

放射能といひ、上の三種の放射線を夫夫 β 線、 γ 線及び α 線と名づけらる (第 229 圖)、(第 230 圖)。是等の放射線の呈する特殊の生理作用は屢醫療に用ひらる。

- 【要點】 (1) 眞空管内にて放電すれば内部の壓力の減ずるに従ひ先づ特殊の光を發し(ガイスレル管)、遂に暗黒となりて陰極より電子の流れ即ち陰極線を發す(クルックス管)。
- (2) 陰極線は白金板に投射して、其處より X 線を發す。X 線は光に不透明なる種々の物體を透過す。反射・屈折することなし。寫眞乾板に感じ、或物質に螢光を放たしめ、空氣を電導體にし、生理作用を呈す。
- (3) ラヂウム原子は崩壊して α 、 β 、 γ の三放射線を放射す。是等放射線の作用は X 線に似たり。

第五學年の部

第一篇

力 運 動

第一章

力の釣合 力の合成と分解

1. **力の釣合** 一つの力が、自由に動き得る物體に作用するときは、其の物體は必ず其の力の方向に動く。然るに物體を糸にて吊すときに、其の物體が重力に引かるるに拘はらず下方に落ちざるは、糸の張力が之を上方に引き上ぐるによる (第 231 圖)。かかる場合には此の二つの力は **釣合** Equilibrium といふ。故に二つの力が釣合ふためには、(1) 其の二つの力が同一直線上にありて方向相反し、(2) 且其の大ききを要す。彈性體が其の彈性の限内

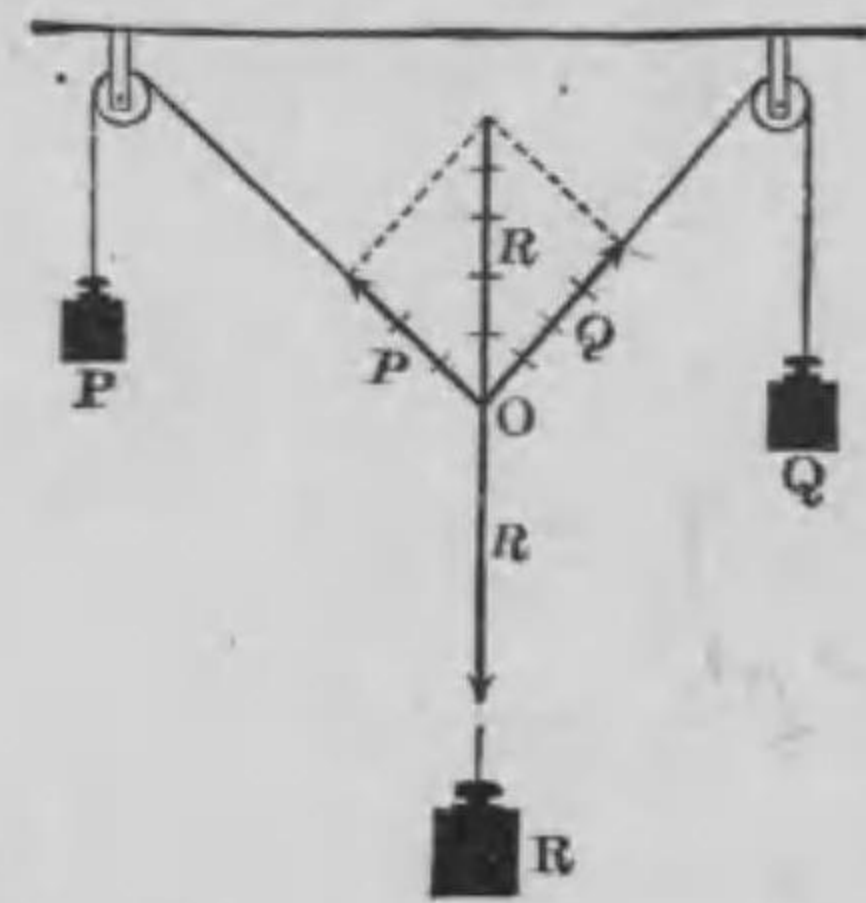


第 231 圖：一二つの力の釣合。

f と W とは大きき相等しく方向相反す。

に於て變形せる間は、之に加へたる力と其の弾力とが互に釣合の状態にあるなり。

2. **力の合成分解** 物體の一點に二つの力が作用し、其等が同一直線上にありて方向相等しきときには、物體には此の二つの力の和に等しき一つの力を加へたるときと同じ結果を生じ、又其の方向相反するときには其等の差に等しき一つの力と同一の結果を呈すべし。



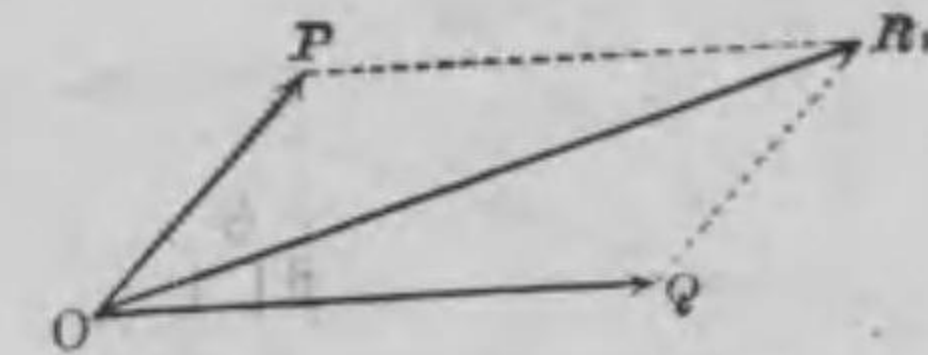
第232圖：一力の平行四邊形の法一。

P, Q, Rの三力はOに會して相釣合ふ。RはP, Qを二邊とする平行四邊形の對角線に當る。

『二つの力が同一の直線上にあらざるときは、此の二つの力P, Qを二邊とする平行四邊形の着力點Oを通ずる對角線Rに相當する一つの力と同一の結果を呈するなり』(第232圖)。之を力の**平行四邊形の法**又は**中斜法**といふ。かく數力と同一の結果を生ずべき一つの力を其等の力

の**合力**といひ、合力に對し各の力を**分力**といふ。而して合力を求むるを力の**合成**といひ、分力を求むるを力の**分解**といふ。

一點に働く力が三つ以上あるときは、其の二つの合力と他の一つの力との合力を求め、又此の合力と残りの一つの力との合力を求め、次第に此の方法を反復すべきなり。



第233圖：一力の平行四邊形の法二。

P, Qの合力はRなり。

問1. 水平に張りたる針金あり。其の中央に重き物體を吊すに針金を強く張るほど切れ易きは何故か。

問2. 互に直角を成す30瓦の重さの力と、40瓦の重さの力との合力を求めよ。

問3. 2疋の重さに堪へ得る長さ10糎の絲の兩端を夫々互に50糎隔る天井の二點に結び、糸の一端より30糎の點に幾疋の錘を吊すとき糸は切斷するか。

問4. 第233圖に於ける二力P, Qの作用線のなす角をθとすると合力Rは、

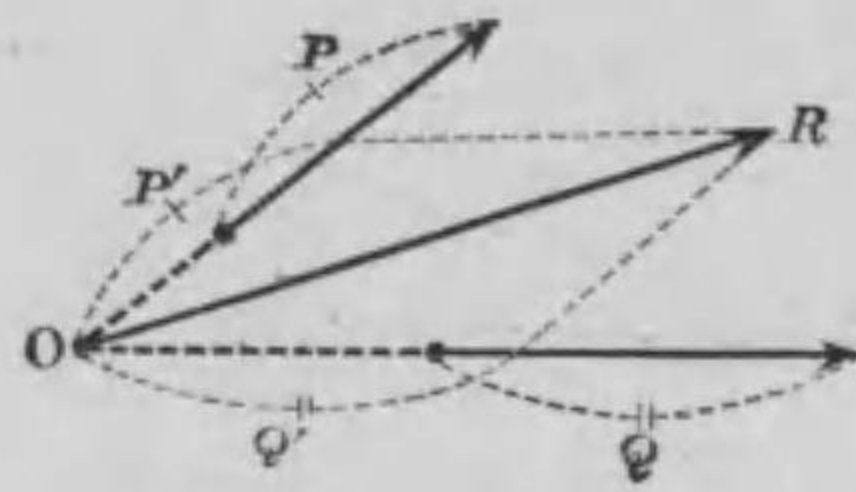
$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta}$$

なることを證明せよ。又3疋の力と4疋の力とが30

$$R^2 = P^2 + Q^2 - 2PQ \cos(\theta - \theta) = P^2 + Q^2 - 2PQ \cos \theta$$

度の角をなすとき其の合力は幾何なるか。

3. **剛體に働く力** 力を加ふるも其の形狀及び體積を變ぜざる物體を剛體といふ。普通Rigid bodyの固體は、加ふる力の小なる間は之を剛體と見做すことを得べし。

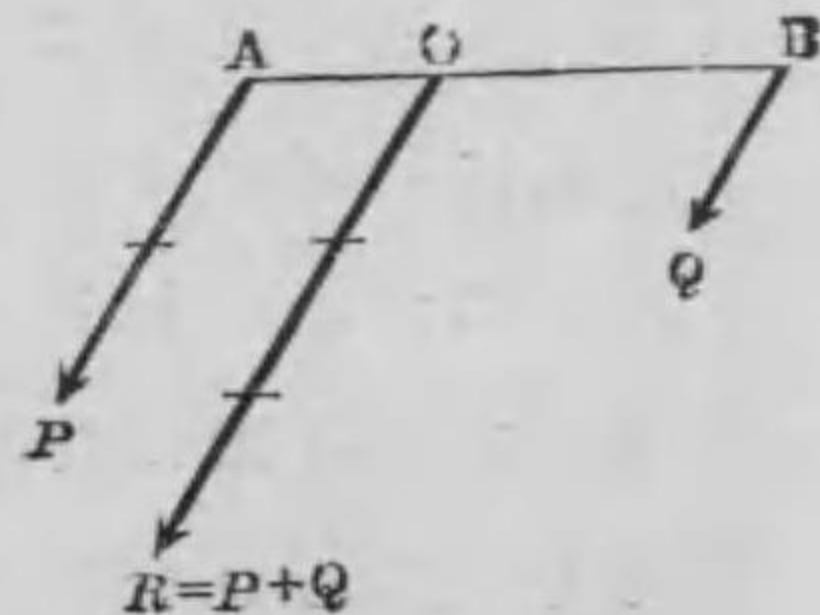


第234圖：一力の合成。

二つの力 P, Q の着力點を其の交點 O に移して P', Q' とし、其の合力 R を求む。

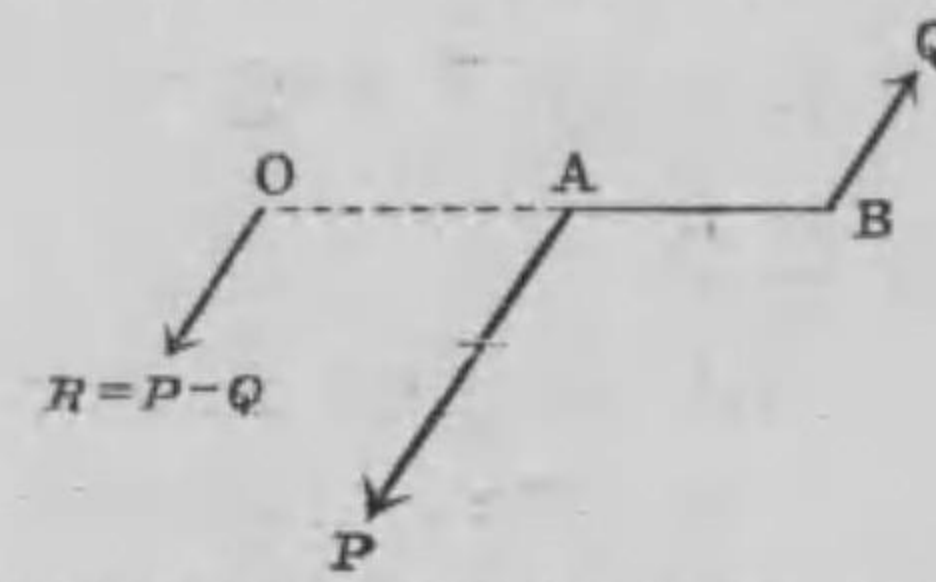
剛體に作用する力の着力點は、力の方向を表す直線即ち力の作用線上に於ける任意の位置に移すを得べし。故に平行ならざる數力が剛體に作用するとき、其の着力點を移し既に學びたる平行四邊形の法によりて其等の合力を求むることを得べきなり(第234圖)。

4. **平行力の合成** 剛體に作用する二つの力が平行にして且同じ方向を取るときには、其の合力は二つの力の和にして、其の着力點はもとの二つの力の



第235圖：一同方向の平行力の合成。

$P:Q = OB:OA.$



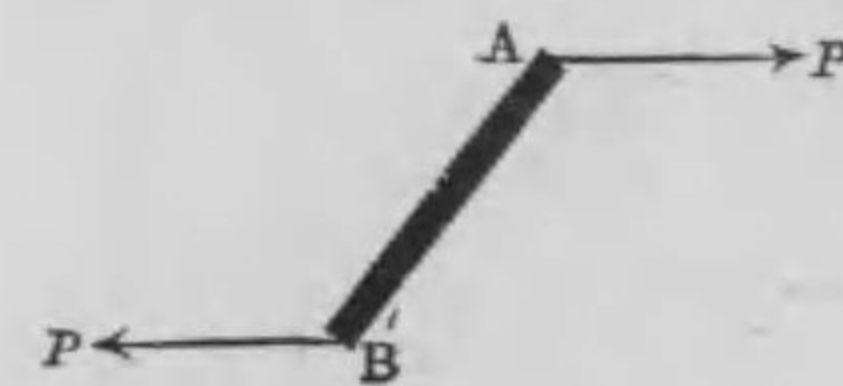
第236圖：一反方向の平行力合成。

$P:Q = OB:OA.$

着力點間の距離を二つの力の大きさの反比に内分したる點にあり(第235圖)。又其の方向相反する時には其の合力は二力の差にして、着力點は其の距離を二力の反比に外分したる點にあり(第236圖)。

問5. ノートブックに任意の方向の五つの力を描きて之を合成せよ。

5. **偶力** 大き相等しくして方向反對なる二つの平行力を併せて偶力といふ。偶力



第237圖：一偶力。

P, P 偶力, AB は剛體。

は之を一つの力に合成するを得ず。

偶力のみ作用する剛體は進行することなく其の位置にありて廻轉す(第237圖)。時計のネヂを巻き、コルク抜を廻



第238圖：一偶力の應用。

f, f は方向相反する平行力即ち偶力なり。

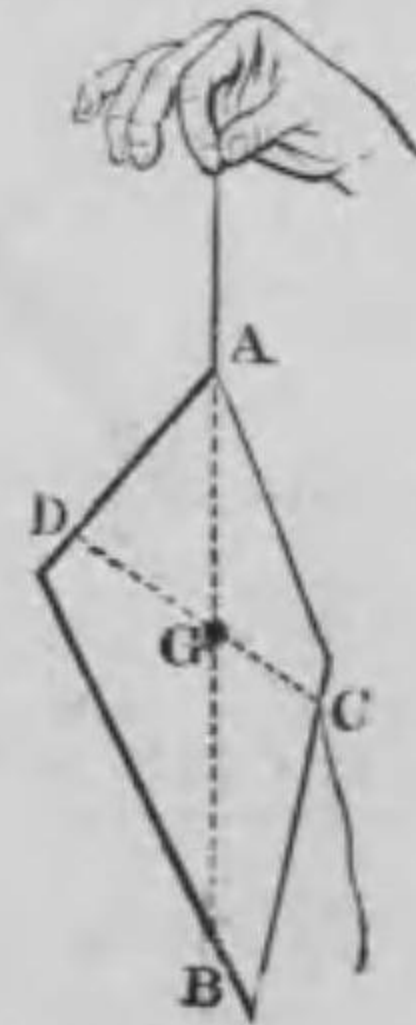
はし(第238圖),錐をもみ,自動車の把手を廻すが如きは,何れも偶力の作用なり.

- 【要點】(1) 力は中斜法等によりて合成することを得,又之を分解することを得.
 (2) 大き等しく方向相反する二つの力は釣合ふ,合力が零なるべき數力は互に相釣合ふ.
 (3) 二つの平行力の合力は二力の和或は差にして,其の着力點は二力の着力點間の距離を二力の反比に内分又は外分したる點にあり.
 (4) 偶力は大き等しく方向相反する二力にして物體を迴轉せしむる作用をなす.

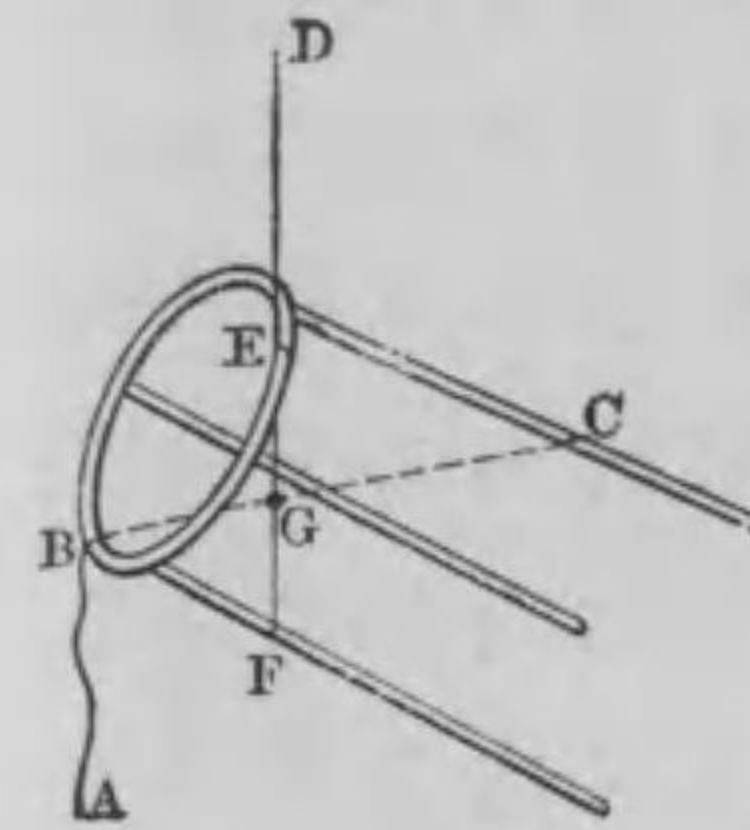
第二章

重心

1. **重心** 剛體の各部分に作用する重力は無數の平行力にして,其等の合力は即ち其の剛體の重量なり. 剛體の一點を糸にて吊さば糸の張力は其の剛體に作用する重力の合力と釣合ふべきにより,此の合力の作用線は必ず糸の方向と一致すべく,同様に又他の點を吊せしときの糸の方向とも一致



第239圖:一板の重心.
重心GはABとCDとの交點にあり.



第240圖:一立體の重心.
BC, DEFは糸の方向. Gは重心.

すべし(第239圖), (第240圖). 故に其等の糸の方向の互に交叉する點Gは上の合力の着力點なるべし. 此の點を**重心**といふ. 密度一樣にして規則正しき形,例へば正方形の板,三角形の板,球,圓柱等の重心は何れ

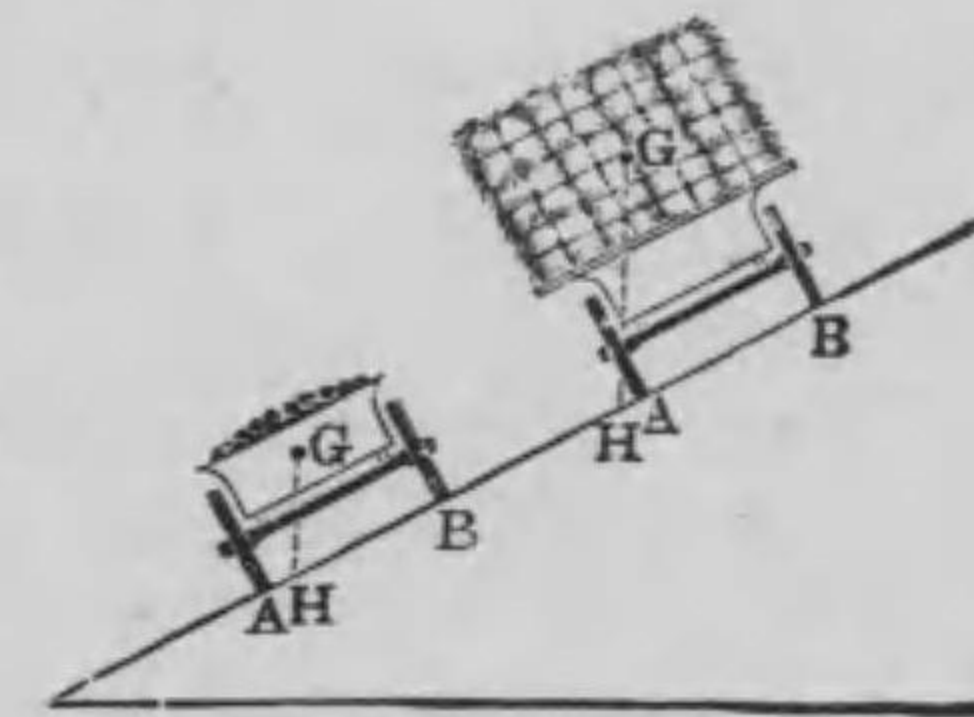
も幾何學的に求めらる.

問1. 三角形の厚紙あり. 其の重心の位置を求めよ.

問2. 厚さ及び密度の一樣なる不等邊四角板の重心の位置を幾何學的に求めよ.

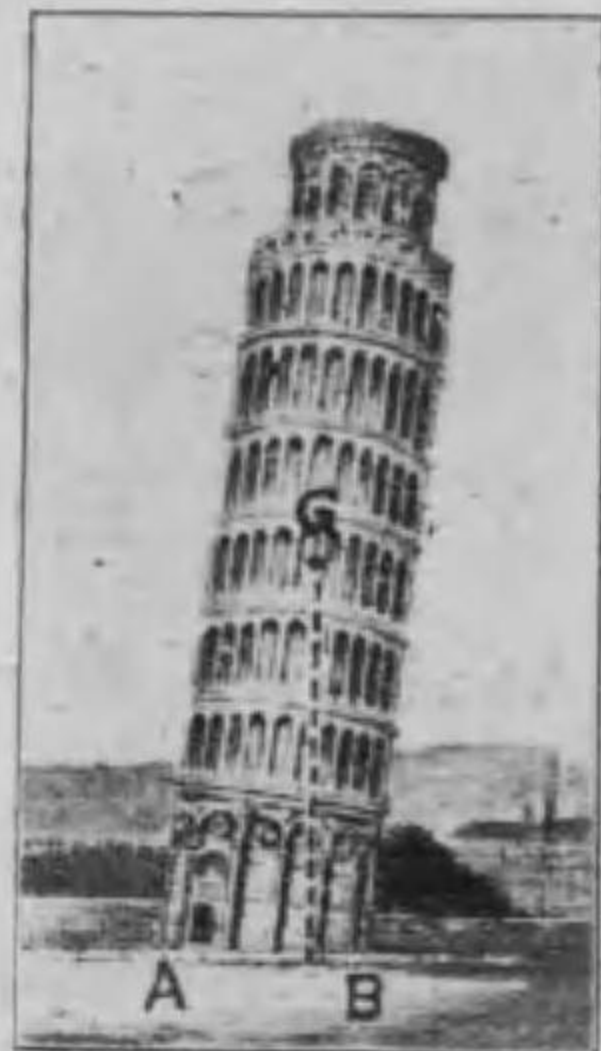
2. **物體の坐り**

剛體に作用する重力の合力は其の重心に作用するものと見做し得べきにより,若し其の力の作用線が其の剛體の基底外にあらば其の剛體は此の力



第241圖:一坐りの安定.

荷物を低く積みたる車(左)は重心Gを過ぎる鉛直線GHが基底AB内にあるを以て安定, 高く積みたる車(右)はGHがAB外にあるを以て顛倒す.



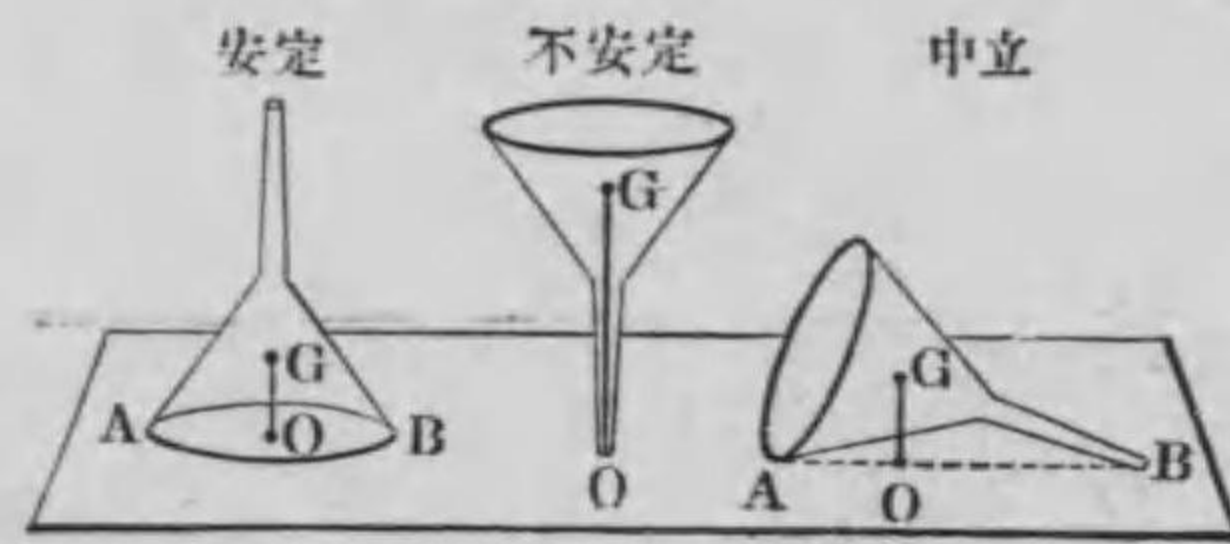
第242圖：—ピザの斜塔。
重心Gは基底AB上にあり。
此の斜塔にてガリレオは落
體の實驗を試みたり。

によりて顛倒すべし(第241
圖)。随つて剛體が顛倒せ
ざる爲には「重心を過る鉛
直線が基底内にあるを要
す」。重き荷物を抱くとき
は後にそり、又之を背に負
ふと

き前
に屈
むな

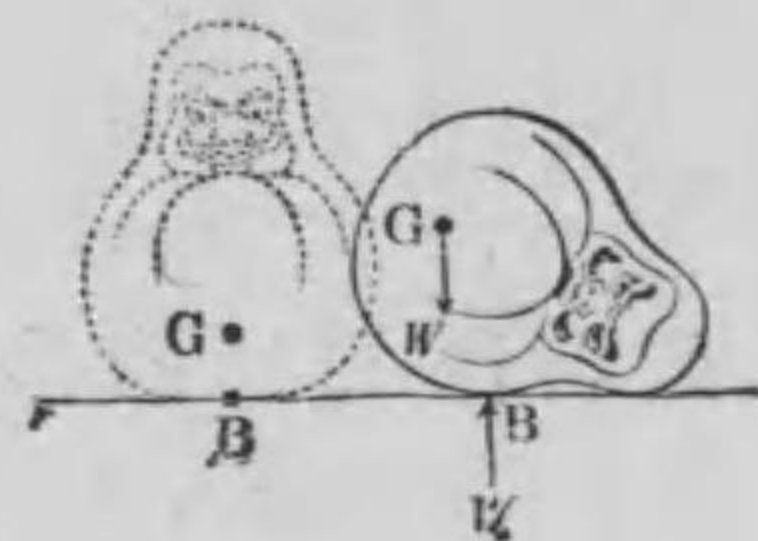
どはこれが爲なり。

剛體を其の重心が最
低の位置を取るやうに
置かば、之を傾くる時重



第244圖：—坐りの安定。

ABは基底、Gは重心、GOは鉛直線。

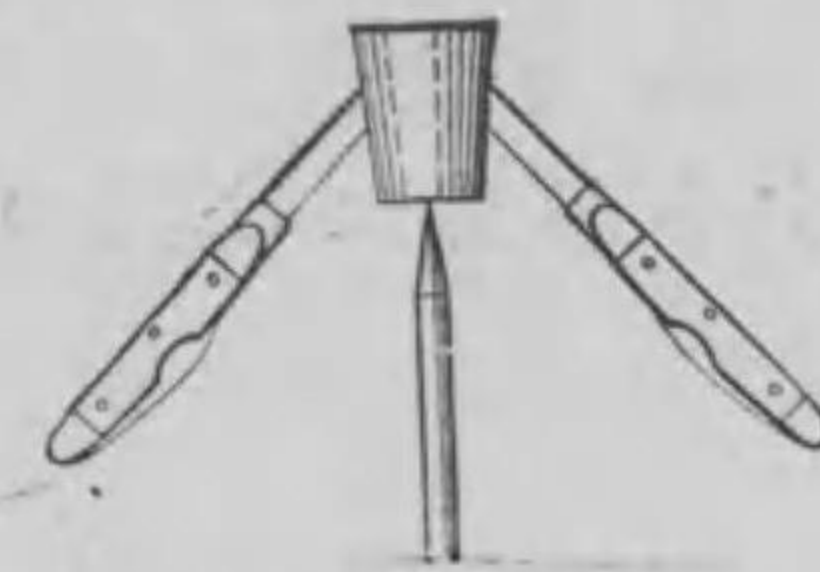


第243圖：—一起上りの坐り。

直立せるときは重心Gは基底
Bの上であり、倒れたときは
Gに作用する重力WとBより加
はる力W'との偶力によりて廻
轉しもとの位置に復す。

心は却つて昇
り其の點に作
用する重力に
より其の剛體
は原位置に歸
らんとす。故

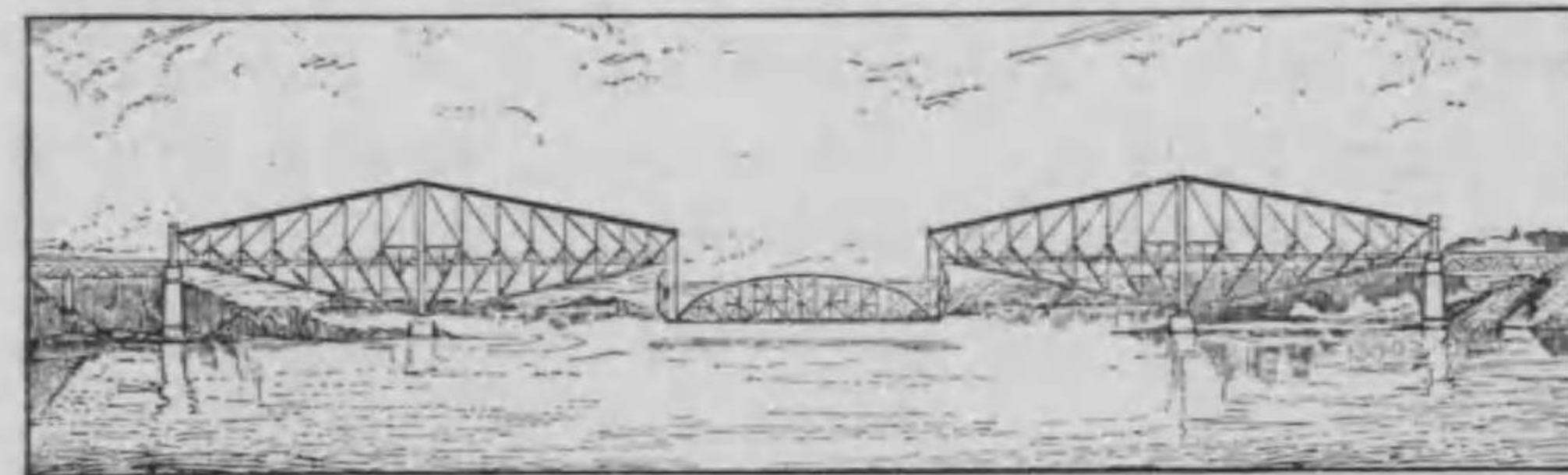
に此の時を**安定の坐り**と
いふ。之に反し重心最高
の位置にあらば、之を傾く
るに重心は益降りて遂に
剛體は顛倒す。故に之を
不安定の坐りといふ。又
重心の高さが剛體を如何



第245圖：—合體の重心。

ナイフとコルクとの合體の
重心が鉛筆の尖端の直下
にあるを以て顛倒せず。

に置くも變ぜざるときは剛體は何れの位置
に於ても止まるが故に、之を**中立の坐り**とい
ふ(第244圖)。「剛體の基底廣きこと、重心の低き
こと、重量の大なること」は坐りの**安定**なるべ
き必要條件なり。



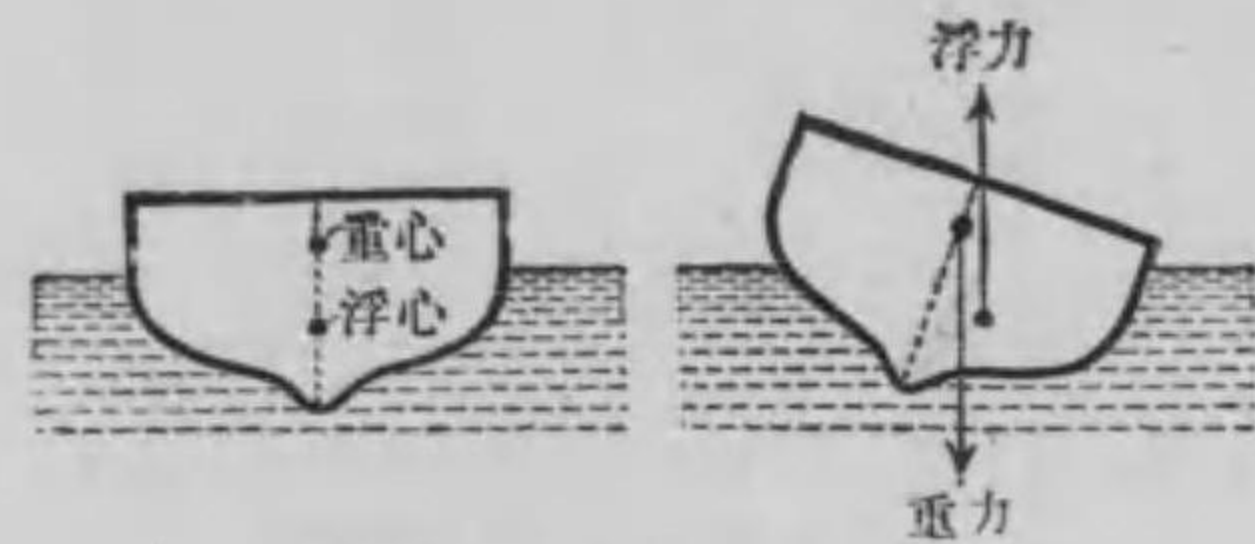
第246圖：—重心を支へたる鐵橋。

加奈太セントローレンス河に架せるクエベック橋。全長約三千呎、重量鋼
材四萬六千噸、兩側の大橋梁は其の重心を支へられ、其の間に中央徑間の
引き上げられて將に架せられんとする所。

問3. 坐りの三種の例を挙げよ。

問4. 吊したる物體の坐りは安定なりや。

3. **浮體の釣合** 剛體が液面に浮びて静止するが爲には、其の剛體の重心と、排除液の重心即ち浮心とが同一鉛直線上にあるを要す。浮べる剛體を傾けると



第247圖：一船の釣合。

き、其の重心に作用する剛體の全重量と、浮心に作用する浮力とよりなれる偶力が、剛體を原位置に戻さんとするものなるときは其の釣合は安定なるも(第247圖)、若しそれに反すれば不安定にして顛覆すべし。

- 【要點】(1) 剛體の重心に其の剛體の全重量が集まれるものと見做すことを得。
 (2) 剛體の重心を過ぎる鉛直線が基底内にあれば其の剛體は坐る。坐りには安定・不安定・中立の三通りあり。

第三章

單一機械 (其の一)

1. **力の能率** 剛體の一點を支點とし他の點に力を作用せしむれば、此の剛體は其の支

點の周りに廻轉す⁽¹⁾。而して其の際剛體を廻轉せしむるための力のきゝめは、力の大きさと

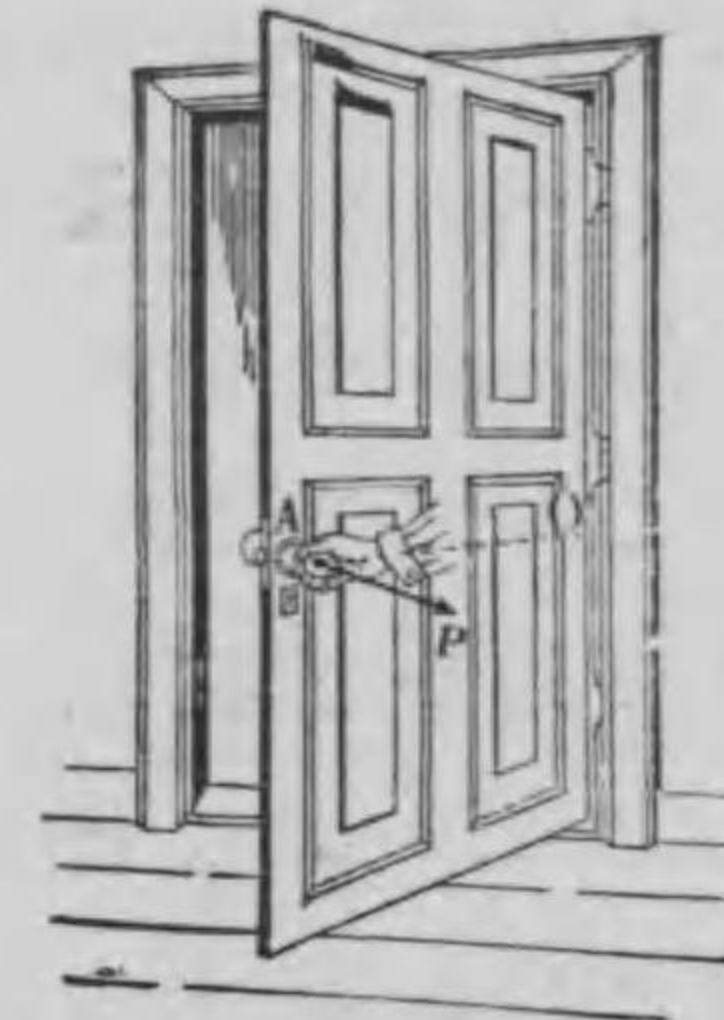


第248圖：一力の能率。

支點より力の作用線に下せる垂線の長さとの相乗積によりて定まる。此の値を其の支點の周りの力の

能率といひ、此の垂線を能率の臂^{Arm}といふ(第248圖)。

扉の把手を蝶番より成るべく遠ざけて其の開閉を容易にするは能率の臂を大ならしめんがためなり(第249圖)。



第249圖：一扉を開閉する力の能率。

O 支點, A 着力點, P 力。

偶力の能率は、偶力をなせる二つの力の間の距離と、其の一つの力との相乗積に等し。自轉車・自動車等の把手は、偶力の臂を長くして其の能率を大ならしめんがために設けたるものなり。

(1) 支點が力の作用線上になき場合に限る。

2. **挺子** 『支點の周りに廻轉し得べき一つの剛體に二つの力が作用して此の剛體を



第250圖：—挺子(上)と其の應用(下)。

互に反對の方向に廻轉せんとするとき、是等二つの力の能率相等しからば此の剛體は釣合ふべし。 **挺子**は支點の周りに廻轉し得べき撓み難き棒にして、上の理により小なる力にて重き物體を動かす機械の一種なり。

第250圖に於てABを、支點をOに有する挺子とし、力をP、抵抗をQとすれば、

$$P \times OA = Q \times OB$$

に於て釣合ふべきが故に、OBに對してOAを大にすれば、



第251圖：—釘拔の作用。

$P \times OA = Q \times OB$ にして、H OAはOBよりも著しく大なるが爲力Pは抵抗Qに比して著しく小にて足る。

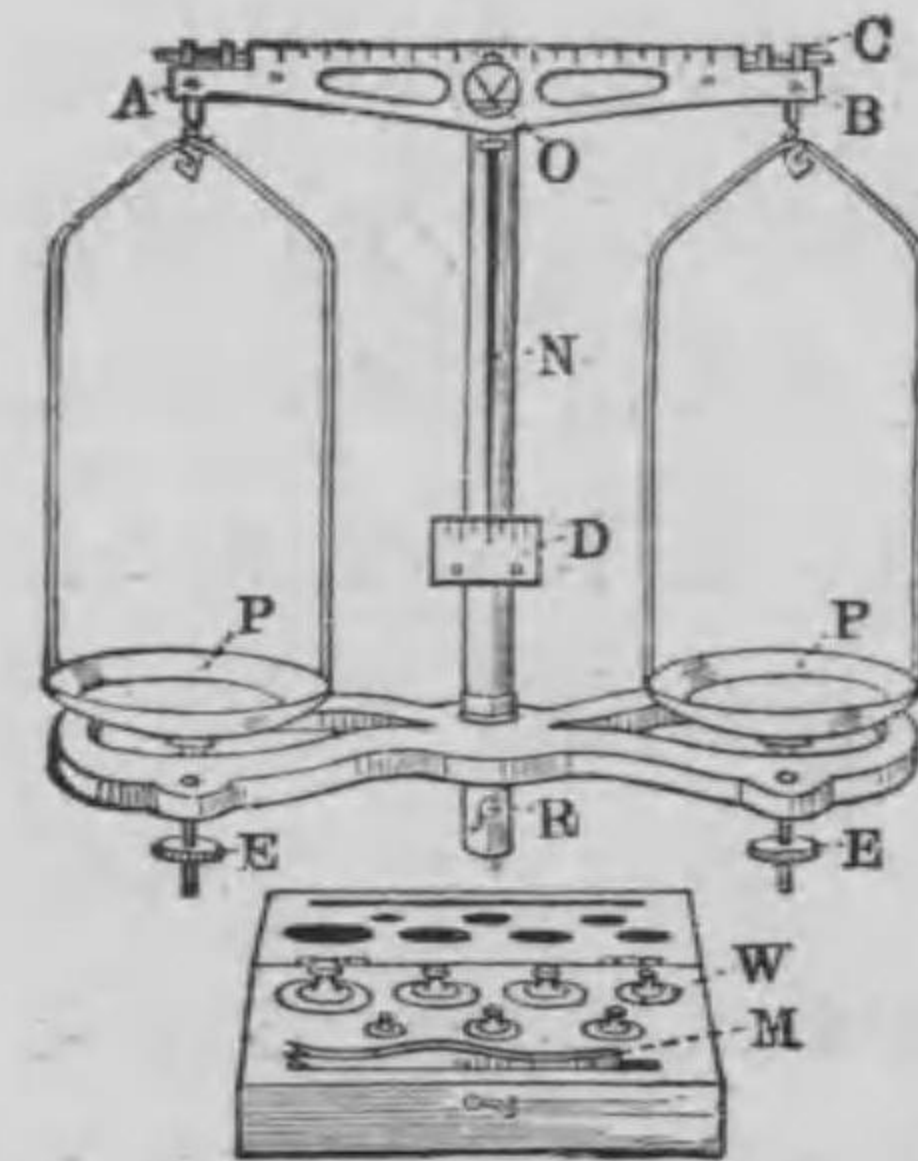
大なる抵抗Qを小なる力Pにて動かすことを得るなり。釘拔(第251圖)、木鋏・コルク壓しなども亦挺子の應用なり。

問1. 長さ60寸の棒の一端に重さ10斤の物體を吊し、其の端より20寸の處を支へて挺子を釣合はすには、他端に何程の力を加ふべきか。

問2. 長さ5尺の棒の一端に3貫の物體を吊し、他端に12貫の物體を吊して之を釣合すには何處を支ふべきか。

3. **天秤** 天秤 (第252圖)

は撓み難き桿の中央を支點とし、其の兩端に皿を吊したるものにして、桿は水平に止まる。一方の皿の質量を測らんとする物體を載せ、他方の皿に分銅を載せ、分銅の重さを加減して再び桿を水平とならし

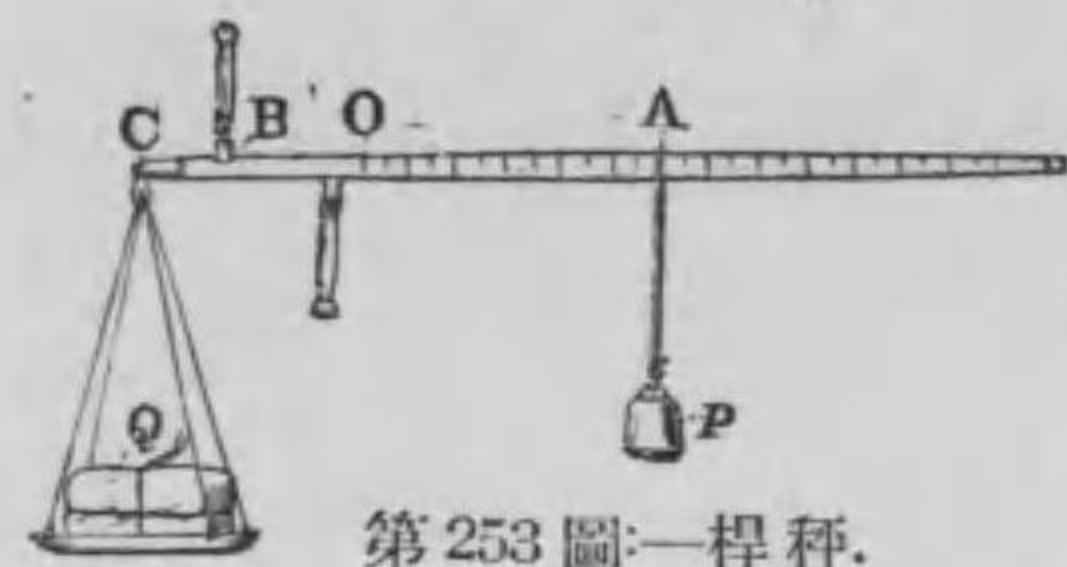


第252圖：—天秤。

AB 桿, O 支點, OA=OB, N 指針, D 目盛盤, C 桿を水平に調節するネジ, P 皿, R 桿を休むる止め, E 臺を水平にするネジ, W 分銅, M ビンセット。

む。此の時支點の周りに於ける物體の重さの能率は分銅の重さの能率に等しく、而して能率の臂は雙方とも相等しきが故に、物體の質量は分銅の質量に等しきなり。

4. **桿秤** **桿秤**に於ては第 253 圖の如く Steel-yard



第 253 圖—桿秤。

桿の一端に近き B 點に支點となるべき緒あり。皿に物體を載せざれば質量 P の分銅が O に懸りて桿は水平に止まり、物體 Q を載すれば此の點は A に移る。後の場合には支點 B の周りに於ける物體及び分銅の能率の増加は相等しかるべきを以て次の關係あり。

$$Q \times CB = P \times OA$$

上の式に於ける P と BC とは一つの桿秤に於て一定なるにより、物體の質量 Q は分銅を動かしたる距離 OA に比例すべし。故に桿に刻める目盛は等しき間隔を有すべく、此の目盛は直ちに其の物體の質量を表はすなり。

