

もつと大きい仕事の単位としては $10^7$ エルグをとり、之をジュールといふ。又工業上では1 疋重の力が働き、1 米の距離だけ動く時の仕事を仕事の単位とし、之を**疋重米**といふ。1 疋重は $980 \times 10^3$ ダインであるから1 疋重米は $9.8 \times 10^7$ エルグ(ざつと10ジュール)に當る。

**§126. 仕事の原理** 圖117.4でAが静かに距離 $s$ だけ引き上げられると、二力 $F, T'$ は等反であるから、Aのなす仕事 $T's$ は、なされる仕事 $Fs$ に等しい。又圖105.2の如き挺子に於て二力 $P, Q$ の大きさは $\frac{P}{OB} = \frac{Q}{OA}$ できまるが、 $P, Q$ の着力點A, Bの動く距離 $p, q$ は $\frac{p}{OA} = \frac{q}{OB}$ できまるから、挺子のなす仕事 $Qq$ はなされる仕事 $Pp$ に等しい。

一般に、各種の機械に於て、

摩擦がない時は  
機械のなす仕事はなされる仕事に等しい。

これを**仕事の原理**といふ。一體機械では力に得があれば距離に損があり、力に損があれば距離に得がある。力と距離との積(仕事)を考へると、之には損得がない。之れ仕事の原理の内容である。

**【問】** 第22頁の水壓器について仕事の原理を確めよ。

② 仕事の原理を利用すれば機械に於て釣合ふ

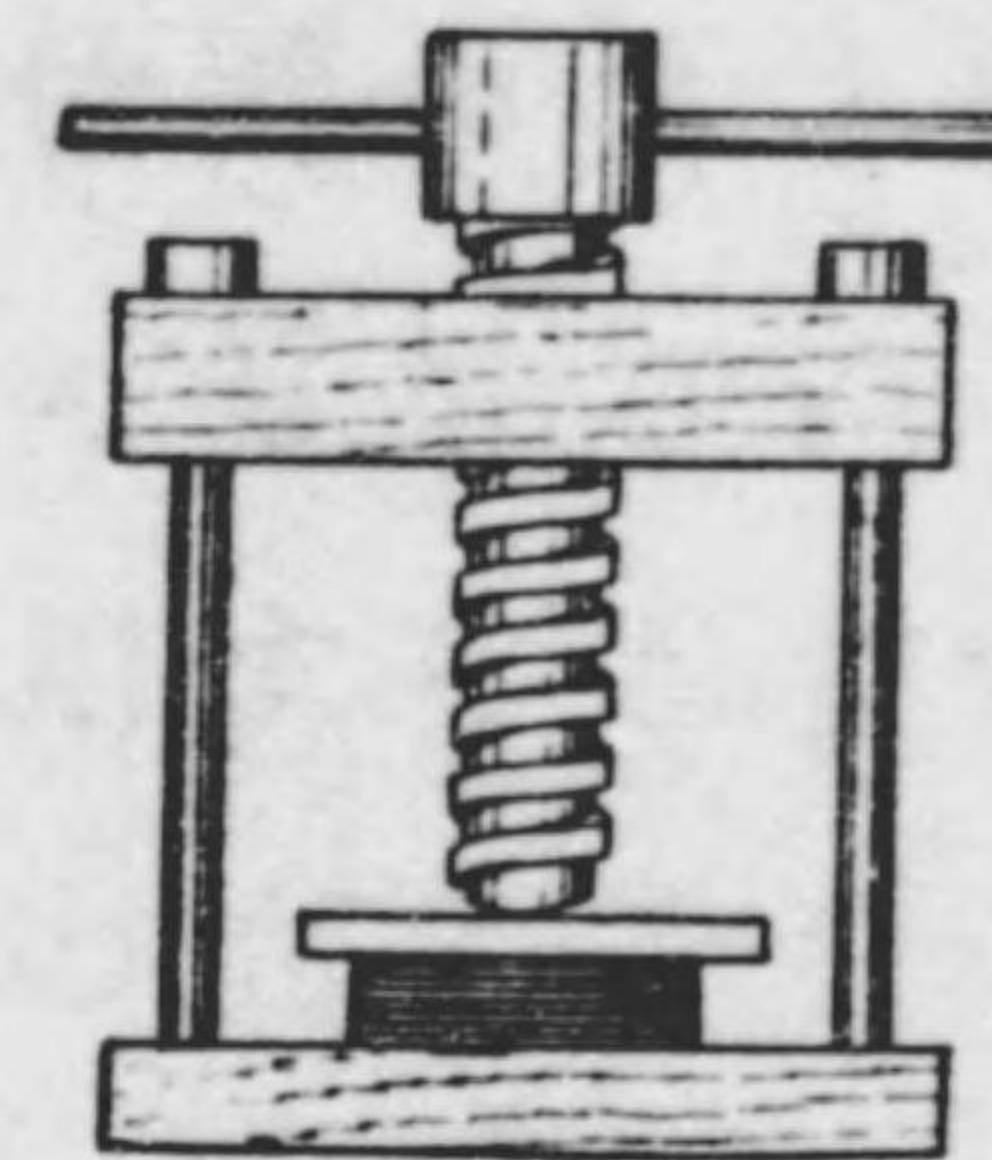


圖 126.1 螺旋

力の大きさの関係を求め得る。例へば、螺旋に長さ $l$ の柄をつけ其の端に $P$ の力を加へて一廻轉すれば、其のなされる仕事は $2\pi l P$ にして、此の時螺旋の先端は $Q$ の力に逆つて一歩み $d$ だけ動くから其のなす仕事は $Qd$ である。そして、螺旋の摩擦を無視すれば仕事の原理により、

$$2\pi l P = Qd \quad \therefore P = \frac{d}{2\pi l} Q \dots\dots\dots (式 126.1)$$

の關係を得る。従つて歩みが小さく、柄が長いほど小さい力で大きい力に釣合はせ得ることが分る。

**§127. 工率** 水車や電動機の様な原動機のなす仕事の速さを**工率**と稱し、單位時間中になす仕事の量で之を表はす。工率の單位に**馬力**と**ワット**とがあり、前者は毎秒75疋重米、後者は毎秒1ジュールの仕事をする工率である。即ち、

$$\text{馬力} = \frac{75 \text{ 疋重米}}{\text{秒}} \quad \text{ワット} = \frac{\text{ジュール}}{\text{秒}}$$

例へば電動機で働く巻揚機が500疋重の荷物を0.45米/秒の速さで引き揚げて居ると、巻揚機の工率は、

$$500 \text{ 疋重} \times 0.45 \frac{\text{米}}{\text{秒}} = 225 \frac{\text{疋重米}}{\text{秒}} = 3 \text{ 馬力}$$

或は、 $(500 \times 1000 \times 980) \text{ ダイン} \times 45 \frac{\text{糎}}{\text{秒}}$

$$= 2205 \times 10^7 \frac{\text{ダイン糎}}{\text{秒}} = 2205 \frac{\text{ジュール}}{\text{秒}}$$

$$= 2205 \text{ ワット}$$

である。巻揚機の摩擦を無視すると、仕事の原理により之は電動機のなす仕事に等しい。

## 第二章 力學的エネルギー

§128. 力學的エネルギー ① 飛ぶ砲弾や流れる水の如く運動せるために仕事をなし得る物体は運動のエネルギーを有すといふ。質量  $m$ 、速度  $v$  の物体は  $f$  の力に逆つて  $s = \frac{mv^2}{2f}$  (式 118.4 による) の距離だけ進んで止まるから、そのなし得る仕事  $W$  は、

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

である。故に、

$$\text{運動のエネルギー} = \frac{1}{2} mv^2 \dots \dots \dots \text{(式 128.1)}$$

【問】 質量60疋、速度10米/秒で走る人の運動のエネルギーは幾エルグなるか。

② 引き張つた弓や高所にある石の如く特殊の形状や位置にあるために仕事をなし得る物体は位置のエネルギーを有すといふ。高さ  $s$ 、質量  $m$  の物体が落ちるとき、滑車を利用すると、質量  $m$  (重さ  $mg$ ) の他の物体を  $s$  の高さに引き上げ得るから、そのなし得る仕事は  $mgs$  である。故に、



圖 128.1

$$\text{重力に基づく位置のエネルギー} = mgs \dots \dots \dots \text{(式 128.2)}$$

運動のエネルギーと位置のエネルギーとを總稱して力學的エネルギーといふ。

【問】 地上50米の高さにある50疋の石の有する位置のエネルギーは幾エルグなるか。

§129. 力學的エネルギーと仕事 前述の如くエネルギーは仕事に變るが、逆に仕事はエネルギーに變らないか。今質量  $m$  の物体をその重さ  $mg$  に抗して  $f$  の力で引き上げると、結局上方に  $\frac{f-mg}{m}$  の加速度を生ずるから、 $s$  の距離だけ昇るときは、 $v^2 = 2\left(\frac{f-mg}{m}\right)s$  の速度を得る。これを次の様に變形して見ると、仕事がエネルギーに變ることがよく分る。

$$fs = mgs + \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(式 129.1)$$

$fs$  : 物體に外から加へた仕事  
 $mgs$  : 重力に抗して動いた距離( $s$ )のため増加した位置のエネルギー  
 $\frac{1}{2}mv^2$  : 慣性に抗して與へた速度( $v$ )のため増加した運動のエネルギー

従つて次の関係があることが分る。

**力學的エネルギー ↔ 仕事**

【問】 圖 129.1, 2 の水車と揚水車、風車と扇風機とにつき[エネルギー ↔ 仕事]の關係を説明せよ。

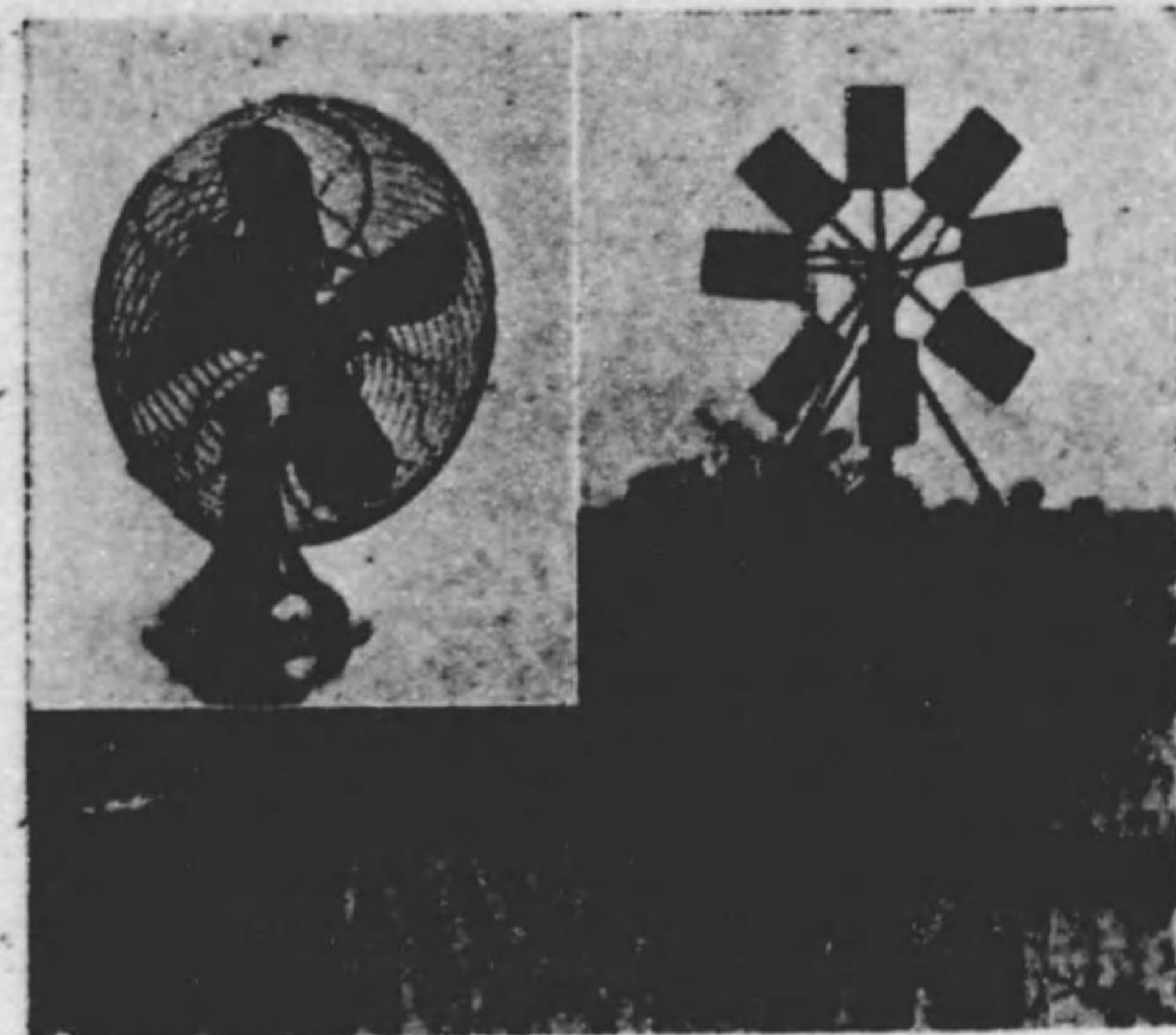


圖 129.2 風車と扇風機

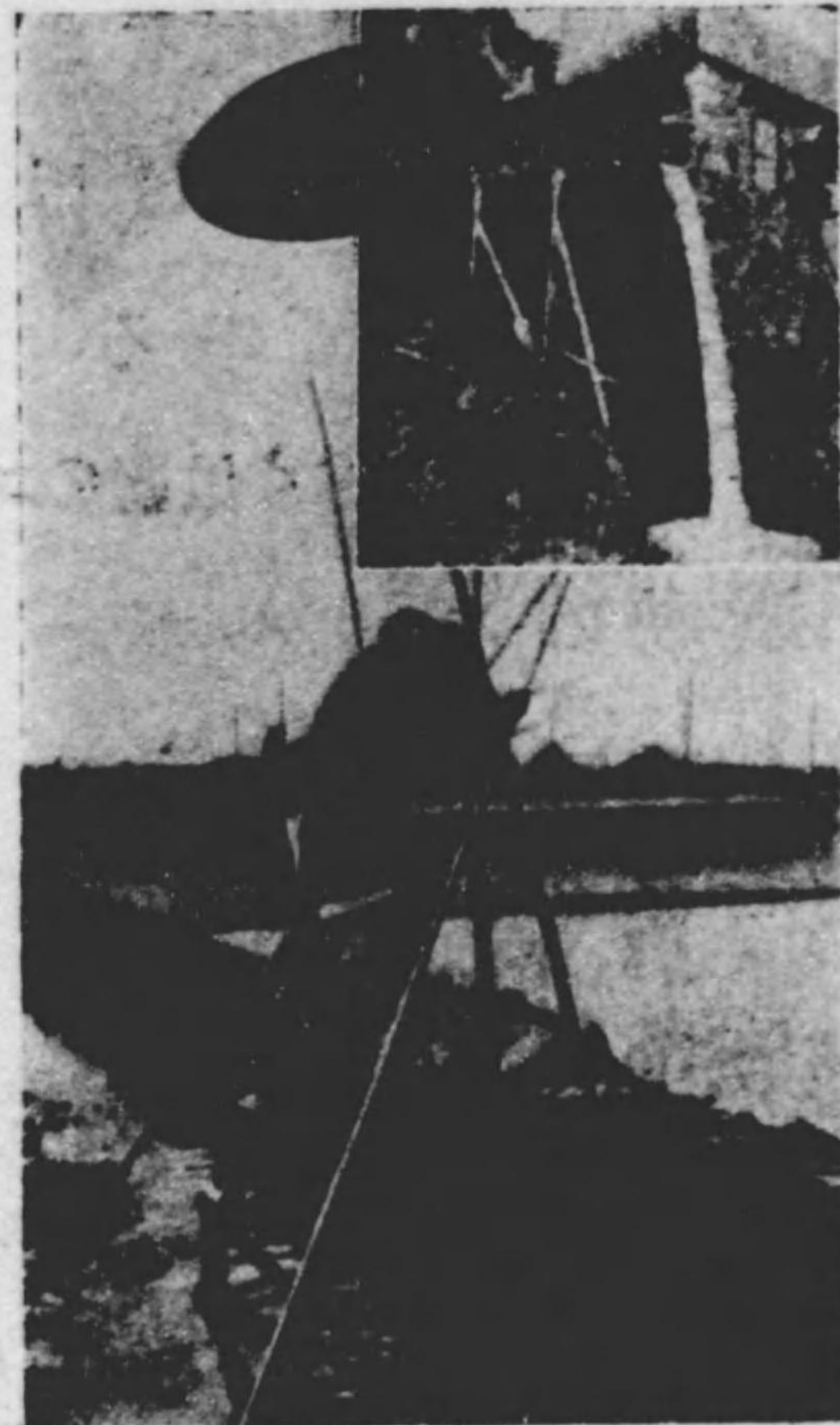


圖 129.1 水車と揚水車

第三章 熱エネルギー

§130. 熱エネルギーと仕事 熱機關に熱を通すと仕事をする。これは熱が一種のエネルギーで、それが仕事に變るからである。又兩手を擦り

合せる時經驗するが如く摩擦に對して仕事をするると熱を發生する。之は仕事が逆に熱エネルギーに變つたのである。故に結局次の關係がある。

**熱エネルギー ↔ 仕事**

精密な實測によると、1 カロリーの熱は  $4.2 \times 10^7$  エルグの仕事に當り、之を熱の仕事當量といふ。

即ち、  $1 \text{ カロリー} = 4.2 \times 10^7 \text{ エルグ} = 4.2 \text{ ジュール}$

これエネルギーの熱單位と仕事單位との關係を示すものに外ならない。

§131. 熱エネルギーの本性





① (i) 密閉した氣體を熱するとき壓力が増すのは、分子の飛動が烈しくなつて強く器壁に衝突するからである。

(ii) 金槌で鉄片を強く打つとき熱くなるのは、打たれたため分子の振動が烈しくなるからである。

此の顯著な二つの事實及び他の各種の事實を綜合すると、次のことが分る。

熱は分子運動のエネルギーである。

② 物体の運動のエネルギーも亦結局は分子運動のエネルギーではあるが、之と熱エネルギーとの間には次の如き相違がある。

力學的の分子運動のエネルギー	各分子の速度の大きさ及び方向に秩序がある。	 迴轉運動  行進運動
熱としての分子運動のエネルギー	各分子の速度の大きさ及び方向に秩序がない。	 固 体  氣 体

物体が熱エネルギーを有すると同時に又それが全體としての運動のエネルギーを有することは、進行せる汽船が全體として秩序ある運動をして居ると同時に各の船客が各自思ひのまゝの無秩序の運動をして居るのに似て居る。

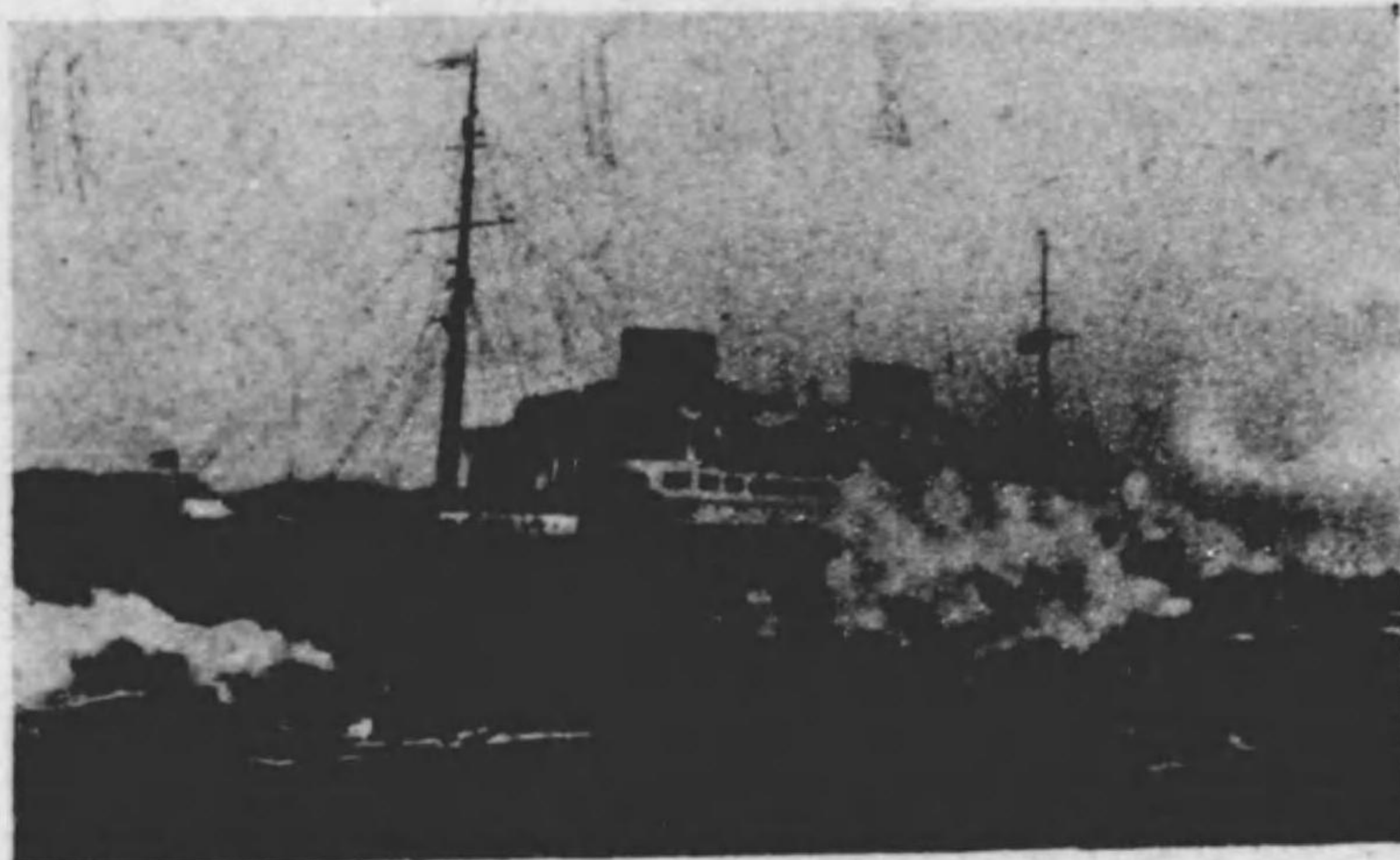


圖 131.1 汽船の譬

③ 熱としての分子運動のエネルギーは其の方向が無秩序であるため、之を全部仕事にかへることは出来ない。然し、高壓の氣體が膨脹噴出する

ときは、比較的秩序ある運動に變るから之に仕事をさせ得る。これ熱機關の原理で、此の時無秩序の分子運動のエネルギー(即ち熱)が減少して氣體の溫度が降る。圖 131.2 の様な硝子管製の空氣鉄

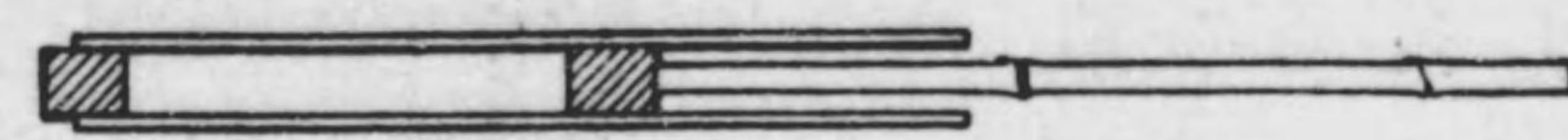


圖 131.2 空氣鉄砲

砲を放つと管内に白霧が出来るが、之は空氣が冷却した證據である。かやうな膨脹が徐々に行はれると、外部から熱が入つて氣體の溫度は變らないから、之を等溫膨脹といふ。前の場合には熱の入る暇がないので、之を斷熱膨脹といふ。斷熱壓縮では逆に溫度が昇る。

④ 固体を熱すると、分子の振動が烈しくなり、或る溫度に達すると、分子の規則正しい配列が亂れて液體になる。此の配列を亂すために必要なエネルギーが融解熱である。液體になつたものが、更に熱せられて分子の運動が烈しくなると、ある分子は他の分子の羈絆を脱して表面から飛び出る。飛び出るものは平均よりも大きい運動のエネルギーを持つて居るから、液中には比較的小さい運動のエネルギーを有するものが残り、液體の

温度が降る。この冷却を防ぐため外から加へる熱が氣化熱である。

§132. 空氣の液化 物體の状態の變化を利用して熱を移し得ると同様に、氣體の膨脹・收縮を利用して熱を移し得る。

ポンプ P で a から吸入した空氣を B の冷水に浸した蛇管中に壓縮し、生じた熱をば冷水に吸収せしめた後、之を弁 V を開いて小孔 b から膨脹噴出させると自ら冷却する。此の冷

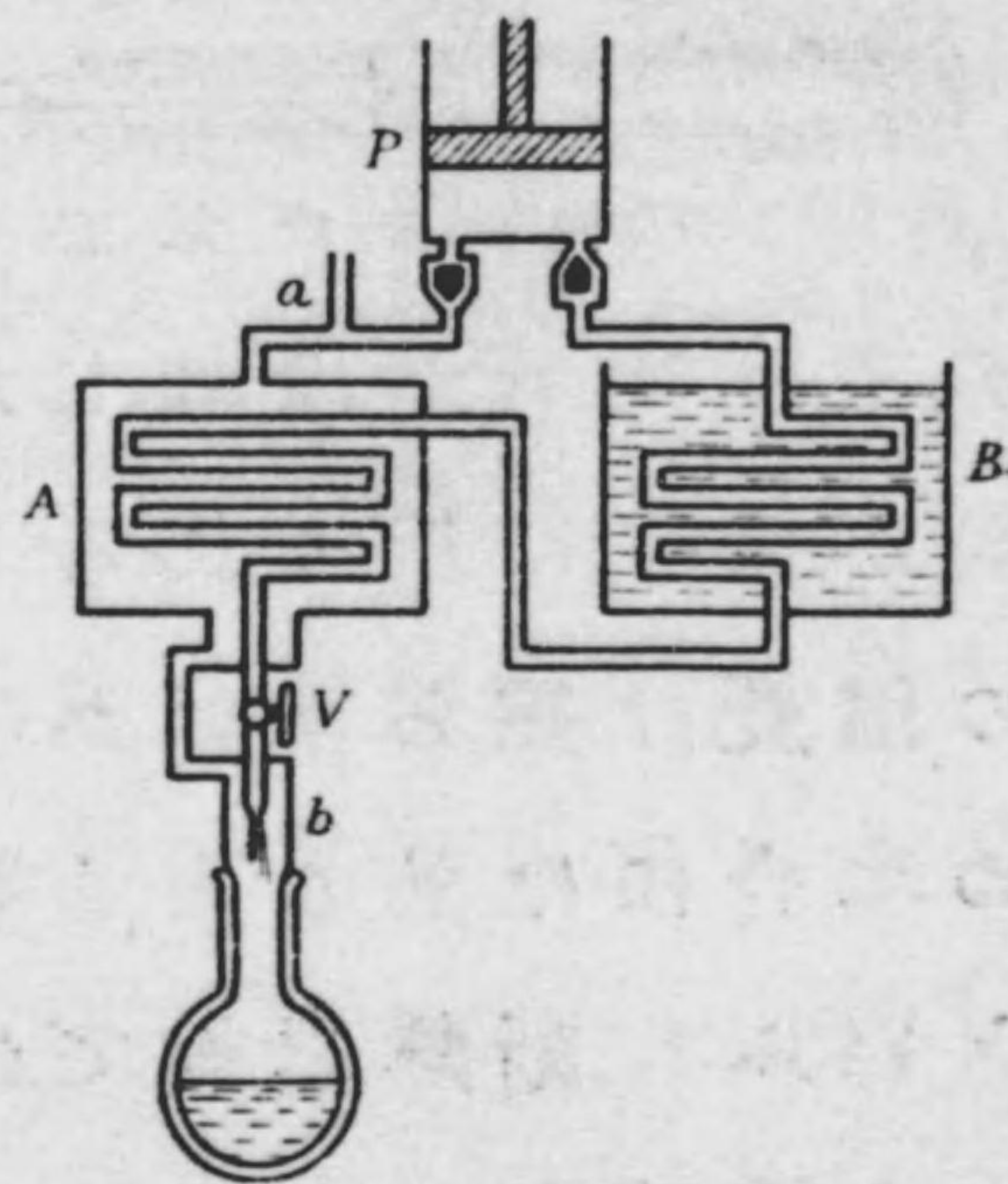


圖 132.1 空氣の液化

却した空氣は A に送られ、後から来る高壓空氣のある蛇管の周圍を通り、之を冷却しながら元のポンプに戻る。従つて後から噴出するものは前よりも更に低い温度まで冷却する。この操作を繰返すと、噴出空氣の温度は遂には其の臨界温度以下になり、そこで加はる壓力の下で容易に液化して受器に集まる。之れ所謂液體空氣である。

