高中複習叢書

物理學

胡慈風編

改訂本

商務印書館發行

高中複習叢書

物理學

胡慈風編

商務印書館發行

高中復習叢書編輯大意

一、本叢書係根據最近教育部頒佈之高級中學課程標準，及本館高中復興教科書分科編輯而成。

二、本叢書編著綱要，表解與圖解並用，務使讀者對於每一科的基本知識，有具體的了解。

三、本叢書搜集近年來全國各省市高中會考試題，按題作答，分析清楚，更可幫助讀者對升學會考作相當的準備。

四、本叢書除參考各教科書編纂外，更於東西文參考書中搜求新穎的解題方法，故益完備。

五、本叢書為供讀者需要，忽促出版，內容或有忽略脫漏之處，如蒙讀者來函更正，尤所歡迎。

目　　次

高 中 複 習 叢 書

物 理 學

第一篇 物性

第一章 密度及比重

(Density and Specific Gravity)

基本知識

(1)密度之定義　物體每單位體積之質量，稱爲該物之密度。設以 m, v, d, 表某物之質量，體積及密度，則

$$d=\frac{m}{v} \qquad \text{或} \qquad m=dv \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

(2)比重之定義　某物之密度與攝氏四度之水之密度之比，稱爲該物之比重。或某物之重與其同體積之攝氏四度之水重相比而得之值，稱爲該物之比重。設以 W 表物重，w 表同體積之水重，S 表其比重，則

$$S=\frac{W}{w} \qquad \text{或} \qquad W=Sw \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

(3)密度和比重之關係　在C. G. S. 制中，密度和比重之數値相同。例如銅之比重爲 8.9 (克/立方厘米)。

但同一物體其密度之數值，每隨所用之量度單位而異。例如水之密度在C. G. S. 制中爲1 (克/立方厘米)；在英制則爲62.4(磅/立方呎)。

因密度爲「名數」，在數之後必註明所採用之單位(切不可省略)。而某物之比重爲物重與同體積之水重之比，故爲「不名數」，其數値在任何度量衡制度中均相同。

已知某物之比重爲 S，其密度在 C. G. S. 制中卽爲 S (克/立方厘米)，在英制中則爲 $62.4\times S$(磅/立方呎)。

例題 1.　圓筒之直徑爲 0.8 厘米，高 70 厘米。問此筒能盛水銀(比重 13.6)幾克?

〔解法〕　圓筒之體積 $v=\pi r^2h=\frac{22}{7}\times\overline{0.4}^2\times70$(立方厘米)，水銀之比重爲 13.6，其密度當爲 13.6 (克/立方厘米)。

由公式(1)　　$m=dv$

$$\text{水銀之質量}=13.6\times\frac{22}{7}\times\overline{0.4}^2\times70=478.72\text{ 克。}$$

類題一　比重爲 8.3 之黃銅計 100 克，求其體積。

(答)　12.04 立方厘米。

類題二　390 克之鐵塊，投入滿盛水液之杯中，結果有 50

克之水流出杯外。求鐵塊之密度及比重。

(答)　7.8克/立方厘米，比重爲 7.8。

類題三　何謂密度?何謂比重?表物質密度之數值與比重之數值，其性質是否完全相同?(皖省會考)(閱本章定義)

類題四　密度與比重，其區別何在?有長方木塊，長 40 厘米，闊 30 厘米，高 15 厘米，其重爲 9 仟克，求此木塊之比重與密度。(浙省會考)

(答)　密度爲 0.5 (克/立方厘米)；比重爲 0.5。

例題 2.　某合金由 500 克之銅(比重 8.9)與 19.4 克之金(比重 19.40)所造成。求合金之比重。

〔解法〕　500 克銅之體積 $=\frac{500}{8.9}$ 立方厘米，

750 克金之體積 $=\frac{750}{19.4}$ 立方厘米，

合金之體積 $v=\left(\frac{500}{8.9}+\frac{750}{19.4}\right)$ 立方厘米，

合金之質量 $m=500+750=1250$ 克，

合金之密度 $d=\dfrac{1250}{\frac{500}{8.9}+\frac{750}{19.4}}$

$=13.2$(克/立方厘米)，

合金之比重 $=13.2$。

類題五 試述密度(Density)之定義。某金幣爲金與銀所合成，其體積之百分比爲金 90，銀 10，問此幣之密度爲若干？(金之密度 19.3 g/c.c.)(銀之密度 10.5 g/c.c.)

(答) 密度爲 13 克/立方厘米。(蘇省第一次補考)

例題 3. 今用鋅(比重 7) 與銅 (比重 9) 造成黃銅(比重 8.2) 50 克，求鋅與銅各用幾克。

〔解法〕 設用鋅爲 x 克，銅爲 y 克，則

$$x+y=50 \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

鋅之體積爲 $\frac{x}{7}$ c. c.，銅之體積爲 $\frac{y}{9}$ c. c.，其和適等於黃銅之體積 $\frac{50}{8.2}$ c. c.，故

$$\frac{x}{7}+\frac{y}{9}=\frac{50}{8.2} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

解(1)與(2)得 $x=17.07$ 克；$y=32.93$ 克。

類題六 金與銀所造成之合金 100 克，其比重爲 17.3。若純金之比重爲 19.3，純銀之比重爲 10.5。求金與銀各用若干克。 (答) 金 86.2 克；銀 13.8 克。

例題 4. 比重瓶在滿盛水時之質量爲 80 克。以 12 克之金屬投入瓶中，致一部分之水溢出瓶外，再稱其質量爲 90.5 克，求該金屬之比重。

〔解法〕 被金屬所擠去之水 $=80$ 克 $+12$ 克 -90.5 克

$=1.5$ 克。

故知金屬之體積為 1.5 立方厘米。

金屬之密度 $d=\frac{m}{v}=\frac{12}{1.5}=8$ (克/立方厘米)。

類題七 比重瓶一，滿盛水時之質量為 212 克，以 50 克之黃銅投入瓶中，拭去溢出之水而稱其全體之質量，計 256 克，求黃銅之比重。 (答) 8.3。

類題八 以某固體 (比重 5.8) 174 克投入滿盛液體(比重 0.8)之杯中，求溢出液體之體積及質量。

(答) 30 立方厘米；

24 克。

第二章 阿基米德原理

(Archimedes' Principle)

基本知識

(1)阿基米德原理 物體沒入液體中，所失之重，等於被其所排除之液體之重，是謂阿基米德原理。因被排除液體之體積，必與物體之體積相同，故常利用物體沒入水中後測其所失之重，以推求該物體之體積。

例題 1. 某物在空氣中之重爲 W 克，在水中之重爲 w 克，試求其體積及比重。

〔解法〕 被物體排除之水重爲$(W-w)$克，

被物體排除之水之體積爲$(W-w)$立方厘米，

故物體之體積亦爲$(W-w)$立方厘米，

$$\text{該物之比重}=\frac{\text{物重}}{\text{同體積之水重}}。$$

$$=\frac{W}{W-w}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

類題一 某物在空氣中之重爲 11.7 克，在水中之重爲 10.2 克。求該物體之比重。 (答) 7.8。

例題 2. 一石塊在空氣中舉起，需力一百八十斤，石之比

重爲 2.5。問在水中舉起此石當用力幾斤？（蘇第一次會考）

〔解法〕　石之比重爲 2.5，則每立方厘米之石之質量爲 2.5 克，沒入水中之重當爲 1.5 克。

今以 x 表在水中舉石需用之力，則

$$2.5:1.5=180:x$$

$$\therefore \qquad x=\frac{180\times1.5}{2.5}=108$$

在水中舉起此石，需用力 108 斤。

類題二　一物在空氣中之重爲 81 克，比重爲 3，求其在水中之重。　　　　（答）　54 克。

例題3.　物在空氣中之重爲 W，沒入比重 S' 之液中後之重爲 w，求該物之比重。

〔解法〕　與物體同體積之液重爲 $(W-w)$，

與物體同體積之水重爲 $\frac{W-w}{S'}$，

$$比重=\frac{物重}{同體積之水重}=\frac{W}{\frac{W-w}{S'}}=\frac{WS'}{W-w}\cdots\cdots\cdots(2)$$

類題三　將比重 4.8 之固體 147 克投入比重 0.8 之液體中，求被固體所排除之液體之重，及其體積。（贛二十三年）

（答）　約爲 30.6 立方厘米；

重約 24.5 克。

類題四 以390克之鐵(比重 7.8)沒入海水(比重 1.03)中時之重,應爲幾克?

〔方法〕 由鐵之體積 390/7.8 立方厘米,以求等體積之海水之重。 (答) 338.5 克。

例題 4. 有密度較水爲小之物,在空氣中之重爲 W,使固附於一錘而同沒於水中稱之,其重爲 w_1,而錘在水中之單獨重爲 w_2,求該物之比重。

〔解法〕 設與物體同體積之水重爲 x 克;則物在空氣中而錘在水中之共重爲 $W+w_2$;而物與錘共在水中之重爲 $[(W+w_2)-x]$。即

$$w_1=W+w_2-x, \quad \therefore x=W+w_2-w_1。$$

$$S=\frac{W}{x}=\frac{W}{W+w_2-w_1}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

類題五 重 100 克之木塊,固附於一錘而共沒入水中稱之,其共重爲 50 克,而錘在水中之單獨重爲 200 克,求木塊之比重。

可用例題四之(3)式,代入解之。 (答) .4。

第三章 浮力 (Buoyancy)

基本知識

(1)浮力 由阿基米德原理，知物體沒入液體中，其所失之重，等於被排除之液體之重。此乃液體對於沒入其中之物體，施以上向之力，其大小與該物同體積之液體之重相等之意。此上向力稱爲浮力。

(2)浮體 若物體之重小於同體積之液重時。此物祇有一部分沒入液中，一部分露出液外。今以 V 表物體之體積，S 表其比重，v 表沒入液中之體積，S' 表液體之比重，u 表單位體積之水重。則與物等體積之水重爲 Vu，物體自身之重爲 uVS，被排除之液重(卽浮力)爲 uvS'。而

$$uVS=uvS'$$

$$\therefore \quad VS=vS' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

設液體爲水，則 $S'=1$

$$\therefore \quad VS=v \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

例題 1. 比重爲 0.6 之木片，其體積計 70 立方厘米，使固附於黃銅塊(比重 8)上，則恰能沒入水中，求黃銅塊之體積。

〔解法〕 令黃銅之體積爲 x 立方厘米。

木片及銅塊之共重爲 $(0.6\times70+8x)$ 克，

被物體所排除之水重(卽浮力)爲 $70+x$ 克,

照題意,則木及銅之共重適等於浮力,故

$$\therefore\ 0.6\times70+8x=70+x;\ x=4\text{立方厘米。}$$

類題一 鉛塊(比重 11)500 克,須用幾立方厘米之軟木(比重 0.25)附着於其上,庶能在水中不浮亦不沉。

(答) 606 立方厘米。

類題二 須用幾克之下向力,方能使 114 克之木塊(比重 0.8)全部壓入水中。 (答) 22.8 克之力。

〔方法〕 先求木塊之體積;次求其在水中所受之浮力;而浮力等於木重加下向力。

例題 2. 浮於海上之冰塊,其露在海面外之體積計 1000 立方尺,求冰塊之體積。(冰之比重 0.917,海水之比重 1.026)

〔解法〕 設冰塊之體積爲 V 立方尺,其沒入海水之部分爲 $(V-1000)$ 立方尺。由公式

$$VS=vS',\quad \text{知}\ v=V-1000,\quad S=0.917,$$

$$S'=1.026,\ \therefore V\times0.917=(V-1000)\times1.026,$$

$$\therefore V=9413\ \text{立方尺。}$$

類題三 冰之比重爲 0.9,問冰浮於水上之際,其露出水面之部分及潛於水中之部分之比若何?(閩省會考)

(答) 1:9。

類題四 某冰山沉入水中之部分爲 80 立方米。設海水之密度爲 1.026(克/立方米厘)。求冰山之重。

(答) 82080 仟克。

類題五 在中空之細長圓筒中，盛彈丸若干粒，使直立而停浮在水中，則沒入水中之部分計 10 厘米，若以之插入酒精(比重 0.79)中，則有幾厘米沉入液中?

〔方法〕 圓筒和彈丸之共重，適被液體之浮力所平衡。若以筒之截面爲 a，則在水中所受之浮力爲 $10\,a$ 克。設筒在酒精中而沉入 x 厘米，所受之浮力爲 $xa\times0.79$ 克。此二種浮力均等於筒和彈丸之共重。 (答) 12.63 厘米。

第四章 液體之壓力

基本知識

(1)壓力之定義 凡作用於單位面上之力稱為壓力。

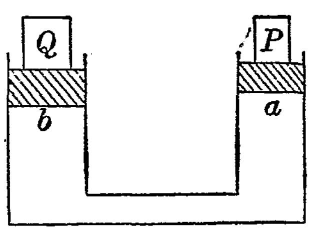
(2)液體內之壓力 在液內某點之壓力，與液之深度 h 及密度 d 均成正比。其大小 p 可用每平方厘米上 hd 克之力計之。即

$$p=hd(\text{克之力/平方厘米})\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

至於液內某定點處之側壓力，上壓力，下壓力均相等，咸依垂直方向施於被壓之物面上。

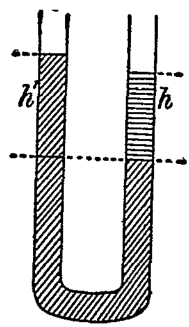
(3)巴斯噶原理 (Pascal's Principle) 以壓力施於幽閉液體之任何部分時，液體能將此壓力不變其大小而傳遞到盛器內面之任何部分上，是謂巴斯噶原理。

(4)水壓機之原理 設有兩圓筒，用管溝通，內盛水液。在各筒中分裝活塞，其面積如為 a, b。於 a 上施以重力 P, b 上施以重力 Q 而能保持平衡時，則



$$\frac{P}{a}=\frac{Q}{b} \quad 或 \quad \frac{Q}{P}=\frac{b}{a}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

(5)連通管　連通管中僅盛一種液體時，則二管中之液面必在同一水平面上；若盛以不相混之兩種液體時，由兩液之境界面至各液面之高度必與兩液之密度成反比。



$$\frac{h}{h'}=\frac{d'}{d}\quad 或\quad hd=h'd'\cdots\cdots\cdots(3)$$

例題 1. 每邊長爲一米之立方形箱，滿盛酒精(比重 0.8)，求底面上及全側面上所受之總壓。

〔解法〕 由公式　$p=hd$(克之力/平方厘米)，

底面上之壓力 $=100\times0.8$

$=80$(克之力/平方厘米)，

底面上之總壓＝壓力×面積＝80克 $\times\overline{100}^2=800$ 仟克，

但側面上之壓力隨深度而異，其平均値由平均深度乘液體之密度而得，其値爲 40(克之力/平方厘米)，

全側面上之總壓＝平均壓力×面積

$=40$ 克 $\times\overline{100}^2\times4=1600$ 仟克。

類題一 以水銀(比重13.6)，水(比重 1)及油(比重 0.8)注入同一杯中，結果得水銀層之厚爲 2 厘米，水層之厚爲 3 厘米，油層之厚爲 1.5 厘米，求杯底上之壓力。設杯之直徑爲 10 厘米，求底面上之總壓。 (答)壓力爲 42.2 克之力/平方厘米；

總壓爲 1055 π 克之力。

例題 2. 有一水壓機(Hydraulic Press),其大活塞(Piston)之面積爲 60 平方厘米,小活塞之面積爲 12 平方厘米。如欲在大活塞上舉起 250 仟克(Kilogram) 之重物,求小活塞上應施以重力若干仟克。 (答) 50 仟克之力。(蘇省第一次補考)

〔解法〕設所施之重力爲 x 仟克,由公式

$$\frac{x}{a}=\frac{Q}{b} \quad 或 \quad x=\frac{Q}{b}a,$$

$$\therefore \quad x=\frac{250\text{仟克}}{60}\times 12=50 \text{ 仟克之重。}$$

類題二 水壓機之大活塞及小活塞之圓直徑各爲20厘米及,.75 厘米。今以 150 仟克之力加於小活塞上,則大活塞能舉起幾仟克之重物? (答) 106666.7 仟克。

注意: 活塞之面積和直徑之平方成正比。

例題 3. 連通管中,盛水與油,由兩液之境界面至油之表面計 25 厘米,至水之表面計 21 厘米,求油之比重。

〔解法〕 由公式(3) $hd=h'd'$。

令 $h=25$; $h'=21$;

$d'=1$; $d=x$。

$$\therefore \quad x=\frac{21\times 1}{25}=0.84。$$

類題三 於U形管之左方注入水銀，右方注入水液。設兩管口在同一水平面上時，則水銀表面離管口計2.5厘米，水面離管口計0.88厘米。求水柱之高，及兩液接觸面至管口之距離。

〔方法〕 先設兩液接觸面至管口之距離為x厘米，則水柱之高$h=(x-.88)$厘米；$h'=(x-2.5)$厘米；$d=1$；$d'=13.6$。

類題四 試述巴斯噶原理。水壓機之(大活塞高於小活塞20呎)大活塞之面積為100平方吋，小活塞之面積為2平方吋。設小活塞上加以20磅之力，則大活塞上可載重幾磅？

(答) 1000磅重。

第五章 氣體之壓力

基本知識

(1)大氣壓力 在海面上，大氣之壓力，等於 76 厘米之水銀柱高。普通所謂一氣壓者，意卽相當於 76 厘米之水銀柱高之壓力，其強度約等於每平方厘米上 1 仟克之力。若精密計之，當爲(13.596×76=) 1033.3 (克之力/平方厘米)。

(2) 阿基米德之原理，不但適用於液體，同時亦適用於氣體。意卽物在眞空中時之重爲 W，放入空氣中，其所失之重 w (卽浮力)，必等於該物同體積之空氣之重。故物在空氣中之實在重爲 $W-w$。若 $W=w$，則物能浮停於空氣中；若 $W<w$，則物能在空氣中上昇，氣球卽其例也。但 1000 c. c. 之空氣重僅 1.3 克，故物體之體積不過大時，對於空氣之浮力不妨忽視。

(3)波義爾定律(Boyle's Law) 在恆溫之下，一定量之氣體，其體積與其所受之壓力成反比。 (蘇第一次會考)

茲以 v 表 p 厘米(水銀柱高)壓力下之體積；v' 表 p' 厘米壓力下之體積，則

$$\frac{v}{v'}=\frac{p'}{p} \quad 或 \quad pv=p'v' \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

亦卽其體積與壓力之乘積常爲定值也。但某定量之氣體，其密

度與體積成反比，則恆溫下之氣體，其密度必與其所受之壓力成正比。

$$\frac{d'}{d}=\frac{p'}{p}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

(4)達爾頓定律(Dalton's Law)　占有某容積之混合氣體之全壓力，必等於各氣體分別的單獨占有此原容積時之壓力(亦稱分壓力)之和，但以各氣體混合後不生化學作用爲限，是謂達爾頓定律。

設有壓力及體積各爲(p, v)，(p', v')，(p'', v'')之三種氣體，混合後之體積爲 V。由波義爾定律，知各氣體分別的單獨占有 V 容積時之壓力爲 $\frac{pv}{V}$，$\frac{p'v'}{V}$，$\frac{p''v''}{V}$。

由達爾頓定律知混合後之壓力爲

$$P=\frac{pv}{V}+\frac{p'v'}{V}+\frac{p''v''}{V},$$

$$\therefore\quad PV=pv+p'v'+p''v''\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

例題 1. 水銀氣壓計所示之大氣壓力爲 75 厘米，求每平方厘米上之大氣壓力爲幾克。

〔解法〕 水銀之比重爲 13.596 (克/立方厘米)，則 75 立方厘米之重爲

13.596 克×75＝1019.7 克。

類題一 有麥特格堡半球 (Madgeburg hemisphere) 二枚，其內徑為 10 厘米，外徑為 12 厘米，相合之後，而抽去球內之空氣，結果則剩留在內之空氣壓力僅 5 厘米，而球外之大氣壓力為 76 厘米。問須用幾仟克之力，方能將此二半球分開？

（註） 所用之力加上剩留在內之氣體總壓力，必等於該半球所受之大氣總壓力。總壓力是等於壓力與圓面積之乘積。

答 111.5 仟克。

例題 2. 氣球之直徑為 10 米，內充以氫氣。設大氣之密度為每立方厘米 0.0013 克，而氫氣之密度為大氣之$\frac{1}{13}$，球袋之重為每一平方米計 250 克，求該球之上舉力。

〔解法〕 袋重 $=250克\times 4\times\pi 5^2=25\pi$ 仟克，

球內之氫氣重 $=1.3$ 仟克 $\times\frac{1}{13}\times\frac{4}{3}\pi 5^3=\frac{50}{3}\pi$ 仟克，

故盛氫氣之球重 $=25\pi$ 仟克 $+\frac{50}{3}\pi$ 仟克 $=\frac{125}{3}\pi$ 仟克，

空氣之浮力 $=1.3$ 仟克 $\times\frac{4}{3}\times\pi\times 5^3=\frac{650}{3}\pi$ 仟克，

球之上舉力 $=\left(\frac{650}{3}-\frac{125}{3}\right)\pi$ 仟克

$=\frac{525}{3}\times\frac{22}{7}=550$ 仟克。

類題二 有一用綢布製成之氣球，在未盛氣前之重爲62.5仟克。若球內充以比重(對空而言)$\frac{1}{13}$之不純粹氫氣，則該球應具上舉之力幾仟克？已知綢布每一平方米之重爲0.25仟克，每一立方米之空氣重爲1.293仟克。

(註) 由綢布之重(62.5仟克)，求得球盛氣時之面積爲62.5/.25＝250(平方米)。 (答) 381.5 仟克。

例題 3. 以上端封閉之玻璃管附於重物之上，用繩懸而沉至海底，及提出海面時觀之，見海水浸入管中之痕跡而知管內之空氣，在海底處其體積減縮一半。若海水之比重爲1.02，而水溫與空氣之溫度相同，求海之深度。

〔解法〕 在海面上時，管中空氣之壓力p爲76厘米，其體積爲v，沉至海底，管內空氣之體積v'爲$\frac{1}{2}v$，此處之壓力爲p'。由波義耳定律

$$pv=p'v'; \qquad 76\times v=p'\times\frac{1}{2}v$$

$\therefore$ $p'=152$ 厘米之水銀柱高。

但 p'＝大氣壓力＋海水之壓力，

海水之壓力$=152-76=76$ 厘米之水銀柱高，

$$海水之深度=\frac{76\times13.6}{1.02}=10.13 米。$$

類題三 當大氣壓力爲 76 厘米時，用長 1 米之有底圓筒倒立而垂直沉至海底，若海水之深爲 76 米，其比重爲 1.03，求海水浸入筒之程度。 (答) 約爲 88.3 厘米。

類題四 有一氣泡，從湖底昇到水面時，其體積適增大十倍，此時之大氣壓爲 76 厘米水銀柱高，水溫與空氣之溫度相同，求湖之深度。

(注意) 湖底處之壓力 = 大氣壓力 + 湖水之壓力。

(答) 93 米。

類題五 試述波義耳定律。今有氣體 1000 c. c. 所受壓力爲 80 公分(即厘米)，若溫度不變須增壓力若干，方能使體積縮爲 400 c. c.(浙省二十一年覆試) (答)須增壓力 120 公分。

例題 4. 壓力爲 76 厘米之氧氣 21 c. c. 和同壓力之氮氣 79 c. c. 相混合而盛在 100 c. c. 之瓶中，求各氣之分壓力及混合氣體之壓力。但在混合之或前或後，氣體之溫度未變。

〔解法〕 此題可根據達爾頓定律解之。

氧氣單獨存在於 100 c. c. 之瓶中時，其壓力爲 p_1，則

$$p_1 \times 100 = 76 \times 21 \quad \therefore \quad p_1 = 15.96$$

故氧氣之分壓力爲 15.96 厘米之水銀柱高。

同理氮氣之分壓力爲 p_2，則 $p_2 \times 100 = 70 \times 79$，

$$\therefore \quad p_2 = 60.04$$

故氮氣之分壓力爲 60.04 厘米之水銀柱高。

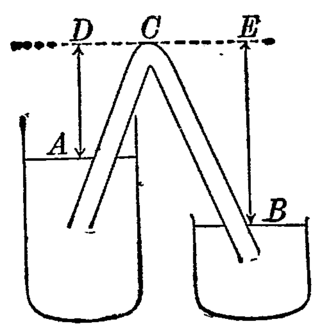
混合氣體之壓力 p 爲二分壓力之和，故

$$p=p_1+p_2=15.96+60.04=76 \text{ 厘米之水銀柱高。}$$

類題六 容積爲 3 升 (3000 c.c.) 之器中，盛 3 氣壓之氫 2 升，5 氣壓之二氧化碳 4 升及 0.5 氣壓之氮 3 升。求混合氣體之壓力。 (答) 9.2 氣壓。

例題 5. 虹吸之原理何在?

〔解釋〕 當曲管中充滿液體時，設想在最高 C 點處有一面，分隔此管爲左右兩部，若該面受左右兩方之壓力不等時，液體由高壓處流向低壓處。



C 點處所受右方而來之壓力，乃由 B 杯液面上之大氣壓力 P 減去 BE 高度之水柱壓力 hd 而得其值爲

$$p=P-hd$$

同理由左方而來之壓力爲

$$p'=P-h'd$$

能使液體在管內流動者，乃由於兩方壓力之差，由圖而知 $h>h'$，則 $p'>p$，其差爲

$$p'-p=(P-h'd)-(P-hd)$$
$$=(h-h')d。$$

此$(h-h')d$稱爲虹吸之流出壓力。

類題七 吸取唧筒(Suction Pump)所能吸上之水柱高爲若干?

