

物理學

賈觀仁 任開鈞編著

商務印書館

目次

第一篇 物性

第一章 物質和力	1
1. 物理學 2. 物質 3. 量和單位 4. 密度和比重 5. 運動和力 6. 慣性 7. 反作用 8. 壓力和張力 9. 萬有引力 10. 重力和重量 11. 分子力 12. 表面張力 13. 毛細管現象	
第二章 固體	11
14. 彈性 15. 虎克定律	
第三章 液體	13
16. 水平面 17. 液體的壓力 18. 液體內部的壓力 19. 連通管內的水之自由表面 20. 阿基米得原理 21. 比重的測定	
第四章 氣體	20
22. 氣體的壓力 23. 托里拆利管和氣壓表 24. 波義耳定律 25. 虹吸 26. 空氣唧筒 27. 抽水機	

第二篇 力學

第一章 力	29
28. 力的要義和圖示法 29. 力的合成和分解 30. 力矩 31. 平衡的條件 32. 平衡力 33. 力偶 34. 重心 35. 穩度	
第二章 運動	37
36. 速度和速率 37. 加速度 38. 運動定律 39. 動量	
第三章 轉動運動	42
40. 轉動的運動 41. 拋射體運動 42. 圓周運動 43. 轉動 44. 單擺	

第四章 功和能.....49

45.功 46.功率 47.能 48.能量不滅原理 49.自然能的利用

第五章 阻力.....54

50.摩擦 51.流體的阻力 52.風壓

第六章 簡單機械.....59

53.機械 54.槓桿 55.天平及桿秤 56.滑輪 57.輪軸 58.齒輪

59.斜面 60.劈 61.螺旋 62.機械效率

第三篇 熱學

第一章 溫度和熱.....69

63.溫度和熱 64.溫度計 65.最高及最低溫度計 66.熱容量和比熱

第二章 熱的移動.....74

67.傳導 68.對流 69.輻射

第三章 體積變化.....77

70.固體的膨脹 71.液體的膨脹 72.氣體的膨脹

第四章 狀態變化.....82

73.熔解和凝固 74.凝固時的體積變化 75.冷劑 76.汽化 77.沸

騰 78.液化 79.製冰機和冷藏庫 80.大氣中的水汽 81.大氣中水汽的變遷

第五章 熱和功.....93

82.熱功當量 83.蒸汽機 84.蒸汽輪機 85.內燃機

第四篇 聲學

第一章 聲.....99

86.聲波 87.聲的種類和特性 88.聲的傳播和反射 89.共鳴和干涉

第二章 發聲體.....104

90.弦 91.氣柱的振動 92.留聲機

第五篇 光學

第一章 光	107
93. 光的直進 94. 影 95. 照度和光度	
第二章 反射和折射	111
96. 反射 97. 平面鏡 98. 凹鏡 99. 折射 100. 全反射 101. 稜鏡 102. 透鏡	
第三章 光學器械	120
103. 照相機 104. 眼和眼鏡 105. 映畫器和活動影戲 106. 放大鏡和顯像鏡 107. 望遠鏡 108. 潛望鏡	
第四章 光的色散和作用	127
109. 色散 110. 虹 111. 光譜的種類 112. 光譜內各部份的作用 113. 物體的色 114. 螢光和磷光 115. 光的波動說	

第六篇 磁電學

第一章 磁	133
116. 磁鐵 117. 磁的感應 118. 磁場和磁力線 119. 羅盤	
第二章 靜電	138
120. 電 121. 陰電和陽電 122. 靜電感應 123. 起電機 124. 容電器 125. 雷電	
第三章 電流電勢和電阻	145
126. 電流 127. 電勢 128. 電阻 129. 導線的連結 130. 電池的電阻和連結	
第四章 電流的熱效應	151
131. 電流和熱 132. 電功率 133. 電燈 134. 電熱的應用	
第五章 電流的化學效應	156
135. 電解 136. 電化學的應用 137. 電池的極化和局部作用 138. 實用電池 139. 蓄電池	

