

- (3) 問在房溫時，導線之電阻係數如何？
- (4) 量溫度時，常利用物質電阻之變更，試言其故。

實驗二十三 電化當量與電流

原理與定義 電流之重要效應有三，熱，磁及化學效應是。尋常言電流之大小時，可以此三效應之一為定義。實用的電流單位，多以其化學的效應為根據。

當電流通過一電解液時，電解液將被分解為其成分，而分別在其陽極與陰極處呈現。Faraday 所發見之電解定律有二：(a) 用同一之電解液，通以電流後，在其陰極處所放出或積貯之物質，其質量 m 與電流所通行之時間 t 及電流之大小 i 成正比，即

$$m = eit = \epsilon Q \quad (1)$$

此中之比例係數 ϵ 名該物質之電化當量。(b) 用不同之電解液，通以相等之電量 Q ，則在其陰極處所放出或積貯之物質，其質量係與物質之原子量 W 成正比，而與其原子價 v 成反比。換言之，各原質之電化當量有下述關係：

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{W_1 v_2}{v_1 W_2} \quad (2)$$

因電流所產生之化學的作用，有上述之各簡單關係，故實用電流之單位（即安培）常定為：

1 安培之電流，通過一規定之銀電解器，在一秒內所積於陰極之銀為 0.001118 克；換言之，銀之電化當量為 0.001118 克/庫侖。

若以其磁的效應為根據，則一安培之電流，通過一圓形（半徑為 r

厘米)之小導線後,在圓中心之磁場強度,將為

$$\frac{2\pi}{10r} \text{ 電磁單位} \quad (3)$$

利用磁的效應以量電流之儀器,當以正切電流計為最簡。

目的 用銅與水電解器及正切電流計量電流。

儀器 (1) 銅電解器 C ; (2) 水電解器 W ; (3) 正切電流計 TG ; (4) 安培計 A ; (5) 直流電源 E (約 20 伏); (6) 可變電阻 R ; (7) 電鍵 K ; (8) 換向器 B ; (9) 錶; (10) 蒸溜水; (11) 酒精; (12) 硫酸; (13) 硫酸銅晶; (14) 游標腳規 (圖 23.1 及 23.2)。

銅電解器係以銅版置於硫酸銅中以作陰陽兩極。通常之結構,多用兩銅版(已互相聯以導線者)作陽極,在二者之間,另置一銅版以作陰極。如是居中之銅版兩面均積有銅,實驗結果可較佳。

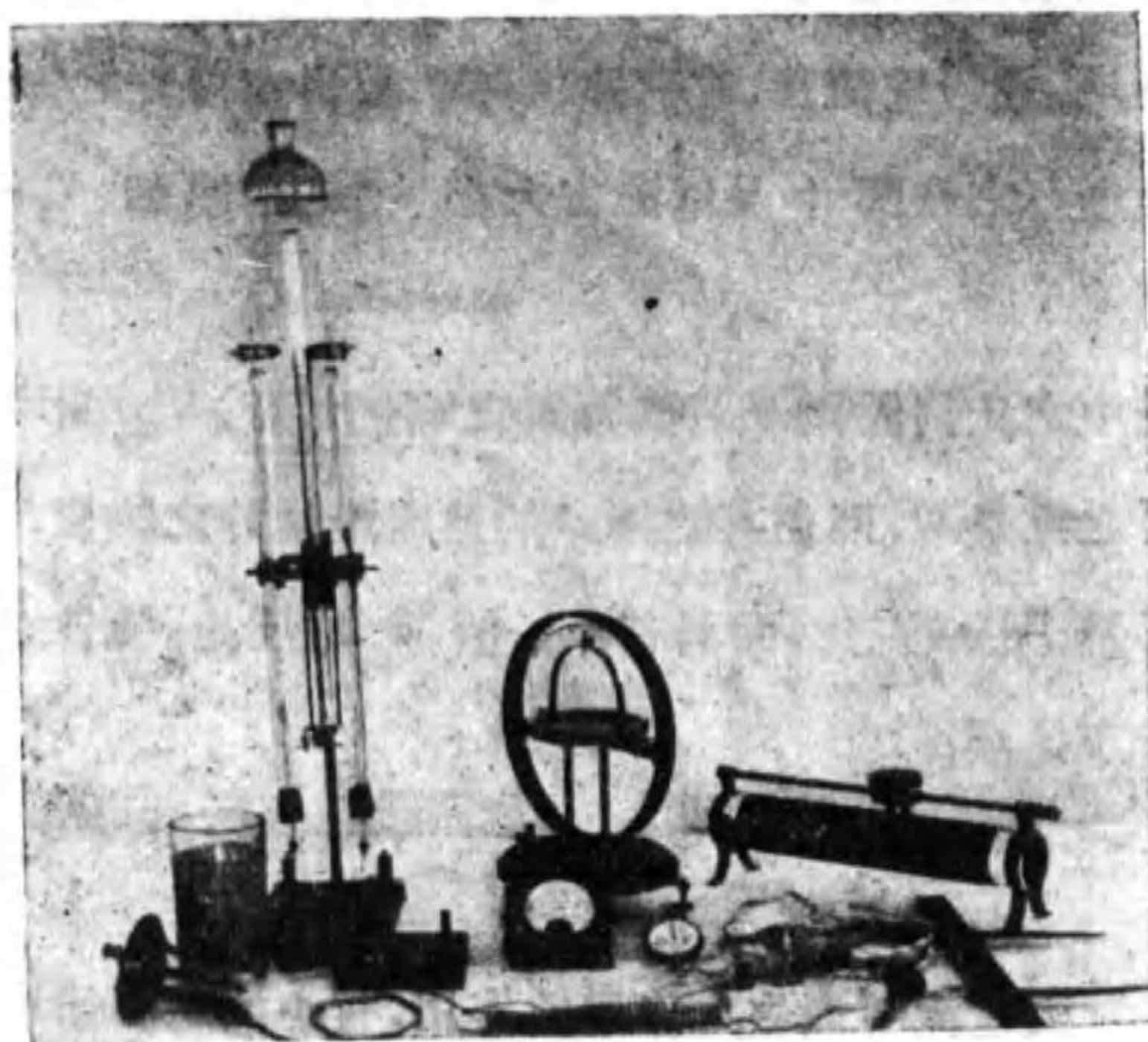


圖 23.1

水電解器之形狀如圖中 W 。左右有刻度之玻管之下端,各有一白金片,是即電極。器中盛以略加少許硫酸之蒸溜水,當電流通行之後,水被分解,氫氣自陰極上升,氧氣自陽極上升,其質量之多寡,可由其容量

計算之。

正切電流計之主要部分為一線圈(匝數約 N , 半徑為 r), 中置一小磁針。當線圈平面與地磁子午面脗合時, 磁針所指之方向為地磁的南北方向。今通以電流, 則因線圈所生之磁

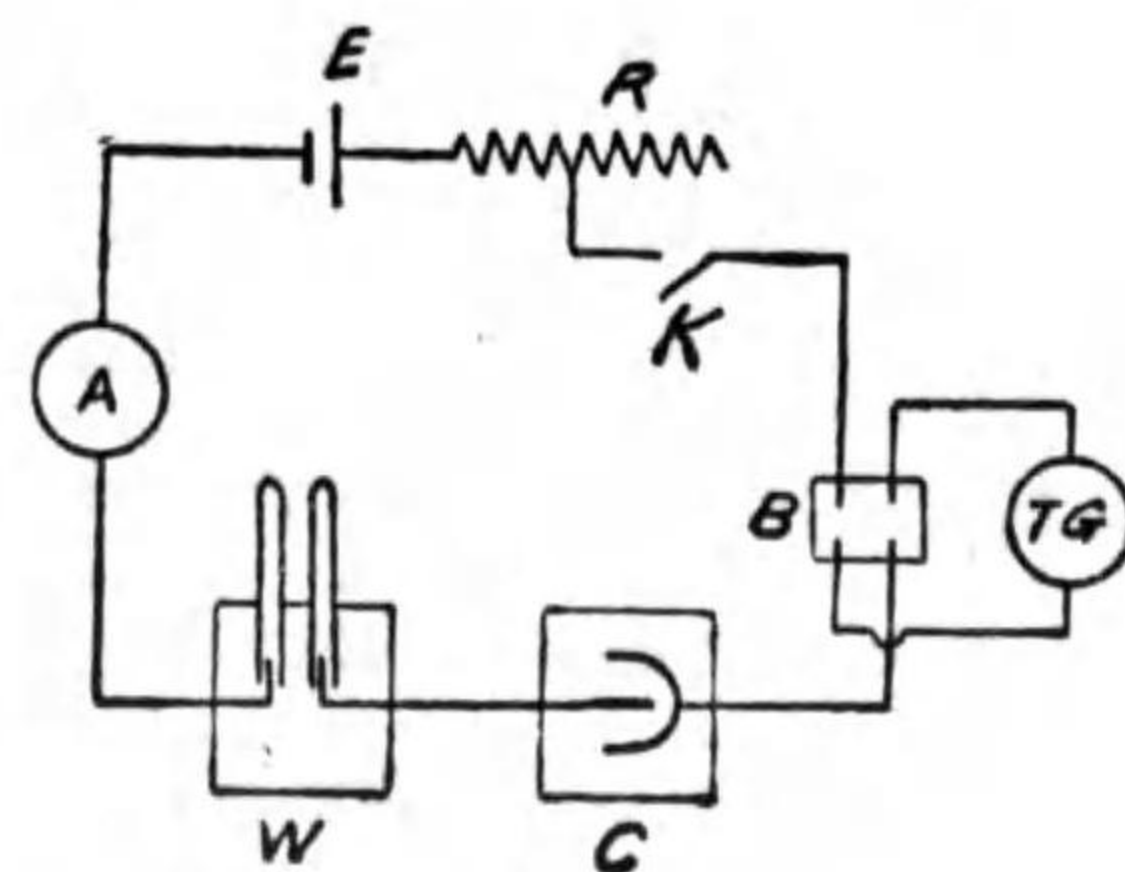


圖 23.2

場, 與地球磁場正交之故, 磁針將偏轉而與地磁的水平強度 H 方向作 θ 角。按公式(3), 若電流為 I , 則線圈磁場 G 之值為

$$G = \frac{2\pi NI}{10r}$$

而磁針偏轉角 θ 與 I 之關係乃為

$$I = \frac{10rH}{2\pi N} \tan \theta \quad (4)$$

此中之 $\frac{10rH}{2\pi N}$, 常名為正切電流計之常數。

實驗步驟 (1) 放置正切電流計, 使其線圈平面與地球磁場方向脗合。放置妥當後, 調節其架下之螺旋, 使磁針上懸線下端適落在圓標度中心之上。次旋轉器頂螺旋帽以使磁針指南北方向。得此位置時, 與磁針固定聯結之細長鋁桿之兩端必均指示標度上之零點。

(2) 將各儀器按圖(23.2)接好, 安培計與正切電流計之距離最小須在 8 米以上。銅電解器中硫酸銅溶液可用 100 克水及 22 克硫酸銅配好; 水電解器中溶液用 1000 克與 50 克至 60 克之濃硫酸。混合水與硫酸時,

須將硫酸倒入水中，切不可將水倒入硫酸中。所用銅版之大小，以每安培最小須有 50 方厘米之面積為度。

(3) 接好後，經教員檢查，得其允許後，乃關閉電路。調節可變電阻 R ，使正切電流計之指示約為 45° 。歷四五分鐘後，陰極當有新質料積於其上。此時，可開啓電鍵，取出陰極；先以水再以酒精沖洗之。洗畢，可放於一旁令乾。此後此新面不得再以手觸之。稱此銅版之重。稱畢，乃夾於器之中部。

(4) 將水電解器上部之玻塞轉開，以放出已收集之氫氣與氧氣。

(5) 在一定時刻，關閉電鍵以通電流。記下此時刻及電流計與安培計之指示。此後須時常調節可變電阻 R ，以維持電流之值，令其始終不變。

(6) 當所收集之氫容量約佔管之一半時，可開啓電鍵，將換向器移換，以變更通過電流計之電流方向。方向改變後，再關閉電鍵而記下電流計之示數。開閉電鍵之時間幾何，亦須記下。

(7) 當氫氣管中所收集之氫約為全管長之 $\frac{4}{5}$ 時，停止電流，並記下其時刻。記下氫氣管與氧氣管中氫氧之容量及居中玻管之液體高度。

(8) 取下銅陰極，照前所述，先以水，再以酒精沖洗之。沖洗之時，須小心勿令鬆積之銅散落。待其乾後乃復稱之。

(9) 旋轉正切電流計頂上螺旋帽，使磁針之偏轉達實驗時之角度；記下螺旋帽轉動之角度，以備計算因懸線扭力而須改正之項。

(10) 記下實驗時之大氣壓與房溫。各結果可登記如下：

A. 銅電解器

| 陰極重量 | 所加砝碼(克) | | 停 | | 點實重 (克) |
|------|---------|---------|---------|---------|------------|
| | W 在右盤 | W 在左盤 | W 在右時 | W 在左時 | |
| 起 初 | | | | | |
| 終 了 | | | | | |

增重(m)

銅之電化當量(ϵ) = 0.001038 克/庫侖

實驗時間 t = 秒

電流 (i) = $\frac{m}{\epsilon t}$ = 安培

B. 水電解器

氫之容積(V) = 立方厘米

房溫(T) (= $^\circ\text{C}$.) = $^\circ\text{K}$.

大氣壓 B = 厘米汞

中管與氫氣管中之水柱差 h = 厘米水

飽和水蒸汽壓(房溫下) p = 厘米汞

氫氣中之實有壓力 $P = B - \frac{h}{12} - p$ = 厘米汞

氫氣在標準情況下之容積 $V_0 = \frac{PV \times 273}{T \times 76}$ = 厘米汞

氫之電化當量 $\epsilon = 0.0001038$ 克/庫侖；氫之密度 $d(0^\circ\text{C}; 76 \text{ 厘米汞}) = 0.0899 \times 10^{-3}$ 克/立方厘米

時間 t = 秒；

電流 = $\frac{dV_0}{\epsilon t}$ = 安培

C. 正切電流計

正切電流計指針所示之角度 θ ,

電流未改向時: (1) 東端(向北) ; (2) 西端(向南) ;

電流改向時: (1) 東端(向南) ; (2) 西端(向北) •

平均 $\theta =$ 。 地磁之水平強度(問教員) $H =$

螺旋帽轉動 θ 時, 磁針之轉角 $\alpha =$ 。

實有 θ (改正值) $= \theta + \alpha =$ 。

線圈平均半徑 (r) = 厘米

線圈圈數 (N) =

正切電流計常數 $\frac{5rH}{\pi N} = K =$

電流 $I = K \tan (\theta + \alpha) =$

D. 各法所量得電流之比較(單位均為安培)

A. 由銅電解器所量得者 = ;

B. 由水電解器所量得者 = ;

C. 由正切電流計所量得者 = ;

D. 由安培計所量得者 = 。

問題

(1) 電解器又名庫倫計, 其名是確當, 試說明之。

(2) 今若電解 NaCl 或 AgCl 溶液, 問所積於陰極者為何?

(3) 以安培計, 正切電流計及電解器量電流, 問何者在理論上最為準確, 何者在實用上較易準確, 何者在實用上最為便利?

實驗二十四 電位計

(A) 伏特計之校準

原理 用伏特計量兩點之電位差時, 伏特計中多少均通有電流。換言之, 將伏特計加入電路中時, 電路之電阻均略改變。為補救此弊起見, 通常伏特計之電阻均甚大。伏特計電阻增大後, 其靈敏度亦須隨之增加, 致實際上與救濟上均有一極限而不得超過之。在極準確之測量中, 有時須用一儀器毫不取用電流者以資測量電位差或電動勢。此項儀器之較簡便者為電位計。

最簡單之電位計為一粗細均勻之導線 ab 一條, 以及適當之電源 A , 可變電阻 R , 一標準電池 S , 與一電流計 G (圖 24.1)。設將電源 A 之正極接於 a , 其負極經過可變電阻 R 後再接於 b ; 如是 ab 導線上任何兩點之電位差, 均與此兩點之長度成正比。欲求 ab 線每單位長之電位差為何, 可將標準電

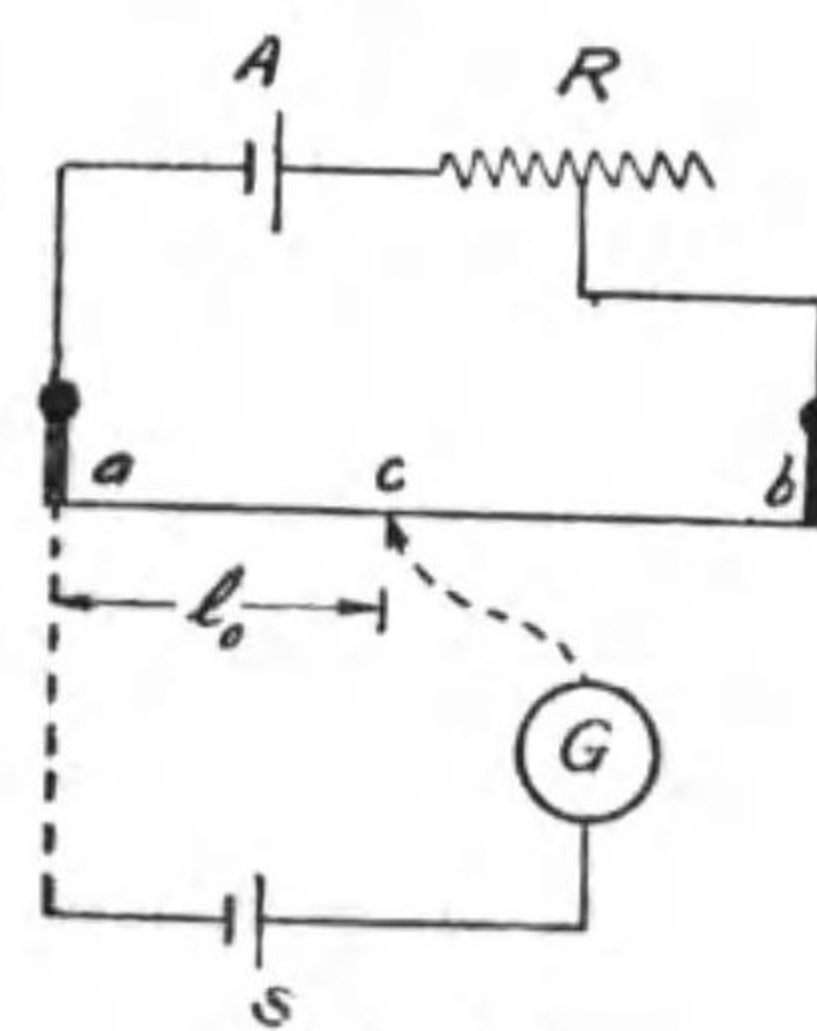


圖 24.1

池 S 之正極接於導線 a 端 (在此接點, S 與 A 之極性須為相同!), 然後再將 S 之負極, 接於一電流計 G 後, 再藉一滑動接觸 c 以接於 ab 線上。若將 c 點滑動至電流計中無電流之處, 則 ab 線上長 ac 段之電位

差，即等於標準電池之電動勢 E ，故 ab 線上每單位長之電位差，即等於 E 除以 ac 段之長 l_0 。今若代標準電池以欲測之電位 x ，再滑動接觸點，使其距 a 之長度為 l ，則 x 之值即等於 ab 線上長 l 厘米之電位差，即

$$x = \frac{E}{l_0} l \quad (1)$$

設欲校正一伏特計，只須先將其兩端接於任一電源 B ，以視其示數為何，然後再以電位計量此兩端之正確電位為何。改變電源 B 所供給之電位差，即可將伏特計之標度全行校正之。

目的 以電位計校正一伏特計。

儀器 (1)滑線式電位計 M ；(2)標準電池 S ；(3)電源 A (約 4 伏特)；(4)電源 B (亦約 4 伏特)；(5)待校之伏特計 V (最大指示為 3 伏)；(6)可變電阻 R_1 及 R_2 ；(7)電阻 T ，上有一滑動接觸者；(8)電流計 G ；(9)雙開單極電鍵 K (圖 24.2 及 24.3)。

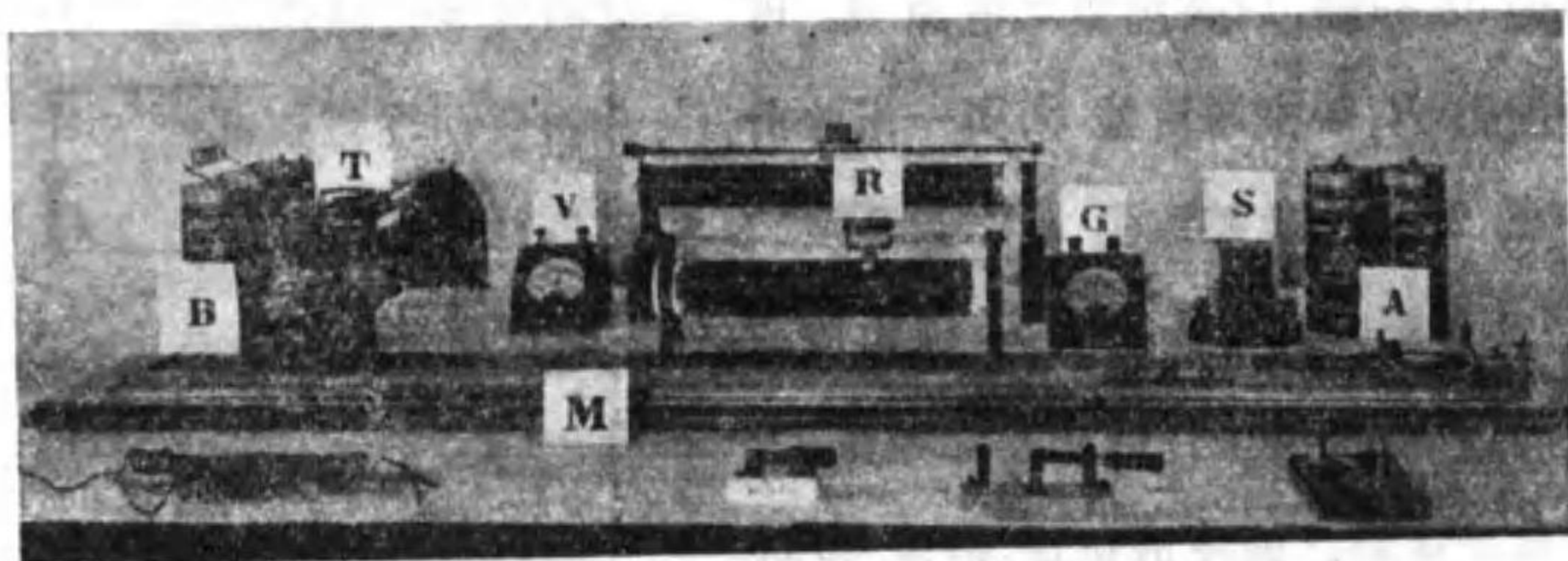


圖 24.2

實驗步驟 (1)按圖(24.3)將 A 之正極接於滑線上之 a 點，其負極經過可變電阻 R_1 後，乃接於滑線上之 b 點。如滑線不只一根，其 a 與 b 兩端何在，須先行檢定。

(2)以伏特計 V 之正極接於 a ，其負極接於滑線中點，調節 R_1 之值使伏特計之指示約為其最大指示之 $\frac{3}{5}$ 。取去伏特計。

(3)將標準電池 S ，電源 B 及伏特計之正極接於 a 點，其他各儀器可按圖(24.3)聯接之。

(4)將電鍵 K 向上關閉，以與標準電池 S 連接。滑動 c 點，以使 G 中所示之電流為 0，待 G 中電流將等於 0 時，乃減少 R_2 以增加其靈敏度。記下

ac 長度 l_0 ；開啓 K 。記下房溫，並問教員標準電池電動勢 E 之值為何。

(5)調節 T 上之接觸 d ，使 V 之指示約為其最大值。將 K 向下關以與 d 點連接。再滑動 c 接觸，至 G 中無電流時，乃記下 ac 之長度 l_1 。

(6)得此後，急將 c 滑至步驟(4)所示之位置，並將 K 向上關，以視其情形有無改變。如未改，乃將 d 點滑動，使 V 所指示之值約為最大值之 $\frac{9}{10}$ ，再依步驟(5)求其相對應之 l 。

(7)此後繼續改變接觸點，每次約使 V 所減小之值均約同大 (即最大值之 $\frac{1}{10}$)，而依次求得 l 。結果可登記如下：

房溫 = °C.; 標準電池屬式; $E =$ 伏特;

$l_0 =$ 厘米; 電位計每米長之電位差 = $\frac{E}{l_0} =$ 伏特。

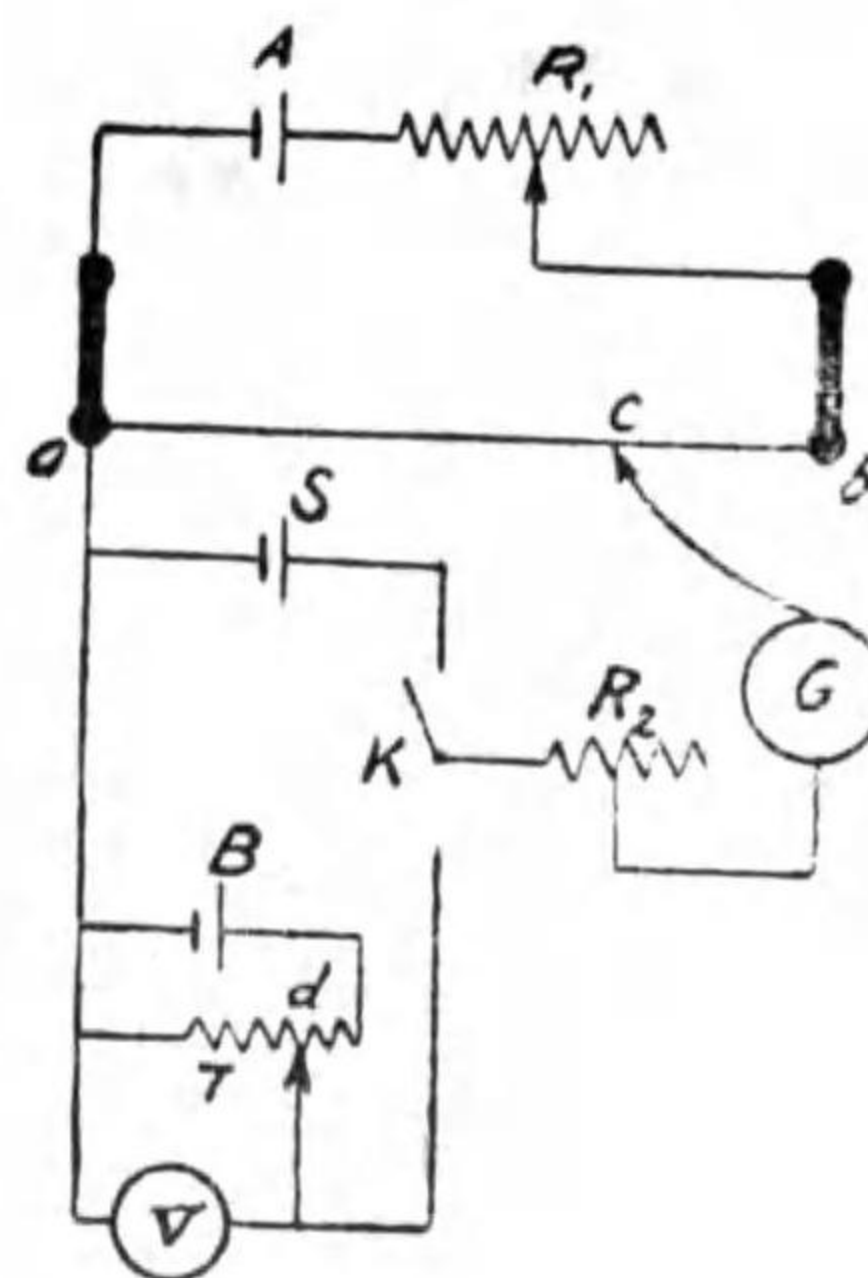


圖 24.3

| 伏特計示數 V | l 厘米 | 準確值(伏特) $V_c = \frac{E}{I_0} I$ | 應加之改正值 (伏特) $V_c - V$ |
|--------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

作圖 試以 V 為橫坐標，應加之改正值 ($V_c - V$) 為縱坐標，作一改正曲線於方格紙上。

問題

- (1) 若待校伏特計之最大指示，較電源 B 之值，大若干倍，問應用何法將此伏特計全行校正。
- (2) 作本實驗時， R_2 之功用何在？若不用 R_2 ，有何危險？
- (3) 標準電池不得用以供給電流，其故何在？
- (4) 設欲校正一安培計，試作圖以示應用之接法。

(B) 熱電偶之電動勢

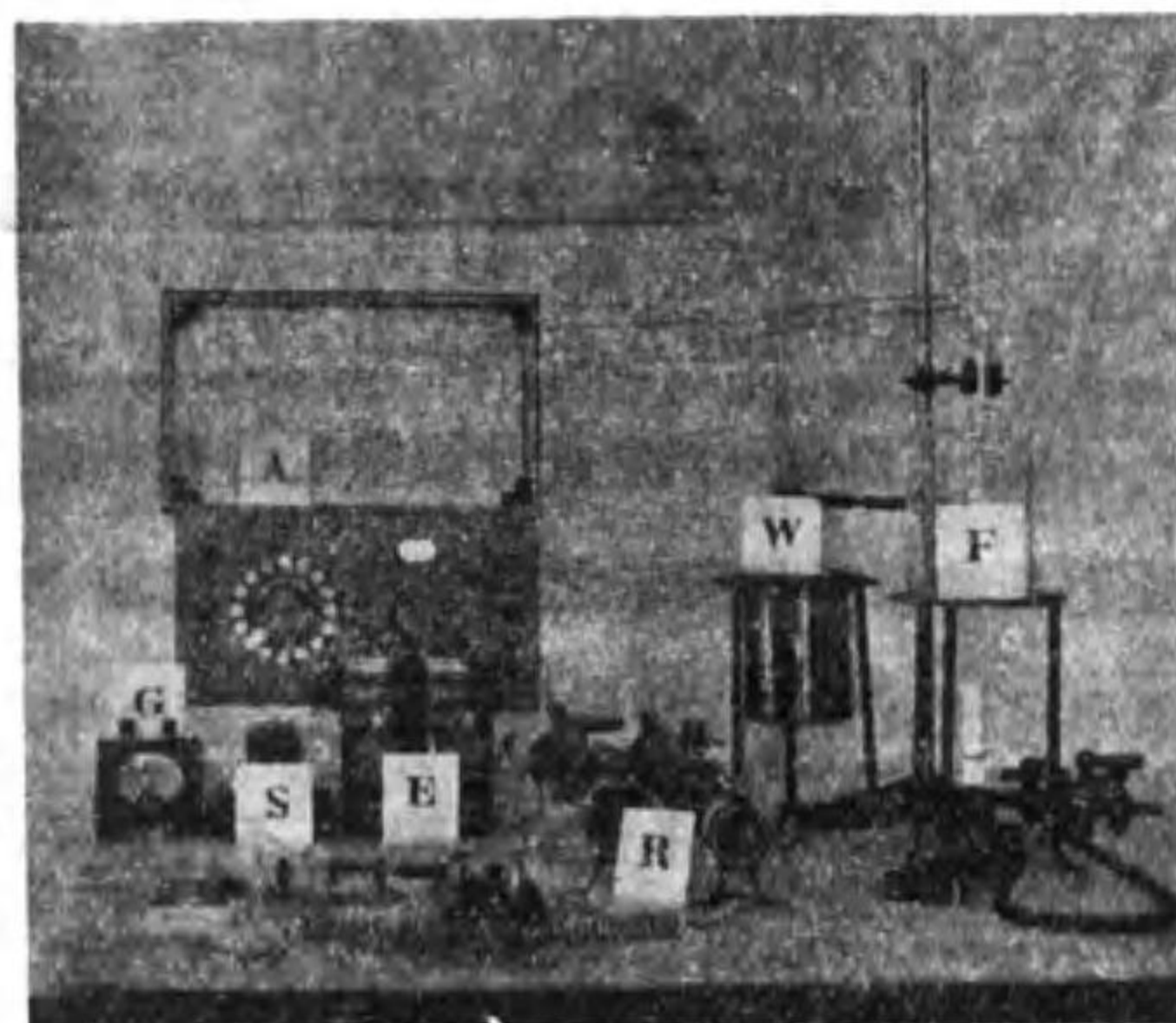
原理 設將兩個不同導體之兩端分別接在一起，則當此兩端之溫度不相等時，導體中將有電流通行。此一對導體名為熱電偶。熱電偶之電動勢視其兩端之溫度與組成熱偶之兩導體之性質而異。欲量熱偶電動勢，以用電位計為最簡便，尋常之伏特計因須相當之電流，實不適用。

量頗大之溫度時，因溫度計有一部分不與熱體接觸，故應加以改正，此項改正之推算公式如下。若 l 表露出水銀絲長度（以度數計），熱體之實有溫度為 t_0 ，溫度計之示數為 t ，露出部分之溫度為 t_s ， a 為水銀對於玻璃之像似的膨脹係數（通常約為 16×10^{-6} ），則

$$t_c = t + a(t - t_s)l \tag{1}$$

目的 求一銅與康銅熱偶之電動勢與溫度之關係。

儀器 (1) 匣式電位計及附件；(2) 銅-康銅熱偶；(3) 油池 F 與冰水 W ；(4) 溫度計二具（一具可讀至 400° ，其他則只須能指示冰水之溫度即可）；(5) 燈火（圖 24.4 及 24.5）。



為便於使用及攜帶

圖 24.4

問題

- (1) 設以一靈敏電流計代本實驗之電位計，而觀察電流計指針偏轉之角度與熱點溫度之關係，所得之結果是否與本實驗所得者完全相似？
- (2) 設將熱點之溫度繼續增大，電動勢 ϵ 之值，是否將與之俱增？
- (3) 試陳述熱電偶之各種應用。

實驗二十五 電流計

(A) 圈動電流計之靈敏度

原理與定義 電流計之最普通應用，乃以量電路中之電流。多數電流計指針之偏轉角係與電流之大小成正比，即如 I 表電流， θ 表偏轉角，則

$$I = k\theta \quad (1)$$

此中之 k 為一常數。不同電流計之 k 多不相等； k 愈小者，則定值電流 I 所生之 θ 愈大，故其靈敏度亦較佳。通常言牆式電流計之電流靈敏度（簡即稱靈敏度）時，多指標度與電流計中小鏡之距離為 1 米時，使標度上指示 1 毫米偏轉所需之電流 f 。因電流計小鏡所轉動之角 θ 僅為由鏡面所反射之光線所轉動者之一半（即 $\theta = \frac{1}{2000}$ 弧度），故按方程

(1)

$$f = \frac{k}{2000} \quad (2)$$

言電流計之靈敏度時，常另用兆歐靈敏度 R 一詞；其意係指當所用之電位差為 1 伏特時，電流計線路中應加若干兆歐姆之電阻方可使其上小鏡所轉之角為 $\frac{1}{2000}$ 弧度。如 R 之數值係以歐姆為單位而表之，則因電流計本身之電阻較 R 均甚小之故， R 與 $\frac{1}{f}$ 均可視為相等。

作本實驗時，須用及電阻並聯，串聯或混聯各值，並須用及Ohm定律以計算各電阻內之電流。此等定律已見實驗二十二，茲不重述。

目的 求一牆式電流計之常數與其靈敏度。

儀器 (1) 牆式電流計望遠鏡與標度；(2) 電阻匣三具 R_1 , R_2 , 及 R_3 ，其最大值各約如下：10000 歐姆，100 歐姆，及 10 歐姆；(3) 乾電池 E ；(4) 伏特計 V ；(5) 電鑰 S ；(6) 換向器 C ；(7) 尺 (圖 25.1 及 25.2)。

實驗步驟 (1) 將各儀器按圖 (25.2) 連接。問教員如何舉起電流計內線圈以任其擺動。

(2) 調節望遠鏡與其標度，使自電流計上小鏡至標度中心之直線可與標度正交。調節望遠鏡，並觀察其中細絲所示之標度是否為零點。若與零點相差不多，可略轉動標度，使之與零點脗合，否則須問教員應如何調節線圈之位置以達到目的。