問 3. 桿秤に二つの取緒を附するは何のためなるか。

5. **滑車** **滑車**は軸の周圍を廻轉し得る Pulley

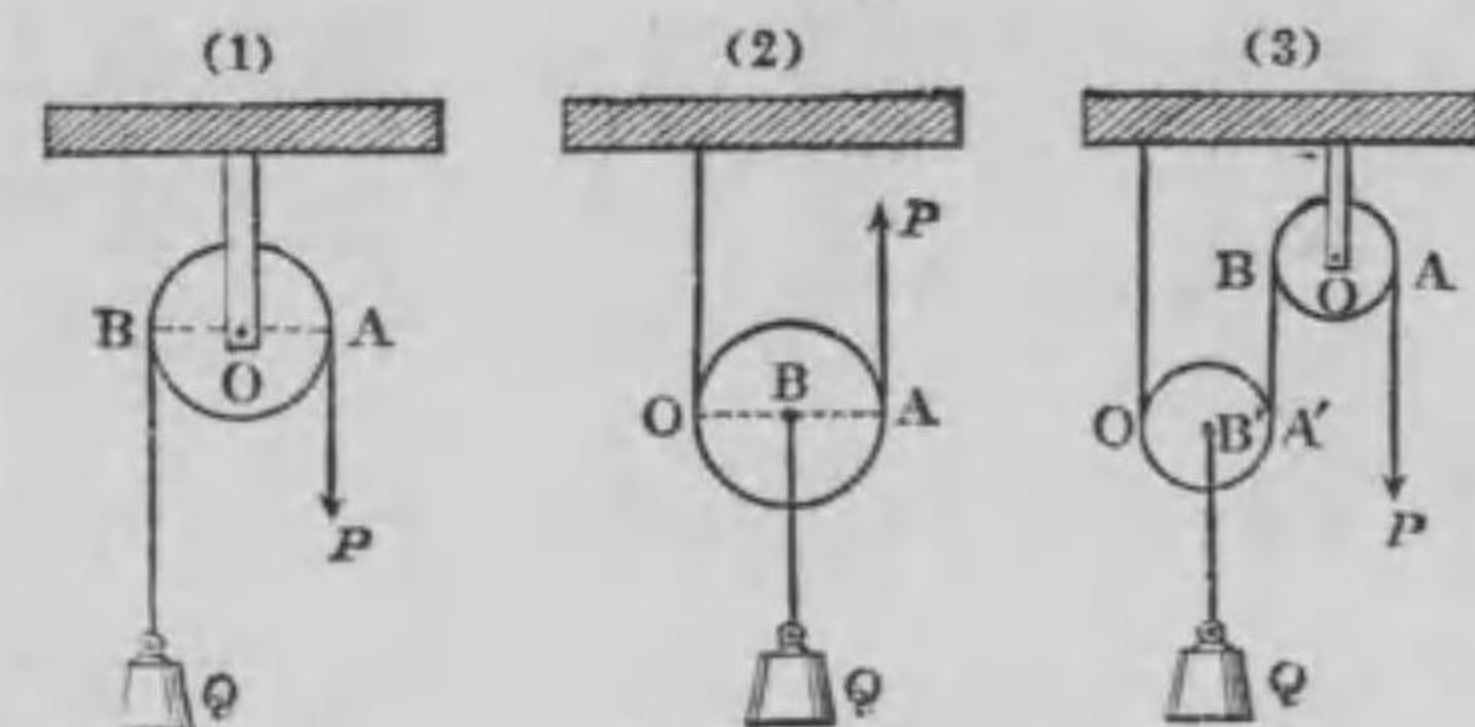
一の車にして、之を其の軸の位置が固定せる

定滑車 (第 254 圖 1) と、移動し得る **動滑車** (第 254 圖 2 及 Fixed pulley Movable pulley

び 3) とに分たる。

定滑車に

於ては綱を引く力と、それに對する抵抗力とは常に滑車の周に切線の方法に作用

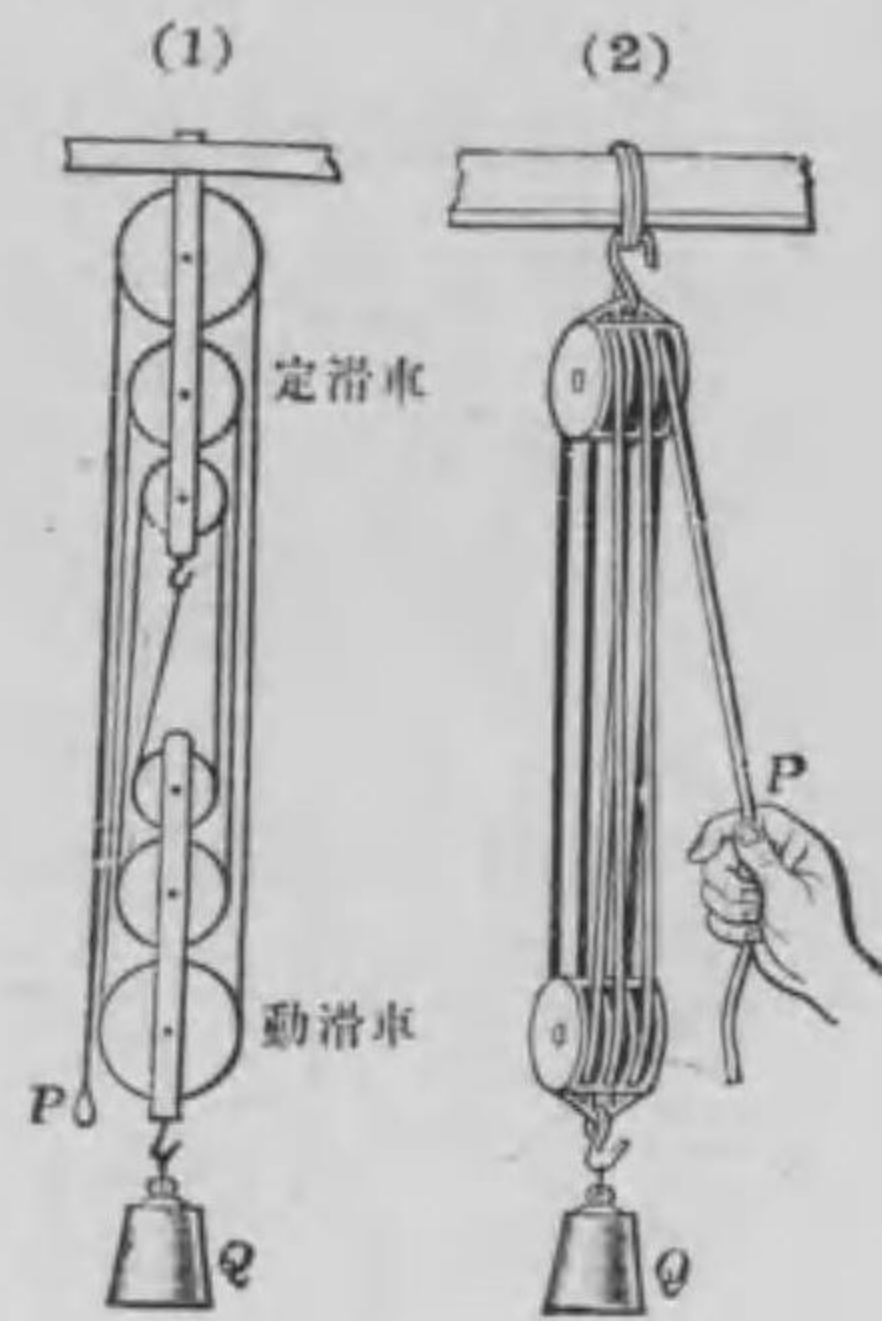


第 254 圖—(1)定滑車, (2)動滑車, (3)定滑車と動滑車との組合せ。

O は支點, A は力 P の作用する點, B は抵抗 Q の作用する點。

し、滑車の中心が支點となれるにより、其の作用は恰も支點が中央にある挺子に同じ。故に力に利なけれども、力の方向を變ずるの便あり。二つの定滑車を調革等にて連結すれば一軸の廻轉を他軸に傳ふることを得べく、其の廻轉數は滑車の半徑に反比例す。

動滑車は一端に支點を有し中央に重さの



第 255 圖：—動滑車の應用。

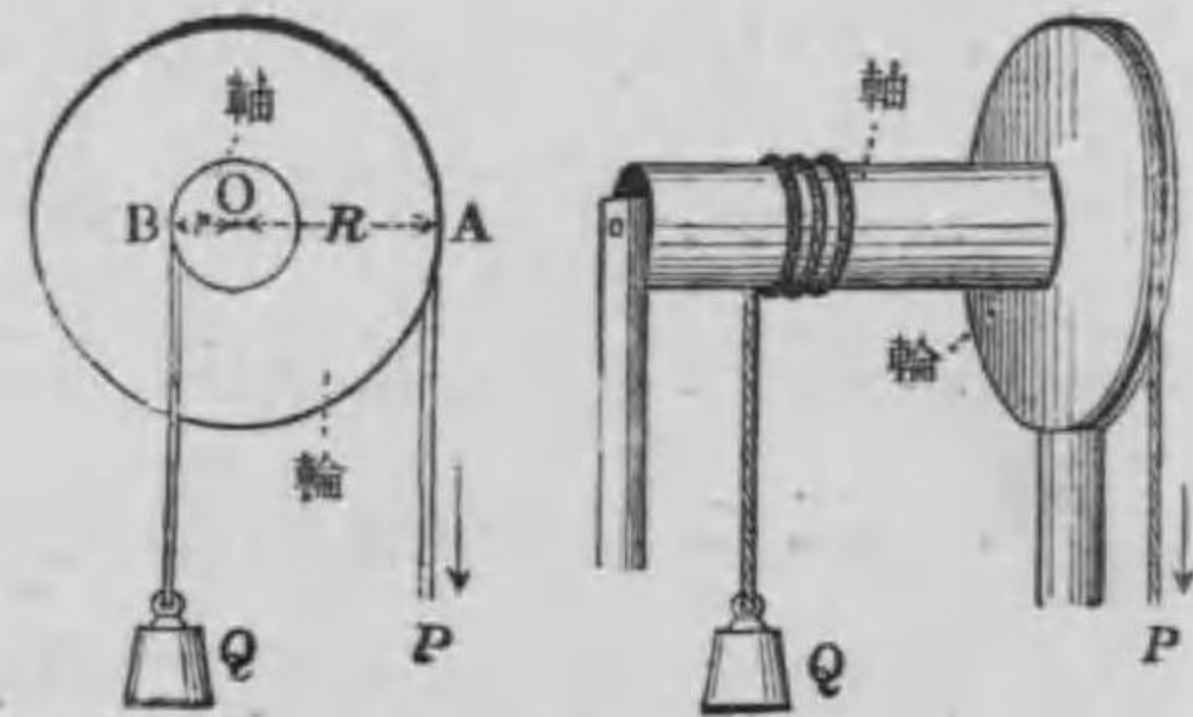
(1)(2)とも P は Q の六分の一にて足る。

懸かれる挺子と見做し得べきにより、之を釣合はすべき力は重さ即ち抵抗力の二分の一にて足る。動滑車三個を第 255 圖の如く定滑車三個と組合すときは、物體の重さの六分の一の力にて其の物體と釣合ふなり。

問 4. 滑車あり。之に 2 疋の物體を吊し、絲を 1 米引きたるに物體は 25 疋上れり。何程の力を要せしか。

6. **輪軸** 輪
Wheel

軸は半徑の異なる二つの滑車が固着し一體となりて一軸の周圍に廻轉し得る装置なり。通常



第 256 圖：—輪軸。

P 力, Q 抵抗, O 軸の中心, r 軸の半徑, R 輪の半徑。

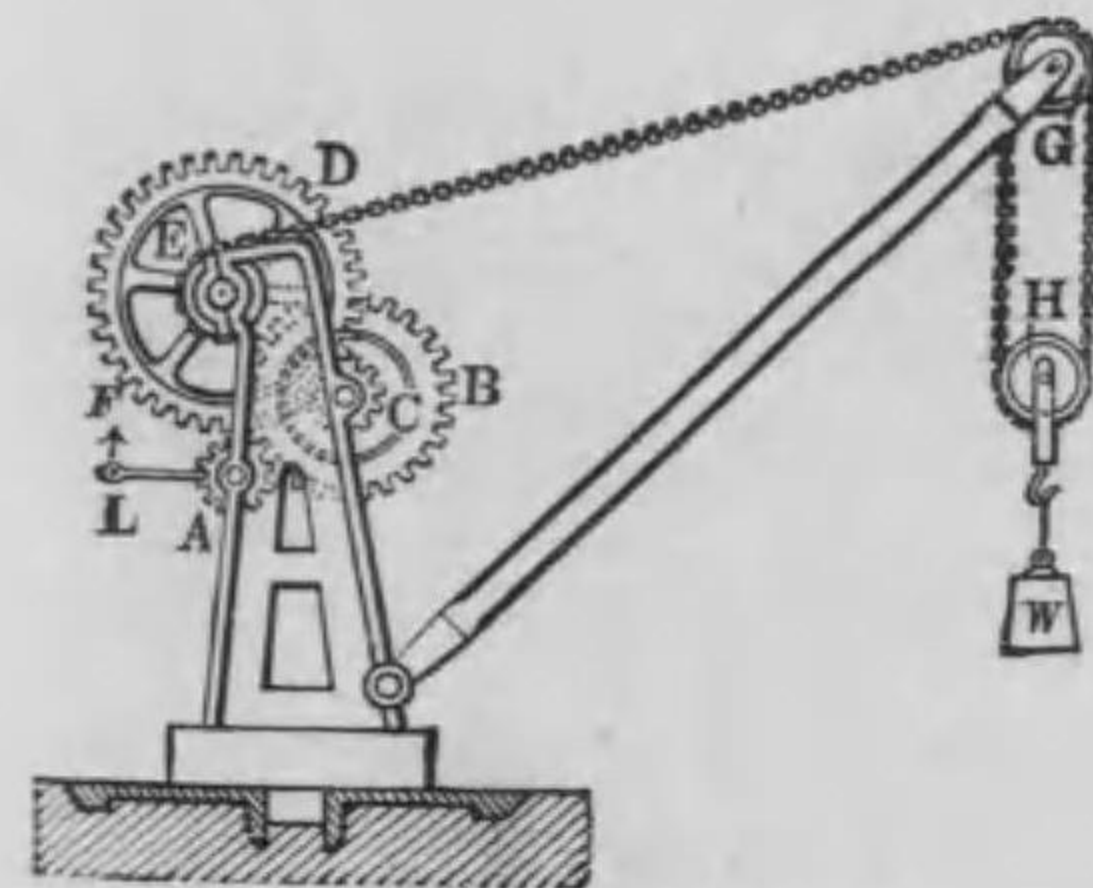
小なる滑車即ち軸に物體を懸け、大なる滑車即ち輪に力を作用せしむ。捲揚機械・把手・水車・齒車などは其の例なり。第 256 圖に於て輪の半徑 OA と其の周圍に作用する力 P との相乗積が、軸の半徑 OB と其の周圍に懸れる重さ Q との相乗積に等しき時、輪軸は釣合ふ。即ち、

$$P \times OA = Q \times OB$$

故に軸の半徑を小にし、輪の半徑を大にするほど力に利あるなり。

問 5. 軸の直徑 4 厘、輪の直徑 10 厘なる二個の齒車あり。甲の軸に刻める齒が、乙の輪に刻める齒と互に相噛み合ふものとし、甲の輪に P、乙の軸に Q なる力を働かせ

ば、此の齒車の釣合ふときの P と Q との大きさの比幾何なるか。



第 257 圖：—起重機。

問 6. 第 257 圖の起重機に於て、臂 L の長さ 0.5 米、齒車 A, B, C, D の齒數夫々 12, 48, 12, 60 個、軸 E の半徑 0.1 米ならば、力 F は重さ W の何分一にてよろしきか。

【要點】 (1) 支點を有する剛體に作用する力の大きさと、支點より力の作用線に引

- ける垂線の長さとの相乗積を力の能率とす。
- (2) 支點を有する剛體に力が作用して此の剛體を互に反對の向に廻轉せんとするとき、是等の力の能率が相等しければ此の剛體は釣合ふ。
- (3) 挺子・滑車・輪軸等は機械の要素なり。

第 四 章

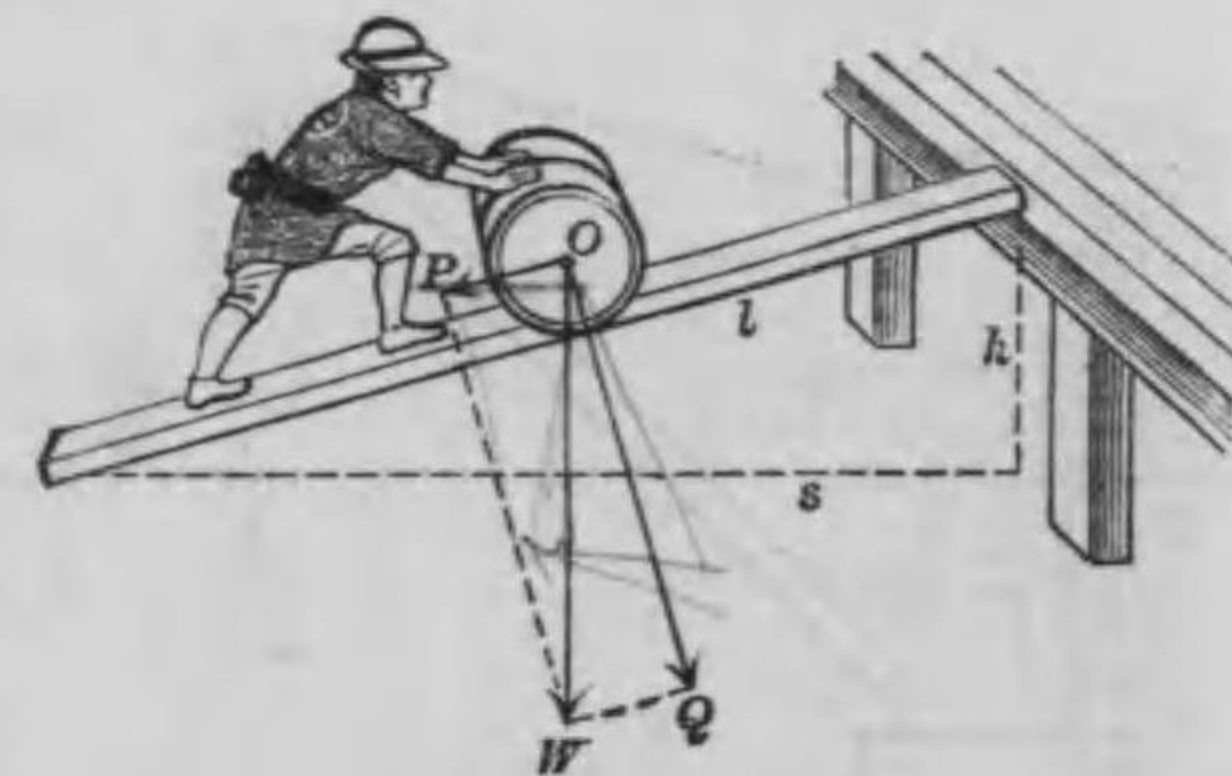
單 一 機 械 (其の二)

1. **斜面** 水平ならざる平面を**斜面**といふ。長さ l 、高さ h 、傾斜角 θ なる斜面(第258圖)上にある物體 O は、それに働く重力 W の斜面に沿へる分力 P の爲斜面上を降る。而して其の力の大きさは、

$$P = W \times \frac{h}{l} \quad \text{〔力〕} = \text{〔物體の重さ〕} \times \frac{\text{〔斜面の高さ〕}}{\text{〔斜面の長さ〕}}$$

$$= W \sin \theta$$

にして、之に等しき力を斜面に沿うて上方に加ふれば、其の物體は斜面上に靜止すべし。故に斜面は其の長さ



第258圖：一斜面。

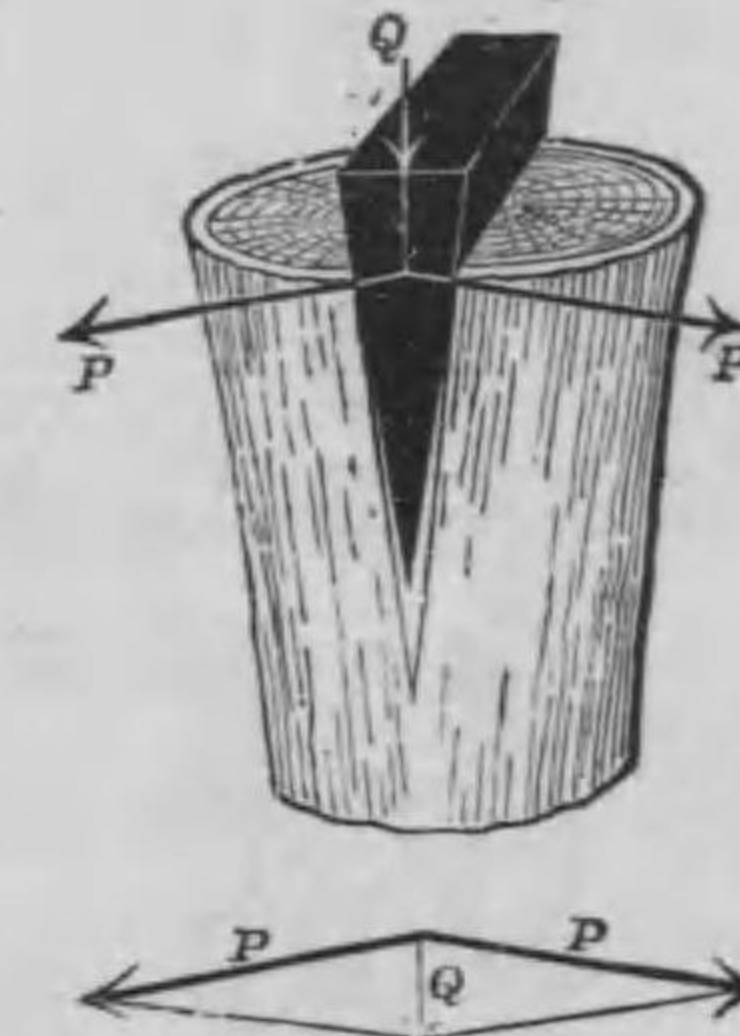
斜面上に重さ W の物體を支ふるには P と等しくて反方向の力を要す。 Q は斜面への壓力なり。

して高さ小なる程、即ち傾斜角の小なるほど力に利あるなり。坂道を緩にし、又は之を左右にうねり登るは此の理による。

- 問 1. 長さ3米、高さ1.5米の斜面に沿ひて5疋の物體を上ぐるには、何程の力を要するか。
- 問 2. 傾斜角30度の斜面上に重さ50疋の物體あり。之を斜面に沿うて引き上ぐる力及び之が斜面を直角に押す力の大きさ何程なるか。

2. **楔** 二個の斜面を其の底にて組合せたる如き切口を有する剛體を**楔**といふ。

楔を第259圖の如く物體に打ち込み、其の打ち込む力を Q とすれば、其の力の楔の面に直角なる分力 P 、 P は楔の頂角小なる程大なり。針・釘等も楔の理を應用したるものにして、其の尖端の鋭利なる程有効なるは、楔の頂角小なるに相當すればなり。



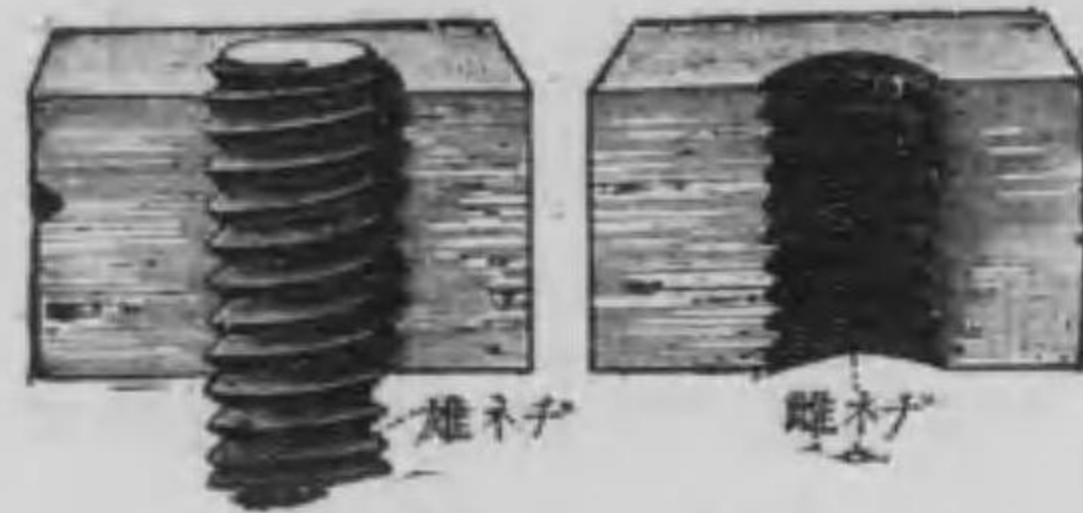
第259圖：一楔。

Q は加ふる力、 P は木を割く力。

- 問 3. 刃物を研がば何故によく切るか。又又にて單

に物體を壓するもよく切れざるに、刃を滑らすやうにせば容易に切る。其の理由如何。

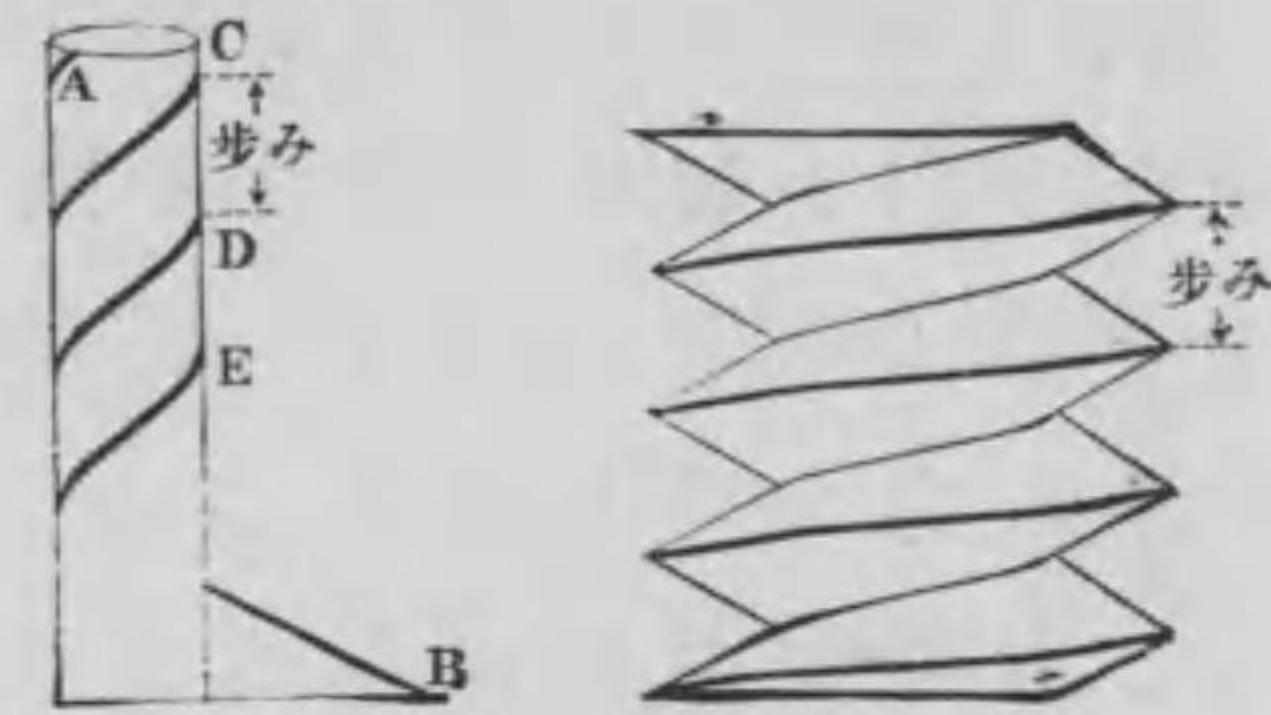
3. **ネチ** **ネチ**は雄ネチと雌ネチとより



第260圖：一ネチ。

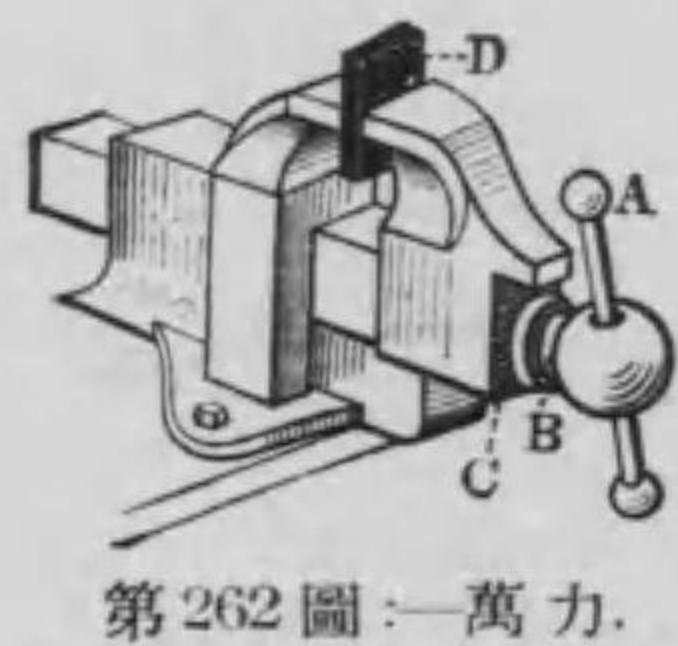
成る(第260圖)。雄ネチは圓柱の周圍に斜面を捲きたるものにして(第261圖)、一

の斜面と次の斜面との軸に沿ひて測れる距離を歩みといふ。雄ネチを、それに適合する様に造れ



第261圖：一雄ネチ。

左は圓柱に直角三角形の紙を巻きて雄ネチの理を示すもの。CD, DEは歩み。右は雌ネチなり。

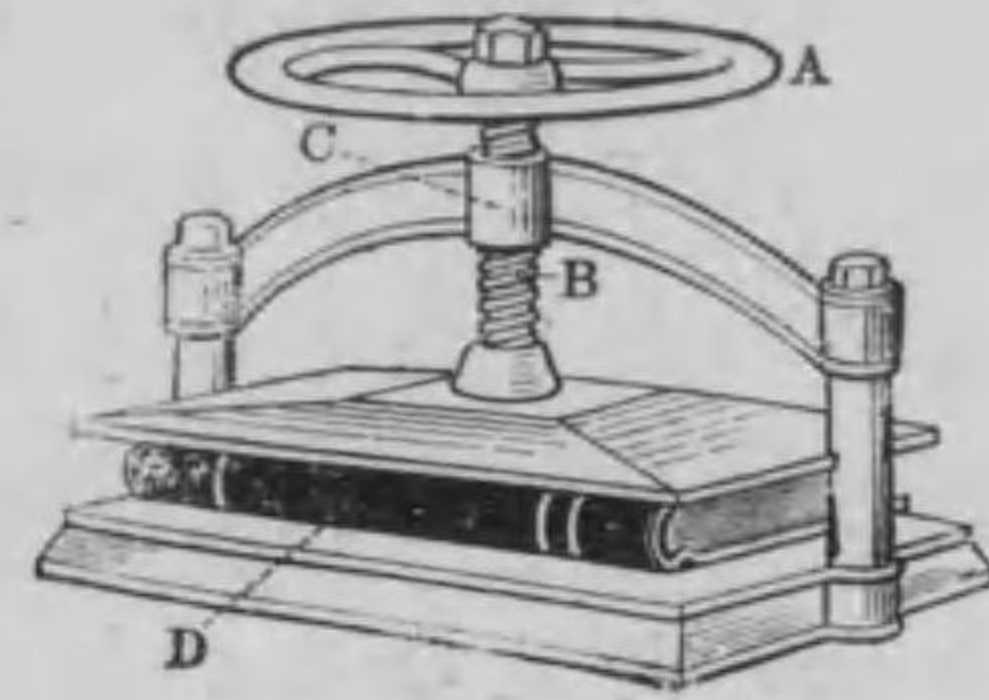


第262圖：一萬力。
A挺子, B雄ネチ, C雌ネチ, D挟まれる物體。

る雌ネチに嵌め、時針の廻る方向と同じ方向に一廻轉すれば一步みだけ前進し、反対に一廻轉すれば一步みだけ後退す。

ネチの周は斜面の長さに

して、歩みは其の高さに相當するを以て、歩みの小なる程力に利あり。萬力・壓搾器・ネチ釘・木栓拔・ジャツキ等は、何れもネチを應用したるものなり。



第263圖：一製本機。
A把手, C雌ネチ, B雄ネチ, D書物。

4. **單一機械** 機械は力の大きさ或は方向を變じ、或は又運動の速さを變ずる等の目的に使用せらる。複雑なる機械も挺子・滑車・輪軸・斜面・楔・ネチの二種又はそれ以上の組合せによりて成るを以て、是等を名づけて**單一機械** (Simple machine) といふ。

5. **機械に於ける仕事の原理** 挺子を用ひて重き物體を動かすときの如く、『力が物體に作用して其の物體を力の方向に動かすときは此の力は**仕事** (Work) をなしたり』といひ、力の大きさ (F) と物體を力の方向に動かしたる距離 (S) との相乗積を以て、其の仕事の量 (W) を表はすものとす。即ち、

$W = F \times S$ [仕事]=[力]×[距離]

例へば,15 呎の重さの物體を 0.5 米上ぐるに
挺子のなしたる仕事は 7.5 呎米にして,55 封
度の重さの物體を 10 呎上ぐるに要する仕事
は 550 封度なるが如し。

坂路を左右にうねり登らば,眞直に登るよ
りも登り易けれども,距離は却つて遠し。今
斜面上に於ける物體の釣合を見るに,

[力]=[物體の重さ]× $\frac{\text{[斜面の高さ]}}{\text{[斜面の長さ]}}$

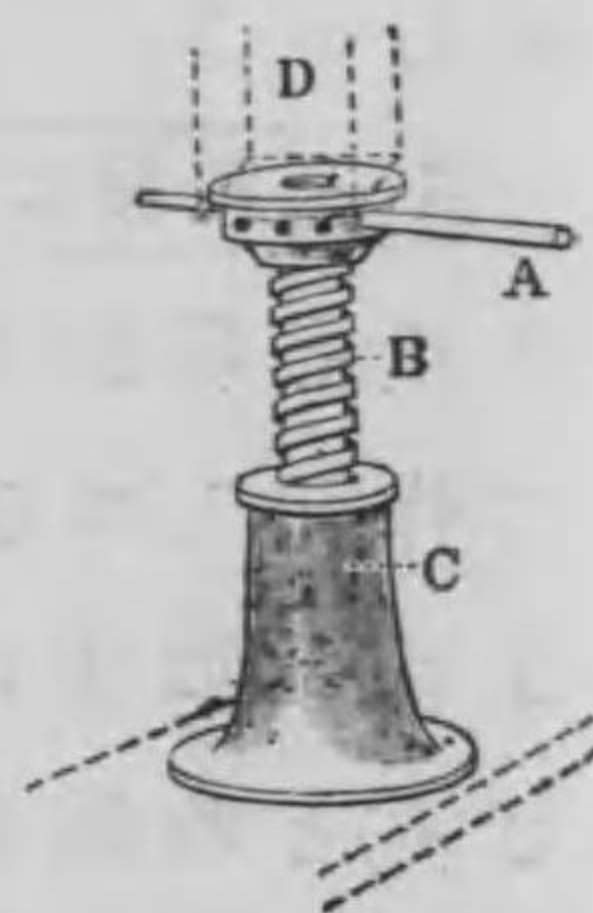
即ち,

[力]×[斜面の長さ]=[物體の重さ]×[斜面の高さ]

にして,斜面に沿ひて物體を上ぐるに要する
仕事は,之に沿はずして鉛直に
上ぐるに要する仕事に等し。

滑車・輪軸・挺子・ネヂ等の機械に
於ても亦明かに之と同様なり。
『凡そ機械は力を増すことを得
れども,之によりて毫も仕事を
増さしむること能はざるもの
なり。』之を**仕事の原理**といふ。

Principle of work



第 264 圖:—ジャッキ。

C 雌ネヂ, B 雄ネヂ,
A 挺子, D 家の柱。

問 4. 滑車・輪軸・挺子・楔・ネヂに於て仕事の原理を證明せよ。

問 5. 第 264 圖のジャッキに於てネヂ B の歩み d , 之を
廻はす挺子 A の中央よりの長さ l , 其の端に加ふる力
 P なるとき, 柱 D を上ぐる力 Q は $Q = \frac{2\pi l P}{d}$ なり。之を
仕事の原理によりて證せよ。

【要點】(1) 單一機械は機械の要素にして, 挺子・滑車・輪軸・斜面・楔・ネヂの總稱
なり。

(2) 機械は仕事を増減するものにあらず, 之を仕事の原理といふ。

第 五 章

摩 擦

1. **摩擦と摩擦係數** 總べて機械には多少
の摩擦あるを以て機械に加へたる仕事の一



第 265 圖:—摩擦の理。

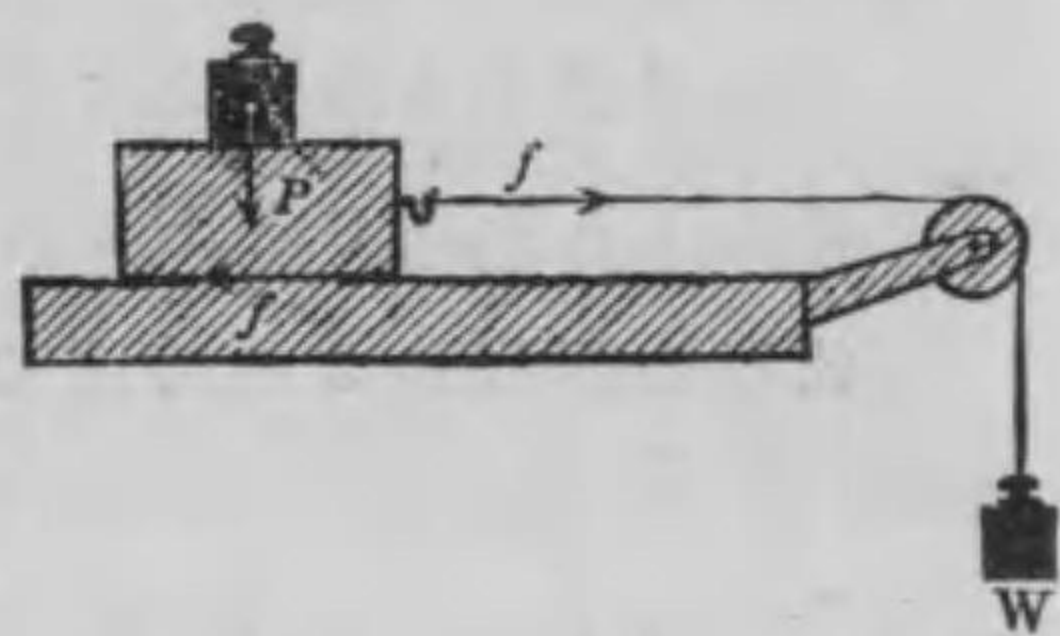
滑りの摩擦は A, B の接觸面の凹凸が互に噛み合
ふために生じ, 廻轉の摩擦は B の廻轉のため A
上に生ずる突起のために生ず。

部は之がため
に消費せらる。
摩擦とは物體
Friction
の接觸面に作
用して物體の
滑り動くに抵

抗する力をいふなり。

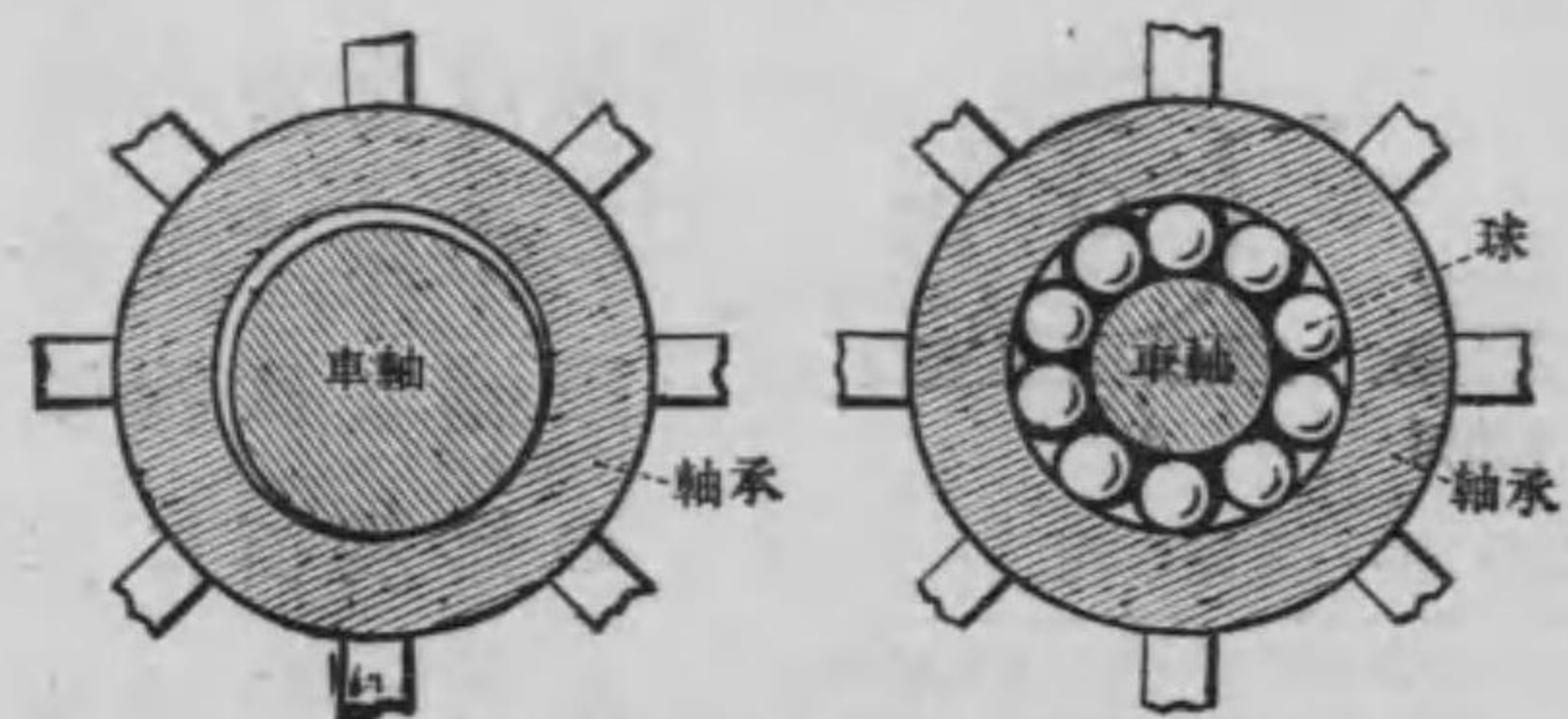
摩擦は物體を滑り動かさんとする力と共に其の大きさを増加して之と釣合を保ち、遂に一定の最大限に達す。

此の値を**最大摩擦力** Maximum friction といふ。最大摩擦力は接觸する物體面の粗なるか滑かなるかによりて異なるは勿論なるが、同性質の接



第266圖：—最大摩擦力の測定。
壓力Pの大なるほど錘Wも大なるべし。fは最大摩擦力なり。

觸面に於ては其の間の**全壓力に正比例し**、面の廣さに關せざるなり。之を**モランの定律** Morin's law といふ。接觸面に於ける最大摩擦力と壓力との比は接觸面の滑・粗の度合を表す値にし



第267圖：—車軸の摩擦。

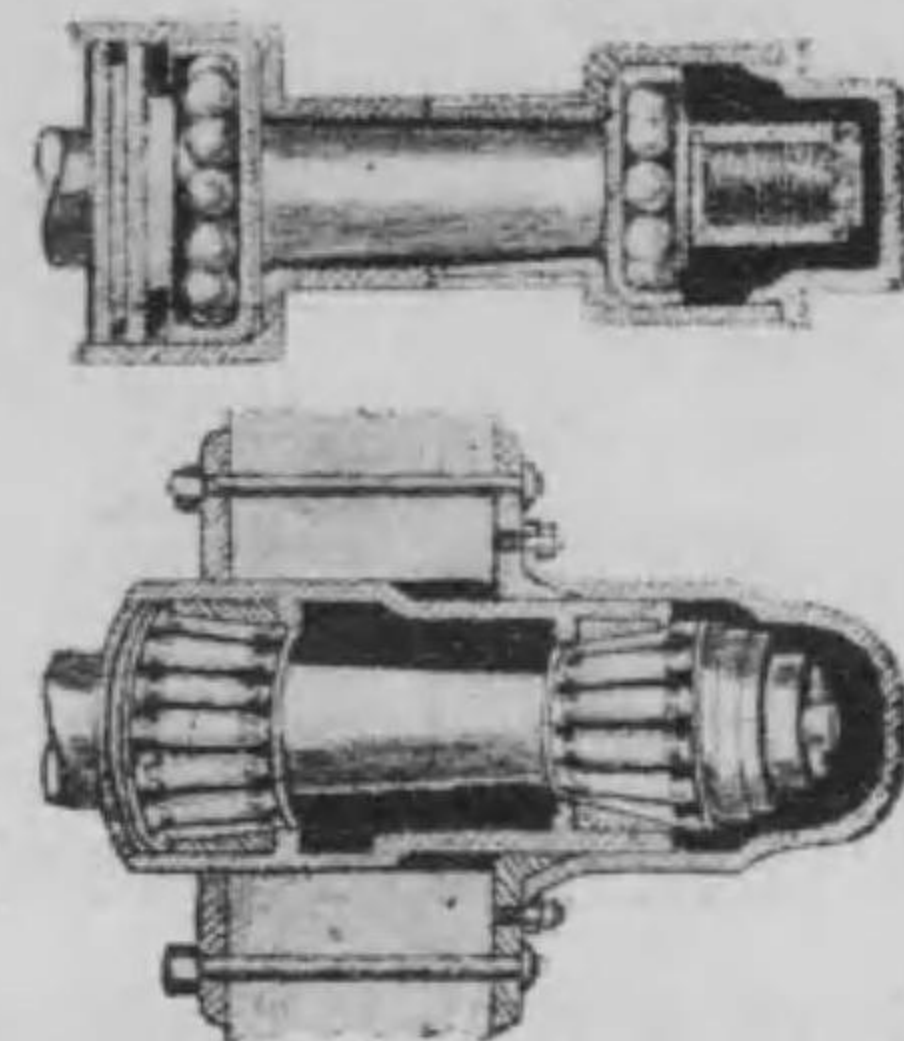
車軸と軸承との間の滑りの摩擦(左)を、廻轉の摩擦(右)とす。

滑劑は摩擦係數を小にするが爲に用ひらる。

て、之を**摩擦係數** Coefficient of friction といふ。機械油・石墨等の

2. **摩擦の二種** 車が軌道上を轉るとき

の如く、物體が面上を轉がる時にも亦多少の抵抗あり。之を**廻轉の摩擦** Rolling friction といふ(第265圖右)。廻轉の摩擦に對して前に述べたるを**滑りの摩擦** Sliding friction といふ。一般に廻轉の摩擦は滑りの摩擦よりも著しく小なり。重き物



第268圖：—自轉車の軸承(上)と自動車(下)の軸承。

體を動かすにコロを用ひ、自轉車・自動車等の車軸の周圍に鋼の球又は圓柱を入るるは、滑りの摩擦を廻轉の摩擦に變ぜんがためなり

(第267圖右及び第268圖)。

- 問1. 制動機が車輪の周を押へて其の廻轉を止め得る理由如何。
- 問2. 机の上に5貫の物體ありて物體と机面との間の摩擦係數は0.5なり。此の物體を水平に動かすに要する力は何程なるか。
- 問3. 或物體を板上に置き此の板を水平と30度だけ傾けたるに物體は滑り初めたり。此の接觸面間の摩擦

係数を求む。又傾斜角 θ ならば如何。

【要點】 摩擦は物體の接觸面に作用して物體の滑り或は廻轉に抵抗す。最大摩擦力の大きさは接觸面間の壓力に正比例し、面の大小に關せず(モランの定律)。

第 六 章

速 度 加 速 度

1. **速度** 一物體が他の物體に對して位置を變ずるときは前者が後者に對して運動したりといひ、位置を變ぜざるときは靜止といふ。例へば走

る車は地に對して運動し、又車に乗れる人は車に對して靜止し地に對して運動するが如し。運動の速さは運動する物體が單位時間に通過すべき距離を以て之を測る。若し物體が距離 s だけ進むに時間 t を要したりとせば、其の速さは次の如し。

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{〔速さ〕} = \frac{\text{〔距離〕}}{\text{〔時間〕}}$$

故に速さを表すには秒糧・分米・時里等の如く



第269圖：—速度を v にて表はす。

時間の單位と長さの單位とを要するなり。

運動の速さに其の方向をも合せ考へたるときは之を**速度**といひ、之を圖に表はすには速度の方向に直線を引き其の長さを速度の大きさに比例せしむるものとす。

問1. 10里を3時間に走る人力車の速さは幾秒糧なるか。 26.7 糧

2. **速度の合成** 一つの物體が或る速度にて二つの運動を同時に行ふ場合には、之を一つの速度に合成するを得べし。例へば進行する車の内にて車の進行する方向に歩みたる人の地に對する速度は車の速度と人の速度との和にして、反對



第270圖：—速度の合成。

車は速度 OA にて(I)より(II)に進み、人は OB にて進めば合速度は OC なり。

の方向に歩みたる場合には其の差なり。而して斜に歩みたる場合には此の兩速度を二邊とする平行四邊形の對角線なり(第270圖)。即ち速度も亦力と同じく平行四邊形の法により合成せらる。河流を横ぎる船の速度、走

る人に對する雨の速度等は皆此の法によりて求めらる。速度は又勿論之を平行四邊形の法によりて分解するを得べし。

問 2. 風なき時も雨中を走るに傘を前方に傾くるを要す。其の理由如何。

3. **加速度** 速度の一定する運動を**等速運動** Uniform motion といひ、然らざるを**不等速運動** Non-uniform motion といふ。運動體が一直線上を進行しつつ其の速さを變じ、或は其の速さ一定なりとも曲線上を進行する如く其の方向を變ずるものは何れも不等速運動なり。不等速運動に於ける單位



第 271 圖：—加速度を示す。

v_0 初速度、 v 終速度、其の差を時間にて除したるは加速度なり。

時間毎の速度の變化を**加速度** Acceleration といふ。故に加速度には秒々、分々、米の如く時間の單位と速度の單位とを要す。汽車の出發するときの如く次第に速度の増加するときには其の加速度は正にして、停止せんとするときの

如く次第に速度の減少するときには負なり。

問 3. 直線運動をなす物體の速度が 5 秒間に 10 秒程より 20 秒程に増加せり。此の加速度を求む。

【要點】(1) 運動體の速さは其の運動體が單位時間に通過すべき距離を以て表はさる。速度は速さに其の方向を併せ考へたるものなり。

(2) 加速度は單位時間に於ける速度の變化なり。

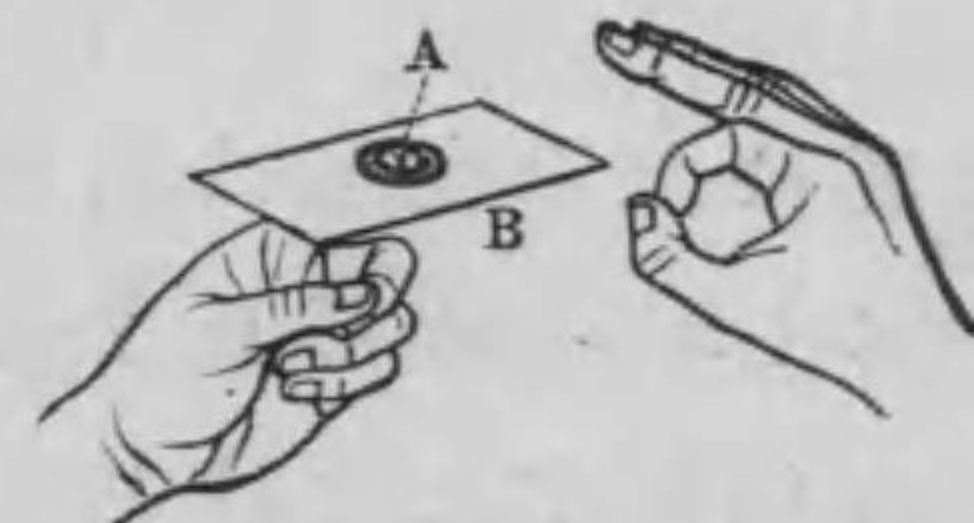
(3) 速度は平行四邊形の法(中斜法)によりて合成又は分解せらる。

第七章

運動の定律

1. **運動の第一定律** 物體は外部より力の作用を受けざれば永久に靜止するか、又は等速運動をなすものなり。之を**運動の第一定律** First law of motion 又は**慣性の定律** Law of Inertia といふ。机上に置きたる

