

中國科學教科書

高中物理學

上冊

嚴濟慈編著

中國科學圖書儀器公司

印行

## 編 輯 大 意

讀了一章書或一本書，覺得所說的沒有什麼，那你已能夠消化，留得腦中常空，可作進一步的學習或研究。書是要教的，不是“填”的；學問是要做的，不是“吃”的。

讀了物理，不但添加知識，更要增長技能，庶於日常生活，有所裨益。

本書分上下兩冊，分章特多，標題因而特別明顯確切。普通可於一小時內教完一章，間有二，三小時方能教完一章，或一小時可教完二章者，極為少數。

本書對於物理開始作有系統之敘述，但多從讀者實際經驗，日常所見事實，聯貫說明，懇切平易，俾能引起研習科學的興趣，<sup>等</sup>成應用能力。<sub>4</sub>

本書每章之末，附有習題，其中數字，亦都根據事實，沒有“一個人，九尺高，十斤重……”那類荒謬的情形。

本書根據教育部現行課程標準編輯而成，以供高級中學及其同等程度學校教科書之用。

本書所用物理名詞，多係中國物理學會所決定而經教育部頒行者。

編者愧無教學經驗，但自信本書錯誤或許較少，至於合用與否，尚希海內明達批評指教。

嚴濟慈寫於國立北平研究院物理學研究所

中華民國卅七年五月四日

# 目次

第一章 量度	1
1. 量與單位。 2. 長度之單位。 3. 角之單位。 4. 質量之單位。 5. 時間之單位。 6. 基本量與導出量。 7. 厘米·克·秒單位制。 8. 度量衡。 9. 英制單位。 10. 測量之誤差。 11. 有效數字。 12. 實 測數據之演算。	
第二章 質量 密度 比重	10
13. 質量之量度。 14. 天平。 15. 密度。 16. 比重。 17. 比重瓶。	
第三章 物質之各種狀態	16
18. 物質不滅原理。 19. 真空，氣體，液體，與固體。 20. 氣體。 21. 氣體之性質。 22. 液體。 23. 固體。 24. 固體之彈性——虎克定 律。 25. 物態之變化	
第四章 力	24
26. 力之存在及其定義。 27. 力之方向。 28. 力之強度。 29. 彈簧 秤。 30. 力之重力單位。 31. 用矢號以表力。 32. 壓力。 33. 固 體對於力之傳導。	
第五章 共點力之平衡	32
34. 二力之平衡。 35. 會聚於一點之三力之平衡——力之平行四邊 形法則。 36. 力之合成。 37. 共點諸力之平衡。 38. 力之分解。 39. 帆船所受之力。	
第六章 平行力	44
40. 兩同向平行力。 41. 兩異向平行力。 42. 諸平行力之合力。 43. 力偶。 44. 力矩。	
第七章 重力 鉛直線 重心	51
45. 重力之方向——鉛直線。 46. 重力之強度——物體之重量。	

47. 重力之作用點——重心。	
第八章 物體在重力下之平衡	56
48. 物體在平面上之平衡。 49. 懸於一定點之物體之平衡。 50. 可繞一定軸旋轉之物體之平衡。	
第九章 功	61
51. 功。 52. 功之定義。 53. 功之單位。 54. 動力之功與抗力之功。 55. 功率。 56. 功率之單位。	
第十章 簡單機械	67
57. 功之不減原理。 58. 機械利益。 59. 滑輪。 60. 槓桿。 61. 輪軸。 62. 斜面。 63. 劈。 64. 螺旋。 65. 機械效率。 66. 簡單機械之反面應用。	
第十一章 液體之壓力	83
67. 液體對容器壁上之壓力。 68. 靜止液體之壓力由其所受之重力而來。 69. 液體中之壓力。 70. 壓力隨液體之深度而增加。 71. 容器底所受之總壓力。	
第十二章 液體之自由面與連通管	92
72. 液體之自由表面。 73. 連通器。 74. 連通器之應用。	
第十三章 液體之傳遞壓力	96
75. 巴斯噶原理。 76. 水壓機。	
第十四章 液體之浮力	99
77. 浮力。 78. 阿基米得原理。 79. 阿基米得原理之反面觀。	
第十五章 阿基米得原理之應用	103
80. 物體之浮沈。 81. 浮體之平衡。 82. 比重計。 83. 比重之測定。	
第十六章 氣體之壓力與浮力	111
84. 氣體之體積隨容器而定。 85. 氣體壓力之存在及其由來。 86.	

