

初級中學學生用

開明物理學教本

[下冊]

戴運軌編著

修正課程
標準適用

開明書店印行

初級中學學生用
“開明物理學教本”
(下 册)

民國廿七年五月修正初版
民國三十年三月桂一版

有著作權

*

不許翻印

實價國幣五角四分
(酌加運匯費)

編著者 戴 運 軌

發行者 章 錫 琛
上海福州路開明書店

印刷者 開 明 書 店

總發行所

上海福州路二六八號

開明書店

分發行所

重慶 貴陽 成都 曲江
桂林 衡陽 昆明 金華

開明書店分店

下 冊 目 次

學 科 重 識 六 策

第 四 編 聲 學

第 一 章 聲 波.....1

聲音... 聲波的傳播... 聲波的速度... 聲波的反射

第 二 章 聲 音 的 要 素 和 共 鳴..... 4

噪聲和樂音 響度 音調 共鳴 樂器 音階 音品

人聲... 留聲機..... 章 三 策

第 五 編 光 學

第 一 章 光 的 直 進..... 15

光的直進 影 光的速度 照度和光的強度 光的反

射... 光的折射 全反射..... 章 正 策

第 二 章 光 學 器 械..... 25

凹面鏡 透鏡 幻燈 照相機 眼和眼鏡 活動影片

放大鏡 顯微鏡 望遠鏡

第 三 章 光 的 分 散..... 35

光的分散 虹 分光鏡 光譜的種類 物體的色

第四章 輻射線、光波..... 42

光的作用 輻射線 輻射和吸收 輻射線的本性

第六編 電磁學

第一章 磁..... 49

磁鐵 磁力 磁感應 磁場 地球磁場 羅盤

第二章 靜電..... 56

摩擦生電 電的傳導 兩種的電 驗電器 電感應

感應盤 感應起電機 容電器 雷電

第三章 電流和電池..... 65

電流 電池 實用電池 電解 法拉第定律 蓄電池

第四章 電流的磁作用..... 71

電流和磁針 線圈 電磁鐵 電鈴 電報機

第五章 電流的強度、電壓、電阻..... 77

電流計 電阻 電壓 歐姆定律 伏特計

第六章 電流的熱作用..... 82

由電流發生熱 保險線 電燈 弧光燈 焦耳定律

電流的工率

第七章 感應電流..... 88

感應電流 感應圈 電話機 發電機 電動機 變壓
器 觸電

第八章 電波..... 97

電振動 電波 檢波器 無線電報機 無線電話機

第九章 真空放電..... 103

真空放電 X射線 放射性

補習問題..... 109

問題答數..... 112

中英名詞對照表和索引..... 113

修正課程標準適用

開明物理學教本

下 冊

第四編 聲學

第一章 聲波

87. 【聲音】如大鼓、鐘、琴等的發聲體，當其發聲音的時候，莫不迅速振動。

【實驗】1. 用小鎚擊音叉，使其發聲音；若當時將叉的一端和水相觸，水即四濺（第 147 圖左）。

2. 用線懸橡木的小球，使其和發聲音的音叉相接觸（第 147 圖右）。試觀察此時小球的情形如何？



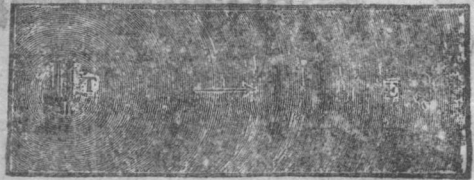
第 147 圖 發聲體的振動

由是可知聲音的來源，由於物體迅速的振動。

88. 【聲波的傳播】

物體在空氣中急行振動的時候，周圍的空氣即生出稀疏和稠密，由近及遠傳至各方（第148圖）；

和以石投水面時水波傳向四方相同，這樣的波稱為聲波。



第148圖 聲波的傳播

T, 音叉; E, 耳; 箭頭表示聲波的方向

聲波傳至耳內，使鼓膜振動，故能聽到聲音。傳播聲波的介質，不限於空氣等類的氣體，即固體和液體亦能傳聲（第149圖）。水中的魚能夠聞人的足聲而逃避，就是這個道理。



第149圖 水的傳聲

當，聲波的等。播聲波的介質，不限於空氣等類的氣體，即固體和液體亦能傳聲（第149圖）。水中的魚能夠聞人的足聲而逃避，就是這個道理。

〔問題1〕 在真空中振鈴，吾人能聞其聲音否？

89. 【聲波的速度】

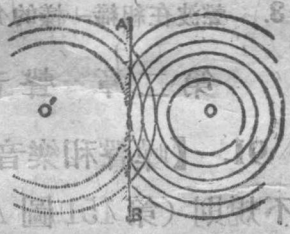
在遠處放礮，常先見其煙，後聞其聲。由這個現象可以測定聲波的速度。聲波在溫度 0°C . 的空氣裏面進行時，其速度為331每秒米；溫度每昇1度，即增加每秒0.6米。在液體和固體內，聲波的速度更大。

聲 波 速 度 (溫度 0°C.)	
物 質	每 秒 米
空氣 . . .	331
水	1450
鋼鐵	4900

【問題 2】 見閃電後，經過 5 秒鐘始聞雷聲，假定空氣的溫度為 20°C，求雷鳴地方的距離若干？

90. 【聲波的反射】

在山谷間或大廈的前面大聲疾呼，可再聞同樣的聲音。這是和池水的水波，由岸邊折回的情形相同(第 150 圖)，聲



第 150 圖 水波的反射和聲波的反射

O 為聲波的原有波源，反射波好像以對於壁 AB 和 O 對稱的點 O' 為波源而向對進行

波傳至高壁邊被其阻住，所以折回。這個現象稱為聲波的反射。折回轉來的聲稱為回聲。在室內談話比在郊外清晰，因為由室內四壁立刻折回的回聲，和原來的聲波相合，聲即增大的緣故。若在大講堂內，聲波的反射面較遠，回聲轉來過遲，和原來的聲波互相混淆，故其語音不易明瞭。

〔問題3〕在遠處聽人說話，常用手掌豎在耳後，較為清晰，試言其故。

〔問題4〕俗云‘敲聲有尾’，試言其理。

〔問題5〕在溫度 0°C .的時候，向着井底發聲，經0.7秒後再聞其聲，問從井口至水面的深若干？

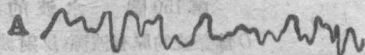
【摘要】1. 聲波係由物體的振動所起的疏密波。

2. 聲波的速度在 0°C .-的空氣裏面為331每秒米，在液體、固體內，其速度更大。

3. 聲波在組織一樣的介質內前進時，遇着物體即行反射。

第二章 聲音的要素和共鳴

91. 【噪聲和樂音】如車聲，敲聲等，其振動甚不規則（第151圖A），使吾人發生不快感的聲音，稱為噪聲；又如音叉、提琴等所發的聲音很有規則（第151圖B），能使吾人發生快感的，稱為樂音。物理學裏面所研究的聲音，就是



第151圖 兩種的聲音

A, 噪聲; B, 樂音

樂音。



第152圖 音叉的振動記錄

【實驗】將銅絲繫

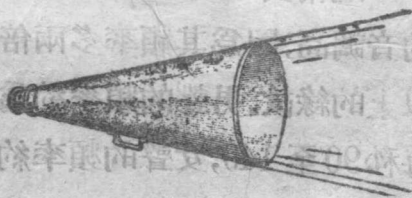
在音叉的一臂上，稍伸

出其尖端，然後使音叉振動，令銅絲的尖端和塗有煙煤的玻璃板相接觸而急引之(第 152 圖)，可得很有規則的波線。由是即可明瞭音叉振動的狀況。

92. 【響度】由樂音所得的感覺可分三種，即響度、音調、音品，總稱為聲音的三要素。

用手重彈琴絃，或重敲大鼓，其初振動很激烈，音亦很强；不多時其振動的振幅即漸次減小，音亦漸弱，最後音和振動完全消失。由是可知音的強弱即響度是由發聲體振幅的大小而定。又由發聲體

發出的聲波，通常作球形傳向各方，其振幅漸次減小，音亦漸弱。故距發聲體愈遠，所聞的



第 153 圖 傳聲筒

音愈弱，若使聲波沿細管進行，在同一面積裏面其響度並不會變。電話用的聽筒即利用這個理由。

〔問題 1〕 試說明醫生所用聽筒的作用。

〔問題 2〕 運動場上用傳聲筒(第 153 圖)傳播消息，方能

達於遠處，試言其理。

93. 【音調】

【實驗】用圓形厚紙板一張，沿邊穿了若干小孔，使各孔間相隔的距離一樣，裝在一軸上令其轉動，由小玻璃管向小孔送風（第154圖），每當小孔轉到管口的前面，即可聞一種音。其初所發生的音很低，漸次迅速，即發生很高的音。

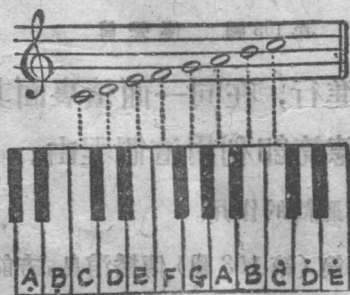
由此可知，音的高低即音調是由發聲體的振動次數的多寡而定。凡發聲體的頻率愈多，其音調愈高。

通常女子的音調比男子的音調高，因為其頻率多兩倍以上的緣故。男聲的頻率約為每秒90至140；女聲的頻率約



第154圖 音調的高低

為每秒270至550。由實驗的結果，若音的頻率過少或過多，皆不能聽到。吾人的聽官所能認識的音，其頻率約為每秒16至40000。

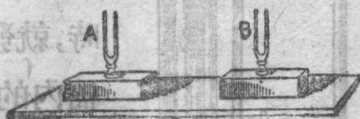


第155圖 風琴的鍵盤

如風琴、鋼琴等的鍵盤(第 155 圖),中央 C 右邊的 A 音,頻率為每秒 435; 增高一個倍音(參看 §95), 頻率即變為 2 倍。

〔問題 3〕 試求男聲和女聲的波長各若干?

94. 【共鳴】 將頻率相同的兩音叉 A, B , 並列在相近的地方(第 156 圖), 先使音叉 A 振動, 發聲後用手抵住其臂而阻止其振動, 這時可以聽見 B 所發的聲。又將同樣音調的兩條弦相鄰排列, 若用指撥其一條, 其餘一條亦自發音。像這樣的現象稱為共鳴。



第 156 圖 共鳴實驗

【實驗】 懸很重的石塊於空中(第 157 圖), 另以細線繫於石塊上。用力拉線, 這線固然立刻就斷; 不過若曳引緩慢, 使和石塊的振動相一致, 即曳線數次亦不至於斷, 但是石塊的振動卻已增大。

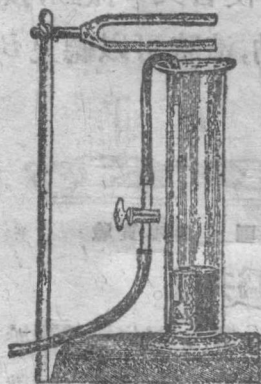


第 157 圖 共鳴的理

由是可知每隔一週期加以外力, 振幅即次第增大。上述兩音叉的振動和此相同, 由音叉 A 發出的疏密波傳至音叉 B , 若為稠密, B 的兩臂受壓力推向右方; 若為

稀疏，兩臂受反對方向的壓力推向左方，這壓力雖小，但如是往復數次，振幅漸次增大，以至引起共鳴。

空氣亦能起共鳴現象。盛水於玻璃圓筒內，將



第158圖 空氣的共鳴

一個振動着的音叉拿到筒口上(第158圖)，水面達相當的高度時，就發出強大的聲音。因為圓筒內的空氣柱受音叉傳來疏密波一張一縮的作用，振幅漸大，故能發生共鳴。放音叉的空箱由其裏面的空氣和音叉引起共鳴，以致發出強大的音，稱為共鳴箱。

如胡琴、提琴、曼度林(第159圖)等的胴亦皆係利用空氣的共鳴。

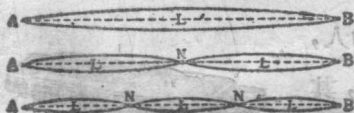
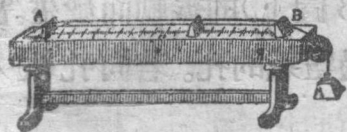
95. 【樂器】樂器多屬於弦或空氣的振動體。

如胡琴、提琴、鋼琴等的音，皆由弦的振動而發生。若使弦的長短和張力變更，



第159圖 提琴、曼度林

可得高低不同的音。凡弦愈細、愈短、愈緊張，其發出來的音調即愈高。就緊張的琴弦而言(第160圖)，將其中點撥動，弦即全體振動，發出一定的音調，稱



第160圖 弦的振動

AB, 弦長; L, 腹; N, 節

爲基音。若以指按弦上的中點，由弦的一端撥其 $\frac{1}{4}$ 的一點，弦的兩半分各自振動，發生爲基音的頻率2倍的音，即放開手指，中點亦不振動。

更指按弦上 $\frac{1}{3}$ 的一點，彈弦於 $\frac{1}{6}$ 點上，弦被分爲三等分而作振動，其兩個等分點並不振動。如是弦作數區的振動，所發出來的音稱爲倍音。弦上靜止不動的點N稱爲節；振幅最大的點L稱爲腹。

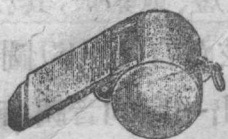
如簫、笛、喇叭、哨子等(第161, 162圖)的音，由管內空氣的振動而來。凡管愈短，則其所發的音愈高。吹簫時用指開閉小孔以變更管長，故能發出各種高低



第161圖 簫

A, 吹口; B, C, D, E, F, 小孔; G, 開端

的音。



第162圖 簧片

又如風琴、口琴(第163圖上)等的音,由薄金屬片即所謂簧(第163圖下)的振動而發生。簧

的一端幾遮住了可以通過空氣的孔。若向孔吹入空氣,則簧振動而發音。

〔問題4〕 拉胡琴或提琴的人,常在弦的一端近旁,用胡弓彈弦,其故安在?



第163圖 口琴和簧

〔問題5〕 將唇貼住於試驗管口,吹之則發音。若管中盛水少許後再吹之,其音有何不同?



第163圖 口琴和簧

〔問題6〕 簫、笛等的上面皆開有若干個圓孔,其用處安在?

96. 【音階】 從來音樂上所用的各種樂音,其頻率之間有極簡單的比如 1:2 或 3:4 等[●]; 可引為奇異的:就是將其中的音數種,同時並奏,即可令人悅耳而發生快感,此數音稱為互相諧和。若將這類諧和的音,按其高低的次序排列,所得一組的音稱為音階。

● 兩種音的頻率的比稱為‘音程’。

西洋音樂所用的音階如下：

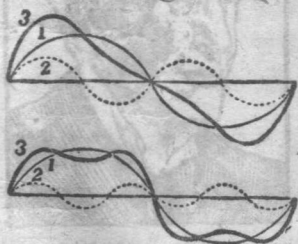
音階的名	1	2	3	4	5	6	7	i
頻率的比	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

中國音樂所用的音，和上面音階的音不過大同而小異。上表中的1爲基音，i爲陪音。基音的高低雖可任意選擇；但通常發出一定的音的樂器，可以按照下表來決定。

音調的名	C	D	E	F	G	A	B	Ċ
頻率	261	294	326	348	391.5	435	489	522

樂譜上所謂C調，即以C音當作基音的調子（參看第155圖）。其他如D調，E調等亦然。

97. 【音品】 如琴、簫等的樂器，雖使其響度和音調全相一致，但其所發



第164圖 音品生成之理
1, 基音; 2, 陪音; 3, 合成波。
基音雖相同，若隨之而生的陪音
不相同時，合成波即異

和音調全相一致，但其所發的音依舊各不相同，這種爲發聲體固有的特性，稱爲音品。音品的不同，由於發聲體振動時，不只發其基音，同時並發若干陪音；陪音和基音相重合，可得各種各樣

的合成聲波，音品即由其波形而異(第164圖)。

98. 【人聲】。吾人說話的聲音，是由於咽喉上的兩枚聲帶的振動而生成(第165圖)；其強弱則由呼吸的強弱而定。其高低則由聲帶的緊張與否而異。又由口腔、咽喉和鼻孔內的空氣和聲帶作共鳴，即生成音品。女子的聲帶比男子的聲帶短而且薄，故女子的音調高而男子的音調低。



第165圖 聲帶

從上面看下去，兩聲帶之間，若狹窄如上圖，即能發聲。

99. 【留聲機】。留聲機

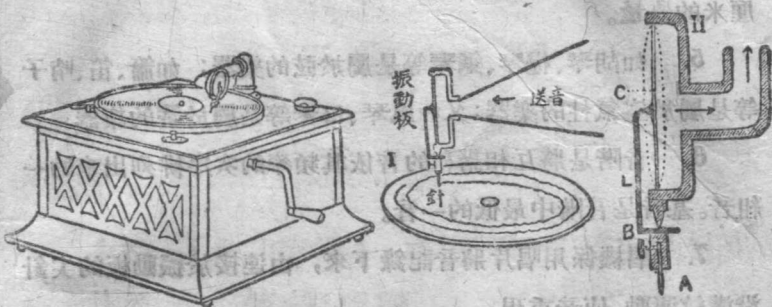
俗稱唱機，是使聲音重現的裝置，由美國愛迪生(第166圖)發明。

在硬橡皮製的唱片上鑄以波狀的溝紋。由雲母薄片製成的振動板 C (第167圖II)，其中心和一槓桿 L 的一端相連， L 的他端附有尖針 A ，將針尖嵌入於唱片上的溝紋。唱



第166圖 愛迪生

(Thomas Edison, 1847-1931) 美國發明家，幼時由賣報出身，除留聲機之外，還發明電燈、影戲機、蓄電池等數百種。



第 167 圖 留聲機 I, 送音; II, 振動板

片在轉動臺上轉動時，針尖沿着溝紋向左右運動，由槓桿 L 以 B 為支點將其振動傳至 C 板，使亦起振動，更由共鳴箱而變成強大的音。但是唱片上的溝紋，係依照送音入唱機時所起的振動而製成的（第 167 圖 I）；故 C 板的振動和送入的音相同，所以能發生同樣的音。

〔問題 7〕 唱片轉動愈速，其音愈高，試言其故。

【摘要】 1. 有規則的聲波為樂音，無規則的為噪聲。

2. 樂音的響度由振幅的大小而定，音調由頻率而定，音品由聲波的波形而定。

3. 發聲體受着和自己頻率相等的聲波，即自振動而發音，這就是共鳴。

4. 弦的頻率為 $\frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$ ； l, T, m 各為弦的長度，張力，每 1

厘米的質量。

5. 如胡琴、提琴、鋼琴等是屬於弦的樂器；如簫、笛、哨子等是屬於空氣柱的樂器；又如風琴、口琴等是屬於簧的樂器。

6. 音階是將互相諧和的音依其頻率的次序排列出來的一組音。基音是音階中最低的一音。

7. 唱機係用唱片將音記錄下來，由連接於振動板的尖針沿溝紋運動，使音重現。

第五編 光學

第一章 光的直進

100. 【光的直進】 由窗隙透進暗室的日光，或在黑夜裏由電筒、探照燈(第168圖)發出的光，從旁望其通過的路，得知由發光體即光源發出來的光是沿着直線進行的。光的進路稱為光線，可用直線表出。

