

修正課程標準適用

# 初中物理

上冊

原編者

改編者

校者

張開圻  
包墨青  
陶鴻翔  
華襄汝  
華治成



上海中華書局印行

修正課程標準適用

# 初中物理上册目次

## 第一章 緒論

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| 1. 物質的三態.....1    | 4. 質量和重量.....8 |
| 2. 物理學應用的單位.....3 | 5. 密度和比重.....9 |
| 3. 重量和力.....6     |                |

## 第二章 水

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| 1. 液體傳遞壓力的性質.....13 | 5. 物體的浮沉.....21  |
| 2. 液體內部的壓力.....15   | 6. 比重的測定.....24  |
| 3. 水平面和連通器.....17   | 7. 分子和分子力.....26 |
| 4. 液體的浮力.....19     | 8. 表面張力.....28   |
|                     | 9. 毛細現象.....30   |

## 第三章 空氣

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| 1. 氣體的比重和壓力.....33    | 6. 氣球和浮力.....42     |
| 2. 大氣的壓力.....34       | 7. 流體壓力計和虹吸管.....44 |
| 3. 大氣壓力的測定.....36     | 8. 抽水唧筒.....46      |
| 4. 氣壓計及其應用.....38     | 9. 空氣唧筒和壓縮唧筒.....48 |
| 5. 氣體的體積和壓力的關係.....40 |                     |

## 第四章 物質的彈性

- |              |               |
|--------------|---------------|
| 1. 彈性.....51 | 2. 彈簧秤.....53 |
|--------------|---------------|

## 第五章 運動和力

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1. 運動和慣性.....55 | 2. 位移和速度.....57 |
|-----------------|-----------------|

3. 加速度.....60	9. 物體的平衡.....71
4. 力.....62	10. 萬有引力和重力.....73
5. 合力和分力.....64	11. 重心和穩度.....74
6. 力的反作用.....66	12. 單擺.....77
7. 力矩和轉動.....68	13. 空氣和水的阻力.....78
8. 平行力.....70	

### 第六章 簡單機械

1. 秤和槓桿.....84	4. 工作和工作原理.....90
2. 機械利益和三種槓桿.....86	5. 斜面螺旋和劈.....92
3. 滑輪和輪軸.....88	6. 能量.....93
	7. 摩擦和機械效率.....95

### 第七章 熱和熱的傳遞

1. 熱的來源.....99	3. 熱的對流.....103
2. 熱的傳導.....100	4. 熱的輻射.....104

### 第八章 溫度和脹縮

1. 溫度和溫度計.....108	3. 液體的膨脹.....113
2. 固體的膨脹.....110	4. 氣體的膨脹.....114

### 第九章 熱量和三態變化

1. 熱量和比熱.....117	5. 沸騰.....125
2. 比熱的測定.....118	6. 大氣內的水汽.....127
3. 熔解和凝固.....120	7. 蒸汽機.....129
4. 汽化和蒸發.....122	

修正課程標準適用

# 初中物理上冊

## 第一章 緒 論

### 本章要旨

1. 說明物理學所研究的事項及其目的。
2. 認識物理學上應用的單位和十進制的便利。
3. 確定物質和力的概念。

1. 物質的三態 凡佔有空間的相當部分，可以由吾人的感覺認識他存在的，如量杯、燒瓶、試管、漏斗和瓶等(圖1)，稱為物體。凡構成任何物體的實質，如玻璃等，稱為物質。凡物體內含有物質多寡的量，稱為質量。



圖 1. 玻璃構成的物體

物質的狀態有三種，即固體、液體和氣體，稱為物質的三態。固體具有一定的形狀和一定的體積。液體雖有一定的體積，但其形狀隨容器而

改變。至於一定量的氣體，既無一定的形狀，且不拘容器的大小，都可以充滿其內，所以體積亦無一定。液體和氣體極易流動，又可併稱為流體。

每種物質的溫度，改變到適當的時候，就有物態的變化。通常稱木、石為固體，油、酒為液體，空氣為氣體，是指平常溫度內的物態。水的物質，隨了溫度的改變所生的三態變化，是吾人所習見的，就是：水在平常溫度時為液體的水，在攝氏表百度時為氣體的蒸汽，在攝氏零度時為固體的冰。水的三態，可以互相變化；但水、蒸汽、冰都是一種的物質；故物態的變化，和化學變化是不同的。

物體集合而成的物質界，稱為自然界。自然界內物質的種種變化，如物態的改變，物體的運動等，統稱為現象。各種現象雖有繁有簡，但都依從一定的規律，稱為定律。研究自然界內現象的學問，稱為自然科學。自然科學的範圍極廣，其中關於物體的性態、運動和熱、聲、光、磁、電等項現象的研究，稱為物理學。研究物理學的目的，是在啓發人智，增進人類文化的設備，如火車、輪船、飛機、電燈、電報等。

2. 物理學應用的單位 研究物理學,要發見各種現象間的關係,必須將有關係的量用數值表示,以得精密的確定。關於量的測定,須先在同類量中規定一個定量作為標準量;然後確定欲測的量含有這標準量的若干倍。這樣的標準量稱為單位。物理學上量的種類雖多,但長度、質量和時間的三個單位稱為基本單位,其他各種的單位都可由此推出。

A. 長度的單位為米,亦稱公尺。我國現用的市尺等於一米的三分之一。米尺的標準器如圖2,是一個鉑鈹合金棒,其斷口成X形,溝底靠近兩端刻有二橫線,一米即等於這二橫線間的距離。依米的單位,用十進的倍數和約數便得高低各級的單位,稱為十進制(註1)的長度單位。常用的單位如下:

$$1 \text{ 千米(公里)} = 1000 \text{ 米}$$

$$1 \text{ 分米(公寸)} = 0.1 \text{ 米}$$

$$1 \text{ 釐米(公分)} = 0.01 \text{ 米}$$

$$1 \text{ 毫米(公釐)} = 0.001 \text{ 米}$$

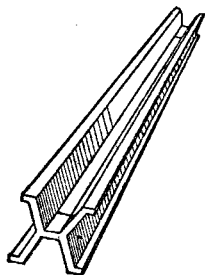


圖2. 標準米尺

面積和體積的單位,都是長度的導出單位。

因面積的單位爲長度的平方數，故每邊長 1 釐米的正方形，其面積爲 1 平方釐米。體積的單位爲長度的立方數，故每邊長 1 釐米的立方體，其體積爲 1 立方釐米。1000 立方釐米的容積稱爲 1 公升，即等於我國現用的一市升。

B. 質量的單位爲仟克，亦稱公斤。我國現用的市斤等於一仟克的二分之一。仟克的標準器如圖 3，是一個鉑銻合金圓柱，一仟克即等於其所含的質量。質量單位亦依十進法分爲高低幾級，稱爲十進制的質量單位，最常用的如下：

$$1 \text{ 克(公分)} = .001 \text{ 仟克}$$

$$1 \text{ 毫克(公絲)} = .001 \text{ 克}$$

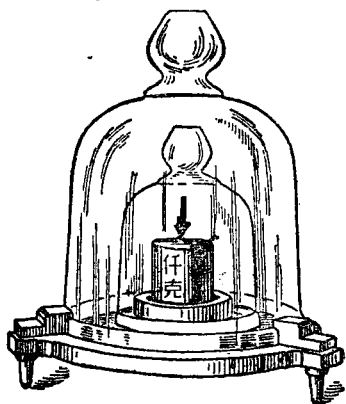


圖 3. 標準仟克

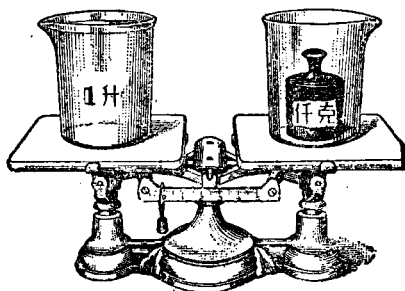


圖 4. 1 仟克 = 1 升水質量

因爲水的溫度在攝氏  $4^{\circ}$  時，其 1 公升(1000

立方釐米)的質量差不多等於 1 仟克(1000 克),如圖 4 所示,所以水的質量和體積有簡單的關係,即其質量的克數和體積的立方釐米數兩個數目相同,兩量中知道了一量,就可知道其他一量,計算起來非常便利。

C. 時間的單位爲平均太陽日。自今日午刻到明日午刻所歷的時間,稱爲 1 太陽日。太陽日的長短不等,就一年中取其平均數,定爲一日,就是平均太陽日。一日再分時、分、秒的單位,就是鐘和錶所指示的時間。1 秒爲平均太陽日的 86400 (即  $24 \times 60 \times 60$ ) 分之一。

用釐米、克、秒爲基本單位的系統,稱爲 C. G. S.

單位<sup>(註 2)</sup>。

問題 1 說明單位、基本單位、和 C. G. S. 單位。

問題 2 十進制有什麼便利?

問題 3 面積和體積的 C. G. S. 單位,其名稱如何?

問題 4 十克水的體積,等於若干立方釐米?

(註 1) 十進制是法國於 1793 年所創造的,我國於民國四年起定爲公制,十七年定爲標準制,並按此制簡單的比率,確定市用制,以求全國度量衡的統一。

(註 2) 釐米的英名爲 Centimeter, 克的英名爲 Gram,



秒的英名爲Second,各取其開頭的一個字母,故略稱爲C.G.S.單位。

**3. 重量和力** 用手托一個物體,就感覺物體有重量;若手放開,物體必向地面落下;如圖 5 所示。一切物體,如無支持,都要向地面落下,這是因爲地球有吸引物體的作用,這種作用稱爲**重力**。物體所受重力的**大小**,就是通常所稱的**重量**,鐵比水重,就是鐵所受的重力比他同體積的水所受的重力爲大。凡推引一切物體的作用,統稱爲**力**,故重力不過是力的一種。

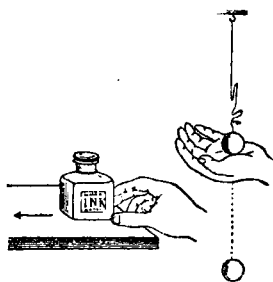


圖 5. 物體受力的作用

力由大小、方向、和着力點而定,稱爲**力的三要素**。從着力點起,依力的方向畫一直線,稱爲**作用線**。在作用線上,自着力點起,循力的方向取一段線的長度和力的大小成正比例,線上加一箭頭,

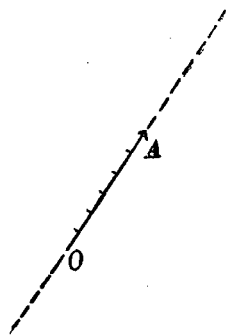


圖 6. 力的圖示

表示力的方向。凡如此以一段直線表示力的要素，稱爲力的圖示。如圖 6，O 爲着力點，OA 表示力的方向，OA 直線的長度表示力的大小。

表示一切力的大小，所用的單位亦爲克，1 克的力，就是在緯度 45 度的海平面上，作用於 1 克質量上的重力，故稱爲力的重力單位。

兩個物體用力相推，或用力相引，或一物體的兩方，各受一力的推引，

同時就有兩力的作用，如圖 7 所示。凡兩力的作用彼此相向時，稱爲壓力；彼



圖 7. 壓力和張力

此相背時，稱爲張力。物體全面積上所受的壓力，稱爲全壓力；單位面積上所受的壓力，稱爲壓力的強度，通常即簡稱壓力。張力的情形亦是這樣。

設一物體的面積爲 A 平方釐米，所受的全壓力爲 F 克，P 爲其壓力，則壓力的單位必爲  $\frac{\text{克}}{\text{平方釐米}}$ ，須將力和面積的單位一併記出，算式如下：

$$P = \frac{F}{A} \quad [\text{壓力}] = \frac{[\text{全壓力}] \text{ (克)}}{[\text{全面積}] \text{ (平方釐米)}}$$

物體都有重量，故支持此物體的面，就受

有壓力；用繩懸一物體，繩上就受有張力。這是因重力而生的壓力和張力。

物體靜止時所受的力，稱爲力的平衡。凡兩力平衡時，其大小必相等，而方向相反，作用線必在同一直線上。

問題 1 一塊鐵的重量爲 500 克，其底面積爲 20 平方釐米，放在桌上時，桌面受多少壓力？

問題 2 一本書平放在桌上，和豎放在桌上時，桌面上所受的全壓力和壓力，有無改變？

4. 質量和重量 物質的質量不隨地方而改變；但其重量就因各處重力的大小而有不同。由實驗知道，一定的質量在地面上的重量最大，登高山則重量漸減小；又由赤道到兩極，在同一海平面上比較其重量，知道赤道處的重量最小，漸到兩極重量亦漸增加。故 1 克的質量是不變的，而 1 克的重量則須依地方來確定（第 3 節），若換一地點，1 克質量的重量就不能常等於所規定的 1 克的重力。

在同一地點，相等的二質量所受的重力均相等，即重量均相同；物體的質量愈大，重量亦愈

大；故比較兩物體的重量，就可得質量的精確比較。依這個方法，測定一物體的質量，通常用一個天平（圖 8）。天平橫樑的兩端各懸一盤，其中間用刃口支在直柱上，和樑垂直，而相連的指針指下方標尺中點時，稱為天平的平衡。若將物體放在左盤，復用質量已知的一組砝碼配置在右盤，使指針仍回至標尺中點，則此時各個砝碼質量的總數，即等於物體的質量。

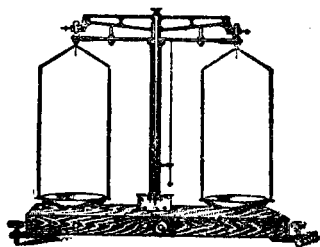


圖 8. 天 平

**實驗** 用量杯一隻，在天平上稱得其質量為  $m_1$  克，再用量筒量出 50 立方釐米的水，倒入量杯內，稱量杯和水的總質量為  $m_2$  克。求 50 立方釐米的水為若干克？

**5. 密度和比重** 物質的單位體積內所含的質量稱為該物質的密度。例如 1 立方釐米的水，其質量為 1 克，故水的密度等於  $1 \frac{\text{克}}{\text{立方釐米}}$ 。表示物質的密度時，須將體積和質量的單位一併記出，以定密度的單位。 $\frac{\text{克}}{\text{立方釐米}}$  就是密度的 C.G.S. 單位的記法。今設有鉛一塊，體積為 200 立方釐

米,內含質量爲 2272 克,則其密度必等於 2272 克  
 $\div 200$  立方釐米 =  $11.36 \frac{\text{克}}{\text{立方釐米}}$ 。若以  $V$  表物體的  
 體積,  $m$  表其質量,  $d$  表其密度,就得一算式如下:

$$d = \frac{m}{V} \quad [\text{密度}] = \frac{[\text{質量}] \quad (\text{克})}{[\text{體積}] \quad (\text{立方釐米})}$$

**實驗** 如圖 9, 取鉛一小塊, 在天平上稱  
 其質量。在量筒內盛水, 記水面的立方釐米  
 數。將鉛塊放下, 鉛面如有空氣泡, 須除去。水  
 面上升, 再記水面的立方釐米數。兩次記錄  
 的差數, 就是鉛的體積。求鉛的密度。

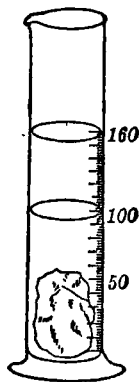


圖 9. 量筒

凡同體積兩物質的重量相比,  
 就可比得其輕重的倍數。除氣體外,  
 任何物質某體積的重量, 和在攝氏  $4^{\circ}$  時同體積  
 的水重相比<sup>(註)</sup>, 稱爲該物質的比重。物質的重量  
 既和其質量成正比, 則其單位體積的重量必和  
 其密度成正比; 所以任何物質的比重, 又等於該  
 物質和水的密度相比。列式如下:

$$\begin{aligned} \text{物質的比重} &= \frac{[\text{物質某體積的重量}]}{[\text{水在 } 4^{\circ} \text{ 時同體積的重量}]} \\ &= \frac{[\text{物質的密度}]}{[\text{水在 } 4^{\circ} \text{ 時的密度}]} \end{aligned}$$

氣體以外各種物質的比重既皆以水為共同標準，而用 C. G. S. 單位時，水的密度在攝氏  $4^{\circ}$  時適等於 1，故物質比重的數值常和其密度的數值相等。惟密度須以  $\frac{\text{克}}{\text{立方釐米}}$  為單位，比重則僅為純粹的數字，所以意義上絕不相同。今將各種重要物質的比重表示如下：

鈹.....22.4	銀.....10.5	牛乳.....1.03
鉑.....21.5	銅.....8.93	酒精.....0.78
金.....19.3	鐵.....7.1—7.9	石油.....0.75
水銀...13.6	玻璃...2.4—4.5	海水.....1.03
鉛.....11.4	鋅.....7.1	冰.....0.911

問題 1 密度從何種基本單位導出的？

✓ 問題 2 一片玻璃的質量為 10 克，其體積為 3.9 立方釐米，求其密度。

問題 3 設一容器的容量為 30 立方釐米，可盛水銀若干克？

問題 4 一塊銅的質量為 500 克，放入盛滿水的杯中，溢出的水有若干立方釐米？

(附註) 水在攝氏  $4^{\circ}$  時的密度為最大。

## 本章提要

1. 物理學是研究物性、運動、熱、聲、光、磁、電等項現象的

科學，其目的在啓發人智，增進文化。

2. 基本單位是長度、質量、時間的單位，導出單位如面積、體積、密度等單位。C. G. S. 單位用釐米、克、秒三單位。

3. 十進制的單位有簡單的倍數，其長度和質量的單位有簡單的關係。水的質量數與其體積數相等。

4. 物質是構成物體的實質。物體佔有空間的部分。物質的三態是氣體、固體、液體。

5. 凡推引一切物體的作用，統稱為力。物體受重力的作用，就有重量，此重量在一定的地點，與其質量成正比。

6. 力的三要素為大小、方向和着力點，其單位用單位質量所受的重力。

7. 彼此相向的兩力稱為壓力，彼此相背的兩力稱為張力。兩力大小相等、方向相反、在同一直線時，稱為力的平衡。

8. 物質的單位體積內所含的質量為密度，其密度和水在 $4^{\circ}$ 時的密度相比為其比重。

## 第二章 水

### 本章要旨

1. 解釋對於水的日常習見的現象。
2. 以水為中心,推及一切液體的性質。

#### 1. 液體傳遞壓力的性質

**實驗** 將橡皮球一個,用燒熱的鐵針在其面上鑽數個小孔,球中以水充滿,若用手指在球面上加壓力,水就從各孔依球面垂直的方向同時壓出,射出的強度相等,如圖10右方所

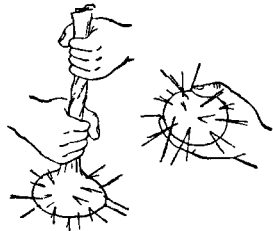


圖10. 液體的壓力

示。或用手巾一塊,包少許水銀,用力絞擠,亦得同樣的現象,如圖10左方所示。

由上面的實驗,知道密閉器內的液體,其一部分受到外方的壓力時,這個壓力可以向各方傳遞到各部分,而其強度不變。這個關係,稱為巴斯噶原理(註)。同時知道液體對於器壁的壓力,其方向常和器壁成垂



圖11. 器壁所受的壓力



直,如圖 11 所示。

如在底面相通的容器內盛水如圖 12.左管的橫斷面積爲 2 平方釐米,右管的橫斷面積爲 6 平方釐米,兩管的液面上各放一活塞,在左活塞接觸的液面加 10 克的力,則液面所受的壓力爲  $5 \frac{\text{克}}{\text{平方釐米}}$ 。這個壓力,傳到右活塞的每單位面積上,而不變其強度,故右活塞上共受的力,必爲  $6 \times 5 = 30$  克。若

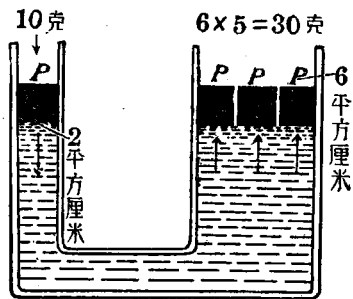


圖 12. 水壓機的原理

以  $F_1$  表左活塞在  $A_1$  面積上所加的力,  $F_2$  表右活塞  $A_2$  面積上所受的力,則得一普遍的算式如下:

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} \times A_2$$

或 
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

所以大活塞的面積比小活塞甚大時,可由極小的力  $F_1$  發極大的力  $F_2$ 。

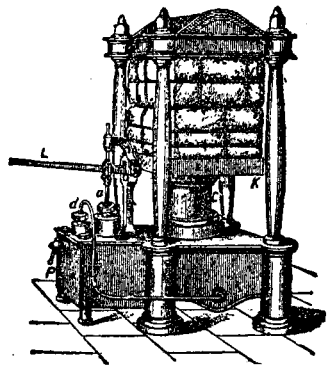


圖 13. 水 壓 機

水壓機(圖 13)就是利用這個原理而製成,用以壓紙、榨油或舉重量極大的物體。

問題 水壓機兩活塞直徑的比為 4 比 1,若在小活塞上加 300 克的力,可舉若干克的重物?