〔方法〕 大氣之壓力，旣能支持76厘米之水銀柱高，當能支持76×13.6厘米之水柱高。

類題八 在大氣壓力76厘米時，吸取唧筒所能吸上之液體(比重1.7)柱之高度爲幾米? (答) $\dfrac{76\times13.6}{1.7\times100}$ 米。

例題 6. 某抽氣機之鐘罩及導管之容積爲V，有活塞之圓筒之容積爲v。設最初鐘罩內之壓力爲P_0，則活塞上引一次後之壓力必爲P_1，而$P_1=P_0\dfrac{V}{V+v}$。若活塞上下n回，罩內之壓力必爲$P_n=P_0\left(\dfrac{V}{V+v}\right)^n$。試證之。

〔證法〕 活塞原在筒底，此時罩及導管內空氣之體積爲V壓力爲P_0，活塞上引一次則體積變爲$V+v$，依波義耳定律知

$$P_1(V+v)=P_0V \qquad \therefore \quad P_1=P_0\frac{V}{V+v}$$

當活塞下壓時，罩與圓筒有活門隔絕，筒內之空氣逸出，而罩及導管內之空氣之體積爲V而壓力爲P_1。活塞經第二次上引，則罩內之空氣壓力必爲

$$P_2=P_1\left(\frac{V}{V+v}\right)=P_0\left(\frac{V}{V+v}\right)^2$$

由此推知活塞上下 n 回，罩內之氣壓當為

$$P_n=P_0\left(\frac{V}{V+v}\right)^n。$$

類題九　抽氣機之圓筒直徑為 8 厘米，活塞之動距為30厘米，鐘罩及導管之容積共計 10 公升（每公升＝1000 c. c.）。設最初罩內之空氣壓力為76厘米，問活塞上下五次後之壓力？

〔方法〕　用上題之公式以對數解之。

答 $76\left(\frac{12\pi}{12\pi+125}\right)^5=0.03076$

攝氏 centigrade (Celsius scale)

華氏 Fahrenheit's scale)

~~第二篇 熱學~~

~~第一章 溫度及熱~~

~~基本知識~~

(1) 溫度及溫度計 (Temperature and Thermometer)

物體冷熱之程度稱爲溫度。測定溫度之儀器稱爲溫度計。通用之溫度計，有攝氏及華氏兩種，前者使用於學術上，後者使用於民間。一般社會。 ice point boiling point

攝氏溫度計以冰點爲零度，水沸點爲 100 度，其間等分成 100 分。華氏溫度計以冰點爲 32 度，水沸點爲 212 度，其間等分成 180 分。在同一溫度時，攝氏計之示溫爲 C，華氏計之示溫爲 F，其關係爲

$$\cancel{\frac{C}{100}=\frac{F-32}{180} \quad \therefore \quad C=\frac{5}{9}(F-32)\cdots(1)}$$

~~凡物理學上所記載之溫度，除特別聲明外，都爲攝氏溫度。~~

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

(2)熱量之單位 一克之純水,温度昇高一度(攝氏)時所需之熱量,作爲熱量之單位,稱卡(~~Gram-~~Calorie)。~~或簡稱卡(Calorie)~~。

設有 m 克之水由 $t°C$ 昇到 $t'°C$ 所需之熱量爲 Q 卡,則

$$Q=m(t'-t)\text{卡}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

(3)熱容量,比熱,(Thermal Capacity, Specific Heat) 某物體之温度昇高 $1°C$ 時所需之熱量,稱爲該物體之熱容量。~~(北平)(闕)~~

一克質量之某物,温度昇高一度時所需熱量之卡數稱爲該物之比熱。

質量 m 克,比熱爲 c 之物體之熱容量爲 mc,令其由 $t°C$ 而昇至 $t'°C$ 時所需之熱量 Q 爲

$$Q=mc(t'-t)\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

~~例題 1. 在何種温度時,攝氏計及華氏計所示之温度數值相同。~~

~~〔解法〕~~ $\cancel{x=\frac{5}{9}(x-32)\quad\therefore x=-40}$

~~(答)攝氏零下40度時。~~

例 ~~類~~題一 吾人之體温,普通爲37°C,合華氏幾度?

(答) 98.6°F。

例題 2. 20°C之銅(比熱爲 0.092)100 克,使昇至 30°C,則需熱量若干?

〔解法〕 由公式 $Q=mc(t'-t)$

$$=100\times0.092(30-20)=92\text{ 卡。}$$

類題一 ~~一磅之水,溫度增高華氏一度,需熱幾卡?(一磅=453.2 克)~~ (答) 252 卡。

類題三 設有二物,其密度之比爲 2:3,比熱各爲 0.12 及 0.09。求二物同體積之熱容量之比。 (答) 8:9。

例題 3. 高溫度 t 度之銅 m 克,放入 t' 度之 m' 克水中,其結果溫度爲 T,求銅之比熱。

〔解法〕 此結果溫度 T,必在 t 與 t' 之間。今以 c 表銅之比熱,所失之熱量爲 $mc(t-T)$ 卡,水所得之熱量爲 $m'(T-t')$ 卡。若熱量無消失,則銅所失者被水所吸收,故

$$mc(t-T)=m'(T-t') \qquad \therefore\ c=\frac{m(T-t')}{m(t-T)}\cdots\cdots\cdots(4)$$

~~**類題四** 以溫度 100 度之銅 500 克,投入溫度 25 度之水 200 克之中,其最後溫度爲 40 度,求銅之比熱。(湘)~~ 答 0.1。

類題五 以等體積之 70°C 松節油和 10°C 之酒精混合,求其混合後之結果溫度。

〔松節油比重=0.87;比熱=0.47〕

〔酒精比重＝0.80；比熱＝0.62〕

~~〔方法〕~~　令所取之體積爲 v，結果溫度爲 T，則松節油所失之熱量爲　　$v\times0.87\times0.47(70-T)$；

而酒精所得之熱量爲　　$v\times0.80\times0.62(T-10)$。

例題[illegible]　以比熱 0.032 之鉛，與比熱 0.056 之錫造成比熱 0.04 之合金，求二物之配合量。

〔解法〕　設所需之鉛爲 x 克；錫爲 y 克。

鉛 x 克昇高溫度一度所需之熱量爲 $0.032x$ 卡，

錫 y 克昇高溫度一度所需之熱量爲 $0.056y$ 卡，

混合物之熱容量爲　$0.032x+0.056y$，

故合金之比熱爲　$\dfrac{0.032x+0.056y}{x+y}$，

解之得　$\dfrac{x}{y}=2$。　　（答）　2：1。

~~類題六　求 50 克之鉛與 100 克之錫所造成之合金之比熱。　　（答） 0.048。~~

第二章 熔解及凝固

(Fusion and Solidification)

基本知識

(1)熔解點(Melting Point) 結晶體和多數之金屬以及冰塊等，熱至某溫度時，即開始熔解，當熔解時雖繼續施熱，其溫度不變，此一定之溫度，稱爲該物之熔解點。例如冰之熔解點爲 0°C，鉛爲 330°C 等。

(2)熔解熱(Heat of Fusion) 一克之固體，熔解爲同溫之液體時所需之卡數(熱量)，稱爲該物之熔解熱。例如一克零度之冰熔爲零度之水時，需 80 卡之熱量，故稱冰之熔解熱爲 80 卡。(贛三十二年)

(3)凝固熱 一克之液體，凝固成同溫之固體時所放出之卡數(熱量)，稱爲該物之凝固熱。而凝固熱與熔解熱之數值相等。

例題 1. 至少需 40°C 之水幾克，方能將 0°C 之冰 500 克完全熔去。

〔解法〕 0°C之冰 500 克盡化爲零度之水需

$$80\text{卡}\times 500=40000\text{卡}$$

令x克之水由40°C降至零度而能放出40000卡之熱量以供冰之熔解，故

$$x \times 40 = 40000,$$

$$\therefore \ x = 1000 \text{克之水。}$$

類題一 以0°C.之冰20克，投於20°C.之水180克中，求其結果之溫度。————(答) 10°C.。(蘇省第一次會考)

類題二 以0°C.之冰與等量之水混合後，冰盡熔去而結果之水溫爲0°C.，求混合前之溫度。(滬二十二年會考)

(答) 80 度。

類題三 將0°C.之冰20克，投於100克之沸水中，則水之溫度應爲若干?————(答)70°C.。(贛二十二年)

例題2. 銅一塊，重500克，熱至100°C.時驟然投入0°C.之冰中，冰熔去56克。設銅之比熱(Specific heat)爲0.095，則冰之熔解熱爲何? (浙二十一年會考)

〔解法〕 銅投入冰中，其結果溫度爲0°C.，設銅重爲m，比熱爲c，銅之熱度爲t'，冰之熱度爲t，則該銅塊所放出之熱量$=mc(t'-t)$

$$=500 \times 0.095 \times (100-0)$$

$$=4750\text{卡。}$$

銅塊所放出之熱量，用以供給冰熔解時所需者，而56克之冰，熔爲0°C.之水需熱量$56 \times L$(L表冰之熔解熱)，故

$$58L=4750,$$

$$\therefore \quad L=83.3\text{卡}。$$

類題四 以$-5°C$之冰塊5仟克，投入$80°C$之水30仟克中，求混合之溫度爲何(冰之比熱爲0.5)

(答) 約爲56.8°C。

類題五 80°C之黃銅100克，投入冰塊中被熔去之冰計9克，求黃銅之比熱。 (答) 0.09。

類題六 在一氣壓時，以不絕而均勻之熱施於0°C之冰100克上，則4分鐘內，冰盡熔爲水，再隔五分鐘水乃沸騰。求冰之熔解熱。

〔方法〕 設a爲每分鐘所供給熱量之卡數，

x爲冰之熔解熱。則

$$4a=100\,x\,;\quad 5a=100\times100。$$

(答) 80卡。

第三章 汽化及液化

(Vaporization and Liquefaction)

基本知識

(1)汽化液化沸騰與沸點 液體化爲汽體，稱爲汽化；汽體化爲液體，稱爲液化。在定壓力下，液體內部之分子由液態變爲汽態集成泡狀而透出液面之現象稱爲沸騰。沸騰時之溫度稱爲該液體在此定壓力下之沸點。例如在一氣壓時之水之沸點爲 100 度，酒精之沸點爲 78 度。

(2)汽化熱(Heat of Vaporization) 當沸騰時，雖繼續以熱施於該液體，而其溫度不變，此熱乃用以供給物體由液態而變爲汽態所需者。凡一克之液體化爲同溫度之汽體時所需之卡數(數量)，稱爲該液體之汽化熱。例如一克 100 度之水化爲 100 度之蒸汽時，需 536 卡之熱，故稱水在 100 度之汽化熱爲 536 卡。

例題 1. 在標準氣壓下 (76 cm.)，使華氏 59 度之水 10 克變爲 100°C 之蒸汽，需熱幾卡?

〔解法〕 華氏 59° 相當於攝氏爲 C 度。

$$C=(59^\circ-32^\circ)\frac{5}{9}=15^\circ$$

10 克之水由 15°C 昇至 100°C 需熱量 Q_1 卡。

$$Q_1=10\times(100-15)=850 \text{ 卡}$$

100°C 之水 10 克化爲 100 度之蒸汽時需熱 Q_2 卡。

$$Q_2=536 \text{ 卡}\times10=5360 \text{ 卡}$$

故共需熱 $Q=Q_1+Q_2=850 \text{ 卡}+5360 \text{ 卡}=6210 \text{ 卡}$。

~~類題一 使 0°C 之冰 530 克，悉化爲~~ 100°C 之水蒸汽，共~~需熱量若干？(設 100°C 之水之汽化熱爲~~ 540 卡)

(答) 381600 卡。

類題二 以 100°C 之水蒸汽 10 克，送入 20°C 之水 100 克中，求其結果溫度。

〔方法〕 設結果溫度爲 x°C，則 100°C 之水蒸汽化爲 x°C 之水共放出之熱量爲 $[536\times10+10(100-x)]$ 卡；20°C 之水 100 克昇到 x°C 時所需之熱量爲 $100(x-20)$ 卡。故

$$536\times10+10(100-x)=100(x-20)$$

(答) 76°C。

例題 2. 以冰 10 公分(克)投入 30 公分之水中，若再通入蒸汽 5 公分，則其結果若何？但水之初溫度爲 20°C，冰之熔解熱爲 80 卡，水之汽化熱(亦稱蒸發熱)爲 536 卡。(浙二十二年)

〔解法〕 設 x 爲結果溫度，且較水之初溫爲高。則 5 克之

蒸汽化爲 x 度之水，共放出之熱量爲$[(5\times536)+5(100-x)]$卡。10 克之冰化爲 x 度之水需熱 $[10\times80+10(x-0)]$ 卡。30 克之水由 20 度增至 x 度需熱 30 $(x-20)$ 卡。故

$$5\times536+5(100-x)=10\times80+10x+30(x-20)$$

解之　$x=66.2$度　　　(答)結果溫度爲攝氏66.2度。

類題三　以 0°C之冰 89 克投入 100°C 之水蒸汽45克中，求其結果爲何。但冰之熔解熱爲 80 卡，水之汽化熱爲 536 卡。

(答)其結果爲 100°C.之水 118.9 克與 100°C.之水蒸汽 15.1 克共同存在一處。

~~類題四　以 100°C.之水蒸汽 90 克，送入 0°C.之冰 450 克中，求其結果。~~　　　~~(答)結果溫度爲 39.3°C.~~。

第四章 固體及液體之膨脹

(Expansion of Solid and Liquid)

基本知識

(1) 固體之線脹係數(Coefficient of Linear Expansion) 單位長之某固體，因温度增高一度而增長之數值，稱爲該物之線脹係數。

例如在某温度時，某物之長爲 l, 若温度昇高 t 度，則其長爲 l', 所增之長爲 $l'-l$, 温度昇高一度每單位長度所增之長爲 $\frac{l'-l}{lt}$, 此值卽稱爲該物之線脹係數 α。故

$$\alpha=\frac{l'-l}{lt} \qquad 卽 \quad l'=l(1+\alpha t)\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

(2) 固體之體脹係數(Coefficient of Cubical Expansion) 單位體積之某固體，因温度增高一度而增大之體積，稱爲該物之體脹係數。

例如在某温度時之固體之體積爲 V, 若温度昇高 t 度，則變爲 V', 每單位體積温度增高一度時所增大之體積爲 $\frac{V'-V}{Vt}$, 此值卽稱爲該物之體脹係數 β, 故

$$\beta=\frac{V'-V}{Vt} \qquad 卽 \quad V'=V(1+\beta t)\cdots\cdots(2)$$

(3) 液體之膨脹 通常所稱液體之膨脹係數，乃指其體脹係數而言，而意義與固體之體脹係數同，故公式(2)亦適用於液體。

(4) 水之反常性 通例物體熱則脹，冷則縮；但水溫降至4°C而再行下降，則體積反形膨脹，故水之密度在4°C時爲最大，此時每一立方厘米之水質量適爲一克。

例題 1. 銅之線脹係數爲.000017之意義何在？設有兩柱，相距18米。在冬期最冷之日(溫度在0°C)，兩柱間張一銅線，問在夏時(溫度30°C)之銅線長度爲幾米？

〔解法〕 銅之線脹係數爲.000017者，乃表示1厘米長之銅絲，溫度每增一度，應增長.000017厘米之意。

由公式

$$l'=l\,(1+at)$$
$$=18\,(1+.000017\times30)$$
$$=18.0091\text{ 米}$$

(答) 在30°C時銅線之長爲18.0091米。

~~類題一 有30厘米之銅尺兩支，在0°C放在一直線上，而使其相接之兩端間留一線隙，並用釘固定其餘之兩端，若溫度增高到50°C，則相接近之兩端恰能密切接觸，求線隙之寬度。(銅之線脹係數爲.000017) (答) 0.051厘米。~~

例題 2. 設固體之線脹係數爲a，其體脹係數爲β。證明

$\beta=3\alpha$。

〔解法〕 設該物體爲正立方形，每邊之長爲 l，在某溫度時之體積爲 V，溫度增高 t° 時之體積爲 V'，則

$$V=l^3\;;\;V'=l'^3$$

又 $$l'=l\,(1+\alpha t)\qquad\therefore\; l'^3=l^3(1+\alpha t)^3$$

即 $$V'=V(1+3\alpha t+3\alpha^2t^2+\alpha^3t^3)$$

因 α 之數甚小，故具有 α^2 及 α^3 之項均可忽視

$$V'=V(1+3\alpha t)=V(1+\beta t)$$

$$\therefore\;\beta=3\alpha$$

類題二 某黃銅球，在 0°C 時之直徑爲 3.06 厘米，若熱至 300°C 時，此球之體積爲若干？

〔方法〕 用公式 $V'=V(1+\beta t)$

$$V=\frac{4}{3}\times3.1416\times\overline{1.53}^3,\;\beta=0.000019\times3,\;t=300$$

(答) $15.26\ \overline{\text{cm}}^3$。

類題三 玻璃筒在 4°C 時之容積爲 1 竔(1000 c. c.) 設玻璃之線脹係數爲 0.000008。問在 100°C 時之容積幾何？(浙二十一年覆試)　　(答) 1.0023 竔。

例題 3. 某物在 0° 時之密度爲 d_0，若其體脹係數爲 β，求其在 t° 時之密度 d_t。

〔解法〕 設該物在 0° 時之體積爲 V_0，在 $t°$ 時之體積爲 V_t，則

$$V_t=V_0(1+\beta t).$$

但該物之質量不隨溫度而變異，故

$$d_0\,V_0=d_t\,V_t$$

由此二式可得

$$d_0=d_t(1+\beta t)$$

$$\therefore\quad d_t=\frac{d_0}{1+\beta t}=d_0(1-\beta t)$$

~~類題四 水銀在 0°時之密度爲每立方厘米計 13.596 克。求 50° 時之水銀密度，但水銀之膨脹係數爲 .00018。~~

~~(答) $d_t=13.474$ 克/立方厘米。~~

例題 4 在 0° 時以水銀注滿 25 c. c. 之玻璃瓶，將此盛水銀之瓶放之 100° 之沸水中，求溢出瓶外之水銀爲若干立方厘米。但水銀之膨脹係數爲 0.00018；玻璃之線脹係數爲 0.000008。

〔解法〕 水銀之脹大值爲 $25\times0.00018\times100$ c.c.玻璃容積之脹大值爲 $25\times.000008\times3\times100$ c.c.

溢出之水銀爲 $25(.00018-.000024)\times100=0.39$ c.c.

(答) 溢出之水銀計 0.39 立方厘米。

~~類題五 有一細頸玻璃瓶，在 0° 時之容積適爲 1000 c.c.~~

而滿盛以酒精。若溫度由 0° 增至 5°，求溢出之酒精量。(酒精之膨脹係數爲 .00111，玻璃之體膨脹係數爲 .000024)。

(答) 5.43 c.c.

例題5 水之密度何時最大？河水結冰時，何以先從表面凍結？~~(皖省會考)~~

〔解法〕水之密度在 4°C 時最大。

冬時河水之冷卻，自表面漸及河底。表面之水溫下降，水之密度增大，故下流而使上下之水溫漸形相同，此作用直至表面之水溫降至 4°C 爲止，因此時之水之密度爲最大故也。嗣後表面之水溫若繼續下降，水之密度反形減小，故只能浮停於表面，其結果水之結冰乃先從表面凍起。

~~類題六　冬日河面結冰，而河底之魚，不致凍，其故安在？(滬二十三年)　(答)此時河底之溫度爲 4°C。~~

~~第五章 氣體之膨脹~~

~~基本知識~~

(1)查理斯定律~~(或稱給呂薩克定律)~~ 在定壓力下之氣體,每增高溫度一度時所增大之體積,爲其零度時體積之$\frac{1}{273}$,是謂查理斯定律。(Law of Charles or Gay-Lussac.)

設某氣體在定壓力下,其 $0°$ 時之體積爲 v_0, $t°$ 時之體積爲 v,依據查理斯定律,當爲

$$v=v_0+v_0\frac{1}{273}t=v_0\left(1+\frac{1}{273}t\right)\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

或 $$v=\frac{v_0}{273}(273+t)$$

在定容積內之氣體,每增高溫度一度時所增之壓力,爲其零度時壓力之$\frac{1}{273}$。此亦爲查理斯定律。今以 P_0 表 $0°$ 時之壓力,P 表 $t°$ 時之壓力,則

$$P=P_0\left(1+\frac{1}{273}t\right)\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

或 $$P=\frac{P_0}{273}(273+t)$$

(2)絕對溫度(Absolute Temperature) 以攝氏溫度加上 273,作爲科學上之一種計量溫度法,稱爲絕對溫度,其零度相當於 $-273°C$。

設用T表絕對溫度值，則

$$T=(273+t) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

將(3)代入(1)及(2)可得

$$v=\frac{v_0}{273}T \quad \text{或} \quad P=\frac{P_0}{273}T \cdots\cdots\cdots (4)$$

故在定壓力下之氣體，其體積與絕對溫度成正比；在定容積內之氣體，其壓力與絕對溫度成正比也。

(3) 氣體之公式 (Gas Formula)　設某量之氣體，溫度為0°，壓力為p_0厘米時之體積為v_0；溫度為$t°$，壓力為p厘米時之體積為v，依據波義爾定律，知定溫下之氣體，其體積與壓力成反比；依據查理斯定律，在定壓力下之氣體，其體積與絕對溫度成正比。故由複比例之關係，可得

$$v=v_0\frac{p_0}{p}\times\frac{273+t}{273}$$

$$\frac{pv}{T}=\frac{p_0 v_0}{273}$$

故一定量之氣體，其體積與所受壓力之乘積被除於其絕對溫度而得之商，常為定值。即

$$\frac{p_1 v_1}{T_1}=\frac{p_2 v_2}{T_2} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

例題 1.　把15°之氣體一公升(1000 c.c.)，先在定壓下熱

至 100° 時，求其體積爲何？

~~〔解法〕~~ $T_1=15+273$；$T_2=100+273$

$V_1=1000$ c.c.；$V_2=x$ c.c.

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2};\qquad \therefore\quad V_2=1000\times\frac{373}{288}=1295\text{ c.c.}$$

~~類題一 把 0° 之氣體 300 立方厘米，使其壓力不變而熱至 91°，求其結果之體積。 （答）400 立方厘米。~~

例題 2. 500 立方寸之氣體，其溫度爲 20°C，壓力爲水銀柱高 74 厘米。問溫度升至 30°C，體積變爲 600 立方寸時之壓力幾何？ ~~（蘇省第三次會考）~~

~~〔解法〕~~由氣體公式

$$\frac{p_1\,v_1}{T_1}=\frac{p_2\,v_2}{T_2};\qquad \frac{500\times 74}{273+20}=\frac{600\times p_2}{273+30}$$

$$\therefore\quad p_2=\frac{500\times 74}{293}\times\frac{303}{600}=63.07\text{ 厘米水銀柱高。}$$

類題二 略述絕對零度之意義。

公式 $\frac{P_1\,V_1}{T_1}=\frac{P_2\,V_2}{T_2}$，可以包括波義耳，查理斯及給呂薩克三定律，試申其說。（浙二十一年）

〔方法〕 參閱本章(2)與(3)節。

類題三 設有一足球，其內部壓力爲 3 氣壓 (Atmosphe

res)，溫度爲 27°C，若將球中之氣體放入大氣內，溫度降至 17°C，其體積應脹大幾倍。（蘇省第一次會考）

（答）2.9倍。

類題四 何謂理想氣體 (Perfect Gas or Ideal Gas)？並將其溫度，壓力及體積間之關係以式表示之。（成都）

〔凡能依照波義耳定律，及查理斯（亦稱給呂薩克）定律而變化之氣體，稱爲理想氣體。其溫度，壓力及體積之關係有如本章之公式(5)所示〕。

類題五 溫度在 0°，壓力在 76 厘米時，每一立方厘米之空氣爲 0.00129 克，水蒸汽爲 0.00009 克。今有此等之氣體各 2 毫克，混合後盛於 30 立方厘米之容器中，而使其溫度增至 20° 時，求容器內之壓力。

〔解法〕 2 毫克 = .002 克，先求當溫度在 0°，壓力在 76 厘米時各氣體之體積，則

$$空氣之體積=\frac{.002}{0.00129}=\frac{200}{129}立方厘米$$

$$水汽之體積=\frac{.002}{0.00009}=\frac{200}{9}立方厘米$$

將二氣混合，若壓力及溫度不變，則其混合之體積

$$v_0=\left(\frac{200}{129}+\frac{200}{9}\right)立方厘米。$$

玆將混合之氣體，其體積由 v_0 而變爲 30 立方厘米；壓力由 76 厘米而變爲 p；温度由 0° 增至 20°，則

由 $\frac{p_1 v_1}{T_1}=\frac{p_2 v_2}{T_2}$可得

$$\frac{760\, v_0}{273}=\frac{p\times 30}{273+20}$$

$$\therefore \qquad p=\frac{760\times 293}{273\times 30}\left(\frac{200}{129}+\frac{200}{9}\right)=646.4\text{ 厘米。}$$

~~第六章 蒸汽張力(Vapor Tension)~~

~~基本知識~~

(1)大氣中之水蒸汽壓力 大氣中每含有若干之水蒸汽，此汽每呈若干之壓力。普通所稱之大氣壓力中，常含有水汽之壓力在內。此水蒸汽壓力，通常又稱曰蒸汽張力。大氣中之水蒸汽張力，可由 8 毫至 30 毫米之水銀柱高。

(2)最大張力，飽和蒸汽，沸點 液體盛於密閉器中時，在一定溫度之下，由其表面所蒸發而出之蒸汽量有定值，與液面上有無別種氣體之存在與否無關。迨液面上之蒸汽張力達到某值，蒸發始行停止時，此張力稱爲該溫度時之最大蒸汽張力。達到最大張力之蒸汽稱爲飽和蒸汽。蒸汽之最大張力常隨溫度而增大。

沸騰之現象，乃液體內部所生之飽和蒸汽，其張力不弱於液面上之氣體壓力，汽泡方能由液內透出液面。故液體之沸點，乃代表某一溫度，在此溫度時，其蒸汽之最大蒸汽張力適等於液面所受之壓力也。水之沸點在一氣壓時爲 100°，在 52.5 厘米時爲 90°。

=760毛米 526毛米

(3)濕度(Humidity) 每單位體積之空氣中所含之水蒸汽量，稱爲空氣之絕對濕度。

空氣中現存之水蒸汽張力，與其在此溫度下之最大張力之比，而用百分法計之，稱爲空氣之相對濕度。空氣中之水蒸汽，在飽和狀況下，其濕度爲100%。

(4) 露點　大氣之一部，次第冷卻，其相對濕度，漸形增加，而至其所含之水蒸汽達到飽和情境時之溫度，稱爲露點。

若能測定目下空氣之露點，即能推知空氣中現存之水蒸汽張力。(與露點時之最大水蒸汽張力相同)。

例題 1.　某處在 20°C 時測得其露點爲 14°C，求該處之相對濕度。(但 20° 之最大水蒸汽張力爲 1.74 厘米；14°C 時爲 11.9 毫米)

〔解法〕　由露點而知現存之水蒸汽張力爲 11.9 毫米；20°時之最大水蒸汽張力爲 17.4 毫米。

$$\text{濕度}=\frac{\text{現存之水蒸汽張力}}{\text{目下溫度之最大水蒸汽張力}}\times 100$$

$$=\frac{11.9}{17.4}\times 100=69$$

(答) 濕度爲 69。

類題一　空氣之溫度爲 30°，露點爲 20°，求其相對濕度。

〔方法〕　由 184 頁之飽和水蒸汽張力表，查得 20° 時之值爲 17.51 毫米，30° 時爲 31.71 毫米，再依上題之法解之。

(答) 約爲 55%。

類題二　水之沸點，隨液面上所受之壓力而異，壓力在 p

毫米時之沸點 t°，可用下式計之：

$$t=100+0.0375(p-760)$$

設在某高山上之氣壓爲 48.8 厘米，求該處水之沸點。

(答) 89°.8。

類題三 冬季晴天之夜，較陰天之夜寒冷特甚。其原因何在？ (成都)