如空氣、水、玻璃等類可以透過光的物體稱為透明體；如木、石、金屬等不能使光透過的物體，稱為不透明體。



第168圖 光的直進

〔問題1〕 由燭火至眼睛的直線上，用手掌遮住，即不見燭火，其故安在？

〔問題 2〕 從木葉的空隙裏漏下來的日光，在地面上印成無數的小圓形，是何緣故？

針孔造像

101. 【影】 光線若被不透明體遮住，其後面即生暗黑的部分，稱為影。光源若是甚小(第 169 圖

1)，所成的影固然一

樣暗黑，若光源不

僅一點，而有相當

的大小時(第 169

圖 2)，則不透明體

後面的影，其中央

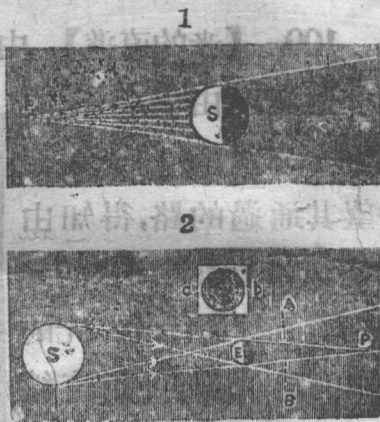
部分完全不受光而

成黑暗的，稱為本

影；周圍的部分尚

能受一部分光而成

淡黑的，稱為半影。

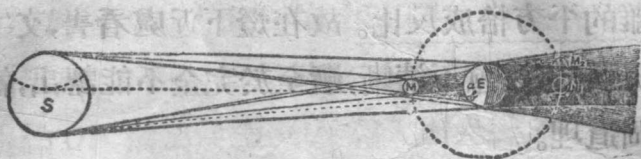


第 169 圖 影

1. 光源甚小時的影；2. 本影和半影，放屏於 AB 上，即生成如 ab 的影

日蝕為月介在地球和太陽中間時所起的現象(第 170 圖)，吾人在月 M 的本影(a)裏面，可望見太陽 S 的全蝕；若在月的半影(b)裏面，可望見偏蝕。又月若在地球的影內，即成月蝕。

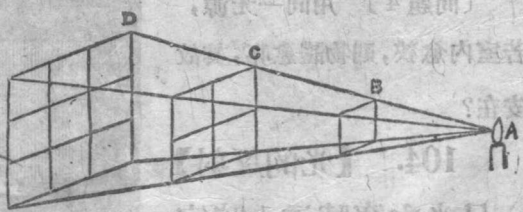
〔問題 3〕 在日光照着的時候，地面上只見電桿的影，不見電線的影，試言其故。



第170圖 日蝕和月蝕(S,太陽; M,月; E,地球)

102. 【光的速度】 在空氣或真空內，光的速度為 3 萬萬每秒米，即在 1 秒間可繞行地球七周半。光的速度雖如是之大，然而光自太陽傳至地球，須 8 分 18 秒；又由北極星傳至地球須 44 年，從此可以想見宇宙的廣大無際。

103.* 【照度和光的強度】 從光源發出的光，因沿着直線進行，故距光源愈遠，所照的面積愈廣，而光亦愈弱（第 171 圖）；物體表面的單位面積，在單位時間內所受光的量稱為該面的照度。若和光源相隔單位距離的平



第171圖 照度和距離

面上的照度假定為 1，那麼在 2 倍距離的照度當為 $\frac{1}{4}$ ；在 3 倍距離的照度當為 $\frac{1}{9}$ 。一般表面的照度和

距離的平方恰成反比。故在燈下近處看書，文字極其明顯，愈遠愈不清晰，漸至於完全不能認出，就是這個道理。

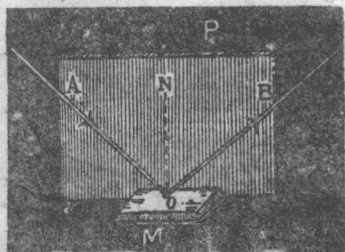
從光源所放出光的強弱稱為**光的強度**，由和光源相隔單位距離的垂直平面上的照度而定。光的強度單位係用標準蠟燭[●]所發的光，稱為**1 燭光**。通常洋燭的光約為 1 燭光，洋油燈的光約為 4 燭光。弧光燈 (§159) 為人工的光源中之最強者，有 1000 燭光，1500 燭光等。

強光直接射入眼裏，則不但有害於視覺，且反而不易看見物體。故室內照亮的設備，須特別注意以避免之。

〔問題 4〕 用同一光源，若室內愈狹，則物體愈亮，其故安在？

104. 【光的反射】

日光由窗隙透入暗室內，遇平面鏡 M 上的一



第172圖 光的反射
 M , 平面鏡; P , 屏, 光沿屏面射入

● 標準蠟燭是用直徑 2.5 厘米鯨油製的蠟燭，每小時燃燒 7.78 克時的光的強度定為 1 燭光(英國)。

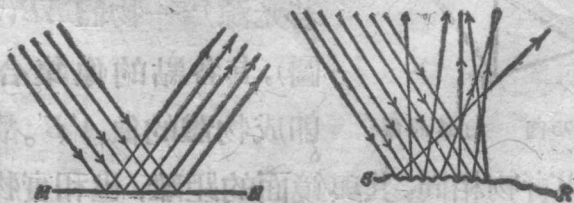
點 O ，即變更其方向（第 172 圖）。這個現象稱為光的反射。 O 點稱為入射點。在 O 點上和鏡面垂直的直線 ON 稱為法線。 ON 和入射光線 AO 所成的角 AON 稱為入射角，和反射光線 OB 所成的角 BON 稱為反射角。由實驗結果知道：

(1) 入射光線、反射光線都和法線同在一平面內，且各在法線的一邊。

(2) 入射角和反射角相等。

這個關係稱為光的反射定律。

如紙片和桌的表面，全體雖似平滑，但從其各部分細加觀察，就知道有很小的凹凸不平，所以入



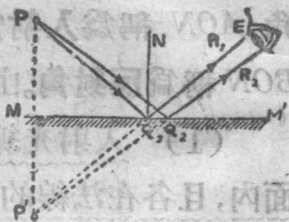
第 173 圖 左，單向反射；右，漫射

射光線雖是平行，反射光線卻向四方反射（第 173 圖），不能如真正平面時作單方向的反射[●]；吾人從

● 這種反射稱為單向反射。

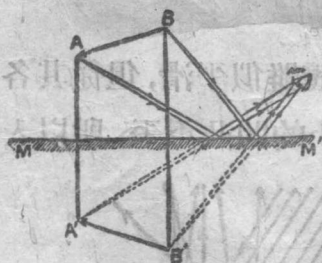
無論何方望去都有反射光，故能辨別物體的存在。這種反射稱為漫射。

在平面鏡 MM' 的面前，由一點 P 發出來的光線 PQ_1, PQ_2 入射於鏡面上(第 174 圖)，經反射後，變為 Q_1R_1, Q_2R_2 。如將這兩光線在其反對的方向延長，即相交於 P' 點上， P' 點係 P 對於鏡



第 174 圖 光點的像

面的對稱點。故由 R_1Q_1 的方向望去，就和光點恰在 P' 點相同。 P' 點稱為 P 點的像。若光源為一物體 AB (第 175 圖)，其各點的像集合起來即成物體的像 $A'B'$ 。故像的

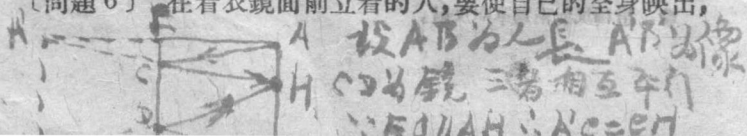


第 175 圖 物體的像

大小和實物相同，其與鏡面的距離，也和實物與鏡面的距離相等。

〔問題 5〕正午日光入射於水平位置的平面鏡上，求反射光的方向。若將鏡面略向東方傾斜，其方向如何？

〔問題 6〕在着衣鏡面前立着的人，要使自己的全身映出，

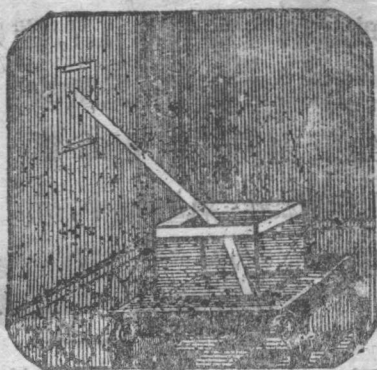


由圖解將鏡面的大小、位置和身體相比較，試求其最小的鏡面。

105. 【光的折射】 在玻璃容器內盛水，由窗隙透入的日光，斜向入射於水面；光的一小部分由

水面反射，但是大部分變更方向，轉入水內，並和法線相接近（第 176 圖）。

這個現象稱為光的折射。折射光線 OC 和法線 ON' 所成的角 CON' 稱為折射角（第 177 圖）。

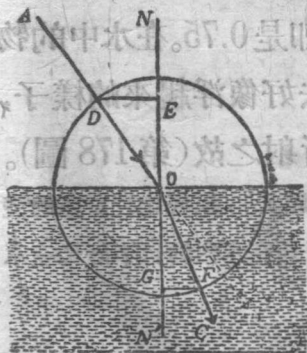


第 176 圖 折射的實驗

荷蘭的斯涅爾由實驗測得：

(1) 入射光線、折射光線都和法線同在一平面內，且各在法線的一邊。

(2) 以入射點 O 作中心畫圓（第 177 圖），和 OA, OC 相交於 D, F ，由此二點引垂線 DE, FG 於 NN' ；



第 177 圖 光的折射

$\frac{DE}{FG}$ 的值常為一定，和入射角的大小無涉。

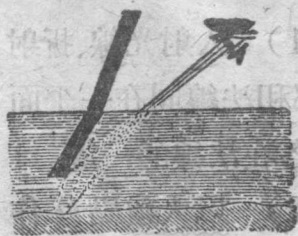
這個關係稱為光的折射定律， $\frac{DE}{FG}$ 的值稱為折射率。光由空氣進入水內時的折射率為 1.33，進入玻璃內時為 1.5—1.7，進入金剛石內時為 2.42。又光由真空進入一氣壓的空氣內時，折射率為 1.000294；氣壓愈小，折射率亦愈小。

由實驗得知光可由

同一的徑路逆行。例如(第 177 圖)由 CO 入射的光線， OA 為其折射後的方向。光由水進入空氣時，折射率為由空氣進入水時的逆數，即是 0.75。在水中的物體看去好像浮起來的樣子，即由折射之故(第 178 圖)。



第 178 圖 水底物體似乎浮起



第 179 圖 棒在水中的狀況

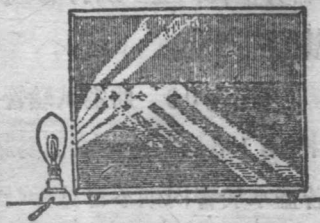
〔問題 7〕 河底比較實在的淺些，又斜插在水內的竹竿好像在水

面上折斷(第 179 圖)。試言其故。

〔問題 8〕 晚間所見星的位置是否實在的？

106. 【全反射】

【實驗】 將黑紙穿細孔數個，貼在玻璃水槽的側面，在細孔的前面放電燈，由水面下照着，光線折射如第 180 圖，距電燈稍遠的地方，入射光線不向空氣中折射，由臨界面反射再入水內。



第 180 圖 全反射的實驗

由是可知入射角愈大，反射光愈強，折射角亦愈大。

若對於一定的入射角，折射

角增至 90° ；雖然使入射角再增，光不再折射，卻全部反射入水內。這個現象稱為光的全反射。對於折

射角 90° 的入射角

稱為臨界面。由水

至空氣的臨界面為

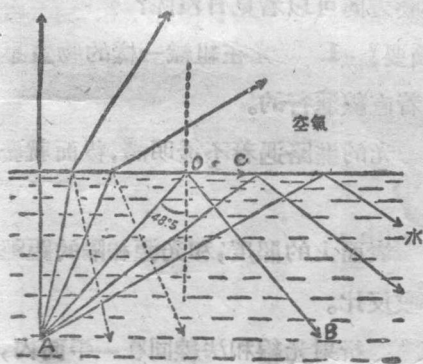
48.5° (第 181 圖)。

故在水面下，從比

臨界面更大的方向

入射光線，水面恰

和鏡面的作用一樣。

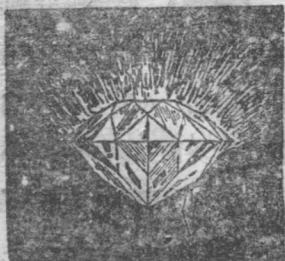


第 181 圖 全反射

光線 AO 全反射後沿 OB 進行

由玻璃至空氣的臨界面為 41.5° ，由金剛石至空氣的臨界面為 24° 。在光線入射金剛石的時候

(第182圖), 由其若干個的表面反射, 加之其折射後進入後面的光, 大都超過臨界角作全反射, 故金剛石燦然放光。



第182圖 金剛石的全反射

【問題9】 將空試驗管插入水中(第183圖), 管的表面易耀如鏡; 若盛水於管內則不再見, 試言其故。

【問題10】 荷葉上的水滴, 光耀如鏡, 其故安在?

【問題11】 光沿着水面入射時, 其入射角為 90° , 折射角為 48.5° 。問在靜水面下的魚從什麼方向可以看見日沒呢?



第183圖 空試驗管在水中時光線反射的情形

【摘要】 1. 光在組織一樣的物質裏面是沿着直線進行的。

2. 光的進路遇着不透明體, 後面就發生影。

3. 表面上的照度, 和光源相隔的距離的平方成反比。

4. 入射光線、反射光線、折射光線和法線同在一平面內, 入射角和反射角相等。光由甲物質進入乙物質, 有一定的折射率。

5. 由平面鏡所生的像, 對於鏡面, 與物體在對稱的位置。

6. 光由折射率大的物質進入折射率小的物質, 若從比臨界角大的方向入射光線, 即發生全反射。

第二章 光學器械

107. 【凹面鏡】 反射面若非平面而為球面

的一部，中央較周圍凹下的鏡（第184圖），稱為凹

面鏡，連結球心 O 和鏡

面中點 M 的直線稱為

軸。使軸 OM 向着太陽，

日光和軸平行入射於

鏡面，經反射後光線都

通過 OM 上的中點 F ，這個點稱為焦點， MF 的距

離稱為焦距。



第184圖 凹面鏡

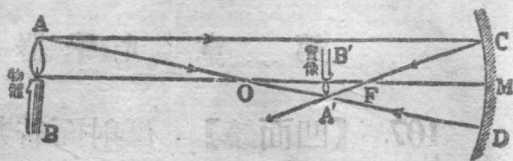


第185圖 探照燈

光源若放在焦點上，反射後的光線即成平行光線；故凹面鏡常用作反射鏡。軍事上用的探照燈即利用反射鏡造成（第185圖），用以探照遠處。又如汽車用頭燈亦應用此理。

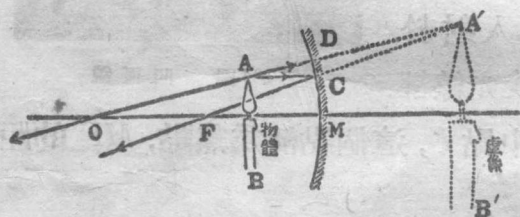
【實驗】 1. 在凹面鏡前面

相隔較遠的地方，置燭火；用小紙片在鏡面的近旁，作前後的移動，即成像(第186圖)，注意其位置和大小。



第186圖 凹面鏡生成的實像

2. 其次將燭火移近鏡面，使其在焦點和球心的中間，再尋出其像。



第187圖 凹面鏡生成的虛像

3. 將燭火移近到焦點以內(第187圖)，在鏡面的後面見了何種的像？

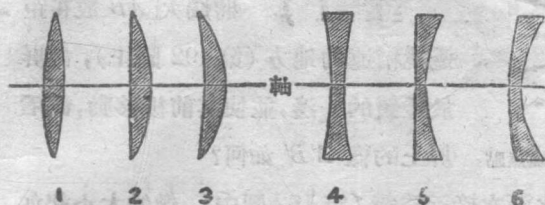
物體在焦點外的時候，反射光線聚集一處而成的稱為實像；若在焦點內的時候，光線向鏡後延長，亦能聚集一處，其所成的像稱為虛像。

〔問題1〕 由平面鏡所生的像是虛像還是實像？

〔問題2〕 試說明電燈罩和洋油燈的白瓷罩之功用(參看§103)。

108. 【透鏡】 透明體的兩面，由兩個球面或

由一球面和一平面而成的，稱為透鏡。連結兩面中



第188圖 透鏡的種類

點的直線稱為透鏡軸。

通常透鏡可分為六種

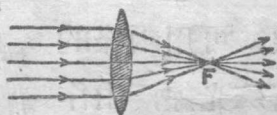
(第188圖):

如1, 2, 3等中央部分較厚的稱為凸透鏡或稱聚光透鏡; 如4, 5, 6等中央部分較薄的稱為凹透鏡或稱散光透鏡。

和透鏡軸平行的光線經

過凸透鏡(第189圖), 光線

即聚集在軸上的一點 F 。這



第189圖 凸透鏡的焦點

個點稱為透鏡的焦點(第

190圖), 焦點和透鏡面的距

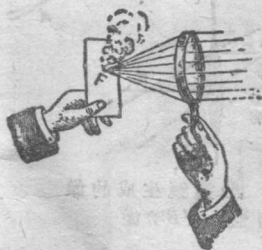
離稱為焦距。

若和軸平行的光線經

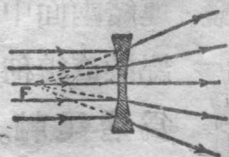
過凹透鏡(第191圖), 即成

為發散光線, 好似這些光線

都由軸上的一點 F 發出來一般, 這個點稱為凹透



第190圖 用凸透鏡聚集日光



第191圖 凹透鏡的虛焦點

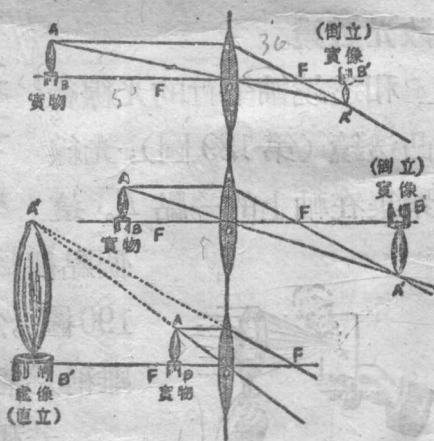
鏡的虛焦點。

【實驗】1. 將燭火 AB 放在距透鏡稍遠的地方(第192圖上), 置屏於透鏡的一邊, 並使其前後移動, 試看屏上的像 $A'B'$ 如何?

2. 又將燭火漸次接近透鏡(第192圖中), 像的大小起如何變化?

3. 放燭火 AB 在焦距以內(第192圖下), 屏上可見像否? 若由置屏的一邊通過透鏡來看燭火, 可見何種的像?

透鏡所生的像, 可用兩條的特殊光線, 由作圖求出(第192圖)。即是(1)通過透鏡中心 O 的光線沿一直線進行; (2)和軸平行的光線折射後都



第192圖 凸透鏡生成的像
 AB , 物體; $A'B'$, 像

通過焦點 F 。故這兩條光線由物體的一點 A 發出, 求得其交點 A' 即是 A 點的像; 同樣可求 B 點的像

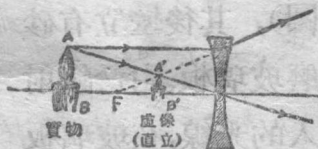
B' , 連結 $A'B$ 的直線即為物體 AB 的像。

假定由透鏡至物體和像的距離各為 a, b , 焦距為 f , 對於凸透鏡可得關係如下, 不過在虛像的時候, b 須為負數。

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f},$$

$$\frac{1}{[\text{物體和透鏡的距離}]} + \frac{1}{[\text{像和透鏡的距離}]} = \frac{1}{[\text{焦距}]}$$

若是凹透鏡, f 的值為負數。又由圖可知物體的長 AB 和像的長 $A'B'$ 的比等於 a 和 b 的比。

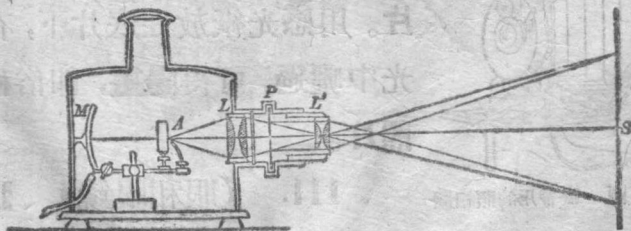


〔問題 3〕 透鏡的大小和像的明暗, 有何關係?