(附註) 巴斯噶(1623—1662)是法國的物理學家,發見壓力傳遞的原理。

## 2. 液體內部的壓力

實驗 如圖 14 的

1, 將銅片按住玻璃圓筒的下端,用圓筒將銅片壓入水內,片和筒口並不脫離,顯示水內有向上的力壓住。若注水入筒,直到筒內外的水面相

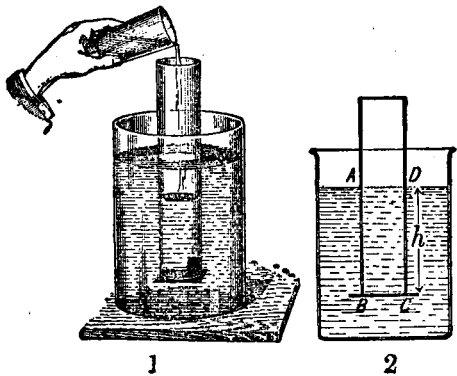


圖 14. 液體內部的壓力

齊時,銅片就脫離筒口而沉下。可知這時向上的力,必等於筒內水柱的重量,銅片因自身的重量而沉下。

由上面的實驗,可以推知液體的內部也有壓力,這個壓力是由重力而發生。今設在液面下  $h$  釐米處的水平面上有一單位面積  $BC$ , 如圖

14的2,則這BC面上因支持液柱ABCD的重量,必受到向下的壓力,稱爲下壓力。同時這BC面上因爲抵抗下壓力的緣故,就生向上的壓力,稱爲上壓力。所以上壓力和下壓力常相等。設液體的壓力爲P,密度爲d,則因單位面積上液體的體積爲 $h \times 1$ 立方釐米,其重量爲hd,故

$$P = hd \frac{\text{克}}{\text{平方釐米}}$$

$$\left[ \text{壓力} \left( \frac{\text{克}}{\text{平方釐米}} \right) \right] = \left[ \text{深度} (\text{釐米}) \right] \times \left[ \text{密度} \left( \frac{\text{克}}{\text{立方釐米}} \right) \right]$$

由此可知在同一液體內,因爲密度相同,故愈深則壓力愈大,即任何一點的壓力必與其深度成正比。

更由精密的實驗,知道液體內部的任一點,不但有相等的上壓力和下壓力,同時還有相等的水平各方向的壓力,稱爲旁壓力。旁壓力既和上壓力和下壓力相等,故亦和深度成正比。

綜上所述,又可推知液體內部任何同一水平面上的各點,因爲深度相同,故其各方向的壓力也都相等。

✓ 問題1 設有一池,底面積爲50平方釐米,深度爲200釐

米,池底所受壓力爲若干? 又池底所受全壓力爲若干?

**問題 2** 一玻璃管長 1 米,充滿水銀,求管底所受的壓力。

**問題 3** 如圖 15,在圓筒旁鑽有直行的數個小孔,滿盛以水,小孔的位置愈下,射出的水愈急,何故?

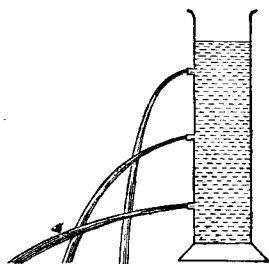


圖 15. 液體的旁壓力

**3. 水平面和連通器** 用線懸物體,線的靜止方向必依重力的方向,此線稱爲鉛垂線;和此線成直角的平面稱

爲水平面;如圖 16 右方所示。液體靜止時,其表面常保持水平,稱爲液體的自由面。

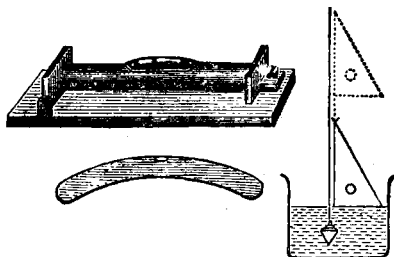


圖 16. 鉛垂線和水平面、水準

因爲液體極易滑動,

各部分都受重力的作用,所以其面必爲水平。

若假定液面能傾斜,如圖 17 的情形,則液面下深度不等,容器內液體就發生壓力的相差;例如 A 點的壓力必比 B 點爲大,液體必由 A 點向 B 點流動,至兩點的壓力



圖 17. 液面成水平的趨勢

相等而靜止,所以液面必成水平。

檢驗平面是否水平,常用水準,其構造如圖16左方所示,爲一略具彎曲的密閉玻璃管,管中封入酒精或其他極易流動的液體,留一小氣泡,管下連一平板臺。將該器放在平面上,如氣泡恰在正中,則可斷定該平面爲水平面;否則氣泡必偏於平面的高的部分。

將數個容器設法連通,成一連通器(圖18),將水注入一個容器,水必流入其他數個容器,至各容器的液面達同一水平面而止。這是因爲各容器下端的壓力相等,所以深度應相等,就是液面必保持同一的水平面。自來水(圖19)就是應用連通器的原理而裝置。先用唧筒將水壓上貯水塔,使塔中的水平

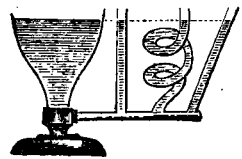


圖18. 連通器

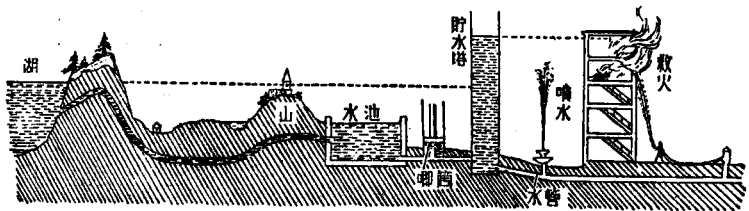


圖19. 自來水

面高出地面,用鉛管從塔底通至各處,則水在各處必趨同一平面,所以雖在高層樓上,亦可得水。泉水和噴泉等作用,亦同此理。

4. 液體的浮力 用手提在水中的石塊,較空氣中為易;人在浴盆內,必覺身體易於浮起。這是因為物體在水中受有水的上壓力,所以覺其重量減輕。這個減輕物體重量的力,稱為浮力。

實驗 如圖 20,在天平的左方懸一金屬圓柱 B,和恰能容這圓柱的圓筒 C。在右盤配置砝碼 W 使成平衡。然後將圓柱放入水內,天平就傾斜。若在圓筒內注水,傾斜漸小,至筒內的水已充滿,天平就恢復原來的平衡狀態。

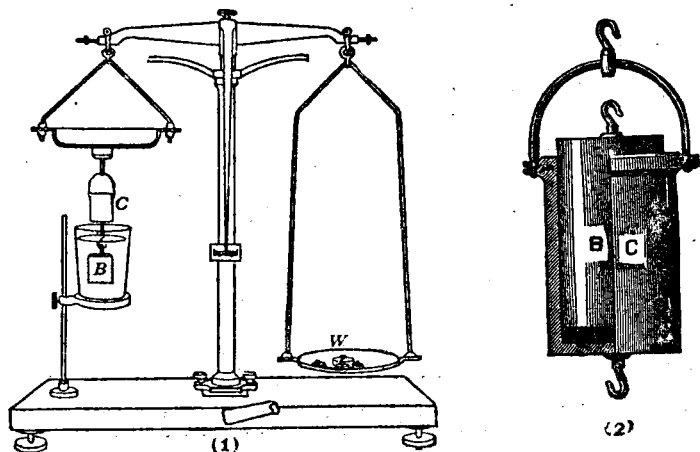


圖 20. 阿基米得原理的實驗證明

由此實驗,知道物體在液體內所減輕的重量,等於被其所排開的液體的重量,這個關係,稱為阿基米得的原理(註)。

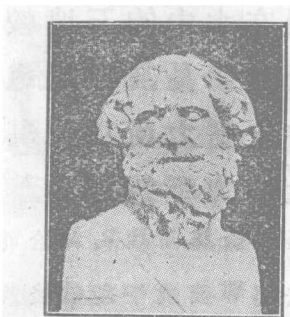


圖 21. 阿基米得

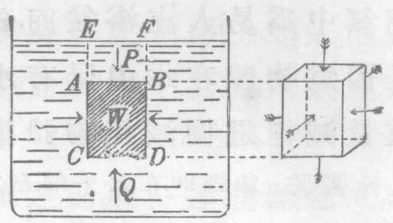


圖 22. 阿基米得原理的說明

這個原理,又可用液體的壓力來說明。如圖 22,設浸在液體中的物體為 ABCD 的立方體,側面所受的壓力恰成平衡。AB 面所受的向下全壓力  $P$ ,為液柱 ABFE 的重量。CD 面所受的向上全壓力  $Q$ ,等於液柱 CDFE 的重量。所以  $Q - P$  就是浮力,等於和物體同體積的液柱 ABCD 的重量,就是物體在液體中減輕的重量。設  $B$  為浮力,  $W$  為物體在空氣中的重量,  $W'$  為其在液體中的重量,  $V$  為其體積,  $d$  為液體的密度,則阿基米得原理可用公式表示如下:

$$W - W' = B = Vd$$

[減輕的重量] = [浮力] = [和物體同體積的液重]

**問題 1** 物體在液體中所減輕的重量,是否與其重量有關係? 其理由如何?

**問題 2** 有石一塊,其比重為2.6,在水中的重量為120克,求此石塊在空氣中的重量,並求其在水中所受的浮力。

(附註) 阿基米得(紀元前 287—212)是希臘的數學家和哲學家。

**5. 物體的浮沉** 由阿基米得原理,便可推知物體的浮沉與其重量的關係:(1)如物體重量比其所排同體積的液重為大,則物體放入液體內,重力大於浮力,物體就沉下,至器底為止;(2)如重量和同體積的液重相等,則浮力等於重力,物體在液內任何位置都可靜止;(3)如重量比同體積的液重為小,則浮力大於重力,物體上部必浮出液面,至物體的重量適和浮力相等為止,而成浮體。如圖 23,浮體的上部既露出液面外,則所受浮力必完全等於底面 bc 上的上壓力。這上壓力的大小,等於被浮體

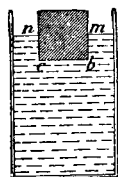


圖 23. 浮體



所排開的  $m_{ncb}$  液體的重量，故一切浮體必排開與其重量相等的液體。

**實驗** 如圖 24，用圓筒一個，盛以清水，將雞卵放入水中，必沉至筒底。若用濃厚的食鹽水，從漏斗注入筒底，則卵的位置如何？若將雞卵放在甚濃的食鹽水內，則雞卵能成一浮體，試言其理。

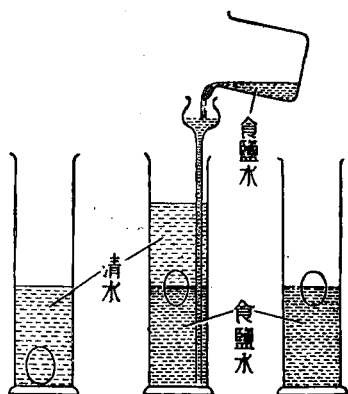


圖 24. 物體的浮沉

船能浮在水面上，就是利用浮體的原理。船內滿載貨物時，被其排開的水的體積必大，恰使浮力和其重力相平衡。貨物卸去時，船身露出水面的部分漸增加。輪船的船底，其旁面常用彩色漆成若干格，每格上各有數字記出，看了露出水面上的數字，就可知道船和貨物的重量。船艦的排水量就是指滿載貨物時所排開的水的重量。

潛水艇在水中可以自由浮沉，亦是應用阿基米得原理，其構造如圖 25 所示。要使其沉下時，用唧筒引水至水槽內，使全船的重量與其所排

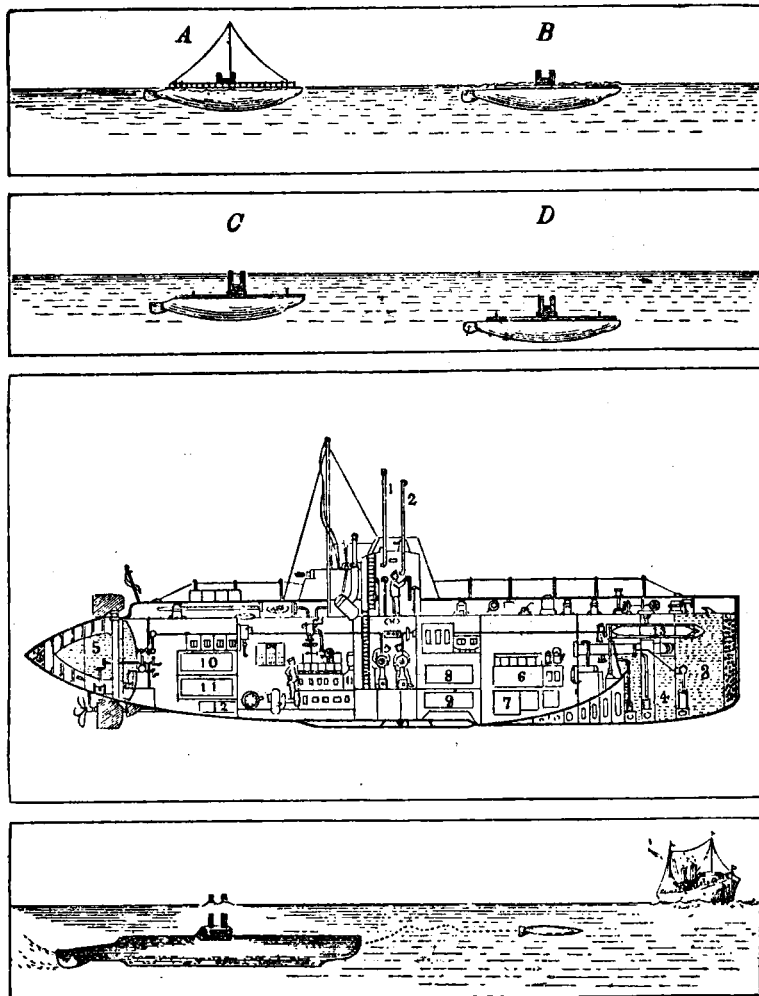


圖 25. 潛水艇的浮沉與其內部的構造

A 浮出狀態 B 隱浮狀態 C 潛航狀態 D 全沒

1,2 潛望鏡, 3,4,5 水槽, 6,7,8,9,10,11,12 蓄電池, 13 魚雷發射管

開的水重相等浮出時，將壓縮的空氣放入水槽，將水逼出，全船的重量既減輕，就能立即浮出。

**問題 1** 魚類何以能在水中自由浮沉？

√ **問題 2** 一木箱長 20 釐米，寬 10 釐米，浮在水面上，箱中置 1000 克的重量時，水面離箱底 7 釐米，求此時所排開的水重，和木箱的重量。

**6. 比重的測定** 比重為等體積的物質和水的重量之比。凡形狀有規則的固體，體積既可求出，其等體積的水重又可知道，所以比重容易算出。至若不規則的固體，其體積雖不能直接算出，然由阿基米得原理，固體在水中減輕的重量就是等體積的水重，故其比重亦易測定。法將固體在空氣中測得其重量設為  $W_1$ ，再測得其在水中的重量設為  $W_2$ ，則其失去的重量  $W_1 - W_2$  即為同體積的水重，由是其比重即可由下式求出：

$$\text{比重} = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

$$\text{即 } [\text{比重}] = \frac{[\text{物體的重量}]}{[\text{在水中減輕的重量}]}$$

例如銅塊在空氣中的重量為 178 克，在水

中的重量為 158 克，則銅塊在水中減輕的重量為 20 克，就是等體積的水重，故銅的比重必為  $\frac{178}{20} = 8.9$ 。

欲測液體的比重，通常用比重瓶(圖26)(註)。先測此瓶的重量為  $W$ ；然後將欲測的液體滿盛瓶內，得總重量為  $W_1$ ；再將瓶內的液體傾出，以水



圖26. 比重瓶

盛滿，得總重量為  $W_2$ ； $W_1 - W$  和  $W_2 - W$  就是同體積的液體和水的重量，故液體的比重為  $\frac{W_1 - W}{W_2 - W}$ 。

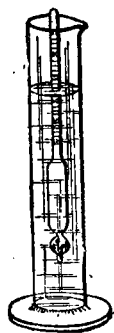


圖27. 比重計

商業上測量牛乳、酸類、糖水等的比重，普通用比重計，是一直接讀出比重數目的器械，其構造略如圖 27 所示，普通係一玻璃管，管中封一紙條，上刻比重的數值，管的下部膨大，其底部封入水銀或鉛粒，以便比重計得直立浮

在液體中。依浮體的原理，液體的比重愈大，此計就浮起愈高，當此比重計在水中時，水面和刻度 1 適相合，浮在其他液體時，從液面和所合的刻度數，就可讀出其比重。普通所用的比重計有兩種：一種用以測量比水重的液體，1 的

記號刻在管的上端；一種用以測量比水輕的液體，1 的記號刻在管的下端。

問題 1 一物體在空氣中的重量為 250 克，在水中的重量為 150 克；求其體積和比重。

問題 2 一個瓶可滿盛 100 克的水或 190 克的硫酸，求硫酸的比重。

(附註) 任何一個玻璃瓶都可用。

7. 分子和分子力 一枝粉筆，可分成許多的段數，繼續的分割，必可分至人目所不可見的極小的微粒，而性質和原物質相同。這樣的微粒，稱為分子。由分子再分割出來的物質，性質和分子不同的，稱為原子<sup>(註)</sup>。原子集合而成分子，分子集合而成物質，凡用分子的觀念說明物質的性質和狀態的理論，稱為分子說。

從物體受壓而體積就縮小的現象，便可知

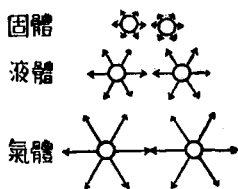


圖 28. 分子間隙和分子運動範圍的比較

分子間當有相當的空隙，並非互相密接着的。氣體的體積最易縮小，液體較難，固體更難，故物質的三態，依分子說而言，不過因其分子間空

隙的大小,而有區別,如圖 28 所示。

**實驗** 在量筒內注水 50 立方釐米,再緩緩注入酒精 50 立方釐米,則筒內液體的總體積共為 100 立方釐米。若搖動液體,使水和酒精混合,則總體積不到原數。說明其理由。

少許的紅墨水,注入一杯的水中,可以漸漸擴散到杯中的全部。一滴的香水,可使全室立即感覺到芬香。由是可知分子並非靜止,常依不規則的方向而運動。普通假定分子為一球體而常運動着,氣體的分子運動最快,液體稍慢,固體更慢。

一分子對於其周圍的各分子,在極短距離內,有互相吸引的作用,稱為分子力。凡同類分子間的引力,稱為內聚力,異類分子間的引力,稱為附着力,其情形如圖 29

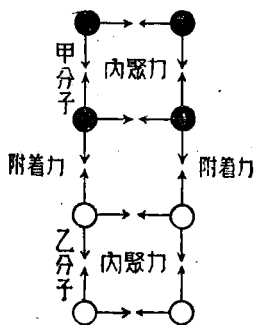


圖 29. 分子力

所示。銅鐵等固體不易敲碎,就因凝聚力大的緣故;漿糊能貼紙片,粉筆可在黑板上寫字,都是附着力的作用。

**問題** 瓷器破壞後,何以不能接合? 玻璃浸入水中能

濕，浸入水銀則否，這是何故？

(附註) 近代對於原子的構造，更確定為電子和原子核組織而成的。

## 8. 表面張力

**實驗 1.** 用一彎玻璃管，甲端蘸少許肥皂液，乙端用口吹氣，就成一球形的肥皂泡。口一離開，肥皂泡就縮小。若在乙端近旁置一燭焰，則肥皂膜縮小時，可壓出泡中空氣，使燭焰偏斜。

**2.** 用銅絲曲成一環，環上繫一細線結成的圈，全體浸入肥皂液中，取出時，得蒙上液膜一層，如圖 30 (1) 所示。用燒熱的鐵針刺破細線圈中膜面，則線圈外的

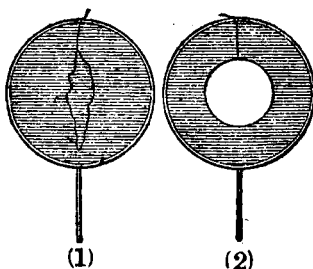


圖 30. 液膜的表面張力

液膜收縮，將細線圈曳開成一圓形，如圖 30 (2) 所示。

由實驗可知液面和緊張的橡皮膜一樣，有收縮至最小面積的力，稱為液體的表面張力。第一實驗因液面的收縮，可將空氣壓出，而生壓力的作用。第二實驗因線圈外液面要縮小其面積，故圈內的面積可擴至最大而成圓形<sup>(註)</sup>。又如圖 31，池塘的水面上常見小蟲能自由行走，鐵針雖

比水重,但留心放在水面,亦能浮而不沉,都是表面張力的作用。一切液體的表面,都有表面張力,但其大小則不等,水銀的表面張力最大,其次爲水,石油等又次之。



圖 31. 水面支持的物體

表面張力是分子力所表現的現象。如圖 32,

液體內部的 A 分子,所受周圍分子的內聚力都相等;將近液面的 B 分子,則下半部所受的內聚力,比

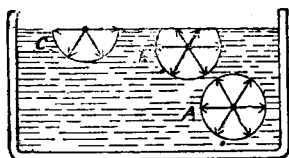


圖 32. 液面附近的分子力

上半部爲大;至液面的 C 分子,就缺少向上的部分,全受下部的吸引,有拉下液面的趨勢,因此就發生表面的張力,這和一根繩的兩端繫住在一水平方向,其中點懸一物體時,因物體受向下的重力,繩上就發生張力的情形一樣。

