

3

# 初中物理

上册

教育部編審會

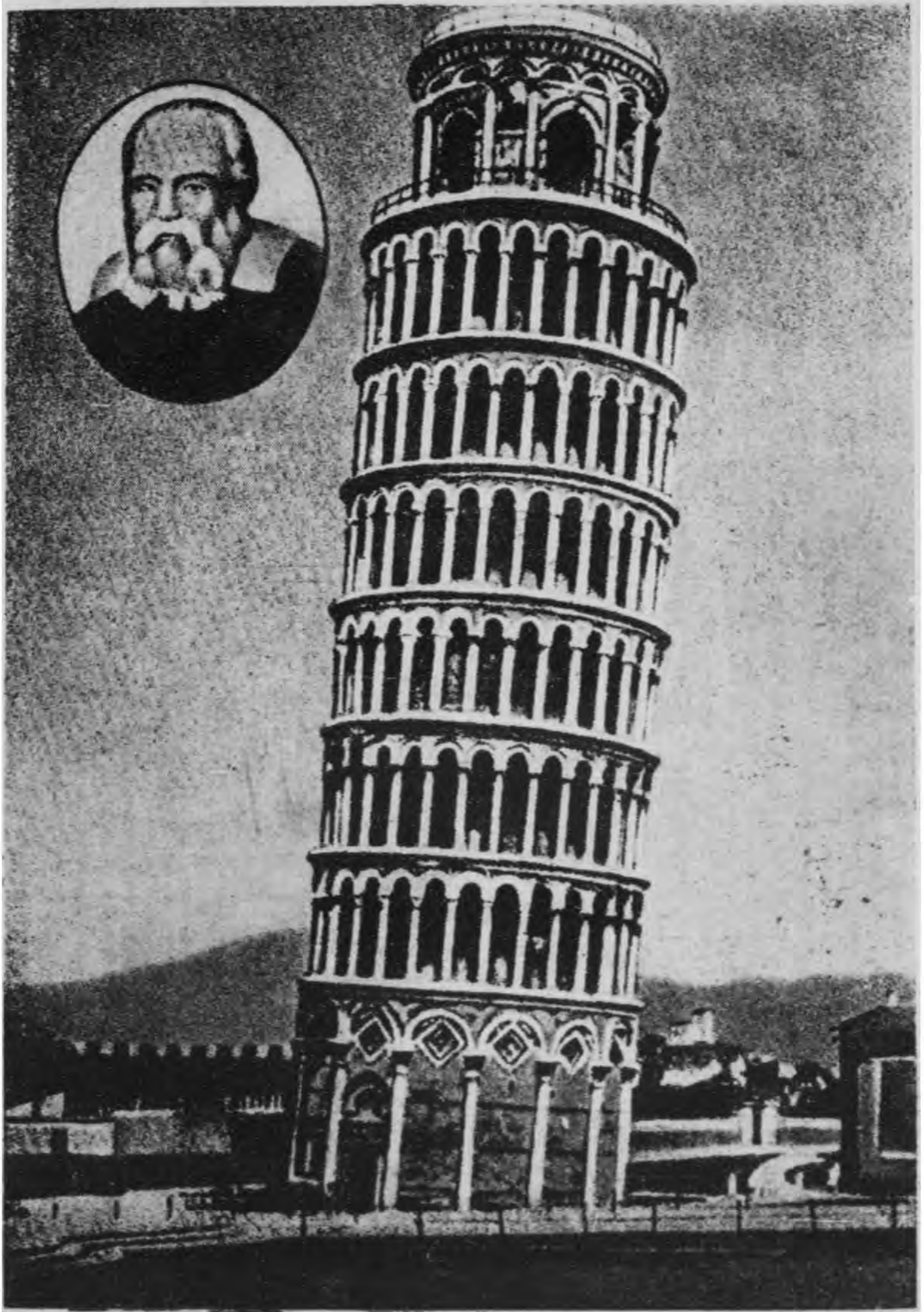
# 初中物理

上册

教育部編審會



伽利略和比薩斜塔





自然科學起源在二千餘年前的希臘，但研究科學的方法，從實驗以證明學說，則為距今約四百年以前的伽利略所獨創，故稱伽氏為自然科學的始祖。在伽氏以前，學者都以為物體落下的時間，是和其重量成正比例；但伽氏認為不合原理，就在比薩斜塔的頂上，把輕重不同的鐵球落下，證明物體的重量，和落下的時間無涉。這個實驗，不但使當時的人驚訝，且確定研究科學的方法，完全以實驗為基礎。近代物理學的進步，實以此時為起點，而比薩斜塔，亦因此而得名。

# 初中物理

## 上册

## 目次

### 第一章 緒論

1. 物質的三態..... 1
2. 物理學應用的單位..... 3
3. 重量和力..... 6
4. 質量和重量..... 9
5. 密度和比重.....10

### 第二章 水

1. 液體傳遞壓力的性質.....14
2. 液體內部的壓力..... 16
3. 水平面和連通器.....18
4. 液體的浮力.....20
5. 物體的浮沉..... 22
6. 比重的測定.....24
7. 分子和分子力.....26

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	34
2. 大氣的壓力	35
3. 大氣壓力的測定	37
4. 氣壓計及其應用	39
5. 氣體的體積和壓力的關係	41
6. 氣球和浮力	43
7. 流體壓力計和虹吸管	45
8. 抽水唧筒	47
9. 空氣唧筒和壓縮唧筒	49

### 第四章 物質的彈性

1. 彈性	52
2. 彈簧秤	54

### 第五章 運動和力

1. 運動和慣性	56
2. 位移和速度	58
3. 加速度	61

---

4. 力	63
5. 合力和分力	65
6. 力的反作用	68
7. 力矩和轉動	69
8. 平行力	71
9. 物體的平衡	73
10. 萬有引力和重力	74
11. 重心和穩度	76
12. 單擺	79
13. 空氣和水的阻力	81

## 第六章 簡單機械

1. 秤和槓桿	86
2. 機械利益和三種槓桿	88
3. 滑輪和輪軸	90
4. 工作和工作原理	92
5. 斜面螺旋和劈	94
6. 能量	96
7. 摩擦和機械效率	97

## 第七章 熱及溫度和熱量

1. 熱的來源	102
---------	-----

2. 溫度和溫度計	103
3. 熱量和比熱	106
4. 比熱的測定	107

## 第八章 膨脹

1. 固體的膨脹	110
2. 液體的膨脹	112
3. 氣體的膨脹	114

## 第九章 物態之變化

1. 熔解和凝固	117
2. 汽化和蒸發	119
3. 沸騰	122
4. 大氣內的水汽	124
5. 蒸汽機	127

## 第十章 熱的傳佈

1. 熱的傳導	131
2. 熱的對流	133
3. 熱的輻射	135

### 中西名詞對照表



# 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。

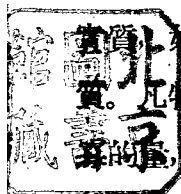
1. **物質的三態** 凡佔有空間的相當部分，可以由吾人的感覺認識他存在的，如量杯、燒瓶、試管、漏斗和瓶等（圖 1），稱為

**物體**。凡構成任何物體的物質，如玻璃等，稱為**物質**。凡物體內含有物質多寡的，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，是一個鉑銻合金棒，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

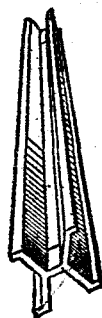


圖2. 米尺的標準器

位，稱為**十進制**（註<sup>1</sup>）的長度單位。常用的單位如下：

$$1 \text{ 千米(公里)} = 1000 \text{ 米}$$

$$1 \text{ 分米(公寸)} = 0.1 \text{ 米}^{\circ}$$

$$1 \text{ 釐米(公分)} = 0.01 \text{ 米}$$

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

**面積和體積**的單位，都是長度的**導出單位**。因面積的單位為長度的平方數，故每邊長 1 釐米的正方形，其面積為 **1 平方釐米**。體積的單位為長度的立方數，故每邊長 1 釐米的立方體，其體積為 **1 立方釐米**。1000 立方釐米的容積稱為 **1 公升**，即等於我國現用的一市升。

B. **質量**的單位為**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為高低幾級，稱為十進制的質量單位，最常用的如下：

$$1 \text{ 克(公分)} = .001 \text{ 仟克}$$

$$1 \text{ 毫克(公絲)} = .001 \text{ 克}$$

因為水的溫度在攝氏  $4^{\circ}$  時，其 1 公升 (1000 立

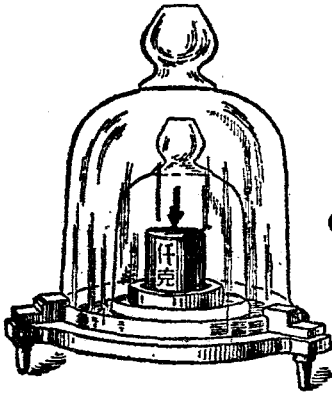


圖3. 仟克的標準器

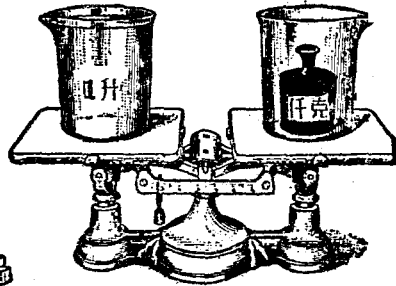


圖4. 1仟克=1升水質量

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. **時間的單位為平均太陽日。**自今日午刻到明日午刻所歷的時間,稱為1太陽日。太陽日的長短不等,就一年中取其平均數,定為一日,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秒為平均太陽日的 $\frac{1}{86400}$ (即 $24 \times$

60×60)分之一。

用釐米、克、秒爲基本單位的系統，稱爲 **C. G. S. 單位** (註 2)。

**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？

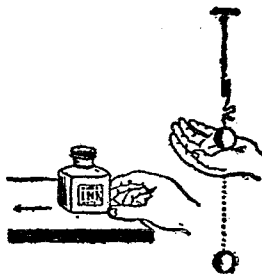
**問題 3** 面積和體積的 C. G. S. 單位，其名稱如何？

**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

圖 5. 物體受力的作用

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為大。凡推引一切物體的作用，統稱為力，故重力不過是力的一種，

力由大小、方向、和着力點而定，稱為力的三要素。從着力點起，依力的方向畫一直線，稱為作用線，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

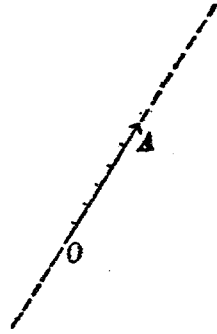


圖 6. 力的圖示

例，線上加一箭頭，表示力的方向。凡如此以一段直線表示力的要素，稱為力的圖示。如圖 6, O 為着力點, 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，所用的單位亦為克，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，故稱為力的重力單位。

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，稱為壓力；彼此相背時，稱為張力。

物體全面積上所受的壓力，稱為全壓力；單位面積上所受的壓力，稱

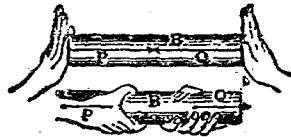


圖 7. 壓力和張力

為壓力的強度，通常即簡稱壓力。張力的情形亦是這樣。設一物體的面積為  $A$  平方釐米，所受的全壓力為  $F$  克， $P$  為其壓力，則壓力的單位必為  $\frac{\text{克}}{\text{平方釐米}}$ ，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，故支持物體的面上，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，稱為力的平衡。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** 一塊鐵的重量為 500 克，其底面積為 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

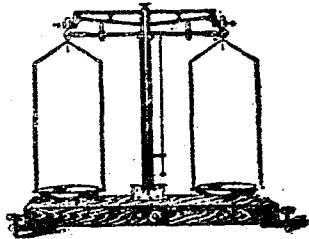


圖 8. 天 平

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。

**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，內含質量為 2272 克，則其密度必等於  $2272 \text{ 克} \div 200 \text{ 立方釐米} = 11.36 \frac{\text{克}}{\text{立方釐米}}$ 。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：

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

**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。

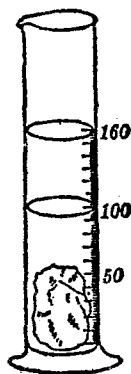


圖 9. 量筒

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° 時同體積的水重相比(註)，稱為該物質的比重。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：

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

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° 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° 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，其目的在啟發人智，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° 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右方所示。或用手

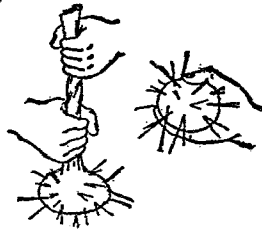


圖 10. 液體的壓力

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<sup>(註)</sup>。同時知道液體對於器壁的壓力，其方向常和器壁成垂直，如圖



圖 11. 器壁所受的壓力



11所示。

如在底面相通的容器內盛水如圖12。左管的橫斷面積為2平方釐米，右管的橫斷面積為6平方釐米

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，則液面所受的壓力為

$5 \frac{\text{克}}{\text{平方釐米}}$  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，必為  $6 \times 5 = 30$  克。若以  $F_1$  表

