

開明中學講義

# 開明物理學講義

沈乃啓 夏承法  
合編



開明函授學校出版  
開明書店印行

開明中學講義

# 開明物理學講義

沈乃啓 夏承法  
合編



開明函授學校出版  
開明書店印行

開明物理學講義

二十五年十一月初版 卅七年二月七版

每冊定價國幣二元二角

編著者 沈乃啓 夏承法

發行者 開明書店  
上海福州路  
代表人范洗人

印刷者 開明書店

有著作權 ■ 不准翻印

(85 P.) K

譯

內政部著作權註冊執照警字第八五四九號

## 編輯例言

一. 本講義爲初級中學程度，以適合自學自修爲目標而編輯，亦可供在校學生作課外自習之用。

二. 本講義取材範圍根據部定中學課程標準。

三. 本講義爲適合自學起見，行文講釋力求詳細明白，但亦不陷於累墜嚙嚙，以要言不煩爲主旨，讀者對於書中所言，必須一一體會不厭反覆求詳，勵行復習，其效乃見。

四. 本講義因以自修爲目標，故對於各種術語之出現，均特別加以詮釋，使學者不因此而發生學習上之困難。

五. 本講義於每一公式出現以後，多附有例題，以示計算方法之一斑。

六. 本講義所附練習問題，計算與說理並重，讀者務須一一演習，以熟練公式與原理之應用。

七. 本講義於章節以外，又分爲若干小標題。上冠數字，故條理清楚 系統分明，極便作隨時檢查參證之用。

八. 本講義倉卒編成，說明容有未妥，取材容有疏漏，幸海內明達有以教正之。

# 開明物理學講義目錄

## 緒 論

### 第一章 物 性

第一節	總說	四
第二節	固體	七
第三節	液體	八
第四節	氣體	十六

### 第二章 熱

第一節	溫度與比熱	二三
第二節	物質的膨脹與收縮	二八
第三節	物態的變化	三四
第四節	熱的移動	四〇
第五節	熱與能力	四四

### 第三章 音 學

第一節	音波	四六
第二節	音的種類及其性質	五〇
第三節	發音體的振動	五三

### 第四章 光 學

第一節	光的進路和亮度	五七
第二節	光的反射	六一
第三節	光的屈折及透鏡	六五
第四節	眼及光學器械	七四
第五節	色	八一

第六節	光的作用和不可視線	八六
-----	-----------	----

## 第五章 磁電學

第一節	磁氣	八八
第二節	靜電	九三
第三節	電流及電池	九九
第四節	電氣抵抗及導線的連結法	一〇一
第五節	電流的化學作用	一〇六
第六節	電流的熱作用	一〇八
第七節	電流的磁氣作用	一一一
第八節	感應電流及其應用	一一八
第九節	電波	一二六
第十節	真空放電及放射能	一三一

## 第六章 力學

第一節	力	一三四
第二節	機械和功	一三九
第三節	運動定律	一四八
第四節	各種的運動和宇宙引力	一五四
第五節	流體的抵抗及其應用	一六一
第六節	能	一六三

# 開明物理學講義

## 緒論

**1. 物質與物體** 石、食鹽、水、空氣等，凡占有一定空間，可以用我們的感覺直接或間接地感知它的存在的一切，都叫做“物質”(matter)；物質構成了具有一定形態的集團，那就叫做“物體”(body)。譬如一滴的水和一片的冰，物質相同，物體互異。

因為物質一定要占有一定的空間，所以既被一種物質占有了的空間，同時就不能容納第二種物質。譬如將水注入杯中，那麼同時非將杯中所有的空氣排出不可；和此相反，假使同時空中的空氣要進佔杯中的空隙，非將裏面的水擠出不可；這種物性謂之物質的“不可入性”(impenetrability)。

【實驗一】將玻璃杯倒轉垂直覆入水內，因杯中空氣無法排出，故水不能進入杯內佔據它的全空間；倘將玻璃杯稍稍傾側，放出空氣氣泡，則水即次第升入將杯灌滿。又，將盛水的茶壺上面的小孔封住，則因空中空氣無法入內，裏面的水不受排擠，故不能流出，若將小孔開放，空氣得自由流入壺內，水即源源流出。

