

修正課程標準適用

初中物理參考書

上冊

編者 徐天游

校者 陶鴻翔

中華書局印行

修正課程標準適用

初中物理參考書編例

1. 本書根據修正課程標準適用初中物理編輯，亦分上下兩冊，以備教師教授時參考及學者自修之用。

2. 本書內容悉照教本的章節，兩相對照，不特敘述詳明，而且檢閱很便利。

3. 本書編制，大概如：

a. 每章之前列“本章要旨”一項，說明本章的目的，以引起學者的動機，使預得本章的一個概念。

b. 每節課文，於必要時作一“詞語詳解”，凡專名、術語，有須註釋的，都加以相當的註釋，期使教者、學者得免檢查辭書、字典之勞。

c. 每節作一“補充材料”，凡可和課文相發明，或為常識上應具備而課文不及敘述的，或為教師參考所必需的材料，都歸入此項。

d. 每節根據教本問題，作一“問題解答”，指示



方法，以供學生自習時的參考。
e. 教本中雖有實驗的敘述，但因篇幅關係，大且偏於教師教學時之應用。本書在適當章節後，附“實驗指導”一項，詳述實驗的目的，

用具和方法,或更附有記錄的表式,以便學者的自動實驗。

4. 本書材料,以實用為主,但教師在實際教學時,如認為有變通必要的,儘可隨意活用,不必拘泥。

修正課程標準適用

初中物理參考書上册目次

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	10
4. 質量和重量	12
5. 密度和比重	14

第二章 水

1. 液體傳遞壓力的性質	18
2. 液體內部的壓力	20
3. 水平面和連通器	24
4. 液體的浮力	25
5. 物體的浮沉	28
6. 比重的測定	30
7. 分子和分子力	35
8. 表面張力	38
9. 毛細現象	40

第三章 空氣

1. 氣體的比重和壓力	42
2. 大氣的壓力	43

3. 大氣壓力的測定	45
4. 氣壓計及其應用	47
5. 氣體的體積和壓力的關係	49
6. 氣球和浮力	51
7. 流體壓力計和虹吸管	53
8. 抽水唧筒	58
9. 空氣唧筒和壓縮唧筒	59

第四章 物質的彈性

1. 彈性	62
2. 彈簧秤	63

第五章 運動和力

1. 運動和慣性	67
2. 位移和速度	69
3. 加速度	72
4. 力	74
5. 合力和分力	76
6. 力的反作用	81
7. 力矩和轉動	82
8. 平行力	85
9. 物體的平衡	87
10. 萬有引力和重力	88
11. 重心和穩度	91

-
12. 單擺.....93
13. 空氣和水的阻力.....95

第六章 簡單機械

1. 秤和槓桿.....100
2. 機械利益和三種槓桿.....103
3. 滑輪和輪軸.....105
4. 工作和工作原理.....108
5. 斜面螺旋和劈.....111
6. 能量.....114
7. 摩擦和機械效率.....116

第七章 熱和熱的傳遞

1. 熱的來源.....120
2. 熱的傳導.....122
3. 熱的對流.....124
4. 熱的輻射.....127

第八章 溫度和脹縮

1. 溫度和溫度計.....130
2. 固體的膨脹.....135
3. 液體的膨脹.....136
4. 氣體的膨脹.....138

第九章 熱量和三態變化

1. 熱量和比熱.....142

2. 比熱的測定	143
3. 熔解和凝固	146
4. 汽化和蒸發	149
5. 沸騰	151
6. 大氣內的水汽	153
7. 蒸汽機	156

修正課程標準適用

初中物理參考書上冊

第一章 緒論

本章要旨 1.就物性以得物質的概念,并由物質的特性以辨別物質的三態. 2.認識物理學上應用的單位,和米制的便利. 3.由推引的作用以得力的初步概念. 4.說明密度和比重的定義,并為導出單位的例證.

1. 物質的三態

詞語詳解 【空間】在無限諸方向之中而包含諸物體者,叫做空間(Space).空間常和時間對舉,時間係指往古來今縱的方面而言;空間乃指四方上下橫的方面而言.空間和時間都有無限連續的意義,就是通常所謂宇宙. 【感覺】感覺(Sensation)為生理及心理學名詞,外界刺激傳至某器官,由神經傳至神經中樞,因而覺知有某種刺激,是為感覺.感覺普通分為視、聽、嗅、味、觸五種,而觸覺又有溫覺、冷覺、痛覺、壓覺等分別.無論何種刺激發生感覺,都有一定限度,過與不及皆不發生,這限度稱為感覺閾. 【量杯、燒瓶、試管、漏

斗]皆為化學用具,用玻璃製,其式樣順次如教本圖 1 所示。【攝氏】攝氏溫度計 (Celsius' thermometer) 為科學上通用的溫度計,其製法詳教本第八章第 1 節。

【化學變化】化學 (Chemistry) 為研究物質組成及其變化的科學,化學變化 (Chemical change) 是物質的形態、性質都起變化的意思,例如燃硫黃於空氣中,則其特殊的形態和性質皆起變化,而生與硫黃迥異的無色惡臭氣體(二氧化硫)是。若物質僅起形態的變化,而其實質不變,則稱為物理變化 (Physical change),例如水的變化為冰和蒸汽是。【自然科學】自然科學 (Natural science) 就是研究自然物質和現象的科學,除物理學外,如天文學、化學、植物學、動物學、礦物學等都是自然科學。

補充材料

物性 凡構成物體的物質,所有種種的性質,稱為物性 (Properties of matter),各種物質共有的性質,稱為通性 (General properties),例如物體均有長、寬、厚的量度,即佔有空間,是為物質的填充性 (Extension); 兩個物體不能同時佔有同一的空間,是為物質的不可入性 (Impenetrability); 其他如物質的質量 (Mass)、重量 (Weight)、慣性 (Inertia),與其所附的能量 (Energy)等,均為物質重要的通性,由物性的一種,即可得物質的概念。

物質除有通性外，一類的物質尚有幾種特性 (Special properties)，就每類物質的特性，可分物體爲固體、液體、氣體的狀態，稱爲物質的三態 (Three states of matter)。物態的變化，通常隨溫度而發生，氣體若將溫度降低，同時增加壓力，亦可變成液體。

黏體 通常物質除有固、液、氣三態外，尙有如蜂蜜、牛皮糖等，在短時間內雖亦具有一定的形狀，好像是固體；但經過相當時間後，即漸變形而爲液體；這種介於固體、液體中間的物質，稱爲黏體 (Viscous bodies)。將玻璃管放在酒精燈上燒了片刻，也可從固體狀態變爲黏體狀態。

2. 物理學應用的單位

詞語詳解 【量】凡是有大小、多少等可以計算的，都叫做量 (Quantity)。在物理學上，如物質的體積、密度等，是關於物性的量；又如速度、熱力等，是關於物理現象的量；統稱爲物理量。【米制】度、量、衡的制度各國都不一致，即一國內亦甚紛歧，時起糾紛。法國革命後，由國會舉定一委員會，確定合理的制度，於 1793 年創造十進制 (Decimal system)，或稱米制 (Metric system)，經世界各國所採用。我國於民國四年定此制爲公制，十七年國民政府定此制爲標準制，並按此制簡單的比率，確定市用制，以求全國度、量、衡的統一。【鎊鈞】

爲兩種化學金屬元素。鉑(Platinum)即白金,天然與銱(Iridium)等混合產出,鉑90%與銱10%的合金,非常堅硬,有彈性和美麗光澤,於空氣中不起變化,且不易熔融,故常用以製度量衡的原器及化學用的坩堝等。

【C. G. S.單位】用厘米、克、秒爲基本單位的系統,稱爲C. G. S.單位,其實溫度的單位也已包含在中間,因爲科學上公用的溫度單位爲攝氏1度,常記作 1°C 。由此單位導出的各種量的單位,稱爲C. G. S.制單位。

補充材料

長度的單位 法國的委員會以通過巴黎的子午線自地球北極至赤道間的距離,分成一千萬分,取其一分的長度定爲1米(Meter),製成鉑銱(Platinum-Iridium)合金棒的標準米尺(教本圖2),但由後世重測的結果,知地球上象限的長度不能恰合10,000,000米,約爲10,000,856米,故不再以地球爲標準,就以合金棒的溝底所刻二橫線間在 0°C 時的距離爲標準。米尺的原器(Prototype),現藏巴黎附近的國際度量衡局。1米即長度的標準單位,再用十進的倍數和約數便得長度的各單位如下:

對於米的關係	英名	縮寫	譯名	公制譯名	舊譯
1000米	=Kilometer	=Km.	=仟米	=公里	=浬
100米	=Hectometer	=Hm.	=佰米	=公引	=柁

10米	= Dekameter	= Dm.	= 什米	= 公尺	= 杆
1米	= Meter	= m.	= 米	= 公尺	= 杖
0.1米	= Decimeter	= dm.	= 分米	= 公寸	= 粉
0.01米	= Centimeter	= cm.	= 釐米	= 公分	= 檉
0.001米	= Millimeter	= mm.	= 毫米	= 公釐	= 耗

面積的單位爲平方米(Sq. m.),平方厘米(Sq. cm.)等,體積的單位爲立方米(Cu. m.),立方厘米(c. c.)等,1000立方釐米爲1升或1公升(Liter).

質量的單位 物體內含有物質的量,稱爲質量。法國度量委員要確定長度的單位和質量的單位有關係,故定製一鉑銻合金圓柱體,恰和1升的水在密度最大時(4°C)的質量相等(1升即每邊1分米的立方體的體積),此柱體的質量稱爲仟克,爲質量的標準單位,其他的米制質量單位如下:

對於克的關係	英名	縮寫	譯名	公制譯名	舊譯
1000克	= Kilogram	= Kg.	= 仟克	= 公斤	= 鈞
100克	= Hectogram	= Hg.	= 佰克	= 公兩	= 鎰
10克	= Dekagram	= Dg.	= 什克	= 公錢	= 鈞
1克	= Gram	= g.	= 克	= 公分	= 克
0.1克	= Decigram	= dg.	= 分克	= 公釐	= 鈞
0.01克	= Centigram	= cg.	= 釐克	= 公毫	= 鈞
0.001克	= Milligram	= mg.	= 毫克	= 公絲	= 耗

市用制的度量衡

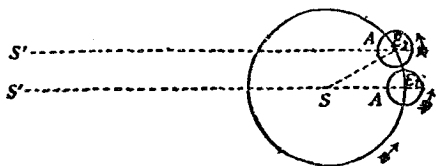
1市尺 = $\frac{1}{3}$ 米, 1500市尺 = 1里, 6000平方市尺 = 1畝;

1市斤 = $\frac{1}{2}$ 仟克 = 500克, 1市斤 = 16市兩;

1市升 = 1公升, 其餘單位均依十進的倍數和約數。

時間的單位 時間的標準通常都以地球一週轉所需的時間而確定。地球的週轉如對於一個恆星而言, 則地面上某處子午線的觀測者望見天頂上某一恆星, 即稱為南中後算起, 至此恆星再達南中時所歷的時間(即地球對此恆星一週轉所需時間), 稱為 1 恆星日 (Siderial day),

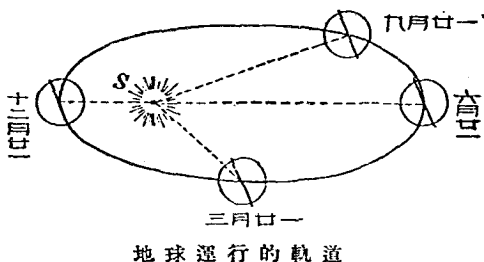
天文上用作標準的時間。吾人日常的生活和太陽有密切的關係, 所以物理學上



太陽日和恆星日的比較

時間的標準就依太陽而定。凡某處子午線的觀察者, 見太陽連續兩次達南中所歷的時間(即今日午刻到明日午刻的時間), 稱為 1 太陽日 (Solar day)。太陽日比恆星日稍長, 其理由如附圖。S 為太陽, S' 為恆星, 設地球在 E_1 的位置時, 假定 A 處子午線的觀察者同時在太陽和恆星間連接的一直線上, 則地球經週轉而達 E_2 的位置時, 因恆星距離極遠, S'A 的方向線在兩次的位置幾成平行, 故 A 處對恆星可謂已達南中, 但對

近距離的太陽，應再轉過 E_2SE_1 的角度，方達南中，故太陽日比恆星日所長的時間，即地球轉過此角度的時間。地球繞太陽運行的公轉軌道非如上圖的圓形，實際為以太陽為焦點的橢圓形，如右圖。地球公轉的速度以距太陽愈近而愈大，故上述的



E_2SE_1 角，其大小每日不同，因而一年中太陽日的長短即不等，不能任取一日為時間的標準。物理學上取一年中太陽日的平均數定為一日，稱為平均太陽日 (Mean solar day)，為標準的時間。

$$1 \text{ 平均太陽日} = 86,400 \text{ 秒,}$$

$$1 \text{ 太陽年} = 365.2422 \text{ 平均太陽日,}$$

$$1 \text{ 恆星日} = \text{平均太陽日的 } 23 \text{ 時 } 56 \text{ 分 } 4.09 \text{ 秒.}$$

問題解答

問題 1 說明單位、基本單位和 C. G. S. 單位。

【解】單位即同類量中的標準量，基本單位即長度、質量 and 時間的三個單位，C. G. S. 單位即取釐米、克、秒為基本單位的系統。

問題 2 米制有什麼便利?

[解] 米制的便利為:(1)倍數和約數都以十進,簡單而易計算;(2)長度和質量的單位有簡單的關係;(3)世界上各國都已採用,成為統一的制度。

問題 3 面積和體積的 C. G. S. 單位,其名稱如何?

[解] 面積和體積的 C. G. S. 單位為平方釐米和立方釐米等。

問題 4 十克水的體積,等於若干立方釐米?

[解] 十克水的體積等於十立方釐米。

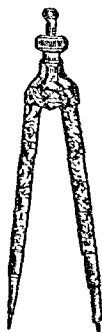
實驗指導**(1) 長度的測定**

目的 測定圓板的圓周和直徑,並求 π 的數值。

用具 圓規,米尺,紙板,剪刀。

方法 I. 圓周的測定 用圓規在硬紙板上作一圓,剪下圓紙板一塊,用細長的紙條緊捲於圓板的周圍,在紙條重疊處以鉛筆作一記號,然後將紙條置米尺上,測定圓周的長度。

II. 直徑的測定 平放圓板,將米尺的刻度邊放在板上,恰通過圓的中心,記錄直徑的長度。



圓規

記錄和計算

實驗次數	圓周(釐米)	直徑(釐米)
1		
2		
平均值		

$$\pi = \frac{\text{圓周}}{\text{直徑}} = \underline{\quad\quad\quad} \quad \pi \text{ 的正確值} = 3.1416$$

$$\text{誤差} = \underline{\quad\quad\quad}$$

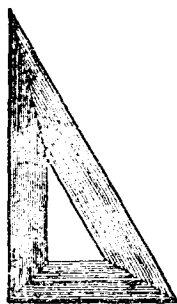
$$\text{誤差的百分比} = \frac{\text{誤差}}{\text{正確值}} \times 100\% = \underline{\quad\quad\quad}\%$$

(2) 三角板和量角規的用法

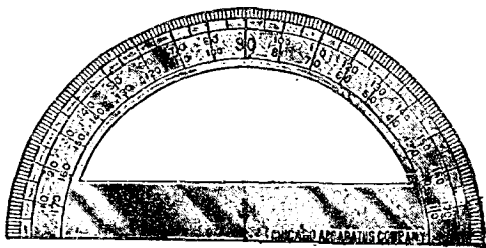
目的 求直角三角形各邊的關係和長方形的面積。

用具 米尺,三角板,量角規。

方法 I. 直角三角形各邊長度的測定 作一



三角板



量角規

直角三角形,藉量角規將三角形的一銳角作成 60° ,量三角形各邊的長度。

II. 長方形各邊長度的測定 用兩塊三角板,作二根平行線,並藉量角規作成一長方形,測定其高度和底邊的長度。

記錄和計算

實驗次數	三 角 形			長 方 形	
	勾(釐米)	股(釐米)	弦(釐米)	高度(釐米)	底邊(釐米)
1					
2					
平均值					

I. 直角三角形各邊的關係

弦的實測長度 = 釐米 $(\text{弦})^2 = (\text{勾})^2 + (\text{股})^2$

由公式算出弦的長度 = 釐米

誤差 = 誤差的百分比 = %

II. 長方形的面積 = 高度 × 底邊

∴ 面積 = 平方釐米

3. 重量和力

詞語詳解 【重量】重量為物質的一種通性,是因物質受地球吸引的重力而發生,凡推引一切物體所生的作用,統稱為力 (Force), 這是力的初步概念。

【力的三要素】力的三要素,即大小,方向和施力點,與

直線的性質相同,故一直線可以表示一力的作用,直線的單位長度代表力的大小,應有預定的標度比數(Scale number),例如直線上每 1 釐米的長度表示 10 單位的力,10 就是標度比數。依作圖的大小,可任意採用一標度比數,但在一個問題中所採用的應相同。凡作圖以說明力的作用,稱為力的圖示(Graphical representation of forces)。

【重力單位】在緯度 45° 的海平面上作用於 1 克質量上的重力,稱為 1 克,就是力的通用單位,所以質量單位和重力單位的名稱相同,但意義上實有區別。力的單位除重力單位外,還有從 C. G. S. 制推出來的單位,稱為絕對單位(Absolute unit, 詳見教本第五章第 4 節)。

【緯度】地球上假設和赤道平行的線圈,用以表示南北之距離,稱為緯線;各緯線與赤道相距之弧度,稱為緯度(Latitude)。自赤道起算,達南、北極,各為 90° 度,在赤道北的為北緯,在赤道南的為南緯。緯度 1 度的距離,近極處較長,約為 111.7 仟米;近赤道處較短,約為 110.6 仟米;這因地球為扁平橢圓形的緣故。

【壓力和張力】兩力的作用彼此相向時稱為壓力(Pressure),凡受壓力的物體,如和作用線垂直的方向被割斷時,有接觸而相向運動的趨勢。兩力的作用彼此相背時,稱為張力(Tension),凡受張力的物體被割斷時,斷去的兩部分就互相分離而運動。壓

力的強度(Intensity)爲單位面積上所受的力,簡稱壓力。故30平方釐米的面積上受有90克的總壓力時,則面上的壓力爲 $90/30=3$ 克/釐米²,算式爲

$$P = \frac{F}{A}, \quad \text{即(壓力)} = \frac{\text{(總壓力)}}{\text{(面積)}} \text{克/釐米}^2$$

問題解答

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,桌面受到壓力的強度若何?

[解] 壓力的強度 = $\frac{500 \text{ 克}}{20 \text{ 平方釐米}} = 25 \text{ 克/平方釐米}$

問題2 一本書平放在桌上,和豎放在桌上時,桌面上所受的總壓力和壓力的強度有無改變?

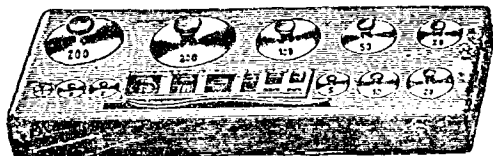
[解] 桌面上所受的總壓力相同,但壓力的強度則豎放時比平放時爲大。

4. 質量和重量

詞語詳解 【天平】天平(Balance)是通常測定質量的儀器,因爲在同一地點,質量相同的二個物體,所受的重力相等,即其重量相同,故在同一地點的物體,重量和質量成正比,天平的作用,即利用這個關係,由重量的比較以測定物體質量的大小。【砝碼】砝碼(Weights)爲天平用以衡量質量多少的東西,亦作法馬。在1克以上的用銅製, $\frac{1}{10}$ 克以下的用鉑或鋁製。常以大小不等的若干個合爲一組,如下例:

100 克	50 克	20 克	10 克	10 克
	5	2	1	1
	.5	.2	.1	.1
	.05	.02	.01	.01
	.005	.002	.001	.001

在 100 克以上亦照此法配合,但亦有不照此法配合的,如下圖:



一 組 砝 碼

【量筒】量筒 (Graduated cylinder) 爲化學實驗及醫學上用具,用以計量液體的容積,爲圓柱形玻璃筒,大小不一,外面依容量單位刻度而標以相當數字,容量單位通常用立方釐米,略作 c. c., 式見教本第 10 面圖 9.

補充材料

質量和重量的區別 物質的質量和重量所用的單位雖同,但質量不隨地位而改變,重量就因各處的重力的大小而不等,地球爲橢圓形體,兩極間直徑爲 7899.6 英里,赤道的直徑爲 7926.6 英里,故地面上

定量的物質因由赤道趨兩極,和地心的距離漸近,所受的重力漸大,重量遂漸增加,又物質的重量在地球表面上最大,若登高山則重量漸減,亦因和地心距離漸大的緣故(參見教本第五章第10節),又因地球繞南北軸而自轉,赤道處物體的離心力最大,故其重量較兩極處約減小 $\frac{1}{2890}$,可知1克的質量和1克的重量意義上完全不同。

5. 密度和比重

詞語詳解 【密度】物質的單位體積內所含的質量,稱為該物質的密度 (Density). 若物體內各部分物質的分配都均勻,則其體積和質量已知,就可算出其密度,表示各部分都有定量的質量,若物體內分配的質量不均勻,則求出的密度為一平均值,固體和液體內質量的分配,通常都很均勻. 【比重】凡物質的重量和同體積 4°C 水的重量相比,稱為該物質的比重 (Specific gravity), 就是該物質比水重若干倍,因物質的重量與其質量成正比,故某物質的比重可用式表明為:

$$\begin{aligned} \text{(物質的比重)} &= \frac{\text{(物質的重量)}}{\text{(4°C 同體積的水重)}} \\ &= \frac{\text{(物質單位體積的重量)}}{\text{(4°C 單位體積的水重)}} \end{aligned}$$

$$= \frac{(\text{物質單位體積的質量})}{(4^{\circ}\text{C單位體積的水的質量})}$$

$$= \frac{(\text{物質的密度})}{(4^{\circ}\text{C水的密度})}$$

上式中用 C. G. S. 單位時, 4°C 水的密度為 1, 故物質的比重常與其密度的數值相同。

補充材料

水的密度 淨水的密度, 其數值最大時的溫度為 3.98°C , 其數值為 0.999973 克/釐米³。通常取溫度 4°C 時的密度為 1, 為其略數, 若依此確定其他溫度時水的密度, 如下表:

溫度	密度	體積	溫度	密度	體積
0°C .	0.99987	1.00013	25°C .	0.99707	1.00294
1°C .	0.99993	1.00007	30°C .	0.99567	1.00435
2°C .	0.99997	1.00003	40°C .	0.99224	1.00782
3°C .	0.99999	1.00001	50°C .	0.98807	1.01207
4°C .	1.00000	1.00000	60°C .	0.98324	1.01705
5°C .	0.99999	1.00001	70°C .	0.97781	1.02270
10°C .	0.99973	1.00027	80°C .	0.97183	1.02899
15°C .	0.99913	1.00087	90°C .	0.96534	1.03590
20°C .	0.99823	1.00177	100°C .	0.95838	1.04343

問題解答

問題 1 密度單位是從何種基本單位導出的?

[解] 密度的單位是從C.G.S.單位導出來的。

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。

$$[\text{解}] \text{ 玻璃的密度} = \frac{10 \text{ 克}}{3.9 \text{ 釐米}^3} = 2.56 \text{ 克/釐米}^3$$

問題3 設一容器的容量為30立方釐米,可盛水銀若干克?

$$[\text{解}] m=vd, \therefore m=30 \text{ 釐米}^3 \times 13.6 \text{ 克/釐米}^3 = 408 \text{ 克}$$

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?

$$[\text{解}] \text{ 銅的體積} = \frac{500 \text{ 克}}{8.93 \text{ 克/釐米}^3} = 56 \text{ 釐米}^3$$

銅入滿水的杯中,因排去同體積的水量,故溢出的水為56立方釐米。

實驗指導

體積和質量的測定

目的 求鉛和銅的密度。

用具 天平和砝碼,量筒,玻璃杯,鉛塊,銅塊。

方法 將鉛塊或銅塊放在天平的左盤(教本圖8),將砝碼放在右盤,測定其質量。然後取量筒盛水(教本圖9),記水面處的體積數,將鉛塊或銅塊放入,再記水面處的體積數,由其排去的水量,即可求得其體積。

記錄和計算

鉛的質量 = —克, 銅的質量 = —克.

物質	原水面(立方釐米)	終水面(立方釐米)	物體的體積
鉛	c.c.	c.c.	c.c.
銅	c.c.	c.c.	c.c.

$$d = \frac{m}{v} \quad \therefore \text{鉛的密度} = \text{—克/釐米}^3$$

$$\text{銅的密度} = \text{—克/釐米}^3$$

第二章 水

本章要旨 1. 液體傳遞壓力的性質及其內部壓力的計算. 2. 自來水等原理. 3. 物體在液體中所受的浮力和阿基米得原理. 4. 比重的測定法. 5. 分子說的大意和常見的分子現象.