第 193 圖 凹鏡生成的像

〔問題 4〕 設有焦距 30 厘米的凸透鏡, 在其前面 50 厘米的地方放物體, 求像的位置。又物體的長為 20 厘米, 問像的長幾許? 並作圖說明之。

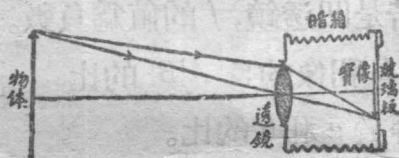
109. 【幻燈】 應用透鏡的裝置甚多, 幻燈即



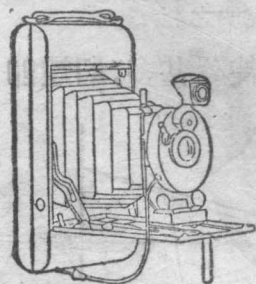
第 194 圖 幻燈

其一種。其構造如(第194圖),將透明畫插入 P 內,用透鏡 L 聚集電燈 A 的光射至畫片上,通過畫片的光線,再由透鏡 L' 成爲放大的像,映出在幕 S 上,以供公衆觀覽。

110. 【照相機】照相機的要部,爲一能自由伸縮的暗箱,箱前裝有凸透鏡(第195圖),其後壁立有砂磨玻璃板。由透鏡射入的光線,在玻璃板上造成顯明的實像。用感光性銀鹽製成的乾板代替玻璃板立於後壁,像即映在其上,使起化學作用。



第195圖 照相機的構造及其原理

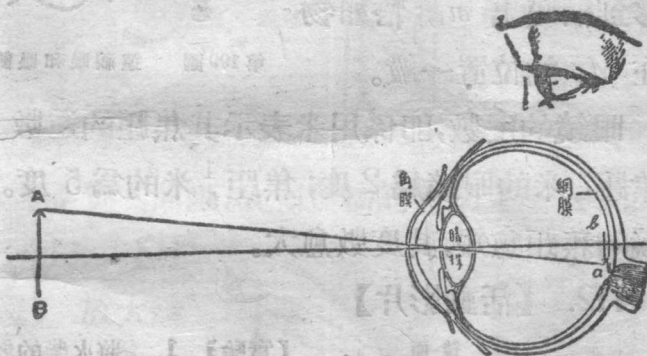


第196圖 攜帶用的照相機

再用適當的藥水洗後,可得和原物明暗相反的陰畫,即俗稱爲底片。用感光紙放在底片下,在日光中曬過,可得陽畫,即俗稱爲照片。

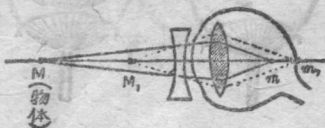
111. 【眼和眼鏡】眼的構造和照相的暗箱相似(第197圖),在角膜內的

睛珠和凸透鏡相當。網膜和乾板相當。由物體發出的光射進眼內時，睛珠可以由肌肉的伸縮自由彎曲以應物體的遠近，使在網膜上映成顯明的像；刺戟神經即生視覺。健全的眼在相距 15 厘米以上的物體皆能明視。但在距眼 25 厘米的地方，尤易看到，且可不感疲勞，稱為明視距離。



第 197 圖 眼的構造及其作用

近視眼因為睛珠的彎曲過甚，或是眼球生得特別深些；看遠處物體 M 的時候（第 198 圖），其像映在網膜的前面 m 。故須用凹透鏡作成的眼鏡^①，

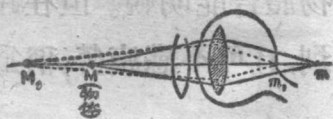


第 198 圖 近視眼和眼鏡

① 我國關於眼鏡的記載，始於明世，來自蕃舶，其後粵東人乃仿為之。

將光線發散，使像移到網膜上 m_1 ，方能明視，恰如物體在位置 M_1 一般。

遠視眼或老眼因為睛珠過於扁平，或眼球生得特別淺些，看近處的物體 M 時(第 199 圖)，其像映在網膜的後面 m 。故須用凸透鏡將光線收斂起來，使像移到網膜上 m_1 ，恰如物體在 M_1 的位置一般。



第 199 圖 遠視眼和眼鏡

眼鏡的度數，即係用米表示其焦距的逆數。例如焦距 $\frac{1}{2}$ 米的眼鏡為 2 度；焦距 $\frac{1}{5}$ 米的為 5 度。故眼鏡的焦距愈短，其度數愈大。

112. 【活動影片】

前面

後面



第 200 圖 殘像的實驗

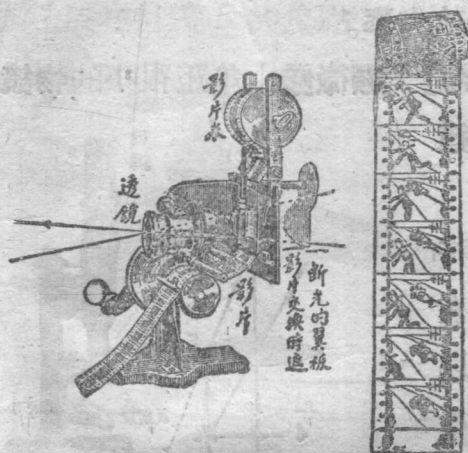
【實驗】 1. 將火柴的餘燼，

在暗處急速迴繞，望去和一條金線一般。

2. 在團扇的前面畫一小鳥，

後面畫一籠(第 200 圖)，然後將扇柄挾在兩手中間，使之急速轉動，望去和小鳥在籠中一般。

由是可知眼的感覺，在光的作用停止後，還暫



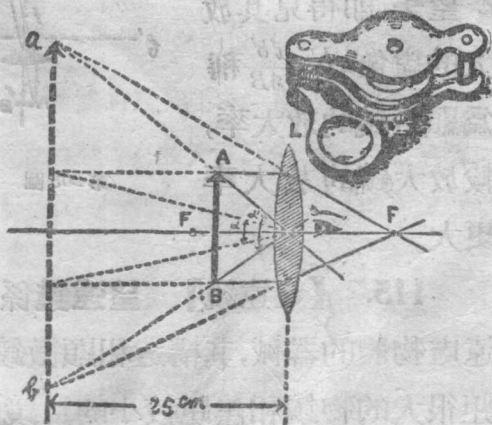
第201圖 活動影片機和其影片

時留着，並未立刻消去。活動影片即將這個原理應用在幻燈上而成。用連續運動體的逐漸變動的照片(第201圖)，由一定速度連續映出

時，並不覺其間斷，故和實物的運動完全一樣。

113. 【放大鏡】

放大鏡係由一個或數個透鏡組成的凸透鏡(第202圖)，將物體放在透鏡和焦點 F 的中間，即生成放大的虛像。

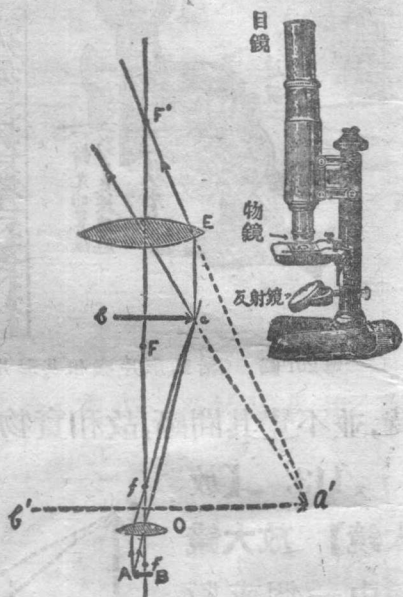


第202圖 放大鏡原理

$\frac{ab}{AB}$ 稱爲放大鏡的放大率。

114. 【顯微鏡】 顯微鏡由焦距很小的物鏡，和焦距很大的目鏡製成。

如第 203 圖將微小物體 AB 放在物鏡 O 的焦點 f 以外，其實像 ab 就生成在目鏡 E 的焦距 F 以內。故隔目鏡 E 望去，即得見其放大的虛像 $a'b'$ 。 $\frac{a'b'}{AB}$ 稱爲顯微鏡的放大率，較放大鏡的放大率更大。

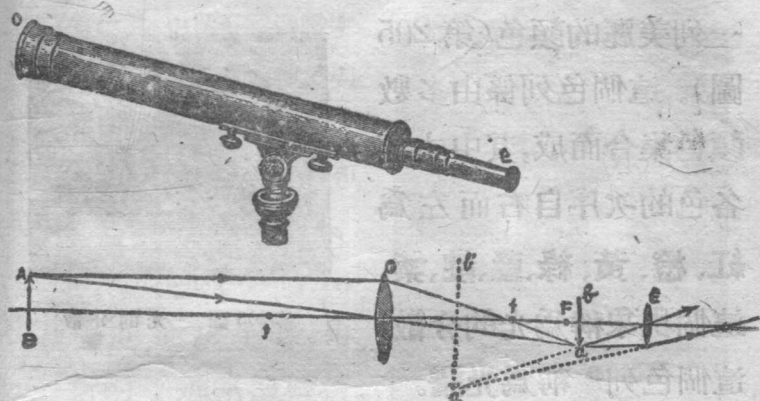


第 203 圖 顯微鏡原理

115. 【望遠鏡】 望遠鏡係觀察天體或地上遠處物體的器械，其構造和顯微鏡一樣；不過用焦距很大的物鏡和焦距較小的目鏡罷了。

由物鏡 O (第 204 圖)，將遠處物體 AB 的實像

ab 造成在目鏡 E 的焦點 F 以內，更由 E 的放大，即成虛像 $a'b'$ 。



第204圖 天體望遠鏡

【摘要】 1. 凹面鏡的焦點是在鏡面中點和球心的中央。

2. 用凸透鏡或凹透鏡，物體和像的位置可由下式表出：

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad [\text{物體的長}] : [\text{像的長}] = a : b.$$

3. 由透鏡一枚造成的裝置有放大鏡、照相機、幻燈等項。

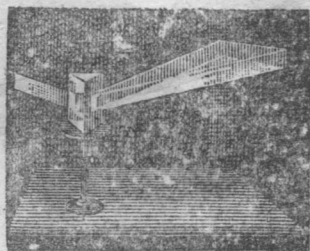
眼的作用和透鏡的作用一般。放大鏡是觀察物體放大的虛像；照相機、幻燈是利用其實像。

4. 顯微鏡、望遠鏡皆應用透鏡兩枚，放大物體的實像。

第三章 光的分散

116. 【光的分散】 三角柱的透明體稱為稜

鏡。由細隙透進暗室的日光，射至稜鏡，通過兩面時，都向較厚的一方折射出來，即在對面壁上現出一列美麗的顏色(第 205 圖)。這個色列係由多數顏色集合而成，其中主要各色的次序自右而左為紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫。這個現象稱為光的分散，這個色列[●]稱為光譜。



第 205 圖 光的分散

若將凸透鏡放在稜鏡和壁的中間，使分散的光線聚集在壁上一點，復成白色的光。由是可知日光是從各色的光集合而成的，通過稜鏡的時候，跟着折射率的大小(見附表)，即分散成光譜。

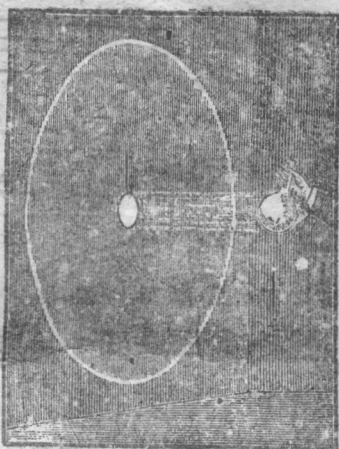
物質	折 射 率		
	紅	黃	紫
水	1.329	1.334	1.344
玻璃	1.622	1.633	1.669

用稜鏡不能再分散的光稱為單光；若經過稜鏡後可分析成為數種顏色的光，稱為複光。又日光稱為白光。

● 色列的次序，如 205 圖 自左而右為 V, I, B, G, Y, O, R；為便於牢記起見，可視 vibgyor 為新字，是表示光譜各色排列的次序。

117. 【虹】 虹是由大氣中浮着的水滴分散日光所生成的現象。

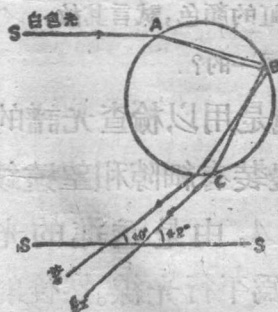
【實驗】 由圓孔透進暗室內的日光，射至滿盛水的玻璃瓶上，在圓孔周圍的白色壁上，現出各色的圓圈(第 206 圖)和虹一樣，紅色在外，紫色在內。



第 206 圖 虹的實驗

日光射到了水滴上，在其裏面全反射後，再向外折射；通常這樣折射出來的光線概行發散，和水滴相隔愈遠，其光愈弱；不過對於入射光線成一定角度，折回來的

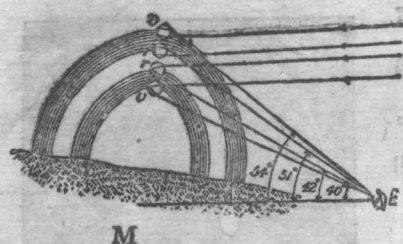
光線若是平行的，光的強弱卻是一定不變。這個角度對於紅色為 42° ，對於紫色為 40° ，其他各色排列於其間(第 207 圖)。



第 207 圖 光由水滴而分散

夏雨初霽時，吾人背着太陽向水滴浮着的空中望

去。若有方向 ER 和日光平行的方向 EM 成 42° (第 208 圖), 這個方向上的水滴都呈紅色; 若有方向



M

第 208 圖 虹

EV 和 EM 成 40° , 在這個方向上的水滴都呈紫色。介在這兩方向中間的水滴都順次呈其餘各色, 和光譜中各色的次序一樣。

凡對於 EM 成同一角度的水滴, 皆反射同樣的顏色, 故成爲環狀的虹。

又在虹的外面, 每每發見一紫色在外、紅色在內的第二虹 (第 208 圖) 稱爲霓, 其成因和前面的虹相同; 不過光線在水滴內的全反射更多一次罷了。

〔問題 1〕 旭日照露水, 往往顯出虹的顏色, 試言其故。

〔問題 2〕 各人所見的虹, 是否爲同一的?

118. 【分光鏡】 分光鏡是用以檢查光譜的器械 (第 209 圖), 在稜鏡的兩邊裝有細隙和望遠鏡。

圓筒 S 的前端裝有細隙 A , 由是透進的光線, 經過在其他端的透鏡 L , 成爲平行光線。然後射至稜鏡 P 上, 分散成光譜; 由望遠鏡 F 的物鏡 O 使



第 209 圖 分 光 鏡

光譜更加明瞭，再從目鏡 D 望去，可以檢查放大的光譜。

119. 【光譜的種類】 如蠟燭(炭等的光)、電燈(鎢等的光)所發光的光譜，各色連續排列，不稍間斷，稱為連續光譜(見插圖)。凡在高溫度的固體或液體，皆發生連續光譜。

又將氯化鈉放在酒精燈的火焰裏面，用分光鏡檢查，即得見一條黃色的明線。這條明線稱為鈉線或稱 D 線，是鈉所特有的。一般灼熱的蒸汽或氣體所發光的光譜，皆由明線而成，稱為明線光譜。明線的條數、顏色、位置，各種物質各不相同，不過同一物質的明線，總是一定不變的。故觀察物質的光譜中的明線，得以判別其為何種物質。

至於太陽的光譜，一見好像連續光譜，但若加以仔細的檢查，即可知有無數的暗線存在，稱為夫

牢因和斐譜線，其中重要的特稱爲 A 線，B 線，C 線，D 線等。

【實驗】用分光鏡觀察電燈光，即見連續光譜。又將食鹽放入於酒精燈的火焰裏面，由分光鏡即可見明線(D 線)。若在電燈和分光鏡的中間，置食鹽的火焰，此時得見和 D 線相當的部分是完全暗黑的。

由是可知太陽光譜中的暗線，因爲其光的一部分被太陽周圍比較低溫度的蒸汽吸收後[●]，缺少和這種暗線相當的光。凡由吸收使光缺少一部分的光譜，稱爲吸收光譜。

〔問題 3〕發光體是否氣體，用甚麼方法可以檢出？

〔問題 4〕月光的光譜和日光的光譜完全相同，試言其理。

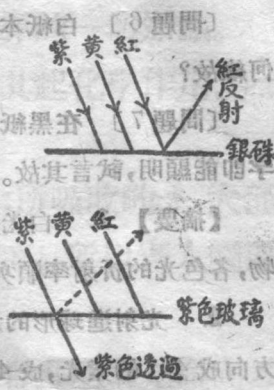
120. 【物體的色】物體所呈各種的色，由入射光的反射或吸收並非一樣所致。例如在日光下，藍布反射藍色光，將其他色光吸收，故呈藍色。白布將一切色光完全反射，故其色和入射光相同，即現白色。黑布將一切色光完全吸收，故呈黑色。

日光若透過透明體，即現出物體固有的色；因爲物體使某色光通過，同時吸收其他色光的緣故。

● 太陽表面的溫度約爲攝氏 6000° 。

例如日光入射於紫玻璃上，玻璃只使紫色光通過，其餘色光皆被吸收，所以現出紫色（第 210 圖下）。

又同一物體因入射光種類不同，呈出的色也隨之而異。如銀硃對於紅色以外的光完全吸收，故由日光照着，就現出紅色（第 210 圖上）。但是若用鈉的火焰代替日光，那麼因為缺少銀硃能夠反射的紅色光，故現出暗黑色。



第 210 圖 物體的色

各種顏料和銀硃一樣，都由吸收纔顯出其色。動植物的色亦均由吸收而成。

若將黃和藍兩種顏料適量相混時，即成綠色。因為黃色顏料吸收黃光和綠光以外的色光，藍色顏料吸收藍光和綠光以外的色光；若將兩者混合起來，只反射綠光，其餘色光同時都被完全吸收，故呈綠色。利用這個道理，將紅、黃、藍三色的顏料適當配合，就可以生成一切顏色。三色版印刷法就是

這樣成功的(見插圖)。

〔問題5〕 在食鹽火焰下，不能分別白色和黃色，是何緣故？

〔問題6〕 白紙本不透明，但一受水潤溼後即成半透明，是何緣故？

〔問題7〕 在黑紙上用紅墨水寫字不能現出，若用銀硃寫字即能顯明，試言其故。

【摘要】 1. 白光是紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等色光的混合物，各色光的折射率順次增大，所以白光通過稜鏡得分散成光譜。

2. 光射進球形的水滴上，從其裏面折回來的光線中，和原方向成 40° 的紫光，成 42° 的紅光，以及其他色光差不多都是平行前進，其強度不變，虹即由這種色光生成的。

3. 發光體若為氣體，可發生明線光譜；若為固體或液體，可發生連續光譜。氣體的光譜由元素而定，利用這個性質可檢查出發光體內含有何種物質。

4. 白光通過低溫度的蒸汽，和蒸汽元素固有的光譜相當的一部分被蒸汽吸收，即成吸收光譜。太陽的光譜中的夫牢因和斐譜線即由此理生成。

5. 物體呈出其所不吸收的色光的色。

第四章 輻射線、光波

121.* 【光的作用】 吾人的視覺，賴着光的

作用，得認出物體的形狀和位置，並辨別其顏色。故亦可說吾人賴着光，纔能獲得外界的一切知識。

光對於某幾種的物質，能使其起化學作用。照相用的銀鹽即其實例。

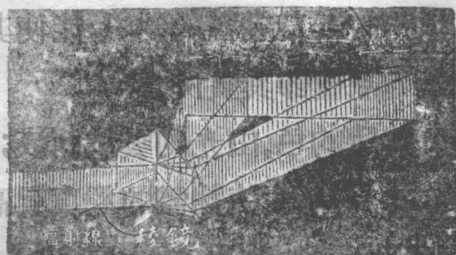
物體的色，由光的吸收而成；所吸收的光，大部分都變為熱，而使物體的溫度升高。所以吾人觸遇日光中曬着的物體，便會感到熱。

但是由物質吸收的光，又有再變為光而向外發出的。例如石油受日光照着，即發出淡靛色光，稱為螢光。鉍精化鋇和螢光染質的溶液，皆能發螢光。若將入射光除去，螢光立即消失。又鈣、鋇等的硫化物在日光中曬後，持至暗室內，即發出淡藍色光，稱為磷光。金剛石亦能發磷光。

〔問題 1〕* 試述螢光和磷光的差別。

122.* 【輻射線】 用精密的溫度計，檢查太陽光譜的熱作用，在紅端附近為最強，過紅端外以至稍遠的地方，依舊可認出其熱作用。可知光譜的紅光外處尚有折射率較小的部分，稱為紅外線，又稱熱線（第 211 圖）。