〔解釋〕 陰天之濕度甚大，夜間溫度稍降，空中之水蒸汽易達飽和而凝爲水，當汽化爲水，能放出熱能，而阻溫度之再行下降。晴天之夜則反是。而另一原因，則晴天之夜，地面之熱，易由輻射而散失；陰天之夜，有雲層之存在，能阻止輻射散熱作用。

類題四 夏季驟雨之前，頗覺熱悶，雨後卽覺涼爽。何故？ (成都)

〔方法〕 請注意於空氣之濕度和人體皮膚之蒸發作用。

第三篇　力學

第一章　力之合成及力之分解

一　基本知識

(1)一克之力和一克質量之區別　一克質量乃表示一定量之物質，其值決不隨所在地之不同而異；一克之力（或一克之重）乃代表一克之質量在海面處所受着之地球引力，其值隨所在地之不同而稍異。

(2)力與力之平衡　凡能改變物體固有之動靜狀態者爲力。故力施於物體，每能使靜者變動；動者改其速度或易其方向而動，或變爲靜止。

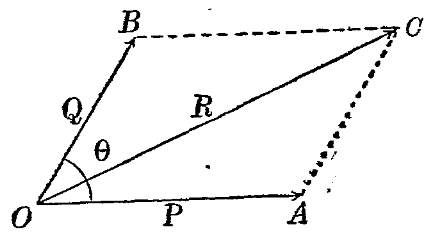
欲推求一力作用於物體後所生之効果，必先知該力之大小，方向及作用點(卽着力點)。其圖示法，可由作用點引一直線以線向示力之方向，以線長表示力之大小。(力之圖示法)

二以上之諸力，同時作用於一物體，毫不能改變該物固有

之動靜狀態者，凡斯諸力，互爲平衡。

(3)合力與分力　單獨一力施於物體上所生之效果，適與某某諸力同時作用於該物上所生之效果相同者，則稱此單獨力爲諸力之合力，而諸力各爲此單獨力之分力。

(4)力之平行四邊形法則　二力 P 與 Q 同時作用於 O 點時，以 OA 及 OB 二直線表示此二力之大小及方向，並以此二力爲平行四邊形之二邊而完成此平行四邊形，其對角線 OC 之大小與方向卽代表 P 與 Q 二力之合力 R，是謂力之平行四邊形法則。



今 P 與 Q 間之夾角爲 θ，由 $\triangle OAC$ 知

$\angle OAC = 180° - \theta$　(依據三角法)

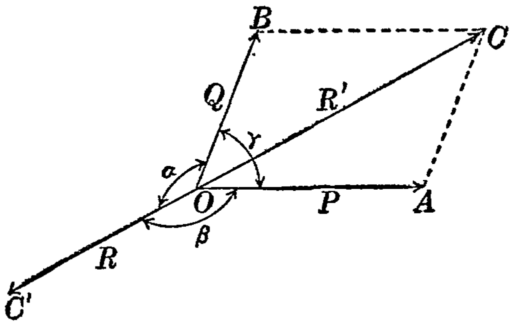
$$\overline{OC}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{AC}^2 - 2\,OA\cdot AC\ \cos(180-\theta)$$

$\because$ $AC = Q$; $\cos(180-\theta) = -\cos\theta$

$\therefore$ $R^2 = P^2 + Q^2 + 2\,P\cdot Q\ \cos\theta$ ....(1)

(5)不平行三力作用於一點時之平衡條件　設有 P, Q, R 三力同時作用於 O 點而能平衡，則其中任意二力(如 P, Q)之合力 R' 必與其餘一力(如 R)在同一直線上，大小相等，方向相

反。圖中 α, β, γ 角順次被 PQR 之延線所通過。由 $\triangle OAC$ 可知



$$\angle OCA = \angle BOC = 180° - \alpha$$

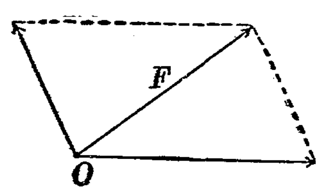
$$\angle COA = 180° - \beta; \ \angle OAC = 180° - \gamma$$

$AC = Q, \ OC = R$ 則

$$\frac{P}{\sin(180° - \alpha)} = \frac{Q}{\sin(180° - \beta)} = \frac{R}{\sin(180 - \gamma)}$$

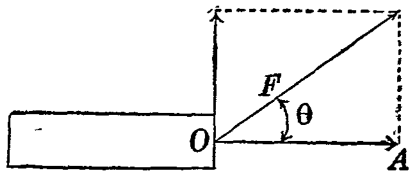
$$\therefore \quad \frac{P}{\sin\alpha} = \frac{Q}{\sin\beta} = \frac{R}{\sin\gamma} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

(6)力之分解法　設有一單獨力 F，欲分解成定方向之二分力時，法將此單獨作爲平行四邊形之對角線，過力之作用點 O，作平行四邊形之兩邊，其方向各各與分力之方向同，依據定長之對角線



而完成此平行四邊行，其兩邊之長各表示此二分力之大小。

(7)有效分力之求法　例如用力 F，作用於物體之 O 點，而使該物依 OA 之向移動。此 OA 向上之分力稱爲 F 之有效分力。其求法，以 F 力



作爲矩形之對角線，過此作用點 O 引矩形之二邊，一與所需之分力平行(如 OA)，一與所需之分力垂直 (如 OB)，而完成此矩形，則 OA 邊之長，可表示有效分力之大小。若力與其有效分力間之夾角爲 θ，則

$$\text{有效分力} = F\cos\theta \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

例題 1.　共同作用於 O 點之二力，一爲 3 仟克，一爲 5 仟克，二力間之夾角爲 60°，求其合力之大小。

〔解法〕　由公式　$R^2=P^2+Q^2+2P\cdot Q\cos\theta$

$$R^2=3^2\times5^2+2\times3\times5\cos60^\circ$$

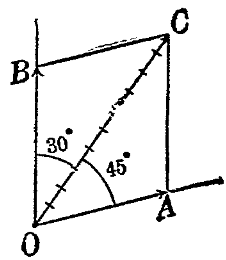
$$=9+25+15=49$$

$\therefore R=7$　　　　(答)合力爲 7 仟克。

類題一　求向東 10 仟克之力與向西南 14.1 仟克之力共同作用於物體之 O 點時之合力。 (答)合力約爲 9.97 仟克。

例題 2.　使 10 仟克之力，分解成二分力，其分力各與該力成 30° 及 45° 之角，求此二分力之大小。

〔解法〕 (1)圖解法 以十單位長之線 OC 表示此 10 仟克之力。過作用點 O 作 OA 及 OB，令 OA 及 OC 間之夾角爲 $45°$，OB 與 OC 間之夾角爲 $30°$。以 OC 爲平行四邊形之對角線之長，OA 及 OB 爲其二邊而完成此平行四邊形。測定 OA 及 OB 之長各爲若干單位，即推知此二分力各爲若干仟克。



(2)解析法 10仟克之力$=R=OC$

二分力爲 $P=OA$；$Q=OB=AC$

由圖知 $\angle OCA=\angle COB=30°$；$\angle OAC=180°-75°$

由正弦比例式可得

$$\frac{P}{\sin 30°}=\frac{Q}{\sin 45°}=\frac{R}{\sin(180°-75°)}=\frac{R}{\sin 75°}$$

然 $$\sin 75°=\sin(45°+30°)$$

$$=\sin 45°\cos 30°+\cos 45°\sin 30°$$

$$=\frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}+\frac{1}{2\sqrt{2}}=\frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}}{4}$$

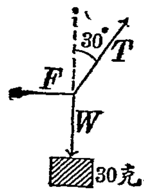
$$\therefore\quad P=\frac{R\sin 30°}{\sin 75°}=\frac{10\sin 30°}{\sin 75°}=\frac{5}{\frac{2\sqrt{6}+\sqrt{2}}{4}}$$

$=5.175$ 仟克。

同理　$Q=\dfrac{10\sin 45^\circ}{\sin 75^\circ}=\dfrac{10\times\dfrac{1}{\sqrt{2}}}{\dfrac{\sqrt{2}+\sqrt{2}}{4}}=7.321$ 仟克。

類題二　設有向北 100 仟克之力，如分解為二個分力，一向西北，一向正東，問如何分解之？（方法照上例，先用圖解法，次用解析法）

類題三　有線懸起 30 克重之物，今以橫向之力推此重物，結果使繩與鉛垂線成 30° 之角，求此橫向力之大小。



圖中 F 為橫向力，W 為 30 克之重，T 為線之張力，此三力相互平衡。解之得 $F=30\ \tan 30^\circ=10\sqrt{3}$ 克之力。

類題四　某物之重為 W，放在光滑斜面上。設斜面與水平面間之夾角為 α，用若干大小之 (a) 水平向力，(b) 與斜面平行之力，方能使此重物靜留在斜面上。

〔解法〕　由圖 (a) W 以 $a\,b$ 表之；所需之水平向力為 P；板施於該物之正線向之反作用力為 R，此三力相互平衡時，依據力之平行四邊形法則，知

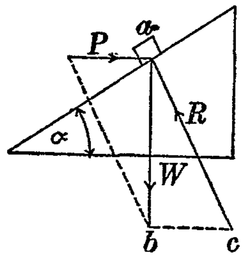
$$\overline{W}=\overline{ab};$$

$P=bc$；$R=ac$。由圖知

$$\angle bac=\alpha$$

故 $$\frac{P}{W}=\frac{bc}{ab}=\sin\alpha;$$

$$\therefore \quad P=W\sin\alpha。$$

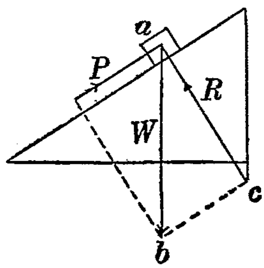


a 圖

由圖 b，P 示所需之力，其方向與斜面平行；R 爲斜面施於物之正線向之反作用力。此二力與物重 W 相互平衡時有如前例

$$\frac{P}{W}=\frac{bc}{ab}=\tan\alpha;$$

$$\therefore \quad P=W\tan\alpha。$$

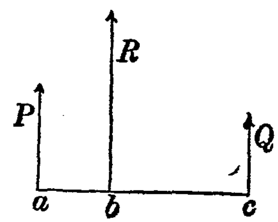


b 圖

第二章 平行力及重心

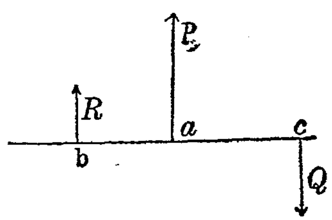
基本知識

(1)同方向二平行力之合成　同方向之二平行力 P,Q,作用於剛體上之二點時，其合力 R 之大小必等於二力之和 $(P+Q)$;其方向與 P, Q 相同。此合力 R 之作用點，必在 P 與 Q 之間，其離 P 與 Q 之距離，必與 P, Q 之大小成反比。



$$\left.\begin{aligned}R&=P+Q\\P/Q&=\overline{bc}/\overline{ab}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

(2)異方向二平行力之合成　異方向之二平行力 P, Q $(P>Q)$,作用於剛體上之二點時，其合力 R 之大小必等於二力之差 $(P-Q)$; 其向與 P 力同。此合力 R 之作用點，在 P 力之外側，R 離 P 與 Q 之距離，必與 P, Q 之大小成反比。

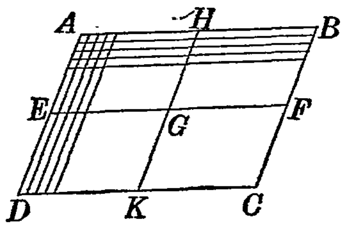


$$\left.\begin{aligned}R&=P-Q\\P/Q&=\overline{bc}/\overline{ab}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

(3)重心　地球施於物體之各小部分之引力，必相平行，其合力之作用點稱為該物之重心，亦卽假想該物全體之質點所匯集之所也。

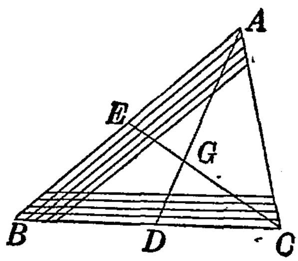
例題 1.　由勻而薄之片所成之平行四邊形，其重心何在?

〔解法〕　此平行四邊形面 $ABCD$，可視作許多細勻之條，依 AB 方向，平行排列而成。每細條之重心，必在條之中點上，而諸條之重心，必在平分 AB 及 CD 之直線 HK 上。故推知該片之重心必在 HK 上。同理此面，可視作許多細勻之條，依 AD 方向，平行排列而成，其重心當在平分 AD 與 BC 之直線 EF 上。故片之重心，必在 HK 及 EF 之交點 G。由圖可知此重心 G，亦卽在兩對角線 AC 與 BD 之交點上。



類題一　求勻而薄之三角形片之重心。

〔解法〕　此三角形片 ABC，可視作許多細勻之條，依 AB 方向，平行排列而成。該片之重心，當在 CE 上，(此 CE 必平分 AB 及諸條)。同理此三角形可視作諸



細勻之條，依 BC 方向，平行排列而成，則片之重心當在 AD 上。(此 AD 平分 BC 及諸條)。故片之重心 G，卽在 CE 與 AD 之交點上。因$\triangle BED$ 與$\triangle BAC$ 相似，DE 與 AC 平行。

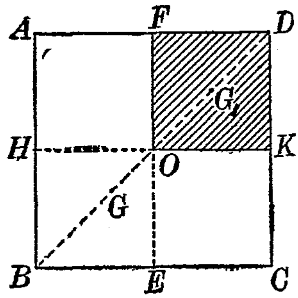
故 $DE=\frac{1}{2}AC$。又因$\triangle DEG$ 與$\triangle ACG$ 相似，

故 $$\frac{DG}{AG}=\frac{DE}{AC}=\frac{\frac{1}{2}AC}{AC}=\frac{1}{2}$$

$$\therefore \qquad DG=\frac{1}{2}AG=\frac{1}{3}AD$$

例題 2. 有勻薄之正方形面，過其中心，引與各邊平行之二直線，而將此面等分爲四分，若取去其一分，求其剩餘部分之重心。

〔解法〕凡幾何學上對稱形物之重心，必在對稱軸上。玆設剩餘部分 $ABCKF$ 之重心在對稱軸 OB 之 G 點。若將殘缺部分補上，卽成正方形，其重心當在中心 O。換言之，作用於剩餘部分之重心 G 之重力與取去部分之重心 G_1 (OD 之中點)之重力，



其合力必作用在 O，大小適等於正方形全體之重。

今以正方形各邊之長爲 a，每一小方塊之重爲 W，依據公

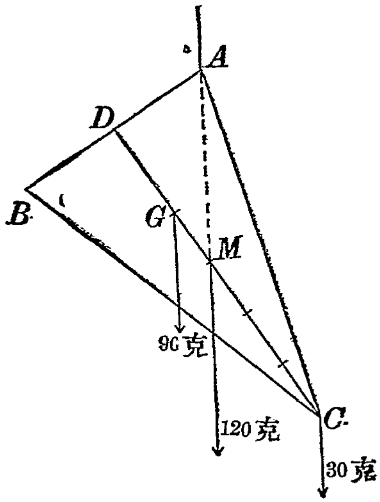
式1則得

$$W/3W=\overline{OG}/\overline{OG_1}$$

故　$$OG=\frac{1}{3}OG_1=\frac{\sqrt{2}}{12}a$$

類題二　有勻薄之三角形片，其重爲90克。今在其一頂點上，懸着30克之重物，把其另頂點用線懸起，求其平衡時之位置。

〔解法〕　該片本身之重(90克)匯集於重心G，以30克之重物加在頂點C上，而把頂點A用線懸起時，上述之二平行力之合力之作用線，必爲鉛垂狀而被懸線之張力所平衡（卽合力與懸線在同一直線上）。故平衡時由頂點A所引鉛垂線，與過頂點C之中線CD相交於M，此M點之位置可由公式(1)決定之如下：



$$\frac{90}{30}=\frac{CM}{MG}；\quad 卽\quad CM=\frac{2}{3}CG$$

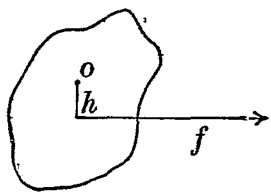
而 G 之位置爲 $CG=\frac{2}{3}CD$

$$\therefore \quad CM=\frac{4}{9}CD$$

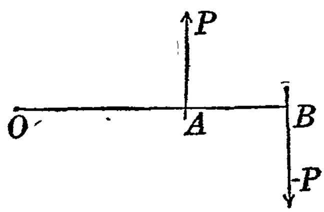
第三章 槓桿

基本知識

(1)力矩(Moment of Force) 物體受力之作用,所生之轉動趨向,與力 f 之大小及力線至轉動軸 O 之垂距 h 均成正比。此乘積 fh 稱爲力矩。物受力而生逆時針之轉動者,此矩稱爲正;反之稱爲負。



(2)偶力矩 大小相等,方向相反之二平行力,作用於物體上之二點時,因其合力爲零,故不能使物體生移動作用,但能使物體生轉動趨向。此二力稱爲偶力,其所在之平面稱曰偶力面。偶力之效應可視作特種之力矩,對於其面內任意點 O 之力矩爲 $P\cdot OA-P\cdot OB=P\cdot AB$。不論 O 點在面內之何處,此 $P\cdot AB$ 之值均同,是曰偶力矩。

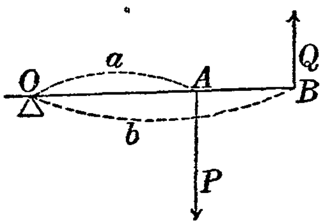


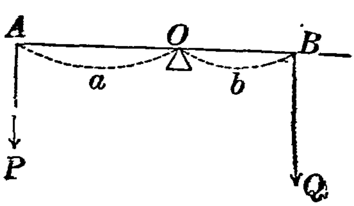
(3)槓桿之平衡

(i)槓質甚輕,其重可忽視者。

設有槓桿,其支點在 O,以二平行力 P, Q作用於桿之 A 與 B

點時，P 力使桿逆時針轉動，Q 力使桿順時針轉動，其趨向之大小，可用$(+Pa)$及$(-Qb)$分別記之。若此二相反之趨向相等，則桿能平衡，故有



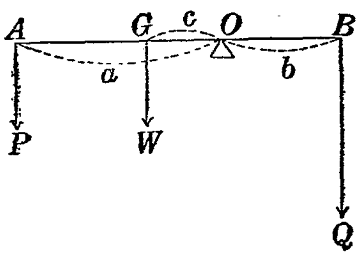


$$Pa-Qb=0 \text{ 或 } Pa=Qb \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

此時支點所受之壓力爲 $P-Q$(a圖）或 $P+Q$(b圖)。

(ii)桿之重，不可忽視時。

設桿之重心在 G，其全體之重爲 W，則正力矩爲 $Pa+Wc$；負力矩爲Qb。桿能平衡時



$$Pa+Wc=Qb\cdots\cdots(2)$$

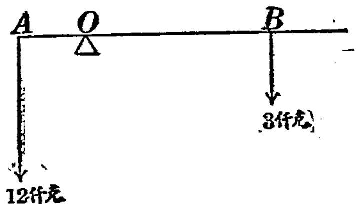
支點上所受之壓力爲 $P+W+Q$。

(iii)諸平行力作用於槓桿之各點而桿能平衡時，則諸正力矩之和，其大小必等於諸負力矩之和。支點上所受之壓力等

於諸力之代數和。

例題 1. 某槓桿之長爲 50 厘米，今於桿之一端懸 3 仟克之重物，他端懸 12 仟克之重物。求桿能平衡時之支點何在?

〔解法〕 設支點在 O，O 離 B 端之距爲 x 厘米。由平衡之條件，得



$$3x=12(50-x)$$

$$\therefore\quad x=40 \text{ 厘米}$$

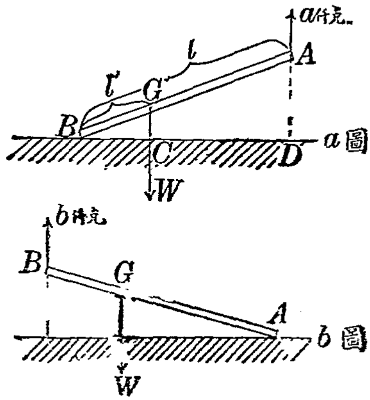
類題一 有等粗而質勻之桿，長爲2米，重爲 3 仟克。在桿之兩端分別懸以 2 仟克及 5 仟克之重物，使桿支立在某點上而桿作水平狀之平衡時，求支點之位置。

〔方法〕 桿既等粗而質勻，其重心當在桿之中點。由本章(3)節之(ii)圖，可知 $GO=x$ 米；$AO=(1+x)$米；$BO=(1-x)$米；$P=2$ 仟克；$Q=5$ 仟克；$W=3$ 仟克，依公式(2)解之可得 $x=\frac{3}{10}$米。

例題 2. 有一木柱，橫臥於地，用 a 仟克之力，可將其一端稍行上舉，用 b 仟克之力，可將其他端稍行上舉。求該柱之重，及該柱之重心何在。

〔解法〕 由 a 圖可得

$$W\cdot\overline{BC}=a\cdot\overline{BD}$$



$\because \qquad \overline{BC}/\overline{BD}=\overline{BG}/\overline{BA}=l'/l$

$$Wl'=al \cdots\cdots (a)$$

同理由b圖知 $\qquad bl=W(l-l') \cdots\cdots (b)$

由(a)與(b)式消失 W,而定重心之位置

$$l'/l=a/a+b \cdots\cdots (c)$$

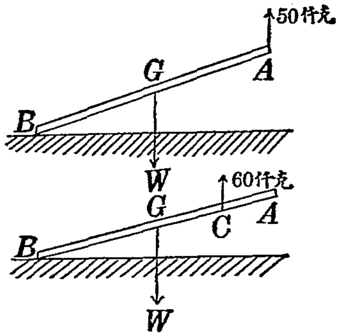
故重心離 B 端之距,爲全長之$a/a+b$

以c之關係代入(a),可得

$$W=(a+b)Kg.$$

類題二 一勻粗之木桿,橫臥地上時,以50仟克之力施於桿端,能將該端稍行擡高,若以60仟克之力施於離桿端一米處,亦能將該端稍行抬高,求該桿之質量及長度。

〔方法〕 勻粗之木桿，其重心在桿之中點



由上例之方則，可得

$W\cdot\overline{BG}=50\cdot\overline{BA}\cdots\cdots(a)$

$W\cdot\overline{BG}=60\cdot\overline{BC}\cdots\cdots(b)$

今以桿長爲 l，則

$$\overline{BG}=\overline{BC}=\frac{l}{2},$$

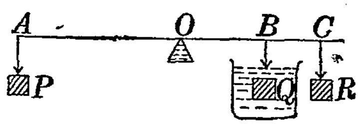
解(a)式得　$W=50\dfrac{l}{\frac{l}{2}}=100$ 仟克，

解(b)式　$W\dfrac{l}{2}=60\,(l-1)=100\dfrac{l}{2}$，

$\therefore\quad l=6$ 米。

類題三　當輕質之棒支立於中點 O 時，在棒之 A,B,C 三點上分懸重物 P,Q,R。將 Q 沒入 4°C 之水中時，棒能保持其平衡狀態。試求 Q 之比重。但 $OA=32$ 厘米；$OB=16$ 厘米；$OC=24$ 厘米；$P=4$ 克；$Q=4$ 克；$R=3$ 克。

〔方法〕 欲知 Q 之比重，須知 Q 沒入水中之重Q'，方可求得 Q 之比重 $S=\dfrac{Q}{Q-Q'}$。



但棒能保持平衡時，應有

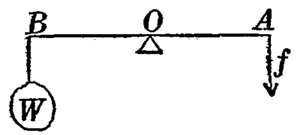
$$4\times32=Q'\times16+3\times24,$$

由上式即可得 Q' 之值。

第四章　機械利益

基本知識

(1)機械利益(Mechanical Advantage)　槓桿 AB，支立於 O 點時，施下向力 f 於 A 端，在 B 端生一上向抗力以支持重物 W。其關係為

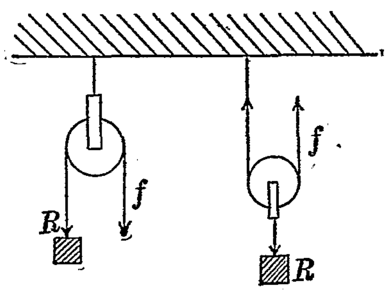


$$f\times\overline{AO}=W\times\overline{BO}\quad 或\quad \frac{W}{f}=\frac{\overline{AO}}{\overline{BO}}。$$

此抗力 W 與施力 f 之比值稱曰機械利益。

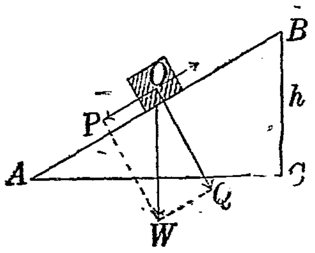
$$機械利益=\frac{抗力}{施力}。$$

雜題一　定滑車及單動滑車之機械利益為何？〔解法〕定滑車之用處，只在改變力方向，抗力與施力相等，故其機械利益為 1。



在單動滑車，當繩股方向平行時，抗力倍大於施力，故其機械利益為 2。

〔注意〕　上述之解法，以摩擦絕無為準。並假定動滑車之



重量甚小，可以忽視。

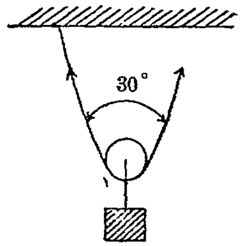
面之機械利益，及施力之大小。

物重 W，分解成 P（與面平行）及 Q（與面垂直）二分力。只須施一力 f，與 P 之大小相等方向相反，即能阻物之下滑或使之緩緩上升。因△OWP與△ABC相似，故

$$\frac{P}{W}=\frac{h}{l}，\quad 即施力\ f=P=W\frac{h}{l}，$$

$$其機械利益=\frac{抗力}{施力}=\frac{W}{f}=\frac{h}{l}。$$

雜題二 以16仟克之重物懸於單動滑車，若貫穿滑車之繩股，相互成30°之角。求繩之張力。



〔解法〕 繩之張力T既到處相等，此二力互成30°之角，其合力之大小必爲16仟克。由力之並行四邊形法則之公式：

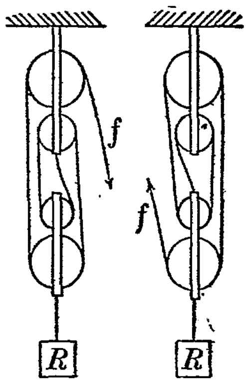
$$R^2=P^2+Q^2+2PQ(\cos\theta)\ 可得$$

$$\overline{16}^2=2T^2\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)=T^2(2+\sqrt{3})=T^2\frac{1}{2-\sqrt{3}}。$$

$$\therefore\quad T=16\sqrt{2-\sqrt{3}}=8(\sqrt{6}-\sqrt{2})$$

$$=8(2.449-1.414)=8.28\text{仟克。}$$

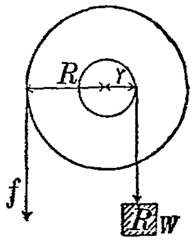
雜題三　求圖中所示滑車組之機械利益。〔解法〕因貫穿此滑車組之繩之張力，到處相同，當摩擦至微而動滑車之質甚輕，以及繩股均相平行時，此類滑車組之機械利益，以支持重物之繩之股數計之。如圖 a 之機械利益爲 4；b 爲 5。