1. 液體傳遞壓力的性質

詞語詳解 【巴斯噶】巴斯噶(Blaise Pascal, 1623—1662) 爲德國的數學家、物理學家和哲學家。早歲，曾以水銀柱測驗大氣壓力，發見距海平面愈高之處，大氣壓愈小，其差異，可視水銀柱升降之度而知。【容器】內部空虛，可以容物的器具，稱爲容器，如瓶。【橫截面積】以一平面截曲面或立體，此平面與曲面相交的曲線，或與立體相交的平面，稱爲截面，或稱橫截面。平面橫截柱體所得的截面稱爲橫截面，其面積就是橫截面積。【活塞】活塞(Piston) 爲裝置在各種機器內可以往返移動的塞，用金屬或木製成短圓柱形，周圍附有彈性的物質，故雖常和器壁密合而能移動自如。

補充材料

巴斯噶原理 瓶中盛滿液體如醬油等類，若瓶塞甚緊不易拔出時，可在瓶底覆一溼布，用手在布上輕拍幾次，瓶塞自然漸漸鬆出，表示瓶內液體有力將

瓶塞外推，這個力就是瓶底所受的力，由液體以傳到瓶塞的。又以燒瓶一個，滿盛以水，將軟木塞或橡皮塞緊塞瓶口，若用鎚擊瓶塞，則玻璃的全部破裂而成均勻的粉屑，宛似將各部同時擊碎一樣，且濺出的水，都和原壁成垂直方向。可知密閉器內的液體，一部分受到壓力，可以由液體傳遞到各部分，而強度不變，並和器壁成垂直。這個傳遞壓力的定律稱為巴斯噶原理 (Pascal's principle)。

壓力概念的需要 討論固體受兩力而達平衡 (Equilibrium) 時，兩力的大小必相等而方向相反 (第一章第3節)，但水壓機 (教本圖13) 兩方活塞上所受的力雖不等，祇要壓力相等時，亦能平衡。例如在左方活塞上加10克的力 (如教本圖12)，就能支持右方活塞上30克的重物，兩方的力雖不等，但左方活塞上的壓力為 $10/2 = 5$ 克/釐米²，而右方的壓力為 $30/6$ ，亦等於5克/釐米²，故壓力都相等。可知討論液體時，壓力的概念更為重要。依巴斯噶原理得水壓機的算式為：

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad \text{或每一活塞面上的壓力} = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

問題解答

問題 水壓機兩活塞直徑的比為40比1，若在小活塞上加300克的力，可舉若干克的重物？

$$\text{[解]} \quad \text{因} \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \quad \text{故} \frac{F_1}{F_2} = \frac{D_1^2}{D_2^2}.$$

$$\text{今 } \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{40} \quad \text{故 } \frac{300}{F_2} = \frac{D_1^2}{(40D_1)^2} = \frac{1}{1600}$$

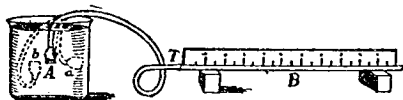
$$\text{故 } F_2 = 480000 \text{ 克}$$

2 液體內部的壓力

補充材料

上壓力、下壓力、旁壓力 液體內任何一點或任何一水平面的上壓力、下壓力和旁壓力相等，與深度成正比，可由實驗

而知。如圖為一測壓力的壓力計，漏斗口上張有橡皮薄膜，水平玻璃管



壓力計

內有一液點 B。將漏斗放在液體內，壓力大則 B 滴向右移動的距離也大。在同一深度，將漏斗照 A、b、a 的樣子分別實驗，即可測知上壓力(A)、下壓力(b)和旁壓力(a)相等。

壓力的計算 設液的表面下 h 深度處的水平面積為 A，液體的密度為 d，此面上所受的力為 F，就是以此面為底面所成液柱的重量。因液柱的體積為 Ah，故 $F = Ahd$ 。

$$\text{設 } P \text{ 為壓力，則 } P = \frac{F}{A} = hd.$$

例題 一立方體的箱子每邊長 4 益米，滿盛以水，求底面和側面所受壓力和總壓力。

【解】(1)底面上的壓力 $=hd = 4 \text{ 釐米} \times 1 \text{ 克/釐米}^3 = 4 \text{ 克/釐米}^2$

底面和側面的面積 $=4 \times 4 = 16 \text{ 釐米}^2$

$$\therefore F = PA = 4 \text{ 克/釐米}^2 \times 16 \text{ 釐米}^2 = 64 \text{ 克}$$

(2)側面上各部分所受的壓力隨深度而增加,故要求側面上的壓力,祇可求一平均值,可先得平均深度為 $\frac{h+0}{2}$,

$$\text{故 } P = \frac{h}{2} \cdot d = \frac{4 \text{ 釐米}}{2} \times 1 \text{ 克/釐米}^3 = 2 \text{ 克/釐米}^2$$

側面上所受的總壓力 $= 2 \text{ 克/釐米}^2 \times 16 \text{ 釐米}^2 = 32 \text{ 克}$

靜水異象 液體內任何面上所受的壓力和深

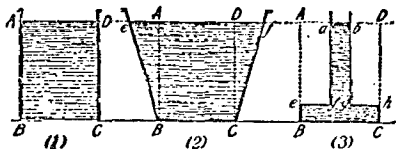
度成正比,而和容器的

形狀無關係,如圖中的

三個容器形狀不同,但

底面積BC都相等,如注

水入三容器中,達同深



靜水異象

度時,底面上所受的總壓力都相等,即 ABCD 水柱的

重量,圖中(1)的容器底面上所受的總壓力和 ABCD

水柱的重量相等,極易明瞭;(2)和(3)兩底面上的總壓

力各比容器內實際的水重為小或為大,但底面上各

部分的壓力亦都相等,且視垂直方向水柱的深度而

定,故總壓力和實際的水重無關,均相當於依底面作

成柱體的水重,這種現象,初視甚難決定其總壓力的

大小,然底面相同,總壓力必相同,常稱之為靜水異象

(Hydrostatic paradox).

問題解答

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? 又池底所受總壓力爲若干?

$$\begin{aligned} \text{[解] 池底所受的壓力} &= hd = 200 \text{ 釐米} \times 1 \text{ 克/釐米}^3 \\ &= 200 \text{ 克/釐米}^2 \end{aligned}$$

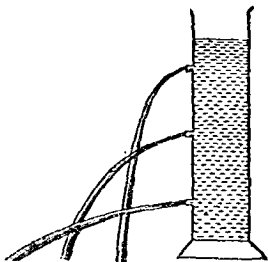
$$\begin{aligned} \text{池底所受的總壓力} &= Ahd = 50 \text{ 釐米}^2 \times 200 \text{ 克/釐米}^2 \\ &= 10,000 \text{ 克} \end{aligned}$$

問題 2 一玻璃管長 1 米,充滿水銀,求管底所受的壓力。

$$\begin{aligned} \text{[解] 管底所受的壓力} &= 100 \text{ 釐米} \times 13.6 \text{ 克/釐米}^3 \\ &= 1360 \text{ 克/釐米}^2 \end{aligned}$$

問題 3 如圖,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?

[解] 因液內壓力的大小和深淺成正比,下部液體的壓力比上部爲大,故筒旁小孔的位置愈下,射出的水愈急。



液體的旁壓力

實驗指導

液體內部的壓力

目的 測定液體內部的壓力和深度關係

用具 水缸或水箱,玻璃長圓筒(直徑各部都均勻),銅片,線,玻璃杯,橡皮圈,天平和砝碼,米尺。

方法 測量玻璃長圓筒的內直徑數次,得一平均值,算出底面積 A ,將長線繫銅片,作圓筒的底,圓筒的周圍套一橡皮圈,使圈恰在水面的地位,以確定圓筒直立水中時下沉的深度,用圓筒壓銅片入水內,筒外用架子支持而直立水中,取大玻璃杯盛水,在天平上稱得其重量為 W_1 克,然後將杯中的水注入圓筒內,至筒底的銅片沈下為止,再測杯子和餘水的重量為 W_2 克,則 $W_1 - W_2$ 克為玻璃筒內水柱的重量,水柱施於銅片上方的壓力為 $(W_1 - W_2)/A$,和水施於銅片下部的上壓力相等,由橡皮圈的位置量出圓筒底離水面的深度,依同樣的方法在石油內再試一次。

記錄和計算

圓筒的內直徑 = 一釐米 — 釐米 — 釐米 — 釐米

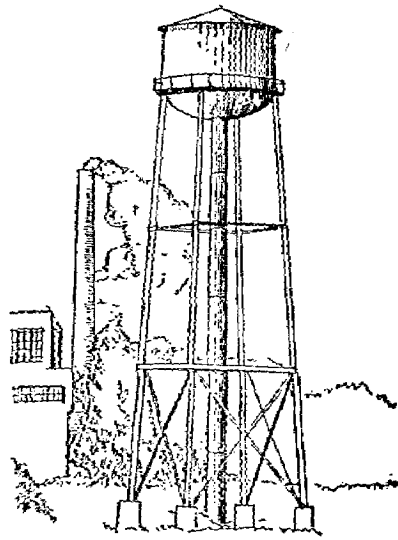
圓筒的底面積 = 一釐米²

水					石 油				
深度 (釐米)	W_1 (克)	W_2 (克)	壓力	深度 壓力	深度 (釐米)	W_1 (克)	W_2 (克)	壓力	深度 壓力
平均 值					平均 值				

3. 水平面和連通器

詞語詳解 【水平面】液體和空氣的接觸面，稱爲自由面 (Free surface)，液體能自由滑動，各部分都受重力的作用，故其表面和重力的方向成直角而保持一水平面。海洋的水面，面積較大，各部分成爲和重力方向垂直的球面。容器內的水面若嚴格的說，當然亦爲多少彎曲的球面的一部分，但因其面積較小，彎曲度極微，通常認爲一平面，亦無不可。【水準器】卽檢驗水平的器具，其管中封入的液體爲極易流動的，通常都用酒精或醚。水準器內液體愈易流動，則其靈敏度 (Sensibility) 愈大。

【自來水】自來水 (Water supply) 的裝置是利用連通器的原理，其作用如教本圖 19，通常的水塔，由地面至塔頂並非全體爲一大圓柱體，祇將一圓筒用架子支在高處 (見附圖)，筒底通一長管，連至唧筒，則外方送入筒內的水量雖少，但於短時間就可達到



自來水的水塔

相當的高度，所以由筒底通至外方的水管內，水壓力極大。若用長圓筒爲水塔，則由唧筒輸入的水量應多，方能得相當的壓力，作用不便。可知水塔的作用，不僅貯水，並利用其高位置的水量，使高層樓上亦能得水。

【井水、泉水和噴泉】地中的地層有種種構造，或爲砂質，或爲小石，或爲黏土。地中的水對砂和小石雖能通過，但遇黏土則不能通過，積聚於地中。若在地上掘成垂直的坑道，達水的通路或積聚處，則四周水源的壓力要保持同一水平面的緣故，就滲漏成井水，其自然而成的就是泉水。若水源地比掘處的地平面爲高，則水由地中噴出，成爲噴泉。所以井水、泉水和噴泉都由於連通器的原理。

4. 液體的浮力

詞語詳解 【阿基米得】阿基米得 (Archimedes, 紀元前 287—212) 爲古希臘最有名的數學家，首定 π 的數值和圓的面積，在物理學上創定槓桿、浮力等重要定律。當羅馬圍攻敘拉古時，阿氏曾發明種種防守的兵器，以退敵人。城破時，正在沙盤內作幾何圖形，爲羅馬兵所害，被害時，猶向敵人大呼“勿得毀我的圓！”

補充材料

阿基米得原理 希臘 (Greek) 敘拉古 (Syracuse) 國王海愛洛 (Hiero) 曾定製一金冠，疑工匠將銀攪入，

當時阿基米得爲一著名的哲學家，國王即命彼辨別此冠的真偽，但不許損冠之分毫。阿氏受命後苦難解決，忽於浴身時偶覺其身體在水中的重量減輕，因悟及各種物體在液體中的重量必減輕，所減的重量等於被物體排開的同體積的液重，這就是阿基米得原理(Archimedes' principle)。這個原理可由實驗或理論來證明，參閱教本所述。阿氏發明這個原理後，就可解決國王的問題，所以非常快樂，由浴室內奔到街中，大聲疾呼道：“我知道了！”“我知道了！”但用這個原理，阿氏究竟何以辨別金冠的真偽，今加說明於下，這個原理可用公式來表示，得

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

(減輕的重量)=[浮力]=[與物體同體積的液重]

(在同一地點，物質的質量和重量，通常都認爲一致，所以質量和重量都可認爲 Vd)。

由上式水的密度爲 1，故在水中時 $W - W' = V$ ，即物體在水中減輕的重量 = 物體的體積

金冠爲一不規則的形體，其體積不能用尺來測定，所以阿氏覺得困難；但現依其原理，則各種不規則物體的體積，就可由水中減輕的重量，而得精密的確定。體積既知道，則由金冠在空中的重量，就可推求其密度。如密度的數值恰爲 19.3，即純金的密度，則金冠

必爲純金所製；如數值不合，則其僞立可辨別。

計算例題 有金銀的合金一塊，在空氣中計重979克，在水中計重890克。求金銀的成分（金的密度=19.3，銀的密度=10.5）。

$$[\text{解}] \text{ 合金的密度} = \frac{979}{979-890} = \frac{979}{89} = 11$$

設 x =金的重量， y =銀的重量，又假定金銀混合後的體積等於金銀原體積的和，則得

$$\frac{x}{19.3} + \frac{y}{10.5} = \frac{979}{11} \dots\dots\dots(1)$$

$$x+y = 979 \dots\dots\dots(2)$$

解以上兩式得 $x=97$ 克， $y=882$ 克

$$(1) \text{ 式亦可直寫成 } \frac{x}{19.3} + \frac{y}{10.5} = 979 - 890 = 89$$

問題解答

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？

[解] 物體在液體中減輕的重量，與其本身的重量無關，因重量的減輕是由浮力而發生，而浮力的大小乃依物體的體積而定，體積愈大則減輕的重量亦愈大。

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

[解] 設 W = 石塊在空氣中的重量

$$1. 2.6 = \frac{W}{W-120} \quad \therefore 2.6W - 312 = W$$

$$\text{或 } 1.6W = 312 \quad \therefore W = 195 \text{ 克}$$

$$2. \text{浮力} = \text{減輕的重量} = 195 - 120 = 75 \text{ 克}$$

5. 物體的浮沈

詞語詳解 【物體的浮沈】依阿基米得原理，可確定物體在液體內浮沈的情形如下：

物體的重量 $>$ 排開同體積的液重，則物體沈下

物體的重量 $=$ 排開同體積的液重，則物體靜止

物體的重量 $<$ 排開同體積的液重，則物體浮上

【浮體的定律】舟船等物體能浮在水面，由阿氏原理，得推出浮體的原理如下式：

物體的重量 $=$ 浮力 $=$ 排開液體的重量

【潛水艇】潛水艇 (Submarine) 為近代發明的戰器，但亦為最古的阿基米得原理的簡單應用，當使艇沈下時，引水入水槽 (Ballast tank) 中，至全艇的重量和所排開的水重相等時，艇就隱浮而達潛航狀態(教本圖25)。進行時，可利用水平舵使全體沈下，在水下亦可利用水平舵使艇上浮，以使用潛望鏡窺察海面上的情形。如欲使全艇出水面時，可將壓縮空氣放入水槽將水逼出，艇就浮上。水上航行時用內燃機作原動機，水下航行時用蓄電池的電流，通到電動機(見下冊電學)而運動。水面下航行的速度較水上為慢，艇中人員的呼吸利用漸漸放出的壓縮空氣。【潛望鏡】潛望鏡 (Periscope) 為一種兩重接合的望遠鏡，光在其中作

二次全反射,一在底,一在頂,此鏡放大率可使像的直徑爲原物直徑的 $1\frac{1}{2}$ 倍。【蓄電池】爲電池的一種,詳下冊。【魚雷】魚雷(Fish torpedo)爲水雷的一種,以其長圓似魚,故名,其特徵在射入海中後,純以自己體內的原動力自動前進,且在水面下 1 至 6 公尺之間,得任意加減深度,其進行距離及浮沈可隨意預定,爲海戰中攻擊敵艦的利器。

計算例題 有木一塊,長 15 釐米,寬 10 釐米,厚 4 釐米,浮在水中浮出水面 1 釐米,求木的重量和密度。

〔解〕木塊浸在水中的體積 = $15 \times 10 \times 3 = 450$ 釐米³

故木塊的重量 = 排開的水重

$$= 450 \text{ 釐米}^3 \times 1 \text{ 克/釐米}^3 = 450 \text{ 克}$$

$$\text{木塊的密度} = \frac{450}{15 \times 10 \times 4} = 0.75$$

問題解答

問題 1 魚類何以能在水中自由浮沉?

〔解〕魚類能在水中自由浮沉,就是阿基米得的原理。因魚類體內具有魚鰾,爲一充有空氣的氣囊,欲下沈時,口內含水,由唇的壓力壓縮其魚鰾中的空氣,使全體的重量較排開的水重爲大,故漸漸下沈,如上浮時則吐去含水,除去魚鰾所受的壓力,使鰾內空氣膨脹,魚身的重量較排開的水重爲小,即漸漸浮上。

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。

【解】 1. 排開的水重 $= 20 \times 10 \times 7 \times 1 = 1400$ 克

2. 設 $W =$ 木箱的重量，則由浮體定律得

$$1000 + W = 1400 \quad \therefore W = 400 \text{ 克}$$

6. 比重的測定

詞語詳解 【酸類】凡化合物分子中，含有得為金屬元素置換的氫原子的，總稱酸類 (Acids)，簡稱酸。分有機酸與無機酸兩大類。酸類雖有氣、液、固三態的不同，但其水溶液均有酸性，如鹽酸、硝酸、硫酸、磷酸、碳酸、醋酸都是。【硫酸】硫酸 (Sulfuric acid) 為酸類之一，其純粹無水者為無色油狀液， 15°C 時之比重為 1.838，冷之成大結晶體，熔點 10.5°C ，沸點 338°C 。用途極廣，化學實驗固所必需，而任何化學工業尤莫不使用，故各國都大量製造之。

補充材料

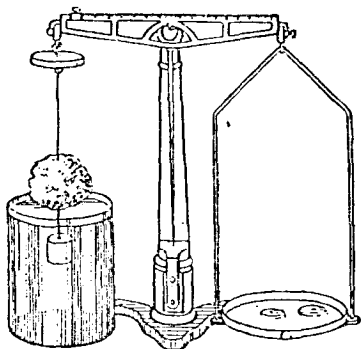
固體的比重 固體如水為重，由阿基米得的原理，即可求出其比重，已如教本所述，即

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

若固體比水為輕，不能沈於水中，則可如下法求之：

在固體下加一重錘(如附圖)以測定輕固體在水

中減輕的重量。



輕固體比重的測定

設 W = 輕固體在空氣中的重量

W_1 = 錘在水中的重量

+ 固體在空氣中的重量

W_2 = 錘和固體同在水中重量

則 $W_1 - W_2$ = 固體在水中減輕的重量

= 輕固體的體積

$$\therefore \text{比重} = \frac{W}{W_1 - W_2}$$

例題 設石蠟塊在空氣中的重量為178克，錘在水中的重量為30克，兩物同在水中的重量為8克，求蠟的比重。

$$[\text{解}] \text{ 比重} = \frac{178}{178 + 30 - 8} = \frac{178}{200} = 0.89$$

液體的比重 液體的比重除可用比重瓶(Specific bottle)和比重計(Hydrometer)以測定(見教本)外，通

常亦可藉上述固體減輕的方法求之如下：

設 W = 固體在空氣中的重量, V = 固體的體積,

W_1 = 固體在液體中的重量, d_1 = 液體的密度,

W_2 = 固體在水中的重量, d_2 = 水的密度.

$$\text{則 } W - W_1 = Vd_1 \dots\dots\dots(1)$$

$$W - W_2 = Vd_2 \dots\dots\dots(2)$$

$$\therefore \text{液體的比重} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{W - W_1}{W - W_2}$$

$$\text{即 [液體的比重]} = \frac{\text{固體在液體中減輕的重量}}{\text{固體在水中減輕的重量}}$$

例題 一鉛球在空氣中重330克,在水中重315克,在硫酸中重303克.求球的體積和鉛、酸的比重.

$$\text{[解] 球的體積} = 330 - 315 = 15 \text{ 釐米}^3$$

$$\text{鉛的比重} = \frac{330}{15} = 22$$

$$\text{酸的比重} = \frac{330 - 303}{330 - 315} = \frac{27}{15} = 1.8$$

比重計的刻度 比重計上的刻度除直接刻出比重的數值外,通常在管上另有一種刻度,如婆美度 (Baum'e degree) 或脫華特度 (Twaddell degree) 等.

(1)婆美度 婆美度的記號為 $B'e$, 有輕重兩種,分別適用於比水輕或重的液體,重的一種所刻的 0° 和比重 1.000 相當, 66° 和 1.842 相當;輕的一種所刻的 0° 相當於 10% 食鹽溶液的比重, 60° 和比重 0.745 相當, 婆美度 和比重的關係,有下列的公式換算:

比重 = $\frac{m}{m-d}$, 式中 d 為婆美度數, m 的值有數種:

$m = 145$ (美國通用), $m = 144$ (荷蘭用的舊刻度)

$m = 146.78$ (新刻度或稱裴勒(Gerlach) 刻度)

(2)脫華特度 脫華特度和比重的關係如下式:

$$S = \frac{5T + 1000}{1000},$$

$$S = \text{比重}, \quad T = \text{脫華特度數}$$

故比重為 1 時,脫華特為 0° , 此種刻度的比重計
祇常用於比水重的液體。

婆美度與比重的關係表(輕於水的液體)

比重	B'e	比重	B'e
0.60	103.33°	0.90	25.56°
0.70	70.00°	1.00	10.00°
0.80	45.00°		

比重計刻度換算表(重於水的液體)

比重	B'e	T	比重	B'e	T
1.00	0.00°	0°	1.50	48.33°	100°
1.10	13.18°	20°	1.60	54.38°	120°
1.20	24.17°	40°	1.70	59.71°	140°
1.30	33.46°	60°	1.75	62.14°	150°
1.40	41.43°	80°	1.80	64.44°	160°

問題解答

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。

$$[\text{解}] \text{體積} = 250 - 150 = 100 \text{ 釐米}^3$$

$$\text{比重} = \frac{250}{100} = 2.5$$

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。

$$[\text{解}] \text{硫酸的比重} = \frac{190}{100} = 1.9$$

實驗指導

阿基米得原理和固體的比重

目的 證明阿基米得的原理，並求有規則形固體的比重。

用具 天平和砝碼，銅圓柱體，米尺，玻璃杯，線。

方法 I. 證明阿基米得原理 測定圓柱體的體積，圓柱體在空氣中和水中的重量，證明：

$$[\text{減輕的重量}] = [\text{浮力}] = [\text{物體同體積的水重}]$$

II. 計算圓柱體的比重

$$\text{比重} = \frac{\text{圓柱體在空氣中的重量}}{\text{圓柱體在水中減輕的重量}}$$

記錄和計算

	平均值
圓柱體的直徑(D)= _____, _____, _____	
圓柱體的高度(H)= _____, _____, _____	
圓柱體在空氣中的重量(W)= _____	
圓柱體在水中的重量(W')= _____	

$$\text{圓柱體的體積} = H \times \pi \frac{D^2}{4} = \text{—— 釐米}^3$$

$$\therefore (1) \text{排開的水重} = \text{浮力} = \text{—— 克}$$

$$(2) W - W' = \text{—— 克}$$

$$(1) \text{和} (2) \text{的誤差} = \text{——}$$

$$\text{銅的比重} = \frac{W}{W - W'} = \text{——}$$

7. 分子和分子力

詞語詳解 【分子說】對於物質的構造,常人以為物質是整個的一塊,但依近代學者的研究,由理論和實驗證明物質為極小的質點所構成,這個質點稱為分子(Molecule),由分子集合而成物質的學說,稱為分子說(Molecular theory),物質中所含分子的數目極多,分子間有相當的空隙,故物質的構造為非連續性的,各種物質的分子,大小不等,小粉的分子最大,若將一滴水放至地球的大小,則分子的大小約和地面上的足球大小一樣,四萬萬個分子如列成直線,則長度不過2.5釐米,但四萬萬個同胞若繞地球的周圍排列起來,可繞地球五週,故分子的微小可以從這個譬喻中想像得到,分子假定為球體,其平均直徑的最大值為 2×10^{-8} 釐米,分子間距離的平均數約為 7.6×10^{-6} 釐米,故分子間的空隙尚較分子為大。【分子的運動】分子常作不規則的運動,其中尤以氣體分子的運動為迅速而自由,且氣體愈輕,則運動愈快,液體分子的

運動較氣體爲慢，凡二種液體或氣體置在一處，能够混和，就爲分子運動的緣故。例如甲、乙兩種液體互相接觸，則在接觸面的近旁，甲液體的分飛進乙液體內，同時乙液體的分飛到甲液體內，經過相當時間之後，就全部混和起來。至於氣體，混和較易，即因其分子運動更爲自由之故。

補充材料

原子說和原子構造的大意 一個分子尙可分析得較小的物質，稱爲原子 (Atom)。原子的概念，古代希臘的學者已有理想的假定，原語即不可再分之意，但無實驗的證明，祇是玄想，至19世紀台爾頓 (Dalton) 由化學上實驗的證明，就爲原子說 (Atomic theory) 的起源。原子也假定爲球體，在分子內運動不息。依近代電學的進步知原子尙非最小的物質，原子尙有構造，一個原子中央部分尙有一原子核 (Nucleus)，核外有帶負電的自由電子 (Free electron)，爲極輕的物質，較氫原子的質量尙輕約1800倍。這種電子繞原子核的周圍，依一定的軌道而常運行，和行星繞太陽運行的情形相像。原子核中係帶正電的質子 (Proton) 和帶負電的電子所集成，各原子核中，質子的數目常超過電子的數目，其差數恰和軌道上自由電子的數目相等，這個差數稱爲原子序數 (Atomic number)，每一種原

子都有一定的序數。氫原子的構造最簡單，核中含一個質子，核外有一個自由電子，其原子序數為 1。次為氦 (Helium) 原子，核中含 4 個質子，2 個電子，核外有 2 個自由電子，故其原子序數為 2。各種原子依此類推，至最複雜的鈾 (Uranium) 原子，其原子序數為 92，原子量為 238，其核內含有 238 個質子，146 個電子，軌道上有 92 個自由電子。可知原子的種類雖不同，但都是質子和電子組織而成的。原子量 (Atomic weight) 的大小依原子核中質子的數目而定，原子序數表示核外軌道上電子的總數，原子量和原子序數的差數，即核中的電子數。由原子自然的蛻變和人工的破壞，知一切原子核亦可認為由氫核和氦核組織而成。氦核的組織甚堅牢，凡各原子量以 4 除得的數為氦核數，若有餘數即氫核數，例如氮 (Nitrogen) 的原子量為 14，核中即含有三個氦核和二個氫核。

同位素 一切原子核既由若干質子而成，則原子量當為整數，但通常的原子量却不能恰為整數，實一重要的疑問，據阿斯頓 (Aston) 的研究，知各元素多由若干異原子量的同位素 (Isotope) 混合而成，故真正的原子量本為整數，但實測的原子量則為同位素混合的結果，致不能恰成整數。例如鋰 (Lithium) 的同位素有原子量為 7 的，又有為 6 的，而混合的結果則為

6.94. 鋰原子量爲 7 的,核內有 7 個質子,4 個電子,軌道上有 3 個電子;原子量爲 6 的,核內有 6 個質子,3 個電子,軌道上的電子亦爲 3 個,故同位素爲原子量不同而原子序數相同的元素。

中和子和正子 依近幾年來的研究,核中的問題極複雜,除質子和電子外,英人却特維克 (Chadwick) 發現**中和子** (Neutron) 爲核中第三種獨立的微粒,不現電性,美人安杜生 (Anderson) 又發現帶正電的電子,質量和電量都和電子相同,但所帶的電不同,稱爲**正子** (Positron), 爲核中第四種基本微粒的存在,故原子構造的研究,勢將另起爐竈,愈爲複雜了

問題解答

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

[解] 瓷器破壞不易接合,因甚難達到分子力作用範圍內的緣故。

玻璃和水的附着力大於水分子間的內聚力,故玻璃浸入水中能溼;水銀分子間的內聚力極大,故玻璃浸入水銀中並不沾溼。

8. 表面張力

詞語詳解 【表面張力】液體表面的各分子因內聚力的關係,受前後左右各分子的吸引,發生表面

張力 (Surface tension), 其強弱因液體的種類而不同, 例如水的表面張力較油為強, 故油滴落於水面上時, 因油滴表面自己的收縮力較水面在油滴周圍的張力小, 所以油滴擴大, 平鋪水面, 不能成為球狀, 又如將樟腦小塊投入清水面上, 樟腦即在水面上遊走不已, 是因樟腦塊的形狀很不規則, 其周圍溶解的快慢不同, 從而周圍的溶液亦濃淡不同, 又因樟腦液溶的表面張力較水為小, 且其濃的部分較稀的部分為小, 周圍的張力既不同, 所以發生運動的現象。

補充材料

表面張力的單位 液體的表面張力所用的單位為達因/釐米(達因為力的絕對單位, 見第五章第4節), 和通常張力的單位不同, 係取面上單位長度所受的力而定。表面張力的大小和液體的溫度有關係, 溫度降低 1°C 時所增加的張力稱為張力的溫度係數 (Temperature coefficient)。設 S_0 表 0°C 時的表面張力; S_t 為 $t^{\circ}\text{C}$ 時的張力, a 為溫度係數, 則

$$S_t = S_0 - at$$

幾種液體的表面張力(達因/釐米)

液體	S_0	a	液體	S_0	a
酒精	25.3	0.087	水銀	441.3	0.379
醚	19.3	0.115	水	75.8	0.152

問題解答

問題1 還未落到地面的雨滴,和荷葉上的水滴,何以成球形?