書物は之を動かすことなくば其の位置を變ぜず。積み重ねたる書物より其の下部のものを急に抜き取るを得、車内に立てる

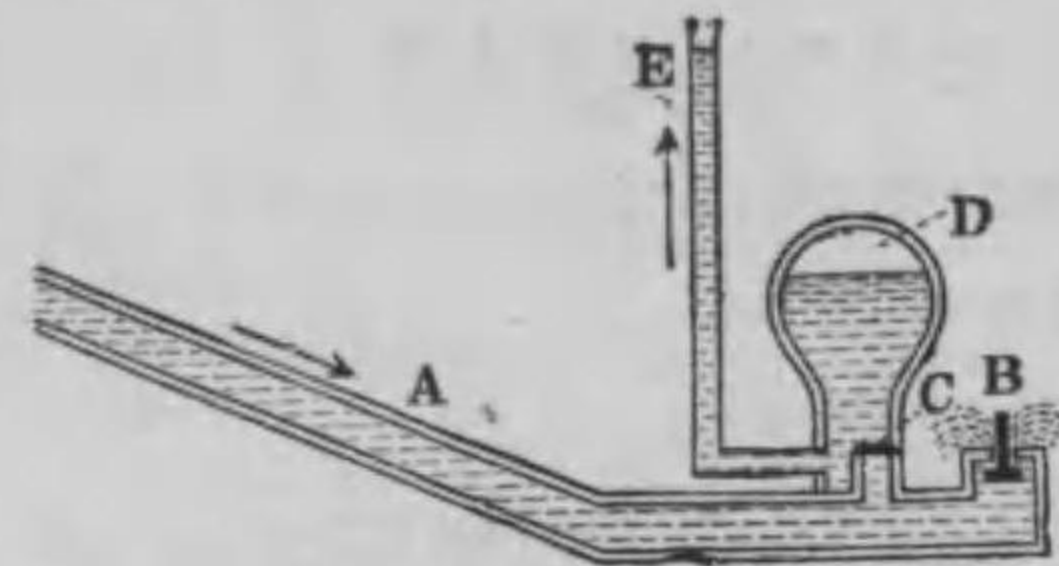


第 272 圖：—靜止の慣性實驗。

名刺 B の上に貨幣 A を載せ名刺を水平に弾かば貨幣は指頭に残る。

人が車の急に進む時後方に倒れんとする如

きは、物體が靜止の慣性を保たんとするの例にして、球が床上によく轉がり、氷上にてスケ



第273圖：—運動の慣性の應用例。

池水をA管より流出せしむれば其の流出速度大となる度毎にB瓣閉ぢ水はC瓣を開きてD内に突入し次で其の中の空氣壓にてE管に押し上げらる。E管に於ける水の高さは池面よりも高し。之を水ラムといふ。

ートをなすを得、車の急に止まる時車内の人が前方に倒れんとすが如きは運動の慣性を保たんとするの例なり。

問1. 進行する列車の棚の上より落つる物體は其の棚の直下に達すべきか。

2. **運動の第二定律** 第274圖の水車は水の勢よく迸り出づるが爲に廻轉を始む。而して其の廻轉の速度は或程度迄は次第に増加すべし。かく靜止する物體に力を働かすときは其の物體は運動を始め、且其の速度は力の作用する間次第に増加す。絶えず重力の作用を受けつゝ、落



第274圖：—水車。

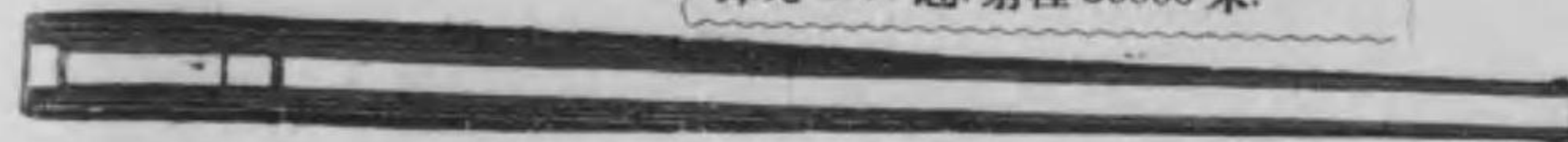
水の迸り出づる力の反作用によりて矢の向きに廻轉し、其の速さは増加す。

つる物體が次第に其の速度を増加するも亦此の例なり。遠距離の射撃に用ふる大砲の砲身を極めて長く造るは火薬の爆發力を永く砲彈に作用せしめて其の速度を大ならし



第275圖：—半世紀前の砲身(左)と最近の巨砲身(下)との長さの比較。

軍艦長門口徑41 糎砲は長さ18米 彈丸1000 斤、射程30000 米。



めんが爲なり(第275圖)。一般に物體に外部より力の作用あれば其の物體に加速度を生ず。而して其の加速度の大きさは力の大きさに正比例し、物體の質量に反比例するものなり。之を**運動の第二定律**といふ。重き列車を牽くに強力なる機關車を要し、大なる砲彈を發射するに強き爆發力の火薬を要するなどは此の理なり。

3. **力の絶対單位** 前に述べたる如く力は質量に働きてそれに加速度を生ぜしむる作

(1) 平恒なる軌道を走る列車又は平穩なる海を航せる汽船等が等速度にて進行するときには、それに作用する機關の力は水其の他の抵抗力和釣合ひ、列車又は汽船は其の慣性によりて進行を續くるなり。

$a = \frac{f}{m}$
 $f = am$

用にして、1 瓦の質量に 1 秒々糧の加速度を生ぜしむるものを単位とし、之を 1 **ダイン** dyne と名づく。故に m 瓦の質量に a 秒々糧の加速度を與ふる力を f ダインとせば、運動の第二定律によりて次の關係を得。

$$f=ma$$

[力(ダイン)] = [質量(瓦)] × [加速度(秒々糧)]

此の力の単位は重力の大小に關せざるが故に、之を力の**絶対單位** Absolute unit といひ、之に對し 1 瓦の重さ、1 匁の重さ等、重力によりて定めらるる力の単位を力の**重力單位** Gravitational unit といふ。

問 2. 静止せる 80 瓦の物體に 1 分間作用して 120 秒米の速度を與ふる力は幾ダインなるか。

4. **運動量** 質量 m 瓦なる物體が t 秒間に速度 v 秒糧より v' 秒糧に變化したりとせば、加速度 a 秒々糧は次の如し。

$$\frac{v'-v}{t}=a$$

之を $f=ma$ に代入して次の式を得。

$$ft=mv'-mv$$

運動する物體の質量と速度との相乗積を其の**運動量** Momentum といひ、力と時間との相乗積を**力積** Impact force といふ。即ち『物體の運動量の變化は力積に等しきなり』。

質量及び速度の大なる運動體を短時間に止むるに大なる力を要することは上の式に照らして明らかなるべし。此の力を**撃力** Impact force といふ。彈丸が鐵板を打ち抜き、金槌にて釘を打ち込み、衝突する物體の破壊する等は、運動が急に止められたるがために生じたる撃力による。車のバネ・ゼンマイ等は運動體の止まるに要する時間を長くして撃力を減ずる爲に設けらる。



第 276 圖:—Newton.
(1642—1727)

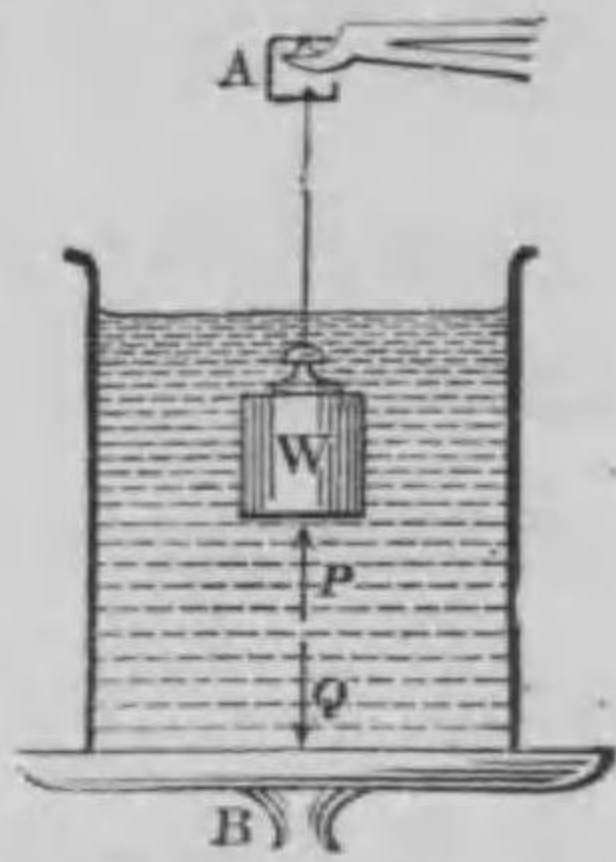
英國の數學物理學者。重力の定律を發見し、運動の定律を發表す。光に關する重要の發見あり。又數學に於ける二項定理及び微積分法の發見者たり。

問 3. 陶器・硝子器等損破し易き品物の荷造りをなすに其の間に藁を填むる理を説明せよ。

問 4. 毎秒 8 糧の速度にて動きつつある物體に 3.2 ダイ

ンの力を作用せしめたるに20秒の後に速度は24秒極となれり。此の物体の質量を求む。

5. **運動の第三定律** 手にて机を押せば手は机に押さるるが如く感じ、彈丸を發射すれば砲身は後退し、船に乗りて他の船を引けば自分の船も亦之に引き寄せらる。かく甲物体が乙物体に力を作用せしむれば必ず同時に甲物体は乙物体より力の作用を受くるものにして、其の一を**作用**といひ、他を**反作用**といふ。作用と反作用とは其の**大小相等しくして方向反對**なり。之を**運動の第三定律**又は**反作用の定律**といふ。すべて物体はそれに作用する力の合力の方向に加速度を生ずるは運動の第二定律の示す所なり。馬が車を牽きて進み得るは馬に作用する**數力の合力**、即ち馬が車を牽くがため車より受くる**反作用**と、馬



第277圖：—第三定律の實驗。
 液體中に分銅Wを吊さば其の重量はPだけ輕くなり、器底の壓力はQだけ増加す。而してP=Qなり。AとBとは天秤の一部を示す。

が地を蹴るがため地より受くる反作用との合力が前方に向へばなり。

問5. 器内の水に手を浸せば器底の壓力に變化ありや。

問6. 綱引に勝負あるは何故か。

- 【要點】(1) 物体は外部よりの力の作用を受けざれば其の時の状態を保つ。即ち静止するものは永久に静止し、運動するものは永久に等速運動をなす。(第一定律又は慣性の定律)。
- (2) 物体が外部より力の作用を受ければ其の物体の運動状態の如何に關せず常に其の力の方向に加速度を生ず。其の大きさは力の大きさに正比例し、質量に反比例す。又は運動量の變化は運動體に作用せし力と時間との相乘積に正比例す(第二定律)。
- (3) 物体が他に力を作用せしむれば其の物体はそれと大きしくして方向の反對なる力の作用を受く。即ち作用と反作用は相伴ひ其の大きしくして方向相反す(第三定律)。

第八章

萬有引力 落體 拋射體

1. **萬有引力** 物体相互の間には常に引力の作用するものにして、之を**萬有引力**といふ。
Universal gravitation
 萬有引力の**大小**は兩物体の質量の相乘積に

(1) 之をニュートンの萬有引力の定律といふ。1 厘の間隔にある1 瓦の二物体に作用する引力は百五十億分の一瓦の重さに等し。地球と太陽とは 9300000 哩隔たれども其の間に作用する引力は實に 4×10^{18} 噸の重さに及ぶ。

正比例し、距離の自乗に反比例す。地上の物體は其の質量比較的小にして、其等相互の間には殆んど此の引力の著しき現象を見ざれども、地上の物體と、極めて大なる質量を有する地球との間に於ては此の引力著しく大なり。此の力は即ち重力なり。

2. **重力による加速度** 地上の物體は常に

重力に作用せらるるを以て其の落下するときはそのれに必ず加速度を生ず。實驗によるに「其の加速度の大きさは同じ土地にては質量の大小に關係なく一定なり」。故に運動の第二定律に照して「同一の地に於ける物體の重量は其の質量に比例すべきなり」。天秤・桿秤等を用ひ物體の重量を分銅の重量に比較



第278圖：—Galileo.
(1564—1642)

伊太利の大物理學者。落體の定律、振子の定律を發見す。初めて寒暖計を造り、又初めて天文觀測に望遠鏡を用ひ、木星の衛星、太陽の黒點を發見す。今日の物理學は實に氏に始まる。

して其の物體の質量を定め得るは之がためなり。重力の大きさは萬有引力の定律により地球の中心より遠ざかるほど小となるべきより、落體の加速度も亦地球の中心より遠き土地、即ち高山の頂又は赤道地方に於て稍小にして、⁽²⁾従つて同一質量の物體も處によりて其の重量異なるなり。落體の加速度を表は

g の 値 (秒々糎)		
赤 道	978.0	すに g を以てし、普通其の大きさに 980 秒秒糎(32 秒秒尺)を取る。運動の第二定律により質量 m 瓦なる物體の重量を w ダインとせば次の如し。
新 嘉 坡	787.1	
富 士 山 頂	978.8	
東 京	979.8	
礼 幌	980.5	
緯度 45° の地	980.6	
極	983.2	

$$w = mg$$

$$[\text{重量(ダイン)}] = [\text{質量(瓦)}] \times [\text{加速度(秒々糎)}]$$

- 問1. 質量 m 瓦の物體を h 糎上ぐるに要する仕事は幾何なるか。但しダイン糎の仕事ヲエルグといふ。
- 問2. 東京に於て 1 瓦の物體に作用する重力は幾ダインなるか。

(2) 地球自轉の影響もあり(第220頁圓運動の項を見よ)。

問3. 5 匁の物體に 5 匁の重さに等しき力が作用するとき生ずべき加速度何程. 2 匁の力ならば如何.

3. 落下する物體 物體が落下するときには其の速度を毎秒 g 秒糧だけ増加すべきにより、静止の位置より t 秒間落下したときの速度 v 秒糧は其の t 倍なり. 故に、

$$v = gt \quad (1)$$

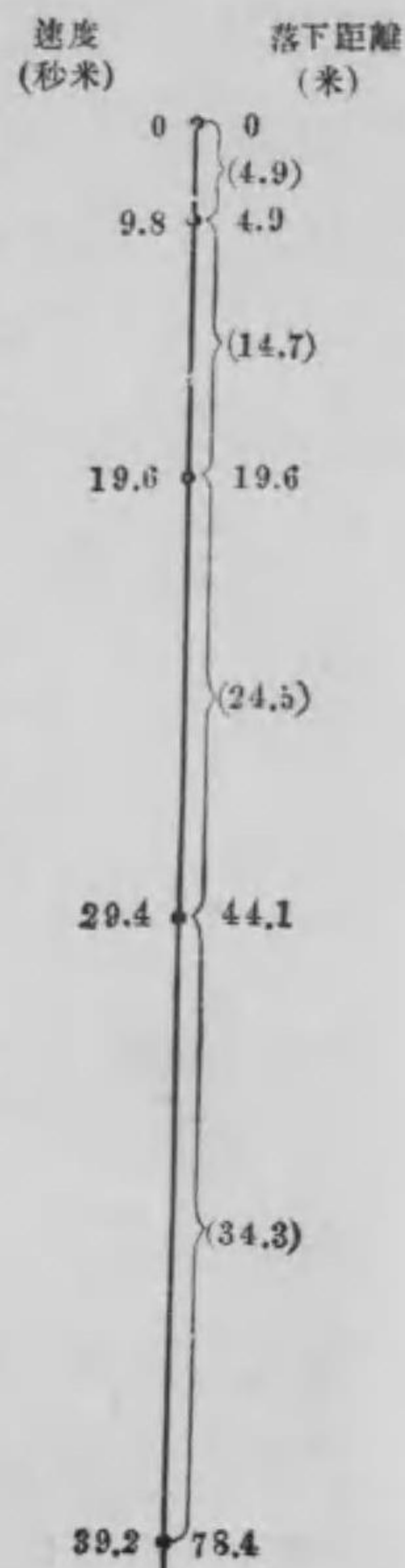
$$[\text{速度}] = [\text{加速度}] \times [\text{時間}]$$

即ち『落體の速度は落下せし時間に正比例す』. 又此の時間中の平均の速度は $\frac{v}{2}$ 即ち $\frac{gt}{2}$ なるが故に、此の間に落下したる距離 s 糧は其の t 倍なり.

$$s = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

$$[\text{距離}] = \frac{1}{2} \times [\text{加速度}] \times [\text{時間}]^2$$

故に『落下距離は落下時間の自乗に正比例す』. 上の (1)(2) 兩式より t を消去して (3) 式を得.



第 279 圖: 一落體の通路.

$$v^2 = 2gs \quad (3)$$

$$[\text{速度}]^2 = 2 \times [\text{加速度}] \times [\text{距離}]$$

即ち『落體の速度は落下距離の平方根に正比例す』.

問4. 質量 m 匁の物體が v 秒糧の速度を得る迄重力のなせし仕事は $\frac{1}{2}mv^2$ エルグなることを證せよ.

問5. 氣球より石を落下せしに 12 秒にして地上に達したりといふ. 石の地に達せし時の速度及び氣球の高さ何程なりしか.

問6. 122.5 米の高さより物體を落下せしむるときは幾秒の後地に達すべきか. 又その時の速度如何.

問7. 重さ 20 萬匁の列車が動き始めて 5 米だけ進行する間に 2 秒糧の速度を得たりとせば、之に幾匁の力が働きたるか.

4. 鉛直の拋射體 物體を v_0 秒糧の速度にて鉛直に下方に抛ぐるときには、速度は毎秒 g 秒糧づつ増し、上方に抛げ上ぐるときには毎秒 g 秒糧づつ減すべきを以て、 t 秒後の速度 v 秒糧は次の如し.

$$v = v_0 \pm gt \quad (1)$$

而して此の物體の運動の始と終とに於ける

平均の速度は v_0 と v との和の半分にして、

$$\frac{1}{2}(v_0 + v) = v_0 \pm \frac{1}{2}gt$$

なるを以て、 t 秒間に通過せし距離 s 程は其の t 倍なり。即ち、

$$s = v_0 t \pm \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

上の(1)(2)兩式より t を消去すれば、

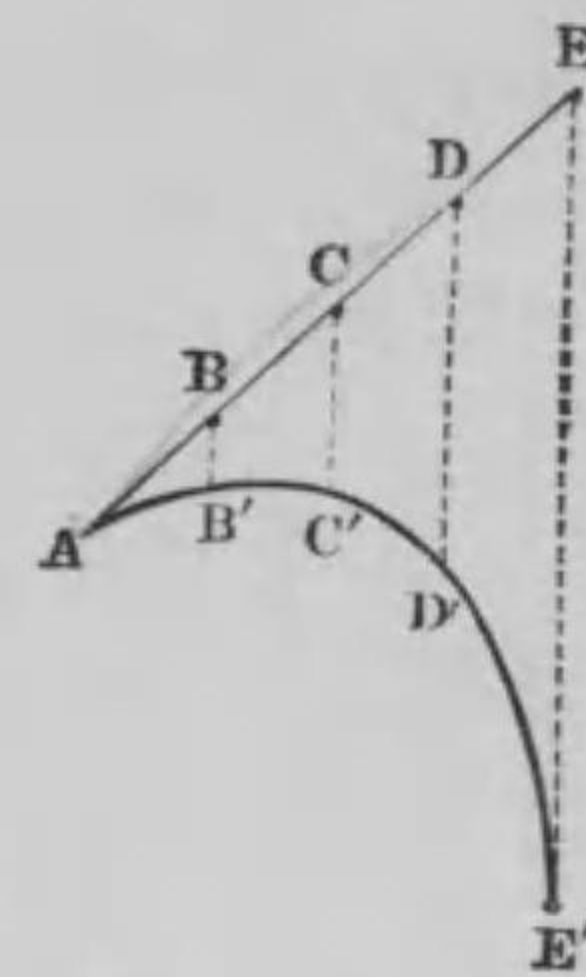
$$v^2 - v_0^2 = \pm 2gs \quad (3)$$

問8. 高さ 705.6 米の氣球より 49 秒米の速度を以て石を直下に落すときは、石は幾秒にして地に達するか。

問9. 500 秒米の速度にて鉛直に打ち上げた弾丸の 4 秒後の高さ、昇り得る最高の位置、此の位置に達するまでに要する時間及び發射後再び地に落ち來るまでの時間を求めよ。

問10. 500 秒米の速度にて地上より直上に抛り上げた物体は幾秒の後に 10000 米の高さを通過するか。

5. **斜なる抛射體** 物体を斜に抛ぐる時は、第 280 圖の如く其の物体は抛りたる方向の等速運動と、重力によりて下方に向ふ加速度運動とを合したる運動をなす。此の運動體



第280圖：—抛射體の通路。

AE は初速度の方向、AB, BC, CD, DE は速度、AB', C'D'E' は抛射體の通路。

の畫く路を**拋物線**と稱す。故に若し物体を抛ぐる方向が水平ならば此の物体は此の點より自由に落下せしときと等しき時間にて下方の或る地點に達すべく、到達すべき水平距離は此の時間と水平の速度との相乗積に等しかるべし。

問11. 500 米の高さにありて停止する飛行船より 100 秒米の速度にて水平に抛りたる物体は其の直下より何程距りたる地點に達すべきか。

問12. 水平面と角 θ をなして v の速度にて發射せる物体の到達すべき距離 d は次の式にて表はさる。但し g は重力の加速度なり。

$$d = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g}$$

(イ) 物体を最も遠方へ達せしむるに水平より幾度上方に投ぐべきか。

(ロ) 水平と 30° の角をなして 400 秒米の速度にて打ち出されたる弾丸の達する水平距離如何。又此の

速度の彈丸の達し得る最大の水平距離如何.

【要點】(1) 二物體間に作用する萬有引力の大きさは其等の質量の相乗積に正比例し、距離の自乗に反比例す.

(2) 同一の場所に於ける物體の量量は其の質量に正比例す.

(3) 落體の加速度は其の質量の大小に關せず一定す.

(4) 落體の公式 $v=gt, s=\frac{1}{2}gt^2, v^2=2gs.$

(5) 抛下體の公式 $v=v_0+gt, s=v_0t+\frac{1}{2}gt^2, v^2-v_0^2=2gs.$

(6) 抛上體の公式 $v=v_0-gt, s=v_0t-\frac{1}{2}gt^2, v_0^2-v^2=2gs. V^2-V_0^2=-2gs$

(7) 水平抛體の公式 $s=\frac{1}{2}gt^2, d=v_0t.$

但し s は高さ, d は到達水平距離なり.

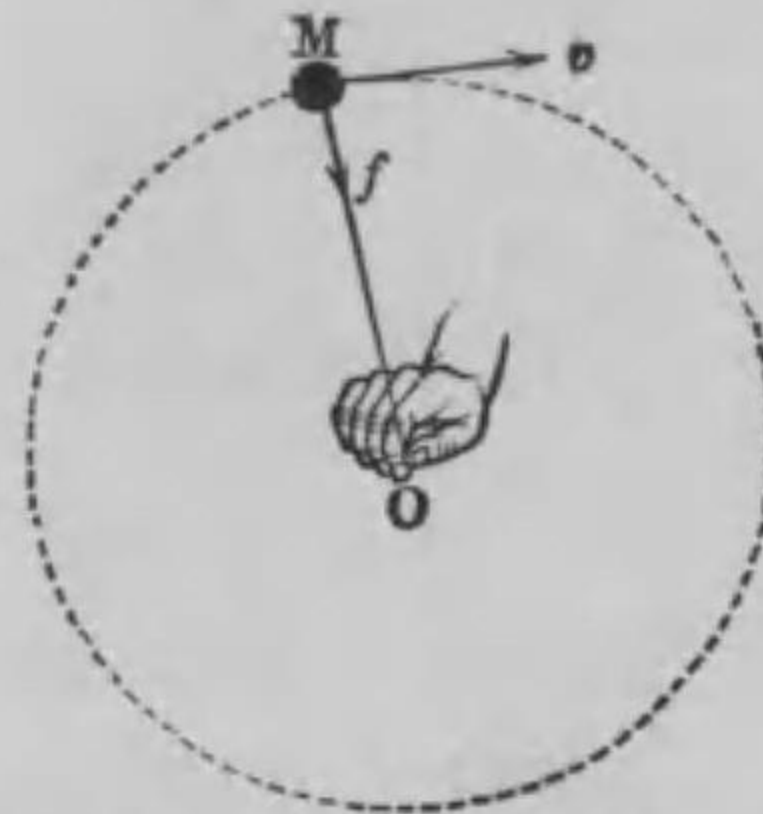
(8) 斜抛體の公式 $d=\frac{v^2 \sin \theta}{g}$

上の諸公式は其の單位を任意に取りて可なり.

第九章

圓運動

1. **圓運動** 絲の一端に石を結びて之を廻轉せば絲は引かるべし(第281圖). これ絲が圓周に切線の方に等速運動をなさんとする物體の慣性に抗するがためなり. かく物體の圓周上の運動を**圓運動**といひ物體をして圓運動をなさしむるため之を圓の中心に向つて引く力を**求心力**といふ. 質量 m 瓦の
Circular motion
Centripetal force



第281圖:一圓運動と求心力.

Oは圓の中心, Mは物體, v は速度, f は求心力.

物體が v 秒糧の速度にて半徑 r 糧の圓周上を運動するに要する求心力を f ダイーンとせば次の如し.

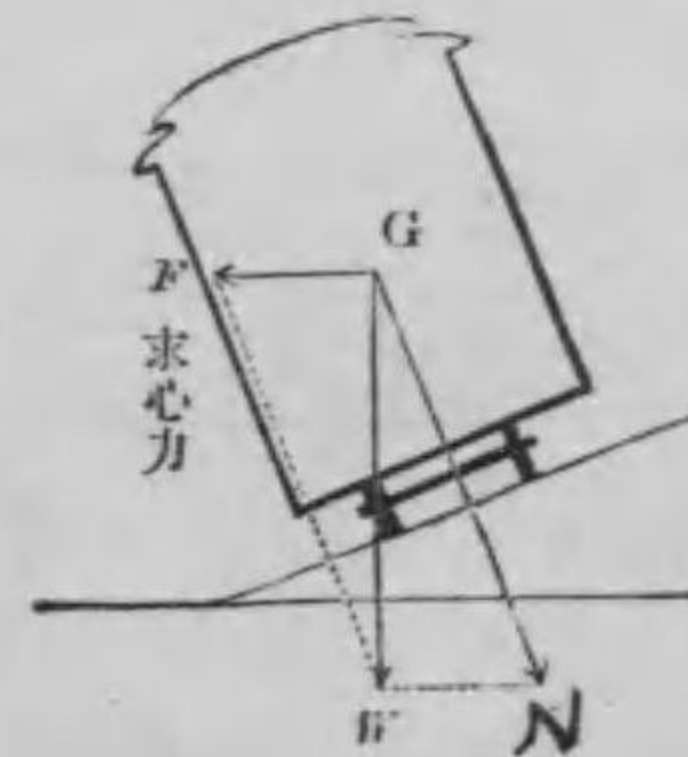
$$f = \frac{mv^2}{r}$$

[求心力(ダイーン)]

$$= \frac{[\text{質量(瓦)}] \times [\text{速度(秒糧)}]^2}{[\text{半徑(糧)}]}$$

即ち「求心力の大きさは物體の質量と速度の自乗との相乗積に正比例し、圓の半徑に反比例するなり」.

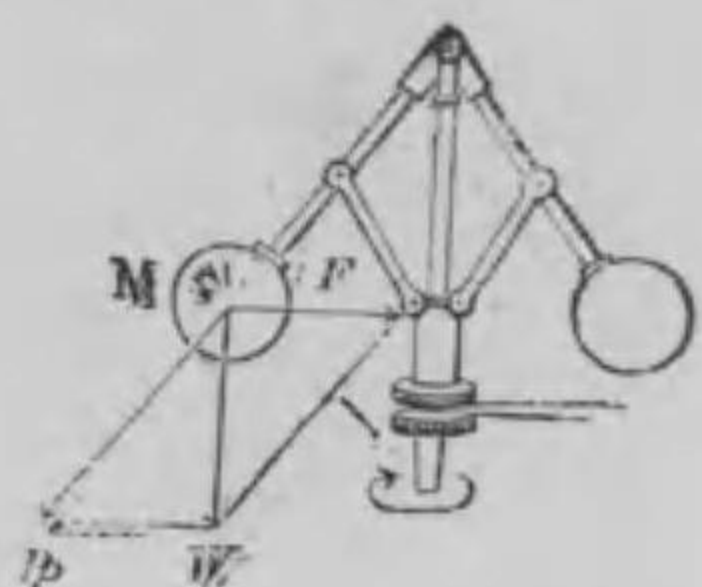
月が地球の周圍を運行し、地球が太陽の周圍を公轉する場合には、其等の間に作用する萬有引力が所要の求心力となる. 列車又は自轉車が路の曲り角に於て車體を曲り目の内側に傾くるは之によりて所要の求心力を生ぜしめんが爲にして(第282



第282圖:一軌道と列車.

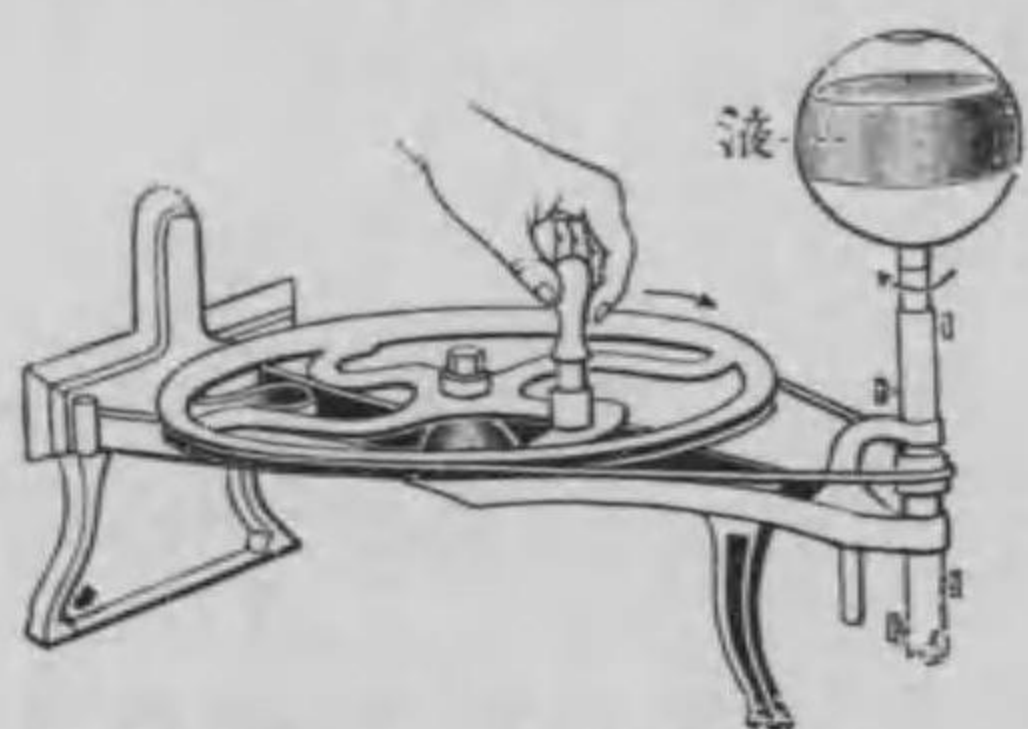
G重心, W重量, Wの分力Nは軌道を壓し, Fは求心力となる.

圖)蒸氣機關に於て水蒸氣の供給を調節するに用ふる調整器も亦圓運動の理を應用したるものなり(第283圖). 之に反して若し物體をして圓運動をなさしむべき求心力の作用なき時は、物體は自己の慣性によりて圓周に切線の方に飛び去るべし. 砂糖の結晶より糖蜜を去り、或は洗濯物を乾燥するに用ふる所謂遠心機は之が應用なり(第284圖).



第283圖:一蒸氣調整器.

迴轉速かなるほど球Mは左右に開きてFを大にす. Wは球の重さ, Pは分力の一



第284圖:一遠心機の理.

硝子球内の液は迴轉し、迴轉軸最も遠ざからんとす.

求心力によりて説明せよ.

問3. 50瓦の物體に1米の長さの絲を付け60秒種の速

問1. 物體が圓周を一迴轉する時間即ち週期をTとすれば求心力の大きさは $\frac{4\pi^2mr}{T^2}$ に等しきことを證せよ.

問2. 地上の物體は極より赤道に至るに従ひて軽くなる理由の一つを

度にて圓周を迴轉するときは絲は幾ダインの力にて張らるるか.

2. 迴轉運動 Rotation 迴轉する物體例へば獨樂又は



第285圖:一求心力の一實驗.

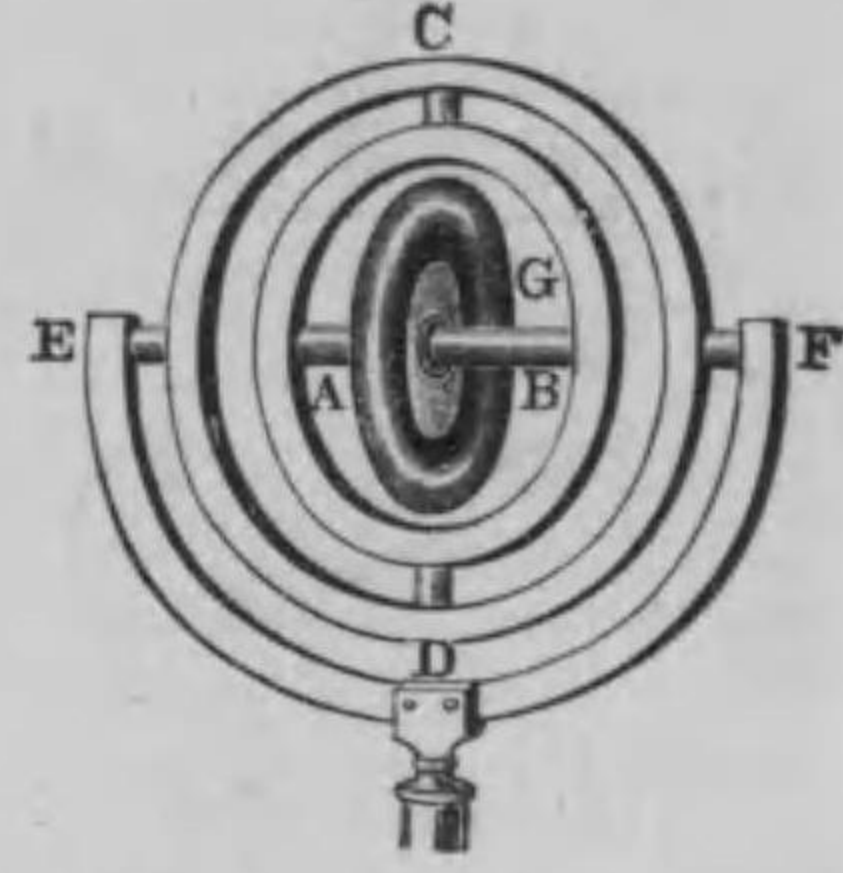
軌道上の球はAよりP, Q, Rの位置を過ぎてCに至る. Qにては何故に落ちざるか, Rにては何故に上るかを考へよ. B, Dは臺なり.

は車輪などの各部分は皆一定の軸の周圍に同じ迴轉數の圓運動をなし、其の速さは

軸よりの距離に正比例す. 而して其の際の求心力は其の物質の凝集力によりて與へらる. 故に迴轉速かにして凝集力之に伴はざるときは、迴轉せる物體は或は歪み、或は分裂す. 地球の稍扁平となれるが如き、迴轉せる車輪が泥を跳ね飛ばすが如きは此の例なり.

迴轉せる物體の運動量は其の質量及び直徑大にして、且迴轉の速かなるほど大なり. 熱機關に質量及び直徑の大なるハズミ車を用ひて迴轉の急激なる變化を防ぐは此の性質の應用なり.

廻轉する物體は又其の慣性によりて常に其の廻轉軸の方向を保たんとする性質を有す。廻轉せる獨樂の軸の方向が一定するも、疾走する自轉車の倒れざるも、地軸の方向の一定せるも皆此の理に基づく。



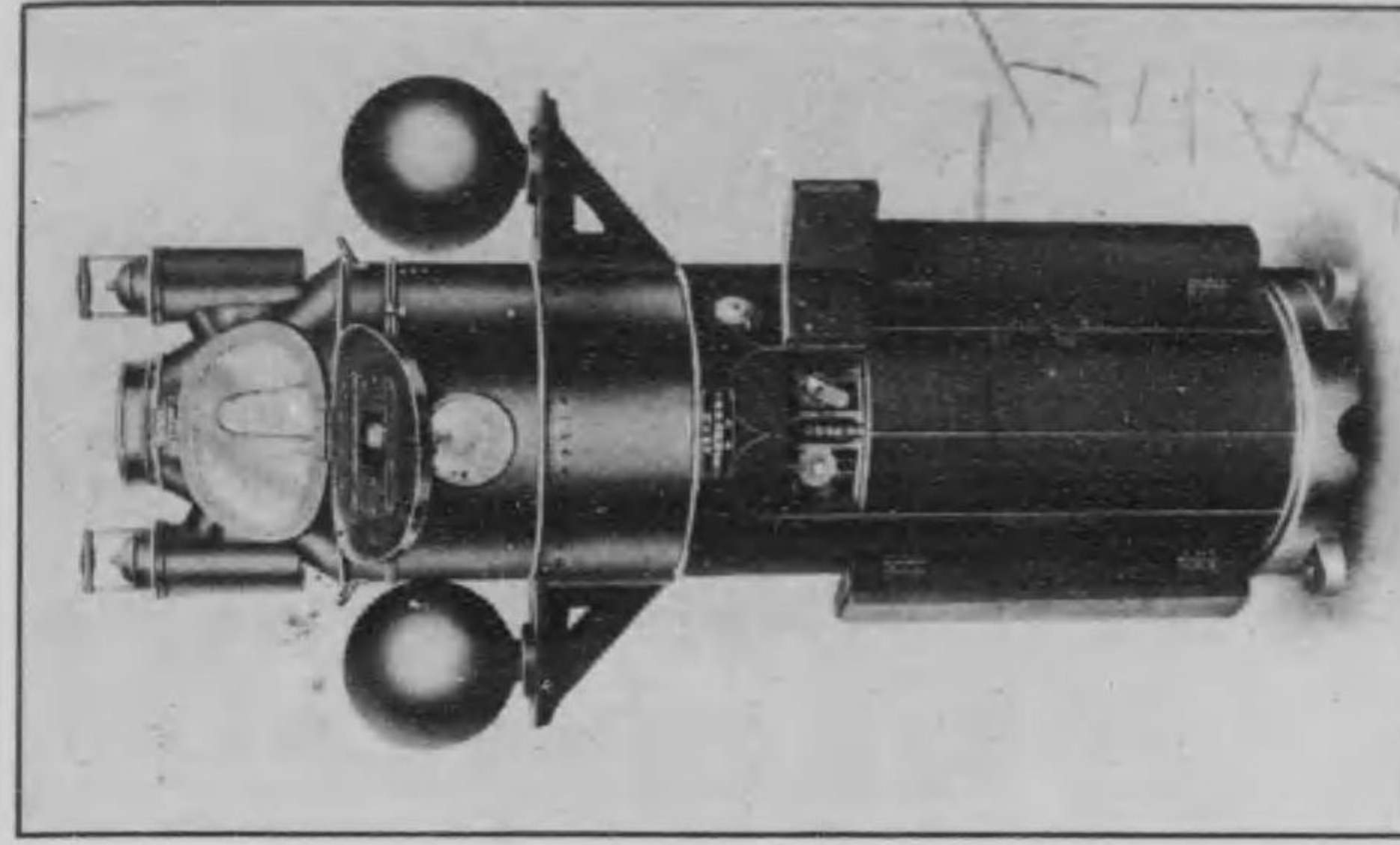
第286圖：—ジャイロスコープ。

彈丸には銃砲身内の溝線により速かなる廻轉を與へて一定の向きを保たしめ、或は大速度にて廻轉せるジャイロスコープ(第286圖)を船の安定装置等に用ふるも此の應用なり。

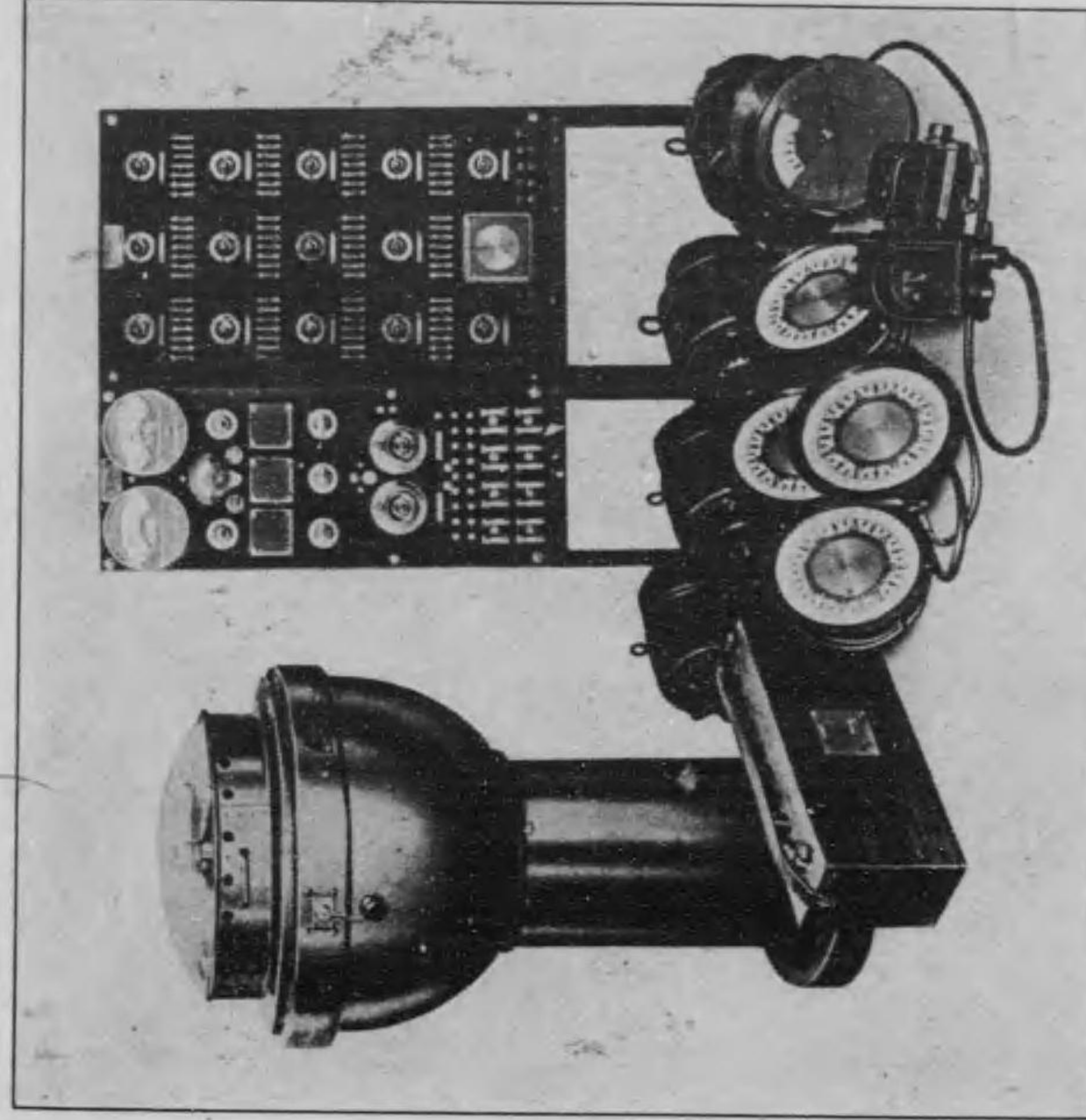
軸EF, CDに支へらるゝジャイロスコープGの速かに廻轉する間は軸ABの方向は一定す。

3. **ジャイロ=コンパス** ジャイロスコープを航海用の羅針盤としたるを**ジャイロ=コンパス**と稱す(第287圖)。此の目的に供するジャイロスコープの廻轉盤は特に質量を大にし特別の電動機により之を毎秒百五十回許の速さにて水平軸の周圍に廻轉せしむ。此のジャイロスコープは地球自轉の影響を受け

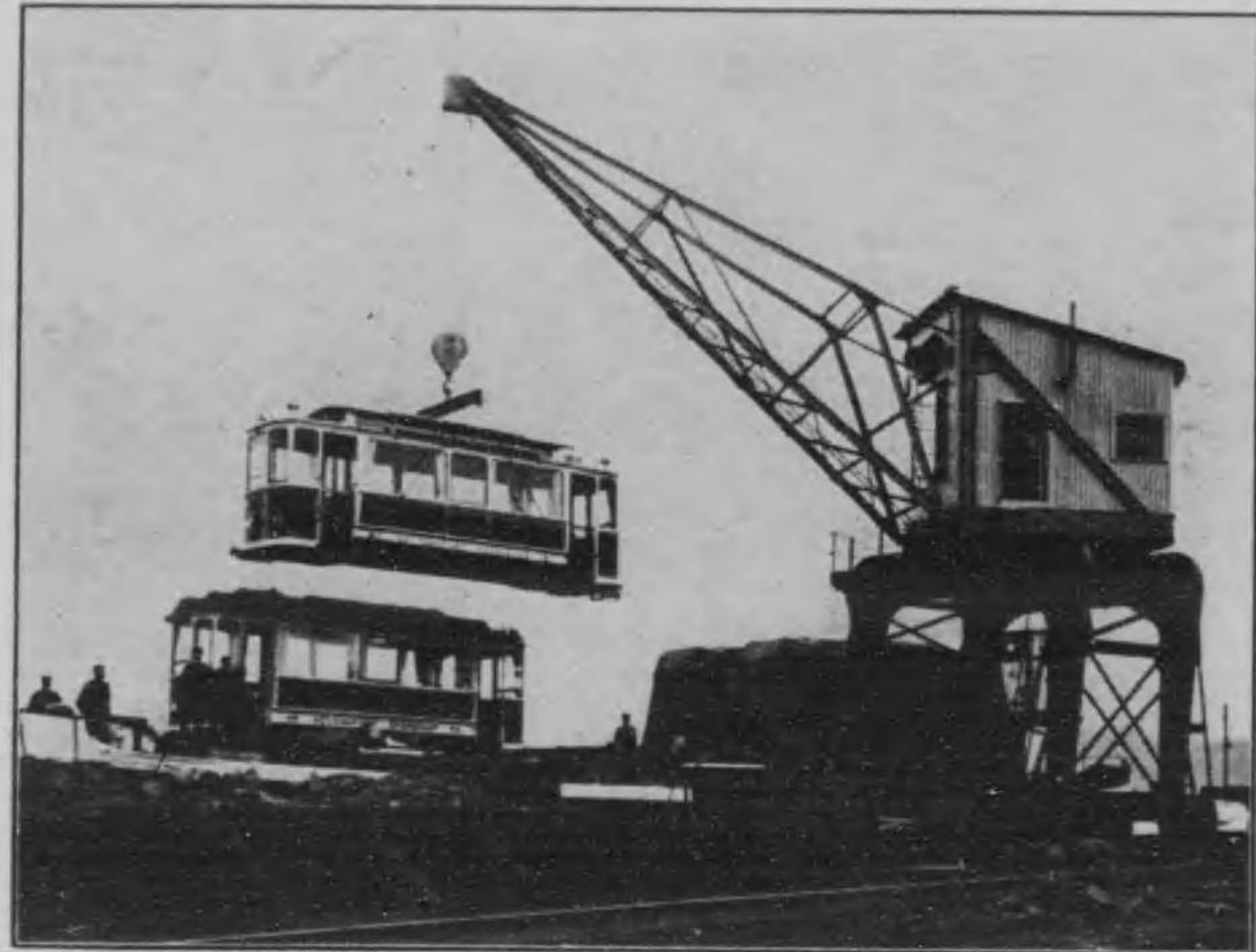
盤 針 羅



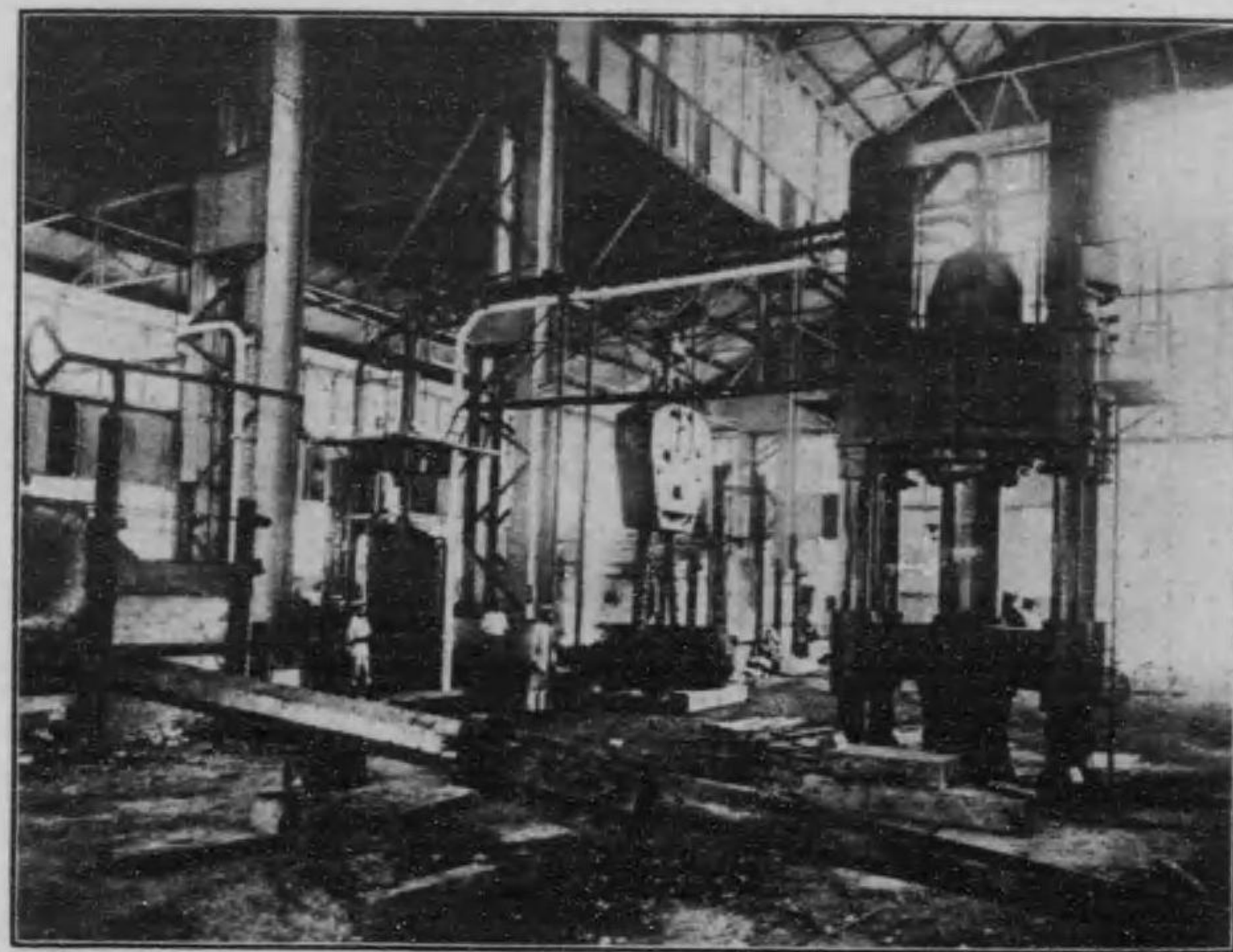
〔磁石式羅針盤〕 方位を示す盤は胴體の上部にあり、盤面は電燈及び油燈にて照らすことを得。左右の球及び胴體下部の桿は修整用の鐵にして自由に移動するを得。



〔ジャイロコンパス〕 左のジャイロコンパスは誘導電機によりて毎秒150回廻轉し、其の廻轉の慣性と地球自轉とにより左方の親軸は眞の南北の方向を取る。右方の下部にあるは左方の親軸に連なり、其の上部は配電盤なり。



〔起重機〕 挺子・滑車・輪軸等を應用す。



〔水壓機〕 圖の右方に直立するは水壓機にして、其の圓柱の下にて1500噸の水壓を得て熱したる鐵を壓搾す。(三菱造船所所屬)



第287圖:—ジャイロコンパスの上面(左), と側面(右).