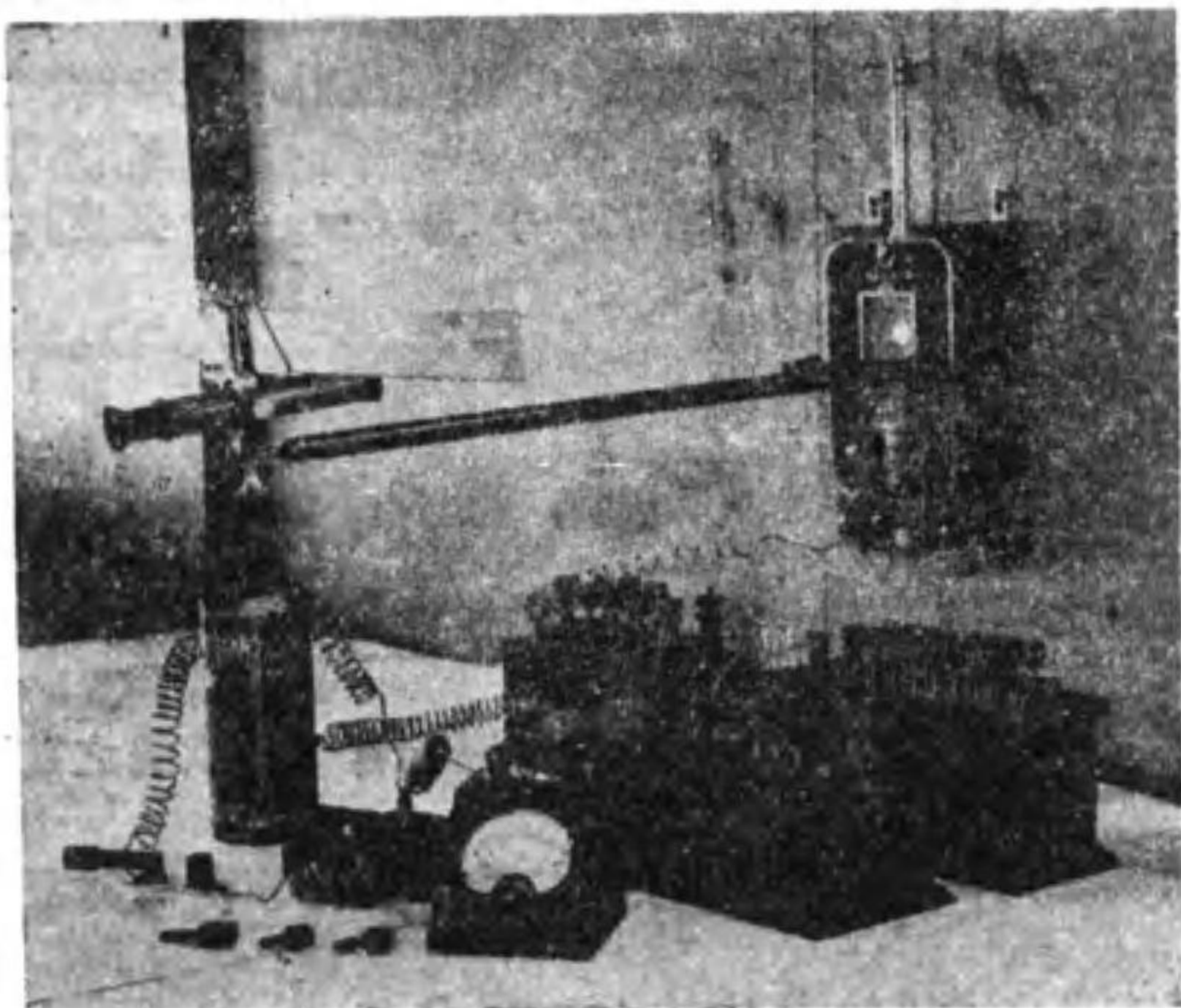


圖 25.1

(3) 令並聯電阻 R_3 之值為 1 歐姆，而測定其相關之偏轉至 $\frac{1}{10}$ 毫米。如所得之偏轉 d 不在 4 與 5 厘米之間，須將 R_3 稍變。記下各電阻匣及伏特計之示數。

(4) 將換向器 C 移換，使電流方向改變，再照步驟 (3) 記下各示數。

(5) 將 R_3 改變為 2, 3, 4 等值，使偏轉 d 每次約增 5 厘米。再依次按步驟 (3) 與 (4) 試驗，至 d 之最大值約達標度之末為止。

(6) 以尺量標度至鏡之距離。如鏡之位置，非尺所能達到，可量至電流計箱外之玻璃，至於由鏡面至玻璃面遠度，則可詢問教員。

(7) 所用電流計之電阻，多已註明於電流計旁之紙上，如無此紙，可問教員。

(8) 實驗畢，問教員如何將電流計內線圈放下，以免其中懸絲因振動而損傷。

各結果與計算可登記如下：

電流計之電阻 (G) = 歐姆

電流計中之鏡面至標度之距離 (L) = 厘米

電阻 R_1 = 歐姆； 電阻 R_2 = 歐姆

伏特計 V = 伏特。

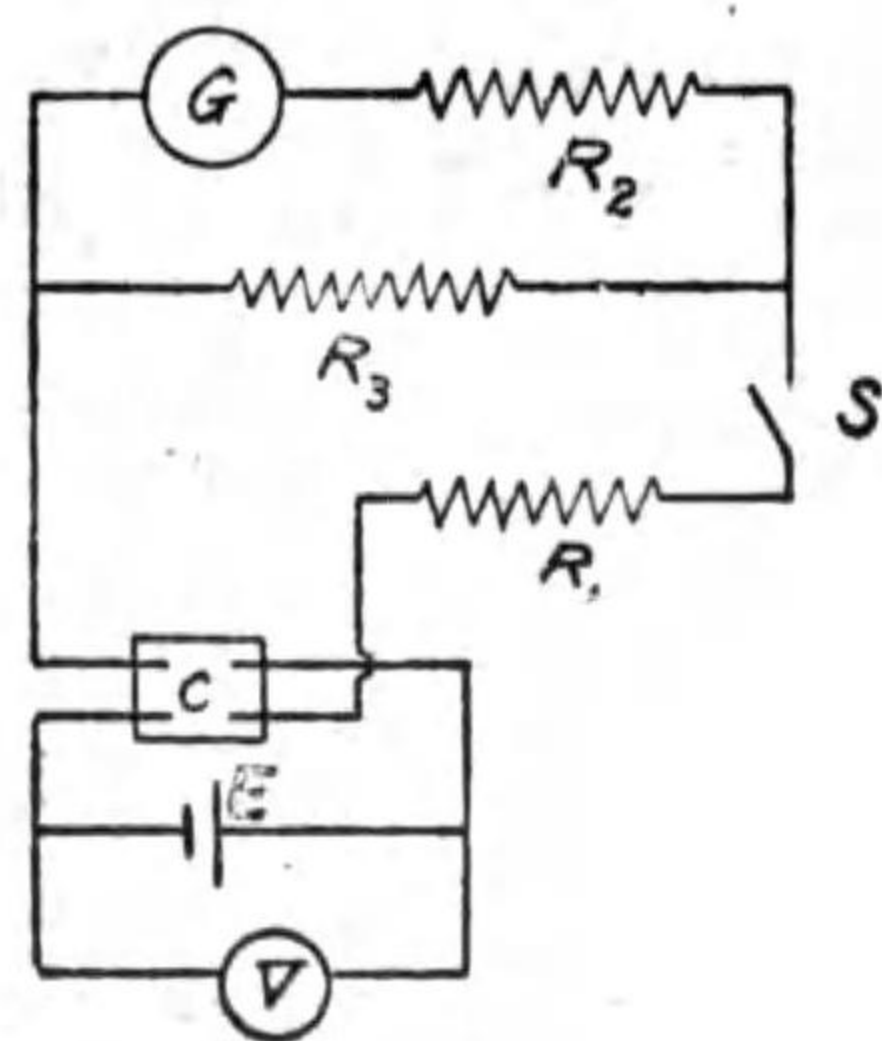


圖 25.2

| 電阻 R_3 歐姆 | 偏轉 d (厘米) | | | R_1 中電流(毫安培) $I_1 = \frac{V}{R_1 + R_3} \times 10^3$ | G 中電流 (微安培) $I = \frac{R_3 I_1 \times 10^3}{G + R_2}$ | 偏轉角 $\theta = \frac{d}{2L}$ | 電流計常數 $k = \frac{\theta}{I}$ 弧度/微安培 | 兆歐靈敏度 $R = \frac{2000}{k}$ |
|-------------------|----------------|---|----|---|---|--------------------------------|---|-------------------------------|
| | 左 | 右 | 平均 | | | | | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |

問題

(1) 如偏轉 d 太大, d 常不與 I 成正比; 自所得結果, 試述 d 應在何值之下, 所用電流計之常數, 方有一固定值? 此固定值若何?

(2) 何以計算總電流 I_1 及電流計中電流 I 時可分別用

$$I_1 = \frac{V}{R_1 + R_3} \quad \text{與} \quad I = \frac{R_3 I_1}{G + R_2}$$

兩方程? 準確的公式為何, 試推求之。在本實驗情形下, 因用近似公式之誤差最大約若干?

(3) 如欲用電流計以量兩點之電位差, 應如何配合他電阻並連接之。若用以量較大之電流時, 則應如何配接?

(4) 作本實驗時, 何以 R_2 之值須頗大, 而 R_3 之值須甚小?

(B) 衝擊電流計之常數與其應用

原理與定義 (1) 設有一容電器, 其兩端之電位差為 V 時, 其電版上所儲之電量為 Q , 則此器之電容 C 為

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

根據此公式以量一容電器之電容時, 只須知與一定 V 相對應之 Q 。 V 之值可以尋常伏特計接於電源而定之; 至於 Q 之值則可用一衝擊電流計量之。電容之實用單位, 與庫侖及伏特相對應者, 名為法拉。

(2) 衝擊電流計之結構與尋常電流計不同之點有二: (a) 衝擊電流計內線圈之轉動慣量須頗大, 以免當放電之電流尚未完全流畢時, 線圈已離開原始之靜止位置而轉動; (b) 衝擊電流計內各阻尼的影響須甚小, 以免其第一次振幅, 因阻尼的影響而不能達到其應有之角度。在此二條件下, 若通過一衝擊電流計之電量為 Q , 其第一次之振幅為 θ_0 , 電流計之常數為 k , 其線圈振動時之週期為 T , 則

$$Q = \frac{kT}{2\pi} \theta_0 \quad (2)$$

如阻尼的影響係不可避免的, 則方程(2)須乘以一改正項。令 b 表電流計線圈振動時, 各次左右振幅之比, 即

$$b = \frac{\theta_0}{\theta_1} = \frac{\theta_1}{\theta_2} = \dots = \frac{\theta_{n-1}}{\theta_n} = \sqrt{\frac{\theta_0}{\theta_n}} \quad (3)$$

則方程(2)應改為:

$$Q = \frac{kT\theta_0 \sqrt{b}}{2\pi} \quad (4)$$

此公式中之 $\frac{kT\sqrt{b}}{2\pi}$ 可視為衝擊電流計之常數 a ，即

$$Q = a\theta_0 \quad (5)$$

(3) 當數個電容 C_1, C_2, \dots 並聯時，其組合之電容為

$$C = C_1 + C_2 + \dots \quad (6)$$

若各電容係串聯者，則其組合電容 C 之值，可自下列方程求得之：

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \quad (7)$$

目的 求一衝擊電流計之常數並利用之以證實容電器串聯及並聯各公式。

儀器 (1) 標準容電器 C ，及電容未知之容電器 C_1 及 C_2 ；(2) 衝擊電流計 G 與阻尼電鑰 D ；(3) 電池 E (約 2 伏特)；(4) 伏特計 V ；(5) 錶；(6) 儲電與放電電鑰 K ；(7) 換向器 B (圖 25.3 及 25.4)。

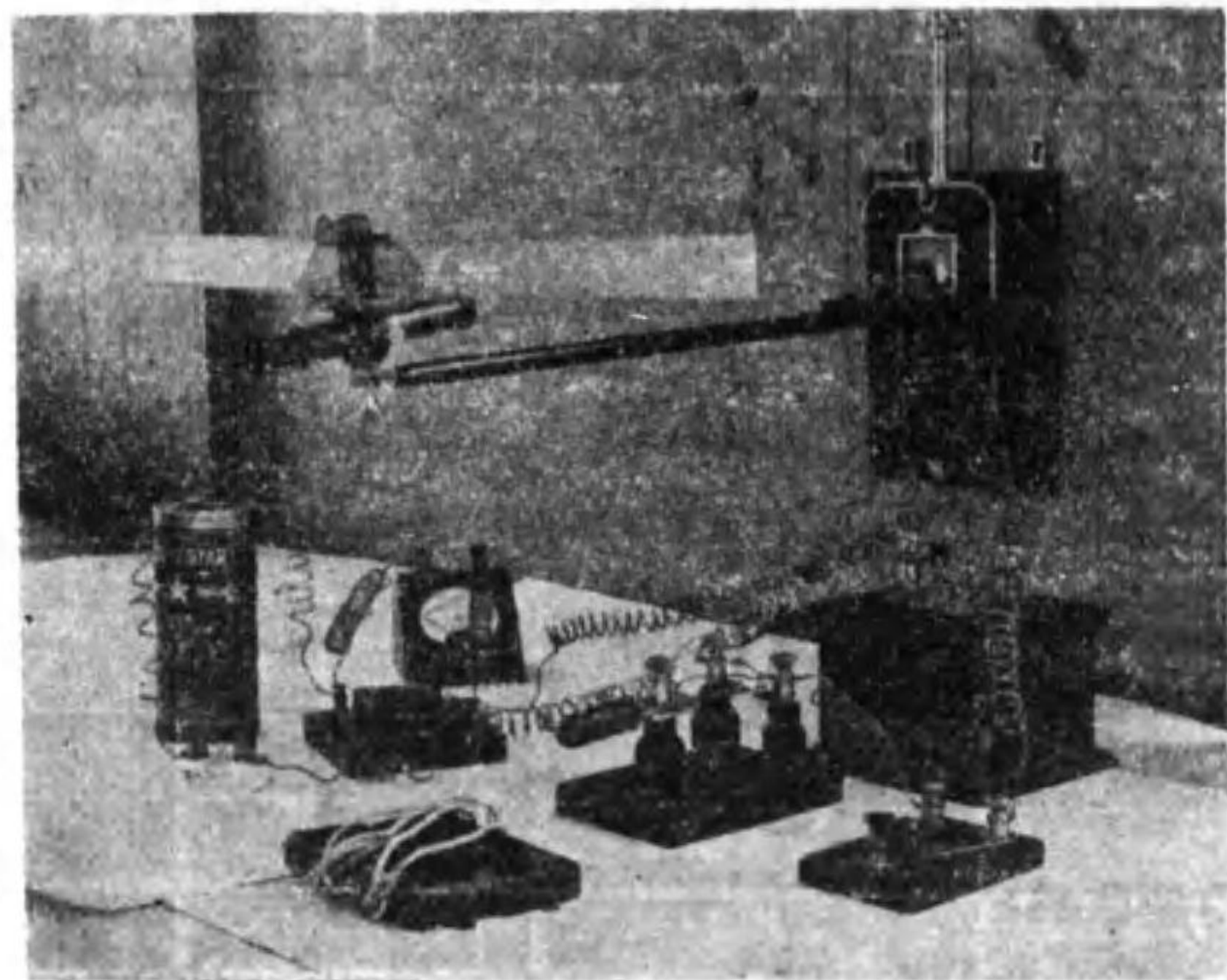


圖 25.3

阻尼電鑰 D 之功用，乃以謀電流計速止其擺動。試驗之時，此電鑰須開啓；如欲電流計線圈速歸回其靜止位置，可於線圈將擺過此位置時，按下阻尼電鑰，則其擺動立即停止。

實驗步驟 (1) 將各儀器按圖(25.4)接好。問教員如何舉起電流計中之線圈以任其擺動。

(2) 調節望遠鏡與其附屬標度，使由電流計內小鏡至標度中心之直線與標度正交。

(3) 按下阻尼電鑰 D ，令線圈停止擺動。擺動既停，即放開 D 。調節望遠鏡並觀察其中細絲所示之標度是否為零點。若與零點相差不多，可略轉動標度以使之與零點脗合；否則須問教員應如何調節線圈之位置以達到目的。

(4) 將電鑰 K 關於電池，以儲電於容電器 C 。約半分鐘後，將 K 急改接於電流計，以令所儲於容電器之電悉行放出。記下電流計之第一次最大偏轉 d_0 ；當線圈將擺過其靜止位置時，按下 D 以速止其擺動。重作實驗數次，至連續三次所得之 d_0 相差不及 1 毫米時為止。記下伏特計之示數 V 。

(5) 將換向器換移，以改變容電器兩電板上所積電荷之符號；再依前述步驟，試驗三次。

(6) 代標準電容以未知電容 C_1 及 C_2 ，再依法求電流計之偏轉。將

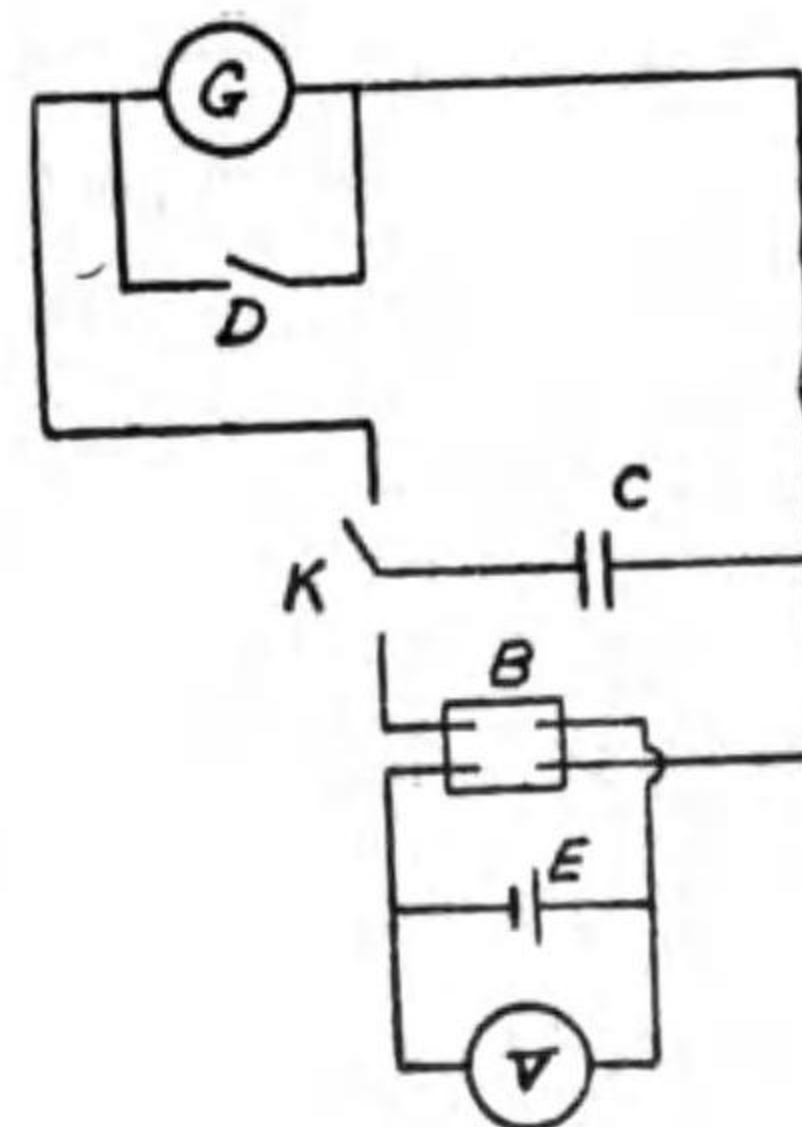


圖 25.4

C_1 與 C_2 串聯或並聯，再依法求電流計之偏轉。

(7) 儲電於容電器，再放電通過電流計，使其線圈擺動。以停錶測定其擺過零點 20 次所需之時間 t ，由三次實驗之平均結果定其週期 T 。

(8) 欲求 b 時，先儲電於容電器再放電通過電流，以使其線圈擺動。記下其起始偏轉 d_0 ，並數其擺過中心之次數。當擺動 n 次而其偏轉僅約為 d_0 之 $\frac{1}{3}$ 時再記下 d_n 。試驗三次。

(9) 用本實驗 A 之方法，求電流計之常數 k (或問教員)。量標度至電流計內小鏡之距離 L 。

各結果及計算可登記如下：

A. 放電後電流計之第一偏轉， d_0 (毫米)。

| 試驗次數 | 1 | 2 | 3 | 平均 |
|------|---|---|---|----|
| 左 | | | | |
| 右 | | | | |

平均 $d_0 =$ 毫米

標度至鏡之遠度 $L =$ 毫米

線圈偏轉角 $\theta_0 = \frac{d_0}{2L} =$ 弧度

B. 電流計之週期 T

| 試驗次數 | 振動時間 t (秒) | 經過中心次數 N | 週期 $T = \frac{2t}{N}$ |
|------|-----------------|---------------|--------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

平均 $T =$ 秒

C. b 之測定

| 試驗次數 | d_0 | d_n | n | $\frac{d_0}{d_n}$ | $b = \sqrt[n]{\frac{d_0}{d_n}}$ |
|------|-------|-------|-----|-------------------|---------------------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

平均 $b =$

$\sqrt{b} =$

D. 容電器之電容 C (已知) = 法拉

容電器之電位差 $V =$ 伏特

容電器所積之電量 $Q =$ 庫侖

衝擊電流計常數 $a = \frac{Q}{\theta_0} =$ 庫侖/弧度

或 $a' = \frac{Q}{d_0} =$ 庫侖/毫米

電流計之 $k =$ 安培/弧度

由 k, T 等計得之常數 $a_1 = \frac{kT\sqrt{b}}{2\pi} =$ 庫侖/弧度

或 $a_1' = \frac{2LkT\sqrt{b}}{2\pi} =$ 庫侖/毫米

差值 $= \frac{a - a_1}{a_1} \times 100 =$ %。

E. 容電器之串聯與並聯

衝擊電流計偏轉 1 毫米 = 庫侖

| 容 電 器 | 偏 轉 d 毫 米 | | | | 電 位 差 V (伏特) | 電 容 | 附 註 |
|----------------------|-------------|---|---|----|-------------------|-------------------------------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 平均 | | | |
| C_1 | 左 | | | | | | |
| | 右 | | | | | | |
| C_2 | 左 | | | | | | |
| | 右 | | | | | | |
| C_1 與 C_2 串 聯 | 左 | | | | | $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} =$ | |
| | 右 | | | | | | |
| C_1 與 C_2 並 聯 | 左 | | | | | $C_1 + C_2 =$ | |
| | 右 | | | | | | |

問 題

作本實驗時，如儲電於容電器後，令其經過若干分鐘，方任其放電通過電流計，問所得結果是否將有差異，試言其故。

實驗二十六 電池

(A) 電池之電動勢與其內阻

原理與定義 (1) 當電池不供給電流時，其兩端之電位差，即等於其電動勢。如將尋常之伏特計接於一電池之兩端，因伏特計須相當電流，其指針方能偏轉，故其所指示者非電池之電動勢，實伏特計電阻兩端之電位差，此蓋因電池之內部亦有相當之電阻也。如內阻為 r ，伏特計電阻為 R_v ，其示數為 V_0 ，則按 Ohm 定律即可推得

$$E = V_0 \left(1 + \frac{r}{R_v} \right) \quad (1)$$

今如將一電阻 R 接於電池之兩端，如圖 (26.1)，則當伏特計之示數為 V_c 時，

$$E = V_c \left(1 + \frac{R + R_v}{R R_v} r \right) \quad (2)$$

聯解此兩方程 (1) 與 (2) 即可分別求得電動勢 E 與內阻 r 之值。為便於計算起見，常先將由方程 (1) 及 (2) 所推得之結果寫作

$$r = R \left(\frac{V_0 - V_c}{V_c} \right) \left(1 + \frac{r}{R_v} \right) \quad (3)$$

因 $\frac{r}{R_v}$ 不大，故可先以 $r_1 = R \frac{V_0 - V_c}{V_c}$ 及 $E_1 = V_0$ 分別為內阻 r 及電動勢 E 之第一次近似值。求得 r_1 ，即可計出 $\frac{r_1}{R_v}$ 而以之代替方程 (1)

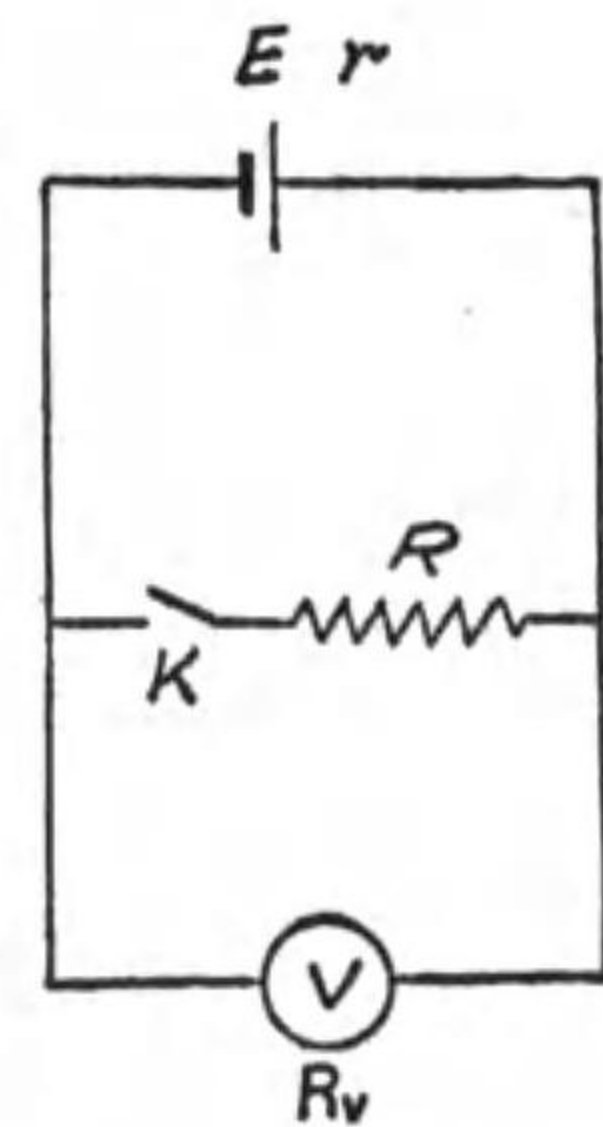


圖 26.1

及(3)中之 $\frac{r}{R_v}$ 而計得較準確之 r 與 E 。

(2) 遇電池之電阻頗大之時，例如 Daniell 電池，除方程(1)外，又常可用一安培計(電阻為 R_a)直接連於電池之兩端，而記下其指示 I ；因

$$E = I(R_a + r), \quad (4)$$

故自方程(1)與(4)亦可計得電池之內阻 r 與電動勢 E 。如 r 不夠大，致 I 太大，則可將安培計與另一已知電阻 R 串聯後再求其指示；如是試驗，則方程(4)應改為

$$E = I(R_a + R + r) \quad (4a)$$

上述量電動勢之方法，頗為簡便，惟只可用於無極化作用之電池。遇有極化作用之電池時，則以用前實驗二十四所述之電位計量之為最妥善。

目的 利用伏特計，安培計及已知電阻，測一 Daniell 電池之電動勢及其內阻。

儀器 (1) Daniell 電池，內阻約 5 歐姆；(2) 伏特計 V 一具，最大示數約 2 伏，其電阻 R_v 約 100—200 歐姆；(3) 安培計一具，最大指示約 0.5 安培，即 500 毫安培；(4) 電阻匣 R ；(5) 電鍵 K (圖 26.1 及 26.2)。



圖 26.2

Daniell 電池之一極為鋅，他極為銅，電解液為稀硫酸鋅與濃硫酸銅。前者與鋅版(上敷有水銀以免局部作用)均置於一瓷杯內；後者與銅版則均置於瓷杯外之較大玻璃杯中。電流之

方向，係自銅經過電池外之線路，而回於鋅。瓷杯之功用，乃以分隔兩液使其不混，惟其中之孔隙則可任帶電之游子通行無礙。

實驗步驟 (1) 所用伏特計及安培計之電阻 R_v 與 R_a 已註明於儀器底之紙。如無此紙，可問教員。

(2) 將安培計直接聯於電池，記下其示數 I 。代安培計以伏特計，亦記下其示數 V 。由方程(1)與(4)計得 E 與 r 。結果可登記如下：

$$\begin{aligned} R_v &= \text{歐姆}; & R_a &= \text{歐姆}; \\ V &= \text{伏特}; & I &= \text{安培}; \\ E &= \text{伏特}; & r &= \text{歐姆}. \end{aligned}$$

(3) 照圖(26.1)將電阻匣 R ，電池 E ，伏特計 V ，及電鍵 K 連接之。接於電阻匣兩端之線須大而短者。各接點均須乾淨並接牢。電阻匣用法已在實驗二十二中述過，可參照之。

(4) 依次令電阻匣之電阻 R 為 1, 2, 5 歐姆。記下電鍵 K 開啓時及關閉時伏特計 V 之示數 V_0 與 V_c ，按上述方法計算 E 與 r 。結果可登記如下：

伏特計之電阻 $R_v =$ 歐姆

| 電阻 R | 伏特計示數 | | 內阻(歐姆) $r_1 = \frac{V_0 - V_c}{V_c} R$ | $\frac{r}{R_v}$ | 內阻(歐姆) $r = r_1 \left(1 + \frac{r_1}{R_v}\right)$ | 電動勢(伏特) $E = V_0 \left(1 + \frac{r_1}{R_v}\right)$ |
|-----------|-------|-------|---|-----------------|--|---|
| | V_0 | V_c | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

問題

(1) 試自方程(1)與(2)推出方程(3)。

(2) 試列舉各種電池之電動勢與其內阻之大約值。

實驗二十七 電機

(A) 線圈在均勻磁場內轉動之電動勢

原理 (1) 令一線圈在一均勻磁場內轉動。當線圈之平面與磁場方向正交時，其兩邊 A 與 B 之轉動方向平行，故無被感電動勢，當線圈之平面與磁場方向平行時， A 與 B 割磁力線之速度為最大，而線圈中之被感電動勢亦最大。若考究線圈在其他位置之被感電動勢(例如圖 27.1 中 $A'B'$)，即知此電動勢之值為

$$e = NAH\omega \sin \theta \quad (1)$$

或
$$e = E \sin \theta \quad (1a)$$

此中 N 表線圈中之圈數， A 表線圈所包含之面積， H 表磁場強度， ω 表線圈轉動之角速度。

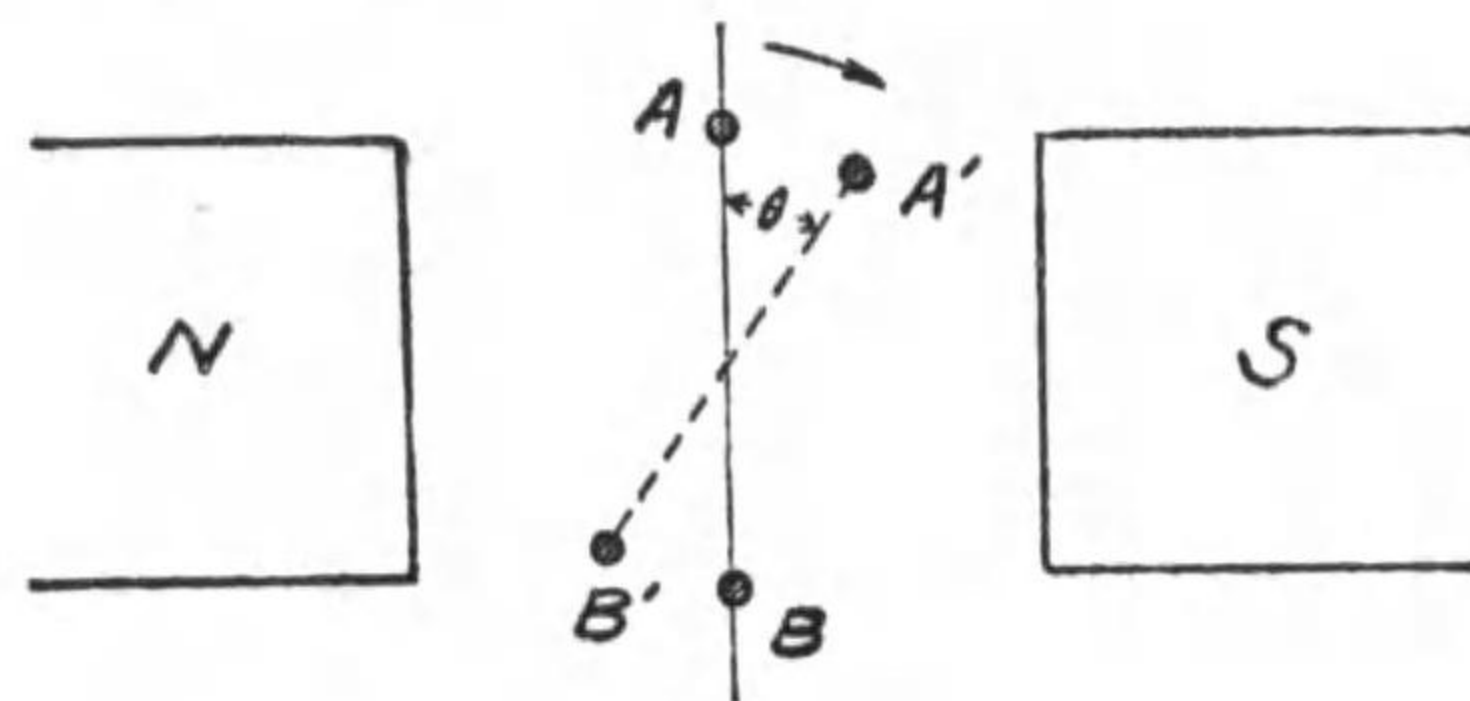


圖 27.1

(2) 設在短時 t 內加於一衝擊電流計之電位差為 e ，電流計線路中之總電阻為 R ，則電流計中所通過之電量為

$$Q = \frac{e t}{R} \quad (2)$$

故欲知方程(1)之正弦關係是否準確,只須求得在一定短時間 t 內,線圈放電於衝擊電流計所產生之電量(或電流計首次偏轉 d)與線圈位置之關係。

目的 求一線圈在均勻磁場內轉動時之電動勢與線圈位置之關係。

儀器 (1)發電機模型 D ; (2)衝擊電流計 G ; (3)電鑰 K 及 D (圖 27.2 及 27.3)。

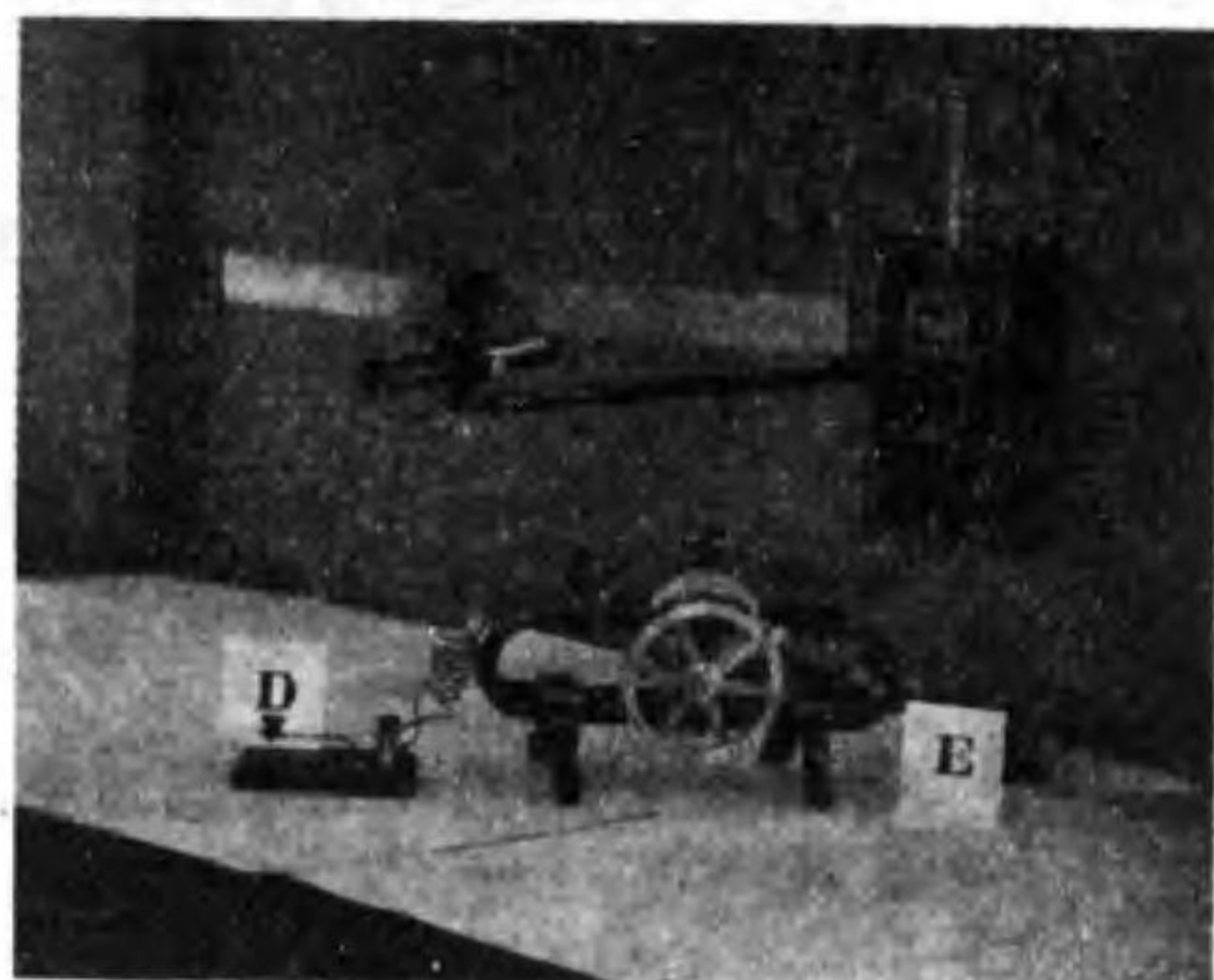


圖 27.2

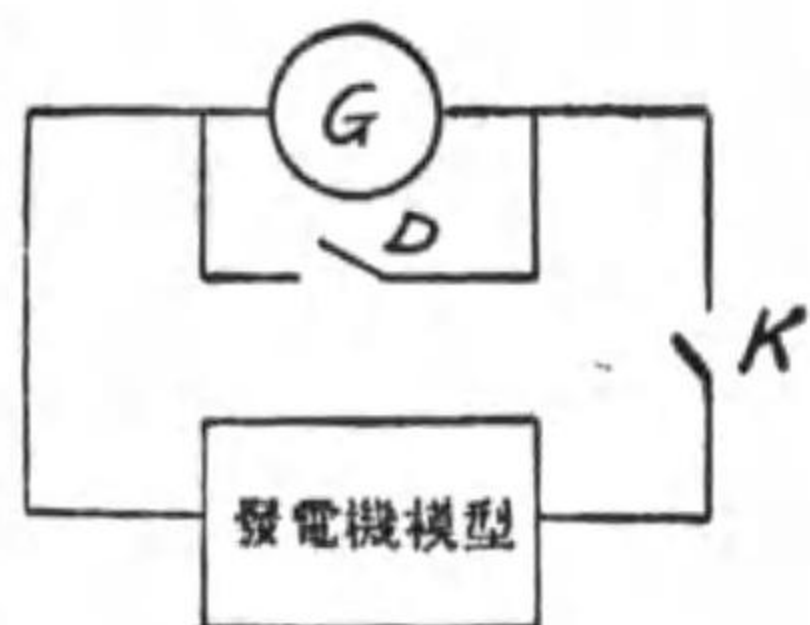


圖 27.3

所用之發電機模型,其磁場係由永久磁鐵產生之。機旁之齒輪係與線圈接牢,齒共 18 個,因有彎桿與齒相抵,故輪雖受有一彈簧之拉力,仍不能轉動。今若撥動輪上彎桿,則桿之右方(或左方)將暫被舉起,而於輪及線圈轉 10° 角後,其左方(或右方)復落下嵌於齒中。線圈兩端各聯於在同軸上之銅環(環與機之他部分均有絕緣體隔離之)後,乃與兩接柱相連之兩銅刷接觸。今接一衝擊電流計 G 於此兩柱,則當線圈每次轉動 10 度角時,其所感應之電動勢,即可送相當之電量於電流計中。

實驗步驟 (1)將儀器按圖(27.3)裝好。電鑰 D 乃用以速止電流計線圈之擺動者,擺動已停後,須開啓此電鑰。

(2)轉動線圈 10° ,觀察電流計之首次偏轉 d ,記下機內線圈之位置,繼續試驗至線圈轉一周爲止。如所得結果不甚有規則,須重行試驗。

觀察結果可登記如下:

| 位置 | θ° | 偏轉 d | 位置 | θ° | 偏轉 d | 位置 | θ° | 偏轉 d | 位置 | θ° | 偏轉 d | 平均 $\frac{ d }{\sin \theta}$ |
|----|----------------|--------|----|----------------|--------|----|----------------|--------|----|----------------|--------|------------------------------|
| 1 | | | 10 | | | 19 | | | 28 | | | |
| 2 | | | 11 | | | 20 | | | 29 | | | |
| 3 | | | 12 | | | 21 | | | 30 | | | |
| 4 | | | 13 | | | 22 | | | 31 | | | |
| 5 | | | 14 | | | 23 | | | 32 | | | |
| 6 | | | 15 | | | 24 | | | 33 | | | |
| 7 | | | 16 | | | 25 | | | 34 | | | |
| 8 | | | 17 | | | 26 | | | 35 | | | |
| 9 | | | 18 | | | 27 | | | 36 | | | |

作圖 以線圈位置爲橫坐標,電流計所示偏轉 d 爲縱坐標,將上列結果畫曲線於方格紙上。在同紙上以虛線繪 $e = \sin \theta$ 正弦曲線以資比較。

問題

(1) 方程(1)中之 e ,其單位爲何? 若欲以伏特爲 e 之單位, H 仍用厘米克秒制電磁單位,問應如何改算?