[解] 球形在定體積的各種形狀中,表面的面積為最小,定量的雨滴和荷葉上的水滴,因其表面張力有收縮液面至最小面積的作用,故都成球形。

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?

[解] 兩根火柴桿間加入酒精一滴後,因水和酒精混合液的張力比純水的張力為小,故兩桿外純水較大的張力就拉桿向兩旁分開。

問題3 毛筆浸在水中則散開,出水後就聚成一束,試言其故。

[解] 毛筆出水後水膜的表面張力作用的結果,使毛聚成一束,以減小水面的面積;但浸入水中時,則因附着力的作用,故毛向四面散開。

9 毛細現象

詞語詳解 【毛細現象】毛細管 (Capillary tube) 在同一液體內,其內外液面相差的高度和其截面的直徑成反比,這個關係,稱為久伶的定律 (Jurin's law). 毛細現象 (Capillary phenomena) 對於植物的吸收水分,土壤的耕種等甚為重要。

補充材料

不成管狀的毛細現象 毛細現象的發生,不限於毛細管內,即在不成立管狀的物體,也可發生,如將兩箸並立於液體內,則在其間狹處的液面較之其他部分的液面或升高或降下,正和在管中的情形相同,又如將平板兩方,兩邊相接,先使沾溼,然後直置水內,則可見兩板間間隙愈狹之處水面的上升愈高,間隙愈廣之處則相反,是亦可以毛細現象的理來說明。

計算例題 設直徑1.5毫米的毛細管中,水的上升高度為15毫米,若在直徑1毫米的毛細管中,水應升高若干毫米?

$$[\text{解}] \text{ 設 } h = \text{高度} \quad \text{則} \quad \frac{h}{15} = \frac{1.5}{1}$$

$$\therefore h = 22.5 \text{ 毫米}$$

問題解答

問題1 吸水紙何以能吸墨水? 手巾一部分浸在水中,何以全部能浸溼?

[解] 吸水紙紙質空鬆,毛巾的組織有粗細條,都有毛細管的性質,故都能吸水。

問題2 試舉幾種日常所見的毛細現象。

[解] 燈芯吸油,毛筆蘸墨水,樹木內纖維質將水分由根部傳至各部分,都是通常的毛細現象。

第三章 空氣

本章要旨 1. 討論氣體的壓力和浮力。 2. 氣壓計及其應用。 3. 氣體的體積和壓力的關係。 4. 氣球和飛艇的原理。 5. 利用氣體壓力的器械。

1. 氣體的比重和壓力

詞語詳解 【抽氣機】即空氣唧筒，詳本章第 9 節。【空氣的成分】空氣亦稱大氣，為無色、無味、無臭的混和氣體，主成分為氧、氮和氫，三者體積的百分比為氧 21%，氮 78.1%，氫 0.9%；重量的百分比為氧 23.2%，氮 75.5%，氫 1.3%。除此三種氣體外，尚有水蒸氣、二氧化碳、臭氧及極少量的氖、氬、氫、氙等，但各種成分隨地略有差異。【空氣的重量】空氣有重量，首由伽利略 (Galileo) 於 1632 年由實驗證明之，近代由精密的測定，知道 1 大氣壓的標準狀態時，每升空氣計重 1.293 克，為水重的 $\frac{1}{773.4}$ 。各種氣體都有重量，其比重都以空氣為標準，空氣受低溫及強壓則變成比重為 0.8 的淡青色液體。【空氣的高度】未能確知，若就日沒時的晨昏朦影，當太陽降至地平線下約十八度時即消滅的一點看來，約為 60 公里；又若以流星與空氣摩擦放光之說為基礎而推算，約為 300 公里。

補充材料

氣體運動說 關於氣體的壓力和液體的性質不同,取一部分氣體放在一容器內,其壓力可和外界廣大的氣體相等。白努里 (Daniel Bernoulli) 於 1730 年創立氣體運動說 (Kinetic theory of gases) 以解釋氣體的現象,後經十九世紀初原子說的成立,復於中葉時經馬克斯惠爾 (Maxwell) 和克洛雪 (Clausius) 等闡明理論上的基礎後,氣體運動說遂成物理學中重要的一門。依這個學說,氣體的分子運動迅速,就有擴散的現象;器壁受其撞擊,即生壓力的作用;壓力的大小,依每秒鐘分子撞擊的次數而定。溫度增加,分子的速度亦增加,器壁所受的壓力亦增大。壓力的方向常和器壁垂直,器壁受氣體的壓力,和在牆壁上拍球壁上所受的力一樣,等體積的氣體,在壓力和溫度相等時,所含分子的數目相等(亞伐蓋特魯 Avogadro 定律), 1 摩爾 (Mole) (即 22.4 升時的分子量) 的氣體在標準狀態時含有 6.06×10^{23} 個分子,或 1 立方釐米含有 27×10^{18} 個分子,幾種氣體的分子速度在 0°C 時如下表:

氫	1840 米/秒	氧	461 米/秒
氮	493 米/秒	二氧化碳	392 米/秒
空氣	445 米/秒	氫	1310 米/秒

2. 大氣的壓力

詞語詳解 【葛利克】(Atto Von Guericke, 1602—

1686)爲德國天文學家及物理學家,曾任馬德堡(Magdeburg)市市長,1650年發明空氣唧筒(抽氣機)。【活門】活門(Valve)一名活瓣,爲裝於各種唧筒或其他機器中與外面通路孔口的活動蓋,由機械方法,使之啓閉,以調節氣體或液體之出入。【大氣壓的平衡】大氣的範圍甚廣,其壓力甚大,每平方釐米的地面上約有1000克重,故在下層的大氣,其各部分膨脹的張力,和周圍的壓力平衡,也是很大。吾人身體內部即因有此作用,使內外壓力恰成平衡,故並不覺有壓力。若減小一方面的壓力,則因失去平衡,氣壓的現象即可顯見。故乘氣球驟然昇達高空,常有耳膜破裂,鼻孔出血等事,就是氣壓失去平衡的結果。

補充材料

研究氣壓的起源 將一長管的下部浸入水中,自上部吸去管內的空氣,水即上昇。這種現象的解釋,在古代羅馬人和希臘人都以爲“自然忌真空”(Nature abhors a vacuum),並無其他理由,至伽利略的時代仍沿用此說。至1640年多斯加納公爵(Duke of Tuscany)於佛羅來斯(Florence)附近掘一深井,知無論用何種唧筒吸水,水的昇高度不能超過32英尺,就求伽利略解釋,伽氏祇能回答“自然忌真空,亦不過32英尺以內的範圍罷了!”伽氏的答案雖勉強,但以後就疑到這

個現象由於空氣的壓力，因彼已證明空氣有重量，故即開始研究這個問題。不幸試驗尚未成功，而於1642年就死了。死前曾授意於其弟子托里拆利(Torricelli)，囑其繼續研究，結果得確定為大氣壓力的現象，並測定大氣壓力的大小。

問題解答

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？

[解] 因筆套外的大氣壓力支持其重量，故附着於口唇上而不下墜。

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？

[解] 牛乳罐單開一孔時，外方的大氣壓力支持牛乳，不易流入；若多開一孔，則空氣易於流入，使乳罐非密閉而牛乳就易流出。

問題3 將竹筴管浸在水中，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。

[解] 竹筴管的上端用指捫時，下端所得的水因上方為密閉的空氣，故不流出。引管出水時，若將手指放開，水滴上下二方的大氣壓力都相等，水滴就因自身重量而流下。

3. 大氣壓力的測定

詞語詳解 【托利拆利】(Evangelista Torricelli,

1608—1647) 爲義大利的物理學家及數學家,師事伽利略,其最大功績爲說明大氣的壓力,謂吸取唧筒所吸出的水,絕不能達於33呎以上,托氏又發明氣壓計,及其他諸種物理學及數學上的定理,改良顯微鏡等。【真空】真空 (Vacuum) 爲絕無物質存在,即空氣排除盡淨的空間,如托里拆利真空是,但普通所謂真空,其中常有多少空氣存在,有時特稱爲未盡真空,其程度的高低,常以其殘餘空氣壓力的大小表示,壓力較大者稱爲低度真空或半真空,壓力甚小者稱爲高度真空。

補充材料

托里拆利的實驗 托里拆利推想水向真空中、昇可達32英尺,那麼水銀比水重13.6倍,水銀向真空中昇的高度當爲水的 $\frac{1}{13.6}$ 。後於1643年完成其實驗(見教本),確定水銀柱76釐米的壓力爲大氣的標準氣壓。這個標準氣壓等於 76×13.6 或1033.6克/釐米²,稱爲1大氣壓。托氏完成實驗後,其結論爲:真空內液體的上昇,實由於液體表面所受大氣壓的作用,以支持液柱的重量,決非習俗上認真空有神祕的吸力作用。巴斯噶更將托氏的結論加以試驗,巴氏以爲托里拆利管的試驗如理由真確,則液面外壓力減小時管內液柱應降低,曾帶儀器自平地到高塔上觀察而果

合其說。巴氏因巴黎附近無高山，乃托住於法國南部高山附近的親戚潑利耳(Perrier)作大規模的實驗，不久得其覆書，知升高 1000 米時管內水銀柱下降 8 釐米，甚為驚奇云。這個實驗上的證明在 1648 年，和托氏的成功相距僅五年。

問題解答

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

[解] 設 h = 水柱的高度， d = 水的密度，

h' = 水銀柱的高度， d' = 水銀柱的密度，則

$$p = 1 \text{ 大氣壓} = hd = h'd'$$

$$\therefore h = \frac{h'd'}{d} = 76 \times 13.6 = 1033.6 \text{ 釐米}$$

問題 2 托里拆利管直徑的大小，對於水銀柱的高度，有無關係？若管徑過細，成一毛細管，則水銀柱的高度正確否？

[解] 玻璃管直徑的大小和水銀柱的高度無關係，因大氣壓力常支持單位截面積的水銀柱，故柱的高度不因截面積的大小而改變，但管徑過細成一毛細管時，則因水銀的表面張力使液面降下，故水銀柱的高度比真實的為低而不正確。

4. 氣壓計及其應用

詞語詳解 【槓桿】詳後第六章第 2 節。

補充材料

氣壓計 托里拆利管可測大氣的氣壓，稱爲氣壓計 (Barometer)，其構造已如教本所述，最初的氣壓計實於 1650 年爲德國物理家馬德堡 (Magdeburg) 地方的市長葛利克 (Guericke, 1602—1686) 所首創，葛氏曾立一水柱管直達屋頂，柱上浮一木偶，天晴時出現於屋頂，天雨則退藏不見，鄰居很奇怪，稱彼與鬼魔聯盟云，葛氏對於氣壓的著名實驗見教本第 2 節的附註。

氣壓和風雨 氣壓計對於氣象上天氣的預報，有相當的功用，地面上空氣的溫度各處不同，就是一個地方的溫度亦時有高低，溫度高的地方空氣輕而氣壓低，溫度低的地方，空氣重而氣壓高，氣壓低的空氣上昇，氣壓高的空氣就由下層補充其位置，空氣因起流動而爲風的成因，風的速度隨兩處氣壓的相差而定，一個地方的氣壓忽高忽低都互相更迭的，通常高氣壓和低氣壓的區域甚大，常有直徑爲 500 至 1000 英里的範圍，在低氣壓的區域內常有風雨，在高氣壓的區域內，天氣常清明，氣壓的變化和季節有密切的關係，若比較各地的氣壓，將氣壓相同的地點作一通過各點的曲線，稱爲等壓線 (Isobaric line)，由等壓線可知世界各處氣壓分佈的狀況，並可預測天氣的變化，因地球的自轉，水陸分布的狀況，大氣溫度的變化

等,等壓線就成不規則的曲線,亞洲大陸在冬季為最高氣壓的中心,夏季則為低氣壓的中心,一個地方的氣象除氣壓外尚須受地形和其他的原因所支配,不能專恃氣壓計而決定,故氣壓計雖稱為晴雨計,實不過天氣預告上應用的一個主要儀器罷了!

氣壓和高度 大氣因為容易壓縮,下層的密度較上層為大,所以自下向上,壓力的減小比高度的增加來得快,而並不恰成正比,故用氣壓計測得的高度,並不精密,但通常高出海平面 1000 米的地方,大氣壓約減縮 90 毫米;再高 1000 米,大氣壓又約減縮 80 毫米;再高至 1000 米,大氣壓又減縮約 70 毫米;由此關係,可知兩地高度,每差 1000 米,大氣壓之比約為 $\frac{15}{17}$ 。例如在

3750 米的高山上,大氣壓約為 $760 \times \left(\frac{15}{17}\right)^{3.75}$, 即約為

480 毫米。根據這個關係,即可由所在地的氣壓,約略推知其高度了。惟事實上,同一地點的大氣壓常有變化,空氣動搖激烈,尤其在近處有低氣壓時,同一高度的地點,大氣壓可以大相懸殊,故由氣壓計測出的高度,無論如何終不能十分精密。

5. 氣體的體積和壓力的關係

補充材料

氣體的壓縮性和膨脹性 液體受壓力極難壓

縮,如用甚大的壓力來試驗,亦無顯明的效應,例如 1 立方釐米的水,施以三百萬克的大壓力,其體積不過減至 0.90 立方釐米.因液體不可壓縮,故液體的壓力等於深度和密度相乘之積,否則下層和上層的密度不一致,就不能照此計算.氣體的特性就和液體不同,有顯明的壓縮性 (Compressibility), 例如足球的球囊內和車輪的橡皮輪胎內,可用壓力將多量的空氣壓縮其中,但球囊或輪胎破裂時,此壓縮空氣有恢復固有體積之特性.凡密閉的氣體所受外方壓力較小時,有擴張其體積的特性,稱為氣體的膨脹性 (Expansibility).

波義耳定律 關於氣體在壓縮和膨脹時其體積和壓力的關係,約於 1662 年為英人波義耳 (Robert Boyle) 所確定,就是波義耳定律,此定律的意義和理由,已見教本.法國的麥利哇 (Edme Mariotte) 亦由獨立的研究,約於 1676 年發表和波義耳所得的同樣結果.故法國方面常稱這個定律為麥利哇定律.波義耳定律在通常的壓力範圍內甚為合用,若在高壓力時,則有差誤.阿麥加 (Amagat) 考察空氣由 1 大氣壓增加到 78 大氣壓時, PV 乘積就逐漸減小,非為常數,自此大氣壓再增加到 3000 大氣壓時, PV 乘積就逐漸增加

問題解答

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?

[解] 設 V 為變成的體積,依波義耳定律

$$PV = \text{常數} \quad \text{故} \quad 1200V = 1000 \times 200$$

$$\therefore V = \frac{1000}{6} = 166 \frac{2}{3} \text{ 立方釐米}$$

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

[解] (a) 因 $PV = \text{常數}$ 故 $4 \times 1 = 10 \times P$

$$\therefore P = 0.4 \text{ 大氣壓} = 76 \times \frac{4}{10} \text{ 釐米} = 30.4 \text{ 釐米}$$

$$(b) \text{ 因 } \frac{P_1}{P_2} = \frac{d_1}{d_2} \quad \text{故 } \frac{1}{0.4} = \frac{0.00129}{x}$$

$$\therefore x = 0.000516 \text{ 克/立方釐米}$$

6. 氣球和浮力

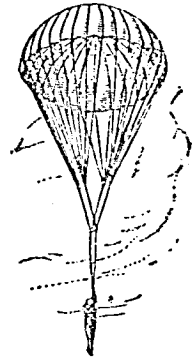
詞語詳解 【大氣的浮力】空氣的重量每升約為 1.2 克,故依阿基米得的原理,地面上一切物體,每一升的體積,就要受到約 1.2 克的浮力,因而其重量必為減輕,所受浮力的大小,亦等於其所排開的同體積空氣的重量. 【氫和氦】氫每立方米重 0.09 仟克,氦每立方米重 0.18 仟克,都較空氣為輕.設氣球和吊籃等總重為 W ,排開空氣的重量為 B ,氣球的上昇力為 L ,則

$$L = B - W.$$

【推進器和舵】詳見教本第五章第13節。

補充材料

氣球的充氣和落下傘 氣球上昇後，球外空氣的壓力漸減，氣囊亦漸次膨脹（波義耳定律），故初時充氣不必充滿，上昇後自然緊張氣囊的壁。例如擬昇至水銀柱為7釐米壓力的高處，最初祇須充 $\frac{1}{4}$ 的氣體即足，若初充氣時太多，則升高後，氣囊有破裂的危險。在氣球上遇敵時，觀察者可乘落下傘（Parachute）跳下，此傘因和空氣接觸的面積頗大，故張開後降下甚緩，頂上有孔，使下方空氣從孔中逸出，傘得保持直立的狀況，不致傾斜而安全降下。現在飛機上也應用落下傘，以防危險時可逃避。



落下傘

氣球和飛艇的發明小史 氣球是利用空氣的浮力而上昇，古時已有種種的發明和實驗，1783年六月法人夢得哥非厄（Montgolfier）兄弟兩人曾製一大紙囊，內盛熱氣而上昇空中，同時有洛波脫（Robert）兄弟兩人，得物理學家查利（Charles）的幫助，用綢造成一球，內盛氫氣，於同年八月在五萬人的羣衆前，將球昇騰上空，這是氫氣球的起源，卻還無人搭載上去。同

年九月夢得哥非厄在國王面前放一氣球，球下繫一吊籃，預備乘人，但是誰也不敢上去，他就捉了羊、雞、鴨等，綁在籃內，上昇後，降下時甚為安全。又隔兩月，皮拉特爾得洛齊 (Pilâtre de Rozier) 方乘氣球經過巴黎的大部分，在空中歷時25分鐘。同年十二月洛波脫和查理乘着他們的氣球上昇，備有活門、氣壓計、砂囊等，而氣球的設備差不多都有了。以後氣球經逐漸改良而乘氣球經過的路程亦漸加長，如將氣球繫定在一處的稱為風箏氣球 (Kite balloon)，至19世紀的末葉內燃機關發明後，就應用到氣球上面，以運轉推進器，并用舵的作用，而成飛船，或稱飛艇 (Airship)，行動就較氣球自由。故飛船亦為氣球的一種，可稱為飛行氣球 (Dirigible balloon)。最著名的飛船為1900年德國 徐柏林 (Zeppelin) 所發明的，係用金屬或木材造成骨架，上糊軟布，作為外殼，內容氣球十七個，推進器甚大，裝在吊船的前方，舵有兩個，一司方向，一司昇降。這個飛船的內部幾如巨廈精室，憑空航行，後幾經改良，至歐洲大戰時，貢獻不少的功績。歐戰的結果，氫氣的出產量增多，可代氫氣。氫氣為不燃性氣體，在火患上更為安全。英美各國都仿效而造出甚多的飛船。

7. 流體壓力計和虹吸管

詞語詳解 【流體壓力計】流體壓力計的曲玻

璃管一端和所測氣體的容器相連，他一端通常是開口的，但若所測氣體的壓力非常大時，例如測氣鍋內的水蒸汽的壓力，則他一端是封閉的。測量時視察曲管內的液面，兩邊同在一水平面時，可知所測氣體的壓力適等於 1 大氣壓；如連接所測氣體的一端液面比他一端的低，則將此高低相差的壓力加上一大氣壓，即為所測氣體的壓力；反之如連接所測氣體的一端液面比他一端的高，則由 1 大氣壓減去兩面高低相差的壓力，即為所測氣體的壓力。【虹吸】用虹吸 (Siphon) 的裝置可使容器內的液體不必使容器傾斜，而可移於他器，或將容器內輕重的兩種液體當靜止分開時，移去上方的一種液體而不致混亂。其作用如教本圖 50。設 P_a 為 a 端的上壓力， P_b 為 b 端的上壓力， B 為大氣壓力的水銀柱高度，則吸液體的作用得由下面的說明：

設液體的密度為 d ，則

$$P_a = B - \frac{ad \text{高度} \times d}{13.6} \quad P_b = B - \frac{be \text{高度} \times d}{13.6}$$

$$\because ad < be \quad \therefore P_a > P_b$$

管的兩端壓力既不等，故生虹吸的作用。

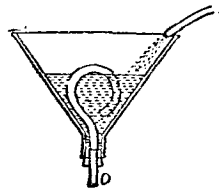
(1) 若吸水時大氣壓力為 76 釐米的水銀柱， ad 的水柱高 1033.6 釐米，則 $P_a = 76 - \frac{1033.6}{13.6} = 0$ ，就不生虹吸作用，可知自容器內吸水所用的短管，其長

度有一定,要在 1033.6 釐米的限度內,否則不能生虹吸作用。

(2)兩容器的液面若在同一平面時,則虹吸的作用亦停止,例如吸水時ad的水柱 = be的水柱,則 $P_a = P_b$,故不生虹吸作用。可知兩容器內,如液面有高低,則液體可由虹吸的作用由高液面流至低液面的容器。

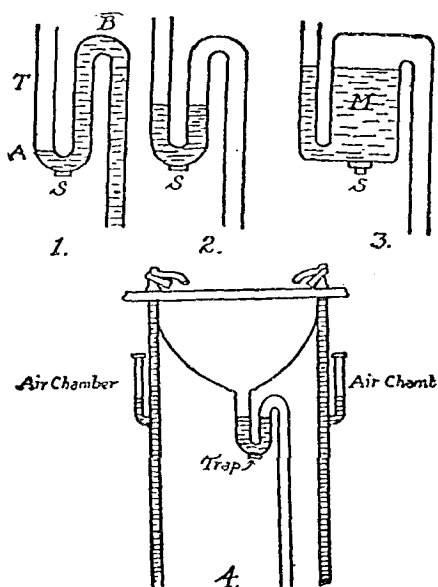
補充材料

斷續虹吸 斷續虹吸 (Intermittent siphon) 係一容器內放一彎管而成(如附圖)。水面未達管頂時,水即停在器內,若高出頂面,則管內的虹吸作用,使水流出。洗臉盆和浴盆等去污水時,亦可利用這種裝置,如附圖(見下頁),在盆下裝置一彎管,稱為**防臭彎**(Trap),此管為 U 字形, S 部



斷續虹吸

分的右面為虹吸管,圖中(1) T 管內的水因大氣的壓力使水面降至 A 處,待 B 處的虹吸作用停止時,一部分水就流回如(2)和(3)的位置,這段水可阻止陰溝的濁氣通至室內。(3)的 M 部分的管較其他部分為大,為近代的裝置,當虹吸停止時,這種管內回入的水量較深,阻止濁氣通入的作用更顯著。S 為螺旋帽,旋在防臭彎的底部,鬆去後可清除彎內的積垢,圖中(4)為洗



洗臉盆的虹吸裝置

臉盆的截面，盆底和防臭彎連接處的塞頭若拔去，則水就流出。在通入盆內自來水管的側面附一小管，充滿空氣，稱為氣室(Air chamber)。當水管關閉時，管中水流本突然停止，因壓縮氣室內的空氣，停止可緩和，而免去驟然停止時所發的聲音。

問題解答

問題 1 虹吸管放在真空內能否發生作用？

[解] 虹吸管為利用大氣壓的一種器具，若放在真空

內,既和空氣隔絕,當然不生作用。

問題 2 教本圖 50 內 ad 的高度過大時,對於虹吸管的作用有何影響?何故?