廻轉の軸は地軸と同一平面を取るが故に、此の軸の方向は即ち眞の南北の方向なり。

ジャイロコンパスは磁針を用ふる羅針盤の缺點即ち船體を造る鐵の影響を消し、且方位角の補整をなす等の手数を要せざるを以て、現今軍艦・大商船・潜水艦等に取り付けらる。

【要點】 (1) 物體の圓運動をなすに要する求心力は $f = \frac{mv^2}{r} = \frac{4\pi^2mr}{T^2}$ なり。

(2) 廻轉體は其の軸の方向を一定に保つ。

第十章

仕事 熱の仕事當量 エネルギー

1. **仕事** 仕事の量は力の大きさと物體を

其の力の方向に動かしたる距離との相乗積にて表はさる(第197頁)。仕事の重力単位には呎米呎封度等を用ひ、絶對單位には **エルグ** Erg を用ふ。1エルグは力に1ダイン、距離に1呎を取りたる仕事なり。1エルグの一千萬倍、即ち 10^7 エルグを1 **ジュール** Joule と名づく。

問1. 5瓦の質量を20呎上ぐるに要する仕事は幾瓦なるか、又幾エルグなるか。但し1瓦の重さを980ダインとす。

2. **工率** 仕事の遅速を表はすに、單位時間になす仕事の量を以てし、之を **工率** Power と稱す。

工率の重力單位として最も普通に用ひらるるは **馬力** Horse power にして、1秒間に550呎封度、又は76呎米の仕事になすものなり。

工率の絶對單位には毎秒1ジュールの仕事になすものを用ひ、之を1 **ワット** watt と稱し、1000ワットを1



第288圖:—Watt.

英人。蒸氣機關の改良を以て著はる。工率の單位ワットは氏の名を取りたるなり

キロワットと稱す。電流の工率には此の絶對單位を用ふ。1馬力は746ワット、即ち約0.75キロワットに相當す。

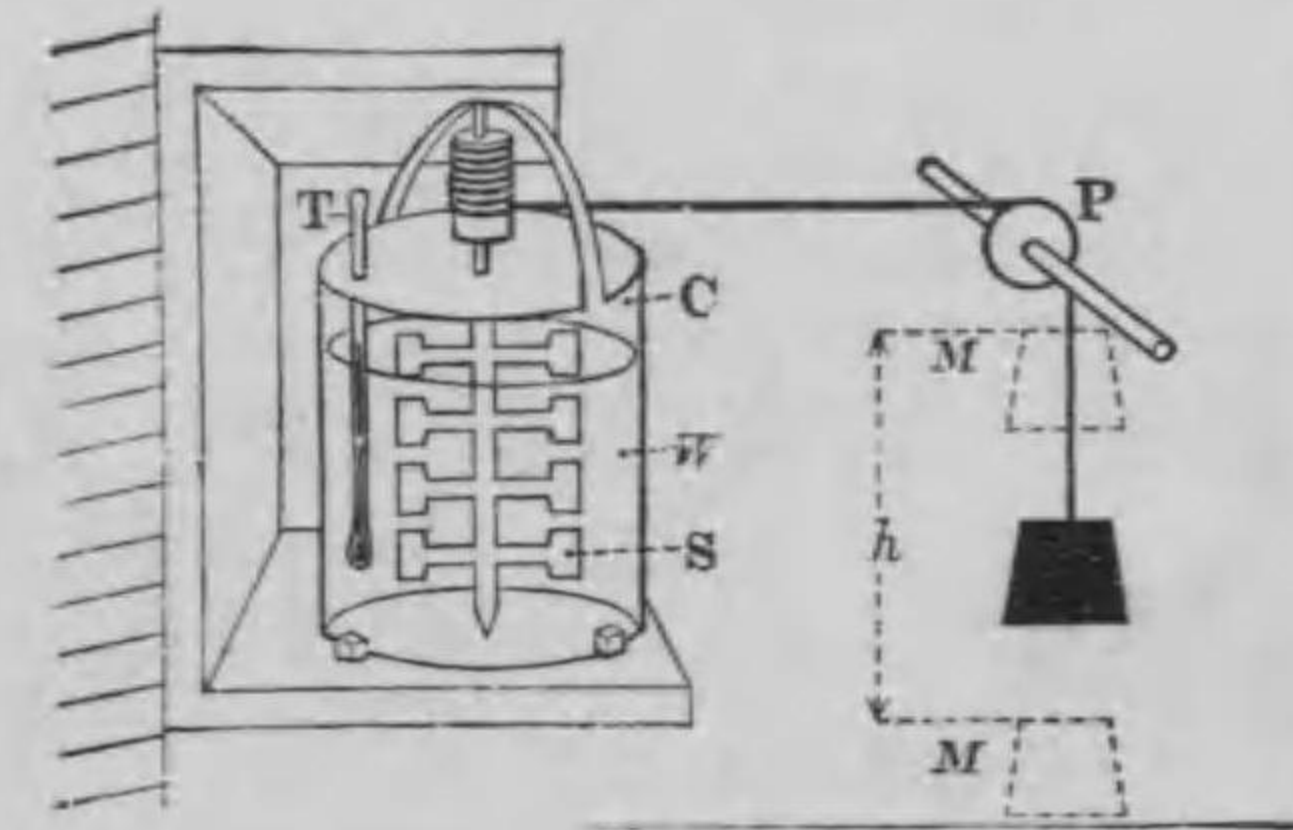
問2. 1瓦の重さを980ダインとして4馬力が約3キロワットに相當することを證せよ。

問3. 70呎の高處より5秒間に10立方呎の割合にて落下する水力の六割を利用すれば幾馬力を得るか。但し水1立方呎の重量は62.5封度あり。

問4. 10馬力の機械を用ふれば50呎の下にある河水を1時間に幾立方呎づつ汲上げ得るか。

3. **熱の仕事當量** 機械に於て摩擦によりて失はれたる仕事は熱に變じ、又反對に熱機

關に於て熱は仕事に變ず。一般に熱の量と仕事の量との間には一定の關係あるものにして、1カロリー



第289圖:—ジュールの實驗.

熱量計Cに水Wを入れ、寒暖計Tにて其の溫度を讀み、水中の翼車Sを滑車Pに懸れる錘Mの落下によりて廻轉せしめ、Mのなせる仕事とCに生じたる熱量とを比較して熱の仕事當量を定む。

の熱は 4.2×10^7 エルグ即ち 4.2 ジュールの仕事に相當するなり。此の値を熱の仕事の當量 Mechanical equivalent of heat といふ。



第290圖:—Joule.
(1818—1889)

英吉利の人。熱の仕事當量及び電流と熱量との關係を表はすジュールの定律を發見す。仕事の單位名ジュールは氏の名を取りたるなり。

仕事は悉く之を熱に變ぜしむることを得れども、熱は悉く仕事に變ぜしむることを得ず。現今優良なる熱機關と雖も仕事に變じ得る熱量は供給する熱量の 25% 以下にして、普通の機關車の如きは僅かに 8% を出でざるなり。

に變ずるとせば、此の機關は幾馬力なるか。但し 1 馬力は毎秒 76 瓦なりとす。

問 6. 重量 400 瓦、比熱 0.1 なる物體が 15 米落ち、其の仕事が悉く熱に變じて此の物體を熱したりとせば、溫度は幾度昇るか。

4. **エネルギー** 高處の水は水流となり水

車を廻轉して仕事をなし、高溫度の水蒸氣は蒸氣機關を運轉して仕事をなす。かく仕事をなし得る能を一般にエネルギー Energy といふ。運動せる物體、及び高處の物體、歪みたる彈性體は何れもエネルギーを有す。前者のエネルギーを運動のエネルギー Kinetic energy、後二者のを位置エネルギー Potential energy といひ、總稱して機械的エネルギー Mechanical energy といふ。熱・光・電流等は何れも皆エネルギーの状態の一なり。

エネルギーの量は之によりてなさるべき仕事の量を以て測らる。例へば質量 m 瓦の物體が v 秒糧の速度にて運動するとき有する運動のエネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ エルグ、又 h 糧の高さにあるが爲に有する位置のエネルギーは mgh エルグ(但し g は其の土地の重力の加速度なり)なるが如し。

問 7. 50 米の高さにある 100 瓦の水は何程の位置のエネルギーを有するか。又此の水が地に衝突し其の仕事が悉く熱に變じて此の水を温めたりとせば、其の溫度は幾度上るか。

問 8. 12秒米の速度を有する50瓦の物體の運動のエネルギーを求む.

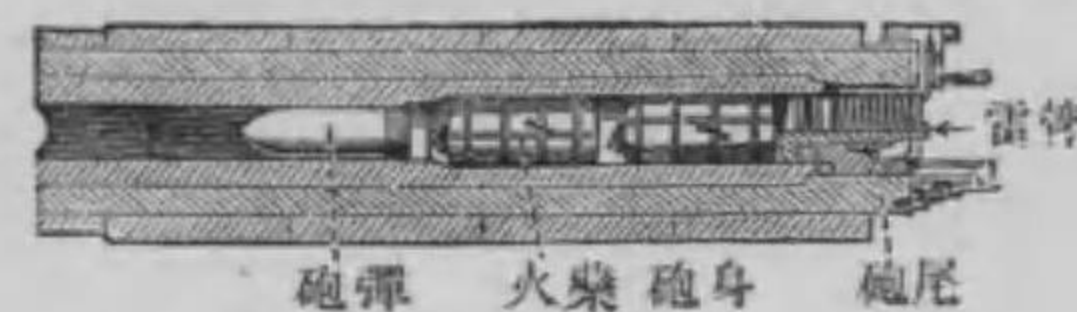
問 9. 20瓦の彈丸が40秒米の速度にて的にあたり之に5種穿入せり. 的の平均抵抗力は幾ダインなるか.

5. **エネルギーの保存** 物體を高處に上ぐるには仕事を要す. 而して此の仕事に相當するだけ物體は位置のエネルギーを増加す. 物體が落下するに従ひ其の位置のエネルギーを減少すれども次第に速度を増加して運動のエネルギーを増加す. 此の際物體の失ひたる位置のエネルギーは増加したる運動のエネルギーに等しきなり. 此の如き簡單なる事實より出發して遂に次の重要な定律に達したり. 『總べての自然現象に於て其の現象が如何なる種類たり, 又如何に複雑せるものなりとも, 之に關與する物體の有するエネルギーの總和は一定不變なり』. 此の事實を**エネルギー保存の定律**といふ.

Law of Conservation of energy

6. **エネルギーの變遷** 自然界に於ては常にエネルギーの變遷あり. 高處の水の位置

のエネルギーは水流の運動のエネルギーに變じて水車に仕事をなし, 此の仕事が發電機によりて電流のエネルギーに變じ, 次で熱エネルギーとなりて物を熱し, 光エネルギーとなりて暗を照し, 或は化學的エネルギーとして蓄電池に貯へらる. 而して此の高處の水は太陽熱の爲め低處より蒸氣となりて昇りたるものなり. 植物は日光のエネルギーを受けて成長し, 動物は植物を養分として攝取し, 之の酸素に對する化學的エネルギーを利用して生存す. 工業上極めて大切なる石炭も遠き過去に於て地球を照らしたる日光のエネルギーの貯藏せられたるなり. されば太陽は我が地球に向ひ熱エネルギーと光エネルギーとを送りて地上に於ける一切の活動の本源をなすものといふを得べし.



第291圖:—エネルギーと彈丸.

装填せる火藥の化學的エネルギーは彈丸の運動のエネルギーとなり物體に當りて之を破壊する等の仕事をなす.

【要點】 (1) 1ダインの力にて物體を1距離動かす仕事は1エルグなり. 10^7 エル

グを1ジュールとす。

(2) 毎秒1ジュールの仕事なす工率を1ワットとす。746ワットは1馬力に當る。1馬力は又毎秒550呎封度或は76瓦米の仕事に等し。

(3) 熱の仕事當量は1カロリーにつき4.2ジュール又は 4.2×10^7 エルグなり。

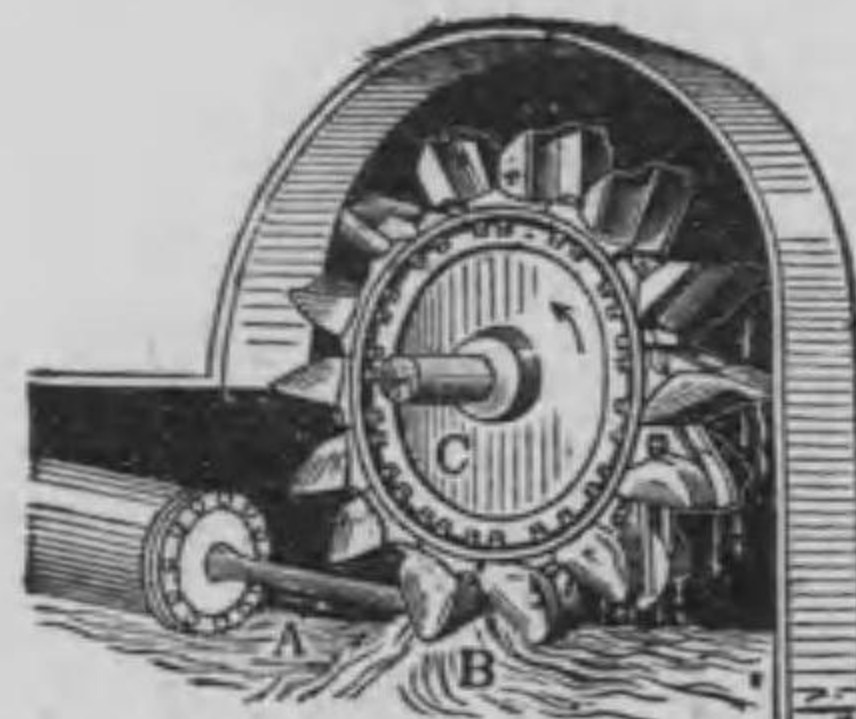
(4) エネルギーは仕事をなし得る能にして、位置のエネルギーは mgh 、運動のエネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ なり。光・熱・電流も亦エネルギーなり。

(5) エネルギーは變遷すれども其の總量は不變なり。

第十一章

流體の抵抗 船及び航空機

1. 流體の壓力 流體が其の流れの方向に



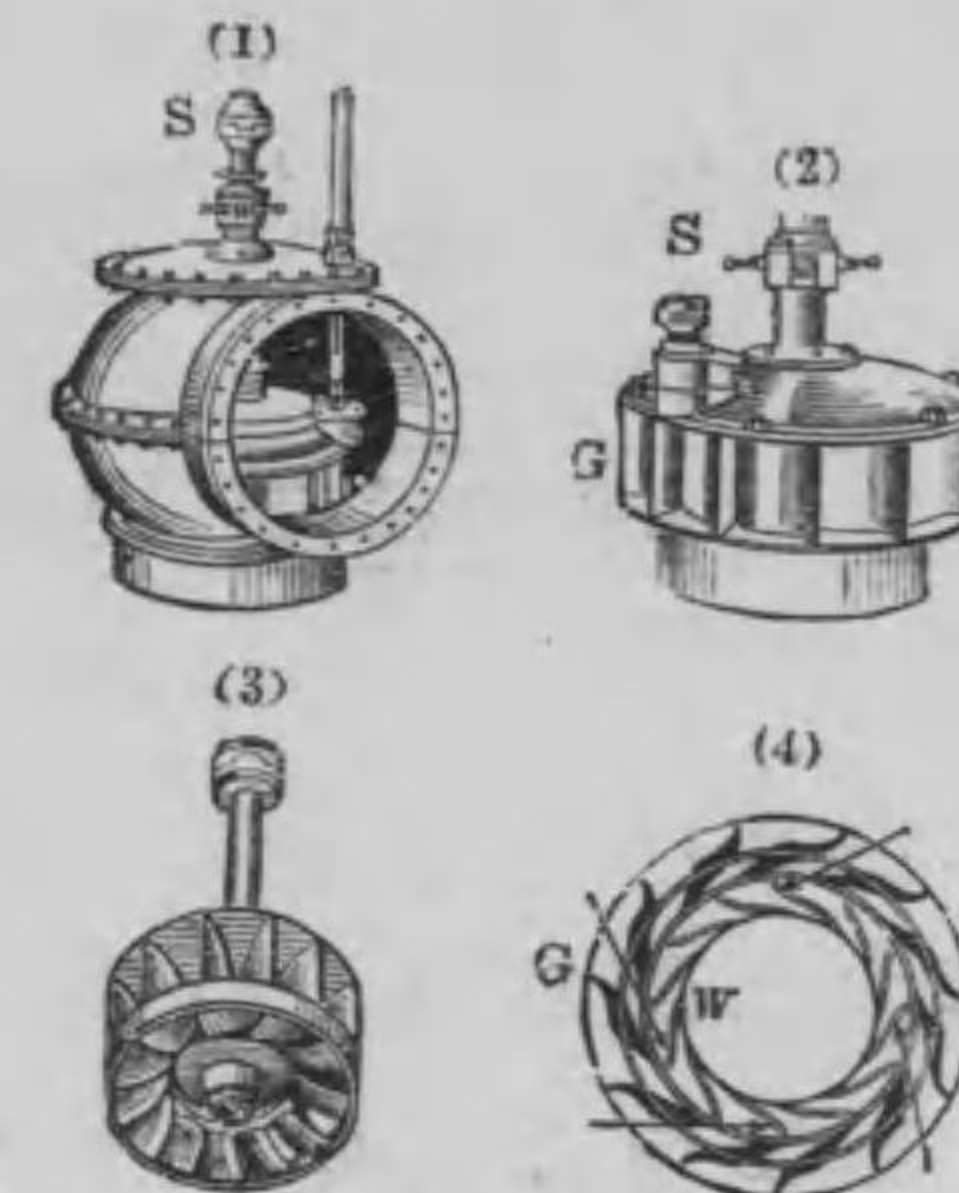
第292圖：—ペルトン水車。 進出する水 Aは水車Cの翼 Bにあたりて之を廻轉せしむ。

水車は流水の壓力を利用す。ペルトン水車(第292圖)は、高處より低處に導き管口より噴出せしめたる高速度の水を水車の翼に突き

直角なる板面に當るときは、流體の運動を止めらるゝため、板面に壓力を呈す。而して其の全壓力は板の面積及び流體の速度の大なるほど大なり。

當てて大速度の廻轉を得、水タービン(第293圖)にては高處より流下せしめたる高壓の流水

を固定せる溝の間に通して方向を定め、之にて水車の翼に壓力を及ぼし大速度の廻轉を得。共に發電所に於て發電機を運轉するに供せらる。



第293圖：—水タービン。

(1)外函、(2)は内函にしてGにて水の方向を定む。(3)は(2)の内にあり水壓を受けて廻轉する水車W。(4)は(2)(3)の關係を上より見たるもの、S廻轉軸。

高處の水が落下してなす仕事の量は、水の重量と、落下する距離即ち落差との相乗積に比例するを以つて、毎秒 m 封度の水が落差 h 呎にて流るときは毎秒 mh 呎封度にして、随つて $\frac{mh}{550}$ 馬力の工率なり。ペルトン水車・水タービン等にては上のエネルギーの80-90%を利用することを得。かく機械のなす仕事と、機械に供給したる仕事との百分比を機械の効率といふ。

Efficiency

風の壓力即ち風壓も亦之を風車に利用し粉を挽き、水を汲む等に供せらる。帆船の進行し、凧の空中に懸るも亦風壓による。

問 帆船を風上に向つて進むるには帆を如何にあぐべきか。

2. **流體の抵抗** 固體が靜止する流體中を進行する時には、運動せる流體が靜止する固體に及ぼす壓力と同様の壓力を受く。此の壓力は即ち流體の抵抗なり。

流體の抵抗の大小は流體の密度の大小によること勿論なるが、固體の形狀によりて異なり、又同じ形狀のものにありては其の運動方向に直角なる切斷面積に比例し、且速度の自乗に比例す。等速度にて進行する飛行船・潜水艦・汽船等にては其等の機關の作用は主に流體の抵抗と相消殺し、雨滴の如き其の落下の速度の増加するに隨ひて空氣の抵抗も増加し、遂に雨滴の重量と釣合ふに至りて等⁽¹⁾

(1) 一軒の高處より降り來りし雨滴の速度は空氣の抵抗なければ140秒米なるべきに、實際は10秒米内外に過ぎず。

速運動に變じ、又彈丸の如きは其の速度極めて大なるがため空氣の抵抗も亦大にして著しく其の到達距離を減少す。

物體は細分するに従ひ其の體積の割合に表面積を増加す。例へば半徑 r の球の表面積は $4\pi r^2$ にして、其の體積は $\frac{4}{3}\pi r^3$ なるが故に、單位體積従つて單位質量に對する表面積は $\frac{3}{r}$ となり、半徑に反比例して變ずるを見る。之を以て流體中を落下する細粒は其の重量の割合に空氣の抵抗大なるがため、其の落下の速度大なることを得ず。粘土の細粒が水に懸りて之を濁らし、雲霧・煤煙等の空氣中に漂ふは之がためなり。

3. **推進機及び舵** 船又は



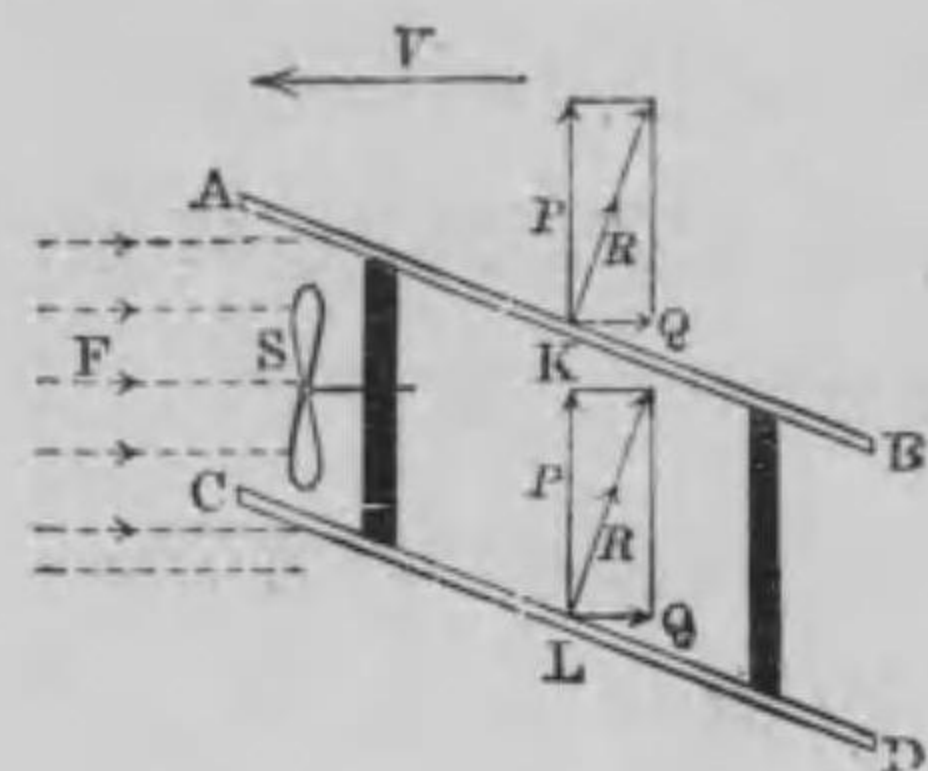
第294圖：一船の大型推進機

飛行機などを進む
る推進機
Screw propeller
(第294圖及び
第295圖)は面



第295圖：一プロペラー

を少しく



第296圖：—飛行機の理。

推進機Sの廻轉により機體はVの速度にて前進し、風Fの壓力を受く。其の壓力の翼AB,CDのK,Lに及ぼすRの上方に向ふ分力Pは機體を空中に保ち、Qは前進力と釣ふ。

斜に振ぢたる數枚の翼を一の廻轉軸に取り附けたるものにして、此の軸を熱機關等を用ひて廻轉する時は水又は空氣は後方に押除けられ、随つて推進機は其反作用を受けて船體又は機體を前進せしむ。但し飛行機の浮揚するは其の前進につれ、少しく上向となれる翼面に及ぼす風壓の鉛直の分力が機體並びに搭載物の重量と釣合ふによる(第296圖)。舵も亦板の面を少しく傾けて、之に及ぼす水或は空氣の反作用によりて船體又は機體の方向を變化せしむるための装置なり。



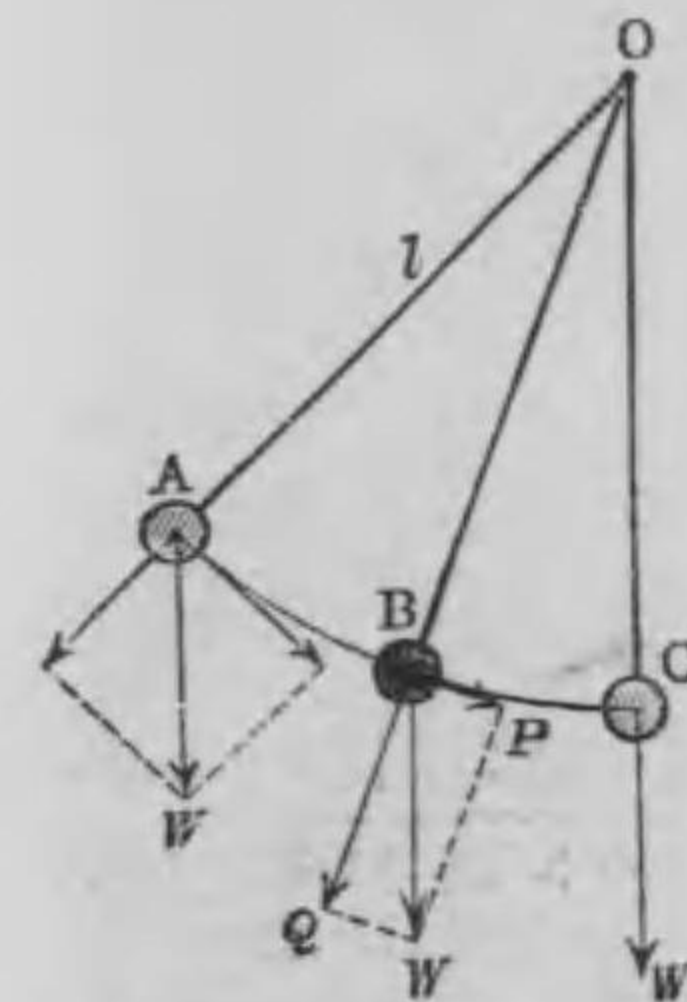
第297圖：—Wright.
米國人。飛行機を發明す。

- 【要點】(1) 流水のエネルギーは之をベルトン水車又は水タービン等によりて仕事に變ぜしむ。
 (2) 流體の固體に及ぼす壓力並びに抵抗は流體の密度及び固體の形狀等に関するは勿論なるが、相似なる形狀のものにあつては其の關係速度の自乗に比例し、進行方向に直角なる切斷面積に比例す。
 (3) 推進機・舵等は流體の抵抗を利用したる装置なり。

第十二章

振動 波動

1 振子の振動



第298圖：—振子。

球がBにあるとき重さWの弧ABCに切線の方向の分力はPにして、Qは糸lの張力となる。Pの大きさはAにて最大にしてCにて零なり。

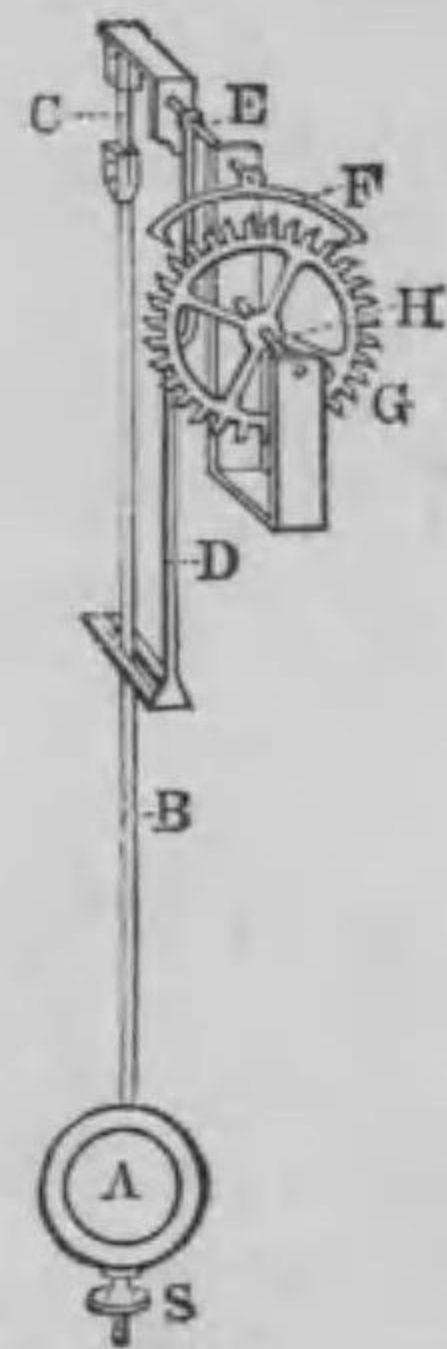
第298圖の如く糸OCの一端に錘Cを吊し、之を其の中央の位置Cより一方に偏らしめて放てば、錘は圓弧を畫き元の位置の左右に往復運動す。かかる運動を振動といひ、其の一回の振動に要する時間を週期といひ、又圓弧ACを其の振幅といふ。錘に運動を起す力は之に作用する重力Wの糸に直角なる

方向の分力 P にして、此の力は錘が中央より偏れるほど大きく、中央の位置に於ては零なり。錘は此の力のために A 端より次第に加速度を得て中央に向ひ、中央 C に於て最大の速度となり、それより力 P のため負の加速度を生じ、遂に速度零となるに至りて止まる。故に空氣の抵抗等なきときは錘は永久に振動を繼續すべきなり。

『凡そ振動の週期は其の振幅の餘り大ならざる範圍に於ては振幅の大小に關せず一定するものなり』之を振動の**等時性**といふ。

Isochronism

上に述べたる如き絲の端に錘を吊したるものを**振り子** Pendulum といふ。『振り子の週期 (T) は其の長さ (l) の平方根に正比例し、重力の加速度 (g) の平方根に反比例す』。C. G. S. 單位によれば次の公式あり。



第299圖：一時計。

バネC、棒Bを有する振り子Aは振動し、D、Eにより爪Fを左右に動かし、ゼンマイの弾力にて廻轉せんとする軸Hの齒車Gの廻轉の速さを一定にす。

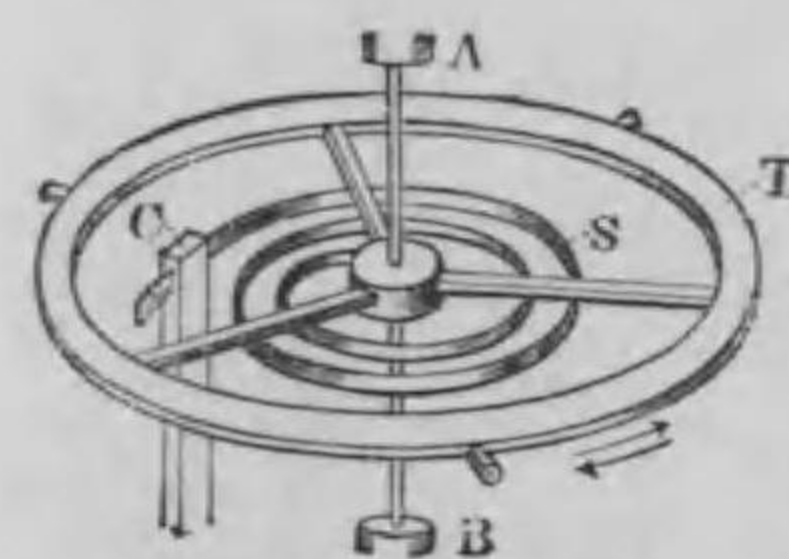
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$[\text{週期(秒)}] = 2\pi \times \sqrt{\frac{[\text{長さ(糎)}]}{[\text{重力の加速度(秒}^2\text{糎)}]}}$$

振り子の等時性は時計(第299圖)に於て、ゼンマイの弾力によりて廻轉せんとする齒車の廻轉の速さを調整するに用ひらる。

- 問1. 振り子時計の夏遅れ、冬進むは何故なるか。之を直す方法如何。(第299圖Sに注意せよ)。
 問2. 長さ64糎の振り子の週期を求む。但し重力の加速度を980 秒²糎とす。
 問3. 長さ1米の振り子の週期2秒なる土地の重力の加速度を求む。

2. **弾性體の振動** バネの一端を固定して



第300圖：一時計テンプ。

Tテンプ、AB其の軸、Sゼンマイ、C其の固定端。

他端を左右に振動せしむる時、又はゼンマイの上端を固定して下端に吊せる錘を上下に振動せしむる時の如き、振動は何れも等時性なり。時計のテンプ

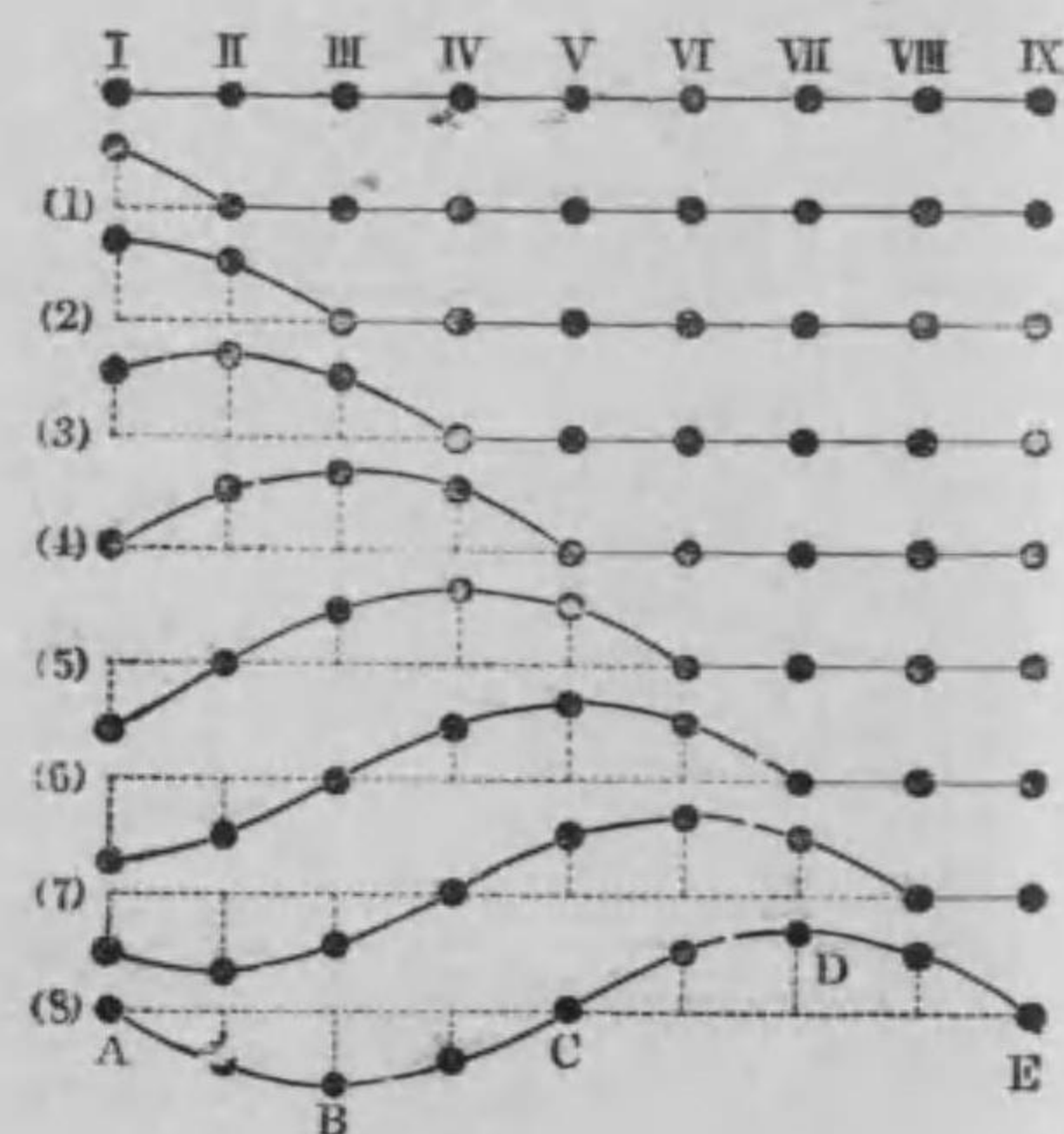
と稱し軸の周圍に振動する輪の振動を一定にする爲**鬚ゼンマイ** (第300圖)を用ふるも亦其 Hair spring

の等時性を利用したるなり。

3. **波動** 弾性體の一部に振動起るときは其の振動は次第にそれに隣接せる部分に傳播し遂に其の弾性體に**波動**を生ず。緩るく張りたるゴム管の一端を振動せしめ、或は靜かなる水面に石を投じて波動の生ずる模様を觀察することを得べし。波動を傳ふる物質を總べて波動の**媒質**と稱す。

4. **横波** 第301圖の如く一直線上等距離に排列せる

IよりIXまでの諸點が、各8秒の週期を以て1秒ずつ遅れて此の直線に直角なる方向の振動をなしたりとせば、1秒毎に順次(1)より(8)まで



第301圖：一横波の生成。

I—IXは質點、(1)—(8)は波動の生成順、ABCDEは一の波、AEの距離は波長。

其の排列を變じ、第8秒の終に於て始めて一の波動ABCDEを完成すべし。波動の最低部Bを**谷**、最高部Dを**山**といひ、かく完成せる波の兩端間の距離AEを**波長**といふ。茲に見たる如く、媒質の一振動する間に波動は一波長 l だけ進行するが故に、媒質の週期 T なるときの波動の速度 v は次の如し。

$$v = \frac{l}{T}$$

故に、

$$l = vT$$

$$[\text{波長}] = [\text{速度}] \times [\text{週期}]$$

又週期 T なる媒質の單位時間に於ける振動數 n は $\frac{1}{T}$ に等しきを以て、之を上式の式に代入すれば次の式を得。

$$v = nl$$

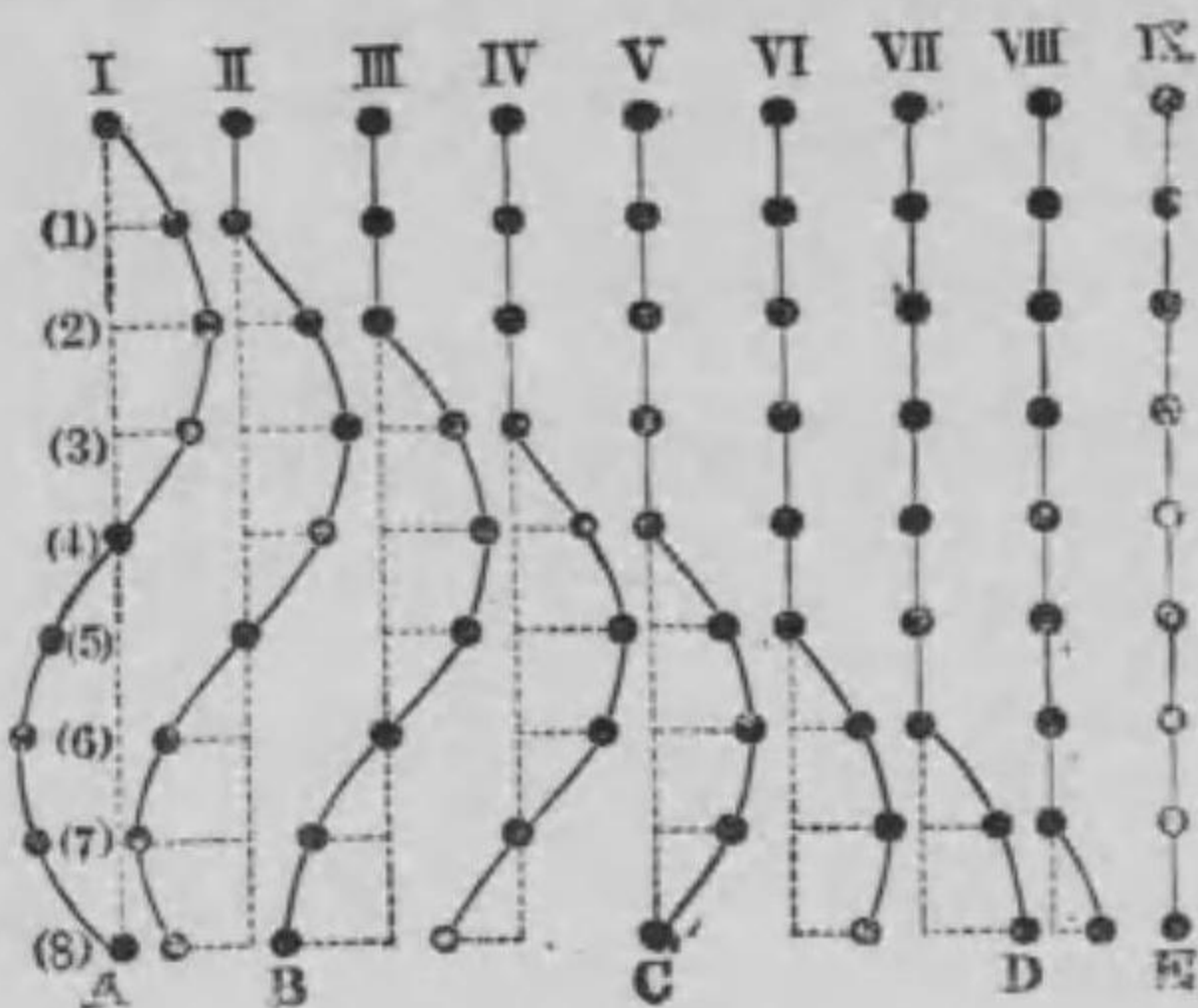
$$[\text{速度}] = [\text{振動數}] \times [\text{波長}]$$

上の如く媒質が波動の進行の方向と直角なる方向に振動して生ずる波動を**横波**又は**高低波**といふ。水の波動、又は綱の一端を振動

せしめてそれに生ぜしめたる波動の如きは之に屬す。

5. **縦波** 一直線上等距離に排列せる I

より IX までの諸點の振動が第 302 圖の如く



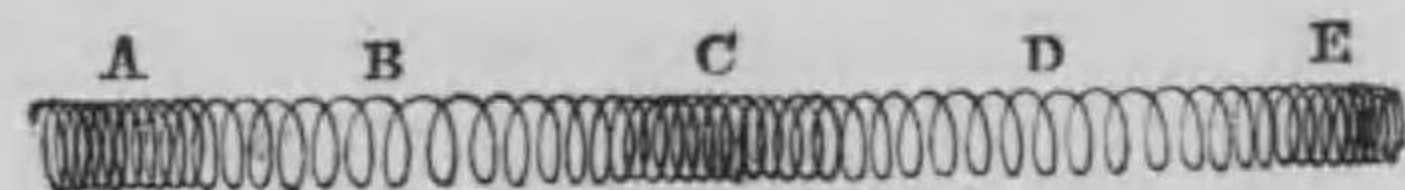
第 302 圖—縦波の生成。

I—IX は質點, (1)—(8) は彼の生成順, ABCDE は一つの波, AE は波長。

其の直線の方に振動するとき
は第 8 秒の終に完成せる波動は媒質の疎密なり。即ち A に於て密にして, C に於て疎なり。『かく媒質の各部が波動

の進行の方向に振動して生ずる波動を縦波
又は疎密波と稱す。其の一波長は相隣れる密部と密部, 又は疎部と疎部との間の距離なり。故に縦

波に於ける速度と波長と媒質の振



第 303 圖—ゼンマイに生ぜしめたる縦波。

A, C, E 密部, B, D 疎部, AC 又は BD は波長。

動數又は週期との關係は全く横波に於けると同じ。ゼンマイの一部を伸縮すれば容易に縦波の進行する状態を觀察することを得べし (第 303 圖)。

$$v = \lambda T \quad 340 = \lambda \times 200 \quad \therefore \lambda = 1.7$$

問 4. 媒質が 200 分の 1 秒の週期にて振動し速度 340 秒米の波動を生じたり。其の波長を求む。

問 5. 波動を 340 秒米の速度にて傳ふる媒質中に於て 50 種の波長を有する波動を造るには, 媒質を毎秒幾回の割合に振動せしむべきか。

【要點】(1) 振子又は彈性筒の振動は等時性なり。振子に於ける週期は次の如し。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

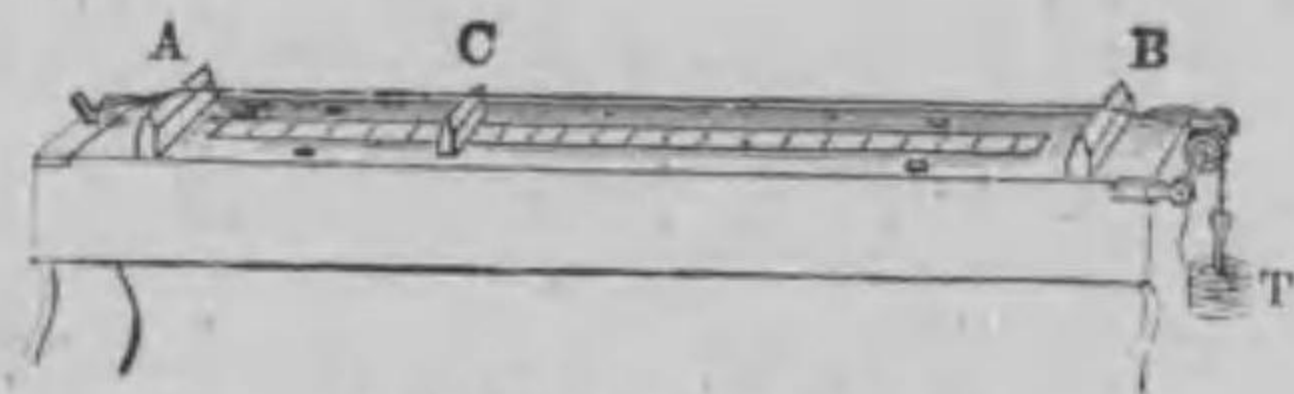
(2) 媒質の各部が順次に遅れて同様の振動をなすときは波動を生ず。波動の進行方向に媒質の振動する縦波と, 直角の方向に振動する横波との二種あり。其の振動の週期 T , 振動數 n , 波長 λ , 速度 v の間の關係は $\lambda = vT$, $v = n\lambda$ なり。

第十三章

絃及び氣柱の振動

1. **絃の振動** 琴 (第 304 圖) 三味線・バイオリン

(第 306 圖)。ピアノ等は **絃** の振動によりて音を發する樂器なり。『絃の振動數は, 長さ に 反比例し, 單位長さの質量の平方根に反比例し, 張力



第304圖:一單絃琴.

ABは絃, Cは絃の長さを變ずる枕, Tは絃の張力を變ずる錘.

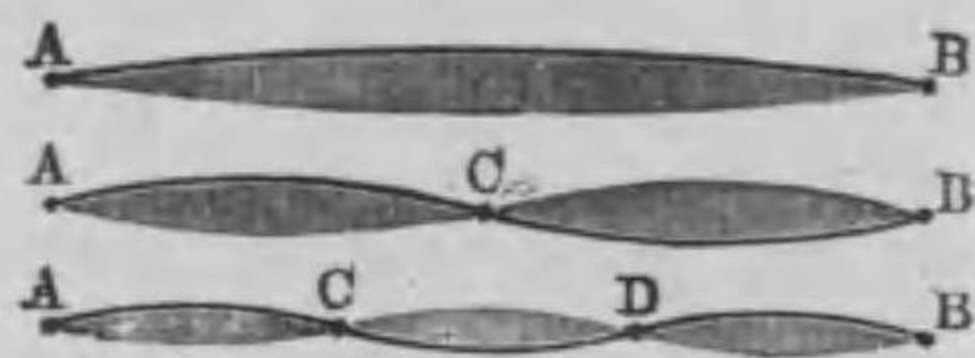
の平方根に正比例す. C.G.S單位を用ふれば其の振動數は次の如し.

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

[振動數(回,毎秒)] = $\frac{1}{2 \times \text{[長さ(厘米)]}} \times \sqrt{\frac{\text{[張力(ダイソ)]}}{\text{[質量(瓦,毎厘米)]}}}$

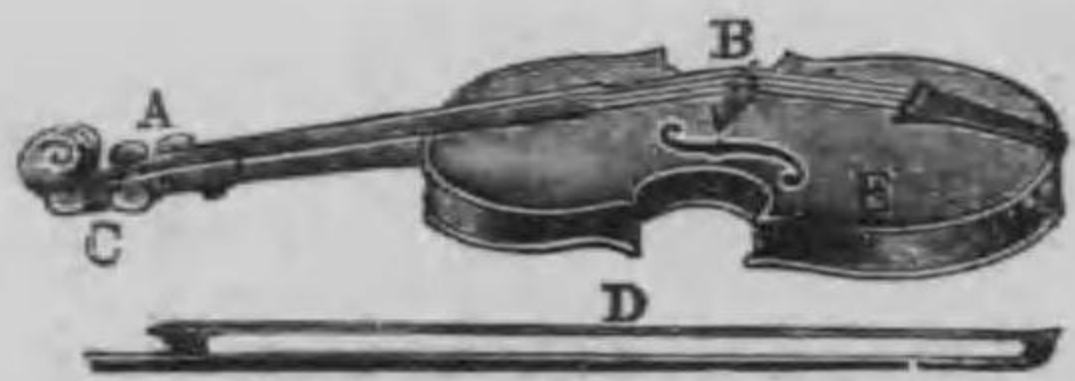
絃を用ふる諸樂器の音の高さは,何れも此の理によりて調べらる.