氣體之壓力。 87. 氣體之浮力。 88. 氣球。 89. 飛機。

## 第十七章 大氣壓力 . . . . . 118

90. 大氣壓力之存在。 91. 托里坭利實驗。 92. 大氣壓力之數值。  
93. 液體比重之測定。 94. 大氣壓力因高度而不同。 95. 壓力之量  
度。 96. 氣壓計。

## 第十八章 大氣壓力之應用——唧筒 . . . . . 127

97. 吸水。 98. 虹吸。 99. 抽水唧筒。 100. 空氣唧筒。 101. 自  
來水。

## 第十九章 氣體之壓縮 . . . . . 133

102. 氣體壓力與其體積之關係。 103. 壓力計。 104. 壓力之數量  
等級。

## 第二十章 勻速運動 慣性原理 . . . . . 138

105. 靜止與運動。 106. 勻速直線運動。 107. 速度。 108. 勻速運  
動之公式。 109. 在勻速直線運動中物體所受外力爲零。 110. 牛  
頓之第一運動定律。

## 第二十一章 勻加速直線運動 墮體運動 . . . . . 143

111. 墮體運動。 112. 勻加速直線運動。 113. 勻加速運動中之速  
度。 114. 加速度。 115. 勻加速運動之公式。 116. 勻加速運動係  
物體受一經常之力之作用。 117. 自由墮體之加速度。

## 第二十二章 力與運動 . . . . . 151

118. 運動之開始與停止。 119. 力與質量及加速度之關係——牛頓  
第二定律。 120. 力之絕對單位。 121. 物體重量之達因數。 122.  
動測質量法。 123. 厘米·克·秒絕對制之力學單位。 124. 功與  
功率之實用單位。 125. 動量。 126. 衝量。

## 第二十三章 作用與反作用 . . . . . 160

127. 力之存在藉物質而表顯。 128. 受力者與施力者。 129. 作用  
與反作用——牛頓第三定律。 130. 反作用力之應用。 131. 動量

不滅定理。

第二十四章 拋射與滑動	165
132. 拋體之運動。 133. 物體在斜面上之滑動。	
第二十五章 功與能	171
134. 功能定理——動能。 135. 停止運動所需之時間與距離	136.
位能。 137. 能之不滅原理。 138. 天然水能之利用。	
第二十六章 摩擦	176
139. 摩擦力。 140. 摩擦定律。 141. 休止角。 142. 摩擦與運動。	
143. 減小摩擦之方法。 144. 摩擦力之應用。	
第二十七章 圓周運動	184
145. 勻速圓周之運動。 146. 向心力。 147. 離心力。 148. 向心力之例及其應用。	
第二十八章 萬有引力	191
149. 萬有引力定律。 150. 地球之質量。 151. 月球之運動。	
第二十九章 擺與鐘錶	194
152. 單擺。 153. 簡諧運動。 154. 共振。 155. 鐘。 156. 錶。	
第三十章 分子現象與分子力	201
157. 物質之組成。 158. 分子。 159. 分子力。 160. 分子運動。	
161. 擴散。 162. 滲透。 163. 吸收。 164. 表面張力。 165. 毛細現象。 166. 黏滯性。	
第三十一章 溫度	211
167. 溫度之原始觀念。 168. 水銀溫度計。 169. 最高及最低溫度計。	
第三十二章 熱量	216
170. 熱量。 171. 熱量之單位。 172. 量熱器。 173. 燃燒熱。	
第三十三章 比熱	221