(2) 試推證方程(1)。

(B) 發電機之外部特性

原理 當發電機供給電流時，其機端電壓 V ，均不等於機內之被感電動勢 E 。若 I_a 表電樞中之電流， R_a 表機內與電樞串聯之總電阻，則

$$E = V + I_a R_a \quad (1)$$

I_a 之值視機之擔負之大小而定。機所供給於擔負電路之電流 I 愈大，則 I_a 亦愈大，故若 E 之值不因 I 之增大而變更時， V 將較 E 為小。但有時 I 及 I_a 增大之效果，反足以增加 E ；因此 V 之值將隨擔負之增大而增加。某種發動機是否適宜於某種設備之應用，多由其 V 與 I 之關係決定之。此關係常名為其外部特性。

目的 求一發電機之外部特性。

儀器 (1) 並繞發電機 G ；(2) 電動機 M 與皮帶 b ；(3) 計轉器 T ；(4) 安培計 A ；(5) 伏特計 V ；(6) 可變電阻 R 及 r ；(7) 電鍵 S_m 及 S_g (圖 27.4 及 27.5)。

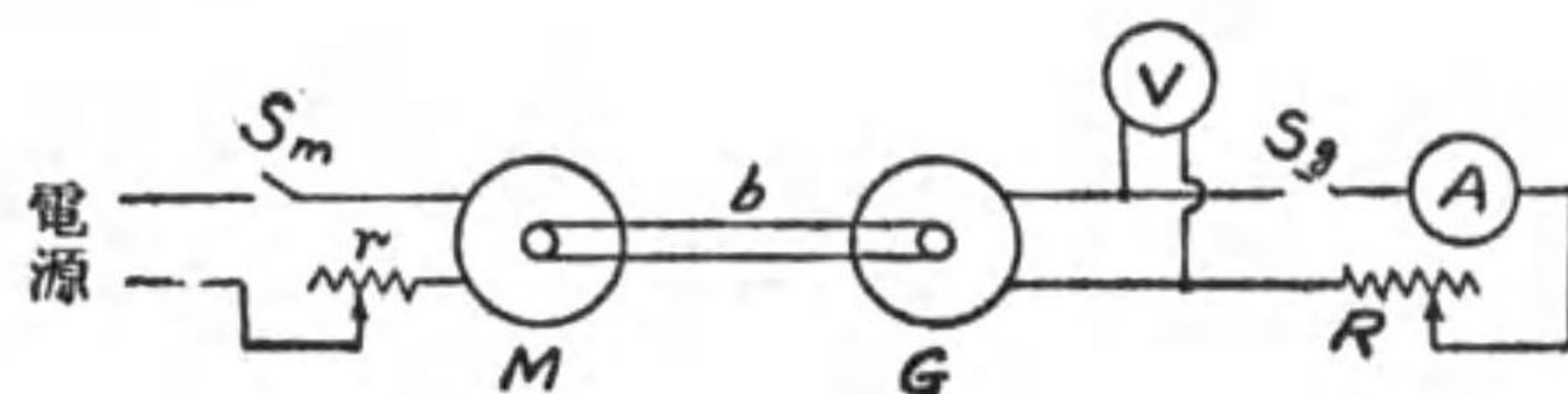


圖 27.4

實驗步驟 (1) 將儀器按圖(27.4)接好。接好後，須經教員檢查，認為無誤後，方得開始試驗。

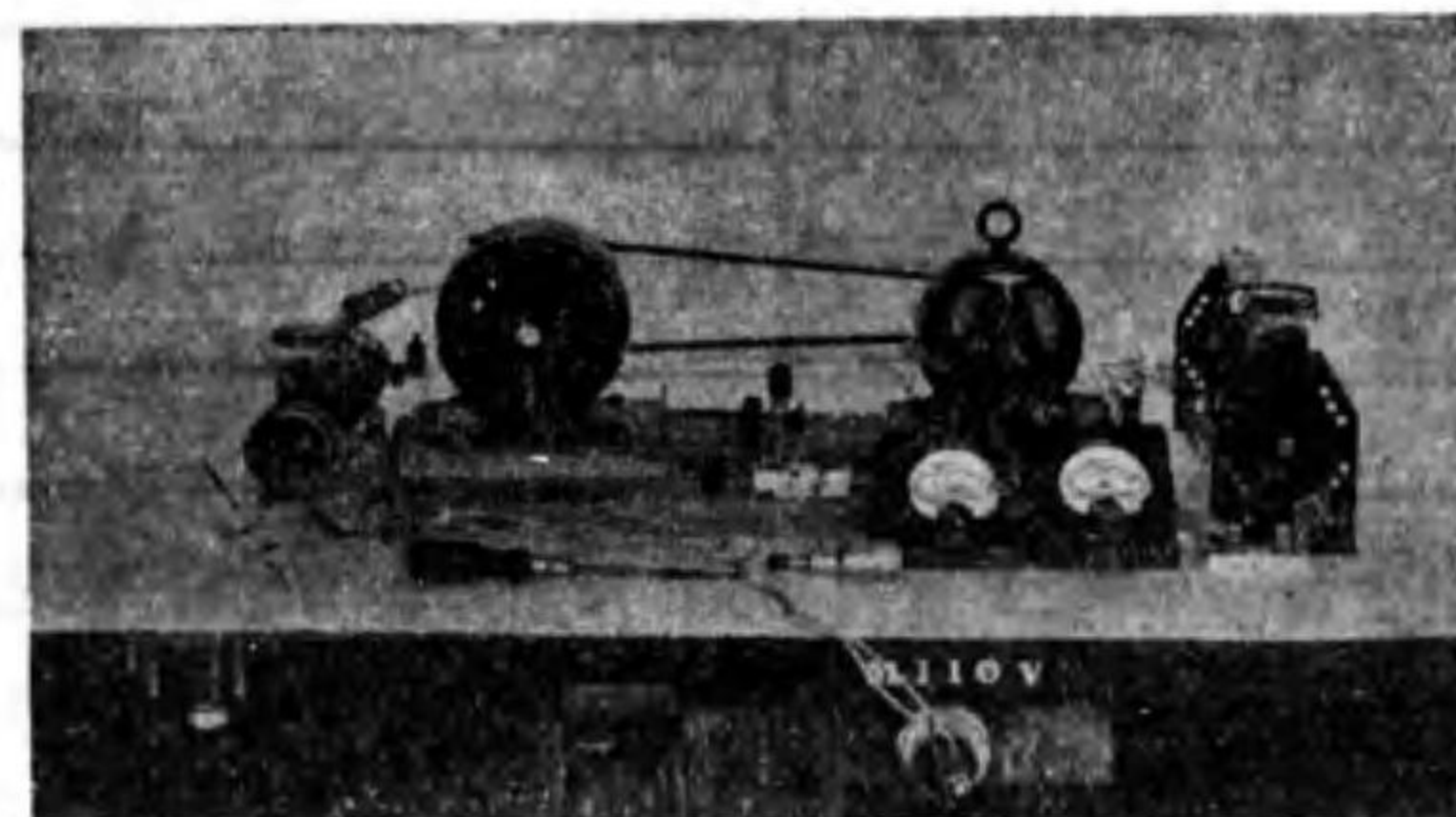


圖 27.5

(2) 令 r 之值約為其最大值之一半，關下電鍵 S_m 以轉動電動機 M 。調節 r 及皮帶之鬆緊使 G 之速度達機上所註明之值。記下伏特計 V 之示數。如 V 無指示，須問教員應如何補救。

(3) 令 R 為最大，關下 S_g ，調節 r 以維持發動機 G 之原有速度；再記下 V 及安培計 A 中所示之擔負電流 I 。

(4) 減小 R 約十二次，每次所減之值，須使 I 之增大值約為發電機滿載擔負電流之 $\frac{1}{10}$ 。

結果可登記如下：

發電機製造者：

機式： ; 每分鐘轉動次數：

規定伏特數： ; 滿載擔負電流 = 安培

| 擔負電流 I 安培 | 機端電壓 V 伏特 | 擔負電流 I 安培 | 機端電壓 V 伏特 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

作圖 以 I 為橫坐標, V 為縱坐標, 作曲線於方格紙上以表示上列結果。

問題

(1) 試作簡圖以示串捲, 並捲及複捲發電機上磁場線圈與電樞線圈之連接法, 並申述其外部特性之異同。

(2) 今若以一伏特計及一安培計與一適當之電源, 量一發電機各線圈(電樞線圈, 串聯磁場及並繞磁場)之電阻, 問伏特計與安培計之接法應如何? 試作簡圖而分別示之。

(C) 電動機之效率

原理 輸入於電機之功率, 其耗失而化為熱者, 有機內各銅線電阻之耗失, 鐵心中渦流與磁滯之耗失, 及摩擦阻力之耗失三項。輸入功率之值 W_i , 即等於加於機兩端之電壓 V 與電源所供給之電流 I 二者之乘積。至於機所輸出功率之多寡, 視其擔負而定。通常測驗不過大之機器時, 多用前實驗十一 B 所述之 Prony 輪掣以量之。令輪掣上兩簧秤之示數為 T_1 與 T_2 克, 輪之直徑為 D 厘米, 輪轉動之速度每分鐘為 N 次, 則輪掣所吸收之功率(即電機輸出之功率)為

$$W_o = \frac{60 \pi DN(T_1 - T_2)g}{10^7} \quad \text{瓦特} \quad (1)$$

g 為重力加速度約等 980 厘米/秒²。電機所輸入之功率既為

$$W_i = VI \quad \text{瓦特} \quad (2)$$

故其效率為

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100\% \quad (3)$$

目的 求一電動機之效率。

儀器 (1) 電動機 M ; (2) Prony 輪掣 B 及簧秤; (3) 伏特計 V ; (4) 安培計 A ; (5) 可變電阻 R ; (6) 計轉器; (7) 尺及雙腳規; (8) 電鍵 S 及電源(圖 27.6 及 27.7)。

Prony 輪掣用法已見實驗十一 B, 茲不重述。

實驗步驟 (1) 將儀器按圖(27.6)接好, 經教員認為無誤後, 方得

開始實驗。

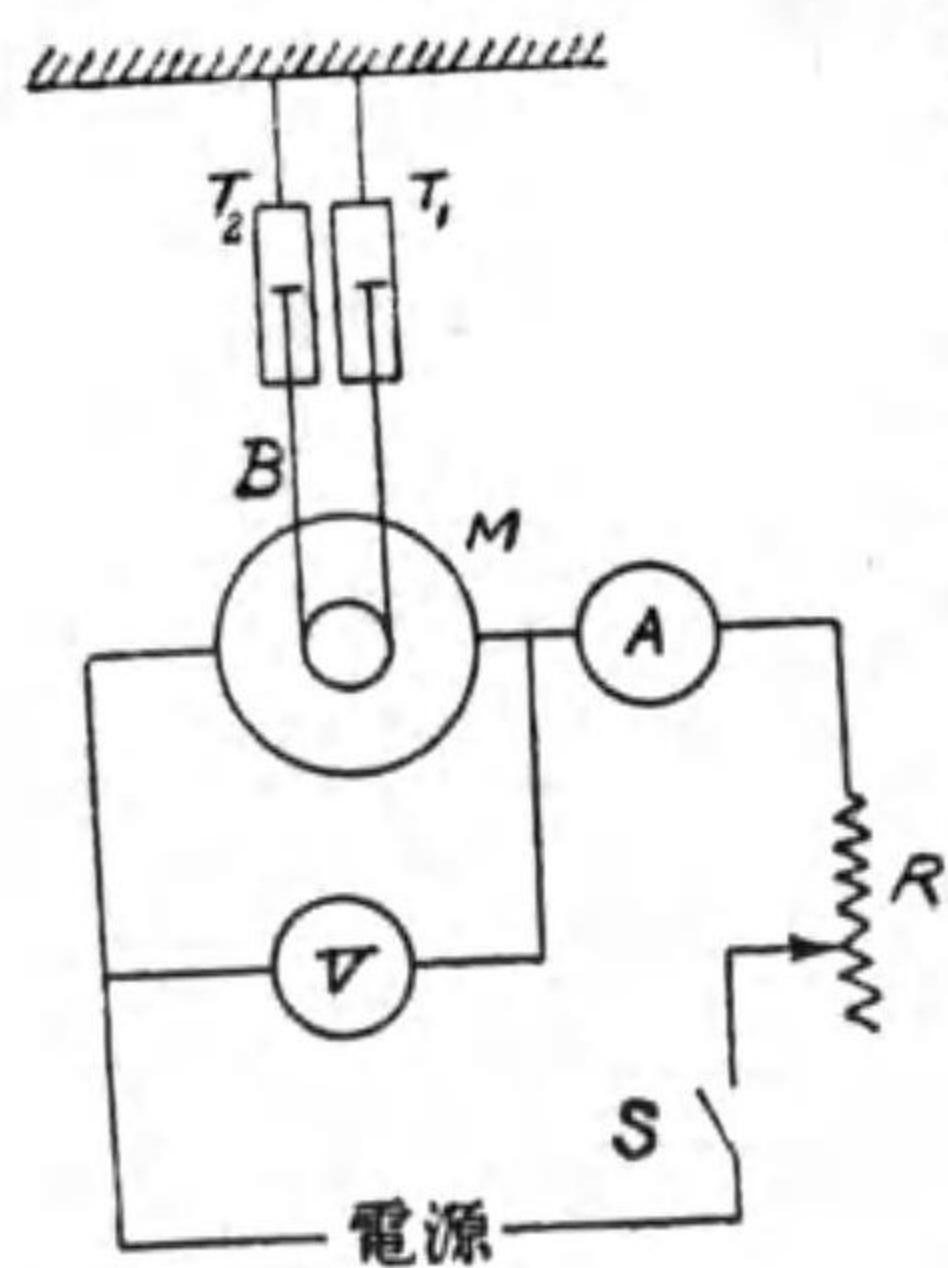


圖 27.6

(2) 取下 Prony 輪掣之皮帶，令可變電阻 R 之值為最大，關下 S ，再減小 R ，使機轉動。調節 R ，至伏特計 V 指示機上所註明之伏特數。記下 V 與 I 及機之速度 N (每分鐘轉數)。

(3) 將 R 增大，再開啓電鍵 S 。次將皮帶鬆鬆的套上輪面，再開下電鍵 S 。調節 R 使機端之伏特數達原規定之值。將皮帶略拴緊，至電流 I 之值約增大為滿載電流之 $\frac{1}{10}$ 時，乃記下簧秤之示數 T_1 與 T_2 ，安培計 I 及伏特計 V ，並量機之速度 N 。

(4) 增加機之擔負十二次，至安培計所示之電流約為滿載擔負 1.2 倍時為止。

(5) 量機輪之直徑 D 。將所得結果及計算登記如下：

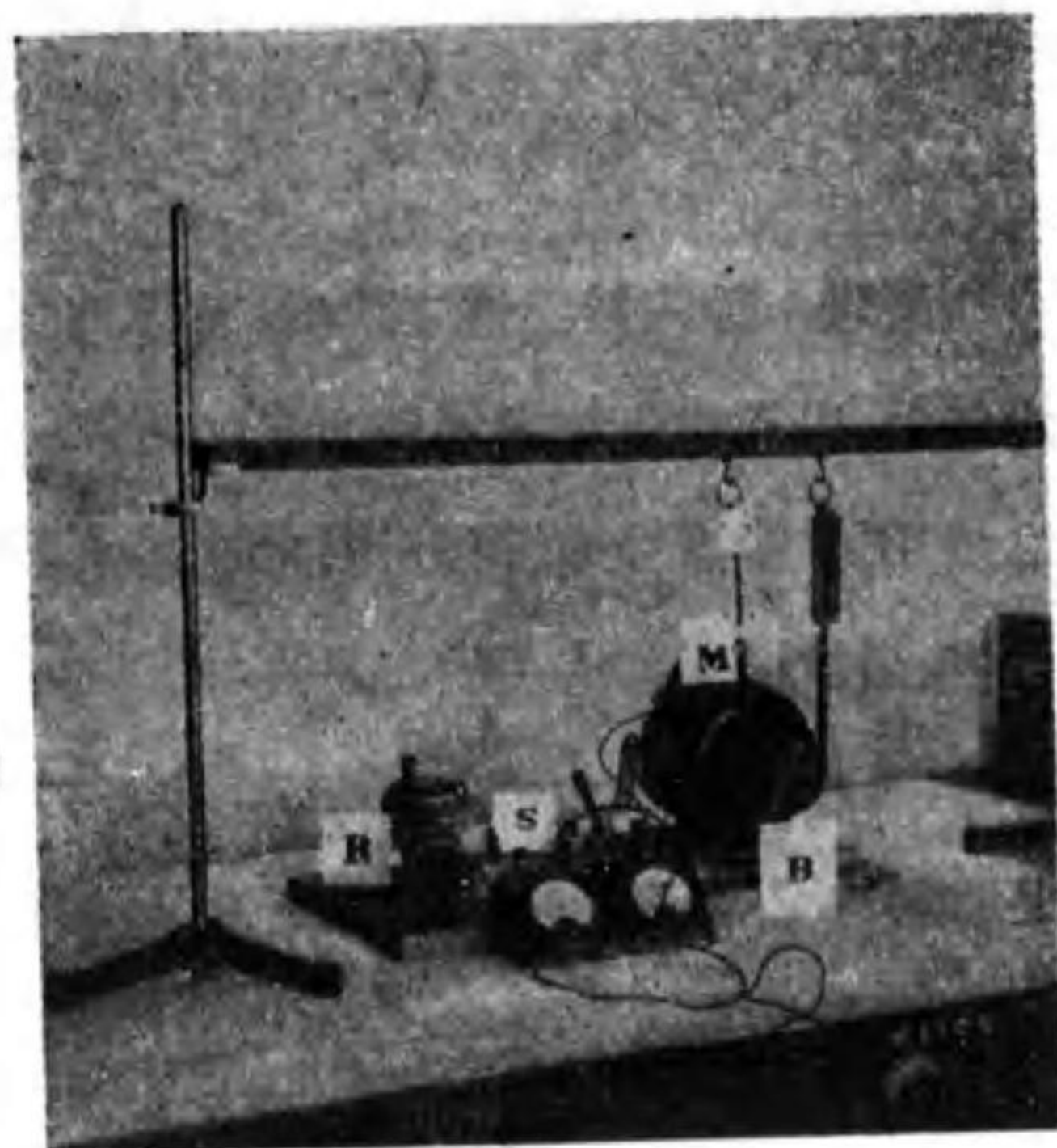


圖 27.7

電動機製造者：

機式：

機端電壓 $V =$; 滿載擔負之電流 = 安培;

機輪直徑 $D =$ 厘米

| 電流 I | 簧秤示數(克) | | | 力 矩 $L = \frac{(T_1 - T_2)D}{2}$ 克-厘米 | 速 度 (次/分鐘) N | 功 率(瓦特) | | 效 率 $e = \frac{W_0}{W_i} \times 100$ |
|-----------|---------|-------|-------------|---|----------------------|-------------------|----------------------|---|
| | T_1 | T_2 | $T_1 - T_2$ | | | 輸 入 $W_i = VI$ | 輸 出, W_0 (方程 1) | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

作圖 以輸出功率 W_0 為橫坐標，下列三量為縱坐標，繪三曲線於方格紙上：(a) 效率 e ; (b) 速度 N ; (c) 力矩 L 。

問 題

(1) 問開動電動機時，其電流由何決定？本實驗所用以限制開動時電流之方法為何？此外尚有何法？

(2) 今若欲變更電動機之轉動方向，問當如何改接？

(3) 問串捲與並捲電動機之速度 N 與其擔負 W_0 之關係，其異點何在？又問二者之力矩 L 與 W_0 之關係，其異點則如何？

實驗二十八 交流 Wheatstone 橋

(A) 自感係數與互感係數

原理 設以兩個電阻 A 與 B ，及兩個線圈（電阻甚小可以不計，其自感係數各為 L_x 與 L_y ），分別聯接如一 Wheatstone 橋，且用交流電 H 代直流電源，電話耳機 T 代電流計，則當 T 中聲音最小之時（參閱圖 28.1），

$$\frac{A}{B} = \frac{L_x}{L_y} \quad (1)$$

此為比較兩個線圈自感係數之最便方法之一。

設有兩線其自感係數各為 L_1 與 L_2 ，其互感係數為 M ，則當其串聯如圖 (28.2) 甲時，其

組合之自感係數為 $L_1 + L_2 + 2M$ (2)

而當二者串聯如圖 (28.2) 乙時，其組合之自感係數則為

$L_1 + L_2 - 2M$ (3)

目的 求兩線

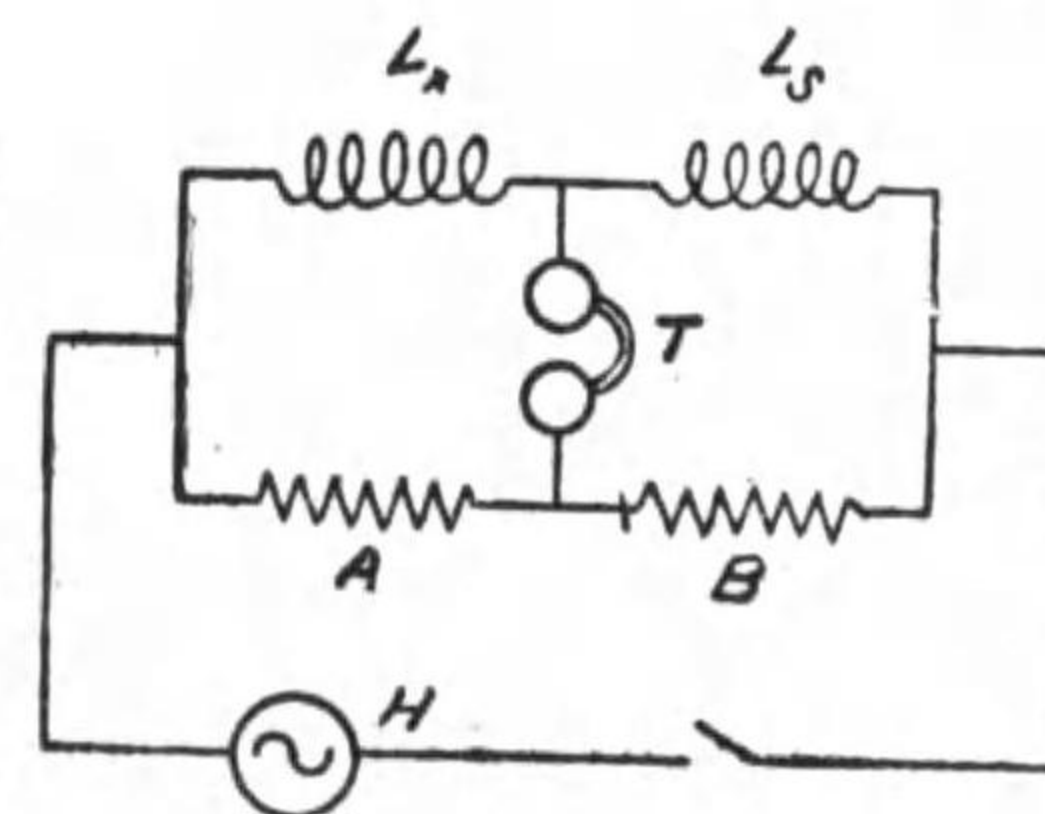


圖 28.1

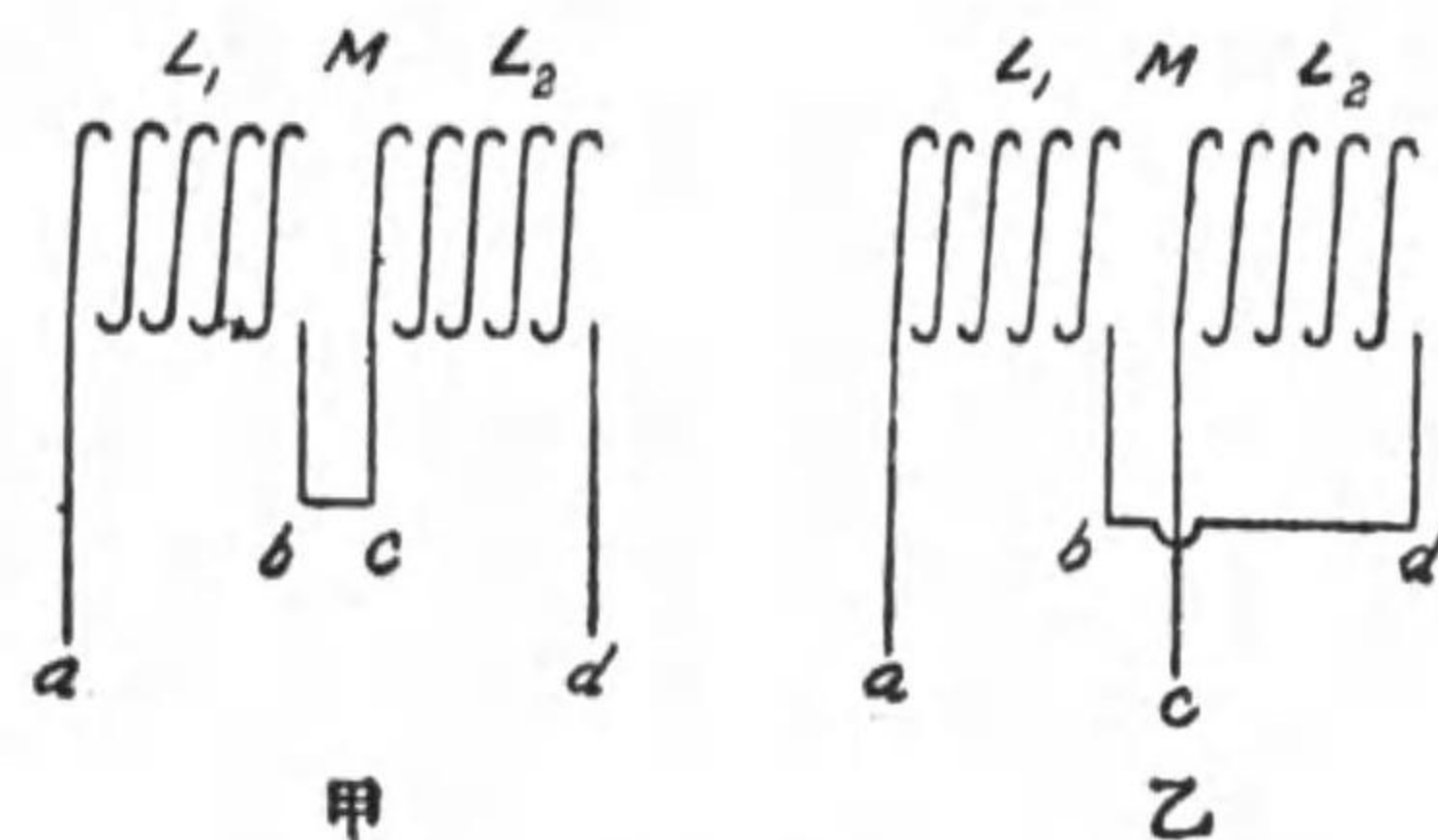


圖 28.2

圈之自感係數與二者之互感係數。

儀器 (1)電阻匣二具, A 與 B ; (2)線圈兩個 L_1 與 L_2 ; (3)標準電感 L_s ; (4)電話耳機 T ; (5)收音器 H 及電池 E (圖 28.3)。

實驗步驟 (1)按圖 (28.1) 將各儀器接好, 以 L_1 作 L_x 。收音器之音如過大, 可放之於一四周包有棉花之匣內。

(2)變更 A 與 B 之價值, 使耳機中聲音最小。如 A 與 B 相差過大, 可將標準電感 L_s 改換一值再行試驗; 所用 L_s 之值以與所欲測之自感係數相差不多者為最妥。記下 A, B 及 L_s 各值。

(3)將 L_1 與 L_s 對調後, 再求平衡時之 A 與 B 。

(4)以 L_2 代替 L_1 , 照步驟 (2) 與 (3) 求平衡點。

(5)將 L_1 與 L_2 放置妥當, 使二者之相對的位置固定。分別名 L_1 線圈之兩端為 a 與 b , L_2 線圈之兩端為 c 與 d 。將 b 與 c 相接再照步驟 (2) 與 (3) 求 a 至 d 之自感係數 X_1 。次將 a 與 d 相接, 依前法量 b 至 c 之自感係數 X_2 。

(6)維持 L_1 與 L_2 之相對的位置如上, 將 b 與 d 相接, 再依前法量 a 至 c 之自感係數 Y_1 , 次將 a 與 c 相接, 再依法量 b 與 d 之自感係數 Y_2 。

各結果及計算可登記如下:

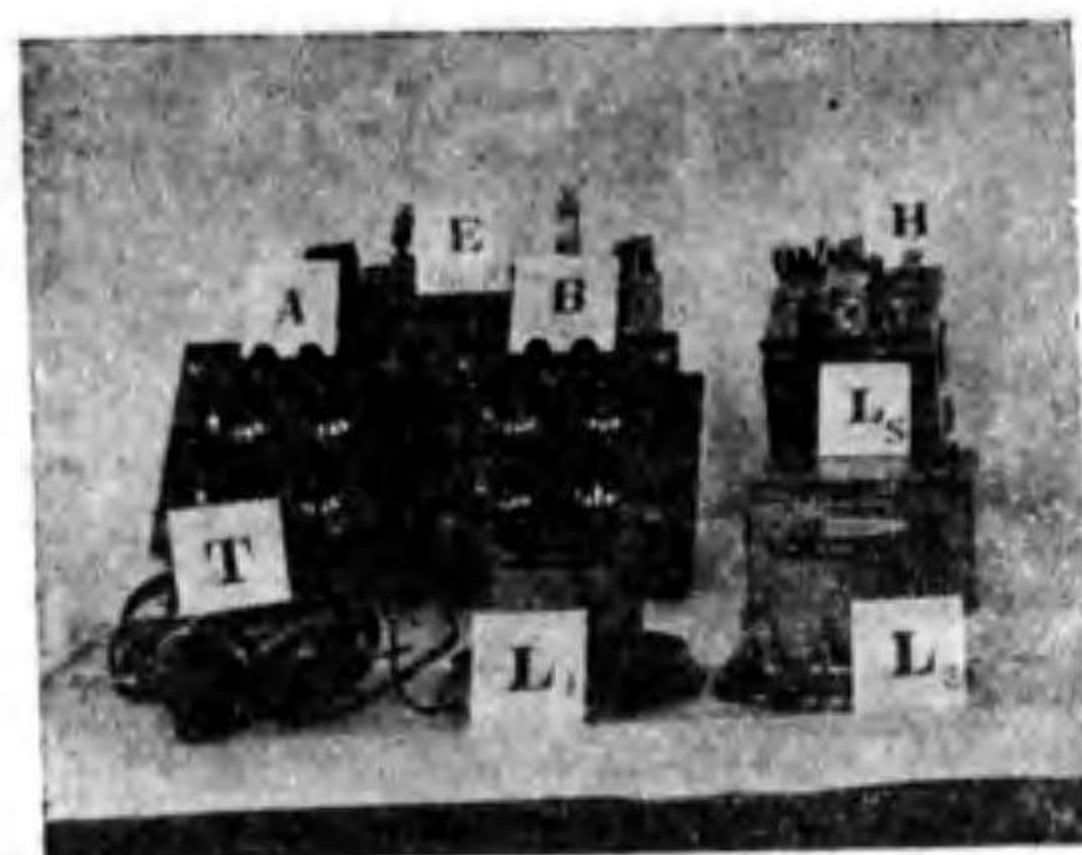


圖 28.3

A. L_1 與 L_2 之單獨值。

| L_1 之位置 | 右方電阻 | 左方電阻 | L_s (亨利) | L_1 (亨利) |
|-----------|------|------|------------|------------|
| 在右 | | | | |
| 在左 | | | | |

平均 $L_1 =$ 亨利

| L_2 之位置 | 右方電阻 | 左方電阻 | L_s (亨利) | L_2 (亨利) |
|-----------|------|------|------------|------------|
| 在右 | | | | |
| 在左 | | | | |

平均 $L_2 =$ 亨利

平均 $L_1 + L_2 =$ 亨利

B. L_1 與 L_2 串聯後之值。

| 相接之點名稱 | 線圈位置 | 右方電阻 | 左方電阻 | L_s (亨利) | L (亨利) |
|----------|------|------|------|------------|----------|
| b 至 c | 在右 | | | | |
| | 在左 | | | | |
| a 至 d | 在右 | | | | |
| | 在左 | | | | |
| 平均 $X =$ | | | | | |
| b 至 d | 在右 | | | | |
| | 在左 | | | | |
| a 至 c | 在右 | | | | |
| | 在左 | | | | |

平均 $Y =$ 亨利

$$M = \frac{X - Y}{4} = \text{亨利}$$

$$L_1 + L_2 = \frac{X + Y}{2} = \text{亨利}$$

兩法所求得 $(L_1 + L_2)$ 之差 = %

問題

(1) 若欲得自感係數為 0 之線圈，繞法應如何？試用方程(3)以說明之。

(2) 自感係數之值均係為正，試自

$$L_1 + L_2 - 2M > 0$$

推證

$$L_1 L_2 > M^2。$$

(B) 介電係數與電容

原理與定義 (1) 設有一容電器，當其兩電版間為真空時，其電容為 C_0 ，而當其間為某媒介質時，其電容為 C ，則此媒介質之介電係數 k 為

$$k = \frac{C}{C_0} \quad (1)$$

(2) 欲量固體媒介質(例如雲母片或玻璃)之介電係數時，可用一平行板式容電器。若每板之有效面積為 a 厘米，兩板之距離為 t ，則其電容為

$$C_0 = \frac{a}{4\pi t} \quad \text{靜電單位} \quad (2)$$

若兩板間夾有媒介質，則其電容將為

$$C = \frac{ka}{4\pi t} \quad \text{靜電單位} \quad (3)$$

故如先後求得 C 與 C_0 之值，則所用媒介質之 k 即可求得。

(3) 設 C_0 之值已用他法(例如前實驗二十五 B 之方法)測得為 X 法拉，則一法拉應等於若干靜電單位即可由容電器之面積 A 及兩板之距離求得之。惟 1 法拉等於 10^{-9} 電磁單位之電容，故由此等實驗結果復可推出 1 電磁單位與 1 靜電單位電容之比值。又因在電磁制及靜電制中，能量之單位均為爾格，而容電器所儲之能量等於 $\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ ，故如以下標 s 及 m 分別表示電量 Q 或電容 C 以靜電單位及電磁單位計得之

數值,則

$$\frac{Q_s^2}{C_s} = \frac{Q_m^2}{C_m} \quad (4)$$

或

$$\frac{Q_s}{Q_m} = \sqrt{\frac{C_s}{C_m}} \quad (5)$$

由此觀之,若1 電磁單位之電量等於 c 靜電單位之電荷(即方程(5)中 $Q_m=1, Q_s=c$),則1 電磁單位之電容,將等於 c^2 靜電單位之電容。換言之,若電容之值係以電磁單位計之,則方程(2)須改寫為

$$C_0 = \frac{a}{4\pi c^2} \quad \text{電磁單位} \quad (6)$$

(4)若有 Wheatstone 橋,今將其直流電源改為交流電 H (例如收音機或感應圈),檢定平衡之電流計改為電話耳機 T ,則亦可用以比較兩個電容。令橋之比臂電阻為 A 與 B (通常即以兩電阻匣充任之),待定之電容為 C_x ,已知之電容為 C_k ,則當平衡之時,即耳機 T 中聲音最微時(參較圖 28.4),

$$C_x = \frac{A}{B} C_k \quad (7)$$

目的 求雲母片之介電係數,

並測定1 電磁單位電量等於若干靜電單位電量。

儀器 (1)電阻箱兩個 A 與 B ; (2)標準電容 C_k ; (3)特製之平行版式容電器 C_s ; (4)耳機 T ; (5)收音機 H ,及電池 E ; (6)雲母片 G ; (7)尺; (8)測微螺旋 M (圖 28.5)。