第305圖:一絃の振動.

AB 絃の長さ A,B,C,D は振動の節.

絃の中央を弾ずれば其の全體が一區となりて振動す(第305圖).

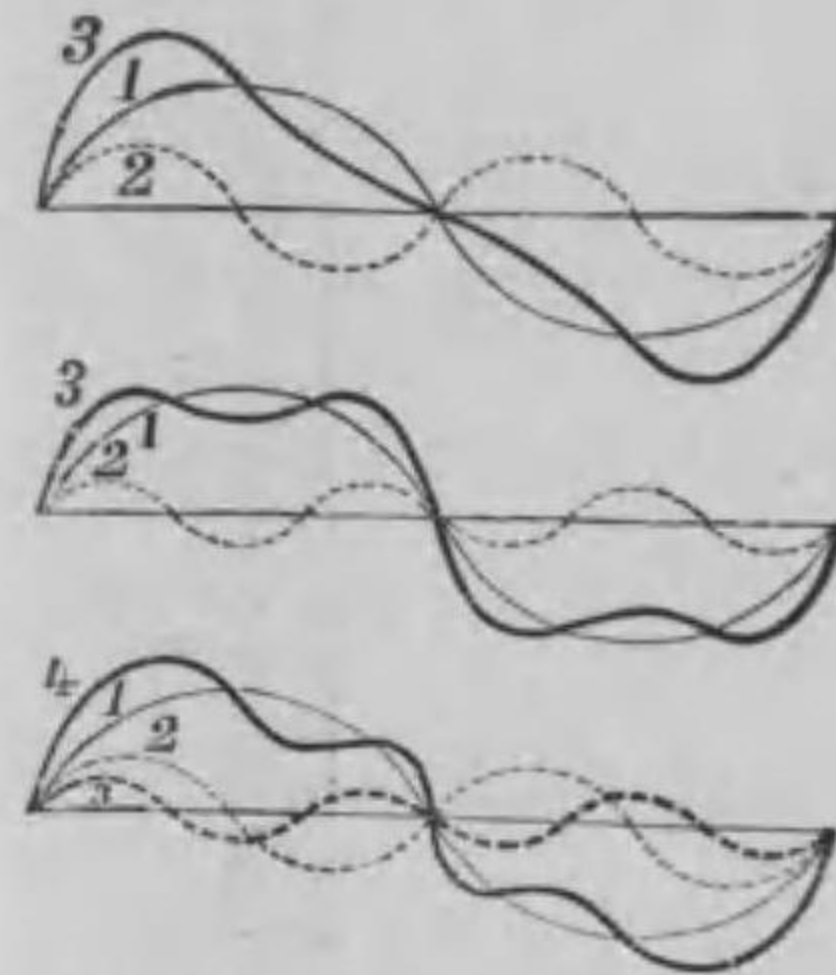


第306圖:一バイオリン.

AB 絃, C張力を變ずるネヂ, E 胴, D弓.

此の場合には振動數最も少なく,隨つて其の音は最も低し. 之を其の絃の原音といふ. 絃の Fundamental tone

一部を押へて他部を弾ずれば絃は數區に分



第307圖:一音色の生成の理由.

[上・中]原音(1)に倍音(2)を伴ひ合成音(3)を生ず. [下]原音(1)に倍音(2)(3)を伴ひ合成音(4)を生ず. 上記合成音は三つとも波長等しきも波形異なる爲音色に相違あり.

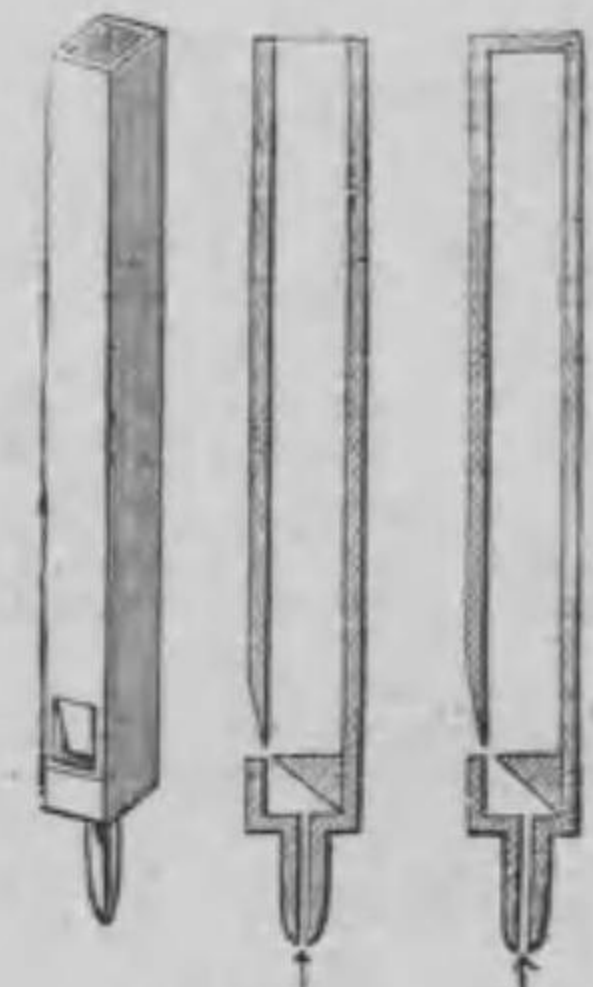
れて振動し,隨つて音は高し. 之を倍音と Over tones といふ. 絃が原音を發する場合にも常に數種の倍音を伴ひ,是等が原音の音波と結合して一の音波を合成し,以て音色を生ぜしむるなり(第307圖).

問 1. 長さ25厘米,1厘米の質量0.2瓦の絲を10瓦の力

にて張りて弾くときの振動數は毎秒何回なりや.

2. 氣柱の振動 風琴管(第308圖)

尺八(第309圖)等の樂器は管内の氣柱の振動によりて音を發す. 氣柱の振動數 n は管の長さ(L)に反比例し,音の速度 V なる時其の振動數は一端閉ぢたる管に於ては,



第308圖:一風琴管.

(1) 音又は倍音速かに消滅して原音のみを發するにより音は清し.

$$\begin{aligned} n &= \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}} = \frac{1}{2 \times 25} \sqrt{\frac{10 \times 1000}{0.2 \times 25}} = \frac{1000}{50} = \frac{50}{5} \\ &= \frac{10}{50} \sqrt{20} = \frac{\sqrt{20}}{5} \end{aligned}$$

$$n = \frac{V}{4L}$$

$$[\text{振動數}] = \frac{[\text{音の速度}]}{4 \times [\text{管の長さ}]}$$

にして、兩端開ける管に於ては、

$$n = \frac{V}{2L}$$

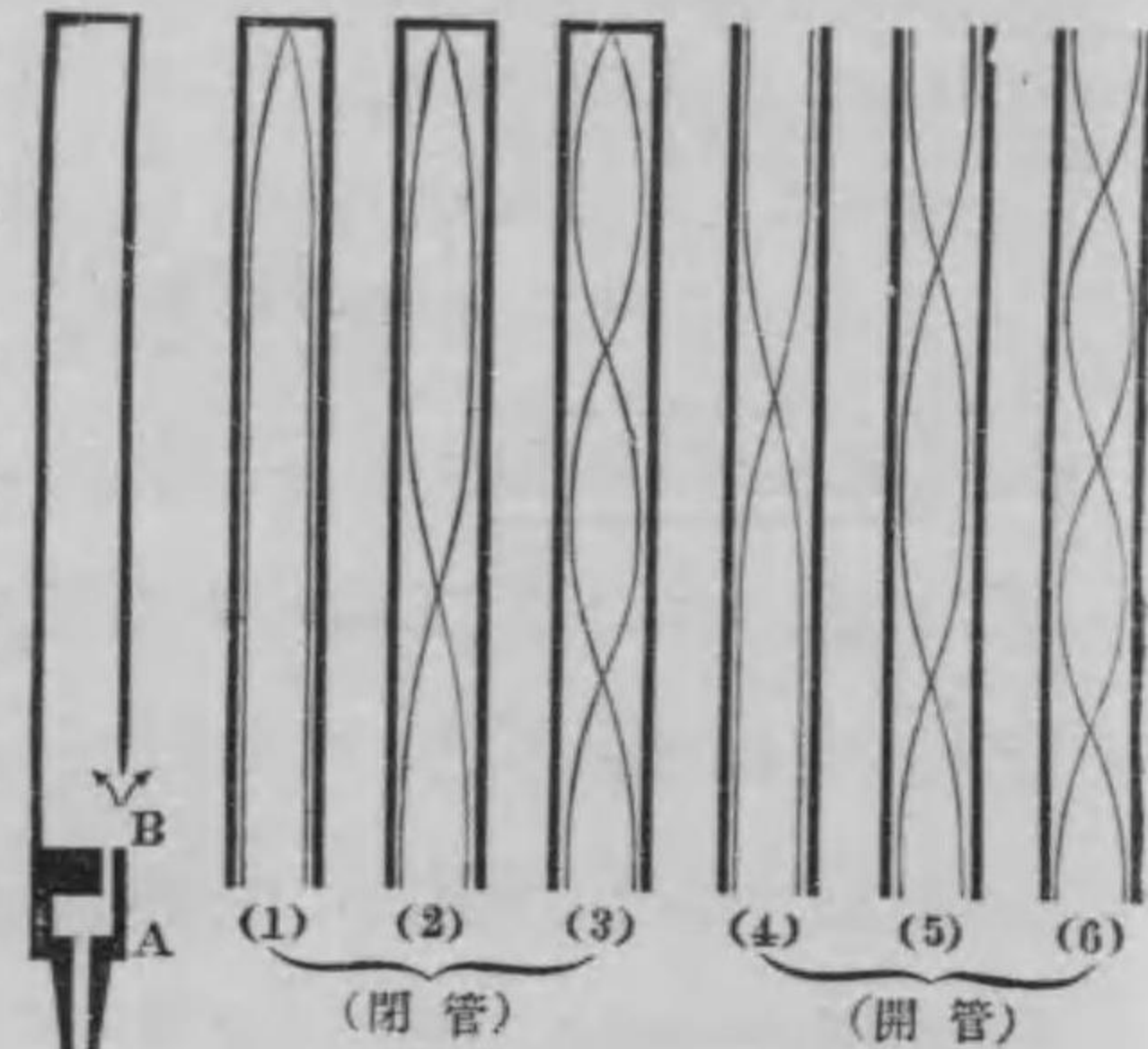
$$[\text{振動數}] = \frac{[\text{音の速度}]}{2 \times [\text{管の長さ}]}$$



第309圖：一尺八。
Aは歌口、B、C、D、E、
は孔、Gは開端なり。

なり。而して空氣柱の振動を起さしむるには之に振動する

音叉を近づくるか、或は風琴管・尺八等に於ける如く楔形の唇に強き呼氣を吹き送る。後の場合には唇は複雑なる振動をなせども、管内の空氣柱の長さに應ずる振



第310圖：一風琴管内の音波。

空氣の流れがAより唇Bに當りて之を振動せしむ。(1)(4)原音、(2)(3)(5)(6)倍音の波動。

動數の音のみ強く聞ゆるなり。第310圖は

風琴管内の空氣柱が唇Bの振動に共鳴して定常波を生じたる有様を示す。定常波とは Stational wave 進行する波動が反射し來る波動に干涉して生じたる進行せざる波動のことなり。音叉の箱も亦此の理によりて音を強くするが爲に設けらる。

問2. 笛・尺八の孔は音の調子と如何なる關係ありや。

問3. 振動數毎秒500回の音叉の臺には奥行幾種の箱を用ふべきか。

【要點】 絃の振動數は $\frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$ 、氣柱の振動數は閉管と開管とに於て $\frac{V}{4L}$ 、 $\frac{V}{2L}$ なり。

第二篇

光及び電氣

第一章

光波及び其の反射・屈折

1. **光波** 光はそれの呈する種々の現象より推して一種の波動なりと解せらる。之を**光波**と稱す。光波は電波と同じくエーテルの横波動なれども、彼と異なりて其の波長極めて小さく僅かに數千分の一耗に過ぎず。

波 長 (厘米)	
赤外線	0.033 以下
赤 (A)	0.000076
赤 (B)	0.000069
橙 (C)	0.000066
黄 (D)	0.000059
綠 (E)	0.000053
青 (F)	0.000049
藍 (G)	0.000043
堇 (H)	0.000040
堇外線	0.000003 以上

而して其の波長は左表の如く色光によりて異なり、赤より堇に至るに従ひて次第に減少す。かく光波の波長の大小が眼に色の感覺の差異を與ふるは、恰かも音波の波長の大小が耳に音の高低の感覺を與ふる

に似たり。

光波は其の速度亦電波と同じく極めて大にして、真空中に於ける速度は凡そ三億秒米に及び、物の速度にてこれ以上のものなしと信ぜらる。光の或物質中の速度は上の値を其の物質の屈折率にて除したる値なり。光波の真空中より空氣中に入るとき



第311圖—Huygens.
(1629—1695)

和蘭の物理學・數學・天文學者なり。土星の輪を發見し、望遠鏡を改良し、振子時計を發明せり。就中光の波動説を創唱せしを以て著はる。

の屈折率は小なるを以て、上の速度は亦光波の空氣中の速度と見なすことを得。

- 問1. 光が1年間に通過する距離を1光年と云ふ。北極星の距離は凡そ42光年なり。之を光を單位として表はせ。
- 問2. 第91頁屈折率表の物質中を光波の進行する速度を算出せよ。

2. **光波の屈折と屈折率** 光が二物質の境界面に於て屈折するは、光波の進行する速度

が上記の如く此の二物質中にて相異なるれるによる。

甲物質中を進行せる光が投射角 i にてそれと境界をなせる乙物質中へ屈折角 r にて屈折したりとせば、 $\sin i$ と $\sin r$ との比即ち甲物質に対する乙物質の屈折率 n の値は投射角の大小には関係なく甲乙二物質によりて一定することは既に説きたる所なり。即ち、

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \quad \frac{\text{〔投射角の正弦〕}}{\text{〔屈折角の正弦〕}} = \text{〔屈折率〕}$$

屈折率には通常空氣に對するものを取る。故に屈折率は光波の其の物質中に於ける速度にて空氣中の速度を除したる値なり。又同一物質中にては波長の小なる光波ほど屈折率大にして、光波の分散は之が爲に起る。

問 3. 空氣より或液面に 45 度の角にて投射せし光が此の液體中に 30 度の屈折角をなして進みたり。此の液體の空氣に對する屈折率を求めよ。

問 4. 金剛石の水に對する屈折率如何。

3. **全反射と臨界角** 光波が空氣より水又

は硝子等、空氣よりも屈折率の大なる物質に入るとき其の投射角 90 度に對する屈折角 r は次の如し。

$$\frac{\sin 90^\circ}{\sin r} = n \quad \therefore \sin r = \frac{1}{n}$$

而して此の角は即ち光波が之と逆の方向に進行する時の全反射の臨界角なり(第 92 頁)。故に臨界角の正弦は屈折率の逆數に等し。

問 5. 三角函數表を用ひて光波が第 91 頁屈折率表中の物質より空氣中に出づる時の臨界角を求めよ。

【要點】(1) 光はエーテルの横波にして速度眞空中にて三億秒米、物質中にては之を其の屈折率にて除したる値なり。

(2) 光波は波長の大小により色の感覺を異にし、又其の屈折率を異にす。

(3) 臨界角の正弦は屈折率の逆數に等し。

第二章

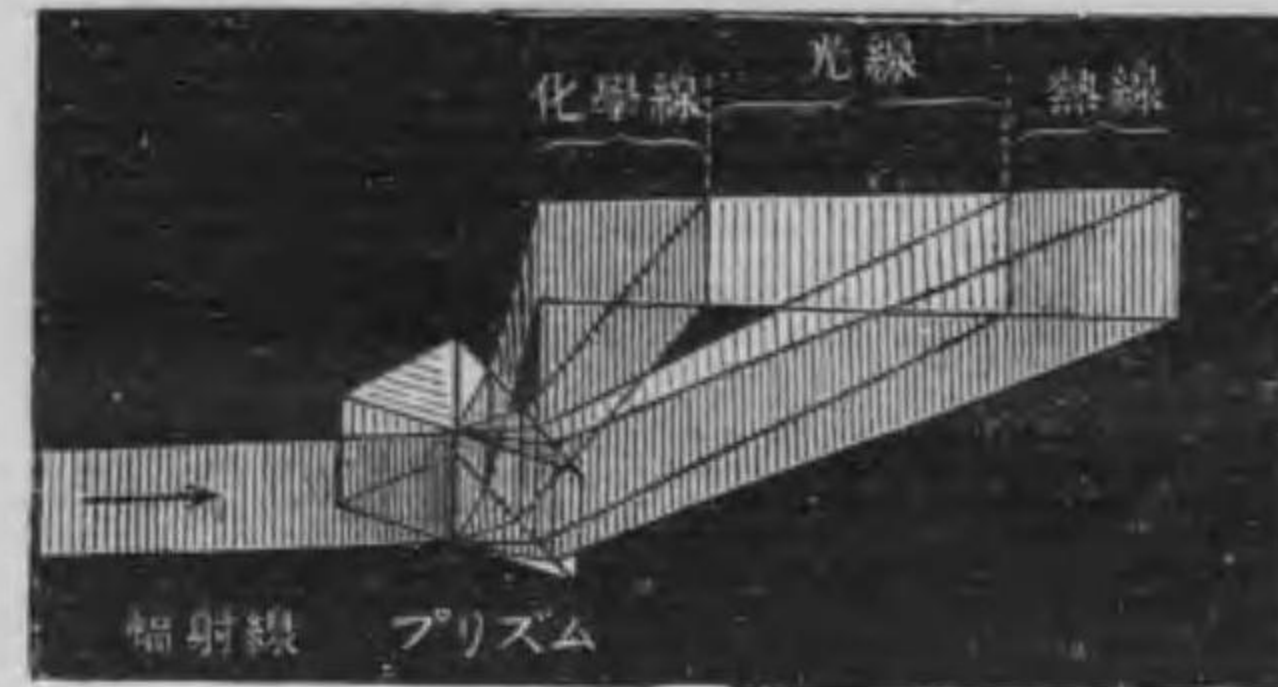
光波の諸現象

1. **輻射線** 吾人の眼に感ずる光波は發光體より輻射するエーテル波の一部分に過ぎず。日光をプリズムにて分散し、其のスペクトルの赤光以外に鋭敏なる寒暖計又は輻

射計を置かば、其の部分に熱の存在するを知るべし。これ發光體より熱を生ずべきエーテル波の來れるがためなり。之を**熱線**又は

赤外線といふ。

Infra red ray
輻射熱は即ち之なり。又堇光以外に寫眞乾板又はシア



第312圖：—輻射線。

ン化白金バリウム板を置かば、或は變化し或は螢光を發して或エーテル波の存在を示す。之を**化學線**又は**堇外線**といふ。寫眞乾板に變化を起さしむるは主に此の作用なり。熱線及び化學線を光線と共に**輻射線**といふ⁽¹⁾ (第312圖)。何れも反射・屈折の定律に左右せらる。

問1. 熱線及び化學線の波長並びに屈折率は光波よりも大なりや小なりや。

問2. 日光をレンズに受け其の焦點にマツチの軸頭を

(1) 太陽より來る輻射線の量はそれに垂直なる面1平方呎につき毎分約3.3カリローにして、地球全體が一日に受くる量は 6×10^{24} カリロー (4×10^{14} 馬力) なり。これが地球上に於けるエネルギーの根源となる。

置く時發火する理由如何。

問3. 寫眞に衣服の赤紫の部が夫々黒・白に寫る理如何。

問4. エーテル波の各種類を列舉し、其の性質を比較せよ。

2. 輻射と吸収

物體を熱して溫度を高むるときは、次第に波長小なる輻射線を發す。即ち初めは熱線のみを發すれども、次第に赤光を加へ(500度位)、遂には堇光を放ち(1000度以上)て白色に光る。而して化學線も亦次第に増加す。

輻射線が物質中を通過するときは其の一部を吸収せらる。硝子及び水は光線を透過すれども熱線を吸収し、沃素の二硫化炭素溶液及びエボナイトは光線を吸収すれども熱線を透過し、又赤色の硝子は化學線を吸収すれども水晶は之をよく透過す。黒色の物質は輻射線の全部を吸収す。是等の吸収せられたる輻射線は熱に變じて其の物體の溫度を高むるなり。

問5. 溫室に硝子窓を用ひ、又寫眞暗室に赤硝子の窓を

用ふる理由如何.

3. 物質の色 物質の色はそれに投射する光線を全部吸収するか、全部反射するか、或は一部分吸収するかによりて定まる。墨の如く全部吸収する物質は其の投射光の種類如何に關はらず反射光を缺くによりて黒く見え、又白墨の如く何れの色光をも反射する物質は投射光と同じ色に見ゆ。而して種々の繪具の如く、或色光のみを吸収する物質を白光にて照らせば、白光を合成せる七色中其の物質に吸収せられざりし残りの色に見ゆ。例へば橙光を吸収する繪具は其の餘色の青に見え、藍光を吸収する繪具は其の餘色の黄に見ゆるが如し。而して青と黄との繪具を混ざれば其の何れにも吸収せられざる緑に見ゆるなり。此の理により赤・黄・青の色の繪具を適當に混じて殆んど一切の色を得べし。三色版印刷法は其の應用なり。

問 6. ブンゼン燈又は酒精燈の焰の中に食鹽を入れたる光の下にては白色と黄色とを區別するを得ず。其

の理由如何.

問 7. 青色の電球を用ふれば日光と殆んど同様に白き光を得るは如何.

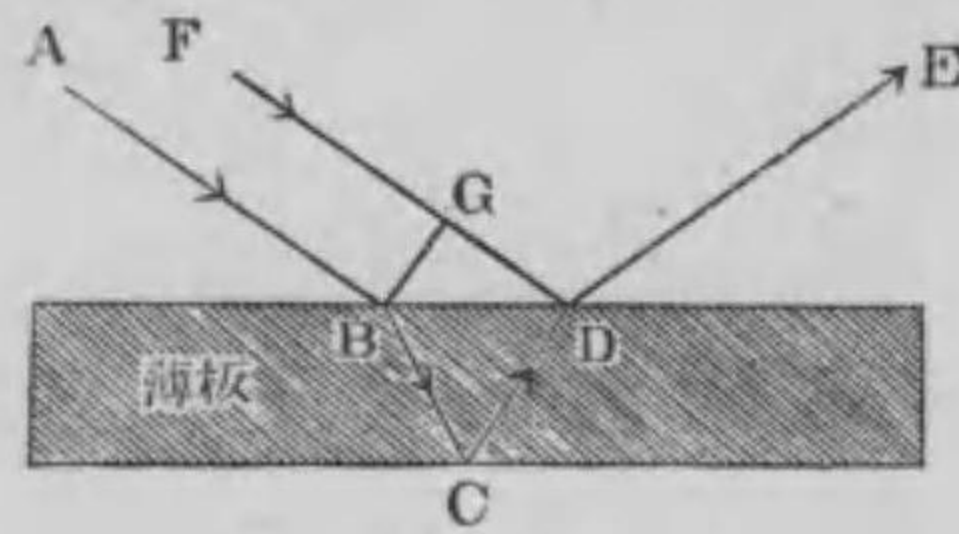
問 8. 赤色の繪具と青色の繪具とを混ざれば如何なる色に見ゆべきか。且其の理由を考へ見よ.

4. 螢光と燐光 或物質は一の光波を受くる間之を波長の異なる他の光波として放つ。例へば石油は日光を青藍色の光として放ち、同様に葉綠素の酒精溶液は赤色、フリオレシンのアルカリ性溶液は黄綠色として放つ。かかる現象をFluorescence螢光といふ。又或物質は光波を吸収し其の投射止みたる後も、尙暫時其の物質固有の弱き色光を放つ。此の現象をPhosphorescence燐光といふ。例へばカルシウム・ストロンチウム等の硫化物を日光に曝して後暗所に移すときは、黄・緑・青等、各固有の色光を發するが如し。

5. 光波の干渉 一の光波がそれと同じ波長の他の光波と出遇ひ、其の際、山と谷とが相重なるときは其の光波は消滅して暗黒と

なる。之を光波の干渉といふ。白光は種々の光波の混合するものなるが故に、干渉の結果一種の光波が消滅すとも、其の部分は暗黒とならずして、残りの光波の色を表はすなり(第313圖)。石鹼液の薄膜、水面に擴がれる油の薄層、又は硝子の間に挟まれたる空氣の薄層等の種々に着色するは、其の表面にて直ちに反射する光波と、一旦内部に入り下面にて反射し來たる光波との干渉によるなり。

Interference of light wave

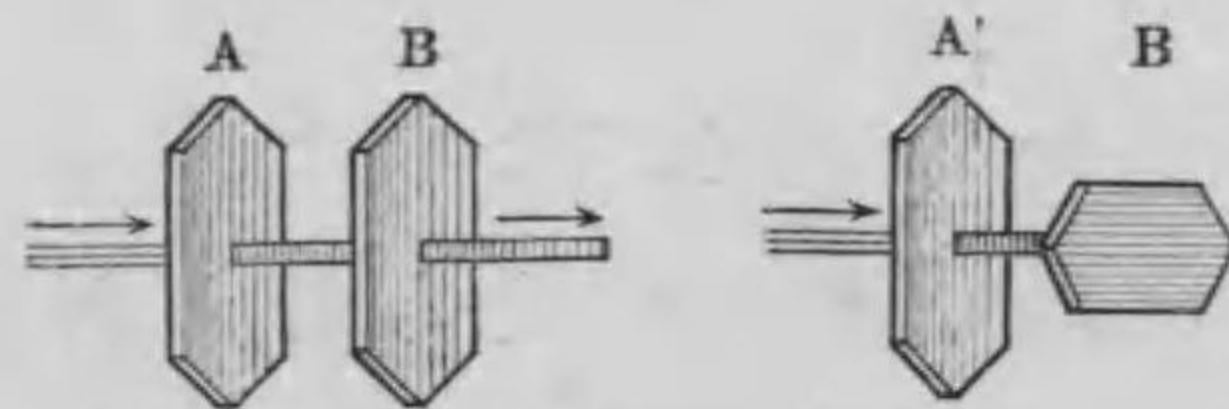


第313圖：一薄板の着色。

光ABCDE とFGDEとはDに於て干渉し、干渉せざりし色光を放つ。

光波の色を表はすなり(第313圖)。石鹼液の薄膜、水面に擴がれる油の薄層、又は硝子の間に挟まれたる空氣の薄層等の種々に着色するは、其の表面にて直ちに反射する光波と、一旦内部に入り下面にて反射し來たる光波との干渉によるなり。

6. **偏光** 電氣石の第314圖の如く結晶軸に平行に切りたる薄板Aに光を投射せしむれば、電氣石は光波の其の軸に平行なる振動のみを通過せしめ、之に直角なる振動を吸収す。かく振動が一平



第314圖：一光の偏り。

のみを通過せしめ、之に直角なる振動を吸収す。かく振動が一平

面内に限定せられたる光を偏光と稱す。偏光は第一の電氣石Aと軸を平行に置きたる第二の電氣石Bを通過すれども、直角に置きたるものに吸収せらる。

Polarized light

- 【要點】(1) 發光體は波長の異なるエーテル波を輻射す。波長の最小なるは化學線(紫外線)、それより大なるに従ひ順次に紫より赤に變じ、最大なるは熱線(赤外線)なり。是等は屈折率の差異に基きプリズムによりて分散せしめらる。
- (2) 物質は温度高まるに従ひ次第に小なる波長の輻射線を發す。輻射線は黒き物質には吸収せられ、輝ける面、白き面等にて反射せらる。
- (3) 物質は其の物質の吸収せざる色光の色を呈す。或物質は磷光又は螢光を發す。
- (4) 光波は干渉し、又偏る。

第三章

電流の強さ 動電力及び抵抗

1. **電流の諸單位** 等量の電氣を帶ぶる二つの物體が空氣中にて1糎離れて1ダインの力にて互に作用する時、其の物體の各の上の電氣の量を**靜電單位**といひ、其の 3×10^9 倍を實用單位として之を**クーロン**と名づく。

Electro-static unit

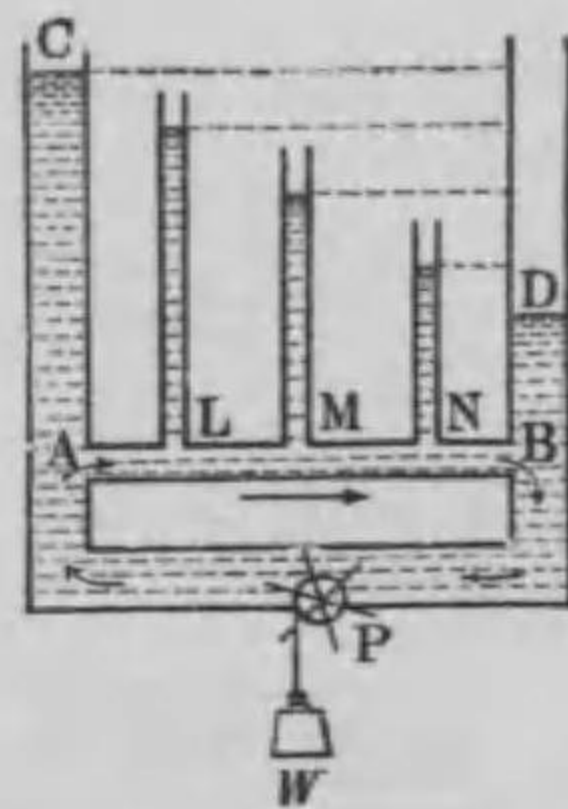
Coulomb

1クーロンの電氣量が一秒間に導線の切口を流るゝときを電流の強さの單位とす。

これ即ち1アンペアなり。

1クーロンの陽電氣量を一點より他の點に運ぶに要する仕事は1ジュール(10⁷エルグ)なる時を其の二點間の電位の差の單位とす。1ボルトと名づけし單位はこれなり。若し此の仕事が1秒間になされし時には其の工率は即ち1ワットなるが故に、従つて1アンペアの電流が1ボルトの二點間を通ずる時の工率は1ワットなり。

2. **電氣抵抗** 一定電壓の二點間を導線にて連ぬる時、之を通ずる電流の強さは導線の太さ・長さ・品質等によりて差異あり。これ即ち導線の電氣抵抗にして、其の單位とする1オームは切口面積1平方耗、長さ106.3糎の水銀線が溫度零度に於て有する抵抗に等し。さきに電



第315圖：一電壓と抵抗の比喩。

水管 AB 内に水流あるときは水の高度は C, L, M, N, D の順に次第に低し。電流ある導線の電位もかくの如く次第に降る。P は W によつて廻轉する水車にして水を舊に復する作用をなす。恰かも電池内の化學變化に相當す。

流の強さの單位として取りたる1アンペヤは此の抵抗1オームの導線を1ボルトの二點間に挿入せる時、其の導線を通ずる電流の強さなり。

一般に『導線の電氣抵抗は、(1)其の長さに正比例し、(2)切口の面積に反比例し、(3)物質の種類によりて異なり、(4)

電氣抵抗		切口1平方耗、長さ1米、溫度0度の時(オーム)
銀		0.015
銅		0.016
白金	金	0.090
鐵		0.097
洋銀	銀	0.16—0.40
水	銀	0.94
瓦斯	炭	50(約)
稀硫酸(30%)		1.4×10 ⁴
硝子		8×10 ¹⁰
エポナイト		4×10 ²¹

溫度上るに従ひて多少増加す。右の表に見るが如く銅は電氣抵抗の最も小なる金屬の一なり。電話線、電燈線、其他の電氣機械に多く銅線を用ふるは之がためなり。

問1. 與へられたる針金をn倍の長さに引き延ばすときは、其の電氣抵抗は何倍に増加するか。

問2. 直徑0.2耗、長さ8米の銅線の抵抗は、直徑0.5耗、長さ15米の銀線の抵抗の幾倍なるか。

$\frac{(0.1)^2 \times 8}{(0.25)^2 \times 15} = \frac{0.08}{0.375} = \frac{16}{75}$

3. **オームの定律** 導線を通ずる電流の強さCは、導線の兩端間の電壓Eに比例し、抵

$\frac{0.016}{0.25} \times \frac{16}{3} = \frac{64}{75}$

抗 R に反比例す。即ち、

$$C = \frac{E}{R}$$

$$[\text{電流の強さ(アンペア)}] = \frac{[\text{電圧(ボルト)}]}{[\text{抵抗(オーム)}]}$$

此の関係をオームの定
律といふ。電流に關す
る極めて重要な定律
の一なり。



第316圖：—Ohm.
(1787—1854)

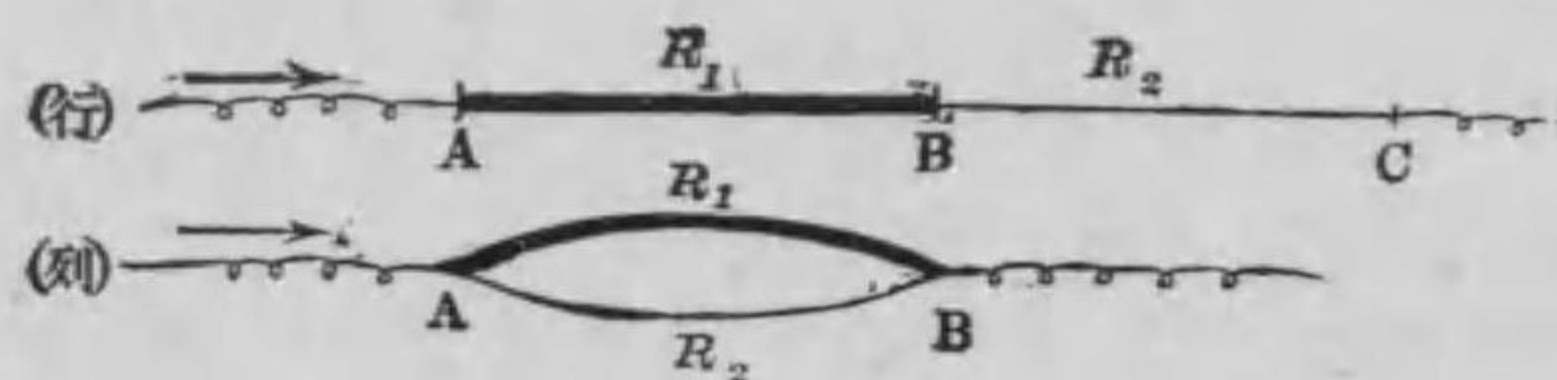
獨逸人、1828年オームの定律を
發見す。抵抗の單位名オームは
氏の名譽のために附せらる。

問3. 電球の織條の抵抗200
オームにして、其の兩端の
電壓を100ボルトとせば、
其の織條を通ずる電流の強さ何程なるか。

$C = \frac{E}{R}$
 $C = \frac{100}{200}$

4. **行連結せる導線の全抵抗** 導線を順次

につなぎて一條の長き導線とすることを
行連結 (Series connection) といふ (第317圖)。行に連結せる導線
の全抵抗は、各導線の抵抗の和に等し。何と



第317圖：—導線の行及び列連結。

AB, BC は導線、 R_1, R_2 は其の抵抗。

なれば各
導線の抵
抗を R_1, R_2 、
其等の各
兩端の電

壓を E_1, E_2 とし、是等を行に連結したる時の全
抵抗を R 、電壓を E 、之を通ずる電流の強さを
 C とすれば、オームの定律により、

$$E_1 = CR_1, E_2 = CR_2, \text{ 且 } E = CR.$$

而して連結せる導線の兩端の電壓は各導線
の兩端の電壓の和に等しかるべきが故に、

$$E = E_1 + E_2$$

上式の兩邊に夫々前式の右邊の値を代入し
て約すれば、求むる所の關係式を得べし。即
ち、

$$R = R_1 + R_2$$

5. **列連結せる導線の全抵抗** 數條の導線

を並べ、其の兩端を束にすることを列に連結
 (Parallel connection) といふ。列に連結せる導線の全抵抗の逆
數は、各導線の抵抗の逆數の和に等し。今此
の各導線の抵抗を R_1, R_2 とし、列に連結せると
き其の各を通ずる電流の強さを夫々 C_1, C_2 、全
抵抗を R 、全電流の強さを C 、兩端の電壓を E
とせば、オームの定律により、

$$C_1 = \frac{E}{R_1}, \quad C_2 = \frac{E}{R_2}, \quad \text{且} \quad C = \frac{E}{R}$$

而して各導線の電流の強さの和は、全電流の強さに等しきを以て、

$$C = C_1 + C_2$$

此の式の各項に前式の右邊を代入して約すれば次式を得べし。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$\frac{1}{R} = \frac{0.9}{7}$ 問 4. 抵抗 r の導線 n 本を束ねたるものの全抵抗如何.

$R = \frac{r}{n}$ 問 5. 抵抗夫々 1 オーム, 2 オーム, 3 オームの導線三本を行に連ねたるものの全抵抗は、それを列に連ねたるものの全抵抗の何倍なりや.

6. 分路に於ける電流 『電流が二導線に分たるとき其の各導線に於ける強さ C_1, C_2 は其の抵抗 R_1, R_2 に反比例す』. 何となれば此の導線の兩端の電壓を E とせば、オームの定律により、

$$C_1 = \frac{E}{R_1}, \quad C_2 = \frac{E}{R_2}$$

即ち

$$E = C_1 R_1 = C_2 R_2$$

なり. 故に、

$$C_1 : C_2 = R_2 : R_1$$

問 6. 0.6 アンペヤの電流を中途にて 20 オームと 100 オームとの二導線に分岐すれば、各導線を通ずる電流の強さ何程.

問 7. 抵抗の異なる數本の導線を列に連ねて電流を通ずれば各導線を通ずる電流の強さの比如何.

【要點】 (1) 靜電單位(1 距離の λ 等量電氣の作用が 1 ダインなる時の各電氣量), クーロン(靜電單位の 3×10^9 倍), ボルト(1 クーロンの陽電氣を運ぶに 1 ジュールの仕事を要する電位差), アンペヤ(1 秒間に 1 クーロンの電氣量を通ずる強さ), ワット(1 ボルトの二點間に 1 アンペヤを通ずる工率), オーム(1 ボルトの二點間に 1 アンペヤを通ずる導線の抵抗).

(2) 導線の電氣抵抗は其の長さに比例し、切口面積に反比例す. 而して又物質の品質、温度の高低によりて多少異なれり.

(3) 導線を通ずる電流の強さは其の導線の二點間の電壓に比例し、其の間の抵抗に反比例す. 即ち $E = CR$ なり(オームの定律).

(4) 導線を行に連結せば全抵抗は各導線の抵抗の和に等しく、列に連結せば全抵抗の逆数は各抵抗の逆数の和に等し. 即ち、

$$R = R_1 + R_2 + \dots \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

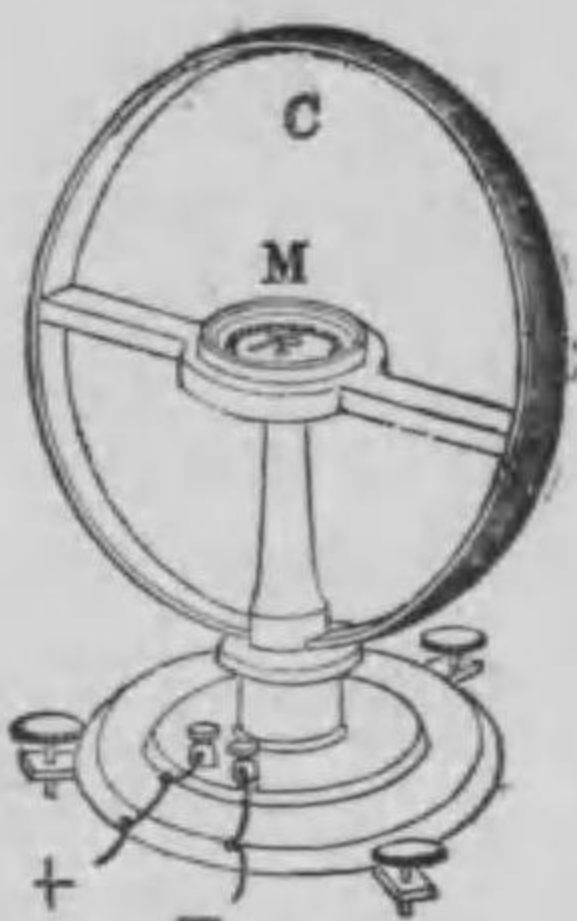
(5) 行連結せる導線を通ずる電流の強さは導線の何れの部分に於ても相等しく、二つの分路に於ては各抵抗の反比に分たる.

第四章

電氣計量器

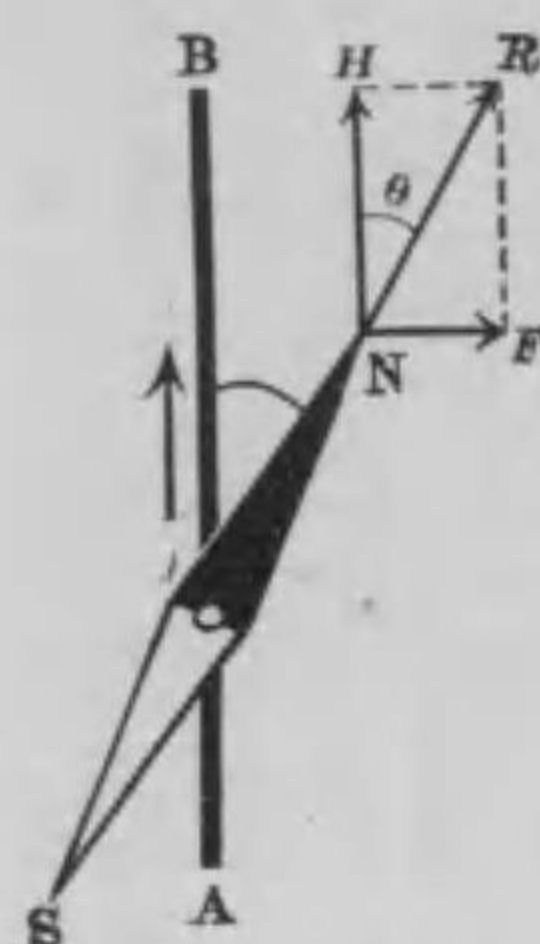
1. **電流計** 電流の強さを測る装置を電流計といふ。概ね電流によりて生ずる磁力の強さにより之を比較す。

第318圖**正切電流計**は平たきコイルCを直立し、其の中央に角度を盛れる圓盤Mを水平に置き、圓盤の中心に水平面内にて回轉し得る小磁針を裝置し、此の磁針に軽くして長きアルミニウムの指針を直角



第318圖：—正切電流計—
Cはコイル，Mは磁針。

に取りつけたるものなり。電流の強さを測るには、先づ其のコイル面を磁針の方向と一致せしめ之に電流を通じて磁針の偏る角を測る。第319圖に於てABをコイルの一部分、SNを磁針、其の偏りの角をθ、磁針に作用する地磁氣の水平分力Hと電流によりて生ぜ



第319圖：—正切電流計の理。

し磁力Fとの合力をRとすれば、次の關係を得。

$$F = H \tan \theta$$

然るに磁力Fは電流の強さCに比例するを以て、

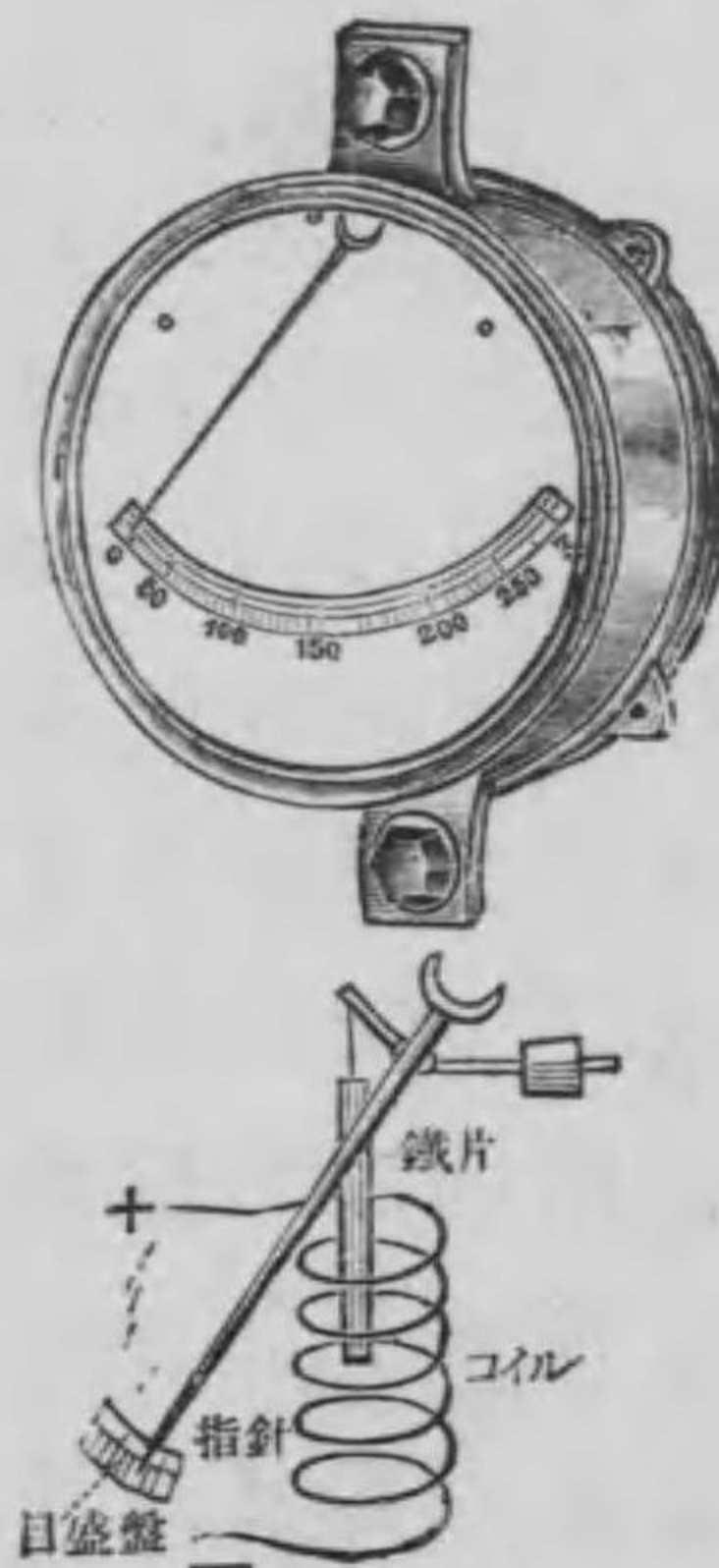
$$C = K \tan \theta$$

但し上式のKはコイルの巻き數などに関する電流計の

定數なり。

問1. 1アンペヤの電流を通ずる時指針が30度偏する電流計あり。此の電流計の指針を45度偏せしむる電流は幾アンペヤの強さなるか。

2. **アンペア計** 電流計の目盛に角度を用ひずして直ちに電流の強さ即ちアンペヤ數を盛りたるをアンペア計又はアンメーターといふ。但しアン



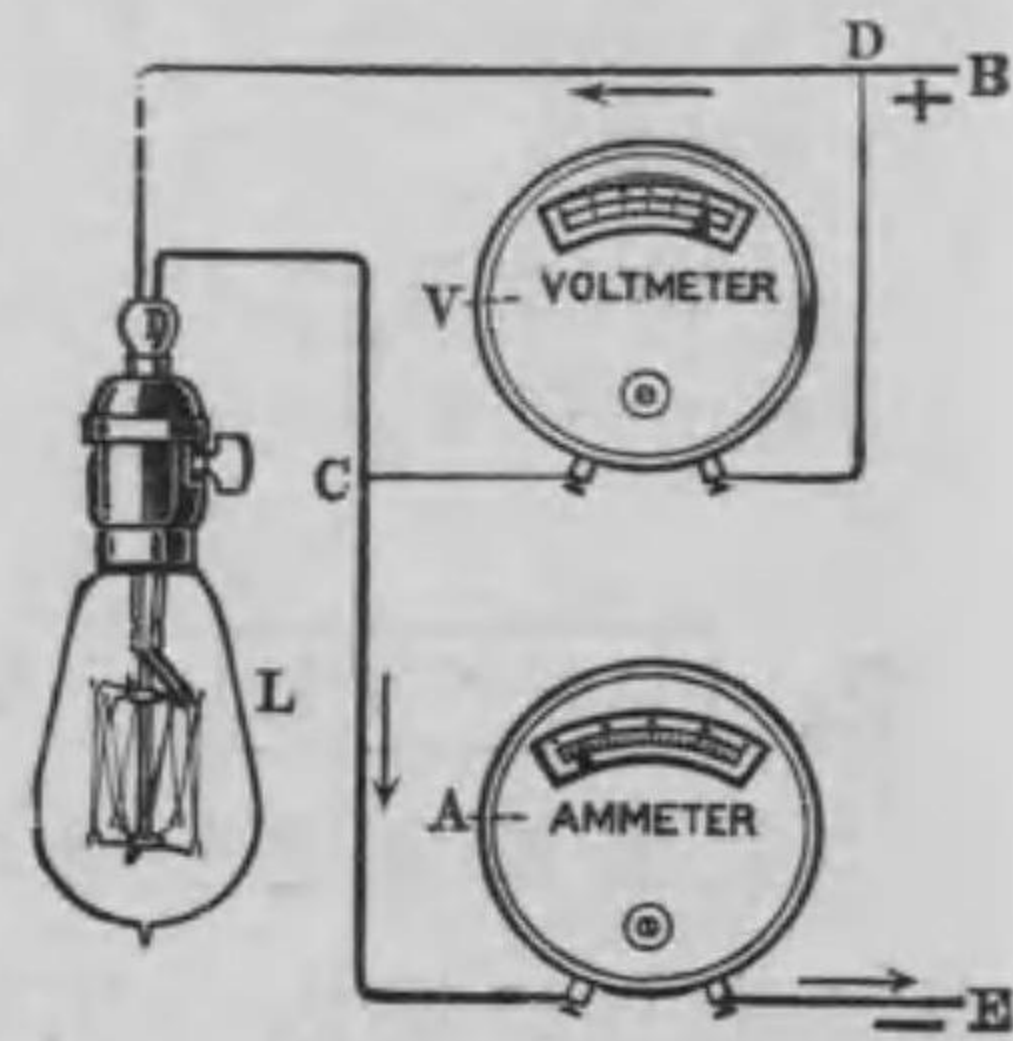
第320圖：—アンペヤ計。

ペヤ計は本電路に行に入る、必要あるを以つて、其のコイルには成るべく太く抵抗少なき導線を用ひて電力の消費を防ぐ。

アンペヤ計の最も普通用ひらるるは正切電流計の如き地球磁力の作用を借らず、コイルがそれに通ずる電流の強きほど其の中に軟鐵棒を深く吸ひ込むことを應用したるものなり(第320圖)。