[解] 設以吸水爲例,因大氣壓力等於水柱 1033.6 釐米的重量,故若 ad 的高度等於或超過 1033.6 釐米,水柱上端不能流到長管去,因而不能發生虹吸作用。

實驗指導

氣體的壓力和肺壓力

目的 確定氣體的壓力和體積的關係,并求觀察者的肺壓力。

用具 玻璃彎管(如教本圖 42),壓力計(如教本圖 49),氣壓計(簡單的如教本圖 39),米尺、水銀。

方法 I. 壓力和體積的關係 將彎管直立,管後置一米尺,再在開管臂注入水銀,察開管和閉管兩臂上水銀柱高度的差數,并記閉管內氣體的長度,由氣壓計讀出當時的大氣壓力,并由大氣壓和水銀柱高度的差數,算出密閉氣體的壓力,再注入水銀少許,復記氣體的長度和壓力,實驗數次後,計算壓力和體積的關係。

II. 肺壓力 依教本本節中的實驗,考察觀察者的肺壓力。

記錄和計算

$P =$ 大氣壓力 = —— 釐米的水銀柱

閉管端離桌面的高度	閉管臂中水銀的高度	開管臂中水銀的高度	氣體體積(以長度計)	兩臂中水銀柱的差數	壓力
a	b	c	a-b	c-b	$P+(c-b)$
			V_1		P_1
			V_2		P_2
			V_3		P_3
			V_4		P_4

$$V_2/V_1 = \quad V_3/V_1 = \quad V_4/V_1 =$$

$$P_1/P_2 = \quad P_1/P_3 = \quad P_1/P_4 =$$

$$\text{誤差} = \quad \text{誤差} = \quad \text{誤差} =$$

觀察者的肺壓力 = $P + AB$ 釐米的水銀柱

= —— 釐米的水銀柱

= —— 克/平方釐米

= —— 大氣壓

8. 抽水唧筒

詞語詳解 【抽水唧筒】抽水唧筒(Water pump)

通常有吸取唧筒(Suction pump)和壓力唧筒(Force pump)兩種,因水在真空管內的高度不得超過1033.6釐米,故抽水唧筒的圓筒若離水面過高,即不生效力。

【吸取唧筒】這個唧筒在紀元前400年的亞里斯多德(Aristotle)時代已見應用,初抽時,活塞上方最好

先注水少許，足以助水迅速上升，這種作用稱為初充(Priming)，其理由是因為活塞的活門上有水阻隔，上提時，筒內空氣可完成密閉的情況，壓力減小，可使筒底導管內的水上升較速；否則活門上的空氣有漏入筒內之弊，筒內壓力和外方相差不大，水的上升作用就致較慢。

9. 空氣唧筒和壓縮唧筒

詞語詳解 【膀胱】膀胱(Bladder)為動物泌尿器附屬部之一，作卵圓形之囊體，富彈性，外部為平滑肌，內部由黏膜而成，共有三孔，二孔為輸尿管之開孔，他孔為連絡尿道之孔，其連尿道處有括約肌，以司啓閉。

補充材料

空氣唧筒抽氣的程度 空氣唧筒(Air pump)係德國葛利克在1650年所創造，容器內空氣抽去的程度得依波義耳定律推算如下：

設 R 為容器和導管的體積(參閱教本圖55)， C 為活塞上下的圓筒的體積， P 為容器內空氣的壓力， P_1 為活塞上下一次，容器內空氣逸去一部分後的壓力，

$$\text{則 } P_1(R+C)=PR \quad \text{故 } P_1=P \frac{R}{R+C}$$

設 P_2 為活塞第二次上下後容器內的空氣壓力，

$$\text{則 } P_2(R+C)=P_1R \quad \text{故 } P_2=P_1 \frac{R}{R+C}$$

$$\text{或 } P_2=P \left(\frac{R}{R+C} \right)^2$$

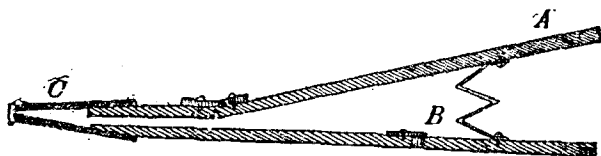
依此類推，設 P_n 為活塞上下 n 次後容器內空氣的壓力，則

$$P_n = P \left(\frac{R}{R+C} \right)^n$$

可知由空氣唧筒將容器內空氣抽去，可漸近真空，而非絕對可得完全的真空。

壓縮唧筒 普通風筒的作用就是利用壓縮唧筒的原理，有單式和複式的兩種：

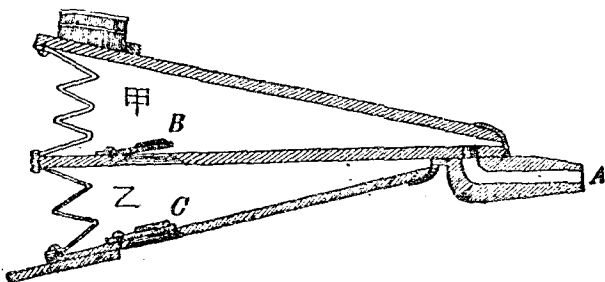
(1) **單式風筒** 用革囊聯繫二板，一端有口，板端有把柄 A (如附圖)，一板下有活門 B ，舉 A 柄向上時活



單式風筒

門向內開放，空氣流入。將柄壓下時，活門關閉，囊內所蓄的空氣就由 C 口噴出。

(2) **複式風筒** 欲使風筒內氣流噴出無間斷，可



複式風筒

用複式風筒,其構造如附圖,革囊分上下兩部,上部的空氣由蓋上所置的重量壓縮,從 A 口吹出, B 和 C 為兩個活門,都向內開放,舉下板時,下部空氣推開 B 活門而入上部,下板降下時, B 閉而 C 開,空氣由外方輸入,下板上下動作時, A 口得連續的氣流。

實驗指導

空氣壓力的利用

目的 觀察虹吸,抽水唧筒,抽氣機,打氣筒的作用。

用具 玻璃板,橡皮管或玻璃彎管,抽水唧筒,抽氣機,打氣筒。

方法 將各機械的作用詳細觀察,隨時作簡單的圖,表示其構造和作用。

第四章 物質的彈性

本章要旨 1. 說明固體的彈性及其他幾種性質。 2. 說明虎克定律和彈性係數。 3. 說明彈性體伸長和彎曲度的計算。

1. 彈性

詞語詳解 【彈性】彈性(Elasticity)爲固體特性之一種,是分子內聚力的表現,任何物體用力使之伸長或使之撓屈,物體中自然發生分子力以支持之;而任何認爲不易伸長或不易撓屈的物體,遇外力作用,都有少許的應變;外力除去後,在彈性限度內,亦都能恢復原來的形狀;故嚴密的說,一切物體莫不具有彈性。

補充材料

固體的其他幾種性質 彈性限度甚小的物質,如冰及玻璃等受外力後即易擊碎的性質,稱爲脆性(Friability),物質的彈性限度已超過,能成永久應變的性質,稱爲黏性(Plasticity),能延長成更細的線的性質,稱爲延性(Ductility),鉑爲物質中延性最大的,可延長成直徑0.00003英寸的線;玻璃棒在火燄上熔解,拉開時延性亦極大,物質被錘擊成極薄層的性質,稱爲展性(Malleability),金爲展性最大的物質,可以展薄至

$1/300000$ 英寸。

問題解答

問題 1 近代大建築物都用鋼鐵做骨幹,是何緣故?

[解] 因為鋼鐵的極限強度較大,能耐很大的外力而不致斷裂,故近代大建築物都要用鋼鐵做骨幹。

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?

[解] 金銀等的彈性限度雖小,但因富於延性和展性,故能抽成線條或錘成箔片而不破斷。

2. 彈簧秤

詞語詳解 【虎克】虎克 (Robert Hooke, 1635—1703) 為英國物理學家及數學家,在機械上發明甚多,又藉顯微鏡之力,發見生物細胞的構造,於科學上極有貢獻。關於彈性的重要定律即虎克定律,即為氏所發見。【虎克定律】彈性體所受外力與其本身的彈力形成一種應力。若照虎克定律 (Hooke's law),在彈性限度內,應變和應力成正比,其比值當為常數,稱為某物體的彈性係數或彈性率 (Modulus of elasticity)。以式表之為

$$\text{彈性係數} = \frac{\text{應力}}{\text{應變}} = \text{常數}$$

補充材料

彈性體的伸長 鐵絲等物受外力引伸時,其伸

長的度數不但與外力成正比(虎克定律),又與絲長成正比,而與絲的橫截面積成反比,若以 S 表橫截面積, L 表絲的長度, P 表外力, s 表絲伸長的度數,則 s 當和 $\frac{PL}{S}$ 成比例,設令 $\frac{PL}{Ss} = E$, 則 E 當與長、外力、橫截面積等皆無關係而為一定之量,其值因物質而不同,稱為楊氏彈性係數 (Young's modulus of elasticity). 幾種重要物質的楊氏彈性係數如下,以仟克之力作用於 1 平方毫米的面積上為計算單位,

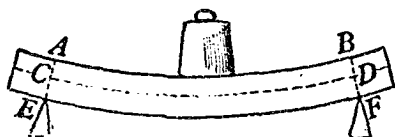
物質	彈性係數
鋼鐵	22,000
鑄鐵	10,000
銅	13,000
鎂	6,800
錫	4,000
鉛	500
玻璃	5,100—8,200

設一鐵絲的橫截面積為 S 平方毫米,長為 L 毫米,作用力為 P 仟克,此物質的楊氏彈性係數為每平方毫米 E 仟克,則得算式如下:

$$s = \frac{PL}{ES}$$

彈性體的彎曲 彈性體的彎曲,可以條形彈性

體為例來說明。如圖，條形彈性體兩端支於E、F上，體



彎曲

上未壓重錘時，AB、CD 和 EF 三線同長。若在彈性體上的中部壓置重錘，則該體就發生彎曲的現象，於是 AB 線縮短，EF 伸長。設此彈性體的厚為 d 毫米，闊為 b 毫米，兩支點間的距離為 L 毫米，重錘為 W 仟克，其中點降下的距離為 s 毫米，則由計算的結果有如下式的關係：

$$s = \frac{WL^3}{4Ebd^3}$$

問題解答

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？

[解] 設 $x =$ 重量，則依 虎克 定律得：

$$x:25=6:2$$

$$\therefore x=75 \text{ 克。}$$

實驗指導

彈性

目的 證明 虎克 定律

用具 彈簧伸長的裝置(如教本圖58),砝碼。

方法 當圓盤上未加砝碼時,記指針在附尺的位置;逐漸加砝碼,讀出每次指針的位置,以測定每單位的力所生延長的長度。

記錄和計算

圓盤未加砝碼時指針所指的位置 = —— 釐米

所加砝碼的重量	指針的位置	延長的長度	$\frac{\text{延長的長度}}{\text{砝碼的重量}}$
平均值 =			

第五章 運動和力

本章要旨 1. 明瞭運動三定律爲力學的基礎。
2. 由物質的慣性比較其質量的大小。 3. 熟習等加速運動的重要公式。 4. 力的合成和分解的應用。
5. 分辨移動的原因爲力，轉動的原因爲力矩。 6. 注意力矩的定義和物體受力矩時轉動的方向。 7. 物體平衡的條件及其穩度。 8. 萬有引力定律和自由落體的運動。 9. 推進器和舵的作用。

1. 運動和慣性

詞語詳解 【牛頓】牛頓 (Sir Isac Newton, 1642-1727) 爲英國有名的大數學家及物理學家，學於劍橋大學，二十七歲，任母校數學教授，發明二項定理及微分法，積分法，因見蘋果落地，發見萬有引力定律，並確定運動三定律，爲近世力學的基礎，又關於光學及天文學亦有很重要的貢獻。

補充材料

運動 空間內物體的運動不論如何複雜，可分析爲兩種主要的運動：

(1) **移動** 凡物體運動時，體內各質點的運動都依同一方向而互相平行的，稱爲移動 (Translation)。移動的方向如循直線的，稱爲直線運動 (Rectilinear Mo-

tion);如成曲線的,稱爲曲線運動(Curvilinear Motion),

(2)轉動 凡一物體,繞一軸線(Axis)而旋轉,體內各質點都以軸線通過點爲中心,繞成同心諸圓周的,稱爲轉動(Rotation).

慣性和質量 慣性(Inertia)爲物質通性的一種,和物質的質量成正比,故一物體的慣性和一標準物體的慣性相比較,就可確定其質量的比率,這種質量的比較法和重量毫無關係,是牛頓創出的物質新概念,物質慣性的大小,由外力改變其靜止或運動的狀態時所呈阻力的大小而定,慣性定律包含力的定義和物性的兩種意義,即力爲改變物體狀態時的作用,可使物體由靜止而運動,或由運動而靜止,或運動時有速度的變化,這個定律通常亦稱爲牛頓的運動第一定律,和其他兩定律(本章第4和6節)稱爲運動三定律(Three Laws of motion),爲力學的基礎,力學(Mechanics)爲物理學中分門的學問,專研究物體的各種運動和運動的原因。

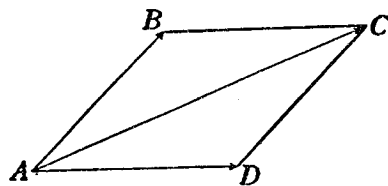
問題解答

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。

[解] 車中的人有靜止的慣性,當車初開時,足雖隨車前進,但人身要保持靜止,故必向後倒,當車驟然停止時,人

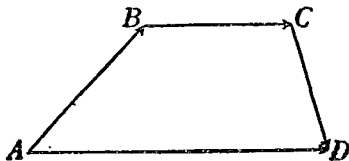
和位移BC稱為分位移(Component displacement),由分位移求合位移稱為位移的合成(Composition);由合位移求分位移稱為位移的分解(Resolution);所以要求兩個位移的合位移,祇須從第一位移的終點作第二位移,則自第一位移的始點至第二位移終點的位移,即為兩位移的合位移,二分位移和一合位移適成一三角形,稱為位移的三角形(Triangle of displacement),

若將上述的三角形補成一個平行四邊形,如圖所示,稱為位移的平行四邊形(Parallelogram of displacement),由此可知,由公共點起作兩位移,以之為兩邊,補成一個平行四邊形,則自公共點所引對角線的位移,即為兩位移的合位移,此為求兩位移的合位移的又一法。



位移的平行四邊形

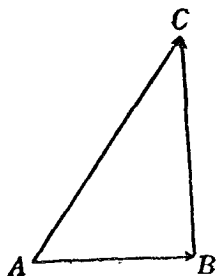
若求三個或三個以上位移的合位移,可依三角形法作成多角形以求之,這稱為位移的多角形(Polygon of displacement),如圖,位移



位移的多角形

AD 為位移 AB, BC, CD 的合位移。

若求一個位移的分位移，則因此為一邊的三角形，多角形，或以此為對角線的平行四邊形，俱可多至無限，故解答亦可多至無限；惟以分解為互相垂直的兩個分位移最為重要，如圖 AB, BC 即為位移 AC 的兩個分位移，稱為垂直分位移。



垂直分位移

速度的合成和分解 因速度為單位時間內的位移，故其合成和分解的方法俱和位移相同，稱為合速度 (Resultant velocity) 和分速度 (Component velocity)。

問題解答

問題 1 位移、速率、速度的意義，有何區別？

[解] 見詞語詳解。

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。

$$\text{[解]} \quad S = Vt \quad \therefore t = \frac{S}{V}$$

$$\text{故 } t = \frac{1500 \text{ 米}}{15 \text{ 米/秒}} = 100 \text{ 秒} = 1\frac{2}{3} \text{ 分}$$

問題 3 30 每秒米的速率，等於若干每分仟米？

[解] 30 米/秒 = x 仟米/分

$$x = 30 \times \frac{\text{米}}{\text{秒}} \times \frac{\text{分}}{\text{仟米}} = 30 \times \frac{\frac{1}{1000} \text{仟米}}{\frac{1}{60} \text{分}} \times \frac{\text{分}}{\text{仟米}}$$

$$\text{故 } x = \frac{30 \times 60}{1000} = \frac{1800}{1000} = 1.8$$

$$\text{故 } 30 \text{ 米/秒} = 1.8 \text{ 仟米/分}$$

3. 加速度

詞語詳解 【加速度】凡速度的數值隨時刻改變而方向不變的，為直線運動的加速度 (Acceleration)；凡速度的數值可不變而方向隨時刻改變的，為曲線運動的加速度。曲線運動時，速度的數值和方向若都隨時刻而改變，則情形較為複雜。加速度為速度的改變率，速度的單位既含有時間的單位，故加速度的單位在 C. G. S. 制為釐米/秒²，即每秒內有速度每秒釐米的變化。這個單位，對於初學者應認識其記載的意義。【等加速運動】一直線上加速度都為等值的運動，稱為等加速運動 (Uniformly accelerated motion)。這運動有三個重要公式，係伽利略所推出，如物體由靜止而運動，則三個公式為：

$$V = at \dots\dots\dots(1)$$

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

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

上列三式已見教本。若由某時刻算起，其初速度為 V_0 ，

則完全的公式應為:

$$V = V_0 \pm at \dots\dots\dots(1)$$

$$S = V_0 t \pm \frac{1}{2} at^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$V^2 = V_0^2 \pm 2aS \dots\dots\dots(3)$$

式中 + 號為速度增加時應用, - 號為負加速度, 即速度在 t 秒內漸減時應用.

補充材料

例題 1 一物體自斜坡滑下, 有等加速度 10 釐米/秒².

(a) 如由靜止起動歷 5 秒後, 速度應為若干? (b) 滑下的距離為若干?

[解] (a) $V = at$ $\therefore V = 10 \text{ 釐米/秒}^2 \times 5 \text{ 秒} = 50 \text{ 釐米/秒}$

(b) $S = \frac{1}{2} at^2$ $\therefore S = \frac{1}{2} \times 10 \text{ 釐米/秒}^2 \times (5 \text{ 秒})^2$
 $= 125 \text{ 釐米}$

或用 $V^2 = 2aS$ $\therefore S = \frac{V^2}{2a} = \frac{(50 \text{ 釐米/秒})^2}{2 \times 10 \text{ 釐米/秒}^2} = 125 \text{ 釐米}$

例題 2 當列車的速度為 2667 釐米/秒時, 欲在 21 秒內使列車停止. (a) 求其平均加速度. (b) 停止時應經若干距離.

[解] (a) 平均加速度即假定停止時為等加速度, 其意義當為減速, 故應用 $V = V_0 - at$ 公式.

現 $V_0 = 2667 \text{ 釐米/秒}$ 終速 $V = 0$ $t = 21 \text{ 秒}$

故 $0 = 2667 \text{ 釐米/秒} - a \times 21 \text{ 秒}$

$\therefore a = \frac{2667}{21} \text{ 釐米/秒}^2 = 127 \text{ 釐米/秒}^2$

$$(b) \text{因 } V^2 = V_0^2 - 2aS \quad \therefore 0 = (2667)^2 - 2 \times 127S$$

$$\text{故 } S = \frac{(2667)^2}{2 \times 127} = 28000 \text{ 釐米} = 280 \text{ 米}$$

問題解答

問題 1 火車離站,用等加速度 0.4 米/秒²運動,求第 10 秒末的速度,和 10 秒內經過的距離。

$$[\text{解}] (a) V = at \quad V = 0.4 \text{ 米/秒}^2 \times 10 \text{ 秒} = 4 \text{ 米/秒}$$

$$(b) S = \frac{1}{2} at^2 \quad S = \frac{1}{2} \times 0.4 \text{ 米/秒}^2 \times 100 \text{ 秒}^2 = 20 \text{ 米}$$

$$\text{或 } V^2 = 2aS \quad \therefore S = \frac{(4)^2 (\text{米/秒})^2}{2 \times 0.4 \text{ 米/秒}^2} = \frac{16 \text{ 米}}{0.8} = 20 \text{ 米}$$

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。

$$[\text{解}] (a) \text{平均速度} = \frac{200 \text{ 釐米}}{20 \text{ 秒}} = 10 \text{ 釐米/秒}$$

$$(b) S = \frac{1}{2} at^2; \quad \therefore a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \times 200 \text{ 釐米}}{(20)^2 (\text{秒})^2} = 1 \text{ 釐米/秒}^2$$

4. 力

詞語詳解 【力的絕對單位】運動定律亦稱為第二定律,可量度力的大小,其單位為達因 (Dyne),簡寫為達,這個單位和重力無關係,祇要使質量 1 克的物體得 1 釐米/秒²的加速度,就為 1 達,故稱為力的絕對單位 (Absolute unit), m 克的物體受 F 達的力得 a 釐米/秒²的加速度,其關係為

$$F = ma$$

力的絕對單位為隨處不變的單位,和力的重力

單位相較,當然爲一標準單位,1 克的力=980 達的力。慣性定律實爲這個定律的特例,因物體如不受外力,就不生加速度,速度不變,則其動量(mV)亦不變,故得以等速向一直線而運動。

補充材料

正力和突力 一力施於物體時,作用的時間如較長而可測量的,則所施的力稱爲**正力**(Steady force);若作用的時間甚短而難於測得的,則所施的力稱爲**突力**(Impulsive force)。突力雖不能計算,但由下式:

$$F = ma = \frac{mV}{t} \quad \text{或} \quad Ft = mV$$

將Ft的乘積合爲一量,稱爲**衝量**(Impulse)。這個量雖不能直接測定,但上式的右方動量mV可測得,因爲等式而衝量亦可確定。

例題 一球計重150克,以 2400 釐米/秒的速度而運動,一運動家以手接球,使在0.1秒內停止,求 (a) 球的動量, (b) 停球時的衝量, (c) 運動家施於球上的力。

[解] (a) 動量 = mV = 150 × 2400 = 360,000 C. G. S. 單位

(b) 動量的改變 = 衝量 = 360,000 C. G. S. 單位

$$(c) F = \frac{mV}{t} = \frac{360,000}{0.1} = 3,600,000 \text{ 達}$$

問題解答

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?

$$[\text{解}] (a) F = \frac{mV}{t}$$

$$100 \text{ 達} = \frac{10 \text{ 克} \times 50 \text{ 釐米/秒}}{t}, \quad \therefore t = \frac{500}{100} = 5 \text{ 秒}$$

$$(b) V^2 = 2aS \quad V = at$$

$$\therefore (50)^2 = 2 \times \frac{50}{5} \times S \quad S = \frac{2500}{20} = 125 \text{ 釐米}$$

$$\text{或 } S = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times \frac{50}{5} \times 25 = \frac{250}{2} = 125 \text{ 釐米}$$

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?

$$[\text{解}] (a) F = ma \quad 100 = 10 \times a \quad \therefore a = 10 \text{ 釐米/秒}^2$$

$$(b) S = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 5^2 = \frac{250}{2} = 125 \text{ 釐米}$$

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?

[解] 以錘敲釘,在短時間內作用,突力較大,故釘易入木內,若僅用錘壓釘,作用的時間長而所用的力較小,故不易釘入。

問題 4 吾人由高處跳下,如以足趾先着地,則震動較小,何故?

[解] 由高處跳下,如以足趾先着地,則着地的時間較長而力的作用較小,故震動較小。

5. 合力和分力

補充材料

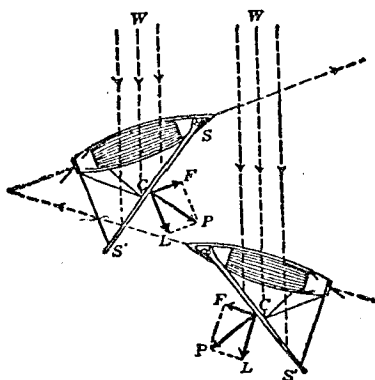
合力 數力同時施於一物體上,取同一的着力

點時，這數力稱爲會聚力(Concurrent forces)，凡一單獨的力可代表數力的作用的，稱爲合力(Resultant force)。兩個成角度的會聚力作用於同一物體時，其合力的求法和合位移或合速度的求法一樣，有三角形法和平行四邊形法等。這種求合力的方法，稱爲力的合成(Composition of forces)。作圖時每一標度比數既先確定，則用尺量得合力的代表線的長度，即可推出其大小。合力對於任何一力所趨的方向，可用量角規測定。平行四邊形法除幾何的作圖直接量出合力的大小外，若用三角術的公式亦可計算，但初步的求法，祇用作圖，能明瞭力的合成的意義，即爲滿足。

分力 凡一力對於某方向成一角度，其對於某方向所生有效的作用，稱爲某方向的分力(Component force)。依平行四邊形法，一力可以分解爲對於兩個方向的一對分力，即以此力爲平行四邊形的對角線，依兩個確定的方向，完成一平行四邊形，其每邊的長度，即代表每一方向的分力。這個方法，稱爲力的分解(Resolution of force)。通常的分解法，對於問題的說明，都就一定的參考平面，將一力分解爲：和平面垂直的分力，稱爲垂直分力，和平面平行的分力，稱爲平行分力。故一力作用於一物體時，其垂直分力和平行分力都互相垂直。兩分力中對於物體的運動，都可就運動

的方向,取任何一分力說明該方向運動時的有效力 (Effective force), 或作用力對於該方向發生有效作用的大小。

合力分力的應用 合力和分力對於日常事物上的應用很廣,如下圖,一帆船受風力 W 的作用,能向

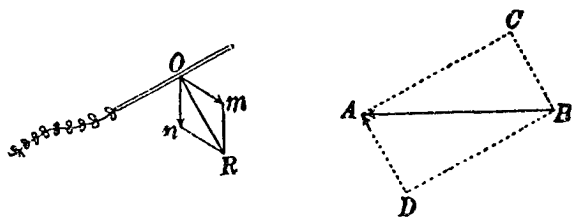


帆船受風力前進

前進行,是因風力對於帆面 SS' 可分為平行分力和垂直分力 CP , 平行分力對於帆不生作用,惟垂直分力 CP 為有效分力,這分力又可分為 CF 和 CL 的二力, CF 力使船前進, CL 力則使船向一方傾側,這可在傾側的一方加大木板於舷外的水中,藉水的阻力而矯正。

又如下圖, On 為風箏所受的重力, Om 為人曳線

的力,二力的合力 OR 若等於風力 BA 的垂直分力 DA,則停在空中不動;若大於 DA,則下降,故人須拉綫後退,增加風力,使之相等。

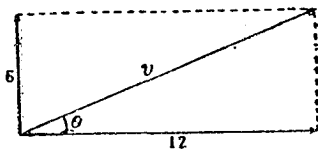


風箏受風力上升

問題解答

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

[解] 依題意作附圖,設 V 為實際進行的速度, θ 為其進行路徑,則由量角規得



(a) 船的進行路徑 $\theta =$

東向偏北 $22^{\circ}37'$

$$(b) V^2 = (12)^2 + (5)^2, \quad \therefore V = \sqrt{144 + 25} = \sqrt{169} = 13 \text{ 仟米/小時}$$

問題 2 有兩力為 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,則此二力的合力各為多少克?