若將太陽光譜入射於塗有鉑鍍化鎢的屏上，紫端附近即發生螢光，在紫端外側的部分亦可認出其發光作用。故光譜的紫光外處尚有折射率較大的部分，稱為紫外線，又稱化學線。



第211圖 輻射線

這種線的化學作用甚強，殺菌的效力亦很大；日常利用日光消毒，就是這個道理。

由實驗測知熱線及化學線，皆依從和光線一樣的定律。通常的光線、熱線、化學線總稱為輻射線。

〔問題2〕* 紅色和紫色的衣服，用照相機照出的照片，有何區別？

大查123.* 【輻射和吸收】 【物體在通常的溫度，僅輻射折射率小的熱線。溫度增高，熱線的強度也跟着增大，同時折射率大的熱線也次第增加。若將物體加熱至 400°C ，纔發生很弱的光，至 700°C 再放綠光，至 1200°C 紫光也同時放出，這個時候物

體已呈熾熱，即發出白光。

空氣雖然能使熱線透過，但水和玻璃皆能吸收熱線，水蒸氣亦是這樣。碘的二硫化碳溶液固然吸收光線，卻能使熱線透過。通常碳吸收光線和熱線，磨光的金屬面反射這類輻射線。

熱線和光線

被物體吸收後即變成熱；使物體升高溫度，並放出折射率小的輻射線。農場的溫室和溫床(第212圖)就是應用這



第212圖 溫床

個理由造成的。

〔問題3〕* 高山空氣比平地空氣所含的水蒸氣少，故在高山上，晝夜的寒暖變化較平地為劇，試說明其理由。

〔問題4〕 溫室概用玻璃窗，其作用如何？

124.* 【輻射線的本性】 要說明關於光的各種現象，不能不先明瞭光的本性。由研究的結果，須

假想有一種介質瀰漫於宇宙內，稱為以太。以太與

通常的物質不同，不論有無物質存在的空間，都被其充滿着。

物體的溫度漸次增高，其分子即開始振動，周圍的以太發出一種波動即所謂光波，向各方傳播，和發聲體振動時發生聲波一般。這個理論稱為光的波動說。

光波到了眼裏即起視覺。光的強弱由光波振幅的大小而定，光的顏色由光波的波長而定。由實驗測知紅光的波長約 $\frac{8}{10000}$ 毫米，紫光的波長約 $\frac{4}{10000}$ 毫米。



第 213 圖 惠更斯
(Huygens 1629 - 1695)
荷蘭物理學家，數學家兼天文學家，改良望遠鏡，發明時鐘，首創光的波動說。

又由波動說，可知熱線和化學線也都是以太的波，熱線的波長較光線長，化學線的波長較光線短。故光譜是由輻射線依波長的大小順次排列所得的，眼只能看見一定限度內的波長的輻射線，和耳能聽到一定限度內的波長的空氣振動相似。光波的速度為 3 萬萬每秒米即 3×10^{10} 每秒厘米，所

以紫光的頻率為每秒

$$\frac{3 \times 10^{10}}{0.00004} = 7.5 \times 10^{14},$$

即每秒振動 750,000,000,000,000 次，由此可以想見發光體分子振動的迅速。

〔問題 5〕* 光波的波長和折射率的關係如何？

〔問題 6〕* 試比較音波和光波，並說明其不同。

【摘要】* 1. 有幾種的特別物質能夠發螢光或磷光。

2. 由發光體輻射各種波長不同的以太波。波長最小的為化學線(紫外線)，跟着波長的增大，次第由紫變為紅，波長最大的為熱波(紅外線)。

3. 物體因溫度的升高，漸次發出波長小的輻射線。

以業光油鹽率益每

$$101 \times 27 = \frac{3 \times 10^6}{40000.0}$$

由北河以慰見 150,000,000,000,000 噸計每

發光油鹽于每

光油鹽之率與油鹽之率 * [5 噸間]

同不其則並，光油鹽之率與油鹽之率 * [3 噸間]

光油鹽之率與油鹽之率 * [1 噸間]

光油鹽之率與油鹽之率 * [2 噸間]

光油鹽之率與油鹽之率 * [3 噸間]

光油鹽之率與油鹽之率 * [4 噸間]

光油鹽之率與油鹽之率 * [5 噸間]

第六編 普通電磁學

第一章 磁

125. 【磁鐵】 通常吸引鐵的性質，稱為磁性。

有磁性的物體，稱為磁鐵。磁鐵用鋼製成，因其形狀的不同，有磁針，條形磁鐵，蹄形磁鐵等名稱（第 214，215 圖）。



第 214 圖 各種的磁鐵

若將磁鐵插入鐵粉裏面，然後取出；那麼磁鐵兩端吸引的鐵粉，較其他各部分為多（第 216

圖），即兩端的磁性較強，稱為磁極。

用線懸條形磁鐵，到了靜



第 215 圖 攜帶用磁針



第 216 圖 鐵粉附着於磁極

止的時候，其兩端常指南北的方向；指着南方的一



第 217 圖
磁鐵吸引釘、筆尖之情形

端稱爲磁鐵的南極，用 S 字表
出；指着北方的一端稱爲磁鐵的
北極，用 N 字表出。

天然產出的磁鐵礦，也有磁
性（第 217 圖），我國
古代所用的指南車[●]，
車上人形的手常指南
方（第 218 圖），就應
用這種礦石製成。



第 218 圖

126. 【磁力】

【實驗】用線懸條形磁鐵，使成水平（第 219
圖），將另一條形磁鐵的北極，移近其北極，則兩極
互相排開；若移近其南極，則兩極互相吸引。

由是可知磁鐵的兩極，性質不同。同名的極，彼
此相推；異名的極，彼此相引。這種相推或相引的
力，稱爲磁力。磁力的原因，在於物體具有一種特別
的量，稱爲磁。

● 相傳黃帝軒轅氏造指南車，雖未可確證；然紀元前 12 世紀末，周公已發明
指南車，事較可信。宋史稱‘指南車其始周公所作，以送荒外遠使，……使常知南北。



磁力的大小，由磁鐵而異。利用磁力，可以測定磁極的磁量即磁強。由此法測知同一磁鐵的兩極，磁強相等。

由實驗的結果，知兩磁極間作用的磁力，和兩極的磁強的乘積為正比，和兩極間的距離的平方為反比。這種關係稱為庫倫定律。

第 219 圖

磁極的推引作用

127.* 【磁感應】

【實驗】 將磁鐵移近軟鐵棒的一端，其他端即能吸鐵釘（第 220 圖）。若將磁鐵離開，釘就落下。

軟鐵棒和磁鐵

N 極接近的一端，成爲 S 極，其他端成爲 N 極，即變成一個磁鐵。這種現象稱為磁感應。



第 220 圖 磁感應

鐵棒的 N 極和釘的 S 極相隔較近，和釘的 N 極相隔較遠，那麼引力大於推力，所以釘就被磁鐵吸住。

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

磁感應的強弱，由物質而異。將軟鐵片放在條形磁鐵的近旁，鐵片就變成磁鐵。若取去條形磁鐵，鐵片即失去磁性。鋼比軟鐵難以感應；但既經感應後，磁性即不易消失，成爲永久磁鐵，故通常用鋼製造磁鐵。

【實驗】放縫針於桌上，用條形磁鐵的一極（第 221 圖）在同一方向擦過數次，則針變成磁鐵。試問針的兩端所有的磁極如何決定？又將其拿近另一磁針，證明縫針的兩極是否和理論相符。



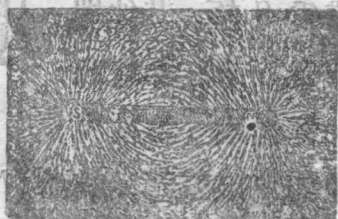
第 221 圖 用磁鐵擦縫針

〔問題 1〕* 如上面的實驗，用磁極 N 擦縫針，則最初針和 N 極相接的一端發生 N 極，試言其理。

128. 【磁場】

【實驗】將厚紙板或玻璃板放在磁鐵上，再撒以鐵粉，輕輕敲之（第 222 圖），鐵粉的排列如何？

如是因磁力的作用，鐵粉受磁感應，變爲小磁鐵，互相吸引，排成曲線狀。磁力作用的空間稱爲磁場。由這種曲線，可以表



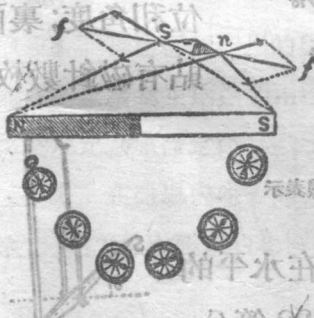
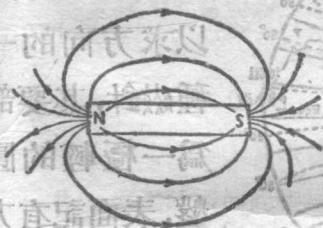
第 222 圖 磁場

出磁力分布的狀態，稱為磁力線。從磁鐵的北極發出，進入於南極。磁力線各點上的切線，即為磁力的方向(第 223 圖)。線愈密集，磁力愈大。在磁場內，作用於磁針北極的磁力方向，稱為磁場的方向。

〔問題 2〕 蹄形磁鐵比條形磁鐵消失磁性較少，是何緣故？

129. 【地球磁場】

磁針在地球上，略指南北的方向，可知地球也是一個具有南北極的大磁鐵(第 224 圖)，其磁場即為地球的表面和其附近的空間。若將磁針的重心懸住，可以自由轉動，則磁針所指方向，在赤道的附近，磁針固為水平，若漸次移近兩極，即次第傾斜



和 223 圖 磁力線和磁力的方向

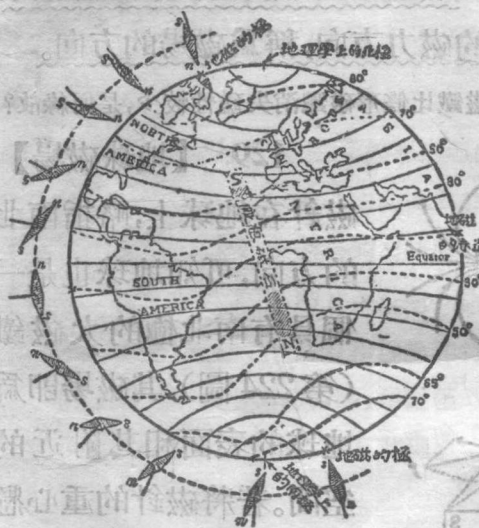
斜；到了兩極圈以內，傾斜成鉛直，這個地點，即為地球的磁極。此磁極和地球的南北極，並不一致。磁針的方向和地球南北的方位所成的角度，稱為偏

角;磁針和水平面所成的角度,稱為傾角(第225圖)。

[問題3] 將磁針載在軟木塞上面,使木塞浮在水上,磁針是否向北方移動?

130. 【羅盤】

羅盤是航海或航空時用以求方向的一種磁針,其要部為一極輕的圓盤,表面記有方位和角度;裏面貼有磁針數枚,



第224圖 地球磁場

在地面各處懸磁針,檢驗地磁的方向。點線表示等傾角的地點

和表面的南北線相一致,裝在水平的位置,通常圓盤的緣邊分作32等分,各記有方位(第226圖)。

圓盤的中心,支於一針尖上,盤

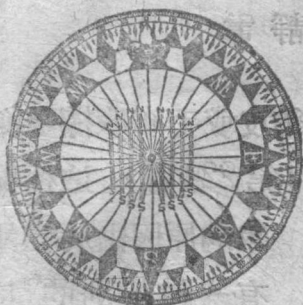
外有三重箱(第227圖),使盤可以自



第225圖 傾角的測定

以表水平面,OX向北 OY向東 OZ鉛直向下 假定在O點之地磁力為OA 以T代之 過O A之鉛直面,以XY相切於△C





第226圖 方位盤

由轉動，不受船體動搖的影響，常保持水平的位置。又向船首的一邊，在內一重箱上附有指標，由這個指標指出圓盤上的方位，即得知船的進行方向。

【摘要】 1. 磁鐵含有磁，

其磁力在南北兩極上為最強。

2. 同名的極彼此相推，異名的極彼此相引。

3. 兩磁極間作用的磁力，和兩極的磁強的乘積為正比，和兩極間的距離的平方為反比。(庫侖定律)

4. 在磁場內磁力的方向可由磁力線表出。磁力線由磁鐵的北極發出，進入於南極。

5. 放入於磁場內的鐵片，由感應變成磁鐵。軟鐵容易失去磁性，鋼能保持磁性。

6. 地球磁力由偏角、傾角、水平磁力(即磁力的水平分力)的三要素而定。

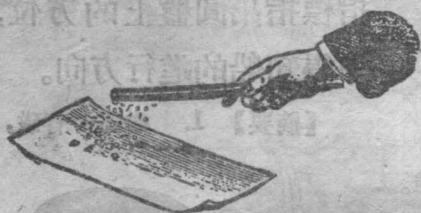


第227圖 羅盤的外形

第二章 靜電

131. 【摩擦生電】用貓皮或毛布摩擦硬橡皮棒，棒即能吸引紙屑或燈芯(第228圖)，這種現象

的原因由於棒具有一種特別的量，稱為電，該現象稱為帶電，帶有電的棒稱為帶電體。用



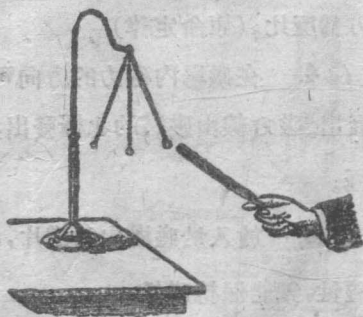
第228圖 棒的帶電

絹布摩擦玻璃棒，亦能發生電。

檢查電的有無，通常用電擺，其構造由細線懸小燈芯球於鉤上而成(第229圖)。

〔問題1〕用硬橡皮製的自來水筆桿擦呢絨的衣襟，就能吸引紙屑，其故安在？

〔問題2〕在冬天用骨梳理髮，每每聽見有輕微的響聲，當時若將梳拿近雞毛帚，雞毛即被吸引，試言其故。



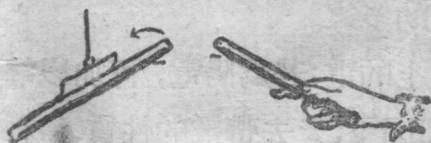
第229圖 電擺

132. 【電的傳導】 手握硬橡皮柄的金屬棒，觸於帶電體上，棒即呈帶電的現象，能吸引紙屑，恰如熱由物體的一部傳至他部相同。這種現象稱為電的傳導。如金屬等類都容易傳電的，稱為導體。如硬橡皮棒等不易傳電的，稱為非導體；此外火漆、玻璃、瓷器、硫磺、橡皮、絹絲、毛皮以及乾燥的空氣等亦皆屬於非導體。金屬棒上附裝非導體的柄，即可防止棒上的電傳去，稱為絕緣，所以又稱非導體為絕緣體。

〔問題3〕 磁和電的區別在什麼地方？

133. 【兩種的電】

【實驗】 用毛布擦過的硬橡皮棒懸於鉤上，將另一帶電的硬橡皮棒移近其一端（第 230 圖），兩棒就互相推開。若將絹布擦過的玻璃棒移近，兩棒就互相吸引。



第 230 圖 電的推引作用

由是可知電有兩種，同種的電相推；異種的電相引。要區別

其不同，玻璃棒上的電稱為陽電，用 + 記號來表示；

硬橡皮棒上的電稱為陰電，用 $-$ 記號來表示。

帶電體所帶的電量，由其對於另一帶電體所生的作用力大小而定。

由實驗知兩帶電體間相互的作用力，和電量的乘積為正比，和其間的距離的平方為反比。這個關係稱為庫倫定律。實用上電量的單位用庫倫，或略作庫。



第231圖 驗電器

134. 【驗電器】 檢驗電的

多寡，最簡單的裝置，稱為驗電器。

絕緣的金屬棒，下端貼兩張金箔，

然後放在玻璃瓶內，即成驗電器

(第231圖)。若將帶電體觸於棒

端，電即由棒傳至於金箔，箔因同

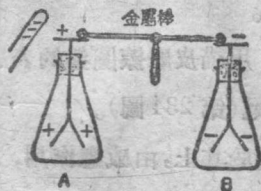
種的電相斥分開，作一定的角度。由其角度的大小，可以測出所帶電量的多寡。

驗電器內箔片上的電，若為陽電，再加以等量的陰電於棒端，箔即閉下，失去帶電的性質，這種現象，稱為中和。

【問題4】 用驗電器檢查電的有無和種類，問其方法如何？

135. 【電感應】

【實驗】取驗電器 A, B 兩個並列，如第 232 圖，將裝有絕緣柄的金屬棒橫放於其間。



第 232 圖 電感應的實驗

(1) 將帶電的硬橡皮棒拿近 A ，則 A, B 的金箔張開。

(2) 若將帶電的棒拿遠，則 A, B 的箔即閉下。

(3) 當帶電的棒拿近 A ，不稍離開，同時將金屬棒拿開，則 A, B 的箔仍張而不閉。

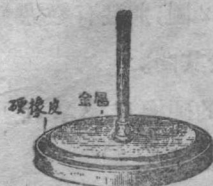
凡帶電體和絕緣的導體接近時，導體即帶電，和帶電體相近的一端，生異種的電；和帶電體較遠的一端，生同種的電，這種現象，稱為電感應。若帶電體移至遠處，由感應發生的兩種電，互相中和，導體不復呈帶電現象，可知由感應發生的兩種電量相等。

由感應所生異種電的中間的距離，較同種電的中間的距離為小，那麼引力大於推力，故導體被帶電體吸引，帶電體的吸引電擺，就是這個道理。

〔問題 5〕帶電體吸引紙屑後，又將其推開，是何緣故？

136. 【感應盤】 感應盤為利用感應作用而

發生電的裝置，是由樹脂或硬橡皮墊入金屬圓盤，和裝絕緣柄的金屬圓板合併而成(第 233 圖)。



第 233 圖 感應盤

【實驗】 1. 用貓皮摩擦圓盤的表面，盤面即發生陰電(第 234 圖)。

2. 將圓板覆於其上，由感應作用，

在圓板下面發生陽電，上面發生陰電。

3. 用手指觸圓板，上面的陰電即由人身傳導於地球。

4. 然後將手指離開，同時將圓板提起，陽電即分佈於圓板兩面。

5. 拿圓板接近手指，即發生光和聲，圓板的電隨之消失。

若照實驗(2)以下的方法試驗數次，可使圓板帶陽電至任何次數。帶電體消失電的現象稱為放電。發生火花的放電，稱為火花放電。

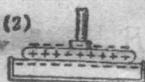
137. 【感應起電機】 要

發生多量的電，用感應起電機，

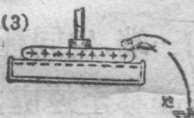
(1)



(2)



(3)



(4)



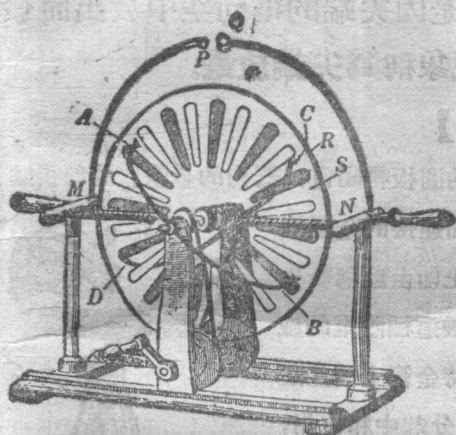
(5)