液體空氣は多少青味を帯びた液體で、一氣壓の

下に於ける沸騰點は  $-180^{\circ}\text{C}$  前後であるから、一氣

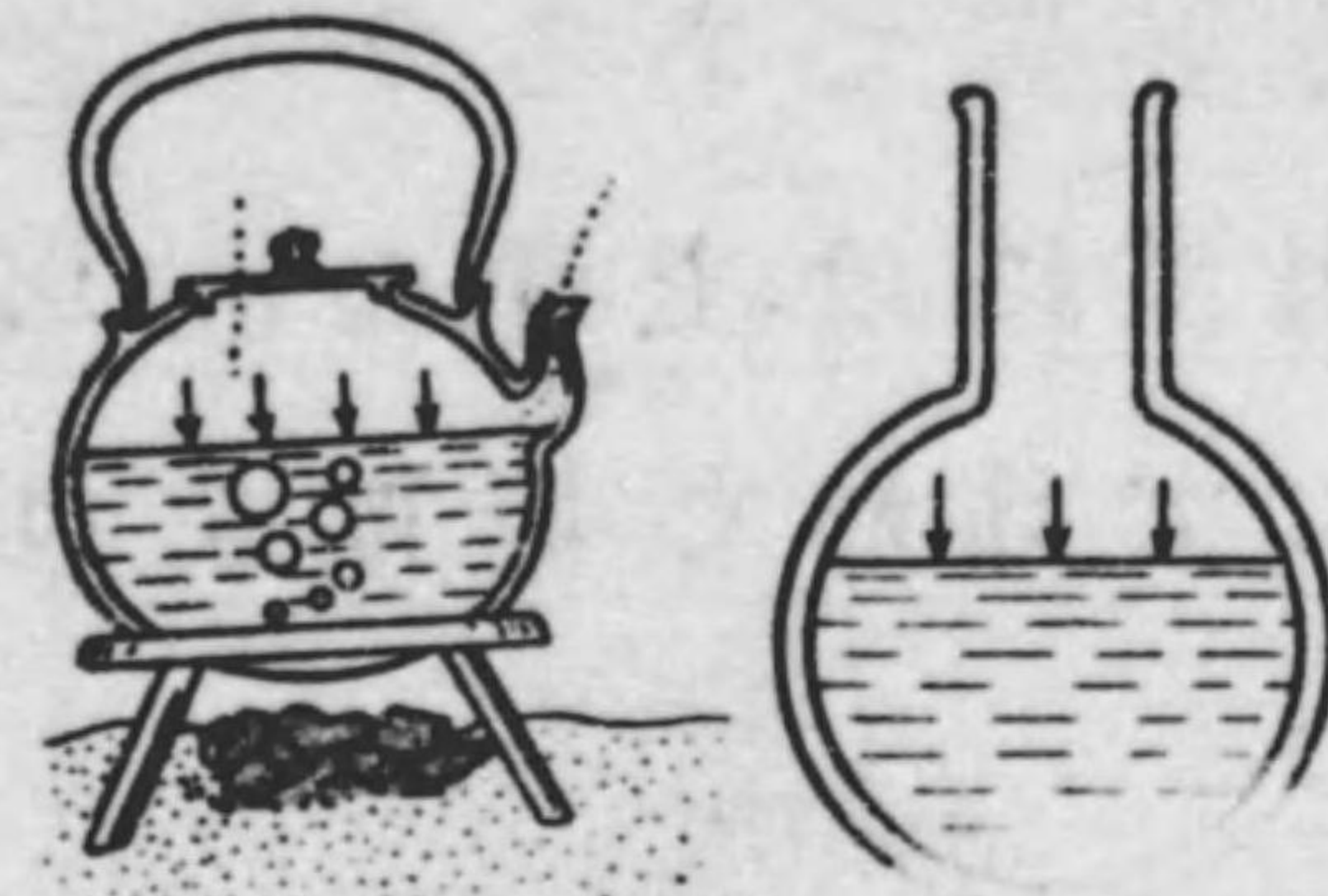


圖 132.2 液體空氣の低温なる理由

壓の下にある液體空氣の温度は常に此の位の低温に保たれる。之れ火にかけた鉄瓶の水が常に  $100^{\circ}\text{C}$  に保たれるのと同様な關係である。

第四章 電氣エネルギー

§133. 電氣エネルギー 電動機に電流を入れると仕事をするから、電流はエネルギーを有する。又陰陽に分離した電氣は放電して熱となるから、かゝる電氣もエネルギーを有する。

§134. 電氣エネルギーと仕事 ①磁場内で導線を動かすと、動磁右ネジの法則により感應電流が起り、此の電流は更に流磁右ネジの法則により導線を元の運動と逆の方向に動かさんとする。即ち、

導線の運動によつて起る感應電流は、元の運動を妨げるやうな方向に起る。



圖 134.1 逆の運動が起る理を示す

之をレンツの法則といふ。發電機は動磁右ネヂの法則を應用して電流を得る装置であるから、之から引き續いて電流を取り出すには、上述のレンツの法則による逆の力に抗して外から絶えず力を加へて仕事をせねばならぬ。

次に磁場内の導線に電流を通すと、流磁右ネヂの法則により導線が動く。此の運動は更に動磁右ネヂの法則により元の電流と逆の方向の電流を起さんとする。即ち、

電流によつておこる導線の運動は、元の電流を妨げる様な方向に起る。

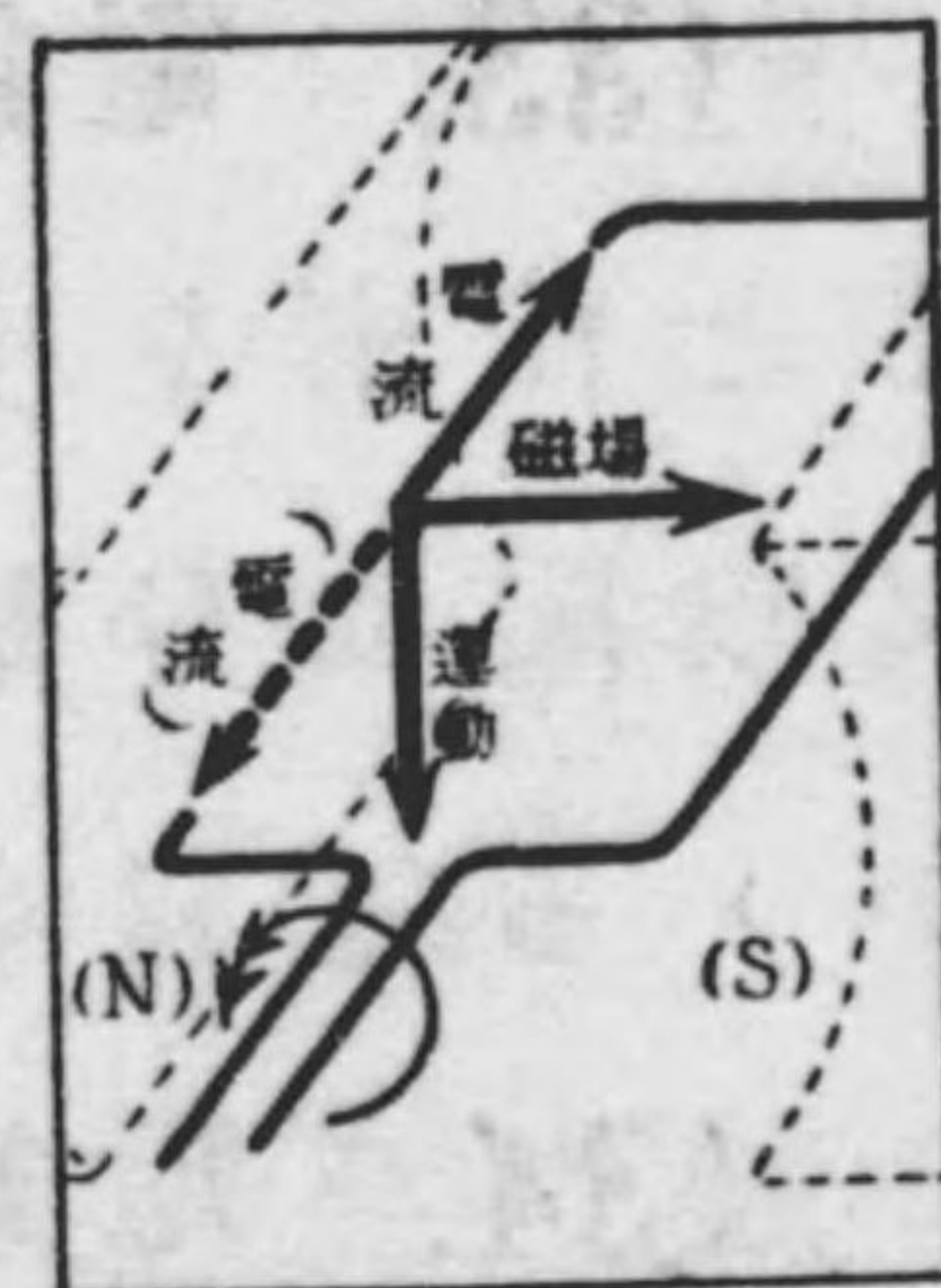


圖 134.2 逆の電流が起る理を示す

このやうに逆の電流を起す電動力を逆電動力といふ。電動機は流磁右ネヂの法則を應用して仕事を得る装置であるから、これから引き續いて仕事を得るには、上述の逆電動力に逆つて外から絶えず電動力を加へねばならぬ。

以上により電氣エネルギーと仕事とは磁場を媒介として互に變遷することが分る。即ち、

電氣エネルギー  $\xleftrightarrow{\text{(電動機)}} \text{仕事} \xleftrightarrow{\text{(發電機)}} \text{電氣エネルギー}$

② 圖 134.3 に示すは、圖の上部にある山間の貯水池の水



圖 134.3 發電所の近傍の地圖



圖 134.4 發電所の全景

を長い水路によつて先づ第一發電所(圖 134.4)まで導いて、こゝで其の位置のエネルギーの一部を電氣

エネルギーに變へ、残る位置のエネルギーは尙第二第三の發電所で電氣エネルギーに變へるものである。發生した電流は更に長い送電線によつて都會の需要地に送られ、こゝで再び種々の仕事

や熱光などに變換するのである。

§135. 電流の工率 ① 電流が他に仕事をしな

い時は、其のエネルギーは全部ジュール熱になつて針金を熱する。電動力  $E$  ボルトなる電源を抵抗  $R$  オームの針金で連結し  $i$  アンペアの電流が通ると、 $t$  秒間には  $\frac{1}{4.2}Eit$  カロリーの熱を発生する。  
(式84.2)  
 これをジュールに換算したものを  $W$  ジュールとすると、1 カロリー = 4.2 ジュールなる故、 $W = Eit$  ジュールとなる。従つて1秒間に発生する熱エネルギー即ち電流の工率を  $P$  ワットとすると、

$$P = \frac{W}{t} = Ei \dots\dots\dots(式 135.1)$$

(ワット)      ( $\frac{\text{ジュール}}{\text{秒}}$ )      (ボルト・アンペア)

即ち  $E$  ボルト、 $i$  アンペアの電流の工率は  $Ei$  ワットである。1ワットの工率で1時間に発生する熱量を電流のエネルギーの単位とし、之をワット時と稱し、其の1000倍をキロワット時といふ。電流の工率のことを電力ともいふ。

●電動力  $E$  ボルトの電源を電動機に連結して、之を廻轉するとき、その逆電動力を  $E'$  ボルト、回路の抵抗を  $R$  オームとすると、 $i = \frac{E-E'}{R}$  アンペアの電流が通る。又電動機の代りに電動力  $E'$  ボル

トの蓄電池を充電する時にも、 $i = \frac{E-E'}{R}$  アンペアの電流が通る。兩邊に  $i$  をかけて整理すると、

$$Ei = E'i + Ri^2 \dots\dots\dots(式 135.2)$$

電源が外から供給する電力      電動機を廻し又は充電の爲の電力      回路に1秒間に発生する熱

となる。即ち、外から供給する電力  $Ei$  ワットのうち、 $E'i$  ワットは直接に電動機のなす仕事又は充電のために費され、残りの  $Ri^2$  ワットは回路に発生するジュール熱として散逸する。

§136. 感應コイル 電磁石  $M$  に電流を通した

り切つたりすると、 $A, B, C, \dots$  等の何れのコイルにも一定の感應電動力を生ずる。故にこれらの電動力を行に相重ならしめるため、 $A, B, C, \dots$  等を點線の様に連絡すると其の兩端には高壓が得られる。感應

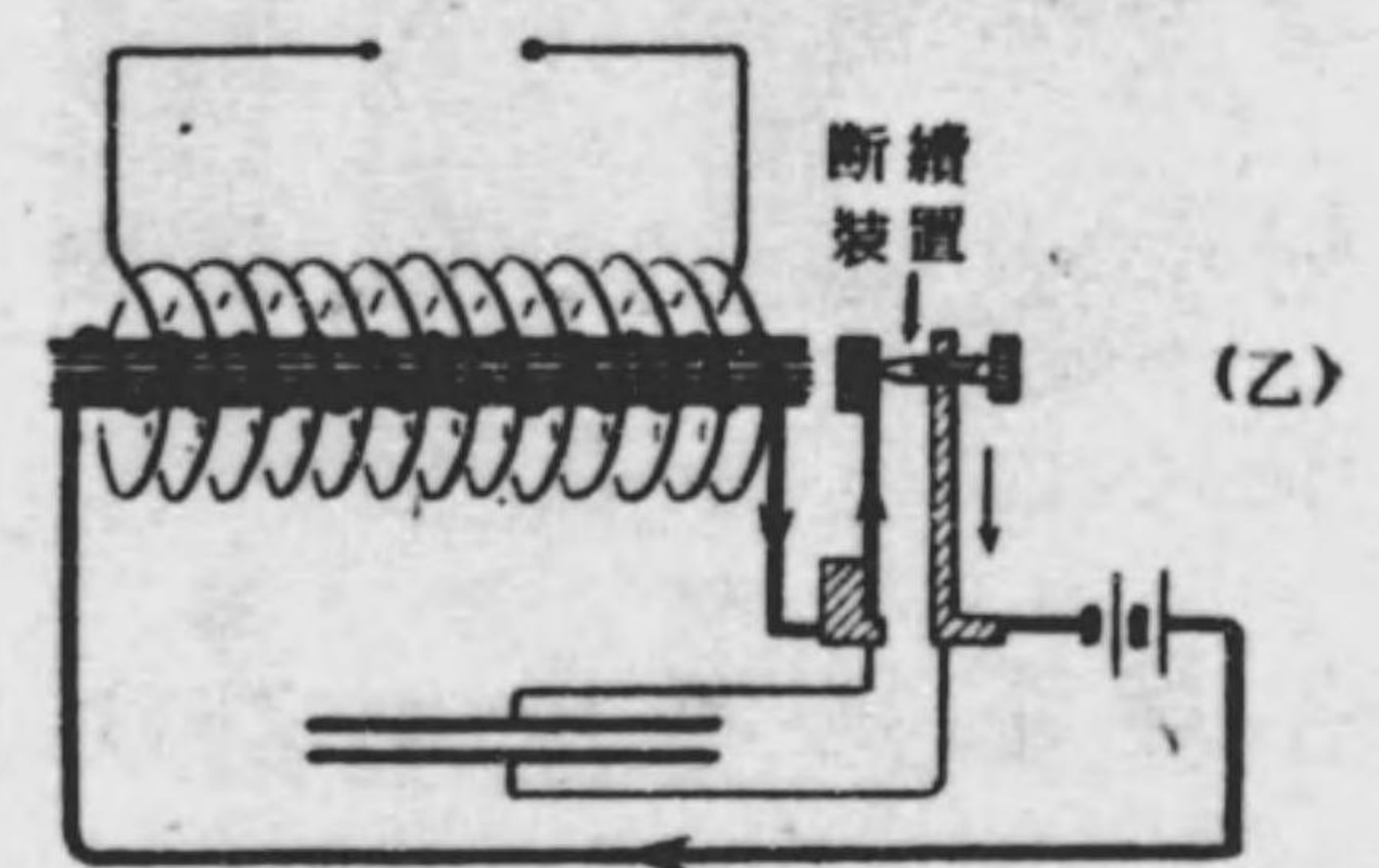
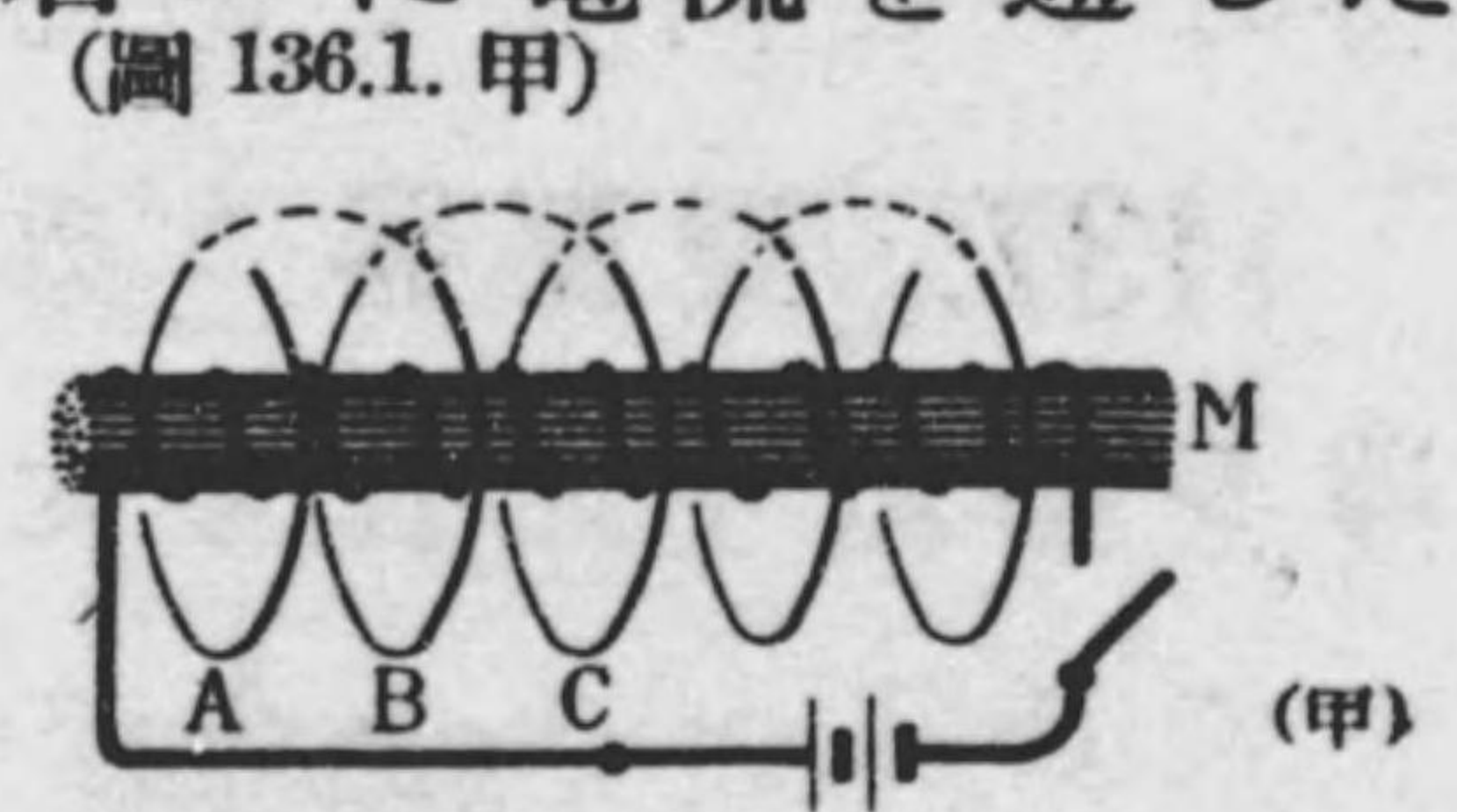


圖 136-1 感應コイル

コイルはこの理によつて低壓の電源から高壓を得る装置で、其の構造は軟鉄線を束ねた鉄心上に

太い導線(一次コイル)を巻き,その上に細い導線(二次コイル)を極めて多数巻いてある. 電鈴と同様の装置で一次コイルの電流を断続すると,二次コイルの端に大なる電圧を生じて強大なる火花が飛ぶ.

此の様に感應コイルは小さい電圧を大きい電圧に變じ得るが,然し電流のエネルギーを増大し得るものではない. これは機械が小さい力を大きい力に變じ得るが,力學的エネルギーを増大し得ないと同様である.

§137. 變壓器 感應コイルの一次コイルの電流を断続する代りに,之は交流を通すと二次コイルに高壓の交流が得られる.



圖 137.1 變壓器

變壓器は之と同理で同じ鉄環上に巻いた二つのコイル A, B の一方(一次コイル)に交流を送り込み,他のコイル(二次コイル)から電圧の異なる交流を取り出す装置である. そして一般に,

兩コイルの電圧の比は其の捲き數の比にほゞ等しい.

故に捲數の比によつて電圧を高めることも低めることも自由である. 然し,感應コイルと等しく電流のエネルギー従つて電力を増大し得るものではないから,一次及び二次のコイルの電圧と電流とを夫々  $E_1, E_2; i_1, i_2$  とすると,

$$E_1 i_1 = E_2 i_2 \dots\dots\dots (式 137.1)$$

の關係がある.

§138. 電力の輸送 ① §135 の ② で考へた電源を山間の發電所にある發電機とし,電動機は之より遠い都會にあるものとする. 途中の送電線の抵抗  $R$  は相當に大きくなるから,式 135.2 に於て途中でジュール熱として散逸する電力  $Ri^2$  は相當に大きくなる. この損失を少なくするため,送電線を太くして  $R$  を小さくすることは經濟的にも工事的にもさけたいから,實際には電流  $i$  を小さくする. 電流  $i$  を小さくして,しかも一定の電力  $Ei$  を送るには電圧  $E$  を大きくすればよい. 幸に,交流では變壓器によつて自由に電圧を變化し得るから,遠隔の地へ電力を輸送するにはすべて交流を用ふ. それには先づ,發電機 D から起る交流を



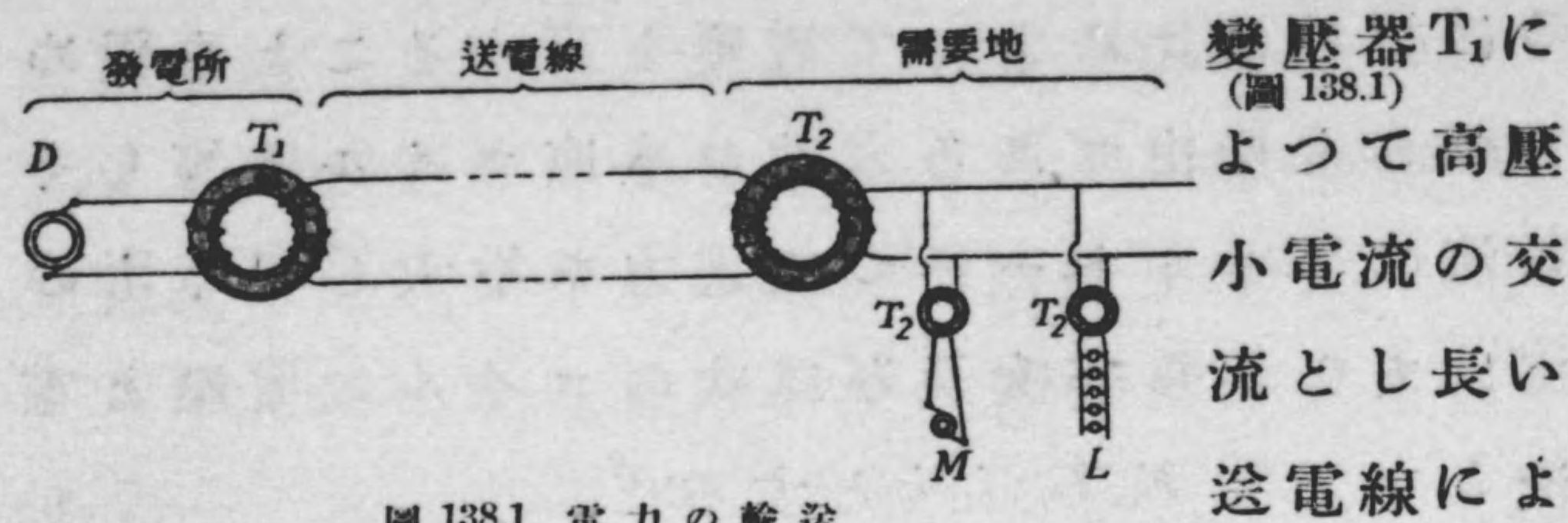


圖 138.1 電力の輸送

つて需要地に送り、こゝで変圧器  $T_2$  によつて低壓大電流の交流として需要家に供給するのである。

② 以上の如く往復の送電線を通る電流は小さいから、この送電線に沿うての電位の降下は僅かである。変圧器  $T_1$  に出る高壓の大部分は変圧器  $T_2$  にかかり、往復の二本の送電線間にはどこでもほぼ等しい高圧がかゝつて居る。かやうな送電線が所謂高壓線である。

§139. 電燈 電力供給の一例として、柱上変圧器から引込線を経て屋内の電燈に供給される電力について考へて見る。柱上変圧器の二次コイルの両端には太い引込線や屋内架線及び電燈のコードが連結してあり、そのコードの先端に電球

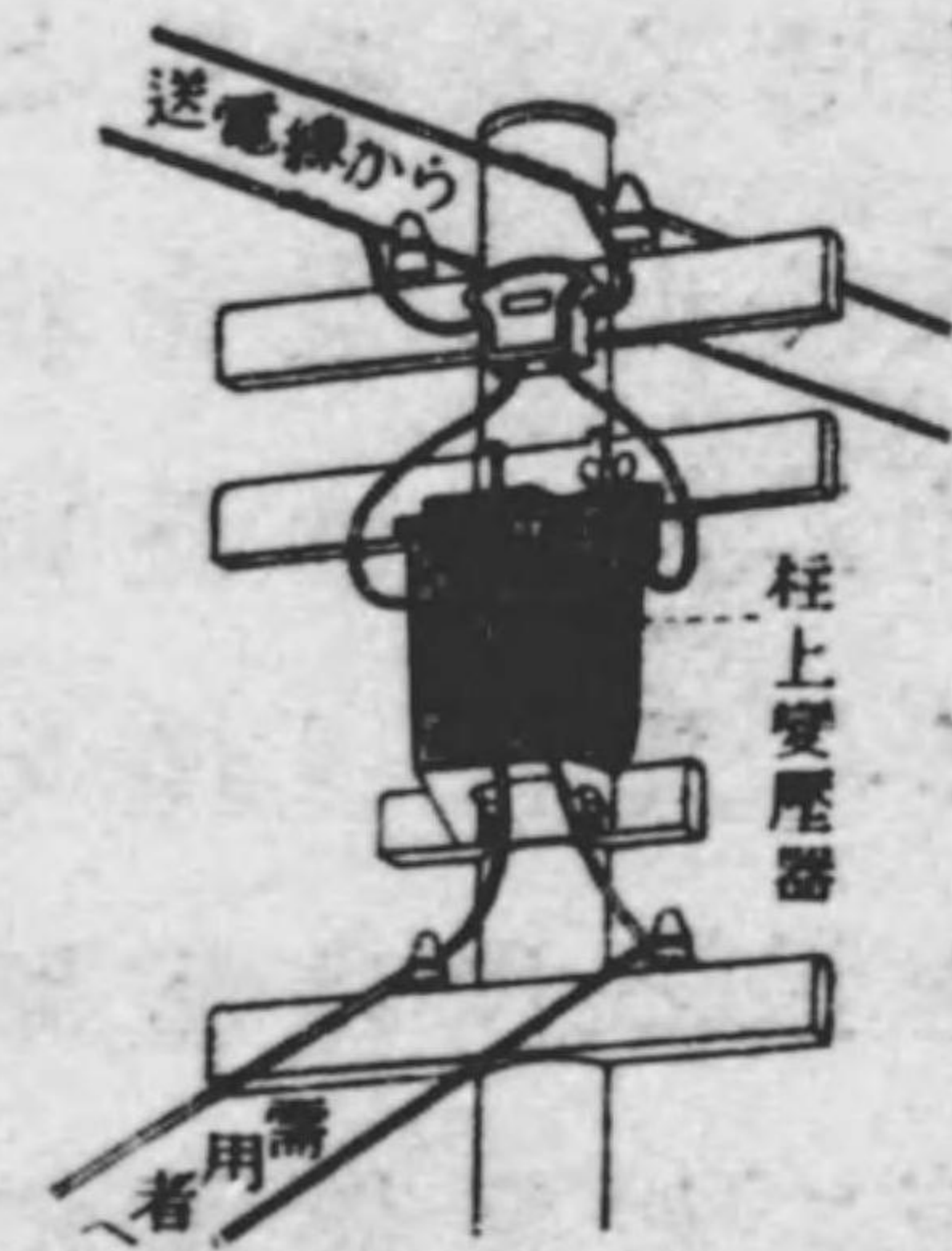


圖 139.1 柱上變壓器

のフィラメントがついて居る。フィラメントは極めて細くて其の抵抗が大きい、他の部分は太くて其の抵抗が小さい。それ故、変圧器の両端に出る 100 ボルトの電圧の大部分がフィラメントの所で落ちる。従つて二本の屋内架線間にはどこでも約 100 ボルトの電圧があると見てよい。