(a)　(b)

雜題四　簡單輪軸(Wheel and axle)之組成及其機械利益爲何？

〔解法〕　輪軸由半徑不等之兩共軸圓所成，大者曰輪，小者曰軸，輪與軸上，分繞以繩，其繞向相反。重物懸於繞軸之繩端上，施力於繞輪之繩端上。



$$\text{其機械利益}=\frac{\text{抗力}}{\text{施力}}=\frac{\text{輪半徑}}{\text{軸半徑}}\text{。}$$

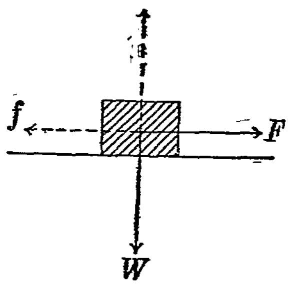
雜題五　斜面之長爲 l，一端擡起之高爲 h。重物 W，放在面上，以力 f 平行於面而作用於物體上，使物不致下滑，或極緩的上升。求該斜面之機械利益及 f 之大小。

第五章 摩擦

基本知識

(1)最大摩擦　一物沿着他物之表面運動或開始運動時，每受一種阻止運動之力是曰摩擦力，或簡稱摩擦。

設有一物，放在水平面上，以水平力 F 作用於該物，而不生運動時，此力適被物與面間之摩擦力 f 所抵消。祇要物體不生運動，摩擦力必與所施之水平力之大小相等方向相反；若所施之水平力增至某種限度，物體方開始運動，此時相等相反之摩擦力亦增至此限度。特稱此摩擦力謂最大摩擦。



(2)摩稜定律(Morin's Law)　依法線向作用於物面之力稱曰直壓力(Normal Pressure)。

摩稜定律曰：最大摩擦力，與兩物體間之直壓力成正比，與接觸面之大小無關。

$$F=mP$$

式中 F 爲最大摩擦；P 爲直壓力；m 爲一常數，其大小隨接觸面之性質而定，稱曰靜摩擦係數，或簡稱摩擦係數。

(3)動摩擦　運動物體與他物體之接觸面間之摩擦稱曰

動摩擦。其大小 f 亦與直壓力 P 成正比。

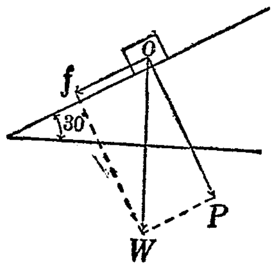
$$f=m'P$$

m' 稱爲動摩擦係數，其值恆較靜摩擦係數 m 爲小。

例題 1. 5 仟克重之物體，靜放在水平面板上，設二物間之摩擦係數爲 0.5: 求至少須力若干始能使該物在板上移動。

〔解法〕公式 $F=mP=0.5\times5=2.5$ 仟克之力。

類題一 在傾角 30° 之斜面上有 30 仟克重之物體，今用 28 仟克平行於面之力，能使該物沿面上移。求摩擦係數。



〔解法〕 此 30 仟克之重力，分解成二分力，一爲 f 與面平行，一爲 P 與面垂直。

最大摩擦力 $F=mP$

所施之 28 仟克之力，必等於 f 與 F 之和。

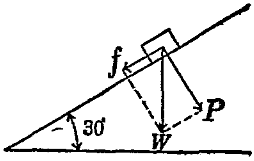
$$28=f+F=W\sin30^\circ+m\,W\cos30^\circ$$

$$=30(\sin30^\circ+m\cos30^\circ)。$$

解之得 $m=0.5$。

例題 2. 板上載 500 克重之物體，若將板之一端抬起，至板與水平面間之夾角爲 30° 時，該物開始下滑。求物與板間之摩擦係數。

〔解法〕　在開始滑動時之最大摩擦力必等於分力 f。又物與面間之直壓力爲 P。



$$\because \quad f=5\sin 30^\circ$$

$$P=5\cos 30^\circ$$

而　　$f=mP$　　或　　$m=\dfrac{f}{P}$

$$\therefore \quad m=\frac{5\sin 30^\circ}{5\cos 30^\circ}=\tan 30^\circ=\frac{1}{\sqrt{3}}=0.58。$$

〔注意〕　在此情形下之斜面之傾角 θ 曰靜止角，若超此值則物將下滑。每利用之以測定各物質間之摩擦係數。

$$m=\tan\theta$$

類題二　100 克之物體，放在斜面上，而將傾角漸次增大至 45° 時，物始下滑。若斜面保持其傾角爲 30°，須用若干克之力，方能使物上移。

〔方法〕　靜止角既爲 45°，則摩擦係數

$$m=\tan 45=1.00。$$

由類題一知所須之力爲

$$F=W(\sin\theta+m\cos\theta)。$$

（答）137 克之力。

第六章　速度及加速度

基本知識

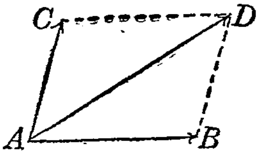
(1)等速運動　設物體運動時，每單位時間內所移動之距離相等而方向不變者，稱爲等速運動。物體以每秒 v 厘米之速度(簡寫成 v 厘米/秒或 $v\ cm/sec.$)行動時，在 t 秒內所通過之距離 S 可用下式計之

$$S=vt \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

(2)速度之合成　二速度之合成與二力之合成法相同，可用平行四邊形法推求之。

速度爲有向量，可用直線表示之。以直線之方向表速度之方向；以直線之長短，表速度之大小。

例如某物體同時受到 AB 與 AC 二種異向異值之速度時，其合成速度之大小及方向，即以 AB 與 AC 爲平行四邊形之二邊而作成之平行四邊形之對角線 AD 之長短及方向表示之。



稱 AD 爲 AB 與 AC 之合速度；而 AB 與 AC 爲 AD 之分速度。

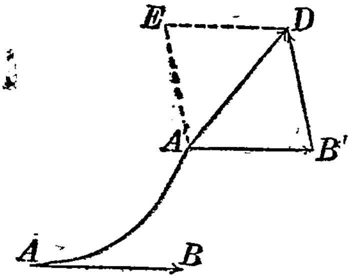
(3)加速度　物體作不等速運動時，每單位時間內速度(包

含方向)之改變稱曰加速度。每單位時間內速度之改變均相同者,稱曰等加速運動。

設物體在一直線上,作等加速運動時,在某時間之速度爲v,在t秒後之速度爲v',則每秒之速度改變(卽加速度)爲$(v'-v)\div t$。若以a表加速度,則

$$a=\frac{v'-v}{t} \quad 或 \quad v'=v+at \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

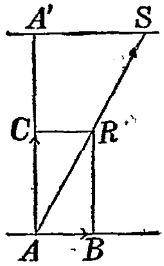
加速度之單位常用每秒每秒若干厘米或每秒每秒若干呎記之(或簡寫成"厘米/$\overline{秒}^2$";"呎/$\overline{秒}^2$")。



若運動之路徑,並非一直線,在A點之速度爲AB;單位時間後移動至A'點,而在A'點之速度爲$A'D$。加速度之求法,可由A'點引$A'B'$直線,令與AB平行而等長,則連結B'與D之直線$B'D$之長短及方向,表示加速度之大小及方向。

例題 1. 舟在靜水中之速度爲每小時2仟米,若河流之速度爲每小時0.5仟米,河寬計110米。今此舟依水流之垂直方向駛行,由此岸達彼岸,需時幾分,到達地點何在?

〔解法〕 設舟由 A 點出發。AB 表流速$\left(\frac{50}{6}\text{米/分}\right)$，$AC$ 表舟速 $\left(\frac{200}{6}\text{米/分}\right)$，完成矩形 $ABRC$。延長 AR，AC 與對岸線各交於 S，A' 則



$$AA'=110\text{ 米}，\triangle ARC \backsim \triangle ASA'，$$

$$\frac{A'S}{CR}=\frac{AS}{AR}=\frac{AA'}{AC}=\frac{110}{\frac{200}{6}}=\frac{660}{200}，$$

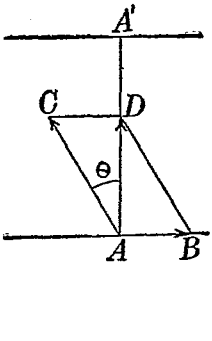
$$\therefore\ A'S=AB\times\frac{66}{20}=\frac{50}{6}\times\frac{66}{20}=27.5\text{ 米。}$$

舟行之合速度爲 AR，則由 A 達 S 之時間爲$\frac{AS}{AR}$，由上式知

$$\frac{AS}{AR}=\frac{660}{200}=3.3\text{ 分}=3\text{ 分 }20\text{ 秒。}$$

類題一　上題中，舟欲橫渡此河時，舟身應向何方？

〔方法〕 設舟從 A 點出發，既稱橫渡，則舟速 AC 與流速 AB 之合速度 AD 必與岸線垂直。又 $AC=BD$。



依據 AB 及 AC 而完成平行四邊

形 $ABCD$，則可求得舟身之方向 AC。而 AC 與 AD 間之夾角 θ 爲

$$\sin\theta=\frac{CD}{AC}=\frac{AB}{AC}=\frac{0.5}{2}=\frac{1}{4}。$$

(答) θ 約爲 $14°.5$。

例題 2. 等加速直線運動之物體在某時之速度爲 25 厘米/秒，隔 38 秒後之速度爲 73 厘米/秒。求其加速度。

〔解法〕 由公式 $a=\frac{v'-v}{t}=\frac{73-25}{8}=6$ 厘米/$\overline{秒}^2$。

類題二 以 9.8 米/$\overline{秒}^2$之加速度運動之物體，隔 4 秒後，得 70 米/秒之速度，求其初速度。

(答) 初速度爲每秒 30.8 米。

類題三 在東西河流中，水自西向東流，每小時 4 里，船在靜水中每小時能行 8 里。如用該船由南岸垂直渡至北岸，問 (a)進行時船身與河岸成何角度？(b)船之合速度若干？

(江蘇第一次會考)

(答) 船身與岸成 60° 之角；

合速爲每小時 $4\sqrt{3}$ 里。

解法可閱本章類題一。

第七章 運動定律

基本知識

(1)牛頓第一動律(慣性定律) 一切物體,必保持其靜止狀態,或在一直線上作等速運動。非受外力,其狀態不變。

(2)動量(Momentum) 某運動物體之質量m,和其某時之速度v之乘積,稱曰該物在此時之動量表以M,則

$$M=mv$$

(3)牛頓第二動律 動量之改變率,與所受之力成正比,其改變卽起於力所作用之方向上。

例如某運動物體之質量爲m,原速度爲v,以力F順其原動之方向作用於其上,隔t秒之後,速度變爲v',照上述定律

$$mv'-mv=KFt$$

式中K爲比例常數,

$$\therefore \quad F=\frac{1}{K}\cdot m\frac{v'-v}{t}.$$

$$\because \quad \frac{v'-v}{t}=\text{加速度}=a,$$

$$\therefore \quad F=\frac{1}{K}ma \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

簡言之,物體之加速度與其所受之力成正比。

(4)力之絕對單位 某量之力作用於一克之質量,每秒能生每秒一厘米加速度者,以此力之大小作爲力之絕對單位,名

曰達因(dyne)。而一克物體之質量，受地心之引力爲 980 達因，用之於力，則

一克之力＝980 達因。

(5)若以達因爲量力之單位，則第二動律可用下式表之：

$F=ma$……………………………………(2)

(6)牛頓第三動律(反作用定律)　一切作用，均有大小相等方向相反之反作用。易言之，兩物體相作用時，其動量之改變恆相等而方向相反。

例題 1.　以 2940 達因之力作用於 5 克之質量上，能生若干之加速度？

〔解法〕　由公式　$F=ma$

$F=2940$, $m=5$, 故

$2940=5a$,　$\therefore\ a=588$厘米/$\overline{秒}^2$。

類題一　說明達因(dyne)之意義。

有一靜止之物體，其質量爲 50 克，施力 1 秒後得每秒 1000厘米之速度，求力之大小。　(答) 50,000達因。

(浙江二十二年度會考)

類題二　質量 20 克之物體，以每秒 12 米之速度前進，若依逆向施以 6000 達因之力，隔了幾秒該物始變靜止？

〔方法〕　利用公式 $F=m\dfrac{v'-v}{t}$ 解之。因施力與原速度

之方向相反，而結果之速度爲零，應有

$$-6000=20\times\frac{0-1200}{t},\qquad \therefore t=4\text{秒。}$$

類題三 質量爲 4 克之物，其原速度爲每秒 8 厘米，設用某定量之力，依其動向而作用其上，則 20 秒後之速度爲 24 厘米/秒。求該作用力應爲若干？ (答) 3.2 達因。

例題 2. 大砲之質量計 2 噸(2×2240磅)，射出之砲彈之質量爲 14 磅，彈速爲每秒 800 呎，求砲射擊時之後退初速度。

〔解法〕 砲與彈之質量各爲 M, m；其速度各爲 V, v。由火藥爆發所生之壓力，使砲與彈相互作用，兩物體之動量之改變應相等而方向相反，故有

$$MV=mv,$$

$$2\times2240\times V=14\times800,$$

$$\therefore\qquad V=2.5\text{。}$$

(答) 砲身後退之初速爲每秒 2.5 呎。

類題四 試述運動量(Momentum)與達因 (dyne) 之意義。

30 克之子彈由 8 仟克之槍口放出，若子彈之速度爲每秒 800 公尺(米)，則槍後退之速度若干？ (浙二十一年覆試)

(答) 3 米/秒。

類題五 試述牛頓運動三定律。 (江蘇第一次會考)

第八章 萬有引力及落體

基本知識

(1)萬有引力 兩物質相互之引力，其大小與兩者之質量之乘積成正比，與其間距離之平方成反比。

命 m, m' 表兩者之質量；r 表其間之距離，f 表引力，則

$$f=k\frac{mm'}{r^2}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

k 爲萬有引力常數，在 C. G. S. 制中，如兩物質之質量均爲一克，相距 1 厘米時，

$$f=k\frac{1\times 1}{1^2}=k=6.6579\times 10^{-8}\text{ 達因。}$$

故在 C. G. S. 制 k 之值爲 6.6579×10^{-8}。

(2)重力 地面物體，受地球之引力稱曰該物之重。茲設想地球全部之質量 M 克集中在球心，球之平均半徑爲 R 厘米，對於其面上 m 克質量之引力(即重力)爲 W 達因，則

$$W=k\frac{Mm}{R^2},$$

因 k, M, R 均爲定值，故 $k\frac{M}{R^2}$ 可以用常數 g 表之，即

$$g=k\frac{M}{R^2},$$

$$\therefore \quad W = mg \text{ 達因} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

又質量爲 m_1, m_2 之二物體之重爲

$$W_1 = m_1 g \cdot \quad W_2 = m_2 g。$$

在同一地域，物體所受地心引力(g)均相等，

$$\therefore \quad W_1 : W_2 = m_1 : m_2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

故在同一場所，物質之重與質量成正比。

(3)落體之加速度　一克之物質，受地球之引力爲 980 達因，即下落時之加速度爲980 $\frac{\text{厘米}}{\text{秒}^2}$。又重力與質量成正比，則在某一場所之落體加速度有定値，不隨落體之質量而異，今以 g 表此加速度，則

$$g = 980 \text{ 厘米/秒}^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

(4)落體　某物初本靜止，受地球之引力 g 而下落，則隔 t 秒後之速度 v 爲

$$v = gt \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

在此 t 秒內，該落體之平均速度爲$\frac{v}{2}$，則落下之路程 S 爲

$$S = \frac{v}{2} t = \frac{1}{2} g t^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

將公式(6)與(5)聯立而消去 t，則得

$$v^2 = 2gS \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

設某物以等加速度 a 前進時,則(5),(6),(7)三公式可改寫成:

$$\left.\begin{aligned} v&=at \\ S&=\frac{1}{2}at^2 \\ v^2&=2aS \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

(5)拋下之落體　物體以 v_0 之速度直向下拋,則該物之初速爲 v_0,隔 t 秒後之速度 v 爲

$$v=v_0+gt \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

該物在此 t 秒鐘內之平均速度爲 $\frac{v_0+v}{2}$ 所落下之路程 S 爲

$$S=\frac{v_0+v}{2}\times t=v_0t+\frac{1}{2}gt^2 \cdots\cdots (10)$$

由(9)與(10)消去 t,可得

$$v^2-{v_0}^2=2gS \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (11)$$

設某物之初速度爲 v_0, 後以等加速度 a 前進時, 則(9),(10),(11)三式可改寫成:

$$\left.\begin{aligned} v&=v_0+at \\ S&=v_0t+\frac{1}{2}at^2 \\ v^2-{v_0}^2&=2aS \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (12)$$

(6)拋上體　物體以 v_0 速度直向上拋,則該物之初速爲

v_0,隔 t 秒後,其結果速度,及抛上之路程等爲:

$$\left.\begin{aligned} v&=v_0-gt \\ S&=v_0t-\frac{1}{2}gt^2 \\ v_0^2-v^2&=2gS \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(12)$$

因抛上體達到最高點時之速度爲 0, 則

$$v=v_0-gt=0, \quad \therefore \quad t=\frac{v_0}{g}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(13)$$

此乃達最高點所須之時間之公式; 最高點之高度爲

$$S=v_0\frac{v_0}{g}-\frac{1}{2}g\left(\frac{v_0}{g}\right)^2, \quad \therefore \quad S=\frac{v_0^2}{2g};\cdots\cdots(14)$$

達到最高點後, 重行落地之距離必等於最高點之高度。即爲(14)式中之 S, 若下落之時間爲 t_1, 則

$$\frac{v_0^2}{2g}=\frac{1}{2}gt_1, \qquad \therefore \qquad t_1=\frac{v_0}{g}。$$

由此而知上昇及下落之時間相同,故物體以 v_0 速度直向上抛,在空中昇落之時間共計

$$t+t_1=2\frac{v_0}{g}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(15)$$

例題 1. 質量各爲 500 仟克之鐵球二個, 球心相距一米時之相引力爲若干達因。

〔解法〕 由公式(1) $f=k\frac{mm'}{r^2}$

$$f=6.7\times10^{-8}\times\frac{(300000)^2}{(100)^2}$$

$$=6.7\times10^{-8}\times9+10^6=.603\text{達因。}$$

類題一　已知一克質量，所受之地球引力爲 980 達因。求地球之全體質量（地球之平均半徑爲 6371 仟米）。

〔方法〕　由公式(1)　$f=k\frac{Mm}{R^2}$

$$m\,980=6.7\times10^{-8}\frac{M\times m}{(637100000)^2}$$

解之得地球之質量 $M=41,831,986,\times10^{18}$克。

例題 2.　一物體自靜止狀態由斜面滑下，其加速度爲每每秒5尺，試求：(*a*) 4 秒末之速度，(*b*) 4 秒內所經過之距離，(*c*) 第四秒內所經之距離。　（江蘇第二次會考）

〔解法〕　由公式　$v=at$ 則

(*a*) 4 秒末之速度$=5\times4=20$尺/秒。

由公式　$S=\frac{1}{2}at^2$，則

(*b*) 4 秒內所經過之距離$=\frac{1}{2}5\times(4)^2=40$ 尺

(*c*)第四秒內所經過之距離，爲 4 秒內與 3 秒內所經距離之差，

即　$$S=\frac{1}{2}5\times(4)^2-\frac{1}{2}5\times(3)^2$$

$$=\frac{1}{2}5(4^2-3^2)=17.5\text{尺}。$$

類題二 試述萬有引力定律。（上海二十三年會考）

解法閱本章(1)節。

類題三 由飛機放下之炸彈，經10秒鐘達至地面，問此飛機距地高若干公尺(即米)(此題空氣之抵抗不計)?

（北平二十二年會考）

〔解法〕 放下之炸彈，其初速爲0，故用公式

$$S=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}\times 980\times(10)^2=49000\text{厘米}。$$

（答）飛機距離地面爲490米。

類題四 物體由4000米之高處落下，求需時若干秒，始能達到地面，并着地時之速度爲何?

〔方法〕 用公式 $S=\frac{1}{2}gt^2$。 （答）需時28.6秒

再用公式 $v^2=2gS$。 （答）速度爲280米/秒。

類題五 一石在橋上由靜止落下，歷二秒始達水面，問石達水面之速度爲若干秒呎?橋面高出水面若干呎?

（浙江二十一年會考）

〔注意〕 落體之加速度爲每秒每秒32呎。

應用公式 $v=gt$ 及 $S=\frac{1}{2}gt^2$。

(答) 石達水面之速度爲 64 呎/秒;

橋面高出水面爲 64 呎。

例題 3. 由井口放落一石,隔 5.94 秒鐘始聞石投水面聲,求井口至水面之深度。

但音之速度爲每秒 1100 呎。

〔解法〕 在此 5.94 秒之時間內,石由井口落至水面(需時爲 t),聲由水面行至井口(需時爲 t')。

$$\therefore \quad 5.94=t+t'。$$

井口離水面爲 x 呎,則 $x=\frac{1}{2}gt^2$,

$$\therefore \quad t=\sqrt{\frac{2x}{g}}=\sqrt{\frac{2x}{32}}。$$

$$\because \quad t'=\frac{x}{1100},$$

$$\therefore \ 5.94=\sqrt{\frac{x}{16}}+\frac{x}{1100},$$

$$x+275\sqrt{x}=6534。$$

解之得 x 之二根,其一爲 484,合於本題之需。故井口離水面計 484 呎。

類題六 落石於井中，經二秒鐘後，始聞石擊水面聲，問井深幾何？但音之速度爲每秒 320 米。 （成都）

照上題之法解之

例題 4. 由高處以每秒 50 米之初速度投下一石，則落地時之速度爲每秒 99 米，求下落之時間及落下之距離。

〔解法〕 由公式 $v=v_0+gt$

則 $99=50+9.8\,t$

$\therefore$ $t=5$ 秒

由公式 $S=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$

則落下之距 $=50\times5+\frac{1}{2}9.8\times5^2$

$=372.5$米。

類題七 一自由下落之物體，經 A 點時之速度爲每秒 29 米，經 B 點時之速度爲每秒 49 米。求 AB 二點間之距離，及由 A 至 B 之時間。

〔方法〕 以 A 處之速度爲初速度 v_0，以 B 處之速度爲v，則由公式 $v^2=v_0{}^2=2gS$

$\overline{49}^2=\overline{29}^2+2\times9.8\times S$ $\therefore S=79.6$ 米

次由公式 $v=v_0+gt$ $\therefore$ $t=\frac{v-v_0}{g}$

$$t=\frac{49-29}{9.8}=2.04\text{秒}$$

例題 5. 一石以每秒 29.4 米之速度直向上抛，求其所達之最高點之高度，在空中升降之時間。以及抛後二秒末時之高度及速度。

〔解法〕 由公式 $t=\frac{v}{g}=\frac{29.4}{9.8}=3$ 秒

升至最高點需時 3 秒，重新下落需時亦爲 3 秒，故留在空中之時間共計 6 秒

由公式 $S=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$

既知升至最高點之時間爲 3 秒，則其高度 S 爲

$$S=29.4\times 3-\frac{1}{2}9.8\times 3^2$$

$$=44.1\text{ 米。}$$

再由公式 $S=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$ 而知

上抛二秒後之高度 $=29.4\times 2-\frac{1}{2}9.8\times(2)^2$

$=39.2$ 米。

上抛二秒後之速度 $=29.4-g\times 2$

$=29.4-19.6=9.8$ 米/秒

(答) 最高點之高度爲 44.1 米;在空中飛行之時間爲6秒;拋後二秒末之高度爲 39.2 米,上向之速度爲 9.8 米/秒。

類題八　以每秒四百呎之速度,垂直向上拋石,問幾秒後達二千呎之高度?　(湘省會考)

〔方法〕 應用公式　$S=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$; $g=32$ 呎/$\overline{秒}^2$

則得 $t^2-25t+125=0$

〔解法〕 $t=6.91$ 或 18.09 秒

(答) 6.91 秒爲向上拋石達 2000 呎之時間

18.09 秒爲石至最高點復落至 2000 呎之時間

類題九　將石在塔底處上拋,經 2.5 秒到塔頂,越此達最高點復行下降,再經塔頂其間歷時 1.5 秒。求塔高。

(江西二十三年會考)

〔解法〕 設塔高爲 S 米。該石越過塔頂而再經塔頂,其間所需之時旣爲 1.5 秒, 由公式

$t=\frac{v}{g}$ 可求得經過塔頂處之速度 v 爲

$$v=\frac{1.5}{2}\times 9.8=.75\times 9.8\text{米/秒}$$

該石由下昇至塔頂須時 2.5 秒, 再經塔頂而落至地,其間亦需時 2.5 秒。由公式　$S=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$

可知塔之高度$=.75\times 9.8\times 2.5+\frac{1}{2}9.8\times(2.5)^2$

$$=9.8\times 2.5(.75+1.25)$$

$$=9.8\times 2.5\times 2=9.8\times 5$$

$=49$米

例題6. 比重為9之物體，由水面處沈入河中，經3秒始達河底，求河水之深。(假定水之摩擦可以忽視)

〔方法〕 設物禮之質量為 m 克，在水中之所受重力為$\frac{8}{9}mg$。由公式$f=ma$，則

$$\frac{8}{9}mg=ma \qquad \therefore\ a=\frac{8}{9}g$$

再由公式 $S=\frac{1}{2}at^2$ 可得

河水深度$=\frac{1}{2}\times\frac{8}{9}\times 9.8\times 3^2=39.2$米。

類題一〇 自由落下之物體，必須經若干路程，其速度始能成為980每秒糎(Centimter per second)？

(上海二十三年會考) (答)須經490糎。

類題一一 某人之體重為65仟克，立在昇降機中，該機之重量為1170仟克，以每秒每秒20厘米之加速度上昇，求提起此機之鋼繩之張力。

〔解法〕 設鋼繩之張力爲 F 達因，提足之質量爲 m 克 ($m=65+1170$ 仟克)

