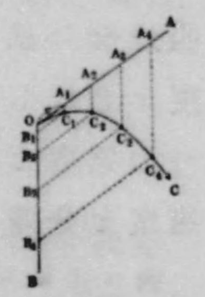
の分速度は,夫々 $v\sin\alpha$ 及び $v\cos\alpha$ である。

問 1. 靜水で $4\frac{m}{秒}$ の速さで漕ぎ得る舟人は,流れの速さ $3\frac{m}{秒}$ の河を流れに垂直に進まうと思へば,如何なる方向に舟を漕げばよいか。作圖によつて求めよ。

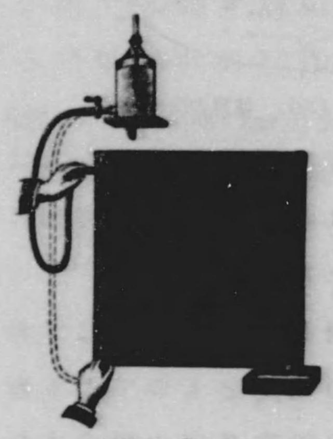
問 2. 前問に於て河幅を180mとすれば,これを渡るに要する時間は何程か。

問 3. 鉛直に降つてゐる雨は進行してゐる汽車の窓から見ると,どんな方向に落下してゐるやうに見えるか。

120 拋射體 一點Oから OA の方向に初速度 v を以て投げられた物體は,若し重力の作用がなかつたならば, OA の方向に等速直線運動をつゞけて, 1秒, 2秒, 3秒の後には夫々 A_1, A_2, A_3 の位置に達する筈であるが,實際には絶えず下方に g の加速度を以て落下するから, 1秒, 2秒, 3秒の後には, OA 線から $\frac{1}{2}g$, $\frac{1}{2}g\times2^2$, $\frac{1}{2}g\times3^2$ だけ下方の C_1, C_2, C_3 の位置に來る。かくして物體は拋物線と稱



(203) 拋射體の運動

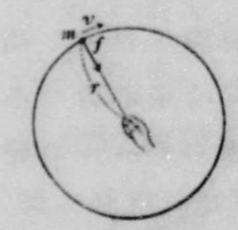

(204) 噴水

せられる曲線に沿うて進行する。噴水の徑路は拋物線である。

問 1. 水平面より上方に45°の角をなす方向に初速度 $24.5\frac{m}{秒}$ を以て投上げられた物體が進む拋物線を畫け。

問 2. 490mの高さに於て水平の方向に $65\frac{m}{秒}$ の速度を以て飛行してゐる爆擊機から靜に爆彈を投下する時,爆彈は何れの地點に落下すべきか。

121 圓運動 絲の一端に石をつけ,他端を手に持つて振り廻すと,石は圓運動をする。この場合に石は絲によつて圓の中心に引かれてゐる。このやうに,物體が圓運動をする時は,物體には必ず中心に向く力が働いてゐる。この力を**求心力**といふ。


(205) 圓運動

質量 m gr の物體が半徑 r cm の圓周上を $v\frac{cm}{秒}$ の速度を以て廻轉する時の求心力の大きさを f ダインとすれば,

$$f=\frac{mv^2}{r} \qquad (37)$$

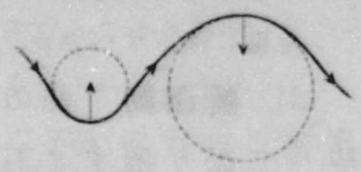
である。物體が圓周上を1廻轉するに要する時間を圓運動の週期といふ。これを T 秒とすれば,

$$f=\frac{4\pi^2 m r}{T^2} \qquad (37')$$

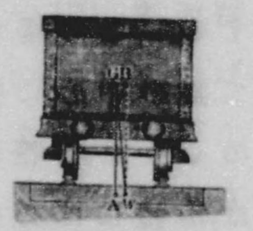
である。(各自で導き出せ　但, π= 圓周率)

問 1. 地球は1日を週期として自轉をしてゐる。赤道上にある1grの物體に働く求心力は幾ダインか。

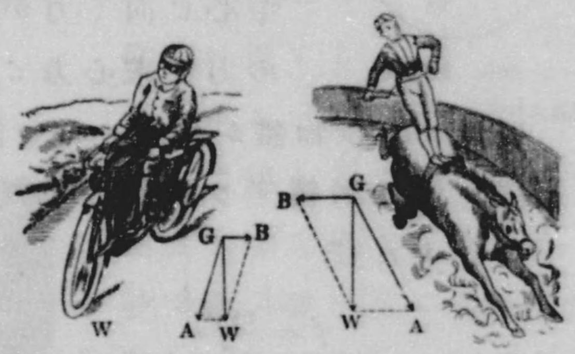
普通の曲線は,その各部に於て,これによく適合する圓を畫くことが出來る。故に曲線運動をしてゐる物體は,或る狹い範圍では圓運動をしてゐると見做される。隨つてこの圓の中心に向く求心力が必要である。汽車や電車のレールの彎曲部は外側が高くしてあり,曲線走路を走る人・馬・自轉車等が體を內側に曲げるのは,重心に働く重力 W の斜の方向の分力GAを地面の抗力で釣合せ,水平分力GBを求心力にあてるためである。



(206)

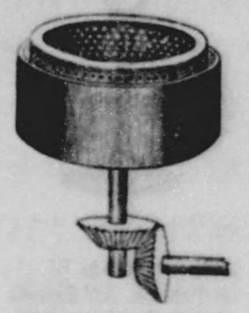


(207) 軌道のカーブを行く車に働く力



(208)

問 2. 半徑25mの曲線走路を60kgrの人が8$\frac{m}{秒}$の速さで走る時の求心力の大きさを重力單位で表せ。



(209) 廻轉乾燥機

第205圖のやうに,圓運動をしてゐる石の絲を急に放して求心力をなくすると,石は慣性により,その時の運動方向卽ち切線の方向に飛ぶ。傘を急に廻すと,それについてゐた雨滴が飛び去るのも同じ理である。**廻轉乾燥機**はこの理を應用したものである。

122 廻轉運動　一つの軸の周りに廻轉してゐる物體の各部は皆同一週期の圓運動をしてゐる。その週期を T とすれば,軸から r の距離にある部分の速度は $\frac{2\pi r}{T}$ であるから,その部分の質量を m とすれば,その運動量は $\frac{2\pi m r}{T}$ である。故に固定軸の周りに廻轉してゐる物體の運動量は,多くの質量をなるべく軸から遠ざける程,又速に廻轉する程大である。**ハズミ車**は軸から遠い部分を大きくしてあるから,これを急速度で

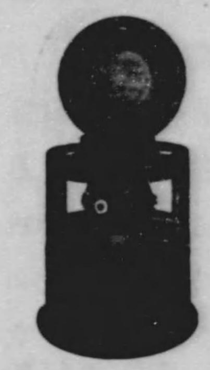
(210) ハズミ車

廻轉する時の運動量は非常に大きい。故に僅の力を加へたのでは廻轉速度を變へにくいから,廻轉速度を一定に保つ目的で種々の機械に用ひられてゐる。

(211) ジャイロスコープ

動輪Aの廻轉軸BCは水平軸EF及び鉛直軸Jの周りに自由に廻轉することが出來る。從つてBCは任意の方向に向くことが出來る。動輪の重心はEFとJの軸の交點にある。

靜止してゐる獨樂(こま)は自ら軸を鉛直に保つことは出來ないが,速に廻轉してゐる獨樂は軸を鉛直に保つことが出來る。又**ジャイロスコープ**といふ一種の獨樂は,その動輪を速に廻轉すると,臺を如何に動かしても,その廻轉軸の方向を一定に保つ。このやうに,廻轉してゐる物體は廻轉軸の方向を一定に保たうとする性質を有つてゐる。


(212) ジャイロコンパス

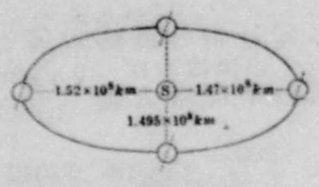
疾走してゐる自轉車が倒れにくいのも,天空を運行してゐる地球の地軸が常に一定方向を向いてゐるのも,この理に基く。

ジャイロスコープは船舶の安全裝置,魚形水雷の進路を定める自働操舵機,飛行機の自働操縱機等に應用せられてゐる。又船舶に備へ付けてあるジャ

イロコンパスはジャイロスコープを應用した羅針盤である。普通の羅針盤は鐵材等の影響を受けるが,**ジャイロコンパス**にはその憂はない。

問 銃身・砲心の内部に螺旋狀の溝が設けてあるのは何故か。

123 萬有引力 地球その他の遊星は太陽を焦點とする橢圓軌道を畫いて運行し,月は地球を焦點とする橢圓軌道を畫いて運行してゐることは,コペルニクス(Coppernicus),ケプレル(Kepler)等の研究で明かになつた。ニュートンはこれ等の事實に基いて



(213) 地球の公轉軌道

凡て宇宙間に存在する二物體間には,常に兩物體の質量の相乘積に比例し,距離の自乘に反比例する引力が働いてゐる

ことを導き出した。これを**萬有引力の法則**といふ。

今二物體の質量を夫々 m_1, m_2 gr とし,その距離を r cm とすれば,その間に働く萬有引力の大きさ f ダインは次の式で與へられる。

$$f = \frac{1}{15\times10^{6}}\,\frac{mm'}{r^2} \qquad (38)$$

地球上に存在する二物體間の引力は地球の重力に比べて大變小さいから,非常に精密な裝置を用ひて初めて測定することが出來る。

地球の質量　地球上の1grの物體に働く重力は,その物體と地球との萬有引力であるから,(38)式を用ひて地球の質量Mの概略の値を計算することが出來る。即ち,地球の半徑は大體 $\frac{4\times10^9}{2\times3.14}\fallingdotseq6.37\times10^8$(cm) であるから,

$$980=\frac{1}{15\times10^6}\ \frac{1\times M}{(6.37\times10^8)^2}\qquad\therefore\ M\fallingdotseq6\times10^{27}(\mathrm{gr})$$

である。

問　地球の質量がわかれば,(38)及び(37')式を用ひて,太陽の質量の概略の値を求めることは出來ないか。(第213圖參照)

第15表　本邦各地の $g\left(\frac{\mathrm{cm}}{\text{秒}^2}\right)$

占守島	981.13	京都	979.72
根室	980.69	廣島	979.68
函館	980.41	熊本	979.57
仙臺	980.11	沖繩	979.06
東京	979.80	臺北	978.96
名古屋	979.76		

地球は正確な球ではなくて,赤道部が僅に膨れてゐる**楕圓體**である。故に地表にある物體に働く地球の引力は,赤道で最小で,極で最大である。又自轉による求心力は赤道で最大で,極では零である。吾々が重さとして感ずる物體の**重力**は,この引力から求心力を減じたものである。故に,同一物體に働く重力は赤道で最も小さく,緯度が高くなるに隨つて大きくなり,兩極で最大である。

第二十章　運動に對する抵抗

124 摩擦　實驗　机の上にある物體にゼンマイ秤を取附け,次第に強く引いて見よ。そして滑り始める時のゼンマイ秤の伸びを見よ。次に物體の上に錘をのせて,同樣なことを繰返せ。

(215) 摩擦

一物體を他の物體の表面に沿うて滑らさうとすると,兩物體の接觸面に於て,物體の運動を妨げる一種の力が現はれる。この力を**摩擦力**といふ。

摩擦力は物體を滑り動かさうとする外力と共に生じ,共に大きくなり,常に釣合を保ち乍ら一定の極限に達す。この極限の摩擦力を**最大摩擦力**といふ。外力がこれを超へると物體は動き始める。實驗の結果によると,

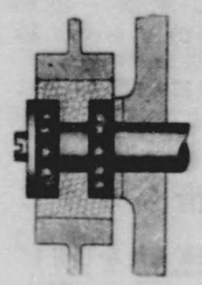
二物體間の最大摩擦力は,接觸面に働く全壓力に比例し,接觸面の廣さには關係しない。

これを**摩擦の法則**といふ。

水平面上で滑つてゐる物體が暫くすると靜止するのも摩擦力によるのである。この摩擦力を

運動摩擦力といひ,これに對して前に述べたものを**靜止摩擦力**といふ。運動摩擦力も前記の法則に從ふが,靜止の最大摩擦力より幾分小さい。

球や圓柱を水平面上で轉がす時にも,多少の抵抗がある。これを**廻轉摩擦**といひ,これに對して,上に述べたものを**滑り摩擦**といふ。廻轉摩擦は滑り摩擦に比べて著しく小さい。自轉車や諸種の機械の廻轉軸と軸受けとの間に鋼の小球を入れ,又重い物を運搬するに**コロ**を用ひるのは滑り摩擦を廻轉摩擦に代へる爲である。


(215) 軸受け

(216) コロ

摩擦力は運動を妨げるものであるから,機械の運轉等には邪魔なものである。故に機械の種々の部分に油や石墨などの**滑劑**を塗つて,これを小さくする。

問　若し摩擦力が全くなかつたら,どんな事が起るであらうか。

125 流體の抵抗　空氣又は水のやうな流體内で運動してゐる物體は,流體から抵抗を受ける。この抵抗力の大きさは流體の密度に比例し,同じやうな形をしてゐる物體では,その運動方向に垂直な斷面積に比例する。又同じ物體では速度が大きくなる程,抵抗も大きくなる。

空氣中を落下する小さい物體は,その體積に比べて斷面積が割合に廣いから,空氣の抵抗も比較的大きく,或る速さに達すると空氣の抵抗と重力とが釣合ひ,その後は一定の速さを以て落下する。

(217) 空氣中と眞空中とに於ける物體の落下

問　小さい雨滴よりも大きい雨滴が速かに落下するのは何故か。

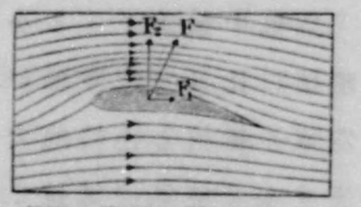
流線形　流體の流れの有樣を示す線を**流線**といふ。物體が丁度流線で圍まれた形(これを**流線形**といふ)をなす時,流體の抵抗が最も小さい。魚・鳥等の體は自然に流線形になつてゐる。飛行機の翼や柱の切口,飛行船

(218) 流線形と非流線形

の氣囊・船舶・魚形水雷の形等は凡て流線形にしてある。

近時,汽車・自動車等の外形もなるべく流線形に近くし,空氣の抵抗を小さくするやうに工夫されてゐる。

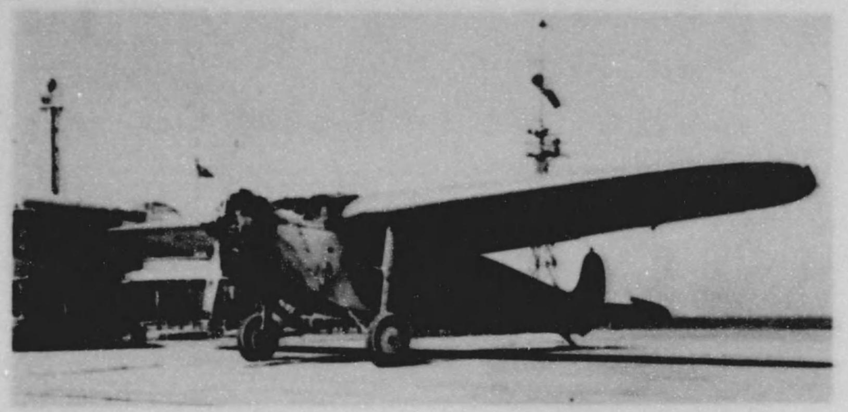
126 航空機　(i)**飛行機**　發動機を運轉して推進機を急速に廻轉すると,飛行機は滑走し始める。その時,風は翼に右圖のやうにあたり,Fの力を及ぼす。これを飛行機の進行方向の分力F_1と,鉛直分力F_2とに分ければ,F_1は飛行機の進行を妨げ,F_2は飛行機を揚げようとする。速度が大きくなると,F_2も大きくなり,遂には重力に打勝つて空中に浮び,飛行し始める。

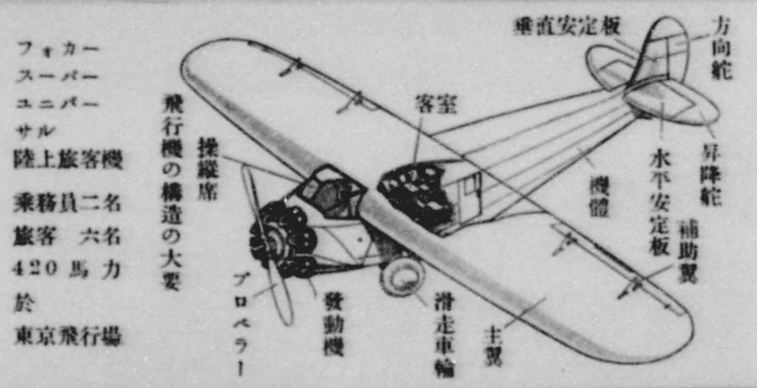


(219)　飛行機の翼の斷面と風の抵抗

舵には機首を上向き又は下向きに向ける**昇降舵**と,右又は左に向ける**方向舵**とがある。又**補助翼**は機體を左右に傾ける働きをする。

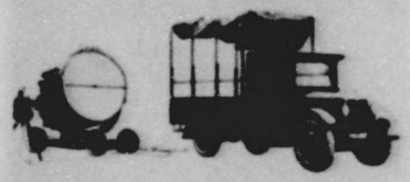
(ii)**飛行船**は大きくて丈夫な氣囊の中に水素又はヘリウムをつめ,その浮力によつて上昇するも



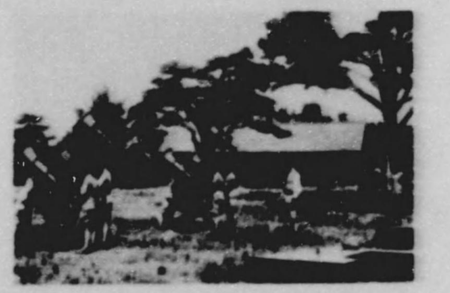


全國中學校生徒が獻納した愛國第23八八式輕爆擊機
(昭和七年五月五日獻納)

傘下落と毒煙



探照燈



聽音機

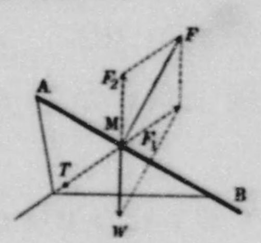
防毒マスク

高射砲

ので,囊の下に船を吊り下げ,その中に搭乘者·貨物及び發動機等を積み込み,推進機を廻轉して前進する。その進行方向を變へるには,氣囊の後にある舵を用ひる。

(iii)氣球は飛行船と同樣に輕い氣體の浮力によつて空中に浮ぶもので,これには發動機,推進機等を備へてゐないから,自分で勝手な方向に飛ぶことは出來ない。降りる時には氣囊中の氣體の一部分を空氣中に放出し,浮力を小さくする。氣球は敵狀偵察·大氣の上層の狀態の研究等に利用せられる。