第六章 電流的磁效應.....	162
140. 電流和磁場 141. 電磁鐵 142. 電鈴 143. 電報 144. 電流計	
第七章 感應電流.....	167
145. 感應電流 146. 應電流的方向及其電動勢 147. 互感應及自感應 148. 感應圈 149. 發電機 150. 導線在磁場內的運動 151. 電動機 152. 變壓器 153. 電功率的輸送 154. 電話	
第八章 量電器.....	177
155. 安培計 156. 伏特計 157. 電阻的測定 158. 瓦特小時計	
第九章 電波.....	180
159. 電振動 160. 電共振 161. 檢波器 162. 無線電報 163. 無線電話	
第十章 真空放電.....	186
164. 真空放電 165. X射線 166. 放射性	

物理學

第一篇 物性

第一章 物質和力

§ 1. 物理學 自然界裏的一切物體 (Body), 其大小、形狀、位置和性質, 每隨着時間而起變化。例如動植物的生長; 薪炭的燃燒; 日月星辰的運行; 風霜雨雪的變幻; 這些都叫做自然現象 (Natural phenomena)。研究這種現象, 以明瞭牠們變化的因果關係的學科, 稱為自然科學 (Natural science)。自然現象的範圍很廣; 故自然科學亦有種種分別, 其中專研究物體的性質、運動、熱、音、光、磁、電等現象的一科, 稱為物理學 (Physics)。近代的文明利器, 如火車、輪船、飛機、潛水艇、無線電話機、電報機等, 牠們的構造, 無一不是根據物理學而發明的。

§ 2. 物質 物體的大小、形狀等雖各有不同, 但有一個共同的性質, 即在空間各佔有一個地位; 由我們的感覺能知其存在。凡有此特性者, 都稱為物質 (Matter)。一物體所含有物質多寡的分量, 稱為質量 (Mass)。物體雖然是由物質所構成, 但在物理學上是指物質的有限部份而言, 和物質的意義不同; 例如水、空氣、鐵都是物質; 壺內的水, 瓶中的空氣, 鐵球, 那便是物體了。物體既佔有一部份的空間, 所以兩種物體, 不能在同

一地位。例如滿盛水的杯內放入鉛球，水就外溢；將玻璃杯的杯口向下，直入水中，水不能完全進入杯內；這種現象稱為不可入性 (Impenetrability)。

據經驗知道物質是不能創造，也不能消滅，這個稱為物質不滅定律 (Law of conservation of matter)。

如石、木等具有一定形狀和一定體積的物體，稱為固體 (Solid)。酒精、水等有一定的體積而無一定的形狀者，稱為液體 (Liquid)。水蒸氣、空氣等，體積和形狀都無一定者，稱為氣體 (Gas)。液體和氣體又總稱為流體 (Fluid)。

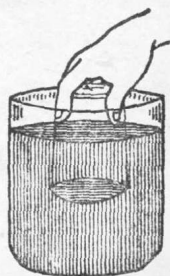


圖 1 不可入性的試驗

§ 3. 量和單位 凡有大、小、多、少可計量者，稱為量 (Quantity)。研究物理現象時，要找出各現象的關係，必先測定和各現象有關的量。欲測定一量，必須有同種類的別一量作為標準，這種標準稱為單位 (Unit)。將某量和牠同類量的單位比較，看牠是單位的幾倍，就可知道量的大小了。

測長度 (Length) 的單位用米 (Meter)；為便利起見，取米的千倍稱為千米 (Kilometer) 或稱公里；米的百分之一稱為厘米 (Centimeter)；米的千分之一稱為毫米 (Millimeter)。一米的國際原器 (International standard) 是用鉑 90% 和鈹 10% 的合金製成的，兩端刻有標線，在攝氏 0 度時兩標線間的距離表正確的一米 (圖 2)。

