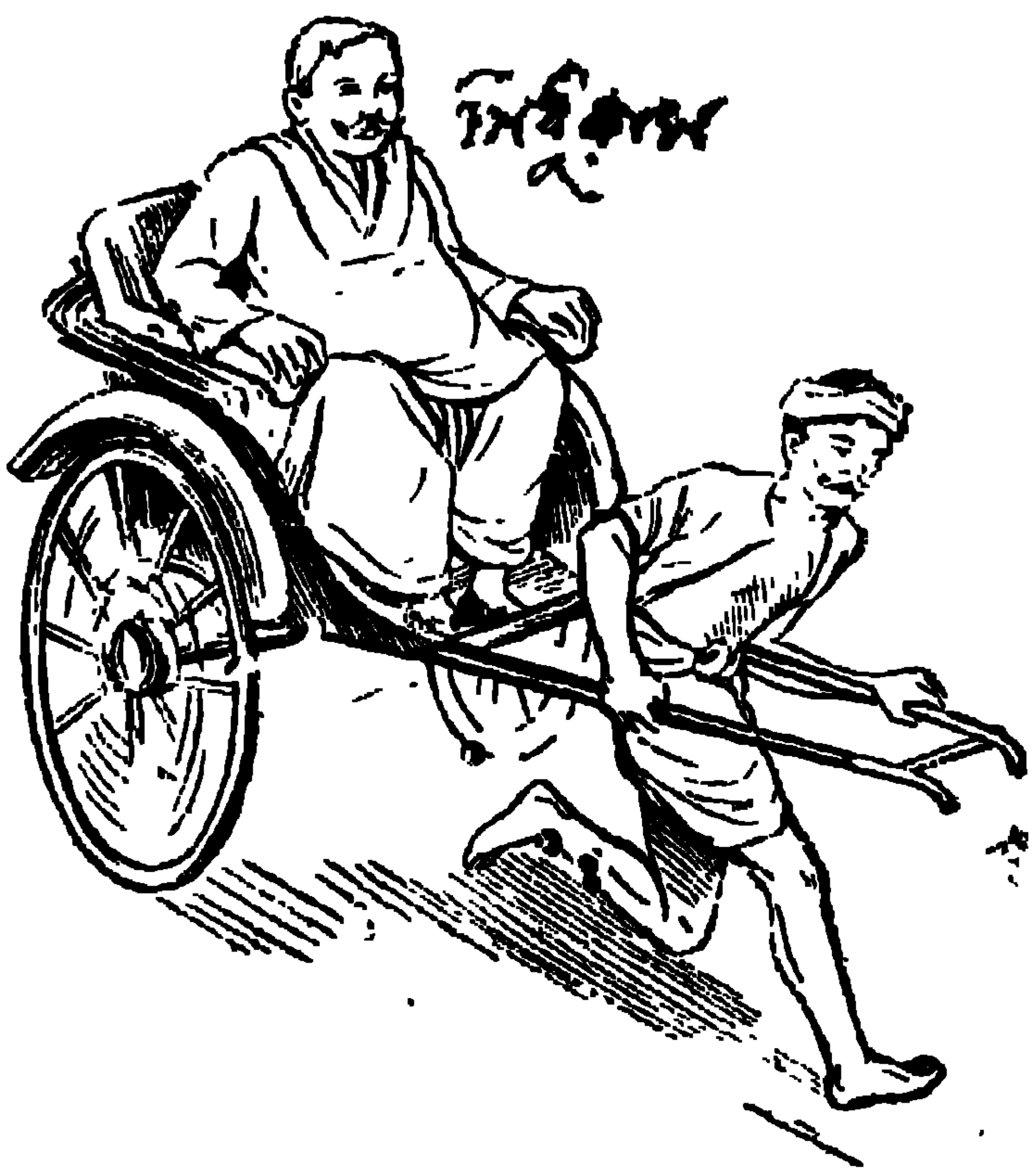
জড়তা (Inertia): জড়তা, পদার্থ মাত্রেরই একটি সাধারণ ধর্ম যাহার জন্য স্থির বস্তু সর্বদা স্থির থাকিবে এবং সচল বস্তু সর্বদা সমবেগে চলিতে থাকিবে, যতক্ষণ না বস্তুর উপর বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা হয় । বল প্রয়োগ করিলে বস্তুর বেগ, ত্বরান্বিত (accelerated) হইবে না হয় মন্দীভূত (retarded) হইবে।

স্থির বস্তুর **স্থিতি-জড়তা** (**Inertia of rest**) থাকে। এই স্থিতি-জড়তাকে নষ্ট করিয়া বস্তুকে চালাইতে হইলে বেশ জোরের প্রয়োজন হয় যাহার জন্য আমরা কষ্ট অনুভব করি। মনে কর রিক্সার উপর একজন খুব মোটা লোক বসিয়া আছে [6(*a*) নং চিত্র]। রিক্সাকে প্রথমে চালাইতে রিক্সাচালককে খুব বেশী জোর দিতে হইবে যাহার জন্য চালক কষ্ট অনুভব করিবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে স্থিতি-জড়তার জন্য



6 (*a*) নং চিত্র

কাজ কঠিন হইয়া উঠিতেছে। গতিশীল বস্তুর **গতি-জড়তা (Inertia of motion)** থাকে। গতিশীল বস্তুর গতি-জড়তা নষ্ট করিয়া উহাকে থামাইতে হইলে বস্তুর গতির বিপরীত দিকে বল প্রয়োগ করিতে হইবে এবং এজন্য যথেষ্ট কাজও করিতে হইবে। মনে কর ঐ মোটা লোকটিকে লইয়া রিক্সা চালক খুব জোরে ছুটিয়া চলিয়াছে [6(*b*) নং চিত্র]। হঠাৎ যদি লোকটি রিক্সাচালককে থামিতে বলে তাহা হইলে গাড়ীর গতির বিপরীত দিকে চালককে যথেষ্ট বল প্রয়োগ করিতে হইবে যাহার জন্য রিক্সাচালক কষ্ট অনুভব করিবে। এখানে গতি-জড়তার জন্য কাজ কঠিন হইয়া পড়িল।



(*b*) নং চিত্র

12. **কার্য সহজ করিবার যন্ত্র** (**Machines to make work easier**)

যখন কোনও কঠিন কাজ সম্পন্ন করা মানুষের শক্তির বাহিরে চলিয়া যায় তখন মানুষ বুদ্ধিদ্বারা এমন কতকগুলি উপায় উদ্ভাবন করে যাহাতে সে ঐ কঠিন কাজ খুব অল্প পরিশ্রমে সম্পন্ন করিতে সক্ষম হয়। অতএব (**যে ব্যবস্থায় সামান্য বল প্রয়োগ দ্বারা বিপুল বাধাকে অতিক্রম করা যায় তাহাকে যন্ত্র বলে**) মনে কর একটি ভারী লোহার কড়িকে (বীম্) চারতলা দালানের ছাদে তুলিতে হইবে। এ কাজ মানুষের পক্ষে প্রায় অসম্ভব কিন্তু ক্রেনের সাহায্যে একজন লোক অনায়াসেই ঐ বীমকে ছাদের উপরে উঠাইতে পারিবে। অতএব যন্ত্রের সুবিধা এই যে, ইহাতে অল্প বল প্রয়োগ করিয়া ইহা হইতে খুব বেশী পরিমাণ কাজ পাওয়া যায়। **যন্ত্র হইতে যে সুবিধা পাওয়া যায় তাহাকে যান্ত্রিক সুবিধা (mechanical advantage) বলে যাহা অতিক্রান্ত বাধা [resistance (W)] ও প্রদত্ত বলের (P) অনুপাতের সমান।** অর্থাৎ,

$$\text{যান্ত্রিক সুবিধা } (m) = \frac{\text{অতিক্রান্ত বাধা (resistance overcome)}}{\text{প্রদত্ত বল (effort applied)}} = \frac{W}{P}.$$

নিম্নে কতকগুলি যন্ত্র সম্বন্ধে আলোচনা করিব, যাহাদের সাহায্যে গুরুভার, অল্প পরিশ্রমে উপরে উঠানো যায়।

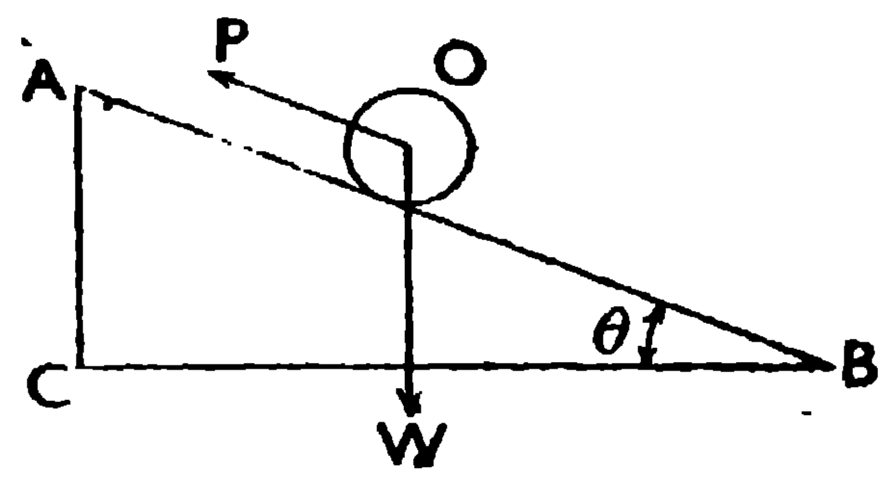
(*a*) **আনত তল** (**Inclined plane**) **:** ইহা একটি যন্ত্র। কারণ এই ব্যবস্থায় অল্প বল প্রয়োগ করিয়া খুব ভারী জিনিষকে উপরে তুলিতে পারা যায়। কতকগুলি উদাহরণ দ্বারা এই যন্ত্রের সুবিধা ভালভাবে বোঝান যাইবে।

মনে কর তুমি খুব উচু পাহাড়ে উঠিবে। কোন্ পথে গেলে তোমার কষ্ট কম হইবে—খাড়া পথে না ঢালু পথে? তুমি উঠিয়া দেখিবে যে ঢালু পথে তোমার কষ্ট অনেক কম হইবে। এজন্য উচু পাহাড়ের উপরে বাড়ী থাকিলে, সেখানে যাইবার রাস্তা কখনও খাড়া করা হয় না, পাহাড়ের গা বহিয়া ঢালু রাস্তা করা থাকে। বড় বাড়ীর সিঁড়িগুলি যদি খুব বেশী খাড়া না থাকে তাহা হইলে চার পাঁচ তলায় উঠিতে তোমার খুব বেশী কষ্ট হইবে না কিন্তু খাড়া সিঁড়ি থাকিলে উপরে উঠিতে বেশ কষ্ট হইবে। কুলীরা যখন স্টীমারে মাল তোলে তখন কয়েকখানা চওড়া ও লম্বা তক্তা মাটির দিকে আনত করিয়া পাশাপাশি রাখিয়া স্টীমারের গায়ে লাগাইয়া দেয় [7নং চিত্র]। ভারী ভারী মাল ঐ তক্তাগুলির উপর দিয়া গড়াইতে গড়াইতে লইয়া গিয়া স্টীমারে তুলিয়া দেয়। এই ব্যবস্থায় উহাদের পরিশ্রম কম হয়। এই সব উদাহরণ হইতে বোঝা যায় যে আনত তলে কাজের সুবিধা হয়। কেন এই সুবিধা পাওয়া যায় তাহা সামান্য অঙ্ক শাস্ত্রের সাহায্যে বুঝাইয়া বলিব।

7 নং চিত্র

মনে কর AB একটি আনত তল, যাহাকে অনুভূমিক তল BC-এর সহিত θ (থেটা) কোণে আনত করিয়া রাখা হইয়াছে [8নং চিত্র], এখন যদি কোনও বস্তু, O-এর উপর, AB তলের সমান্তরালভাবে P বল প্রয়োগ করিয়া উহাকে B

হইতে A পর্যন্ত তোলা যায়, তাহা হইলে যে কার্য করা হইবে তাহার পরিমাণ = বল × দূরত্ব = P × BA। যখন বস্তুকে (O) A স্থানে আনা হইল, তখন উহার ওজন W-কে খাড়া CA দূরত্বের দ্বারা উপরে তোলা হইল এবং এজন্য কার্যের পরিমাণ হইবে, W × CA। শক্তির সংরক্ষণ সূত্র (Principle of Conservation of energy) অনুযায়ী, এই দুই কাজের পরিমাণ সমান হইবে। অতএব, W.CA = P BA, কিন্তু আনত তলের,

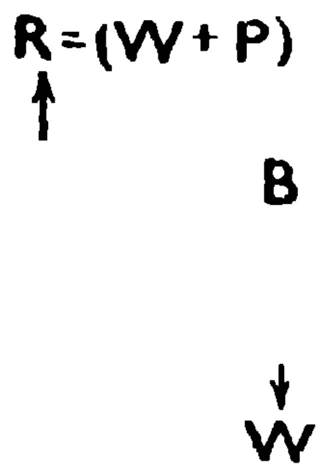


8নং চিত্র (আনত তল)

যান্ত্রিক সুবিধা $(m) = \frac{W}{P} = \frac{BA}{CA}$। BA-এর দৈর্ঘ্য, CA-এর দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশী, এজন্য আনত তলে যান্ত্রিক সুবিধা পাইব; অর্থাৎ কম বল P প্রয়োগ করিয়া বেশী ভার W-কে উপরে উঠাইতে পারিব। মনে কর কোন রেলগাড়ী 100 মাইল চলার পর, অনুভূমিক তল হইতে এক মাইল উপরে উঠিল। গাড়ীকে উপরে তুলিতে এঞ্জিন-কে যে বল (P) প্রয়োগ করিতে হইল তাহা গাড়ীর ওজনের 100 ভাগের একভাগ, কারণ, $P = \frac{CA}{BA}W = \frac{1}{100}W$. ∵ এখানে CA = 1 ও BA = 100 মাইল]

(b) **লীভার** (Lever): ইহা ভার উত্তোলন করিবার একটি শক্ত দণ্ড, যাহা, দণ্ডে অবস্থিত একটি স্থির বিন্দুর চারিদিকে ঘুরিতে পারে। এই স্থির বিন্দুকে লীভারের **আলম্ব** (fulcrum) বলে। আলম্ব হইতে, প্রদত্ত বল (effort, P) ও অতিক্রমণীয় বাধার (resistance, W) প্রয়োগ বিন্দুদ্বয়ের ন্যূনতম দূরত্বকে লীভারের **বাহু** (arms) বলে। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে লীভারের বহুল প্রয়োগ দেখা যায়। যাঁতি, কাঁচি, শাবল, দাঁড়িপাল্লা, টিউবওয়েলের হাতল্ প্রভৃতিতে লীভারের নীতি প্রযুক্ত হয়। লীভার তিন শ্রেণীর আছে।

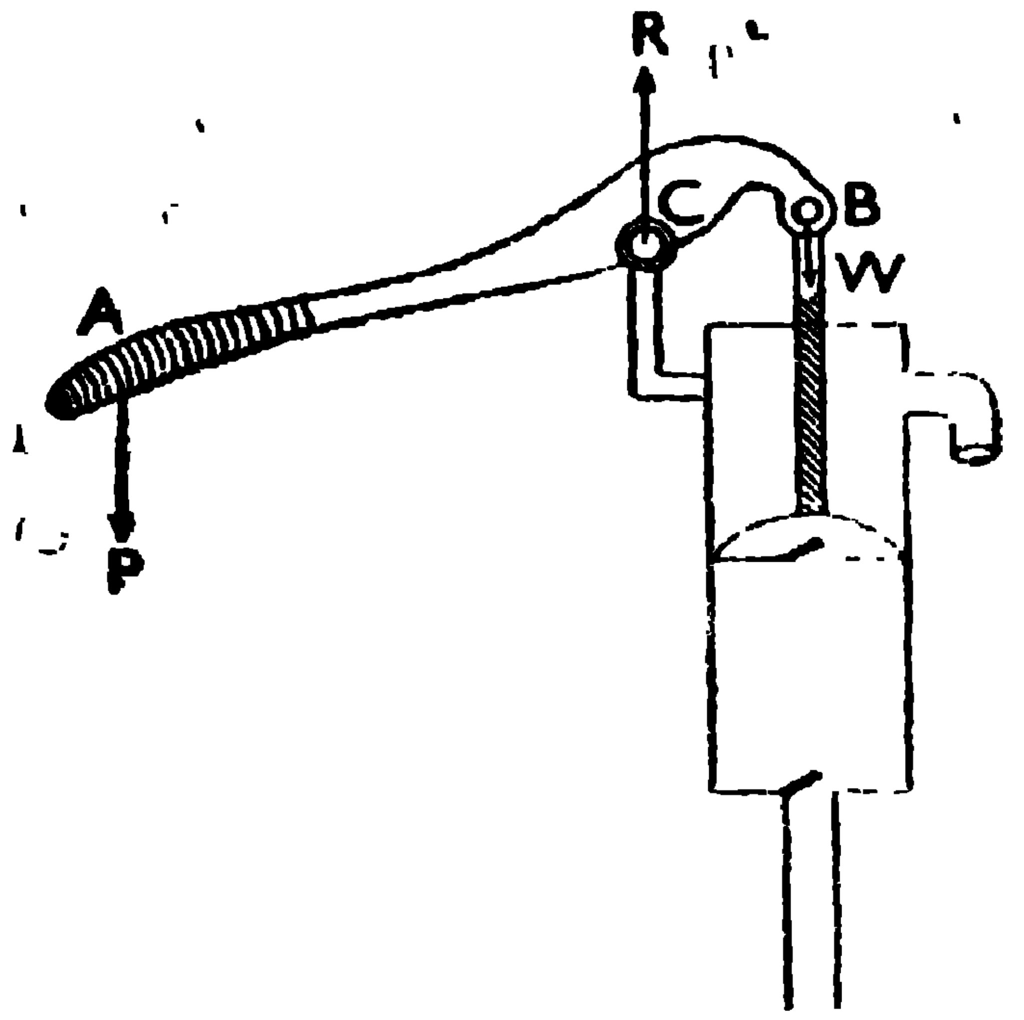
(i) **প্রথম শ্রেণীর লিভার:** ইহার প্রদত্ত বল (P) ও উত্তোলিত ভার (W), দণ্ডের দুই প্রান্তে (যথাক্রমে A ও B-তে), একমুখী হইয়া থাকে এবং উহাদের মাঝামাঝি স্থানে, কিন্তু W-এর খুব কাছে, আলম্ব C থাকে (9 নং চিত্র)। যদি C হইতে P ও W-এর ন্যূনতম দূরত্ব যথাক্রমে CA ও CB হয়, তাহ



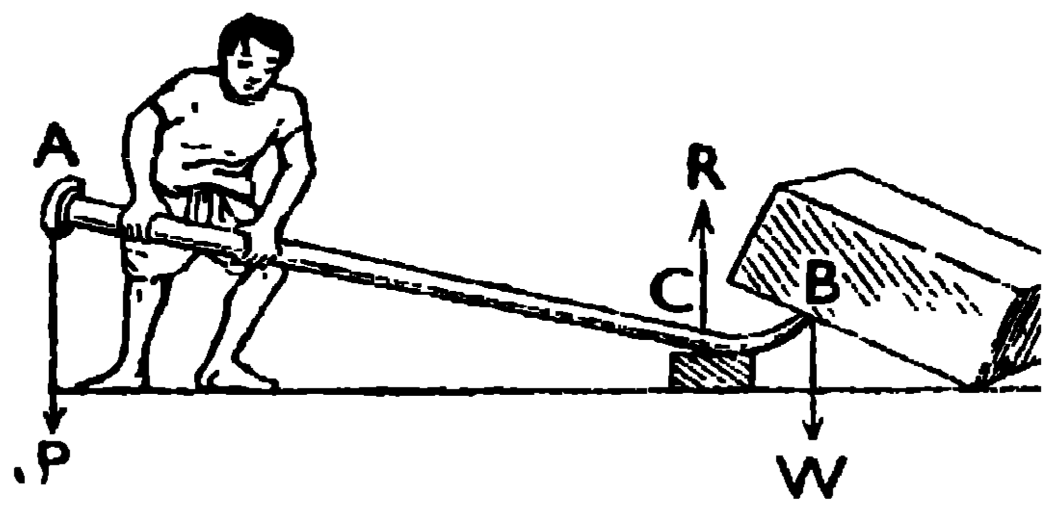
9 নং চিত্র (প্রথম শ্রেণীর লীভার)

হইলে, P.AC=W.BC। এখানে CA ও CB লীভারের দুইটি বাহু। লীভারের যান্ত্রিক সুবিধা $= m = \frac{W}{P} = \frac{AC}{BC}$। AC বাহু, BC বাহু অপেক্ষা বড় হওয়ায় এই লীভারে যান্ত্রিক সুবিধা বেশী হইবে। যদি AC, BC অপেক্ষা 10 গুণ বেশী লম্বা হয় তাহা হইলে A-তে 1 পাউণ্ড বল প্রয়োগ করিয়া B-তে 10 পাউণ্ড ভার উত্তোলন করিতে পারা যাইবে।

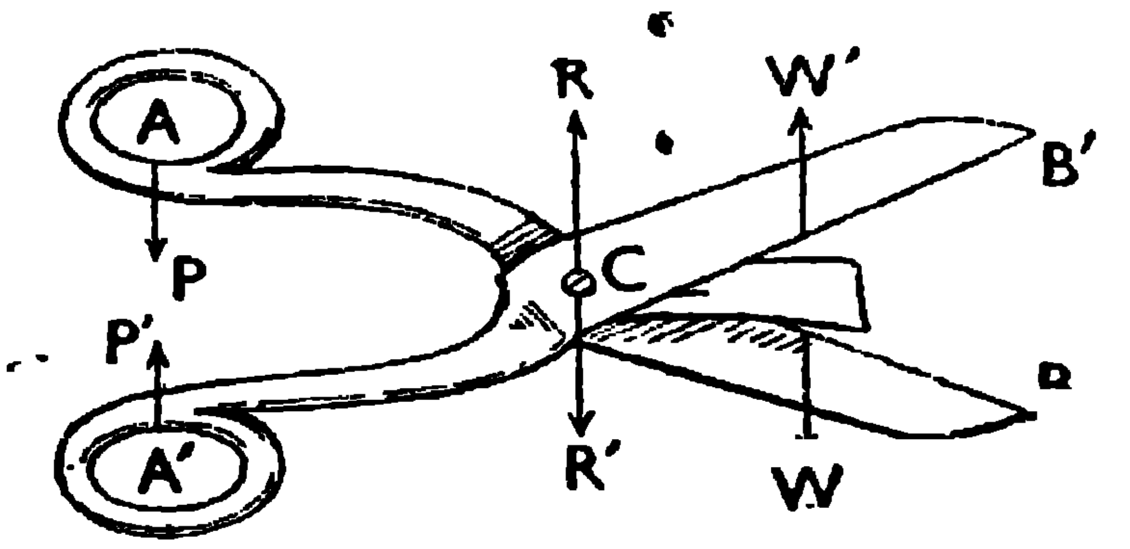
ব্যবহারিক প্রয়োগ—সাধারণ পাম্পের হাতল [9 (a) চিত্র], শাবল, [9 (b) চিত্র] প্রথম শ্রেণীর লীভারের উদাহরণ। কাঁচিতে [9 (c) চিত্র] এক জোড়া



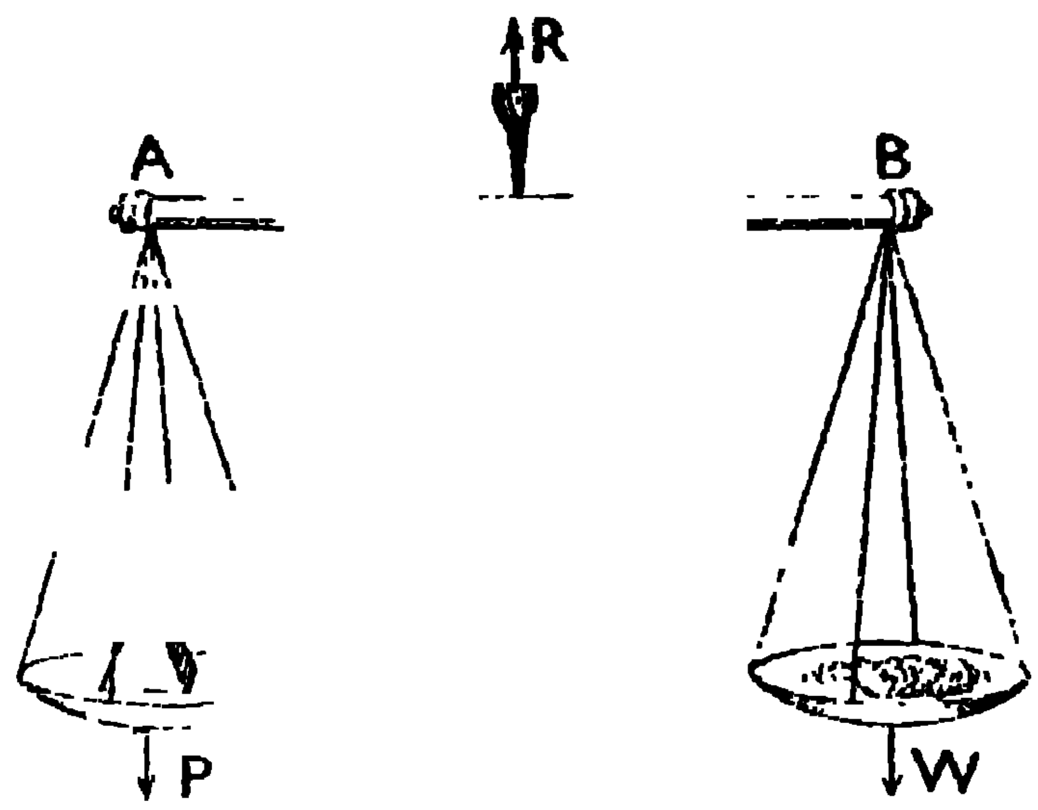
9 (*a*) নং চিত্র (টিউব-ওয়েল)



9 (*b*) নং চিত্র (শাবল)



9 (*c*) নং চিত্র (কাঁচি)

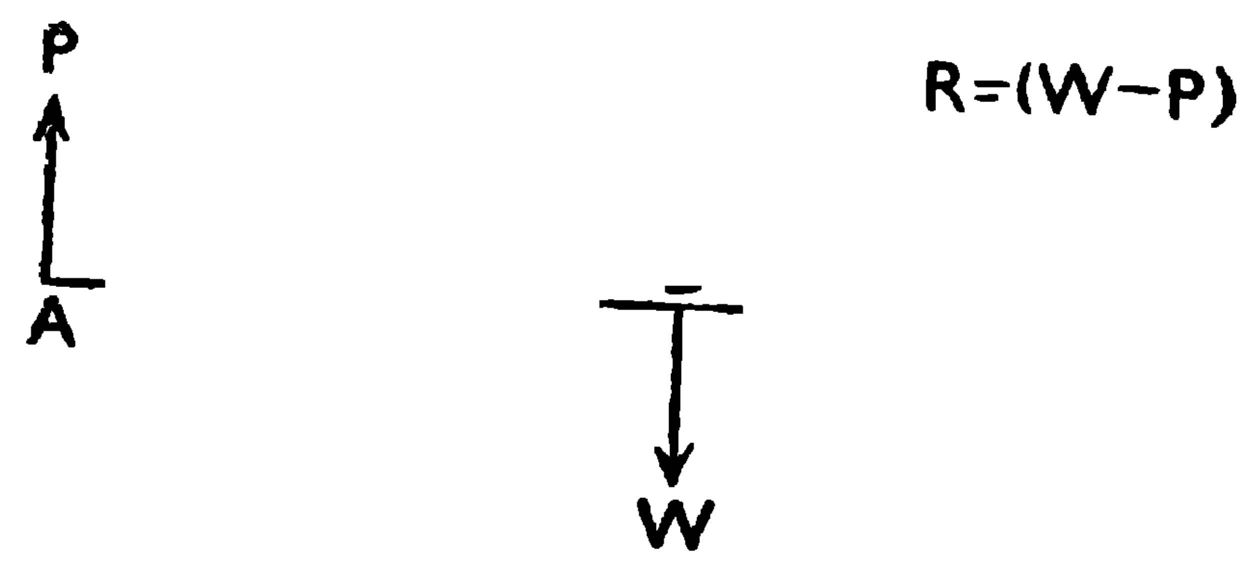


9 (*d*) নং চিত্র (দাঁড়ি-পাল্লা)

প্রথম শ্রেণীর লীভার (AB ও A'B') একই আলম্বতে (C) যুক্ত করা থাকে। দাঁড়ি-পাল্লায় [9 (d) চিত্র] তুলাদণ্ডও একটি প্রথম শ্রেণীর লীভার কিন্তু ইহার বাহুদ্বয় AC ও BC সমান হওয়ায় ইহা হইতে কোন যান্ত্রিক সুবিধা পাওয়া যাইবে না।

(ii) **দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার**—এই লীভারের একপ্রান্তে আলম্ব (C) থাকে

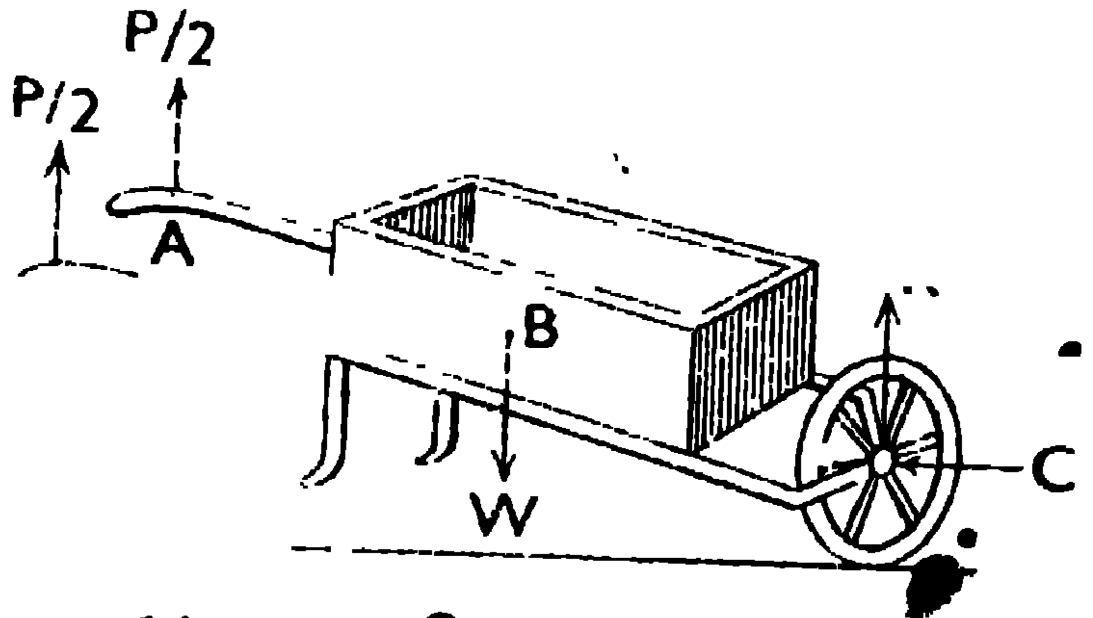
এবং অপর প্রান্ত A-তে প্রদত্ত বল P প্রয়োগ করা হয়। উত্তোলিত ভার (W) A ও C বিন্দুর মাঝামাঝি স্থানের B বিন্দুতে থাকে যাহা আলম্বের খুব নিকটে অবস্থিত [10 নং চিত্র]। এখানে P ও W বিপরীতমুখী হইয়া থাকে এবং CA ও CB লীভারের দুইটি বাহু হওয়ায় P. AC = W.BC হইবে। লীভারের



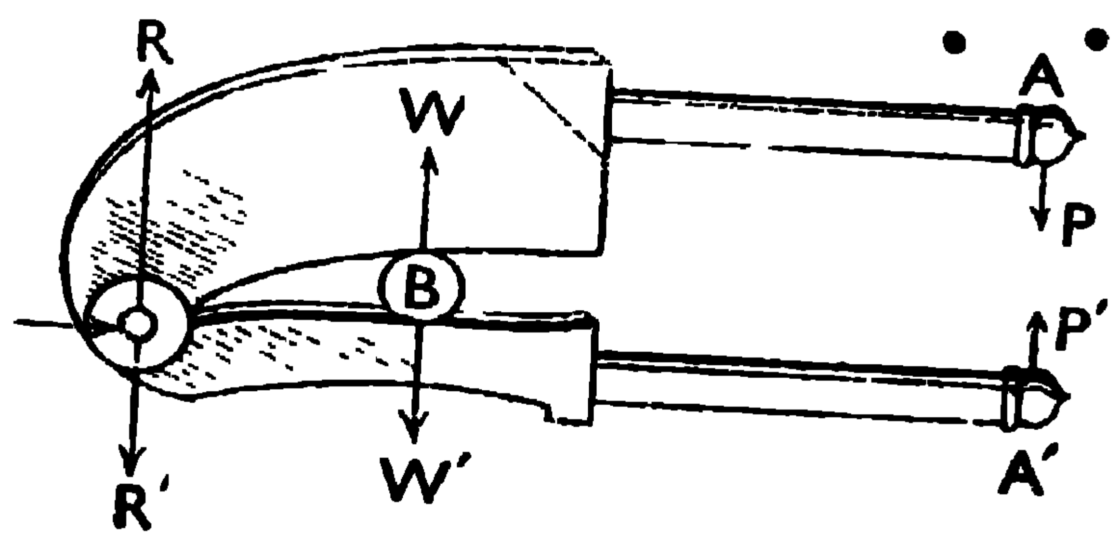
10 নং চিত্র (দ্বিতীয় শ্রেণীর লীভার)

যান্ত্রিক-সুবিধা $= m = \frac{W}{P} = \frac{AC}{BC}$। BC বাহু অপেক্ষা AC বাহু বড় হওয়ায় এখনেও যান্ত্রিক সুবিধা পাওয়া যাইবে।

ব্যবহারিক প্রয়োগ—হাতগাড়ী [10 (a) নং চিত্র], সুপারী কাটার যাঁতি



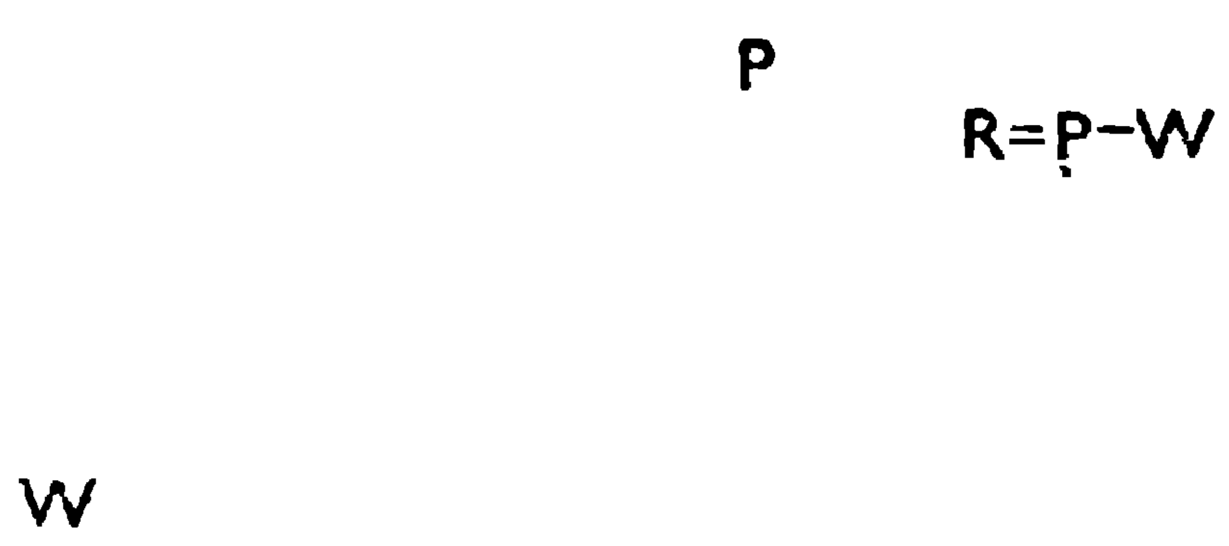
10 (*a*) নং চিত্র (হাত গাড়ী)



10 (*b*) নং চিত্র (যাঁতি)

[10 (b) নং চিত্র] প্রভৃতি দ্বিতীয় শ্রেণীর লীভারের উদাহরণ।

(iii) তৃতীয় শ্রেণীর লীভার :—এই লীভারের একপ্রান্তে আলম্ব (C) থাকে এবং অপর প্রান্ত B-তে উত্তোলিত ভার (W) থাকে [11 নং চিত্র]। B ও C-এর মাঝামাঝি কোনও A বিন্দুতে প্রদত্ত বল P প্রয়োগ করা হয়। এখানেও P ও W বিপরীতমুখী হইয়া থাকে। এক্ষেত্রেও PC ও AC, লীভারের দুইটি বাহু হওয়ায়, W.BC = P.AC হইবে। লীভারের যান্ত্রিক সুবিধা $m = \frac{W}{P} = \frac{AC}{BC}$

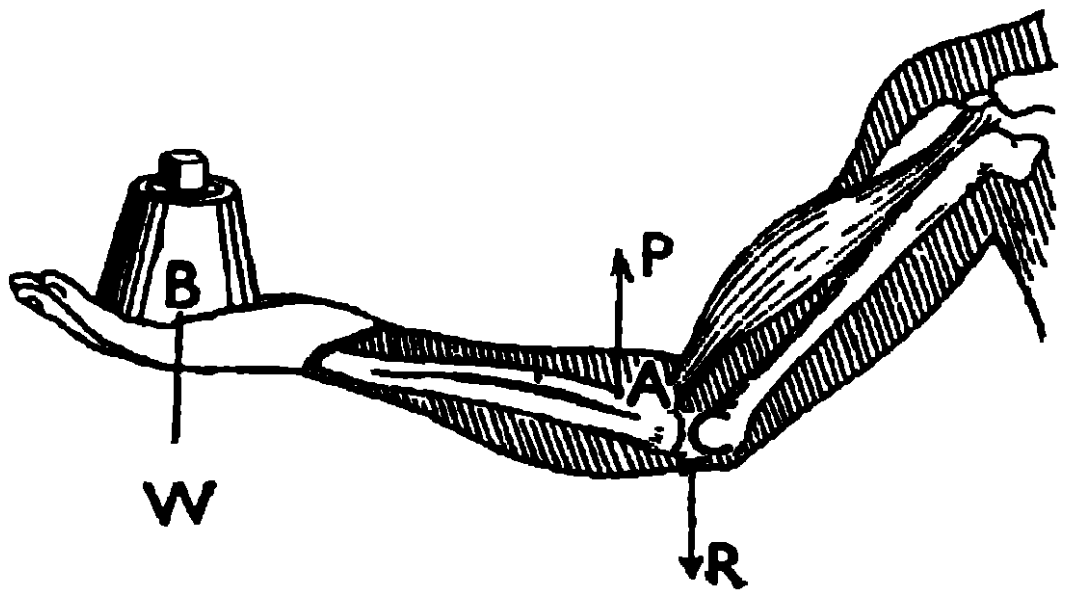


11 নং চিত্র (তৃতীয় শ্রেণীর লীভার)

এখানে BC বাহু অপেক্ষা AC বাহু সর্বদাই ছোট হয় এজন্য তৃতীয় শ্রেণীর লীভারে যান্ত্রিক সুবিধা পাওয়া যায় না।

উদাহরণ। মানুষের হাত [11 (a) নং চিত্র], তৃতীয় শ্রেণীর লীভারের একটি

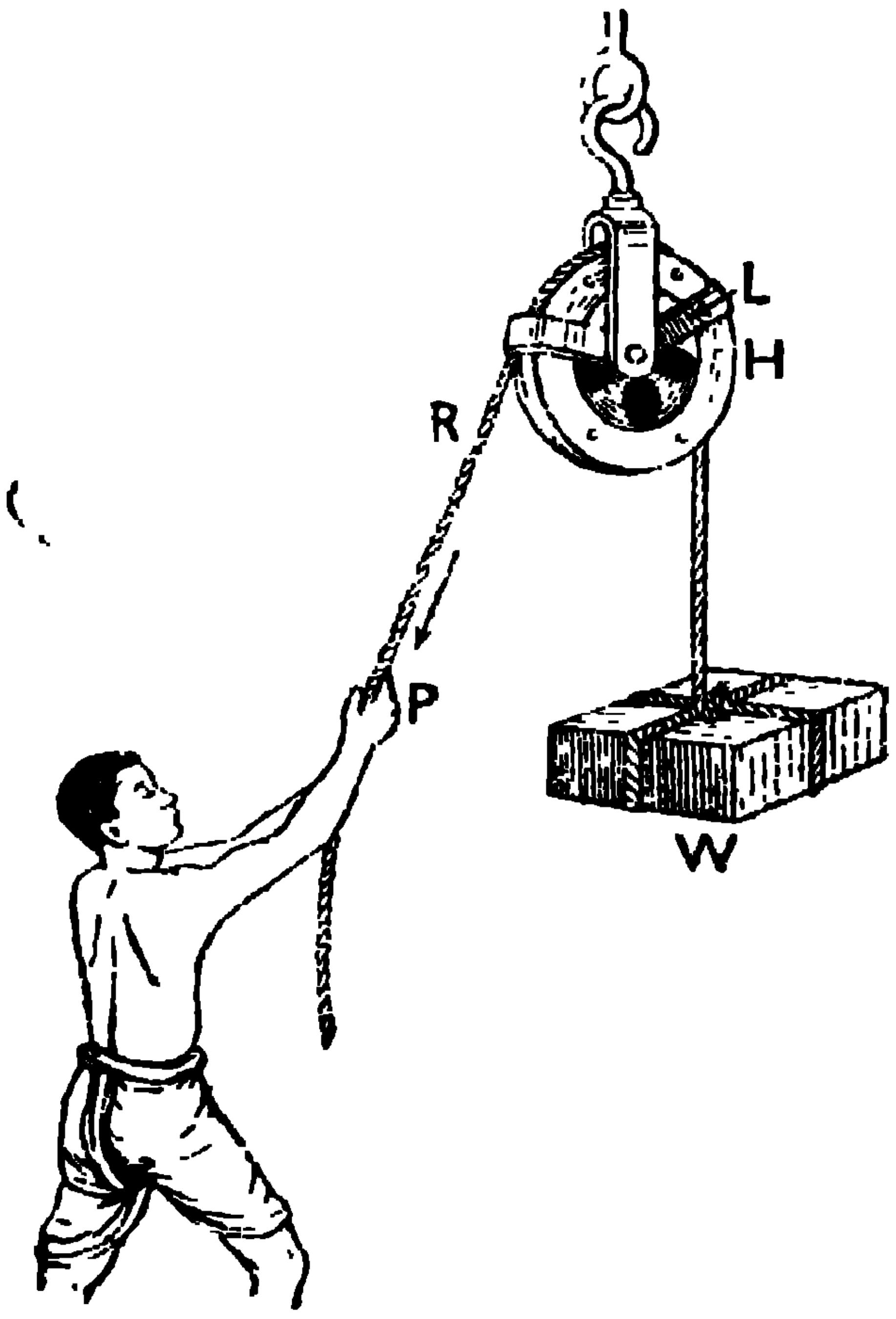
প্রকৃষ্ট উদাহরণ। এখানে হাতের হাড় BC লীভারের দণ্ডের কাজ করিতেছে, কনুই (C) আলম্ব হইতেছে এবং কনুয়ের নিকটবর্তী কোনও স্থান A-তে মাংসপেশীর সাহায্যে বল P প্রযুক্ত হইতেছে এবং হাতের তালু B-তে উত্তোলিত ভার W থাকে।



11 (a) নং চিত্র (মানুষের হাত)

কখনও কখনও অনেকগুলি লীভার এমনভাবে যুক্ত করা থাকে, যে খুব কম বল প্রয়োগ করিয়া অনেক ভারী জিনিষ তোলা যায়। রেলওয়ে ষ্টেশনের প্লাটফর্মে মাল ওজন করিবার যে যন্ত্রটি থাকে তাহাতে অনেকগুলি লীভারের সংযোগ আছে, যাহার ফলে খুব কম ওজনের সাহায্যে ভারী ভারী জিনিষ ওজন করা যায়।

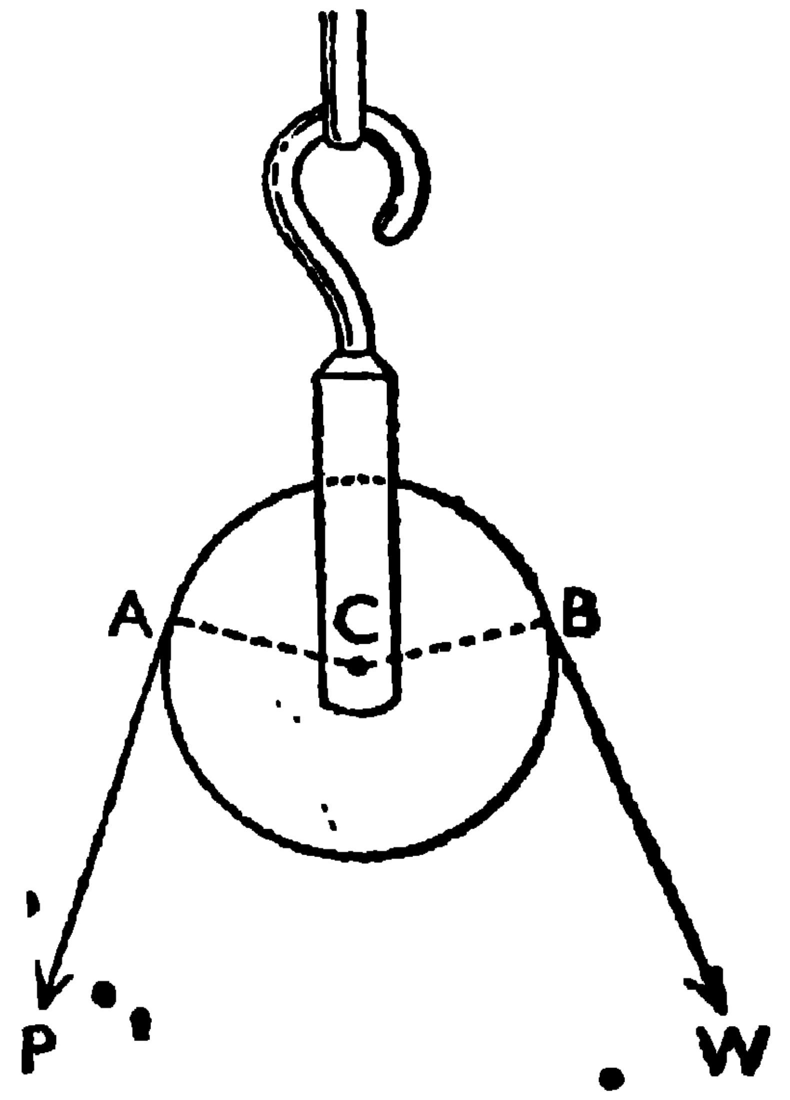
(c) কপিকল (Pulley) : কপিকলে একটি লোহার চাকা (H) থাকে যাহাকে উহার কেন্দ্রস্থিত একটি অনুভূমিক অক্ষের উপর ঘুরাইতে পারা যায় (12 নং চিত্র)। অক্ষটি একটি ব্লক (L) বা কাঠামোর সহিত যুক্ত থাকে। চাকার পরিধির উপর খাঁচ কাটা থাকে যাহার মধ্যে একটি দড়ি (R) গলাইয়া দেওয়া হয়। এই দড়ির একপ্রান্তে ভার বস্তু W বাঁধা থাকে এবং অপর প্রান্তে P বল প্রয়োগ করিয়া, বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ জনিত বাধাকে অতিক্রম করা হয়; যাহার ফলে বস্তুকে উপরের দিকে তোলা সহজ হয়।



12 নং চিত্র (কপিকল)

কপিকল একটি প্রথম শ্রেণীর লীভার। ইহার অক্ষ C এখানে আলম্ব হইয়াছে এবং ইহার এক বাহু AC অপর বাহু BC-এর সহিত সমান হইয়াছে [12(a) চিত্র]। অতএব, আমরা সমীকরণ $P.AC = W.BC$ হইতে পাই $W = P$। এখানে যান্ত্রিক সুবিধা কিছুই নাই। ভারের সমান বল প্রয়োগ করিয়া ভারকে তোলা হয়। ইহা সত্ত্বেও কপিকলে কিছু সুবিধা আছে যথা,—(i) ভার W-কে উপরে

তুলিবার জন্য ইহাতে বল P-কে নীচের দিকে প্রয়োগ করিতে হয়; এজন্য দেহ-ভারের কিছু অংশ প্রদত্ত বল P-এর জন্য ব্যয় হয় বলিয়া শারীরিক শক্তি কম লাগে। (ii) মাটিতে দাঁড়াইয়া উচ্চ স্থানে ভার পৌঁছাইয়া দিতে কপিকল খুবই প্রয়োজনীয়। এজন্য দালান তৈরীর সময়, কপিকলের সাহায্যে ঝুড়ী ভর্তি ইট, বালু প্রভৃতি উপরে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। আবার এই কপিকলের সাহায্যে জাহাজে বসিয়াই নীচ হইতে জাহাজের উপর মাল লইয়া যাওয়া হয়। থিয়েটারের সিন্, স্টেজে বসিয়াই কপিকলের সাহায্যে উপরে তোলা সুবিধাজনক।



12 (a) নং চিত্র (কপিকলের নীতি)

যদি একাধিক কপিকল যুক্ত করা হয় তাহা হইলে অল্প বল প্রয়োগ করিয়া বেশী ভারী জিনিস তোলা যায়।

উপসংহার : উপরোক্ত যন্ত্রগুলিতে অল্প বল প্রয়োগ করিয়া বেশী বাধা অতিক্রম করি বটে কিন্তু শক্তির দিক্ হইতে মোটেই লাভবান হই না। যে শক্তি আমরা ব্যয় করি তাহার কিছু অংশ যন্ত্রের বিভিন্ন অংশের মধ্যের ঘর্ষণজনিত বাধা অতিক্রম করিতে ব্যয় হয় এবং অবশিষ্ট শক্তি ফিরিয়া পাই। অতএব যে শক্তি যন্ত্র হইতে পাই তাহা প্রযুক্ত শক্তি অপেক্ষা সামান্য কম।

1.3. মহাকর্ষ ও নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র : (Gravitation and Newton's laws of gravitation) :

এই বিশ্বে, অণু, পরমাণু প্রভৃতি অতিক্ষুদ্র বস্তুর অস্তিত্বেরও যেমন প্র আছে সেইরূপ সূর্য, গ্রহ, নক্ষত্র প্রভৃতি অতিবৃহৎ বস্তুরও অস্তিত্ব আছে। পরীক্ষা ও নিরীক্ষণ দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে বিশ্বের যে কোন বস্তু অপর যে কোনও একটি বস্তুকে সর্বদা আকর্ষণ করিতেছে। এই আকর্ষণকে **মহাকর্ষ** (Gravitation) বলে। এই মহাকর্ষ আছে বলিয়াই গ্রহ ও উপগ্রহগুলি নিজ নিজ কক্ষপথে ঘুরিবার সময় কক্ষচ্যুত হয় না। আবার এই আকর্ষণের জন্যই, উপরের একটি ঢিল উপরে দিকে না যাইয়া, সর্বদা পৃথিবীর দিকে আসে। পৃথিবী ও উহার

নিকটস্থ কোন বস্তুর মধ্যে যে আকর্ষণ আছে তাহার একটি বিশেষ নাম আছে, যাহাকে **অভিকর্ষ (Gravity)** বলে।

বহু প্রাচীন যুগে আমাদের দেশের যে সমস্ত মহাপণ্ডিত মহাকর্ষ সম্বন্ধে গবেষণা করিয়াছিলেন তাঁহাদের মধ্যে আর্যভট্ট ও ভাস্করাচার্যের নাম উল্লেখযোগ্য। আর্যভট্ট তাঁহার তন্ত্রে বলিয়াছিলেন যে, গ্রহগুলি ডিম্বাকৃতি কক্ষে সূর্যকে অনবরত প্রদক্ষিণ করিতেছে। তিনি গণনা দ্বারা বুধ, শুক্র, পৃথিবী, মঙ্গল, বৃহস্পতি ও শনি প্রভৃতি গ্রহগুলির প্রদক্ষিণ-কালও নির্ণয় করিয়াছিলেন। পরে সপ্তদশ শতাব্দীতে কেপ্‌লার কোপার্নিকাস্ প্রভৃতি জ্যোতির্বিদগণ নিরীক্ষণ দ্বারা যে তথ্য আবিষ্কার করেন তাহা আর্যভট্টের গণনাকে নির্ভুল প্রমাণিত করিয়াছে। দ্বাদশ শতাব্দীতে ভাস্করাচার্য তাঁহার সিদ্ধান্ত শিরোমণি পুস্তকে লিখিয়াছিলেন যে, কোনও বস্তু যখন পৃথিবীর দিকে আসে, তখন উহাকে পৃথিবী আকর্ষণ ক'রে বলিয়াই আসে এবং এই আকর্ষণ আছে বলিয়াই গ্রহগুলি সূর্যকে প্রদক্ষিণ-কালে, কক্ষচ্যুত হয় না।

13নং চিত্র (নিউটন)

সপ্তদশ শতাব্দীতে বিখ্যাত পদার্থবিদ্ সার আইজাক নিউটন (13 নং চিত্র দেখ) মাত্র চব্বিশ বৎসর বয়সে মহাকর্ষের সূত্র আবিষ্কার করেন এবং এই সূত্র, ভাস্করাচার্যের তথ্যগুলির সত্যতা দৃঢ়তার সহিত প্রমাণ করিয়া দিল।

নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র ঃ—বিশ্বের ছোট-বড় যাবতীয় বস্তু, যে কোন দূরত্বেই থাকুক না কেন, একে অন্যকে আকর্ষণ করে, এবং এই আকর্ষণ-বল বস্তুদ্বয়ের ভরের গুণফলের সমানুপাতে এবং উহাদের মধ্যের দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

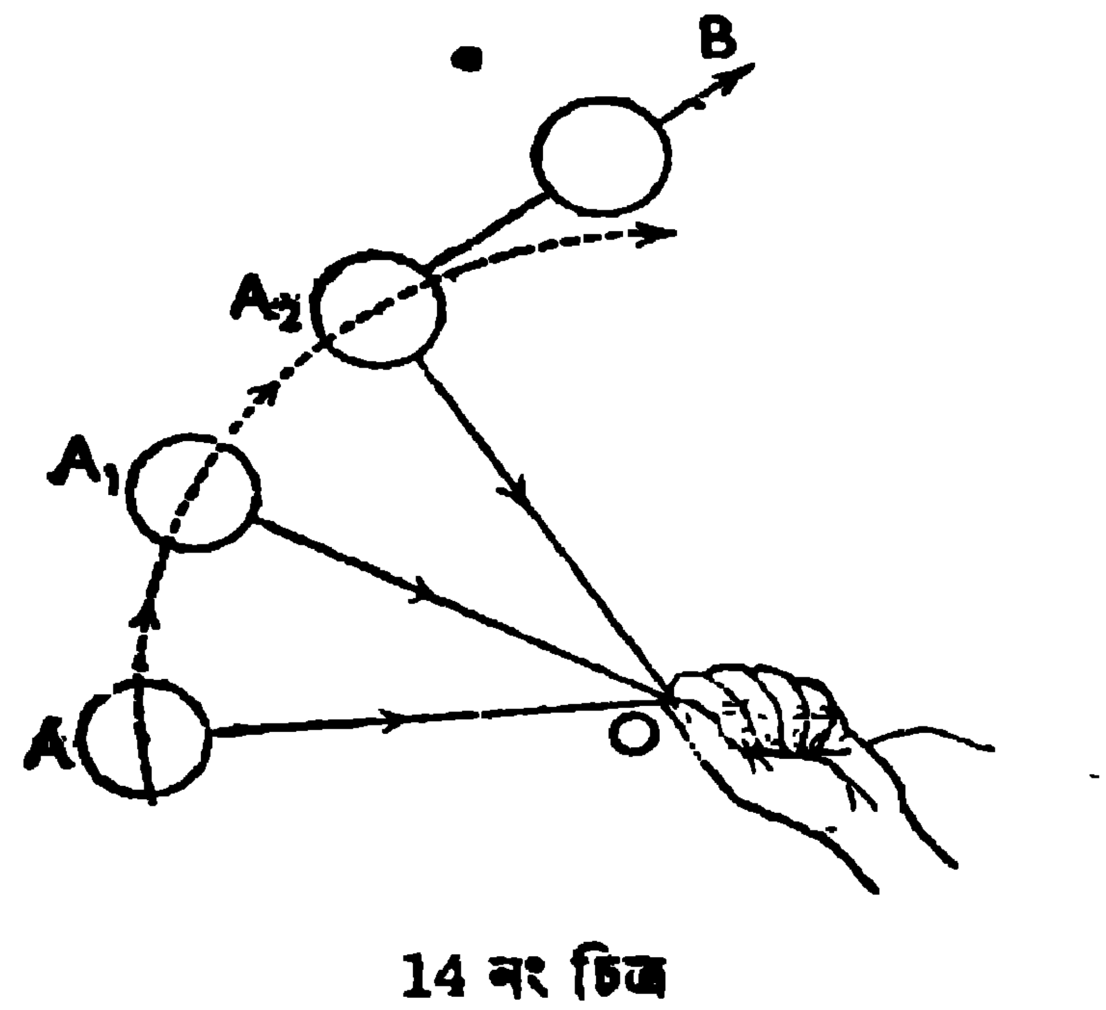
এই সূত্র হইতে, আমরা বুঝি যে, দুইটি বস্তুর দূরত্ব ঠিক রাখিয়া যদি উহাদের প্রত্যেকের ভর দ্বিগুণ করা হয় তাহা হইলে উহাদের মধ্যের আকর্ষণ পূর্বাপেক্ষা চারগুণ বেশী হইবে। আবার যদি বস্তুদ্বয়ের ভর ঠিক রাখিয়া উহাদের দূরত্ব দ্বিগুণ করা হয় তাহা হইলে উহাদের মধ্যের বর্তমান আকর্ষণ, পূর্বের আকর্ষণের চার ভাগের একভাগ

হইবে।) মহাকর্ষ জড় পদার্থের একটি সাধারণ ধর্ম। বস্তু দুইটি যে-কোন ভরের হউক না কেন এবং উহারা যে-কোন দূরত্বেই থাকুক না কেন, উহারা সর্বদাই পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করিবে।

1.4. উপগ্রহগুলি গ্রহের চতুর্দিকে প্রদক্ষিণ করে কেন? (Why satellites revolve round the planets)

সৌরজগতে যে নয়টি গ্রহ আছে, যথা,—বুধ, শুক্র, পৃথিবী, মঙ্গল, বৃহস্পতি, শনি, ইউরেনাস, নেপচুন ও প্লুটো, তাহারা নিজ নিজ কক্ষপথে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিতেছে। সূর্যকে একবার প্রদক্ষিণ করিতে, সূর্যের নিকটতম গ্রহ, বুধের (বুধ, সূর্য হইতে 3·6 কোটি মাইল দূরে) ·24 বৎসর লাগে এবং আমাদের পৃথিবীর (পৃথিবী, সূর্য হইতে 9·3 কোটি মাইল দূরে) এক বৎসর লাগে। সূর্য হইতে দূরতম গ্রহ প্লুটো (প্লুটো, সূর্য হইতে 367·6 কোটি মাইল দূরে), সূর্যকে একবার প্রদক্ষিণ করিয়া আসিতে 248 বৎসর সময় লয়। কতকগুলি গ্রহের আবার উপগ্রহ আছে, যাহারা নির্দিষ্ট কক্ষে ও নির্দিষ্ট সময়ে গ্রহকে একবার প্রদক্ষিণ করিয়া আসে। আমাদের পৃথিবীর একটিমাত্র উপগ্রহ আছে যাহাকে আমরা **চাঁদ** বলি। পৃথিবীকে একবার প্রদক্ষিণ করিতে চাঁদের প্রায় 28 দিন সময় লাগে। এখন প্রশ্ন হইতেছে এই যে, চাঁদ কোনও একটা নির্দিষ্ট দিকে না গিয়া পৃথিবীর চারিদিকেই বা ঘুরিতেছে কেন? এই প্রশ্নের উত্তর তোমরা একটি খুব সাধারণ উদাহরণ হইতে সংগ্রহ করিতে পারিবে।

তোমরা অনেকেই হয়ত একগাছি সূতার একপ্রান্তে একটি ঢিল বাঁধিয়া ঐ সূতার অপর প্রান্ত আঙ্গুলে জড়াইয়া ঢিলটিকে একটি বৃত্তাকার পথে ঘুরাইয়াছ (14 নং চিত্র)। ঢিলটি যখন ঘুরিতে থাকে, তখন বোধ হয় তোমরা লক্ষ্য করিয়াছ যে, আঙ্গুল সূতা দ্বারা ঐ ঢিলটিকে, উহার বৃত্তাকার পথের কেন্দ্রের দিকে, অনবরত একটি বল দ্বারা টানিতেছে যাহার ফলে ঢিল বৃত্তাকার পথে ঘুরিতে বাধ্য হইতেছে। যদি সূতাকে এখন কেউ কাটিয়া দেয়, তাহা হইলে দেখা যাইবে যে ঢিলটি আর বৃত্তাকার পথে না ঘুরিয়া বৃত্তের স্পর্শকের দিকে (A_2B-এর দিকে) সমগতিতে চলিয়া যাইতেছে। তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, বৃত্তাকার পথে



14 নং চিত্র

ঘূর্ণমান কোন বস্তু, সর্বদাই বৃত্তের স্পর্শকের দিকে চলিয়া যাইতে চায় এবং উহার এই চলিয়া যাইবার ইচ্ছাকে নিষ্ক্রিয় করিতে হইলে, বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে ঘূর্ণমান বস্তুর উপর উপযুক্ত পরিমাণ বল প্রয়োগ করিতে হইবে যাহাতে বস্তুটি বৃত্তাকার পথে ঘুরিতে পারে। এই উপযুক্ত পরিমাণ বলকে **অভিকেন্দ্র বল** (**Centripetal force**) বলে। বস্তুর উপর এই অভিকেন্দ্র বল প্রয়োগ করা বন্ধ করিলেই, বস্তুটি বৃত্তাকার পথে আর না ঘুরিয়া ঐ বৃত্তের স্পর্শকের দিকে চলিয়া যাইবে।

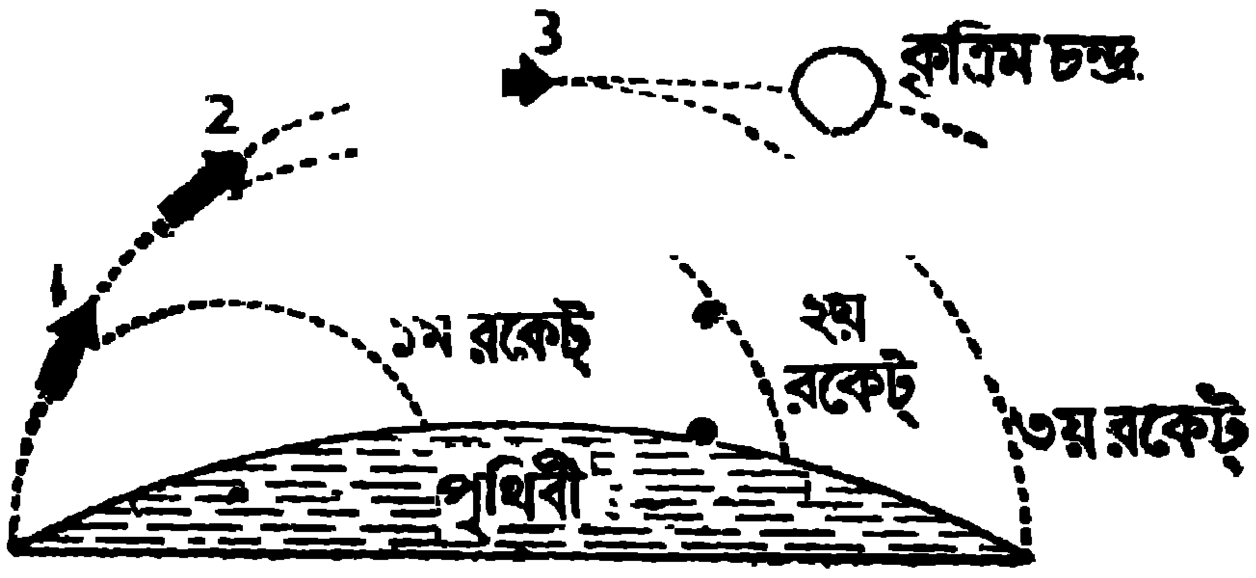
চন্দ্র যখন পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করে তখন পৃথিবী সর্বদা চন্দ্রকে উহার দিকে আকর্ষণ করে এবং এই আকর্ষণ বল, চন্দ্রের বাহিরে চলিয়া যাইবার ইচ্ছাকে নিষ্ক্রিয় করিয়া দেয়। কাজেই চন্দ্র পৃথিবীর চারিদিকে ঘুরিতে বাধ্য হয়। উপগ্রহ, গ্রহ হইতে যত দূরে থাকিবে, উহার (উপগ্রহের) গ্রহ-প্রদক্ষিণের সময়ও তত বেশী লাগিবে। আমাদের চন্দ্র পৃথিবী হইতে প্রায় 380,000 কিলোমিটার (প্রায় দুই লক্ষ চল্লিশ হাজার মাইল) দূরে আছে বলিয়া উহা পৃথিবীকে প্রায় 28 দিনে প্রদক্ষিণ করিয়া আসে। চন্দ্র ও পৃথিবীর মধ্যে মহাকর্ষজনিত বল ক্রিয়া করিতেছে বলিয়াই চন্দ্র, উপরে বর্ণিত ঢিলের মত, সর্বদা পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করিতেছে।

1.5. কৃত্রিম উপগ্রহ (Artificial Satellite)

চন্দ্র কেন পৃথিবীর চারিদিকে একটি নির্দিষ্ট কক্ষে অনবরত ঘুরিতেছে তাহার কারণ তোমরা পূর্বেই জানিতে পারিয়াছ। যে নিয়মে আসল চন্দ্র পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করে ঠিক সেই নিয়মে কৃত্রিম চন্দ্রকেও পৃথিবীর চারিদিকে ঘুরাইতে পারা যায়। আসল চন্দ্রই হউক আর কৃত্রিম চন্দ্রই হউক, উহা যে কক্ষে ঘুরিবে সেই কক্ষে উহার এমন একটি নির্দিষ্ট গতি থাকিবে, যাহাতে ঐ গতির জন্য সৃষ্ট **অপকেন্দ্রবল** (**Centrifugal force**) [যে বল চন্দ্রকে পৃথিবী হইতে দূরে লইয়া যাইবার চেষ্টা করে], চন্দ্রের উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বলকে (যে বল চন্দ্রকে পৃথিবীর দিকে লইয়া যাইবার চেষ্টা করে) নিষ্ক্রিয় করিতে পারে। কৃত্রিম চন্দ্র পৃথিবীর যত কাছে থাকিবে, পৃথিবী উহাকে তত বেশী জোরে আকর্ষণ করিবে এবং এজন্য চন্দ্রকে প্রচণ্ড গতিতে ঘুরিতে হইবে যাহাতে উহার উপর দুই বিপরীতমুখী বল (যথা, অপকেন্দ্র বল ও পৃথিবীর আকর্ষণ বল) পরস্পর পরস্পরকে নিষ্ক্রিয় করিতে পারে। যদি কৃত্রিম চন্দ্রকে পৃথিবী হইতে বহু দূরে স্থাপন করিতে পারা যায় তাহা হইলে উহার উপর অল্প গতি প্রয়োগ করিয়াই উহাকে পৃথিবী প্রদক্ষিণ করান যাইতে পারে।

রুশ বৈজ্ঞানিকগণ হিসাব করিয়া দেখিয়াছিলেন যে কৃত্রিম চন্দ্রকে যদি পৃথিবী হইতে প্রায় 580 মাইল উপরে স্থাপন করিয়া উহার উপর ঘণ্টায় 18,000 মাইল গতি প্রয়োগ করা হয়, তাহা হইলে উহার উপর যে অপকেন্দ্র বল সৃষ্ট হইবে তাহা পৃথিবীর আকর্ষণ বলকে নিষ্ক্রিয় করিতে পারিবে এবং কৃত্রিম চন্দ্র তখন ঐ কক্ষে পৃথিবীকে একদিনে প্রায় 15 বার প্রদক্ষিণ করিয়া আসিতে পারিবে। এই হিসাব অনুযায়ী কাজ করিতে হইলে, বৈজ্ঞানিকগণকে এমন ব্যবস্থা করিতে হইবে যাহাতে কৃত্রিম চন্দ্রকে নির্দিষ্ট উঁচুতে উঠাইয়া উহার উপর ঐ নির্দিষ্ট বেগ প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

1957 সালের অক্টোবর মাসে রুশ বৈজ্ঞানিকগণ রকেটের সাহায্যে এই ব্যবস্থা কার্যকরী করিবার চেষ্টা করিয়া সফলকাম হইয়াছেন। হাউই বাজীকে যে নিয়মে দ্রুতগতিতে উপরে উঠান হয় রকেটকেও ঠিক একই নিয়মে প্রচণ্ডগতিতে উপরে তোলা হয়। রকেটের মধ্যে যে বারুদ থাকে তাহাতে অগ্নি সংযোগ করিলে উহা জ্বলিয়া প্রচণ্ড চাপের গ্যাস্ সৃষ্টি করে। ঐ গ্যাস্ একটি সরু রাস্তা দিয়া প্রবলবেগে বাহিরে আসে এবং ইহার জন্য যে প্রতিক্রিয়া বলের সৃষ্টি হয় তাহা রকেটকে দ্রুতগতিতে উপরের দিকে ঠেলিয়া দেয়। একটিমাত্র রকেটের সাহায্যে কৃত্রিম চন্দ্রকে অত উঁচুতে উঠান সম্ভব হয়নি, তাই পরপর তিনটি রকেটের সাহায্য লওয়া হইয়াছিল। প্রথম রকেট, কৃত্রিম চন্দ্রসহ দ্বিতীয় ও তৃতীয় রকেটকে পৃথিবী হইতে প্রায় 50 মাইল ঊর্ধ্বে লইয়া যায়। ইহার সাহায্যে কৃত্রিম চন্দ্র বাতাসের ঘন ও পাতলা স্তর পার হইয়া আসিয়া ভূপৃষ্ঠের সহিত প্রায় 45° কোণ করিয়া চলিতে থাকে। এখানে প্রথম রকেটের কাজ শেষ হওয়ায় উহা কৃত্রিম চন্দ্র হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া নীচে পড়িয়া যায় (15 নং চিত্র দেখ)। এই সময় দ্বিতীয় রকেট কার্যকরী হইয়া, তৃতীয় রকেটসমেত কৃত্রিম চন্দ্রকে প্রায় 100 মাইল উপরে উঠাইয়া লইয়া যায়। এই স্থানে দ্বিতীয় রকেট নিষ্ক্রিয় হইয়া নীচে পড়িয়া যায় এবং তৃতীয় রকেট কার্যকরী হইয়া কৃত্রিম চন্দ্রকে প্রায় 580 মাইল ঊর্ধ্বে লইয়া যায়। এইবার তৃতীয় রকেটটিও কৃত্রিম চন্দ্র হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া নীচে পড়িয়া যায়। কৃত্রিম চন্দ্র এখন ঘণ্টায় প্রায় 18,000 মাইল বেগে পৃথিবীর সহিত সমান্তরালভাবে চলিতে থাকে। ইহার ফলে, কৃত্রিম চন্দ্র গতিবিদ্যার নিয়মানুযায়ী (যাহা পূর্বে



15 নং চিত্র

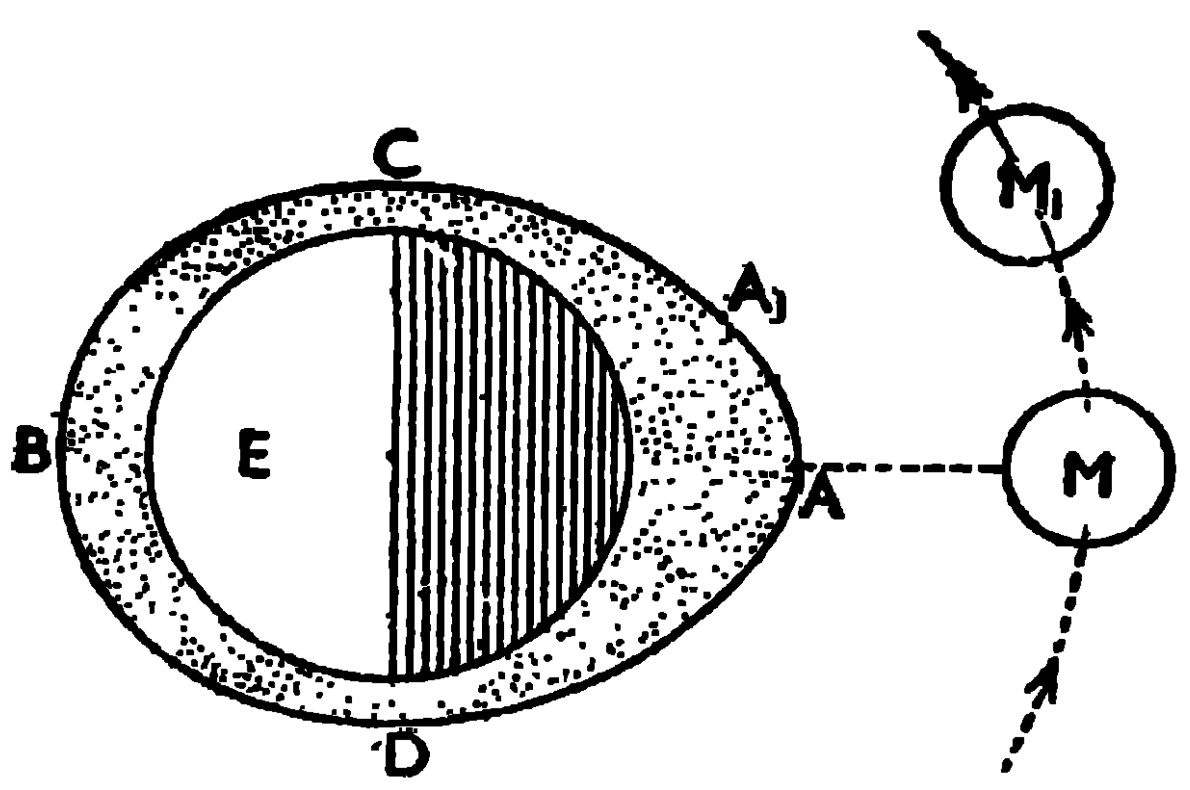
বর্ণিত হইয়াছে) পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করিতে থাকে। ইহার পরে রুশ বৈজ্ঞানিকগণ প্রথমে লাইকা নামে একটি কুকুর ও পরে ইউরি গ্যাগরিন নামে একজন সৈনিককে কৃত্রিম চন্দ্রে পাঠাইয়া পৃথিবী পরিক্রমণ করাইয়াছেন। অতি সম্প্রতি, (1962 সালের 24শে মে) 37 বৎসর বয়স্ক নৌবহরের লেঃ কম্যাণ্ডার, মার্কিন মহাকাশচারী, ম্যালকম স্কট কার্পেণ্টার, 'অরোরা 7' মহাকাশ-যানে তিন বার পৃথিবী প্রদক্ষিণের পর ভূপৃষ্ঠে নির্বিঘ্নে প্রত্যাবর্তন করিয়াছেন।

আসল চন্দ্রের ন্যায় কৃত্রিম চন্দ্র পৃথিবীকে অনন্তকাল ধরিয়া প্রদক্ষিণ করে না। ইহার কারণ, কৃত্রিম চন্দ্র পৃথিবী হইতে অনেক দূরে থাকিলেও সে স্থান একেবারে বায়ুশূন্য নয়। এই বায়ু থাকার জন্য কৃত্রিম চন্দ্র প্রচণ্ডবেগে ঘুরিতে বাধা পায়, এজন্য উহার গতি ক্রমশঃ কমিতে থাকে। গতি কমিলেই উহার উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল, অপকেন্দ্র বল অপেক্ষা বেশী হয় এবং ইহার ফলে কৃত্রিম চন্দ্র ক্রমে পৃথিবীর দিকে নামিতে থাকে। যখন উহা ঘন বায়ুস্তরে ঢোকে, তখন বায়ুর ঘর্ষণজনিত উহাতে প্রচণ্ড তাপের সৃষ্টি হয়, যাহা কৃত্রিম চন্দ্রকে ভস্মীভূত করিয়া ফেলে

1.6. জোয়ার-ভাটা (Tide)

খবরের কাগজে, গঙ্গা নদীতে প্রত্যেক দিনের জোয়ার-ভাটার যে বিজ্ঞপ্তি দেওয়া হয় তাহা বোধ হয় তোমরা দেখিয়া থাকিবে। 24 ঘণ্টার মধ্যে একই স্থানে দুই বার জোয়ার ও দুই বার ভাটা হয়। **জলের স্ফীতি ও পতনকে জোয়ার-ভাটা (tide) বলে।** এই জোয়ার-ভাটা সমুদ্রেও হয়। ইহা কেন হয় তাহাই এখন তোমাদিগকে বুঝাইয়া বলিব।

পৃথিবী তাহার মেরুরেখার চারিদিকে 24 ঘণ্টায় একবার আবর্তন করিয়া আসে এবং এই আবর্তনের ফলে যে অপকেন্দ্র বলের সৃষ্টি হয় তাহা ভূপৃষ্ঠের উপরিস্থিত জলকে বাহিরের দিকে লইয়া যাইতে চেষ্টা করে। জলের উপর এই অপকেন্দ্র বল জোয়ার সৃষ্টি করিতে কিছুটা সাহায্য করিলেও ইহাই কিন্তু জোয়ার হওয়ার প্রধান কারণ নয়। পৃথিবীর উপর চন্দ্রের মহাকর্ষীয় বল-ই জোয়ার-ভাটা হওয়ার মুখ্য কারণ। অন্যান্য জ্যোতিষ্ক অপেক্ষা চন্দ্রই পৃথিবীর নিকটে থাকে, এজন্য উহা



16 নং চিত্র (জোয়ার-ভাটা)

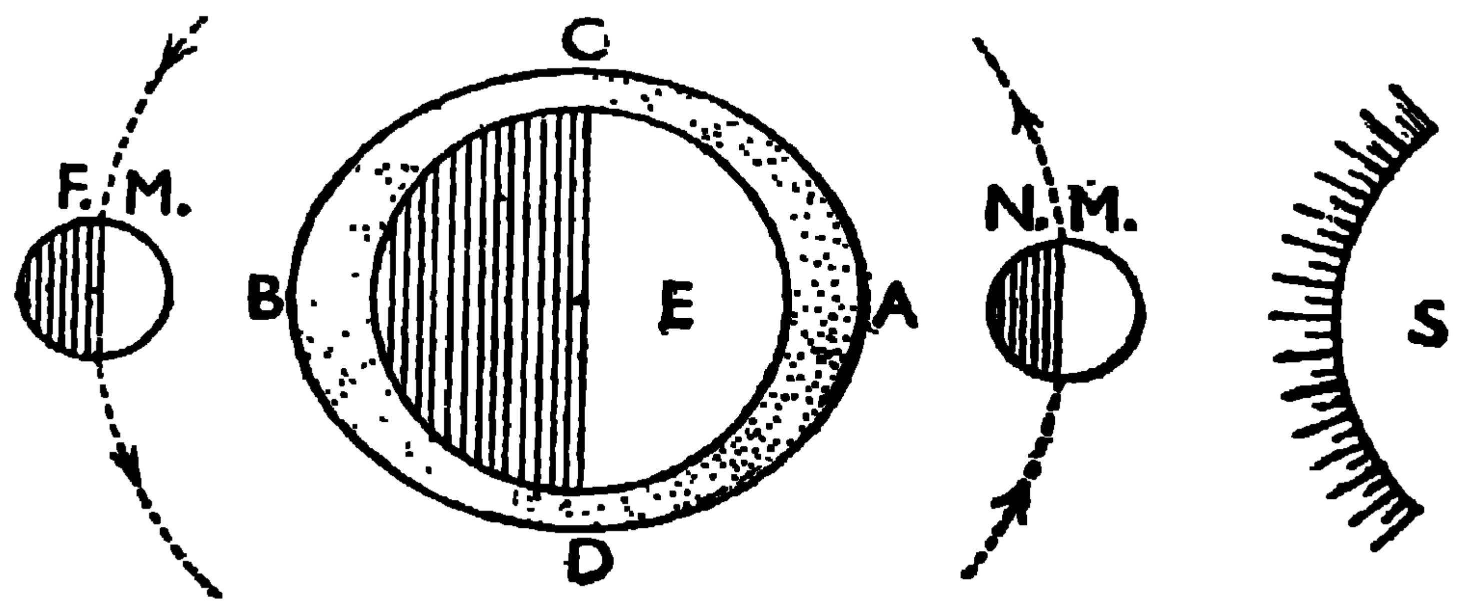
পৃথিবীকে প্রবলভাবে আকর্ষণ করে। জোয়ার-ভাটা বুঝাইবার জন্য মনে করা যাক যে পৃথিবী সম্পূর্ণরূপে জলবেষ্টিত। 16 নং চিত্রে, পৃথিবীর A অংশ চন্দ্রের (M) নিকটে আছে বলিয়া চন্দ্র এই অংশকে খুব জোরে আকর্ষণ করে এবং জল সহজে সঞ্চালিত হয় বলিয়া অন্য স্থানের জলরাশি পৃথিবীর A অংশে জমা হয়। ইহার ফলে A স্থানে জল স্ফীত হইয়া উঠে এবং জোয়ারের সৃষ্টি হয়, যাহাকে **মুখ্য-জোয়ার** বলে।

পৃথিবীর B অংশ চন্দ্রের বিপরীত দিকে অবস্থিত। এই অংশের জলভাগ অপেক্ষা স্থলভাগ চন্দ্রের কিছু নিকটে থাকে এজন্য জলভাগ অপেক্ষা স্থলভাগের উপর চন্দ্রের আকর্ষণ বেশী হইবে। ইহার ফলে B অংশের স্থলভাগ, জলভাগ অপেক্ষা চন্দ্রের দিকে একটু বেশী সরিয়া আসিবে। এই কারণে এবং পৃথিবীর দৈনিক আবর্তনের জন্য যে অপকেন্দ্র বল সৃষ্টি হইবে, সেই কারণেও পৃথিবীর B স্থানের জল সামান্য স্ফীত হইয়া যে জোয়ারের সৃষ্টি করিবে তাহাকে **গৌণ-জোয়ার** বলে। তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, যে অংশে মুখ্য-জোয়ার হয় তাহার ঠিক বিপরীত অংশে গৌণ-জোয়ার হয়।

দৈনিক আবর্তনের ফলে পৃথিবীর B অংশ যখন 12 ঘণ্টার পর A স্থানে আসে, তখন চন্দ্র M স্থান হইতে M_1 স্থানে সরিয়া যায়। কাজেই ঠিক 12 ঘণ্টা পর B স্থানে মুখ্য-জোয়ার না হইয়া প্রায় 25 মিনিট পর B যখন A_1 স্থানে যায় তখন ঐস্থান চন্দ্রের সম্মুখে যাওয়ায়, ওখানে মুখ্য-জোয়ার আরম্ভ হয় এবং উহার ঠিক বিপরীত দিকে (অর্থাৎ পূর্বের A স্থানে) গৌণ-জোয়ার আরম্ভ হয়। 24 ঘণ্টা 50 মিনিট পর A স্থান যখন আবার চন্দ্রের সম্মুখে আসে তখন ঐ স্থানে মুখ্য-জোয়ার আরম্ভ হয় এবং B স্থানে গৌণ-জোয়ার হয়। অতএব একই স্থানে, প্রায় 24 ঘণ্টার মধ্যে একবার মুখ্য-জোয়ার হয় এবং উহার (মুখ্য-জোয়ার হওয়ার) প্রায় 12 ঘণ্টা পর আবার গৌণ-জোয়ার হয়।

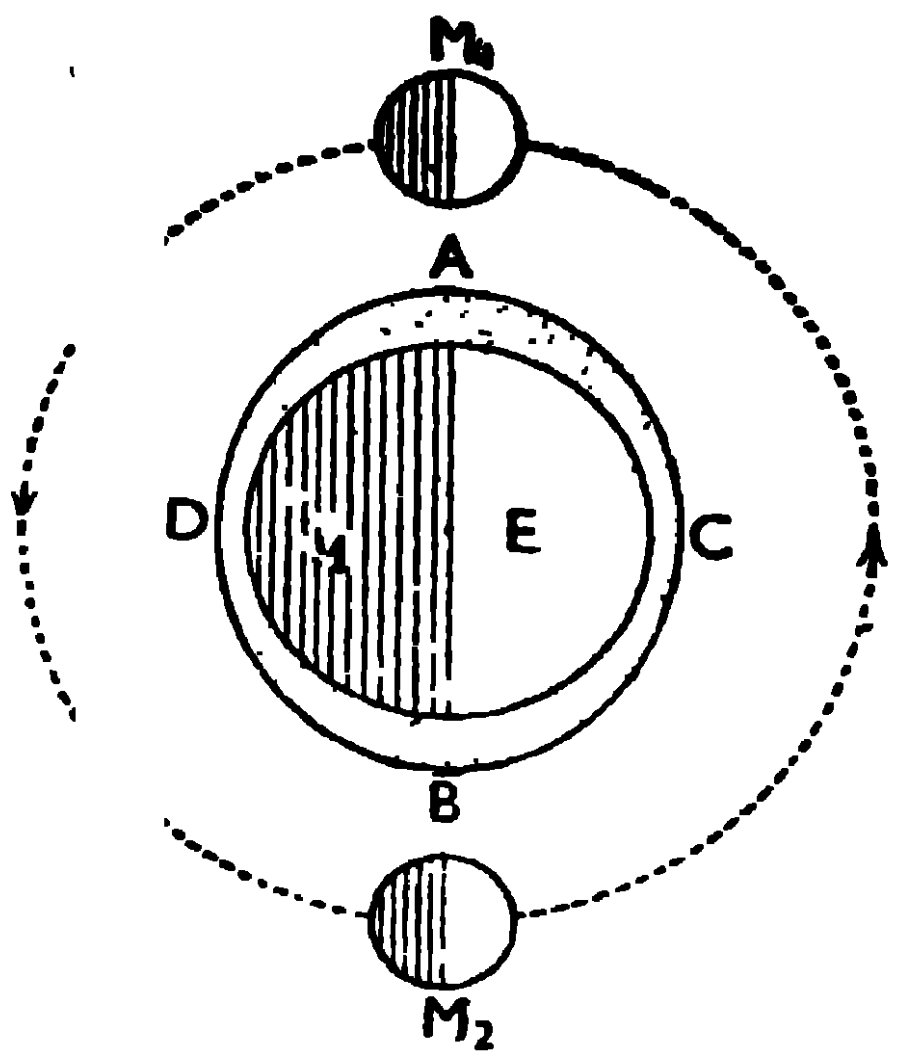
যে সময় পৃথিবীর A অংশে মুখ্য-জোয়ার ও B অংশে গৌণ-জোয়ার হয় তখন এই দুই অংশের মধ্যবর্তী স্থান C ও D-এর জল প্রবাহিত হইয়া জোয়ারের A ও B স্থানে চলিয়া যায়। ইহার ফলে C ও D স্থানের জলের তল নামিয়া গিয়া ঐ দুই স্থানে ভাটার সৃষ্টি করে। পৃথিবীর এই দুই অংশ, 12 ঘণ্টা পর তাহাদের স্থান পরিবর্তন করিবে (অর্থাৎ C স্থানে D যাইবে এবং D স্থানে C আসিবে) এবং তখন আবার ঐ দুই স্থানে ভাটা হইবে। কাজেই একই স্থানে, একদিনের মধ্যে প্রায় 12 ঘণ্টা পর পর দুইবার ভাটা হইবে। পৃথিবীর দৈনিক আবর্তনের জন্য উহার প্রত্যেক অংশ

চন্দ্রের সম্মুখে আসিয়া আবার চলিয়া যাইতেছে। এজন্য প্রত্যেক স্থানে প্রায় 24 ঘণ্টার মধ্যে দুইবার জোয়ার (একবার মুখ্য- ও একবার গৌণ-জোয়ার) ও দুইবার ভাটা হয়।



17 (*a*) নং চিত্র (ভরা-জোয়ার)

পূর্ণিমা ও অমাবস্যার সময় সূর্য, চন্দ্র ও পৃথিবী প্রায় এক রেখায় থাকে [17(*a*) নং চিত্র দেখ]। অমাবস্যার দিনে চন্দ্র (N.M.), সূর্য (S) ও পৃথিবীর (E) মাঝে থাকে এবং পূর্ণিমার দিন পৃথিবী (E), সূর্য (S) ও চন্দ্রের (F.M.) মধ্যে থাকে। এই দুই দিন (অমাবস্যা ও পূর্ণিমার দিন) সূর্য এবং চন্দ্র উভয়ে একসঙ্গে পৃথিবীকে আকর্ষণ করে, সেইজন্য চন্দ্রের সম্মুখে যে অংশ থাকে (অমাবস্যার দিনে A অংশ এবং পূর্ণিমার দিন B অংশ) সেই অংশের জল খুব স্ফীত হইয়া প্রবল জোয়ারের সৃষ্টি করে যাহাকে **ভরা-জোয়ার** (Spring tide) বলে। অষ্টমী তিথিতে সূর্য (S) ও পৃথিবী (E) যে রেখায় থাকে চন্দ্র (M_1 কিংবা M_2) তাহার সমকোণে থাকে [17(*b*) নং চিত্র দেখ]। এ সময়ে চন্দ্রের আকর্ষণ A কিংবা B স্থানের জলকে স্ফীত করিতে চেষ্টা করে কিন্তু সূর্যের আকর্ষণ জলকে নামাইতে চেষ্টা করে। এজন্য ঐ দুই তিথিতে (শুক্লাষ্টমী ও কৃষ্ণাষ্টমী) A ও B স্থানের জোয়ার ততটা প্রবল হয় না। এই জোয়ারকে **মরা-জোয়ার** (neap tide) বলে।



17 (*b*) নং চিত্র (মরা-জোয়ার)

Objective Test প্রশ্ন

N.B. [নিম্নে কয়েক প্রকার Objective Test-এর প্রশ্ন দেওয়া হইল এবং তাহাদের উত্তর যে নিয়মে করিতে হইবে তাহাও বলা হইল। প্রত্যেক পরিচ্ছেদের

শেষে যে objective test-এর প্রশ্ন থাকিবে তাহাদের উত্তর এই একই নিয়মে করিতে হইবে। সেখানে নিয়মগুলির পুনরুক্তি করা হয় নাই।]

A. Alternative response type :

(1) *Yes or no type* :—[**নিয়ম :** নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির যেটির উত্তর হাঁ হইবে তাহার ডান দিকের——— চিহ্নিত স্থানে Y এবং যেটির উত্তর না হইবে সেখানে N লিখিতে হইবে।]

(i) বস্তুর ওজন ও জড়তা থাকায় কাজের সুবিধা হয় কি ?

(ii) দুই বস্তুর মধ্যে ঘর্ষণ থাকায় উহাদের আপেক্ষিক বেগ বাড়িয়া যায় কি

(iii) যন্ত্র দ্বারা কাজ করিয়া আমরা কিছু সুবিধা পাই কি ?

(iv) তৃতীয় শ্রেণীর লীভার দ্বারা যান্ত্রিক সুবিধা পাওয়া যায় কি ?

(v) কোন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ আছে বলিয়াই কি বস্তুটি নীচে পড়ে;

(vi) কৃত্রিম চন্দ্র কি আসল চন্দ্রের মত পৃথিবীকে অনন্তকাল প্রদক্ষিণ করে ?

(vii) চন্দ্র না থাকিলে জোয়ার-ভাঁটা কি হইত ?

(viii) চন্দ্র ও সূর্য উভয়ের আকর্ষণের জন্যই কি ভরা-জোয়ার হয় ?

(2) *True or false type* : [**নিয়ম**.—নিম্নলিখিত উক্তিগুলির মধ্যে যেটি সত্য হইবে তাহার ডান পাশের—চিহ্নিত স্থানে T এবং যেটা মিথ্যা বলিয়া মনে হইবে তাহার ডান পাশের—চিহ্নিত স্থানে F লিখিতে হইবে।]

(i) কোনও বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ যত বাড়িবে উহার ওজন তত কমিয়া যাইবে।

(ii) জড়তার জন্য স্থির বস্তু সচল হইতে চায় এবং সচল বস্তু স্থির হইতে চায়।

(iii) ঘর্ষণ আছে বলিয়াই একটি মার্বেল বল কিছুক্ষণ চলার পর থামিয়া যায়।

(iv) যন্ত্রের সাহায্যে আমরা অল্প বল প্রয়োগ করিয়া বেশী বাধা অতিক্রম করি।

(v) কৃত্রিম চন্দ্রকে পৃথিবী হইতে যত দূরে স্থাপন করা যাইবে উহার ঘূর্ণনকাল তত কম হইবে।

(vi) চন্দ্রের আকর্ষণের জন্য জোয়া-ভাটার সৃষ্টি হয়।

(vii) অমাবস্যা ও পূর্ণিমায় মরা-জোয়ার হয় এবং অষ্টমী তিথিতে ভরা-জোয়ার হয়।

3. Recall type :

[**নিয়ম :** নিম্নলিখিত বাক্যগুলির শূন্য স্থান পূর্ণ করিতে যে শব্দের প্রয়োজন হইবে তাহা ডানদিকের—চিহ্নিত স্থানে লিখ]

(i) কোন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বলকে বলে।

(ii) কোন বস্তুকে বৃত্তাকার পথে ঘুরাইতে হইলে উহার উপর বল প্রয়োগ করিতে হয়

(iii) কৃত্রিম চন্দ্রকে পৃথিবী হইতে বহুদূরে স্থাপন করিবার জন্য ———— সাহায্য লওয়া হয়।

(iv) যে-কোন দুইটি বস্তুর মধ্যের আকর্ষণ বলকে ———— বলে।

(v) নদীর জলের স্ফীতি ও পতনকে বলে।

(vi) পৃথিবীর যে অংশ চন্দ্রের সম্মুখে থাকে সেখানে———— জোয়ার হয়।

(vii) অমাবস্যার দিন———— জোয়ার এবং অষ্টমীর দিন ———— -জোয়ার হয়।

4. Completion type :

[**নিয়ম :** শূন্যস্থানগুলি পূরণ করিতে যে শব্দের প্রয়োজন, তাহাদিগকে -চিহ্নিত স্থানে বসাইতে হইবে।]

(i) যদি দুইটি বস্তুকে সংস্পর্শে রাখিয়া উহাদের মধ্যে ————(a) বেগের সৃষ্টি করা হয়, তাহা হইলে উহাদের মিলনতলে একটি———— (b) সৃষ্টি হয় যাহাকে————(c) বলে। এই————(d); সংস্পৃষ্ট বস্তুদুইটির মধ্যের——(e) গতিকে নষ্ট করিতে চেষ্টা করে।

————(a)
————(b)
——(c)——(d)
——(e)

(ii) চন্দ্র যখন তাহার নির্দিষ্ট——(a) ঘুরিতে থাকে, তখন এই ঘূর্ণনের জন্য উহার উপর যে——(b) বলের সৃষ্টি হইবে, তাহা উহার উপর পৃথিবীর——(c) বলকে নিষ্ক্রিয় করিবে।

(a)
(b)
(c)

i) পৃথিবীর উপর চন্দ্রের ——(a) জন্য জোয়ার-ভাটার সৃষ্টি হয়। পৃথিবীর যে অংশ ——(b) সম্মুখে থাকে সেখানে ——(c) জোয়ার হয় এবং যে অংশ চন্দ্র হইতে দূরে থাকে সেখানে ——(d) জোয়ার হয়।
————(a)
————(b)
————(c)
————(d)

D. Multiple choice type :

[**নিয়ম :** নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির পাশে অনেকগুলি উত্তর দেওয়া আছে। যে উত্তরটি ঠিক বলিয়া মনে হইবে তাহার মাথায় ✓চিহ্ন দিতে হইবে।]

(i) গতি জড়তার জন্য সচল বস্তু সর্বদা কি অবস্থায় থাকিতে চায় ?—স্থির থাকিতে, সমবেগে চলিতে, ত্বরান্বিত বেগে চলিতে।

(ii) বস্তুর ওজনের জন্য কাজ করিতে কষ্ট হয় কেন ?—বস্তুর ভর থাকার জন্য, বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণের জন্য।

(iii) দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারের কয়েকটি উদাহরণ দাও ?—জাঁতা, কাঁচি, মানুষের হাত।

(iv) ঘূর্ণমান চন্দ্রকে আকর্ষণ

(v) কৃত্রিম চন্দ্রকে পৃথিবী হইতে বহু উচ্চে কাহার সাহায্যে তোলা হয় ?—বেলুনের সাহায্যে, এরোপ্লেনের সাহায্যে, রকেটের সাহায্যে।

(vi) জোয়ার-ভাটা হয় কেন ?—চন্দ্রের আকর্ষণের জন্য, সূর্যের আকর্ষণের জন্য, পৃথিবীর অপকেন্দ্র বলের জন্য।

(vii) ভরা-জোয়ার কখন হয় ?—অষ্টমী তিথিতে, পূর্ণিমায় অমাবস্যায়।

প্রশ্নাবলী (Questions)

Art. 1.1.

1. What do you mean by, weight and inertia of a body ? How do they create difficulty in doing work ? How many kinds of inertia are there ? How do they oppose us to do a work ?

বস্তুর ওজন ও জড়তা বলিতে কি বুঝ লিখ। ইহাদের জন্য কাজ করিতে কষ্ট হয় কেন বুঝাইয়া দাও। জড়তা কয় প্রকার আছে ? উহারা কিভাবে আমাদিগকে কাজ করিতে বাধা দেয় ?

2. What is friction ? How friction between two bodies can be reduced ? Explain the advantages and disadvantages of friction with examples.

ঘর্ষণ কাহাকে বলে ? দুইটি বস্তুর মধ্যে ঘর্ষণ কিভাবে কমান যায় ? ঘর্ষণ থাকার সুবিধা ও অসুবিধা উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

Art. 1.2.

3. What is a machine ? What is the name of the advantage which is obtained from a machine ? Name two instruments, so that one of which will give advantage while the other will produce disadvantage. Is the total energy required to do a work reduced by a machine ? [See the conclusion of Art. 1.2.]

যন্ত্র কাহাকে বলে ? যন্ত্র হইতে যে সুবিধা পাওয়া যায় তাহাকে কি বলে ? এমন দুইটি যন্ত্রের নাম কর যাহার একটি হইতে সুবিধা ও অপরটি হইতে অসুবিধা পাওয়া যায়। যন্ত্রদ্বারা কাজ করিলে কি মোট শক্তি কম লাগে ? [1.2 পরিচ্ছেদের 'উপসংহার' দেখ]।

4. Why inclined plane and pulley are called machines ? Explain how the performance of work is made easier by them ?

আনত তল ও কপিকলকে যন্ত্র বলা হয় কেন ? উহাদের দ্বারা কাজ করা সহজ হয় কেন বুঝাইয়া দাও।

5. What is lever ? Describe and explain different classes of levers. Give two examples of the practical application of each class of lever.

লীভার কাহাকে বলে ? বিভিন্ন প্রকার লীভারের বর্ণনা কর এবং তাহাদের কার্য-প্রণালী বুঝাইয়া দাও। প্রত্যেক শ্রেণীর লীভারের ব্যবহারিক প্রয়োগের দুইটি করিয়া উদাহরণ দাও।

6. Do you get advantage or disadvantage by third class lever ? Explain why the hand of a man is called third class lever.

তৃতীয় শ্রেণীর লীভারে সুবিধা না অসুবিধা পাওয়া যায়, বুঝাইয়া বল। মানুষের হাত, কেন যে তৃতীয় শ্রেণীর লীভার হইল তাহা বুঝাইয়া দাও।

Art. 1.3

7. What is Gravitation ? How does it differ from gravity ? State Newton's law of gravitation. Did anybody before Newton make any research regarding gravitation ? If so, state the names of those persons. If the distance between two bodies is increased three times, in what way the force of attraction between them will change ?

মহাকর্ষ কাহাকে বলে ? মহাকর্ষের সহিত অভিকর্ষের কি পার্থক্য ? নিউটনের মহাকর্ষ সূত্রটি বল। নিউটনের পূর্বে এই মহাকর্ষ বিষয়ে আর কেউ কি কোন গবেষণা করিয়াছিলেন ? যদি করিয়া থাকেন, তাহা হইলে তাঁহাদের নাম কি ? দুইটি বস্তুর মধ্যের দূরত্ব যদি পূর্বাপেক্ষা তিন গুণ করা হয় তাহা হইলে তাহাদের মধ্যে আকর্ষণ বলের কিরূপ পরিবর্তন হইবে ?

Art. 1.4

8. What is satellite ? What is the name of the planet on which we live ? How many satellites, this planet have and what are their names ?

উপগ্রহ কাহাকে বলে ? আমরা যে গ্রহে বাস করি তাহার নাম কি ? এই গ্রহের কয়টি উপগ্রহ আছে এবং তাহাদের কি নাম ?

9. Explain why the satellite revolves continuously round the planet ? Whether the period of revolution of a satellite will be greater when it is nearer to or far away from the planet ?

উপগ্রহ, গ্রহের চারিদিকে অনবরত ঘুরিতেছে কেন বুঝাইয়া দাও। উপগ্রহের ঘূর্ণনকাল গ্রহের কাছে থাকিলে বেশী হইবে না দূরে থাকিলে বেশী হইবে ?

Art. 1.5

10. Under what condition can an artificial moon revolve round the earth ? [See first para of art 1.5.] Who first set up an artificial moon and when ?

কৃত্রিম চন্দ্র কি অবস্থায় পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করিতে পারে? [1.5 পরিচ্ছেদের প্রথম প্যারা দেখ।] কৃত্রিম চন্দ্র প্রথম সৃষ্টি করে কাহারা এবং কোন্ সময়ে?

11. Explain in short how an artificial moon is placed high above the earth and is made to revolve round the earth.

কৃত্রিম চন্দ্রকে কিভাবে বহু উচ্চে স্থাপন করিয়া উহাদ্বারা পৃথিবী প্রদক্ষিণ করান হয় তাহার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

12. Why an artificial moon cannot revolve the earth for all times like the real moon? If the speed of real moon be increased, then will it revolve in the same orbit? [Ans: The diameter of its orbit will be smaller.]

আসল চন্দ্রের ন্যায় কৃত্রিম চন্দ্র পৃথিবীকে অনন্তকাল ধরিয়া প্রদক্ষিণ করে না কেন? আসল চন্দ্রের গতি যদি বাড়াইয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে উহা কি বর্তমান কক্ষেই ঘুরিবে? [উঃ—উহার কক্ষের ব্যাস ছোট হইয়া যাইবে]

Art. 1.6

What is tide? How does it occur? Explain with diagrams. Why two tides occur at the same place in one day?

জোয়ার-ভাটা কাহাকে বলে? জোয়ার-ভাটা কিভাবে হয় চিত্রের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। একই স্থানে একদিনে দুইবার জোয়ার ও দুইবার ভাটা হয় কেন?

14. What are spring tides and neap tides? When do they occur?

ভরা-জোয়ার ও মরা-জোয়ার কাহাকে বলে? উহারা কখন হয়?

15. Why is the interval between a high tide and the corresponding high tide in the next day nearly 25 hours?

একদিন যে মুখ্য বা গৌণ জোয়ারটি আসে, পরদিন সেই জোয়ারটি প্রায় 25 ঘণ্টার ব্যবধানে দেখা যায় কেন?

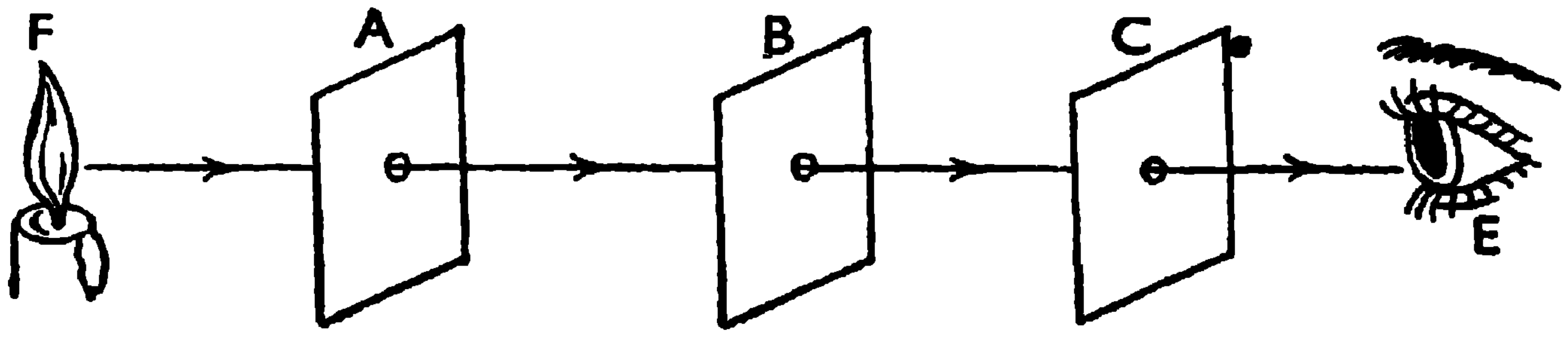
দ্বিতীয় Chapter II)

আলোকবিজ্ঞান (Light)

2.1. আলোকের 'ঋজুগতি' (Light travels in straight lines)

সমসত্ত্ব মাধ্যমে (homogeneous medium) আলোকের গতি যে প্রায় সরলরেখায় হয় তাহা আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে জানিতে পারি। জানালার কোন ছিদ্র দিয়া যদি অন্ধকার ঘরে আলো প্রবেশ করে, তাহা হইলে বাতাসে ভাসমান ধূলিকণাগুলি এই আলো দ্বারা আলোকিত হইয়া আলো যাইবার রাস্তা নির্দেশ করে। ইহাতে দেখা যায় যে আলো সরলরেখায় চলে। দূরের মোমবাতি হইতে আমাদের চোখে যে আলো প্রবেশ করে তাহা, চোখে সামান্য একটি আঙ্গুল রাখিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া যায়। ইহাদ্বারাও প্রমাণিত হয় যে আলো সরলরেখায় চলে। নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি হইতে আলোকের ঋজুগতির প্রমাণ পাওয়া যায় :—

(a) **সাধারণ পরীক্ষা :**—A, B ও C তিনটি কার্ডবোর্ড লওয়া হইল যাহাদের প্রত্যেকের মাঝখানে একটি করিয়া সরু ছিদ্র আছে (18 নং চিত্র)।

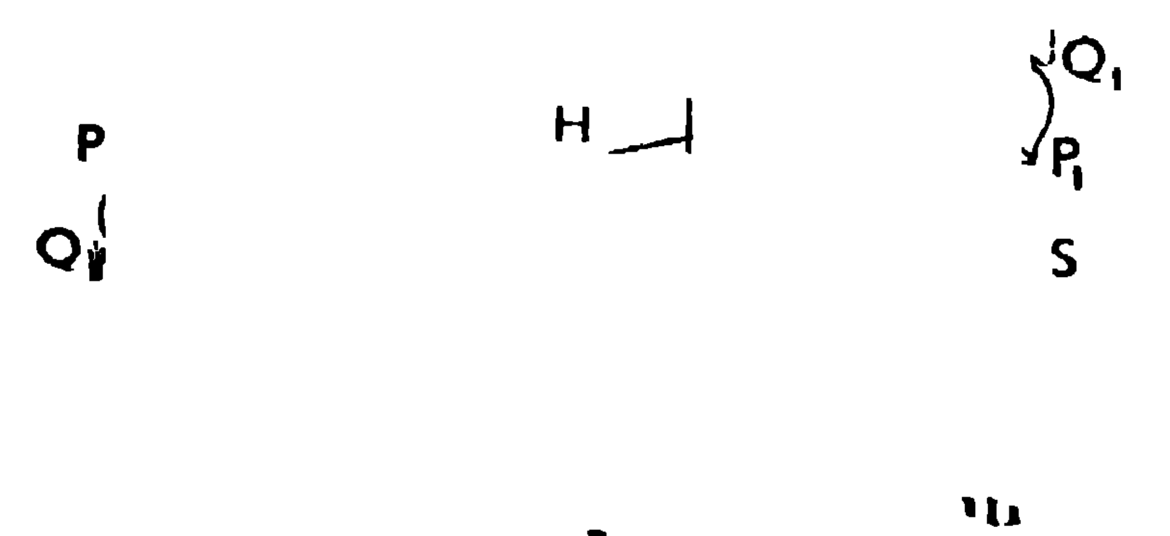


18 নং চিত্র

A কার্ডবোর্ডের পিছনে একটি জ্বলন্ত মোমবাতির শিখা (F) রাখিয়া C কার্ডবোর্ডের সামনে চোখ (E) রাখা হইল। তিনটি ছিদ্র এক সরলরেখায় থাকিলে মোমবাতির আলো চোখে ঢুকিবে কিন্তু যে-কোন কার্ডবোর্ডকে একটু সরাইলে চোখে আর আলো ঢোকে না। ইহাদ্বারা আলোকের ঋজুগতির প্রমাণ পাওয়া গেল।

(b) সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা (Pinhole Camera) দ্বারা পরীক্ষা ঃ—

গঠন—ইহা একটি আয়তাকার বাক্স (B) যাহার সামনের ধাতুনির্মিত ঢাক্‌নার মধ্যস্থলে একটি সরু ছিদ্র (H) আছে (19 নং চিত্র)। ইহারা ঠিক বিপরীত দিকে একটি ঘষা কাঁচের পর্দা (S) আছে। কাঁচের পর্দা ছাড়া, বাক্সের ভিতরের অন্যান্য স্থানে কাল রং দেওয়া থাকে।



19 নং চিত্র

ক্রিয়া—মনে করা যাক আলো সরলরেখায় চলে। PQ বস্তুর P বিন্দু হইতে যে রশ্মিগুচ্ছ বাহির হইল তাহারা PHP_1 সরলরেখায় আসিয়া, H ছিদ্রকে অতিক্রম করিয়া, পর্দার P_1 বিন্দুকে আলোকিত করিবে। অনুরূপভাবে, বস্তুর Q বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছ QHQ_1 সরলরেখায় আসিয়া, H ছিদ্র অতিক্রম করিয়া, পর্দার Q_1 বিন্দুকে আলোকিত করিবে। অতএব পর্দার উপর P_1Q_1 প্রতিবিম্ব, উল্টা হইয়া পড়িবে ; কারণ PHP_1 ও QHQ_1 রশ্মিগুলি H বিন্দুতে ছেদ করিয়াছে। পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে পর্দার উপর উল্টা প্রতিবিম্বই হয়। ইহাদ্বারা আলোকের ঋজুপথে যাইবার প্রমাণ পাওয়া গেল। আবার আলো যদি সরলরেখায় যায়, তাহা হইলে PHQ ও P_1HQ_1 ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ (similar) হইবে। অতএব, $\frac{P_1Q_1}{PQ}=\frac{HP_1}{HP}$

বস্তুর দৈর্ঘ্য PQ এবং ছিদ্র হইতে উহার দূরত্ব HP মাপা হইল। প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য P_1Q_1 এবং ছিদ্র হইতে উহার দূরত্ব HP_1-ও মাপা হইল। এই চারিটি সংখ্যা উপরোক্ত সমীকরণে বসাইলে সমীকরণের দুই দিক সমান হয়। ইহাদ্বারা আরও প্রমাণিত হইল যে আলো সরলরেখায় চলে।

প্রতিবিম্বের পরিবর্তন—(i) H ছিদ্রটি যদি খুব বড় করা হয় তাহা হইলে উহাকে অনেকগুলি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ছিদ্রের সমষ্টি বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে। প্রত্যেকটি ছিদ্রের জন্য একটি করিয়া প্রতিবিম্ব উৎপন্ন হইবে। এই ছিদ্রগুলি পাশাপাশি থাকায় উহাদের জন্য যে প্রতিবিম্বগুলি গঠিত হইবে তাহারাও পাশাপাশি থাকিবে এবং একটি প্রতিবিম্ব অপরটির উপর পড়িয়া সম্পূর্ণ প্রতিবিম্বকে অস্পষ্ট করিয়া ফেলিবে। যখন ছিদ্রটি খুব বড় হয় তখন বহুসংখ্যক প্রতিবিম্ব পর্দার বিভিন্ন স্থানে পড়ায় পর্দার উপর স্পষ্ট প্রতিবিম্বের পরিবর্তে একটি সমভাবে আলোকিত অংশ দেখা যাইবে।

(ii) বস্তুটিকে ছিদ্র হইতে দূরে লইয়া গেলে HP-এর মান বৃদ্ধি পাইবে, তাহার ফলে প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য P_1Q_1 ছোট হইবে।

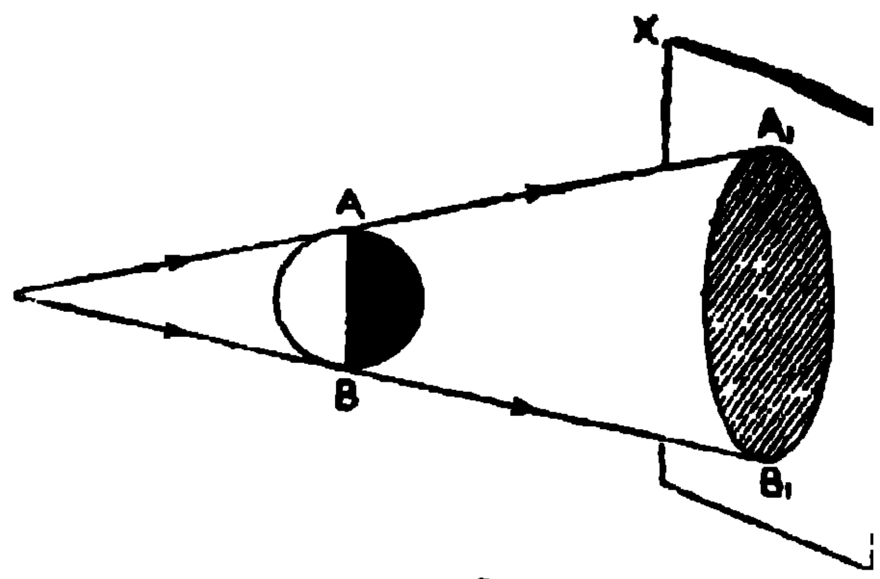
(iii) পর্দাকে ছিদ্র হইতে দূরে লইয়া গেলে HP_1-এর মান বৃদ্ধি পাইবে তাহার ফলে প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য P_1Q_1 বড় হইবে।

2.2. ছায়া, প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া (Shadow, umbra and penumbra)

যখন কোন অস্বচ্ছ বস্তুকে আলো ও একটি পর্দার মধ্যে রাখা হয় তখন অস্বচ্ছ বস্তু, পর্দার কিছু অংশে আলো প্রবেশ করিতে না দেওয়ায় পর্দার ঐ অংশ অন্ধকার থাকে। এই অন্ধকার স্থানকে অস্বচ্ছ বস্তুর **ছায়া** বলে।

(a) একটি বিন্দুবৎ আলোর উৎসের জন্য একটি বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তুর ছায়া :—

19(a) নং চিত্রে একটি বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তু AB-কে, বিন্দুবৎ আলোর উৎস S ও পর্দা XY-এর মধ্যে রাখা হইয়াছে। ইহার ফলে পর্দার A_1B_1 অংশে কোন আলো প্রবেশ করিতে না পারায় ঐ অংশ সম্পূর্ণ অন্ধকার হইতেছে। পর্দার এই অন্ধকার অংশকে (A_1B_1) অস্বচ্ছবস্তুর ছায়া বলে এবং এই ছায়া সম্পূর্ণ অন্ধকার বলিয়া উহাকে **প্রচ্ছায়া** (umbra) বলে। এই ছায়ার কোন অংশই আংশিকভাবে আলোকিত হইতেছে না; এজন্য এখানে উপচ্ছায়া মোটেই থাকে না। অতএব ছায়াতে কেবলমাত্র প্রচ্ছায়া পাইতে হইলে বিন্দুবৎ আলোর উৎস লইতে হইবে। ছায়ার যে অংশ আংশিকভাবে আলোকিত হয় তাহাকে **উপচ্ছায়া** (penumbra) বলে।

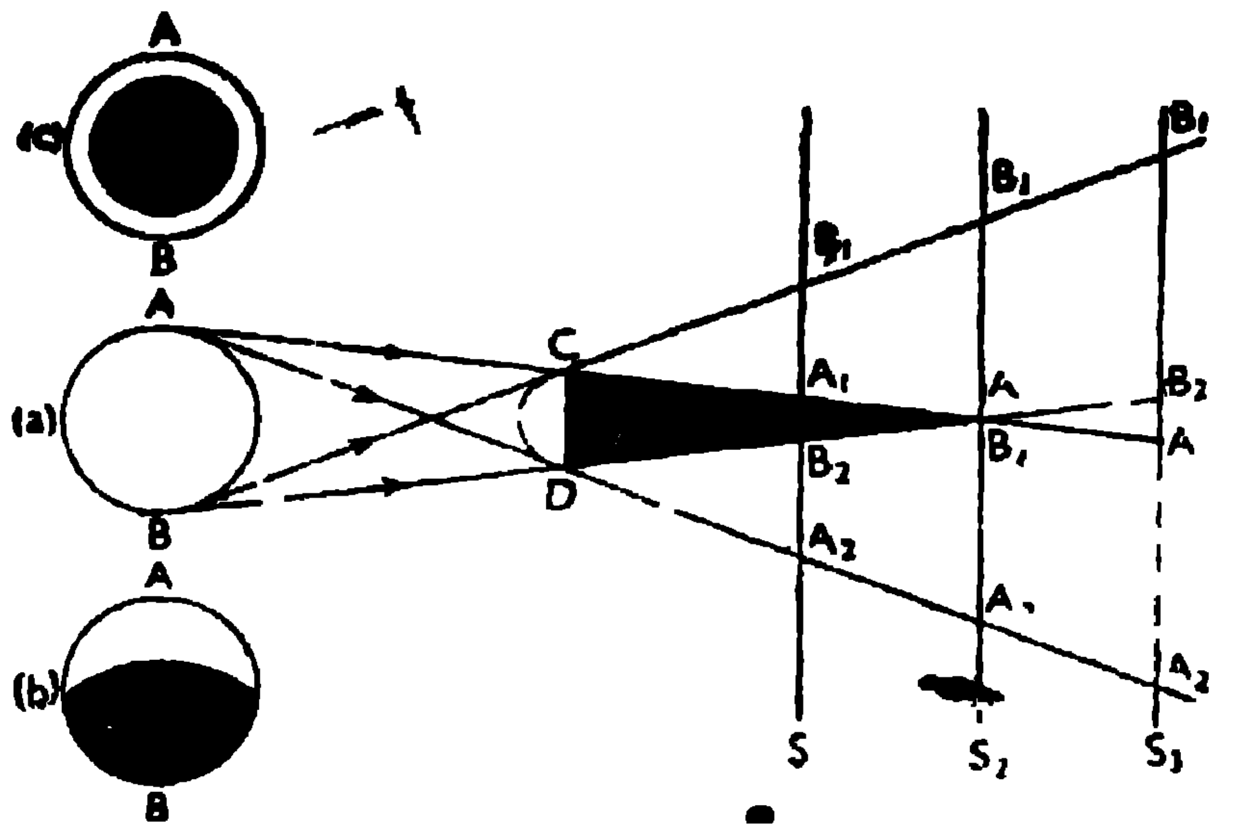


19(a) নং চিত্র

(b) একটি বিস্তৃত আলোর উৎসের জন্য, তদপেক্ষা ছোট অস্বচ্ছ বস্তুর ছায়া :—

20(a) নং চিত্রে একটি ছোট আকৃতির গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু CD-কে একটি বড় আকৃতির গোলাকার উৎস (AB) ও পর্দার মধ্যে রাখিয়া, পর্দার উপর ছায়া উৎপন্ন করান হইয়াছে।

উৎসের A বিন্দু হইতে যে সব আলোকরশ্মি নির্গত হইল তাহাদের কিছু অংশ অস্বচ্ছ বস্তুর (CD) মধ্য দিয়া যাইতে না পারায় পর্দার A_1A_2 অংশ আলোকিত হইবে না। অতএব উৎসের A বিন্দুর জন্য, পর্দার উপর CD বস্তুর ছায়া A_1A_2 হইবে। একই ভাবে, উৎসের B বিন্দুর জন্য, পর্দার উপর CD বস্তুর ছায়া B_1B_2 হইবে। এইভাবে উৎসের অন্যান্য বিন্দুর জন্য CD বস্তুর যে সমস্ত ছায়ার সৃষ্টি হইবে তাহারা পর্দার বিভিন্ন স্থানে পড়িয়া একটি সম্পূর্ণ অন্ধকার স্থান সৃষ্টি করিবে যাহাকে **প্রচ্ছায়া** বলে। উহারই পাশে একটি আংশিকভাবে আলোকিত স্থান পাওয়া হইবে যাহাকে **উপচ্ছায়া** বলে। এখানে প্রচ্ছায়া অভিসারী শঙ্কু কিন্তু উপচ্ছায়া অপসারী শঙ্কু।



20 নং চিত্র

(i) পর্দাকে S_1 স্থানে রাখিলে, উহার A_1B_2 অংশে প্রচ্ছায়া হইবে এবং A_1B_1 ও B_2A_2 অংশে উপচ্ছায়া হইবে কারণ A_1B_2 অংশ সম্পূর্ণ অন্ধকার স্থান আর A_1B_1 ও B_2A_2 অংশ আংশিকভাবে আলোকিত স্থান।

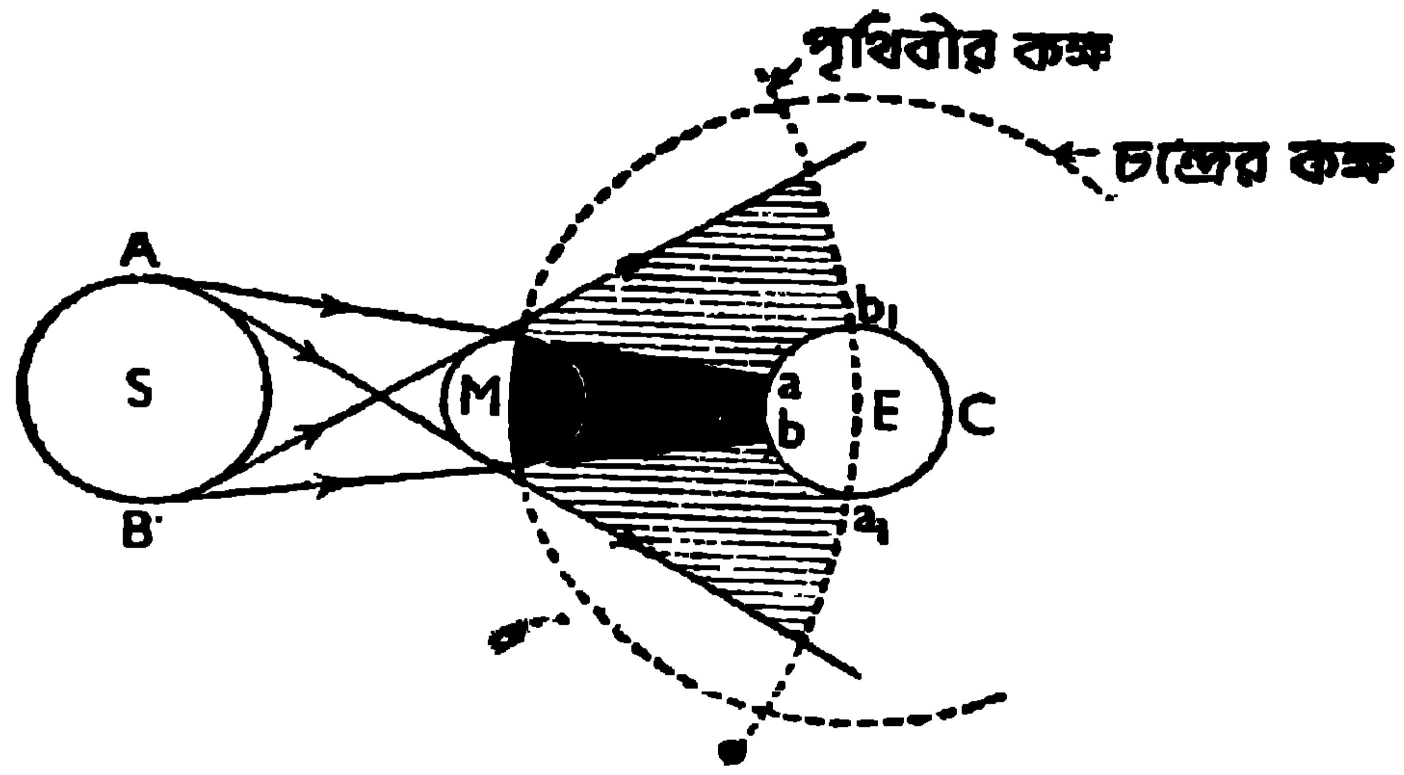
(ii) পদাকে S_2 স্থানে রাখিলে, প্রচ্ছায়া একটি বিন্দুতে পরিণত হইবে কিন্তু উপচ্ছায়া A_1B_1 ও B_2A_2-এর আকাব পূর্বাপেক্ষা বড় হইবে।

(iii) পর্দাকে যখন S_3 স্থানে রাখা হয়, তখন উহার উপরে যে ছায়া হয় তাহার সব অংশই উপচ্ছায়া? কিন্তু বিভিন্ন অংশের উপচ্ছায়ার প্রকৃতি এক নয়। B_1B_2 উপচ্ছায়ার মধ্যে চোখ রাখিলে উৎসের উপরের অংশ দেখা যাইবে কিন্তু নীচের অংশ অদৃশ্য হইবে। [20(b) চিত্র দেখ]। A_1B_2 উপচ্ছায়ার মধ্যে চোখ রাখিলে উৎসের চারিপাশ দেখা যাইবে কিন্তু মধ্যস্থল অদৃশ্য থাকিবে [20(c) চিত্র দেখ]। A_1A_2 উপচ্ছায়ার মধ্যে চোখ রাখিলে উৎসের নিম্নাংশ দৃশ্য কিন্তু উপরাংশ অদৃশ্য হইবে।

2.3. সূর্যগ্রহণ ও চন্দ্রগ্রহণ (Solar and lunar eclipses)

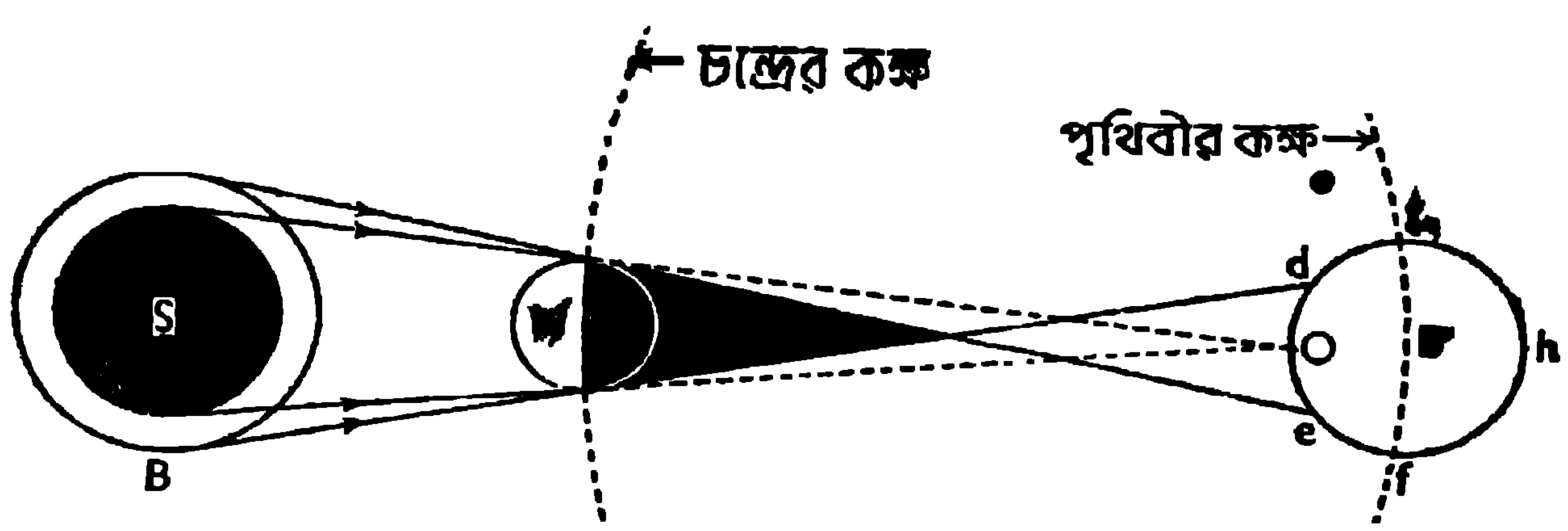
সূর্যগ্রহণ ঃ—প্রত্যেক অমাবস্যায়, চন্দ্র, পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে অবস্থান করে ; এই সময়ে যদি উহারা এক সরলরেখায় আসে এবং চন্দ্রের ছায়া পৃথিবীর উপরে

পড়ে তাহা হইলে পৃথিবীর ঐ ছায়ায়-ঢাকা স্থানে সূর্যগ্রহণ দেখা যায়। চন্দ্র, সূর্য অপেক্ষা আকারে অনেক ছোট, এজন্য চন্দ্রের প্রচ্ছায়া অভিসারী শঙ্কু ও উপচ্ছায়া অপসারী শঙ্কু হয়। চন্দ্র যখন পৃথিবীর কাছে থাকে তখন উহার প্রচ্ছায়া পৃথিবীর ab অংশকে ঢাকিয়া ফেলে এবং উপচ্ছায়া, ab অংশের চারিপাশের ab_1 ও ba_1 স্থানে পড়ে (21 নং চিত্র দেখ)। অতএব পৃথিবীর ab অংশে বসবাসকারী লোকেরা সূর্যের কোন অংশ দেখিতে পায় না, এজন্য তাহাদের কাছে সূর্যের **পূর্ণগ্রহণ** (total eclipse) হয়। পৃথিবীর ab_1 ও ba_1 অংশে যাহারা বাস করে তাহারা যথাক্রমে সূর্যের উপরাংশ ও নিম্নাংশ দেখিতে পাইবে, এজন্য তাহাদের কাছে সূর্যের **খণ্ডগ্রহণ** (partial eclipse) হইবে। এই সময়, পৃথিবীর b_1 Ca_1 অংশে রাত্রি হয় কাজেই এখানকার লোকেরা কোন গ্রহণই দেখিতে পায় না। অতএব সূর্যের পূর্ণগ্রহণের সময় উহার বলয়গ্রহণ সম্ভব নয়।



21 নং চিত্র

যদি অমাবস্যার সময় চন্দ্র, পৃথিবী হইতে দূরে থাকে, তাহা হইলে চন্দ্রের প্রচ্ছায়া পৃথিবীর উপর না পড়িয়া উহার বর্ধিত অপসারী শঙ্কু, পৃথিবীর de অংশে পড়ে এবং উপচ্ছায়া de অংশের চারিপাশের dg ও ef অংশে পড়ে (22 নং চিত্র দেখ)। de



22 নং চিত্র

অংশের বসবাসকারী লোকেরা সূর্যের বাহিরের অংশ দেখিতে পাইবে কিন্তু ভিতরের অংশ তাহাদের কাছে অদৃশ্য রহিবে। এজন্য de অংশের লোকেদের কাছে সূর্যের **বলয় গ্রহণ** (annular eclipse) এবং dg ও ef অংশের লোকেদের কাছে সূর্যের **খণ্ডগ্রহণ**

পরে, আলোকের গতি আরও নির্ভুলভাবে নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, আলোকের গতি (V) প্রতি সেকেণ্ডে 186000 মাইল।

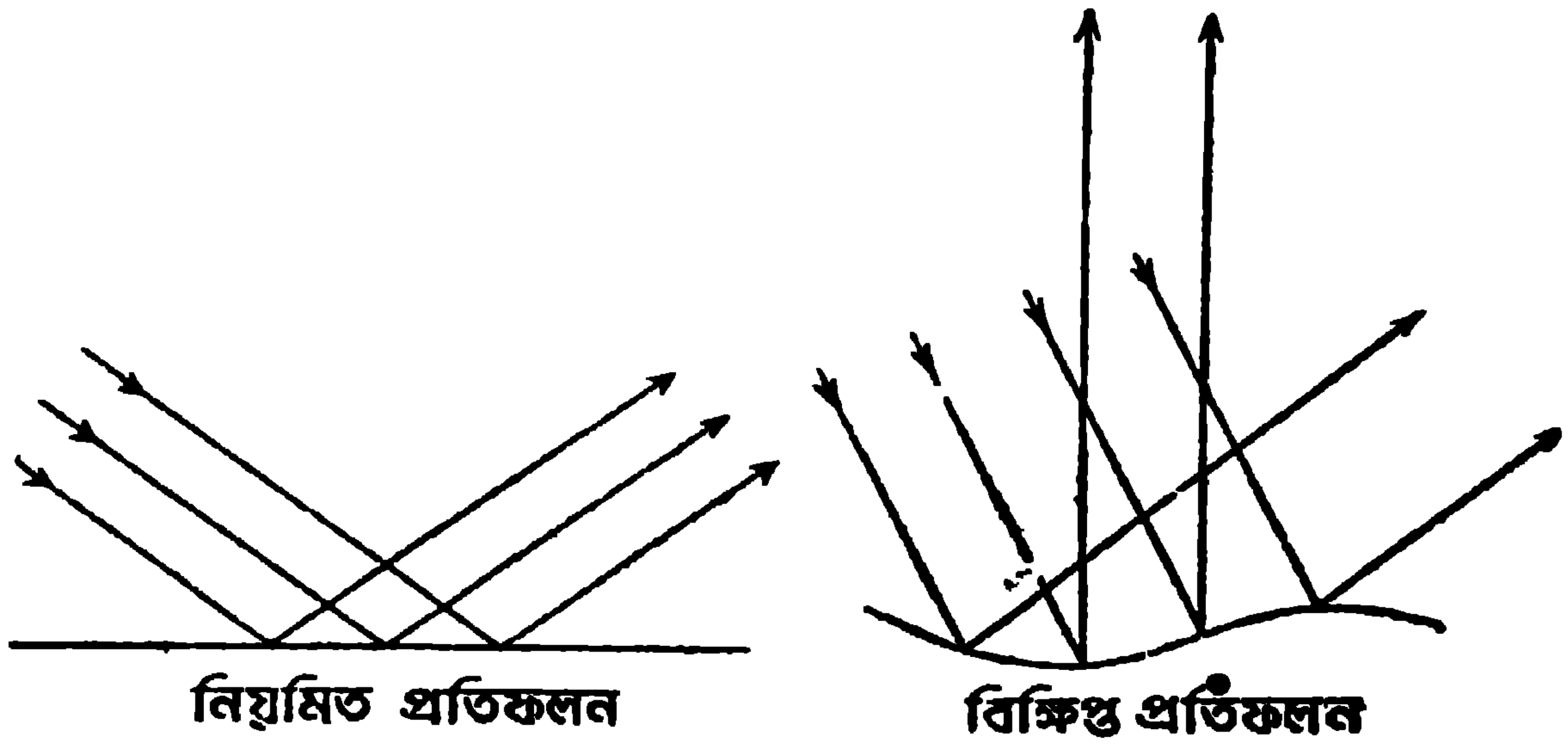
সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিবার সময়ঃ—আলো যখন নির্দিষ্ট বেগে চলে তখন সূর্যের আলো পৃথিবীতে পৌঁছাইতে নিশ্চয়ই কিছু সময় লাগিবে। সূর্য পৃথিবী হইতে 93×10^6 মাইল দূরে আছে। কাজেই সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে সময় লাগিবে, $93 \times 10^6/186000$ সেকেণ্ড $=8$ মিনিট 2 সেকেণ্ড। ইহা দ্বারা বোঝা যাইতেছে যে, যদি কোন কারণে সূর্য নষ্ট হইয়া যায় তাহা হইলে উহার নষ্ট হইয়া যাইবার পরও উহাকে প্রায় 8 মিনিট ধরিয়া দেখিতে পাইব।

আলো ও শব্দের বেগের তুলনাঃ—আলো প্রতি সেকেণ্ডে 186000 মাইল যায় অথচ শব্দ প্রতি সেকেণ্ডে মাত্র 1120 ফিট যায়। তাহা হইলে দেখ যে, আলো, শব্দ অপেক্ষা কত দ্রুতগতিতে চলে। কাজেই একই স্থানে যদি আলো ও শব্দ একই সময়ে সৃষ্টি করা হয় তাহা হইলে তোমার কাছে আলো প্রথমে পৌঁছিবে এবং তাহার অনেক পরে শব্দ পৌঁছিবে। যখন দুইটি মেঘের মধ্যে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের (electric spark) সৃষ্টি হয়, তখন লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে, ঐ স্ফুলিঙ্গের আলো দেখার সঙ্গে সঙ্গেই কিন্তু উহার শব্দ শুনা যায় না। শব্দ একটু পরে শুনা যায়। শব্দ অপেক্ষা, আলো দ্রুত চলে বলিয়াই এইরূপ হয়। তাহা হইলে এখন বুঝিতে পারিলে যে যদি কোন লোক বজ্রনাদ (thunder) শুনিতে পায়, তাহা হইলে বজ্রপাতে (lightning) তাহার মৃত্যু হইবার আর কোন সম্ভাবনা রহিল না।

2.5. আলোকের প্রতিফলন ও প্রতিফলনের নিয়ম (Reflection of light and laws of reflection).

আলোক যখন দুই সমসত্ত্ব মাধ্যমের (medium) মিলনতলে আপতিত হয়, তখন ইহার কিয়দংশ, ঐ মিলনতল হইতে প্রথম মাধ্যমে ফিরিয়া যায় যাহাকে **প্রতিফলিত রশ্মি** বলে এবং এই ঘটনাকে **আলোকের প্রতিফলন** বলে। আলো যদি মসৃণ তল হইতে প্রতিফলিত হয়, তাহা হইলে আপতিত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত হইবার পরও সমান্তরাল থাকিয়া যায় [24 (a) নং চিত্র দেখ]। এই প্রতিফলনকে **নিয়মিত প্রতিফলন** (regular reflection) বলে। কিন্তু আলো যদি অমসৃণ তল হইতে প্রতিফলিত হয় তাহা হইলে আপতিত সমান্তরাল

রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত হইবার পর আর সমান্তরাল থাকে না [24(*b*) নং চিত্র দেখ]। এই প্রতিফলনকে **অনিয়মিত** বা **বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন** (irregular reflection)

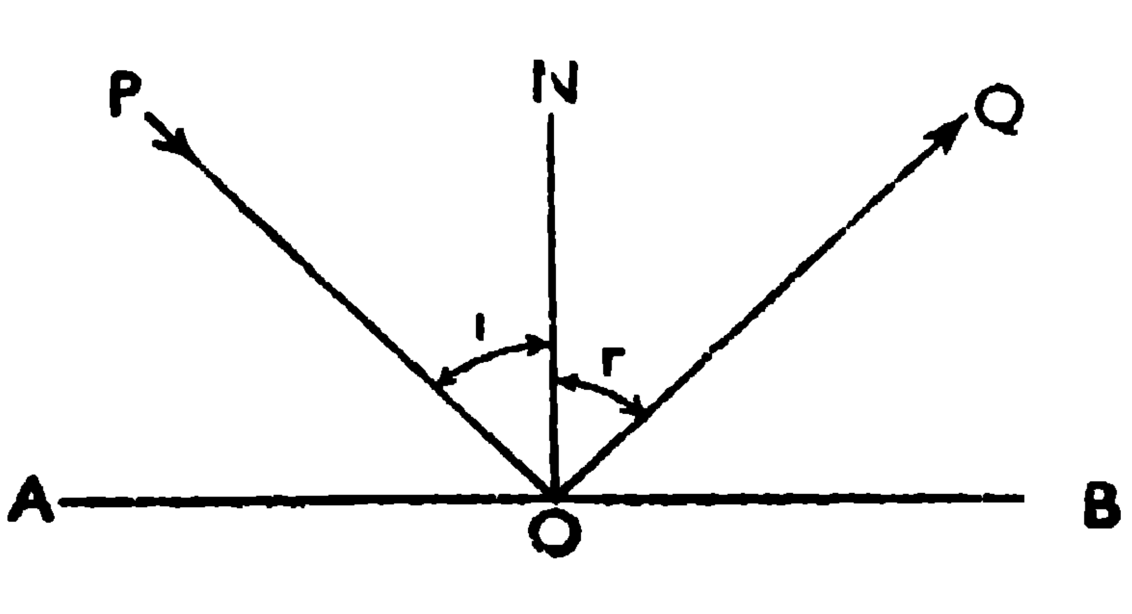


24 (*a*) নং চিত্র   24 (*b*) নং চিত্র

বলে। দর্পণ, স্থির জলের তল, প্রভৃতি হইতে আলোর প্রতিফলন তোমরা দেখিয়াছ। এই সব প্রতিফলনকে নিয়মিত প্রতিফলন বলে। আবার টেবিল, ঘরের দেওয়াল, কাগজ প্রভৃতি হইতে যে প্রতিফলন হয় তাহাকে অনিয়মিত প্রতিফলন বলে।

প্রতিফলনের নিয়ম :—(*a*) **আপতিত রশ্মি** (incident ray), **প্রতিফলিত রশ্মি** (reflected ray) এবং **আপতন-বিন্দুতে** (point of incidence), **অঙ্কিত অভিলম্ব** (normal) **একই সমতলে অবস্থান করে**। এই সমতলকে **আপতন তল** (plane of incidence) বলে।

(*b*) **আপতিত রশ্মি ও প্রতিফলিত রশ্মি, আপতন-বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্বের সহিত যে দুইটি কোণ উৎপন্ন করে, তাহারা পরস্পর সমান**



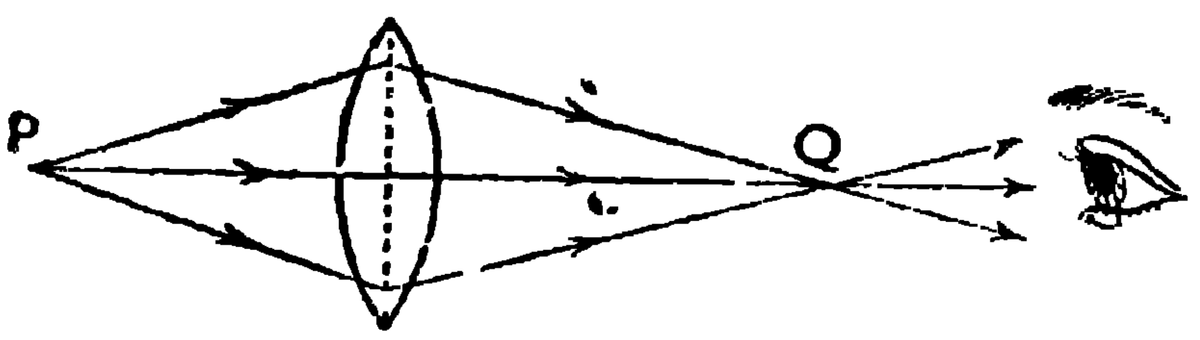
25 নং চিত্র

হয়। এই কোণ-দুইটিকে যথাক্রমে **আপতন-কোণ ও প্রতিফলন-কোণ** বলে। 25 নং চিত্রে, আপতিত রশ্মি PO, প্রতিফলিত রশ্মি OQ এবং আপতন-বিন্দু

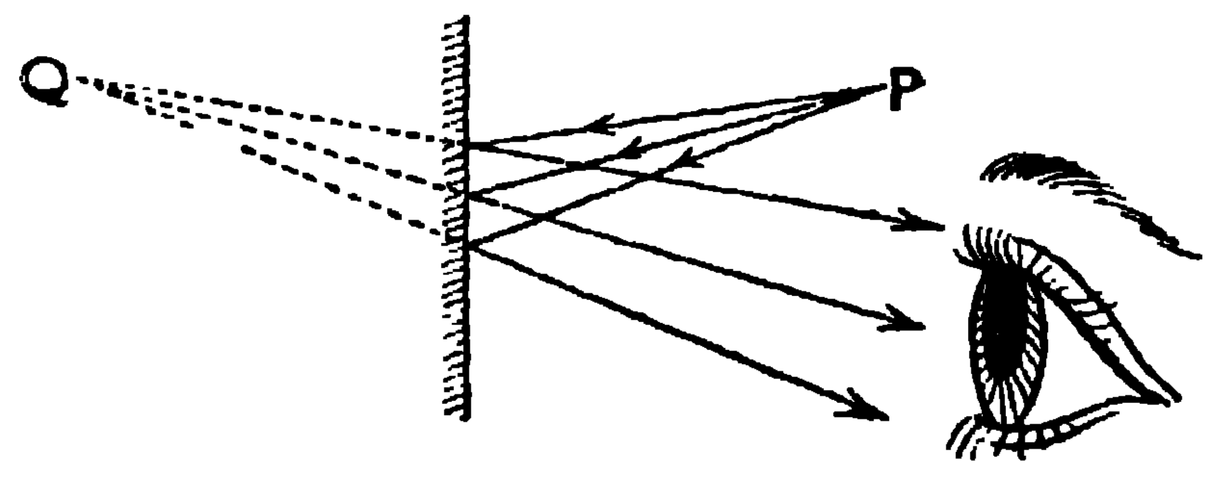
O-তে অঙ্কিত অভিলম্ব ON, একই সমতলে (এখানে কাগজের তলে) রহিবে এবং আপতন-কোণ ∠PON ও প্রতিফলন-কোণ ∠QON পরস্পর সমান হইবে।

2.6. প্রতিবিম্ব—সদ্-বিম্ব ও অসদ্-বিম্ব (Image—Real image and Virtual image).