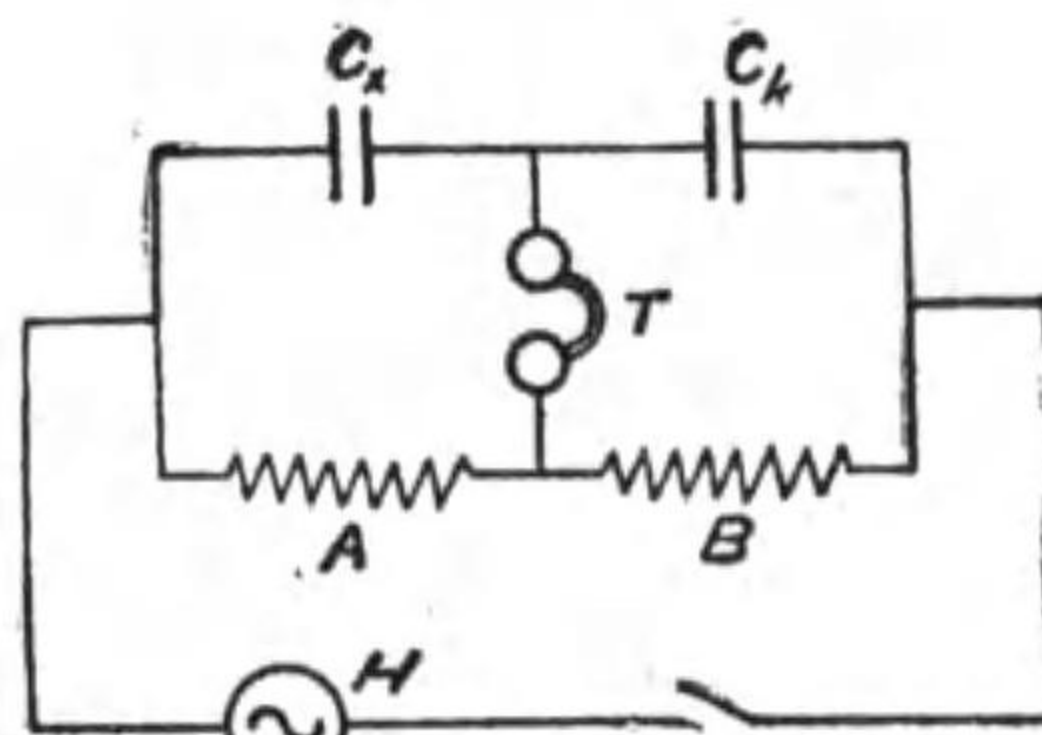


圖 28.4

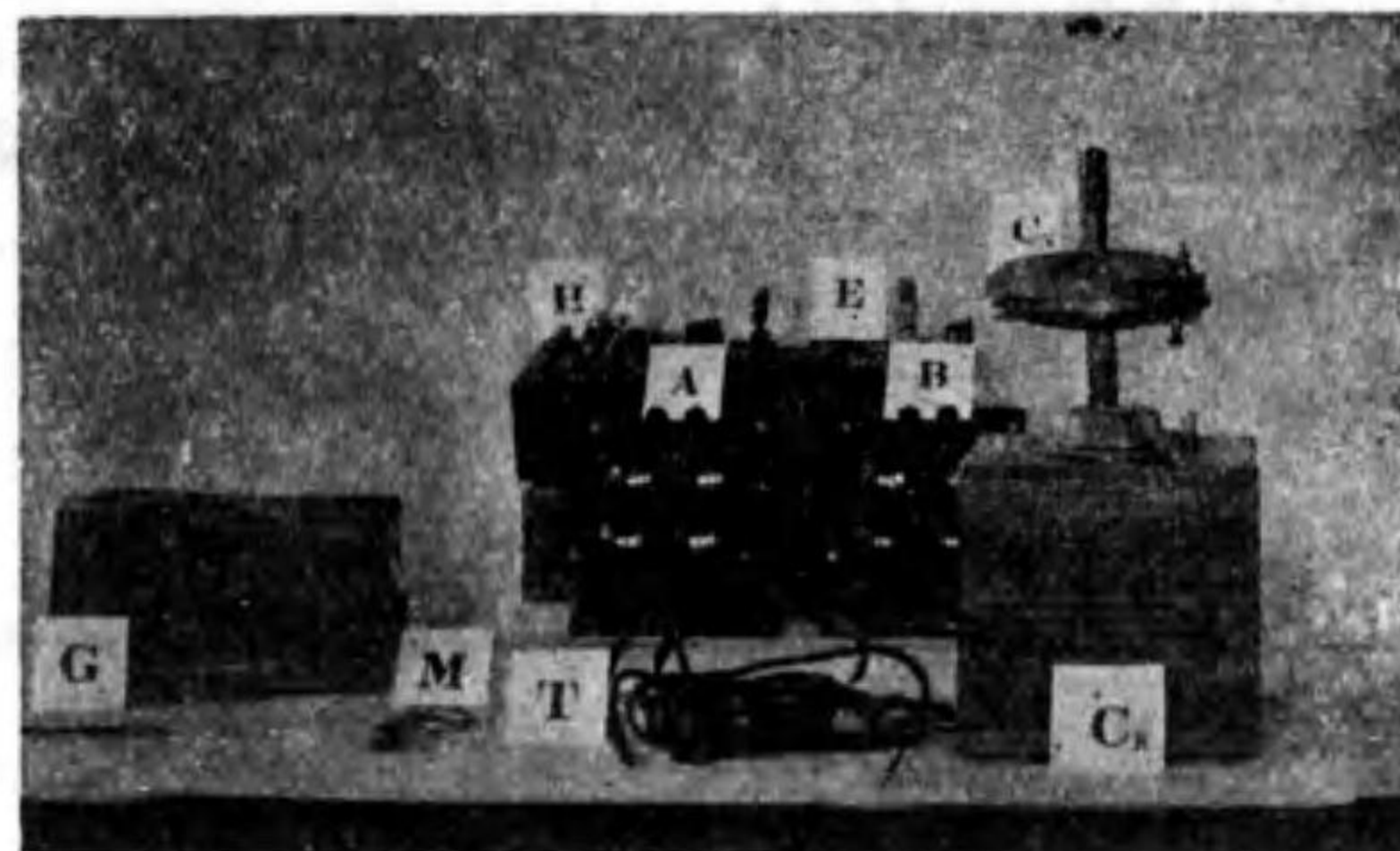


圖 28.5

特製之容電器 C_s , 內部圓板面積係有效面積 A , 其外部之環形面積乃以免除板邊電力線彎曲之影響;此環之名為衛環。

實驗步驟 (1)照圖將各儀器接好。如收音器所直接產生之聲太大,可置之於一四周包有棉花之匣內。

(2)將雲母片夾於容電器之中,在 C_k 處用一與 C_s 電容相差不多之標準容電器。改變 A 與 B 兩電阻之比值,至耳機中聲音最微時,記下 A 與 B 之值。將 C_s 與 C_k 對調,再記下 A 與 B 。用方程(7)計得 C_s 並其平均值。

(3)取去雲母片以測微螺旋量其厚十餘次(每次所量之位置須改變),而求其平均厚度 t 。

(4)在雲母片之角處,剪下數小片,置於容電器 C_s 下版之外環上再蓋以上板。用同法量平衡時, A, B 及 C_k 各值。以測微螺旋量各小片之厚,以其平均為 t_0 。

(5)量容電器 C_s 內圓板之直徑 d ,並計得其面積 a 。

所得結果及計算可登記如下：

容電器圓板直徑 $d =$ 厘米；面積 $a =$ 方厘米；

雲母片平均厚 $t =$ 厘米

用雲母片時

$C_k =$ 法拉 = 電磁單位

| C_x | 位置 | 右方電阻 | 左方電阻 | $C_x = \frac{A}{B} C_k$ |
|-------|----|------|------|-------------------------|
| 在 | 右 | | | |
| 在 | 左 | | | |

平均 $C_x =$ 法拉

不用雲母片時

容電器兩板距離 $t_0 =$ 厘米

$C_0 =$ 法拉 = 電磁單位

| C_0 | 位置 | 右方電阻 | 左方電阻 | $C_0 = \frac{A}{B} C_k$ |
|-------|----|------|------|-------------------------|
| 在 | 右 | | | |
| 在 | 左 | | | |

平均 $C_0 =$ 法拉

雲母片之介電係數 $k = \frac{C_x t}{C_0 t_0} =$

$C_{0s} = \frac{a}{4\pi t_0} =$ 靜電單位

$C_{0m} =$ 電磁單位

故 1 電磁單位電容 $= \frac{C_{0s}}{C_{0m}} =$ 靜電單位電容

1 電磁單位電量 $= \sqrt{\frac{C_{0s}}{C_{0m}}} = c =$ 靜電單位電量

c 之公認值 $= 3.00 \times 10^{10}$

誤差 = %

問題

(1) 試將電磁制，靜電制及實用制之電流，電壓，電阻，電感，電容及電量各單位之換算比數列成一表以資比較。

(2) 問媒介質對於電荷間互有之力之影響若何？

實驗二十九 鐵質之磁性

(A) 鐵之磁化曲線與導磁係數

原理與定義 設有一圓環如圖(29.1), 平均半徑為 r 厘米, 其上均勻的繞有線圈 N 圈。今通以電流 i 安培, 則在線圈內之磁場強度 H 等於

$$H = \frac{4\pi Ni}{10 \cdot 2\pi r} = \frac{2Ni}{10r} \quad \text{電磁單位} \quad (1)$$

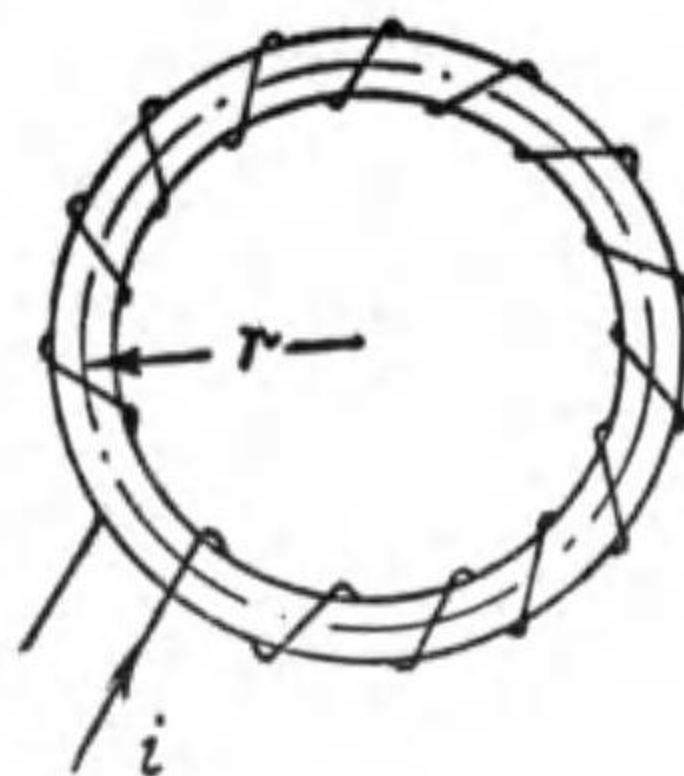


圖 29.1

如環非鐵質, 則其中所通過之磁力線總數(亦

名磁通量)為 Ha , a 表線圈之截面積。若環係鐵質, 則因 H 而產生之磁通量較大; 鐵環每單位截面積之磁通量, 常名爲其磁感應強度 B (即磁通量密度)。 B 與 H 之比, 名爲導磁係數 μ ; $\frac{B-H}{4\pi} = I$ 則名爲磁化強度; I 與 H 之比, 名爲磁化係數 k 。

表鐵質之 B 與其 H (或 I 與其 H) 關係之曲線名爲 BH (或 IH) 磁化曲線。欲求此等曲線之形式, 可將樣本製成環形, 而繞以線圈 P 如上段所述。若線圈 P 中電流爲 i , 則使環磁化之磁場強度或磁化力 H 之值, 即可按方程(1)計得之。至於因 H 所產生之 B , 可在環上另繞一試探線圈 S (圈數爲 n) 而將其兩端接於一衝擊電流計 G 如圖(29.2)。設鐵環原係毫無磁性, 而當其線圈 P 中電流自 0 增至 i 時, 穿過線圈

S 之磁通量鏈數之變更值為 nBa , 故在電流計線路中乃有被感應之電動勢, 其平均值為 $\bar{e} = \frac{nBa}{t}$ (t 表電流自 0 增至 i 所需之時間)。如電流計線路中之總電阻為 R_2 , 則此平均電動勢所產生之平均電流將為 $\bar{i} = \frac{\bar{e}}{R_2} = \frac{nBa}{tR_2}$, 而在 t 時間內, 電流計中所通過之電量為

$$Q = \bar{i}t = \frac{nBa}{R_2} \quad (2)$$

若衝擊電流計之常數已用他法求得, 則 Q 之值可由電流計之第一次偏轉

算得之; n, a, R_2 既均易量得, B 之值遂得應用方程 (2) 以求之。在方程 (2) 中, 如 Q 與 R_2 均以實用單位計 (即庫倫與歐姆), 則 B 之單位亦為實用單位。1 實用單位之 B 等於 10^8 電磁單位, 故若欲將所求得之 B 改用電磁單位計, 則方程 (2) 須改寫作

$$B = \frac{QR_2 \times 10^8}{na} \quad \text{電磁單位} \quad (3)$$

如是, 將方程 (3) 之 B , 除以方程 (1) 之 H , 即得樣本之導磁係數 μ 以電磁單位計得之值。

目的 用衝擊電流計求一鐵環之磁化曲線與導磁係數。

儀器 (1) 鐵環上繞有 P 與 S 兩線圈; (2) 可變電阻 R (此電阻亦可用本實驗 B 所述之特製電阻); (3) 已知電阻 R' ; (4) 衝擊電流計 G

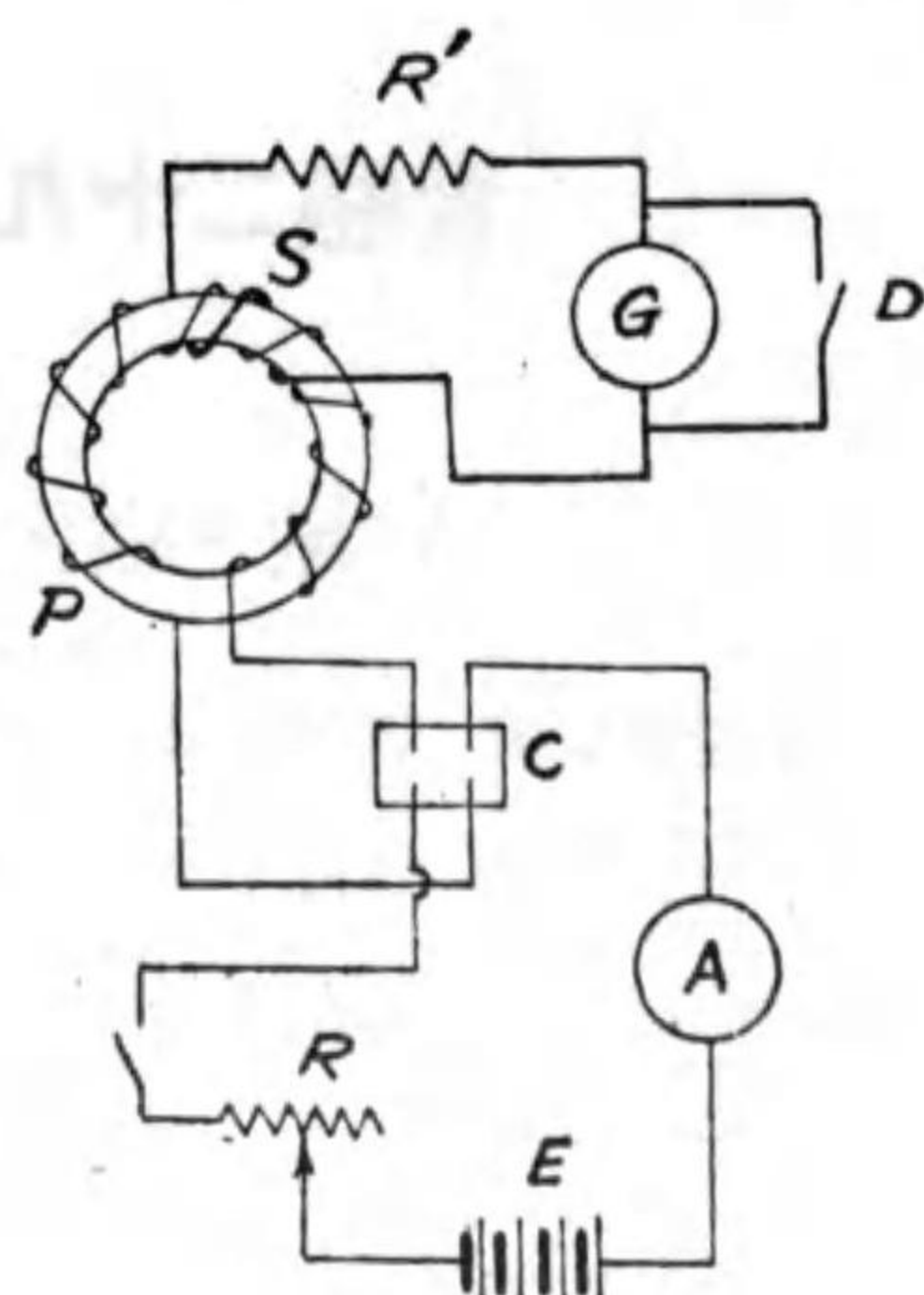


圖 29.2

(電阻與常數均已知); (5) 電池 B ; (6) 安培計 A ; (7) 阻尼電鑰 D ; (8) 電鍵 K ; (9) 特製之換向器 C (圖 29.2 及 29.3)。

特製之換向器係用以消除環中之磁性之用。此器上有一轉柄, 今若一方減少 P 線圈中之直流電, 一方急轉此轉柄,

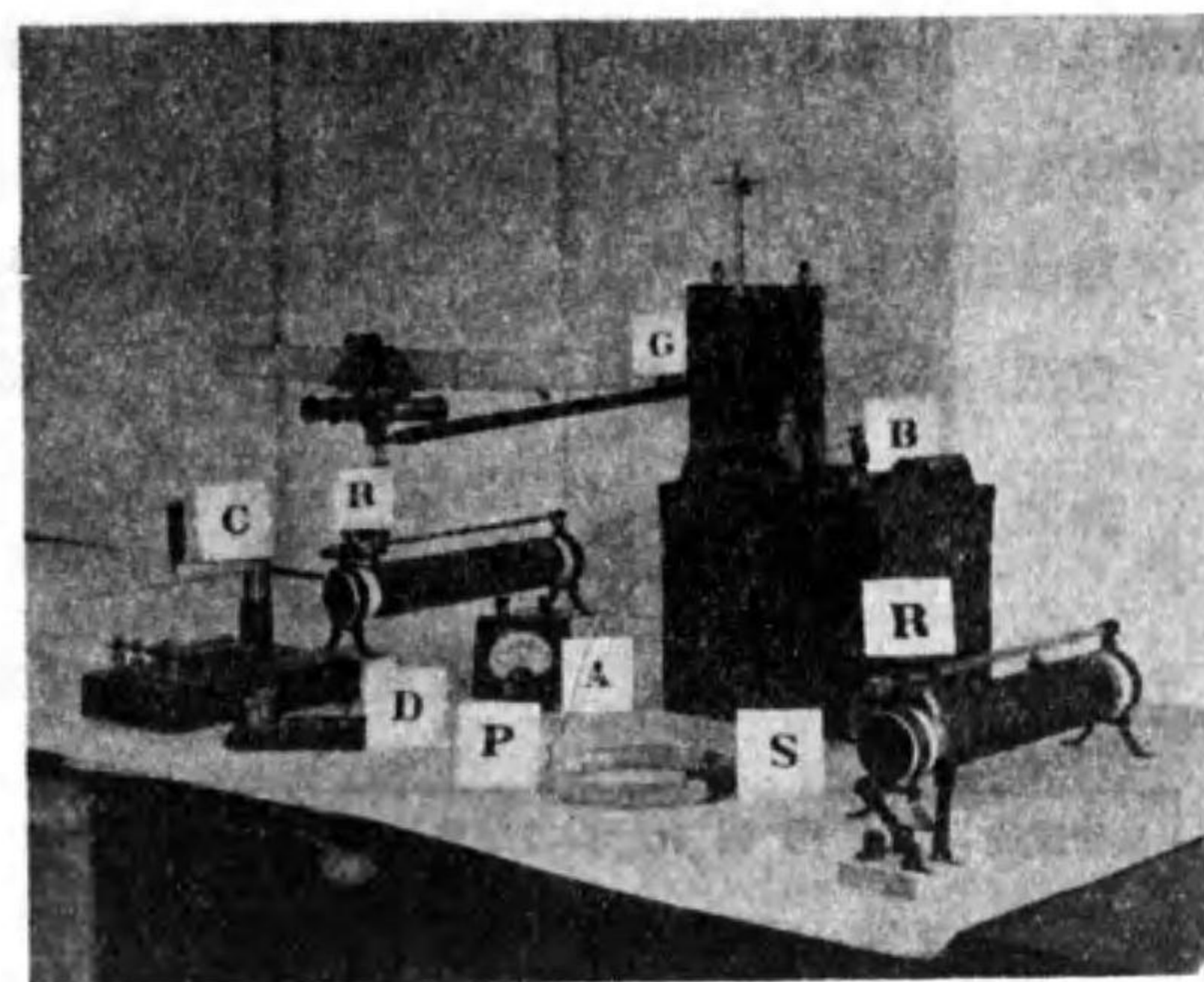


圖 29.3

則當電流減為 0 時, 環之磁性亦當已完全消滅。

實驗步驟 (1) 將各儀器按圖 (29.2) 接好, 經教員檢查無誤後, 方得開始試驗。

(2) 按實驗二十五 B 所述, 調節電流計 G 與其附屬之望遠鏡, 並用電鑰 D 以速止其擺動。

(3) 關下電鍵 K , 一方急轉換向器, 一方令線圈 P 中電流漸減於 0, 以消除鐵環之磁性。次漸增 P 中電流至一值 i , 乃謹慎的轉動換向器之曲柄 C , 使電流自 i 改為 $-i$, 而觀察電流計 G 之第一個偏轉 d 。試驗三次。由所得之平均 d 及電流計之常數, 計得所通行之電量; 取其半作方程 (3) 中之 Q 。關下電鑰 D 以速止電流計中線圈之擺動。

(4) 將鐵環之磁性再完全消除後, 令 P 線圈中電流自 0 增至另一

值 i , 再按上述步驟求電流改為反方同值後, 電流計中偏轉 d 。改換所用電流之價值十餘次, 至偏轉 d 增大之值不多為止。所得結果及計算可登記如下:

電流計常數 $c =$ 庫侖/毫米偏轉。

電流計線路中總電阻 $R_2 = R' + G =$ 歐姆

線圈 P 之圈數 $N =$; 平均半徑 $r =$ 厘米; $\frac{N}{5n} = a =$

線圈 S 之圈數 $n =$; 截面積 = 方厘米; $\frac{cR_2}{na} \times 10^8 = \beta =$

| 激磁電流 i (安培) | 偏轉 d (毫米) | 磁化力 $H = ai$ | 磁感應強度 $B = \frac{\beta d}{2}$ | 導磁係數 $\mu = \frac{B}{H}$ | 磁化強度 $I = \frac{B-H}{4\pi}$ | 磁化係數 $k = \frac{I}{H}$ |
|------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

作圖 (1) 以 H 為橫坐標, B 及 I 為縱坐標, 分別畫曲線於方格紙上以表示所得磁化曲線之形式。

(2) 以 H 為橫坐標, μ 及 k 為縱坐標, 亦分別畫曲線於方格紙上以表示其變化之情況。

問題

(1) 試說明磁化曲線之形式。

(2) 磁化強度之定義可為每單位面積上之磁極強度, 或每單位體積中之磁矩, 試自此定義推證

$$I = \frac{B-H}{4\pi}。$$

(3) 設所用衝擊電流計之常數不知, 試述如何利用本實驗之原則以求此常數之方法。

(B)磁滯迴線

原理與定義 設有已磁化之鐵，今漸減其所受之磁化力 H ，則其磁感應強度 B 將不依 H 增加時之情況而減小。即使所加之磁化力為 0，鐵中磁性仍有一部分存在，是為剩磁。若欲消除鐵之磁性，須加一適當之反向磁化力，此反向磁化力之名為矯頑力。此後，若繼續增大此反向磁化力，則鐵中之磁感應強度 B 亦向反方增大。如增大至某值時，復將磁化力減小，則 B 之減小亦將不能達到前此各值。此現象名為磁滯。若令磁化力 H 在兩固定之範圍內變化，所得之 BH 曲線兩端將互相連合而成一迴線。此迴線常名為磁滯迴線。

目的 求一鐵環之磁滯迴線。

儀器 除用特備之可變電阻（圖 29.4）以代實驗 A 之 R 外，餘均同前。

此實驗所用之 R ，為多個線圈，各有其節制之電鍵，以便次第將各電阻並聯，其接法略如圖（29.5）。

實驗步驟 (1)按圖（29.2）接好，以特備之電阻代 R 。經教員檢查無誤後，方得開始試驗。

(2)按實驗二十五所述，調節電流計 G ，與其附屬之望遠鏡，並用電鍵 D



圖 29.4

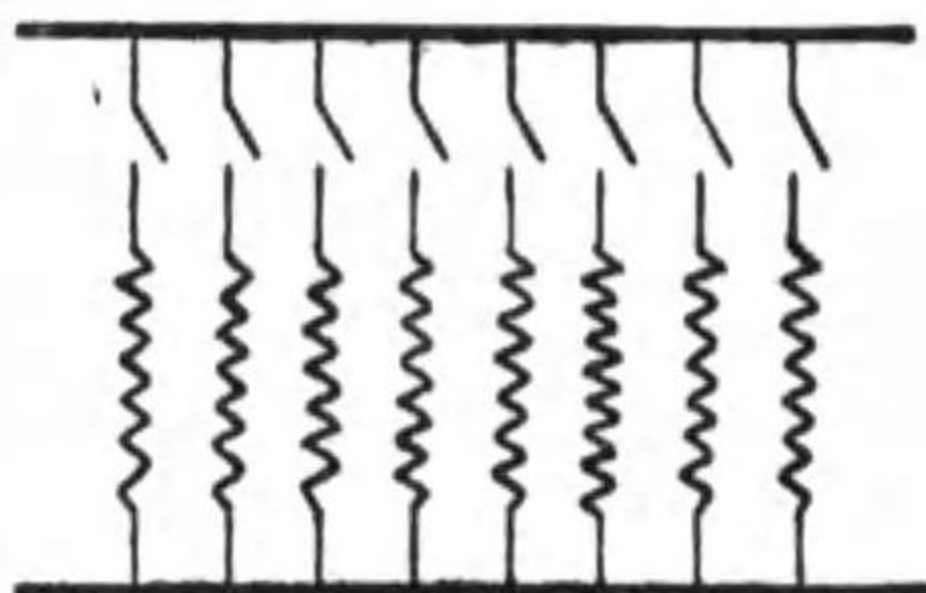


圖 29.5

以速止其擺動。

(3)關下阻尼電鍵 D ，再開電鍵 K_1 及 R 上各電鍵。一方急轉換向器，一方自左依次開啓 R 上各電鍵，使線圈 P 內電流漸減於 0，以消除鐵環之磁性。

(4)次開啓阻尼電鍵 D ，自右依次關閉 R 上各電鍵 S ；每關一電鍵，即觀察安培計之示數 i 與電流計之偏轉 Δd （由所得之各偏轉，即可計得當電流自前一值增至次一值時，通行於電流計中之電量，故欲得當電流自 0 增至 i 時之總電量，須將自 0 至 i 各次之 Δd 悉行相加方可用以計算，故登記之時，各偏轉可用 Δd 作符號）。

(5) R 上所有電鍵悉關閉後，乃自左復依次開啓之。再觀察安培計之示數 i 與 Δd 。

(6)電流 i 既減為 0，乃謹慎的將換向器改向，使此後電流之方向適反前，然後再依次自右關閉 R 上各電鍵至電流達反方最大值時，乃復依次自左開啓之。每關一個電鍵，即記下安培計之示數與電流計之偏轉 Δd 。

(7)反方電流 i 亦減為 0 後，乃復謹慎的將換向器改向，使此後電流之方向復與原始時同，然後再依次自右端始，關閉 R 上各電鍵，至電流復達原始之最大值時為止。（若試驗畢，照下述所繪之曲線不能迴合，其所示者，乃鐵環之原有磁化情況尚未消失完盡。遇此之時，本實驗須重行作過。）

各觀察結果及計算可登記如下：

電流計常數 $c =$ 庫侖/毫米偏轉

電流計線路中總電阻 $R_2 = R' + G =$ 歐姆

線圈 P 之圈數 $N =$; 平均半徑 $r =$ 厘米; $\frac{N}{2r} = \alpha =$

線圈 S 之圈數 $n =$; 截面積 $a =$ 方厘米; $\frac{cR_2 \times 10^8}{na} = \beta =$

| 激磁電流 i (安培) | 偏轉 Δd (毫米) | 偏轉總值 $\Sigma(\Delta d) = d$ | 磁化力 $H = \alpha i$ | 磁感應係數 $B = \beta d$ |
|------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

作圖 以 H 為橫坐標, B 為縱坐標, 作曲線於方格紙上, 以表示原始磁化曲線及磁滯迴線之形式。

問題

- (1) 試在所畫之迴線上, 表示剩磁與矯頑力各若干。
- (2) 問迴線面積之大小, 其意義為何?

實驗三十 無線電

(A) 電的共振

原理與定義 (1) 令電路之自感係數為 L , 其電容為 C , 則當電流在其中自由振動時, 其振動週期為 (L 與 C 須用同制度之單位計之):

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{秒} \quad (1)$$

其頻率 f 則為

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

由此等振動所輻射之波浪, 即無線電波。無線電波與光波同, 均為電磁波之一, 其傳播速度均約等於 3×10^{10} 厘米/秒。若在振動電路旁, 置另一電路, 而改變第二電路之自感係數或其電容, 則當其固有週期與振動電路相等之時, 第二電路中之電流將激增。此時, 第二電路可視為與第一電路共振。調節一電路使與另一電路共振之手續, 常名為調諧。

無線電波之傳播速度既約為 3×10^8 米/秒, 故週期與其波長 λ 之關係為:

$$\lambda = 3 \times 10^8 T \quad \text{米} \quad (2)$$

(2) 利用共振電路之已知自感係數 L 與電容 C 以量無線電波之波長之儀器, 名為波長計。簡單之波長計, 可由一自感係數 L 與一可變電容 C 及一檢查共振之儀器組成之。由共振時電容 C 之值, 應用方程(1)

與(2)即可計得所求之波長或頻率。

目的 校正一自製之波長計並配合一晶體收音機。

儀器 (1)波長計 W ; (2)蜂音器 B 及電池 E 與電容 C_0 (約1微法拉); (3)線圈 L 及可變電容 C ; (4)結晶檢波器 D 與電話耳機 T ; (5)旁路電容 C_1 (約0.001微法拉); (6)天線與地線; (7)電鑰 K (圖30.1)。

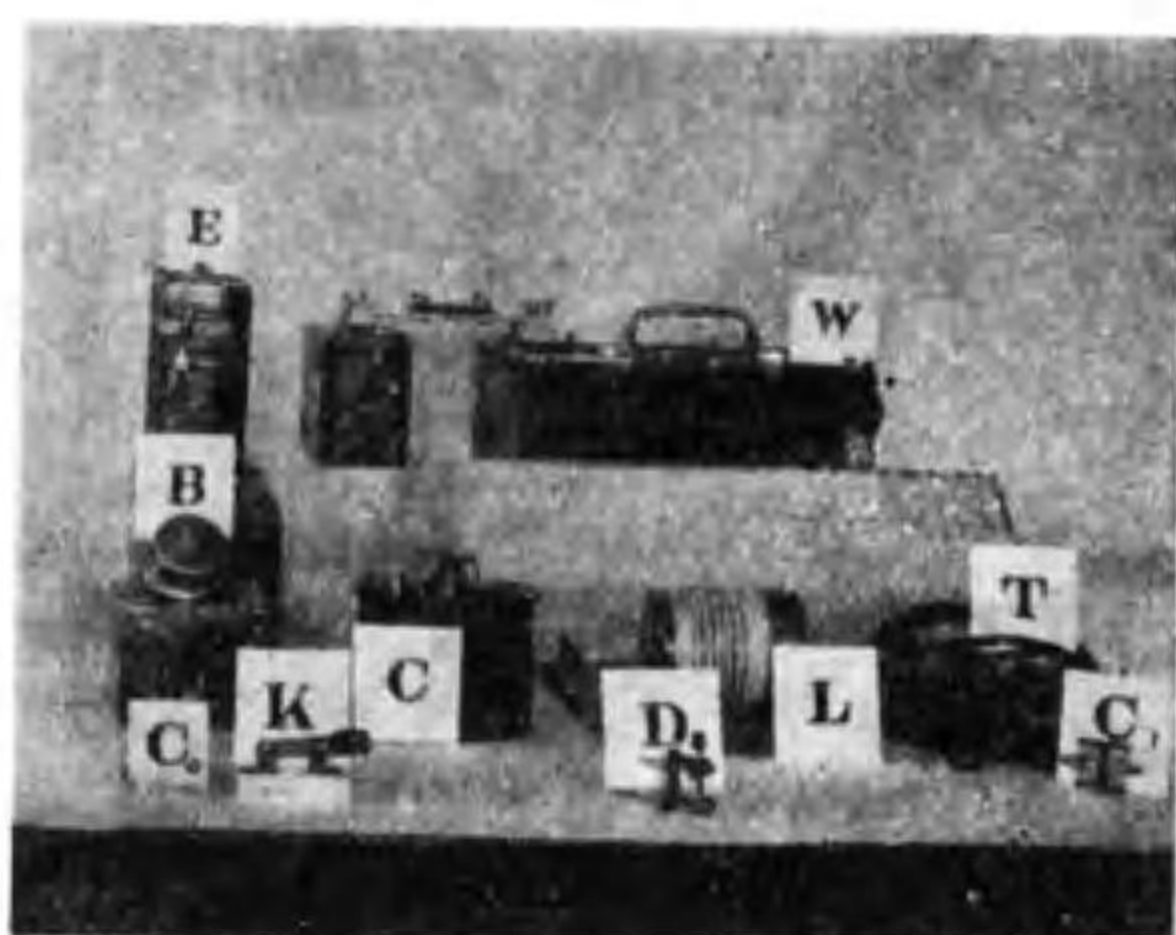


圖 30.1

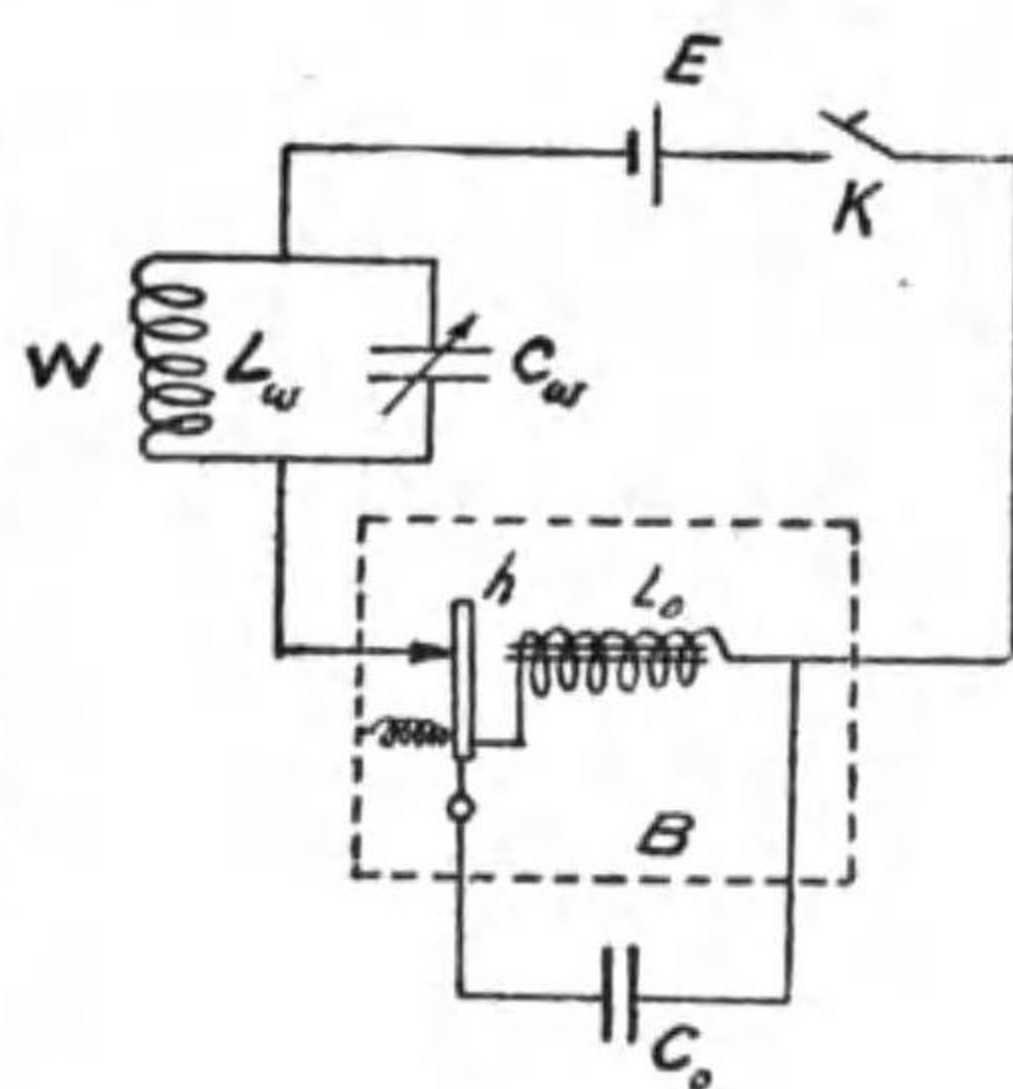


圖 30.2

圖(30.2)示產生頻率已知之電流之簡便方法。 W 為波長計,與蜂音器 B , 電池 E 及電容 C_0 可聯接如圖。當每次蜂音器 B 內之斷流片 h 被線圈 L_0 內鐵心所吸而斷絕電路時, 在波長計之線圈 L_w 及電容 C_w 線路中, 即有一列之阻尼波通過。此列阻尼波之波長係由波長計之 $L_w C_w$ 定之, 故變更波長計之電容, 即可得波長不同之各振動。