174. 比熱。 175. 固體與液體比熱之測定。 176. 水之比熱。

### 第三十四章 固體之膨脹 . . . . . 224

177. 固體之長度膨脹。 178. 固體之體積膨脹。 179. 阻止熱脹或冷縮所遇之力。

### 第三十五章 液體之膨脹 . . . . . 229

180. 真實膨脹與皮相膨脹。 181. 在各溫度中液體之密度。 182. 水之反常膨脹。

### 第三十六章 氣體受熱後體積與壓力之增加 . . . . . 235

183. 氣體之膨脹。 184. 給呂薩克定律。 185. 氣體方程式。 186. 查理定律。 187. 絕對溫度。 188. 氣體之密度。

### 第三十七章 熱之傳遞 . . . . . 243

189. 傳導。 190. 對流。 191. 輻射。

### 第三十八章 熔解與凝固 . . . . . 249

192. 熔解與凝固。 193. 熔點。 194. 水與冰。 195. 熔解時體積之變更。 196. 壓力對於熔點之影響。 197. 熔解熱。 198. 起寒劑。

### 第三十九章 氣化 . . . . . 257

199. 氣化與液化。 200. 飽和蒸氣。 201. 飽和蒸氣壓。 202. 水在各溫度下之飽和蒸氣壓。

### 第四十章 沸騰 . . . . . 263

203. 沸騰現象之敘述。 204. 沸點。 205. 沸點隨壓力而變更。 206. 汽消毒器。 207. 氣化熱。 208. 汽暖室。 209. 蒸餾。

### 第四十一章 大氣中之水蒸氣 . . . . . 272

210. 蒸發。 211. 濕度。 212. 露點。 213. 乾濕泡濕度計。 214. 露, 霜, 霧, 雲, 雨, 雹, 及雪之成因。

### 第四十二章 氣體之液化 . . . . . 278

215. 氣體液化之條件。 216. 氣體之液化。 217. 製冷設備。

第四十三章 熱與功	283		
218. 機械工作之化爲熱量.	219. 熱功當量.	220. 力學功能定理 之推廣.	221. 熱之本性.
第四十四章 熱機	287		
222. 熱能之化爲機械工作.	223. 蒸汽機.	224. 熱機之效率.	225. 內燃機.
附錄 上冊習題答數	295		



## 第一章

# 量 度

§1. 量與單位。凡有大小多寡可得而計量者，曰量 (quantity)。如一〔丈〕之繩與一〔丈〕之布，其長等也；又如一〔斤〕之鐵與一〔斤〕之肉，其重等也。長與重，皆爲量。

關於物性及物理現象，必須將其量之大小多寡求出，方得精確之認識，如是者，曰物理量 (physical quantity)。例如體積，密度等，爲關於物性之物理量；速度，力等，爲關於物理現象之物理量。

欲論一量，必須取同類之某一量，以爲量度之標準。此被採爲標準之量，謂之單位 (unit)。量長用〔尺〕，論重用〔斤〕；〔尺〕與〔斤〕各爲長度與重量之一種單位。

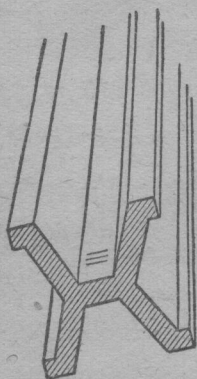
某量如爲單位之  $n$  倍，則  $n$  卽爲此量之數值 (numerical value)。量之大小 (magnitude) 與其數值，不可混同；大小本一定，而數值則視所用之單位以爲轉移。如布一疋，長 42〔市尺〕，若以〔米〕表之，則爲 14〔米〕。