應有之向上加速度爲每秒 $\frac{F}{m}$ 厘米/秒。又物體受重力而生之下向加速度爲每秒 g 厘米/秒，結果之加速度爲此二加速度之差 $\left(\frac{F}{m}-g\right)$ 厘米/$\overline{秒}^2$

$$\therefore \quad \frac{F}{m}-g=20$$

即 $$F=m(g+20)=1235000\times(980+20)$$

$$=1,235,000,000 \text{達因}$$

$$\text{繩之張力}=\frac{1235000}{980}=1260.2 \text{仟克之力。}$$

類題一二 螺簧之延長值與張力成正比。試以 100 克之重力施於某螺簧，則延長之値爲全長之 $\frac{1}{10}$。今將此螺簧繫在氣球之下，而以 200 克重之物懸於簧下，若氣球上昇時，見螺簧所延長之長爲其原長之 $\frac{41}{200}$。求氣球上昇之加速度。

〔方法〕 螺簧所受之張力 F，可用下比例式求之：

$$F:100\,g=\frac{41}{200}:\frac{1}{10}$$

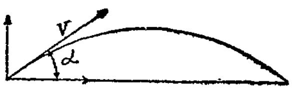
$$\therefore \quad E=205\,g(\text{達因})=200(g+x)$$

(答) 加速度爲 24.5 厘米/秒^2。

第九章 拋射體(Projectiles)

基本知識

(1)拋射體:設有物體斜向拋射而出,其初速爲 v, 其射向與水平線作 α 角度之傾斜。此初速 v 分解成二分速度一向上 $(v\sin\alpha)$,一向水平 $(v\cos\alpha)$,



隔了 t 秒之後,其鉛垂速度爲 u,(水平速度仍爲 $v\cos\alpha$)其鉛垂高度爲 h,水平距離爲 k,則

$$u=v\sin\alpha-gt \quad\cdots\cdots(1)$$

$$h=v\sin\alpha\, t-\frac{1}{2}gt^2 \quad\cdots\cdots(2)$$

$$k=v\cos\alpha\, t \quad\cdots\cdots(3)$$

達最高點時,其鉛垂速度 $u=0$,所需之時間爲 $t=\dfrac{v\sin\alpha}{g}$

將此 t 值代入(2)式,得最高點之高度 H 爲

$$H=\frac{v^2\sin^2\alpha}{2g} \quad\cdots\cdots(4)$$

該射體在空中飛行之時間 $T=2t=\dfrac{2v\sin\alpha}{g}$。水平遠距爲 $K=v\cos\alpha\, T$

$$\therefore\ K=\frac{2v^2\cos\alpha\sin\alpha}{g}=\frac{v^2\sin 2\alpha}{g} \quad\cdots\cdots(5)$$

欲使 K 值爲極大則 $\sin 2\alpha$ 應等於 1；卽 α 爲 45°

例題 1.　離平地高 50 米處，以每秒 300 米之速度，向水平方發射一彈。求該彈發射後幾秒鐘始落平地上；該彈所達之水平遠距爲若干？

〔解法〕　彈向水平方發射，則無鉛垂向之分速度，彈之下落與自由落體同，所需之時間爲

$$50=\frac{1}{2}\times 9.8\times t^2 \qquad \therefore\ t=3.2\text{ 秒}$$

所達之水平遠距 $=300\times 3.2=960$ 米。

類題一　有一轟炸機，在離地 160 呎之水平線上，以每秒 88 呎之速向某地飛行，如欲向該地投彈，問須於離該地之水平距離若干遠處預爲投彈始能命中？($g=32\,ft/sec^2$)

(江蘇第一次會考)

〔方法〕　此題之解法，與上題完全相同。因預爲投彈時，彈之水平速度爲每秒 88 呎，鉛垂速度爲 0，高度爲 160 呎，故也。　　(答)　$88\sqrt{10}$ 呎。

例題 2.　一物體以每秒 20 米之速度與水平作 30° 向上斜拋，問達最高點之時間及距離如何？再達水平面之時間及距離又如何（重力加速度爲每秒每秒 980 厘米）。(皖省會考)

〔解法〕　由公式　$t=\dfrac{v\sin\alpha}{g}$；$H=\dfrac{v^2\sin^2\alpha}{2g}$。

達最高點之時間$=\frac{20\sin 30^\circ}{9.8}=\frac{20\times\frac{1}{2}}{9.8}=1.0204$ 秒

最高點之距離$H=\frac{v^2\sin^2 a}{2g}=\frac{(20)^2(\frac{1}{2})^2}{2\times 9.8}=5.102$米

達水平面之時間適爲達最高點時間之二倍

$\therefore$達水平面之時間$=2\times 1.0204=2.0408$ 秒

水平遠距$=20\times 2.0408=40.816$ 米

類題二 與水平作 45° 之角，發射一彈，而能命中及遠距爲 2400 呎，高爲 300 呎之塔頂，求發射時之彈之速度。

〔解法〕 由公式(2)(3)， $h=300$呎， $k=2400$呎

$$300=v\sin 40^\circ\cdot t-\frac{1}{2}gt^2=\frac{vt}{\sqrt{2}}-16\,t^2$$

$$2400=v\cos 45^\circ\ t=\frac{vt}{\sqrt{2}}$$

$$v=\frac{2400\sqrt{2}}{t}$$

$$\therefore\ 300=2400-16\,t^2$$

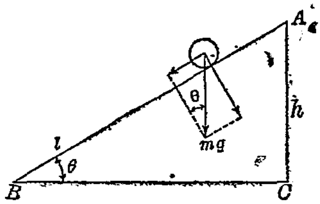
$$16\,t^2=2100\qquad\therefore\quad t=\frac{1}{4}\sqrt{2100}\text{代入上式}$$

$$v=\frac{2400\sqrt{2}}{t}=\frac{2400\sqrt{2}}{\frac{\sqrt{2100}}{4}}=\frac{9600\sqrt{2}}{\sqrt{2100}}=296.3$$

(答) 射速爲每秒 296.3 呎。

類題三 試證一物由光滑之斜面滑下而達水平面之速度，與自由落下而達此水平面之速度相同。

〔證〕 設斜面之長爲 l，高爲 h，傾角爲 θ。物之質量爲 m，重力爲 mg，沿着斜面之分力爲 $mg\sin\theta$。該物在斜面上之加速度 a 爲



$$a=\frac{f}{m}=\frac{mg\sin\theta}{m}=g\sin\theta=g\frac{h}{l}$$

由 A 滑至 B，在 B 點之速度爲 v，即

$$v^2=2aS=2g\frac{h}{l}l=2gh \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

而物體由 A 自由落至 C 時，在 C 點之速度 v_1，爲

$$v_1{}^2=2gh \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

今 B 與 C 在同一水平面上，由(1)與(2)可知此物由 A 點滑至 B，或自由落至 C 時之速度相同。

第十章 功及能(Work and Energy)

基本知識

(1)功 一力作用於物體，而使之移動若干距離時，則稱此力施功於該物體。設所施之力爲f,移動之距離爲S,則功W之多少可以f與S之乘積計之。

$$W=fS\cdots\cdots(1)$$

(2)功之單位 以一仟克之力，作用於物體而移動之距爲一米者，所施之功爲1仟克米。以一磅之力作用於物體而移動之距爲一呎者，所施之功爲1呎磅。以一達因之力作用於物體而移動之距爲一厘米者，則所施之功爲1愛格(erg)。10^7愛格稱曰一焦耳(Joule)

1仟克米$=9.8\times10^7$愛格$=9.8$焦耳

(3)功率 每單位時間內所施之功，稱曰功率。

$$\therefore\ 功率=\frac{功}{時間}\cdots\cdots(2)$$

1馬力＝每秒完成550呎磅之功

1瓦特＝每秒完成1焦耳之功

1仟瓦特＝1000瓦特。

(4)能 物體之能，卽其作功之能力也。物體因改變位置，

或改變形狀後所具之能名曰位能(Potential energy)。例如高舉之錘，壓縮之空氣，伸長之螺簧，所具之作功能力，均稱曰位能。他如運動物體所具之能稱曰動能(Kinetic energy)。

(5)位能之計量　將地上之物體，舉高 h 時，該物所具之位能等於物重 W 與高度 h 之乘積。

$$\therefore\quad P.E.=Wh=mgh \text{ 爾格}$$

(6)動能之計量　質量為 m，速度為 v 之運動物體，變為靜止時所給出之功為(fS)，則

$$fS=ma\,S=\frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore\quad K.E.=\frac{1}{2}mv^2$$

(7)工之原理　使用機械時，若機械無摩擦作用，動作緩而勻，則施於機械上之功，必等於機械所完成之功。

(8)機械效率　任何機械，不能絕無摩擦，欲制勝此摩擦，必耗若干之功，結果則施於機械上之功，常稍大於機械所能完成之功。而

$$\text{機械效率}=\frac{\text{完成之功}}{\text{施入之功}}$$

(9)能之長住定律　能可由一物移至他物，可由此態變成彼態，其總量有定，不能創造，不能消滅。

例題 1.　在 5 小時內，將 500 噸之水用壓水機裝入高達

20 呎之桶中，問所需之功爲若干呎磅，工率爲若干馬力。

〔解法〕 500 噸 $=2240\times500$ 磅

所需之功 $=2240\times500\times20=224\times10^5$ 呎磅

$$\text{工率}=\frac{224\times10^5}{60\times60\times5\times550}=2.26\ \text{馬力}$$

類題一 以 5 馬力之柴油引擎，吸取深達 100 呎之井水，求 10 小時內能吸取井水若干立方英尺。但一立方呎之水 $=62.5$ 磅。

〔方法〕 該引擎 10 時內所完成之功

$fS=W=550\times60\times60\times10\times5=99\times10^6$ 呎磅

$S=100$ $\quad\therefore\ f=99\times10^4$ 磅之力

$99=10^4\div62.5=15840$ (立方呎)……………………(答)

例題 2. 設有質量 100 克之物體，自 500 公尺(meter)之高處自由落下，求 10 秒後之位能 (Potential energy) 與動能 (Kinetic energy) (江西二十二年會考)

〔解法〕 該物在 500 公尺高處之位能爲

$$P.E.=mgh=10\times980\times500\times100\ \text{愛格}$$

自由落下，10 秒後之速度爲 10×980 厘米/秒

$$K.E.=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}10\times(10\times980)^2\ \text{愛格}$$

依能之常住定律知 500 公尺高處之位能必等於落下後 10 秒

時之動能與位能之和，卽

$$\text{位能}(10\text{秒後})=10\times980\times500\times100-\frac{1}{2}10\times(10\times980)^2$$

$$=10\times100\times980(500-\frac{1}{2}980)$$

$$=9800000\text{愛格}=100\text{克米}。$$

類題二　說明功及功率之意義。

有高 100 呎之瀑布，每秒流下之水量為 300 立方呎，求此瀑布，能發生馬力若干？

〔方法〕　300 立方呎之水計 300×62.4 磅

$$\text{工率}=\frac{300\times62.5\times100}{550}=3409\frac{1}{11}\text{馬力}$$

類題三　質量 30 克之石，以每秒 5 米之速度向上直拋，僅能昇高至 35 米。求石運動時受空氣之摩擦而所耗之功為若干。

〔解法〕　石離地時之動能

$$K.E.=\frac{1}{2}30\times5^2\times10^4=3.75\times10^6\text{愛格}$$

石昇至最高點時之能為位能

$$P.E.=30\times980\times35=1.03\times10^6\text{愛格}$$

制勝空氣之摩擦而耗之能為

$$K.E.-P.E.=(3.75-1.03)\times10^6=2.72\times10^6\text{愛格}$$

例題 3. 以 5 馬力之引擎，拖動起重機，每小時能將 50 呎深鑛中之煤運出 53 噸求該起重機之效率。

〔解法〕 $$效率=\frac{完成功}{施入功}=\frac{53\times2240\times50}{550\times5\times60\times60}$$

$$=\frac{23744}{39600}=.5994$$

(答) 該起重機之效率約爲 60%

類題四 以效率 75% 之壓水機，連接於 5 馬力之電動機(卽馬達)，每小時內能抽取 50 呎深之井水若干立方呎（一立方呎之水計 62.4 磅)

(答) $$\frac{5\times550\times60\times60\times75}{50\times62.4\times100}=2379.8\text{ 立方呎}$$

類題五 用機關車拖動 150 噸重之列車，在水平軌道上以每時 25 哩之速度前進。今知軌道之摩擦力每噸計 20 磅。求此機關車之馬力。(1 哩=5280 呎)

〔解法〕 摩擦力共計 $20\times150=3000$ 磅

設該機關車之馬力爲 x，則

$$x\times550\times60\times60=3000\times25\times5280$$

$$\therefore \quad x=200\text{ 馬力}$$

(答) 該機關車有 200 匹馬力。

類題六 鎗彈之速度每秒 200 米時，適能穿過 4 厘米厚

之板，今欲使此彈穿過 12 厘米厚之板，則彈之速度應爲若干？

〔解法〕 設板對於彈之阻力爲 F，則

$$FS=\frac{1}{2}mv^2$$

式中 S 表板之厚度。彈所能穿過板之厚，與其自身之速度之平方成正比。若彈之速度爲 v，能穿過之厚度爲 S；速度爲 v' 時，能穿過之厚度爲 S'，則

$$S:S'::v^2:v'^2$$

故在本題應有 $$v'^2=(200)^2\times\frac{12}{4}=120,000$$

（答）所需之速度約每秒 346.4 米。

類題七 機械利益 (Mechanical advantage) 與機械效率(Efficiency)在性質上，在數值上有何不同處？如每分鐘供給某機械 1600 呎磅之能，但該機械每分鐘僅能作 1200 呎磅之功，求該機械之效率 （江蘇第一次補考）

〔解法〕 機械利益$=\frac{\text{抗力}}{\text{施力}}$；其值常較一爲大。

機械效率$=\frac{\text{完成功}}{\text{施入功}}$；其值常較一爲小。

該機械之效率$=\frac{1200}{1600}=\frac{3}{4}$。

第十一章 熱與能

基本知識

(1)熱之功當量(Mechanical Equivalent of Heat) 相當於一單位熱量之機械"能"稱曰熱之功當量。778 呎磅之功，等於一磅之水昇高華氏一度所需之熱量；或 427 仟克米之功，等於一仟克之水昇高攝氏一度所需之熱量；或 4.2×10^7 愛格之功等於一卡之熱量。

例題 1. 速度每秒 50 米之彈，打着鐵板而全部之動能變成熱能，則生熱幾卡？

〔解法〕 彈之動能 $=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}50\times5000^2$ 愛格

4.2×10^7 愛格之能等於 1 卡之熱

$$\therefore \quad \frac{1}{2}50\times5000^2\div(4.2\times10^7)=2.5 \text{ 卡}$$

類題一 5 公斤(即仟克)重之物體，從高 10 公尺(即米)處自由落下，假定墜地時之動能盡變爲熱，應得熱量若干？

(浙二十一年覆試)

〔解法〕 落地時之動能與 10 公尺高處之位能同值，其量爲 5×10 仟克米

427 仟克米之功等於 1000 卡之熱

∴　$5\times10\times1000\div427=117.1$ 卡

（答）能生 117.1 卡之熱

類題二　從幾何高處自由落地之鉛丸，其所生之熱，全被丸所收受時，則溫度能增高 10°？但鉛之比熱爲 0.031。

〔解法〕　設高度爲 x 厘米，鉛丸之質量爲 m 克，該丸所具之能等於 $m\times980\times x$ 達因。此能盡變爲熱，

則得 $$\frac{m\times980\times x}{4.2\times10^7}\text{卡}$$

$$\frac{m\times980\times x}{4.2\times10^7}=m\times0.031$$

∴ $$x=\frac{0.031\times4.2\times10^7}{980}=1328.6\text{厘米}$$

類題三　零度之冰，從高處自由落入零度之水中，結果冰熔去其質量之$\frac{1}{100}$。假定功作悉變爲熱，則冰原在之高度爲何？

（答）　422 米。

類題四　某瀑布之高爲 50 米，求該瀑布上下水溫之差。

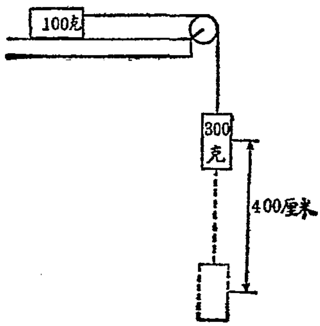
（熱之功當量：　1 卡＝0.427 仟克米）

（答）水溫之差爲 0.12°C

類題五　水平板上，放一 100 克質量之物。此物用繩連結至 300 克質量之下懸物體，繩則經過一滑車。兩物體由靜而動，

測得下懸物體，落下 400 厘米時之速度為每秒 700 厘米，求此運動中由摩擦而生之熱量為若干卡？

〔解法〕 此 300 克質量之物，牽引 100 克之物而落下400 厘米，所失之能為



$$300\times980\times400$$
$$=117.6\times10^6 \text{ 爾格}$$

此時兩物體所具有之動能為

$$\frac{1}{2}(300+100)700^2$$
$$=98\times10^6 \text{ 爾格}$$

由摩擦而失之能，為上述二能之差 $(117.6-98)\times10^6$ 爾格

由摩擦而生之熱為

$$19.6\times10^6\div(4.2\times10^7)=19.6\div42=0.47 \text{ 卡}$$

(答) 生熱 0.47 卡。

類題六 何謂熱之功當量？如以 0°C 之冰塊自高處落至地面，所失之位能完全變為熱能，此熱適能使該冰塊完全熔解。問此冰塊至少應自何種高處落下？(1 卡＝42700 克厘米)

(江蘇第一次補考)。

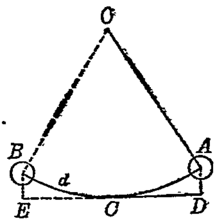
參閱熱之功當量定義　　(答) 34.16 仟米。

第十二章 擺

基本知識

(1)振動 依靜止點(卽平衡點)爲中心,作往復之運動稱曰振動。

(2)擺動時"能"之變換 擺在靜止時,對靜止點 C 而言,既無位能,又無動能。推擺至 A,吾人必作若干之功,其量以擺重與 AD 距離之積計之,施入之功,卽變爲擺在 A 點之位能,此後擺由 A 動至 C 此位能完全消失而變爲擺在 C 處之動能。擺在 C 既具動能,若無空氣之阻擾,則可昇至 B,動能又全變爲位能,而 $BE=AD$ 在 A 點或 B 點處之位能,必與 C 點處之動能完全相等。擺在 BC 二點間 d 處之能,一部分爲位能,一部分爲動能,此二者之和必等於擺在 A 或 B 處之位能,或 C 處之動能。



(3)單擺之公式 擺由靜止點 C 出發,向右動至 A,由 A 過 C 而至 B,再由 B 還至 C,稱曰一次完全振動。每秒鐘內之振動次數稱曰頻率。每一完全振動所需之時間稱曰擺之振動週期(以 T 表之)。

由靜止點 C 至 A 點之距稱曰振幅。OA 稱曰擺長(以 l 表之)。

若擺之振幅甚小時，則有下述之定律：

單擺之週期(1)與擺長之平方根成正比，(2)與重力加速度之平方根成反比，(3)與錘之質量及振幅無關。用公式表之如下

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

例題 1. 某擺之週期爲 2 秒(此擺特稱曰秒擺)，其所在地之重力加速度爲 980 cm/sec^2 求該擺之長度。

〔解法〕 由公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

$$2=2\times3.1416\sqrt{\frac{l}{980}}$$

$$\therefore \quad l=\frac{980\times2^2}{4\times(3.1416)^2}=99.32\text{ 厘米。}$$

類題一 在0°時之擺長爲 1 米，週期爲 2 秒。求 35°時之週期。但知此擺之懸線爲金屬絲，其線脹係數爲 .000018。

〔解法〕 設 0° 時之週期爲 T，擺長爲 l；

35°時之週期爲 T'，擺長爲 l'；

由公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$； $T'=2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}}$

$$\frac{T'}{T}=\sqrt{\frac{l'}{l}} \qquad \therefore \quad T'=T\sqrt{\frac{l'}{l}}$$

即 $T=2\sqrt{\dfrac{l(1+.000018\times35)}{l}}=2\sqrt{1+.000018\times35}$

$=2.0006$ 秒。

類題二 線脹係數 .000012 鐵製之鐘擺，則 10° 時守時正確，若溫度昇至 35°，此鐘每一天走慢幾秒？

〔解法〕 10° 時之週期及擺長為 T, l; 35° 時為 T', l' 則

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}};\qquad T'=2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}}$$

每一秒鐘應走慢

$$\frac{T'-T}{T'}=\frac{\sqrt{l'}-\sqrt{l}}{\sqrt{l'}}$$

一天應走慢

$$\frac{\sqrt{l'}-\sqrt{l}}{\sqrt{l'}}\times24\times60^2$$

$$=\frac{\sqrt{l}\ \{\sqrt{1+.000012(35-10)}-1\}}{\sqrt{l}\sqrt{1+.000012(35-10)}}\times24\times60^2$$

$$=\frac{\sqrt{1+.000012\times25}-1}{\sqrt{1+.000012\times25}}\times24\times60\times60$$

$$=0.00015\times24\times60\times60=13\ 秒。$$

類題三 試依據擺之運動，詳細說明能常住 (Conservation of energy) 原理。但擺之運動不久即行停止，其故安在？

此現象是否與能常住原理矛盾？ （江蘇第一次補考）

〔方法〕 閱本章之(2)節，注意於擺受空氣之阻力而振幅漸小，再注意於摩擦生熱能。

擺之週期與擺長，擺幅，有何關係？假設擺長 80 糎，g 等於 980 秒秒糎，求週期。 （閩省會考）

〔解法〕 擺之週期與擺長之平方根成反比，與擺幅(即振幅)之大小無關。

$$擺長為80糎之週期=2\pi\sqrt{\frac{80}{980}}$$

$$=2\times\frac{22}{7}\times\frac{2}{7}$$

$$=1\frac{39}{49}秒$$

第四篇　聲學

第一章　音波

基本知識

(1)波動　振動狀態，於彈性體內傳播時，發生波動。此種彈性體，稱曰波動之介質(medium)。

介質之各部分之振動與波之進行方向垂直者，此波稱曰橫波。波之最高點曰峯(crest)最低點曰谷(trough)。

介質之各部分之振動與波之進行方向平行者，此波稱曰縱波。在波之進行向上，生相間之密部與疎部。

兩相鄰而同位相之二點間之距離稱曰波長(wave length)。例如在橫波，則以二鄰峯或二鄰谷間之距離卽爲波長；在縱波則以二相鄰之密部，或二相鄰之疎部間之距離爲波長。

(2)波動之公式　以 v 表波之進行速度，T 表週期，l 表波長則

$$v=\frac{l}{T}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

頻率乃單位時間內之振動數，用 n 表之則

$$n=\frac{1}{T}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

$$\therefore\quad v=nl\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

(3)音波之速度　溫度在零時，音在空氣中之速度爲每秒 331 米，每溫度增高 1 度，音速增加 0.6 米。故在 t 度時之音速 v_t 爲

$$v_t=331+0.6\,t\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

(4)音之成因　物體振動成音

(5)樂音與噪聲　物體作有規律之振動，生悅耳之音稱曰樂音；作不規則之振動時，生噪雜之音，稱曰噪聲。

(6)音之要素　音之要素有三，分述如下：

1. 音強　音之強弱與發音體之振幅有關，幅大則強，幅小則弱。音強與離發音體之遠距之平方成反比。

2. 音調　頻率大者生高音，小者生低音。

3. 音色　隨發音體所發生之波形而異。

(7)拍音　設二音頻率之差異不大，當其同時並奏時，則二種音波相互干涉，使結果之音時強時弱稱曰拍音。

1 秒內之拍數等於二音頻率之差。

例題 1. 面前有斷崖，不知其離此若干米，但吹叫笛，則5秒後可回聲，如已知音之速度為340米/秒，求斷崖離此之距離。

〔解法〕 設其距離為S米，音在5秒內所行之路程為$2S$米。由公式 $S=vt$ 則

$$2S=340\times5 \qquad \therefore \quad S=850\text{米。}$$

例題 2. 頻率為225之音叉，在15° 之空氣中所生之音波之波長。

〔解法〕 在15° 之音速為$331+0.6\times15=340$ 米。

由公式 $$v=nl$$

$$\therefore \quad \text{波長}=\frac{340}{225}=1.51\text{米。}$$

類題一 某音叉，在0° 之空氣中所生音波之長為66厘米，求叉之頻率。 (答) 約為501

類題二 音強音調如何區別？音色之生其原因何在？試說明之。 (皖省會考)

類題三 樂音之要素有幾？試分別說明之。(湘省會考)

類題四 何謂縱波與橫波？ (江西二十二年會考)

類題五 試述下列各名詞之定義，(一) 樂音 (Musical sound)，(二)噪聲(Noise)，(三)音強(Intensity)，(四)音調

(Pith),(五)音色(Quality)。　　　　(江蘇第一次會考)

類題六　何謂波動(Wave motion)?何謂縱波(Longitudinal wave)?何謂橫波(Transverse wave)?光波,音波各屬於何種波動?　　　　(江蘇第一次會考)

〔注意〕　光波爲橫波,音波爲縱波。以上各雜題之解答,參閱本章基本知識項之各節。

例題 3.　甲乙丙三音叉,甲叉每秒之振動數爲 250,乙叉每秒之振動數爲 258,如甲丙 2 叉同時發音,則每秒生 3 次昇沈(Beats),乙丙二叉同時發音,則每秒生 5 次昇沈,求丙叉每秒之振動數。(卽頻率)　　　　(浙二十二年會考)

〔解法〕　昇沈次數(卽拍數)旣爲二音頻率之差。今甲丙二叉同時發音之拍數爲 3,則丙叉之頻率爲

$$250+3=253 \quad 或 \quad 250-3=247$$

但乙丙二叉同時發音,則拍數爲 5,推知丙叉之頻率爲

$$258+5=263 \quad 或 \quad 258-5=253$$

綜合上列二情形可決定丙叉之頻率爲 253。

類題七　甲乙丙三音叉。甲之頻率爲 470,乙之頻率爲 477。甲乙二音之拍數爲 3,乙丙二音之拍數爲 4,求丙叉之頻率　　　　(答)丙音叉之頻率爲 473。

類題八　在見火車汽笛噴出之蒸汽後2.6秒始聞其聲,假

定當時音速爲每秒 340 米，求火車汽笛離人若干遠?