**問題 1** 還未落到地面的雨滴,和荷葉上的水滴,何以成球形?

**問題 2** 在水面上浮置兩根火柴桿,隔開相當的距離,用酒精一滴放入兩桿間,則兩桿立即分開,這是何故?



**問題3** 毛筆浸在水中則散開,出水後就聚成一束,試言其故。

(附註) 由幾何的理,知周圍一定時,圓的面積為最大。

## 9. 毛細現象

**實驗** 將直徑不等的細玻璃管數個,插入水內,水就向管中上升,管的直徑愈小,水的上升亦愈高,并知各管內的水面成凹形,如圖33所示。若將各管浸入水銀中,則管內的水銀降低,管的直徑愈小,水銀下降亦愈低,各管中的水銀面都成凸形。

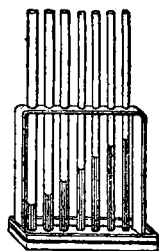


圖33. 毛細現象

普通管內外的液面,應在同一水平面,但管徑愈小,管內外液面的相差愈顯著。這種現象稱為毛細現象。凡能潤濕器壁的液體,在毛細管內都上升,不能潤濕器壁的液體,在管內都下降。在同一液體內,管內外液面相差的高度,和管的直徑成反比例。

毛細現象是液體的表面張力和分子力的作用所表示的現象。凡液體的分子和毛細管的分子,其附着力比內聚力為大,則毛細管周圍的液面比中央為高,而呈凹面,如圖34中的 aob。同

時表面張力須縮小液面的面積，由凹面而成平面  $ao'b$ 。成平面後，附着力立刻又使液面變成凹面，表面張力再收縮為平面，液面因而上升。繼續作用，直至  $aob$  凹面的張力和面下液柱  $amnb$  的重量成平衡時候，液體纔不再上升。又如圖 35，液

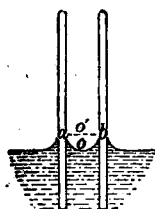


圖34. 毛細管內液體的上升

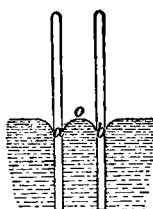
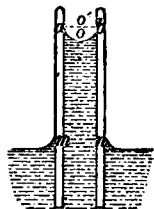


圖35. 毛細管內液體的下降

體各分子的內聚力比和毛細管分子的附着力為大，則成凸面。凸面的表面張力和內聚力的作用，因同樣的理由，致  $aob$  面必在管內下降，至管外  $h$  深度的液重施於  $o$  點上的壓力，和  $aob$  面伸平的表面張力成平衡時而止。

**問題 1** 吸水紙何以能吸墨水？手巾一部分浸在水中，何以全部能浸濕？

**問題 2** 試舉幾種日常所見的毛細現象。

### 本章提要

1. 液體的外部受壓力，可向各方傳遞到各部分，其強度

不變。其內部因受重力的作用，亦生壓力。在內部任一水平面上，各方的壓力都相等，與液體的深度和密度成正比例。

2. 液體的表面常為水平面。連通器內的各液面，亦保持同一的水平面。

3. 物體在液體中為浮力所減輕的重量，等於其所排開的液重。

4. 船艦等浮體浮在水面，其重量等於所排開的水重。

5. 固體的比重 =  $\frac{\text{物體的重量}}{\text{物體在水中減輕的重量}}$ 。液體的比重，可用比重瓶或比重計測定。

6. 物質由分子集合而成，各分子間有空隙，有互相吸引的分子力。內聚力是同類分子間的引力，附着力是異類分子間的引力。

7. 表面張力是液體的分子力所表現的現象，有收縮液面至最小面積的傾向。

8. 毛細管浸在液內，其內外的液面所差的高度，和管的直徑成反比例。毛細現象是液體的表面張力和分子力的作用。

## 第三章 空氣

### 本章要旨

1. 討論氣體的壓力和浮力。
2. 說明利用氣體壓力的器械。

1. **氣體的比重和壓力** 吾人在空氣內行動自由,毫不覺其有重量;但若用精密的天平將一個內盛空氣的容器先測其重量;然後用抽氣機抽去器內的空氣,再測一次,便知重量已經減輕,可知空氣亦有重量。一切氣體,由實驗的測定,知道都有重量,但輕重各不相同。通常論氣體的比重,是以空氣為標準,故氣體的比重為氣體的重量和等體積空氣的重量之比。重要氣體的比

#### (1) 氣體的比重

空氣 1.0000

氫 0.0695

氧 1.1056

氮 0.9674

氬 0.1381

二氧化碳 1.5291

#### (2) 氣體的密度(克/立方釐米)

空氣 0.001293

氫 0.000090

氧 0.001429

氮 0.001251

氬 0.000179

二氧化碳 0.001977

重和密度如上表<sup>(註)</sup>所示。

氣體的內聚力極弱，分子的運動極自由，所以在密閉容器內的氣體，不拘容器的大小，常呈擴散的狀況。無數的分子和器壁連續碰撞的結果，就生壓力的作用，這和水管的水流射在牆壁上，牆壁就連續受力的作用相同。這壓力的方向常與器壁相垂直，和液體一樣。氣體和液體同為流體，故氣體亦依從巴斯噶原理和阿基米得原理。

氣體既有重量，當然也可因重力的作用而生壓力，下層氣體的壓力當然要比上層的為大。但因氣體的密度很小，所以普通在容器內的氣體，或高度相差不大的時候，壓力的相差極微，可以略去不計。

(附註) 氣體的體積隨壓力和溫度而改變；故言氣體的比重和密度，普通都以攝氏零度及一氣壓時為標準。體積和壓力、溫度的關係及氣壓的意義見後。

2. 大氣的壓力 地面上空氣的範圍極廣，故常稱為大氣。離地面 200 公里以上的高處，尚有空氣存在，故其密度雖小，而由如此高的大氣

柱作用於地面上的壓力,當然極大。這種壓力稱為大氣的壓力,或簡稱氣壓。人體在大氣內毫不感覺受氣壓的壓迫,這是因為人體的內外部同時受到氣壓的作用,恰成平衡的緣故。關於大氣壓力的現象,可用下面的實驗來證明。

**實驗 1** 取一口邊極平的玻璃杯或茶杯,用水裝滿,上覆厚紙,緊貼杯口。將杯倒執如圖 36,可見紙片能緊托杯中的水使不下墜,這是甚麼緣故? 2.

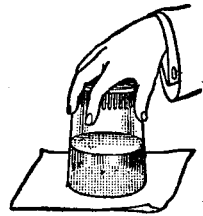


圖36. 氣壓的作用

在漏斗管的廣口上緊紮一塊橡皮膜,而將管口和一抽氣機連接如圖 37,抽去管中的空氣,膜就向管內陷入,這是甚麼理由? 3. 如圖 38,

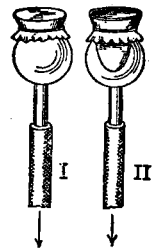
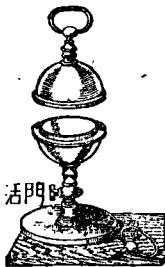


圖37. 膜的下陷

用兩個鐵製的半球(註),合併時恰能密接,成一中空



活門

的鐵球。當球中有空氣時,極易將兩半球分開,這是何故?若用抽氣機將球中空氣抽去,緊閉一半球所連的活門,試用兩手將球拉開,是否成功?

圖38. 馬德堡半球

這是甚麼理由?

**問題 1** 將銅筆套或小瓶內的空氣吸去,放在口唇上,何以能附着而不下墜?

**問題 2** 密封的牛乳罐,如單開一孔,牛乳不易流出;若多開一孔,流出就容易;這是何故?

**問題 3** 將竹筆管浸在水中,用指捫其上端,引管出水,然後將指放開,水就流下,試說明其理由。

(附註) 這個器具是德國的物理學家葛利克在馬德堡地方所創造的,常稱馬德堡半球,科學上很有名。葛氏曾在德皇的面前做這個實驗,用直徑半米許的兩半球,兩方各用八匹馬拉,纔能分開。

### 3. 大氣壓力的測定

**實驗** 如圖 39,用長約 1 米,一端封閉的玻璃管,滿盛水銀,用手指捫其開端,倒執而放入水銀槽中,使閉端向上;然後將手指移去,管內的水銀必降下少許,管內外水銀面的相差,約為 76 釐米,可用米尺量得其實數。



圖 39. 托里拆利的實驗

這個實驗稱為托里拆利

實驗<sup>(註)</sup>。所用的玻璃管，稱爲托里坭利管。管內水銀面上的部分，沒有空氣，稱爲托里坭利的真空。管內水銀面上既爲真空，所以沒有壓力的作用，管外水銀面每單位面積上所受的空氣壓力，必和管內水銀柱的重量所生的壓力相等，故大氣的壓力就可測定。氣壓隨時隨地而有變化，所以水銀柱的高度常有增減，通常以水銀柱76釐米的高度爲標準氣壓。氣體的壓力爲標準氣壓，和溫度在攝氏零度時，稱爲標準狀態。

標準氣壓的大小，既等於水銀柱76釐米的高度，所以等於  $76 \times 13.6 = 1033.6$  克/平方釐米，即每單位面積所受的大氣壓力，約爲1仟克。用這個數目定爲氣壓的單位，就稱爲一氣壓。一切氣體的壓力，其大小可用(1)若干 $\frac{\text{克}}{\text{平方釐米}}$ ，(2)若干氣壓，或(3)水銀柱若干釐米表示。

**問題1** 1氣壓能支持76釐米高的水銀柱，若用水代水銀，那麼1氣壓能支持若干高的水柱？

**問題2** 玻璃管直徑的大小，對於水銀柱的高度，有無關係？若管徑過細，成一毛細管，那麼水銀柱的高度是否正確？

(附註) 托里坭利 (1608—1647) 是意大利人，大物理家



伽利略的學生。

4. 氣壓計及其應用 依托里坵利實驗的原理製成一精密器械，以測量氣壓，稱為氣壓計。氣壓計的式樣有多種，通常所用的是水銀氣壓計，其形狀如圖40所示，和上節實驗的簡單儀器相同。主要部分亦為水銀槽和倒立槽內而充滿水銀的玻璃管，不過槽和管的大部分都有金屬管在外護着，祇有槽內的水銀面和管內的水銀面，可以從外面看見。槽的構造亦有種種，其底部有皮囊K，囊下螺旋A轉動時可以昇降，槽內的水銀面亦隨之而上下。測氣壓時，先轉動螺旋，使槽內的水銀面恰和固定於槽上的象牙針N相接觸，然後在氣壓計的上方看管內水銀柱的高度。

水銀氣壓計不便攜帶，故另有便於攜帶的無液氣壓計，如圖

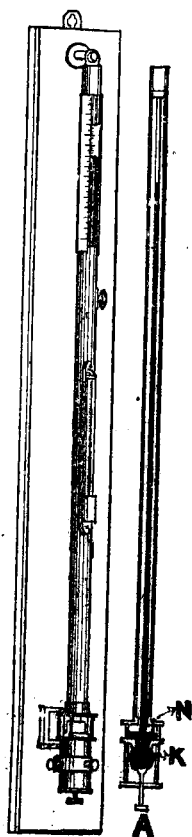


圖40.水銀氣壓計

41所示。其主要部分爲一薄金屬板製的圓盒C，盒內爲半真空，盒外氣壓若有增減，盒面起凹凸的作用，更用槓桿L、A連續擴大其作用，由鍊條B傳遞至指針I而起轉動。從指針所指的刻度，便可知道當時的氣壓。若用數個圓盒，重疊製成，

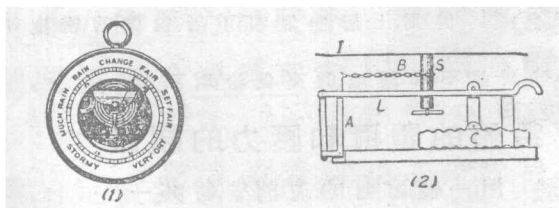


圖41. 無液氣壓計 (1)外形 (2)內部構造

指針上附以墨水筆，就能將氣壓的變化在轉動的圓筒面上自行記出，稱爲氣壓記錄器(圖42)。

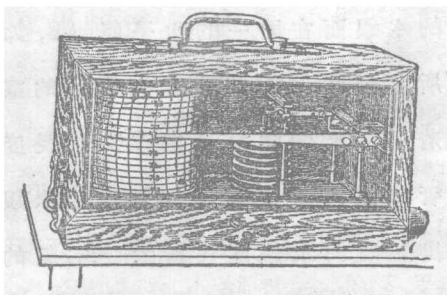


圖42. 氣壓記錄器

氣壓計對於氣象觀察上極爲重要。天將雨時，氣壓減低，氣壓計的水銀柱突然降下。天將晴時，水銀柱即漸升高。故氣壓計可預測天氣的晴雨。各地氣象臺比較水銀柱的高低，便可知道氣

壓的相差,推測暴風的方向<sup>(註1)</sup>。離地面愈高,氣壓愈低<sup>(註2)</sup>,大概離海平面12米,水銀柱降低約1毫米,所以用氣壓計亦可測知山嶺和飛機的高度。

(註1) 風的成因,是由於空氣的流動,常從高氣壓的地方流至低氣壓的地方。

(註2) 因為上層空氣和下層空氣的密度不同,所以壓力的增減並不和離地的高低恰成正比。

### 5. 氣體的體積和壓力的關係

**實驗** 用一個彎曲的玻璃管,將其一端封閉,從管口注入少量的水銀,使兩邊的水銀面在同一的水平面 AB, 如圖 43 所示。這時 AC 部分容有密閉的空氣,受着一氣壓的壓力,測定 AC 的長度。再從管口注入水銀,直至長管內的水銀面高出短管內水銀面 76 釐米時,空氣的部分就縮至  $A_1C$  的長度。 $A_1C$  的長度必等於 AC 的半數。管的橫斷面積各部相同,所以這時空氣的體積亦為原體積的半數,其壓力必等於大氣壓力和水銀柱壓力之和,為二氣壓。

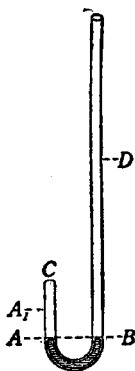


圖 43. 波義耳定律的實驗

由此實驗,可知密閉的氣體自 1 氣壓增加

至 2 氣壓,體積變為原體積的  $\frac{1}{2}$ 。連續實驗,就其體積和壓力的關係,知道在一定溫度時,一定質量的氣體體積,常與其施於器壁的壓力(等於所受外方的壓力)成反比例。這個關係稱為波義耳定律(註)。

圖 44. 波義耳

設一定質量氣體的體積為  $V_1$ ,測其壓力為  $P_1$ ;其體積如由  $V_1$ 變為  $V_2$ ,壓力必由  $P_1$ 變為  $P_2$ 。依照波義耳定律,便得其關係如下:

$$P_1 : P_2 = V_2 : V_1$$

或  $P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{常數}$

$$[\text{壓力} \times \text{體積}] = \text{常數}$$

又氣體的體積改變時,密度亦隨之改變。因體積和密度成反比例,所以溫度一定時,氣體的密度與其施於器壁的壓力成正比例。設  $d_1$  為  $P_1$  時的密度,  $d_2$  為  $P_2$  時的密度,亦可得關係如下:

$$P_1 : P_2 = d_1 : d_2$$

波義耳定律可用分子說以說明其理由,如

圖 45,因氣體的體積減小,密度增大,分子碰撞器壁的機會增加,所以器壁上所受的壓力增大。

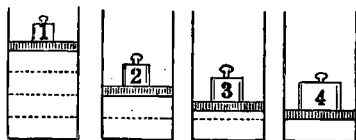


圖 45. 壓力和體積的說明

壓縮空氣就是在極小的鐵筒內壓入多量的空氣,使其壓力極大。這種大壓力,有種種的用途,例如潛水艇內就要應用。

**問題 1** 設有一種氣體,其體積為 200 立方釐米,壓力為  $1000 \frac{\text{克}}{\text{平方釐米}}$ ;若要使其壓力變成  $1200 \frac{\text{克}}{\text{平方釐米}}$ ,則其體積應為若干?

**問題 2** 4 升空氣由 1 氣壓導入 10 升的真空容器內,其壓力和密度變成若干?(1 氣壓空氣的密度為 0.00129)

(附註) 波義耳(1627—1691)為英國的物理學家,研究氣體的體積和壓力的關係。

**6. 氣球和浮力** 地面上的物體,既在大氣裏面受有壓力,則由阿基米得原理,亦應受大氣浮力的作用,和在液體裏面的情形一樣。故物體在空氣裏面的重量,應比在真空裏的重量為輕,所減輕的重量,必等於被其所排開空氣的重量。

**實驗** 將一體積稍大的空球，懸於小天平的一端，在他端懸一重物，使天平恰平衡。若將天平移置於抽氣機的玻璃罩內，將罩內的空氣抽去，則懸球的一端下降，天平頓失平衡，如圖 46 所示。

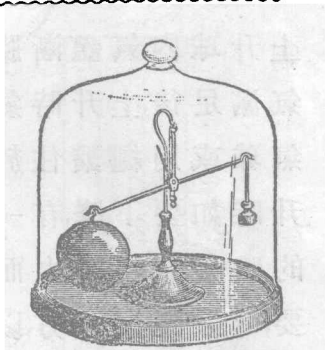


圖 46. 氣體的浮力

由實驗知道物體的體積愈大，在空氣內所受的浮力亦愈大，所以大體積的物體，其重量要比小體積的物體多減輕些。

如物體自身的重量，小於同體積空氣的重量，則在空氣裏就可浮起氣球的原理，就是利用空氣的浮力，用氫或氦裝在大氣囊內而成。如圖 47，球下懸籃一個，人就可坐籃中而隨之上升。氣球的充氣，在地面時並不充滿，因離地面愈高，空氣密度愈小，其壓力亦愈減故氣球

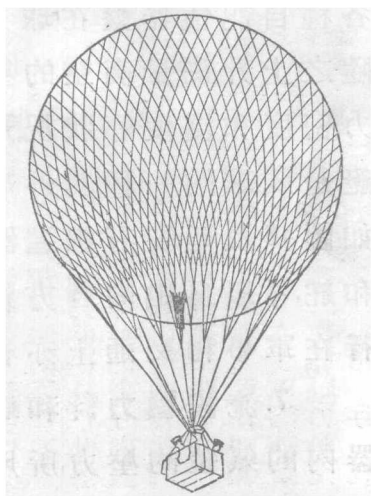


圖 47. 氣球

上升,球內氣體漸膨脹,容量自大。否則在地面充氣滿足後,上升時氣體的壓力就可使球囊漲裂。氣球或用繩繫住於地面,或自由上升。在自由上升時如要下降,有一氣門可以開放氣體,縮小球的體積,減小浮力而下降。氣球在軍事上極為重要,可以觀察遠方,以探視敵情。在氣象上可以用

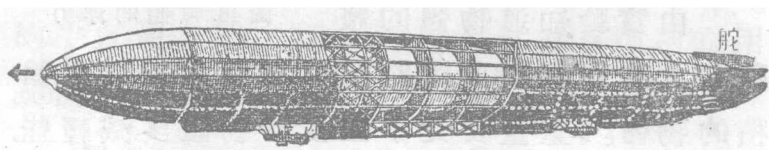


圖 48. 飛艇 (一)

各種自記儀器繫在球下,隨之上升,測量高空的壓力,密度和溫度等狀況。飛艇是氣球的一種,其外形如圖 48 及 49,裝有推進器和舵,可以自由向各方進行,在軍事和交通上亦極重要。

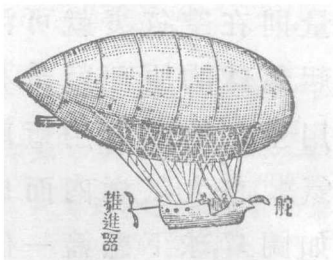


圖 49. 飛艇 (二)

7. 流體壓力計和虹吸管 測量密閉於容器內的氣體的壓力,所用的器械,稱為流體壓力計。最簡單的流體壓力計如圖 50,係一個彎曲玻

管，管的兩臂間附一標尺，管中盛以水銀或其他液體如水、酒精等。管的一端和含有氣體的容器連接。若此時左右兩臂的液面在同一水平面，則所要測的氣體的壓力，恰和大氣壓力相等。若氣體的壓力比大氣壓力為大或小時，則兩臂內的液面就有高度的相差。從當時氣壓的大小，和液面相差的高度，就可算出氣體的壓力。

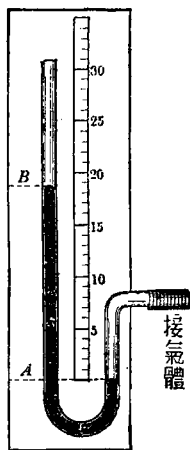


圖50. 流體壓力計

**實驗** 在玻璃管流體壓力計中盛以水銀，管的一端連一橡皮管，放入口中，鼓氣吹之，在尺上讀出水銀面相差的高度，再在氣壓計上讀出當時的氣壓，試由此計算肺壓的大小。

虹吸管為一有長短兩臂的彎曲管，先在管中盛滿水，用二指密按兩端，然後將短管放在盛水的容器內，將指放開，水就從長管內源源不絕的流出。故利用虹吸管可以不將容器傾側，而使液體移到較低的地方。



虹吸管的作用是利用氣壓的關係，如圖 51，因短管 a 處的上壓力等於大氣壓力減去液柱 ad 的下壓力，長管 b 處的上壓力等於大氣壓力減去液柱 be 的下壓力。be 液柱既然比 ad 液柱為長，所以 a 處的上壓力比 b 處的上壓力為大，液體就從短管向長管流動。