【解】(a)合力 $= 10 + 6 = 16$ 仟克

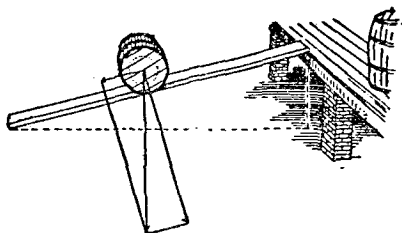
(b)合力 $= 10 - 6 = 4$ 仟克

(c) $R^2 = 10^2 + 6^2$

$\therefore R = \sqrt{10^2 + 6^2} = 11.7$ 仟克

問題3 和水平

面傾斜的平面,稱為斜面,如圖,利用斜面推上物體,何以能省力?試用分力的原理解釋之?



【解】因所用的力

斜面省力的原因

祇要和物體的重力對於斜面的平行分力相等而方向相反,就可將物體推上(斜面上摩擦不計).物體重力的分力在斜面上常比其重量為小,故用力雖小,亦能將重物由斜面推至高處,是以省力.

實驗指導

合力

目的 求兩個成角度的力的合力.

用具 彈簧秤兩個,重錘,線.

方法 依教本所述平行四邊形法和圖65,求兩力的合力.將錘W變換重量,實驗兩次.

記錄和計算

彈簧秤A 的記數	彈簧秤B 的記數	OX 的長	OY 的長	OR 的長	R (合力)	W	誤差

6. 力的反作用

詞語詳解 【蹠】音卜,就是水鳥足趾間相連着的皮膜。【泥淖】淖音鬧,泥淖為土和水相和而成,即通常所說的爛泥。【拔河】一種拉繩賽力的遊戲。

補充材料

反作用的定律 反作用定律亦稱運動第三定律。慣性定律和運動定律說明一力施於單體的作用,並討論這個單體的靜動狀態。反作用定律是說明雙體間相互的作用而不討論其靜動狀態。這個概念應特別分清,否則初學者討論一個問題時,三個定律的應用錯誤,常使結論亦錯誤。反作用定律的意義有二:一為甲體施於乙體的作用力和乙體對於甲體的反作用力,相等而相反;一為甲乙兩物體的作用和反作用的動量相等而方向相反,例如人自船上跳向岸去時的動量和船的反動量相等而相反,鎗彈由鎗管射出時有動量而同時鎗身就有後退的動量。

例題 由50千克的砲身發射1千克的砲彈,出口速度為960米/秒,求砲身後退的速度。

[解] 設 m_1 和 m_2 為砲彈和砲身的質量, V_1 和 V_2 為砲彈和砲身運動的速度, 則依反作用定律得:

$$m_1 V_1 = -m_2 V_2$$

式中 - 號表示方向相反, 故

$$1 \text{ 仟克} \times 960 \text{ 米/秒} = -50 \text{ 仟克} \times V_2$$

$$\therefore V_2 = -\frac{960}{50} \text{ 米/秒} = -19.2 \text{ 米/秒}$$

問題解答

問題 1 人如陷於深的泥淖中, 每愈陷愈深, 何故?

[解] 人陷於泥中要向上動出, 但泥的反作用使人向下, 故愈陷愈深。

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?

[解] 繩上的張力即等於 1000 仟克, 因作用和反作用相等而相反, 如一隊拉繩時, 他隊可假定為固定, 則繩上各點的張力為 1000 仟克, 當易明瞭。

7. 力矩和轉動

補充材料

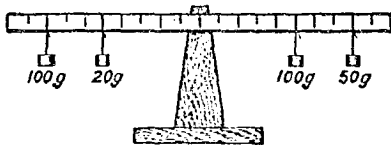
力矩 設 F 為施於轉動體的力, d 為力的作用線和軸的垂直距離, L 為力矩, 則由力矩的定義得:

$$L = Fd \quad [\text{力矩}] = [\text{力}] \times [\text{力臂}]$$

力矩施於物體時, 如物體轉動的方向和時針運動的方向相反, 則所施的力矩通常定為正值; 如順時

針動時，則所施的力矩為負值，轉動體上每一力矩各有繞軸而生的單獨的作用，即轉動體不動時，每一力矩仍有使物體發生轉動趨向的意義，轉動體受數力矩而不動時，其順時針動和逆時針動兩方向力矩的總和必相等。

例題 一米尺的中心支於架上，左方 40 釐米處放 100 克(如附圖)，25 釐米處放 20 克，右方 25 釐米處放 100 克，40 釐米處放 50 克，尺何以不生轉動？



力 矩

[解] $100 \times 40 + 20 \times 25$

= 正力矩，使尺作逆時針動；

$50 \times 40 + 100 \times 25 =$ 負力矩，使尺作順時針動。

因正力矩的和 = $4000 + 500 = 4500$ ，負力矩的和 = $2000 + 2500 = 4500$ ，故兩方力矩的和恰相等，轉動時的趨向恰相反，尺就不生轉動。

力矩的原理 將例題兩方力矩列成代數式時，
得 $+100 \times 40 + 20 \times 25 - 100 \times 25 - 50 \times 40 = 0$

上式稱力矩的代數和 (Algebraic sum) 為零。

凡物體上所受力矩的代數和為零，或逆時針動力矩的和，等於順時針動力矩的和，則物體不生轉動，是為力矩的原理 (Principle of moments)。

問題解答

問題 來復槍長筒內部刻有螺旋紋，使子彈沿着螺旋紋旋轉射出，何故？

[解] 來復槍(Rifle)長筒內的螺旋紋，使子彈於未出筒口時沿螺旋紋而旋轉。因轉動體有保持轉動軸方向的性質，故子彈出筒口射出時，不但前進，且依前進方向轉動而保持其直線方向。

實驗指導

力矩

目的 證明物體平衡時力矩的原理

用具 用繩將米尺懸掛成水平的位置，或如教本圖 70 的裝置，砝碼 W_1 和 W_2 。

方法 將 W_1 和 W_2 每次用確定的數量，在尺上移動，至尺水平時確定每一砝碼和轉動軸間的力臂各為 d_1 和 d_2 。

記錄和計算

次 數	W_1	W_2	d_1	d_2
(1)				
(2)				

$$(1) \frac{W_1}{W_2} = \text{---}, \quad \frac{d_2}{d_1} = \text{---}, \quad \text{誤差} = \text{---},$$

$$(2) \frac{W_1}{W_2} = \text{---}, \quad \frac{d_2}{d_1} = \text{---}, \quad \text{誤差} = \text{---}.$$

8. 平行力

補充材料

平行力的合力 物體上受有數個平行力時,其合力的求法有兩個條件:

第一條件 合力的大小,即數個平行力的代數和。

第二條件 合力的着力點,依繞一軸線將合力所生的力矩等於各平行力所生力矩的代數和而確定。

例題 一輕棒的長度為 2 米,兩端各懸重 10 仟克和 15 仟克。求合力的大小和着力點。

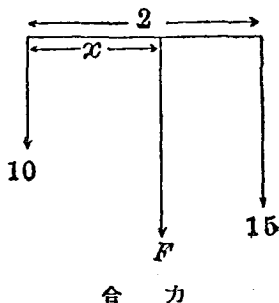
[解] (a)合力的大小 = $10 + 15$
= 25 仟克

(b)取 10 仟克端為軸, x 為合力和軸的距離, F 為合力,則

$$Fx = 10 \times 0 + 15 \times 2$$

$$\text{或 } 25x = 30, \quad \therefore x = \frac{6}{5} = 1.2 \text{ 米}$$

故合力的着力點離 10 仟克 1.2 米,離 15 仟克為 0.8 米。



力偶矩 方向相反,大小相等的二平行力,稱為力偶(Couple),如附圖的 P, P' ,二力間的距離稱為力偶臂(Arm of the couple),如圖中的 AB ,力偶的作用使物

體作純粹的轉動,合力爲零,不能使物體生移動,力偶的力矩稱爲力偶矩(Moment of the couple),其大小爲:

$$\begin{aligned} & \text{[力偶矩]} = \text{[任何一力]} \\ & \times \text{[力偶臂]} \end{aligned}$$

$$\text{或 } L = P \cdot AB$$

如圖若取 AB 間 O 點爲軸,則力偶矩 = $P \cdot OA + P \cdot OB$

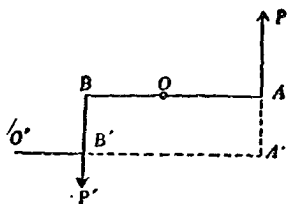
$$\therefore L = P(OA + OB) = P \cdot AB,$$

又設其軸在 O' 點,則 $L = P \cdot O'A' - P \cdot O'B' = P \cdot AB$, 故力偶矩和軸的位置無關,常等於任何一力和力偶臂的乘積,物體受一力偶而轉動,若欲停止,應在反對方向,另加一力偶,使兩力偶矩恰相等,遂不生轉動。

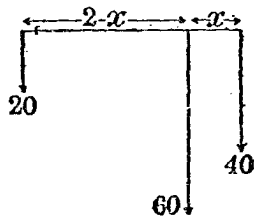
問題解答

問題 1 大人和小孩用 2 米長的桿揸 60 仟克重的物體,若小孩僅能支持 20 仟克的重量,問物體應置於桿的何處?

[解] 大人所支重量 = $60 - 20 = 40$ 仟克,設桿的重量不計, x 爲 60 仟克和大人的距離(如附圖),則 $2 - x$ 爲 60 仟克和小孩的距離,如依 60 仟克的着力點爲軸(結的取



力 偶



法或依大人支點,或小孩支點都可以,但答案時須說明取何點為軸),而取力矩時,則得:

$$40x = 20(2-x), \quad 40x = 40 - 20x$$

$$60x = 40 \quad \therefore \quad x = \frac{2}{3} \text{ 米}$$

問題 2 物體上受一個力偶而轉動,可用何法制止之?

[解] 需用反轉向的另一力偶矩,方可制止物體的轉動。

9. 物體的平衡

補充材料

平衡和物體平衡的條件 平衡(Equilibrium)即靜止或運動時不生速度變化的狀態。物體的運動既有移動和轉動,故其平衡的條件有二:

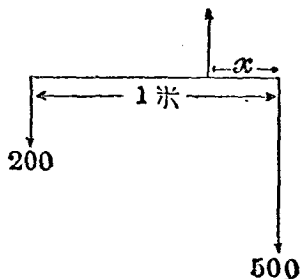
第一條件 移動無變化——物體上所受各力的合力為零。

第二條件 轉動無變化——各力對於取定的任何一軸線所生力矩的代數和為零。

問題解答

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?

[解] 設 x 為線和 500 克間的距離,如依懸線的着力點



為軸,則

$$500x = 200(100 - x)$$

$$500x = 20,000 - 200x$$

$$700x = 20,000;$$

$$\therefore x = 28 \frac{4}{7} \text{ 釐米}$$

10. 萬有引力和重力

詞語詳解 【天體】天體 (Celestial body) 為天空星辰的總稱,大別之有恆星、行星、衛星、彗星、流星、星雲等種。【宇宙】四方上下叫宇,往古來今叫宙,宇宙實含有空間及時間無限連續的意義,就狹義言,即指物質世界之總體;就廣義言,為整個而有秩序且可解釋的體系。

補充材料

萬有引力定律 設 m 和 m' 為兩物體的質量, d 為質量中心點間的距離,牛頓根據天文家觀察宇宙

內星體的運動所得的結果,遂確定物體間有引力的作用,而得**萬有引力定律**(Law of universal gravitation). 若 F 爲引力,則由下式可表示定律的全義:

$$F = G \frac{mm'}{d^2}$$

式中 G 爲**引力常數**(Gravitational constant),即兩質量各爲 1 克的物體,相隔 1 釐米時的引力.這個常數由近代的測量得 $G = \frac{1}{15,000,000,000}$ 克. G 的常數確定後,則任何兩質量的物體在相當距離間的引力,就可由上式算出,地面上物體間當然亦有引力,但因每一物體受地球的引力甚大,故物體間的引力不能覺察.

重力加速度 伽利略推出等加速運動的公式後,由實驗證明地面上落下物體爲習見的等加速運動,稱爲**重力加速度**(Acceleration of Gravity). 重力加速度在一處的範圍之內有一定的數值,常以 g 字代表,其通用的數值爲 980 釐米/秒².

設 W 爲物體的重量, m 爲質量, g 爲重力加速度,則依第二定律得:

$$W = mg$$

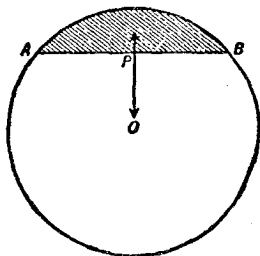
m 爲克, g 爲釐米/秒²的單位時, W 的單位爲達,故 W 如爲 1 克的重力單位,則等於 980 達. 第二定律中力的單位的表示如下式:

$$F(\text{達}) = m(\text{克}) \times a(\text{釐米/秒}^2)$$

$$F(\text{克}) = \frac{m(\text{克}) \times a(\text{釐米/秒}^2)}{980}$$

重量的定律 重力為引力的一種,依引力定律得物體的**重量定律**(Law of weight)為:

物體在地面上的重量和離地心的距離的平方成反比,物體的重量在地球的表面上為最大,若假定物體自表面放入地下,和地心漸近,則重量漸減,至地心時,物體無重量.因物體設在地球內 P 點上的地位(如附圖),則 AB 面上的部分有吸引物體向上的力,故其重量為地心引力和此部分引力相差的結果,故漸近地心,重量漸減,若至地心 O 時則各方向的引力都相等,合力為零,而物體遂無重量.



物體的重量

自由落體 物體由靜止的位置墜下,初速為零時,稱為**自由落體**(Free falling body).自由落體為等加速運動,故依從加速運動的公式,不過重力加速度 g 有一定的數值,以代普通的加速度 a_r ,得公式如下:

$$V = gt \dots \dots \dots (1)$$

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

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

問題解答

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?

[解] 由萬有引力定律得

$$\frac{100}{x} = \frac{(2 \times 6367)^2}{6367^2}$$

$$\therefore x = 100 \times \frac{1}{4} = 25 \text{ 克}$$

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?

[解] 由本章第 4 節知

$$F = ma$$

以 g 代 a 而 $m=1$,即得

$$F = 1 \times 980 = 980 \text{ 達因}$$

11. 重心和穩度

補充材料

重心 密度均勻的幾何形體,其重心 (Center of gravity) 必在幾何的中心,不論實體或空體,其重心的位置都相同,例如圓板和圓環的重心都在圓的中心,三角板的重心在由頂至對邊中點間的中線上,距頂點三分之二處,其他如長方形、正方形、平行四邊形等的重心都在形體的中點,不規則形物體的重心,可由實驗求得如教本所述,蓋因用線懸物體的一點時,苟非重心在線的引長線上,則線的張力和作用於重心

的重力當引成一力偶，使物體轉動，故必待其重心適在懸線的引長線上，物體方得成平衡狀態。

質心 重心是假想物體全重量所匯集的一點，即物體內各質點上所受重力的合力的着力點，物體雖為各質點所組成，質量分佈於各部分，但亦得假定全質量匯集於一點，以受地球的吸引，凡質量匯集的一點稱為質心(Center of mass)，其位置和重心相同，但意義不同，物體的質心既能代表一物體的全質量，故研究便利，牛頓引力定律中對於物體的質量即認為集中於體中的一點上。

穩度 物體的穩度(Stability)為其安定的程度，可依重心的位置和底面的面積而定，凡不易推倒的物體，其重心的位置必低，物體的底面積應大，如於傾推時由重心作一對於地面的鉛直線，若此線仍在底面內，則重心上的重力所生的力矩，可使物體轉動，以恢復其原位置；若此線出底面的外方時，則力矩的結果，使物體轉動而傾倒。由此可知三種平衡的穩度，祇是程度上的不同，穩定平衡穩度較大，但亦有一定的範圍，並非絕對不得傾倒。

問題解答

問題 1 人上山時，身體須向前俯，下山則向後仰，何

故？

[解] 人上山時,因山坡傾斜,由人的重心作一鉛直線,易出底面外,故身體須向前俯以配好其重心,下山時身體須向後仰,亦同此理。

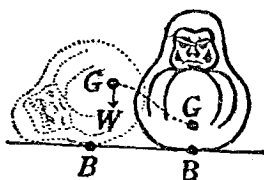
問題 2 老人為何須持拐杖?

[解] 老人的背易彎曲,用拐杖可增加其底面的面積,而穩度可大。

問題 3 貓、狗何以不易跌倒?

[解] 貓、狗等重心較低,底面積甚大,故不易跌倒。

問題 4 不倒翁何以推而不倒?試就右圖加以說明。



不倒翁

[解] 不倒翁的構造,其下部較重,重心 G 的位置極低,當推倒時, G 雖升高,但由 G 所作的鉛直線 GW 依 B 為軸,生一力矩,以恢復原狀,故推而不倒。

12. 單擺

補充材料

單擺 單擺 (Simple pendulum) 為理論上的擺,係一甚小的質點,用重量不計的細線懸在定點而成。普通物體的振動如鐘擺等實為複擺 (Compound pendulum)。由單擺的原理就可推及複擺,複擺較為複雜,故初學者應先明單擺的定律,凡單擺的擺錘沿 ACB 弧

(教本圖81)作一次的運動,稱爲單振動(Single vibration)二次來往的運動,即一來一往兩個單振動,稱爲全振動(Complete vibration),AC弧或BC弧即由擺的平衡位置達A或B的最大變位,稱爲擺的振幅(Amplitude),一全振動所需的時間稱爲擺的週期(Period),擺的週期爲 T ,擺長爲 l ,重力加速度爲 g ,則單擺的定律爲:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

上式的證明可由簡諧運動(Simple harmonic motion)的算式推得,計算較繁,茲從略。

擺的應用 擺的應用有二,即(1)利用其等時性(Isochronism),可節制時鐘內齒輪的轉動。這個性質雖由伽利略發見,但實用於時鐘內爲荷蘭物理學家惠根司(Huyghens)在1656年所成功;(2)又因單擺定律中含有重力加速度,故一地方的重力加速度,可由已知的擺長和週期而測定,爲重力加速度測定的一種方法。

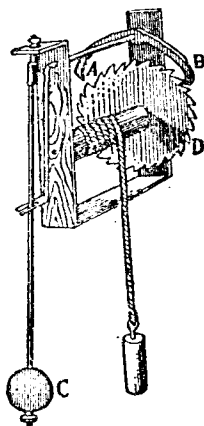
秒擺 若單振動的時間爲 t ,則 $T=2t$,於是單擺定律的式子可寫作

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

若單振動的時間恰爲1秒,或單擺的週期恰爲2秒,則此單擺稱爲秒擺(Seconds pendulum)。秒擺的擺長可從上式算出,因 $t=1$ 秒, $g=980$ 釐米/秒²,故

$$l = \frac{gt^2}{\pi^2} = 99.3 \text{ 釐米}$$

時計 較大的時計即**時鐘** (Clock) 都是利用擺的等時性的裝置,如圖, AB 為金屬製的錨狀物,其軸和擺相聯,擺一振動,錨也搖動一次,齒輪 D 的軸上繞有金屬繩,下懸重錘,如此可使齒輪常保迴轉的傾向(普通多用發條裝置),當擺往復振動時,錨的兩端在等時間內交互和齒輪相齧合,調整齒輪的迴轉,同時齒輪的齒亦推錨,以助擺的振動,使繼續不致停止,因為擺是等時性的,所以由錨操縱下的齒輪的迴轉運動為等速運動,齒輪的迴轉順次傳到其他許多齒輪,即可使時針、分針、秒針等運動。



問題解答

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?

[解] 應將擺錘旋下,使擺長增加而週期變大,則在同一時間內的振動次數減少,時鐘就可走得慢些。

13. 空氣和水的阻力

詞語詳解 【推進器】手工中有竹蜻蜓玩具的

製造，係利用斜面的竹片在空氣中轉動而上昇。推進器(Propeller)的構造和竹蜻蜓相同，爲迴轉的傾斜面，在和進行方向成直角的平面內，由發動機使其急速旋轉，故和夏天的電風扇葉鼓動空氣的情形相同。推進器的金屬板每一旋轉，又和螺旋的作用相同，四周圍繞的空氣相當於陰螺旋，而轉動的板因其傾斜的緣故，可於傾斜的方向推水或空氣，而有推水或空氣的向後分力(教本圖82)，由空氣或水的阻力所呈的反作用使飛機或輪船前進。推進器的金屬板每旋轉一次前進的情形相當於陽螺旋前進一螺距(Pitch，即螺旋線條間的距離)的距離。

【舵】舵(Rudder)爲一平板，放在船的後部，通常的舵面垂直的稱爲鉛直舵，利用水的阻力作用可改變船的方向，故又稱爲方向舵。船首右轉灣時，司舵者將舵面向右偏，左轉灣時則左偏，以得阻力的作用(教本圖84)。飛艇和飛機所用的舵有兩種，一爲通常的鉛直舵，司方向的改變，和船後的舵相同；一爲水平舵，舵面水平，和方向舵垂直，當舵面朝上則機首上昇，朝下則下降，故水平舵又稱昇降舵(教本圖85)，都是利用空氣的阻力。

補充材料

氣體的阻力定律 物體在氣體中運動時受氣體的反作用力，稱爲阻力(Resistance)。設 R 爲阻力的

仟克數, A 爲物體和運動方向成直角的橫截面積, 單位用平方米, V 爲速度, 其單位爲每秒米, 則由實驗得普通速度範圍內的阻力定律爲:

$$R = KAV^2$$

式中 K 爲常數, 如氣體爲空氣, 則這個常數 = 0.08.

例題 一汽車的速度爲每秒 18 米, 問空氣對於 0.5 平方米的風遮所呈的阻力爲若干?

[解] $R = KAV^2 = 0.08 \times 0.5 \times (18)^2 = 13$ 仟克

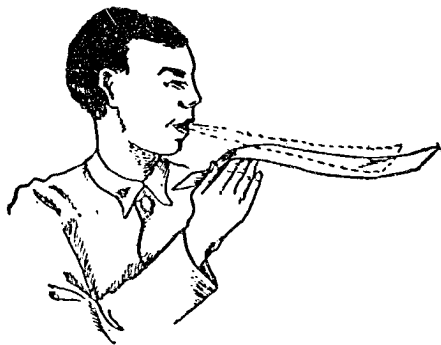
液體的阻力定律 液體的阻力和其密度亦有關係, 設 d 爲密度, 則其阻力爲:

$$R = CAV^2d$$

式中 C 爲常數.

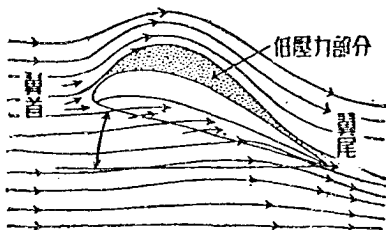
飛機的浮揚力 飛機的前進, 賴推進器的作用, 至機體雖較空氣爲重, 但能支持在空中而不下墜, 則全恃其翼面上的作用, 故翼爲飛機最重要的部份. 翼面爲曲面, 下凹上凸, 當飛行時支持面和水平面約成 8° 的入射角 (或稱飛行角). 翼面下的凹處因空氣的壓力而生浮揚力, 以支持其重量. 浮揚力的發生有兩個原因: 1/4 的浮揚力爲風壓作用, 和風箏停在空中的情形一樣, 翼面和風箏面相同; 3/4 的浮揚力的發生則是利用另一種理由, 由實驗知道氣流的速度增加, 其壓力亦就減小, 這種現象在力學上稱爲婆諾里效應

(Bernoulli's effect), 可由附圖的簡單試驗來說明, 試將紙片上面的空氣用口吹動, 則紙片上方的空氣因流動而壓力減小, 下方空氣的壓力較大, 遂托紙片向上



紙片的浮揚

浮揚, 若繼續吹動, 則紙片可久停上方的空中, 飛機的翼面因上凸下凹的緣故, 氣流由機首而入, 至翼首分成兩部, 應同時達其翼尾, 上方的速度比下方為大, 故翼面上就成低壓的部分(見附圖), 下方的壓力較大, 就



飛機翼面在氣流中的狀況

可支持機體。

問題解答

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？

[解] 因空氣的阻力，故雨滴落下的重力和阻力相差，所得的合力較小，加速度亦小，落下時，就變得慢。

問題 2 輪船船首何以較船身為扁狹？

[解] 因減小面積可以減小阻力的緣故，所以船首較船身為扁狹。

第六章 簡單機械

本章要旨 1. 說明天平和桿秤的構造原理。
2. 說明槓桿、滑輪、輪軸、斜面、螺旋、劈等六種簡單機械的原理。
3. 說明工作和能量的意義。
4. 說明摩擦和工作的關係。

1. 秤和槓桿

補充材料

天平 天平(Balance)為兩臂等長的槓桿(Lever)。最精確的天平，其構造應如下表：

優良天平的條件	製 法
1. 當天平的兩端載同重量時，其槓應水平；	兩盤的重量應相等，槓的兩臂應相等。
2. 天平應靈敏。	將槓的兩臂加長，兩方重量稍有差異，槓即有顯見的傾斜。
3. 天平應為穩定平衡。	槓和兩盤的公重心應近刃口支點的下方。

兩臂不等的天平用法 設天平的兩臂AF和BF不等(見教本圖86)，欲得物體的實重(True weight)時，可先將物體置在左盤，其實重為W，在右盤加砝碼P克，恰成水平；再將物體置在右盤，左盤加砝碼Q克而成

水平,由力矩原理就可求出實重 W .

$$\text{因 } W \times AF = P \times BF \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{又 } W \times BF = Q \times AF \dots\dots\dots(2)$$

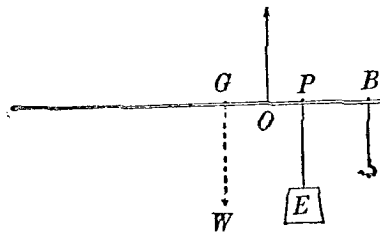
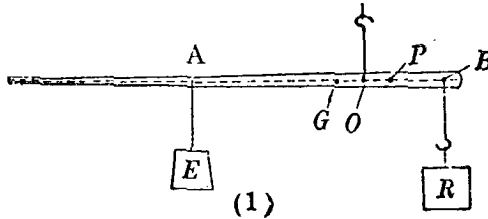
$$\therefore W = P \frac{BF}{AF} = P \frac{Q}{W}$$

$$\therefore W^2 = PQ \quad \text{或} \quad W = \sqrt{PQ}$$

秤的刻度法 我國對於秤的刻度向從實驗而來,但由力矩的原理可說明其刻度法如下:

設 G 為秤桿和繩鈎的公重心(如附圖), W 為其重量,則由力矩的原理,當圖中(1)秤桿水平時,得

$$E \times OA + W \times OG = R \times OB \dots\dots\dots(1)$$



秤的刻度法

式中 E 爲錘的重量, R 爲物重, 根據(1)式即可刻度, 但實際上尙可將上式化成簡單的式子而得迅速的刻法, 其法如下:

設將 E 錘放在支點 O 的右方, 即物重的一方, 如圖中(2)的情形, 於桿水平時, 記出 E 的着力點 P , 則

$$E \times OP = W \times OG \dots\dots\dots(2)$$

將(2)式代入(1)式, 得

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

或 $E(OA + OP) = R \times OB$

$\therefore E \times AP = R \times OB$ (圖1)

$\therefore AP = \frac{R}{E} \times OB$ 此式中 A 點可在秤上移動.