そこで、屋内架線にとりつけた一組のコードとフィラメントを考へると、之は行連結の回路で、電熱は抵抗の大きいフィラメントのみに集中し、遂に之をして發光せしめる。

次に、屋内架線にとりつけた數組のコードとフィラメントを一纏めにして考へると、之等は列連結の回路で、電熱はフィラメントの抵抗に反比例して發生し、抵抗の小さいフィラメント程多量の熱を發生して強く光る。別表の例からも分る通り燭光の大きい電球ほどその抵抗を小さくしてあるのはこのためである。

電球	フィラメントの抵抗(常温)
5 燭光	89 オーム
10 "	53
16 "	37
32 "	21
50 "	14
100 "	6.5

【問】切れた電球のフィラメントが隣のフィラメントに接続すると非常に明るくなることがある。何故か。

### 第五章 エネルギー保存の法則

§140. エネルギーの變態移動 今までに述べて来た様に、エネルギーには色々の種類があつて、これらは互に變態移動し、其の結果として種々なる自然現象が起る。つまり、

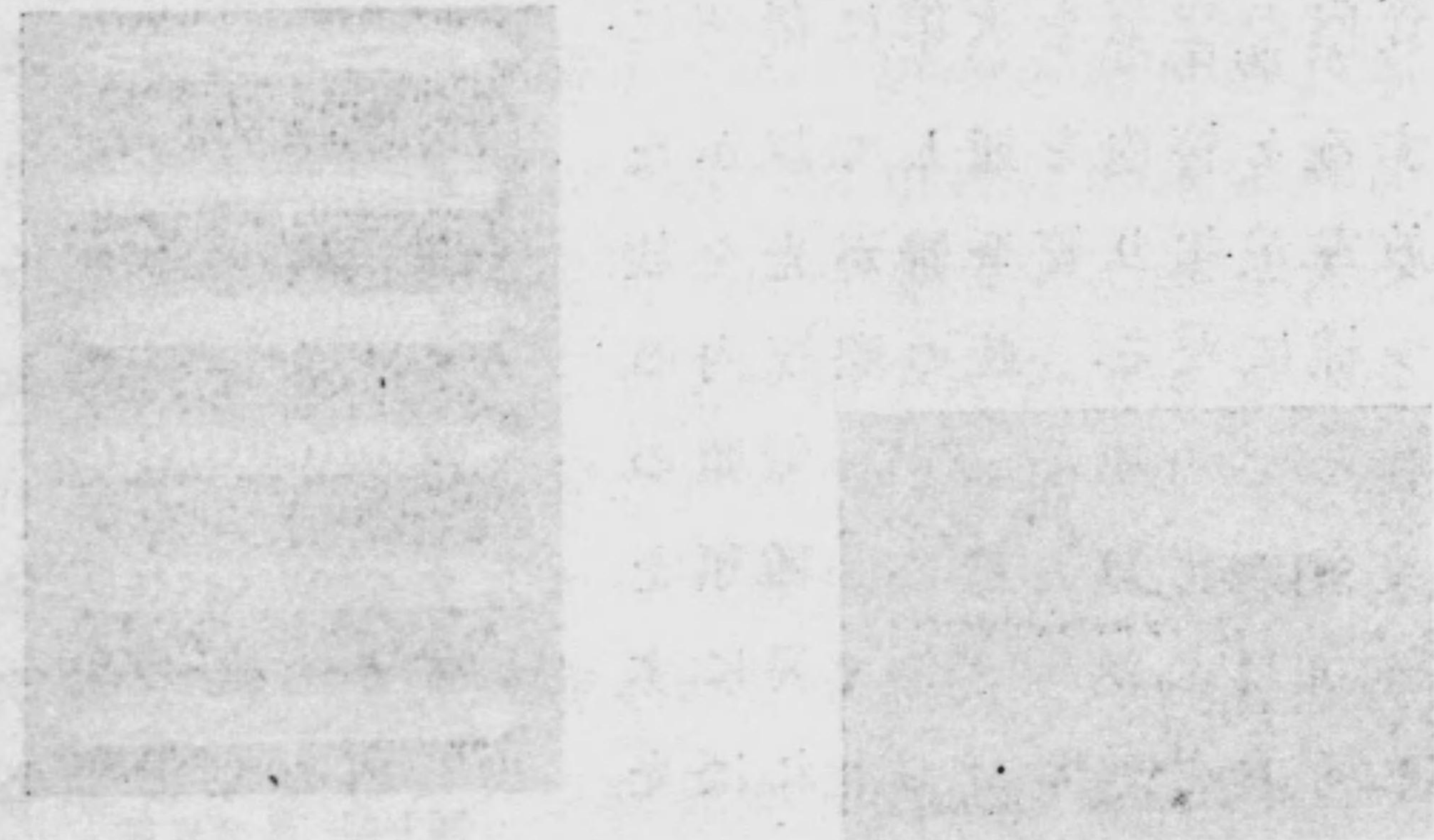
自然現象はエネルギーの變態移動の結果に外ならぬ。

§141. エネルギー保存の法則 自然現象に伴つてエネルギーが變態移動する際、その總量に變化があるかないか。例へば質量  $m$  の物體が  $s$  の距離だけ落ちると、 $mgs$  だけの位置のエネルギーを失ふが、それと同時に  $v^2=2gs$  できまる速度を得るから、 $\frac{1}{2}mv^2=mgs$  だけの運動のエネルギーを得る。従つて力學的エネルギーの總量は變化しない。又 §130 で見た様に力學的エネルギーが消失すると等量の熱エネルギーが現はれるから、此の場合にも其の總量は變化しない。尙仕事の原理や感應コイル及び變壓器に於ける電流のエネルギー

の變遷について見てもエネルギーの總量は變化しないことが分る。其の他あらゆる場合について考究するに、次の法則に反する場合はない。

如何なる變態移動に於ても、  
エネルギーの總量は一定不變である。

之をエネルギー保存の法則といひ、自然現象を支配する最高の法則である。



## 第九篇 電子

### 第一章 真空放電と放射能

§142. 真空放電 感應コイルを働かすと、其の兩極間の空気を通して火花が飛ぶ。此の際兩極間の空気の壓力を減じたら、どうなるかとの科學的好奇心かられて種々實驗した結果、こゝに思ひがけない物理學の新廣野が発見されたのである。

長い硝子管に封入したアルミニウムの兩極を感應コイルの兩極に連ね、コイルを働かせながら管内の空気を次第に稀薄に

すると、管内を通して靜かな放電が起り管全體が光を放つ様になる。此の際管内の



圖 142.2 ネオンサイン

氣體の種類を異にすれば光の色も

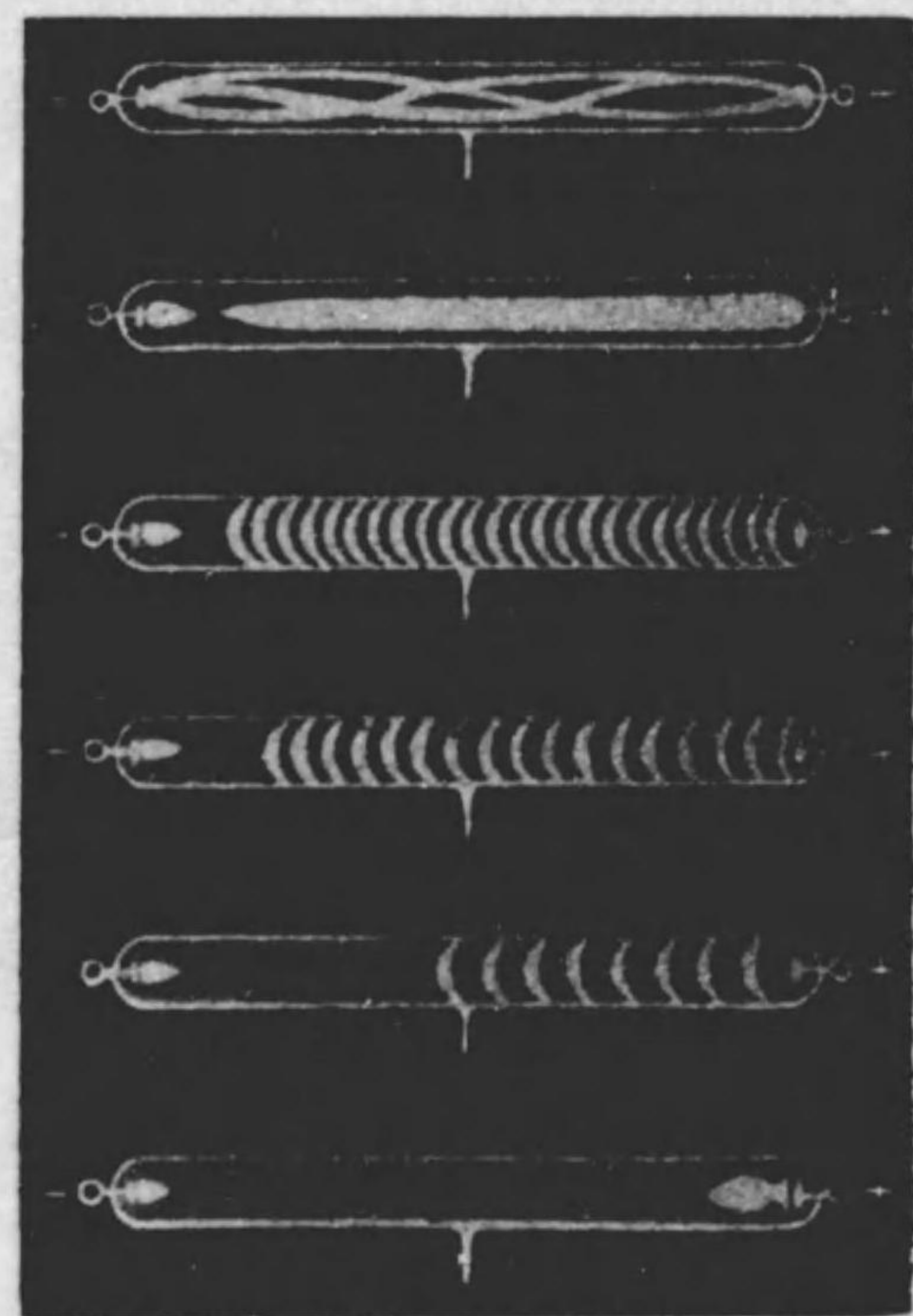


圖 142.1 真空放電 (下のもの程真空度が高い)

違ふ。近時夜間の廣告や航空燈に用ふるネオン管はこれが應用である。

真空管内の壓力を更に減ずると、陰極に續く暗黒部が増し、陽極に續く光は鱗片狀の層に分れ、更に壓力を減ずるにつれて次第に暗黒部は鱗片狀の光を驅逐し、遂には管全部が暗黒となり、陰極に對する硝子壁が綠色の螢光を放



圖 142.3 陰極線の影

つ様になる。此の際若し陰極と硝子壁との間に金屬板をおくと硝子壁に其の影法師が出来て、そこだけ螢光を放たない。管の近傍に磁石を持つて行くと其の影法師が動く。研究の結果によると、上記の状態になつた真空管中には陰極面からそれに直角に非常な大速度で飛び出る陰電氣を帶びた微粒子があつて、之が硝子に衝突すると螢光を放ち、之が金屬板で止められると其の後に影を生じ、又磁氣力によつて微粒子の通路が曲げられる結果影法師が動くのである。さうして此の微粒子を電子といひ、陰極から出て突進する電子の流れを陰極線といふ。

§143. X線 ①真空管内を突進する電子の速度は極めて大きく、之が硝子壁に衝突する前に金属の面に衝突させると、そこから眼に感じない別な一種の線が出る。之をX線といふ。  
(レントゲンの発見) (レントゲン線ともいふ)

図143.1はX線を出すに都合よく作った真空管で、凹面状の陰極面に直角な方向に突進する電子は一箇所に集中し、そこにあるタングステン其の他の金属の面に衝突し、そこから強いX線が出る。

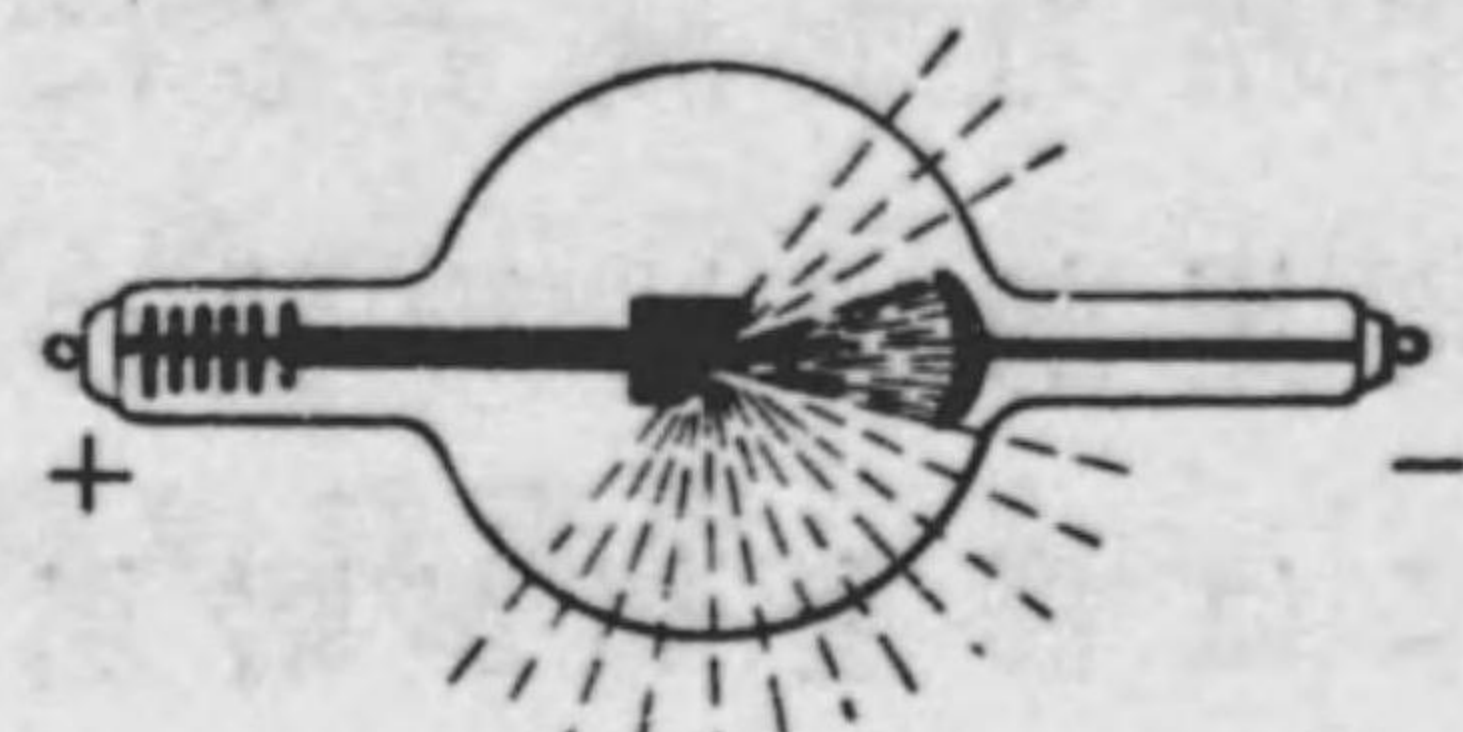


図143.1 X線管球

②X線は次の諸性質を有する。

- (1) 眼に入るも何等の感じも起さない。
- (2) 光の透らない木や筋肉をよく透る。
- (3) 螢光物質によく螢光を放たしめる。
- (4) 乾板に對して寫眞の作用を有する。
- (5) 人體に對して生理的作用を有する。

これらの諸性質を有するから、接續プラグを透つたX線を螢光板で受けると、金属の部分の影法師が見え、寫眞の乾板で受けるとその影法師の寫眞(圖143.2)

が撮れる。同様にし人體の骨の寫眞もとれるし、又適當な造影剤を用ふると胃や血管などの影もうつる。故に各種の醫術や製品の検査などに利用せられ、又その生理的作用を利用して各種の醫療に應用される。

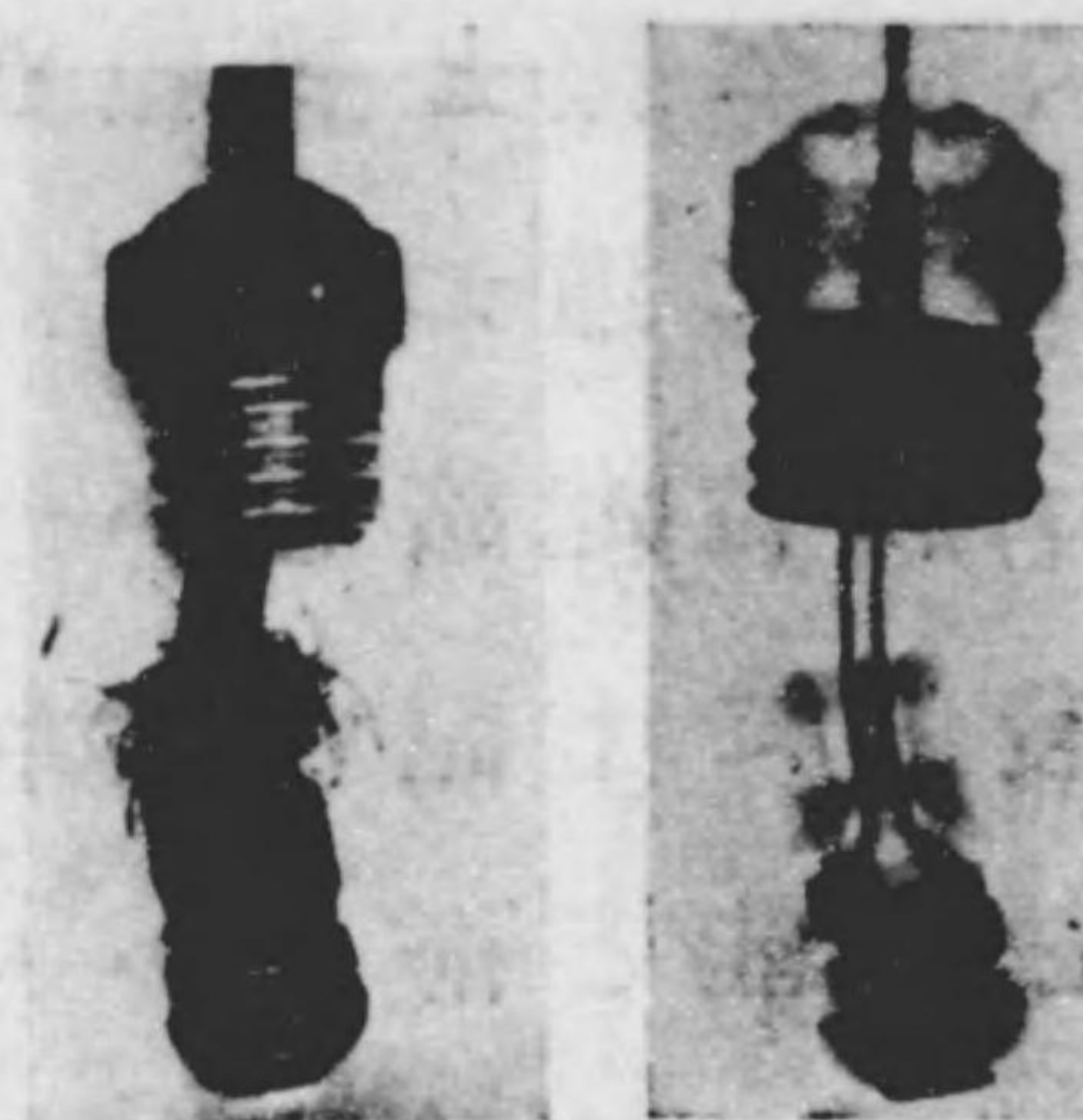


圖143.2 プラグの普通寫眞とX線寫眞

§144. 放射能 X線の發見に刺激せられて、自然にかやうな線を出すものを探した結果、又こゝにも物理學の新天地が發見された。即ちベクレルはウラニウム及びその化合物が絶えず自發的に一種の放射線を出して居ることを發見し、キュリー夫人は此の性質がウラニウムよりも一層著しい新元素ラヂウムを發見した。これらの放射線は $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ と稱する三種の混合で、 $\alpha$ 線は陽電氣をもつ微粒子の突進して居るもの、 $\beta$ 線は陰極線と同じやうに電子の突進せるもの、 $\gamma$ 線はX線と同一性質のものである。従つて $\alpha$ 線と $\beta$ 線とは方向の逆な一種の電流と見做されるが、 $\gamma$ 線はさうでない。そこで三者の混合した放射線を磁場に置(圖144.1)

くと $\alpha$ 線と $\beta$ 線とは電磁力を受けて互に逆の向きに進路を曲げるが、 $\gamma$ 線は進路をかへない。絶えず自發的に上記の放射線を出す性質を**放射能**と稱し、かゝる性質を有する物質を**放射性物質**といふ。



図 144.1 三種の放射線

## 第二章 物質の構造

§145. **原子の構造** 物質を細分すると分子となり、分子は更に分れて原子となる。原子の種類は約90種ばかりである。真空放電や放射能などの研究によると、すべての原子はその共通な構成要素として陰電氣をもつ**電子**を含むと同時に、電子と等量の陽電氣をもつ**微粒子**をも含む。此の微粒子を**陽子**といふ。そして電子の質量は陽子の質量の約 $\frac{1}{1800}$ であるから、原子の質量は大體陽子の質量のみできまると見てよい。

すべて原子の中心には陽電氣を持つ**陽核**があつて、其の周圍を電子が廻つて居る。其の廻轉に必要な求心力は兩者間の電氣引力である。其の

状恰も太陽の周圍を電子が廻轉せるに類するから、外の電子を**遊星電子**といふ。

そして、一般に、

原子の { 化學的性質は周圍の電子の配列できまり、  
その原子量は陽核の有する質量できまる。

原子の陽核に関する研究は現今の物理學研究の第一線に立つもので、此の方面の新廣野は目下盛に開拓されつゝある。次節(iii)原子の崩壊の條下に述べる事柄は、其のうちで既に確實に知られた部分である。

§146. **原子に起る變化** 原子に起る變化には遊星電子に関するものと、陽核に関するものとがあり、およそ次の三種になる。

(i) **化學變化** 之は同種又は異種の二個以上の原子の遊星電子間に起る變化であつて、陽核には無關係である。之れ化學變化によつて原子の本質に變化を來さぬ理由である。

(ii) **原子のイオン化** 之は一個又は二個以上の電子が中性原子から離れ、又は之に附着する現象で、其の結果原子は帶電する。然し、陽核には何等

の變化なく、原子の本質は變らない。かやうな状態になつた原子をイオンといふ。例へば、

- (1) Na の中性原子(Na) - 1個の電子 = 1價の Na 陽イオン (Na<sup>+</sup>)  
 (2) Cu の中性原子(Cu) - 2個の電子 = 2價の Cu 陽イオン (Cu<sup>2+</sup>)  
 (3) Cl の中性原子(Cl) + 1個の電子 = 1價の Cl 陰イオン (Cl<sup>-</sup>)

(1)(2) の場合は結局中性の原子が分離するので、

中性原子 = 陽イオン + 陰イオン(電子)

と表はし得る。かゝる場合之を原子の電離といふ。氣體に電離が起ると生じたイオンは何れも電氣を運ぶから氣體は電氣の傳導性を帯びる。真空管内の放電はかゝる氣體イオンが電氣を運ぶ現象に外ならぬ。

(iii) 原子の崩壊 之は原子の陽核に起る變化で、之がため原子は其の本質を變じて、他種の原子に變る。放射性元素の放射能は、かゝる崩壊が自然に起る結果で、 $\alpha$ 線・ $\beta$ 線はその崩壊の際飛び出す大速度の破片である。しかも  $\alpha$ 線は周囲の遊星電子を失つたヘリウム原子の陽核で、 $\beta$ 線は電子

である。故に  $\alpha$ 線・ $\beta$ 線といふ代りに兩者を夫々  $\alpha$ 粒子、 $\beta$ 粒子ともいふ。

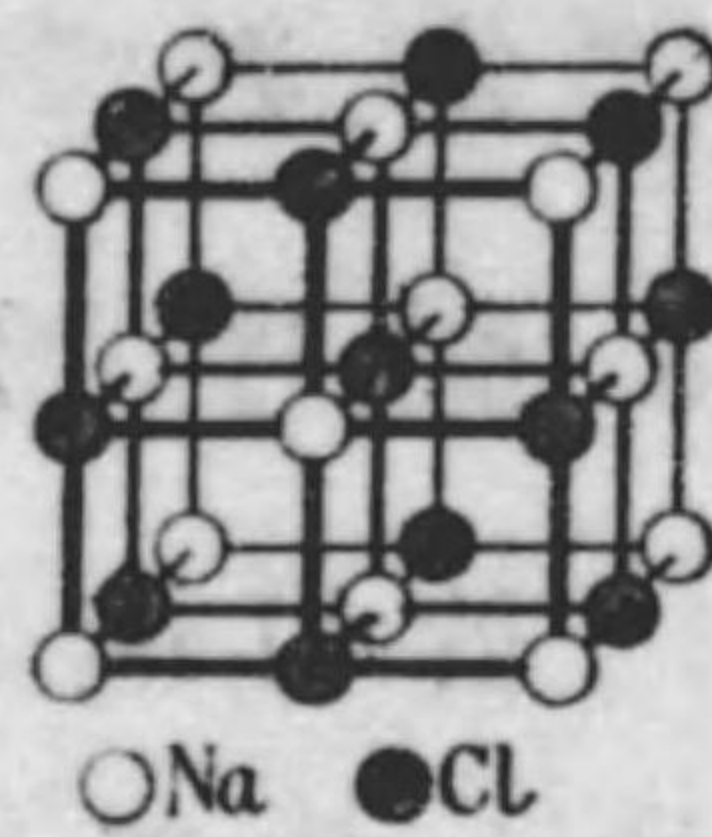
放射性元素の原子の陽核は絶えず自發的に崩壊する。然し化學的結合状態や温度・壓力の如き普通の物理的手段で之を促進又は停止することは出来ない。

原子の放射的崩壊には通常ウラニウム (U) とトリウム (Th) とを先祖とする二系統がある。ラヂウム (Ra) はウラニウム系統に屬し、之から  $\alpha$ 粒子が飛び出るとラドン (Rd) と稱する氣體になり、更に  $\alpha$ 粒子を出して他の原子に變る。

普通の原子が放射能を呈しないのは其の構造が比較的安定で自ら崩壊しないからである。従つて之を破壊する適當な手段さへ見附ければ鉛を變じて金とすることも出来る筈である。近來或る原子にラヂウムなどから飛び出る  $\alpha$ 粒子の如き彈丸を突入させて陽核の堅壘を人為的に破壊し、或は他の種類の原子に変更せしめ得ることが實證せられた。