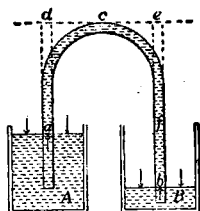


圖 51. 虹 吸 管

**問題 1** 虹吸管放在真空內能否發生作用？

**問題 2** 上圖內 ad 的高度過大時，對於虹吸管的作用有何影響？何故？

**8. 抽水唧筒** 抽水唧筒是利用大氣壓力將低處的水送至高處的器械。通常汲取井水的一種，稱為吸取唧筒，其主要部分如圖 52 所示為一圓筒 C，和一活塞 P，筒底有導管 B，通至井內，管接筒處有活門 s，活塞上亦有活門 t，都祇能向上開放。

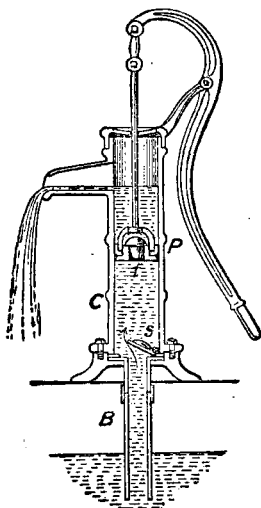


圖 52. 吸取唧筒

活塞上提時，筒內空氣稀薄，井內的水因大氣  
 壓力被壓入導  
 管，衝開活門  $s$ ，  
 流入筒內。當活  
 塞下降時， $s$  被  
 水壓閉，筒內的  
 水就衝開活  
 塞上活門  $t$ ，流入  
 活  
 塞上面。活塞上下數次，水即從側管流出，其情  
 形如圖 53 所示。

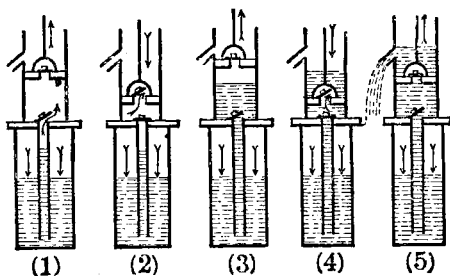


圖 53. 吸取唧筒的作用

抽水唧筒的另一種為壓力唧筒，其  
 主要部分和吸取唧  
 筒相像，不過活  
 塞上無活門，側  
 管移近筒底如圖  
 54，管內裝一  
 活門  $t$ ，亦祇能  
 向上開放，更於  
 活門上和出口管  
 $E$  間裝一密  
 閉空氣室  $D$ 。當活  
 塞

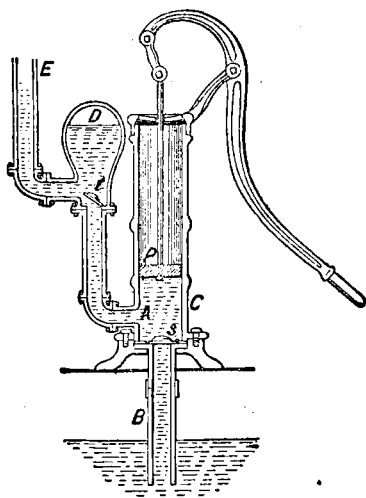


圖 54. 壓力唧筒

上提時，水從導管通入筒內，下降時，筒內的水壓入側管衝開活門  $t$ ，一部分昇入出口管，一部分壓入空氣室內，將空氣壓縮。當活塞再上提時，筒內的水雖不壓入側管，但同時壓縮空氣膨脹，亦能將室內的水壓上出口管，所以不論活塞上下，出口管內的水能連續壓出，不致間斷。

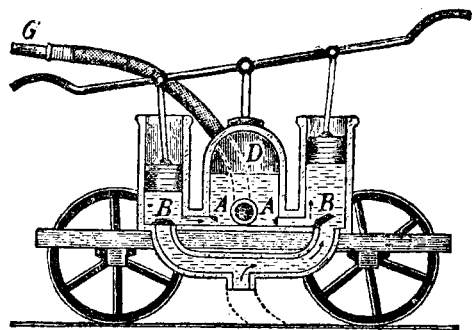


圖 55. 消防唧筒

消防唧筒是兩個壓力唧筒合組而成，如圖 55，水從兩方的圓筒交互壓入空氣室內，將水連續由  $G$  口噴出，其作用更大。

9. 空氣唧筒  
和壓縮唧筒欲抽去密閉容器內的空氣，須用空氣

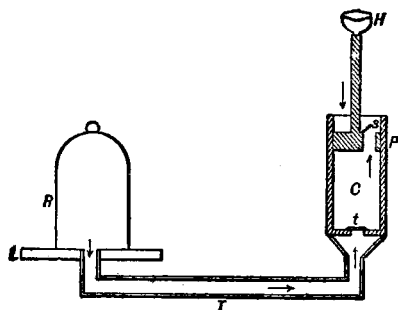


圖 56. 空氣唧筒

唧筒，亦稱抽氣機。其主要部分和吸取唧筒相同，簡單的裝置如圖 56。當活塞上提時，容器（玻璃罩）內的空氣衝開活門  $t$  而逸出，如是將活塞往復抽壓，容器內的空氣就逐漸抽去，和真空相近。試說明其作用。

**實驗 1** 膀胱內留有少許空氣，用線緊紮其口，放在玻璃罩內，將罩內空氣抽去，膀胱是否逐漸膨大？  
**2.** 取玻璃瓶二個，如圖 57 的裝置。A 瓶口塞緊，B 瓶口和玻璃罩相通。將罩內空氣抽去，A 瓶內有

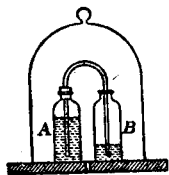


圖 57. 水的移動

着顏色的水，就流入 B 瓶。若將空氣放入，B 瓶的水復流回 A 瓶。試說明其理。

若將空氣唧筒的兩活門裝在活塞和筒底的下層，使其祇能向下開放，則當活塞上下抽壓時，空氣就由活塞的上方壓入玻璃罩內，其作用恰和空氣唧筒相反。這種唧筒，能將空氣壓入容器內的，稱為壓縮唧筒，亦

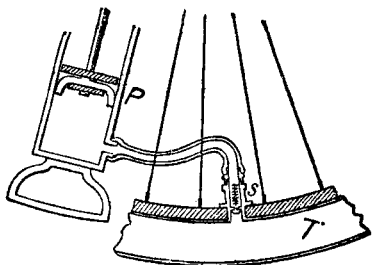


圖 58. 壓縮唧筒

稱打氣筒。腳踏車和汽車的膠皮輪胎以及足球膽內的充氣，所用的壓縮唧筒，如圖 58 的裝置。活塞下用一塊軟皮 P，比筒的斷面積為大，可以代活門的作用。s 為祇能向輪胎 T 內開放的活門。活塞上下抽壓，就可送氣入胎內。鐵匠所用的風箱亦是利用壓縮唧筒的原理。

### 本章提要

1. 氣體的比重，用空氣為標準。在容器內氣體的壓力，和器壁垂直。
2. 在攝氏零度，海平面上的大氣壓力恰能支持 76 釐米的水銀柱時，稱為氣體的標準狀態。
3. 氣壓計可以預測暴風雨的發生，和地面上的高度。
4. 溫度不變時，一定質量的氣體體積，與其施於器壁] 的壓力成反比例。
5. 氣球是利用大氣的浮力。壓力計、虹吸管、抽水唧筒、空氣唧筒等，都是利用氣壓的裝置。

## 第四章 物質的彈性

### 本章要旨

1. 說明彈性體的應變和外力的關係。

2. 說明彈簧秤的構造及其應用。

1. 彈性 橡皮帶受了外力的牽引,或橡皮球受了外力的擠壓,都要改變其形狀;如將外力除去,又都能恢復原來的形狀。凡物質因受外力而發生形狀的變化,稱爲應變;所呈恢復原狀的力,稱爲彈力;具有彈力的性質,稱爲彈性;富有彈性的物體,稱爲彈性體<sup>(註)</sup>。古代所用的弓,鐘錶內的發條,以及鎖內的彈簧等,都是利用彈性體的彈力作用。

彈性體因受外力而改變形狀,如在一定的範圍內,外力除去後固可因其彈力的作用而恢復原狀;若外力太大,形狀的改變超過了這一定的範圍,那麼外力雖然除去,也就不能恢復原狀;這個彈性的範圍,稱爲彈性限度。物質的彈性限度,各隨其性質而不同;鋼的彈性限度較大,鐵次之,木材又次之。凡彈性限度較大的物質,受有外

力,不容易得永久的變形,故彈簧、發條普通都用鋼製;彈性限度較小的物質,如金、銀、銅等,就容易錘成箔片或抽成線條,或裝入模型中擊成有花紋的貨幣。

物體受外力的作用,既已超過彈性限度,生起了極大的應變;如果外力繼續增加不已,物體終必至於破斷。這個物體破斷時所需最小限度的力,稱爲極限強度。物質的極限強度亦隨其性質而不同,鋼鐵較大,故不易斷;磚瓦極小,故易破碎。

彈性體彈力的保持,又和外力作用的時間有關。若外力作用的時間過長,則雖在彈性限度以內,外力除去後也不能恢復原狀。這個現象稱爲彈性的疲乏。竹竿用手彎屈放手即復原狀,若用繩繫兩端,張成弓形,放置數日之後,雖然將繩解去,亦即不能恢復原狀,就爲彈性疲乏的緣故。

**問題 1** 近代大建築物都用鋼鐵做骨幹,是何緣故?

**問題 2** 金、銀等彈性限度很小,爲何錘成箔片或抽成線條而不致破斷?

(附註) 不論何種物質,都有彈性,惟大小不同。液體的

彈性最小，氣體極大，本章所論惟以固體為限。

## 2. 彈簧秤

**實驗** 將螺絲彈簧的上端固定如

圖 59，其下端懸砝碼，彈簧就延長；若將砝碼的重量逐漸加至二倍、三倍，彈簧的延長亦即增加至二倍、三倍。

由此實驗，可知物質的應變與作用的外力適成正比例，這個關係，稱為虎克定律。但此定律祇適用於彈性限度以內，如果超過了彈性限度，則應變的增加遠大於外力的增加，而不復成比例。

彈簧秤是應用虎克定律的原理製成，用以測度力的大小和物體重量的器具。法將鋼製的彈簧裝置在適當的圓筒內，先用已知的力引長彈簧，在筒外依彈簧所附指針的指示處刻劃如圖 60 所示。用時即可由指針移靜止時所示的數值讀出所欲測力或重量。彈簧秤的形式有種種，或

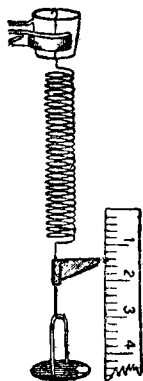


圖 59. 彈簧的伸長



圖 60. 彈簧秤



將盛物的托盤裝在頂上,或將指針的上下移動改爲圓周運動,各隨應用的便利而異其構造,但其根據的原理都是一樣。

物體的重量因地而變,而質量則隨處皆同。彈簧秤的伸長度數全由牽引力的大小而定,故祇能測度力的大小和物體的重量,而不能測物體的質量。至於第一章所述的天平,因以砝碼的質量爲標準,故嚴密的說,祇能測度物體的質量而不能測知其重量。所以彈簧秤和天平的作用並不相同。

**問題** 在彈簧的下端加 25 克的重量,可伸長 2 釐米;倘欲伸長 6 釐米,須加多少重量?

## 本章提要

1. 彈性體的應變有一定限度,又和時間有關;外力作用過大或過久,就不能恢復原狀。過了彈性限度,外力繼續增加,物體終至破斷。

2. 彈性體的應變在彈性限度內,和作用力成正比,彈簧秤即據此原理製成,以測力的大小和物體的重量,但不能測物體的質量。

## 第五章 運動和力

### 本章要旨

1. 討論車和船等的運動。
2. 說明運動的原因和力的作用。
3. 說明物體的平衡及其穩度。

1. **運動和慣性** 一物體的位置須據一標準體而確定。凡物體對於所定的標準體隨時生位置的變更的，稱為運動；不變其位置的稱為靜止。人坐在駛行着的火車內，如對車體為靜止，對地面則為運動；所以物體的靜止和運動，是對所定的標準體而言的。通常地面上一切物體的靜止或運動的狀態，常以地球為標準體。

物體動、靜狀態的改變，須受着外力的作用。例如火柴盒放在書本上，如將書本急推，盒即向後倒下，如圖 61 上方所示。這因書本受着力的作用，就由靜止而變成運動，但火柴盒的下方雖隨書運動，

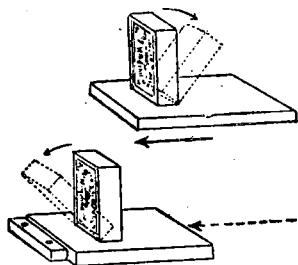


圖 61. 慣性的表示

其全體仍保持靜止的狀態，所以有此現象。若將書本慢推，使力的作用亦能傳到盒的全體，則兩物體同起運動；既運動後，驟然將書本停止，則盒的全體必仍保持其運動狀態，而向前倒下，如圖 61 下方所示。又如圖 62，一小球和柱體的中間放一紙片，將銅片後扳而突放，銅片就打紙片，使其運動，而小球則仍靜止。何故？凡物體常保持其靜止或運動的性質，稱為慣性。要改變其慣性，

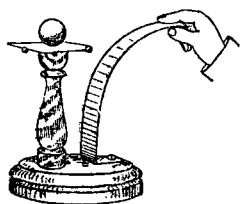


圖 62. 慣性的又一表示

須用外力。日常所見的現象，如用手拍衣服，可除去塵埃；將果樹搖動，果實與樹枝脫離；洗筆後，將筆揮動而急停，可灑去水滴；刀柄和刀片鬆動時，可將刀柄在桌上下擊，刀就嵌進柄內，都是慣性的利用。

質量大的物體，其慣性常比質量小的物體為大，例如用力推動一個小孩，比推動一個壯漢容易。所以物體的慣性，常和其質量成正比例。

大物理學家牛頓(註)曾確定這慣性和力的關係，就是：一切物體，若不受外力的作用，靜止的

永遠靜止，運動的永遠向一直線的方向運動。這個關係，稱為慣性定律。

**問題 1** 車中的人，當車初開時，必向後倒。當車驟然停止時，必向前仆。試說明其理由。

**問題 2** 賽跑的人到終點時，何以不能驟停？

**問題 3** 試從慣性定律，述力的定義。

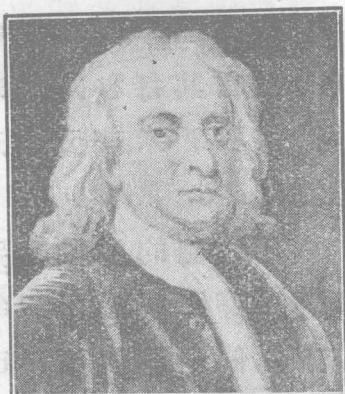


圖 63. 牛頓

(附註) 牛頓(1642—1727)是英國人，發見萬有引力和運動三定律。

**2. 位移和速度** 物體因運動而變更位置，若祇論其距離的大小和運動的方向，而不問其所費時間的多少，稱為位移。例如某人自 A 向東行五里至 B，便是一個位移，可用直線 AB 表出如圖 64，AB 的長短即表位移的大小，B 端的箭頭即表位移的方向。



圖 64. 位移

物體在單位時間內的位移，稱為速度，故速

度係包含時間、距離和方向三種關係而言。若僅指其單位時間內所行路程的長短，而不論其方向，則稱為速率。例如開行的火車，不問其開行的方向，祇言其每秒鐘經過 20 米的路程，即稱其速率為每秒 20 米。若云向東每秒開行 20 米，即表示其速度。

凡物體的運動，其速度在任何時刻都相同的，稱為等速運動。所以等速運動的物體，其運動的方向依一直線而不改變，每單位時間內所經過的距離必相等。設物體的速度為  $V$ ，隨時而不變，則 1 秒內所經過的距離，就是  $V$  的數值，2 秒內的距離必為  $2V$ ，3 秒內的距離必為  $3V$ ，所以  $t$  秒內所經的距離必為  $Vt$ 。設  $S$  表所經的距離，則等速運動的公式為：

$$S = Vt \quad \text{[距離]} = \text{[等速度]} \times \text{[時間]}$$

$$\text{或 } V = \frac{S}{t} \quad \text{[等速度]} = \frac{\text{[距離]}}{\text{[時間]}}$$

若距離的單位為釐米，時間的單位為秒，則因速度的單位，須將距離和時間的單位一併記出，就可記作釐米/秒，稱為每秒釐米。其他如每分米、每小時仟米等，都可表示速度。

通常物體的運動,在短時間內的速度可以相同,但在長時間內極難得等速運動。速度時有變更的運動,稱爲變速運動。變速運動的速度雖常有變更,但在一定的時間必經過一定的距離。若用等速運動的公式來計算,所用的速度應爲該時間的平均速度。幾種變速運動的物體,其平均速度約如下表:

進行的兵士	.....1.3米/秒
賽跑(長距離)	.....6.3米/秒
賽跑(短距離)	.....9.1米/秒
海輪	.....12.1米/秒
快車	.....22.4米/秒
暴風	.....49 米/秒
飛機	.....87 米/秒
聲音	.....335 米/秒
槍彈	.....610 米/秒

**問題 1** 位移、速率、速度的意義,有何區別?

**問題 2** 設有一車,每秒經過 15 米。若爲等速動運,則該車經過 1500 米,所要的時間爲若干分鐘?

**問題 3** 30 每秒米的速度,等於若干每分仟米?

3. **加速度** 火車自車站開行,靜止時速度固然爲零,但動出後則每秒鐘的速度逐漸增加,到將停時速度又逐漸減小,終變爲零。凡變速運動的物體,每單位時間內所生速度的變化,稱爲

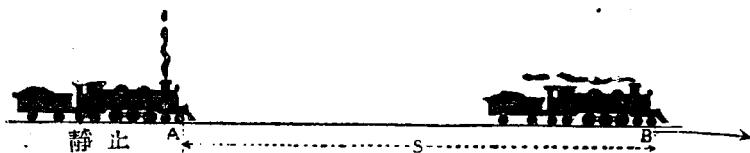


圖 65. 加 速 度

加速度。如圖 65,設火車從靜止開行,到 8 秒鐘末的速度爲 400 每秒釐米,則每秒鐘增加的速度,平均爲 50 每秒釐米,就是加速度。又設火車的速度爲 400 每秒釐米時,將其減小,到 8 秒鐘末而靜止,則每秒鐘所減小的速度,平均爲 50 每秒釐米亦稱加速度,不過是負數罷了。凡物體的變速運動,其每秒鐘所生速度的變化都相同的,稱爲等加速運動,其加速度稱等加速度。設  $V$  爲  $t$  秒末的速度,  $a$  爲加速度,則得其關係如下式:

$$a = \frac{V}{t} \quad \text{[加速度]} = \frac{\text{[終速度]}}{\text{[時間]}}$$

或  $V = at \dots \dots \dots (1)$

上式表示速度和時間的關係。若速度的單位用釐米/秒，時間的單位用秒，則加速度的單位須將速度和時間的單位一併記出，得釐米/秒<sup>2</sup>，就是表示每秒速度的變化為每秒釐米，讀為每秒每秒釐米。

欲求等加速運動所經過的距離，應先求  $t$  秒內的平均速度。凡數個等加的數目，如 4、6、8、10 的平均數，為  $\frac{4+6+8+10}{4} = 7$ ，但用其首尾兩數相加後的折半數，結果亦相同，就是  $\frac{4+10}{2} = 7$ 。所以物體從靜止而運動，初速為零，至  $t$  秒末的終速為  $V$ ，則其平均速度必為  $\frac{V+0}{2}$ 。設距離為  $S$ ，則從上節可以得：

$$S = \left( \frac{V+0}{2} \right) t$$

再將(1)式代入，得：

$$S = \frac{1}{2} at^2 \dots\dots\dots(2)$$

就是等加速運動所經過的距離與其時間的平方成正比例。

若將(1)、(2)兩式合併，就得速度和距離的關係如下式：

$$V^2 = 2aS \dots\dots\dots(3)$$



這三個公式,是等加速運動的三個重要的關係。

**問題 1** 火車離站,用等加速度 $0.4$ 米/秒<sup>2</sup>運動,求第 $10$ 秒末的速度,和經過的距離。

**問題 2** 一等加速運動的物體,在 $20$ 秒內經過 $200$ 釐米。求該物體的平均速度,和等加速度。

**4. 力** 靜止或運動的物體,如不受外力的作用,則依慣性定律,其狀態不變,已述於前。若用一定的力連續加於物體,則不論物體的原來狀態爲靜止或運動,必在力的方向得一定的加速度而進行。由實驗知道,所用的力大,則物體所得的加速度亦大,故質量一定的物體,所得加速度的大小,和作用力成正比例。又若物體的質量不同,欲令得相同的加速度,則質量大的物體所需的力也大,故質量的大小亦和作用力成正比例。合併以上二個關係,可知物體加速度和質量的乘積必和外力成正比例。這個關係,稱爲運動定律。

作用於質量 $1$ 克的物體,使之得每秒每秒釐米加速度的力,稱爲達因,亦爲力的單位。這單

位不受重力的影響，故稱力的絕對單位。其大小約和重量 1 毫克相當，故遠較重力單位為小。設力  $F$  達因的力作用於質量  $m$  克的物體，使其得每秒每秒釐米的加速度為  $a$ ，則其關係如下式：

$$F=ma, \text{ 或 } [\text{力(達因)}]=[\text{質量(克)}]\times[\text{加速度}(\frac{\text{釐米}}{\text{秒}^2})]$$