在日常應用，爲免除數值之數字位數太多起見，恆採單位之倍數或其分數，以爲輔助單位，如〔尺〕之上有〔丈〕，有〔里〕，〔尺〕之下有〔寸〕，有〔分〕是。

學術上所用之單位，概依法國之米制 (metric system)，亦

即我國現行之標準制，以十進位，甚為便利。

§2. 長度之單位。最初規定以通過巴黎的子午線，由赤道至北極之距離，作長度之標準，命其一千萬分之一為米(meter)，後



用鉑 90 % 與鈦 10 % 之合金造成一棒，妥為保存於巴黎之國際度量衡局，是為國際米原器。此棒長約 1.02 [米]，橫斷面作 X 形(圖 1)，在溝內距兩端約一[厘米]處，各刻標線三條。此端中間之一條標線，與彼端中間之一條標線間之距離，在攝氏 0° 時，作為 1 [米]。

以此原器所規定之 [米]，為長度之標準，現在測知由赤道至北極子午線之長為 10,000,856 [米]。

又 1 [米] 之千倍曰 [千米] (kilometer)，又稱 [公里]。1 [米] 之百分之一曰 [厘米] (centimeter)，1 [米] 之千分之一曰 [毫米] (millimeter)。

§3. 角之單位。平面角之單位，常用者有二種：(1) 以一[直角]之九十分之一，作 1 [度] (degree)；1 [度] 之六十分之一，作 1 [分] (minute)；1 [分] 之六十分之一，作 1 [秒] (second)；是為六十分法 (sexagesimal system)。 (2) 以等於半徑之圓弧對於圓心所張之角，為量角之單位，稱 1 [徑] (radian)，是為弧度法 (circular system)。如命  $D^\circ$  表任一角之 [度] 數， $\theta$  表其

[徑]數，則二者之間，有

$$D^\circ : 360^\circ = \theta : 2\pi$$

之關係。因

$$\pi = 3.1416,$$

故

$$1 [\text{徑}] = 57^\circ 17' 45'',$$

$$1 [\text{度}] = 0.0175 [\text{徑}].$$

若角度不大——通常以不超過  $6^\circ$  為限，——，則因此等小角之[徑]數，與其正弦或正切之值相差甚微，可作為彼此相等，即  $\theta = \sin \theta = \tan \theta$ 。按弧度法計之， $6^\circ$  為  $0.1047$  [徑]， $\sin 6^\circ = 0.1045$ ，及  $\tan 6^\circ = 0.1051$ 。故角度為  $6^\circ$  時，因是而得之誤差，且小於  $1\%$ 。

立體角之單位，則以等於半徑自乘之球面積對於球心所張之角度表之，曰  $1$  [立徑] (solid radian)。故全球面在球心所成之立體角，等於  $4\pi$  [立徑]。

§4. 質量之單位。表示一物體所含物質多寡之量，曰質量 (mass)。質量之單位，亦有標準原器，亦由鉑  $90\%$  與鈹  $10\%$  之合金製成，形為一圓柱，直徑與高相等 (圖 2)，保存於國際度量衡局，是為  $1$  [仟克] (kilogram)，又名 [公斤]。  $1$  [仟克] 之千分之一，曰 [克] (gram)。  $1$  [克] 之千分之一，曰 [毫克] (milligram)。

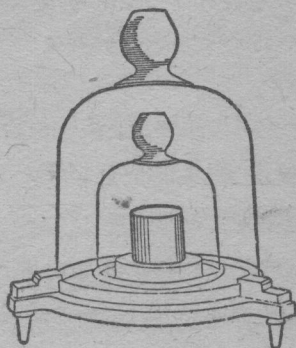


圖 2. [仟克]原器。

✓溫度爲攝氏  $4^{\circ}$  之水，即最大密度之水，每 1000 [立方厘米] 之質量，大致與 1 [仟克] 相等。嚴格言之，則爲  $1/1.000027$  [仟克]。✓通常均視 1 [立方厘米] 之水之質量爲 1 [克]。