（蘇省第一次補考）

〔解法〕 假定光速絕大，在普通行程中，需時可以忽視。

由公式 $S=vt$

S=汽笛離人之遠距， $v=340$ 米/秒

$t=2.6$ 秒

$\therefore$ $S=340\times2.6=884$ 米。

第二章　發音體

基本知識

(1)弦振動　以 l (厘米)表振動部分之長，m(克)表弦之單位長之質量，T 表弦之張力(達因)，則弦振動時之頻率 n 爲

$$n=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}\cdots\cdots(1)$$

若弦之密度爲 d，半徑爲 r 則

$$n=\frac{1}{2rl}\sqrt{\frac{T}{d\pi}}\cdots\cdots(2)$$

(2)聲管

(甲)開管　設開管之長爲 l，所生之基音之頻率 n 與音速 v 之關係如下

$$n=\frac{v}{2l}\cdots\cdots(3)$$

第一，二，三等之倍音之頻率爲 $2n$，$3n$，$4n$ 等。

(乙)閉管　設管長爲 l，其基音之頻率爲 n，與音速 v 之關係如下

$$n=\frac{v}{4l}\cdots\cdots(4)$$

第一，二，三等之倍音之頻率爲 $3n$，$5n$，$7n$ 等。

例題 1. 弦長爲 33 厘米，全質量爲 0.125 克，此弦所生之音之頻率爲 435 時，求該弦之張力。

〔解法〕 由公式 $n=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$

$$T=4n^2l^2m=4n^2(lm)l$$

今 $lm=0.125$ ∴ $T=4\times435^2\times33\times0.125$ 達因

1 仟克 $=980\times1000$ 達因

故該弦之張力 $=\frac{4\times435^2\times33\times0.125}{980\times1000}=3.186$ 仟克之力

類題一 有同質之弦二根，其直徑各爲 0.6 毫米及 0.4 毫米。求此二弦受同強之張力，發生同高之音時之長度之比。

〔方法〕 應用公式(2)　　(答) 2 : 3

例題 2. 有 50 公分長之開管及閉管，問其原音(卽基音)之振動數(卽頻率)各爲若干(假定空氣之溫度爲 0°)

(浙二十一年度會考)

〔解法〕 在開管應有 $n=\frac{v}{2l}=\frac{33100}{2\times50}=331$

在閉管應有 $n=\frac{v}{4l}=\frac{33100}{4\times50}=165.5$

(答) 開管之基音頻率爲 331

閉管之基音頻率爲 165.5。

類題二　長 100 厘米之開管所發之基音及倍音之頻率。但音在空氣中之速度爲每秒 340 米。

(答) 基音之頻率爲 170

倍音之頻率爲 2×170, 3×170 等。

類題三　長 40 厘米之開管，與音叉同時並鳴，所生之拍數爲 5。求音叉之頻率。但音在空氣中之速度爲每秒 340 米。

〔方法〕先算得開管基音之頻率 n。

則音叉之頻率爲　$n\pm5$　　　　(答) 420 或 430

類題四　何謂共鳴(Resonance)? 何謂干涉(Interference)? 某音叉之振數爲 512，置於有底之空氣柱前，而發生共鳴時，此空氣柱之長爲 15 厘米，求彼時之音速　(蘇省第一次補考)。

〔解法〕　兩音波之密部與密部相遇，疎部與疎部相遇時，質點之振幅增大，音強亦增，此現象稱曰共鳴。此音波之密部與彼音波之疎部相遇，則質點之振幅大減，音強減小 (有時爲零) 此現象稱曰干涉。

閉管共鳴時之最小長度爲波長之$\frac{1}{4}$(閱閉管之公式)，故音波之波長 l 爲

$$l=4\times15=60\ \text{厘米}$$

再由公式　$v=nl=512\times60=307.2$ 米/秒。

第五篇　光學

第一章　照度及照光本領

(Illumination and Illuminating Power)

基本知識

(1)照度　一個單位面於單位時間內所受之光量稱曰照度。

如以點狀光源爲球心，以 a, b 爲半徑之兩球面，其照度各爲 A, B。此二球面所受之光之總量應相等，則

$$A\times 4\pi a^2=B\times 4\pi b^2$$

$$\therefore \quad A:B=b^2:a^2 \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

故與光線成直角之物面，其照度與離光源之距離之平方成反比。

(2)光源之照光本領(簡曰光度)　光源之光垂射於單位遠距之物面上所生之照度，用以計光源之照光本領(即光度)。

故光度者乃光源自身之放光量。

茲以 I 表光源之光度（以國際標準燭光計之），d 表光源至垂射面之距離(通常以呎或米計之),S 表物面之照度（以呎燭或米燭計之)。則

$$S=\frac{I}{d^2}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

例題 1. 1 燭光之光源，其光線垂射於距離一米遠處之面上而所生之照度稱曰 1 米燭。茲有 10 燭光之光源，能使二米遠處之面所得之照度爲若干米燭。

〔解法〕 由公式(2)

$$S=\frac{10}{2^2}=2.5\text{ 米燭。}$$

類題一 以 50 燭光之燈，正射於 5 呎遠之物面上。求其照度爲若干呎燭 （答）2 呎燭。

類題二 閱書時之適宜照度爲 3 呎燭，若用 75 燭光之燈。問燈離書面之適宜遠距。 （答）5 呎

類題三 某一點自 50 厘米遠處之燈所得來之照度適等於由 2 米遠之 16 燭光之電燈及 3 米遠處之 18 燭光同時照耀所得之照度相同，求此燈之光度。 （答）1.5 燭光。

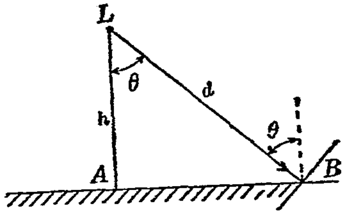
類題四 地球上之某點，受日光而得之照度和受 1 呎遠處之 5500 燭光之照度同；受月光而得之照度，與受 10.5 呎遠

處之1燭光之照度同。求某點受日與月之照度之比。

（答）606375：1。

類題五　桌上懸一電燈，試證桌面各點所得之照度與離光源遠距之立方成反比。

〔證〕燈 L 至桌面之鉛垂距離爲 h。桌上任意點 B 至燈 L 之距離爲 d。$\overline{LB}$ 與桌面之法線間之夾角爲 θ。設過 B 點有一面與光線 LB 成直角，



其照度爲 $k\frac{1}{d^2}$。此面之每單位面上之光量投射於桌面而占有之面積爲 $\frac{1}{\cos\theta}$。故桌面上之照度爲 $k\frac{\cos\theta}{d^2}$，但 $\cos\theta=\frac{h}{d}$

$$\therefore\ \text{桌上}B\text{點之照度}=k\frac{1}{d^2}\times\frac{h}{d}=kh\frac{1}{d^3}$$

故桌面上任意點之照度，與離光源之遠距之立方成反比。

類題六　兩電燈，一爲90支燭光，一爲10支燭光，在二燈間相連之直線上置一紙屏，問應置於何處，則紙屏所受兩燈之照度相等？　（蘇省第一次會考）

（答）$\frac{\text{屏離90支燭光之燈}}{\text{屏離10支燭光之燈}}=\frac{3}{1}$。

類題七 設有二光源，一爲30燭光，一爲5燭光，相距2公尺，須將本生光度計紙片上之油點置於二光源間之何處，方能使兩方之亮度（即照度）相等？ （浙二十二年會考）

（答） 油點離30燭光之光源爲1.42米。

第二章 光之反射

基本知識

(1)名稱 光線 IO 由甲介質入乙介質時，在其境界面 AB 分成二途，一為 OL 仍反射入甲介質，一為 OR 折射入乙介質。由 O 點引境界面之垂線 NON' 其各部之名稱如下。

IO……………… 入射光線

OL……………… 反射光線

OR……………… 折射光線

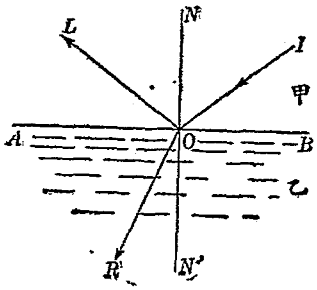
O……………… 入射點

NON'……………… 法線

$\angle ION$………… 入射角

$\angle NOL$………… 反射角

$\angle NOR$………… 折射角

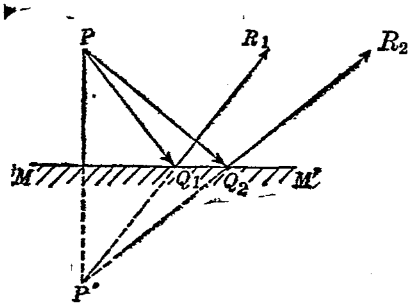


(2)反射定律

(a)反射光線，入射光線及入射點處之法線必在同一平面內。

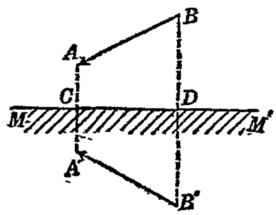
(b)無論入射角之大小何如，入射角常等於反射角。

(3)平面鏡內之像 光點 P 置於平面鏡 MM' 之前。由 P 點發射之光線 PQ_1，PQ_2 等投於鏡面，被反射後變為 Q_1R_1 及



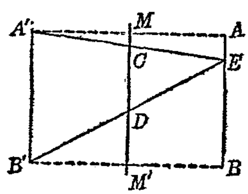
Q_2R_2。此等反射光線宛如從其延線之交點 P' 而來。此 P' 點稱曰 P 點之像。由反射定律推知此光點 P 與像 P' 對稱於鏡面 MM'。

同理物體 AB 置於鏡前，對鏡之對稱位置生成一像。像之大小與物相等，左右之位置相反；且像與物離鏡面之距離相等。



如用作圖法求 AB 物體之像之位置。法由物體之 A 點引垂線 AC 至鏡面並延長至 A'，使延長部分 CA' 等於垂線之長 AC。此 A' 即爲 A 點之像。同法可求物體 B 點之像在 B'。連結 A'，B' 所得之直線 $\overline{A'B'}$ 即代表該物之像之位置。

例題 1. 人立於直立之平面鏡前，欲自窺全像時，鏡之長度至少爲身長幾分之幾。



〔解法〕 人之高度爲 AB，立於 MM' 鏡前，對鏡之對稱位置生成一像 $A'B'$。設人目之位置在 E，連結

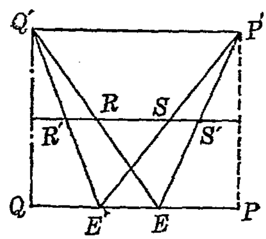
EA' 及 EB'，與鏡面分別交於 C 及 D 點。今人欲自窺全像則鏡長至少爲 CD。

$$\text{但}\qquad CD=\frac{1}{2}A'B'=\frac{1}{2}AB$$

故鏡長至少爲身長之二分之一。

例題 2. 由前題人欲自觀身之全幅，則鏡之闊度至少爲何？

〔解法〕 以 PQ 表身幅之最闊部分，E', E 表兩目之位置。用右眼觀像，鏡闊爲 RS'；用左眼觀像，則鏡闊爲 $R'S$。用雙眼觀像，則鏡闊之最小限度爲 RS



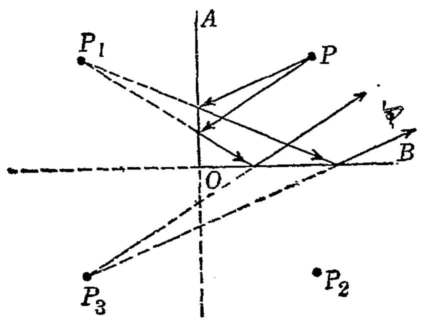
$$RS=RS'-SS'$$
$$=\frac{1}{2}PQ-\frac{1}{2}EE'$$
$$=\frac{1}{2}\text{身幅之最闊部分}-\text{兩眼之距離}。$$

類題一 如射於平面鏡上之光線，與鏡面成 30° 之角。求入射光線與反射光線間之夾角。 (答) 120°。

類題二 設上題之鏡旋轉一度，使入射光線與鏡面成 31° 之角，問反射光線轉動若干度？ (答) 2 度。

類題三 互成直角之二平面鏡，在其角內置一物體，求所生之像有幾。

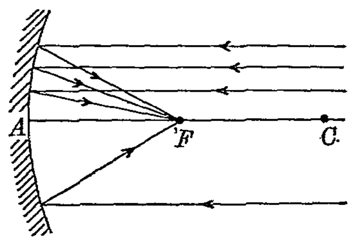
〔解法〕 設平面鏡 OA 之反射面在右側，OB 之反射面在上側。$\angle AOB=90°$，在此角內有一光點 P 時，對於 OA 之對稱點 P_1 處有一像，又對於 OB 之對稱點 P_2 處有一像。此外另有第三像在 P_3，其位置由 OA 鏡觀之，則爲 P_2 對於 OA 之對稱點；由 OB 鏡觀之，則爲 P_1 對於 OB 之對稱點。圖中所示，乃望進 OB 鏡而得 P_1 之像在 P_3 之情況。

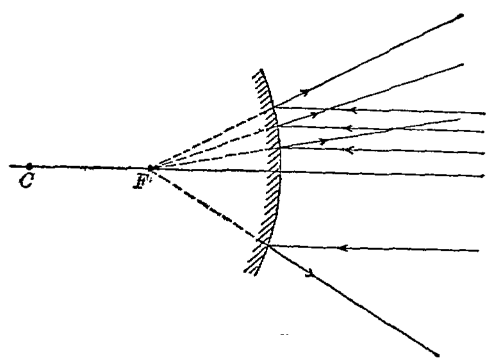


第三章　球面鏡

基本知識

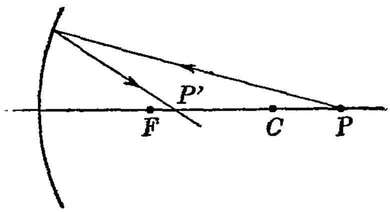
(1)球面鏡　取球面之一部分作爲反射而稱曰球面鏡。鏡面外凸者曰凸鏡，內凹者曰凹鏡。球心 C 與鏡面之中點 A 之連線 CA 稱曰主軸。平行光線依主軸之向投於凹面鏡，反射後會集於一點 F，此點曰實主焦點；平行光線依主軸方向投於凸面鏡，反射光線宛如從鏡後之 F 點而來，此點曰虛主焦點。焦點至鏡面之距離曰焦距。如以 f 表焦距，R 表球之半徑





則
$$f=\frac{R}{2}\quad\cdots\cdots(1)$$

(2)凹面鏡　如有光點 P，置於凹鏡之主軸上，由 P 發射



之光，投於鏡面，反射後能會集於 P' 點，此 P' 卽爲 P 之像。玆以 a 表物與鏡間之距離，b 表像與鏡間之距離，則有下列之公式

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{2}{R}\quad\cdots\cdots(2)$$

由公式(1)則

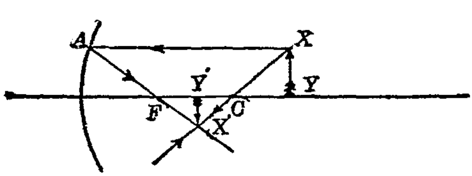
$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}\quad\cdots\cdots(3)$$

由此公式推知球面之曲率有定時，a 與 b 之距離亦有定值，物置於 P 點，則像成於 P' 點，物置於 P' 點則像成於 P 點。此 P, P' 二點稱曰共軛點。若物體置於焦點上，由物體投於鏡面之光經反射後變爲平行光線。

(3)用作圖法求像　由凹面鏡所生之像，可用作圖法求之如下：

(1) 由物體之某點引出光線與主軸平行，反射後必過焦點 F。(2)再由該點引一光線通過球心，反射後逆向折回。此二反射光線之交點，

圖 a



即某點之像之所在位置。作圖時可照下法按次行之。

(1) 物體垂立於主軸，由其頂點 X 引一線與主軸平行而交於鏡面 A 點。(2) 連 A 與 F 作一直線。(3) 連 X 與球心 C 作一直線。(4) 求得 AF 與 XC 之交點 X'。(5) 由 X' 點作一垂線 $X'Y'$ 至主軸。此 $X'Y'$ 即代表物像之大小及位置。設以 l 與 l' 表物與像

圖 b

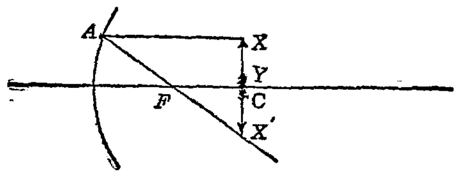


圖 c

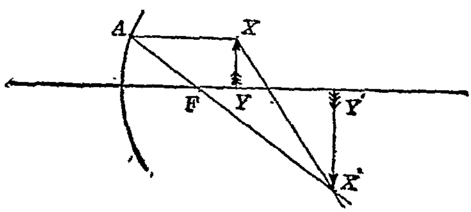


圖 d

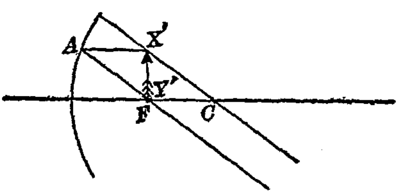
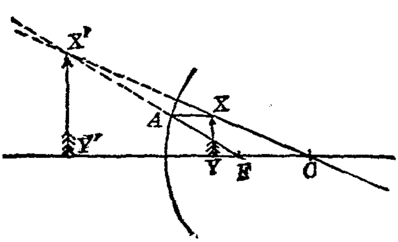


圖 e



之大小則

$$\frac{l'}{l}=\frac{b}{a}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

茲列表前頁五圖所示物與像之位置.大小,及像之性質如下:

物體之位置	像之位置	像較物之大小	像形	像之種類	備考
$a=\infty$ 在無窮遠處	$b=\frac{R}{2}$或f 在焦點	一點	—	實像	
$\infty>a>R$ 在球心之外側	$R>b$ f 在球心與焦點間	小	倒立	實像	圖 a
$a=R$ 在球心	$b=R$ 在球心	等	倒立	實像	圖 b
$R>a>f$ 在球心與焦點之間	$b>r$ 在球心之外側	大	倒立	實像	圖 c
$a=f$ 在焦點	$d=\infty$ 在無窮遠處	—	—	—	圖 d
$a<f$ 在焦點之內側	$b<o$ 在鏡後	—	直立	虛像	圖 e

(4)凸面鏡　凹面鏡之公式亦適用於凸鏡,但以其焦點爲虛,故f爲負值,祇能成虛像,故b值爲負,其公式如下:

$$\frac{1}{a}-\frac{1}{b}=-\frac{1}{f}\quad 或\quad \frac{1}{b}-\frac{1}{a}=\frac{1}{f}\cdots\cdots(5)$$

像之作圖求法亦與凹鏡之情形同，不問物體置於鏡前之何處，只能在鏡後得直立之虛像其形較原物爲小。

例題 1. 以物體置於凹面鏡前 7 尺之處，其所生之像在鏡前 3 尺，求鏡之焦點距離　　　（上海二十三年會考）

〔解法〕 所生之像既在凹面鏡前，故爲實像，由公式 3

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

$a=7$ 尺　　　$b=3$ 尺　　　$f=x$ 尺

$$\frac{1}{7}+\frac{1}{3}=\frac{1}{x} \qquad \therefore x=2.1 \text{ 尺}$$

類題一 有半徑 40 公分(卽厘米)之球面凹鏡，若距鏡心 25 公分之鏡軸上(卽主軸上)置一物體，問像之距離如何？

〔方法〕 已知半徑爲 40 公分，則鏡之焦距爲 20 公分。$a=25$ 公分，$b=x$ 公分，用公式(3)求 x 之值。

(答) b 爲一百公分。

類題二 20 公分長之物體，置於凹鏡之前 200 公分處，若凹鏡之焦距爲 50 公分。則像之性質，位置，大小如何

〔解法〕 由公式(3)

$$\frac{1}{200}+\frac{1}{b}=\frac{1}{50} \qquad \therefore b\fallingdotseq 66.6 \text{ 公分}$$

故像離鏡約 66.6 公分，因 $\infty>a>R$，由本章之表可知

像爲實而倒置。

再由公式(4) $\frac{l'}{l}=\frac{b}{a}$

$$a=200,\quad b=66.6,\quad l=20,\quad l'=x\text{ 公分}$$

$$\therefore\frac{x}{20}=\frac{66.6}{200}\qquad x=6.66\text{ 公分}$$

故像長爲 6.66 公分。

類題三 長一厘米之燭火，直立置於凹鏡前 36 厘米處，或 15 厘米處，設鏡之焦距爲 30 厘米，求像之大小，位置及性質。

〔注意〕 在第二情形，可得虛像，故 b 値爲負。

(答) 在鏡之前方 180 厘米處，生實像，長爲 5 厘米。

在鏡之後方 30 厘米處，生虛像，長爲 2 厘米。

類題四 離壁 8 呎處置一燭火，用如何焦距之凹面鏡，置於何處，方能使壁上生一 3 倍長之實像。

〔解法〕 設鏡之焦距爲 f 呎，離壁爲 x 呎，已知燭離壁爲 8 呎，則燭離鏡爲 $x-8$。即

$$a=x-8\qquad b=x$$

又知 $\frac{l'}{l}=\frac{3}{1}=\frac{b}{a}$ 解之得 $x=12$ 呎

而 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$ 即 $\frac{1}{x-8}+\frac{1}{x}=\frac{1}{f}$

$$\frac{1}{4}+\frac{1}{12}=\frac{1}{f} \qquad \therefore f=3\text{ 呎}$$

(答) 鏡離壁 12 呎,其焦距為 3 呎。

類題五　凹面鏡之焦距為 f。物與像離主焦點之距離各為 p 與 q,試證 $pq=f^2$。

〔方法〕 若物置於焦點之外側,應用公式

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f} \qquad \text{式中 } a=p+f,\ b=q+f。$$

若物置於焦點之內側,應用公式

$$\frac{1}{a}-\frac{1}{b}=\frac{1}{f} \qquad \text{式中 } a=f-p,\ b=q-f。$$

類題六　一凹面鏡之曲率半徑為 3 尺,如須得放大 3 倍之像則物體應置何處?又其為實抑為虛? (蘇省第二次會考)

(答)物置於鏡前 4 尺處,則在同側 12 尺處生三倍大之實像。物置於鏡前 2 尺處,則在鏡後生三倍大之虛像。

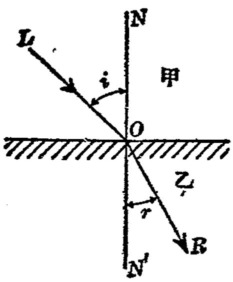
第四章 光之折射(Refraction)

基本知識

(1)折射定律　光線由甲介質進入乙介質中，則在兩介質之境界面起屈折。此折射之光線與境界面之法線間之角曰折射角。由實驗結果知

(a)折射光線，入射光線，和法線在同一平面內。

(b)不問入射角之大小如何，入射角之正弦與折射角之正弦之比有定值。即



$$\frac{\sin i}{\sin r}=n \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

此定值n稱曰乙介質對於甲介質之折射率。

若光線由甲介質進入乙介質時其入射角大於折射角，則稱甲介質曰光學的疎介質，乙介質曰光學的密介質。光線由疎介質進入密介質，則向法線屈折，反之光線由密介質逆行入疎介質，則離法線而屈折。當光線由乙介質逆行入甲介質時，甲對乙之折射率適爲乙對甲之折射率之逆數。

(2)全反射　光線由密介質進入疎介質時旣離法線屈折，當折射角有 90° 時之入射角稱曰臨界角，以後入射角再行

增加而大於臨界角，則折射角必大於 90°，此時折射光線不能透出境界面，故只有反射而無折射現象，稱曰全反射。

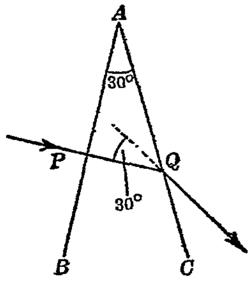
設某介質對於空氣之折射率爲 n，光由某介質進入空氣時之臨界角爲 i，則

$$\frac{\sin i}{\sin 90°}=\frac{1}{n}$$

$$\therefore\quad \sin i=\frac{1}{n}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

對於空氣臨界角，在水爲 48.5°，在玻璃爲 41.5°。

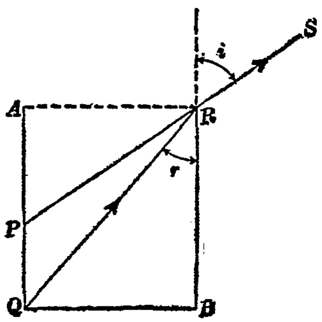
例題 1. 有玻璃三棱鏡 ABC，其 A 角爲 30°。光線由 AB 面成直角而進入棱鏡，由 AC 面透入空氣中，測得透出光線與投射光線間之夾角爲 30°，求玻璃之折率。



〔解法〕 由圖知 $\angle PQA=90°-30°=60°$，在 AC 面上之入射角 $=90°-60°=30°$，已知入射光線與折射光線間之角爲30°，故折射光線之延線必二等分 $\angle PQA$。即折射光線與 AC 間之角爲 30°，推知折射角爲 60°。玻璃之折射率爲

$$n=\frac{\sin 60°}{\sin 30°}=\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}}=\sqrt{3}=1.73。$$

類題一 設有圓柱形筒，高 4 寸，底直徑爲 3 寸。人目在筒側之某點下望入筒，所見之側面之深處爲 2.25 寸，若將此筒滿盛以水，則能見側面之最低點。求水之折射率。



〔解法〕 筒未盛水，眼之位置在 S 時能見之側面之深爲 $AP=2.25$ 寸。筒盛以水，則能見筒側之最低點 Q，光由水進入空中之路徑爲 QRS。則

$$i=\angle APR;\quad r=\angle QRB$$

玻璃之折射率 $n=\dfrac{\sin i}{\sin r}$

但 $$\sin i=\frac{AR}{PR}=\frac{3}{\sqrt{3^2+2.25^2}}$$

$$=\frac{3}{\sqrt{14.0625}}=\frac{3}{3.75}$$

$$\sin r=\frac{3}{\sqrt{3^2+4^2}}=\frac{3}{5}$$

$$\therefore\ n=\frac{\dfrac{3}{3.75}}{\dfrac{3}{5}}=\frac{5}{3.75}=\frac{4}{3}。$$

類題二 光由甲介質進入乙介質時，其入射角為 60°，折射角為 30°，求乙對甲之折射率及甲對乙之折射率。

〔方法〕 乙對甲之折射率 $n=\dfrac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}=\sqrt{3}$