§147. 結晶の構造 結晶は原子の規則正しく配列したもので、其の有様は結晶の種類によつて異なる。圖147.1は食塩の結晶の構造で、X線の助によつて明にし得たのである。

従来食塩(NaCl)といへば, Na原子とCl原子とが一個宛組合つて存在すと考へられてゐたが, 圖147.1で明かな様に中央のCl原子の前後・左右・上下には6個のNa原子があつて何れと對をなすとも考へられない。



○Na ●Cl

圖 147.1  
食鹽の結晶

### 第三章 電子の活動

§148. 電氣現象の本性 導線の兩端に電壓を加へると, 其の中の電子は電壓のため一方に流される。之れ電流である。そして流れの途中にある導線の原子は流れる電子と衝突して其の流れの邪魔をする。之れ導線の電氣抵抗である。又電子が原子に衝突すると, その振動が烈しくなり, 溫度が昇る。これジュール熱の本性である。

§149. 熱電子 ①導線が灼熱されると, 其の中の電子は烈しく飛動して遂には導線の表面から飛び出る。之を熱電子といふ。此現象は液體の蒸發によく似て居つて, 飛び出る電子數は溫度の高いほど多い。さて真空管内の放電は陰陽の氣體イオンが電氣を運ぶ現象であるから, 管が完全

(圖 149.1, 甲)

に真空になると, 電氣が通らなくなる。此の時陰極にとりつけたタングステ

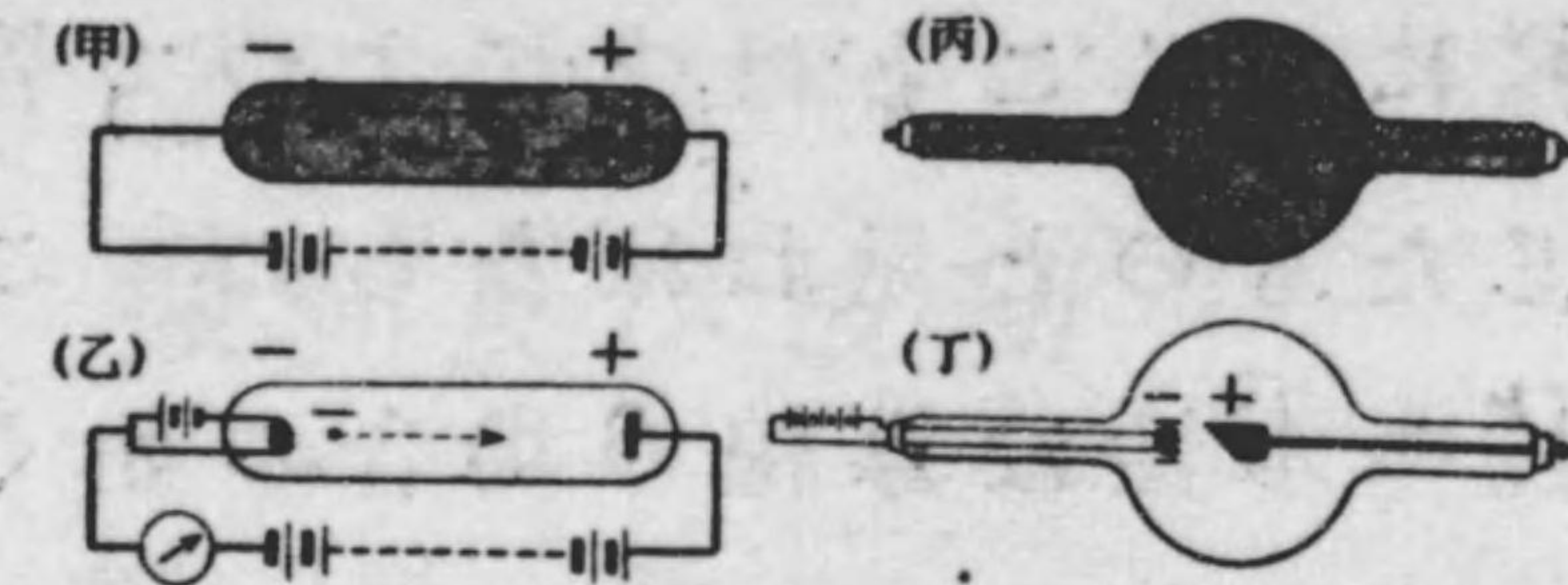


圖 149.1 二種のX線管球

ン線に別に電流を通して熱すると熱電子が発生(圖 149.1, 乙)し, 之が陽極に向つて突進して電氣を運ぶ。X線発生用の瓦斯管球, クーリッヂ管球は結局圖甲, 乙の(圖 149.1, 丙) (圖 149.1, 丁)真空管の中央部を多少膨らませ, 且つ兩極をX線の發生に都合よく變形したものに外ならぬ。瓦斯管球では兩極を交換しても電氣は通るが, クーリッヂ管球ではさうでない。即ち熱電子の出る方を陽極にすると, 熱電子は陽極に引かれて陰極に向つて突進しないから, 電氣は通らない。故に,

熱電子は電流に對して瓣の働きをする。

②真空管が完全に真空になるとき, 電氣の通らないことは, 導線についてきめた電氣抵抗の概念を擴張して考へると, 真空管の電氣抵抗が極めて大きくなつたものと見ねばならぬ。又クーリッヂ管球のタングステン線を熱するとき, 電氣が通る

様になることは、之によつて管球の電気抵抗が減じたものと見ねばならぬ。これらの場合、電気抵抗の本性は導線の場合の如く原子と電子との衝突でなくて、電気を運ぶイオンや電子の数を制限することである。

§150. 光電子 金属中の電子は加熱によつて飛び出ると同様に、金属の面が光で照されても飛び出る。此の現象はカリウム・ナトリウム・ルビヂウム・セシウム(圖 150.1)の如きアルカリ金属に於て著しい。かく光のため飛び出る電子を光電子といふ。真空球内に金網又は針金の輪を入れて之を電池の陽極に連結し、之に對する球壁にアルカリ金属の被膜を作つて之を電池の陰極に連結し、その被膜に光をあてると、こゝから光電子が飛び出て金網又は針金の輪に向ふから、こゝに電流が流れる。此の場合電流の強さは光の強さに應じて變化するから、之によつて光の強弱を電流の強弱に移すことが出来る。かやうな装置を光電管といひ、寫真電報・テレヴィジョン・トーカーなどに應用される。



圖 150.1 光電管

## 第十篇 振動及び波動

### 第一章 振 動

§151. 振動 錘を螺線に吊ると、錘に働く重力と弾力とが釣合ふ位置  $O$  で止まる。此の時錘を  $A$  まで引き下げると弾力が増して錘を引き上げることになり、又  $A$  まで引き上げると弾力が減じて錘を押し下げることになる。そして何れの場合にも前の釣合の位置  $O$  で止まらないで行き過ぎ、 $O$  を中心として幾度も上下に振動するやうになる。振動の幅を振幅といひ、一振動に要する時間を週期といふ。今種々なる螺線に種々なる質量の錘を吊つて檢すると、



圖 151.1

錘の振動の週期は

- (1) 質量の大きい程大きく、
- (2) 螺線の強いほど小さく、
- (3) 振幅の大小に關しない。

最後の(3)の事實を振動の等時性といふ。



上の場合錘が釣合の位置から OA だけ離れた時に錘に働く力の合力を求めると、之は常に OA に比例し且つ O に向ふことが分る。

一般に質量  $m$  の物體に加はる力  $F$  が常に一定點 O に向ひ、且つ其の點よりの距離  $OA$  に比例して  $F=k \cdot OA$  で表される時は、物體は O の兩側に振動し、其の週期  $T$  は理論上も實驗上も次式で表されるものである。

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{週期} \propto \sqrt{\frac{\text{振動すまいとする側の量}}{\text{振動させんとする側の量}}} \dots (\text{式 151.1})$$

従つて、質量  $m$  と  $k$  の値とがきまれば週期  $T$  が分る。

**§152. 振子** 長さ  $l$  の糸で質量  $m$  の錘を吊り之を横に引き上げたとき、元に戻さんとする力  $F$  は重力  $mg$  と糸の張力との合力である。角  $\theta$  の小さい範圍では  $\theta$  の大小に關せず  $F$  は、

$$F=mg \frac{OA}{OB} = \frac{mg}{l} \cdot OA = k \cdot OA \quad \text{但し} \quad k = \frac{mg}{l}$$

で表され、 $OA$  に比例し且つ常に O に向ふから錘は左右に振動す。之を振子と



圖 152.1 振子

いひ、その週期  $T$  は式 151.1 の  $k$  に上の  $k$  の値  $\frac{mg}{l}$  を代入してきめると、

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \dots (\text{式 152.1})$$

となる。即ち、

- |           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| 振子の振動の週期は | (1) 糸の長さの平方根に比例し、                |
|           | (2) 振幅には關係しない(等時性).<br>(ガリレイの發見) |
|           | (3) 錘の質量にも無關係である。                |

圖 152.2 の様な渦狀螺線や、一端を固定し他端を弾いた鋼鉄のバネなども等時性の振動をする。



圖 152.2 渦狀螺線

**§153. 時計** 振子は等時性振動をするから、其の振動數を數へて時間を測り得る。柱時計はそのための装置



圖 153.1 時計の要部

で、其の構造は頗る複雑であるが、其の要部は結局振子(P)、ゼンマイの弾力で廻轉する齒車(A)及び之等を連絡する齒止め(BC)の三つである。そして齒止めは振子と齒車との間にあつて次の様な二つの媒介の働きをする。

- (1) 振子の振動を歯車に傳へ、  
之を時計の指針の廻轉に表はす。  
(2) 歯車の力を振子に傳へて、  
振子の振動の減衰するのを防ぐ。

懐中時計には振子の代りに渦狀螺線の等時性振動を利用した圖152.2の様なテンプを用ふ。

【問】 時計の指針と文字板とは結局振子の振動数を數へるための装置に外ならぬ。之を説明せよ。

§154. 振動體のエネルギー 振子が釣合の位置を過ぎる時は、その速度最大にして運動のエネルギーも亦最大である。之より側方に昇るに従ひ、運動のエネルギーが減じて位置のエネルギーが増し、遂には前者が零となり後者が最大となる。之れ振子が將に後戻りせんとする時である。之より後戻りするに従ひ、今度は次第に運動のエネルギーが増して位置のエネルギーが減ずる。振子は其の往復につれて、常にかやうなエネルギーの變遷を繰返して居る。之は、振子に限らず、一般の振動體に見られる現象である。故に、

運動のエネルギーと位置のエネルギーとの變遷は、  
振動現象に於ける一特徴である。

## 第二章 波動

§155. 波動 水波が四方  
(圖155.1)  
に擴がるとき、水面に浮ぶ木の葉は唯上下に振動し、且つ遠きにあるもの程遅れて振動する。このやうに振動状態の傳播する現象を一般に波動といひ、之を傳へる物質を媒質といふ。



圖155.1 水の波

§156. 波動の性質 水面に等距離に並ぶ木の葉をA, B, C, ...とし、相隣るものは週期の $\frac{1}{8}$ 宛遅れて振動すとすると、或る瞬間の木の葉の位置は圖156.1の實線の様になり、山と谷とが繰返される。山と谷とに限らず、振動状態の等しい相隣る二點間の距離を波長といふ。時間が更



圖156.1 波の形

に  $\frac{1}{8}$  週期だけたつと波動は點線の位置まで進む。此の速度を波動の速度といふ。そこで時間が1週期( $T$ )だけたつと、山はこの速度( $V$ )で次の山まで、即ち1波長( $L$ )だけ進む。従つて一般に次の關係がある。

$$VT=L \dots\dots\dots (式 156.1)$$

また媒質の單位時間中の振動數を  $N$  とすると、 $N = \frac{1}{T}$  であるから此の式は次の様にもなる。

$$V=LN \dots\dots\dots (式 156.2)$$

§157. 横波と縦波 振動状態が順次に遅れて傳つて波動が出来る有様は圖157.1の装置で示し得る。即ち  $AA'$  を少し横に傾けて起すと、相並ぶ振子は  $AA'$  に直角の方向に振動する。此の時  $AA'$  の一端  $A$  を少し引き上げると絲の長さが順次に短くなる結果振動状態が順次にずれて遂に波の形が出来る。この場合振子は  $AA'$  に直角に振動するが、若し  $AA'$  に平行に振動すると波形を作らないで、球の密集した密部と隔離した疎部とを生じ、之が一方へ進

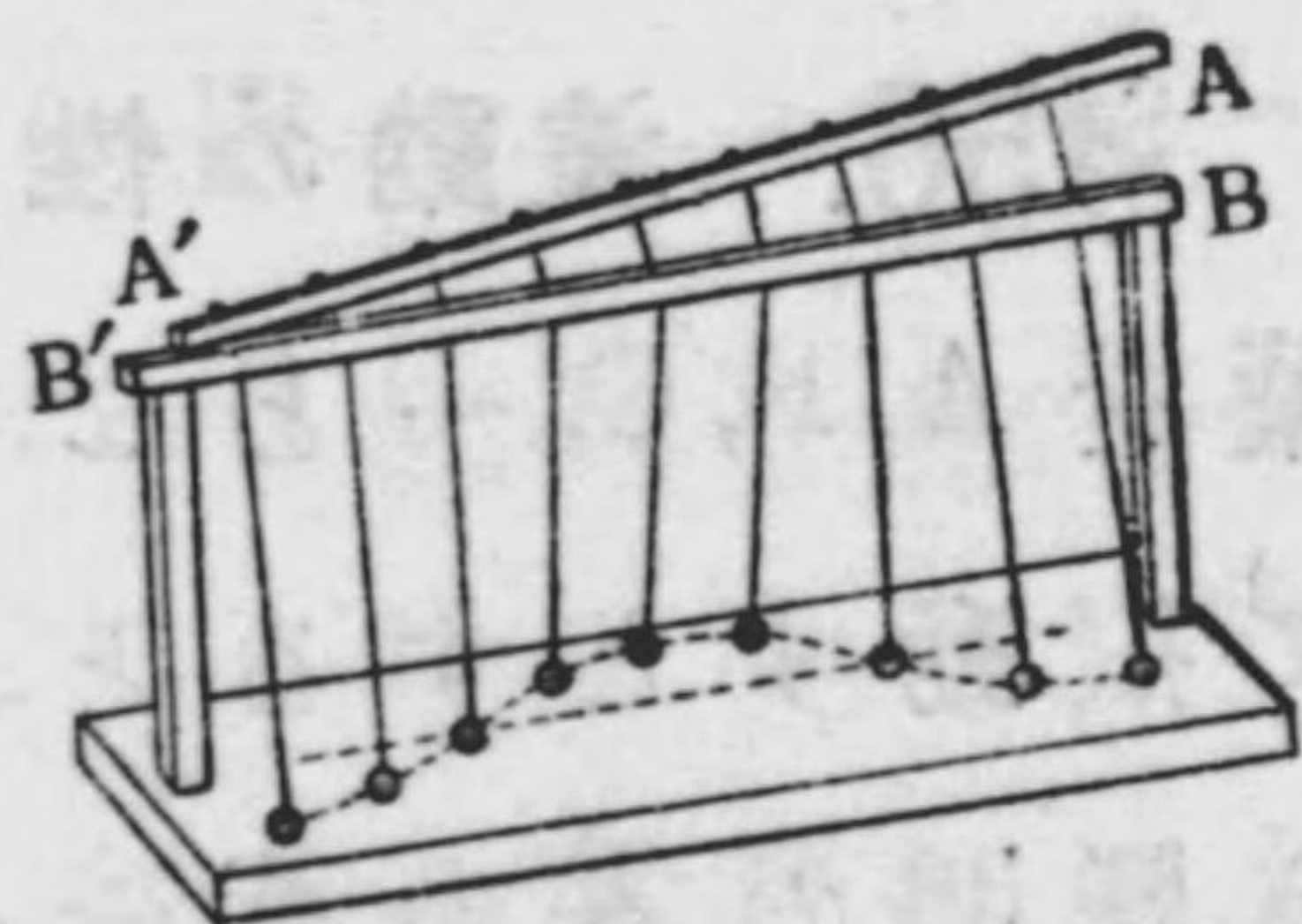


圖 157.1 波の生成を示す

む。その外見は水波などとは餘程異なるけれども、等しく振動状態の傳はるものであるから、之をも波動の仲間を含める。従つて、波動は大別して次の二種となる。

名 稱	振動の方向と波の進む方向	特 徴	代表的の波	見た波の形
横波(高低波)	互に直角	山と谷	水の波	
縦波(疎密波)	互に平行	密部と疎部	螺旋線の波	

第三章 音 波

§158. 音の傳達 ①發音體が振動すると、之に接する空氣中に疎密の縦波(圖158.1)を生ずる。之れ所謂音波

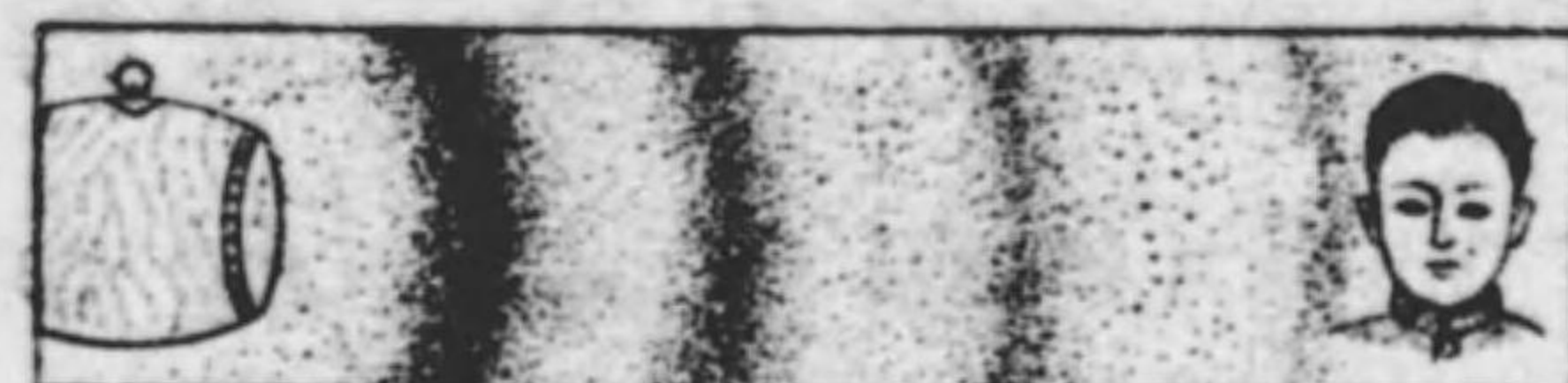


圖 158.1 空氣中の疎密波(音波)

で、之が耳の鼓膜をうつ時音の感覺が起る。音波は又固體や液體中にも起る。戰時聽音機を海水に浸して潜航艇の來襲を知り、土人が耳を地面に接して敵の來るを知るなどは其の例である。

②音は光と異なり、(1)よく障礙物の後方にも曲り込み、(2)又光に不透明な濃霧中をもよく透る。音が信號用又警笛用として利用せられるのは此

の二性質による。

§159. 音の速度 ①音の空気中の速度は  $0^{\circ}\text{C}$  の時  $331\frac{\text{米}}{\text{秒}}$  で、空気の温度が  $1^{\circ}\text{C}$  昇る毎に  $0.6\frac{\text{米}}{\text{秒}}$  づつ増すから、常温 ( $15^{\circ}\text{C}$ ) での音の速度は  $340\frac{\text{米}}{\text{秒}}$  である。尚音の速度は媒質で違ふ。  
(別表参照)

② A, B 二点で同一の音をき



図 159.1

く時、到着時刻の差が零なれば音源は AB の直角二等分線上にあり、最大なれば AB 線上にある。一般に到着時刻の差を精測すると、音源の方向 (OG) が分る。従つて A, B, C の三点で同様な観測をすると音源が位置 (G) が分る。飛行機上からは見えない様にかくされた砲臺の位置の決定などに利用せられる。

§160. 音の反射 ① 図 160.1 の様にすると、書物の面から反射する時計の音がよくきこえる。又大きな建築物から餘程離れた所で手をうつと暫くして其の反射

音の速度 ( $\frac{\text{米}}{\text{秒}}$ )	
空気 ( $15^{\circ}\text{C}$ )	340
水	1399
鋼鐵	4700
樫	4200
ゴム	60



図 160.1 音の反射



図 160.2 海底よりの音の反射を利用して海の深さを測定す

音をきく。之を反響といふ。

山彦は音が山から反射して出来る反響に外ならぬ。

飛行船や汽船から發した音が地面や海底から反射して戻るまでの時間を測ると、之から飛行船の高さや海の深さを知り得る。  
(圖 160.2)

【問】 濃霧の際断崖に近づいた船から號砲を發したら、3 秒後に其の反響をきくことが出来た。断崖と船との距離を求めよ。

② 室内の音も壁や天井から反射する。圖 160.3 は或る會堂の模型のうちで音波の反射する有様を示す寫眞である。反射音が元の音と殆んど同時に耳に入ると互に助け合ふが、その次の音と重なると却つて邪魔になる。故に大きな講堂や音樂堂などの設計には此の點に關し深い考慮を要する。又邪魔になる反射音を防ぐには壁を布・フェルト・バルブの様な多孔性のもので覆うて音を吸収させる。



図 160.3 室内で反射する音波

§161. 音の干渉 ①二つの音波の疎部と疎部、密部と密部とが重なれば互に助け合うて音は強くなり、疎部と密部とが重なれば打ち消して弱くなる。かやうな現象を音の干渉といふ。

音叉が振動するとき、兩脚の内外の空氣の状態は常に相反するから、音叉の周圍には音の弱い所が四ヶ所ある。

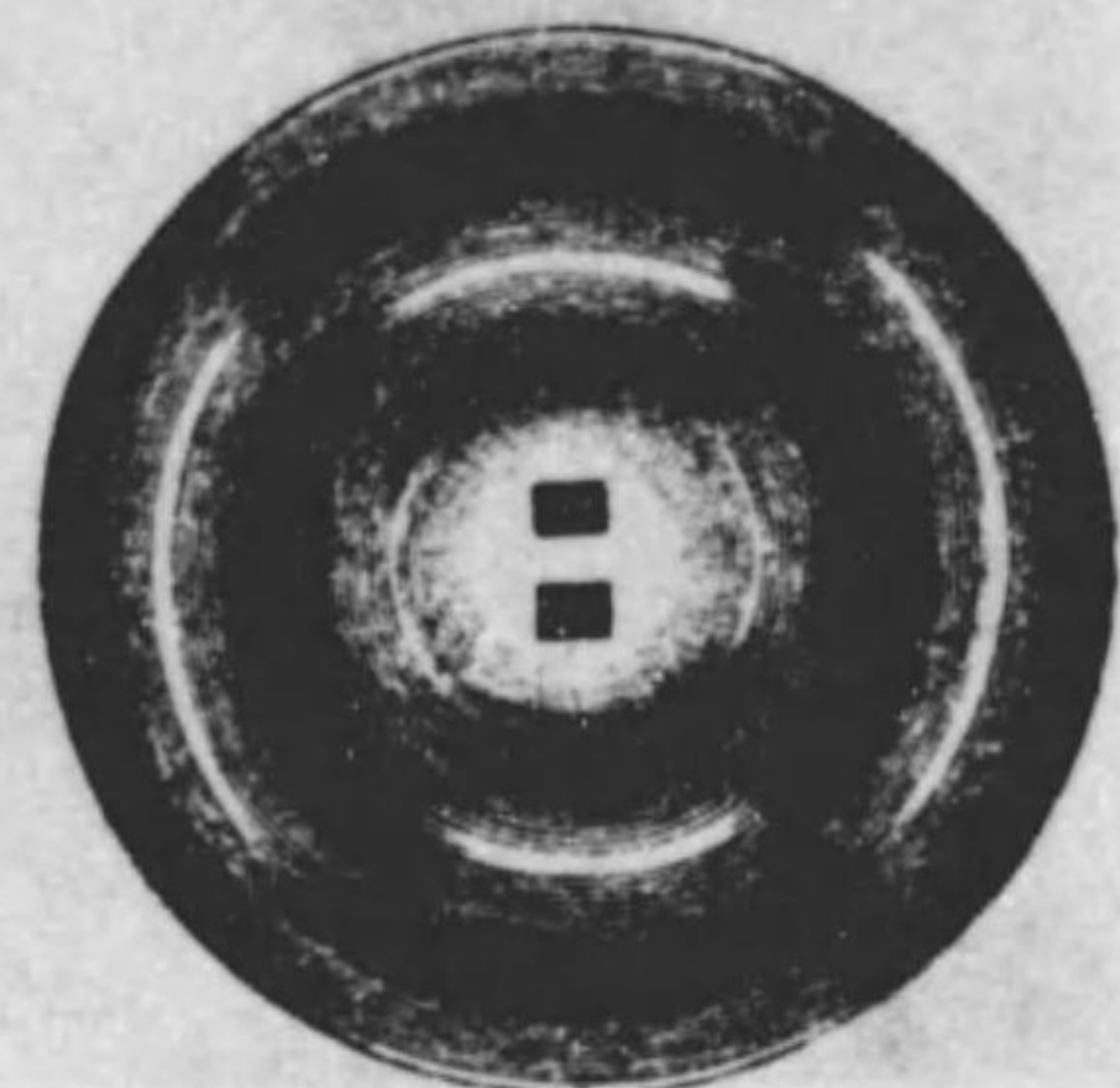


圖 161.1 音叉の周圍の疎密波

②振動数が僅に異なる二つの音叉を同時に鳴らすと唸りをきく。

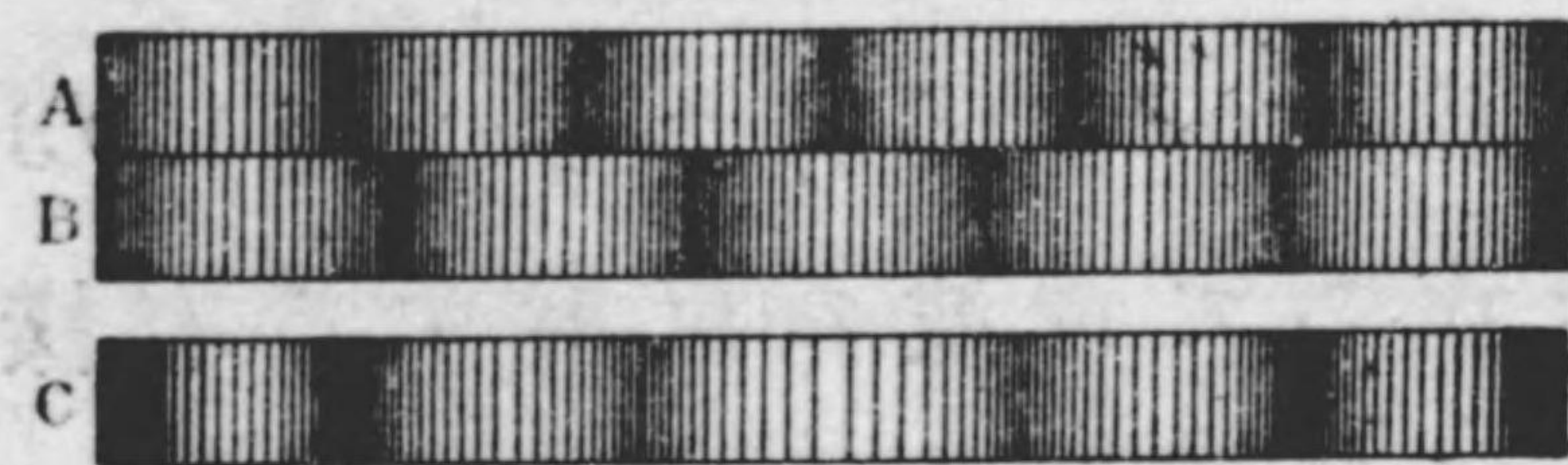


圖 161.2 唸りを説明す

この場合、空氣中には A, B の如き二つの音波が起り、之が相重り、C の如き音波となつて耳に達するから唸るのである。

§162. 共鳴 吊鐘を、其の振動に調子を合せて、幾度も押すと、次第に振幅を増す。之と同様に一つの發音體から出る疎密の波が他の發音體をうつとき、兩者の振動数が等しいなら