左活塞  $A_1$  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

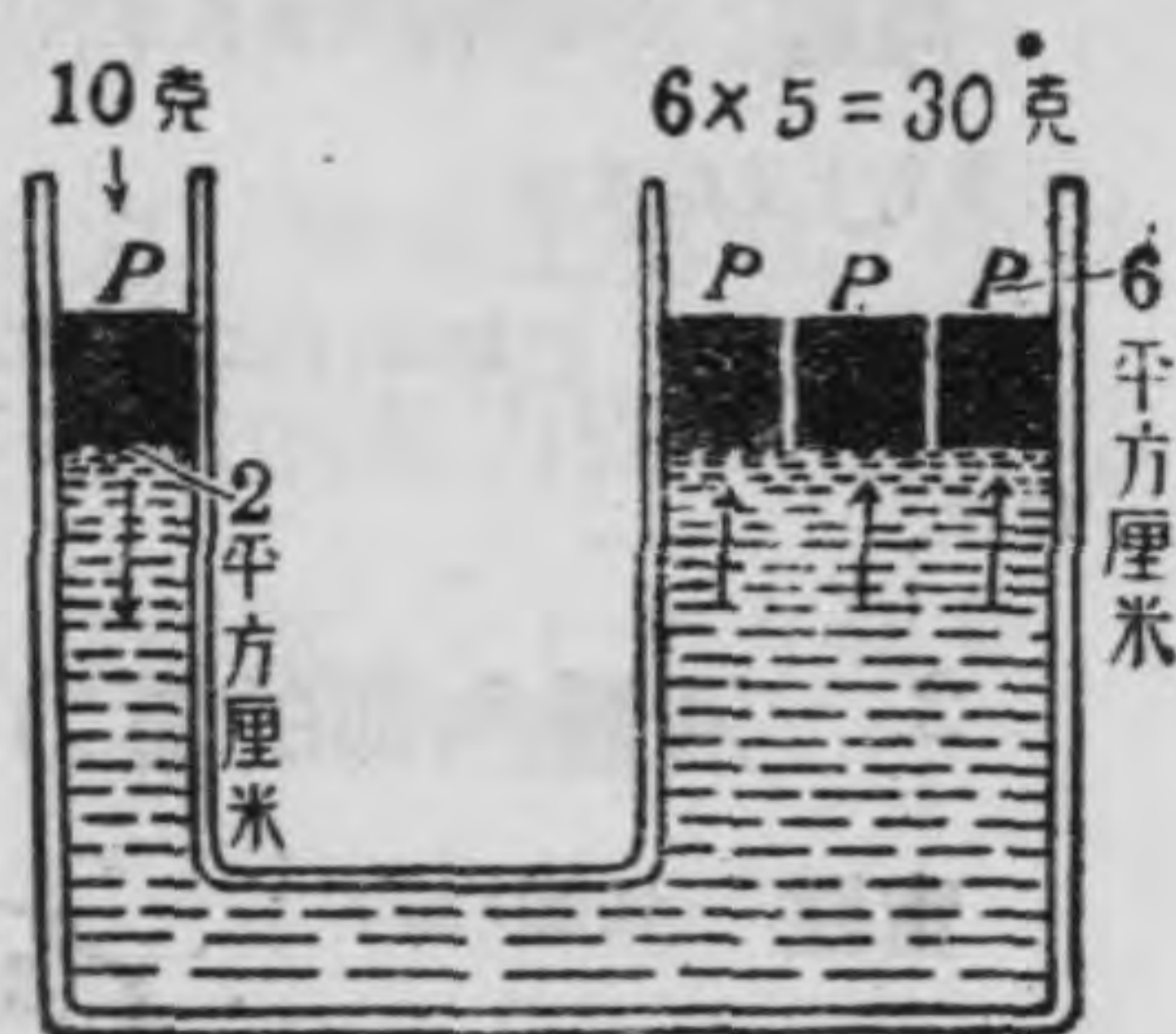


圖12. 水壓機的原理

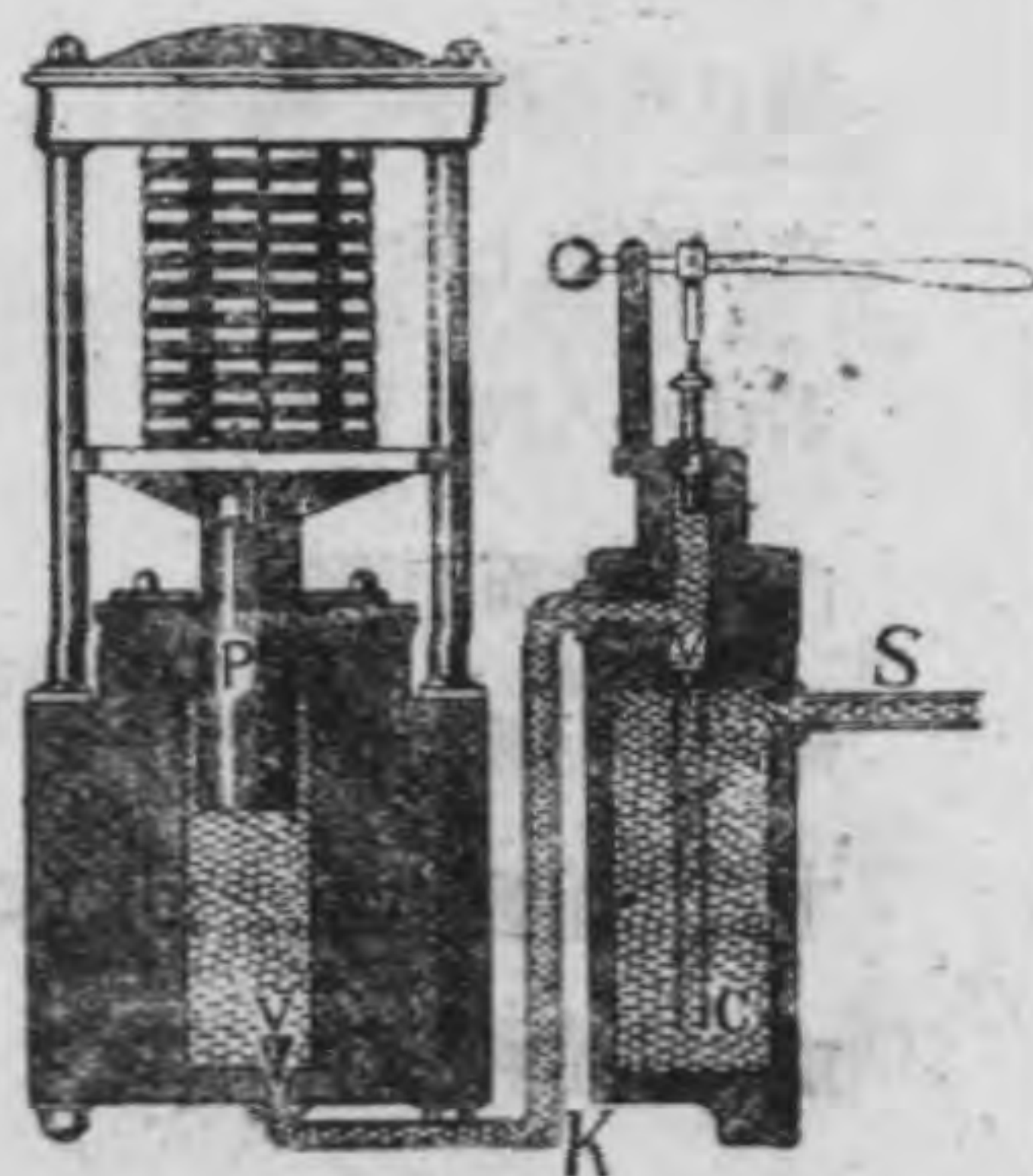


圖13. 水壓機

小活塞甚大時，可由極小的力 $F_1$ 發極大的力 $F_2$ 。水壓機（圖13）就是利用這個原理而製成，用以壓紙，搾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。

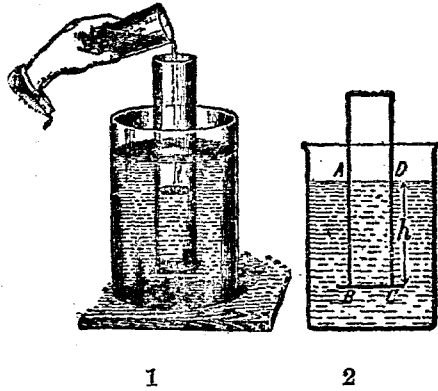


圖14. 液體內部的壓力

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，稱為下壓力。同時這  $BC$  面上因為抵抗下壓力的緣故，就生向上的壓力，稱為上壓力。所以上壓力和下壓力常相等。設液體的壓力為  $P$ ，密度為  $d$ ，則因單位面積上液體的體積為  $h \times 1$  立方釐米，其重量為  $hd$ ，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，因為密度相同，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，稱為旁壓力。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，因為深度相同，故其各方向的壓力也都相等。

**問題 1** 設有一池，底面積為50平方釐米，深度為200釐米，池底所受壓力為若干？又池底所受全壓力為若干？

**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？

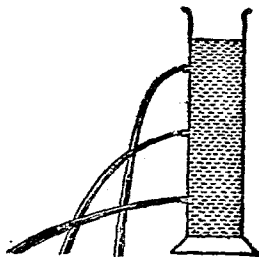


圖 15. 液體的旁壓力

**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，此線稱為鉛垂線；和此線成直角的平面，稱為水平面；如圖16右方所示。液體靜止時，其表面常保持水平，稱為液體的自由面。因為液體極易滑動，各

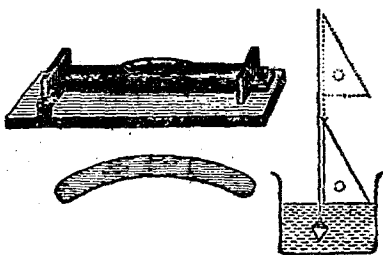


圖 16. 鉛垂線和水平面、水準

部分都受重力的作用，所以其面必為水平。

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點為大，液體必由A點向B點流動，至兩點的壓力相等而靜止，所以液面必成水平。



圖 17. 液面成水平的趨勢

檢驗平面是否水平，常用**水準**，其構造如圖16左方所示，為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，則可斷定該平面為水平面；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。這是因為各容器下端的壓力相

