

密爾根 蓋 爾

物理學實驗教程

徐善祥編譯

密爾根 蓋 爾

物理學實驗教程

徐善祥編譯

一九五四年重印

印書館發行

民國二十一年一月二十九日
 敝公司突遭國難總務處印刷
 所編譯所書棧房均被炸燬附
 設之涵芬樓東方圖書館尙公
 小學亦遭殃及盡付焚如三十
 五載之經營墮於一旦迭蒙
 各界慰問督望速圖恢復詞意
 懇摯銜感何窮敝館雖處境艱
 困不敢不勉爲其難因將需要
 較切各書先行覆印其他各書
 亦將次第出版惟是圖版裝製
 不能盡如原式事勢所限想荷
 鑒原謹布下忱統祈

上海商務印書館

版 權 所 有 翻 印 必 究

中華民國二年八月初版

民國二十二年一月印行國難後第一版

民國二十二年七月印行國難後第二版

(二五三四)

密爾根
 蓋爾
物理學實驗教程

每冊定價大洋陸角

外埠酌加運費匯費

0.48

編纂者 徐 善 祥

發行所 上海河南路
 商務印書館

發行所 上海及各埠
 商務印書館

密爾根 蓋爾 物理學實驗教程

序 言

物理學之必需實驗。夫人而知之矣。獨是實驗之在中學。求其盡善盡美者。百不一覩。何哉。尋常中學校。限於財力。應用器械。往往不能全備。試驗室之習練。無論矣。即教室之中。一學年間作五六試驗。或自謂能事已畢。不求其他。間有一二經費充裕者。則又過事艱深。競誇精確。而於基礎之學理。普通之知識。反棄置而不顧。初學者基礎未立。欲其躡等以求。不亦難乎。凡此二者。由前言之。則原於我國經濟之困難。由後言之。則幾爲彼都學校之通病。其實皆非中學教育之正當法也。欲矯二弊。故美國密蓋二氏。於物理學正本之外。著爲此書。器械力求單簡。試驗務極普通。惟其單簡。故鄉僻學校。不難置辦。惟其普通。故初學之士。皆易從事。且本書雖與原著物理學相輔而行。而書中試驗。皆極新穎而無雷同。使學者得心應手。樂之不疲。此皆本書之特點也。至於教授之法。則宜注意以下數端。

(一) 實驗教程與物理學正本並用時。計每週教授

三次。實驗一次。足敷一學年之用。書末附表。略示課程分配之法。如以各校鐘點不同。未能一律。則不妨參酌情形。略爲修改。惟必須先定一表。依次爲之。庶一學年中配置均勻。無前輕後重之弊。

(二) 書中試驗。長短不同。或一課可兼作二試。或一試可分爲二課。臨時指導。是在教者。

(三) 實驗課之時間。以一時半爲最宜。若時間不能延長。則可依下第四條爲之。

(四) 本書共分五十餘課。每課各分小段。若能全作固佳。萬一限於時間。不能達此目的。則一課中相類之試驗。不妨從略。其不相似者。可按段之多少。分生徒爲若干班以爲之。

(五) 習練簿之紀錄。爲實驗課之要務。切宜注意。其紀載之法。可由各教習隨時規定。總以紀載詳確。有條不紊爲主。

(六) 書末第三表。列應用之儀器。及其價目。以備教習參考之用。計有二組。甲組較完備。乙組較普通。教者可視本校之財力以定之。*

中華民國二年二月

譯者誌

*此項儀器。上海商務印書館均備有特組。各校可隨時採購。

密爾根 蓋爾 物理學實驗教程

實驗一

測 π 法(即圓周對於直徑之比)

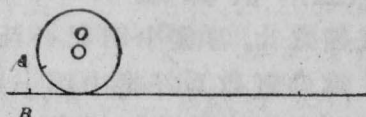
Determination of the Ratio of the
Circumference of a Circle to its Diameter

[一] 量圓周法 取一完全圓轉之片。而量其周

如下。先於 A 處(第一圖)劃一小痕。痕爲短線。適與圓邊(即圓之切線)垂直。

後將圓片豎立於枳桿之上。使片上 A 痕。切對桿上 B 畫。(B 爲枳桿上任何一點。姑令爲10糲刻度處。) 次

(1)