無線電波之頻率甚高, 不能影響尋常電話耳機中鋼膜使之振動, 故如欲檢查阻尼的無線電波或波幅變更之無線電波如圖(30.3)甲或乙時, 須先將其矯正為單向的電流如圖(30.3)丙或丁。欲達此目的, 可用有單

向導電性的晶體, 如“自然銅”之類, 以作檢波器。如將經過檢波器後之電流, 通過一電話耳機之線圈, 則耳機中鋼膜將隨其振幅之大小而變更其位置如圖(30.3)戊與己而成音。

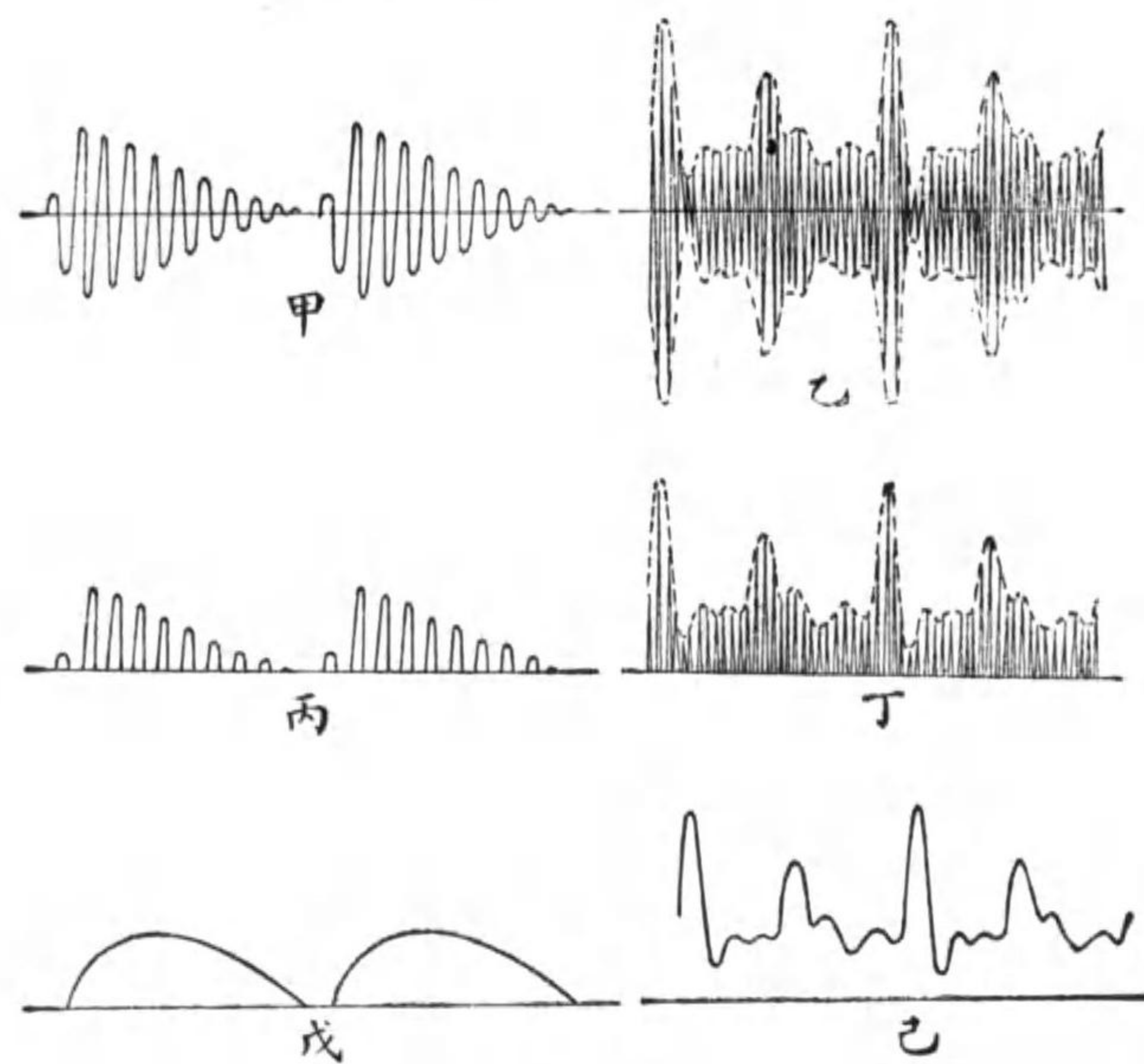


圖 30.3

實驗步驟 (1) 將波長計與蜂音器按圖(30.2)接好。如蜂音器所發之音太大, 可置之於四面包有棉花之匣中。

(2) 將線圈 L (直徑約 $2\frac{1}{2}$ 吋, 圈數約 60, 此上尚有另一線圈 L' , 線較細, 圈數較少, 暫不用) 與可變電容 C 並聯, 再接以晶體檢波器 D 及耳機 T 如圖(30.4), 以作待校之波長計 (C_1 可不用)。

(3) 令 L 與波長計 L_w 稍靠近。關下電鑰 K (圖 30.2), 以激動蜂音器。調變 C_w 使波長計所示之波長為 300 米。

(4) 徐徐變更 C 上之盤至耳機中聲音最大時, 記下 C 盤面示數。如波長計與線圈之距離太近, 有時聲音最大之 C 值有二。遇此之時, 須將 L_w 與 L 稍離遠, 至兩 C 值符合為止。

(5) 變更所用之波長約十次 (自 300 至 600 米), 記下每次之波長與 C 之示數。

(6) 取去蜂音器及波長計 W ; 將繞於 L 下之線圈 L' (圈數約 30) 之兩端分別接於天線與地線, 如圖 (30.5)。

(7) 徐徐調諧 C 至可聽及某電臺所送出之音樂, 或語言, 或電報信號時, 記下 C 之示數。如有充分時間, 聽得電臺呼號後, 再改聽另一電臺。

所得結果可登記如下:

(a) C 與波長

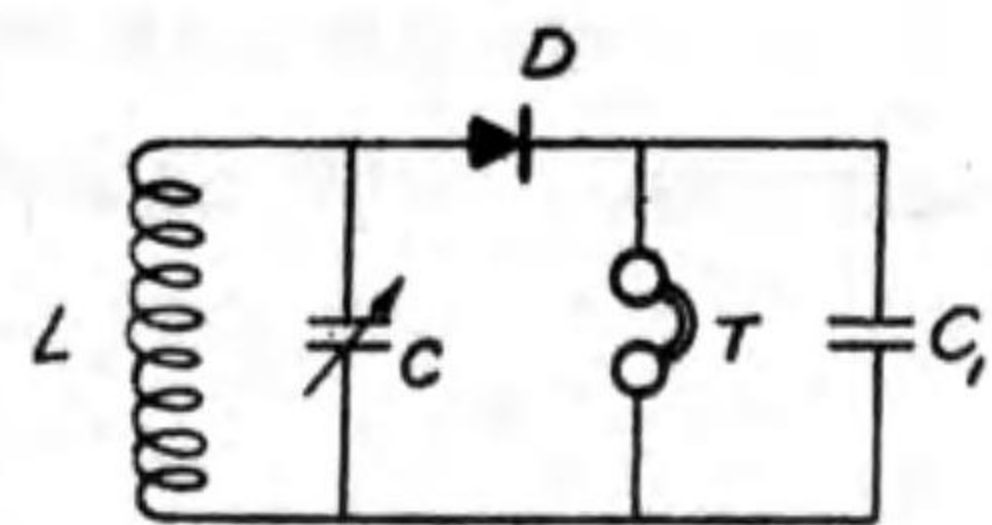


圖 30.4

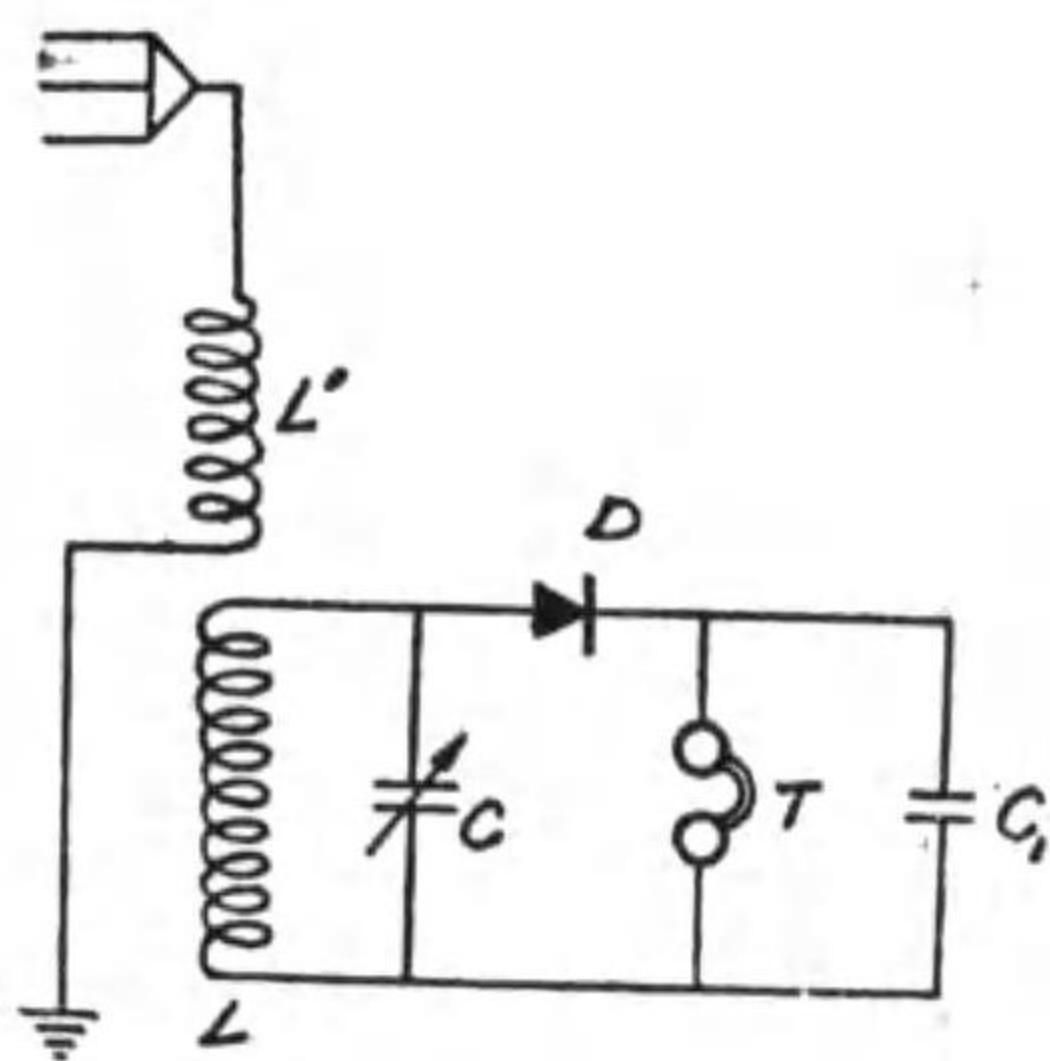


圖 30.5

| C (度數) | 波長, λ (米) | C (度數) | 波長, λ (米) |
|----------|-------------------|----------|-------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

(b) 電臺名稱與波長

| 電臺呼號 | 地點 | 節目性質 | C (度數) | 波長 (米) |
|------|----|------|----------|--------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

作圖 以 C 為橫坐標, λ 為縱坐標, 作曲線於方格紙上, 以表二者之關係; 並在此曲線上註明各電臺之名稱及呼號。

問題

- (1) 問 L 與 C 在電學之性質與力學中何二量之性質相似?
- (2) 問南京中央廣播電臺之頻率若干?

(B) 兩極真空管之特性與應用

原理與定義 當金屬體之溫度升高至適當價值時，其中之電子將有一部分被擠出體外。若在導體旁另置一金屬板而將一電池之正極接於板，其負極接於熱體，則射出之電子將有被版吸引而成爲電池中之電流者。如版之電位係負值，則電子不能被吸，而電池中將無電流。通常真空管中之熱體，多爲一細絲 F ，另通以電流而熱之。燃燒細絲之電池，常名爲 A 電池組；加於版 P 與絲 F 之電池，則名爲 B 電池組。如維持絲中電流 I_f 不變（即其溫度亦不變），則增高加於版極之電動勢 E_b 之效果，將使版絲電路中之電流 I_p 增大。

目的 求兩極真空管之特性曲線並造一雙極真空管接收機。

儀器 (1) 兩極真空管（用鎢絲者爲佳）與燈座；(2) 安培計與毫安培計 mA 各一具；(3) A 電池組（約 6 伏）；(4) B 電池組（最大值約 100 伏特）；(5) 伏特計 V ；(6) 線圈 L, L' 與電容 C ；(7) 電話耳機 T 與旁路電容 C_1 ；(8) 電鍵及可變電阻 R ；(9) 天線及地線（圖 30.6 及 30.7）。

實驗步驟 (1) 細察燈座與真空管底之構造；問教員

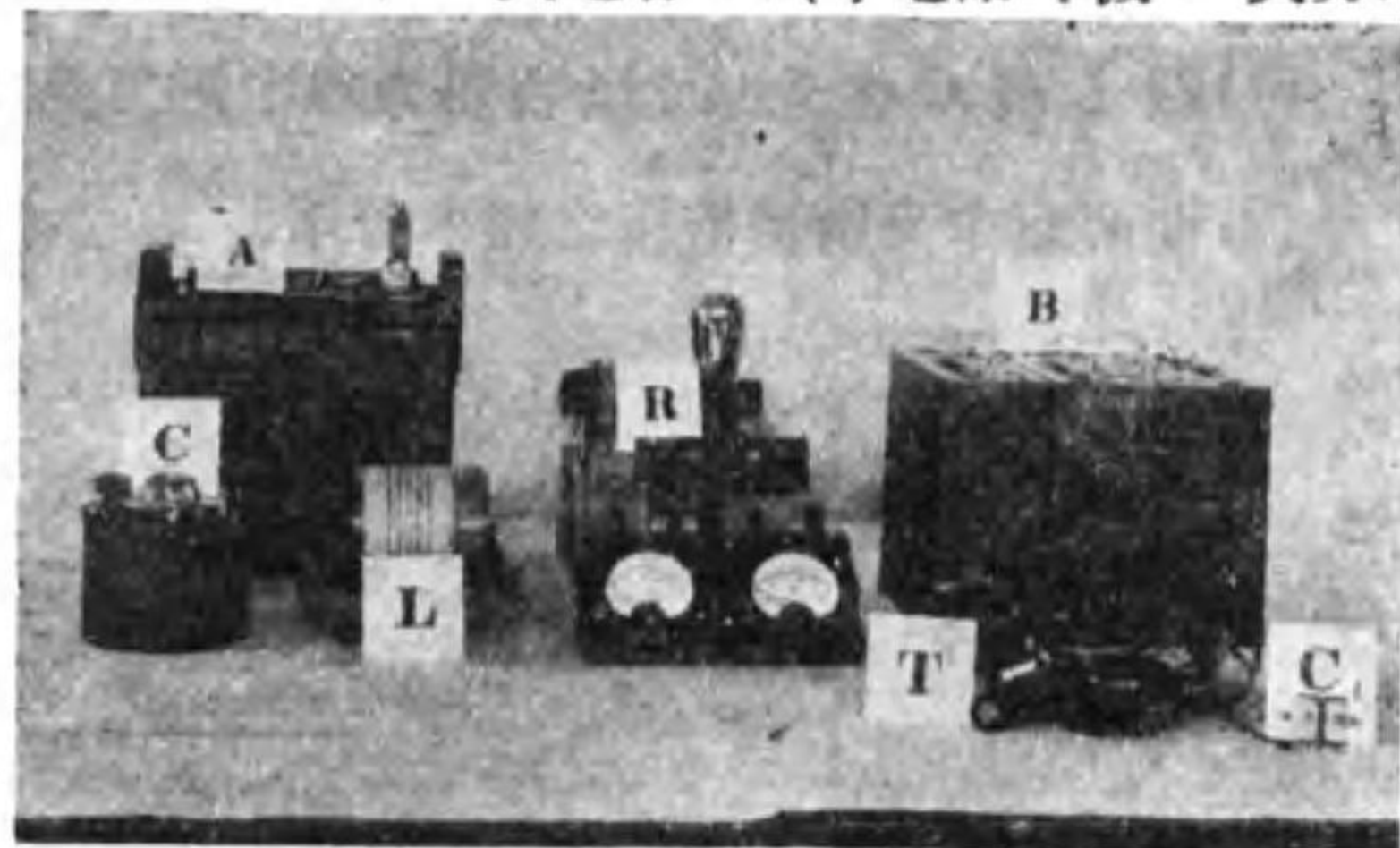


圖 30.6

如何將燈插入座中；在所接之線路未經教員認可之前，真空管不得插於燈座上，以免燒壞。

(2) 將電池，安培計與伏特計按圖 (30.7) 接好，經教員檢查無誤後，方得將真空管插入燈座。注意燈絲所需電流 I_f 較大，須用安培計量之，版絲電路中之電流較小，可用毫安培計 mA 量之。

(3) 關下電鍵 S ，調節可變電阻 R 使燈絲中電流爲規定之值

（可問教員）。維持此值不變，變更 B 電池組所施於版之電壓 V 約十次（自 0 至 100 伏），記下每次之 V_p 與 I_p 。

所得結果可登記如下：

真空管式名： ；規定之 $I_f =$ 安培

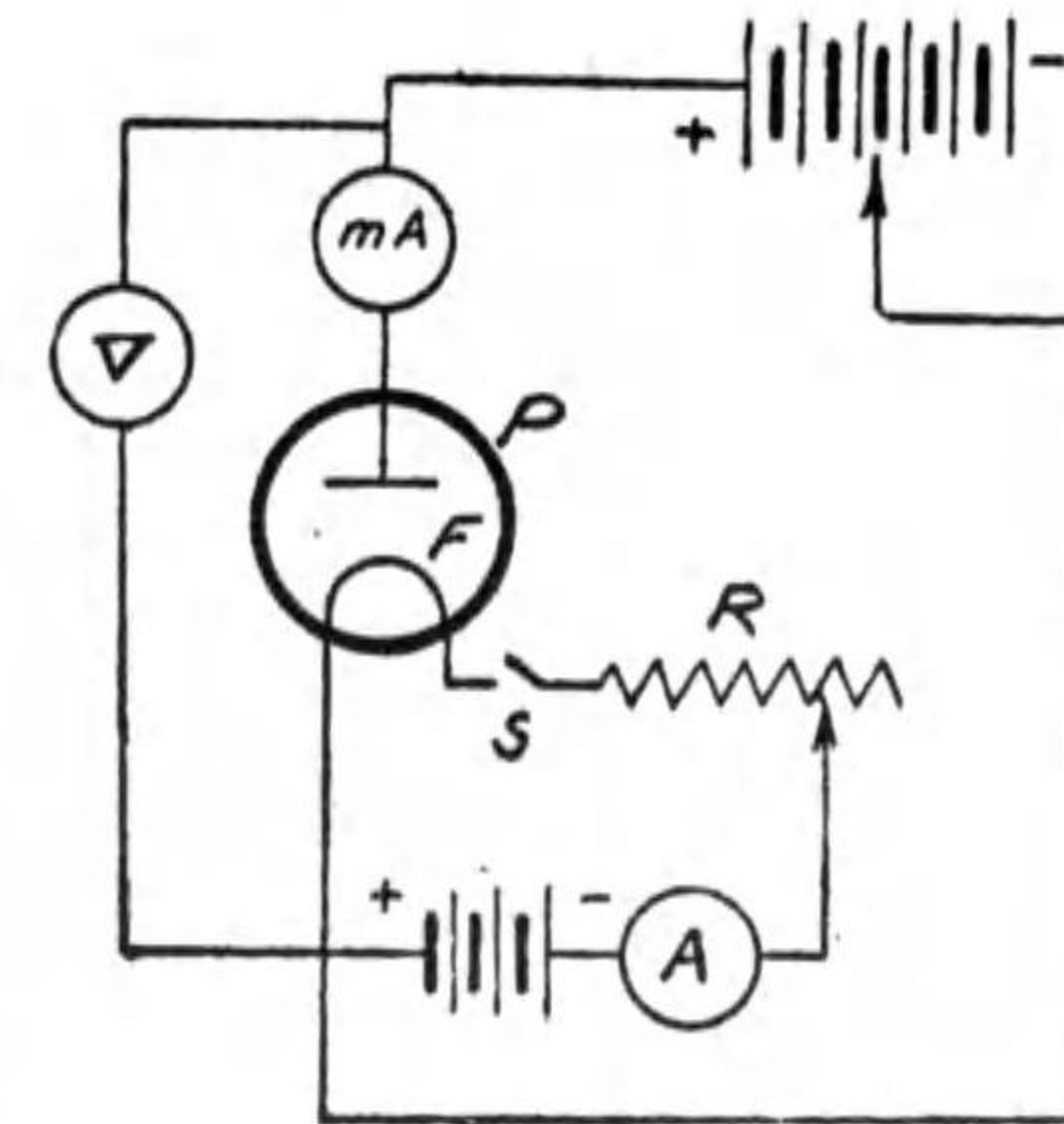


圖 30.7

| $I_f =$ 安培 | | $I_f =$ 安培 | | $I_f =$ 安培 | | $I_f =$ 安培 | |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| V_p (伏特) | I_p (毫安培) | V_p (伏特) | I_p (毫安培) | V_p (伏特) | I_p (毫安培) | V_p (伏特) | I_p (毫安培) |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(4) 將 R 增大，令 I_f 約僅爲規定值之 $\frac{9}{10}$ ， $\frac{8}{10}$ 及 $\frac{6}{10}$ 各值，再依上述

求 V 與其對應之 I_p 。

(5) 將真空管代本實驗 A 之晶體檢波器 D ，聯接如圖 (30.8)。調諧 C 以聽各電臺。

作圖 以 I_p 為橫坐標， V_p 為縱坐標，作數曲線於方格紙上以示在定值 I_f 下， V_p 與 I_p 之關係。

問題

- (1) 試說明所得各曲線之形式。
- (2) 試比較兩極真空管檢波器與晶體檢波器之優劣。
- (3) 除檢波外，兩極真空管尚有何種應用。

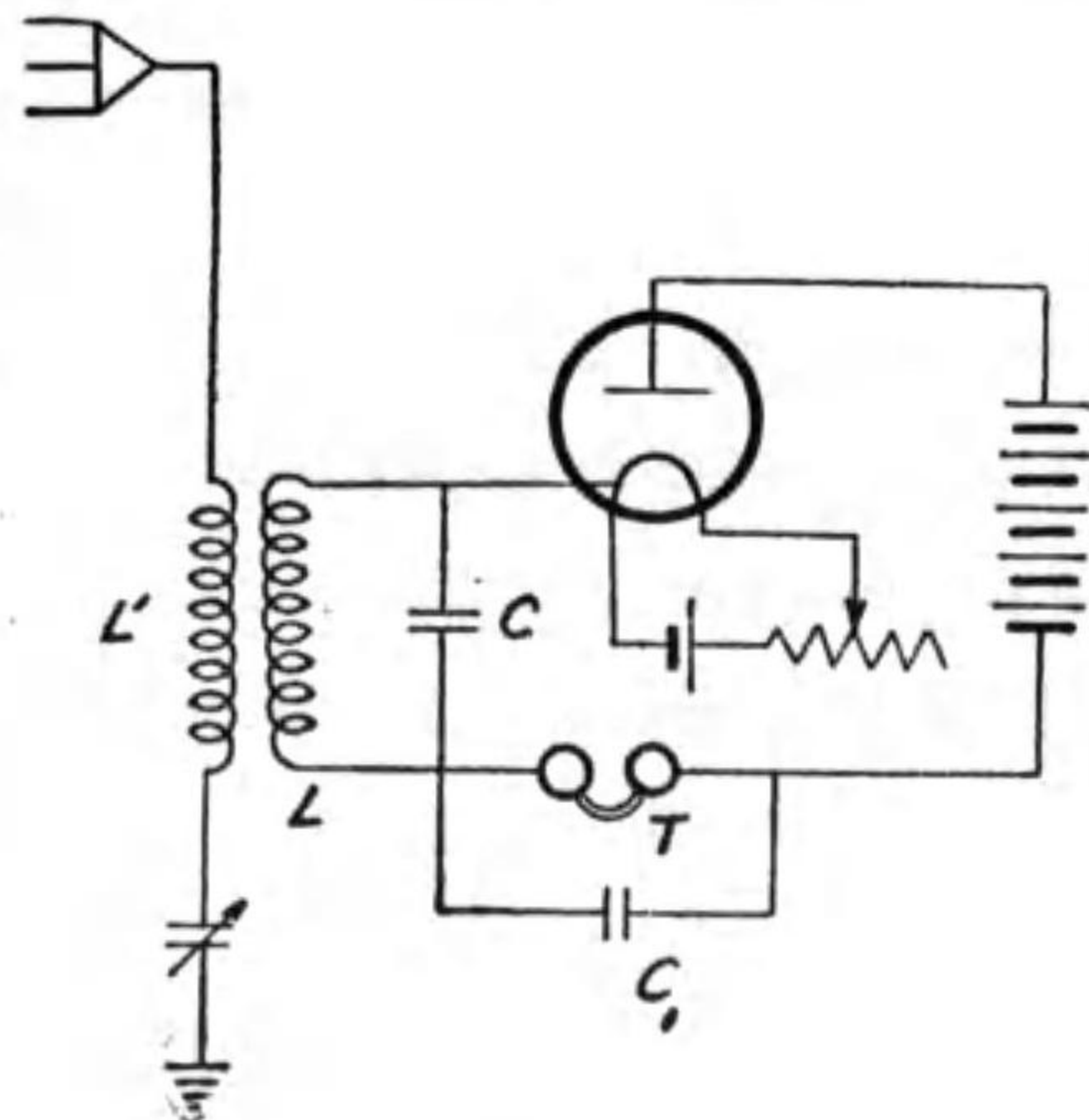


圖 30.8

(C) 三極真空管之特性與應用

原理與定義 在兩極真空管中，版絲線路電流 I_p 之大小係由燈絲電流 I_f 及版極電位 V_p 節制之。今若在管內版 P 與絲 F 之間，放置一有孔之另一電極 G ，則穿過此電極 G 而被 P 所吸引之電子數目亦由此電極之電位節制之。此電極之形狀頗似柵欄，今名之為柵極。柵極 G 與絲極 F 所接之電池，常稱為 C 電池組，以別於絲極所用之 A 電池組及版極間之 B 電池組。

因柵極位在版與絲之間，故其電位變更 1 單位之效果，較版極電位變更 1 單位之效果大若干倍。此倍數常名為真空管之放大係數。因此作用，三極真空管常可用以放大微小之電壓。

目的 求三極真空管之特性曲線並製一三極管接收機。

儀器 (1) 三極真空管及燈座；(2) A 電池組 (約 6 伏)；(3) B 電池組 (約 100 伏)；(4) C 電池組 (約 20 伏)；(5) 安培計三具 (量 I_f 者約 1-2 安培，量 I_p 者約 200 毫安培，量 I_b 者約 50 毫安培)；(6) 伏特計二具 (量 V_p 者約 100 伏，量 V_c 者約 20 伏)；(7) 可變電阻 R 及電鍵；(8) 線圈 L, L_1, t 及電容 C ；(9) 電話耳機 T 及旁路容電器 C_1 ；(10) 漏阻 r 與容電器 C_2 ；(11) 換向器 K (圖 30.9)。

線圈 L, L' 之大小與圈數均可與本實驗 A 所用者同，惟在其上須加一小線圈 t 可在 L 中自由移轉者。漏阻 r 與 C_2 約各為 10^6 歐姆及 0.001 微法拉。

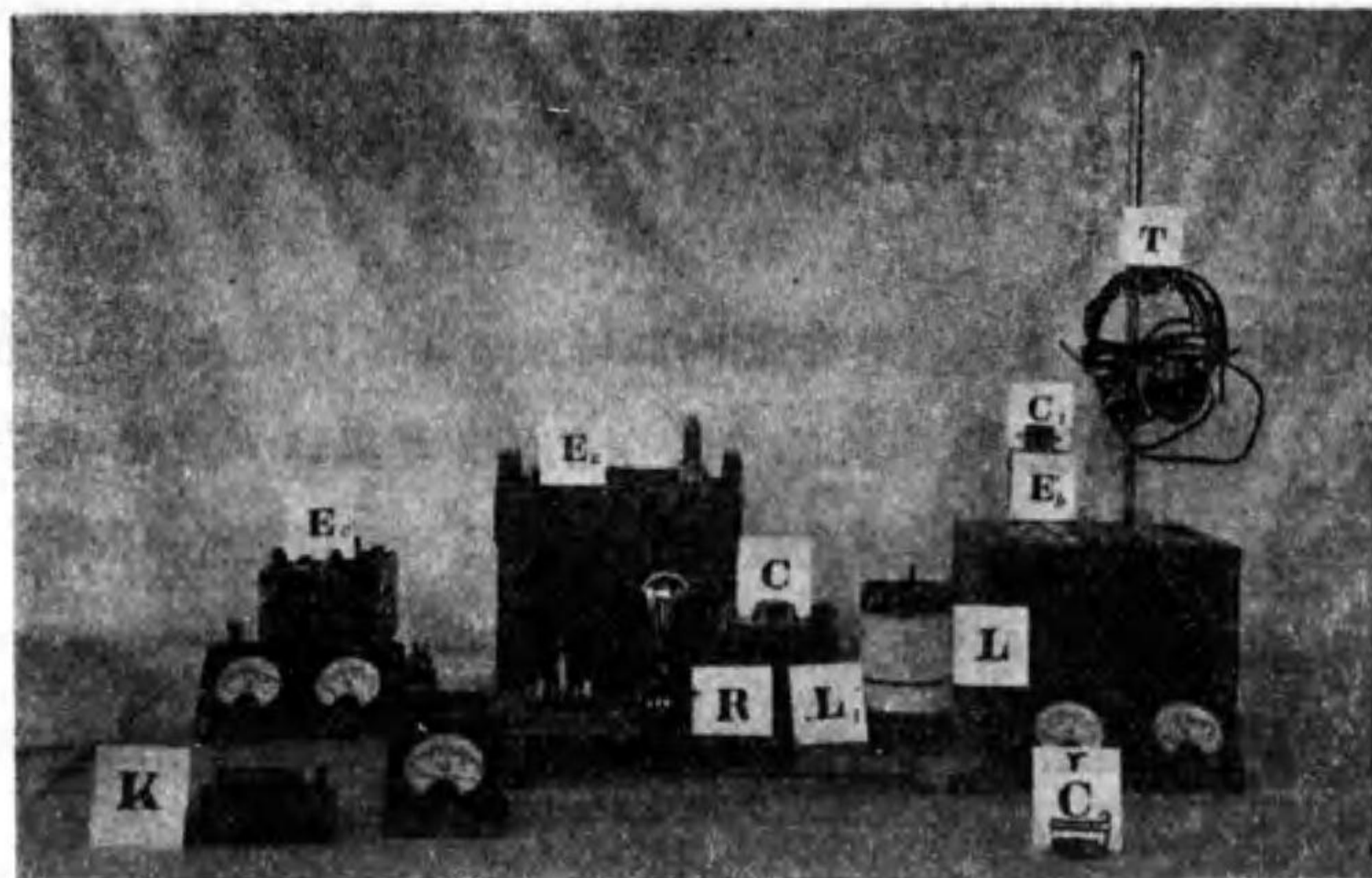


圖 30.9

實驗步驟 (1) 細察真空管底與燈座之構造，問教員如何將管插入座中。在所接之線路未經教員認可以前，不得將真空管插於燈座中，以免燒壞。

(2) 按圖 (30.10)，接好各儀器與電池，經教員檢查認可後，乃將真空管插入燈座中。

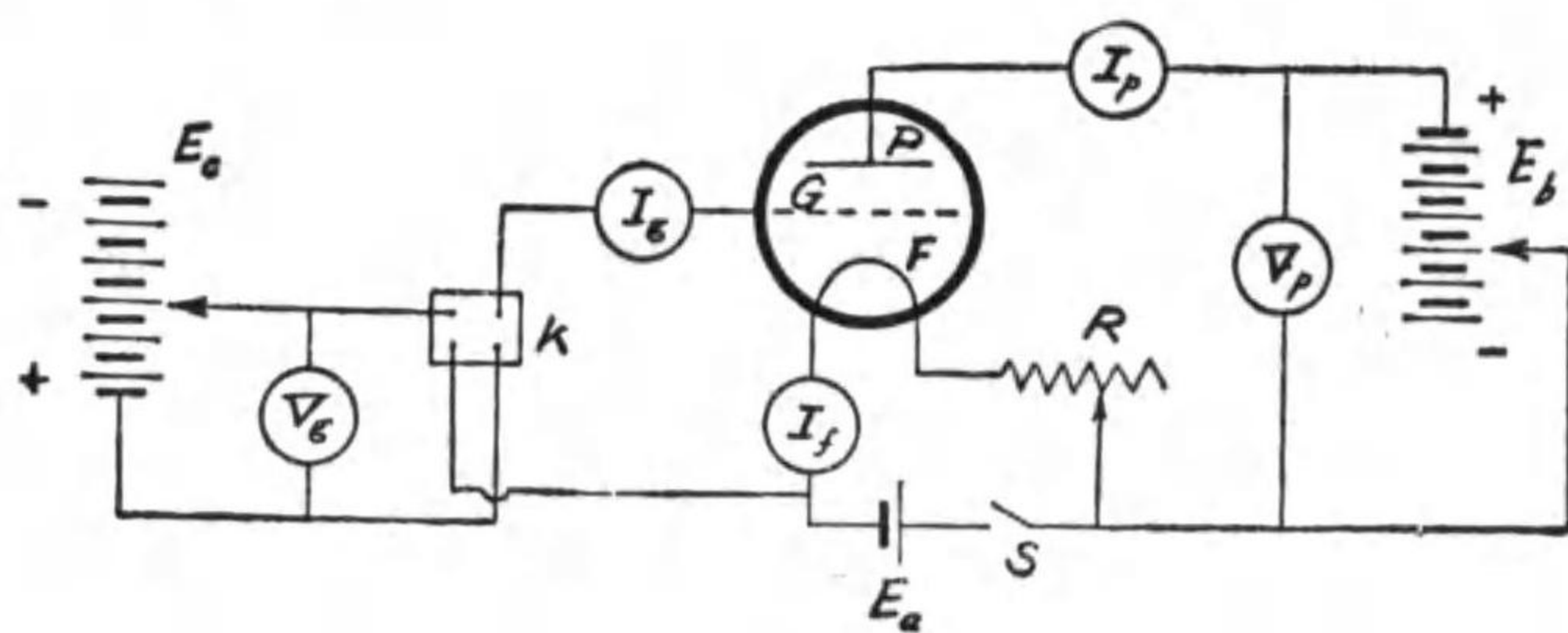


圖 30.10

(3) 用換向器 K 以接柵極 G 於 C 電池組之負極。令 E_0 為最大；關下 S ，再調節 R 至 I_f 達規定之值，此時 I_p 與 I_g 均應為 0。

(4) 維持 I_f 之值不變，增加 V_p 約達 50 伏特，亦維持其值不變。變更 E_0 約十次，使 I_p 自 0 增至最大值。如必要時，可將換向器 K 改接，使 G 與 C 電池之正極相聯。記下各次之 I_p, I_g, V_p, V_g 與 I_f 。

(5) 令 V_p 約為 75 及 100 伏特，再依法試驗各一次。

所得結果可登記如下：

真空管式 _____ ； 燈絲電流規定值 (I_f) = _____ 安培

| $V_p=50$ 伏特 | | | $V_p=75$ 伏特 | | | $V_p=100$ 伏特 | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| V_g 伏 特 | I_p 毫安培 | I_g 毫安培 | V_g 伏 特 | I_p 毫安培 | I_g 毫安培 | V_g 伏 特 | I_p 毫安培 | I_g 毫安培 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

(6) 開啓電鍵 S ，取去 C 電池組與其附件並取出真空管；將線圈 L ， L_1 ， C 及漏阻 r 與 C_2 等接於柵絲電路中，而將電話耳機 T 接於版絲電路中，如圖 (30.11) 實線所示 (t 線圈暫不用)。經教員檢查無誤後，始可將真空管插入燈座中，再將電鍵 S 關下。調節 R 以燃燈絲。