কোনো ছোট গহনার দোকানে ঢুকিলে দেখিতে পাইবে যে, দোকানদার তাহার অল্পসংখ্যক গহনা দুই সমান্তরাল সমতল দর্পণের মাঝে রাখিয়া দিয়াছে। ইহার ফলে ঐ দুই দর্পণের পিছনে অনেকগুলি গহনা দেখা যায়। দর্পণের পিছনে যে গহনাগুলি দেখা যায়, সেগুলি কিন্তু আসল গহনা নয়, ঐগুলি আসল গহনার **প্রতিবিম্ব** মাত্র। এই ব্যবস্থার দ্বারা দোকানদার খরিদ্দারের দৃষ্টি আকর্ষণ করিতে সমর্থ হয়। আবার ক্যামেরার সামনে যখন তুমি দাঁড়াও তখন ক্যামেরার পর্দায় যে ছবিটি পড়ে তাহাকে তোমার প্রতিবিম্ব বলে। এই প্রতিবিম্বগুলি আলোর প্রতিফলন ও প্রতিসরণ দ্বারা উৎপন্ন হইয়াছে। কোনো বস্তু হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ, প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত হইবার পর দিক্ পরিবর্তন করে এবং ভিন্ন পথে আসিয়া আমাদের চোখে ঢোকে। কিন্তু আমাদের চোখ, আলোকরশ্মির এই দিক্-পরিবর্তন অনুসরণ করিতে পারে না। এজন্য প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত রশ্মিগুচ্ছ যে রাস্তায় আমাদের চোখে ঢোকে, সেই



26 (*a*) নং চিত্র



26 (*b*) নং চিত্র

সোজাসুজি বস্তুটিকে আমরা দেখিয়া থাকি। এই নূতন স্থানে যে বস্তুটিকে দেখা গেল, তাহাকে আসল বস্তুর **প্রতিবিম্ব** বলে। অতএব প্রতিবিম্বের সংজ্ঞা নিম্নলিখিতভাবে দেওয়া যাইতে পারে :

যদি কোনো বিন্দুবৎ বস্তু P হইতে আগত আলোকরশ্মি, প্রতিসৃত কিংবা প্রতিফলিত হইবার পর, কোনো এক নির্দিষ্ট Q বিন্দুতে মিলিত হয় [26(*a*) নং চিত্র দেখ] **কিংবা Q বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া**

মনে হয় [26(*b*) নং চিত্র দেখ], **তাহা হইলে Q বিন্দুকে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব (image) বলে।**

প্রতিবিম্ব দুই প্রকারের হয়, যথা—সদ্-বিম্ব (real image) ও অসদ্-বিম্ব (virtual image)। (i) যদি P বিন্দু হইতে আগত আলোকরশ্মি, প্রতিসৃত (কিংবা প্রতিফলিত) হইবার পর Q বিন্দুতে মিলিত হয় তাহা হইলে Q বিন্দুকে P বিন্দুর সদ্-বিম্ব বলে [26(*a*) নং চিত্র দেখ]। আর, (ii) যদি P বিন্দু হইতে আগত আলোকরশ্মি, প্রতিফলিত (কিংবা প্রতিসৃত) হইবার পর, Q বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তাহা হইলে Q বিন্দুকে P বিন্দুর অসদ্-বিম্ব বলে [26(*b*) নং চিত্র দেখ]।

সদ্-বিম্ব ও অসদ্-বিম্বের পার্থক্য :—(i) সদ্-বিম্বকে পর্দার উপর ধরা যায় এবং চোখেও দেখা যায় কিন্তু অসদ্-বিম্বকে চোখে দেখা গেলেও পর্দায় ধরা যায় না। সিনেমার পর্দায় যে প্রতিবিম্ব ফেলা হয় তাহা সদ্-বিম্ব কিন্তু দর্পণের পিছনে যে প্রতিবিম্ব হয় তাহা অসদ্বিম্ব, কারণ ইহাকে পর্দায় ধরা যায় না।

(ii) প্রতিসৃত (কিংবা প্রতিফলিত) রশ্মিগুচ্ছ যেখানে সত্য সত্যই মিলিত হয় [26(a) নং চিত্র] সেখানে সদ্বিম্ব উৎপন্ন হয়, কিন্তু প্রতিফলিত (কিংবা প্রতিসৃত) রশ্মিগুচ্ছকে পিছনের দিকে বর্ধিত করিলে উহারা যেখানে মিলিত হয় সেখানে অসদ্-বিম্ব উৎপন্ন হয় [26(b) নং চিত্র]।

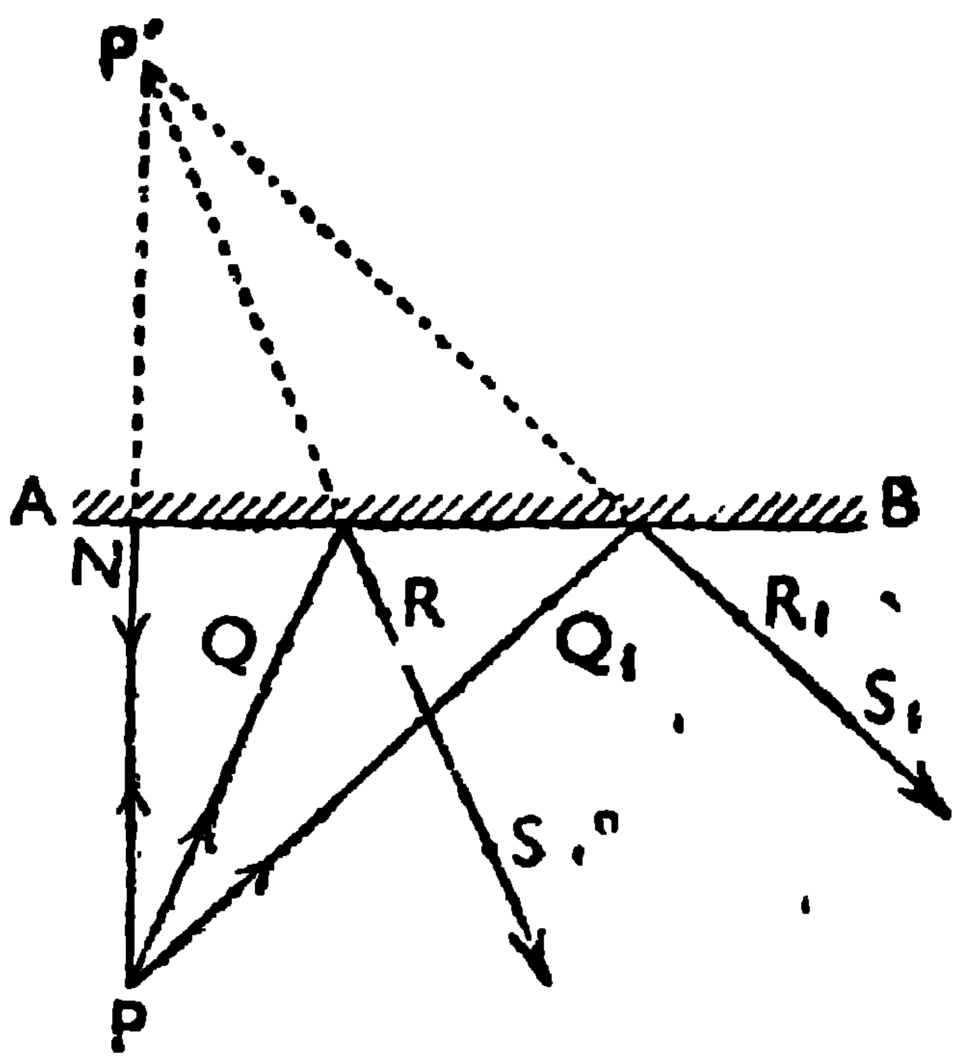
(iii) বাস্তব বস্তুর ক্ষেত্রে, সদ্-বিম্ব বস্তুর উল্টা হয় কিন্তু তাহার অসদ্-বিম্ব বস্তুর ন্যায় সোজা হয়।

2.7. সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of image by a plane mirror).

একটি কাঠের বোর্ডের উপর একখণ্ড সাদা কাগজ আঁটিয়া উহার মধ্যস্থলে AB সরলরেখা টানা হইল (27 নং চিত্র দেখ)। একটি আয়তক্ষেত্রিক সমতল দর্পণকে AB সরলরেখার উপর খাড়াভাবে রাখা হইল যাহাতে উহার পশ্চাৎতল AB সরলরেখার উপর থাকে।

দর্পণের সামনে P বিন্দুতে একটি পিন পোঁতা হইল, এই পিন P-এর প্রতিবি

কোথায় হইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। দর্পণের কাছে Q বিন্দুতে আর একটি পিন এমনভাবে পোঁতা হইল যাহাতে PQ সরলরেখা দর্পণের উপর আনতভাবে পড়ে। এক্ষণে R পিন (দর্পণের কাছে) এবং S পিন (দর্পণ হইতে একটু দূরে) এমনভাবে পোঁতা হইল যাহাতে উহারা P ও Q বিন্দুর প্রতিবিম্বের সহিত (যাহারা দর্পণের পিছনে অবস্থিত) এক সরলরেখায় থাকে। PQ পিনদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখা আপতিত রশ্মি এবং RS পিনদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখা প্রতিফলিত রশ্মি হইবে। Q, R ও S পিনগুলি তুলিয়া লইয়া উহাদের স্থানগুলি চিহ্নিত করা হইল। এইবার Q পিনকে Q_1 স্থানে এবং R ও S পিন-দুইটিকে R_1 ও S_1 স্থানে বসান হইল যাহাতে R_1 ও S_1 পিন-দুইটি, P ও Q_1-এর প্রতিবিম্বের সহিত এক সরলরেখায় থাকে। এক্ষণে PQ_1 সরলরেখা দ্বিতীয় আপতিত রশ্মি এবং R_1S_1 সরলরেখা দ্বিতীয় প্রতিফলিত রশ্মি হইবে। এইভাবে আরও কয়েকটি আপতিত রশ্মি লইয়া তাহাদের প্রতিফলিত রশ্মি টানা হইল। যদি দর্পণকে সরাইয়া লইয়া, প্রতিফলিত রশ্মিগুলিকে পিছনের দিকে বর্ধিত করা যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, তাহারা P′ বিন্দুতে মিলিত হইতেছে। কাজেই P′ বিন্দু, P বিন্দুর অসদ্-বিম্ব হইল। PP′-কে যুক্ত করিলে, PP′ সরলরেখা AB-কে N বিন্দুতে ছেদ করিবে। দেখা যাইবে যে, NP = NP′ এবং $\angle PNB = \angle P'NB = 90^\circ$। অতএব জানা গেল যে, সমতল দর্পণের ক্ষেত্রে, (i) **বস্তুর দূরত্ব (দর্পণ হইতে) = প্রতিবিম্বের দূরত্ব**, (ii) **বস্তু ও তাহার প্রতিবিম্ব যে সরলরেখায় থাকে তাহা দর্পণকে 90° কোণে ছেদ করে** এবং (iii) **সমতল দর্পণের প্রতিবিম্ব অসদ্-বিম্ব।**

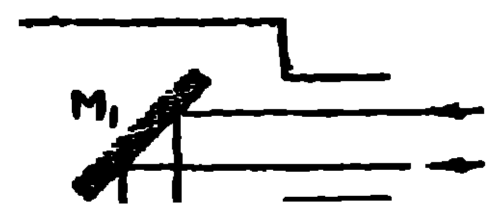


27 নং চিত্র

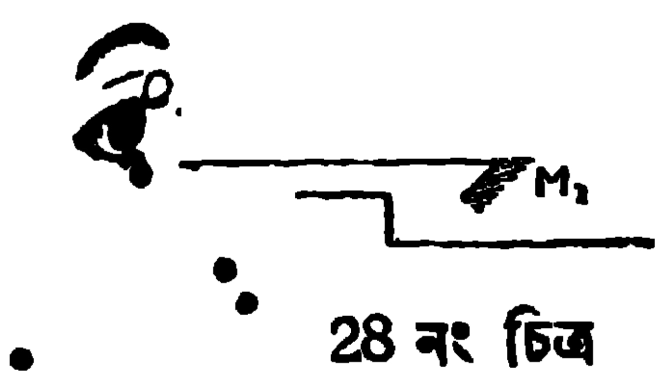
2.8. সরল পেরিস্কোপ (Simple periscope).

সরল পেরিস্কোপে একটি লম্বা চোঙ আছে যাহার দুই প্রান্তের বিপরীত পাশে দুইটি ছিদ্র আছে (28 নং চিত্র দেখ)। এই ছিদ্র-দুইটির সামনে দুইটি, সমতল দর্পণ M_1 ও M_2-কে সমান্তরাল করিয়া ও পরস্পর মুখোমুখি রাখিয়া আটকানো আছে। দর্পণ-

দুইটি অনুভূমিক তলের সহিত 45° কোণ করিয়া আছে। দূরাগত কোন আলোক-রশ্মি প্রথমে M_1 ও পরে M_2 দর্পণে প্রতিফলিত হইয়া দর্শকের চোখে প্রবেশ করে এবং রশ্মিগুলি যে সরলরেখায় চোখে প্রবেশ করে সেই সরলরেখা বরাবর দূরের বস্তুকে দেখা যায়।



বস্তু ও চোখের মধ্যে যখন অস্বচ্ছ বস্তু অবস্থান করে তখন বস্তুর আলো আমাদের চোখে প্রবেশ করিতে পারে না, এজন্য বস্তুকে দেখা যায় না। বস্তু হইতে আগত যে রশ্মিগুলি উপর দিয়া চলিয়া যাইতেছিল তাহাদিগকে পেরিস্কোপের M_1 ও M_2 দর্পণে পরপর প্রতিফলন করাইয়া চোখে প্রবেশ করানো হয়। এজন্য বস্তুটিকে দেখা যায়। গড়ের মাঠে ফুটবল খেলার সময় বহুলোককে এইরূপ পেরিস্কোপের সাহায্যে খেলা দেখিতে দেখিয়া থাকিবে। যুদ্ধের সময় সৈন্যরা পরিখার মধ্যে লুকাইয়া পেরিস্কোপের সাহায্যে অপর পক্ষের কার্যকলাপ দেখিতে পায়।



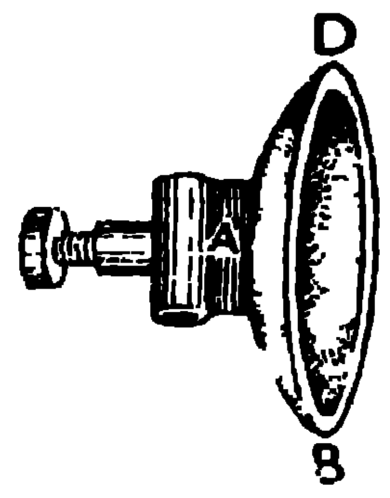
28 নং চিত্র

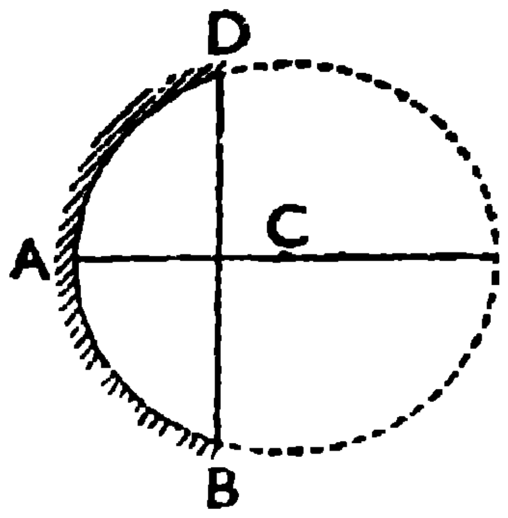
2.9. গোলীয় দর্পণ ও তৎসংক্রান্ত কয়েকটি রাশির ব্যাখ্যা (Spherical mirrors and explanation of some terms in connection with it).

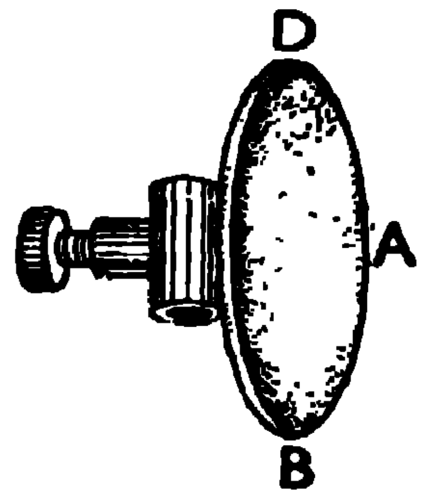
গোলীয় দর্পণের ব্যবহার প্রায়ই তোমরা দেখিয়া থাক। পড়িবার সময় যদি টেবিল-ল্যাম্প ব্যবহার কর তাহা হইলে দেখিতে পাইবে যে, ল্যাম্পের পিছনে একটি অবতল গোলীয় দর্পণ (spherical concave mirror) লাগানো থাকে, যাহাতে ঐ ল্যাম্পের আলো অবতল দর্পণ হইতে প্রতিফলিত হইয়া বই-এর উপর পড়িতে পারে। বই-এর উপর যে রশ্মিগুলি সোজাসুজি আসিয়া পড়িয়াছিল, তাহার সহিত প্রতিফলিত রশ্মিগুলি যোগ হওয়ায় বইটা খুব বেশী আলোকিত হইবে। আবার মোটরগাড়ীর চালকের সামনে একটি উত্তল গোলীয় দর্পণ (spherical convex mirror) আটকাইয়া রাখা হয় যাহাতে চালক ঐ দর্পণের দিকে তাকাইয়া, পিছনের কোন গাড়ীর গতি লক্ষ্য করিয়া দুর্ঘটনা এড়াইবার চেষ্টা করিতে পারে।

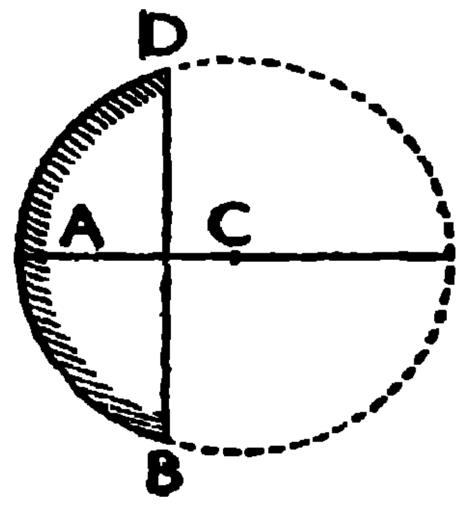
গোলীয় দর্পণ **দুই প্রকার** হইয়া থাকে, যথা—(i) **অবতল দর্পণ** (concave mirror) ও (ii) **উত্তল দর্পণ** (convex mirror)। একটি ফাঁপা ও স্বচ্ছ

গোলকের একটি অংশ কাটিয়া লইয়া যদি উহার উত্তল তলে মসৃণ প্রলেপ লাগানো হয়, যাহাতে আলো উহার অবতল তল হইতে প্রতিফলিত হইতে পারে, তাহা





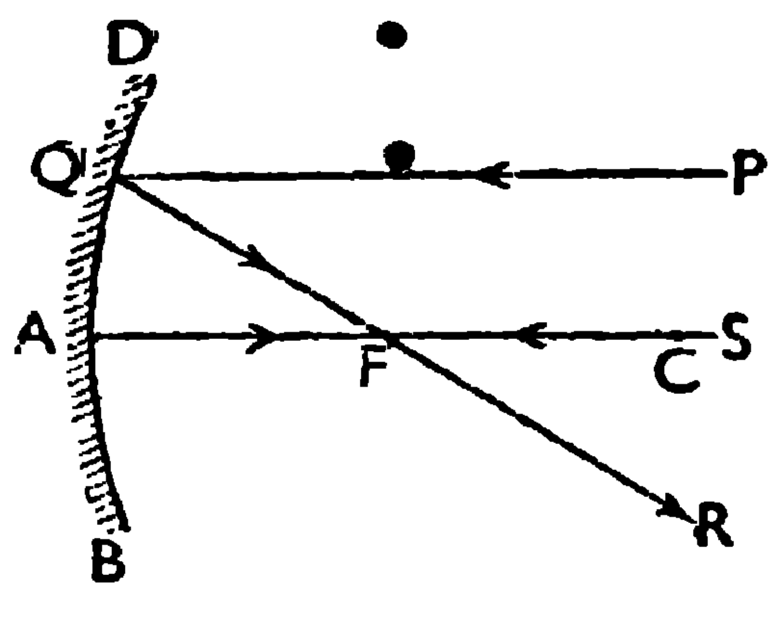




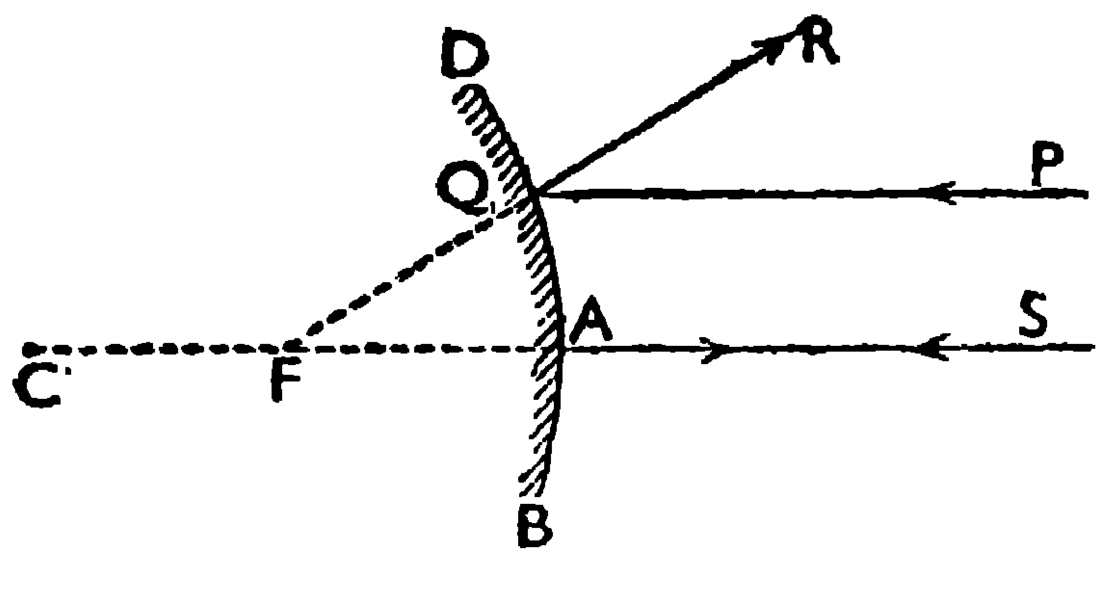
চিত্র নং 29(*a*). 29(*b*). 30(*a*). 30(*b*).

হইলে তাহাকে **অবতল দর্পণ** বলে [29(*b*) নং চিত্র দেখ]। 29(*a*) চিত্রে অবতল দর্পণের প্রকৃত চেহারা দেখানো হইল। যদি ঐ গোলকের অংশের অবতল তলে মসৃণ প্রলেপ লাগাইয়া উহার উত্তল তল হইতে আলোকের প্রতিফলন করান হয় তাহা হইলে তাহাকে **উত্তল দর্পণ** বলে [30(*b*) নং চিত্র দেখ]। 30(*a*) নং চিত্রে উত্তল দর্পণের প্রকৃত চেহারা দেখানো হইল।

গোলীয় দর্পণ-সংক্রান্ত কয়েকটি রাশির ব্যাখ্যা ঃ—(i) গোলীয় দর্পণ যে গোলকের অংশ, সেই গোলকের কেন্দ্র ও ব্যাসার্ধকে গোলীয় দর্পণের **বক্রতা-কেন্দ্র (centre of curvature)** ও **বক্রতা-ব্যাসার্ধ (radius of curvature)** বলে। 29(*b*) নং ও 30(*b*) নং চিত্রে C ও AC, গোলীয় দর্পণের যথাক্রমে বক্রতা-কেন্দ্র ও বক্রতা-ব্যাসার্ধ নির্দেশ করিতেছে। (ii) গোলীয় দর্পণের মধ্য-বিন্দুকে



31 (*a*) নং চিত্র



31 (*b*) নং চিত্র

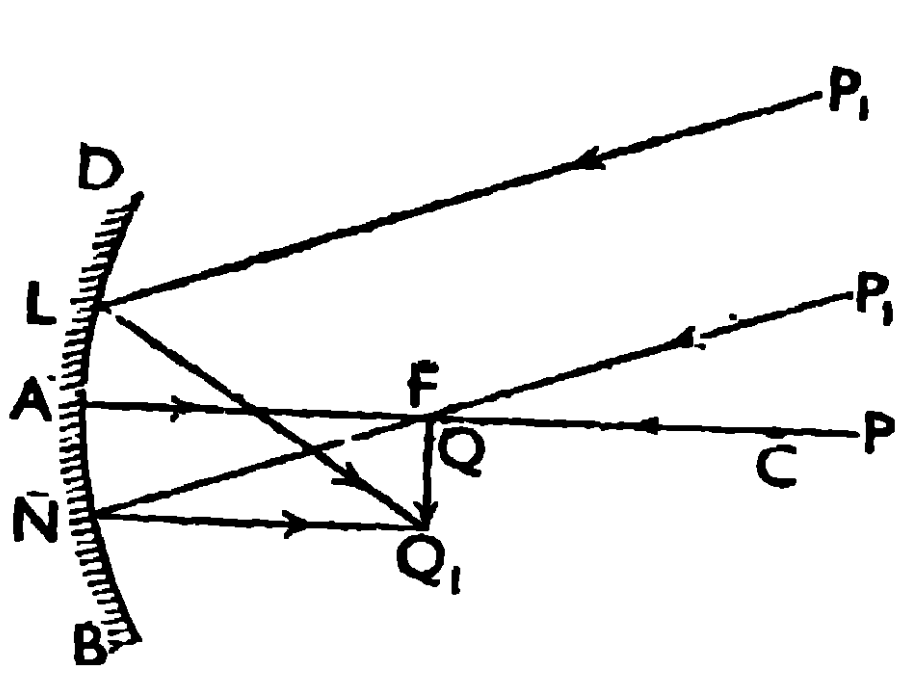
(A) দর্পণের **মেরু** (pole) অথবা **মধ্যবিন্দু** বলে। (iii) গোলীয় দর্পণের মেরু ও উহার বক্রতা-কেন্দ্রের সংযোগ-সরলরেখাকে দর্পণের **প্রধান অক্ষ (principal axis)** বলে। 29(*b*) নং ও 30(*b*) নং চিত্রে A বিন্দু দর্পণের মেরু এবং AC সরলরেখা দর্পণের প্রধান অক্ষ নির্দেশ করিতেছে। (iv) প্রধান অক্ষের সহিত সমান্তরাল

রশ্মিগুলি দর্পণে প্রতিফলিত হইবার পর যে বিন্দুতে মিলিত হয় (অবতল দর্পণের ক্ষেত্রে) কিংবা যে বিন্দু হইতে অপসৃত হইয়া আসিতেছে বলিয়া মনে হয় (উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে) তাহাকে গোলীয় দর্পণের **ফোকাস্** (focus) বলে এবং মেরু হইতে ফোকাসের দূরত্বকে **ফোকাস্-দূরত্ব** (focal length) বলে। 31(*a*) ও 31(*b*) নং চিত্রে F ফোকাস্ ও AF ফোকাস্-দূরত্ব নির্দেশ করিতেছে, কারণ প্রধান অক্ষ CA-এর সমান্তরাল রশ্মিগুলি (PQ ও SA) গোলীয় দর্পণে প্রতিফলিত হইবার পর F বিন্দুতে মিলিত হইতেছে [অবতল দর্পণের ক্ষেত্রে 31(*a*) চিত্র] অথবা F বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হইতেছে [উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে 31(*b*) নং চিত্র]।

2.10. গোলীয় দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব-গঠন (Formation of images by Spherical mirrors).

(*a*) **অবতল দর্পণ** :—যখন কোনও বস্তুকে (PP_1) অবতল দর্পণের বিভিন্ন স্থানে রাখা হয় তখন উহার প্রতিবিম্বের যে বিভিন্ন অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতি হইবে তাহা 32 নং হইতে 37 নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ঐ চিত্রগুলিতে DAB অবতল দর্পণ এবং AC ঐ দর্পণের অক্ষরেখা নির্দেশ করিতেছে। A, F ও C বিন্দু DAB দর্পণের যথাক্রমে মেরু, ফোকাস্ ও বক্রতা-কেন্দ্র বুঝাইতেছে। PP_1 বস্তুটিকে দর্পণের অক্ষরেখার উপর লম্বভাবে বসানো আছে।

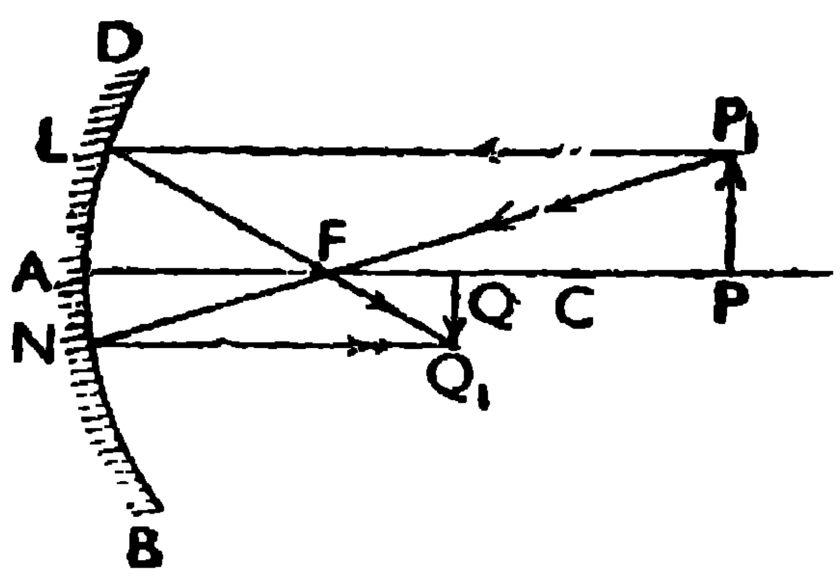
(1) PP_1 বস্তুটিকে যখন সীমাহীন দূরে (at infinity) রাখা হয়, তখন তাহার সদ্‌বিম্ব (QQ_1), খুব ছোট ও উল্টা হইয়া দর্পণের ফোকাস্-তলে উৎপন্ন হয় (32 নং চিত্র)। বস্তুর P_1 বিন্দু হইতে নির্গত দুই সমান্তরাল রশ্মি P_1L ও P_1N, দর্পণে প্রতিফলিত হইয়া উহার ফোকাস-তলের Q_1 বিন্দুতে মিলিত হইয়া QQ_1 প্রতিবিম্ব গঠন করিয়াছে।



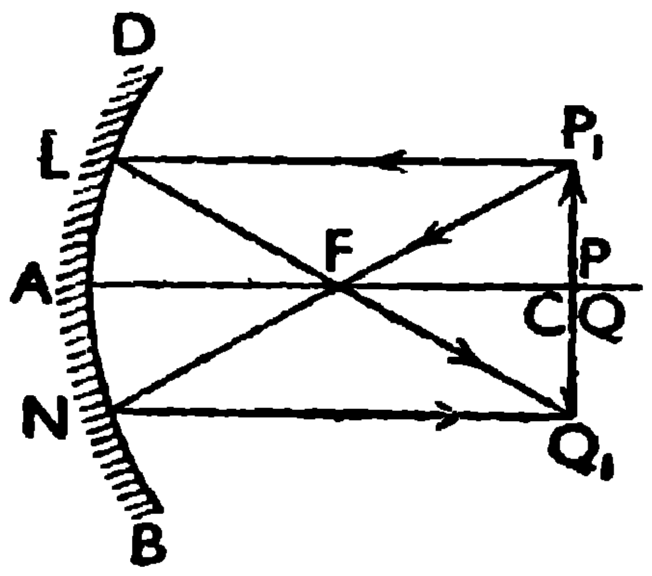
32 নং চিত্র

(2) (i) PP_1 বস্তুকে যখন বক্রতা-কেন্দ্র C হইতেও দূরে রাখা হয় তখন তাহার সদ্‌বিম্ব ছোট ও উল্টা হইয়া C ও F-এর মধ্যে উৎপন্ন হয় (33 নং চিত্র)। (ii) PP_1-কে যখন ঠিক বক্রতা-কেন্দ্র C-এর উপর রাখা হয় তখন বস্তুর সম-আকৃতির সদ্‌বিম্ব C-তে উল্টা হইয়া উৎপন্ন হয় (34 নং চিত্র)। (iii) আবার

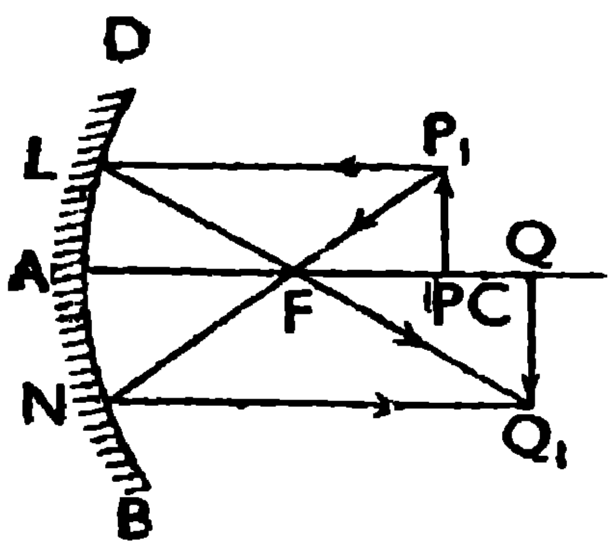
যখন PP_1 বস্তুকে C ও F-এর মধ্যে রাখা হয় তখন তাহার বিবর্ধিত সদ্‌বিম্ব



33 নং চিত্র



34 নং চিত্র

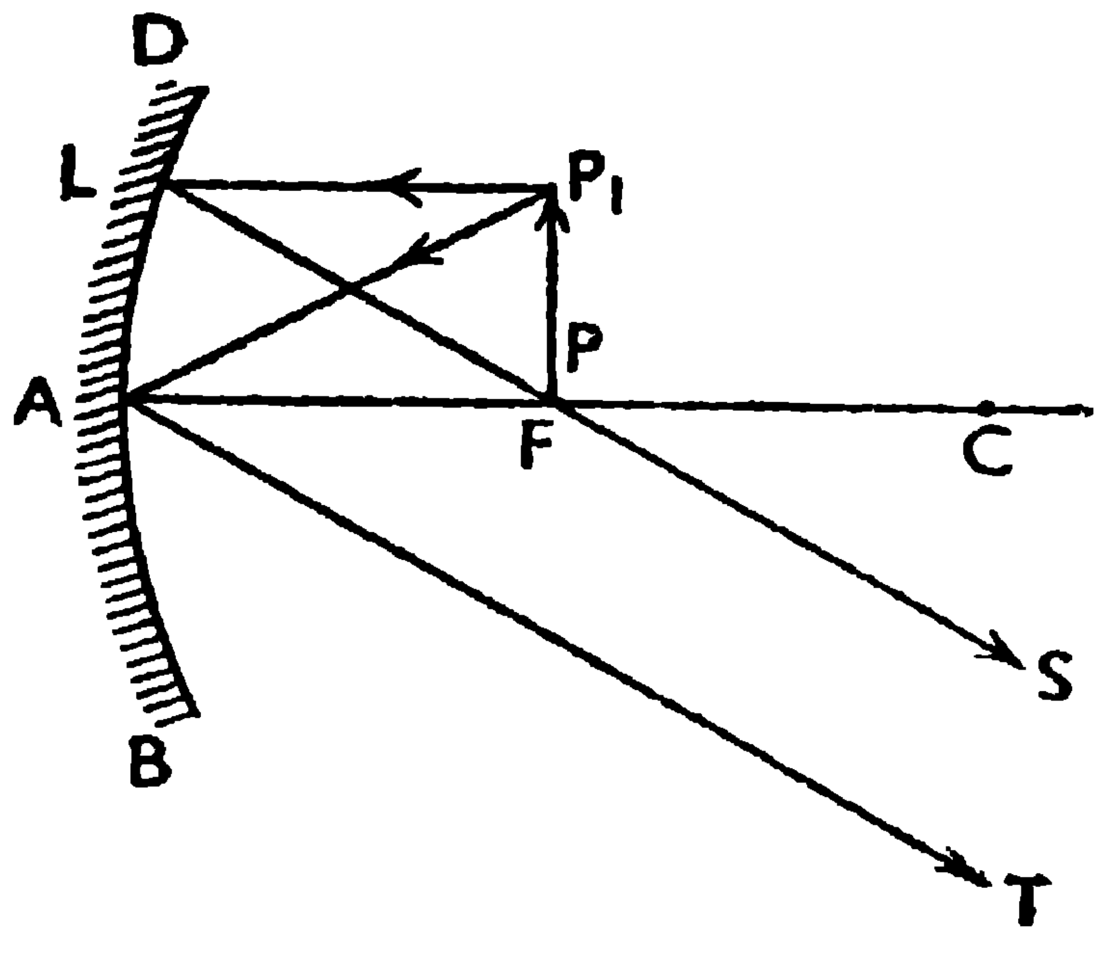


35 নং চিত্র

QQ_1 বক্রতা-কেন্দ্র C হইতেও দূরে উল্টা হইয়া অবস্থান করিবে (35 নং চিত্র)।

উপরোক্ত তিনটি প্রতিবিম্ব-গঠনে দুইটি রশ্মির সাহায্য লওয়া হইয়াছে। বস্তুর P_1 বিন্দু হইতে P_1L রশ্মি, অক্ষরেখার সমান্তরালে যাইয়া দর্পণের L বিন্দুতে প্রতিফলিত হইল এবং ফোকাস্ F-এর মধ্য দিয়া LFQ_1-এর দিকে গেল। আবার P_1FN রশ্মি দর্পণের ফোকাস্ F-এর মধ্য দিয়া যাইয়া দর্পণের N বিন্দুতে প্রতিফলিত হইল এবং অক্ষরেখার সমান্তরাল হইয়া NQ_1-এর দিকে গেল। এই দুই প্রতিফলিত রশ্মি (LFQ_1 ও NQ_1) Q_1 বিন্দুতে মিলিত হইয়া QQ_1 প্রতিবিম্ব গঠন করিয়াছে।

(3) যখন PP_1 বস্তুকে দর্পণের ফোকাস্-তলে (FP_1) রাখা হয় তখন তাহার খুব বড় সদ্‌বিম্ব উল্টা হইয়া সীমাহীন দূরে উৎপন্ন হয় (36 নং চিত্র)। P_1 হইতে নির্গত P_1L রশ্মি, অক্ষরেখার সমান্তরালভাবে যাইয়া দর্পণে প্রতিফলিত হইবে এবং ফোকাস্ F-এর মধ্য দিয়া LFS-এর দিকে যাইবে। P_1 হইতে আর একটি রশ্মি P_1A, দর্পণে প্রতিফলিত হইয়া LFS-এর সমান্তরাল AT-এর দিকে যাইবে। এই দুইটি প্রতিফলিত সমান্তরাল রশ্মি

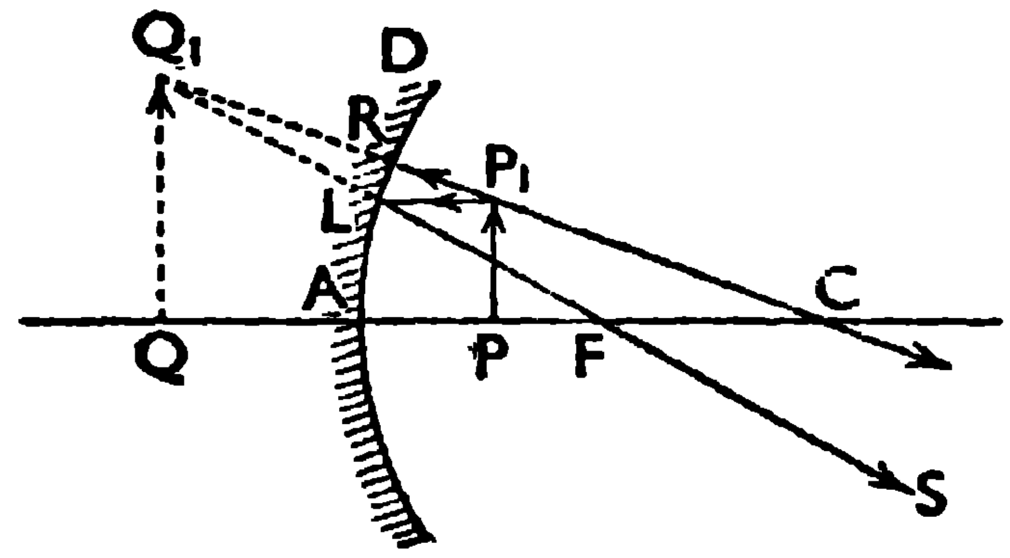


36 নং চিত্র

(LFS ও AT) সীমাহীন দূরে মিলিত হইয়া খুব বড় ও উল্টা সদ্‌বিম্ব গঠন করিবে।

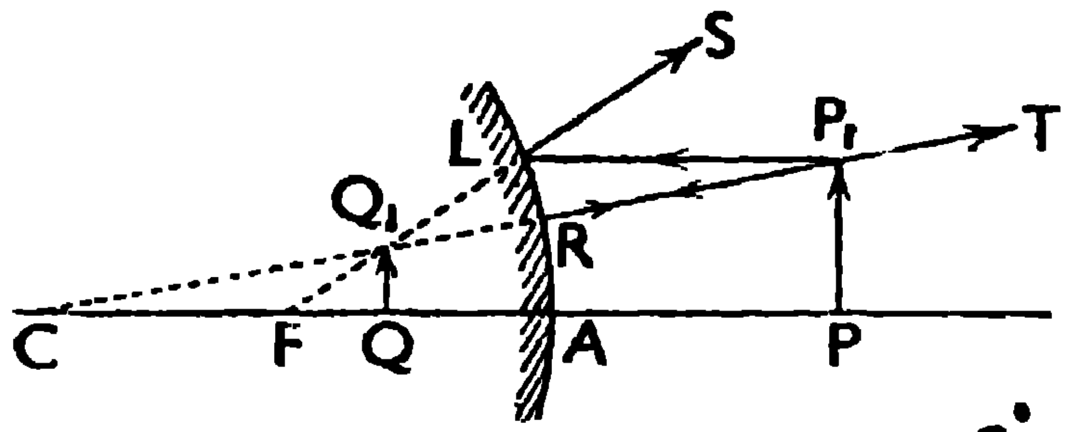
(4) PP_1 বস্তুকে যখন ফোকাস্-দূরত্ব AF-এর মধ্যে রাখা হয় তখন তাহার বিবর্ধিত অসদ্‌-বিম্ব (QQ_1) সোজা হইয়া দর্পণের পিছনে গঠিত হইবে (37 নং চিত্র);

P_1 হইতে P_1L রশ্মি অক্ষের সমান্তরালে যাইয়া দর্পণে প্রতিফলিত হইল এবং ফোকাস্ F-এর মধ্য দিয়া LFS-এর দিকে গেল। P_1R রশ্মি দর্পণের উপর লম্বভাবে আপতিত হইয়া ঐ রেখায় প্রতিফলিত হইল এবং বক্রতা-কেন্দ্র C-এর মধ্য দিয়া RC-এর দিকে চলিয়া গেল। LS ও RC রশ্মিদ্বয়কে পিছনের দিকে বর্ধিত করিলে তাহারা Q_1 বিন্দুতে মিলিত হইয়া QQ_1 প্রতিবিম্ব দর্পণের পিছনে গঠন করিবে।



37 নং চিত্র

(*b*) **উত্তল দর্পণ**ঃ—PP_1 বস্তুকে উত্তল দর্পণের সামনে যে কোনো স্থানেই রাখা হউক না কেন উহার অসদ্-বিম্ব সর্বদা ছোট ও সোজা হইয়া দর্পণের ফোকাস্ দূরত্ব AF-এর মধ্যে অবস্থান করিবে (38নং চিত্র)। বস্তুর P_1 বিন্দু হইতে নির্গত P_1L রশ্মি অক্ষরেখার সমান্তরালভাবে যাইয়া দর্পণের L বিন্দু হইতে LS-এর দিকে প্রতিফলিত হইবে এবং মনে হইবে LS যেন ফোকাস্ F হইতে অপসৃত হইয়া আসিল। আবার P_1R রশ্মি, যাহা দর্পণের বক্রতা-কেন্দ্র C-এর দিকে যাইতেছিল, দর্পণের উপর লম্বভাবে আপতিত হইয়া RP_1T-এর দিকে প্রতিফলিত হইবে। LS ও RP_1T প্রতিফলিত রশ্মিদ্বয়কে পিছনের দিকে বর্ধিত করিলে তাহারা Q_1 বিন্দুতে মিলিত হইয়া ছোট আকৃতির সোজা অসদ্-বিম্ব (QQ_1) দর্পণের পিছনে গঠন করিবে।



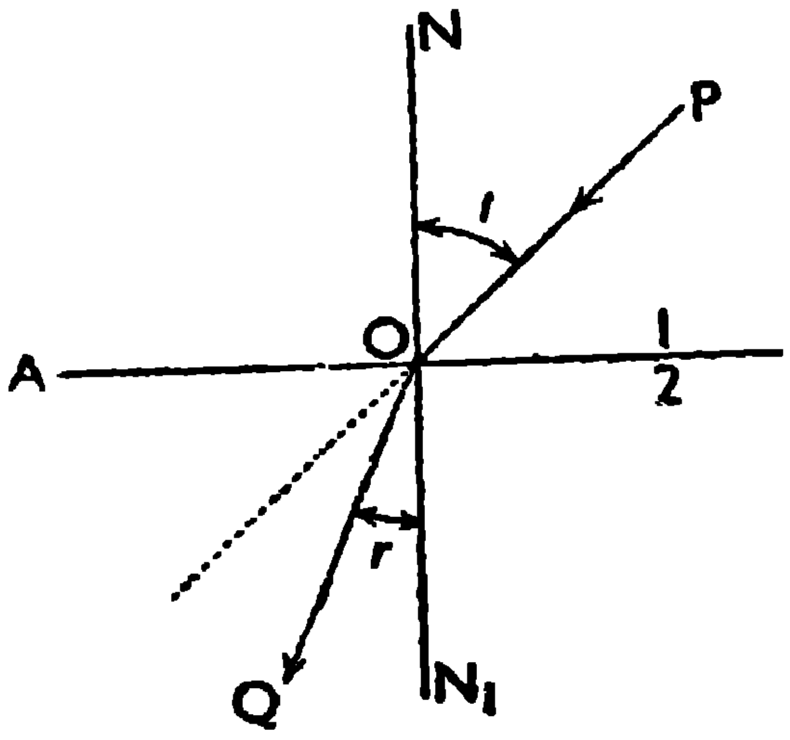
38 নং চিত্র

2.11. সমতলে আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light at a plane surface)

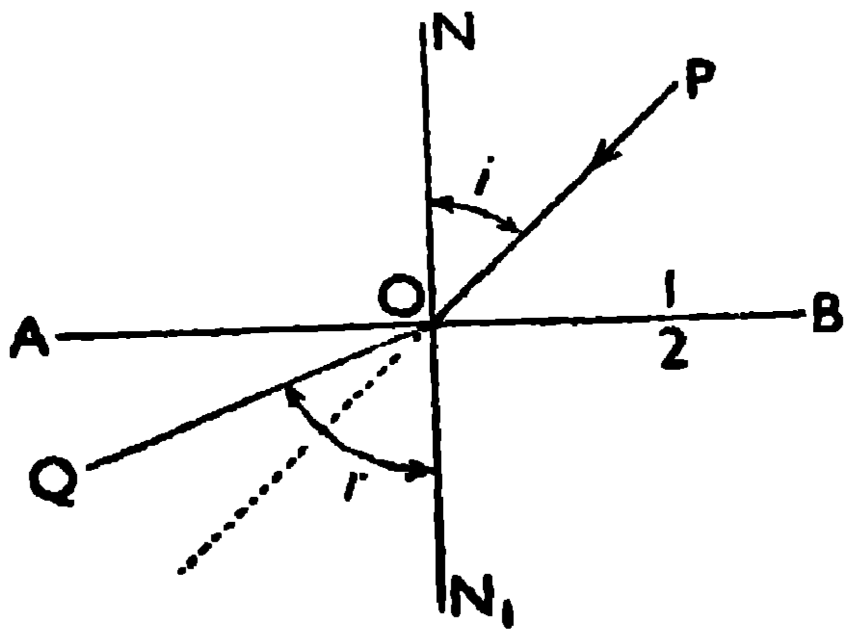
যখন কোনো আলোকরশ্মি দুই মাধ্যমের (স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব) মিলনতলে তির্যকভাবে আপতিত হয় তখন দ্বিতীয় মাধ্যমে উহার গতিপথ ভিন্ন হয়। দুই মাধ্যমের মিলনতলে আলোকরশ্মির গতিপথ এইভাবে বাঁকিয়া যাওয়াকে **আলোকের প্রতিসরণ** বলে।

39 নং চিত্রে প্রথম ও দ্বিতীয় মাধ্যমের মিলনতল AB-এর O বিন্দুতে PO রশ্মি তির্যকভাবে আপতিত হইয়াছে। যদি দ্বিতীয় মাধ্যম প্রথম মাধ্যম অপেক্ষা ঘনতর (optically denser) হয়, তাহা হইলে আলোর গতিপথ O বিন্দুতে বাঁকিয়া দ্বিতীয় মাধ্যমে অভিলম্ব ON_1-এর দিকে সরিয়া আসিয়া OQ পথে আসিবে [39(*a*) নং চিত্র]।

কিন্তু দ্বিতীয় মাধ্যম যদি প্রথম মাধ্যম অপেক্ষা লঘুতর (optically rarer) হয়



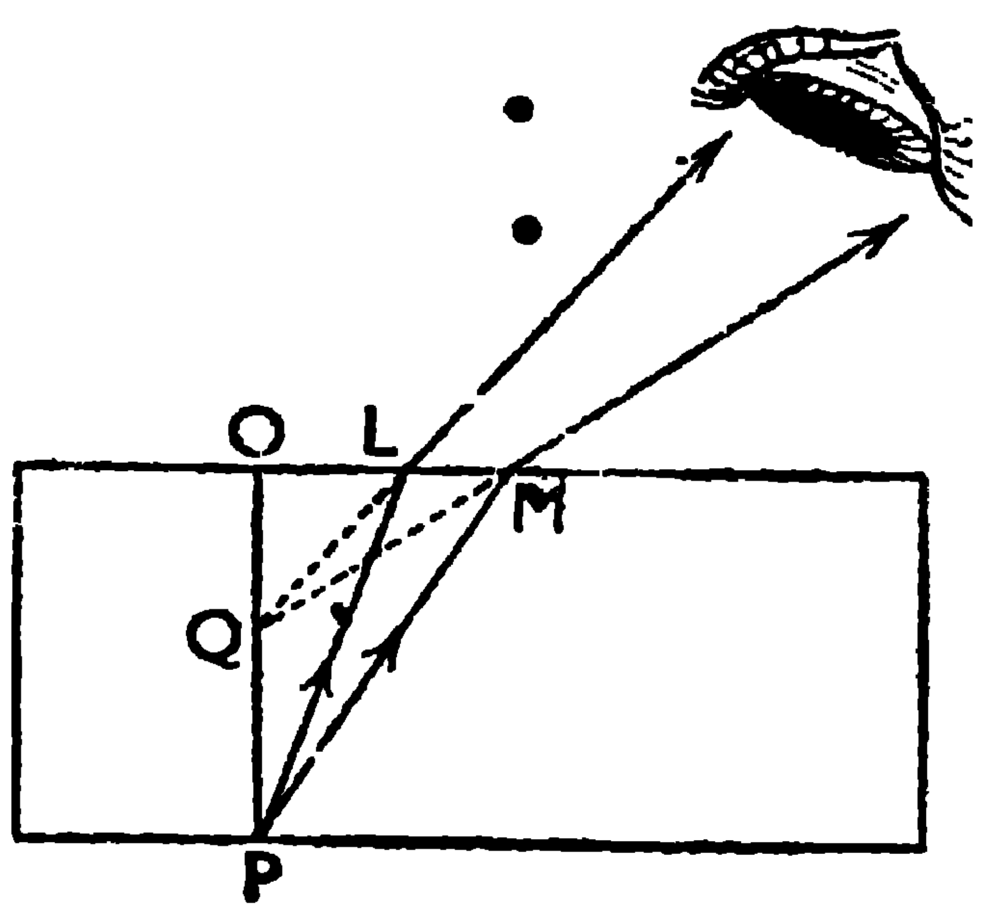
39 (a) নং চিত্র



39 (b) নং চিত্র

তাহা হইলে আলোকরশ্মি O বিন্দুতে বাঁকিয়া অভিলম্ব ON_1 হইতে দূরে সরিয়া OQ পথে যাইবে [39(*b*) নং চিত্র]।

প্রতিসরণের উদাহরণঃ—(i) তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে, যদি একটি মোটা কাঁচের প্লেট, বই-এর পাতার উপর রাখা হয় তাহা হইলে ঐ পাতার অক্ষরগুলি উপরে উঠিয়া আসিয়াছে বলিয়া মনে হয় [40 (*a*) নং চিত্র]। (ii) আবার একটি চৌবাচ্চা খালি থাকিলে উহা যতটা গভীর বলিয়া মনে হয়, উহাতে জল ভর্তি থাকিলে উহার গভীরতা অনেক কম বলিয়া মনে হয় [40(*b*) নং চিত্র]। (iii) কোনও দণ্ডকে জলে তির্যকভাবে আংশিক ডুবাইয়া রাখিলে জলের তলে ইহাকে ভাঙ্গা বলিয়া মনে হয় [40(*c*) নং চিত্র]। এই সব ঘটনা আলোর প্রতিসরণের জন্য হইয়া থাকে।

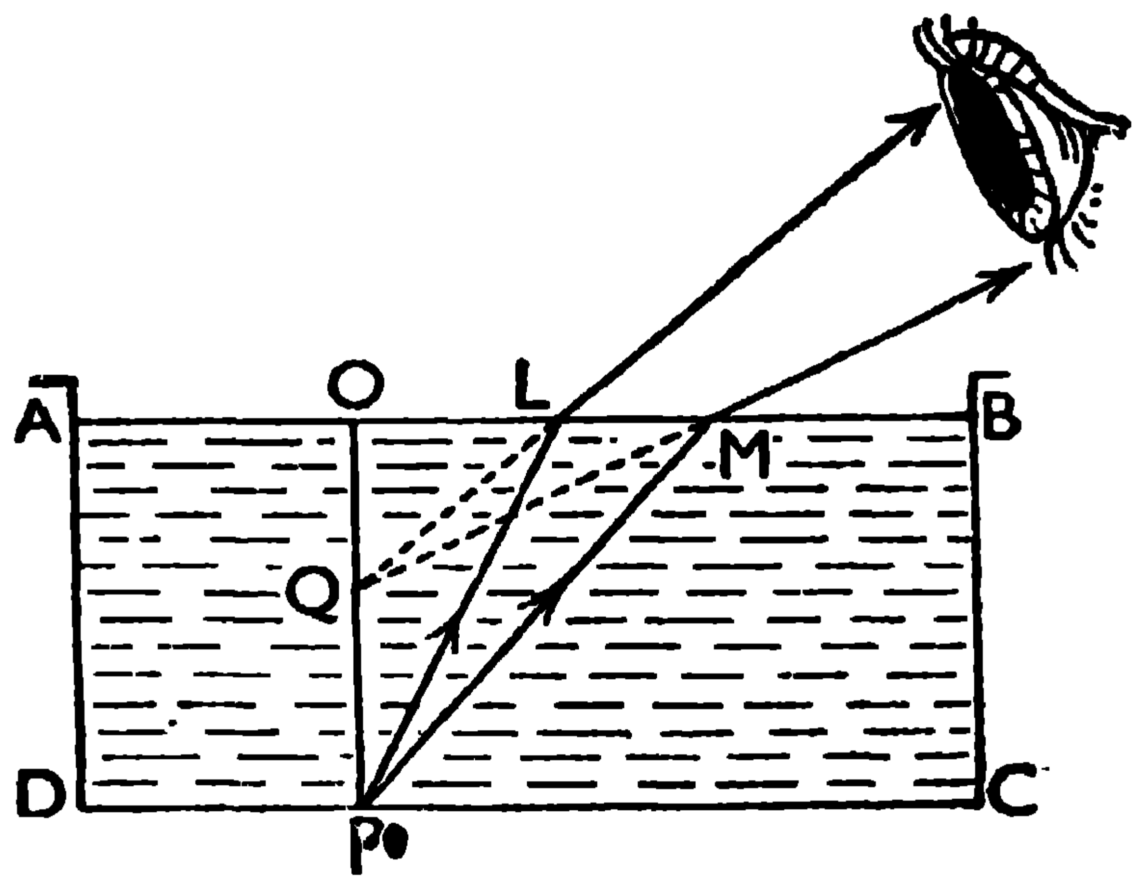


40 (a) নং চিত্র

ব্যাখ্যাঃ—(i) 40(*a*) নং চিত্রে P বস্তুর উপর একটি মোটা কাঁচের প্লেট (ABCD) বসান হইয়াছে। P হইতে PL ও PM রশ্মিদ্বয় প্লেটের AB তলে প্রতিসৃত হইয়া, উহার অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া চোখে ঢুকিয়াছে। কিন্তু AB তলে আলোর যে এই দিক পরিবর্তন হইল তাহা চোখ ধরিতে পারিবে না। কাজেই চোখে রশ্মিদ্বয় যে রাস্তায় প্রবেশ করিল সেই সোজাসুজি Q স্থানে, P-কে দেখা যাইবে। কাঁচের AB তল হইতে P-এর প্রকৃত দূরত্ব OP হইলেও এখন উহার দূরত্ব OQ বলিয়া মনে হইবে, অর্থাৎ

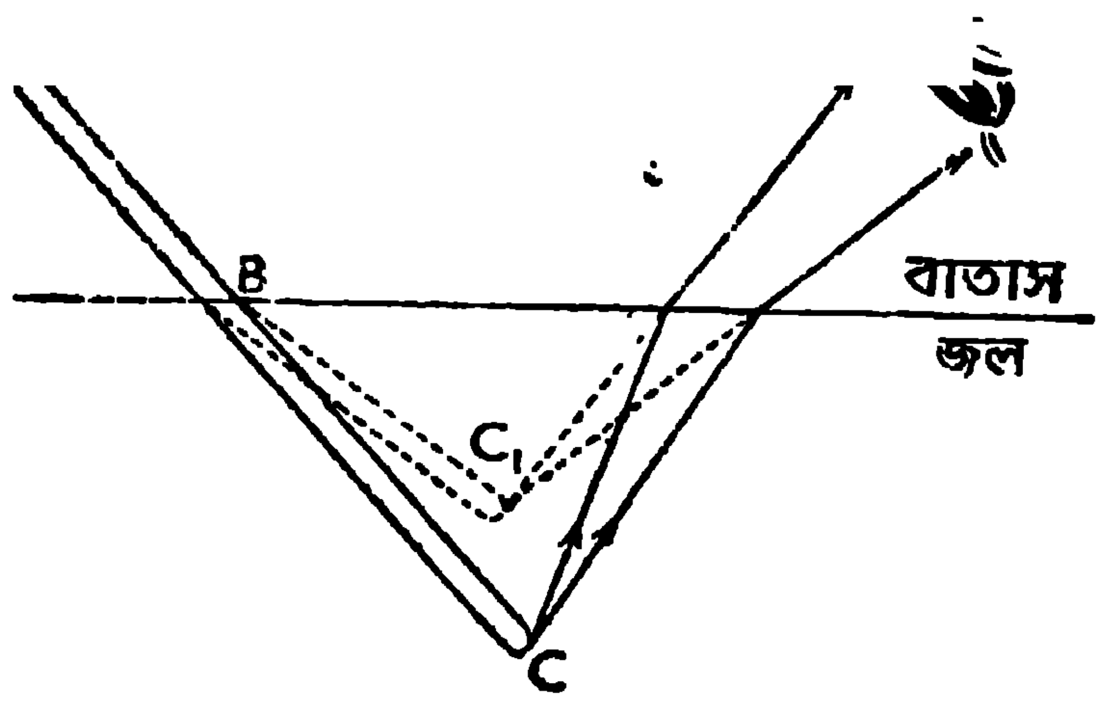
বস্তুটির উপর কাঁচের প্লেট বসাইলে বস্তুটি উপরে আসিল বলিয়া মনে হইবে।

(ii) 40(b) নং চিত্রে P বস্তুকে জলপূর্ণ চৌবাচ্চার (ABCD) নীচের তলে (DC) রাখা হইয়াছে। P হইতে PL ও PM রশ্মিদ্বয় জলের উপরতল (AB) হইতে প্রতিসৃত হইয়াছে এবং AB-এর অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া চোখে ঢুকিয়াছে। AB তলে আলোর এই দিক পরিবর্তন চোখ ধরিতে পারিবে না। এজন্য রশ্মিদ্বয় যে রাস্তায় চোখে প্রবেশ করিল সেই সোজাসুজি Q স্থানে P-কে দেখা যাইবে। চৌবাচ্চার প্রকৃত গভীরতা OP হইলেও, উহা যখন জল ভর্তি থাকিবে তখন চোখের কাছে ঐ গভীরতা OQ বলিয়া মনে হইবে; অর্থাৎ চৌবাচ্চার গভীরতা কম বলিয়া মনে হইবে।



40 (b) নং চিত্র

(iii) 40(c) নং চিত্রে ABC দণ্ডকে জলের মধ্যে তির্যকভাবে আংশিক ডুবাইয়া রাখা হইয়াছে। AB অংশ হইতে যে রশ্মিগুলি বাহির হইল তাহারা সোজাপথে চোখে প্রবেশ করায় AB অংশকে তাহার যথাস্থানে দেখা যাইবে। দণ্ডের C বিন্দু হইতে যে রশ্মিগুলি বাহির হইল তাহারা জলের তলে প্রতিসৃত হইয়া অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া চোখে প্রবেশ করিয়াছে এবং চোখের কাছে মনে হইবে যেন প্রতিসৃত রশ্মিগুলি C_1 বিন্দু হইতে আসিতেছে। কাজেই চোখ, C বিন্দুকে C_1 স্থানে দেখিবে এবং BC অংশকে BC_1 স্থানে দেখিবে, এজন্য দণ্ডটিকে B স্থানে বাঁকা মনে হইবে।



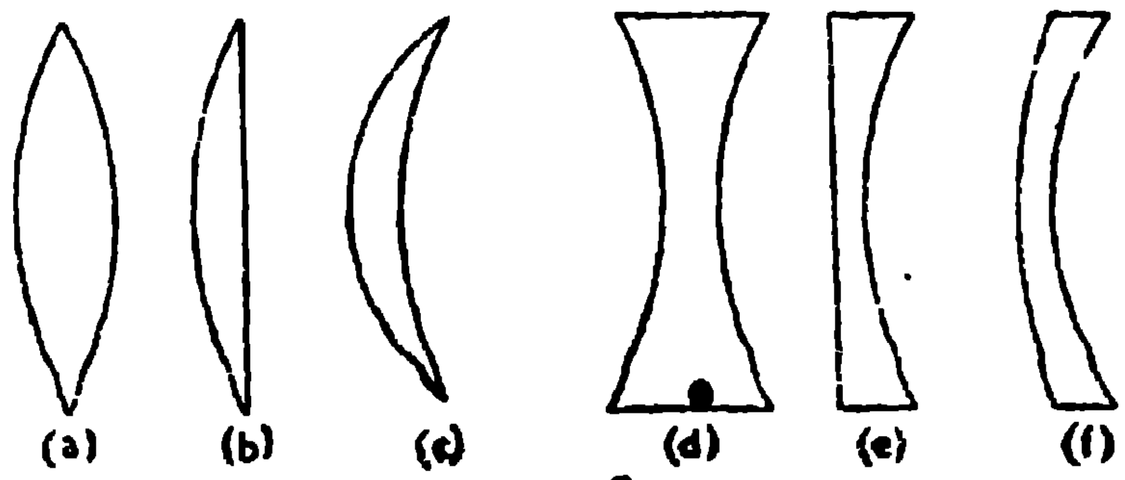
40 (c) নং চিত্র

2.12. গোলীয় লেন্স ও তৎসংক্রান্ত কয়েকটি রাশির ব্যাখ্যা (Spherical lens and explanation of some terms connecting it).

দুইটি গোলীয় তল (Spherical surface) কিংবা একটি গোলীয় তল ও একটি

সমতল দ্বারা সীমাবদ্ধ স্বচ্ছ মাধ্যমকে **গোলীয় লেন্স** বলে। গোলীয় লেন্স দুই প্রকারের হইয়া থাকে, যথা (*a*) **উত্তল বা অভিসারী লেন্স** (convex or converging lens) এবং (*b*) **অবতল বা অপসারী লেন্স** (concave or diverging lens)।

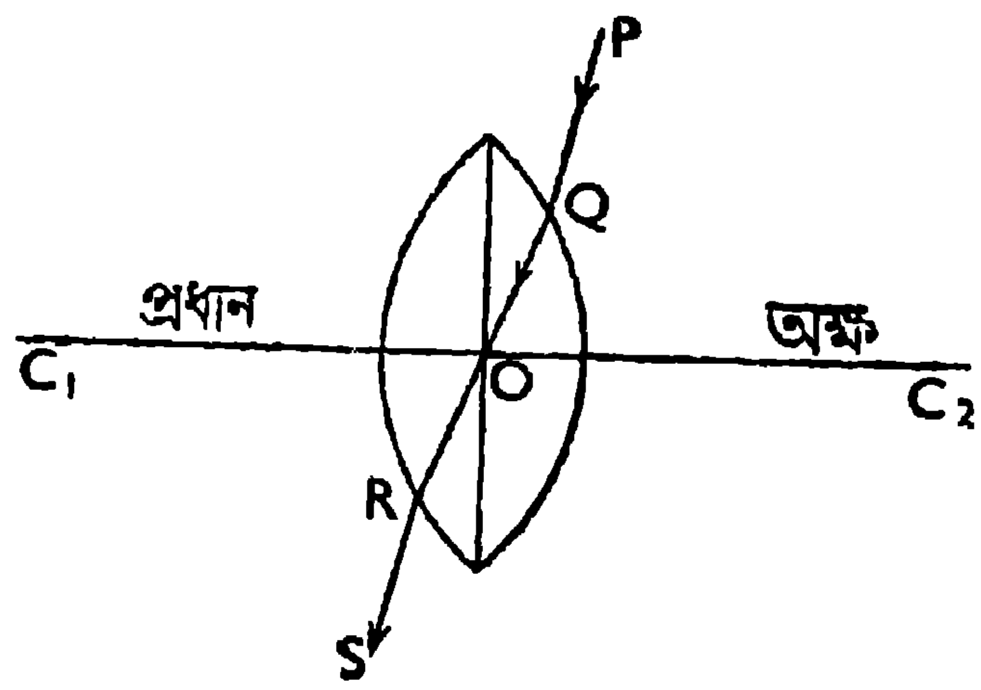
(*a*) উত্তল লেন্সের মধ্যস্থল মোটা থাকে এবং প্রান্তের দিকে ক্রমশঃ পাতলা হইয়া যায়। উত্তল লেন্স তিনটি বিভিন্ন ধরণের হইয়া থাকে, যথা—(i) **উভোত্তল** (double convex) [41 (*a*) নং চিত্র], (ii) **সমোত্তল** (plano-convex) [41(*b*) নং চিত্র], ও (iii) **অবতলোত্তল** (concavo-convex) [41 (*c*) নং চিত্র]।



41 নং চিত্র

(*b*) অবতল লেন্সের মধ্যস্থল পাতলা থাকে এবং প্রান্তের দিকে ক্রমশঃ মোটা হইয়া যায়। তিনটি বিভিন্ন ধরণের অবতল লেন্স আছে, যথা—(i) **উভাবতল** (double concave) [41 (*d*) নং চিত্র], (ii) **সমাবতল** (plano-concave) [41(*e*) নং চিত্র], এবং (iii) **উত্তলাবতল** (convexo-concave) [41 (*f*) নং চিত্র]।

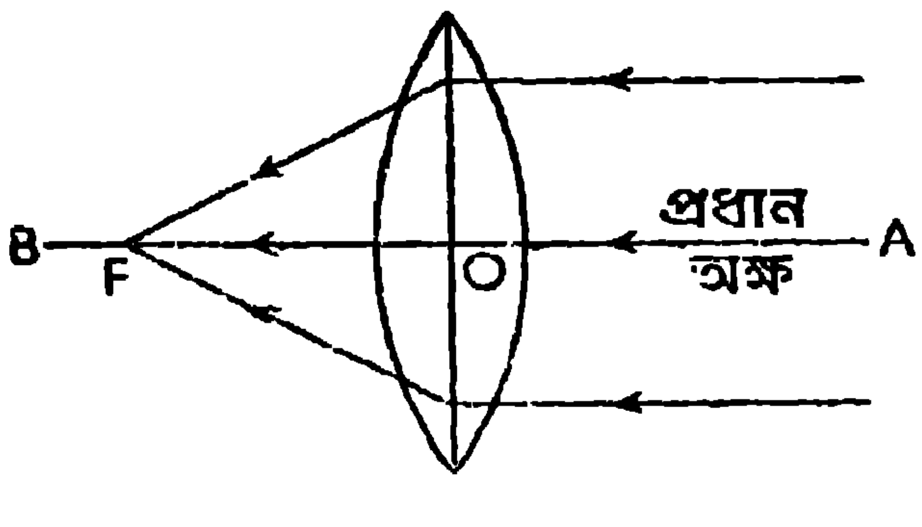
লেন্সসংক্রান্ত রাশির ব্যাখ্যাঃ—(i) লেন্সের দুই পৃষ্ঠের বক্রতা-কেন্দ্র সংযোগকারী সরলরেখাকে উহার **প্রধান অক্ষ** (Principal axis) বলে। 42 নং চিত্রে C_1OC_2 সরলরেখাকে লেন্সের প্রধান-অক্ষ বলে। (ii) লেন্স হইতে নির্গত কোন্ রশ্মি (RS), যদি উহার আপতিত রশ্মির (PQ) সমান্তরাল হয় তাহা হইলে ঐ রশ্মির লেন্সের মধ্যস্থ রাস্তা (QR), প্রধান অক্ষকে যে বিন্দুতে (O) ছেদ করিবে, তাহাকে লেন্সের **আলোক-কেন্দ্র** (Optical centre) বলে [42 নং চিত্র দেখ]।



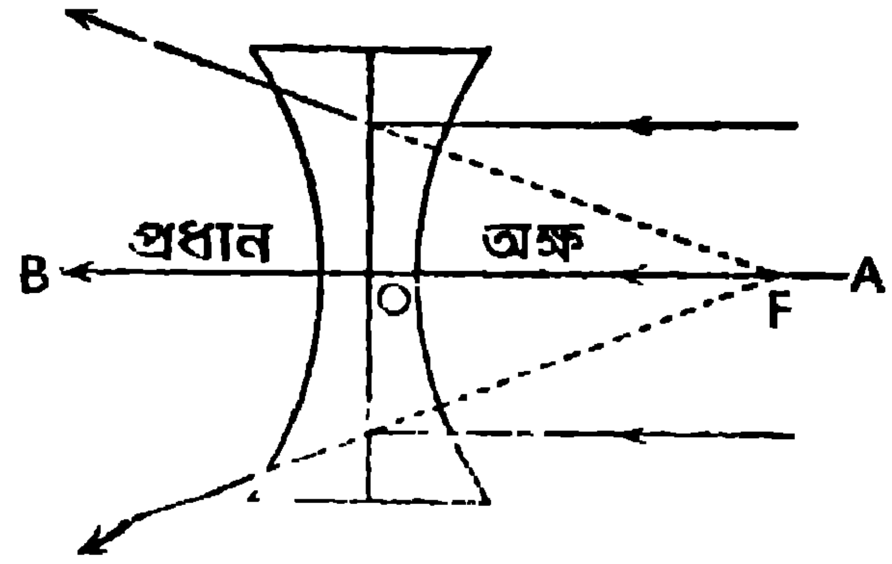
42 নং চিত্র

(iii) লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মিসমূহ, লেন্স হইতে নির্গত হইবার পর, হয় তাহারা প্রধান অক্ষের একটি বিন্দুতে (F) মিলিত হইবে [উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে, 43(*a*) নং চিত্র] কিংবা প্রধান অক্ষের একটি বিন্দু (F) হইতে অপসৃত হইয়া আসিতেছে বলিয়া মনে হইবে [অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে, 43(*b*) নং চিত্র]।

লেন্সের এই বিন্দুকে (F) উহার দ্বিতীয় **প্রধান ফোকাস্** বলে এবং আলোক-কেন্দ্র (O) হইতে উহার দূরত্বকে ($OF=f$) দ্বিতীয় **ফোকাস্-দূরত্ব** বলে। লেন্সের দুই পাশে এইরূপ দুইটি ফোকাস্ থাকিবে, একটিকে F_1 (প্রথম ফোকাস্), ও অপরটিকে F (দ্বিতীয় ফোকাস্), দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।



43(*a*) নং চিত্র



43(*b*) নং চিত্র

2.13. লেন্সের দ্বারা প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of images by lens)

যদি কোনও বস্তুকে বহুদূর হইতে লেন্সের তল পর্যন্ত আনা হয় তাহা হইলে তাহার প্রতিবিম্বের আকৃতি, প্রকৃতি ও অবস্থানের যে পরিবর্তন হইবে তাহা 44 নং হইতে 50 নং চিত্রগুলিতে দেখানো হইয়াছে : এই চিত্রগুলিতে,

PQ—একটি বস্তু, যাহাকে লেন্সের অক্ষের (F_1OF) উপর লম্বভাবে রাখা আছে ;

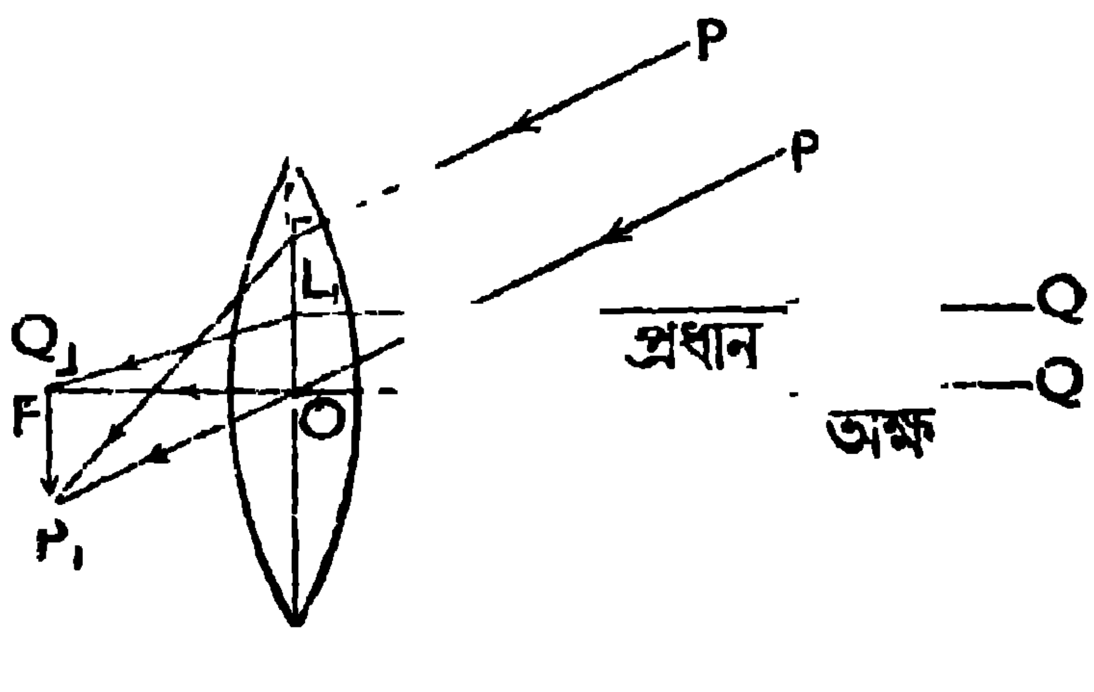
P_1Q_1—লেন্সদ্বারা গঠিত, PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব ;

O—লেন্সের আলোক-কেন্দ্র ;

F_1 ও F—লেন্সের প্রথম ও দ্বিতীয় প্রধান ফোকাস্, যাহাদের O হইতে দূরত্ব f ;

$2F_1$ ও 2F—লেন্সের দুই পাশের দুইটি বিন্দু, যাহাদের O হইতে দূরত্ব $2f$।

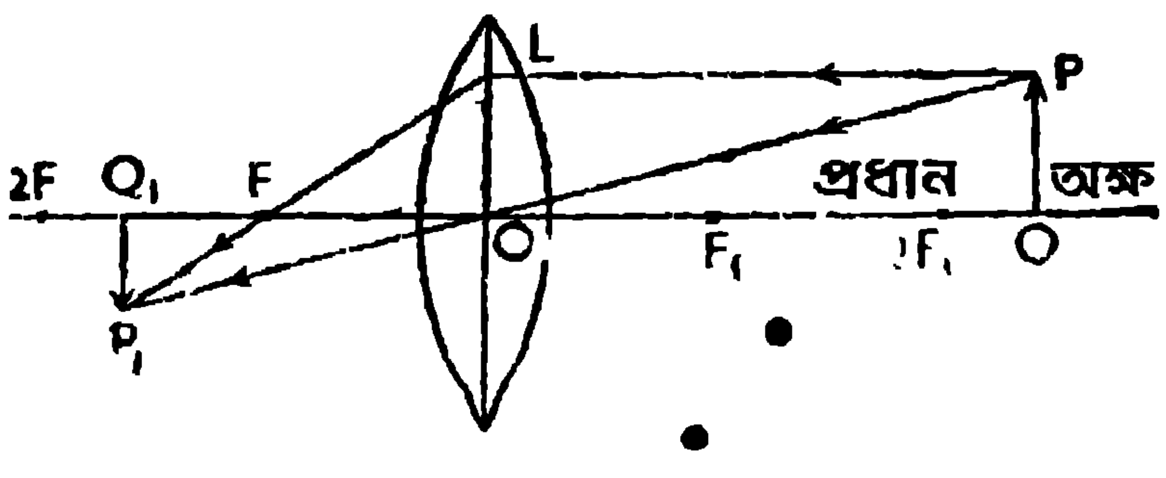
(a) 44 নং চিত্রে PQ বস্তুকে উত্তল লেন্স হইতে বহু দূরে এমনভাবে রাখা হইয়াছে যাহাতে বস্তুর Q বিন্দু লেন্সের অক্ষের উপর থাকিতে পারে। ইহার ক্ষুদ্রতম সদ্বিম্ব (P_1Q_1) লেন্সের দ্বিতীয় ফোকাস্-তলে (FP_1) বস্তুর উল্টা হইয়া গঠিত হইয়াছে। বস্তুর P বিন্দু হইতে যে রশ্মিগুচ্ছ, লেন্সের গৌণ অক্ষ POP_1-এর সমান্তরালে আসিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইল তাহারা লেন্স হইতে নির্গত হইয়া ঐ গৌণ অক্ষ POP_1-এর P_1 বিন্দুতে মিলিত হইল। বস্তুর Q বিন্দু হইতে প্রধান অক্ষের সমান্তরাল হইয়া যে রশ্মিগুলি আসিল তাহারা লেন্স হইতে নির্গত হইয়া প্রধান



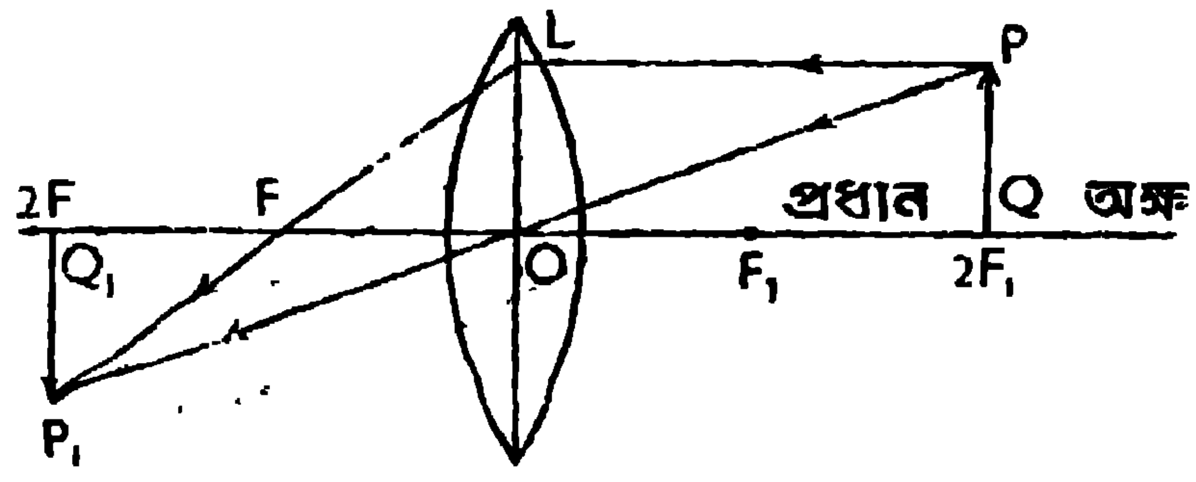
44 নং চিত্র

অক্ষ QOQ_1-এর Q_1 বিন্দুতে মিলিত হইল। কাজেই লেন্সের ফোকাস্-তলে ক্ষুদ্রতম, উল্টা সদ্‌বিম্ব P_1Q_1 গঠিত হইল।

(b)-(i) 45 নং চিত্রে, PQ বস্তুকে উত্তল লেন্স হইতে $2f$-এরও বেশী দূরে রাখা হইয়াছে। ইহার সদ্-বিম্ব P_1Q_1 ক্ষুদ্র ও বস্তুর উল্টা হইয়া লেন্সের বিপরীত পাশে F ও 2F-এর মধ্যে উৎপন্ন হইয়াছে। (ii) 46 নং চিত্রে, PQ বস্তুকে উত্তল লেন্সের

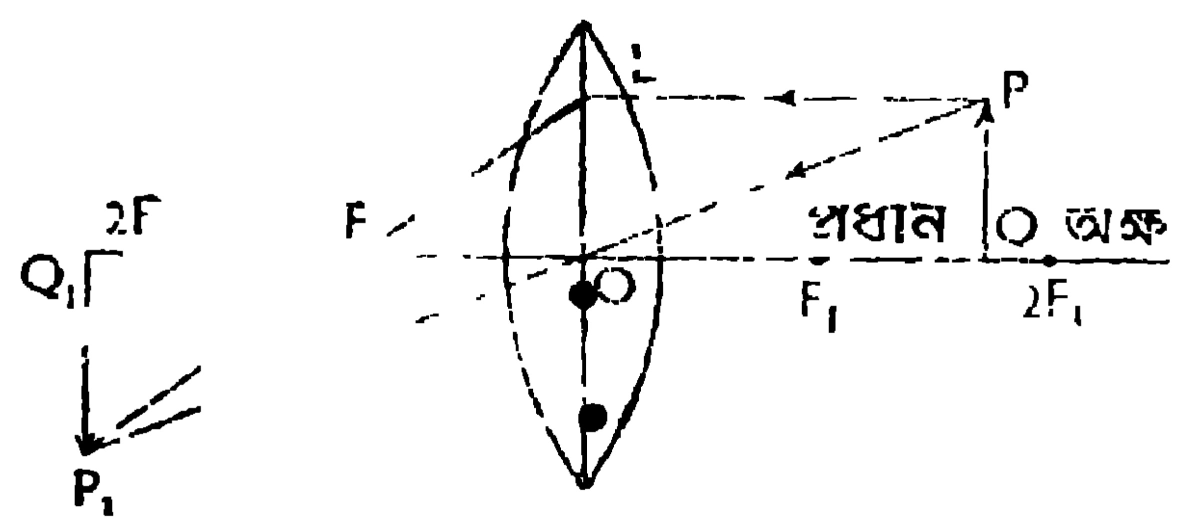


45 নং চিত্র



46 নং চিত্র

ঠিক $2F_1$-এর উপরে অর্থাৎ লেন্স হইতে ঠিক $2f$ দূরে রাখা হইয়াছে। এখানে বস্তুর সমআকৃতির সদ্-বিম্ব P_1Q_1, লেন্সের বিপরীত পাশে ঠিক 2F-এর উপর উল্টা হইয়া উৎপন্ন হইয়াছে। (iii) 47 নং চিত্রে, PQ বস্তুকে উত্তল লেন্সের $2F_1$ ও F_1-এর মধ্যে রাখা হইয়াছে। এখানে বস্তু অপেক্ষা বড় আকৃতির সদ্-বিম্ব P_1Q_1, লেন্সের বিপরীত পাশে এবং লেন্স হইতে $2f$-এরও বেশী দূরে উল্টা হইয়া উৎপন্ন হইয়াছে।

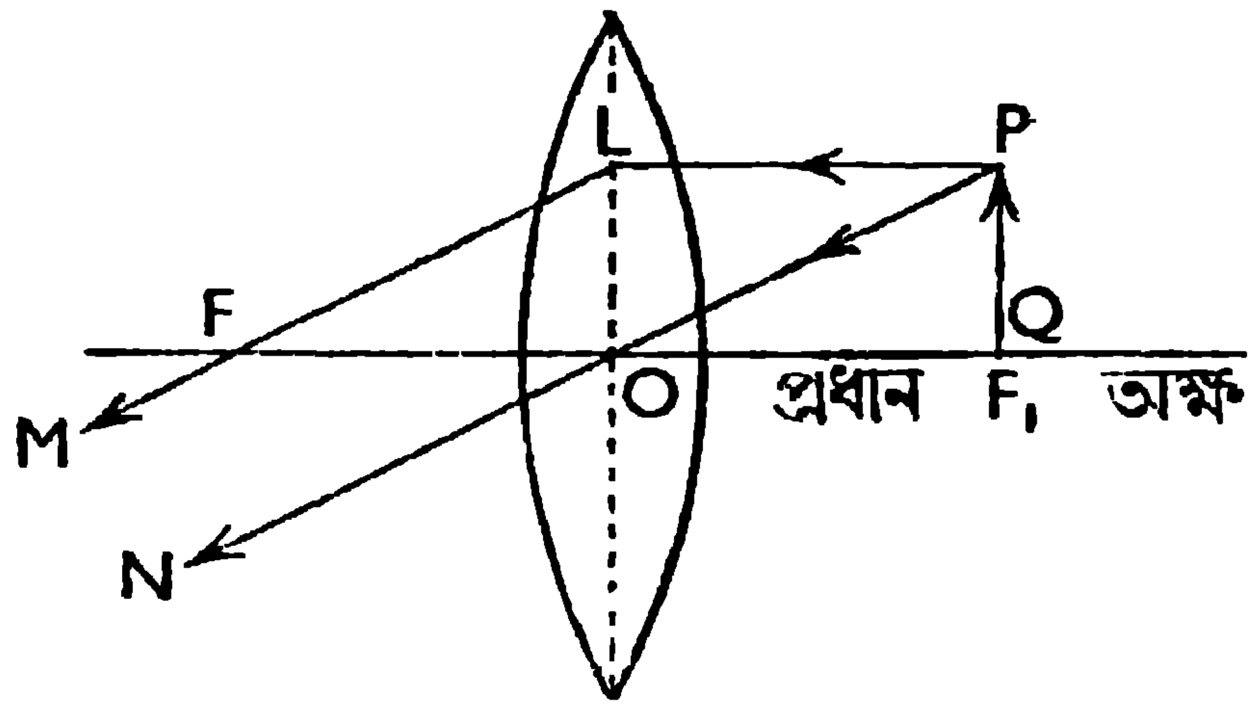


47 নং চিত্র

উপরোক্ত প্রতিবিম্বগুলি গঠন করিতে নিম্নলিখিত তুইটি রশ্মির সাহায্য লওয়া হইয়াছে :—(1) P হইতে লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মি PL, লেন্স হইতে নির্গত হইবার পর, দ্বিতীয় ফোকাস F-এর মধ্য দিয়া যাইতেছে। (2) P হইতে PO রশ্মি লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O-এর মধ্য দিয়া সোজা বাহির হইয়া যাইতেছে। লেন্স হইতে নির্গত LP_1 ও OP_1 রশ্মিদ্বয় P_1 বিন্দুতে মিলিত হইয়া P_1Q_1 প্রতিবিম্ব গঠন করিয়াছে।

(c) 48 নং চিত্রে, PQ বস্তুকে উত্তল লেন্সের প্রথম ফোকাসতলে (PF_1) রাখা হইয়াছে। ইহার বৃহত্তম সদ্-বিম্ব লেন্সের বিপরীত পাশে অসীম দূরে

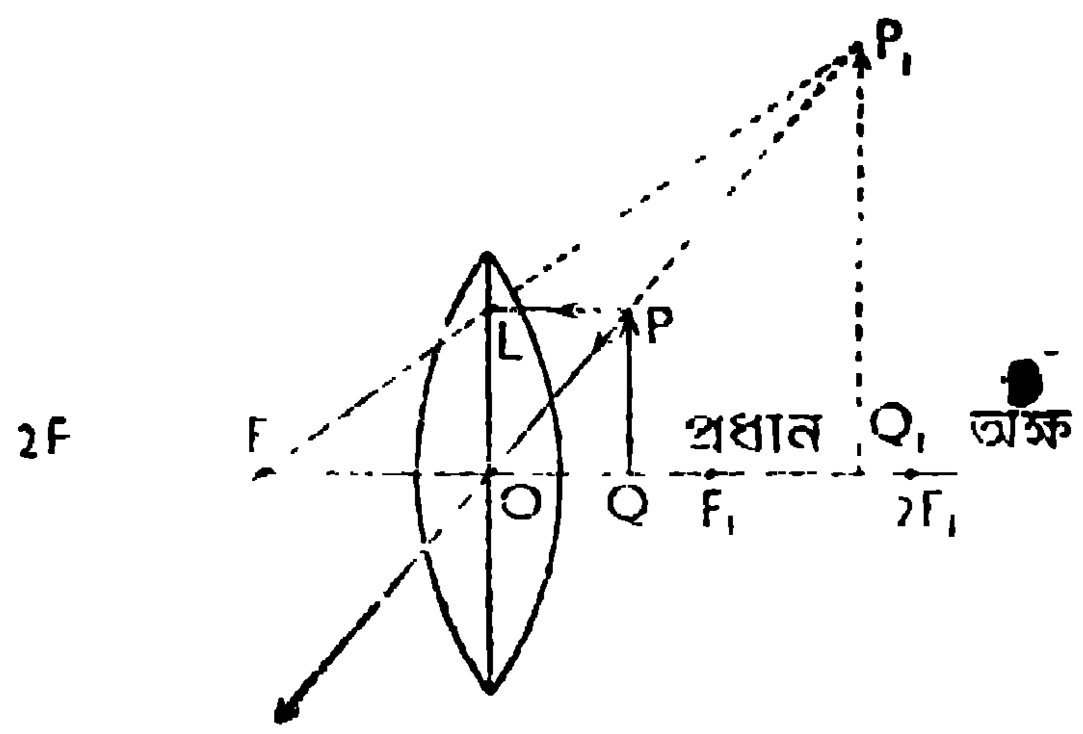
উল্টা হইয়া গঠিত হইবে। বস্তুর P বিন্দু হইতে PL ও PO রশ্মিদ্বয় লেন্সের উপর আপাতিত হইয়াছে। PL রশ্মি প্রধান অক্ষরেখার সমান্তরাল হওয়ায় উহা লেন্স হইতে নির্গত হইবার পর উহার দ্বিতীয় ফোকাস্ F-এর মধ্য দিয়া যাইবে। PO রশ্মি আলোক-কেন্দ্র O-এর মধ্য দিয়া যাওয়ায় উহা সোজা বাহির হইবে। লেন্স হইতে



48 নং চিত্র

নির্গত LM ও ON রশ্মিদ্বয় পরস্পর সমান্তরাল হইয়াছে। কাজেই ইহারা অসীম দূরে মিলিত হইয়া বৃহত্তম সদ্-বিম্ব গঠন করিবে।

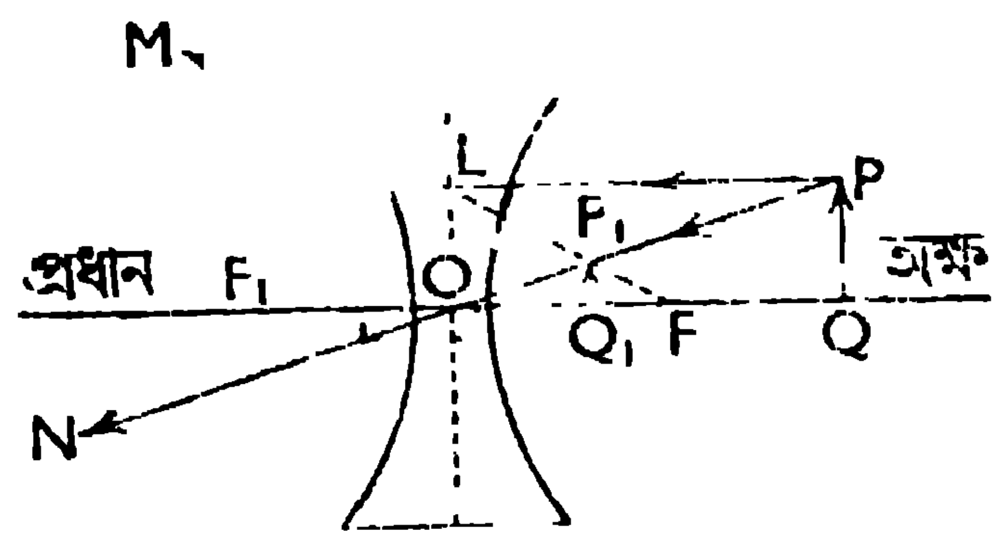
(*d*) 49 নং চিত্রে PQ বস্তুকে উত্তল লেন্সের ফোকাস্ দূরত্ব OF_1-এর মধ্যে রাখা হইয়াছে। ইহার বিবর্ধিত অসদ্‌বিম্ব P_1Q_1, লেন্সের যে দিকে বস্তু আছে



49 নং চিত্র

সেইদিকেই সোজা হইয়া উৎপন্ন হইয়াছে। P হইতে PL রশ্মি, অক্ষের সমান্তরাল হইয়া লেন্সের উপর আপতিত হইয়াছে। ইহা লেন্স হইতে নির্গত হইবার পর উহার দ্বিতীয় ফোকাস্ F দিয়া যাইবে। P হইতে PO রশ্মি, লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O-এর মধ্য দিয়া সোজা বাহির হইয়া যাইবে। LF ও PO রশ্মিদ্বয়কে পিছনের দিকে বর্ধিত করিলে তাহারা P_1 বিন্দুতে মিলিত হইয়া বিবর্ধিত ও সোজা অসদ্-বিম্ব (P_1Q_1) গঠন করিবে।

(*e*) 50 নং চিত্রে, PQ বস্তুকে অবতল লেন্সের সাম্নে যে-কোনো স্থানে রাখা হইয়াছে। ইহার জন্য সর্বদা ক্ষুদ্র ও সোজা অসদ্-বিম্ব গঠিত হইবে এবং বস্তু যে দিকে থাকিবে সেই দিকে লেন্সের ফোকাস্-দূরত্বের (OF) মধ্যে এই প্রতিবিম্ব (P_1Q_1) সর্বদা অবস্থান করিবে।



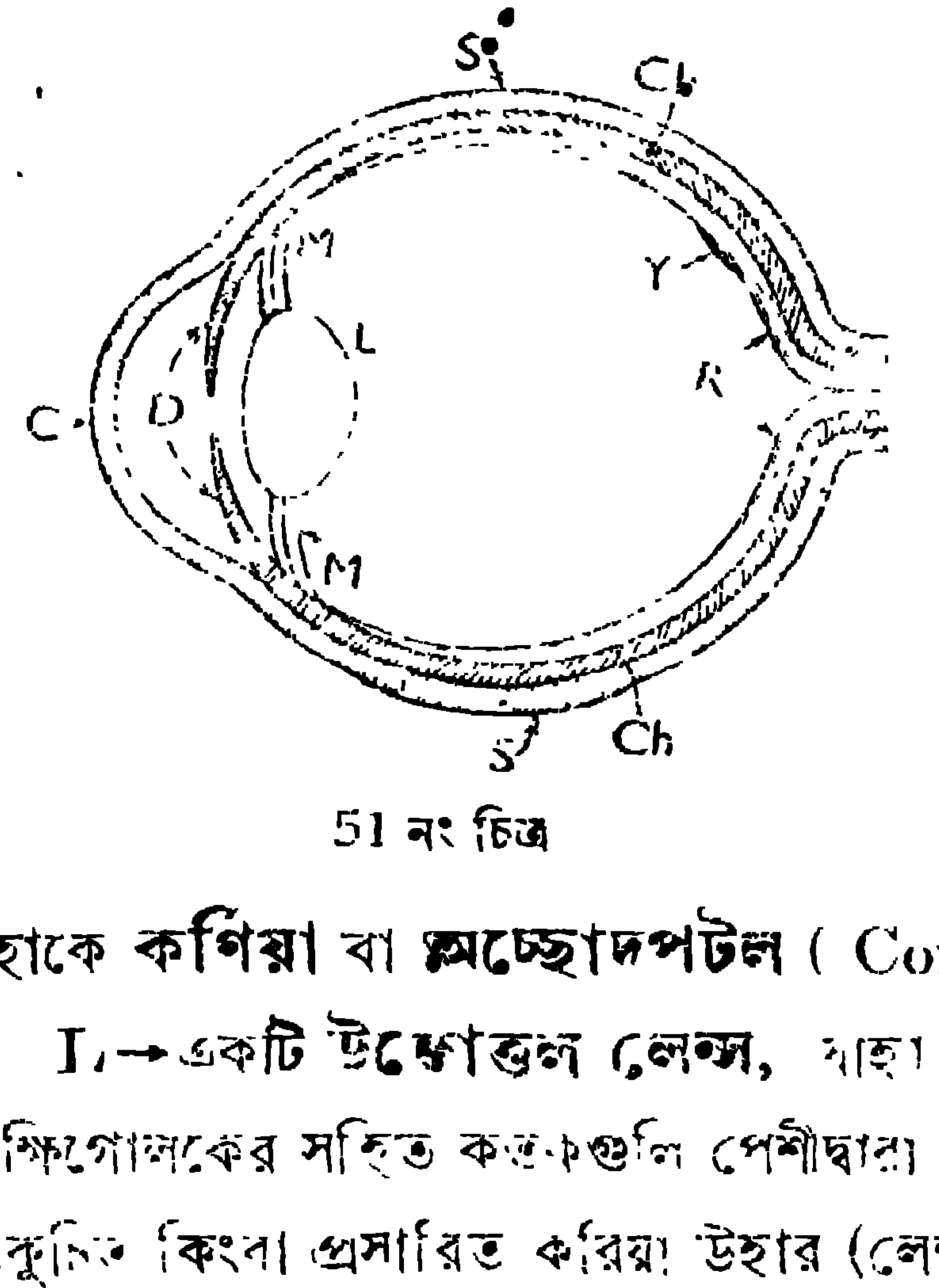
50 নং চিত্র

PQ বস্তুর P বিন্দু হইতে প্রধান অক্ষরেখার সমান্তরাল রশ্মি PL, লেন্স হইতে নির্গত হইবার পর LM-এর দিকে যাইবে

এবং মনে হইবে যেন ইহা লেন্সের দ্বিতীয় ফোকাস্ F' হইতে আসিতেছে। P হইতে PO রশ্মি, আলোক-কেন্দ্র O-এর মধ্য দিয়া সোজা ON রাস্তায় যাইবে। LM ও ON রশ্মিদ্বয়কে পিছনের দিকে বর্ধিত করিলে উহারা P_1 বিন্দুতে মিলিত হইয়া ক্ষুদ্র ও সোজা অসদ্-বিম্ব গঠন করিবে।

2.14. মানুষের চোখ (Human eye)

একটি উত্তল লেন্স যেমন প্রতিবিম্ব গঠন করে আমাদের চোখের লেন্সও সেইরূপ অক্ষিপটে প্রতিবিম্ব গঠন করিয়া কোনো বস্তুকে দেখিতে সাহায্য করে। 51 নং চিত্রে চোখের প্রধান প্রধান অংশগুলি দেখানো হইল এবং ইহা কিভাবে বস্তুকে দেখিতে সাহায্য করে তাহার ব্যাখ্যা করা হইল।



51 নং চিত্র

S→অক্ষি গোলকের বাহিরের শক্ত আবরণ যাহা প্রায় গোল ও সাদা। ইহাকে **স্ক্লেরোটিক্** বা **শ্বেতমণ্ডল** (Sclerotic) বলে। চোখের যে সাদা অংশ আমরা দেখিতে পাই তাহা স্ক্লেরোটিকের বাহিরের অংশ মাত্র।

C→স্ক্লেরোটিকের সামনের স্বচ্ছ অংশ এবং ইহার বক্রতা, স্ক্লেরোটিকের অবশিষ্ট অংশের বক্রতা অপেক্ষা বেশী। ইহাকে **কর্ণিয়া** বা **অচ্ছোদপটল** (Cornea) বলে।

L→একটি **উভোত্তল লেন্স,** যাহা অনেকগুলি স্তর দ্বারা গঠিত। এই লেন্সকে, অক্ষিগোলকের সহিত কতকগুলি পেশীদ্বারা (M) বাঁধা থাকে। এই পেশীগুলিকে (M) সংকুচিত কিংবা প্রসারিত করিয়া উহার (লেন্স L-এর) ফোকাস্-দূরত্ব পরিবর্তন করা যায়।

Ch→একটি কাল স্তর, যাহাকে **কোরোইড** (choroid) বলে। ইহা স্ক্লেরোটিকের ঠিক নীচেই থাকে। কোরোইডের সামনের অংশ কর্ণিয়া ও লেন্সের মধ্যে থাকে। আমরা চোখের যে কাল গোল পর্দা (D) দেখি তাহা কোরোইডের সামনের অংশ মাত্র। এই কাল পর্দার মধ্যস্থানে একটি ছোট ছিদ্র থাকে, যাহার মধ্য দিয়া বস্তুর আলো চোখের লেন্সের উপর পড়িতে পারে। এই ছিদ্রকে **তারারন্ধ্র** (eye-pupil) বলে।

R→**অক্ষিপট** (Retina), যাহা কতকগুলি নার্ভদ্বারা গঠিত। ইহার মধ্যস্থলে হল্‌দে রঙের একটি ছোট গোল স্থান (Y) আছে যাহাকে **ইয়োলো স্পট্** (yellow

spot-Y) বলে। এখানকার নার্ভগুলি আলোর খুবই সুগ্রাহী (sensitive)। বাহিরের কোন বস্তুর প্রতিবিম্ব এই স্থানেই গঠিত হইয়া থাকে।

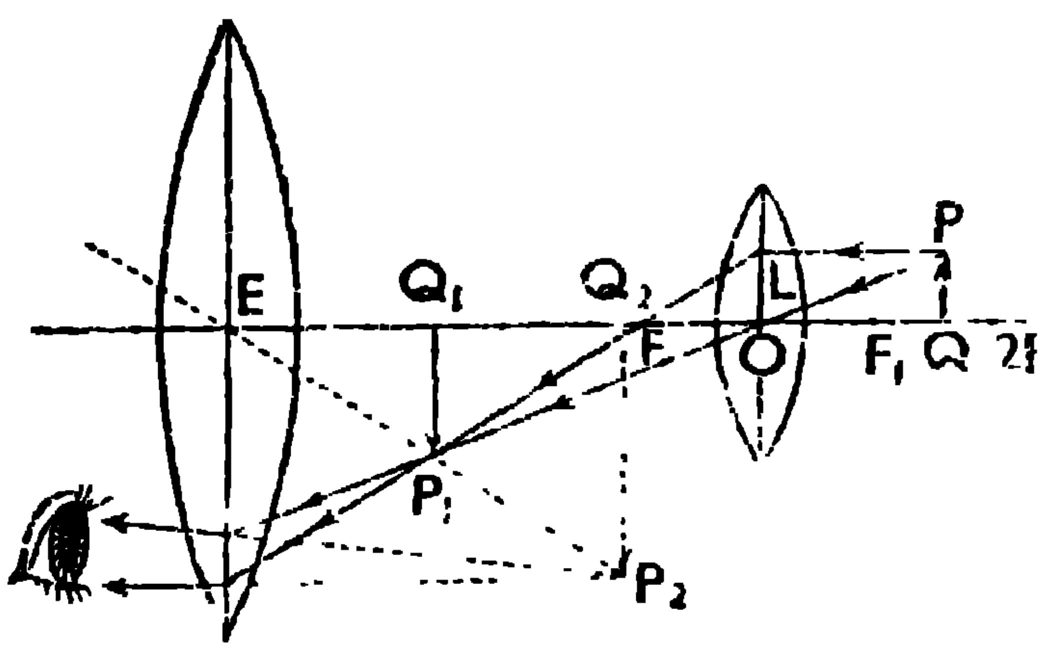
চক্ষুর কার্য: যখন কোনো বস্তুকে চোখের সামনে রাখা হয়, তখন বস্তু হইতে নির্গত আলোক রশ্মিগুলি তারারন্ধ্রের মধ্য দিয়া উত্তল লেন্সের উপর পড়ে। লেন্স, ঐ বস্তুর প্রতিবিম্ব অক্ষিপটের ইয়োলো স্পটে গঠন করে। এই প্রতিবিম্বের অনুভূতি, নার্ভের সাহায্যে মস্তিষ্কে পৌঁছিলে আমরা বস্তুটিকে দেখিতে পাই।

উপযোজন (Accommodation): লেন্স হইতে অক্ষিপটের যে দূরত্ব তাহাই লেন্সের স্বাভাবিক ফোকাস্-দূরত্ব। কাজেই অসীম দূরের বস্তু হইতে যে সমান্তরাল রশ্মি লেন্সের উপর পড়ে তাহার প্রতিবিম্ব অক্ষিপটের উপরেই গঠিত হয়। এক্ষণে বস্তুকে চোখের দিকে আনিলে উহার প্রতিবিম্ব অক্ষিপটের পিছনে পড়ে। এই সময়ে মাংসপেশী (M) সংকুচিত করিয়া লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব এমন পরিমাণ পরিবর্তন করা হয় যাহাতে প্রতিবিম্ব পুনরায় অক্ষিপটে পড়ে। এই প্রক্রিয়াকে চোখের **উপযোজন** বলে। কিন্তু এই মাংসপেশীকে সংকুচিত করিবার একটি সীমা আছে। যখন বস্তুটি চোখ হইতে প্রায় 25 cm. দূরে থাকে তখন মাংসপেশীকে আর সংকুচিত করা যায় না। কাজেই দোষমুক্ত চোখের ক্ষেত্রে, 25 cm. দূরত্বকে **বিশদ দৃষ্টির ন্যূনতম দূরত্ব** (least distance of distinct vision) বলে। দীর্ঘ দৃষ্টি দোষযুক্ত চোখের ক্ষেত্রে এই ন্যূনতম দূরত্ব 25 cm.-এরও বেশী হয় এবং নিকট-দৃষ্টি দোষযুক্ত চোখের ক্ষেত্রে এই দূরত্ব 25 cm-এরও কম হয়। এই সব চোখের বিশদ দৃষ্টি জন্য হয় উত্তল লেন্স (দীর্ঘ-দৃষ্টি দোষযুক্ত চোখের জন্য) কিংবা অবতল লেন্স (নিকট-দৃষ্টি দোষযুক্ত চোখের জন্য) ব্যবহার করিতে হয়।

2.15. সরল ও যৌগিক অণুবীক্ষণ (Simple and Compound Microscope)

(*a*) **সরল অণুবীক্ষণ:** একটি উত্তল লেন্সকে, হাতলযুক্ত একটি ফ্রেমে আটকাইয়া রাখিলেই সরল অণুবীক্ষণ গঠিত হইবে। যে বস্তুর বিবর্ধিত অসদ্-বিম্ব দেখিতে হইবে তাহাকে লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের মধ্যে এমন স্থানে রাখিতে হইবে যাহাতে ঐ বিবর্ধিত অসদ্-বিম্ব চোখ হইতে, উহার বিশদ দৃষ্টির ন্যূনতম দূরে অর্থাৎ 25 cm. দূরে গঠিত হয়। বস্তু (PQ) হইতে রশ্মি টানিয়া এই বিবর্ধিত অসদ্-বিম্বের (P_1Q_1) গঠন 49 নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

(*b*) **যৌগিক অণুবীক্ষণ ঃ** যৌগিক অণুবীক্ষণে দুইটি উত্তল লেন্স থাকে। প্রথম লেন্স O-এর ফোকাস্-দূরত্ব কম এবং ইহাকে বস্তুর (object) কাছে রাখা হয় বলিয়া ইহাকে অব্‌জেক্টিভ্ (objective) বলে। দ্বিতীয় লেন্স E-এর ফোকাস-দূরত্ব অপেক্ষাকৃত বেশী এবং ইহা চোখের (eye) কাছে থাকে বলিয়া ইহাকে আই-পিস্ (eye-piece) বলে। এই দুইটি লেন্স, দুইটি নলের প্রান্তে থাকে এবং একটি নলকে অপরটির উপর টানিয়া লেন্স-দুইটির মধ্যের দূরত্ব কম-বেশী করা যায় [52 নং চিত্র দেখ]



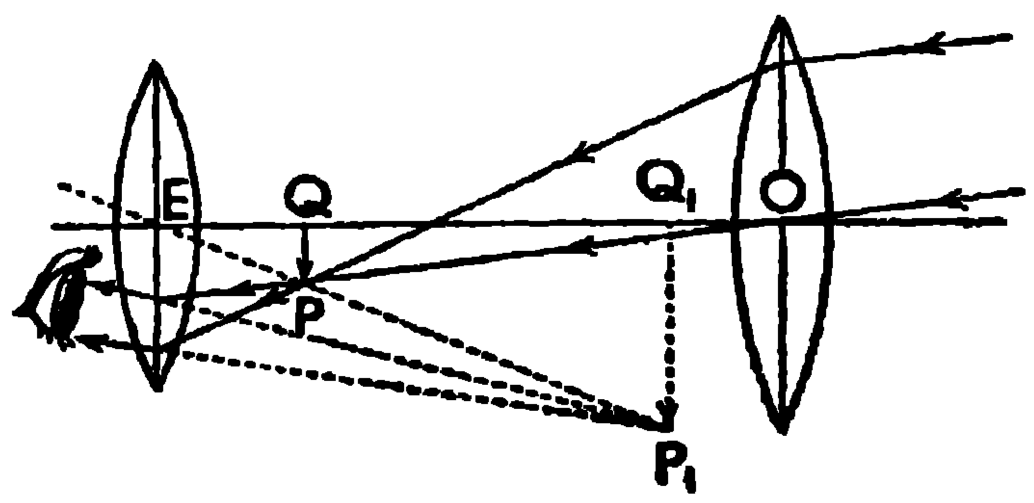
52 নং চিত্র

ক্রিয়া ঃ—যে ক্ষুদ্র বস্তু PQ-কে বড় করিয়া দেখিতে হইবে তাহাকে প্রথম লেন্স O-এর প্রথম ফোকাস্-দূরত্ব OF_1-এর কিছু বেশী দূরে, অর্থাৎ F_1 ও $2F_1$-এর মাঝে রাখিতে হইবে (52নং চিত্র দেখ)। লেন্স O, ঐ বস্তুর বিবর্ধিত ও উল্টা সদ্-বিম্ব P_1Q_1 স্থানে গঠন করিবে। এই সদ্-বিম্ব (P_1Q_1), দ্বিতীয় লেন্স E-এর ফোকাস-দূরত্বের মধ্যে অবস্থান করে; কাজেই E লেন্স, P_1Q_1-এর বিবর্ধিত অসদ্-বিম্ব P_2Q_2 স্থানে গঠন করিবে। এই অসদ্-বিম্ব, P_1Q_1-এর সোজা কিন্তু PQ-এর উল্টা হইয়া গঠিত হইয়াছে। কাজেই চোখ পূর্বের ক্ষুদ্র বস্তুকে (PQ) বিবর্ধিত অবস্থায় উল্টাভাবে P_2Q_2 স্থানে দেখিবে। P_2Q_2, চোখের বিশদ দৃষ্টির ন্যূনতম দূরে থাকে বলিয়া, চোখ P_2Q_2-কে খুব বিশদভাবে দেখিতে পাইবে। বস্তুর P বিন্দু হইতে রশ্মিগুলি দুই লেন্সে পর পর প্রতিসৃত হইবার পর যেভাবে P_2Q_2 প্রতিবিম্ব গঠন করিয়াছে তাহা 52 নং চিত্রে দেখানো হইল। প্রত্যেক লেন্সই তাহার প্রতিবিম্বকে বিবর্ধিত করিয়াছে, এজন্য শেষ প্রতিবিম্ব P_2Q_2 খুব বড় দেখাইবে।

2.16. নভোবীক্ষণ (Astronomical telescope)

দুইটি উত্তল লেন্সকে সাজাইয়া নভোবীক্ষণ যন্ত্র গঠন করা হয়। ইহা দ্বারা নভোমণ্ডলের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জ্যোতিষ্কের বিবর্ধিত ও স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখা যায়। এই যন্ত্রের প্রথম লেন্স O-এর ফোকাস-দূরত্ব খুব বেশী এবং ইহা লক্ষ্য বস্তুর দিকে

রাখা হয় বলিয়া ইহাকে অব্‌জেক্‌টিভ্ (Objective) বলে। দ্বিতীয় লেন্স E-এর ফোকাস্-দূরত্ব কম এবং ইহা চোখের কাছে থাকে বলিয়া ইহাকে আই-পিস্ (eye-piece) বলে। এই লেন্স দুইটি, দুইটি নলের প্রান্তে থাকে এবং একটি নলকে অপরটির উপর টানিয়া লেন্স দুইটির মধ্যের দূরত্ব কম-বেশী করা যায়। এই ব্যবস্থাগুলি 53 নং চিত্রে দেখান হইয়াছে।



53 নং চিত্র

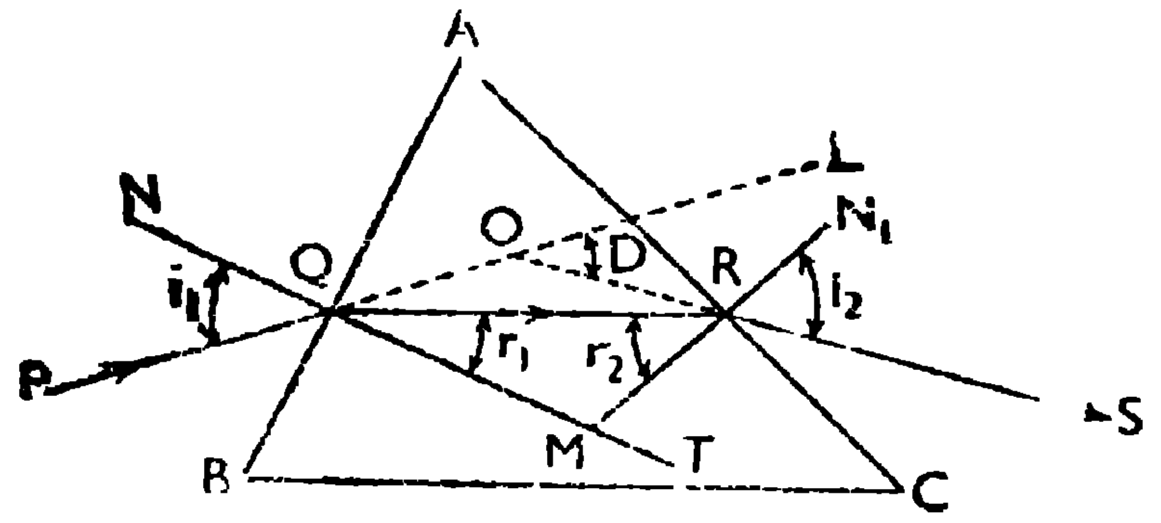
ক্রিয়া ঃ বহুদূরের বস্তু হইতে যে সমান্তরাল রশ্মিগুলি লেন্স O-এর উপর আপতিত হইল তাহারা প্রতিসৃত হইবার পর O-লেন্সের দ্বিতীয় ফোকাসতলে ক্ষুদ্র ও উল্টা সদ্-বিম্ব PQ গঠন করিবে [53 নং চিত্র দেখ]। এই সদ্-বিম্ব (PQ), E-লেন্সের ফোকাস্-দূরত্বের মধ্যে থাকায় উহার বিবর্ধিত অসদ্-বিম্ব (P_1Q_1) চোখের বিশদ-দৃষ্টির ন্যূনতম দূরে (EQ_1 = প্রায় 25 cm.) গঠিত হইবে। এই প্রতিবিম্ব (P_1Q_1), PQ প্রতিবিম্বের সোজা হইলেও বস্তুর উল্টা হইবে। কাজেই চোখ, বস্তুর বিবর্ধিত উল্টা প্রতিবিম্ব (P_1Q_1) উহার বিশদ দৃষ্টির ন্যূনতম দূরে দেখিতে পাইবে।

2.17. প্রিজ্‌ম (prism)

পরস্পর ছেদী তিনটি পৃষ্ঠ দ্বারা যে স্বচ্ছ মাধ্যম সীমাবদ্ধ থাকে এবং যাহার দুইটি পৃষ্ঠ মসৃণ সমতল [যাহাদিগকে প্রতিসরক পৃষ্ঠ (refracting faces) বলে] ও তৃতীয় পৃষ্ঠ অমসৃণ কিংবা মসৃণ সমতল [যাহাকে প্রিজ্‌মের ভূমি (base) বলে] রাখা হয় তাহাকে **প্রিজ্‌ম** বলে। মসৃণ সমতল পৃষ্ঠদুইটি যে সরলরেখায় ছেদ করে তাহাকে প্রিজ্‌মের **শীর্ষ** (edge) বলে এবং উহাদের অন্তর্গত কোণকে **প্রিজ্‌মের কোণ** বলে। প্রিজ্‌মের মসৃণ সমতল পৃষ্ঠ দুইটির উপর একটি সমতল লম্বভাবে ফেলিলে উহার যে ছেদ পাওয়া যাইবে তাহাকে প্রিজ্‌মের **প্রধান ছেদ** (principal section) বলে। প্রধান ছেদ একটি ত্রিভুজাকৃতি হয়।

54 নং চিত্রে ABC ত্রিভুজ একটি প্রিজ্‌মের প্রধান ছেদ। AB ও AC ইহার প্রতিসরক পৃষ্ঠ এবং BC ইহার ভূমি। $\angle BAC (= A)$, প্রিজ্‌মের কোণ। প্রিজ্‌মের মধ্যে একটি আলোক-রশ্মি PQRS রাস্তায় চলিয়া গিয়াছে। এই রাস্তায় যাইবার সময়, ইহা প্রিজ্‌মের AB তলের Q বিন্দুতে প্রতিসৃত হইয়া অভিলম্ব NQM-এর দিকে বাঁকিয়া QR রাস্তায় আসিয়াছে (কারণ আলোক-রশ্মি বাতাস হইতে কাঁচে

আসিয়াছে)। এই QR রশ্মি AC তলের R বিন্দুতে দ্বিতীয়বার প্রতিসৃত হইয়া, অভিলম্ব N_1RM হইতে দূরে সরিয়া RS রাস্তায় গিয়াছে (কারণ আলোক-রশ্মি এবার কাঁচ হইতে বাতাসে যাইতেছে)। আলোক-রশ্মি প্রিজ্‌মে ঢুকিবার পূর্বে PQO রাস্তায় যাইতেছিল কিন্তু প্রিজ্‌ম হইতে নির্গত হইবার পর RS রাস্তায় যাইতেছে। এই দুই রাস্তার অন্তর্গত কোণ ∠ROL (=D)-কে রশ্মির **চ্যুতিকোণ** বলে। তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে প্রিজ্‌মের মধ্য দিয়া কোন আলোক-রশ্মি গেলে উহা প্রিজ্‌মের ভূমির দিকে বাঁকিয়া প্রিজ্‌ম হইতে বাহির হয়।



54 নং চিত্র

প্রিজ্‌মের AB তলের উপর আপতিত রশ্মির (PQ-এর) আপতন কোণের (i_1-এর) মান যদি খুব বড় হইতে ক্রমাগত কমাইয়া আনা হয় তাহা হইলে ঐ রশ্মির চ্যুতি-কোণের (D-এর) মান কিছুদূর কমিবে; তারপর ঐ চ্যুতিকোণের মান ন্যূনতম হইয়া আবার বাড়িতে থাকিবে। রশ্মির চ্যুতি কোণ যখন ন্যূনতম হয়, তখন প্রথম তল AB-এর উপরে উহার আপতন কোণ (i_1) এবং দ্বিতীয় তল AC-এর উপরে উহার প্রতিসৃত কোণ (i_2) সমান হয়।

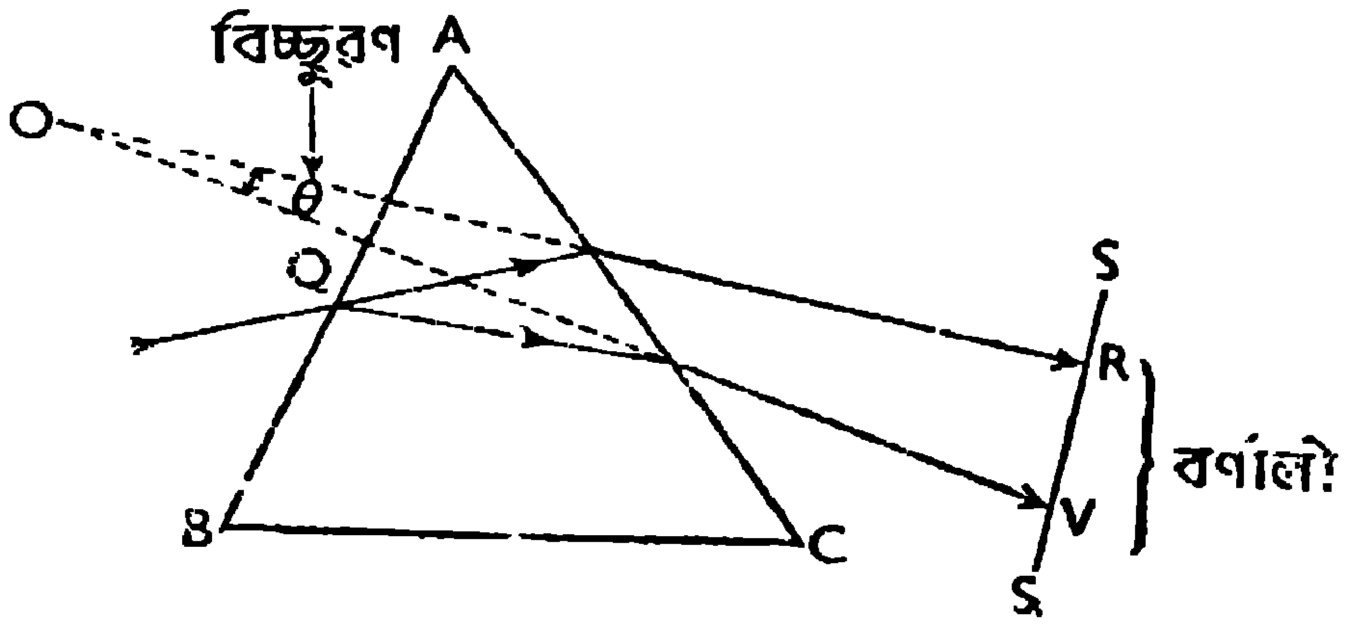
যদি প্রথম পৃষ্ঠায় (AB), আপাতন কোণ i_1 ও প্রতিসৃত কোণ r_1 হয় এবং দ্বিতীয় পৃষ্ঠায় (AC) আপতন কোণ r_2 ও প্রতিসৃত কোণ i_2 হয় তাহা হইলে জ্যামিতির সাহায্যে দেখান যাইতে পারে যে,

$$D = i_1 + i_2 - A \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (1)$$
$$A = r_1 + r_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (2)$$

2.18. আলোর বিচ্ছুরণ ও বর্ণালী গঠন (dispersion of light and formation of spectrum)

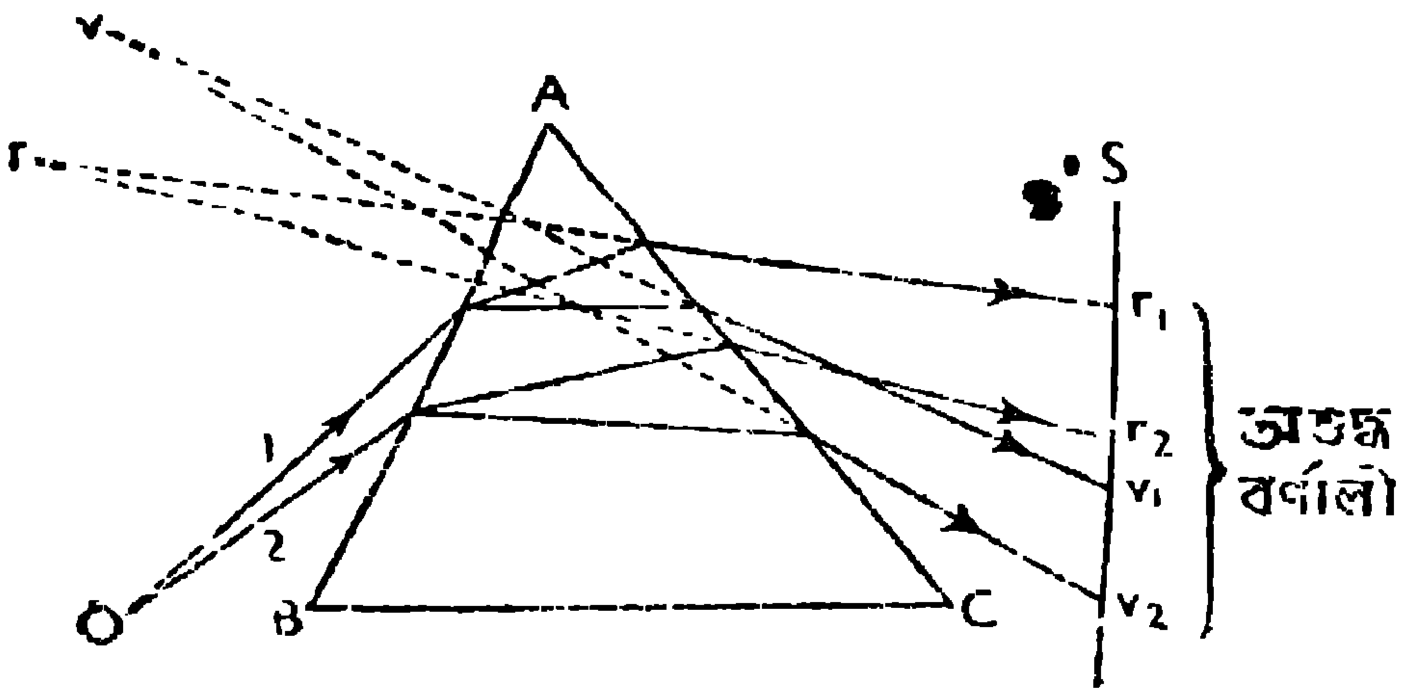
যখন কোন আলোক-রশ্মি প্রিজ্‌মের উপর আপতিত হয় তখন তাহার যে চ্যুতিকোণ হইবে তাহা লাল আলোর জন্য কম হয় এবং বেগুনী আলোর জন্য বেশী হয়। অতএব সাতটি রঙযুক্ত [যথা :—**বেগুনী** (violet), **নীল** (indigo), **আসমানী** (blue), **সবুজ** (green), **হলুদ** (yellow), **কমলা** (orange), ও **লাল** (red)—

বেনীআসহকলা (VIBGYOR)] সাদা আলোর PQ রশ্মি যখন ABC প্রিজ্‌মের উপর আপতিত হয় তখন বিভিন্ন রঙের আলোর চ্যুতিকোণ বিভিন্ন হওয়ায় ঐ সাতটি রঙের আলো বিশ্লিষ্ট হইবে [55 নং চিত্র দেখ]। যে কোন দুইটি রঙের আলোক-রশ্মির মধ্যে যে কোণ হয় তাহাকে ঐ দুইটি রঙের বিচ্ছুরণ (dispersion) বলে। 55 নং চিত্রে বেগুনী ও লাল আলোকরশ্মির বিচ্ছুরণ θ ($= \angle ROV$) দেখান হইয়াছে। পর্দা S-এর উপর যে বঙিন পটি RV-এর সৃষ্টি হয় তাহাকে বর্ণালী (spectrum) বলে।



55 নং চিত্র

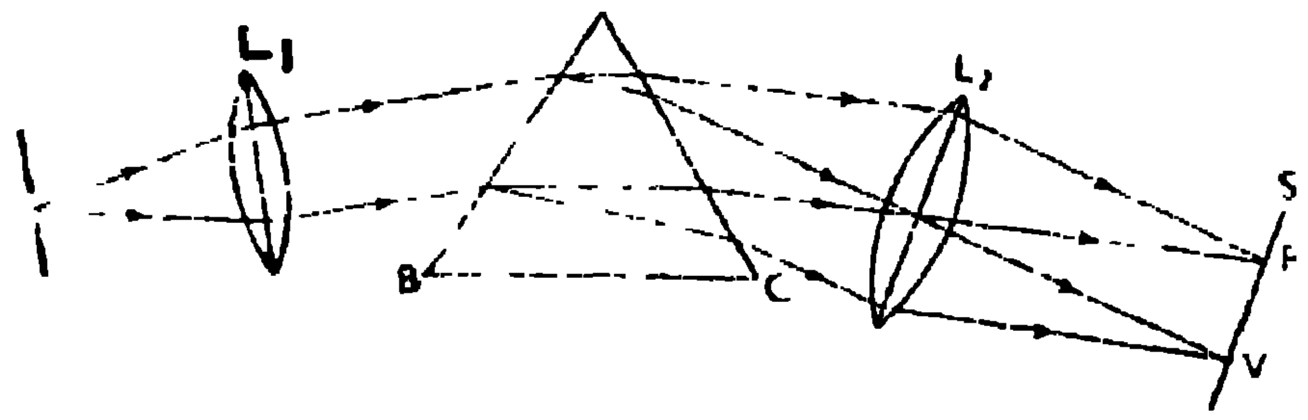
বিশুদ্ধ বর্ণালী ঃ—যখন সাদা আলোর একটি মাত্র রশ্মি (PQ) প্রিজ্‌মের উপর পড়ে তখন পর্দা S এর উপর যে বর্ণালী হয় তাহা বিশুদ্ধ অর্থাৎ এক রঙের আলো অপর রঙের আলোর সহিত মিশিয়া যায় না। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে একটি রশ্মিগুচ্ছ প্রিজ্‌মের উপর আপতিত হয় এবং এক একটি রশ্মির জন্য যে বর্ণালী হয় তাহা পর্দার বিভিন্ন স্থানে পড়ে এবং এক বর্ণের আলো আর এক বর্ণের আলোর উপর পড়িয়া বর্ণালীকে অশুদ্ধ করিয়া ফেলে। 56 নং চিত্রে 1 নং ও 2 নং রশ্মির বর্ণালী যথাক্রমে r_1v_1 ও r_2v_2 হইয়াছে এবং উহারা পর্দার বিভিন্ন স্থানে পড়িয়া বর্ণালীকে অশুদ্ধ করিয়াছে। যদি প্রত্যেকটি বর্ণালীর লাল রঙ (r_1, r_2 প্রভৃতি) এক স্থানে মিশিয়া থাকে, বেগুনী রঙ (v_1, v_2 প্রভৃতি) আর একটি স্থানে মিশিয়া থাকে এবং উহাদের মধ্যস্থ অন্যান্য রঙ পৃথক পৃথক স্থানে মিশিয়া থাকে তাহা হইলে সেই বর্ণালী বিশুদ্ধ বর্ণালী হইবে।



56 নং চিত্র

বিশুদ্ধ বর্ণালী গঠন ঃ—(i) 57 নং চিত্রে O স্লিটকে খুব সরু করিয়া উত্তল লেন্স L_1-এর ফোকাস্‌-তলে রাখা হইয়াছে। স্লিটকে এইবার সোডিয়াম আলোক দ্বারা আলোকিত করা হইল [অ্যাস্‌বেসটসের (asbestos) একটি চক্র লবণজলে ডুবাইয়া, বুনসেন দীপের সর্বাপেক্ষা উত্তপ্ত অথচ নিষ্প্রভ (non-luminous) অংশে

রাখিলে যে পীতবর্ণের আলোক পাওয়া যায় তাহাকে সোডিয়াম আলোক বলে)।



57 নং চিত্র

(ii) স্লিট O, লেন্স L_1-এর ফোকাস-তলে অবস্থিত বলিয়া, L_1 হইতে নির্গত রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল হইবে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুলি ABC প্রিজ্‌মের উপর ফেলিয়া, প্রিজ্‌মকে এমন একটি অবস্থানে আনা হইল যাহাতে আপতিত রশ্মিগুলির চ্যুতিকোণ ন্যূনতম হয়। প্রিজ্‌ম হইতে নির্গত সমান্তরাল রশ্মিগুলিকে, দ্বিতীয় উত্তল লেন্স L_2-এর সাহায্যে, পর্দা S-এর উপর কেন্দ্রীভূত করা হইল। এই অবস্থায় পর্দার উপর, পীতবর্ণের একটি মাত্র উজ্জ্বল রেখা দেখা যাইবে যাহাকে রেখা বর্ণালী (line spectrum) বলে।

(iii) সোডিয়াম আলোককে সরাইয়া তাহার স্থানে একটি ইলেকট্রিক ল্যাম্পের আলোক বসাইলে, পর্দার উপর একটি নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী (continuous spectrum) পাওয়া যাইবে যাহার একপ্রান্তে লাল রঙের এবং অপরপ্রান্তে বেগুনী রঙের আলো থাকিবে।

Objective Test প্রশ্ন

A. Alternate response type :

(1) *yes or no type* :—(i) একটি সমস্বত্ব মাধ্যমে আলো কি বক্ররেখায় চলে ? ———

(ii) একটি বিন্দুবৎ আলোর উৎসের দ্বারা অস্বচ্ছ বস্তুর যে ছায়া হয় তাহাতে কি উপচ্ছায়া থাকে ? ———

(iii) যখন সূর্যের পূর্ণগ্রহণ হয় তখন কি উহার বলয়গ্রহণ সম্ভব ? ———

(iv) চন্দ্রের বলয়গ্রহণ কি সম্ভব ? ———

(v) আলোর যখন প্রতিফলন হয় তখন কি উহা এক মাধ্যম হইতে অপর মাধ্যমে যায় ? ———

(vi) আলোর বেগ কি অসীম ? ———

(vii) উত্তল দর্পণ ও সমতল দর্পণ কি সদ্‌-বিম্ব গঠন করে ? ———

(viii) অবতল দর্পণে ও উত্তল লেন্সে যে সদ্‌-বিম্ব হয় তাহা কি বস্তুর সোজা হইয়া গঠিত হয় ? ———

(xi) মানুষের চোখের অক্ষিপটে কি অসদ্‌-বিম্ব গঠিত হয় ? ———

(x) সব রকম আলোর বর্ণালীতেই কি সাতটা রঙ থাকে ? ———

(2) *True or false type* :—(i) আলোর উৎস অপেক্ষা ছোট অস্বচ্ছ বস্তুর প্রচ্ছায়া অপসারী শঙ্কু। ———

(ii) পৃথিবী যখন সূর্য ও চন্দ্রের মধ্যে আসে তখন চন্দ্রগ্রহণ হয়। ———

(iii) সূর্যের যেমন বলয়গ্রহণ হয় সেইরূপ চন্দ্রেরও বলয়গ্রহণ হয়। ———

(iv) প্রতিফলনে আপতিত রশ্মি ও প্রতিফলিত রশ্মি একই মাধ্যমে থাকে কিন্তু প্রতিসরণে আপতিত রশ্মি ও প্রতিসৃত রশ্মি দুইটি বিভিন্ন মাধ্যমে থাকে। ———

(v) আলোক-রশ্মি যখন বাতাস হইতে কাঁচে প্রবেশ করে তখন উহা অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায়।

(vi) আলো অসীমবেগে চলে না বলিয়া সূর্যের আলো, পৃথিবীতে ৪ মিনিটে আসিয়া পৌঁছায়।

(vii) উত্তল লেন্সে সদ্ ও অসদ্, উভয়প্রকার প্রতিবিম্বই পাওয়া যায় কিন্তু উত্তল্ দর্পণে কেবলমাত্র অসদ্-বিম্বই পাওয়া যায়। ———

(viii) অণুবীক্ষণ যন্ত্রদ্বারা দূরের জিনিষকে বড় করিয়া দেখি এবং দূরবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে কাছের জিনিষকে খুব বড় করিয়া দেখি। ———

(ix) সুস্থ বা দোষহীন চোখের সাম্‌নের যে কোন স্থানের বস্তুকেই পরিষ্কার দেখা যায়। ———

(x) যে কোন আলোর বর্ণালীতেই সাতটা রঙের আলো থাকে। ———

B. **Recall type :**

(i) আলো যে——চলে ছায়া তাহার প্রকৃষ্ট প্রমাণ।

(ii) প্রতিফলনে, আপতন কোণ ও—— কোণ সর্বদা সমান হ..

(iii) উত্তল দর্পণে আলোর প্রতিফলনে সর্বদা——গঠিত হয় এবং তাহারা ফোকাস্-দূরত্বের মধ্যে থাকে।

(iv) প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মিগুলি উত্তল লেন্স হইতে নির্গত হইয়া যে বিন্দুতে মিলিত হয় তাহাকে——বলে। ———

(v) সাদা আলোর কোন রশ্মি প্রিজম্ হইতে নির্গত হইয়া পর্দার উপর একটি রঙিন্ পটির সৃষ্টি করে যাহাকে——বলে। ———

(vi) আলো যখন ঘনতর মাধ্যম হইতে লঘুতর মাধ্যমে যায় তখন উহা অভিলম্ব হইতে——সরিয়া যায়। ———

(vii) বিভিন্ন দূরের বস্তুকে দেখিবার জন্য চোখের লেন্সের——পরিবর্তন করা হয় ——

(viii) চৌবাচ্চায় জল ভর্তি থাকিলে উহার গভীরতা——বলিয়া মনে হয়। ——

(ix) একটি লাঠিকে, জলের মধ্যে তির্যক্‌ভাবে আংশিক ডুবাইলে উহাকে জলের তলে——মনে হয়। ——

(x) প্রত্যেক পূর্ণিমাতে——গ্রহণ হয় না। ——

C. Completion type :

(i) পৃথিবী, চন্দ্র অপেক্ষা অনেক (a)——; এজন্য পৃথিবীর (b)——সব সময়েই চন্দ্রকে ছাড়াইয়া যায়, কাজেই চন্দ্রের (c)——গ্রহণ কখনও সম্ভব নয়। (a)——, (b)——; (c)——

(ii) যদি কোন রশ্মিগুচ্ছ (a)——কিংবা (b)——হইবার পর, একটি বিশিষ্ট বিন্দুতে (c)——হয় কিংবা একটি বিশিষ্ট বিন্দু হইতে (d)——হইয়া আসিতেছে বলিয়া মনে হয় তাহা হইলে ঐ বিন্দুকে বস্তুর (e)——বলে।
(a)——; (b)——; (c)——; (d)——; (e)——

কোন বস্তুকে (a)——লেন্সের (b)——ও আলোককেন্দ্রের মধ্যে রাখিলে উহার বিবর্ধিত (c)——বিম্ব সোজা হইয়া গঠিত হইবে। (a)——; (b)——; (c)——

D. Multiple Choice type :

(i) আলো যখন লঘুতর মাধ্যম হইতে ঘনতর মাধ্যমে যায় তখন উহা কি করে?—সোজা পথে চলে, অভিলম্বের দিকে বাঁকিয়া যায়, অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায়।

(ii) চন্দ্র যখন সূর্য ও পৃথিবীর মাঝে থাকে তখন কোন্ গ্রহণ হয়?—চন্দ্রগ্রহণ, সূর্যগ্রহণ।

(iii) কোন আলোকরশ্মি প্রতিসরণের পর কোথায় যায়?—প্রথম মাধ্যমে ফিরিয়া যায়, দ্বিতীয় মাধ্যমে সোজা চলিয়া যায়; দ্বিতীয় মাধ্যমে ভিন্নপথে যায়?

(iv) সমতল দর্পণে কিরূপ প্রতিবিম্ব হয়?—বস্তু অপেক্ষা বৃহত্তর সদ্-বিম্ব হয়, বস্তু অপেক্ষা বৃহত্তর অসদ্-বিম্ব হয়; বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর সদ্-বিম্ব হয়, বস্তুর সমআকৃতির অসদ্-বিম্ব হয়, বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর অসদ্-বিম্ব হয়।

(v) বর্ণালীর কোন্ রঙের আলোর চ্যুতিকোণ বেশী? লাল, নীল, সবুজ, হলুদে, বেগুনী।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

Art. 2.1.

1. Prove by (*a*) simple experiment (*b*) pinhole camera that

light travels in a straight line. What change in the image will be observed when the size of pinhole is made greater ?

আলো যে সরলরেখায় চলে তাহা (a) সাধারণ পরীক্ষা দ্বারা, (b) সূচীছিদ্র ক্যামেরা দ্বারা প্রমাণ কর। সূচী-ছিদ্রের আকার বড় করিলে প্রতিবিম্বের কি পরিবর্তন হইবে ?

Art. 2 2

2. What are shadow, umbra and penumbra ? Explain by a neat diagram how umbra and and penumbra are produced in the case of a small opaque obstacle placed in front of a large source of light.

ছায়া, প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া কাহাকে বলে ? একটি বিস্তৃত আলোর সামনে একটি ছোট অস্বচ্ছ বস্তু রাখিলে যে, প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া হইবে তাহা পরিষ্কার চিত্র আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

3. When a bird is flying at a high altitude its shadow is not cast on the ground but when the bird fles very near to the ground, its shadow is cast on the ground. Explain.

যখন কোন পাখী খুব উপর দিয়া উড়িয়া যায় তখন তাহার ছায়া মাটিতে পড়ে না ; কিন্তু ঐ পাখী যখন মাটির কাছ দিয়া উড়িয়া যায় তখন তাহার ছায়া মাটিতে পড়ে। কেন হয় ব্যাখ্যা কর।

Art. 2.3

4. 'Solar eclipse is due to the shadow of moon while lunar eclipse is due to the shadow of earth',—Explain this statement by neat diagrams.

'চন্দ্রের ছায়ার জন্য সূর্যগ্রহণ এবং পৃথিবীর ছায়ার জন্য চন্দ্রগ্রহণ হইয়া থাকে'—পরিষ্কার চিত্রের সাহায্যে এই উক্তির সত্যতা বুঝাইয়া দাও।

5. When do the total and annular eclipse of sun occur ? If total eclipse of sun occurs at any part of earth, then is it possible to see annular eclipse of sun at any other part of earth ?—Explain.

সূর্যের পূর্ণগ্রহণ ও বলয় গ্রহণ কখন হয় ? যদি পৃথিবীর কোনও স্থানে সূর্যের পূর্ণগ্রহণ দেখা যায় তখন অন্য স্থানে বলয় গ্রহণ দেখা সম্ভব কিনা বুঝাইয়া দাও।

6. Why solar eclipse aud lunar eclipse do not occur in every new moon and full moon respectively ? Is it possible to have an annular eclipse of moon ?

প্রত্যেক অমাবস্যায় সূর্যগ্রহণ ও প্রত্যেক পূর্ণিমায় চন্দ্রগ্রহণ হয় না কেন ? চন্দ্রের বলয় গ্রহণ সম্ভব কি ?

Art. 2.4.

7. Is there any evidence that light travels with a finite speed ? What time is required by light to reach the earth from the sun ?

আলো যে নিদিষ্ট বেগে চলে তাহার কি কোন পরীক্ষামূলক প্রমাণ আছে ? সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে কত সময় লাগে ?

Art. 2.6

8. What is image ? How many kinds of images are there ? Explain their differences. What kind of image is seen in Camera, on the screen of a cinema house, in a plane mirror and below the calm surface of water ?

প্রতিবিম্ব কাহাকে বলে ? উহা কয় প্রকার ? উহাদের মধ্যের পার্থক্য বুঝাইয়া দাও। ক্যামেরাতে, সিনেমার পর্দায়, সমতল দর্পণে এবং স্থির জলের নীচে যে প্রতিবিম্ব দেখ তাহা কোন প্রকারের প্রতিবিম্ব ?

Arts. 2.5 and 2.7

9. State the laws of reflection of light. Prove by experiment that in the case of a plane mirror, object distance is always equal to image distance. Is this rule true in the case of spherical mirror also ?

আলোকের প্রতিফলনের নিয়মগুলি বল। পরীক্ষার দ্বারা কিভাবে প্রমাণ করিবে যে সমতল দর্পণের ক্ষেত্রে, বস্তুর দূরত্ব, প্রতিবিম্বের দূরত্বের সহিত সর্বদা সমান। এই নিয়ম কি গোলীয় দর্পণের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য ?

Art. 2.8

10. Describe a simple periscope and explain how and in what purposes it is used ?

একটি সরল পেরিস্কোপের বর্ণনা কর। উহা কিভাবে এবং কোন কোন কাজে ব্যবহার করা হয় ?

Art. 2.9

11. How many kinds of spherical mirrors are there ? Draw diagrams and indicate in them the positions of, pole, principal axis, centre of curvature, radius of curvature, focus and focal length.

গোলীয় দর্পণ কয় প্রকার ? একটি চিত্র আঁকিয়া তাহাতে গোলীয় দর্পণের,—মেরু, প্রধান অক্ষ, বক্রতা কেন্দ্র, বক্রতা ব্যাসার্দ্ধ, ফোকাস্ ও ফোকাস দূরত্ব দেখাইয়া দাও।

Art. 2.10

12. **Draw diagrams to indicate the following image formation by spherical mirrors.—(i) diminished real image, (ii) equal real image, (iii) magnified real image, (iv) magnified virtual image and (v) diminished virtual image.**

নিম্নলিখিত প্রতিবিম্বগুলি গোলীয় দর্পণদ্বারা কিভাবে গঠিত হয় তাহা পরিষ্কার চিত্র আঁকিয়া দেখাইয়া দাও—(i) ক্ষুদ্রাকৃতির সদ্-বিম্ব, (ii) বস্তুর সম-আকৃতির সদ্-বিম্ব, (iii) বিবর্ধিত সদ্-বিম্ব, (iv) বিবর্ধিত অসদ্-বিম্ব (v) ক্ষুদ্রাকৃতি অসদ্-বিম্ব।

13. Suppose three mirrors are given to you, one of which is plane, another is concave spherical and the third is convex spherical. How would you identify them without touching? Mention the practi al applications of those mirrors. Can a plane mirror form real image like a concave spherical mirror?

মনে কর তিনটি দর্পণ তোমাকে দেওয়া হইল—একটি সমতল দর্পণ, আর একটি গোলীয় অবতল দর্পণ এবং অবশিষ্টটি গোলীয় উত্তল দর্পণ। উহাদিগকে স্পর্শ না করিয়া, উহাদের কোনটি কি দর্পণ তাহা কিভাবে নির্ণয় করিবে? ঐ দর্পণগুলির ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর। একটি সমতল দর্পণ কি গোলীয় অবতল দর্পণের মত সদ্-বিম্ব গঠন করিতে পারে?

Art. 2.11

14. What do you mean by refraction of light? Is there any refraction of light when it proceeds along the normal?

আলোকের প্রতিসরণ বলিতে কি বুঝ? আলো যখন অভিলম্বের দিকে যায় তখন কি তাহার প্রতিসরণ হয়?

15. Explain the following facts:—(i) An inclined rod partly immersed in water appears bent at the water surface; (ii) Writings of a book appear raised when a thick glass plate is placed on it; (iii) A fish in water is seen not at its real position,—its real position is below the position at which it is seen; (iv) The powders of glass are opaque though a glass plate is transparent. (v) Water is transparent but the fogs, which are nothing but the small scattered particles of water, are opaque.

নিম্নলিখিত ঘটনাগুলির ব্যাখ্যা কর:—(i) একটি দণ্ডকে জলের মধ্যে তির্যকভাবে আংশিক ডুবাইলে জলের তলে উহাকে বাঁকা বলিয়া মনে হয়। (ii) একটি কাঁচের প্লেটকে বই-এর উপর রাখিলে, উহার লেখাগুলি উঁচু বলিয়া মনে হয়। (iii) জলের মধ্যে মাছকে আমরা যেখানে দেখি উহা তাহার প্রকৃত অবস্থান নয়,—মাছের প্রকৃত অবস্থান

আরও খানিকটা নীচে। (iv) কাঁচের প্লেট স্বচ্ছ কিন্তু কাঁচকে গুঁড়া করিলে অস্বচ্ছ হয়, (v) জল স্বচ্ছ কিন্তু কুয়াশা, যাহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিক্ষিপ্ত জলকণামাত্র, অস্বচ্ছ।

Art. 2.12

16. Define, optical centre, principal axis, focus and focal length of a lens. Draw a diagram and indicate their positions.