若 $AP = OB$, 則稱物時 $R = E$;

$AP = 2OB$ 則稱物時 $R = 2E$;

$AP = 3OB$, 則稱物時 $R = 3E$; 餘類推.

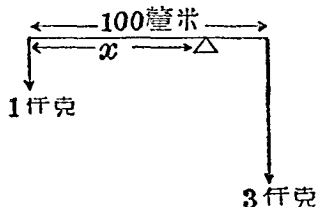
故穿繩的支點和 E 錘的重已知, P 點亦已確定, 則秤上可得真確的刻度, P 點即刻斤數的起點, 在秤上的繩旁可見到銅點的記號, 依上法的測定在桿上可用銅點來表示斤數, 由 E 錘移動到平衡的情形, 即可讀出其斤數, 這許多銅點俗稱爲星.

問題解答

問題 1 有長 1 米的橫桿, 左端懸 1 仟克的物體, 右端懸 3 仟克的物體. 設桿的重量不計, 問桿平衡時, 支點應

放在何處?

[解] 設 x = 支點和 1 仟克的距離



$$\text{則 } 1 \times x = 3(100 - x)$$

$$x = 300 - 3x \quad 4x = 300$$

$$\therefore x = 75 \text{ 釐米}$$

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?

[解] 秤錘上若加一小鐵環,則秤上所見的斤數,比實重為小,因此錘應移近支點方可平衡的緣故。若物體的重量愈大,則錘向支點移進的距離亦大,故稱重的物體,差數較大而影響亦較大。

實驗指導

秤的製造

目的 製一通用的秤,並說明其原理。

用具 木條,鐵鈎,鐵錘(或任何重量的物體),繩,鑽。

方法 將木條的一端鑽孔,懸一鐵鈎,再穿一孔,繫一繩紐。稱錘的重量,依本節補充材料中的秤的刻度法,定出斤數的起點,然後確定桿上應刻的斤數。

2. 機械利益和三種槓桿

詞語詳解 【槓桿】槓桿(Lever)為阿基米得所

發明，桿臂成直線的稱爲直槓桿 (Straight lever)，桿臂彎曲的稱爲彎槓桿 (Bent lever)。槓桿在器械上的作用極大，阿基米得嘗作豪語云：“空中如能給我一個支點，則可用一槓桿以舉動地球。”於此可見其價值之重要。【三種槓桿】由機械利益 (Mechanical advantage) 可知第一種槓桿的支點因可任意移動而得力、改向、和省時間的便利，第二種槓桿的重點在支點和力點的中間祇可得省力的作用，第三種槓桿的力點在中間，祇可得省時間的作用。凡應用機械的目的爲省力或省時間，但兩種目的不能同時兼備，省力的機械就不能省時間，省時間就不能省力。第一種槓桿的器械，如天平、秤、剪刀、鐵鉗等，第二種槓桿如藥鋪的鋤草刀、獨輪車、榨蔗汁器、化學室內的壓軟木塞器等，第三種槓桿如取糖欵、人手取物、網魚、寫字等。

問題解答

問題 1 人手持筷，是何種槓桿？

[解] 人手持筷以夾食物爲第三種槓桿，以達省時間的目的，筷的下端夾食物處爲重點，拇指和食指持筷處爲支點，中指和無名指持筷處爲力點。

問題 2 如下圖爲拔釘錘， F 與 BE 的垂直距離 FB 長 30 釐米，釘和錘支點的垂直距離 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?

【解】 (a) $30 \text{ 仟克} \times 30 \text{ 釐米}$
 $= R \times 5 \text{ 釐米.}$

$$\therefore R = \frac{900}{5} = 180 \text{ 仟克}$$

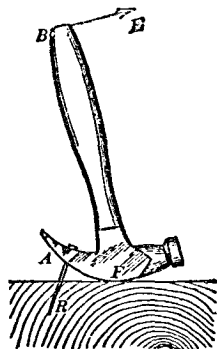
(b) 機械利益

$$= \frac{R}{E} = \frac{180}{30} = 6$$

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?



拔釘錘

【解】 裁縫用的剪刀, 目的在省時間, 柄程的阻力臂應長, 故口長柄短. 鐵匠用的剪刀, 目的在省力, 柄程的主力臂應長, 故口短柄長.

3. 滑輪和輪軸

詞語詳解 【滑輪】滑輪 (Pulley) 分定滑輪 (Fixed pulley) 和動滑輪 (Movable pulley) 兩種, 由兩種的合併可組成一組的滑輪組. 滑輪上主力和阻力的關係, 基本上所算得的機械利益, 以假定滑輪與繩間無摩擦, 動滑輪和阻力相較, 重量甚輕, 略而不計, 實際上所得的機械利益, 其數值與理論上有差異. 【輪軸】輪軸 (Wheel and axle) 常用為汲井水時的器械. 滑輪與輪軸我國早已應用.

補充材料

滑輪組 滑輪組(Combination of pulleys)有單繩的和複繩的分別。單繩滑輪組的裝置情形和機械利益已如教本所述。複繩滑輪組的裝置又有兩種，第一種如右圖，用若干條繩分懸各滑輪，設各繩一側的張力為 R_1, R_2, R_3 及 E (主力)，則因

$$R = 2R_1, \quad R_1 = 2R_2,$$

$$R_2 = 2R_3, \quad R_3 = 2E;$$

$$\text{故 } R = 2 \times 2 \times 2 \times 2E = 2^4 E \quad \text{複繩滑輪組(一)}$$

式內的 4 即滑輪的個數，以 n 代之，則得

$$\frac{R}{E} = 2^n$$

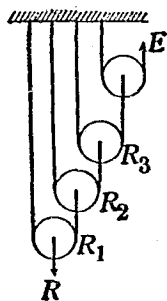
故所用的滑輪愈多，則機械利益亦愈大。

又如右圖的裝置，設上方定滑輪懸點向上作用之力為 R' ，則依(一)圖顛倒觀察，可知 $R' = 2^n E$ ，而就全體觀之，共受三力 R, R' 及 E 之作用而成平衡，故得 $E + R = R'$

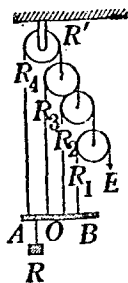
$$\text{由上式得 } E + R = 2^n E$$

$$R = 2^n E - E = E(2^n - 1)$$

$$\text{故 } \frac{R}{E} = 2^n - 1$$



複繩滑輪組(一)

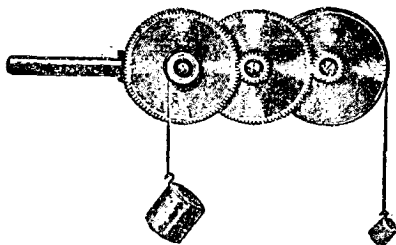


複繩滑輪組(二)

復因 $R_1 = E$, $R_2 = 2E$, $R_3 = 4E$, $R_4 = 8E$, 故 R 的作用點不在 AB 的中點 O 而當偏於 A 的一面。

齒輪 連動齒輪 (Train of gear wheels) 爲機械利益最大的機械, 其(1)每輪或軸的周圍排列着齒的大小都相同, 并隔相等的距離;(2)在一組連動齒輪中, 各輪的齒的大小和距離亦相同;(3)每輪或軸上的齒數, 和其圓周成正比, 或和其半徑成正比。

設有連動齒輪如下圖的裝置, 左輪和中輪的齒數, 都爲 N 個, 中輪和右輪軸上的齒數都爲 n 個, 左輪的軸和右輪的邊上都無齒, 其半徑各爲 r 和 r' 。繞左軸的周圍懸阻力 R , 右輪的邊上加主力 E , 則右輪迴轉一周, 中輪轉過 n/N 次, 又中輪轉一次, 左輪亦轉 n/N



連 動 齒 輪

次, 故若右輪轉一次, 左輪就轉過 $\frac{n}{N} \times \frac{n}{N}$ 次。右輪轉一次, 主力 E 經 $2\pi r'$ 的距離, 而阻力 R 所經的距離祇爲 $\left(\frac{n}{N}\right)^2 \times 2\pi r$, 由工作原理(見下節)得

$$E \times 2\pi r' = R \times \left(\frac{n}{N}\right)^2 \times 2\pi r$$

$$\text{故 機械利益} = \frac{R}{E} = \frac{N^2 r'}{n^2 r}$$

若依圖的左方起推求，則左輪轉一次，中輪轉 $\frac{N}{n}$ 次，右輪就要轉 $\left(\frac{N}{n}\right)^2$ 次。由工作原理所得的結果仍同。

$$\text{即} \quad R \times 2\pi r = E \times \left(\frac{N}{n}\right)^2 \times 2\pi r'$$

$$\text{或} \quad \frac{R}{E} = \frac{N^2 r'}{n^2 r}$$

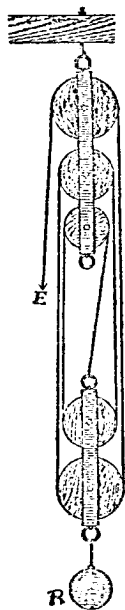
鐘錶的構造就是利用連動齒輪，故可節制時針、分針轉動的速度。

問題解答

問題 若以 60 仟克的力，可以支持 300 仟克重的物體，設摩擦不計，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？

[解] (a) 滑輪組的裝置如附圖，用三個定滑輪和兩個動滑輪而成。

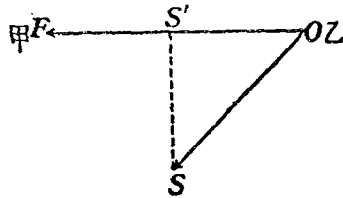
$$(b) \text{ 機械利益} = \frac{300}{60} = 5$$



4. 工作和工作原理

詞語詳解 【工作】工作 (Work) 的大小，以物體沿着力的作用方向移動的距離和作用力的乘積表之。故若甲力作用於乙物體，乙物體並未移動，則甲力

並未成就工作；又若乙物體移動的方向和甲力的方向成垂直，而並未在力的方向移動，亦不能稱為甲力所成就的工作。又如右圖，甲力作用於乙物體，同時又有他力亦作用於乙物體，結果乙的運動方向



工作的意義

和甲力的方向不一致，則以乙的位移 OS 分為兩個垂直分位移 OS' 和 $S'S$ ， $S'S$ 和甲力的工作無關，故甲力所做的工作祇為 $W = F \times OS'$ 。【工作原理】工作原理 (Principle of work) 係牛頓於 1687 年所創定，為物理學史上一個重要的原理，即施於機械上的工作，常和機械所完成的工作相等。根據這個原理，可以將一切機械上的主力和阻力的關係求出。這個原理對於機械的摩擦假定極小略而不計，而機械的運動極慢。若摩擦計入時，則施於機械上的工作等於機械所完成的工作和阻力摩擦所做的工作的總和。阻力摩擦所做的工作常變為熱能，不能得機械的作用，常稱為消耗的工作 (Wasted work)，而完成的工作為有用的工作 (Useful work)。

補充材料

工作單位 工作的單位除仟克米外，尚有他種

單位,列表如下:

重力單位	絕對單位	實用單位
仟克-米(Kg.-m.)	爾格(erg)	焦耳(joule)
克-釐米(g.-cm.)	即 1 達因的力使	即 1 千萬爾格的工作
克-米(g.-m.)	物體移動 1 釐米的工作	或 1 焦耳 = 10^7 爾格

工率 工作的大小,和時間的長短無關,每單位時間內所做的工作,就稱為**工率**(Power).工率的單位首由英人瓦特(Watt, 1736—1819)所定.瓦特即發明蒸氣機關的,對於工率,以為普通的一匹馬每分鐘可成 33,000 英尺一磅的工作,或每秒鐘可成 550 英尺一磅的工作,遂定這個工作數量為工率的單位,稱為 1 馬力(Horse power,英文縮寫為 H. P.).馬力為英制的單位,現工程界尚有採用的.實際的馬成的工率約為 $\frac{3}{4}$ 馬力.近代機械的工率單位實用上常用瓦特 (Watt),簡寫為瓦.1 瓦即每秒成 1 焦耳的工作,1000 瓦稱為仟瓦 (Kilowatt, 縮寫為 K w.).

$$1 \text{ 馬力} = 746 \text{ 瓦} = 76.05 \text{ 仟克-米/秒.}$$

設 W 為 t 秒內所成的工作, F 為力, S 為距離,則工率 P 為:

$$P = \frac{W}{t}, \quad \text{而 } W = FS, \quad \therefore P = \frac{FS}{t}$$

$$\text{但 } \frac{S}{t} = V = \text{機械的速度}, \quad \text{故 } P = FV$$

$$\text{故} [\text{工率}] = \frac{[\text{工作}]}{[\text{時間}]}, \quad \text{或} [\text{工率}] = [\text{力}] \times [\text{速度}].$$

問題解答

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?

[解] 工作 = 50 仟克 \times 7 米 = 350 仟克-米,與時間的長短無關。

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?

[解] 因主力 E 做的工作為 $E \times 6$ 米,阻力 R 做的工作為 $R \times 1.5$ 米,而 $6E = 1.5R$,故機械利益 = $\frac{R}{E} = \frac{6}{1.5} = 4$ 。

實驗指導

滑輪

目的 試驗定滑輪和滑輪組的裝置。

用具 定滑輪,動滑輪,滑輪組,滑繩,砝碼。

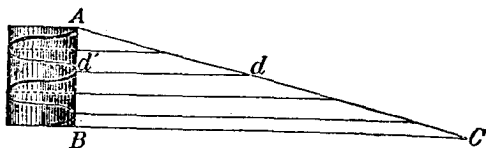
方法 研究定滑輪和動滑輪的機械利益,並由工作原理推出主力和阻力的關係。配裝一機械利益為 5 的滑輪組,並作圖以說明之。

5. 斜面螺旋和劈

補充材料

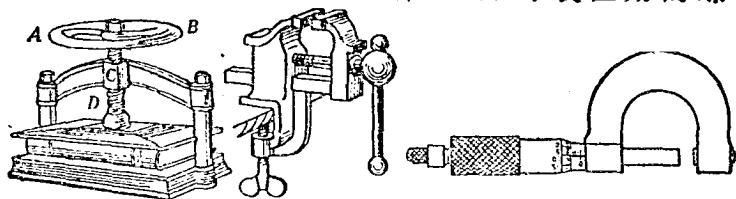
螺旋和斜面的關係 將三角形紙繞於鉛筆上,即成螺紋(如附圖),設鉛筆的橫截面的半徑為 r ,以此紙的 AB 邊和筆的圓柱體相接,此 AB 線稱為母線。將紙卷上時,若 dd' 恰等於柱體的圓周 $2\pi r$,則卷後,

d 必和 d' 在母線上的同一點。A d' 為螺旋 (Screw) 相



螺旋和斜面

鄰兩線的距離，即為螺距 (Pitch)，亦即相當於斜面的高度，故螺旋為斜面的變形。若沿圓柱上的螺旋線，鑿成三角形或四角形的小槽，則得兩種陽螺旋。若在中空的圓筒中，鑿成適合於陽螺旋的小槽就成陰螺旋。陽螺旋對於陰螺旋一迴轉時，其軸進入的距離為一螺距。螺旋的應用甚廣，如螺旋壓榨器，工場內的老虎鉗 (Vise)，時鐘、儀器內的螺旋釘，天平、水平裝置用的螺



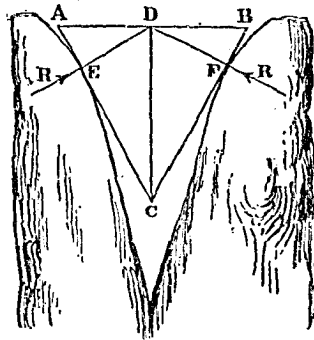
壓榨器

老虎鉗

測微螺旋

旋腳，測微螺旋 (Micrometer screw) 可測極微距離至 0.001 毫米。

劈 (Wedge) 為兩個斜面合成的機械。設劈的兩斜邊相對稱，擊入木材的主力為 E' ，木材對於斜邊上的阻力為 R ，又設 E' 的作用由 D 至 C (如附圖)，木材



劈

由中點向兩方分開 E,F 的距離,則

$$R \text{ 的工作} = R \times DE + R \times DF$$

$$E' \text{ 的工作} = E' \times DC$$

由工作原理, R 的工作 = E' 的工作

$$\therefore E' \times DC = R \times DE + R \times DF,$$

因 $DE = DF$

$$\therefore E' \times DC = R \times 2DE$$

$$\text{或 } \frac{R}{E'} = \frac{CD}{2DE}$$

因三角形 DEC 和 ADC 為相似形,故

$$\frac{DC}{DE} = \frac{AC}{AD}$$

$$\therefore \frac{R}{E'} = \frac{AC}{2AD} = \frac{AC}{AB} = \frac{\text{和 } R \text{ 垂直的斜邊}}{\text{和 } E' \text{ 垂直的底邊}}$$

故劈的頂角愈小,斜邊的長度較底邊愈長,主力較阻力愈小,而機械利益就愈大。

問題解答

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?

【解】(a)設 l = 斜面的長度,則

$$40 \text{ 仟克} \times l = 100 \text{ 仟克} \times 128 \text{ 釐米}$$

$$\therefore l = \frac{12800}{40} = 320 \text{ 釐米}$$

$$(b) \text{ 工作} = 40 \text{ 仟克} \times 3.2 \text{ 米} = 128 \text{ 仟克-米}$$

$$\text{或} \quad = 100 \text{ 仟克} \times 1.28 \text{ 米} = 128 \text{ 仟克-米}$$

6. 能量

詞語詳解 【機械能】凡能顯示成工作的物體就稱該物體附有**能量** (Energy). 故能量為能成工作的容量,物體因位置、運動、溫度、帶電等情形,就有各種形式的能量,物理學即專門研究物質和能量的科學. 物體因位置而發生的能量,如瀑布、彈簧所具有的,稱為**位能** (Potential energy); 因運動而有的能量,如射出的鎗彈所具有的,稱為**動能** (Kinetic energy). 位能和動能總稱為**機械能** (Mechanical energy).

補充材料

能量的單位 能量既為物體所能做的工作的量,故物體所含能量的大小,即須視此物體能做多少工作而定,因此能量的單位即可引用工作的單位,無

須另定,但物體在某種狀態時,究竟含有多少能量,事實上不能測定,祇可就其從現在狀態變成標準狀態時對於他物體所做的工作而求得其能量的差,例如一物體的質量為 m , 速度為 V , 因受一反對方向的力 F 作用經 t 時間而完全靜止,設以 S 表物體在此 t 時間內所經的距離,因其平均速度為 $\frac{V+0}{2} = \frac{1}{2} V$,

故得
$$S = \frac{1}{2} Vt \text{ (教本第五章第 3 節)}$$

但因 $Ft = mV$ (教本第五章第 4 節),兩邊相乘,得

$$FtS = mV \times \frac{1}{2} Vt$$

故
$$FS = \frac{1}{2} mV^2$$

若此物體至靜止時所成的工作為 $\frac{1}{2} mV^2$ 爾格,可知其在速度 V 每秒釐米時所有的能量應較靜止時多 $\frac{1}{2} mV^2$ 爾格.

能量不滅原理 能量不滅(Conservation of energy)的原理約於 1847 年由德人海爾荷茲(Helmholtz, 1821—1894)的著述發表後,物理學方面受重大的影響,其後經焦耳,凱爾文(Kelvin)等的研究而成不易的原理即能量的形式雖可互相變換,但不能創生,亦不能消滅,於 1775 年時法國的科學學士院(French academy of sciences)早已宣告對於機械的永久運動(Perpetual motion)的問題停止討論,而確信能量不能自然產生

近年來學者對於研究原子構造的時候，覺得這個原理不能適用，但物理學中的基本定律還是根據這個原理，仍很重要。

問題解答

問題 槍彈由槍口向上射出後，其能量的變化如何？試說明之。

[解] 槍彈出槍口時有動能，向上升高時動能漸減少，變成位能，在升高的途徑中同時有動能和位能。若空氣的阻力不計，則當其達最高處時，動能完全變成位能，下降時，位能漸小，而一部分變成動能，達地時，全為動能，和地衝擊而變成熱的能量。

7. 摩擦和機械效率

詞語詳解 【石墨】石墨 (Graphite) 俗稱黑鉛或筆鉛，又名畫眉石，成分與金剛石同，為純粹碳素，色暗黑，其粉末置機械上，可減少摩擦，通常用為製鉛筆心的原料。【機械油】為一種黏稠液體，敷於機械上，可以減少摩擦。石油自礦中初汲出時稱為原油，原油分餾，在 300°C 以上得重油，機械油為重油精製品的一種。

補充材料

滑動摩擦的定律 滑動摩擦 (Sliding friction) 的性質，由法國砲兵隊官長摩林 (A. T. Morin, 1795—1880)

的研究而成摩擦的定律,這個定律可分述為四點:

(1)兩物體間的摩擦和接觸面上的垂直總壓力成正比,如一物體置在桌面時,則其垂直總壓力即物體的重量.

(2)摩擦的大小和接觸面面積的大小無關.

(3)各種面的摩擦視面的性質而不同.

(4)在通常的滑動時,面上的摩擦和速度的大小無關係.

靜摩擦和動摩擦 滑動摩擦分靜摩擦 (Static friction)和動摩擦(Kinetic friction)兩種,靜摩擦又稱起動摩擦(Starting friction),為物體起動前最大阻力的極限,就是**最大摩擦力**(Maximum friction),

摩擦係數 兩物體間的摩擦力和垂直總壓力的比,視摩擦面的性質而各有一定的數值,稱為摩擦係數 (Coefficient of friction). 設以 F 表摩擦力, W 表垂直總壓力, μ 表摩擦係數,得式如下:

$$\mu = \frac{F}{W} \quad \therefore F = \mu W$$

摩擦係數亦分靜摩擦係數和動摩擦係數兩種,動摩擦係數較靜摩擦係數為小,幾種重要物體間的動摩擦係數如下表:

面的性質

摩擦係數

黃銅在鑄鐵上

0.19

煨鐵在鑄鐵上	0.20
煨鐵在煨鐵上	0.14
鐵在冰上(滑冰)	0.032-0.16
橡木在橡木上(纖維平行時)	0.48
橡木在橡木上(纖維交錯時)	0.32
皮革在橡木上	0.27-0.38

例題 人身的重量為 70 仟克,冰的摩擦係數為 0.032,則滑冰時冰的摩擦為若干?

$$[\text{解}] \quad \mu = \frac{F}{W} \quad \therefore F = \mu W = 0.032 \times 70 = 2.24 \text{ 仟克}$$

滾動摩擦 (Rolling friction)較滑動摩擦為小,茲將各種路面和橡皮輪間的滾動摩擦係數,列表如下:

土溼青路面.....	0.010	硬泥土路面.....	0.025
木塊路面.....	0.012	軟砂石路面.....	0.038
混凝土路面.....	0.014	粗泥土路面.....	0.050
滑磚石路面.....	0.015	通常的沙路.....	0.075
粗磚石路面.....	0.020	3 英寸深的沙路.....	0.150

上表中輪邊如為鐵製的,則係數的數值當更小。

問題解答

問題 1 人在冰上行走,容易滑跌,何故?