(7) 調諧 C 以聽各電臺。聽畢，將電鍵 S 開啓。

(8) 在圖 (30.11) 中 ab 兩點處，剪斷銅線，而照虛線所示將 t 線圈加入版絲線路中。再關電鍵 S 。先調變 C 使復佔前此聽到電臺之位置。

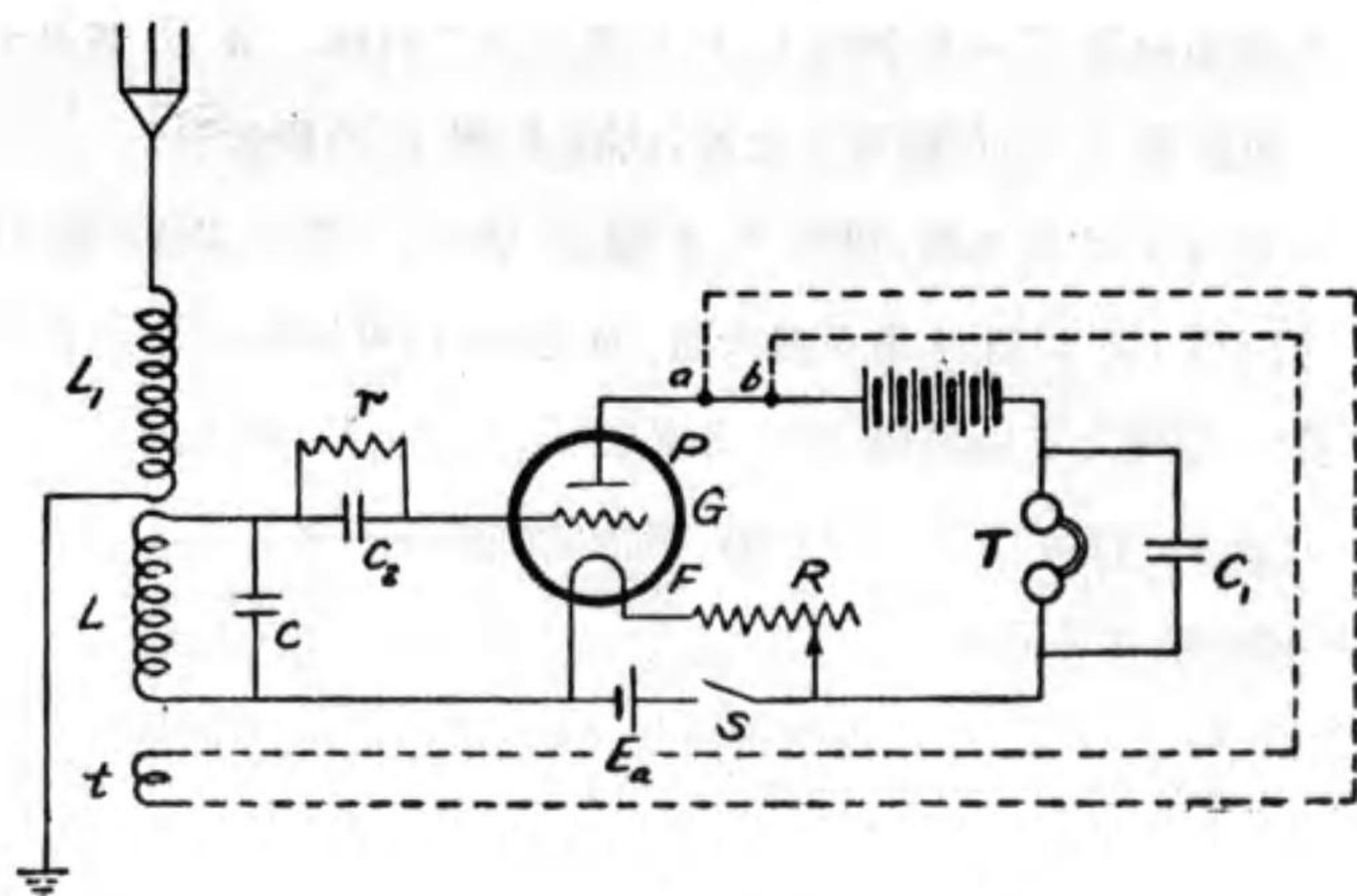


圖 30.11

再旋轉 t 線圈至耳機中幾將發生亂叫之聲為止。同時，再略動 C 以使所聽者為明晰。記下各電臺之呼號等，並述調變 t 線圈之效果。

問題

- (1) 試比較三極管與兩極管接收機之優劣。
- (2) 加用 t 線圈後，何以所收之音更響？其劣點何在？

實驗三十一 光度計

(A) 電燈之發光效率

原理與定義 (1) 被一小光源照亮之面積，其每單位被照亮之程度（簡名為照度），係與面積距光源遠度 r 之平方成正比。此為比較兩光源強度各方法所根據之定律。令 P 點距兩光源之遠度為 r_1 與 r_2 ， I_1 及 I_2 表兩光源之強度，如 P 點被 I_1 與 I_2 照亮之程度係相等，則

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (1)$$

光源強度之單位多用燭光；一單位照度，則等於 1 燭光之光源產生於距光源 1 米之地點之照度。

(2) 一盞電燈之強度，視其所通過電流，或其兩端之電位差之大小而定。為便於測定或比較各式電燈之效率起見，常以耗費 1 瓦特之功率所能產生之燭光數為其發光效率。

目的 求一盞電燈之發光效率與其兩端之電位差變化之關係。

儀器 (1) 光度計 P ；(2) 光具座；(3) 標準電燈 L_s ；(4) 待驗電燈 L ；(5) 伏特計 V 二具；(6) 安培計 A 二具；(7) 可變電阻 R 二具；(8) 直流電源（圖 31.1 及 31.2）。

光度計之較簡者有漫射式與油斑式兩種。漫射式光度計之製法如下：（見圖 31.3 A）將一塊長方形之白蠟切斷為兩塊同樣大小之形式，

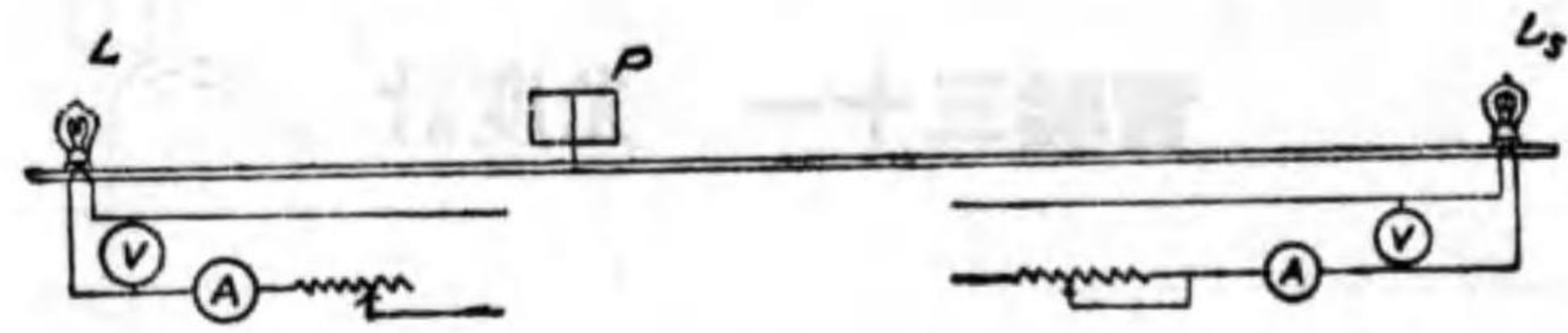


圖 31.1

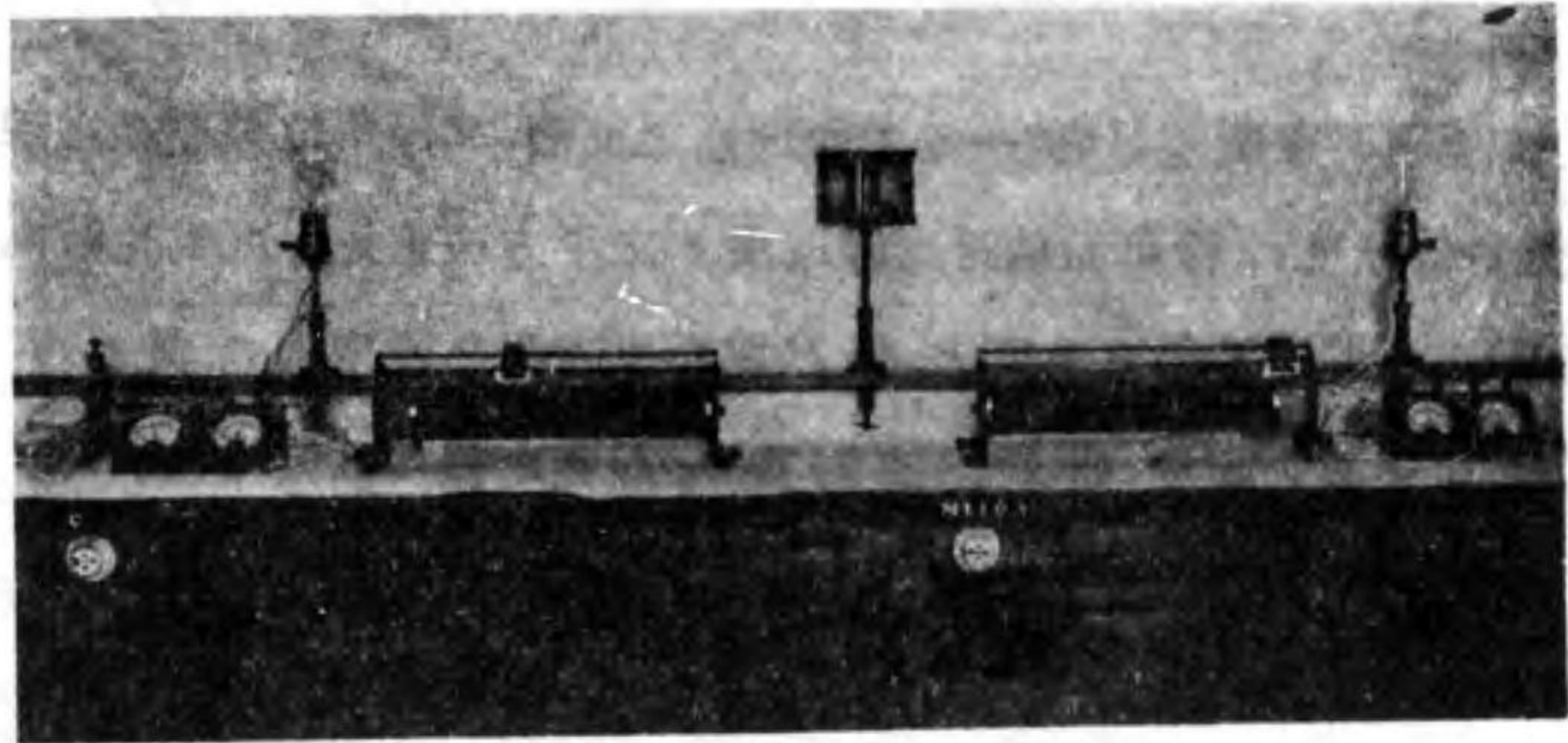


圖 31.2

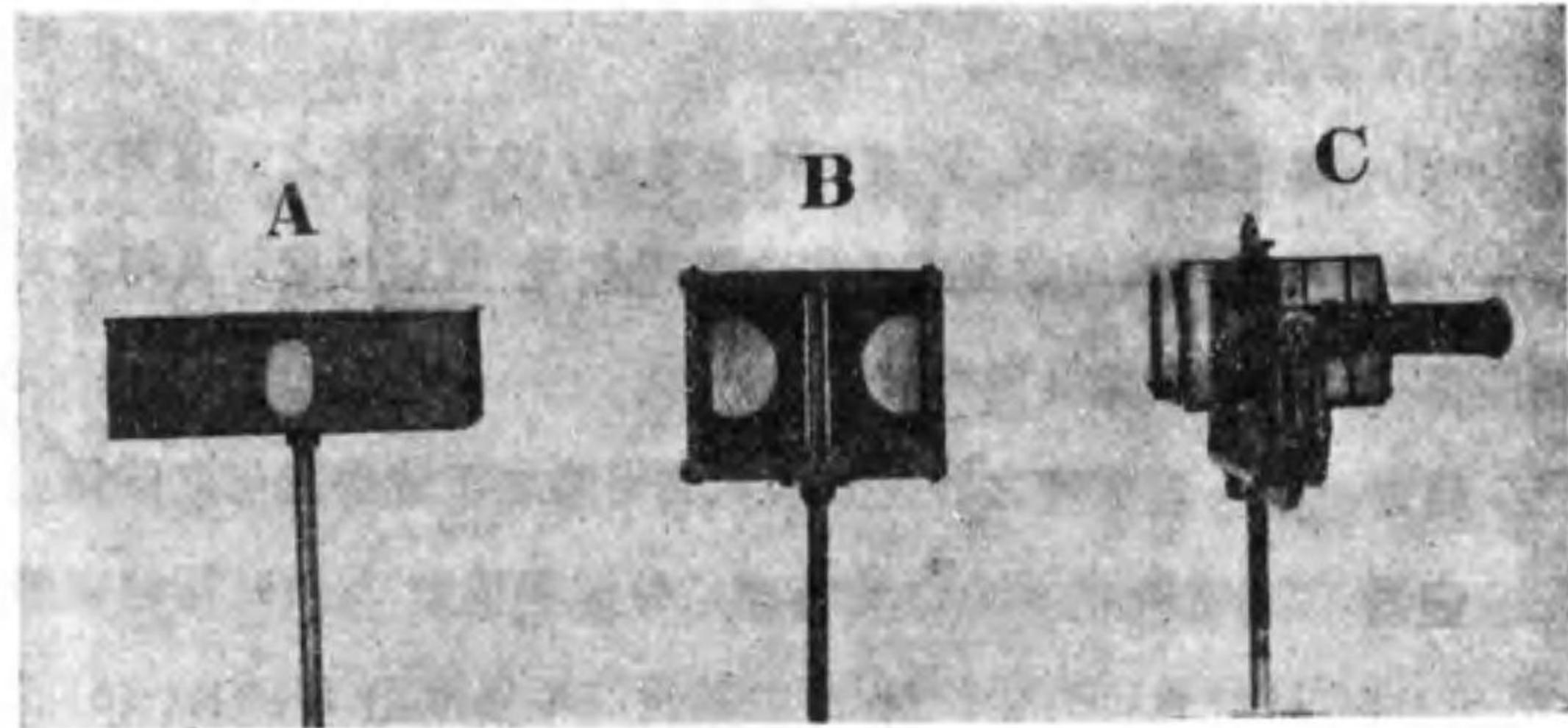


圖 31.3

然後以一片錫箔夾於二者之中，再裝之於一適當之匣，匣左右各有一穴，以收集自左右兩光源所發生之光，其中部亦有一穴，以露出白蠟之兩部而備觀察其是否同亮。

油斑光度計之構造，較漫射光度計稍繁複。一張粗而不發光之紙中心，抹有油斑一小塊。此油斑兩面被照之程度是否相等，可由其在一對斜交之鏡中之像檢查之(圖 31.3 B)。

較精細之光度計則有 Lummer-Brudhum 式。此式光度計之構造大致如圖(31.3 C)。因左右光線所取之路途不同之故，在望遠鏡中，觀者所見之視場，將分為四區域如圖(31.4)。A 與 a 為來自右方光源所照之面積，B 與 b 則為來自左方光源所照之面積。因四者互相襯托，故其亮度是否相同，更易測定。

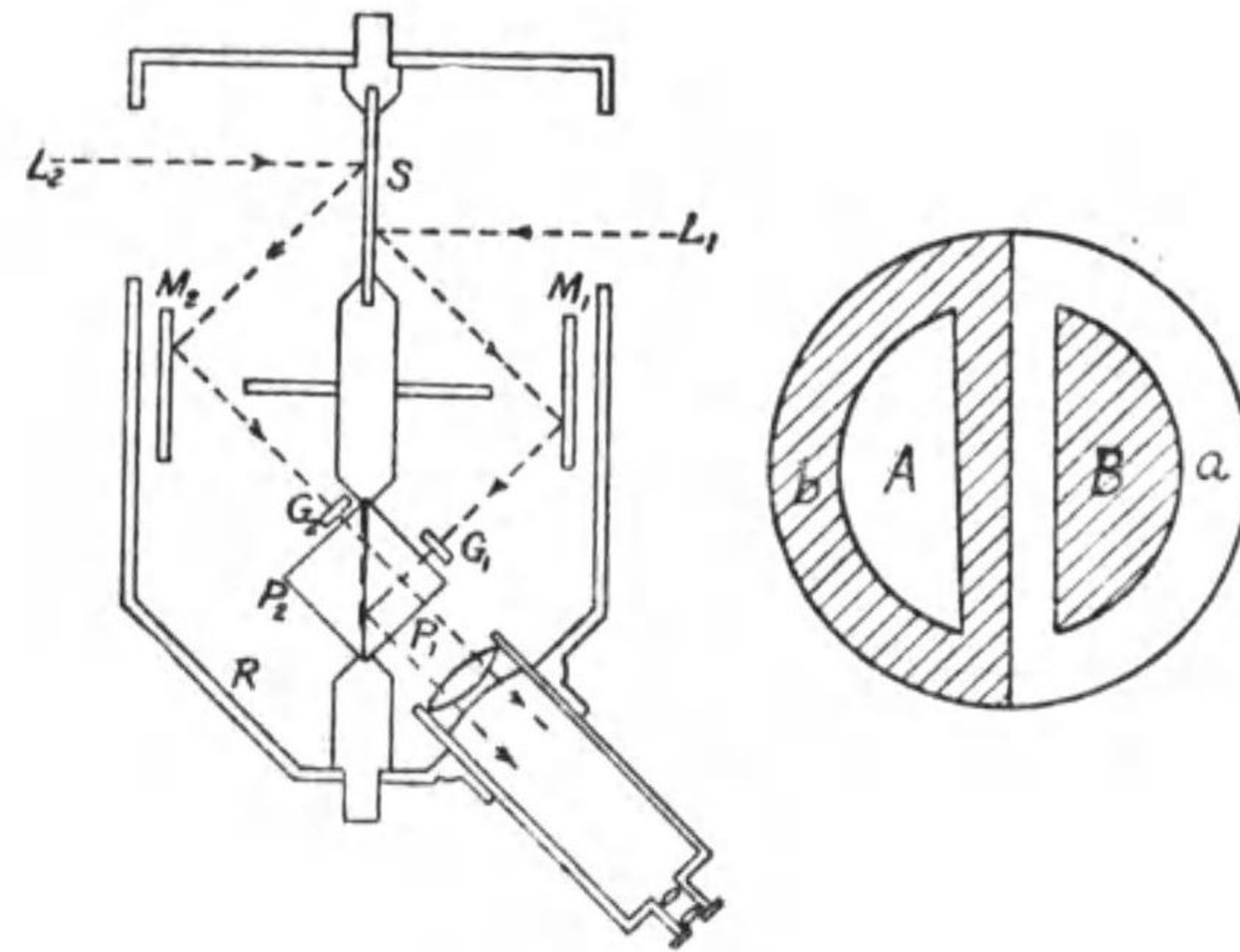


圖 31.4

實驗步驟 (1) 將光具座置於適當之暗室內，在其兩端裝置標準電燈 L_1 及待驗電燈 L_2 ，在架之中部裝置光度計。調節燈及光度計，使其中心同高，並令標準燈與待驗燈上有記號之處，各面向光度計。

(2) 將各伏特計 V ，安培計 A 及可變電阻 R 分別與兩燈聯接如圖

(31.1)。經教員認可後，乃接於電源。各燈座上均備有電門，不用燈時，均應將電門旋轉以熄燈。

(3) 調節標準燈 L_1 線路 S 中之可變電阻，使燈端之電壓達規定之值。維持此值不變。

(4) 調變待驗燈 L_2 線路中之可變電阻，使燈兩端之電壓，自 60 伏特起增至 100 伏，每次約增 5 伏特。每變更電壓一次，即移動光度計 P ，至其兩邊之亮度相等時，乃自光具座橫桿上所刻之標度，記下 P 至 L_1 及其至 L_2 之距離 r_1 與 r_2 。記錄各伏特計與安培計之示數。

(5) 將光度計反置，使原在觀者右方之燈改處左方，原在左者改在右，依照步驟(4)再行測驗。(注意，不可對調兩燈，以免因其相對的位置改換，而所放之光亦有差別。)

所得結果及計算可按下表登記之：

標準燈燭光數 $I_1 =$; 規定電壓 = 伏特; 電流 = 安培;

待驗燈之製造者: ; 燈絲質料: ; 泡中裝氣否:

| 電壓 v (伏特) | 電流 i (安培) | 電功率 W $W = vi$ (瓦特) | 光度計與燈之距離 | | | | | | 待驗燈之燭光 $I_2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 I_1$ 平均 | 光的效率 $e = \frac{I_2}{W}$ 燭光/瓦特 |
|----------------|----------------|-----------------------------|---------------|----|----|---------------|----|----|--|--------------------------------------|
| | | | 標準燈 (r_1) | | | 待驗燈 (r_2) | | | | |
| | | | 在左 | 在右 | 平均 | 在左 | 在右 | 平均 | | |
| 60 | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 90 | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | |
| 105 | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | |

作圖 以電壓 v 為橫坐標，燭光 I_2 及效率 e 為縱坐標，分別繪兩曲線於方格紙上，以示其變化情形。

問題

- (1) 本實驗所得之 v 與 i ，其關係是否一直線，試言其故。
- (2) 增加電燈之電壓，其利弊若何，試說明之。

(B) 燈光強度之分佈曲線

原理與定義 自一點光源所發出之光，其分佈情況，各方均同。尋常燈光，均非一點，故其所產生之照度，亦隨輻射方向而異。因此，比較光源之強弱時，亦須言明輻射方向為何。表示強度隨方向變化之情況，最便利之方法，係自同一原點，畫長短不同之直線於各方向以成所謂極坐標圖者。將一燈在其水平平面上各方向之強度平均之，則得其赤道面平均燭光。若將燈在空間各方之強度平均之，則得其球面平均燭光。

目的 求電燈強度在水平面上與垂直面上之分佈情況。

儀器 除以特備之旋轉燈座架(圖31.5)代本實驗 A 所用較簡單之座架外，其他儀器均同前。

燈在特備之旋轉燈座架上，可以通過架中心之一垂線為軸而旋轉，亦可以通過架中心之一水平線為軸而在一垂直面上旋轉。所轉角度之大小，則可分別於一水平及一垂直盤面讀得之。

實驗步驟 (1) 將待驗之燈插於特備之燈座中，再將此燈座架夾於光具座之一端；並調節其高度，使燈之中心與垂直圓盤中心同高。其他各儀器均可按本實驗 A，步驟(1)至(3)所述



圖 31.5

者裝置並調節之。

(2) 調變待驗燈 L 線路中之可變電阻，以維持燈兩端之電壓使為規定之值；待一二分鐘，至伏特計及安培計之示數均已不變後，再進行試驗。

(3) 令燈取垂直方向。移動光度計 P 至其兩邊之亮度相等時，乃記 P 至標準燈 L_s 與待驗燈 L 之距離， r_1 與 r_2 。

(4) 以通過電燈中心之垂線為軸，旋轉待驗燈 L 十二次，每次 30° ，再按上述方法，依次求 P 兩邊亮度相同時， r_1 及 r_2 之值。

(5) 燈既轉回原位(即旋轉 360°)後，乃將光度計反置，再重行試驗。由步驟(4)與(5)所得之平均結果，計算燈在水平面上各方之強度。

(6) 放置燈使其有記號之處面向光度計；次以通過燈中心之水平線為軸，旋轉待驗燈 L 十二次，每次 30° ，再按步驟(3)所述方法，依次求 P 兩邊亮度相等時 r_1 及 r_2 之值。

(7) 燈復轉回原位後，乃將光度計反置，再依前法重行試驗。由步驟(6)與(7)所得之平均結果，計算燈在垂直面上各方之強度。各結果可登記如下：

標準燈之燭光數 $I_s =$; 規定電壓 = 伏特; 電流 = 安培
 待驗燈之製造者: 燈絲質料: 燈泡中裝氣否:
 燈絲形式簡圖: ; 所用電壓: 伏特; 所通電流 = 安培

A. 燈光強度在水平方向分佈情況

| 角 度 ϕ° | 光 度 計 至 燈 之 距 離 | | | | | | 待驗燈之燭光 $I = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 I_s$ |
|---------------------|-----------------|-----|-----|-----------------|-----|-----|--|
| | 標 準 燈 (r_1) | | | 待 驗 燈 (r_2) | | | |
| | 在 左 | 在 右 | 平 均 | 在 左 | 在 右 | 平 均 | |
| 0 | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | |
| 210 | | | | | | | |
| 240 | | | | | | | |
| 270 | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | |
| 330 | | | | | | | |

赤道面平均燭光 =

B. 燈光強度在一垂直面上之分佈情況

| 角 度 θ° | 光 度 計 至 燈 之 距 離 | | | | | | 待驗燈之燭光 $I = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 I_s$ |
|-----------------------|-----------------|-----|-----|-----------------|-----|-----|--|
| | 標 準 燈 (r_1) | | | 待 驗 燈 (r_2) | | | |
| | 在 左 | 在 右 | 平 均 | 在 左 | 在 右 | 平 均 | |
| 0 | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|
| 150 | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | |
| 210 | | | | | | | |
| 240 | | | | | | | |
| 270 | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | |
| 330 | | | | | | | |

垂直面上之平均燭光 =

作圖 試作極坐標圖以示所得之結果。

問 題

- (1) 試述如何計算球面上平均強度之方法。
- (2) 若在極坐標圖上,以平均強度為半徑,作一圓周,則其面積與強度分布曲線內之面積相等,試證之。

實驗三十二 射鏡

(A) 凹鏡之焦距

原理與定義 令光線來自右方，自鏡頂向右量之距離為正，其向左量者則為負。依此規定，若鏡頂至物之遠度為 p ，至其像之遠度為 q ，鏡之曲度半徑為 r (正號表示凹鏡，負號表示凸鏡)，則

$$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

f 為鏡之焦距。

自方程(1)觀之，若所用之鏡凹面者，而 p 較 f 為大，則 q 之值均為正；換言之，如物位在凹鏡焦點之外，其像與物均在鏡之一邊，反射後之光線實際上可聚集於一幕上以成真像。

f 既等於 $\frac{r}{2}$ ，故如已量得 r ，則 f 亦可計得之。量 r 之最簡便之方法係用球徑計。球徑計有四足，其外邊之三足係固定的，並分佔一等邊三角形之頂點，居中之足則通過此三角形之中心，並可上下垂直的移動。中足上部有一測微螺旋，其所移動之距離可由其上端盤面之刻度與三足架旁之垂直標度讀得之。若置球徑計於一球面上，當其四足均與球面適接觸之時，中足距其他三足所在平面之垂直距離為 h ，而三角形各邊之長均為 l ，則此球面之曲度半徑為

$$r = \frac{l^2 + 3h^2}{6h} \quad (2)$$

平均 $f =$ 厘米平均 $r' = 2f =$ 厘米

B. 凹鏡之曲度半徑

| | | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|----|
| 球徑計二足之距離 (l) | | | | 平均 |
| 零點 (S_0) | | | | 平均 |
| 四足同觸凹面之示數 (S) | | | | 平均 |
| $h = (S - S_0) =$ | | | | |
| 凹面半徑 $r = \frac{l^2 + 3h^2}{6h} =$ 厘米 | | | | |

$$\begin{aligned} \text{兩法所得之 } r \text{ 相差} &= r - r' = \quad \text{厘米} \\ &= \frac{r - r'}{r} \times 100 = \quad \% \end{aligned}$$

問 題

(1) 問像之性質與 p 及 q 之符號與數值之關係若何?(2) 試證 $r = \frac{l^2 + 3h^2}{6h}$ 一公式。

(B) 凸鏡之焦點

原理 自射鏡公式

$$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$$

觀之，因凸鏡之 f 為負之故，如 p 為正， q 均為負；是以實物在凸鏡中所造之像均係虛像，而不能以幕承之。

欲求虛像位置之一法，係利用視差原理。若有兩物，其位置適互相符合，則無論如何改變觀點，二者之位置均係一致。若二者位置不完全符合，則變更觀點即見二者之相對的距離或較近或較遠，殊不一致。故如在虛像之處，置一實物，即可由其是否隨觀者位置而變更其相對的位置一事以決定二者之是否符合。

凸面之曲度半徑，亦可用球徑計量之。

目的 求一凸鏡之焦距。

儀器 (1) 凸鏡 F ; (2) 光具座; (3) 燈 E 與一照亮之物 A ; (4) 另一直桿 H ; (5) 球徑計; (6) 兩腳規及尺 (圖 32.1)。

實驗步驟 (1) 將凸鏡 F 及物 A 與桿 H 裝於光具座上。

(2) 令 A 至 F 頂之遠度 p 為頗大之值，約 100 厘米。

(3) 在鏡後移置桿 H ，而自鏡前觀察 H 與 A 之像之位置是否符合。若改變觀點而二者無相對的移動時，乃記下 H 至鏡頂之距離 q 。試驗三次，以其平均為所求之 q 。

(4) 改變 p 數次，依上述方法尋求其相關之 q 。

(5) 求球徑計之零點，並量其二足之距離 l 。置之於凸面上以定四足均觸凸面時，其測微螺旋之示數。所得各結果及計算可登記如下：

A. 凸鏡之焦點

| 距離(厘米) | | 焦距(厘米) $f = \frac{pq}{p+q}$ | 像之性質 真虛, 正倒, 大小 |
|------------|------------|--------------------------------|--------------------|
| 鏡至物 p | 鏡至像 q | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

平均 $f =$ 厘米

平均 $r' = 2f =$ 厘米

B. 凹鏡之曲度半徑

| | | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|----|
| 球徑計二足之距離 (l) | | | | 平均 |
| 零點 (S_0) | | | | 平均 |
| 四足同觸凹面之示數 (S) | | | | 平均 |
| $h = (S - S_0) =$ | | | | |
| 凹面半徑 $r = \frac{l^2 + 3h^2}{6h} =$ 厘米 | | | | |

兩法所得之 r 相差 $= r - r' =$ 厘米或 $\frac{r - r'}{r} \times 100 =$ %

問題

(1) 設在凸射鏡 M 之前置一會聚透鏡 L , L 前有一小燈 P 。自 P 所射出之光線, 透過 L , 為 M 所反射而復透過 L 後, 可聚焦於 P 之原處, 問 M 之位置應如何放置?

(2) 用本實驗 B 之方法, 以測定虛像之位置, 其準確程度是否較優於用幕以承接實像?

實驗三十三 透鏡

(A) 薄透鏡之焦距

原理與定義 (1) 透鏡大別可分會聚與發散兩類。會聚透鏡之中心較其邊際為厚；發散透鏡則反此。平行的光線，通過會聚透鏡之後，將會聚於一實焦點，如通過發散透鏡，則將分散宛如此等光線係自透鏡後之一虛焦點出發然者。若所用之透鏡，其厚度甚微，則名之為薄透鏡。令薄透鏡至物之距離為 p ，鏡至像之距離為 q ，鏡至其焦點距離為 f (符號均按實驗三十二 A 所述之原則而定)，則

$$\frac{1}{q} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

(2) 會聚透鏡之焦距為負號，故如 p 較 f 為大， q 均為負，而光線實際上將通過像所在之點，故其所造成者乃實像。若令物 P 與幕 Q 之距離 d 固定不變，而 d 之值為透鏡 L 焦距之 4 倍以上，則在 P 與 Q 之間，可尋得兩個位置以放 L ，均可使 Q 上有 P 之明晰之像。若此兩個位置相隔之距離為 x ，則透鏡焦距為

$$f = -\frac{d^2 - x^2}{4d} \quad (2)$$

(3) 上述方程雖不能用以測發散透鏡之焦距，然如將一發散薄透鏡與一焦距已知之會聚薄透鏡接觸，以使其組合之情形與一會聚透鏡同，則會聚透鏡之焦距 f_c ，發散透鏡之焦距 (待定) f_a 與兩鏡組合之焦距 f

三者有下列關係：

$$\frac{1}{f_o} + \frac{1}{f_d} = \frac{1}{F} \quad (3)$$

(4) 通過尋常透鏡之光線，其近於鏡之中心者，與其通過鏡之外邊者，所會聚之點，常不符合，是為球差。又因焦距之值隨光色稍異，故如用不同之光色，其焦點之位置亦有差別，是為色差。

目的 求會聚及發散透鏡之焦距，並考究其球差與色差。

儀器 (1) 光具座 B ; (2) 會聚透鏡 L_2 與發散透鏡 L_1 ; (3) 燈與物 T (可用鐵絲網一小方); (4) 幕 S (可用磨玻璃); (5) 有色玻璃; (6) 黑紙，剪刀，漿糊 B (圖 33.1)。

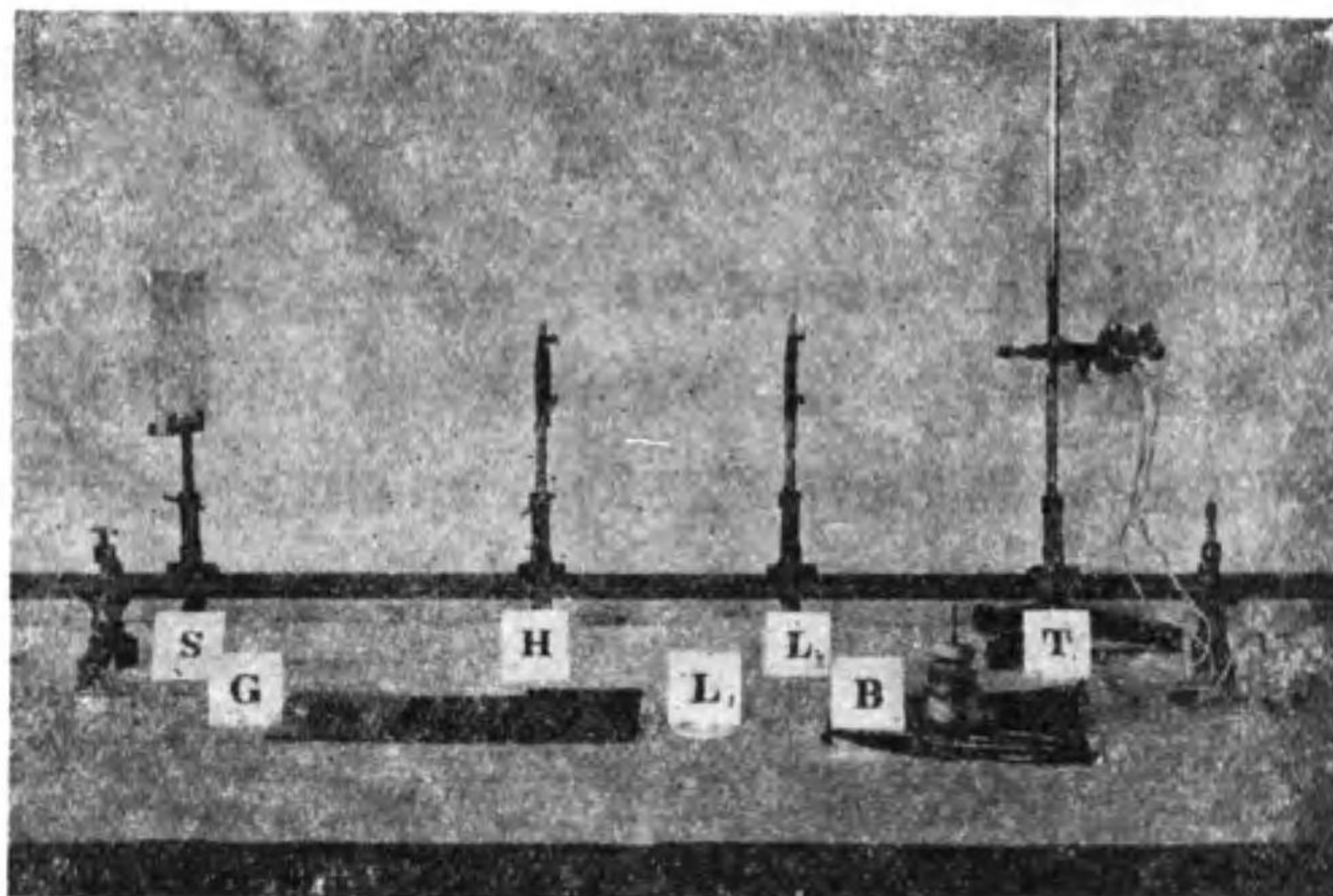


圖 33.1

實驗步驟 (1) 先任擇一窗外之物，以會聚透鏡 L_2 焦聚此物於幕上。量二者之距離，是即 L_2 之焦距之大約值。

(2) 將鐵絲網 P 與燈放置於光具座之一端，在其他端距網約 5 至 7 倍 L_2 焦距之處，安置幕 S 。量網 T 至幕之距離 d 。

(3) 置 L_2 透鏡於幕及網之間。移動之使幕上呈現明晰之網像。試驗 5 次，以其平均為透鏡之第一位置 x_1 。

(4) 維持網 T 與幕 S 之距離，移動透鏡 L_2 以求其在另一位置時幕 S 上復有 T 之明晰之像。亦試驗 5 次，以其平均為透鏡之第二位置 x_2 。透鏡所移之距離 $x = x_1 - x_2$ 。

(5) 變更 T 至 S 之距離二次，復按前述再行試驗。

(6) 夾一黑紙於透鏡前，以遮蓋其邊，只露出中心約佔透鏡 $\frac{1}{3}$ 之部分，再照前法求其焦距。

(7) 改用一黑紙，以遮蓋透鏡之中心，只露出其邊，再照前法求其焦距。

(8) 用透鏡全部，依次置紅色，綠色及藍色玻璃於鏡或物前。照前法求其各焦距。

(9) 令發散透鏡 L_1 與會聚透鏡 L_2 接觸，照步驟 (1) 至 (5) 求此組合之焦距。

所得結果與計算可登記如下：

A. 會聚透鏡之焦距

透鏡號碼 =

| 實驗性質 | 網與幕之距離 (厘米) d | 透鏡位置 | | | 焦距(厘米) $f = \frac{d^2 - x^2}{4d}$ |
|------|-----------------------|------|----|-------------|--------------------------------------|
| | | 第一 | 第二 | 差, x (厘米) | |
| 普通 | | | | | |

| | | | | | |
|---|------|--|--|--|--|
| 普 | 通 | | | | |
| 普 | 通 | | | | |
| 球 | 中部透光 | | | | |
| | 外邊透光 | | | | |
| 色 | 紅 | | | | |
| | 綠 | | | | |
| | 藍 | | | | |