由前節知  $a=\frac{V}{t}$ ，代入上式得：

$$F=\frac{mV}{t}, \text{ 或 } Ft=mV.$$

上式中力和時間的乘積  $Ft$ ，稱為衝量，物體的質量和速度的乘積  $mV$ ，稱為動量。故運動定律又可以說物體的動量的改變和作用的衝量相等。物體的動量改變率愈大，作用的力也愈大。打擊和衝突，都在極短的時間內使速度發生很大的改變，故作用的力亦很大。

**問題 1** 質量 10 克的物體，以 50 每秒釐米的速度向前進行。若以 100 達因的力在其運動的反對方向推之，問須經過幾秒，方使物體靜止？又物體共行若干距離？

**問題 2** 質量 10 克的物體，受 100 達因力的作用，問所得速度若干？又問於 5 秒內，共行若干遠？

**問題 3** 用錘敲釘，易於釘入木內，若僅用錘壓釘，則不

易釘入，何故？

**問題 4** 吾人由高處跳下，如以足趾先着地，則震動較小，何故？

**5. 合力和分力** 船在順流中前進的速度，爲船在靜水中速度及水流速度的和。同方向的二力，作用於物體的同一點，所合成的力，亦爲二力的和，方向不變。船在逆流中前進的速度，爲船速及水速的差。反方向的二力作用於同一點所合成的力，亦爲二力的差，方向和大力相同。凡二力或數力作用於同一點所合成的力，可用一個單力來代表，稱爲合力，故上例中的和及差都是二力的合力。

設船橫過河流由此岸至彼岸，船雖欲橫過，但因水流的關係，却斜着運動，這是因受兩力成角度時所生的合力的作用。

**實驗** 取二彈簧秤 A、B，懸於黑板二釘上，如圖 66，以一線連接秤的二鉤，於其近中點處，懸已知重量 W，則支持重量 W 的力，非 A、B 兩秤所表的力，而爲兩力的合力。試依三線的位置，在黑板上畫三直線，而取 OX、OY 和 OW 三線段，令其所含單位線段數，等於 A、B 所表的張力和 W 的重量。

再以  $OX, OY$  爲兩邊，  
 作成一平行四邊形，  
 則其對角線  $OR$  恰  
 和  $OW$  的長相等，且  
 方向相反。

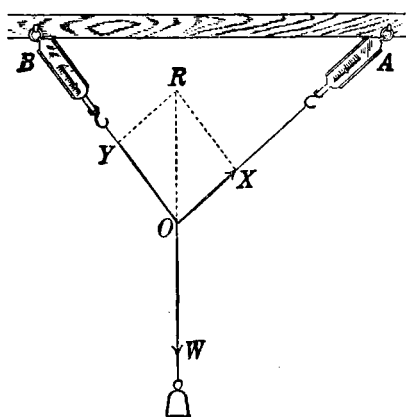
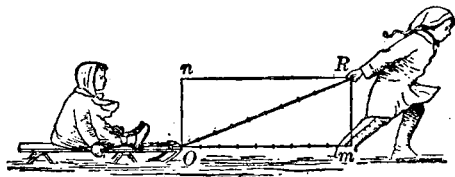


圖66. 兩力成角度的合力

由此可知用  
 圖示求成角度二  
 力的合力，可將二  
 力的代表線爲二

邊補成一平行四邊形，然後由着力點引對角線，  
 此對角線即表示合力的着力點，大小，和方向。求  
 三力的合力，可先求出二力的合力，再求此合力  
 和第三力的合力，即爲三力的合力。

二力既可合成一力，反之一力亦可分成二  
 力，稱爲分力。普通一力作用於物體而和物體下  
 的平面傾斜時，常依此平面分爲平行和垂直方  
 向的二分力，稱  
 爲平行分力和  
 垂直分力。如圖



67，一孩用力在

圖67. 曳車的分力

OR 方向曳一雪車,則使車前進的力即爲其平行分力  $O_m$ , 另一分力  $O_n$  舉車向上,即爲垂直分力。由圖可知  $O_m$  和  $O_n$  都比 OR 爲小。

**問題 1** 汽船向東駛行,每小時 12 仟米;風吹之向北,每小時爲 5 仟米;試以圖示求此船進行的路徑,并求其實際進行的速度。

**問題 2** 有兩力爲 10 仟克及 6 仟克,同作用於一點。若 (1) 方向相同時, (2) 方向相反時 (3) 方向互相垂直時,則此二力的合力各爲多少克?

**問題 3** 和水平面傾斜的平面,稱爲斜面。如圖 68, 利用斜面推上物體,何以能省力?試用分力的原理解釋之。

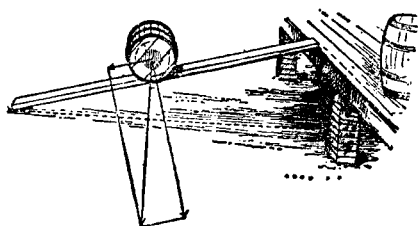


圖 68. 斜面省力的原因

**6. 力的反作用** 以卵擊石而卵反破人在船上以篙用力抵岸而船反離岸而去,由此可知甲物體加於乙物體,乙物體同時亦以力還加於甲物體前者稱爲作用,後者稱爲反作用。一切的作用,都有大小相等,方向相反的反作用,這個關係,稱爲反作用定律。

反作用定律對於日常事物，應用很多。如圖69，步行的人以足向後用力，得地面反作用的分力而前進。坐着的人，以足抵地，以手擦桌面，得地和桌的反作用而立起。鳥類的兩翼，向下撲擊，得空氣的反作用而上飛。鴨用蹼向後划動，得水的反作用而前進。

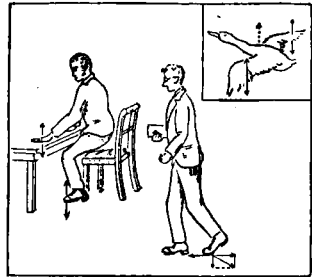


圖69. 反作用的利用

又如圖70，人拉車子時，足踏地面，足和地面間有作用和反作用的兩水平分力；此兩力相等而相反，以 $F_1$ 表示之。人和車子間的作用，亦有二力，以 $F_2$ 表示之。車子和地面間的作用，亦有二力，以 $F_3$ 表示之。若 $F_1$ 大於 $F_2$ ， $F_2$ 大於 $F_3$ ，則得加速度而起運動。運動後如速度不變時，則三處的力都相等。

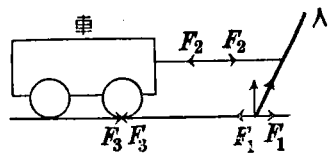


圖70. 人拉車的作用

前述的慣性定律，運動定律和本節的反作用定律，都是牛頓所確定，稱為運動三定律，為力

## 學上最重要的定律。

**問題 1** 人如陷於深的泥淖中,每愈陷愈深,何故?

**問題 2** 兩隊童子行拔河遊戲,設每隊都用 1000 斤克的力;問繩所受的張力為若干?

### 7. 力矩和轉動

**實驗** 試取普通米尺一根,如圖 71,支其中點  $F$  為軸。以 100 克砝碼  $W_1$  懸於離  $F$  40 釐米處,則 200 克砝碼  $W_2$  必懸於離  $F$  20 釐米處,方可使米尺不轉動。

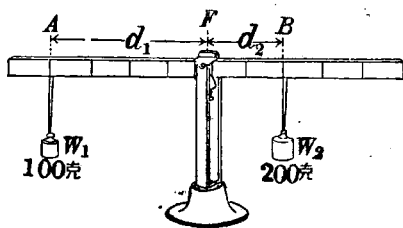


圖 71. 力矩的試驗

由此實驗,可知一桿依一定的軸,其一方的  $W_1$  和與軸的距離  $d_1$  的乘積,必等於他方的  $W_2$  和  $d_2$  的乘積。 $d_1$  和  $d_2$  為由軸到力的作用線的垂直距離,稱為力臂。力和力臂的乘積,稱為力矩。力矩的作用,在使物體以軸為中心而轉動。由上述的實驗右邊  $W_2$  所生力矩的作用,在使米尺的右端向下轉動,左邊  $W_1$  所生力矩的作用,在使米尺的左端向下轉動。如米尺不轉動,則力矩應相等。故

$$W_1 d_1 = W_2 d_2 \quad \text{或} \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

即力矩相等時力臂長短和力的大小互成反比。

物體轉動時，其各部分都在軸的周圍同時作圓周運動；若物體運動時其各部分都作直線的運動，如從高處落下的物體，稱為移動。轉動和移動的性質，完全不同。通常辨別物體轉動的方向，及力矩的正負，依時針運動的情形而定。凡逆時針動的方向為正向，順時針動的為負向。物體轉動的速度，由力矩的大小而定，例如門戶開關的時候，戶樞就是轉動軸，用一定的力，作用於門上，若與戶樞的垂直距離愈遠，則力矩愈大，故推動愈易。

要使轉動物體的轉動軸改變方向，須用很大的力。重大物體如轉動迅速，則軸的方向更不易改變。圖 72 示一陀螺，依軸  $OA$  而轉動，即因轉動物體保持轉動軸的方向，故不易傾倒。腳踏車的進行不倒，亦同此理。

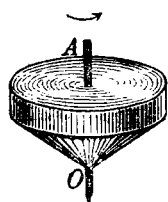


圖 72. 陀螺的轉動

**問題** 來復槍長筒內都刻有螺旋紋，使子彈沿着螺旋

旋轉射出，何故？



## 8. 平行力

**實驗** 由上節的實驗，試以線懸米尺的中點  $F$ ，而以彈簧秤稱之，則米尺並不轉動，而彈簧秤所表示的重量恰為 300 克。

此實驗中彈簧秤所示的重量適為  $W_1, W_2$  的和，即彈簧秤向上拉的力等於  $W_1, W_2$  向下二平行力的合力。故二平行力的合力所在點必和彈簧秤所支的  $F$  點同在一處，其方向和彈簧秤上拉力的方向相反，而和  $W_1, W_2$  的方向相同。故同方向的二平行力作用於一物體的兩點時，其合力必為：

- (1) 大小等於二平行力的和；
- (2) 方向和二平行力的方向相同；
- (3) 將二平行力的作用點的連結線依力的反比而分之，所得的分點，即合力的着力點。

由此規則，可以計算平行力的合力，亦可計算一力的二平行分力。如圖 73，有汽車一輛重 1500 仟克，馳行

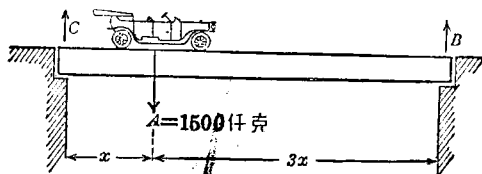


圖 73. 橋上的汽車

於鐵橋 CB 上面,兩岸支持地方所受的力,時時變更。如車經過橋長  $\frac{1}{4}$  時,設 C 處所受車的力為  $W_1$ ,則以 A 為軸,得:

$$W_1:(1500-W_1)=3:1$$

解之得  $W_1=1125$  仟克,

B 處所受的力為  $1500-1125=375$  仟克。

三平行力合力的大小,即其三力的和,而其着力點則可先求任何二力合力的着力點,再由此合力與第三力便可求出三力的合力着力點。

方向相反,大小相等的二平行力,稱為力偶,其合力為零,故不能使物體移動,僅能使物體轉動。平常旋轉螺旋釘或用鑰匙開發條等,須用兩指挾住柄的兩面,用力旋轉,如圖 74 所示,就是利用力偶的作用。

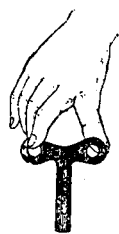


圖 74. 力偶

問題 1 大人和小孩用 2 米長的桿,擡 60 仟克的物體。

若小孩僅能支持 20 仟克的重量,問物體應置於桿的何處?

問題 2 物體上受一個力偶而轉動,如要制止其轉動,

應用何法?

## 9. 物體的平衡 以一力作用於靜止的物

體，則物體必起運動。若同時以數力作用於一物體，有時可不起運動，就是力的平衡。

物體的運動，已知有移動和轉動兩種。移動的原因由力的作用，轉動由力矩的作用。若物體既無移動，又無轉動時，則所受的力和力矩的代數和必都爲零，而物體乃成平衡。

(1) 在同一直線上二力平衡時，其大小相等而方向相反。作用於同一點的三力成平衡時，其中任二力的合力，必和第三力大小相等，方向相反。

(2) 三平行力作用於物體成平衡時，其中的一力，和其他二平行力的合力，大小相等，方向相反，且同在一直線上。

(3) 又如前述的實驗，米尺左邊 $W_1$ 重力所生的力矩，恰等於右邊 $W_2$ 重力所生的力矩，力矩的代數和爲零，故米尺不轉動而成平衡。

總之物體平衡的條件，爲數力的合力爲零，就不生移動，同時力矩亦爲零，就不生轉動。

**問題** 長 1 米的木桿，一端懸 200 克重，他端懸 500 克重；設木桿重量可以略去不計，則線須懸在桿的何處，方能平衡？

10. 萬有引力和重力 牛頓見蘋果落地,乃考察天體星球的運動,發見萬有引力定律。其定律爲宇宙間任何兩物體,在其連接直線上,互相生引力作用,其大小則和兩者質量的乘積爲正比,而和其距離的平方爲反比。宇宙間的一切物體,大如日月地球,小如砂礫塵埃,都有彼此互相吸引的力。如兩物質量各爲 1 克,相距 1 釐米時,其間作用的萬有引力約等於  $\frac{1}{15,000,000,000}$  克。質量很大的太陽和地球,相距約爲 149,640,000 仟米,其引力約有 4,064,000,000,000,000,000 仟克。星球能够在一定軌道上運動,全靠此引力的作用。

地球上一切物體的重量,即因受有地球引力而發生,故地球引力通常稱爲重力。重力的方向對地心和地面垂直,故高處的物體如沒有支持,必自然向地面垂直落下。物體落下時,繼續受着重力的作用,故必生一加速度,稱爲重力加速度。

伽利略在批薩斜塔(見封面內插圖)上,用輕重不同的物體同時放下,結果同時達於地面,證明

物體無論輕重落下的速度相同。又如圖75,羽毛在空氣內較小錢落下為慢,是因空氣的抵抗關係。若同置管內,抽去空氣,則羽毛和小錢同時落下。由此可知在同一地方,如無空氣的抵抗物體無論輕重落下時所得的重力加速度都相同。

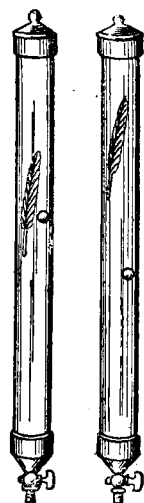


圖75.羽毛和小錢在真空內同時落下

重力加速度的數值略為980每秒每秒釐米通常以  $g$  表之。但因地球的兩極略近扁平,其與地心的距離,較赤道為小;又平地上與地心的距離亦較高山上為小;故由萬有引力定律,重力的作用和重力加速度亦隨處稍異。同一物體的重量在兩極最大,在赤道最小,又在平地比在高山上為大,這是一個主要的理由。

**問題 1** 地球半徑平均為 6367 千米,在地面重 100 克的物體,若在離地面 6367 千米地方應重若干?

**問題 2** 質量 1 克的物體,所受的重力,如以絕對單位表之,當為多少達因?

## 11.重心和穩度 物體各部分所受重力的

方向,都是垂直於地面,故可視為無數的平行力。求其合力的方法,前已述及。如圖 76,合力的着力點  $G$ ,即是假想物體全重量所匯集的一點,稱為重心。有規則形狀的物體,如直棒的重心在中央,三角板的重心為其三角形三中線的交點,正立方體及球的重心都在中心。不規則形狀物體的重心,可由實驗求得。

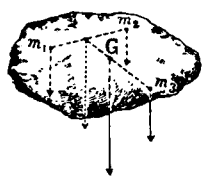


圖 76. 重心

**實驗** 用線懸物體的一點,如成平衡時,則重心必在線的引長線上。如圖 77,用線將物體的  $D$  點懸住,虛線為其引長線。再懸  $A$  點,得另一虛線。兩虛線的交點,就是重心。

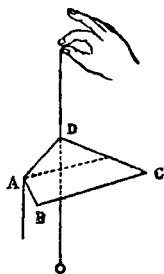


圖 77. 求重心法

推倒靜止物體難易的程度,稱為穩度。物體平衡的狀態,全看其重心的位置如何而定,這狀態可分三種:

(1) **穩定平衡** 物體的重心位置若低則在適當限度內稍稍傾斜,其重心位置升高而其垂直線仍在底內,故能復其原地位,如圖 78 中的圓

錐體 A 或桌椅等,稱為穩定平衡。

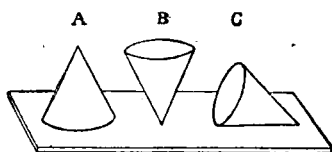


圖 78. 三種平衡

(2) 不穩平衡 物體的重心位置若很高,則隨立隨倒,不能穩定少刻,如圖 78 中的倒圓錐體 B,稱為不穩平衡。

(3) 隨遇平衡 物體雖被推動,而其重心既不升高,亦不降低,如圖 78 中的圓錐體 C 或圓球等,任何推動,都能安定於新位置,稱為隨遇平衡。

穩度對於日常事物上應用很多。例如吾人荷物,必須將重心配好,以免傾跌,如圖 79 所示。



圖 79. 配重心法

問題 1 人上山時,身體須向前俯,下山時須向後仰,何故?

問題 2 老人為何須持拐杖?

問題 3 貓、狗何以不易跌倒?

問題 4 不倒翁何以推而不

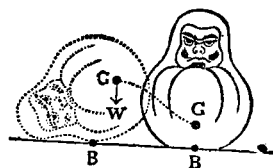


圖 80. 不倒翁

倒?試就圖 80 加以說明。

## 12. 單擺

伽利略見掛燈的擺動，因而發見擺的定律。如圖 82，將細線的上端  $O$  固定，下端懸一小球，這個裝置稱為單擺，小球稱為擺錘，自  $O$  到擺錘



圖 81. 伽利略觀察掛燈的擺動

中心的長，稱為擺長。將擺錘曳到  $A$  的位置，然後放開，則擺錘因受重力  $AW$  的一個分力  $AP$  的作用，有回復其原位置到  $C$  的傾向。迨回到  $C$  的時候，又因得了相當速度，由慣性的作用，不能靜止，而仍繼續向前進行。但在此時，重力的作用又妨礙他的進行，使其速度漸漸減小。迨到和  $A$  同高的位置  $B$  時，速度已變為零，於是又依反對的方

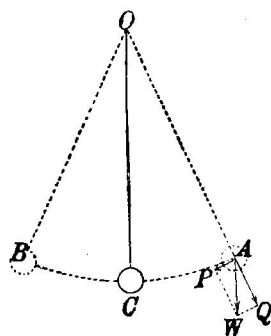


圖 82. 擺的試驗



向運動。如此沿 ACB 弧來往擺動，稱爲振動。AC 弧或 BC 弧的長，稱爲振幅。來往一次所需的時間，稱爲週期。

**實驗 1** 取同長的線兩根，一懸鐵球，一懸木球，使之振動，則兩擺的週期相同。 2. 將同長的兩擺，使振動的振幅不同，則兩擺的週期仍相等。 3. 使三擺擺長的比爲 1:4:9，則可見其週期成 1:2:3 的比。

由此可知擺的振幅不甚大時，其週期和擺的物質與振幅無關而和擺長的平方根成正比，是爲擺的等時性。由理論的證明，設擺長爲  $l$ ，其週期爲  $T$ ，則

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad [\text{週期}] = 2\pi \sqrt{\frac{[\text{擺長}]}{[\text{重力加速度}]}}$$

由上式可以測各地的  $g$  值；又利用擺的等時性，可以節制時鐘的快慢。

**問題** 用擺的時鐘，如走得太快，要改正他，應將擺錘旋上抑旋下？何故？

**13. 空氣和水的阻力** 一擺既動以後，照理論應繼續來往振動，但實際上不久就會停止。物體在流體中運動時，在運動的方向，受着流體的

反作用使其速度減小，此種反作用稱為阻力。擺在空氣中振動，除受重力的作用外，亦受空氣的阻力，故速度漸減，振幅漸小，終至停止。通常抵抗運動的流體為空氣和水。由實驗測知其阻力的大小和運動方向成直角的橫截面積及速度的平方成正比。羽毛比小錢的面積大，受空氣的阻力亦大，故落下較慢。空中的雲霧，面積很大，所以不容易降下；但若聚成雨點，面積縮小，就會落下。吾人賽跑愈快，阻力愈大，故所需的力亦愈大。

利用空氣和水的阻力而運動的器械通常為推進器和舵。飛機、輪船所用的推進器和運動玩具所用的竹蜻蜓相同，是用兩片或三片金屬板裝在轉動軸上，用發動機使其轉動將空氣或水推向後方，由空氣或水的反作用的分力，使機或船前進。如圖 83 為船的推進器，水對於器生反作用

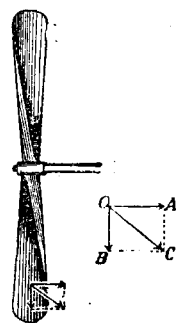


圖83. 推進器的作用

力  $OC$ ，其與軸平行的分力  $OA$ ，使船前進。飛機和船的舵，亦是利用空氣和水的阻力以變更方向。如圖 85，船以  $F$  力前進， $IO$  為舵，