**2. 現象** 我們周圍，充滿着各種各樣的物質，這種物質不是固定不變，而是不斷地進行着各種的變化。這種物質變化的總稱，叫做“自然現象”(natural phenomenon)。一切自然現象，大約的可以分爲兩類：第一類是有生機的現象，第二類是無生機的現象。草木的成長，蝌蚪的蜉化，這都屬於第一類；火車的行駛，砲彈的

爆發，這都屬於第二類。在第二類現象裏面，又可以分成兩部，火車的行駛屬於前者，砲彈的爆發屬於後者。火車行駛的前後，構成火車這種物體的物質沒有絲毫的變化，這種現象叫做“物理的現象”(physical phenomenon)；砲彈爆發之後，構成砲彈這種物體的物質已經起了變化，這種現象叫做“化學的現象”(chemical phenomenon)。這兒要講的物理學，就是研究這種物理的現象的學問。

**3. 現象的研究** 自然界所起的現象，可以說是森羅萬象，變化無窮。我們要研究這些現象，第一步就是仔細地觀看這些變化的經過，這就是所謂“觀察”(observation)。但單靠觀察，不一定能夠捉摸到一切現象的原因，所以爲着便於研究，有時候對於某種現象，還要加以若干的人爲的改變，這，就是所謂“實驗”(experiment)。譬如我們爲着要觀察光的進行方向，可以在暗室的壁上鑿開一個小孔，使光線經過這個小孔，然後我們的肉眼纔能看出光線直射的現象。

這樣地探究了許多自然界的現象之後，那麼在某某種現象之中，一定可以發見出些共同的事象。將這些事象最簡要明瞭地記述下來，就叫做“法則”(law)。譬如在高處將支持着物體的力量去掉，那麼差不多一切物體都要向下墜落，而且落下的速度，也都是漸次增加的；從此我們可以發見一種法則，就是說：地球上的一切物體假使沒有別的力量將它支住，那麼一定要向下墜落。

物理學的目的，就是要發見這些物理學的法則，而將自然現象儘可能的歸納到少數的法則裏面。

除出研究自然現象和發見法則之外，我們還要更進一步將這些法則互相比較，而“假定”這種現象的原因；這種假想可以當作



原因的想定，謂之“假設”(hypothesis)。從假設出發，而說明某種現象之全體，這就叫做“學說”(theory)。

**4. 物理學 (physics)** 上面已經說過，物理學是研究物理的現象的學問，它的目的，是在發見支配自然現象的法則，而推定這種法則之起因的假設和學說。當然，我們不能忘記這些法則的應用方面的研究。

物理學研究的範圍，包含熱、音、光、力、和磁電等各種現象，所以研究的步驟，普通也分爲熱學、音學、光學、力學、和磁電學等項。

**5. 單位** 物理學上使用的量，種類非常繁多，爲便利計，先選定某種單純的“單位”，其他單位，可從這種單純的單位組合而決定之。前者叫做“基本單位”(fundamental unit)，後者叫做“誘導單位”(derived unit)。譬如長度的單純單位是米 (metre)，這是基本單位；各邊一米之正方形的面積稱爲一平方米，作爲面積的單位，這就是誘導單位。

物理學上的基本單位，有長 (length) 的單位，質量 (mass) 的單位，及時間 (time) 的單位三種。其他物理學上一切單位，都可以從這三種單位誘導出來。

(a) 長的單位 長的單位，各國不同，如法國用米，英國用呎，我國舊制用尺；科學上採用最廣者爲法國之米突制，此制已經我國制準，改稱公尺，公分……等名。但在工業上，則以採用英國制者爲多。英、法兩制及與我國新、舊制之比較，可參看算術講義第三章，五五頁。

(b) 質量的單位 質量的單位，亦各國不同，科學上及工業上所採用者，亦與上述長度的單位同。(參看算術講義第三章，頁五六)