第 234 圖
用感應盤發生電的手

亦係應用感應作用發電的器械。

感應起電機的前後有兩塊玻璃圓板，板上貼許多的錫箔，在同一軸上對立(第 235 圖)，並沿反對的方向可以轉動。板的前後



第 235 圖 感應起電機

S, R, 玻璃圓板; AB, CD, 兩端有金屬的刷毛; M, N, 金屬櫛; P, Q, 球狀的兩極

具有弓狀的金屬棒，棒端有金屬的刷毛，和板相接觸。板的左右各有一對金屬的櫛，接合於錫箔片，由金屬棒連接於兩極。

把柄將圓板轉動，因大氣常帶有少許的電，互相對立的錫箔由感應即呈帶

電，兩種的電即由櫛傳至兩極，若將兩極接近，由兩種的電發出聲音和光，互相中和，使電消失，即所謂火花放電。

【實驗】用彎曲銅線製成的風車，支住其中心於針尖上，針的下端固定於感應起電機的極上(第 236 圖左)，然後轉動起電機



第 236 圖 尖端放電的情形

的圓板，風車即在箭頭的方向旋轉。

又將燭火拿近於立在極上的銅線尖端（第 236 圖右），燭火即被其吹倒。

上面的實驗都是因尖端的電向空中放出而發生風的緣故，此種現象稱爲尖端放電。

138. 【容電器】

【實驗】使驗電器的圓板帶陽電，器內的金箔，立即張開（第 237 圖），另將和地面連接的金屬板漸次移近圓板（金屬板上即由感應發生陰電。驗電器的圓板上，被這種陰電的感應作用，即增加陽電；同時金箔上發生陰電，和原有的陽電的一部分起中和作用，故陽電的量減少）；金箔張開的角度也隨之減小。若欲使金箔張開的角度復原，不得不另加陽電。

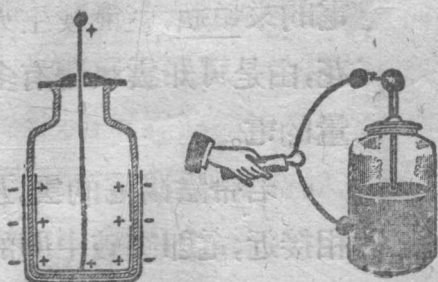


第 237 圖 容電器的原理

應用這種性質，可以將導體帶電的容量增大，使他能容多量的電，這種裝置稱爲容電器。

最簡單的容電器爲來頓瓶[●]。瓶的內外面的下

● 來頓瓶是 1746 年在荷蘭來頓地方最初發明的。



第 238 圖 來頓瓶

部各貼錫箔(第 238 圖左),由瓶蓋上插一絕緣的金屬棒,上端為金屬球,下端連一金屬鏈,和

瓶內的錫箔接觸着。將上端的球用金屬線連接於感應起電機的一極,瓶外的箔面和他極相連接,如將感應起電機轉動,即可蓄積多量的電於瓶上的內外箔。若用放電器使外箔和球相連結,在兩球的中間即可見火花放電(第 238 圖右)。

【實驗】 1. 使來頓瓶蓄少量的電,數人攜手排成一列,在一端的人持瓶的外箔,在他端的人用指觸球,那麼通過人體放電,可感覺一種的刺激。

2. 將來頓瓶的內外箔各連結到感應起電機的兩極,置厚紙於兩極的中間,然後使其放電;即見細孔數個穿過厚紙。

139. 【雷電】 由佛蘭克林(第 239 圖)實驗的結果,得知雷電是自然界裏雲的放電現象,和來頓瓶的放電相同。佛蘭克林在一個黑雲滿佈的日子,用絹製的風箏昇放到雲裏,線的下端接連到帶



第239圖 佛蘭克林

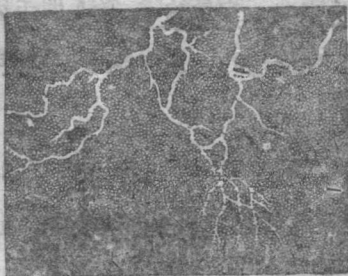
(Benjamin Franklin, 1706-1790)

美國電學家。初由印刷業出身，後為新聞記者，政治家。到了40歲以後方從事於學者的生活

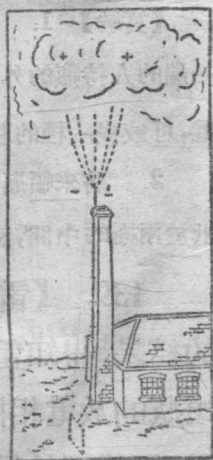
電的來頓瓶，就能發生火花，由是可知雲裏帶有多量的電。

若帶陰陽電的雲，互相接近，電即突破中間的空氣，發生火花以互相中和，即生成雷電。由這樣所生的火花，稱為電閃，常有達十餘仟米的長度(第240圖左)。雷即為放電的熱空氣迅速膨脹所發

的聲，以及雲和地上物體的回聲。帶電的雲若接近地



第240圖 電閃和避雷針



面，地面由感應生電，即放電生成落雷，人畜屋宇，常被破壞(參看§138)

的實驗)。其預防的簡易裝置稱為避雷針。

避雷針係用一金屬棒直立於屋頂，棒的上端為針狀，下端連銅線至地面下而成（第 240 圖右）。當雲和屋頂接近的時候，屋頂由感應作用，發生反對的電；再由金屬棒的尖端（參看§ 137 的實驗）徐徐逸出，和雲裏的電中和，故放電不至激烈，屋宇藉此可以保全。

【摘要】 1. 將異種物質互相摩擦即發生電，一帶陽電，一帶陰電。

2. 電的引力和推力與電量的乘積成正比；與距離的平方成反比。（庫侖定律）

3. 靜電又可由感應發生，其陰陽的電量相等。感應盤、感應起電機等都是利用感應作用發生電的裝置，容電器是用以容電的裝置。

第三章 電流和電池

140. 【電流】 用金屬線連結感應起電機的兩極（第 241 圖），把起電機轉動，發生兩種的電，陽電即由金屬線的甲端傳至乙端；陰電即由乙端傳至甲端。這兩種

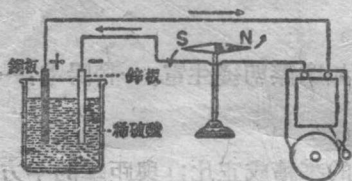


第 241 圖 電流的方向

的電，同時在金屬線裏面流動，和流着的水一樣，稱爲電流。陽電流動的方向，即定爲電流的方向，其通過的路徑常稱爲電路。每秒間通過電路的截面的電量，稱爲電流的強度。

141. 【電池】

【實驗】用一鋅板和一銅板對立於稀硫酸裏面(第 242 圖)，



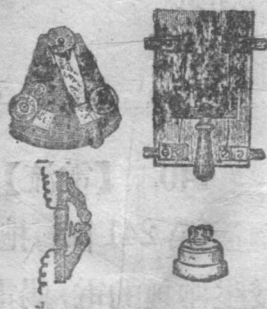
第 242 圖 表示電流發生的實驗

用金屬線將兩板和電鈴相連結，則鈴發聲；或拿磁針接近於金屬線，則磁針偏向一方。這是因爲銅板、鋅板和稀硫酸的化學作用而發生電流的

緣故。

如是由化學作用發生電流的裝置稱爲電池。

這個實驗的電流，由銅板經過金屬線而流入於鋅板。銅板帶陽電稱爲電池的正極，鋅板帶陰電稱爲其負極。



第 243 圖 開關器

用金屬線連結電池的兩極稱爲通路，若將金屬線解開，稱爲斷路。這種金屬線稱

爲導線。電鍵和電鈕等都是用以開關電路的裝置(第 243 圖)。

142. 【實用電池】

【實驗】 將對立於稀硫酸內的銅板與鋅板，和電鈴相連接(第 242 圖)，最初鈴固然很響，少時鈴聲即變弱，終至聽不到爲止。故此電池不適於實用。若當時加以重鉻酸鉀的溶液，電鈴即又響，且在較長的時間內，鈴聲可以繼續而不變弱。又若用炭板代替銅板，則鈴聲響得更重了。



第 244 圖 伏 打

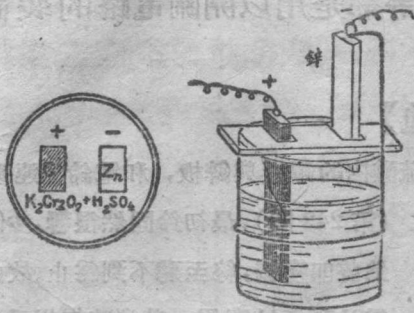
(Volta 1745—1827)

意大利物理學家，發明驗電器、感應盤、容電器等。最初製造電池，和 Galvani 同爲電流學者的始祖。

重鉻酸電池即係上面實驗所得最後的電池，就是炭板和鋅板對立於稀硫酸、重鉻酸鉀的混合液內而成(第 245 圖)。處置頗簡便，爲從來所採用。

勒克蘭社電池是將瓷器筒放置於盛氯化銻溶液的瓶中(第 246 圖)，這溶液由氯化銻 15 克，溶解於水 100 克製就。筒內插一炭板作爲正極，板和

筒的中間充填二氧化錳和炭末的混合物，又在溶液中插一塗水銀的鋅棒，作為負極。電鈴和電話多用這種電池。



第 245 圖 重鉻酸電池(右)和其截面(左)

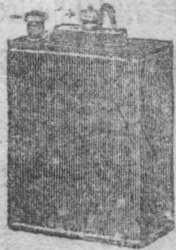
若將勒克蘭社電池

裏面的氯化銻水溶液，和石膏、二氧化錳等類混合，變為糊狀的物質，即便於攜帶，這種一見好像無液的電池，稱為

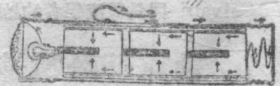


第 246 圖 勒克蘭社電池(右)和其截面(左)

乾電池(第 247 圖)。因其輕便而價廉，故用途甚廣。如第 248 圖的電筒，即利用乾電池三個，以供給小燈泡所需的電流。



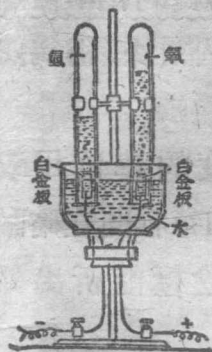
第 247 圖 乾電池



第 248 圖 電筒

143. 【電解】 由化學作用可

發生電流；反之，由電流可發生化學作用。例如用白



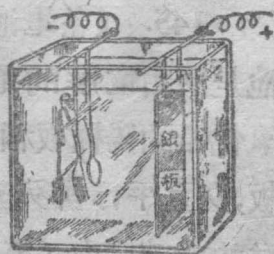
第249圖 水的電解

金板兩塊，插入稀硫酸中作為兩極，上面各覆盛稀硫酸的玻璃管（第249圖），用導線將白金板的兩極連結電池，水即起分解作用，電流的入口即和電池的正極相連結的板上發生氧，此極板稱為陽極；電流的出口即和電池的負極相連結的板上發生氫，此極板稱為陰極。故由陰

極發生氫，由陽極發生氧。這種由電流使物質分解的現象稱為電解。起電解作用的物質，稱為電解質。

酸、鹽基、鹽類等的水溶液都屬於電解質，當電解時，金屬和氫皆由陰極析出。

電解的應用很廣，如電鍍（第250圖）、電鑄等都是。



第250圖 電鍍(鍍銀)
在銀氰化鉀溶液內，插入銀板和欲鍍的導體作為兩極，然後通以電流

144. 【法拉第定律】由法拉第（第251圖）研究的結果，知道經電解析出物質的量，和通過的電流的強



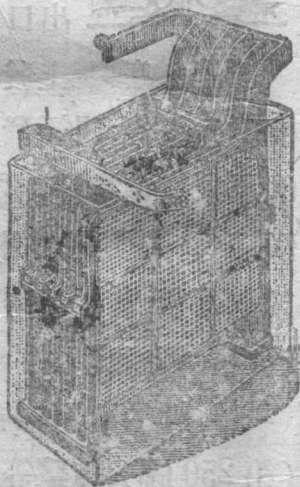
第251圖 法拉第
(Michael Faraday, 1791-1867)
英國物理學家, 1831年發見感應
電流; 又在1833年發見電解
的定律

度爲正比, 和電流通過的時間
爲正比, 和該物質的化學當量
爲正比。這個關係, 稱爲法
拉第定律。

電流強度的單位用安培, 略作安。即每秒間在硝酸銀溶液內, 由陰極能析出銀
0.001118

克的電流。若每秒析出的銀
爲 0.003354 克; 那麼, 作用
於陰極的電流爲三安。

145. 【蓄電池】蓄電池是應用電解的電池。用二氧化鉛的陽極板和鉛的陰極板, 交互平行排列於盛稀硫酸的玻璃槽內 (第252圖), 各連成一組, 作爲兩極, 用導



第252圖 蓄電池

● 化學當量 = 原子量 ÷ 原子價, 例如銀的化學當量爲 $\frac{107.9}{1}$, 鎳的爲 $\frac{1}{2}$, 銅的爲 $\frac{63.6}{2}$ 。

線將蓄電池的兩極連結，即發生電流，由陽極經過導線，而流向陰極，稱為蓄電池的放電。由放電作用，兩極的性質漸次相似，電流即跟着減少。若用發電機連結兩極板，由陽極送入電流，兩極間即起電解，回復原狀，稱為蓄電池的充電。

【摘要】1. 用導線連結感應起電機的兩極，把柄轉動，其間即發生電流。

2. 電池是利用化學作用發生電流的裝置，重酪酸電池、勒克蘭社電池等都是實例。

3. 電解質的溶液由電流分解而為成分，氫和金屬由陰極析出，其他成分由陽極析出。

4. 由電解析出物質的量和電流的強度與時間的乘積為正比，和化學當量為正比。（法拉第定律）

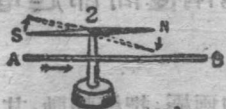
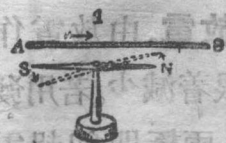
5. 蓄電池是利用電流，暫時變為化學作用，然後反過來使用：由化學作用變為電流，以供各種的用途。

第四章 電流的磁作用

146. 【電流和磁針】

【實驗】1. 將有電流通過的導線拿到磁針上面，如電流的方向為由南至北，磁針的北極即向西轉動（第 253 圖上）。又如電流的方向為由北至南，磁針的北極即向東轉動。

2. 若將導線拿到磁針的下面(第 253 圖中), 電流的方向為由南至北或是由北至南, 試看磁針的北極轉向何方?



第 253 圖 電流的磁場

3. 又將導線拿到磁針的近旁, 使在鉛直的位置(第 253 圖下), 電流的方向為由上至下或是由下至上, 北極轉動的方向如何?



第 254 圖 安培定則的說明

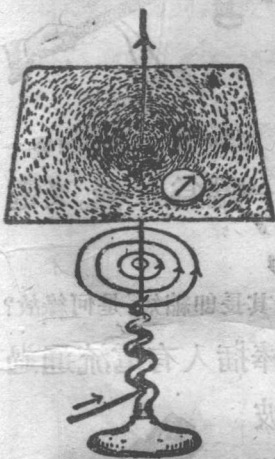


第 255 圖 安培
(Ampère, 1775-1836)

法國巴黎工業學校教授, 研究電流的磁作用

由是可知電流的周圍發生磁場, 電流和磁針的關係, 可述之如下: 將吾人的顏面對着磁針, 假如身體沿着導線, 順電流的方向游泳而下; 那麼, 磁針的北極向左手的一邊轉動(第 254 圖)。這個關係稱為安培定則。

【實驗】 將有電流通過的導線，貫穿厚紙，紙面上撒布鐵粉，輕擊紙邊，鐵粉就被感應作用，變成小磁鐵，沿着磁場的方向，排成爲若干同心圓形(第 256 圖)。



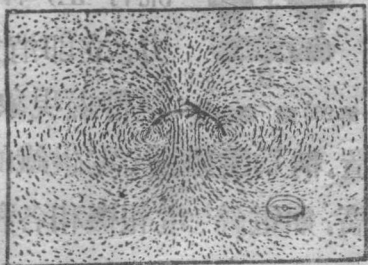
第 256 圖 電流所生的磁場

如是電流的方向和磁場的方向互成直角，兩者的關係固然可用安培定則來決定；又可用螺旋作比喻來說明：螺旋若沿電流的方向前進(第 256 圖)，那麼，磁場的方向和螺旋轉動的方向一致。

〔問題 1〕 導線中是否有電流通過，從外面用什麼方法可以檢出？

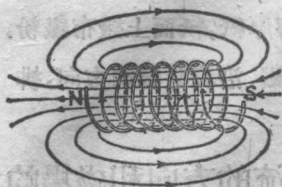
147. 【線圈】

【實驗】 如前節的實驗，用導線貫穿厚紙，曲成環狀(第 257 圖)，使電流通過，厚紙上的鐵粉就沿着磁場的方向，在導線和紙面接觸的兩處各成若干圓形。



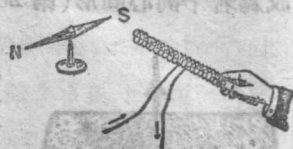
第 275 圖 圓電流的磁場

將一條導線纏圓筒數次，然後抽出圓



第258圖 線圈的磁力線
行的磁場，其外部磁場和條形
磁鐵相同(第258,259圖)，磁
力線進入的一端為S極，發出的一端為N極。又電
流愈大，磁場愈強。

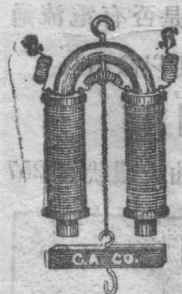
筒，即成螺絲形，這樣的導線稱
為線圈。若有電流通過線圈，
圈內即生
成和軸平



第259圖 線圈的磁極

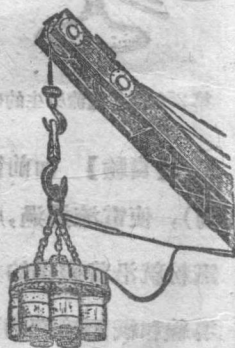
〔問題2〕 線圈中若有強電流通過，其長即縮短，是何緣故？

148. 【電磁鐵】 將軟鐵棒插入有電流通過的



第260圖 電磁鐵

的線圈裏面，棒就被
感應作用，變成磁鐵
(第260圖)，若將電
流停止，棒上的磁
力，立即消失，不復
呈帶磁現象。這種裝



第261圖
應用電磁鐵的起重機

置，稱為電磁鐵。電磁鐵的應用甚
廣，如電鈴、電報機和各種電機皆

利用之。大電磁鐵吸鐵的性質很強。鐵工場內常用

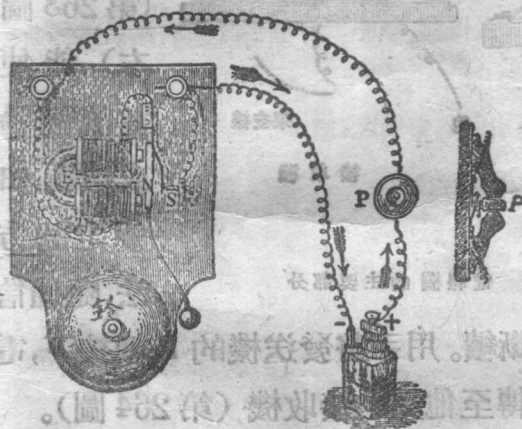
以搬運很重的鐵塊(第 261 圖)。

〔問題 3〕 正對電磁鐵的極看去,電流通過其周圍的線圈,是順時針的方向,問此極應是 N 極,還是 S 極?