以拇指與食指。穩持圓片之中孔(O)。沿桿平滾之。直至圓片全轉一週爲止。(滾時慎勿以指觸圓片之邊。)此時 A 痕。必與桿上某糲刻度符合。若不適合。則當用小數記出。以符十進之制。

註◎ 按不諳米制之人。恒以 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ 等分數爲便。其實十進之法。並不難記。須知 $\cdot 4$ 與 $\cdot 6$ 實爲 $\frac{1}{2}$ 之左右兩數。 $\cdot 2$ 與 $\cdot 3$ 實爲 $\frac{1}{4}$ 之左右

兩數耳。餘可類推。

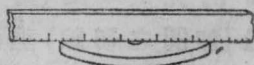
依上法覆量四次。每次別擇一處爲起點。而記其長短。末取五次所得之數。平均計之。定爲圓周之長。

註。 按每次所量之數。於耗之 $\frac{1}{10}$ 位。既不能確準。則末次所得之平均數中。其 $\frac{1}{100}$ 耗位。自必無從確準。若並記 $\frac{1}{100}$ 耗位之數。則不特無謂。且致誤會。儼若所得之數。反較實測爲精確也者。故關於物理學之實驗。凡遇此種疑似之數。卽以此爲止。不再深求。惟有時試驗多次。而每次所得之結果。皆不甚遠。則不妨多記一數。雖其數爲0。亦可記之。以示與祇記一數者有別。

〔二〕 量直徑法 將枳桿

置圓圈上。而量其直徑。如第二圖所示。連量五次。每次擇一新徑。而記至 $\frac{1}{10}$ 耗位。

(2)



〔三〕 計算法 由上測量。計算 π 值。卽圓周對於

直徑之比。答案中祇記一疑似數足矣。

欲知何數爲答案中第一疑似 8.436) 26.52 (3.143
數。以直徑除圓周如右。將每步之 25.308
疑似數逐一標出。如黑字印之 1 2120
諸數字。至末次之餘數 (30960)。 8436
則全爲疑似數矣。 故知其商 36840
(3) 亦爲疑似。 33744
30960

次將所得之結果。與理想之 π 值 (卽 31416...) 比較之。求其相差若干。而用下法計算差分 Per cent of error.

$$\frac{\text{理想之值} = 3.1416}{\text{相差} = .0014} \times \frac{.0014}{.031} = .045 \text{ 即差分。}$$

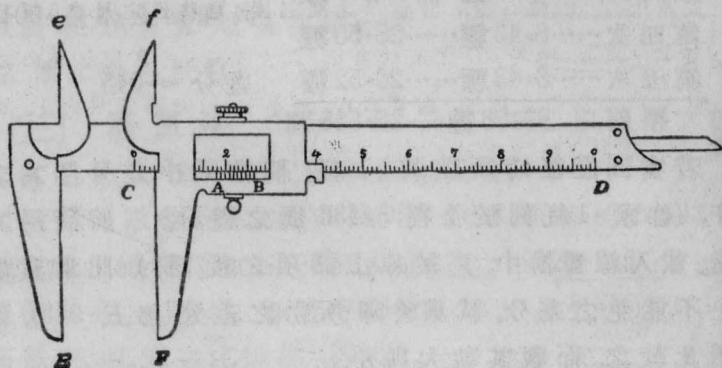
Determination of the Volume of a Cylinder

[第一法] 由測量之長度計算之。

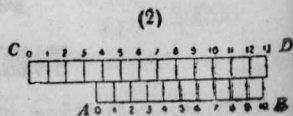
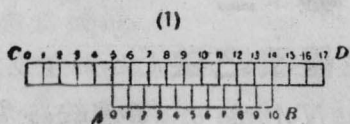
(1) 測量 先將稭尺量圓柱形器 (觀後第八圖) 之深。如是三次。每次量處不同。記數至 $\frac{1}{10}$ 耗位為止。(詳前) 後將游尺測圓規 Vernier Caliper 量內徑 D 。若無此規。則用前試之法亦可。務使稭尺之邊。切合圓柱之直徑。

註。按游尺 (舊名物逆係譯 Vernier 之音) 用以量刻度之小分。上有活尺 AB 。可沿定尺 CD 游移 (第三圖)。欲量之物。置於 E 與 F 之間。其 E 與 F 恍如剪刀之雙刃。附着時活尺上圈刻度。與定尺上圈刻度相符。惟活尺 AB 上十段。與定尺 CD 上九段等長。同為 9 耗。