圖 162.1 吊鐘

ば、後の發音體は次第にその振幅を増して遂に發音する。之を共振又は共鳴といふ。振動数が全く等しくなくとも元の振動が優勢なときは強制的に振動を起す。之を強制振動といふ。

同調の二個の音叉を對立し、一方を鳴らすとき他方も鳴り出し、又音叉が鳴るとき其の臺箱中の空氣が鳴り出す等は共鳴の現象で、耳の鼓膜が各種の音に對して振動し、琴、ヴァイオリン等の胴が色々の調子の音につれて鳴るのは強制振動の現象である。

以上により振動は音波を起し、音波は振動を起すことが分る。即ち、

振動  $\rightleftharpoons$  音波

【問1】 薄い板の角に蓄音機の針をさし、之を廻轉せる音譜盤上にふれさせて支へると板が發音する(圖 162.2)。之は共鳴か強制振動か。

【問2】 蓄音機について[振動  $\rightleftharpoons$  音波]の關係を説明せよ。



圖 162.2 蓄音機

第四章 光 波

§163. 光の本性 ①音が發音體から發する波動であると同じやうに、光は發光體から發する波動である。今面の平かな二枚の硝子板を圖163.1の様に合せ、一端に薄い紙をはさみて其の間に楔形の空氣層を作り、之をナトリウムの單光で照すと、硝子に出来るナトリウム焰の明るい虚像を多くの暗線が横切るのが見える。これは空氣層の前面と後面とから反射する音波が空氣層を往復するだけの途の差を有し、此の差の大小によつて反射して相重なるものが或は助け合ひ

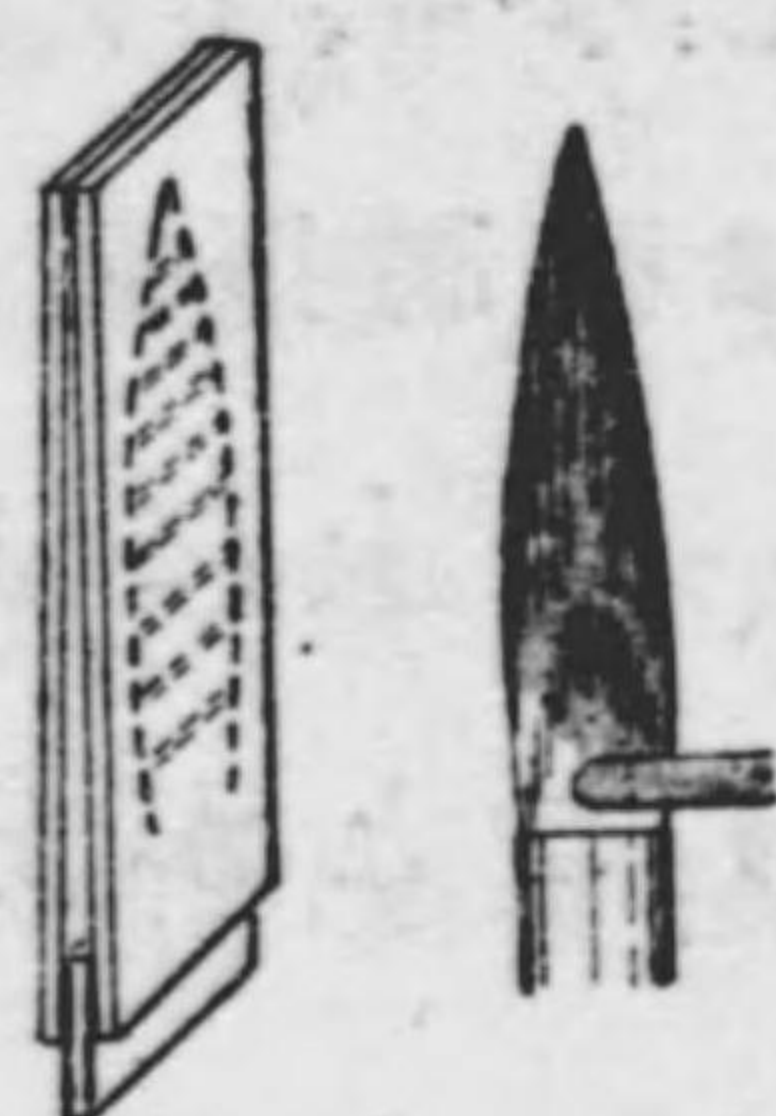


圖 163.1

或は弱め合ふこと恰も音波の干涉と同様であるとしてよく説明出来る。

②干涉を利用した精密な装置によれば、光の波長を精測し得る。實測によると光の波長は頗る短く、しかも色によつて異なり、赤光

(別表参照)

波長の表 (糧)	
赤	0.00007600
橙	0.00006563
黄	0.00005893
綠	0.00005270
青	0.00004861
藍	0.00004339
紫	0.00003969

が最も長く紫光が最も短い。スペクトルは波長の順に列べた光波の一系列に外ならない。

§164. 薄膜の色 石鹼球や水面に擴がつた石油の薄膜などの呈するきれいな色も光の干涉によつて説明される。即ち膜の上面と下面とから反射するものが、圖164.1

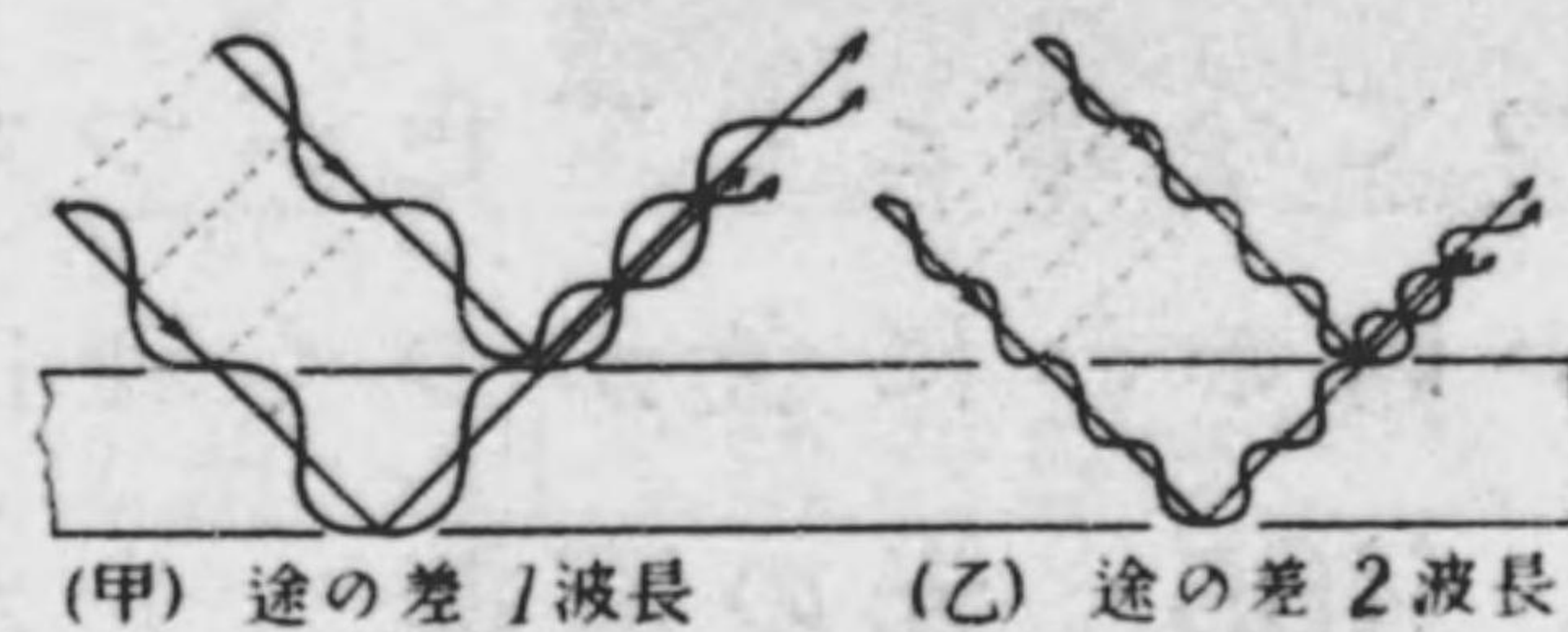


圖 164.1 薄膜に色のつく理

に示す如く互に消し合ふと其の波長の色が消える。この時、膜が薄くて圖164.1,甲の様に膜の内外の途の長さの差が1波長に等しいとすると、次に2波長の差を生じて消える波長は、圖164.1,乙に示す如く、前の波長の半分でなければならぬ。

それ故、例へば先づ赤の邊の光が消えたすと、次にはその半分の波長を有する紫の邊の光が消え、

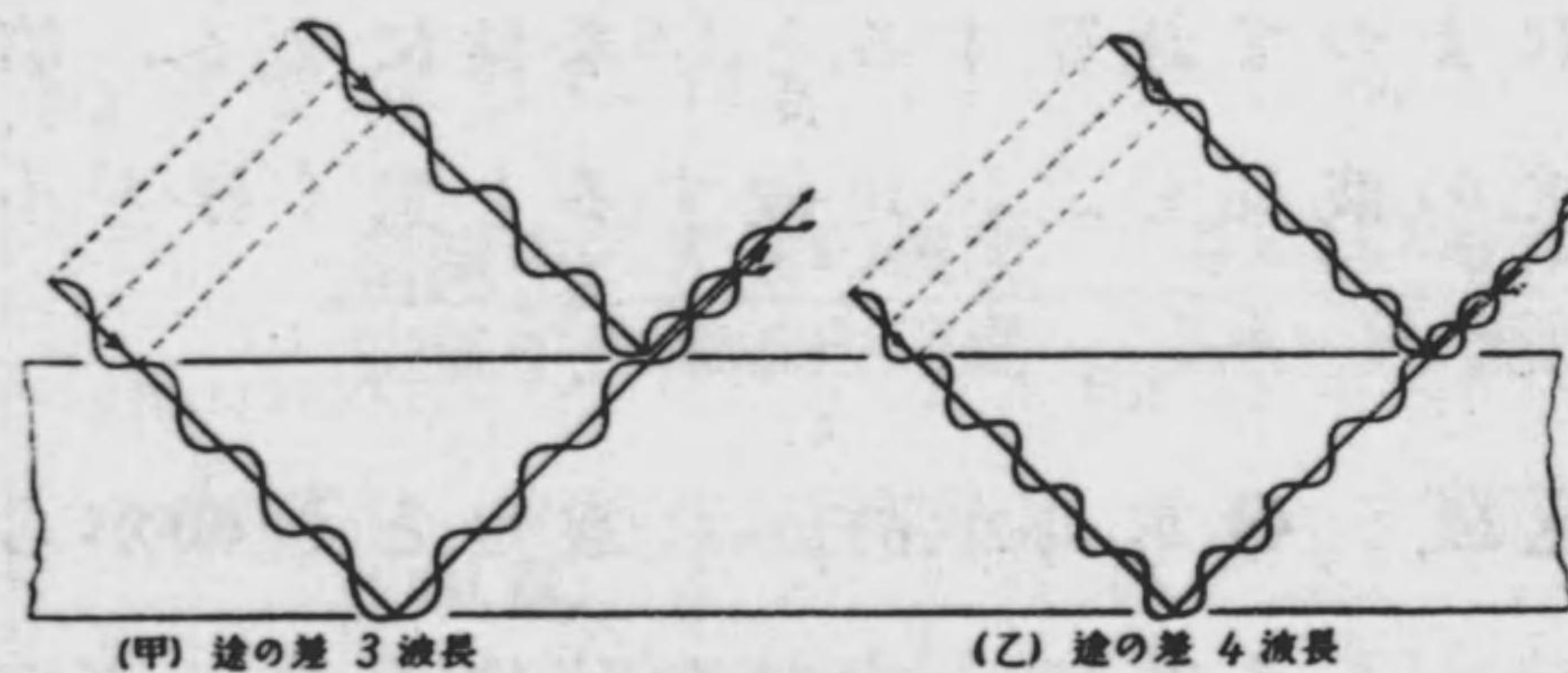


圖 164.2 厚膜の色のつかない理

其の中間の青の邊の光が互に助け合ふことになり膜は全

體として青く色どる。然るに、圖164.2,甲の如く膜が厚くて初め3波長の差を生じて或る波長のものが消えたとすると、次には圖164.2,乙の如くその $\frac{3}{4}$ の波長のものが4波長の差を生じて消えることになる。従つて、かゝる場合にはスペクトル中の多くの光が消え、従つて其中間の多くの光が残つて全體として色がつかぬ。之れ膜が極めて薄い時のみに色がつく理由である。

§165. 光の直進 光が音の如く波動であるとする、何故に光のみが直進するかの疑問が起る。實際仔細に考へ精密に實驗すると、光も僅ながら幾何學的の影のうちに廻り込む。之を光の廻折といふ。唯その波長が著しく短いため廻折の程度が極めて僅かであるに過ぎない。

振動数が毎秒260なる音(おそよハ調のDの音)の空気中の波長は、式156.2によつて計算すると、1.3米位になる。第218頁にあげた光の波長を之に比較すると驚くほど小さいことが分る。

§166. 光の速度 ①水鳥が静かに進むと、それから出る波は水鳥の前方へも進む。水鳥の速度が波の速度

よりも大きくなると、波は前へは出ないで、横から後方に開いた尾を引く。圖166.2は



圖166.1 静かに進む水鳥  
より多少前が出る波



圖166.2 波より速い船

進む漁船の寫真で、此の現象が著しく現れて居る。然るに自動車がい

くら速く走るも前照燈の光は前へ出て横から後へ尾を引かない。又ホース口を振ると飛び出る水は波形を描くが、照空燈をいくら速く振つても出る光は棒の様について来る。

これ等から推すと、光の速度はとても大きいことが想像されるが、實測によると、真空又は空気中では $3 \times 10^{10}$  厘/秒である。此の速さで地球を廻ると1秒に7.5廻轉出来る。従つて光が地球上の普通の距離を進むには時間を要しないと考へてよい。

$$\frac{\text{空気中の光波の速度}}{\text{空気中の音波の速度}} = \frac{3 \times 10^{10} \text{ 厘秒}^{-1}}{3.4 \times 10^4 \text{ 厘秒}^{-1}} \doteq 10^6 \text{ (百萬)}$$

②音の速度が物質によつて異なる様に、光の速度も物質によつて異なる。例へば水中の光速度

は空中の光速度の  $\frac{3}{4}$  である。光が空気から水に入るとき屈折するのは、こゝで光速度が急變するからである。

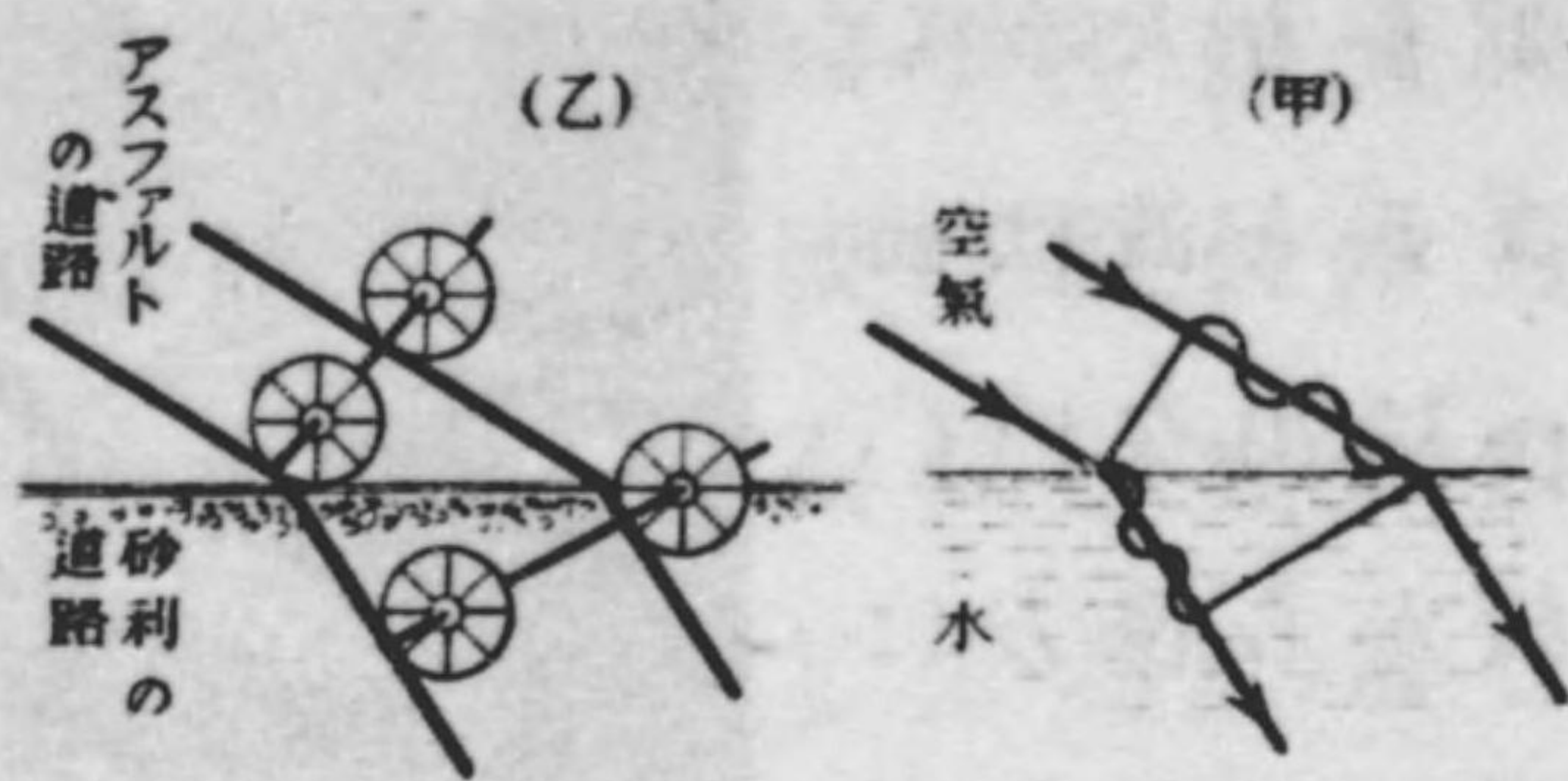


圖 166.3 屈折を圖解す

之は車がアスファルト道から砂利道に入るとき方向が變ると同じである。

## 第五章 輻射線

§167. 紫外線と赤外線 日光は眼に感ずる作用・寫眞作用・熱作用を並有し、その強さをスペクトルの各部について検すると圖 167.1 の曲線(1)(2)(3)で示す通りで、スペクトルの赤及び紫の外に眼には感じないが、なほ夫々熱作用・寫眞作用の著しい線のあることが分る。そこで眼に感ずる七色の部分を可視線、赤の外にある部分を赤外線、紫の外にある部分を紫外線といふ。これらは波長の長短に基く其の作用の強弱によ

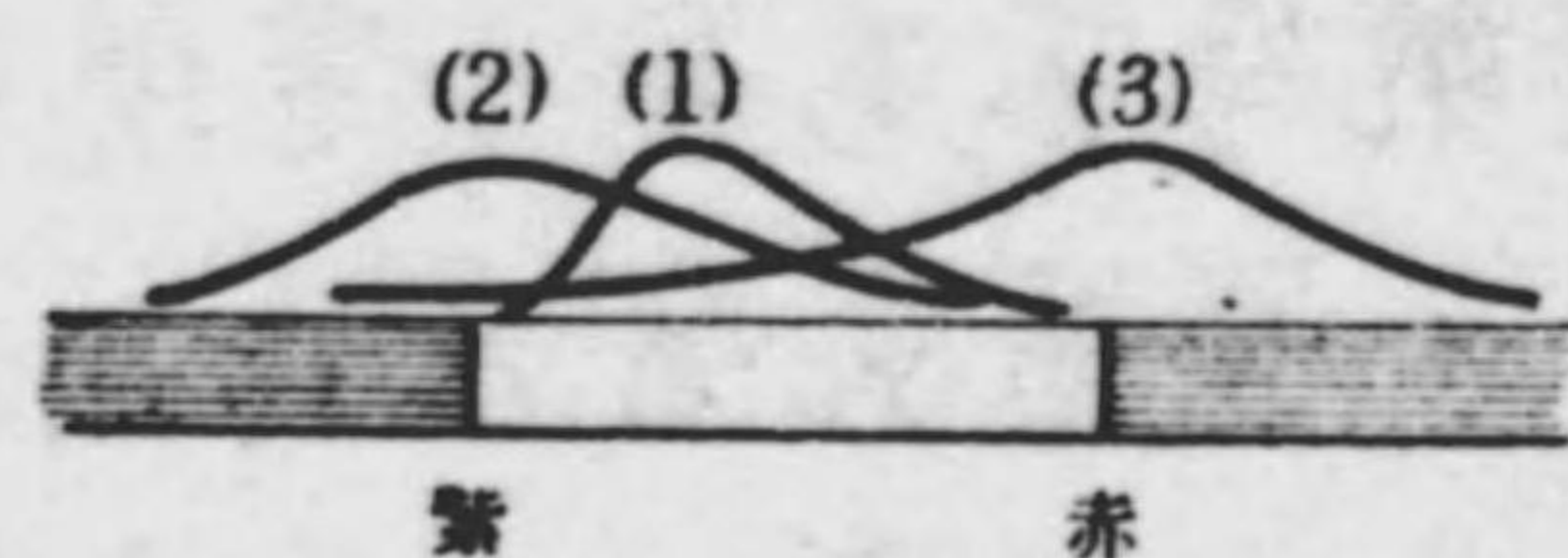


圖 167.1 光の三作用

- (1) 眼に感ずる作用
- (2) 寫眞作用
- (3) 熱作用

る便宜上の區別であつて、本質的には全く等しい波動の一系列である。故に總稱して輻射線または輻射波といふ。

上にいふ光の寫眞作用は普通の乾板に對するものであるが、特殊の色素で染めた乾板は赤外線にも感ずる。かやうな乾板を用ふれば、普通の乾板には撮れない遠景や、雲にかくれて見えない富士山などを撮影することも出来る。かゝる寫眞を赤外線寫眞と稱し、近時各種の方面に應用される。

§168. 輻射エネルギー 海岸にうち寄する波や地震波が強大なエネルギーを有する様に、すべて波動はエネルギーを有する。太陽より絶えず來る輻射波のエネルギーは地面に吸収されて地上の各種のエネルギーの源となる。石炭の藏するエネルギーは太古に蓄積された太陽の輻射エネルギーであり、水力電氣は太陽熱のために蒸發された結果水の得た位置のエネルギーを利用するものである。石炭の埋藏量は次第に減ずるが、水力電氣には先づ其の様な心配はない。

§169. 輻射線の發射と吸収 ① 物體を熱する



と、初めは赤外線のみを發し、溫度が  $500^{\circ}\text{C}$  位に達すると、赤熱状態になり、初めて赤光が出る。之より溫度が高まると次第に短い波長の可視線を増し同時にすべての輻射線が強くなり、 $1000^{\circ}\text{C}$  近くになれば白熱する。かやうに溫度によつて色が次第に變るから高溫作業に従事する職工は爐の色合を見て其の溫度を推定する。次に、

物體に投射した輻射熱の、

或る部分は物體によつて吸収せられ、…(1)

他の部分は { 其の表面から反射せられ、…(2)  
或は其のまゝ透過せらる。…(3)

吸収せられたものは熱に變つて物體を暖める。そして黒くしてがさがさした物體は(1)の物質に富み、金屬の磨いた面や白い面は(2)の性質に富み、氣體は(3)の性質に富む。硝子は可視線をよく透すが、紫外線をば吸収し、水晶は可視線のみでなく紫外線をもよく透す。故に紫外線を取扱ふ光學器械には水晶のレンズやプリズムを用ふ。

尙低温でよく輻射熱を吸収するものは高温で

はよく之を輻射する。例へば、黒い模様のある磁器の破片をストーブで高熱すると、模様の部分が特に光る。

③次に以上の諸性質に關し、注意すべき實例について述べる。

(i)瓦斯火と炭火 石炭瓦斯は輻射熱を透して吸収しないから、之が燃えて高温になつても餘り輻射熱を出さない。然るに炭は黒くて輻射熱をよく吸収するから高熱の時はよく輻射熱を出す。故に炭火は主として輻射熱で物を熱し、瓦斯火は主として熱い焰が當つて熱する。そこで、炭火にかける鍋の底は黒い煤の多少ついた方がよく輻射熱を吸収するから之を磨かない方がよい。

(ii)ストーブ 石炭ストーブの輻射熱を多くするには、面を黒くがさがさにし、且つ輻射面を廣くする(ラヂエーター)。ニッケルメッキなどして面の光るのはよくない。

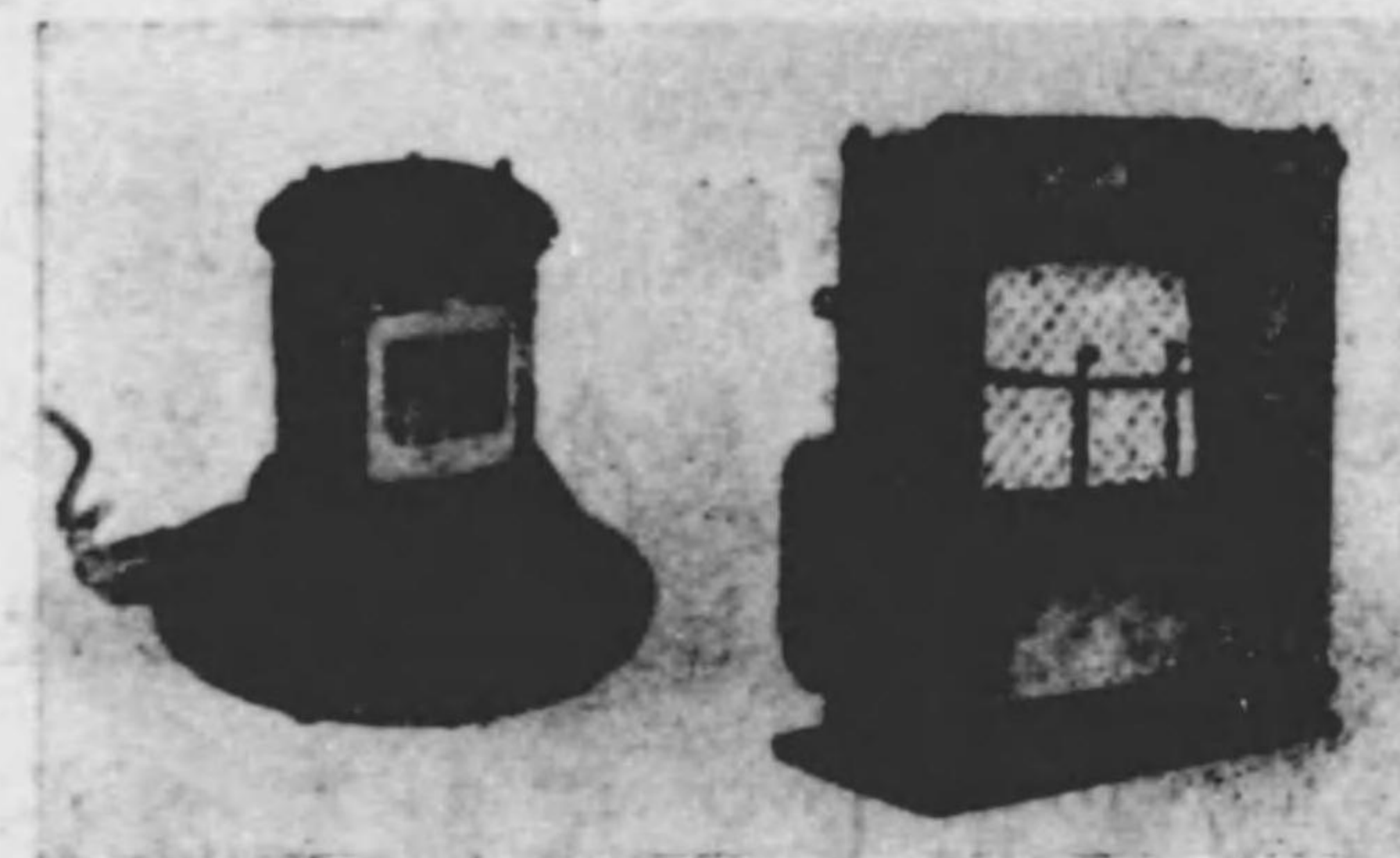


圖 169.1

又瓦斯ストーブ・ガソリ  
(圖 169.1)