127 流體が物體に及ぼす力　推進機　靜止してゐる物體に流體が衝突すると,流體は物體に力を及ぼす。帆·風車·水車等はこの力を利用したものである。



(220)　凧に働く力

凧　右圖の AB は凧の紙面を表す。凧には風が及ぼす力 F と絲の張力 T と重力 W とが働く。如何なる場合に凧は昇るか。

風車　風が風車の翼にあたると,これを押すから,風車は軸の周りに廻轉し,揚水ポンプや發電機等を運轉する。

扇風機は逆に電力を用ひて電動機を廻轉し,風を起こ

すものである。このとき,扇風機は空氣の反作用で後に押されるが,重い物で支へられてゐるから動かない。

(221)　風車と扇風機

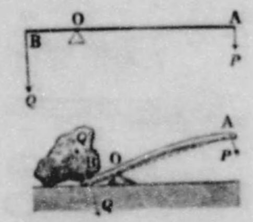
(222)　汽船の推進機

船舶や航空機は,發動機で推進機を急速に廻轉して水や空氣を後方に推し,その反作用によつて前進する。

第六篇　仕事　エネルギー

第二十一章　簡單な器械　仕事

128　梃子　支點の周りに自由に廻轉し得る丈夫な棒を梃子といふ。Oを支點とし,A點に力Pを加へると,物體はB點で棒からQ'の力を受け,棒は物體からQ'の反作用Qを受ける。この時梃子が釣合にあるならば,梃子に働く二力P,Qの支點Oの周りの能率は等しいから,

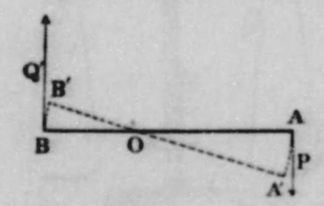


(223)　梃子

$$P\times AO=Q\times BO$$

である。これを**梃子の理**といふ。OBに比べてOAを長くすると,小さい力Pで大きな力Qと釣合すことが出來る。

梃子が廻轉して,AがA′に行く時,BがB′に行くとすれば,幾何學の定理により,



(224)

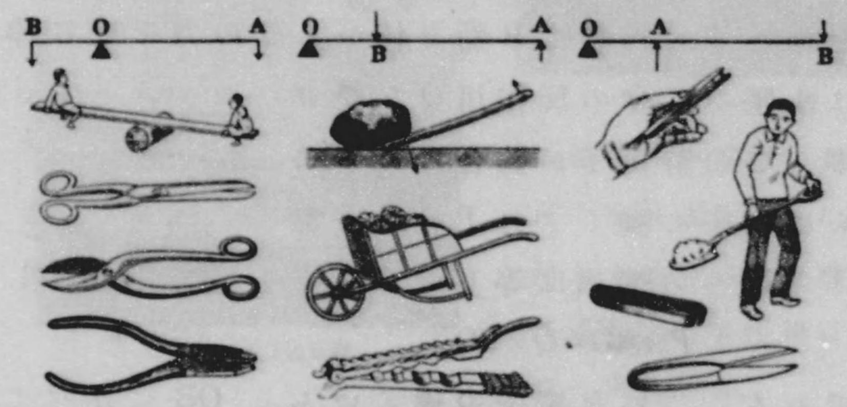
$$\widehat{AA'}:\widehat{BB'}=AO:BO$$

である。これを上式に代入すると,

$$P\times\widehat{AA'}=Q'\times\widehat{BB'} \qquad \therefore\ P:Q'=\widehat{BB'}:\widehat{AA'}$$

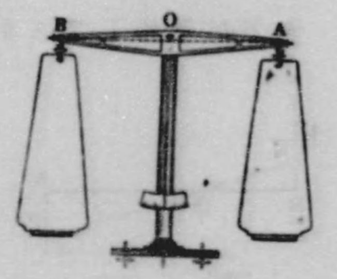
を得る。

梃子の理を應用したものは澤山あるが,支點Oに對し,力を加へる點A,力の働く點Bの位置により,大體次の三種に大別せられる。



(225) 梃子の理を應用した實例

129 秤(はかり) **天秤**は輕くて丈夫な桿(さを)の中點に支點のある一種の梃子で,その兩端に質量の等しい皿をかけてある。一方の皿Bに物體を載せ,他の皿Aに適當量の分銅を載せて桿を水平に保たしめる時は,A及びBに働



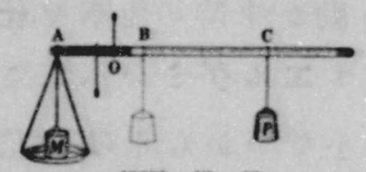
(226) 天秤

く重力は相等しい。隨つて兩者の質量も等しい。然るに兩方の皿の質量は等しいから,皿に載せた分銅と物體との質量も相等しい。

ゼンマイ秤はゼンマイの伸びが外力に比例することを基として作つたものである。同一物體に働く重力が場所によつて僅づゝ違ふから,ゼンマイ秤に物體をかけた時の伸びは場所によつて僅づゝ違ふ。併し,その差は極めて僅であるから實際には無視しても差支ない。

問 天秤は兩方の皿に働く重力の等しいことから,質量の等しいことを知るのであるが,これによつて秤つた質量の數値は場所の如何に拘らず常に一定である。何故か。

桿秤(さをはかり)は下圖に示すやうな構造のもので,皿に何も載せない時,分銅Pを桿の一點Bにかけると,桿が水平に釣合ふやうになつてゐる。皿に質量Mgrの物體を載せ,分銅PをCにかける時再び釣合ふとすれば,



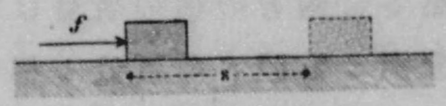
(227) 桿秤

$$M=\frac{P}{AO}\times BC$$

である(何故か)。故にMはBCの長さに比例する。

130 仕事 荷物を揚げたり,車を挽いたりする時のやうに,力が物體に働いて,力の方向に物體を

動かす時,力は物體に仕事をなしたといひ,物體は仕事をなされたといふ。仕事の大きさWは,物體に働く力fと,物體が力の方向に動いた距離sとの積で表す。卽ち



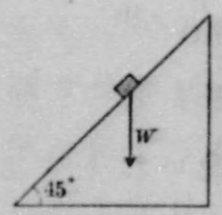
(228) 仕事

$$W=f.s \qquad (39)$$

隨つて,仕事の單位は力の單位と長さの單位とを併記して表す。力を重力單位で測る時の仕事の單位を重力單位といふ。

例へば物體に25 grの力を加へて,これを力の方向に3 mだけ動かした時の仕事は75 gr.mである。

又力を絕對單位で測つた時の仕事,卽ち1ダインの力を働かして,物體を1 cm動かす時の仕事を,**仕事の絕對單位**にとり,これを1**エルグ**といふ。これは餘りに小さいから,その10^7倍の1**ジュール**が普通用ひられる。



(229) 斜面

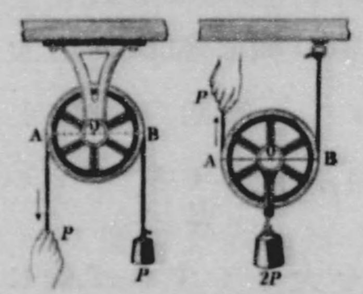
問 1. 1 gr.mの仕事は幾エルグか,又幾ジュールか。

問 2. 水平面と45°の傾をなす斜面に

沿うて,10 kgrの物體が5 mだけ落ちる場合に重力がなす仕事は幾kgr.mか。

注意　第224圖に於て,吾々が梃子になした仕事は$P\times\widehat{AA'}$で,梃子が物體になした仕事は$Q\times\widehat{BB'}$である。故に梃子を用ひれば小さい力で大きな力を起こすことが出來るが,仕事を利することは出來ない。

131 滑車　滑車には**定滑車**と**動滑車**と,兩者を組合せた**複滑車**とがある。定滑車は兩臂の長さが等しい梃子と見なすことが出來るから,力の大きさに就いては得はないが,その方向を變へることが出來る。動滑車では,平行力の理により(滑車の重さを無視すると)物體をその重さの$\frac{1}{2}$の力で支へることが出來る。



(230) 定滑車と動滑車

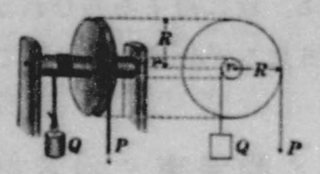
n箇宛の動滑車と定滑車とを組合せた複滑車では(滑車の重さを無視すると)物體をその重さの$\frac{1}{2n}$の力で支へることが出來る。

(231) 複滑車

問　滑車に重さなく,且各部分に摩擦がな

いものとすれば,如何なる滑車を用ひても,これによつて物體を引揚げる時,仕事に就ては損得がないことを證明せよ。

132　輪軸　輪軸は大小二箇の圓壔を共通軸に取附け,各々に反對向に綱を捲附けたもので,大きい圓壔を**輪**,小さい圓壔を**軸**といふ。

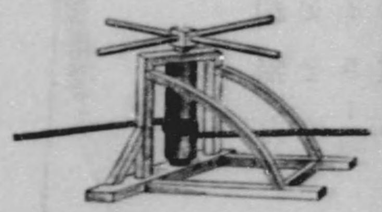


(232) 輪軸

輪軸は共通軸を支點とする一種の梃子と見なすことが出來るから,輪及び軸の半徑を夫々R及びrとし,各の綱に加はる力を夫々P及びQとすれば,

$$P\times R=Q\times r \qquad \therefore\ P=Q\times\frac{r}{R}$$

である。故にrに比べてRを大きくすれば,輪に小さい力を加へて,軸の綱に懸つてゐる重い物體を引揚げることが出來る。



(233) 車地とその應用

車地(しやち)は輪軸の理を應用したもので,重い物體を動かすのに用ひられる。

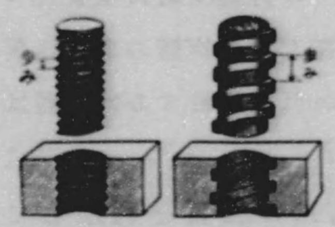
問　輪軸では仕事の損得如何。

133　仕事の原理　梃子・滑車・輪軸等の器械を用ひれば,小さい力で大きな力を起すことが出來るが,

若し器械に摩擦がなく,且その重さを無視すると,器械に與へた仕事は器械がなした仕事に等しい。

この事實は凡ての器械に成立することで,これを**仕事の原理**といふ。

134　ネヂ　ネヂは圓壔上に螺旋狀に凸起を作つた**雄ネヂ**と,圓形の孔の内面に,これに適合する溝を刻んだ**雌ネヂ**とからなる。雄ネヂの凸起を**山**といひ,軸に平行に測つた相隣れる二つの山の距離をネヂの**歩み**(あゆみ)といふ。一廻轉すると雄ネヂは雌ネヂに對して,一歩みだけ進退する。


(234) ネヂ

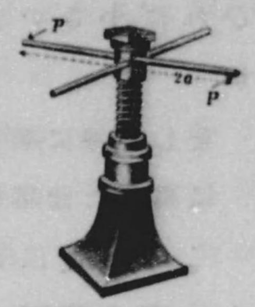
ネヂは種々の場合に利用せられるが,その主なる作用は(i)小さい力で大きな力を起すこと,(ii)

極く短い距離を進退させることゝである。

ジャッキはネヂの理と輪軸の理とを應用したものである。今,ジャッキのネヂの歩みを h,臂の長さを $2a$ とし,その兩端に直角に力 P を加へてこれを一廻轉し,ジャッキの上にある重さ W の物體を押上げたとすれば,仕事の原理により,

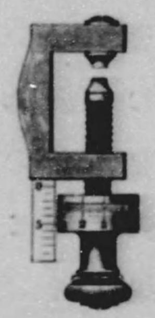
$$W\times h=2P\times 2\pi a \qquad \therefore\ P=W\frac{h}{4\pi a}$$

である。故に h を小さくし,a を大きくすれば,小さい力で重い物體を押上げることが出來る。實際には摩擦があるから上式が示す P よりも幾分大きな力を加へなければならぬ。



(235)　ジャッキ

問　歩み 1 cm, 臂の長さ 1 m のジャッキの臂の兩端に垂直に, 1 kgr 宛の力を加へる時,押上げる物體の重さは幾 kgr か。又臂の端を 10 cm だけ廻轉する時,物體は幾 cm 上昇するか。

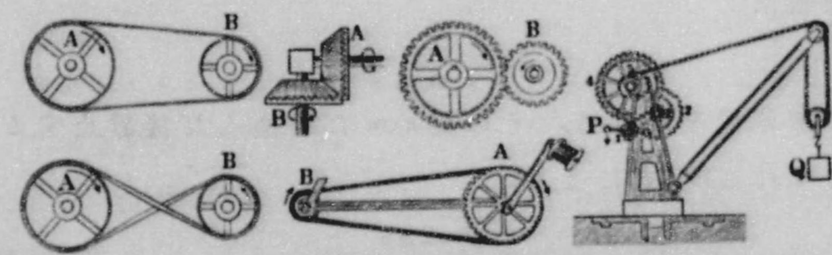

(236)　ネヂ尺

ネヂ尺はネヂの第二の性質を利用したもので,薄い板の厚さや,細い針金の直徑等を測るに用ひられる。

135　調革·鎖及び齒車　一つの廻轉體(例へば滑車)から他の廻轉體に廻轉運動を傳へ

るには,**調革·鎖·齒車**等が用ひられる。互に嚙み合つてゐる二つの齒車の齒の數の比は,兩者の半徑の比に等しく,兩者の廻轉速度はこの比に反比例する。

起重機は滑車·輪軸·齒車·鎖等を組合せて作つたもので,非常に重い物を揚げるに用ひられる。これ等の機械の作用は,仕事の原理を用ひれば容易にわかる。



(237)　調革·鎖·齒車及び起重機

第二十二章 エネルギー

136 運動のエネルギー $v\frac{\text{cm}}{\text{秒}}$の速度を以て運動してゐる質量$m$grの物體は,靜止するまでに,他の物體に對して,$\frac{1}{2}mv^2$エルグの仕事をなす能力を有つてゐる。

證明 今この物體を手で止めるものとし,これにfダインの力を加へるとすれば,運動の第二法則(35)により,物體は

$$a=\frac{f}{m}\left(\frac{\text{cm}}{\text{秒}^2}\right)$$

の加速度を受ける。その爲$s$cmだけ進んだ後靜止するとすれば,(34′)式により,

$$v^2=2as$$

である。故に兩式から次式を得る。

$$fs=\frac{1}{2}mv^2$$

この場合に,手はfダインの力を作用し乍ら後退するから,物體から$\frac{1}{2}mv^2$エルグの仕事をされることゝなる。

一般に,物體が仕事をなす能力を有する時,物體は**エネルギー**を有してゐるといひ,その大きさは爲し得る仕事の量で測る。隨つてエネルギーの

單位は仕事の單位と同一である。故に運動してゐる物體はエネルギーを有つてゐる。これを**運動のエネルギー**といふ。運動のエネルギーは物體の質量とその速度の自乘との積の$\frac{1}{2}$に等しい。

問 1. 10grの彈丸が$60\frac{\text{m}}{\text{秒}}$の速度で銃口から發射される時に有する運動のエネルギーは幾エルグか。

問 2. 靜止してゐる質量mの物體に,$v\frac{\text{cm}}{\text{秒}}$の速度を與へるまでには,外から丁度$\frac{1}{2}mv^2$エルグの仕事を與へねばならぬことを證明せよ。

注意 運動してゐる物體は,初めに與へられた仕事に等しい運動のエネルギーを保持し,靜止するまでに,丁度これに等しい仕事を外に向つて爲す。

137 位置のエネルギー 高さ$h$cmの塔から物體を落すと,地上に達するまでに,$v=\sqrt{2gh}\ \frac{\text{cm}}{\text{秒}}$の速度を得るから,それに相當する運動のエネルギーを得る。故に地表より$h$cmの高さにある物體は

$$mgh=\frac{1}{2}mv^2(\text{エルグ}) \qquad (41)$$

のエネルギーを有つてゐる。これを**位置のエネルギー**といふ。

$m$grの物體にはmgダインの重力が働いてゐるから,こ

れを鉛直に h cm だけ上げるには,丁度 mgh エルグの仕事を要する。これが位置のエネルギーとして物體に貯へられるのである。

問 地表より40mの高さにある500kgrの石の有する位置のエネルギーは幾エルグか。又幾kgr.mか。

物體の坐りと位置のエネルギー 物體を僅に傾けると,安定の坐りにある場合は重心は上り,不安定の坐りにある場合は重心は下り,中性の坐りでは重心の高さは變らない。故に,物體は安定の位置にある時,その位置のエネルギーが極小で不安定の坐りにある時極大で,中性の坐りにある時は,これを動かしても位置のエネルギーは不變である。

引伸されたゼンマイや曲げられた棒等は,舊の形に復るまでに仕事をなすことが出來る。故に歪を受けた物體もエネルギーを有つてゐる。このエネルギーも亦位置のエネルギーといふ。

138 **機械的エネルギー** $v_0\frac{\text{cm}}{\text{秒}}$ の初速度を以て鉛直に拋上げられた質量 m gr の物體が,h cm の高さにある時の速度を $v\frac{\text{cm}}{\text{秒}}$ とすれば,(34′)式により

$$v^2=v_0^2-2gh$$

であるから,この位置に於ける運動のエネルギー

と位置のエネルギーとの和は,

$$\frac{1}{2}mv^2+mgh=\frac{1}{2}mv_0^2$$

で,出發點に於ける運動のエネルギーに等しい。

運動のエネルギーと位置のエネルギーとを併せて**機械的エネルギー**といふ。上に述べた事實から,鉛直に拋上げられた物體の有する機械的エネルギーは,物體の高さ如何に拘らず一定であることを知る。この事は斜に拋上げられた物體,鉛直に落下する物體等に凡て成立することで,**機械的エネルギー保存の法則**といふ。

問 h cm の高さから,$v_0\frac{\text{cm}}{\text{秒}}$ の速度を以て投下された質量 m gr の物體が,落下の途中で,任意の時刻に有する機械的エネルギーの和は一定であることを證明せよ。

(238) 水車

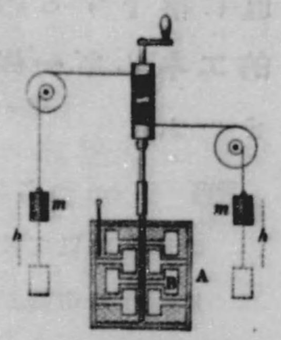
水車は流水の有する機械的エネルギーを利用して機械を運轉する裝置である。

139 **熱エネルギー** 摩擦力に抗して物體を動

かす時熱を生ずることは,吾々が屢〻經驗する所である。この時,外力がなした仕事は熱に變るのである。又高溫,高壓の水蒸氣を蒸氣機關に導けば,それが膨脹,冷却するまでに,機關を運轉し,仕事をする。これ等の事實から,熱も一種のエネルギーであることが判る。これを**熱エネルギー**といふ。

(239) アメリカインド人が火を作る方法

ジュールは下圖のやうな裝置を用ひ,水中に於ける摩擦熱を利用して實驗した結果,1カロリーの熱は常に 4.18×10^7 エルグに相當することを發見した。10^7 エルグを1ジュールと名付けたのは彼の名譽を記念する爲である。



(240) ジュールの實驗

熱量計Aに水を入れ,滑車に吊せる m gr の錘の h cm の降下によつて水中の翼Bを廻轉せしめ,錘のなした仕事 $2mgh$ と,A中の水の質量とその溫度の上昇とから熱の仕事當量を計算する。

