

物理實驗

原著者

根爾潑
爾蓄
密蓋別

翻譯者

廉心
維雪
王袁

上海中華書局印行

二十五年十二月印刷
二十五年十二月發行



物理實驗 (全一冊)

◎ 實價國幣六角

(郵運匯費另加)

原著者

譯者

發行者

印刷者

上海福州路

發行處 各埠

密蓋別王袁 爾蓄維雪

根爾潑廉心

中華書局有限公司

代表人 路錫三

上海 中華書局印刷所

中華書局發行所

中華書局

原 序

此教程中約有實驗五十,使初學物理者,能明瞭教本上各題中原理之要點,及其對於人生之應用。

實驗所採方法,視儀器而定,此教程中列入若干可以互換之實驗,使之較有伸縮。

例如,設無瓦斯,學生可刪去實驗五,而作實驗五甲後,亦可得同樣之原理。又如,設實驗室中無適用安計及弗計,則可刪去實驗三十一,而作實驗三十一甲。如此類之選擇,書中載之甚多。

本教程又有一特點,即凡作實驗者,不必先詳讀實驗中所含之原理,亦不必先備有物理學之知識。一切實驗,在未講授以前作之,亦無不可。蓋著者喜將實驗之半,作為學生所研究問題之先導。且各實驗中均有實驗法,故學生不必由教師指導,亦不必在實驗前準備也。

本書中對於能之轉變之實用問題,頗為注重,希望更進研究之。如比較兩種種類不同而功用相同之用器,如電爐與瓦斯爐之效率時,一般人民所注意者,乃對於動作費(cost of operation)有關之效率,然此事實人恆忽視之。是以,本書對於效率之實際測驗,即一定輸出之相對價目,而非輸出能與輸入能之比,特別重視。

多數實驗之後,均附有記錄格式,此可養成學生整齊之習慣,及教授學生組合實驗結果,以求結論之方法。教師查校實驗所需之時間與精力,用此格式後,亦可省却不少也。凡關

於性質方面之實驗，其實驗記錄則恆刪去。

在附錄甲中，擬時間表一張，以供一學年爲三十六週之用，使採用本書及教科書“初等物理”(A First Course in Physics)者，較爲便利。此表雖不必一定依照，但頗爲重要，著者以爲教師於學年開始講授時，即宜依其精密之時間表而行之，且其功課之計劃及增減，亦必依照此表，否則授課數與所費時間，恆不能相符也。

如作此實驗之學生約十二人，則儀器之創辦費不過二百美金。設欲辦用商業電器，則其費甚昂也。

密爾根

蓋 爾

別 蓄 徽

目 次

實 驗	指 定 之 期 日	認 可 之 期 日	頁
一 π 之測定			1
二 圓筒之體積			4
三 鋼球之密度			9
四 液體內之壓力			13
五 煤氣管內壓力之測定			17
五甲 肺壓力大小之測定			20
六 阿基米得原理			23
七 液體之密度			26
八 固體輕於水者之密度			29
九 波義耳定律			32
九甲 空氣之重量			35
十 物質之分子組織			37
十甲 蒸發及露點			38
十一 二力之合力			43
十二 擺之定律			47
十三 虎克定律			50
十四 查理定律			53

實 驗	指 定 之 期 日	認 可 之 期 日	頁
十四甲 給呂薩克定律			56
十五 黃銅之膨脹係數			59
十六 力矩原理			62
十七 功之原理及斜面之效率			65
十七甲 滑車之用途			68
十八 瓦斯之燃燒熱			71
十八甲 瓦斯爐之效率及用費			74
十九 比熱			76
二十 熱功當量			79
二十一 物態變化時之冷卻			82
二十二 冰之熔解熱			85
二十三 酒精之沸點			88
二十四 壓力對於沸點之效應			90
二十五 磁場			92
二十六 磁性之分子性質			94
二十七 靜電效應			97
二十八 流電池			102
二十八甲 流電池			105

實	驗	指之期 定日	認之期 可日	頁
二十九	電流之磁效應			108
三十	電磁鐵之性質及效用			111
三十一	電動力			114
三十一甲	電動力			118
三十二	電阻定律			122
三十二甲	威斯吞橋			126
三十三	內電阻			129
三十四	燈之效率			132
三十四甲	電流之熱效應			137
三十五	電解及蓄電池			140
三十六	誘導電流			144
三十七	電動機之功率及效率			148
三十七甲	電動機及發電機之原理			151
三十八	聲音在空氣中之速度			154
三十九	音叉之振數			155
四十	律音之波長			157
四十一	振弦定律			159
四十二	平鏡			161