瓦斯ストーブとガソリストーブ

ンストーブでは其の焰の中に素焼の陶器を入れて輻射熱を前方に出させる。尙後方に金属の磨いた反射面をおいて、後に向ふものをも反射して前方に出させる。

(iii) 気温 太陽の輻射熱は空気を透して地面に達し、こゝで初めて吸収されて、その温度を高める。さうすると、それにふれる空気が傳導によつて熱せられて対流によつて上層の空気と入れ替る。少量の空気の温度は対流によつて容易に一様になるが、大氣に於ては上昇するにつれて断熱的に膨脹するから、上層になるほど温度が低い。  
(第183頁)

【問】 夏日傘で日光の直射を遮つても尙戸外は室内よりも著しく暑い。戸外でも森蔭は割合に涼しい。何故か。

## 第六章 X線とγ線

§170. X線 ① 波長の長い音は書物の面からでも正しく反射するが、波長の短い光は磨いた面(圖160.1参照)でないと正しく反射しない。X線は磨いた面からでも正しく反射しないが、それは其の波長が光よりも著しく短いためではないだらうか。實際

X線を結晶にあてると、其の原子の極めて密に整列した原子面から正しく反射する。然し大部分は結晶を透過するから、反射X線は極めて弱い。  
(光が透明體の面から反射する場合の如く)

そこで第一の原子面から反射するものと次の原子面から反射するものとの途の差が1波長に等しい様な方向には其の波長のX線が互に

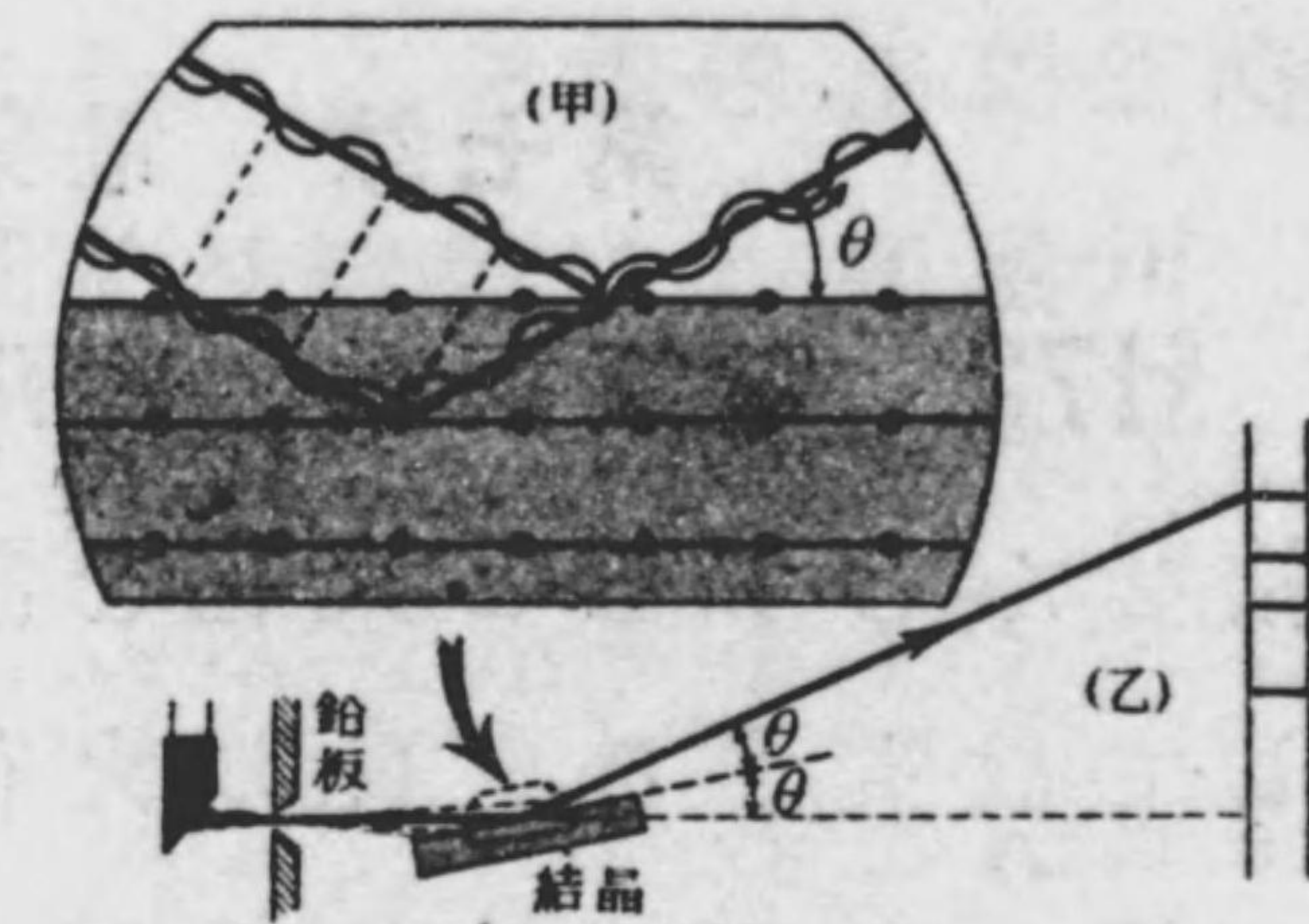


圖 170.1 X線の反射

助け合つて強く反射される。波長が異なると此の方向も異なるから元のX線中に色々の波長のものがあると、それらは夫々異なる方向に反射する。圖170.1,乙の如く之を利用すると、波長の順に列ぶX線スペクトルが得られる。

② X線スペクトルにも光と同様に連続スペクトルと線スペクトルとがある。線スペクトルの



圖 170.2 X線の線スペクトル(鉛)

波長は陰極に用ひた元素に特有であるから、之を利用すると、光と同様にスペクトル分析が出来る。

§171. γ線 放射變遷に伴つて出るγ線はそ

の本性 X 線と全く等しく、唯その波長が X 線よりも更に短くて透徹性は X 線よりもずっと大きい。醫療に用ひられる。

### 第七章 電氣振動と電波

#### §172. 電氣振動 陰陽の帶電導體を導線で連

結せんとすると、火花を發して放電する。此の火花を速かに廻轉する乾板上に撮影すると、圖 172.2 の様

に兩方から交互に出る多くの火花の連続であることが分る。従つて導體の電氣は一つの火花毎に入れ代つて交互に導體の電位を高めること振子が左右に振動して位置のエネルギーを高めるのと同様である。故に之を電氣振動といふ。

電氣振動に於ても、物體の振動と同様に、

$$\text{週期} \propto \sqrt{\frac{\text{振動すまいとする側の量}}{\text{振動させんとする側の量}}}$$

の関係があつて、一つの振動回路には、それに固有の週期(従つて振動數)がある。

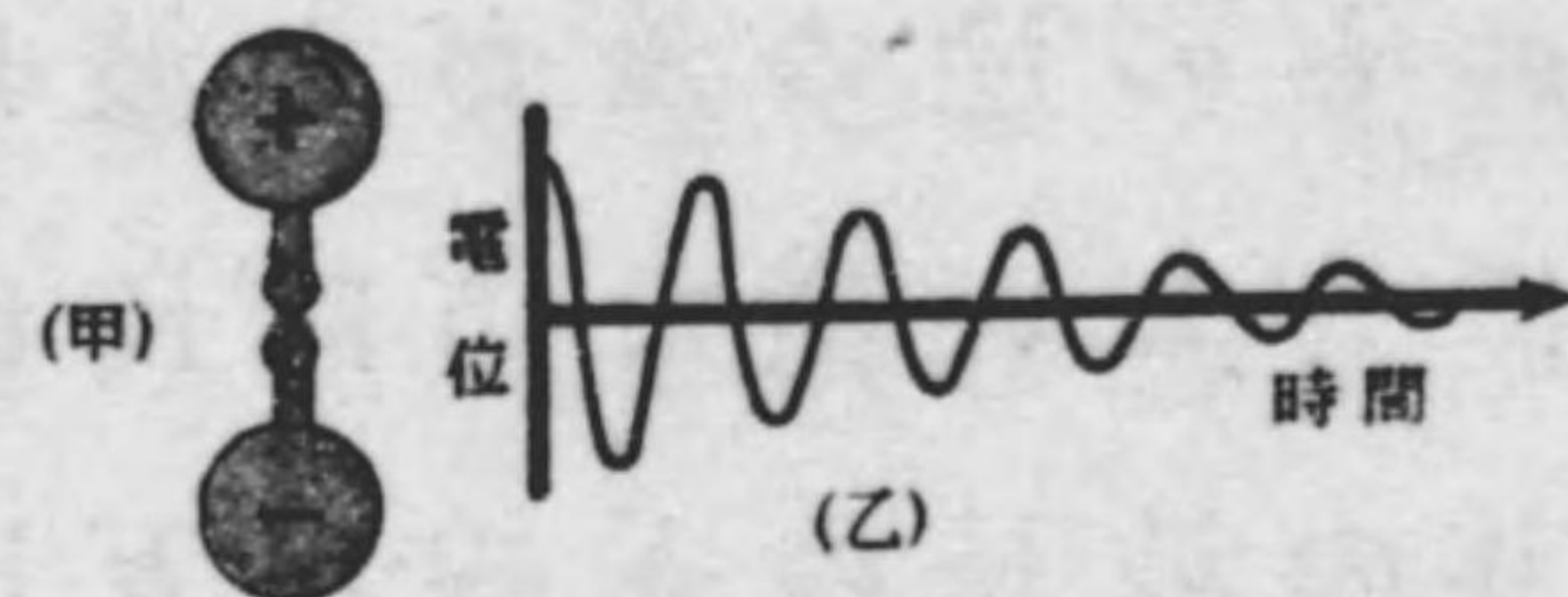


圖 172.1 火花放電



圖 172.2 電氣火花を廻轉乾板にとつた寫眞

§173. 電波 電氣振動につれて導體の電位及び振動電流の強さが週期的に変化すると、周圍の電場及び磁場の強さも週期的に変化し、一種の波動となつて周圍に傳播する。之を電磁波又は略して單に電波といふ。研究の結果によると、

- (1) 電波は光と同一の速度で周圍に傳播する。
- (2) 電波の振動數は回路の振動數と相等しい。
- (3) 電波にも音波と同様な共振の現象がある。

従つて電波が音波の如く耳に感ずるならば、これによつて無線通信が出来るが、悲しいかな、電波は吾々の五官の何れにも感じない。故に之を検出する特殊の檢波器があれば、こゝに無線通信が成り立つわけである。

§174. 電氣共振 感應コイル(I)を働かせて適當な二つの導體 A, B 間に火花を飛ばすと、Rなる金屬環の間隙 A'B' に小さい火花が飛ぶ。これは AB 回路の振動數と金屬環の振動數とが

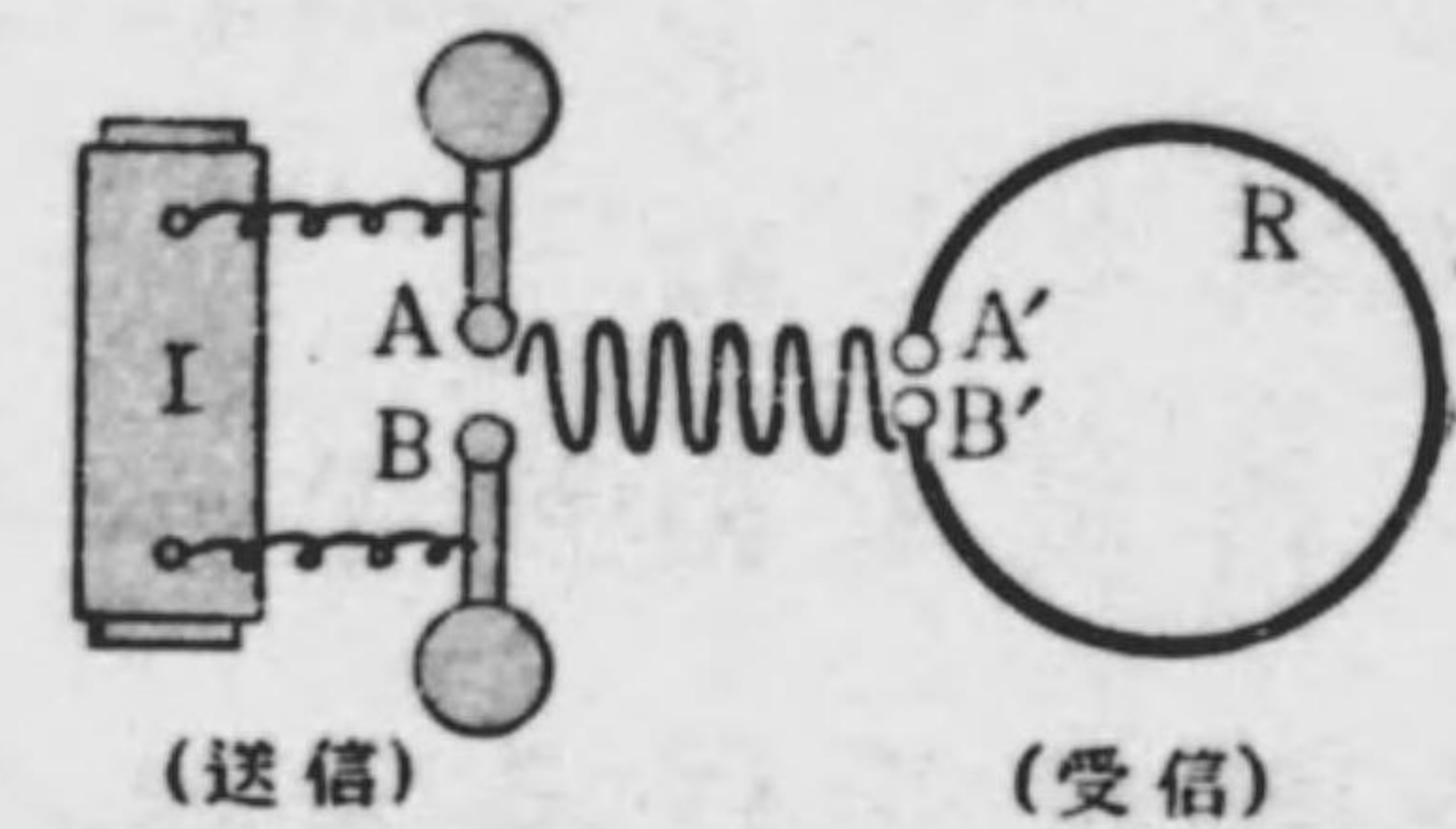


圖 174.1 電氣の共振 (無線通信)

等しくて、共振の現象を起したのである。故に之を**電気共振**といふ。之により、音波と同様に**電気振動が電波を起すと逆に電波は電気振動を起す**ことが分る。即ち、

導線中の電気振動  $\longleftrightarrow$  空間の電波

無線電信・無線電話等は、大仕掛に電気振動を起して強勢な電波を發し、之を受信機に受けて逆に電気振動を誘發し、此の振動電流によつて受話器を働かし、耳に感ずる音として通信の目的を達するものである。

### 第八章 諸種の通信法

§175. 音による通信 §162で學んだ様に、振動は音波を起し、逆に音波は振動を起す。吾々が談話を交換するのは全く此の現象を利用したものに外ならぬ。

自動車の警笛から出る音波の波形は單純で、之を耳に受けると、唯音の感覺を起すのみである。然るに、吾々の發する言葉は聲帶より發する一様

な波形の音波に口腔の形や舌の働きて言葉に特有な波形を順次に刻み込んだもので、之を耳に受けると、たゞに音の感覺を起すのみでなく、其の言葉を聞きわけ得るのである。

§176. 光による通信 警笛をプツと鳴らすことによつて警報を傳へると同様に、燈火の明滅によつても信號を傳へ得る。この方法は軍隊などで利用されて居る。手旗信號もこの種の通信法に屬する。音は濃霧の時でも、曲つた途に沿うても信號を傳へるが、光は濃霧などはなくて、しかも見透しのきく所でないと役に立たない。然し、音は近距離に於てのみ有効なるに反し、光は遠距離に於ても役立つ。

§177. 電信 ①電流が自由に曲つた導線に沿

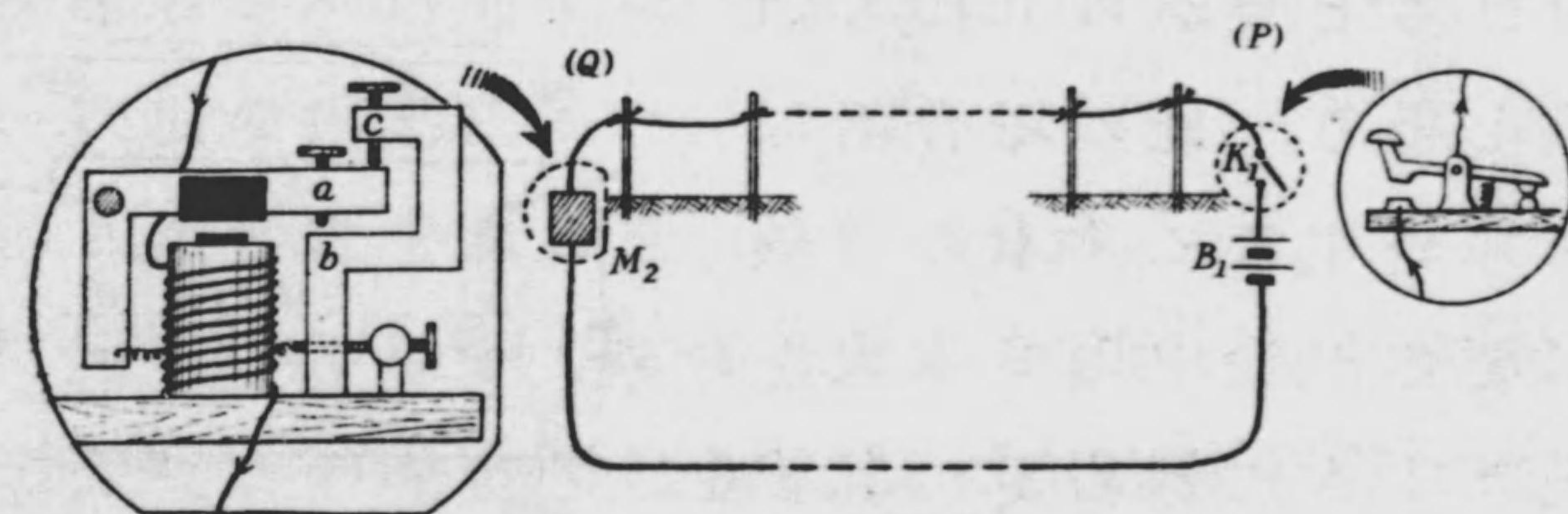


圖 177.1 電信

うて、しかも極めて迅速に遠隔の地まで傳達されることを利用すると、こゝに有力な通信法が得られる。即ちP, Q 兩局間に一つの回路を作り、P局から送った電流をQ局で検出し得ればよい。検出器として専ら利用されるのは、その磁氣作用による電磁石である。即ち、P局で電鍵 $K_1$ を押して電流を送ると、Q局の電磁石 $M_2$ が働いてその前の鉄片を吸引し、aがbをうちて音を立て、電鍵を離すと電流がきれて鉄片が離れ、この時又aがcをうちて音を立てる。電鍵を斷續する時間の長短によつて生ずる音の變化をきゝ分けて通信の目的を達し得る。これ、現今の**電信**である。

②以上の如き装置を今一組P, Qを逆にして取り付けると、QからPにも通信し得る。此の場合、兩局を連絡するに4本の導線が要るが、途中の2本宛を夫々1本に纏め、更に其1本は大地で代理させても

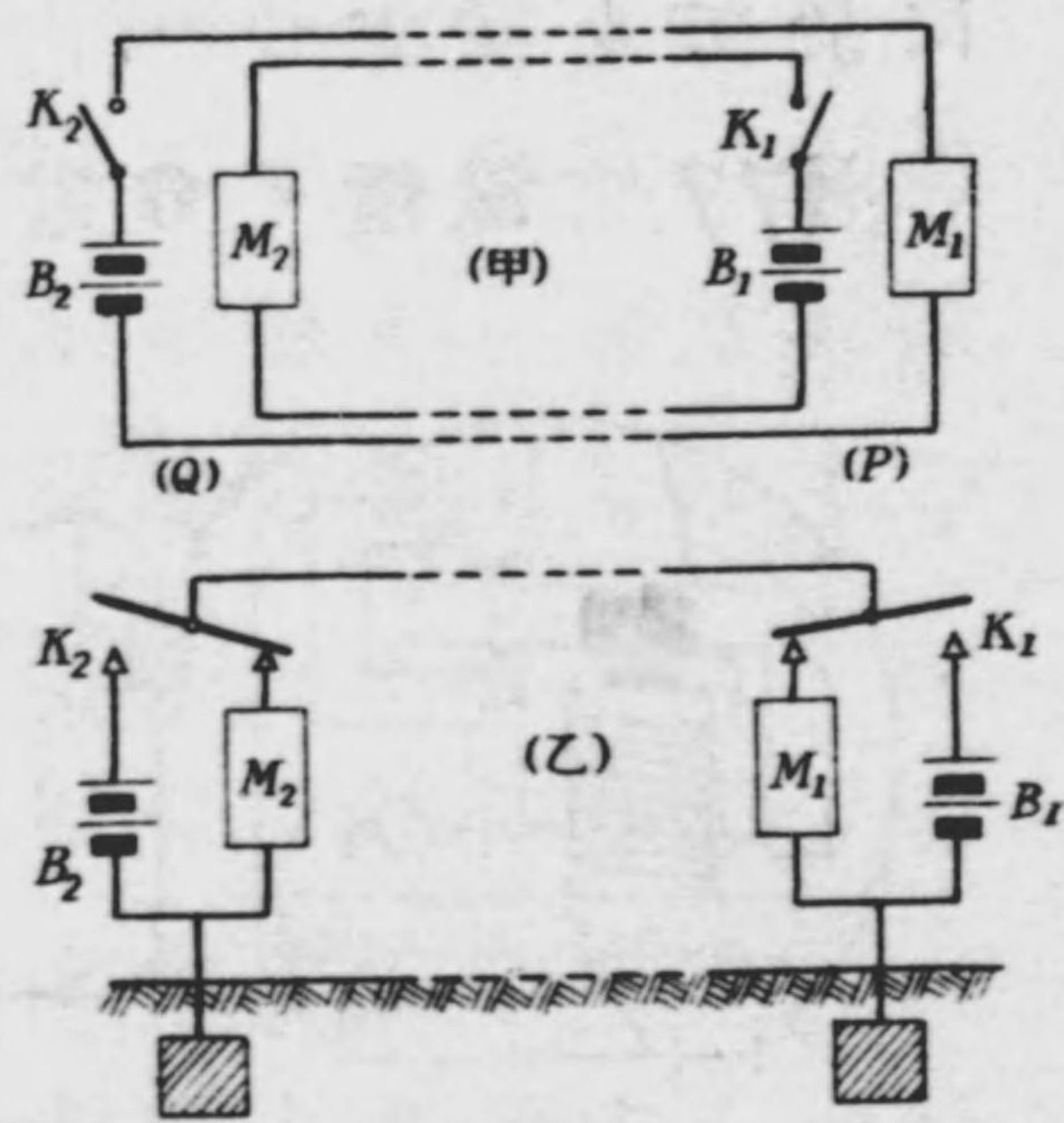


圖 177.2 電信

よい。この時 $K_1, K_2$ を押すと夫々 $M_1, M_2$ がきれる様にしておく。

【注意】 大地を利用する場合には例へばP局の電池が大地から電氣を汲み上げ、之を導線を通してQ局に送り、Q局で電磁石を通した後大地に放流するものと考えればよい。

§178. **電話** 電信では、一様な強さの電流を斷續して信號するのであるが、若し一様な強さの電流に言語波の波形に相應する變化を刻み込んで送り、且つ其の變化を再び元の言語波に戻し得るならば、こゝに言語波を電送し得る譯である。幸に、炭素粒の電氣抵抗が其の接觸點の壓力によつて變化するを利用して音波を電流の變化に移し、電流の變化は電磁石を利用して薄い鉄板の振動にかへ得るから、之を組合せて圖178.1, 甲の如くすると、こゝに所謂**電話**が成立する。この場合Tは**送話器**で、Rは**受話器**である。然し、このまゝでは通信距離が長くて導線の抵抗

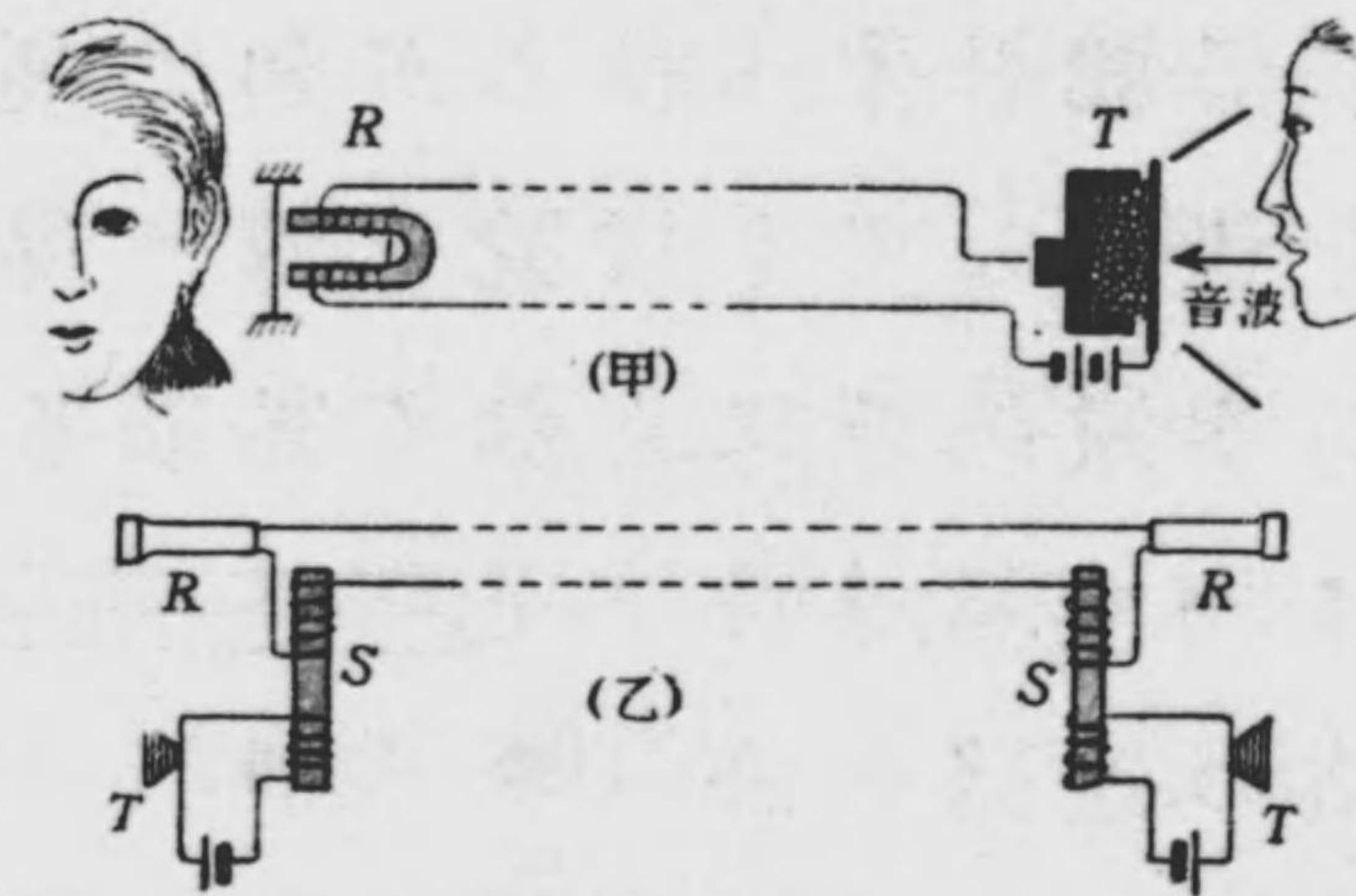


圖 178.1 電話

が大きくなると、音波によつて起る抵抗の變化は、その影響が僅かで、全電流に變化を與へ難く、従つて通話が困難になる。圖178.1,乙は感應電流を利用して此の缺點を除き、且つ双方より通話し得る様にした装置である。Sは一種の變壓器で其の一次コイルと送話器Tとで短い回路を作るから、音波による電流の變化は割合に大きくあらはれ、此の變化は二次コイルの回路に輸送に都合のよい高壓の感應電流を起し、之が先方に達して受話器Rに働くのである。