লেন্সের আলোক কেন্দ্র, প্রধান অক্ষ, ফোকাস্ ও ফোকাস্ দূরত্ব কাহাকে বলে? চিত্রের সাহায্যে এগুলি বুঝাইয়া দাও।

Art. 2.13

17. Draw diagrams to indicate the following image formation by a lens :—(i) diminished real image, (ii) magnified real image, (iii) magnified virtual image, (iv) diminished virtual image. Mention the practical applications of those image formations. **Hint : [Practical use** :—(i) In camera and in the objective of astronomical telescope : (ii) In magic lantern and in the objective of compound micro-scope ; (iii) In simple microscope or magnifying glass ; (iv) To correct a short-sighted eye].

লেন্সের সাহায্যে নিম্নলিখিত প্রতিবিম্বগুলি কিভাবে গঠন করিবে তাহা পরিষ্কার চিত্র আঁকিয়া দেখাইয়া দাও। (i) ক্ষুদ্রাকৃতির সদ্-বিম্ব (ii) বিবর্ধিত সদ্-বিম্ব (iii) বিবর্ধিত অসদ্-বিম্ব ও (iv) ক্ষুদ্রাকৃতির অসদ্-বিম্ব। ঐ প্রতিবিম্বগুলির ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

সঙ্কেত : [ব্যবহারিক প্রয়োগ :—(i) ক্যামেরাতে ও নভোবীক্ষণের অব্‌জেক্‌টিভে, (ii) ম্যাজিক লণ্ঠনে ও যৌগিক অণুবীক্ষণের অব্‌জেক্‌টিভে, (iii) সরল অণুবীক্ষণে (iv) চোখের নিকট-দৃষ্টি দোষকে সংশোধন করিতে].

Art. 2.14

18. Describe in brief the construction of human eye. Explain how objects at different distances can be seen by an eye.

মানুষের চোখের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। কিভাবে আমরা বিভিন্ন দূরত্বের বস্তুকে দেখি তাহা বুঝাইয়া বল।

Arts. 2.15 and 2.16.

19. Describe an astronomical telescope and compound microscope. Draw diagrams to indicate their image formations by taking two rays from the top of the object.

যৌগিক অণুবীক্ষণের ও নভোবীক্ষণের বর্ণনা কর এবং ইহারা কিভাবে প্রতিবিম্ব গঠন করিতেছে তাহা বস্তুর অগ্রভাগ হইতে দুইটি রশ্মি টানিয়া দেখাইয়া দাও।

19. Two convex lenses one of 5 cm. and another of 15 cm. focal lengths are given to you. How would you arrange them to form, (a) telescope, (b) microscope.

দুইখানি উত্তল লেন্স তোমাকে দেওয়া হইল যাহাদের ফোকাস্ দূরত্ব 5 cm. ও 15 cm.। এই দুইখানি লেন্সের দ্বারা তুমি কিভাবে, (a) দূরবীক্ষণ ও (b) অণুবীক্ষণ যন্ত্র গঠন করিবে ?

Art 2.17.

20. Define a prism and its principal section. What do you mean by the terms deviation and minimum deviation of a ray ?

প্রিজ্‌ম ও উহার প্রধান ছেদের সংজ্ঞা লিখ। কোন রশ্মির চ্যুতিকোণ ও ন্যূনতম চ্যুতিকোণ বলিতে কি বুঝ ?

Art. 2.18.

21. What do you mean by dispersion of light and pure spectrum ? Describe a method of producing pure spectrum by using a prism and two convex lenses. In what order the colours of the spectrum of white light are arranged ?

আলোর বিচ্ছুরণ ও বিশুদ্ধ বর্ণালী বলিতে কি বুঝ ? প্রিজ্‌ম ও দুইটি উত্তল লেন্সের সাহায্যে বিশুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবার প্রণালীর বর্ণনা কর। সাদা আলোর বিশুদ্ধ বর্ণালীতে বিভিন্ন রঙগুলি কিভাবে সাজানো থাকে ?

তৃতীয় অধ্যায় (Chapter III)

তাপ বিজ্ঞান (Heat)

3.1. তাপের প্রধান প্রধান উৎস (Main sources of heat)

আমাদের দৈনন্দিন কাজে, তাপের খুবই প্রয়োজন এবং যে যে উৎস হইতে আমরা এই তাপ সংগ্রহ করি তাহাদের বিষয়ে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করিব।

(a) **সূর্য :**—পৃথিবীর তাপশক্তির প্রধান উৎস সূর্য। সূর্য হইতে যে বিপুল পরিমাণ তাপ বিকীর্ণ হইতেছে তাহার সামান্য অংশ পৃথিবীতে আসে। পৃথিবী এই তাপ পায় বলিয়া উহার জীবজন্তু, মানুষ, গাছপালা প্রভৃতি বাঁচিয়া থাকে। সূর্যের এই তাপশক্তির ব্যাপক ব্যবহার যদিও এখনও সম্ভব হয়নি তথাপি কোন কোন ক্ষেত্রে ইহাকে আমাদের কাজে লাগানো হইয়াছে। হয়ত তোমরা শুনিয়া থাকিবে যে, সূর্যের তাপকে কেন্দ্রীভূত করিয়া রন্ধনের জন্য 'সোলার কুকার' নামে একপ্রকার উনন্ উদ্ভাবন করা হইয়াছে।

(b) **যান্ত্রিক শক্তি :**—যান্ত্রিক শক্তিও যে তাপের একটি উৎস, তাহা আমরা ঐ শক্তিকে তাপে রূপান্তরিত হইতে দেখিয়া বুঝিতে পারি। এইরূপ রূপান্তর আমরা প্রায়ই দেখিয়া থাকি। যখন দুই হাতের তালু কিছুক্ষণ ধরিয়া ঘষা হয় তখন উহারা বেশ গরম হইয়া উঠে। এই ঘর্ষণের জন্য আমাদের যে কাজ করিতে হয় তাহাই তাপে রূপান্তরিত হয়। ঘর্ষণের জন্য তাপ উৎপন্ন হওয়ার আরও অনেক উদাহরণ আছে। রেল লাইনের উপর গাড়ী চলিয়া যাইবার পর লাইন খুব গরম হয়। ছুরি, কাঁচি শান দেবার পর উহারা এত গরম হয় যে, উহাদিগকে হাতে ধরা যায় না।

(c) **রাসায়নিক শক্তি :**—কয়লা, পেট্রোল, কাঠ পোড়াইয়া প্রচুর তাপ উৎপন্ন করা হয়। উহারা যখন পোড়ে তখন উহাদের ভিতর সঞ্চিত রাসায়নিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(d) **বৈদ্যুতিক শক্তি :**—বৈদ্যুতিক বাতির তারের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ঐ তার এত গরম হয় যে, ঐ বাতির কাঁচের উপর হাত দেওয়া যায় না। এখানে

এই তাপের উৎস বৈদ্যুতিক শক্তি। বৈদ্যুতিক চুল্লি, ষ্টোভ্, ইস্ত্রি প্রভৃতিতে বৈদ্যুতিক শক্তিকে তাপে রূপান্তরিত করা হয়।

3.2. তাপের ফল (Effects of heat)

কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে কিংবা উহা হইতে তাপ অপসারণ করিলে যে ফল পাওয়া যায় তাহা নিম্নে বিবৃত হইল।

(a) **উষ্ণতার পরিবর্তন**:—কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে উহার উষ্ণতার বৃদ্ধি হয় এবং ঐ বস্তু হইতে তাপ অপসারণ করিলে উহার উষ্ণতার হ্রাস হয়। **যেমন,** জলে তাপ প্রয়োগ করিয়া উহাকে বাষ্পে পরিণত করা যায় আবার উহা হইতে তাপ অপসারণ করিয়া উহাকে বরফে পরিণত করা যায়।

(b) **আয়তনের পরিবর্তন**:—তাপ প্রয়োগ করিয়া সাধারণতঃ বস্তুর আয়তন বাড়ানো যায় এবং তাপ অপসারণ করিয়া উহার আয়তন কমানো যায়। যেমন বাটি-ভর্তি জলকে গরম করিলে কিছু জল উপ্‌চাইয়া পড়ে কিন্তু ঐ জলকে ঠাণ্ডা করিলে জলের উপরতল কিছুটা নামিয়া যায়। **ব্যতিক্রম**:—জলের উষ্ণতা $0°C$ হইতে $4°C$ পর্যন্ত বাড়াইলে উহার আয়তন না বাড়িয়া বরং কমিয়া যায়। $4°C$-এ জল ন্যূনতম আয়তন ধারণ করে।

(c) **অবস্থার পরিবর্তন**:—তাপ প্রয়োগ করিয়া কঠিনকে তরলে এবং তরলকে বাষ্পে পরিণত করা যায়। যেমন, বরফে তাপ প্রয়োগ করিলে উহা জলে পরিণত হয় আবার জলে তাপ প্রয়োগ করিলে উহা বাষ্পে পরিণত হয়। আবার তাপ অপসারণ দ্বারা বাষ্পকে তরলে এবং তরলকে কঠিনে পরিণত করা যায়। কিন্তু তাপের প্রয়োগ কিংবা নিষ্কাশন দ্বারা যখন বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন হইতে থাকে তখন উহার উষ্ণতার পরিবর্তন হয় না। শীতকালে বাতাস খুব ঠাণ্ডা হইলে, বাতাসের জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণায় পরিণত হয় যাহাকে কুয়াশা বলে। শীতপ্রধান দেশে যখন বাতাসের উষ্ণতা খুব কমিয়া যায় তখন জল জমিয়া বরফ হইয়া যায়।

(d) **রাসায়নিক পরিবর্তন**:—তাপ-প্রয়োগে, কোন বস্তুর রাসায়নিক বিশ্লেষণ কিংবা কতকগুলি বস্তুর রাসায়নিক সংযোগ করা যায়। যেমন, শামুক অথবা চুণা পাথরকে (লাইমস্টোন) পুড়াইলে উহাদের রাসায়নিক বিশ্লেষণ হয় এবং তাহার ফলে চুণ উৎপন্ন হয়। গন্ধক ও লোহাচুরকে গরম করিলে উহাদের রাসায়নিক সংযোগ হইয়া একটি বিভিন্ন বস্তু (আয়রন্ সাল্‌ফাইড) উৎপন্ন হয়।

(e) **ভৌতিক গুণের পরিবর্তন** (Change of physical property)

তাপ-প্রয়োগে পদার্থের প্রায় সকল ভৌতিক গুণেরই পরিবর্তন হয়। যেমন স্থিতিস্থাপকতা, দ্রবণ-ক্ষমতা, ঘনত্ব, বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা, প্রভৃতি ভৌতিক গুণগুলি তাপপ্রয়োগে পরিবর্তিত হয়।

3.3. তাপ ও উষ্ণতা (Heat and temperature)

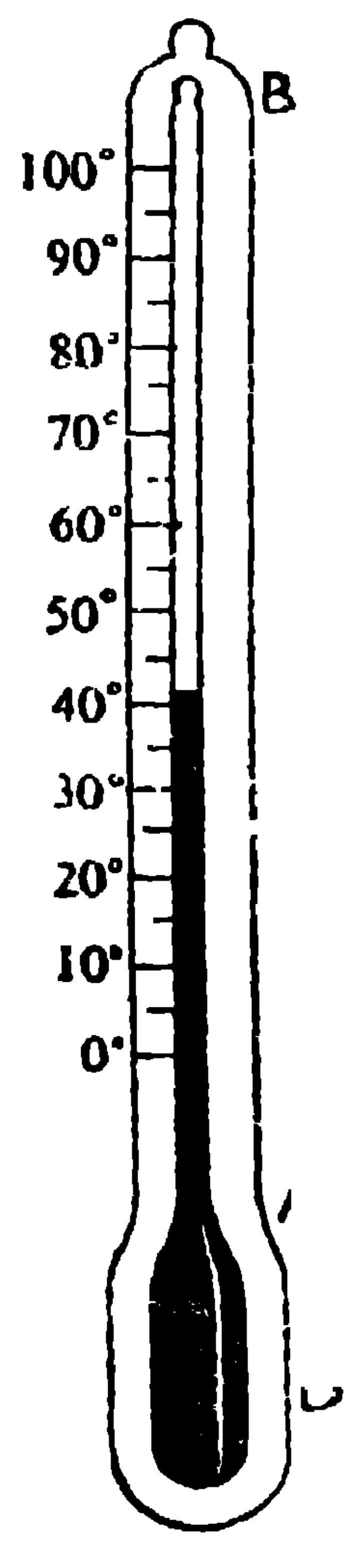
উষ্ণতা কোন বস্তুর বিশেষ তাপীয় অবস্থা, যাহা তাপপ্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে। যখন কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করা হয় তখন তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়, আবার ঐ বস্তু হইতে যখন তাপ অপসারণ করা হয় তখন তাহার উষ্ণতা হ্রাস পায়। তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, উষ্ণতা তাপের ফল এবং তাপ উষ্ণতার কারণ।

যখন দুইটি বিভিন্ন উষ্ণতার বস্তুকে সংস্পর্শে আনা হয় তখন তাপ সর্বদা বেশী উষ্ণ বস্তু হইতে কম উষ্ণ বস্তুতে প্রবাহিত হয় এবং এই তাপপ্রবাহ বস্তুর মধ্যস্থ তাপের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না। একটি অত্যন্ত উষ্ণ ও লাল সূচকে, এক বাল্‌তি গরম জলের মধ্যে ডুবাইলে, তাপ সূচ হইতে গরম জলে যাইবে, যদিও সূচ অপেক্ষা গরম জলে তাপের পরিমাণ বেশী আছে; সূচের উষ্ণতা জল অপেক্ষা বেশী বলিয়া, তাপ সূচ হইতে গরম জলে প্রবাহিত হইল। [জলের পরিমাণ ও জলের উচ্চতার সহিত তাপ ও উষ্ণতার যে সাদৃশ্য আছে তাহা দেখাইয়া তাপ ও উষ্ণতার মধ্যে পার্থক্য ভালভাবে বুঝানো যায়। একটি সরু ও লম্বা পাত্রে অল্প জল ঢালিলে জলের উচ্চতা অনেক বেশী হইবে। কিন্তু একটি মোটা পাত্রে বেশী জল ঢালিলেও ঐ জলের উচ্চতা বেশী হইবে না। এক্ষণে এই পাত্র দুইটিকে একটি ফাঁপা নলদ্বারা যুক্ত করিলে জল সরু ও লম্বা পাত্র হইতে (যেখানে জলের উচ্চতা বেশী কিন্তু পরিমাণ কম) মোটা পাত্রে (যেখানে জলের উচ্চতা কম কিন্তু পরিমাণ বেশী) প্রবাহিত হইবে। তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, জলের এই প্রবাহ কেবলমাত্র দুই পাত্রের জলের উচ্চতার পার্থক্যের উপর নির্ভর করে, জলের পরিমাণের উপর নয়। অনুরূপভাবে, তাপপ্রবাহ দুই বস্তুর উষ্ণতার পার্থক্যের উপর নির্ভর করে, উহাদের মধ্যস্থ তাপের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না।]

কোন বস্তুর মধ্যে কি পরিমাণ তাপ থাকিবে তাহা নির্ভর করিবে ঐ বস্তুর, (i) ভরের উপর, (ii) প্রকৃতির উপর এবং (iii) উষ্ণতার উপর।

3.4. তাপমান-যন্ত্র বা থার্মোমিটার (Thermometer)

যে যন্ত্রের সাহায্যে কোন বস্তুর উষ্ণতা মাপা যায় তাহাকে তাপমান-যন্ত্র বা থার্মোমিটার বলে। কোন তরলের উষ্ণতার পরিবর্তন করিলে তাহার আয়তনেরও পরিবর্তন হয়। তরলের এই ধর্ম প্রয়োগ করিয়া তাপমান-যন্ত্র নির্মাণ করা হয়। যে থার্মোমিটারে তরল পদার্থ পারদ লওয়া হয় তাহাকে পারদ-থার্মোমিটার বলে। অন্যান্য তরল অপেক্ষা পারদ ব্যবহারে অনেকগুলি সুবিধা পাওয়া যায়।



58 নং চিত্র

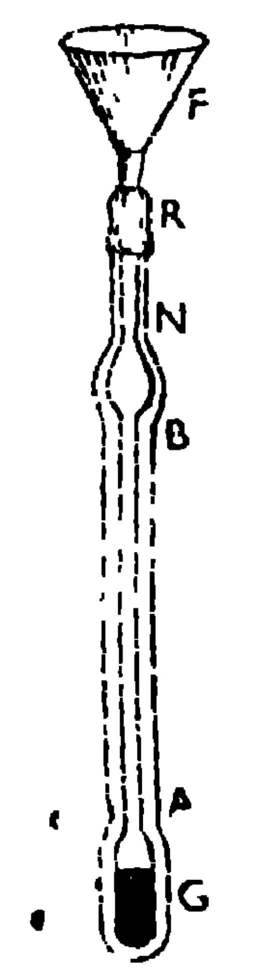
ল্যাবরেটরিতে যে সব থার্মোমিটার সাধারণতঃ ব্যবহার করা হয় তাহার একটিকে 58 নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই থার্মোমিটারে পুরু কাঁচের একটি কৈশিক নল (AB) আছে যাহার ব্যাস সর্বত্র সমান। এই নলের এক প্রান্ত (B) বন্ধ থাকে এবং অপর প্রান্তে (A) একটি চোঙাকৃতি (কিংবা গোল) বাল্‌ব (D) লাগানো থাকে। সম্পূর্ণ বাল্‌ব ও নলের কিছু অংশ, শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদদ্বারা ভর্তি থাকে এবং নলের অবশিষ্ট অংশে পারদের বাষ্প ছাড়া আর কিছুই থাকে না। নলের গায়ে দাগ কাটা থাকে যাহা সাধারণতঃ সেন্টিগ্রেডে অংশাঙ্কিত করা হয়। যাহার উষ্ণতা মাপিতে হইবে তাহার সংস্পর্শে বাল্‌বকে আনিলে উহার মধ্যস্থ পারদের আয়তন বৃদ্ধি হইবে এবং ঐ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত আয়তনের পারদ, নলের মধ্যে প্রসারিত হইবে। পারদের উপরতল যেখানে থাকিবে, স্কেল হইতে তাহার অবস্থান পড়িয়া লইলে উষ্ণ বস্তুর উষ্ণতা পাওয়া যাইবে।

3.5. পারদ থার্মোমিটার নির্মাণ-প্রণালী ও উহার অংশাঙ্কন (Construction and graduation of mercury thermometer)

যে প্রণালীতে পারদ থার্মোমিটার নির্মাণ করা হয় তাহাকে নিম্নলিখিত কয়েকটি অংশে ভাগ করা যাইতে পারে :—

(i) **কৈশিক নল নির্বাচন ও তাহাকে পারদদ্বারা পূর্ণ করা :**—প্রথমে সমব্যাস-সম্পন্ন একটি কৈশিক নল (AB) নির্বাচন করা হইল। সমব্যাসের কৈশিক নল নির্বাচনের জন্য, ঐ নলের মধ্যে কিছু পারদ শোষণ করিয়া নলকে একটি অনুভূমিক তলে রাখিতে হইবে। এক্ষণে নলের মধ্যস্থ পারদকে, নলের বিভিন্ন স্থানে লইয়া গিয়া

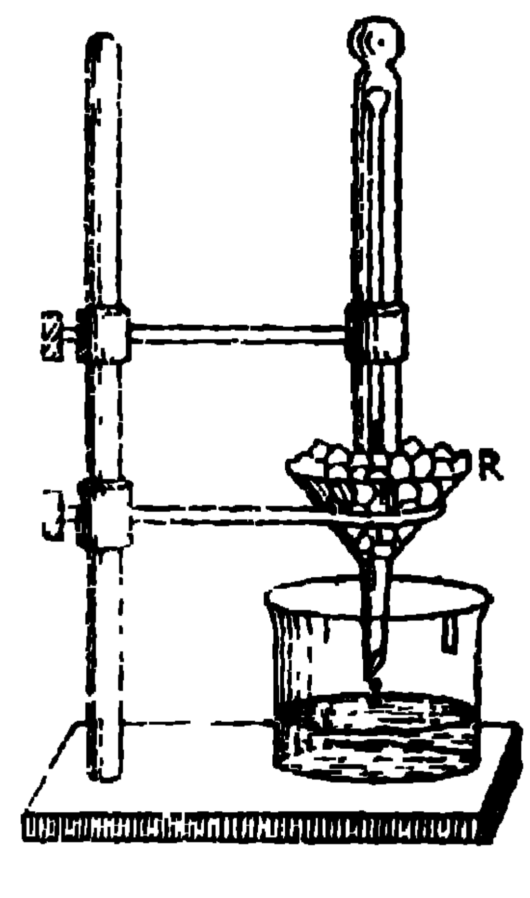
উহার দৈর্ঘ্য মাপিলে যদি সর্বস্থানে ঐ দৈর্ঘ্য সমান থাকে তাহা হইলে নলটি সমব্যাস-সম্পন্ন আছে বুঝিতে হইবে (59 নং চিত্র দেখ)। এই নলের এক প্রান্তে (A) একটি গোল বা চোঙাকৃতি বাল্‌ব (G) লাগানো হইল এবং আর এক প্রান্তের (B) N বিন্দুতে একটি তীব্র অগ্নিশিখা প্রয়োগ করিয়া, কাঁচকে টানিয়া কাঁচের দেওয়ালকে পাতলা করিয়া রাখা হইল। খোলা মুখে রবারের নলের (R) সাহায্যে একটি ফানেল (F) লাগাইয়া উহার মধ্যে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক পারদ রাখা হইল। এইবার বাল্‌বকে পর্যায়ক্রমে গরম ও ঠাণ্ডা করিয়া সম্পূর্ণ বাল্‌ব ও নলকে পারদদ্বারা ভর্তি করা হইল। প্রত্যেক বার গরম করার সময় বাল্‌বের বাতাসের চাপ বাড়িবে, তাহার ফলে কিছু বাতাস বাহিরে চলিয়া যাইবে। আবার প্রত্যেক বার যখন ঠাণ্ডা করা হয় তখন বাল্‌বের বাতাসের চাপ কমিয়া যায় এবং বাহিরের বাতাসের বাড়তি চাপে কিছু পারদ নলের মধ্যে ঢুকিয়া যায়। এইভাবে ক্রমে ক্রমে বাল্‌ব ও নল পারদদ্বারা ভর্তি করা হয়।



59 নং চিত্র

(ii) **নলের খোলা মুখ বন্ধ করা** :—যে উচ্চতম উষ্ণতার জন্য ঐ থার্মোমিটার ব্যবহৃত হইবে, তাহা অপেক্ষা কিছু বেশী উষ্ণতার কোন তরলপদার্থের মধ্যে পারদ-ভর্তি বাল্‌ব (G) এবং নলকে (AB) অনেকক্ষণ ডুবাইয়া রাখা হইল। যখন পারদের উপরতল অনেকক্ষণ ধরিয়া স্থির অবস্থায় রহিল তখন N স্থানে একটি সরু অগ্নিশিখা প্রয়োগ করিয়া নলের উপরের মুখ বন্ধ করা হইল।

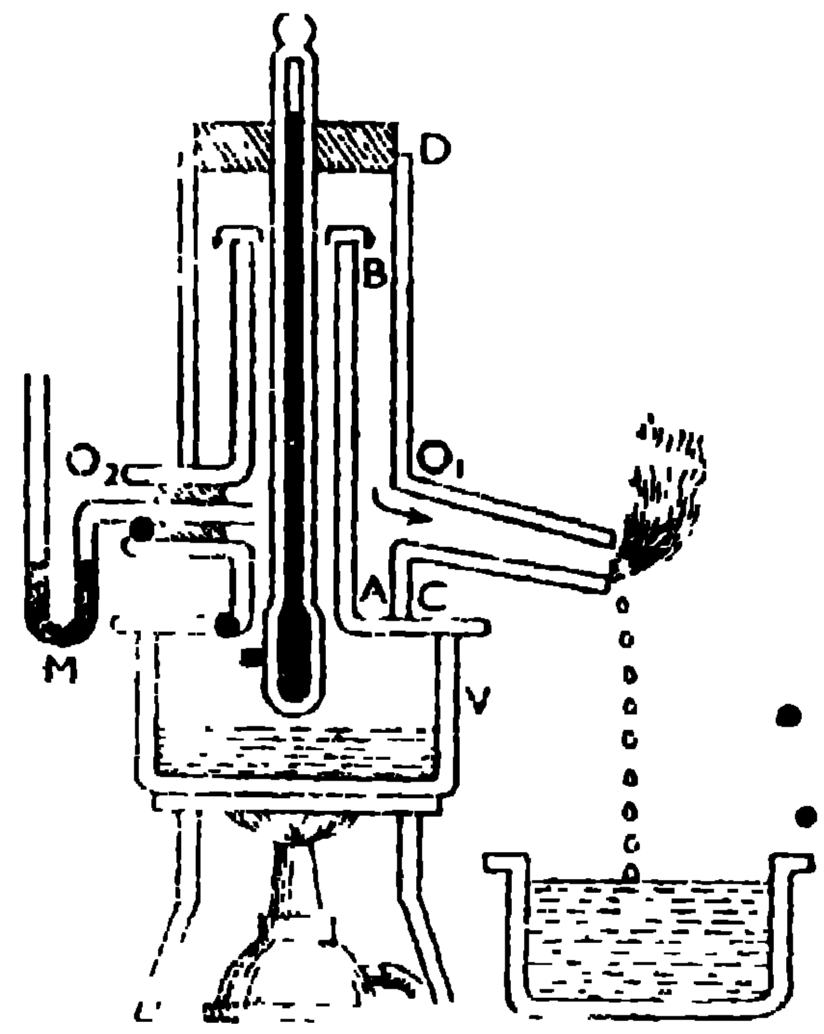
(iii) **নিম্ন স্থিরাঙ্ক নির্ণয়** :—নিম্ন স্থিরাঙ্ক নির্ণয় করিতে থার্মোমিটারকে ফানেলের (R) মধ্যস্থ বরফের মধ্যে এমনভাবে রাখা হইল যাহাতে পারদতল সবেমাত্র বরফের বাহিরে দেখা যায় (60 নং চিত্র দেখ)। পারদতল অনেকক্ষণ স্থির থাকিলে ঐ তল বরাবর কাঁচের উপরে একটি দাগ কাটা হয় যাহাকে নিম্ন স্থিরাঙ্ক বা হিমাঙ্ক ধরা হয়।



60 নং চিত্র

(iv) **ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক নির্ণয়** :—61 নং চিত্রে প্রদর্শিত হিপ্‌সোমিটারের সাহায্যে ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। ইহাতে একটি তামার পাত্র (V) আছে যাহার মুখে একটি নল (AB) লাগানো থাকে। এই নলকে বেষ্টন করিয়া আর একটি নল (CD)

আছে যাহার উপরের মুখ একটি ছিপি (D) দ্বারা বন্ধ করা যায়। CD নলের নীচে দুই পাশে দুইটি ছিদ্র (O_1, O_2) আছে যাহার একটির (O_1-এর) মুখ খোলা। O_2 ছিদ্রের মধ্যে, AB নলের সহিত যুক্ত একটি পাশ্বনল ঢুকানো আছে। এই পাশ্বনলের মুখ একটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া উহার মধ্যে ম্যানোমিটার M-এর একটি বাহু ঢুকানো থাকে। AB নলের মধ্যে যে স্টীম থাকিবে তাহার চাপ ম্যানোমিটারের মধ্যস্থ পারদের একটি তলে প্রযুক্ত হইবে। V পাত্রে কিছু জল লওয়া হইল এবং থার্মোমিটারকে ছিপির (D) মধ্য দিয়া AB নলের ভিতরে এমনভাবে ঢুকাইয়া দেওয়া হইল যাহাতে উহার বাল্ব, V পাত্রের জলের তলের একটু উপরে থাকে। জলকে ফুটাইলে যে স্টীম হইবে তাহা AB নল দিয়া উপরে উঠিবে এবং CD নল দিয়া আসিয়া O_1 ছিদ্র দিয়া বাহিরে যাইবে। AB চোঙের স্টীমের চাপের সহিত বাহিরে বাতাসের চাপের তারতম্য বুঝিবার জন্য ম্যানোমিটার M লাগানো থাকে। স্টীমের গরমে থার্মোমিটারের পারদের প্রসারণ হইয়া উহার উপরতল উপরে উঠিবে এবং এই পারদের উপরতল যখন অনেকক্ষণ স্থির থাকিবে তখন কাঁচের উপর একটি দাগ কাটা হয় তাহাকে ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক বা জলের স্ফুটনাঙ্ক বলে। যদি বায়ুর চাপ স্বাভাবিক না থাকে (76 cm. পারদস্তম্ভের চাপকে স্বাভাবিক চাপ বলে) তাহা হইলে এই ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ককে সংশোধিত করিতে হইবে।



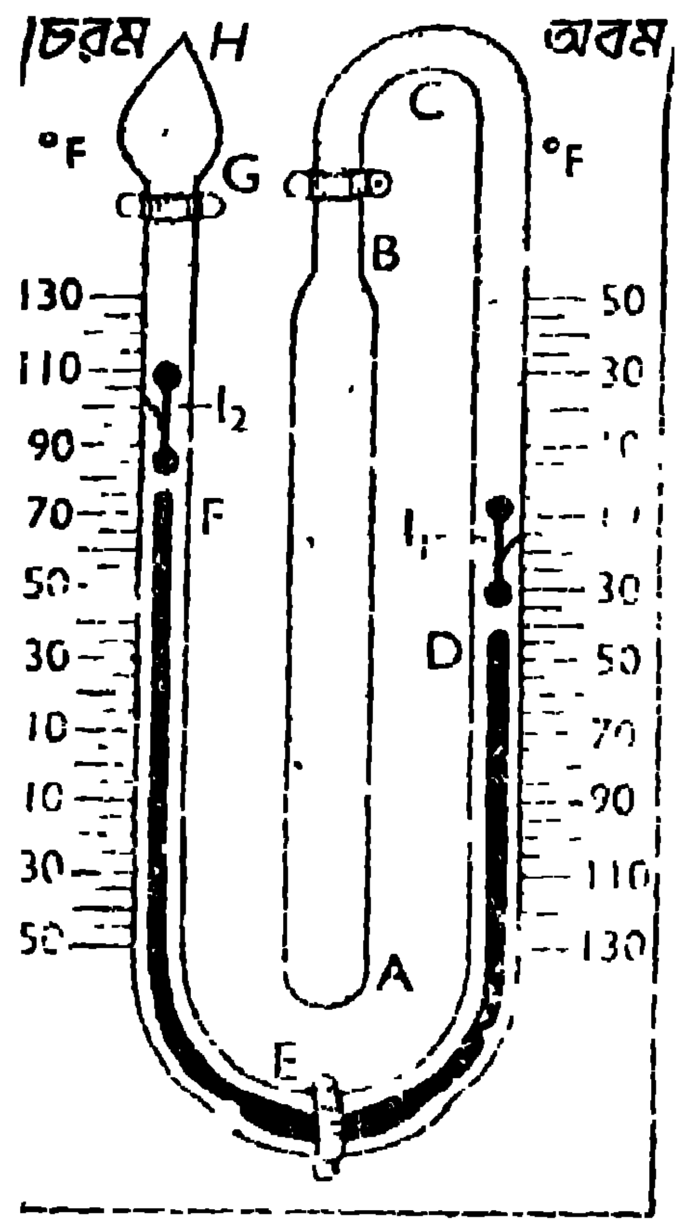
61 নং চিত্র

(v) **অংশাঙ্কন :**—নিম্ন স্থিরাঙ্ককে শূন্য ধরিয়া এবং সংশোধিত ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ককে 100 ধরিয়া মাঝের অংশকে সমান 100 ভাগে ভাগ করিলে এক-একটি ভাগ 1°C হইবে এবং ইহাকে সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটার বলে। আবার নিম্ন স্থিরাঙ্ককে 32 ধরিয়া এবং সংশোধিত ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ককে 212 ধরিয়া মাঝের অংশকে সমান 180 ভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ 1°F হইবে এবং ইহাকে ফারেনহিট থার্মোমিটার বলে।

3.6. সিক্স-এর গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার (Six's maximum and minimum thermometer)

বিবরণ :—সিক্স-এর থার্মোমিটারে একটি লম্বা চোঙাকৃতি বাল্ব (AB) আছে

যাহার সহিত সমব্যাসযুক্ত একটি U-আকৃতি নল (ECDEFGH) লাগানো আছে



62 নং চিত্র

(62 নং চিত্র দেখ)। এই নলের শেষপ্রান্তে একটি ছোট বাল্‌ব H সংযুক্ত আছে। U-নলের DEF অংশ পারদদ্বারা এবং অবশিষ্ট অংশ ও বাল্‌ব AB, অ্যাল্‌কোহল দ্বারা ভর্তি থাকে। H বাল্‌বের নিম্নাংশে অ্যাল্‌কোহল ও উপরাংশে অ্যাল্‌কোহলের বাষ্প থাকে। পারদের D ও F তলের উপর, স্প্রীং-সংযুক্ত দুইটি লোহার সূচক (যথাক্রমে I_1 ও I_2) অবস্থান করে। চুম্বকের সাহায্যে ইহাদিগকে পারদতলের সহিত স্পর্শ করাইয়া রাখা হয়। EG বাহুতে যে ফারেনহিট স্কেল আছে তাহাতে E হইতে G-এর দিকে ক্রমোচ্চ ডিগ্রী নির্দেশ করে এবং EC বাহুর স্কেল, E হইতে C-এর দিকে ক্রমনিম্ন ডিগ্রী নির্দেশ করে। 62 নং চিত্রে, EG বাহুর স্কেলের 10°-এর নীচে যে 10, 30 ও 50 লেখা আছে উহারা – 10, – 30 ও – 50 নির্দেশ করিতেছে। EC বাহুর স্কেলের 10°-এর উপরে যে 10, 30 ও 50 লেখা আছে তাহারাও – 10°, – 30° ও – 50° নির্দেশ করিতেছে।

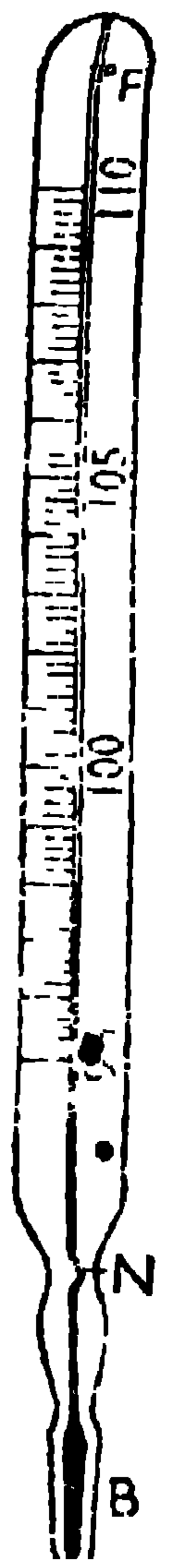
ক্রিয়া :—বায়ুর উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে AB-এর মধ্যস্থ অ্যাল্‌কোহলের প্রসারণ হইবে, তাহার ফলে পারদের D তল নীচে নামিবে এবং F তল উপরে উঠিবে এবং সেই সঙ্গে I_2 সূচককেও উপরের দিকে ঠেলিয়া তুলিবে। নির্দিষ্ট সময়ের পর I_2 সূচকের নীচের অবস্থান বাতাসের সর্বোচ্চ উষ্ণতা নির্দেশ করিবে। এই সময়ে I_1 সূচকের অবস্থান অপরিবর্তিত থাকে।

বায়ুর উষ্ণতা কমিয়া গেলে AB-এর মধ্যস্থ অ্যাল্‌কোহলের সংকোচন হইবে যাহার ফলে পারদের D-তল উপরে উঠিবে এবং সেই সঙ্গে I_1 সূচককেও উপরের দিকে ঠেলিয়া তুলিবে। নির্দিষ্ট সময়ের পর I_1 সূচকের নীচের অবস্থান বায়ুর সর্বনিম্ন উষ্ণতা নির্দেশ করিবে। এই সময়ে I_2 সূচক যথাস্থানে থাকিয়া যায়। এইভাবে ইহার দ্বারা 24 ঘণ্টার মধ্যে বাতাসের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন উষ্ণতা পাওয়া যায়।

3.7. ডাক্তারী থার্মোমিটার (Clinical thermometer)

জ্বর দেখিবার জন্য এই থার্মোমিটার ব্যবহার করা হয়। ইহাও একপ্রকার

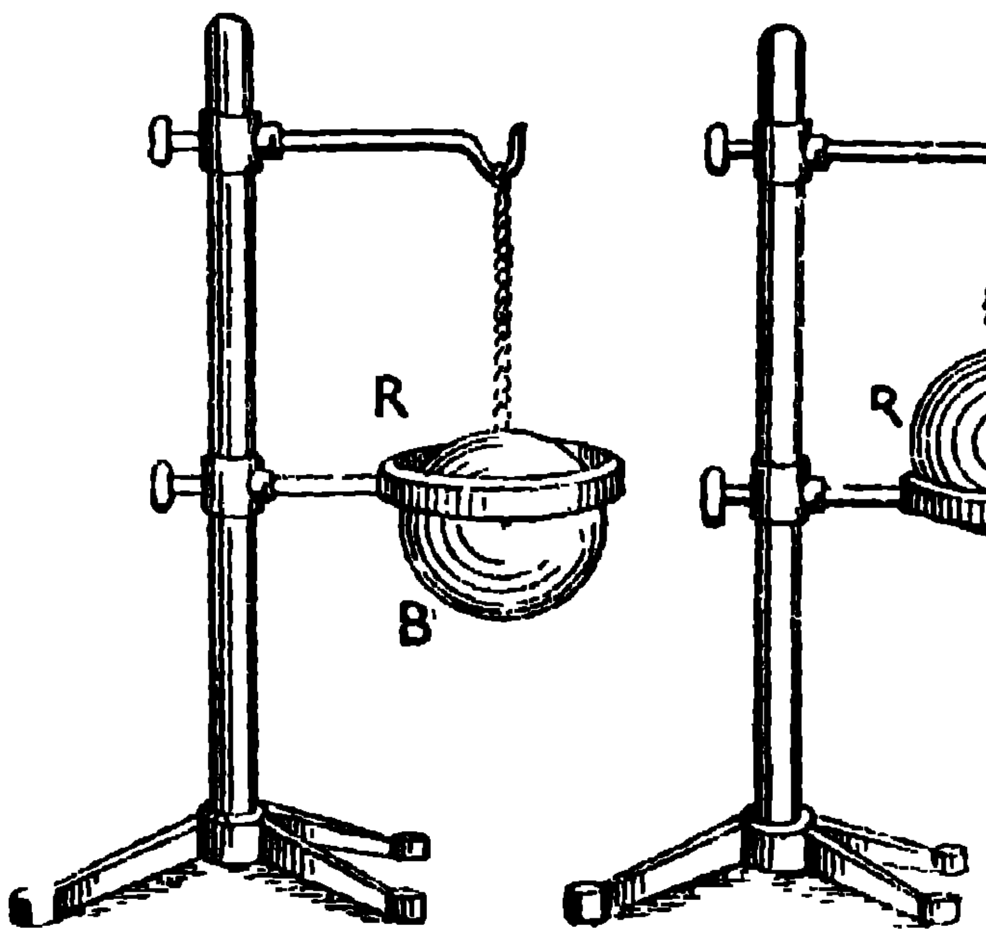
গরিষ্ঠ থার্মোমিটার কারণ ইহাকে শরীর হইতে সরাইয়া লইবার অনেক পরেও, শরীরের উষ্ণতা কত হইয়াছিল তাহা ইহাদ্বারা জানা যায়। ইহাতে চোঙাকৃতির একটি বাল্‌ব B আছে, যাহার সহিত একটি কৈশিক নল সংযুক্ত থাকে (63 নং চিত্র দেখ)। বাল্‌বের উপরে, N বিন্দুতে কৈশিক নলকে অপেক্ষাকৃত সরু ও বাঁকা করিয়া রাখা হয়। মানুষের শরীরের উষ্ণতা 95°F ও 110°F-এর মধ্যেই থাকে, এজন্য নলের গায়ে 95° হইতে 110° পর্যন্ত ফারেনহিট স্কেলে দাগ কাটা থাকে এবং এক ডিগ্রীকে 5 ভাগ করা থাকে, অর্থাৎ ছোট এক ঘরের মান ·2°F.



63

ক্রিয়া :—ব্যবহার করিবার পূর্বে, বাল্‌ব B-কে নীচের দিকে করিয়া বেশ জোরে ঝাড়িলে N-এর উপরিস্থিত পারদ, সরু ছিদ্রের মধ্য দিয়া বাল্‌বের মধ্যে ঢুকিয়া যায়। এক্ষণে বাল্‌বকে বগলে কিংবা মুখে রাখিলে শরীরের গরমে বাল্‌বের পারদের প্রসারণ হইবে এবং উহা সরু ছিদ্র N-এর মধ্য দিয়া নলে প্রবেশ করিয়া শরীরের উষ্ণতা নির্দেশ করিবে। কিছুক্ষণ পর থার্মোমিটারকে বাহিরে আনিলে (কতক্ষণ পর থার্মোমিটারকে শরীরের বাহিরে আনিতে হইবে তাহা থার্মোমিটারের গায়ে লেখা থাকে), বাল্‌বের মধ্যের পারদ সংকুচিত হইয়া বাল্‌বের মধ্যে ঢুকিয়া যাইবে কিন্তু নলের মধ্যস্থ পারদ আর নামিতে পারিবে না। এখন যে-কোন সময়ে, নলের মধ্যস্থ পারদের উপরতলের অবস্থান পড়িয়া লইলেই শরীরের উষ্ণতা পাওয়া যাইবে।

3.8. **কঠিন পদার্থের প্রসারণ** (Expansion of solids).



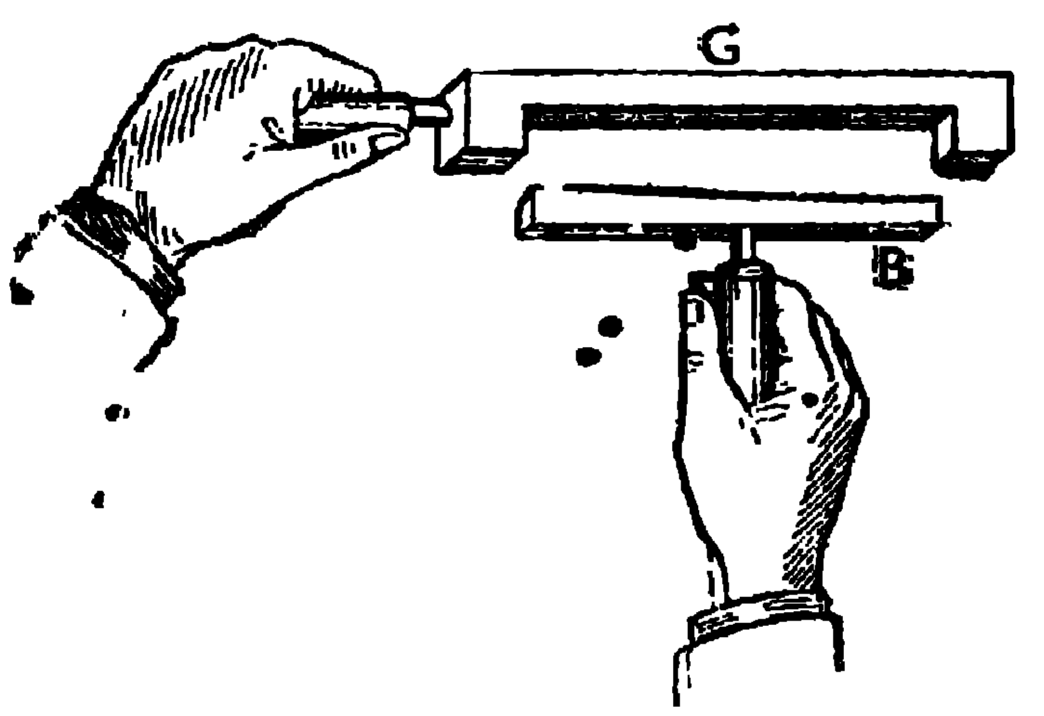
চিত্র নং
64(*a*) 64(*b*)

প্রায় বস্তুই গরমে প্রসারিত হয় এবং ঠাণ্ডায় সংকুচিত হয়। এই প্রসারণ কিংবা সংকোচন, কঠিন অপেক্ষা তরলে বেশী আবার তরল অপেক্ষা গ্যাসে আরও বেশী। কঠিনের প্রসারণ নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বারা দেখানো যাইতে পারে :—

(a) **ধাতব বল ও রিং লইয়া পরীক্ষা** :—64 নং চিত্রে যে যন্ত্র দেখানো হইয়াছে তাহাতে একটি ফাঁপা পিতলের বল B, একটি রিং R-এর

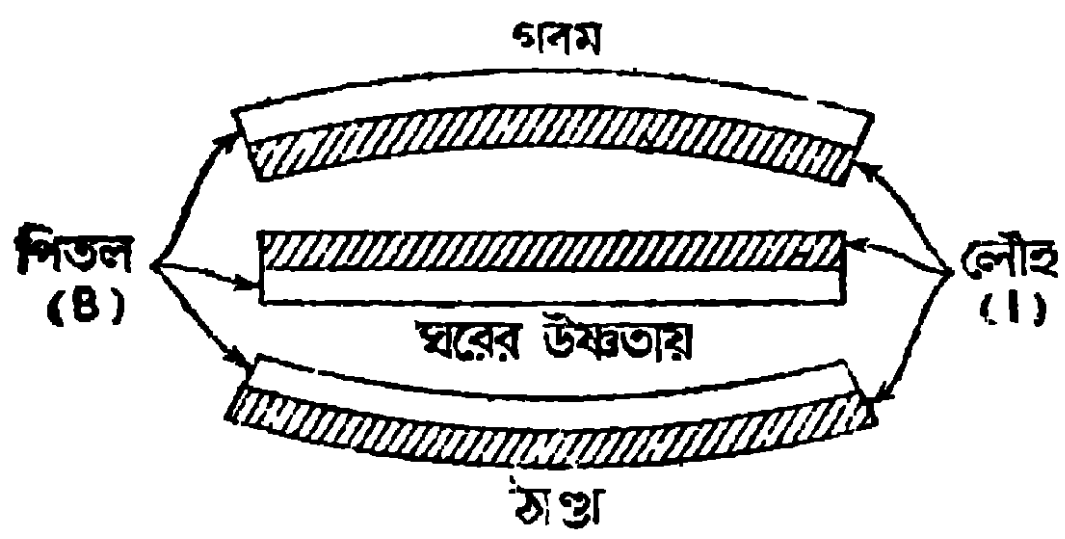
মধ্য দিয়া সহজেই গলিয়া যায়, যখন উভয়কেই ঘরের উষ্ণতায় রাখা হয় [64(*a*) নং চিত্র]। কিন্তু বলকে খুব গরম করিয়া ঘরের উষ্ণতায় রক্ষিত রিং-এর মধ্যে ঢুকাইতে গেলে উহা আর রিং-এর মধ্য দিয়া গলিয়া যাইতে পারে না [64(*b*) নং চিত্র]। গরমে বলের আয়তন বৃদ্ধি হওয়ায় উহা আর রিং-এর মধ্য দিয়া গলিয়া যাইতে পারে না। বলটি ঠাণ্ডা হইলে উহা আবার রিং-এর মধ্য দিয়া গলিয়া যায়। অর্থাৎ ঠাণ্ডা করিলে বলের আয়তন কমিয়া যায়।

(b) **দণ্ড ও গেজ লইয়া পরীক্ষা ঃ**—65 নং চিত্রে G একটি ধাতব গেজ এবং B একটি ধাতব দণ্ড। উভয়ের সঙ্গেই কাঠের হাতল লাগানো থাকে। উভয়েই যখন ঘরের উষ্ণতায় থাকে, তখন ধাতব দণ্ডটি (B) গেজের ফাঁকের মধ্যে ঠিক আঁটিয়া বসে। এখন যদি দণ্ড B-কে গরম করা হয় তখন উহা প্রসারিত হইবে এবং উহার আয়তনের বৃদ্ধি হওয়ায়, ঘরের উষ্ণতায় রাখা গেজের ফাঁকের মধ্যে আর ঢুকিবে না।



65 নং চিত্র

(c) **বিভিন্ন ধাতুর বিভিন্ন প্রসারণ দেখাইবার পরীক্ষা ঃ**—একই দৈর্ঘ্যের লোহার (I) ও পিতলের (B) দুইখানা পাত ঘরের উষ্ণতায় (room temp.) রিভেট করা হইল (66 নং চিত্রের মধ্য-অংশ দেখ)। এখন উহারা সোজা হইয়া থাকে। পাতদুইটিকে গরম করিলে লোহা অপেক্ষা পিতলের প্রসারণ বেশী হওয়ায় পিতল বাহিরে এবং লোহার পাত ভিতরে থাকিবে (66 নং চিত্রের উপরের অংশ দেখ)। আবার পাতদুইটিকে বরফের মধ্যে রাখিয়া ঠাণ্ডা করিলে, লোহা অপেক্ষা পিতল বেশী সংকুচিত হইবে। এজন্য লোহার পাত বাহিরে এবং পিতলের পাত ভিতরে থাকিবে (66 নং চিত্রের নিম্ন অংশ দেখ)।



65 নং চিত্র

3.9. কঠিন পদার্থের প্রসারণের ব্যবহারিক প্রয়োগ (Practical applications of expansion of solids)

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে, কঠিনের প্রসারণ ও সংকোচন কোন কোন ক্ষেত্রে যেমন কাজের সুবিধা করিয়া দেয়, তেমনি আবার কোন কোন ক্ষেত্রে বিশেষ অসুবিধার সৃষ্টি করে, যাহার প্রতিবিধান করিতে বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হয়। নিম্নে কঠিনের প্রসারণ বা সংকোচনের কয়েকটি সুবিধা ও অসুবিধার উদাহরণ দেওয়া হইল :

সুবিধা :—(i) কাঁচের বোতলের মুখে যদি ঘসা কাঁচের ছিপি আটকাইয়া যায় তাহা হইলে বোতলের বাহিরের মুখ তাড়াতাড়ি গরম করিলে ছিপিকে সহজেই খোলা যায়। বোতলের মুখ তাড়াতাড়ি গরম করিলে, উহার (বোতলের মুখের) আয়তন বাড়ে এবং কাঁচ কু-পরিবাহী বলিয়া বোতলের মুখের গরম ছিপিতে পরিবাহিত হয় না। ছিপির উষ্ণতার পরিবর্তন না হওয়ায় উহার প্রসারণও হয় না, এজন্য প্রসারিত বোতলের মুখে ছিপি ঢিল হইয়া যায়। কাজেই ছিপিকে সহজেই খোলা যায়।

(ii) গরুর গাড়ীর চাকায় যে লোহার বেড় লাগানো থাকে তাহার ব্যাস সাধারণ উষ্ণতায় চাকার ব্যাস অপেক্ষা কিছু কম থাকে। লোহার বেড়কে খুব গরম করিলে উহার ব্যাস চাকার ব্যাস অপেক্ষা কিছু বেশী হয় এবং চাকা সহজেই বেড়ের মধ্যে ঢুকিয়া যায়। চাকাকে গরম বেড়ের মধ্যে ঢুকাইয়া ঠাণ্ডা জল ঢালিলে লোহার বেড় সংকুচিত হইয়া চাকাকে খুব জোরে চাপিয়া ধরিবে।

(iii) দুইখানি ধাতুর পাত জুড়িতে হইলে, একটি পাতকে অপরটির উপর রাখিয়া ছিদ্র করা হয়। এই ছিদ্রের মধ্যে খুব গরম রিভেট্ ঢুকাইয়া হাতুড়ি দিয়া পিটাইয়া পাতের সঙ্গে মিশাইয়া দেওয়া হয়। রিভেট্ ঠাণ্ডা হইলে সংকুচিত হইবে এবং পাত দুইখানিকে খুব জোরে চাপিয়া ধরিবে।

অসুবিধা :—(i) সূর্যের উত্তাপে এবং চাকার ঘর্ষণে রেল লাইন যখন গরম হয় তখন উহার দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি হয়। এজন্য দুই রেল লাইনের সংযোগ-স্থলে একটু ফাঁক রাখা হয়, যাহাতে উহাদের দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি সত্ত্বেও উহারা যেন পরস্পরকে ঠেলিয়া বাঁকাইয়া দিতে না পারে।

(ii) মোটা কাঁচের গ্লাসে জল ঢালিলে, গ্লাস ফাটিয়া যায়। গ্লাসের ভিতর গরম জল ঢালিলে, উহার ভিতরের তলের প্রসারণ হয়। কিন্তু কাঁচ কুপরিবাহী বলিয়া ভিতরের তাপের খুব কম অংশই বাহিরে যায় যাহার ফলে বাহিরের তলের কম প্রসারণ

য়। গ্লাসের ভিতরের ও বাহিরের তলের অসম প্রসারণের ফলে কাঁচ বাঁকিয়া যায় এবং ফাটিয়া যায়।

(iii) কোন দৈর্ঘ্যকে ধাতুনির্মিত স্কেলদ্বারা মাপিলে ঐ মাপ নির্ভুল হয়, যখন স্কেলকে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় রাখা হয়। কিন্তু স্কেলের উষ্ণতা যখন ঐ নির্দিষ্ট উষ্ণতার কম করা হয়, তখন স্কেল সংকুচিত হইবে এবং ইহার অনেকগুলি ঘর ঐ দৈর্ঘ্যর মধ্যে আসিবে। এজন্য ঐ দৈর্ঘ্যের মাপ বেশী পাওয়া যাইবে। আবার ঐ দৈর্ঘ্য যখন গরম স্কেলদ্বারা মাপা হয়, তখন স্কেলের প্রসারণের জন্য উহার অল্পসংখ্যক ঘর ঐ দৈর্ঘ্যের মধ্যে থাকে, যাহার ফলে ঐ দৈর্ঘ্যের মাপ কম পাওয়া যায়।

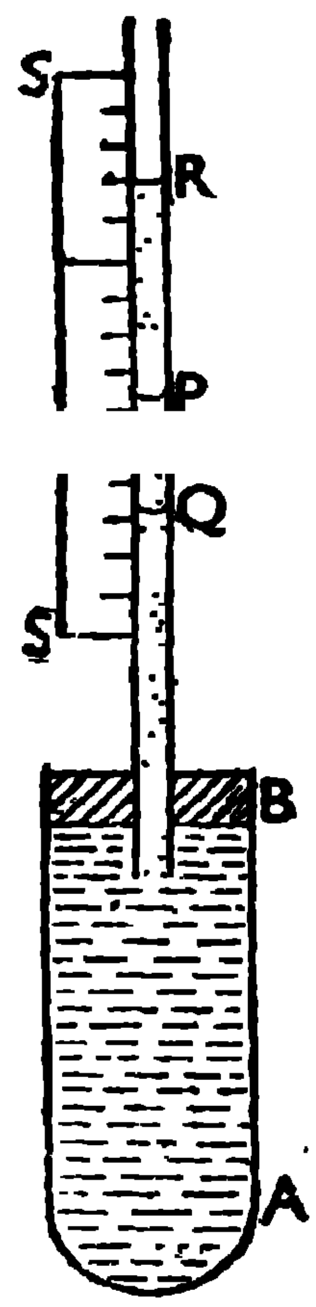
3.10. তরলের প্রসারণ (Expansion of liquids)

কঠিনের প্রসারণ পরীক্ষা করিবার জন্য শুধু কঠিনকে গরম করিলেই চলে, কিন্তু যখন কোনো তরলের প্রসারণ পরীক্ষা করিতে হয় তখন কেবলমাত্র তরলকেই গরম করা চলে না, উহা যে পাত্রে থাকে তাহাও ঐ সঙ্গে গরম হইয়া যায় ; কারণ তরল একা থাকিতে পারে না, উহাকে কোন না কোন পাত্রে রাখিতেই হয়। কাজেই তরলের যে প্রসারণ আমরা দেখি তাহা উহার প্রকৃত প্রসারণ নয়, উহা তরলের আপাতপ্রসারণ অর্থাৎ পাত্রের প্রসারণের তুলনায় তরলের যেটুকু বেশী প্রসারণ হয় তাহাই আমরা দেখিয়া থাকি।

তরল যে পাত্রে থাকে, যদি তাহাকেই কেবল গরম করা যায়, তাহা হইলে পাত্রের ভিতরের আয়তন বেশী হওয়ায় তরলের উপর তল নীচে নামিবে। আবার যদি কেবলমাত্র তরলকেই গরম করা যায় তখন উহার আয়তন বেশী হওয়ায় তরলের উপর তল উপরে উঠিবে। যখন পাত্র ও পাত্রস্থ তরলকে একসঙ্গে গরম করা যায় তখন যে আয়তন-প্রসারণ দেখিব তাহাই তরলের আপাত আয়তন-প্রসারণ হইবে। অতএব **তরলের আপাত আয়তন-প্রসারণ = তরলের প্রকৃত আয়তন-প্রসারণ − পাত্রের আয়তন-প্রসারণ।**

পরীক্ষা :—একটি মোটা চোঙের (AB) মুখ ছিপি (B) দ্বারা বন্ধ করিয়া ঐ ছিপির মধ্যে সমব্যাসের একটি লম্বা সরু নল (QPR) ঢুকানো হইল। নলের পাশে একটি স্কেল (SS) লাগানো থাকে। সম্পূর্ণ চোঙ ও নলের কিছু অংশ রঙীন জলদ্বারা ভর্তি করা

হইল [67 নং চিত্র দেখ]। জল-ভর্তি এই চোঙকে একটি গরম জলের পাত্রের মধ্যে **হঠাৎ** ডুবাইয়া দিলে দেখা যাইবে যে, নলের মধ্যস্থ তরলের তল প্রথমে খানিকটা নামিয়া (P হইতে Q পর্যন্ত), পরে অনেকখানি উঠিয়া গেল (Q হইতে R পর্যন্ত)। গরম জলের তাপ প্রথমে পাত্রের কাঁচে যাইবে এজন্য কাঁচ-পাত্রের প্রসারণ হইবে এবং পাত্রের ভিতরের আয়তনও বাড়াইয়া দিবে। নলের জলের তল যে দৈর্ঘ্যের (PQ দৈর্ঘ্যের) দ্বারা নামিয়া গেল, তাহার আয়তন পাত্রের আয়তন-বৃদ্ধি নির্দেশ করে। কিছুক্ষণ পরে গরম জলের তাপ চোঙের জলেও সঞ্চারিত হইবে এবং তাহার ফলে চোঙের জলের আয়তন-বৃদ্ধি হইবে এবং নলের জলের তল এবার উপরে উঠিয়া (Q হইতে R পর্যন্ত) R বিন্দুতে স্থির থাকিবে। এক্ষণে নলের জলের তল যে দৈর্ঘ্যের (QR দৈর্ঘ্যের) দ্বারা উঠিয়া গেল তাহার আয়তন জলের প্রকৃত আয়তন-বৃদ্ধি নির্দেশ করে। কিন্তু



67 নং চিত্র

পাত্রকে যদি খুব আস্তে আস্তে গরম করা হইত তাহা হইলে নলের জলের তল কেবলমাত্র P হইতে R পর্যন্ত উঠিতে দেখা যাইত। অতএব PR দৈর্ঘ্যের আয়তন জলের আপাত আয়তন-বৃদ্ধি হইবে। কিন্তু 67 নং চিত্র হইতে আমরা পাই,

$$PR = QR - PQ\ ;$$

অর্থাৎ, **আপাত প্রসারণ = প্রকৃত প্রসারণ − পাত্রের প্রসারণ।**

3.11. গ্যাসের প্রসারণ (Expansion of gases)

গরমে যে গ্যাসের প্রসারণ হয় এবং ঠাণ্ডায় যে উহার সংকোচন হয় তাহা জানিবার জন্য নিম্নে কয়েকটি পরীক্ষার বর্ণনা করা হইল যাহা তোমরা বাড়ীতে নিজেই করিতে পারিবে।

(i) একটি খালি বোতলের মুখ ছিপিদ্বারা বেশ জোরে আটকাইয়া উনুনের পাশে রাখিয়া দিয়া দূরে অপেক্ষা কর। কিছুক্ষণ পর দেখিবে যে, ছিপিটা ভীষণ শব্দ করিয়া ছুটিয়া বাহিরে আসিল। ইহা কেন হইল নিশ্চয়ই বুঝিতে পারিয়াছ। গরমে বোতলের বাতাসের আয়তন-বৃদ্ধি হইল কিন্তু বোতল হইতে উহা বাহিরে না আসিতে পারায় বোতলের মধ্যস্থ বাতাসের চাপ বাড়িয়া গেল। যখন ঐ বাতাসের চাপ খুব বেশী হইয়া গেল তখন উহা বোতলের মুখের ছিপিকে জোরে ঠেলিয়া বাহির করিয়া দিল।

(ii) একটি ফুটবল ব্লাডারে সামান্য কিছু হাওয়া ভর্তি করিয়া মুখ বেশ করিয়া সুতাদ্বারা বাঁধিয়া উহাকে কিছুক্ষণ রৌদ্রে ফেলিয়া রাখিলে দেখিবে যে, ব্লাডারটি ফুলিয়া উঠিয়াছে। গরমে, ব্লাডারের ভিতরের বাতাসের প্রসারণ হয় কিন্তু উহা বাহির আসিতে না পারায় ব্লাডারের ভিতরের বাতাসের চাপ বৃদ্ধি হয়। এজন্য ব্লাডার ফুলিয়া উঠে।

(iii) তোমরা বাড়ীতে দেখিয়া থাকিবে যে, লুচি ভাজিলে কিংবা রুটি সেঁকিলে উহারা ফুলিয়া উঠে। ইহা কেন হয়? জল দিয়া যখন আটা মাখা হয় তখন উহাতে জল থাকে এবং আটার কণাগুলির মাঝে মাঝে বাতাসও থাকে। যখন লুচিকে গরম ঘিয়ে ছাড়া হয় কিংবা রুটিকে গরম তাওয়ার উপর রাখা হয় তখন উহাদের দুই পিঠ শুষ্ক হয় কিন্তু ভিতরে বায়ু ও জল থাকে। গরমে ভিতরের জল বাষ্প হয় এবং বায়ু প্রসারিত হয় এবং এই জলীয় বাষ্প ও বাতাসের চাপে উহারা ফুলিয়া উঠে। যদি উহাদের কোনো স্থানে ছিদ্র থাকে তাহা হইলে আর উহারা ফোলে না। কারণ, ভিতরের বায়ু ও বাষ্প বাহির হইয়া আসে।

(iv) যখন কড়াইতে দুধ গরম করিয়া উহার স্ফুটনাঙ্কে আনা হয় তখন দুধ খুব ফাঁপিয়া উঠে এবং কড়াই ভর্তি হইয়া যায়। ইহার কারণ দুধের মধ্যে বাতাস থাকে এবং দুধ গরম করিলে ঐ বাতাস প্রসারিত হইয়া দুধকে ফাঁপাইয়া তোলে।

(v) একটি বাতাসপূর্ণ নল লওয়া হইল যাহার একমুখ খোলা এবং অপর মুখ বন্ধ। এই নলের খোলা মুখ একটি পাত্রের জলের মধ্যে ঢুকাইয়া যদি নলের উপরের অংশ গরম করা হয় তাহা হইলে নলের মধ্যস্থ বাতাস গরমে প্রসারিত হইবে এবং উহার চাপ বেশী হইবে। এই বেশী চাপের জন্য নলের কিছু বাতাস বুদ্বুদ আকারে পাত্রের জলের মধ্য দিয়া বাহিরে আসিবে।

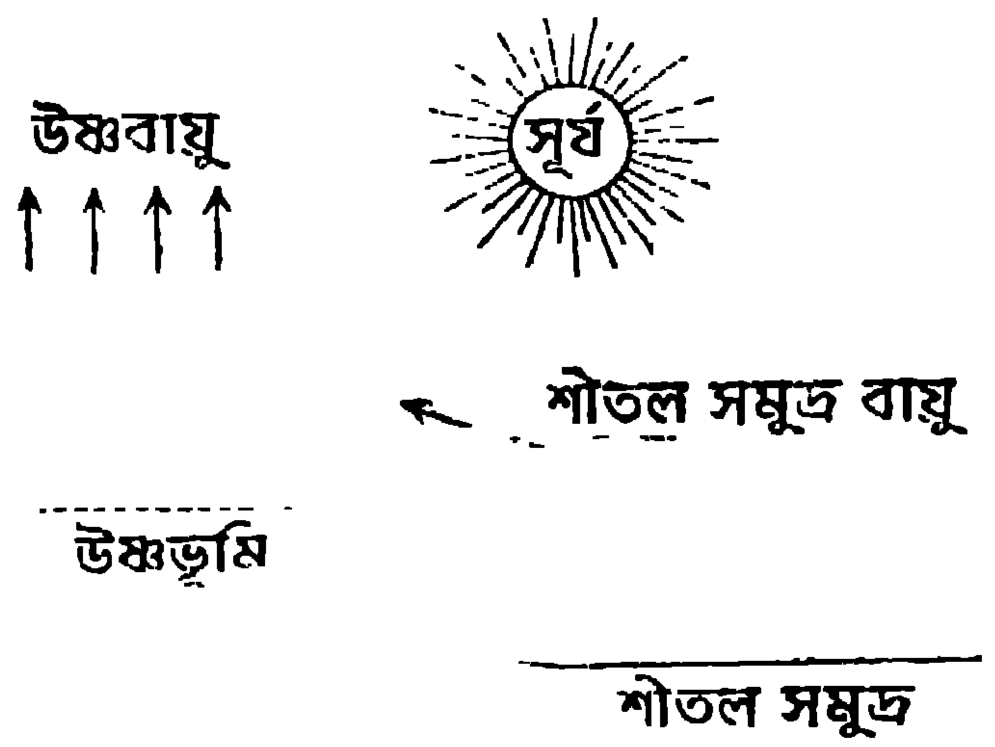
3.12. গ্যাসের প্রসারণের ফল,—বায়ুপ্রবাহ, জলবায়ু ও স্থলবায়ু (Effects of expansion of gas,—wind, sea-breeze and land-breeze)

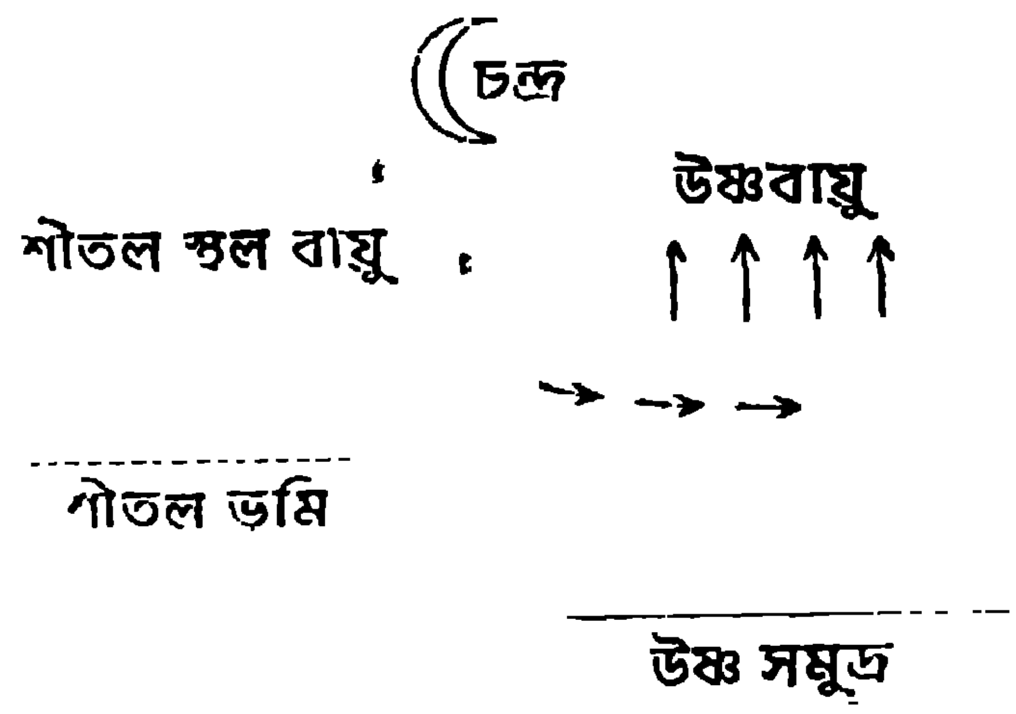
গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করিলে উহার যে প্রসারণ হয় তজ্জন্য আমরা নানারূপ প্রাকৃতিক ঘটনা দেখিয়া থাকি, যথা—বায়ুপ্রবাহ, জলবায়ু ও স্থলবায়ু।

(i) **বায়ুপ্রবাহ :**—সূর্যের উত্তাপে কিংবা অন্য কোন কারণে যদি কোন স্থানের বাতাস গরম হয় তাহা হইলে ঐ বাতাস হাল্কা হয় এবং উপরে উঠিয়া যায়। কাজেই

ঐ স্থানের বাতাসের চাপ কমিয়া যায়। এজন্য পার্শ্ববর্তী অঞ্চলের বাতাস ঐ স্থান পূরণ করিবার জন্য প্রবাহিত হইয়া আসে এবং বায়ুপ্রবাহের সৃষ্টি করে।

(ii) **জলবায়ু**ঃ—যদি জল এবং স্থলকে সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগ করা হয় তাহা হইলে স্থলের উষ্ণতা জল অপেক্ষা বেশী হয়। কাজেই দিনের বেলা যখন সূর্যের তাপ সমুদ্রের জলে এবং উহার সংলগ্ন স্থলে পড়ে তখন জল অপেক্ষা স্থল বেশী গরম হয়। এজন্য স্থলের উপরিস্থিত বাতাসের উষ্ণতা বেশী হয় এবং উহা





67 (*a*) নং চিত্র　　67 (*b*) নং চিত্র

হাল্কা হইয়া উপরে উঠিয়া যায় [67 (*a*) নং চিত্র দেখ]। এই শূন্য স্থান পূরণ করিবার জন্য সমুদ্রের জলের উপরিস্থিত ঠাণ্ডা বাতাস প্রবাহিত হইয়া স্থলের দিকে আসে যাহাকে **জলবায়ু** বলে। ইহা দিনের বেলা প্রবাহিত হয় এবং সন্ধ্যার দিকে প্রবল হয়।

(iii) **স্থলবায়ু**ঃ—রাত্রিবেলা সূর্যের উত্তাপ না পাওয়ায় জল এবং স্থল উভয়ই ঠাণ্ডা হয় কিন্তু জল অপেক্ষা স্থল বেশী ঠাণ্ডা হয়। এজন্য জলের উপরিস্থিত বাতাস বেশী গরম থাকে। এই গরম বাতাস হাল্কা বলিয়া উপরে উঠিয়া যায় এবং এই শূন্য স্থান পূরণ করিবার জন্য স্থলের ঠাণ্ডা বাতাস সমুদ্রের দিকে ধাবিত হয় যাহাকে **স্থলবায়ু** বলে [67 (*b*) নং চিত্র দেখ]। এই বায়ুর বেগ ভোরের দিকে বেশী হয়।

3.13. পদার্থের অবস্থান্তর (Change of state of matter)

প্রত্যেক পদার্থ তিনটি বিভিন্ন অবস্থায় থাকিতে পারে, যথা—কঠিন, তরল ও বায়বীয়। বস্তুর উপর তাপ প্রয়োগ করিলে কিংবা বস্তু হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে উহার অবস্থান্তর হইতে পারে। যেমন কঠিনের উপর তাপ প্রয়োগ

করিতে থাকিলে প্রথমে উহা তরল হইবে এবং পরে ঐ তরল বাষ্পে পরিণত হইবে। আবার বাষ্প হইতে তাপ নিষ্কাশন করিতে থাকিলে প্রথমে উহা তরলে পরিণত হইবে এবং পরে ঐ তরল কঠিন হইবে। অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ কঠিনের মধ্যে যে তাপ থাকিবে, উহার তরলের মধ্যে বেশী তাপ থাকিবে এবং উহার বাষ্পের মধ্যে আরও বেশী তাপ থাকিবে। **একক ভরের বস্তুর উষ্ণতার পরিবর্তন না করিয়া, কেবলমাত্র উহার অবস্থান্তর করিতে যে তাপ লাগে তাহাকে ঐ বস্তুর লীন তাপ** (latent heat) **বলে।** এই তাপ থার্মোমিটারে ধরা যায় না।

উদাহরণঃ—একখণ্ড বরফের (কঠিন অবস্থা) উপর অনবরত তাপ প্রয়োগ করিতে থাকিলে প্রথমে উহা জলে (তরল অবস্থা) পরিণত হইবে এবং পরে ঐ জল বাষ্পে (বায়বীয় অবস্থা) পরিণত হইবে। আবার জলীয় বাষ্প হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমে উহা জল হইবে (তরল অবস্থা) এবং ঐ জল আরও ঠাণ্ডা করিলে বরফে (কঠিন অবস্থা) পরিণত হইবে। ঠাণ্ডায়, বাতাসের জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণায় পরিণত হয় যাহাকে আমরা শিশির, কুয়াশা প্রভৃতি বলিয়া থাকি।

3.14. গলন ও কঠিনীভবন (Melting and solidification)

তাপপ্রয়োগে কোন কঠিন পদার্থের তরলে পরিণত হওয়াকে **গলন** (melting) বলে এবং ইহার বিপরীত প্রক্রিয়াকে, অর্থাৎ তাপ নিষ্কাশনে কোন তরল পদার্থের কঠিনে পরিণত হওয়াকে **কঠিনীভবন** (solidification) বলে।

পরীক্ষাঃ—চার ভাগ বরফ ও একভাগ সাধারণ লবণ মিশাইয়া একটি হিমমিশ্রণ (freezing mixture) করা হইল যাহার উষ্ণতা 0°C-এর নীচে হইবে। একটি পাত্রে কিছু বরফ লইয়া সেই পাত্রটিকে এই হিমমিশ্রণের মধ্যে কিছুক্ষণ আংশিক ডুবাইয়া রাখিয়া ঐ বরফের উষ্ণতা 0°C-এরও নীচে আনা হইল। এইবার পাত্রটিকে হিমমিশ্রণ হইতে তুলিয়া লইয়া বাহিরে রাখা হইল। একটি থার্মোমিটারের বাল্ব ঐ পাত্রের বরফের মধ্যে ঢুকাইয়া দিলে দেখা যাইবে যে, বরফের উষ্ণতা 0°C-এরও নীচে আছে। পারিপার্শ্বিক হইতে বরফ ঠাণ্ডা থাকায়, বাহির হইতে তাপ আসিয়া বরফের উষ্ণতা বাড়াইতে থাকিবে যাহা থার্মোমিটার হইতে পাওয়া যাইবে। যখন বরফের উষ্ণতা 0°C-এ আসিবে তখন বরফের মধ্যস্থ থার্মোমিটার আর উষ্ণতাবৃদ্ধি নির্দেশ

করিবে না, যদিও বরফ জলে পরিণত হইতেছে। সম্পূর্ণ বরফ জলে পরিণত হইবার পর থার্মোমিটার আবার উষ্ণতাবৃদ্ধি নির্দেশ করিতে থাকিবে। যে স্থির উষ্ণতায় বরফ গলিতে থাকে তাহাকে বরফের গলনাঙ্ক বলে এবং এই ঘটনাকে বরফের গলন বলে। বিভিন্ন পদার্থের গলনাঙ্ক বিভিন্ন হয় কিন্তু পদার্থ যখন তরলে পরিণত হইতে থাকে তখন তাহার উষ্ণতা স্থির থাকে। এই স্থির উষ্ণতাই পদার্থের গলনাঙ্ক। পদার্থের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে এই গলনাঙ্কের পরিবর্তন হয়। বরফ, লোহা প্রভৃতির উপর চাপ প্রয়োগ করিলে উহার গলনাঙ্ক কমিয়া যায় কিন্তু মোম ও চর্বিজাতীয় বস্তুর উপর চাপ প্রয়োগ করিলে উহাদের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায়। অতএব **কঠিনকে স্বাভাবিক চাপে রাখিলে** (76 cm. পারদস্তম্ভের চাপকে স্বাভাবিক চাপ বলে) **উহা যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরলে পরিণত হয় তাহাকে ঐ পদার্থের গলনাঙ্ক** (melting point) **বলে এবং এই ঘটনাকে গলন** (melting) বলে।

আবার একটি পাত্রে জল লইয়া, যদি পাত্রটিকে হিমমিশ্রণে (বরফ ও লবণ মিশাইয়া হিমমিশ্রণ প্রস্তুত করা হয়) রাখিয়া ঠাণ্ডা করা হয় তাহা হইলে ঐ জলের উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিয়া 0°C-এ আসিয়া স্থির থাকিবে। যতক্ষণ না সম্পূর্ণ জল বরফে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত এই উষ্ণতা স্থির থাকে। বরফ হইবার পরও যদি পাত্রটিকে হিমমিশ্রণে রাখা হয় তাহা হইলে বরফের উষ্ণতা কমিতে থাকিবে। যে স্থির উষ্ণতায় জল বরফ হয় তাহাকে জলের হিমাঙ্ক বলে এবং এই ঘটনাকে জলের কঠিনীভবন বলে। এই হিমাঙ্ক বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে বিভিন্ন হয়। অতএব **তরলকে স্বাভাবিক চাপে রাখিলে উহা যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কঠিনে পরিণত হয় তাহাকে ঐ তরলের হিমাঙ্ক** (freezing point) **বলে এবং এই ঘটনাকে তরলের কঠিনীভবন** (solidification) **বলে।** গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক একই উষ্ণতা নির্দেশ করে।

উপরোক্ত পরীক্ষা হইতে জানা গেল যে, যখন কঠিন তরল হইতে থাকে কিংবা তরল কঠিন হইতে থাকে তখন তাপ প্রয়োগ বা নিষ্কাশন করিলেও উহার উষ্ণতার পরিবর্তন হয় না। **একক ভরের কোন পদার্থের উষ্ণতার পরিবর্তন না করিয়া তাহাকে কঠিন হইতে তরলে পরিণত করিতে কিংবা তরল হইতে কঠিনে পরিণত করিতে যে তাপ প্রয়োগ বা নিষ্কাশন করিতে হয় তাহাকে ঐ বস্তুর যথাক্রমে গলনের লীন তাপ** (latent heat of fusion) **বা কঠিনীভবনের লীন তাপ** (latent heat of solidification) **বলে। দুই লীন তাপেরই পরিমাণ সমান।**

3.15. বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন (Vaporisation and Condensation)

তরল পদার্থের বায়বীয় অবস্থায় পরিণত হওয়াকে **বাষ্পীভবন** (vaporisation) বলে এবং তরলের এই বায়বীয় অবস্থাকে উহার **বাষ্প** (vapour) বলে। দুইটি বিভিন্ন উপায়ে তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হইতে পারে, যথা (*a*) **বাষ্পায়ন** (evaporation) ও (*b*) **স্ফুটন** (boiling)। তরল যে উপায়েই বাষ্পীভূত হউক না কেন, উহাকে বাষ্পে পরিণত করিতে হইলেই তাপের প্রয়োজন হয় যাহাকে উহার **লীন তাপ** বলে। যদি এই লীন তাপ, তরল তাহার নিজ দেহ হইতে সংগ্রহ করে তাহা হইলে তরল ঠাণ্ডা হইয়া যাইবে।

(*a*) **বাষ্পায়ন :**—যে পদ্ধতিতে তরল, তাহার কেবলমাত্র উপরতল হইতে, সর্ব উষ্ণতায় ও মন্থর গতিতে বাষ্পে পরিণত হইতে পারে তাহাকে বাষ্পায়ন বলে। বাষ্পায়ন দ্রুত হইবে কি ধীরে হইবে তাহা নিম্নলিখিত কারণগুলির উপর নির্ভর করিবে :—

(i) **তরলের স্ফুটনাঙ্ক :**—যে তরলের স্ফুটনাঙ্ক যত কম, তাহার বাষ্পীভবনের হার তত বেশী। হাতের উপর যদি একফোঁটা জল (স্ফুটনাঙ্ক 100°C) ও এক ফোঁটা ইথার (স্ফুটনাঙ্ক 35°C) রাখিয়া দাও তাহা হইলে জল অপেক্ষা ইথার দ্রুত বাষ্পীভূত হইবে এবং এজন্য যে লীন তাপের প্রয়োজন তাহা হাত হইতে লওয়ায় ইথারের স্থানে হাত বেশী ঠাণ্ডা অনুভব করিবে।

(ii) **তরলের উষ্ণতা :** তরলের উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহার বাষ্পীভবনের হার বৃদ্ধি পায়। তরলের স্ফুটনাঙ্কে উহার বাষ্পীভবনের হার সর্বাপেক্ষা বেশী হয়। একবাটি জল ঘরের উষ্ণতায় রাখিলে উহা বহু সময়ের পর বাষ্পে পরিণত হইবে, কিন্তু ঐ জলের উষ্ণতা স্ফুটনাঙ্কে (100°C) আনিলে উহা অল্পসময়েই বাষ্পে পরিণত হইবে।

(iii) **তরলের উপরতলের বিস্তৃতি :**—বাষ্পীভবন কেবলমাত্র তরলের উপরতল হইতে হয় এজন্য উহার উপরতলের ক্ষেত্রফল বাড়াইলে তরল দ্রুত বাষ্পীভূত হইবে। এই কারণে গরম দুধ বা চা কাপে রাখিলে যে সময়ে ঠাণ্ডা হয়, একটি ডিসে ঢালিলে খুব তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা হয়।

(iv) **তরলের উপরিস্থিত বায়ু-সঞ্চালন :**—তরলের সংস্পর্শে যে বাতাস থাকে তাহা তরলের বাষ্পদ্বারা ভর্তি থাকে এবং ঐ বাতাস যদি আবদ্ধ থাকে তাহা হইলে

তরল আর বাষ্পীভূত হইতে পারে না। এই কারণে হোমিওপ্যাথি ঔষধের শিশির মুখ ছিপিদ্বারা আটকানো থাকে যাহাতে তরলের উপরিস্থিত বাতাস সঞ্চালিত না হইতে পারে।

কিন্তু তরলের উপরিস্থিত বাষ্প-ভর্তি বাতাসকে সরাইয়া দিলে নূতন বাতাস তরলের উপরে আসিবে এবং সেও কিছু বাষ্প লইয়া সরিয়া যাইবে। এইভাবে তরল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয় এবং এই বাষ্পায়নের লীন তাপ যদি তরল হইতে সংগৃহীত হয় তাহা হইলে তরল ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এজন্য গরম দুধ একটি থালায় ঢালিয়া পাখা দিয়া বাতাস করিলে উহা তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা হয়।

(v) বাতাসের শুষ্কতা :—বাতাসের মধ্যে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ যত কম থাকে, উহার বাষ্প ধরিবার ক্ষমতা তত বেশী থাকে। কাজেই শীতকালে (যখন বাতাস শুষ্ক থাকে) ভিজা কাপড়ের জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হওয়ায় কাপড় তাড়াতাড়ি শুকাইয়া যায়। বর্ষাকালে (যখন বাতাসে প্রচুর জলীয় বাষ্প থাকে) ভিজা কাপড়ের জল খুব ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ায় কাপড় শুকাইতে অনেক সময় লাগে।

(b) **স্ফুটন :**—একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায়, তরলের সকল অংশ হইতে দ্রুত গতিতে তরলের বাষ্পে পরিণতিকে **স্ফুটন** (boiling) বলে।

পরীক্ষা : একটি পাত্রে জল লইয়া ঐ জলের মধ্যে একটি থার্মোমিটারের বাল্ব ডুবাইয়া রাখা হইল। এখন পাত্রটিকে গরম করিলে জলের উষ্ণতা ক্রমশঃ বাড়িতে থাকিবে। যখন জলের উষ্ণতা একটি নির্দিষ্ট সীমায় আসিবে (যাহা প্রায় 100°C) তখন তাপপ্রয়োগেও জলের উষ্ণতা-বৃদ্ধি হইবে না। এখন জলের সকল অংশ হইতে বাষ্পের বুদ্‌বুদ্‌ গঠিত হইয়া জলের বাহিরে আসিবে এবং জল ফুটিতে থাকিবে। যতক্ষণ না সমস্ত জল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত জলের উষ্ণতা স্থির থাকে। জলের এই স্থির উষ্ণতাকে উহার **স্ফুটনাঙ্ক** (boiling point) বলে। এই স্ফুটনাঙ্ক বিভিন্ন তরলের ক্ষেত্রে বিভিন্ন। কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক, উহার উপরিস্থিত বায়বীয় পদার্থের চাপের উপর নির্ভর করে। এই চাপ বেশী করিলে স্ফুটনাঙ্ক বেশী হয় আবার চাপ কমাইলে স্ফুটনাঙ্ক কমিয়া যায়। অতএব, **তরলের উপরে বায়ুর স্বাভাবিক চাপ থাকিলে, তরল যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে ঐ তরলের স্ফুটনাঙ্ক বলে এবং এই ঘটনাকে তরলের স্ফুটন বলে।**

তোমরা হয়ত দেখিয়া থাকিবে যে, তাড়াতাড়ি ভাত সিদ্ধ করিতে হইলে ভাতের হাঁড়ির মুখ, একটি ভারী ঢাকনা দিয়া বন্ধ করা হয়। হাঁড়ির মধ্যে জলের উপর বাতাস ত থাকেই তাছাড়া জলের স্টীমও ভিতরে থাকিয়া যায়। বাতাস ও স্টীমের চাপে জলের স্ফুটনাঙ্ক বাড়িয়া যায় এবং ভাত তাড়াতাড়ি সিদ্ধ হয়। কাগজে দেখিয়া থাকিবে যে, নন্দাঘুন্টি অভিযানের সময় উঁচু পাহাড়ের উপর চা তৈয়ারি করিয়া খাওয়া খুবই অসুবিধা হইত। পাহাড়ের উপর বাতাসের চাপ খুব কম থাকায় জলের স্ফুটনাঙ্ক খুব কম হয় (প্রায় 70°C)। ফুটন্ত জলের উষ্ণতা কম হওয়ায় চা তৈয়ারির অসুবিধা হইত। এইজন্য পাহাড়ের উপরে রান্নার জন্য প্রেসার কুকার (pressure cooker) নামে একরকম যন্ত্র ব্যবহার করা হয়।

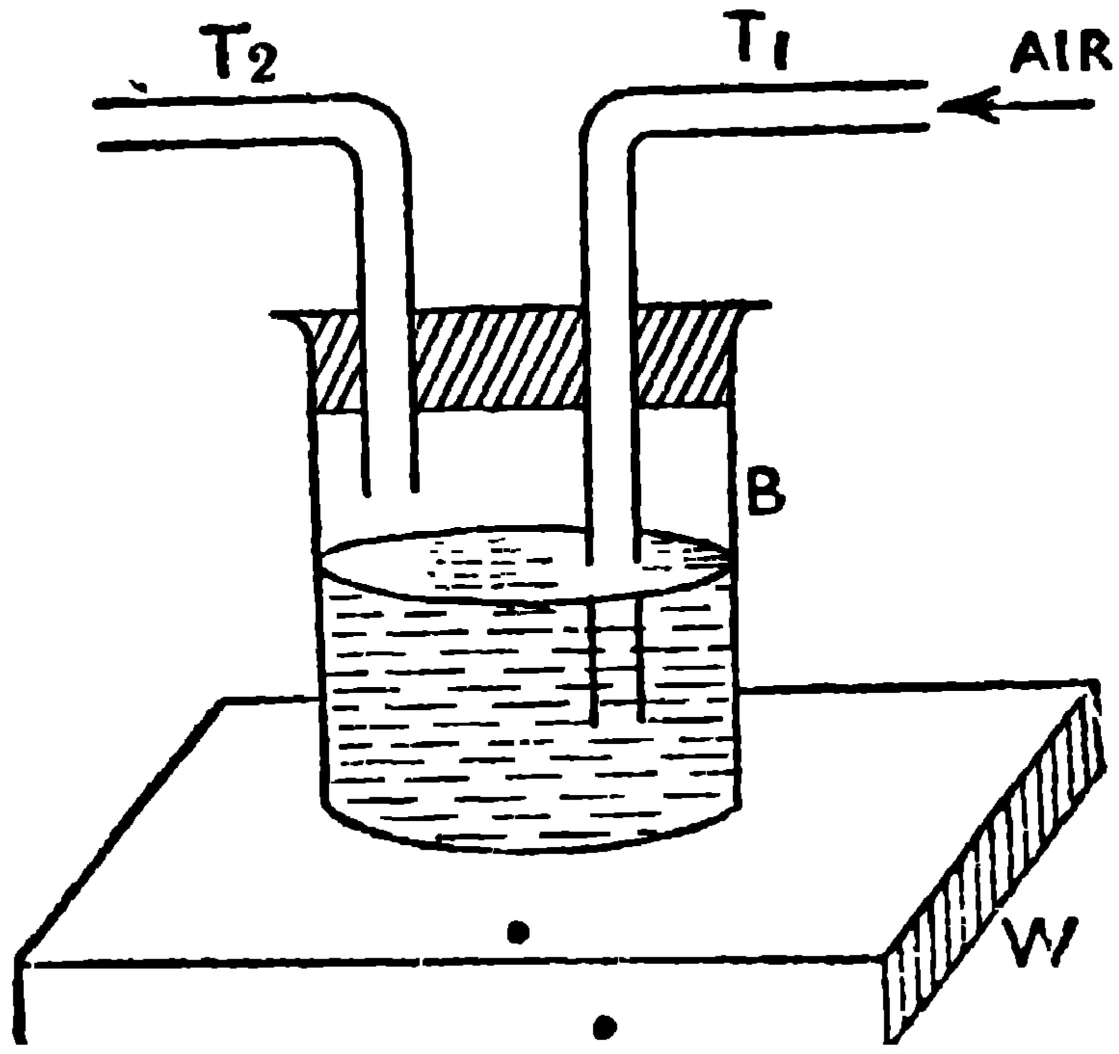
(c) **ঘনীভবন**:—একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বাষ্পের তরলে পরিণত হওয়াকে **ঘনীভবন** (condensation) বলে। ঘনীভবন স্ফুটনের বিপরীত প্রক্রিয়া। অতি উষ্ণ স্টীমকে ক্রমশঃ ঠাণ্ডা করিতে থাকিলে উহার উষ্ণতা যখন একটি নির্দিষ্ট সীমায় আসে (যাহা প্রায় 100°C) তখন উহা জলে পরিণত হইতে থাকে এবং যতক্ষণ না সম্পূর্ণ স্টীম জলে পরিণত হয় ততক্ষণ ঐ উষ্ণতা স্থির থাকে। এই স্থির উষ্ণতা জলের স্ফুটনাঙ্কের সহিত সমান হয়। **উষ্ণতা স্থির রাখিয়া একক ভরের কোন পদার্থকে তরল হইতে বাষ্পে কিংবা বাষ্প হইতে তরলে পরিণত করিতে যে তাপ প্রয়োগ করিতে হইবে, কিংবা যে তাপ নিষ্কাশন করিতে হইবে তাহাকে ঐ পদার্থের যথাক্রমে বাষ্পীভবনের লীনতাপ কিংবা ঘনীভবনের লীনতাপ বলে।** দুই লীন-তাপেরই পরিমাণ সমান।

3.15. বাষ্পায়নে শৈত্যের উৎপত্তি (Cold caused by evaporation)

তরল যে উপায়েই বাষ্পীভূত হউক না কেন, উহাকে বাষ্পে পরিণত করিতে তাপের প্রয়োজন হয় যাহাকে তরলের বাষ্পীভবনের লীনতাপ বলে। যদি তরল এই লীনতাপ তাহার নিজ দেহ হইতে সংগ্রহ করে তাহা হইলে উহা ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এই নীতির অনেক ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে, যাহার কয়েকটি নিম্নে দেওয়া হইল।

(a) **ইথারের বাষ্পায়ন দ্বারা বরফ তৈরী**:—ইথরাকে খুব দ্রুত বাষ্পীভূত করিলে উহা খুব ঠাণ্ডা হইবে এবং ঐ ঠাণ্ডা, জলে প্রয়োগ করিয়া জলকে বরফে পরিণত করা যায়। এক খণ্ড কাঠের (W) উপর কয়েক ফোঁটা জল রাখিয়া সেই জলের উপর

একটি তামার পাত্র (B) রাখা হইল [68 নং চিত্র দেখ]। তামার পাত্রে কিছু ইথার লইয়া পাত্রটির মুখ একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হইল এবং ইহার মধ্য দিয়া দুইটি নল (T_1 ও T_2) ঢুকাইয়া দেওয়া হইল। T_1 নল পাত্রের তলা পর্যন্ত থাকে কিন্তু T_2 নল কর্কের নীচ পর্যন্ত থাকে। একটি হাপরের (foot blower) সাহায্যে T_1 নলের মধ্যে জোরে বাতাস চালনা করিলে সেই বাতাস ইথারে বুদ্‌বুদ্ সৃষ্টি করিয়া উপরে আসিবে এবং T_2 নল দিয়া বাহিরে চলিয়া যাইবে। এইভাবে ইথারকে খুব দ্রুত বাষ্পীভূত করা হয় এবং এজন্য যে লীনতাপ প্রয়োজন তাহা ইথার হইতে গ্রহণ করায় উহা খুব ঠাণ্ডা হইবে। জল তামার পাত্রের সংস্পর্শে থাকায় জলও ঠাণ্ডা হইবে এবং ক্রমে ক্রমে উহা এত ঠাণ্ডা হইবে যে, উহা বরফে পরিণত হইবে। এক্ষণে পাত্র কাঠে আটকাইয়া যাইবে এবং পাত্রকে তুলিতে গেলে কাঠ শুদ্ধ উঠিযা আসিবে।



68 নং চিত্র

অন্যান্য ঘটনা :—(b) গরমের সময় কুঁজোর জল ঠাণ্ডা হওয়া, ঘর্মাক্ত শরীরে পাখার হাওয়া লাগাইলে ঠাণ্ডা বোধ করা, রাস্তায় জল ছড়াইলে রাস্তার বাতাস ঠাণ্ডা হওয়া প্রভৃতি ঘটনা যে আমরা দেখিয়া থাকি তাহা জলের দ্রুত বাষ্পায়নের ফলেই হইয়া থাকে। জলের বাষ্পায়নের জন্য যে লীনতাপ দরকার তাহা যথাক্রমে কুঁজোর জল হইতে, মানুষের শরীর হইতে, রাস্তার বাতাস হইতে লওয়ার ফলে উহারা ঠাণ্ডা হয়।

3.16. তাপ সঞ্চালন (transmission of heat)

তিনটি বিভিন্ন উপায়ে, তাপ উষ্ণ স্থান হইতে শীতল স্থানে সঞ্চারিত হয়, যথা—(a) **পরিবহন** (Conduction), (b) **পরিচলন** (Convection) ও (c) **বিকিরণ** (radiation)।

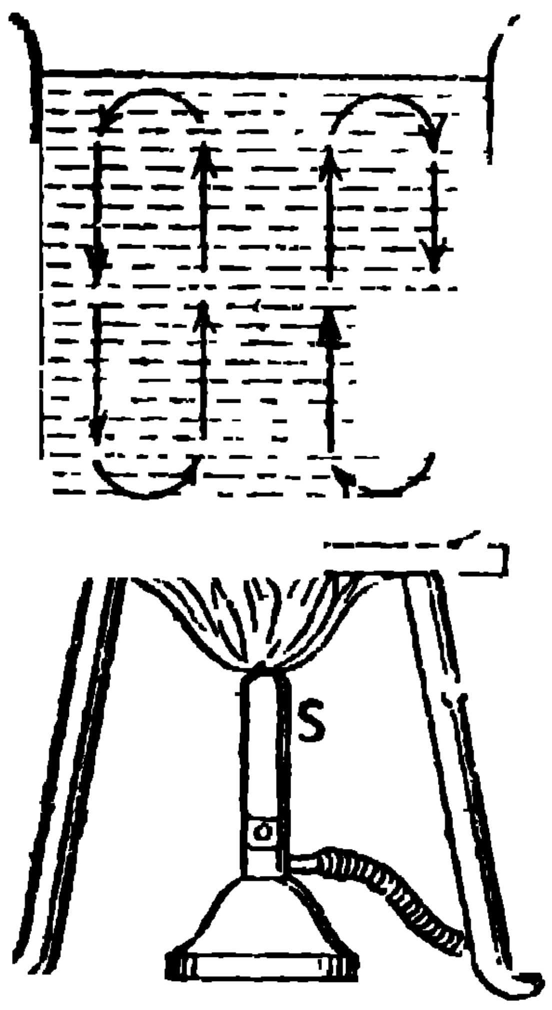
(a) **পরিবহন :**—যে প্রণালীতে একই পদার্থের উষ্ণতর অংশ হইতে শীতলতর অংশে কিংবা কোন উষ্ণ পদার্থ হইতে তৎসংলগ্ন শীতল পদার্থে তাপ সঞ্চালিত হয়, অথচ পদার্থের কণাগুলির কোনরূপ স্থান পরিবর্তন হয় না তাহাকে পরিবহন বলে।

উদাহরণ.—একটি লৌহদণ্ডের একপ্রান্ত আগুনের সংস্পর্শে রাখিলে ঐ প্রান্তের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় এবং এই উষ্ণ স্তর যে তাপ পাইল তাহা তিন ভাগে ব্যয় হয়, যথা—(i) কিছু অংশ স্তরে থাকিয়া উহার উষ্ণতা বৃদ্ধি করে (ii) কিছু অংশের বিকিরণ হয় এবং (iii) অবশিষ্ট অংশ পরবর্তী স্তরে সঞ্চালিত হয়। এইভাবে তাপ এক স্তর হইতে অন্য স্তরে সঞ্চালিত হয় কিন্তু কোন স্তর তাহার স্থান পরিবর্তন করে না। এজন্য এই প্রণালীতে তাপ সঞ্চালন হওয়ার নাম পরিবহন।

কিছুক্ষণ পর যখন প্রত্যেক স্তরের উষ্ণতা স্থির হইয়া যায় তখন কোন নির্দিষ্ট স্তর যে তাপ পায় তাহা মাত্র দুই ভাগে ব্যয় হয়, যথা—(i) তাপের কিছু অংশ স্তরের বাহিরের তল হইতে বিকিরণ হয় এবং (ii) অবশিষ্ট অংশ পরবর্তী স্তরে সঞ্চালিত হয়।

(b) **পরিচলন :**—যে প্রণালীতে পদার্থের উত্তপ্ত কণাগুলি উষ্ণতর স্থান হইতে শীতলতর স্থানে তাপ সঙ্গে লইয়া চলিয়া যায় তাহাকে পরিচলন বলে। তরল ও গ্যাস সাধারণতঃ এই উপায়ে উত্তপ্ত হয়।

উদাহরণ.—একটি বীকারের (B) মধ্যে কিছু জল লইয়া উহার মধ্যে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দুই একটি দানা ফেলিয়া দেওয়া হইল (69 নং চিত্র দেখ)।



69 নং চিত্র

বুনসেন বার্ণারের (S) অগ্নিশিখা দিয়া বীকারের তলার মধ্যস্থল গরম করিলে নীচের রঙিন্ জল গরম ও হাল্কা হইয়া জলের মধ্যভাগ দিয়া উপরে উঠিবে এবং রঙশূন্য শীতল ও ভারী জল বীকারের গা বাহিয়া নীচে নামিয়া আসিবে [69 নং চিত্রে জলের গতিপথ তীরচিহ্ন দ্বারা দেখান হইয়াছে]। এইভাবে জলের মধ্যে দুইটি স্রোতের সৃষ্টি হয় যাহাকে পরিচলন প্রবাহ (Convection current) বলে। এখানে তাপ, নীচের উত্তপ্ত জলকণার দ্বারা বাহিত হইয়া উপরের দিকে পরিচালিত হইতেছে। এই প্রক্রিয়ায় তাপ সঞ্চালনের নাম পরিচলন।

(c) **বিকিরণ :**—যে প্রণালীতে তাপ কোন জড় পদার্থের সাহায্য না লইয়া কিংবা কোন মাধ্যম থাকিলে তাহাকে উষ্ণ না করিয়া, উষ্ণতর স্থান হইতে শীতলতর স্থানে সঞ্চালিত হয় তাহাকে বিকিরণ বলে।

উদাহরণ.—সূর্য ও পৃথিবীর মধ্যে অধিকাংশ স্থানেই কোন জড়পদার্থ নাই, কিন্তু তাহা সত্ত্বেও সূর্য হইতে পৃথিবীতে তাপ আসে এবং ঐ তাপ বায়ুমণ্ডল অতিক্রম করিয়া

আসিলেও বায়ুমণ্ডল উষ্ণ হয়না (যদি বায়ুমণ্ডল শুষ্ক থাকে)। তাপ সঞ্চালনের এই প্রক্রিয়াকে বিকিরণ বলে।

3.17. তাপ সঞ্চালন প্রণালীর কয়েকটি ব্যবহারিক দৃষ্টান্ত (Some practical illustrations of transmission of heat)

(a) **পরিবহন প্রণালী :**—(1) বাহিরের গরম বা ঠাণ্ডা হইতে আমাদের শরীরকে রক্ষা করিতে আমরা জামা, বিশেষতঃ গরম জামা, পরিধান করি। প্রথমতঃ জামার কাপড় তাপের কুপরিবাহী, এজন্য আমাদের শরীরের তাপ বাহিরে যাইতে পারেনা (যখন বাহিরের উষ্ণতা শরীর হইতে কম থাকে) কিংবা বাহিরের তাপ শরীরে আসিতে পারেনা (যখন বাহিরের উষ্ণতা বেশী থাকে)। দ্বিতীয়তঃ, জামার কাপড়ের আঁশগুলি আল্‌গাভাবে বোনা থাকে বলিয়া ঐ আঁশগুলির মধ্যে বায়ুর একটি পাতলা স্তর আবদ্ধ থাকে। আবার, জামা ও শরীরের মধ্যেও একটি পুরু বায়ুস্তর আবদ্ধ থাকে। এই বায়ুস্তরগুলি আবদ্ধ থাকায় পরিচলন দ্বারা তাপ সঞ্চালিত হয়না এবং এই বাতাস কুপরিবাহী বলিয়া পরিবহন দ্বারাও তাপ সঞ্চালিত হইতে দেয়না। কাজেই জামা গায়ে দিলে আমাদের শরীরের তাপ রক্ষিত হয়।

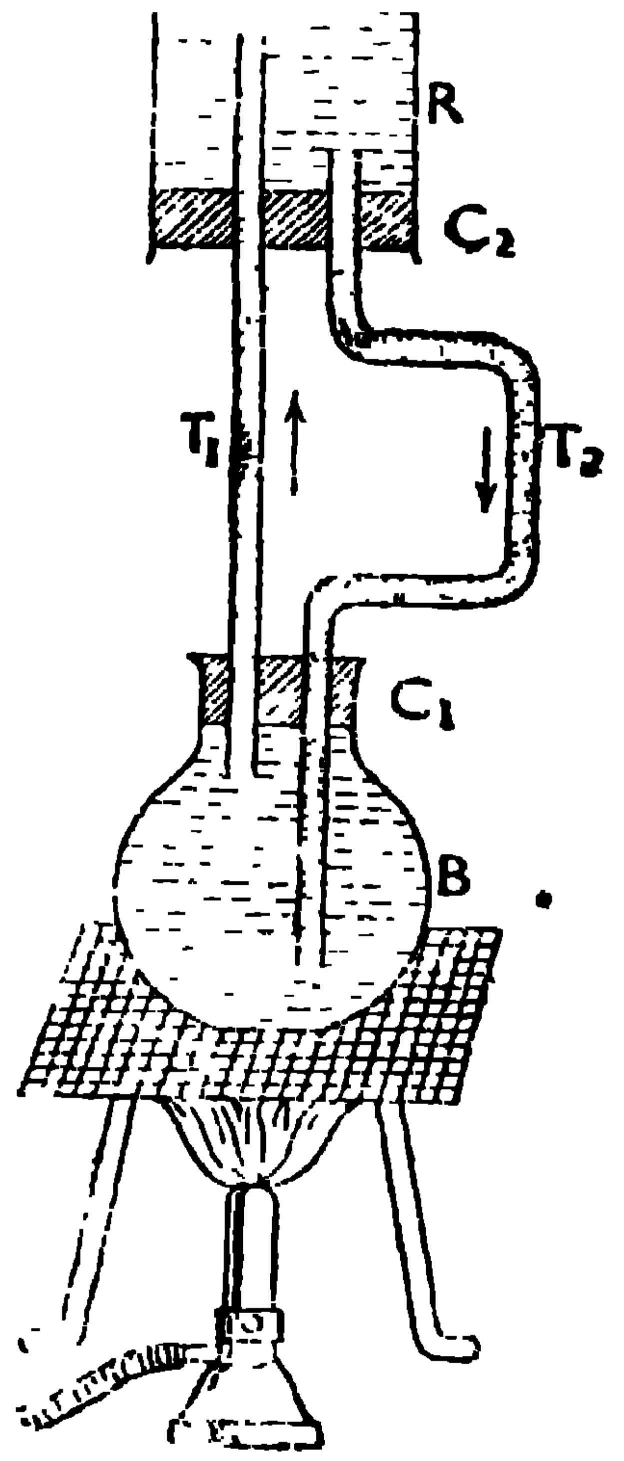
(2) একটি জামা পরিলে শরীরের তাপ যতটা রক্ষিত হয়, সমান পুরুর দুইটি জামা পরিলে তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী তাপ রক্ষিত হয়। দুইটি জামা পরিলে উহাদের মধ্যস্থলে বেশী পরিমাণ বাতাস আবদ্ধ থাকে। এই আবদ্ধ বাতাস চলাচল করিতে পারেনা বলিয়া, পরিচলন প্রণালীতে আমাদের শরীর, তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিতে পারে না। আবার, এই বাতাস কুপরিবাহী হওয়ায়, পরিবহন প্রণালীতে আমাদের শরীর, তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে না। কাজেই দুইটি জামায় শরীরের তাপ সুরক্ষিত হয়।

দুইটি জামার সমান পুরু একটি জামা গায়ে দিলে জামার আঁশগুলির মধ্যে যে পাত্‌লা বায়ুস্তর থাকে, তাহাই কেবল পরিবহন ও পরিচলন প্রণালীতে তাপ-বিনিময়ে বাধা হয়। কাজেই একটি জামা শরীরের তাপ ভালভাবে রক্ষা করিতে পারেনা।

(3) চেয়ারে উপবেশন করিলে, কাঠের চেয়ার অপেক্ষা লোহার চেয়ার শীতের দিনে বেশী ঠাণ্ডা মনে হয়, যদিও দুই চেয়ারের উষ্ণতা সমান। কারণ ঠাণ্ডা চেয়ারে উপবেশন করিলে শরীরের তাপ চেয়ারে পরিবাহিত হইবে। লোহা, কাঠ অপেক্ষা সুপরিবাহী, এজন্য লোহার চেয়ারে বসিলে শরীর হইতে বেশী তাপ চেয়ারে পরিবাহিত হইবে ; কাজেই লোহার চেয়ার বেশী ঠাণ্ডা বলিয়া মনে হইবে।

(4) গরমের দিনে দুপুরবেলায় পুকুরের উপরের জল খুব গরম হইলেও নীচের জল ঠাণ্ডা থাকে। সূর্যের উত্তাপে জলের উপরিভাগ গরম হয় কিন্তু জল কুপরিবাহী বলিয়া উপরের গরম-জলের তাপ নীচে যাইতে পারে না। এজন্য নীচের জল ঠাণ্ডা থাকে।

(b) **পরিচলন প্রণালী** :—(1) পরিচলনের নীতি প্রয়োগ করিয়া শীতপ্রধান দেশে অট্টালিকা উষ্ণ রাখা হয়। যে পদ্ধতিতে অট্টালিকাকে উষ্ণ রাখা হয়, তাহা 70 নং চিত্র হইতে বুঝিতে পারা যাইবে। অট্টালিকার নিম্নদেশে বয়লার B-তে জল লইয়া উহাকে গরম করা হয়। ঐ গরমজল হাল্কা হওয়ায় উহা T_1 নল দিয়া উপরের একটি পাত্রে (R) যায় এবং সেখানকার অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা জল অপর নল T_2-এর সাহায্যে বিভিন্ন ঘরের নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া পুনরায় বয়লারে ফিরিয়া আসে। এই ফিরিয়া আসা জল পুনরায় গরম হইয়া উপরের পাত্রে (R) পরিচালিত হয়। এইভাবে পরিচলন দ্বারা নীচের গরম জল উপরে উঠে এবং উপরের ঠাণ্ডা জল নীচে আসিয়া পুনরায় গরম হয়। এখানে চুল্লীর তাপ, পরিবহনের দ্বারা বয়লারের জলে যায় এবং জলকে গরম করে। এই গরম জল, পরিচলনের দ্বারা T_1 নলের সাহায্যে উপরে উঠে এবং ঐ গরম জল যখন T_2 নল দ্বারা বয়লারে ফিরিয়া যায় তখন T_2 নলকে গরম রাখে। এই উষ্ণ নলের (T_2) তাপ, বিকিরণ দ্বারা ঘরের মধ্যে ছড়াইয়া পড়ে, যাহার ফলে ঘরের বাতাস গরম থাকে।



70 নং চিত্র

(2) ঘরে বায়ু চলাচলও পরিচলন ক্রিয়ায় হইয়া থাকে। ঘরে বেশী লোক থাকিলে ঘরের বাতাস গরম ও বিষাক্ত হইয়া উঠে। এই গরম ও বিষাক্ত বায়ু ঘরের উপরের ছিদ্র দিয়া বাহিরে চলিয়া যায় এবং ঘরের নীচের খোলা জানালা এবং দরজা দিয়া শীতল ও বিশুদ্ধ বায়ু প্রবেশ করে। এইভাবে ঘরের মধ্য দিয়া বায়ুর পরিচলন-স্রোত চলিতে থাকে।

(3) একটি দীপশিখার এক ফুট উপরে হাত রাখিলে যেরূপ গরম অনুভব করা যায়, এক ফুট পাশে হাত রাখিলে তাহা অপেক্ষা অনেক কম গরম অনুভব করা যায়। দীপশিখার তাপের দ্বারা উহার উপরের বায়ুকণাগুলি উত্তপ্ত হয় এবং এই উত্তপ্ত বায়ুকণাগুলির তাপ, পরিচলন স্রোত দ্বারা উপরে সঞ্চালিত হয়। বায়ুতে পরিচলন ক্রিয়া

খুব ভাল হয় বলিয়া উপরের বাতাস দ্রুত গরম হয় এবং হাত গরম অনুভব করে। বিকিরণ প্রণালীতেও দীপশিখার তাপ উপরে উঠে, এজন্য হাত গরম অনুভব করে। দীপশিখার পাশে তাপ সঞ্চালিত হইতে হইলে কেবলমাত্র পরিবহন ও বিকিরণ প্রণালীতেই হইতে পারে কিন্তু বায়ু তাপের কুপরিবাহী হওয়ায় শিখা হইতে হাতে খুব কম তাপ পরিবাহিত হইবে।

বিকিরণ প্রণালী :—একটি ধাতব পাত্রের তলা কাল ও অমসৃণ থাকিলে, সেই পাত্রের জল খুব দ্রুত গরম করা যায় কিন্তু পাত্রটির তলা পালিশ করা থাকিলে জল গরম করিতে অনেক সময় লাগে।

(1) কাল ও অমসৃণ তলের তাপ শোষণ করিবার ক্ষমতা অনেক বেশী কিন্তু তাপ প্রতিফলন করিবার ক্ষমতা কম। কাজেই কাল ও অমসৃণ তল বেশী তাপ শোষণ করিবে, এজন্য ঐ পাত্রের জল দ্রুত গরম হইবে। পাত্রের তলা পালিশ করা থাকিলে, পাত্রের তল খুব কম তাপ শোষণ করিবে এবং বেশী তাপ প্রতিফলিত করিবে, এজন্য পাত্রের জল গরম হইতে বেশী সময় লাগিবে।

(2) একটি পালিশ করা অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে চা রাখিলে, চা অনেকক্ষণ গরম থাকে কারণ পালিশ করা পাত্রের তাপ বিকিরণ করার ক্ষমতা কম।

Objective Test প্রশ্ন

A. Alternative response type :

(1) *Yes or no type* :—(i) থার্মোমিটার দ্বারা কি তাপ মাপা যায় ? ——

(ii) সাধারণ থার্মোমিটার দ্বারা কি জ্বর দেখা সুবিধা ? ——

(iii) ফারেনহিট থার্মোমিটারে কি ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক 100° ধরা হয় ? ——

(iv) একটি কাঁচের দণ্ডকে, 0°C-এর ও 100°C-এর পিতলের স্কেল দ্বারা মাপিলে কি দণ্ডের একই দৈর্ঘ্য পাওয়া যাইবে ? ——

(v) দুইটি রেলের সংযোগস্থলে কি একটু ফাঁক রাখা বিশেষ দরকার ? ——

(vi) জল সমেত একটি পাত্র গরম করিলে, জলের যে প্রসারণ দেখি তাহা কি জলের প্রকৃত প্রসারণ ? ——

(vii) বায়ুমণ্ডলের চাপ কমিলেও কি জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C থাকে ? ——

(viii) শীতকালে দুইটি জামা গায়ে দেওয়া অপেক্ষা সমান পুরু একটি জামা গায়ে দেওয়া কি আরামদায়ক হইবে ? ——

(ix) ঘরের উপরে ঘুলঘুলি রাখা কি খুবই দরকার ? ——

(2) *True or false type* :—(i) সিক্স-এর থার্মোমিটারের সাহায্যে আমাদের শরীরের উষ্ণতা মাপিয়া থাকি । ——

(ii) এক পাত্র ফুটন্ত জলের মধ্যে ডাক্তারী থার্মোমিটার ডুবাইলে জলের স্ফুটনাঙ্ক পাওয়া যায় । ——

(iii) গরমে লোহার প্রসারণ হওয়ায়, গরুর গাড়ীর চাকায় লোহার বেড় পরান সুবিধা হয় । ——

(iv) কাঁচ অপেক্ষা পারদের প্রসারণ কম, এজন্য পারদ থার্মোমিটার গরম জলের মধ্যে হঠাৎ ডুবাইলে, পারদের উপরতল প্রথমে নামিয়া যায় । ——

(v) বরফ যখন জলে পরিণত হয় তখন উহার উষ্ণতার পরিবর্তন হয় না । ——

(vi) মাটির কুঁজোতে সরু ছিদ্র থাকে এজন্য গরমে ঐ ছিদ্রের মধ্যে জল প্রসাবিত হয় এবং কুঁজোর জল ঠাণ্ডা হয় । ——

(vii) এক পাত্র জলকে দ্রুত গরম করিতে হইলে পাত্রের তলায় তাপ প্রয়োগ করিতে হইবে । ——

B. Recall type :

(i) তাপ প্রয়োগে তরল পদার্থের যে—হয় তাহা আমরা থার্মোমিটার নির্মাণ করিতে কাজে লাগাই । ——

(ii) কঠিনের প্রসারণ যেমন—সৃষ্টি করে সেইরূপ উহাদ্বারা সুবিধাও পাই । ——

(iii) তরল, যে নির্দিষ্ট—বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে তরলের স্ফুটনাঙ্ক বলে । ——

(iv) তাপ প্রয়োগদ্বারা পদার্থের—করানো যায় । ——

(v) যে প্রণালীতে উত্তপ্ত—উষ্ণতর স্থান হইতে শীতলতর স্থানে তাপ বহন করিয়া লইয়া যায় তাহাকে পরিচলন বলে ।

(vi) চাপ প্রয়োগ করিয়া জলের—বাড়াইয়া দেওয়া যায় । ——

(vii) গ্যাসের প্রসারণের ফলে—ও জলবায়ু হইয়া থাকে । ——

C. Completion type :

(i) একটি সমব্যাস সম্পন্ন (a)—নলের মধ্যে ——(a)
(b)—ভর্তি করিয়া থার্মোমিটার নির্মাণ করা হয় । এই ——(b)
থার্মোমিটারকে বিশুদ্ধ বরফের মধ্যে ও ফুটন্ত জলের

উপরে রাখিয়া যথাক্রমে (c)—ও (d)—বাহির করিয়া উহাকে অংশাঙ্কিত করা হয়। ——(c)——(d)

(ii) কোন পাত্রে তরল লইয়া উভয়কে গরম করিলে যে (a)— আমরা দেখি তাহা তরলের প্রকৃত (b)—নয়। এই প্রসারণকে তরলের (c)—প্রসারণ বলা হয়। ——(a) ——(b) ——(c)

(iii) বরফের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে উহার গলনাঙ্ক (a)— যায় অথচ মোম প্রভৃতি চর্বিজাতীয় পদার্থের উপর চাপ করিলে উহাদের গলনাঙ্ক (b)—যায় ——(a) ——(b)

(iv) যে প্রণালীতে তাপের একস্থান হইতে অন্যস্থানে যাইতে কোন (a)—প্রয়োজন হয় না কিংবা মাধ্যম থাকিলেও তাহা (b)—হয় না, তাহাকে (c)—বলে। ——(a) ——(b)——(c)

D. **Multiple choice type:**

(i) থার্মোমিটার দ্বারা আমরা কি মাপি ?—তাপ, উষ্ণতা, প্রসারণ।

(ii) কোন কঠিনের উপর তাপ প্রয়োগ করিলে উহার কি হয় ?—প্রসারণ, সঙ্কোচন, গলনাঙ্কের পরিবর্তন।

(iii) জলবায়ু ও স্থলবায়ু কি কারণে হয় ?—উষ্ণতার তারতম্যের জন্য, বাতাসের প্রসারণের জন্য, বাতাস কুপরিবাহী হওয়ার জন্য।

(iv) সূর্য হইতে পৃথিবীতে যে তাপ আসে তাহা কোন প্রণালীতে ?—পরিবহন, পরিচলন, বিকিরণ।

(v) জলের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে উহার কি পরিবর্তন হয় ?—অবস্থার পরিবর্তন, স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন।

(vi) ঘরের উপরে ঘুলঘুলি রাখা হয় কেন ?—ঘর গরম রাখিবার জন্য, ঘরের দূষিত বাতাস বাহির করিয়া দিবার জন্য।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

Arts. 3.1 ; 3.2.

1. Name the principal sources of heat. Describe what changes are produced in a body by heat ?

তাপের প্রধান প্রধান উৎসগুলির নাম কর এবং তাপের দ্বারা কোন পদার্থের কি কি পরিবর্তন হইতে পারে তাহার বিবরণ দাও।

Arts. 3.3 ; 3.4.

* 2. What is the difference between heat and temperature? Which of these two is measured by a thermometer?

তাপ ও উষ্ণতার পার্থক্য কি লিখ। থার্মোমিটারের সাহায্যে ইহাদের কোনটি মাপা হয়?

Art. 3.5.

3. Describe the construction and graduation of mercury thermometer. What are the lower and upper fixed points of a thermometer? What are their values in Centigrade and Fahrenheit Scale?

পারদ থার্মোমিটারের নির্মাণ ও উহার অংশাঙ্কন প্রণালীর বর্ণনা কর। থার্মোমিটারের নিম্ন ও ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক কাহাকে বলে? উহাদের মান সেণ্টিগ্রেড্ ও ফারেনহিট্ থার্মোমিটারে কত ধরা হয়?

Art. 36.

* 4. What thermometer you would use to record the maximum and minimum temperature of air within a period of 24 hours? Explain its action.

যদি 24 ঘণ্টার মধ্যে বাতাসের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন উষ্ণতা জানিতে চাও তাহা হইলে কোন্ থার্মোমিটার ব্যবহার করিবে? ইহার কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও।

Art. 3.7.

5. What is the name of the thermometer which is employed to find the temperature of human body. Explain how is it possible to know the temperature of the body, even after the removal of the thermometer from the body for a long time

জ্বর দেখার জন্য যে থার্মোমিটার ব্যবহার করা হয় তাহার নাম কি? 'শরীর হইতে থার্মোমিটার বাহিরে আনিবার অনেক পরেও শরীরের উষ্ণতা থার্মোমিটার হইতে পাওয়া যায়'—ইহা কিভাবে সম্ভব হয় বুঝাইয়া দাও।

Art. 3.8.

6. Describe one experiment in each case to indicate the expansion of (i) solid, (ii) liquid and (iii) gas. Can you name a

substance which contracts on heating? [**Hint:** Water contracts when its temperature is raised from $0°C$ to $4°C$.].

তাপ প্রয়োগে, কঠিন, তরল ও গ্যাসের প্রসারণ দেখাইবার জন্য একটি করিয়া পরীক্ষার বর্ণনা কর। তাপ প্রয়োগে সংকুচিত হয় এমন কোন পদার্থের নাম করিতে পার? [**সংকেত:**—জলের উষ্ণতা $0°C$ হইতে $4°C$ পর্যন্ত বৃদ্ধি করিলে উহার প্রসারণ না হইয়া সংকোচন হয়]

Art. 3.9.

*7. Describe two experiments in each case to show that expansion of solid is sometimes an advantage and sometimes it is a disadvantage.

কঠিনের প্রসারণে যে সুবিধা ও অসুবিধা আছে তাহা দেখাইতে দুইটি করিয়া পরীক্ষার বর্ণনা কর।

Art. 3.10.

8. When the bulb of a thermometer is suddenly introduced into hot water, its mercury level at first falls and then rises. Explain.

একটি থার্মোমিটারকে হঠাৎ গরম জলের মধ্যে ডুবাইলে প্রথমে উহার পারদ নামিয়া যায় এবং পরে উঠিতে থাকে,—কেন?

Art. 3.11.

9. Explain:—(i) A gas-filled balloon bursts when exposed to sun-light. (ii) How sea-breeze and land-breeze occur? (iii) The cork of a corked-bottle is thrown outward with a loud report when the corked-bottle is exposed to sunlight.

ব্যাখ্যা কর,—(i) গ্যাসপূর্ণ বেলুন প্রখর রৌদ্রে রাখিলে ফাটিয়া যায় কেন? (ii) জলবায়ু ও স্থলবায়ু কেন হয়? (iii) একটি বোতলের মুখে ছিপি আটকাইয়া রৌদ্রে রাখিলে, কিছুক্ষণ পর ছিপি খুব শব্দ করিয়া ছুটিয়া যায় কেন?

Arts. 3.12. to 3.14.

10. Explain the following:—Melting, Solidification, Evaporation, condensation, melting point, freezing point, boiling

point, latent heat of fusion, latent heat of vaporisation. Describe experiments to show that the temperature of a body remains constant when its melting or boiling occurs.

ব্যাখ্যা কর,—গলন, কঠিনীভবন, বাষ্পীভবন, ঘনীভবন, গলনাঙ্ক, হিমাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, গলনের লীনতাপ, ও বাষ্পীভবনের লীনতাপ। পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে, পদার্থের যখন গলন কিংবা স্ফুটন হয় তখন উহার উষ্ণতা স্থির থাকে।

Art. 3.15.

11. Explain the following facts:—In summer the water of an earthen pitcher is cooled but not of a brass pitcher. (ii) A perspiring body is cooled by fanning, (iii) Rice in a vessel is quickly boiled when the mouth of the vessel is kept closed. (iv) A drop of methylated spirit on hand, makes the hand colder, (v) Air in a room is cooled in summer, when water is sprinkled over kus-kus covering the doors and windows. (vi) Wet clothes dry quickly in winter than in summer though the temperature in summer is higher than that in winter.

নিম্নলিখিত ঘটনাগুলি ব্যাখ্যা কর,—(i) গ্রীষ্মকালে কুঁজোর জল ঠাণ্ডা হয় কিন্তু পিতলের কলসীর জল ঠাণ্ডা হয় না;, (ii) শরীর ঘামিয়া গেলে, পাখার হাওয়ায় শরীর ঠাণ্ডা হয়; (iii) ভাতের হাঁড়ির মুখে চাপা দিলে ভাত তাড়াতাড়ি সিদ্ধ হয়; (iv) হাতে স্পিরিট পড়িলে হাত ঠাণ্ডা বোধ হয়, (v) গরমের সময় জানালা-দরজায় ভিজা খস্‌খস্ রাখিলে ঘর ঠাণ্ডা হয়। (vi) গ্রীষ্মকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুষ্ক হয়, যদিও বায়ুর উষ্ণতা গরমকালে বেশী এবং শীতকালে কম।

12. The temperature of boiling water may not be 100°C. Under what condition this is possible? Describe an experiment in support of your answer.

জল ফুটন্ত অবস্থায় থাকিলেও উহার উষ্ণতা 100°C, নাও হইতে পারে—ইহা কোন্ অবস্থায় সম্ভব? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

13. Do you think that rice will be boiled quickly if the flame be made high? Explain your answer.

ভাত তাড়াতাড়ি সিদ্ধ করিবার জন্য অগ্নিশিখার তেজ বৃদ্ধি করার কি প্রয়োজন আছে বলিয়া মনে কর? তোমার উত্তরের ব্যাখ্যা কর।

Art. 3.16.

14. **Explain with examples how heat can be transferred from one place to another.**

তাপ এক স্থান হইতে অন্য স্থানে কি কি উপায়ে সঞ্চালিত হইতে পারে তাহা উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

Art. 3.17.

15. **Name some common-place facts which are based on, conduction, convection and radiation.**

এমন কতকগুলি সাধারণ ঘটনার উল্লেখ কর যাহা পরিবহন, পরিচলন ও বিকিরণ প্রণালীতে তাপ সঞ্চালনের উপর নির্ভর করে।

16. **Water, taken in a thin paper vessel, can be boiled by holding that vessel on a flame, without charring the paper, but if the paper of the vessel be thick, it will be charred.**

একটি পাতলা কাগজের পাত্রে জল লইয়া অগ্নিশিখার উপর ধরিলে জল ফুটিয়া উঠিবে অথচ কাগজ পুড়িবে না, কিন্তু কাগজ মোটা হইলে উহা পুড়িয়া যাইবে,—কেন ?

17. **It is comfortable to wear white clothes in summer and black clothes in winter. Explain.**

গ্রীষ্মকালে সাদা জামা এবং শীতকালে কাল জামা পরা আরামদায়ক কেন ?

রসায়নবিদ্যা

(Chemistry)

চতুর্থ অধ্যায় (CHAPTER IV)

রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ (Chemical reactions)

1.4. অম্ল (acid), ক্ষারক (base) এবং লবণ (salt)

(ক) **অম্ল Acid :** অম্ল (Acid) বলিতে আমরা সেই সকল যৌগিক পদার্থকে বুঝি যাহারা নীল লিটমাসের দ্রবণকে লাল করে এবং যাহাদের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিলে, কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বুদ্‌বুদন সহকারে বাহির হইয়া আসে।

কতকগুলি অক্সাইডকে জলে (H_2O) দ্রবীভূত করিলে অ্যাসিড বা অম্ল উৎপন্ন হয়, যেমন, সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), ফস্‌ফরাস্ পেণ্ট অক্সাইড (P_2O_5) ইত্যাদি।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

সালফিউরাস্ অ্যাসিড

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

কার্বনিক অ্যাসিড

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

ফস্‌ফরিক অ্যাসিড

এই কারণে লাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করেন যে, অ্যাসিডের একটি বিশিষ্ট উপাদান হইল অক্সিজেন। কিন্তু পরে যখন দেখা গেল যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে (HCl) বা হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডে (HCN) কোন অক্সিজেন নাই অথচ তাহাদের আম্লিক গুণগুলি আছে তখন লাভয়সিয়ারের মতবাদ পরিত্যক্ত হইল। অক্সিজেন সব অ্যাসিডে না থাকিলেও, পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, সকল অ্যাসিডেই হাইড্রোজেন আছে এবং উক্ত হাইড্রোজেন, কোনও ধাতুদ্বারা, আংশিকভাবে অথবা পুরাপুরি ভাবে প্রতিস্থাপিত হইতে পারে।

উদাহরণ :—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) একটি অ্যাসিড কারণ ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে, সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া

করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং সোডিয়াম (Na) ধাতুর দ্বারা উহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) উৎপন্ন করিতে পারে ($2Na+2HCl=2NaCl+H_2$)। সেইরূপ সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3) প্রভৃতি অ্যাসিড বা অম্ল।

অ্যাসিডের একটি অণুতে যত সংখ্যক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, সেই সংখ্যাকে অ্যাসিডের **ক্ষারগ্রাহিতা** (basicity) বলে। যথা, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটি একক্ষারীয় অ্যাসিড, কারণ উহার অণুতে একটিমাত্র প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে ; সেইরূপ সালফিউরিক অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড এবং ফসফরিক অ্যাসিড একটি ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড।

অ্যাসিডের ধর্মাবলী :—(i) অ্যাসিড মাত্রেই টক্ স্বাদযুক্ত। (ii) ইহারা প্রায়ই জলে দ্রাব্য এবং ইহাদের জলের দ্রবণ, নীল লিটমাসকে লাল করে। (iii) ইহাদের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করে, কারণ ইহারা জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) উৎপন্ন করে। (iv) অ্যাসিড মাত্রেই ক্ষারকে প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। (v) ধাতব ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিতও ইহারা বিক্রিয়া করিয়া জল এবং লবণ উৎপন্ন করে। (vi) কোন কোন ধাতুর সহিত ইহারা বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং ধাতব লবণের সৃষ্টি হয়। (vii) ইহারা ধাতব কার্বনেটের সহিত বুদ্বুদন সহকারে বিক্রিয়া করে।

উদাহরণ :

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
(হাইড্রোজেন আয়ন) (ক্লোরিণ আয়ন)

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + H^+ + SO_4^{--} \qquad \text{(iii)}$$
(হাইড্রোজেন আয়ন) (সালফেট আয়ন)

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O \qquad \text{(iv)}$$
(অ্যাসিড) (ক্ষার) (লবণ) (জল)

$$2HCl + ZnO = ZnCl_2 + H_2O \qquad \text{(v)}$$
(অ্যাসিড) (ক্ষারকীয় অক্সাইড) (লবণ) (জল)

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \qquad \text{(vi)}$$
(দস্তা) (অ্যাসিড) (ধাতব লবণ)

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2 \qquad \text{(vii)}$$
(সোডিয়াম কার্বনেট) (অ্যাসিড)

অ্যাসিডের ব্যবহার :—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঔষধে, রঙ্ প্রস্তুতে, পরীক্ষাগারে প্রয়োজন হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুনির্মিত বাসনে নাম লিখিতে, স্বর্ণের শোধন করিতে ব্যবহৃত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ধৌত সোডা, সার প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে প্রয়োজন হয়।

(b) **ক্ষারক** (Base) : যে সমস্ত যৌগিক পদার্থ, যাহারা সাধারণতঃ ধাতুর অথবা ধাতুর সমপর্যায়ের যৌগমূলকের (radical) [যেমন অ্যামোনিয়াম (NH_4)] অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড এবং যাহারা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জল ও লবণ উৎপন্ন করে তাহাদিগকে ক্ষারক বলে। যেমন, জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO), বেরিয়াম অক্সাইড (BaO), কষ্টিক পটাস (KOH), কষ্টিক সোডা ($NaOH$), অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$NH_4(OH)$], বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ba(OH_2)$] ইত্যাদি।

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$
(ক্ষারক) (অ্যাসিড্) (জিঙ্ক ক্লোরাইড) জল

$$BaO + 2HNO_3 = Ba(NO_3)_2 + H_2O$$
(ক্ষারক) (বেরিয়াম নাইট্রেট) জল

$$KOH + HCl = KCl + H_2O$$
(ক্ষার) (পটাসিয়াম ক্লোরাইড) জল

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
(ক্ষার) (সোডিয়াম ক্লোরাইড) জল

$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$
(ক্ষার) (অ্যামোনিয়াম সাল্ফেট) জল

$$Ba(OH)_2 + 2HCl = BaCl_2 + 2H_2O$$
(ক্ষার) (বেরিয়াম ক্লোরাইড) জল

ক্ষার (Alkali) :—যে সমস্ত ধাতব হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবণীয় তাহাদিগকে ক্ষার বলে। সমস্ত ক্ষারই ক্ষারক, কিন্তু সমস্ত ক্ষারক ক্ষার নহে। কষ্টিক সোডা ($NaOH$), কষ্টিক পটাস (KOH), বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ba(OH)_2$] ইহারা ক্ষার, কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$] ক্ষারক, ক্ষার নহে।

ক্ষারের ধর্ম :—(i) ক্ষার জলে দ্রাব্য এবং জলের দ্রবণে ইহারা $(OH)^-$ আয়ন উৎপন্ন করে। (ii) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করে। (iii) ইহাদের দ্রবণ, সাবানের মত হাতে পিচ্ছিল লাগে এবং ইহাদের স্বাদ অতি তীব্র ও কটু। (iv) ইহাদের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে এবং বর্ণহীন ফিনল্পথ্যালিনকে (phenolphthalein) লাল রংএ পরিবর্তিত করে। (v) ক্ষার এবং ক্ষারক উভয়েই অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জল এবং লবণ উৎপন্ন করে।

ক্ষারের অ্যাসিড প্রশমন ক্ষমতাকে উহার অম্লগ্রাহিতা (acidity of a base) বলে। ক্ষারের এক অণুতে যত সংখ্যক প্রতিস্থাপনীয় (OH) মূলক থাকে সেই সংখ্যা দ্বারা উহার অম্লগ্রাহিতা নির্ণীত হয়। NaOH ও KOH উভয়েই একাম্লগ্রাহী ক্ষার (monacid base) কারণ ইহাদের মধ্যে মাত্র একটি (OH) মূলক আছে। $Ba(OH)_2$ দ্বি-অম্লগ্রাহী ক্ষার কারণ ইহার মধ্যে দুইটি (OH) মূলক আছে।

(c) **লবণ (Salt) :** অ্যাসিডে যত সংখ্যক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, তাহারা যদি কোনও ধাতু বা ধাতুর সমান কোন ক্ষারীয় মূলক (basic radical) দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হয়, তাহা হইলে যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে **লবণ** বলে। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (HCl) হাইড্রোজেন, সোডিয়াম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) নামক লবণ উৎপন্ন হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু, একটি একটি করিয়া সোডিয়াম ধাতু অথবা অ্যামোনিয়াম (NH_4) ধাতুকল্প দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যথাক্রমে $NaHSO_4$ (সোডিয়াম বাইসালফেট অথবা অ্যাসিড সোডিয়াম সালফেট) ও Na_2SO_4 (সোডিয়াম সালফেট) এবং $(NH_4)HSO_4$ (অ্যামোনিয়াম বাইসালফেট) ও $(NH_4)_2SO_4$ (অ্যামোনিয়াম সালফেট) উৎপন্ন হয়।

সোডিয়াম ক্লোরাইড হইল সাধারণ খাদ্য লবণ। ইহা **শমিত লবণ** (normal salt)। সেইরূপ Na_2SO_4, $(NH_4)_2SO_4$ প্রভৃতিও শমিত লবণ। কিন্তু $NaHSO_4$, $(NH_4)HSO_4$ ইত্যাদি **অ্যাসিড লবণ** বা **বাই-লবণ** নামে অভিহিত হয়, কারণ ইহাদের মধ্যে অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর একটি এখনও বর্তমান আছে। সেইরূপ **ক্ষারলবণও** সময় সময় উৎপন্ন হইয়া থাকে। তাহাতে অ্যাসিড প্রশমিত হইবার পরও উৎপন্ন লবণের সহিত বেশী ক্ষার যুক্ত হইয়া থাকে, যেমন

4.2. সাধারণ লবণ (NaCl), সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3), কষ্টিক সোডা (NaOH) এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (HCl) রাসায়নিক সংযুতি এবং ব্যবহার।

(*a*) **সাধারণ লবণ (NaCl) :** সাধারণ লবণের রাসায়নিক নাম হইল সোডিয়াম ক্লোরাইড। ইহার সংযুতি সংকেত হইল NaCl এবং ইহা বর্ণহীন, স্বচ্ছ স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। (*i*) খাদ্য-লবণ হিসাবেই ইহা প্রধানতঃ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা খাদ্যে আস্বাদ (flavour) প্রদান করে এবং খাদ্য হজম করিতে সাহায্য করে। ইহা রক্তের উপাদান হিসাবে জীবদেহে দেখিতে পাওয়া যায়। (*ii*) ইহা নানা প্রকার শিল্পে ব্যবহৃত হয়। মাটি পোড়াইয়া যে পাইপ (pipe) তৈয়ারী হয় তাহার উজ্জ্বলতা (glaze) সম্পাদন করিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। (*iii*) শীতপ্রধান দেশের রাস্তার জমা বরফ গলাইতে ইহা ব্যবহৃত হয়; লবণ বরফের উপর ছিটাইয়া দিলে বরফের হিমাঙ্ক কমিয়া যায় এবং উহা 0° সেন্টিগ্রেডের নিম্ন উষ্ণতায় গলিয়া যায়। (*iv*) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, কষ্টিক সোডা, ধাতব সোডিয়াম, সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম সালফেট, ক্লোরিণ প্রভৃতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যের উৎপাদনের জন্য সোডিয়াম ক্লোরাইড বহুলাংশে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(*b*) **সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) :** ইহার সাধারণ নাম হইল ধৌত-সোডা (Washing Soda)। ইহার রাসায়নিক সংযুতি-সংকেত হইল Na_2CO_3। ইহা জলে দ্রাব্য এবং জলের দ্রবণ হইতে ইহাকে কেলাসিত করিলে ইহা দশ অণু জল লইয়া কেলাসিত হয় এবং তখন ইহার সংযুতি-সংকেত হইল $Na_2CO_3, 10H_2O$। কিন্তু এই কেলাসিত সোডিয়াম কার্বনেট উদ্‌ত্যাগী এবং ইহাকে বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে ইহার নয় অণু জল উপিয়া যায় এবং Na_2CO_3, H_2O পড়িয়া থাকে। এই Na_2CO_3, H_2O বাজারে কাপড় কাচা সোডা হিসাবে কিনিতে পাওয়া যায়।

সোডিয়াম কার্বনেট দৈনন্দিন জীবনযাত্রায় নানা কার্যে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কাপড় পরিষ্কার করিতে ইহার ব্যবহার সর্বজনবিদিত। বিভিন্ন শিল্পে প্রচুর সোডিয়াম

কার্বনেট ব্যবহৃত হয়, যেমন কাঁচশিল্পে, সাবান প্রস্তুতে, কষ্টিক সোডার পণ্য উৎপাদনে এবং কাগজশিল্পে যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়। জলের মৃদুকরণে, সোডিয়ামের অন্য লবণ উৎপাদনে এবং পরীক্ষাগারে প্রয়োজনীয় বিকারক (reagent) হিসাবে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

(*c*) **কষ্টিক সোডা** (NaOH): ইহার রাসায়নিক নাম হইল সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং ইহার সংযুতি-সংকেত হইল NaOH। বর্তমানে ইহা তড়িৎশক্তি-প্রয়োগে বিপুল পরিমাণে বিশুদ্ধ অবস্থায় উৎপাদিত হইয়া থাকে।

কষ্টিক সোডা ধাতব সোডিয়াম উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। শক্ত সাবান, কাগজ ও নকল সিল্ক প্রস্তুত করিতে, তৈলের রং নষ্ট করিতে এবং তৈলের শোধনে, অ্যালুমিনিযাম ধাতুর উৎপাদনের জন্য উহার আকরিক বক্সাইটের শোধন করিতে এবং পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে কষ্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়।

(*d*) **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড** (HCl): ইহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ; ইহার সংযুতি-সংকেত হইল HCl। সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং উহাকে জলে দ্রবীভূত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ইহা যথেষ্ট পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ঔষধ হিসাবেও ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। তখন খুব পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ, পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া ব্যবহৃত হয়। ক্লোরিণ ও ধাতব ক্লোরাইড উৎপাদনে, রঞ্জনশিল্পে, রংপ্রস্তুতে এবং লোহার উপর টিন অথবা জিঙ্কের প্রলেপ দেবার সময়, লোহার গায়ের মরিচা অপসারিত করিতে, ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

4.3. নাইট্রোজেন চক্র—সীমজাতীয় উদ্ভিদের গুটিতে অবস্থিত জীবাণুর ক্রিয়া ও শস্যের বিবর্তন (nitrogen cycle—action of certain bacteria present in the nodules of root hairs of leguminous plants and rotation of crops).