實 驗	指 之 期 定 日	認 之 期 可 日	頁
四十三 屈折率			163
四十四 玻璃之臨界角			165
四十五 凹鏡			167
四十六 凸透鏡			169
四十七 凸透鏡之倍率			171
四十八 天文望遠鏡			172
四十九 複顯微鏡			174
五十 稜鏡及景			176
五十一 光度之測定法			179
五十一甲 光度之測定法			182
附錄甲			184
附錄乙			186

物理實驗

實驗一

求 π 之值,即求一圓周與其直徑之比

I. 測量. (a) 圓周之測定. 沿平整圓板之半徑,刻一細線 A .

將 A 適置於枳桿上一點 B (圖 1),以拇指及他一指夾而滾動之,使 A 復與枳桿相接.

然後以蠟數記 A 之位置,即先記蠟之整數,繼在十分處記耗數,最後在百分處估計



圖 1

爲耗之十分之幾*. 此記錄與始點之差,即其圓周之值.

自桿上他點復量四次,然後以五次試驗之平均數作爲圓周之值.

(b) 直徑之測定. 將圓板平放桌上,以枳桿之邊置圓板上(圖 2),使其刻蠟之面適沿直徑,且一刻蠟處適與圓板之邊相合. 於是記其直徑,桿上估計至十分之一耗.

沿不同直徑復量四次,取五次實驗之平均數作爲直徑之值.

II. 計算. (a) 各測量中最後之數值,係估計而得,故不甚可靠.

(b) 平均值中宜較各個測量多留一不定數字(uncertain

figure).

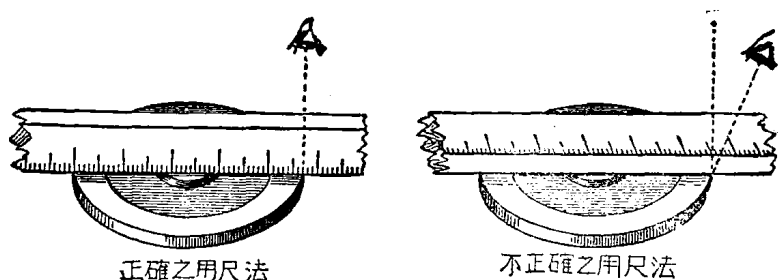


圖 2

(c) 每次乘或除後，其積或商內所留有效數字(significant figures)之多寡，須與各因數中有效數字最少者相等。583,409, 1.03, .00110 各有有效數字三，故小數部分中數目前之零，非為有效數字。

(d) 熟記有效數字之意義，然後由所得圓周及直徑之平均值以求 π 。

III. 百分差。 任一積或商之百分差，可以下例說明之。設測定 $\frac{200 \times 1000}{100} = 2000$ 時，在 200 中有 +1% 之差，在 1000 中有 +.5% 之差，在 100 中有 -.5% 之差，則其結果當為 $\frac{202 \times 1005}{99.5} = 2040 +$ 。如是，可知結果 2040 較正確值大 40，或 2%。在此例中，又可知諸差 1%，.5% 及 .5% 相加，則生總差 2%。由是，設一實驗結果得自若干物理測量之乘或除，則欲求此結果之差數，可將此積或商所由得之諸因數之百分差相加，其和即結果可有之百分差也。各因數之百分差，即測定此量時所有之或然差數(probable error)對此量之百分數。

實驗後之問題，試在筆記本中答之。

問題. a. 問.01 種之差數對直徑生百分差若干?

b. 問.02 種之差數,對圓周生百分差若干?

c. 所得 π 之值之差數,或由此二差數之和所致,然則此結果究與精確測量所得之值,同一正確否?

實驗記錄

次 數	直徑(種)	圓周(種)
1		
2		
3		
4		
5		
平 均		

$$\pi = \frac{\text{圓周}}{\text{直徑}} = \dots\dots$$

$$\text{正 確 之 值} = 3.1416$$

$$\text{差 數} = \dots\dots$$

$$\text{百 分 差 數} = \frac{\text{差 數}}{1\% \text{ 之 差 數}} = \frac{\text{差 數}}{.0314}$$

$$= \dots\dots$$

* 不熟悉紀桿者,似覺估計二分之一,三分之一,或四分之一較爲自然,但倘能知 .4 較 .5 或 $1/2$ 稍小,而 .6 較 .5 則稍大;.2 較 .25 或 $1/4$ 稍小,而 .3 則較 .25 稍大;.1 較 .2 或 $1/5$ 稍小等,則以十分表之,較爲便利。