149. 【電鈴】 電鈴是應用電磁鐵使鈴連續

發聲的裝置。其構造如第 262 圖。

用手按電鈕 P , 電流即由箭頭的方向通過。從電磁鐵上傳至彈條 S 和

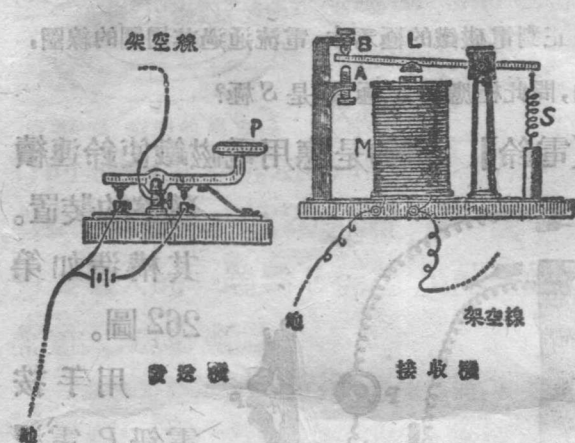


第 262 圖 電鈴
右邊附圖是電鈕的截面

螺釘, E 即變為磁鐵, 吸引前面的鐵片 N , 使錘擊鈴作聲; 同時將彈條和釘尖分開, 電流不通, E 即失去其磁性, 由 S 的彈力作用, 鐵片 N 恢復原處; S 再和螺釘相接觸, 電流又通, E 復呈磁鐵作用, 錘又擊鈴。如是按電鈕時, 鈴聲繼續不斷。

150. 【電報機】 電報機也是應用電磁鐵的

裝置,其主要部分為發送機和接收機。發送機為一

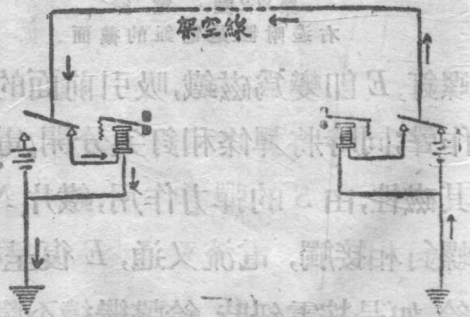


金屬製的橫桿,橫置於木臺上(第263圖左),能使電流通過或切斷,由規定的方法,隨通信

第263圖 電報機的主要部分

文字而使電流斷續。用手將發送機的P柄按下,電流經過架空線傳至他局的接收機(第264圖)。

接收機的橫桿L附有鐵片(第263圖右),在電磁鐵M的上面;由發送機送來的電流,使電磁鐵M變成



第264圖 電報機的送取連絡

磁鐵，將槓桿 L 吸下，擊於 A 釘；若電流停止，由彈條 S 的彈力作用將槓桿引上，擊於 B 釘，從發送機電流的斷續，擊釘的聲和聲所隔的時間，長短不同，由是得知通信文字。

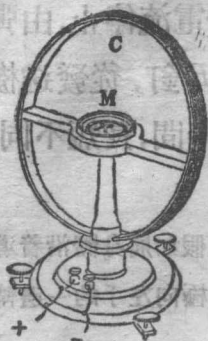
【摘要】 1. 將吾人的顏面對着磁針，假如將身體沿着導線，順電流的方向游泳而下；那麼，磁針的北極向左手的一邊轉動。

2. 有電流通過的線圈，和棒磁鐵的作用相同。電流愈大，磁場愈強。

3. 電磁鐵是用導線纏於軟鐵棒，使電流通過變成磁鐵的裝置。電鈴、電報機、電話、電動機、發電機等的主要部分都利用電磁鐵。

第五章 電流的強度、電壓、電阻

151. 【電流計】 測定電流強度的裝置，稱為電流計，多利用電流的磁作用來互相比較。如第 265 圖將圓形的線圈立於鉛直面內，中央裝一刻度的圓盤，盤心支一小磁針，使線圈面和磁針的方向一致。若電流通過線圈內，磁針受電流的磁作用，即偏向東西（參看 §146），電流愈強，偏角愈大。由偏角

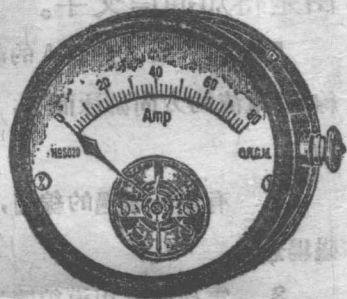


第265圖 電流計
C, 線圈; M, 磁針

的大小,即可測出電流的強弱。

若電流計的刻度不用角度,而直接刻作電流的安培數的裝置,稱為

安培計
(第266



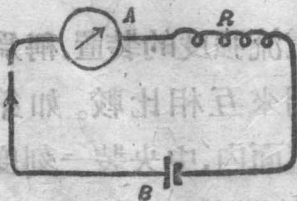
第266圖 安培計

圖)。

〔問題1〕 如使電流沿順時針的方向流入電流計的線圈內(第265圖),則磁針應偏向何方?
(參看§146)

152. 【電阻】 如第267圖將電池B和電流計A用銅線連結時,比用同一粗細長短的鐵線連結時

所生的電流為強。由是可知對於電的流動,鐵線較銅線有更大的阻力,這種阻力稱為電阻。即鐵線的電阻比銅



第267圖 電阻實驗

B, 電池; A, 電流計; R, 電阻

線的電阻為大。各種物質以銀的電阻為最小。

電阻表

長 1 米，截面 1 平方毫米，溫度 0°C 。

銀.....	0.015 歐
銅.....	0.016
鐵.....	0.097
鎊.....	0.044
洋銀●.....	0.26
水銀.....	0.94
炭.....	45-70
鎳鉻線●.....	0.999

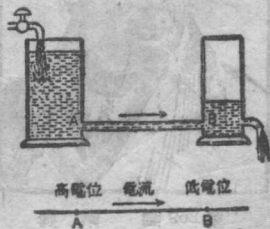
由實驗得知同一物質的導線愈細愈長，則其電阻愈大。又因溫度的不同，亦多少有些變化。長 106.3 厘米、截面積 1 平方毫米的水銀柱，在 0°C 時的電阻，定作電阻的單位，稱為

歐姆，略作歐 \ominus 。

〔問題 2〕 有導線一條，若用力將線拉長 n 倍，其電阻應該增加若干倍？

153. 【電壓】 水由一點流至他點，因為兩點

的壓力有大小（第 268 圖上）；熱由一點傳至他點，因為兩點的溫度有高低。從此類推，陽電由一物體傳至他物體，亦因為某種量有高低的差別，這某種量稱為電位；就是前者的電位比後者的電位高



第 268 圖 水流和電流的比較

● 銀洋為鎳、鋅、銅的合金。鎳鉻線為鎳、鉻、鐵的合金。

● 人體的兩手中間，其電阻約為 50000 歐。

的緣故，這種電位的差稱為電壓。例如用導線連結電池的兩極，即生電流（第242圖），是因正極的電位較負極的電位為高，其中間受着電壓的作用。又電流由導線的一端傳至他端（第268圖），亦因兩端間有電壓作用的緣故。

電壓的單位用伏特，略作伏。重鉻酸電池的兩極間的電壓[●]為1.9伏；勒克蘭社電池，乾電池的電

壓各為1.5伏；蓄電池的電壓為2伏；室內電燈兩線間的電壓為110伏或220伏左右；起電機的兩極間發生火花放電時的電壓，至少為數千伏。

154. 【歐姆定律】由有電阻 R 歐的導線，作用於其兩端間的電壓為 E 伏，通過導線內的電流強度為 C 安，由



第269圖 歐姆

(G. S. Ohm, 1787-1854)

德國物理學家，研究導體的電阻

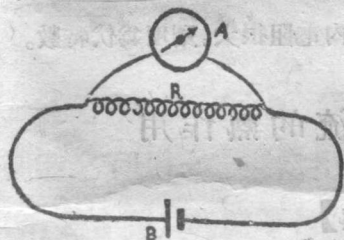
實驗的結果，可得其關係如下：

● 電池或其他發生電流的機械，其兩極中間未用導線接合以前的電壓稱為‘電動力’。

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

$$[\text{電流的強度(安)}] = \frac{[\text{電壓(伏)}]}{[\text{電阻(歐)}]}$$

即導線內電流的強度，和兩端間的電壓爲正比，和導線的電阻爲反比，這種關係稱爲歐姆定律。

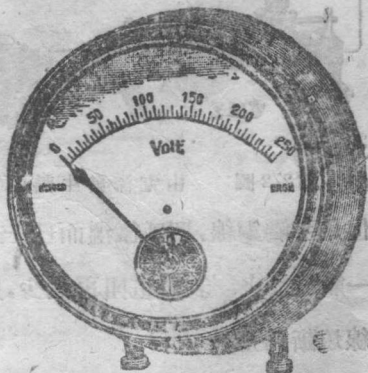


第 270 圖 電壓測定原理

〔問題 3〕 在電阻 100 歐的導線，通過 0.3 安的電流，求其兩端間的電壓爲幾許？

155. 【伏特計】 電流計線圈內所通過電流的強度，和線圈兩端間的

電壓爲正比，故由指針的位置，亦可測出電壓（第 270 圖）。將電阻很大的電流計，由指針所指的刻度刻成伏特數，即可直接測出兩端間的電壓，這種裝置稱爲伏特計（第 271 圖）。



第 271 圖 伏特計

〔問題 4〕 伏特計何以要用電阻很大的導線線圈？

【摘要】1. 電流計是利用磁力和電流的強度成正比，以測定電流的裝置。

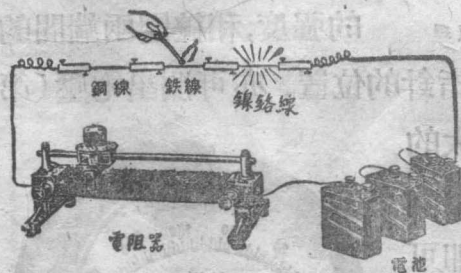
2. 導線的電阻和其長成正比，和截面積成反比。

3. 導線內電流的強度和兩端間的電壓為正比，和導線的電阻為反比。

4. 安培計和伏特計都是一種電流計。前者的線圈內電阻很小，刻度為安培數；後者的線圈內電阻很大，刻度為伏特數。

第六章 電流的熱作用

156. 【由電流發生熱】

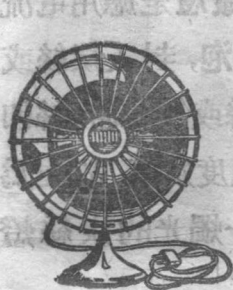


第272圖 由電流發生熱的實驗

【實驗】用乾電池數個將粗細長短相同的銅線、鐵線和鎳鉻線以及可變電阻器連結為一通路(第272圖)。次將電阻漸次減少，鎳鉻線變成熾熱；但用手觸銅線，則感微溫而已。至於鐵線被熱的程度已能使火柴一觸即發火。若將電阻再減少，則各線的溫度更加升高，終至鐵線燒斷為止。

由上面的實驗，可知導線內通過電流，各部分

都發生熱；電阻大的部分，被熱的程度尤甚。



熨斗內部的電阻

第273圖 (左)電火爐；(右)電熨斗

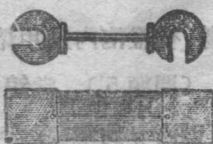
【例題】鎳鉻線的電阻很大，約為同一粗細長短的銅線的電阻的60倍；且在空氣中熾熱亦不易燒斷，故電熱器的

製造多利用之。家常用的電熱器如電火爐、電熨斗(第273圖)、電爐等都是。

〔問題1〕若將長短粗細相同的銅線和鐵線相連接，然後通以電流，並使電流漸次增大；即可見鐵線比銅線先熾熱，試言其故。

〔問題2〕輸送大電流用粗導線，是何緣故？

157. 【保險線】保險線是用鉛、錫等的合金所製成的，其熔點極低。將此線一小段(第274圖)接入於電路中間，如遇有過強的電流(即超過預定限度)通過時，保險線即因熱而熔化(燒斷)，使電路就此斷開，器具的損壞和危

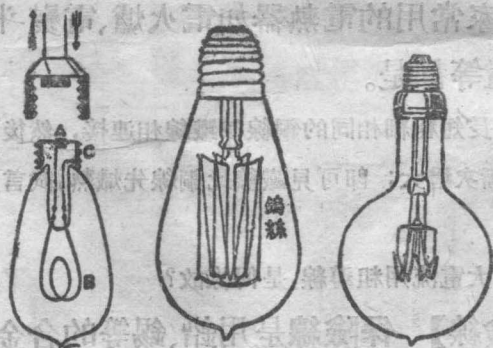


第274圖 保險線

險得以避免。

158. 【電燈】 電燈又稱白熾燈是應用電流的熱作用製成，通常為真空的玻璃泡，封入炭絲或鎢絲（第275圖）。當電流通過炭絲或鎢絲時，絲即受熱發光，鎢絲的溫度較炭絲的溫度為高，故更為明亮。鎢絲燈所需的電流約為同一燭光的炭絲燈的電流的 $\frac{1}{2.8}$ ，故用鎢絲燈可以省電。

電燈為1879年愛迪生（§99）所發明，最初用炭



第275圖 電燈

（左）炭絲；（中）鎢絲；（右）泡內有真空

絲，此後漸次改良，得有今完備的燈泡。

〔問題3〕

電燈泡內何以一定須真空？

〔問題4〕

日常的電燈

線，在燈外用粗銅線，在燈泡內則用熔點很高的物質所製成的細絲，試言其故。

〔問題5〕 當鎢絲燈的一絲斷開而接觸於鄰近的一條絲上時，則所見的現象如何？試言其理。

159. 【弧光燈】 弧光燈也是應用電流的熱



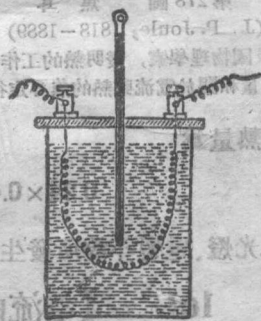
第276圖 弧光燈

作用，使兩條炭棒的兩端互相接觸，成爲一直線(第276圖)，令極強的電流通過，因接觸部分的電阻很大，就能發生熾熱；然後將兩棒稍爲分離，即有 2000°C . 以上的白色弧狀火光發生於間隙。探照燈、幻燈、活動影片機所用的弧光燈

有數千燭光的強度。

160.* 【焦耳定律】 電

流通過導線的各部，即發生熱，要決定電流強度和熱量中間的關係，焦耳(第278圖)曾用電阻一定的白金線圈，放入於一定量的水中(第277圖)，



第277圖 焦耳測定熱的方法

使電流通過線圈，由水的溫度的升高，測得電流所生的熱量，則知在導線的一部每秒所生的熱量，和這部分的電阻爲正比，和通過的電流強度的平方爲正比。這個關係稱爲焦耳定律。



第278圖 焦耳

(J. P. Joule, 1818-1889)

英國物理學家，發明熱的工作當量和關於電流與熱的焦耳定律的熱量為

又由實驗的結果，得知1安的電流通過電阻1歐的導線，每秒生0.24卡的熱量。故有C安的電流通過電阻R歐的導線，在t秒間所生的熱量假定為H卡，那麼，

$$H = 0.24C^2Rt \text{ 卡} = 0.24CEt \text{ 卡。}$$

$$[\text{熱量(卡)}] = 0.24 \times [\text{電流強度(安)}] \times [\text{電壓(伏)}] \times [\text{時間(秒)}]$$

例如電壓100伏的電燈通以0.4安的電流，則電燈泡內每分鐘所發生的

$$0.24 \times 0.4 \times 100 \times 60 = 576 \text{ 卡。}$$

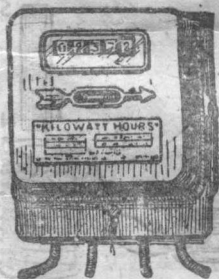
弧光燈、電熨斗等所發生的熱量亦可同樣計算之。

161.* 【電流的工率】 如汽油機、蒸汽機等皆利用熱作工，即熱可變成機械的工作(\$42, 48)\$；故將電壓1伏的電流1安每秒發生0.24卡的熱量所變成機械的工，定為工作的單位，稱為1焦耳。每秒能作1焦耳的工率稱為1瓦特，略作瓦。瓦的千倍稱為1仟瓦。由是可知有電壓E伏的電流C安每秒

發生 0.24 CE 卡的熱量，因為 0.24 卡的熱量和 1 焦耳的工作相當，所以每秒有 CE 焦耳的工作，即有 CE 瓦的工率。

用炭絲燈每 1 燭光約需 3.5 瓦的工率，若用鎢絲燈每 1 燭光只需 1.25 瓦的工率。故用同工率的電流，鎢絲燈光的強度約為炭絲燈光的強度的 2.8 倍。

電燈、電熱器等在 t 小時內，使用 CE 瓦的電流工率，則其工作的總數為 CE t 瓦小時即 $\frac{CEt}{1000}$ 仟瓦小時。



第 279 圖 瓦時計

例如有 100 伏、10 燭光的鎢絲電燈，其通過的電流為 0.125 安，則需 12.5 瓦的工率。若將這種電燈 100 個使用 3 小時，則共需

$$\frac{12.5 \times 100 \times 3}{1000} = 3.75 \text{ 仟瓦小時。}$$

測定仟瓦小時的裝置(第 279 圖)稱為瓦時計，俗稱電表或火表，電費即賴此決定之。

〔問題 6〕 通常 16 燭光的鎢絲燈須 20 瓦的工率。若鎢絲兩端的電壓為 200 伏，問通過的電流為若干安？ $C = \frac{20}{200} = 0.1 \text{ 安}$

〔問題 7〕* 將 50 瓦的電流工率使用 100 小時，問須電流的工作共若干仟瓦小時？ $\frac{50 \times 100}{1000} = 5 \text{ 仟瓦小時}$

- 1 焦耳約等於 0.1 仟克米的工作，1 瓦約等於每秒 0.1 仟克米的工作。
- 1 仟瓦小時俗稱為‘1 度’。

〔問題 8〕* 南京電燈廠徵收電費，每 1 仟瓦小時需 2.1 角。

16 燭光的錫絲燈每夜點 4 小時，問 1 個月的電費若干？

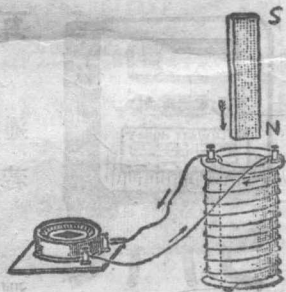
【摘要】 1. 電燈、弧光燈等都是利用電流所生熱變為光。

2.* 電流所生的熱量和電流強度的平方，導線的電阻及通電的時間相乘積成正比。(焦耳定律) $H=0.24 CEt$ 卡。

第七章 感應電流

162. 【感應電流】 由電流可發生磁場，跟着電流的強弱，而磁場的強弱亦起變化。反之，由磁場的強弱變化，可發生電流。

【實驗】 1. 將線圈的兩端連結於電流計，用條形磁鐵的一端迅速插入線圈內(第 280 圖)，電流計的指針即傾向一方；若將磁鐵迅速抽出，指針即傾向他方。

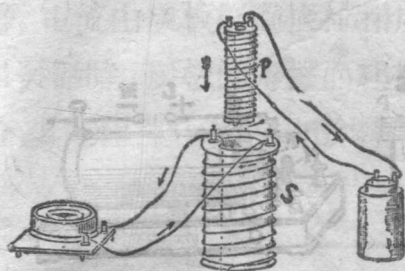


第 280 圖

感應電流實驗(1)

由條形磁鐵的移動，線圈內即有瞬間的電流發生，稱為感應電流。

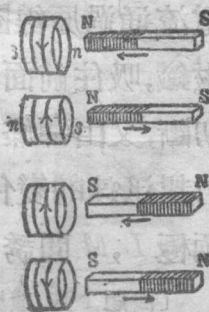
2. 若用電流通過的另一線圈 P 來代替條形磁鐵，作同樣的實驗(第 281 圖)，電流計的指針亦復移動如前，可知線圈內也有瞬間的電流發生。



第 281 圖 感應電流實驗 (2)

由上面的兩實驗，知線圈內磁力若起變化，即發生感應電流；磁力的變化愈大，所生的電流也愈強；磁力的變化停止，電流也跟着停止。這個事實，在 1831 年為法拉第所發見，輓近電工業的發展，大都賴此。

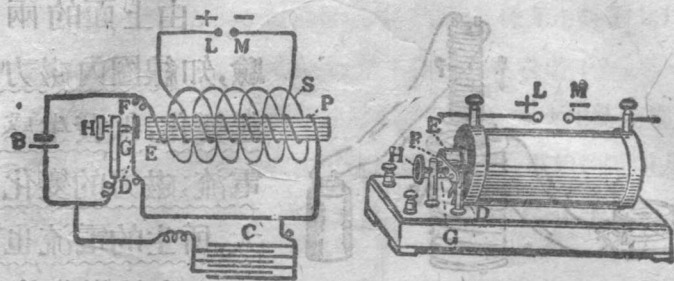
【實驗】將磁鐵的 N 極插入線圈的一端內(第 282 圖)，所生電流的方向，在使線圈的這端成為 N 極，以防止磁鐵插入的運動。又由線圈的一端將磁鐵的 N 極抽出，所生電流的方向，在使線圈的這端成為 S 極，以防止磁鐵抽出的運動。