নাইট্রোজেন চক্র : প্রকৃতিতে একটি সুনিয়ন্ত্রিত নাইট্রোজেন চক্রের (Nitrogen cycle) অস্তিত্ব দেখিতে পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন-মৌল যথেষ্ট পরিমাণে বায়ুতে

বর্তমান। আবার নাইট্রোজেন-মৌলঘটিত একটি যোগিক পদার্থ প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহে প্রচুর পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। এই যৌগিক পদার্থটি প্রোটিন (protein) নামে অভিহিত হয়। বস্তুত, এই প্রোটিন ব্যতীত প্রাণিজগতের অস্তিত্ব বা বৃদ্ধি মোটেই সম্ভব হয় না। প্রোটিন, প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের একটি অপরিহার্য উপাদান। ইহা কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের যৌগ। প্রাণীরা বায়ুর নাইট্রোজেনকে অথবা নাইট্রোজেনযুক্ত কোন যৌগিক পদার্থের নাইট্রোজেনকে, দেহাভ্যন্তরে লইয়া সরাসরি প্রোটিনে পরিবর্তিত করিতে পারে না। এই বিষয়ে প্রাণিগণকে উদ্ভিদের উপর নির্ভর করিতে হয়। মাংসাশী প্রাণীরা যে সমস্ত প্রাণীর দেহ ভক্ষণ করে তাহাদের মধ্যস্থিত প্রোটিন গ্রহণ করিয়া দেহ গঠন করে। কিছু উদ্ভিদ, উর্বরা ভূমিতে অবস্থিত দ্রাব্য নাইট্রেট হইতে নাইট্রোজেন আত্মসাৎ করিয়া উহাকে প্রোটিনে রূপান্তরিত করে। আবার কোনো কোনো উদ্ভিদ, তাঁহাদের শিকড়ে অবস্থিত কতকগুলি জীবাণু বা ব্যাক্টেরিয়া (bacteria) দ্বারা, বায়ুস্থিত নাইট্রোজেনকে তাহাদের গ্রহণযোগ্য নাইট্রোজেন-যৌগে পরিবর্তিত করে এবং সেই যৌগ হইতে নাইট্রোজেন লইয়া প্রোটিন গঠন করে। নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় মৌল। সেই কারণে বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন, যদিও শ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত প্রাণীরা গ্রহণ করে, তাহারা কিন্তু সরাসরি জীবদেহে অন্য মৌলের সহিত উহার মিলন ঘটাইয়া উহাকে নাইট্রোজেন-যৌগে পরিবর্তিত করিতে পারে না।

স্বাভাবিক নিয়মে, বায়ুস্থ নাইট্রোজেন হইতে নাইট্রোজেনের দ্রাব্য-যৌগ উর্বরা জমিতে যেভাবে উৎপন্ন হয়, তাহার বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল।

(*a*) উর্ধ্বে অবস্থিত বায়ুর ভিতর দিয়া অহরহ উচ্চ ভোল্টে যে তড়িৎমোক্ষণ হইতেছে তাহা দ্বারা এবং সূর্যকিরণে রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ হয়, যাহার ফলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড (নাইট্রিক অক্সাইড) উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড (NO) অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে (NO_2) রূপান্তরিত হয়। পরে বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া উহা মাটিতে পড়ে এবং নাইট্রিক অ্যাসিডে (HNO_3) রূপান্তরিত হইয়া উহা মাটিতে অবস্থিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ঘটিত ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রেট উৎপন্ন করে। উদ্ভিদ তাহার শিকড় দিয়া, এই দ্রাব্য নাইট্রেট গ্রহণ করে এবং তাহা হইতে তাহার দেহাভ্যন্তরে প্রোটিন উৎপাদন করে। প্রতিদিন, এইভাবে সমস্ত পৃথিবী ব্যাপিয়া প্রায় গড়ে 250,000 টন (বা $250{,}000 \times 27$ মণ) নাইট্রিক অ্যাসিড

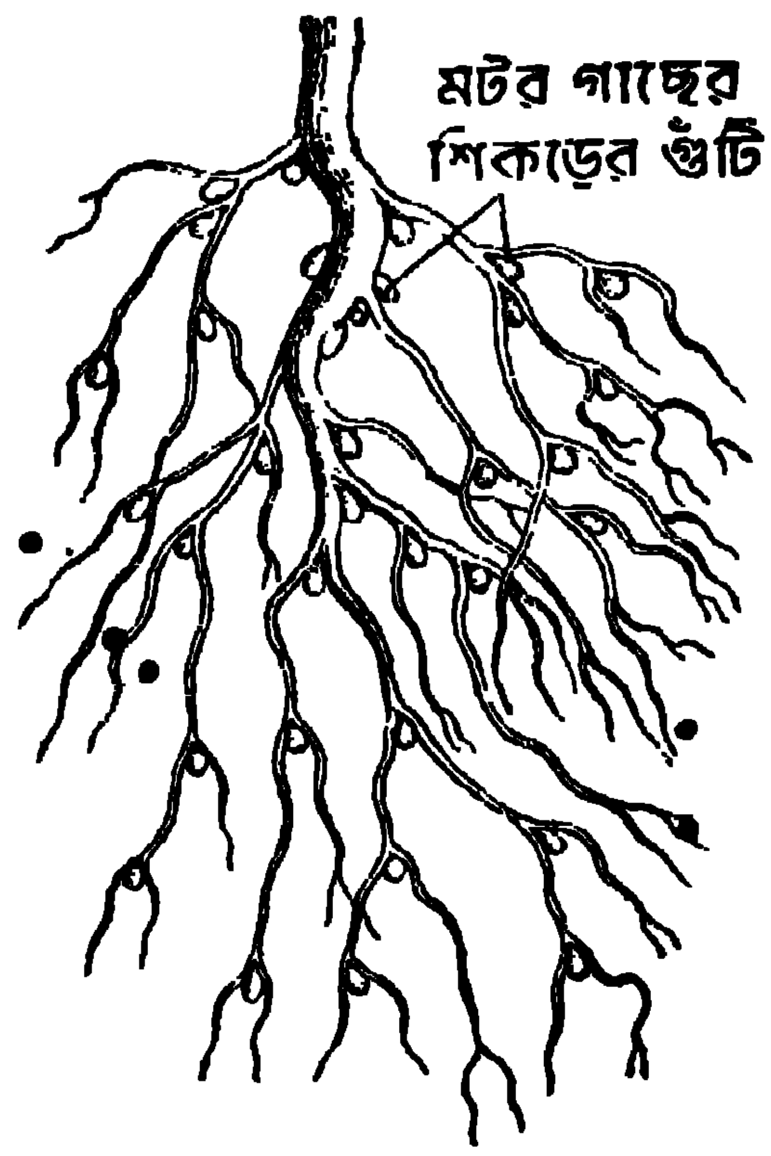
বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন এবং জলের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন হইতে উৎপন্ন হইয়া মাটিতে আসিয়া পড়িতেছে এবং উহা দ্বারা নাইট্রোজেনের যোগান হইতেছে।

$N_2 + O_2 = 2NO$; $2NO + O_2 = 2NO_2$

(নাইট্রিক অক্সাইড) (নাইট্রোজেন পার অক্সাইড)

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO.$$

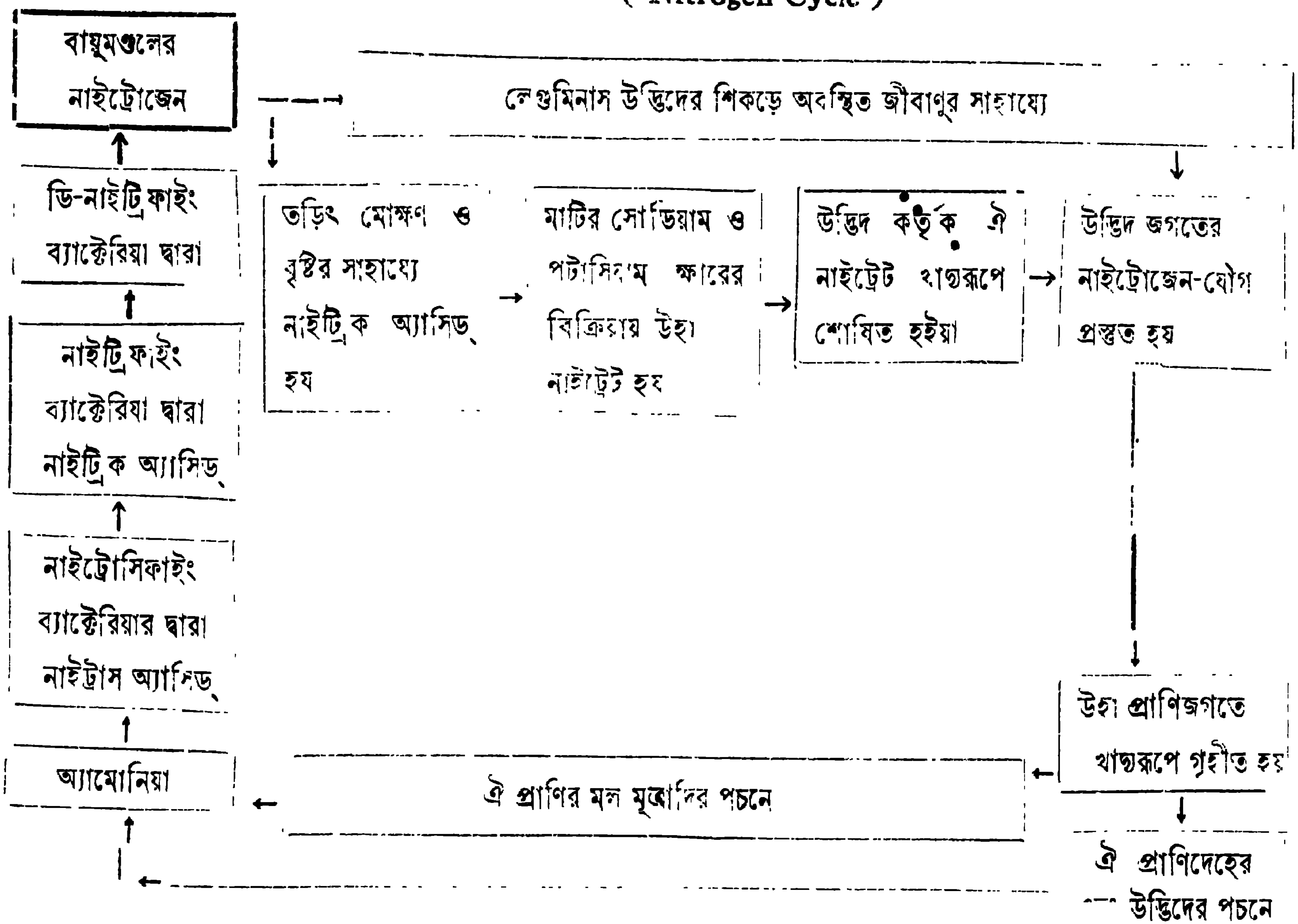
(*b*) শিমজাতীয় উদ্ভিদের (leguminous plants, যথা, ছোলা, মটর, শিম প্রভৃতি) শিকড়ে একপ্রকার গুটি থাকে (1 নং চিত্র দেখ)। উক্ত গুটিতে একপ্রকার জীবাণু (bacteria) বাস করে। ঐ জীবাণু, উদ্ভিদগুলির নিকট হইতে তাহাদের খাদ্যবস্তু (কার্বো-হাইড্রেট) পায় এবং তাহার পরিবর্তে তাহারা বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে উদ্ভিদের খাদ্যোপযোগী জৈব (organic) পদার্থ উৎপাদন করিয়া উদ্ভিদগুলির খাদ্যের ব্যবস্থা করে। এইজন্য এই প্রকারের জীবাণুগুলিকে বন্ধুত্বসূত্রে আবদ্ধ (symbiotic) জীবাণু বলে। কাজেই এই শিমজাতীয় উদ্ভিদের মূল, মাটিতে নাইট্রোজেনের যোগান দিতেছে।



1 নং চিত্র

(*c*) অনেক সময় নাইট্রোজেনঘটিত সার প্রয়োগ করিয়া ধান চাষ করা হয় এবং অগ্রহায়ণ-পৌষ মাসে ধান উঠিয়া গেলে ঐ জমিতে মটর, কলাই, বরবটি প্রভৃতি শস্যের গাছ উৎপন্ন করা হয়। ফল হওয়ার পর, ঐ গাছগুলিকে কাটিয়া লইয়া উহাদের শিকড়গুলিকে জমিতে রাখিয়া দেওয়া হয়। পরে ঐ জমি লাঙ্গল দিয়া চষিয়া শিকড়গুলিকে মাটির সহিত মিশাইয়া দিলে, শিকড়ে অবস্থিত নাইট্রোজেন-যৌগ, মাটিতে থাকিয়া সারের কার্য করে। এইরূপে জমিতে আপনা-আপনি নাইট্রোজেনের অভাব দূর হয়। কাজেই একই জমিতে সর্বদা একই ফসল না ফলাইয়া বিভিন্ন ফসল পর্যায়ক্রমে ফলাইলে জমির উর্বরতা নষ্ট হয় না। এই পদ্ধতিকে **শস্যের বিবর্তন** (rotation of crops) বলা হয়। এই শস্যের বিবর্তনের ফলে আর-একপ্রকার সুবিধা পাওয়া যায়। একই প্রকার শস্য উৎপাদনের ফলে জমিতে শস্য-কীট জন্মাইয়া থাকে এবং তাহারা শস্যের ধ্বংস সাধন করে। কিন্তু শস্যের বিবর্তন ঘটাইলে সেই সকল শস্য-কীটও নষ্ট হইয়া যায় এবং তাহাতে পরে মূলশস্যের আর কোন হানি হয় না।

নাইট্রোজেন-চক্র
(Nitrogen Cycle)



(*d*) আবার প্রাণিদেহের মলমূত্রাদির সহিত নির্গত নাইট্রোজেন-যৌগের পচনে এবং জীবজন্তুর মৃতদেহের ও উদ্ভিদের পচনে, প্রোটিনের বিশ্লেষণ হয় এবং তাহার ফলে জমিতে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। এই অ্যামোনিয়া জমিতে অবস্থিত নাইট্রোসিফাইং (nitrosifying) জীবাণু দ্বারা প্রথমে নাইট্রাস অ্যাসিড তথা নাইট্রাইট-এ (নাইট্রাস অ্যাসিডের সহিত জমিস্থিত ক্ষারের ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন) রূপান্তরিত হয় এবং পরে নাইট্রিফাইং (nitrifying) জীবাণুর ক্রিয়া দ্বারা ঐ নাইট্রাইট, নাইট্রেটে পরিণত হয়। সেই নাইট্রেটের কিছু অংশ, উদ্ভিদেরা তাহাদের দেহের বৃদ্ধির জন্য খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে এবং অবশিষ্ট অংশ, ডিনাইট্রিফাইং (denitrifying) জীবাণু দ্বারা পুনরায় মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়।

এই স্বতঃ-নিয়ন্ত্রিত প্রাকৃতিক প্রক্রিয়াগুলির ফলে, বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন প্রথমে বায়ু হইতে মাটিতে এবং পরে মাটি হইতে উদ্ভিদে, উদ্ভিদ হইতে প্রাণীতে, উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ হইতে পুনরায় মাটিতে এবং তথা হইতে বায়ুতে ফিরিয়া যায়। এই স্বতঃ-নিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়াকে **নাইট্রোজেন-চক্র** (Nitrogen cycle) বলে। এই সকল প্রক্রিয়া এরূপ সুসম্বন্ধ যে, বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সর্বসময়ে একই থাকে। নাইট্রোজেন চক্র পূর্ব-পৃষ্ঠায় একটি ছক আঁকিয়া দেখান হইল।

4.4. কৃষিকার্যে নাইট্রোজেন-যৌগের প্রয়োজনীয়তা এবং সারসমূহের (যথা—অ্যামোনিয়াম সালফেট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট)-উৎপাদন ও তাহাদের ব্যবহার (Usefulness of nitrogen compounds in agriculture and preparation of fertilisers, such as, ammonium sulphate and ammonium nitrate and their uses).

উপরের আলোচনা হইতে সম্যক বুঝিতে পারা গেল যে উদ্ভিদেরা তাহাদের দেহের বৃদ্ধির জন্য নাইট্রোজেন-যৌগ খাদ্য-হিসাবে গ্রহণ করে। এজন্য কৃষিকার্যে নাইট্রোজেন-যৌগের বিশেষ প্রয়োজনীয়তা আছে। উপরে লিখিত স্বাভাবিক নিয়মে জমিতে যে নাইট্রোজেন-যৌগ যুক্ত হয়, তাহার পরিমাণ, পৃথিবীর বিপুল লোকসংখ্যার উপযুক্ত খাদ্য উৎপাদনের পক্ষে যথেষ্ট নয়, এইজন্য নাইট্রোজেনঘটিত সার জমিতে প্রয়োগ করা প্রয়োজন হয়। তাই অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (দুইটি নাইট্রোজেনঘটিত দ্রাব্য যৌগ) জমিতে সার হিসাবে যোগ করিয়া জমির উৎপাদন-শক্তি বৃদ্ধি করা হয়।

অ্যামোনিয়াম সালফেট ও নাইট্রেট-এর উৎপাদন :—পূর্বে কোক্ তৈয়ারীর উনানে (Coke-oven) উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষণ

করাইয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপাদন করা হইত এবং ইহাই একমাত্র পদ্ধতি ছিল। বর্তমানে ইহা ছাড়াও, সিঁদ্রীতে (বিহার) সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে (Synthetic process), নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে বহুল পরিমাণে অ্যামোনিয়া (NH_3) উৎপন্ন করিয়া, সেই অ্যামোনিয়ার সহিত ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) ও কার্বন-ডাই-অক্সাইডের (CO_2) বিক্রিয়াদ্বারা অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] উৎপন্ন করা হইতেছে। এই অ্যামোনিয়াম সালফেট বাজারে সার হিসাবে বিক্রীত হয়।

$$2NH_3 + CaSO_4 + CO_2 + H_2O = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

(ক্যালসিয়াম কার্বনেট)

আবার সংশ্লেষিত অ্যামোনিয়াকে বিশুদ্ধ বায়ুর সহিত মিশ্রিত করিয়া, ঐ মিশ্রণকে 550° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় প্ল্যাটিনামজালি অনুঘটকের (catalyst) উপর দ্রুত চালনা করিলে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহিত পরে বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড (NO_2) উৎপাদন করে। উক্ত নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডকে জলে শোষণ করাইলে নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) উৎপন্ন হয়। সেই নাইট্রিক অ্যাসিডে অ্যামোনিয়াকে (NH_3) শোষণ করাইলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয় এবং এই দ্রবণকে শুষ্ক করিলে কঠিন অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) পাওয়া যায়।

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$

(নাইট্রিক অ্যাসিড) (নাইট্রাস্ অ্যাসিড)

$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

$$HNO_3 + NH_3 = NH_4NO_3.$$

4.5. চুনের উৎপাদন এবং চুন হইতে উৎপন্ন দ্রব্যাদি (Preparation of lime and its products).

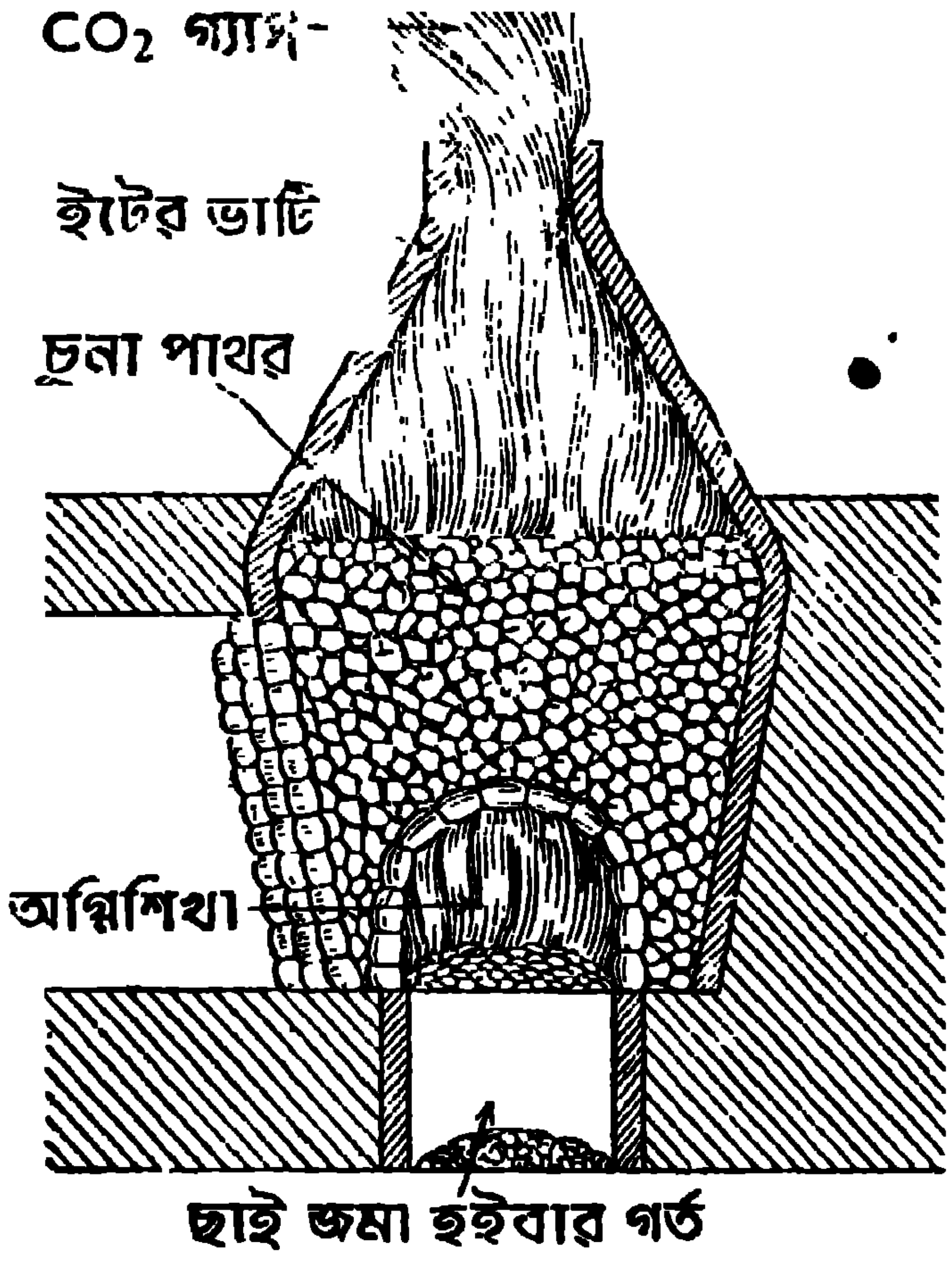
চুন প্রস্তুত করিবার খনিজ পদার্থ : চুনা পাথর, খড়িমাটি ও মার্বেল (Limestone, Chalk and Marble) প্রভৃতি খনিজ পদার্থে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) আছে। আবার জলে যে সমস্ত শামুক ও ঝিনুক পাওয়া যায় তাহাদের খোলার উপাদানেও ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে। চুন প্রস্তুত করিতে এই খনিজ পদার্থগুলি ব্যবহৃত হয়।

চুনের উৎপাদন ঃ উপরে লিখিত পদার্থসমূহকে তীব্রভাবে 1000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে চুন (ক্যালসিরাম অক্সাইড, CaO) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) পাওয়া

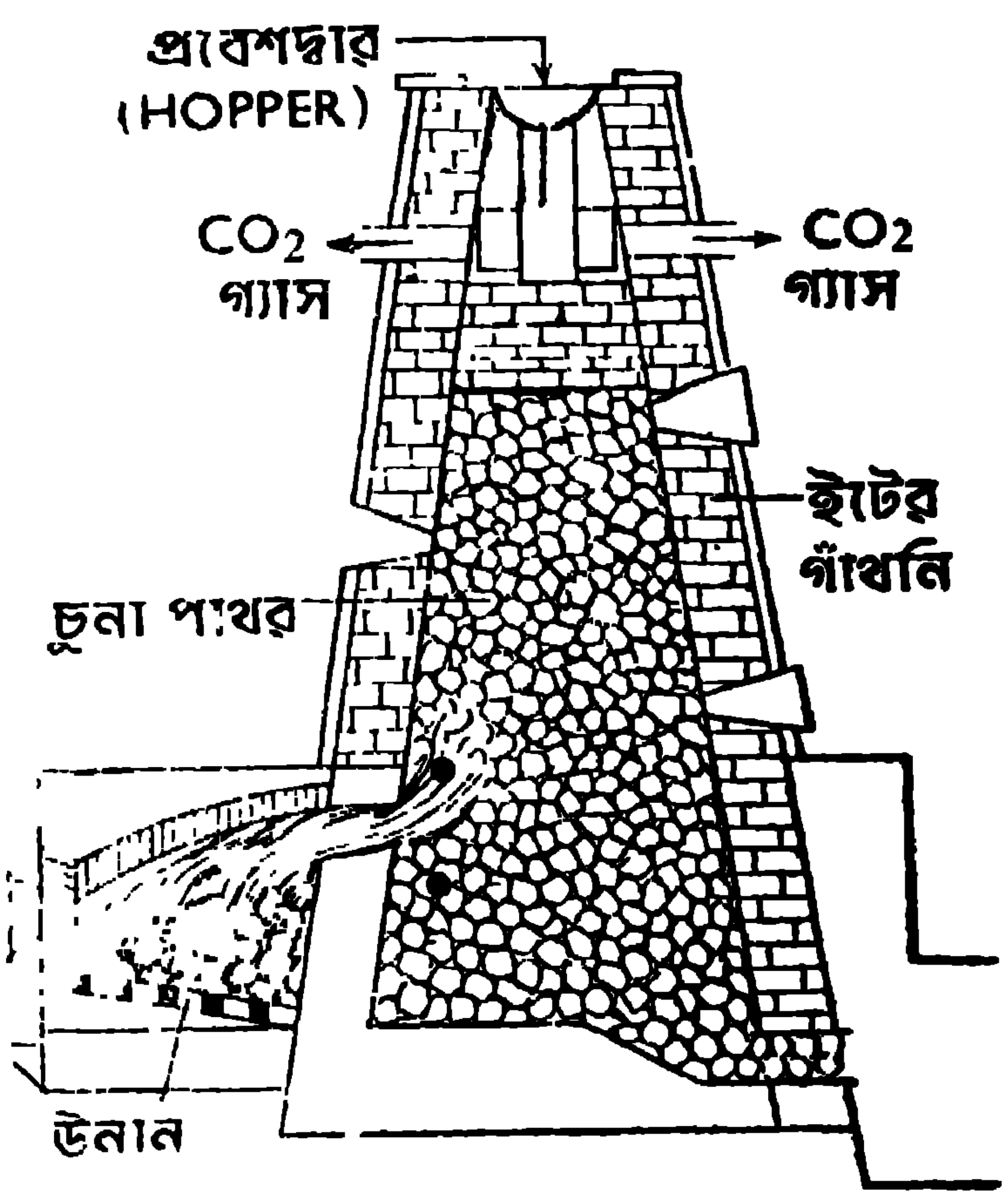
$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

যায়। এই বিক্রিয়া উভমুখী। কাজেই খোলা জায়গায় এরূপভাবে চুনাপাথর পোড়াইতে হয় যাহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গে উহা অপসারিত হয়; তাহা হইলেই সমস্ত চুনাপাথর বিশ্লিষ্ট হইয়া চুন উৎপন্ন হইবে। চুন-উৎপাদন দুই পদ্ধতিতে নিষ্পন্ন করা হয়—একটি সবিরাম পদ্ধতি এবং অপরটি অবিরাম পদ্ধতি।

সবিরাম পদ্ধতি—এই পদ্ধতিতে একটি ইষ্টকনির্মিত ভাঁটিতে (kiln) চুনা পাথরকে কয়লা বা কাঠ জ্বালাইয়া পোড়ানো হয় (2নং চিত্র দেখ)। এই ভাঁটির ভিতর প্রথমে একস্তর কয়লা বা কাঠ এবং পরে একস্তর চুনাপাথর এইভাবে কয়েক স্তর সাজানো হয়। পরে কয়লার বা কাঠের স্তরে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। উষ্ণ বায়ু,



2 নং চিত্র



3 নং চিত্র

প্রবাহ চুনাপাথরের ভিতর দিয়া উঠিবার সময় উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে উপর দিকে ঠেলিয়া লইয়া যায়। চুন, কয়লা বা কাঠের ছাইএর সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ভাঁটির নীচের দিকে জমে। বিক্রিয়া শেষ হইলে, চুন চাঁচিয়া বাহির করা হয়। তৎপরে ভাঁটিতে পুনরায় চুনাপাথর ও কয়লা বা কাঠ সাজানো হয়। ইহাতে সময় বেশী অপব্যয় হয়।

অবিরাম পদ্ধতি—এই পদ্ধতিতে একটি শঙ্কু আকৃতির ইষ্টকনির্মিত চুল্লী ব্যবহৃত হয়। ইহার মাথায় একটি প্রবেশদ্বার (hopper) থাকে তাহার ভিতর দিয়া চুনাপাথরের টুকরা চুল্লীর ভিতর ফেলিয়া চুল্লী বোঝাই করা হয় (3নং চিত্র দেখ)। চুল্লীর নীচের দিকে একপার্শ্বে উনান থাকে এবং তাহাতে কোককয়লা পোড়ানো হয়। জ্বলন্ত কয়লার শিখা ও উষ্ণ গ্যাসের প্রবাহ, চুল্লীর নিম্নাংশে প্রবেশ করিয়া চুনাপাথরের মধ্য দিয়া ঊর্ধ্বমুখে যায় এবং তাহাতেই চুনাপাথর উত্তপ্ত হইয়া বিশ্লিষ্ট হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড-গ্যাস উষ্ণ বায়ুপ্রবাহ দ্বারা তাড়িত হইয়া ঊর্ধ্বে উঠে এবং উপরের দুইটি নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন চুনকে উনানের নীচে অপর পার্শ্বে অবস্থিত খিড়কী দরজা দিয়া মাঝে মাঝে চাঁচিয়া বাহির করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে উপর হইতে চুনাপাথর ফেলা হয়। এইভাবে চুল্লীকে শীতল হইতে না দিয়া ক্রমাগত চুন উৎপাদন করা হইয়া থাকে। এই পদ্ধতিতে তাই অবিচ্ছিন্নভাবে, চুন (CaO) এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) দুইই পণ্য হিসাবে উৎপন্ন করা হইয়া থাকে। এইভাবে যে চুন উৎপন্ন হইল তাহাকে **পাথুরে চুন** (CaO) বলে।

চুন হইতে উৎপন্ন দ্রব্যাদি ঃ

(*i*) **কলিচুন** (Slaked lime) :—পাথুরে চুনে (CaO) অল্প অল্প করিয়া জল দিলে জলের সঙ্গে পাথুরে চুনের রাসায়নিক সংযোগ হয় এবং যথেষ্ট তাপ উদ্ভূত হয়। এই তাপের জন্য কিছুটা জল বাষ্পে পরিণত হয়। উপযুক্ত পরিমাণ জল যোগ করিলে পাথুরে চুন ফুলিয়া উঠে এবং শেষে কলিচুনের [Slaked lime—$Ca(OH)_2$] সাদা শুষ্ক গুঁড়া পাওয়া যায়। $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$.

(*ii*) **চুনের জল** (Lime water) :—সামান্য কলিচুনে অত্যধিক পরিমাণ জল দিলে কলিচুন জলে দ্রবীভূত হয়। উপর হইতে এই পরিষ্কার কলিচুনের দ্রবণকে ঢালিয়া লওয়া হয়। ইহাকে চুনের জল বলে। এই চুনের জল শিশুদের পেটের অসুখে উপকার করে।

চুনের জলের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে প্রথমে চুনের জল ঘোলা হয়। তাহার কারণ অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) উৎপন্ন হয় এবং তাহাই জলকে ঘোলা করে।

$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$

কিন্তু বেশী পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস, উক্ত ঘোলা দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম

করাইলে আবার পরিষ্কার দ্রবণ উৎপন্ন হয়। তখন দ্রবণে সহজ-দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট [$Ca(HCO_3)_2$] উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca(HCO_3)_2.$$

(*iii*) **চুন-গোলা** (Milk of lime):—অল্প জলে অতিরিক্ত কলিচুন যোগ করিলে চুন ও জলের অপদ্রব (emulsion) উৎপন্ন হয়। ইহাকে চুনগোলা বলে। ইহা শিল্পে সস্তার ক্ষার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(*iv*) **সোডা-লাইম** (Soda-lime) :—পাথুরে চুনে কষ্টিক সোডার ($NaOH$) দ্রবণ যোগ করিলে কলিচুন ও কষ্টিক সোডার মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। সোডা-লাইম, গ্যাস শুষ্কীকরণে, কার্বণ ডাই-অক্সাইড শোষণ করিতে এবং পরীক্ষাগারে মিথেন (methane, CH_4) তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয়।

ইহা ছাড়া, চুনা-মর্টার (lime-mortar) প্রস্তুতে এবং সিমেন্ট উৎপাদনে চুন ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

4.6. খর জল এবং মৃদু জল--খর জলের মৃদুতা সম্পাদন (Hard Water and Soft Water—Softening of Hard Water).

খর জল ও মৃদু জল (Hard Water and Soft Water) :—যে জল সাবানের সহিত ঘষিলে সহজে ফেনা দেয় না তাহাকে **খর জল** বলে। যে জল সহজে সাবানের সঙ্গে ফেনা দেয়, তাহাকে **মৃদু জল** বলে।

জল খর হইবার কারণ—স্বাভাবিক জলে নানা প্রকারের ধাতব লবণ দ্রবীভূত থাকে। তাহার ভিতর ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে জল খর হইয়া থাকে। সাধারণতঃ খর জলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট [$Ca(HCO_3)_2$ এবং $Mg(HCO_3)_2$], ক্লোরাইড ($CaCl_2$ এবং $MgCl_2$) ও সালফেট ($CaSO_4$ এবং $MgSO_4$) দ্রবীভূত অবস্থায় পাওয়া যায়।

খর জল সাবানের সঙ্গে ফেনা সৃষ্টি করে না কেন? সাবানে পামিটিক, ষ্টিয়ারিক ও ওলিক (Palmitic, Stearic ও Oleic) প্রভৃতি জৈব (organic) অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর দ্রবণীয় লবণ থাকে। সাবান জলে ঘষিলে ঐ সমস্ত লবণ জলে দ্রবীভূত হয় এবং তাহাতে জলের পৃষ্ঠটান (Surface tension) অনেক কমিয়া যায়। তাহাতেই সাবানের জলে বায়ুর বুদ্‌বুদ্‌গুলি (ফেনা) অনেকক্ষণ স্থায়ী হয়। সাবানের সঙ্গে খর জল মিশাইলে ঐ জলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণের সহিত সাবানের রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং ইহার ফলে ক্যালসিয়াম ও

ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর জৈব অ্যাসিডগুলির অদ্রাব্য লবণ উৎপন্ন হয় এবং সাবানে আর সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের জৈব লবণ থাকে না। সুতরাং ফেনার সৃষ্টি হইতে পারে না।

$$2Na-Stearate+CaCl_2=2NaCl+Ca-Stearate$$ (সাদা অধঃক্ষেপ)

(সোডিয়াম ষ্টিয়ারেট) (ক্যালসিয়াম ষ্টিয়ারেট)

এইভাবে যতক্ষণ না খর জলের সমস্ত ক্যালসিয়ামের ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ অপসারিত হয়, ততক্ষণ সাবানদ্বারা কাপড় পরিষ্কার করা যায় না। সেই কারণে কাপড় কাচার সময় খর জল ব্যবহার করিলে অনেক সাবান অপব্যয়িত হয়।

অতএব সাবান অপব্যয় না করিয়া কাপড় পরিষ্কার করিবার জন্য মৃদু জল দরকার হয় এবং যে প্রণালীদ্বারা খর জলের দ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ অপসারিত করা হয়, তাহাকে জলের মৃদুকরণ (softening) বলা হয়।

খরতার প্রকার ভেদ :—জলের খরতা **অস্থায়ী** বা **স্থায়ী** দুই প্রকারের হইতে পারে। যখন জলে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, তখন জলে যে খরতা দেখা দেয়, তাহা **অস্থায়ী** (temporary) খরতা, কারণ উক্ত প্রকারের খরতা কেবলমাত্র জলকে ফুটাইলে অথবা অন্য কোনো সহজ উপায়ে দূর করা যায়। কিন্তু জলে যখন ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বা সালফেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিয়া খরতা উৎপাদন করে, সেই খরতাকে **স্থায়ী** (permanent) খরতা বলে, কারণ এই খরতা জল ফুটাইয়া বা অন্য কোনো সহজ উপায়ে দূর করা যায় না।

জলের খরতা অপসারণ ও মৃদুকরণ :—যখন কোনো প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক পরিবর্তনের সাহায্যে জল হইতে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণগুলিকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণে পরিবর্তিত করিয়া অপসারিত করা হয় তখনই জল মৃদু অবস্থায় আসে। জলে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে জল খর হয় না।

অস্থায়ী খরতার অপসারণ :—জলের অস্থায়ী খরতা নিম্নলিখিত দুইটি উপায়ে অপসারিত করা যায় :—

(*i*) **জল ফুটাইয়া—**অস্থায়ী খর জলকে ফুটাইলে উহাতে দ্রবীভূত অবস্থায় স্থিত ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট [$Ca(HCO_3)_2$] ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট [$Mg(HCO_3)_2$] ভাঙ্গিয়া গিয়া অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। তাহার পর সেই জলকে কিছুক্ষণ স্থির অবস্থায় রাখিয়া দিলে অদ্রাব্য

কার্বনেটগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়। উপর হইতে পরিষ্কার জল তুলিয়া লইলে মৃদু জল পাওয়া যাইবে।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

(*ii*) **ক্লার্কের পদ্ধতিদ্বারা** (by Clarke's process).—অস্থায়ী খর জলের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন [$Ca(OH_2)$] যোগ করিলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) ও ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Mg(OH)_2$] অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O.$$

এই উপায়ে খরতা দূর করিতে হইলে প্রথমে জলে কি পরিমাণ খরতা বিদ্যমান, তাহা পরীক্ষাদ্বারা স্থির করিয়া প্রয়োজনমত চুন ব্যবহার করিতে হয়। তাহা না হইলে অধিক পরিমাণ চুন প্রয়োগ করার ফলে খরতা দূর না হইয়া বরং বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে, কারণ জলে চুনের দ্রাব্যতার (solubility) জন্য আরও খানিকটা ক্যালসিয়াম-ঘটিত দ্রব্য জলে আসিবে এবং জলের খরতা বৃদ্ধি করিবে।

স্থায়ী খরতা অপসারণ:—উপরে লিখিত দুইটি উপায়ের একটিও জলের স্থায়ী খরতা দূর করিতে পারে না। স্থায়ী খরতা দূর করিতেও দুইটি উপায় অবলম্বন করা হয়।

(*i*) **ধৌত সোডার সাহায্যে** (by using Washing-soda).—স্থায়ী খর-জলের সহিত কাপড়-কাচা সোডা বা সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) মিশাইলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এইভাবে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণগুলি অপসারিত হইলে জল মৃদু অবস্থায় আসে:

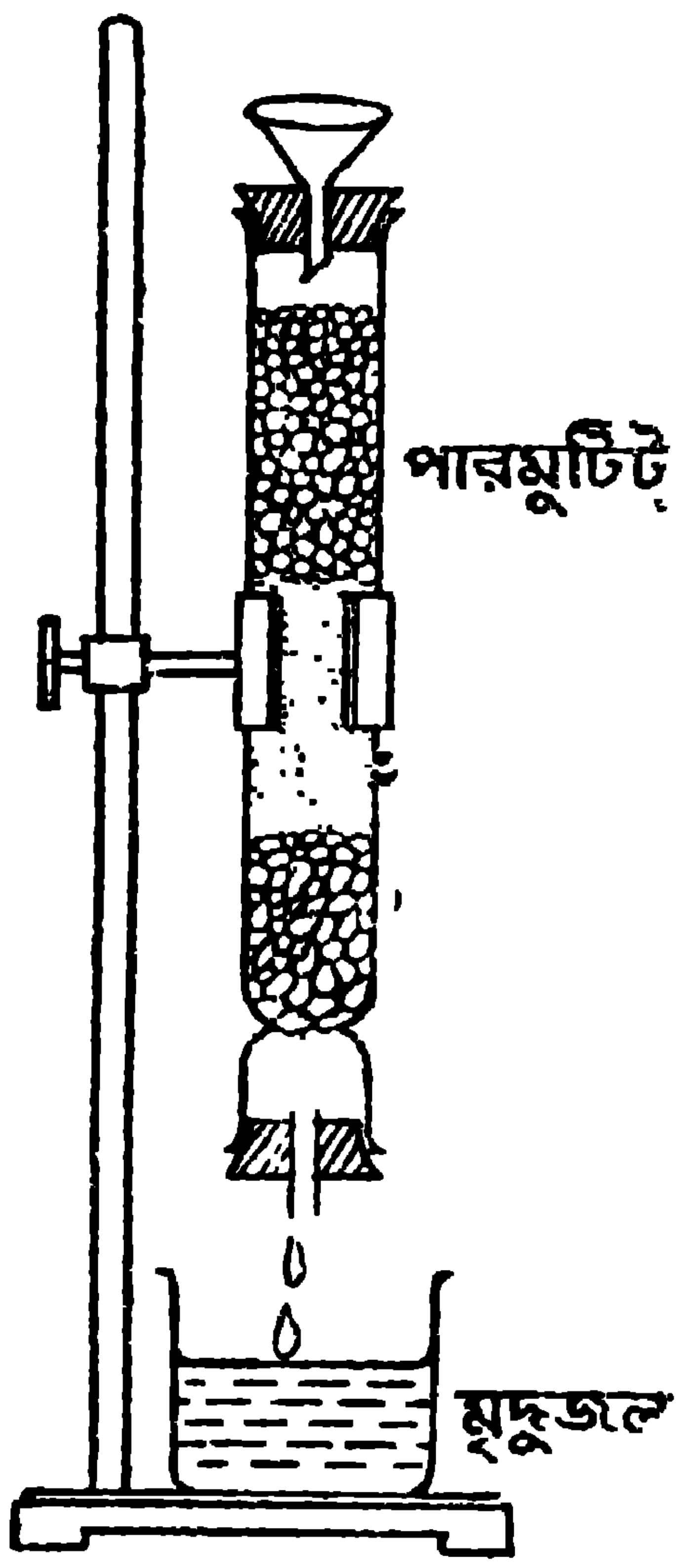
$$\underset{\text{(ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড)}}{CaCl_2} + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$

$$\underset{\text{(ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড)}}{MgCl_2} + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaCl$$

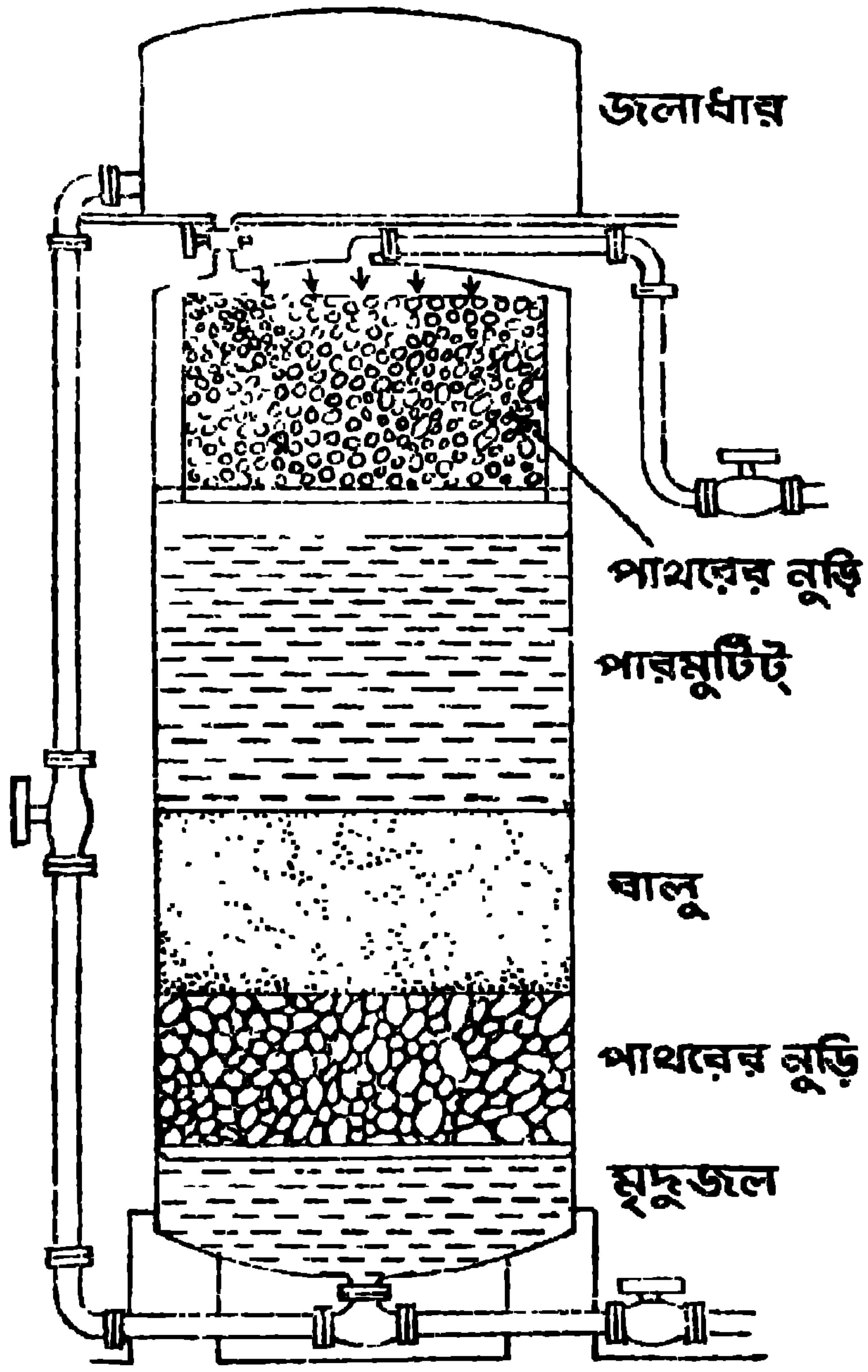
$$\underset{\text{(ম্যাগনেসিয়াম সালফেট)}}{MgSO_4} + Na_2CO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4$$

জলে কেবল মাত্র সোডিয়ামের লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, কিন্তু তাহার জন্য জলে কোনো প্রকার খরতা দেখা দেয় না। এখানে সোডিয়াম কার্বনেট যথেচ্ছা পরিমাণে ব্যবহার করা যায়, কারণ তাহা বেশী হইলেও খরতার বৃদ্ধির কোনো সম্ভাবনা নাই।

(*ii*) **পারমুটিট পদ্ধতিদ্বারা** (by Permutit Process)—প্রকৃতিতে জিয়োলাইট (zeolite) নামক কতকগুলি খনিজ পদার্থ পাওয়া যায়। সেগুলি সাধারণ মৃত্তিকার মত এবং উহারা সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেটের মিশ্রণে উৎপন্ন। কৃত্রিম উপায়েও সোডিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটের মিশ্রণে জিয়োলাইটের মত পদার্থ প্রস্তুত করা হইয়াছে। ইহার গুণাবলী খনিজ জিয়োলাইটের মত এবং ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে পারমুটিট (Permutit) জিয়োলাইট বা পারমুটিট। উভয় দ্রব্যেই, সোডিয়ামকে সহজেই সরাইয়া অন্য ধাতু তাহার স্থানে বসানো যাইতে পারে। ইহার এই ধর্মের উপর নির্ভর করিয়াই ইহাকে জল মৃদুকরণের জন্য ব্যবহার করা হইতেছে। 4(*a*) নং চিত্রে প্রদর্শিত মত একটি ইষ্টক বা লৌহ-নির্মিত উচ্চ ও গোলাকার প্রকোষ্ঠের ভিতর সোডিয়াম পারমুটিট রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া, উপর হইতে নীচের



4 (*a*) নং চিত্র



4 (*b*) নং চিত্র

দিকে, আস্তে আস্তে খর জল পড়িতে দেওয়া হয়। খর জল যখন পারমুটিট স্তরের ভিতর দিয়া যায় সেই সময় পারমুটিটের সোডিয়ামের স্থান, জলের ক্যালসিয়াম ও

ম্যাগনেসিয়াম অধিকার করে এবং অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম পারমুটিটের সৃষ্টি হয়। যে জল বাহির হইয়া আসে তাহাতে কোনো ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের লবণ থাকে না। কেবল সোডিয়ামের লবণ দ্রাবিত অবস্থায় থাকে।

$$2Na - \text{পারমুটিট} + CaSO_4 = Ca - \text{পারমুটিট} + Na_2SO_4$$

যেখানে বেশী পরিমাণে মৃদু জলের প্রয়োজন হয় (যেমন রেলের ইঞ্জিনগুলিতে), সেখানে লোহার সুউচ্চ গোলাকার স্তম্ভ ব্যবহৃত হয় এবং তাহার উপর জলাধারে খর জল পাম্পের সাহায্যে তুলিয়া ঐ স্তম্ভস্থিত পারমুটিট স্তরের উপর জলকে আস্তে আস্তে পড়িতে দেওয়া হয়। পারমুটিট স্তরের নীচে ও উপরে ঐ স্তম্ভের ভিতর মোটা বালু বা নুড়ি দেওয়া থাকে [4(*b*) নং চিত্র দেখ]।

কিছুদিন ব্যবহারের পর এই পারমুটিট হইতে সমস্ত সোডিয়াম অপসারিত হওয়ার ফলে ইহার খরতা-দূরীকরণের ক্ষমতা লোপ পায়। তখন ইহার ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে লবণ জল (brine with 10% NaCl) প্রবাহিত করানো হয়। তাহাতে সোডিয়াম পারমুটিট পুনর্গঠিত হয়।

$$Ca - \text{পারমুটিট} + 2NaCl = 2Na - \text{পারমুটিট} + CaCl_2$$

এখন যে জলটি বাহিরে আসে তাহা ফেলিয়া দেওয়া হয়।

এইভাবে পুনরুজ্জীবনের ফলে একই পারমুটিট বহুদিন ব্যবহার করা যায়। এই পারমুটিট পদ্ধতিতে উভয় প্রকার খরতাই দূরীভূত করা সম্ভব।

Objective Test : প্রশ্ন

A. Alternative respnose type :

(1) *Yes or no type* :—

(i) ক্ষার ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন হয় কি? ——

(ii) সকল অ্যাসিডেই হাইড্রোজেন থাকে কি? ——

(iii) খাদ্য-লবণ জলে দ্রবীভূত থাকিলে জল কি খর হয়? ——

(iv) পাথুরে চুনে জল ছড়াইলে উহা কি ঠাণ্ডা হয়? ——

(v) চুনের সাহায্যে, জলের স্থায়ী খরতা দূর করা যায় কি? ——

(vi) বাতাসের মধ্যে নাইট্রোজেনের পরিমাণ কি ক্রমে কমিয়া যাইতেছে? ——

(vii) জমিতে অ্যামোনিয়াম সালফেট দিলে কি উহার উর্বরাশক্তি বাড়ে? ——

(viii) অ্যামোনিয়া ও জলে হাইড্রোজেন আছে, কাজেই উহারা কি অ্যাসিড? ——

(2) *True or false type* :—

(i) অম্ল ক্ষারকে প্রশমিত করে। —

(ii) সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের অম্লগ্রাহিতা দুই। —

(iii) চুনা পাথরের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা একটি ক্ষারক। —

(iv) সোডিয়াম বাই-সালফেট একটি শমিত লবণ। —

(v) যে জল সাবানের সঙ্গে ফেনা উৎপন্ন করে তাহাকে মৃদু জল বলে। —

(vi) জমিতে নাইট্রোজেন-যৌগ থাকিলে উদ্ভিদেরা উহাকে খাদ্যরূপে গ্রহণ করিয়া তাহাদের দেহের পুষ্টিসাধন করে। -

(vii) ধৌত সোডাদ্বারা জলের অস্থায়ী খরতা দূর করা হয়। -

(viii) সোডিয়াম পারমুটিট দ্বারা জলের দুইপ্রকার খরতাই দূর করা হয়। -

B. Recall type :

(i) কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ——লিট্‌মাসকে—করে। —

(ii) সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ——লিটমাসকে——করে। —

(iii) বেরিয়াম হাইড্রোক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ, ফিনল্পথ্যালিনকে——করে। -

(iv) ——+সালফিউরিক অ্যাসিড=ক্যালসিয়াম সালফেট+জল। -

(v) A গ্রুপের যে-কোনোটির সহিত B গ্রুপের অপর আর-একটি যোগ কর, যাহাতে ঐ যোগফল অর্থবোধক হয়।

A গ্রুপ	B গ্রুপ
(1) ধৌত সোডা ব্যবহৃত হয়	(1) তৈল শোধনের জন্য
(2) কষ্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়	(2) কাপড় পরিষ্কার করিবার জন্য
(3) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়	(3) খাদ্যের আস্বাদ সৃষ্টির জন্য
(4) সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়	(4) ঔষধ হিসাবে।

C. Completion type :

(i) চুনা পাথরের উপর—ঢালিয়া দিলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা কষ্টিক সোডার মধ্যে অতিক্রম করাইলে—পাওয়া যায়। —

(ii) চুন — প্রকার খর জলকে মৃদু করিতে না পারিলেও — খরতাকে দূর করিতে পারে। — —

(iii) প্রাকৃতিক প্রক্রিয়ার ফলে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন, বায়ু হইতে —, মাটি হইতে —, উদ্ভিদ হইতে — এবং অবশেষে উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ হইতে পুনরায় মাটিতে এবং তাহা হইতে — ফিরিয়া যায়।

D. Multiple choice type :

(i) সোডিয়াম ক্লোরাইডকে কি বলা হয় ?—ধাতু, অম্ল, ক্ষারক, লবণ।

(ii) পাথুরে চুনের সহিত জল মিশাইলে কি হয় ?—গরম হয়, ঠাণ্ডা হয়, অম্ল হয়, লবণ হয়।

(iii) বিশুদ্ধ জলের সহিত খাদ্য লবণ মিশাইলে কি হয় ?—জল খর হয়, মৃদু হয়।

(iv) জমিতে অ্যামোনিয়াম সালফেট দিলে কি হয় ? —জমির ফসলের ক্ষতি হয় ফসলের ফলন বাড়ে, বাতাসের নাইট্রোজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

(v) খর জলকে ফুটাইলে কি হয় ?—জল সুস্বাদু হয়, দুই প্রকার খরতাই দূর হয়, কেবলমাত্র অস্থায়ী খরতা দূর হয়।

প্রশ্নাবলী
(Questions)

Art. 4.1.

1. What are acid, base and salt ? State their properties and uses.

অম্ল, ক্ষার ও লবণ কাহাকে বলে ? উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

2. State which of the following substances are acids, bases and salts :—

HNO_3, H_2CO_3, $Ba(OH)_2$, KOH, Na_2SO_4, $NH_4(HSO_4)$

নিম্নলিখিত পদার্থগুলির কোন্‌গুলি অম্ল, কোন্‌গুলি ক্ষার এবং কোনগুলি লবণ তাহা বল :—

নাইট্রিক অ্যাসিড, কার্বনিক অ্যাসিড, বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড, কষ্টিক পটাস্, সোডিয়াম সাল্‌ফেট, অ্যামোনিয়াম বাই-সালফেট।

3. What do you mean by basicity of an acid and acidity of a base ? Give illustrations.

অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা ও ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা দ্বারা কি বুঝ ? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

4. What is salt ? How many kinds of salts are there ? Classify the following salts :—

লবণ কাহাকে বলে ? লবণ কয় প্রকার ? নিম্নলিখিত লবণগুলির শ্রেণীবিভাগ কর :—

Sodium bicarbonate (সোডিয়াম বাই-কার্বনেট), Ammonium bisulphate (অ্যামোনিয়াম বাই-সালফেট), Copper chloride (কপার ক্লোরাইড), Zinc nitrate (জিঙ্ক নাইট্রেট), Hydroxy nitrate of lead (হাইড্রক্সি নাইট্রেট অফ্ লেড)।

Art. 4.2.

5. Which salt is used in food ? What are its uses ?

কোন্ লবণকে খাদ্য-লবণ বলে ? ইহা কি কি কাজে ব্যবহৃত হয় ?

6. What are washing soda and caustic soda ? State their uses.

ধৌত-সোডা ও কষ্টিক সোডা কি ? ইহাদের ব্যবহার সম্বন্ধে লিখ।

Arts. 4.3 and 4.4

7. Explain that a nitrogen cycle exists in nature.

প্রকৃতিতে যে একটি সুনিয়ন্ত্রিত নাইট্রোজেন চক্রের অস্তিত্ব আছে তাহা বুঝাইয়া দাও।

8. Name some nitrogen-compounds which are employed as fertilisers. What is the necessity of the presence of nitrogen compound in land ? In what way, fertiliser is prepared in Sindri ?

কতকগুলি নাইট্রোজেন-যৌগের নাম কর যাহারা সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। জমিতে দ্রবণীয় নাইট্রোজেন-যৌগের থাকার প্রয়োজনীয়তা কেন ? সিঁদরীর কারখানায় কি উপায়ে সার উৎপন্ন করা হয় ?

9. What are the names of bacteria which are present in the roots of some plants ? What are the actions of those bacteria ?

কয়েক প্রকার উদ্ভিদের শিকড়ের গুটিতে যে জীবাণু বাস করে তাহার নাম কি ? ঐ জীবাণুর ক্রিয়া কি ?

10. What do you mean by the term, 'rotation of crops' ? What purpose is served by this ?

শস্যের বিবর্তন বলিতে কি বুঝ ? ইহাদ্বারা কি উদ্দেশ্য সাধিত হয় ?

11. Explain how by natural process, atmospheric nitrogen is transformed into a nitrogenous manure for land ?

স্বাভাবিক নিয়মে বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে যেভাবে নাইট্রোজেনের দ্রাব্য-যৌগ জমিতে আসিয়া উহার উর্বরাশক্তি বৃদ্ধি করে তাহা বুঝাইয়া দাও।

Art. 4.5.

12. How quicklime is prepared ? Describe the continuous process of its preparation, giving the diagram of the plant employed.

পাথুরে চুন কিভাবে তৈয়ারী হয় ? যে পদ্ধতিতে ইহা অবিরামভাবে উৎপন্ন হইতে পারে তাহার বর্ণনা কর এবং প্রয়োজনীয় যন্ত্রের চিত্র অঙ্কিত কর।

13. How are slaked lime, lime water and soda lime prepared ? What will happen when CO_2 gas is continually passed through lime water ? What are the actions of hydrochloric acid on lime stone and lime.

কলিচুন, চুনের জল ও সোডা-লাইম কিভাবে পাওয়া যায় ? কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (CO_2) চুনের জলের মধ্যে অনবরত অতিক্রম করাইলে কি হইবে ? চুনা-পাথর ও চুনের উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কি হইবে ?

Art. 4.6.

14. What are hard water and soft water ? What is the

cause of the hardness of water? Why hard water cannot easily produce lather with soap?

খর জল ও মৃদু জল কাহাকে বলে? জল খর হয় কিজন্য? খর জলের সহিত সহজে সাবানের ফেনা হয় না কেন?

15. What do you mean by the terms, 'temporary and permanent hardness of water'? How would you remove them?

জলের অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা বলিতে কি বুঝ? উহাদিগকে কিভাবে অপসারিত করা হয়?

16. How hardness of water can be removed by lime? Can lime remove all kinds of hardness?

চুনের সাহায্যে জলের খরতা কিভাবে দূর করা যায়? সকল প্রকার খর জলই কি চুনদ্বারা মৃদু করা যায়?

17. Explain whether temporary hard water can easily produce lather with soap, when the water, (*a*) is not boiled (*b*) is boiled.

অস্থায়ী খর জলের সহিত সহজে সাবানের ফেনা হয় কি, যখন জলকে, (*a*) ফুটানো হয়নি ও (*b*) ফুটানো হইয়াছে? কারণ দর্শাইয়া ব্যাখ্যা কর।

18. Describe a method by which both kinds of hardness of water can be removed.

এমন একটি পদ্ধতির বর্ণনা কর যাহাদ্বারা উভয় প্রকার খর জলকেই একসঙ্গে মৃদু করা হয়।

19. What kind of water (hard or soft water), will be required for the following purposes:—(i) in steam engine, (ii) for drinking purposes, (iii) for preparing medicine, (iv) for washing clothes.

নিম্নলিখিত প্রয়োজনে খর জল না মৃদু জল ব্যবহার করিবে?—(i) স্টীম এঞ্জিনে, (ii) খাবার জন্য, (iii) ঔষধ প্রস্তুত করিতে ও (iv) কাপড়-জামা পরিষ্কার করিতে।

জীববিদ্যা
(Biology)
পঞ্চম অধ্যায়
(Chapter V)

ব্যাঙ ও মাছের গঠন (Structure of Toad and Fish)

প্রাণিজগতে নানারূপ মেরুদণ্ডী দেখা যায় যাহাদের বাসস্থান বিভিন্ন; যথা—মাছ, জলজন্তু; ব্যাঙ উভচর, তাই উহা জলে ও স্থলে উভয় স্থানে স্বচ্ছন্দে বিচরণ করে; সাপ, গিরগিটি প্রভৃতি সরীসৃপ এবং ছাগল, কুকুর, বিড়াল প্রভৃতি স্তন্যপায়ী স্থলের প্রাণী; পাখী আকাশে উড়িয়া বেড়ায়।

মাছ ও ব্যাঙ অনুষ্ণশোণিত বা কোল্ড ব্লাডেড (cold blooded) প্রাণী। ইহাদের দেহের উষ্ণতা পারিপার্শ্বিক পরিবেশের উষ্ণতার সহিত পরিবর্তিত হয়। ব্যাঙাচির সহিত মাছের অনেক সাদৃশ্য আছে।

5.1. ব্যাঙের বহিরাঙ্গের গঠন (Structure of Toad)

বাঙ্গালা দেশে সাধারণতঃ দুই প্রকার ব্যাঙ দেখিতে পাওয়া যায়, যথা—(*a*) কুনো ব্যাঙ ও (*b*) কোলা ব্যাঙ। এখানে আমরা কুনো ব্যাঙের বর্ণনা করিব (1 নং চিত্র)।

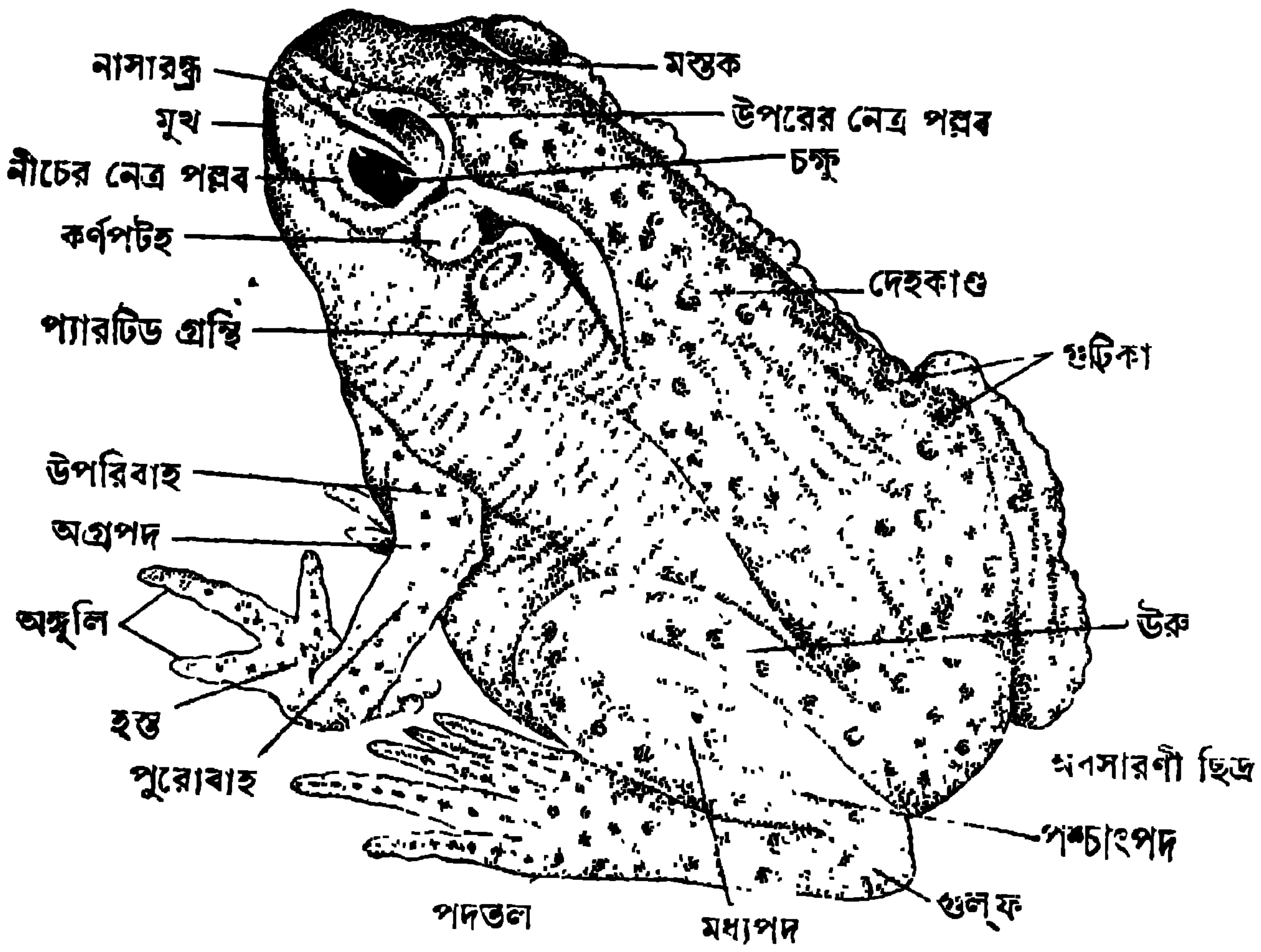
কুনো ব্যাঙের বহিরাকৃতি—ইহাদিগকে সাধারণতঃ বাগানে, স্যাঁতসেঁতে অন্ধকার ঘরের কোণে এবং ডোবা প্রভৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায়। সন্ধ্যার অন্ধকারে ইহারা বাহিরে আসিয়া পোকা-মাকড় ধরিয়া খায়। শীতকালে ইহারা পাথরের নীচে বা মাটির তলায় গর্তের ভিতর অর্ধমৃত অবস্থায় নিশ্চল হইয়া পড়িয়া থাকে। এই অবস্থাকে বলে শীতস্তম্ভ (Hibernation)। একটু গরম পড়িলেই ইহারা আবার স্বাভাবিকভাবে চলাফেরা করে।

সাধারণতঃ ইহারা সামনের পা-দুটি সোজা করিয়া ও পিছনের পা মাটিতে চাপিয়া বসে। এজন্য উহাদের শরীরের সামনের দিকটা উঁচু হইয়া থাকে। ইহার গাত্রবর্ণ ধূসর ও ইহার কর্কশ ত্বকের উপর বড় বড় ধারালো আঁচিল বা গুটিকা (wart) থাকে।

ইহাদের দেহকে চারি ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা—মাথা, ধড়, একজোড়া সামনের পা ও একজোড়া পিছনের পা। ইহাদের দেহ লেজবিহীন। কুনো ব্যাঙের মাথা ত্রিকোণাকৃতি, মুখবিবর খুব চওড়া এবং উপরের ও নীচের চোয়াল-দুইটি দন্তহীন। মাথার সামনে এবং মুখের কিছু উপরে একজোড়া নাসারন্ধ্র আছে। শ্বাসপ্রশ্বাসের জন্য, এই নাসারন্ধ্রের মুখবিবরের সহিত যোগ আছে। মাথার দুই পাশে দুইটি বড় চক্ষু থাকে। প্রত্যেক চক্ষুতে তিনটি নেত্রপল্লব থাকে। উপরের নেত্রপল্লব স্থির থাকে

এবং ইহাদ্বারা চক্ষু সুরক্ষিত হয়, নীচের নেত্রপল্লবটি ছোট কিন্তু ঈষৎ নড়িতে পারে। তৃতীয় পল্লবটি খুব পাতলা ও সামান্য স্বচ্ছ এবং ইহা পরদার মত চক্ষুর উপর বিস্তৃত হইতে পারে। চক্ষুর পিছনে একটি গোলাকার কর্ণপটহ (tympanic membrane) থাকে।

ইহাদের ধড়টি (দেহকাণ্ড) বেশ পুষ্ট এবং ইহার উপরের রং নীচের চেয়েও ঘোর। প্রতিটি চক্ষুর পিছনে একটি উঁচু ও লম্বা ধরণের প্যারটিড গ্রন্থি (parotid gland) থাকে। প্যারটিড গ্রন্থি ও আঁচিলগুলি হইতে একপ্রকার সাদা বিষাক্ত রস নির্গত হইয়া শক্রর শরীরে



1 নং চিত্র—কুনো ব্যাঙ

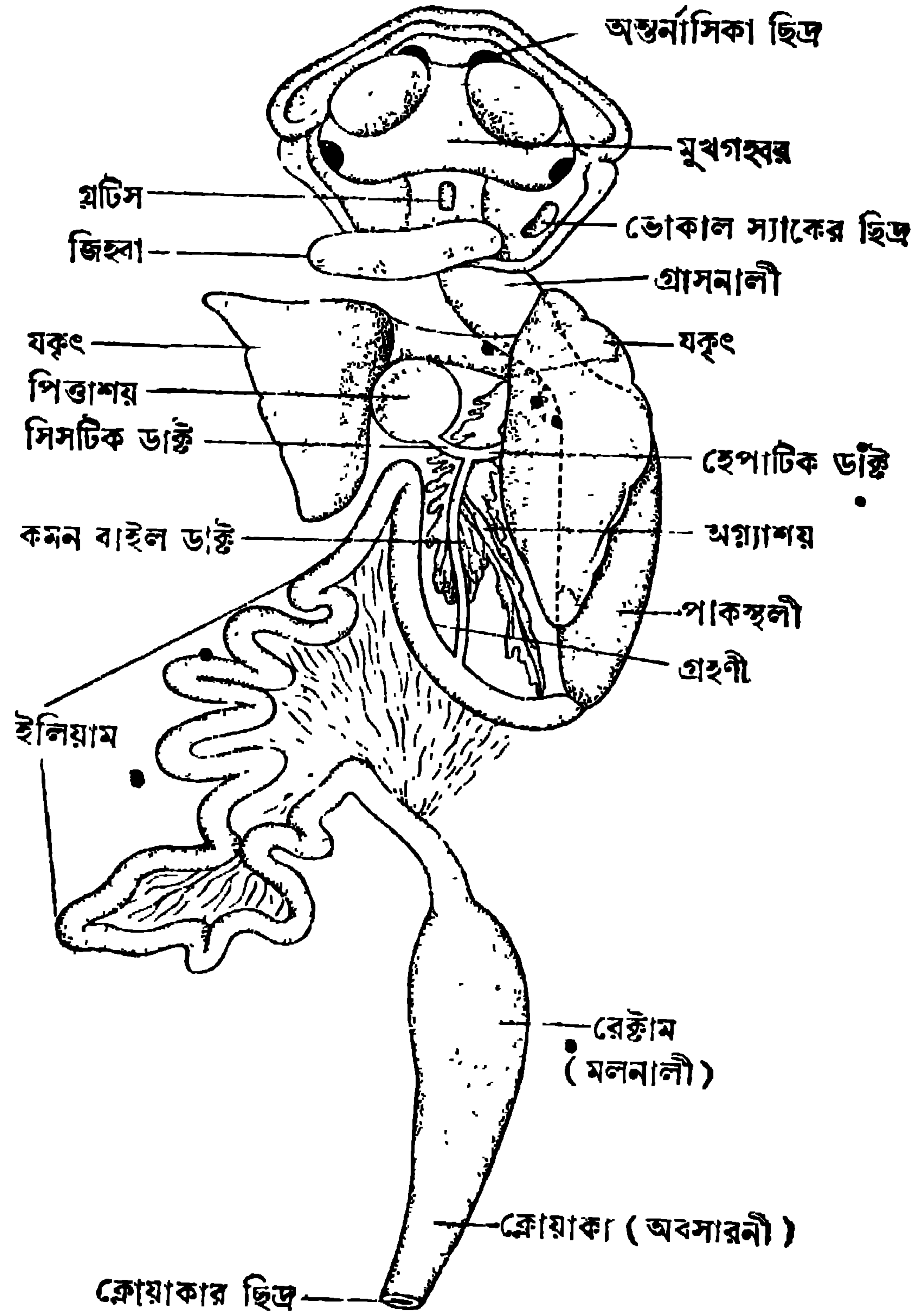
সবেগে আঘাত করে। এইরূপে ব্যাঙ শক্র হইতে আত্মরক্ষা করে। ধড়ের পিছনের দিকে অবসারণী ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র দিয়া মল, মূত্র, পুরুষ-ব্যাঙের শুক্রাণু ও স্ত্রী-ব্যাঙের ডিম্বাণু বাহির হয়।

ইহাদের সামনের পায়ের প্রথম অংশটির নাম উপরিবাহ, দ্বিতীয় অংশের নাম পুরোবাহ এবং তৃতীয় অংশের নাম হস্ত। হস্ত ও পুরোবাহর সংযোগস্থলকে কব্‌জি বলে। হস্তে চারিটি নখবিহীন অঙ্গুলি থাকে। পিছনের পায়ের প্রথম অংশটির নাম উরু (thigh), ইহা ধড়ে লাগানো থাকে। দ্বিতীয় অংশকে মধ্যপদ (shank) এবং তৃতীয় অংশকে চরণ (foot) বলে। উরু ও মধ্যপদের সংযোগস্থলকে হাঁটু বলে এবং মধ্যপদ ও চরণের সংযোগস্থলকে গুল্‌ফ বলে। পিছনের পায়ে পাঁচটি নখ-

বিহীন অঙ্গুলি থাকে। ব্যাঙের চরণের অঙ্গুলিগুলি হাঁসের পায়ের মত চামড়া দিয়া জোড়া। এইরূপ জোড়া পায়ের দ্বারা ব্যাঙ সহজেই লাফাইতে ও সাঁতার কাটিতে পারে।

5.2. ব্যাঙের পৌষ্টিক তন্ত্র (Alimentary system of Toad)

পরিপাকের জন্য যে দীর্ঘ নলের মধ্য দিয়া খাদ্য যায় তাহার নাম পৌষ্টিক নালী। পৌষ্টিক নালীর সহিত কতগুলি গ্রন্থি যুক্ত থাকে; ইহারা হজমের রস প্রস্তুত করে। এই সকল অঙ্গ-প্রত্যঙ্গের সমষ্টিকে পৌষ্টিক তন্ত্র বলা হয় (2 নং চিত্র দেখ)।



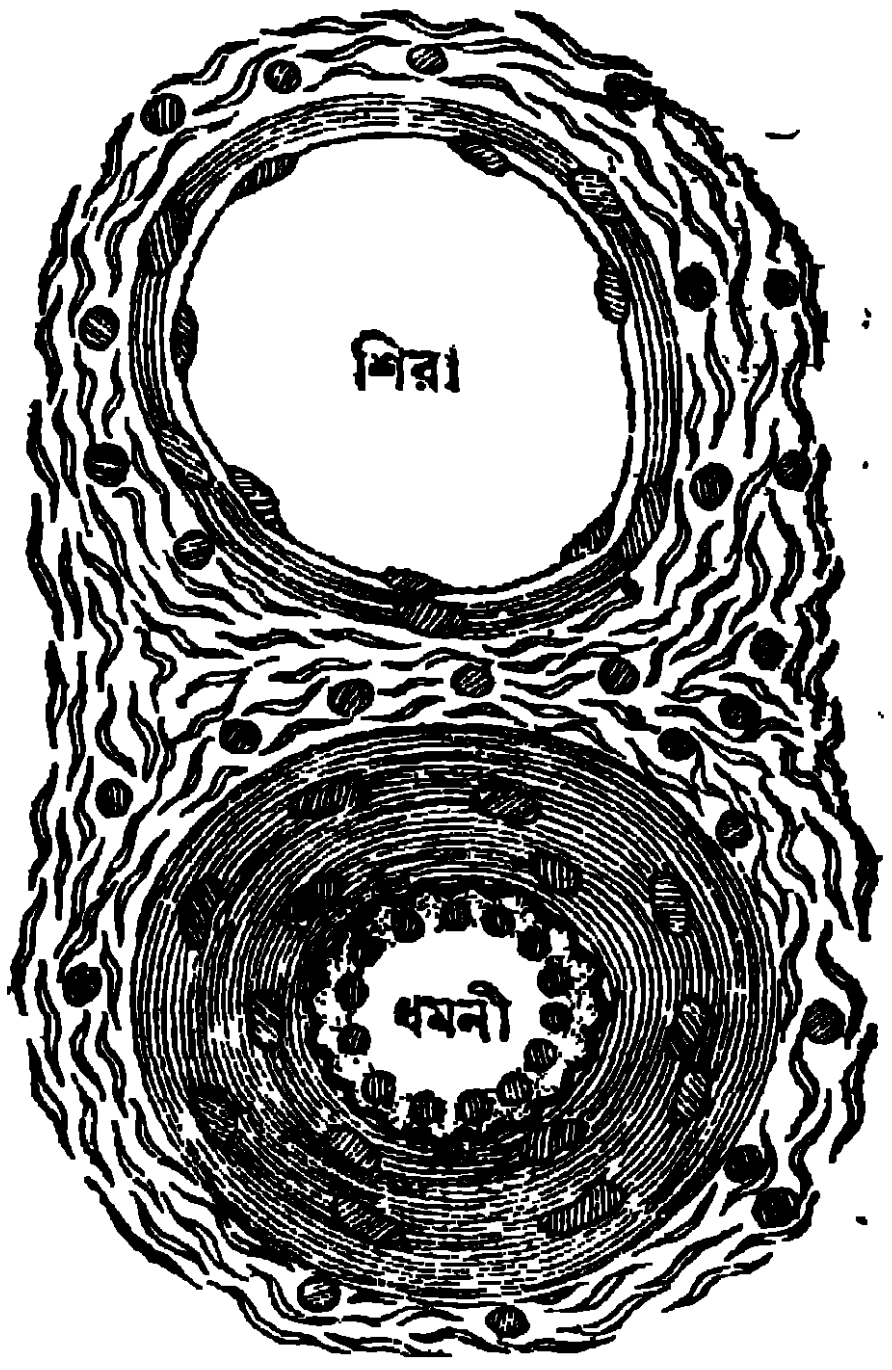
2 নং চিত্র—ব্যাঙের পৌষ্টিক তন্ত্র

পৌষ্টিক নালী স্বরু হয় মুখবিবর হইতে। মুখবিবরের পর মুখগহ্বর (Buccal Cavity)। মুখগহ্বরের নীচে থাকে একটি জিহ্বা উহাতে আঠার মত রস থাকে বলিয়া ব্যাঙ জিহ্বা বাহির করিয়া পোকামাকড় ধরিয়া খাইতে পারে। জিহ্বার নীচেই একটি ছিদ্র থাকে তাহার নাম গ্লটিস (glottis)। গ্লটিসের সহিত দুটি ফুসফুসের যোগ আছে। মুখগহ্বর, গলবিল বা ফারিংসে শেষ হয়।

ফারিংসের পর গ্রাসনালী (oesophagus)। ইহা পাকস্থলীতে উন্মুক্ত হয়। পাকস্থলীর পর অন্ত্র। অন্ত্রের প্রথম খণ্ডটিকে বলে ক্ষুদ্রান্ত্র (small intestine) ও শেষের দিকটিকে বৃহদন্ত্র বলা হয় (large intestine)। ক্ষুদ্রান্ত্রের দুইটি ভাগ

থাকে। প্রথমটি ছোট, তাহাকে গ্রহণী (duodenum) বলা হয়। দ্বিতীয়টির নাম ইলিয়ম (Ileum)। বৃহদন্ত্রের প্রথম অংশটির নাম মলনালী (rectum), দ্বিতীয়টির নাম অবসারণী (cloaca)। অবসারণীর পৃষ্ঠদেশে রেচন ছিদ্র ও জনন ছিদ্র থাকে এবং অঙ্কীয় দেশে থাকে মূত্রাশয়ের ছিদ্র।

ব্যাঙের প্রধানতঃ দুইটি হজমের গ্রন্থি আছে, যথা—যকৃত (liver) ও অগ্ন্যাশয় (pancreas)। যকৃত হইতে হেপাটিক ডাক্ট (hepatic duct) বাহির হয় ও পিত্তাশয়ের সিসটিক ডাক্টের (cystic duct) সহিত যুক্ত হইয়া কমন বাইল ডাক্টে (common bile duct) পরিণত হয়। কমন বাইল ডাক্ট গ্রহণীতে আসিয়া পড়ে। অগ্ন্যাশয় হইতে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নল কমন বাইল ডাক্টে যুক্ত হয়। যকৃতের পিত্ত, পিত্তাশয়ে জমা হয়। এই পিত্ত ও অগ্ন্যাশয়ের হজমের রস (pancreatic juice) কমন বাইল ডাক্ট দিয়া বাহিত হইয়া গ্রহণীতে পড়ে। পাকস্থলীতে প্রোটিন খাদ্য কিছু হজম হয়। গ্রহণী ও অন্ত্রে মাংসজাতীয় প্রোটিন (protein), শ্বেতসার জাতীয় (carbohydrate) ও স্নেহজাতীয় (fat) খাদ্য হজম হয়। পিত্ত, অগ্ন্যাশয়ের রস (pancreatic juice) ও অন্ত্রের রস এই সকল খাদ্যকে পরিপাক করিতে সহায়তা করে। জটিল প্রোটিন খাদ্য সরল এমিনো অ্যাসিডে পরিণত হয়, শ্বেতসারজাতীয় খাদ্য শর্করাতে এবং স্নেহজাতীয় পদার্থ চর্বিজ অম্ল (fatty acid)এ পরিণত হয়। এইরূপ সরল অবস্থায়, এমিনো অ্যাসিড, শর্করা ও চর্বিজ অম্ল সহজেই রক্তে শোষিত হয়। দেহের কোষ এই সকল পুষ্টিকর পদার্থ ব্যবহার করিতে পারে। শর্করা ও স্নেহজাতীয় পদার্থ দেহকে শক্তি দেয় ও প্রোটিন দেহের গঠনের সহায়তা করে। অন্ত্রে খাদ্য শোষণ হইলে অবশিষ্ট অংশ মলরূপে পায়ু বা অবসারণীর ছিদ্রপথে নির্গত হয়।

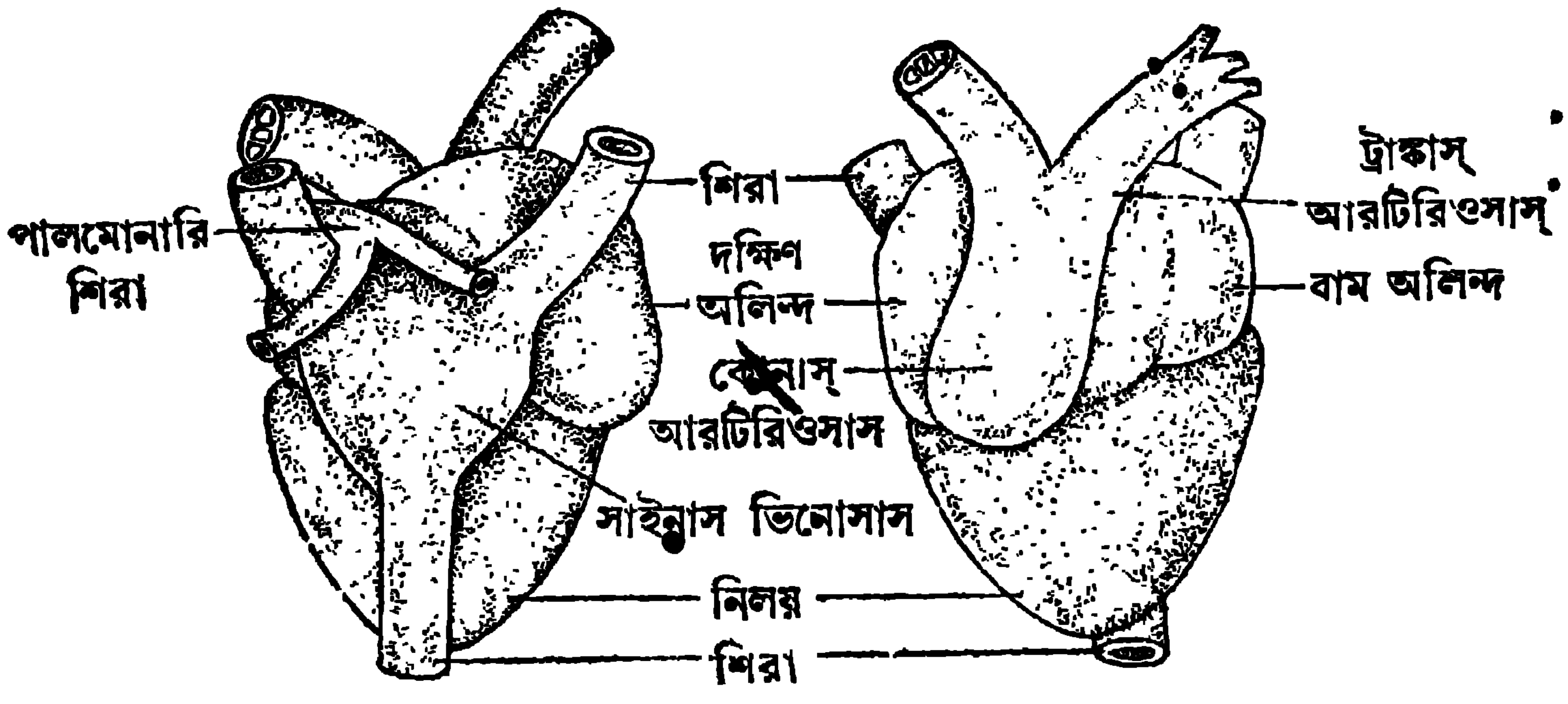


3 নং চিত্র—ধমনী ও শিরা

5.3. ব্যাঙের রক্তসংবহন তন্ত্র (Circulatory system of Toad)

রক্ত লাল তরল পদার্থ। ইহা প্রতি মুহূর্তে দেহের প্রতিটি অঙ্গে সঞ্চারিত হয় কারণ—(i) ইহা খাদ্যবহন করিয়া প্রতিটি কোষকে পুষ্ট করে। (ii) কোষকে অম্লজান (oxygen)

সরবরাহ করে। (iii) নানারূপ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার ফলে দেহের কোষগুলিতে যে সকল দূষিত পদার্থ সঞ্চিত হয় সেগুলি কোষ হইতে রক্তে প্রবেশ করে ও বৃক্ক সেগুলিকে মূত্রে পরিণত করে। রক্তে হিমোগ্লোবিন বলিয়া একটি পদার্থ অক্সিজেন বহন করিতে সহায়তা করে। অক্সিজেন যখন হিমোগ্লোবিনের সহিত যুক্ত হয় তখন এই যৌগিক পদার্থ টকটকে লাল হয়। রক্ত চলাচল করিবার জন্য একটি পেশীবহুল অঙ্গ থাকে তাহার নাম হৃৎপিণ্ড বা হৃদযন্ত্র (heart) (4 নং ও 5 নং চিত্র)। হৃৎপিণ্ডের সংকোচনের ফলে ধমনীপথে, অঙ্গপ্রত্যঙ্গে রক্ত সঞ্চারিত হয় ও শিরা দিয়া দূষিত রক্ত ফিরিয়া আসে। একটি বিশেষ ধমনী দিয়া হৃৎপিণ্ড এই দূষিত রক্ত ফুসফুসে (lungs) পাঠাইয়া দেয় ও সেইখানে বিশুদ্ধ হইয়া রক্ত পুনরায় হৃৎপিণ্ডে একটি শিরাদ্বারা বাহিত হয়। এইভাবে জন্ম হইতে সুরু

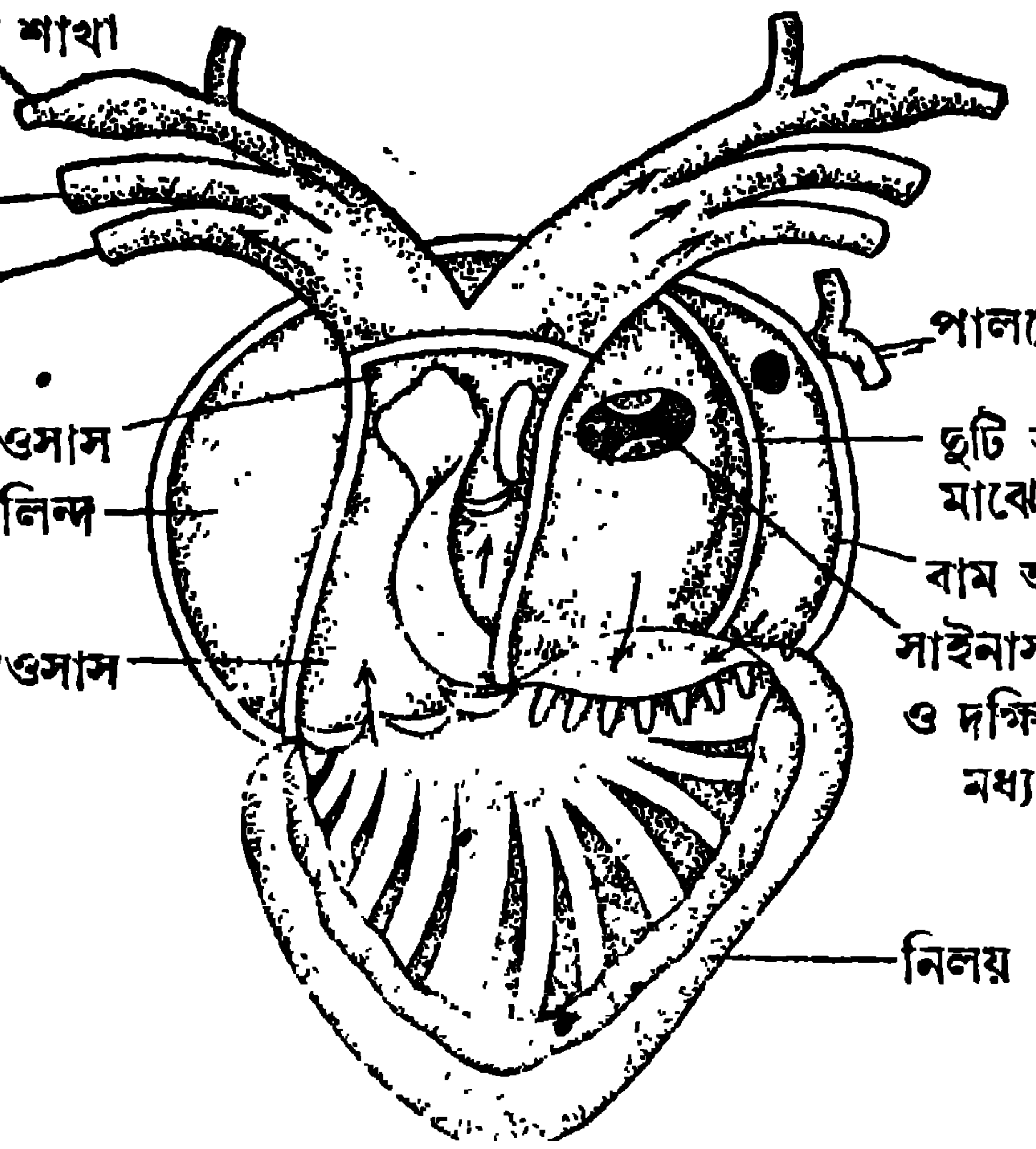


4নং চিত্র—হৃৎপিণ্ডের পৃষ্ঠ দৃশ্য ও হৃৎপিণ্ডের অঙ্ক দৃশ্য

করিয়া মৃত্যু পর্যন্ত দেহের প্রতিটি কোষে রক্ত চলাচল হয়। ধমনীর দেওয়াল বেশ মোটা হয় কিন্তু শিরার দেওয়াল হয় পাতলা (3 নং চিত্র দেখ)।

সকল মেরুদণ্ডীর হৃৎপিণ্ডের মত ব্যাঙেরও হৃৎপিণ্ডের একটি বহিরাবরণ থাকে তাহার নাম হৃদ্ধরা কলা (pericardium)। ব্যাঙএর হৃৎপিণ্ডে 5টি প্রকোষ্ঠ থাকে (4নং চিত্র)। ইহারা যথাক্রমে সাইনস্ ভিনোসাস্ (sinus venosus), দক্ষিণ ও বাম অলিন্দ (right and left auricles), একটি নিলয় (ventricle) ও কোনাস আরটিরিয়োসাস (conus arteriosus)। শরীরের দূষিত রক্ত শিরার দ্বারা সাইনস্ ভিনোসাসে আসে যাহা দক্ষিণ অলিন্দের সহিত যুক্ত থাকে। দক্ষিণ অলিন্দ ও বাম অলিন্দের মধ্যে একটি দেওয়াল থাকায়, দুই অলিন্দ সম্পূর্ণভাবে পৃথক থাকে এবং এজন্য দক্ষিণ অলিন্দের দূষিত রক্ত বাম অলিন্দের বিশুদ্ধ রক্তের সহিত মিশিয়া যায় না। বাম অলিন্দে একটি বিশেষ শিরার (ফুসফুস শিরা, pulmonary vein) দ্বারা

ফুসফুস হইতে বিশুদ্ধ রক্ত আসে। দুইটি অলিন্দের, মাংসপেশী-বহুল নিলয়ের (ventricle) সহিত যোগ থাকে। নিলয়ের পরের প্রকোষ্ঠের নাম কোনাস্ আরটিরিয়োসাস্ (conus arteriosus)। ইহা হইতে একটি বৃহৎ ধমনীর শাখা বাহির হয়, তাহার নাম ট্রাংকাস আরটিরিয়োসাস্। ইহা আবার দুইটি প্রধান শাখায় বিভক্ত হয়—দক্ষিণ ও বাম শাখা। প্রত্যেকটি শাখা তিনটি ক্ষুদ্র শাখায় বিভক্ত হয়।



5নং চিত্র—হৃৎপিণ্ডের লম্বচ্ছেদের দৃশ্য

হৃৎপিণ্ডের ভিতর রক্ত চলাচলের পদ্ধতি:—সাইনস্ ভিনোসসের সংকোচনের ফলে, দূষিত রক্ত দক্ষিণ অলিন্দে আসে এবং সেই সময় পালমোনারী শিরা দিয়া ফুস্‌ফুস্ হইতে বাম অলিন্দে বিশুদ্ধ রক্ত আসিয়া জমা হয়। দুইটি অলিন্দের সংকোচনের ফলে রক্ত নিলয়ে আসে। নিলয়ের দক্ষিণ দিকে, অপরিস্রুত রক্ত জমা হয়, মাঝে মিশ্রিত রক্ত আসে এবং বাম দিকে বিশুদ্ধ রক্ত থাকে। এইবার নিলয়ের সংকোচনের ফলে দূষিত রক্ত, কোনাস আরটিরিয়োসাসে আসে এবং সেই স্থান হইতে একটি শাখা ফুসফুসে যায়। নিলয়ের আরও সংকোচনের ফলে, মিশ্রিত রক্ত অন্য একটি ক্ষুদ্র শাখা দিয়া, মস্তিষ্ক, মুখ ও ফুসফুস্ ছাড়া দেহের সমস্ত অঙ্গপ্রত্যঙ্গে সঞ্চারিত হয়। পরিশেষে নিলয়ের চরম সংকোচনের ফলে, বিশুদ্ধ রক্ত তৃতীয় শাখাটিতে প্রবেশ করিয়া মস্তিষ্কে ও মুখে রক্ত সরবরাহ করে। হৃৎপিণ্ডের ভিতরে কতকগুলি কপাটিকার সাহায্যে রক্ত কেবলমাত্র একদিকে চলিতে পারে, বিপরীতগামী হইতে পারে না। (5 নং চিত্র দেখ)

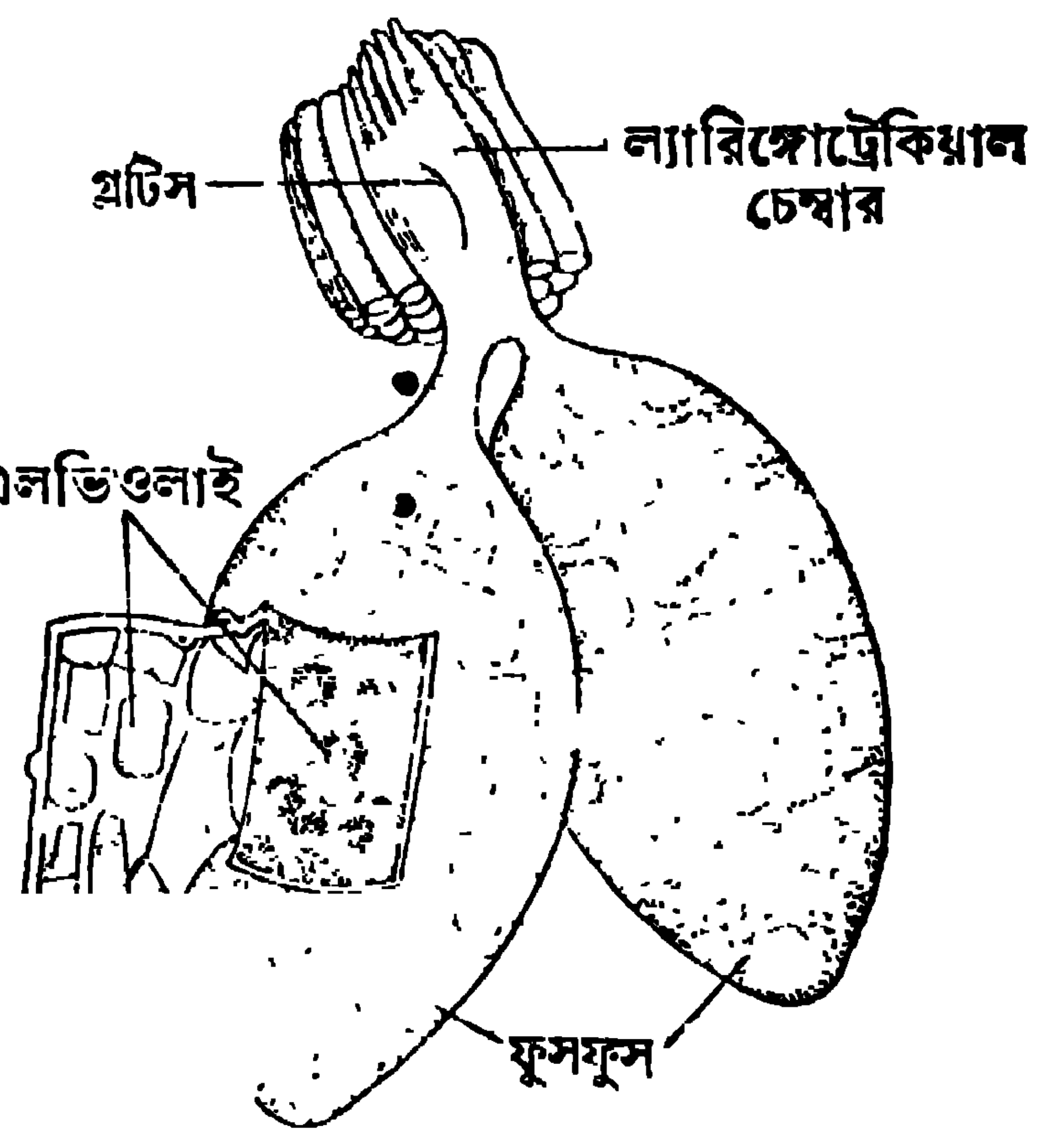
5.4. ব্যাঙের শ্বসনতন্ত্র (Respiratory System of Toad)

ব্যাঙ তিন প্রকারে শ্বাসপ্রশ্বাস লইয়া থাকে, যথা—ত্বকের দ্বারা চর্ম শ্বাস (cutaneous), মুখগহ্বর ও গলবিলের দ্বারা বাক্কোফারিনজিয়াল শ্বসন (bucco-pharyngeal) ও ফুস্‌ফুসের দ্বারা ফুস্‌ফুস্ শ্বসন (pulmonary)। ব্যাঙাচি প্রধানতঃ ত্বক্ ও ফুলকার দ্বারা শ্বাসপ্রশ্বাস কার্য সম্পাদন করে।

চর্ম শ্বাস (Cutaneous Respiration) :—ব্যাঙের চামড়ায় প্রচুর পরিমাণে রক্ত চলাচল করে। চামড়ার নীচে কতকগুলি শ্লেষ্মাগ্রন্থির ক্ষরণের ফলে ত্বক সব সময় ভিজা থাকে। কোলাব্যাঙএ ইহা আরও বেশী হয়। এই জলীয় পদার্থে হাওয়ার অক্সিজেন দ্রবীভূত হয় ও ত্বকের রক্ত জালকে প্রবেশ করে। এইভাবে ত্বকের রক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডমুক্ত হইয়া বিশুদ্ধ হয়।

বাক্কোফারিনজিয়াল শ্বসন (Bucco-pharyngeal Respiration) :—যে বিশুদ্ধ বায়ু বাহির হইতে নাসারন্ধ্র পথে মুখগহ্বরে আসে, তাহার অক্সিজেন মুখগহ্বরে ও গলবিলের জালকে প্রবেশ করে। এইভাবে ঐ জালকের রক্ত বিশুদ্ধ হয়।

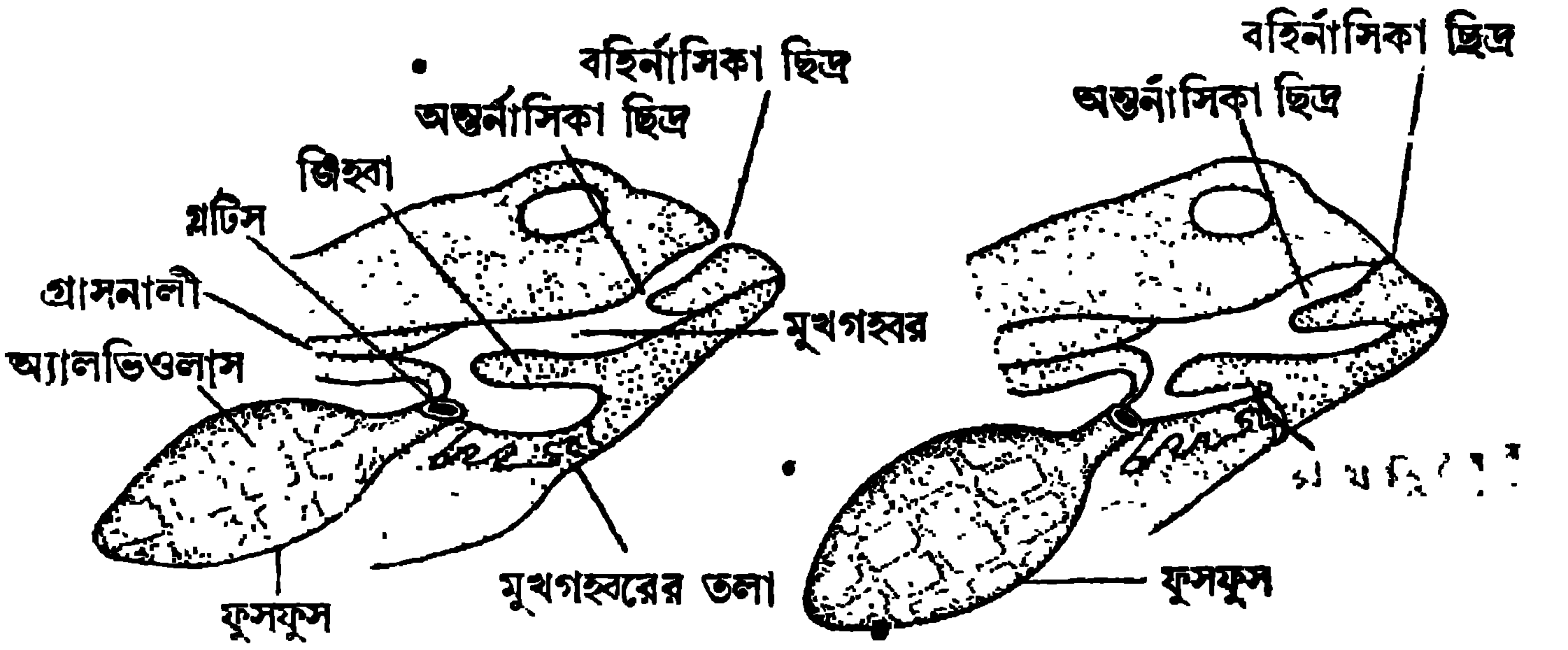
ফুস্‌ফুস্-দ্বারা শ্বসন (Pulmonary Respiration) :—ব্যাঙের ফুস্‌ফুস্ শ্বাসযন্ত্র 6 নং ও 7 নং চিত্রে দেখানো হইল। মুখগহ্বরের উপরের দিকে সামনে একজোড়া ছিদ্র থাকে তাহার নাম অন্তর্নাসিকা ছিদ্র (internal nare) (7 নং চিত্র)। এই ছিদ্রটির বহির্নাসিকার (external nare) সহিত যোগ থাকে। এইজন্য মুখগহ্বরের বাহিরের বায়ু, এই দুটি ছিদ্রপথে প্রবেশ করিতে পারে। গলবিলের নীচে গ্লটিস নামে একটি ছিদ্র থাকে, যাহার সহিত ল্যারিঙ্গোট্রাকিয়ল চেম্বার (laryngotracheal chamber) বলিয়া একটি অঙ্গের যোগ থাকে (6 নং চিত্র)। এই প্রকোষ্ঠে দুইটি পাতলা পরদা থাকে যাহাকে ভোক্যাল কর্ড (vocal chord) বলে। যখন ঐ প্রকোষ্ঠ দিয়া বায়ু চলাচল করে তখন এই পরদাদুটির স্পন্দনের জন্য শব্দের উৎপত্তি হয়। পুরুষ-ব্যাঙের মুখগহ্বরের সহিত একটি থলির [ভোক্যাল স্যাকের (vocal sac)] যোগ থাকে। ভোক্যাল স্যাকের ভিতর বায়ু থাকার



6 নং চিত্র—ব্যাঙের ফুস্‌ফুস্ শ্বাসযন্ত্র

জন্য এই শব্দের বৃদ্ধি হয়। বর্ষাকালে ব্যাঙেরা যে কর্কশ শব্দ করে ইহাই তাহার হেতু। দুটি ফুস্ফুসের সহিত ল্যারিঙ্গোট্রাকিয়াল চেম্বারের যোগ আছে। ফুস্ফুসে অসংখ্য ছোট ছোট বায়ুকোষ বা এল্ভিওলাই (alveoli) থাকে। প্রতিটি এল্ভিওলাস জালকে পরিবেষ্টিত (6 নং চিত্র দেখ)।

এইবার দেখা যাক্ ফুস্ফুস্ কিভাবে দূষিত রক্তকে বিশুদ্ধ করে (7 নং চিত্র দেখ)। গোড়াতেই বলা উচিত যে ফুস্ফুসের দ্বারা শ্বাসকার্যের সময় মুখ সকল অবস্থায় বন্ধ থাকে। প্রথমে নাসিকার ছিদ্রদুটি খুলিয়া যায় ও মুখগহ্বরের তলাটি ঈষৎ নীচে নামিয়া আসে। ইহার ফলে বাহিরের বিশুদ্ধ বায়ু মুখগহ্বরে প্রবেশ করে। এইবার নাসিকার ছিদ্র বন্ধ



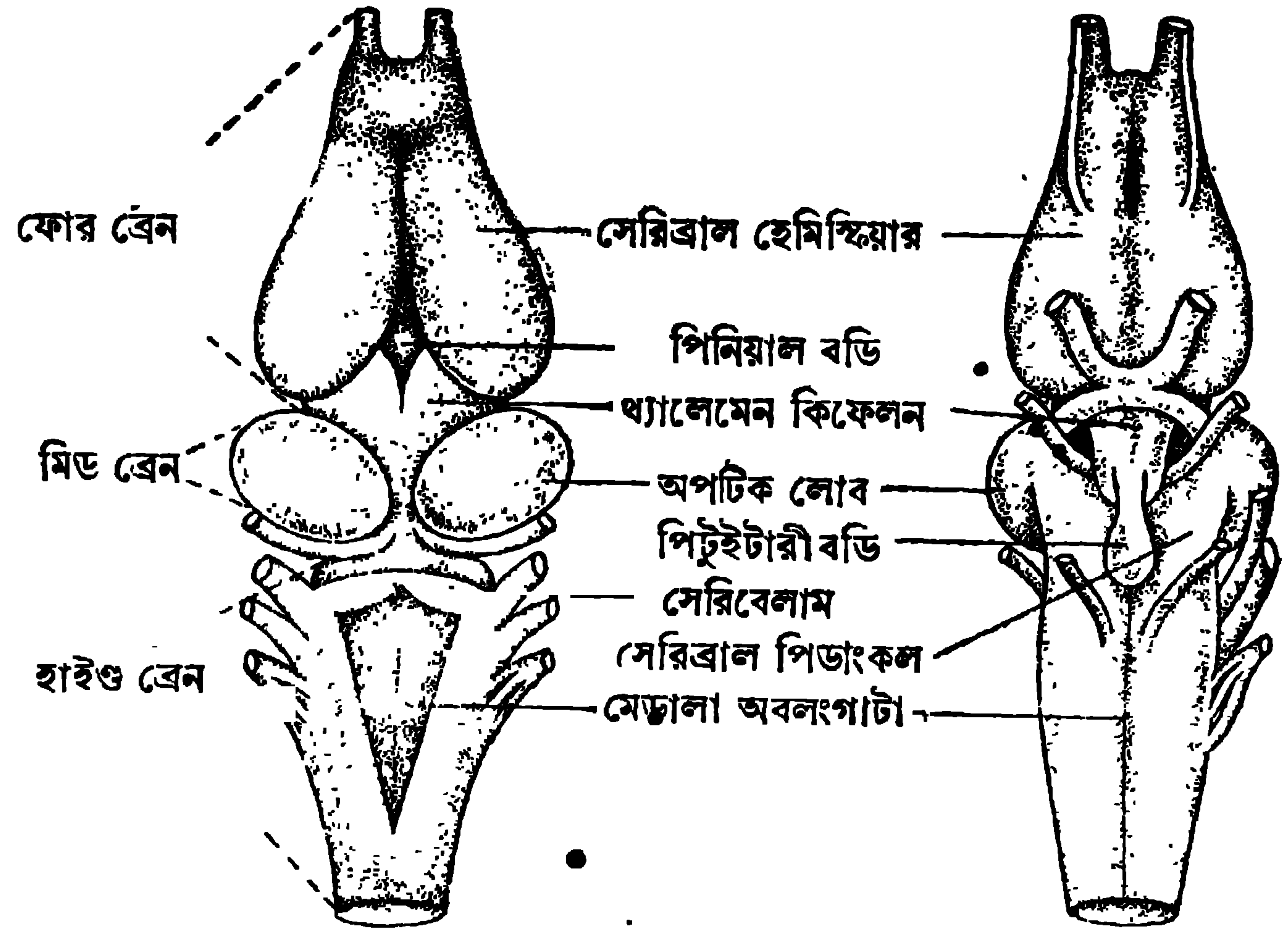
7 নং চিত্র—ব্যাঙের ফুস্ফুস্ দ্বারা শ্বাস পদ্ধতি

হইয়া যায়, গ্লটিস খোলে ও মুখগহ্বরের তলাটি উপরে উঠিয়া পূর্বেকার অবস্থা প্রাপ্ত হয়। চাপ পড়ে বলিয়া মুখগহ্বর হইতে এই বায়ু ফুস্ফুসে প্রবেশ করে ও দুটি ফুস্ফুস্ ফুলিয়া ওঠে। এই প্রক্রিয়াকে শ্বাস (inspiration) বলা হয়। ফুস্ফুসের বায়ুর অক্সিজেন এলভিওলাই হইতে জালকে প্রবেশ করে ও জালকের রক্তকে বিশুদ্ধ করে। জালকের রক্ত হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া এলভিওলাইতে আসে। এইবার এই দূষিত বায়ু ফুস্ফুস্ হইতে দেহের বাহির হইয়া যাইবে। এজন্য ফোলা ফুস্ফুস্-দুইটির সংকোচন হয় এবং ইহার ফলে গ্লটিস দিয়া গলবিলে ও মুখগহ্বরে বায়ু প্রবেশ করে ও সেই স্থান হইতে নাসিকার দুটি ছিদ্রপথের সাহায্যে বাহির হইয়া যায়। এই প্রক্রিয়ার নাম নিশ্বাস (expiration)।

5.5. ব্যাঙের নার্ভতন্ত্র (Nervous System of Toad)

অন্য মেরুদণ্ডীর ন্যায় ব্যাঙের নার্ভতন্ত্র তিনটি প্রধান ভাগে বিভক্ত করা যায় ; যথা—কেন্দ্রীয় নার্ভতন্ত্র (central nervous system), প্রান্তস্থ নার্ভতন্ত্র (peripheral

nervous system) ও স্বতন্ত্র নার্ভতন্ত্র (sympathetic nervous system)। কেন্দ্রীয় নার্ভতন্ত্রটির দুটি ভাগ আছে। সম্মুখের স্ফীত অংশটির নাম মস্তিষ্ক (brain) ও পশ্চাতের দীর্ঘ অংশটিকে সুষুম্নাকাণ্ড (spinal cord) বলা হয়। মস্তিষ্ক করোটির মধ্যে ও সুষুম্নাকাণ্ড মেরুদণ্ডের মধ্যে সুরক্ষিত থাকে। কেন্দ্রীয় নার্ভতন্ত্রের ভিতরটি ফাঁপা।



৪ নং চিত্র—ব্যাঙের মস্তিষ্ক

মস্তিষ্ক :—মস্তিষ্কের তিনটি প্রধান ভাগ আছে, যথা—পুরোমস্তিষ্ক বা ফোর ব্রেন (fore brain), মধ্যমস্তিষ্ক বা মিড ব্রেন (mid brain) ও পরাংমস্তিষ্ক বা হাইণ্ড ব্রেন (hind brain) (৪ নং চিত্র)। **ফোর ব্রেনের দুইটি ভাগ,** যথা—সামনে টেলেনকিফেলন (telencephalon) ও পিছনে থেলেমেনকিফেলন (thalamencephalon)। টেলেনকিফেলন প্রধানতঃ দুটি ডিম্বাকৃতি সেরিব্রাল হেমিসফিয়ার (cerebral hemispheres) দ্বারা গঠিত। থেলেমেনকিফেলনের উপরে পিনিয়ল বডি (penial body) থাকে ও নীচের দিকে পিটুইটারী বডি (pituitary body) যুক্ত থাকে। মিড ব্রেনের দুটি পাশে থাকে গোলাকার অপটিক লোব (optic lobe), নীচে থাকে দুইটি সেরিব্রল পিডাংকল (cerebral pedundcles)। হাইণ্ড ব্রেনের সামনে থাকে সেরিবেলাম (cerebellum) ও পশ্চাতে থাকে মেডালা অবলংগাটা (medulla oblongata)।

নার্ভতন্ত্রের কার্যঃ—যে-কোনো জীবকে নিজের প্রাণরক্ষা করিতে হইলে পারিপার্শ্বিক পরিবেশ সম্বন্ধে সচেতন হইতে হয়। এই পরিবেশের খবর ঘ্রাণ, দৃষ্টি, স্পর্শ, শব্দ প্রভৃতি দ্বারা দেহে যায়। চোখ, কান প্রভৃতি ইন্দ্রিয়ে এই খবরগুলি প্রথমে ধরা পড়ে, তারপর এই সকল অঙ্গ হইতে অন্তর্মুখ (afferent) নার্ভ দিয়া মস্তিষ্কে পৌছায়। এইসব খবরের অনুভূতি মস্তিষ্কে পৌছাইলে, মস্তিষ্ক এই অনুভূতি অনুযায়ী দেহকে বহির্পরিবেশের সহিত খাপ খাওয়াইতে সহায়তা করে। মস্তিষ্ক কতকগুলি বহির্মুখ (efferent) নার্ভ দিয়া, মাংসপেশী প্রভৃতি অঙ্গে উহার উচিত মত আদেশ পাঠায়। এই আদেশ পাঠাইবার জন্য মস্তিষ্কের ভিন্ন ভিন্ন বিভাগ আছে যাহারা প্রত্যেকে নিজ নিজ কার্য করিয়া থাকে।

5.6. ব্যাঙের রেচনতন্ত্র (Excretory system of Toad)

ব্যাঙের দেহের কোষগুলিতে প্রতি মুহূর্তে নানাপ্রকার জটিল রাসায়নিক প্রক্রিয়া ঘটে। এই সকল প্রক্রিয়ার ফলে যেমন হিতকর পদার্থের উৎপত্তি হয় তেমন অনেক দূষিত পদার্থও প্রস্তুত হয়। এই সকল দূষিত পদার্থ রক্তের দ্বারা বাহিত হইয়া দুটি বৃক্কে (kidney) যায়। বৃক্ক এই সকল পদার্থ রক্ত হইতে পৃথক করিয়া মূত্রে পরিণত করে।

রেচনতন্ত্রে তিনটি প্রধান অঙ্গ থাকে, যথা—(*i*) একজোড়া বৃক্ক (kidney), (*ii*) একজোড়া গবিনী (ureter), (*iii*) একটি বস্তি বা মূত্রাশয় (urinary bladder)। বলা বাহুল্য যে অবসারণীও রেচনকার্যে সহায়তা করে।

(*i*) দেহের ভিতরের দুই পাশে দুটি লাল রঙের লম্বা ধরণের বৃক্ক থাকে। ইহাদের সম্মুখে একটি করিয়া ফ্যাট বডি (fat body) লাগানো থাকে। ফ্যাট বডিতে চর্বি সঞ্চিত থাকে। বৃক্কে প্রচুর রক্ত চলাচল করে (9 নং চিত্র দেখ)।

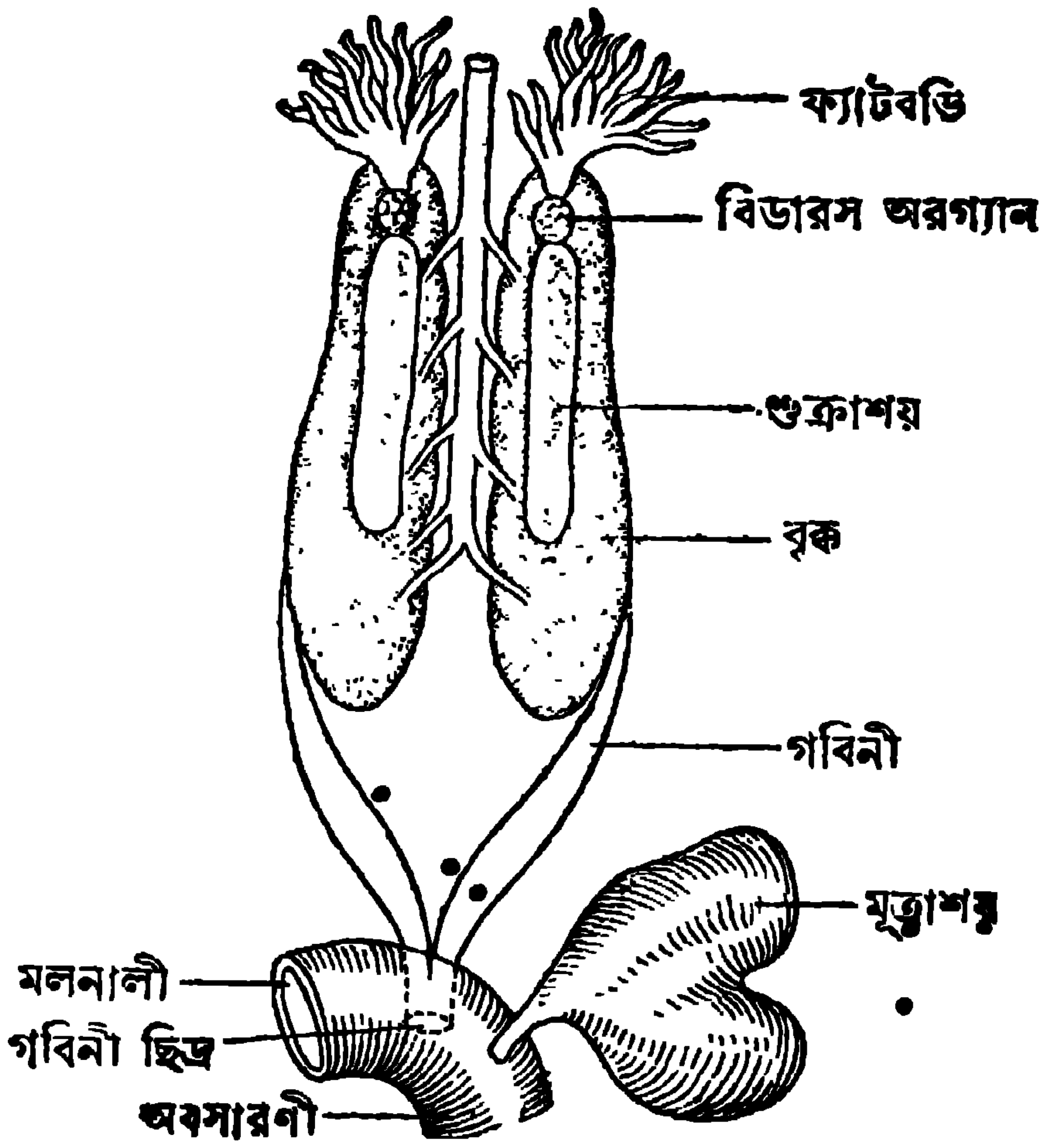
(*ii*) বৃক্ক হইতে একটি গবিনী (ureter) বাহির হয়। দুই গবিনী পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া অবসারণীর পৃষ্ঠদেশে উন্মুক্ত হয়।

(*iii*) অবসারণীর অঙ্কদেশে একটি মূত্রাশয় যুক্ত থাকে। বৃক্কের মূত্র গবিনী দিয়া অবসারণীতে আসে ও পরে মূত্রাশয়ে জমা হয়। মূত্রাশয় হইতে পুনরায় অবসারণীতে যায় ও পায়ু দিয়া বাহিরে নির্গত হয়।

বৃক্কের ভিতর অসংখ্য অতি সূক্ষ্ম কুণ্ডলী পাকানো নালী থাকে। প্রত্যেকটি নালীর একদিক গবিনীর সহিত যুক্ত থাকে এবং অন্য দিকটি ঈষৎ ফোলা থাকে। ফোলা দিকে একগুচ্ছ জালক লাগিয়া থাকে। রক্তের নাইট্রোজেনযুক্ত দূষিত পদার্থ ও কিছু লবণ জলে দ্রবীভূত হইয়া ফোলা দিকে প্রবেশ করে ও সেই স্থান হইতে গবিনীতে মূত্ররূপে নীত হয়।

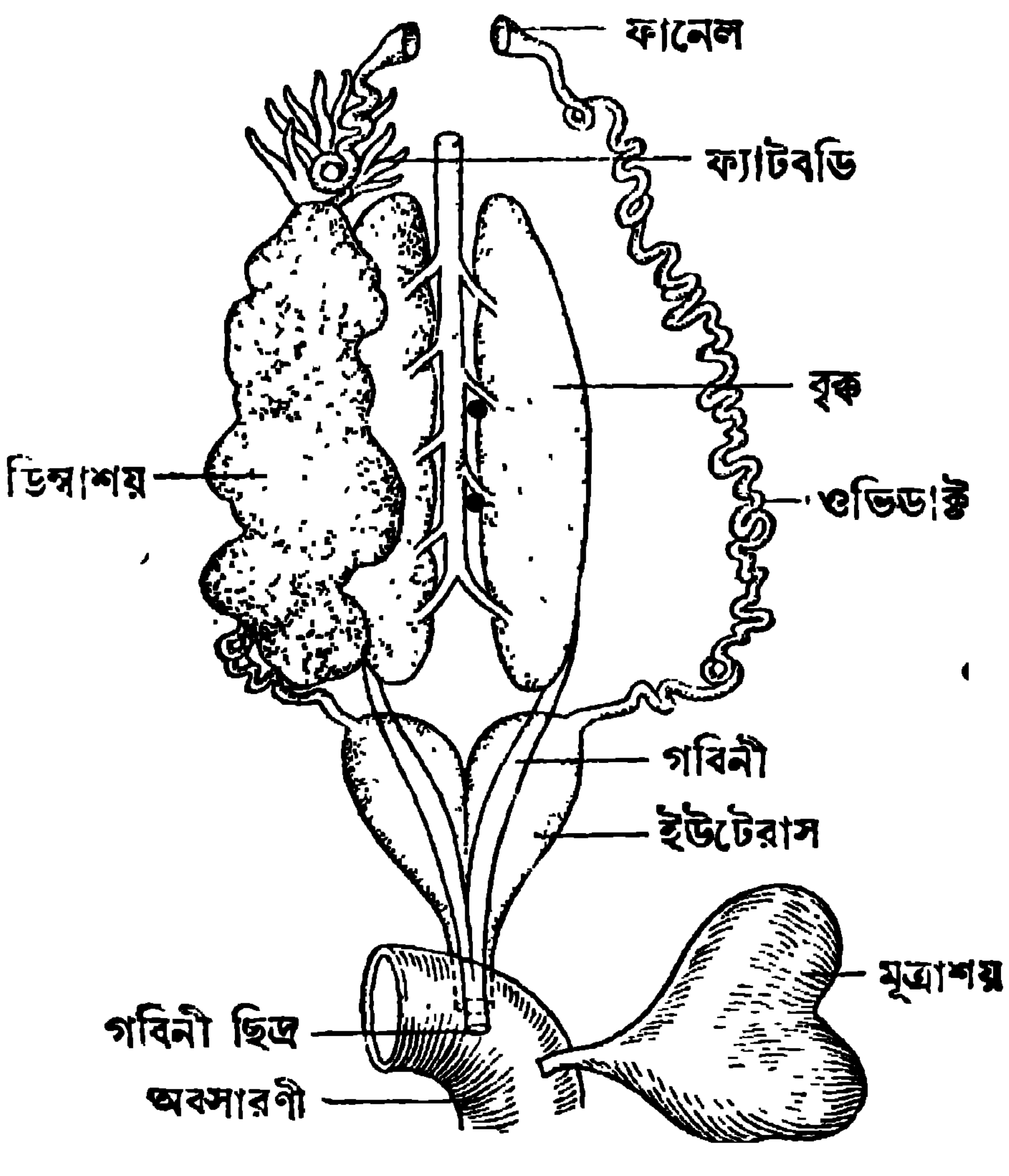
5.7. ব্যাঙের জননতন্ত্র (Reproductive System of Toad)

দুই রকম কুনো ব্যাঙ আছে, স্ত্রী ও পুরুষ-ব্যাঙ। পুরুষ ব্যাঙের জননেন্দ্রিয়ে প্রধানতঃ (*i*) একজোড়া শুক্রাশয়, (*ii*) গবিনী, (*iii*) বিডার্স অরগান্ থাকে (9 নং চিত্র)। শুক্রাশয়-দুটি নিজ নিজ দিকের বৃক্কের অঙ্কদেশে যুক্ত থাকে। শুক্রাশয়ে অসংখ্য শুক্রাণুর উৎপত্তি হয়। এই সকল শুক্রাণু গবিনী দিয়া নীত হইয়া অবসারণীতে প্রবেশ করে এবং সেখান হইতে বাহিরে যায়। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে গবিনী দিয়া পুরুষ-ব্যাঙের মূত্র ও শুক্রাণু বাহিত হয়। শুক্রাশয়ের সম্মুখে একটি লাল রঙের গোলাকার বিডার্স অরগ্যান্ থাকে।



9 নং চিত্র—পুরুষ-ব্যাঙের বৃক্ক ও জননতন্ত্র

স্ত্রী-ব্যাঙের দুইটি ডিম্বাশয় (ovary) থাকে (10 নং চিত্র দেখ)। প্রত্যেকটি নিজেদের দিকের বৃক্কের সহিত যুক্ত থাকে। ডিম্বাশয়ের ভিতর অসংখ্য গোল ডিম্বাণু থাকে। ডিম্বাশয়ের কাছে এবং দেহের ভিতরের দুই পাশে দুটি ডিম্বনলী বা ওভিডাক্ট (oviduct) থাকে। ওভিডাক্টের প্রথম অংশটি ফানেলের মত। পরের অংশটি কুণ্ডলী পাকানো এবং শেষের অংশটির

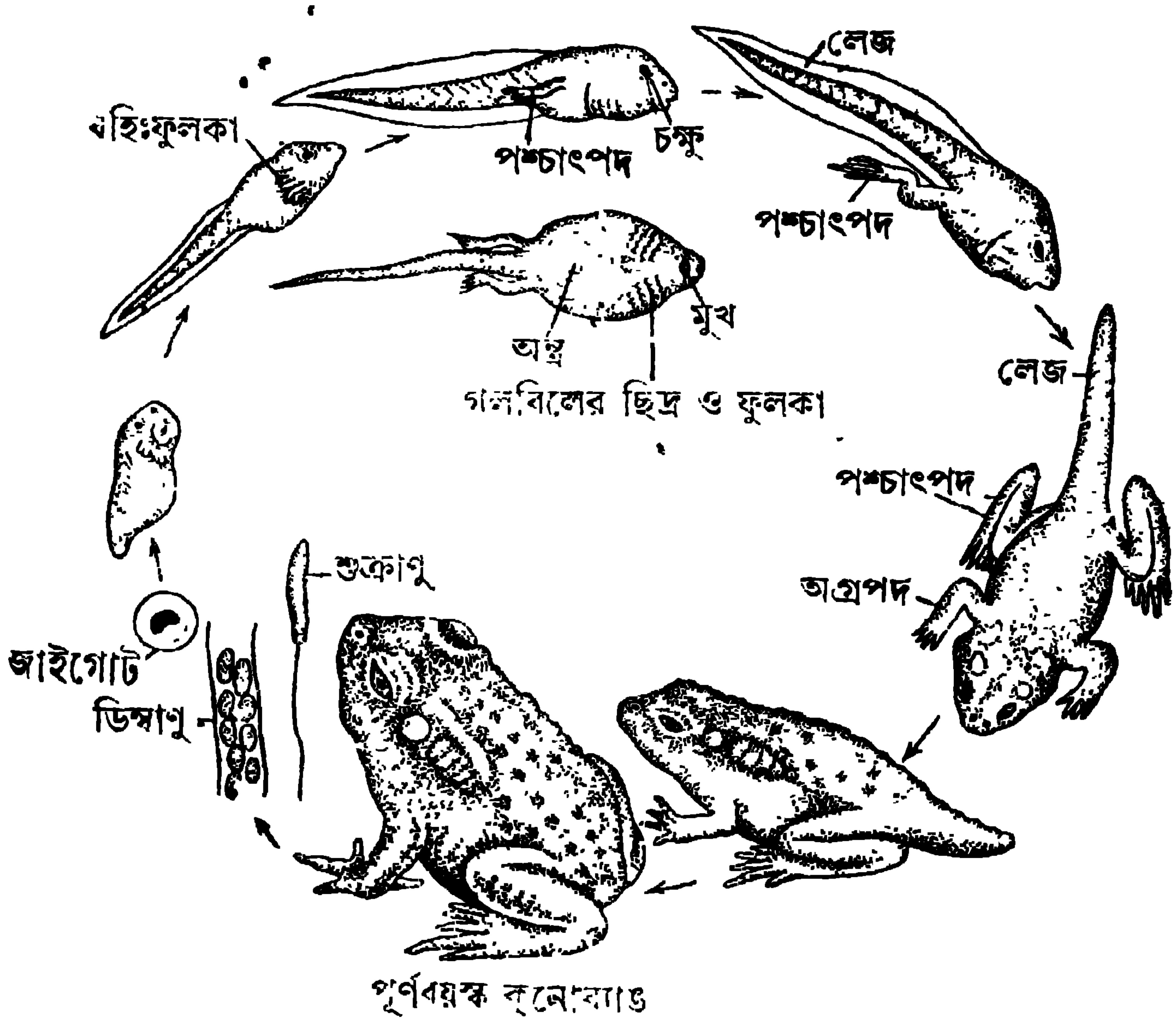


10 নং চিত্র—স্ত্রী-ব্যাঙের বৃক্ক ও জননতন্ত্র

নাম ইউটেরাস (uterus)। দুইটি ইউটেরাস পিছনের দিকে যুক্ত হইয়া একটি ছিদ্রের দ্বারা অবসারণীর পৃষ্ঠদেশে উন্মুক্ত হয়। ডিম্বাণুগুলি ডিম্বাশয় হইতে বাহির হইয়া দেহাভ্যন্তরে প্রবেশ করে এবং সেই স্থান হইতে ওভিডাক্টের ফানেলে যায়। ওভিডাক্টের ভিতর দিয়া ইহারা ইউটেরাসে যায় ও সেখানে সাময়িকভাবে জমা হয়। পরে অবসারণী হইয়া দেহের বাহিরে যায়।

5.8. ব্যাঙের জীবনবৃত্তান্ত (Life History of Toad)

ব্যাঙের জীবনবৃত্তান্ত 11 নং চিত্র হইতে বুঝা যাইবে। বর্ষাকালে পুরুষ-ব্যাঙ জলের ধারে বসিয়া কর্কশ শব্দ করে। এই শব্দ শুনিয়া স্ত্রী-ব্যাঙ তাহার অতি নিকটে আসে। স্ত্রী-ব্যাঙ একটির পর একটি করিয়া ডিম্বাণু জলের উপরে



11 নং চিত্র—ব্যাঙের জন্মবৃত্তান্ত

ছাড়ে। ডিম্বাণুগুলি একটি ফিতার মত পদার্থে গ্রথিত থাকে। পুরুষ-ব্যাঙ তখন শুক্রাণু জলের উপর ছাড়িয়া দেয় এবং এইগুলি তাহাদের সূক্ষ্ম লেজ দিয়া সাঁতার কাটিতে কাটিতে এই ফিতার মধ্যে প্রবেশ করিয়া ডিম্বাণুর সহিত মিলিত হয়। ইহার নাম গর্ভাধান (fertilisation)। গর্ভাধানের পর ডিম্বাণুর নাম হয় জাইগোট

(zygote)। জাইগোট হইতে ভবিষ্যৎ সন্তানের সূচনা হয়। এককোষী জাইগোট হইতে বহুকোষী ভ্রূণের উৎপত্তি হয় ও পরে ইহা একটি শূকে পরিণত হয়। প্রায় দুই সপ্তাহ পর শূকটি জলে স্বাধীনভাবে বিচরণ করে এবং উহাকে ব্যাঙাচি বলা হয়। ব্যাঙাচির একটি ক্ষুদ্র মাথা, দুইটি চক্ষু, একটি লেজ এবং একটি বিজোড় পাখনা থাকে। মাছের মত জোড় পাখনা থাকে না। প্রথমে ইহাদের দেহ জলজ উদ্ভিদে সংলগ্ন থাকে। ইহারা এই অবস্থায় কিছু খায় না ও বহিঃফুলকার (external gills) দ্বারা শ্বাসকার্য করে। পরে যখন তাহাদের পৌষ্টিক তন্ত্র আরও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় তখন তাহারা শক্ত চোয়ালের দ্বারা জলজ উদ্ভিদ খায়। বহিঃফুলকাও খসিয়া যাওয়ায় ব্যাঙাচির গলবিলে মাছের মত কতকগুলি ফুলকার উৎপত্তি হয়, যাহারা চামড়ার দুটি কানকুয়ার দ্বারা ঢাকা থাকে। এই নূতন শ্বাসযন্ত্রের দ্বারা মাছের মত ব্যাঙাচি জল হইতে অক্সিজেন গ্রহণ করে ও কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। লেজটিও বেশ পুষ্ট হওয়ায় ইহা জলের মধ্যে স্বচ্ছন্দে বিচরণ করিতে পারে। দুই মাসের শেষে মাথার পিছনে ও ল্যাজের গোড়া হইতে দুটি পশ্চাৎপদ বাহির হয়। এই অবস্থায় দেহের ভিতরে একজোড়া ফুসফুসের উৎপত্তি হয়। ইহার পর অগ্রপদ দুটি, পশ্চাদপদের সম্মুখে দেখা যায়। ভিতরকার ফুলকাগুলি নষ্ট হইয়া যাওয়ায় ব্যাঙাচিকে স্থলের জীবের মত ফুসফুসের দ্বারা শ্বাসকার্য সম্পন্ন করিতে হয়, তাই সে লাফাইয়া ডাঙ্গায় ওঠে। প্রথমে ক্ষুদ্র লেজটি থাকে— ক্রমে ক্রমে সেটিও নষ্ট হইয়া যায় ও কিছুকালের মধ্যে জীবটি প্রাপ্তবয়স্ক ব্যাঙে পরিণত হয়। ব্যাঙাচি হইতে ব্যাঙে পরিণত হওয়াকে বলে রূপান্তর।

5.9. মাছের বহিরাঙ্গের গঠন (Structure of Fish)

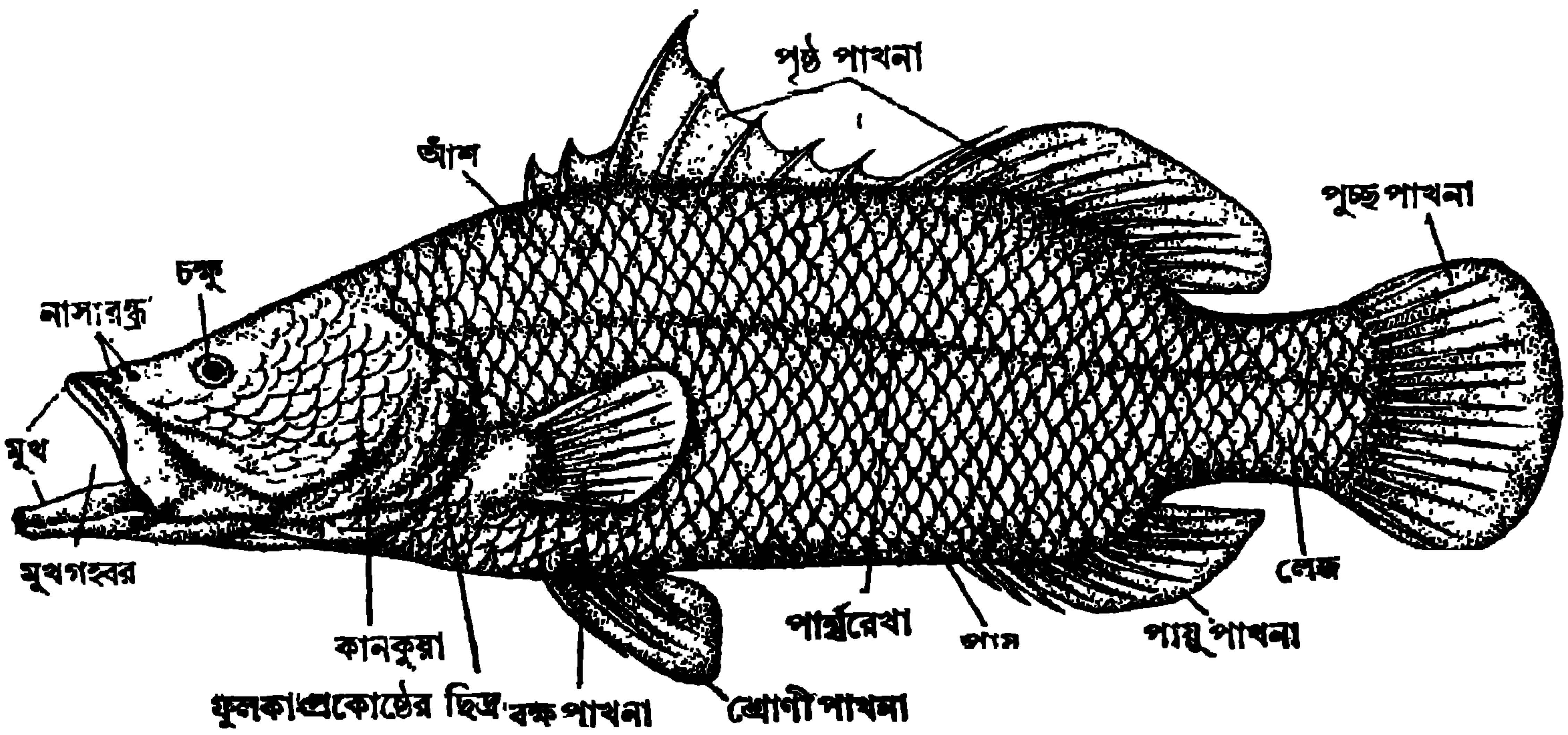
ভেটকি মাছ আমাদের অতি পরিচিত মাছ। ইহা সমুদ্র ও নদীমুখে থাকে কিন্তু নদীর ভিতরেও আসে। ভেটকি অনেক সময় বৃহৎ হয় এবং সাড়ে তিন হাত ভেটকিও দেখা যায়। সুস্বাদু খাদ্য হিসাবে ভেটকি অতুলনীয়।

ভেটকি মাছের বহিরাকৃতি—ইহার দেহটি লম্বা ও সামান্য চ্যাপটা। দেহের মধ্যভাগ, মুখ ও লেজ অপেক্ষা চওড়া। এইরূপ গঠনের জন্য মাছটি জলে স্বচ্ছন্দে বাধাহীনভাবে চলাফেরা করিতে পারে। সমস্ত দেহ একপ্রকার আঁশে ঢাকা থাকে। সামনের আঁশগুলি, পিছনের আঁশগুলিকে ঈষৎ ঢাকিয়া রাখে। ত্বক হইতে শ্লেষ্মা ক্ষরিত হয় বলিয়া মাছের দেহ পিচ্ছল হয়, এইজন্য মাছ হাত হইতে পিছলাইয়া যায়।

ভেটকি মাছের দেহকে প্রধানতঃ তিনটি ভাগে বিভক্ত করা যাইতে পারে, যথা— (*i*) মাথা, (*ii*) ধড়, (*iii*) লেজ (12 নং চিত্র)।

(*i*) মাথার বিস্তৃতি দেহের অগ্রভাগ হইতে কানকুয়া পর্যন্ত। মাথার দু'ধারে একটি করিয়া চক্ষু থাকে। চক্ষুদুটিতে নেত্রপল্লব থাকে না। মাথার অগ্রভাগে প্রতিটি চক্ষুর সম্মুখে একজোড়া নাসারন্ধ্র থাকে। এই ছিদ্রগুলির মুখগহ্বরের সহিত যোগ থাকে না, তাই ইহার শ্বাসকার্য নাসারন্ধ্রের সাহায্যে হয় না—শুধু ঘ্রাণের জন্য ইহাদের ব্যবহার হয়। মুখবিবরটি বেশ চওড়া ও দুটি চোয়ালের দ্বারা বেষ্টিত। চোয়ালগুলিতে অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দাঁত থাকে। মাথায় স্থলজন্তুর ন্যায় কর্ণপটহ থাকে না। মাথার দুই পার্শ্বে একটি করিয়া কানকুয়া থাকে। ফুলকাগুলি কানকুয়ায় ঢাকা থাকে। কানকুয়ার ঠিক পিছনেই একটি ছিদ্র থাকে যাহার ভিতর দিয়া শ্বাসকার্যের দূষিত জল বাহির হয়।

(*iii*) **ধড়ের** বিস্তৃতি মাথা হইতে পায়ু পর্যন্ত। ধড়ের দুই পাশে একটি করিয়া ল্যাটারল্ লাইন (lateral line) বা পার্শ্বরেখা থাকে। এই রেখার ন্যায় অঙ্গটি, মাছের একটি প্রধান ইন্দ্রিয়। ইহা মাছকে জলের অতি সূক্ষ্ম কম্পনের অনুভূতির সহায়তা করে। ধড় ও লেজের সংযোগস্থলে একটি ছিদ্র থাকে, তাহার নাম পায়ু, ইহা হইতে মল নির্গত হয় ; ইহার দুই ধারে যৌন কোষ নিষ্কাশনের দুইটি ছিদ্র থাকে এবং পশ্চাতে থাকে মূত্র বাহির হইবার ছিদ্র।



12 নং চিত্র— ভেটকি মাছ।

(*iii*) লেজ, পায়ু হইতে দেহের শেষ প্রান্ত অবধি বিস্তৃত থাকে। ইহা মৎস্যটিকে সম্মুখে চলিতে সাহায্য করে বলিয়া বেশ শক্তিশালী। ভেটকি মাছের দুই প্রকার পাখনা থাকে যথা, বিজোড় ও জোড়। **বিজোড় পাখনাগুলি যথাক্রমে :** (1) পৃষ্ঠ পাখনা (dorsal fin)—ইহা পৃষ্ঠ দেশে থাকে। (2) লেজসংলগ্ন পাখনা (Caudal fin)—ইহা চওড়া হয়। (3) পায়ুসংলগ্ন পাখনা (Anal fin)—ইহা লেজের অঙ্কীয় স্থানে থাকে।

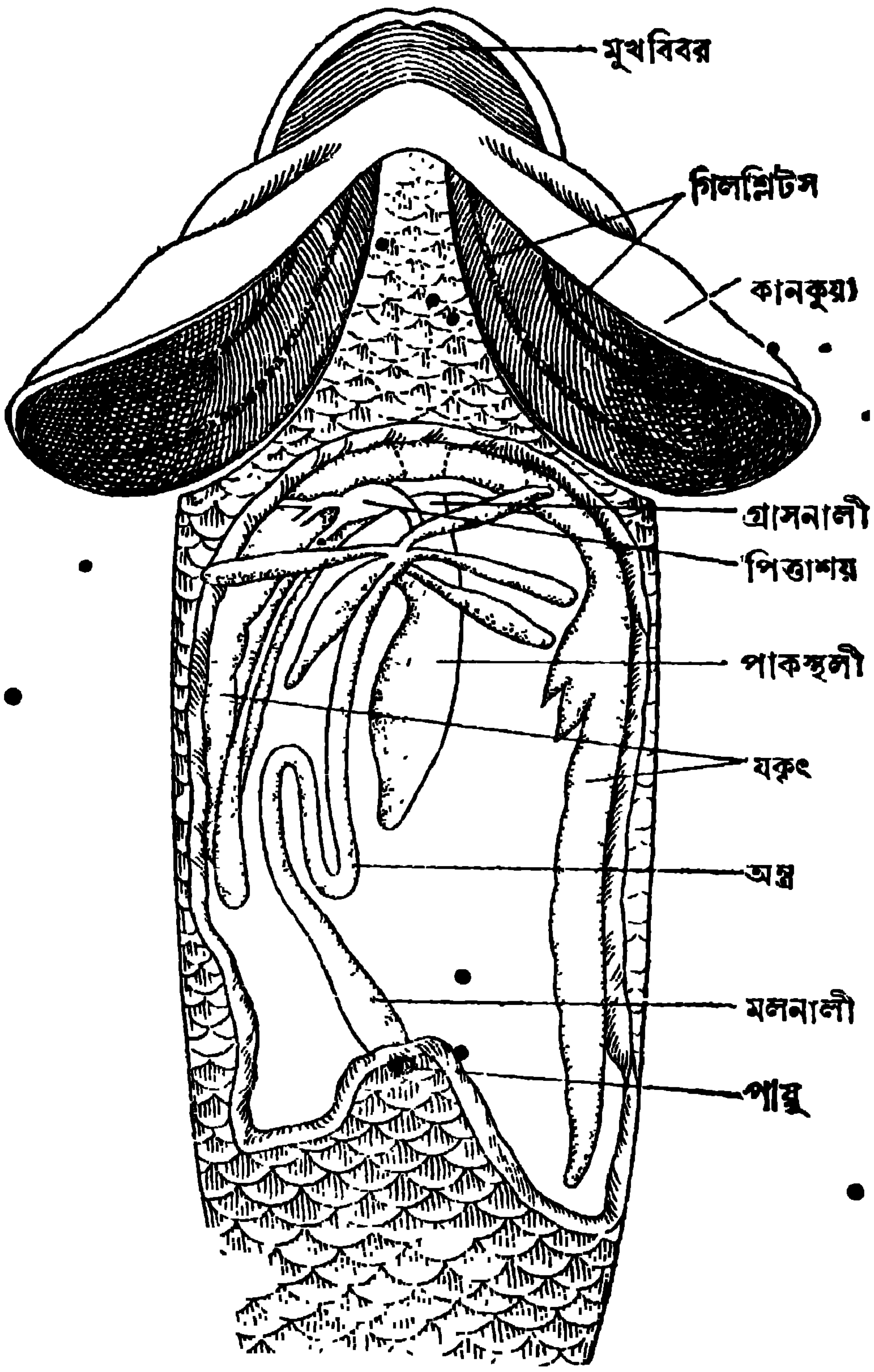
জোড় পাখ্‌নাগুলি যথাক্রমে, (1) দুই পাশের একটি করিয়া বক্ষ পাখ্‌না (pectoral fin)—ইহারা কানকুয়ার ঠিক পশ্চাৎ দেশে থাকে। (2) একজোড়া শ্রোণী পাখ্‌না (pelvic fin)—ইহারা বক্ষ পাখনার পশ্চাতে ও নীচের দিকে থাকে।

5.10. ভেটকি মাছের পৌষ্টিক তন্ত্র (Alimentary System)

ভেটকি মাছের পৌষ্টিক তন্ত্রে থাকে (*i*) **একটি পৌষ্টিক নালী** ও (*ii*) পরিপাকের গ্রন্থি (13 ও 14 নং চিত্র)।

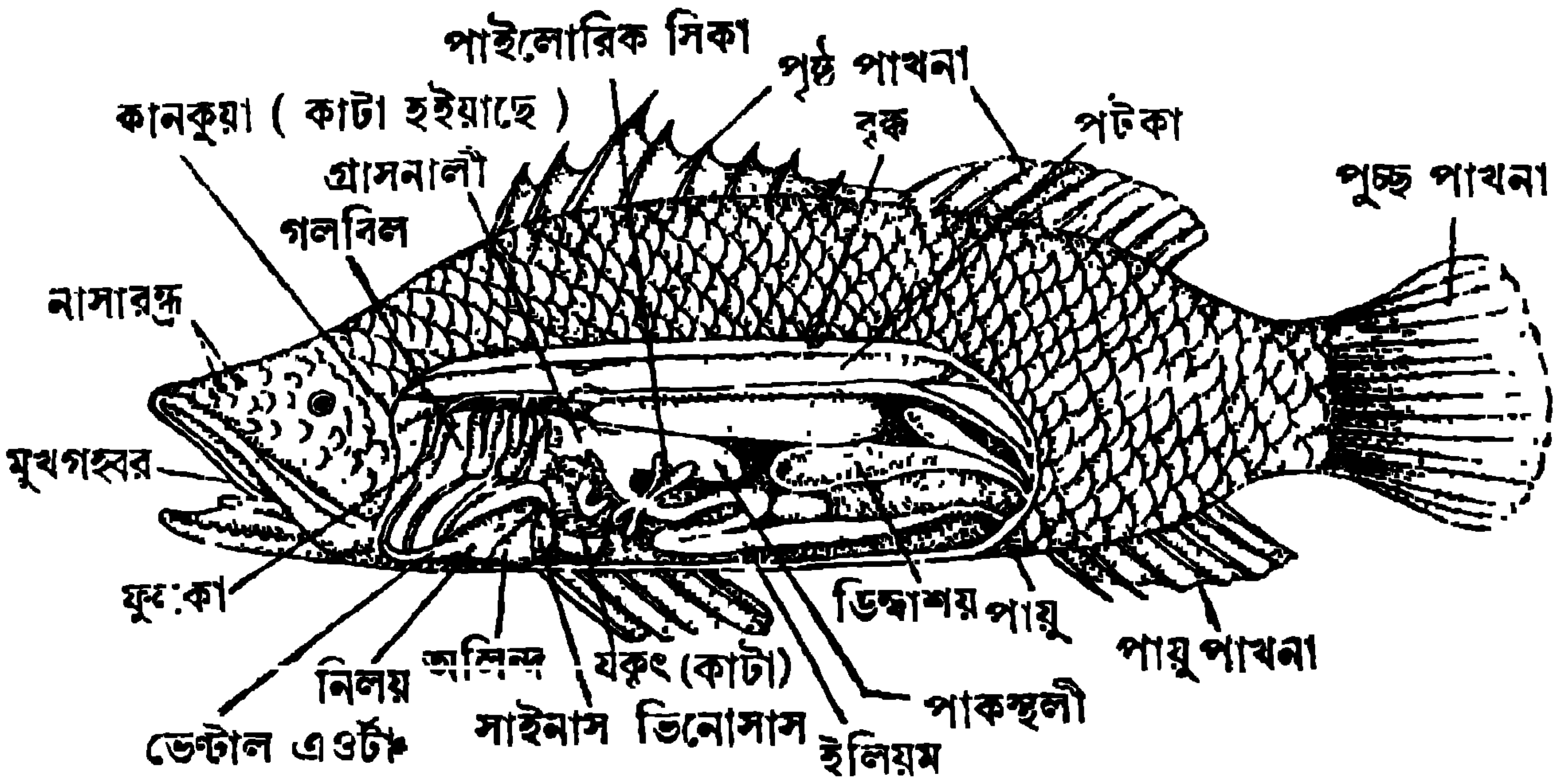
(*i*) নিম্নলিখিত অংশগুলি লইয়া পৌষ্টিক নালী গঠিত, যথা—

(*a*) **মুখবিবর** (mouth),—ইহা দুটি চোয়ালের দ্বারা বেষ্টিত; চোয়ালে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দাঁত থাকে। (*b*) **মুখগহ্বর** (buccal cavity),—ইহার তলদেশে একটি জিহ্বা থাকে, (*c*) **গলবিল** (pharynx),—গলবিলের দুই পার্শ্বে পাঁচটি করিয়া ছিদ্র থাকে তাহাদের নাম গিল স্লিটস্ (gill slits)। গলবিলের দুই পার্শ্বে একটি করিয়া প্রকোষ্ঠ থাকে তাহাদেব নাম গিল চেম্বার (gill chamber)। গিল স্লিটসের দ্বারা গিল চেম্বার ও গলবিলের যোগস্থাপন হয়। গিল আর্চ (gill arch) দিয়া দুটি গিল স্লিটের মধ্যবর্তী অংশটি সুরক্ষিত থাকে। (*d*) গলবিলের পর **গ্রাসনালী**, গ্রাসনালী **পাকস্থলীতে** শেষ হয়। (*e*) পাকস্থলীর যে দিকে গ্রাসনালী উন্মুক্ত



13 নং চিত্র—ভেটকি মাছের পৌষ্টিক তন্ত্র

হয় সেই দিক হইতে **অন্ত্রের** উৎপত্তি হয় ; অন্ত্র ফাঁসের মত দেখিতে হয় এবং **পায়ুতে** উন্মুক্ত হয়। অন্ত্রের শেষের দিকটার নাম **মলনালী**।