測質量的單位用仟克 (Kilogram) 或稱公斤；仟克的千分之一稱為克 (Gram)；克的千分之一稱為毫克 (Milligram)。仟克的國際原器也用鉑 90% 和鈹 10% 的合金製成，是一個高

和直徑相等的圓柱體(圖 3)。

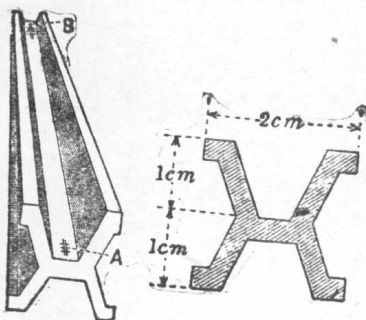


圖 2 米的原器(截面,實物大)

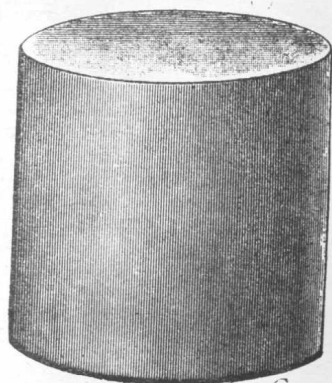


圖 3 千克的原器(實物大)

測時間(Time)的單位用秒(Second),即太陽連續兩次經過某處子午線所歷時間的 $\frac{1}{86400}$ 。秒的六十倍稱為分(Minute);分的六十倍稱為小時(Hour)。

上面所說的長度、質量和時間三種單位,稱為基本單位(Fundamental unit)。其他的單位都可由這三種單位誘導出來。如面積的單位為平方厘米;體積的單位為立方厘米;稱為導出單位(Derived unit)。物理學中常用厘米、克、秒作為基本單位,稱為厘米克秒制。或各取其英文第一字母稱為 C. G. S. 制(C. G. S. System)。

§ 4. 密度和比重 各物質單位體積內所有的質量稱為密度(Density);例如水一立方厘米的質量是 1 克,故水的密度是 $1 \frac{\text{克}}{\text{立方厘米}}$ 。設物體的質量為 M 克,體積是 V 立方厘米,如以 D 表該物體的密度,則得

$$D = \frac{M}{V} \frac{\text{克}}{\text{立方厘米}} \dots\dots\dots (1)$$

各物質的質量，和同體積攝氏4度時水的質量的比，稱為比重(Specific gravity)，故比重亦可述之如次：

$$\text{某物質的比重} = \frac{\text{某物質的密度}}{\text{攝氏4度時水的密度}} \dots\dots (2)$$

但攝氏4度的水1立方厘米，適重1克，故用 C. G. S. 制時，密度和比重的數值常相同。

下表是各種常見物質的比重或 C. G. S. 制之密度數值。

表 1. 各種物質的比重

鉑	21.5	堅硬木料	0.7—1.1
金	19.3	冰	0.911
汞	13.6	人 體	0.9—1.1
鉛	11.4	軟 木	0.25
銀	10.5	濃 硫 酸	1.84
銅	8.93	海 水	1.03
鐵	7.1—7.9	牛 奶	1.03
鋅	7.1	清 潔 水	1.00
玻 璃	2.4—4.5	燈用洋油	0.80
石	2.5—3.0	汽 油	0.75
鋁	2.65	空 氣	約 0.0012

§ 5. 運動和力 物體變更位置稱為運動(Motion)，否則稱為靜止(Rest)。普通以地面為標準，而定其是否運動，倘變更標準，則情狀就異；例如靜坐在進行中的火車內的乘客，對

於火車雖是靜止，對於地面卻是運動。

使靜止之物體運動，或使物體變更其運動狀況的作用，稱為力(Force) 例如靜止着的筆受到手相當的推力，就起運動；運動着的球受到足的力，就要變更牠原來運動的方向和快慢，或竟靜止。