第 282 圖
感應電流的方向

由是可知感應電流的方向，為阻止磁力變動的方向，這個關係稱為楞次定律。

163. 【感應圈】利用感應發生大電壓的裝置，稱為感應圈。其構造為一束軟鐵線 E^v (第 283 圖)，外繞數百回的粗銅絲，稱為原線圈 P 。在 P 的周



第 283 圖 感應圈

(左) 構造; (右) 外觀

圍更繞數萬回的細銅絲，稱為副線圈 S 。由電池的電流通過原線圈，和電鈴的裝置一樣， E 就成為電磁鐵，吸住前面的鐵片 F ，同時將原線圈內的電路切斷，又由彈條 D 使電路接合。如此一斷一續，使磁力起迅速的變化，副線圈內即發生感應電流，在其兩極 L, M 間誘出數萬伏的電壓，發生火花放電。

〔問題 1〕 感應圈的原線圈的導線，比副線圈的導線粗得多，是何用意？

164. 【電話機】● 電話的主要部分為發話器和收話器（第 284 圖）。發話器為炭盒內裝有炭粒，在其前面蓋有振動用的炭板。將電池接連發話

● 電話機在 1876 年由美國人斐耳 (Bell, 1847-1922) 發明之。

器，電流由炭板經過炭粒和炭盒流出，當人向發話口發話時，炭板因傳聲而起振動，炭粒接觸着的部分，其電阻雖由炭板的微弱振動，即起顯著的變化；



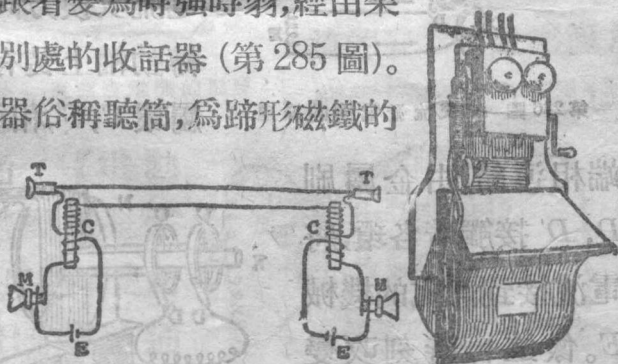
第284圖 電話機的主要部分

(左) 收話器；(右) 發話器

所以電流跟着變為時強時弱，經由架空線送至別處的收話器 (第285圖)。

收話器俗稱聽筒，為蹄形磁鐵的

兩端附有電磁鐵，前面立有軟鐵板。由

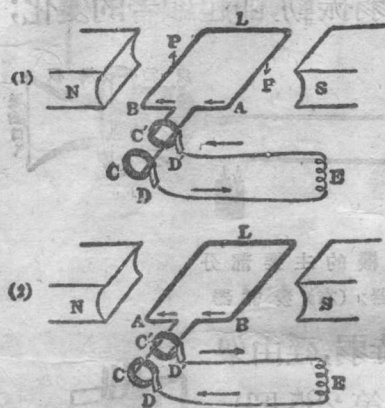


第285圖 電話機的發收連絡

發話器電流的變化，電磁鐵的磁力作用也跟着起了變化，使軟鐵板振動，發出和發話器內同樣的聲。

165. 【發電機】 發電機是利用線圈轉動於

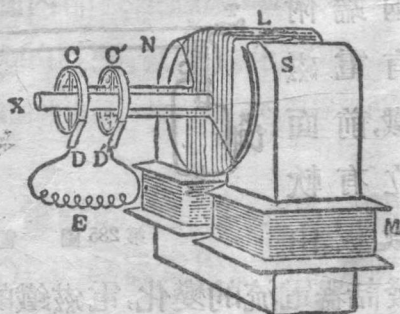
強磁場裏面，發生強大的感應電流的裝置。 S, N 為強電磁鐵(第 286 圖)，稱為場磁鐵，兩極的中間夾



第 286 圖 交流發電機的原理

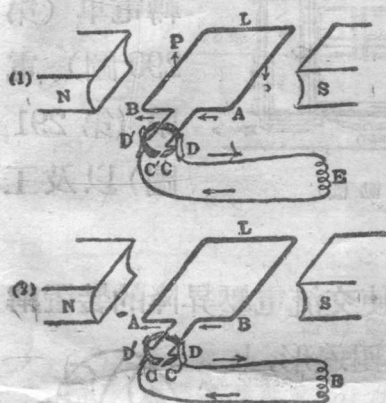
一軟鐵圓柱，柱上纏有線圈 ALB ，中心有一轉動軸，稱為電樞。用水力或蒸汽力將電樞迅速轉動，由楞次定律，每轉動半周，感應電流改換方向一次。在轉動軸上裝有兩個金屬環 C, C' ，和線圈的两端相連結，由金屬刷 D, D' 接觸着各環，將電流接到需電的機械 E 。像這樣時刻改變方向的電流稱為交流。這種發電機稱為交流發電機(第 287 圖)。通常交流發電機

一軟鐵圓柱，柱上纏有線圈 ALB ，中心有一轉動軸，稱為電樞。用水力或蒸汽力將電樞迅速轉動，由楞次定律，每轉動半周，感應電流改換方向一次。在轉動軸上裝有兩個金屬環 C, C' ，和線圈的两



第 287 圖 交流發電機
場磁鐵 NS 由電磁鐵 M 變成磁鐵， X 轉動軸； C, C' 環； D, D' 金屬刷； L 電樞； E 是需用電流的機械

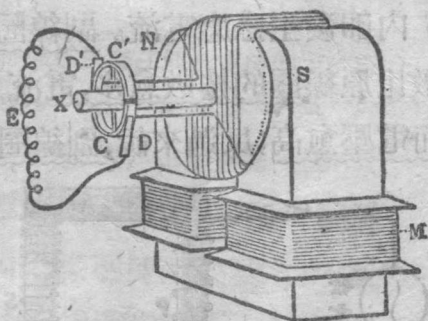
每秒間變換電流方向的次數約為100，並發生數千伏的電壓。供給電燈用的電流多屬交流。



第 288 圖 直流發電機的原理

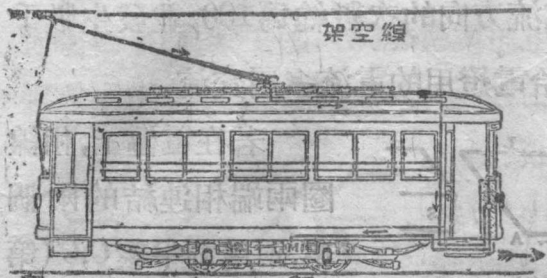
若在電樞上，和線圈兩端相連結的兩個環，兩用個半環 C, C' (第 288 圖) 代替之，由金屬刷 D, D' 接出，即可得方向一定的電流。這種電流稱為直流，發生直流的發電機稱為直流發電機 (第 289 圖)。

166. 【電動機】電動機是將發電機反過來使用的裝置；令電流通過電樞，所生的磁力和場磁鐵的磁力的推引作用，使電



第 289 圖 直流發電機

樞在一定的方向轉動。這種電樞稱為轉動子。利用



第290圖 電車(M, 電動機)

轉動子的轉動, 可以運轉電車(第290圖)、電扇(第291圖)以及工

場各種機械。

167. 【變壓器】 使交流電壓昇降的裝置稱

為變壓器。將軟鐵棒曲成四邊形, 上

捲兩線圈 P, S (第292圖), 由發電

機將交流送入原線圈 P , 在副線圈

S 內即發生感應電流。副線圈的捲

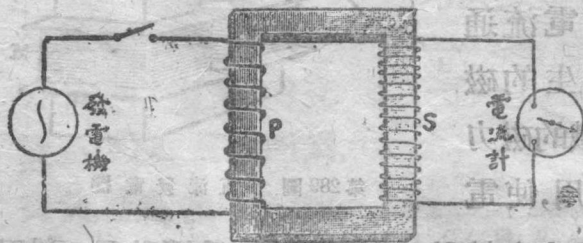
數比原線圈的捲數愈多, 電流愈弱,

而電壓愈高; 反過來說, 副線圈的捲



第291圖 電扇

數比原線圈的捲數愈少, 電流愈強, 而電壓愈低。



第292圖 變壓器

發電廠的交流由變壓器將電壓升高，變成數千至數萬伏的交流，送至遠處（第 293 圖）；然後再



第 293 圖 高壓電流輸送

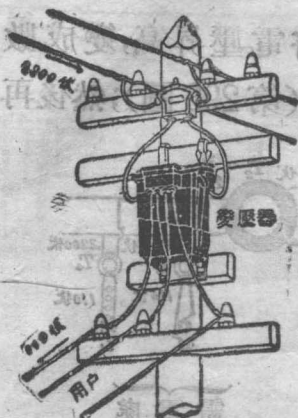
D , 交流發電機; T_1 , 變壓器(升高電壓); T_2 , T_3 , T_4 , 變壓器(降低電壓); M , 電動機; L , 電燈

用變壓器使電壓降低，變為 110 或 220 伏，供給電燈和電動機等（第 294 圖）。

〔問題 2〕 試說明下列各種機械所發生感應電流的方法有何異同？

- a. 發電機 b. 感應圈 c. 電話機 d. 變壓器

168. 【觸電】凡電流由人體通過，稱為觸電或電震，這是由於導線的絕緣不良而誤觸之所致。皮膚的電阻隨其乾燥與否而異，因溼氣或油分附着於皮膚而使其電阻減少。又因皮膚和導線接觸的面積不同而其電阻亦異。在普通 110 伏或 220 伏



第294圖 電燈用變壓器

的燈用電流，設誤觸無覆被導線，若皮膚極乾燥，則其危險性尚小，不過皮膚上若附有水滴或汗分；或其人立足於潮溼處，則雖同一電流，能通過心臟而使其麻痺致死。至於從工業上所用500伏至5000伏的電流，則觸電致死的

更多。若有誤觸於10,000伏的電流者，斷不能生存。

電燈的開關燈座有時可以和絕緣不良的導線接觸。若立在地氈上的人用手觸之而不自覺，至多亦不過為一極輕的顫動。但其人若在浴水中，或一手觸自來水管的龍頭；他手按電燈的燈座(第295圖)，則受激烈的電震而死亡。高於110伏的電壓則更危險了。對於觸電或落



第295圖

觸電致死的情形

雷[●]之急救方法須用人工呼吸，恰和煤氣窒死或溺死時的處置相同。

【摘要】1. 線圈(導體)內的磁力若起變化即發生感應電流。感應電流的方向為阻止磁力變動的方向。(楞次定律)

2. 使第一線圈內通過的電流斷續，第二線圈內即發生感應電流。磁力的變化愈速，線圈的捲數愈多；那麼感應電壓愈高。(感應圈的原理)

3. 電話的發話器是應用炭粒的接觸部因其壓力的變化，電阻即起顯著的變化的裝置；其收話器(聽筒)為由蹄形磁鐵的兩端附有電磁鐵，前面立有軟鐵板而成。

4. 發電機是使電樞轉動於強磁極之間發生感應電流的裝置。有起直流和交流兩種。

5. 電動機是使電流通過轉動子所生的磁力和磁場的磁力間的作用使轉動子轉動的裝置。

6. 變壓器是用以昇降交流的電壓，以供給電燈、電動機等的需要；或用以輸送高壓電流。

第八章* 電 波

169.* 【電振動】

● 吾人要避免雷雨時的觸電即落雷，不可外出，不可立於高牆或大樹之下，不可穿溼衣；在室內不可靠近煙囪或自來水管等。

【實驗】1. U字形玻璃管內盛水，管口的直徑約在 1 厘米以上，用手捫右端的管口（第 296 圖），使右端的水面高出於左端的水面，然後放開手指，兩水面並不立即變成同一水平面而靜止，須往返振動數次後，方成爲一水平面，然後



第 296 圖 水的振動

靜止不動。

2. 將來頓瓶的內外箔連結於感應圈的兩極，使感應圈發電，電即蓄積於瓶的內外箔，兩箔間發生極大電壓。若將感應圈的兩極接近，其間發生火花（第 297 圖），來頓瓶即起放電作用。這時候的電是沿着導線和火花，在兩箔間往返流動，內外箔的電位交替增減，以至於相等，然後完全中和。



第 297 圖 放電時連續的火花

由是可知電的往返流動，和管內水的振動一樣，這種現象稱爲電振動。振動的週期由各種來頓瓶而不同，通常都很小，約爲數百萬分之 1 秒；故雖在一瞬間亦有數十次的振動，外表上不過發生火花一次罷了。

170.* 【電波】電振動由周圍以太發生一種波動，傳向各方，和音叉的振動由周圍的空氣發生聲波一般。這種波動稱爲電磁波，略稱電波。電波和

光波一樣，也能反射、折射，以每秒3萬萬米的速度，傳播於空間裏面。但是電波的波長較光波的為大，通常為數十米至數千米；若電波遇着和自身週期一樣的導體，能使其發生電振動，和音的共鳴相似。

【檢波器】把由電波所激起的振動電

流改變為直流電的裝置，稱為檢波器，現今通用的檢波器有晶體和真空管兩種。

晶體檢波器由斑銅礦 A 和紅鋅礦 B 相接觸而成 (第 298 圖)。

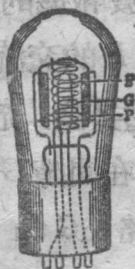


第 298 圖
晶體檢波器

利用其接觸部能使電流從 A 通至 B，而不能反轉來通過的性質，故導體若受着電波，同時作電振動，發生迅速的交流，由檢波器可變為直流，然後用電流計或電話的聽筒，即可檢出其存在。

真空管檢波器即三

極管 (第 299 圖)，形如電



第 299 圖



真空管檢波器

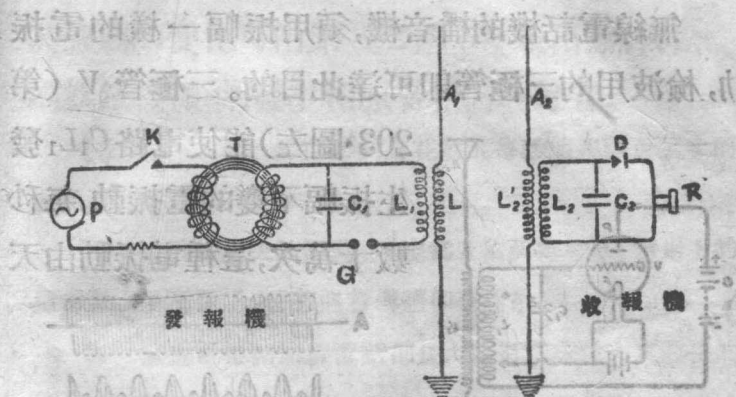
燈泡，泡內裝有熾熱的鎢絲 F 為陰極，尚有一金屬

板 P 爲陽極， F 和 P 的中間有一金屬網 G 稱爲柵極。將陰極的鎢絲 F 通以電流，絲即熾熱；帶有陰電的微粒即所謂電子從 F 放出，而飛向陽極的 P 板，即爲通過 P 板的電流。但因柵極 G 位於兩者之間，帶陰電時則有礙於電子的通過，使 P 板的電流變弱；若帶陽電時則便於電子的通行而使 P 板的電流變強。故利用真空管的這種性質，可以用作銳敏的檢波器並擴大電流的裝置。

172. 【無線電報機】 無線電報機是利用電波的傳播，由甲處傳信至乙處的裝置。如第 301 圖將發報機的電鑰 K 按下，發電機 P 的交流由變壓器 T 使其電壓升高，充電於電容器 C_1 ，同時在間隙 G 發生火花放電，使電路 $C_1 G L_1$ 作電振動。由變壓器 L_1, L'_1 發生更高壓的電振動，從天線 A_1 傳向各方。



第 300 圖。馬可尼 (Marconi, 1874-) 意大利人，1896 年發明無線電報



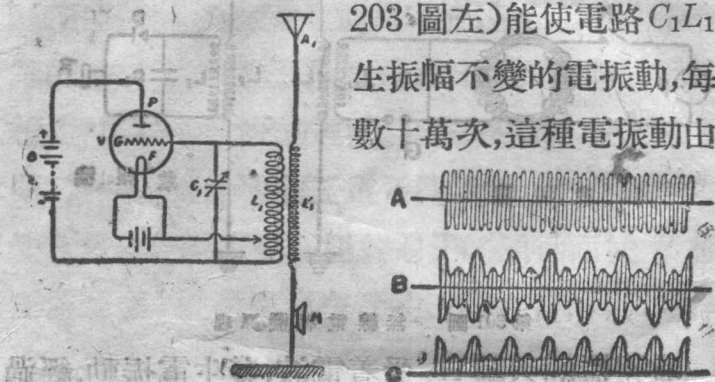
第301圖 無線電報機原理

收報機的天線 A_2 受着電波，發生電振動，經過變壓器 L'_2, L_2 的作用，電路 $L_2 C_2$ 亦起電振動，使容電器 C_2 的內外箔的電壓交替增減。由檢波器 D 限制電流於同一方向，方能通過聽筒 R 。故發報機若發火花一次，由收報機的聽筒 R 可聽出其聲，若電波停止，聲亦不聞。由其聲音的長短，可以傳達電報號碼。

173. *【無線電話機】：無線電話機和無線電報機相似；是利用電波的傳話裝置。由火花放電的電振動，其振幅漸次減少（參看 §169 的實驗 2），故不能用以放送波形複雜的聲音。

無線電話機的播音機，須用振幅一樣的電振動，檢波用的三極管即可達此目的。三極管 V (第

203 圖左)能使電路 C_1L_1 發生振幅不變的電振動，每秒數十萬次，這種電振動由天



第 302 圖 無線電話原理

右圖為 $\frac{1}{250}$ 秒內所發生的電波情形：(A) 振幅一樣的連續電波，(B) 電波和

聲波相合的結果，(C) 通過檢波器後的波形

線 A_1 放送如第 302 圖 (A) 的連續電波，惟其頻率過大，不能當作聲音聽出。若在天線內插入電話的發話器或 microphone M ，向 M 發話，由聲波的波形，發話器內的電振動發生變化，天線的電振動也跟着變化，其電波變成振幅不同的波形如第 302 圖 (B)。

收音機和無線電報的收報機全同，這種振幅不同的電波 (B) 經過收音機的檢波器，變成直流，

其強弱的變化可由第 302 圖 (C) 表出。然後由聽筒的軟鐵板振動，發生和原音相同的聲音。

【摘要】* 1. 容電器的火花放電每秒鐘起數百萬次的電振動，以此作中心發生電波。

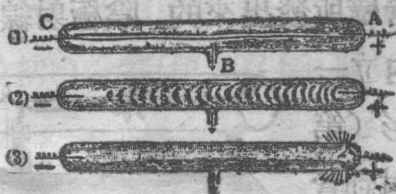
2. 電波是以太的振動，速度為 3 萬萬每秒米，實用上的波長為數十米至數千米，若遇着導體即發生電振動。

3. 無線電報和無線電話都是由電振動放送一定波長的電波，在遠方的導體將此吸收，同時起電振動；再用檢波器變成直流，使聽筒發出聲音。

第九章* 真空放電

174.* 【真空放電】 在通常壓力的氣體裏面，使兩電極間發生火花放電，須很大的電壓。但若將

氣體的壓力減少，即容易放電。如第 303 圖，在長玻璃管的兩端各封入一金屬線作為兩極 A, C，接連到感應圈的兩極上



第 303 圖 真空放電

(1) 真空程度較低的管；(2) 蓋斯勒管；

(3) 克魯克斯管

A, C, 電極； B, 空氣抽出口

使其放電，同時用空氣唧筒將管內的空氣由抽氣

口 B 逐漸抽出。(1)最初管內的火花現出紅紫色的線狀，連絡兩極。(2)漸次紅紫色的光輝部分增大，呈無數鱗狀的光，佈滿管內。用分光鏡來檢查，知所現的顏色因管內的氣體而異。這個時候管內的氣