實 驗 二

求圓筒之體積

I. 由直線測量計算之。 (a) 測量。以規桿測定圓筒三個不同處之深度,如圖 7 所示規上須記至十分之一耗。

如實驗一(見圖 2),測內直徑 D 。

倘有測微奇零尺*(vernier caliper),則內直徑可以此測之。

(b) 計算。圓筒之體積 = 底面積 $\times$ 高,或
 體積 = $\frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \pi R^2 L$, 式內 R 為半徑, L 為深,在計算前,宜細讀實驗一, II。

此實驗之計算,亦須載於最後記錄中。

問題。 a. 設自測量所得一圓之直徑為 10.1 釐,而其正確直徑為 10 釐,問其圓面積之百分差數若干?

b. 設測直徑時有差數百分之 0.3, 問圓面積之計算值內有差數百分之幾?

c. 設 D 及 L 之平均值中有 .01 釐之差數,求其體積之百分差數。

II. 由圓筒內所貯水重計算之。 (a) 以替代法權圓筒之重。置空圓筒及毛玻璃蓋於天平之 B 盤(圖 3)上, A 盤上加以適宜之物體,如鐵塊、彈丸或紙片,使秤錘 R 在零點時,指針於 S 處適指刻度之中點。

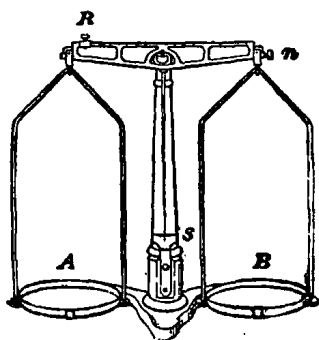


圖 3

於是將砝碼代換圓筒及蓋，其法如下：先試將最大之砝碼（但非過大者）加於 B 盤，次加入等重之砝碼，設此砝碼太重，則加次重者；次復加等重或次重者，恆由過重之砝碼試起，如上法然，倘開始即用許多小砝碼，其重或尚不足，故用上法可省去時間與煩勞不少。

當 B 盤所需重量已在 10 克以內，然後沿刻度臂移動秤錘 R ，使指針適在 S 處之中點記號上，於是物體之重即為盤中砝碼之重加刻度臂上秤錘 R 左邊所示之數，因臂上刻度表至十分之一克，而每一刻度復可估計至十分之幾，故一物之重量由此法可測至百分之一克。

此替代法乃權物最精確之法也。

(b) 以尋常方法測定圓筒之重。取去 B 盤上之砝碼，留作以下之用，又取去 A 盤之物體，移 R 至零點，又旋轉螺旋帽 n ，使指針回至刻度之中點（圖 3），於是 A 盤置物體， B 盤置 (a) 所用之砝碼，更如前移動秤錘 R ，使指針位於中點，設用二法所權得重量之差小於 0.1 或 0.2 克，則以後可用第二法，即尋常方法；因一般價廉砝碼恆有十分之一克之出入，是以 (a) (b) 兩部皆用同一砝碼為宜。

(c) 測定圓筒滿貯水時之重。次將圓筒滿貯以水，筒上覆蓋，但筒內不可稍留氣泡，拭乾圓筒外部，然後權之。

筒內更貯以水，而復權之，以觀兩次權衡之相符與否。由此二次重量之平均值，及空筒與蓋重之平均值，以求水之重量。

因 1 厘 (cc.) 之水重 1 克，故圓筒體積之厘數，即等於其

所蓄水之克數.

問題. a. 設單純水之重有 .2 克之差數, 求所得體積之百分差數.

b. 問 I 與 II 之百分差, 較 I 中問題 c. 與 II 中問題 a. 之差數之和大小?

c. 問 I 及 II 之結果相符否?

實驗記錄

	第一次觀察	第二次觀察	第三次觀察	平均
I. 圓筒深 =	 糎	 糎	 糎	 糎
圓筒內直徑 =	 糎	 糎	 糎	 糎
體積 = $\frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \pi R^2 L =$	 糎			

以替代法 以尋常法 平均

II. 空筒及蓋之重 = 克. 克. 克.

筒 + 水之重, 第一次試驗 = 克.

筒 + 水之重, 第二次試驗 = 克. 克.

單純水之重 = 克.