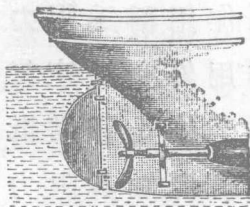


圖84. 推進器和舵

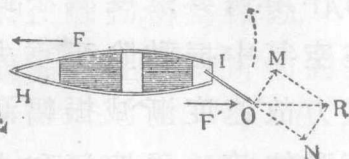


圖85. 舵的作用

水流反作用  $F'$  的阻力，對舵面可分為垂直分力

$OM$  和平行分力  $ON$ 。 $OM$  力作用於舵使船首且依虛線轉動。飛機的舵有兩種(圖86)，如上述的一種稱為鉛直舵，司機的轉向，故亦稱方向舵。還有

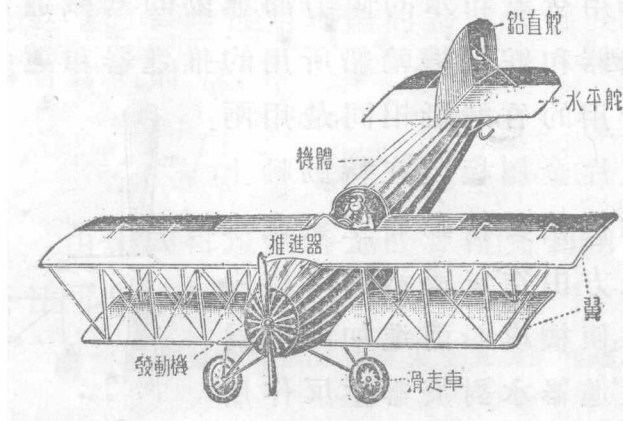


圖 86. 飛 機

一種為水平舵，司機的昇降，故亦稱昇降舵。飛機能飛翔空中，又須恃機翼和空氣壓力的作用，理

由從略。

**問題 1** 雨點由高空落下，達地面時，照理論速度應該很大；但實際並不很快，何故？

**問題 2** 輪船船首何以較船身為扁狹？

### 本章提要

1. 物體對於所定的標準體，隨時生位置的變更，稱為運動。否則為靜止。

2. 凡物體因運動而變更位置，祇論其大小和方向，稱為位移。單位時間內的位移，稱為速度。

3. 凡變速度運動每單位時間內所生速度的變化，稱為加速度。

4. 等加速度運動的三公式為：

$$V=at; \quad S=\frac{1}{2}at^2; \quad V=\sqrt{2aS}$$

5. 牛頓的運動三定律如下：

A. 第一定律，又稱慣性定律。

一切物體，若不受外力的作用，靜止的永遠靜止，運動的永遠依一直線的方向運動。

B. 第二定律又稱運動定律。

以外力作用於物體，則物體在力的方向得一定的加速度。加速度和物體質量的乘積，和外力成正比。

## C. 第三定律又稱反作用定律。

對於一切作用,必有大小相等、方向相反的反作用。

6. 凡合數力爲一力,稱爲合力。在同一直線上的二力,如方向相同,其合力爲二力的和,方向不變;若方向相反,其合力爲二力的差,方向和大力相同。

7. 同作用於一點而成角度的二力,可以二力的代表線爲兩邊作成平行四邊形,則其對角線即代表合力的着力點、大小、和方向。

8. 一力對於某方向所生的有效作用,稱爲某方向的分力。一力的分力,普通依平行四邊形的方法,依一平面分爲平行和垂直的兩分力。

9. 力臂和力的乘積爲力矩。

10. 物體各部分都作一直線的運動,稱爲移動。物體各部分在軸的周圍作圓運動,稱爲轉動。物體受力的作用生移動,若受力矩的作用則生轉動。

11. 二平行力的合力,其大小爲二力的和,方向依二力的方向,其着力點依力矩的原理算出。

12. 物體平衡的條件必爲:

A. 諸力的代數和爲零。

B. 諸力矩的代數和爲零。

13. 宇宙間任何兩物體,在其中的連結直線上,互有引力的作用,其大小和兩者質量的乘積爲正比,而和其距離的平方成反比。

14. 地面上的物體,因地球的引力,自高處落下時,必得一加速度,其值約爲 980 每秒每秒釐米,稱爲重力加速度。

15. 假想物體全重量所匯集的一點,稱爲重心,即其重力的着力點。

16. 物體的平衡狀態有穩定平衡、不穩平衡和隨遇平衡三種。

17. 擺的振動爲等時性,其週期爲:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ 。

18. 飛機和輪船所用的推進器和舵,都是利用空氣或水的阻力。

## 第六章 簡單機械

### 本章要旨

1. 說明秤的構造和原理。
2. 敘述各種簡單機械的應用。
3. 討論工作的意義和原理。
4. 研究摩擦對於工作的關係。

1. 秤和槓桿 人力有限,如需用大力,可以利用機械。機械的種類雖多,但不外從槓桿、滑輪、輪軸、斜面、螺旋和劈等六種簡單機械組織而成。

凡依一定點,可以自由轉動的棒,稱為槓桿,這定點稱為支點。支點和力的着力點間的距離,稱為力臂。由力矩的原理,可知槓桿兩端的力矩須相等,方可平衡,就是槓桿兩端的重量和離支點的距離成反比,稱為槓桿原理。利用槓桿原理,可以測知物體的質量,如天平就是兩臂等長的槓桿。如圖

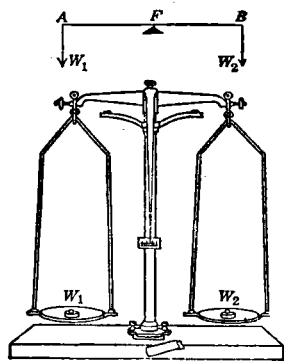


圖 87. 天 平

87, 依力矩的相等, 設天平的支點為  $F$ , 而  $W_1$  和  $W_2$  為兩物體的重量則

$$W_1 \times AF = W_2 \times BF$$

$$\therefore \frac{W_1}{W_2} = \frac{BF}{AF}$$

因  $BF = AF$ , 故  $W_1 = W_2$

桿秤亦是應用槓桿原理。如圖 88, 一端懸所稱的物體  $R$ , 在此端附近穿繩, 作為支點。他端懸有質量一定的錘  $E$ , 可以自由移動, 使桿水平。由錘的位置就可知道物體的質量。通用的秤, 刻的斤數大都從實驗而來。若簡單的說, 將秤桿的重量不計, 則秤桿水平時, 得

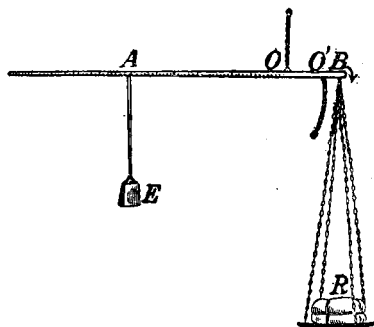


圖 88. 桿秤

用式表之為:

$$R \times OB = E \times OA$$

$$\therefore R = E \times \frac{OA}{OB}$$

$E$  錘移出的距離, 以一端和支點的長為限度, 所以  $OA$  臂最長時, 祇能稱到一定的最大重量。若將支點  $O$  移近物體的一端, 即另取一支點



O', 則因 O'B 比 OB 爲短, O'A 的限度比 OA 長, 故用同一的錘, 和同一的秤, 所能稱到的最大重量, 可比以前增加, 而所用的原理還是相同, 不過秤上的刻度則兩不相同。

**問題 1** 有長 1 米的槓桿, 左端懸 1 仟克的物體, 右端懸三仟克的物體。設桿的重量不計, 問桿平衡時, 支點應放在何處?

**問題 2** 秤錘上若加一小鐵環, 問對於所稱物體的重量, 有何影響? 又問對於稱輕的物體和重的物體, 兩者影響孰大?

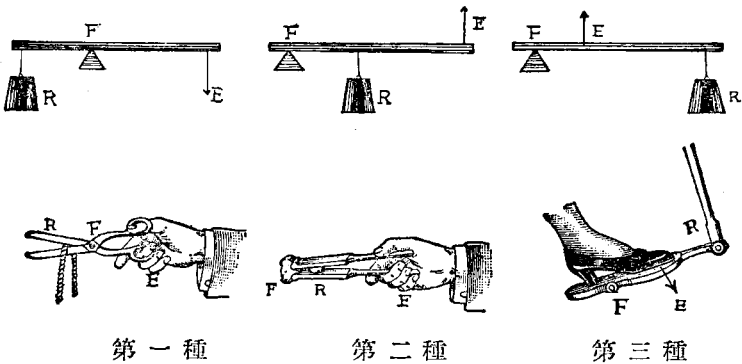
**2. 機械利益和三種槓桿** 上節所述的桿秤, 以輕的 E 錘能使重的物體 R 平衡, 就是用小的力發生較大的效果。故 E 可稱爲**主力**, R 稱爲**阻力**。機械的作用, 就在使很小的主力得和很大的阻力平衡。物理上以阻力和主力的比稱爲機械利益。由槓桿原理, 知兩力的比與其力臂成反比, 故

$$\text{機械利益} = \frac{\text{阻力}}{\text{主力}} = \frac{\text{主力臂}}{\text{阻力臂}}$$

凡槓桿上主力的着力點, 稱爲**力點**, 阻力的着力點, 稱爲**重點**。如圖 89, 支點 F 若在中間, 稱爲

第一種槓桿如上述的桿秤,以及平常用的剪刀和鉗子都是。其機械利益或大於 1, 或小於 1, 視主力臂和阻力臂的長度而定。若重點在中間稱爲第二種槓桿, 如鋤草刀等, 因主力臂常大於阻力臂, 故其機械利益大於 1。若力點在中間稱爲第三種槓桿, 如縫衣機的踏板等, 因主力臂常小於阻力臂, 故其機械利益常小於 1。

圖 89. 三種槓桿



第一種

第二種

第三種

從三種槓桿的機械利益, 可推知: (1) 機械利益爲 1, 則並未省力, 祇得改變方向的便利; (2) 機械利益大於 1, 則省力而費時間; (3) 機械利益小於 1, 則費力而省時間。所以機械的應用, 不外省力或省時間。

**問題 1** 人手持槌,是何種槓桿?

**問題 2** 如圖 90 爲拔釘錘, FB 長 30 釐米,釘和錘支點距離 FA 爲 5 釐米。若主力 E 爲 30 仟克,問其拔釘力 R 若干? 又問此錘的機械利益如何?

**問題 3** 裁縫用的剪刀,何以口長柄短,鐵匠用的剪刀,何以口短柄長?

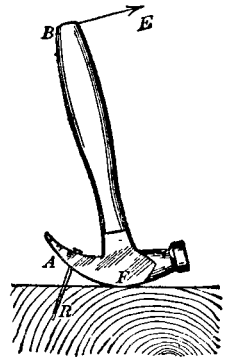


圖90. 拔釘錘

### 3. 滑輪和輪軸 張帆、昇

旗所用的滑輪,是四周有小槽的小輪,在其軸上可以自由轉動。裝在固定地方,不能移動的,稱爲定滑輪,如圖 91。裝在所拉的物體上,而隨物體上

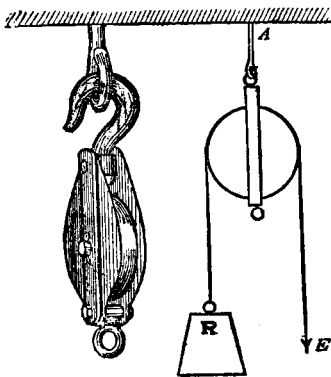


圖91. 定滑輪

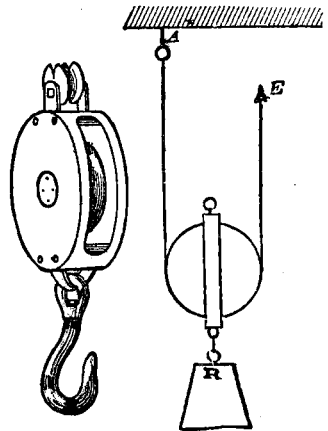


圖92. 動滑輪

下運動的稱為動滑輪，如圖 92。定滑輪可以看作兩臂相等的第一種槓桿，故其機械利益為 1，即  $E=R$ 。利用定滑輪可以改變力的方向。動滑輪可以看作第二種槓桿，重量  $R$  分配於繩的兩端，故  $E=\frac{1}{2}R$ ，機械利益為 2。

實用上都以定滑輪和動滑輪合併，如圖 93，稱為滑輪組，重量  $R$  分配於 4 繩，故每繩所受的力為  $\frac{1}{4}R$ ，就是  $E=\frac{1}{4}R$ ，而其機械利益為 4。

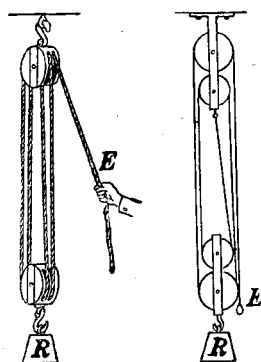


圖 93. 滑輪組

若滑輪愈多，繩亦愈多，而力愈省。

輪軸為一大滑輪連於軸上，如圖 94。輪邊和軸各繫一繩，其繞轉方向相反。軸上懸重物  $R$ ，輪上的繩施力，就可將重物提起。輪軸也可看作第一種槓桿，中心  $F$  即為支點， $r_1, r_2$  為輪和軸的半徑，則

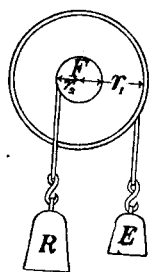


圖 94. 輪軸

$$R \times r_2 = E \times r_1$$

$$\therefore \text{機械利益} = \frac{R}{E} = \frac{r_1}{r_2}$$

故輪的半徑若比軸的半徑愈大，則愈省力。船上所用的起錨機，就是利用輪軸的原理。

**問題** 若以 60 仟克的力，可以支持 300 仟克重的物體。若摩擦不計，則滑輪組應如何裝置？試繪圖說明之。又問此種裝置的機械利益為若干？

**4. 工作和工作原理** 用力作用於物體使之運動，則稱力對於物體做工作。如人由地面舉箱到車中，或曳箱移動於地上，都稱為對箱做工作。做工作的大小，以物體沿着力的作用方向經過的距離，和作用力的乘積表之，與時間的長短無關。設以  $F$  表力的仟克數， $S$  表距離的米數，則工作的單位稱為仟克米，以  $W$  表之，得式如下：

$$W = F \times S$$

$$[\text{工作}](\text{仟克米}) = [\text{力}](\text{仟克}) \times [\text{距離}](\text{米})$$

由上述的理由，可知一力作用於物體，若不能使物體運動，在科學意義上即不得稱為工作。

槓桿、滑輪和輪軸，都可以用小力以舉重物。但力和重物各做的工作却相等。例如定滑輪的  $E = R$ ， $R$  上昇的距離，和  $E$  下降的距離相等，故兩者所做的工作相等。動滑輪的  $E = \frac{1}{2} R$ ， $R$  上昇 1

釐米， $E$  須經 2 釐米的距離，兩者所做的工作仍相等。再如前滑輪組圖  $E = \frac{1}{4}R$ ， $R$  上昇 1 釐米，則因每繩都要縮短 1 釐米，故  $E$  須經 4 釐米，而兩者所做的工作仍相等，就是  $E \times 4 = R \times 1$ 。由此可推知一切機械都是這樣。若機械的摩擦略去不計，則施於機械上的工作，常和機械所完成的工作相等。這個關係稱為工作原理。

設主力  $E$  所經的距離為  $S$ ，阻力  $R$  所經的距離為  $S'$ ，則工作原理可用下式表示：

$$ES = RS'$$

上式亦可寫作：

$$\frac{R}{E} = \frac{S}{S'}$$

故機械利益，不但可從力臂方面求出，即依工作原理亦可從每力所經的距離求出。

**問題 1** 一孩身重 50 仟克，登 7 米高的地方，問此孩共做工作多少？又問經 10 秒時間或 1 分時間，對此工作有無增減？

**問題 2** 輪軸的輪周為 6 米，軸周為 1.5 米，問主力施於外輪時，其機械利益如何？

### 5. 斜面、螺旋和劈

凡和水平面成傾斜角度的平面稱爲斜面。如圖 95,

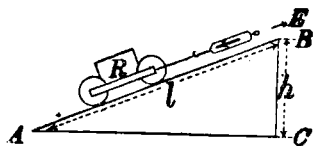


圖 95. 斜 面

$l$  爲斜面的長,  $h$  爲斜面的高。用  $E$  力將  $R$  重的物體由  $A$  曳到  $B$ , 其所做的工作爲  $E \times l$ 。但同時物體的位置昇高  $h$ , 對於重力所做的工作爲  $R \times h$ 。由工作原理得:

$$E \times l = R \times h$$

$$\therefore \text{機械利益} = \frac{R}{E} = \frac{l}{h}$$

故斜面愈長機械利益愈大, 所需的力也愈小。高大建築的樓梯, 多爲盤曲形, 曳重物上

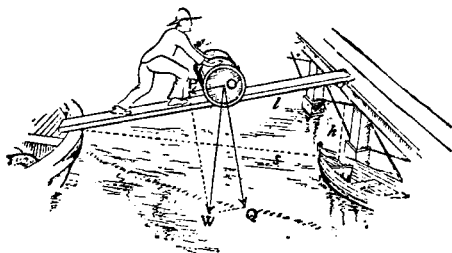


圖 96. 斜面的作用

高坡, 也多盤曲而上, 不作直線進行, 都爲增加斜面的長以求省力的緣故。

螺旋爲斜面和槓桿連合而成。如以直三角形的紙繞於鉛筆, 則筆的周圍成螺旋曲線如圖

97 左;若沿此曲線有凸起條紋,即為陽螺旋,如圖 97 右。又若在圓孔內鑿成條紋,恰能嵌合陽螺旋的,即

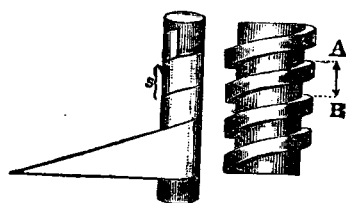


圖 97. 螺旋原理

為陰螺旋,其相鄰兩線的距離,如圖 97 中的  $S$  和  $AB$ , 稱為螺距。主力  $E$  推行螺旋的臂一轉,則阻力  $R$  經一螺距  $S$ 。設  $l$  為臂長,則由工作原理得:

$$E \times 2\pi l = R \times S$$

$$\therefore \text{機械利益} = \frac{R}{E} = \frac{2\pi l}{S}$$

故螺旋的機械利益很大。但實際上因摩擦力很大,故不能得到理論的數值。

劈為兩個斜面合成,其頂角愈小,則機械利益愈大。如斧(圖 98), 刀都是,針,釘也和劈的作用相似。

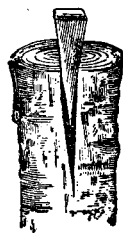


圖 98. 劈

問題 一桶重 100 仟克,某孩用 40 仟

克的力,要舉桶達高度 128 釐米。若利用斜

面,則至短的斜面須長若干? 又問某孩共做工作若干?

6. 能量 運動的彈丸,對於阻礙的物體,能抵抗摩擦而穿進物體。就是對於妨礙的物體做



相當的工作。凡物體能顯示做工作的量，稱爲物體的能量，運動的彈丸，就有能量。不獨彈丸如此，凡在運動中的物體，都能顯示工作。凡物體運動時所有的能量，稱爲物體的動能。又如延長的彈簧，壓縮的空氣，及置於高處的物體，都可做相當的工作，故亦有能量。但這種能量，因其位置而發生，稱爲位能，或稱勢能。動能和位能，稱爲機械的能量。

彎弓放箭，當手拉弦未放時，弓因手所做的工作而得有位能；迨放手時，弓的位能消失，箭就得動能而射出。又如將物體舉高做工作，物體亦得有位能；迨物體由高處落下時，位能減少，動能增加，至地面時完全變爲動能，和地面衝突，則又變爲熱能。故能量可由一種形狀變爲他種形狀，或從一物體傳至他物體，但變化前後，能量是不變的。換句話說，能量無論如何變換都不能消滅或創生。這個關係稱爲能量不滅原理，在物理學上極爲重要。

**問題** 槍彈由槍口向上射出後，其能量的變化如何？試

說明之。

**7. 摩擦和機械效率** 物體沿着他物體的表面運動,常受一種阻止其運動的力,這種力稱為**摩擦力**,簡稱**摩擦**。

**實驗** 如圖 99,用寬厚不等的長方形木塊一個,將面積大的一面,置於桌面上。用繩繫住,並經一個定滑輪後,其端懸一盤,此時物體並不滑動。若盤中漸加砝碼,使繩上的張力漸大,張

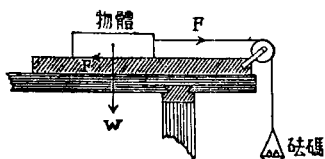


圖 99. 最大摩擦的測法

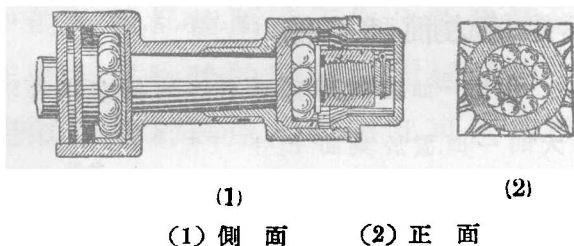
力達到相當的數值時,物體就開始滑動。若將木塊的面積小的一面放在桌面上,滑動時所須張力的大小如何?若在木塊上面再加重量,則滑動時所須的張力又如何?