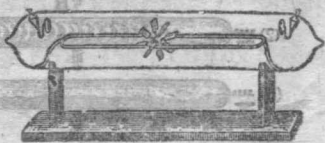


體壓力不過 1 厘米以內，此種真空管稱爲蓋斯勒管。(3)再將蓋斯勒管內氣體的壓力減少至 $\frac{1}{1000}$ 毫米以內，鱗

第 304 圖 陰極射線沿直線進行

狀的光即消失成爲暗黑，只有和陰極對面的管壁現出青綠色的螢光，這種真空管稱爲克魯克斯管。

這種青綠色的螢光，是因從陰極發生一種所謂陰極射線，衝突於管壁所發出來的。陰極射線沿着直線進行，若在管內立一十字板，對壁即現其影（第 304 圖），若是直接投射到管壁，即發生熱或放螢光。又



第 305 圖 陰極射線的壓力作用

陰極射線遇着可以轉動的物體，呈出壓力作用，使其轉動（第 305 圖）；若在中途受一磁鐵的作用，其進

行的路即生彎曲(第306圖)。由上面的各種性質，得



第306圖 陰極射線的彎曲

推知陰極射線是由帶陰電的無數微粒迅速運動而成。這種微粒即為電子，和由熾熱的鎢絲放

出來的電子 (§ 171) 相同。電子的質量甚小，約為氫原子的質量的 $\frac{1}{1850}$ ，但是速度很大，約為光速度幾分之一。



第307圖 倫琴

(W. C. Röntgen 1845-1923)

德國物理學家，在1895年發明X射線

175.* 用【X射線】陰極射線和玻璃管壁或是和白金板衝突後，即由板面發生一種不可見的輻射線，稱為X射線

最初由倫琴(第307圖)發見，故又稱倫琴射線。



第308圖 X射線

【註】發生X射線的真空管，有一陰極C(第308圖)，形如凹面鏡，和白金板P相對立，由C發出的陰極射線，

聚集於 P 面，即由 P 發生很強的 X 射線。X 射線能透過管壁，進入於空氣中，能使空氣變成電的導體；



第 309 圖

X 射線透過手的照片

又能使照相用的乾板感光。若用塗有鉑精化鋇的屏承受 X 射線，即發生螢光；X 射線能透過通常光線，所不能通過的物質：如木，紙，布，筋肉等 X 射線皆能透過（第 309 圖）；但金屬和骨即不易透過，對於人體呈特別的生理作用，故醫術上利用以檢查人體的內部和治療疾病。由各種實

驗，得知 X 射線和光線一樣，也是一種以太的波動，不過波長極小罷了。

176.* 【放射性】

如鈾、鐳等類元素和其化合物，常有特殊的放射線放出，這種放射線和陰極射線、X 射線相同，能使鉑精化鋇發生螢光，能使照相

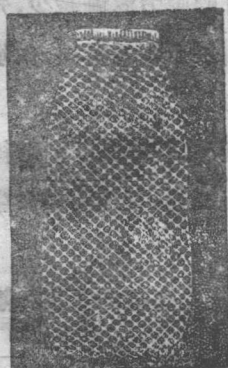


第 310 圖 居禮夫人
(Mme Curie, 1867-1934)
法國物理學家。1896 年與其夫
共同發見鐳

$$R_a: 225.95.$$

$$W: 219.17$$

乾板起感光作用，使空氣變為電的導體，又能透過不透明體。



第 311 圖 放射線使乾板感光用黑紙包乾板，放煤氣燈紗罩於其上，在暗室內保留 5 日，然後使乾板現像，即得此照片

這種發生放射線的性質，稱為放射性，有放射性的物質稱為放射性物質。

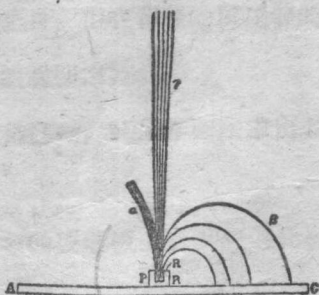
礦泉中所含的鐳射氣即氫和煤氣燈紗罩所含的鈾也都有這種性質(第 311 圖)

由鐳放射出來的射線共有三種，為 α 射線、 β 射線和 γ 射線。 β 射線和陰極射線相似，為有高速度的電子； γ 射

線和 X 射線相似，其波長較 X 射線更小； α 射線為帶陽電的微粒，即氦原子，其速度頗大。

鈾、鐳等的放射線，也應用於醫術上。

由研究的結果，放射



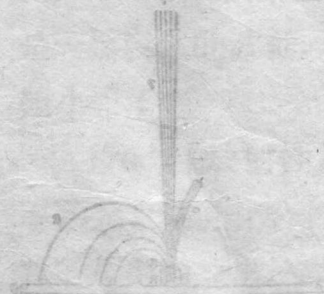
第 312 圖 三種放射線因磁場所生彎曲的狀況

性的原因，在於原子的內部；原子逐漸爆裂，變為其他的新原子，即由一物質變為他物質。

【摘要】 1. 在真空管內放電，因內部的壓力逐漸減少，先發出特別的光（蓋斯勒管）；再將壓力減少，終至變為暗黑，由陰極迸出高速度的電子即陰極射線（克魯克斯管）。

2. 陰極射線衝擊白金板，即由板面發生 X 射線。X 射線能透過對於光不透明的物質，能使照相乾板感光，某種物質發生螢光，空氣變成導體，以及呈出生理作用。

3. 鐳原子放射 α , β , γ 三種的射線。這類射線的作用和陰極射線、X 射線相似。



其效其，即能射線 X 射線
 效射線 α ；小東羅德 X 射
 鼠震鳴，其效內雷則帶
 。大敢其效其，其
 效射線的效射，其
 。上射線效射線由
 效射，果效射線由

補 習 問 題

第 四 編 聲 學

(1) 音樂會的音樂，其音律井然而能達於遠方的聽者，其與

音的高低、響度、速度三者有何種關係？

(2) 諸君說話的聲音，其波長大的小的約有幾厘米？

(3) 奏絃的樂器時，往往彈其絃端，是何緣故？

(4) 火車開近時，聽汽笛的聲音，覺得高些；又開遠時，反覺低些，其故安在？

學 藝 書 誌 六 第

第 五 編 光 學

(1) 小鏡子雖不能映出自己的全身，但在背後的房屋等的全景反能完全映出，試言其故，並畫圖說明之。

(2) 假定有入射光線和折射率為已知，試用作圖法求出其折射光線的方向。

(3) 有光線入射於兩面互相平行的玻璃板上，其經過此板中間的途徑如何？試用圖表出。

(4) 置燭火於平面鏡前面 5 厘米的地方，若由斜向望去，所

見燭火的像如何?試各自實驗並說明其理。

(5) 有身長 1 米的兒童,直立於透鏡前 5 米的地方照相,透鏡的焦距為 45 厘米,問透鏡和乾板中間的距離,與像的大小各為若干?

$$\frac{1}{500} + \frac{1}{x} = \frac{1}{45} \quad \frac{1}{x} = \frac{1}{49.45} \quad x = 47.95$$

$$1:500 = 1:49.45 \quad x = 9.89$$

(6) 明視距離 15 厘米的人須用何度的近視眼鏡? ($a=25$, $b=-15$, 求 f)

$$\frac{1}{25} - \frac{1}{15} = \frac{1}{f}$$

(7) 由紅玻璃映出電燈的像,得見和電燈光同一顏色的像與紅色的像,試言其故。

(8) 用同一電燈所照的房間愈狹小,則愈明亮;如房間四周的壁為白色,則更亮了。試言其理。

第六編 電磁學

學光 驗正 驗

(1) 在蹄形磁鐵的兩極上,橫放軟鐵片,能使磁保存,試用磁感應的理說明之。

(2) 當驗電器帶電時,其金箔張開作一定的角度;若將手接近其球,則金箔張開的角度即行減少,試言其故。

(3) 由電池所生的電流,和由感應起電機所生的電流有何不同?

(4) 如將導線的長度拉長 3 倍,則其電阻發生什麼變化?

(5) 將電阻 3 歐的導線沒入於 100 克的水中,然後通以 3

$$120 \times \frac{0.20 \times 3 \times 3^2}{100} = 727.6$$

安的電流，經過 2 分鐘後，則水的溫度上昇幾度？

(6) 將電壓 100 伏的電線連結於 600 瓦的電熱器，求所需的電流為若干安？

$$100 \cdot I = 600$$

$$\therefore I = 6$$

(7) 鎢絲燈的電工率為每燭光平均 1.25 瓦。某用戶點有 24 燭光的鎢絲燈 2 個，10 燭光的 2 個，5 燭光的 1 個，問共需工率若干？此時的電壓為 100 伏。

$$24 \times 2 + 10 \times 2 + 5 = 73$$

$$73 \times 1.25 = 91.25$$

(8) 試列舉現代主要的交通機械，並說明其應用物理學的任何種定律。

28

（8）電燈與電扇的電阻，並聯後與電燈，將電燈的

電阻求，器熱電的瓦 000 伏特電熱電的伏 001 狸電流 (8)

？安于答欲將電的

12 官課只可某。天 32 I 尙平水識辨欲率工電的鐵絲線 (7)

率工需共同，圖 1 的米數 5，圖 2 的米數 01，圖 3 的鐵絲線的米數

問 題 答 數

的學數神用盡其間備整 (4) 聲學 升學區第 (2)

第一章 (2) 1715 米。 (5) 115.85 米。

。第次歸回

第二章 (3) 在 0°C 的空氣中，男聲 3.68 米 - 2.36 米：

女聲 1.23 米 - 0.6 米。

第五編 光 學

第一章 (2) 因為光係直進，由太陽周邊送來的光通過木葉的空隙，而
在地面上印成小圓形，即係太陽的像。 (6) 全身長之半。

第二章 (4) 7.5 厘米， 3 厘米。

第六編 電 磁 學

第五章 (2) n^2 倍。 (3) 30 伏。

第六章 (6) 0.1 安。 (7) 5 仟瓦小時。 (8) 5.04 角。

補 習 問 題

第五編 (5) 49.45 厘米， 9.89 厘米。

(6) 用凹透鏡的近視眼鏡 2.6 度。

第六編 (4) 9 倍。 (5) 7.78°C 。 (6) 6 安。 (7) 91.25 瓦。

中英名詞對照表和索引

(詳列依畫數次序,字右的數字表頁數)

二 畫

入射點 Point of incidence, 19

入射角 Angle of incidence, 19

三 畫

三極管 Triode, 99

三色版印刷法 Threecolor printing, 41

四 畫

瓦, 瓦特 Watt, 86

分光鏡 Spectroscope, 33

中和 Neutralization, 58

反射角 Angle of reflection, 19

反射定律 Law of reflection, 19

化學線 Chemical ray, 44

不透明體 Opaque body, 15

幻燈 Magic lantern, 29

日蝕 Solar eclipse, 16

月蝕 Lunar eclipse, 16

天線 Antenna, 100

分散 Dispersion, 33

夫寧因和斐籍線 Fraunhofer's line, 33

火花放電 Spark discharge, 60

瓦小時 Watt hour, 87

瓦時計 Watt-hour meter, 87

五 畫

以太 Ether, 45

本影 Umbra, 16

半影 Penumbra, 16

北極 North pole, 50

目鏡 Eye-piece, 34

平面鏡 Plane mirror, 18

凹面鏡 Concave mirror, 25

凹透鏡 Concave lens, 27

凸透鏡 Convex lens, 27

永久磁鐵 Permanent magnet, 52

白光 White light, 36

正極 Positive pole, 66

白熾燈 Incandescent lamp, 84

仟瓦 Kilowatt, 87

六 畫

光波 Light wave, 46

光的強度 Intensity of light, 18

光線 Light ray, 15

光的反射 Reflection of light, 19

光的折射 Refraction of light, 21

安, 安培 Ampere, 70

安培計 Ampere meter, 78

安培定則 Ampere's rule, 72

伏, 伏特 Volt, 80
 伏特計 Volt-meter, 81
 共鳴 Resonance, 7
 共鳴箱 Resonance box, 8
 交流 Alternating current, 92
 交流發電機 Alternating current
 dynamo, 92
 回聲 Echo, 3
 全蝕 Total eclipse, 16
 全反射 Total reflection, 23
 光譜 Spectrum, 36
 尖端放電 Point discharge, 62
 充電 Charge, 71
 收話器 Receiver, 90

七 畫

克魯克斯管 Crookes' tube, 104
 角膜 Cornea, 30
 法線 Normal, 19
 吸收光譜 Absorption spectrum, 40
 佛蘭克林 Franklin, 63
 折射角 Angle of refraction, 21
 折射率 Index of refraction, 22
 折射定律 Law of refraction, 22

八 畫

波動說 Wave theory, 46
 直流 Direct current, 93
 直流發電機 Direct current dynamo,

底片 Negative, 30
 放電 Discharge, 60, 71
 放電器 Discharger, 63
 放射性 Radioactivity, 107
 放射性物質 Radio active substance,
 107
 物鏡 Objective, 34
 法拉第 Faraday, 70
 法拉第定律 Faraday's law, 70
 非導體 Non-conductor, 57
 明視距離 Distance of distinct vi-
 sion, 31
 明線光譜 Bright line spectrum, 39
 放大鏡 Magnifying lens, 33
 放大率 Magnifying power, 34
 負極 Negative pole, 66
 泡 Bulb, 84

九 畫

虹 Rainbow, 37
 紅 Red, 36
 紅外線 Infra-red ray, 43
 弧光燈 Arc lamp, 84
 南極 South pole, 59
 活動影片 Cinematograph, 33
 音叉 Tuning fork, 6
 音品 Timbre, 11
 音程 Interval, 10
 音階 Musical scale, 10

音調 Pitch, 6
 度 Dioptré, 32
 重鉻酸電池 Bichromate cell, 67
 架空線 Air line, 76
 保險線 Fuse, 83
 柵極 Grid, 100

十畫

氦 Helium, 107
 庫, 庫侖 Coulomb, 58
 庫侖定律 Coulomb's law, 58
 陪音 Overtone, 9
 連續光譜 Continuous spectrum, 39
 乾電池 Dry cell, 68
 留聲機 Phonograph, 12
 條形磁鐵 Bar magnet, 49
 容電器 Condenser, 62
 通路 Closed circuit, 66
 原線圈 Primary coil, 89
 馬可尼 Marconi, 100
 倫琴 Röntgen, 105
 倫琴射線 Röntgen ray, 105

十一畫

眼 Eye, 30
 黃 Yellow, 38
 陰電 Negative electricity, 58
 陰極射線 Cathode ray, 104
 陰畫 Negative, 60
 帶電 Electrification, 56

帶電體 Electrified body, 56
 偏蝕 Partial eclipse, 16
 偏角 Declination, 53
 探照燈 Search light, 15
 望遠鏡 Telescope, 34
 透明體 Transparent body, 15
 透鏡軸 Axis of lens, 27
 透鏡 Lens, 27
 透鏡的焦點 Focus of lens, 27
 勒克蘭社電池 Leclanch's cell, 67
 基音 Fundamental tone, 9
 唱片 Record, 12
 陰極 Anode, 69
 陽極 Cathode, 69
 接收機 Receiver, 76
 焦耳定律 Joule's law, 85
 副線圈 Secondary coil, 90
 鈷 Thorium, 107

十二畫

紫 Violet, 36
 紫外線 Ultraviolet ray, 44
 單光 Monochromatic light, 36
 陽電 Positive Electricity, 57
 陽畫 Positive, 30
 愛迪生 Edison, 12
 焦點 Focus, 25
 焦距 Focal length, 25, 27
 虛像 Virtual image, 26
 虛焦點 Virtual focus, 28

- 絕緣 Insulation, 57
- 絕緣體 Insulator, 57
- 發送機 Transmitter, 76
- 發話器 Transmitter, 90
- 發電機 Dynamo, 91
- 來頓瓶 Ley-den jar, 63
- 無線電報機 Wireless telegraph, 100
- 無線電話機 Wireless telephone, 101
- 單向反射 Regular reflection, 19
- 軸 Axis, 25
- 傾角 Dip, 54
- 落雷 Thunderbolt, 64
- 晶體檢波器 Crystal detector, 96
- 氣 Radon, 107
- 十三畫**
- 腹 Loop, 9
- 節 Node, 9
- 鈾 Uranium, 106
- 電 Electricity, 56
- 電子 Electron, 100
- 電閃 Lightning, 64
- 電流 Electric current, 66
- 電路 Circuit, 66
- 電流的強度 Intensity of current, 66
- 電池 Electric cell, 66
- Switch, 67
- 電鈕 Button, 67
- 電解 Electrolysis, 69
- 電解質 Electrolyte, 69
- 電鍍 Electroplating, 69
- 電鑄 Electrotyping, 69
- 電流計 Galvanometer, 77
- 電阻 Resistance, 78
- 電位 Electric potential, 79
- 電壓 Voltage, 80
- 電熱器 Electric heater, 83
- 電燈 Electric lamp, 84
- 電話 Telephone, 90
- 電報機 Telegraph, 75
- 電鈴 Electric bell, 75
- 電擺 Electric pendulum, 56
- 電磁鐵 Electromagnet, 74
- 電樞 Armature, 92
- 電動機 Motor, 93
- 電震 Electric shock, 95
- 電感應 Electric induction, 59
- 電振動 Electric oscillation, 98
- 電波 Electric wave, 98
- 電磁波 Electro magnetic wave, 98
- 雷 Thunder, 64
- 楞次定律 Lenz's law, 89
- 微音器 Microphone, 102
- 蓋斯勒管 Geissler's tube, 104
- 稜鏡 Prism, 35
- 照相機 Photographic camera, 30
- 照片 Photograph, 30

照度 Illumination, 17
 電的傳導 Electric conduction, 57
 電筒 Flash light, 15
 暗箱 Camera, 30
 睛球 Crystalline lens, 31
 感應起電機 Influence machine, 60
 電動力 Electromotive force, 80
 感應電流 Induced current, 88
 感應圈 Induction coil, 89

十四畫

像 Image, 20
 磁性 Magnetic property, 49
 磁力 Magnetic force, 50
 磁 Magnetism, 50
 磁力線 Magnetic lines of force, 53
 磁鐵 Magnet, 49
 磁針 Magnetic needle, 49
 磁場 Magnetic field, 52
 磁極 Magnetic pole, 49
 磁感應 Magnetic induction, 51
 磁鐵礦 Magnetite, 50
 複光 Composite light, 36
 網膜 Retina, 31
 實像 Real image, 26
 場磁鐵 Field magnet, 92
 蓄電池 Storage cell, 70
 漫射 Diffuse reflection, 20
 磁場之方向 Direction of magnetic field, 53

磁強 Pole strength, 51
 鑿耳 Bell, 90
 綠 Green, 26
 影 Shadow, 16
 熱線 Heat ray, 43
 樂音 Musical sound, 4
 樂器 Musical instrument, 8
 導線 Connecting wire, 67
 導體 Conductor, 57
 頭燈 Headlight, 25
 線圈 Coil, 74

十五畫

十六畫

橙 Orange, 36
 螢光 Fluorescence, 48
 歐, 歐姆 Ohm, 79
 歐姆定律 Ohm's law, 81
 噪聲 Noise, 4
 避雷針 Lightning rod, 65
 蹄形磁鐵 Horse-shoe magnet, 49
 諧和 Consonance, 10
 靛 Indigo, 36
 霓 Secondary rainbow, 38
 螢光染質 Fluorescein, 43
 輻射線 Radiant ray, 44

十七畫

磷光 Phosphorescence, 43

- 燭光 Candle power, 18
 簧 Reed, 10
 檢波器 Detector, 99
 聲波 Sound wave, 2
 聲波的反射 Reflection of sound, 3
 聲帶 Vocal cords, 12

十八畫

- 鎢絲 Tungsten filament, 84
 臨界角 Critical angle, 23
 轉動子 Rotor, 93

十九畫

- 羅盤 Compass, 54
 斷路 Open circuit, 66

二十畫

- 藍 Blue, 36
 響度 Loudness, 5

二十一畫

- 鐳 Radium, 106
 鐳射氣 Radium emanation, 107

二十三畫

- 顯微鏡 Microscope, 34
 驗電器 Electroscope 58
 變壓器 Transformer, 94

二十五畫

- 鑰 Key, 100

歐文

- α 射線 α -ray, 107
 β 射線 β -ray, 107
 γ 射線 γ -ray, 107
 D線 D-line, 39
 X射線 X-ray, 105