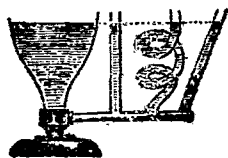


圖 18. 連通器

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，使塔中的水平面高出地

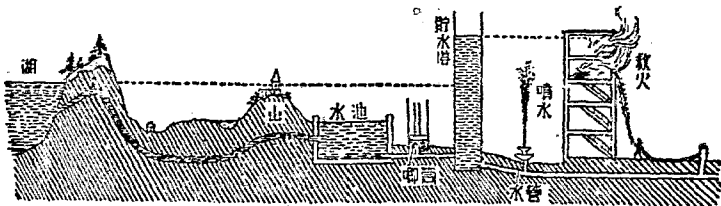


圖19 自來水

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。



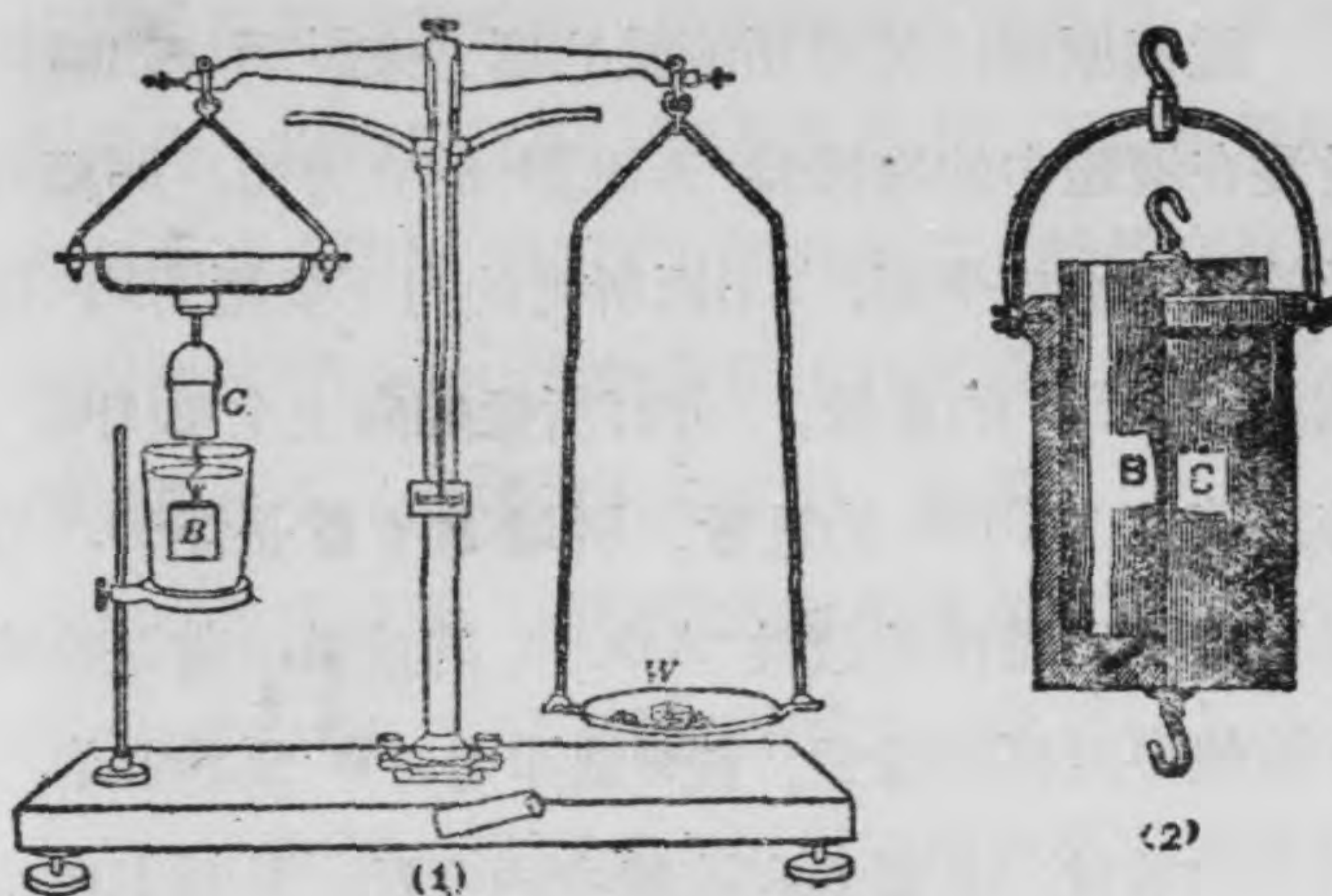


圖 20. 阿基米得原理的實驗證明

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

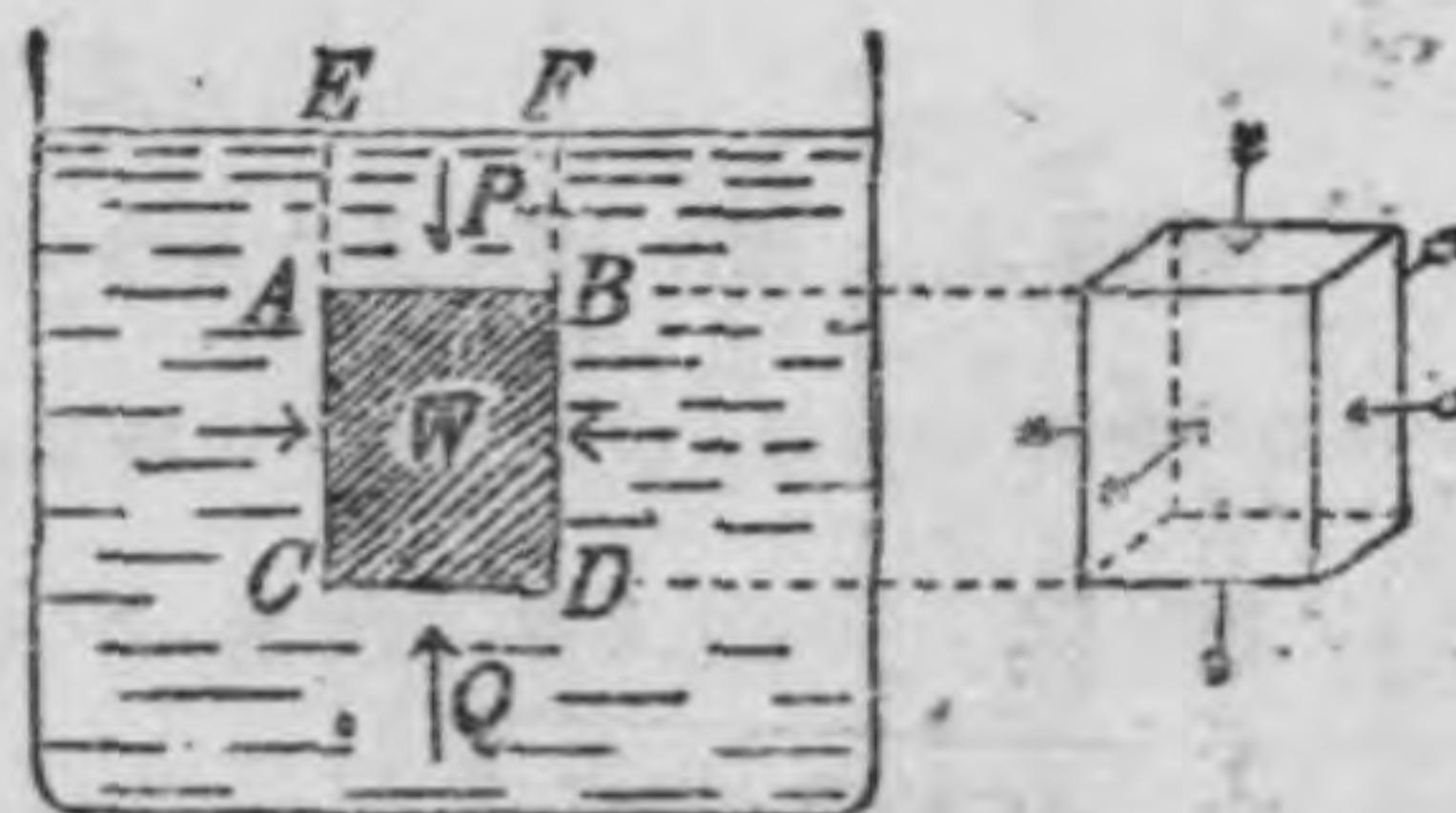


圖 22. 阿基米得原理的說明



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

排同體積的液重爲大，則物體放入液體內，重力大於浮力，物體就沉下，至器底爲止；(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爲小，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爲止，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，等於被浮體所排開的  $mncb$  液體的重量，故一切浮體必排開與其重量相等的液體。



圖23. 浮體

**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。

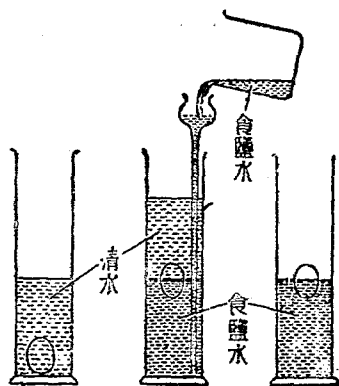


圖24. 物體的浮沉

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，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兩重量之比。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，就是等體積的水重為 20 克，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 25) (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，以水盛



圖 25. 比重瓶

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  $\frac{W_1 - W}{W_2 - W}$ 。

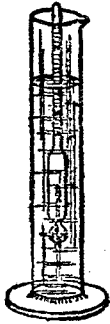


圖 26. 比重計

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26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。


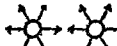
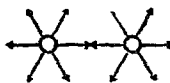
**問題 2** 一個瓶可滿盛100克的水或190克的硫酸，求硫酸的比重。

(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，而性質仍和原物質相同。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，便可知分子

固體		間當有相當的空隙，並非互相
液體		密接着的。氣體的體積最易縮
氣體		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，

圖 27. 分子間隙和分子運動範圍的比較

而有區別，如圖27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。普通假定分子爲一球體而常運動着，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，稱爲分子力。凡同類分子間的引力，稱爲內聚力，異類分子間的引力，稱爲附着力，其情形如圖28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。

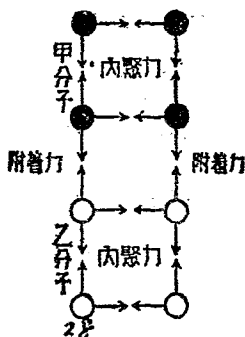


圖 28. 分子力

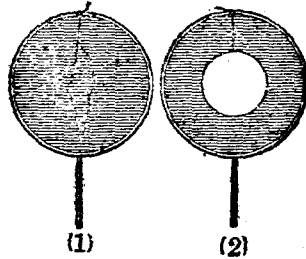
**問題** 瓷器破壞後，何以不能接合？玻璃浸入水中能濕，浸入水銀則否，這是何故？

(附註) 近代對於原子的構造，更確定爲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29(1)所示。用燒熱的鐵針刺破細線圈中膜面，則線圈外的液膜收縮，



將細線圈曳開成一圓形，如圖29(2)所示。

圖 29. 液膜的表面張力

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30，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，其次為水，石



圖 30. 水面支持的物體



油等又次之。

表面張力是分子力所表現的現象。如圖31，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，比上半部為大；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。

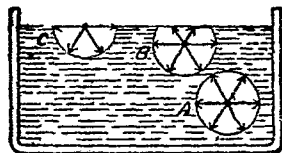


圖 31. 液面附近的分子力

**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。並知各管內的水面成凹

形，如圖32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。

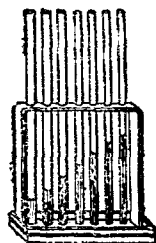


圖 32. 毛細現象

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33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 $amb$ 的重量成平衡時候，液體纔不再上升。又如圖34，液體各分子的內聚力比和毛細

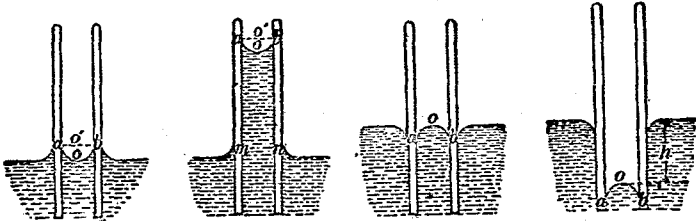


圖 33. 毛細管內液體的上升

圖 34. 毛細管內液體的下降

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，何以全都能浸濕？

**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。

(1) 氣體的比重

空氣	1.0000
氫	0.0695
氧	1.1056
氮	0.9674
氫	0.1381

(2) 氣體的密度(克/立方釐米)

空氣	0.001293
氫	0.000090
氧	0.001429
氮	0.001251
氫	0.000179

二氧化碳 1.5291

二氧化碳 0.001977

重要氣體的比重和密度如上表<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，稱爲大氣的壓力，或簡稱氣壓。人體在大氣內毫不感覺受氣壓的壓迫，這是因爲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35，可見紙片能緊托杯中的水使不下墜，這是甚麼緣故？ 2. 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36，抽去管中的空氣，膜就向管內陷入，這是甚麼理由？ 3. 如圖

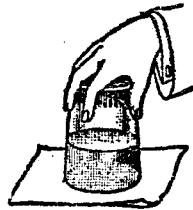


圖 35. 氣壓的作用

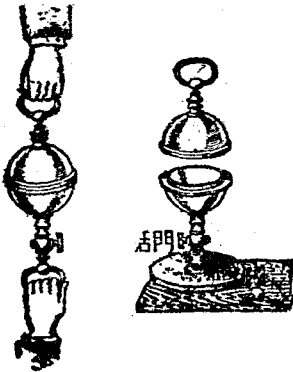


圖 37. 馬德堡半球

37，用兩個鐵製的半球(註)，合併時恰能密接，成一中空的鐵球。

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？這是甚麼理

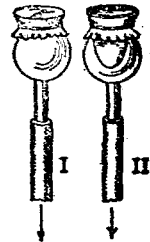


圖 36. 膜的下陷

由？

**問題 1** 將鋼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，用指們其上端，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38，用長約1米，一端封閉的玻璃管，滿盛水銀，用手指們其開端，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。

這個實驗稱為托里坼利實驗  
(註)。所用的玻璃管，稱為托里坼利管。管內水銀面上的部分，沒



圖 38. 托里坼利的實驗



有空氣，稱為托里拆利的真空。管內水銀面上既為真空，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釐米的高度為標準氣壓。氣體的壓力為標準氣壓，和溫度在攝氏零度時，稱為標準狀態。

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，約為1仟克。用這個數目定為氣壓的單位，就稱為一氣壓。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) 托里拆利 (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** 依托里坭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39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

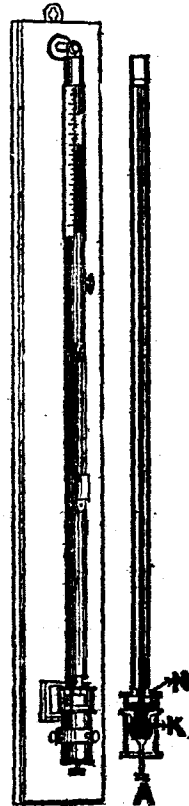


圖 39. 水銀氣壓計

40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，指針上附

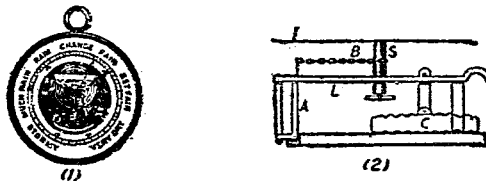


圖 40. 無液氣壓計 (1)外形 (2)內部構造

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41)。

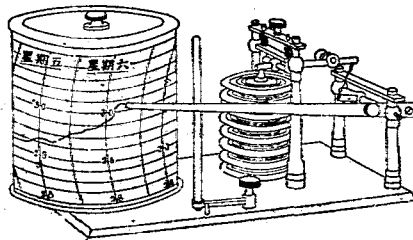


圖 41. 氣壓記錄器

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(註<sup>1</sup>)。離地面愈高，氣壓愈低(註<sup>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<sup>1</sup>) 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<sup>2</sup>) 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42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<sub>1</sub>C的長度。A<sub>1</sub>C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。

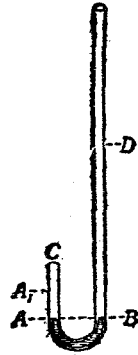


圖42. 波義耳定律的實驗

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。<sup>(註)</sup>

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43，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。

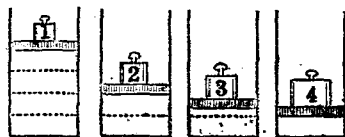


圖 43. 壓力和體積的說明

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44所示。



圖 44. 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45，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，