4.18ジュールを**熱の仕事當量**といひ,これを J で表す。今 W ジュールの仕事が全部熱に變つて,H カロリーの熱を生じたとすれば,

$$W=JH \qquad (42)$$

である。

問　地上50mの高さから落下した鉛塊が,地面に衝突して失ふ運動のエネルギーの $\frac{1}{3}$ を熱エネルギーとして吸收するとすれば,鉛の溫度は凡そ何度上るか。但し鉛の比熱は0.030とする。

140 種々のエネルギー　エネルギー保存の原理　熱は主に燃料の燃燒に基いて發生するから,燃料はその内部にエネルギーを貯へてゐることを知る。このやうに,物質の内部に貯へられてゐるエネルギーを**化學的エネルギー**といふ。

電流を導線に通ずると熱を發し,電動機に通ずると仕事をすることから,電流も一種のエネルギーを有つてゐることを知る。これを**電氣的エネルギー**といふ。自然界にはこれ等のエネルギーの外に,**光・音**等のエネルギーがある。

太陽は6000°(絶對溫度)以上の高溫にある熱球であるから,その包藏するエネルギーは漠大なもので,熱や光のエネルギーを絶えず輻射してゐる。その中,地球に達するものは,太陽光線に垂直な面の1cm²毎に毎分約2カロリ

ーである。このエネルギーを吸收して植物は生育し,化學的エネルギーを貯藏する。それはやがて動物の食料燃料等となり,機械的エネルギー·熱エネルギー或は光のエネルギー等に變る。

水は太陽熱を受けて,蒸發上昇し,冷えて雨雪となつて落下し,川に流れて種々の水車を動かす。そこで直接機械的仕事をしたり,電氣的エネルギーを起したりする。その電氣的エネルギーはやがて熱·光等のエネルギーに變る。

かやうに,自然界には種々の態(かたち)のエネルギーが存在し,それが絶えず一つの態から他の態に變り,一つの物體から他の物體に移る。併し,長い間の經驗によると,これ等のエネルギーの變遷の際,一方に於て失つたエネルギーの總量は,他方で得たエネルギーの總量と常に相等しい。卽ち,

自然變化の前後に於けるエネルギーの總和は常に一定である。

これはヘルムホルツ(Helmholtz)が初めて明かにしたもので,これを**エネルギー保存の原理**といふ。前に述べた仕事の原理及び機械的エネルギー保存の法則は,その特別の場合に外ならない。

141 機械の效率 機械はエネルギーの供給を受けて,これを仕事にかへる裝置で,それがなし得る仕事の量と受けたエネルギーの量との比を**機械の效率**といふ。機械の效率は決して100%に達しない。これは供給されたエネルギーの一部分が,機械の諸部分の摩擦や衝擊のために熱エネルギー等になつて散逸するからである。

142 工率 機械が單位時間になし得る仕事の量を機械の**工率**又は**工程**といふ。工率の單位には,毎秒1ジュールの仕事を以てし,これを**1ワット**といふ。實用上には1ワットは餘り小さ過ぎるから,その1000倍の**1キロワット**を用ひる。

仕事の量を測る實用單位に,**1キロワット時**といふのがある。これは1キロワットの工率で,1時間繼續してなした仕事の量である。又工率の單位に**1馬力**(H.P)といふのがある。これは毎秒76 kgr.mの仕事に相當する。

問 1. 0.62キロワットで,15時間繼續してなした仕事は幾キロワット時か。

問 2. 1馬力は幾キロワットに相當するか。

問 3. 3420 l の水を40 mの高さに揚げるには,3馬力のポンプを用ひると幾分かゝるか。

143 電流のなす仕事 ジュールの法則によると，Eボルトの電位差のある處を iアンペアの電流が流れると，t 秒間に

$$H=0.24\,Eit=\frac{1}{4.18}\,Eit\ (\text{カロリー}) \qquad (29)$$

の熱を生ずる。これを仕事の單位で測ると，

$$W=Eit \qquad (43)$$

である。故に，Eボルトの電位差のある處をiアンペアの電流が流れる時，t 秒間に電流がなす仕事は Eit ジュールである。これは電流が熱を發生する場合のみならず，電動機を廻轉する際にも成立する。

(43)式に於て，$E=1$ボルト，$i=1$アンペア，$t=1$ 秒の時，$W=1$ジュールであるから，電位差 1 ボルトの定義を，次のやうにいひ換へることが出來る。

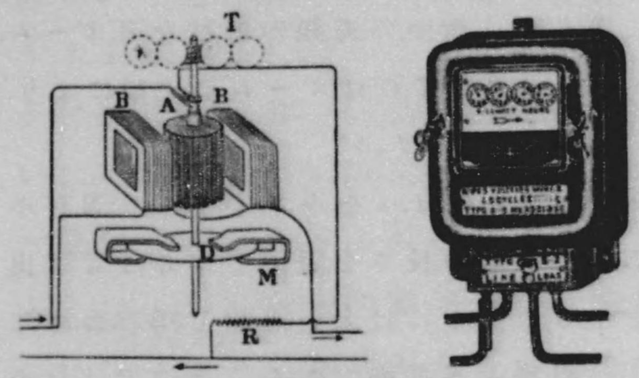
二點間に 1 アンペアの電流が流れて，1 秒間に，1 ジュールの仕事をなす時，二點間の電位差は 1 ボルトである。

電力 Eボルトの電位差のある處を iアンペアの電流が流れる時の單位時間の仕事は Ei ジュールであるから，その工率を Pワットとすれば，

$$P=Ei \qquad (44)$$

である。電位差と電流の強さとの積を**電力**といふ。故に電力は電流の工率を表す言葉である。

積算電力計 積算電力計は一定時間に電流がなした仕事の量卽ち電氣的エネルギーの消費の量を測る裝置である。



(241) 積算電力計の構造とその外觀

左圖のコイルBには主電流が流れるから，その磁場は消費電流の強さに比例する。又コイルAは，主電流に並列に連結されてゐるから，これを流れる電流の強さは消費電壓に比例する。兩者に電流が流れると，電動機の理により，コイルAは消費電力に比例する速度を以て廻轉し，この廻轉を齒車によつて目盛板に傳へるやうに出來てゐる。下の永久磁石Mとアルミニューム板Dとは廻轉を制御する作用をなす。

問 1. 10 m の落差を以て，毎秒 200 l の割合で落下する水がある。その機械的エネルギーの半分を電氣的エネルギーに變

へ得る時の發電機の電力は幾キロワットか。

問 2. 40ワットの電球1箇と,30ワットの電球3箇とを,毎日平均5時間づゝ點ずる時の1箇月の使用電氣的エネルギーは幾キロワット時であるか。

144 電力輸送　發電所の發電々力は,需要地の消費電力Pと,途中で導線を熱することによつて消費される電力P'との和に等しい。途中の導線の抵抗をRオーム,電流の強さをiアンペアとすれば,オームの法則により,

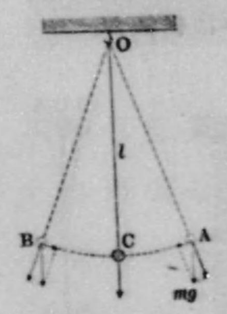
$$P' = i^2R(\text{ワット})$$

である。Pを小さくするには,iを小さくするか,Rを小さくするかである。導線の長さを短かくすることは出來ないから,Rを小さくするには太い導線を用ひねばならぬ。併しこれは經濟上不可能である。そこで,iを小さくせねばならぬが,その爲,Pが小さくならないやうに變壓器を用ひ,電壓を上げて輸送するのである。(p. 138 參照)

第七篇　波　動

第二十三章　振動及び波動

145 振子　小さい錘を細い絲で吊し,靜止の位置Cから僅に斜に上げて放すと,錘はCを中心とする圓弧ACBに沿うて往復運動をする。このやうな裝置を**振子**といひ,このやうな運動を**振動**といふ。弧AC又はBCの長さを振子の**振幅**,ABを一往復するに要する時間を**週期**,1秒間に於ける往復回數を振子の**振動數**といふ。



(242) 振子

振子の長さを$l$cm,週期をT秒,重力の加速度を$g\frac{\text{cm}}{\text{秒}^2}$とすれば,$l$に比べて振幅が非常に小さい場合には

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (45)$$

である。即ち振子の週期はその長さの平方根に比例するが,その振幅や錘の質量には無關係である。これを振子の**等時性**といふ。

振子の長さ及び週期を測れば,上式により,gの値を算出することが出來る。これは重力の加速

度を求める一方法である。

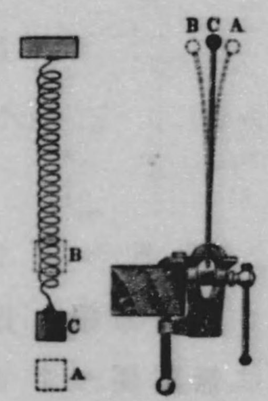
問 1. $g=980\frac{cm}{秒^2}$の場所に於ける週期2秒の振子の長さは幾cmか。

(243) 時計の振子

柱時計は振子の等時性を應用した裝置である。強く捲かれたゼンマイの解けて行かうとする力によつて,齒車Cは矢の方向に廻轉しようとし,振子Pの振動によつて,齒止めABは交互に齒に嚙み込むから,振子の一振動毎にCは齒一つを進むのである。この運動は齒車によつて他に傳へられ,分針,時針等を廻轉させる。

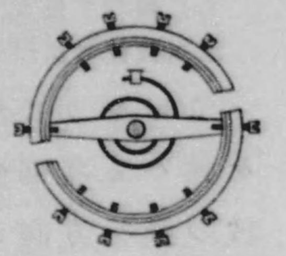
問 2. 夏はよく時計が遲れ,冬はよく進むのは何故か。

146 彈性振動　ゼンマイ又は長い金屬棒の一端を固定し,他端に錘をつけ,これを一方に引いて放すと,錘は靜止の位置を中心として振動する。このやうに,彈性體に歪を與へてこれを放すと,彈性體は歪のない狀態を中心として振動する。これを**彈性振動**といふ。彈性振動も等時性を有してゐる。

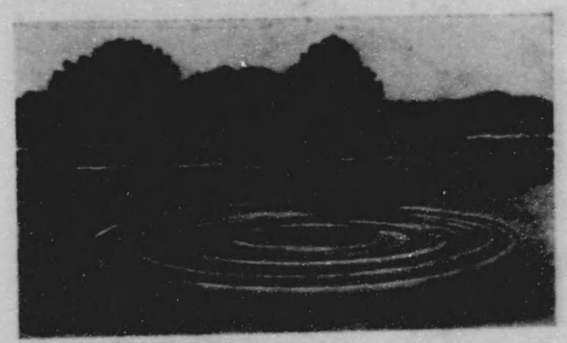


(244) 彈性振動

懷中時計はゼンマイの彈性振動の等時性を利用したもので,鋼の髮ゼンマイの一端を固定し,他端をテンプの軸に固着してある。齒車の運動の調節法は柱時計の場合と同樣である。


(245) テンプ

147 波動　靜かな水面に小石を投げて,その表面に起る水波を觀察せよ。その際,水面に浮いてゐる木の葉等の運動をも觀察せよ。


(246) 水波

物質の各部が少しづゝ遲れて同樣な振動を繰返す現象を**波動**といひ,波動を傳へる物質を波の**媒質**といふ。彈性體の一部に急に歪を與へると,この部が彈性振動を始め,それが周圍に傳つて所謂**彈性波**を起す。地震は地殼を媒質とする一種の彈性波である。

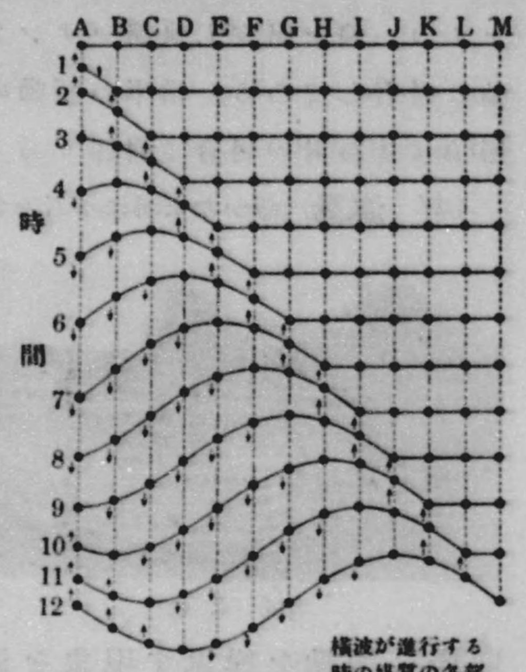
148 横波　縱波

實驗 1. 繩の一端を固定し,他端を手に持つて,急に上

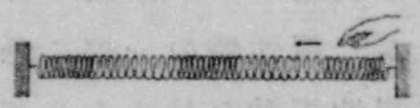
(247) 横波の例

下に振つて見よ。繩の部分は手と同樣な振動を起し,その振動が高低波となつて,手もとから他端に傳はるであらう。

このやうに,波動を傳へる各部分が波の進行方向に對して垂直に振動する波を**横波**又は**高低波**といひ,その最高の點を**山**,最低の點を**谷**といふ。後に述べる**光波**・**電波**などは横波の例である。



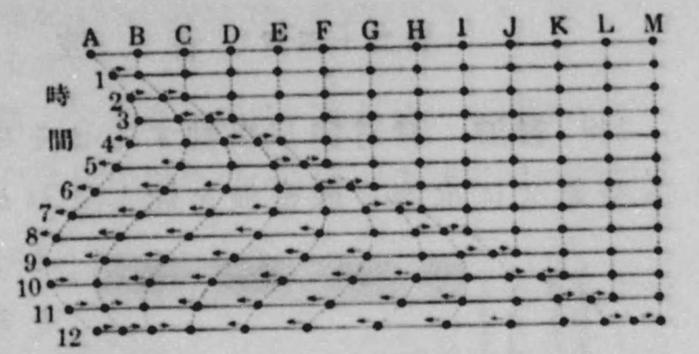
(248) 横　波　横波が進行する時の媒質の各部の振動する有樣



(249) 縱波の例

實驗 2. 長いゼンマイの兩端を固定し,一端に近い部分を押縮めて,急に放して見よ。その部分は直ちに戻るが,縮んだ狀態がゼンマイに沿うて進むであらう。

このやうに,媒質の各部分が波の進行方向に振動する波を**縱波**といふ。縱波では媒質に疎な部分と密な部分とが出來,それが傳播するから,これを**疎密波**ともいふ。後に述べる**音波**は縱波の實例である。



(250) 縱　波　縱波が進行する時の媒質の各部の振動の有樣

横波でも縱波でも,同時刻に同じ狀態にある相隣れる二點間の距離を**1波長**といふ。波動の**振幅**・**週期**及び**振動數**は,夫々媒質内の任意の一點の振動の振幅・週期及び振動數を以て表す。1週期の間に波は1波長だけ進むから,波長・週期・振動數及び波の速度を,夫々λ, T, n及びvとすれば,それ等の間には

$$v=\frac{\lambda}{T} \qquad n=\frac{1}{T} \qquad \therefore\ v=n\lambda \qquad (46)$$

の關係が成立する。

第二十四章　音　波

149 音波　發音體が振動すると,その周圍にある空氣又は水等に疎密波を起し,これが耳に達すると音の感覺を起す。この疎密波を**音波**といふ。發音體が強く振動する時は音波の振幅は大きく,音は強く聞え,發音體の振動數が多い時は,音波の振動數も多く,音は高く聞える。吾々が聞き得る音は凡そ16から20000迄の振動數を有するものである。

(251)　音叉音と波

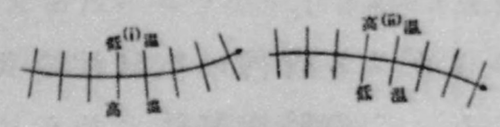
強さと高さの等しい多くの音を聽き分け得るのは發音體によつて音色が違ふからで,音色の差異は音波の波形の差異によるのである。

150 音波の速度　音波の傳播の速度は媒質によつて違ふ。空氣中では常溫(15°)に於て約$340\frac{m}{秒}$で,1°の昇降によつて約$0.6\frac{m}{秒}$の增減がある。

第16表　音の速さ	
空　氣(0°)	$331\frac{m}{秒}$
炭酸ガス(0°)	259
水　素(0°)	1280
水　(0°)	1400
鋼　鐵	5000
ガラス	4000

問 1. 電光を見てから約3秒の後雷鳴を聞いた。雷までの距離は凡そ幾mか。

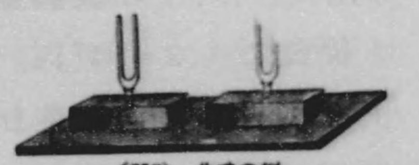
音波の進路　大氣中を音波が進む時には,場所によつてその速度が違ふから,風がなくとも,その進路は僅づゝ曲る。日中で,地表が暖い時は,地表に近い程速度が大きいから上圖(i)のやうに次第に上に曲る。これに反して夜間地表が却つて上層の空氣よりも冷い時には,上圖(ii)のやうに,音波は次第に下に曲る。



(252)　音波の進路

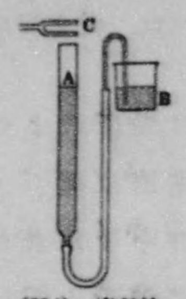
問 2. 風上からの話は聽き易く,風下からの話は聽きにくいのは何故か。

151 共鳴　實驗 1. 振動數の相等しい二つの音叉を接近して置き,その一方を鳴らした後,その臂を抑へて鳴りを止めて見よ。他の音叉が鳴つてゐるであらう。



(253)　共鳴の例

振動數の等しい二つの發音體を接近して置き,その一方を鳴らす時,それから發する疎密波が他方に週期的に力を及ぼすので,第二の發音體の振動が次第に強くなり,遂に發音するやうになる。この現象を**音の共鳴**といふ。

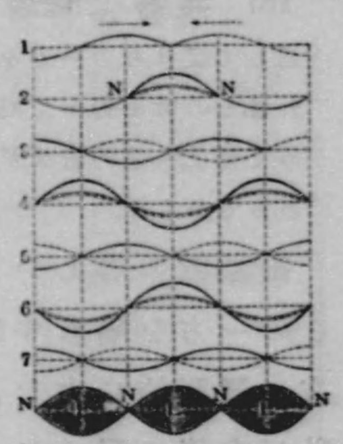


(254) 空氣柱の共鳴

實驗 2. 左圖のやうな裝置を用ひ,音叉Cを鳴らし乍ら,水の容器Bを靜に上下して,ガラス管Aの水面を上下して見よ。ガラス管内の空氣柱が或る一定の長さになつた時,音が強くなるであらう。

これはガラス管内の空氣柱の共鳴による。この時空氣柱の長さは音叉が發する音波の波長の$\frac{1}{4}$か又はその奇數倍である。故にこれを利用して,音波の波長や音叉の振動數等を測定することが出來る。

152 定常波　氣柱及び絃の振動　音波が壁に垂直にあたつて反射される場合のやうに,振動數の等しい二つの波動(横波でも縱波でもよい)が同一直線上を反對の方向に進む時は,媒質の各點は同時に二つの振動をなす結果,全く振動しない點が一定の間隔を隔てて出來,その中間は振動が烈しくなる。このやうな波を**定常波**といひ,振動の全くない點を**節**,振動の最も