(c) 時間的單位 時間的單位，各國都以平均太陽時為準，就是我們日常所用的24小時為一日，60分為一小時，60秒為一分的制度。

在物理學，長度、質量、時間的單位，各以厘、(centimetre) 克 (gramme)、秒 (second) 三種為標準，其他單位，都從這三種基本單位誘導出來。這種制度，科學上叫做 C. G. S. 制的單位 (unit of C. G. S system)。

## 第一章 物性

### 第一節 總說

6. 密度與比重 同一體積的物體，輕重不同，一立方厘的鉛，比一立方厘的軟木塞重，這因為鉛的質量，大於軟木塞的原故。(1) 物體單位體積內所含的質量，叫做密度 (density)。故物體的密度，等於以物體的質量與體積的比。譬如水在攝氏<sup>?</sup>寒暑表4<sup>0</sup>時(2)，體積1立方厘的質量是一克，故：水的密度 =  $1 \frac{\text{克}}{\text{立方厘}}$  (3)

現在假使以 d 代表密度，v 代表體積 (volume)，m 代表質量，那麼可以得到下列的公式：

$$d = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} = \frac{m}{v}$$

又如一立方厘的鉛塊計重 11.3 克，故鉛的密度即等於  $\frac{11.3}{1} = 11.3$  克。

各種物體的密度，對於水在攝氏寒暑表4<sup>0</sup>時的密度之比叫做比重 (specific gravity)。用算式來表示；就是：

(1) 參照第一表。(2) 參照節35。(3)  $\frac{\text{克}}{\text{立方厘}}$  就是每一立方厘的質量，用若干克來表示。

$$\text{物體的比重} = \frac{\text{某物體的密度}}{\text{水在4}^{\circ}\text{C時的密度}}$$

水在攝氏 $4^{\circ}$ 時的密度為 $1 \frac{\text{克}}{\text{立方厘米}}$ ，故在 C.G.S. 制單位，物體比重常與密度為同值。在通常計算，水的溫度不必嚴密地規定為攝氏 $4^{\circ}$ ，溫度上升，密度一般地減少，但在室內常溫，水的密度可以認為沒有變化，這第一表，就是幾種物體的比重(或密度)。

第一表 比重或密度(每一立方厘米的克數)

白金	21.5	玻璃	2.4~4.5(4)
金	19.3	冰	0.92
鉛	11.3	人體	1.07
銀	10.5	水銀	13.6
銅	8.9	硫酸	1.85
鐵	7.8	酒精	0.79
鋁	2.6	軟木塞	0.24(5)

7. 物體的三態 物體因狀態之不同，可以分為固體、液體、氣體三種。有一定之體積，保持一定之形狀者，叫做固體。例如竹，木，鐵，石都是。有一定體積，形狀依容器之如何而變動者，叫做液體，例如水，油，酒精都是。體積和形狀均不一定者，叫做氣體，如空氣，雲氣等；譬如皮球裏面包藏空氣，不但可以任意將球捏成別的形狀，而且壓力加大或者溫度增高時，空氣的體積也隨了減小或增大，若除掉壓力或漸低溫度，空氣又能恢復原狀，故空氣沒有一定的體積和形狀。

五

上述的分類，祇就大概而言，像飴類一般的東西，很難分清是

(4) ~ = 乃至。 (5) 小數點以上者比水重，故沈；小數點以下者，比水輕，故浮。

固體還是液體。又，液體和氣體的性質，很有許多地方相像，所以有時合併起來叫做流體。

**8. 分子與分子引力** 一切物質，都是無數的微點所構成，這種微點，科學上叫做分子(molecule)。這些微點的大小，祇有一種的幾億分之一，所以用最優秀的顯微鏡也不能看到。在這些分子和分子之間，有一種互相吸引的力量；這叫做分子引力。同一種類的分子與分子之間的引力，叫做凝集力；異種分子之間的引力，叫做粘着力。固體能夠保持一定形狀，因為它內部的分子與分子之間有凝集力的原故，水滴能夠附着在容器上面，因為水的分子與容器的分子之間有粘着力的原故，