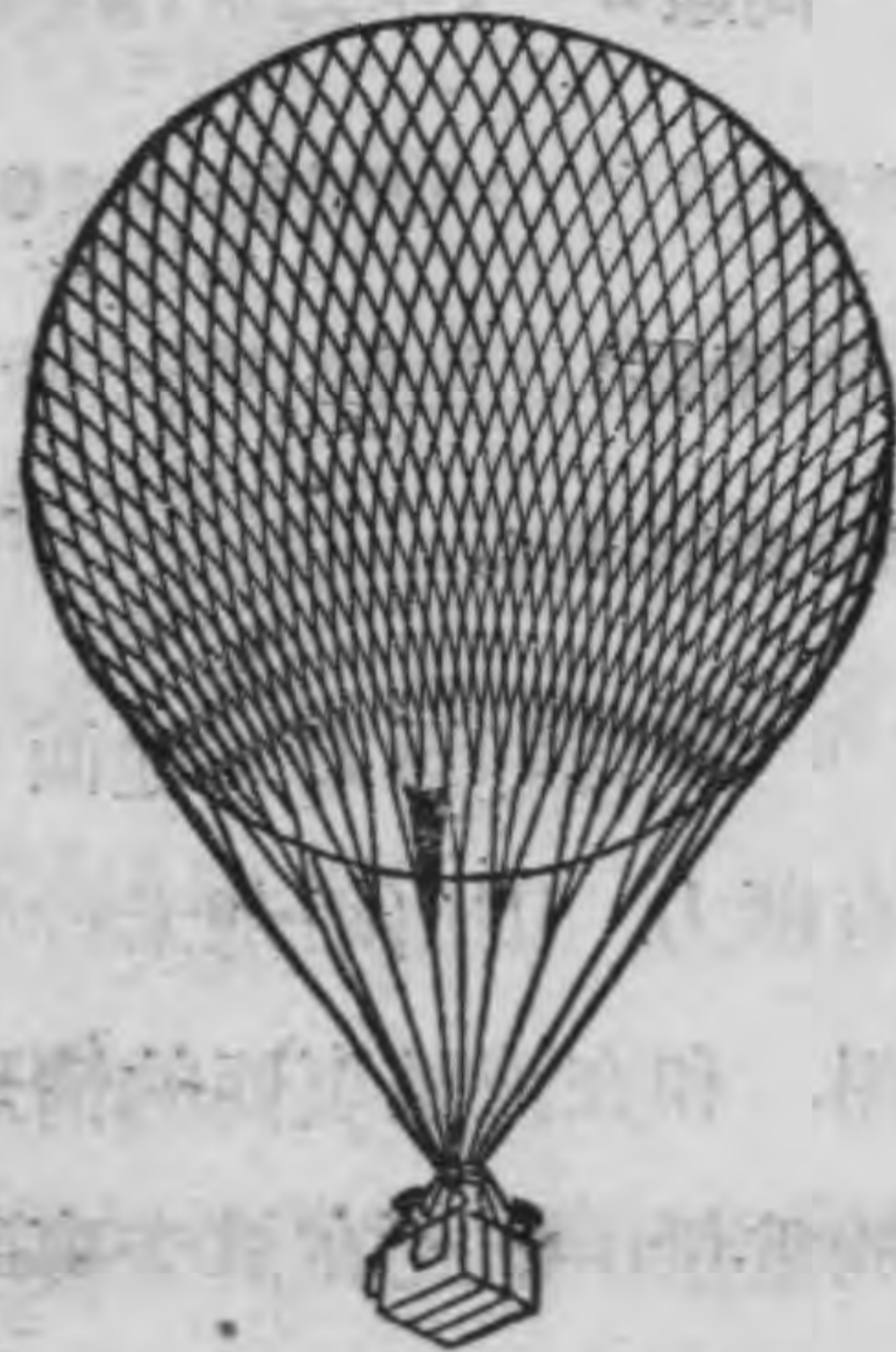


圖 45. 氣 球

其壓力亦愈減，故氣球上升，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。氣球在氣象上可以用各種自記儀器繫在球下，隨之上升，

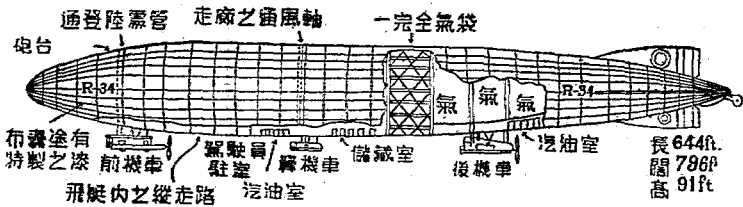


圖 46. 飛 艇 (一)

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 46 及 47，裝有推進器和舵，可以自由向各方進行，在交通上亦極重要。

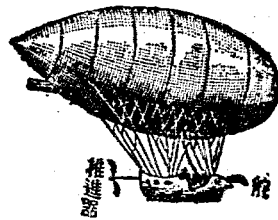


圖 47. 飛 艇 (二)

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48，係一個彎曲玻璃管，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。管的一端和容有氣體的容器連接，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。

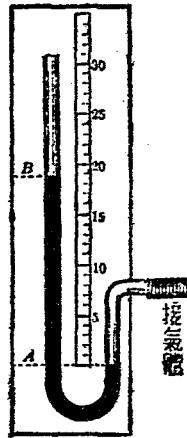


圖 48 . 流體壓力計

**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49，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。

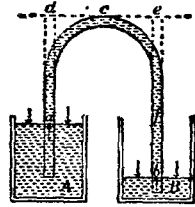


圖49. 虹吸管

**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50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。當

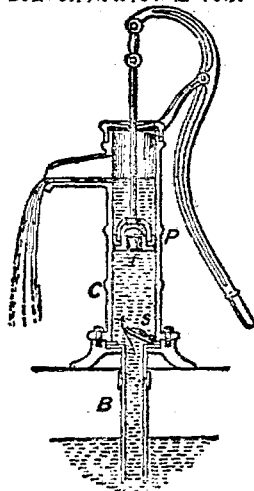


圖50. 吸取唧筒

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 $s$ ，昇入筒內。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51所示。

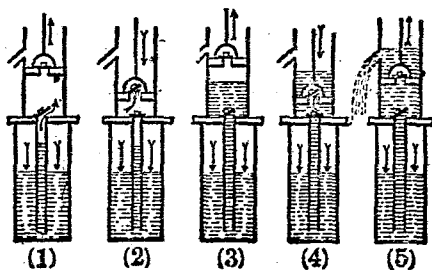


圖51. 吸取唧筒的作用

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52，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 $D$ 。當活塞上提時，

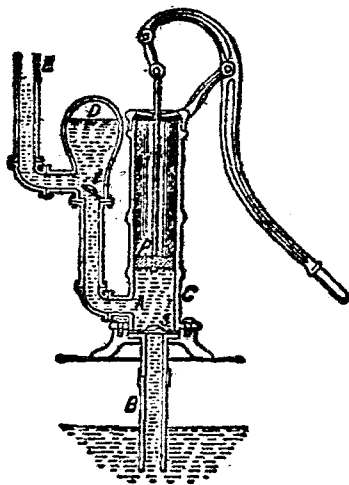


圖52. 壓力唧筒

水從導管通入筒內，下降時，筒內的水壓入側管，衝開活門，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。

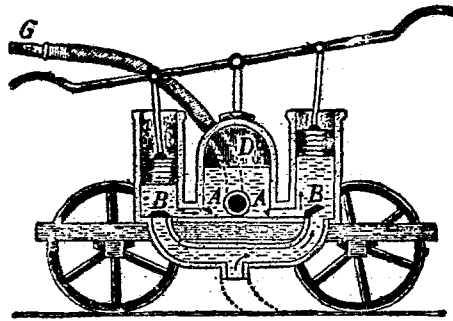


圖 53. 消防唧筒

消防唧筒是兩個壓力唧筒合組而成，如圖53，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。

水從兩方的圓筒交互壓入空氣室內

9. 空氣唧筒和壓縮唧筒欲抽去密閉容器內的空氣，須用空

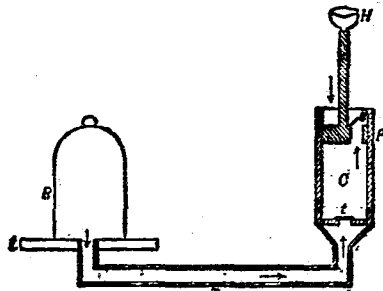


圖 54. 空氣唧筒

氣唧筒，亦稱抽氣機。其主要部分和吸取唧筒相同，簡單的裝置如圖 54。當活塞上提時，容器（玻璃罩）R 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，用絲緊紮其口，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 55 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。

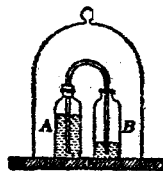


圖 55. 水的移動

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

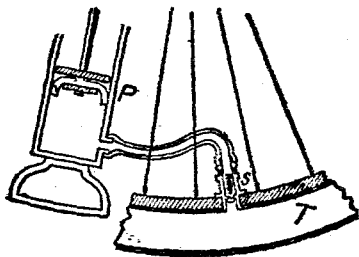


圖 56. 壓縮唧筒

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56的裝置。活塞下一塊軟皮  $P$ ，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，稱為**應變**；所呈恢復原狀的力，稱為**彈力**；具有彈力的性質，稱為**彈性**；富有彈性的物體，稱為**彈性體**（註）。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，稱為**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，如已超過彈性限度，生起了極大的應變；外力仍繼續增加不已，物體終必至於破斷。這個物體破斷時所需最小限度的力，稱為極限強度。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，稱為彈性的疲乏。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，就為彈性疲乏的緣故。

**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，為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57，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，可知物質的應變和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，而不復成功比例。

**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度數，如圖58所示。用時即可由指針移動後靜止時所示的數值讀出所欲測的力或重量。彈簧秤

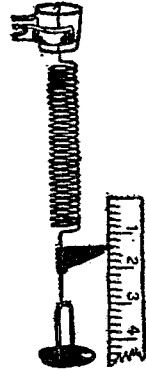


圖 57. 彈簧的伸長



圖 58. 彈簧秤

的形式有種種，或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變更其位置的，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59上方所示。這因書本受着力的作用，就由靜止而變成

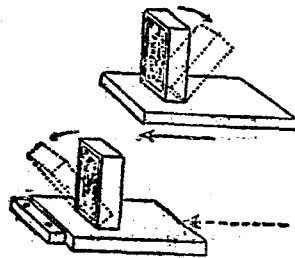


圖 59. 慣性的表示

運動，但火柴盒的下方雖隨書運動，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59下方所示。又如圖

60，一小球和柱體的中間，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，

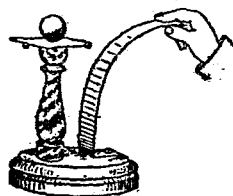


圖 60. 慣性的又一表示

稱爲慣性。要改變其慣性，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爲大，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<sup>(註)</sup>

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，而不改變其快慢。這個關係，稱為慣性定律。



圖 61. 牛 頓

**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。

(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



圖 62. 位 移

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 62，AB 的長短即表位移的大小，B 端的箭頭即表位移的方向。

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：

$$S = Vt$$

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

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

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，稱為變速運動。變速運動的速度雖常有變更，但在一定的時間內必經過一定的距離。若用等速運動的公式來計算，所用的速度應為該時間內的平均速度。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。若為等速運動，則該車經過1500米，所要的時間為若干分鐘？

**問題 3** 30每秒米的速度，等於若干每分米？

3. **加速度** 火車自車站開行，最初靜止時速度為零，運動開始後則每秒鐘的速度逐漸增加，到將停時速度又逐漸減小，終變為零。凡變速運動的物體，每單位時間內所生速度的變化，稱為加速度。

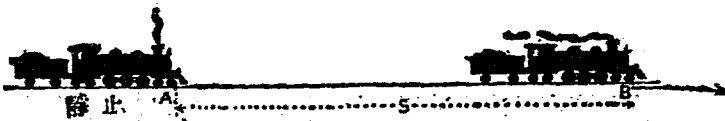


圖 63. 加 速 度

如圖63，設火車從靜止開行，到8秒鐘末的速度為400 每秒釐米，則每秒鐘增加的速度，平均為50 每秒釐米，就是加速度。又設火車的速度為400 每秒釐米時，此後逐漸減小，到8秒鐘末而靜止，則每秒鐘所減小的速度，平均為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，稱為等加速運動，其加速度稱等加速度。設  $V$  為  $t$  秒末的速度， $a$  為加速度，則得其關係如下式：

$$a = \frac{V}{t} \quad \text{〔加速度〕} = \frac{\text{〔終速度〕}}{\text{〔時間〕}}$$

$$\text{或} \quad V = at \dots \dots \dots (1)$$

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為靜止或運動，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，稱為運動定律。

作用於質量 1 克的物體，使之得每秒每秒釐米加速度的力，稱為達因，亦為力的單位。這單位不受重力的影響，故稱為力的絕對單位。其大小約和重量 1 毫克相當，故遠較重力單位為小。設有  $F$  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：

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

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，問所得的加速度若干？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，即凡同方向的二力，作用於物體的同一點，所合成的力，爲二力的和，而方向不變。船在逆流中前進的速度，爲船速及水速的差。即凡反方向的二力作用於同一點所合成的力，爲二力的差，而方向和大力相同。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64，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，而為兩力的合力。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為兩邊，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。

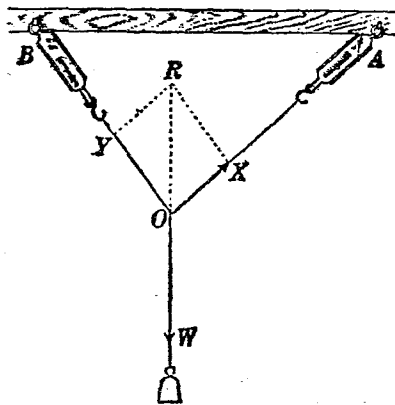


圖 64 兩力成角度的合力

由此可知用圖  
示求作用於一點而

成角度的二力的合力，可將二力的代表線為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，即為三力的合力。

二力既可合成一力，反之一力亦可分成二力，稱為**分力**。普通一力作用於物體而和物體下的平面傾斜時，常依此平面分為平行和垂直方向的二分力，稱為**平行分力**和

**垂直分力**。如圖

65，一孩用力在 OR 方向曳一雪

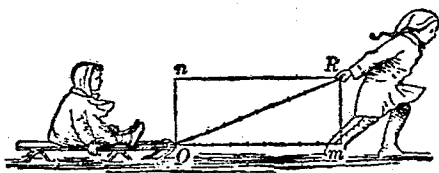


圖 65. 曳車的分力

車，則使車前進的力即為其平行分力  $O_m$ ，另一分力  $O_n$  舉車向上，即為垂直分力。由圖可知  $O_m$  和  $O_n$  都比  $OR$  為小。