14 নং চিত্র—ভেটকি মাছের দেহের ভিতরের অঙ্গপ্রত্যঙ্গ

(*ii*) নিম্নলিখিত অংশগুলি লইয়া পরিপাক-গ্রন্থি গঠিত হয়, যথা—

(*a*) **যকৃত**—ইহা বেশ বড় এবং ইহার দুইটি অংশ আছে, একটি বামে এবং অপরটি দক্ষিণে। একটি পিত্তাশয় যকৃতের সহিত যুক্ত থাকে।

(*b*) **অগ্ন্যাশয়**—ইহাকে পৃথকভাবে দেখিতে পাওয়া যায় না তবে ইহার কোষগুলি যকৃতের মধ্যে থাকে।

উদরের ভিতরে একটি পটকা (swim bladder) থাকে। ইহার ভিতরকার বায়ুর চাপ নিয়ন্ত্রিত করিয়া মাছটি জলের উপরে বা নিচে চলাফেরা করিতে পারে।

5.11. ভেটকি মাছের রক্তসংবহনতন্ত্র (Circulatory System)

হৃৎপিণ্ডের দ্বারা শরীরের অঙ্গপ্রত্যাঙ্গে রক্ত সঞ্চালিত হইয়া থাকে। হৃৎপিণ্ডটি হৃদ্ধরা কলাদ্বারা ঢাকা থাকে। ভেটকির হৃৎপিণ্ডে তিনটি প্রকোষ্ঠ থাকে, যথা—(*i*) সাইনস্ ভিনোসাস্, (*ii*) একটি অলিন্দ, (*iii*) একটি নিলয়। সাইনস্ ভিনোসাসে দুইটি বৃহৎ শিরা আসিয়া উন্মুক্ত হয়। ইহারা দেহের সমস্ত দূষিত রক্ত সাইনস্ ভিনোসাসে আনে ; একটি ছিদ্র দিয়া সাইনস্ ভিনোসাসের সহিত অলিন্দের যোগ থাকে। ছিদ্রটিতে একটি কপাটিকা থাকে, ইহা রক্তকে সাইনস্ ভিনোসাস্ হইতে অলিন্দে যাইতে দেয় কিন্তু বিপরীত পথে যাইতে দেয় না। অলিন্দ, নিলয়কে কিছুটা বেষ্টন করিয়া রাখে এবং এই দুই প্রকোষ্ঠও একটি ছিদ্রদ্বারা যুক্ত থাকে। এই ছিদ্রেও একটি কপাটিকা থাকে যাহা রক্তকে কেবলমাত্র অলিন্দ হইতে নিলয়ে যাইতে দেয়। নিলয়টি পেশীবহুল এবং ইহার আকৃতি একটি শঙ্কুর (cone) ন্যায়। নিলয়ের মুখ হইতে একটি বৃহৎ ধমনী

বাহির হয় যাহার নাম ভেন্ট্রাল অ্যাওর্টা (ventral aorta) এবং উহাদের সংযোগস্থলে একটি স্ফীত অঙ্গ থাকে। রক্ত, নিলয় হইতে ভেন্ট্রাল অ্যাওর্টায় প্রবেশ করে। (14 নং চিত্র দেখ)।

ভেটকি মাছের হৃৎপিণ্ডে কেবল দূষিত রক্ত চলাচল করে। এই রক্ত অ্যাফারেন্ট ব্র্যাঙ্কিয়ল ধমনী (afferent branchial artery) দিয়া ফুলকায় যায়, সেইখানে রক্ত পরিস্রুত হইয়া এফেরেন্ট ব্র্যাঙ্কিয়ল ধমনী (efferent branchial artery) দিয়া ডরসাল অ্যাওর্টায় যায়। এই বিশুদ্ধ রক্ত দেহের সকল অঙ্গপ্রত্যঙ্গে চলাচল করে।

5 12. ভেটকি মাছের শ্বসনতন্ত্র (Respiratory System)

ভেটকি মাছের শ্বসনতন্ত্রে নিম্নলিখিত অঙ্গপ্রত্যঙ্গ আছে, যথা (*a*) মুখের অগ্রস্থিত দুইটি কপাটিকা (oral valves) (*b*) গলবিল, (*c*) ফুলকা, (*d*) ফুলকা প্রকোষ্ঠ (gill chamber) ও (*e*) কানকুয়া (15 নং চিত্র)।

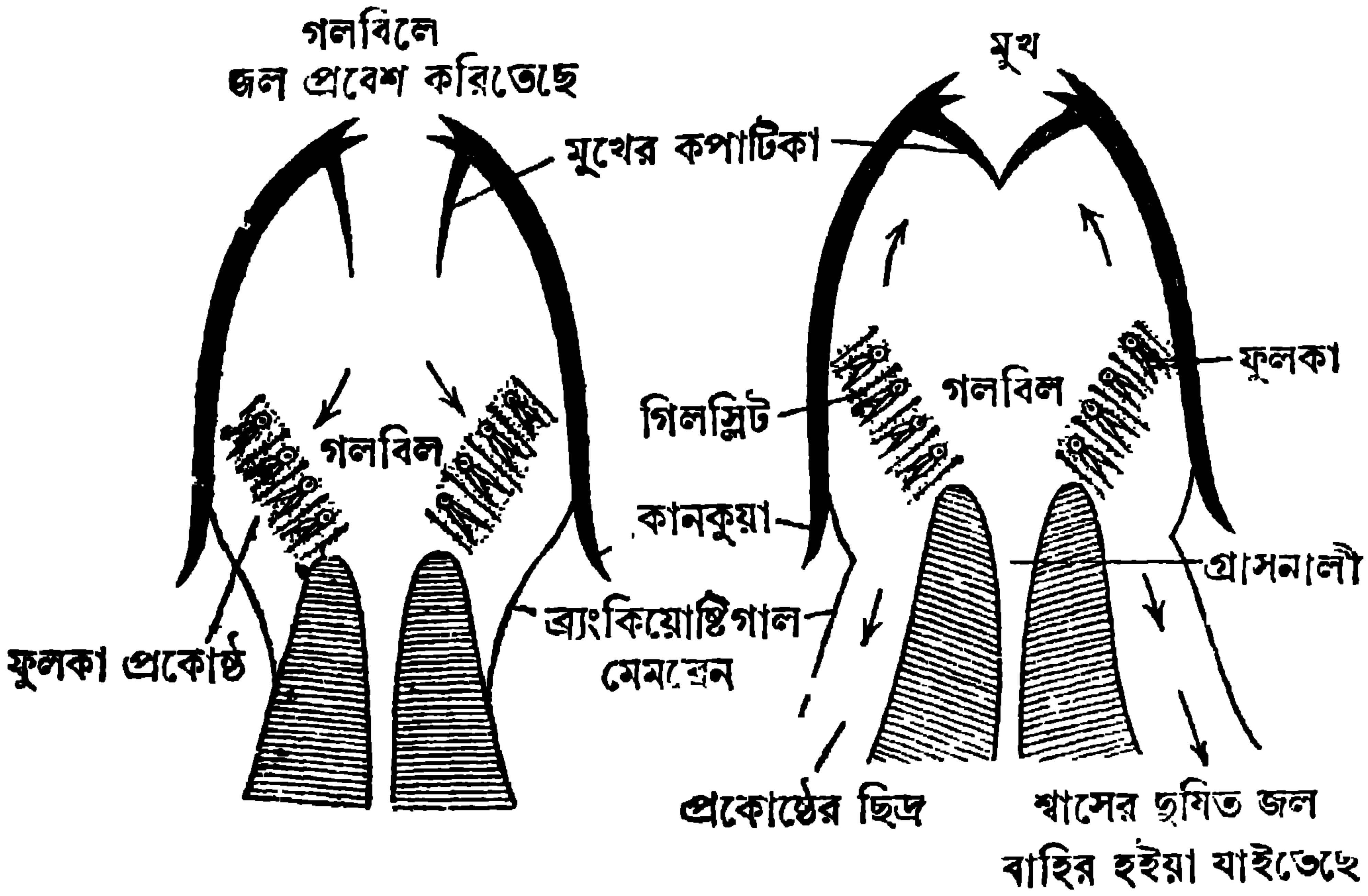
(*a*) মাছের মুখটি খুলিলে মুখগহ্বরের অগ্রে দুটি কপাটিকা থাকে। এই কপাটিকা থাকায় মুখগহ্বরে জল প্রবেশ করিতে পারে, কিন্তু শ্বাসের জল মুখবিবর হইতে বাহিরে যাইতে পারে না।

(*b*) পূর্বেই বলা হইয়াছে যে গলবিলের দুই দিকে পাঁচটি করিয়া গিল স্লিট (gill slit) আছে। দুটি গিল স্লিটের মধ্যে গলবিলের যে অংশ থাকে তাহার নাম গিল আর্চ। ইহার বাহিরের দিকে দুই সার অসংখ্য সূতার ন্যায় গিল ফিলামেণ্ট লাগানো থাকে। প্রতিটি গিল ফিলামেণ্টে জালক থাকে ; এই জালক অ্যাফ্যারেণ্ট ও এফেরেণ্ট ব্র্যাঙ্কিয়াল ধমনীর সহিত যুক্ত থাকে। গিল ফিলামেণ্টযুক্ত গিল আর্চকে বলে ফুলকা। গলবিলের দুই পাশে চারিটি করিয়া ফুলকা থাকে।

(*c*) ফুলকাগুলি কানকুয়ার দ্বারা ঢাকা থাকে। কানকুয়া ও গলবিলের মধ্যবর্তী প্রকোষ্ঠটিকে বলে গিল চেম্বার বা ফুলকা প্রকোষ্ঠ। ফুলকাগুলি গিল চেম্বারে থাকে। কানকুয়া ও দেহের পাশের সংযোগস্থলে গিল চেম্বারের যে ছিদ্র থাকে তাহার নাম অপারকিউলার ছিদ্র (opercular opening)।

ভেটকি মাছের শ্বাসকর্মের পদ্ধতি :—প্রথমে মাংসপেশীর সংকোচনের ফলে কানকুয়া-দুইটির দুই পাশ ঈষৎ ফুলিয়া উঠে কিন্তু দেহের পার্শ্ব হইতে সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্ন হয় না। গলবিলের আয়তনের বৃদ্ধি হইবার ফলে মুখ দিয়া বিশুদ্ধ জল গলবিলে প্রবেশ করে ও গিল স্লিট পথে গিল চেম্বারে যায়। গিল স্লিটের ভিতর দিয়া জলের

স্রোত বহিবার সময়, গিল ফিলামেণ্টের জালকের দূষিত রক্ত জলের দ্রবীভূত অক্সিজেনের দ্বারা বিশুদ্ধ হয় ও এই স্রোতে কারবন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত হয়। এই অপরিস্রুত জল গিল চেম্বারে জমা হয়। এইবার মুখগহ্বর ও গলবিল সংকুচিত হইয়া পূর্বাবস্থা প্রাপ্ত



15 নং চিত্র—ভেটকি মাছের শ্বসন

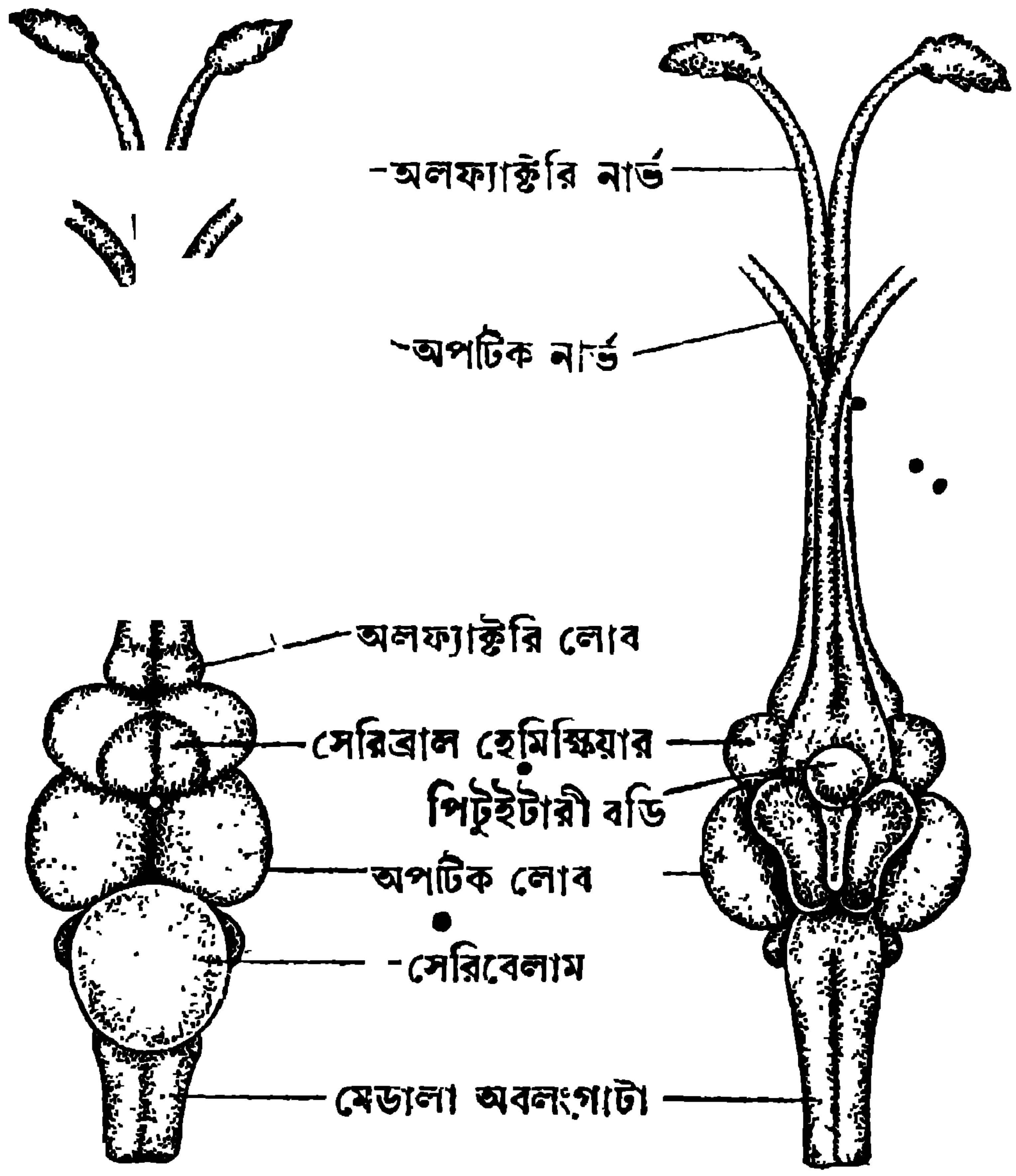
হয়। এইরূপে অপরিস্রুত জলের উপর চাপের জন্য ওর‍্যাল ভাল্‌ভ মুখবিবর বন্ধ করিয়া দেয়; কানকুয়া পাশ হইতে সরিযা গিয়া অপারকিউলার ছিদ্র খুলিয়া দেয় ও এই পথে জল নিষ্কাশিত হয়।

এইরূপে অ্যাফারেণ্ট ব্র্যাঙ্কিয়ল ধমনীর দূষিত রক্ত ফুলকার জালকে পরিস্রুত হইয়া এফেরেণ্ট ধমনীতে নীত হয়।

5.13. ভেটকি মাছের স্নায়ুতন্ত্র (Nervous System)

ব্যাঙের ন্যায় ভেটকি মাছের স্নায়ুতন্ত্রটি তিনভাগে ভাগ করা যায়, যথা,—সেণ্ট্রাল নার্ভতন্ত্র, পেরিফেরাল নার্ভতন্ত্র ও স্বতন্ত্র নার্ভতন্ত্র। মস্তিষ্ক ও সুষুম্নাকাণ্ড, সেণ্ট্রাল নার্ভতন্ত্রের অন্তর্গত। মস্তিষ্ক, অন্য মেরুদণ্ডীর ন্যায় তিনটি প্রধান ভাগে বিভক্ত, যথা—ফোর ব্রেন, মিডব্রেন ও হাইণ্ড ব্রেন। ফোর ব্রেনের সামনের অংশটির নাম টেলেনকিফেলন, ইহা অবিভক্ত থাকে। ইহার সম্মুখ হইতে একজোড়া অলফ্যাক্টরি নার্ভ বাহির হয় (16 নং চিত্র দেখ)। ফোর ব্রেনের পিছনের অংশটির নাম থ্যালেমেনকিফেলন। ইহার পৃষ্ঠদেশে একটি পিনিয়ল বডি লাগানো থাকে; ইহার অঙ্কীয় দেশে থাকে পিটুইটারি বডি। পিটুটারি বডির

সামনেই দুটি অপটিক নার্ভ দেখা যায়। মিড ব্রেনের পৃষ্ঠদেশে দুটি অপটিক লোব থাকে এবং অঙ্কীয় দেশে দুটি ক্রুরা সেরিব্রাই থাকে। হাইণ্ড ব্রেনের অগ্রভাগে থাকে সেরিবেলাম্। ইহা বেশ বড় হয়। হাইণ্ড ব্রেনের পশ্চাৎদেশে থাকে মেডালা অবলংগাটা। মেডালা অবলংগাটার পর সুষুম্নাকাণ্ড।



16 নং চিত্র—ভেটকি মাছের মস্তিষ্ক (বামদিকে পৃষ্ঠদেশ ও দাক্ষিণদিকে অঙ্কীয়দেশ)

5.14. ভেটকি মাছের রেচনতন্ত্র (Excretory System)

দেহের ভিতর দুইটি দীর্ঘ বৃক্ক থাকে। প্রতিটি বৃক্ক হইতে একটি গবিনী বাহির হইয়া দেহের পশ্চাৎদেশে একটি মূত্রাশয়ে উন্মুক্ত হয় (14 নং চিত্র দেখ)। মূত্রাশয়টি পায়ুর পশ্চাতে মূত্র নিষ্কাশন-ছিদ্রটির সহিত যুক্ত থাকে। বৃক্কদুইটি রক্ত হইতে দূষিত পদার্থ পৃথক করিয়া মূত্রে পরিণত করে। মূত্র গবিনী দিয়া নীত হইয়া মূত্রাশয়ে সাময়িকভাবে জমা হয়। সেই স্থান হইতে দেহের বাহিরে যায়।

5.15. ভেটকি মাছের জননতন্ত্র (Reproductive System)

ভেটকি মাছের স্ত্রী-পুরুষ ভেদ থাকে। প্রাপ্তবয়স্ক মাছের যখন সন্তান উৎপাদনের সময় হয় তখন স্ত্রী-মাছের ডিম্বাশয় ও পুরুষ-মাছের শুক্রাশয় বৃহদাকার ধারণ করে।

পুরুষ-মাছের দেহের পশ্চাৎ দিকে একটি শুক্রাশয় থাকে। প্রতিটি শুক্রাশয় হইতে একটি ভাস ডেফেরেন্স (vas deferens) নামক নল যুক্ত থাকে। দুই ভাস ডেফেরেন্স, পায়ুর দুই পাশের দুইটি ছিদ্রে উন্মুক্ত হয়। শুক্রাশয়ে অসংখ্য শুক্রাণু উৎপন্ন হয় এবং তাহারা ভাস ডেফেরেন্স-দ্বারা নীত হইয়া উপরোক্ত ছিদ্রপথে নির্গত হয় ও জলের উপর পড়ে।

স্ত্রী-মাছের ডিম্বাশয় দুটি বেশ বড় হয়। দুটি ওভিডাক্ট (oviduct) পায়ুর দুই পাশে দুইটি ছিদ্রে উন্মুক্ত হয়। পরিপক্ক ডিম্বাণুদুটি ওভিডাক্টের দ্বারা বাহিত হইয়া জলের উপর পড়ে।

জীবন-বৃত্তান্ত (Life History)

শীতকালেই ইহাদের সন্তানোৎপাদনের প্রকৃষ্ট সময়। জলে শুক্রাণু ও ডিম্বাণু মিলিত হইয়া জাইগোট হয়। জাইগোট বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া ক্ষুদ্র পোনায় পরিণত হয়। পোনা নানা খাদ্য খাইয়া বড় হয় ও বছর দুই পরে প্রাপ্তবয়স্ক হয়।

Objecrive Test—প্রশ্ন

A. Alternative resp onse type :

(1) *Yes or no type :—*

(*i*) কুনো ব্যাঙ কি শীতকালে চলাফেরা করে? –

(*ii*) মানুষের ও ব্যাঙের বহিরাকৃতিতে কোনো সাদৃশ্য আছে কি? –

(*iii*) ব্যাঙের কি লেজ থাকে? –

(*iv*) ভেটকি মাছের ধড়ের দুই পাশে যে একটি করিয়া রেখা থাকে তাহা কি উহার ইন্দ্রিয়? –

(*v*) ভেটকি মাছের কি চক্ষুপল্লব আছে? –

(2) ***True or false type :***

(*i*) ব্যাঙ যখন বসিয়া থাকে তখন তাহার সামনের দিকটা উঁচু হইয়া থাকে।

(*ii*) ব্যাঙের প্রত্যেক চক্ষুর দুইটি করিয়া নেত্রপল্লব থাকে।

(*iii*) ভেটকি মাছের তিনটি পাখ্না আছে।

(*iv*) ভেটকি মাছের শ্বাসকার্য নাসারন্ধ্রের সাহায্যে হয়।

B. Recall type :

(*i*) ব্যাঙের স্নায়ুতন্ত্র——প্রধান ভাগে ভাগ করা যায়। ——

(*ii*) ব্যাঙের আঁচিলগুলি হইতে একপ্রকার সাদা——রস নির্গত হইয়া শত্রুর শরীরে সবেগে আঘাত করে। ——

(*iii*) ভেটকি মাছের মধ্যভাগ, লেজ ও মুখ অপেক্ষা——হওয়ায় উহা জলে স্বচ্ছন্দে চলিতে পারে। ——

C. Completion type :

(*i*) ভেটকি মাছের মাথার বিস্তৃতি দেহের অগ্রভাগ হইতে——পর্যন্ত ; মাথার দুধারে একটি করিয়া——থাকে ; চক্ষুতে——থাকে না। ——

(*ii*) ব্যাঙের চামড়ার নীচে যে——আছে তাহার ক্ষরণের ফলে——সব সময় ভিজা থাকে।

D. Multiple choice type :

(*i*) ব্যাঙ শ্বাসপ্রশ্বাস লয় কাহার সাহায্যে ? নাসারন্ধ্রের সাহায্যে, মুখবিবরের সাহায্যে।

(*ii*) ভেটকি মাছ কাহার সাহায্যে চলে ? লেজ, পাখনা, কানকুয়া।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

(কুনো ব্যাঙ ও ভেটকি মাছ)

1. By examination of the external characters of a toad how would you say that the animal is fit to live (*i*) in land (*ii*) in water.

[কুনো ব্যাঙের বহিরাকৃতি দেখিয়া তুমি কি কি কারণে বলিবে যে উহা (*i*) ডাঙায় বাস করিতে পারে, (*ii*) জলে বাস করিতে পারে ?]

2. Enumerate the similarities in the external characters of man and toad.

[মানুষের ও কুনো ব্যাঙের বহিরাকৃতিতে কি কি সাদৃশ্য আছে ?]

20·6

3. In what parts of the body of toad does the impure blood become pure and pure blood impure ?

[কুনো ব্যাঙের দেহের কোন্ কোন্ অঙ্গে দূষিত রক্ত বিশুদ্ধ হয় ও বিশুদ্ধ রক্ত দূষিত হয় ?]

4. What is the nature of the blood in the pulmonary vein and the pulmonary artery ?

[পালমোনারি শিরায় ও পালমোনারি ধমনীতে কি রকম রক্ত থাকে ?]

5. Explain what would be the condition of a toad if (*i*) its external nasal apertures are plugged with wax, (*ii*) its mouth is kept open with force.

[কুনো ব্যাঙের কি অবস্থা হবে যদি (*i*) বহির্নাসিকার ছিদ্র মোম দিয়া বন্ধ করা হয় ? (*ii*) যদি জোর করিয়া মুখ খুলিয়া রাখা হয় ?]

6. What is the red colour of the blood of a toad due to ?

[কুনো ব্যাঙের রক্ত লাল হয় কেন ?]

7. What are the similarities between a tadpole and a Bhekti fish ?

[বেঙাচির সহিত ভেটকি মাছের কি কি সাদৃশ্য আছে ?]

8. What does a Bhekti fish do with its nostrils ? What part of the body of Bhekti fish is called its tail ?

[একটি ভেটকি মাছ তার নাসারন্ধ্র দিয়া কি করে ? ভেটকি মাছের দেহের কোন স্থানটিকে ল্যাজ বলে ?]

9. What would happen if (*i*) the mouth of a Bhekti fish were forcibly kept open in water for some time ? (*ii*) If its operculum is cut on both sides ?

[ভেটকি মাছের (*i*) জলের নীচে জোর করিয়া মুখ খুলিয়া রাখিলে (*ii*) দুই দিকের কানকুয়া কাটিয়া দিলে কি হইবে ?]

10. What is the kind of blood present in the heart of Bhekti fish ?

[ভেটকি মাছের হৃৎপিণ্ডে কি রকম রক্ত থাকে ?]

পদার্থবিদ্যা

(Physics)

প্রথম অধ্যায় (Chapter—I)

শব্দবিজ্ঞান (Sound)

1.1. শব্দ-সংক্রান্ত কয়েকটি রাশির ব্যাখ্যা (Explanation of some terms in connection with Sound)

শব্দের উৎপত্তি ও বিস্তার সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করিতে হইলে নিম্নলিখিত রাশিগুলির সম্বন্ধে বিশেষভাবে জানিতে হইবে।

(a) **কম্পন :**—যদি কোন বস্তুকণা, যে-কোন বিন্দু হইতে যাত্রা করিয়া পুনরায় একই দিকে সেই বিন্দু অতিক্রম করে তাহা হইলে তাহার একবার পূর্ণ কম্পন (vibration) হইল। মনে কর O একটি কম্পমান কণা যাহার, AB সরলরেখায় কম্পন হতেছে (1 নং চিত্র)। কণাটি যদি O বিন্দু হতে A বিন্দুতে যায় এবং সেখান হইতে ফিরিয়া পুনরায় বিপরীত দিকের B বিন্দুতে যাইয়া, আবার O বিন্দুতে ফিরিয়া আসে, তাহা হইলে তাহার একবার পূর্ণ কম্পন হইল।

1 নং চিত্র

(b) **কম্পনকাল** (T) :—কম্পনশীল কণার একবার পূর্ণ কম্পন হইতে যে সময় লাগে তাহাকে কণার কম্পনকাল (period) বলে। 1 নং চিত্রে, কণার O বিন্দু তে A বিন্দুতে যাইতে এবং সেখান হইতে B বিন্দুতে যাইয়া পুনরায় O বিন্দুতে ফিরিয়া আসিতে যে সময় লাগিবে তাহাকে কণার কম্পনকাল বলে।

(c) **কম্পাঙ্ক** (n) : কম্পনশীল কণার এক সেকেণ্ডে যতবার পূর্ণ কম্পন হয় সেই সংখ্যাকে ঐ বস্তুর কম্পাঙ্ক (frequency) বলে।

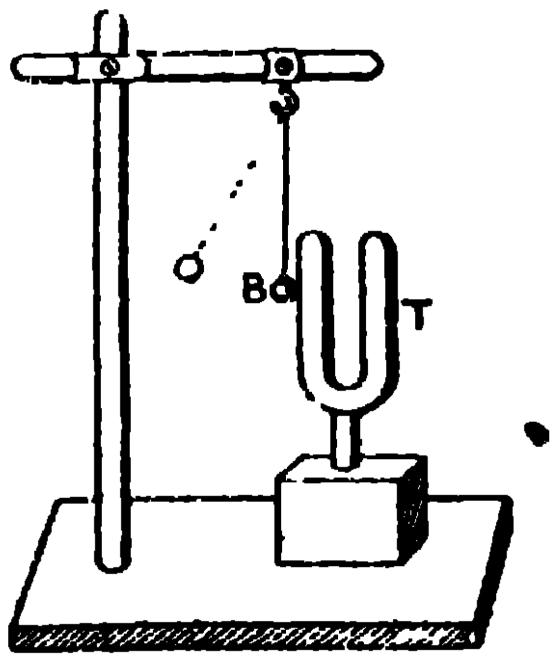
(d) **বিস্তার** (a) :—কোন কম্পনশীল কণার স্থির অবস্থান হইতে দুইদিকের যে কোন দিকের সর্বোচ্চ সরণকে কণার বিস্তার বলে। 1 নং চিত্রে, O বিন্দু কম্পনশীল কণার স্থির অবস্থান এবং উহার O বিন্দু হইতে যে কোন দিকের সর্বোচ্চ সরণ OA কিংবা OB হইবে। কাজেই কণার বিস্তার OA কিংবা OB হইবে।

1.2. শব্দের উৎপত্তি (Production of Sound) :

পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, বাস্তব বস্তুর কম্পন ছাড়া শব্দ উৎপন্ন হয় না। মানুষের শ্রুতিগোচর কোন শব্দ উৎপন্ন করিতে হইলে, বাস্তব বস্তুর কম্পাঙ্ক

প্রায় 27 এবং 20,000-এর মধ্যে রাখিতে হয়। বাস্তব বস্তু যখন শব্দ উৎপন্ন করে তখন যে তাহার সত্যসত্যই কম্পন হয় তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলিদ্বারা দেখানো যাইতে পারে।

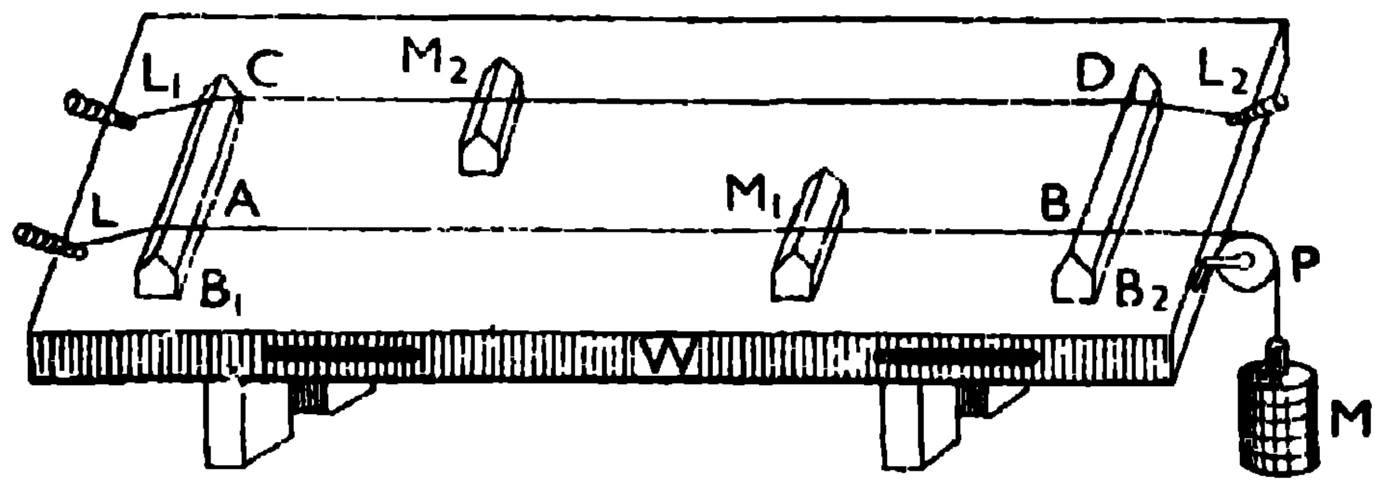
(a) স্বরশলাকা দ্বারা (By tuning fork):—একটি আয়তক্ষেত্রিক প্রস্থচ্ছেদযুক্ত লৌহদণ্ডকে U-আকৃতিতে বাঁকাইয়া, উহার নীচের বাঁকা স্থানে একটি দণ্ড সংযুক্ত করিলে যে যন্ত্রটি তৈয়ারী হয় তাহাকে স্বরশলাকা (tuning fork) বলে (2 নং চিত্র দেখ)।



2 নং চিত্র

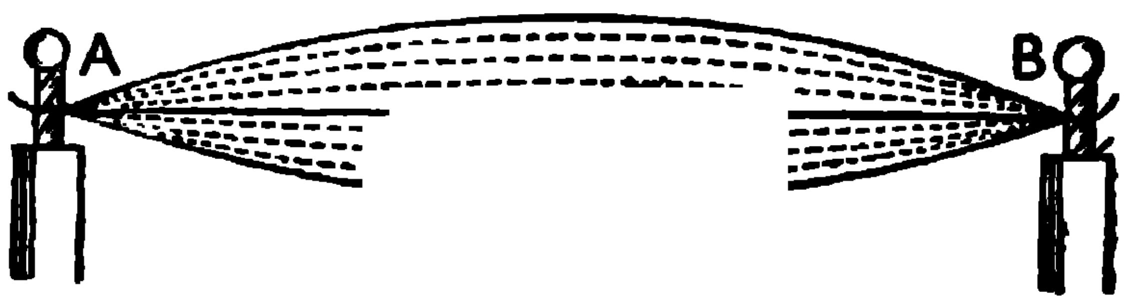
2 নং চিত্রে, একগাছি সূতাদ্বারা একটি শোলার বলকে ঝুলাইয়া, ঐ বলকে স্বরশলাকার (T) একটি বাহুর সংস্পর্শে রাখা আছে। যখন একটি রবারের প্যাডযুক্ত হাতুড়ি দ্বারা উহার বাহুর উপর ঘা দেওয়া হয় তখন স্বরশলাকা হইতে শব্দের সৃষ্টি হয়। এখন দেখা যাইবে যে, শলাকার বাহুর সংস্পৃষ্ট বলটি বার বার আঘাত খাইয়া সরিয়া যাইতেছে। ইহাদ্বারা প্রমাণিত হইবে যে, শব্দ সৃষ্টিকারী স্বরশলাকার বাহুটি কাঁপিতেছে।

সনোমিটারের তার দ্বারা :—সনোমিটার একটি প্রায় এক মিটার লম্বা ফাঁপা কাঠের বাক্স (W) যাহার উপর তলে দুইটি তার (AB ও CD) টান করিয়া বাঁধা আছে [3(a) নং চিত্র দেখ]। এই তার দুইটি, বাক্সের দুই-প্রান্তে দৃঢ়ভাবে আটকানো দুইটি সেতুর (Bridge) [B_1 ও B_2] উপর দিয়া গিয়াছে। তারদুইটির কম্পনশীল দৈর্ঘ্য পরিবর্তন করিবার জন্য M_1 ও M_2 সেতু দুইটিকে যথাক্রমে AB ও CD তারের নীচে বসানো আছে। CD তারের দুই-প্রান্ত দুইটি খুঁটির (L_1 ও L_2) সহিত বাঁধা আছে। AB তারের একপ্রান্ত একটি খুঁটির (L) সহিত বাঁধা আছে এবং অপর প্রান্ত একটি কপিকল P-এর উপর দিয়া লইয়া গিয়া একটি আংটার সহিত বাঁধিয়া রাখা হইয়াছে। এই আংটার উপর উপযুক্ত ভার (M) চাপাইয়া AB তারকে টান রাখা হয়।



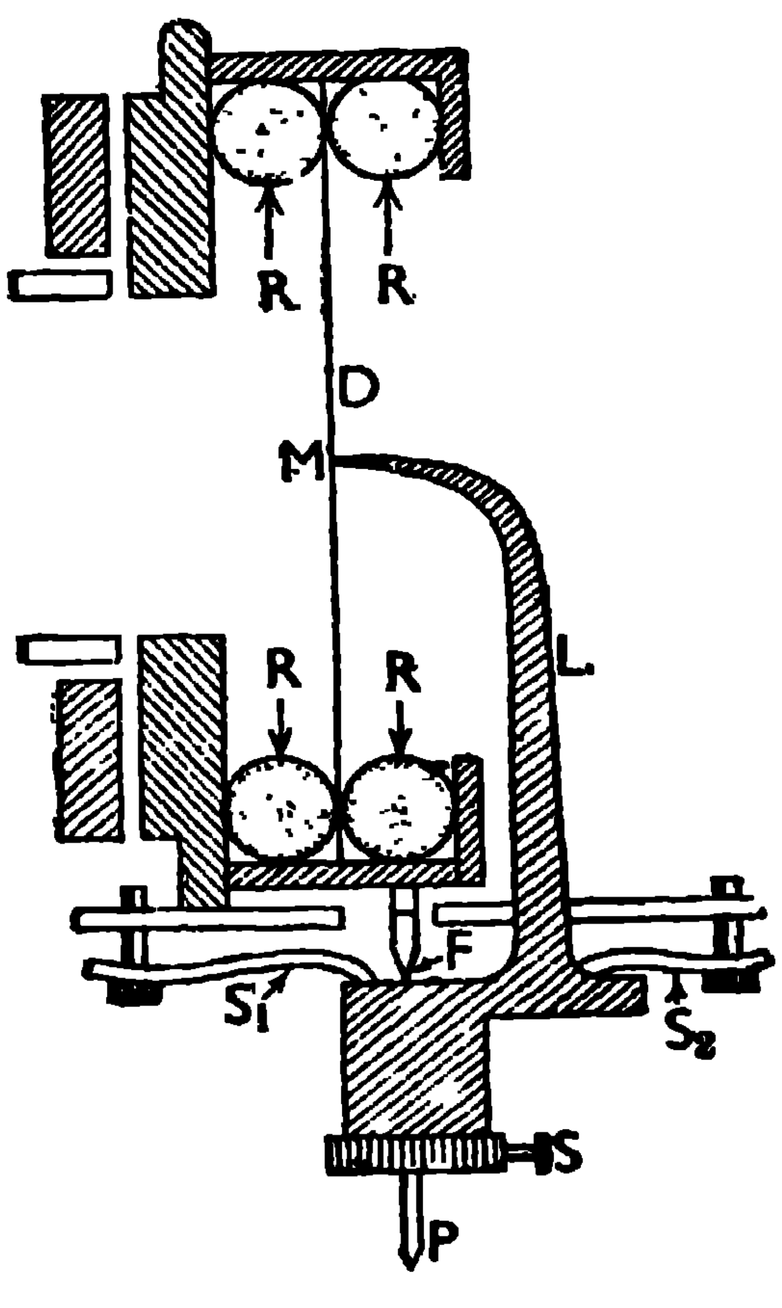
3 (a) নং চিত্র

AB তারের নীচের সেতু M_1-কে সরাইয়া লইয়া, যদি উহার (AB তারের) মধ্যস্থলকে আঙ্গুল দিয়া টানিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে শব্দ শুনিতে পাওয়া যাইবে এবং তারটিকে খুব অস্পষ্ট দেখা যাইবে [3(*b*) নং চিত্র দেখ]। ইহার দ্বারা প্রমাণিত হয় যে স্বর-সৃষ্টিকারী তার কাঁপিতেছে। AB তারের নীচে M_1 সেতু বসাইয়া যদি AM_1 অংশকে কাঁপান যায়, তাহা হইলে দেখা যাইবে যে ঐ অংশের দৈর্ঘ্য যত ছোট হইতেছে উহা দ্বারা সৃষ্ট শব্দের তীক্ষ্ণতা ততই বৃদ্ধি পাইতেছে, অর্থাৎ তারের কম্পাঙ্ক ততই বৃদ্ধি পাইতেছে কারণ দেখা গিয়াছে যে, কোন কম্পনশীল বস্তুর কম্পনসংখ্যা যত বৃদ্ধি করা যায় উহার শব্দের তীক্ষ্ণতা তত বৃদ্ধি পায়।



3 (*b*) নং চিত্র

(c) **গ্রামোফোনের সাউণ্ড বক্স (Sound box) দ্বারা**:—কোন বাস্তব বস্তুর কম্পনে যে শব্দ উৎপন্ন হয় তা গ্রামোফোনের সাউণ্ড বক্স (Sound box) দ্বারাও বুঝান যাইতে পারে। সাউণ্ড বক্সে একটি ছোট চোঙাকৃতির ধাতব বাক্স আছে, যাহার সাম্নে অ্যালুমিনিয়ামের একটি খুব পাতলা গোল পর্দা (D) আছে [4 নং চিত্র দেখ]। এই পর্দাকে রবারের তুইটি গোল রিং (R, R) দ্বারা আটকাইয়া রাখা হয়। এই পর্দার মধ্যবিন্দুর (M) সহিত একটি লীভারের (L) বড় বাহুর প্রান্ত সংযুক্ত থাকে। লীভারের ছোট বাহুর প্রান্তে, স্ক্রু-এর (S) সাহায্যে একটি স্টীলের পিন (P) লাগানো হয়। লীভার একটি ছুরির ফলাকে (F) আলম্ব করিয়া নাড়িতে পারে এবং উহার সঞ্চালন তুইটি স্প্রিংএর (S_1 ও S_2) দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।



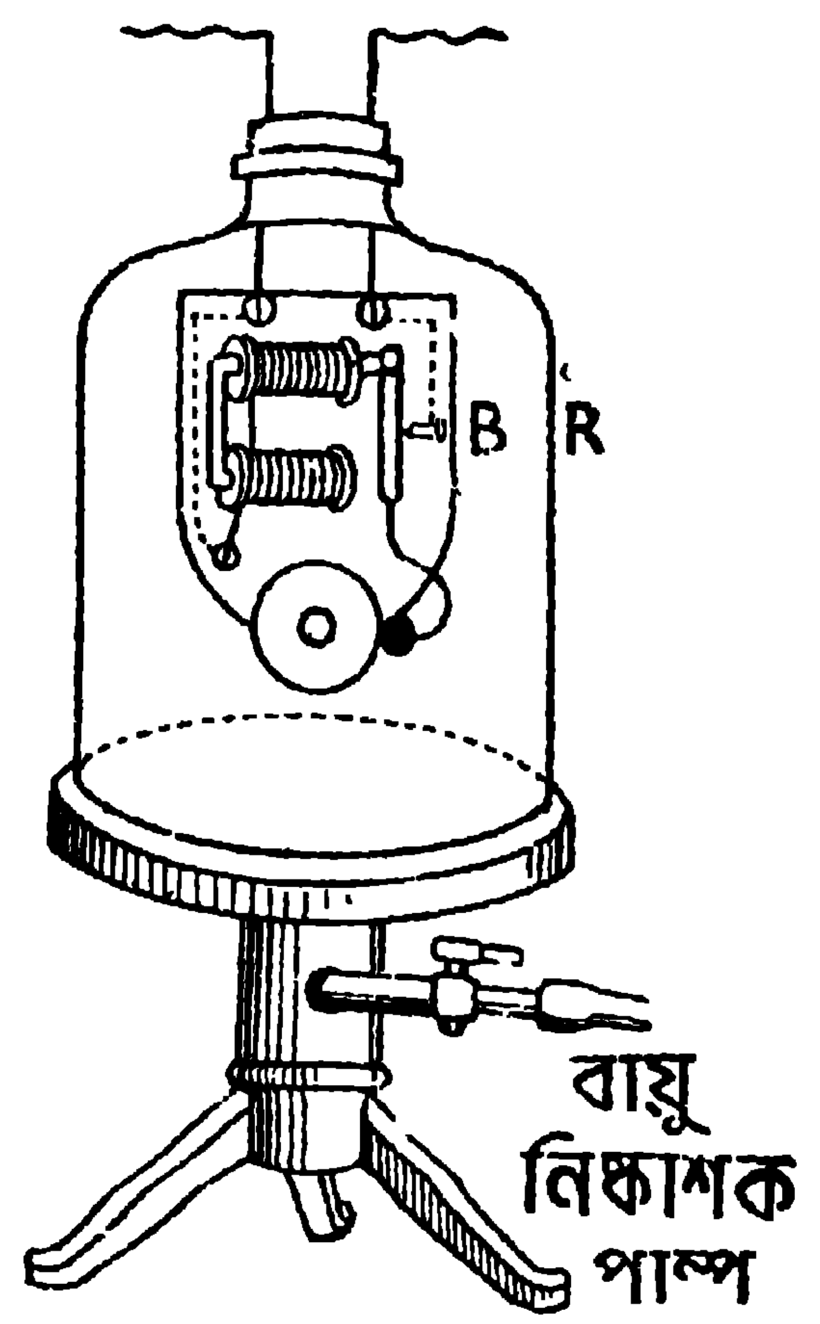
4 নং চিত্র

শব্দ তরঙ্গের দ্বারা, রেকর্ডের পেঁচাল গর্তের মধ্যে আঁকাবাঁকা রেখা অঙ্কিত করা থাকে। যখন পিনের অগ্রভাগ ঐ আঁকাবাঁকা রেখা বরাবর চলিতে থাকে তখন উহার যে ইতস্ততঃ গতি হয় তাহা লীভারের সাহায্যে পর্দাতে (D) সঞ্চালিত হয়। পর্দা, লীভারের

বড় বাহুর সহিত সংযুক্ত থাকায় উহার কম্পন বড় বিস্তারে হয় এবং তাহার জন্য শব্দের সৃষ্টি হয়। এই শব্দ তরঙ্গাকারে বাতাসের মধ্য দিয়া চলিতে থাকে।

1.3. শব্দের বিস্তারের জন্য বাস্তব মাধ্যমের প্রয়োজনীয়তা (Necessity of a material medium for propagation of sound)

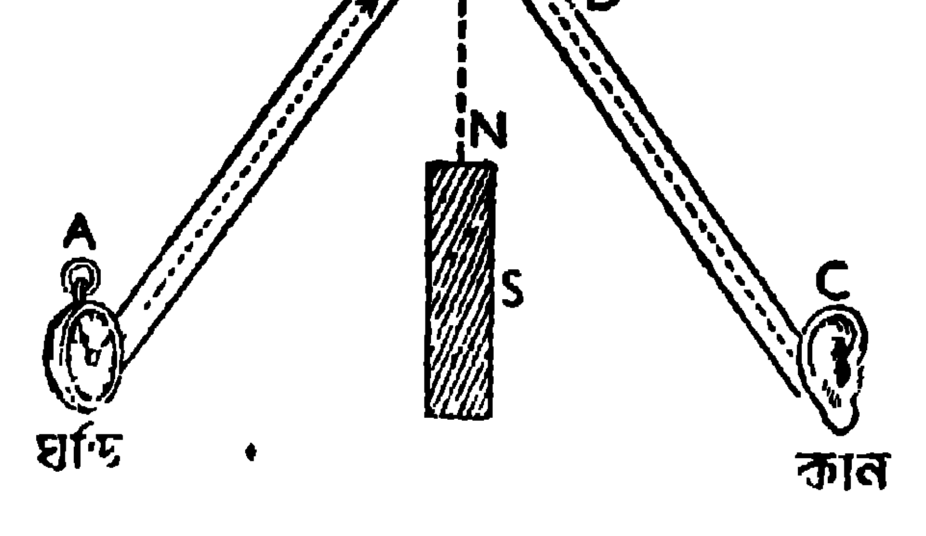
শব্দের বিস্তারের জন্য যে কোন বাস্তব মাধ্যম (কঠিন, তরল কিংবা বায়বীয় পদার্থ) অত্যাবশ্যক তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষার দ্বারা দেখানো যাইতে পারে।



5 নং চিত্র

একটি বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রের আসনের উপর একটি বড় কাঁচের পাত্র (R) রাখিয়া তাহার মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা (B) ঝুলাইয়া রাখা হইল (5 নং চিত্র দেখ)। কাঁচের পাত্রের মধ্যে যতক্ষণ বাতাস থাকে ততক্ষণই বাহির হইতে বৈদ্যুতিক ঘণ্টার শব্দ শুনা যায়। কাঁচের পাত্রটিকে বায়ুনিরুদ্ধ করিয়া পাম্পের সাহায্যে যত বেশী বাতাস বাহির করিয়া লওয়া হয়, শব্দ তত ক্ষীণ হইয়া আসে। যখন কাঁচের পাত্রের মধ্যে বাতাস একেবারেই থাকে না তখন বাহির হইতে ঘণ্টা বাজার শব্দ শুনা যায় না। কাঁচের পাত্রের মধ্যে আবার বাতাস ঢুকাইয়া দিলে শব্দ জোরে শুনিতে পাওয়া যায়। ইহা-দ্বারা প্রমাণিত হইল যে শব্দের বিস্তারের জন্য যে কোন বাস্তব মাধ্যমের প্রয়োজন। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে, সূর্য ও পৃথিবীর মধ্যের অনেকখানি স্থান বায়ুশূন্য থাকায়, সূর্যমণ্ডলের কোন বিস্ফোরণের শব্দ পৃথিবীতে পৌঁছায় না।

1.4. শব্দের প্রতিফলন ও তাহার ব্যবহারিক প্রয়োগ (Reflection of sound and its practical application)

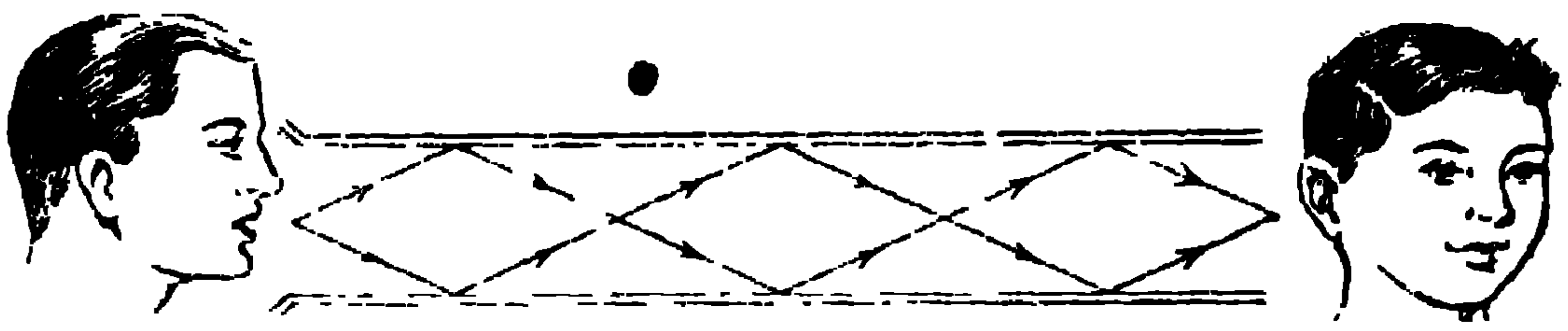


6 নং চিত্র

আলোকের ন্যায় শব্দেরও যে প্রতিফলন হইতে পারে তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যাইতে পারে।

একটি বড় মসৃণ কাষ্ঠফলককে সমতলের উপর খাড়াভাবে রাখা হইল। 6 নং চিত্রে, কাষ্ঠফলকের ছেদ S_1S_2 দেখানো হইয়াছে। এই কাষ্ঠফলকের সাম্‌নে দুইটি ফাঁপা নল AB ও CD এমনভাবে অনুভূমিক অবস্থায় রাখা হইয়াছে যাহাতে উহাদের অক্ষরেখা কাষ্ঠফলকের O বিন্দুতে মিলিত হয় এবং O বিন্দু হইতে কাষ্ঠফলকের উপর অভিলম্ব ON-এর সহিত ঐ অক্ষরেখাদ্বয় সমান কোণ করিয়া থাকে। অতএব $\angle AON = \angle CON$। দুই নলের মাঝখানে একটি কাঠের পরদা S রাখা আছে যাহাতে A হইতে C-তে শব্দ সোজাসুজি না আসিতে পারে। এক্ষণে AB নলের A মুখের সামনে একটি ঘড়ি রাখিলে, ঘড়ির টিক্‌টিক্ শব্দ, CD নলের মুখের কাছে কান রাখিলে শুনা যাইবে। কিন্তু CD নলকে দুই পাশে একটু সরাইয়া লইয়া গেলে আর কোন শব্দ শুনা যায় না। ইহা দ্বারা প্রমাণিত হইল যে, আলোর ন্যায় শব্দও প্রতিফলিত হইতে পারে এবং শব্দের আপতন কোণ ($\angle AON$) এবং প্রতিফলন কোণ ($\angle CON$) পরস্পর সমান।

প্রতিফলনের ব্যবহারিক প্রয়োগঃ—(i) দূরবর্তী স্থানে শব্দ পৌছাইবার জন্য অনেক ক্ষেত্রে 'কথা বলিবার নল' (speaking tubes) ব্যবহৃত হয়। নলের এক প্রান্তে কথা বলিলে সেই কথার জন্য যে শব্দতরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাহা নলের গায়ে



6(a) নং চিত্র

বারবার প্রতিফলিত হইয়া নলের অপর প্রান্তে পৌছায় [6(a) নং চিত্র দেখ]। শব্দতরঙ্গ বাহিরে ছড়াইয়া যাইতে পারে না বলিয়া শব্দের প্রাবল্য খুব বেশী থাকে এবং কথা বেশ স্পষ্ট শুনা যায়। স্টীমারের এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে কথা বলিতে কিংবা বড় বাড়ীর একতলা হইতে উপরতলায় কথাবার্তা বলিতে এই 'কথা বলিবার নল' ব্যবহৃত হয়।

(ii) ডাক্তারদের বুক পরীক্ষার যন্ত্রেও (stethoscope) প্রতিফলনের ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে। বুকের শব্দ হইতে যে তরঙ্গের উৎপত্তি হয় তাহা একটি সরু রবারের নলে বারবার প্রতিফলিত হইয়া কানে পৌছায়, এজন্য শব্দ বেশ স্পষ্ট শুনা যায়।

1.5. প্রতিধ্বনি ও উহার উৎপত্তির কারণ (Echo and the cause of its production)

কোনও স্বনক (sounding body) হইতে উৎপন্ন তরঙ্গ মালা যদি একটি দূরস্থ

প্রতিফলক (যথা বিস্তৃত দেওয়াল, গাছের সারি, পাহাড় প্রভৃতি) হইতে প্রতিফলিত হইয়া শ্রোতার কানে প্রবেশ করে (শ্রোতা মূলধ্বনির উৎপত্তিস্থলে অবস্থিত) তাহা হইলে শ্রোতার কানে মূলধ্বনির যে পুনরাবৃত্তি হয় তাহাকে **প্রতিধ্বনি** বলে। প্রতিধ্বনিকে মূলধ্বনি হইতে পৃথক্‌ভাবে শুনা তখনই সম্ভব হইবে যখন স্বনক হইতে প্রতিফলকের ন্যূনতম দূরত্ব এমন হইবে যে, যেইমাত্র মূলধ্বনি শেষ হইবে সেইমাত্র প্রতিফলিত ধ্বনি স্বনকের কাছে আসিয়া পৌছিবে। বিভিন্ন প্রকার শব্দের জন্য প্রতিফলকের দূরত্ব বিভিন্ন হইবে। স্বনক, ক্ষণস্থায়ী তীক্ষ্ণ শব্দ (sharp sound) কিংবা পদাংশযুক্ত বোধগম্য শব্দ (syllabic articulate sound) উৎপন্ন করিতে পারে।

(i) **ক্ষণস্থায়ী তীক্ষ্ণ শব্দ** :—ক্ষণস্থায়ী তীক্ষ্ণ শব্দ, যেমন বন্দুক ছোঁড়ার শব্দ, মুহূর্তে উৎপন্ন হইয়া মুহূর্তেই শেষ হইয়া যায় কিন্তু ইহার অনুভূতি, শব্দ শেষ হইবার পরও 1/10 সেকেণ্ড পর্যন্ত মস্তিষ্কের মধ্যে থাকে। ইহাকে **শ্রুতি নির্বন্ধ** (persistence of hearing) বলে। কাজেই এই ক্ষণস্থায়ী শব্দের প্রতিধ্বনি স্পষ্টভাবে শুনিতে হইলে প্রতিফলককে এমন দূরে রাখিতে হইবে যাহাতে প্রতিফলিত শব্দ 1/10 সেকেণ্ডের মধ্যে না আসিয়া উহার পরে আসে। শব্দের বেগ 1120 ফিট প্রতি সেকেণ্ডে ধরিলে ./10 সেকেণ্ডে শব্দ 112 ফিট যাইবে। কাজেই প্রতিফলককে কমপক্ষে 56 ফিট দূরে রাখিতে হইবে যাহাতে শব্দ, যাতায়াতে 112 ফিট অতিক্রম করিতে পারে।

(ii) **পদাংশযুক্ত বোধগম্য শব্দ** :—সাধারণতঃ দেখা গিয়াছে যে, কোন ব্যক্তি যত তাড়াতাড়িই কথা বলুক না কেন, সে প্রতি সেকেণ্ডে পাঁচটি পদাংশের বেশী উচ্চারণ করিতে পারে না। অর্থাৎ একটি পদাংশ উচ্চারণ করিতে 1/5 সেকেণ্ড সময় লাগে (1/10 সেকেণ্ড পর্যন্ত শব্দের যে অনুভূতি মস্তিষ্কে থাকে তাহা ধরিয়া)। অতএব যদি কোন লোক এক-মাত্রিক শব্দ উচ্চারণ করে তাহা হইলে তাহার প্রতিধ্বনি শুনিতে হইলে প্রতিফলককে এমন দূরে রাখিতে হইবে, যাহাতে শব্দের যাতায়াতে 1/5 সেকেণ্ড সময় লাগে। 1/5 সেকেণ্ডে শব্দ 224 ফিট যাইতে পারে। কাজেই প্রতিফলককে অন্ততঃপক্ষে 112 ফিট দূরে রাখিতে হইবে যাহাতে শব্দ, যাতায়াতে মোট 224 ফিট অতিক্রম করিতে পারে। অতএব কোন ব্যক্তি যত বেশী পদাংশ উচ্চারণ করিবে, প্রতিফলককে তত বেশী দূরে রাখিতে হইবে যাহাতে লোকটি তাহার উচ্চারিত সবগুলি পদাংশেরই প্রতিধ্বনি শুনিতে পায়।

প্রতিধ্বনিজনিত ঘটনা :—(i) যখন কোন লোক দুই পাহাড়ের মধ্যে দাঁড়াইয়া কথা বলে তখন ঐ কথার জন্য যে শব্দ তরঙ্গের সৃষ্টি হয় তাহা দুই পাহাড়ের গা হইতে বারবার প্রতিফলিত হইয়া একই কথার পুনরাবৃত্তি করিতে থাকে। (ii) মেঘের যে

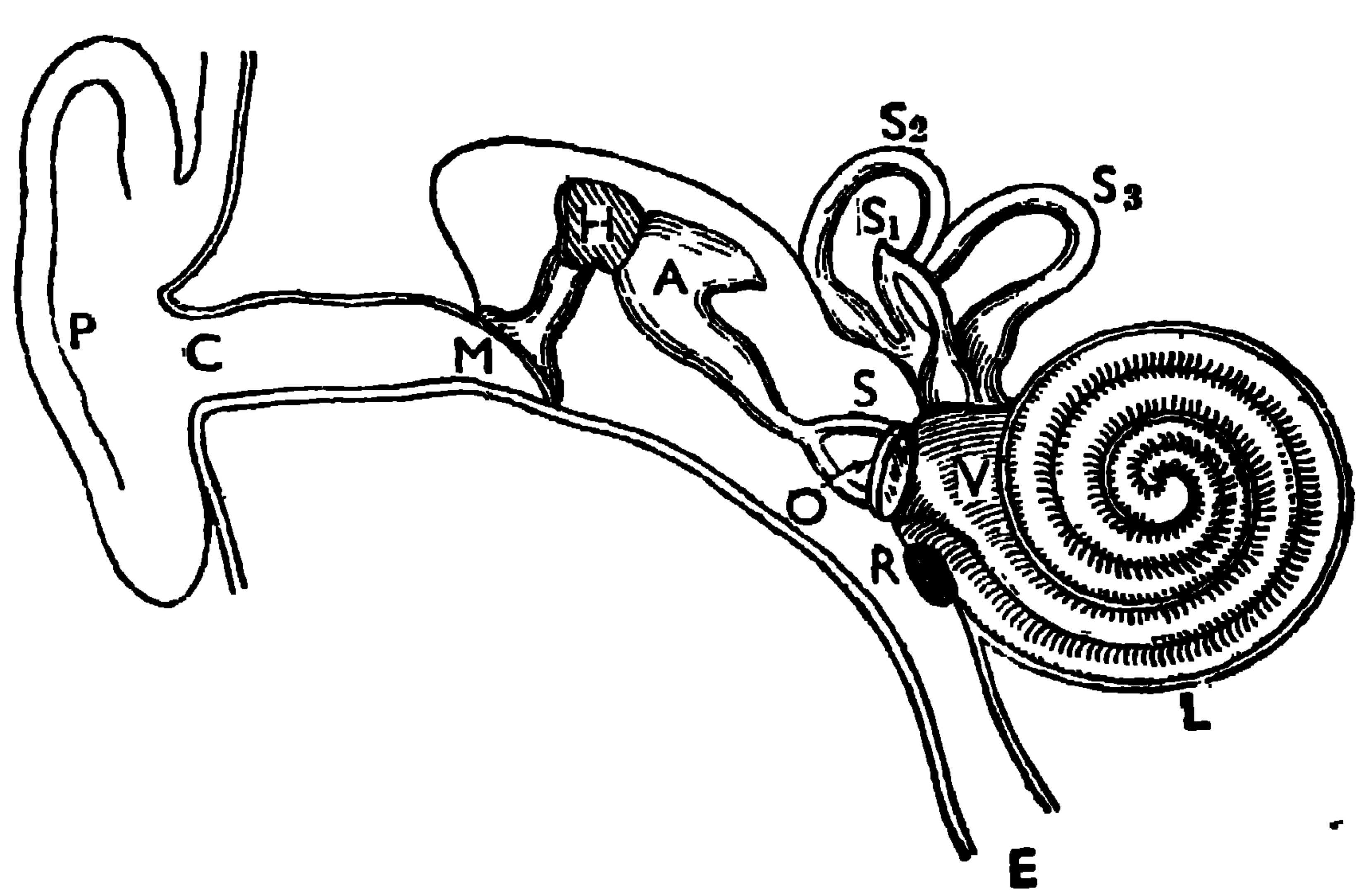
গুরুগুরু গর্জন শুনা যায় তাহা বিভিন্ন স্তরের মেঘ হইতে মূলশব্দের বারবার প্রতিফলনের জন্যই হইয়া থাকে। (iii) সমুদ্রের গভীরতা মাপিতে, সমুদ্রের জলের উপরে একটি প্রচণ্ড শব্দের সৃষ্টি করা হয় এবং ঐ শব্দ সমুদ্রের তল হইতে প্রতিফলিত হইয়া পুনরায় জলের উপরে ফিরিয়া আসিতে যে সময় লাগে তাহা মাপিয়া এবং সমুদ্রের জলে শব্দের বেগের পরিমাণ জানিয়া সমুদ্রের গভীরতা মাপা হয়। (iv) আসবাব শূন্য বড় ঘরে শব্দ করিলে, সেই শব্দের জন্য ঐ ঘরে একটি গম্‌গম্‌ আওয়াজ কিছুক্ষণের জন্য হইতে থাকে। ইহাকে শব্দের **অনুরণন** (reverberation of sound) বলে। দেওয়ালে শব্দের বারবার প্রতিফলন হওয়ার জন্য এইরূপ হইয়া থাকে। ঘরটি আসবাব দ্বারা ভর্তি করিলে আর শব্দের অনুরণন হয় না।

1.6. মানুষের কর্ণ (Human ear)

মানুষের কর্ণের প্রধান প্রধান অংশগুলি 7 নং চিত্রে দেখান হইল। সম্পূর্ণ কর্ণকে তিনটি প্রধান ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে, যথা—বহিঃকর্ণ (external ear), মধ্যঃকর্ণ (middle ear) ও অন্তঃকর্ণ (internal ear)।

বহিঃকর্ণের যে অংশকে আমরা দেখিতে পাই তাহাকে **কর্ণপত্র** বা পিনা (P) [pinna] বলে। পিনা হইতে একটি নল (CM) মধ্যঃকর্ণ পর্যন্ত বিস্তৃত আছে যাহাকে অডিটরি মিয়েটাস বা **কর্ণ-কুহর** (auditory meatus) বলে। এই নলের প্রান্তভাগ একটি ঝিল্লীময় পর্দা (M) দ্বারা বন্ধ থাকে যাহাকে ড্রামস্কিন্‌ বা **কর্ণ-পটহ** (drumskin) বলে। ইহার পর মধ্যঃকর্ণ আরম্ভ হয়।

মধ্যঃকর্ণের কয়েকটি স্থান ব্যতীত অবশিষ্ট স্থান অস্থি দ্বারা গঠিত। সামনে একটি ঝিল্লীময় পর্দা (M) থাকে এবং পিছনের দিকে পাশাপাশি দুটি গর্ত (O ও R) ঝিল্লীদ্বারা বন্ধ থাকে। O গর্তটি ডিম্বাকৃতির ও R গর্তটি গোলাকৃতি। মধ্যঃকর্ণ হইতে একটি নল গলার মধ্যে যাইয়া শেষ হইয়াছে যাহাকে



7 নং চিত্র

ইউস্টেশিয়ান টিউব (Eustachian tube) বলে। এই নলের প্রান্ত সাধারণতঃ বন্ধ থাকে, কিন্তু খাদ্যদ্রব্য গিলিবার সময় উহার মুখ উন্মুক্ত হয়। M পর্দার সহিত একটি অস্থি (H) সংযুক্ত থাকে এবং O ঝিল্লীর সহিত আর একটি অস্থি (S) সংযুক্ত থাকে। এই দুই অস্থির মাঝে আর একটি অস্থি (A), H ও S অস্থিকে যুক্ত করিয়া রহিয়াছে। এই তিনটি অস্থি (H, A ও S) পরস্পর সংযুক্ত থাকিয়া, বহিঃকর্ণের সহিত অন্তঃকর্ণের সংযোগ রক্ষা করিতেছে। H ও A অস্থিদ্বয়ের আকৃতি অনেকটা কামারের হাতুড়ি ও নেহাই-এর মত, এজন্য উহাদিগকে যথাক্রমে **হ্যামার বোন** (hammer bone) ও **অ্যানভিল বোন** (anvil bone) বলে। S অস্থির আকৃতি ঘোড়ার জিনের রেকাবের মত। এজন্য উহাকে **ষ্টিরাপ বোন** (stirrup bone) বলে।

অন্তঃকর্ণকে লেবিরিন্থ (labyrinth) বলে। ইহাতে তিনটি প্রধান অংশ আছে, যথা—(i) ভেস্টিবিউল (V), (ii) তিনটি অর্ধবৃত্তাকার নল (S_1, S_2, S_3) [Semi circular Canals] এবং **ককলিয়া** বা **শম্বুকী নল** L (Cochlea).

ভেস্টিবিউলের সামনের দিকে ডিম্বাকৃতি গর্ত (O) ঝিল্লী দ্বারা বন্ধ থাকে এবং ইহার সহিত S অস্থি সংযুক্ত থাকে। ভেস্টিবিউলের উপরে এবং একটু পিছনের দিকে তিনটি অর্ধবৃত্তাকার নল থাকে যাহাদের দুই মুখ এই ভেস্টিবিউলের মধ্যেই শেষ হইয়াছে। ভেস্টিবিউলের নীচে এবং একটু সামনের দিকে ককলিয়া অবস্থিত। ইহা একটি পেঁচান গর্ত এবং ইহার আকৃতি শামুকের মত। ইহার মুখ ঝিল্লীময় গোল পর্দার (R) উপর থাকে। অন্তঃকর্ণের ঝিল্লীময় অংশে একটি তরল পদার্থ থাকে যাহাকে এণ্ডোলিম্ফ (Endolymph) বলে এবং ইহার চারিদিকে আর একটি তরল থাকে যাহাকে পেরিলিম্ফ (perilymph) বলে।

কিভাবে শুনা যায়ঃ—বাতাসে শব্দ তরঙ্গের সৃষ্টি হইলে তাহা পিনা দ্বারা সংগৃহীত হয় এবং এই তরঙ্গমালা কর্ণকুহরের মধ্য দিয়া যাইয়া পর্দা M-এর উপর আপতিত হয়। ইহার ফলে পর্দা M-এর স্পন্দন হয় এবং ঐ স্পন্দন, H, A ও S অস্থি ত্রয়ের সাহায্যে অন্তঃকর্ণের পেরিলিম্ফে পৌঁছে। পেরিলিম্ফের স্পন্দন এণ্ডোলিম্ফে যায় এবং সেখান হইতে কতকগুলি স্নায়ুর সাহায্যে মস্তিষ্কে পৌঁছায় এবং শব্দের অনুভূতির সৃষ্টি করে।

Objective Test—প্রশ্ন

A. Alternate response type :

(1) *yes or no type* :—(i) বস্তুর কম্পন ছাড়া কি শব্দ হয় ? ——

(ii) শূন্য স্থানের মধ্য দিয়া কি শব্দের বিস্তার সম্ভব ? ——

(iii) শব্দের কি প্রতিফলন হইতে পারে ? ——

(iv) ছোট ঘরের মধ্যে কি প্রতিধ্বনি হয় ? ——

(2) *True or false type* :—(i) শব্দ-তরঙ্গ জলের মধ্য দিয়া যাইতে পারে না।

(ii) মেঘের যে গুরু গুরু গর্জন শুনা যায় তাহা শব্দের প্রতিফলনজনিত হইয়া থাকে।

(iii) একটি বাঁশীতে ফুঁ দিলে যে শব্দ শুনা যায় তাহা পদার্থের কম্পনের জন্য হইয়া থাকে।

(iv) গ্রামোফোনের সাউণ্ড বক্স হইতে যে শব্দ উৎপন্ন হয় তাহা উহার পর্দার কম্পনের জন্য হইয়া থাকে।

B. Recall Type :

(i) শব্দের বিস্তারের জন্য বাস্তব——প্রয়োজন। ——

(ii) প্রতিধ্বনিকে স্বতন্ত্রভাবে শুনিতে হইলে প্রতিফলককে একটি ——দূরত্বে রাখিতে হইবে। ——

(iii) আলোকের প্রতিফলনের নিয়ম——ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। ——

(iv) বাস্তব বস্তুর——ব্যতীত শব্দ উৎপন্ন হয় না। ——

C. Completion type :

(i) শব্দ (*a*)——স্থানের মধ্য দিয়া যাইতে পারে না; এজন্য সূর্যমণ্ডলে কোন শব্দের (*b*)——হইলে তাহা পৃথিবীতে (*c*)——না।

(*a*)—— ; (*b*)- ; (*c*)-

(ii) প্রতিধ্বনি শব্দের (*a*)——প্রকৃষ্ট উদাহরণ কারণ মূল ধ্বনি যখন কোনো দূরের (*b*)——হইতে প্রতিফলিত হইয়া ফিরিয়া আসে তখন (*c*) ——শুনা যায়।

(*a*)—— ; (*b*)—— ; (*c*)——

D. Multiple choice type :

(i) গ্রামোফোনের সাউণ্ড বক্স কিভাবে শব্দ উৎপন্ন করে ?—সাউণ্ড বক্সের পর্দার কম্পন দ্বারা, রেকর্ডের ঘূর্ণন দ্বারা, বাতাসের কম্পন দ্বারা।

(ii) প্রতিধ্বনি কিভাবে উৎপন্ন হয় ?—কোনো দূরের প্রতিফলকে মূলধ্বনির প্রতিফলন দ্বারা, বাতাসে শব্দের বিস্তার দ্বারা, স্বনকের কম্পন দ্বারা।

(Questions)

Arts. 1.2. ; 1.3.

1. Describe experiments to prove that (*a*) Sound cannot be produced without the vibration of a material body, and (*b*) Sound requires a medium for propagation.

পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে, (*a*) বাস্তব বস্তুর কম্পন ব্যতীত শব্দ উৎপন্ন হইতে পারে না এবং শব্দের বিস্তারের জন্য বাস্তব মাধ্যম প্রয়োজন।

Art. 1.2 (*a*).

2. How a tuning fork is constructed ? How the frequency of the sound emitted by a tuning fork and sonometer wire will change when their vibrating lengths are increased and decreased ?

স্বরশলাকা কিভাবে গঠিত হয় ? স্বরশলাকার বাহুর দৈর্ঘ্য এবং সনোমিটারের কম্পমান তারের দৈর্ঘ্য বড় এবং ছোট করিলে শব্দের তীক্ষ্ণতার কি তারতম্য হইবে ?

Art. 1.2 (*c*)

3. Describe the construction of the sound box of a gramophone and explain how it reproduces the sound.

গ্রামোফোনের সাউণ্ড বক্সের বিবরণ দাও এবং ইহাদ্বারা শব্দের পুনরুৎপাদন কিভাবে সম্ভব হয় বুঝাইয়া দাও।

Art. 1.4.

4. Name some practical applications of the reflection of sound.

শব্দের প্রতিফলনের কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

Art. 1.5.

5. What is echo and how is it produced ? Under what condition an echo can be distinguished from the original sound ?

প্রতিধ্বনি কাহাকে বলে এবং ইহা কিভাবে উৎপন্ন হয় ? কি কি সর্তে প্রতিধ্বনিকে, মূল ধ্বনি হইতে পৃথকভাবে শুনিতে পাওয়া যাইবে ?

Art. 1.6.

6. Give a brief description of human ear and explain how sound is heard by the ear.

মানুষের কানের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও এবং কানের সাহায্যে কিভাবে আমরা শব্দ শুনি তাহা বুঝাইয়া দাও।

দ্বিতীয় অধ্যায় (Chapter II)

তড়িৎবিজ্ঞান (Electricity)

2.1. পদার্থের ইলেকট্রনীয় মতবাদ ও আয়নের সৃষ্টি (Electron theory of matter and formation of ions)

ইলেকট্রনীয় মতবাদ : প্রত্যেক পদার্থের পরমাণু তিন জাতীয় কণাদ্বারা গঠিত, যথা—(i) ইলেকট্রন, (ii) প্রোটন ও (iii) নিউট্রন। ইলেকট্রন প্রায় ভরশূন্য এবং ইহার উপর নির্দিষ্ট পরিমাণ ঋণাত্মক তড়িৎ (negative charge) থাকে। প্রোটনের ভর একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের সহিত সমান কিন্তু ইহার উপর ইলেকট্রনের সমপরিমাণ ধনাত্মক তড়িৎ (positive charge) থাকে। নিউট্রনের ভর ও প্রোটনের ভর একই কিন্তু নিউট্রন তড়িৎশূন্য।

প্রত্যেক পরমাণুর কেন্দ্রে প্রোটন ও নিউট্রন সংহত থাকিয়া, পরমাণুর ভর সৃষ্টি করে। পরমাণুর এই ভারী অংশের নাম নিউক্লিয়াস্। নিউক্লিয়াসের প্রোটনের উপর ধনাত্মক তড়িৎ থাকায়, উহা ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত হইবে। নিউক্লিয়াসের চারিদিকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন নির্দিষ্ট কক্ষপথে আবর্তন করে। এই ইলেকট্রনগুলির সংখ্যা এরূপ থাকে, যাহাতে উহাদের উপর মোট ঋণাত্মক তড়িৎ, নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক তড়িতের সহিত সমান হয়।

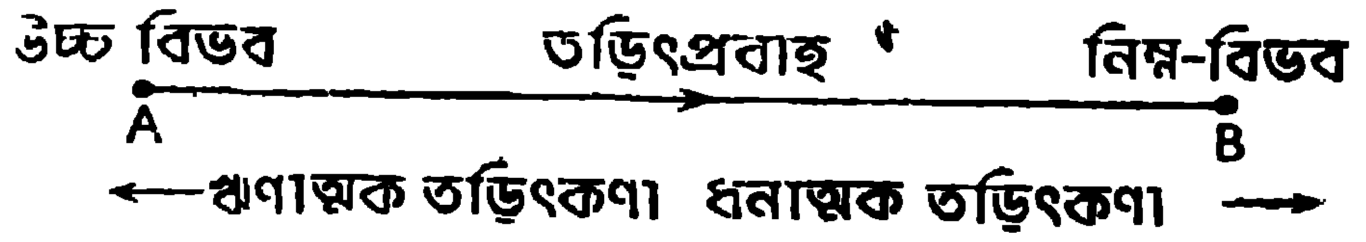
আয়ন-গঠন :—যদি কোনো উপায়ে পরমাণু হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন করা যায় তাহা হইলে সেই পরমাণুর ঋণাত্মক তড়িৎ কমিয়া যায় এবং তাহার ফলে উহার ধনাত্মক তড়িতের আধিক্য ঘটে। এই ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত পরমাণুকে 'পজিটিভ আয়ন' বলে। এই বিচ্ছিন্ন ইলেকট্রনগুলি, কোনো তড়িৎশূন্য (neutral) পরমাণুর উপর যুক্ত হইলে উহার ঋণাত্মক তড়িতের আধিক্য ঘটে এবং এজন্য ইহাকে 'নেগেটিভ আয়ন' বলে। এইভাবে পরমাণু হইতে উভয় প্রকার আয়নের সৃষ্টি হয়।

আবার পরিবাহী পদার্থের পরমাণুগুলিতে যে ইলেকট্রন থাকে তাহার উপর ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ খুব কম, এজন্য এই পরমাণু হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন হয় এবং বিচ্ছিন্ন ইলেকট্রন পরিবাহী পদার্থের অণুগুলির ফাঁকে ফাঁকে ইতস্তত ঘুরিয়া বেড়ায়।

2.2. তড়িৎপ্রবাহ ও উহার উৎপত্তির কারণ (Electric current and cause of its production)

কোনো পদার্থ যদি তড়িতের পরিবাহী হয় তাহা হইলে তাহার মধ্যে হয় ইলেকট্রন (যাহার উপর কেবলমাত্র ঋণাত্মক তড়িৎ থাকে) না হয় আয়ন (ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত আয়ন) ইতস্তত ঘুরিয়া বেড়ায়। যদি উহাদিগকে কোনো শক্তিদ্বারা একটি নির্দিষ্ট দিকে চলিতে বাধ্য করা হয় তাহা হইলে উহাদের চলনে তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। অতএব নির্দিষ্ট দিকে ইলেকট্রন কিংবা আয়নের চলনই **তড়িৎপ্রবাহের** (electric current) উৎপত্তির কারণ। ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত কণাগুলি যে নির্দিষ্ট দিকে চলে সেই দিককে কিংবা ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত কণাগুলি যে দিকে চলে তাহার বিপরীত দিককে তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বলিয়া গণ্য করা হয়।

যে শক্তি দ্বারা ইলেকট্রন কিংবা আয়ন নির্দিষ্ট দিকে চালিত হইয়া তড়িৎপ্রবাহের (electric current) সৃষ্টি করে সেই শক্তিকে **বিভববৈষম্য** (Potential difference) বলে। কোনো বস্তুর উপর ধনাত্মক তড়িৎ থাকিলে উহার ধনাত্মক বিভব (বা উচ্চ বিভব) হইবে এবং উহার উপর ঋণাত্মক তড়িৎ থাকিলে ঋণাত্মক বিভব (বা

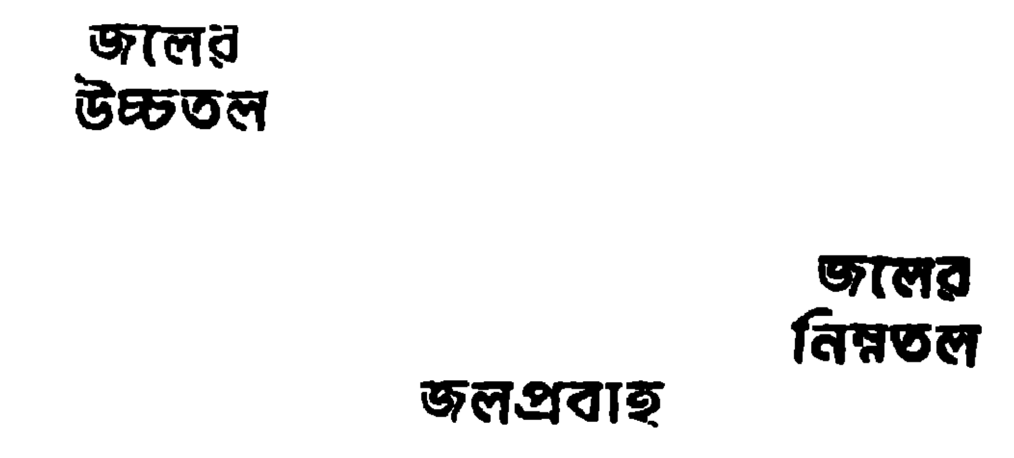


৪ নং চিত্র

নিম্ন বিভব) হইবে। কোনো পরিবাহীর (AB) দুই প্রান্তে যদি বিভববৈষম্য সৃষ্টি করা হয় তাহা হইলে পরিবাহীর মধ্যে যদি ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত কণা থাকে তাহা হইলে তাহারা উচ্চ বিভব (A) হইতে নিম্ন বিভবের (B) দিকে ধাবিত হইয়া নিম্ন বিভাবের ঋণাত্মক তড়িতের পরিমাণ কমাইয়া দিবে এবং পরিবাহীর মধ্যে ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত কণাগুলি নিম্ন বিভব (B) হইতে উচ্চ বিভবের (A) দিকে ধাবিত হইয়া উচ্চ বিভবের ধনাত্মক তড়িতের পরিমাণ কমাইয়া দিবে [৪নং চিত্র দেখ]। তড়িৎগ্রস্ত কণাগুলির এই চলনের ফলে পরিবাহিতে একটি তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হইবে এবং ইহার ফলে পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভববৈষম্য কমিয়া যাইতে থাকিবে। বিভববৈষম্য কমিয়া যাওয়ায় প্রবাহমাত্রাও কমিয়া যাইবে। খুব অল্প সময়ের মধ্যেই এই বিভববৈষম্য নষ্ট হইয়া যাইবে এবং সেই সঙ্গে তড়িৎপ্রবাহও থামিয়া যাইবে। তড়িৎপ্রবাহ যদি

অবিরাম ভাবে পাইতে হয় তাহা হইলে কোনো শক্তির সাহায্যে পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভববৈষম্য বজায় রাখিতে হইবে।

[জলপ্রবাহের সহিত তড়িৎপ্রবাহের তুলনা করিলে উপরি-উক্ত বিষয়গুলি পরিষ্কার বোঝা যাইবে। মনে কর দুইপাত্রে (V_1 ও V_2) এমন পরিমাণ জল লওয়া হইল যাহাদ্বারা জলের উপরতলের উচ্চতা দুই পাত্রে বিভিন্ন হয় [৪(a) নং চিত্র দেখ]। পাত্র-দুইটিকে ফাঁপা নল (AB) দ্বারা যুক্ত করিলে জল উচ্চতল হইতে নিম্ন তল অভিমুখে ধাবিত হইবে যাহার ফলে নলের মধ্যে AB অভিমুখে জলপ্রবাহের সৃষ্টি হইবে। এই জল-প্রবাহ ততক্ষণই স্থায়ী হইবে যতক্ষণ পর্যন্ত দুই পাত্রের জলের তলের পার্থক্য বজায় থাকিবে। যখন দুই পাত্রের জলের তল এক অনুভূমিক সমতলে আসিবে তখন জলপ্রবাহ থামিয়া যাইবে। যদি নলের মধ্যে অবিরামভাবে জলপ্রবাহের প্রয়োজন হয় তাহা হইলে কোনো উৎসের শক্তি ব্যয় করিয়া দুই পাত্রের জলের তলের পার্থক্য বজায় রাখিতে হইবে।



৪(a) নং চিত্র

পাত্রে জল ঢালিয়া যেমন জলের তলের উচ্চতা বৃদ্ধি করা যায়, সেইরূপ কোনো পরিবাহীকে তড়িৎগ্রস্ত করিয়া উহার তড়িৎ-বিভব বৃদ্ধি করা যায়। দুই পাত্রের জলের তলের পার্থক্য যতক্ষণ থাকে ততক্ষণই যেমন জলপ্রবাহ থাকে, সেইরূপ পরিবাহীর দুই প্রান্তে তড়িৎবিভবের পার্থক্য যতক্ষণ থাকে ততক্ষণই পরিবাহীর মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ থাকে। দুই পাত্রের জলের তলের পার্থক্য থাকায় জলকণাগুলি একটি নির্দিষ্ট দিকে ধাবিত হইয়া জলপ্রবাহের সৃষ্টি করে, সেইরূপ পরিবাহীর দুই প্রান্তের মধ্যে বিভববৈষম্য থাকায়, পরিবাহীর মধ্যস্থ তড়িৎকণাগুলি (যাহা ইলেক্ট্রন কিংবা আয়ন হইতে পারে) নির্দিষ্ট দিকে ধাবিত হইয়া তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি করে। শক্তি ব্যয় করিয়া যেমন দুই পাত্রের জলের তলের পার্থক্য বজায় রাখা যায় সেইরূপ শক্তি ব্যয় করিয়া পরিবাহীর দুই প্রান্তের তড়িৎবিভবের পার্থক্য বজায় রাখা যায়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, তড়িৎবিভবের সহিত জলের তলের উচ্চতার এবং তড়িৎপ্রবাহের সহিত জলপ্রবাহের যথেষ্ট সাদৃশ্য রহিয়াছে।]

2.3. প্রবাহমাত্রা ও পরিবাহীর রোধ (**Strength of electric current and resistance of a conductor**)

যখন কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভববৈষম্য রাখা হয় তখন ঐ পরিবাহীতে তড়িৎপ্রবাহ হয় [2.2 পরিচ্ছেদ দেখ]। পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভববৈষম্য বাড়াইয়া দিলে পরিবাহীতে প্রবাহমাত্রা বাড়িয়া যাইবে। অতএব, **পরিবাহীর যে-কোন প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে যে পরিমাণ-তড়িৎ পরিবাহিত হয় তাহাকে তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা** (Strength of electric current) **বলে।**

পরিবাহীর মধ্যে যখন তড়িৎপ্রবাহ চালিত করা হয় তখন ঐ পরিবাহী, প্রবাহের বিরুদ্ধে একটি বাধার সৃষ্টি করে যাহাকে পরিবাহীর **রোধ** বলে। পরিবাহীর দৈর্ঘ্য বেশী হইলে এই রোধ বেশী হইবে এবং পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ বেশী হইলে উহার রোধ কমিয়া যাইবে।

[নিম্নলিখিত উদাহরণ দ্বারা উপরি-উক্ত বিষয়গুলি পরিষ্কার বোঝা যাইতে পারে। যদি দুই পাত্রের জলের উপরতলের উচ্চতা বিভিন্ন করিয়া পাত্র-দুইটিকে একটি ফাঁপা নলদ্বারা যুক্ত করা যায় তাহা হইলে ঐ নলের মধ্যে একটি জলপ্রবাহের সৃষ্টি হইবে [8(a) নং চিত্র দেখ]। দুই পাত্রের জলের উপরতলের উচ্চতার পার্থক্য যত বেশী হইবে জল তত জোরে নলের মধ্যে প্রবাহিত হইবে অর্থাৎ জলের প্রবাহমাত্রা বাড়িয়া যাইবে। নলের যে-কোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্যে এক সেকেণ্ডে যে জল প্রবাহিত হইয়া যাইবে, তাহাই জলপ্রবাহের প্রবাল্য কিংবা প্রবাহমাত্রা হইবে। এই প্রাবল্য নলের যে-কোন প্রস্থচ্ছেদেই সমান থাকে। নলের যে-কোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়া এক সেকেণ্ডে যে জল প্রবাহিত হয় তাহাকে যেমন জলপ্রবাহের প্রবাহমাত্রা বলে সেইরূপ পরিবাহীর যে-কোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়া এক সেকেণ্ডে যে তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহাকে তড়িৎপ্রবাহের প্রবাহমাত্রা বলে।

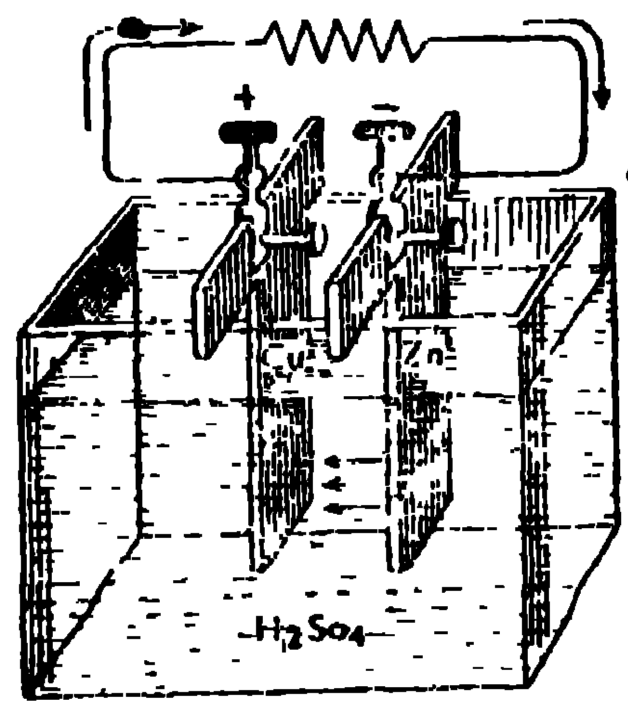
জল যখন নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয় তখন নল ঐ প্রবাহকে কিছু পরিমাণ বাধা দেয় যাহাকে নলের রোধ বলা যাইতে পারে। নল যত লম্বা এবং সরু হইবে নলের এই বাধা কিংবা রোধ বেশী হইবে। অনুরূপভাবে বলা যাইতে পারে যে, যখন তড়িৎ কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়া পরিবাহিত হয় তখন ঐ পরিবাহী তড়িৎপ্রবাহকে কিছুটা বাধা দেয় যাহাকে পরিবাহীর রোধ

(resistance) বলে। পরিবাহী যত লম্বা হয় এবং উহার প্রস্থচ্ছেদ যত কম হয় উহার রোধের পরিমাণও তত বাড়িয়া যায়।]

2.4. সরল ভোল্টীয় কোষ (Simple Voltaic cell)

সরল ভোল্টীয় কোষে এমন ব্যবস্থা করা আছে, যাহাদ্বারা দুইটি পরিবাহীর মধ্যে বিভববৈষম্য বজায় রাখিয়া, ঐ দুই পরিবাহীর সহিত সংযুক্ত কোনো ধাতব তারের মধ্যে অবিরাম তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিতে পারা যায়। এখানে রাসায়নিক শক্তি ব্যয় করিয়া দুইটি পরিবাহীর মধ্যে বিভববৈষম্য বজায় রাখা হয়।

সরল ভোল্টীয় কোষের গঠন 9 নং চিত্রে দেখানো হইল। একটি কাঁচের পাত্রে জলমিশ্রিত পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উহার মধ্যে একটি তামার পাত (Cu) ও একটি দস্তার পাতকে (Zn), পরস্পরের গায়ে না ঠেকাইয়া আংশিকভাবে ডুবাইয়া রাখিলে সরল ভোল্টীয় কোষ গঠিত হইবে। পাত-দুইটির বাহিরের অংশ একটি ধাতব তারদ্বারা যুক্ত করিলে তারের মধ্যে অবিরাম তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া যাইবে, যাহা কোষের বাহিরে তামার পাত হইতে দস্তার পাত অভিমুখে এবং কোষের ভিতরে দস্তার পাত হইতে তামার পাত অভিমুখে যায়। তড়িৎপ্রবাহের এই সম্পূর্ণ পথকে **তড়িৎবর্তনী** (electric circuit) বলে। প্রবাহের সম্পূর্ণ পথের যে অংশ কোষের বাহিরে থাকে তাহাকে **বহির্বর্তনী** (external circuit) বলে এবং উহার যে অংশ কোষের ভিতরে থাকে তাহাকে **অন্তর্বর্তনী** (internal circuit) বলে।

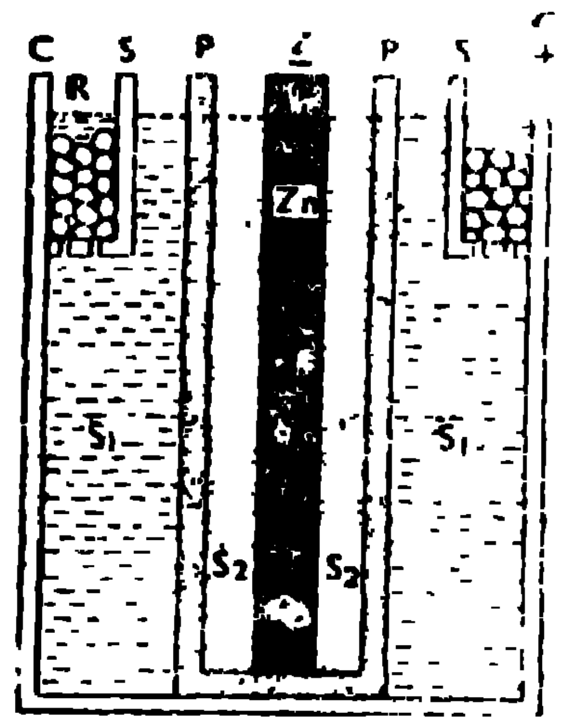


9 নং চিত্র—সরল ভোল্টীয় কোষ

এখানে তামা ও দস্তার পাত-দুইটি অ্যাসিডে ডুবানোর ফলে তামা ধনাত্মক তড়িৎবিভব পায় এবং দস্তা ঋণাত্মক তড়িৎবিভব পায়। এই বিভববৈষম্যের জন্য, তড়িৎপ্রবাহ কোষের বাহিরে, তামা হইতে দস্তায় যায়। রাসায়নিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করিয়া এই বিভববৈষম্য বজায় রাখা হয়, যাহার ফলে অবিরাম তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া যায়। এই বিভববৈষম্যকে কোষের **তড়িচ্চালক বল** বলে এবং ইহার পরিমাণ প্রায় 1·08 ভোল্ট (বিভববৈষম্যের ব্যবহারিক এককের নাম ভোল্ট)।

2.5. ড্যানিয়েল কোষ (Daniell's cell)

ড্যানিয়েল কোষে একটি চোঙাকৃতি তামার পাত্র (C) আছে যাহাতে তুঁতের জলীয় দ্রবণ (solution) (S_1) রাখা হয় [10নং চিত্র দেখ]। তামার পাত্র ধনাত্মক বিভব প্রাপ্ত হয়। তামার পাত্রের উপরের দিকে সচ্ছিদ্র তাক (S) আছে যাহার উপর তুঁতের কিছু দানা রাখা হয়। পাত্রের মধ্যে তুঁতের দ্রবণের পরিমাণ এমন লওয়া হয় যাহাতে ঐ দানাগুলি সর্বদা দ্রবণে ডুবিয়া থাকিতে পারে। এই ব্যবস্থাদ্বারা তুঁতের দ্রবণকে সর্বদা সংপৃক্ত (saturated) রাখা হয়।



10 নং চিত্র—ড্যানিয়েল কোষ

আর একটি ছোট ব্যাসের চোঙাকৃতি সচ্ছিদ্র চীনা মাটির পাত্র (P) আংশিকভাবে পাতলা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড্ (S_2) দ্বারা ভর্তি করিয়া তুঁতের দ্রবণের মধ্যে আংশিক ডুবাইয়া রাখা হয়। পারদের প্রলেপযুক্ত একটি দস্তার দণ্ড (Z) এই অ্যাসিডের (S_2) মধ্যে কিছুটা ডুবানো থাকে। এখানে দস্তার দণ্ড ঋণাত্মক বিভব প্রাপ্ত হয়।

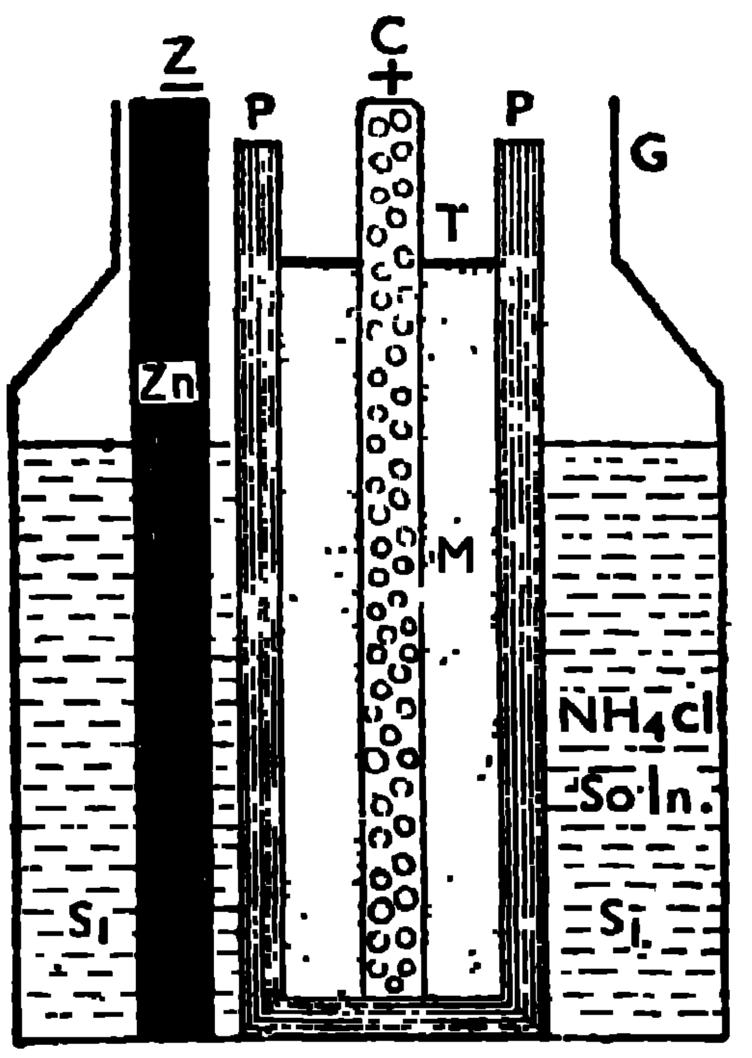
ক্রিয়া :—তামার পাত্র ও দস্তার দণ্ডকে একটি তারদ্বারা সংযুক্ত করিলে তড়িৎ-প্রবাহ বহির্বর্তনীতে তামা হইতে দস্তায় এবং অন্তর্বর্তনীতে দস্তা হইতে তামার পাত্রে যায়। এই প্রবাহের মাত্রা অনেকক্ষণ স্থির থাকে, এজন্য ইহাকে স্থিরকোষ (constant cell) বলে। তামা ও দস্তার মধ্যে যে বিভববৈষম্যের সৃষ্টি হয় তাহাই কোষের **তড়িচ্চালক বল** এবং ইহার পরিমাণ প্রায় 1·08 ভোল্ট [ভোল্ট, বিভববৈষম্যের ব্যবহারিক একক]।

2.6. লেক্লান্‌স্ কোষ (Leclanche's Cell)

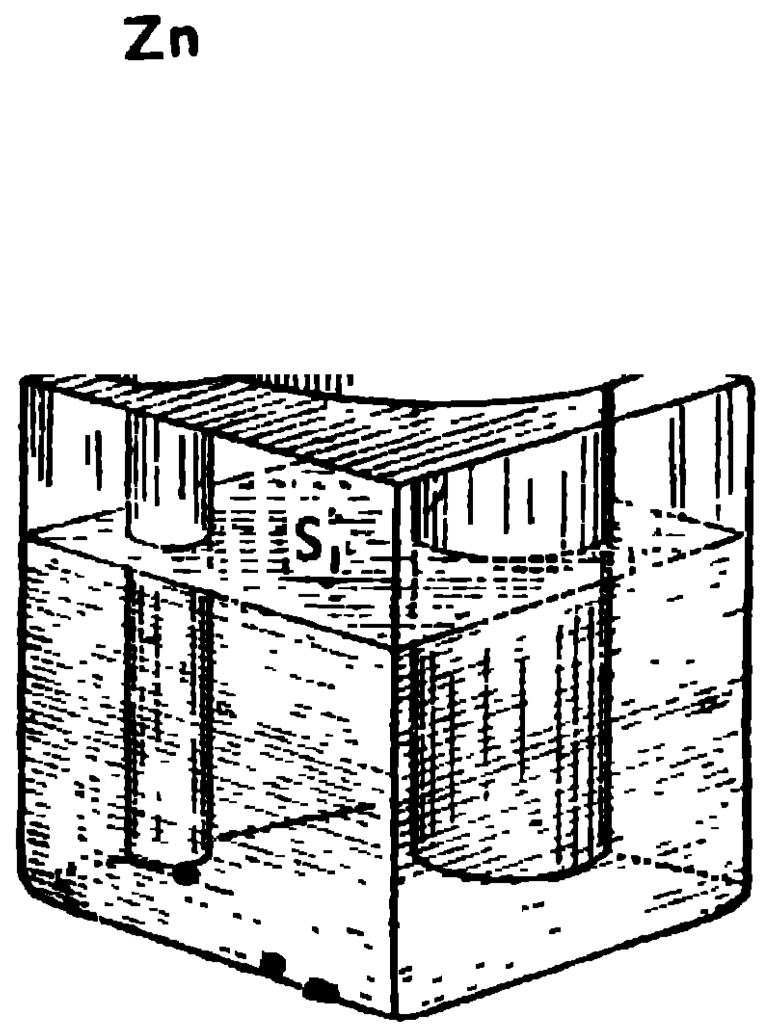
এই কোষে একটি কাঁচের পাত্র (G) আছে যাহার মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ (S_1) রাখা হয় [11 (*a*) ও 11(*b*) নং চিত্রদ্বয় দেখ]। এই দ্রবণের মধ্যে পারদের প্রলেপযুক্ত একটি দস্তার দণ্ড (Zn) আংশিক ডুবানো থাকে। এখানে দস্তা ঋণাত্মক বিভব প্রাপ্ত হয়।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের মধ্যে আর-একটি ছোট ব্যাসের চোঙাকৃতি সচ্ছিদ্র চীনামাটির পাত্র (P) আংশিক ডুবাইয়া রাখা হয়। এই সচ্ছিদ্র পাত্রের মধ্যে একটি কার্‌বন-দণ্ড (C) উল্লম্বভাবে রাখিয়া উহার অবশিষ্ট স্থান

ম্যাঙ্গানীজ ডায়ক্সাইড্ ও কাঠকয়লার গুঁড়ার মিশ্রণ (M) দ্বারা চাপিয়া ভর্তি করা হয়। এই পাত্রের (P) মুখ পীচ (T) দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। কার্‌বন-



11(*a*) নং চিত্র



11(*b*) নং চিত্র—লেক্লানস কোষ

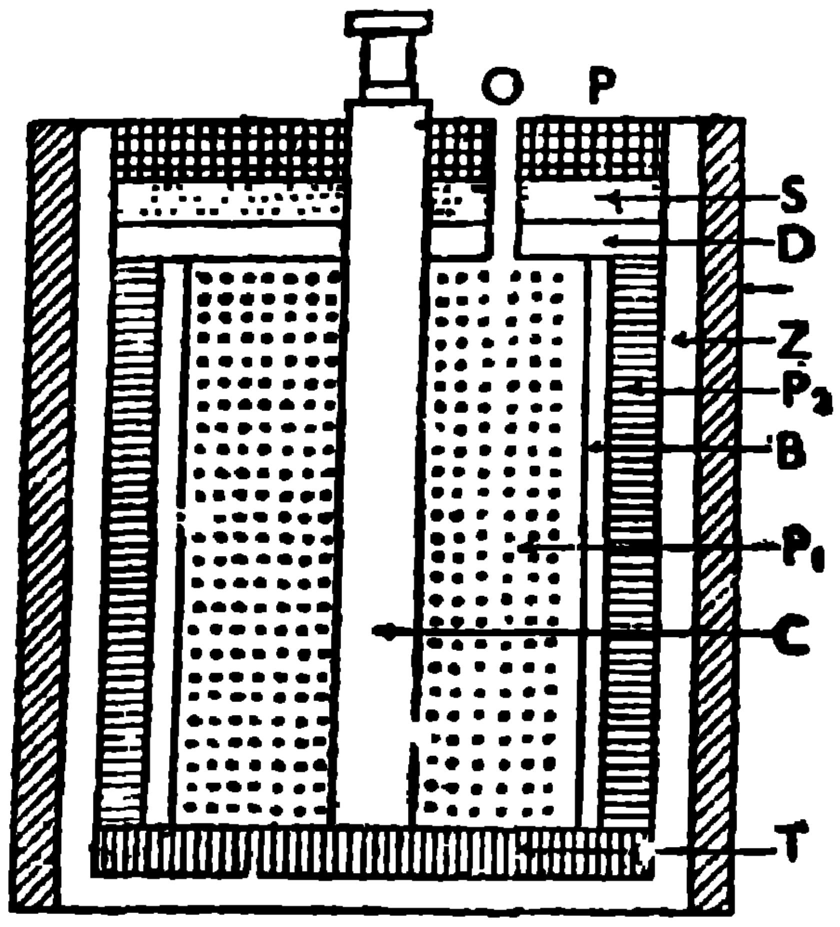
দণ্ড ধনাত্মক তড়িৎবিভব প্রাপ্ত হয়। প্রকৃত কোষের চেহারা 11(*b*) নং চিত্রে দেখানো হইল এবং ইহার নক্‌সা 11(*a*) নং চিত্রে দেখানো হইল।

ক্রিয়া :—কার্‌বন ও দস্তার দণ্ডদুইটি একটি তার দ্বারা যুক্ত করিলে, বহির্বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ কার্‌বন হইতে দস্তায় এবং অন্তর্বর্তনীতে ঐ প্রবাহ, দস্তা হইতে কার্‌বনে যায়। এই কোষ কিছুক্ষণ ব্যবহার করিলে, কার্‌বন্ ও দস্তার মধ্যে বিভববৈষম্য কমিতে থাকে এবং তাহার ফলে প্রবাহমাত্রাও ক্রমশঃ কমিতে থাকে। কোষের ক্রিয়া কিছুক্ষণ বন্ধ রাখিলে, কোষের কার্‌বন ও দস্তার মধ্যের পূর্বেকার বিভববৈষম্য ফিরিয়া আসে এবং তাহার ফলে প্রবাহের পূর্বমাত্রা ফিরিয়া পাওয়া যায়। এজন্য যেখানে বিরতিযুক্ত প্রবাহের প্রয়োজন—যেমন বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, টেলিগ্রাফ, টেলিফোন, প্রভৃতি—সেইখানে এই কোষ ব্যবহৃত হয়। এই কোষের কার্‌বন ও দস্তার মধ্যে যে বিভববৈষম্যের সৃষ্টি হয় তাহাই উহার **তড়িচ্চালক বল** এবং ইহার পরিমাণ প্রায় 1·5 ভোল্ট।

2.7. নির্জল লেক্লানস্ কোষ (Dry Leclanche's Cell)

এই কোষ লেক্লানস্ কোষেরই পরিবর্তিত রূপ। ইহাতে কোনো তরল না থাকিলেও ইহা কিন্তু একেবারে শুষ্ক নয়। ইহার অংশগুলি 12 নং চিত্রে দেখানো হইল এবং ইহাদের বর্ণনা নিম্নে দেওয়া হইল।

Z→একটি চোঙাকৃতি দস্তার পাত্র যাহা ঋণাত্মক বিভব প্রাপ্ত হয় এই পাত্রটি একটি কাগজের খাপের মধ্যে ঢুকানো থাকে।



12 নং চিত্র—নির্জল কোষ

C→কার্‌বন দণ্ড, যাহা দস্তার পাত্রের মধ্যে উল্লম্ব ভাবে বসানো থাকে এবং ইহাকে দস্তার পাত্র হইতে অন্তরিত (insulated) রাখিবার জন্য, পাত্রের তলা এবং দণ্ডের মাঝে টার কাগজ (T) রাখা হয়।

P_1→একটি লেই (paste), যাহা কার্‌বন দণ্ডের চারিদিকে থাকে। এই লেই অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাঙ্গানীজ ডায়ক্সাইড, কার্‌বন ও জল মিশাইয়া প্রস্তুত করা হয়।

B→একটি মস্‌লিনের স্তর যাহা লেই P_1-কে ঘিরিয়া থাকে এবং ইহা P_1 লেইকে আর-একটি লেই P_2 হইতে পৃথক করিয়া রাখে।

P_2→আর-একটি লেই, যাহা মস্‌লিনের স্তর ও দস্তার পাত্রের মধ্যে থাকে। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, কাঠের গুঁড়া, প্লাস্টার অফ প্যারিস ও জল মিশাইয়া এই লেই প্রস্তুত করা হয়।

D, S ও P→ইহারা যথাক্রমে কাঠের গুঁড়া, বালি ও পীচ। ইহাদিগকে পর পর সাজাইয়া কোষের উপরিভাগ বন্ধ করা হয়।

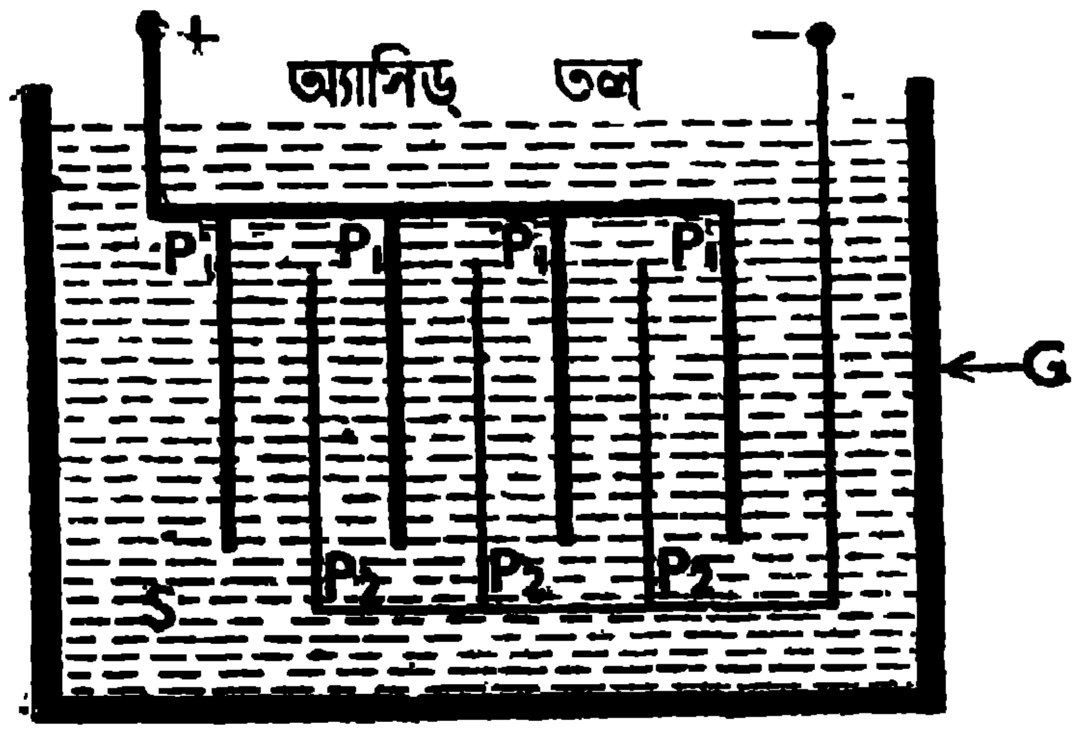
O – পীচের মুখের একটি সরু ছিদ্র যাহা হইতে গ্যাস বাহির হইতে পারে।

এই কোষে কোনো তরল পদার্থ না থাকায় ইহাকে যে-কোনো অবস্থানে রাখা যায়। এজন্য টর্চ লাইট, সাইকেলের আলো, বেতারযন্ত্র প্রভৃতিতে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

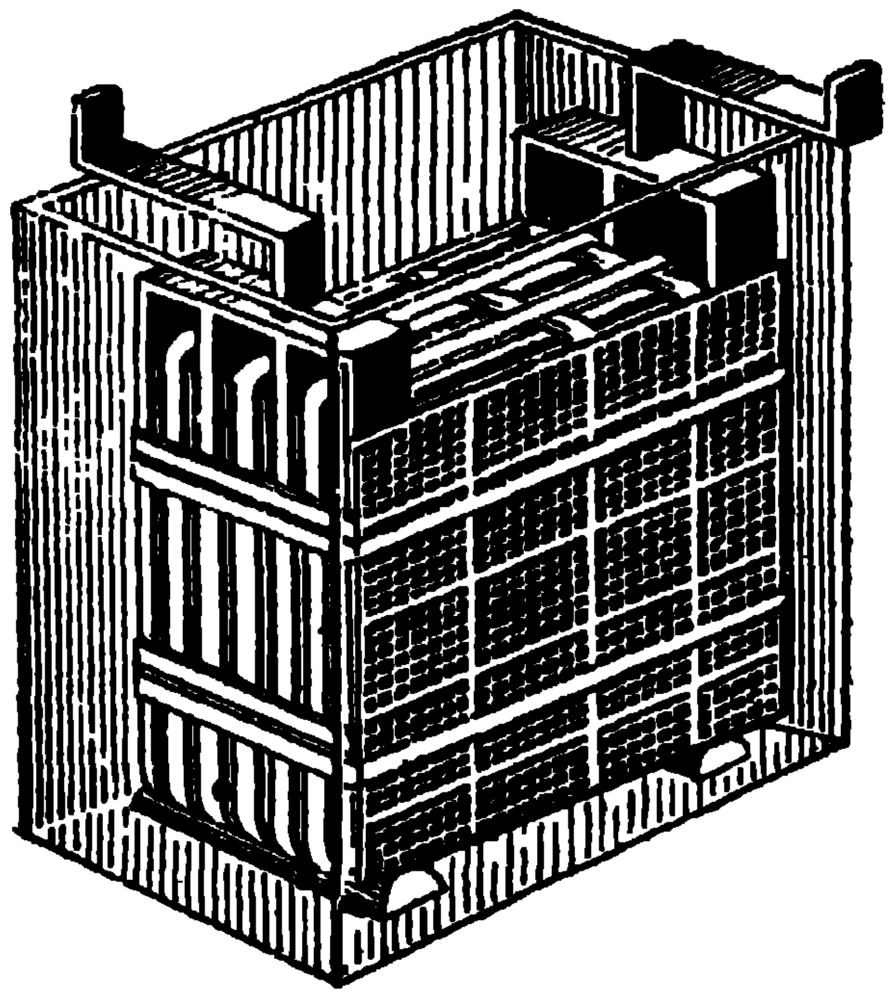
2.9. সঞ্চয়ক কোষ (Storage cell or Accumulator)

এই কোষে, পাতলা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড (S) একটি পুরু কাঁচের পাত্রে (G) লইয়া, ঐ অ্যাসিডের মধ্যে কতকগুলি সীসার পাত (P_1 ও P_2) সমান্তরালভাবে ডুবানো থাকে। এই পাতগুলিকে পর্যায়ক্রমে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের (electrode) সহিত যুক্ত করা থাকে [13(*a*) চিত্র দেখ]। আজকাল সীসার

পাতের বদলে সীসার জাফরি (lead grid) লওয়া হয়। ধনাত্মক পাতগুলির (P_1) জাফরির ফাঁকগুলি রেড-লেড ও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের লেইদ্বারা ভর্তি থাকে এবং



13(a) নং চিত্র



13(b) নং চিত্র

ঋণাত্মক পাতগুলির (P_2) জাফরির ফাঁক লিথার্জ ও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের লেইদ্বারা ভর্তি থাকে। প্রকৃত কোষের দৃশ্য 13(b) নং চিত্রে দেখানো হইল।

ক্রিয়া :—কোষকে আহিত করিবার পূর্বে উহার ধনাত্মক ও ঋণাত্মক পাতগুলিতে লেড সালফেট গঠিত থাকে বাহিরের কোনো উৎসের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরু যদি কোষের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরুর সহিত যথাক্রমে যুক্ত করা যায়, তাহা হইলে বাহিরের এই তড়িৎপ্রবাহ কোষে ঢুকিয়া উহার ধনাত্মক পাতের লেড সাল্‌ফেটকে লেড ডায়ক্সাইডে (PbO_2) পরিণত করিবে এবং ঋণাত্মক পাতের লেড সাল্‌ফেটকে সচ্ছিদ্র সীসায় (Pb) পরিণত করিবে। এখন কোষ সম্পূর্ণভাবে আহিত (charged) হইবে। এই অবস্থায় কোষের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরুর মধ্যে 2·2 ভোল্ট বিভববৈষম্য অর্থাৎ তড়িচ্চালক বল থাকে এবং কিছুক্ষণ পর এই তড়িচ্চালক বল দুই ভোল্টে আসিয়া অনেকক্ষণ স্থির থাকে। এজন্য ইহাকেও স্থিরকোষ বলে।

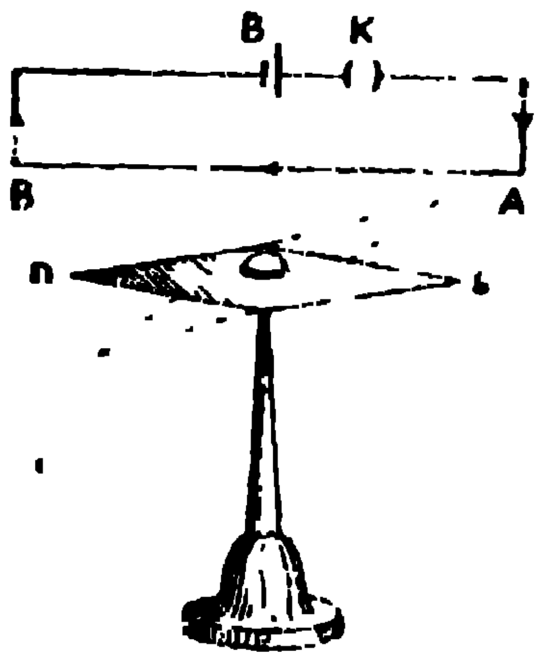
2.9. তড়িৎপ্রবাহের ফল এবং উহাদিগকে দেখাইবার পরীক্ষা

(**Effects of electric current and experiments to demonstrate them**)

কোনো পরিবাহীর মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালিত করিলে কতকগুলি ঘটনা দেখা যায় যাহারা তড়িৎপ্রবাহের ফলেই হইয়া থাকে। এই ঘটনাগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল।

(*a*) **চুম্বকীয় ফল** (magnetic effects) :—পরীক্ষাদ্বারা দেখানো যায় যে যখন পরিবাহীর মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ যায় তখন ঐ পরিবাহীর চারিপাশে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। তড়িৎপ্রবাহের ফলে এই চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হওয়াকে প্রবাহের চুম্বকীয় ফল বলে।

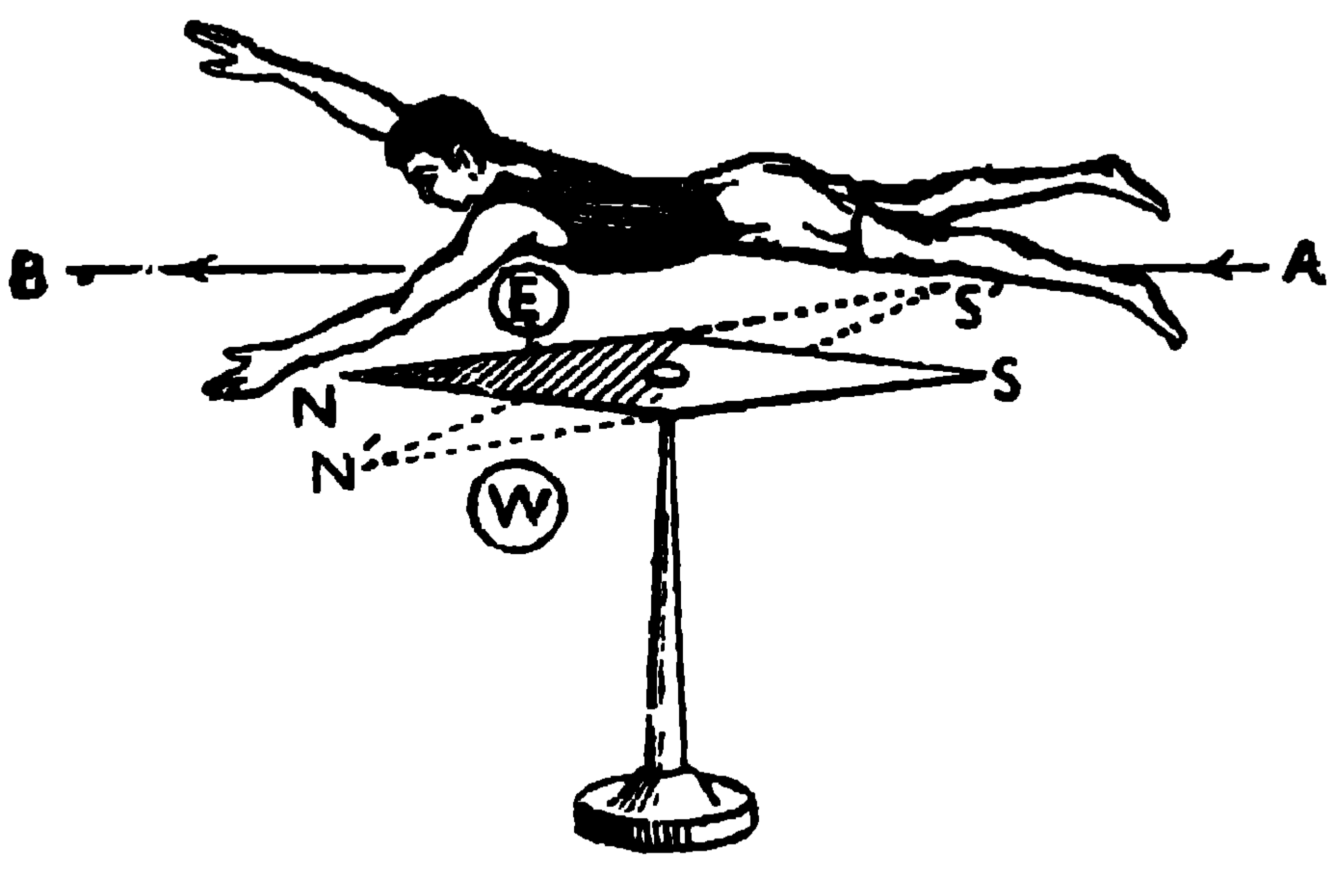
পরীক্ষা.—টেবিলের উপরে একটি চুম্বকশলাকা (*ns*) রাখিয়া উহার উপরে একটি তামার তার (AB), শলাকার সমান্তরাল করিয়া ধরা হইল। এক্ষণে তারের দুই প্রান্ত, একটি চাবির (K) মধ্য দিয়া ব্যাটারির (B′) দুই মেরুতে যোগ করিলে ঐ তারের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে শলাকার (*ns*) বিক্ষেপ দেখা যাইবে [14 নং চিত্র দেখ]। কিন্তু ঐ তারের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দিলে, শলাকার কোনোরূপ বিক্ষেপ দেখা যায় না। অতএব, কোনো পরিবাহীর মধ্যে যখন তড়িৎপ্রবাহ চালিত করা হয় তখন ঐ প্রবাহের ফলে পরিবাহীর চারিদিকে যে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয় তাহা চুম্বকশলাকাকে তাহার *ns* স্থান হইতে অন্য স্থানে সরাইয়া দিবে। তড়িৎপ্রবাহের এই ফল হইতে প্রবাহ মাত্রা নির্ণয় করা যায়।



14 নং চিত্র

তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ জানা থাকিলে চুম্বকশলাকার উত্তর মেরুর কোন্ দিকে বিক্ষেপ হইবে তাহা অ্যাম্‌পীয়ারের সন্তরণ-নিয়ম দ্বারা বলা যায়।

সন্তরণ-নিয়ম :—মনে কর কোনো ব্যক্তি চুম্বকশলাকার দিকে মুখ রাখিয়া প্রবাহবাহী তার বরাবর প্রবাহের অভিমুখে সাঁতার দিতেছে। এই অবস্থায় ব্যক্তির বাম হাত যে দিকে থাকিবে, চুম্বকশলাকার উত্তর মেরু সেই দিকে বিক্ষিপ্ত হইবে [14(*a*) নং চিত্র দেখ]।



14(*a*) নং চিত্র

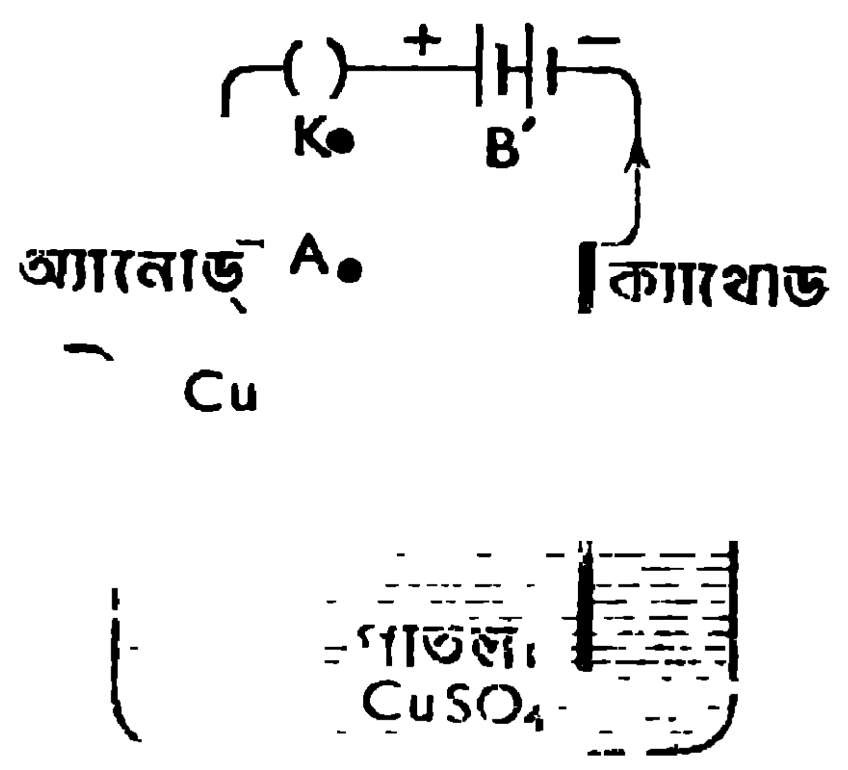
এখানে AB-তারে তড়িৎপ্রবাহ A হইতে B-এর দিকে যাইতেছে। AB তার, শলাকার (NS) উপরে থাকায় ব্যক্তিটি মুখ নীচে রাখিয়া AB-এর দিকে সাঁতার দিবে। ইহার ফলে ব্যক্তির বাম হাত পশ্চিমের (W) দিকে থাকিবে, কাজেই উত্তর মেরুর বিক্ষেপ পশ্চিমের দিকে হইবে।

(*b*) **তাপীয় ফল** (Heating effect) :—যখন তড়িৎপ্রবাহ কোনো সরু তারের মধ্যে চালিত করা হয় তখন তার গরম হইয়া যায়। প্রবাহের এই ফলকে উহার তাপীয় ফল বলে।

উদাহরণ.—একটি বৈদ্যুতিক বাতির সরু তারের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালিত করিলে ঐ তার এত গরম হয় যে উহা হইতে তাপ ও আলো উভয়ই পাওয়া যায়। তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় ফলের ব্যবহারিক প্রয়োগদ্বারা ইলেক্‌ট্রিক ষ্টোভ, উনন, ইস্ত্রি প্রভৃতি প্রয়োজনীয় জিনিষ প্রস্তুত করা হয়।

(*c*) **রাসায়নিক ফল** (Chemical effect) :—অ্যাসিড, লবণ ও ক্ষার-জাতীয় যৌগিক পদার্থের জলীয় দ্রবণের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে উহাদের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া হয়, যাহার ফলে অণুগুলি বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। ইহাকে **তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (electrolysis) বলে এবং যে জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করিল তাহাকে **তড়িৎদ্রব** (electrolyte) বলে। যে পাত্রে তড়িৎদ্রব রাখিয়া এবং উহার মধ্যে দুইটি ধাতুর পাত আংশিক ডুবাইয়া, তড়িৎদ্রবকে বিশ্লেষণের ব্যবস্থা করা হয় তাহাকে **ভল্টামিটার** (voltameter) বলে।

পরীক্ষা.—একটি পাত্রে (V) তুঁতের জলীয় দ্রবণ লইয়া তাহার মধ্যে সামান্য সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দেওয়া হইল। দুইটি তামার পাতকে (A ও C) প্রথমে পরিষ্কার করিয়া, ধুইয়া ও শুকাইয়া উহাদের ওজন লওয়া হইল। এক্ষণে পাতদুইটিকে দ্রবণের মধ্যে আংশিক ডুবাইয়া, উহাদের উপর প্রান্ত একটি ব্যাটারির (B′) দুই মেরুর সহিত চাবির (K) মধ্য দিয়া যুক্ত করা হইল (15 নং চিত্র দেখ)।



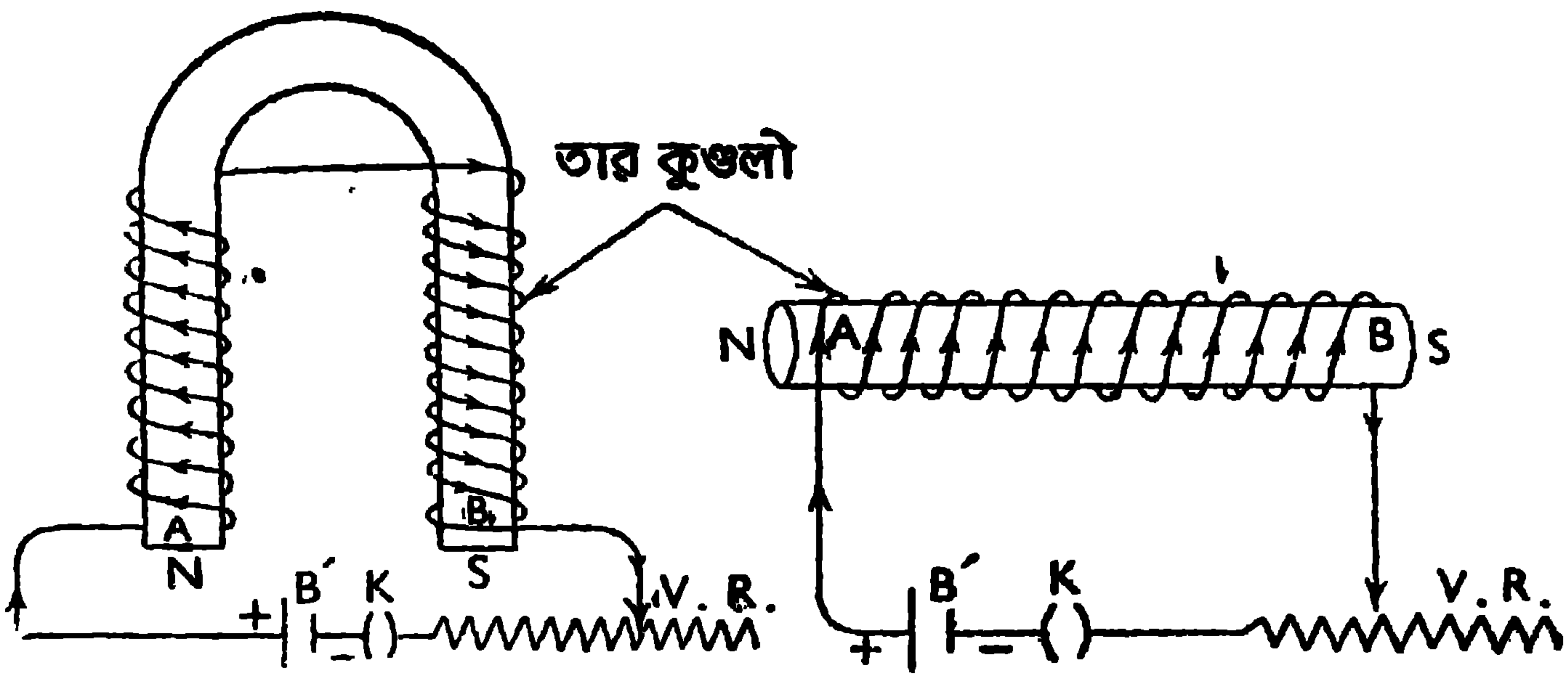
15 নং চিত্র

তড়িৎপ্রবাহ A পাতের সাহায্যে দ্রবণে ঢুকিবে এবং C পাতের সাহায্যে দ্রবণ হইতে বাহিরে যাইবে। এজন্য A ও C পাতকে যথাক্রমে **অ্যানোড** (anode) ও **ক্যাথোড** (cathode) বলে। কিছুক্ষণ তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইবাব পর, পাতদুইটিকে ধুইয়া ও শুকাইয়া পুনরায় উহাদের ওজন লওয়া হইল। এইবার দেখা যাইবে যে ক্যাথোড পাতের ওজন বৃদ্ধি হইয়াছে এবং অ্যানোড পাতের

ওজন হ্রাস হইয়াছে। ইহাদ্বারা প্রমাণিত হইল যে, তড়িৎপ্রবাহের দ্বারা রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় যাহার ফলে ক্যাথোডের উপর তামা জমা হয় এবং অ্যানোডের পাতে তামা কমিয়া যায়।

2.10. তড়িৎ-চুম্বক (Electro-magnet)

তড়িৎপ্রবাহের চুম্বকীয় ফল প্রয়োগ করিয়া তড়িৎ-চুম্বক প্রস্তুত করা হয়। ইহাতে অশ্বক্ষুরাকৃতি [16(*a*) নং চিত্র] কিংবা দণ্ডাকৃতি [16(*b*) নং চিত্র] কাঁচা লোহার



16(*a*) নং চিত্র 16(*b*) নং চিত্র

(soft iron AB) উপর অন্তরিত তামার তার জড়ানো থাকে। অশ্বক্ষুরাকৃতি লোহার দুই বাহুতে তার বিপরীত দিকে জড়ানো হয়। এক্ষণে যদি তারের দুই প্রান্ত, একটি পরিবর্তনীয় রোধ (V.R.) ও একটি প্লাগ চাবির (K) মধ্য দিয়া একটি ব্যাটারীর (B′) সহিত যুক্ত করা হয়, তাহা হইলে তারের মধ্যে বিদ্যুৎপ্রবাহ যাইবে এবং কাঁচা লোহাটি (AB) চুম্বকে পরিণত হইবে। বিদ্যুৎপ্রবাহ-দ্বারা, যে কাঁচা লোহা চুম্বক হইল তাহাকে **তড়িৎ-চুম্বক** বলে। এই ব্যবস্থার দ্বারা খুব শক্তিশালী চুম্বক প্রস্তুত করা হয় এবং প্রবাহের মাত্রা ও তারের পাকসংখ্যা বাড়াইয়া তড়িৎ-চুম্বককে শক্তিশালী করা যায়। বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, টেলিগ্রাফি, রেডিওর লাউড্‌স্পিকার প্রভৃতিতে তড়িৎ-চুম্বকের প্রয়োগ দেখা যায়। খুব শক্তিশালী তড়িৎ-চুম্বকের সাহায্যে বড় বড় লোহার বীমকে উপরে তোলা হয়।

2.11. বৈদ্যুতিক ঘণ্টা (Electric Calling bell)

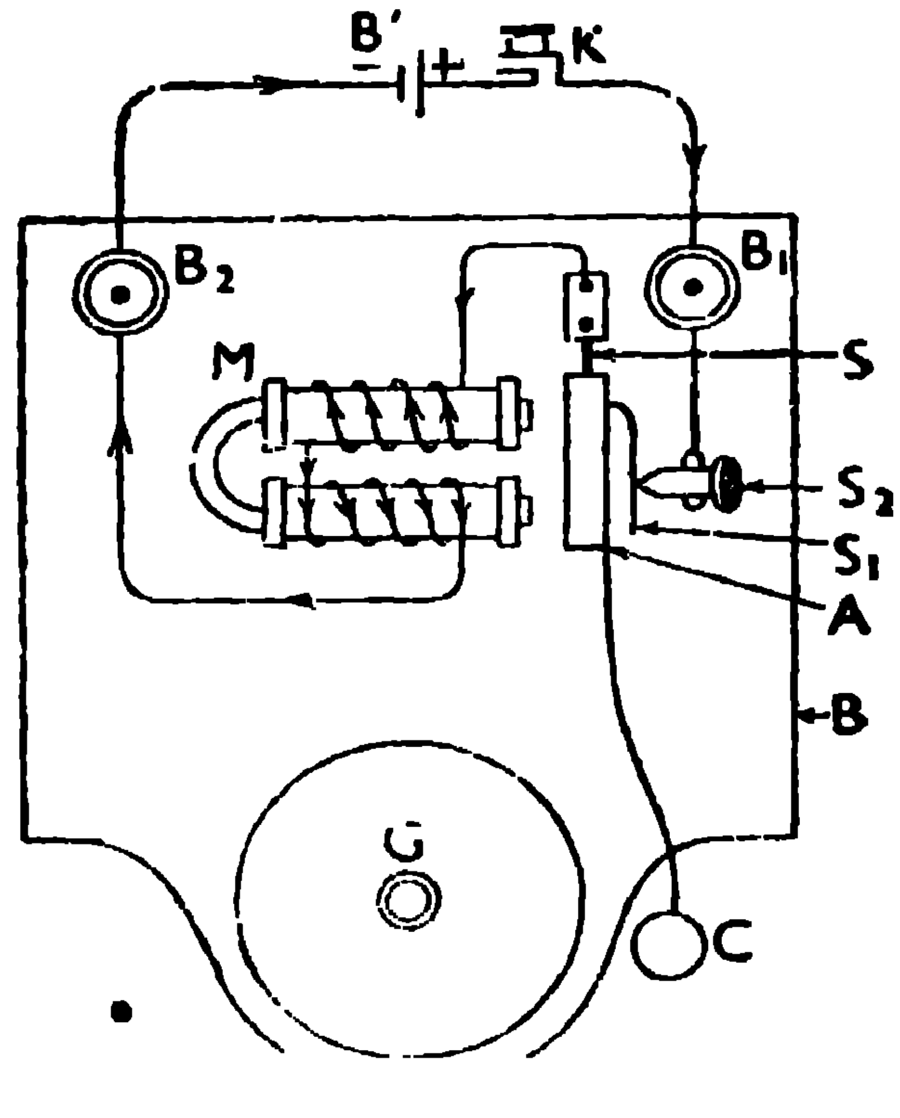
বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, তড়িৎ-চুম্বকের একটি ব্যবহারিক প্রয়োগ। ইহাতে যে অংশগুলি আছে তাহা পরপৃষ্ঠায় 17 নং চিত্রে দেখানো হইল।

M→অশ্বক্ষুরাকৃতি তড়িৎ-চুম্বক, যাহা কাঠের পাটাতনের (B) উপর আটকানো থাকে।

B_2→একটি সংযোজক স্ক্রু, যাহার সহিত, তড়িৎ-চুম্বকের বাহুর উপর জড়ানো তারের এক-প্রান্ত, যুক্ত থাকে।

S→একটি স্প্রীং, যাহারা মাথায় তড়িৎ-চুম্বকের তারের অপর প্রান্ত যুক্ত থাকে।

A→একটি কাঁচা লোহা, যাহার এক প্রান্ত স্প্রিং S-এর সহিত যুক্ত থাকে এবং অপর প্রান্তে একটি হাতুড়ি (C) থাকে যাহা একটি ঘণ্টাকে (G) আঘাত করিয়া শব্দের সৃষ্টি করিতে পারে।



17 নং চিত্র

S_1→একটি পাতলা স্প্রিং, যাহা কাঁচা লোহার (A) উপর লাগানো থাকে। এই স্প্রিং (S_1) সাধারণ অবস্থায় একটি স্ক্রুকে (S_2) স্পর্শ করিয়া থাকে। S_2-কে আবার দ্বিতীয় সংযোজক স্ক্রু B_1-এর সহিত যুক্ত করা থাকে।

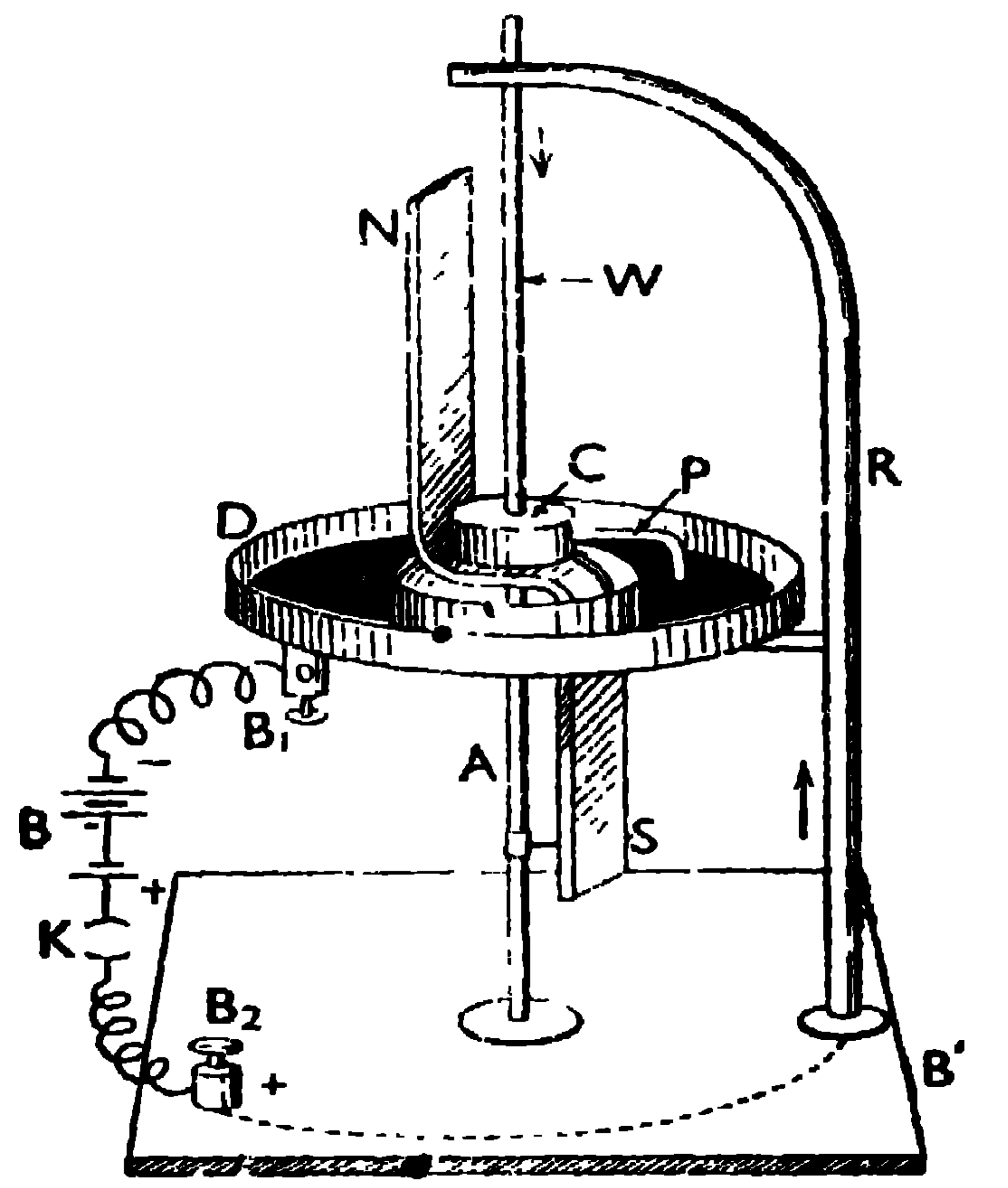
ক্রিয়া ঃ—সংযোজক স্ক্রু-দুইটিকে (B_1 ও B_2) একটি ব্যাটারী (B′) ও একটি টেপা চাবির (K) সহিত যুক্ত করিয়া চাবি বন্ধ করিলে হাতুড়ি (C) বার বার ঘণ্টাকে (G) আঘাত করিয়া শব্দের সৃষ্টি করিবে।

(i) তড়িৎ-চুম্বকের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ গেলে উহা চুম্বকে পরিণত হইবে এবং উহা উহার সামনের কাঁচা লোহাকে (A) আকর্ষণ করিবে। ইহার ফলে, হাতুড়ি C আসিয়া ঘণ্টা G-কে আঘাত করিয়া শব্দের সৃষ্টি করিবে এবং স্প্রীং S_1 ও স্ক্রু S_2-এর মধ্যে ফাঁক সৃষ্টি হওয়ায় উহাদের সংযোগ নষ্ট হইবে।

(ii) S_1 ও S_2-এর মধ্যে ফাঁক হওয়া মাত্র বর্তনীতে ছেদ পড়িবে এবং তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ হইবে। ইহার ফলে তড়িৎ-চুম্বকের চুম্বকত্ব নষ্ট হইবে এবং উহা আর কাঁচা লোহাকে আকর্ষণ করিতে না পারায় ঐ লৌহখণ্ড (A), স্প্রীং S-এর ক্রিয়ায় স্বস্থানে ফিরিয়া যাইবে এবং S_1 ও S_2-এর মধ্যে পুনরায় সংযোগ স্থাপন করিয়া পূর্বের ঘটনার [যাহা (i) দফায় বর্ণিত হইয়াছে] পুনরাবৃত্তি করিবে। এইভাবে বৈদ্যুতিক ঘণ্টায় শব্দের সৃষ্টি হয়।

2.12. চুম্বকের উপর বিদ্যুৎপ্রবাহের ক্রিয়া (action of current on magnet)

চুম্বকের উপর বিদ্যুৎপ্রবাহের ক্রিয়া দেখাইবার জন্য যে যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাহা 18 নং চিত্রে দেখানো হইল। ইহাতে দুই বার বাঁকানো একটি চুম্বক (NS) আছে যাহা একটি মোটা তারের (A) সূক্ষ্মাগ্রকে কেন্দ্র করিয়া ঘুরিতে পারে। যন্ত্রের তলায় যে কাঠের পাটাতন (B′) আছে, তাহার সহিত একটি বাঁকানো ধাতব দণ্ড (R) সংযুক্ত আছে। এই বাঁকানো দণ্ডের মাথায় একটি তার (W) যুক্ত করা আছে, যাহার নিম্ন প্রান্ত, চুম্বকের অনুভূমিক তলের উপরিস্থিত একটি পারদ পাত্রের (C) পারদকে স্পর্শ করিয়া থাকে। এই পারদ পাত্রের সহিত একটি বাঁকানো তার (P) যুক্ত থাকে এবং চুম্বক যখন ঘুরিতে থাকে তখন এই বাঁকানো তারের (P) অগ্রভাগ সর্বদা একটি ডিসের (D) পারদতলকে স্পর্শ করিয়া চলে। এই ডিসের সহিত একটি সংযোজক স্ক্রু B_1 যুক্ত থাকে এবং আর-একটি সংযোজক স্ক্রু (B_2) বাঁকানো দণ্ড R-এর সহিত যুক্ত থাকে।



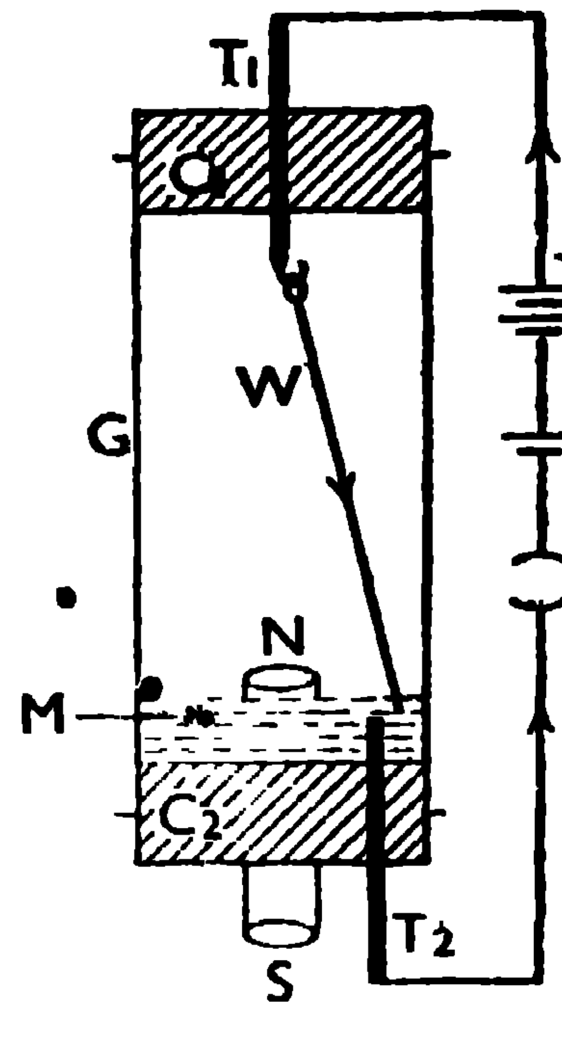
18 নং চিত্র

যখন B_2 ও B_1 সংযোজক স্ক্রু দ্বয়-এর সহিত একটি শক্তিশালী ব্যাটারির (B) ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরুদুইটি যথাক্রমে যুক্ত করা হয় তখন তড়িৎপ্রবাহ ধাতব দণ্ড R হইয়া তার W-তে যাইবে এবং সেখান হইতে বাঁকানো তারের (P) সাহায্যে ডিসের পারদের মধ্য দিয়া ব্যাটারিতে ফিরিয়া যাইবে। তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ চিত্রে তীরদ্বারা দেখানো হইয়াছে।