3. **ボルト計** Voltmeter

ボルト計も亦電流計及びアンペヤ計と同様の構造を有するも、盤面の目盛にはボルト數を用ひ、又コイルの抵抗を十分に大にす。これボルト計は本電路の二點間に之と列に入れて電位の差即ち電壓を測る際、成るべくボルト計を通ずる電流の強さを小にし本電路を通ずる電流



第321圖：—アンペヤ計(A)とボルト計(V)との併用。

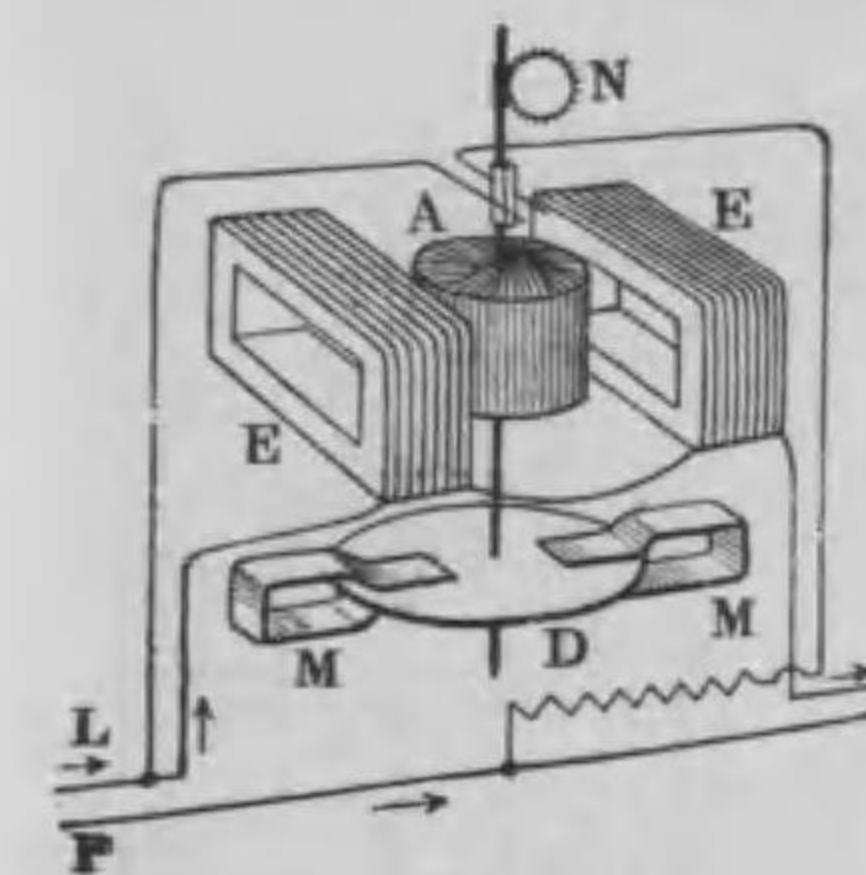
電路BLEに行にアンペヤ計(A)を、又DC二點間にボルト計(V)を入る。

の強さの減少を防がんが爲なり(第321圖)。

4. **積算電力計** 1ボルトの二點間を1アンペヤの電流の通ずる間の電流の工率即ち所謂電力は1ワットなるが故に、Eボルトに保たるる二點間にCアンペヤの電流あるときの電力WはCEワットなり。即ち、

$$W = CE$$

$$[\text{工率(ワット)}] = [\text{電流の強さ(アンペヤ)}] \times [\text{電壓(ボルト)}]$$



第322圖：—積算電力計。

本電流はコイルEを通じ、支電流はコイルAを通じ、Aは廻轉す。而してEの電流強く、Aの電壓高きほど其の廻轉速かなり。此の廻轉數を齒車Nにより指針に傳ふ。Dはアルミニウム板にして磁極Mの間にありてAの廻轉をゆるくする作用をなす。

電力と其の使用時間との相乗積を通常電力の量といひ、1キロワットを1時間使用するときの量を單位として之1キロワット時といふ。電力の量を測る装置を**積算電力計**又は**ワット時計**と稱す(第322圖)。

問2. 50ワットの電力を100時間使用するときには幾キ

ロワット時の電力の量を要するか。

- 【要點】(1) 電流計は磁力が電流の強さに正比例することに基づきて電流の強さを測る装置なり。正切電流計は其の一種なり。
- (2) アンペヤ計及びボルト計は共に電流計の一種なり。前者は其のコイルの抵抗を小にし盤面にアンペヤ數を目盛り、後者は抵抗を大にし盤面にボルト數を目盛り。輪道にそれぞれ行及び列に入れて電流の強さ及び電壓を測る。
- (3) 電力は電壓と電流の強さとの相乗積にて測る。電力の量はそれと時間との相乗積にして、積算電力計にて測らる。

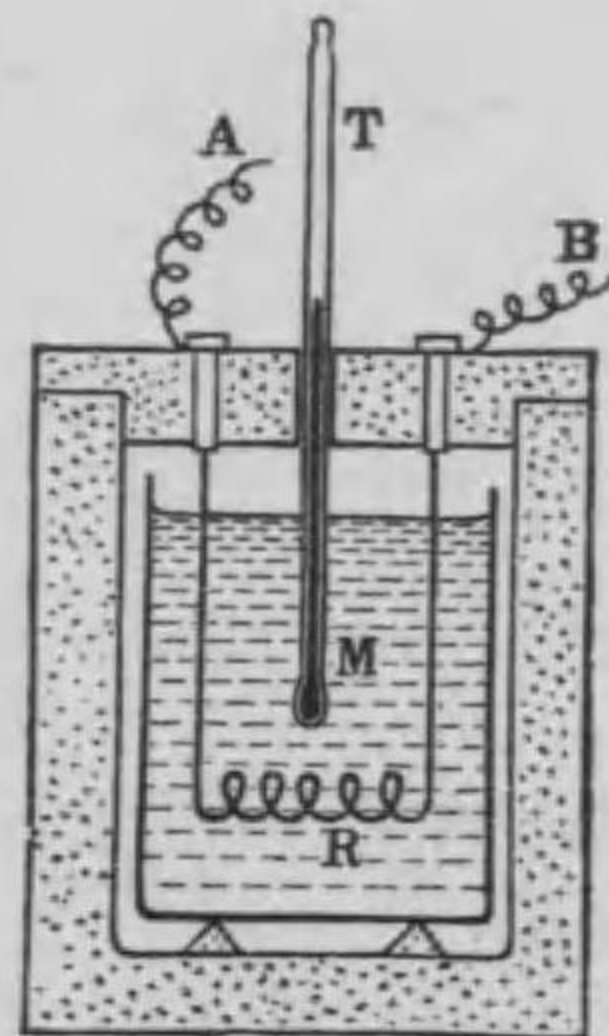
第 五 章

電 流 の 熱 作 用

1. **ジュールの定律** 電流によりて生ずる熱量は、(1)電流の強さの自乗と導線の抵抗との相乗積に正比例し、(2)電流を通ずる時間に正比例す。之をジュールの定律といふ。

Joule's law

1 アンペヤの電流によりて1秒間に1オームの導線に生ずる熱量は0.24カロリーなり。随つてC



第323圖：—ジュール熱の測定法。

ARB に電流を通ずれば抵抗Rは熱せられて熱量計中の水の温度を昇す。之を寒暖計Tにて読み取る。

アンペヤの電流により t 秒間に R オームの導線に生ずる熱量 H カロリーは、上の定律によりて次の如し。

$$H = 0.24 C^2 R t$$

$$[\text{熱量(カロリー)}] = 0.24 \times [\text{電流の強さ(アンペヤ)}]^2 \times [\text{抵抗(オーム)}] \times [\text{時間(秒)}]$$

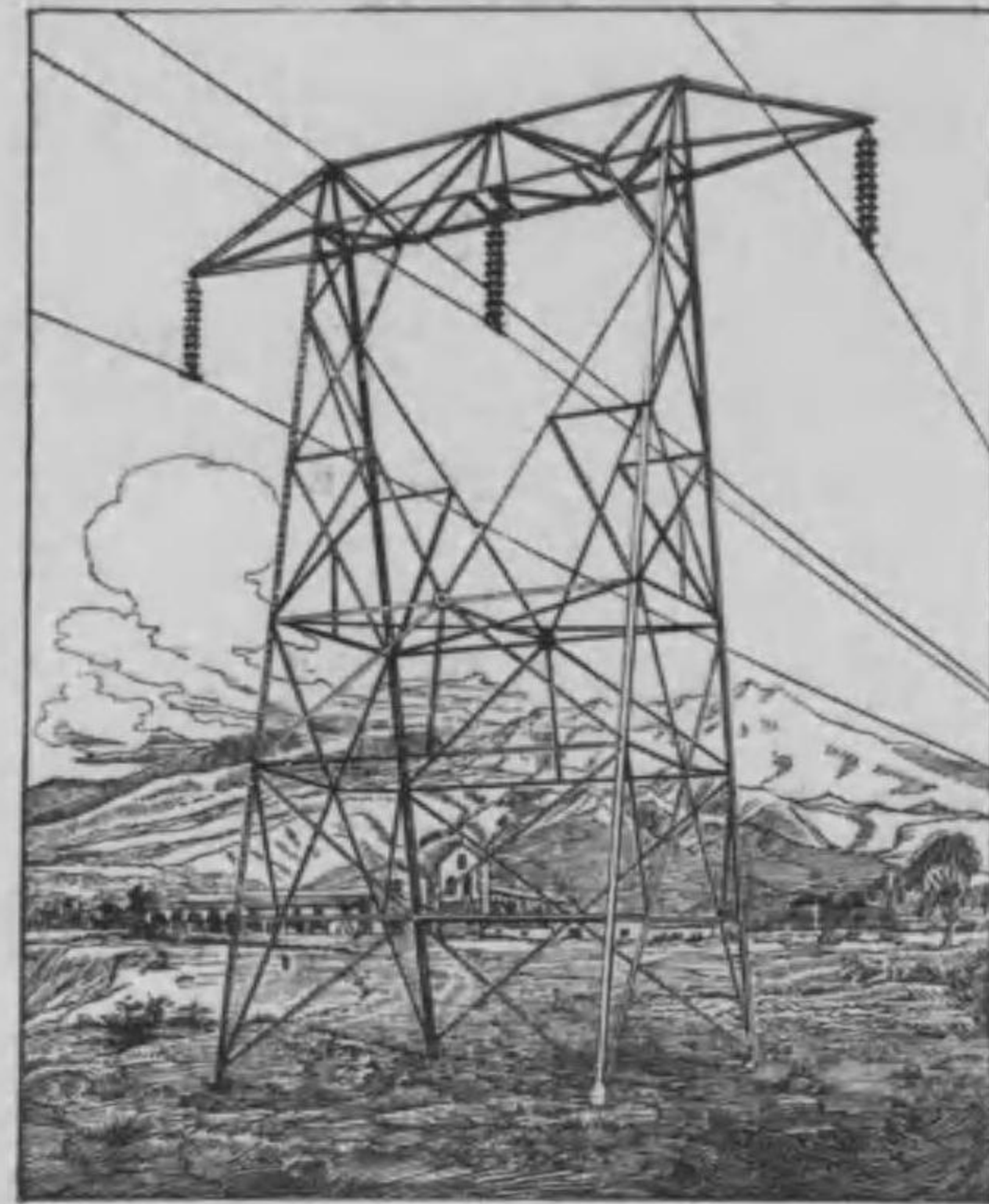
又此の兩端の電壓を E ボルトとせば、 $E = CR$ なるが故に次式を得。

$$H = 0.24 CEt$$

- 問1. 抵抗5オームの針金を250瓦の水中に沈め、之に1.4アンペヤの電流を30分間通じたり。水の温度は何度昇りたるか。
- 問2. 同じ強さの電流による温度の上昇は同質の針金にて其の半径の四乗に反比例することを證せよ。

2. **電熱と電力** 一定電力 CE を輸送するにあたり、導線の抵抗 R のため C^2R の電力は徒らに導線を熱するために失はる。故に抵抗 R を小にするは好ましきことなれども、之には經費等の上より自ら制限あるを以つて、變壓器を用ひ十分に電壓 E を高めて電流の強さ C を小にし、此の損失を少なからしむ。

電熱器に於て高温の熱を得んには抵抗の成るべく大なる導線に強き電流を通ずるを要す。洋銀^(ニッケル・亜鉛・銅の合金)、ニクロム^(ニッケル・鐵・クロムの合金)等は上の目的に利用せらる。



第324圖：—電壓の特別に高き電流(十五萬ボルト)を通ずる導線と其の支柱。

弧燈の光度はそれに供せらるる電力をワットにて表はしたるものの四倍にて測らる。之を公稱燭光といふ。

タングステン織條を發光せしむる白熱燈にては一燭光に約 1.25 ワットの電力を要する割合なり。

問 3. タングステン線電球の一つの線が切れて其の隣の線に着くときは如何なる現象を見るか。此の理

を説明せよ。

問 4. 50 燭光のタングステン線電燈は 100 ボルトの電壓にて 0.625 アンペヤの電流を通ず。此の織條の抵抗、一燭光に要する電力各如何。又此の電燈 100 個を列に繋ぎて點火するには幾アンペヤの電流を要するか。

【要點】 電流によりて生ずる熱量は電流の強さの自乗と導線の抵抗と電流を通ぜし時間との相乗積に正比例す(ジュールの定律)。

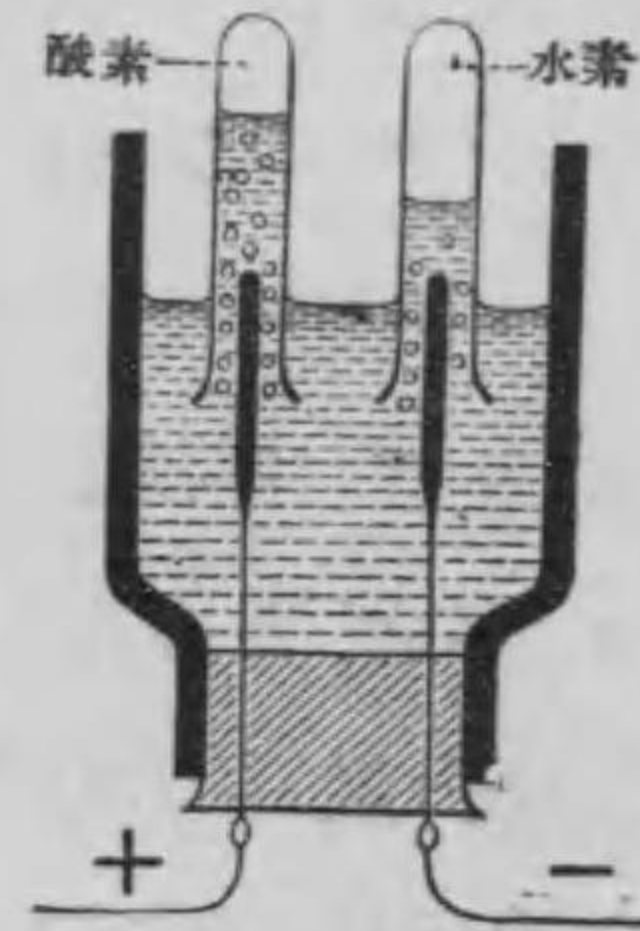
$$H=0.24C^2Rt=0.24CEt.$$

第六章

電流の化學作用

1. 電氣分解 電流が酸・鹽基・鹽等、所謂電解

質の融解せる液又は水溶液を通ずる時は化學變化を起して之を分解す。此の現象を電解といふ。電解の結果、金屬及び水素は陰極即ち電流が液を去る方の極に析出し、其の他の部分は陽極即ち電流が液に入る方の極に析出す(第325圖)。是等の析出す



第325圖：—水の電解。

水に少量の硫酸を加へて電流を通じ之を酸素と水素とに分解す。

る物質は其の性質に従ひ電極を造れる物質の表面に固着し、或は氣體として發生し、或は電極を造れる物質又は溶質・水等に反應す。

問 1. 白金の電極を用ひて硫酸及び硫酸銅を電解したる時の反應を説明せよ。又若し此の時銅の電極を用ふれば如何。

2. **電解の定律** 電解によりて電極に析出

する元素の量は、(1)電流の強さと電流の通ずる時間との相乗積に正比例し、(2)元素の化學當量に正比例す。之をファラデーの定律といふ。

Faraday's law

1 アンペヤの電流によりて1秒間に銀鹽の水溶液より析出する銀(原子量 107.9)の重量は 0.001118 瓦なり。よつて



第 326 圖 :- Faraday. (1791-1867)

英國の人。1831年に電磁感應を發見し、初めて發電機を作り1833年電解に關するファラデーの定律を發見す。電氣容量の單位名ファラッドは氏の名譽のために附したるものなり。

(1) 化學當量とは元素の原子量を原子價にて除したる商なり。
(2) 銀鹽より銀 0.001118 瓦を析出する電氣量は 1クーロンなり。すべて元素 1 瓦當量は 96540 クーロンの電氣量にて析出せしめらる。

化學當量 e なる物質が C アンペヤの電流によりて t 秒間に析出する重量 M 瓦は上の定律に従ひて次の如し。

$$M = \frac{0.001118e}{107.9} \times Ct$$

此の結果は屢之を逆に利用して電流の強さを測るに供せらる。

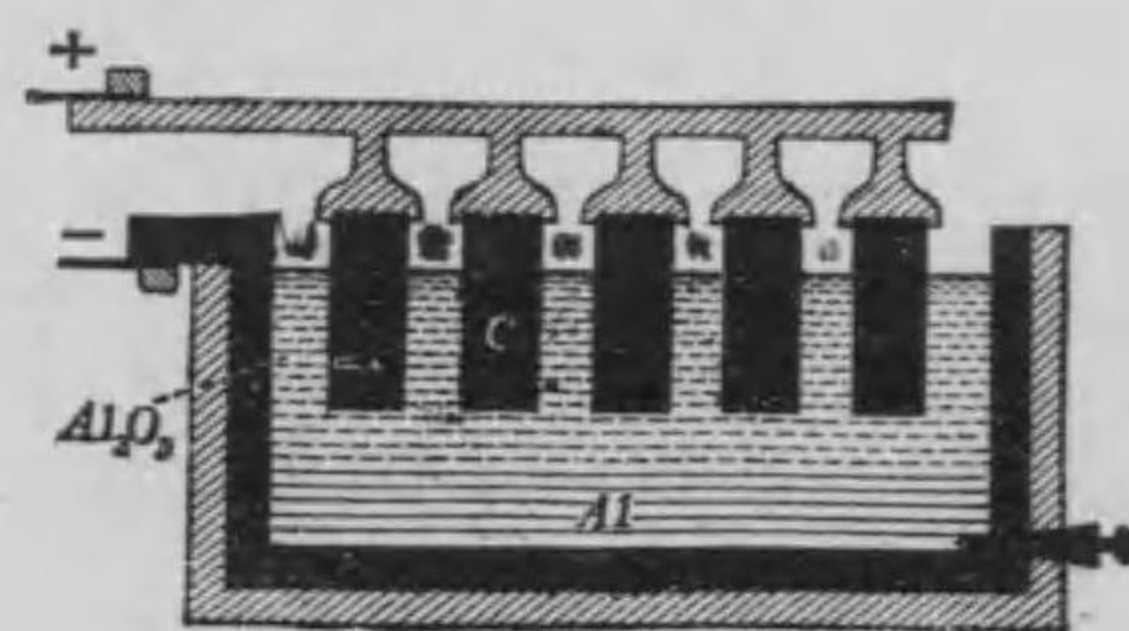
問 2. 硫酸銅の電氣分解を行ひしに、5 時間に 2.952 瓦の銅を析出せり。此の電流の強さ如何。

問 3. 15 アンペヤの電流を 3 時間硫酸銅溶液に通じて 53.1 瓦の銅を得たり。25 アンペヤの電流を 53 分間硝酸銀溶液に通ずるときは、幾何の銀を析出するか。

3. **電解の應用**

電氣精鍊法は電解により Electro-metallurgy

て金屬を其の化合物より遊離せしむる方法なり。金・銅・アルミニウム・マグネシウム・ナトリウム・カリウム等に應用す

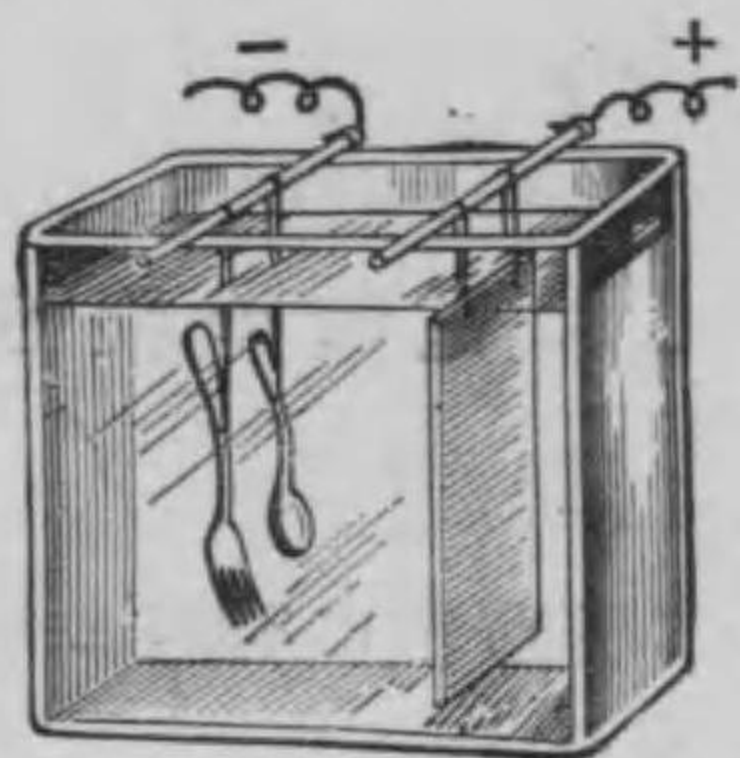


第 327 圖 :- 電氣爐

酸化アルミニウムを電解してアルミニウムを製するもの。

(3) かく電流の強さを測る装置をボルタ計といふ。 Voltmeter

(第327圖) 電鍍は電解により廉價なる金屬の表面に所要の金屬を一様に沈澱せしむる方法にして、金・銀・ニッケル・銅等に應用す(第328圖)。



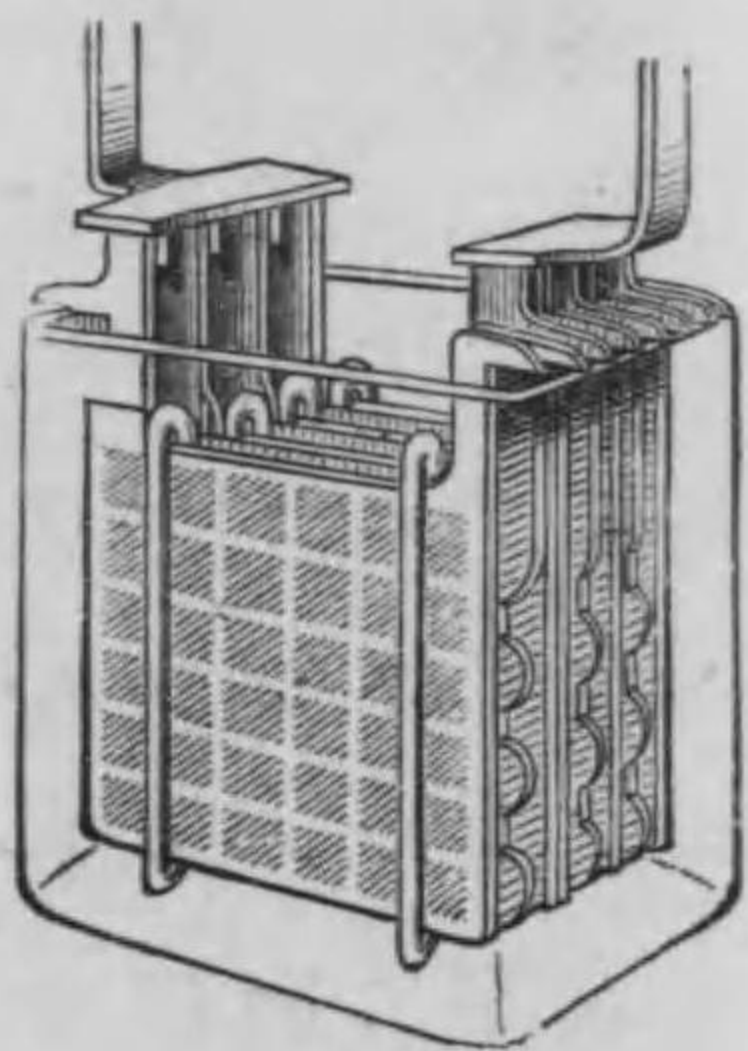
第328圖：一鍍金法。

陽極のは金・銀・ニッケル等の板、陰極のは物品、液は電鍍液なり。

電鑄は銅を型の上に沈澱せしめて銅版即ち所謂電氣版を得る方法なり。何れの場合に於ても其等の金屬の析出するは其の陰極なること勿論なり。鹽素酸加里・苛性アルカリ・炭酸アルカリ等も亦現今電

解によりて盛んに製せらる。

4. **蓄電池** 蓄電池は電解により電氣エネルギーを化學エネルギーとして貯ふる装置なり(第329圖)。稀硫酸の中に酸化鉛 PbO を填めたる鉛板數枚を浸し交番に之を連結して二組となし、其の各を電極と



第329圖：一蓄電池。

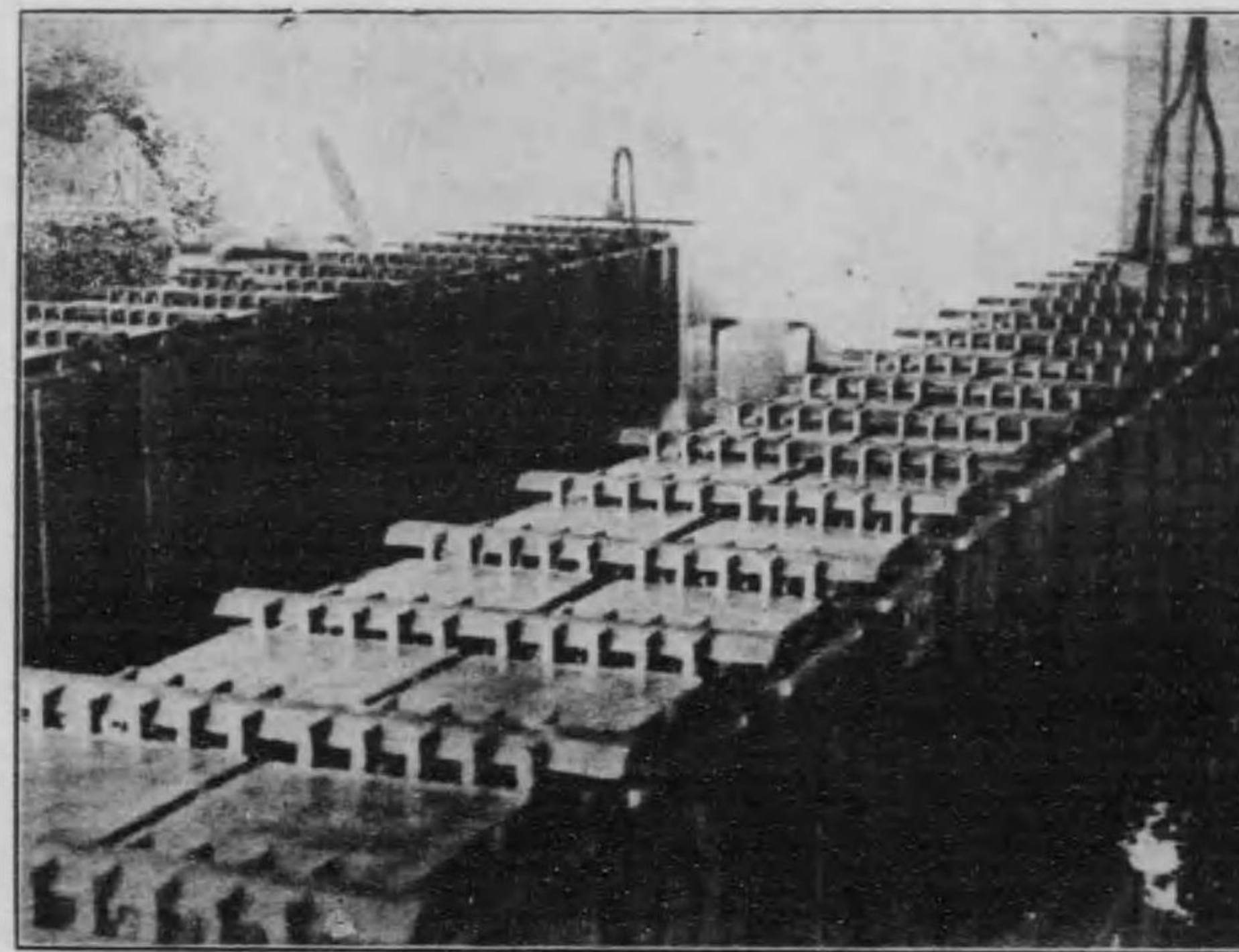
電流の化學作用

電氣精銅



(古河鑛業株式會社日光精銅所)

蓄電池



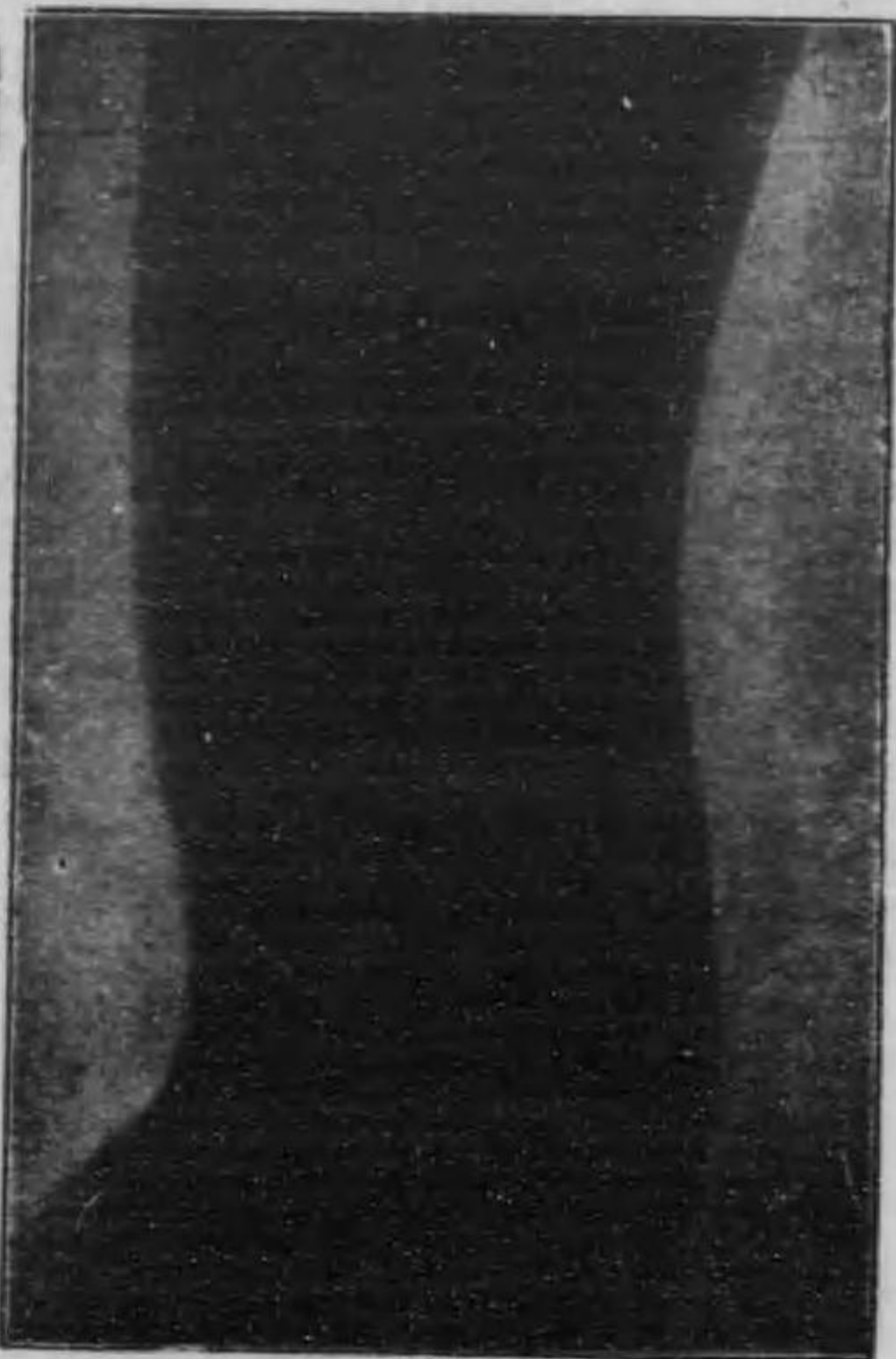
(磐城無線電信局電池室)



〔肺と血管〕屍體の肺に撮影薬を注入しX線にて撮りたるもの。



〔食道癌〕食道部の黒色の細長き黒き影は癌腫なり。

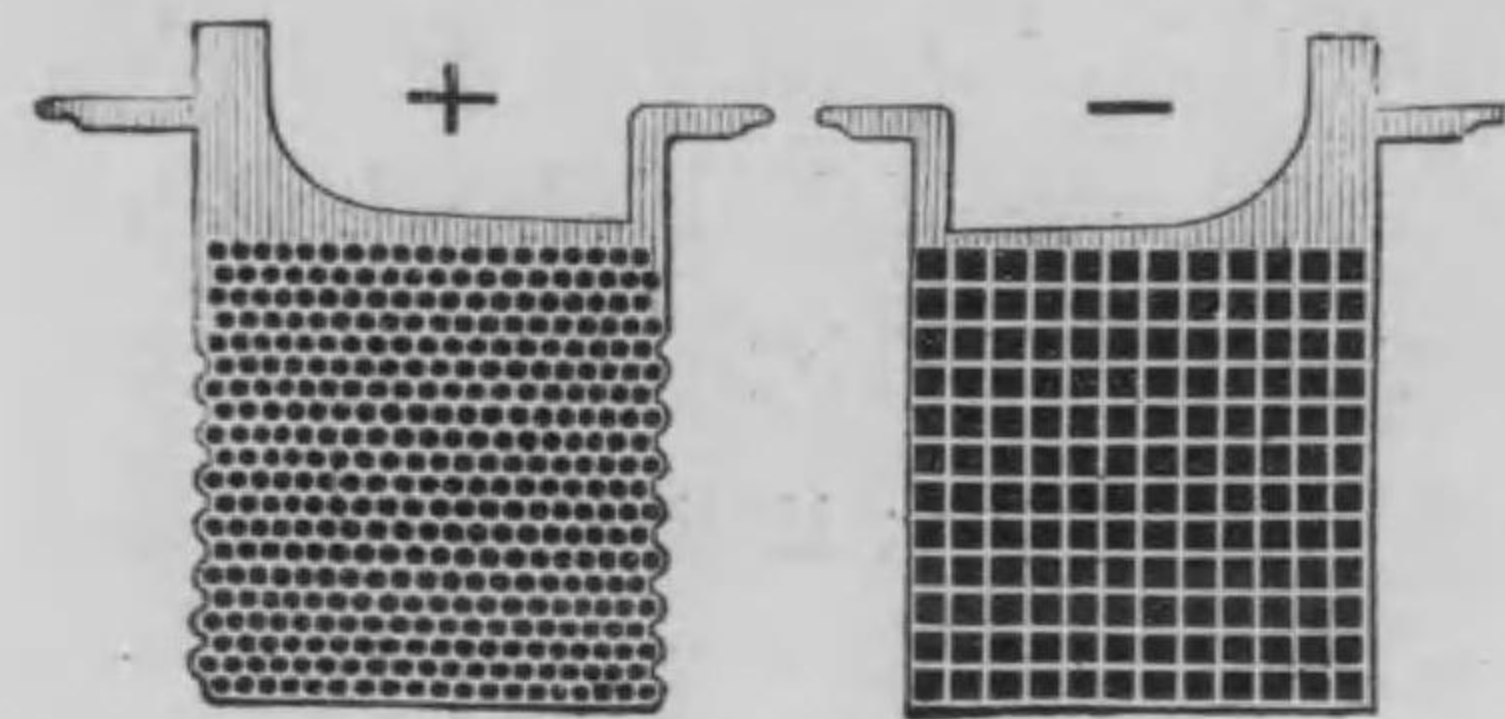


〔骨の挫折〕手の骨の挫折せる骨とX線にて診察したるもの。



〔X線の透過〕鉛板一冊はゴム、ナイフ、紙入、鑽石。

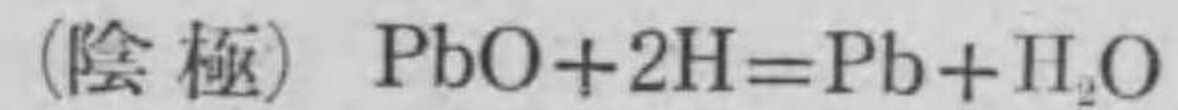
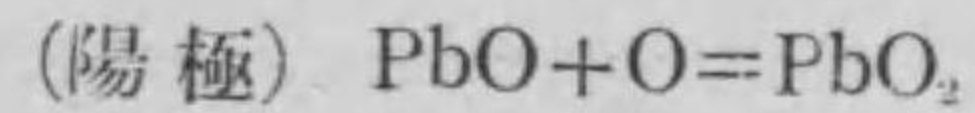
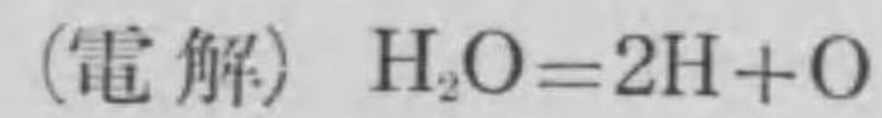
して電流を通ずるときは、陽極の酸化鉛は稀硫酸の電解によりて生じたる酸素に酸化せ



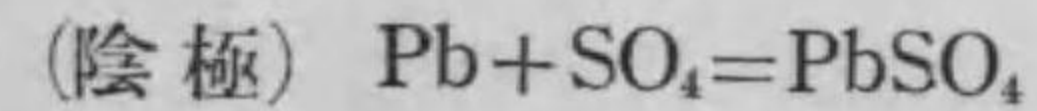
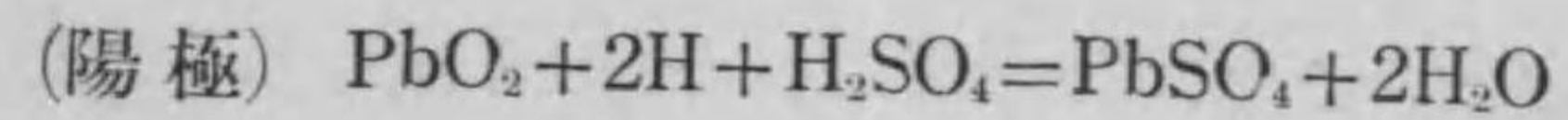
第330圖：一蓄電池の鉛板。

られて過酸化鉛となり、陰極の酸化鉛は其の水素により

還元せられて鉛となる(第330圖)。

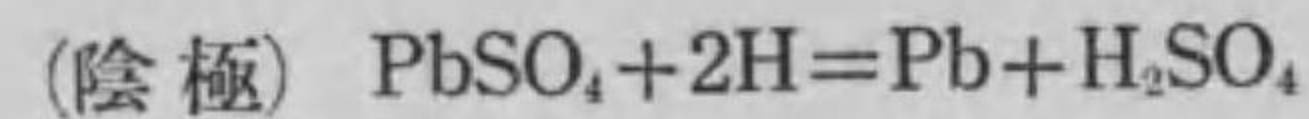
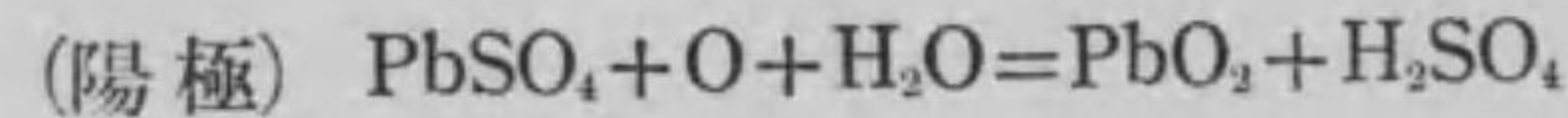


是即ち**充電**の状態にして、其の動電力は約2ボルトなり。此の兩電極を導線にて連ぬるときは、導線に陽極より陰極に向ふ電流を生じ、同時に内部に次の化学變化を起す⁽⁴⁾。



(4) 硫酸の電離 $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{2-}$ によりて生じたるイオンは夫々陽極及び陰極に移動して極板に其の電氣を與ふ。

之を蓄電池の**放電**といひ、放電したる蓄電池は再び之に電流を通じて充電す。即ち、



蓄電池は強き電流を生じ、且其の充電自由なるを以て廣く電源として賞用せらる。

問 4. 蓄電池の充電及び放電の程度は液の比重を測りて知るを得。何故か。

【要點】(1) 電解質の水溶液又は融解するものは電流によりて其の成分に分解せられ、水素及び金屬は陰極に析出し、他の成分は陽極に析出す。

(2) 電解によりて析出する元素の量は電流の強さと時間との相乗積に比例し、又元素の化學當量に比例す(ファラデーの定律)。

(3) 電解は電氣精鍊法・電解・電鍍、其の他の化學工業に應用せらる。

(4) 蓄電池の充電せるときは陽極板は過酸化鉛のある鉛板、陰極板は鉛板にして、液は稀硫酸なり。此の動電力は2ボルト、電流は甚だ強し。放電するに従ひ兩極とも硫酸鉛となり、硫酸は稀薄となる。之を再び充電するを得、幾百回の放電と充電とに耐ふ。

第三篇

物理學の總括

第一章

物理學と人生

1. 顯微鏡及び望遠鏡の應用



第331圖：天文望遠鏡

米國シカゴ大學にある世界最大の望遠鏡にして對物レンズの直徑1米、筒の長さ19米、重量21噸、倍率2976倍。

顯微鏡の倍率の高きものには2500乃至3000倍なるものあり。又光を側面より當て其の散光によりて見る**度外**顯微鏡と稱するものを用ふれば直徑5乃至6ミリミクロンの微粒をも十分に觀察するを得るなり。

(1) 日光の射し入る室内の塵埃は其の散光により側面より明らかに見ることを得ると同理由る。

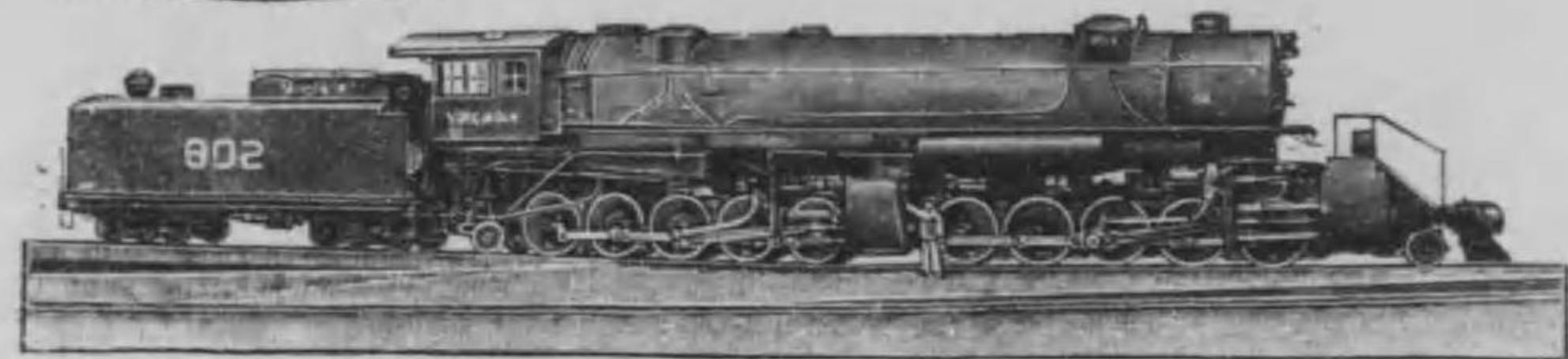
顯微鏡は病菌其の他有用細菌の研究、動物組織の研究、鋼其の他合金の研究等に於て人生に裨益する所極めて大なるは言を俟たず。

天體望遠鏡の最大なるは3000倍の倍率を有す。望遠鏡は天體の研究に必要なは勿論、地上の測量機、海中の潜望鏡等として用途極めて廣し。

2. 熱機關の發達と其の應用 熱機關とし



て最初に効力を發揮せしは蒸氣機關にして、大なる工率の得



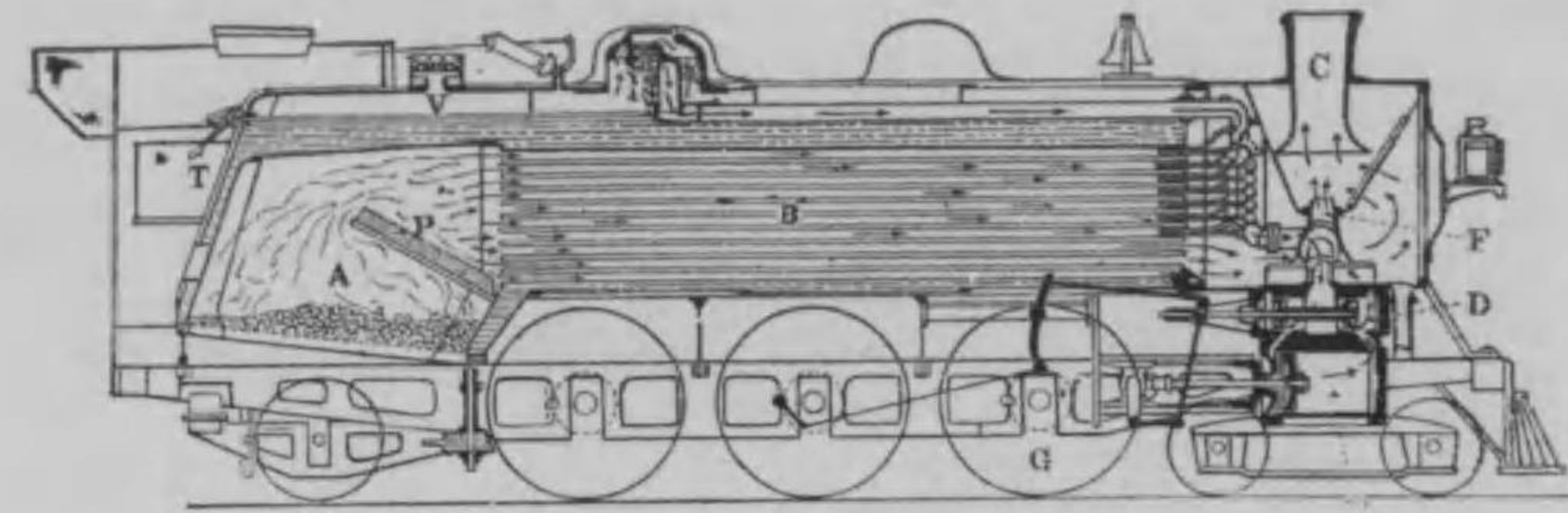
第332圖：—最初の機關車と現今の大機關車。

上圖は1825年スチブソン氏の建造せし最初の機關車にして、重量僅かに4.5噸、下圖は最近の大機關車にして重量450噸、5100馬力の工率を有し、牽引力は80噸に及ぶ。

らるる特性は今尙列車を牽く機關車、其の他大工場に於ける**原動機**として使用せらる。

Prime mover

蒸氣タービンは蒸氣機關が蒸氣の高き壓力を利用し、活塞の直線運動よりハズミ車の



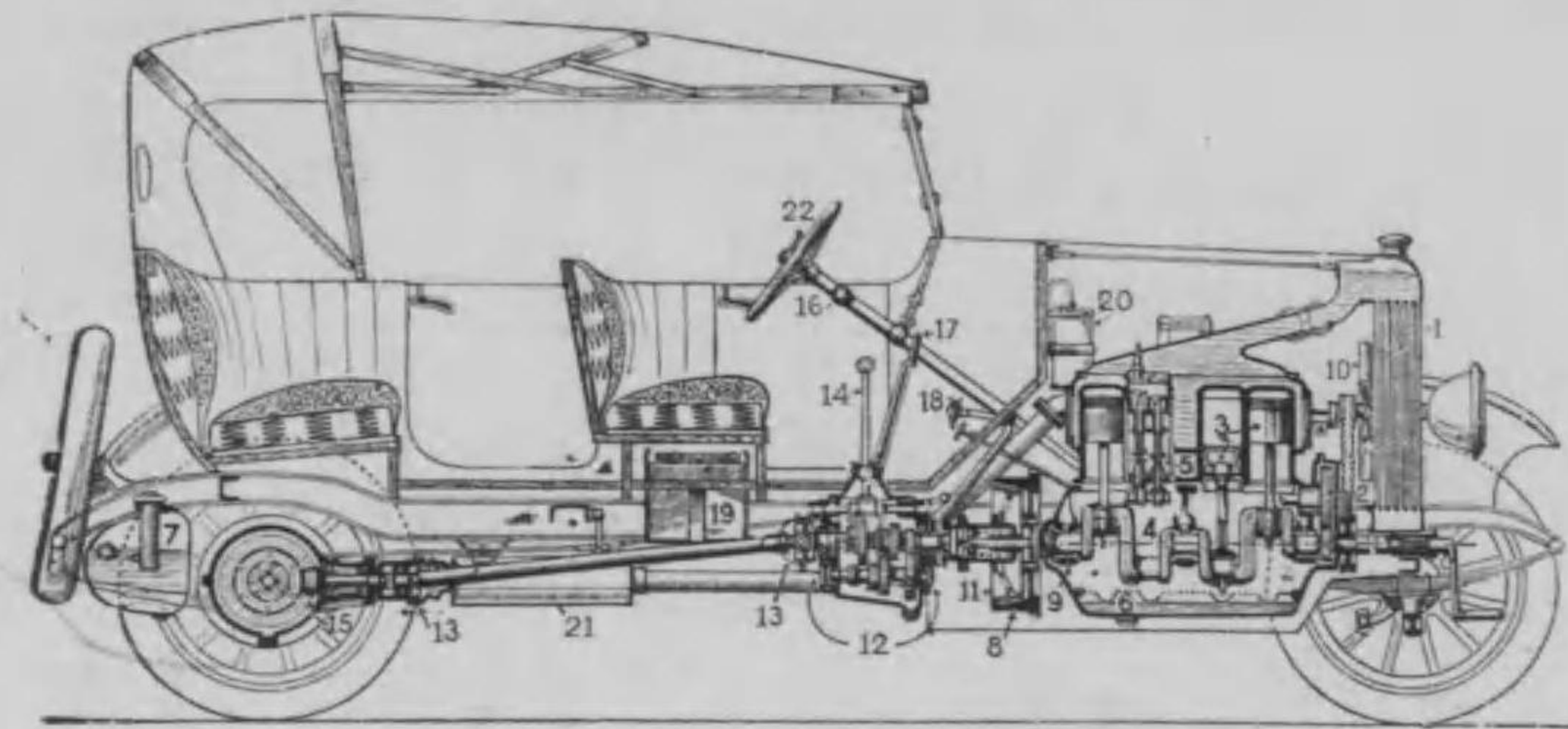
第333圖：—機關車の縦断面。

(A) 爐、(P) 耐火煉瓦壁(熱遮斷用)、(B) 煙道、(C) 煙突、
(D) 配分器、(E) 氣筒、(F) 排氣管、(G) 車輪、
(T) 開閉用把子、(V) 安全弁、(Y) 汽管弁。