**問題 1** 汽船向東駛行，每小時 12 仟米；風吹之向北，每小時為 5

仟米；試以圖示求此船進行的路徑，並求其實際進行的速度。

**問題 2** 有兩力

為 10 仟克及 6 仟克，同作用於一點，若 (1) 方向

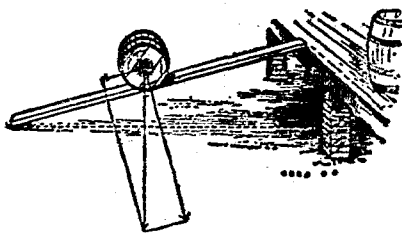


圖 66. 斜面省力的原因

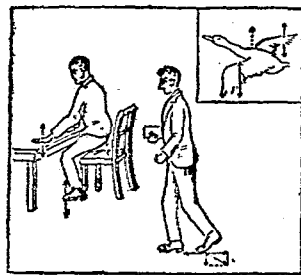
相同時，(2)方向相反時，(3)方向互相垂直時，則此二力的合力各為多少克？

**問題 3** 和水乎面傾斜的平面，稱為斜面。如圖 66，利用斜面推上物體，何以能省力？試用分力的原理解釋之。

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，前者稱為**作用**，後者稱為**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，稱為**反作用定律**。

反作用定律，對於日常事務，應用很多。如圖 67，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，以手捺桌面，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

圖 67. 反作用的利用

動，得水的反作用而前進。又如圖 68，人拉車時，

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。人和車間的作用，亦有二力，以  $F_2$  表示之。車和地面間的作用，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

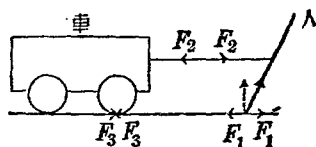


圖 68. 人拉車的作用

不變時，則三處的力都相等。

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 仟克的力；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 69，

支其中點  $F$  為軸。以

100 克砝碼  $W_1$  懸於

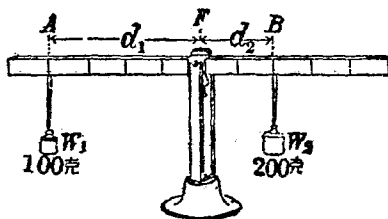


圖 69. 力矩的試驗



離F40釐米處，則200克砝碼 $W_2$ 必懸於離F20釐米處，方可使米尺不轉動。

由此實驗，可知一桿依一定的軸，其一方的 $W_1$ 和軸的距離 $d_1$ 的乘積，必等於他方的 $W_2$ 和 $d_2$ 的乘積。 $d_1$ 和 $d_2$ 爲由軸到力的作用線的垂直距離，稱爲力臂。力和力臂的乘積，稱爲力矩。力矩的作用，在使物體以軸爲中心而轉動。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，稱爲移動。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。凡逆時針動的方向爲正向，順時針動的爲負向。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70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。

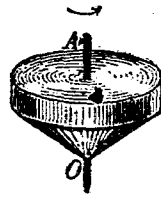


圖 70. 陀螺的轉動

**問題** 來復槍長筒內都刻有螺旋紋，使子彈沿着螺旋紋旋轉射出，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，假如米尺的重量甚小，則可以略去不計，彈簧秤所表示的重量幾恰為 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，亦可計算一方的二平行分力。如圖71，有汽車一輛重1500仟克，馳行於鐵橋CB

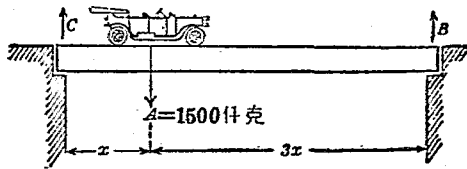


圖71. 橋上的汽車

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72所示，就是利用力偶的作用。



圖 72. 力偶

**問題 1** 大人和小孩用 2 米長的桿，撐 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



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。

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。

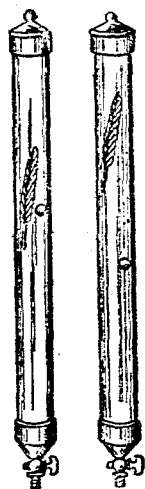


圖 73. 羽毛和小錢在真空內同時落下

**問題 1** 地球半徑平均為 6367 仟米。在地面重 100 克的物體，若在離地面 6367 仟米地方應重若干？

**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74，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

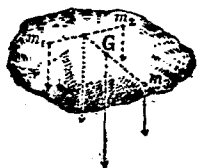


圖 74. 重 心

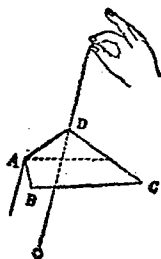


圖 75. 求重心法

**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75，

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。

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在適當限度內稍稍傾斜之，其重心位置隨即升高者，則外力一去，即能復其原有地位，如圖76中的圓錐體A或



桌椅等，稱為穩定平衡。

(2) **不穩平衡** 物體的重心位置若很高，略經傾斜，重心隨即降低者則

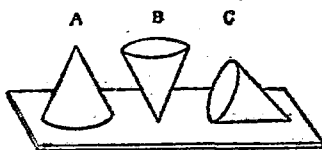


圖76.三種平衡

隨即傾倒，極不穩定，如圖76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76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77所示。



圖77.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** 不倒翁何以推而不倒？

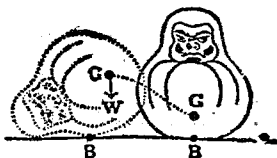


圖78.不倒翁

試就圖78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80，將細線的上端O固定，下端懸一小球，這個裝置稱為單擺，



圖 79. 伽利略觀察掛燈的擺動

小球稱為擺錘，

自O到擺錘中心的長，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



圖 80. 擺的試驗

力的作用又妨礙他的進行，使其速度漸漸減小。追到和A同高的位置B時，速度已變爲零，於是又依反對的方向運動。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

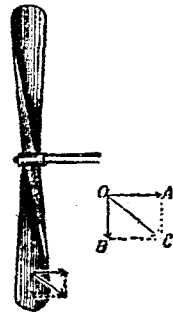


圖 81. 推進器的作用

向後方，由空氣或水的反作用的分力，使機或船前進，如圖81爲船的推進器，水對於器生反作用  $OC$ ，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83，船以  $F$  力前進， $IO$  爲舵，水流反作用  $F'$  的阻力，對舵，

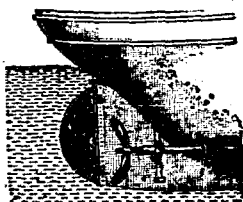


圖 82. 推進器和舵

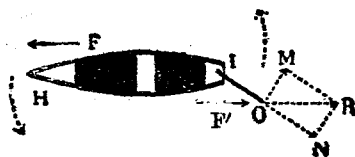


圖 83. 舵的作用

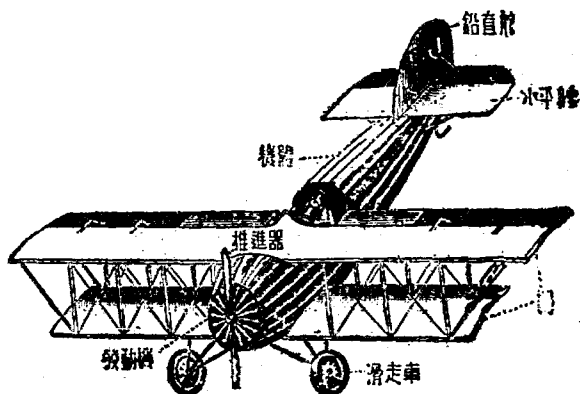


圖 84. 飛機

面可分為垂直分力 $OM$ 和平行分力 $ON$ 。 $OM$ 力作用於舵，使船首 $H$ 依虛線轉動。飛機的舵有兩種（圖84），如上述的一種，稱為**鉛直舵**，司機的轉向，故亦稱**方向舵**。還有一種為**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作等速運動。

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. 凡合數力為一力，稱為合力。在同一直線上的二力，如方向相同，其合力為二力的和，方向不變；若方向相反，其合力為二力的差，方向和大力相同。

7. 同作用於一點而成角度的二力，可以二力的代表線為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，稱為某方向的分力。一力的分力，普通依平行四邊形的方法，依一平面分為平行和垂直的兩分力。

9. 力臂和力的乘積為力矩。

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

11. 同方向二平行力的合力，其大小為二力的和，方向依二力的方向，其着力點依力矩的原理算出。
12. 物體平衡的條件必為：
  - A. 諸力的代數和為零。
  - B. 諸力矩的代數和為零。
13. 宇宙間任何兩物體，在其中心的連結直線上，互有引力的作用，其大小和兩者質量的乘積為正比，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，其值約為 980 每秒每秒釐米，稱為重力加速度。
15. 假想物體全重量所匯集的一點，稱為重心，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. 擺的振動為等時性，其週期為：
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$
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

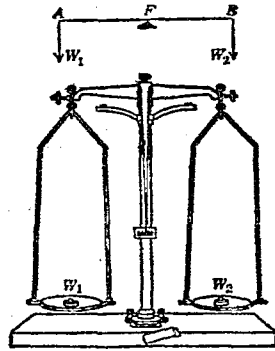


圖 85. 天 平

平就是兩臂等長的槓桿。如圖85，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86，一端懸所稱的物體  $R$ ，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

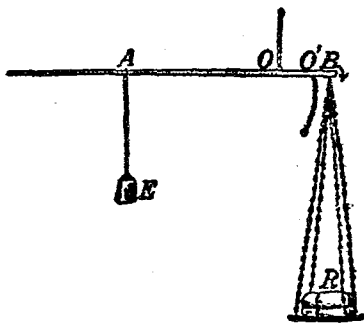


圖 86. 桿 秤

說，將秤桿的重量不計，則秤桿水平時，得用式表之為：

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

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

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 為短，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？

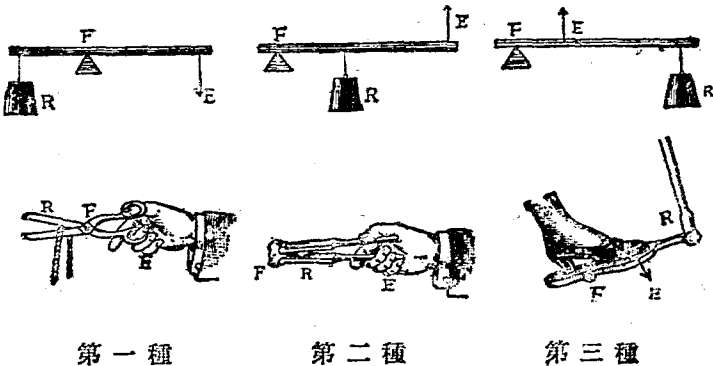
2. **機械利益和三種槓桿** 上節所述的桿秤，以輕的 E 錘能使重的物體 R 平衡，就是用小的力發生較大的效果。故 E 可稱為**主力**，R 稱為**阻力**。機械的作用，就在使很小的主力得和很大的阻力平衡。物理上以阻力和主力的比，稱為**機械利益**。由槓桿

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，稱為**力點**，阻力的着力點，稱為**重點**。如圖87，支點F若在中間，稱為**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。若重點在中間稱為**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，稱為**第三種槓桿**，如縫衣機的踏板等，因主力臂常小於阻力臂，

圖87. 三種槓桿

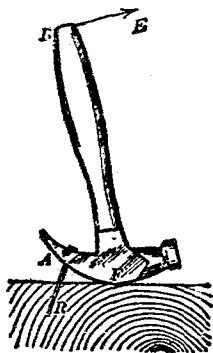


故其機械利益常小於 1。

從三種槓桿的機械利益，可推知：(1) 機械利益為 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 88 為拔釘錘，FB 長 30 釐米，釘和錘支點距離 FA 為 5 釐米。若主力 E 為 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？

### 3. 滑輪和輪軸 張帆、

圖 88. 拔釘錘

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，稱為定滑輪，如圖 89。裝在所拉的物體上，而隨物體上下運動的，稱為動滑輪，如圖 90。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  $E = R$ 。

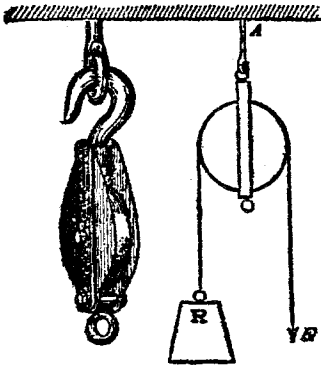


圖89. 定滑輪

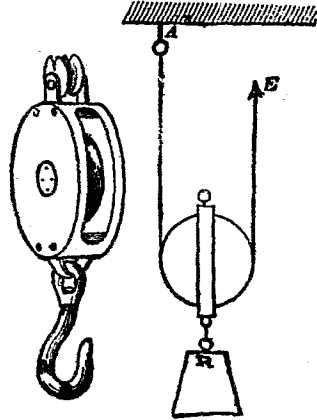


圖90. 動滑輪

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91，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

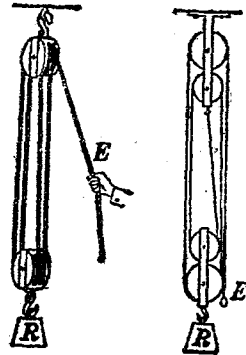


圖91. 滑輪組

4。若滑輪愈多，繩亦愈多，而力愈省。

輪軸爲一大滑輪連於軸上，如圖92。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  $F$  即爲支點， $r_1$ 、 $r_2$  爲輪和軸的半徑，則