B. 發散透鏡之焦距

所用會聚透鏡號碼 = ; 焦距 $f_c =$ 厘米

待驗發散透鏡號碼 =

| 網與幕之距離 d | 透 鏡 位 置 | | | 組 合 焦 距(厘米) $F = -\frac{d^2 - a^2}{4d}$ |
|---------------|---------|-----|------------|--|
| | 第 一 | 第 二 | 差 x (厘米) | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

平均 $F =$

待驗發散透鏡之焦距 $f_d = \frac{f_c F}{f_c - F} =$ 厘米。

問 題

- (1) 試推證方程(2)與(3)。
- (2) 用此法以量焦距，較諸直接量鏡至物及鏡至像之距離 p 與 q ，有何優點？
- (3) 試作圖以示光線通過會聚透鏡及發散透鏡所取之途徑。

實驗三十四 折射係數

(A) 平行面的固體與液體之折射係數

原理及定義 (1) 光線自一媒質斜射於另一媒質時，其方向常有改變。如射入線與正交於分界面之法線所作之角為 i ，而折射線與法線所作之角為 r ，則

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (1)$$

為一常數，其值係等於光在第一媒質中之傳播速度，與其在第二媒質中速度之比。 n 之名為第二媒質對於第一媒質之折射係數。

(2) 設有一物體，其上有一層透明的固體或液體，因折射作用，物體之位置頗似移高。例如令 t 表透明的固體或液體 L 之厚，今自其上垂直的向下觀察在 L 底面之小點，則見其距 L 上面之遠度不等 t 而為 t' 。 L 對於其上面之媒質之折射係數 n 即等

$$n = \frac{t}{t'} \quad (2)$$

目的 由玻璃片及液體之像似的厚或深，測定其折射係數。

儀器 (1) 顯微鏡及測微螺旋，電池與電流計；(2) 玻璃片(兩面平行的)；(3) 平底玻璃杯；(4) 酒精；(5) 水；(6) 粉；(7) 滴水管(圖34.1)。

實驗步驟 (1) 置一硬紙(或平的金屬片)於顯微鏡之架上，在其上作一記號，以便觀察。調節顯微鏡，使焦聚於紙片上記號。藉測微螺旋及

電池以測定顯微鏡筒之位置，令測微螺旋之示數為 r_1 。

(2) 置玻璃片於紙上，轉動顯微鏡之螺旋頭，以徐徐舉起顯微鏡，至其復焦聚於紙上記號時，乃復用測微螺旋以測鏡筒之位置，令測微螺旋之示數為 r_2 。

(3) 次再舉起顯微鏡，以焦聚於玻璃片上

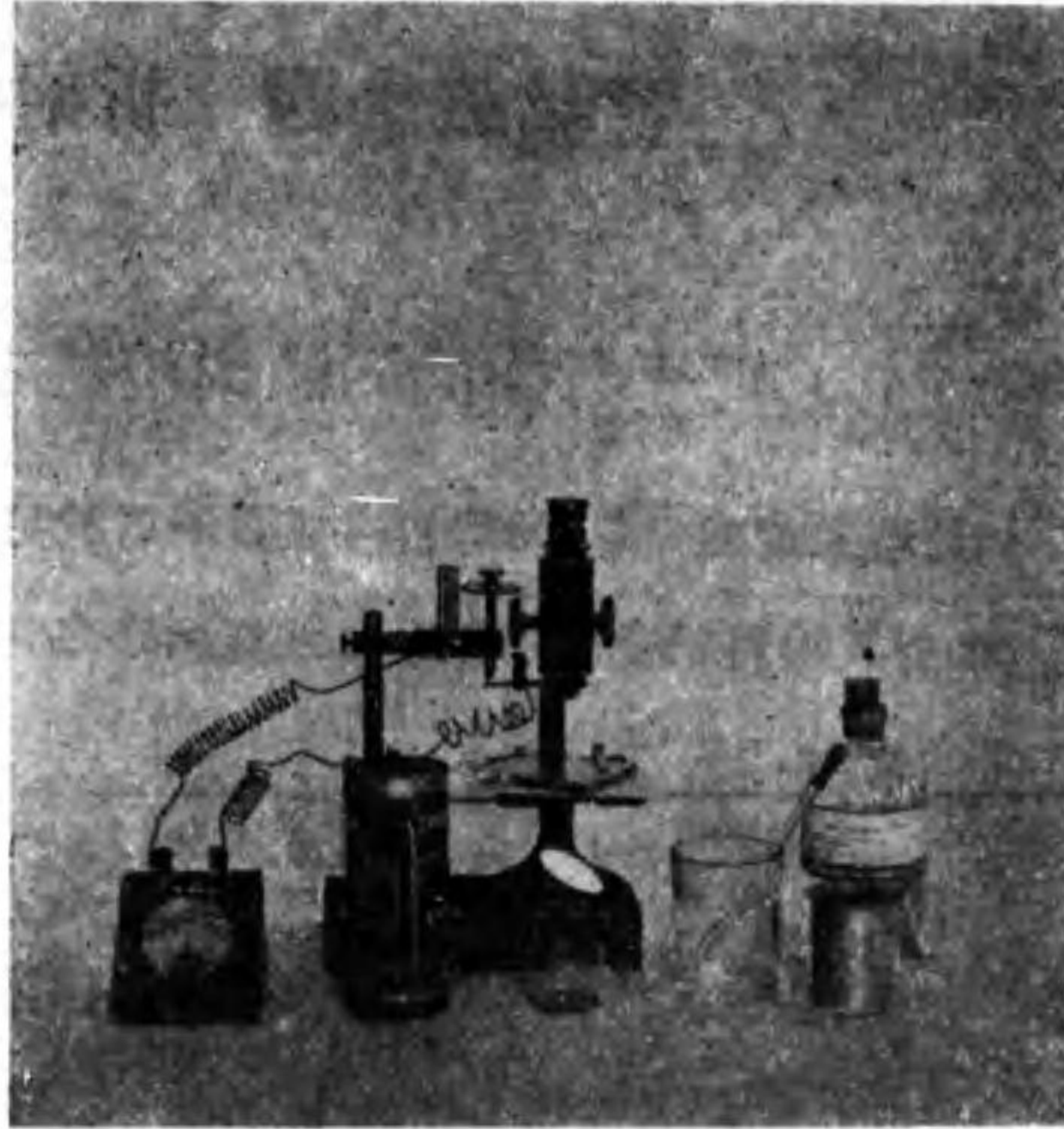


圖 34.1

面之另一記號(例如小墨點)。記下測微螺旋示數， r_3 。此玻璃片之實有厚度為 $t = r_3 - r_1$ ，其像似的厚度，則為 $t' = r_3 - r_2$ 。

(4) 依上述方法，試驗三次，由其平均結果，計算折射係數 n 。

(5) 以蠟少許粘平底玻璃杯於顯微鏡架上。調節顯微鏡，使焦聚於杯底上面之一記號，記下測微螺旋之示數 r_1 。

(6) 以滴水管徐加水於杯中，深約 2 至 3 厘米。次轉動顯微鏡之螺旋頭以舉起顯微鏡，至其復焦聚於杯底記號時，乃復記下鏡旁標度之示數 r_2 。

(7) 散粉少許於水面，再舉起顯微鏡以焦聚於水面上浮之粉；記下鏡旁標度之示數 r_3 。試驗三次。

(8) 改用酒精，依照上述方法試驗三次。

所得各結果可登記如下：

| 物質 | 顯微鏡筒位置 | | | 厚度 | | 折射係數 | | 公認值 n' | % 誤差 $\frac{(n-n')100}{n'}$ |
|----|-------------------|-------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|------|----|-------------|--------------------------------|
| | 未加 樣本 r_1 | 加樣 本後 r_2 | 焦聚於樣 本面上 r_3 | 實有, t $r_3 - r_1$ | 像似, t' $r_3 - r_2$ | n | 平均 | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

問題

(1) 試證方程(2)。

(2) 若玻璃片之上面係一球面，其曲度半徑已知為 r ，問方程(2)應如何改變方得應用？

(3) 作本實驗時，所用之樣本，以愈厚愈佳，何故？

(B) 三稜體之折射係數

原理 如樣本之形式為一稜體，則其折射係數，可由入射光線與射出光線方向相差為最小時測定之。此最小角常名為最小偏向角，茲以 d 表之。若 A 表稜鏡之角（見圖 34.2），當偏向角為最小時，入射線與射出線對於稜鏡係對稱的，故

$$n = \frac{\sin \frac{d+A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (1)$$

目的 用分光儀以量一三稜鏡之折射係數。

儀器述要 (1) 分光儀；(2) 三稜鏡；(3) 黃色鈉焰燈及他色光之燈（圖 34.3）。

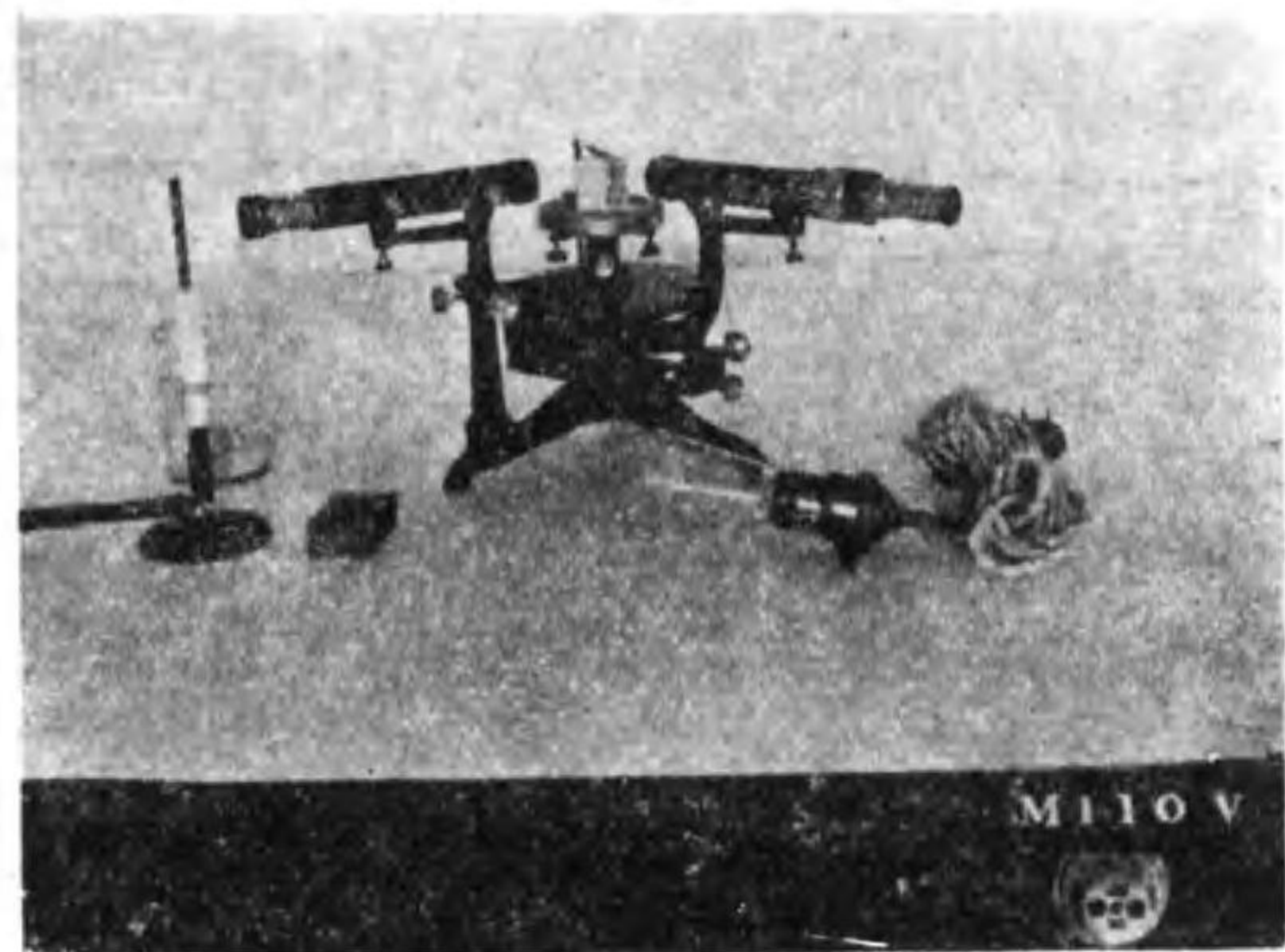


圖 34.3

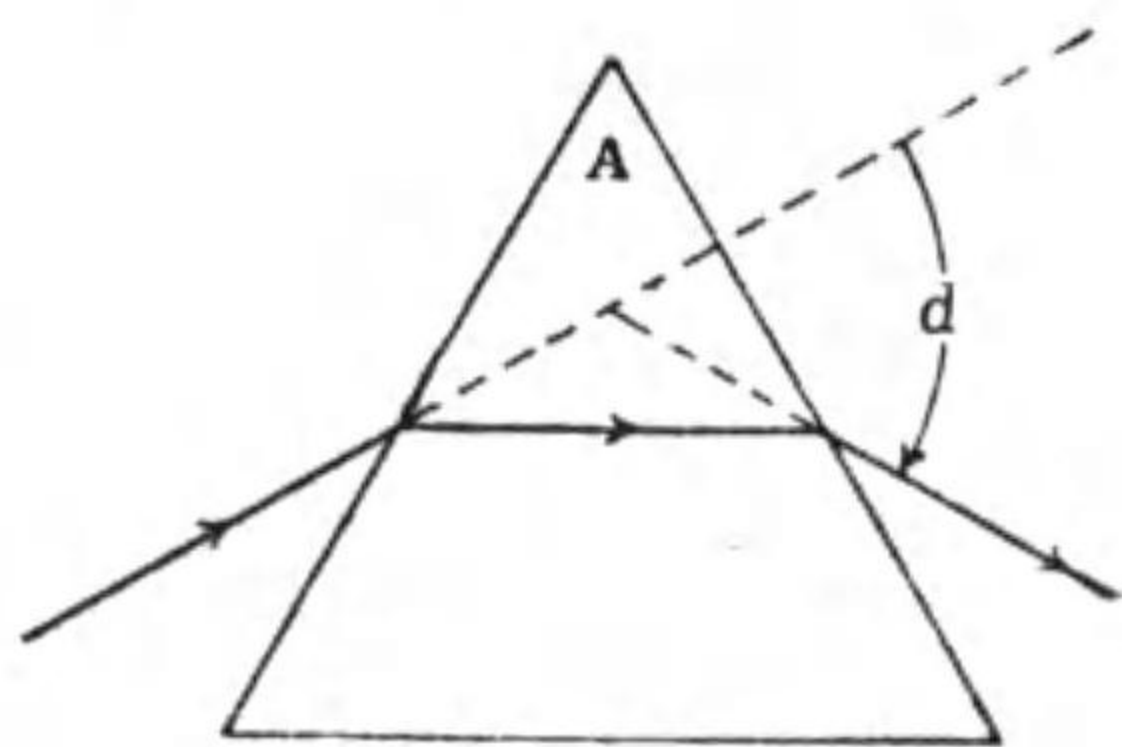


圖 34.2

分光儀之主要部分為一望遠鏡 T （圖 34.4），一平行光管 C 及一小台几 P ；此三部分均可旋轉於同一之垂直軸線。台几 P 上可放三稜鏡或他種儀器。平行光管 C 之一端有一狹縫 S ，其他則裝一透鏡。狹縫 S 係位在透鏡之焦點，故由平行光管所透出之光線係平行的。望遠鏡 T 乃用以觀察由平

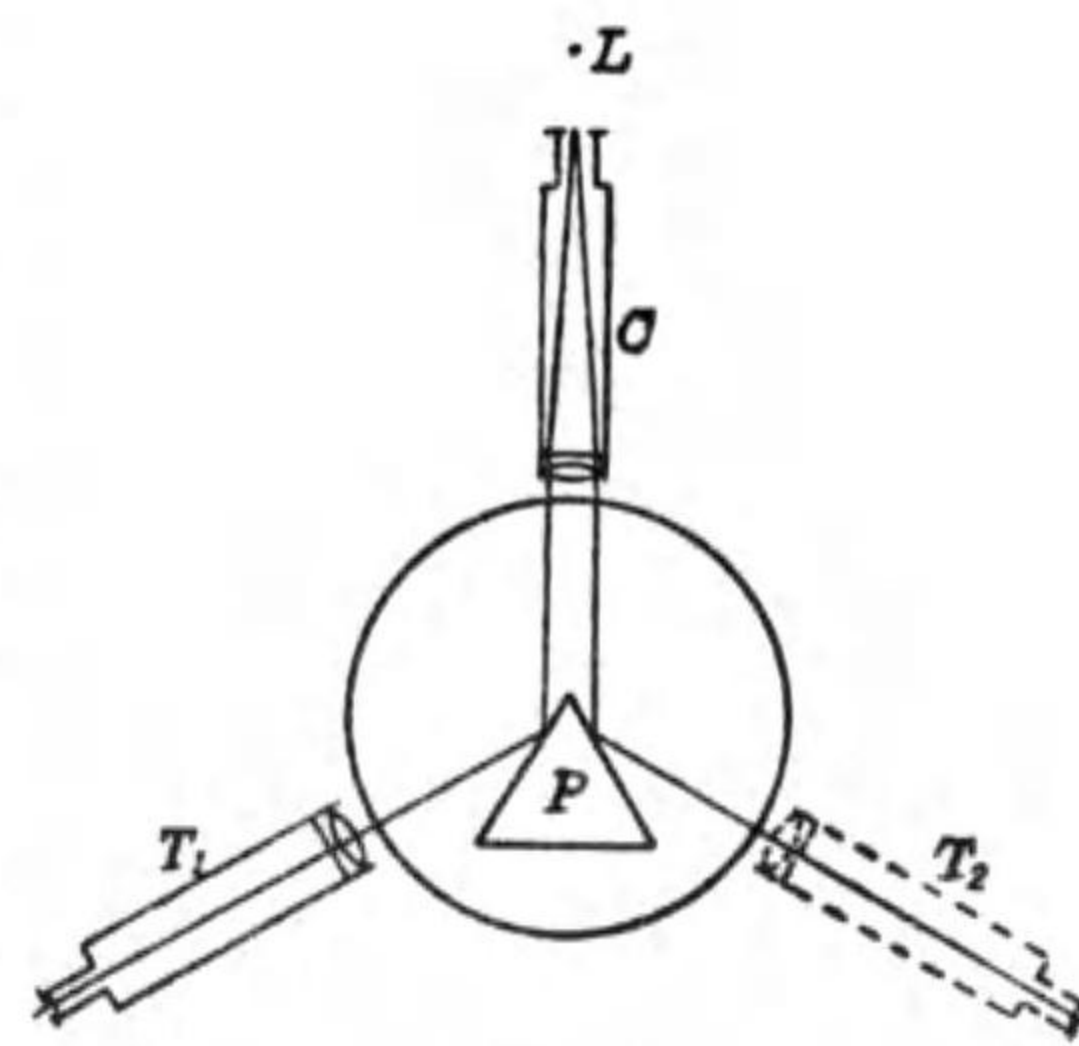


圖 34.4

行光管所直接透出（或經反射或折射後）之平行光線。用分光儀之前，須先調節望遠鏡之目鏡使之焦聚於其叉絲，然後再調節目鏡與物鏡之距離，使望遠鏡焦聚於室外遠物。次將望遠鏡對正平行光管，以視察其狹縫。最後則調節狹縫 S 至透鏡之遠度，使其像最為明晰。

分光儀之望遠鏡，平行光管及台几既均須旋轉於同一之垂直軸線，且望遠鏡及平行光管復須與此垂直軸線作 90° 角，故在精細之分光儀中，此三部分均各有其適當附件，以供調節之用。惟在尋常之分光儀中，製造者對此諸點，均先已調節妥當，如遇須另行調節時，可先問教員如何進行，萬勿自行工作以免枉費時間。

放置三稜體於台几上時，其一邊須與分光儀之垂直軸線平行。欲達此目的，可先將平行光管之狹縫 S 改為水平，次將望遠鏡對正平行光管，調節狹縫大小，以使其一邊與望遠鏡中橫叉絲照合。置三稜體於平台上，使其一面與連接台上兩個螺釘之直線正交（此等螺釘乃用以調節

台面之傾斜者)。次旋轉望遠鏡及平行光管，令狹縫之像自此面上反射於望遠鏡。調節前此之兩螺釘，使狹縫一邊復與望遠鏡中橫叉絲脗合。次旋轉平台使狹縫自稜體之又一面反射入望遠鏡，再調節台上第三個螺旋釘令狹縫一邊亦與橫叉絲脗合。如是此兩面間之邊(此後簡稱之為折射邊)係與儀器之軸線平行；兩面間之角，即稜體之角 A 。調節畢，可將狹縫轉回至垂直位置。

實驗步驟 (1) 除有特別聲明外，分光儀上之各部分均已先期調節妥當；使用時如有困難時，須先問教員，方可開始調節以免枉費時間。

(2) 放稜體於平台上，令其折射邊對正平行光管，並使此邊兩旁面與管軸各約作相等之角如圖(34.4)。燃燈以照亮狹縫。

(3) 暫略展開狹縫；旋轉望遠鏡以觀察自稜體上一面所反射之狹縫之像。既察得望遠鏡之大略位置，乃將狹縫關小。次乃轉動望遠鏡之位置，使其叉絲與狹縫一邊脗合。此時望遠鏡之位置為何，可在分光儀本身上有一圓標度上之兩個游尺讀得之；記下此兩游尺之示數 θ_1 與 θ_1' 。

(4) 轉動望遠鏡以觀察自他面所反射之狹縫之像；照步驟(3)再求望遠鏡之位置 θ_2 及 θ_2' 。望遠鏡自第一位置轉至第二位置之角，除以 2，即等於稜鏡之角。試驗三次，以其平均作 A 之值。

(5) 在燈中燃燒食鹽以使其火光呈純淨之黃色。

(6) 旋轉台几 P ，使稜體之位置與平行光管及望遠鏡約為對稱的(先令折射邊在觀者之右，見圖 34.2)。暫展開狹縫，而在望遠鏡中尋求狹縫之像。既尋得狹縫之像後，乃將台几向左右旋轉而注意其移動方向。當台几繼續向一方旋轉時，像亦向一方旋轉，至一定位置後，若繼續轉

動台几，則狹縫之像，將向反方移動。此回轉點即偏向角最小時之位置。關小狹縫，並準確的測定偏向角為最小時望遠鏡之位置；自兩游尺記下此時望遠鏡之 ϕ_1 及 ϕ_1' 。

(7) 拴緊平行光管，不任其轉動，旋轉平台與望遠鏡，使折射邊改在觀者之左。照步驟(6)以求在此方之最小偏向角之位置，自兩游尺記下 ϕ_2 與 ϕ_2' 。望遠鏡自第一位置轉至第二位置之角度，除以 2，即為所求之最小偏向角。

(8) 如有充分時間，可改用他色光再作實驗。所得結果及計算可登記如下：

A. 稜體之角 A

| 實驗次數 | 望遠鏡位置 | | | | $ \theta_2 - \theta_1 $ | $ \theta_2' - \theta_1' $ | 稜體之角 A° |
|------|------------|-------------|------------|-------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| | θ_1 | θ_1' | θ_2 | θ_2' | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

B. 折射係數

| 光色 | 實驗次數 | 望遠鏡位置 | | | | $ \phi_2 - \phi_1 $ | $ \phi_2' - \phi_1' $ | 最小偏向角 d° |
|----|------|----------|-----------|----------|-----------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| | | ϕ_1 | ϕ_1' | ϕ_2 | ϕ_2' | | | |
| | 1 | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | |

平均 $d^\circ =$

$$\text{折射係數 } n = \frac{\sin \frac{A+d}{2}}{\sin \frac{A}{2}} =$$

問題

- (1) 若 $|\theta_2 - \theta_1|$ 之值較 180° 大, 則 $A = 180 - \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{2}$, 否則 $A = \frac{\theta_2 - \theta_1}{2}$, 試作圖以示之。
- (2) 試述折射係數與光色之大略關係。
- (3) 短波與長波光之分散, 孰為較大, 試略述之。

實驗三十五 光柵

原理及定義 設有一不透光之幕(圖35.1)

G , 中有多個距離相等之平行狹縫 p, q, r, s 等。

發自一光源之平面波 AB 自左行抵此幕時, 其

穿過各狹縫向右進行之情況, 與各狹縫在同時

另產生多個副波向右進行之情況無異。此原理

常名為 Huygens 原理。

今若作一平面 A_0B_0 與

各副波相切, 則沿與

A_0B_0 正交方向觀察之, 可得此光源之像。除 A_0B_0 外, 尚有其他 A_1B_1 ,

A_2B_2, \dots 等平面亦與各副波相切, 故如沿與此等平面正交之方向觀

察之, 亦可見及光源之像。光柵即為中有多個狹縫之片如 G 者。自光柵

後觀察遠方之光源, 所見之像常不只一個。此等像之方向 θ 與光源波

長 λ 之關係, 及光柵中各狹縫之距離 d 如下(圖 35.2):

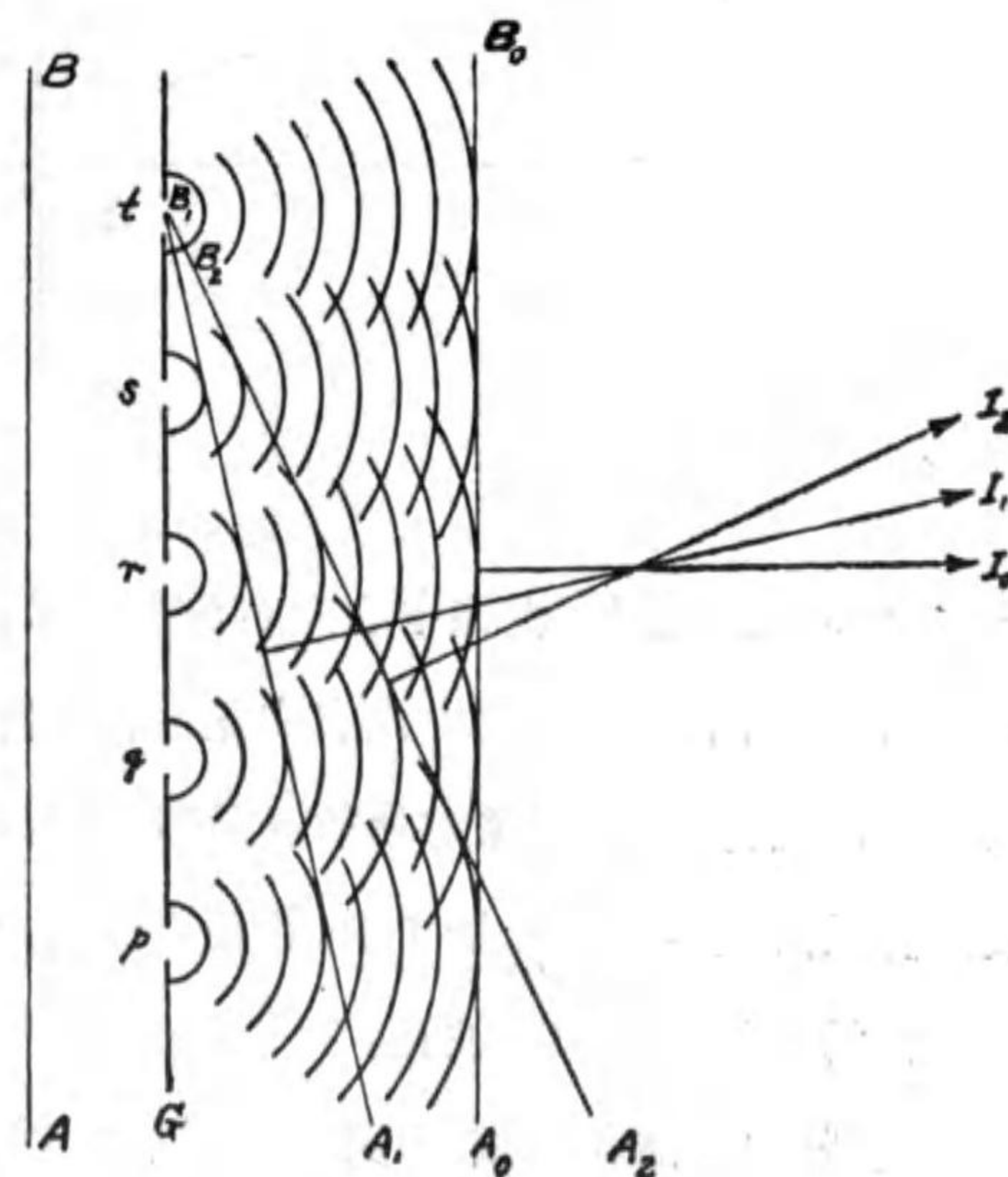


圖 35.1

長 λ 之關係, 及光柵中各狹縫之距離 d 如下(圖 35.2):

$$n\lambda = d \sin \theta_n \quad (1)$$

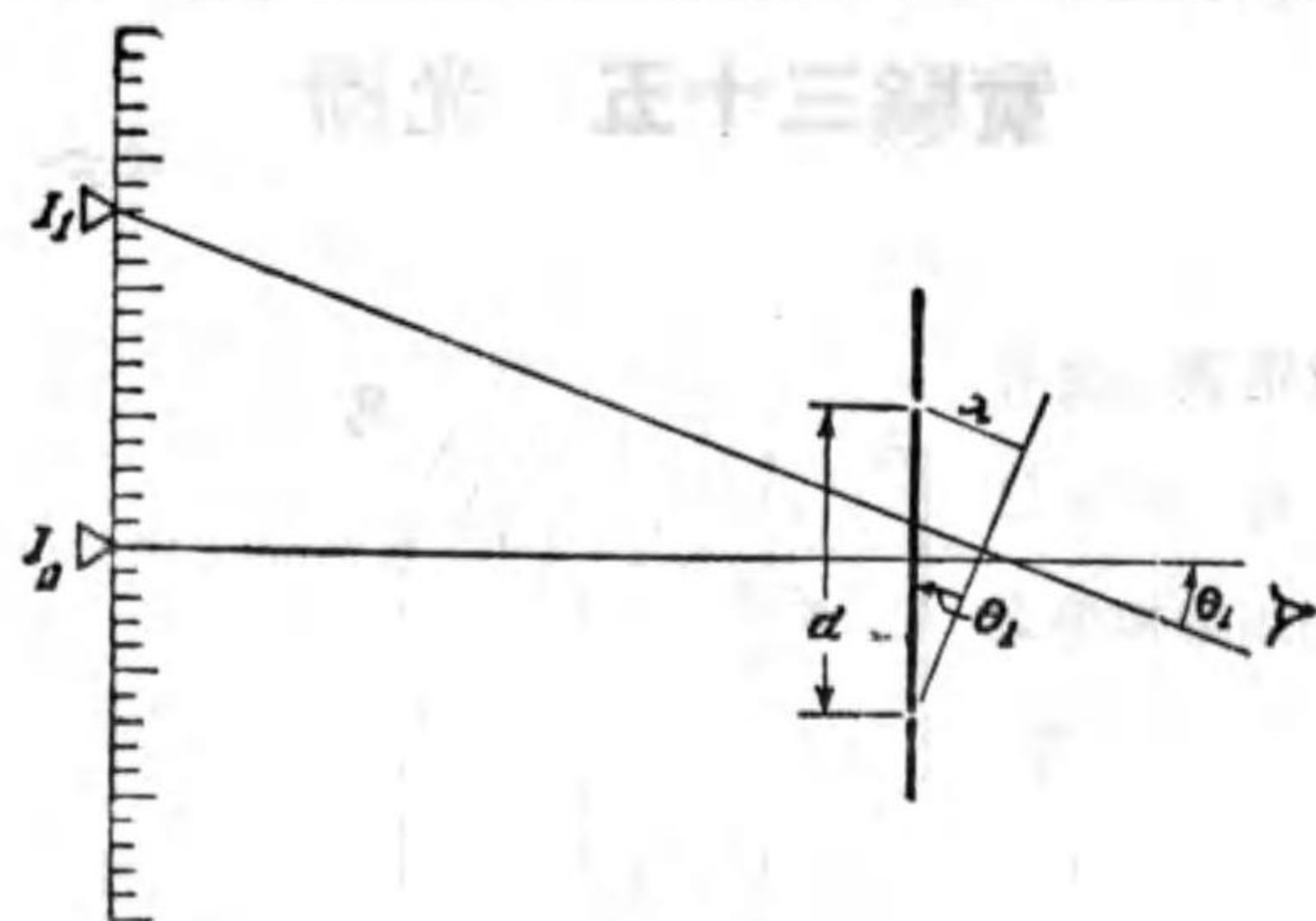


圖 35.2

此中之 n 爲一整數，表在中心左右第幾個像，常名爲像之級次。例如 $n=1$ ，即爲居中直接像之左或右之第一像。自此方程觀之，所用之光如係白色，則所得之各級像將分散爲多種色彩，因白光係由各色光組合而成也。此等色彩，名爲光柵光譜。若用單色光，則所得者僅有該色。

目的 用光柵以量波長。

儀器 (1) 透視光柵 G 與夾光柵架；(2) Bunsen 燈 F 圍以中有狹縫之鐵片煙筒 C ；(3) 各種鹽；(4) 木尺 S 及銅鈎與三足架；(5) 布條尺 R (圖35.3)。

實驗步驟 (1) 將燈置在煙筒之後，使在遠處僅見其垂直狹縫。在其前置一橫尺，離鏡約 2 至 3 米處，夾置一透明光柵。放置光柵時，須使連光柵於狹縫之直線與木尺成直角。

(2) 令光柵中各線垂直，調節其位置，使在其後觀察狹縫時各像可落在橫尺上。如左右移動觀者位置而像與尺上刻度有相對的移動時，須調節 R 之位置以免除此種視差。如左右各像距中像之遠度不等，須將

光柵平面沿一垂線轉動，以達到目的爲止。

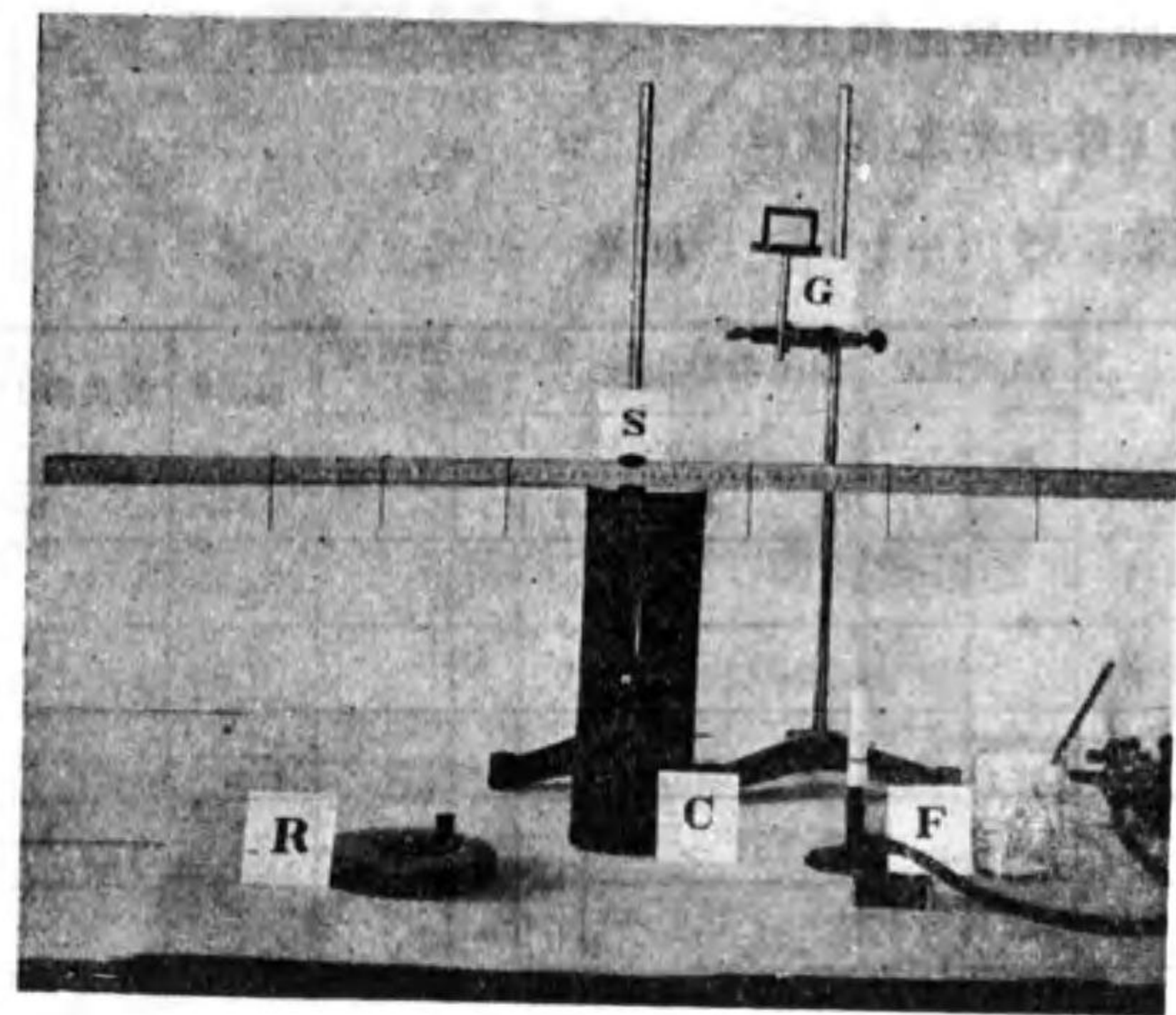


圖 35.3

(3) 浸少許石棉於食鹽溶液中後，取出置之火焰中使焰呈純黃色鈉光。

(4) 置銅鈎於木尺上以表示在中像左右第一像之位置。觀察時，觀者之眼須靠近光柵。記下尺上所示之值 S_1 及 S_1' ，以 $\frac{S_1 - S_1'}{2}$ 爲第一級像至中像之遠度 x_1 。用布尺量光柵至兩銅鈎之距離，以其平均爲 l 。