上面所說的分子，並不是微點的極小的限度，從化學變化的分子互換情形，可知一個分子尚為兩個或兩個以上的微點所組成。這種微點，叫做原子(atom)。更進一步，原子又由更小的微點電子(electron)所組成。現時電子是被看作一切物質的終極成分，但是科學的進步一日千里，難保最近的將來沒有再進一步的規定。各種物質，分子與分子之間都保有相當的距離，而且絕對的密接。上面說過的空氣受壓而體積縮小，就是分子與分子之距離被壓而接近的原故。

分子間的距離大，則分子間相互的引力小，故空氣不能保持一定的形狀；分子間的距離近，則相互的引力大，故固體能保持一  
六 定的形狀而不易改變。

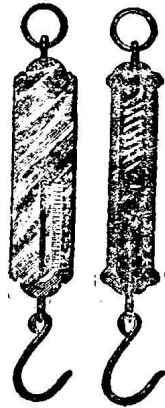
【實驗二】 將少許的洋紅加入水中，紅色即瀾散無聞；將少許的樟腦露置空中，臭味即騰散室內；洋紅之色，與樟腦之臭，雖水量增加，或空間擴大，仍始終不變，雖溶洋紅於百萬倍之水中，其水猶帶紅色 則其中紅色之一點，至少必為原體

積之百萬分之一。分子之微細，由此可以推知。

## 第二節 固體

**9. 彈性** 將橡皮棒加以壓力，則漸縮短，加以張力（扯力），則漸伸長，但壓力或張力一去，橡皮棒即復原狀。這種性質，叫做彈性（elasticity）。有這種性質的物體，叫做彈性體。彈性體受外力時的現象，如伸長、縮短以及扭轉等叫做歪（strain）。這種使彈性體發生歪的現象的外力，叫做歪力（stress）。彈性體受了外力，則物體內部分子間發生一種要回復原狀的力量，這種力，叫做彈力（elastic force）。又彈性有一定限度，如歪力過其限度或施歪力過久，則彈性體即不能復原，這種限度，叫做彈性限（elastic limit）。

**10. 霍克的法則** 將歪力加於彈性體而使之生歪時，如在彈性限之內，則所生之歪與歪力，成正比例。這是英國人霍克（1635—1703）所發見的法則，所以叫做霍克的法則（Hooke's law）。利用這種彈性體的霍克的法則而造成的最重要的用具，就是彈簧秤。如第一圖所示，構造非常簡單，當彈簧上沒有東西掛着的時候，可以先在彈簧的下端末處，劃上一個0克的記號，此後將一百克的分量掛上，則彈簧伸到一定長度，在這時候的彈簧上端木處，再劃上一個100克的記號；將0至100之間劃成一百等分，則依霍克的法則，可知此中的一格，即等於掛上一克重量時彈簧所伸長的長度。因此，祇須將要秤的物體掛在彈簧下面，依彈簧伸長的長短，就能知這物體的重量。彈性體的歪能夠復舊的性質，在我們日常生活上應用很



第一圖

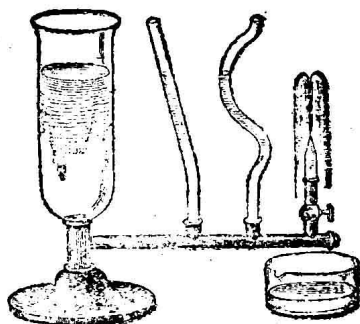
廣，寬緊帶，車子的彈條，鐘錶的彈簧，就是顯明的例子。

**11. 其他的性質** 物體的能夠成爲固體，必定有抵抗外力的能力，但是這種能力各有強弱。例如磚石受壓不扁，這種性質叫做硬性 (hardness)。炭質被擊易碎，這叫做脆性 (brittleness)。還有金銀用鎚擊或者加強壓則能展開，這叫做展性 (malleability)。銅絲被扯而能伸長，這叫做延性 (ductility)。桿杖彎曲而不折，這叫做撓性 (bending)。