廻轉運動を得るため効率の減少する缺點を除かんとて工夫せられたるものなり。此の熱機關にては高速の蒸氣を車の翼に吹き付けて始めより廻轉運動を生ぜしむるが故に効率比較的大にして、殊に廻轉の速かなるほど愈大なり。

蒸氣機關も、蒸氣タービンも多量の水蒸氣を要するため大なる湯沸用の汽罐を要し、従つて重量大なる上に、廣き空間を塞ぐ缺點あり。内燃機關は燃料其の物が機關の活塞を動かす作用をなすを以つて、汽罐を要せざるのみならず、機關の重量も小さく、其の効率は

極めて大なる上に、燃料としての油は液體にして取扱ひに便に、燃焼によりて生じたるものも悉く氣體なる利あり。されど高温・高壓に耐ふる機關を要し、油は引火し易くて危険



第334圖：—自動車の縦斷説明圖。

(1)放熱器、(2)齒車、(3)活塞、(4)曲柄軸、(5)瓣の軸、(6)油槽、(7)油、(8)ハズミ車、(9)軸承、(10)冷却用扇、(11)聯軸器、(12)(15)齒車、(13)連結點、(14)(16)(17)(18)運轉用挺子、(19)蓄電池、(20)真空器、(21)覆巾、(22)操縱把子。

なる上、工率の高きものの製造困難なる缺點ありしも、今は大に改良せられて是等の缺點を小ならしむるを得たり。ディーゼル機關の如き其の一なり。内燃機關は上の諸特性に基き、飛行機・自動車・装甲戦車・潜水艦・發動機船等に廣く用ひらるゝのみならず、大汽船・軍艦・

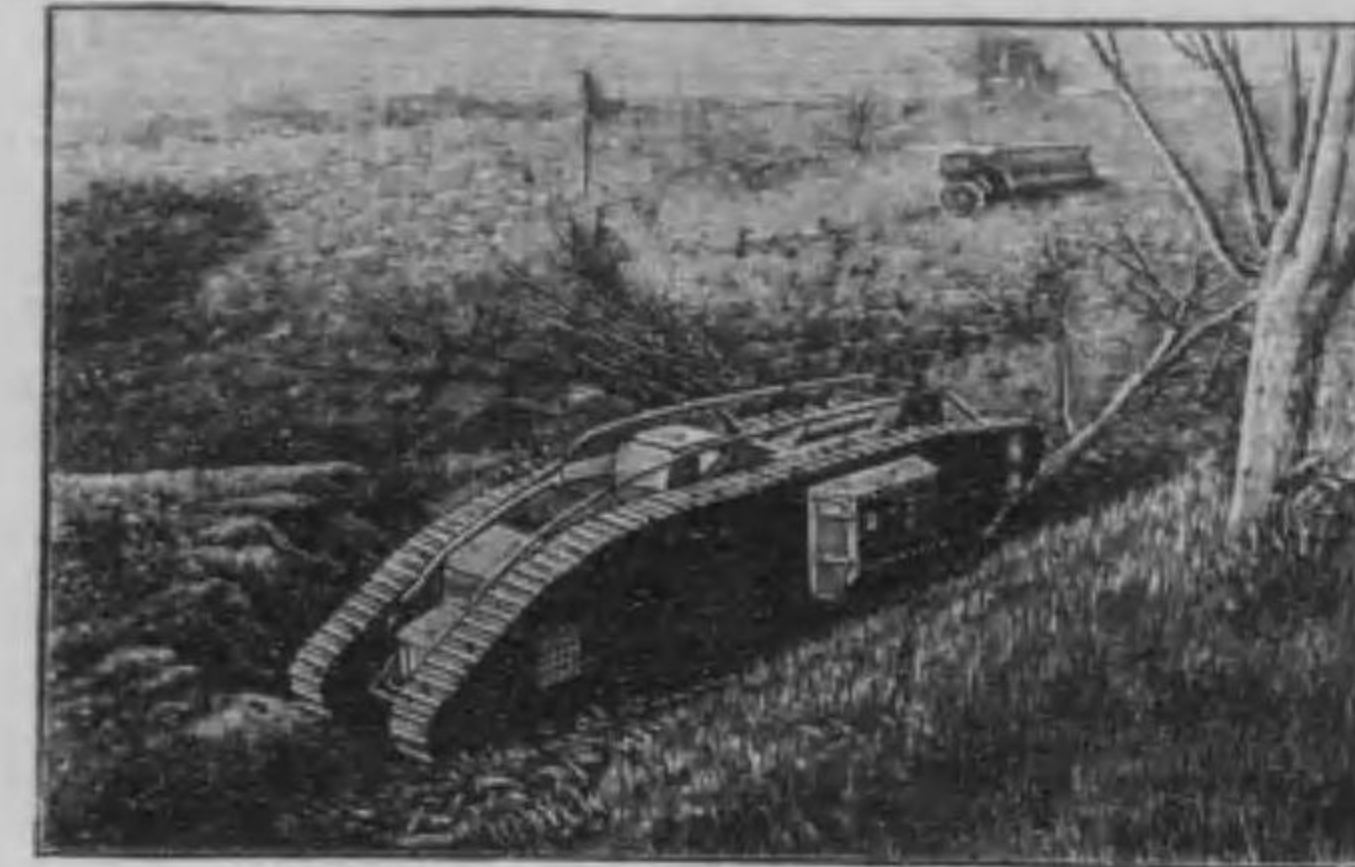
工場に於ても續々採用せられ、従前の熱機關を一掃せんとする勢あり。

3. 電氣

學と文明

電流のエネルギーが熱・

光・音・磁氣並びに器械的のエネルギー等、吾人の日常利用する諸のエネルギーに變ずることを觀て、電氣が如何に吾人の所謂文化生活に貢獻しつゝあるかは想像に難からざるべし。即ち電流が抵抗を通じて發する熱は或は電熱器に發して厨房・暖房等に利用せられ、或は電氣爐に發してマツチの原料たる燐其の他幾多有用の藥品・肥料等を供給し、又電燈として一切の光源に勝る光を發射す。其のコイルを通じて之を磁化する作用は電磁石



第335圖：—装甲戦車(タンク)。

全部銅にて被ひ、左右にある鋼製鋼帶を廻はして前進又は後退す。途上にある鐵條網を踏みにじり、塹壕を渡り、直徑一尺許の樹木をも倒す。機關銃又は三吋砲を備へ、小型のものは歩兵駆足位の速度を有す。

として工場の原動機、交通運輸の機關、電信・電話等の通信機關に應用せらる。又之が電解質を通じてそれを分解する作用はアルカリ工業等の電氣化學工業に極めて廣く應用せらる。而して又放電の作用は或は電波として無線通信用に供し、或はX線として醫療用に供す。誠に現今の文明は實に電氣の賜なりといふも不可なかるべし。

【要點】 物理學は吾人の文明の基礎となれる學科の一なり。特に電氣は此の文明を進行を助けし大切なるエネルギーなり。

第二章

物質の構造

1. **分子** 多量の水にインキの數滴を加へて攪拌せば全部に着色せられ、或は又香水の少量を撒布せば室内は暫時の後香氣にて滿さる。是等の事實より物質は其の特性を失はずして極めて微細なる粒子に分割せらるるものなることを想像し得べし。

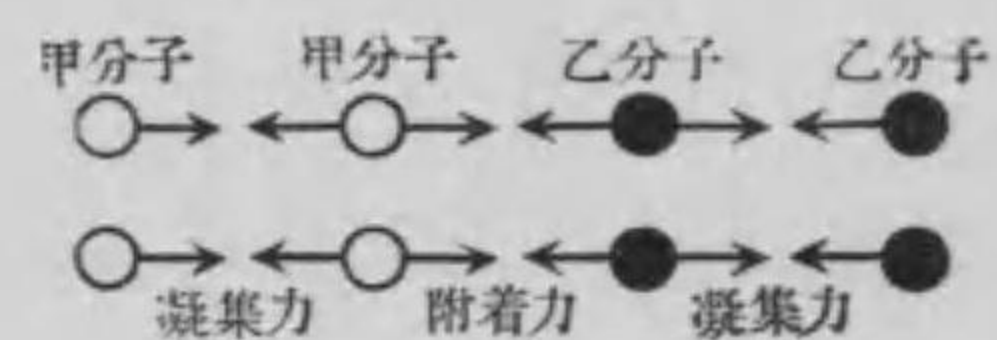
種々の物理的現象より推して物質の分割

には際限あることを知る。此の際限に達したる微粒子を**分子**と名づく。

2. **分子の大小** 分子は其の大小極めて小にして、如何に精巧なる顯微鏡にても之を見ることを得ず。溫度0度、壓力1氣壓の空氣1立方種中に存する分子の數は約 2.7×10^{19} 個にして、⁽¹⁾ 其の一個の直徑は約 3×10^{-8} 種なり。而して酸素分子の質量を32として定めたる他の物質分子の比較的質量は即ち其の物質の分子量なり。⁽²⁾

3. **分子力** 物質の分子が相集まりて物體を構成するは其等相互の間に引力の作用あるがためにして、此の力を**分子力**といふ。

而して同種の分子間に作用する分子力を**凝集力**、異種の分子間に作用する分子力を

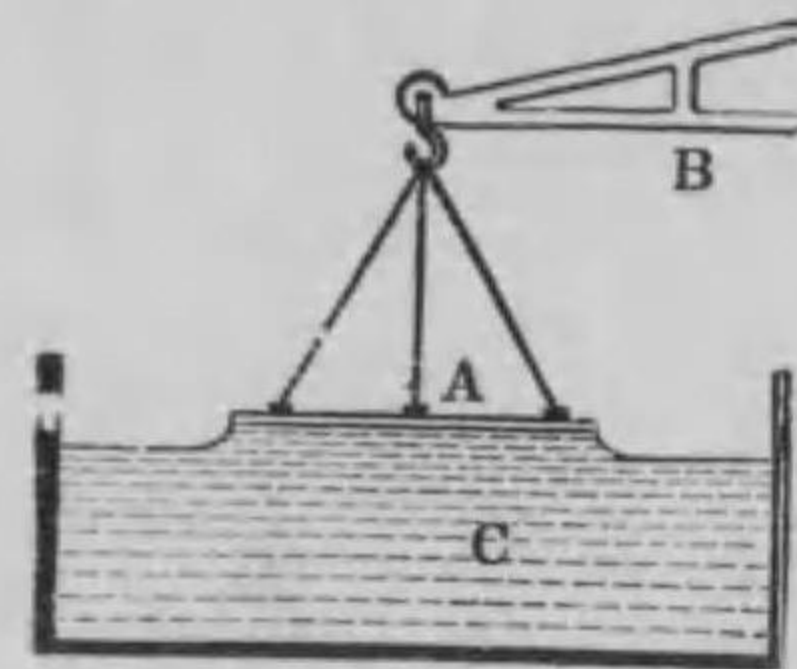


第336圖：分子力。

(1) 此の分子を一分間に五千萬個宛取り出すとせば、之を出し盡すには二萬年の長年月を要す。以て如何に分子の小なるかは想像し得らるべし。

(2) 酸素分子の質量は約 5×10^{-23} 瓦なり。

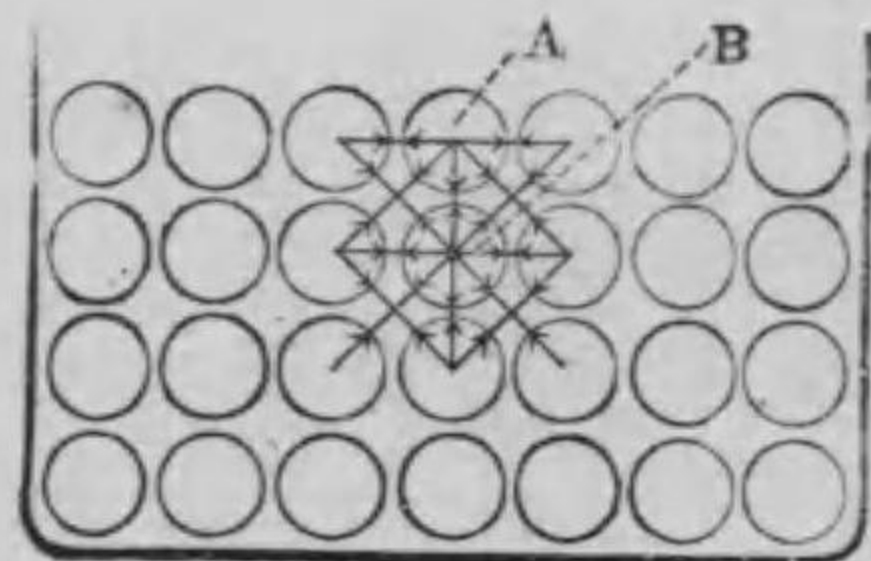
附着力といふ(第336圖) 鐵線の牽引に耐ふるは凝集力の強きが爲にして、糊が物を固着するは附着力の強きが爲なり。



第337圖：一水の凝集力を測定する實驗。

硝子板Aを天秤Bの一方に吊し他方の皿に分銅を載せて釣合はしめ。次に板を水Cに接し、之を引き離すに要する力を他の皿に加へたる分銅によりて求む。

分子力の大きさは分子の種類によりて著しく異なるのみならず、分子間の距離にも著しく左右せられ、其の距離十萬分の一を越ゆれば最早其の作用を見ざるなり。破壊したる陶器類の接合し難きは、之をもとの如く分子力の作用する近距離に接近せしむることを得ざるが爲なり。氣體分子は何れも分子力の作用する範圍外にあるを以て、氣體には凝集力の作用を見ることを能はず。



第338圖：一表面張力の理。

液體分子間には分子力の作用あり。第338

圖の如く液體内部の分子Bは其の周圍の分子より同様に引かれて釣合へども、表面の分子Aは液體の外方より引かるゝことなきにより其の内部に引き寄せらる。これ表面張力の生ずる所以なり。

問1. 硝子に水の附着し、水銀の附着せざることを分子力によりて説明せよ。

4. **分子の運動** 物質を構成する分子は常に烈しく運動するものと考へらる。固體にては凝集力強きが爲に、分子の運動は其の區域を大に制限せられ、液體にては凝集力稍弱きがため運動稍自由なり。氣體にては分子の運動全く自由にして數百乃至數千秒米の速度にて進行し、互に衝突しては反撥せらる。これ氣體が容器に充滿する所以なり。而して氣體分子が器壁に衝突する力は即ち氣體の壓力なるが故に、氣體の壓力は其の體積に

(3) 油の極めて微細に分ちたるものは空氣分子の衝突によりて活潑に運動することは度外顯微鏡下にて檢せらる。かゝる運動をブラウン運動といふ。

(4) 0度に於ける速度は酸素約450秒米、水素約1700秒米なり。

反比例することも亦見易き道理なり。比重の異なる氣體が互に擴散し、或は溶質が溶媒の中に溶解するも亦分子の運動の結果なり。

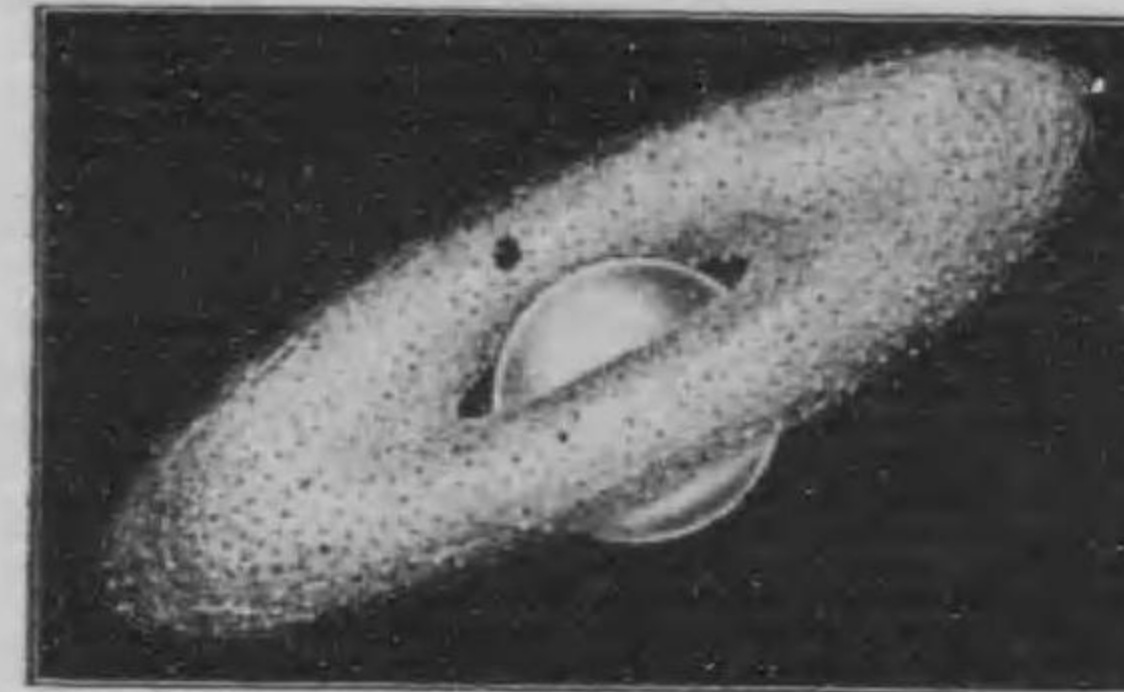
5. 分子の運動と熱 分子の運動の速度は溫度の高低によりて著しく異なり、溫度高きほど其の速度大なり。固體を熱すれば分子の運動次第に急劇となりて其の體積を膨脹し、遂に其の分子間の状態を變化して融解す。融解の潜熱は此の際分子力に打勝つが爲に費さるるなり。而して液體分子の運動は溫度の高くなるにつれて愈劇烈となり、其の或物は分子力に打勝ちて逸出す。これ即ち蒸發なり。氣化熱は液體の分子距離を著しく引離して氣體となすに費さる⁽⁵⁾。而して密閉したる氣體の溫度を高むれば其の分子の運動の速度を増加するにより、其の壓力も亦増加するなり。

6. 原子 分子は更に幾つかの原子より

(5) 攝氏0度以下273度即ち絕對溫度の0度にては分子の運動止むと考ふ。

成る。分子の種類は物質の種類と同數なれども、原子の種類は九十二種に限られ、今日知られたるものは八十餘種に達す。同種原子の結合したるは元素の分子にして、異種原子の結合したるは化合物の分子なり。

7. 電子 原子は更にそれより甚だ小なる電子より成る。電子は物質最小の微粒にして、其の直徑 4×10^{-10} 糎、質量 9×10^{-28} 瓦、何れも



第339圖：—原子の構造の想定。

中央は原子核にして、周囲のは電子なり。

1.6×10^{-10} クーロンの電氣量を荷ふ。其の靜止するもの相集まりて陰電氣となり、導體内を移動す

るときは電流となる。陰極線にては電子は 10^{10} 秒糎に近かき速度にて放射せられ、 β 線にては之よりも其の速度更に大なり。熱線・光線・化學線及びX線等、波長の極めて小なる種々のエーテル波は電子が原子内にて振動

(6) 電流の方向と逆の方向に移動す。

するがために生ずるなり。

電子は陽電氣を帯びたる核の周圍にて、一定の軌道上を運行して原子を形成す。原子の通常電氣的中性なるは核の電氣量と電子の電氣量とが相等しきが爲なり。それ故若し原子が電子を失へば陽となり、反對に之を得れば陰となる。原子の原子量は核の構造如何に基づき、原子の性質は主として電子の數の多少によりて定まるなり。⁽⁷⁾

【要點】(1) 物質は分子の集合によりて成る。分子は其の物質の特性を有する最小單位量なり。

(2) 原子は分子を構成す。同種原子は元素の分子を作り、異種分子は化合物の分子を作る。

(3) 電子は物質最小の微粒にして、陰電氣を荷ひ、陽電氣の核の周圍に運行して原子を生ず。靜電氣・電流を始め種々の輻射線の放射等は何れも電子の活動によりて起れる現象なり。

新制物理學終

(7) 原子は元素週期律表上の順位即ち原子番號に相當するだけの電子を有す。

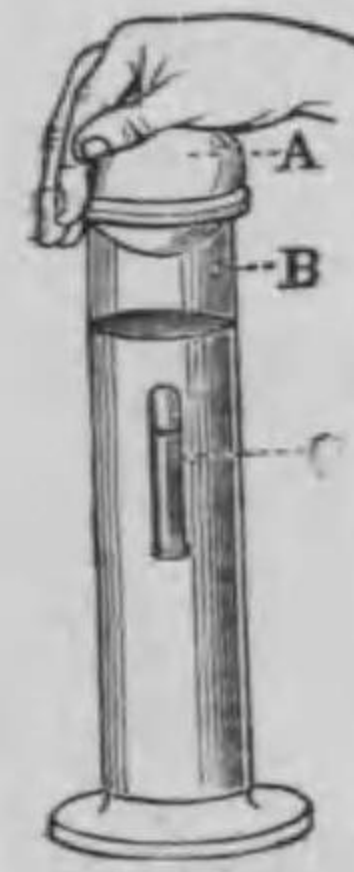
練習問題

第一章 力及び物性の問題

1. 長さの測定につき注意すべき諸點を挙げよ。
2. 比重8.4なる眞鍮塊 126 瓦は幾立方寸の體積あるか。
3. 比重4.8なる固體 147 瓦を比重0.8なる液體中に投ずるときは固體が排除する液體の體積及び重量何程なるか。
4. 重量4封度の壘あり。之に水を充せば其の重量16封度となる。之に比重1.84にして、1封度の價20錢なる硫酸を充さんとす。幾錢を要するか。
5. 比重0.8の液體28.8瓦と比重1.3の液體50.7瓦とを混ずるときは混合液の比重如何。
6. ゼンマイあり。其の下端に10瓦の物體を吊すときは5寸の長さに延び、更に5瓦を増すときは尙5分だけ延ぶといふ。ゼンマイの最初の長さ何程なるか。
7. 梯子に昇る時に之に手を掛くる必要あるは何故か。
8. 壁に向つて立ち其の兩足の爪先と額とを壁に接し同時に踵を上げ得るか。
9. 噴水が水を噴出し、又井水の湧き出づる理由を説明せよ。
10. 容器を傾くることなくして其の内の液を流出せしむる方法あるか。
11. 樟腦の結晶片を水に浮べたるときの現象を見、其の理由を説明せよ。

12. 衣服に着きたる蠟は其の上に吸取紙を置き火熨斗をかくれば除かる。其の理由如何。
13. 本文 279 頁装甲戦車の路なき地を進み得るは何故なるか。
14. 沼池に陥りたる人は横に倒れて安全なる場所に匍ひ行くを良しとす。何故なるや。
15. 内面積 200 平方糎の壘に底面積 5 平方糎の栓を施し、之を 1 疋の力にて押すときは壘内に増加せし全壓力何程なるか。
16. 深さ 9780 米の海底に於ける壓力の強さは 1 平方糎毎に幾疋なるか。又幾氣壓に等しきか。
17. 連通管に水と石油とを入れたるに境界面より石油面までの高さ 15 糎なりしといふ。水面までの高さ何程なるか。

18. 第 340 圖の潜水服は圓筒 A に 40 氣壓の空氣を貯へ之を徐々に兜 M に送りて呼吸し V より逃れしめ 300 呎の海底に達するに適す。浮き上らんとするときは空氣を服 G に送る。何故か。



(第 341 圖)

19. 水銀に浮ぶ金屬及び沈む金屬は何々か。
20. 第 341 圖の如く試験管 C に少し許りの水を入れて圓筒 B の水中に倒に浮べ、下部に孔を開けるゴム球を圓筒の口にあてて



(第 340 圖)

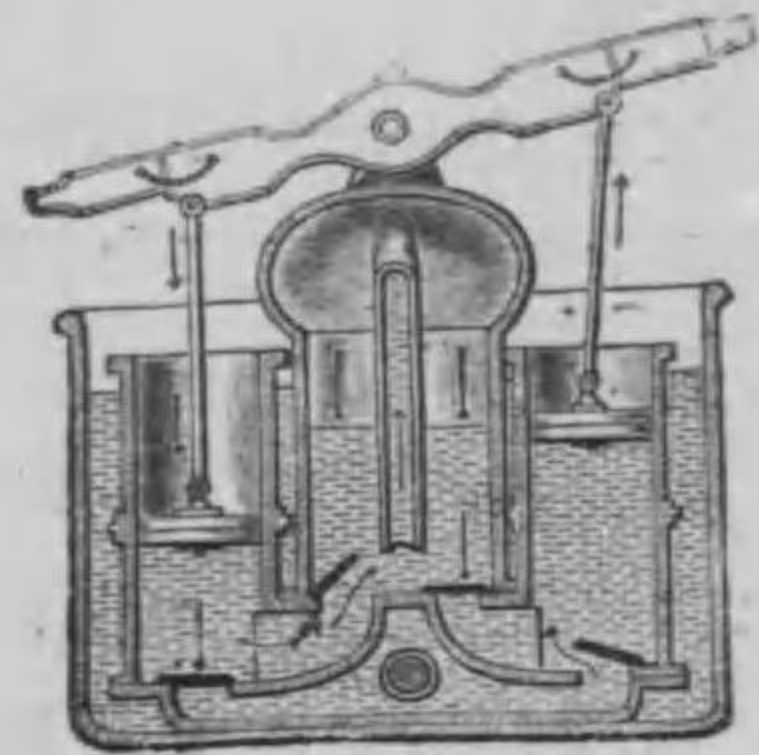
- 押せば、試験管は沈む。此の理由如何。
21. 潜水艦は如何にして浮沈するか。
22. 或る冰山(比重 0.917)の海水(比重 1.026)面上に現はるゝ部分の體積が一萬立方尺なりしといふ。此の冰山の全體積は何程なるか。
23. 647.4 瓦の鐵塊あり。之を水銀に浮べ、其の上に水を入れて鐵塊を覆へり。鐵塊の水中の部分の體積何程なるか。
24. 623 瓦の中空なる銅器あり。之を水中に吊して其の重さを測りたるに 496 瓦ありたりといふ。中空部の體積を求め。
25. 重さ 540 瓦の浮標ありて其の三分の二體積は水面上に浮き出せり。之を沈むるため水中に於ける重さ幾瓦の物體を附加すべきか。
26. 比重 0.8、重さ 154 瓦の木片を全部水中に押し沈めんには幾瓦の鉛塊を吊り下ぐべきか。
27. 木製の柄を附せる鎚あり。其の空氣中に於ける重量は 232 瓦にして、水中に於ける重量は 127 瓦なり。鐵の比重 8、木の比重 0.4 なる時各重量を求め。
28. 重さ 48 瓦の木片に鎚を附し水中に沈めて測りしに 18 瓦ありたり。鎚の水中の重さ 90 瓦ならば、木片の比重は何程なるか。
29. 重さ 50 瓦の固體を酒精(比重 0.8)中にて測りしに 30 瓦ありたり。此の固體の比重を求め。
30. 水を充てたる時 80 瓦の硝子壘あり。之に 12 瓦の金屬粒を入れ、溢れ出たる水を拭ひたる後測りしに 90.5 瓦

となれり。此の金屬の密度を問ふ。

31. 空氣中の重さ 40.7 瓦、水中の重さ 35.7 瓦なる眞鍮塊中の銅及び亜鉛の重量各如何。
32. 切口一様なる硝子管より成る浮秤を水に浮べたるに其の長さの二分の一を水上に露はし、或液に浮べたるに三分の一を露はせり。此の液の比重如何。
33. 下より上へ等距離に度盛せる浮秤あり。度盛の 0 と 100 との間の體積は 0 以下の體積の三分の一なり。今之を水に浮べしに 15 度迄沈み、或液に浮べしに 75 度迄沈みたりといふ。此の液の比重幾何。

34. 水素を充せる風船球を空中に放てば遂には如何になるべきか。

35. 風呂湯の中にて小桶を倒にし、之を傾けずして水面より離さんとする時重く感ずるは如何。



(第342圖)



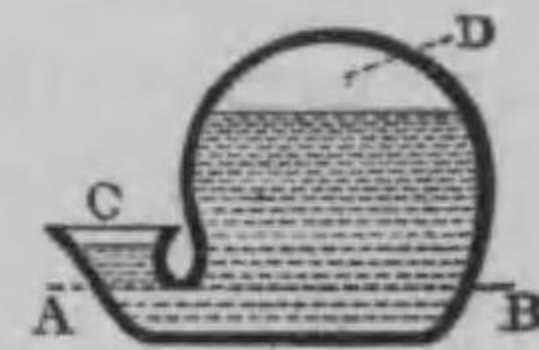
(第343圖)

36. 第 342 圖の手押し消火ポンプの作用を説明せよ。
37. 第 343 圖の如く水銀槽を空氣ポンプの鐘内に入れ、鐘内の空氣を抜かば水銀柱の高さは如何に變ずるか。
38. 嬰兒が哺乳器より牛乳を吸ひ上げ得るは如何なる作用によるか。
39. 大氣の壓力は 1 寸平方につき幾貫

なるか。

40. 1 氣壓のときの晴雨計の水銀柱の高さを吋にて表はせ。又之と同壓力を呈する鐵柱の高さ何程なるか。

41. 第 344 圖のインキ壺に於てインキが C 口より流出せざる理由を説明せよ。但し D は空氣なり。

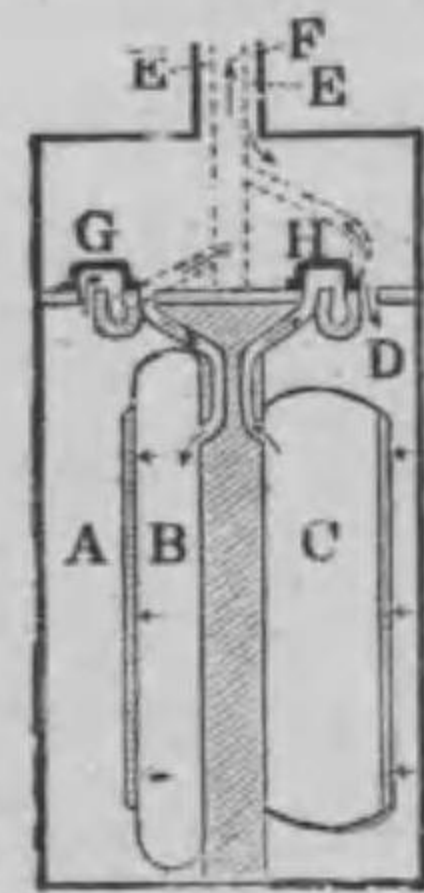


(第344圖)

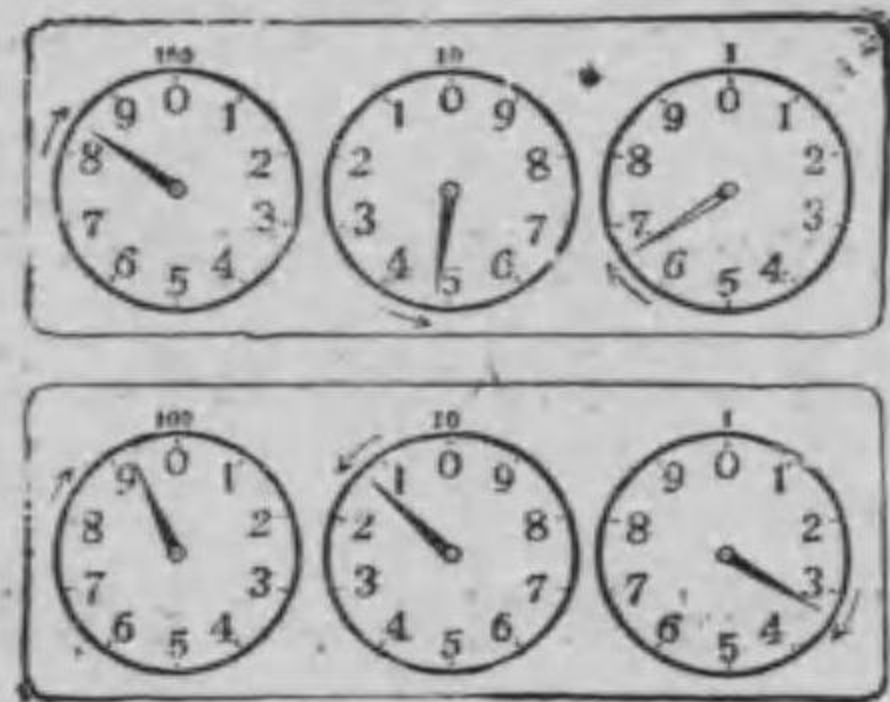
42. 大氣壓 76 糎の時水銀上に 10 糎露出せる硝子管の上端を閉ち、之を更に 48 糎引上ぐれば水銀柱の高さ如何。
43. 兩端開ける硝子管を水銀槽中に立てて入れ、上端より 10 糎出して上端を閉ち、更に 70 糎引き上げたるに、管内の水銀面は槽内の水銀面より 50 糎高く上れり。其のときの氣壓如何。
44. 一端を閉ちたる長さ 1 米の硝子管に水銀を半ば入れて之を水銀中に倒立せば、水銀の高さ何程となるか。
45. 氣壓 75 糎なるとき一端を閉ちたる長き硝子管に水銀を注ぎ、上部に長さ 18 糎の空氣を残し、上端を指にて押へ之を水銀槽中に倒立し、空氣柱と水銀柱との長さを等しからしめんとす。初めに水銀柱の長さを何程にすべきか。
46. 深さ 80 糎の直圓筒を倒にして水中に挿入し、底部が水面上 7 糎露出せしとき水が筒内に 5 糎入込みたり。大氣の壓力を求む。
47. 1 氣壓のとき長さ 1 米の有底圓筒を倒にし、之を深さ 76 米の海底に沈むるときは、海水は圓筒の何處まで侵入すべきか。

- 48. 水底に直徑 1.2 耗の氣泡あり。水の表面に浮び出でたる時 3.6 耗の直徑となりたりとすれば、水の深さは何程なるか。
- 49. 吸盤の作用如何。又液を吸ひ上ぐるとは如何なる作用なるか。
- 50. 兩脚の太さを異にし且一端閉ぢたるU字管を鉛直に立て之に水銀を入れたるあり。其の兩脚の水銀面は水平をなし閉脚の空氣の部分の長さ30厘なり。今開脚を甲氣體に連絡せしに閉脚の水銀面は10厘昇りて開脚の水銀面は2厘降り、又開脚を乙氣體に連絡せしに閉脚の水銀面は20厘昇りといふ。甲乙兩氣體の壓力各如何なるか。

51. 第 345 圖は瓦斯計量器を示す。石炭瓦斯は左方に於ては E より囊 B に入りて之を充たし、随つて A にある瓦斯は瓣 G より F 管を経て瓦斯口に至る。而して瓣 G の滑る度毎に挺子に



(第 345 圖)



(第 346 圖)

よりて指針は廻る。右方の C と D とに於ける有様を左方と同様に説明せよ。

52. 第 346 圖上は瓦斯計量器の指針を表はす。此の位置に於ける目盛如何。但し最小の目盛は立方呎を表はす。又其の指針が下の位置となりたれば何程の

瓦斯を使用したるか。

- 53. 排氣機の圓筒の内徑 8 厘、活塞の動く距離 30 厘、鐘の體積 10 立ならば、二回活塞を上下したる後鐘内の壓力幾何なるか。
- 54. 排氣鐘中にサイフォンを装置して高處の器より低處の器に液を移しつゝ、漸次鐘中の空氣を排除する時は、液の運動は如何様になるか。

第二章 熱の問題

1. 水と水銀とに指を挿入する時は何れが冷たく感ぜしむるか。
2. 炭火が灰の中にあるよりも金屬板上に載せたる方早く消ゆ。何故か。
3. 攝氏 30 度、20 度、10 度の甲乙丙三液體あり。甲と乙、甲と丙とを同重量に混すれば、夫々 26 度、25 度となる。乙と丙とを同重量に混すれば何度となるべきか。
4. 10 度の水 82 瓦中に 28 度の酒精 30 瓦を加へたるに混合液の溫度は 13 度となれり。酒精の比熱を求む。
5. 80 度の眞鉛塊 100 瓦を氷塊に穿ちたる孔に入れてたるに氷 6 瓦を融解せり。眞鉛塊の比熱を問ふ。
6. 爐の溫度を測るため白金塊を其の中に入れて熱したる後之を 20 度の水銀中に投じたるに溫度 60 度となれり。次に此の白金塊を 120 度に熱し、之を溫度 15 度にして前と同量の水銀中に投じたるに溫度 20 度となれり。爐の溫度を求めよ。
7. 寒地にて二重の硝子窓を用ふる利益を詳述せよ。

8. 室内にて金屬が毛布よりも冷たく、日向にて石が木よりも熱きは何故なるか。
9. 木の車輪に鐵の輪を嵌む方法及び理由を述べよ。
10. 零度に於て長さ1米、週期2秒の振子を有する時計は、35度に於て1時間に何程遅るるか。但し此の振子を造れる針金の線膨脹係數は0.000018なり。
11. 或溫度の時、體積の比が2:1なる大小二個の圓筒ありて小圓筒の線膨脹係數は0.0000170なり。之を大圓筒内に入るれば兩圓筒間の體積は溫度の變化に關係なく一定なり。大圓筒の線膨脹係數幾何なりや。
12. 零度に於て正しき鋼(膨脹係數0.0000115)製尺度にて40度のときアルミニウム(膨脹係數0.0000225)棒を測りて30.0306米を得たり。此の棒の零度に於ける長さ何程。
13. 體膨脹係數は線膨脹係數の3倍に等しきことを實例によりて證せよ。
14. 鐵の零度に於ける比重7.82なるときは200度に於ける比重如何。
15. 零度に於て容量25立方糎の硝子壺に水銀を充たしてこれを100度の湯に浸すときは水銀の溢るる體積何程。
16. 零度の氣體を密封し、其の壓力を2倍にするには之を幾度に熱すべきか。
17. 溫度0度に於て體積200立方糎、壓力819托を有する氣體と、溫度17度に於て體積580立方糎、壓力500托を有する氣體とを體積5460立方糎の容器に入れ、其の混合氣體の溫度を100度に温むれば幾何の壓力を呈すべきか。
18. 1氣壓の空氣の充てる體積100立方糎の電球あり。

- 之を127度に熱して圓筒の體積900立方糎の空氣ポンプに連絡し、活塞を3回上下したる後之を封じ、球の溫度を27度に下げたり。球内の壓力如何。
19. 嚴寒の土地にて金盞を持つときは金盞が手に附着することありといふ。何故なるか。
20. 80度の銅塊100瓦は氷9.2瓦を融解す。氷の融解熱を求む。
21. 氷を壓すときは其の融解點は降るものなり。非常に寒き日に雪の固め難きは何故か。
22. 湯にて受けたる火傷よりも同溫度の水蒸氣にて受けたる火傷の烈しきは何故か。
23. 物を冷すに氷を用ふる理、湯を沸すに水蒸氣を通する理を説明せよ。
24. 鉛塊に一定の割合にて熱を加へしに毎秒1度づつ溫度上り、融解點に達してより全く融解し終るまでに3分20秒を要したり。鉛の融解熱如何。
25. 零度の氷450瓦に100度の水蒸氣90瓦を混すれば結果如何。
26. 零度の銅400瓦、零度の氷60瓦、10度の水600瓦、100度の水蒸氣20瓦を混すれば結果如何。
27. 溫度0度の氷に一定の割合に熱を供給せしに20分の後に溫度上昇し始め、更に25分の後に沸騰し始め、尙45分の後に三分の一だけ氣化せり。水の潜熱を求む。
28. 重さなき活塞を有する圓筒を立て圓筒内の底面と活塞の内面との間を攝氏0度の氷にて間隙なく填充したり。外氣の壓力を常に1氣壓に保ち圓筒内の溫度を攝

氏 100 度少し上まで上昇したりとすれば、圓筒内物質の状態の變化、それに伴ふ温度の變化、及び活塞の移動の有様如何。但し活塞と圓筒とは温度の影響を受けざるものとす。

29. 氷と水との混合物中に温度 20° 、質量 35 瓦の鉛球(比熱 0.031)を入れたる時、氷が尙溶解盡さざりしとせば混合物の體積の變化如何。但し氷が氷となる時は、其の體積は 1.09 倍となる。

30. 石炭 1 瓦を燃焼すれば 7500 カロリーの熱を生ず。16 度の水 1 石(1 升は 1.8 瓩)を蒸發するに石炭幾斤(1 斤は 0.6 瓩)を要するか。

31. 第 347 圖の如くフラスコに水を入れて熱し沸騰するとき密栓を施し、火を去り其の外部に水を注ぐときは再び沸騰す。其の理由を説明せよ。

32. 零度にて飽和せる空氣を密閉して、30 度に温むるときは湿度何程となるか。

33. 水の熱に對する特性と効用とを挙げよ。

34. 一定量の或蒸氣を温度を一定にして其の體積が半分となるまで壓縮せば、其の壓力は如何に變すべきか。可能なる種々の場合を考へよ。

35. 人は夏暑き時身體を伸ばし、冬寒き時之を屈めんとする傾向あり。何故か。

36. 鐵瓶より發する湯氣が空中にて消失する理由を問ふ。

37. 眼鏡をかけたまま浴室に入り、又は冷蔵室より出づ。



(第 347 圖)

① 沸騰して居るとき、其の上部、圧力が飽和蒸氣の壓力に等しくなり、下部は冷水の壓力に等しくなる。此のとき、外部に水を注ぐと、内部の壓力が減少し、液体が再び沸騰し始める。

るとき眼鏡は忽ち曇る。其の理由如何。

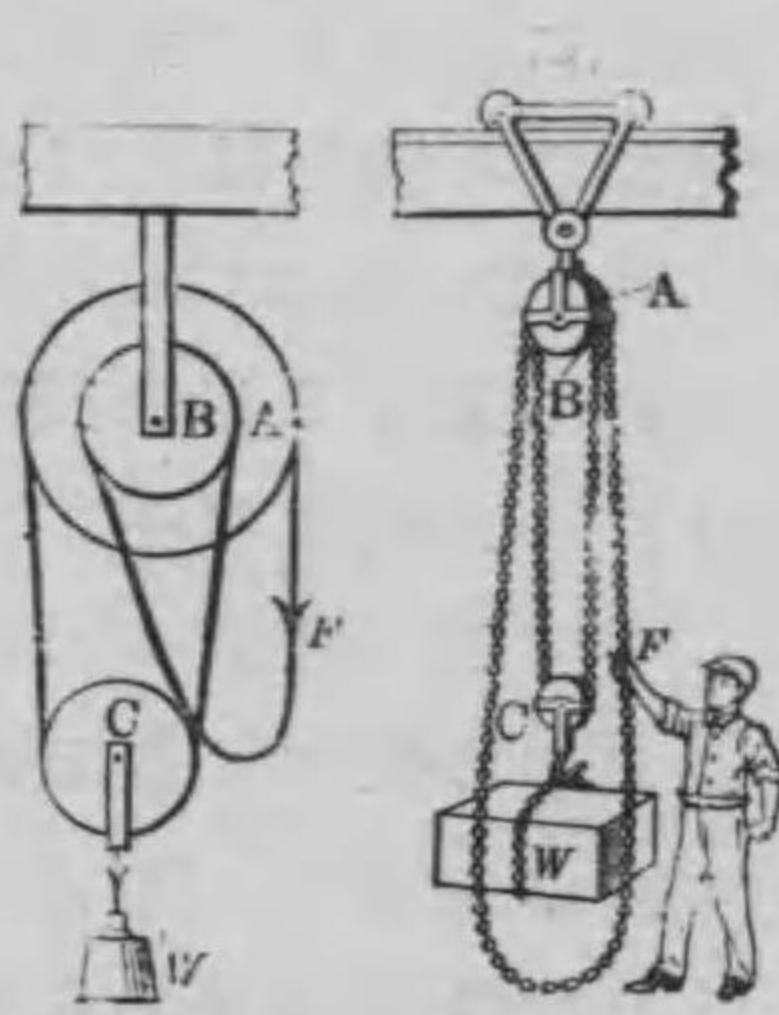
38. 扇又は扇風機を使へば涼しく感ずるは何故か。又寒暖計を扇にて煽げば温度は下るか。

第三章 力及び運動の問題

- 1. 長き箸にて物の挟み難きは何故なるか。
- 2. 扇を開くに其の要めに遠き處に手をかくるほど容易なる理由如何。
- 3. 長さ 6 尺の棒の兩端を二人にて荷ひ、兩人の分擔比が 2 と 3 に等しき様にするがためには、棒の何處に物體を懸くべきか。
- 4. 長さ 6 尺の重さなき棒の一端を擔ひ、其の端より 1 尺 5 寸の處に重さ 20 貫の物體を吊し、他の一人が他端を擔ふときと其の端より 1 尺の處を擔ふときとに於て、前の人肩に及ぼす重さの差如何。
- 5. 長さ 1 尺、重さ 25 匁の一樣なる棒を其の一端より 2 寸の處にて吊して水平ならしめんとす。棒の何れの端に幾匁の物體を吊すべきか。
- 6. 地上に横はれる一本の丸太木あり。其の一端を少しく持ち上ぐるに 18 貫の力を要し、他端を少しく持ち上ぐるに 30 貫の力を要す。此の丸太木の重さ幾何なるか。
- 7. 太さ及び密度の一樣なる長さ 8 尺、重さ 5 貫の棒 AB の A 端に重さ 8 貫、B 端に 12 貫の物體を懸け甲乙二人にて擔がんとす。甲が A 端より 2 尺の處を支ふるとき、乙は B 端より幾何の距離を支ふれば甲と等しき力を要するか。

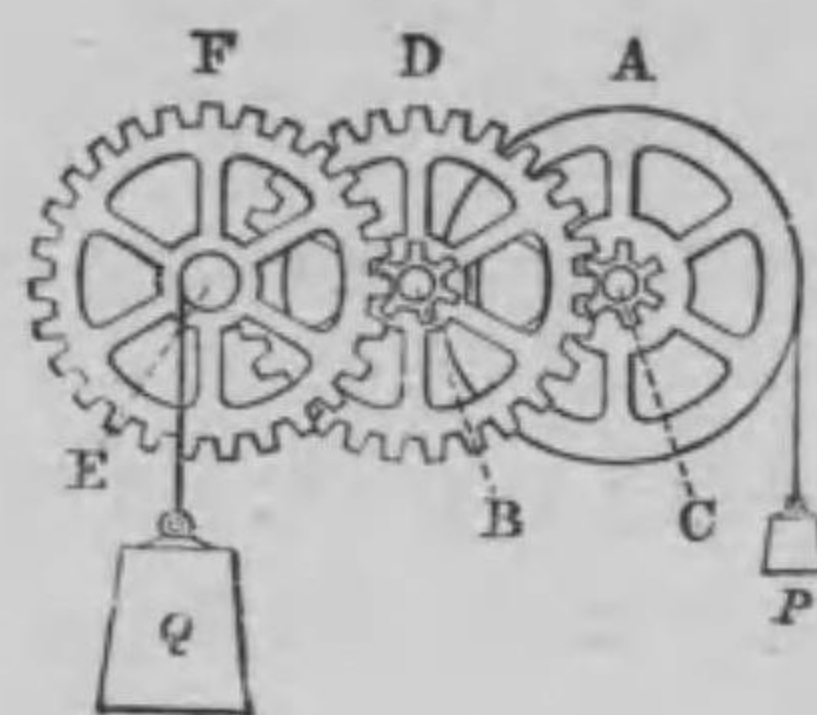
→、圧力が自由表面上、圧力がより小なりが沸騰す。①

8. 兩臂の長さ少しく異なる天秤あり. 左皿に物體を載せたるに右皿の P 瓦の分銅と釣合ひ, 物體を右皿に移したるに左皿の Q 瓦の分銅と釣合ひたり. 然るときは物體の質量は \sqrt{PQ} 瓦なることを證せよ.
9. 桿秤の分銅の質量を自己の秤と一個の物指とにより算出せよ.
10. 張力 1 瓦につき元の長さの 100 分の 2 づゝ延ぶる長さ 3 米のゴム紐の兩端を, 夫々 3 米距りたる天井の二點 A 及び B に結び其の中點 C に錘を懸けたるに, 角 ABC が 60 度をなして釣合へりといふ. 錘の重さ如何.
11. 長さ 2 米の棒の一端を壁面の一點 O にあてて支へ, 他端に 30 疋の物體を吊し, 其の端より 50 疋の重さを支ふるに足る綱を出し, 綱の他端を壁上にて O 點を含む鉛直線上の一點 A につけて棒を水平に支へんとす. 綱の切斷せんとするときの OA の最小距離如何.
12. 二輪を有する輪軸あり. 其の半径は夫々 9 繩, 6 繩, 3 繩なり. 今軸に巻きたる絲に 20 疋の錘を吊し, 輪には軸と反對の方向に絲を巻き, 其の小輪に 4 疋の錘を吊すとき, 大輪に何程の重さの錘を吊さば此の輪軸は釣合ふべきか.