(3)



(4)



故游尺(即活尺)每段，等於·9耗。第四圖(1)爲游尺定尺放大之形。此處游尺上之圈刻度，恰符定尺上之5耗刻度，即所量之直徑爲5耗時，兩尺互對之位置也。夫 AB 上一段，等於·9耗，而 CD 上一段，等於全耗，則是游尺之每段，較定尺之每段短·1耗。故按(1)之位置， AB 上之刻度1，必在 CD 上刻度6之後·1耗， AB 上2，必在 CD 上7之後·2耗， AB 上之3，必在 CD 上8之後·3耗， AB 上之7，必在 CD 上12之後·7耗。餘可類推。反之，若游尺之1，移至定尺6之下，則其圈刻度必已進前·1耗。若游尺之5，移至定尺10之下，則 AB 之○度，必已進前·5耗也。故觀游尺上何段與 CD 上某段恰符，即可知 AB 之圈刻度，已在所經 CD 上某段之前若干 $\frac{\text{耗}}{10}$ 。例如第四圖(2)式讀作3.7耗(即.37耗)，因游尺之圈刻度，已移過定尺之3耗刻度，而其7刻度，恰符 CD 之某刻度也。以上云云，乃言量器外形之法。若所量者爲器之內形，則當以 e, f 兩小刃，加於測圓規之上，移動游尺，使刃邊恰觸器壁，其餘手續，悉與前同。

(2) 計算 由圓柱之高 L 及其底面積(即 $\frac{\pi D^2}{4}$ 或 πR^2 ; D 爲直徑; R 爲半徑)。可得圓柱之體積。演算時將疑似數一一標出。結果中祇記兩疑似數足矣。如下。

設 $R = 2.513$ 耗 $\begin{array}{r} 2.513 \\ \hline 7539 \\ 2513 \\ \hline 12565 \\ 5026 \\ \hline R^2 = 6.315 \end{array}$	$R^2 = 6.315$ $\begin{array}{r} 6.315 \\ \hline \pi = 3.142 \\ \hline 12630 \\ 25250 \\ 6315 \\ \hline 18945 \\ \hline \pi R^2 = 19.841 \end{array}$	$\pi R^2 = 19.84$ $\begin{array}{r} 19.84 \\ \hline L = 8.01 \\ \hline 1984 \\ 15872 \\ \hline 158.91 \text{ 立方耗} \end{array}$ (即圓柱之體積)
--	---	---

凡測量所得之結果。須一一列表記之如下。

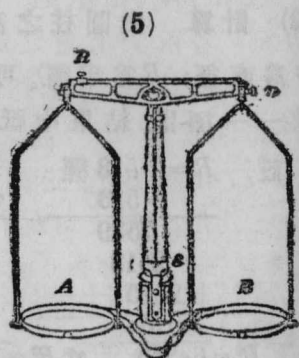
(第一次實測) (第二次實測) (第三次實測) (平均)
 圓柱之高 = 8.26 厘 8.25 厘 8.25 厘 8.253 厘
 圓柱之內徑 = 6.04 厘 6.03 厘 6.04 厘 6.037 厘
 $\therefore R = 3.019$ 厘 $\therefore$ 體積 = 236.2 立方厘。

若圓柱底之直徑實為 10.0 厘。而測得者為 10.1 厘。問所測直徑之平方。比較實際。其差分當為若干。然則測徑時若差 0.3%。問計算圓面積時當得何差分。若測量圓柱直徑時。所差者為 0.1 厘。問差分為若干。又問計算底面積時差分為何。計算圓柱體積時差分為何。以上諸問。演出後須一一正式登載簿中。

[第二法] 由圓柱所容水之重量求得之

(1) 用替代法求圓柱之重 取空圓筒(即圓柱)一。上蓋毛玻璃片。置第五圖天秤之 B 盤內。其 A 盤中任置何物(如鐵塊, 彈珠, 紙片之類)以抵之。務使兩盤平衡。此時指針直指 δ 片之中央刻度。而活動秤錘 R 。適對秤桿之圈刻度。