§5. 時間之單位。 任何週期現象，皆可作爲量度時間之基礎；爲便利計，吾人採用地球之自轉。

✓因地球自轉，太陽每連續二次經過中天相隔之時間，是爲 1 [太陽日] (solar day)。惟地球自轉之外，尚有公轉。地球公轉之速度，隨時略有不同，其軌道面又與赤道面不相一致，故 [太陽日] 之長短不能一律。就一年中之 [太陽日] 而平均之，曰 1 [平均太陽日] (mean solar day)，簡稱 1 [日]。✓1 [日] 分作 24 [小時] (hour)，1 [小時] 分作 60 [分] (minute)，1 [分] 又分作 60 [秒] (second)。

通常量度時間之儀器，爲鐘與錶。

§6. 基本量與導出量。 量長度用尺，質量用天平，時間用鐘。長度，質量，與時間三者，均可與其所採定之單位直接比較而量得。此外之物理量，種類繁多，且隨人類知識之開展而增加；所幸各種物理量，無一一爲之獨立制定單位之必要。因既將長度，質量，與時間三種單位確定後，則其他單位，均可由此組合而成故也。✓例如規定長之單位爲 [米] 後，則導得面積之單位爲 [平方米]，體積之單位爲 [立方米]。又如物體之速度，可分別量其所行之路程與其所需之時間，計算而得，速度之單位爲 [里/小時] 或 [厘米/秒]。

√長度、質量、與時間之三量，既各自獨立，又為其他之物理量所由導出，特稱為基本量。其他之物理量，如體積、速度、熱量、電量等，稱為導出量。基本量所用之單位，曰基本單位 (fundamental unit)；由基本單位組合而成者，曰導出單位 (derived unit)，乃用以表導出量者也。

√§7. 厘米·克·秒單位制。物理學中對於長度、質量、及時間三種基本量，各取其一定之單位，以相組合。對於長度則用[厘米]，對於質量則用[克]，對於時間則用[秒]。如是聯合而成為厘米·克·秒單位制 (centimeter-gram-second system)，或簡稱 C.G.S. 制，係取其英文名稱之首一字母連綴而得。

故在厘米·克·秒制中，體積之單位為[立方厘米]，速度之單位為[厘米/秒]，其他仿此。

§8. 度量衡。度量衡為日常所需，各國對於度量衡，皆有定制。√度指長度、量指容量、衡指質量。其中長度與質量，均屬基本量，其單位已如前述。容量之單位，在米制，用[升] (liter)，等於1000 [立方厘米]，故為一種導出單位，亦即1 [仟克]攝氏 4° 之純水所占之容積也。

我國現行之度量衡制，與米制同，即度用[米]，亦稱[公尺]；量用[升]，亦稱[公升]；衡用[仟克]，亦稱[公斤]。更有市用制，取1 [米]之三分之一定為1 [市尺]；1 [升]定為1 [市升]；1 [仟克]之二分之一定為1 [市斤]。

§9. 英制單位。在英制中，表長度用[呎](foot)，表質量用[磅](pound)，表時間用[秒]，故聯合而成爲呎·磅·秒單位制(foot-pound-second system)。其進位過繁，不適於科學界使用，但在工商業上仍多沿用者。英制之進位及與米制之關係見表1。

表 1. 英制單位及其換算

✓1 [呎]	= 12 [吋](inch)
✓1 [碼](yard)	<del>= 3 [呎]</del>
✓1 [哩](mile)	= 5280 [呎]
✓1 [加倫](gallon)	= 4 [夸脫](quart)
1 [磅]	= 16 [兩](ounce)
✓1 [仟米]	= 0.6214 [哩]
✓1 [吋]	= 2.54 [厘米]
✓1 [米]	= 39.37 [吋]
1 [升]	= 1.06 [夸脫]
✓1 [仟克]	<del>= 2.204 [磅]</del>
✓1 [磅]	= 453.6 [克]

§10. 測量之誤差。吾人於各種物理量，既定有單位以資比較，即可從事測量。

測量所得者爲一數目，然與數學問題中之數目不同。測量所得者，爲一近似值，並非確定值。例如用尺量長，圖3之矢號

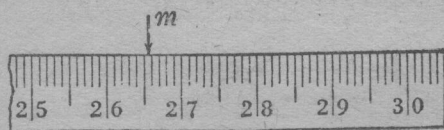


圖 3.