兩人於反對方向同時推動一物，而該物並不發生運動時，似此一物同時受到二個力（或二個以上的力），而不起運動的狀態，稱為平衡(Equilibrium)。

§ 6. 慣性 停止的汽車，若不開動相當機件，始終靜止；已駛行的汽車，我們要牠靜止，或是要變動牠的快慢，或是要牠轉彎等等時候，均非搬動相當的機件不可，照此看來，苟無外力作用 靜止的物體，始終靜止；運動的物體，總是保持原有的運動狀況繼續運動；這種性質稱為慣性 (Inertia)。這個關係，稱為慣性定律(Law of inertia)。當電車未停妥時，人從車上跳下，必向前仆，就是慣性的作用。

§ 7 反作用 人在船上，持竿撐岸，船即移動。按人所施的力，係加於岸上，然船卻由靜而動，顯見必另有一力加於船上。由是可推知當竿推岸時岸必同時亦以力推竿，因而達於船上，船即離岸。竿推岸的力，稱為作用 (Action)；岸推竿的力，稱為反作用(Reaction)。更由其他的實驗，得知凡有作用，必有大小相等方向相反的反作用。這個關係，稱為反作用定律 (Law of reaction)。人能走路，馬能拉車，都是利用反作用的道理。

§ 8. 壓力和張力 兩物體或一物體內的兩部互相擠壓的力稱為壓力(Pressure)；例如用手抵桌，按反作用定律，桌必同時於反對方向以同大的力抵手，這時互相作用的力，彼此相

向，便是壓力。

反之，兩物體或一物體的兩部互相牽引的力，稱為張力 (Tension)；例如用手拉繩，同時繩亦拉手，彼此作用的力；方向相反，大小相等，便是張力。

單位面積上所受的壓力，稱為壓力強度 (Intensity of pressure)。通常恆簡稱之為壓力，物體全面積上所受的壓力，稱為總壓力 (Total pressure)。

§ 9. 萬有引力 牛頓 (Newton) 因研究天體運動，而發現宇宙內一切物體間，都是互相吸引。大如日、月、地球，小至塵埃、細沙，莫不有互相吸引的作用，這種作用稱為萬有引力 (Universal gravitation)。兩物體間引力的大小，和他們兩者的質量相乘積成正比；和他們兩者間的距離的平方成反比。這個關係，稱為萬有引力定律 (Law of universal gravitation)。設兩物體的質量是 M 和 m ，兩者間的距離是 r ，其間作用的引力是 F 。則

$$F = K \frac{Mm}{r^2} \dots\dots\dots (3)$$

上式內的 K 是常數，視 F, M, m 及 r 等所用的單位而定。

§ 10. 重力和重量 物體倘不支持，必自由落下；其所以落下的原因，必係受有一種力的作用。這個力就是地球對於物體的引力，特稱為重力 (Gravity)。物體所受重力的大小，通常稱為重量 (Weight)。由實驗，知道在同一



圖 4 牛頓 (1642-1727)

地點，物體的重量和他所含有的質量成正比，和物質的種類無關。尋常用單位質量之物體所受的重力作爲測力的單位，稱爲力的重力單位 (Gravitational unit of force)；例如 1 克的力，就是質量等於 1 克的物體所受的重力。但重力的強度是隨地而異的，用作單位，不能十分準確，故只可用於日常生活的計量，至研究科學時，就不能適用。

§ 11. 分子力 任何物質都可分爲二部，再分爲四，照此分下去，可至千萬數，但用機械的分割方法，分到某一定限度以後，就不能再分下去，像這樣分到最後所得的微粒，稱爲分子 (Molecule)。但應用化學的方法 (Chemical method)，還可把分子，再分成更小的部分，稱爲原子 (Atom)。原子是和原來物質的性質完全不同，而分子則仍不失其原有的性質，故對於分成分子的機械分割方法，稱爲物理的方法 (Physical method)。由此可知物質乃由原子構成分子，再由分子構造成功的。這稱爲分子說 (Molecular theory)。原子分子，無論用怎樣好的顯微鏡也看不見的。