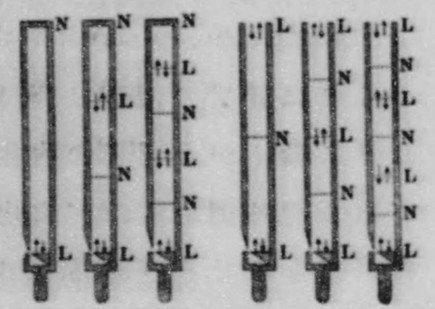


(255) 定常波

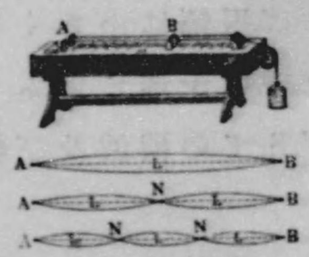
烈しい點を**腹**といふ。相隣れる節と節,腹と腹との距離は元の波の波長の$\frac{1}{2}$に等しい。

前節の實驗2に於て,空氣柱が共鳴する時,そのA端は定常波の節となり,上の端は腹となつて振動する。

一般に一端を閉ぢた氣柱(これを**閉管**といふ)に於ては,その閉端が節,開端が腹となつて振動し,兩端共に開いた氣柱(これを**開管**といふ)に於ては,その兩端が腹となつて振動する。故にこれ等の振動に共鳴すべき音波が來れば,共鳴して音を發する。種々の樂器の共鳴箱はこの理を應用したものである。



(256) 閉管と開管



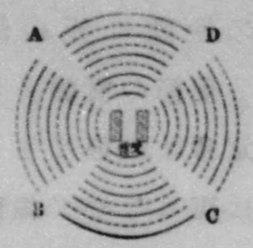
(257) 絃の振動

絃は固定點が節となつて左圖のやうな振動をなす。

絃でも,氣柱でも,その振動の中,最も振動數の少いものを**原振動**といひ,これが發する音を**原音**といふ。原振動の整數倍の振動數を有する振動を

倍振動といひ,それ等が發する音を**倍音**といふ。

153　音の干渉　音叉を鳴らし,これを耳の近くで,徐々に廻轉して見よ。一廻轉につき4度殆んど音が聞えなくなるであらう。



(258)　音叉による音の干渉

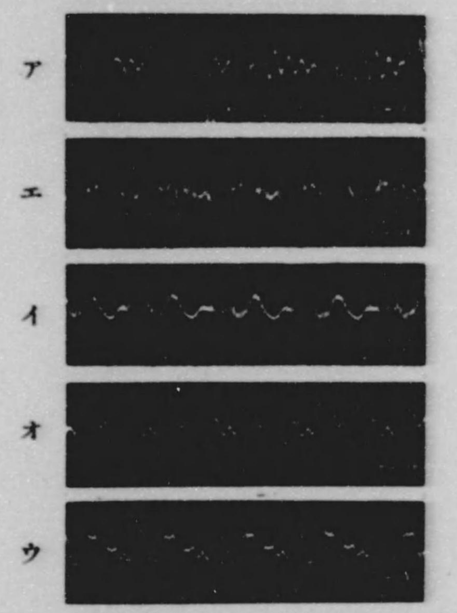
これは音叉の兩脚は同時に内又は外に動くから,兩脚の内側から密が出る時,外側から疎が出,内側から疎が出る時,外側から密が出るので,その結果,A,B,C,Dの方向は兩者の疎密が同時に到著するに因る。

このやうに二つの音波が同時に一つの場所に來る時,兩波の密と密,又は疎と疎とが重なれば,振幅は大きくなり,音は強くなる。これに反して一方の密と他方の疎とが重なれば,振幅は小さくなり,音は弱くなる。この現象を**音の干渉**といふ。

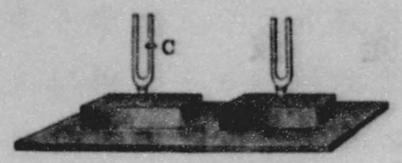
干渉の現象は音波に限らず,凡ての横波及び縱波に存在するものである。

噫(うなり)　振動數が僅に違ふ二つの發音體(例へば音叉)を同時に鳴らすと,或る時刻には兩者の密又は疎が同時に耳に達して,音は強く聞えるが,やがて一方の密と他方の疎とが同時に耳に達するやう

日本語母音(男聲)



これは東京帝國大學航空研究所　小幡重一教授の撮影されたもので,音聲をマイクロフォンに受け,その音聲電流を增幅し,オッシログラフと稱する裝置に通じて寫眞に撮つたものである。寫眞では横波に現はれてゐるが,音波は縱波であることを忘れてはならぬ。



(259) 唸の實驗

になり,音は殆んど聞えなくなる。そして又同じ時間の後には再び音が強くなる。この現象を唸といふ。1秒間に生ずる唸の回數は兩發音體の振動數の差に等しい。

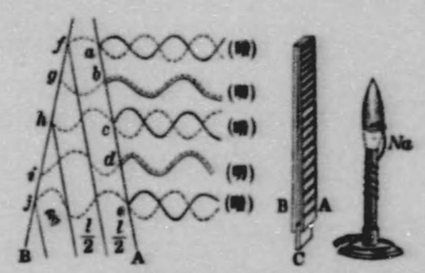
(260) 唸

第二十五章 光 波

154 光の本性 ホイゲンス(Huygens)は光に關する種々の實驗を基礎として,光の本性は波動であると斷定し,所謂光の波動說を提唱した。

當時は大物理學者ニュートンによつて,光は物體から放射される光素と稱せられる微粒子が高速度で飛んでゐるものであるといふ說,卽ち光の微粒子說が唱へられてゐたから,暫くの間,ホイゲンスの波動說は顧みられなかつた。然るに19世紀の初になつて,種々の人々により,光の干涉等の實驗が行はれた結果,光は波動であることが實驗的に證明された。

155 光の干涉 實驗 細長い二枚のガラス板A,Bの一端を接觸し,他端に薄い紙片を挾んで,兩板の間に楔形の空氣層を作り,ナトリウム焰で照して見よ。板面に明暗の縞が見えるであらう。



(261) 光の干涉

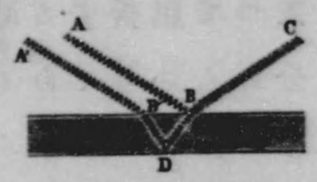
これは光の干涉によるもので,光が波動であることの根據を與へる一現象である。卽ちガラス板Aの背面から反射する光波と,ガラス板Bの前面から反射する光波とが相合する時,兩板間の空氣層を往復する爲に起る行程の差の大小によつて,或る處では兩波が互に强めあつて明るくなり,或る處では互に弱め合つて暗くなる。かくして明暗の縞が出來るのである。

光の波長 實測の結果によると,光の波長は赤色が最も長く,橙·黃と順に短くなり,紫が最も短い。その數値は第17表に示すやうに非常に小さい。隨つて光の振動數は非常に大きい。

第 17 表 光の波長

		(cm)
A	(赤)	0.00007661
B	(赤)	0.00006867
C	(橙)	0.00006563
D	(黃)	0.00005893
E	(綠)	0.00005270
F	(青)	0.00004361
G	(藍)	0.00004308
H	(紫)	0.00003968

薄膜の色 石鹼球や水面に浮ぶ油の膜などが美麗な色彩を呈するのも光の干涉である。卽ち膜の上面で反射する光と,下面で反射する光とが干涉し,その結果互に强め合ふ色が現はれる。その色は膜の厚さや,見る向きによつて異る。



(262) 薄膜の色

156 偏光 實驗 結晶軸に平行に切つた電氣石の板を二

枚重ねて通過光線を見よ。兩板の軸が平行である時最も明るく,一方の板を廻すと次第に暗くなり,兩軸が直交する時最も暗くなるであらう。

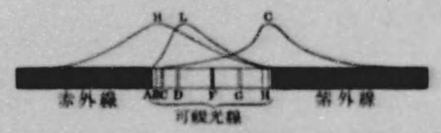
(263)　電氣石による偏光

この現象は光が**横波**であることを示すもので,電氣石に入射した光波の中,結晶軸に垂直な振動は吸收せられ,平行な振動のみが通過するからである。若し光が縱波であればこの現象は起らない筈である(何故か)。電氣石を通過した光のやうに,一定の方向に振動する光を**偏光**といふ。

複屈折　方解石を通して文字を見ると,二重に見える。これは光が方解石に入つて屈折する時,二つに分れるからである。この現象を**複屈折**といふ。通過光を電氣石で吟味して見ると,この二つの光は共に偏光になつて居り,その振動方向は互に垂直である。

(264)　方解石による複屈折

157　輻射線　太陽のスペクトルの中,眼に最も強く光の感覺を與へるものは黃の部で,それから兩方に行くに從つて,その強さを減ずる。次にこのスペクトルを寫眞の乾板に受けて,その**化學作用**を檢べて見ると,赤・橙の部にはその作用殆んどなく,青・紫の部が著しく鋭敏で,紫外線の部にも尙ほその作用を認める。故に紫より波長の短い部分に,眼には見えないが,化學作用のある一種の線があることがわかる。一般のスペクトルのこの部分を**紫外線**又は**化學線**といふ。



(265)　曲線 L, C 及びHは夫々太陽スペクトルの光の強さ，化學作用及び熱作用の大小を示す

次に太陽スペクトルの各部の**熱作用**を檢べて見ると,紫外線や紫の部分にはこの作用は弱く,赤の方に進むに從つて次第に強くなり,赤以外の遠い部分までこの作用が認められる。故に,赤よりも波長の長い部分に,眼には見えないが,熱作用をもつ線があることがわかる。一般のスペクトルのこの部分を**赤外線**又は**熱線**といふ。

赤外線及び紫外線は,直進・反射・屈折等に關して

は可視光線と全く同樣な性質を有してゐるから,その本性は可視光線と同一であることが判る。故にこの三線を總めて,**輻射線**,又は單に**光**といふ。それ等の差異は波長,隨つて振動數の差に基くのみである。卽ち,紫外線は振動數が餘りに大きく,赤外線は餘りに小さいから,光の感覺を起さないのである。

海面にたつてゐる小波は舟によつて遮られるが,大きな波は舟の後にも進んで行く。これに似た現象は輻射線に就いても存在する。

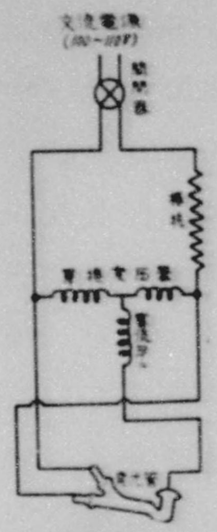
紫外線は波長が短いから,大氣中に浮游する塵埃·雨滴等により攪亂せられるので,遠方には達し難い。之に反して赤外線は波長が長いから,攪亂せられることが少く,隨つて割合に遠方迄達する。近頃,赤外線に感ずる寫眞乾板が工夫せられ,これを用ひて,遠方の事物を明瞭に撮ることが出來るやうになつた。これを**赤外線寫眞**といふ。軍事上,測量上等に利用されてゐる。

日光浴が健康に有效なのは,主に紫外線の作用による。故に,近來,日光療法·紫外線療法等の療養法が起り,人工的

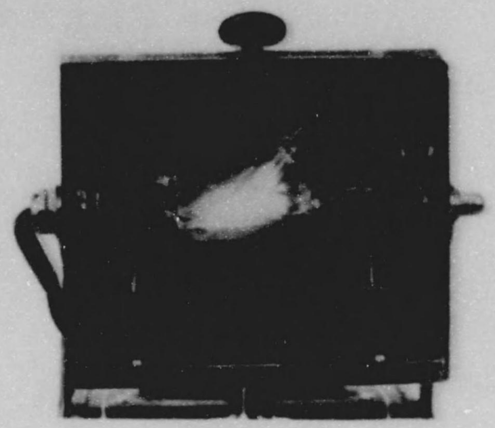
十國峠(靜岡縣田方郡)からの眺望

普通寫眞

赤外線寫眞



水銀燈の構造



水銀燈發光部

水銀燈にて治療中の處

に紫外線を發する爲に水銀燈が使用されてゐる。

158 **溫度輻射**　物體は常溫でも絶えず熱線を輻射してゐるが,これを熱して溫度を高めると,次第に波長の短い輻射線を發するやうになり,且,各波長の輻射線の量も增加する。卽ち物體の溫度が500°以上に達すると初めて赤光が現はれ,尙ほ溫度が高くなると,橙·黃等の光が加はり,1000°を超へると,赤から紫までの凡ての光を發するやうになる。更に溫度が上ると,全輻射線の量が增加し物體は白色に光り出す。

ガス入電球はその中にガスを入れてある爲,熱の放散が多くて,エネルギーの浪費はあるが,溫度を上げることが出來るので,多くの可視光線を出すことが出來るから,結局效率は大である(p. 122參照)。

159 **輻射線の吸收**　可視光線に對する吸收が物質によつて異ると同樣に,輻射線に對する吸收も亦物質によつて異る。例へば煤煙は入射輻射線の殆んど全部を吸收し,磨いた銀の表面はその大部分を反射する。ガラスや水は可視光線を透過するが,熱線を吸收し,沃素の二硫化炭素溶液及

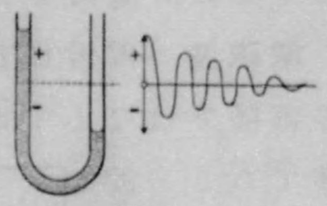
びエボナイトは可視光線を吸收するが,熱線を透過する。又ガラスは紫外線を吸收するが,水晶はこれを透過する。吸收された輻射線のエネルギーは主に熱エネルギー及び化學的エネルギーに變る。

160 螢光及び燐光　物質に吸收せられた輻射線が時として,それよりも波長の長い可視光線にかはつて物質から輻射されることがある。輻射線が入射してゐる時にのみ起る場合,これを**螢光**といひ,輻射線を遮斷した後も引續き起るとき,これを**燐光**といふ。

例へば,石油·硫酸キニーネの溶液に日光を當てると,主として紫外線を吸收して美麗な色を呈するが,日光を遮斷すると同時に消失する。然るに,バリウム·カルシウム等の硫化物は,一旦日光をあてた後暗室に入れると,暫くの間美しい光を放つ。自然の寶石や天然絹絲に強い紫外線をあてると特有の螢光を發するから,寶石の模造品や人造絹絲と鑑別することが出來る。紙幣·有價證券等の贋物も螢光作用を用ひて發見することが出來る。

第二十六章　電　波

161 電氣振動　電波　**實驗**　U字形のガラス管に水を入れ,一方の水面を上げて急に放して見よ。水面は如何に變化するか。



(266)

放電叉を用ひて蓄電したライデン瓶の火花放電を行ふ時は,唯一回の火花のやうに見えるが,U字管内の水面の振動のやうに,電氣は内外の錫箔の間を幾回も往復し,數十回の火花を生じて遂に中和する。このやうな現象を**電氣振動**といひ,電氣振動をする電路を**振動電路**といふ。電氣振動の振動數は,蓄電器の電氣容量,導線の形及びその抵抗等によつて定まるが,1秒間に數十萬乃至數百萬である。

(267)
この圖は火花放電を急速に廻轉する鏡に映して撮つに寫眞である

發音體が振動すれば,その周圍に音波を生ずるやうに,導體に電氣振動が起る時は,その周圍に一

種の波を起し,その波が各方面に傳播する。これを**電波**といふ。電波は光波と同一の法則に從つて反射屈折し,その傳播速度も光と同じく,眞空中では $3\times10^{10}\ \frac{\mathrm{cm}}{\text{秒}}$ である。

電磁波　電波は音波のやうに,物質粒子の振動の傳播ではなくて,電氣力及び磁氣力の振動の傳播である。故にこれを**電磁波**ともいふ。

第 18 表　電磁波の波長

180 0000 cm	電波	無線用
10		
0.5		赤外線
0.01		
0.0000 810		可視光線
0.0000 380		紫外線
0.0000 010		X線
0.0000 0001		
0.0000 0000 05		γ線
0.0000 0000 005		

理論的並に實驗的研究の結果,前章に述べた輻射線も,次章で述べるX線・γ線も,電磁波であることが明かになつた。これ等各種の電磁波の性質の相違は,唯その波長の相違に基く。普通電波といふ言葉は比較的長い電磁波を意味する。

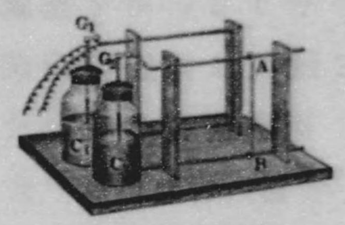
電波の振動數のことを**周波數**ともいふ。例へばJOAKの第一放送の波長は345mであるから,(46)式により,

$n=\frac{3\times10^{10}}{345\times10^{2}}\fallingdotseq870\times1000$ である。これを870**キロサイクル**

ともいふ。

162　電氣共鳴　振動數が相等しい二つの音叉が共鳴するやうに,振動數の等しい振動電路の間にも共鳴の現象がある。これを**電氣共鳴**といふ。

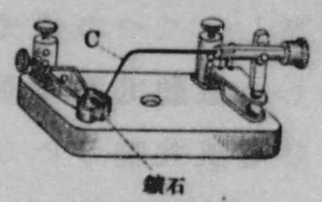
實驗　次圖のやうに,大きさ相等しい二つのライデン瓶 C_1, C_2 に夫々矩形の導線と火花間隙 G_1, G_2 とを連結して,振動電路を作り,C_1 のライデン瓶の内外の錫箔を感應コイルの兩極に連結して,G_1 の間隙に火花を飛せ乍ら,C_2 に連結してある可動導線AB を動かして見よ。兩者の電路の形が略々相等しくなつた時,G_2 の火花間隙にも火花が飛ぶであらう。この時は兩振動電路の振動が相等しくなり,その間に電氣共鳴が起つてゐるのである。



(268)　電氣共鳴

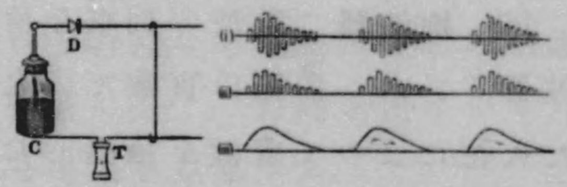
163　檢波器　電波の到來を檢出する裝置を檢波器といふ。前節の實驗では,火花間隙 G_2 に起つた火花によつて電波を檢出したのであるが,これは感度が微弱であるから,實用にはならない。今日普通に用ひられてゐるのは,**鑛石檢波器**と**眞空管檢波器**とである。

鑛石檢波器は二種の鑛石(又は特殊の金屬)を輕く接觸させたものである。この接觸部を經て一方向には電流は流れるが,反對の方向には殆んど流れない。このやうな作用を**整流作用**といふ。普通は黃銅鑛と鐵又は洋銀,斑銅鑛と紅亞鉛鑛,カーボランダムと黃鐵鑛等の組合せが用ひられる。



(269) 鑛石檢波器

前節の實驗に於て,第二の振動電路に受話器を挿入し,G_2を直接連結すると,次圖の(i)のやうな振動電流が流れる。その振動數は非常に多いから,受話器の振動板はこれに感じない(假りに感じたとしても,それが發する音の振動數は非常に多いから,吾々の耳には音の感覺を起さない)。併し,この輪道に更に鑛石檢波器を挿入すると,その整流作用により,(ii)のやうに一方向のみの電流が流れ,受話器には(iii)のやうな平均效果を及ぼす。(iii)の曲線の一つは元の振動電路の一連りの火花放電に相當するから,例へば1秒間に100回の