取出圓筒。而以法碼代其位。先取最大之法碼試之。



若不過重。則置 B 盤中。次第加入他法碼。若所加之法碼過重。則取次大者代之。如是大小遞降。可省無數手續。不然。若初加入者爲小法碼。則小法碼用罄時。真重或仍未得。勢必一一取出。仍以大者代之。其繁孰甚焉。

若平衡所差之重。在 10 克之內。則須將活錘 R 沿桿游移。務使指針恰對 s 間中央刻度。此時 B 盤中諸法碼之總重。加以刻桿左邊 R 所指之小數。卽體之重也。刻桿上每段既代表十分克之一。則估計每段之分數。而克重百分之幾。亦可約略得之。以上所述。實爲求重之正當法。謂之替代法 Method of Substitution。

(2) 用尋常法求圓柱之重 若用下法。簡而且捷。取出兩盤中之物移至圈度處。而將螺釘 n 略旋之。使指針恰對中點。所權之物。置 A 盤中。而遞加法碼於 B 盤。使指針復指原處。十克之內。移活錘 R 以較準之。(見前) 若兩次求重之結果。相差不出一二毫處之外。則以後權重時。可逕用第二法。尋常所用之法碼。其價極廉。自難精確。一毫之錯。亦意中事。卽用第一法。亦未必能增其準確。徒費手續耳。

註^① 若天秤桿之兩臂等重。則尋常法之結果。與替代法所得者。當同一準確。(詳後力率原理節。) 苟二法所得之結果不符。則必製器者未能使兩臂等長也。幸此種錯誤。每甚微細。無關緊要。

(3) 注水於圓柱而求其重 注水使滿圓柱。而蓋

以毛玻璃片。務使無空氣泡留存片下。拭乾外面之潮濕而權之。

重注新水以覆驗之。兩次所得結果。自當符合。即稍有不符。亦不當相差甚遠。取其均數以爲水柱與蓋之合重。由此減去柱與蓋之重。即得水之重量。

一立方厘水重一克。故觀圓柱所容之水重若干克。即知圓柱之體積爲若干立方厘。

記實驗結果之表式如下。

	(第一次)	(第二次)	(平均)
空圓柱連蓋之重	221.6克	221.7克	221.65克
滿水圓柱連蓋之重	456.8克	456.6克	456.7克

∴ 水之重量	= 235克(小數不計)
(由第二法所得之結果)	體積 = 235 立方厘
(由第一法所得之結果)	體積 = 236.2 立方厘(見前)

$$\text{二法結果之相差} = 1.2$$

$$\text{差分} = \frac{1.2}{235} \times 100 = .51$$

若權水時差 .2 克。問計量體積時應差若干。若按測量體積時不能免之錯誤言之。問第一法與第二法結果不符之處。猶在情理之中乎。試由所得之結果。決定何法較爲準確。

實驗三

測鋼球密度之法

Determination of the Density of Steel Spheres

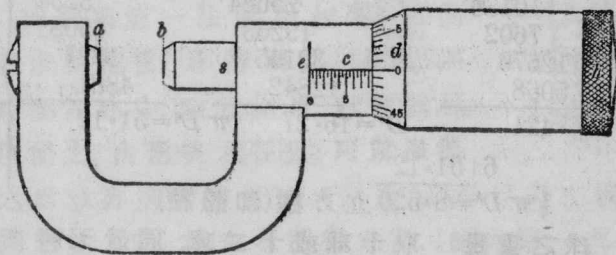
〔第一法〕 由球之徑與重以測之

(1) 球之直徑 取小鋼球數個。而以螺旋測圓規 Micrometer Caliper 量其直徑。若無此規。則可將球置兩木塊之間。如第六圖。而量其間之距離。或將球六七個順排一行。夾於兩尺之間。球行兩端。再以木塊夾之。木塊間之距離。除以球數。即球之直徑。(球以徑約二厘者為最適用。) 依此法測量。至少五次。而取其平均數。

(6)



註⑥ 按螺旋測圓規之式。如第七圖所示。c 尺上每段。與 s 旋



(7)