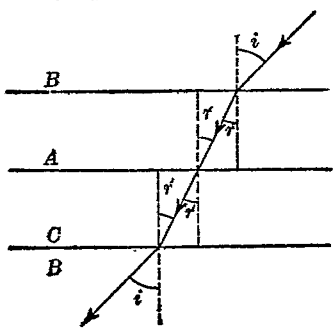
甲對乙之折射率 $n'=\dfrac{1}{n}=\dfrac{1}{\sqrt{3}}$

類題三 某物對空氣之臨界角為 45°，求該物對空氣之折射率

〔方法〕 $n=\dfrac{\sin 90^\circ}{\sin 45^\circ}=\sqrt{2}$

例題 2. 由實驗而知兩種異質之厚板，設各板之兩面均為平行，當疊置時，光線經過此疊置之二板，其射入光線與透出光線相互平行。今光線由 A 入 C 之折射率 ${}_an_c$ 等於由 A 入 B 與由 B 入 C 之折射率 ${}_an_b$ 與 ${}_bn_c$ 之乘積。試證之

〔證法〕



由圖知 $${}_an_c=\frac{\sin r'}{\sin r'},$$

$${}_an_b=\frac{\sin r}{\sin i}$$

$${}_bn_c=\frac{\sin i}{\sin r'},$$

$$\therefore\quad {}_an_c={}_an_b\times{}_bn_c$$

類題四 水對空氣之折射率爲 4/3，玻璃對空氣之折射率爲 3/2。求光由玻璃進入水之折射率。

〔解法〕 由上題之結果知

$${}_{玻}n_{水} = {}_{玻}n_{空} \times {}_{空}n_{水}$$

已知 ${}_{空}n_{水} = \dfrac{4}{3}$; ${}_{空}n_{玻} = \dfrac{3}{2}$

即 ${}_{玻}n_{空} = \dfrac{1}{\frac{3}{2}} = \dfrac{2}{3}$

$$\therefore \quad {}_{玻}n_{水} = \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} = \frac{8}{9}$$

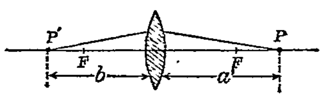
第五章 透鏡

(1)透鏡 透明體之由兩個球面,或一球面及一平面所圍成者曰透鏡。中厚緣薄者曰會聚透鏡 (Convergent lens),中薄緣厚者曰發散透鏡(Divergent lens)。雙凸透鏡爲最普通之會聚透鏡,雙凹透鏡爲最普通之發散透鏡。過兩球面之球心之直線稱曰透鏡之軸。

(2)會聚透鏡 平行光線依軸之方向透過透鏡,能會聚於軸上之一點,此點曰焦點,由焦點至透鏡之距離曰焦距。以 R 及 R' 表二球面之半徑,n 表組成透鏡物質之折光率,則其焦距爲

$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

如以光點 P 置於軸上,由此發射之光線經過透鏡後會聚於此軸上之 P' 點,此 P' 點即爲 P 之像。物與像離透鏡之距離各爲 a 與 b,則有下列之公式



$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

由公式(2)考之,透鏡之焦距既有定值,物離透鏡之距爲 a,則像成於他側,其離透鏡之距爲 b;若物離透鏡之距爲 b,則

像離透鏡之距為 a。此與凹面鏡之成像情形相似。若物至於焦點上，由物射出之光線，經過透鏡後，變成與軸平行之光線。

(3)作圖求像法　用作圖法求像時，須注意下列二點。

(a)通過透鏡中心之光線，其方向不變。

(b)與軸平行之光線經過透鏡後，必通過焦點。

作圖法如下：(1)由物體 XY 上之一點 X，引一直線 XA，與軸平行。將此 A 點與透鏡他側之焦點 F 連成直線 AF。(3)過 X 與透鏡之中心 C 作一直線 XC，此直線與 AF 交於 X' 點。此 X' 點即為 X 之像。(4)由 X' 作一垂線 $X'Y'$ 至軸上，此 $X'Y'$ 即為 XY 之像。由圖知 $\triangle CX'Y'$ 與 $\triangle CXY$ 相似物與像之大小之比(即 $X'Y':XY=l':l$)為

$$\frac{l'}{l}=\frac{b}{a}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

圖 a

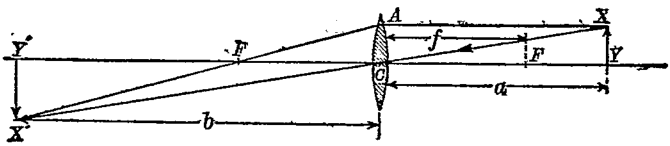


圖 b

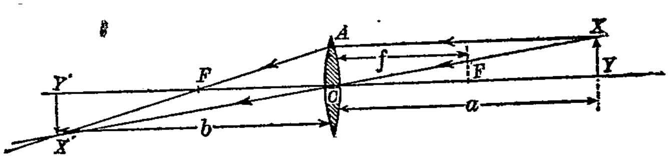


圖 c

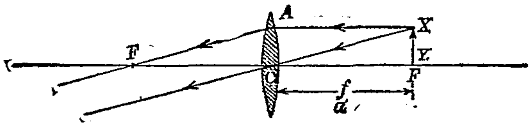
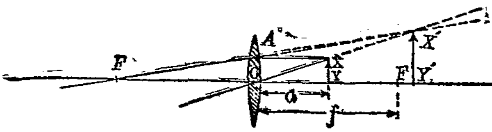


圖 d



物體在軸上位置改變時，像之位置，大小及性質，亦作種種之變易，茲列表如下：

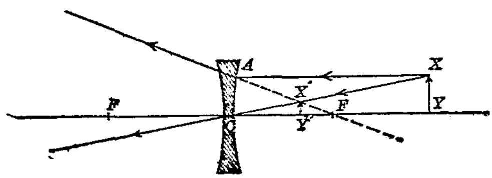
物之位置	像之位置	像之大小	像形	像之種類	備考
$a=\infty$ 在無窮遠處	$b=f$ 在焦點	成一點	—	實像	
$\infty>a>2f$ 在二倍焦距外	$2f>b>f$ 焦點之外側	小	倒立	實像	圖 a
$a=2f$ 在二倍焦距上	$b=2f$ 在二倍焦距上	等	倒立	實像	圖 b
$2f>a>\infty$ 在二倍焦距之內側	$\infty>b>2f$ 在二倍焦距之外側	大	倒立	實像	
$a=f$ 在焦點上	$b=\infty$ 在無窮遠處	—	—	—	圖 c
$a<f$ 在焦點之內側	$b<0$ 在物體之同側	大	直立	虛像	圖 d

由上表觀之，會聚透鏡(亦稱凸透鏡)之成像與凹面鏡之成像實相類似。

(4)發散透鏡(亦稱凹透鏡)　發散透鏡之公式爲

$$\frac{1}{a}-\frac{1}{b}=-\frac{1}{f} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

此公式實與會聚透鏡之公式相當，因發散透鏡之焦點爲虛故 f 取負值，因所成者爲虛像，物與像在透鏡之同側故 b 取負值。



不問物體置於發散透鏡之軸之何處，只能在其同側得直立之虛像。

例題 1.　設雙凸透鏡之焦點距離爲 30 厘米，置物體於距透鏡中心 80 厘米處，求像與透鏡間之距離。　(漢口會考)

〔解法〕　由公式　$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$

今　$f=30$ 厘米，　$a=80$ 厘米　$b=x$ 厘米。

$$\frac{1}{80}+\frac{1}{x}=\frac{1}{30}$$

解之得　　　　$x=48$ 厘米

(答)　像距透鏡 48 厘米。

類題一 將長五呎之物置於焦點距離為六吋之凸透鏡前五呎處，求像距鏡之距離及其大小，又其像為虛抑為實？

(湘省會考)

〔解法〕 5 呎$=5\times12$ 吋$=60$ 吋

今 $a=60$ 吋， $b=x$ 吋， $f=6$

$$\therefore \quad \frac{1}{60}+\frac{1}{x}=\frac{1}{6} \qquad \therefore \quad x=\frac{20}{3}\text{吋}$$

再由公式 $$\frac{l'}{l}=\frac{b}{a}$$

今 $l'=?$， $l=60$吋， $b=\frac{20}{3}$吋， $a=60$吋，

$$\therefore \quad l'=\frac{\frac{20}{3}}{60}\times60=\frac{20}{3}=6.66\text{ 吋}$$

(答)此像為實像，長計 6.66 吋，離透鏡 6.66 吋。

類題二 20 公分之物體，置於凸透鏡前之 200 公分處。若凸透鏡之焦點距離為 50 公分，則像之位置大小如何？

(浙省二十一年會考)

〔答案〕 此題之解與凹面鏡之類題(二)同。但在凹面鏡則物與像在同側，在凸透鏡則物像分列於透鏡之兩側。由此更明凸透鏡與凹面鏡之成像作用相類似。

(答)物體離透鏡 $66\frac{2}{3}$公分， 共長為 $6\frac{2}{3}$公分。

例題 2. 雙凸透鏡之二球面之曲率半徑各爲 5 厘米，8 厘米，折射率爲 1.5，求此透鏡之焦距。

〔解法〕由公式 $\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)$

今 $R=5,\qquad R'=8,\qquad n=1.5$

故 $\frac{1}{f}=(1.5-1)\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{8}\right)=0.5\times\left(\frac{13}{40}\right)$

$$\therefore\quad f=\frac{80}{13}=6.2\text{ 厘米。}$$

類題三 以折射率 1.58 之玻璃製成平凸透鏡，半面之半徑爲 23 糎(平面之半徑爲無窮大)，求其焦距。

〔注意〕 可假定$\infty=\frac{1}{0}$，$\frac{1}{\infty}=0$，（答） 39.7 厘米。

類題四 凸透鏡之焦距爲 3 尺，如須得 (a) 放大 3 倍之實像，(b) 放大三倍之虛像，則物體應置何處?

〔解法〕 設物離鏡爲 x 尺，生三倍大之實像，則像在他側離鏡之距爲 $3x$ 尺；生三倍大之虛像，則像在同側離鏡之距爲 $3x$ 尺(取負值)

生實像時： $\frac{1}{x}+\frac{1}{3x}=\frac{1}{3}\qquad\therefore\quad x=4$ 尺

生虛像時； $\frac{1}{x}-\frac{1}{3x}=\frac{1}{3}\qquad\therefore\quad x=2$ 尺

（答） 物置於透鏡前 4 尺，則在他側 12 尺處，生三倍大

之倒立之實像。物置於鏡前 2 尺，則在同側 6 尺處，生三倍大之直立之虛像。

類題五　焦距 20 厘米之凸透鏡，軸上 25 厘米處置一物體，則像生於何處？物置於 15 厘米處，則像生於何處？並說明像之爲實抑爲虛。

〔注意〕此題用公式 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$ 解之，若 b 值爲正，則在他側得倒立之實像，若 b 值爲負，則在同側生直立之虛像。

類題六　焦距 25 厘米之凹透鏡，所成之虛像爲實物之 $\frac{1}{3}$ 大小，求物體離鏡之距離。

〔解法〕　$\frac{a}{b}=\frac{3}{1}$　$\therefore\ b=\frac{a}{3}$

因焦點爲虛，f 即負值，所成之像爲虛，故 b 取負值，由公式

$$\frac{1}{a}-\frac{1}{b}=-\frac{1}{f}$$

即

$$\frac{1}{a}-\frac{3}{a}=-\frac{1}{25}\qquad\therefore\ a=50\ 厘米$$

第六章　光學器械

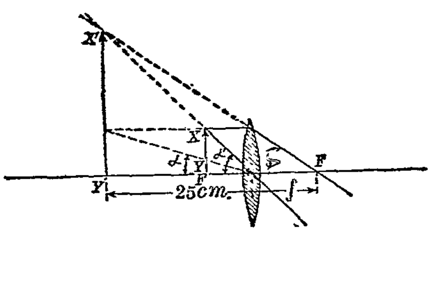
基本知識

(1)明視距離　物體離目較近，成於網膜上之像形較大，故能明察無遺，然物體離目過近，則雖有眼之調節作用，亦不能成像於網膜，故明察甚難。健全之目，觀察離目 25 厘米處之物體最爲明確，故稱眼之明視距離爲 25 厘米。

(2)遠視眼　眼之水晶體過於扁平，或眼底較淺，則近物之像，常成於網膜之後，此目適於觀察遠物，不能明察近物，故稱遠視眼。常戴凸透鏡以補救之。

(3)近視眼　水晶體之曲率過大，或眼底較深，則遠物之像，常成於網膜之前，此目適於明察近物，不能觀察遠物，故稱近視明。常戴凹透鏡以補救之。

(4)擴大鏡及顯微鏡　擴大鏡由一個或數個凸透鏡組合而成。物體置於焦點及透鏡之間，使在明視距離處生一虛像。



擴大像之視角 α'，與物體置於明視距離處時之視角 α 之比值稱曰該擴大鏡之倍率。

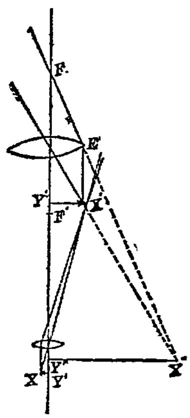
設擴大鏡之焦距爲f，物置於離鏡a處，則成像於明視距離(25厘米)處，由公式

$$\frac{1}{a}-\frac{1}{25}=\frac{1}{f} \qquad \therefore \quad a=\frac{25f}{25+f}$$

$$\text{倍率}=\frac{\angle a'}{\angle a}=\frac{25}{a}=\frac{25+f}{25f}\times 25=\frac{25}{f}+1$$

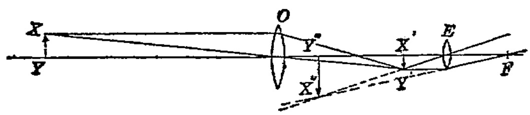
$$\therefore \quad \text{擴大鏡之倍率}=\frac{25}{f}+1 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

顯微鏡爲複式之擴大鏡，由二組透鏡組成，接近物體之一組透鏡曰接物鏡，接近目之一組透鏡曰接目鏡。接物鏡之焦距F甚短，接目鏡之焦距f較長。物體XY置於接物鏡之焦點外側，在接目鏡之焦點內側生一實像$X'Y'$，此實像由接目鏡而得最後之擴大虛像$X''Y''$。設二組透鏡間之距離爲L，則其擴大倍率爲



$$\frac{25L}{F\times f} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

(5)望遠鏡　望遠鏡與顯微鏡之組成相似，惟其接物鏡



之焦距甚長，遠物之實像，成於其焦點處，此實像再用焦距較小之接目鏡擴大之。

圖示遠物 XY 之像，$X'Y'$ 在 E 透鏡之焦點之內側，由 E 擴大而得虛像 $X''Y''$。

設接物鏡之焦距爲 F，接目鏡之焦距爲 f。

其擴大倍率 $=F/f$……………………………………(3)

例題 1. 擴大鏡之焦距爲 2 厘米，求其擴大倍率，若使用此鏡之人，其目之明視距離爲 15 厘米，則使用此鏡所得之擴大倍率爲何。

〔解法〕 健全之目之明視距離爲 25 厘米，該鏡之擴大倍率可用公式(1)計算之

$$擴大倍率=\frac{25}{f}+1=\frac{25}{2}+1=13.5$$

若目之明視距離爲 15 厘米，此虛像離鏡應爲 15 厘米，物離鏡之距爲 a 厘米，則

$$\frac{1}{a}-\frac{1}{15}=\frac{1}{f} \qquad \therefore \quad a=\frac{15f}{15+f}$$

$$倍率=\frac{15}{a}=\frac{15+f}{15f}\times 15=\frac{15}{f}+1$$

$$=\frac{15}{2}+1=8.5$$

類題一 某人之明視距離爲 15 厘米，應戴如何焦距之近

視眼鏡。

〔解法〕 健全眼之明視距離爲 25 厘米。今在此遠距處有一物體，此近視眼人，戴一副凹透鏡之眼鏡，使生虛像於 15 厘米處，則亦可明視。故在公式 $\frac{1}{a}-\frac{1}{b}=-\frac{1}{f}$ 中

$$a=25 \qquad b=15 \qquad f=?$$

$$\frac{1}{25}-\frac{1}{15}=-\frac{1}{f}$$

$$\therefore \qquad f=\frac{25\times15}{25-15}=37.5\text{ 厘米}$$

類題二 某甲能看得清之最小距離爲 50 厘米，某乙能看得清之最大距離爲 30 厘米，此二人應戴何種眼鏡，其焦距爲何。

〔解法〕 在普通人之明視距離(25 cm)處之物，甲須戴凸透鏡所製之眼鏡，使虛像成於離鏡 50 厘米處，亦能明察。

由公式 $$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

$$a=25, \qquad b=50, \qquad f=?$$

因成虛像故 b 値爲負，卽

$$\frac{1}{25}-\frac{1}{50}=\frac{1}{f}$$

$$\therefore \qquad f=50\text{ 厘米}$$

某乙欲望遠物，則須戴凹透鏡所製之眼鏡，其焦距要能使像成於離鏡 30 厘米處。因遠物之像，每在焦點近旁，故透鏡之焦距應爲 150 厘米。

（答）甲戴凸透鏡之眼鏡，其焦距爲 50 厘米。

乙戴凹透鏡之眼鏡，其焦距爲 150 厘米。

類題三　近視眼及遠視眼之原因何在？其補救方法如何？

〔解法〕　閱本章近視眼及遠視眼二節

（蘇省第二次會考）

（江西二十二年會考）

類題四　圖示顯微鏡之原理

〔解法〕　閱本章顯微鏡節　（滬二十三年會考）

類題五　有一望遠鏡，其接物鏡之焦距離爲 200 公分（卽厘米），接目鏡之焦點距離爲 8 公分，則其放大之倍數（卽擴大倍率）爲若干？有一顯微鏡，接物鏡之焦點距離爲 0.5 公分，接目鏡之焦點距離爲 4 公分鏡，筒之長爲 20 公分，則放大倍數應若干？　（浙省二十一年覆試）

〔解法〕　由公式(3)　F/f＝擴大倍率

今　$F=200$ 公分，　$f=8$ 公分

望遠鏡擴大倍率$=\dfrac{200}{8}=25$

再由公式(2)　擴大倍率$=\frac{25L}{F\times f}$

今　$L=20$公分，　$F=0.5$公分，　$f=4$公分

$$顯微鏡擴大倍率=\frac{25\times 20}{0.5\times 4}=\frac{25\times 20}{2}=250$$

類題六　虛焦點(Virtual focus)與實焦點(Real focus之區別何在?並說明下列各鏡焦點之虛實：(1)凹面鏡,(2)凸面鏡,(3)凸透鏡,(4)凹透鏡。

〔解法〕　平行於主軸之光線，被球鏡反射或透過透鏡後，而能會聚者，此會聚之處稱曰實焦點；若不能會聚反形散射者，此散射光線，宛如從鏡後之某點發射而來，此點曰虛焦點。凹面鏡及凸透鏡之焦點爲實；凹透鏡及凸面鏡之焦點爲虛。

第六篇　電學

第一章　電阻及歐姆定律

基本知識

(1)二種電之相互作用　似電相拒，異電相引。

(2)電之單位　有二質點，帶有等量之似電，相距一厘米時，其相拒力爲一達因者，各質點上所有之電量稱曰 C. G. S. 靜電單位。通常取其 3×10^9 倍作爲實用之電量單位，稱曰庫侖。

(3)庫侖定律　其帶電體間之作用力與其所帶有電量之乘積成正比，與其間距離之平方成反比。設電量以 C. G. S. 靜電單位計之，作用力用達因計，距離以厘米計，則庫侖定律爲

$$f=\frac{ee'}{d^2}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

式中 e 與 e' 爲電量，f 爲力，d 爲距離。

(4)電位　有甲乙二帶電體，以銅絲連結之，若無電流行

其間，則稱此甲乙二體之電位相等。若有陽電由甲流至乙，或陰電由乙流至甲時，則稱甲之電位高於乙。

(5)電位之單位　使一庫侖(Coulomb)之陽電，由低電位置送至高電位處而所耗之功爲一焦耳者，則稱此二點間之電位差爲一伏特(Volt)。

(6)電容量　使導體之電位昇高一單位時所需之電量值，稱爲該體之電容量。若以一庫侖之電給予導體而其電位增高一伏特者，此導體之電容量爲一法拉(Farad)。

今有 C (法拉)之電容量之導體，以 Q (庫侖)之電施於其上，能增高之電位爲 V (伏特)，則

$$V=\frac{Q}{C} \quad \therefore \quad Q=VC \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

(7)電流之強度單位　在一秒內，通過導線截面之電量爲一庫侖者，此電流之強度曰一安培(Ampere)。

(8)電阻　導線兩端間之電位差爲 1 (伏特)時，線中之電流強度爲一安培者，此線之電阻爲 1 歐姆(Ohm)。

長 106.3 厘米，截面 1 平方毫米之水銀柱在零度時之電阻恰等於一歐姆。

(9)電阻之大小　同一物質所製成之導線，其電阻與線長成正比，與線之截面成反比。

(10)歐姆定律 (Ohm's Law) 導線中之電流強度,與其兩端間之電位差成正比,與導線之電阻成反比。

若電位差以V伏特計之,電阻以R歐姆計之,則電流之強度以C安培計之,其間之關係爲

$$C=\frac{V}{R} \quad 或 \quad V=RC\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

例題 1. 有大小相等球兩個,一帶 10 單位正電量,一帶 2 單位負電量,問相距 2 公分時其作用力如何?又兩球接觸後復置原處,則其作用力如何? (浙省二十一年度會考)

〔解法〕 由公式 $f=\frac{ee'}{d^2}$.

$$e=10, \qquad e'=-2, \qquad d=2$$

$$\therefore\ f=\frac{10\times(-2)}{2^2}=-5 達因(負值示相引作用)$$

又相觸後兩球各帶 4 單位之正電量

$$\therefore\ f=\frac{4\times4}{2^2}=4 達因(相拒作用)$$

例題 2. 銅線之直徑爲 0.9 毫米,長爲 20 米時之電阻爲若干。但截面 1 平方毫米長一米之銅線之電阻爲 0.0159 歐姆。

〔解法〕 線之電阻,與長成正比,與截面成反比。

今線之直徑爲 0.9 毫米其截面積爲$\frac{\pi d^2}{4}=\frac{\pi\,\overline{0.9}^2}{4}$平方毫

米，長爲20米，其電阻 R 爲

$$R=k\frac{l}{A}=k\frac{20}{\frac{\pi\,\overline{0.9}^2}{4}}$$

由已知截面一平毫米，長1米之線之電阻爲0.0159歐姆，

即

$$0.0159=k\frac{l}{A}=k\frac{1}{1}=k$$

將此 k 之值代入上式則

$$R=0.0159\frac{20}{\frac{\pi\,\overline{0.9}^2}{4}}=0.5\ \text{歐姆}$$

類題一　若銅之比阻（即一立方厘米體之電阻）爲.0000018 歐姆。求長150米，直徑1.6毫米之銅絲之電阻

(答) 1.343 歐姆。

類題二　有同質之線二根，甲長一米，直徑0.8毫米；乙長2米直徑1.2毫米。求此二線之電阻之比。(答) 9:8

例題3.　某電燈，於其燈絲之兩端上有100伏特之電位差時，通過絲之電流爲0.5安培，此燈能發適度之光亮。今有 AB 二點，其間之電位差爲150伏特，如欲利用此電位差而使上述之燈發適度之光，則於電路中，應插入若干歐姆之電阻。

〔解法〕　由歐姆定律　$C=\frac{V}{R}$

燈絲之電阻爲 $0.5=\frac{100}{R}$ $\therefore$ $R=200$ 歐姆

欲使此燈發適度之光，則通過燈絲之電流應爲 0.5 安培。今用 x 歐姆之電阻與燈串聯，而得下述之關係

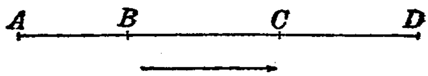
$$0.5=\frac{150}{x+200} \quad \therefore \quad x=100 \text{ 歐姆}$$

類題三 試述歐姆定律。設有 16 燭光之鎢絲電燈，需要 100 伏特電位之電流 0.2 安培求燈泡內鎢絲之電阻。

(成都會考) (答) 500 歐姆

例題 4. 電阻爲 R_1, R_2, R_3 三根導線 AB, BC, CD，順次連結稱曰串聯。試證全電阻等於各電阻之和。

〔解法〕 電流之方向如矢向所示，電位順 A, B, C, D 之次序而降低。今以 E_a, E_b, E_c, E_d 表 A, B, C, D 各點之電位，R 表全電阻，C 表電流之強度，由歐姆定律可得



$$E_a-E_b=R_1C, \quad E_b-E_c=R_2C,$$

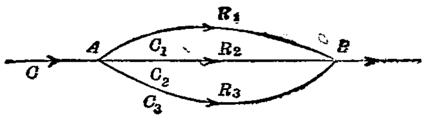
$$E_c-E_d=R_3C$$

$$\therefore \quad E_a-E_d=(R_1+R_2+R_2)C=RC$$

$$\therefore \quad R=R_1+R_2+R_3 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

例題 5. 將各導線之兩端，如圖接成束狀，稱曰導線之並聯。若將上題所用之三根導線並聯之求其全電阻。

〔解法〕 設 A 與 B 間之電位差爲 V 伏特，則各線兩端間之電位差均爲 V 伏特。



今用 C_1, C_2, C_3 表流過各導線之電流強度。但總電流 C 等於分電流之和，即 $C=C_1+C_2+C_3$

由歐姆定律 $C_1=\dfrac{V}{R_1}$; $C_2=\dfrac{V}{R_2}$; $C_3=\dfrac{V}{R_3}$。

$$C=\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}+\frac{V}{R_3}=V\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)$$

若另用一線以替代此三線，而使其電流仍爲 C。則

$$C=\frac{V}{R}=V\left(\frac{1}{R}\right)$$

故三線並聯時之全電阻 R 爲

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

故諸導線並聯時，其全電阻之逆數，等於各電阻逆數之和。

類題四 有1歐姆，2歐姆，3歐姆之電阻線三根，求其串聯及並聯時之全電阻。（答）串聯時之全電阻為6歐姆，

並聯時之全電阻為$\frac{11}{6}$歐姆。

例題6. 以C安培之電流，分派於並聯之二電阻線R_1，R_2時，求各電流之強度

〔解法〕 通過R_1之電流強度為C_1；

通過R_2之電流強度為C_2。

$\therefore C=C_1+C_2$

因R_1與R_2並聯，故各線兩端之電位差同，即

$$R_1C_1=R_2C_2$$

解之得
$$\left.\begin{aligned} C_1&=C\frac{R_2}{R_1+R_2}\\ C_2&=C\frac{R_1}{R_1+R_2}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots(6)$$

類題五 以電流0.8安培通過二線並聯之電路若線之電阻為20歐姆，及80歐姆，求各線之電流強度。

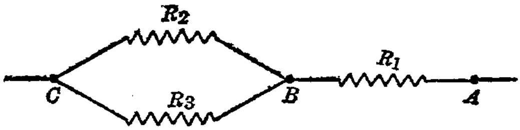
〔方法〕 應用上題所得之公式(6)求之。

（答）通過20歐姆線之電流為0.64安培，

通過80歐姆線之電流為0.16安培。

類題六 設有導線三根，$R_1=1$歐姆，$R_2=2$歐姆，$R_3=3$

歐姆，如圖連結之。若 AC 二點間之電位差為 2.2 伏特，求通過各線之電流。



〔解法〕設 BC 二點間之全電阻為 R'，則

$$\frac{1}{R'}=\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}, \quad \text{即} \quad R'=\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}.$$

AC 二點間之全電阻為 R，則

$$R=R'+R_1=R_1+\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}.$$

由歐姆定律知總電流 C（即通過 R_1 者）為

$$C=\frac{V}{R_1+\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}}=\frac{2.2}{1+\frac{2\times3}{2+3}}=\frac{2.2}{1+1.2}$$

$$\therefore \quad C=1 \text{ 安培}$$

由例題 6 所得之公式(6)

$$C_2=\frac{R_3}{R_2+R_3}C=\frac{3}{5}\times1=\frac{3}{5}\text{安培}$$

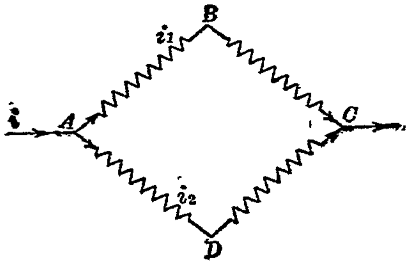
$$C_3=\frac{R_2}{R_2+R_3}C=\frac{2}{5}\times1=\frac{2}{5}\text{安培}$$

（答）通過 R_1 之電流爲 1 安培

通過 R_2 之電流爲$\frac{3}{5}$安培

通過 R_3 之電流爲$\frac{2}{5}$安培

類題七 設有 AB, BC, AD, DC 四根導線如圖連結，電流照矢示之方向通過。AB, BC, AD, DC 之電阻爲 1，2，3，4 歐姆。求 B 與 D 點之電位誰高誰低。



〔解法〕 設總電流爲 i，通過 ABC 之電流爲 i_1，通過 ABC 之電流爲 i_2，則

$$i_1=\frac{3+4}{1+2+3+4}i=\frac{7}{10}i \text{ 安培，}$$

$$i_2=\frac{1+2}{1+2+3+4}i=\frac{3}{10}i \text{ 安培。}$$

二點間之電位降落，用通過之電流與二點間電阻之乘積計之。故 A 至 B 之電位降落爲

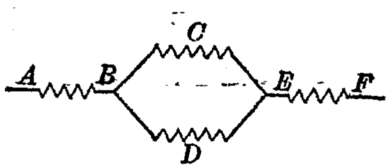
$$E_1=\frac{7}{10}i\times1=\frac{7}{10}i \text{ 伏特。}$$

A 至 D 之電位降落爲

$$E_2=\frac{3}{10}i\times 3=\frac{9}{10}i \text{ 伏特，}$$

故 B 之電位高於 D。

類題八 如圖所示之電，在 BCE 部分，有 6 安培之電流通過，求 A 與 F 間之電位差。但各部之電阻 AB 爲 1 歐姆；BCE 爲 2 歐姆；BDE 爲 3 歐姆；EF 爲 1 歐姆。



〔解法〕 分歧電路之電流，與電阻成反比，故通過 BCE 之電流 i' 爲

$$i':6::2:3, \qquad \therefore\ i'=\frac{12}{3}=4 \text{ 安培。}$$

總電流爲 $6+4=10$ 安培。

AF 間之電壓（卽電位差）爲 AB, BC, EF 間電壓之和用 E 表之，則 $E=1\times10+2\times6+10\times1=32$ 伏特.