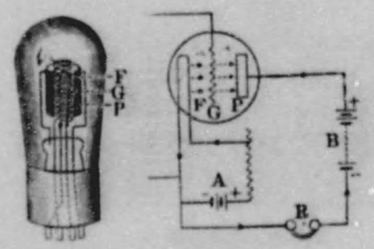


(270)

火花放電が起ると,受話器の振動板は1秒間に100回振動し,振動數100の音を發する。

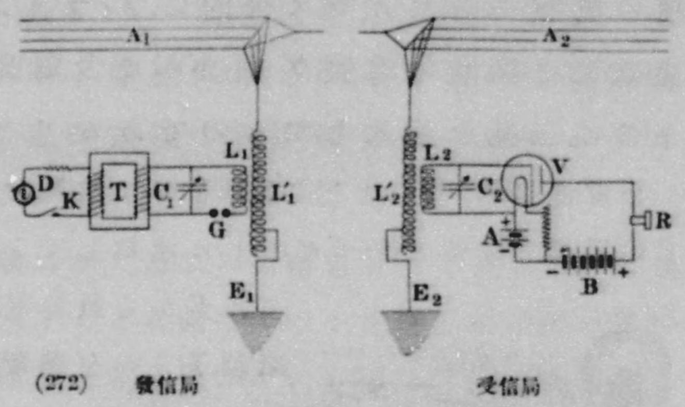
眞空管檢波器は鑛石檢波器よりも遙に鋭敏である。現今廣く用ひられてゐる**三極眞空管**は,高度の眞空にしたガラス管內に,**フィラメント**Fと,螺旋狀又は網狀の導體(**グリッド**)Gと,金屬圓筒(**プレート**)との三極を封入したものである。

今電池B(約100ボルト)の陽極をPに,陰極をFに連結し,Fの兩端を電池A(4—6ボルト)に連結して,これを白熱すると,Fから負の電氣を帶びた微粒子(これを**熱電子**と呼ぶ)が飛び出し,Pに引きつけられる。故に負の電氣が PBFP の方向に流れる。この電流を**プレート電流**といふ。然るにGを振動電路に連結して置くと,Gの帶電が振動的に變化し,陽に帶電する時はプレート電流は强くなり,陰に帶電する時は弱くなる。然もその變化は極めて鋭敏で,Gの帶電の僅少の變化に對し,プレート電流の變化は割合に大である。故にプレート電流の强さは振動電路の振動に應じて强く變化することゝなる。



(271) 三極眞空管

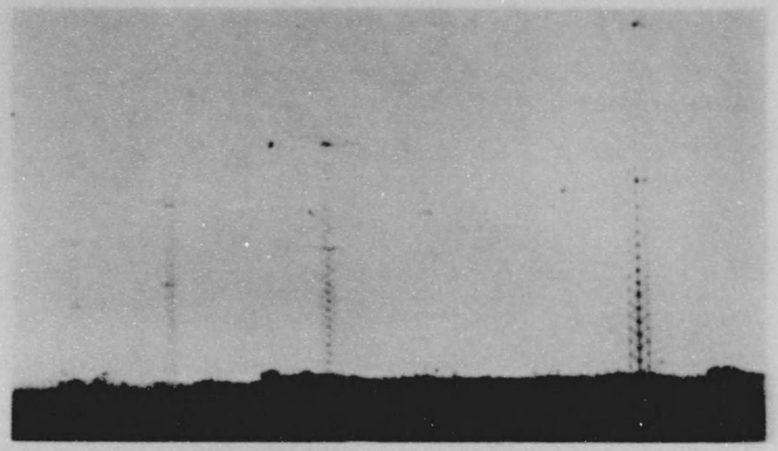
164 無線電信　無線電信は電氣共鳴を利用したものである。**發信局**に於て電鍵Kを押すと,發電機Dに起る交流は,變壓器Tによつて,その電位が高められ,蓄電器C_1を充電し,狹い火花間隙Gを通じて放電する。この際C_1 L_1 Gの電路に電氣振動が起り,これが



(272)

L_1'の振動電路に感應し,**空中線(アンテナ)**A_1から電波が四方に傳播する。

受信局の空中線A_2を含む振動電路は,この電波に共鳴して振動し,これがL_2'を通じてL_2C_2の電路に振動を誘起せしめる。檢波器V,受話器Rを連結してある電路に流れてゐるプレート電流は,これによつて變化し,受話器に音を發せしめる。故に電鍵Kを普通の電信符號の通りに押へることによつて通信を送ることが出來る。

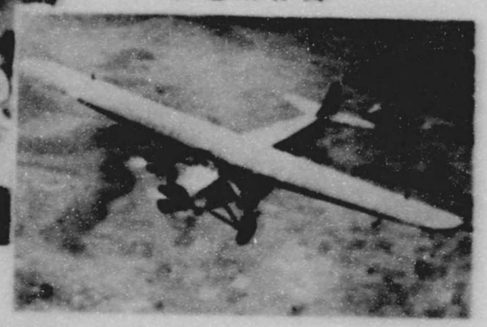

東京無線電信局　小山送信所の空中線

同送信所の外觀

同送信所の內部

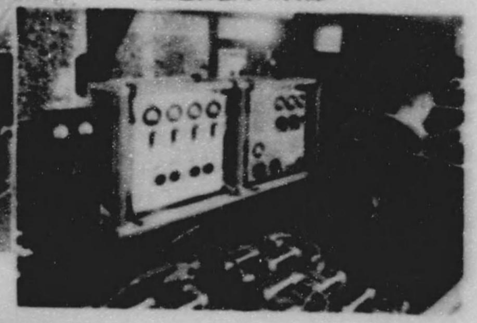
マルコニー侯爵と南遞信大臣

放送飛行機の内部

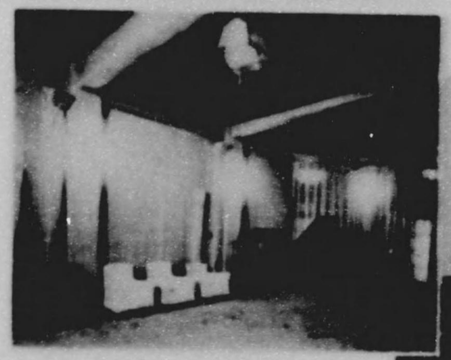


放送飛行機

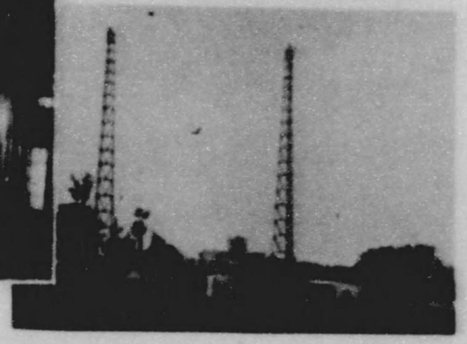
放送自動車



放送自動車の内部



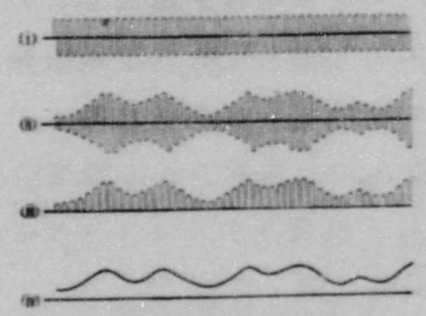
同右　洋樂放送室



東京中央放送局愛宕山演奏所全景

1864年イギリス人マックスウエル(Maxwell)は理論的に電波の存在を導き出し,1888年ドイツ人ヘルツ(Hertz)がこれを實驗的に證明した。次いで1896年イタリー人マルコニー(Marconi)はこれを用ひて初めて無線電信を發明し,今日の發達の基礎を開いた。

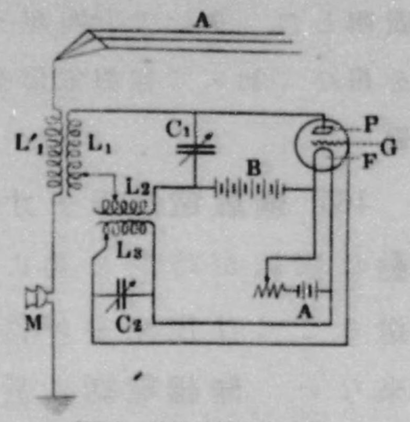
165 **無線電話(ラヂオ)** 火花放電による電氣振動は振幅が時間と共に減少するから,電信符號を送ることは出來るが,言葉等を電送することは出來ない。**無線電話**に於ては三極眞空管を用ひて振動の減少しない電氣振動を起し,下圖(i)のやうに,振幅・振動數共に一定の電波を發生せしめ,適當な位置に挿入してある**マイクロフォン**に向つて音聲を發することにより,(ii)のやうに音波の通りに電波の振幅を變化せしめる。これを受信器で受ける時には,檢波器を通つて(iii)のやうな電流が流れ,受話器の振動板は(iv)のやうに振動するからマイクロフォンに向つて發した通りの音聲を



(273) ラヂオの電波

再生する。

下圖は無線電話に於ける放送裝置の一方法を示す。今,A電池によつてFを白熱し,これにB電池を連結する時は,PFBL_2L_1の電路にプレート電流が流れ始め,振動電路L_1C_1に電氣振動が起きる。これと同時に,L_2L_3の電磁的結合により,L_3C_2の振動電路に微弱な電氣振動を生じグリッドGの電位を振動的に變化する結果,L_1C_1の電氣振動を助長する。これは更にL_3C_2の電氣振動を助長し,Gの電位の變化を擴大することゝなり,益々L_1C_1の電氣振動を強める。かくして電源より供給せられる電氣的エネルギーと,$L_1L'_1$を通じて空中線Aから輻射される電波のエネルギー及びジュール熱として消費されるエネルギーとが釣合ふに至るまで,電氣振動は強められる。

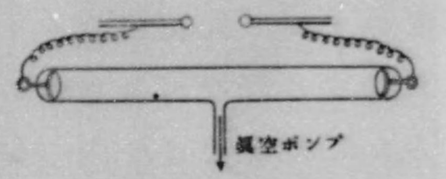


(274)　放送裝置の主要部

受信器は無線電信の場合と同樣である。**マイクロフォン**及び**擴聲器**は電話の送話器及び受話器を鋭敏にしたものである。

終　篇

166　眞空放電　空氣中で二つの導體の間に火花放電を行ふには非常に高い電壓を要するが,*氣壓を減ずると放電は容易に起り,美麗な輝光を發する。一般に稀薄な氣體中に於ける放電を**眞空放電**といふ。今圖のやうなガラス管に空氣を入れ,兩端に電極を封入し,これを感應コイルにつなぎ高い電壓を與へながら,眞空ポンプで管内の空氣を拔けば,やがて赤紫色の紐狀の火花放電が初まる。壓力が減るに隨つて火花は漸次太くなり,管全體に廣がる。更に壓力が1mm以下になれば,光は數多の層に分れ,鱗片狀をなして輝くやうになる。この程度の眞空管を**ガイスレル管**(Geissler)といふ。



(275)　放電管

ガイスレル管の發する光は管内にある氣體の種類に

* 例へば感應コイルの兩極の間隙を1cmにして置いて,これに火花を飛ばすには,兩極間に約3萬ボルトの電壓を與へなければならぬ。

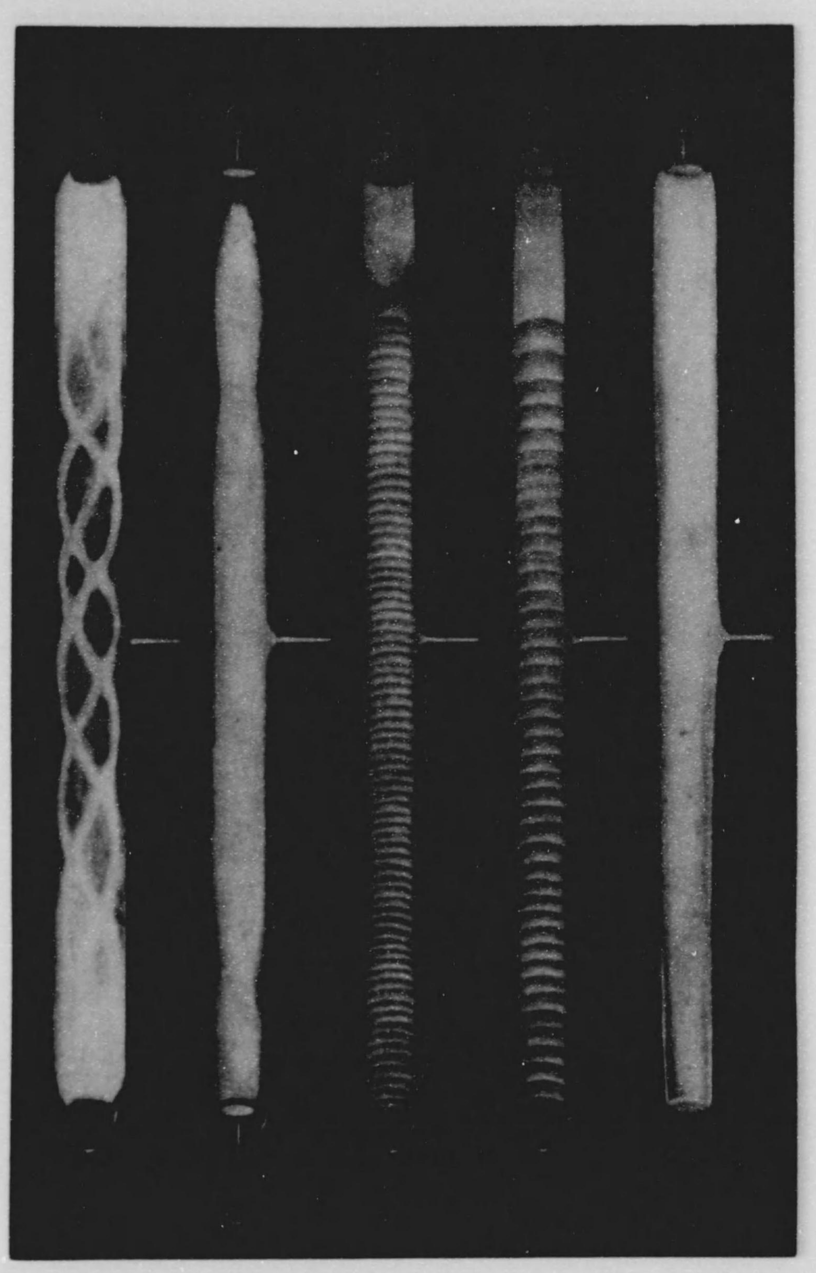
依つて異り,そのスペクトルを分光器で檢べて見ると,それぞれの氣體に特有の**輝線スペクトル**が見える。

夜間廣告に用ひられる**ネオンサイン**はネオンその他のガスをガラス管に封入して眞空放電をなさしめるものである。紫外線發生に用ひられる**水銀燈**は,これとは違つて,水銀の電弧を利用したものである。

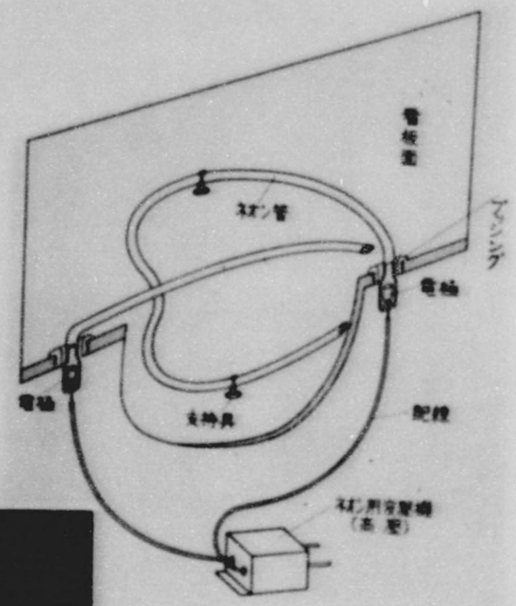
ガイスレル管の氣壓を更に減少して$\frac{1}{1000}$mm程度にすると,火花は消えて管内は暗くなり,唯陰極に對する管壁が黄綠色の螢光を發するやうになる。この現象は管内の氣體の種類に無關係である。この程度の眞空管を**クルックス管**といふ。
Crookes

167. **陰極線　電子**　クルックス管に於て,陰極に對する管壁が螢光を發するのは,陰極から**陰極線**と稱せられるものが出て管壁にあたるからである。クルックス及びトムソン等の研究の結果,陰極線は陰電氣を帶びた微粒子が陰極の表面から直角に高速度を以て射出せられたものであることが明かになつた。この微粒子を**電子**といふ。
Croockes　Thomson

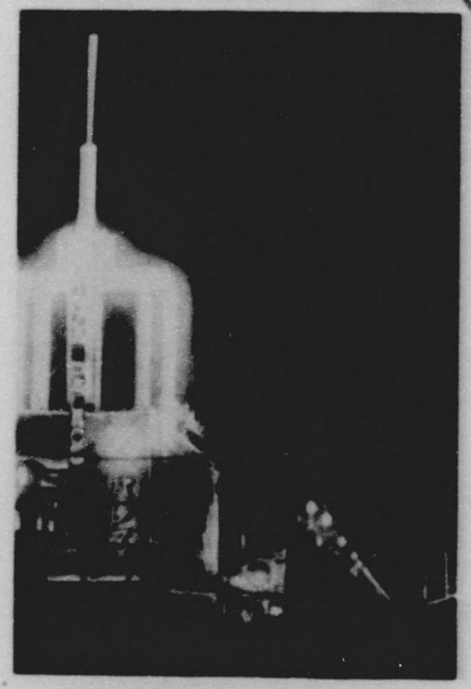
電子は今日知られてゐる最小の電氣量を有する微粒子である。その電氣量は約1.6×10^{-19}クーロ



眞空放電

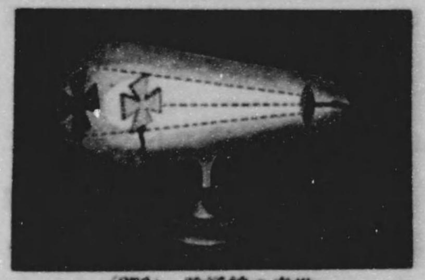


ネオンサインの構造



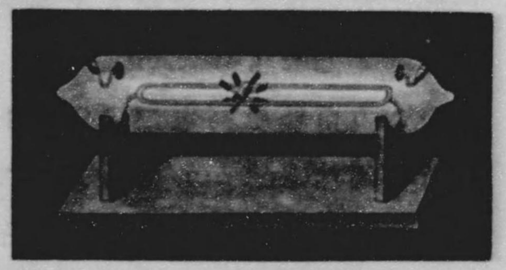
東京銀座のネオン

ムで,凡ての電氣量は常にその倍數になつてゐるから,この電氣量を**電氣の素量**ともいふ。又その質量は水素原子の約$\frac{1}{1800}$で,約9×10^{-28}grと推定されてゐる。電子は凡ての物質の重要な構成要素であり(第173節參照),熱電子も亦電子自身に外ならぬ。又導線を流れる電流は電子の運動に基くものと考へられてゐる。