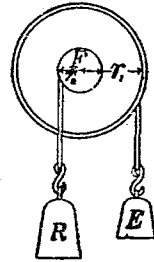


圖92. 輪 軸

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

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

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爲若干？

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，都稱爲對箱做工作。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

爲仟克米，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爲工作。

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。這個關係稱爲工作原理。

設主力  $E$  所經的距離爲  $S$ ，阻力  $R$  所經的距離爲  $S'$ ，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，稱為斜面。如圖93，

$l$  為斜面的長， $h$  為斜面

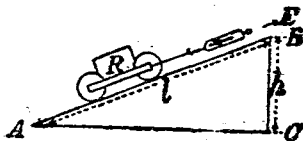


圖 93. 斜 面

的高。用  $E$  力將  $R$  重的物體由  $A$  曳到  $B$ ，其所做的工作為  $E \times l$ 。但同時物體的位置昇高  $h$ ，對於重力所做的工作為  $R \times h$ 。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，多為盤曲形，

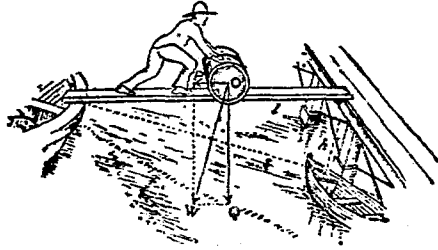


圖94. 斜面的作用

曳重物上高坡，也多盤曲而上，不作直線進行，都為增加斜面的長以求省力的緣故。

螺旋為斜面和槓桿連合而成。如以直三角形的紙繞於鉛筆，則筆的周圍成螺紋曲線如圖95左；若沿此曲線有凸起條紋，即為陽螺旋，如圖95右。又若

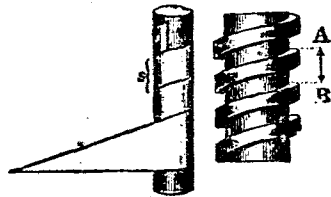


圖95. 螺旋原理

在圓孔內鑿成條紋，恰能嵌合陽螺旋的，即為陰螺旋。其相鄰兩線的距離，如圖95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96）、刀都是，針、釘也和劈的作用相似。



圖 96. 劈

**問題** 一桶重100斤克，某孩用40斤克的力，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，稱為物體的能量，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，稱為物體的動能。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，稱為位能，或稱勢能。動能和位能，稱為機械的能量。

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，至地面時完全變為動能，和地面衝突，則又變為熱能。故能量可由一種形狀變為他種形狀，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。這個關係稱為能量不滅原理，在物理學上極為重要。

**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 97，用寬與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，若盤中漸加法碼，使繩上的張力漸大，

張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？

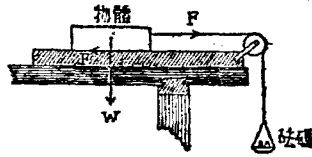
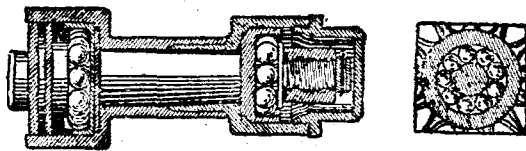


圖 97. 最大摩擦的測法

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，並和接觸面所受到的正壓力成正比，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

圖 98. 車的軸承



(1)

(2)

(1) 側面

(2) 正面

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 98 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。對於摩擦所做的工作為虛耗的工作，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。

摩擦虛耗功能，損壞器械害處是很顯然；但是

如果沒有摩擦力，則機械的傳動或制動，以及行路執物，均將感覺困難，甚至不可能，而火柴，釘樁，輾磨等，皆成廢物了。

**問題 1** 人在水上行走，容易滑跌，何故？

**問題 2** 使用第91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、螺旋和勞的六種。
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，稱為能量不滅原理。

9. 兩物體間的摩擦有一定限度，稱為最大摩擦，與兩物體間的壓力成正比，視接觸面的性質而定，而與接觸面的大小無關。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 熱和溫度及熱量

### 本章要旨

1. 討論熱的來源及其性質。
2. 說明溫度計的製法和種類。
3. 說明熱量和比熱的意義及測定法。

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，還不能直接利用太陽和地球內部的熱，其來源大都應用木柴、煤炭、油類和氣體等的燃燒。這類物質，稱為燃料。

家常日用的電熨斗、電鍋、電暖爐等，所得的熱的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。所消耗在摩擦的工作就變為熱。如圖 99，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。

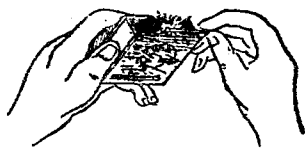


圖 99. 火柴摩擦燃燒

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. 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，  
通常所用的爲水銀或酒精  
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

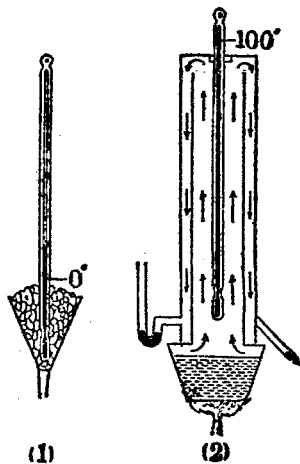


圖100. 溫度計定冰點沸點法

成溫度計。然後如圖 100(1) 將玻璃管置於熔解的碎  
水中，在冰水中待水銀降下到一定點處，刻爲冰點，  
記以 0；再如圖 100(2)，置於一氣壓下蒸汽中，當  
水銀上升到另一定點，刻爲沸點。在冰點、沸點間，  
刻 100 格等分，每一格稱爲  $1^\circ$ 。如是溫度計，爲  
瑞典攝氏所發明，稱爲攝氏溫度計，以 C 代之，爲  
科學上通用的溫度計。

又有德人華氏，以水的冰點作爲 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 101 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：

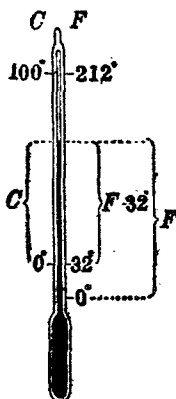


圖 101. 攝氏計和華氏計的比較

$$\text{因 } \frac{F-32}{C} = \frac{180}{100} = \frac{9}{5}$$

故得  $C = \frac{5}{9}(F-32)$

及  $F = \frac{9}{5}C + 32$

吾人日常所用的體溫計，其構造如圖 102，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。



圖 102. 體溫計

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？

**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？

3. **熱量和比熱** 熱既是能量的一種，當然亦有量，熱的量就稱為**熱量**。凡物體所含的熱量增多，溫度即升高；熱量減少，溫度就降低。如以沸水泡冷飯，不久則水的溫度降低而飯的溫度升高，即因沸水的熱量減少而飯粒的熱量增多之故。飯粒所得的熱量，即由沸水所失的熱量而來。

物體所含的熱量多少，與其溫度的意義不同。例如一大杯水和一小杯水，若其溫度相同，熱量就不等，因為熱量是和水量成正比例的。

熱量的單位為卡路里，簡寫為卡。1 卡就是 1 克的水溫度升降  $1^{\circ}\text{C}$  所需要或放出的熱量。例如使 100 克的水從溫度  $18^{\circ}\text{C}$  升至  $40^{\circ}\text{C}$ ，所需要的熱量為  $100(40-18)=2200$  卡。若從  $40^{\circ}\text{C}$  降至  $18^{\circ}\text{C}$ ，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  $1^{\circ}\text{C}$  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  $1^{\circ}\text{C}$  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  $t_1^{\circ}$  升至  $t_2^{\circ}$  或自  $t_2^{\circ}$  降至  $t_1^{\circ}$  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  $20^{\circ}\text{C}$  的水 100 克，乙杯盛  $8^{\circ}\text{C}$  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。

4. **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  $33.4^{\circ}\text{C}$ 。比熱表

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，為熱的種種損失。如傳導對流，輻射等作用（詳第十章）—故所用盛水器具，如能避免上項熱的損失，則一物質放出的熱量，方等於他物質所吸收的熱量。重要物質的比熱見右表。

由表中，可知普通物質中，水的比熱最大。便 1 克的水昇高

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
鋅	0.094
銅	0.093
銀	0.056
錫	0.055
汞	0.033
鉛	0.031

$1^{\circ}\text{C}$  所需的熱量，要比 1 克的泥土升高  $1^{\circ}\text{C}$  大五倍，所以水的溫度變化，比別種物質為小。

**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？

## 本章提要

1. 熱的來源為太陽，燃料，電流及摩擦。熱是一種能量。
2. 物體冷熱的程度，稱為溫度，測溫度最簡單的器械，為攝氏和華氏溫度計。
3. 一克的水，溫度升高  $1^{\circ}\text{C}$  所需的熱量稱為一卡，為熱量的單位。
4. 任何物質一克，其溫度升降  $1^{\circ}\text{C}$  所吸收或放出熱量的卡數，稱為該物質的比熱。



# 第八章 膨 脹

## 本章要旨

1. 討論固體，液體，氣體的膨脹狀。

1. **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 103，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，燃燒

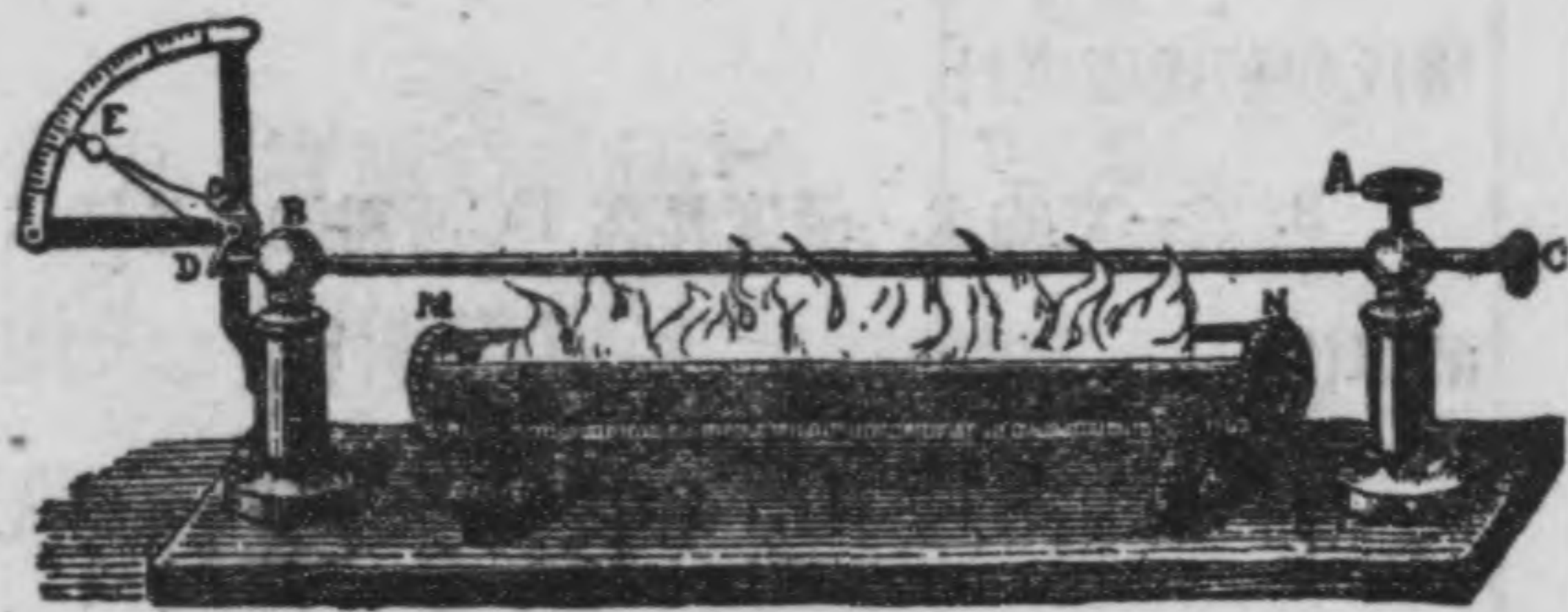


圖 103. 金屬的線膨脹

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 因冷却而收縮，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，且因溫度的高低而不同，同一溫度時，各物膨脹的大小

又各不相同。凡物體受熱得長度的伸長，稱爲線膨脹。體積的增加，稱爲容積膨脹。如上實驗，就是線膨脹。又如下面的實驗，就是容積膨脹。

**實驗** 如圖 104，一銅球在平常溫度恰能在環中通過；若將銅球加熱，再置環中，就不能通過；待其冷後，則又復通過。

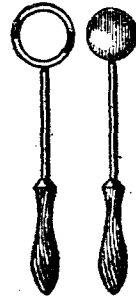


圖 104. 金屬的容積膨脹

凡物體每升  $1^\circ$ ，所增加的長度與其  $0^\circ$  時的長度之比，稱爲線脹係數。設物體在  $0^\circ$  時的長度爲  $l_0$ ，升高  $t^\circ$  時其長度增至  $l_t$ ，則其線脹係數  $a$  爲：

$$a = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}, \quad \text{或} \quad l_t = l_0 (1 + at)$$

附表所示爲幾種日用金屬的線脹係數其值雖小，然由固體膨脹所生的力很大，所以鐵軌、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。

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
銅	0.000001
玻 璃	0.000009
不 變 銅	銀36% 銅64%
	0.0000009