這個實驗,就是表示物體和桌面接觸處有摩擦  $F$ , 繩上的張力略大於  $F$  時,就使物體滑動。由此可知靜止的物體在他物體上,其摩擦有一定極限,這個極限,稱為**最大摩擦**。兩物體間的最大摩擦,視兩物體接觸面的性質而定,與其重量成正比,但和接觸面積的大小無關。

摩擦可分為滑動摩擦和滾動摩擦兩種。如上述物體在桌面滑動時的最大摩擦,就是滑動

摩擦。若物體在轉動時所生的摩擦，則比較很小，如車輪在地面上轉動，就是滾動摩擦。因滾動摩擦很小，故多

圖 100 車的軸承



數軸承都在軸的周圍裝有小球，使軸棒轉動為滾動摩擦，如圖 100 所示。這種裝置，稱為球軸承。

前數節所述的各種機械，摩擦都略去不計，實際上各種機械都有相當的摩擦，故主力所做的工作，實和阻力及摩擦力所做的總工作相等。對於摩擦所做的為虛耗的工作，變化成熱能，故阻力所做的工作即機械所供給的有用工作必小於其所吸收的工作，兩者相比的百分數，稱為機械效率。

$$\text{機械效率} = \frac{\text{機械所供給的有用工作}}{\text{機械所吸收的工作}} \times 100$$

簡單槓桿的摩擦很小，其效率近於100%；斜面則在50%至100%之間；滑輪組、螺旋和劈的摩擦很大，故效率較小。各種機械為增高效力計，除

利用滾動摩擦外,普通常塗石墨及機械油等滑劑,以求減少摩擦。

問題 1 人在冰上行走,容易滑跌,何故?

問題 2 使用第 89 頁圖示之滑輪組時,須施 100 克的力方能舉重 300 克;求該滑輪組的機械效率。

### 本章提要

1. 簡單機械分槓桿、滑輪、輪軸、斜面、螺旋和劈的六種。
2. 槓桿分三種,其機械利益視主力臂和阻力臂比率而定。桿秤是第一種槓桿。
3. 定滑輪的機械利益為 1, 動滑輪為 2, 滑輪組為  $n$  ( $n$  為分支重量的總數)。
4. 輪軸的機械利益為  $\frac{\text{輪的半徑}}{\text{軸的半徑}}$ 。
5. 斜面的機械利益為  $\frac{l}{h}$ 。
6. 螺旋的機械利益為  $\frac{2\pi l}{s}$ 。
7. 力和同向移動距離的乘積,稱為工作。施於機械的工作,常和機械所完成的工作相等,稱為工作原理。
8. 物體顯示做工作的量,稱為能量。機械的能量分位能和動能兩種。能量可以變換形式而不能創生或消滅,稱為能量不減原理。
9. 兩物體間的摩擦有一定限度,稱為最大摩擦,與其

重量成正比,和接觸面的大小無關。摩擦分滑動摩擦和滾動摩擦兩種,滾動摩擦比較滑動摩擦為小。

10. 機械效率 =  $\frac{\text{機械所供給的有用工作}}{\text{機械所吸收的工作}}$ , 通常以百分數表之。

## 第七章 熱和熱的傳遞

### 本章要旨

1. 討論熱的來源及其性質。
2. 說明熱的傳遞方法。

1. 熱的來源 熱的來源最重要的為太陽。物體受太陽光的照射,同時能得熱。光線直射於地面時,地面上所得的熱亦愈多,斜射時則得熱較少,所以中午比早晚為熱,夏天比冬天為熱,赤道地方比兩極地方為熱。地球內部亦是熱的,溫泉,火山就表示其有熱。

吾人對於炊事,燃燈,發動機器等所用的熱,不能直接利用太陽和地球內部的熱,其來源都應用木柴,煤炭,油類和氣體等的燃燒。這類質稱為燃料。

家常日用的電熨斗,電鍋,電暖爐等,所得熱來源就是利用通過的電,至電的性質和熱的關係,見本書下冊。

使用機器時,必有摩擦發生。所消耗在摩擦工作就變為熱。如圖 101, 以火柴在盒上摩擦,

所發生的熱就可燃燒。還有鋸木、鑽孔等，亦能生熱。所以機械的能量消耗就可以變熱。這是由摩擦而得的熱。

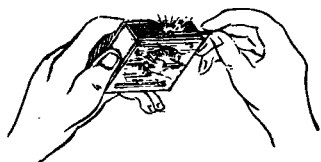


圖 101. 火柴摩擦燃燒

總之，吾人所得熱的來源，不論為太陽、燃料、電和摩擦等，都是能量的變換，可知熱為能量的一種，而非物質，故常稱為熱能。

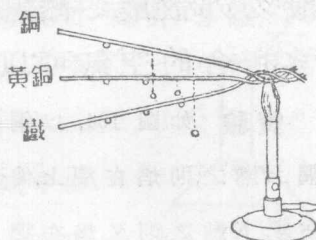
**問題 1** 吾人冬天手冷，倘用兩手相搓，就可稍暖，何故？

**問題 2** 燃燒火柴所得的熱能，何以說是從太陽間接來的？

**2. 熱的傳導** 熱從一個地方可以傳到另一個地方，稱為熱的傳遞。傳遞的方法，共有傳導、對流、輻射三種。

手握鐵棒的一端，將他端放入火內加熱，不久手就覺熱，而不能握着，這因火內的熱從鐵棒傳到手上的緣故。凡熱從高熱的地方，經物質逐漸傳到低熱的地方，稱為熱的傳導。將木片的一端燃燒，手尚可握着他端而不覺其熱，這因木為不善傳熱的物質，稱為非導體，而鐵則為導體。凡

金屬雖同為導體，但傳導亦有難易。



**實驗** 取粗細相等的銅絲、鐵絲、黃銅絲三條，如圖 102，將一端互相絞合，并於各線上分段滴以白

圖 102. 金屬的傳熱

蠟少許。若於絞合之端，在酒精燈上加熱，則見銅絲上的白蠟先熔落，黃銅次之，鐵絲最後。

由上面的實驗，可知對於熱的傳導銅最容易，黃銅次之，鐵又次之。由同樣的實驗測得銀的傳導比銅更為容易。他如木材、棉花、羊毛等物，則都是非導體。

**實驗** 如圖 103，以試管盛水，用手握管的下端，將管的上部加熱到沸騰，下部的水仍未熱，手尚可以握着。

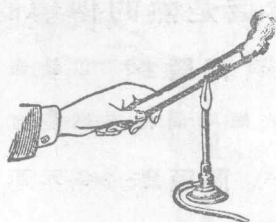


圖 103. 水是非導體

由上面的實驗，可知水是非導體。液體大都是非導體。至於氣體，對熱的傳導更難。棉花、羊毛、毛織物等有很多空隙，內含空氣，不能傳熱，故冬天製成衣服，能保持人體的



熱，使勿外散。嚴冬酷寒，如有大雪，則因雪中空隙很多，所含的空氣，可以保護植物根部，使不凍壞。

**實驗** 如圖 104，以銅絲網放在酒精噴燈上，用火柴在網上燃之，則焰在網上，倘在網下燃之，則又焰在網下。

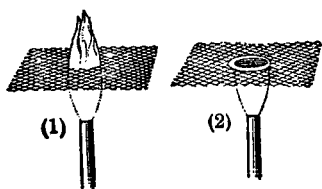


圖 104. 銅絲網的傳熱

這是因為銅絲網很容易將焰的熱傳去，使網的一方面的酒精汽體不能達到其燃燒的溫度，故有這種現象。礦坑中所用的安全燈，就是在燈的周圍包以銅絲網，使在遇着可燃氣體時，僅在網內燃燒，而不使網外着火，以免爆發的危險，這是熱的傳導的利用。

**問題 1** 以紙條緊裹於金屬棒上，放入火焰內，紙條可在短時間內不燃燒，何故？

**問題 2** 冬天吾人着棉衣以禦寒，何以夏天用棉花包裹冰塊可防冰熔解？

**問題 3** 夏天烈日下以手觸金屬，何以覺熱？觸木料何以不覺其熱？冬天恰相反，又是何故？

**問題 4** 寒帶的房屋窗上，都用二層玻璃，是何緣故？

3. 熱的對流 由上節知水爲非導體。然用酒精燈加熱於水的下部，則不久

上部的水亦沸騰



熄滅。若用紙捲燃着，使其發烟，置於罩上任何一隔，就可測知空氣從一部分流進，而從另一部分流出。

由此實驗，可知氣體亦有對流作用。普通每人每時約須有56600升的新鮮空氣，故吾人居室的通氣，每人至少要有129平方釐米的通風口，方可得合宜的新鮮空氣。倘用有烟囪的火爐以取暖，熱氣由烟囪通出，則新鮮空氣由窗孔牆隙流進，以補其缺。

地球上赤道地方受太陽的熱較多，故近地面的空氣因熱而上升，溫帶較冷的空氣流來補充，再受地球自轉影響，而成貿易風。海洋的潮流雖由風的關係，而海洋面上的水因受熱不均而起對流的作用，亦是重大的原因。

**問題1** 冰箱內冰塊須放在箱的下層，還是上層？試說明其理由。

**問題2** 雙層牆壁中如實以木屑，則更不易傳熱，何故？

**問題3** 如以燭火置近屋內壁下的通風口，則燄向何方向移動？倘放在氣窗旁則燄向何方向移動？試說明其故。到冬天，此種現象更為顯著，又為何故？

**4. 熱的輻射** 吾人坐在火爐的前面，就能

取暖,但空氣爲非導體,則熱的傳遞非因傳導可知。並且空氣是向火爐內流動,故亦非因對流作用。這種得熱的方法,係由熱源直射而來。凡熱不依物質爲媒介,而由熱源直射而來的現象稱爲輻射。太陽和地球間除地球表面有空氣附着外,中間完全爲真空,太陽的熱就由輻射直射到地面上。

輻射和傳導,對流的區別,略述如下:

1. 輻射是直線進行的,和光線進行的方向相同。所以火爐和人的中間,如有木板遮隔,就不能得熱。

2. 輻射的速度很大,和光的速度同樣,每秒鐘爲30萬仟米。太陽的熱是和光同時傳來的,故日蝕時同時就沒有熱傳來。

3. 輻射的熱經過介質時,介質並不受熱,故日光經過空氣或玻璃,而空

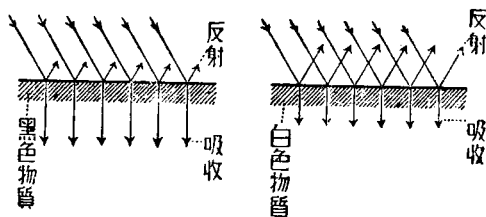


圖 107. 熱的吸收和反射

氣、玻璃並不得熱。

4. 凡白色或表面光滑的物質受到輻射的熱能，能將熱能回射到原介質。這種作用，稱為熱的反射。黑色或表面粗糙的物質，能吸收輻射的熱，如圖 107 所示。

**實驗** 取同樣大小的銅片兩方，一則磨光，一則塗以黑烟炱，如圖 108，兩片相對而立，片後各以白蠟滴成一小豆，然後以燒紅的金屬球懸於兩片正中，則見塗烟炱的一片，因吸收熱而蠟先熔化，小豆就落下。

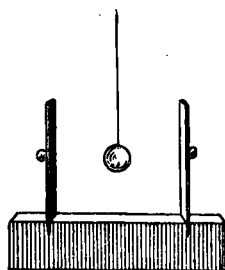
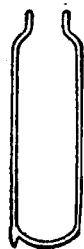


圖108. 粗糙黑色面的吸收和光滑白色面的反射

日常所用的熱水瓶，其主要部分為兩層壁的玻璃瓶，如圖 109。壁間為真空，以防空氣的對流作用；玻璃壁的內面鍍以銅或銀的薄層，以除輻射作用。如內盛熱水，則內部的熱，不能傳出；倘貯冰塊，則外面的熱，亦不易傳入；故可保持原來溫度至十數小時。



玻璃能透過太陽光線而不能透 圖109.熱水瓶

---

過反射後的輻射熱,所以花房的屋上都蓋玻璃,使房內溫暖。

**問題 1** 夏天宜衣白色,冬天宜衣黑色,何故?

**問題 2** 夏天雖用傘遮太陽光,何以仍覺比室內為熱?

**問題 3** 開水壺本身宜磨光,而底部宜粗糙,何故?

---

## 第八章 溫度和脹縮

### 本章要旨

1. 說明溫度計的製法和種類。
2. 討論固體、液體、氣體的膨脹狀況。

1. 溫度和溫度計 物體有冷有熱，表示其冷熱的程度，稱為溫度。井裏的水，冬夏相同，吾人感覺上則冬溫而夏涼。冬天由室外驟入室內，則覺溫暖，久坐室內，又覺寒冷。故人對於物體溫度高低的感覺，是視當時情況而不同，不甚確實。欲精確知道物體溫度的高低，要用溫度計。

溫度計的種類很多，通常所用的為水銀或酒精溫度計。以一端有球狀或圓柱狀部分的細玻璃管，上下直徑須均一，內盛水銀或着色酒精。將下端加熱使液體膨脹，待空氣逐出後，密封玻璃管，就成

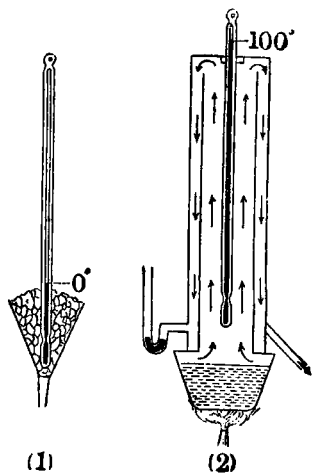


圖 110. 溫度計定冰點沸點法

溫度計。然後如圖 110(1)將玻璃管置於熔解的碎冰中，在冰水中待水銀降下到一定點處，刻為冰點，記以 0；再如圖 110(2)，置於一氣壓下蒸汽中，當水銀上昇到另一一定點，刻為沸點。在冰點、沸點間，刻 100 格等分，每一格稱為  $1^\circ$ 。如是溫度計，為瑞典攝氏所發明，稱為攝氏溫度計，以 C 代之，為科學上通用的溫度計。

又有德人華氏，以水的冰點作為 32 度，沸點作為 212 度，二者間作 180 等分，每等分為  $1^\circ$ ，是為華氏溫度計，以 F 代之，通用於英、美諸國。攝氏、華氏兩表度數的關係，如圖 111 所示。若欲由攝氏的度數求華氏的相當度數，或由華氏的度數求攝氏的相當度數，則可用下式換算：

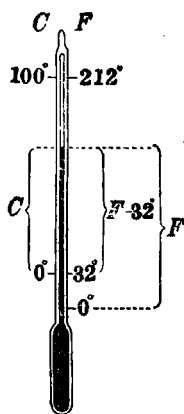


圖 111. 攝氏計和華氏計的比較

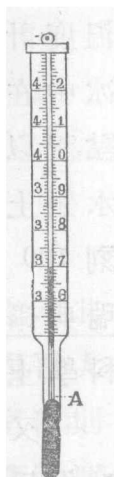
$$C = \frac{5}{9}(F - 32)$$

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

吾人日常所用的體溫計，其構造如圖 112，



其 A 處的管徑特別狹小，且微有彎曲。故水銀升高後，再遇冷時，水銀柱就在 A 處截斷，升高的水銀仍留原處不動，如此可便視察當時最高的溫度。



**問題 1** 平常室內溫度為  $68^{\circ}\text{F}$ ，人體溫度為  $98.6^{\circ}\text{F}$ ，問當攝氏若干度？

**問題 2** 攝氏和華氏度數相同的溫度，在何度數？

**問題 3** 體溫計用後，可否用沸水洗滌？

圖112. 體溫計

**問題 4** 水銀凝結時的溫度為  $-39^{\circ}\text{C}$ ，酒精為  $-112^{\circ}\text{C}$ ，欲測冰點下  $40^{\circ}\text{C}$  以下的溫度，宜用何種溫度計？

**2. 固體的膨脹** 凡物體遇熱則膨脹遇冷則收縮，固體、液體、氣體，大都是如此。今先討論固體的膨脹。

**實驗** 如圖 113，以銅棒 C 插於 A、B 兩柱間，將螺旋 A 旋緊，而使他端觸於指針 E 的短臂 D，MN 器內盛酒精，

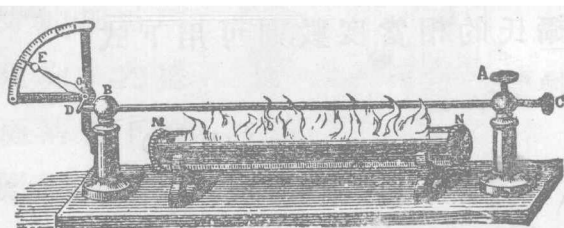


圖113. 金屬的線膨脹

---

燃燒時則銅棒C得熱逐漸膨脹而伸長,推動D而轉動E。取去酒精燈,銅棒C因冷卻而收縮,E又復歸原位置。再取鐵棒作同樣的試驗,則見E的轉動較小。

由此實驗,可知固體物質都因熱而膨脹,且

鐵橋的接合處,都留有空隙,以免蹺裂。

又物體每升 $1^\circ$ ,  
所增加的體積與其  
零度時的體積之比,  
稱爲體脹係數。設物  
體在 $0^\circ$ 時的體積爲  
 $V_0$ , 升高 $t^\circ$ 時,其體  
積爲 $V_t$ ,則體脹係數  
b 爲:

$$b = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

或  $V_t = V_0(1 + bt)$

體脹係數約爲線脹係數的三倍(註)。

(附註) 一立方體在 $t^\circ\text{C}$ 的體積 $V_t = V_0(1 + bt) = V_0(1 + at)^3$   
 $= V_0(1 + 3at + 3a^2t^2 + a^3t^3)$ ;但固體的 $a$ 很小, $a^2$ 、 $a^3$ 均可略去,故得  
 $b = 3a$ ,即體脹係數爲線脹係數的三倍。

問題 1 試舉出吾人利用固體膨脹的兩件事。

問題 2 以溫度計浸於熱水中,何以水銀先降下少許,  
而後上昇?

問題 3 厚玻璃杯注入熱水,反較薄玻璃杯易破裂,何

物 質	線 脹 係 數
鋅	0.000029
鉛	0.000029
鋁	0.000023
錫	0.000022
銀	0.000019
黃 銅	0.000019
銅	0.000017
鑄 鐵	0.000011
鋼	0.000001
玻 璃	0.000009
不變鋼	0.0000009
鎳36% 鋼64%	

故?