যখন প্রবল তড়িৎপ্রবাহ W তারের নীচের দিকে চালনা করা হয়, তখন দেখা যায় চুম্বকের উত্তর মেরু (N), W তারের চারিদিকে দক্ষিণাবর্তী হইয়া ঘুরিতেছে। ইহা চুম্বকের উপর বিদ্যুৎপ্রবাহের ক্রিয়া নির্দেশ করে।

2.13. বিদ্যুৎপ্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া (Action of magnet on current)

বিদ্যুৎপ্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া দেখাইবার জন্য যে যন্ত্রের প্রয়োজন তাহা 19 নং চিত্রে দেখানো হইল। ইহাতে একটি কাঁচের নলের (G) দুই মুখ দুইটি কর্ক (C_1 ও C_2) দ্বারা বন্ধ করা আছে। নীচের কর্কের উপর কিছু পারদ (M) রাখা আছে এবং ঐ কর্কের মধ্য দিয়া একটি দোণ্ডাকৃতি চুম্বক (NS) এমনভাবে ঢুকানো আছে যাহাতে উহার উত্তর মেরু (N) পারদ তলের সামান্য উপরে থাকে। এই কর্কের মধ্যে আর-একটি মোটা তার (T_2) ঢুকানো আছে। উপরের কর্কের মধ্য দিয়া একটি মোটা তার (T_1) ঢুকাইয়া উহার নীচের আংটা হইতে একটি সরু তার (W) এমনভাবে ঝুলানো আছে যাহাতে উহার নিম্ন প্রান্ত পারদতলকে স্পর্শ করিয়া থাকিতে পারে।

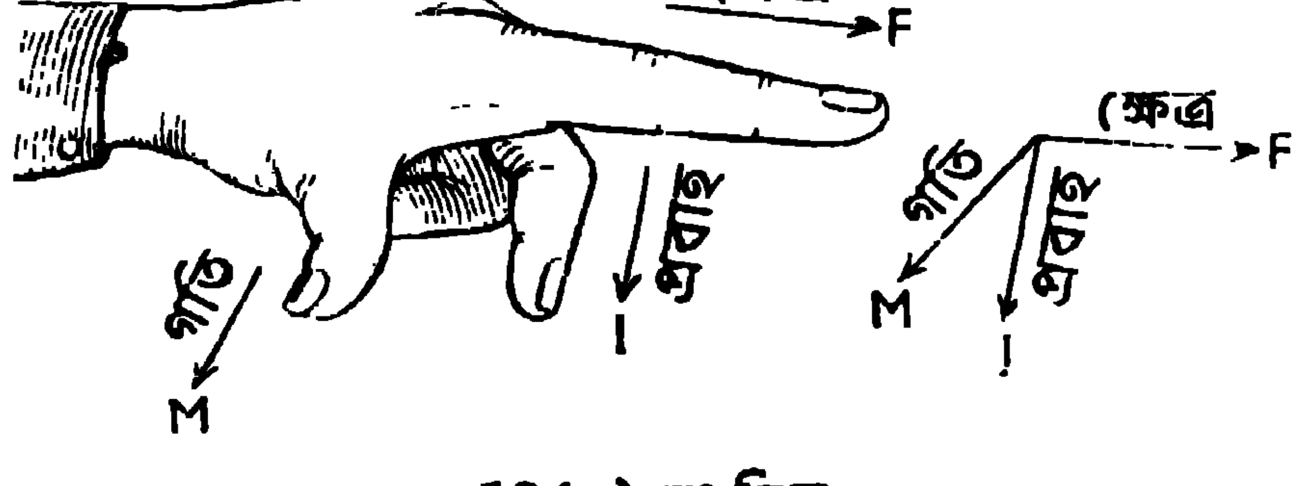


19 নং চিত্র

এক্ষণে T_2 ও T_1 তারদুইটি একটি চাবির (K) মধ্য দিয়া শক্তিশালী ব্যাটারির (B) সহিত যুক্ত করিলে W তারের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চলিতে থাকিবে, এবং সেই সঙ্গে W তারের নিম্ন প্রান্তকে চুম্বকের উত্তর মেরুর (N) চারিদিকে ঘুরিতে দেখা যাইবে। প্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দিলে, তারকে উল্টা পাকে ঘুরিতে দেখা যাইবে। এই পরীক্ষা, প্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া নির্দেশ করে।

প্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ জানা থাকিলে ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম দ্বারা তড়িৎ-প্রবাহ বহনকারী তারের বিক্ষেপের অভিমুখ নির্ণয় করা যায়।

বাম-হস্ত নিয়ম :—বাম হস্তের প্রথম তিনটি অঙ্গুলি পরস্পরের সহিত সমকোণে



19(a) নং চিত্র

রাখিয়া যদি তর্জনী (F) চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখে এবং মধ্যমা (I) প্রবাহের অভিমুখে

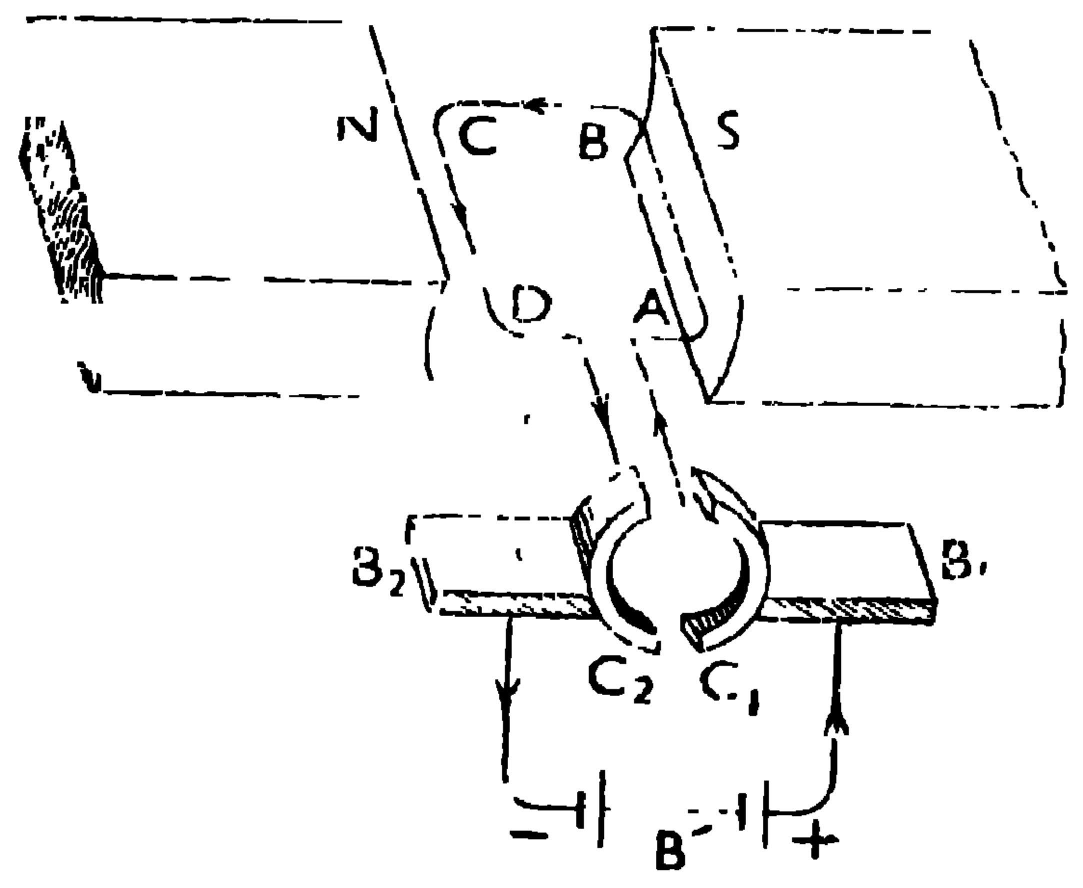
প্রসারিত করা হয়, তাহা হইলে বৃদ্ধাঙ্গুলি (M) যে দিকে প্রসারিত থাকিবে সেই দিকে প্রবাহ-বহনকারী তারের গতির অভিমুখ নির্দেশ করিবে [19(*a*) নং চিত্র দেখ]।

19 নং চিত্রে, চুম্বকের উত্তর মেরু (N) হইতে যে বলরেখা বাহির হইতেছে তাহারা *W* তারের সর্ব অবস্থানের সহিত সমকোণে থাকিয়া বাহিরের অভিমুখে যাইবে কাজেই ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম অনুযায়ী, তারটি দক্ষিণাবর্তী হইয়া ঘুরিবে।

2.14. বিদ্যুৎশক্তির ব্যবহারিক প্রয়োগ (Practical applications of electrical energy)

বিদ্যুৎশক্তিকে কাজে লাগাইয়া আমরা দৈনন্দিন জীবনে অনেক সুবিধা পাইয়া থাকি। নিম্নে কয়েকটির উদাহরণ দেওয়া হইল যেখানে বিদ্যুৎশক্তিকে আমাদের কাজে লাগানো হইয়াছে।

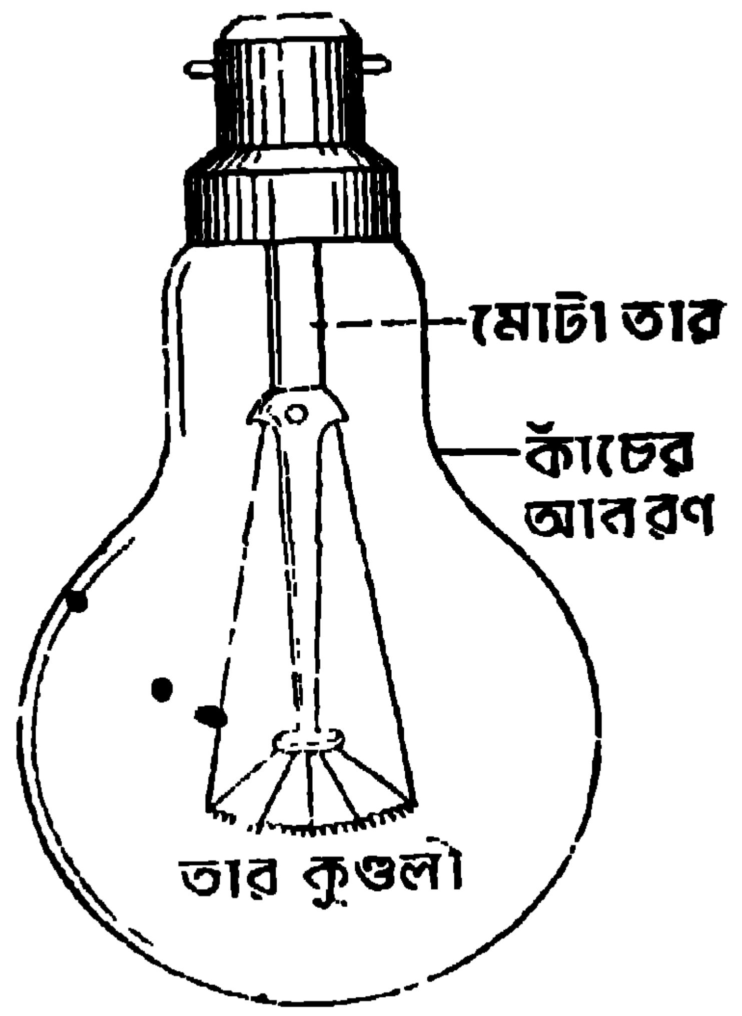
(a) **বৈদ্যুতিক মোটর** (Electric motor) :—এই যন্ত্রে তড়িৎশক্তি, যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহাতে কাঁচা লোহার উপর তারের কুণ্ডলী (ABCD) থাকে, যাহা তড়িৎ-চুম্বকের শক্তিশালী দুই বিপরীত মেরুর (N ও S) মধ্যে ঘুরিতে পারে [20 নং চিত্রে দেখ]। এই তড়িৎ-চুম্বককে **ফিল্ড ম্যাগনেট** (field magnet) বলে এবং কাঁচা লোহার উপর স্থাপিত এই ঘূর্ণক্ষম কুণ্ডলীকে **আর্মেচার** (armature) বলে। কুণ্ডলীর দুই প্রান্ত একটি দ্বিধাবিভক্ত ধাতব রিং-এর দুই অংশের (C_1 ও C_2) সহিত যুক্ত থাকে যাহাদিগকে **কমুটেটর** (commutator) বলে। রিং-এর এই দুই অংশ পরস্পর হইতে অন্তরিত থাকে এবং উহাদের ঘূর্ণনের সময় উহারা সর্বদা দুইটি ধাতব বা কার্বন ব্রাসকে (B_1 ও B_2) স্পর্শ করিয়া থাকে। ব্রাসদুইটি তড়িৎপ্রবাহ সরবরাহকারী কোনো উৎসের (B′) সহিত যুক্ত করিলে কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ যাইবে এবং উহা ঘুরিতে থাকিবে। কুণ্ডলীর তল যখন চৌম্বক বলরেখার সহিত সমকোণে অবস্থান করিবে তখন কমুটেটরের সাহায্যে উহার মধ্যে প্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দেওয়া হয় যাহার ফলে আর্মেচার সর্বদা একই দিকে ঘুরিতে থাকে। এই মোটরের সাহায্যে পাখা, পাম্প,



20 নং চিত্র

ময়দার কল প্রভৃতি চালানো যাইতে পারে। ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম প্রয়োগ করিয়া আর্মেচারের গতির অভিমুখ নির্ণয় করা যায়। 20 নং চিত্রে, CD তারে প্রবাহের যে অভিমুখ দেখান হইয়াছে তাহার জন্য CD বাহু উপরে উঠিবে।

(*b*) **বৈদ্যুতিক বাতি** (Electric lamp) :—ইহাতে একটি কাঁচের বালব আছে যাহার ভিতর হয় বায়ুশূন্য থাকে, না-হয় কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে। ইহার বায়ুনিরুদ্ধ মুখের মধ্যে দুইটি মোটা তার গিয়াছে যাহার প্রান্তে একটি সরু কুণ্ডলীকৃত টাংস্টেনের তার যুক্ত করা আছে যাহাকে ফিলামেণ্ট বলে [21 নং চিত্র দেখ]। এই তার-কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে তারটি খুব গরম হয় এবং তাহা হইতে তাপ ও প্রচুর আলো উৎপন্ন হয়। যে বাতির ক্ষমতা বেশী তাহা হইতে বেশী আলো পাওয়া যায়। বাতির এই ক্ষমতা বাতির গায়ে ওয়াটে লেখা থাকে।

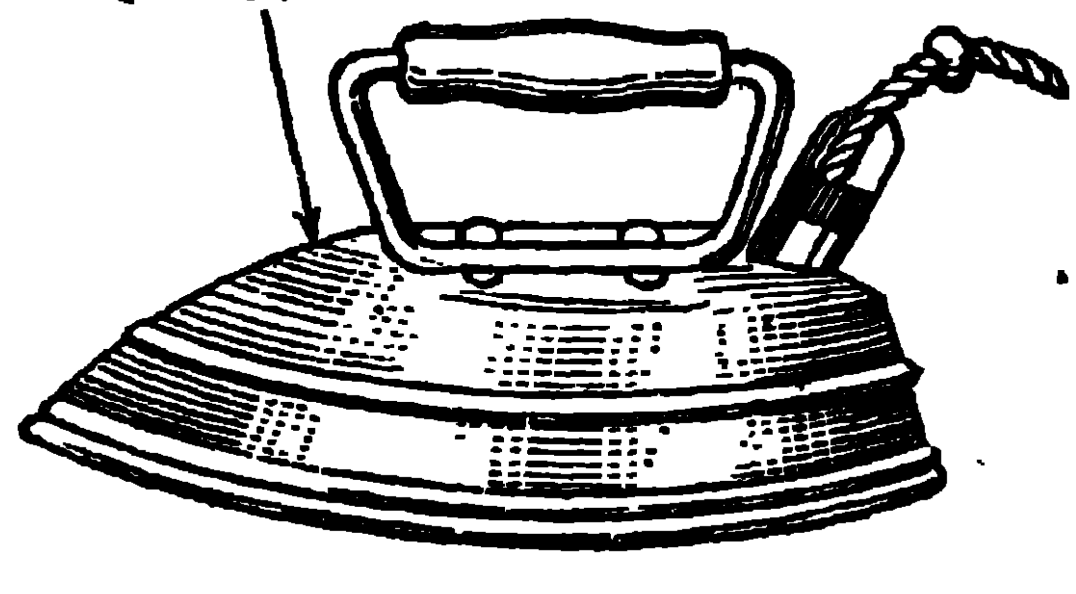


21 নং চিত্র

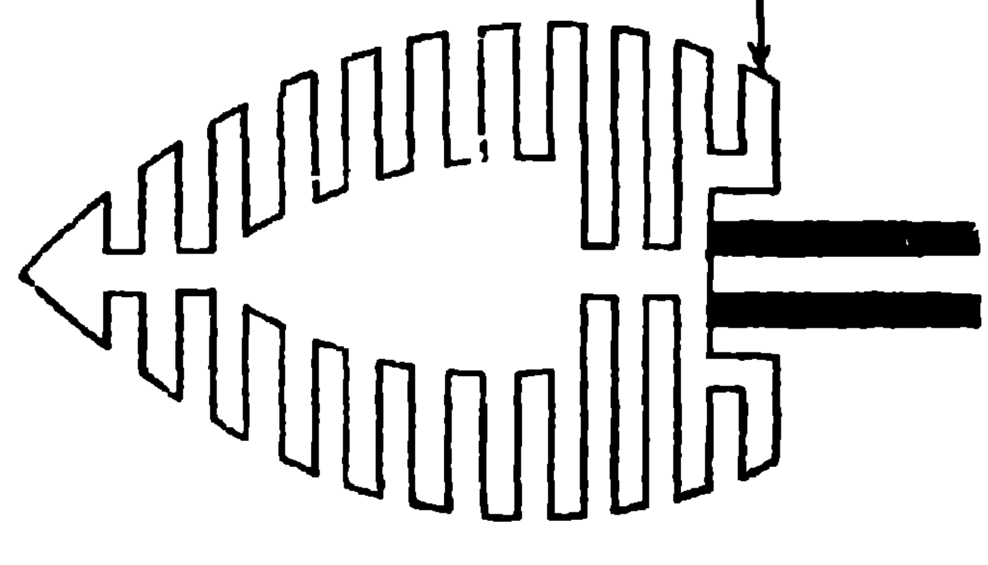
যদি একটি 25 ওয়াট্ এবং একটি 100 ওয়াটের বাতি লওয়া হয়, তাহা হইলে 100 ওয়াটের বাতির আলো দেবার ক্ষমতা, 25 ওয়াট বাতি অপেক্ষা অনেক বেশী হইবে।

(*c*) **বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি ও ষ্টোভ** (Electric iron and stove) :—এইগুলিতে একটি তাপসহ দ্রব্যের [যেমন fire-clay, অভ্র (mica) প্রভৃতি] ফ্রেমের উপর নাইক্রোমের সরু তারের কুণ্ডলী জড়ানো থাকে [22 (*b*) নং চিত্র]।

বৈদ্যুতিক ইস্ত্রিতে তার-কুণ্ডলী একটি অভ্রের ফ্রেমে জড়াইয়া এই ফ্রেমকে একটি ত্রিভুজাকৃতি লোহার আবরণের মধ্যে রাখা হয় যাহার নীচের তল খুব মসৃণ থাকে



22 (*a*) নং চিত্র



22 (*b*) নং চিত্র

[22 (*a*) নং চিত্র দেখ]। বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি বাহির হইতে যেরূপ দেখা যায় তাহা 22 (*a*)

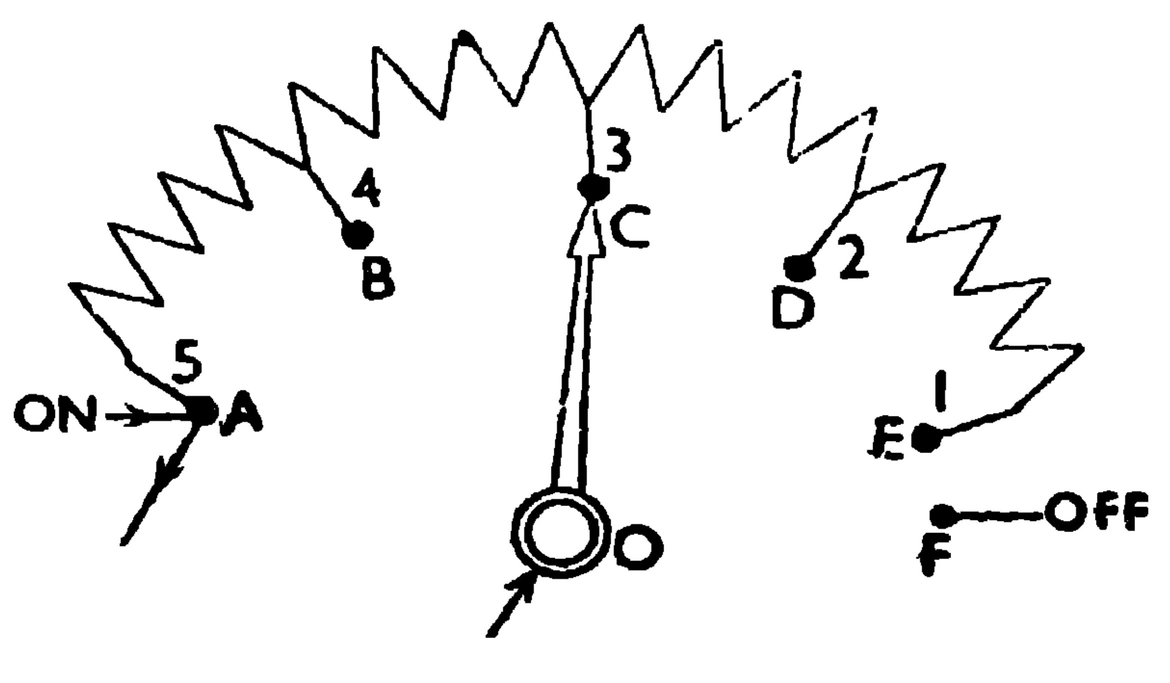
নং চিত্রে দেখানো হইল এবং উহার ভিতরে ফ্রেমের উপর যে তার জড়ানো আছে তাহা 22 (*b*) নং চিত্রে দেখানো হইল। তারকুণ্ডলীকে লোহার আবরণ হইতে অন্তরিত করিয়া রাখা হয়। মেইন হইতে যখন শক্তিশালী তড়িৎপ্রবাহ এই তারকুণ্ডলীর মধ্যে চালনা করা যায় তখন তার গরম হয় এবং সেই সঙ্গে লোহার আবরণও গরম হইতে থাকে। এই আবরণ যখন উপযুক্ত উষ্ণতায় আসে তখন ইহা দ্বারা কাপড়, জামা প্রভৃতি ইস্ত্রি করা হয়।

বৈদ্যুতিক ষ্টোভে প্রায় একই প্রকার ব্যবস্থা থাকে। এখানে নাইক্রোমের কুণ্ডলীকৃত তারটি, একটি তাপসহ গোল ফায়ার ক্লে (fire-clay) ফ্রেমের কুণ্ডলীকৃত গর্তে রাখা হয় এবং এই তারের উপর কোনরূপ আবরণ থাকে না। কোন বস্তুকে গরম করিবার জন্য ষ্টোভের উপর বসাইলে উত্তপ্ত তারের তাপ সোজাসুজি আসিয়া ঐ বস্তুর উপর পড়ে বলিয়া বস্তুটি তাড়াতাড়ি গরম হয়। উত্তপ্ত তার গর্তের মধ্যে থাকায় উহা তাপিত বস্তুর সংস্পর্শে আসিতে পারে না। যে তারের ক্ষমতা বেশী তাহা দ্বারা বেশী তাপ উৎপন্ন হয়।

2.15. বৈদ্যুতিক পাখার রেগুলেটর (Regulator of electric fan)

ইহা একটি রোধ যাহার পরিমাণ বাড়াইয়া কিংবা কমাইয়া পাখার মোটরে তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা যথাক্রমে কমানো কিংবা বাড়ানো যায়। মোটরে তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা কমিয়া গেলে পাখা আস্তে আস্তে ঘুরিবে, আবার তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা বাড়াইয়া দিলে, পাখা খুব দ্রুত ঘুরিতে থাকিবে।

23 নং চিত্রের সাহায্যে পাখার রেগুলেটরের ক্রিয়া বুঝানো যাইতে পারে। রেগুলেটরের হাতল ঘুরাইয়া প্রবাহমাত্রা বাড়ানো-কমানো যায়। মেইনের তড়িৎ-প্রবাহ হাতলের নীচে (O) ঢুকিয়া রেগুলেটরের খানিকটা তারের মধ্যে দিয়া বাহিরে চলিয়া যায়। যদি হাতলের মাথা রেগুলেটরের A বিন্দুর সহিত সংযোগ রাখা হয় (যেখানে ON লেখা থাকে) তাহা হইলে বর্তনীতে রেগুলেটরের কোন রোধ যুক্ত হয় না। এখন পাখার মোটরে প্রবাহমাত্রা খুব বেশী হইবে এবং পাখা জোরে ঘুরিতে থাকিবে। হাতলের মাথা E বিন্দুর সহিত সংযোগ রাখিলে, রেগুলেটরের সমস্ত রোধ বর্তনীতে যুক্ত হইবে যাহার ফলে মোটরে প্রবাহমাত্রা কম হইবে



23 নং চিত্র

এবং পাখা আস্তে আস্তে ঘুরিবে। হাতলের মাথা F বিন্দুর সহিত সংযোগ রাখিলে, (যেখানে OFF লেখা থাকে), বর্তনীতে ছেদ পড়িবে এবং তাহার ফলে মোটরে কোন তড়িৎপ্রবাহ থাকিবে না, কাজেই পাখাও ঘুরিবে না। 23 নং চিত্রে হাতলের মাথা C বিন্দুর সহিত সংযোগ রাখা আছে এজন্য বর্তনীতে রোধ মাঝামাঝি হইবে এবং মোটরের তড়িৎপ্রবাহ সেই অনুপাতে কমিয়া যাওয়ায় পাখা মাঝামাঝি বেগে ঘুরিবে।

2.16. তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ এবং তৎসংক্রান্ত ফ্যারাডের সূত্র (Electromagnetic induction and Faraday's laws)

যখন একটি বদ্ধ কুণ্ডলীর পাশে, আর একটি প্রবাহ বহনকারী কুণ্ডলী কিংবা একটি চুম্বক নাড়াচাড়া করা যায় তখনই ঐ বদ্ধ কুণ্ডলীতে একটি তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয় যাহাকে **আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ** বলে এবং এই ঘটনাকে **তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ** বলে।

ফ্যারাডের সূত্র :—(i) একটি বদ্ধ কুণ্ডলীর সহিত জড়িত চৌম্বক বলরেখার মোট সংখ্যার পরিবর্তন যখনই হইবে তখনই ঐ কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইবে এবং এই আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ ততক্ষণই স্থায়ী হইবে যতক্ষণ পর্যন্ত চৌম্বক বলরেখার মোট সংখ্যার পরিবর্তন হইতে থাকিবে। কুণ্ডলীতে জড়িত বলরেখার মোট সংখ্যার বৃদ্ধিতে বিপরীতমুখী এবং হ্রাসে একমুখী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইবে।

(ii) একটি বদ্ধ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ, ঐ কুণ্ডলীর সহিত জড়িত চৌম্বক বলরেখার পরিবর্তনের হারের সহিত সমানুপাতিক হয়।

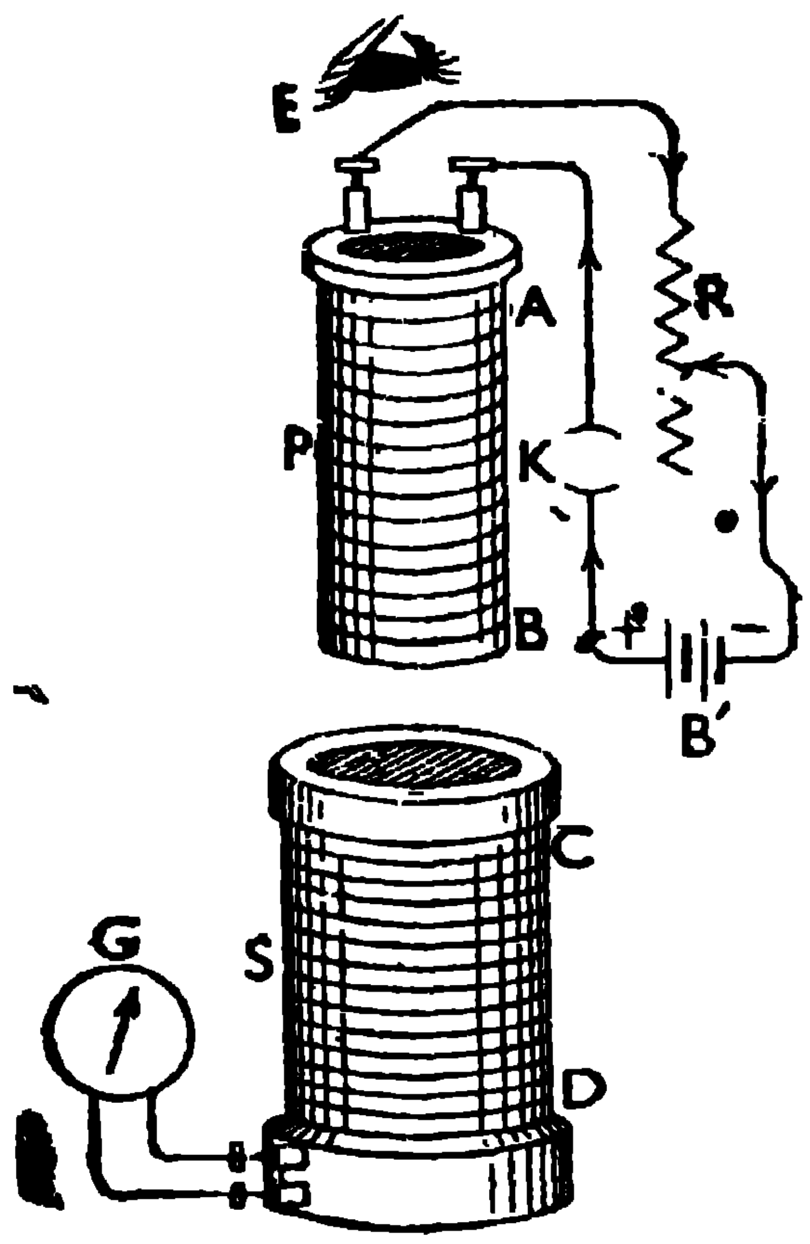
2.17. তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ দেখাইবার পরীক্ষা, অথবা ফ্যারাডের সূত্রের সত্যতা নির্ধারণ করিবার পরীক্ষা (Experiments to show electromagnetic induction or to illustrate Faraday's laws)

(A) তড়িৎ-প্রবাহ বহনকারী কুণ্ডলী দ্বারা : এই পরীক্ষার জন্য যে যন্ত্রটি ব্যবহার করা হয় তাহাতে দুইটি অংশ আছে, যথা—(1) মুখ্য কুণ্ডলী P (primary coil) ও (2) গৌণ কুণ্ডলী S (secondary coil) [24 (a) নং চিত্র]।

(1) **মুখ্য কুণ্ডলী** P-তে, একটি অন্তরক চোঙের (AB) উপর **মোটা** অন্তরিত তামার তার **কয়েক পাক** জড়ান থাকে। তারের দুইপ্রান্ত একটি চাবি (K), একটি ব্যাটারী (B') ও একটি পরিবর্তনীয় রোধের (R) সহিত শ্রেণীবদ্ধভাবে যুক্ত থাকে।

(2) **গৌণ কুণ্ডলী** S-তে, একটি মোটা অন্তরিত চোঙের (CD) উপর সরু অন্তরিত তামার তার **অনেক পাক** জড়ানো থাকে। ঐ তারের দুইপ্রান্ত একটি তড়িৎ-প্রবাহ মাপিবার যন্ত্র, অর্থাৎ গ্যাল্ভ্যানোমিটারের (G) সহিত যুক্ত থাকে।

প্রারম্ভিক পরীক্ষা :—গৌণ কুণ্ডলীর সহিত একটি তড়িৎকোষ যুক্ত করিয়া উহার মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে, গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের যে দিকে বিক্ষেপ হইবে তাহা লক্ষ্য করা হইল। তড়িৎকোষের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরু জানিয়া গৌণ কুণ্ডলীতে প্রবাহের অভিমুখও (চোখ E-এর কাছে দক্ষিণাবর্তী কিংবা বামাবর্তী) স্থির করা হইল। এইভাবে গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের বিক্ষেপের সহিত গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহের অভিমুখের একটি সম্বন্ধ স্থির করা হইল যাহার সাহায্যে ভবিষ্যতে গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের বিক্ষেপ দেখিয়া গৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহের অভিমুখ (চোখ E-এর কাছে হয় বামাবর্তী না হয় দক্ষিণাবর্তী) নির্ণয় করা যাইবে। এক্ষণে তড়িৎকোষ সরাইয়া লইয়া গৌণ কুণ্ডলীর বর্তনী বন্ধ রাখা হইল।



(a)

24(a) নং চিত্র

ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের ব্যাখ্যা :—(i) মুখ্য বর্তনীর চাবি (K) বন্ধ করিলে উহার মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চলিতে থাকিবে কাজেই উহা চৌম্বক বলরেখার সৃষ্টি করিবে। এক্ষণে মুখ্য কুণ্ডলীকে গৌণ কুণ্ডলীর মধ্যে দ্রুত ঢুকাইয়া দিলে গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারে যে বিক্ষেপ দেখা যাইবে তাহা দ্বারা বুঝিতে পারা যাইবে যে, গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহের অভিমুখের বিপরীত। এখানে গৌণ কুণ্ডলীতে জড়িত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা (যাহা মুখ্য কুণ্ডলী সৃষ্টি করিয়াছে) বৃদ্ধি পাইতেছে। এজন্য S-কুণ্ডলীতে P-কুণ্ডলীর বিপরীতমুখী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইয়াছে।

(ii) মুখ্য কুণ্ডলীকে গৌণ কুণ্ডলীর মধ্যে স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে, গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের কোন বিক্ষেপ দেখা যায় না। এখানে গৌণ কুণ্ডলীতে জড়িত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা স্থির আছে। এজন্য S-কুণ্ডলীতে কোন তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয় নাই।

(iii) মুখ্য কুণ্ডলীকে এইবার দ্রুত গৌণ কুণ্ডলীর বাহিরে আনিলে গৌণ কুণ্ডলীর গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের বিক্ষেপ পূর্বেকার বিক্ষেপের বিপরীত দিকে হইবে। এই বিক্ষেপ হইতে বুঝিতে পারা যাইবে যে, গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ ও মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহের অভিমুখ এক। এক্ষণে গৌণ কুণ্ডলীতে জড়িত

চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা কমিয়া যাইতেছে। এজন্য S-কুণ্ডলীতে P-কুণ্ডলীর একমুখী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইয়াছে।

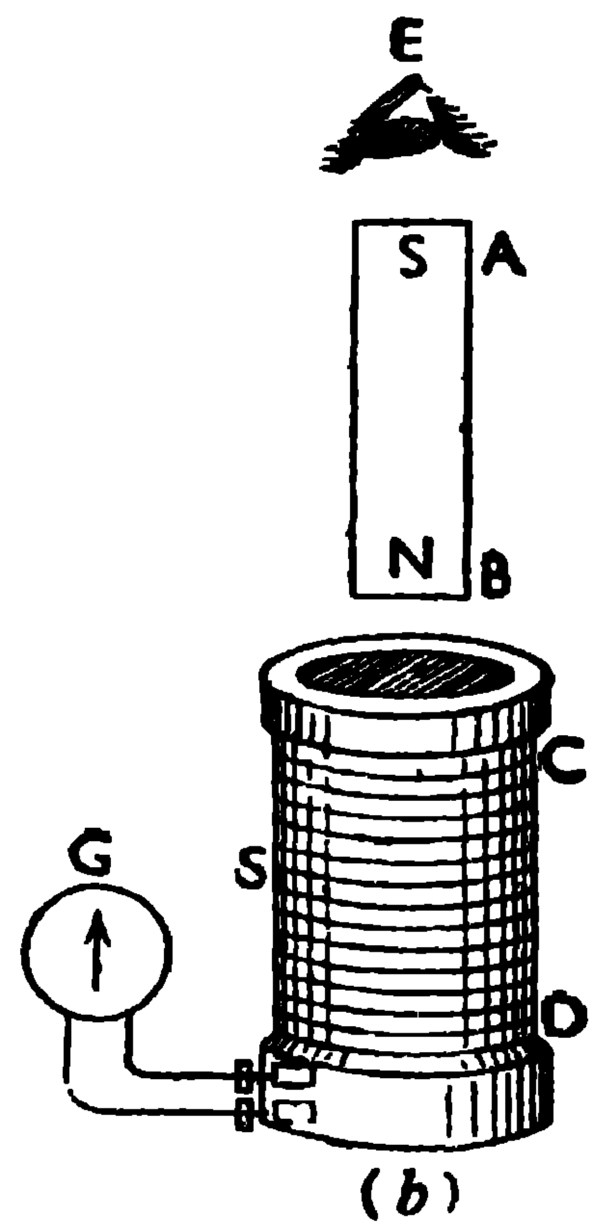
এই তিনটি পরীক্ষা দ্বারা বুঝা যায় যে, গৌণ কুণ্ডলীতে যতক্ষণ চৌম্বক বলরেখার পরিবর্তন হইতে থাকে ততক্ষণই উহাতে তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হয়। গৌণ কুণ্ডলীতে জড়িত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যার বৃদ্ধিতে, মুখ্য কুণ্ডলীর বিপরীতমুখী এবং ঐ চৌম্বক বলরেখার সংখ্যার হ্রাসে মুখ্য কুণ্ডলীর একমুখী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয়। অতএব ইহা দ্বারা ফ্যারাডের প্রথম সূত্র প্রমাণিত হইল।

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা :—তড়িৎপ্রবাহ বহনকারী মুখ্য কুণ্ডলীকে একটি নির্দিষ্ট দূর হইতে, গৌণ কুণ্ডলীর মধ্যে একবার আস্তে আস্তে এবং আর একবার খুব দ্রুত ঢুকানো হইল। গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের বিক্ষেপ, প্রথমবার অপেক্ষা দ্বিতীয়বারে বেশী দেখা যাইবে। গৌণ কুণ্ডলীতে জড়িত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা যে হারে বাড়িবে তাহা প্রথমবার অপেক্ষা দ্বিতীয়বারে বেশী হইবে। এজন্য প্রথমবার অপেক্ষা দ্বিতীয়বার গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বেশী হইতেছে। ইহা ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা নির্দেশ করিতেছে।

(B) **চুম্বকদণ্ড দ্বারা :** এই পরীক্ষার জন্য যে যন্ত্রটি ব্যবহার করা হয় তাহা 24 (b) নং চিত্রে দেখানো হইল। এখানে চুম্বকদণ্ড NS দ্বারা গৌণকুণ্ডলী S-তে তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ দেখানো যাইতে পারে। গৌণ কুণ্ডলীতে অনেক পাক সরু অন্তরিত তামার তার জড়াইয়া ঐ তারের দুই-প্রান্ত একটি গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের (G) সহিত যুক্ত করা থাকে।

প্রারম্ভিক পরীক্ষা :—[(A) অংশের অনুরূপ]

ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের পরীক্ষা :—(i) চুম্বকদণ্ডের উত্তর মেরু (N) গৌণ কুণ্ডলীর (S) মধ্যে দ্রুত ঢুকাইয়া দিলে গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের যে বিক্ষেপ দেখা যাইবে তাহা দ্বারা বুঝা যাইবে যে, S-কুণ্ডলীতে আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ চোখ E-এর কাছে বামাবর্তী হইয়াছে। কিন্তু AB লৌহ-খণ্ডের উপর তার জড়াইয়া তাহার মধ্যে দক্ষিণাবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ (চোখ E-এর কাছে) চালনা করিলে লৌহখণ্ডের A প্রান্তে দক্ষিণ মেরু (S-pole) এবং B প্রান্তে উত্তর মেরু (N-pole) উৎপন্ন হয়। কাজেই S-কুণ্ডলীতে আবিষ্ট-



24 (b) নং চিত্র

প্রবাহের অভিমুখ, AB লৌহখণ্ডের চুম্বকনকারী তড়িৎ-প্রবাহের বিপরীতমুখী। চুম্বকদণ্ডের উত্তর মেরু S-কুণ্ডলীতে ঢুকানোর ফলে উহার সহিত জড়িত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি পাইয়াছে। এজন্য S-কুণ্ডলীতে AB-এর চুম্বকনকারী তড়িৎ-প্রবাহের, বিপরীত-মুখী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইয়াছে।

(ii) চুম্বকদণ্ডকে S-কুণ্ডলীর মধ্যে স্থির রাখিলে গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের কোন বিক্ষেপ দেখা যায় না। এবার S-কুণ্ডলীতে জড়িত চৌম্বক বলরেখায় কোন পরিবর্তন হইল না এজন্য তড়িৎপ্রবাহও আবিষ্ট হইল না।

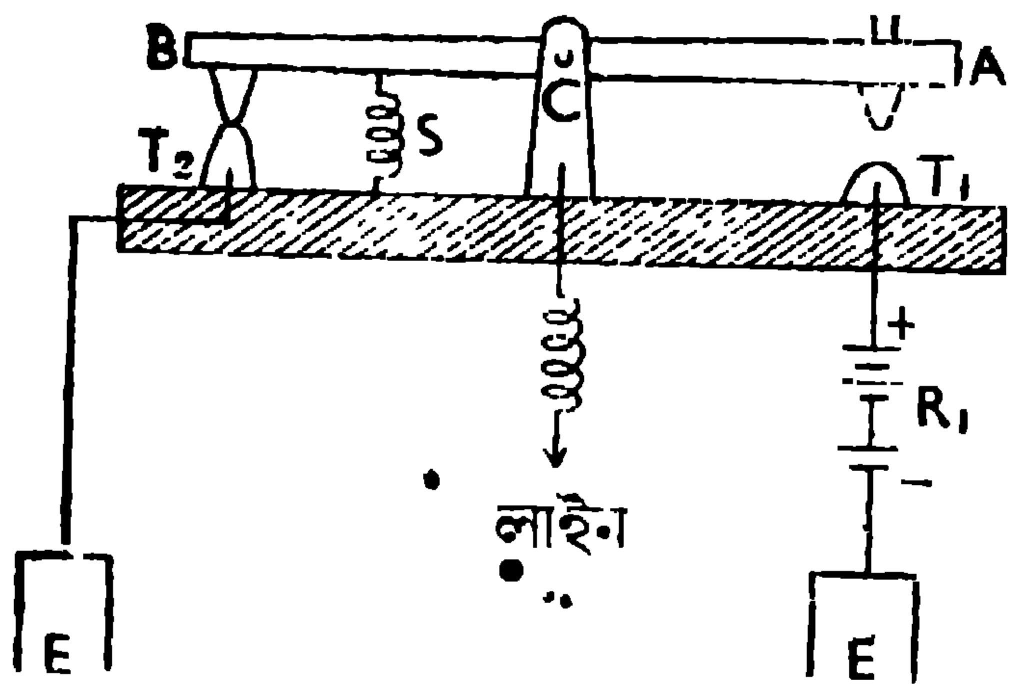
(iii) চুম্বকদণ্ডকে S-কুণ্ডলীর মধ্য হইতে দ্রুত বাহিরে আনিলে গ্যালভ্যানো-মিটারের বিক্ষেপ দেখা যাইবে এবং এই বিক্ষেপ হইতে বুঝা যাইবে যে, S-কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ চোখ E-এর কাছে দক্ষিণাবর্তী হইয়াছে, যাহা AB লৌহখণ্ডের চুম্বকনকারী তড়িৎ প্রবাহের [যাহার দ্বারা AB-এর A প্রান্ত দক্ষিণ মেরু (S) হইয়াছে] একমুখী। চুম্বকদণ্ডের উত্তর মেরু S-কুণ্ডলীর বাহিরে আনার ফলে, উহার সহিত জড়িত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা কমিয়া গিয়াছে। এজন্য S-কুণ্ডলীতে, AB-এর চুম্বকনকারী তড়িৎপ্রবাহের একমুখী তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইয়াছে। উপরি-উক্ত (i), (ii) ও (iii) নং দফায় বর্ণিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা ফ্যারাডের প্রথম সূত্র প্রমাণিত হইল।

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ—চুম্বকদণ্ডকে একটি নির্দিষ্ট দূর হইতে গৌণ কুণ্ডলীর মধ্যে একবার আস্তে আস্তে এবং আর একবার খুব দ্রুত ঢুকানো হইল। গ্যাল্‌ভ্যানোমিটারের বিক্ষেপ প্রথমবার অপেক্ষা দ্বিতীয়বারে বেশী হইবে। গৌণ কুণ্ডলীতে জড়িত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা যে হারে বাড়িবে তাহা প্রথমবার অপেক্ষা দ্বিতীয়বার বেশী হইবে। এজন্য প্রথমবার অপেক্ষা দ্বিতীয়বার গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বেশী হইতেছে। ইহা ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা নির্দেশ করিতেছে।

2.18. ইলেক্‌ট্রিক টেলিগ্রাফ্ (Electric Telegraph)

ইলেক্‌ট্রিক টেলিগ্রাফ্ এমন একটি ব্যবস্থা যাহা দ্বারা কতকগুলি সংকেত, বৈদ্যুতিক প্রবাহের সাহায্যে একস্থান হইতে অন্য কোন দূরবর্তী স্থানে পাঠাইয়া সংবাদের আদান-প্রদান করা যায়। ইহাতে তিনটি অংশ থাকে, যথা—(1) প্রেরক যন্ত্র (transmitter), (2) গ্রাহক যন্ত্র (receiver) ও (3) লাইন (line)।

(1) **প্রেরক যন্ত্র :**—ইহা একটি বৈদ্যুতিক চাবি যাহাকে 'মোর্স চাবি' (morse-key) বলে। ইহার সাহায্যে লাইনে ইচ্ছামত বৈদ্যুতিক প্রবাহ পাঠান যায় এবং বন্ধ করা যায়। ইহাতে একটি ধাতব দণ্ড (AB) আছে, যাহা একটি লীভারের কাজ করে। এই লীভারের আলম্ব (C), একটি অনুভূমিক অক্ষদণ্ডের উপর অবস্থিত (25 নং চিত্র দেখ)। এই অক্ষদণ্ডটি স্টেশনের গ্রাহক যন্ত্রের মধ্য দিয়া লাইনের তারের সহিত যুক্ত থাকে। সাধারণ অবস্থায় ধাতব দণ্ডের B প্রান্ত, একটি স্প্রীং S-এর টানে একটি ধাতব খোঁটা T_2-এর সংস্পর্শে থাকে কিন্তু উহার A প্রান্ত অপর একটি ধাতব খোঁটা T_1-এর উপরে থাকে। T_2 খোঁটা মাটির সহিত যুক্ত থাকে এবং T_1 খোঁটা একটি ব্যাটারীর (R_1) ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত থাকে। ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরু, মাটির সহিত যুক্ত করিয়া রাখা হয়। ধাতব দণ্ডের A প্রান্ত আঙ্গুল দ্বারা চাপিয়া ধরিলে, উহা খোঁটা T_1-এর সংস্পর্শে আসে এবং ব্যাটারী হইতে তড়িৎপ্রবাহ দণ্ডের AC অংশ ও স্টেশনের গ্রাহক-যন্ত্রের মধ্য দিয়া লাইনে প্রবাহিত হয় কিন্তু ইহা দ্বারা B ও T_2-এর মধ্যের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়। আবার আঙ্গুল সরাইয়া লইলে, স্প্রীং S-এর টানে AB দণ্ডের A প্রান্ত উপরে উঠিবে এবং উহার সহিত ব্যাটারী R_1-এর সংযোগ বিচ্ছিন্ন হইবে কিন্তু B ও T_2-এর মধ্যের সংযোগ পুনঃপ্রতিষ্ঠিত হইবে। এইভাবে AB দণ্ডের A প্রান্তকে বেশী সময় এবং কম সময় চাপিয়া ধরিয়া লইনে বেশী সময় এবং অল্প সময়ের জন্য তড়িৎপ্রবাহ পাঠান যায়।

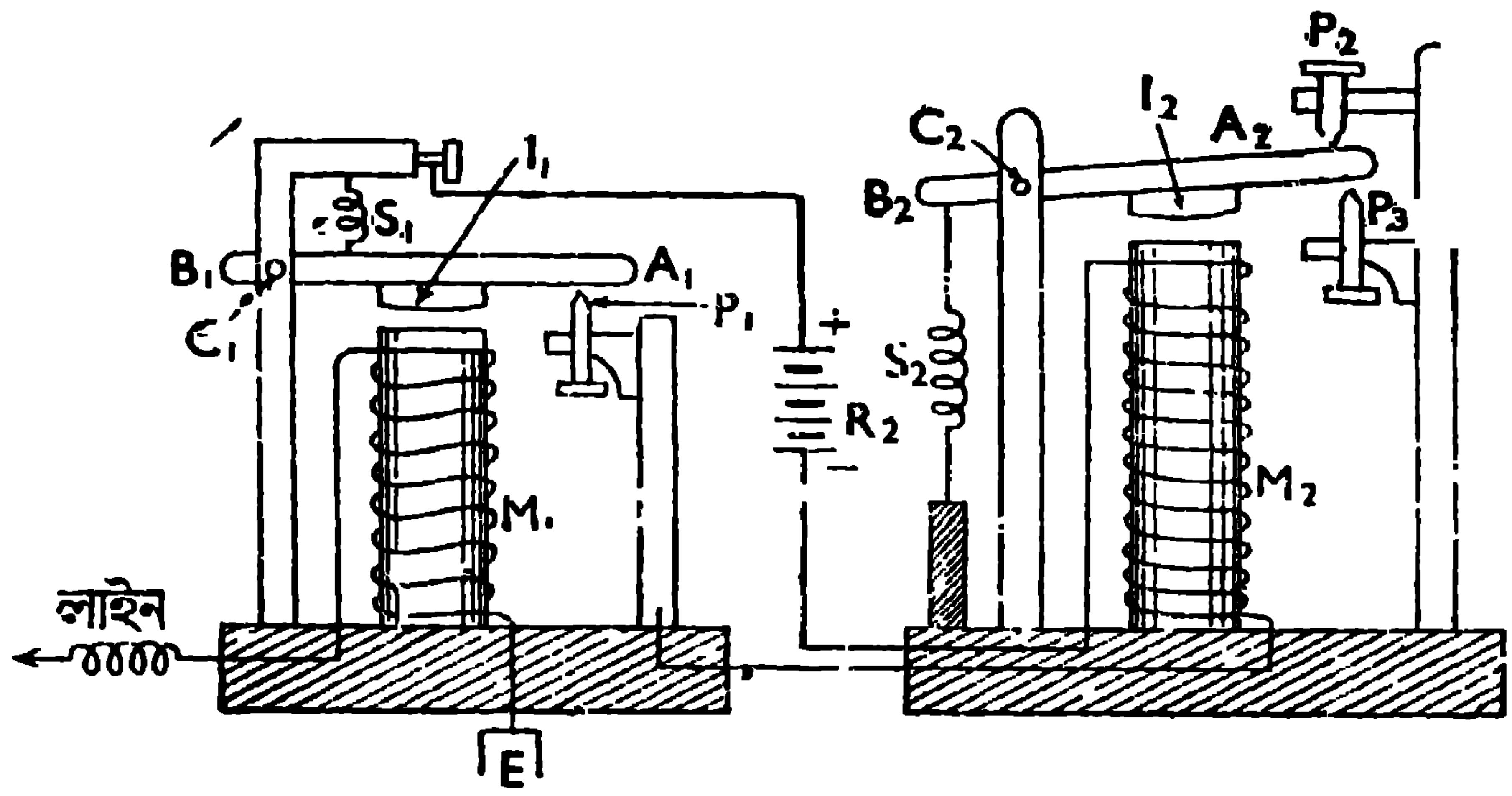


25 নং চিত্র

(2) **গ্রাহক যন্ত্র :**—ইহাতে দুইটি অংশ আছে। প্রথম অংশটিকে রিলে (Relay) বলা হয়, যাহা লাইনের তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে একটি ব্যাটারীকে (R_2) স্থানীয় বর্তনীর সহিত যুক্ত করিয়া দেয়। দ্বিতীয় অংশটির তড়িৎ-চুম্বক (M_2), তখন ঐ ব্যাটারীর প্রবাহ দ্বারা শক্তিশালী চুম্বক হইয়া উহার সামনের লৌহখণ্ডকে (I_2) জোরে টানিতে থাকে (26 নং চিত্র দেখ)।

লাইনের তড়িৎপ্রবাহ যখন M_1 তড়িৎ-চুম্বকের তারের মধ্য দিয়া মাটিতে প্রবাহিত হয় তখন ঐ তড়িৎ-চুম্বক, ধাতবদণ্ড A_1B_1-এর সহিত সংযুক্ত কাঁচা লোহার টুক্‌রাকে (I_1) টানে এবং A_1B_1 দণ্ডের A_1 প্রান্ত, ধাতব খোঁটা P_1 এর সংস্পর্শে আসে।

ইহার ফলে গ্রাহকযন্ত্রের দ্বিতীয় অংশের তড়িৎচুম্বকের (M_2) সহিত একটি ব্যাটারী (R_2) যুক্ত হয়। ঐ তড়িৎ-চুম্বক (M_2), তখন উহার সামনের B_2A_2 দণ্ডের সহিত যুক্ত লৌহখণ্ড I_2-কে খুব জোরে আকর্ষণ করে। এজন্য B_2A_2 দণ্ডের A_2 প্রান্ত খুব জোরে আসিয়া P_3 খোঁটার সহিত ধাক্কা খায় এবং একটি শব্দের সৃষ্টি করে। যতক্ষণ লাইনে প্রবাহ থাকে ততক্ষণ B_1A_1 দণ্ডের A_1 প্রান্ত, P_1 খোঁটার সংস্পর্শে থাকিয়া, M_2 তড়িৎ-চুম্বকের তারকে ব্যাটারী R_2-এর সহিত যুক্ত করিয়া রাখিবে এবং A_2B_2 দণ্ডের A_2 প্রান্তও P_3 খোঁটার সংস্পর্শে থাকিবে। লাইনের প্রবাহ বন্ধ করিলে,



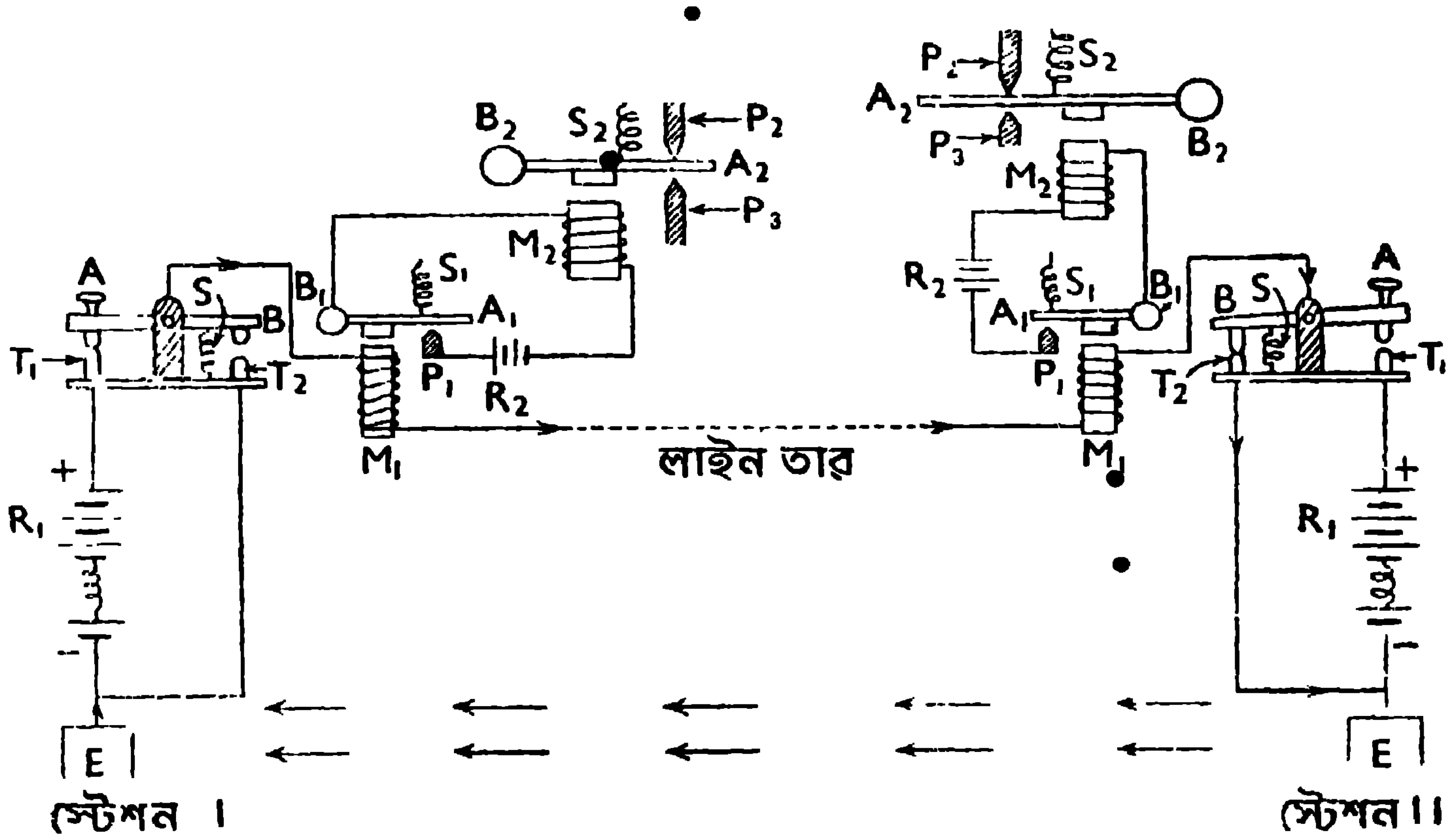
26 নং চিত্র

M_1 তড়িৎ-চুম্বক উহার সামনের লোহার টুকরা I_1-কে আর টানিতে পারিবে না। কাজেই S_1 স্প্রীং-এর টানে A_1B_1 দণ্ড উপরে উঠিবে এবং উহার A_1 প্রান্ত, P_1 খোঁটার সংযোগ হইতে বিচ্ছিন্ন হইবে। ইহার ফলে, যন্ত্রের দ্বিতীয় অংশের বর্তনীতে ছেদ্ পড়িবে এবং M_2 তড়িৎ-চুম্বকে আর তড়িৎ-প্রবাহ না থাকায়, উহা I_2 লৌহখণ্ডকে টানিতে পারিবে না। এক্ষণে স্প্রীং S_2-এর টানে A_2B_2 দণ্ডের A_2 প্রান্ত জোরে উপরে উঠিবে এবং P_2 খোঁটার সহিত ধাক্কা খাইয়া আবার একটি শব্দ করিবে। লাইনে বেশী এবং কম সময়ের জন্য প্রবাহ পাঠাইয়া, এই দুই শব্দের (A_2B_2 দণ্ডের A_2 প্রান্ত যখন P_3-এর সহিত ধাক্কা খাইবে তখন একবার শব্দ হইবে, আবার যখন উহা P_2-এর সহিত ধাক্কা খাইবে তখন আর একবার শব্দ হইবে) সময়ান্তর যথাক্রমে বেশী ও কম করা যায়। এই দুই শব্দের বেশী ও কম সময়ান্তরকে যথাক্রমে 'ড্যাস্ ও ডট্' বলে। এই 'ড্যাস ও ডটের' সাহায্যে অক্ষর সৃষ্টি করিয়া, একস্থান হইতে অন্য স্থানে সংবাদ পাঠান হয় [যথা একটি ড্যাস্ ও একটি ডট (— .) পর পর হইলে A হইবে আবার একটি ড্যাস্ ও পর পর তিনটি ডট হইলে (— ···) B হইবে];

(3) **লাইন**ঃ—ইহা দুইটি স্টেশন সংযোগকারী তার, যাহার সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহ এক স্টেশন হইতে অন্য স্টেশনে যায় এবং ফিরিবার সময় মাটির মধ্য দিয়া ফিরিয়া আসে। কাজেই টেলিগ্রাফে একটি লাইন হইলেই চলে কিন্তু টেলিফোনে দুইটি লাইনের প্রয়োজন,—একটার মধ্য দিয়া প্রবাহ যায় এবং অপরটার মধ্য দিয়া ফিরিয়া আসে, কারণ টেলিফোনের তড়িৎ-প্রবাহ মাটির মধ্যদিয়া গেলে কথার বিকৃতি ঘটে।

দুইটি স্টেশনের যোগাযোগ ব্যবস্থাঃ—দুইটি স্টেশনের মধ্যে যেরূপ যোগাযোগ ব্যবস্থা থাকে তাহা 27নং চিত্রে দেখানো হইল। প্রথম স্টেশনের মোর্স চাবির A প্রান্ত চাপিয়া ধরিলে, R_1 ব্যাটারী হইতে তড়িৎপ্রবাহ M_1 তড়িৎ-চুম্বকের তারের মধ্য দিয়া লাইনে প্রবাহিত হইবে। এই প্রবাহ প্রথম স্টেশনের গ্রাহকযন্ত্রে শব্দ করিয়া দ্বিতীয় স্টেশনের গ্রাহকযন্ত্রেও শব্দ সৃষ্টি করিবে এবং দ্বিতীয় স্টেশনের লোক ঐ শব্দ হইতে সংবাদ সংগ্রহ করিবে।

অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় স্টেশনের মোর্স চাবির A প্রান্ত চাপিয়া ধরিলে ওখানকার R_1 ব্যাটারী হইতে তড়িৎপ্রবাহ বাহির হইয়া ঐ স্টেশনের গ্রাহক যন্ত্রে শব্দ সৃষ্টি করিয়া



27 নং চিত্র

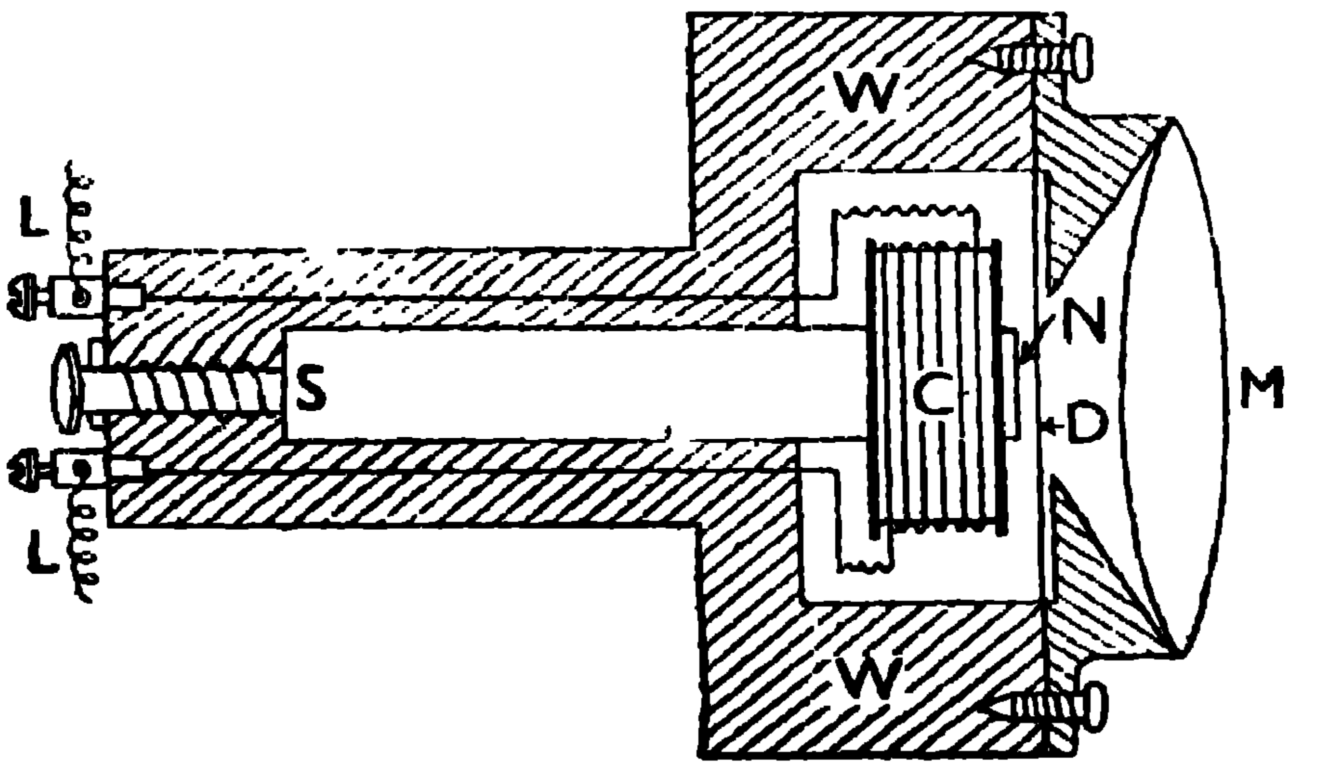
লাইনে প্রবাহিত হইবে। ঐ প্রবাহ যখন প্রথম স্টেশনের গ্রাহকযন্ত্রের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবে তখন উহাতে যে শব্দ হইবে তাহা দ্বারা ওখানকার লোক, সংবাদ সংগ্রহ করিবে। এইভাবে সংবাদের আদান-প্রদান হইয়া থাকে।

প্রথম স্টেশনের মোর্স চাবির A প্রান্ত চাপিয়া ধরিলে R_1 ব্যাটারীর তড়িৎ-প্রবাহ ঐ স্টেশনের M_1 তড়িৎ-চুম্বকের তারের মধ্যদিয়া লাইনে যাইবে এবং দ্বিতীয় স্টেশনের M_1 তড়িৎ-চুম্বকের তারের মধ্যদিয়া মাটিতে নামিবে এবং মাটির মধ্য দিয়া প্রথম স্টেশনের R_1 ব্যাটারীতে ফিরিয়া আসিবে। কাজেই একটা তারের সাহায্যে টেলিগ্রাফ করা সম্ভব।

2.19. টেলিফোন (Telephone)

যে বৈদ্যুতিক ব্যবস্থা দ্বারা মানুষের কথাবার্তা এক স্থান হইতে অন্য কোন দূরবর্তী স্থানে প্রেরণ করা যায় তাহাকে টেলিফোন বলে। ইহাতে তিনটি অংশ আছে যথা—(a) প্রেরকযন্ত্র, (b) লাইন ও (c) গ্রাহকযন্ত্র। এখানে আমরা গ্রাহাম বেলের সাধারণ টেলিফোনের বর্ণনা করিব যাহার গ্রাহক ও প্রেরকযন্ত্র একই প্রকারের এবং যেখানে কোন ব্যাটারীর প্রয়োজন হয় না।

গ্রাহক ও প্রেরকযন্ত্রের বিবরণঃ—এই যন্ত্রটি 28নং চিত্রে দেখানো হইল। ইহাতে একটি স্থায়ী চুম্বকদণ্ড NS আছে, যাহার এক মেরু N ও অপর মেরু S। চুম্বকের N মেরুর উপর একটি কাঠের ববিন (C) [bobbin] স্থাপন করিয়া উহার উপর সরু অন্তরিত তামার তার অনেক পাক জড়াইয়া ঐ তারের দুই প্রান্ত, লাইন তারের দুই প্রান্তের (L, L) সহিত যুক্ত করিয়া রাখা হয়। চুম্বকের N মেরুর সাম্‌নে (যাহার উপর তারকুণ্ডলী C আছে) একটি স্টীলের পাত্‌লা পর্দা D, কাঠের ফ্রেমে আটকাইয়া রাখা হয়। এই পর্দার সাম্‌নে একটি ফানেলাকৃতি চোঙ (M) থাকে, যাহাকে মাউথপিস্ (mouth piece) বলে। মাউথপিসের মুখটিকে বাহিরে রাখিয়া এই যন্ত্রের অবশিষ্ট অংশ একটি কাঠের আবরণের (W) মধ্যে রাখা হয়।



২৪ নং চিত্র

ক্রিয়াঃ—চুম্বকের N মেরু হইতে যে চৌম্বক বলরেখা বাহির হয়, সাধারণ অবস্থায় তাহার কিছু অংশ তারকুণ্ডলী C-তে প্রবেশ করে, কিছু অংশ স্টীলের পর্দার (D) গায়ে লাগে এবং অবশিষ্ট অংশ অন্যান্য স্থানে যায়। যখন কোন লোক মাউথপিসের সামনে কথা বলে তখন মাউথপিসের বাতাসে, পর্যায়ক্রমে ঘনীভবন ও তনুভবনের সৃষ্টি হয়। ঘনীভবন যখন পর্দার উপর পড়ে তখন পর্দার উপরে চাপ

পড়ায় উহা N-মেরুর দিকে সরিয়া যায়। ইহার ফলে N মেরুর চৌম্বক বলরেখাগুলি, বেশী সংখ্যায় পর্দা D এর গায়ে লাগে এবং তারকুণ্ডলী C-এর মধ্যে ঐ বলরেখার সংখ্যা কমিয়া যায়। তারকুণ্ডলীর মধ্যস্থ চৌম্বক বলরেখা কম হইলেই, উহাতে একটি বিশিষ্ট দিকে, তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইবে।

আবার যখন তনুভবন পর্দা D-এর উপর পড়ে তখন উহা চুম্বকের N-মেরু হইতে দূরে সরিয়া আসে। উহার ফলে N মেরুর চৌম্বক বলরেখা, পর্দা D-এর গায়ে কম লাগে এবং ঐ বলরেখার সংখ্যা তারকুণ্ডলী C-এর মধ্যে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। এজন্য ঐ কুণ্ডলীতে আবার একটি তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হইবে, যাহার অভিমুখ পূর্বের আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখের বিপরীত। এইভাবে পর্দা D যখন পর্যায়ক্রমে চুম্বকের N-মেরুর নিকটে ও দূরে যায়, তখন কুণ্ডলী C-তে একটি পরিবর্তি প্রবাহের (alternating current) সৃষ্টি হয়, যাহা লাইনের তারের মধ্য দিয়া অপর স্টেশনের গ্রাহকযন্ত্রের C-কুণ্ডলীতে প্রবাহিত হয় (গ্রাহকযন্ত্র প্রেরকযন্ত্রের অনুরূপ)। এই পরিবর্তি প্রবাহ অপর স্টেশনের C-কুণ্ডলীতে প্রবাহিত হইলেই, সেখানে বিপরীতমুখী চৌম্বক বলরেখা পর্যায়ক্রমে সৃষ্ট হইবে যাহা ওখানকার স্থায়ী চুম্বকের বলরেখার সংখ্যা পর্যায়ক্রমে বাড়াইয়া ও কমাইয়া দিবে। ইহার ফলে, অপর স্টেশনের D পর্দার উপর ওখানকার স্থায়ী চুম্বকের আকর্ষণ, পর্যায়ক্রমে বাড়িবে ও কমিবে, যাহার জন্য পর্দা পর্যায়ক্রমে চুম্বকের মেরুর নিকটে ও দূরে যাইবে, অর্থাৎ ওখানকার D পর্দার কম্পন হইবে। এই কম্পন প্রেরকযন্ত্রের D পর্দার কম্পনের অনুরূপ, কজেই এই কম্পনের জন্য প্রেরকযন্ত্রের সামনের শব্দের পুনরাবৃত্তি হইবে। অনুরূপভাবে দ্বিতীয় স্টেশনের লোক কথাবার্তা বলিলে, প্রথম স্টেশনের লোক সেই কথাবার্তা শুনিতে পাইবে।

Objective Test প্রশ্ন

A. Alternative response type :

(1) *Yes or no type* :—(i) তামা ও দস্তার পাত পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডে আংশিকভাবে ডুবাইয়া রাখিলেই কি তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া হইবে?

(ii) একটি ঢালাই লোহার (cast iron) উপর তার জড়াইয়া ঐ তারের মধ্যে বৈদ্যুতিক প্রবাহ পাঠাইলে, ঢালাই লোহা কি চুম্বক হইবে?

(iii) কোন তড়িৎ-বর্তনীর রোধ বাড়াইলে উহার মধ্যের প্রবাহমাত্রা কি বাড়িয়া যাইবে ?

(iv) কোন স্থায়ী চুম্বকের মেরুকে একটি বদ্ধ কুণ্ডলীর মধ্যে হঠাৎ প্রবেশ করাইলে, কুণ্ডলীতে তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইবে কি ?

(v) একটি তারের সাহায্যে টেলিফোন করা যায় কি ?

(2) *True or false type* :—(i) একটি তামার পাত্রে কপার সালফেট দ্রবণ লইয়া তাহার মধ্যে দস্তার পাত ডুবাইলে ড্যানিয়েল কোষ হয়।

(ii) বৈদ্যুতিক ঘণ্টার তড়িৎ-চুম্বকের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে শব্দের সৃষ্টি হয়।

(iii) একটি তামার পাত ও একটি দস্তার পাত পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ডুবাইলে সঞ্চায়ক কোষ প্রস্তুত হয়।

(iv) একটি তামার তারের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে তাহার চারিপাশে চৌম্বক বলরেখার সৃষ্টি হয়।

(v) টেলিগ্রাফের সাহায্যে কথাবার্তা এক স্থান হইতে অন্য স্থানে প্রেরণ করা যা

B. Recall type :

(i) তড়িৎকোষ হইতে-

(ii) তড়িৎ-প্রবাহ একটি বৈদ্যুতিক বাতির মধ্যে চালনা করিলে উৎপন্ন হয়।

(iii) কাঁচা লোহার উপর তার জড়াইয়া ঐ তারের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে লোহা————পরিণত হয়। ————

(iv) একটি স্থির তারে প্রবল তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিয়া, ঐ তারের পাশে একটি মুক্ত চৌম্বক মেরু রাখিলে উহা————থাকে। ————

(v) একটি স্থায়ী চুম্বকের মেরুকে বদ্ধ কুণ্ডলীর মধ্যে————করাইলে ঐ কুণ্ডলীতে তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইবে। ————

C. Completion type :

(i) একটি স্থায়ী চুম্বককে, গ্যাল্‌ভ্যানোমিটার যুক্ত একটি বদ্ধ কুণ্ডলীর মধ্যে হঠাৎ প্রবেশ করাইলে যে দিকে তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইবে, উহাকে তুলিয়া লইলে তাহার——— দিকে প্রবাহ আবিষ্ট হইবে, কিন্তু চুম্বককে রাখিয়া দিলে কোনরূপ প্রবাহ আবিষ্ট ———। ——— ———

প্রত্যেক তড়িৎকোষে দুইটি পাত থাকে, একটিকে ——— পাত বলে অপরটিকে———পাত বলে। এই পাত দুইটি যখন তার দ্বারা যুক্ত করা হয় তখনই———পাওয়া যায়। ——— ——— ———

D. Multiple choice type :

(i) সরল ভোল্টীয় কোষে তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন হয় কিসের জন্য ? দস্তা ও তামার পাত থাকার জন্য ; দস্তার পাত, তামার পাত ও পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড থাকার জন্য ; দস্তা ও তামার পাত, পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ডুবাইয়া ঐ পাত দুইটিকে তার দ্বারা যুক্ত করিবার জন্য। ———

(ii) কাঁচা লোহার উপর তার জড়াইয়া ঐ তারের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে কি হয় ? স্থায়ী চুম্বক হয়, অস্থায়ী চুম্বক হয়, গরম হয়। ———

(iii) তড়িৎ-চুম্বকের ব্যবহারিক প্রয়োগ কিসে ? বৈদ্যুতিক ঘণ্টায়, টেলিফোনে, তড়িৎবিশ্লেষণে। ———

(iv) একটি অস্থায়ী চুম্বক প্রস্তুত করিতে কি ধাতু লইবে ? কাঁচা লোহা, পেটা লোহা, ঢালাই লোহা, পিতল।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

Arts. 2.1 to 2.3

1. What is electric current ? What do you mean by the strength of electric current and resistance of a conductor ?

তড়িৎ-প্রবাহ বলিতে কি বুঝ ? প্রবাহমাত্রা ও পরিবাহীর রোধ বলিতে যাহা বুঝ লিখ।

Art. 2.4

2. Describe the construction and action of a simple cell. What do you mean by the term E.M.F. of a cell ? What is the name of the practical unit of Potential Difference ?

সরল ভোল্টীয় কোষের বর্ণনা কর এবং ইহার ক্রিয়ার ব্যাখ্যা কর। তড়িচ্চালক বল বলিতে কি বুঝ ? ইহার ব্যবহারিক এককের নাম কি ?

Art. 2.5 to 2.7

3. Describe the construction of (a) Daniell's cell, (b) Leclanche's cell and (c) dry cell. What are the uses of dry cell ?

(a) ড্যানিয়েল কোষ, লেক্লানস্ কোষ ও নির্জল কোষের বিবরণ দাও। নির্জল কোষের ব্যবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে লিখ।

Art. 2.9

4. What are the effects of electrical current ? Describe experiments to indicate them.

তড়িৎ-প্রবাহের ফল কি কি ? উহাদিগকে দেখাইবার পরীক্ষার বর্ণনা কর।

Arts. 2.10 to 2.11

5. What is electro-magent ? How is it constructed ? Describe its application in electric bell.

তড়িৎ-চুম্বক কাহাকে বলে ? ইহা কিভাবে গঠিত হয় ? বৈদ্যুতিক ঘণ্টায় ইহার প্রয়োগ কিভাবে হয় বুঝাইয়া দাও।

Arts. 2.12 to 2.13

6. Describe experiments to indicate the action of (a) current on magnet and (b) magnet on current.

(a) চুম্বকের উপর বিদ্যুৎপ্রবাহের ক্রিয়া বুঝাইতে ও (b) বিদ্যুৎপ্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া বুঝাইতে উপযুক্ত পরীক্ষার বর্ণনা কর।

Art. 2.14

7. Describe some practical application of electrical energy.

বিদ্যুৎশক্তির কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর এবং তাহাদের বিবরণ দাও।

8. Explain the construction and action of an electric motor.

ইলেক্ট্রিক মোটরের বিবরণ দাও এবং উহার ক্রিয়ার ব্যাখ্যা কর।

Art. 2.15

9. Describe with a diagram how the regulator of an electric fan regulates its speed.

বৈদ্যুতিক পাখার রেগুলেটর, পাখার গতির হ্রাস-বৃদ্ধি যেভাবে করে তাহা চিত্রের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও।

Arts. 2.16 and 2.17

10. State Faraday's laws of electro-magnetic induction. Describe experiments to demonstrate the phenomena of electro-magnetic induction by (a) Electric current (b) magnet.

তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের সূত্রগুলি বল। (a) একটি তড়িৎপ্রবাহ বহনকারী কুণ্ডলীদ্বারা ও (b) একটি চুম্বকের দ্বারা তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ কিভাবে দেখাইবে ?

Arts. 2.18 and 2.19

11. Describe with diagrams how messages can be sent from one place to another by, (a) Electric telegraph and (b) Electric telephone. Telegraphy can be made by one line-wire only while two line-wires are necessary for telephone. Explain.

(a) বৈদ্যুতিক টেলিগ্রাফ ও (b) বৈদ্যুতিক টেলিফোনের সাহায্যে একস্থান হইতে অন্য স্থানে কিভাবে সংবাদ পাঠানো যায় তাহা চিত্রের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। টেলিগ্রাফের দ্বারা সংবাদ পাঠাইতে লাইনে একটি তার হইলেই চলে কিন্তু টেলিফোনে সংবাদ পাঠাইতে লাইনে দুইটি তারের প্রয়োজন।—কেন, তাহা বুঝাইয়া দাও।

রসায়নবিদ্যা
(Chemistry)
অবতরণিকা
(Introduction)

অঃ—1. ধাতু ও অধাতুর প্রধান প্রধান পার্থক্য :—যাবতীয় মৌলিক পদার্থ সাধারণত দুই শ্রেণীতে বিভক্ত, যথা—ধাতু ও অধাতু। এই শ্রেণীবিভাগ তাহাদের ধর্মের পার্থক্যের উপর নির্ভর করিয়া করা হয়। কিন্তু এইভাবে দুই শ্রেণীকে ঠিকভাবে পৃথক করা সম্ভব নয়, কারণ ধাতুর ধর্ম অনেক সময় অধাতুতেও দেখা যায় এবং অধাতুর ধর্ম ধাতুতেও বর্তমান দেখা যায়। আবার এমন দুই-একটি মৌল আছে যাহাতে ধাতু ও অধাতুর ধর্ম উভয়ই সমভাবে বর্তমান থাকিতে দেখা যায়। তাহাদিগকে ধাতুকল্প (metalloid) বলা হয়, যেমন, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি।

নিম্নে ধাতু ও অধাতুর ধর্মের পার্থক্য দেখানো হইল, কিন্তু কোনো একটি বা দুইটি ধর্মের পার্থক্য দেখিয়াই ধাতু বা অধাতু চেনা যায় না, সমস্ত ধর্মগুলির পার্থক্য সমগ্ররূপে বিচার করিয়া তবে কোন মৌল, ধাতু কি অধাতু তাহা সঠিকভাবে নির্ণীত হয়।

ধাতুর ও অধাতুর ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা :—

ধাতু	অধাতু
1. ধাতু সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন এবং কেলাসিত পদার্থ। **ব্যতিক্রম:** মার্কারি ধাতু, কিন্তু সাধারণ অবস্থায় ইহা তরল।	1. অধাতু সাধারণ উষ্ণতায় তরল, গ্যাসীয় অথবা কঠিন পদার্থ।
2. ধাতুর ঔজ্জ্বল্য আছে এবং উহারা আলোক-প্রতিফলনে সমর্থ।	2. অধাতুর ঔজ্জ্বল্য নাই এবং উহারা আলোক-প্রতিফলনে অসমর্থ। **ব্যতিক্রম :** আয়োডিন ও গ্রাফাইট অধাতু হইলেও কঠিন এবং উজ্জ্বল। হীরক অধাতু, মৌল কার্বনের রূপভেদ মাত্র। ইহা আলোক প্রতিফলনে সমর্থ।

ধাতু	অধাতু
3. ধাতু শক্ত, সুদৃঢ়, ঘাতসহনশীল (malleable) এবং প্রসার্যমান (ductile), তাই ধাতুকে পিটিয়া পাতে এবং টানিয়া তারে পরিণত করা যায়। ব্যতিক্রম : অ্যান্টিমনি এবং বিসমাথ ধাতু হইলেও ভঙ্গুর এবং আঘাতে ইহারা চূর্ণে পরিণত হয়।	3. অধাতু নরম, অনমনীয় এবং অপ্রসারশীল। কঠিন অধাতু সহজেই ভঙ্গুর।
4. ধাতুর ঘনত্ব সাধারণতঃ বেশী, অর্থাৎ ধাতু সাধারণতঃ ভারী হয়। ব্যতিক্রম : সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতু হইলেও ইহারা জল অপেক্ষা হাল্কা। ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর ঘনত্বও কম।	4. অধাতুর ঘনত্ব সাধারণত কম, ৎ অধাতু হাল্কা হয়। কেবল একমাত্র আয়োডিনের ঘনত্ব অধাতুগুলির ভিতর সর্বাপেক্ষা বেশী এবং তাহা 4·97.
5. ধাতু তাপ ও বিদ্যুতের উত্তম পরিবাহী। ধাতুর ভিতর সিলভার (রূপা) সর্বোত্তম এবং কপার (তামা) তাহার পরবর্তী উত্তম তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী ধাতু।	5. অধাতু তাপ ও বিদ্যুতের কুপরিবাহী, এমন কি অনেকক্ষেত্রে তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহনে অক্ষম।
ব্যতিক্রম : লেড (সীসা) ধাতু হইলেও ইহার বিদ্যুতপরিবহনের ক্ষমতা কম।	ব্যতিক্রম : গ্র্যাফাইট (কার্বনের রূপভেদ) এবং গ্যাস-কার্বন অধাতু হইলেও বিদ্যুতের সু... হাইড্রোজেন গ্যাস (অন্যান্য গ্যাসের তুলনায়) তাপের সুপরিবাহী।

ধাতু

6. ধাতু খুব উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পে পরিণত হয়।

ব্যতিক্রম : মার্কারী ধাতু হইলেও কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।

7. ধাতু সাধারণত তড়িৎ-ধনাত্মক (electro-positive), ইহারা ধনাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট আয়ন (positively charged ion) দিয়া থাকে। তাই তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় ধাতব আয়ন ক্যাথোডের (ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎদ্বারের) দিকে আকর্ষিত হয় এবং সেইখানে মোক্ষিত হয়। উদাহরণ

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

(ধাতব আয়ন)

ব্যতিক্রম : হাইড্রোজেন, যদিও অধাতু, তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় উহা ক্যাথোডে মোক্ষিত হয়।

৪. ধাতুর অক্সাইড (যথা CuO, Fe_2O_3, CaO) ক্ষারকীয় ধর্মবিশিষ্ট, অর্থাৎ অ্যাসিডের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। যথা,

$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$

(কিউপ্রিক অক্সাইড) (কিউপ্রিক ক্লোরাইড)

6. অধাতু কম উষ্ণতায় বাষ্পে পরিণত হয়।

ব্যতিক্রম : কার্বন, সিলিকন, বোরন অধাতু ; কিন্তু ইহাদিগকে বাষ্পে পরিণত করিতে অনেক উচ্চ উষ্ণতার প্রয়োজন হয়।

7. অধাতু সাধারণত তড়িৎ-ঋণাত্মক (electro negative), ইহারা ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট আয়ন (negatively charged ion) দিয়া থাকে। তাই তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় অ-ধাতব আয়ন অ্যানোডের (ব্যাটারির ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎদ্বারের) দিকে আকর্ষিত হয় এবং সেইখানে মোক্ষিত হয়। উদাহরণ :

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

(অধাতব আয়ন)

8. অধাতুর অক্সাইড (যথা SO_2, CO_2,) অ্যাসিড-ধর্মী, অর্থাৎ ইহারা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে। যথা,

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$;

(সালফিউরাস অ্যাসিড)

ধাতু

সোডিয়াম, পটাসিয়াম এবং ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া তীব্র ক্ষার উৎপন্ন করে: $Na_2O + H_2O = 2NaOH$.

ব্যতিক্রম: জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, টিন প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডের ক্ষারকীয় ব্যবহার দেখা গেলেও তীব্র ক্ষারের সহিত উহারা অ্যাসিড-ধর্মী অক্সাইড-রূপে বিক্রিয়া করে:

$ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2$ (সোডিয়াম জিঙ্কেট) $+ H_2O$; ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানীজ্ প্রভৃতি ধাতুর উচ্চ অক্সাইডগুলি (Cr_2O_3, Mn_2O_7) অ্যাসিড-ধর্মী।

9. ধাতু সাধারণত অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে। যথা

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

কিন্তু সকল ধাতু এইভাবে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না। যথা, কপার।

10. ধাতু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে না অথবা

অধাতু

ব্যতিক্রম: H_2O, CO—এই অধাতব অক্সাইডগুলি তড়িৎ নিরপেক্ষ (neutral); ইহাদের সহিত অ্যাসিড বা তীব্র ক্ষারের কোনো বিক্রিয়া ঘটে না।

9. অধাতু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না অথবা দ্রবীভূত হইলেও হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে না।

10. অধাতু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সুস্থিত যৌগ গঠন

ধাতু	অধাতু
দুঃস্থিত হাইড্রাইড গঠন করে, যেমন, কপার হাইড্রাইড (CuH)।	করে এবং অধাতুর হাইড্রাইডগুলি সাধারণতঃ উদ্বায়ী। যথা, NH_3, PH_3 CH_4, H_2S প্রভৃতি পদার্থগুলি গ্যাসীয়।
ব্যতিক্রম ঃ সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতু স্থস্থিত অনুদ্বায়ী হাইড্রাইড NaH, KH, CaH_2 ইত্যাদি গঠন করে।	

অধাতব মৌলের সাধারণ উদাহরণ হইল হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন, ফ্লুয়োরিণ, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন, সালফার এবং ফস্‌ফরাস্‌ এবং বায়ুমণ্ডলের বিরল গ্যাসগুলিও (যথা, হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন, ক্রিপটন ও জেনন্‌) এই অধাতব মৌলের অন্তর্গত। বিশিষ্ট বিশিষ্ট ধাতব মৌল হইল আলুমিনিয়াম, জিঙ্ক, আয়রন, লেড, টিন, কপার, সিলভার, গোল্ড, প্ল্যাটিনাম। তাহা ছাড়াও সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ক্যাডমিয়াম ও মার্কারি এই ধাতব মৌলের অন্তর্গত। যে সমস্ত ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব 6-এর কম তাহাদিগকে হাল্‌কা ধাতু বলে, যথা সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি। যে সমস্ত ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব 6-এর বেশী তাহাদিগকে ভারী ধাতু বলা হয়। যে সমস্ত ধাতু জলে দ্রাব্য অক্সাইড উৎপন্ন করে তাহাদিগকে অ্যালক্যালি ধাতু বলে, যথা সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি, আবার ক্যালসিয়াম, ষ্ট্রোনসিয়াম, বেরিয়াম প্রভৃতি ধাতুকে অ্যালকালাইন-আর্থ (alkaline-earth) ধাতু পর্যায়ে ফেলা হয়। আবার যে সমস্ত ধাতু বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে অক্সাইডে পরিণত হয় তাহাদিগকে নীচ শ্রেণীর ধাতু এবং যে সমস্ত ধাতু বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে অক্সাইডে পরিণত হয় না তাহাদিগকে উচ্চ শ্রেণীর ধাতু বলা হয়, যথা সিলভার, গোল্ড, প্ল্যাটিনাম ইত্যাদি। আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনি ধাতুকল্প, কারণ তাহারা অধাতুর মত অ্যাসিড-ধর্মী অক্সাইড দিয়া থাকে বটে, কিন্তু সময়ে সময়ে সেই অক্সাইডগুলি ক্ষারকীয় অক্সাইডের ধর্মও অল্প পরিমাণে দেখাইয়া থাকে।

উপরে যে সমস্ত বিষয় আলোচিত হইল তাহাতে ধাতু ও অধাতুর পার্থক্য জানা যায়। ধাতুসমূহকে বিভিন্ন আকরিকরূপে (হয় নিমুক্ত ধাতু অথবা উহার যুক্তযৌগ) প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, কিন্তু সমস্ত আকরিকই মাটি, বালি প্রভৃতি অশুদ্ধিযুক্ত অবস্থায় খনি হইতে সংগ্রহ করা হয়। পরে যতদূর সম্ভব খনিজগুলিকে মাটি, বালির অশুদ্ধি হইতে মুক্ত করিয়া তবে ধাতুনিষ্কাষণে ব্যবহৃত হয়। পরবর্তী অধ্যায়গুলিতে কয়েকটি বিশিষ্ট ধাতুর আকরিক, আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাষণের পদ্ধতির মূলসূত্র, ধাতুর ধর্মসমূহ ও তাহাদের ব্যবহার আলোচনা করা হইয়াছে। তাহার পরে কয়েকটি ধাতুসংকরের উপাদান, উহাদের ধর্ম এবং ব্যবহার উল্লেখ করা হইয়াছে। কিন্তু ধাতুনিষ্কাষণের বিশদ আলোচনা কোনো স্থলেই দেওয়া হয় নাই।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

1. **Distinguish between metals and non-metals. What are metalloids ? Give examples.**

ধাতু ও অধাতুর মধ্যে পার্থক্য সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। ধাতুকল্প কাহাকে বলে ? উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

2. নিম্নের শূন্য স্থানগুলি পূরণ কর :—

(ক) ধাতু ——— অক্সাইড গঠন করে।

(খ) ধাতুসমূহ তাহাদের লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় ——— জমা হয়।

(গ) ধাতুসমূহ অতি উত্তম ———।

3. নিম্নের উক্তিগুলিতে যাহা সত্য তাহার সহিত T লিখ এবং যাহা অসত্য তাহার সহিত F লিখ :—

(ক) জিঙ্ক, অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপাদন করে।

(খ) কপার, সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস দেয়।

(গ) কপার, গাঢ় এবং উত্তপ্ত কষ্টিক সোডায় দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

(ঘ) কষ্টিক সোডার দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়াম ফুটাইলে উহা দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

তৃতীয় অধ্যায় (Chapter III)

লৌহ (আয়রন—Iron) ও ইস্পাত (ষ্টীল—Steel)

3.1. লৌহের অবস্থান: পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে প্রচুর লৌহঘটিত যৌগ দেখিতে পাওয়া যায়। বস্তুতঃ ভূত্বকের (earth's crust) শতকরা 4·12 ভাগ লৌহ। কিন্তু ধাতব লৌহ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, কেবল উল্কাতে (meteorites, যাহা বহির্জগৎ হইতে পৃথিবীবক্ষে পতিত হয়) সামান্য ধাতব লৌহ পাওয়া যায়।

লৌহ সাধারণতঃ উহার নিম্নলিখিত যৌগরূপে বিভিন্ন খনিজ পদার্থে পাওয়া যায় :—

(*a*) অক্সাইডরূপে — (*i*) **ম্যাগনেটাইট** (Magnetite) Fe_3O_4

(*ii*) **রেড হিমাটাইট** (Red Haematite) Fe_2O_3.

(*b*) **জলযুক্ত অক্সাইডরূপে** (*iii*) **ব্রাউন হিমাটাইট অথবা লিমোনাইট** (Brown Haematite or Limonite) $2Fe_2O_3, 3H_2O$

(*c*) **কার্বনেটরূপে** — (*iv*) **স্প্যাথিক আয়রন আকরিক,** অথবা **সিডারাইট** (Spathic iron ore or Siderite), $FeCO_3$

(*d*) **সালফাইডরূপে** — (*v*) **আয়রন পাইরাইটিস** (Iron pyrities) FeS_2

(*vi*) **মার্কাসাইট,** FeS_2

আয়রন পাইরাইটিস-এ অত্যধিক সালফার থাকার জন্য উহাকে আয়রনের **আকরিক** হিসাবে ব্যবহার করা হয় না। কোনোও ধাতুর আকরিক বলিতে সেই সমস্ত উল্লিখিত ধাতুবিশিষ্ট খনিজ পদার্থগুলিকে বুঝায় যাহা হইতে সহজে এবং অল্প খরচে ধাতুটিকে নিষ্কাষিত করা যায়। আয়রন পাইরাইটিস হইতে লৌহ নিষ্কাষিত করিতে পারা যায় বটে, কিন্তু সে লৌহে অত্যধিক সালফার থাকার ফলে উহার কার্যকারিতা মোটেই প্রয়োজনানুরূপ হয় না। সেই কারণে আয়রন পাইরাটিস পোড়াইয়া উহা হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয় এবং তদ্দ্বারা সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়। লৌহের খনিজ, প্রচুর পরিমাণে ভারতে পাওয়া যায় এবং ইহাদের

অধিকাংশই উচ্চ শ্রেণীর হিমাটাইট অথবা ম্যাগনেটাইট। সিংভূমের রাজপুর ষ্টেটে, ঘাটশীলায়, ময়ূরভঞ্জের গুরু-মৈশানীতে, কিয়োনঝোরে, মহীশূরে এবং মধ্যপ্রদেশের চাঁদ ও দুর্গ জেলায় খুব উচ্চশ্রেণীর হিমাটাইট দেখা যায়। বাদাম পাহাড়ে ম্যাগনেটাইট পাওয়া যায়। পশ্চিম বাংলার বীরভূম জেলার লাল পাথরের মধ্যে হিমাটাইট আছে।

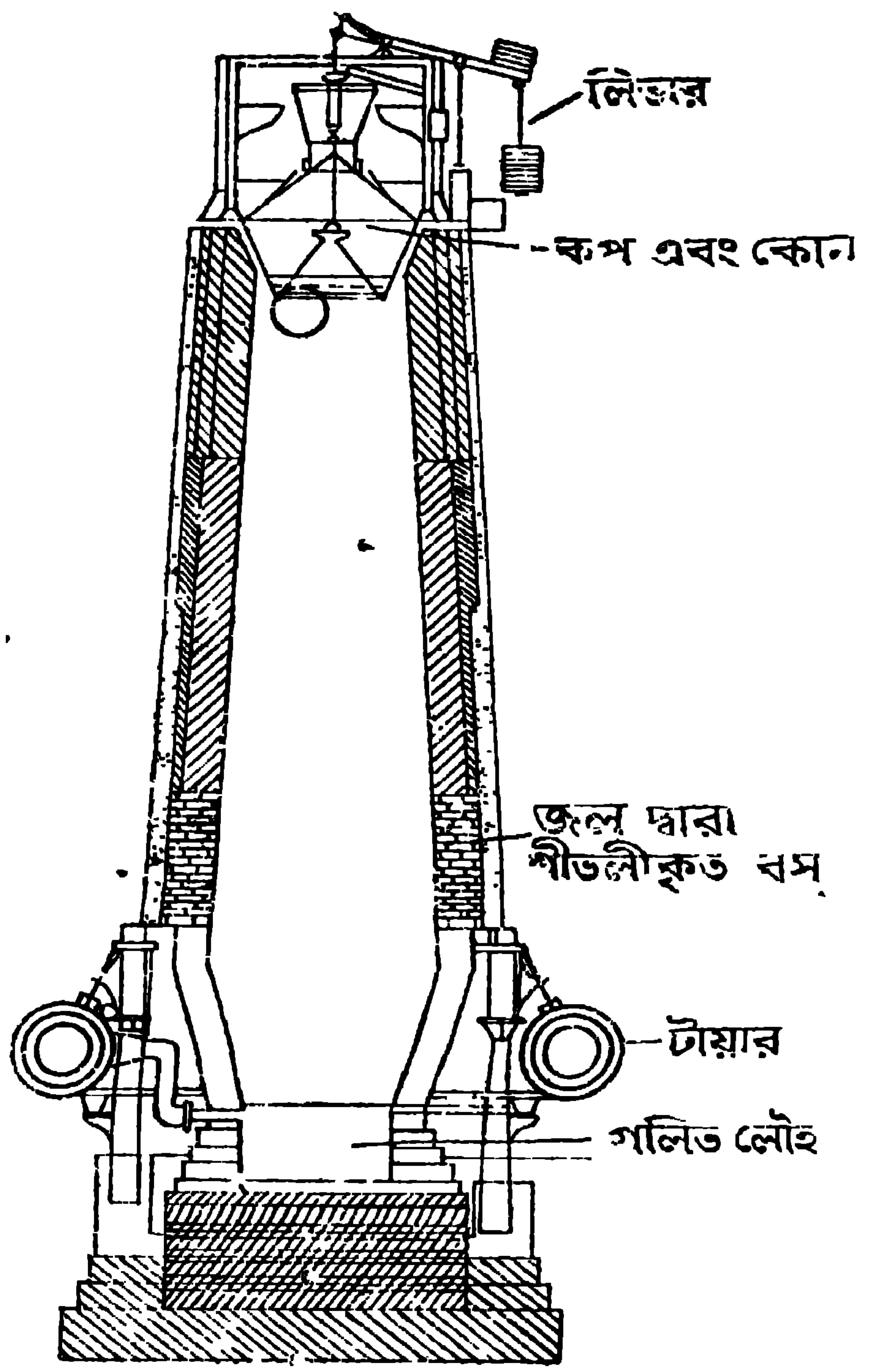
গাছের পাতায় যে সবুজ পদার্থ (ক্লোরোফিল, chlorophyll) আছে এবং প্রাণীর রক্তে যে লাল রং-এর পদার্থ (হেমোগ্লোবিন, haemoglobin) দেখা যায় তাহাতে লৌহের অস্তিত্ব দেখা যায়।

3.2. **লৌহ নিষ্কাশন ঃ** লৌহ প্রধানতঃ তিন প্রকারের হইয়া থাকে। মিশ্রিত কার্বনের পরিমাণের উপর ইহাদের বিভাগ নির্ভর করে। প্রথমত, লৌহের আকরিক হইতে যে লৌহ উৎপন্ন হয় তাহাকে **কাষ্ট আয়রন** (Cast iron) বা **পিগ আয়রন** (**Pig iron**) বলে; ইহাই ঢালাই লোহা নামে পরিচিত। ইহাতে কার্বনের পরিমাণ খুবই বেশী থাকে এবং অনেক অন্যান্য অশুদ্ধিও বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়। কাষ্ট আয়রন হইতে **ষ্টীল** (Steel) বা **ইস্পাত** প্রস্তুত করা হয়। ইহাতে কার্বনের পরিমাণ কাষ্ট আয়রন হইতে কমাইয়া আনিয়া মধ্যম প্রকার করা হয়। আবার কাষ্ট আয়রন হইতেই **রট আয়রন** (wrought iron) বা **পেটা লোহা** প্রস্তুত করা হয়। ইহাতে কার্বনের এবং অশুদ্ধির পরিমাণ খুবই কম থাকে।

ঢালাই লোহা (Cast iron) প্রস্তুত প্রণালী ঃ—লৌহের আকরিক হইতে প্রথমত কাষ্ট আয়রন বা ঢালাই লোহা নিষ্কাশিত করা হয়। সেই নিষ্কাশন সম্পাদন করিতে মারুত চুল্লী (blast furnace) ব্যবহৃত হইয়া থাকে। মারুত চুল্লীর ছবি এইখানে সংযুক্ত করা হইল (1নং ছবি দেখ)। আসলে লৌহের আকরিক হইতে লৌহ নিষ্কাশনের রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলি সহজ বিজারণ-পদ্ধতি মাত্র, কিন্তু অতি অধিক পরিমাণ লৌহ উৎপন্ন করিতে যে কলা কৌশল (Engineering tactics) অবলম্বিত হয় তাহাই সাধারণত লৌহ উৎপাদনের পদ্ধতিতে বর্ণিত হইয়া থাকে। আমরা এই লৌহ নিষ্কাশনের রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলি বর্ণনা করিব।

প্রথমত লৌহের আকরিক, খনি হইতে বা পাহাড় ভাঙ্গিয়া সংগ্রহ করার পর তাহাকে টুকরা টুকরা করিয়া ভর্জিত (roasted) বা ভস্মীভূত (calcined) করা হয়। তাহাতে আকরিক, জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে মুক্ত হইবে।

এই ভর্জিত আকরিকের সহিত কোক কয়লা ও চুনাপাথর মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণকে মারুত চুল্লীতে উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহে পোড়াইয়া বিজারিত করা হয়। তাহাতে লৌহ উৎপন্ন হয় এবং আকরিকের অশুদ্ধিগুলি ধাতুমল গঠন করিয়া গলিত অবস্থায় অপসারিত হয়।



1 নং চিত্র—মারুত চুল্লী

এইভাবে উৎপন্ন লৌহ নানা প্রকার অশুদ্ধির সহিত (যথা, ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন, কার্বন, ফস্‌ফোরাস প্রভৃতি) মিশ্রিত থাকায় সহজেই চুল্লীর উত্তাপে গলিয়া যায় এবং গলিত অবস্থায় ইহা চুল্লীর নিম্নতম অংশে জমা হয়। ধাতুমল গলিত অবস্থায় তাহার উপর জমা হয়। চুল্লীর উক্ত অংশে দুইটি ছিদ্র থাকে। যখন চুল্লীটিতে লৌহ নিষ্কাশন চলিতে থাকে তখন ছিদ্রদুইটি কাদা দিয়া বন্ধ করা থাকে। পরে উপরের ছিদ্রটিকে খুলিয়া দিয়া ধাতুমল বাহির করিয়া দেওয়া হয় এবং পরে নীচের ছিদ্রটিকে খুলিয়া দিয়া গলিত লৌহ, মাটিতে কাটা ছাঁচের ভিতর সংগ্রহ করা হয়।

চুল্লীতে রাসায়নিক প্রক্রিয়া:

যে রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলি চুল্লীর ভিতর সংঘটিত হয় তাহা নিম্নপ্রকার। প্রথমে বায়ুপ্রবাহে কার্বন (C) পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) হয় এবং তাহা লোহিততপ্ত কার্বনের ভিতর দিয়া যাইবার সময় কার্বন মনোক্সাইডে (CO) পরিণত হয়। $C+O_2=CO_2$; $CO_2+C=2CO$। পরে লৌহের আকরিকের সহিত

যে কার্বন যোগ করা হয় তাহাদ্বারা এবং উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা আয়রনের অক্সাইড বিজারিত হইয়া আয়রন উৎপন্ন করে।

$$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO\ ;\ Fe_2O_3+3CO\rightleftharpoons 2Fe+3CO_2$$

(ফেরিক অক্সাইড)

আবার চুল্লীর উত্তাপে চুনা পাথর বিয়োজিত হইয়া পাথুরে চুন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :

$$CaCO_3=CaO+CO_2$$

(চুনা পাথর)

এইভাবে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড-এরও কিছুটা উত্তপ্ত কার্বনদ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড হয়,—$CO_2+C\rightleftharpoons 2CO$। আর পাথুরে চুন, আকরিকে বর্তমান বালির সহিত চুল্লীর উত্তাপে বিক্রিয়া করিয়া গলিত ধাতুমল (ক্যালসিয়াম সিলিকেট—$CaSiO_3$) উৎপাদন করে।

$$CaO+SiO_2=CaSiO_3$$

ইহাই লৌহ নিষ্কাশনের রাসায়নিক বিক্রিয়া।

বিশুদ্ধ লৌহ :—অতি বিশুদ্ধ লৌহ প্রস্তুত করা কষ্টসাধ্য। অতি বিশুদ্ধ ফেরিক নাইট্রেটের [$Fe(NO_3)_3$] কেলাস উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4Fe(NO_3)_3=2Fe_2O_3+12NO_2+3O_2$$

(ফেরিক অক্সাইড)

এই ফেরিক অক্সাইডকে 1000° সেন্টি.গ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস-দ্বারা বিজারিত করিলে বিশুদ্ধ লৌহ উৎপন্ন হয়।

$$Fe_2O_3+3H_2=2Fe+3H_2O.$$

গুঁড়া লৌহ : ফেরিক অক্সাইডকে অল্প উষ্ণতায় (435°C.) বিজারিত করিলে যে বিশুদ্ধ লৌহ পাওয়া যায়, তাহা সূক্ষ্ম গুঁড়ার আকারে পাওয়া যায় এবং উহা বায়ুর সংস্পর্শে ভাস্বর (pyrophoric) হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন আয়রন ভঙ্গুর হ এবং ইহাকে গুঁড়া করা যায়।

3.3. বিশুদ্ধ আয়রনের ধর্ম : বিশুদ্ধ লৌহ সাদা ও উজ্জ্বল ধাতু। ইহা প্রসার্যমান (ductile), ঘাতসহনশীল (malleable) কিন্তু খুব শক্ত নয়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·85, গলনাঙ্ক 1539° সেন্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 2550° সেন্টিগ্রেড। ইহা চুম্বক-দ্বারা আকৃষ্ট হয়।

বায়ুর ক্রিয়া :—সাধারণ উষ্ণতায়, শুষ্ক বায়ুর লৌহের উপর কোন প্রকার ক্রিয়া নাই। কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে লৌহে মরিচা (rust) ধরে। এই মরিচা, জলসংযুক্ত

ফেরিক অক্সাইড (প্রধানতঃ Fe_2O_3, H_2O), কিন্তু সদ্য উৎপন্ন মরিচায় সামান্য ফেরাস হাইড্রক্সাইড ও ফেরাস কার্বনেট দেখিতে পাওয়া যায়। বায়ু বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে লৌহকে প্রবলভাবে উত্তপ্ত করিলে লোহিত-তপ্ত অবস্থায় উহা জ্বলিয়া উঠে এবং ফেরোসোফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4)-এর স্ফুলিঙ্গ (ফুলঝুরির মত) উৎপন্ন হয়। $3Fe+2O_2=Fe_3O_4$.

জলের ক্রিয়া :—বিশুদ্ধ লৌহের সাধারণ উষ্ণতায়, বিশুদ্ধ জলের সহিত কোনো বিক্রিয়া নাই, কিন্তু লোহিত-তপ্ত (red hot) লৌহের উপর দিয়া স্টীম চালনা করিলে জলীয় বাষ্প বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং লৌহ, ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$.

অ্যাসিডের ক্রিয়া :—পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে এবং পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডে লৌহ দ্রবীভূত হইয়া ফেরাস লবণ এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Fe+2HCl=FeCl_2+H_2\ ;\ Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2.$$

(ফেরাস ক্লোরাইড) (ফেরাস সালফেট)

পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডে লৌহ যোগ করিলে কোনো গ্যাস উদ্ভূত হয় না, দ্রবণে ফেরাস নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

$$4Fe+10HNO_3=4Fe(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3.$$

(ফেরাস নাইট্রেট) (অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট)

উষ্ণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত লৌহের বিক্রিয়া ঘটিয়া ফেরিক সালফেট ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Fe+6H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+6H_2O+3SO_2.$$

(ফেরিক সালফেট)

উষ্ণ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·21), লৌহের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেরিক নাইট্রেট ও নাইট্রোজেন-পার-অক্সাইড (NO_2) উৎপন্ন করে।

$$Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3NO_2+3H_2O.$$

(ফেরিক নাইট্রেট)

অত্যন্ত গাঢ় ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·5) বিশুদ্ধ লৌহ ডুবাইলে উহা দ্রবীভূত হয় না, কেবল "নিষ্ক্রিয় লৌহে" (passive iron) পরিণত হয়। তখন ইহাকে তুলিয়া আনিয়া পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ডুবাইলে কোনো গ্যাস বাহির হয় না বা ইহা গলিয়া যায় না। আবার লৌহ নিষ্ক্রিয় অবস্থা

প্রাপ্ত হইলে ইহা কপার সালফেটের দ্রবণ হইতে কপার প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না। এই নিষ্ক্রিয় লৌহকে পাতলা অ্যাসিডের (হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক) তলায় ডুবাইয়া একখণ্ড জিঙ্ক ধাতুদ্বারা স্পর্শ করিলে ইহা আবার সক্রিয় হয়। ইহা হইতেই প্রমাণিত হয় যে লৌহকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইলে লৌহের উপর আয়রন অক্সাইডের আস্তরণ পড়ে এবং সেই কারণে ইহার সক্রিয়তা নষ্ট হইয়া যায়।

লোহিত-তপ্ত লৌহের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) উৎপন্ন হয়। $2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$.

ক্ষারের সহিত কোনো অবস্থাতেই লৌহের কোনো ক্রিয়া হয় না। কপার সালফেট ($CuSO_4$), লেড নাইট্রেট [$Pb(NO_3)_2$] ও সিলভার নাইট্রেটের ($AgNO_3$) দ্রবণে আয়রন যোগ করিলে কপার, লেড এবং সিলভার ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে ফেরাস লবণ উৎপন্ন হয়। $CuSO_4+Fe=FeSO_4+Cu$; $Pb(NO_3)_2+Fe$
(ফেরাস সালফেট)

$=Fe(NO_3)_2+Pb$; $2AgNO_3+Fe=Fe(NO_3)_2+2Ag$.
(ফেরাস্ নাইট্রেট)

3.4. লৌহের প্রকার ভেদ : কার্বন ও অন্যান্য অশুদ্ধির পরিমাণ অনুসারে পণ্য হিসাবে ব্যবহৃত লৌহ তিন প্রকারের হয়।

(*i*) **কাষ্ট আয়রন, পিগ আয়রন বা ঢালাই লোহা :** ইহাতে সর্বপ্রকারের অশুদ্ধি থাকে (এক কার্বনই 2 – 5% থাকে)। ইহাতে কার্বনের পরিমাণ অন্য দুই প্রকারের লৌহ হইতে সর্বাপেক্ষা বেশী বিদ্যমান দেখা যায়। তাহা ছাড়া সালফার, ফস্ফোরাস, সিলিকন প্রভৃতি অশুদ্ধি বেশ বিদ্যমান থাকে।

(*ii*) **রট-আয়রন** (Wrought iron) বা **পেটা লোহা** :—ইহাতে কার্বনের পরিমাণ অন্য দুই প্রকারের লৌহ হইতে কম থাকে (ইহাতে কার্বনের পরিমাণ দেখা যায় 0·1 – 0·25%)। অন্যান্য অশুদ্ধি ইহাতে খুব কমই দেখা যায়। বাজারে যে তিন প্রকারের লৌহ পাওয়া যায় তাহাদের মধ্যে ইহাই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ।

(*iii*) **স্টীল** (Steel) বা **ইস্পাত**—ইহাতে অন্য দুই প্রকারের লৌহের তুলনায় কার্বন মধ্যম প্রকার থাকে (ইহাতে কার্বনের পরিমাণ 0·25 – 1·5%)। অনেক প্রকার ধাতব এবং অধাতব মৌল ইহাতে ইচ্ছা করিয়া যোগ করিয়া ইহাকে নানাপ্রকার কার্যের উপযোগী করা হয়। উক্ত প্রকারের ইস্পাতকে সংকর-ইস্পাত (alloy steel) বলা হয়।

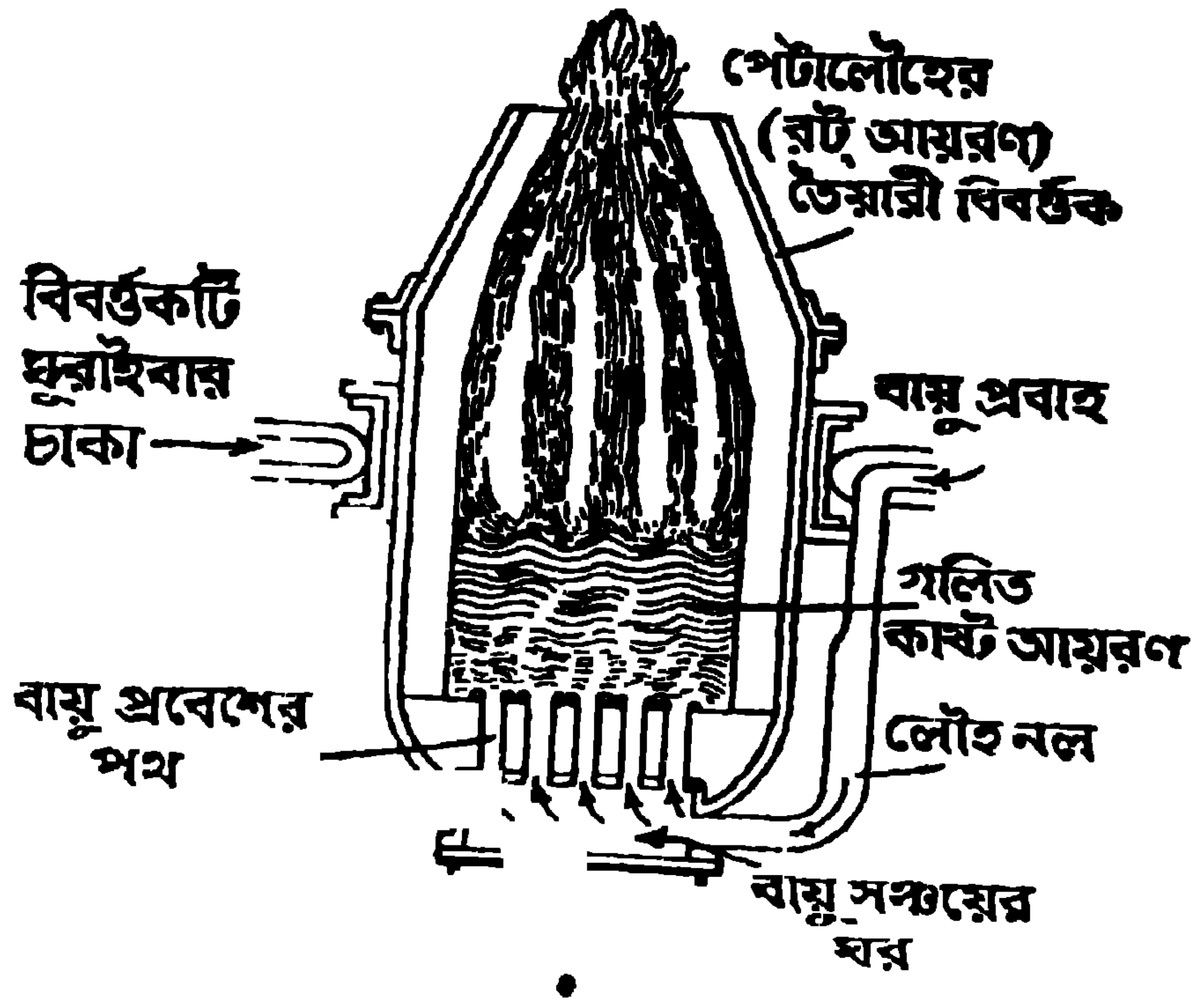
ঢালাই লৌহ প্রস্তুতির বিষয় পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। ঢালাই লোহা হইতে কার্বন, সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, ফস্‌ফোরাস, সালফার প্রভৃতি অশুদ্ধিগুলিকে গলিত অবস্থায় বায়ুর অক্সিজেন এবং Fe_2O_3 (যাহা হিমাটাইটরূপে গলিত কাষ্ট আয়রনে যোগ করা হয়) দ্বারা জারিত করিয়া দূরীভূত করিলে পেটা লোহা পাওয়া যায়। হিমাটাইটের আস্তরণযুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে গলিত ঢালাই লোহা স্থাপিত করিয়া উহাকে লৌহদণ্ড-দ্বারা ভালভাবে আলোড়িত করিলে অশুদ্ধিগুলি জারিত হয় এবং ঐ অশুদ্ধিগুলি হয় গ্যাসরূপে না হয় ধাতুমলরূপে অপসারিত হয়। তখন লৌহ, লেইএর মত (pasty) শক্ত হয়। তখন উহাকে গোলাকৃতি চাঙে (ball or bloom) পরিণত করিয়া উত্তপ্ত অবস্থায় ষ্টীমচালিত হাতুড়ি (steam hammer) দ্বারা পিটাইয়া ধাতুমলের টুকরাগুলিকে তাড়ানো হয়। তাহার পর এইভাবে উৎপন্ন পেটা লোহাকে পাতে পরিণত করা হয়।

3.5. স্টীল বা ইস্পাতের পণ্য উৎপাদন: স্টীল পাইতে হইলে হয় পেটা লোহায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কার্বন যোগ করিতে হয় অথবা ঢালাই লোহা হইতে কার্বন ও অন্যান্য অশুদ্ধি অপসারিত করিয়া পরে নির্দিষ্ট পরিমাণ কার্বন যোগ করিয়াও (প্রয়োজনানুরূপ অন্য মৌল যোগ করিয়া) স্টীল উৎপন্ন করা হয়।

পেটা লোহা হইতে স্টীল উৎপাদন—পেটা লোহা হইতে স্টীল উৎপাদনের পদ্ধতিকে সিমেন্টেসন (cementation) পদ্ধতি বলে। এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ ইষ্টকদ্বারা নির্মিত বাক্সে পেটা লোহার পাত বা দণ্ড রাখিয়া কাঠ-কয়লার গুঁড়া দিয়া উহাদিগকে ঢাকিয়া দেওয়া হয়। পরে বাক্সগুলিকে আটকাইয়া দিয়া চুল্লীতে রাখিয়া লোহিত তাপে (red heat) কয়েকদিন ধরিয়া উহাদিগকে উত্তপ্ত করা হয়। এই-ভাবে উত্তপ্ত করিলে পেটা লোহা না গলিয়াই ধীরে ধীরে কঠিন কার্বন শোষণ করে এবং স্টীলে পরিণত হয়। এইভাবে উৎপন্ন স্টীলকে গ্র্যাফাইটের মুচিতে (graphite crucible) লইয়া গলাইয়া **ক্রুসিবিল স্টীল** (crucible steel) উৎপাদন করা হয়। এই উপায়ে অতি উত্তম স্টীল পাওয়া যায় এবং উহা অস্ত্রশস্ত্র প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

ঢালাই লোহা হইতে স্টীল উৎপাদন—ঢালাই লোহা হইতে স্টীল উৎপাদনের জন্য সাধারণত দুইটি পদ্ধতির প্রচলন দেখা যায়। একটি *(i)* **বিসিমার** (Bessemer) **পদ্ধতি** এবং অন্যটি *(ii)* **ওপেন হার্থ** (Open hearth) বা **সিমেনস্‌ মার্টিন** (Siemens-Martin) **পদ্ধতি**।

(*i*) **বিসিমার পদ্ধতি ঃ**—বিসিমার পদ্ধতিতে গলিত ঢালাই লোহা বা কাষ্ট আয়রন একটি ডিম্বাকৃতি পাত্রে লইয়া তাহার তলদেশের ভিতর দিয়া প্রবলবেগে বায়ু প্রবাহিত করা হয়। তাহাতে ঢালাই লোহার অশুদ্ধিগুলি জারিত হইয়া অপসারিত হয় এবং পাত্রের মুখে অগ্নি-শিখা দেখা যায় (2 নং চিত্র দেখ)। সাধারণতঃ উক্ত ডিম্বাকৃতি পাত্রের ভিতরের দিকে বালুকাময় আস্তরণ দেওয়া থাকে কিন্তু যখন ঢালাই লোহায় ফস্‌ফোরাস অশুদ্ধি বিদ্যমান থাকে তখন

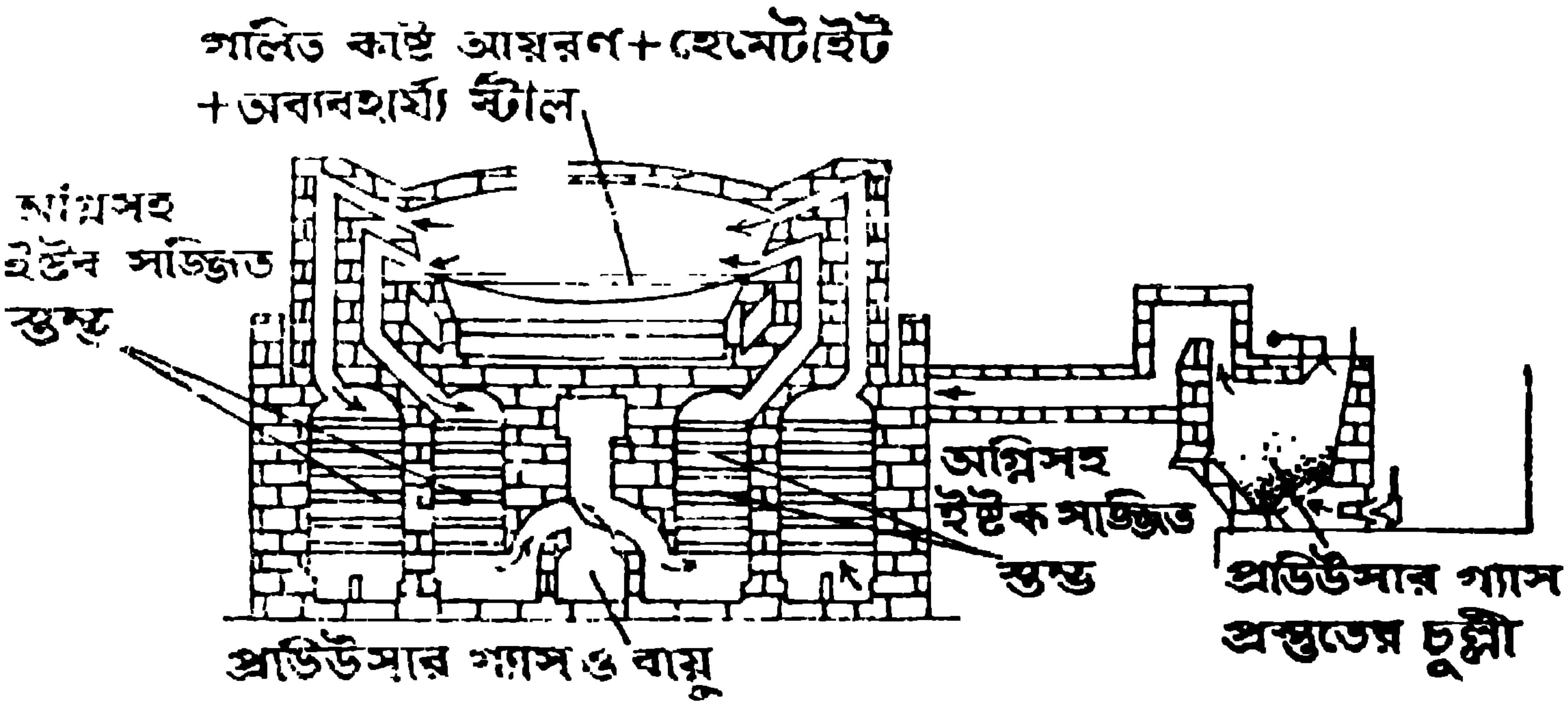


2 নং চিত্র—বিসিমার কনর্ভাটার

পাত্রের ভিতরের আস্তরণ পোড়া ম্যাগনেসাইড বা ডোলোমাইট দ্বারা তৈয়ারী হয়। সমস্ত অশুদ্ধি অপসারিত হইলে ডিম্বাকৃতি পাত্রের মুখের শিখা নিভিয়া যায়। তখন ফস্‌ফোরাস থাকিলে আরও কিছুক্ষণ বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। ঢালাই লোহায়, ফস্‌ফোরাস অশুদ্ধি না থাকিলে ডিম্বাকৃতি পাত্রের ভিতরেই স্পিজেলিসান [(Speigelisen) কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ ও আয়রনের সংকর] যোগ করা হয়। ইহাদ্বারা বিশুদ্ধ লৌহে নির্দিষ্ট পরিমাণ কার্বন সরবরাহ করা হয় এবং তাহাতেই স্টীল উৎপন্ন হয়। কিন্তু ঢালাই লোহায় ফস্‌ফোরাস অশুদ্ধি থাকিলে ডিম্বাকৃতি পাত্র হইতে গলিত লৌহ হাতায় ঢালিয়া তাহাতে স্পিজেলিসান যোগ করা হয়।

(*ii*) **সিমেনস্‌-মার্টিন ওপেন হার্থ পদ্ধতি ঃ**—এই পদ্ধতিতে পরাবর্ত চুল্লী ব্যবহৃত হয় (3 নং চিত্র দেখ)। এই পরাবর্ত চুল্লীর নীচের দিকে **তাপ পুনরুৎপাদক কক্ষ-সমূহ** লাগানো থাকে। এই চুল্লীবক্ষে গলিত কাষ্ট আয়রন, হিমাটাইটের গুঁড়া ও অব্যবহার্য স্টীলের খণ্ড (scrap steel) সহ, পূর্বে উত্তপ্ত (preheated) প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ জ্বালাইয়া উৎপন্ন তাপে উত্তপ্ত করিয়া স্টীল উৎপন্ন করা হয়। এখানেও চুল্লীবক্ষ, প্রয়োজনানুসারে, হয় সিলিকা (silica, বালি) অথবা, পোড়ানো ম্যাগনেসাইট বা ডোলোমাইটের আস্তরণযুক্ত হয়। চুল্লীবক্ষে গলিত ঢালাই লোহা, হিমাটাইটের গুঁড়া ও অব্যবহার্য স্টীলসহ লইয়া উহাকে প্রায় 10 হইতে 12 ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। ঢালাই লোহার অশুদ্ধিগুলি জারিত হইয়া অপসারিত হয়। পরে বিসিমার পদ্ধতির মত স্পিজেলিসান যোগ করিয়া স্টীল উৎপাদন করা হয়। সময় সময় এই

পদ্ধতিতে ইচ্ছামত অন্য মৌল, তাহার লৌহঘটিত সংকররূপে যোগ করিয়া সংকর ইস্পাত উৎপাদন করা হয়।



3 নং চিত্র—পরাবর্ত চুল্লী

আজকাল আমেরিকায় ইলেকট্রিক চুল্লী ব্যবহার করিয়া একেবারে সালফার ও ফস্‌ফোরাসমুক্ত স্টীল উৎপাদন করা হয়।

ভারতের ভিলাই-এর লৌহ কারখানায় গলিত ঢালাই লোহার ভিতর দিয়া বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রবাহিত করিয়া অশুদ্ধিগুলিকে অপসারিত করিয়া স্টীল উৎপাদন করা হইতেছে। ইহাকে এল-ডি-পদ্ধতি (L-D-process) বলে।

3.6. তিন প্রকার লৌহের তুলনামূলকভাবে ধর্মের আলোচনা :

ধর্ম	ঢালাই লোহা (কাষ্ট আয়রণ)	ইস্পাত (স্টীল)	পেটা লোহা (রট আয়রন)
1. কার্বনের পরিমাণ	শতকরা 2 হইতে 5 ভাগ। অন্যান্য অশুদ্ধিও বিশেষভাবে বিদ্যমান।	শতকরা 0·25 হইতে 1·5 ভাগ। অন্যান্য মৌল ইচ্ছাকৃতভাবে যোগ করিয়া সংকর স্টীল উৎপাদন করা হয়।	শতকরা 0·12 হইতে 0·25 ভাগ। অন্যান্য অশুদ্ধি অতি সামান্যই থাকে।
2. গলনাঙ্ক	1200° সেন্টিগ্রেড	1300° হইতে 1400° সেন্টিগ্রেড	1500° সেন্টিগ্রেড

ধর্ম	ঢালাই লোহা (কাষ্ট কায়রন)	ইস্পাত (স্টীল)	পেটা লোহা (রট আয়রন)
3. ভঙ্গুরতা	শক্ত কিন্তু ভঙ্গুর।	শক্ত এবং নরম, অভঙ্গুর, খুব স্থিতিস্থাপক।	নরম ও নমনীয়, পিটিলে পাতে এবং টানিলে তারে পরিণত হয়।
4. তনন ক্ষমতার (tensile strength) পরিমাপ	প্রতিবর্গ ইঞ্চিতে 10 টন।	প্রতিবর্গ ইঞ্চিতে 30 হইতে 100 টন।	প্রতিবর্গ টন।
5. গঠন	কেলাসিত।	কেলাসিত।	তন্তুময়।
6. প্রথমে উত্তাপ পরে শৈত্য প্রয়োগে কঠিন করা (tempering)	যায় না	যায়	যায় না
7. ঝাল দেওয়া ও পিটিয়া জোড় লাগানো,	যায় না।	যায়।	যায়।
8. স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা,	যায় না।	যায়।	যায় না

3.7. বিভিন্ন প্রকার লৌহের ব্যবহার :

ঢালাই লোহা, ছাঁচে ঢালাই করা দ্রব্যাদি যথা, রেলিং, নল, আলোকস্তম্ভ, উনানের শিক প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। তবে বেশীর ভাগ ঢালাই লোহা, পেটা লোহা এবং স্টীল প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

স্টীলের ব্যবহার বর্তমান যুগে সর্বাপেক্ষা বেশী সেইজন্য বর্তমান যুগকে স্টীলের যুগ বলা হয়। রেলের পাটি, গাড়ী, জাহাজ, কড়ি, যুদ্ধাস্ত্র, নানাপ্রকার যন্ত্রপাতি, চাষের উপযুক্ত লাঙ্গলের ফলা ও ট্রাক্টার প্রভৃতি প্রস্তুতে স্টীল ব্যবহৃত হয়। পেটা লোহা তড়িৎ-চুম্বকের ভিতরের অংশ (core), তার, এবং শিকল প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

সংকর ইস্পাত : স্টীলকে কার্বন ও লৌহের সংকর বলা হয়। আবার স্টীলের সহিত অন্য ধাতু মিশাইলে স্টীলের ধর্ম অনেকাংশে পরিবর্তিত হইয়া থাকে। স্টীলের সহিত ক্রোমিয়াম ধাতু মিশাইলে যে ক্রোমিয়াম স্টীল উৎপন্ন হয় তাহাতে মরিচা পড়ে না। ইহাকে নিষ্কলঙ্ক (stainless) স্টীল অথবা মরিচাবিহীন (rustless), উজ্জ্বল (staybrite) স্টীলও বলে। ইহাতে সাধারণত শতকরা 14 ভাগ ক্রোমিয়াম, 0·3 ভাগ কার্বন, 0·7 ভাগ নিকেল এবং বাকী লোহা থাকে। ম্যাঙ্গানিজ স্টীলে শতকরা 9-14 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ থাকে এবং ইহা খুব শক্ত ও ঘাতসহনশীল হয়। ইহা ব্যবহারে খুব কম ক্ষয় হয়। তাই যন্ত্রের যে অংশগুলি ঘর্ষণের ফলে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় সেই সকল অংশে, রেল বা ট্রাম লাইন প্রস্তুতে এবং সৈন্যদের শিরস্ত্রাণ তৈয়ারী করিতে ম্যাঙ্গানিজ-স্টীল ব্যবহৃত হয়। নিকেল-স্টীল শক্ত এবং স্থিতিস্থাপক গুণসম্পন্ন (elastic)। তাই নিকেল-স্টীল, রেলের পাটি তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয়। টাংস্টেন-স্টীল লোহিত তাপেও কঠিন থাকে। তাই ইহাকে High speed Tool Steel বলে। যে সমস্ত যন্ত্র অতিদ্রুত ঘূর্ণিত করা হয় তাহা প্রস্তুত করিতে এই টাংস্টেন-স্টীল ব্যবহার করা হয়। সিলিকনযুক্ত স্টীল, আয়রনেক (ironac) অথবা টাণ্ট আয়রন (Tant iron) নামে বাজারে পাওয়া যায়। ইহা অ্যাসিডদ্বারা খুব কমই আক্রান্ত হয়। তাই অ্যাসিড রাখিবার পাত্র প্রস্তুতে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

প্রশ্নাবলী

(Question)

1. Name the principal ores of iron. Describe the process of making cast iron from iron ores, giving a neat sketch of the blast furnace used in the operation. What are the ingredients of the charge introduced into the blast furnace? What are the impurities present in cast iron and what are their uses?

আয়রনের প্রধান প্রধান আকরিকগুলির নাম বল। লৌহের আকরিক হইতে ঢালাই লোহা প্রস্তুতের প্রণালী, মারুত চুল্লীর ছবিসহ বর্ণনা কর। মারুত চুল্লীতে কোন্ কোন্ পদার্থের মিশ্রণ যোগ করা হয়? ঢালাই লোহাতে কোন্ কোন্ অশুদ্ধি বর্তমান থাকে এবং উহাদের ব্যবহার কি তাহা উল্লেখ কর।

2. What is steel? State how it is produced from cast iron. What are its properties and uses?

ইস্পাত কি পদার্থ? ঢালাই লোহা হইতে ইহার উৎপাদন বর্ণনা কর। ইহার ধর্ম কি কি এবং কোথায় ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে?

3. What is the difference in composition of cast iron, wrought iron and steel? Compare their properties and tabulate their uses.

ঢালাই লোহা, পেটা লোহা এবং ইস্পাতের গঠনে কি পার্থক্য দেখা যায়? উহাদের ধর্মাবলীর তুলনামূলক আলোচনা কর এবং উহাদের ব্যবহার লিপিবদ্ধ কর।

4. নিম্নলিখিত উক্তিগুলির ভিতর যেটি সত্য তাহাতে T মার্কা লাগাও :—

(a) ঢালাই লোহা ভঙ্গুর।

(b) ঢালাই লোহাকে স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায়।

(c) ইস্পাতকে স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায়।

(d) ইস্পাতের তননক্ষমতা অতিশয় কম।

(e) ইস্পাত বাণিজ্যিক লৌহের বিশুদ্ধতম প্রকারভেদ।

চতুর্থ অধ্যায় (Chapter VI)

কপার বা তাম্র (Copper)

4.1. তামার অবস্থান : মুক্ত অবস্থায় তামাকে সুপিরিয়র হ্রদের নিকট (বেশী পরিমাণে), সাইবেরিয়ার উরল পর্বতে, উত্তর আসামে এবং সিকিমে পাওয়া যায়। তবে মুক্ত তামার পরিমাণ খুব অধিক নহে। তামা অধিকাংশ স্থলেই প্রকৃতিতে যৌগরূপে পাওয়া যায়। প্রাকৃতিক তামার যৌগসমূহ হইল,

(a) **কপার অক্সাইড,**—(i) কিউপ্রাইট (Cuprite), রেড কপার আকরিক, (red copper ore) Cu_2O; (ii) মেলাকোনাইট (Melaconite), CuO.

(b) **কপার সালফাইড,**—(i) কপার গ্লান্স (copper glance) বা চাল্‌কোসাইট (Chalcocite), Cu_2S ; (ii) কপার পাইরাইটিস (Copper pyrites), Cu_2S, Fe_2S_3 বা $CuFeS_2$ ।

(c) **কপার কার্বনেট,**—(i) সবুজ ম্যালাকাইট (Malachite) $CuCO_3 . Cu(OH)_2$ । (ii) নীল অ্যাজুরাইট (Azurite), $2CuCO_3, Cu(OH)_2$ ।

কপার সালফাইড আকরিক হইতে পৃথিবীর শতকরা 75 ভাগ তামা উৎপাদন করা হয়। তামার সালফাইড আকরিকে সাধারণতঃ শতকরা 3 হইতে 5 ভাগ কপার থাকে। তামার সালফাইড-ঘটিত আকরিক নেপালে, ভুটানে, ভারতের সিকিমে, সিংভূমে, নেলোরে এবং আসামে পাওয়া যায়। ঘাটশিলায় সিংভূমের মোসাবনি আকরিক হইতে তামা নিষ্কাশিত করা হয়।

4.2. তামার নিষ্কাশন : কপারের নিষ্কাশনের পদ্ধতি কপারের আকরিকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

(a) **মুক্ত** (native) **কপারযুক্ত** আকরিককে বিগালকের সহিত মিশ্রিত করিয়া গলাইয়া পরে শোধিত করিয়া কপার ধাতু পাওয়া যায়।

(b) **গন্ধকবিহীন আকরিক হইতে** :—অক্সাইড বা কার্বনেট আকরিক হইতে কপার নিষ্কাশন নিম্নলিখিত উপায়ে নিষ্পন্ন করা হয়। প্রথমে আকরিককে গলনাঙ্কের নিম্ন উষ্ণতায় ভস্মীকরণ করা হয়। ইহাতে কপার কার্বনেট, কপার অক্সাইডে পরিণত হয়, এবং উদ্বায়ী বস্তু (যথা, H_2O, CO_2) চলিয়া যায়।

$$CuCO_3, Cu(OH)_2 = 2CuO + CO_2 + H_2O$$

(সবুজ ম্যালাকাইট)

তৎপরে উৎপন্ন অক্সাইডের সহিত গুঁড়া কয়লা (coke) এবং সামান্য বালি মিশাইয়া উক্ত মিশ্রণকে বায়ু চুল্লীতে তীব্রভাবে গরম করা হয়। অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপার উৎপন্ন করে। $CuO + C = Cu + CO$.