(第 348 圖)

13. 第 348 圖は輪軸と動滑車とを組み合せ各の周圍に刻める齒に鎖を掛けたるもの



(第 349 圖)

なり. 物體の重さ W と之を上ぐる力 F との比は A の周と, A 及び B の周の差の半分との比に等しきことを證せよ.

14. 第 349 圖齒車の組合せに於て, A 及び E の周を夫々 a, e とし, C, D, B, F の齒數を夫々 c, d, b, f とすれば, 重さ Q

と力 P との間に次の關係あることを證せよ.

$$\frac{Q}{P} = \frac{a}{e} \times \frac{d}{c} \times \frac{f}{b}$$

15. 30 度の斜面上にある 10 疋の物體を支ふるに要する水平の方向の力何程. 又其の時斜面に受くる壓力如何.
16. 斜面上に 100 瓦の物體を置き, 斜面の傾斜角を 45 度に増したるに物體は滑り初めたり. 次に斜面の傾斜角を 30 度に保ち, 此の物體を斜面に沿うて引き上ぐるには何程の力を要するか.
17. 柱の下に歩み 4 分のジャッキを入れ, 2 尺の挺子を用ひ其の端に 3.2 貫の力を加へて廻はしたるに柱は扛りたり. 柱に懸れる重さ略何程なりしか.
18. 綱引をなすとき強く綱を握るは何のためなるか.
19. 板の縁に絲を附けて之を吊すときは, 絲の延長線が常に板の質量を二等分するか.
20. 等質の板にて作れる厚さ等しく一邊の長さ 9 寸なる正方形の板ありて其の對角線によりて作られたる四つ

の三角形の一は缺損したり、残部の重心を求む。

21. 半径6寸の圓板に半径3寸の内接圓を打抜きたり。

此の重心の位置を求めよ。

22. 一脚の取れたる机、ペンを挿したるインキ壺の顛倒し易き理由如何。

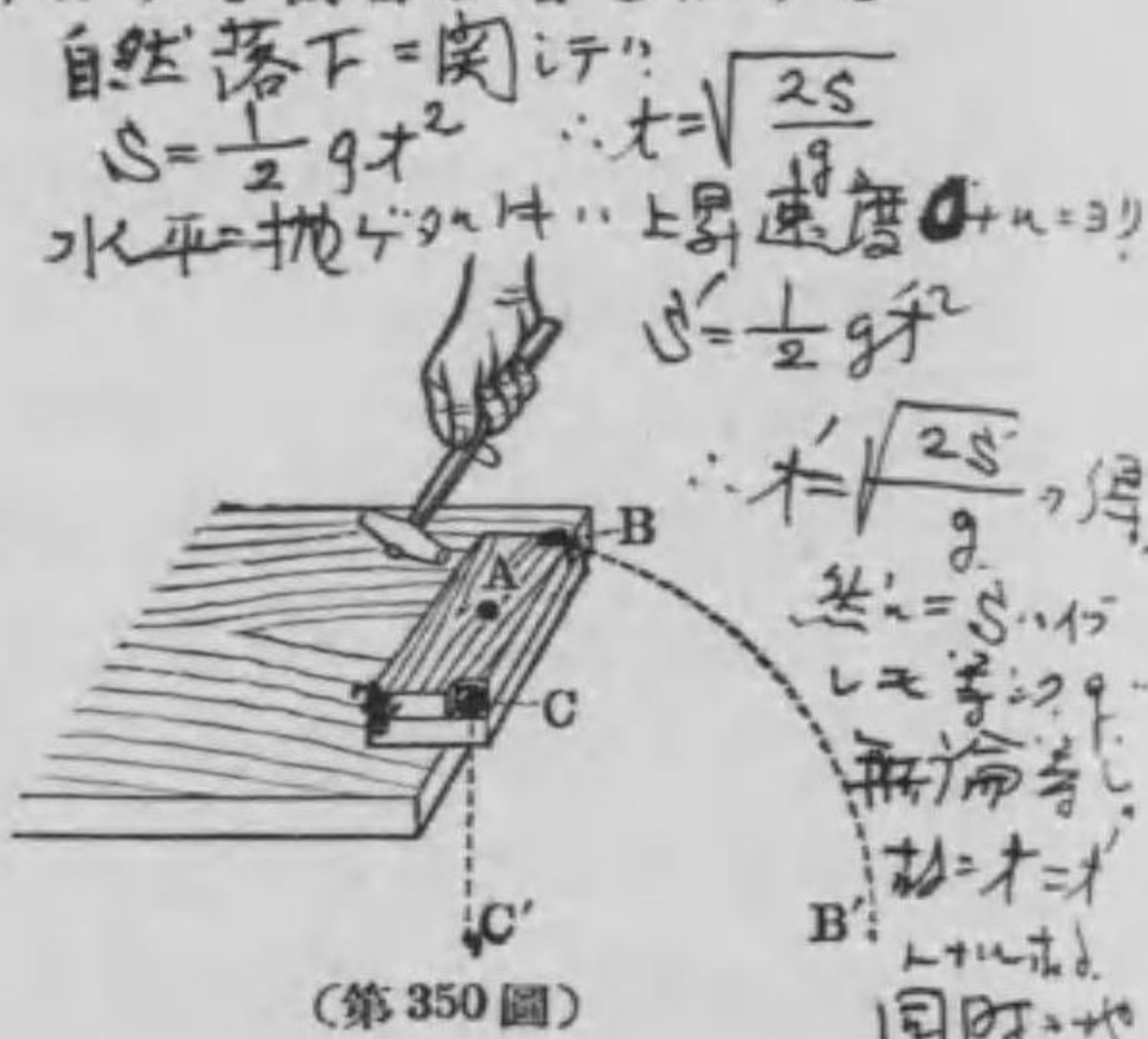
23. 傾斜30度の面上に邊の長さ3寸平方にして、厚さ1寸なる板幾枚を重ね得るか、但し相互に滑らざるものとす。

24. 刷毛の水を除くに急に之を振るは何故なるか、又果實を落すために枝を揺ることあるは何故か。

25. 關東地震の際、煉瓦塀が板塀よりも被害の著しかりしは何故なるか。

26. 棧敷に満ちたる見物人が急に一時に立ち上がるは危険なり、何故なりや。

27. 第350圖の如く水平に打ち出されたるB球は其の水平速度の大小に關せず自然落下の球Cと同時に床上に落つ、其の理由如何。



(第350圖)

28. $\sqrt{3}$ 秒米の速さにて鉛直に上昇する輕氣球が風に吹かれて鉛直に30度傾きたる道を上りたり、風速及び輕氣球の速度何程。

29. 船が互に引き合ふとき一方の質量が他方の10倍なるとき近寄る速度の割合は如何。

30. 第351圖の如く球を吊し、絲のBを強く引けば、絲はA

にて切れずしてBにて切る、何故か。

31. 質量49瓦の物體に50瓦の力が作用すれば其の加速度如何。

32. 曲線上を運動する物體あり、或る時刻に北に向ひ3秒繩の速度を有し、それより1秒の後東に向ひて4秒繩の速度を有したり、此の物體の加速度如何。



(第351圖)

33. 重力の加速度980秒々繩の土地に於てゼンマイ秤の一端に質量1匁の

錘を吊したるにゼンマイの長さ4繩延びたり、今此のゼンマイ秤の一端を弓の弦の中點に結び他端を引きたるにゼンマイの長さは6繩だけ延び弦はゼンマイの延長方向と45度をなせり、此のとき(イ)ゼンマイが弦を引く力は幾ダインなるか、(ロ)弦の張力は幾匁の重さに等しきか、(ハ)質量200瓦の矢を弦の中央に番へて弦を放つ時は矢の飛び出す際の加速度如何。

34. 體重120封度の坑夫を載せたる2240封度の籠が毎秒8秒呎の加速度にて鑛坑より引き上げらるるとき網の張力何程なるか、但し重力の加速度は32秒々呎なり。

35. 一個の定滑車と一個の動滑車とを組合せ動滑車に質量4匁の物體を懸け、網の一端に質量6匁の物體を吊したるとき、前者の上昇の加速度及び後者の降下の加速度如何。

36. 硝子器が疊の上に落ちて破損せず、石の上に落ちて破損するは何故なるか。

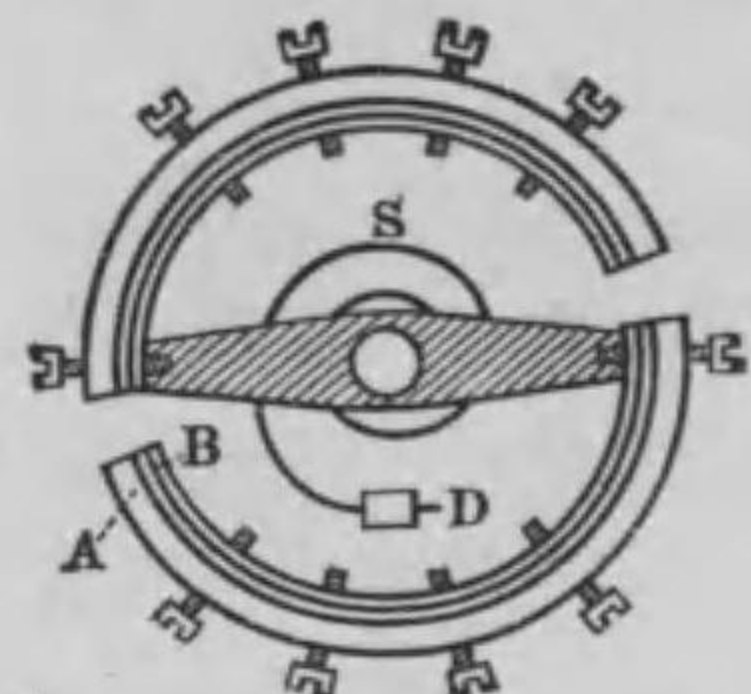
37. 5噸の砲より 100 封度の彈丸を 560 秒米の速度にて打出すとき砲の後退速度何程.
38. 重量3.9匁の銃より 10.5 瓦の彈丸を 780 秒米の速度にて打出すとき銃と彈丸との運動のエネルギーの比各幾何なるか.
39. 地表 400 呎の處を毎時30哩の速度にて水平に航空する飛行機あり. 此の機上より物體を自由に落下せしむるとき、其の物體が地上に達する迄に飛行機の航する距離幾呎なるか. 但し1哩は5280呎なり.
40. 摩擦なき斜面上にて物體が最初の1秒間に40呎滑り落ちたり. 斜面の長さ5米、高さ40.8呎なりとせば重力の加速度如何.
41. 水平と30度をなせる斜面上にて球を轉がすときは3秒後に何程の距離を通過するか.
42. 490米の上空を毎秒20米の速度を以て正北に向ひ同一の高さを保ちて進む飛行機あり. 今A點の直上に來りし時爆彈を落したるに、眞西風の影響を受けB點に落ちて爆發するを見たり. AB二點間の距離250米なりしとせば、此の時の西風の平均速度幾何.
43. 自由に落下する物體あり. 其の經路の一點Aに於ける速度は毎秒29米にして、其の下の一點Bに於ける速度は毎秒49米なりしといふ. 然らばAB二點間の距離及び之を通過するに要せし時間幾何なりや.
44. 加速度を有し上下に動く平面板例へば昇降機に乗れる人が、上昇の際には身體が床板に引き付けらるるが如く感じ、又下降の際には引き離さるるが如く感ず. 此の

- 理由を説明せよ.
45. 質量異なる静止せる二物體に等しき力を等しき時間作用せしむれば、其の時間内に各物體が得る速度の比は加速度の比に相等しきことを證明せよ.
46. 小物體あり. 高處より落下し降ること19.6米なるとき39.2秒米の速度にて水平に飛び來れる等質量の物體に遇ひて合體したり. 相合する際落體の有したる速度及び合一せる物體の速度如何.
47. 5秒米の速度にて上昇せる氣球より落したる物體が6秒にして地に達したり. 物體を落したる時氣球の高さ如何.
48. 50秒米の初速度にて投下せる石が99秒米の速度となるまで經過せし時間及び距離如何.
49. 100秒米の初速度にて地より直上に打上げたる彈丸が200米の高さを通過するまでの時間を求めよ.
50. 一の石が5秒間落下したるとき、他の石を80秒米の速度にて投下すれば、幾秒の後前の石に追ひ付くべきか.
51. 東京にてゼンマイ秤に100瓦の示度を表はす物體は京都にて之に幾瓦の示度を表はすべきか. 但し兩地に於ける重力の加速度を夫々979.80秒々 \times 、979.72秒々 \times とす.
52. 水平と30度の角をなし400秒米の速度にて打ち出されたる彈丸の2秒後の高さ及び水平距離、昇り得る最高の位置を求む.
53. 汽車あり. 停車場を發してより等加速度を以て進行し、1分30秒の後毎時45哩の速度に達したりといふ. (イ)

加速度を毎分毎時哩にて、(ロ)加速度を毎秒毎秒呎にて、
(ハ)汽車が此の速度に達するまで通過せし距離を哩にて
計算せよ。

54. 1 疋の重さに耐ふる長さ80 繩の糸の端に2 瓦の石を
付けて圓形に振り廻はすに、糸の切るるとき石の飛び去
る速度何程。

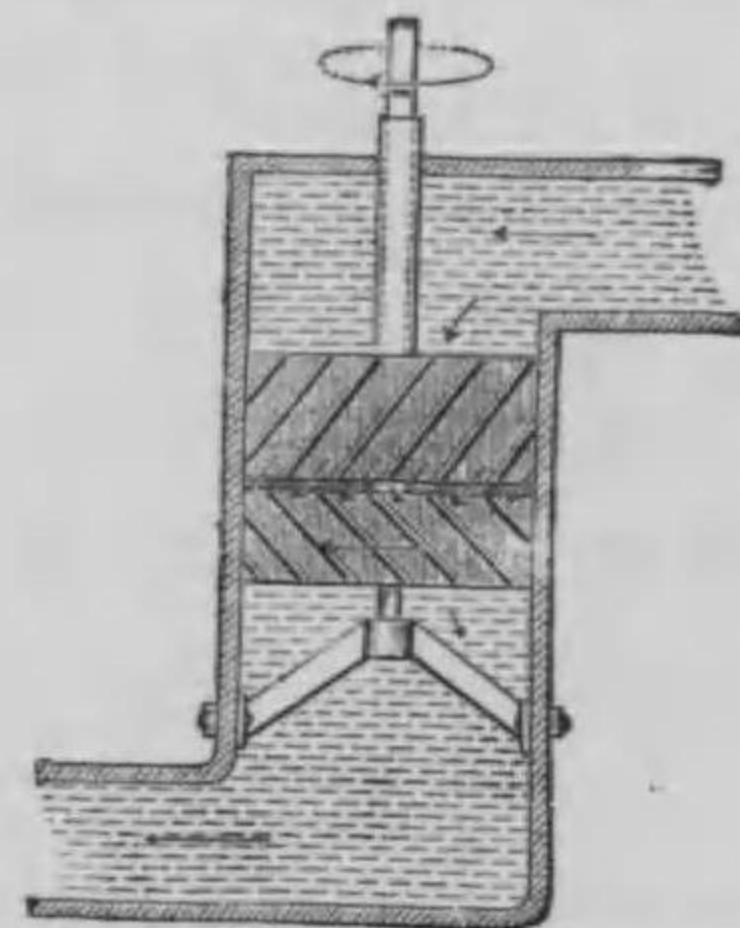
55. 振動数が4 と5 との比に振動する振子の長さの比は
如何。



(第352圖)

56. 水平面と30度の角をなせる
面に沿ひて重量2 疋の物體を
50 繩引き上ぐるに何程の仕事
を要するか。

57. 第352圖は懐中時計の補整
テンブを表はす。Sは鬚ゼン
マイにして、Dは其の固定物なり。テンブは膨脹係數の
異なる二種の金屬環A及び
Bにて作らる。溫度の高低に
關係なくテンブの週期一定な
るがためには、AとBとの何れ
に膨脹係數の大なるものを用
ふべきか。



(第353圖)

58. 大砲發射の際火藥の爆發の
ため生じたるエネルギーの總
量は如何に費さるゝか。

59. 第353圖は水タービンの側面を示す。其の作用を圖
によりて説明せよ。

60. 木材あり。之に或る彈丸が毎秒150米の速度にて衝
突すれば2 繩穿入す。此の木材に18 繩穿入せる同様の
彈丸の衝突の際の速度如何。

61. 質量4000 疋、速度毎時20 軒の電車が齒止ブレーキにて
止めらるるとき生ずる熱量如何。

62. 鉛丸が障壁に衝突して發生する熱量の半ばを吸収す
るものとせば、其の鉛丸の溫度を30° だけ上昇せしむる
爲めには鉛丸は幾秒米の速度にて衝突するを要するか。

63. 摩擦ある水平板に置かれたる質量100 瓦の物體Aに
糸の一端を結び付け、其の糸を板の縁に取り附けたる滑
車にかけ、其の他端に質量300 瓦の物體Bを吊せり。今
此の兩物體が靜止の状態より動き出し、Bが400 繩だけ
降りしときの速度は700 秒繩なりしといふ。此の運動
中物體Aと板との間に生ぜし熱量如何。

64. 深さ495 呎の坑底より毎時45 噸の水を汲み上げん
には幾馬力の機關を要するか。

65. 質量250 瓦、比熱0.092 の銅丸が抵抗なき空間にて50米
の高さより落下するとき、(イ)地面に衝突せんとする瞬間
の銅丸の速度、(ロ)其の時の銅丸の運動のエネルギー、(ハ)地
面に衝突して運動のエネルギーが全部熱に變ずれば其の
熱量、(ニ)上の熱量が悉く銅丸に吸収せらるるときは其の
溫度の上昇各如何。

第四章 音の問題

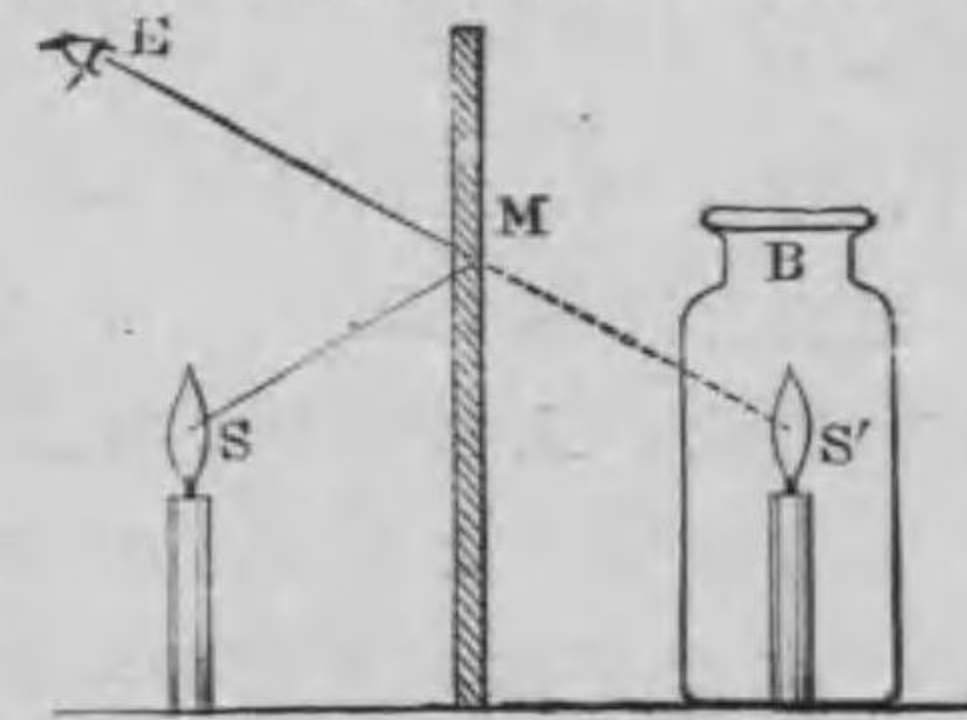
1. 音の來る方向を知ることを得るは何故なるか。
2. 毎秒60回振動する物體が源となりて起れる波の高處

- が5厘の間隔に排列するときは波の傳はる速度何程.
- 音の速度及び振動数を測る方法を列挙せよ.
 - 深さ18米の井戸に石を落とすときは幾秒の後石が水面を打つ音を聞くべきか.
 - 一の音叉を振動数毎秒 465 回, 472 回の音叉と同時に鳴らしたるに, 毎秒夫々 3 回と 4 回との唸りを生じたり. 此の音叉の振動数を求む.
 - 剣道場又は能樂堂の床下に大なる甕を置くは何のためなるか.
 - 汽車が近づきつつあるときに靜止するときよりも汽笛は高く聞え, 遠ざかりつつあるときに低く聞ゆるは如何なる理なるか.
 - 或音叉の振動数を求めんとして其の波長を 0 度に於て測定したるに 1.0 米と 1.1 米との間なるを知れり. 次に之を振動数毎秒 330 回の他の音叉と同時に鳴らしたるに毎秒 5 回の唸りを生じたりといふ. 此の音叉の振動数幾何.
 - 直徑 2 厘の鐵線を直徑 1 厘, 長さ 1 尺の銀線と同張力にて張りて同じ高さの音を發する様に切り取らんとす. 長さ何程とすべきか.
 - 深き水瓶に水滴が落下するとき, 水の滿つるに従ひ水音の調子の高くなるは何故なるか.

第五章 光の問題

- 雪道を歩みて室内に入れば室内は暗くして其の内の物體の見分け難き理由如何.

- 寫眞機に附したる絞りの作用を説明せよ.
- 蚊帳を透して來る電燈の光は紙上に蚊帳絲の影を生ずるも, 之を白紙にて包むか又は乳色電燈球を用ふれば然らず. 其の理由如何.
- 面の照度は投射角の餘弦に正比例することを證明せよ.
- 磨り硝子に油を塗れば殆んど透明となる. 其の理由を説明せよ.
- 一個の燈火が 30 厘の距離にある一點を照らす光の強さは, 此の點より 2 米の距離にある 16 燭光の電燈一個及び 3 米の距離にある 18 燭光の電燈一個を同時に點せるものと等し. 此の燈火は幾燭光なるか.
- m 燭光の光 A と n 燭光の光 B との間隔を a 尺とすれば此の線上 A と B との間に於て A を距ること幾尺の處に置きたる物が兩方より相等しき強さの光を受くるか.
- 全身を映す姿見の大きさ如何.
- 窓硝子は夜間のみ室内の物體を映せしむ. 何故か.
- 對岸に直立せる樹木の池水に映するを見るに, 若し水際より 3 間離れて立つときは其の水際に樹木の頂を見るべしと云ふ. 水際より眼の高さ 6 尺にして人と木との距離 15 間なるときは木の高さ水際より幾尺あるか.
- 太陽の光線を鏡に當て鏡を A 度廻せば反射光線は幾度廻るか.



(第 354 圖)

12. 前頁第 354 圖の如く壕 B の水中に燭火 S の像 S' があ
るやうにせんには硝子板 M の位置を如何にすべきか。
E は眼なり。
13. 互に直角に向ふ二枚の平面鏡前にある物體の像三個
の位置を求め、且眼に入る光の通路を畫け。
14. 半徑 40 厘なる凹面鏡の鏡軸上にて鏡心より夫々 25 厘
及び 15 厘の處に物體を置かば、像の位置各如何。
15. 前問に於て物體の長さ 5 厘にして、其の向きが鏡軸に
直角ならば像の大きさ各如何。
16. 凹面鏡より其の直徑だけ距てて凸レンズを立て兩軸
を一致せしめ軸に平行なる光線をレンズに投射せしめ
たりとす。凹面鏡にて反射後の光線の方向如何。
17. 甲乙二種の透明なる物質相接するあり。今 60 度の投
射角をなして光線が此の境界面に投射したるに、反射光
線と屈折光線とは 90 度の角をなせり。乙物質の甲物質
に對する屈折率を求む。
18. 光が空氣より水に入るときの屈折率は 3 分の 4 にし
て、空氣より硝子に入るときの屈折率は 2 分の 3 ならば
水より硝子に入る時の屈折率は 8 分の 9 なることを證
せよ。
19. 手洗鉢の水に浸せる杓の柄が水際にて曲りて見ゆる
理由を説明せよ。
20. 炭火の上を透して物體を見るとき物體の動搖して見
え、且日當りよき塀又は瓦の上に陽炎を生ずる理由如何。
21. 45 度の臨界角を有する物質の屈折率を求む。
22. 水中より見たる天空の廣さは臨界角の 2 倍なること

- を示せ。
23. 頂角 30 度のプリズムの一面に光を直角に當つるとき
プリズムを通過して出づる光が 30 度のふれをなせり。
此のプリズムを作る硝子の屈折率を求む。
24. 焦點距離 f, f' なる二個の凸レンズの軸を一致せしめ
距離を d だけ距てて置く時、其の焦點と f' レンズとの距
離 F は $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f-d} = \frac{1}{f'}$ なることを示せ。若し兩レンズを
接すれば如何。
25. 焦點距離 25 厘の凹レンズの前方 1 米の處に 5 厘の物
體を置く時は、像の位置及び大きさ如何。
26. 焦點距離 0.8 米の凹レンズと曲率半徑 0.8 米なる凹面
鏡と互に 1.52 米距て且主軸を一致して置く時、凹レンズ
の前方 1.20 米の處にある物體より發する光がレンズに
て屈折し、更に鏡に反射して作る像の位置を求む。又此
の像の大きさと物體の大きとの比幾何。
27. 焦點距離 30 厘の凹面鏡の前方軸上 50 厘の處に焦點距
離 20 厘の凸レンズを置き、更にそれより 5 厘離れて平面
鏡を置き、光點を凹面鏡の焦點に置かば、光點の實像の位
置如何。
28. 眞寫機のレンズを去りシボリを充分に小さき孔にす
れば景色を寫すことを得。之と寫眞機とを比較してレ
ンズの效用を説明せよ。
29. 對物レンズの焦點距離 10 厘の望遠鏡あり。對物レン
ズの前方 1.1 米の物體を明瞭に見得るが如く對眼レンズ
を調整し、次に又他の物體を同様明瞭に望むため對眼レ
ンズを對物レンズの方へ 5 厘近づけたり。對物レンズ

より此の物體までの距離何程なるか。但し對眼レンズを通して見る物體の像は常に對眼レンズより同じ距離にあるものとす。

30. 明視距離40種の遠眼の人あり。25種の距離にある物體を明瞭に見んとす。幾度の眼鏡を用ふべきか。但し1時は2.54種なり。
31. 露滋き草原に立つ時、色を示すは少數の露滴に過ぎず。何故か。
32. 水銀電燈にて見るとき赤き布は黒く見ゆ。如何なる光の缺乏するためなるか。
33. 黒塗の器に赤インキを入れるれば如何に見ゆるか。之に白紙を洗むれば如何。
34. 光波と音波とを比較せよ。

第六章 磁氣及び電氣の問題

1. 一の蹄鐵磁石の傍に磁針あり。其の磁石の兩極に跨りて鐵片を附せしときと附せざるときとに於て、其の磁石が磁針に及ぼす影響如何。
2. 磁石の保存法如何。
3. 磁石の兩極の磁力の強さには差異ありや。
4. 鐵の分子が各一個の小磁石なりとして磁氣感應及び磁石の構造を考へよ。
5. 1ワットは毎秒1000000エルグなり。之により1馬力は746ワットに當ることを證せよ。
6. 大なる電池を用ふることの利益を述べよ。
7. 二種の金屬針金の兩端を接して輪道を作り、此の接合

點の一を熱すれば之に電流を生ず。此の所謂熱電流のエネルギーは何より生ぜしか。

8. 一の導線の抵抗は切口の半徑が其の半分にして、長さが其の4倍なる導線の抵抗の何分の一なるか。
9. 直徑0.9吋、長さ20米の銅線の電氣抵抗を求む。
10. 直徑0.05吋、長さ1000呎の銅線の抵抗は零度に於て4オームあり。然らば直徑0.2吋、長さ5000呎の銅線の50度に於ける抵抗幾何。但し抵抗は溫度1度につき零度の時の0.004倍づつ増加す。
11. 電流を抵抗17オーム、23オーム、33オームの三導線に分岐し、其の兩端の電位差を100ボルトとせば、各導線の電流及び全電流各何程。
12. 列に連ねたる抵抗2オーム、3オーム、5オームの導線の全電流が6.5アンペヤならば各導線の電流は如何。
13. 電動力1.5ボルトの電池を以て電鈴を鳴らすに、導線の抵抗0.5オーム、電鈴の抵抗2オーム、電池の抵抗1オームなりとせば、何程の電流を通すべきか。
14. 動電力1.0ボルト、抵抗1.5オームの電池にて0.01アンペヤの電流を得るためには、何程の抵抗ある導線を用ふべきか。
15. 動電力1ボルトの電池を抵抗1オームの電線にて連絡すれば0.6アンペヤの電流通ず。若し2オームの電線を用ふれば電流の強さ如何。
16. 抵抗5オームの電流計を抵抗50オームの導線にて電池に連ねしに電流計の指針は0.3アンペヤを指せり。今更に抵抗1オームの導線にて此の電流計の兩極を連ぬ

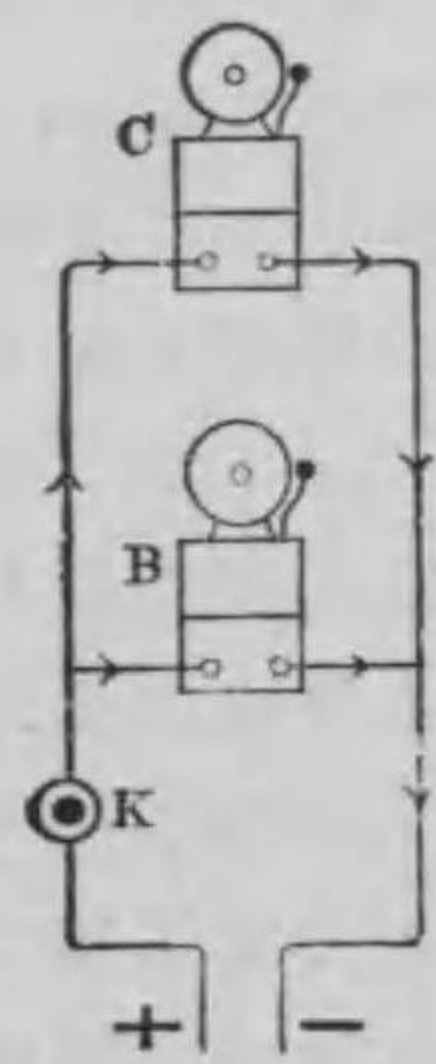
るときは電流計の指針は幾アンペヤを指すか。

17. 100ボルト, 0.5アンペヤの電流にて完全に發光する電燈を 150ボルトの二點間に入れて完全に發光せしむるには幾オームの抵抗を加ふべきか。

18. 動電力 E , 内抵抗 r なる電池 m 個を行に連ねたるものを n 列に連ね, 抵抗 R なる導線にて連ぬるときは電流の強さ C は $C = \frac{E}{\frac{R}{m} + r}$ なり。動電力 2ボルト, 内抵抗 0.6オーム, 行數 3, 列數 2, 導線の抵抗 0.4オームなるときは電流の強さ如何。

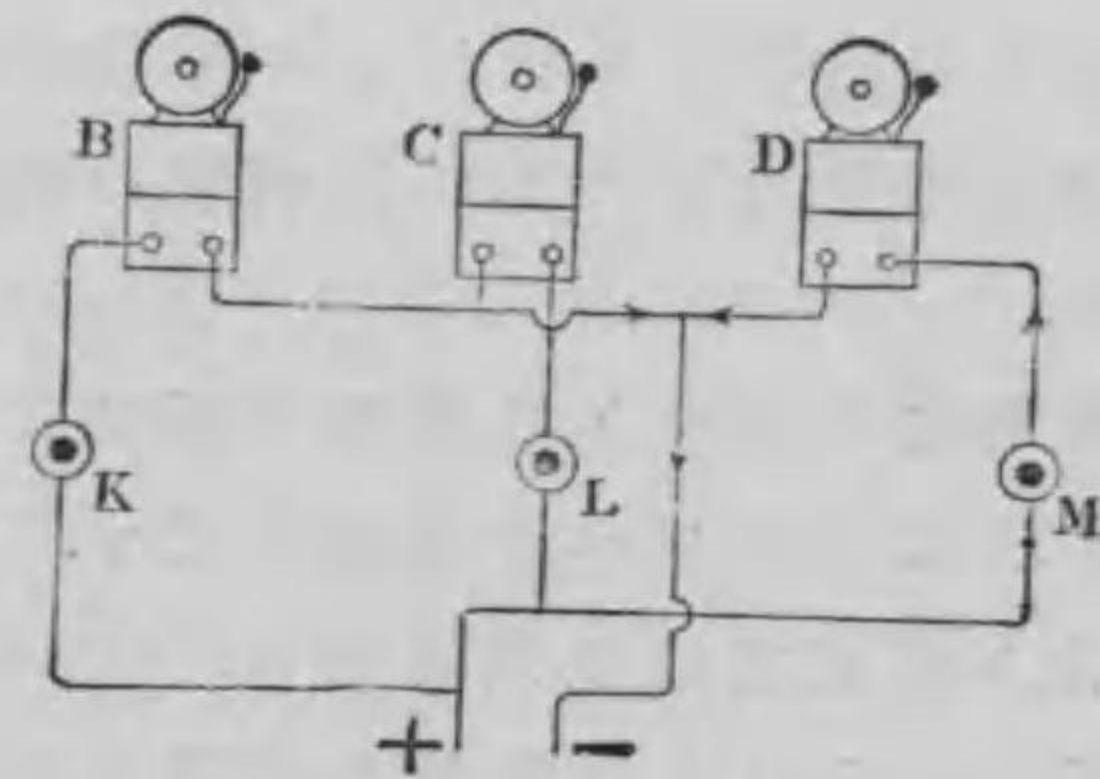
19. 所謂漏電とは如何なることか。又その起る理由如何。

20. 第 355 圖に於ては一つの押ボタン K にて 2 個の電鈴 B, C を同時に鳴らす方法を示し, 又第 356 圖に於ては 3 個の押ボタン K, L, M にてそれぞれ自己の電鈴 B, C, D を



(第 355 圖)

鳴らす連結法を示す。各につき其の作用を説明せよ。



(第 356 圖)

21. 100ボルト, 0.5アンペヤの電流により 1 分間に發する熱量何程なるか。

22. 同じ太さ, 同じ長さの銅線と鐵線とを行に連ねて電流を通すれば, 發熱量の比如何。又列に連ぬれば如何。

23. 抵抗の異なる數個の導線を行に連結して之に電流を通する時, 各導線に發する熱量に如何なる關係あるか。又是等を列に連結して電流を通する時は如何。

24. 1 米につき抵抗 1.5 オームなる白金線の A 線 4 米と, B 線 1 米とを列に繋ぎ, 其の兩端を動電力 20 ボルト, 内抵抗 2 オームの蓄電池の兩極に連絡すれば, 兩線の温度の昇る比如何。

25. 抵抗相等しき二個の電燈 A, B が常に一定の電壓に保たれたる導線の二點間に行に繋がる。今其の電燈 A の兩端に之と列に抵抗線を連絡すれば, 電燈 A, B の光度の變化は如何。

26. 50 瓦の水に浸せる 16.8 オームの抵抗に 1 分 30 秒間電流を生ぜしに水の温度は 5 度上れり。電流の強さ如何。

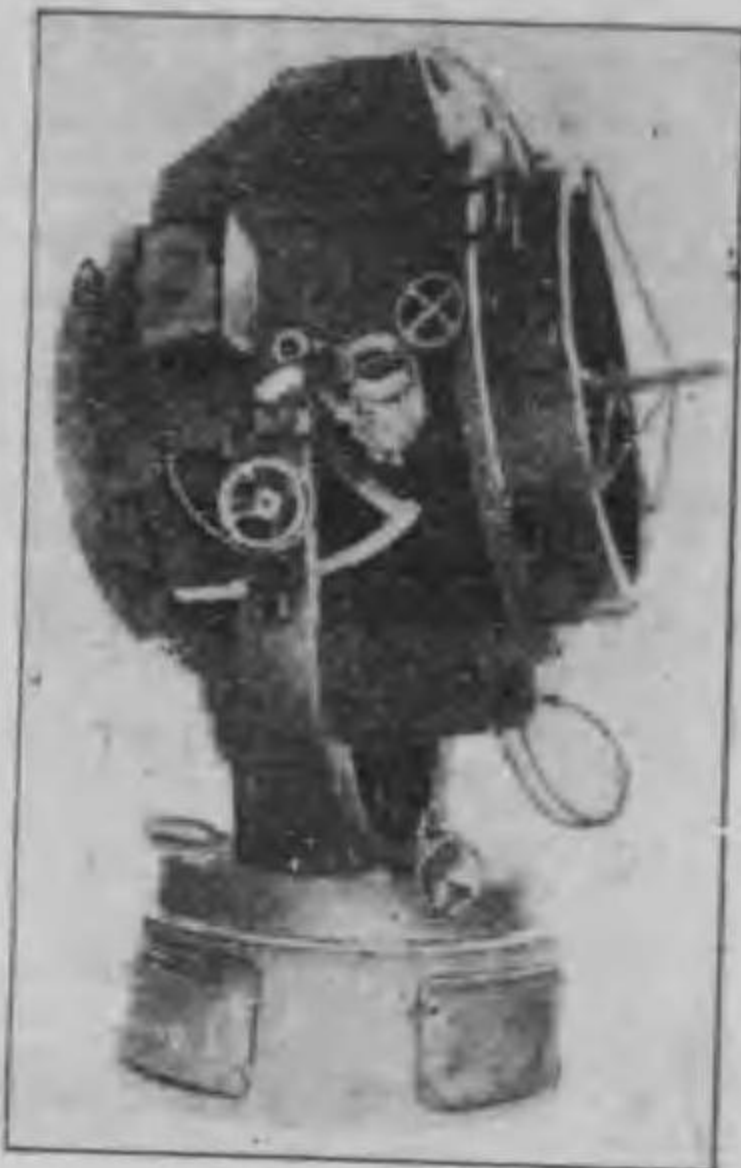
27. 鐵とニッケルとクロムを適當に混じたる合金即ちニクロムは銅に 66 倍する抵抗を有す。此の切口 0.5 平方耗, 長さ 20 米のものに 10 アンペヤの電流が 30 秒間通するときに發する熱量は如何。

28. 交流の通する白熱電燈の光にて照らせる針を振り動かせば針が何本も並びてあるやうに見ゆ。其の理如何。

29. 電壓 100 ボルトにて 1 燭光につき 0.03 アンペヤの電流を要する 16 燭光の電燈 2 個及び 10 燭光の電燈 3 個を毎夜 5 時間づつ使用するときは 30 日間の點燈料幾何な

- るか。但し1キロワット時の料金は18錢なりとす。
30. 工率16馬力の動力を用ひて効率 0.8 なる發電機を運轉せしむれば, 100 ボルト, 20 オームの電燈何個を點火し得るか。
31. 100 ボルトの二點間に抵抗 1 オームの導線を入れ, 其處に生ずる熱によりて 1 立方メートルの水の溫度を攝氏 30 度だけ高むるに幾時間を要するか。又其の料金1キロワット時につき 8 錢なれば, 之を要する費用幾何。
32. 長さ 2 米, 直徑 1 耗なる導線を一定量の水の中に浸し 10 アンペヤの電流を或時間通じたるに水の溫度は 10 度上昇せり。今同一の物質より成る長さ 5 米, 直徑 0.5 耗の導線を以てし, 3 アンペヤの電流を同一時間通ずるときは水の溫度は何度上昇するか。
33. 硝酸銀の溶液を電解し 30 分間に 0.5 瓦の銀を得たり。此の際通過せし電氣量及び電流の強さ如何。
34. 水を 15 分間電解せしに溫度 15 度, 壓力 750 耗のとき 500 立方厘の氣體を發生せり。電流の強さを求む。
35. 50 燭光の白熱電燈 34 個を列に繋ぎ之を點火するに行に連ねたる 57 個の蓄電池を以てす。電燈の全抵抗は 6 オーム, 各蓄電池の内抵抗は 0.05 オームにして, 電池を通ずる電流の強さは 18.7 アンペヤなり。各蓄電池の動電力, 各電燈の抵抗, 各電燈の電流の強さ, 1 燭光に要する電力を求む。
36. 第 357 圖 スペリー式高光度探照燈は反射鏡の直徑 110 厘, 弧燈の電壓 75 ボルト, 電流の強さ 150 アンペヤにして, 光度は或一定の方向に於て 6 億燭光以上に達し世界無

- 比と稱せらる。弧燈の公稱燭光はそれに通ずるワット数の 4 倍を以て表はさるるとせば, 此の弧燈の公稱燭光は何程か。
37. 電壓 100 ボルトの發電機を抵抗各 1.5 オームの二導線を以て電動機に連絡して之を運轉す。而して其の電路に入れたるアンペヤ計は 3 アンペヤを示せり。電動機の兩極に於ける電壓, 發電機が電路に供給する全工率, 電動機が消費する工率, 導線に於て熱となりて消費する工率各如何。
38. 二本の導線を並べ之に同方向の電流を通じたる時導線の受くるの引力又は斥力は如何。若し又電流の方向が相反すれば如何。
39. 導線に電流の通ぜるや否やを知る方法, 及び電流の強さを知る方法を列舉せよ。
40. 電流のエネルギーが他種のエネルギーに變ずる例を舉げ, 其の數量的關係を述べよ。



(第 357 圖)

問題の答

第三学年の部

第一篇 物 性

- 第一章 (3) 1立方糎につき0.5瓦 (4) 46.51立方糎
 第二章 (2) 14糎
 第四章 (1) 1:20 (2) 2700 疋 (3) 0.625, 8.5
 (5) 25瓦 (6) 180瓦 (7) 7.8 (8) 1.025
 第五章 (3) 33尺, 10米 (6) 38立方糎 (7) 30米
 (8) 水10米, 水銀76糎

第二篇 熱

- 第一章 (1) 零下40度
 第二章 (2) 53.73糎 (4) 59.94立方糎 (5) 89.64立方糎
 第三章 (1) 9.9瓦 (2) 594カロリー (3) 20:9
 (4) 0.093
 第四章 (2) 80カロリー (3) 536カロリー (4) 百
 度の水119瓦, 百度の水蒸気15瓦
 第五章 (2) 29%

第四学年の部

第一篇 音

- 第一章 (2) 1038米 (3) 85米
 第二章 (1) 2回

第二篇 光

- 第一章 (2) 8燭光の光源より4尺
 第二章 (3) 1尺, 後方6寸 (6) 10糎
 第三章 (1) 1.13
 第四章 (1) 100糎, 鏡後60糎 (2) 18.7糎
 (3) 0.5米 (4) 實像240糎 (5) 虚像14糎
 第五章 (1) 遠視20度, 近視15糎

第五学年の部

第一篇 力 運動

- 第一章 (2) 50瓦 (3) 2.5疋 (4) 5.9疋
 第三章 (1) 5疋 (2) 12貫の端より1尺
 (4) 500瓦以上 (5) 4と25 (6) 二百分の一
 第四章 (1) 2.5疋 (2) 25疋, $25\sqrt{3}$ 疋
 第五章 (1) 2.5貫 (3) $\frac{1}{\sqrt{3}}$, $\tan\theta$
 第六章 (1) 364秒糎 (3) 2秒糎
 第七章 (2) 16000ダイソ (4) 4瓦
 第八章 (2) 979.8ダイソ (3) 980秒々糎, 392秒々糎
 (5) ~~107.6~~ 117.6秒米, 705.6米 (6) 5秒, 49秒米
 (7) 八千萬疋 (8) 8秒 (9) 1921.6秒米,
 102秒, 51秒, 1275米 (10) 27.3秒, 79.8秒
 (11) 10.1秒, 1010米 (12) 14139米, 16327米
 第九章 (3) 1800ダイソ
 第十章 (1) 100瓦糎, 98000エルグ (3) 95馬力
 (4) 6336立方呎 (5) 23.5馬力 (6) 0.35度

(7) 49×10^7 エルグ, 0.117 度 (8) 10^4 エルグ(9) 3.2×10^7 ダイソ

第十二章 (2) 1.6 秒 (3) 980 秒々種 (4) 1.7 米

(5) 680 回

第十三章 (1) 312 回 (3) 17 種

第二篇 光及び電氣

第一章 (1) 41×10^4 軒 (3) 1.4 (4) 1.86第三章 (1) n^2 倍 (2) 36 倍 (3) 0.5 アンペヤ (4) $\frac{r}{n}$

(5) 11 倍 (6) 0.5 アンペヤ, 0.1 アンペヤ

第四章 (1) $\sqrt{1.5}$ アンペヤ (2) 5 キロワツト時

第五章 (1) 17 度 (4) 160 オーム, 1.25 ワツト, 62.5 アンペヤ

第六章 (2) 0.5 アンペヤ (3) 88.5 瓦

練習問題の答

第一章 力及び物性の問題答

- (2) 15 立方種 (3) 30.6 立方種, 24.5 瓦
 (4) 4 圓 41 錢 6 厘 (5) 1.06 (6) 4 寸
 (15) 40 疋 (16) 1007.3 疋, 1000 氣壓
 (17) 12 種 (22) 94129 立方尺 (23) 34 立方種
 (24) 57 立方種 (25) 1080 瓦 (26) 42.2 瓦
 (27) 200 瓦, 32 瓦 (28) 0.4 (29) 2
 (30) 毎立方種 8 瓦 (31) 銅 26.7 瓦, 亞鉛 14.0 瓦
 (32) 0.75 (33) 0.804 (39) 2.5 貫
 (40) 27.8 吋, 132.5 種 (42) 38 種 (43) 75 種 (44) 25 種

(45) 72 種, 42 種 (46) 75 種 (47) 筒口より 83.3 種

(48) 258.763 米 (50) 126 種, 252 種 (53) 0.76 氣壓

第二章 熱の問題答

(3) 16.7 度 (4) 0.55 (5) 0.09 (6) 860 度

(10) 2.16 秒 (11) 0.0000085 (12) 30.0138 米

(14) 7.76 (15) 0.39 立方種 (16) 273 度

(17) 109.3 耗 (18) 0.57 耗 (20) 80 カロリー

(24) 6 カロリー (25) 39.5 度 (26) 19.4 度の水 (27) $\frac{80}{540}$ カロリー

(29) 0.024 立方種 (30) 33.6 斤 (32) 14.6 %

第三章 力及び運動の問題答

(3) 2 の重さの端より 3.6 尺 (4) 前は、後より少きこと 1 貫

(5) 37.5 匁 (6) 48 貫 (7) 0.72 尺 (10) $50\sqrt{3}$ 瓦

(11) 1.5 米 (12) 4 疋 (15) 5.8 疋, 11.6 瓦 (16) 120.7 瓦

(17) 1000 貫 (20) 中心より 1 寸 (21) 中心より 1 寸

(23) 5 枚 (28) 1 秒米, 2 秒米 (29) 10 分の 1

(31) 10 秒々米 (32) 5 秒々種

(33) (イ) 1470000 ダイソ, (ロ) 1.06 疋, (ハ) 7350 秒々種

(34) 2946.3 封度 (35) 245 秒々種, 490 秒々種

(37) 5 秒米 (38) 1:186 (39) 22 呎 (40) 981 秒々種

(41) 22.05 米 (42) 15 秒米 (43) 79.6 米, 2.1 秒

(46) $\frac{19.6}{21.6}$ 秒米, (47) 146.4 米 (48) 5 秒, 372.5 米

(49) 2.24 秒, 12.04 秒 (50) 3.95 秒 (51) 989.5 瓦

(52) 380.4 米, 692 米, 2552 米

(53) 30 毎分毎時哩, $\frac{11}{15}$ 秒々呎, $\frac{9}{16}$ 哩 (54) 1400 秒(55) 25 と 16 (56) 2.5×10^7 エルグ (60) 450 秒米

- (61) 1.72 疋 カロリー (62) 884 (63) 0.47 カロリー
 (64) 25.2 馬力 (65) 31.3 瓦米, 12500 瓦米, 29.1 カロリー, 13 度

第四章 音の問題答

- (2) 毎秒 3 米 (4) 19.7 秒 (5) 468 回毎秒
 (8) 325 回毎秒 (9) 1.5 尺

第五章 光の問題答

- (6) 1.5 燭光 (7) $\frac{a(m-\sqrt{mn})}{m-n}$ (8) 身長の半分
 (10) 4 間 (11) 2A (14) 鏡前 1 米 鏡後 60 糎
 (15) 各 20 糎 (17) 1.73 (21) $\sqrt{2}$
 (22) 1.73 (25) 20 糎, 1 糎 (26) 0.5 米, 10 分の 1
 (27) 凹面鏡の前方 30 糎 (29) 2.1 米 (30) 26 度

第六章 磁氣及び電氣の問題答

- (8) 16 分の 1 (9) 約 0.5 オーム (10) 1.5 オーム
 (11) 5.4, 4.3, 3.0, 13.2 アンペヤ (12) 3.0, 2.0, 1.5 アンペヤ
 (13) 0.43 アンペヤ (14) 103.5 オーム (15) 0.375 アンペヤ
 (16) 0.27 アンペヤ (17) 100 オーム (18) 4.6 アンペヤ
 (21) 360 カロリー (22) 銅 $\frac{1}{6}$ 倍, 6 倍 (24) 1:16
 (26) $\frac{5}{6}$ アンペヤ (27) 30720 カロリー (29) 5 圓 2 錢
 (30) 117 個 (31) 3.5 時, 2 圓 80 錢 (32) 9 度
 (33) 447.2 クーロン, 0.24 アンペヤ (34) 3 アンペヤ
 (35) 2.062 ボルト, 204 オーム, 0.55 アンペヤ, 1.23 ワット
 (36) 45000 燭光 (37) 91 ボルト, 300 ワット, 273 ワット, 27 ワット

中學校教科用新制物理學

大正十四年九月廿一日印刷
 大正十四年九月廿四日發行

(定價)

金壹圓壹錢

著作者

高田徳佐

東京市京橋區銀座一丁目廿二番地

發行者 大日本圖書株式會社

代表者 専務取締役 杉山常次郎

東京市牛込區市谷加賀町一丁目十二番地

印刷者 高橋郡二郎

發行所

東京市京橋區銀座一丁目廿二番地

大日本圖書株式會社

振替口座東京二一九番

ナニヲカスバカヤロ
 ナニヲカスバカヤロ
 ナニヲカスバカヤロ
 ナニヲカスバカヤロ
 ナニヲカスバカヤロ

46
277

終