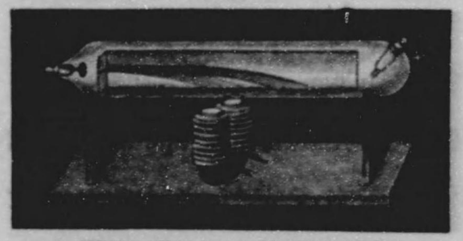


(276) 陰極線の直進

陰極線の作用　陰極線は陰極面から直角に出て高速度を以て直進するから,その進路に不透明體を置けば,その背後に影を生じ,これが物體に衝突すれば機械的の仕事をしたり熱を發したりする。



(277) 陰極線の機械的仕事



(278) 磁場による陰極線の曲折

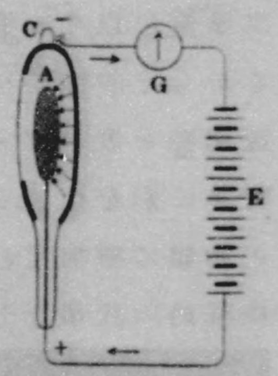
又陰極線は磁石の作用を受けて進路を曲げられ,これがガラスや硫化カルシウムのやうな物

質にあたると螢光を發し,高速度を以て金屬等の表面にあたるとX線を發する。

168 光電管 よく磨いた金屬の表面に紫外線のやうな波長の短い輻射線をあてると,その表面から電子が飛び出す。これを**光電子**といひ,この現象を**光電效果**といふ。ナトリウム・カリウム等のアルカリ金屬はこの效果が著しい。

光電管はこの效果を鋭敏に現はすやうにした裝置で,高度の眞空にしたガラス球の內面に小窓を殘して鍍銀し,その表面にアルカリ金屬を塗つてこれを陰極に連結し,別に管の中央に金網Aを挿入して陽極としたものである。

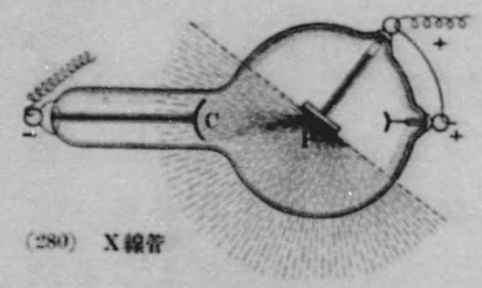
今この兩極を高電壓の電池Eの兩極に連結し,窓から光を入れて金屬層を照らすと,そこから光電子が出て金網Aに集るから,陰電氣はAECの方向に流れる。



(279) 光電管

實驗の結果によると,光電管から流れる電流の强さは光の强さに比例する。故に光電管を用ひれば,光の强さの變化に應じて電流の强さを變化することが出來る。この理を應用して,近時**寫眞電送・トーキー**(發聲映畫)等が發明せられ,又これと電波とを組合せて**テレビジョン**が工夫されてゐる。

169 X線 陰極線管の眞空度を一層高めると螢光も强くなり,且つ管壁から極めて著しい性質を有する輻射線を發生するやうになる。これは1895年レンチェン(Röntgen)が發見したもので,當時はその本性がわからなかつたから,**X線**と命名された。



(280) X線管

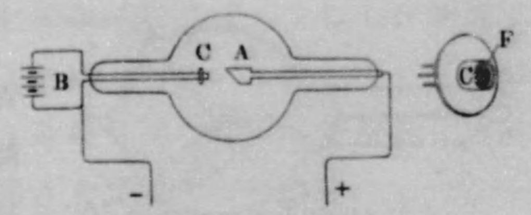
X線を發生せしめる管を**X線管**といふ。左圖は普通のX線管で,Cはアルミニウムの凹形陰極板である。陰極線はCから垂直に高速度を以て射出され,タングステン等で拵へた**對陰極**Pに集中し,そこからX線を出す。

X線は直接眼には感じないが,寫眞乾板に作用し(寫眞作用),青化白金バリウム等にあたれば螢光を發せしめ(螢光作用),氣體にあたればこれに電導性を與へる(電離作用)。併し,その最も著しい性質は透過性に富むことで,木・布・筋肉など光に對して不透明な物質をもよく透過し,アルミニウムのやうな

金屬さへも可なりよく透過する。また人體に對しては特殊の作用をする。

かやうにX線は種々の性質を有つてゐるから,外科診察・疾病治療等の醫術に利用せられる外,近來物質の鑑定及びその内部組織の研究等,學術上並に工業上に廣く應用せられるやうになつた。

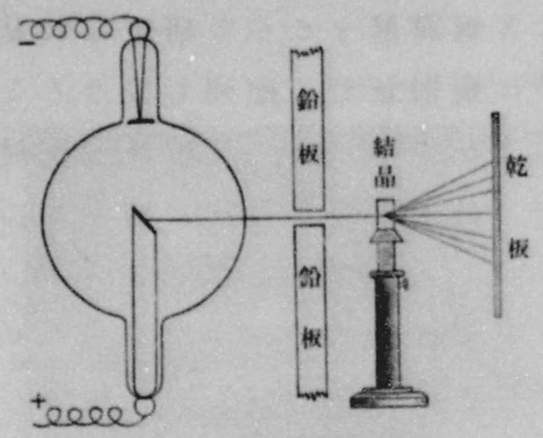
クーリッヂ管　普通のX線管は使用するに從つて,それから出るX線の透過度が變化する缺點がある。アメリカ人クーリッヂ(Coolidge)はこの缺點を補ふため,右圖のやうなX線管を工夫した。これを**クーリッヂ管**といふ。クーリッヂ管に於ては陰極C内に渦狀の金屬線Fがあつて,豫めこれを電流で熱して熱電子を發せしめ,陰極Cと對陰極Aとを高壓電源に連結してX線を發せしむるもので,近來廣く用ひられてゐる。



(281)　クーリッヂ管

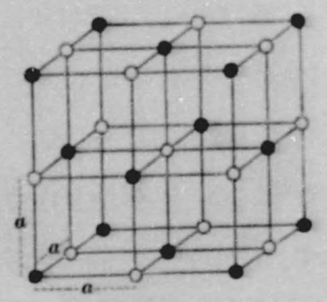
170　X線の本性・結晶の構造　X線は陰極線と異なり,磁力によつてその進路が曲げられないから,帶電粒子の運動によるものではなく,又光ともその見掛けの性質を異にするので,その本性は

暫くの間わからなかつた。然るに1912年ラウエ(Laue)がX線を結晶にあてゝ寫眞を撮り,**ラウエの斑點**と稱せられる斑點を得たので,これによつて初めてX線は波長の極めて短い電磁波であることが確認せられた(第18表參照)。



(282)　ラウエ斑點を撮る法

その後多くの人々が結晶を通過したX線,又は結晶によつて反射されたX線を寫眞に撮つて研究した結果,凡ての結晶はそれを構成する原子の規則正しい配列より成り立つてゐることが明かになつた。例へば食鹽の結晶は第283圖のやうに,NaとClの原子が交互に等距離に配列してゐる。



(283)　食鹽の結晶に於けるNa原子●とCl原子○との配列　$a=2.8\times10^{-8}$cm

金屬の細い線や薄い箔に

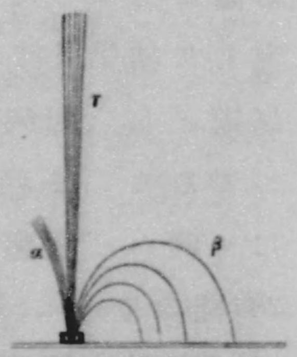
つき結晶と同樣なX線寫眞をとつて研究した結果,金屬內でも原子は規則正しく配列してゐることが明かになつた。かやうにしてX線は金屬材料・纖維素等の研究に最も重要な役割を演ずるに至つたのである。

171　放射能　X線が發見せられた翌年,ベクレル(Becquerel)は**ウラニウム**及びその化合物がX線に類似した放射線を出すことを發見し,更にキュリー(Curie)夫妻はこの性質の著しく强烈な**ラヂウム**を發見した。これ等の元素のやうに,自ら放射線を發する物質を**放射能物質**といひ,放射線を出す性質を**放射能**といふ。

この放射線は磁力の作用によつて,α,β,及びγの三線に分けられる。

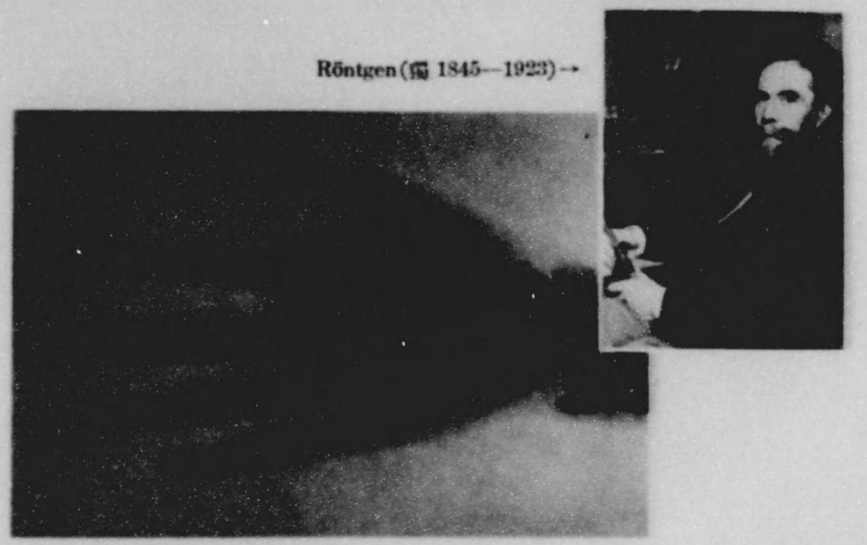
α線は陽電氣を帶びたヘリウム原子の流れで,物質を透過する作用は弱いが,よく氣體を電離し,又螢光作用を呈する。

β線は電子の流れで,その速



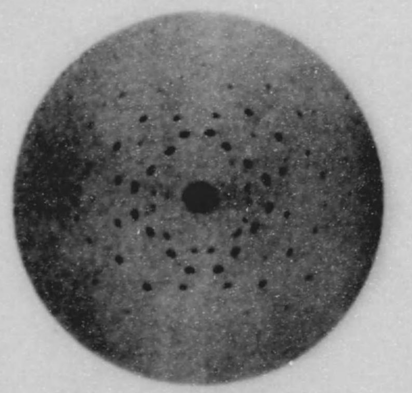
(284)　ラヂウム放射線
紙面に直角に前から後に向ふ磁場によつて分離されたところ

Röntgen(獨 1845—1923)→



↑
X線寫眞

Laue(獨 1879—現存)



ラウエ斑點

長岡半太郎博士
(1865—現存)

Becqurel(佛)
(1852—1908)

Curie
(佛)
(1867—
1934)

Bohr(和, 1885—現存)

Rutherford(英, 1871—現存)

度は陰極線よりも更に大きく,強い寫眞作用を呈し,又よく物質を透過する。

γ線は透過作用最も強く,α線・β線のやうな微粒子の流れではなくて,波長がX線よりも更に短い電磁波である。(第18表參照)

放射線は特殊の作用を人體に及ぼすから,醫療用に供せられてゐる。

172 **原子の變脫　同位元素**　ウラニウム・ラヂウム等の放射能物質は,α粒子又はβ粒子を放射した後他の元素に變る。これを**原子の變脫**といふ。そしてα粒子を放射する變脫を**α變脫**といひ,β粒子を放射する變脫を**β變脫**といふ。α變脫の度毎に原子量4(=He)を失ふが,電子の質量は非常に小さいから,β變脫の場合には母子兩元素の原子量の差は認められない。

ウラニウム(原子量約238)はα粒子及びβ粒子を各3度宛放出してラヂウム(原子量約226)になり,ラヂウムは更にα粒子とβ粒子とを放出してラドン(原子量約222)に變る。ラドンから更に幾度かα粒子及びβ粒子を失つた後,放射能を有たない鉛(原子量約206)に變る。卽ち放射能元素

は不安定な元素で,自然にα粒子・β粒子等を放射して安定な元素に變りつゝあるのである。

ウラニウムを先祖とする一系の放射能元素の外に,**トリウム**及び**アクチニウム**を先祖とする二系がある。これ等三系は夫々,206, 207, 及び208の原子量を有する鉛に終る。又この三系の各元素の中には,原子量は違ふが化學的には全く同一の性質を有してゐる元素が澤山ある。このやうに,化學的性質は全く等しく,唯原子量のみを異にする元素を**同位元素**といふ。同位元素は放射能元素に止まらず,殆んど凡ての元素にも存在する。例へば鹽素Clには原子量35及び37の同位元素があり,鹽素の原子量としてよく知られてゐる値35.45はこれ等同位元素の混合による値である。

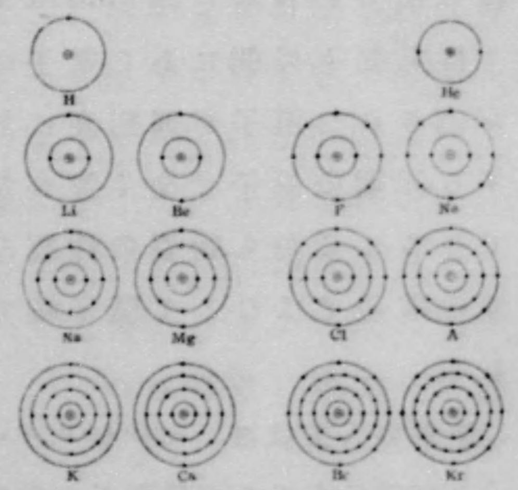
173 **原子の構造** 今日原子の構造に關して一般に信用せられてゐる說は,長岡博士によつて初めて提唱せられ,ラザーホード(Rutherford)及びボアー(Bohr)によつて大成せられたもので,大要次の通りである。

原子番號Zの原子は,電氣素量のZ倍の陽電氣を帶びた一箇の原子核と,その周圍を運行するZ箇の電子よ

りなる。故に普通の狀態では,原子は電氣的に中性であり,その質量の大部分は殆んど全部原子核に集中されてゐる。*

例へばZ=1の水素は原子核の周圍に唯一箇の電子を有しZ=92のウラニウムは92箇の電子を有してゐる。

週期表に於て同一の族に屬する諸元素は類似した化學的性質を呈し,類似した輝線スペクトルを發することゝ等により,原子内の電子は數層に分れて配置され,下圖に示すやうに,その最も外側にある電子の數が週期的に增加すると考へられてゐる。卽ちアルカリ金屬元素は最も外側の層に1箇,アルカリ土金屬元素では2箇といふやうに增加し,Ne, Ar等の不活潑元素に至れば外側の層が飽和され,次のアル



(285) 電子の配列

* 原子番號とは,週期表中の元素の順位を示す數である。原子の構造を研究する場合には原子量よりも寧ろ原子番號が大切である。

カリ金屬元素になつて新たにその外側の層に1個の電子が現はれる。電子の化學的及び光學的性質は主にこの最も外側にある電子の作用によると信じられてゐる。

この說によれば,アルカリ金屬の原子が1價の陽イオンになり易く,アルカリ土金屬元素が2の陽イオンに成り易いこと,不活潑元素の不活潑な理由,及びハロゲン族が1價の陰イオンになり易い事等が容易に說明出來る。

併し最も外側にある電子の1箇を失つてイオン化された原子が,週期表に於て,その一つ前に位する元素の原子と全く違つた化學的性質を有してゐることから,物質の性質を支配するものは,核外の電子ではなくて,原子核であると考へられてゐる。

原子の人工破壞 1919年ラザーホードは强力なα粒子を窒素にあてると,陽電氣を帶びた水素原子が出て來るのを認めた。この水素原子は中性の水素原子から電子を除去したものであるから,水素原子の原子核に外ならない。これを**陽粒子**といふ。ラザーホードは上の變

化を,α粒子が窒素の原子核に衝突し,これを破壞して,陽粒子を飛び出さしめるのであると考へた。その後,多くの人々が,高速度のα粒子や陽粒子等を種々の元素にあてゝ研究した結果,或る種の元素の原子核は破壞されて,陽粒子やβ粒子の外に,陽粒子から陽電氣を取去つたと考へられる粒子(これを**中性子**といふ)や陽電氣を帶びた電子(これを**陽電子**といふ)等を出すものがあることが明になつた。

放射能物質はα粒子・β粒子を放射して他の物質に變脫する。故にこれ等の元素の原子核は變脫の際に變化し,α粒子・β粒子は原子核から出るものと考へられる。原子の人工破壞の際,陽粒子,中性子,陽電子等を發することから,原子核の中にはこれ等の粒子も含まれてゐると想像される。併し,原子核は何々から出來てゐるかは未だ明確には判つて居らない。これは將來に殘された問題である。

―― 終 ――

附　　錄

附錄第1表　水蒸氣の飽和壓力　（水銀柱1 mm の壓力）

温度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	4.58	4.93	5.29	5.69	6.10	6.54	7.01	7.51	8.05	8.61
10	9.21	9.84	10.52	11.23	11.99	12.79	13.63	14.53	15.48	16.48
20	17.54	18.65	19.83	21.07	22.38	23.76	25.21	26.74	28.35	30.04
30	31.82	33.70	35.66	37.73	39.90	42.18	44.56	47.07	49.69	52.44
40	55.32	58.34	61.50	64.80	68.26	71.88	75.65	79.60	83.71	88.02
50	92.5	97.2	102.1	107.2	112.5	118.0	123.8	129.8	136.1	142.6
60	149.4	156.4	163.8	171.4	179.3	187.5	196.1	205.0	214.2	223.7
70	233.7	243.9	254.6	265.7	277.2	289.1	301.4	314.1	327.3	341.0
80	355.1	369.7	384.9	400.6	416.8	433.6	450.9	468.7	487.1	506.1
90	525.8	546.1	567.0	588.6	610.9	633.9	654.6	682.1	707.3	733.2
100	760.0	787.4	816.2	845.1	874.8	905.9	937.8	970.5	1004	1039

附錄第2表　乾湿球温度計による温度

湿球の温度	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
0	100	90	80	71	63	56	49	43	37	32	28	20	13	8	4	1
1	100	90	81	72	65	58	51	45	40	35	30	22	16	11	7	4
2	100	90	82	74	66	59	53	47	42	37	33	25	19	14	10	6
3	100	91	82	75	67	61	55	49	44	39	35	27	21	16	12	9
4	100	91	83	75	69	62	56	51	46	41	37	30	24	19	14	11
5	100	91	84	76	70	64	58	53	48	43	39	32	26	21	17	13
6	100	92	84	77	71	65	59	54	49	45	41	34	28	23	19	15
7	100	92	85	78	72	66	61	56	51	47	43	36	30	25	21	17
8	100	92	85	79	73	67	62	57	52	48	44	37	32	27	23	19
9	100	93	86	79	74	68	63	58	54	50	46	39	33	28	24	21
10	100	93	86	80	74	69	64	59	55	51	47	41	35	30	26	23
11	100	93	87	81	75	70	65	60	56	52	49	42	36	32	28	24
12	100	93	87	81	76	71	66	61	57	54	50	43	38	33	29	26
13	100	94	87	82	76	71	67	62	58	55	51	45	39	34	30	27
14	100	94	88	82	77	72	68	63	59	56	52	46	40	36	32	28
15	100	94	88	83	78	73	68	64	60	57	53	47	42	37	33	29
16	100	94	88	83	78	74	69	65	61	58	54	48	43	38	34	30
17	100	94	89	83	79	74	70	66	62	59	55	49	44	39	35	31
18	100	94	89	84	79	75	70	67	63	59	56	50	45	40	36	32
19	100	94	89	84	80	75	71	67	63	60	57	51	46	41	37	33
20	100	95	89	85	80	76	72	68	64	61	58	52	47	42	38	34
21	100	95	90	85	80	76	72	68	65	62	58	53	47	43	39	35
22	100	95	90	85	81	77	73	69	66	62	59	53	48	44	40	36
23	100	95	90	86	81	77	73	70	66	63	60	54	49	45	40	37
24	100	95	90	86	82	78	74	70	67	63	60	55	50	45	41	38
25	100	95	90	86	82	78	74	71	67	64	61	56	50	46	42	38