§179. 無線電信 [音波⇔振動]の關係を利用して信號を傳へ得るが如く、[電波⇔電氣振動]の關係を利用して信號を傳へ得る。之れ無線電信で、頗る遠距離にも働く點、頗る迅速に傳へられる點に於て無線電信の追隨を許さない。

今圖179.1,甲の發信裝置に於て電鍵Kを

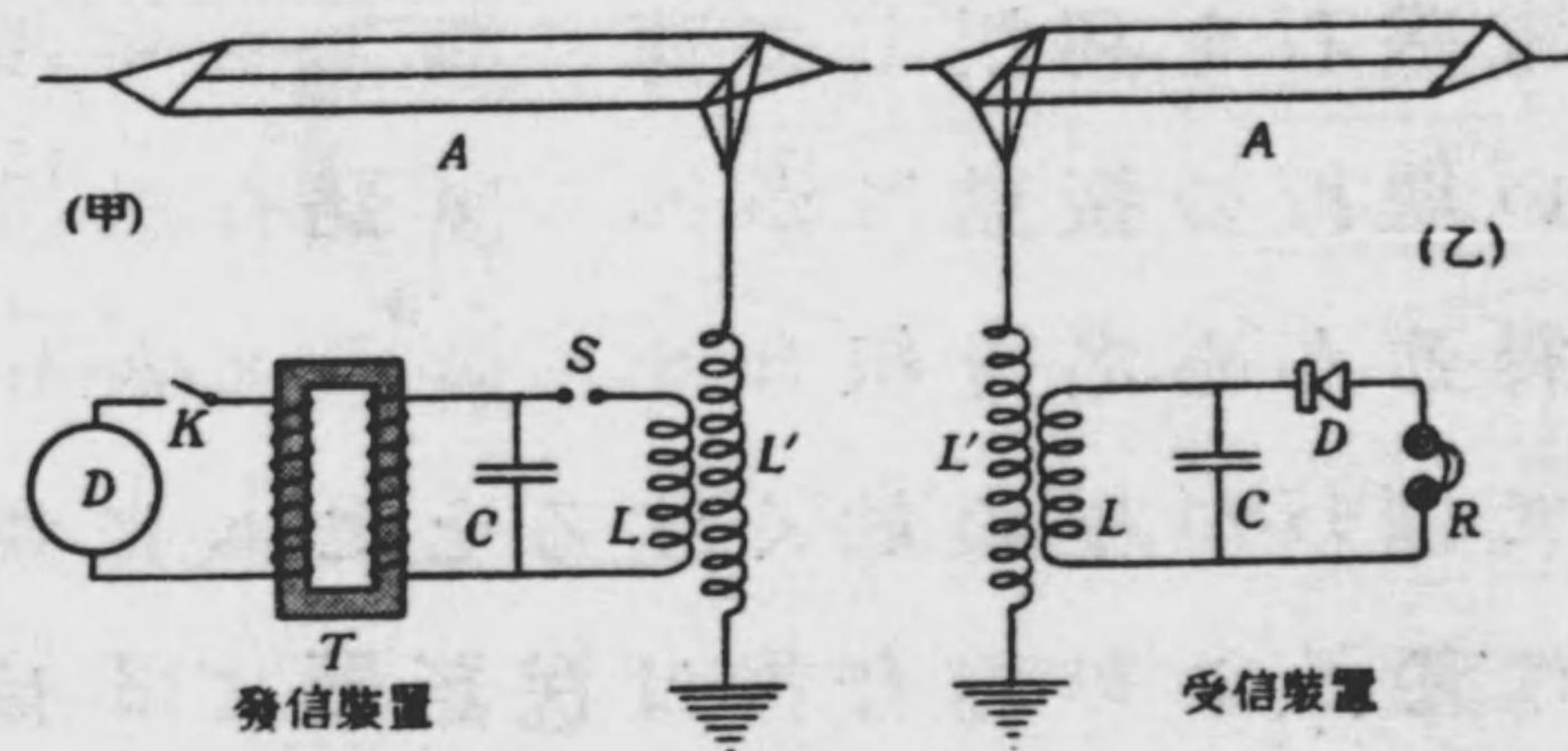


圖179.1 無線電信

押すと、發電機Dから出る交流は變壓器Tの一次コイルに入り、二次コイルに圖179.2甲の様な高壓を誘起する。従つて火花間隙Sを調節しておく

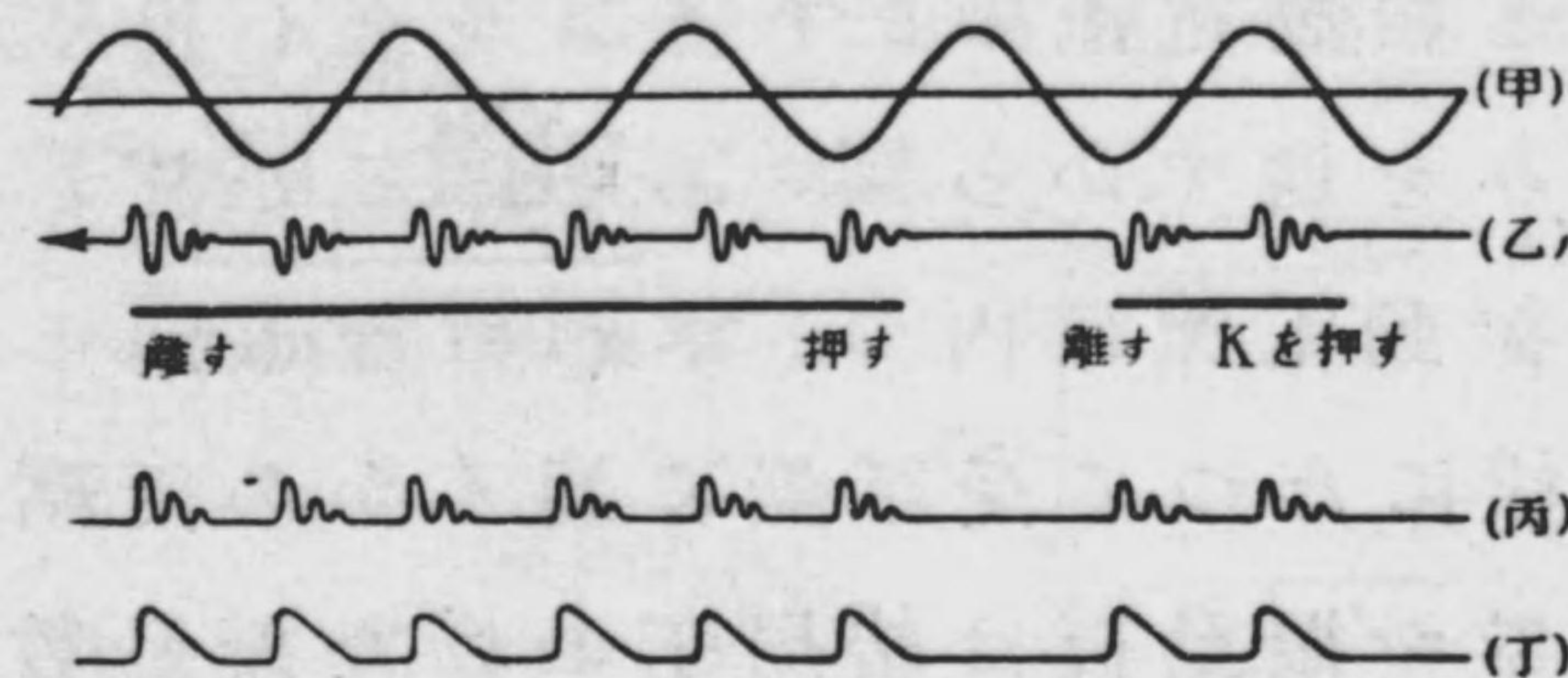


圖179.2 無線電信に於ける波形

と、電壓が極大極小となる毎に火花が飛んでコイルL及び蓄電器Cの

回路に電氣振動の群が起る。此の振動はL'に感應して架空線Aから電波を放散する。此の際電鍵の押し方を普通の電信の如く長く或は短くすると、それに應じて電波は圖179.2,乙の如き長短の群に切れる。かかる電波が受信裝置の架空線Aに當ると、共振によつて、之に電氣振動が起り、これが更に受話器Rの入る回路に感應して受話器に振動電流が流れる。所が此の振動數はあまりに大きいから受話器は音を發しない。そこで、途中に檢波器Dを入れて音を發する様な電流にかへるのである。

§180. 検波器 検波器には鑛石式と真空球式

とがある。鑛石検波器は紅亞鉛鑛、黄銅鑛の如き鑛石と針金の先とを軽く觸れさせたもので、之を

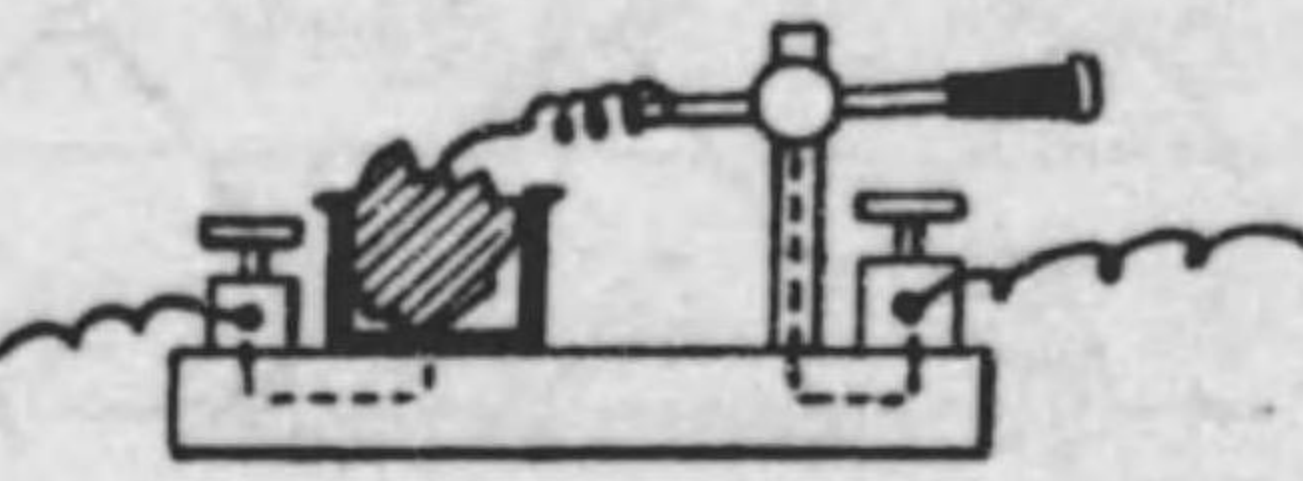


圖 180.1 鑛石検波器

回路に入れると、振動電流の一方方向のもののみを通すから、圖 179.2,乙の様な振動電流は丙の

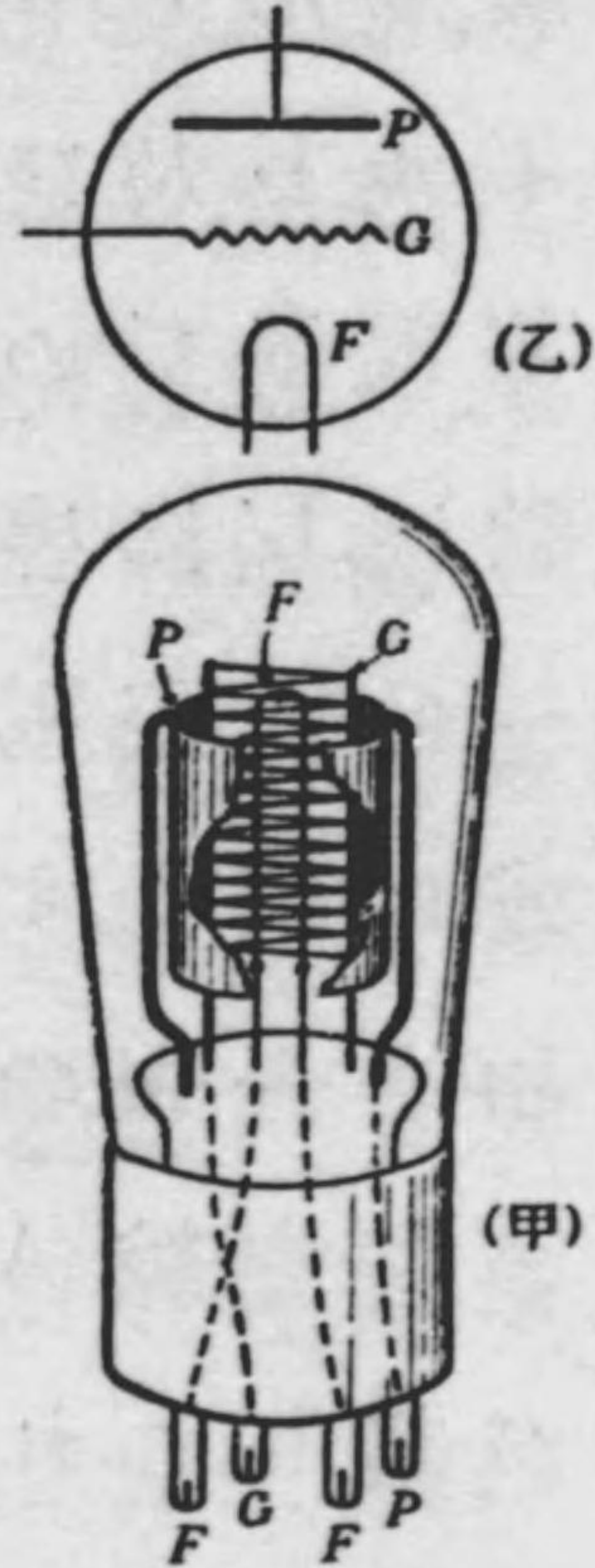


圖 180.2 三極真空器

様になつて受話器に通るから受話器の振動板は結局丁の様な振動数の少い電流が通ると同じ振動をして耳に感ずる音を發する。

真空球検波器は完全に空氣をぬいた硝子球で、中央にタングステンのフィラメント(F)、その周圍にグリッド(G)と稱するコイル状又は金網状の金屬、更に其の周圍にプレート(P)と

稱する圓筒状の金屬板がある。故に之を三極真空管ともいふ。之を圖示するには多く圖 180.2,乙の如き略圖を用ふ。今之を圖 180.3,甲の様に受信装置の回路に入れ、電池 A の電流でフィラメント F を熱すると、それから出る熱電子は

電池 B の陽極に連結したプレート P に向つて流れ所謂プレート電流を生じ、之が受話器 T を通る。そこで電波が來て振動電流が起り、グリッド G のフィラメント F に対する電壓が高くなると、F から電子を呼び出してプ

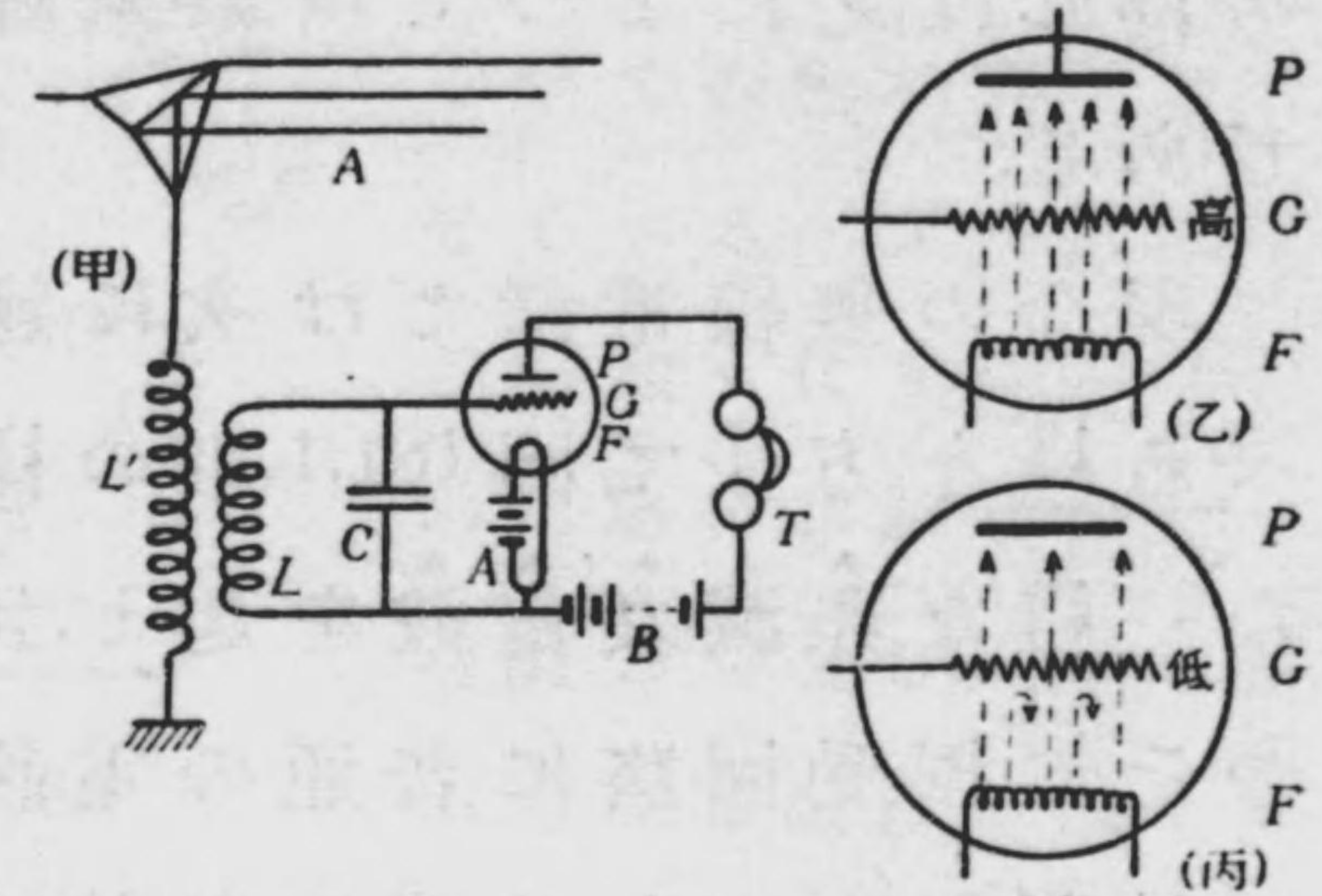


圖 180.3 三極真空管の整流作用

レート電流を増し、低くなると電子を阻止してプレート電流を減ずる。この時電池 B の電壓を適當に加減すると、プレート電流の増加をして其の減少より大ならしめ、プレート電流の變

化を圖 180.3,丁の様に非對稱的ならしめ得る。さうすると、受話器の振動板は圖 180.3,戊の様な電流が流れると同様な振動をして音を發する。

三極真空管は上の様な整流作用の外にグリッド電壓の僅の變化に對して大なる電流の變化を起

す所の増幅作用をも伴ふ。

§181. 無線電話 ① 聲帯の振動によつて起る一様な音波に言葉の波形を刻み込んで談話を交換するが如く、一様な電波に言葉の波形を刻み込み得れば、之によつて所謂無線電話が成立する筈である。

現今の無線電話では次に述べる様な方法で圖 181.1, 甲の様な一様な非減衰電波を起し、且つその振動回路に普通の電話の送話器を入れ、これに向つて談話をすると、内部の抵抗が變化するため放散される電波に圖 181.1, 乙の様な變化が刻み込まれるのである。そして、かやうな電波が受信装置に達した後之を檢波器によつて圖 181.1, 丙の様な波形の電流にかへて受話器に通すと、圖 181.1, 丁の如き電流が通ると同様に働いて發信局で吹き込んだ通りの音を發するのである。

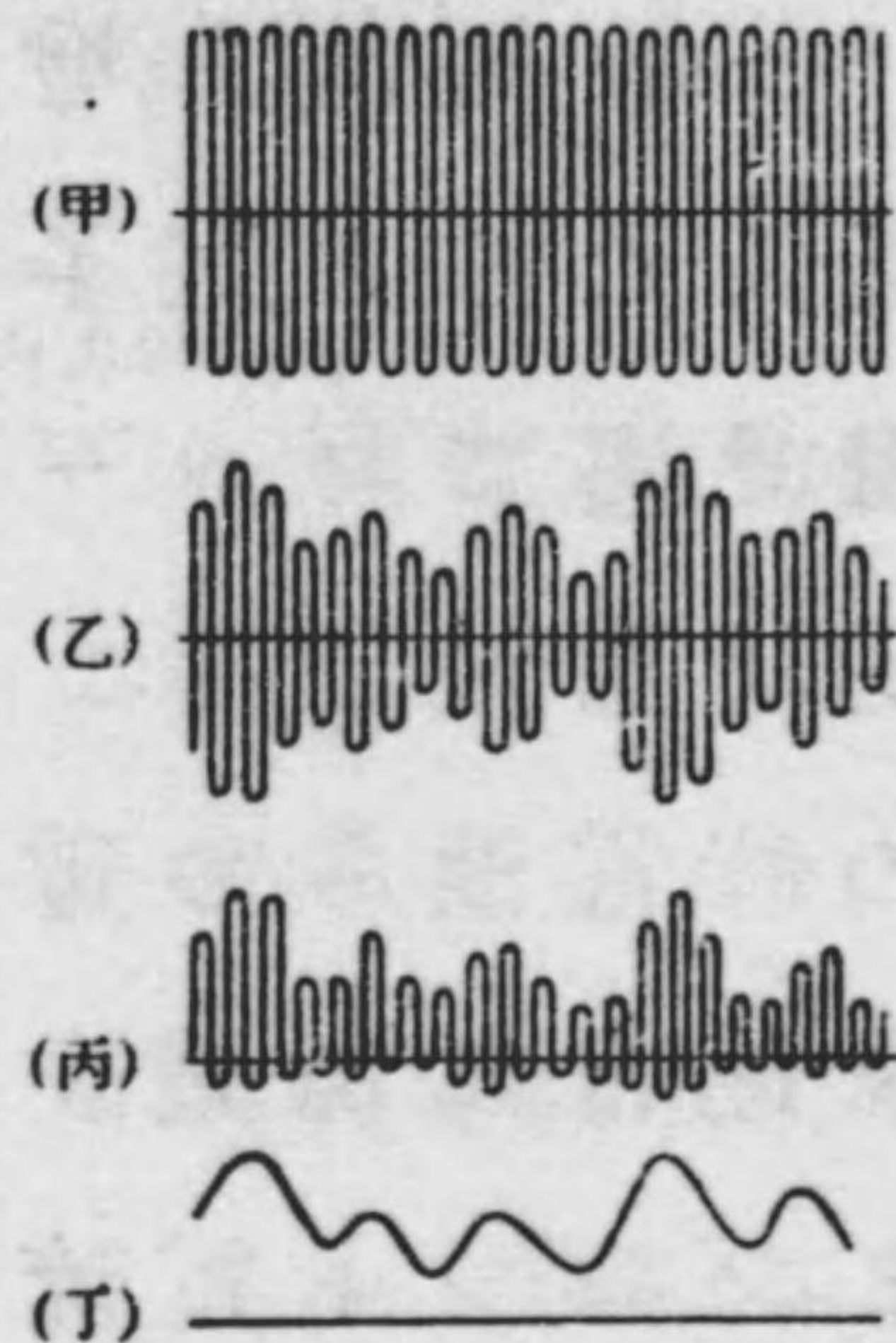


圖 181.1 無線電話に於ける波形

さて減衰振動の起る回路 LC に電源 B を組合せて減 (圖 181.2, 甲)

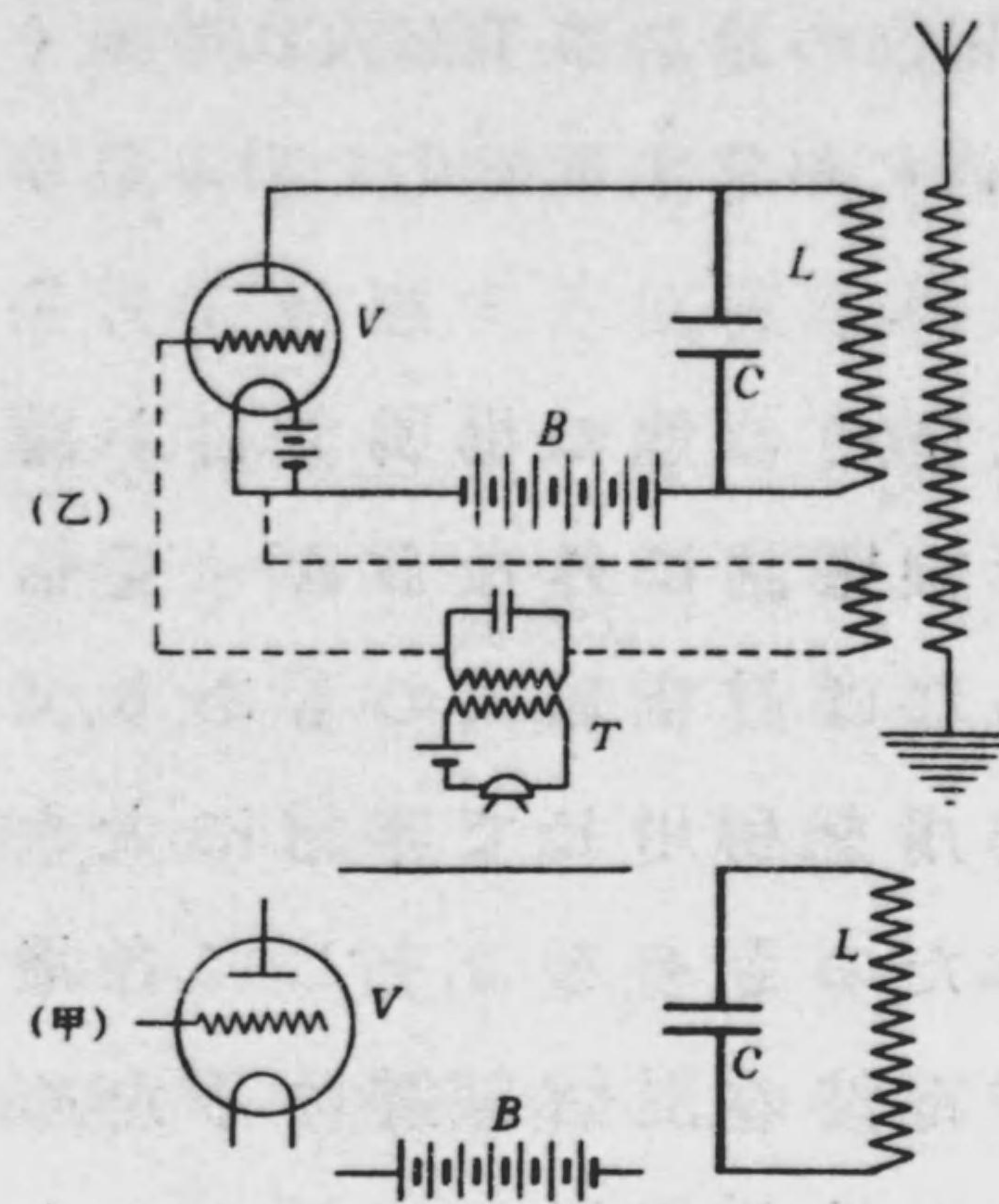


圖 181.2 非減衰電波を起す方法

衰するだけのエネルギーを振動の調子を合せて供給すること、恰も時計の振子にゼンマイを組合せ齒止めの作用によつて振動の調子を合せてエネルギー供給するが如くにすると、LC の回路に非減衰振動を持続させ、従つて架空線からは非減衰電波を放散させ得る譯である。電源 B のエネルギーを LC の回路に供給するには B の兩極を C の兩側につなぎ C を通して供給するも一方法である。此の時振動の調子を合せるためには途中に三極真空管 V を入れ、LC の電壓の變化がそのグリッドの電壓に及ぶ様にしておけばよい。圖 181.2, 乙では電源 B を C の兩側に三極真空管 V を通して連結し、點線で示す如く LC の電壓の變化がグリッドとフィラメントとの間に及ぶ様にしてあるが、これによつて LC 回路の電氣振動は、常にその放散するだけのエネルギーを電源 B から供給され何時までも減衰しない。そ