বিগালক, অশুদ্ধিগুলিকে গলিত ধাতুমলে পরিণত করে। ধাতুমল, উৎপন্ন কপারের উপর স্তরের সৃষ্টি করে এবং উক্ত ধাতুমলের স্তরকে সরাইয়া লইলে অশুদ্ধ ধাতব কপার পাওয়া যায়।

এই অশুদ্ধ কপারকে তড়িৎ কোষে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করিয়া এবং বিশুদ্ধ কপারের পাতলা পাতকে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত কপার সালফেটের দ্রবণকে ইলেকট্রোলাইটরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ কোষে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে অ্যানোডে কপার দ্রবীভূত হয় এবং ক্যাথোডে বিশুদ্ধ কপার জমা হয়।

(c) **গন্ধকযুক্ত পাইরাইটিস আকরিক হইতেঃ**—পাইরাইটিসে আয়রন সালফাইড (Fe_2S_3) বিদ্যমান। তাই উহা হইতে কপার নিষ্কাশনে অনেকগুলি পদ্ধতির আশ্রয় লইতে হয়। **প্রথমতঃ** আকরিকে অতি অল্প পরিমাণে কপার থাকার জন্য উহাকে তৈল ভাসন পদ্ধতির প্রয়োগ দ্বারা আকরিকে কপারের পরিমাণ বৃদ্ধি করা হয়। পরে এই আকরিক (যাহার মধ্যে কপারের পরিমাণে বৃদ্ধি করা হইয়াছে) লইয়া উহাকে বায়ুপ্রবাহে ভর্জিত বা জারিত করা হয়। তাহাতে কপার-সালফাইড (Cu_2S), আয়রন -অক্সাইড (FeO) ও সালফার ডাই অক্সাইড (SO_2) উৎপন্ন হয়।

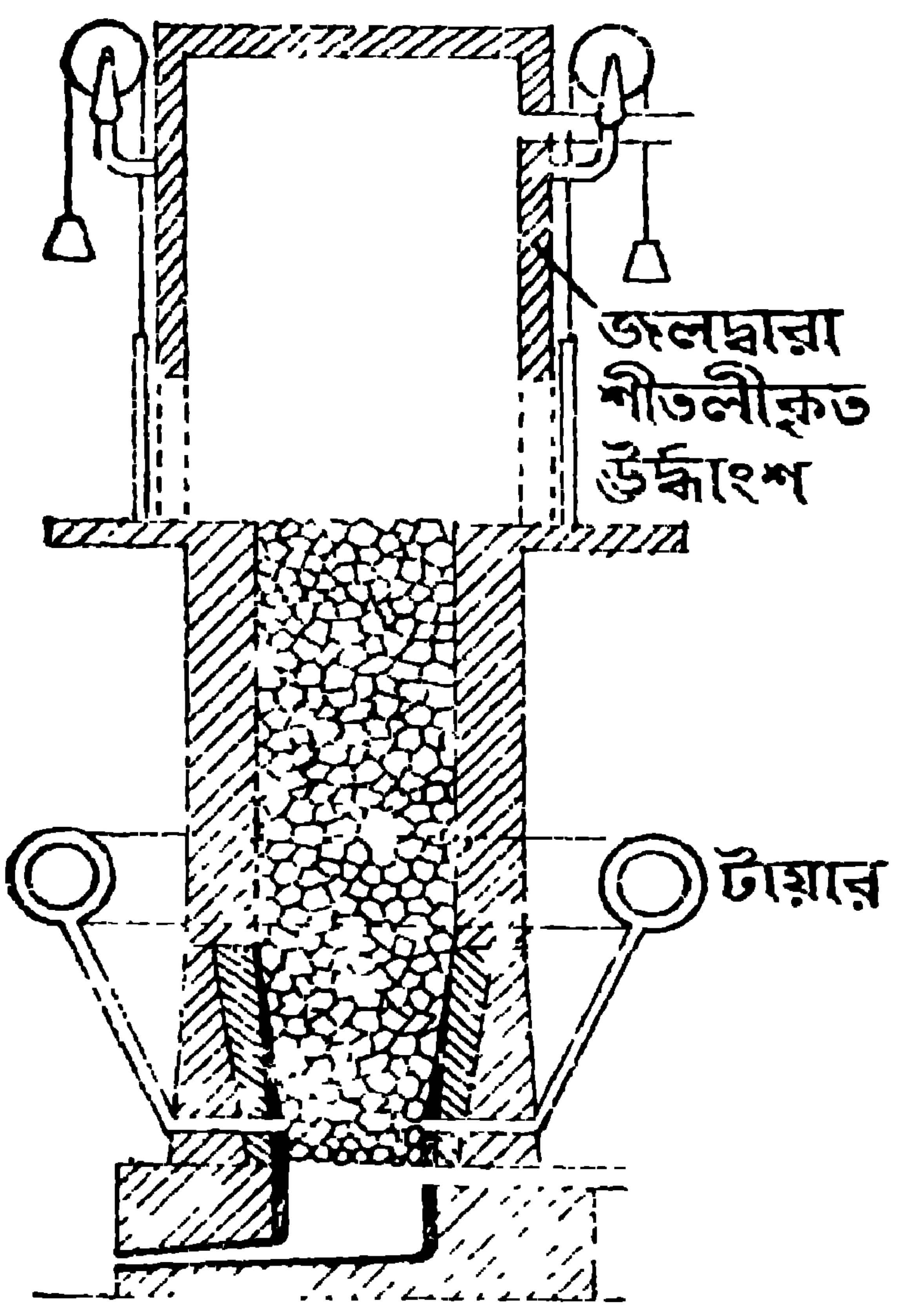
$$2CuFeS_2 + O_2 = Cu_2S + 2FeS + SO_2$$

(কপার পাইরাইটিস্)

$$2CuFeS_2 + 4O_2 = Cu_2S + 2FeO + 3SO_2$$

$$2Cu_2S(\text{সামান্য}) + 3O_2 = 2Cu_2O(\text{সামান্য}) + 2SO_2$$

এই সকল বিক্রিয়া যাহাতে ভালভাবে সংঘটিত হয় সেই উদ্দেশ্যে আলোড়ক (stirrer) দিয়া আকরিককে বেশ ভালভাবে নাড়িয়া দেওয়া হয়। এই জারিত আকরিকের সহিত কয়লা, বালি (SiO_2) এবং একটু চুন মিশাইয়া মিশ্রিত পদার্থকে বায়ুচুল্লীতে (ব্লাষ্ট ফারনেসে) দগ্ধ করা হয় (4 নং চিত্র দেখ): তাহাতে যে আয়রন অক্সাইড, পূর্ব ভর্জনের ফলে উৎপন্ন হইয়াছিল এবং সামান্য Cu_2O এর সহিত অপরিবর্তিত আয়রন সালফাইডের (FeS) বিক্রিয়ায় যে আয়রন অক্সাইড (FeO) উৎপন্ন হইল, তাহা সিলিকার সহিত সংযুক্ত হইয়া আয়রন-সিলিকেট ($FeSiO_3$) ধাতুমলরূপে অপসারিত হয় এবং কপার সালফাইড (Cu_2S) ও সামান্য আয়রন সালফাইডযুক্ত (FeS) কপার ম্যাট (matte) উৎপন্ন হয়।



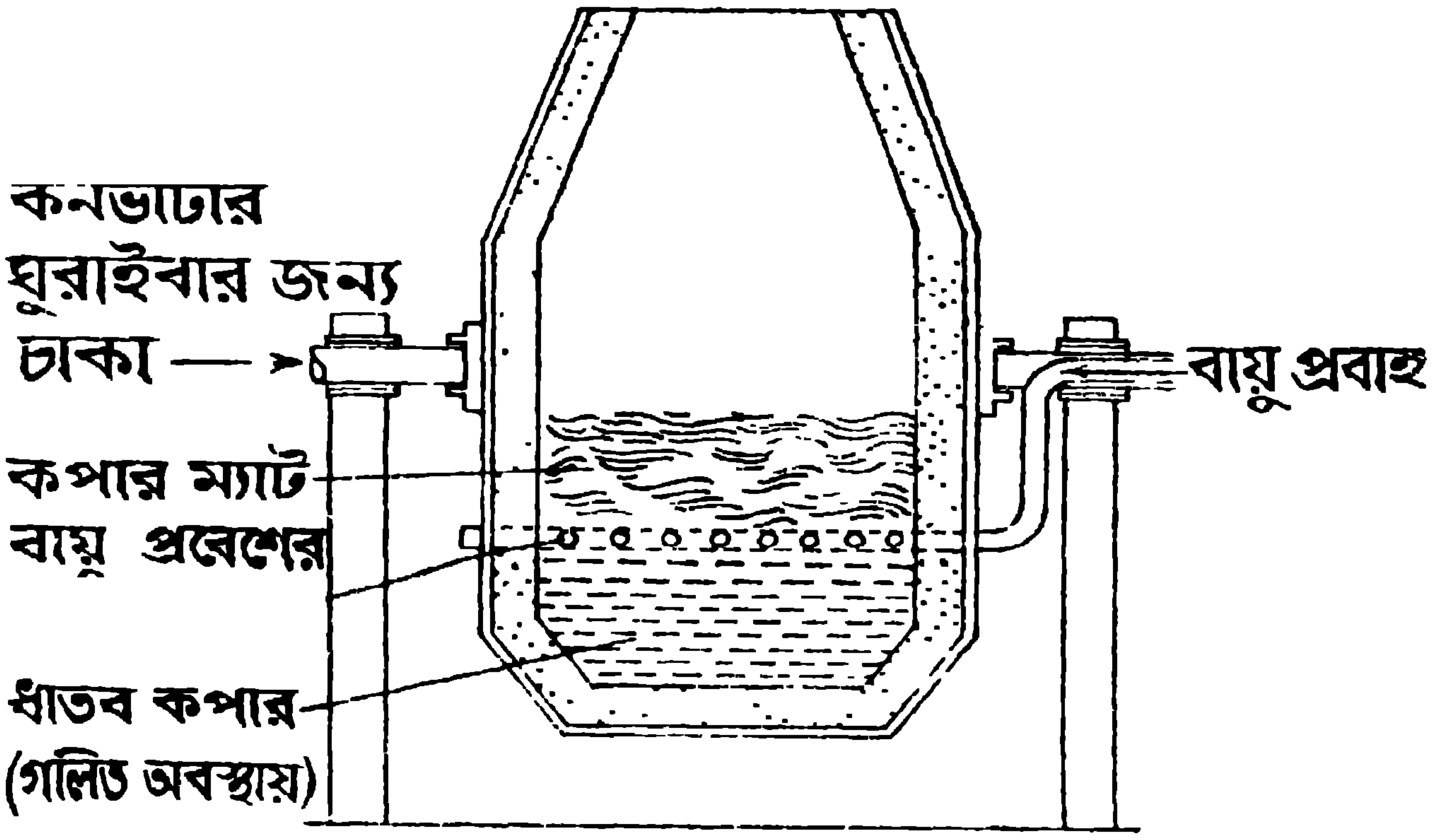
4 নং চিত্র—বায়ুচুল্লী

$$Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO$$

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3 \text{ (আয়রন-সিলিকেট)}$$

ধাতুমল ও কপার ম্যাট গলিত অবস্থায় তুইটি বিভিন্ন দ্বার দিয়া চুল্লী হইতে বাহির করা হয়।

পরে কপার-ম্যাটকে গলিত অবস্থায় সোজাসুজি নিম্নে প্রদর্শিতরূপ বিসিমারের বিবর্তক চুল্লীতে লওয়া হয় এবং উহার সহিত সামান্য বালি মেশানো হয় (5নং চিত্র দেখ)। এই চুল্লীর মধ্যস্থলে নল ঢুকাইয়া নলের পার্শ্বের বহু ছিদ্র (pore) দিয়া উষ্ণ বায়ু, বুদ্‌বুদের আকারে ম্যাটের মধ্যে জোরে প্রবেশ করানো হয়। ইহাতে যে সামান্য FeS থাকে তাহা



5 নং চিত্র—বিবর্তক চুল্লী

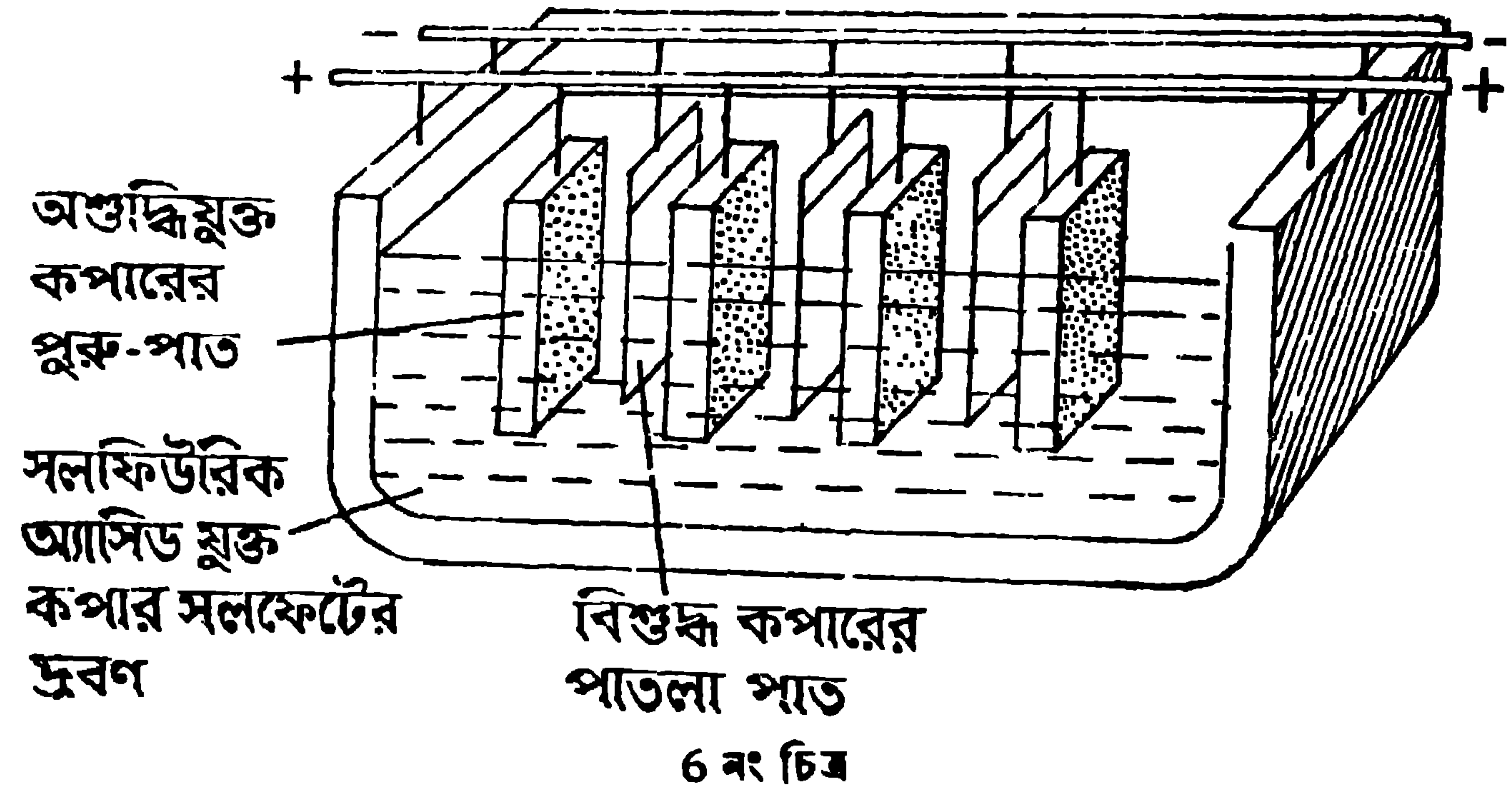
প্রথমে জারিত হইয়া FeO-তে পরিণত হয় এবং উক্ত FeO বালির সহিত যুক্ত হইয়া গলিত ধাতুমল (ফেরাস সিলিকেট) উৎপন্ন করে। ধাতুমল গঠন সম্পূর্ণ হইলে উহাকে বিবর্তক চুল্লীর মুখ দিয়া ঢালিয়া ফেলা হয় এবং পরে প্রবল বায়ুস্রোত প্রবাহিত করা হয়। তাহাতে কতক Cu_2S জারিত হইয়া Cu_2O উৎপন্ন করে। পরে অপরিবর্তিত Cu_2S এবং এই Cu_2O বিক্রিয়া করিয়া কপার উৎপন্ন করে। এই পদ্ধতিকে স্বয়ংক্রিয় বিজারণ বলে।

$$2Cu_2S+3O_2 = 2Cu_2O+2SO_2$$
$$Cu_2S+2Cu_2O = 6Cu+SO_2$$

উৎপন্ন গলিত কপার বায়ুনলের নীচে জমা হয়, সুতরাং ইহা উত্তপ্ত বায়ু দ্বারা জারিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। এই ভাবে কপারের উৎপাদন সম্পূর্ণ হইলে বিবর্তক চুল্লীটি উল্টাইয়া তামা ঢালিয়া ফেলা হয়। তামা শীতল হইয়া কঠিন হইবার সময় উহাতে দ্রবীভূত SO_2 বাহির হইয়া যায় এবং সেইজন্য তামার সর্বাঙ্গে ফোস্কা (blister) পড়িয়া মৌচাকের মত দেখায়। এইভাবে উৎপন্ন তামাকে ফোসকাপড়া তামা (blister Copper) বলে। ইহাতে শতকরা 98 ভাগ তামা থাকে।

এই তামাকে বালির আস্তরণ যুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে গলানো হয় এবং পরিমিত পরিমাণ বায়ুস্রোত ঢোকানো হয়। ইহাতে অশুদ্ধিগুলি জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উদ্বায়ী অক্সাইড, যথা SO_2, As_2O_3 উপিয়া যায়। অন্য অক্সাইড, যথা FeO, বালির সহিত ধাতুমল গঠন করে। ধাতুমলকে উপর হইতে সরানো হয়। একটু Cu_2O এই সঙ্গে গঠিত হয় এবং তাহা কপারের সহিত মিশিয়া যায়। তাহাতে উৎপন্ন কপার ভঙ্গুর হয়। তাই এই অবস্থায়, গলিত তামার উপর কয়লার গুঁড়া ছড়াইয়া গাছের একটি কাঁচা ডাল (Green pole) দিয়া উহাকে নাড়া দেওয়া হয়। এই প্রক্রিয়াতে বিজারক হাইড্রোকার্বন গ্যাস (reducing hydrocarbon gases) উদ্ভূত হইয়া Cu_2Oকে বিজারিত করিয়া ধাতব Cu-এ পরিণত করে। এইভাবে উৎপন্ন কপার শতকরা 99·5 ভাগ বিশুদ্ধ হয়। এই কপার সাধারণ কার্যের পক্ষে (যথা, পাত ও নল প্রস্তুতে এবং মুদ্রা প্রস্তুতে) ব্যবহৃত হইতে পারে, কিন্তু ইহাতেও সামান্য As, Sb, Fe, Ni, প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে এবং তাহাতে ইহার তড়িৎ-পরিবাহিতা ধর্ম কমিয়া যায়।

তাই অতিবিশুদ্ধ কপার পাইতে হইলে এইভাবে উৎপন্ন কপার হইতে খুব পুরু বড় বড় চতুষ্কোণ দণ্ড প্রস্তুত করা হয় এবং তাহাদিগকে একটি তড়িৎকোষে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয় (6 নং চিত্র দেখ)। তড়িৎকোষে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ থাকে এবং উহাতে একটু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) মিশাইয়া লওয়া হয়। কতকগুলি



6 নং চিত্র

পাতলা বিশুদ্ধ কপারের পাতকে উক্ত তড়িৎকোষে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। কোষে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে অ্যানোডের কপার দ্রবীভূত হয় এবং ক্যাথোডে বিশুদ্ধ কপার জমা হয়। অশুদ্ধিগুলি হয় অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া থাকিয়া যায় অথবা অ্যানোডের নীচে

কাদার আকারে জমা হয় (anode mud)। এই অ্যানোডের নীচে জমা কাদা হইতে সময় সময় রূপা ও সোনা উদ্ধার করা হয়।

4.3. তামার ধর্ম : কপার ধাতুর রং, বিশিষ্ট লাল ; ইহাকে তামাটে লাল বলা হয়। এই ধাতু নরম, ঘাতসহনশীল, প্রসার্যমান (malleable and ductile)। ইহাকে পিটিয়া পাতে এবং টানিয়া তারে পরিণত করা যায়। ইহার ঘনাঙ্ক 8·85। ইহা তাপ ও বিদ্যুতের উত্তম পরিবাহী। ইহার গলনাঙ্ক 1083° সেন্টিগ্রেড এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 3210° সেন্টিগ্রেড।

বায়ুর ক্রিয়া :—সাধারণ উষ্ণতায়, কপারের উপর শুষ্ক বায়ুর কোন ক্রিয়া হয় না। আর্দ্র বায়ু, সাধারণ উষ্ণতায় কপারের উপর ধীরে ধীরে ক্রিয়া করিয়া অক্সাইড বা সালফাইডের বাদামী রংএর আবরণের সৃষ্টি করে। দীর্ঘদিন একইভাবে কপারকে আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ফেলিয়া রাখিলে আবরণের রং সবুজ হইতে থাকে, কারণ তখন কপারের উপরের আস্তরণ ক্ষারকীয় কপার সালফেটে [$CuSO_4, 3Cu(OH)_2$] পরিবর্তিত হয়।

কপারকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে কপারের অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2Cu + O_2 = 2CuO$ (কিউপ্রিক অক্সাইড)।

জলের ক্রিয়া : জল বা স্টীম, কপার লোহিত তপ্ত হইলেও উহার সহিত কোন প্রকার বিক্রিয়া ঘটায় না, কিন্তু কপার শ্বেততপ্ত হইলে স্টীমের সহিত সামান্য বিক্রিয়া ঘটে।

অ্যাসিডের ক্রিয়া :—সাধারণ উষ্ণতায়, পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বা পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত তামার কোন বিক্রিয়া হয় না, কারণ কপার উক্ত অ্যাসিডদ্বয় হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে না। কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণ অথবা পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ বায়ুর উপস্থিতিতে কপারকে দ্রবীভূত করে, কারণ অতি সামান্য বিক্রিয়ার ফলে যে অতি সামান্য হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জলরূপে অপসারিত হয় এবং তখন আবার একটু সামান্য বিক্রিয়া হয় এবং এইভাবে সমস্ত ধাতব কপার দ্রাবিত হইয়া যায়।

$$2Cu + 4HCl + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$$

(কিউপ্রিক ক্লোরাইড)

$$2Cu + 2H_2SO_4 + O_2 = 2CuSO_4 + 2H_2O$$

(কিউপ্রিক সালফেট)

জারক অ্যাসিড (যথা, উষ্ণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা যে কোন প্রকার নাইট্রিক

অ্যাসিড, ঘন বা পাতলা) কপারের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া কপারকে দ্রাবিত করে।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$ (গাঢ় ও উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড)
(কিউপ্রিক নাইট্রেট)

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$ (মধ্যম প্রকার পাতলা অ্যাসিড, সাধারণ উষ্ণতায়)

লোহিত তপ্ত কপারের উপর দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প চালনা করিলে কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে।

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + N_2 + H_2O$$

ক্ষার দ্রবণের ক্রিয়া:—ক্ষার দ্রবণের সহিত কোন অবস্থাতেই কপারের কোন বিক্রিয়া হয় না। ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর কপারের অতি পাতলা পাত নামাইয়া দিলে উহা জ্বলিয়া উঠে এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$Cu + Cl_2 = CuCl_2$ (কিউপ্রিক ক্লোরাইড)।

সালফারের সহিত কপারকে উত্তপ্ত করিলে উহা কিউপ্রিক সালফাইডে পরিণত হয়। $Cu + S = CuS$ (কিউপ্রিক সালফাইড)।

বায়ুর উপস্থিতিতে কপার, অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীলবর্ণ হয়।

সিলভার বা মার্কারীর লবণের দ্রবণ হইতে কপার, সিলভার বা মার্কারী প্রতিস্থাপিত করে।

$$Cu + 2AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2Ag\ ;\ Cu + HgCl_2 = CuCl_2 + Hg.$$

আবার কপার সালফেটের দ্রবণে আয়রন বা জিঙ্ক ডুবাইলে কপার উৎপন্ন হইয়া আয়রন বা জিঙ্কের উপর লাল রংএর আস্তরণের সৃষ্টি করে।

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu\ ;\ CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu.$$

4.4. তামার ব্যবহার: (i) উচ্চ তড়িৎপরিবহন ক্ষমতার জন্য কপার, তড়িৎশিল্পে নানাভাবে প্রচুর ব্যবহৃত হয়, যথা, টেলিগ্রাফ ও টেলিফোনের তারে। এইজন্য অতি বিশুদ্ধ কপার প্রয়োজন হয়। আবার তড়িৎকোষ উৎপাদনে তামার পাত ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ii) উচ্চতাপ পরিবাহিতার জন্য এবং উচ্চ উষ্ণতায় স্টীমের কোন ক্রিয়া না থাকায় কপার রাঁধিবার পাত্র নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। সামান্য তামাও যাহাতে

রন্ধনকৃত দ্রব্যে দ্রবীভূত হইয়া আসিয়া বিষক্রিয়া উৎপন্ন করিতে না পারে তাহার জন্য তামার পাত্রের ভিতর টিনের আস্তরণ দেওয়া হয়।

(iii) কপার তড়িৎ-লেপনে, অক্ষর-প্রস্তুতে, ছাঁচ-প্রস্তুতে, মুদ্রা-প্রস্তুতে এবং কপারসংযুক্ত সংকর ধাতু প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

4.5. তামার সংকর (alloy of copper) : তামার সহিত অন্যান্য ধাতু মিশাইয়া কতকগুলি প্রয়োজনীয় সংকর ধাতু প্রস্তুত করা হয়, যথা—পিতল (তামা ও দস্তা 7 : 3 অনুপাতে), কাঁসা (তামা ও টিন 4 : 1 অনুপাতে), ব্রোঞ্জ (তামা, দস্তা ও টিন) প্রভৃতি।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

1. Name the principal ores of copper. Describe the principle of extracting copper from its sulphide ores, stating the reactions occurring at different stages.

কপারের প্রধান প্রধান আকরিকগুলির নাম কর। কপারের সালফাইডঘটিত আকরিক হইতে কপার নিষ্কাশনের মূলনীতি বর্ণনা কর এবং নিষ্কাশনের বিভিন্ন স্তরে যে বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হয় তাহাদের উল্লেখ কর।

2. State the properties and uses of copper.

কপারের ধর্মাবলী ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

3. Is it correct to state that copper displaces hydrogen from dilute hydrochloric acid

কপার, পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে, এই উক্তিটি কি সত্য ?

4. নিম্নের শূন্যস্থানগুলি পূরণ কর :—

(ক) কপার———এবং———সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং——— ———গ্যাস উৎপন্ন হয়।

(খ) যখন কপার সালফেটের দ্রবণে———যোগ করা হয়, তখন——— অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(গ) যখন মার্কিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে কপার যোগ করা হয়, তখন দ্রবণ হইতে———প্রতিস্থাপিত হয়।

(ঘ) যখন নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প লোহিততপ্ত কপারের উপর দিয়া চালনা করা হয়, তখন———গ্যাস বাহির হইয়া আসে।

পঞ্চম অধ্যায় (Chapter V)

অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)

5.1. অ্যালুমিনিয়ামের প্রাকৃতিক অবস্থান ও উহার আকরিক : প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায় না। কিন্তু ইহার নানাপ্রকার যৌগ পৃথিবীতে প্রচুর পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। ভূ-ত্বকের ওজনের শতকরা 7·3 ভাগ অ্যালুমিনিয়াম। বস্তুতঃ ভূত্বকে সমস্ত ধাতুর ভিতর অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণই সর্বাপেক্ষা বেশী। পৃথিবীর অধিকাংশ অ্যালুমিনিয়ামই উহার সিলিকেটরূপে প্রকৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায় এবং উহা হইতে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদন খুবই কষ্টসাধ্য এবং প্রচুর ব্যয়সাপেক্ষ।

অ্যালুমিনিয়ামের নিম্নলিখিত খনিজগুলি উল্লেখযোগ্য :

(i) **অক্সাইডরূপে :**—কোরানডাম, রুবি, সাফায়ার (Corundum, ruby, sapphire), Al_2O_3। বাংলায় ইহারা কুরুবিন্দ, চুণী (লাল পাথর), নীলা (নীল পাথর) নামে অভিহিত হয়।

(ii) **জলসংযুক্ত অক্সাইডরূপে :—**

ডায়াস্পোর (Diaspore), Al_2O_3, H_2O

বক্সাইট (Bauxite), $Al_2O_3, 2H_2O$

গিব্সাইট (Gibbsite), $Al_2O_3, 3H_2O$

(iii) **মিশ্রিত সিলিকেটরূপে :**—ফেলস্পার বা অর্থোক্লেজ (Felspar or orthoclase), $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$। জল ও বায়ুর প্রভাবে ইহা হইতে উৎপন্ন হয় কেওলিন বা চায়না ক্লে (Kaolin or China clay), $Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$

(iv) **মিশ্রিত ফ্লুয়োরাইডরূপে :—**

ক্রায়োলাইট (Cryolite), $AlF_3, 3NaF$

(v) **মিশ্রিত সালফেটরূপে :**—অ্যালুনাইট (Alunite), $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 4Al(OH)_3$

5.2. অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশন : ক্লে (সাধারণ কাদামাটি) হইতে সুলভে ও সহজে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতি আজও আবিষ্কৃত হয় নাই। বক্সাইট প্রচুর পরিমাণে পৃথিবীর নানাস্থানে পাওয়া যায় এবং বর্তমানে এই বক্সাইট হইতেই অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন সংঘটিত করা হয়। ভারতের বিহারে, যুক্তপ্রদেশে, বোম্বাই প্রদেশে, মাদ্রাজ প্রদেশে, মহীশূর ও কাশ্মীরে বক্সাইট পাওয়া যায়। এই সমস্ত বক্সাইট ব্যবহার করিয়া বোম্বাই প্রদেশে এবং বাংলা প্রদেশের আসানসোলে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের কারখানা খোলা হইয়াছে। এই উৎপাদনে যে তড়িৎশক্তির প্রয়োজন তাহা জল-বিদ্যুৎ হইতে পাওয়া যায়।

বক্সাইটে দুইটি প্রধান অশুদ্ধি ফেরিক অক্সাইড্ (Fe_2O_3) এবং সিলিকা (SiO_2) থাকার ফলে উহা সরাসরি অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হইতে পারে না, কারণ তাহা হইতে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামে লৌহ ও সিলিকন আসিয়া যায় এবং তখন উহা সহজেই জল দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং ভঙ্গুর হয়। তাই বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করিতে দুইটি প্রক্রিয়া নিষ্পন্ন করিতে হয়, যথা—

(I) বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা উৎপাদন, এবং

(II) বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে গলিত ক্রায়োলাইটে যোগ করিয়া উহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

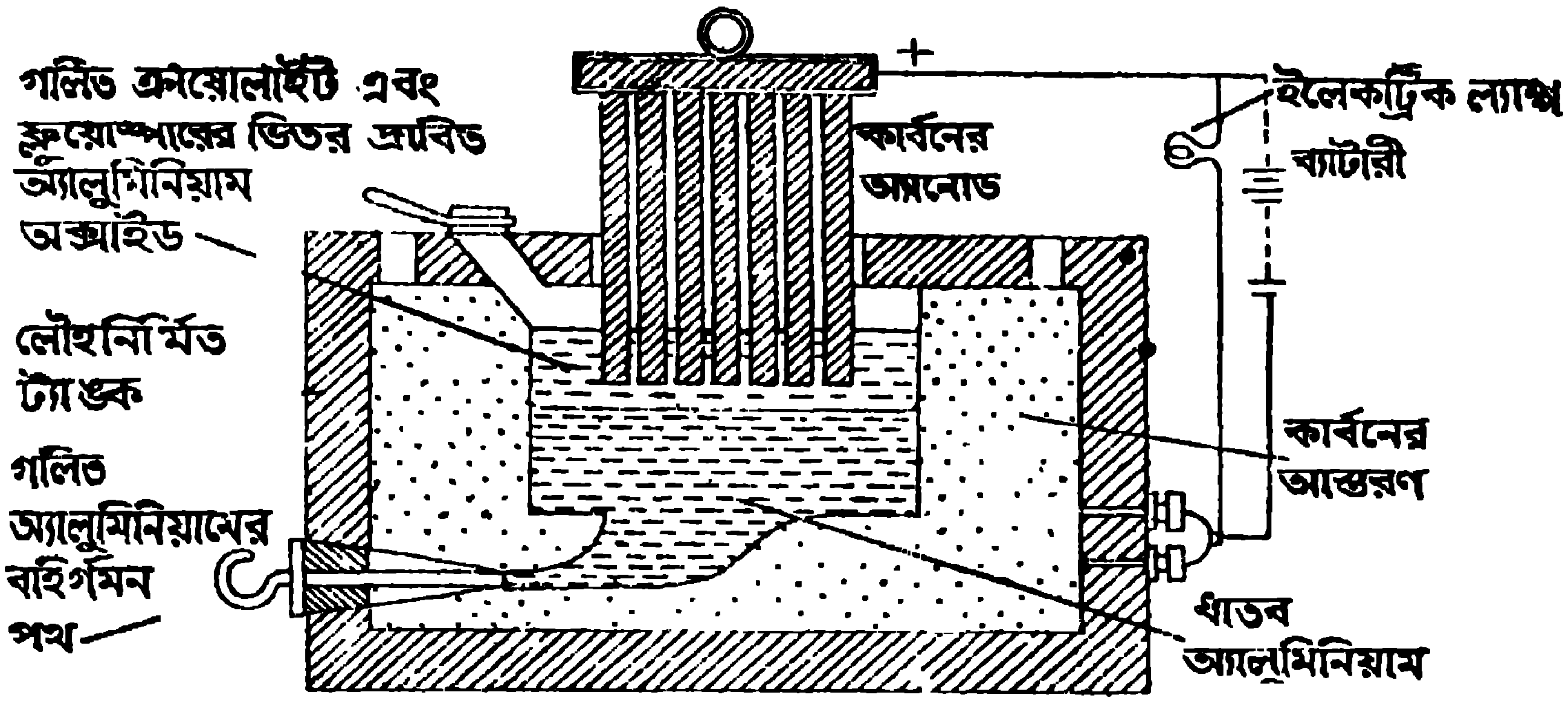
বর্তমানে **বায়ার পদ্ধতি** (Baeyer Process) দ্বারা বক্সাইটের শোধন সম্পন্ন করা হয়। এই পদ্ধতিতে বক্সাইটকে উত্তমরূপে চূর্ণ করিয়া বায়ুর সংস্পর্শে প্রায় লোহিত তাপে ভস্মীভূত করা হয়। উহাতে জৈব (organic) পদার্থ পুড়িয়া যায়। ভস্মীভূত দ্রব্যকে চূর্ণ করিয়া বদ্ধমুখ লৌহপাত্রে (autoclave) 45% কষ্টিক সোডার দ্রবণের সহিত 80 পাউণ্ড বায়ু-চাপে 150° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ফুটানো হয় (digested)। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও সিলিকা যথাক্রমে সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে ও সোডিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয় এবং উহারা দ্রবণে বর্তমান থাকে। Fe_2O_3 অদ্রাব্য থাকিয়া যায়। এই দ্রবণে আরও জল দিয়া পাতলা করিয়া অদ্রাব্য Fe_2O_3-কে ছাঁকিয়া ফেলা হয় এবং পরিস্রুতে একটু সদ্য অধঃক্ষিপ্ত হাইড্রেটেড অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (hydrated aluminium oxide, Al_2O_3, $3H_2O$) দিয়া কয়েক ঘণ্টা নাড়া হয়। ফলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেটের ($NaAlO_2$) আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হয় এবং অদ্রাব্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$] অধঃক্ষিপ্ত

হয়। উহাকে ছাঁকিয়া ধৌত করিয়া তীব্র উত্তাপে ভস্মীভূত করিলে Al_2O_3 পাওয়া যায়।

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$
$$2NaOH + SiO_2 = Na_2SiO_3 + H_2O$$
$$NaAlO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3 + NaOH$$
$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

এই NaOH-এর দ্রবণ পুনরায় গাঢ় করিয়া ব্যবহার করা হয়। বক্সাইটের সিলিকা (SiO_2) কষ্টিক সোডার সহিত ক্রিয়া করে, তাহাতে কিছু কষ্টিক সোডা নষ্ট হয়। সেইজন্য বক্সাইটে কম SiO_2 থাকিলে এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। শোধিত বক্সাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ধাতব অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন করা হয়। ইহার জন্য একটি বিশেষ ধরণের বৈদ্যুতিক চুল্লী (furnace) ব্যবহার করা হয় যাহা 7নং চিত্রে দেখান হইল।

একটি লোহার বাক্সের ভিতর দিকে 1 ফুট পুরু কার্বনের আস্তরণ দিয়া মুড়িয়া লওয়া হয়। এই বাক্সের ভিতর গলিত ক্রায়োলাইট (60%) এবং ফ্লুয়োরস্পার (flourspar, CaF_2, 20%) লইয়া তাহাতে শোধিত বক্সাইট (20%) দ্রবীভূত করা হয়। এই দ্রবণই হইল ইলোকট্রোলাইট। লোহার বাক্সের ভিতরের কার্বনের আস্তরণ, ক্যাথোডের



7 নং চিত্র

কাজ করে। বাক্সটির সহিতই ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরু যোগ করা থাকে। আবার মোটা কার্বনের চার-পাঁচটি দণ্ড গলিত ক্রয়োলাইটের ভিতর (উপরের তামার দণ্ড হইতে ঝুলাইয়া) নিমজ্জিত করা থাকে। কপারের দণ্ড একই ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয়। গাহের তড়িৎরোধীগুণ বেশী বলিয়া তড়িৎ প্রবাহিত

হইলে প্রচুর তাপ উদ্ভূত হয় এবং উহাতে গাহের উষ্ণতা 900° সেন্টিগ্রেডে স্থির থাকে। অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত কার্বনের দণ্ডগুলি গাহের ভিতর নামানো বা উঠানো যায়। ফ্লুয়োরস্পার মিশ্রিত থাকায় মিশ্রণের তরলতা বৃদ্ধি পায়। অ্যানোড ও ক্যাথোড এইভাবে ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করার ফলে দ্রবণের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং তাহাতে Al_2O_3 প্রথমেই বিশ্লিষ্ট হয়। ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম (গলনাঙ্ক 659° সেন্টিগ্রেড) মুক্ত হইয়া গলিত অবস্থায় পাত্রের দ্রবণের নীচে জমা হয়। $2Al_2O_3 = 4Al + 3O_2$। মাঝে মাঝে কল (tap) খুলিয়া ধাতব অ্যালুমিনিয়াম বাহির করিয়া লওয়া হয়। অক্সিজেন অ্যানোডে মুক্ত হয় এবং অধিক উষ্ণতায় অ্যানোডের কার্বন দণ্ডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন মনোক্সাইড (CO) এবং কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) উৎপন্ন করে। উহাতে দামী কার্বন দণ্ড ক্ষয়প্রাপ্ত হয়; এই ক্ষয় নিরোধ করিতে গলিত ক্রায়োলাইটের উপর কাঠ কয়লার গুঁড়া ছড়ানো থাকে; ইহাতে কাঠ কয়লার গুঁড়াই জারিত হয় এবং কার্বন দণ্ড বাঁচিয়া যায়।

যখন গাহে Al_2O_3-এর পরিমাণ কমিয়া যায়, তখন গাহের তড়িৎ-রোধ বাড়িয়া যায় এবং উহার তড়িৎ-পরিবাহিতা কমিয়া যায়। এই অবস্থায় অধিকতর তড়িৎ গাহের মধ্য দিয়া না যাইয়া বর্তনীর (circuit) সমান্তরালে সংলগ্ন একটি বাতির (shunted lamps) মধ্য দিয়া যায় এবং উহা জ্বলিয়া উঠে। উহা দেখিয়া তখন গাহে পুনরায় Al_2O_3 যোগ করা হয়। এইভাবে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন অবিরাম সংঘটিত করা হয়।

5.3. অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম :—অ্যালুমিনিয়াম নীল আভাযুক্ত সাদা ধাতু। ইহা হাল্কা ধাতু, ইহার ঘনাঙ্ক 2·7। ইহা উত্তমরূপে নমনীয় ও প্রসার্যমান (malleable and ductile)। ইহাকে 100-150° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় পাতে বা তারে পরিণত করা যায়। ইহা খুব শক্ত (tough)। ইহা উত্তম তাপ ও তড়িৎ পরিবাহক (good conductor of heat and electricity)। ইহার গলনাঙ্ক 659° সেন্টিগ্রেড। ইহার তনন ক্ষমতা (tensile strength) বেশী। কিন্তু 600° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা ভঙ্গুর হয়।

বায়ুর ক্রিয়া :—শুষ্ক বায়ুর সংস্পর্শে ইহার কোন পরিবর্তন হয় না, কেবল ইহার উপর একটি স্বচ্ছ সূক্ষ্ম অক্সাইডের আস্তরণ পড়ে, কিন্তু অবিশুদ্ধ বায়ুর সংস্পর্শে ইহা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। অ্যালুমিনিয়ামের পাত বা গুঁড়া বা তার বায়ুতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত

করিলে উহা উজ্জল সাদা শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে এবং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড (AlN) উৎপন্ন হয়।

$$4Al+3O_2=2Al_2O_3\ ;\ 2Al+N_2=2AlN$$

যদি ধাতব অ্যালুমিনিয়ামের পাত্রের উপরটা ভিজা মার্কিউরিক ক্লোরাইড দ্বারা ঘষা হয় তাহা হইলে উহার উপরে যে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সূক্ষ্ম আস্তরণ (বায়ুর ক্রিয়ায় উৎপন্ন) থাকে তাহা ভাঙ্গিয়া যায় এবং তখন অ্যালুমিনিয়াম, প্রভূত তাপ উৎপাদন সহকারে, দ্রুতভাবে জারিত হইতে থাকে এবং উহার উপর শ্যাওলার মত গুঁড়া দেখা দেয়। অ্যালুমিনিয়ামের পাত্রের ভিতরটা একপ্রকার কালো ভিজা গুঁড়া দিয়া মাজিলে পাত্রটি খুব উত্তপ্ত হইয়া উঠে। এই বিষয়টি ম্যাজিক বলিয়া রাস্তায় অনেক সময় লোকে দেখাইয়া থাকে, কিন্তু উক্ত ভিজা কালো গুঁড়ায় মার্কিউরিক ক্লোরাইড মেশানো থাকে বলিয়া পূর্বের উল্লিখিত কারণে অ্যালুমিনিয়ামের দ্রুত জারণে প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয়।

জলের ক্রিয়া ঃ—জল বা জলীয় বাষ্পের সহিত সাধারণতঃ অ্যালুমিনিয়ামের কোন বিক্রিয়া হয় না; তাহার কারণ ইহার উপর যে অক্সাইডের আবরণ সৃষ্ট হয় তাহাতেই আর কোন বিক্রিয়া হইতে পায় না। তাই অ্যালুমিনিয়ামের কেটলি, রন্ধনের পাত্র ইত্যাদি ব্যবহার করা সম্ভব হয়। কিন্তু অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়াকে জলের সহিত ফুটাইলে জল বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড $[Al(OH)_3]$ গঠিত হয়। $2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2$। অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগ্যাম (পারদ ও অ্যালুমিনিয়ামের সংকর) সহজেই জলদ্বারা আক্রান্ত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। তাই অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগ্যাম খুব ভাল বিজারক। সমুদ্রের লবণাক্ত জল ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ সহজেই অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করে।

অ্যাসিডের ক্রিয়া ঃ—পাতলা বা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অ্যালুমিনিয়াম সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$$

পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের কোন বিক্রিয়া হয় না। উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করে এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেট $[Al_2(SO_4)_3]$ সালফার ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

$$2Al+6H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3SO_2+6H_2O$$

পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড অতি ধীরে অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের সহিত বিক্রিয়া করে এবং তাহাতে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়, কোন গ্যাস উদ্ভূত হয় না। নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব যেমন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, উহার অ্যালুমিনিয়ামের সহিত বিক্রিয়া করিবার ক্ষমতাও কমিয়া যায় এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের কোন বিক্রিয়াই হয় না। ফস্ফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) সহজেই অ্যালুমিনিয়ামকে গলাইয়া ফেলে এবং অ্যালুমিনিয়াম ফস্ফেট্ ($AlPO_4$) উৎপন্ন করে।

$$2Al+2H_3PO_4=2AlPO_4+3H_2$$

খাদ্য লবণের উপস্থিতিতে জৈব অ্যাসিড, যথা টারটারিক বা সাইট্রিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করে। অ্যালুমিনিয়ামের বাটিতে তেঁতুল ও লবণ একত্র রাখিলে বাটিটি ছ্যাঁদা হইয়া যায়

ক্ষারের ক্রিয়া:—তীব্র ক্ষারের দ্রবণ, যথা কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাসের দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে উহা দ্রবীভূত হয় এবং তাহার ফলে দ্রবণে অ্যালুমিনেট নামক লবণ থাকে ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2+3H_2$$

(সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)

উত্তপ্ত গাঢ় সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) দ্রবণেও অ্যালুমিনিয়াম দ্রাবিত হয়:

$$2Al+Na_2CO_3+3H_2O=2NaAlO_2+CO_2+3H_2$$

অন্যান্য মৌলের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়া:—উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়ামকে নাইট্রোজেন গ্যাসের অথবা ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর দিলে, অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড অথবা অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Al+N_2=2AlN \; ; \; 2Al+3Cl_2=2AlCl_3$$

কার্বন বা সালফারের সহিত অ্যালুমিনিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড (Al_4C_3) অথবা অ্যালুমিনিয়াম সালফাইড উৎপন্ন হয়।

$$4Al+3C=Al_4C_3 \; ; \; 2Al+3S=Al_2S_3.$$

অ্যালুমিনিয়ামের অন্যান্য বিক্রিয়া:—কপার সালফেটের দ্রবণে অথবা মার্কিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম যোগ করিলে কপার বা মার্কারী ধাতু অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ইহার কারণ অ্যালুমিনিয়াম, কপার বা মার্কারী অপেক্ষা বেশী ধনাত্মক।

$$3CuSO_4+2Al=3Cu+Al_2(SO_4)_3$$

(অ্যালুমিনিয়াম সাল্ফেট্)

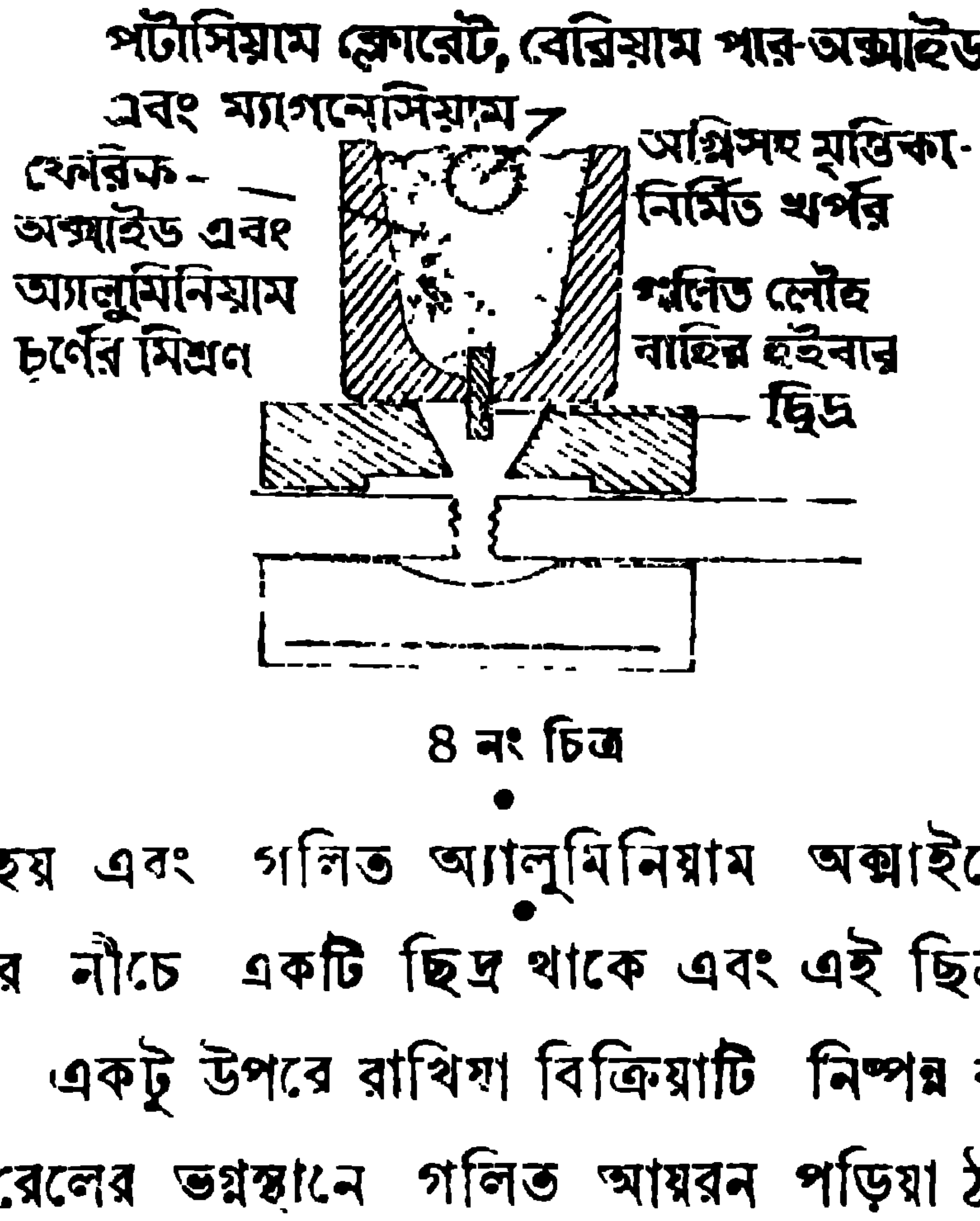
$$3HgCl_2+2Al=3Hg+2AlCl_3$$

1000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার কাছাকাছি উষ্ণতায়, অক্সিজেনের প্রতি অ্যালুমিনিয়ামের আসক্তি অতিশয় প্রবল হয়। সেইজন্য আয়রন অক্সাইড, ক্রোমিয়াম অক্সাইড, সিলিকন ডাই-অক্সাইডের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়া মিশাইয়া খুব উত্তপ্ত করিলে উক্ত অক্সাইডগুলি বিজারিত হয় এবং ধাতব আয়রন, ক্রোমিয়াম, এবং অধাতব সিলিকন (Si) উৎপন্ন হয়।

$$Fe_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Fe\ ,\ Cr_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Cr$$

$$3SiO_2+4Al=3Si+2Al_2O_3.$$

আয়রন অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়ার মিশ্রণকে thermit (থারমিট) বলে এবং উহাতে উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া যে বিক্রিয়া ঘটানো হয় তাহাকে **গোল্ডস্মিডের তীব্রতাপ বিগলন পদ্ধতি** (Goldschmint's Thermit Process) বলা হয়। তিনভাগ আয়রন অক্সাইড ও একভাগ অ্যালুমিনিয়াম গুঁড়ার মিশ্রণকে একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত খর্পরের ভিতর লওয়া হয় (8 নং চিত্র দেখ)। এই মিশ্রণের উপরে কিছু পটাসিয়াম ক্লোরেট, বেরিয়াম পারঅক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম-চূর্ণ রাখিয়া তাহাতে একটি ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা ডুবাইয়া দেওয়া হয়। এই ম্যাগনেসিয়ামের ফিতার সাহায্যে এই মিশ্রণে অগ্নি-সংযোগ করা হয়।



8 নং চিত্র

সঙ্গে সঙ্গে প্রচণ্ডভাবে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং গলিত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তলদেশে গলিত আয়রন উৎপন্ন হয়। খর্পরের নীচে একটি ছিদ্র থাকে এবং এই ছিদ্রটি ভগ্নরেলের (যাহার সংস্কার প্রয়োজন হয়) একটু উপরে রাখিয়া বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করা হয়। বিক্রিয়া শেষে ছিদ্রটি খুলিয়া দিলে রেলের ভগ্নস্থানে গলিত আয়রন পড়িয়া ঠাণ্ডা হইলে উহাদের জোড়া লাগাইয়া দেয়। এই বিক্রিয়ায় প্রায় 3500° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার উদ্ভব হয়।

5.1. **অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার :** অ্যালুমিনিয়াম ধাতু হাল্‌কা এবং ইহার তনন-ক্ষমতা বেশী, সেইসঙ্গে উহার ঢালাইএর উপযুক্ত নমনীয়তা ও প্রসার্যতা গুণ উহাতে বর্তমান থাকায় ইহা উড়োজাহাজ ও মটর গাড়ীর দেহনির্মাণে (body of motor cars

and aeroplanes) ব্যবহৃত হয়। ইহাদ্বারা রন্ধনের পাত্র ও গৃহে সর্বদা ব্যবহার্য বাসনপত্র প্রস্তুত করা হয়। ইহার তড়িৎ-পরিবাহিতা আছে বলিয়া ইহা তড়িৎশিল্পে এবং তড়িৎপরিবাহক তারের লাইন প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা হাল্কাধাতু বলিয়া ইহা সমওজনের কপার অপেক্ষা বেশী তড়িৎপরিবহনক্ষম। ইহা অনেক সংকরধাতু প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। যথা, ডুরালুমিন (Duralumin—Al, Cu, Mn ও Mg-এর সংকর)-উড়োজাহাজ-নির্মাণে এবং ম্যাগনালিয়াম (Magnalium—Al ও Mg-এর সংকর) তুলাযন্ত্র নির্মাণে, অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ (Aluminium bronze,—Al ও Cu-এর সংকর) সোনার মত দেখিতে বলিয়া গৃহের শোভাবর্ধক ফুলদানী প্রভৃতি প্রস্তুতে এবং মুদ্রা নির্মাণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়া সাদা রং (White pigment) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কারণ লৌহের দ্রব্যের উপর ইহার আস্তরণ দিলে লৌহে মরিচাধরা নিবারিত হয়। হাওড়া ব্রীজে ব্যবহৃত লৌহস্তম্ভগুলির উপর অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়ার আস্তরণ দেওয়া হইয়াছে। অ্যালুমিনিয়ামের অতি পাতলা পাত সিগারেট ও চকোলেট মুড়িবার জন্য ব্যবহৃত হয়। ইহা ক্রোমিয়াম ধাতু, ম্যাঙ্গানিজ ধাতু ও সিলিকন মৌল উৎপাদনে, ইস্পাতকে ঢালাই করিবার সময় উহা হইতে বায়ুর বুদ্‌বুদ্‌ অপসারণ করিতে, বিজারক হিসাবে, বাজি প্রস্তুতে ও থার্মিট বোমা প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। চেয়ার, বাক্স ও বর্তমানে গৃহনির্মাণে অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার দেখা যায়।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

1. Name the naturally occurring compounds of aluminium with their formulae. Give an account of the extraction of aluminium from its ores.

অ্যালুমিনিয়ামের প্রাকৃতিক যৌগগুলির নাম সংকেতসহ উল্লেখ কর। অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক হইতে অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

2. Mention the properties and uses of aluminium. Name two of its important alloys and mention their uses. What is "thermit" process ?

অ্যালুমিনিয়ামের ধর্মাবলী ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

অ্যালুমিনিয়ামের দুইটি সংকরের নাম কর এবং উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর। "থার্মিট" পদ্ধতি কি ?

3. নিম্নের উক্তিগুলির ভিতর কোনটি সত্য তাহা বল :—

(ক) অ্যালুমিনিয়াম সকল প্রকার গাঢ় অ্যাসিডদ্বারা আক্রান্ত হয়।

• (খ) অ্যালুমিনিয়াম খাদ্য লবণের উপস্থিতিতে জৈব-অ্যাসিডে দ্রাবিত হয়।

4. নিম্নের শূন্যস্থানগুলি পূরণ কর :—

(ক) গলিত কষ্টিক সোডা অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রাবিত করে এবং গ্যাস উৎপন্ন হয়।

(খ) যখন————সহিত অ্যালুমিনিয়ামকে উত্তপ্ত করা হয়, তখন অ্যালুমিনিয়াম সালফাইড্ উৎপন্ন হয়।

(গ) যখন- -সালফেটের দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম যোগ করা হয়, তখন ——প্রতিস্থাপিত হয়

ষষ্ঠ অধ্যায় (Chapter VI)

জিঙ্ক বা দস্তা (Zinc)

6.1. জিঙ্কের প্রাকৃতিক অবস্থান ও উহার আকরিক : জিঙ্ককে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। জিঙ্কের নিম্নলিখিত খনিজগুলি উল্লেখযোগ্য :—

(i) জিঙ্কাইট বা রেড জিঙ্ক-আকরিক (Zincite er Red Zinc ore), ZnO

(ii) জিঙ্ক-ব্লেণ্ড (Zinc blende)—ZnS.

(ii) ক্যালামাইন (Calamine)—$ZnCO_3$

জিঙ্ককে বাংলায় দস্তা বলে। জিঙ্ক ব্লেণ্ড ভারতের বিহারে, যুক্তপ্রদেশে, পাঞ্জাবে, কাশ্মীরে, রাজপুতনায় ও মাদ্রাজে পাওয়া যায়।

6.2. জিঙ্ক নিষ্কাশন পদ্ধতি :—জিঙ্কের সালফাইড আকরিক (জিঙ্ক ব্লেণ্ড) হইতেই সমগ্র পৃথিবীর চাহিদা মিটাইবার মত জিঙ্ক নিষ্কাশন করা হইয়া থাকে। জিঙ্ক নিষ্কাশনে কার্বন বিজারণ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

সালফাইড আকরিককে ঠিকমত ভর্জিত (roasting) করিলে জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া যায়। ক্যালামাইনকে ভস্মীকরণ (calcination) দ্বারা অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয়। এইভাবে উৎপাদিত অক্সাইডকে কার্বন দিয়া বিজারিত করিলে জিঙ্ক ধাতু পাওয়া যায়।

$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2\ ;\ ZnCO_3=ZnO+CO_2$$

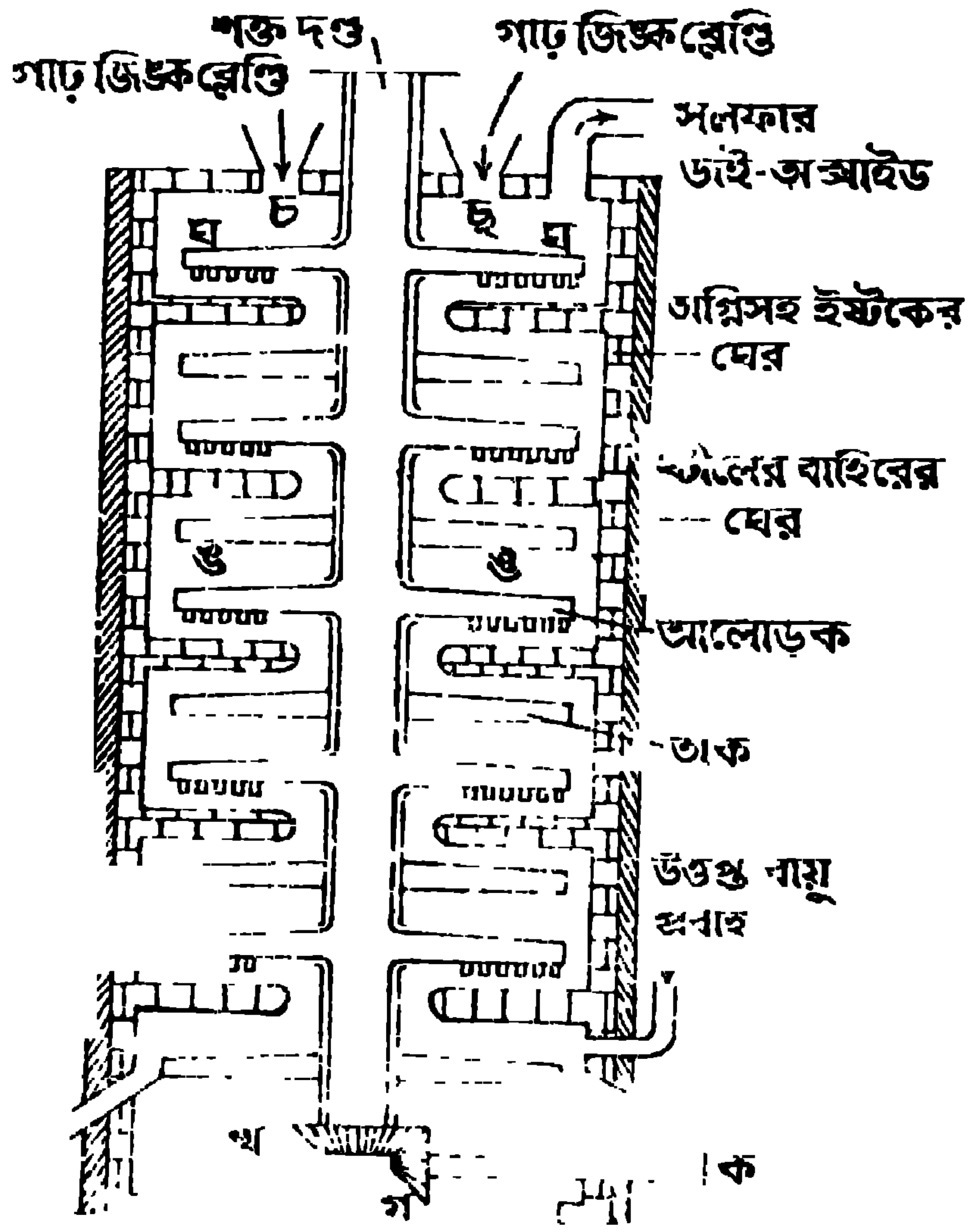
$$ZnO+C=Zn+CO$$

এই পদ্ধতি কার্যকরী করিতে চারিটি প্রক্রিয়া অবলম্বিত হয়।

(i) প্রথমতঃ তৈলভাসন পদ্ধতি প্রয়োগে সালফাইড আকরিককে গাঢ়ীকৃত করা হয়। ক্যালামাইনে গাঢ়ীকরণ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয় না। সালফাইড আকরিককে চূর্ণ করিয়া একটি ট্যাঙ্কের জলের ভিতর ছাড়িয়া দেওয়া হয় এবং ঐ জলে পাইন তৈল (pine oil), অ্যাসিড এবং সোডিয়াম জ্যানথেট্ যোগ করিয়া স্নান ডোবান সরু নলের ভিতর দিয়া বায়ুপ্রবাহ চালনা করিয়া আলোড়িত করা হয়। ইহার ফলে তৈল ও জল মিশ্রিত হইয়া তাহার উপর প্রচুর ফেনা উৎপন্ন হয় এবং জিঙ্ক-সালফাইড তৈলদ্বারা সিক্ত হইয়া ফেনার সহিত উপরে ভাসিয়া উঠে; কিন্তু বালি, মাটি এবং অন্য ধাতব সিলিকেট জলদ্বারা সিক্ত হইয়া ভারী হয় এবং তলায় থিতাইয়া জমা হয়। উপরে ভাসমান জিঙ্ক-সলফাইডযুক্ত ফেনা সংগ্রহ করিয়া শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়।

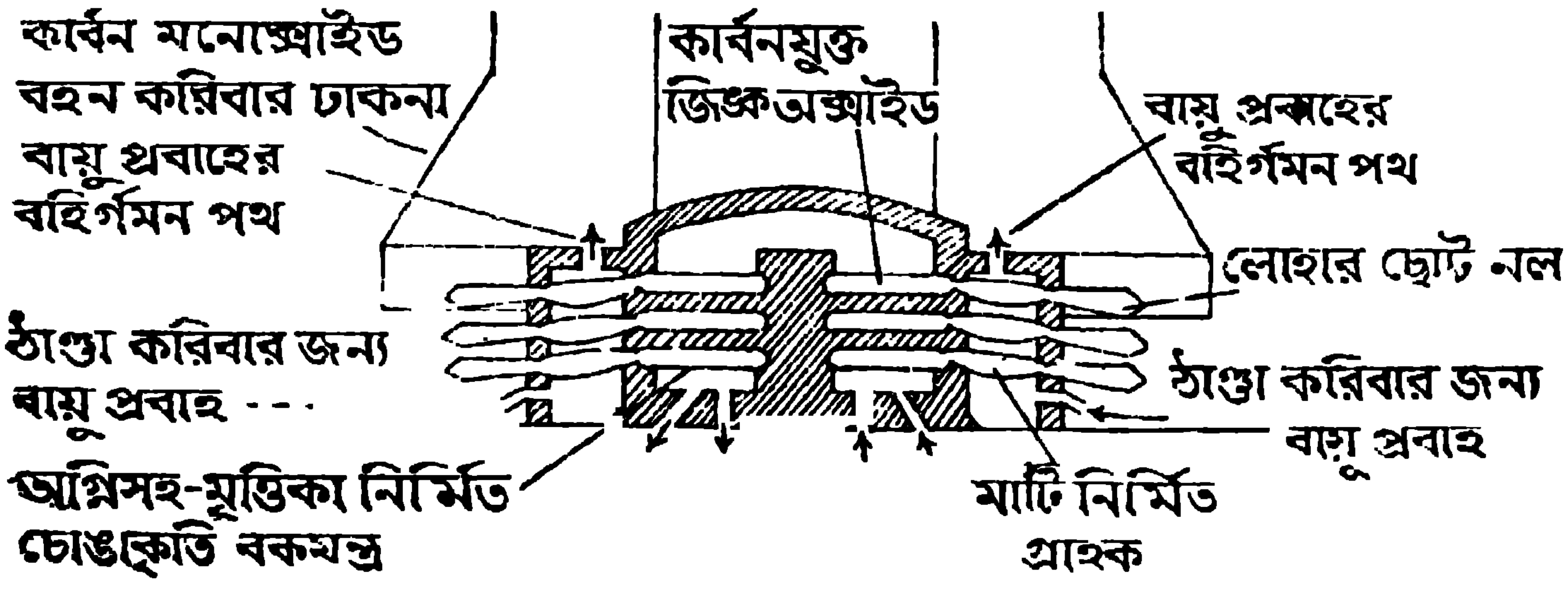
(ii) গাঢ়ীকৃত জিঙ্ক-সালফাইডকে পরে সাবধানে ভর্জিত করিয়া জিঙ্ক-অক্সাইড উৎপাদন করা হয়। এই ভর্জন প্রক্রিয়া এরূপভাবে সংঘটিত করা হয় যাহাতে জিঙ্ক-সালফাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জিঙ্ক-অক্সাইডই উৎপন্ন করে এবং কোনক্রমেই যেন সালফেটে পরিবর্তিত না হয়। তাই 800°—900° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় হেরেসেফের বহুকক্ষ সমন্বিত চুল্লীতে (multiple hearth furnace) উত্তপ্ত বায়ুস্রোতে ভর্জন প্রক্রিয়া নিষ্পন্ন করা হয়। এই চুল্লী 9 নং ছবিতে দেখান হইল।

(iii) উৎপন্ন জিঙ্ক-অক্সাইডকে তাহার ওজনের এক-পঞ্চমাংশ পরিমাণ কোকের গুঁড়ার সহিত মিশ্রিত করিয়া অগ্নিসহ মৃত্তিকা-নির্মিত বহু চোঙ্গাকৃতিবিশিষ্ট বকযন্ত্রে ভর্তি করা হয় (10নং চিত্র দেখ)। এক একটি বকযন্ত্রে প্রায় 40 পাউণ্ড মিশ্রণ ধরে। বকযন্ত্রের একমুখ বন্ধ থাকে। এই বকযন্ত্রগুলি এক একটি চুল্লীতে উপর হইতে নীচে তিন সারি করিয়া এমনভাবে সাজাইয়া দেওয়া হয় যে প্রত্যেক বকযন্ত্রের খোলামুখ নীচের দিকে একটু কাত হইয়া থাকে। প্রত্যেকটি বকযন্ত্রের খোলা মুখে একটি করিয়া মাটির শঙ্কু আকৃতির (Conical) নল জোড়া থাকে। এই নলগুলিতে জিঙ্কের বাষ্প জমিয়া যায়। তাই



9 নং চিত্র—বহুকক্ষ সমন্বিত চুল্লী

ইহারা জিঙ্কের বাষ্পের শীতকের (condenser) ও গ্রাহকের (receiver) কার্য করে। এই মাটির নলের শেষে একটি করিয়া লৌহের তৈয়ারী ছোট নল (ইহাকে prolong বলে) জুড়িয়া দেওয়া থাকে। ইহাতেও জিঙ্কের বাষ্প জমা হয়। সমস্ত



10 নং চিত্র

চুল্লীটি ঢাকা দেওয়া থাকে এবং গ্যাসীয় জ্বালানির (gaseous fuel) সাহায্যে নীচে হইতে বকযন্ত্রগুলিকে 1350° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপে

জিঙ্ক-অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হয় এবং জিঙ্কের বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় :

$$ZnO + C = Zn + CO$$ ।

জিঙ্কের বাষ্প গ্রাহকে জমা হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস লৌহের নলের মুখে আসিয়া ঈষৎ নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। বিজারণ ক্রিয়া শেষ হইলে নীল শিখা থাকে না। উচ্চ উষ্ণতায় জিঙ্কের-বাষ্প বাহিরের দিকে আসিয়া সাদা শিখাসহ জ্বলিতে আরম্ভ করে। তখন বুঝিতে পারা যায় যে বিক্রিয়া শেষ হইয়াছে। গলিত জিঙ্ক, যাহা গ্রাহকে জমা হয় তাহা হাতা দিয়া সরাইয়া, ছাঁচে ঢালা হয়। ইহাকে বাজারে জিঙ্ক অথবা স্পেল্টার (Spelter) বলে।

(iv) **জিঙ্কের বিশুদ্ধতা সম্পাদন :**—বাজারের জিঙ্কে, আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম, আর্সেনিক, ক্যাডমিয়াম, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি অশুদ্ধি দেখিতে পাওয়া যায়। উহাদের পরিমাণ শতকরা 1 – 3 ভাগ। পটাসিয়াম নাইট্রেটের সহিত এই অশুদ্ধ জিঙ্ক গলাইলে আর্সেনিক ও কিছুটা আয়রণ অপসারিত হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ জিঙ্ক পাইতে হইলে এই জিঙ্ককে একটি উচ্চ উত্তাপবিশিষ্ট (জিঙ্কের স্ফুটনাঙ্কের উপর উষ্ণতায় উত্তপ্ত) একটি শঙ্কু আকৃতির চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। তাহাতে জিঙ্ক এবং ক্যাডমিয়াম বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে এবং অন্যান্য অশুদ্ধি চুল্লীর তলায় পড়িয়া থাকে। এই বাষ্পকে ঘনীভূত করিয়া কঠিন করা হয় এবং এই কঠিন জিঙ্ক ও ক্যাডমিয়ামের মিশ্রণকে অন্য একটি শঙ্কু আকৃতির চুল্লীতে প্রায় 850° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। তাহাতে ক্যাডমিয়াম বাষ্পাকারে অপসারিত হয় এবং চুল্লীর নীচে হইতে বিশুদ্ধ জিঙ্ক গলিত অবস্থায় বাহির করিয়া আনা হয়।

6.3. **জিঙ্কের ধর্মাবলী :**—জিঙ্ক নীল আভাবিশিষ্ট সাদা স্ফটিকাকৃতি ধাতু। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·14, গলনাঙ্ক, 419·4° সেন্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 920° সেন্টিগ্রেড। ইহার বাষ্পে জিঙ্ক পরমাণুরূপে বর্তমান থাকে। সাধারণ উষ্ণতায় জিঙ্ক ভঙ্গুর ধাতু কিন্তু জিঙ্ক মধ্যমপ্রকার শক্ত-ধাতু। ইহা 100° – 150° সেন্টিগ্রেডের ভিতর নরম ও নমনীয় হয় এবং এই অবস্থায় ইহাকে তারে এবং পাতে পরিণত করা যায়। 205° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা আবার ভঙ্গুর হয় এবং তখন ইহাকে খলে চূর্ণ করা যায়।

জিঙ্কের উপর শুষ্ক বায়ুর কোন ক্রিয়া নাই। কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে উহাকে ফেলিয়া রাখিলে উহার উপর একটি সাদা ক্ষারকীয় কার্বনেটের আস্তরণের সৃষ্টি হয়। বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে জিঙ্ককে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে উহা সবুজ আভাযুক্ত সাদা

শিখার সহিত জ্বলে এবং তাহার ফলে জিঙ্ক অক্সাইডের সাদা ধোঁয়া উত্থিত হয়। উহাকে "ফিলজফারস্ উল" (Philosopher's wool) বলে।

বিশুদ্ধ জিঙ্কের উপর কোন অবস্থাতেই জলের কোন ক্রিয়া নাই। ফুটন্ত জল বাজারের অশুদ্ধ জিঙ্ক অথবা জিঙ্ক-কপার যুক্ত ধাতু (Zinc-copper couple) দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং তখন জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড $[Zn(OH)_2]$ বা জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO) পাওয়া যায়।

$$Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2 + H_2 \; ; \text{ অথবা } Zn + H_2O = ZnO + H_2$$

বিশুদ্ধ জিঙ্ক, বিশুদ্ধ পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় যোগদান করে না, কারণ জিঙ্কের উপর প্রথমে উদ্ভূত হাইড্রোজেনের একটি স্তরের সৃষ্টি হয় এবং অ্যাসিডের ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। কিন্তু বিশুদ্ধ জিঙ্ক ও বিশুদ্ধ পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণে কয়েক ফোঁটা কপার সালফেটের দ্রবণ যোগ করিলে জিঙ্কের উপর কপারের আস্তরণ পড়ে এবং জিঙ্ক অতি দ্রুত দ্রাবিত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইতে থাকে। বাজারের অশুদ্ধ জিঙ্ক, পাতলা হাইড্রোক্লোরিক বা পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে জিঙ্ক দ্রবীভূত হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস (SO_2) ও জিঙ্ক সালফেট $(ZnSO_4)$ উৎপন্ন হয়।

$$Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের গাঢ়তা এবং উষ্ণতা অনুসারে বিভিন্ন গ্যাস উৎপন্ন হয়। যেমন ঠাণ্ডা এবং অতি পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) উৎপন্ন করে, তাই কোন গ্যাস বাহিরে আসে না। ইহার সহিত জিঙ্ক নাইট্রেটও $[Zn(NO_3)_2]$ উৎপন্ন হইয়া থাকে।

$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3.$$

মধ্যমরকম পাতলা ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় জিঙ্ক নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড (NO) পাওয়া যায়।

$$3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

উষ্ণ ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করার ফলে জিঙ্ক নাইট্রেট ও নাইট্রোজেন পার অক্সাইড (NO_2) উৎপন্ন হয়।

$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

জিঙ্কের সহিত কষ্টিক সোডা ($NaOH$) বা কষ্টিক পটাসের (KOH) দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া থাকে এবং সোডিয়াম জিঙ্কেট [$Zn(ONa)_2$] বা পটাসিয়াম জিঙ্কেট দ্রবণে উদ্ভূত হয়।

$$Zn+2NaOH=Zn\ (ONa)_2+H_2$$

এইভাবে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় বলিয়া সোডিয়াম নাইট্রেটের ($NaNO_3$) সহিত জিঙ্কের গুঁড়া ও কষ্টিক সোডা মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়ার গন্ধ পাওয়া যায়; নাইট্রেটের বিজারণের ফলে এখানে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$NaNO_3+4Zn+7NaOH=NH_3+4Na_2ZnO_2+2H_2O$$

ক্লোরিণ গ্যাসের সংস্পর্শে জিঙ্ককে উত্তপ্ত করিলে উহা জিঙ্ক ক্লোরাইডে ($ZnCl_2$) পরিণত হয়। $Zn+Cl_2=ZnCl_2$

জিঙ্ককে অ্যামোনিয়া গ্যাসের ভিতর রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক নাইট্রাইড (Zn_3N_2) গঠিত হয়। $3Zn+2NH_3=Zn_3N_2+3H_2$

কপার সালফেটের ($CuSO_4$) ও সিলভার নাইট্রেটের ($AgNO_3$) দ্রবণে জিঙ্ক ধাতু যোগ করিলে উহাদের ধাতুগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu\ ;\ 2AgNO_3+Zn=2Ag+ZnN(O_3)_2$$

6.4. **জিঙ্কের ব্যবহার:**—বিভিন্ন বৈদ্যুতিক কোষে এবং ব্যাটারীতে জিঙ্ক ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পরীক্ষাগারের কিছু যন্ত্রপাতি উৎপাদনেও ইহার ব্যবহার দেখা যায়, যেমন গ্যাস-দ্রোণী প্রস্তুতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। লোহার মরিচা-ধরা বন্ধ করিতে লোহার উপর জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া হয়। এই জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া তিন প্রকারে নিষ্পন্ন করা হয়; (i) লৌহের দ্রব্যকে বালির স্রোতে (Sand blast) উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া (pickling) তাহার উপরের অক্সাইডের আস্তরণ একেবারে অপসারিত করিয়া লওয়া হয়। পরে সামান্য পরিমাণ বিগালক অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত গলিত জিঙ্কের গাহে লৌহদ্রব্যকে ডুবাইলে লৌহের উপর জিঙ্কের আস্তরণ পড়ে। এইরূপে লৌহের দ্রব্যে, জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়ার প্রণালীকে জিঙ্ক প্রলেপন (galvanisation) বলে। এই উপায়ে লৌহের উপর জিঙ্ক প্রলেপন প্রয়োগ করার পর, সেই জিঙ্ক প্রলেপনযুক্ত লৌহ হইতে সাধারণতঃ করোগেটেড (ঢেউ তোলা, Corrugated) টিন, বালতি, কৌটা ইত্যাদি লৌহের দ্রব্য প্রস্তুত করা হয়। (ii) ছোট ছোট লৌহ-নির্মিত দ্রব্যে যেমন বল্টু, স্ক্রু, কব্জা প্রভৃতিতে জিঙ্কের আস্তরণ দেওয়ার জন্য তাহাদিগকে দস্তারজ

(জিঙ্ক ও জিঙ্ক অক্সাইডের মিশ্রণ) সহিত মিশ্রিত করিয়া ড্রামের ভিতর রাখিয়া উপযুক্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে লৌহের দ্রব্যগুলির উপর জিঙ্কের একটি দৃঢ় আবরণ (জিঙ্ক ও লৌহের সংকর উৎপন্ন হওয়ায়) গঠিত হয়। এই পদ্ধতির নাম "Sherardisaton"। (iii) তড়িৎ লেপন পদ্ধতিতে, লৌহ দ্রব্যকে জিঙ্ক সালফেটের দ্রবণে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করিয়া ও জিঙ্কের পুরু পাতকে অ্যানোড করিয়া, ঐ লৌহ দ্রব্যের উপর জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া হয়।

ইহা ছাড়া জিঙ্ক হোয়াইট নামক সাদা রংএর গুঁড়া (Zinc white,—ZnO) উৎপাদনে, বহু জিঙ্ক সংকর (Zinc alloy),—যথা, জার্মান-সিলভার, ব্রোঞ্জ ইত্যাদি প্রস্তুতে, পার্কস পদ্ধতিতে লেড হইতে সিলভার বাহির করিয়া আনিতে, সায়ানাইড পদ্ধতিতে গোল্ড ও সিলভার নিষ্কাশনে জিঙ্ক ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

দস্তার গুঁড়া (zinc dust) ও **দানাযুক্ত দস্তা** (granulated zinc):— জিঙ্কের গুঁড়া, জিঙ্ক অক্সাইড ও ধাতব জিঙ্কের মিশ্রণ। ইহা জিঙ্ক নিষ্কাশনের সময় শীতকে জমা হয় এবং সেখান হইতে সংগৃহীত হয়। আবার গলিত জিঙ্কের ভিতর দিয়া উচ্চচাপে বায়ু প্রবাহিত করিলে দস্তার গুঁড়া পাওয়া যায়।

গলিত জিঙ্ককে সরু সুতার আকারে শীতল জলে ঢালিয়া দিলে দানাযুক্ত দস্তা (granulated zinc) উৎপন্ন হয়। দস্তার গুঁড়া ও দানাযুক্ত দস্তা বিজারক হিসাবে অনেকক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

6.5. জিঙ্কের সংকর (alloy of zinc):—তামা (60—70%) ও দস্তা (40—30%) একত্রে গলাইয়া পিতল প্রস্তুত করা হয়। ইহা বাসন, নল, অস্ত্র ও যন্ত্রপাতির অংশ প্রস্তুত করিতে প্রয়োজন হয়। তামা, দস্তা ও নিকেল মিশাইয়া জার্মান সিলভার প্রস্তুত করা হয়। জিঙ্কের অন্যান্য সংকর, যথা কাঁসা, ব্রোঞ্জ প্রভৃতি সম্বন্ধে তামার সংকরের মধ্যে বর্ণিত হইয়াছে।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

1. Mention the principal ores of Zinc and state how the metal can be obtained from its sulphide ore.

জিঙ্কের প্রধান প্রধান আকরিকগুলির উল্লেখ কর। উহার সালফাইড আকরিক হইতে উহাকে কিভাবে নিষ্কাশিত করা হয় তাহা বর্ণনা কর।

2. Describe the properties and uses of Zinc. Name two of its alloys and their uses.

জিঙ্কের ধর্মাবলী ও ব্যবহার বর্ণনা কর। ইহার দুইটি সংকরের নাম কর এবং ইহারা কি কি কাজে লাগে বল।

3. What is galvanising and what is sherardising? What are their importance?

দস্তালেপন কি? উহার প্রয়োজনীয়তা কি?

4. নিম্নলিখিত উক্তিগুলির ভিতর কোন্‌টি সত্য তাহা বল :—

(ক) বিশুদ্ধ জিঙ্ক, বিশুদ্ধ পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া দ্রবণে জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন করে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস দেয়।

(খ) অতি পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড জিঙ্কের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

(গ) সাধারণ উষ্ণতায় কষ্টিক সোডা জিঙ্ককে দ্রবীভূত করে।

(ঘ) সাধারণ উষ্ণতায় জিঙ্ক, কপার সালফেটের দ্রবণ হইতে কপার প্রতিস্থাপিত করে।

5. নিম্নের শূন্যস্থানগুলি পূরণ কর :—

(i) যখন দস্তাকে বাতাসের মধ্যে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় তখন উহা ————পরিণত হয়।

(ii) পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত দানাযুক্ত দস্তা ছিবড়া মিশাইলে———— গ্যাস উৎপন্ন হয়।

(iii) কপার সালফেটের দ্রবণে দস্তা যোগ করিলে————অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(iv) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্ককে উত্তপ্ত করিলে————গ্যাস উৎপন্ন হয়।

(v) তামা ও দস্তা মিশাইয়া————প্রস্তুত করা হয়।

জীববিদ্যা ও স্বাস্থ্য

(Living Beings & Health)

সপ্তম অধ্যায় (Chapter VII)

অ্যামিবা, স্পাইরোগাইরা, ফার্ণ ও ঈষ্টের জীবন-বৃত্তান্ত

(Life History of Amoeba, Spirogyra, Yeast & Fern)

7.1. অ্যামিবা (Amoeba) (1 নং চিত্র দেখ)

প্রকৃতির রাজ্যে নানা বিচিত্র প্রাণী আছে। অনেক অতি ক্ষুদ্র প্রাণী আছে যাহাদিগকে সাধারণতঃ অণুবীক্ষণ বিনা দেখিতে পাওয়া যায় না; ইহাদিগকে প্রোটোজোয়া বলা হয়। অ্যামিবা এককোষী প্রাণী এবং প্রোটোজোয়া শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। খালি চোখে অ্যামিবাকে এক বিন্দুর ন্যায় দেখায়। অনুবীক্ষণের দ্বারা দেখা যায় যে অ্যামিবা, দেহের নানা স্থান হইতে অঙ্গুলির ন্যায় কতকগুলি ক্ষণপদ (Pseudopodia) বাহির করিয়া চলাফেরা করিতেছে; এইরূপ চলন অ্যামিবার একটি বিশেষ লক্ষণ। অ্যামিবা, অন্য সকল জৈবকার্যও তাহার এককোষী দেহের দ্বারা সম্পন্ন করে। কিন্তু ব্যাঙের ন্যায় বহুকোষী প্রাণীরা, পুষ্টি, শ্বসন প্রভৃতি নানা জৈব-কার্য, তাহাদের বহুকোষযুক্ত অঙ্গপ্রত্যঙ্গ দিয়া সম্পন্ন করে। নদী-নালা বা পুষ্করিণীর তলায় অ্যামিবা থাকে ও পচা জলজ উদ্ভিদের উপর চলাফেরা করে। অ্যামিবার একটি বিশেষ প্রজাতি (Species) মানুষের বৃহদন্ত্রে বাস করিয়া আমাশয় রোগের সৃষ্টি করে (1নং চিত্র দেখ)।

অ্যামিবার দেহকোষ :

অ্যামিবার দেহকোষে নিম্নলিখিত অংশগুলি দেখা যায়, যথা,—(i) অ্যামিবার দেহকোষটি একটি পাতলা পরদা দিয়া ঢাকা থাকে তাহার নাম **প্লাসমালেমা** (Plasmalemma) [1 নং চিত্র দেখ]।

(ii) **একটোপ্লাসম** (Ectoplasm),—এই অংশটি অনেকটা স্বচ্ছ; দেহের অন্য কোমল অংশগুলি ইহাকে সুরক্ষিত করে।

(iii) **এণ্ডোপ্লাসম**—ইহা এক্টোপ্লাসমের ন্যায় স্বচ্ছ নয় কারণ ইহার ভিতর অসংখ্য সূক্ষ্ম কণা বিকীর্ণ থাকে। এণ্ডোপ্লাসমই দেহকোষের অধিকতম অংশ।

(iv) এণ্ডোপ্লাসমের ভিতর একটি নিউক্লিয়াস থাকে। ইহা দেহকোষের সকল জৈব ক্রিয়া নিয়ন্ত্রিত করে। তিন প্রকার ভ্যাকুওল (Vacuole) এণ্ডোপ্লাসমে দেখা যায় যথা,—(a) কনট্রাকটাইল ভ্যাকুওল (Contractile Vacuole)—দেহের দূষিত

1 নং চিত্র—অ্যামিবা

পদার্থ এই ভ্যাকুওল দিয়া বাহির হয় ; (b) ওয়াটার ভ্যাকুওল (Water Vacuole)—এগুলি গোল ও কনট্রাকটাইল ভ্যাকুওল অপেক্ষা ছোট হয়। ইহাদের ভিতর জল সঞ্চিত থাকে। ওয়াটার ভ্যাকুওল অনেকগুলি থাকিতে পারে ; (c) ফুড ভ্যাকুওল (Food Vacuole)—ফুড ভ্যাকুওলও অনেকগুলি থাকিতে পারে। অ্যামিবা যে খাদ্য আহরণ করে তাহা ইহার ভিতর থাকে।

অ্যামিবার জৈবক্রিয়া :

অ্যামিবার নানা জৈবক্রিয়াব সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :

(i) **চলন** (Locomotion)—**প্রথমে** দেহকোষের উপরের যে কোন স্থান হইতে এক্টোপ্লাসম খানিকটা উঁচু হইয়া উঠে ; ইহার ভিতর এণ্ডোপ্লাসমের কিছু অংশ স্রোতের মত প্রবেশ করিয়া একটি সরু অঙ্গুলীর মত ক্ষণপদের সৃষ্টি করে। এই অবস্থায় সমস্ত দেহকোষটি ক্ষণপদের দিকে সরিয়া যায়। এইভাবে অ্যামিবা চলিয়া বেড়ায়। এইরূপেই অ্যামিবার আকৃতি ক্ষণে ক্ষণে বদলায়।

(ii) **পুষ্টি** (Nutrition).—অ্যামিবা সাধারণতঃ এলজি, ডায়াটম, কতকগুলি প্রোটোজোয়া প্রভৃতিকে খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। দুইটি ক্ষণপদের দ্বারা বেষ্টিত হইয়া খাদ্য দেহকোষের ভিতর প্রবেশ করে ও একটি ফুড ভ্যাকুওল হয়। এই ফুড ভ্যাকুওলে খাদ্যটি হজমের রসের দ্বারা জীর্ণ হয় এবং অজীর্ণ অংশটি মলরূপে দেহ হইতে বাহির হয়। তাই

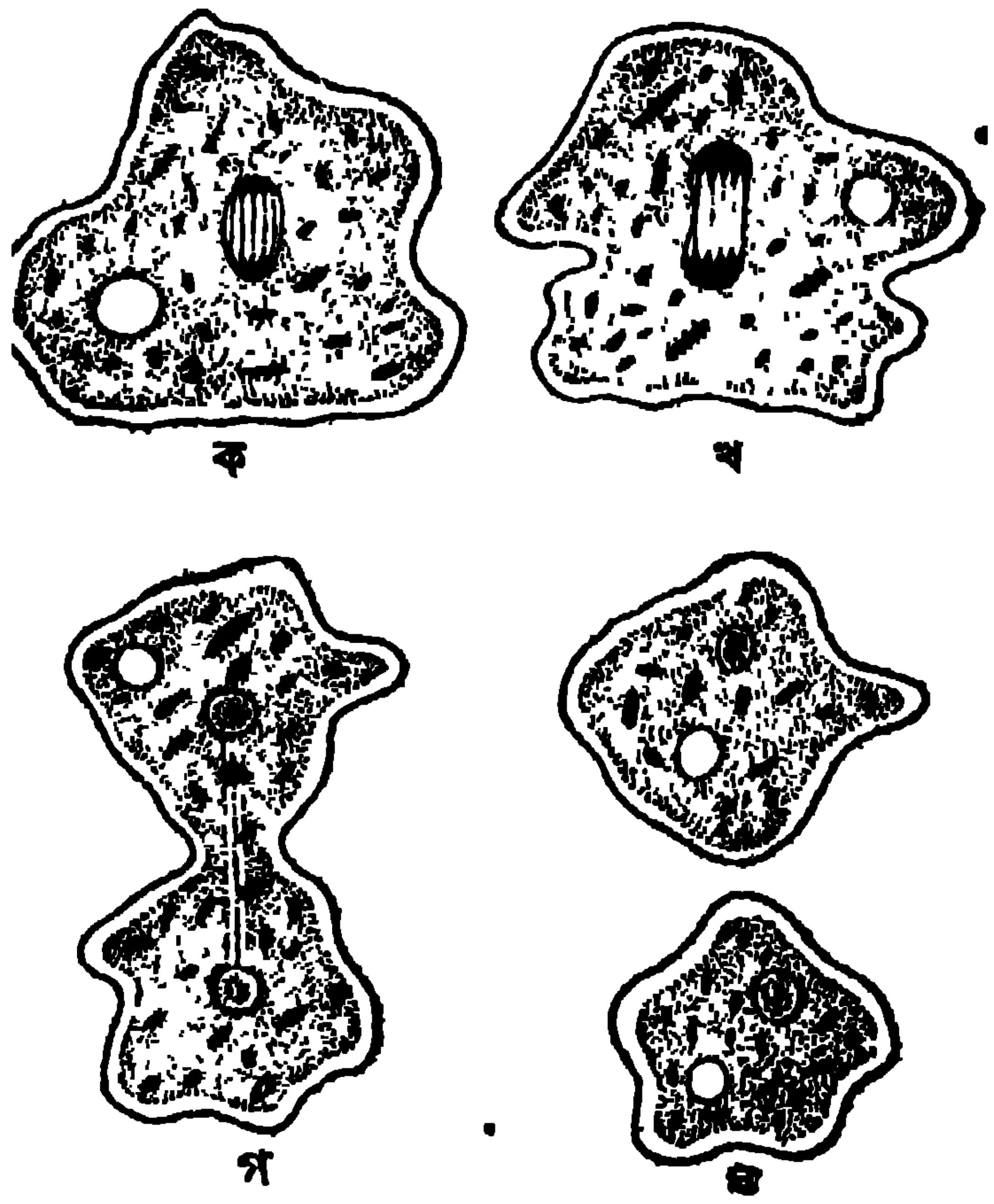
দেখা যাইতেছে যে খাদ্যের হজম, কোষের ভিতর হয়। ব্যাঙের খাদ্য হজম হয় পৌষ্টিকনালীর মধ্যে, কোষের ভিতর নয়।

(iii) **শ্বসন.**—অ্যামিবা, প্লাসমালেমার ভিতর দিয়া জলে দ্রবীভূত অক্সিজেন গ্রহণ করে ; দেহকোষে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড একই পথে নির্গত হয়।

(iv) **রেচন.**—দেহের নাইট্রোজেনযুক্ত দূষিত পদার্থ জলে দ্রবীভূত হইয়া একটি কনট্র্যাকটাইল ভ্যাকুওলে জমা হয় ; ভ্যাকুওলটি ক্রমে ক্রমে বড় হইয়া ফাটিয়া যায় ও দূষিত পদার্থ নির্গত হয়। একই স্থানে পুনরায় একটি নূতন কনট্র্যাকটাইল ভ্যাকুওলের উৎপত্তি হয়।

(v) **জনন.**—অ্যামিবার জননক্রিয়া দুইভাগে সম্পন্ন হয়, যথা :—(a) দ্বিবিভাজন (Binary fission) ও (b) বহুবিভাজন (multiple fission) বা স্পোরিউ-লেশন (Sporulation)।

(a) **দ্বিবিভাজন.**—যখন প্রতিবেশ অনুকূল হয় তখন এই প্রক্রিয়ায় জনন হয়। দেহটি গোলাকৃতি ধারণ করে ; নিউক্লি-য়াসের মধ্যবর্তী স্থান ঈষৎ সঙ্কুচিত হয় এবং তাহার ফলে নিউক্লিয়াসটি একটু লম্বা হয়। এইরূপে নিউক্লিয়াসটি দুই ভাগে বিভক্ত হয় (2 নং চিত্র দেখ)। ইহার পর অপত্য-নিউক্লিয়াস দুইটির মধ্যবর্তী সাইটোপ্লাসম, ক্রমে ক্রমে দুইভাগে বিভক্ত হয় ও প্রত্যেক ভাগে একটি করিয়া অপত্য-নিউক্লিয়াস থাকে। এইভাবে একটি অ্যামিবা হইতে দুটি অ্যামিবার সৃষ্টি হয়।



2 নং চিত্র—**অ্যামিবার দ্বিবিভাজন**

(b) **বহুবিভাজন.**—যখন পারিপার্শ্বিক অবস্থা প্রতিকূল হয় তখন এইরূপে অ্যামিবার জনন ক্রিয়া সম্পন্ন হয়। প্রথমে প্লাসমালেমা তিনটি আবরণীযুক্ত সিস্ট (cyst) প্রস্তুত করে, এই সিস্টের ভিতর গোলাকার দেহকোষটি থাকে (3 নং চিত্র দেখ)। সিস্টটি হাল্কা হওয়াতে সহজেই অনুকূল পরিবেশে নীত হয় ; বাহিরের শক্ত আবরণ ভিতরের প্রাণীটিকে সকল অবস্থায় রক্ষা করে। এইবার নিউক্লিয়াসটি বহুভাগে বিভক্ত হইয়া

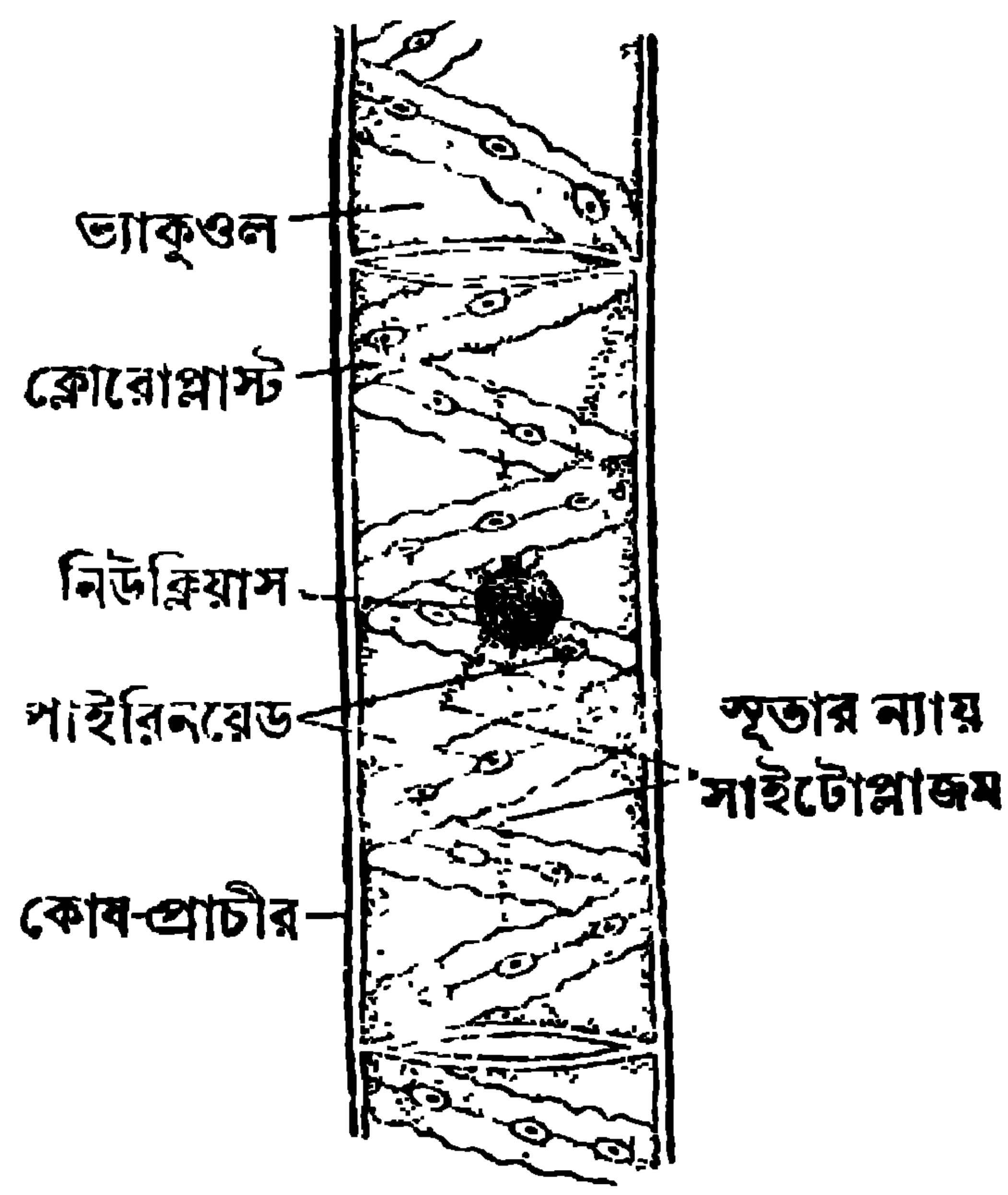
ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়; ভিতরের প্রোটোপ্লাসমও ঐরূপ ছোট ছোট ভাগে বিভক্ত হয় এবং এক একটি প্রোটোপ্লাসমের অংশ একটি ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াসকে আবৃত করে। এইরূপে অনেকগুলি ছোট ছোট সিউডোপো-ডিয়োস্পোরের (pseudopodiospore) সৃষ্টি হয় (3 নং চিত্র দেখ)। পারিপার্শ্বিক পরিবেশের অবস্থা অনুকূল থাকিলে এইগুলি সিস্টের আবরণী ভেদ করিয়া বাহির হয় ও ছোট ছোট অ্যামিবাতে পরিণত হয়। পুষ্টি গ্রহণ করিয়া এগুলি পরিণত অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

3 নং চিত্র

7.2. স্পাইরোগাইরা (Spirogyra)

স্পাইরোগাইরা, উদ্ভিদের এলজি শ্রেণীর মধ্যে পড়ে; ইহা একপ্রকার শেওলা। এই ক্ষুদ্র উদ্ভিদটি পুষ্করিণী, ডোবা, খানা, ছোট ছোট নদীতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

স্পাইরোগাইরার দেহের গঠন: এই উদ্ভিদের দেহটি দীর্ঘ সূতার ন্যায়। কতকগুলি লম্বা বেলনআকৃতি কোষের দ্বারা ইহা গঠিত (4 নং চিত্র দেখ)। প্রত্যেকটি কোষের প্রাচীরে সেলুলোজ ও পেকটিন বলিয়া এক পদার্থ থাকে। এই প্রাচীরের ভিতরেই সাইটোপ্লাসমের একটি পাতলা স্তর আছে ও কোষের ঠিক মধ্যস্থলে একটি বৃহৎ ভ্যাকুওল (Vacuole) থাকে এবং এই কোষের ঠিক কেন্দ্রে একটি নিউক্লিয়াস থাকে। নিউক্লিয়াসটি বাহিরের সাইটোপ্লাসমের সহিত সরু সূতার ন্যায় সাইটোপ্লাসমের দ্বারা যুক্ত থাকে। স্পাইরোগাইরার ক্লোরোপ্লাস্ট

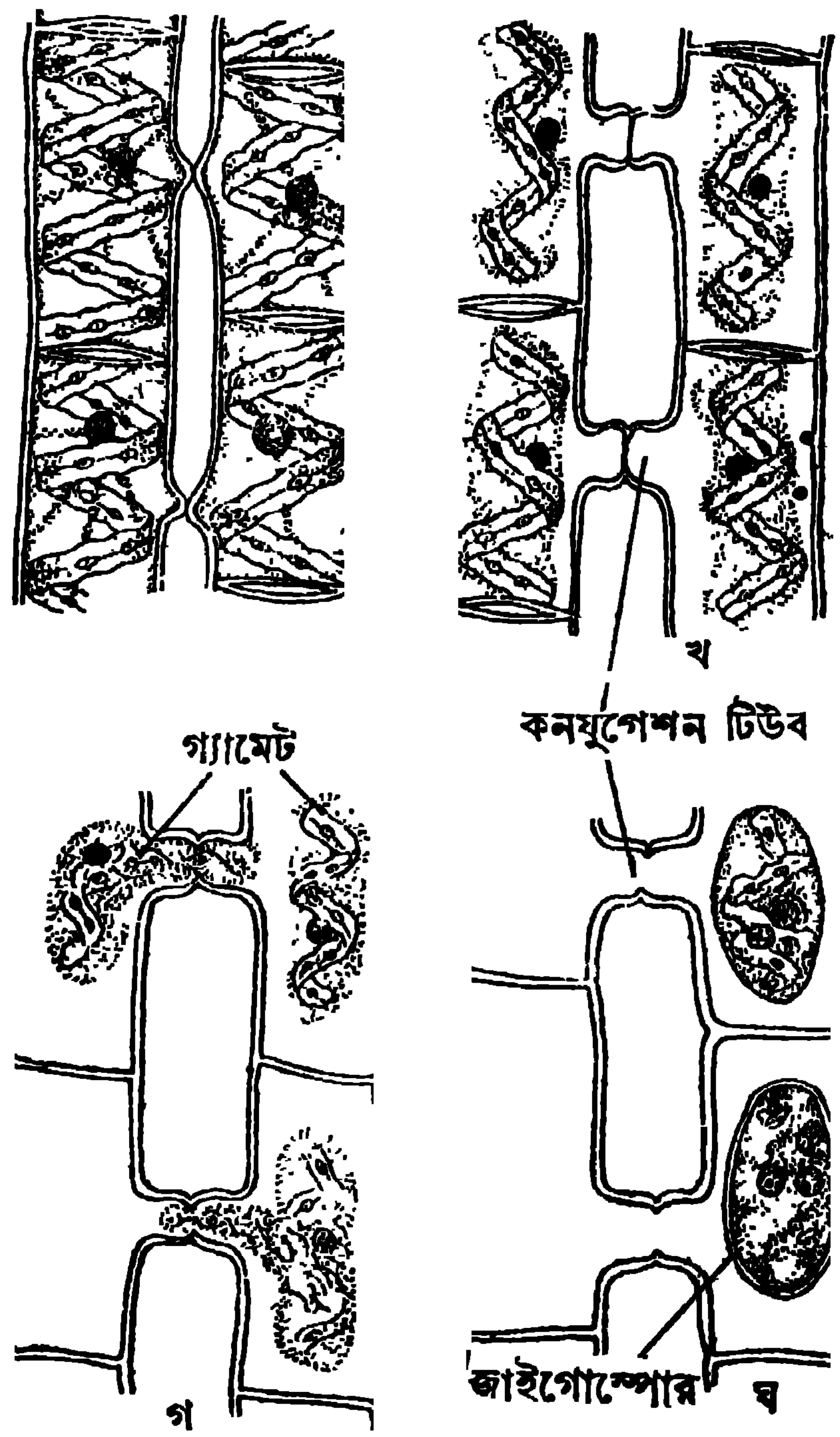


4 নং চিত্র
স্পাইরোগাইরার দেহের একটি অংশ

ফিতার মত ও কোষের একদিক হইতে অন্য দিক পর্যন্ত সর্পিল বা স্পাইরাল (Spiral) আকারে বিস্তৃত থাকে। এইজন্য উদ্ভিদটির নাম স্পাইরোগাইরা।

ক্লোরোপ্লাস্টে পাইরিনয়েড বলিয়া কতকগুলি বস্তু থাকে। ইহার মধ্যে খাদ্য সঞ্চিত থাকে।

জনন ঃ সাধারণতঃ সেক্সুয়াল (Sexual) পদ্ধতিতে ইহা সম্পন্ন হয়। দুটি একই প্রকারের কোষের, জননের জন্য মিলিত হওয়াকে বলে কনজুগেশন (5নং চিত্র দেখ)। এইরূপ কনজুগেশনের দ্বারাই স্পাইরোগাইরা নিজেদের বংশবৃদ্ধি করে। প্রথমে দুইটি স্পাইরোগাইরার সুতার ন্যায় দেহ পাশাপাশি আসে এবং প্রত্যেকটি দেহের স্থানে স্থানে একটি সূক্ষ্ম উদ্গত বস্তু দৃষ্ট হয়। এইগুলি পরস্পরের দেহে লাগিয়া যায় এবং ইহাদের সংযোগ স্থলটি অদৃশ্য হয়; ইহার ফলে দুটি কোষকে যোগ করিয়া একটি নলের সৃষ্টি হয়। এই নলটিকে বলে কনজুগেশন টিউব (Conjugation tube)। ইতিমধ্যে কোষগুলির প্রোটোপ্লাসম শুকাইয়া গিয়া একটি গোলাকার বস্তুর আকার ধারণ করে ও কোষের মধ্যবর্তী স্থানে থাকে। এই বস্তুটিকে জনন কোষ বা গ্যামেট বলা হয় [5 গ নং চিত্র]। কোনও একটি স্পাইরোগাইরার কোষের গ্যামেট উক্ত নলের ভিতর দিয়া পার্শ্বস্থ কোষে প্রবেশ করে

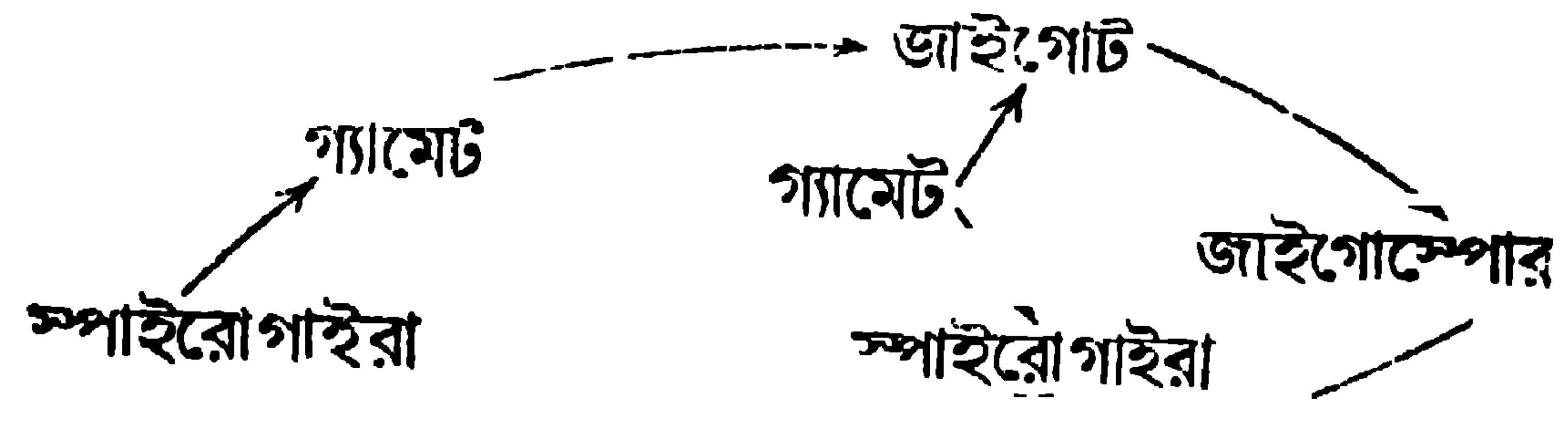


5নং চিত্র স্পাইরোগাইরার কনজুগেশনের নানা অবস্থা
(ক) দুটি স্পাইরোগাইরার কনজুগেশন সুরু হইতেছে
(খ) কনজুগেশন টিউব

ও এই কোষটির গ্যামেটের সহিত মিলিত হয়। এই মিলনের ফলে জাইগোটের (Zygote) সৃষ্টি হয়। এই জাইগোটকে জাইগোস্পোর (Zygospore) বলা হয় [5 ঘ নং চিত্র]। কনজুগেশনের ফলে একটি স্পাইরোগাইরার কোষগুলি শূন্য হইয়া যায় ও পার্শ্বস্থ স্পাইরোগাইরার কোষগুলিতে জাইগোট থাকে। এই প্রসঙ্গে জানা উচিত যে যদিও

স্পাইরোগাইরাতে স্ত্রী পুরুষের ভেদ করা হয় না, তথাপি যে গ্যামেটটি সচল, তাহাকে বলা হয় পুরুষ, অপরটিকে বলা হয় স্ত্রী গ্যামেট।

জাইগোস্পোরের অঙ্কুরোদ্গম : প্রথমে জাইগোট একটি শক্ত আবরণের সৃষ্টি করে। যে ক্লোরোপ্লাস্টগুলি পুরুষ উদ্ভিদ হইতে আসে সেগুলি নষ্ট হয় কিন্তু স্ত্রী উদ্ভিদ প্রদত্ত ক্লোরোপ্লাস্টগুলি নষ্ট হয় না। ইহার পর আবরণীটি বিদীর্ণ হইয়া জাইগোস্পোরটি বাহিরে আসে ও ডোবা বা পুষ্করিণীর জলের নীচে পড়িয়া যায়। কিছুদিন পরে অঙ্কুরোদ্গম হইয়া জাইগোস্পোর হইতে একটি সূতার ন্যায় নূতন স্পাইরোগাইরার উৎপত্তি স্পাইরোগাইরার জীবন-বৃত্তান্ত 5 (a) নং চিত্র হইতে অনুধাবন করা যাইতে পারে।



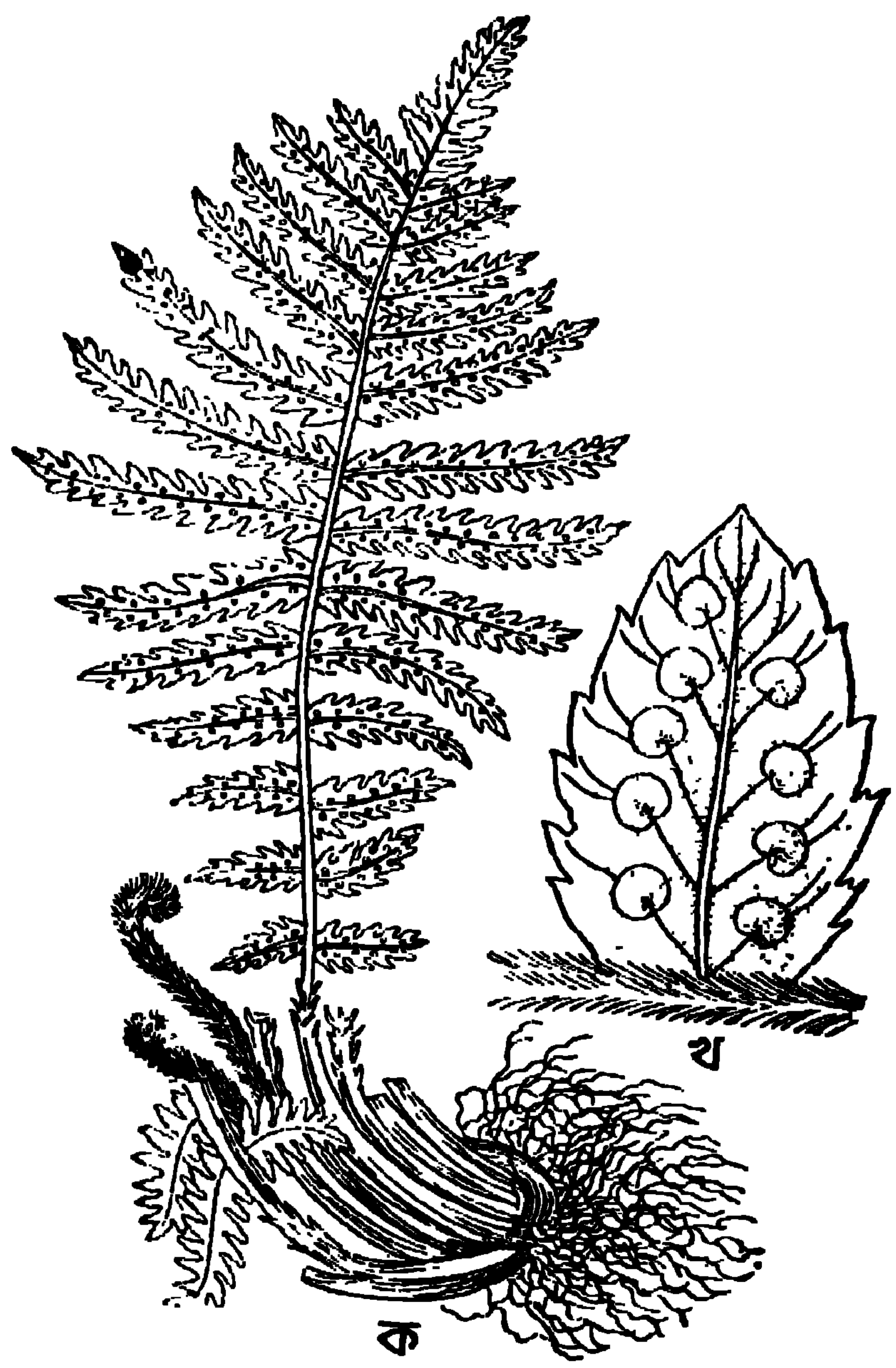
5 (a) নং চিত্র—স্পাইরোগাইরার জীবন-বৃত্তান্ত

7.3. ফার্ণ (Fern) :

আমাদের দেশে ফার্ণ অতি পরিচিত উদ্ভিদ (6ক নং চিত্র দেখ)। ইহাদিগকে সাধারণত বনে-জঙ্গলে, নদীর ধারে, পাহাড়ের গায়ের উপর দেখিতে পাওয়া যায়। ছায়ায় ও আর্দ্র স্থানে ইহারা প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। ইহাদের জীবন-বৃত্তান্তে দুইটি বিশেষ অবস্থা দৃষ্ট হয়। যথা :—

(i) স্পোরোফাইট অবস্থা (Sporophyte Stage) বা স্পোরোফাইট জেনারেশন (Sporophyte generation)

(ii) গ্যামেটোফাইট অবস্থা (Gametophyte Stage) বা গ্যামেটোফাইট জেনারেশন (Gametophyte generation)।



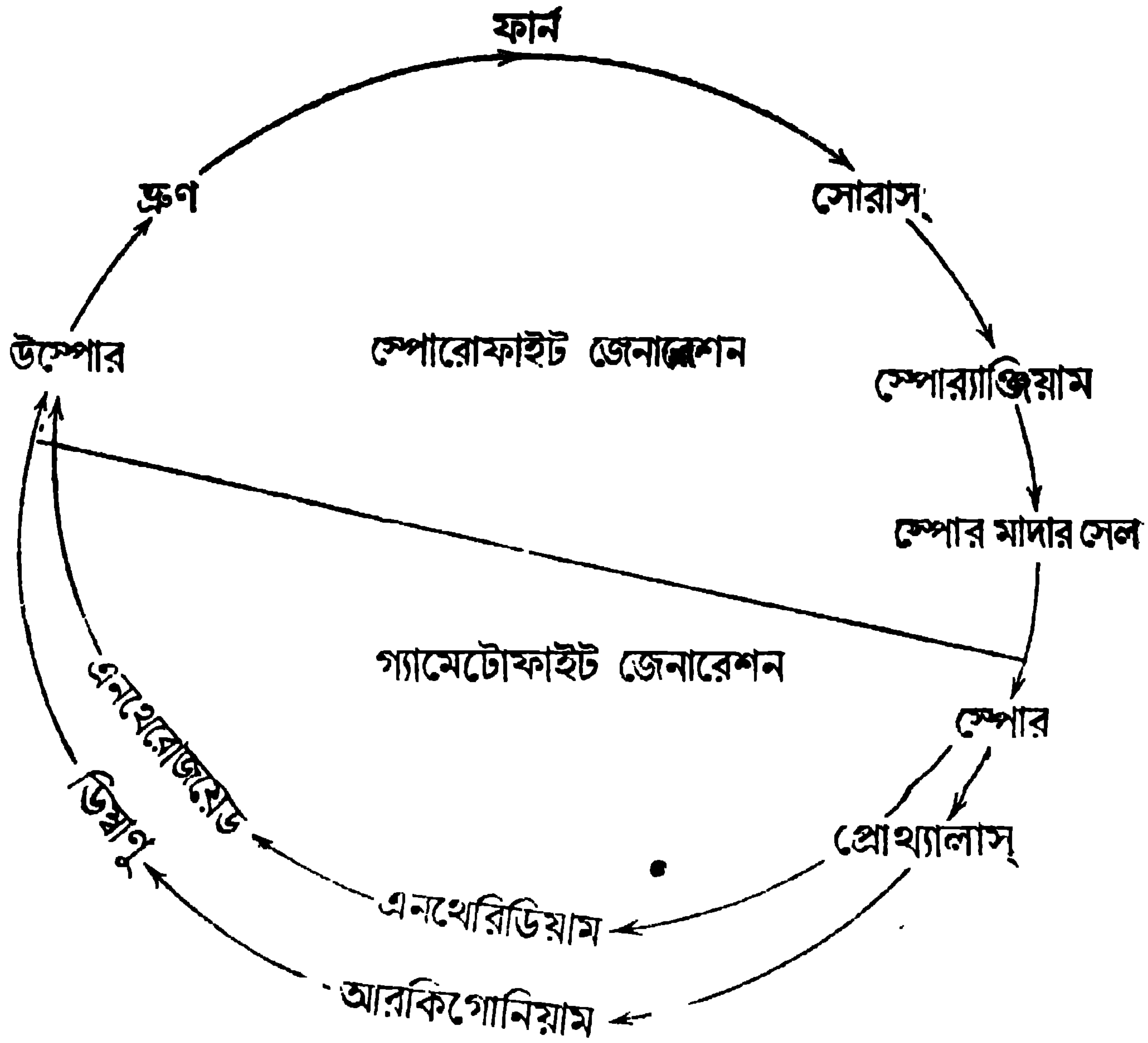
6 নং চিত্র—
(ক) ফার্ণগাছ (খ) পত্রাংশের নীচে সোরাস

(i) **স্পোরোফাইট অবস্থা :**—ফার্ণের কাণ্ড একটি রাইজোম (Rhizome)। ইহা মাটির নীচে থাকে ও ইহা হইতে কতকগুলি শিকড় বাহির হয়। রাইজোম হইতে যে পাতা জন্মায় সেগুলি যৌগিক পত্র; নানা ফার্ণে নানা বিচিত্র গঠনের পাতা হয়। প্রতিটি ক্ষুদ্র পাতার নীচে অনেকটা বাদামী রঙের সোরাস (Sorus) দেখিতে পাওয়া যায় (6থ নং চিত্র দেখ)। প্রতিটি সোরাসে থলির ন্যায় কতকগুলি স্পোর্যাঞ্জিযাম (Sporangium) থাকে। প্রত্যেক স্পোর্যাঞ্জিয়ামে কতকগুলি স্পোর মাদার সেল (Spore mother cell) থাকে ও প্রত্যেকটি স্পোর মাদার সেল হইতে চারিটী করিয়া স্পোরের উৎপত্তি হয়। পরিপক্ক হইলে স্পোরগুলি স্পোর্যাঞ্জিয়াম ভেদ করিয়া বাহিরে আসে। জমির উপর পড়িয়া স্পোরগুলির অঙ্কুরোদ্‌গম হয় এবং একটি পাতলা সবুজ তাম্বূলাকৃতি প্রোথ্যালাসের সৃষ্টি হয়। এই প্রোথ্যালাস, ফার্ণের গ্যামেটোফাইট অবস্থা।

(ii) **গ্যামেটোফাইট অবস্থা :**—প্রোথ্যালাস একটি স্বাধীন ও স্বয়ংসম্পূর্ণ উদ্ভিদ। ইহা তাম্বুলাকার ও ইহার ব্যাস প্রায় 1/3″। প্রোথ্যালাসের তলা হইতে কতকগুলি সরু সূতার ন্যায় রাইজয়েডস (Rhizoids) বাহির হইয়া, ইহাকে মাটিতে দৃঢ়ভাবে আটকাইবার ও পুষ্টিগ্রহণের জন্য সহায়তা করে।

প্রোথ্যালাসের তলায় স্ত্রী ও পুরুষ দুই অঙ্গই থাকে। তাই ইহাকে উভলিঙ্গ বলা যাইতে পারে। পুরুষ জননেন্দ্রিয়ের নাম এনথেরিডিয়াম (Antheridium) ও স্ত্রী জননেন্দ্রিয়কে বলা হয় আরকিগোনিয়াম (Archigonium)। এনথেরিডিয়াম হইতে পুংকোষ বা এনথেরোজয়েড উৎপন্ন হয়। এনথেরোজয়েড সর্পিল আকারের হয় ও ইহার একদিকে একগুচ্ছ সূক্ষ্ম সূতার ন্যায় সিলিয়া (Cilia) লাগান থাকে; এইজন্য ইহা আশেপাশের জলে সাঁতার কাটিতে পারে। আরকিগোনিয়ামটি দেখিতে অনেকটা ফ্লাস্কের (flask) ন্যায়। ইহার ভিতর একটি স্ত্রীকোষ বা ডিম্বাণু থাকে। আরকিগোনিয়াম পরিপক্ক হইলে একটি রাসায়নিক পদার্থ প্রস্তুত করে; ইহার দ্বারা পুংকোষ বা এনথেরোজয়েড আকর্ষিত হইয়া আরকিগোনিয়ামের ভিতর প্রবেশ করে ও ডিম্বাণুর সহিত মিলিত হয়। এই গর্ভাধানের ফলে এককোষী উস্পোরের (oospore) উৎপত্তি হয়। উস্পোর ক্রমে ক্রমে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া একটি বহুকোষী ভ্রূণে পরিণত হয়। এই ভ্রূণ হইতে নূতন ফার্ণ উৎপন্ন হয়। এইরূপে ফার্ণের জীবন-চক্রটি সম্পূর্ণ হয়।

অলটারনেশন অফ জেনারেশন (Alternation of generation):—ফার্ণের জীবনচক্রে একটি জ্ঞাতব্য বিষয় আছে। স্পোরোফাইট অবস্থাটি সব সময় গ্যামেটোফাইট অবস্থাটির সহিত যুক্ত থাকিয়া একটি জীবনচক্রের সৃষ্টি করে। ইহাকে



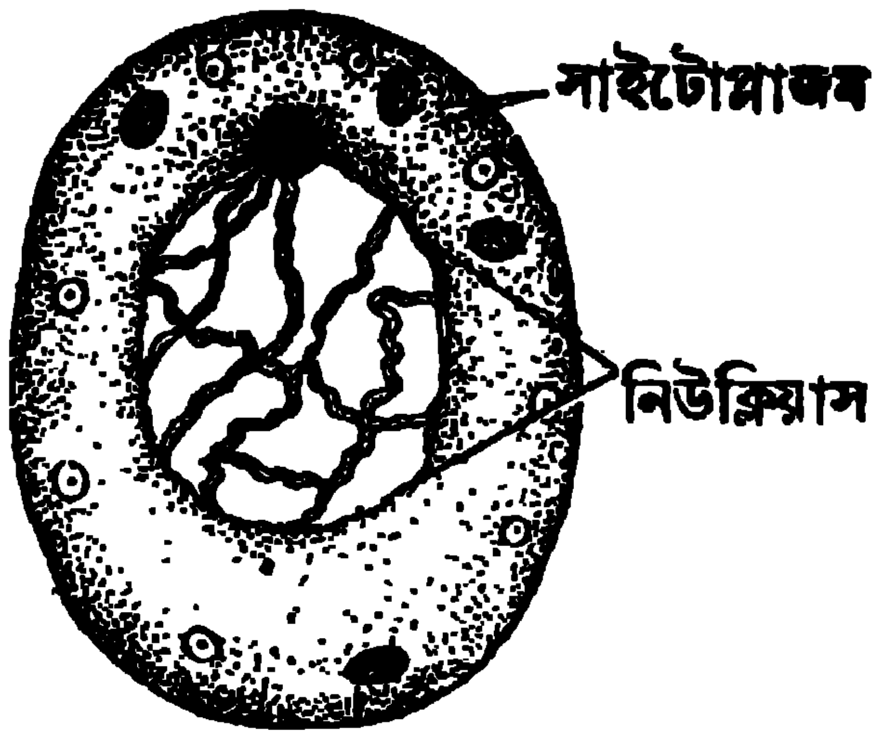
7 নং চিত্র—ফার্ণের জীবনচক্র

বলা হয় অল্টারনেশন্ অফ জেনারেশনস (alternation of generations)। ইহা একটি নক্শার দ্বারা দেখান হইল [7 নং চিত্র দেখ]।

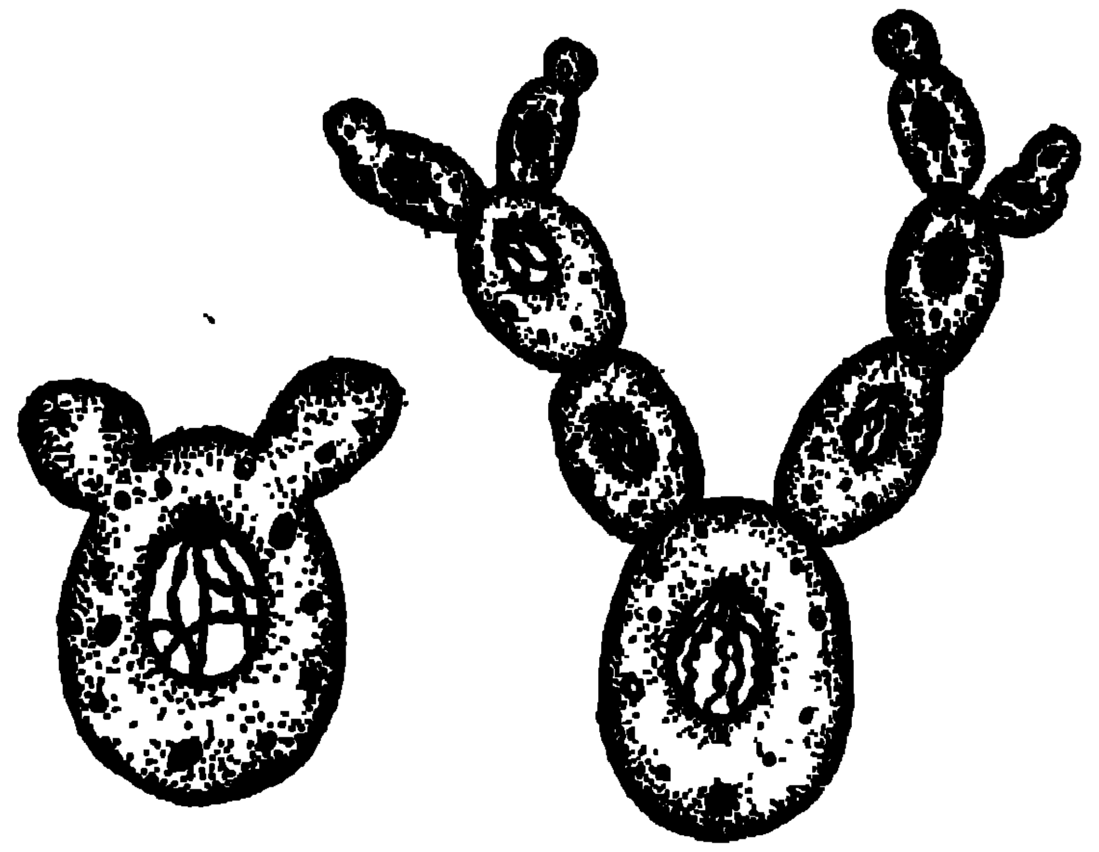
7.4. ঈষ্ট (Yeast):

ঈষ্ট একটি এককোষী উদ্ভিদ (8 নং চিত্র দেখ)। যাহাতে প্রচুর শর্করা আছে, সেইসব মিষ্ট রসে ইহা থাকে—যথা, খেজুরের রস, আঙ্গুরের রস, ফুলের মধু প্রভৃতি। এককোষী হওয়াতে ইহাদের গঠন অতি সরল। দেহকোষটি বৃত্ত বা উপবৃত্তাকার। কোষের সাইটোপ্লাসম দানাদার (গ্রান্যুলার-Granular) এবং ইহার ভিতর একটি নিউক্লিয়াস থাকে। কোষের পুষ্টির জন্য, ভিতরে তৈলকণা, প্রোটিন, গ্লাইকোজেন প্রভৃতি সঞ্চিত থাকে।

তিনটি উপায়ে ঈষ্টের জনন সম্পন্ন হয় : (i) মুকুলোদ্‌গমের দ্বারা (Budding), (ii) স্পোর উৎপন্নের দ্বারা (Spore formation), (iiii) কনজুগেশনের দ্বারা (conjugation) ।



8 নং চিত্র—একটি ঈষ্টকোষ বড় করিয়া দেখান হইয়াছে

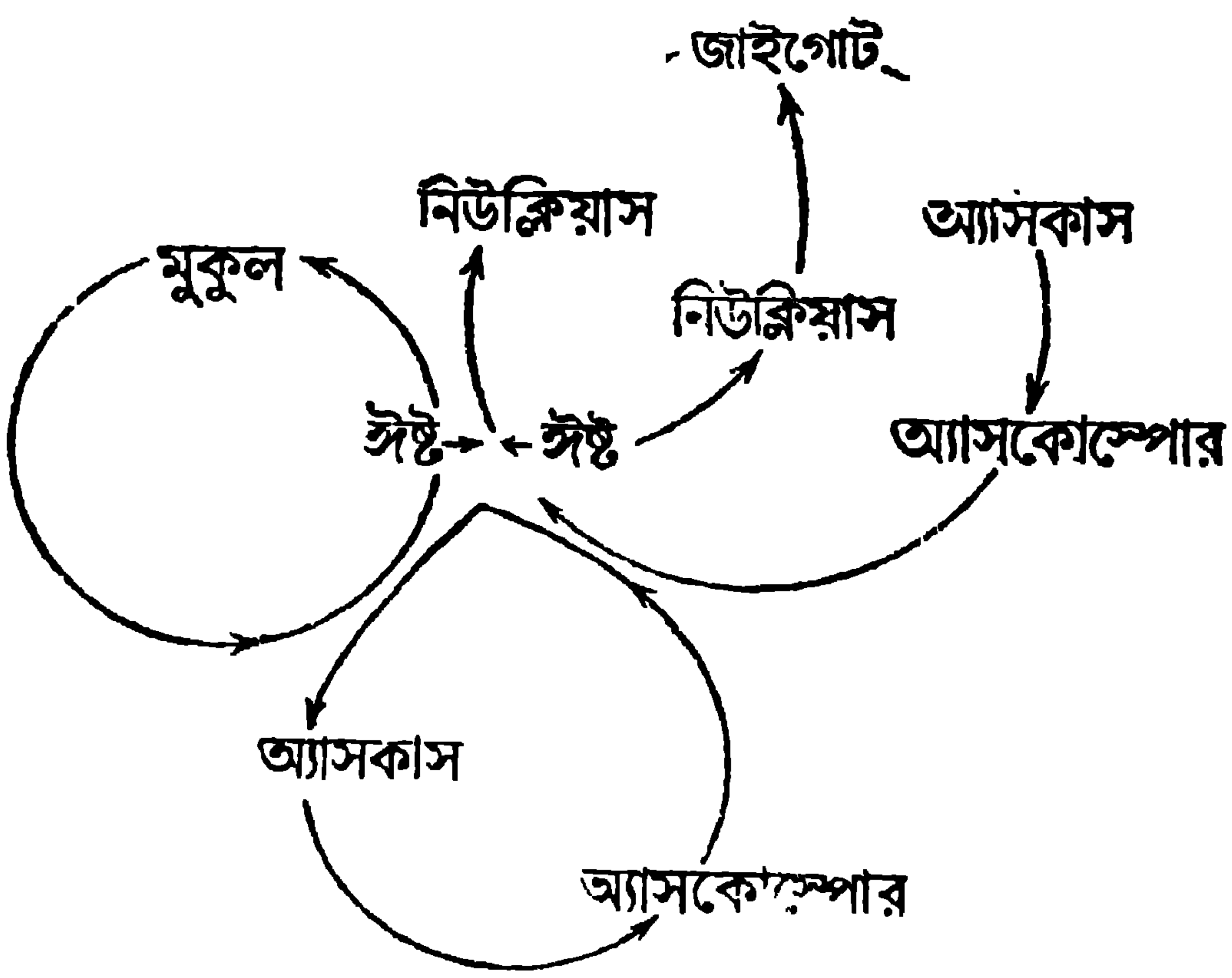

9 নং চিত্র—ঈষ্টের মুকুলোদ্‌গম

(i) **মুকুলোদ্‌গম দ্বারা :**—একটি ঈষ্টকোষ হইতে অনেক অপত্যকোষের সৃষ্টি হয়, বিশেষতঃ যখন খাদ্যের প্রাচুর্য থাকে। প্রথমে ঈষ্টকোষের একপাশে একটি মুকুল দেখা যায় ; মুকুলটি ক্রমে ক্রমে বড় হইতে থাকে। ঈষ্টকোষটির নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাসম দুইভাগে বিভক্ত হয়। এই সকলের এক অংশ প্রথম কোষটিতে থাকে অপর অংশ মুকুলটিতে যায়। পরে এই মুকুলটি প্রথম কোষ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া স্বাধীন জীবনযাপন করে। যখন পর পর মুকুলের সৃষ্টি হয় তখন দেখা যায় কোষগুলি একটি শৃঙ্খলাকারে পরস্পরের সহিত যুক্ত রহিয়াছে (9 নং চিত্র দেখ)।

(ii) **স্পোর উৎপন্নের দ্বারা জনন :**—খাদ্যের ও জলের অভাব হইলে ঈষ্টকোষগুলি স্পোর উৎপন্ন করে। প্রথমে একটি ঈষ্টকোষ বেশ বড় হয় ; ইহার পর তাহার নিউক্লিয়াস বিভক্ত হইয়া দুই হইতে আটটি ছোট নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়। প্রত্যেকটি ছোট নিউক্লিয়াস একটু করিয়া সাইটোপ্লাসমে পরিবৃত থাকে এবং ইহাদিগকে অ্যাসকোস্পোর্ (ascospore) বলা হয়। যে ঈষ্টকোষ হইতে ইহাদের উৎপত্তি হয় তাহাকে বলা হয় অ্যাসকাস (ascus)। যখন পারিপার্শ্বিক অবস্থা অনেকটা স্বাভাবিক হয় তখন অ্যাসকাস বিদীর্ণ হইয়া অ্যাসকোস্পোর বাহিরে আসে ও নূতন ঈষ্টকোষের সৃষ্টি করে [10(*a*) ছবি দেখ]।

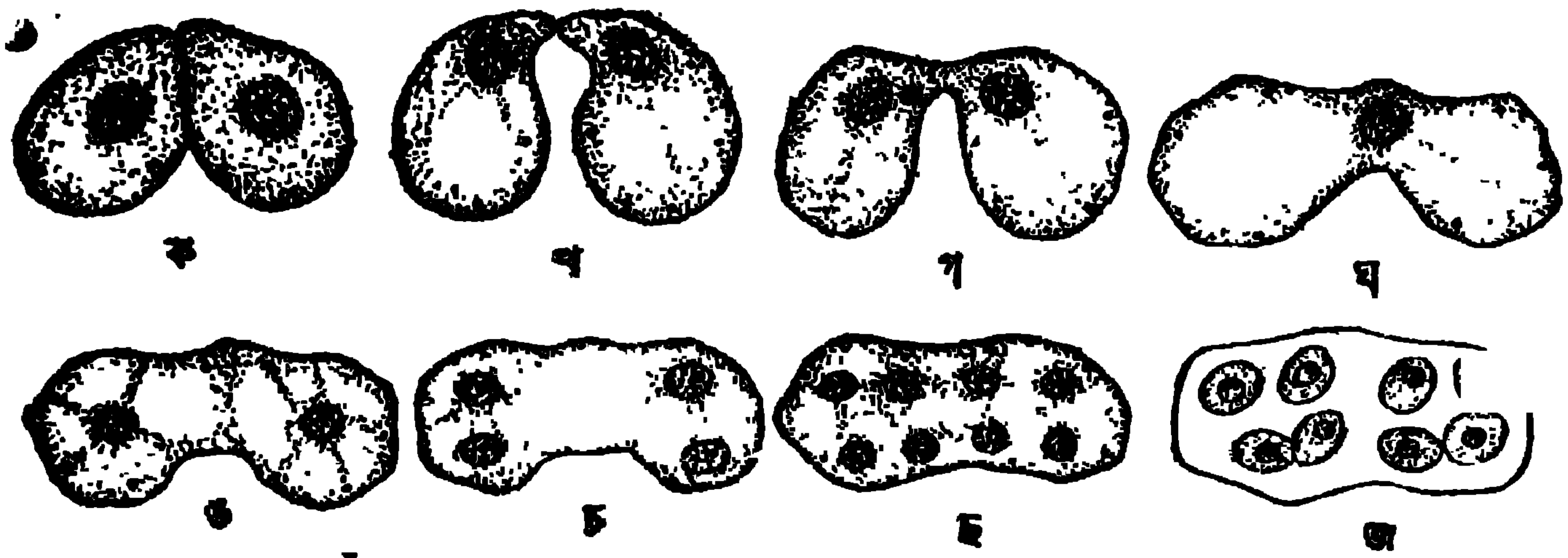
(iii) **কনজুগেশন দ্বারা :**—কতকগুলি ঈষ্ট প্রজাতির, কনজুগেশনের দ্বারা বংশবৃদ্ধি হয়। দুটি ঈষ্টকোষ অতি নিকটে আসে ও প্রত্যেকের দেহ হইতে একটি স্থান সামান্য উঁচু হইয়া উঠে ; এই উঁচু স্থান দুটি মিলিত হয় ও একটি নলের সৃষ্টি করে।

দুটি কোষের নিউক্লিয়াস দুইটি, একটি নলে প্রবেশ করিয়া যুক্ত হয় ও একটি জাইগোটে পরিণত হয়। এইবার নলটি বেশ বড় হয় ও দুটি কোষ মিলিয়া একটি ডামবেলের



10(*a*) নং চিত্র—ঈষ্টের জীবনচক্র

(Dumbell) আকার ধারণ করে। এইটিকে বলা হয় অ্যাসকাস। জাইগোট হইতে



10(*b*) নং চিত্র—ঈষ্টের কনজুগেশনের নানা অবস্থা ও অ্যাসকোস্পোরের উৎপত্তি

4টি অথবা 8টি নিউক্লিয়াসের উৎপত্তি হয় এবং প্রতিটি নিউক্লিয়াস একটু করিয়া সাইটোপ্লাসমে আবৃত হইয়া 4টি অথবা 8টি অ্যাসকোস্পোরে পরিণত হয় [10(*b*) নং চিত্র]। এসকাসটি ফাটিয়া গিয়া অ্যাসকোস্পোর বাহির হইয়া আসে ও একটি স্পোর একটি ঈষ্টকোষে পরিণত হয় এবং মুকুলোদ্গমের দ্বারা অন্য ঈষ্টকোষের সৃষ্টি করে [10(*a*) নং চিত্র দেখ]।

কোহল সন্ধান (Alcoholic fermentation) :

ঈষ্টকোষ, কোহল (Alcoholic fermentation) সন্ধান করিতে পারে। এই কোষগুলি, জাইমেজ (Zymase) বলিয়া একটি কিণ্ব (Enzyme) ক্ষরণ করে। এই

কিণ্বটির প্রধান গুণ হইতেছে যে মিষ্ট শর্করার রসে ইহা রাসায়নিক প্রক্রিয়ার দ্বারা কোহল ও কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করে। তাই খেজুরের রস, আঙ্গুরের রস প্রভৃতিতে ঈষ্টকোষ ছাড়িয়া দিলে কোহল প্রস্তুত হয় ও রসের উপরে কারবন ডাই-অক্সাইডের ফেনা দেখা যায়। রাসায়নিক প্রক্রিয়াটি এইরূপ :

$$C_6H_{12}O_6 + (\text{জাইমেজ}) = 2C_2H_5(OH) + 2CO_2$$

গ্লুকোজ কোহল কারবন ডাই-অক্সাইড

এইরূপে খেজুরে রস হইতে তাড়ি প্রস্তুত হয়।

পাঁউরুটির কারখানায় রুটি প্রস্তুত করিতে ঈষ্টের ব্যবহার হয়। ময়দার তালে ঈষ্ট দেওয়া হয়। সন্ধানের (Fermentation) ফলে ও তাপের দ্বারা কারবন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া রুটি ফুলিয়া যায়। ঈষ্টে ভাইটামিন বি কমপ্লেক্স থাকায় ইহা ঔষধে ব্যবহার হয়।

Objective Test প্রশ্ন

A. Alternative respnose type :

(1) *Yes or no type* :—(i) অ্যামিবার হজম কি উহার কোষের ভিতরে হয় ? ——————

(ii) ফার্ণের অ্যান্‌থেরোজয়েড কি জলে সাঁতার দেয় ? ——————

(iii) পাঁউরুটী প্রস্তুত করিতে কি ঈষ্টের প্রয়োজন হয় ? ——————

(iv) স্পাইরোগাইরা নামের উৎপত্তির কোন কারণ আছে কি ? ——————

(2) *True or false type.*—(i) অ্যামিবাকে পার্শ্ব হইতে দেখিলে ইহার আকৃতি চ্যাপটা বলিয়া মনে হয়। ——————

(ii) স্পাইরোগাইরার দেহটি দীর্ঘ সূতার ন্যায়। ——————

(iii) ফার্ণ ছায়ায় ও আর্দ্র স্থানে প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। ——————

(iu) ঈষ্ট একটি বহুকোষী উদ্ভিদ। ——————

B. Recall type and Completion type :

(i) অ্যামিবা তাহার সকল (*a*) ———— একটি (*b*) ———— দ্বারা সম্পন্ন করে। (*a*)————(*b*)————

(ii) একটি স্পাইরোগাইরার কোষস্থিত গ্যামেট ———— ভিতর দিয়া অন্য স্পাইরোগাইরার কোষস্থিত গ্যামেটের কাছে যায়। ——————

(iii) ফার্ণের জীবন ইতিহাসে ———— দেখা যায়, একটির পর অন্যটি আসে। ——————

C. Multiple choice type :

(i) অ্যামিবা কি ? —একটি উদ্ভিদ, একটি ক্ষুদ্র প্রাণী, প্রাণহীন জড় পদার্থ।

(ii) স্পাইরোগাইরা কোথায় পাওয়া যায় ? পুষ্করিণী, পাহাড়ের উপরে, আর্দ্রস্থানে।

(iii) ঈষ্টের দেহকোষটি কিরূপ ? বৃত্তাকার, সুতার ন্যায়।

(iv) ফার্ণ কোথায় পাওয়া যায় ? পচা ডোবায়, বনে জঙ্গলে, জীবদেহে।

প্রশ্নাবলী

(Questions)

Art. 7.1.

1. (i) A marble has been pressed inside a mass of clay (ii) a food vacuole has been formed by an amoeba which has taken some food.

What is the difference between these two process ?

(i) একটি মারবেলের গুলি একতাল মাটির মধ্যে জোর করিয়া প্রবেশ করানো হইয়াছে (ii) একটি অ্যামিবার ভিতর খাদ্য প্রবেশ করিয়া ফুড ভ্যাকুওল হইয়াছে। এই দুটি প্রক্রিয়ার প্রভেদ কি ?

2. Name an animal (i) whose digestion takes place inside a cell (ii) whose digestion takes place outside the cell.

একটি প্রাণীর নাম কর যাহার হজম হয় (i) কোষের ভিতর (ii) কোষের বাহিরে।

3. When viewed through the microscope from above an amoeba is seen to have a flat irregular shape. How will it look from the side ?

একটি অণুবীক্ষণ দ্বারা অ্যামিবাকে উপর হইতে দেখিলে দেখা যায় যে অ্যামিবার আকৃতি চ্যাপটা ও ক্ষণপদ বাহির হওয়ার জন্য পরিধি অসমান। পার্শ্ব হইতে অ্যামিবাকে কিরূপ দেখাইবে ?

4. Why cannot amoeba have organs ?

অ্যামিবার অঙ্গপ্রত্যঙ্গ থাকিতে পারে না কেন ?

5. Write what you know about the locomotion, nutrition and repreduction of an amœba.

অ্যামিবার চলন, পুষ্টি ও জনন সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

6. Write short notes on (সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :)

(i) Contractile vacuole (কন্ট্র্যাকটাইল ভ্যাকুওল)

(ii) Pseudopodia (ক্ষণপদ)

(iii) Pseudopodiospore (সিউডোপোডিওস্পোর)

(v) Plasmalemma (প্লাসমালেমা)

Arts. 7.2, 7.3, 7.4.

7. What is the origin of the name of spirogyra ? How are the male and female gametes differentiated ?

স্পাইরোগাইরা নামের উৎপত্তি কি ? পুং ও স্ত্রী জননকোষ কিভাবে চিনিতে পারা যায় ?

8. Why does an antherozoid of a fern come near an ovum ? Is the prothallus a part of the fern plant ?

ফার্ণের অ্যানথেরোজয়েড ডিম্বাণুর নিকটে আসে কেন ? প্রথ্যালাস কি ফার্ণের দেহের অংশ ?

9. What is the most important structure which is lacking in the life-history of spirogyra but found in fern ? How does the antherozoid of a fern swim in the water ?

স্পাইরোগাইরার জীবন-বৃত্তান্তে কোন জিনিসটি দেখা যায় না যাহা ফার্ণে দেখা যায় ? ফার্ণের অ্যানথেরোজয়েড কি ভাবে জলে সাঁতার দেয় ?

10. What happens to the yeast cells as well as to the sugar solution when the cells are kept for sometime in the solution.

যখন ঈষ্টকোষ শর্করার জলে রাখা হয়, কিছুক্ষণ পরে ইহাদের উভয়েরই কি পরিবর্তন হয় ?