螺內兩格之距等長。恒爲半耗。旋螺頂 h 每轉一週。則鉗口 ab 間之距。增減半耗。若僅轉五十分之一。則 ab 間距離之增減。不過 $\frac{1}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{100} = .01$ 耗。故苟將 d 處圓周分爲五十等段。則每段可表 b 處 $.01$ 耗之上下。用規時先將食拇二指。輕轉旋螺之頂 h 。使鉗口 ab 貼合。祇須兩指間自然之力。不復轉動螺頂。卽止而不旋。(若稍用力強旋 h 頂。則螺線必壞。慎勿爲之。) 此時刻圈上 $\odot$ 度。當與刻尺上 ec 直線相對。(若不符合。則持規至教師前。請其較準 a 處之栓。) 放開鉗口 ab 。將所測之物置於其間。如前輕轉螺頂。至 h 不能復旋爲止。 ec 尺所示之數。係指 ab 間相距若干耗(或若干半耗)。 d 圈上所記之數(卽與 ec 符合者)。乃指一耗百分之幾(卽零數)。合此二者。而物之厚薄得矣。

假以 V 表體積。 D 表直徑。則球之體積。爲 $V = \frac{1}{6} \pi D^3$ 此後演算。不必如前二試將疑似諸數一一標出。祇須記明原數中之最不確準者有若干位。則答數中(或積或商)亦存若干位可矣。如下。

$$\left\{ \begin{array}{lll} \text{設 } D = 2.534 \text{ 厘} & D^2 = 6.421 & D^3 = 16.27 \\ \hline 2.534 & D = 2.534 & \pi = 3.142 \\ \hline 10136 & 25684 & 3254 \\ 7602 & 19263 & 6508 \\ 12670 & 32105 & 1627 \\ 5068 & 12842 & 4881 \\ \hline D^2 = 6.421 & D^3 = 16.27 & \pi D^3 = 51.12 \\ 6 \overline{) 51.12} & & \\ \hline \frac{1}{6} \pi D^3 = 8.520 \text{ 立方厘(卽體積)} & & \end{array} \right.$$

(2) 球之重量 取十球或十二球。同置天秤衡之。由球之全重。球之多少。以及一球之體積。可以測得鋼

之密度。(即每立方厘中含若干克。)表記之如下。

注◎意◎ 原數中最不準確之數(即 3.142)有小數三位。故答案中小數亦有三位。

(第一) (第二) (第三) (第四) (第五) (平均)
球徑(以厘計) 19.053 19.050 19.048 19.047 19.050 19.050

∴ 球之體積 = 3.6216 立方厘

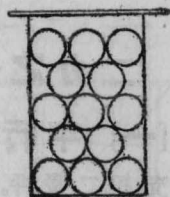
設十二球之總重 = 341.0 克

則一球之重 = 28.42 克

∴ 鋼之密度 = $\frac{28.42}{3.6216} = 7.846$

[第二法] 由球體之重量及其排擠之水重以測之

取圓柱形之器一。容量約為 150 立方厘。注永滿之。而蓋以毛玻璃片。如第八圖。器中空氣泡。毋使存留片下。拭乾器之外面。置天平之左盤中。器旁並置球若干枚。(球數與第一法所用相等) 合衡之而求其總重。移器出盤。去蓋。將諸球悉投水中。重蓋以片。拭乾器外而復衡之。由兩次之各重。可以推得水之為球排擠者重量若干。蓋 1 立方厘水重 1 克。故末次所得之數(即由第一次之重量減第二次之重量)。必為被擠水之體積若干立方厘。抑



(8)

即球之體積也。末衡球之重量。以求鋼之密度。且與第一法所得之結果比較。而求其差分若干。如下記載之。

十二球及滿水小圓柱之合重	= 668.4 克
球置水中時圓柱之總重	= 625.0 克
被球排擠之水重	= 43.4 克
十二球之重量(由第一法)	= 341.0 克
∴鋼之密度	= 7.85
第一法所得之密度	= 7.846
兩結果之相差	.004

$$\text{差分} = \frac{.004}{7.8} \times \frac{100}{1} = .05$$

試由上二者之結果。決定何法為求密度之較確法。且言其故。

實 驗 四

二力之合力 Resultant of Two Forces

[一] 平行力 Parallel Forces 取釘或栓或三足架。支起二簧秤。如第九圖。秤之相隔為某定距。故枳桿懸於其下。恰在適宜二點。(如圖中 10 厘與 90 厘兩刻度處。)二秤(圖中 1 與 2)所示之重。分別記之。次取某體 (W) 懸於枳桿 50 厘處。(W 之重量。已先權得。約與一簧秤權衡所達之限。相去不遠。)察二秤現示之度。