### 第三節 液體

**12. 平面性** 液體分子的凝集力小，流動性大，就是因爲它的分子引力，常欲趨向下流，一旦到了止境，或者盛以容器，而使之靜止，則各分子以等量相擠，互保平面，這就叫做水平面 (level surface)。

現在假使用容器盛着水，再用絲線懸鉛錘入水中，則上部的絲影臨於水面，適與此鉛直線成一直角，從此可知水面的正平。水平面與容器的形狀，沒有關係，試用種種大小曲直的玻璃管，連通下部，把水自下側押入，則各管內的水面，都達到同一的高度，如其中有一低於水平面之管，則水從管端上噴，幾乎能達到水平面的高度(如第二圖)，掘井得水，及自來水噴水池等設備，

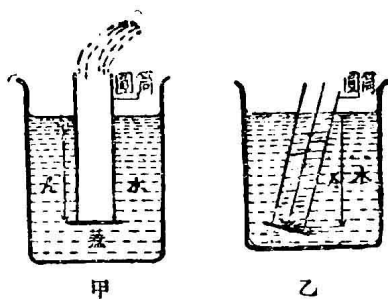


第 二 圖

都應用這種原理。

**13. 靜止液體內的壓力** 如第三圖甲所示，圓筒下端，安上一個輕而堅牢的蓋，將圓筒垂直地沈入水中，則可知有一種力量，強

力地將蓋壓在圓筒底面。隨後徐徐將水注入圓筒裏面，至筒內外水面恰恰相平的時候，蓋就離開筒底而沈下。從這試驗，可知最初圓筒沈入水中時，筒底蓋面受有一種從下向上的力量，這種力量，恰恰和

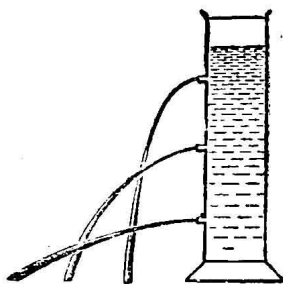


第三圖

以圓筒沈入水中之深度為高的圓水柱的重量相等。又當水注入筒內而底面之蓋將要離開底面的一瞬間；蓋之上下雙方，都受到與圓水柱之重同量的力量。再進一步，將同一圓筒如乙圖所示，帶斜地深入水中，而從筒內蓋上加以與甲圖之深 (h) 同高之水圓柱同一重量的力量，然後依舊帶斜地慢慢的拿起，則我們可以看到恰恰拿高到 h 高度時，圓筒的蓋纔離底而墜下，從此可以知道這時候斜向地推住筒蓋的壓力，和圓筒垂直時從下向上推住蓋底的壓力，完全相等。因上面這兩種試驗，可以得到結論：靜止的液體內，在一定面積作用的壓力，與其面之方向無關，祇因深度之不同而變化；同一深度時壓力相等，深度不同時壓力與深成正比例。

上面說過，壓力之大小，等於以單位面積為斷面的液體的垂直圓柱之重量，因此設以 p 代表壓力，h 代表體積，(1) d 代表液體的密度，則： $p = hd$ (2)

又如第四圖所示，在圓筒側壁穿大



第四圖

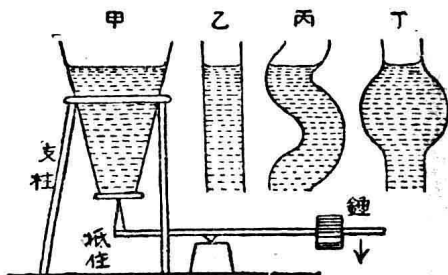
(1) 體積 = 高 × 面積，此時面積為單位面積，即等於 1 平方呎，故體積 = h。

(2) h 深為若干呎，密度 d 為每立方呎若干克，則壓力 p 為 hd。

小相同的三個小孔，則水從小孔噴出。在此，可以看到愈近底面（即 $h$ 愈大），則壓力愈大。這兒還要注意，從小孔噴出的水的方向，都與圓筒之壁成直角，這就表示水對壁的壓力，是垂直地作用的。