**問題 1** 試舉出吾入

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  $35^\circ\text{C}$ ，間

兩鐵軌間須留空隙若干？

**問題 5** 有一銅球在  $0^\circ\text{C}$  時的體積爲 100 立方釐米，間加熱至  $100^\circ\text{C}$

時，其體積爲若干？

2. 液體的膨脹 液體亦有膨脹，且膨脹係數大於固體。前述的水銀及酒精溫度計，就是利用液

體膨脹的器械。液體的膨脹又各不相同，由下面的實驗就可知道。

**實驗** 取試管一個，滿盛以水，如圖 105 所示。於管口塞以橡皮塞，塞中通一細玻璃管。於是置於熱水中，則見液體在細玻璃管中上昇；倘易以酒精，上昇尤速。

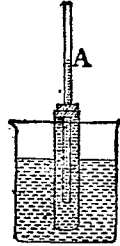


圖 105. 液體的膨脹

由此實驗，可知酒精的膨脹係數遠大於水。更由實驗考得各種液體在各溫度時的膨脹亦不同，故膨脹很不規則，而水的膨脹尤為奇特。

**實驗** 如圖 106，玻璃筒內盛冷水，水面及筒底各插一溫度計，可見水的溫度上下一律。若放入許多冰塊，則上下溫度依次低降，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



圖 106. 水的最大密度為  $4^{\circ}\text{C}$

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？

**3. 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 107 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，瓶內空氣可由玻璃管壓出，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。

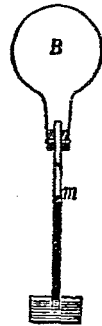


圖 107. 氣體的膨脹

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：

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

反過一面來說，若溫度降到冰點下 $273^{\circ}\text{C}$  ( $-273^{\circ}\text{C}$ )，氣體體積便要縮到沒有了。實則這個溫度并不是氣體化爲烏有，乃是已全變成液體，不受這定律的支配了。這冰點下 $273^{\circ}\text{C}$ ，叫做絕對零度，以此爲起點所計算的溫度，叫做絕對溫度，用 $T$ 來表示他，如是

$$T = 273 + t$$

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

因此給呂薩克氏由實驗所得到的結論，可寫道：氣體在常壓力下的體積與絕對溫度成正比例，或

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

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，其膨脹係數較固體爲大，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. 溫度每昇 $1^{\circ}$ ，物體每單位長度所延長的，稱為線脹係數。
2. 溫度每昇 $1^{\circ}$ ，物體每單位體積所膨脹的，稱為體脹係數。
3. 氣體的體脹係數等於 $\frac{1}{273}$ ，冰點下 $273^{\circ}\text{C}$ 的溫度叫做絕對零度，而以此為起點所計的溫度叫做絕對溫度，或 $T=t+273$
4. 氣體在常壓下的體積與絕對溫度為正比例，或

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

## 第九章 物態之變化

### 本章要旨

1. 探求物質的三態變化如何發生。
2. 討論大氣內水汽的變化。
3. 說明熱能的利用和蒸汽機的簡單構造。

1. **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。



熔點和熔解熱表

物質	熔點(C)	熔解熱(卡)
氫	-259°	
氫	-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

如水冷至 $0^{\circ}$

C, 復凝結為冰。

一切液體冷至相當

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、錒、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, 含有錒20%, 就是利用錒的膨大特性, 使能充滿字模中。

物質溶解於水所成的溶液，其凝固點都在  $0^{\circ}\text{C}$  以下。鹽水飽和溶液的凝固點在  $-22^{\circ}\text{C}$ 。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  $0^{\circ}\text{C}$  的水 100 克，投入  $40^{\circ}\text{C}$  的水 500 克內，其最後溫度為  $20^{\circ}\text{C}$ ，求水的熔解熱。

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

2. **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復存在；潮溼的毛巾，不久乾燥。凡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逐漸增加終達到最高限度而蒸發似乎停止，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？

**3. 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108，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，瓶內壓力減小，故沸點也。

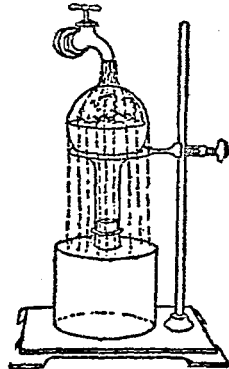


圖 108. 水的復沸

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，故常利用以製人造水。

**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。

**4. 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 109，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。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：

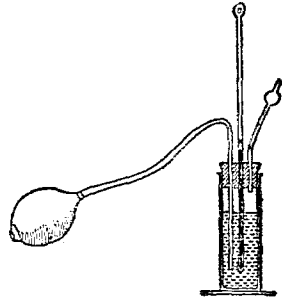


圖 109. 露點的求法

(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，高層的雲往往為細冰片集成。

(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，於是下降而為雨。

(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，為六角形或六邊形，很為美觀，如圖 110 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，就成為雹。

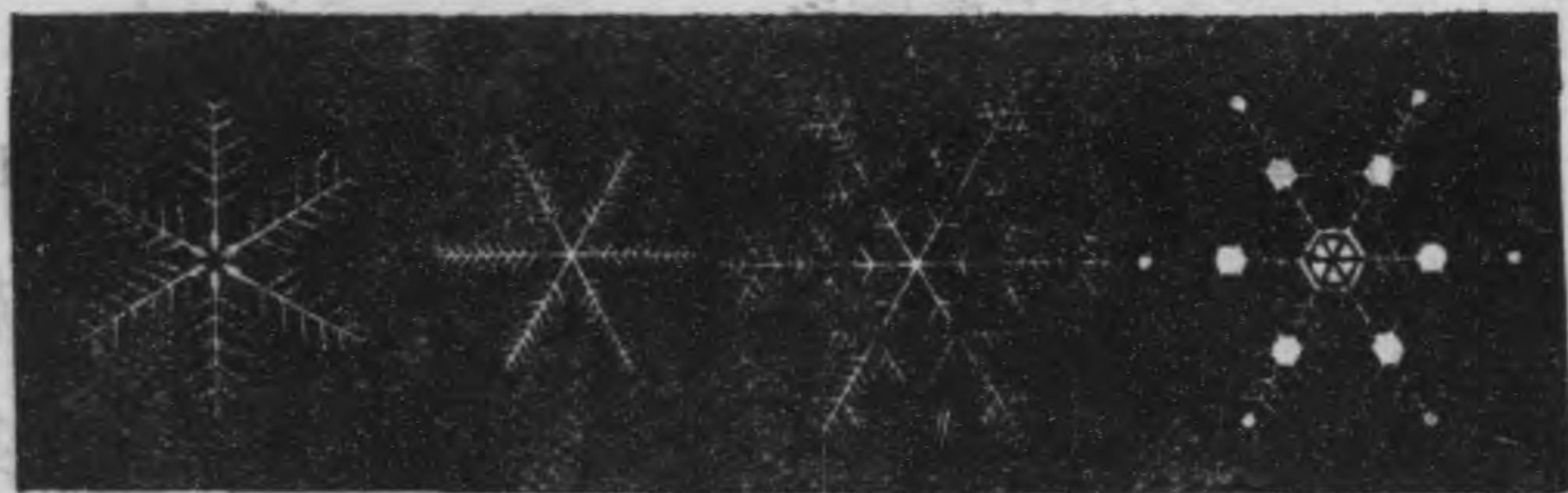


圖 110. 雪 的 結 晶

**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？

5. **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，為英人瓦特（註）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 112，汽鍋 B 內貯水，因



圖 111. 瓦 特

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。這樣往復不息，曲柄

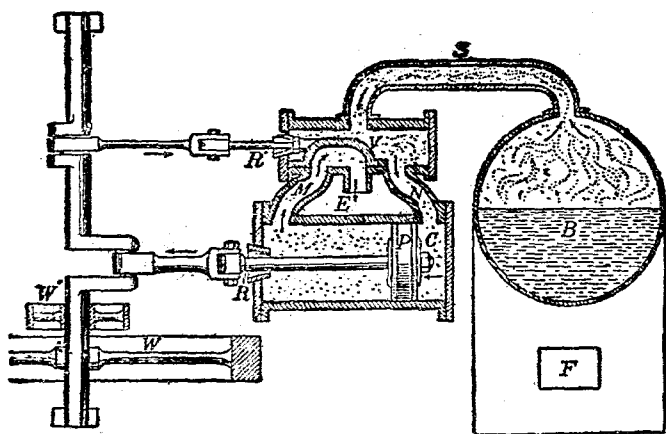


圖112. 蒸 汽 機

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，都在軸上裝一質量很大的飛輪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。又因活塞所受蒸汽的壓力隨時變更以致速度不能均一，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。

蒸汽機的用途極廣，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. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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，稱為該液體的沸點。

5. 高溫度的不飽和汽，在一定的低溫度時，可成為飽和汽。
6. 使 1 克液體變成同溫度汽體所需的熱量，稱為汽化熱。
7. 大氣中水汽開始凝結時的溫度，稱為露點。
8. 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。
9. 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。

# 第十章 熱的傳佈

## 本章要旨

1. 說明熱的傳遞方法。

1. **熱的傳導** 熱從一個地方可以傳到別一個地方，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

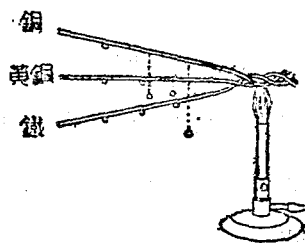


圖 113. 金屬的傳熱

圖 113, 將一端互相絞合, 並於各線上分段滴以白蠟少許。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 114, 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。

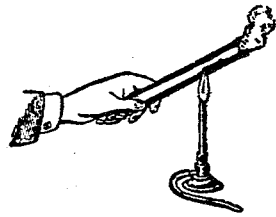


圖 114. 水是非導體

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 115, 以銅絲網放在酒精噴燈上, 用火柴在網上

然之，則焰在網上，倘在網下燃之，則又焰在網下。

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

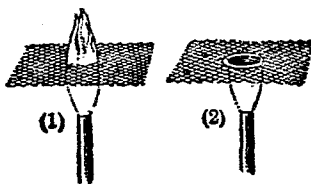


圖 115. 銅絲網的傳熱

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溶解？

**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？

2. **熱的對流** 由上節知水為非導體。然用酒精燈加熱於水的下部，則不久全部皆熱，終至沸騰。

**實驗** 如圖 116，以圓底燒瓶半盛以水，加木屑於水中。熱



其瓶底，則水中木屑在近火焰處上昇，而沿瓶側下降；如此循環不已。

這實驗的原理，是因近火焰處的水受熱膨脹，密度減小而上昇；上面較冷的水，密度較大而下降；如此互相替換，故能使水沸騰。凡熱由物質本身的循環，漸次傳到全部的現象，稱為對流。

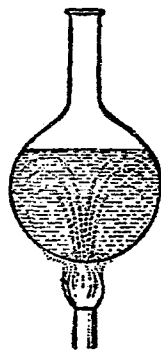


圖 116. 水的對流

**實驗** 如圖 117，燃燭一支，放在盤內。盤內盛水少許。用火油燈罩一個，套在其上，而使罩底沒在水面下，則因空氣不通而燭漸滅。如將罩底提出水面，熱的氣體就從罩內上昇，冷空氣從底內補入，燭就不熄。若以鐵片將罩隔成兩部，則罩底雖在水面下，而燭亦不熄滅。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

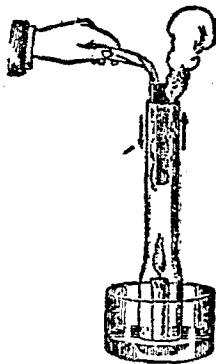


圖 117. 空氣的流通

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。倘用有烟窗的火爐以取暖，熱氣由烟窗通出，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，則燭向何方向移動？

倘放在氣窗旁則燭向何方向移動？試說明其故。到冬天，此種現象更為顯著，又為何故？

**3. 熱的輻射** 吾人坐在火爐的前面，就能取暖，但空氣為非導體，則熱的傳遞非因傳導可知。並且空氣受熱後膨脹上升，不能橫飛向身，故亦非因對流作用。這種得熱的方法，係由熱源直射而來。凡熱不依物質為媒介，而由熱源直射而來的現象，

稱為輻射。太陽和地球間除地球表面有空氣附着外，中間完全為真空，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，每分鐘為 30 萬千米。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

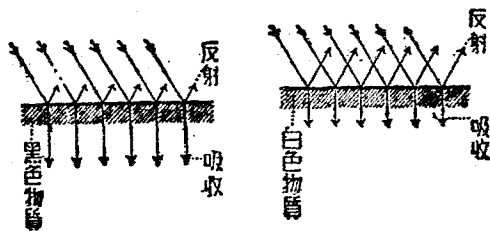


圖 118. 熱的吸收和反射

空氣或玻璃，而空氣，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 118 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 119，兩片相對而立，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。

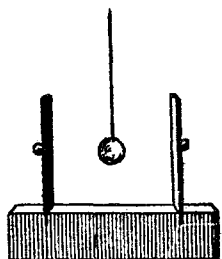


圖119. 粗糙黑色面的吸收和光滑白色面的反射

日常所用的熱水瓶，其主要部分為兩層壁的玻璃瓶，如圖 120。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。



圖 120. 熱水瓶

玻璃能透過太陽光線而不能透過反射後的輻射熱，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？

### 本章提要

1. 熱的傳遞有傳導、對流、輻射三種。
2. 熱經過物質而逐漸傳遞的為傳導，隨流體的移動而傳遞的為對流，不依賴介質而傳遞的為輻射。

# 中西名詞對照表

## (一) 中西對照

### 二 畫

十進制 Metric system  
力 Force  
力矩 Moment of force  
力偶 Couple  
力臂 Arm of force  
力的平衡 Equilibrium of forces

### 三 畫

上壓力 Upward pressure  
下壓力 Downward pressure  
大氣 Atmosphere  
大氣的壓力 Atmospheric pressure  
工作 Work  
工作原理 Principle of work

### 四 畫

不穩平衡 Unstable equilibrium  
內聚力 Cohesion  
公升 Liter  
分 Minute  
分力 Component of force  
分子 Molecule  
分子力 Molecular force  
分子說 Molecular theory  
反射 Reflection