して此の時點線の回路に電話の送話器 T を入れておくと、上記の非減衰電波に音波に相當する變化を刻み込み得るのである。

②ラヂオは放送局及びその他の場所で行ふ講演や音楽を放送する無線電話に外ならぬ。受信装置には鑛石式のもあれば、真空球式のものもあり、又數個の真空球の増幅作用を利用して非常に大きな音聲を發する様にしたのもある。そして、各地の放送局から送り出す電波の混信を避けるため各局とも異なる波長の電波を使用して居るから受信者は器を調節して其の欲するものを聴くことも出来る。

§182. 寫真電報 有線又は無線の電話は音波に伴ふ空氣の壓力の變化を電流又は電波にのせて送達するものであるが、これらに光の強さの變化をのせて送り、再び之を光の強さの變化に戻し得れば、こゝに寫真や文字を電送し得る譯である。但し、音波の變化は時間的に順次に起るから、之を順次に送ればよいのに、寫真又は文字の各部の反射光の強さの變化は時間的に同時に起るから、之

を時間的に順次に取り出して送り、再び之を元に戻す時之を空間的に元の寫真に對應する位置に現はれる様にせねばならぬ。

今光源  $S_1$  からの光をレンズで集めて圓筒  $C_1$  に投射すると、そこから反射する光が光電管  $P_1$  に入つて、こゝに電流を生ずる。此の時光を齒のある廻轉板  $W$  で週期的に遮ると、 $C_1$  から反射する光、従つて光電管からの電流が一定の振幅で週期的に變化する。そこで  $C_1$  に電送せんとする原畫を巻き、之を一定の速さで廻轉しながら軸の方向に動かすと、原畫の濃淡に應じて反射光の強さが變り、従つて光電管からの電流の振幅が之に應じて變化する。かやうな振幅の變化する電流を  $A_1$  で増幅して遠くに送り、受信機で

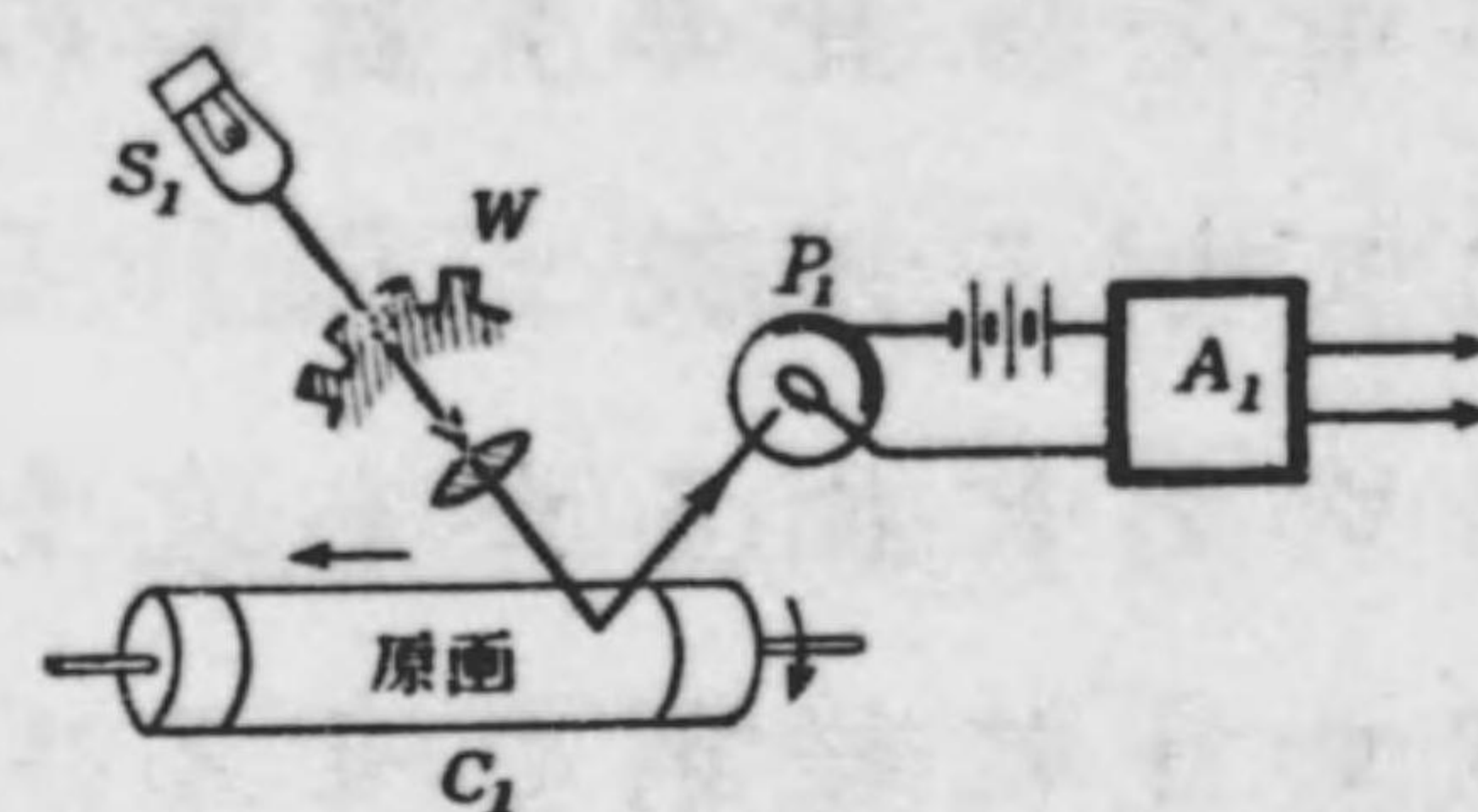


圖 182.1 寫真電報(發信裝置)

は先づ之を増幅器  $A_2$  で受けて増幅し更にオシログラフ  $P_2$  に入れる。さうすると其の小さい鏡が振幅

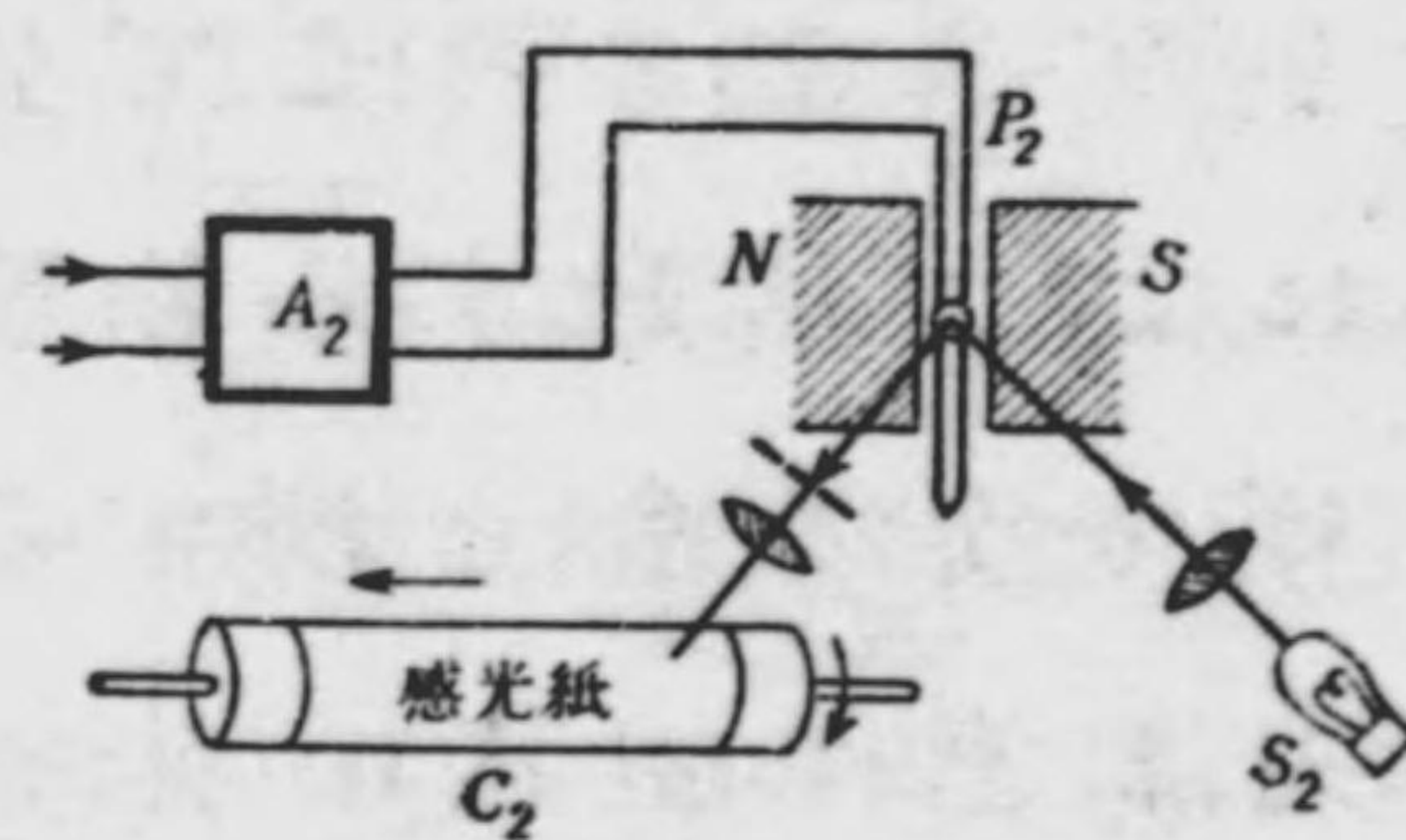


圖 182.2 寫真電報(受信裝置)

の變化に應じて振れ、それから反射する光を振れさせる。此の光は鏡の振れない時は衝立て遮られて居るが、鏡が振れると振れの程度に應じて衝立の外に出るから、之をレンズで集めて受信感光紙の上に投射させる。此の感光紙は同期電動機の働きにより發信装置のC<sub>1</sub>と同じ速さで廻轉する圓筒C<sub>2</sub>上に巻いてあるから、原畫と全く等しい寫眞又は文字が得られるのである。

§183. テレヴィジョン テレヴィジョンは活動する物體の像を電送するもので、寫眞電報よりも一層面倒である。然し、原理的に考へると、活動する物體の像の全部を $\frac{1}{12}$ 秒位の短時間中に寫眞電報と同じ様に分像して送り、次の $\frac{1}{12}$ 秒の間には活動のため

に前とは多少變化した影像を送る様にすればよい譯である。そこで先づレンズで活動する物體の實像を走査盤と稱する圓盤上に作らせる。走査盤上には1, 2, 3, ……の様な

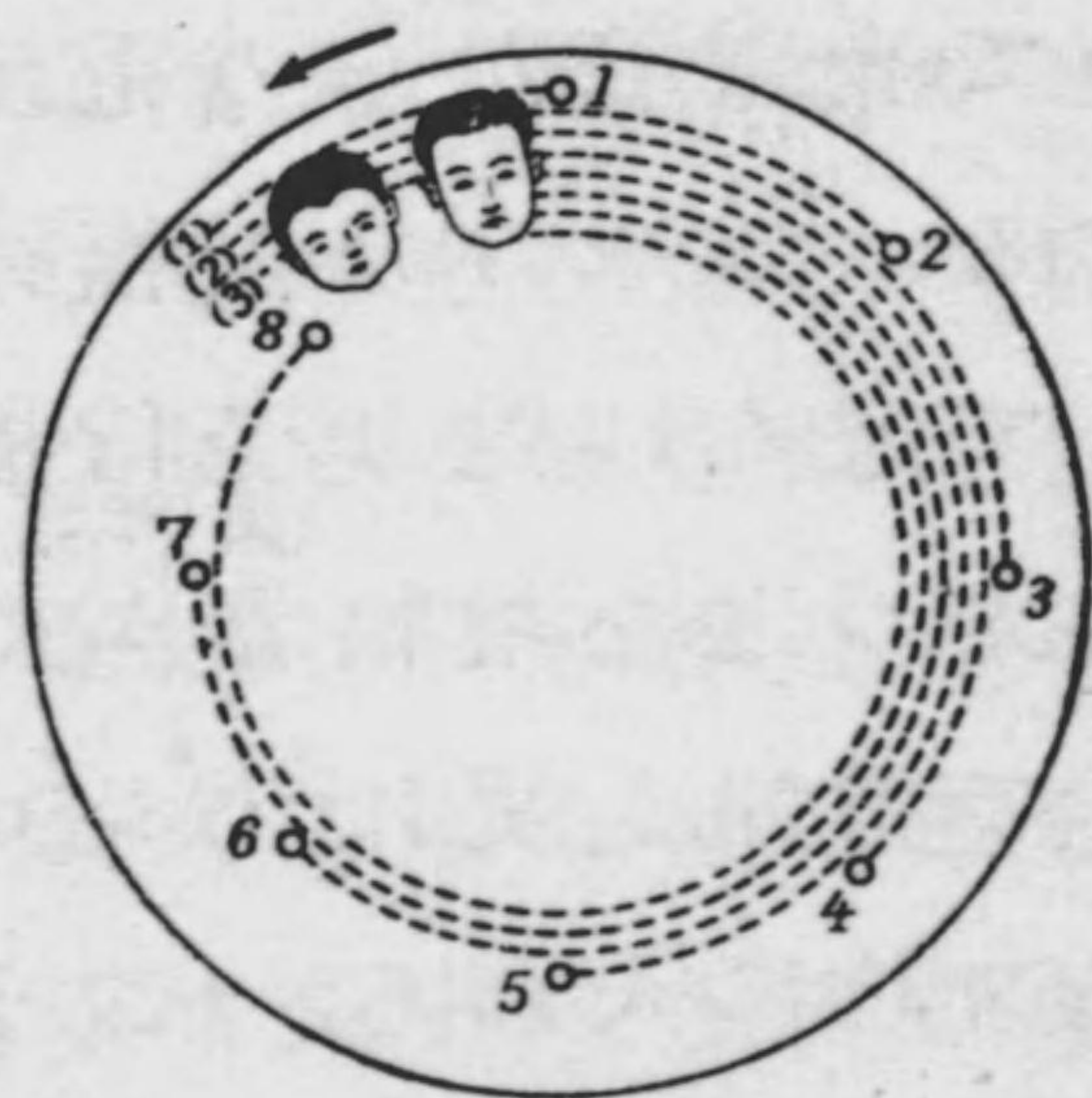


圖 183.1 走査盤

多くの孔があつて、此の盤が廻ると共に先づ1の孔が像の上の(1)の線に沿うて走るから、像の上の(1)の線に沿ふ明暗に應じて強さの變化する光が走査盤の後方に出る。1の孔が(1)の線を通り終ると、すぐに2の孔が(2)の線に沿うて通つて前と同様に強さの變化する光を盤の後方に送る。同様にして3, 4, ……等の孔によつて像の全面が分像され、強さの變化する光として順次に盤の後方に出る。

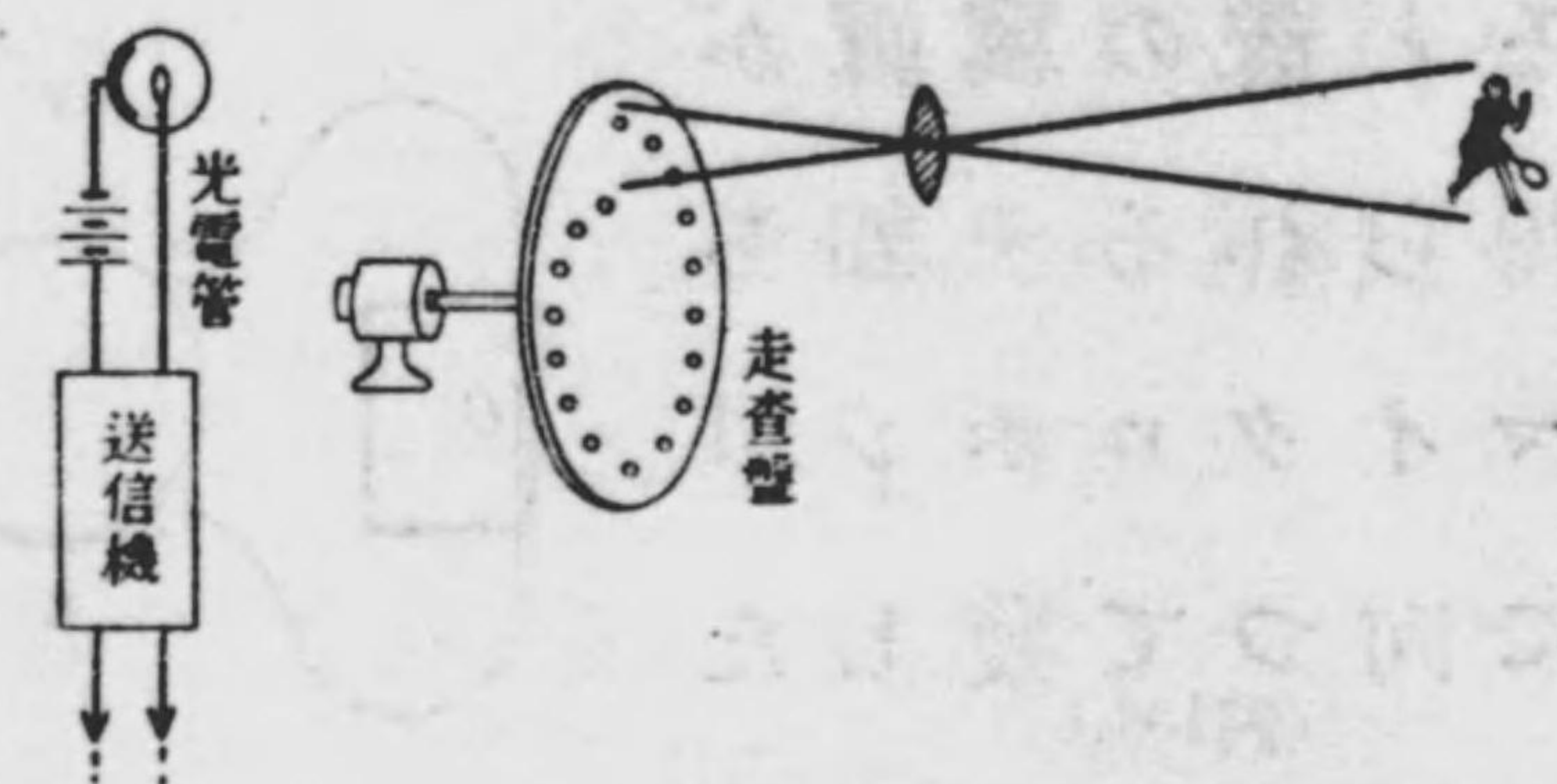


圖 183.2 テレヴィジョン(送像装置)

そこで此の強弱の光を光電管に受けて寫眞電報と同様に遠方へ送るのである。

受像の側に於ては、受信回路に生じた電流の變化に應じてネオン燈の光の強さが變るから、此の光を

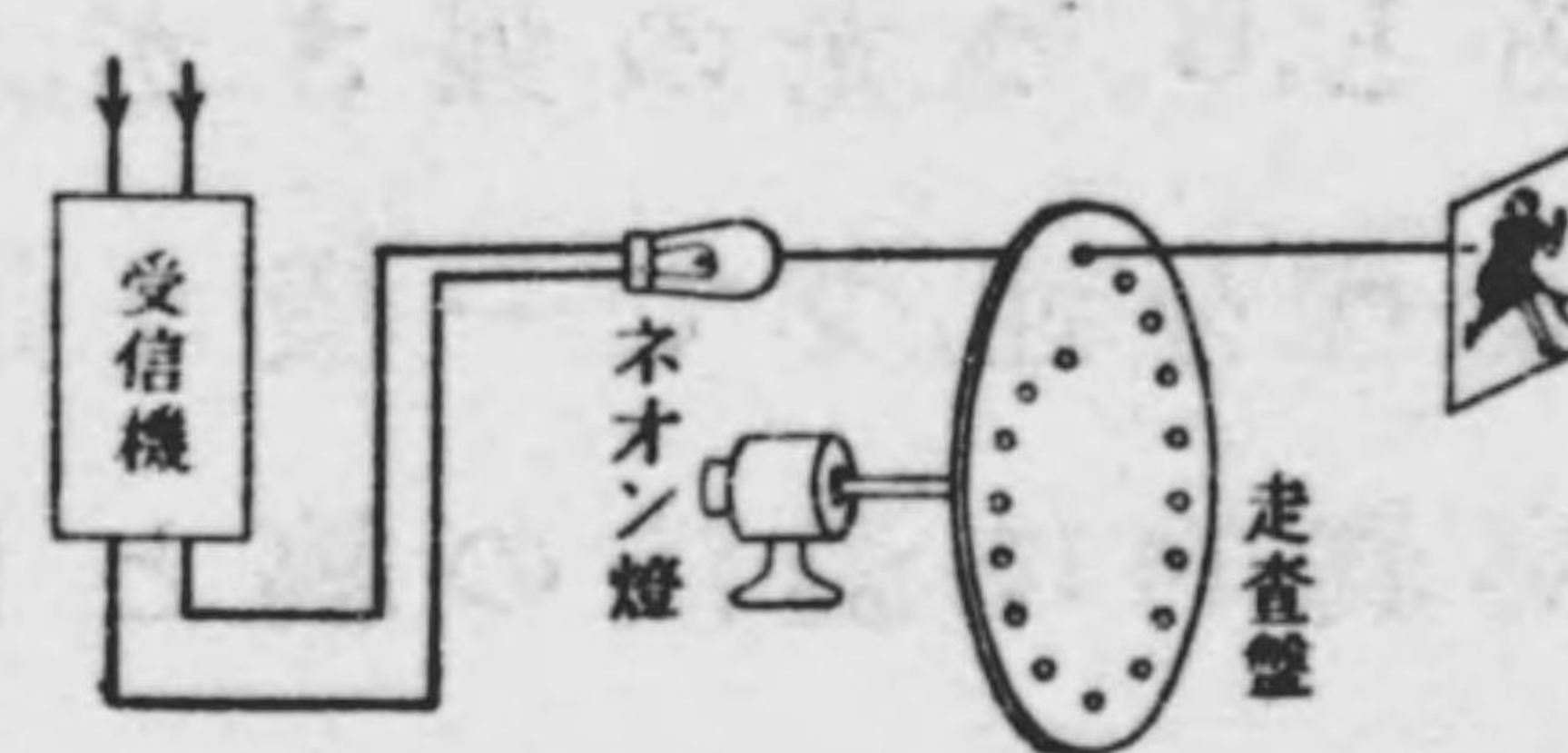


圖 183.3 テレヴィジョン(受像装置)

送像の側に於ける走査盤と同數の孔を有し、且つ同期的に廻轉する走査盤の小孔を通して幕の上に投射させると、こゝに送像側で活動する實物と

同様に活動する像を出現するのである。

§184. 發聲活動寫眞(トーキー) 音による壓力の變化を機械的の曲線にかへて音譜板に記録させると、所謂蓄音機が出来る。又音による壓力の變化を電流の強さの變化にかへると所謂電話になる。若し其の電流の強さの變化を更に光の強さの變化にかへ、之をフィルム上に寫眞的に記録すると音の寫眞が得られる。即ちマイクロホンMに向つて發した音によつて生ず

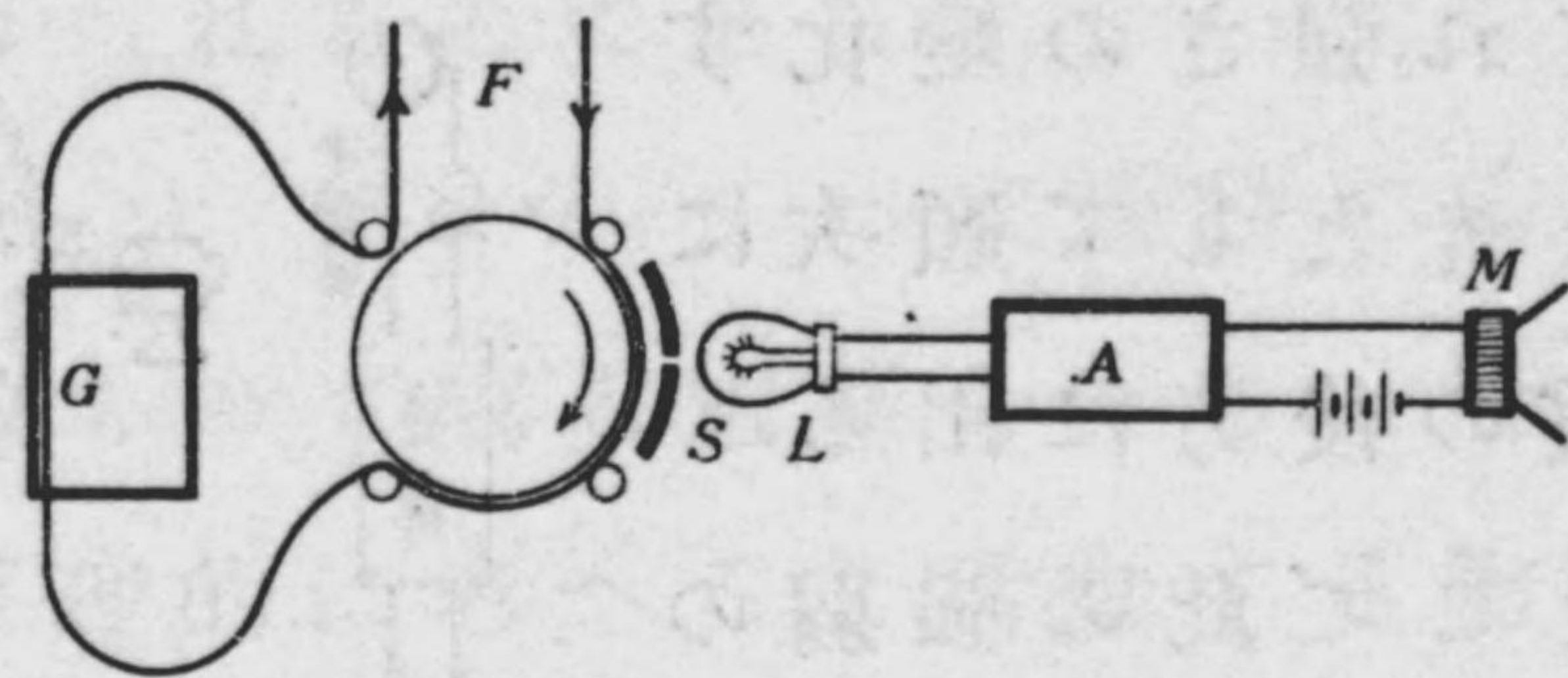


圖 184,1 トーキーの原理

る電流の強さの變化をAで増幅して光源Lに送ると、Lの光の強さが、之に應じて變化し、これが細隙Sを通つて一樣な速さで動くフィルムFの縁に寫眞的に濃淡の縞として記録される。之を録音といふ。

發聲活動寫眞用のフィルムではフィルムがGの窓口を間歇的に通るときフィルムの中央に繪を撮影する様になつて居る。

之を映寫する際にはフィルムが一定の速さで動く箇所、一定な光源からの光をレンズで集めてフィルムの縁の縞の部分を通し、之を光電管に送つて縞の濃淡を電流の強さの變化に變へ、之を更に増幅して音に變へるのである。

(終)

新制中學物理教科書 (甲表準據)

昭和十年九月二十日印刷

昭和十年九月廿四日發行

著作權所有

定價金壹圓拾六錢

著者 出射 榮

發行者 目黑 甚 七  
東京市神田區駿河臺三丁目一番地

印刷者 高 橋 郁  
東京市京橋區銀座四二丁目三番地

印刷所 三協印刷株式會社  
東京市京橋區銀座四二丁目三番地

發行所

東京市神田區駿河臺三丁目一 振替東京第二八〇九番  
新潟縣長岡市表町四丁目(本店) 振替東京第三六一九番  
新潟市古町通七番町(支店) 振替長野第四〇九〇番

目 黑 書 店

（第...） 卷... 第... 册... 第... 页

一、... 二、... 三、...

四、... 五、... 六、...

目录

第一章... 第二章...

一、... 二、... 三、...

四、... 五、... 六、...

七、... 八、... 九、...

十、... 十一、... 十二、...

十三、... 十四、... 十五、...

附录

附录一... 附录二...

附录三... 附录四...

附录五... 附录六...

参考文献

三



牛