附錄第3表 三角函數の諸數表

角	Sine.	Cosine.	Tangent.	Cotangent.	角
1°	.0175	.9998	.0175	57.2900	89°
2	.0349	.9994	.0349	28.6363	88
3	.0523	.9986	.0524	19.0811	87
4	.0698	.9976	.0699	14.3007	86
5	.0872	.9962	.0875	11.4301	85
6	.1045	.9945	.1051	9.5144	84
7	.1219	.9925	.1228	8.1443	83
8	.1392	.9903	.1405	7.1154	82
9	.1564	.9877	.1584	6.3138	81
10	.1736	.9848	.1763	5.6713	80
11	.1908	.9816	.1944	5.1446	79
12	.2079	.9781	.2126	4.7046	78
13	.2250	.9744	.2309	4.3315	77
14	.2419	.9703	.2493	4.0108	76
15	.2588	.9659	.2679	3.7321	75
16	.2756	.9613	.2867	3.4874	74
17	.2924	.9563	.3057	3.2709	73
18	.3090	.9511	.3249	3.0777	72
19	.3256	.9455	.3443	2.9042	71
20	.3420	.9397	.3640	2.7475	70
21	.3584	.9336	.3839	2.6051	69
22	.3746	.9272	.4040	2.4751	68
23	.3907	.9205	.4245	2.3559	67
24	.4067	.9135	.4452	2.2460	66
25	.4226	.9063	.4663	2.1445	65
26	.4384	.8988	.4877	2.0503	64
27	.4540	.8910	.5095	1.9626	63
28	.4695	.8829	.5317	1.8807	62
29	.4848	.8746	.5543	1.8040	61
30	.5000	.8660	.5774	1.7321	60
31	.5150	.8572	.6009	1.6643	59
32	.5299	.8480	.6249	1.6003	58
33	.5446	.8387	.6494	1.5399	57
34	.5592	.8290	.6745	1.4826	56
35	.5736	.8192	.7002	1.4281	55
36	.5878	.8090	.7265	1.3764	54
37	.6018	.7986	.7536	1.3270	53
38	.6157	.7880	.7813	1.2799	52
39	.6293	.7771	.8098	1.2349	51
40	.6428	.7660	.8391	1.1918	50
41	.6561	.7547	.8693	1.1504	49
42	.6691	.7431	.9004	1.1106	48
43	.6820	.7314	.9325	1.0724	47
44	.6947	.7193	.9657	1.0355	46
45	.7071	.7071	1.0000	1.0000	45
角	Cosine.	Sine.	Cotangent.	Tangent.	角

補習問題

第一編 力 物性

1. 船中でその船を押しても進まないが,櫂で岸を押すと進むのは何故であるか。

2. ゼンマイ秤に5grの分銅を吊した所,その長さが22cmとなり,8grの分銅を吊した所が,その長さが28cmとなつた。分銅を吊さないときのこのゼンマイ秤の長さは何程であるか。

3. ゼンマイ秤に器を吊したものがある。この器中に水1000grを入れたところ長さ10cmだけ伸びた。この水中に質量800grの銅球(比重8)を絲で吊して器底に觸れぬやうに支へた時,ゼンマイは伸びるか。若し伸びるならば幾cm伸びるか。

4. 釘で手の甲を押すに,その力が等しくても,尖端の方が頭の方よりも痛く感ずるのは何故か。

5. 海面より7m下にある船底に5cm²の孔が出來た。この孔に板をあてゝ水の浸入を防ぐには,幾kgrの力を要するか。但し海水の密度は1.02とす。

6. 各邊の長さが1mの立方體の箱がある。これに水を滿した時,この水により底面及び側面の受ける全壓力は何程か。

7. 密度と比重との異同を說明せよ。

8. 空氣中で45kgrを支へることの出來る人は水中では幾kgrの石を支へることが出來るか。但し石の比重は2.5とす。

9. 水を充したコップに重さ30grのコルクを入れるさ,幾ccの水が溢れ出るか。但しコルクの比重は0.24さす。

10. 重さ540grの浮標の$\frac{2}{3}$の體積が水面上に浮き出てゐる。これを沈めるには水中に於ける重さ幾grの物體を附加すべきか。

11. 水を容れた直立圓筒形の器がある。これに重さ$m$grの物體を浮べるさき,水が器より溢れ出ないものさすれば,底面に受ける壓力は如何に變化するか。但し物體の比重は$d(<1)$で,器の底面積はAcm²さす。

12. 金さ銅の合金よりなる指輪がある。その空氣中での重さは6.68grで,水中での重さは6.28grである。この指輪の中に含まれてゐる純金の重さは何程であるか(金の比重19.3,銅の比重8.9)。

13. 水銀面に浮んでゐる鐵塊がある。これを沒するまでに上部に水を注いだ時,鐵塊の水銀中及び水中にある部分の體積の比を求めよ。但し鐵の比重は7.8さす。

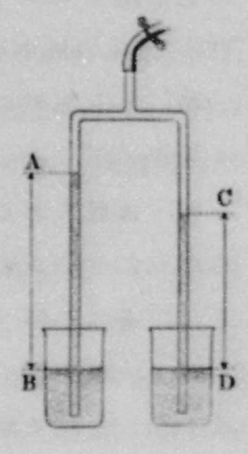
14. 水を滿したさき80grある比重瓶に,12grの金屬粒を入れ溢れ出た水を拭ひ去た後秤つたさころ90.5grさなつた。この金屬の比重を求む。

15. 切口一樣な硝子管よりなる浮秤を水に浮べたさきその長さの$\frac{1}{2}$を水上に現はし,或る液に浮べたさき$\frac{1}{3}$を現はした。この液の比重はいくらか。

16. 純良な牛乳の比重は1.03である。今或る牛乳に細長い直圓柱を入れたさころ12cmだけ沈み,更に水中に入れたさころ12.2cm沈んださいふ。牛乳の純否を定めよ。

17. 兩端の開いたU字管がある。その切口の面積は1cm²である。これに10ccの水銀を入れた後,一方の端より水を100ccだけ注ぐさきは,兩脚の液面の高さの差は何程さなるか。但し管は一樣な太さを有するものさす。

18. 圖は液體比重測定の一方法を示す。一方のビーカーに水,他方に比重を測るべき液を入れ,圖のやうな三叉管によつて上部の口より吸上げたる後ピンチコックで止め,AB, CDの高さを測れば液の比重は$\frac{AB}{CD}$で與へられる。その理由を說明せよ。



19. 水壓機の小さいピストンの面積が4cm²,大きいピストンの面積が400cm²である。この小さいピストンに2kgrの力を加へるさ大きいピストンに受ける力は幾kgrか。

20. 底面積20cm²の罎に水を充し,切口5cm²の栓を施し,これを1kgrの力で押すさ,底面に於て增加する全壓力は幾許なるか。但し栓は摩擦なしに罎口を上下し得るものさす。

21. 二本のマッチを約3cm離して水面に浮かせ,針金の先を熱してその間の水面に觸れて見よ。如何なるこさが起るか。各自試みてその理由を述べよ。

22. 直徑0.1mmの毛管内に水が3.2cmだけ昇るならば,直徑0.01mmの同質の毛管内には何程昇るか。

23. 金塊を空氣中で秤つたさころ$m$grあつた。金の比重をd_1,

分銅を作る物質の比重をd_1,空氣の比重をdとすれば,この金塊の眞の質量は如何程か。

24. 大氣の壓力が水銀柱 76 cm のとき,重量 80 gr 長さ 75 cm の直圓柱が,その軸を鉛直にして比重 0.8 の液に浮んでゐる。今その底面積を 2 cm² とすれば,(a)圓柱の上下兩底面に作用する力,及び(b)圓柱の液中に沈んでゐる部分の長さを求む。

25. 0°, 1 氣壓の下に於ける空氣の比重は 0.001293 である。0°, 2 氣壓の下にある壓搾空氣 1 m³ の重量は幾 gr か。

26. 海底にある氣泡が上昇し,水面に達した時,その體積が 5 倍になつたといふ。海底の深さを求む。但し海水の溫度は一定でその比重は 1.03,大氣は 1 氣壓とす。

27. 一端を閉ぢた長さ 100cm のガラス管に 80 cm だけ水銀を注入し,開口を指で封じ,水銀中に倒立した後,指を除いた。この時開口は槽中の水銀面よりも 10cm 下にあるものとすれば,管内の空氣は何程膨脹するか。但し氣壓は 1 氣壓とす。

28. 内徑 10 cm の底のある圓筒を鉛直に立て,これに自由に動き得る活塞(その重量を無視する)を嵌めて圓筒内を密閉してある。外壓が 1 氣壓であるとき,圓筒内の空氣柱の長さが 30 cm であるとすれば,この活塞に重さ 8 kgr の錘を載せたため活塞は幾 cm 下るか。

29. サイフォンの原理及び作用を説明せよ。

第二編 熱

1. 融けつゝある氷中では −0°.7 を示し,1 氣壓の下で沸騰しつつある水の水蒸氣中では 100°.3 を示す寒暖計が 24°.1 を示す時の眞の溫度を求めよ。

2. 10°の時の面積が 600 cm², 196° に熱した時 604 cm² になる眞鍮の圓板がある。その線膨脹係數は何程か。

3. 線膨脹係數 0.000012, 0° の時の長さが 10 m あるレールがある。このやうなレールを 15°の時敷設するには接目に於ける間隙を少くとも何程にすべきか。但し一年を通じての最高溫度は 30° であるとする。

4. 0° で密度 7.82 gr/cc の鐵の 200° に於ける密度はいくらか。但し鐵の線膨脹係數を 0.0000123 とする(小數第二位まで)。

5. 15°で容積 20 cc のガラス瓶に 15°の水銀を充してある。これを 100° に溫めるとき幾 cc の水銀が溢れ出るか。但し水銀の體膨脹係數は 0.000182 で,ガラスの線膨脹係數は 0.0000057 とする。

6. 液面上に浮んでゐる物體がある。液及び物體を共に同一溫度だけ上昇せしめたところ,物體は前より多く沈んだといふ。その理由を説明せよ。

7. 氣體に關するボイルの法則及びシャールの法則を述べ,これよりボイル・シャールの法則を導け。

8. 0°, 1 氣壓(標準狀態)に於ける空氣の密度は $0.00129\frac{gr}{cc}$ であるとすれば,27°, 740 mm の下に於ける密度はいくらか。

9. 標準狀態で,或る體積を占めてゐる氣體を,體積を一定に保ち乍ら 180° に高める時その壓力は何程となるか。

10. 0°に於て內容積39.9 l の鐵製容器がある。これに20°に於て150氣壓の酸素を封じ込むとき,內容酸素の質量は幾らか。但し鐵の線膨脹係數は0.0000106,標準狀態に於て22.4 l の酸素は32 grである。

11. 一定量の氣體が溫度0°,壓力 p のとき占める體積が v であるとする。壓力が $\frac{2}{3}p$ になつたとき,同じ氣體が占める體積が $\frac{1}{2}v$ 及び $2v$ になるのは各幾度のときか。

12. 一端を閉ぢた圓管を大氣中で倒にし,その儘海底に沈めたところ,圓管內の空氣の容積は元の $\frac{1}{6}$ に減じた。海水の深さを求めよ。但し大氣は0°,1氣壓,海水の平均比重1.03で,海底の溫度は4°であるとする。

13. 容積2 l の器に,溫度13°,壓力780 mmの乾いた空氣を容れて質量を秤り,次に器中の空氣の一部分を拔き,殘りの空氣の溫度を13°,壓力10 mmとして再び秤量したところ,前より2.499 gr減じてゐる。標準狀態に於ける空氣の密度を求めよ。

14. 溫度0°に於て容積500 ccのガラス製容器に水銀と空氣とを入れて密閉した。水銀の質量が何程ならば,空氣の體積は溫度の昇降によつて增減することがなくなるか。但しガラスの線膨脹係數は0.0000078,水銀の體膨脹係數は0.000181,0°に於ける水銀の比重は13.596である。

15. 溫度0°,壓力819 mmの下で體積200 ccを占める氣體と,溫度17°,壓力500 mmの下で232 ccを占める氣體とを,5460 ccを容れる容器に入れ,この混合氣體の溫度を100°に溫めれば幾何の壓力を呈

するか。但し容器は膨脹しないものとする。

註 (各氣體は容器內で各獨立の壓力を呈し,全壓力はその和となる。)

16. 同體積の水と水銀とを同溫度だけ溫めるに要する熱量の比如何。

17. 200 grの銅を60°に熱し,これを8°のアルコール100 grを入れた銅製の熱量計に投入れたところ,結局19°.6となつた。アルコールの比熱を求めよ。但し熱量計の質量は25 gr,銅の比熱は0.09とする。

18. 爐の溫度を測る爲に白金塊をその中に入れて熱した後,それを20°の水銀中に投じて60°となるのを見た。次にこの白金塊を120°にして前と同量の15°の水銀中に投じ20°になるのを見た。爐の溫度を問ふ。

19. 極寒地方では水銀寒暖計の代りにアルコール寒暖計が用ひられる。何故か。

20. 80°に熱した1 kgrの銀塊を,0°の大きな氷に穿つた孔の中に入れた所,56 grの氷が融解した。銀の比熱を求めよ。

21. 水が凝固するとき收縮するならば,谷川や池などでどんなことが起るか。

22. 溫度30°の水180 gr中に溫度−10°の氷幾grを融解さすと,5°の水を得られるか。但し氷の比熱は0.5とする。

23. 醬油,酒などの凍り難いのは何故か。

24. 低溫をつくる種々の方法を述べよ。

25. 或る蒸氣の一定量を一定溫度に保ち乍ら,其の體積が半分になる迄壓縮するとき,その壓力如何。蒸氣の最初の狀態により可能な種々の場合を考へよ。

26. 0°で水蒸氣を飽和してゐる空氣を密閉して30°に暖めるときは,溫度はいくらになるか。但し0°及び30°に於ける水蒸氣の最大壓力は夫々4.6 mm及び31.7 mmとする。

27. 空氣の溫度が33°.7で,露點が20°.4であるときは,その溫度は幾らか。

溫　　度	20°	21°	33°	34°
水蒸氣の最大壓力(水銀 cm)	17.4	18.5	37.4	39.6

28. 梅雨の頃,氣溫は左程高くないのに蒸暑く感ずるのは何故か。

29. 0°の氷に,一定の割合に熱を供給した所が,20分たつと溫度が上り始め,更に25分たつたら沸騰し始め,また更に45分の後には$\frac{1}{3}$だけ氣化してしまつた。水の潛熱は何程か。

30. 鐵瓶の中の水が沸騰してゐる時,その口から噴出する水蒸氣が遂に見えなくなるまでの經路を說明せよ。

第三編　光

1. 衝立から10 cmの距離にある16燭の電燈と,200 cmの距離にある弧燈とが衝立を照すことが相等しい。その弧燈の燭光は何程か。

2. 夜間電燈で撮影するに,物體を8燭の電燈から15cm距てゝ照らすとき,露出時間20秒を要した。今32燭の電燈から30cmの距離で照らすときは,幾秒の露出時間を要すべきか。

3. 太陽光線を面に垂直に受ける平面鏡がある。鏡を25°傾ければ光線は投射の方向と何度の角をなして反射するか。

4. 水平面と60°の傾をなす棒がある。平面鏡に映る棒の像を鉛直にしようと思へば,鏡をどのやうに置けばよいか。

5. 互に60°の角をなして向ひ合つて立つてゐる二枚の平面鏡がある。その角內に物體を置くと,幾個の像を生ずるか。又像の位置を圖解せよ。

6. ガラス窓を透して外から內を覗くと,自己の像をも見得るが,內から外を見るときは,外の景色しか見えぬ。何故か。

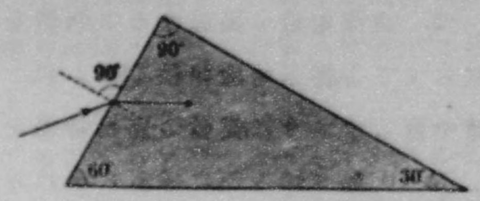
7. 凹面鏡の前方に物體を置けば,その物體より更に30cm隔つた所に1.5倍の擴大した實像を生ずるといふ。その鏡の半徑を求む。

8. 凹面鏡に向つて遠方からこれを望むと自己の倒立像を認め,近づいてこれを望むと直立像が見える。その理由を問ふ。

9. 水面より1 mの深さの所に小さい物體がある。水面の何れの所より見るも物體を見ることが出來ないやうに水面を蔽ふには幾何の大きさの板を要するか。板の最小の大きさを求めよ。但し水の屈折率は$\frac{4}{3}$とする。

10. 圖のやうなプリズムに圖のやうに單色光が入射するとき,その光の進路を圖示し,且入射光線とプリズムを射出する光線と

のなす角は60°であることを證明せよ。



11. 光が甲媒質から乙媒質に入る時,入射角が45°の時は屈折角が30°であるといふ。然らば光が乙媒質から甲媒質に出る時全反射を生ずる臨界角は何度か。

12. 空氣中に浮游する水滴内に入射した光線が水滴から再び空氣中に射出せんとする時,全反射が起り得るか。理由を附して答へよ。

13. 焦點距離 32cm の凸レンズを有する幻燈機械を用ひ,縦12cm,横9cmの原畫を幕の上に映寫し,縦3mの擴大像を得んとす。幕より幾何の距離にレンズを置くべきか。

14. 壁より45cm距る處に一燭火がある。壁と燭火との間に一つの凸レンズを置いたら,壁上に燭火の2倍の長さの鮮明な像を生じた。レンズの焦點距離を求めよ。

15. 光點Aの實像を凸レンズによつてBに生ぜしめたのに,A,Bの距離は$c$cmであつた。次にレンズをBの方に$d$cmだけ動かしたところ,再びBにAの實像を生じた。このレンズの焦點距離を求めよ。

16. 或るレンズの前方15cmの所に物體を立てたのに,2倍の長さの虛像を認めた。このレンズの種類及び焦點距離を問ふ。

17. 凹レンズの前方36cmの所に物體を置き,その$\frac{1}{3}$の虛像を得た。レンズの焦點距離を求む。

18. 焦點距離1mの凸レンズの後方0.5mの處に,レンズの軸に垂直に平面鏡を置くとき,レンズの前方2mの處にある光點の像は何所に生ずるか。

19. 凸レンズの前方$a$cmの所に光點Lを置き,レンズの後方$b$cmの所に半徑R($R<b$)の凹面鏡を,軸が一致するやうに置いた時,Lから發する光線がレンズを通過して元の光點Lに集まるためには如何なる焦點距離のレンズを用ひればよいか。

20. 焦點距離10cmの凸レンズを立てゝ,その軸上の前方15cmの所に弧燈を置き,更にレンズの後方に焦點距離5cmの凹レンズを置いて平行光線を得るには,この凹レンズを何所に置けばよいか。