把橡皮或木塊加以壓力，都能減小他的體積，其他物體也有這種現象，不過不甚顯著罷了。由此可知構成物質的各分子間必有相當的空隙，而非絕對密接的，這樣說來，各分子間必有互相吸引之力；否則便不能保持他的形狀和體積，這種吸引力，稱爲分子力 (Molecular force)。分子力的作用，是有一定範圍的，各分子間的距離必定要接近到分子力的作用範圍以內，分子力纔能發生效果；譬如已斷的粉筆想把牠再合成一體，就很不容易，這就是因爲用通常的壓力，決不能使兩段上的分子，接近到能受分子力的作用範圍以內的原故。

同種分子間的分子力稱爲內聚力 (Cohesion)。異種分子

間的分子力稱為附着力 (Adhesion)。粉筆自身結合的力是內聚力；而粉筆之能着於黑板上則為附着力。

§ 12. 表面張力 用鐵絲曲成環形，環上繫一較小的絲線圈，將環全體浸入肥皂液中，取出時環上即蒙着肥皂薄膜。如用燒紅的針刺破線內的膜面，線外的膜面，即向各力收縮，把線曳成一個正圓形，(圖 5)。由此可知液體的表面具有一種自行收縮的力量，稱為表面張力 (Surface tension)。實即內聚力的一種表現。桌

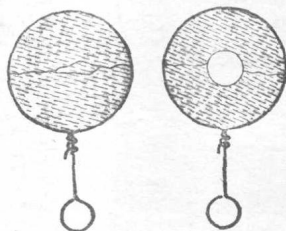


圖 5 表面張力

面上的汞滴，樹葉上的水點，皆成球狀，都是表面張力的作用。液體的表面張力，最大的要算汞，水次之，油更次之，醚，最小。

§ 13. 毛細管現象 液體和固體的接觸處，一般都曲而不平；如液體能潤濕固體者則凹，否則便凸，此乃因與固體接觸處的液體分子，一方面受到本身的內聚力，他一方面又和固體分子間有附着力之故。如內聚力小附着力大，則液體分子被固體分子引去，而呈凹形；反之，如內聚力大，附着力小，則液體分子自行吸引，即呈凸形。玻璃管內的水面是凹下，而玻璃管內的汞面則凸上，便是上述的道理。液面的凸上或凹下，在細微的管內尤其顯著，所以稱為毛細管現象(圖 6)(Capillary phenomena)。依實驗得知管內外液面高低的差和管的