$m$ ，代表所欲量之長之一端。由圖可見  $m$  之位置，介乎 26.5 與 26.6 之間，加以估



計，可作為 26.56。是測得之數 26.56，其第三位數字 5 係確定，而第四位數字 6 則非可靠者。倘若吾人可斷言矢號  $m$  必在 26.54 之右，並必在 26.58 之左，則其位置應作為： $26.56 \pm 0.02$ 。得數之尾，附以  $\pm 0.02$  者，表示其可能之誤差也。

測量不能得確定值之原因有二：一因所用之儀器，及其所根據之方法，未臻完善；二因所欲測之量，本身即不確定，如欲測一片之厚，其兩面既不平，又不互相平行也。

§11. 有效數字。測量所得結果，恆有不可避免之誤差。如量長得 15 厘米， $568 \pm 0.03$ ，則小數第二位已不可靠，第三位留之何用，宜記為 15.57 [厘米]。故吾人記載數目，宜到開始不可靠之數字為止。個位開始不可靠，即止於個位；十位開始不可靠，即止於十位，如是記載數目所用之數字，個個皆有意義，稱為有效數字 (significant figure)。上舉例中之 15.57 [厘米]，即為四位有效數字。

通常測量之所得，有效數字不過三位或四位，在應用上，已夠滿意。

物理學上所遇同一種類之量，大小懸殊，奚啻天壤，如地球之質量為

$$5,940,000,000,000,000,000,000,000 \text{ [克]};$$

而電子之質量為

$$0.000,000,000,000,000,000,000,000,898 \text{ [克]}.$$

此等數目，宜各寫成

$$5.94 \times 10^{27} \text{ [克]},$$

及  $8.98 \times 10^{-28} \text{ [克]};$

不但可以省寫許多 0, 且亦明白表出其有效數字各為三位。

§12. 實測數據之演算。吾人常從實測之數據, 以計得所欲求之量, 則演算時有不可不注意者。

【例】設有薄銅片, 測得其長為 26 厘米.3  $\pm$  0.1, 闊為 5 厘米.6  $\pm$  0.1, 厚為 0 厘米.42  $\pm$  0.02。其體積, 依長闊高相乘, 將為

$$V = 26.3 \times 5.6 \times 0.42 = 61.8676 \text{ [立方厘米]}。$$

但小數點下之數字, 皆可靠否? 恐個位之 1, 即不可靠。因銅片之真正厚度, 可能為 0.40 [厘米], 若以此與長闊相乘, 得  $V = 58.912$  [立方厘米], 與上所得者, 其中數字竟無一位相同。

✓ 實測之長為三位有效數字, 闊與厚只有二位有效數字, 則其乘得之體積, 祇可保留二位有效數字 (通常即實測數據中有效數字之最少位數) 而為

$$✓ V = 26.3 \text{ [厘米]} \times 5.6 \text{ [厘米]} \times 0.42 \text{ [厘米]} = 62 \text{ [立方厘米]}。$$

## 習 題 一

(1) 1 [立方米] 等於多少 [立方呎]? 1 [立方米] 之水之質量, 等於多少 [磅]? 求每 [立方呎] 之水之質量。

(2) 甲乙兩村, 相距 5.4 [公里], 問合若干 [哩]?

(3) 有肉 8.6 [磅], 問合若干 [公斤]?

(4) 由 [米] 之原來定義, 求地球之半徑。

(5) 有一球, 測得其直徑為 1.4 厘米  $\pm$  0.1。求此球之體積 (注意有效

數字之位數)。

(6) 試指出下列諸長度中,何者最大,何者最小?

1.8 [米]; 63 [吋]; 0.002 [哩]。

(7) 一圓之半徑爲 2 [厘米], 在圓周上取一段弧長 3.14 [厘米], 問其所張之圓心角爲若干[徑]? 若干[度]?