**14. 下壓** 上節已經講過，液體向下壓的力量（即下壓）與深成正比例，但是當我們初初看到第五圖一般的裝置時，往往容易發生不能決斷的疑問。圖

中甲、乙、丙、丁、的下端切斷面積，完全相等，裝置如圖，下端之蓋，用一定的力量推住，然後逐次的將水注入各器，至一定高度，推住之力不能抵抗

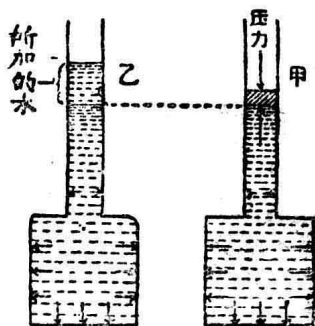


第 五 圖

水即從蓋漏出，此一定高度，甲乙丙丁各器恰好相同。可知祇要鉛直之高度相同，則注入之水量雖有多少，而其下壓則完全相等。

**15. 巴司加爾之原理** 在液體之一部加以壓力，則其壓力之強度沒有增減地傳達液體的各部，這是法國有名的思想家數學家巴司加爾 (Pascal, 1623—1662)

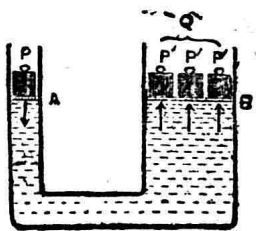
所發見的原理，所以叫做巴司加爾的原理 (Pascal's principle)。如第六圖甲所示，在液體一部加以壓力則在液體內部既有的壓力之外，再在液體各部加上與所加壓力同樣強度的壓力，其理可看第六圖之乙；甲圖所加之力，可以看做在液體表面，加上了與所加壓



第 六 圖



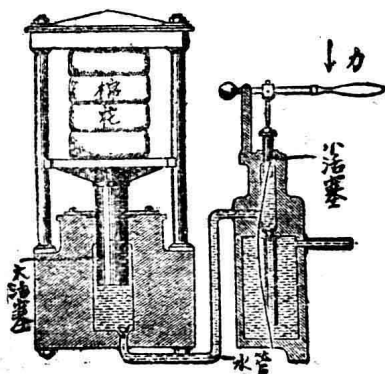
力相等的水柱，如此，則液體各部，依前理必增加與這水柱之重相當的壓力。又如第七圖所示，有大小兩個圓筒，器底相通，中盛以水，大小圓筒筒口均嵌上不漏水的活塞，小活塞之面積為  $A$ ，大活塞之面積為  $B$ ，今如在小活塞上加重  $P$  克，在大活塞上加重  $Q$  克，而兩活塞適平衡於同一水平面時，則依上述原理，同一水平面內各點所受壓力，自必相等，故  $P/A$  必與  $Q/B$  相等，因此，



第七圖

$$\frac{P}{A} = \frac{Q}{B} \quad \text{即} \quad Q = P \frac{B}{A}$$

此式即表示：壓於各活塞上的全壓力，與活塞之面積（亦即圓筒之口徑）成正比例。換言之，假使  $A$  很小， $B$  很大，則在  $A$  加少許力量，在  $B$  即可得很大的壓力。第八圖，就是根據這種原理而成的波拉瑪氏(1748-1814)水壓機 (Bramah's hydraulic press)



第八圖

### 16. 阿基米德氏原理 物

體入液體中，重量必減，所減的重量，適與這物體所排開的液

體之重量相等，這叫做阿基米德 (B. C. 287?—212) 原理 (Archimedes' principle)。

【實驗三】如第九圖，圓柱體  $A$  的體積，適和圓筒  $B$  的內部的體積相等，現在將  $A$  掛於  $B$  下，連於天秤的左端，天秤的右端，置以砝碼，使秤桿平衡，然後將  $A$  浸沒於水中，則左