∴ 圓筒體積 = 糎.

I 及 II 二者之百分差數 = $\frac{\text{差數}}{\text{任一結果之}\%} = \dots\dots\dots$

* 測微奇零尺爲量一刻度之奇零部分之儀器, 此器有一活動尺 AB, 可沿固定尺 CD 滑動(圖 4). 所欲度量之物體置於鉗 EF 間. 當兩鉗密接時, 則滑尺之零點適對定尺之零點. 滑尺 AB 之刻度十格, 等於定尺 CD 之九格, 即 9 耗; 故奇零尺每格等於 .9 耗. 圖 5 (1) 示奇零尺及定尺之配合. 此圖中奇零尺之零點適與定尺上刻 5 耗處相對, 此乃直徑 5 耗物體置於兩鉗間後, 兩尺之相對位置. 因 AB 上

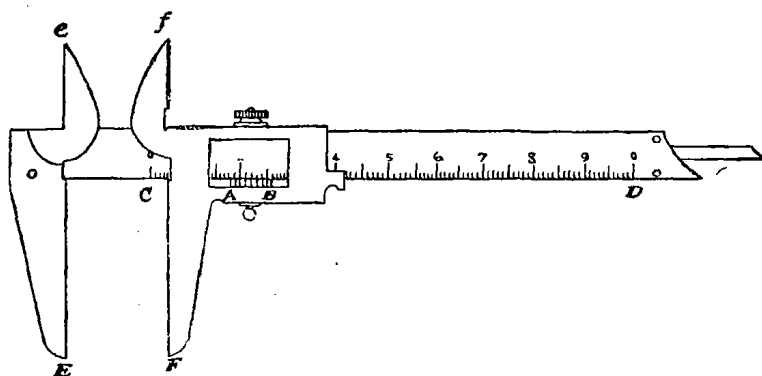


圖 4

之一格僅等於 .5 耗,而 CD 上之一格則等於 1 耗,由是,滑尺 AB 上之 1 字在定尺上 6 字之後 .1 耗; AB 上之 2 在 CD 上 7 字之後 .2 耗; 3 在 8 之後 .3 耗; 7 在 12 之後 .7 耗等,故設滑尺上之 1 字適與定尺上之 6 字相對,則滑尺之零點在 5 字外 .1 耗;設移動滑尺,使其 5 字與 CD 之 10 相對,則其零點在 5 字外 .5 耗,總言之,欲知 AB 之零點在 CD 最後一格外之十分之幾耗,只須觀滑尺 AB 之何格適與

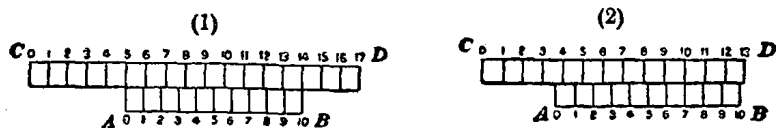


圖 5

CD 之任一刻度相對已足,故圖 5 (2)之度數為 3.7 耗 (.37 耗),因奇零尺之零點在定尺 CD 3 字之外,而奇零尺上之 7 字適與 CD 上之一個刻度相對也。

† 設天平兩臂之長適相等,則尋常法與替代法同一正確(參考

62 頁之力矩原理)。故設用此法及替代法二者之結果不同,則可知天平之臂長未全相等,然此引入之差誤恆甚小也。

實 驗 三

求鋼球之密度

I. 由球之重及直徑計算之。(a) 球之直徑。以測微螺旋*(micrometer caliper)測數個鋼球之直徑。設無此儀器,則可置此球於兩木塊間而測得之,

如圖 6 所示。設用此法,最好排列六或八球於兩規桿之間,而置木塊於兩極端,則其間之距



圖 6

離以球數除之,即為球之直徑。實驗用球之直徑,以 2 糲者為佳。測算須經五次,能測十次則尤佳。

自下式關係求球之體積: $V = \frac{1}{6} \pi D^3$, 式內 V 示體積,而 D 為直徑。

注意積或商內所留有效數字之數,應與其最不正確之因數中所含有效數字之數相等。

下例示計算之法:

$D = 1.9053$ 糲	$D^2 = 3.6302$	$D^3 = 6.9166$
1.9053	1.9053	$\frac{\pi}{6} = .5236$
57159	108906	414996
95265	181510	207498
171477	326718	138332
19053	36302	345830
19053	36302	345830
$D^2 = 3.6302$	$D^3 = 6.9166$	3.6215