(5) 依步驟(4)之方法量其他各級像距中心之遠度 x_2, x_3, \dots 等，方程中之各 $\sin \theta_n$ 即等於 $\frac{x_n}{l_n}$ 。

(6) 以顯微鏡量光柵各線之距離 d (如此值已註在光柵匣上，則可不必另求)。

(7) 改用另一種光色，如鉀之紫光及鋰之紅光，再試驗。

所得結果可登記如下：

光柵上每厘米之線數 =

兩線之距離 $d =$ 厘米

| 光色 | 像之級次 | 銅鈎位置 | | 像至中點距離 $x = \frac{S-S'}{2}$ | 像至光柵距離 (厘米) | | | $\sin \theta = \frac{x}{l}$ | 波長(10^{-8} 厘米) $\lambda = \frac{d}{n} \sin \theta$ |
|----|------|------|------|--------------------------------|----------------|------|----|-----------------------------|--|
| | | S | S' | | l | l' | 平均 | | |
| | 1 | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 平均 $\lambda =$ |
| | 1 | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 平均 $\lambda =$ |

問題

- (1) 問鈉光之頻率幾何？
- (2) 量 l 與 S 時，其準確程度，孰為較要？
- (3) 試作簡圖以示白光通過光柵後之光譜情況。

實驗三十六 光譜

原理及定義 各色之光源均有其一定之波長與折射係數。尋常三稜鏡之折射係數隨波長之增大而減少，故如令含有各色之白光通過三稜鏡，波長較短之紫光被折較大，而波長較長之紅光則被折較小。此現象名為色散，因稜鏡色散作用而得之各色彩有時為連續的，有時則為多條之光線，其情況視光源之性質而定，茲簡稱之為稜鏡光譜。尋常言波長時，多以埃斯通 ($= 10^{-8}$ 厘米) 為單位，其符號常為 \AA 。可見之光波，其波長約自 4000 至 7600 \AA 。

兩種不同之波長，通過一三稜鏡後，其方向所分開之角度，視三稜鏡之質料而定，故如用不同之三稜鏡以觀察同一光源所發出之特具波長，所察見各線之位置亦常不一致。是以若欲用一稜鏡分光儀以分析各種物質之光譜，須先求波長 λ 與分光儀示數 θ 之關係。

目的 校正一具稜鏡分光儀，並求數個光譜中未知明線之波長。

儀器 (1) 稜鏡分光儀 A ; (2) 汞弧燈 C ; (3) 鈉焰燈 D ; (4) 感應圈 B , 電池 E 及氫氣放電管; (5) 放電管數個 S ; (6) 未知鹽數種 (圖 36.1)。

稜鏡分光儀之調節法可參考實驗三十四 B 。作此實驗時，所用之稜鏡分光儀，係已調節妥善，如有困難，須先得教員允許，方得另行調節。

汞光燈與氫氣放電管之使用法，可先問教員。

實驗步驟 (1) 燃鈉焰燈於平行光管前；依實驗三十四 B 之步驟 (6) 所述，求得鈉光兩條黃線中心之最小偏向角。得此位置後，乃將平行

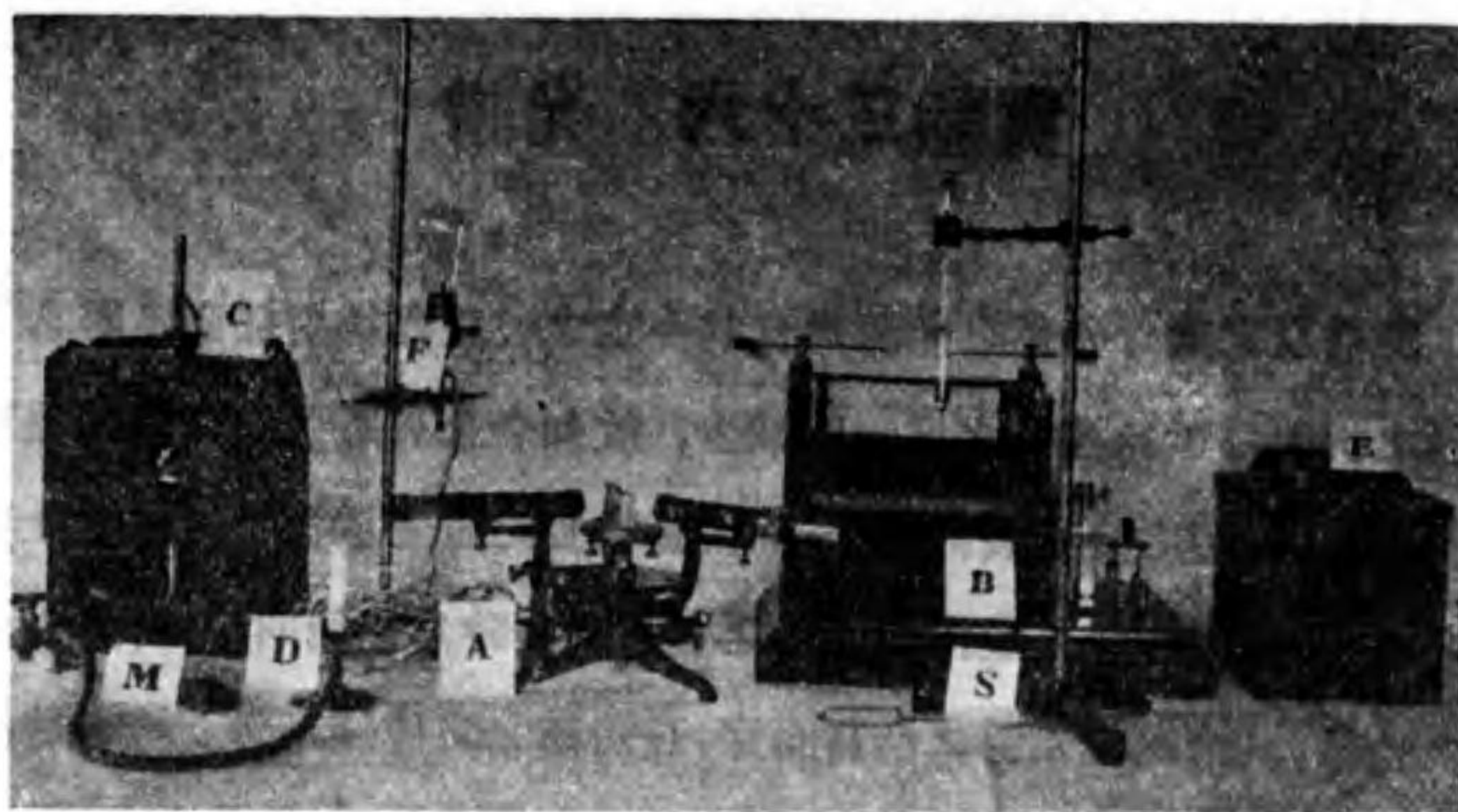


圖 36.1

光管與台几均拴固，不任其稍動，至於望遠鏡則仍可轉動。將望遠鏡中叉絲先後對正兩黃線而記下望遠鏡下附屬一游尺之示數。此兩線之波長各為 5896 與 5890 Å。若因所用分光儀之鑑別率不夠，此兩線不能被分解，則可以 5893 Å 為其中心點之波長。

(2) 改用汞光燈。再轉動望遠鏡以觀察其中各主要明線之位置。此等明線之波長各如下(單位均為 10^{-8} 厘米)：

| | |
|--|--------------|
| 黃色雙線： $\begin{cases} 5790 \\ 5770 \end{cases}$ (強) | 紫色線：4359 (強) |
| | 4348 |
| 黃綠色線：5461 (強) | 4339 |
| | 4078 |
| 藍綠色線： $\begin{cases} 4960 \\ 4916 \end{cases}$ (強) | 紫色線：4047 (強) |

(3) 改用氫氣放電管。再轉動望遠鏡以觀察其上之紅色與藍色兩線之位置。此二者之波長各為 6563 Å 及 4861 Å。

(4) 改用其他放電管，求其光譜中各線之位置，而自前此步驟(1)至

(3) 所得之結果，求得其波長，並由適當之表格，查得與此等波長相對應之物質為何。

(5) 在火焰中改置他種鹽，依步驟(4)，檢查其性質。

作圖 以望遠鏡位置 θ 為橫坐標，(1) 至(3) 步驟所用各波長為縱坐標，繪一曲線於方格紙上，以作分光儀波長與位置之對照曲線。

所得各數據可登記如下：

A. 分光儀波長 λ 與位置 θ 之對照曲線

| θ | $\lambda(\text{Å})$ | θ | λ |
|----------|---------------------|----------|-----------|
| | 6563 | | 4916 |
| | 5896 | | 4861 |
| | 5890 | | 4359 |
| | 5790 | | 4348 |
| | 5770 | | 4339 |
| | 5461 | | 4078 |
| | 4960 | | 4047 |

B. 未知放電管之光譜

| θ | λ |
|----------|-----------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

管中氣體 =

C. 未知火焰之光譜

| θ | λ |
|----------|-----------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

焰中物質 =

問題

- (1) 試陳述稜鏡光譜與光柵光譜之異點。
- (2) 太陽光譜中，有多條暗線，其故何在？

附 錄

1. 游尺標度與讀法

游尺乃一副尺可滑動於一主尺之旁，其功用乃以助觀察者估計較主尺上最小刻度更小之值。尋常游尺上每 n 度所佔之距離，適等於主尺上 $(n-1)$ 度，故其最小示數為主尺上一度之 $\frac{1}{n}$ 。例如圖(0.1)所示，主

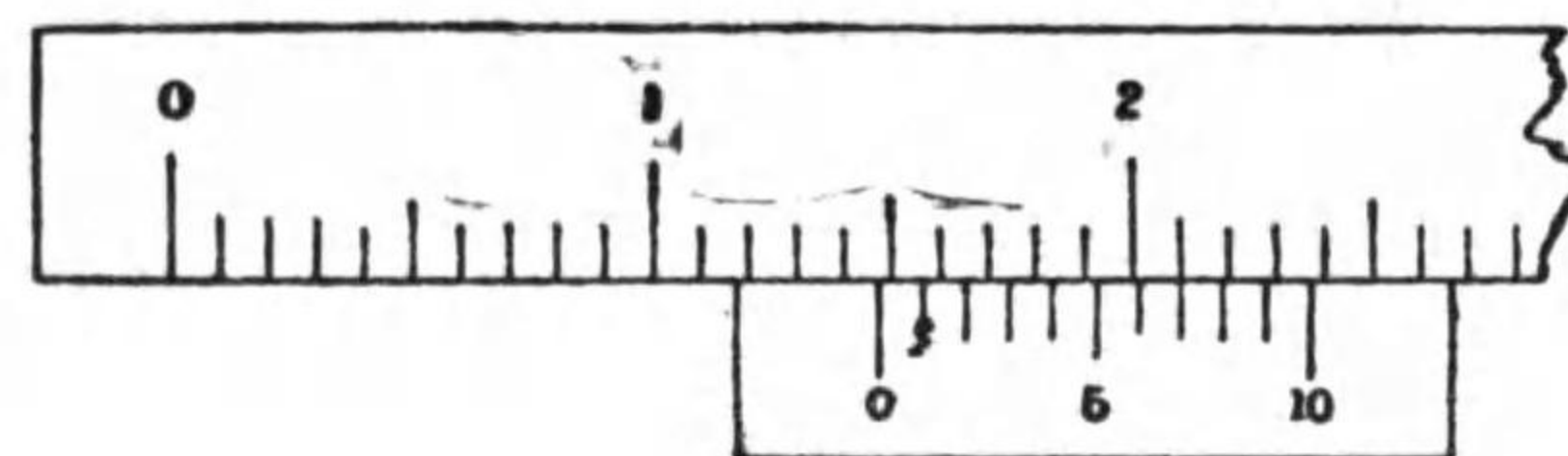


圖 0.1

尺上九度等於游尺上十度，故用此式游尺時所量得之值可準至主尺上每度之 $\frac{1}{10}$ 。在此圖中，游尺之 0 點，係在主尺上 1.4 及 1.5 之間，其第 7 刻度適與主尺上一刻度脗合，故 0 點之位置係在 1.47。又例如圖(0.2)



圖 0.2

所示，游尺之 0 點係在主尺上 $158\frac{4}{6}^\circ$ 與 $158\frac{5}{6}^\circ$ 之間 (a 點)，游尺上

之第 $7\frac{1}{6}$ 刻度適與主尺上一刻度相合，故其示數為 $158\frac{4}{6} + 7\frac{1}{6} = 158^{\circ}40' + 7'10'' = 158^{\circ}47'10''$ 。

2. 測微計與測微螺旋

圖(0.3)示測微計，其刻度法亦為測微螺旋所用。用測微計時，須先

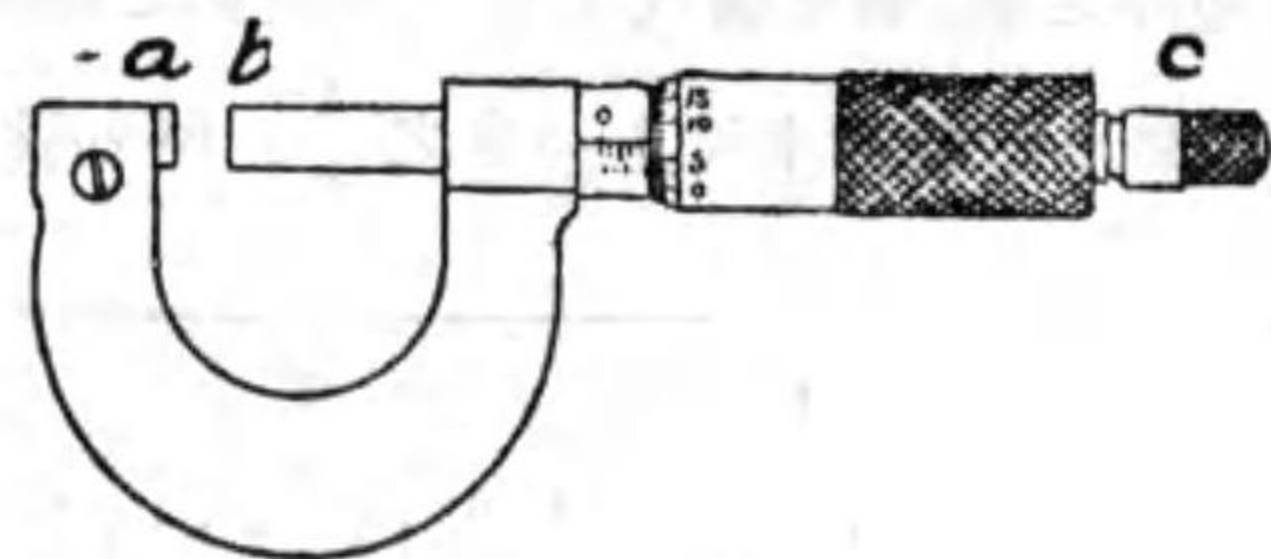


圖 0.3

旋轉之使其 ab 兩點適相接觸；為免除旋轉之力過大或過小起見， a 與 b 兩點將接觸時，須旋轉其小柄 c 。令 a 與 b 兩點接觸時之示數為其 0 點。將欲量之物體夾於 a 與 b 之間，夾緊之時亦旋轉小柄 c ，以免接觸鬆緊不當，再讀其示數。兩次示數相減，即得所量之長。

尋常螺旋之螺距（即轉柄或圓盤轉動一周時所進退之距離）多為半毫米，直標度 S 之最小刻度為 1 毫米，讀其示數時，須注意圓盤 d 之 0 點係在一毫米之前半或後半。例如圖(0.3)所示之值乃 4.572 毫米而非 4.072 毫米也。

凡用各種有測微螺旋之儀器時，均應將螺旋向一方繼續旋轉，以免螺旋與螺母間空隙不完全接觸所生之誤差。

3. 望遠鏡與標度

用望遠鏡與其標度之方法如下：

- (1) 將望遠鏡向光，進退目鏡使其焦聚於叉絲。
- (2) 置眼於此後使用望遠鏡時眼所應處之地位，尋求射鏡中所反射之一燈之像。必要時可移動燈與眼以使燈像之位置適在眼下。取去燈而在其處裝置標度。如標度不亮可用燈照之。
- (3) 置望遠鏡於眼前，沿其上觀察鏡，並將望遠鏡對準射鏡。調節標度之高度，使沿望遠鏡身上觀察時，得在射鏡中見及標度之像。
- (4) 自望遠鏡中觀察，調節望遠鏡之長以焦聚於射鏡，得此之後，再縮短望遠鏡之長以焦聚於標度，至左右改變觀察時，標度之像與叉絲毫無相對的移動為止。

4. 氣壓計

水銀氣壓計為量大氣壓之最常用儀器。尋常實驗室中所備者多為 Fortin 式，其用法如下：

- (1) 讀器旁之溫度計。
- (2) 調節氣壓計下端之螺旋，至在器下水銀面適與一象牙尖端接觸。
- (3) 旋轉在器上部旁螺旋以移動游尺至其下面適與管中水銀頂相切。自主標度及游尺讀器之示數。將所得之示數按下列方程改為 0°C . 時之值，

$$h_0 = h(1 - 0.000162 t) = h - \Delta h$$

t 表溫度， h 表所讀得之水銀柱高， h_0 表溫度為 0°C . 時之水銀柱高。為便於應用起見，此方程所示之關係亦列於表一中。

表一 水銀氣壓計之示數改爲 0°C. 之值

說明：因水銀之密度與玻璃管及標度均隨溫度之升降而改變，故讀水銀氣壓計時，均須將其所示之水銀柱高改爲溫度等於 0°C 時所將有之高度。若觀察值爲 h ，溫度爲 t ，則準確值爲 $h_0 = h - \Delta h$ ；本表列舉 Δh 之值。

| Δh (毫米) | 黃銅標度 | | | | | | | 玻璃標度 | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 720 | 730 | 740 | 750 | 760 | 770 | 780 | 720 | 730 | 740 | 750 | 760 | 770 | 780 |
| 15° | 1.75 | 1.77 | 1.81 | 1.83 | 1.86 | 1.88 | 1.91 | 1.87 | 1.89 | 1.92 | 1.94 | 1.97 | 2.00 | 2.02 |
| 16° | 1.87 | 1.89 | 1.93 | 1.96 | 1.98 | 2.01 | 2.03 | 1.99 | 2.02 | 2.05 | 2.07 | 2.10 | 2.13 | 2.16 |
| 17° | 1.98 | 2.01 | 2.05 | 2.08 | 2.10 | 2.13 | 2.16 | 2.12 | 2.14 | 2.17 | 2.20 | 2.23 | 2.26 | 2.29 |
| 18° | 2.10 | 2.13 | 2.17 | 2.20 | 2.23 | 2.26 | 2.29 | 2.24 | 2.27 | 2.30 | 2.33 | 2.36 | 2.39 | 2.43 |
| 19° | 2.22 | 2.25 | 2.29 | 2.32 | 2.35 | 2.38 | 2.41 | 2.36 | 2.40 | 2.43 | 2.46 | 2.49 | 2.53 | 2.56 |
| 20° | 2.33 | 2.37 | 2.41 | 2.44 | 2.47 | 2.51 | 2.54 | 2.49 | 2.52 | 2.56 | 2.59 | 2.62 | 2.66 | 2.69 |
| 21° | 2.45 | 2.48 | 2.53 | 2.56 | 2.60 | 2.63 | 2.67 | 2.61 | 2.65 | 2.68 | 2.72 | 2.76 | 2.79 | 2.83 |
| 22° | 2.57 | 2.60 | 2.65 | 2.69 | 2.72 | 2.76 | 2.79 | 2.74 | 2.78 | 2.81 | 2.85 | 2.89 | 2.92 | 2.96 |
| 23° | 2.68 | 2.72 | 2.77 | 2.81 | 2.84 | 2.88 | 2.92 | 2.86 | 2.90 | 2.94 | 2.98 | 3.02 | 3.06 | 3.10 |
| 24° | 2.80 | 2.84 | 2.89 | 2.93 | 2.97 | 3.01 | 3.05 | 2.99 | 3.03 | 3.07 | 3.11 | 3.15 | 3.19 | 3.23 |
| 25° | 2.92 | 2.96 | 3.01 | 3.05 | 3.09 | 3.13 | 3.17 | 3.11 | 3.15 | 3.19 | 3.23 | 3.28 | 3.32 | 3.36 |

表二 水銀在玻璃管中因毛細管作用被壓下之高度

| 管之直徑 (毫米) | 彎月形之高度 (毫米) | | | | | | | |
|--------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 |
| 4 | 0.83 | 1.22 | 1.54 | 1.93 | 2.37 | | | |
| 5 | 0.47 | 0.65 | 0.86 | 1.19 | 1.45 | 1.80 | | |
| 6 | 0.27 | 0.41 | 0.56 | 0.78 | 0.98 | 1.21 | 1.43 | |
| 7 | 0.18 | 0.28 | 0.40 | 0.53 | 0.67 | 0.82 | 0.97 | 1.13 |
| 8 | | 0.20 | 0.29 | 0.38 | 0.46 | 0.56 | 0.65 | 0.77 |
| 9 | | 0.15 | 0.21 | 0.28 | 0.33 | 0.40 | 0.46 | 0.52 |
| 10 | | | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.29 | 0.33 | 0.37 |
| 11 | | | 0.10 | 0.14 | 0.18 | 0.21 | 0.24 | 0.27 |
| 12 | | | 0.07 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.19 |

表三 水之密度(單位=克/立方厘米)

| 溫度 $t^{\circ}\text{C}$. | 密 度 | 溫 度 $t^{\circ}\text{C}$. | 密 度 |
|--------------------------|----------|---------------------------|----------|
| 0 | 0.999878 | 18 | 0.998663 |
| 1 | 983 | 19 | 475 |
| 2 | 972 | 20 | 272 |
| 3 | 963 | 21 | 0.998065 |
| 4 | 1.000000 | 22 | 0.997849 |
| 5 | 992 | 23 | 0.997623 |
| 6 | 969 | 24 | 0.997386 |
| 7 | 933 | 25 | 0.997140 |
| 8 | 882 | 30 | 0.99577 |
| 9 | 819 | 35 | 0.99417 |
| 10 | 739 | 40 | 0.99236 |
| 11 | 650 | 45 | 0.99035 |
| 12 | 544 | 50 | 0.98817 |
| 13 | 430 | 60 | 0.98334 |
| 14 | 297 | 70 | 0.97789 |
| 15 | 154 | 80 | 0.97190 |
| 16 | 0.999004 | 90 | 0.96549 |
| 17 | 0.998839 | 100 | 0.95856 |

表四 飽和水蒸汽壓(毫米水銀柱)及密度(克/立方厘米)

| 溫度 $^{\circ}\text{C}$. | 壓 力 | 密 度 | 溫度 $^{\circ}\text{C}$. | 壓 力 | 密 度 |
|-------------------------|-------|------------------------|-------------------------|-------|------------------------|
| -10 | 2.2 | 2.3×10^{-6} | 81 | 389.5 | |
| -8 | 2.5 | 2.7×10^{-6} | 82 | 384.6 | |
| -6 | 2.9 | 3.2×10^{-6} | 83 | 400.3 | |
| -4 | 3.4 | 3.7×10^{-6} | 84 | 416.5 | |
| -2 | 3.9 | 4.2×10^{-6} | 85 | 433.2 | 357.1×10^{-6} |
| 0 | 4.6 | 4.9×10^{-6} | 86 | 450.5 | |
| 2 | 5.3 | 5.6×10^{-6} | 87 | 468.3 | |
| 4 | 6.1 | 6.4×10^{-6} | 88 | 486.8 | |
| 6 | 7.0 | 7.3×10^{-6} | 89 | 505.8 | |
| 8 | 8.0 | 8.2×10^{-6} | 90 | 525.4 | 428.4×10^{-6} |
| 10 | 9.1 | 9.3×10^{-6} | 91 | 545.7 | |
| 12 | 10.4 | 10.6×10^{-6} | 92 | 566.7 | |
| 14 | 11.9 | 12.0×10^{-6} | 93 | 588.3 | |
| 16 | 13.5 | 13.5×10^{-6} | 94 | 610.6 | |
| 18 | 15.3 | 15.2×10^{-6} | 95 | 633.6 | 511.1×10^{-6} |
| 20 | 17.4 | 17.2×10^{-6} | 96 | 657.4 | |
| 22 | 19.6 | 19.3×10^{-6} | 97 | 681.8 | |
| 24 | 22.2 | 21.6×10^{-6} | 98 | 707.1 | |
| 26 | 23.5 | 22.9×10^{-6} | 98.2 | 712.3 | |
| 28 | 28.1 | 27.0×10^{-6} | 98.4 | 717.4 | |
| 30 | 31.5 | 30.1×10^{-6} | 98.6 | 722.6 | |
| | | | 98.8 | 727.9 | |
| 35 | 41.8 | 39.3×10^{-6} | 99 | 733.2 | |
| 40 | 54.9 | 50.9×10^{-6} | 99.2 | 738.5 | |
| 45 | 71.4 | 65.3×10^{-6} | 99.4 | 743.8 | |
| 50 | 92.0 | 83.0×10^{-6} | 99.6 | 749.2 | |
| | | | 99.8 | 754.7 | |
| 55 | 117.5 | 104.6×10^{-6} | 100.0 | 760.0 | 606.2×10^{-6} |
| 60 | 148.8 | 130.7×10^{-6} | 100.2 | 765.5 | |
| 65 | 187.0 | 162.1×10^{-6} | 100.4 | 771.0 | |
| 70 | 233.1 | 199.5×10^{-6} | 100.6 | 776.5 | |
| | | | 100.8 | 782.1 | |
| 75 | 288.8 | 243.7×10^{-6} | 101 | 787.7 | |
| 76 | 301.1 | | 102 | 816.0 | |
| 77 | 313.8 | | 103 | 845.0 | |
| 78 | 327.0 | | | | |
| 79 | 340.7 | | | | |
| 80 | 354.9 | 295.9×10^{-6} | | | |

表五 乾濕泡溫度計

說明：本表所示者為大氣中水蒸汽之實有壓力 p (以毫米水銀柱高計)。第一列所登載者為乾泡溫度計所示之溫度 t°C.; 第一行所登載者為乾泡與濕泡溫度計相差之溫度 Δt°C.。

Table with columns for Δt°C. (0-10) and rows for t°C. (0-30). Values represent the difference between dry and wet bulb temperatures.

表六 對數表

Table with columns for N (0-9) and rows for N (10-54). Values represent logarithmic data points.

對數表(續)

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 55 | 7404 | 7412 | 7419 | 7427 | 7435 | 7443 | 7451 | 7459 | 7466 | 7474 |
| 56 | 7482 | 7490 | 7497 | 7505 | 7513 | 7520 | 7528 | 7536 | 7543 | 7551 |
| 57 | 7559 | 7566 | 7574 | 7582 | 7589 | 7597 | 7604 | 7612 | 7619 | 7627 |
| 58 | 7634 | 7642 | 7649 | 7657 | 7664 | 7672 | 7679 | 7686 | 7694 | 7701 |
| 59 | 7709 | 7716 | 7723 | 7731 | 7738 | 7745 | 7752 | 7760 | 7767 | 7774 |
| 60 | 7782 | 7789 | 7796 | 7803 | 7810 | 7818 | 7825 | 7832 | 7839 | 7846 |
| 61 | 7853 | 7860 | 7868 | 7875 | 7882 | 7889 | 7896 | 7903 | 7910 | 7917 |
| 62 | 7924 | 7931 | 7938 | 7945 | 7952 | 7959 | 7966 | 7973 | 7980 | 7987 |
| 63 | 7993 | 8000 | 8007 | 8014 | 8021 | 8028 | 8035 | 8041 | 8048 | 8055 |
| 64 | 8062 | 8069 | 8075 | 8082 | 8089 | 8096 | 8102 | 8109 | 8116 | 8122 |
| 65 | 8129 | 8136 | 8142 | 8149 | 8156 | 8162 | 8169 | 8176 | 8182 | 8189 |
| 66 | 8195 | 8202 | 8209 | 8215 | 8222 | 8228 | 8235 | 8241 | 8248 | 8254 |
| 67 | 8261 | 8267 | 8274 | 8280 | 8287 | 8293 | 8299 | 8306 | 8312 | 8319 |
| 68 | 8325 | 8331 | 8338 | 8344 | 8351 | 8357 | 8363 | 8370 | 8376 | 8382 |
| 69 | 8388 | 8395 | 8401 | 8407 | 8414 | 8420 | 8426 | 8432 | 8439 | 8445 |
| 70 | 8451 | 8457 | 8463 | 8470 | 8476 | 8482 | 8488 | 8494 | 8500 | 8506 |
| 71 | 8513 | 8519 | 8525 | 8531 | 8537 | 8543 | 8549 | 8555 | 8561 | 8567 |
| 72 | 8573 | 8579 | 8585 | 8591 | 8597 | 8603 | 8609 | 8615 | 8621 | 8627 |
| 73 | 8633 | 8639 | 8645 | 8651 | 8657 | 8663 | 8669 | 8675 | 8681 | 8686 |
| 74 | 8692 | 8698 | 8704 | 8710 | 8716 | 8722 | 8727 | 8733 | 8739 | 8745 |
| 75 | 8751 | 8756 | 8762 | 8768 | 8774 | 8779 | 8785 | 8791 | 8797 | 8802 |
| 76 | 8808 | 8814 | 8820 | 8825 | 8831 | 8837 | 8842 | 8848 | 8854 | 8859 |
| 77 | 8865 | 8871 | 8876 | 8882 | 8887 | 8893 | 8899 | 8904 | 8910 | 8915 |
| 78 | 8921 | 8927 | 8932 | 8938 | 8943 | 8949 | 8954 | 8960 | 8965 | 8971 |
| 79 | 8976 | 8982 | 8987 | 8993 | 8998 | 9004 | 9009 | 9015 | 9020 | 9025 |
| 80 | 9031 | 9036 | 9042 | 9047 | 9053 | 9058 | 9063 | 9069 | 9074 | 9079 |
| 81 | 9085 | 9090 | 9096 | 9101 | 9106 | 9112 | 9117 | 9122 | 9128 | 9133 |
| 82 | 9138 | 9143 | 9149 | 9154 | 9159 | 9165 | 9170 | 9175 | 9180 | 9186 |
| 83 | 9191 | 9196 | 9201 | 9206 | 9212 | 9217 | 9222 | 9227 | 9232 | 9238 |
| 84 | 9243 | 9248 | 9253 | 9258 | 9263 | 9269 | 9274 | 9279 | 9284 | 9289 |
| 85 | 9294 | 9299 | 9304 | 9309 | 9315 | 9320 | 9325 | 9330 | 9335 | 9340 |
| 86 | 9345 | 9350 | 9355 | 9360 | 9365 | 9370 | 9375 | 9380 | 9385 | 9390 |
| 87 | 9395 | 9400 | 9405 | 9410 | 9415 | 9420 | 9425 | 9430 | 9435 | 9440 |
| 88 | 9445 | 9450 | 9455 | 9460 | 9465 | 9469 | 9474 | 9479 | 9484 | 9489 |
| 89 | 9494 | 9499 | 9504 | 9509 | 9513 | 9518 | 9523 | 9528 | 9533 | 9538 |
| 90 | 9542 | 9547 | 9552 | 9557 | 9562 | 9566 | 9571 | 9576 | 9581 | 9586 |
| 91 | 9590 | 9595 | 9600 | 9605 | 9609 | 9614 | 9619 | 9624 | 9628 | 9633 |
| 92 | 9638 | 9643 | 9647 | 9652 | 9657 | 9661 | 9666 | 9671 | 9675 | 9680 |
| 93 | 9685 | 9689 | 9694 | 9699 | 9703 | 9708 | 9713 | 9717 | 9722 | 9727 |
| 94 | 9731 | 9736 | 9741 | 9745 | 9750 | 9754 | 9759 | 9763 | 9768 | 9773 |
| 95 | 9777 | 9782 | 9786 | 9791 | 9795 | 9800 | 9805 | 9809 | 9814 | 9818 |
| 96 | 9823 | 9827 | 9832 | 9836 | 9841 | 9845 | 9850 | 9854 | 9859 | 9863 |
| 97 | 9868 | 9872 | 9877 | 9881 | 9886 | 9890 | 9894 | 9899 | 9903 | 9908 |
| 98 | 9912 | 9917 | 9921 | 9926 | 9930 | 9934 | 9939 | 9943 | 9948 | 9952 |
| 99 | 9956 | 9961 | 9965 | 9969 | 9974 | 9978 | 9983 | 9987 | 9991 | 9996 |
| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

表七 三角函數表

| ° | sin | tan | cot | cos | ° |
|----|--------|--------------------|---------|--------|----|
| 0 | 0.0000 | 0.000 ⁰ | ∞ | 1.0000 | 90 |
| 1 | 0.0175 | 0.017 ⁵ | 57.2900 | 0.9998 | 89 |
| 2 | 0.0349 | 0.0349 | 28.6363 | 0.9994 | 88 |
| 3 | 0.0523 | 0.0524 | 19.0811 | 0.9986 | 87 |
| 4 | 0.0698 | 0.0699 | 14.3007 | 0.9976 | 86 |
| 5 | 0.0872 | 0.0875 | 11.4301 | 0.9962 | 85 |
| 6 | 0.1045 | 0.1051 | 9.5144 | 0.9945 | 84 |
| 7 | 0.1219 | 0.1228 | 8.1443 | 0.9925 | 83 |
| 8 | 0.1392 | 0.1405 | 7.1154 | 0.9903 | 82 |
| 9 | 0.1564 | 0.1584 | 6.3138 | 0.9877 | 81 |
| 10 | 0.1736 | 0.1763 | 5.6713 | 0.9848 | 80 |
| 11 | 0.1908 | 0.1944 | 5.1446 | 0.9816 | 79 |
| 12 | 0.2079 | 0.2126 | 4.7046 | 0.9781 | 78 |
| 13 | 0.2250 | 0.2309 | 4.3315 | 0.9744 | 77 |
| 14 | 0.2419 | 0.2493 | 4.0108 | 0.9703 | 76 |
| 15 | 0.2588 | 0.2679 | 3.7321 | 0.9659 | 75 |
| 16 | 0.2756 | 0.2867 | 3.4874 | 0.9613 | 74 |
| 17 | 0.2924 | 0.3057 | 3.2709 | 0.9563 | 73 |
| 18 | 0.3090 | 0.3249 | 3.0777 | 0.9511 | 72 |
| 19 | 0.3256 | 0.3443 | 2.9042 | 0.9455 | 71 |
| 20 | 0.3420 | 0.3640 | 2.7475 | 0.9397 | 70 |
| 21 | 0.3584 | 0.3839 | 2.6051 | 0.9336 | 69 |
| 22 | 0.3746 | 0.4040 | 2.4751 | 0.9272 | 68 |
| 23 | 0.3907 | 0.4245 | 2.3559 | 0.9205 | 67 |
| 24 | 0.4067 | 0.4452 | 2.2460 | 0.9135 | 66 |
| 25 | 0.4226 | 0.4663 | 2.1445 | 0.9063 | 65 |
| 26 | 0.4384 | 0.4877 | 2.0503 | 0.8988 | 64 |
| 27 | 0.4540 | 0.5095 | 1.9626 | 0.8910 | 63 |
| 28 | 0.4695 | 0.5317 | 1.8807 | 0.8829 | 62 |
| 29 | 0.4848 | 0.5543 | 1.8040 | 0.8746 | 61 |
| 30 | 0.5000 | 0.5774 | 1.7321 | 0.8660 | 60 |
| 31 | 0.5150 | 0.6009 | 1.6643 | 0.8572 | 59 |
| 32 | 0.5299 | 0.6249 | 1.6003 | 0.8480 | 58 |
| 33 | 0.5446 | 0.6494 | 1.5399 | 0.8387 | 57 |
| 34 | 0.5592 | 0.6745 | 1.4826 | 0.8290 | 56 |
| 35 | 0.5736 | 0.7002 | 1.4281 | 0.8192 | 55 |
| 36 | 0.5878 | 0.7265 | 1.3764 | 0.8090 | 54 |
| 37 | 0.6018 | 0.7536 | 1.3270 | 0.7986 | 53 |
| 38 | 0.6157 | 0.7813 | 1.2799 | 0.7880 | 52 |
| 39 | 0.6293 | 0.8098 | 1.2349 | 0.7771 | 51 |
| 40 | 0.6428 | 0.8391 | 1.1918 | 0.7660 | 50 |
| 41 | 0.6561 | 0.8693 | 1.1504 | 0.7547 | 49 |
| 42 | 0.6691 | 0.9004 | 1.1106 | 0.7431 | 48 |
| 43 | 0.6820 | 0.9325 | 1.0724 | 0.7314 | 47 |
| 44 | 0.6947 | 0.9657 | 1.0355 | 0.7193 | 46 |
| 45 | 0.7071 | 1.0000 | 1.0000 | 0.7071 | 45 |
| ° | cos | cot | tan | sin | ° |

14794

012

| | | | | |
|----|-------|-----------|-----|-------|
| 01 | 14794 | 普通物理學實驗一冊 | 薩本棟 | 商務印書館 |
| 02 | | | | |
| 03 | | | | |
| 04 | | | | |
| 05 | | | | |
| 06 | | | | |
| 07 | | | | |
| 08 | | | | |
| 09 | | | | |
| 10 | | | | |

中華民國二十五年十一月初版

(58321.2精)

大學叢書 (教本) 普通物理學實驗一冊

150.00

每冊實價國幣貳元

外埠酌加運費匯費

著者

薩本棟

編輯者

中華教育文化基金會
董事會編譯委員會

發行人

王雲五
上海河南路五

印刷所

商務印書館
上海河南路

發行所

商務印書館
上海及各埠

* 有所權版 *
* 究必印翻 *

六五三六上

(本書校對者曹鈞石)

422-Sa88ウ



1200800297187

422
SA88
㊦

終