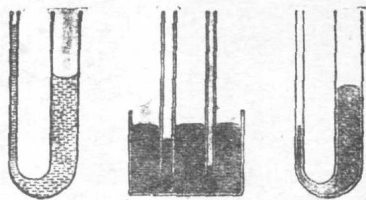


圖 6 毛細管現象

內徑成反比。

燈心吸油，毛筆蘸墨，草木的根吸收水分，都是毛細管的作用。

問題一

(1)如圖 7 的裝置，試說明求不規則形狀固體的體積法。

(2)我國現行的市制和 C. G. S. 制有甚麼關係？

(3)密度的單位如用 $\frac{\text{克}}{\text{立方米}}$ ，問水的密度是否仍為一？比重有何變更？一立方米的銅塊，質量是多少？

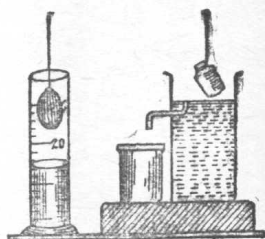


圖 7

(4)電車突然開動或停止，車內的乘客怎樣？

(5)用槳擊水，何以能使船前進？

(6)馬用力拉車，照反作用定律，車亦以同大之力拉馬，何以車馬能同時前進？

(7)一人重 60 仟克，立於地面上，如足底的面積為 400 平方厘米，求足底地面上的壓力強度及其總壓力各為多少？

(8)如人體的質量增加 3 倍；地球的質量增加 2 倍；地

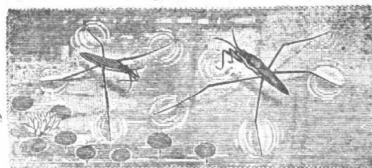


圖 8

球的半徑增加 3 倍；則人體的重量較原有重量增加抑減少？

(9) 破鏡不能重合，是甚麼緣故？

(10) 如圖 8 的小蟲，何以能浮行水面？

(11) 油滴在水面，能擴大，是甚麼作用？

(12) 一端浸在水中的毛巾，隔了一會，何以全部都能沾

濕？

第二章 固體

§ 14. 彈性 固體的形狀和體積雖有一定，但受到外力時，也就發生變化，這種變化，稱為應變 (Strain)。外力移去，又能立即恢復原狀，這種性質，稱為彈性 (Elasticity)。這種恢復原狀的力，稱為彈力 (Elastic force)。富有彈性的物體，稱為彈性體 (Elastic body)；如橡皮，彈簧等都是。

彈性體上作用的力，若是過大，超過某一定限度時，雖將外力移去，亦不能恢復原狀，這個限度，稱為彈性限度 (Limit of Elasticity)。鋼的彈性限度最大，所以機械上的彈簧，都用鋼絲製成。

若外力作用的時間過長，雖在彈性限度以內，移去外力，也不能恢復原形，這種現象，稱為彈性疲乏 (Elastic fatigue)。

§ 15. 虎克定律 將鋼絲彈簧的上端固定於板上，當未掛物體時，他的下端在 O 處，(圖 9)，於其下端掛某物體後，彈簧受作用於此物體的重力的影響延長至 B 處；若將物體的重量增加一倍，彈簧更延長至 A 處； AB 的距離，恰等於 BO ，可見彈簧的應變，和所受的重力成正比。依多次實驗得知在彈性限度以內彈性體所生的應變和所加的外力成正比。這個關係，稱為虎克定律 (Hooke's Law)。

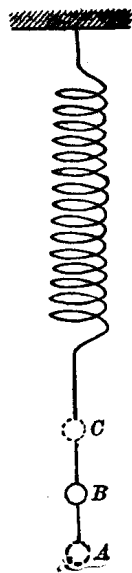


圖 9 彈簧的延長

尋常用來量物體重量的彈簧秤 (Spring balance), 就是利用虎克定律的道理而造成。(圖 10)。

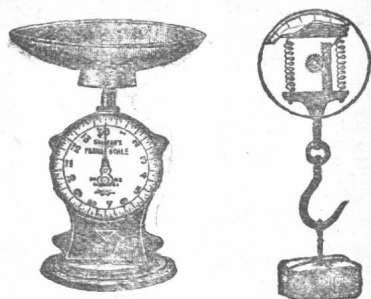


圖 10 彈 簧 秤

物體的應變, 不管是扭轉 (Torsion), 彎曲 (Bending) 壓縮, (Compression) 都可適用虎克定律。不過材料抵抗各種應變的強弱程度, 卻各有不同; 例如磚, 石對於壓縮, 雖可抵抗, 但對於彎曲或扭轉的抵抗力就很弱。惟有鋼對於各種應變都具有很強的抵抗力, 所以鋼為工程上很重要的材料

問 題 二

(1) 彈簧秤受 500 克之力作用時, 延長 4 厘米, 今欲其延長 5 厘米, 應加力多少?

(2) 某彈簧受到 400 克的壓力時縮短 4 厘米。如用 500 克的重物壓上時, 該彈簧縮短多少?