21. 連續スペクトル及び輝線スペクトルは夫々如何なる種類の發光體から生ずるものか。又吸收スペクトルとは如何なるものか。

22. 赤い色紙を綠色透明の硝子板を透して視るときは何色に見えるか。且つその理由を問ふ。

23. 眞黑の紙に文字を書くのに赤インキでは見難いが,朱ではよく見える。何故か。

24. 光の三原色と繪具の三原色とを比較せよ。

第四編 電氣 磁氣

1. 磁氣とは何か,磁氣量はどうして定めるか。

2. 水面に浮べたコルクに磁針を載せると,その磁針が南北に向くまで廻轉するが,然る後には南方にも北方にも移動しないの

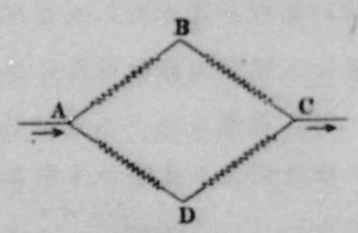
は何故か。(§ 108 參照)

3. 鐵棒を磁石となす種々の方法を說明せよ。

鐵棒が磁石となり居るや否やを知る方法,及び磁石の極の南北を定める方法を說明せよ。

4. 5アンペア迄測り得る電流計を以て50アンペア迄の電流を測るには幾オームの導線を電流計に竝列に連結すればよいか。又同樣にして 500アンペア迄の電流を測る爲に要する分道抵抗如何。但し電流計の抵抗は0.25オームとする。

5. 四つの導線AB,BC,AD,DCを圖の如く連結して,矢の方向に電流を通ずる。AB,BC,AD,DCの抵抗が夫々1,2,3,4オームならば,B點とD點とは何れが電位が高いか。



6. 同形の電池數個を連結してなるべく强い電流を得んとす。次の場合は如何に連結すべきか。且つその理由を說明せよ。

(a)內抵抗が外抵抗よりも著しく大きいとき。

(b)內抵抗が外抵抗よりも著しく小さいとき。

7. 電動力1.9ボルト,內抵抗0.3オームのブンゼン電池10箇を直列に連結し,その兩端を抵抗5オーム,6オームの二導線を竝列に連結したもので接續するとき,各の導線を流れる電流の强さを求む。

8. 電動力2ボルト,內抵抗0.6オームの電池が6箇ある。その中3箇づゝ直列に結び,その各組を並列に連結した。この電路の

外抵抗を0.4オームとすると,2分間に流れる電氣量幾何。

9. ボルタの電池の電流が弱くならうとする時,その稀硫酸中に重クロム酸カリの溶液を少しく加へると再び復活する。何故か。

10. 15アンペアの電流を3時間硫酸銅の溶液に通じたら,53.1 grの銅を析出した。20アンペアの電流を45分間硝酸銀の溶液に通ずるとき析出する銀の量如何。(銅及び銀の化學當量は夫々31.8及び108である。)

11. 溫度20°,壓力765 mmで,體積4.2 l の水素を得る爲には,稀硫酸中に2アンペアの電流を幾時間通ずべきか。

12. 導線の兩端に100ボルトの電壓を加へて,これに6アンペアの電流を通じ,これを16°の水3 kgr中に投入して水の溫度を100°まで上昇せしめるに要する時間を求む。但し此の際發生する熱は凡て水に吸收されるものとする。

13. 同質の甲乙二本の導線がある。甲線は直徑1 mm,乙線は$\frac{1}{2}$ mmである。この二本の導線を直列に結び,僅の時間電流を通じたのに,甲線の溫度は1度上昇した。乙線の上昇如何。

14. 相等しい電燈8個を竝列につなぎ,その兩端の電位差を100ボルトにするとき,全電流を1.6アンペアとせば,各1燈の電流の强さ,工率及び纖條の抵抗何程か。

15. タングステン電球の纖條の一部が斷線して,その隣接部につくとき,如何なる現象が起るか,これを說明せよ。

16. 地球を一つの磁石と考へ,其の地磁氣が地球表面を流れる

電流によつて生ずるものと假定すれば,この電流は如何なる方向に流るべきか。圖を畫いて說明せよ。

17. 圓形のコイル面を南北の鉛直面内に置き,その中心に磁針を針頭で支へて自由に運轉し得るやうにし,そのコイルに電流を通ずるとき,磁針は如何なる方向に向くか。

18. 同じ向きに流れてゐる二つの直線電流は互に相引き,電流が反對の方向のときは互に相斥けることを說明せよ。

19. アンペア計とボルト計の構造及び使用法につき比較せよ。

20. 磁場に直角に針金を動かす場合に針金を流れる電流の方向,磁場に直角に針金を置いて,これに電流を通ずる場合に針金に及ぼす力の方向を圖示せよ。

21. 一卷の圓形コイルの面を水平に支へ,棒磁石の長さの方向を鉛直にして,コイルの中を通過させる場合に,磁石が(a)コイルに近づく間,(b)コイルを通る間,(c)コイルから遠ざかる間にコイルに起る電流の方向を圖示せよ。

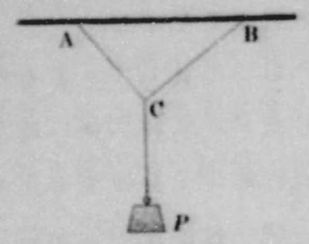
22. 次の電流は直流であるか,交流であるか。

(a)蓄電池を充電するもの。(b)電燈を點火するもの。(c)變壓器に通ずるもの。

第五編 力 運動

1. 互に直角に作用する 1732 ダイン及び 1000 ダインの二力の合力の大きさ並に方向を求む。

2. 200 gr の張力に耐へ得る長さ 70 cm の絲の兩端を,互に 50 cm 隔つてゐる天井の二點 AB に結びつけ,絲の A 端から 30 cm の C に錘 P を吊すとき,絲の切斷しない範圍内での錘 P の最大重量を問ふ。但し絲自身の重さは省略する。



3. 水平な力で滑かな斜面上に 10 kgr の物體を支へるには幾何の力を要するか。

4. 一つ力を二つの力に分解するとき,分力の方が元の力よりも大きい場合があり得るか。

5. 均質な棒の一端に 3 kgr の物體を吊す時は,その端より 42 cm の所を支へて釣合ひ,5 kgr の物體を吊す時は 30 cm の所を支へて釣合つたといふ。棒の長さ及び重さ如何。

6. 地上に横はる丸太棒がある。この一端のみを少し揚げるには a kgr の力を要し,又他端のみを少し揚げるには b kgr の力を要するといふ。棒の重さ及びその重心の位置如何。

7. 全長 36 cm の一樣な太さの針金を曲げて底邊の長さ 10 cm の二等邊三角形を作れば,その重心の位置如何。

8. 一端の半徑 3 cm,他端の半徑 4 cm の棒で二人の人が棒捩ぢをしたところ,勝負がつかなかつたといふ。この二人の捩る力の比を求めよ。

9. 一樣な細長い棒が水に浮ぶ時は必ず横になるのは何故か。

10. 直線等加速度運動をなしてゐる物體が初め 1200 $\frac{cm}{秒}$ の速度を有して居り,4 秒後には 200 $\frac{cm}{秒}$ の速度となつたといふ。加速度

の大きさを求む。

11. 上昇しつゝある飛行船が150 mの高さにある時,報告筒を落したのに,6 秒の後に地上に達したさいふ。報告筒を放した時の飛行船の上昇速度を求めよ。

12. 初速度25 $\frac{m}{秒}$を以て鉛直に投上げられた物體は幾mの高さに達し得るか。又出發點に復るに幾秒を要するか。

13. 花火を打ち上げた瞬時から4秒を經て,その爆發を見た。上昇した高さ及び最初の速度を求む。但し花火は最高點で爆發し,且つ空氣の抵抗はないものとする。

14. 絲で石を吊し,絲の上端を持つて徐々に引き揚げる時は絲は切れないが,急に引き揚げるとき切れることのあるのは何故か。

15. 重さ200000 kgrの汽車が動き始めて5 mだけ進行する間に2 $\frac{m}{秒}$の速度を得たとすれば,これに働いた力は幾kgrか。

16. 東京で3000ダインの重さを持つ物體は京都では幾ダインの重さをもつか。但し東京及び京都の重力の加速度は夫々979.80及び979.72 $\frac{cm}{秒^2}$である。

17. 質量10 grの物體を絲で吊し,(i)10 $\frac{cm}{秒}$の速度で上げる時,(ii)10 $\frac{cm}{秒^2}$の加速度を以て上げる時,(iii)980 $\frac{cm}{秒^2}$の加速度を以て降る時の絲の受ける張力を求めよ。

18. 絲の兩端に,質量が夫々100 gr, 101 grの二つの物體を結びつけ,これを滑かな定滑車に懸け,靜に放した時の二物體の加速度を求めよ。但し絲の重さはないものとする。

19. 比重2.6の小石が深さ20 mの水中を落下するには,幾秒を要するか。但し,物體に及ぼす水の作用は浮力のみとする。

20. 水平面と30°の傾をなしてゐる摩擦のない斜面の上に,質量20 kgrの物體を載せ,これに15 kgrの力を斜面に沿ふて上方に働かせば,物體はどれだけの加速度を得るか。又4秒の後には幾m進むか。

21. 自由に動くことの出來る物體に30ダインの力が5秒間働くとき,物體の得る運動量を求めよ。

22. 質量50 grの銃丸が毎秒400 mの速度で障壁に衝突し,壁質内に陥入して靜止するまでに$\frac{1}{100}$秒を要したさいふ。障壁の抵抗力及び陥入した距離を求めよ。

23. 作用と反作用とは大きさ等しく方向相反するにも拘らず綱引に勝負の決するのは何故か。

24. 高さ30 mの塔上から質量5 grの物體が自然に落ちてゐる時,風の爲に500ダインの水平力を受けてゐるとすれば,鉛直下の地點より水平距離幾mの所に到着するか。

25. 3000 mの距離にある敵艦を,高さ160mの砲臺から水平に砲彈を發射して射擊せんとす。砲彈の速度を如何にすべきか。

26. 40 $\frac{m}{秒}$の水平速度で飛んでゐる飛行機が丁度頭上を通過する時,速度600 $\frac{m}{秒}$の彈丸でこれを擊つには,何れの方向を狙ふべきか。

27. 綱に水桶を結び,鉛直面内で半徑1 mの圓運動をさせ,水桶が最高點に達しても水が流下しないために水桶に與ふべき速度の最小値はいくらか。

28. 2.4 kgrに堪へ得る2 mの長さの綱の一端に重さ0.8 kgrの

錘を附して他端を中心とする[illegible]。(*)水平面内に運動を行ふさき,最[illegible]の可能な最大速度如何。

29. 地球の自轉が止むものとする[illegible] kgr の物體は幾grだけ重くなるか。但し地球の半徑[illegible]km,普通上の重力の加速度は $978\frac{cm}{秒^2}$ とする。

30. 地球自轉の速さが現在の[illegible]上の物體は重さがなくなるか。

31. 一樣な水平の平板上に[illegible]に初速度 1 m/秒を與へたところ,一直線上に[illegible]上つて靜止したとすれば,此の時の物體と板の[illegible]か。

32. 水平から30°傾いた斜面上に[illegible]これを斜面に沿ふ力で支へるに必要な最小の[illegible]これを斜面に沿ふて引上げるには幾[illegible]。但し摩擦係數は0.4とする。

33. 斜面上に 100 gr の物體を置[illegible]に增大して30°に至らしめる時,其の物體は[illegible]よ。斜面の傾角を45°に保ち,其の物體を斜面に[illegible]る爲に必要な最小の力は何程か。

第六編　仕事　エネルギー

1. 質量と重量とを區別し,且つ天秤はどの例れを秤るものであるかを說明せよ。

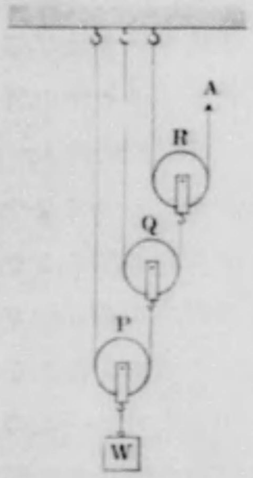
2. ぜんまい秤は異る場所では正確に質量を測定することは出來ないといふ。何故か。

3. 兩臂の長さが相等しくない天秤で物體の質量を測定する場合に,物體を右の皿に載せた時は M_1 gr,左の皿に載せた時は M_2 grならば,その物體の眞の質量は $\sqrt{M_1 M_2}$ であることを證明せよ。

4. 1 kgrの物體を20 m持ち上げるに要する仕事は幾エルグか。又水平面と30°の傾をなす摩擦なき斜面を用ひて,これを行ふ時の仕事は幾エルグか。

5. 或る懷滑車の綱を1 m引くと,滑車に吊した錘が25 cmだけ昇つたといふ。この滑車で10 kgrの物體を引揚げるには幾kgrの力を要するか。(但し滑車の重さを無視するものとす。)

6. 重さが各 4 kgrある滑車P,Q及びRを圖のやうに組合せ,綱の一端Aを手で持ちて,滑車Pにかけた重さ 24 kgr の物體Wを引き揚げるには,幾何の力を要するか。但し滑車の摩擦及び綱の重さは省略する。



7. 半徑3 cmの共通軸を有し,半徑が夫々9 cm,6 cmの大小二箇の輪よりなる水平輪軸がある。軸に巻きつけた綱の端に 20 kgr の錘を吊し,輪には軸と反對向きに綱を巻き,小輪に4 kgrの錘を吊せば,大輪には何程の錘を吊せば,この輪軸は釣合を保つか。

8. 質量何れも1 kgrの二物體がある。同一水平面上から同時

に,其の一つを20 $\frac{m}{秒}$の初速度で鉛直に拋上げ,他を自由に落下せしめる時,2秒後に於ける兩物體の運動のエネルギーの差及び位置のエネルギーの差を求む。

9. 質量3.9kgrの銃より10.5grの彈丸を780m/秒の速度で打出す時,銃の後退する速度及び發射時に於ける銃と彈丸との運動のエネルギーは各〻幾何か。

10. 10grの物體が傾斜角30°の滑かな斜面を落下して3秒後に得る速度及び運動のエネルギーを求む。

11. 傾斜角は異るが,高さが相等しい滑かな斜面の頂上から物體が滑り落ちるとき,底面に達するときの速度は凡て相等しいことを證明せよ。

12. 長さ20cmの振子の絲を緊張した儘,鉛直線と60°の角をなす迄錘を引き揚げ,靜に放すとき,錘が最下點に達した時の速度を求めよ。但し錘の質量は500grとす。

13. 無煙炭1grが燃燒すると8000カロリーの熱を生ずる。今燃燒によつて生ずる熱が悉く仕事に變るものとすれば,1kgrの無煙炭の燃燒により,幾kgr.mの仕事をなし得るか。

14. 3馬力のポンプで,海面から8mの高さにある甲板へ,2時間に何程の海水を汲み上げることが出來るか。

15. 20オームの電氣抵抗を有する電熱器がある。100ボルトの電壓で,毎日10時間づゝ使用するときは,1箇月間の料金は幾何となるか。但1キロワット時の料金は5錢とす。

16. 20mの落差を以て毎秒500lの割合に落下する水がある。

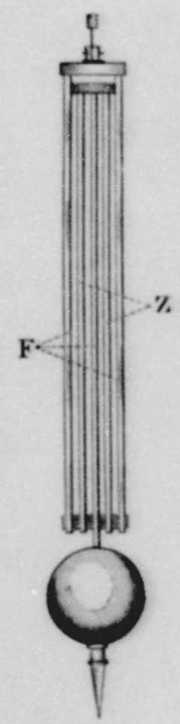
今この水の有するエネルギーの半分を電氣エネルギーに變じ得たとすれば,10燭の電燈幾個を點じ得るか。但し10燭の電燈1個につき12.5ワットの電力を要するものとす。

17. 電力を遠方に輸送する際に高い電壓の交流を用ひる理由を説明せよ。

第七編 波 動

1. 溫度0°で長さ1m,週期2秒の振子は35°では週期は幾らか。但し振子の針金の線膨脹係數は0.000018とする。

2. 普通の振子時計は時候の變化により多少の影響を受ける。その理由及び調節法を記せ。



3. 圖は**補整振子**と稱するもので,Zは亞鉛,Fは鐵である。溫度が上昇し,振子が延長すればZは振子の球を上げ,Fは下げる。今Zの1本の長さをb,Fの外側の1本の長さをa,中央の上端より振子の球の中心までの長さをcとし,溫度の變化に拘らず支點より球の中心までの長さを一定ならしめんにはa,b,cを如何なる關係にすべきか。但しF,Zの線膨脹係數をそれぞれ0.000012,0.000029とす。

4. 長さ3.97mの振子の週期が4秒である土地の重力の加速度は何程か。

5. 一つの振子の振動數が甲地では毎分50,乙地は毎分51である。一つのゼンマイ秤で物體の重量

を秤るに甲地で丁度1kgrあれば,乙地では幾kgrあるべきか。

6. 深さ19.6mの井戸に石を落したるに2.06秒にして石が水面を打つ音を聞いたといふ。音の速度を求む。

7. 毎秒225回振動する音叉が20°の空氣中に送る音波の波長を求む。

8. 長さを加減することの出來る一端の閉ぢた氣柱の管口に振動する音叉を近づけた時,氣柱の長さが12cmで共鳴音の强さが最大となつた。音の速度を340$\frac{m}{秒}$として,音叉の振動數を求めよ。

9. 氣溫20°の時,長さ60cmの兩端の開いたガラス管の一端に近く振動數未知の音叉をならして近づけた時强く共鳴した。音叉の振動數はいくらか。

10. 絃を張つて,原振動をなさしめる時の振動數nは次の式で與へられる。

$$n=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad (毎秒)$$

但し,Tは絃の張力(ダイン),mは絃の1cmの質量(gr),lは絃の長さ(cm)である。$m=0.0064\frac{gr}{cm}$, $l=25cm$ $T=4kgr$ である時の振動數を求めよ。

11. 音の共鳴及び唸の現象につき說明せよ。

12. 一音叉を振動數452の音叉と同時に鳴らして毎秒3回の唸を聞き,振動數461のものと同時に鳴らして毎秒6回の唸を聞いた。この音叉の振動數を求めよ。

13. 光が波動である證據をあげよ。

14. 波長0.00076mmの色光の振動數は何程か。

15. しやぼん玉が非常に美麗な色彩を呈する理を說明せよ。

16. 赤外線,紫外線とは何か。且つその作用を述べよ。

17. 螢光と燐光とを說明し,且つその區別を說明せよ。

18. 無線電信と無線電話とに用ひられる電波の相違を比較せよ。

19. 三極眞空管の構造及び作用につき記せ。

終篇

1 熱電子,光電子とは何か。その應用を述べよ。

2 X線の發生法及びその性質に就いて記せ。

3 α線・β線及びγ線に對する磁場の作用の差異を述べよ

昭和十年十一月五日印刷
昭和十年十一月十日發行

不許複製

新定中學理科
物理篇

定價金一圓三十錢

著作者　三村剛昂
發行者　中村時之助
東京市牛込區榎町一七四番地
印刷者　柴山則常
東京市本郷區駒込林町一七二番地
印刷所　合資會社香林舍
東京市本郷區駒込林町一七二番地

發行所　中文館書店
東京市牛込區榎町一七四番地
電話牛込三三二五番　振替東京三八四二七番

919
956