[解] 冰上摩擦極小,故人行走時易於滑跌。

問題 2 使用第 89 頁(教本)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。

[解] 設 S_1 爲主力所經距離, S_2 爲阻力所經的距離, 則

$$\text{機械效率} = \frac{300 \times S_2}{100 \times S_1} \times 100\% = 300 \frac{S_2}{S_1} \%$$

S_2 和 S_1 如確定, 即可算出其效率的百分數。

實驗指導

摩擦

目的 測木塊和木板的摩擦係數。

用具 寬厚不等的長方形木塊、木板、繩、定滑輪盤和砝碼(或用細鉛子或小石塊亦可)。

方法 依教本圖 98 的裝置測定靜摩擦係數, 試驗時應保持接觸面的清潔, 不可用手接觸而致油污, 否則面的摩擦要改變。

記錄和計算

摩 擦 面	木 塊 的 重 量 W	最 大 摩 擦 (砝碼和盤的重量) F	摩 擦 係 數 F/W
木塊面積大的一面			
木塊面積小的一面			

第七章 熱和熱的傳遞

本章要旨 1. 熱的來源及其性質。 2. 熱的傳遞方法。

1. 熱的來源

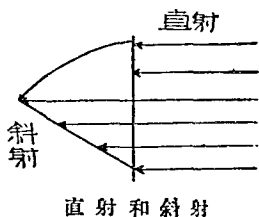
詞語詳解 【熱】熱 (Heat) 不能脫離物體而獨立存在,無論何時,必須附於物質表現而出,但其本身則決非物質,凡物質必因地球引力關係而有重量,但同一物體,不論其所含熱量之多少,物體的重量並無些微差別,即此可證熱之非為物質,依近代共認的學說,熱實為分子運動所生的現象,凡物體溫度的高低,完全因其分子運動的劇烈的程度而定,例如兩物體摩擦,則兩物體接觸部分的分子運動格外劇烈,所以溫度升高;不斷的摩擦,就可生出無窮的熱,故熱實為能量的一種形態罷了。【太陽】太陽為最大的熱源,通常還不能直接利用,由近代學者的研究,推測在熱帶地方,日間八小時內平均 1 平方英里所受太陽的熱量,恰和 7400 噸煤的熱量相等,射在非洲的撒哈拉 (Sahara) 沙漠上的熱量,一年間較地球上掘出的煤所發的熱量,大 1800 倍,最近已有人研究直接利用太陽熱量的方法,使太陽的熱將水蒸發為水蒸汽而運動機械,已有相當的成功,但通常還不能普及。【地球】

地球的內部亦很熱，學者正研究直接利用的方法，但由地殼掘到很深的地方，酷熱不能忍受，尚無相當的效果。【火山】因地熱作用，地球內部噴出熔岩、砂礫、水蒸汽等，其噴出處成爲截頂圓錐形的山丘，故稱火山。【溫泉】亦稱湯泉，泉水溫度較湧出地點的氣溫爲高，且能保持不變者，大抵由於地殼發生罅裂，地下水滲入，受地熱影響的緣故，平常溫度在 22°C 左右，但亦有高達沸點以上的。【煤】煤爲燃料的一種，係古代的植物受太陽的熱，蓄在細胞裏面，壓在地殼中，經過化學變化，就成今日的煤。【摩擦】摩擦生熱，因摩擦的工作變成熱量，爲能量形式的變換。

補充材料

四季的變遷 地球繞太陽而公轉，且繞地軸自西向東的自轉，地軸和軌道常傾斜。當地球在軌道上運行，至 3 月 21 日爲北半球的春分，這時太陽光直射赤道，晝夜平分（參考緒論第 2 節時間項的圖），從這點繼續運行軌道的四分之一周，至 6 月 21 日，北極傾向軌道的內方，太陽光直射赤道以北，是爲北半球的夏至。由此再運行四分之一周，至 9 月 21 日，太陽又直射赤道，晝夜平分，是爲北半球的秋分，更由此運行四分之一周，至南極傾向軌道的內方，太陽光直射赤道以南，是爲北半球的冬至，即 12 月 21 日。故地球上春、夏、秋、

冬四季的變遷,因地軸常有一定的方向,和軌道傾斜,故太陽光直射的地方無一定,而生寒暖的區別。凡一定的面積所受太陽光的熱能,自太陽光直射位置轉至斜射位置(如附圖),其所受的熱量減少,故因太陽光直射或斜射的不同,地面即呈寒暖的變遷,南半球的四季和北半球恰相反。



問題解答

問題 1 吾人冬天手冷,倘用兩手相搓,就可稍暖,何故?

[解] 冬天手冷時,兩手相搓,由摩擦的工作,變成熱能,故可稍暖。

問題 2 燃燒火柴所得的熱能,何以說是從太陽間接來的?

[解] 植物受太陽光而生長,蘊藏熱的能量,故由木柴等所得的熱能,是由太陽間接而來的。

2. 熱的傳導

詞語詳解 【安全燈】安全燈(Safety lamp)係英國化學家台維(Sir Humphry Davy)於1815年所創製。煤礦內有一種沼氣(Marsh gas)和空氣混合時,遇火即爆炸,如用安全燈,就可避免,且見燈內有氣體爆炸

時,就可知道所居的地位很危險,新式安全燈爲馬東(J. B. Marsaut)所發明,和台維所製的形式和原理,大部份都相同。

補充材料

物質的傳導 取兩平行面所包的物質,兩面的溫度各爲 t_1 和 t_2 , 其距離爲 L , 每面的面積爲 A , 設 t_2 比 t_1 爲高, 則在 T 時間內傳導的熱量 H , 和溫度差數, 傳導的面積, 傳導的時間成正比, 和兩面的距離成反比, 列式如下:

$$H = K \frac{AT(t_2 - t_1)}{L}$$

式中的 K 爲常數, 稱爲熱的傳導率 (Thermal conductivity). 若用銀的傳導率的數值爲標準, 而比較其他物質傳導的難易, 得列其順序如下表:

銀	100.0	鋅	19.0	鉛	8.4	軟木塞	0.07
銅	73.6	錫	14.5	玻璃	2.0	空氣	0.05
金	53.2	鐵	11.9	鋇	1.8	酒精	0.04
鋁	31.0	銅	11.6	水銀	1.5	氫氣	0.029
黃銅	23.1	鉛	8.5	水	0.11	碳酸氣	0.003

由上表的比較, 可知金屬易於傳熱, 銀爲最良的導體 (Conductor). 液體不易傳導熱量, 氣體更難, 故液體和氣體稱爲非導體 (Non-conductor).

問題解答

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？

〔解〕紙條裹於金屬棒上，放入火焰內，因熱易為金屬傳導，故短時間內，紙條不能達到其燃燒點而起燃燒。

問題 2 何以冬天吾人着棉衣以禦寒，夏天用棉花包裹冰塊可防冰熔解？

〔解〕棉花內細孔極多，中藏空氣，因空氣為非導體，故冬天着棉衣，可保體溫而熱不外散，夏天用棉花包裹冰塊，外方的熱不易傳入，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？

〔解〕夏天烈日下，金屬的溫度較高，由金屬的傳導而手覺熱；木料為非導體，故不易覺其熱。冬天的金屬溫度較低，手觸金屬，則手上的熱由金屬傳導而覺其冷；木料不易傳導，故不覺其甚冷。

問題 4 寒帶的房屋窗上，都用二層玻璃，是何緣故？

〔解〕寒帶的房屋窗上，都用二層玻璃，是因玻璃的傳導率甚小，且玻璃間所含的空氣又為非導體，使室內的熱不易傳出，故可保持室內的溫度。

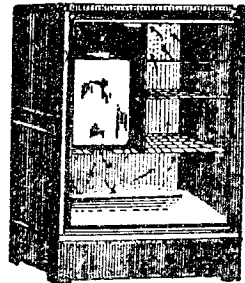
3 熱的對流

詞語詳解 【貿易風】空氣因受太陽的熱，對流 (Convection) 不息，赤道近傍處受熱最甚，下層空氣上

昇,同時南北緯度區域的下層的冷空氣向赤道流動而成貿易風(Trade wind),由赤道上昇的空氣,漸冷而向南北緯度的區域而流動,因成逆貿易風(Anti-trade wind). 如地球靜止,則貿易風方向應自正北或正南吹向赤道;但因地球自轉,成相對運動的關係,北貿易風常為東北風,而南貿易風常為東南風,逆貿易風的方向和貿易風的方向相反. 【潮流】海水因風的關係和溫度的相差,就生潮流,地理上有寒流和暖流兩種,即水的對流的現象,暖流經過的區域,氣候溫和;而寒流經過的區域,則氣候寒冷.

補充材料

冰箱 冰箱是利用空氣的對流以冷却食物的裝置,如圖將冰塊放入左上角的地位,則在冰塊附近的空氣因冷而密度增大,重而下降;於是下面較暖的空氣,就照箭頭的方向上升,箱內空氣因而繼續不斷的流動,冷空氣滿佈箱內,所置物品乃不致腐敗.



冰 箱

過風 根據生理學的試驗,知成人每時呼出的二氧化碳氣平均約為0.6立方呎,而戶內空氣所含二氧化碳

的成份最多不可超過 0.06%，又戶外空氣原含二氧化碳的成份為 0.03%，故每人每時所呼出的二氧化碳不得超過 $0.06\% - 0.03\% = 0.03\%$ 。設 x 為每人每時所需新鮮空氣的體積，則從已知各數，即得

$$0.03 : 100 = 0.6 : x$$

$$x = 2000 \text{ 立方呎}$$

因 1 立方呎 = 28.3 升，故 2000 立方呎 = 56600 升，是即每人每時所需的新鮮空氣。通風口之大小及位置，須各按特殊情形而定，且與空氣出入的速率有關，在普通情形，設每人每分鐘需供給新鮮空氣 30 立方呎，則每人應有通風口 0.1 平方呎或 92.9 平方釐米。但因空氣進出每有多種阻力，故通風口的面積應比此數為大。

問題解答

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。

[解] 冰箱內的冰塊應放在上層，使下層的熱空氣上升，上層的冷空氣下降，以成對流的現象，而箱內的溫度可降低。

問題 2 雙層牆壁中如實以木屑，則更不易傳熱，何故？

[解] 木屑對於熱為非導體，如置在雙層牆壁中以代空氣，可免去對流的傳遞，故更不易傳熱。

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，此種現象更爲顯著，又爲何故？

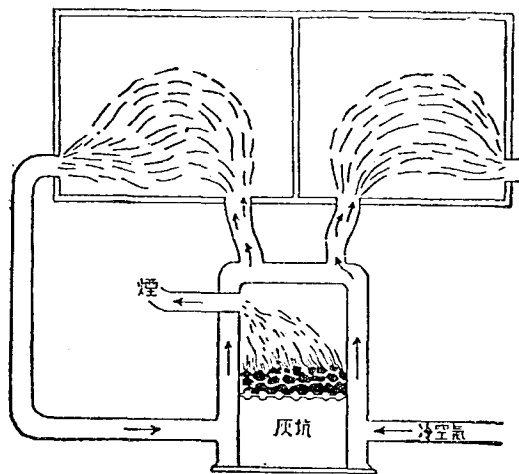
〔解〕 燭燄近壁下的通風口應向屋內移動，在氣窗旁應向外移動，因屋內熱空氣上昇由氣窗逸出，而外方空氣由壁下的通風口向屋內充入的緣故。冬天屋的內外溫度相差較大，對流的速度亦大，故火燄移動的現象更爲顯著。

4. 熱的輻射

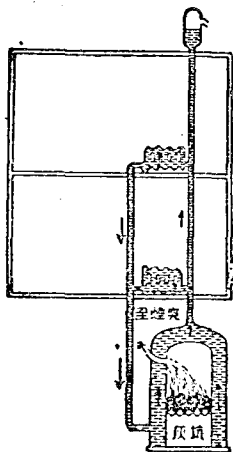
詞語詳解 【介質】於兩方之間，司傳達作用的物質，稱爲介質 (Medium)，亦稱媒質。【輻射和吸收】凡易輻射 (Radiation) 的物質亦爲吸收熱的優良的物質，故高溫度的物質放熱時，同時仍吸收外方輻射而來的熱，不過其量不同。至物質的輻射和吸收率相等時，其溫度和周圍的物質相同。

補充材料

暖室 普通房屋內取暖的方法(一)利用熱空氣的對流作用，如下面的圖 a，冷空氣自室外來，經火箱得熱而上昇屋內，或由窗戶外出，或回至火箱與新鮮空氣相合，再行循環。(二)利用熱水的對流作用，如下面的圖 b，冷水經過火箱後，上昇屋內的輻射器 (Radiation)，利用輻射放熱於屋中，然後回經火箱再行循環。



a. 熱空氣暖室法



b. 熱水暖室法

問題解答

問題 1 夏天宜衣白色,冬天宜衣黑色,何故?

[解] 白色的衣服可將輻射熱反射,而黑色的衣服易吸收多量的熱,故夏季宜用白色衣服,而冬季宜用黑色衣服。

問題 2 夏天雖用傘遮太陽光,何以仍覺比室內爲熱?

[解] 夏天雖用傘遮太陽,但四周物體輻射的熱仍可傳遞,故仍覺比室內爲熱。

問題 3 開水壺本身宜磨光,而底部宜粗糙,何故?

[解] 開水壺的底部粗糙,可於煮水時容易吸熱;本身磨光,則易反射輻射的熱。

第八章 溫度和脹縮

本章要旨 1. 溫度計的製法和種類, 2. 固體, 液體, 氣體的膨脹, 3. 氣體的定律.

1. 溫度和溫度計

補充材料

溫度計 1592年伽利略利用空氣隨溫度而膨脹, 首創溫度計 (Thermometer), 並於1613年計畫刻度的方法. 至1643年, 可丑 (Kircher) 始利用水銀隨溫度的膨脹而作水銀溫度計. 1724年德人華氏 (Fahrenheit 1686—1736) 始創華氏溫度計的刻度, 為第一個正確溫度計. 1734年羅摩 (Reaumur) 定羅氏溫度計, 至1742年瑞典攝氏 (Celsius) 創百度溫度計, 為科學上通用的溫度計.

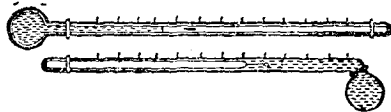
溫度計有兩個定點 (Fixed points), 即水的冰點 (Freezing point) 和沸點 (Boiling point). 華氏的零度係取等量的鹵砂 (NH_4Cl) 和雪屑調和的溫度為準則, 在這個溫度計上, 水的冰點為 32°F , 沸點為 212°F , 故冰點和沸點間的距離, 刻成 180 個等分. 攝氏溫度計以水的冰點和沸點間刻成 100 個等分. 設 C 表示攝氏的一個溫度數, F 為華氏的相當度數, 則兩種度數的關係為:

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180}$$

$$\text{故 } C = \frac{5}{9}(F-32) \quad \text{或} \quad F = \frac{9}{5}C + 32$$

水銀溫度計的限度 水銀的冰點爲 -38.8°C ，沸點爲 356°C ，故水銀溫度計的應用，祇以其冰點和沸點間溫度的範圍爲限度。但如於水銀柱上方密充壓縮的氮氣，則高溫度的限度可達 500°C ；若再以石英 (Quartz) 代玻璃球，則可測至 700°C 。欲測 -38.8°C 以下的低溫度，可採用酒精溫度計，因酒精至 -130°C 方凝固，而低溫度時酒精的膨脹尙均勻，故可適用。如欲測極高、極低的溫度，當用氣體溫度計和各種高溫度溫度計。

最高溫度計和最低溫度計 欲測一日內的最高溫度或最低溫度，須用最高溫度計或最低溫度計 (Maximum or Minimum thermometer)。最高溫度計的構



最高最低溫度計

造如附圖內上方的一個，即爲普通的水銀溫度計，放在水平的位置，管內水銀面的右側有一小鐵針，因爲鐵和水銀不能沾濡，故在溫度升高時，水銀膨脹，將針推向右方；溫度降低，水銀收縮，鐵針則留在右方的新

位置不動，故無論一日的溫度如何變化，鐵針左端所示即為該日的最高溫度。應用時須先將溫度計傾側一下，或用磁石吸引，使鐵針左端和水銀柱面相接。最低溫度計為酒精溫度計，其構造如附圖下方的一個，管內有玻璃小棒，應用時須先將玻璃棒浸沒在酒精柱內，並使其左端和酒精面相接。溫度降低，酒精收縮，其表面張力曳棒向右；溫度升高，酒精膨脹，但玻璃棒並不隨之左移；故觀察棒的左端所示，即知一日間的最低溫度。

水銀的優點 科學上常用的溫度計，多用水銀。水銀的優點約如下列所述：

- (1) 水銀製備時可易得純粹的液體。
- (2) 水銀不沾溼玻璃，或附着於玻璃上。
- (3) 水銀的膨脹係數和玻璃的膨脹係數有差異，溫度的改變易於讀出。
- (4) 水銀柱的體積的大小和溫度成正比，即其膨脹極均勻。
- (5) 在通常溫度的範圍內，水銀不凝固亦不沸騰，應用便利。
- (6) 水銀和水或其他溶液相比，升高一定溫度的範圍，所需的熱量較少，故易將欲測物質的溫度記出。
- (7) 水銀為不透明體，故在極狹的細管內亦易見

到。

優良溫度計的要點

- (1) 溫度計應便於攜帶。
- (2) 溫度計應耐用。
- (3) 溫度計測同溫度時，每次應常得同溫度的記數。
- (4) 溫度計應對於用者可得刻度改正的試驗而測定刻度的誤值。
- (5) 溫度計應稍小，庶與物體接觸而測定溫度時，不致吸熱太多，使物體的原溫度發生影響。

問題解答

問題 1 平常室內溫度為 68°F ，人體溫度為 98.6°F ，問當攝氏若干度？

$$\text{[解]} \quad (\text{a}) \quad C = \frac{5}{9}(F - 32) = \frac{5}{9}(68 - 32) = 20^{\circ}\text{C}$$

$$(\text{b}) \quad C = \frac{5}{9}(98.6 - 32) = \frac{5}{9} \times 66.6 = 37^{\circ}\text{C}$$

問題 2 攝氏和華氏度數相同的溫度，在何度數？

[解] 攝氏和華氏度數相同的溫度為 -40° ，證明如下：

$$\text{設 } F = C, \text{ 則 } C = \frac{5}{9}(F - 32) = \frac{5}{9}(C - 32) = \frac{5}{9}C - \frac{5}{9} \times 32$$

$$9C = 5C - 160 \quad 4C = -160 \quad \therefore C = -40^{\circ}$$

$$\text{或 } F = \frac{9}{5}C + 32 = \frac{9}{5}F + 32 \quad 5F = 9F + 160$$

$$\therefore F = -40^{\circ}$$

問題 3 醫用溫度計用後，可否洗以沸水？

[解] 啓用溫度計用後不能用沸水洗滌,因受熱後玻璃球突然膨脹,不能立即恢復原狀積,再用時就有誤差。

問題 4 水銀凝結時的溫度爲 -39°C ,酒精爲 -130°C ,欲測冰點下 40°C 以下的溫度,宜用何種溫度計?

[解] 水銀凝結時的溫度爲 -39°C ,酒精爲 -130°C ,欲測冰點下 40°C 以下的溫度,宜用酒精溫度計。

實驗指導

溫度計上兩定點的試驗

目的 檢查溫度計上冰點和沸點是否真確。

用具 攝氏溫度計,融解的冰塊,水蒸汽發生器,酒精燈。

方法 將溫度計放在有冰塊的冰水內,待水銀柱降至最低的固定點時,觀察是否在 0°C 的一點,如有誤差,當即記出,如固定點在 0°C 以上,則誤差值記一號, 0°C 下則記+號,以後用這個溫度計時,就可由讀出的度數加誤差,而得實數,再將溫度計放至水蒸汽內,讀出誤差值,+一號記法和 0° 的上下時相同。

記錄和計算

第一個溫度計的冰點誤差值 = _____,

沸點的誤差 = _____,

第二個溫度計的冰點誤差值 = _____,

沸點的誤差 = _____.

實驗者的體溫

第一個溫度計 = _____, 第二個溫度計 = _____,
 改正數 = _____, 改正數 = _____,

2. 固體的膨脹

補充材料

固體的膨脹 固體的膨脹(Expansion)不論其內部空虛或充實,其線膨脹(Linear expansion)和體積膨脹(Cubic expansion)都相同.體脹係數(Coefficient)約為線脹係數的 3 倍,因

$$V_t = V_o(1+bt) \dots\dots\dots(1) \quad l_t = l_o(1+at) \dots\dots\dots(2)$$

(2)式立方,得

$$l_t^3 = l_o^3(1+at)^3 = l_o^3(1+3at+3a^2t^2+a^3t^3),$$

式中 $l_t^3 = V_t, l_o^3 = V_o, a$ 的數值(見教本的線脹係數表)甚小,故 $3a^2t^2 + a^3t^3$ 兩項可略而不計,得作

$$V_t = V_o(1+3at) \dots\dots\dots(3)$$

由(3)式和(1)式比較,則 $b=3a$.

問題解答

問題 1 試舉出吾人利用固體膨脹的兩件事。

[解] (a)玻璃瓶塞不易拔出時,可將瓶口的周圍加熱,瓶塞就可拔出; (b)木輪上要繫一緊鐵圈,可將鐵圈燒熱後,放在輪的周圍,冷縮後就緊貼輪邊。

問題 2 以溫度計浸入熱水中,何以水銀先降下少

許,而後上升?

[解] 玻璃球受熱亦稍膨脹,故水銀先降下少許,而後上升。

問題 3 厚玻璃杯注入熱水,反較薄玻璃杯易破裂何故?

[解] 玻璃杯破裂的原因,為各部分膨脹不均勻所致,厚玻璃杯注入熱水後,各部分的溫度比薄玻璃杯離於短時間內相同,膨脹自不均勻而易起破裂。

問題 4 鐵軌長 90 米,由冬天氣溫 -15°C ,至夏天氣溫 35°C ,問兩鐵軌間須留空隙若干?

[解] 設 l = 夏天的長度, l' = 冬天的長度,則鐵軌間應留的空隙為

$$l - l' = l\alpha(t_2 - t_1) = 9000 \times 0.000001 \times (35 + 15) = 0.45 \text{ 釐米}$$

問題 5 有一銅球在 0°C 時的體積為 100 立方釐米,加熱至 100°C 時,其體積為若干?

$$[解] \quad V_t = V_0(1 + bt) \quad b = 3\alpha$$

$$\text{故} \quad V_t = 100(1 + 0.000017 \times 3 \times 100) = 100 + 0.51$$

$$= 100.51 \text{ 立方釐米}$$

3. 液體的膨脹

補充材料

液體的體脹係數 液體無一定的形狀,故言液體的線脹係數,實為毫無意義。普通所云液體的膨脹,

即指其體積而言。液體的膨脹很不規則，例如酒精在 0° — 60° 間的體脹係數當為 0.0013，在 0° — 10° 間求出的係數為 0.0011。水銀的體脹係數為 0.000182，在普通的溫度範圍內，其值幾無變化，故水銀溫度計較用別種液體的溫度計為正確。

水的膨脹 在水的各種特性中，對於膨脹的性質較為奇特。普通熱水的密度較冷水為小，但其範圍在 0°C 和 3.98°C 間則不確， 3.98°C 以下的冷水亦漸膨脹，其膨脹係數無一定。 4°C 以上的體積和 4°C 的體積，其關係由下列的實驗式可計算，即

$$V_t = V_4 \left(1 + \frac{(t^{\circ} - 4^{\circ})^2}{144000} \right)$$

式中 V_t 為定量的水在 $t^{\circ}\text{C}$ 的體積， V_4 即同質量的水在 4°C 的體積。

茲將水的密度和體脹係數列表如下，以備參考：

水的密度

0°C .	0.99968	6°C .	0.99997
1°	0.99993	7°	0.99994
2°	0.99997	8°	0.99988
3°	0.99999	9°	0.99982
4°	1.00000	10°	0.99973
5°	0.99999	20°	0.99823

水的膨脹係數

$5^{\circ}-10^{\circ}$	0.000053
$10^{\circ}-20^{\circ}$	0.000150
$20^{\circ}-40^{\circ}$	0.000302
$40^{\circ}-60^{\circ}$	0.000458
$60^{\circ}-80^{\circ}$	0.000587

問題解答

問題 1 若水的最大密度為 0°C ，則對於冬天的氣候有何影響？

[解] 水的最大密度為 4°C ，故水面上溫度降至 4°C 時，下方比 4°C 高溫的水即上昇，所含的熱量可放至空氣中而其溫度下降。若水的最大密度為 0°C ，則表面上雖達 4°C 並不下降，冷至 0°C 而結冰，下方高溫度的水不能上昇，故空氣中所得的熱量較少，氣候當稍涼。

問題 2 水由表面起向下結冰，油類則從下面凍起，何故？

[解] 油類的溫度愈低，密度愈大，故由下面凍起；水的密度則不規則，應由面上凍起。

4. 氣體的膨脹

補充材料

給呂薩克定律 在 1802 年，德人給呂薩克 (Gay Lussac) 首就各種氣體的膨脹，由實驗考得，在一定壓力下，一切氣體的體脹係數都相同，均約為 $\frac{1}{273}$ ，可用

下式表示:

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

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{273+t}{273}$$

如將 0°C 下 273° 作為零度,而以 0°C 作為 273° ,稱為絕對溫度 (Absolute temperature), 并設以 T 表絕對溫度, t 表攝氏溫度, 則:

$$T = t + 273$$

於是體積和絕對溫度的關係可寫為:

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{T}{T_0}$$

即在一定壓力下, 一定質量氣體的體積與其絕對溫度成正比, 這個關係, 稱為給呂薩克定律. 由此可更推知, 在絕對溫度 0° 時, 若仍為氣體, 則其體積應為 0 , 此溫度稱為絕對零度 (Absolute zero).

查利定律 1787年法人查利 (Charles) 由實驗知道一切氣體在定體積下, 其膨脹的壓力係數 (Pressure coefficient) 都相同, 亦為 $\frac{1}{273}$. 設 P_t 為 $t^\circ\text{C}$ 的壓力, P_0 為 0°C 的壓力, 則

$$P_t = P_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \quad \text{或}$$

$$\frac{P_t}{P_0} = \frac{T}{T_0} \quad \text{或} \quad \frac{P_t}{P_0} = \frac{273+t}{273}$$

即定體積內一定質量氣體的壓力和其絕對溫度成正比, 這個關係, 稱為查理定律.

氣體的普通定律 氣體的壓力、體積和溫度如同時俱變，則合併波義耳定律及給呂薩克定律，得

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

即一定質量的氣體，其體積與所受的壓力成反比，與絕對溫度成正比，是為氣體的普通定律。

絕對零度 絕對零度為極低的溫度，由近代實驗的進步所得的低溫度，漸和零度相近。法拉第(Faraday)於1845年，使醚和固體二氧化碳的混合物，在空中蒸發時，得低溫度為 -110°C 。至1880年始將空氣液化，其溫度為 -190°C 。氫液化時的溫度為 -243°C 。德瓦(Dewar)於1900年使液體的氫在和空氣唧筒連通的空間內蒸發，并用唧筒隨時將蒸氣抽出，得 -260°C 的低溫度。其後卡麥林奧涅斯(Kamerlingh Ounes)於1911年完成氫的液化而達 -271.3°C ，和絕對零度祇差 1.7° 。近代基生(Keesom)由低壓力下液化氫的蒸發，得到更低的紀錄，僅在絕對零度上 0.71°C 。以後的實驗不用液態氣體的蒸發，而改用低溫度磁性體的消磁作用(Demagnetisation)，至1933年祈屋克(Giauque)和麥克度(Mac Dougall)所得的低溫度達絕對零度上 0.25° ，數值更接近(見美國 Physical Review 雜誌)。

問題解答

問題 某種氣體在 0°C 時的體積為4升；若壓力不

變,溫度升至 80°C , 其體積變為多少?

$$[\text{解}] V_{80} = 4 \times \left(1 + \frac{80}{273} \right) = 5.17 \text{ 升強.}$$

第九章 熱量和三態變化

本章要旨 1. 熱量和比熱的測定. 2. 熔解熱和汽化熱. 3. 飽和汽壓和大氣內的水汽. 4. 熱能的利用和蒸汽機關.