**問題 4** 鐵軌長 90 米,由冬天氣溫  $-15^{\circ}\text{C}$ ,至夏天氣溫  $35^{\circ}\text{C}$ ,問兩鐵軌間須留空隙若干?

溫度依次低降,最後下面降至 $4^{\circ}\text{C}$ ,就不再降下,而上面則可降至 $0^{\circ}\text{C}$ 。

由此實驗,可知水的溫度降下時,則體積收縮,至 $4^{\circ}\text{C}$ 時,體積最小;溫度再低,體積反又膨脹;故 $4^{\circ}\text{C}$ 水的體積,溫度上升或下降,體積都要膨脹。所以水的密度,在 $4^{\circ}\text{C}$ 時為最大。嚴冬湖水面上雖

凍而湖底的水溫仍為 $4^{\circ}\text{C}$ ,水族賴以保存生命。

**問題 1** 若水的最大密度為 $0^{\circ}\text{C}$ ,則對於冬天的氣候有何影響?

**問題 2** 水由表面起向下結冰,油類則從下面凍起,何故?

**4. 氣體的膨脹** 氣體的膨脹係數更較液體為大,可由下面的實驗來證明。

**實驗** 如圖 117 的裝置, B 為盛空氣的燒瓶,接以玻璃管,倒置水杯中。若手握瓶底,則見 m 處的水面,立即因瓶內空氣膨脹而下降;設再以布溼熱水覆於瓶上,

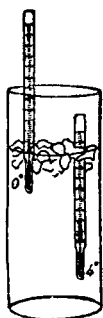


圖116. 水的最大密度為 $4^{\circ}\text{C}$

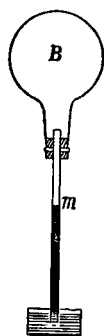


圖117. 氣體的膨脹

瓶內空氣可由玻管壓出，在杯內有氣泡上昇。若以冰塊、冷水或醚加於瓶底，則玻璃管內的水立即上昇，且愈冷愈高。

給呂薩克氏由種種實驗考得各種氣體的膨脹係數都是一樣。就是一定質量氣體的體積，在一定壓力底下，若溫度每升高  $1^{\circ}\text{C}$ ，即增加其在  $0^{\circ}\text{C}$  時體積的  $\frac{1}{273}$ 。設在一定壓力底下  $0^{\circ}\text{C}$  時有體積  $V_0$  的氣體，熱至  $t^{\circ}\text{C}$  時，體積為  $V_t$ ，則上述的關係，可立式表示如下：

$$V_t = V_0 \left( 1 + \frac{t}{273} \right)$$

物體的膨脹，總括以上所述，可以比較如下：

(1) 固體的膨脹沒有規則，其膨脹係數最小，又因各種物質而不同。

(2) 液體的膨脹亦沒有規則，其膨脹係數較固體為大，亦因各種物質而有不同。

(3) 氣體的膨脹極有規則，其膨脹係數最大，且各種氣體相同。

**問題** 某種氣體在  $0^{\circ}\text{C}$  時的體積為 4 升；若壓力不變，溫度升至  $80^{\circ}\text{C}$ ，其體積變為多少？

### 本章提要

1. 物體冷熱的程度，稱為溫度。測溫度最簡單的器械，

---

爲攝氏和華氏溫度計。

2. 溫度每昇  $1^{\circ}$ ，物體每單位長度所延長的，稱爲線脹係數。

3. 溫度每昇  $1^{\circ}$ ，物體每單位體積所膨脹的，稱爲體脹係數。

## 第九章 熱量和三態變化

### 本章要旨

1. 說明熱量和比熱的意義及測定法。
  2. 探求物質的三態變化如何發生。
  3. 討論大氣內水汽的變化。
  4. 說明熱能的利用和蒸汽機的簡單構造。
1. 熱量和比熱 熱既是能量的一種,當然



18°C,則其放出的熱量當然亦為 2200 卡。

**實驗** 取試管兩個,分盛鐵屑和鉛丸各 100 克,同置於沸水中,約十分鐘。又取同樣玻璃杯兩個,各盛同溫度的水 100 克。將試管內的金屬分別傾於玻璃杯中,攪拌時以溫度計測量,則見含鐵的水比含鉛的水溫度增加得高。

實驗時投入杯中的金屬,其終溫度和水相同,可見鐵放出的熱量較鉛為多。由此可以推知同質量各種物質溫度升降 1°C 所需要或放出的熱量各不相同。凡一克質量的任何物質,其溫度升降 1°C 所收入或放出的熱量卡數,稱為該物質的比熱。所以水的比熱為 1。

設已知某物質的比熱為  $S$ ,則其  $m$  克的質量,溫度自  $t_1$  升至  $t_2$  或自  $t_2$  降至  $t_1$  所收入或放出的熱量  $H$  可自下式算出:

$$H = mS(t_2 - t_1)$$

$$\text{熱量(卡)} = [\text{質量}](\text{克}) \times [\text{比熱}] \times [\text{溫度差數}]$$

**問題 1** 甲杯盛 20°C 的水 100 克,乙杯盛 8°C 的水 250 克,那個杯裏的水含熱較多?

**問題 2** 試述熱量和溫度的區別。

**2. 比熱的測定** 測定比熱的方法通常用

混合法就是將欲測的物質加熱，使升到某溫度，然後和溫度較低的水混和，則因高溫度的物體所放出的熱量，等於低溫度的水所吸收的熱量，並根據熱量的算法，就可推出物質的比熱。

例如 100 克鋁的初溫度為  $95^{\circ}\text{C}$ ，100 克水的初溫度為  $20^{\circ}\text{C}$ ，混合後的溫度為  $33.4^{\circ}\text{C}$ 。設鋁的比熱為  $S$ ，可得算式如下：

$$[\text{鋁所放出的熱量}] = [\text{水所吸收的熱量}]$$

$$100(95 - 33.4)S = 100(33.4 - 20)$$

$$S = .218$$

這種混合法，實驗時的困難為熱的損失。故所用盛水器具，要避免熱的傳導、對流、輻射

比熱表

物質	比熱
水	1.00
冰	0.504
水蒸汽 (定壓)	0.44
空氣 (定壓)	0.24
乾泥	0.20
鋁	0.22
鐵	0.11
錳	0.094

的泥土升高  $1^{\circ}\text{C}$  大五倍,所以水的溫度變化,比別種物質爲小。

**問題 1** 水的比熱很大,對於吾人有何利益?

**問題 2** 設有  $80^{\circ}\text{C}$  的水 200 克傾入  $20^{\circ}\text{C}$  的水 500 克中,最後的溫度多少?

**問題 3** 海邊的風,日間由海吹向陸,夜間則相反,何故?

**3. 熔解和凝固** 冰遇熱則變成水,其他物質,都有這種現象。凡由固體變成液體的現象稱爲熔解。固體開始熔解時的溫度,稱爲熔點。結晶物質的熔點,都有一定。

**實驗** 取冰數塊,盛於玻璃杯中,插入溫度計,見爲  $0^{\circ}\text{C}$ 。逐漸加熱,使冰熔解,溫度並不升高,必待冰完全熔成水後,溫度方增。

由此實驗,可知冰塊當熔解時,必吸收熱量,故雖加熱而溫度不升。凡一克物質在熔點完全熔成同溫度液體所需的熱量稱爲該物質的熔解熱。吾人可用上述的混合法,求得冰的熔解熱爲 80 卡,比別的固體都大。重要物質的熔點和熔解熱見附表。

如水冷至  $0^{\circ}\text{C}$ , 復凝結爲冰。一切液體冷至

熔點和熔解熱表

物質	熔點(C)	熔解熱(卡)
氫	-259°	
氧	-235°	
酒精	-112.3°	
水銀	-39°	3
冰	0°	79.8
錫	231.9°	14
鉛	327°	5
銀	960.5°	22
金	1063°	
銅	1083°	43
鉑	1755°	27

相當溫度都可變成固體。這種現象，稱為凝固。凝固時的溫度稱為該物質的凝固點。物質的凝固點和熔點相同。物質凝固時，必放出和熔解熱同樣的熱量。湖水在冬天凍冰時，就放出多量的熱量。

平常物質凝固時，體積縮小，但

如水、銻、鐵等數種物質則反是。水結冰時，其膨大力很大。自來水管以及岩石內滲入的水在嚴寒時凍結，往往使水管破裂，岩石崩潰。印書所用的活字金，含有銻 20%，就是利用銻的膨大特性，使能充滿字模中。

物質溶解於水所成的溶液，其凝固點都在 0°C 以下。鹽水飽和溶液的凝固點在 -22°C。若

使三分冰屑和一分鹽混合，則其溫度可以降至  $-22^{\circ}\text{C}$ 。如是混合物，能生很低的溫度，稱為冷劑。冰淇淋即是利用鹽和冰的冷劑使牛乳、雞蛋的糖水凍結而成。

**問題 1** 雪後天晴，何以覺寒冷？

**問題 2** 嚴冬菜窖內常放清水一大桶，其用意何在？

**問題 3** 以  $0^{\circ}\text{C}$  的冰 100 克，投入  $40^{\circ}\text{C}$  的水 500 克內，其最後溫度為  $20^{\circ}\text{C}$ ，求冰的熔解熱。

**問題 4** 冰的熔點為  $0^{\circ}\text{C}$ ，水的凝固點也為  $0^{\circ}\text{C}$ ，在何種情形時，冰熔為水，或水凝為冰？

**4. 汽化和蒸發** 液體得熱變成氣體，這種現象稱為汽化，所成的氣體稱為汽。液體的汽化，是因液體露在空氣的表面分子能飛散到空氣內的緣故。

杯內餘水，在空氣內汽化而水不可見，潮溼的毛巾，不久乾燥。在平常溫度時液體表面逐漸汽化的現象，稱為蒸發。

**實驗** 以水、酒精、醚分別滴於手背上，則見醚的蒸發最快，酒精次之，水又次之。

由上實驗，可知各種液體的蒸發，依物質的

性質而有快慢。又潮的衣服，晒在日光下或烘在火上，都易乾燥，這是因為液體的溫度增加，則蒸發愈快。潮的衣服在流動的風內也易乾燥，這是因為空氣流動，則液體分子易於飛散，故蒸發較快。潮的衣服如十分展開，則較易乾燥，這是因為液體暴露的面積大，則液體的分子飛散容易，所以蒸發較快。

瓶內注水，如用瓶塞塞住，則因水的蒸發，瓶內空氣所含的水汽分子可以逐漸增加而達最高限度。這時水面和水汽互相接觸處，水分子逸出的數目和汽分子回入水內的數目相等。其他液體都有這種情形。這時液面上的汽稱為飽和汽，其所呈壓力稱為飽和汽壓。

飽和汽壓的大小，亦因物質的性質而不同，醚比酒精大，水比酒精小。又和溫度的變化有關，溫度愈高，則飽和汽量愈大，飽和汽壓亦愈大。故高溫度時的不飽和汽，溫度降低時可漸變成飽和汽。溫度再降，汽的一部分即復變成液體，這個現象，稱為凝結。水在各溫度時的飽和汽壓見下面的附表。

水在各溫度時的飽和汽壓

溫度	飽和汽壓 (以水銀柱長 的毫米數計)	溫度	飽和汽壓 (以水銀柱長 的毫米數計)	溫度	飽和汽壓 (以水銀柱長 的毫米數計)
-10°	2.2	8°	8.0	26°	25.0
-9°	2.3	9°	8.5	27°	26.5
-8°	2.5	10°	9.1	28°	28.1
-7°	2.7	11°	9.8	29°	29.7
-6°	2.9	12°	10.4	30°	31.5
-5°	3.2	13°	11.1	31°	33.4
-4°	3.4	14°	11.9	32°	35.3
-3°	3.7	15°	12.7	33°	37.4
-2°	3.9	16°	13.5	34°	39.5
-1°	4.2	17°	14.4	35°	41.8
0°	4.6	18°	15.3	40°	54.9
1°	4.9	19°	16.3	50°	92.0
2°	5.3	20°	17.4	60°	148.9
3°	5.7	21°	18.5	70°	233.3
4°	6.1	22°	19.6	80°	354.9
5°	6.5	23°	20.9	90°	525.5
6°	7.0	24°	22.2	100°	760.0
7°	7.5	25°	23.5		

**問題 1** 吾人揮扇何以可覺涼快?

**問題 2** 吾人口內呼出的水汽,何以在冬天能夠看見,而夏天不能看見?

**問題 3** 夏日在庭前洒水,便可覺得涼快,何故?

**5. 沸騰** 由水的飽和汽壓表上,可知水在  $100^{\circ}\text{C}$  時,其飽和汽壓為 760 毫米,恰和平常的大氣壓力相等。故水在通常氣壓底下,到  $100^{\circ}\text{C}$ , 就蒸發很快,不僅表面,就是內部液體亦變成氣泡,升至水面。此種現象,稱為沸騰。沸騰時的溫度,稱為沸點。故沸點就是液體的飽和汽壓恰等於液面所受壓力時的溫度。倘液體所受的壓力增大,沸點亦就升高,所受的壓力減小,沸點亦就降低。沸騰時化成的汽稱為蒸汽。

**實驗** 以圓底燒瓶,半盛以水,煮沸至數分鐘。待瓶中空氣完全驅出,塞以橡皮塞,如圖 118, 倒置之。因此時水的溫度已降到  $100^{\circ}\text{C}$  以下,故不沸騰。然以冷水淋瓶底,則瓶內蒸汽遇冷凝結,瓶內壓力

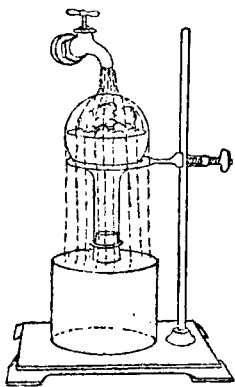


圖118. 水的復沸



減小，故沸點也降低，而水復沸騰。

由此可知液體的沸點，是隨外界壓力而變的。高山上氣壓減小，故沸點亦降低。歐洲勃郎山上水的沸點為  $84^{\circ}\text{C}$ ，而蒸汽機汽鍋內的水，有至  $200^{\circ}\text{C}$  左右的。

通常水到  $100^{\circ}\text{C}$  沸騰時，雖再加熱，而溫度不升；直至所有的水完全化汽，溫度方才升高；足見水於沸騰時所加的熱量，是用於使水化汽的工作。凡 1 克液體變為同溫度的汽，所需的熱量，稱為汽化熱。水的汽化熱為 536 卡。

汽凝結時，則將所得的汽化熱復行放出。水的汽化熱即係利用此性質，將定量的水汽導入定量的冷水中，由冷水溫度的升高計算而得。冬天用以取暖的水汀管就是利用水汽凝結時所放出的汽化熱。液體汽化時，需要大量的汽化熱，故常利用以製人造冰。

**問題 1** 蒸發和沸騰有何不同？

**問題 2** 高山上煮物為何不易煮熟？

**問題 3** 蒸汽燙傷，比沸水燙傷還厲害，何故？

**問題 4** 設以  $100^{\circ}\text{C}$  的水汽 20 克，導入  $13^{\circ}\text{C}$  的水 400 克中，

其最後溫度為  $39.8^{\circ}\text{C}$ ，求水的汽化熱。

**6. 大氣內的水汽** 江湖、河、海的水，受太陽的熱，蒸發而成水汽，飛散空中，故大氣中常含若干量的水汽。大氣能含水汽的最大量，即其飽和汽量，隨溫度而不同，溫度愈高，則飽和汽量愈大。由精密的實驗求得 1000 升空氣中，在各溫度所能含的飽和汽量如下：

$-10^{\circ}\text{C}$	2克	$20^{\circ}\text{C}$	17克
$0^{\circ}\text{C}$	5克	$30^{\circ}\text{C}$	30克
$10^{\circ}\text{C}$	9克	$100^{\circ}\text{C}$	579克

由此關係，可知在某溫度時大氣中的水汽雖未達飽和，但若溫度降低，必可至某一溫度，水汽變成飽和，這時的溫度稱為露點。水汽既達飽和，即開始凝結，故露點可如下法求得。

**實驗** 如圖 119，在光亮的容器內，半盛以醚，用打氣球鼓動空氣入器內，使醚蒸發。因醚蒸發時奪取液體本身的熱量，故溫度逐漸降低。

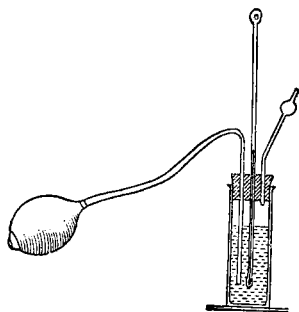


圖119. 露點的求法

當容器光亮面上有薄霧時，溫度計所示的溫度就是露點。

大氣中的水汽因氣溫降低而凝結，若此時的溫度在冰點以上，即成液體如露、霧、雲、雨；若在冰點以下，即成固體如霜、雪、和雹；分述如下：

(1) 露 天氣晴朗的夜間，地面岩石、草木枝葉散熱很快，溫度下降；大氣中的水汽遇着此等冷物，若溫度在露點以下，即凝結成露。

(2) 霜 秋末、春初的夜間，露點若在冰點下，則水汽直接凝固而成霜。

(3) 霧 若空中含有多量水汽且和地面接近的空氣，到了露點溫度以下，則接近地面的水汽凝結於飄浮空中的塵埃上而成水球，這水球再互相凝集，便成爲霧。

(4) 雲 雲的成因有二：(一)熱空氣驟與低溫度的空氣相混和，達露點以下，汽即成雲；(二)地面空氣上升後，體積膨脹而溫度降低，因之離地愈高，氣溫亦愈降；若水汽達飽和，即成雲。雲中不一定含有水球，高層的雲往往爲細冰片集成。

(5) 雨 雲中含有多量的水球時，因受重力的作用，不能再浮游空中，於是下降而爲雨。

(6) 雪 若水汽凝結時，溫度在冰點下，則不成雨而成雪。雪花的結晶，爲六角形或六邊形，很爲美觀，如圖 120 所示。

(7) 雹 夏季天氣劇變的時候，高空水汽所凝成的雪花，輾轉於雨雪中間，最後因重下降，就成爲雹。

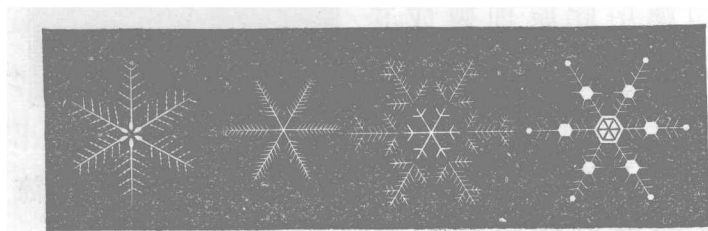


圖120. 雪的結晶

**問題 1** 夏天驟雨以前，每覺悶熱難受，雨後即覺涼爽，何故？

**問題 2** 吾國節令中有霜降一節，此霜降的名詞，是否妥當？

**問題 3** 吾國俗有春霧雨夏霧熱之說，是否有理？

**問題 4** 晨霧近午則消，何故？

**7. 蒸汽機** 前曾述及，凡虛耗的工作都變成熱能。但若利用熱能，亦可以變成有用的工作。

蒸汽機便是利用熱能以做工作的一種普通機器，爲英人瓦特<sup>(註)</sup>所發明。

水受熱沸騰，變成蒸汽體積約可增至1600倍，故其壓力非常之大，蒸汽機即應用此原理製成。其構造的重要部分，大略如圖122，汽鍋B內貯水，因

受火爐F的熱，變成蒸汽，由導管S、N而入圓筒C，將活塞P向左推動。P向左時，連桿R亦隨之

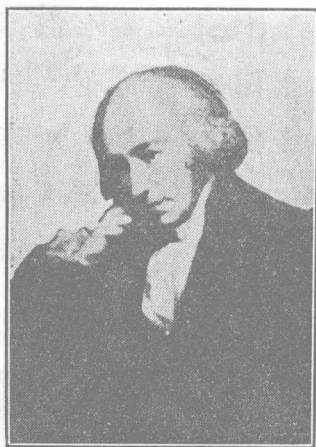


圖121. 瓦特

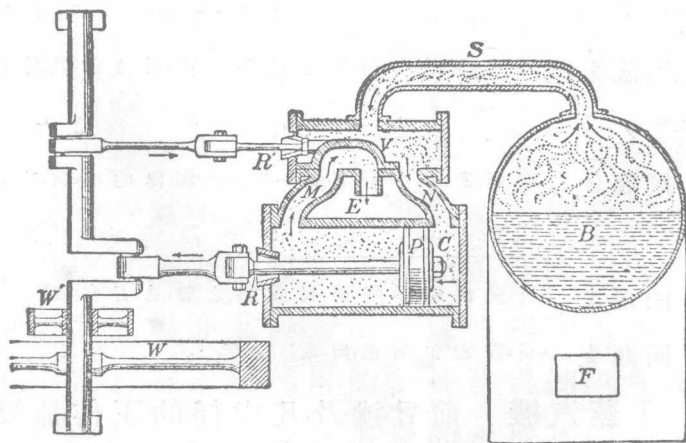


圖122. 蒸汽機

向左由一曲柄的作用，使曲柄軸成迴轉運動。更由一偏心板的作用，將偏心桿  $R'$  向右推動，活門  $V$  亦隨之向右。 $V$  到右方後遂將  $S$ 、 $N$  的通路隔斷，而將  $S$ 、 $M$  的通路開放，故蒸汽即從  $S$ 、 $M$  入圓筒，將  $P$  向右推動，同時活門  $V$  則向左運動。所以活塞和活門的運動方向適相反對。這樣往復不息，曲柄軸亦即迴轉不息。 $E$  為用過的廢汽出口管，如活塞  $P$  向左時，其左方的廢汽即從  $E$  管排出散於空中，或凝於水內。 $P$  向右時，則其右方的廢汽排出。

上述活塞  $P$  的往復運動，可使曲柄軸成迴轉運動，但在活塞  $P$  到左右兩極端時，往往可發生困難而致活塞和曲柄軸都不能運動，故實際上為欲免去這個困難，都在軸上裝一質量極大的飛輪  $W$ ，因其質量既大，動出之後，急切不易停止，所以活塞雖已到了極端，亦可因飛輪的慣性作用，隨即帶過，不致發生困難。又若活塞所受蒸汽的力有時不甚均一，亦可因飛輪的慣性作用使其速度保持一定，故飛輪尚有調節速度的功用。

蒸汽機用途極廣，火車、輪船大都賴以發動。若在曲柄軸上另裝 W 輪，將皮帶套在上面即可作為原動力，傳到他處做種種工作，工廠中大都用此裝置。

(附註) 瓦特(1736—1819) 英人，因見壺內水沸，悉心研究，遂發明蒸汽機。

### 本章提要

1. 1 克的水，溫度升高  $1^{\circ}\text{C}$  所需的熱量，稱為 1 卡，為熱量的單位。
2. 任何物質 1 克，其溫度升降  $1^{\circ}\text{C}$  所收入或放出熱量的卡數，稱為該物質的比熱。
3. 固體變成液體的現象，稱為熔解。開始熔解時的溫度，稱為熔點。
4. 液體變成固體的現象，稱為凝固。開始凝固時的溫度，稱為凝固點。物質的熔點和凝固點相同。
5. 凡使 1 克物質在熔點完全熔成同溫度液體所需的熱量，稱為該物質的熔解熱。
6. 液體變成氣體的現象，稱為汽化。在平常溫度液體表面逐漸汽化的現象，稱為蒸發。液體的飽和汽壓，恰等於液面所受壓力時的汽化現象，稱為沸騰。沸騰時的溫度，稱

爲該液體的沸點。

7. 高溫度的不飽和汽,在一定的低溫度時,可成爲飽和汽。

8. 使 1 克液體變成同溫度汽體所需的熱量,稱爲汽化熱。

9. 大氣中水汽開始凝結時的溫度,稱爲露點。

10. 大氣中的水汽遇溫度降到露點下時,若凝結時的溫度在冰點以上,則可成露、霧、雲、雨,若在冰點下,則可成霜、雪、雹。

11. 利用熱能可以做工作,蒸汽機便是利用水的受熱化汽而作工的機器。