反作用 Reaction  
天平 Balance  
巴斯噶原理 Pascal's principle  
方向 Direction  
支點 Fulcrum  
比重 Specific gravity  
比熱 Specific heat  
比重瓶 Specific bottle  
比重計 Hydrometer  
毛細現象 Capillary phenomena  
水準 Level  
水平舵 Horizontal rudder  
水壓機 Hydraulic press  
牛頓 Newton  
瓦特 Watt

### 五 畫

主力 Effort  
仟克 Kilogram  
加速度 Acceleration  
卡路里 Calorie  
平行力 Parallel forces  
平均速度 Mean velocity  
平均太陽日 Mean solar day

### 六 畫

全壓力 Total pressure  
冰點 Ice' point

合力 Resultant of forces  
 安全燈 Safety lamp  
 托里拆利 Torricelli  
 米 Meter  
 自由面 Free surface  
 自來水 Water supply  
 自然科學 Natural science

## 七 畫

作用 Action  
 作用線 Line of action  
 位能 Potential energy  
 位移 Displacement  
 伽利略 Galileo  
 冷劑 Freezing mixture  
 吸收 Absorption  
 吸取唧筒 Suction pump  
 汽 Vapor  
 汽化 Vaporization  
 汽化熱 Heat of vaporization

## 八 畫

固體 Solid  
 定律 Law  
 定滑輪 Fixed pulley  
 抽水唧筒 Water pump  
 沸點 Boiling point  
 沸騰 Ebullition  
 波義耳 Boyle  
 物質 Matter  
 物體 Body  
 物理學 Physics  
 物態的變化 Change of state

物質的三態 Three states of matter  
 物體的平衡 Equilibrium of a body  
 空間 Space  
 空氣唧筒 Air pump  
 虎克定律 Hooke's law  
 表面張力 Surface tension  
 長度 Length  
 阻力 Resistance  
 阿基米得原理 Archimedes' principle  
 附着力 Adhesion  
 非導體 Non-conductor

## 九 畫

活門 Valve  
 活塞 Piston  
 秒 Second  
 虹吸管 Siphon  
 重力 Gravity  
 重心 Center of gravity  
 重量 Weight  
 重力加速度 Acceleration of gravity  
 面積 Area  
 飛艇 Air-ship  
 飛機 Aeroplane  
 飛輪 Fly wheel

## 十 畫

原子 Atom.  
 振動 Oscillation

振幅 Amplitude  
 旁壓力 Lateral pressure  
 時間 Time  
 氣球 Balloon  
 氣體 Gas  
 氣壓計 Barometer  
 氣壓記錄器 Barograph  
 浮力 Buoyancy  
 浮體 Floating body  
 消防唧筒 Fire pump  
 流體 Fluid  
 流體壓力計 Manometer  
 酒精溫度計 Alcohol thermometer  
 容積膨脹 Cubical expansion  
 能量 Energy  
 能量不滅原理 Principle of conservation of energy  
 速率 Speed  
 速度 Velocity  
 連通器 Communicating vessel  
 馬德堡半球 Magdeburg hemispheres

十 一 畫

動能 Kinetic energy  
 動量 Momentum  
 動滑輪 Movable pulley  
 基本單位 Fundamental unit  
 密度 Density  
 張力 Tension  
 推進器 Propeller  
 斜面 Inclined plane  
 液體 Liquid  
 混合法 Method of mixture  
 現象 Phenomenon

球軸承 Ball bearing  
 移動 Translation  
 舵 Rudder  
 週期 Period

十 二 畫

單位 Unit  
 單擺 Simple pendulum  
 最大摩擦 Maximum friction  
 極限強度 Ultimate strength  
 無液氣壓計 Aneroid barometer  
 量 Quantity  
 等時性 Isochronism  
 等速運動 Uniform motion  
 等加速運動 Uniform accelerated motion  
 絕對單位 Absolute unit  
 給呂薩克 Gay-Lussac  
 華氏溫度計 Fahrenheit thermometer  
 貿易風 Trade wind  
 軸承 Bearing  
 運動 Motion  
 運動定律 Law of motion  
 運動三定律 Three laws of motion  
 達因 Dyne

十 三 畫

傳導 Conduction  
 溫度 Temperature  
 溫度計 Thermometer  
 滑輪 Pulley  
 滑輪組 Block and tackle



滑動摩擦 Sliding friction  
 萬有引力定律 Law of universal gravitation  
 鉛垂線 Plumb line  
 飽和汽 Saturated vapor  
 飽和汽壓 Saturated vapor pressure

#### 十四畫

對流 Convection  
 慣性 Inertia  
 槓桿 Lever  
 滾動摩擦 Rolling friction  
 熔解 Fusion  
 熔解熱 Heat of fusion  
 熔點 Melting point  
 蒸汽 Steam  
 蒸發 Evaporation  
 蒸汽機 Steam engine

#### 十五畫

劈 Wedge  
 導體 Conductor  
 導出單位 Derived units  
 彈力 Elastic force  
 彈性 Elasticity  
 彈性體 Elastic body  
 彈簧秤 Spring balance  
 彈性限度 Elastic limit  
 彈性的疲乏 Elastic fatigue  
 摩擦 Friction  
 標準狀態 Standard condition  
 標準氣壓 Standard atmospheric pressure

潛水艇 Submarine  
 熱 Heat  
 熱量 Quantity of heat  
 熱水瓶 Thermo bottle  
 熱的傳遞 Transmission of heat  
 熱的輻射 Radiation of heat  
 線膨脹 Linear expansion  
 線脹係數 Coefficient of linear expansion  
 衝量 Impulse  
 質量 Mass  
 輪軸 Wheel and axle  
 隨遇平衡 Neutral equilibrium

#### 十六畫

凝固 Solidification  
 凝結 Condensation  
 凝固點 Solidifying point  
 機械利益 Mechanical advantage  
 機械效率 Mechanical efficiency  
 機械的能量 Mechanical energy  
 膨脹 Expansion  
 輻射 Radiation  
 靜止 Rest

#### 十七畫

壓力 Pressure  
 壓力唧筒 Force pump  
 壓縮唧筒 Compression pump  
 壓力的強度 Intensity of pressure  
 應變 Strain  
 螺旋 Screw  
 螺距 Pitch

十八畫

擺的定律 Laws of pendulum  
簡單機械 Simple machine  
轉動 Rotation

十九畫

穩度 Stability  
穩定平衡 Stable equilibrium

二十一畫

攝氏溫度計 Celsius' thermometer

露點 Dew point

二十三畫

變速運動 Variable motion  
體積 Volume  
體溫計 Clinical thermometer  
體脹係數 Coefficient of cubical expansion

C

C. G. S. 單位 C. G. S. un'its

## (二) 西 中 對 照

### A

Absolute unit 絕對單位  
Absorption 吸收  
Acceleration 加速度  
Acceleration of gravity 重力加速度  
Action 作用  
Adhesion 附着力  
Aeroplane 飛機  
Air pump 空氣唧筒  
Air-ship 飛艇  
Alcohol thermometer 酒精溫度計  
Amplitude 振幅  
Aneroid barometer 無液氣壓計  
Archimedes' principle 阿基米得原理  
Area 面積  
Arm of force 力臂  
Atmosphere 大氣  
Atmospheric pressure 大氣的壓力  
Atom 原子

### B

Balance 天平  
Ball bearing 球軸承  
Balloon 氣球  
Barograph 氣壓記錄器  
Barometer 氣壓計  
Bearing 軸承  
Block and tackle 滑輪組  
Body 物體  
Boiling point 沸點

Boyle 波義耳  
Buoyancy 浮力

### C

C. G. S. units C. G. S. 單位  
Calorie 卡路里  
Capillary phenomena 毛细現象  
Celsius' thermometer 攝氏溫度計  
Center of gravity 重心  
Change of state 物態的變化  
Clinical thermometer 體溫計  
Coefficient of cubical expansion 體脹係數  
Coefficient of linear expansion 線脹係數  
Cohesion 內聚力  
Communicating vessel 連通器  
Component of force 分力  
Compression pump 壓縮唧筒  
Condensation 凝結  
Conduction 傳導  
Conductor 導體  
Convection 對流  
Couple 力偶  
Cubical expansion 容積膨脹

### D

Density 密度  
Derived units 導出單位  
Dew point 露點  
Direction 方向

Displacement 位移  
Downward pressure 下壓力  
Dyne 達因

E

Ebullition 沸騰  
Effort 主力  
Elastic body 彈性體  
Elastic fatigue 彈性的疲乏  
Elastic force 彈力  
Elastic limit 彈性限度  
Elasticity 彈性  
Energy 能量  
Equilibrium of a body 物體的平衡  
Equilibrium of forces 力的平衡  
Evaporation 蒸發  
Expansion 膨脹

F

Fahrenheit thermometer 華氏溫度計  
Fire pump 消防唧筒  
Fixed pulley 定滑輪  
Floating body 浮體  
Fluid 流體  
Fly wheel 飛輪  
Force 力  
Force pump 壓力唧筒  
Free surface 自由面  
Freezing mixture 冷劑  
Friction 摩擦  
Fulcrum 支點

Fundamental unit 基本單位  
Fusion 熔解

G

Galileo 伽利略  
Gas 氣體  
Gay-Lussac 給呂薩克  
Gravity 重力

H

Heat 熱  
Heat of fusion 熔解熱  
Heat of vaporization 汽化熱  
Hooke's law 虎克定律  
Horizontal rudder 水平舵  
Hydraulic press 水壓機  
Hydrometer 比重計

I

Ice point 冰點  
Impulse 衝量  
Inclined plane 斜面  
Inertia 慣性  
Intensity of pressure 壓力的強度  
Isochronism 等時性

K

Kilogram 仟克

Kinetic energy 動能

### L

Lateral pressure 旁壓力

Law 定律

Law of motion 運動定律

Law of universal gravitation 萬

有引力定律

Laws of pendulum 擺的定律

Length 長度

Level 水準

Lever 槓桿

Line of action 作用線

Linear expansion 線膨脹

Liquid 液體

Liter 公升

### M

Magdeburg hemispheres 馬德堡半  
球

Manometer 流體壓力計

Mass 質量

Matter 物質

Maximum friction 最大摩擦

Mean solar day 平均太陽日

Mean velocity 平均速度

Mechanical advantage 機械利益

Mechanical efficiency 機械效率

Mechanical energy 機械的能量

Melting point 熔點

Meter 米

Method of mixture 混合法

Metric system 十進制

Minute 分

Molecule 分子

Molecular force 分子力

Molecular theory 分子說

Moment of force 力矩

Momentum 動量

Motion 運動

Movable pulley 動滑輪

### N

Natural science 自然科學

Neutral equilibrium 隨遇平衡

Newton 牛頓

Non-conductor 非導體

### O

Oscillation 振動

### P

Parallel forces 平行力

Pascal's principle 巴斯噶原理

Period 週期

Phenomenon 現象

Physics 物理學

Piston 活塞

Pitch 螺距

Plumb line 鉛垂線

Potential energy 位能

Pressure 壓力

Principle of conservation of en-  
ergy 能量不減原理

Principle of work 工作原理  
 Propeller 推進器  
 Pulley 滑輪

Q

Quantity 量  
 Quantity of heat 熱量

R

Radiation 輻射  
 Radiation of heat 熱的輻射  
 Reaction 反作用  
 Reflection 反射  
 Resistance 阻力  
 Rest 靜止  
 Resultant of forces 合力  
 Rolling friction 滾動摩擦  
 Rotation 轉動  
 Ruddler 舵

S

Safety lamp 安全燈  
 Saturated vapor 飽和汽  
 Saturated vapor pressure 飽和汽  
 壓  
 Screw 螺旋  
 Second 秒  
 Simple machine 簡單機械  
 Simple pendulum 單擺  
 Siphon 虹吸管  
 Sliding friction 滑動摩擦

Solid 固體  
 Solidification 凝固  
 Solidifying point 凝固點  
 Space 空間  
 Specific bottle 比重瓶  
 Specific gravity 比重  
 Specific heat 比熱  
 Speed 速率  
 Spring balance 彈簧秤  
 Stability 穩度  
 Stable equilibrium 穩定平衡  
 Standard condition 標準狀態  
 Standard atmospheric pressure  
 標準氣壓  
 Steam 蒸汽  
 Steam engine 蒸汽機  
 Strain 應變  
 Submarine 潛水艇  
 Suction pump 吸取唧筒  
 Surface tension 表面張力

T

Temperature 溫度  
 Tension 張力  
 Thermo bottle 熱水瓶  
 Thermometer 溫度計  
 Three laws of motion 運動三定  
 律  
 Three states of matter 物質的三  
 態  
 Time 時間  
 Torricelli 托里拆利  
 Total pressure 全壓力  
 Trade wind 貿易風  
 Translation 移動

Transmission of heat 熱的傳遞

## U

Ultimate strength 極限強度

Uniform accelerated motion 等  
加速運動

Uniform motion 等速運動

Unit 單位

Unstable equilibrium 不穩平衡

Upward pressure 上壓力

## V

Valve 活門

Vapor 汽

Vaporization 汽化

Variable motion 變速運動

Velocity 速度

Volume 體積

## W

Water pump 抽水唧筒

Water supply 自來水

Watt 瓦特

Wedge 劈

Weight 重量

Wheel and axle 輪軸

Work 工作

中華民國二十七年十二月二十五日 印刷  
中華民國二十七年十二月三十日 發行

初中物理 上册

定價 四角七分

北京中南海懷仁堂西四所

著者 兼 行 者 教育 部 編 審 會

北京阜成門外北禮士路

印刷 所 新民印書館股份有限公司

北京阜成門外北禮士路

發行 所 新民印書館股份有限公司

版權 所有



3

161