11. Write what you know about the life history of spirogyra.

স্পাইরোগাইরার জীবন-বৃত্তান্ত সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

12. Describe the Gametophyte stage of a fern ?

একটি ফার্ণের গ্যামেটোফাইট অবস্থা বর্ণনা কর।

13. Describe the life history of Yeast.

ঈষ্টের জীবন-বৃত্তান্তের বর্ণনা দাও।

14. Write short notes on (সংক্ষিপ্ত টীকা দাও).

(i) Zygospore of spirogyra (স্পাইরোগাইরার জাইগোস্পো

(ii) Prothallus of a fern (ফার্ণের প্রোথ্যালাস)

(iii) Toddy (তাড়ি) (iv) Spore (স্পোর)

অষ্টম অধ্যায় (Chapter VIII)

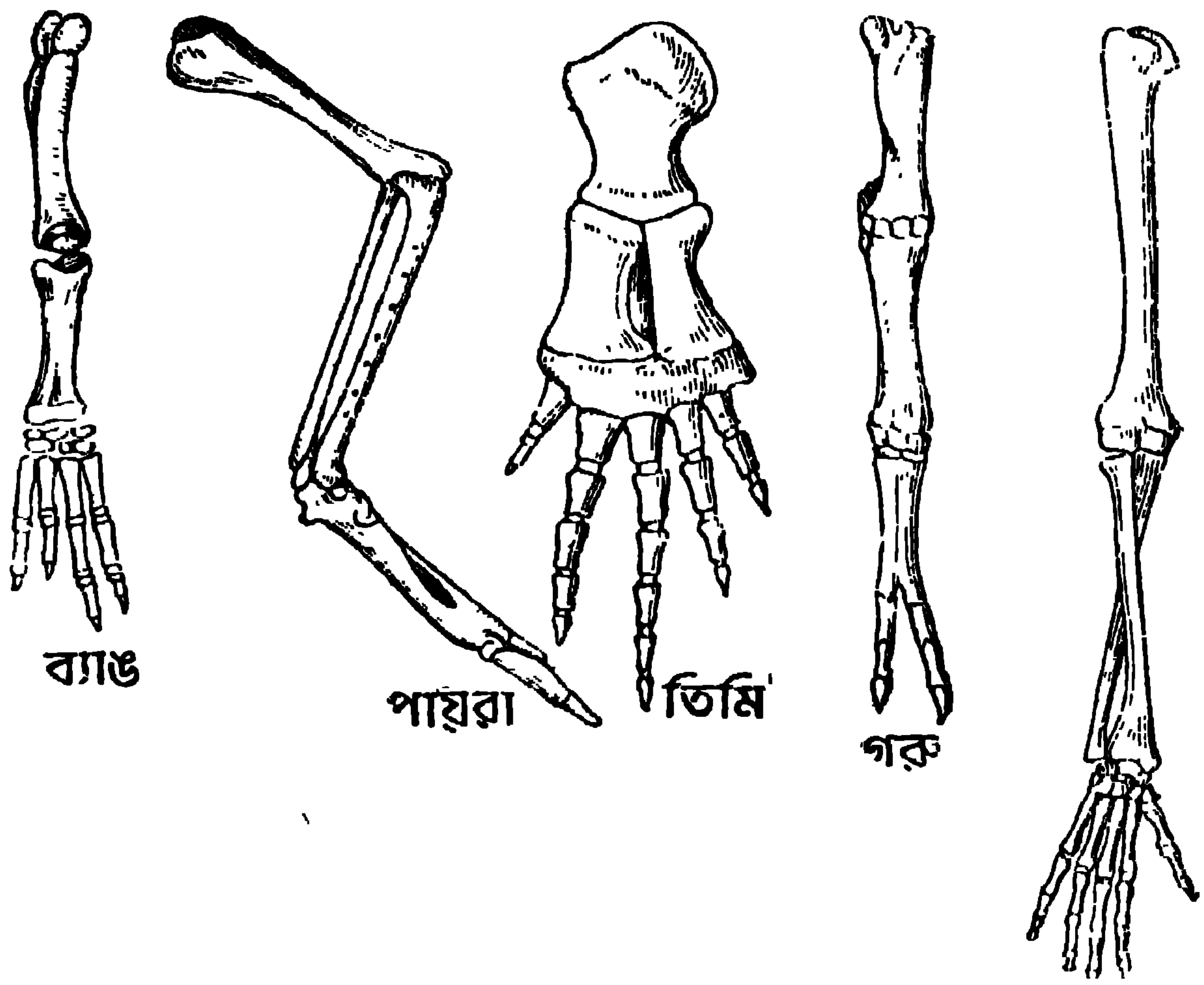
অভিব্যক্তি, বংশগতি ও অভিযোজন
(Evolution, Heredity & Adaptation)

8.1. অভিব্যক্তি (Evolution)

সাধারণ লোক আশেপাশের নানারূপ বিচিত্র প্রাণী ও উদ্ভিদ দেখিয়া আনন্দ পায় কিন্তু তাহাদের উৎপত্তি ও জীবন সম্বন্ধে বিশেষ ঔৎসুক্য প্রকাশ করে না। কিন্তু জীব-বিজ্ঞানী তাঁহার পারিপার্শ্বিক পরিবেশ সম্বন্ধে উদাসীন নন; তিনি শুধু প্রকৃতির বিচিত্র লীলা দেখিয়া এবং তাহার প্রাণসম্পদের রূপ, বং ও শব্দে মুগ্ধ হইয়া ক্ষান্ত হন না; এই অত্যাশ্চর্য অস্তিত্ব, সাধারণ লোকের ন্যায় সহজে মানিয়া লন না; তিনি ইহাদের উৎপত্তি বিষয়ে গভীর চিন্তা করেন। এই জীব জগতের সৃষ্টির দুটি কারণ তাঁহার মনে হইতে পারে। (i) এই বিচিত্র প্রাণসম্ভারের প্রত্যেক প্রাণী বা প্রত্যেক উদ্ভিদ, বহুযুগ পূর্বে যেরূপ আকৃতি ও প্রকৃতি লইয়া উৎপন্ন হইয়াছিল এখনও সেইরূপ আকৃতি ও প্রকৃতি আছে—যুগ যুগ ধরিয়া তাহাদের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে নাই। (ii) আধুনিক প্রাণী ও উদ্ভিদ অপেক্ষাকৃত সরল আকৃতি ও গঠনের জীব হইতে উৎপন্ন হইয়াছে; এবং এই অত্যাশ্চর্য ঘটনার মূলে রহিয়াছে প্রকৃতি দেবীর যুগযুগের সাধনা। দ্বিতীয় মতটির এত বেশী প্রমাণ আছে যে বৈজ্ঞানিকগণ ইহাই মানিয়া লইয়াছেন। এই প্রমাণগুলি একে একে আলোচনা করা হইতেছে।

(a) মরফলজির বা গঠনের দ্বারা প্রমাণ (Morphological Evidence) :—যদি একটি বাদুড়ের পাখা, তিমির সন্তরণের ফ্লিপার (flipper), গরুর অগ্রপদ, পাখীর ডানা, একটি কচ্ছপের সন্তরণের অগ্রপদ, কুণোব্যাঙের অগ্রপদ ও আমাদের হাত নিরীক্ষণ করা যায় তাহা হইলে বাহির হইতে প্রথমে মনে হয় যে এই সকল অঙ্গগুলির পরস্পরের সহিত সম্বন্ধ নাই। কিন্তু তাহাদের ভিতরের গঠন দেখিলে বুঝা যাইবে যে তাহারা প্রত্যেকটি একটি অগ্রপদ, কারণ এই সকল বিভিন্ন অঙ্গের অস্থি, মাংসপেশী, ধমনী, স্নায়ু প্রভৃতি একই প্রকার। ইহাতে প্রমাণ হয় যে এই সকল নানাশ্রেণীর মেরুদণ্ডীর পূর্বপুরুষদের অগ্রপদ, একটি কুণোব্যাঙের মত উভচরের সরল গঠনের অগ্রপদের অভিব্যক্তির ফল। পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সহিত নিজেদের

উপযোগী করিবার জন্য ও অভিব্যক্তির ফলে, এই সকল বিভিন্ন শ্রেণীর প্রাণীর অগ্রপদের গঠন নানারূপ হইয়াছে [11 নং চিত্র দেখ]।

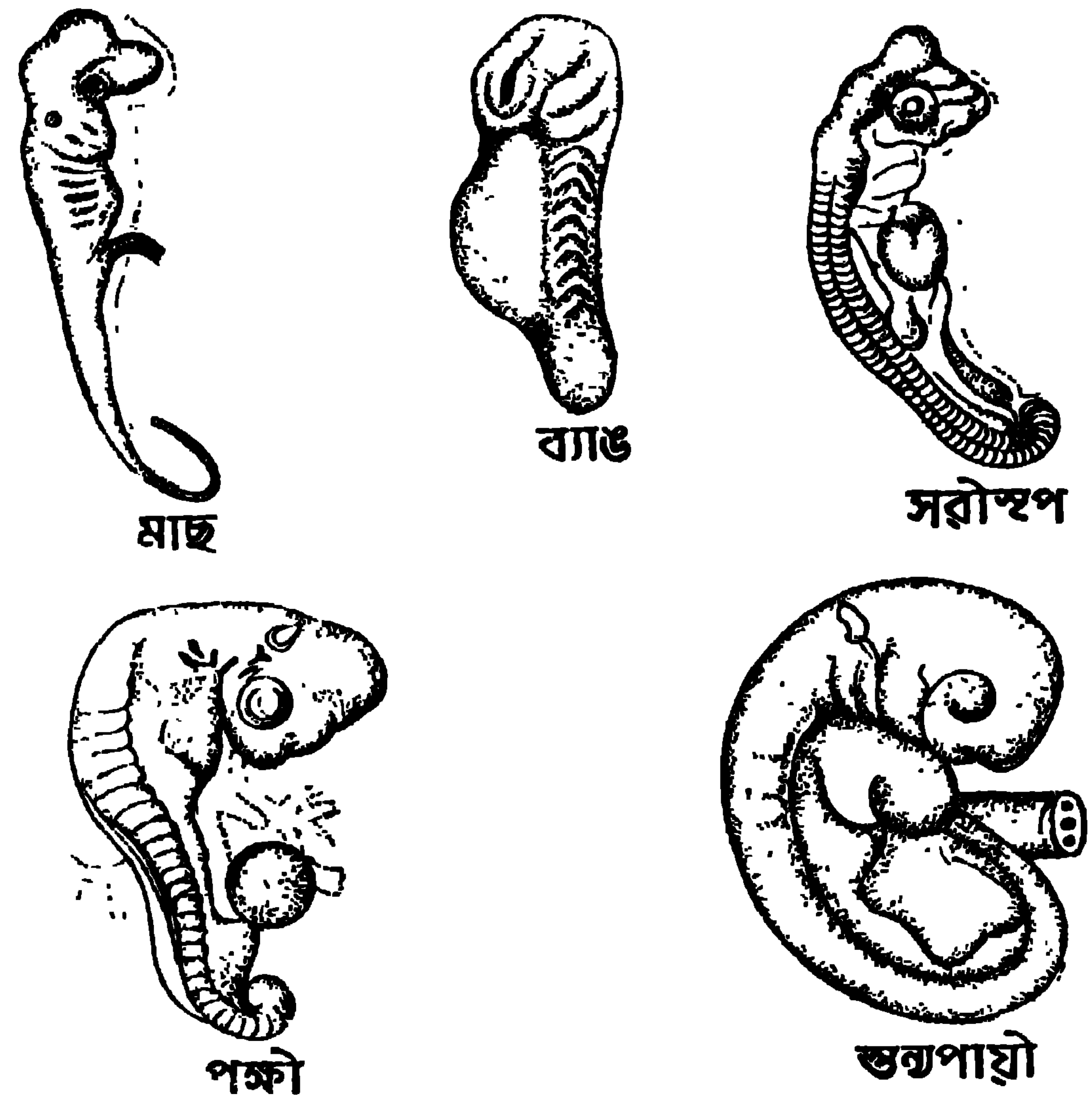


11 নং চিত্র—কতকগুলি মেরুদণ্ডীর অগ্রপদের কঙ্কাল

উদ্ভিদ জগতে দেখা যায় যে, ভিন্ন উদ্ভিদে একই কাণ্ড পরিবর্তিত হইয়া নানা রূপ গ্রহণ করে ; যথা—একটি ঝুমকোলতার স্টেমটেনড্রিল (আকর্ষ), ফণীমনসার ফাইলোক্লেড (Phylloclade) বা আদার রাইজোম (Rhizome)। ইহা অভিব্যক্তির প্রকৃষ্ট প্রমাণ।

(b) ভ্রূণবিদ্যা হইতে প্রমাণ (Embryological Evidence):—একটি মাছের, একটি সরীসৃপের, একটি পাখীর ও মানুষের ভ্রূণ এবং ব্যাঙের লার্ভার তুলনা করিলে তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সাদৃশ্য দেখিয়া আশ্চর্য হইতে হয়। অভিব্যক্তি বিনা ইহা হওয়া সম্ভব নহে (12 নং চিত্র দেখ)।

উদ্ভিদ জগতে দেখা যায় যে অষ্ট্রেলিয়ার বাবলার অঙ্কুরে অন্য শ্রেণীর বাবলার ন্যায় বাইপিনেট যৌগিক পত্র (Bipinnate Compound leave) থাকে কিন্তু পরিণত অবস্থায় পাতার শুধু পক্ষবিশিষ্ট পিটিওলটি (Winged petiole) থাকে, যৌগিক পত্র থাকে না।



12 নং চিত্র—কতকগুলি মেরুদণ্ডীর ভ্রূণ

(c) **ভৌগোলিক প্রমাণ** (**Geographical Evidence**) :—পৃথিবীর নানাস্থানে কোন বিশেষ শ্রেণীব প্রাণী বা উদ্ভিদের দৈহিক বৈষম্য দেখা যায়। দক্ষিণ আমেরিকার অপোসাম ও অষ্ট্রেলিয়ার ক্যাঙ্গারু অঙ্কগর্ভ স্তন্যপায়ী, কিন্তু তাহাদের দৈহিক গঠনের বৈষম্য দেখিয়া আশ্চর্য হইতে হয়। এইরূপ গঠনের পার্থক্য অভিব্যক্তির দ্বারা সম্ভব হইয়াছে। অষ্ট্রেলিয়ার সহিত বহুযুগ পূর্বে যখন দক্ষিণ আমেরিকার স্থলের যোগ ছিল তখন অনেক অঙ্কগর্ভ স্তন্যপায়ী দক্ষিণ অষ্ট্রেলিয়ায় চলিয়া আসিয়াছিল। পরে এই তুইটি মহাদেশ পরস্পরের সহিত বিচ্ছিন্ন হইবার ফলে অষ্ট্রেলিয়ার অঙ্কগর্ভগণ অপেক্ষাকৃত অল্প প্রতিযোগিতার সম্মুখীন হয় ও নানাভাবে পরিবর্তিত হয়। ইহাই দক্ষিণ আমেরিকার ও অষ্ট্রেলিয়ার অঙ্কগর্ভ স্তন্যপায়ীর দৈহিক বৈষম্যের কারণ। সুতরাং ইহা অভিব্যক্তির ভৌগোলিক প্রমাণ।

(d) **প্যালিঅণ্টোলজি দ্বারা প্রমাণ** (**Palaeontological Evidence**) :—আমাদের পৃথিবী নানাস্তরে গঠিত। এক একটি স্তরের বয়স লক্ষ লক্ষ বৎসর। সাধারণতঃ দেখা যায় উপরের স্তরগুলি অপেক্ষাকৃত আধুনিক, নিম্নস্তরগুলি প্রাচীন। এই স্তরগুলিতে নানা প্রাণী ও উদ্ভিদের মৃত দেহাবশেষ জীবাশ্মরূপে যুগ-যুগান্ত ধরিয়া রক্ষিত থাকে। এই সকল স্তরের সমীক্ষার দ্বারা আমরা বুঝিতে পারি

যে প্রাচীন স্তরগুলিতে শুধু অমেরুদণ্ডীর জীবাশ্ম রক্ষিত থাকে এবং পরের স্তরগুলিতে যথাক্রমে মাছ, উভচর, সরীসৃপ, পাখী ও স্তন্যপায়ী প্রভৃতি মেরুদণ্ডীর জীবাশ্ম থাকে। পূর্বপুরুষ হইতে আধুনিককালের অশ্বের অভিব্যক্তির প্রমাণ পাওয়া যায়, নানাস্তরে রক্ষিত অশ্বের জীবাশ্মের দ্বারা। অশ্বের দীর্ঘ, উন্নত, সুন্দর গঠন ও সাবলীল ভঙ্গী দেখিতে পাই এবং এক অঙ্গুলীবিশিষ্ট পদের জন্য বেগবান গতি দেখা যায়; কিন্তু তাহার আদিম পূর্বপুরুষ ছোট কুকুরের ন্যায় ক্ষুদ্র ছিল ও তাহাদের একাধিক অঙ্গুলিবিশিষ্ট পদ ছিল।

উদ্ভিদজগতেও দেখা যায় যে অপেক্ষাকৃত প্রাচীন স্তরগুলিতে আদিম উদ্ভিদগুলি থাকে ও আধুনিক স্তরে পরবর্তী উদ্ভিদগুলি দেখা যায়। পৃথিবীর একটি প্রাচীন স্তরে ফার্ণের ন্যায় অপুষ্পক উদ্ভিদের প্রাচুর্য দেখা যায় এবং সেই বিশেষ স্তরে অশ্বত্থ, খেজুর প্রভৃতি সপুষ্পক গাছ থাকে না। পরের স্তরে এই সকল সপুষ্পক উদ্ভিদের প্রাচুর্য ঘটে। অভিব্যক্তির এত বড় প্রমাণ আর কি হইতে পারে?

অভিব্যক্তির বিভিন্ন তত্ত্ব:—অভিব্যক্তির ফলে জীবদেহের যে নানারূপ পরিবর্তন হইয়াছে তাহা আমরা কিছু বলিয়াছি। কিন্তু অভিব্যক্তির কারণ কি তাহা বুঝাইবার জন্য কতকগুলি অভিব্যক্তিবাদ আছে। দুইটি প্রধান অভিব্যক্তিবাদ সম্বন্ধে এইখানে কিছু বলা হইবে।

(1) **লামার্কের মতবাদ**—জঁা ব্যপটিস্ট ডি লামার্ক (1744-1829) একজন প্রসিদ্ধ ফরাসী জীববিজ্ঞানী ছিলেন [12(*a*) নং চিত্র]। জীবদেহের অঙ্গ-প্রত্যঙ্গের ব্যবহার ও অব্যবহারের উপর তাহার অভিব্যক্তি নির্ভর করে—ইহাই লামার্কের মতবাদের প্রথম অংশ। ইহাকে তিনি বলিয়াছেন ব্যবহার ও অব্যবহার (use and disuse)। নানা উদাহরণের দ্বারা তিনি এই মতবাদ প্রমাণ করিবার চেষ্টা করিয়াছেন।

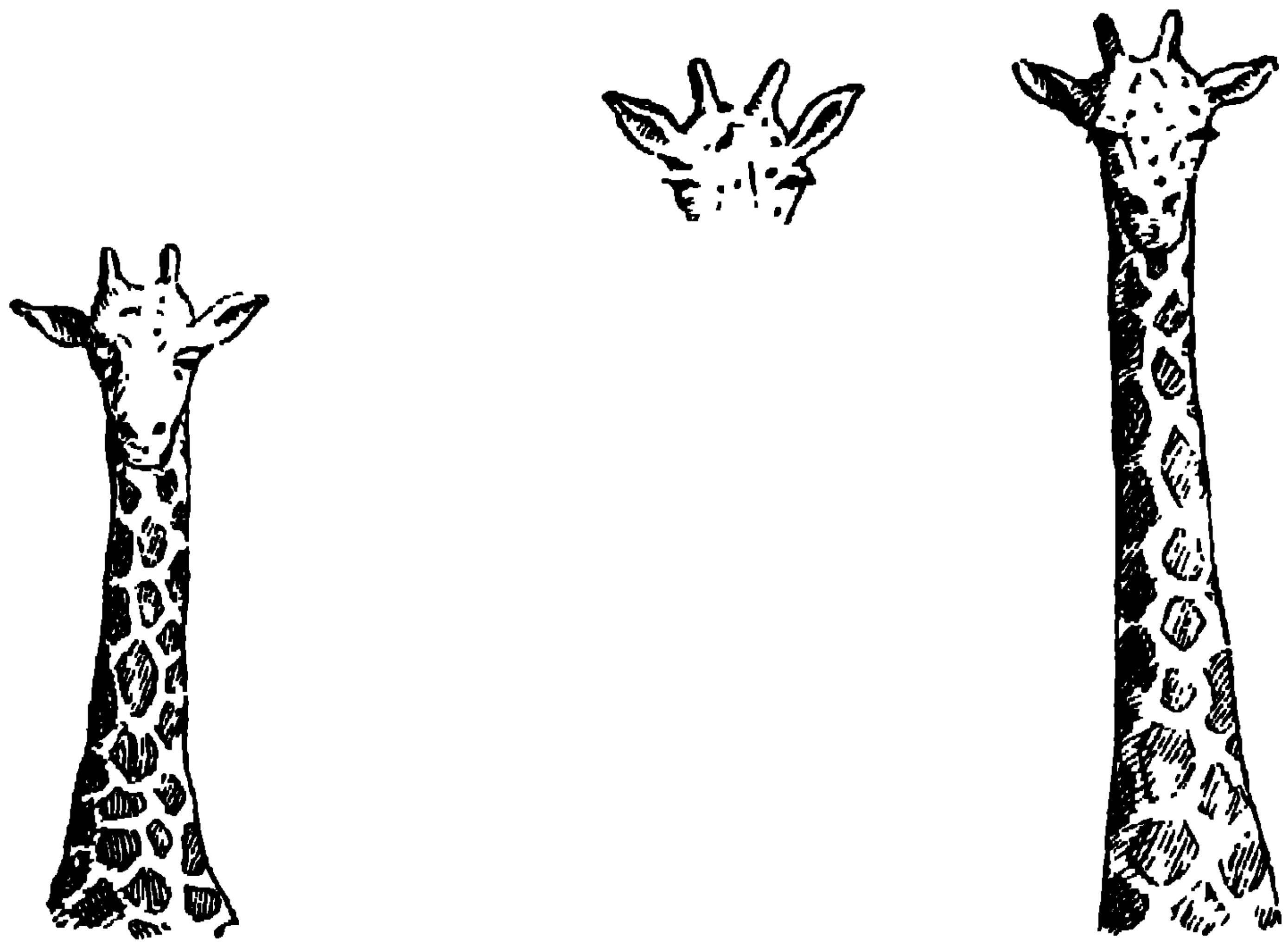
12(*a*) নং চিত্র—জঁা ব্যপটিস্ট ডি লামার্ক

কামারের হস্তের মাংসপেশীর ন্যায় কোন অঙ্গ, অধিক ব্যবহারের জন্য পুষ্ট হয়। আবার অনেক অঙ্গপ্রত্যঙ্গ ব্যবহার না করিতে করিতে নষ্ট হইয়া যায়।

17

লামার্কের মতবাদের অন্য অংশটি হইতেছে যে, কোন জীব তাহার পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সংস্পর্শে আসিয়া যে সকল দৈহিক পরিবর্তনের অধিকারী হয় সেই সকল নূতন লক্ষণ তাহার সন্তান-সন্ততির দেহে প্রকাশ পায়।

একটি জিরাফের গলা কেন লম্বা হয় তাহার নিম্নলিখিত কারণ তিনি দেখাইয়াছেন। জিরাফের পূর্বপুরুষের গলা অপেক্ষাকৃত ছোট ছিল কিন্তু আশেপাশের গাছগুলি দীর্ঘ হওয়াতে তাহাদের পক্ষে পাতাগুলি ছিঁড়িয়া খাওয়া সহজসাধ্য ছিল না; কিন্তু অনবরত উঁচু হইয়া এবং গলা লম্বা করিবার চেষ্টা করিয়া উচ্চ শাখার পাতাগুলি



13 নং চিত্র—জিরাফের গলা

খাইতে খাইতে প্রথমে তাহাদের গলা ঈষৎ লম্বা হইয়াছিল। এই নূতন লক্ষণটি তাহাদের সন্তান-সন্ততির মধ্যে প্রকাশ পাইল এবং একই পরিবেশের মধ্যে থাকিতে হয় বলিয়া তাহাদেরও গলা আরো দীর্ঘ হইল। এইভাবে অনেক পুরুষ পর জিরাফের গলা দীর্ঘ হইয়া তাহাকে পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সহিত খাপ খাওয়াইতে সহায়তা করে (13 নং চিত্র দেখ)। এইভাবে অঙ্গপ্রত্যঙ্গের পরিবর্তন হইয়া অভিযোজনের (adaptation) উৎপত্তি হয়।

লামার্ক যেভাবে তাঁহার তত্ত্বের ব্যাখ্যা করিয়াছেন ঠিক সেইভাবে আধুনিক বৈজ্ঞানিকরা চিন্তা করেন না।

(2) **ডারউইনের মতবাদ**—চার্লস ডারউইন (1800-1882) [14 নং চিত্র দেখ] একজন প্রসিদ্ধ ইংরেজ জীববিজ্ঞানী ছিলেন। প্রকৃতিকে আজীবন পর্যবেক্ষণের দ্বারা যে সকল তথ্য ও প্রচুর উপাত্ত (data) লাভ করিয়াছিলেন তাহার উপর ভিত্তি করিয়া তিনি তাহার প্রসিদ্ধ প্রাকৃতিক নির্বাচনতত্ত্ব (natural selection) প্রতিষ্ঠিত করিয়াছিলেন। এইজন্য বেশীর ভাগ জীববিজ্ঞানী এই মতবাদের দিকে আকৃষ্ট হইয়াছেন।

14 নং চিত্র—ডারউইন

গভীর পর্যবেক্ষণের দ্বারা ডারউইন বুঝিতে পারিলেন. যে অনুপাতে কোন প্রজাতির (species) বংশবৃদ্ধি হয় সে অনুপাতে খাদ্য বৃদ্ধি হয় না। এইজন্য এই সকল জীব পরস্পরের সহিত উৎকট প্রতিযোগিতা করে। এই প্রতিযোগিতাকে ডারউইন নাম দিয়াছেন জীবন সংগ্রাম (Struggle for existence)। এই প্রতিযোগিদের দৈহিক লক্ষণ একই প্রকারের নহে ; ভিন্ন লক্ষণগুলিকে বলা হয় প্রকারণ (Variation)। এইরূপ কতকগুলি প্রকারণ, জীবকে পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সহিত খাপ খাওয়াইতে সহায়তা করে। এই সকল উপযুক্ত ও সক্ষম জীব প্রতিযোগিতায় জয়ী হয়। সুতরাং আমরা দেখিতেছি যে, প্রকৃতি উপযুক্ত জীবদের নির্বাচন করিয়া বাঁচাইয়া রাখে ; দুর্বল ও অক্ষমরা বিলুপ্ত হয়। ইহাকে ডারউইন বলিয়াছেন প্রাকৃতিক নির্বাচন (natural selection)। এই সকল সক্ষম উপযুক্ত জীবের কোন বিশেষ পরিবেশে বাঁচিয়া থাকার নাম সারভাইবাল অফ দি ফিটেস্ট (Survival of the fittest)। নূতন প্রকারণগুলি বংশগতির (Heredity) দ্বারা সন্তানের মধ্যে প্রকাশিত হয়। সন্তানের মধ্যে, এই প্রকারণগুলি পিতা অপেক্ষা কিছু অধিক দেখা দিতে পারে এবং এই বর্ধিত লক্ষণগুলি এই পরিবেশে বাঁচিবার পক্ষে তাহাকে অধিকতর উপযুক্ত করে। এইরূপে বংশ-পরম্পরায় কতকগুলি প্রকারণের উন্নতি হইতে হইতে একটি অঙ্গের বিশেষ পরিবর্তন হয় ও সেই প্রাকৃতিক পরিবেশে জীব নিজেকে সম্যকভাবে খাপ খাওয়াইয়া বাঁচিয়া থাকে।

8.2. বংশগতি (Heredity)

বংশবৃদ্ধি করা জীবদেহের একটি প্রধান লক্ষণ। আমরা জানি যে পিতামাতার সহিত সন্তান-সন্ততির অনেকটা সাদৃশ্য থাকে। একটু চিন্তা করিলে আশ্চর্য হইতে হয়, কিভাবে কালো মানুষের সন্তান সাধারণতঃ কালো হয়। ছাগলের, ছাগল ছানাই হয়; কখনো কুকুর ছানা হয় না; ছোলার বিচি হইতে ছোলা গাছ জন্মায় কখনো মটর গাছ জন্মায় না, পায়রার ও মুরগীর ডিম একসঙ্গে তা দেওয়া হইলে, মুরগীর ডিম ফুটিয়া মুরগী ও পায়রার ডিম ফুটিয়া পায়রা বাহির হইবে। আশ্চর্যের বিষয় হইতেছে যে, একটি ছোট বীজ বা ডিমে ভবিষ্যৎ সন্তানের দৈহিক গঠনের ক্ষুদ্র নক্সা কাটা থাকে এবং এই সকল হইতে জটিল জীবদেহের পূর্ণ বিকাশ হয়। পিতামাতার দৈহিক ও মানসিক গুণ সন্তান-সন্ততির মধ্যে প্রকাশ হওয়াকে বংশগতি (Heredity) বলে। বংশগতির জন্য অনেক বংশগত গুণ বংশপরম্পরায় দেখা যায়। কোন কোন বংশের সন্তানদের হাতে 6টি অঙ্গুলি থাকে। কিন্তু পিতামাতা ও সন্তানের মধ্যে যেমন সাদৃশ্য থাকে তেমনি বৈষম্যও দেখা যায়, যথা পিতার ও সন্তানের চোখের বা চুলের রং এক নাও হইতে পারে।

গ্রেগর জোহন মেণ্ডেল (1822—1884) নামে একজন প্রসিদ্ধ অষ্ট্রীয়ান সন্ন্যাসী বংশ গতির নানা মূল্যবান গবেষণা করেন (15 নং চিত্র দেখ)। তিনি একটি লম্বা মটর গাছের সহিত একটি বেঁটে গাছের বিপরীত পরাগযোগ (Cross pollination) করিয়া দেখিলেন যে ইহার ফলে যে বীজ পাওয়া যায়, তাহা হইতে কতকগুলি বেঁটে গাছ ও কতকগুলি লম্বা গাছ জন্মায়। মেণ্ডেলের পূর্বগামী বৈজ্ঞানিকগণ ইহার কারণ সম্বন্ধে অজ্ঞ ছিলেন, কিন্তু মেণ্ডেল তাঁহার প্রতিভা-দ্বারা এইরূপ নানা উপাত্ত (Data) পর্যবেক্ষণ করিয়া কতকগুলি সূত্রের সন্ধান পান। এই সকল সূত্রের দ্বারা জীববিজ্ঞানের অনেক বদ্ধদ্বার উদঘাটিত হইয়াছে ও নানা উপায়ে প্রাণী ও উদ্ভিদের ব্যবহারিক জনন সম্বন্ধে সহায়তা করিয়াছে। এই সকল গবেষণার দ্বারা জীববিজ্ঞানী এমন গম

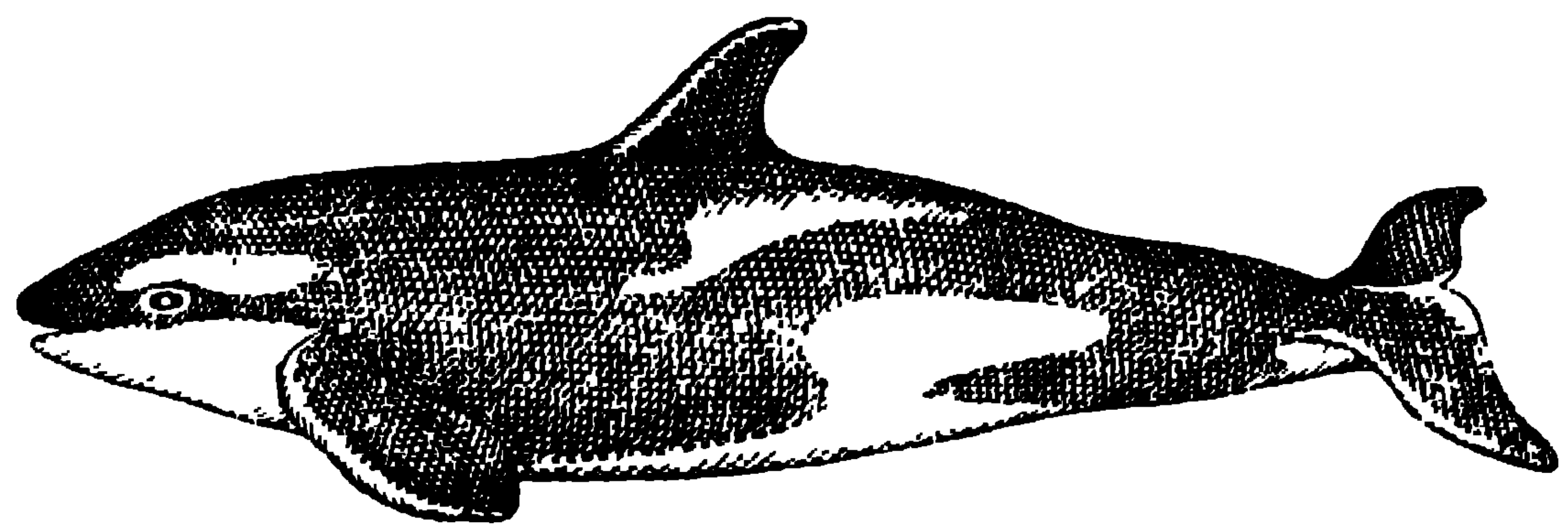
15 নং চিত্র—গ্রেগর জোহন মেণ্ডেল

উৎপন্ন করিয়াছেন যাহারা কতকগুলি রোগ প্রতিরোধ করিতে পারে। এই সকল রোগ ফসলকে নষ্ট করে। আমরা যে সব ফুল ও ফল পছন্দ করি (যেমন কতকগুলি অতিসুন্দর গোলাপ) সেই সবের উৎপত্তি করা সম্ভব হইয়াছে। তাঁহারা এমন আখ সৃষ্টি করিয়াছেন যাহা হইতে প্রচুর মিষ্ট আখের রস পাওয়া যায় কিন্তু তাহারা আখের যে সাধারণ রোগ হয় সেই সকল ব্যাধির দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

8.3. অভিযোজন (Adaptation)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন জীবের দৈহিক পরিবর্তনের দ্বারা বিশেষ কোন প্রাকৃতিক পবিবেশের সহিত খাপ খাওয়ানোর নাম অভিযোজন (Adaptation)। পারিপার্শ্বিক পরিবেশ অনুযায়ী দৈহিক গঠন বিভিন্ন। তাই আমরা জীবদেহে নানাপ্রকার অভিযোজন দেখিতে পাই যথা :—

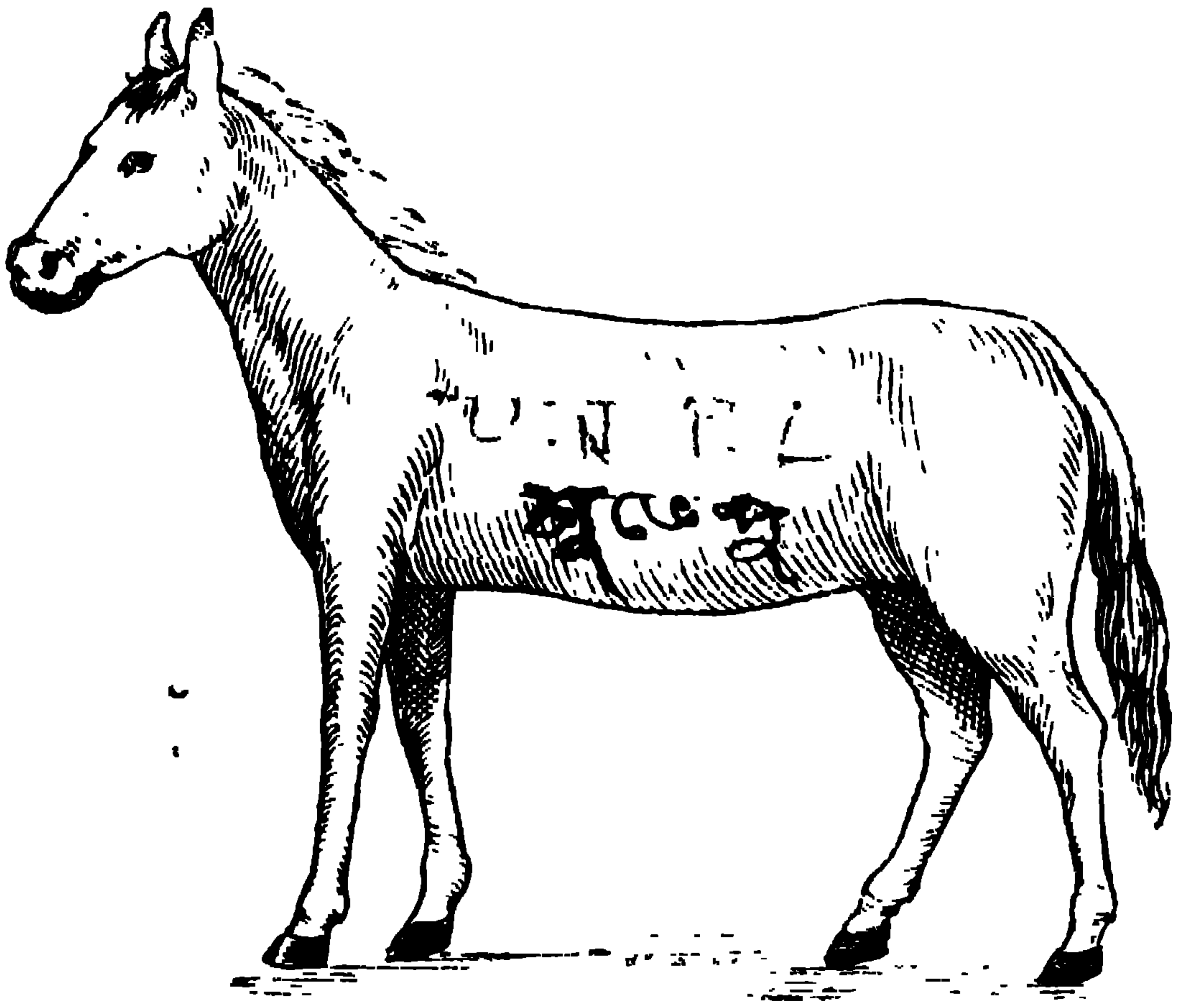
(i) **জলজ জীব**—যেমন, মাছ, হাঙ্গর, তিমি প্রভৃতি (16 নং চিত্র দেখ)। জলের মধ্যে যাহাতে গতি স্বচ্ছন্দ ও বাধাহীন হয়, জলজ প্রাণীর দেহের রূপ ও



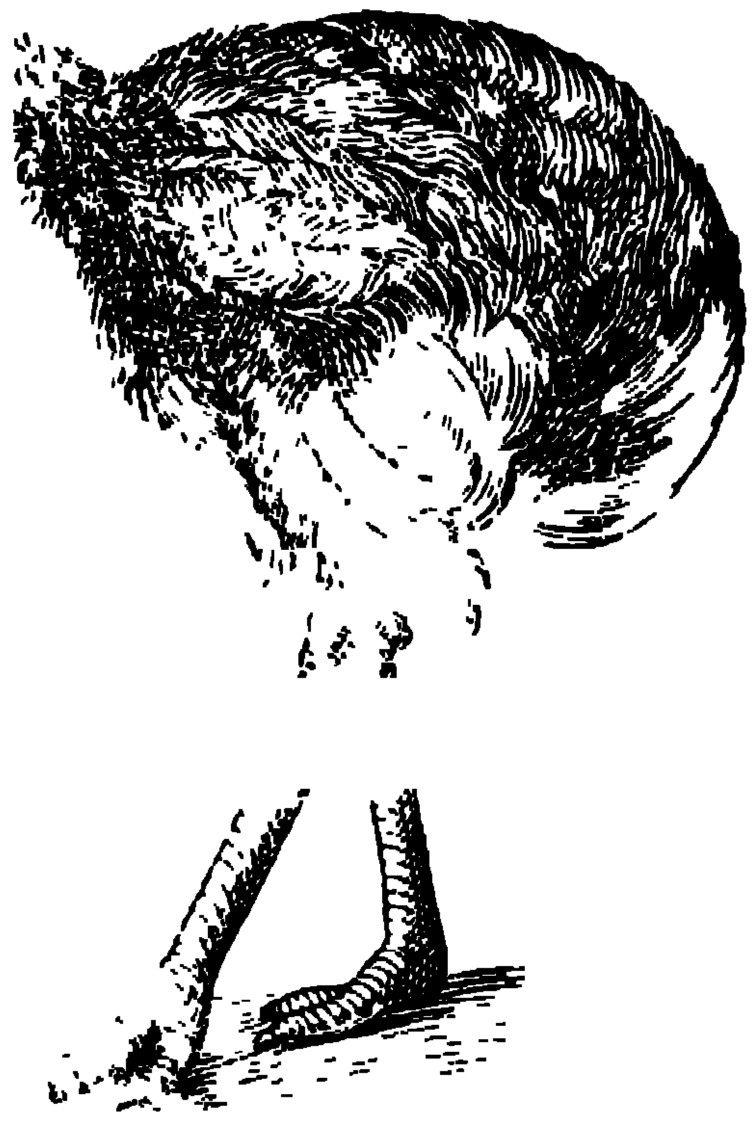
16 নং চিত্র—তিমি মাছ

আকৃতি তদনুযায়ী পরিবর্তিত হয়। হস্তপদ থাকে না কিন্তু পাখনা থাকে। জল হইতে অক্সিজেন লইবার জন্য অনেকের ফুলকা থাকে। উদ্ভিদ জগতে কচুরিপানা, পদ্ম প্রভৃতি জলজ উদ্ভিদ। জলে ভাসিয়া থাকিবার জন্য ইহাদের দেহের কতকগুলি স্থান বায়ুপূর্ণ থাকে। জলের উপর ভাসিয়া দূরবর্তী স্থানে যাইবার জন্য নারিকেলের ছোবড়ার ভিতরও বায়ুপূর্ণ থাকে।

(ii) **স্থলে যে সকল প্রাণী দ্রুত গতিতে চলে**—যথা, ঘোড়া, হরিণ, উটপাখী। ইহাদের হস্ত পদ দীর্ঘ হয় ও সাধারণতঃ ইহারা অঙ্গুলির উপর ভর করিয়া ছোটে। ইহাদের চোখ ও কান খুব তীক্ষ্ণ হয়। (17 ও 18 নং চিত্র দেখ)।



17 নং চিত্র—ঘোড়া



18 নং চিত্র—উটপাখী

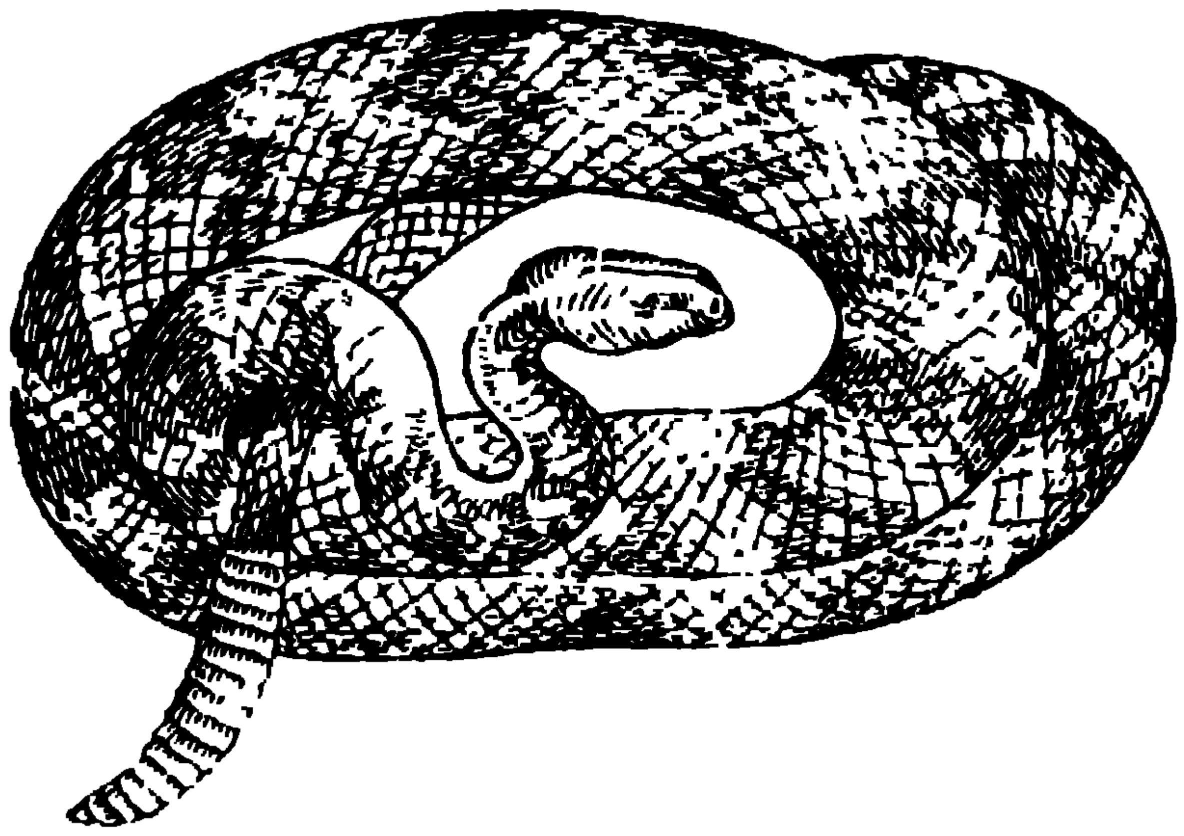
(iii) **যে সকল প্রাণী উড়িতে পারে**—যথা, পাখী, বাদুড় (19 নং চিত্র দেখ

19 নং চিত্র—বাদুড়

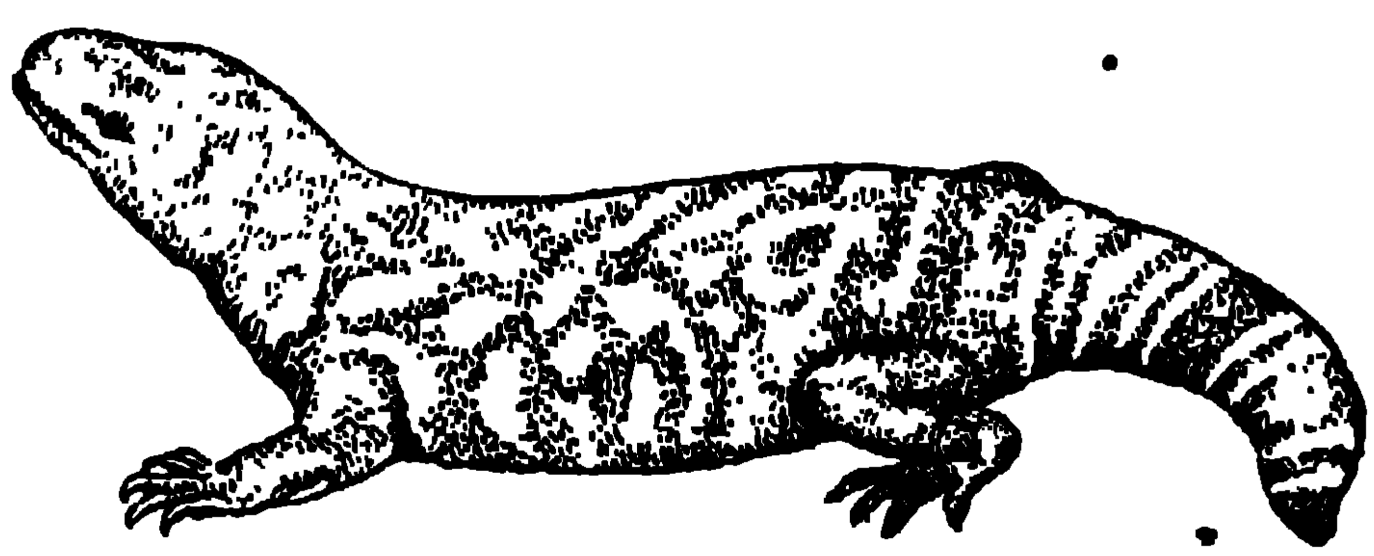
প্রভৃতি। ইহাদের দেহ হাল্কা হয়, অগ্রপদ ডানায় রূপান্তরিত হয় এবং চক্ষু ও কর্ণ অনেকেরই তীক্ষ্ণ হয়।

(iv) **যে সকল জীব গর্তের মধ্যে প্রবেশ করিয়া বাস করে**—যথা, সাপ। ইহাদের দেহ দীর্ঘ ও সাধারণতঃ হস্তপদবিহীন হয়। (20 নং চিত্র দেখ)।

(v) **মরুভূমির জীব**—মরুভূমিতে বাস করে বলিয়া দেহ হইতে যাহাতে জলের অপচয় না হয়, তাহার জন্য ইহারা নানা প্রকার উপায় অবলম্বন করে। যেমন ফণী মনসার



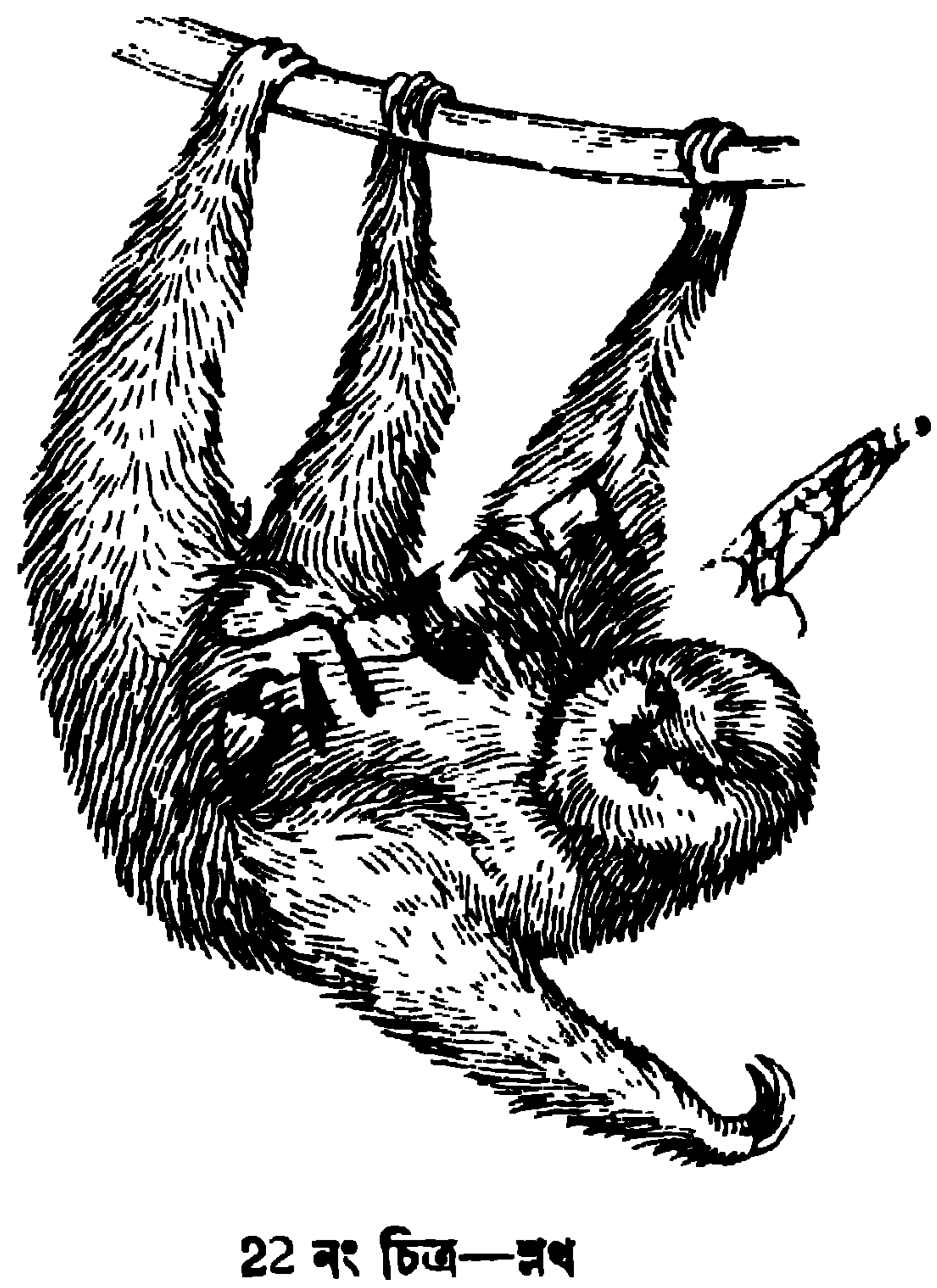
20 নং চিত্র—র‍্যাটেল সাপ



21 নং চিত্র—গিলামন্সটার (বিষাক্ত গিরগিটি)

দেহ কণ্টকাকীর্ণ হয়। এইরূপ দৈহিক পরিবর্তনের ফলে ইহা শুষ্ক হয় না। অনেক জীব বিষাক্ত হয়, যেমন আমেরিকার বিষাক্ত র‍্যাটেল সাপ ও গিলামন্সটার (20 ও 21 নং চিত্র দেখ)।

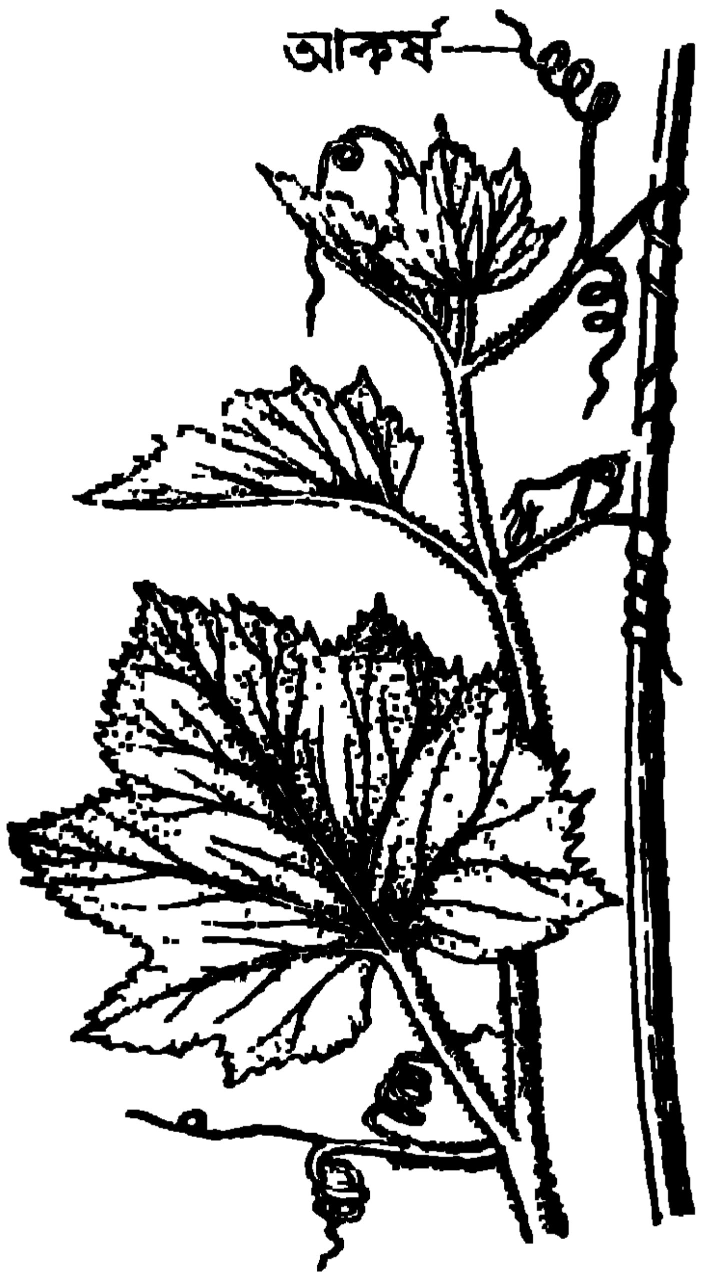
(vi) **যে সকল প্রাণী গাছে চড়িতে পারে**—যেমন, শ্লথ, বানর, কাঠবিড়ালী



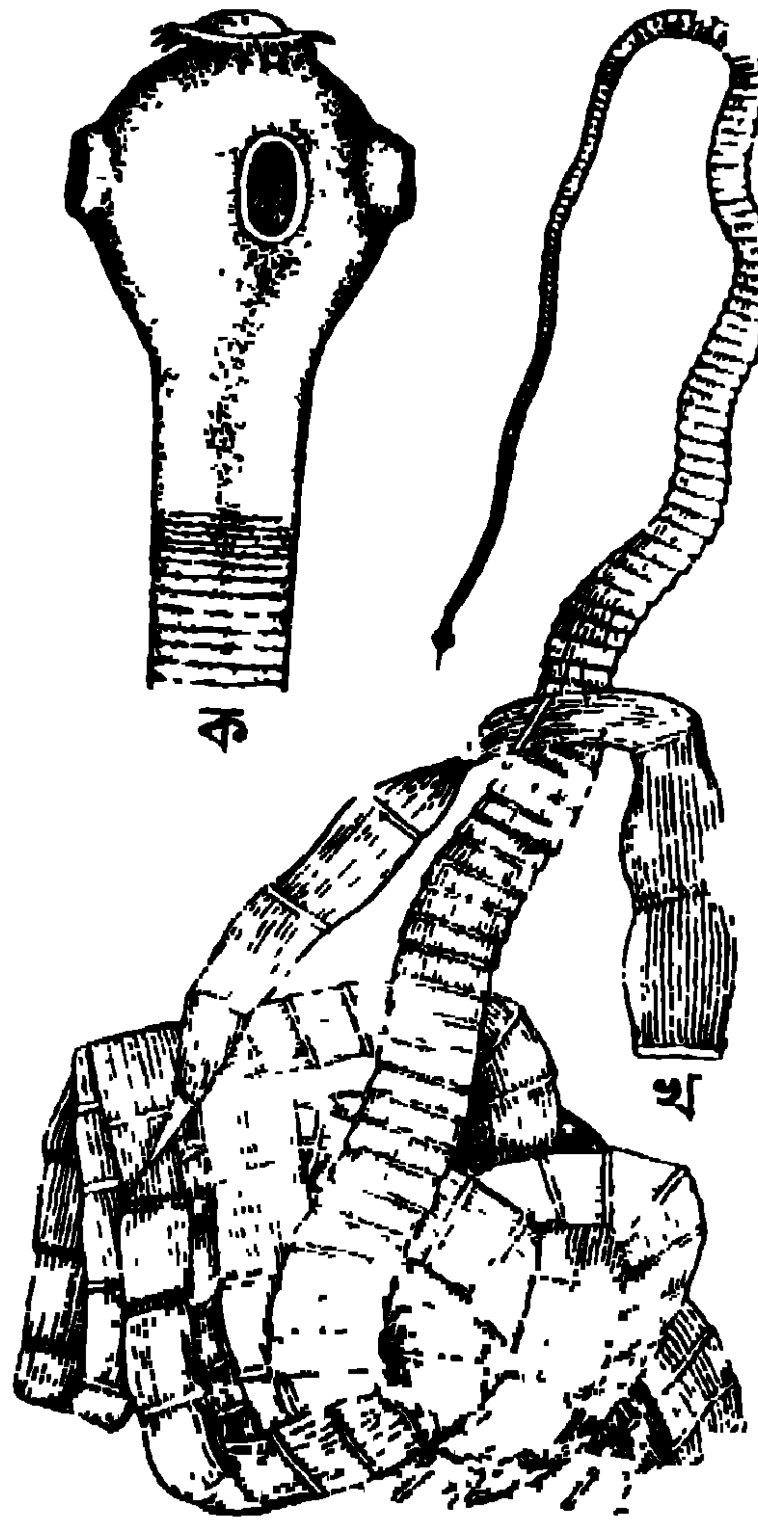
22 নং চিত্র—শ্লথ

[22 নং চিত্র]। ইহাদের হস্ত, পদ ও লেজের পরিবর্তন হয়।

(vii) **পরজীবীদের** (**Parasite**) অনেক দৈহিক পরিবর্তন দেখা যায়। জন্য অন্য জীবের উপর নির্ভর করে বলিয়া ইহাদের পৌষ্টিকতন্ত্রের সম্যক

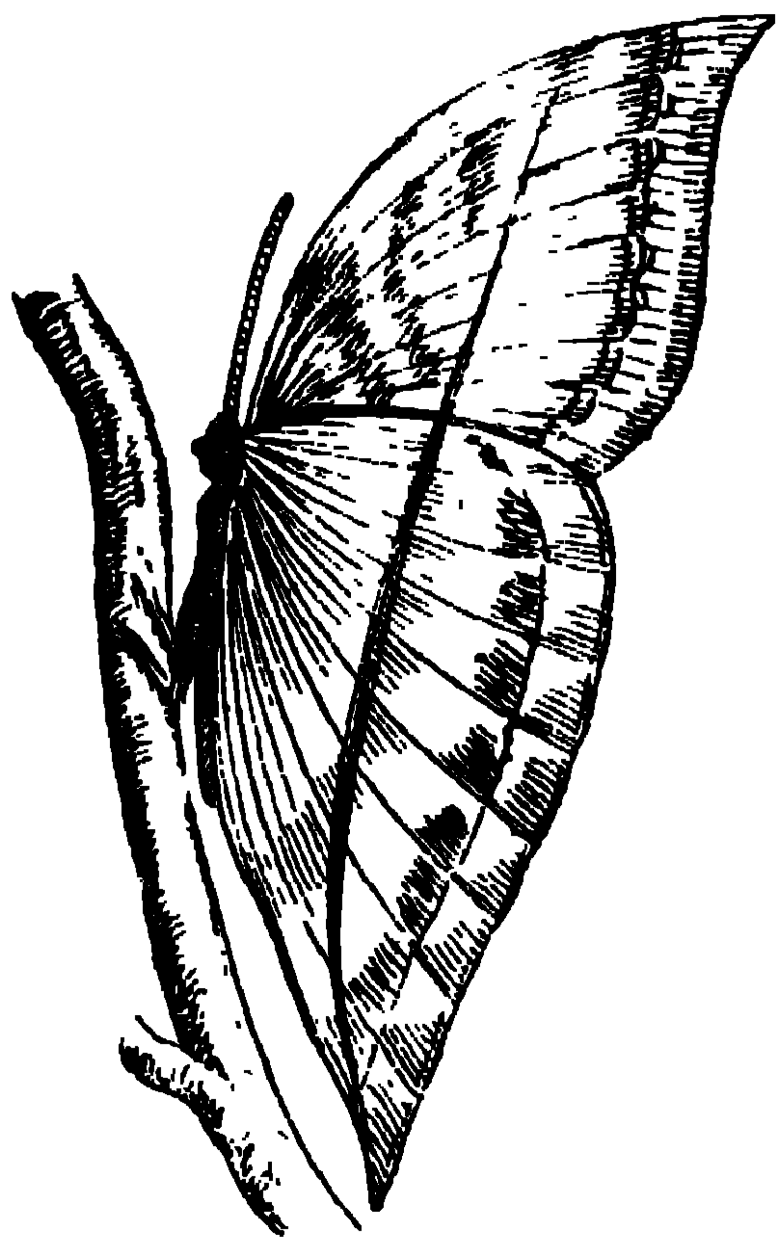


23 নং চিত্র—লতানো গাছের আকর্ষ



24 নং চিত্র—কৃমি (টেপ ওয়ার্ম)

বৃদ্ধি হয় না কিন্তু জননতন্ত্র বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। প্রাণীদের মধ্যে কৃমি (24 নং চিত্র) ও উদ্ভিদের মধ্যে স্বর্ণলতা পরজীবী (23 নং চিত্র দেখ)। ইহা লতানো গাছ এবং ইহা আকর্ষের (Tendril) সাহায্যে বড় গাছ ধরিয়া উপরে ওঠে। (23 নং চিত্র দেখ)।



25 নং চিত্র—কালিমা প্রজাপতি

(viii) আত্মরক্ষার জন্য অনেক পতঙ্গের এমন রূপ বা রং হয় যাহাতে সে পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সহিত মিশিয়া যাইতে পারে। আমাদের দেশে বনে-জঙ্গলে কালিমা প্রজাপতি যখন ডানা যুক্ত করিয়া ডালের উপর বসে, তাহাদের শুকনো পাতার মত দেখিতে হয় (25 নং চিত্র দেখ)।

Objective Test প্রশ্ন

A. Alternative Response Type

(1) *Yes or no type*

(i) বাদুড়ের পাখার সহিত ঘোড়ার অগ্রপদের সম্বন্ধ আছে কি ? ————

(ii) জীবদেহের কি অভিব্যক্তির দ্বারা পরিবর্তন হইয়াছে ? ————

(iii) পাখনা কি মাছের অভিযোজন ? ————

(iv) বেশীর ভাগ জীববিজ্ঞানিগণ কি লামার্কের মতবাদ মানিয়া লইয়াছেন ? ————

(2) *True or false type*

(i) ডারউইনের মতবাদ অনেক উপাত্তের উপর নির্ভর করিতেছে। ————

(ii) ছোট বীজে ভবিষ্যৎ উদ্ভিদের দৈহিক গঠনের নক্সাকাটা থাকে না। ————

(iii) অভিযোজন বিনা জীব তাহার পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সহিত খাপ খাওয়াইতে পারে। ————

(iv) মেণ্ডেল জীববিজ্ঞানের কতকগুলি সূত্র আবিষ্কার করেন। ————

Recall Type and Completion Type :

(i) ভিন্ন উদ্ভিদে একই কাণ্ড————হইয়া নানা-————পরিগ্রহণ করে।

(ii) এমন আখ সৃষ্টি করা সম্ভব যাহাদের আখের যে সাধারণ রোগ হয়———— ———— আক্রান্ত হয় না।

(iii) নূতন প্রকরণগুলি————সন্তানের————হয়।

Multiple Choice Type :

(i) পাখীর ডানার মানুষের কোন্ অঙ্গের সহিত সাদৃশ্য থাকে ? হস্ত ? পদ ? বক্ষ ?

(ii) গাছে কাহারা সহজে চড়িতে ও বাস করিতে পারে ? সাপ ? শ্লথ ? পাখী ?

(iii) পিতামাতার দৈহিক ও মানসিক গুণ সন্তান-সন্ততির মধ্যে প্রকাশ হওয়ার নাম কি ? অভিযোজন ; বংশগতি ; অভিব্যক্তি ।

প্রশ্নাবলী
(Questions)

1. Write a short essay on Darwin's theory of Evolution.
ডারউনের অভিব্যক্তিবাদ সম্বন্ধে একটি রচনা লিখ।

2. What are the evidences of Evolution.
অভিব্যক্তিবাদের কি কি প্রমাণ আছে ?

3. Write short notes on : (সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ)

(i) **Heredity** (বংশগতি)

(ii) **Adaptation** (অভিযোজন)

(iii) **Variation** (প্রকারণ)

(iv) **Parasite** (পরজীবি)

নবম অধ্যায় (Chapter IX)

সাধারণ রোগ ও মহামারী

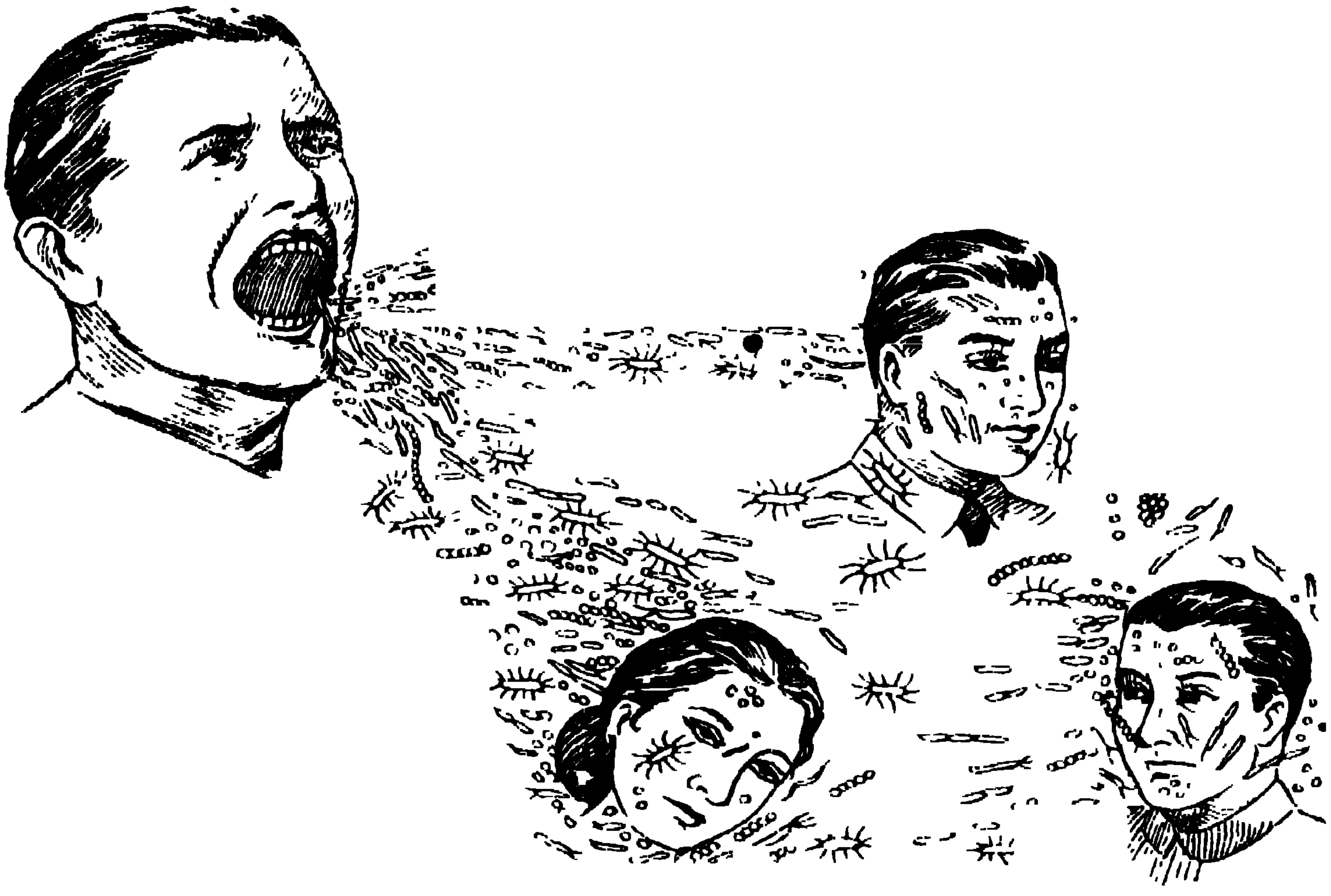
(Common Diseases and Epidemics)

9.1 রোগ-সংক্রমণ ও তাহার প্রতিরোধ (**Infection of diseases and their prevention**) :

একজনের দেহ হইতে কোন ব্যাধি, অন্য কোন সুস্থ লোকের দেহে প্রবেশ করাকে বলা হয় সংক্রমণ।

সংক্রমণ নিম্নলিখিতভাবে হয় :

(i) **জীব দেহের দ্বারা**। হাঁচি, কাশি ও জোরে কথা বলিবার সময় মুখ, নাক ও শ্বাসঝিল্লীর উপরদিক হইতে দূষিত শ্লেষ্মা বা থুতু দূরে ছড়াইয়া পড়ে। সর্দী, ইন্‌ফ্লুয়েঞ্জা, জল বসন্ত, হাম, যক্ষ্মা প্রভৃতি রোগের এইভাবে প্রসার হয় (26 নং চিত্র দেখ)।



26 নং চিত্র

হাঁচি বা কাশীতে কিভাবে জীবাণু ছড়াইয়া পড়িয়া অন্য লোককে সংক্রমিত করিতে পারে তাহা এই ছবিতে দেখান হইতেছে। (জীবাণুগুলি খুব বড় করিয়া দেখান হইয়াছে)।

(ii) **ধূলিকণা** এইরূপ দূষিত শ্লেষ্মার সংস্পর্শে আসিলে রোগ ছড়াইতে পারে। ঘরের কোণে কোণে, দেওয়ালে এইরূপ সংক্রমিত, ধূলিকণা লাগিয়া থাকিতে পারে। সেই ঘরে যে লোকেরা বাস করে তাহাদের দেহে এই ধূলিকণা প্রবেশ করিলে রোগ হওয়া সম্ভব। যক্ষ্মা জীবাণু অনেক মাস ধরিয়া শুকনো গয়ারে বাঁচিয়া থাকিতে

পারে। ইহা ঘরের ধূলিকণার সহিত মিশিয়া থাকিলে সেই ঘরে সুস্থ লোকের বাস করা বিপজ্জনক হয়। এইরূপ সংক্রমণের আরো সম্ভাবনা থাকে যদি সেই ঘরে অনেক লোক বাস করে।

(iii) **খোস পাঁচড়া প্রভৃতি কতকগুলি চর্মরোগ রোগীর দেহ হইতে সুস্থলোকর দেহে:সরাসরি প্রবেশ করা** সম্ভব।

(iv) কতকগুলি **জীবজন্তু, পোকামাকড়** প্রভৃতি রোগ বহন করে। ইহাদের বলা হয় ভেক্টর (Vector)। ম্যালেরিয়ার জীবাণু এনোফিলিস মশার দ্বারা বাহিত হয়। র‍্যাট ফ্লি (Rat flea) প্লেগ জীবাণু বহন করে।

(v) প্রায়ই দেখা যায় যে **দূষিত খাদ্যের** দ্বারা রোগের প্রসার হয়। একটি বাড়িতে কলেরা বা টাইফয়েড রোগী থাকিলে তাহাদের মলমূত্রাদি সুস্থ লোকের খাদ্য সংক্রমিত করিতে পারে ও এইভাবে রোগের প্রসার হয়। কলেরা, টাইফয়েড ও যক্ষ্মার জীবাণু, দুধকে সংক্রমিত করিয়া রোগ প্রসারের সহায়তা করে।

(vi) জল ও অন্যান্য পানীয় কলেরা, আমাশয়, টাইফয়েড প্রভৃতি রোগের বাহক হইতে পারে। এই সকল ব্যাধিকে জলবাহিত রোগ বলা হয়।

(vii) দেহের ছোট ও বড় ক্ষতের ভিতর দিয়া জীবাণু প্রবেশ করিয়া রোগের সৃষ্টি করিতে পারে। ফোড়া, কারবাংকল, সেলুলাইটিস, ধনুষ্টংকার, জলাতঙ্ক রোগের জীবাণু এই ভাবে দেহে প্রবেশ করে।

(viii) **মানুষের নিত্য ব্যবহারের দ্রব্য**—যথা, অপরিষ্কার বাসন-কোসন, বিছানা-পত্র, গামছা, তোয়ালে, টেবিল, চেয়ার প্রভৃতি রোগের কারণ হইতে পারে।

রোগ প্রতিরোধের নানা উপায় :

(1) **বিজ্ঞপ্তি-করণ** (Notification)—

কোন গৃহের সংক্রামক রোগের খবর, যতশীঘ্র পারা যায় স্থানীয় স্বাস্থ্যবিভাগকে জানান উচিত। সময়মত খবর পাইলে এই বিভাগ রোগের উৎপত্তি নির্ণয় করিয়া রোগ প্রসার বন্ধ করিতে পারে।

(2) **স্বতন্ত্রীকরণ** (Isolation)—সংক্রামক ব্যাধিগ্রস্ত রোগীদের যতশীঘ্র পারা যায় সুস্থলোকের নিকট হইতে স্বতন্ত্রীকরণ করা উচিত। এই সব রোগীদের জন্য যে সকল বিশেষ হাসপাতাল আছে তাহাদের সেই স্থানে সরাইয়া ফেলা উচিত। যদি ইহাদের গৃহে চিকিৎসা করা হয় তাহলে অত্যন্ত সতর্ক হওয়া কর্তব্য।

(3) **নিরীক্ষণ** (Observation)—যে সকল লোকেরা রোগের সংস্পর্শে আসে তাহাদের উপর বিশেষ নজর দেওয়া উচিত ; যাহাতে রোগের প্রাথমিক লক্ষণগুলি দেখা দিলেই ইহাদের সময় মত চিকিৎসা করা যাইতে পারে। এইরূপে কলেরা, বসন্ত প্রভৃতি রোগ বিস্তার নিবারণ করা যাইতে পারে।

(4) **রোগ প্রতিষেধকের টীকা** (ইমিউনাইজেশন ; **Immunisation**)

কলেরা, বসন্ত, যক্ষ্মা প্রভৃতি রোগের ব্যাপকভাবে টীকা দিয়া সংক্রামক ব্যাধির প্রাধান্য বন্ধ করা যায়। কোন কোন রোগের এইভাবে সমূলে বিনাশ হয়। কলেরা, টাইফয়েড, যক্ষ্মার প্রতিষেধক ইনজেকসন পাওয়া যায়। বসন্তের টীকার বিষয় সকলেই জানেন।

(5) **নির্বীজন** (Disinfection)—রোগীর মলমূত্র, শ্লেষ্মা প্রভৃতিতে নানা ব্যাধির জীবাণু থাকে ; তাই এই সকল দূষিত পদার্থ নির্বীজন (disinfect) করা উচিত। সংক্রমিত মল বা শ্লেষ্মা মাটিতে পুঁতিয়া ফেলা বা পোড়ান উচিত। কতকগুলি রাসায়নিক পদার্থের (বীজঘ্ন) দ্বারাও বিশোধন হয়, যথা, চুন, ব্লিচিং পাউডার, কারবলিক এসিড, লাইসল, ডেটল প্রভৃতি। রোগীর ব্যবহারের জিনিষপত্রের বিশোধন বিশেষভাবে করা উচিত।

9.2. বায়ুবাহিত সংক্রামক ব্যাধি (Air borne diseases) :

জোরে কথা কহিলে, হাঁচিলে ও কাশিলে সংক্রামক ব্যাধির জীবাণু বায়ুতে বাহিত হইয়া সংক্রামক রোগ ছড়াইতে পারে। হাঁচি এবং কাশিতে থুথু ও শ্লেষ্মাদ্বারা রোগ ছড়াইয়া পড়ে। এখানে দুইটি বায়ুবাহিত রোগের বর্ণনা করা হইবে। যথা—(a) সর্দিকাশি ও (b) ইনফ্লুয়েঞ্জা।

(a) **সর্দিকাশি** :—(26 নং চিত্র দেখ)

ইহা একটি অতি সাধারণ ব্যাধি। সাধারণতঃ ক্ষণস্থায়ী হইলেও ইহার চিকিৎসা প্রথম হইতে না করিলে পরে নানা কঠিন ব্যাধি হইতে পারে।

প্রাথমিক লক্ষণ :—শরীর ম্যাজ ম্যাজ করা, হাত পা কামড়ান, নাক ও চোখ দিয়া জল গড়ান, নাক বুজিয়া যাওয়া, মাথাধরা, হাঁচি ও কাশি হওয়া ; এই সকল লক্ষণের সহিত সামান্য জ্বরও হইতে পারে। সাধারণতঃ উপসর্গগুলি তিনদিন পরে অনেক কমিয়া যায়।

রোগের উৎপত্তির কারণ :—এই রোগের উৎপত্তির কারণ একটি জীবাণু ; ইহাদের বলা হয় ভাইরাস (virus)—সাধারণ অণুবীক্ষণে ইহাদের দেখা যায় না।

চিকিৎসা :—(1) রোগের প্রতিরোধ (Pervention of the disease) :

(i) অতি পরিশ্রম করা উচিত নহে। (ii) অতি ভোজন করা বা খাওয়ার অনিয়ম করা উচিত নহে। (iii) ঠাণ্ডা লাগান ও সিনেমার ন্যায় বদ্ধঘরে অনেকক্ষণ থাকা অত্যন্ত অহিতকর। (iv) যাঁহার সর্দি হইয়াছে তাঁহার স্বতন্ত্র থাকা কর্তব্য। হাঁচিবার ও কাশিবার সময় মুখে রুমাল রাখা উচিত কারণ শ্লেষ্মাকণার মধ্যে নানা রোগের জীবাণু থাকে এবং হাঁচি ও কাশির জন্য এই সকল জীবাণু অনেক দূরে যাইয়া সুস্থ লোকদের সংক্রামিত করিতে পারে [26 নং চিত্র দেখ]। (v) ভ্যাক্সিন ইনজেকসন লইলে উপকার হইতে পারে।

(2) **রোগ হইলে চিকিৎসা**—(i) উষ্ণ লবণজলে গলা গার্গল (Gargle) করা উচিত। (ii) টিংচার বেনজয়েন কমপাউণ্ড (Tr.-Benzoini Compound) বাষ্পাকারে শ্বাস লওয়া উচিত। (iii) প্রচুর পরিমাণে ভাইটামিন সি খাওয়া উচিত ; এ ও ডি ভাইটামিনও সেবন করা উচিত। (iv) বেনেড্রিল এক্সপেকটোরাণ্ট (Benadryl Expectorant) প্রথম হইতে খাইলে খুব উপকার হয়।

. (b) **ইনফ্লুয়েঞ্জা :**

এই রোগটির দ্বারাও প্রতি বৎসরে হাজার হাজার লোক আক্রান্ত হয়। 1918 সালে মহামারীরূপে এই ব্যাধি ছড়াইয়া পড়ে ও লক্ষ লক্ষ লোকের প্রাণহানি হয়। সাময়িকভাবে অনেকেরই কর্মক্ষমতা হ্রাস হইয়া সমাজের প্রভূত ক্ষতি হয়।

প্রাথমিক লক্ষণ :—জ্বর হয়, শরীরের অঙ্গপ্রত্যঙ্গে বেদনা হয়, শীত করে, মাথায় অসহ্য যন্ত্রণা হয়। একটা পীড়াদায়ক শুকনো কাশি হইয়া রোগীকে দুর্বল করিয়া দেয়। দেহের অন্য যন্ত্রগুলিও রোগগ্রস্ত হইতে পারে, ইহার মধ্যে শ্বাসযন্ত্রগুলি সর্বাধিক বিকল হইয়া যায়, এমন কি নিউমোনিয়াও হইতে পারে। 4/5 দিন পরে রোগের উপশম হইলেও একটা শারীরিক অস্বাচ্ছন্দ্য ও নিদারুণ ক্লান্তি আসিয়া রোগীকে দুর্বল করিয়া দেয়।

রোগের উৎপত্তির কারণ :—এই রোগটিও একটি ভাইরাসের দ্বারা হয় ; তবে রোগগ্রস্ত শ্বাসঝিল্লীগুলি দুর্বল থাকায় অন্য জীবাণু সংক্রামিত হয় ও নানা প্রকার নূতন রোগ দ্বারা আক্রান্ত হয়।

চিকিৎসা :—সর্দিজ্বরের সহিত সাদৃশ্য থাকায় ইনফ্লুয়েঞ্জার চিকিৎসা সর্দির চিকিৎসার মত হয়।

(1) **প্রতিরোধক চিকিৎসা** (সর্দি দেখ)—ইনফ্লুয়েঞ্জার প্রতিরোধক ভ্যাক্সিন ভিন্ন প্রকারের।

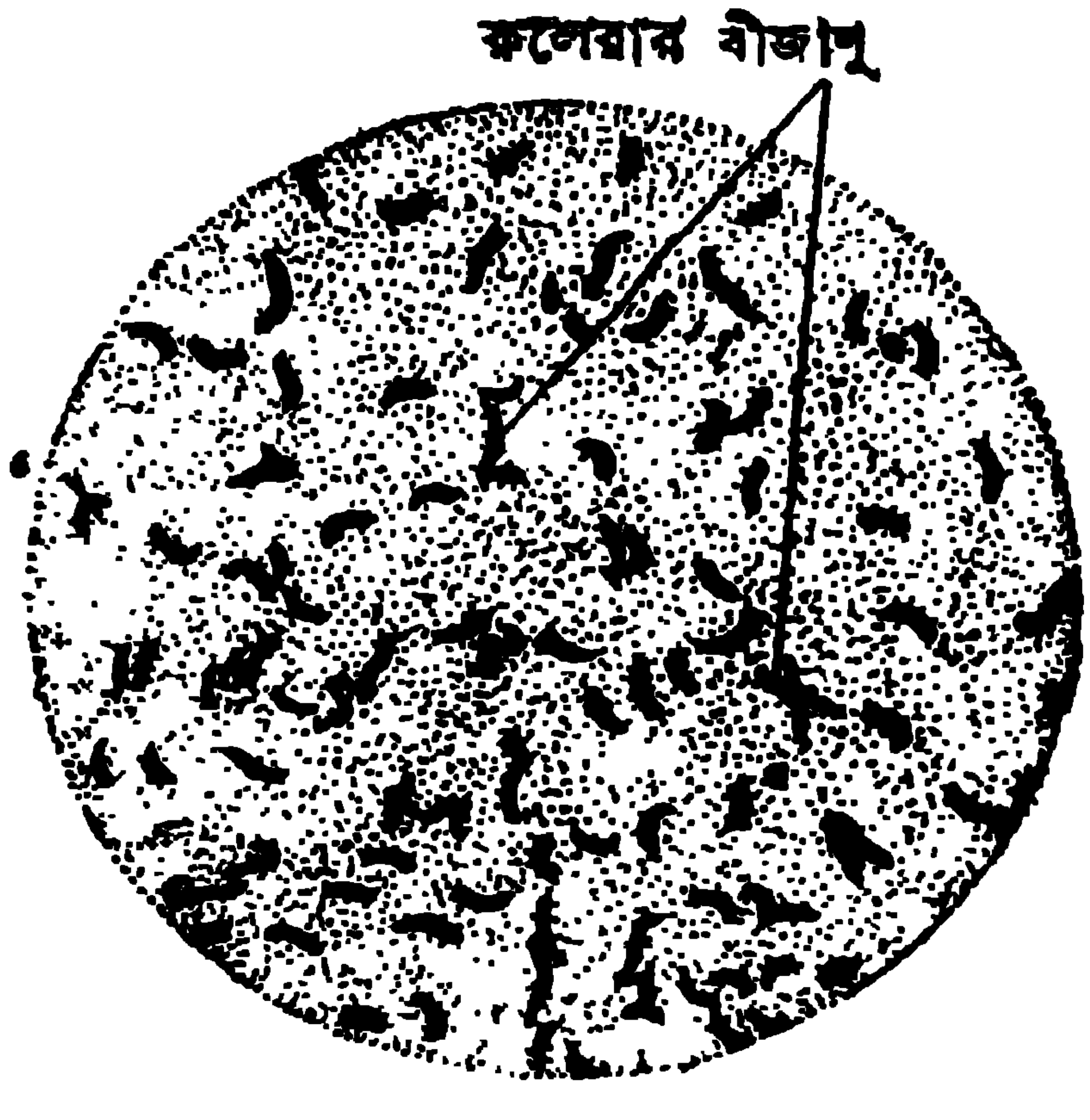
(2) **রোগ অবস্থায় চিকিৎসা** ঃ—স্যালিসিলেট মিক্‌চার, ও ভাইটামিন সি। নিউমোনিয়া হইলে, পেনিসিলিন, সাল্‌ফা ড্রাগ (Sulfa drug) প্রভৃতি খুব কাজ করে। রোগ প্রশমিত হইলে একটি ভাল টনিক সেবনে অবসাদ শীঘ্র দূর হইতে পারে।

9.3. জলবাহিত রোগ (Water borne diseases) ঃ (27—29নং চিত্র দেখ)

(a) **কলেরা** (cholera) ঃ—কলেরা বা ওলাওঠা অত্যন্ত সংক্রামক ব্যাধি। কলেরা-জীবাণু দ্বারা সংক্রামিত খাদ্য, দুধ, জল প্রভৃতি গ্রহণের ফলে, মানুষ এই রোগের দ্বারা আক্রান্ত হয়। সাধারণতঃ বছরে দুইবার অর্থাৎ গ্রীষ্মকালে ও শীতকালে এই ব্যাধি অনেকস্থানে মহামারীরূপে দেখা দেয়। সময়মত চিকিৎসা না করিলে এই রোগে হাজার হাজার লোকের মৃত্যু হয়।

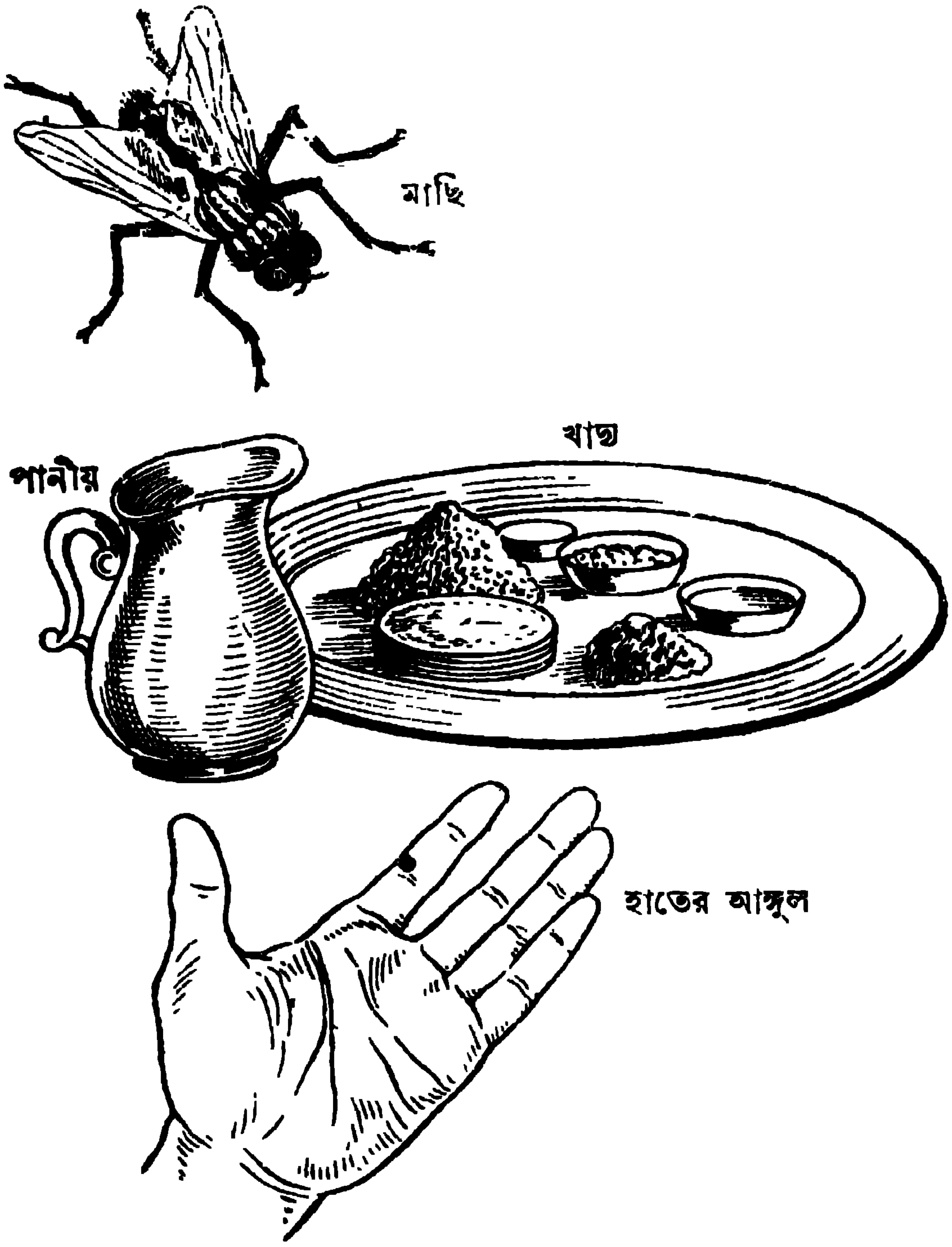
প্রাথমিক লক্ষণ ঃ—সাধারণতঃ পাতলা জলের বা চাল ধোওয়া জলের মত দাস্ত, অনবরত বমন, পেটকামড়ানি, হাতে পায়ে খিলধরা, প্রস্রাব বন্ধ হইয়া যাওয়া, ভীষণ তৃষ্ণা পাওয়া, শরীর অবশ হইয়া যাওয়া, নাড়ি দুর্বল ও ক্রমে ক্রমে অতি ক্ষীণ হইয়া যাওয়া (ধাত ছাড়িয়া যাওয়া) প্রভৃতি উপসর্গ এই রোগের প্রধান লক্ষণ।

রোগের কারণ ঃ—কলেরা ভিব্রিও (cholera vibrio) নামে একটি জীবাণুর দ্বারা এই রোগ হয় [27 নং চিত্র]। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে জল, দুধ, অন্য সংক্রামিত খাদ্য প্রভৃতি এই রোগ ছড়ানোর প্রধান কারণ। কলেরা রোগীর বমি বা দাস্ত যদি এ সকল খাদ্যের সহিত কোনও কারণে সংস্পর্শে আসে তখন কলেরা ছড়াইয়া পড়ে। সাধারণতঃ এইরূপ সংক্রমণ, মাছির দ্বারাই ঘটে [28 নং চিত্র দেখ]। সংক্রামিত বস্তুর উপর বসিয়া, মাছি যদি খাদ্যের উপর বসে তাহা হইলে ঐ সকল খাদ্য সংক্রামিত



27 নং চিত্র

হয়। কতকগুলি সুস্থলোকের অন্ত্রে কলেরার জীবাণু থাকে। ইহারাও সংক্রমণের কারণ হইতে পারে।



28 নং চিত্র—কি উপায়ে কলেরা, টাইফয়েড, আমাশয় রোগ সংক্রমিত হয়।

চিকিৎসা :—(a) রোগের প্রতিরোধ :

(i) রোগী যাহাতে সুস্থলোকের সংস্পর্শে না আসিতে পারে সেজন্য প্রথমেই তাহাকে সঙ্গরোধ (Quarantine) করিতে হইবে।

(ii) কোনও গৃহের কলেরা রোগীর খবর, করপোরেশন বা মিউনিসিপ্যালিটিকে বিজ্ঞপ্ত করা উচিত।

(iii) কলেরা রোগীর দাস্ত চূণের গামলায় বা কারবলিক এসিড দেওয়া পাত্রে ধরা উচিত। তাহার পর তাহা মাটিতে পোঁতা উচিত বা পোড়াইয়া ফেলা উচিত। তাহার কাপড়-চোপড়ও জলে সিদ্ধ করা উচিত।

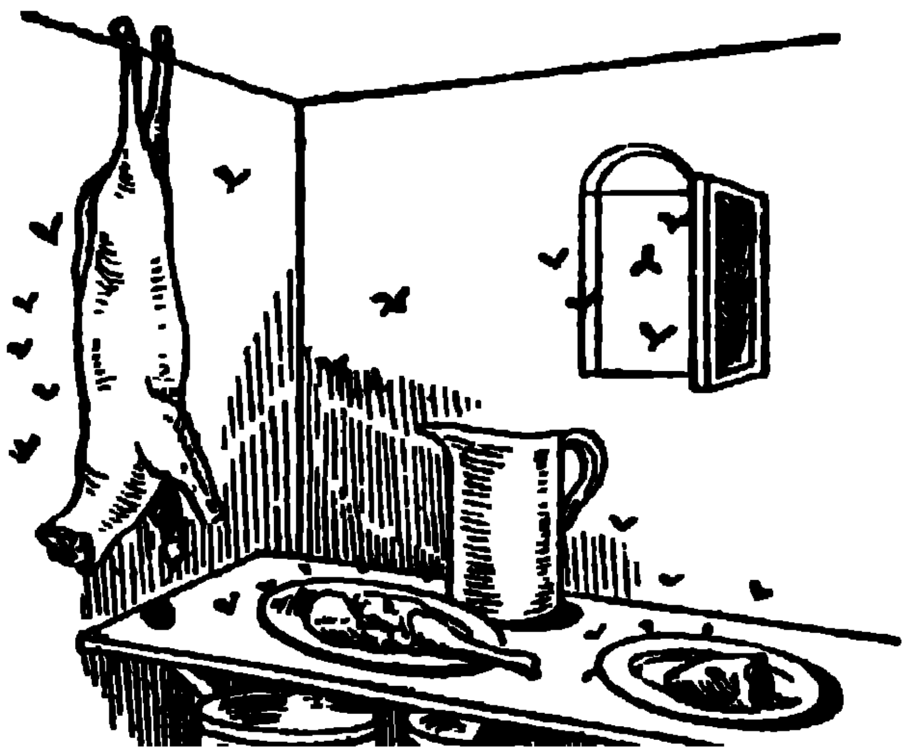
(iv) রোগীর সংস্পর্শে আসিলে পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের ফিকে লাল জলে হাত ধোওয়া উচিত ও খালি পেটে থাকা উচিত নহে।

(v) দেখা উচিত যে রোগীর দাস্ত যেন সাধারণ লোকের ব্যবহারের পুষ্করিণীর জলের সংস্পর্শে না আসে।

(iv) মাছি মূলতঃ রোগ প্রসারণ করিয়া থাকে [29 নং চিত্র দেখ], এজন্য মাছিকে ধ্বংস করা কর্তব্য।

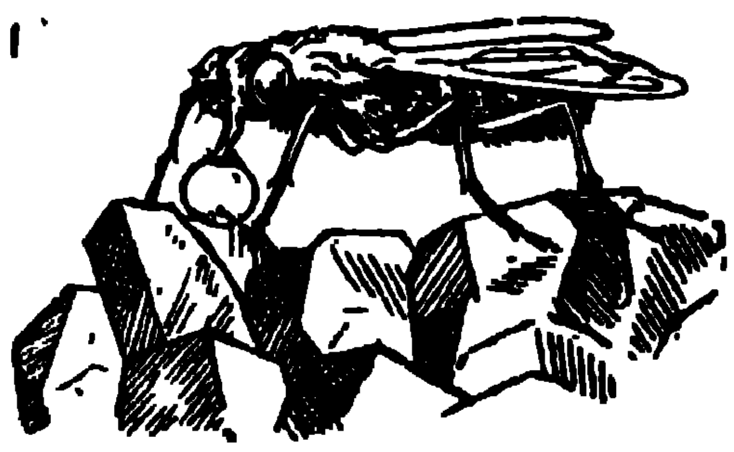
মাছি কিভাবে রোগ প্রসার করে

ধূলা ময়লা ও জঞ্জালের উপর মাছি বসে তাই তাহার শরীরে নানাপ্রকার রোগের জীবাণু লাগিয়া যায়।



কাটা মাংসকে মাছি সংক্রমিত করিতেছে

দুধ বা অন্য পানীয়ের উপর ঐ মাছি বসিয়া জীবাণুর দ্বারা সংক্রমিত করে।



এই মাছিটি তাহার পাকস্থলীর প্রথম অংশ হইতে এক ফোঁটা লালা বাহির করে। এই লালায় খানিকটা মিছরি দ্রবীভূত হয়। মাছি পুনরায় এই ফোঁটাটি মুখের মধ্যে টানিয়া লয়। এইরূপে লক্ষ লক্ষ জীবাণু মিছরিকে সংক্রমিত করে।

29 নং চিত্র

(vii) নির্মল, জীবাণুশূন্য জল পান করা উচিত ও মারীর সময় (Epidemic) জল ফুটাইয়া খাওয়া উচিত।

(viii) কলেরায় টীকা লওয়া কর্তব্য।

(ix) যিনি রোগের বাহক (carrier), অর্থাৎ যিনি অন্ত্রে কলেরা জীবাণু

ধারণ করেন কিন্তু নিজে আক্রান্ত হন না তাঁহাকে কোনরূপ খাদ্যদ্রব্য প্রস্তুত করিতে দেওয়া উচিত নহে।

রোগে আক্রান্ত হইলে রোগীর চিকিৎসা :—

(i) সম্ভব হইলে রোগীকে হাসপাতালে পাঠান উচিত।

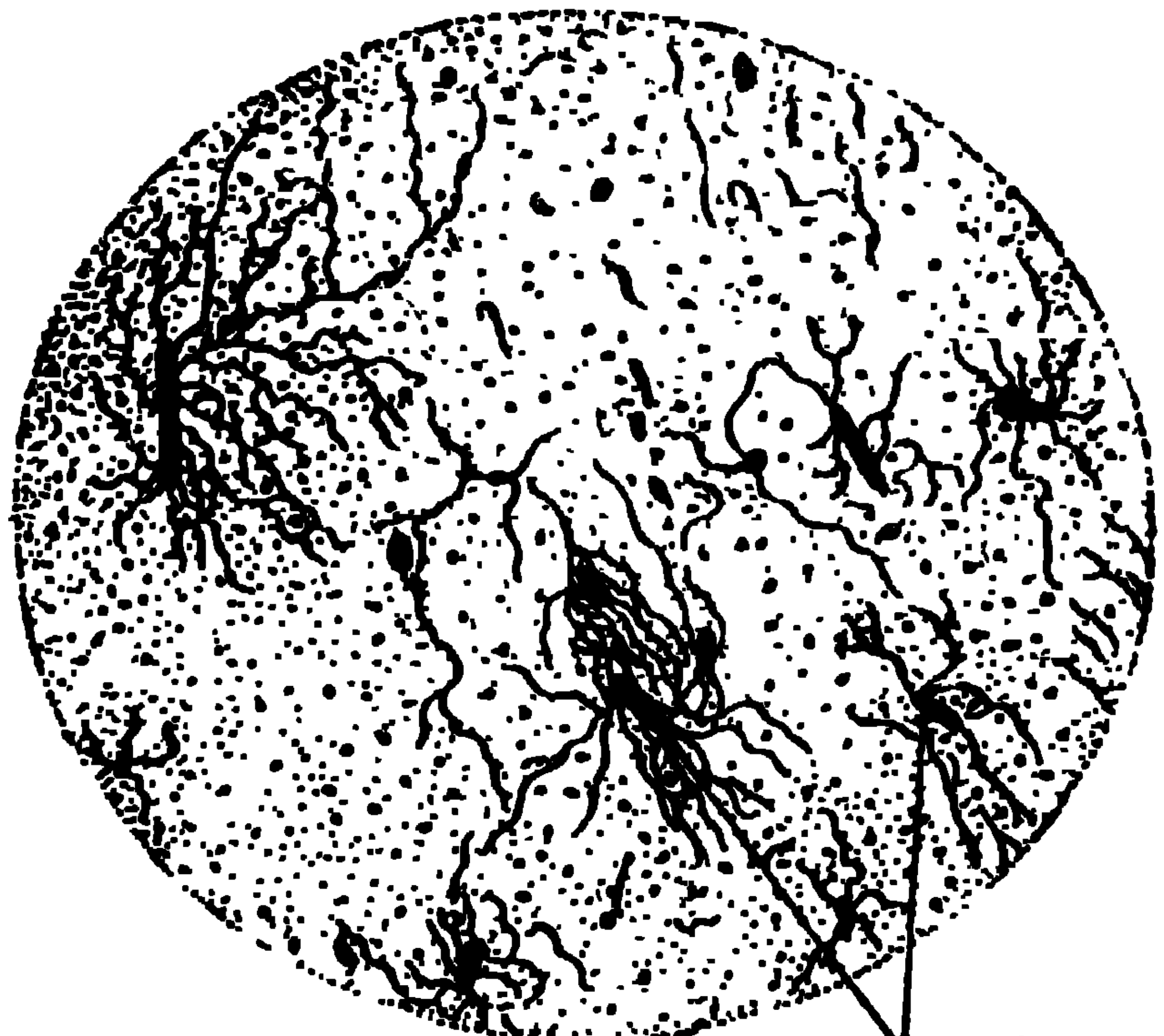
(ii) রক্তে লবণজল (Saline) ইঞ্জেকশন করা উচিত কারণ অনবরত জলের ন্যায় দাস্ত হওয়াতে দেহের প্রচুর জল বাহির হইয়া যায়।

(iii) হৃৎপিণ্ড যাহাতে দুর্বল না হইয়া যায় তাহা দেখা উচিত।

(iv) যাহাতে প্রস্রাব হয় তাহার চিকিৎসা করা দরকার।

(v) দাস্ত ও বমন কমাইবার ঔষধ প্রয়োগ করা উচিত।

(b) **টাইফয়েড** (Typhoid): (30—32 নং চিত্র দেখ) এই রোগও অত্যন্ত সংক্রামক ব্যাধি। কি কি উপায়ে টাইফয়েডের জীবাণু মুখে প্রবেশ করে তাহা 31 নং চিত্রে দেখানো হইল। ঠিক সময়ে আধুনিক আবিষ্কৃত ঔষধ প্রয়োগের দ্বারা চিকিৎসা না করিলে অগণিত মানুষ মৃত্যু-মুখে পতিত হয় বা নানাভাবে অঙ্গ-হীন হইয়া পঙ্গু-জীবন যাপন করে।

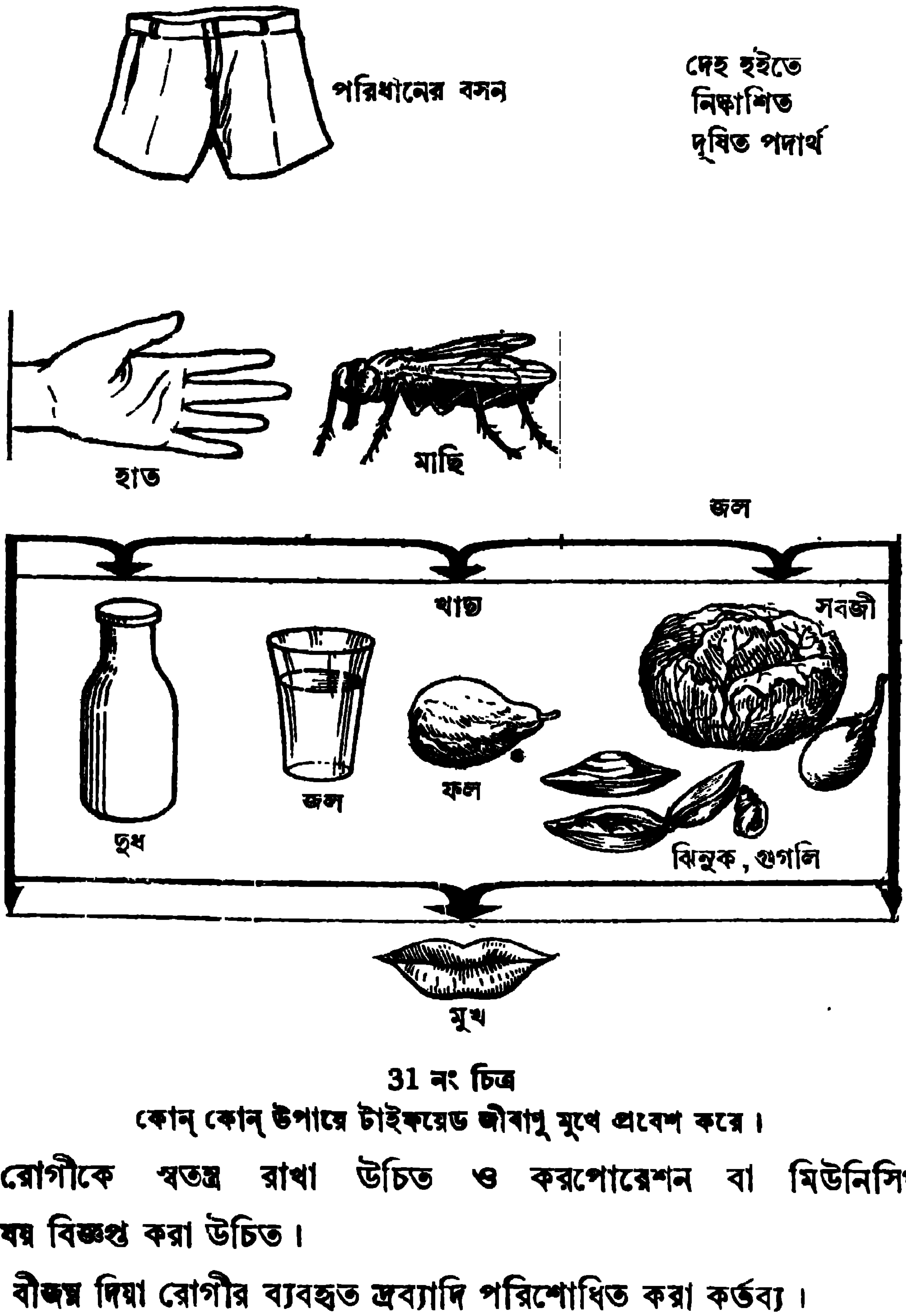


30 নং চিত্র

প্রাথমিক লক্ষণ :— উত্তরোত্তর জ্বরের বৃদ্ধি, নিদারুণ মাথার যন্ত্রণা, কোষ্ঠবদ্ধতা বা পাতলা. দাস্ত হওয়া, জিহ্বার উপরের তলে সাদা ছোপ পড়া, দুর্বল হইয়া পড়া, দীর্ঘকাল ধরিয়া অজ্ঞান হইয়া থাকা প্রভৃতি লক্ষণ সচরাচর দেখা যায়। রোগমুক্ত হইয়া পুনরায় আক্রান্ত হওয়া বিচিত্র নয়; ইহাকে বলে রিল্যাপ্স (Relapse)।

রোগের কারণ :—টাইফয়েড রোগের জীবাণুর নাম ব্যাকটিরিয়ম্ টাইফোসাস্ (Bacterium typhosus) (30 নং চিত্র)। টাইফয়েড রোগীর মল এই জীবাণুদ্বারা সংক্রমিত থাকে বলিয়া ইহা জলে, দুধে ও অন্য খাদ্যের সংস্পর্শে আসিলে সংক্রমণ ছড়াইয়া পড়িতে পারে। মাছির দ্বারা এইরূপে রোগ বাহিত হয়। অনেক টাইফয়েড বাহকও (carrier) রোগ ছড়াইতে পারে।

রোগের চিকিৎসা :—(1) রোগের প্রতিরোধ :—কলেরা রোগের প্রতিরোধ বিষয়ে যে সমস্ত বিধান দেওয়া হইয়াছে সেইসব পালন করা এইখানেও কর্তব্য।



31 নং চিত্র
কোন্ কোন্ উপায়ে টাইফয়েড জীবাণু মুখে প্রবেশ করে।

(i) রোগীকে স্বতন্ত্র রাখা উচিত ও করপোরেশন বা মিউনিসিপ্যালিটিকে রোগীর বিষয় বিজ্ঞপ্ত করা উচিত।

(ii) বীজঘ্ন দিয়া রোগীর ব্যবহৃত দ্রব্যাদি পরিশোধিত করা কর্তব্য।

(iii) টাইফয়েড রোগবাহকদের হস্তে প্রস্তুত খাদ্য বা পানীয় খাওয়া উচিত নহে।

(iv) মাছিকে যথাসম্ভব ধ্বংস করা উচিত।

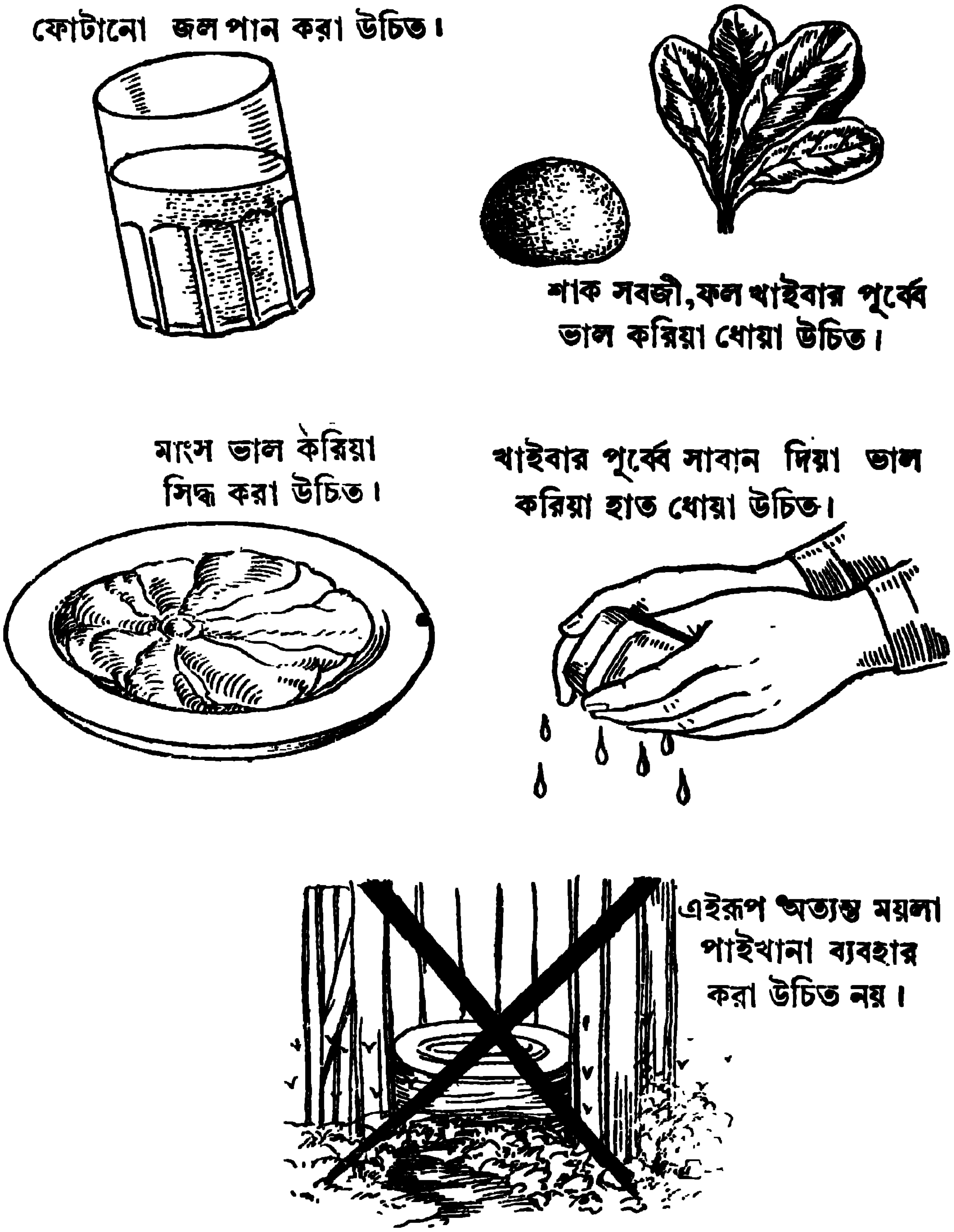
(v) যখন টাইফয়েড রোগ হইতেছে তখন পানীয় জল ফুটাইয়া পান করা উচিত।

(vi) পায়খানা, নর্দমা প্রভৃতি পরিষ্কার রাখা কর্তব্য।

(vii) পরিস্রুত জল সরবরাহ করা উচিত।

(viii) বৎসরে একবার করিয়া টাইফয়েড ইঞ্জেক্‌শন প্রত্যেকের লওয়া দরকার।

(ix) কি উপায়ে এই রোগ হইতে সাবধান হওয়া যায় তাহা 32 নং চিত্রের সাহায্যে বোঝানো হইয়াছে।



32 নং চিত্র
কি উপায়ে কলেরা, টাইফয়েড, আমাশয় রোগ হইতে সাবধান হওয়া যায়।

(2) **রোগ হইলে চিকিৎসা :—**

আজকাল ক্লোরামফেনিকল আবিষ্কৃত হওয়াতে টাইফয়েডের চিকিৎসা খুব সহজ

হইতেছে ও পূর্বাপেক্ষা মৃত্যুর হার অনেক কমিয়াছে। তবে পূর্বেকার ন্যায় রোগীর সেবা-শুশ্রূষা করা বিশেষরূপে কর্তব্য।

(c) **আমাশয়** (Dysentery) :

প্রধানতঃ দুই প্রকার আমাশয় রোগী দেখিতে পাওয়া যায়। এই দুইপ্রকার আমাশয়ের নাম (1) অ্যামিবিক ডিসেন্ট্রি (Amoebic Dysentery) ও (2) ব্যাসিলারি ডিসেন্ট্রি (Bacillary Dysentery)। এই রোগ দুটিকে সাধারণত রক্ত আমাশয় বলা হয়।

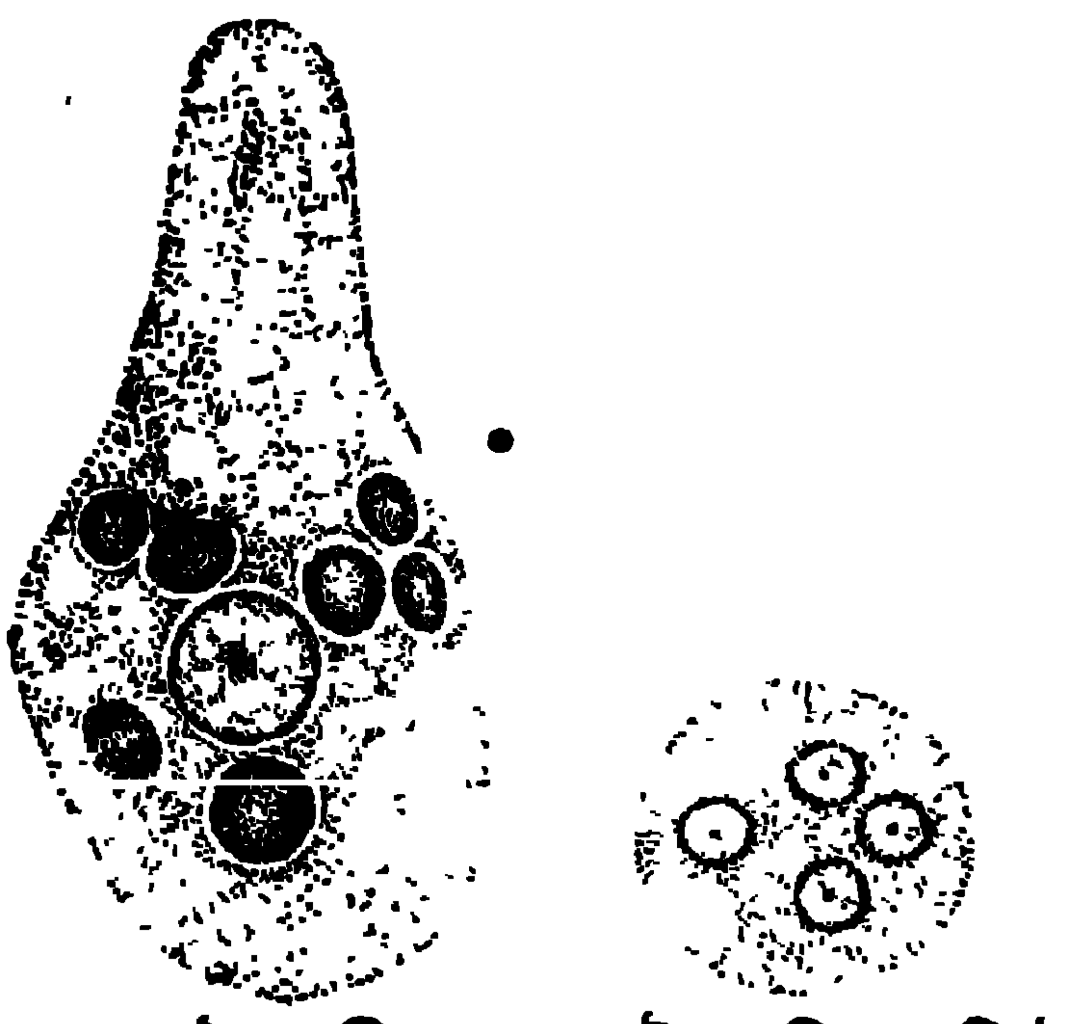
(1) **অ্যামিবিক ডিসেন্ট্রি :** অধিকাংশ বাঙ্গালী এই রোগে প্রায়ই ভোগে এবং এইজন্য অনেকে অসুস্থ জীবন যাপন করেন।

প্রাথমিক লক্ষণ :—দাস্তে মল ও রক্ত মিশ্রিত থাকে। পেট কামড়ায়, কিন্তু ব্যাসিলারি ডিসেন্ট্রির মত জ্বর হয় না।

রোগের কারণ :—একপ্রকার অ্যামিবা (এণ্টঅ্যামিবা) (33 নং চিত্র) এই রোগের কারণ। অ্যামিবা অনেক সময় সিস্ট অবস্থায় থাকে এবং এইগুলি জলে, খাদ্যে, কাঁচা তরকারিতে লাগিয়া থাকিতে পারে। অন্ত্রে প্রবেশ করিয়া রোগের উৎপত্তি করে।

কিভাবে আমাশয় রোগ হয় তাহা 28 ও 29 নং চিত্রের দ্বারা বোঝান হইয়াছে।

চিকিৎসা : প্রতিষেধক চিকিৎসা (কলেরা ও টাইফয়েড দেখ)—



এণ্টঅ্যামিবা এণ্টঅ্যামিবার সিস্ট

33 নং চিত্র

(i) মাছিকে ধ্বংস করা ; (ii) রোগীর সংস্পর্শে আসিলে সাবধানে থাকা ; (iii) জল ফুটাইয়া খাওয়া ; ও (iv) বাজারের তরিতরকারি ও ফল ভাল করিয়া ধোয়া উচিত। যে সব তরকারি ও ফল যথা, টোমাটো, শশা প্রভৃতি কাঁচা খাওয়া হয় সেগুলি পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের ঈষৎ লাল জলে ধুইয়া খাওয়া উচিত [32নং চিত্র দেখ]।

রোগ হইলে চিকিৎসা—মল পরীক্ষা করিয়া অ্যামিবা বা তাহার সিস্ট পাইলে সহজে রোগ নির্ণয় হয় ও চিকিৎসার সহায়তা হয়। যে রোগী এই প্রকার আমাশয়ে ভুগিতেছেন তাহাকে এমেটিন (Emetien), নিয়োভায়াসেপ্ট, এনটেরোভায়োফরম, মেক্সাফরমের দ্বারা চিকিৎসা করা উচিত।

(2) **ব্যাসিলারি ডিসেণ্টি :** অল্প সময়ে দেহের মধ্যে বিষাক্ত পরিবেশ সৃষ্টি করিতে পারে বলিয়া এই আমাশয়ের যত শীঘ্র পারা যায় চিকিৎসা করা কর্তব্য ও ইহার প্রতিষেধকের ব্যবস্থা করা উচিত। শিশুদের ইহা ভয়ানক ব্যাধি তাই কাল বিলম্ব না করিয়া অত্যন্ত যত্ন সহকারে চিকিৎসা না করিলে তাহাদের বাঁচান শক্ত। আধুনিক কালে অনেক উৎকৃষ্ট ঔষধ আবিষ্কারের ফলে এই রোগের ভয় অনেক কমিয়া গিয়াছে।

প্রাথমিক লক্ষণ—সাধারণতঃ দাস্তে মল থাকে না, কেবল রক্ত ও আম থাকে; পেটে কামড়ানি ও প্রবল জ্বর হয় এবং অনেক ক্ষেত্রে ধাত ছাড়িয়া যায়।

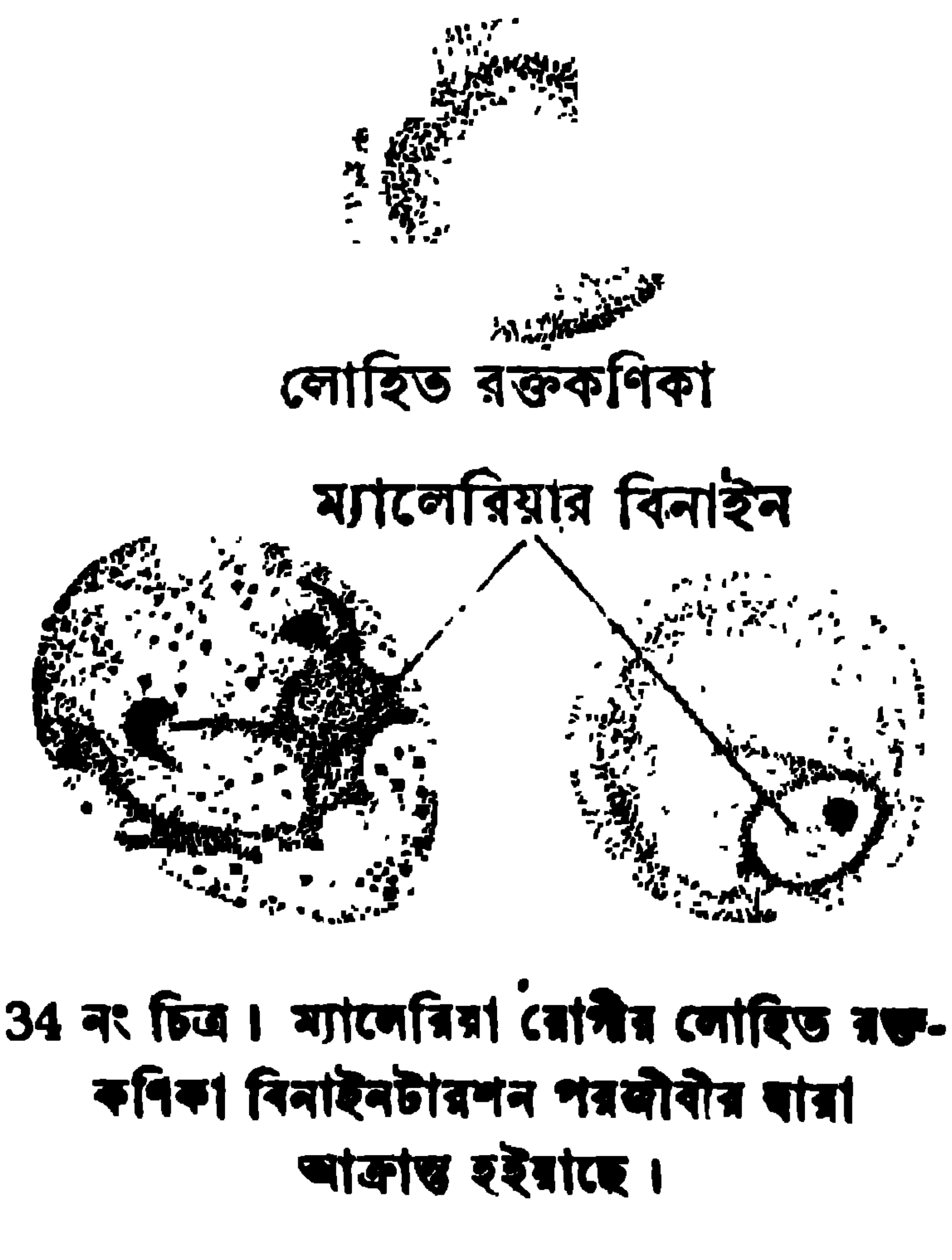
রোগের কারণ :—বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে ইহা একপ্রকার জীবাণুর দ্বারা হয়; তাহার নাম ব্যাক্‌টিরিয়াম্ ডিসেণ্টেরি (Bacterium dysenteriae)। দূষিত খাদ্য, পানীয় প্রভৃতি হইতে ব্যাসিলারি ডিসেণ্টি হইতে পারে।

চিকিৎসা :—প্রতিষেধক চিকিৎসা—অ্যামিবিক ডিসেণ্টি দেখ।

রোগ হইলে চিকিৎসা—মল পরীক্ষা করিলেই এই ব্যাধি সহজেই ধরা পড়ে। যে রোগী ব্যাসিলারি ডিসেণ্টিতে ভুগিতেছেন তাঁহাকে সাল্‌ফাগুয়ানিডিন, থ্যালাজল, স্ট্রেপটোমাইসিন, ক্লোরোস্ট্রেপ প্রভৃতি আধুনিক উৎকৃষ্ট ফলপ্রদ ঔষধ দিয়া চিকিৎসা করিলে দ্রুত ফল পাবার আশা থাকে।

9.4. পতঙ্গবাহী রোগ (Insect borne diseases) :

(a) **ম্যালেরিয়া :** ম্যালেরিয়ার সহিত বাঙ্গলা দেশে অল্পবিস্তর সকলেরই পরিচয় আছে। এই রোগ এখন উন্নততর চিকিৎসার জন্য অনেক প্রশমিত হইয়াছে। পূর্বে এই ভয়ঙ্কর ব্যাধি বাঙ্গলার গ্রামে গ্রামে মানুষকে অর্দ্ধমৃত অবস্থায় পরিণত করিয়াছিল; তাহার জীবনীশক্তি তিলে তিলে নিঃশেষিত করিয়া একটি জীবিত কঙ্কালে পরিণত করিয়াছিল। এখন নানা প্রকার স্বাস্থ্যানুযায়ী ব্যবস্থা ও আধুনিক চিকিৎসার সাহায্যে এই রোগ আমাদের অনেকটা আয়ত্তাধীন

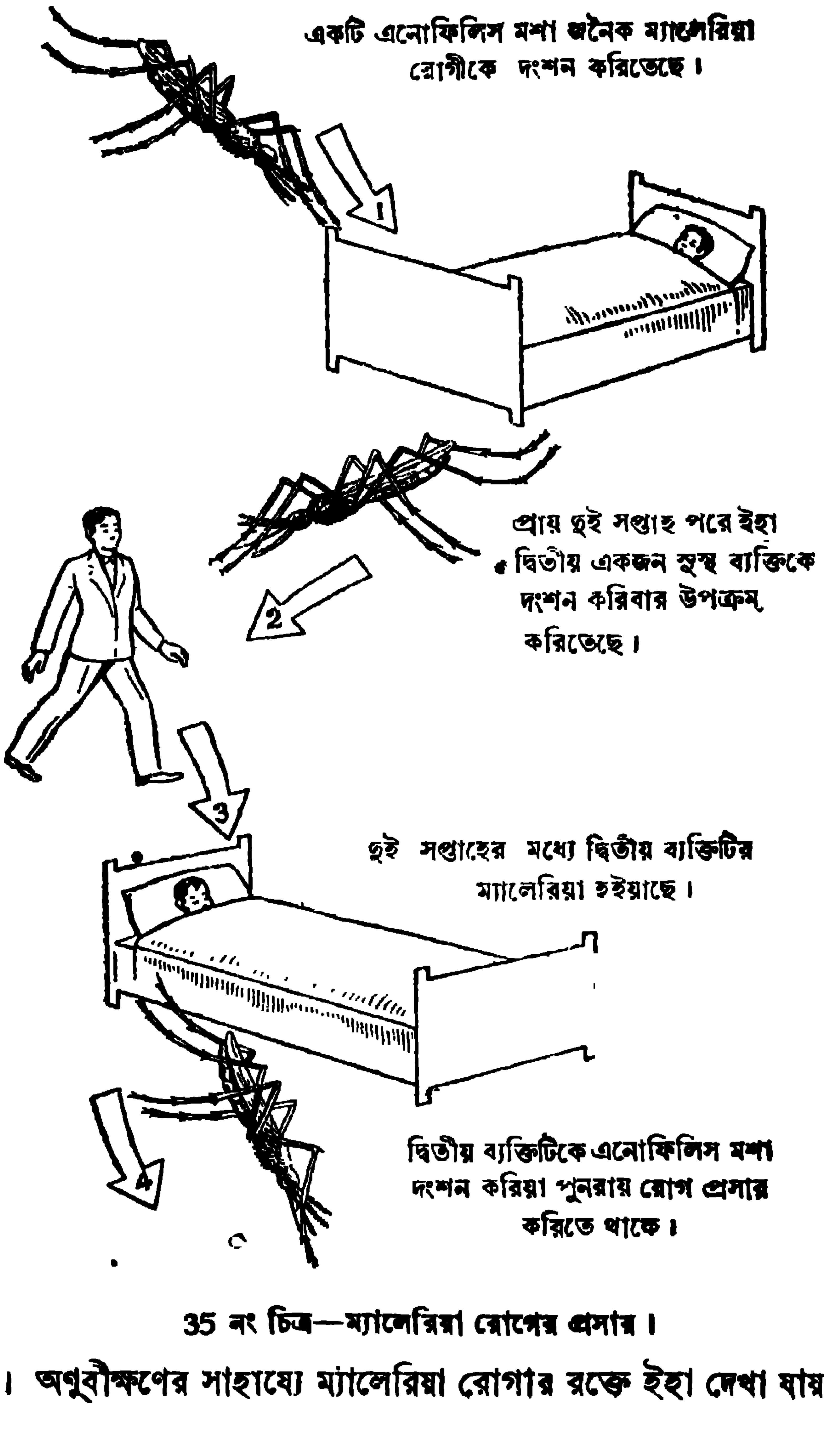


34 নং চিত্র। ম্যালেরিয়া রোগীর লোহিত রক্তকণিকা বিনাইনটারশন পরজীবীর দ্বারা আক্রান্ত হইয়াছে।

হইয়াছে। সাধারণতঃ বর্ষার শেষের দুইমাসে এই রোগের প্রকোপ দেখা যায় (34, 35 ও 36 নং চিত্র দেখ)।

প্রধান লক্ষণ:—কম্প দিয়া খুব জ্বর হয় এবং ঘাম দিয়া জ্বর ছাড়ে; প্লীহার বৃদ্ধি হয়; উত্তরোত্তর রক্তাল্পতা হয় ও ক্রমে ক্রমে জীবনীশক্তি ক্ষয় হয়।

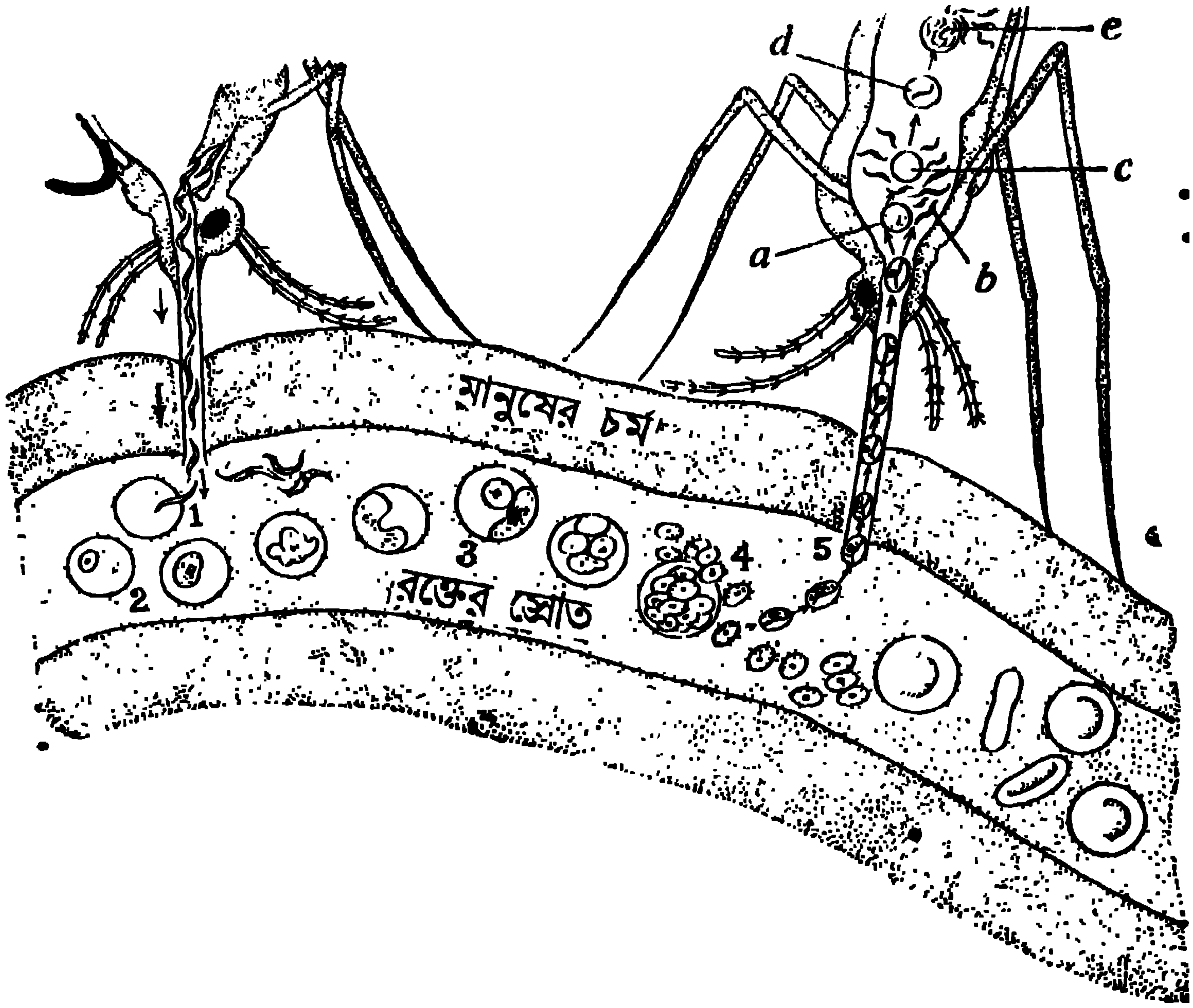
রোগের কারণ:—ম্যালেরিয়া হয় একটি এককোষী পরজীবী প্রোটোজোয়ার দ্বারা



35 নং চিত্র—ম্যালেরিয়া রোগের প্রসার।

[34নং চিত্র]। অণুবীক্ষণের সাহায্যে ম্যালেরিয়া রোগীর রক্তে ইহা দেখা যায়। সাধারণতঃ

তিন প্রকার ম্যালেরিয়া দেখা যায়: (1) বিনাইন টারশিয়ান (Benign Tertian),—ইহার কারণ প্লাসমোডিয়াম ভাইভাক্স পরজীবী, (ii) কোয়ার্টান টারশিয়ান (Quartan-Tertian),—ইহার কারণ প্ল্যাসমোডিয়াম ম্যালেরি (Plasmodium malariae) পরজীবী; (iii) ম্যালিগনাণ্ট টারশিয়ান—ইহার কারণ প্লাসমোডিয়াম ফ্যালসিপেরাম (Plasmodium falciparum) পরজীবী। এনোফেলিস নামে একটি মশা যখন ম্যালেরিয়া রোগীর রক্তপান করিয়া কোন সুস্থলোককে দংশন করে, পরজীবীটি তখন নূতন দেহ আশ্রয় করিয়া রোগের উৎপত্তি করে (35 ও 36 নং চিত্র দেখ)।



36 নং চিত্র

(1) এনোফেলিস মশার দংশনে ম্যালেরিয়া পরজীবী মানুষের রক্তে প্রবেশ করিতেছে। (2) পরজীবী লোহিত কণিকাকে ধ্বংস করিতেছে। (3) পরজীবীর বংশবৃদ্ধি। (4) লোহিত কণিকা হইতে রক্তস্রোতে আসিতেছে। (5) অন্য একটি এনোফিলিস মশা দংশন করিয়া নিজ দেহে পরজীবী টানিয়া লইতেছে।

রোগের চিকিৎসা:—

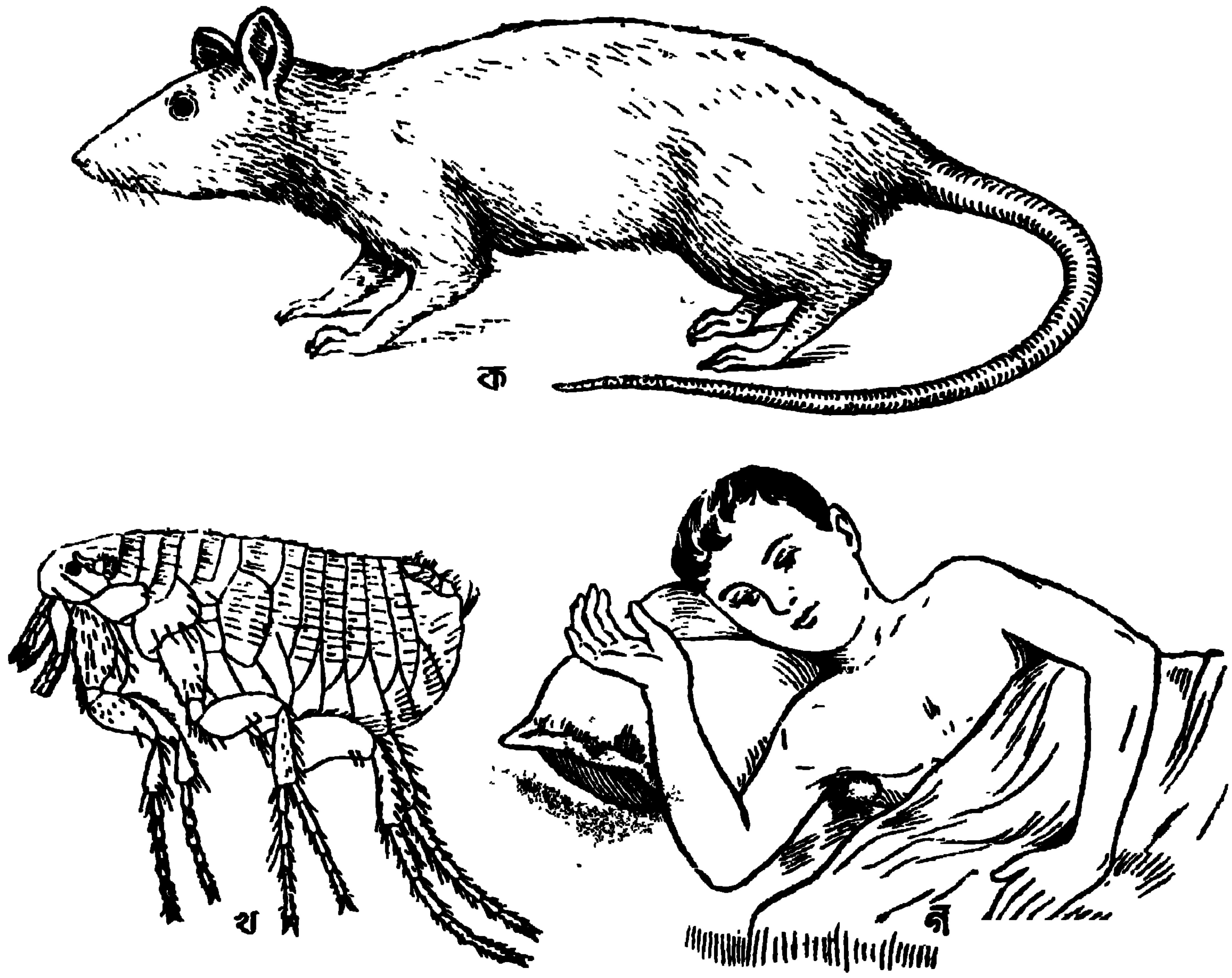
(1) **প্রতিষেধক চিকিৎসা**—যে সব স্থানে এনোফিলিস মশা জন্মায়, যথা—

জঙ্গল, ডোবা, খাল, অপরিষ্কার পুষ্করিণী, সেই স্থানগুলিতে ডি. ডি. টি. (D. D. T.) ছড়াইলে মশার লার্ভা ধ্বংস হইবে, এই সব স্থান পরিষ্কার রাখা উচিত। মশার দংশন হইতে নিজেদের রক্ষা করিতে হইলে মশারির মধ্যে শয়ন করা উচিত।

(2) **ম্যালেরিয়া আক্রান্ত রোগীর চিকিৎসা**—কুইনিন, মেপাক্রিন, ক্যামোকুইন, প্যালুড্রিন প্রভৃতি ঔষধ দিয়া চিকিৎসা হয়।

(b) **প্লেগঃ**

প্লেগও একটি পতঙ্গবাহী রোগ। এই রোগ তাহার ধ্বংসলীলায় ভারতবর্ষের নানা প্রদেশের লোকেদের সর্বনাশের কারণ হয়। ইহার কারণ প্লেগ আক্রান্ত রোগীর চিকিৎসা অনেকক্ষেত্রে দুঃসাধ্য হইয়া পড়ে। তিন প্রকার রোগ সাধারণতঃ দেখা যায়। (i) বিউবনিক প্লেগ (Bubonic plague) (ii) নিউমনিক প্লেগ (Pneumonic plague) (iii) সেপ্টিসিমিক প্লেগ (Septicoemic plague)।



37 নং চিত্র—(ক) প্লেগ-সংক্রমিত ইঁদুর। (খ) র‍্যাট ফ্লি। (গ) প্লেগরোগী।

প্রধান লক্ষণঃ—বিউবনিক প্লেগে বগল ও কুঁচকির গ্রন্থি ফুলিয়া জ্বর হয় (37গ নং চিত্র) ; নিউমনিক প্লেগে নিউমোনিয়ার সমস্ত লক্ষণ দেখা যায় ; সেপ্টিসিমিক প্লেগ জীবাণু দেহের মধ্যে বিষাক্ত পরিবেশের সৃষ্টি করে।

রোগের কারণ :—প্লেগ জীবাণুর নাম ব্যাসিলাস পেস্টিস (Becillus pestis)। এই জীবাণু প্লেগ-সংক্রামিত ইঁদুরের রক্তে থাকে (37 নং চিত্র)। র‍্যাট ফ্লি (Rat flea) বলিয়া একটি পতঙ্গ ইঁদুরের লোমের মধ্যে বাস করিয়া উহার রক্তপান করে (37 খ চিত্র)। প্লেগ মহামারীরূপে দেখা দিবার প্রারম্ভে যখন অনেক ইঁদুর মরিতে আরম্ভ করে তখন র‍্যাটফ্লি সেই অর্দ্ধমৃত ইঁদুরের দেহ ত্যাগ করিয়া খাদ্যান্বেষণের জন্য মানুষকে দংশন করে ও তাহাকে সংক্রামিত করে। এইরূপে ভয়ানক প্লেগ সংক্রামিত মহামারী আরম্ভ হয়।

রোগের চিকিৎসা :—

(1) **প্রতিষেধক চিকিৎসা**—(i) মহামারীর সময় ইঁদুর ধ্বংস করা উচিত। (ii) মৃত ইঁদুরের উপর ডি. ডি. টি. ছড়াইয়া র‍্যাটফ্লিগুলি মারিয়া ফেলা উচিত। (iii) প্রত্যেকের প্লেগের টীকা লওয়া কর্তব্য। (iv) গৃহের আশেপাশে আবর্জনা পরিষ্কার করা উচিত। (v) সম্ভব হইলে সেইরূপ গৃহনির্মাণ করা উচিত, যাহার ভিতর ইঁদুর বাসা করিতে পারে না।

(2) **প্লেগ-রোগীর** (37 গ চিত্র) **চিকিৎসা :**—স্ট্রেপটোমাইসিন, সালফাডায়াজিন প্রভৃতি ঔষধ ব্যবহার হয়।

9.5. দেহের সংস্পর্শজনিত রোগ (Diseases by contact)

দেহের স্পর্শজনিত রোগ সাধারণতঃ দুই প্রকার, যথা—(a) দাদ, ও (b) খোস-পাঁচড়া। এইরূপ চর্মরোগ হয় কতগুলি আণুবীক্ষণিক উদ্ভিদ বা প্রাণীর দ্বারা। এই সকল পরজীবি সুস্থচর্মের ভিতর দিয়া বা কাটা স্থান দিয়া প্রবেশ করে।

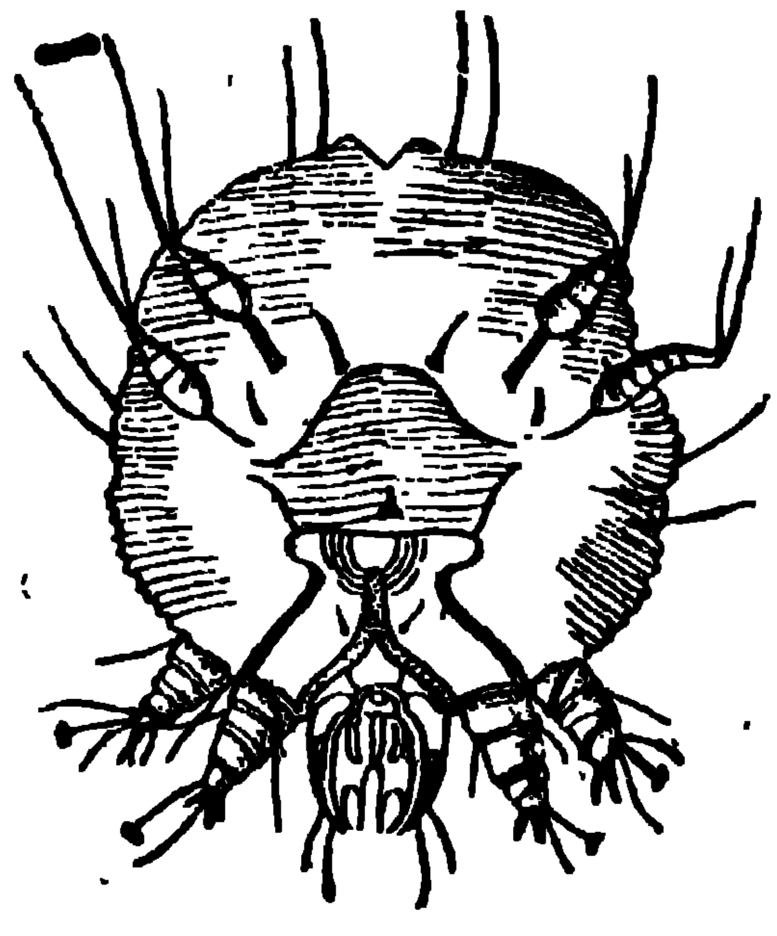
(a) **দাদ :** এই চর্মরোগটি অত্যন্ত সংক্রামক। এক প্রকার ছত্রাক (fungus) এই রোগের উৎপত্তি করে। মাথা বা দেহের অন্য কেশবহুল স্থানগুলিতে ইহা দেখিতে পাওয়া যায়।

ইহা ঈষৎ গোলাকার নীলাভ দেখিতে হয় এবং ইহার উপর সূক্ষ্ম আঁশের ন্যায় খুসকী থাকে। যেস্থানে দাদ হয় সেই সব স্থানের কেশগুলি নষ্ট হইয়া যায় এবং অত্যন্ত চুলকানি হয়। স্কুলের ছাত্রছাত্রীদের মধ্যে এই রোগ বেশী দেখা যায়। অনেক-ক্ষেত্রে তাহারা নাপিতের ময়লা ক্ষুর, কাঁচি হইতে সংক্রামিত হয়। গামছা, তোয়ালে এবং চিরুণী হইতেও রোগের প্রসার হয়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে রোগের প্রতিষেধক হিসাবে, রোগগ্রস্ত লোকের ঐ সকল ব্যবহৃত দ্রব্য সুস্থ লোকের ছোঁয়া উচিত নয়।

দাদরোগের চিকিৎসা—সাধারণতঃ স্যালিসিলিক এসিড (Salicylic Acid), ক্রাইসোফ্যানিক এসিড (Chrysophanic acid) প্রভৃতি ঔষধ দিয়া দাদের চিকিৎসা হয়।

(b) **খোস পাঁচড়া**—এই চর্মরোগটি একরূপ পরজীবী সন্ধিপদ প্রাণীর জন্য হয়। ইহার নাম সারকপটেস (Sarcoptes) [38 নং চিত্র দেখ]। চর্মের সংক্রামিত স্থানে ছোট ছোট লম্বা দাগ থাকে ও প্রচণ্ড চুলকানি হয়। চুলকাইবার জন্য ঐ সকল স্থানে পুঁজ হয়। সাধারণতঃ রাত্রিবেলা গরম ঘরে শয়ন করিবার সময় চুলকানি বেশী হয়। যে সকল স্থান নরম ও খাঁজ আছে ; যথা—হাতের কবজির আঙ্গুলের ফাঁকে ফাঁকে, বগলে, নিতম্বে, নাভীতে এই রোগ বেশী দেখা যায়।

একটি ঘরে অনেক লোক বাস করিলে বা রোগীর নিত্যব্যবহার্য জিনিষপত্র ও কাপড়চোপড় ব্যবহারের ফলে এই রোগ প্রসারিত হয়। অপরিষ্কার লোকেরাও খোস-পাঁচড়ায় ভোগে।



38 নং চিত্র—সারকপটেস

খোসের প্রতিষেধক চিকিৎসার প্রধান অঙ্গ প্রত্যেক লোকের পরিষ্কার-পরিচ্ছন্ন থাকা। একই ঘরে অনেক লোকের বাস করাও উচিত নয়। একই বিছানায় শয়ন করা বা একই গামছা, তোয়ালে, কাপড়, জামা, রুমাল, ব্যবহার করা বিপজ্জনক। রোগগ্রস্ত ব্যক্তির জামা কাপড় ভাল করিয়া পরিষ্কার করা কর্তব্য।

খোস হইলে, গন্ধকযুক্ত মলম বা বেনজিল বেনজোয়েট (Benzyl Benzoate) লোশন দিয়া চিকিৎসা করিলে সুফল পাওয়া যায়।

Objective Test প্রশ্ন

A. Alternative response type :

(1) *Yes or no type* :—(i) টাইফয়েড রোগ কি মাছির দ্বারা বাহিত হয় ? ——

(ii) কোন কোন সুস্থ লোকের অন্ত্রে কি কলেরার জীবাণু থাকে ? ——

(iii) সর্দিকাশীর প্রথম হইতে চিকিৎসা না করিলে কি অন্য রোগের দ্বারা রোগী আক্রান্ত হইতে পারে ? ——

(iv) কাঁচা তরকারি কি অ্যামিবিক ডিসেন্ট্রির কারণ হইতে পারে ? ——

(2) *True or false type*—(i) ব্যাসিলারি ডিসেন্ট্রিতে দেহে বিষাক্ত পরিবেশ সৃষ্ট হইতে দেরি হয়। ——

(ii) প্লেগ মহামারীরূপে আরম্ভ হইবার পূর্ব হইতেই ইঁদুর মরিতে আরম্ভ করে না। ——

(iii) খোস-পাঁচড়ায় আক্রান্ত রোগীদের কাপড় চোপড় ব্যবহার করিলে সুস্থলোকে আক্রান্ত হয়। ——

(iv) একপ্রকার ছত্রাক দাদরোগের কারণ। ——

B. Recall type and Completion type :

(i) ইনফ্লুয়েঞ্জায় একটা——হইয়া রোগীকে——করিয়া দেয়। — —

(ii) —— প্রকার ম্যালেরিয়া দেখা যায়। ——

(iii) আজকাল—— আবিষ্কৃত হওয়াতে টাইফয়েড চিকিৎসা সহজে হইতেছে। ——

D. Multiple choice type :

(i) ম্যালেরিয়া কিরূপ ব্যাধি? বায়ুবাহিত সংক্রামক ব্যাধি? জলবাহিত রোগ? পতঙ্গবাহী রোগ?

(ii) যিনি কলেরা রোগের বাহক তাঁহার (ক) কলেরা রোগ হয় (খ) কলেরা রোগ হয় না।

(iii) অ্যামিবিক ডিসেন্ট্রি কোন জীবাণুর দ্বারা হয়?—ব্যাকটিরিয়ম টাইফোসাস? ব্যাকটিরিয়াম ডিসেন্টি? এন্টঅ্যামিবা?

(iv) ম্যালেরিয়ারোগীর ব্যবহৃত দ্রব্যাদি পরিশোধিত (ক) করা কর্তব্য (খ) করার আবশ্যক নাই।

Questions (প্রশ্নাবলী)

What is the cause of malaria? How would you prevent the spread of malaria?

ম্যালেরিয়া রোগের কারণ কি? ম্যালেরিয়ার প্রতিষেধক চিকিৎসা কি?

2. Write what you know about the cause, symptoms and treatment of Typhoid fever.

টাইফয়েড রোগের কারণ, লক্ষণ ও চিকিৎসা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ

3. Compare the prevention of the spread of Cholera and Plague.

কলেরা ও প্লেগের প্রতিরোধ সম্বন্ধে তুলনা কর।

4. **Write short notes on :** (নিম্নলিখিত কথাগুলির টীকা লিখ :)

(i) **Carrier** (বাহক) (ii) **Ring worm** (দাদ) (iii) **Rat flea** (র‍্যাট ফ্লি) (iv) **Germ** (জীবাণু)।