1. 熱量和比熱

詞語詳解 【熱容量和比熱】任何質量的物質昇高或降低 1°C 時所需或所放的熱量，稱為該物質的熱容量 (Thermal capacity)，物質的熱容量和同質量水的熱容量相比為該物質的比熱 (Specific heat)，列式如下：

$$\begin{aligned} \text{比熱} &= \frac{\text{物質的熱容量}}{\text{同質量水的熱容量}} \\ &= \frac{\text{單位質量物質的熱容量}}{\text{單位質量水的熱容量}} \\ &= \frac{\text{1克的物質昇高 } 1^{\circ}\text{C} \text{ 的熱量所需的卡數}}{1\text{卡}} \end{aligned}$$

∴ 比熱 = 1 克的物質昇高 1°C 或降低 1°C 所需或所放熱量的卡數 (卡, Calorie 為熱量的單位).

設 $H = m$ 克物質由溫度 t_1 昇到 t_2 所需的熱量，則

$$\begin{aligned} \text{物質的熱容量} &= \frac{H}{(t_2 - t_1)} \\ S = \text{比熱} &= \frac{H}{m(t_2 - t_1)} \end{aligned}$$

故 $H = mS(t_2 - t_1)$, 熱容量 = mS

補充材料

定積比熱和定壓比熱 一定質量的氣體,溫度增加 1°C 所需的熱量,隨情形而不同,即體積一定時所需的熱量和壓力一定時所需的熱量不同,體積一定時的比熱稱為定積比熱 (Specific heat at constant volume), 壓力一定時的比熱稱為定壓比熱 (Specific heat at constant pressure), 定壓比熱常較定積比熱為大,多種氣體,此二種比熱的比值都為 1.41.

問題解答

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?

[解] 甲杯的熱量 = $100 \times 20 = 2000$ 卡, 乙杯的熱量 = $250 \times 8 = 2000$ 卡,故兩杯的水含熱相等.

問題 2 試述熱量和溫度的區別.

[解] 溫度表示熱的程度,熱量為能量的一種.

2. 比熱的測定

詞語詳解 【混合法】混合法 (Method of mixture) 為測定比熱的通用方法,實測時盛水的容器稱為量熱計 (Calorimeter), 通常為銅杯,當高溫度的物質和冷水混合時,水要吸熱,但量熱計亦要吸熱,量熱計的熱容量,或稱水當量 (Water equivalent), 即量熱計升高

1°C 的熱量和若干克水所需熱量相當的數值。混合法完全的公式如下：

設 m_s = 測定物質的質量, S = 測定物質的比熱, t_s = 物質的溫度, $m_c s_c$ = 量熱計的熱容量, m_w = 水的質量, t_w = 水的溫度, t = 混合後的終溫度, 則

$$m_s s (t_s - t) = (m_w + m_c s_c) (t - t_w)$$

$$\begin{aligned} \text{[物質放出的熱量]} &= \text{[水吸收的熱量]} \\ &\quad + \text{[量熱計吸收的熱量]} \end{aligned}$$

$$\therefore S = \frac{(m_w + m_c s_c)(t - t_w)}{m_s (t_s - t)}$$

補充材料

液體和氣體的比熱 液體的比熱亦可應用混合法求之, 祇須將所欲測的液體代水盛於量熱計內, 而將比熱已知的物體投入, 即可算出該液體的比熱。至氣體的比熱, 有定壓比熱和定積比熱的分別, 已述前節。求法較繁, 本書從略。普通氣體與液體的比熱, 遠較固體的比熱為大, 液體中以水的比熱(1)為最大, 氣體中以氫的比熱(定壓比熱 3.409, 定積比熱 2.42)為最大。

比熱和熱容量的關係 比熱大的物體, 欲增高其溫度, 須有多量的熱, 故較比熱小的物體為難。但溫度已經升高, 亦即不易降低。又在比熱相同的物體, 質量愈大, 溫度的升高愈難, 升高之後, 亦即不易降低, 故

一壺熱水不易冷卻,而同溫度的一杯熱水則極易冷卻。

問題解答

問題 1 水的比熱很大,對於吾人有何利益?

[解] 凡比熱大的物質,使其升高或降低溫度甚難,因熱容量大,故吸熱和放熱的量亦大,水的比熱最大,故有調劑氣候的利益,近海濱氣候,常較溫和,就是因為這個理由。

問題 2 設有 80°C 的水 200 克傾入 20°C 的水 500 克中,最後的溫度多少?

[解] 設容器的熱量不計, t 為最後溫度,則

$$200 \times (80 - t) = 500 \times (t - 20)$$

$$16000 - 200t = 500t - 10000$$

$$700t = 26000$$

$$\therefore t = 37\frac{1}{7}^{\circ}\text{C}$$

問題 3 海邊的風,日間由海吹向陸,夜間則相反,何故?

[解] 因水的比熱最大,日間陸地溫度高於海水,夜間則陸地的溫度易低,故風的方向恰相反。

實驗指導

熱量

目的 求熱水和冷水混合後的溫度。

用具 量熱計,玻璃杯,酒精燈,溫度計,天平和砝

碼。

方法 測定量熱計的質量為 m_c 克,加冷水後稱得的為 w 克,測其溫度為 t_1 度,測玻璃杯中熱水的溫度為 t_2 ,注入量熱計,用玻棒攪拌,得混合後的溫度為 t ,再測定總質量為 w' 克。

記錄和計算

量熱計(銅製)的比熱	=0.095
量熱計的質量(m_c)	= —— 克
量熱計 + 冷水(W)	= —— 克
冷水的質量($W - m_c$)	= —— 克
冷水的溫度(t_1)	= —— °C
量熱計 + 冷水 + 熱水(W')	= —— 克
∴ 熱水的質量($W' - W$)	= —— 克
熱水的溫度(t_2)	= —— °C
混合後的溫度(t)	= —— °C
算出的溫度(*)	= —— °C
誤差	= ——

算式為

$$(W' - W)(t_2 - t) = [m_c \times 0.095 + (W - m_c)](t - t_1)$$

算出 t 值

3. 溶解和凝固

補充材料

熔解和凝固 固體受熱的能量變成分子間的位能,分子間距離既增大,就變成液體。由固體變成液體的現象,稱為熔解(Fusion),如液體變成固體時,則分子能量變成熱能而放出,即成凝固(Solidification)的現象。故由分子說可說明熔解和凝固的現象如下:

(1) 熔點 (Melting point) 和凝固點為同一的溫度。熔解或凝固未完成時,這個溫度固定而不改變,因熱和分子能量變換時,物體吸熱或放熱,祇為分子間距離改變時的能量,故物體的溫度不升高或不降低。

(2) 熔解熱 (Heat of fusion) 和凝固熱常相等。

(3) 非結晶體的物質熔解時,須經過粘度(Viscosity)的各種階級,故無一定的熔點。

凝固時體積的變化 普通物質當凝固時,其體積常為縮小,由固體分子較液體分子密集的理由,易於解釋。但水、銻、鎢、鑄鐵和少數含有銻、鎢的合金(Alloy)都是例外,凝固時,體積反膨脹,這是因為分子集成晶體,各晶體間有相當的空隙,每一分子羣的集合,當然較液體為密,但各團分子集合所佔的體積,反為擴大。

溶液的凝固點 溶液的凝固點常低於 0°C , 例如食鹽水飽和溶液的凝固點在 -22°C 。其理由因降低物體的溫度,使達凝固點,就是減少其分子的平均速度,致使液體的內聚力牽合而成固體。食鹽水凝固

時,水的內聚力不得不勝過鹽分子的引力和其分子運動,故分子動能要減少,溫度必更下降,而凝固點必低。冬天痰盂內的水中,如放些木屑,則達 0°C 還不結冰,各種鹽類混合的溶液能得低溫度的,統稱為冷劑 (Freezing mixture),舉例如下:

混 合 物	質 量 的 成 分	所 得 的 溫 度
冰、食鹽	3 比 1	-22°C .
硝酸氨、水	2 比 3	-14°C .
硫酸鈉、鹽酸	5 比 8	-17°C .
氯化鈣、冰或雪	3 比 2	-55°C .

溶解和壓力的關係 普通物質,溶解時體積膨脹,若加強壓力妨礙其膨脹,則須用比熔點更高的溫度,方能溶解。例如磷在通常大氣壓下的熔點為 44°C ,若在 1000 大氣壓下,則非至 72°C 不能溶解。若溶解時體積收縮的物質,則加強壓力時,溫度不及熔點,即可溶解。例如冰在通常大氣壓下的熔點為 0°C ,但若在 1000 大氣壓下,則溫度在 -75° 時,即能溶解。吾人如將二冰塊密置用力緊壓,可以結合成為一塊,即以此故。

問題解答

問題 1 雪後天晴,何以覺寒冷?

[解] 雪後每熔一克冰需 80 卡的溶解熱,故空氣中的熱量漸減,而覺寒冷。

問題 2 嚴冬菜窖內常放清水一大桶,其用意何在?

[解] 清水結冰時,可放出凝固熱,以保護蔬菜,使其水分在 0°C 以上,而不凍壞。

問題 3 以 0°C 的冰 100 克,投入 40°C 的水 500 克內,其最後溫度為 20°C ,求冰的熔解熱。

[解] 設 L = 冰的熔解熱,則

$$100 \times L + 100 \times 20 = 500(40 - 20)$$

$$100L = 8000$$

$$\therefore L = 80 \text{卡}$$

問題 4 冰的熔點為 0°C , 水的凝固點也為 0°C , 在何種情形時,冰熔為水,或水凝為冰?

[解] 0°C 的冰得熔解熱即變為 0°C 的水, 0°C 的水放出凝固熱即變為 0°C 的冰。

4. 汽化和蒸發

補充材料

蒸發的遲速 液體的蒸發率(Rate of evaporation)

由下列的情形而定:

(1) 蒸發液體的性質, (2) 液的溫度, (3) 在蒸發面上空氣內已有蒸汽(Vapor)量的多少, (4) 蒸發面上存在的空氣或其他氣體的密度, (5) 蒸發面上氣體流動的速度, (6) 液體曝露空中面積的大小。

蒸發的減熱效應 按分子運動的理論,蒸發為

液體中一部分的分子速度較全體的平均速度為大，故飛出液面外。液體的繼續蒸發，就失去運動最速的分子，其剩餘分子的平均速度就繼續減小而溫度降低。液體蒸發愈快，失去的分子數愈多，而溫度降低率亦愈大，故水、酒精、麝滴於手上則手上感覺麝的蒸發時較為寒冷，酒精次之，水又次之；又夏天揮扇，使汗液蒸發率加增，亦能感覺涼爽。

飽和汽的密度和壓力 在密閉器內，液體分子由液面逸出的數目，和蒸發分子回入液內的數目恰相等時，液面上的蒸汽稱為飽和汽 (Saturated vapor)。如將液面上空間的體積突然增大，使蒸汽的密度暫時減小，則每秒內由液體逸出的分子數，復多於由汽體回入液內的分子數，但結果仍可達飽和狀態，而飽和汽密度的數值，仍和空間體積未增大時相同。又設將空間的體積突然減小，使蒸汽分子回入液內的數目，較液體逸出的為多，但結果亦達飽和，而飽和汽密度仍和以前相同。故液體的飽和汽密度由溫度而定，和密閉空間容積的大小無關。飽和汽壓和其密度成正比。依分子說，蒸汽壓力由於分子和器壁的衝撞，故溫度愈高，分子的平均速度愈大，而壓力亦愈大。

問題解答

問題 1 吾人揮扇何以可覺涼快？

[解] 吾人揮扇,可助汗液蒸發,故覺涼快。

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?

[解] 口內呼出的水汽,溫度較高,在冬天低溫度的空氣內,飽和而凝結成水滴,故能看見。

問題 3 夏日在庭前洒水,便可覺得涼快,何故?

[解] 因水蒸發奪取周圍的熱,故覺涼快。

5. 沸騰

補充材料

汽化熱和凝結熱 液體沸騰(Boiling)時亦依分子說可解釋下列要點:

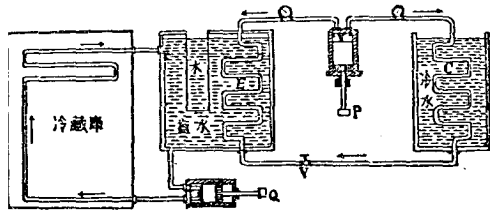
(1) 沸點(Boiling point)和凝結點為相同的溫度。在汽化(Vaporization)或凝結(Condensation)時,物質所吸收或放出的熱量,均為熱能和分子能量的變換,故沸點或凝結點為一定的溫度。

(2) 汽化熱和凝結熱常相等

沸點和氣壓的關係 根據來蓋諾(Regnault)的實驗,所得的下表,可顯示水的沸點隨壓力而改變。

氣壓(毫米)	680.00	690.00	700.00	710.00	720.00	730.00
沸點(°C.)	96.91	97.32	97.71	98.11	98.49	98.88
氣壓	740.00	750.00	760.00	770.00	780.00	
沸點	99.25	99.63	100.00	100.37	100.73	

人造冰 製造人造冰的原理，為應用液體汽化時需要大量汽化熱的緣故。如圖，為製冰機的概形，P 為一個兩用的唧筒，右面作壓縮用，左面作抽氣用。將氨氣壓入 C 管，使之液化，其放出的熱量由冷水吸去。此液體氨經活門 V 至曲管 E 內而汽化，吸收多量的熱。氨汽化後復由唧筒 P 的抽壓而入 C 管，此時 E 管



製冰機

外圍的食鹽水因熱量被奪而漸冷，可達 -10°C 以下，而在食鹽水內金屬器中的水，即可凝固而成冰。若將 Q 唧筒將食鹽水打入冷藏庫使循環而出，則冷藏庫內的溫度減低，可供冷藏之用。

問題解答

問題 1 蒸發和沸騰有何不同？

[解] 蒸發為通常溫度液面上的汽化，沸騰為液體全部的汽化現象。

問題 2 高山上煮物為何不易煮熟

[解] 高山上水的沸點降低，食物不能達高溫度，故不

易煮熟。

問題 3 蒸汽燙傷,比沸水燙傷還厲害,何故?

[解] 水蒸汽凝結時,有多量的凝結熱發出,較水的發熱更大,故燙傷更要厲害。

問題 4 設以 100°C 的水汽 20 克,導入 10°C 的水 400 克中,其最後溫度為 39.8°C , 求水的汽化熱。

[解] 最後溫度為 39.8°C , 則可用下式去求。

$$20 \times L + 20(100 - 39.8) = 400(39.8 - 10)$$

$$20L + 2000 - 796 = 15920 - 4000$$

$$\therefore L = 535.8 \text{ 卡}$$

6. 大氣內的水汽

補充材料

濕度 大氣內的水汽達到飽和狀態與否,隨當時的溫度而變化,已如教本所述。在某溫度時,大氣所含的水汽若近於飽和狀態,則覺大氣潮濕;若遠於飽和狀態,則覺大氣乾燥。此大氣乾濕的程度,稱為濕度 (Humidity)。大氣所含水汽的分量,對於當時飽和汽量的比,稱為相對濕度 (Relative humidity)。因此兩者的比,等於其汽壓及飽和汽壓的比,以 P 及 P' 代之,而以 H 表相對濕度,則以百分數表之,得式如下:

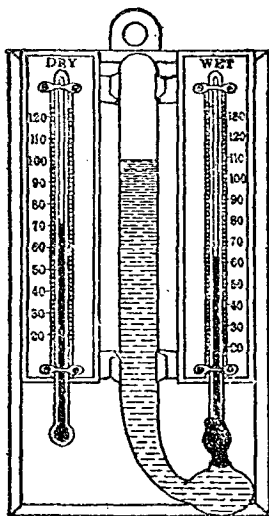
$$H = \frac{P}{P'} \times 100\%$$

因某溫度時不飽和汽壓等於將溫度降低至露

點時的飽和汽壓,故上式可以變化如下:

$$\text{相對濕度} = \frac{\text{露點的飽和汽壓}}{\text{當時溫度的飽和汽壓}} \times 100\%$$

濕度計 爲簡便計,平常求濕度多用乾濕泡濕度計,如圖,有兩個溫度計,其一的水銀泡用濕布包裹,他一個則否,如大氣飽和,則濕泡不蒸發,而兩個溫度計所示的度數相等;若大氣乾燥,則濕泡蒸發而溫度降低,兩溫度計所示的度數不同,知其差數,就可從儀器所附的濕度表內查出當時的濕度.此表係氣象臺特製,其式甚煩,不能由簡單計算求出.



乾濕泡濕度計

例題 室內溫度爲 25°C ,

露點爲 15°C , 求大氣的濕度.

[解] 依教本第 4 節值和汽壓表,查出 25°C 和 15°C 的
值和汽壓,各爲 23.5 毫米和 12.7 毫米,故

$$\text{濕度} = \frac{12.7}{23.5} \times 100\% = 54\%$$

臨界溫度和臨界壓力 凡蒸汽的液化或因壓力的增加,或因溫度的減低,或兩者同時改變,不易液化的氣體如二氧化碳、空氣、氧和氮等,祇須充分冷卻,

都能液化,但各種氣體都有一個一定的溫度,必比此一定溫度低時,再加適當的壓力,才能液化;若在此一定溫度以上,雖加任何大的壓力亦不能使之液化,此一定的溫度,稱為臨界溫度 (Critical temperature), 在臨界溫度時,恰能使氣體液化的壓力,稱為臨界壓力 (Critical pressure), 物理上常以臨界溫度以上的氣體稱為氣 (Gas), 臨界溫度以下的氣體稱為汽 (Vapour), 幾種重要氣體的臨界溫度和臨界壓力如下表:

物 質	臨 界 溫 度	臨 界 壓 力
氯	141°C.	83.9大氣壓
氨	131°	114
氯化氫	52°	86
二氧化碳	32°	77
氧	-118.3°	50.8
空氣	- 140°	39
氮	- 146°	35
氫	-234.5°	20

問題解答

問題 1 夏天驟雨以前,每覺悶熱難受,雨後即覺涼爽;何故?

[解] 夏天驟雨以前,空中水汽甚多,使汗液蒸發的速度較小,故覺熱悶;迨雨後水汽凝結,氣溫降低,故反覺涼爽。

問題2 吾國節令中有霜降一節，此霜降的名詞，是否妥當？

[解] 霜是空氣中水蒸汽和固體接觸處發生，並非由天上降下，故霜降名詞不妥。

問題3 吾國俗有春霧雨夏霧熱之說，是否有理？

[解] 春霧示溼度大，故易下雨；夏霧則因溼度大，而阻止汗液的蒸發，故覺熱。

問題4 晨霧近午則消，何故？

[解] 晨霧近午則消，因大氣中溫度漸高，使低溫度的飽和汽變成高溫度的不飽和汽的緣故。

7. 蒸汽機

補充材料

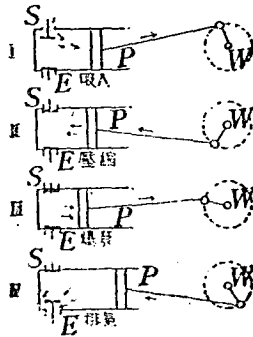
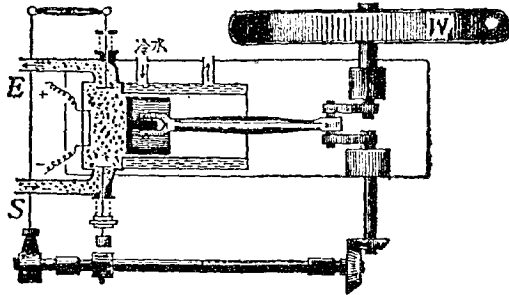
熱功當量 19世紀以前的物學理者，以為熱是無色無重量的流體，而認熱為物質。至1798年湯姆生 (Thomson 1753—1814) 用鈍鑽穿砲管，知所發的熱量和工作的時間成正比，遂倡熱為能量的一種，可由機械的能量變換而成。英國化學家台維 (Davy) 將兩片 0°C 以下的冰塊摩擦而冰熔解，證明湯姆生的見解。後經美國大物理家焦耳自1842年至1870年作各種精密的實驗，對於熱和工作的關係，完全確定。依近代精密的實驗，測定發生1單位熱量所需的工作常為定值，稱為熱功當量 (Mechanical equivalent of heat)。

設 $W =$ 發生熱量 H 的工作, J 為熱功當量,

$$\text{則 } J = \frac{W}{H}, \quad \text{或 } W = JH$$

$$J = 4.19 \times 10^7 \text{ 爾格/卡} = 427 \text{ 克-米/卡}$$

內燃機 利用熱能以做工作的機器,除蒸汽機 (Steam engine) 已詳述教本外,還有內燃機 (Internal combustion engine) 亦很重要。內燃機為利用汽油、石油或煤氣和空氣混合,使之爆發,以推動活塞的機械。因汽油蒸汽和空氣混合,如遇火花燃燒,其爆發力甚大;故



汽油內燃機原理

可如圖將兩氣導入筒內,用電花使之爆發,以推動活塞,其動作可分四段述之:

1. 第一段的動作爲吸入作用,由飛輪W之轉動,拉活塞P向右,混合氣體就從活門S沖入圓筒內.

2. 第二段的動作爲壓縮作用,因飛輪的繼續轉動,推活塞P向左,同時S封閉而混合氣體受壓縮.

3. 第三段的動作爲爆發作用,當活塞向右的一瞬間,電花通過,混合氣體爆發,其壓力很大,推活塞向右.

4. 第四段的動作爲排氣作用,因飛輪的慣性,活塞P又被推向左,廢氣由排氣活門E放出.

這四段動作循環不已,故能繼續轉動,所得的能量,僅賴第三段的爆發作用,其餘都是利用飛輪的慣性.這種機關,非常輕便,故汽車、飛機都用之.

(完)

中華書局出版

· 本行單庫文生學中初 ·

理化學習法

陳潤泉編 原售一角半 改售一角四分
本書四章：①從日常事物說到物理學和化學，②物理學和化學的關係，③物理學學習法，④化學學習法。凡事物的本來面目，為什麼要學習理化，物理學和化學的物質構造觀，能的概念，物理學的研究法和學習法，計算法，學習物理學應當注意的問題，學習化學必須記憶的基礎事項，化學方程式，化學計算法等，均詳述無遺。

物理和化學

本書包括：①目力看不見的小天地，②有趣的力學——固體，③機器的始祖，④有趣的力學——液體，⑤物體的運動，⑥功和能，⑦熱，⑧分子的活動，⑨分子的大小和運動速度，⑩化學的神祕，⑪溶液和凝結，⑫電子論，⑬原子的構造，⑭萬物電氣論，⑮鐳。關於物理和化學方面之知識，已包括無遺。

許達年譯

原售四角 改售三角

化學初步

沈鼎三編 原售四角 改售三角
本書編制，期使讀者易於理解而又有系統可尋為標準。理論不涉過深，以免流於艱澀；但最新學說，悉數網羅，基本原理，力求詳盡，使初中學生對於一般化學現象，可由本書的指示，而能獲得一明確之概念。內容包括：火、空氣、水、地球、元素和化合物，非金屬元素，金屬元素等。末附錄實驗提示及問題，以供讀者練習。

物理學表解

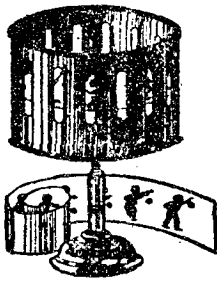
盧壽錢編 原售一角 改售八分
本書共分十六節：第一節緒論，第二節水，第三節空氣，第四節彈力，第五節運動和力，第六節簡單機械，第七節熱和三態變水，第八節聲音和樂器，第九節光的直進和反射，第十節光的折射和色散，第十一節光學器械，第十二節磁鐵，第十三節電，第十四節電流和電池，第十五節電流的效應，第十六節城市用電。說理明暢。

化學表解

盧壽錢編 原售一角 改售八分
本書分四編：第一編緒論；第二編非金屬元素，包括空氣、氮、氧、水、氫、食鹽、鹵素、硫磺、碘、磷、矽、硼和它的化合物，溶液，電離；第三編金屬元素，包括鐵和它的化合物，金、銀、鉻、鹼金屬及銅、鹼土金屬、鎂、鋅、汞、鋁、鉛、錫、金屬通性等；第四編有機化合物，包括碳水化合物，有機酸，火柴和毒氣，植物鹼類，蛋白質，醱酵和腐敗，營養品等。

實 用 力 學

算學叢書(一) 王濟仁編 一冊 五角



之後，各附以應用例題，以備學者實習。計算單位用萬國公制為主，而更以英制為輔，俾學者便於推算。

本書編者本歷年教授暨實地從事工程之經驗，輯為是書，對於力學從實用方面作一有系統的探討；編次嚴整有序，引例淺顯明白，理論與實例兼籌並顧，趣味濃厚，毫無枯燥難解之弊。全書計分六章：①緒論；1. 導言，2. 測算用單位；②運動之定律：1. 物體之運動，2. 加速度；③力之平衡：1. 力之合成及分解，2. 重心；④動力及抵抗：1. 動力及抵抗，2. 摩擦；⑤功之原理：1. 功，2. 及3. 功之原理，4. 動量之原理；⑥迴轉器運動。每節

物理實驗

密爾根·別普撥著
王維廉·袁雪心譯

一冊 六角

本書特色有三：①各個實驗說理透澈詳明，極易領會，學生無須在課前充分預備，教師在講解時亦甚為省力；②對於同樣性質之實驗，至少選列二個，以備教師可以視儀器之有無而任選其一；③注意實際效率，比如較用電煮水與用煤氣煮水之孰廉孰貴等。

中 華 書 局 出 版

標商冊註



(12425)

0.45

民國二十八年十二月初版

修正課程標準適用

初中物理參考書(全二冊)

◎上冊實價國幣四角五分

(郵運區費另加)

不	准	翻	印
有	著	作	權

編者 徐天游

校者 陶鴻翔

發行者 中華書局有限公司
代表人 路錫三

印刷者 美商永寧有限公司
上海澳門路

總發行處 中華書局發行所
昆明

分發行處 各埠中華書局

初中物理参考書

3

282913

(3)