類題九 電燈所要之電壓(Voltage)爲 110 伏特 (Volt)，通過其中之電流爲 0.5 安培求燈絲之電阻 （上海二十三年）

（答） 220 歐姆。

類題一〇 有一電路，係由二導線並聯而成，其電阻一爲

5歐姆，一爲20歐姆，已知電流之總量爲5安培，求此電路之電位差及各導線之電流　　　　(浙省二十二年會考)

〔解法〕 以 i_1 及 i_2 表通過20及5歐姆之電流。則

$$i_1 : i_2 = 5 : 20 \qquad 而 \quad i_1 + i_2 = 5$$

$$\therefore \quad i_1 = 1 \text{ 安培}, \quad i_2 = 4 \text{ 安培}$$

$$電位差 = 1 \times 20 \text{ 伏特} \qquad (或\ 4 \times 5 \text{ 伏特})$$

$$= 20 \text{ 伏特}$$

類題一一 有導線三條，其抵抗(即電阻)爲10，5，2歐姆，問串聯與並聯之全抵抗。　　　　(浙省二十一年)

(答) 串聯時爲17歐姆，並聯時爲1.2歐姆。

第二章 電池

基本知識

(1)電動勢(*E. M. F.*) 電池之兩極，未用導線連結時之電位差曰電池之電動勢。其大小與極之金屬與液之性質有關，與極之形狀及液之多少無涉。

(2)電池之電阻 電池之本體亦爲一種導體，電流通過時亦受其電阻，此曰電池之內阻，對於連結兩極之導線之電阻，稱曰外電阻。

(3)關於電池問題之公式

(i)使用一個電池時，以 E 表電池之電動勢，r 表內電阻，R 表外電阻，則電流之強度爲 C，而

$$C=\frac{E}{R+r} \qquad 或 \qquad E=C(R+r)$$

由歐姆定律，知兩極連結時之電位差爲 CR，較電動勢減弱 Cr。

(ii) n 個電池串聯(或稱順結)時。

以 n 個電動勢相等，內阻相同之電池，順着次序將前者之陽極與後者之陰極相連，其結果電動勢及內阻，爲各電池之電動勢及內阻之 n 倍。若其外阻爲 R，則電流之強度爲 C。而

$$C=\frac{nE}{R+nr} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

若電池之內阻甚小，而外阻較大時，用此法連結，可得較強之電流。

(iii) n 個電池並聯時(或稱平結)

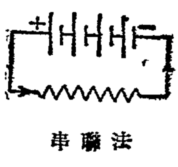
各電池之陽極結合在一處，陰極另行結合在一處稱曰電池之並聯(或曰平結)。n 個電池並聯時之全電動勢，與單一電池之電動勢等，結合後之內阻爲單一電池內阻之$\frac{1}{n}$。如外阻爲 R，則全電流 C 爲

$$C=\frac{E}{R+\frac{r}{n}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

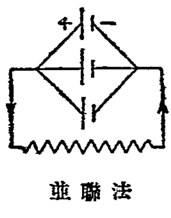
當各電池之內阻較大，外阻較小時，用此法連結，可得較強之電流。

(iv)行列混聯法

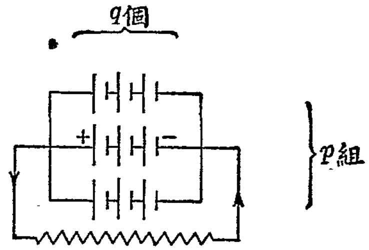
將 n 個電池分成 p 組，每組爲 q 個。同組內之 q 個電池行串聯法，再將各組並聯之，其結果之電動勢爲 qE，內阻爲 $\frac{qr}{p}$。



串聯法



並聯法



行列混聯法

當外阻爲 R 時之總電流 C 爲

$$C=\frac{qE}{R+\frac{qr}{p}}=\frac{pqE}{pR+qr}=\frac{nE}{pR+qr}\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

細察公式，則知分子 nE 爲定值，欲得最大電流，必使分母爲最小。

$$(pR+qr)^2=(pR-qr)^2+4pqRr$$
$$=(pR-qr)^2+4nRr$$

$4nRr$ 之值有定，則

$$pR-qr=0 \qquad \text{或} \qquad R=\frac{qr}{p}$$

之時，$pR+qr$ 之值爲最小。但 $\frac{qr}{p}$ 爲電池組之內阻，即內阻等於外阻時，可得最大電流。

例題 1. 電動勢 1.82（伏特），內阻 0.03（歐姆），以 1.27 歐姆之線連其兩極，求線中之電流。

〔解法〕 由公式(1) $C=\frac{E}{R+r}$

$$E=1.82;\quad r=0.03;\quad R=1.27$$

$$\therefore\quad C=\frac{1.82}{1.27+0.03}=1.4\ \text{安培}$$

類題一 試述歐姆定律。

設有一電池，其電動勢為1伏特(Volt),如用即電阻等於1歐姆之導線,將電池之兩極連結之,則其中通過之電流為0.6安培。如改用電阻等於2歐姆之導線時,可得電流若干。

(江蘇第二次會考)

〔解法〕 $C=\dfrac{E}{R+r}$ 即 $0.6=\dfrac{1}{1+r}$

$$\therefore\quad r=\frac{2}{3}\text{歐姆}$$

當外電阻為2歐姆時之電流為C',

$$C'=\frac{E}{R'+r}=\frac{1}{2+\frac{2}{3}}=\frac{1}{\frac{6}{3}+\frac{2}{3}}=\frac{3}{8}=0.375\ \text{安培。}$$

類題二 電池之連結法可分幾種?欲得較強之電流,在何種條件下,用何種結法? (皖省會考)

〔方法〕參考本章第(3)節

例題2. 今有發電機，供給並聯(即平結或列連)之電燈5000盞,每盞內抵抗(即電阻)為200歐姆,路線之總抵抗為2.5歐姆,電機之內抵抗(即內阻)為0.5歐姆,設電機之電

壓(卽 *E.M.F.*)爲 200 弗打(卽伏特)。問電機所生之電流若干?　　　　(閩省會考)

〔解法〕 5000 盞燈並聯時之全電阻爲 R。

$$R=\frac{200}{5000}=.04 \text{ 歐姆。}$$

電路之全電阻=內阻+路線之電阻+燈之電阻

$$=0.5+2.5+.04=3.04$$

$$\text{電機所生之電流}=\frac{\text{電壓}}{\text{全電阻}}=\frac{200}{3.04}\doteqdot 65.4 \text{ 安培}$$

類題三 以外阻 85 歐姆之導線連於電動力 1.08 弗之電池之兩極,得電流 0.012 安,求內阻。(江西二十三年會考)

(答) 內阻爲 5 歐姆

例題 3. 電動勢 1.5 伏特,內阻 0.5 歐姆之電池三個,串聯之後,於其餘下之兩極,以 10 歐姆之導線連之,求此周路中之電流強度爲何?

〔解法〕 由公式 $C=\dfrac{nE}{R+nr}$ 中 $E=1.5$;

$$R=10;\quad r=0.5;\quad n=3$$

$$\therefore\quad C=\frac{3\times1.5}{10+3\times0.5}=0.39 \text{ 安培}$$

類題四 電動勢 1.07 伏特,內阻 0.3 歐姆之本生電池10

個，串聯以5歐姆之導線連其兩端，求導線中之電流強度。

(答) 2.375 安培。

例題 4. 電動勢1.05，內阻0.1歐姆之電池5個，並聯之，若其外阻為10歐姆，求外導線中之電流強度以及導線兩端間之電位差。

〔解法〕 由公式 $C=\dfrac{E}{R+\dfrac{r}{n}}$

$$E=1.05,\quad R=10,\quad r=0.1,\quad n=5$$

$$\therefore\quad C=\frac{1.05}{10+\dfrac{0.1}{5}}=\frac{5.25}{50+0.1}=0.105 \text{ 安培}$$

導線兩端間之電位差 $E'=CR=0.105\times10=1.05$ 伏特

(答) 電流為 0.105 安培

電位差為 1.05 伏特。

類題五 電動勢1.08伏特，內阻3歐姆之 Daniel 電池6隻，並聯或串聯後而以電阻為1歐姆之導線連電池組之兩極，求兩次所得之電流強度。

(答) 並聯時導線中之電流為 0.72 安培

串聯時導線中之電流為 0.34 安培

例題 5. 電動勢1.8伏特，內阻0.8歐姆之電池20個用行列混合連結法，若外阻為4歐姆，求排列之法若何？

〔解法〕 由本章第3節(iv)所述之法，將電池分成 p 組，每組爲 q 個。同組之電池爲串聯，再將各組並聯之，則電池組之內阻爲 $\frac{qr}{p}$，欲得最大電流則內阻應等於外阻即

$$R=\frac{qr}{p} \quad \text{卽} \quad 4=\frac{q\times 0.8}{p}$$

而　$pq=20$

解之　$q=10$　　　$p=2$

最大電流爲

$$C=\frac{qE}{R+\frac{qr}{p}}=\frac{18}{4+4}=\frac{18}{8}=2.25 \text{ 安培}$$

(答) 分列成兩行每行十個電池，可得之最大電流爲 2.25 安培

第三章 電流之熱效應

基本知識

(1)定律　某時間內，導線之一部分所生之熱，與

(a)此時間成正比；

(b)此通過電流之強度之平方成正比；

(c)導線部分之電阻成反比。

如時間爲 t 秒，電流之強度爲 C 安培，電阻爲 R 歐姆，則所耗之電能爲 W 焦耳，其關係爲

$$W=C^2Rt$$

由歐姆定律

$$C=\frac{V}{R}$$

$$\therefore\quad W=VCt \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

1卡之熱，相當於4.2焦耳則電流之熱效爲

$$H_{(卡)}=\frac{W}{4.2}=\frac{VCt}{4.2}(卡)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

或

$$H=\frac{C^2Rt}{4.2}(卡)$$

(2)電流之功率　功率者乃一秒內所作之功。每秒內作一焦耳之功者曰一瓦特。

$$\therefore\quad P=\frac{W}{t}=VC=C^2R=\frac{V^2}{R}(瓦特)\cdots\cdots\cdots (3)$$

電流之功單位常用 1 瓦特之功率，作工一小時所耗之功計之曰瓦特小時，取其千倍曰仟瓦特小時

〔注意〕 1 馬力 ≒746 瓦特

例題 1. 0.5 安培之電流通過 100 歐姆之導線，求一分鐘內所生之熱量爲若干卡？

〔解法〕 由公式 $H=0.24\,C^2Rt$

今 $C=0.5,\quad R=100,\quad t=60$

$\therefore\quad H=0.24\times100\times\overline{0.5^2}\times60=360$ 卡。

類題一 有一電阻圈 (Resistance coil) 其電阻爲 10 歐姆(Ohm)，連結在 220 伏特(Volt)之電源上，求每分鐘能生若干卡之熱？ (江蘇第一次補考)

〔方法〕 用公式 $H=0.24\,VCt$ 解之。

(答) 每分鐘生熱 31680 卡。

例題 2. 某工廠需 20 支燭光之電燈 200，而每支燭光須 1.25 瓦特 (Watt)之電力，問應購幾瓩(卽仟瓦特)之發電機，適可應用？又設所用之電燈，受 110 伏特 (Volt) 之電動勢時，求每燈通過之電流。 (江蘇第二次會考)

〔解法〕 電力總量 $=200\times20\times1.25$

$=5000$ 瓦特 $=5$ 仟瓦特

由公式 $W=VC$ 今 $W=20\times1.25$ 瓦特；

$V=110$伏特；　　　$C=?$

$$20\times1.25=110\,C$$

$$\therefore\quad C=\frac{20\times1.25}{110}=\frac{25}{110}\doteqdot.227\text{ 安培}$$

（答）　應購5仟瓦特之電機；通過每燈之電流約爲 .227 安培。

類題二　有電燈五個，平行 (Parallel) 聯結於 110 伏特 (Volt) 之電路上，每燈用電流 0.4 安培 (Ampere)，問用電力 (Power) 若干瓦特 (Watt)？　　　　（北平會考）

（答）用電力 220 瓦特

例題 3.　有 20 歐姆之抵抗圈通以 5 安培之電流，圈沈於 600 克之水中，使水自 15°C. 熱至 100°C.，須時幾分鐘？

（浙二十一年覆試）

〔解法〕　此抵抗圈有電流通過時，每分鐘所生之熱爲

$$\begin{aligned}H&=0.24\times C^2Rt\\&=0.24\times\overline{5}^2\times20\times60\\&=7200\text{ 卡}\end{aligned}$$

600 克之水，由 15° 熱至 100°，須熱爲

$$\begin{aligned}H'&=600(100-15)\\&=51000\text{ 卡}\end{aligned}$$

所須之時間$=\frac{H'}{H}=\frac{51000}{7200}\doteqdot 7.08$分鐘。

類題三　電阻4歐姆之導線，若通過0.5安培之電流，問於兩分鐘內應得若干卡之熱？　（上海二十三年度會考）

（答）　應得28.8卡之熱。

類題四　16燭光之白熾電燈須$\frac{1}{2}$安培之電流。今燈絲之電阻爲200歐姆，所需之電動勢爲若干伏特？將使通電之燈浸在250克之水中，經10分鐘，則水溫應增高若干度？（假定電能所變之熱，盡被水所吸收）

〔方法〕　先由公式 $V=RC$，求得所須之電動勢 (V) 爲100伏特。

其餘之解法可參閱例題3

（答）電動勢爲100伏特，

水溫增高28°.8。

例題4.　16燭光之電燈2盞，10燭光之電燈3盞，每晚使用之時間平均5小時，一月以30日計，則每月應付電燈費洋若干？但電壓爲100伏特，一燭光需電流0.03安培，1仟瓦特小時之電費爲一角八分。

〔解法〕　五燈並用時之電流爲

$$C=(16\times2+3\times10)\times0.03=1.86\text{ 安培}$$

$$每月所耗之電=\frac{VC\times30\times5}{1000}仟瓦特小時$$

$$=\frac{100\times1.86\times30\times5}{1000}仟瓦特小時$$

$$=27.9 仟瓦特小時$$

$$應付之電費=0.18\times27.9 圓$$

$$=5.02 圓$$

類題五 某50仟瓦特(Kilowatts)之發電機(Generator),其電壓(Voltage)爲200伏特(Volt),先經變壓器(Transformer)將電壓升至2000伏特,然後用電線通至遠距離地方,則沿途電能損失甚微,今若不用變壓器,而仍用原有電線輸送電流至原地方,則電能之損失應大幾倍?(江蘇第一次會考)

〔解法〕 此50仟瓦特之電功率,若在2000伏特電壓時,輸送之電流強度爲

$$C=\frac{W}{V}=\frac{50\times1000}{2000}=25 安培$$

若在200伏特電壓時輸送之電流強度爲

$$C'=\frac{50\times1000}{200}=250 安培$$

若輸送線之電阻爲 R,則高壓輸送時所耗之功率爲

$$W=C^2R=\overline{25}^2R=625\,R 瓦特$$

在低壓時輸送,則所耗之功率爲

$$W=C'^2R=\overline{250}^2R=62500\,R \text{ 瓦特}$$

兩情損失之倍數$=\dfrac{62500\,R}{625\,R}=100$ 倍

（答） 損失應大 100 倍。

類題六 電燈之電阻為 400 歐姆，所需之電流為 0.25 安培，今有 120 仟瓦特之發電機，可點電燈若干盞？

（浙省二十一年覆試）（答）4,800盞。

第四章 電解(電熱之化學效應)

基本知識

(1)法拉第電解定律(Faraday's Law of Electrolysis)

(a)電流通過電解質時所析出之物質量與通過之電量成正比。

(b)被同一電量所析出之物質量，與其物質之化學當量成比例。

(2)電當量 一庫侖之電，所能析出之物質量，稱曰該物質之電當量。

例如一庫侖之電能析出銀質0.001118克。故稱銀之電當量爲.001118。

(3)電解公式

∵ 電量(庫侖)=電流(安培)×時間(秒)

或 $Q=Ct$ (庫侖)

故法拉第電解定律可用公式表之如下

$$M=mCt \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

式中M爲析出物之質量以克計之，m爲該物之電當量。

而電當量與該物之化學當量成正比。而化學當量爲 原子量÷原子價 。設已知某物質之原子量爲W，原子價爲n；又

銀之原子量爲 107.9,原子價爲 1。則某物之電當量 m 爲

$$m=0.001118\frac{\frac{W}{n}}{107.9}$$

$$=1.036\times10^{-5}\frac{W}{n}$$

$$\therefore\quad m=1.036\times10^{-5}\frac{W}{n}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\quad(2)$$

例題 1. 銅之原子量爲 63.6,原子價爲 2,求其電當量。二庫侖之電能析出銅若干克?

〔解法〕 由公式(2) $m=1.036\times10^{-5}\times\frac{W}{n}$

$$\therefore\quad m=1.036\times10^{-5}\times\frac{63.6}{2}=0.000329\text{ 克}$$

二庫侖之電能析出之銅 $=2\times0.000329$

$=0.000658$ 克

例題 2. 以 2 安培之電流通過硝酸銀溶液求 10 分鐘內,能析出銀質若干克?

〔解法〕 由公式 $M=mCt$

$m=0.001113,\quad C=2,\quad t=60\times10$

$$\therefore\quad m=0.001113\times2\times60\times10=1.3413\text{ 克}$$

類題一 5 安培之電流通過硫酸銅之水溶液,求一小時內能析出銅質若干?

但銅之電當量為 0.000329 克。

(答) 析出銅 5.922 克。

類題二 15 安培之電流，通過硫酸銅之溶液，在 3 小時內析出銅質 53.1 克。25 安培之電流通過硝酸銀之溶液，在 53分鐘內，析出銀質若干?但銅之化學當量為 31.8，銀為 108。

〔方法〕 由開始之條件，求得銅之電當量。次用例題 1 之方法求得銀之電當量，末用例題 2 之方法求得析出之銀質。 (答) 析出之銀質為 88.5 克。

附電學雜題

(1) 電流有幾種效應，各效應之應用若何？

(江蘇，浙江，江西會考題)

〔解法〕 電流能生熱效應，化學效應，及磁效應。電燈，電爐卽利用電流之熱效應，電鍍電鑄卽利用其化學效應，電鈴電機中之電磁鐵，卽利用其磁效應以製成。

(2) 何謂楞次定律？試舉一實驗以明之。

(漢口會考)

〔解法〕 試用磁鐵之 N 極，插入平放於桌上之閉路線圈中，則圈線中有感應電流發生，其電流之方向，要能使圈之上面生 N 極；磁極斥回時，生與前相反之感應電流，使圈之上面生 S 極。

故楞次定律曰：感應電流之方向，要能生一磁場以反此磁極之行動。

(3) 述電與磁之異同 (湘省會考)

〔解法〕 磁之發生，僅限於鐵鈷鎳等，電則在任何體上均能產生，於非金屬類尤爲顯著。磁性必集中在相異之極，一極與羅針之指南極相引者，與他極必相拒，雖用銅片隔離之，其作用仍存在。電荷分佈在導體之表面上，並不集中在某某定

點，凡帶電體之任何部分，均能與羅針之指北極及指南極相引，如用銅片隔離之，其作用即行消失。電可賴導線傳遞，當其流行時，生熱效應，化學效應及磁效應，磁則不能。

應記憶之常數

(有星號者便於備查)

(1)	水銀之比重	13.6
(2)	標準氣壓	76.0 厘米水銀柱高度
(3)	氣體之膨脹係數	$\frac{1}{273}=0.00366$
(4)	冰之熔解熱	80 卡
(5)	水之汽化熱	536 卡
(6)	重力之加速度	980 厘米/秒^2
	或	32 呎/秒^2

(7) 1 馬力 = 75 仟克米/秒

1 馬力 = 550 呎磅/秒 = 0.745 仟瓦特/秒

(8) 熱之功當量 $=4.2\times10^7$ 爾格

$=4.2$ 焦耳

$=\frac{3}{7}$ 仟克米 $=3.1$ 呎磅

(9) 空氣中之音速 = 340 米/秒(15° 時)

(10) 水之折射率 $=\frac{4}{3}$，玻璃之折射率 $=\frac{3}{2}$

(11) 光速 = 30 萬仟米/秒

(12) *地球之長半徑 = 6,378,283 米

*地球之短半徑 = 6,356,868 米

(13) *地球至太陽之距≒147,250,000 仟米

(14) 1米=3市尺=39.37吋。

1仟克=2市斤=2.2磅。

1仟米=1公里=.62哩。

固體之比重表

白金	21.5	金鋼石	3.5
金	19.3	火石玻璃	3.3
鉛	11.4	大理石	2.8
銀	10.5	水晶	2.7
銅	8.9	鋁	2.7
鎳	8.9	冕牌玻璃	2.5
黃銅	8.7—8.6	象牙	1.9
鐵(鋼)	7.8	冰	0.92
鋅	7.1	軟木	.24

液體之比重表(0°C)

水銀	13.596	火油	0.89
硫酸	1.84	酒精	0.79
硝酸	1.55	汽油	0.75
水	1.00	海水	1.03

氣體之密度及比重(温度在零,一氣壓)

	千立方厘米之質量(克)	對於空氣之比重
空氣	1.293	1
氧氣	1.429	1.1052
氫氣	0.090	0.0692
二氧化碳	1.977	1.520
水蒸汽	0.804	0.622

固體比熱表

鋁	0.22	白金	0.032
鐵	0.11	金	0.032
鋅	0.094	鉛	0.031
銅	0.093	玻璃	0.19
銀	0.056	冰	0.5

液體比熱表

水	1	石油	0.045
酒精	0.58	水銀	0.033

線脹係數表(0°－100°)

鋅	0.000029	銅	0.000017
鋁	0.000023	鐵	0.000012
黃銅	0.000019	白金	0.000009
銀	0.000019	玻璃	$\begin{cases}0.000007\\0.000009\end{cases}$

液體之體脹係數表(0°－40°)

水	0.00043	火油	0.00094
酒精	0.00010	水銀	0.00018

熔解熱表

冰	80.00	鉛	5.86
銀	21.17	水銀	2.82
錫	14.25	硫	9.37

熔解點表

白金	1800°	銀	960°	脂肪	60°
鎳	1470°	黃銅	900°	磷	44°
鐵	1200° 1600°	鋅	420°	冰	0°
		鉛	326°		
玻璃	800° 1400°	鋁	657°	水銀	−39°
銅	1070°	錫	232°	酒精	−110°
金	1060°	硫	114°	醚	−130°

沸點表(一氣壓下)

鋅	916°	醋酸	117°	氧	−183°
硫	444°	水	100°	空氣	−192°
水銀	357°	酒精	78°	氮	−196°
磷	290°	醚	35°	氫	−233°

汽化熱表(在其沸點時)

水	536	醚	.91
酒精	205	水銀	62
氨	321	液質空氣	51

水蒸汽張力表

温度	張力(即壓力)毫米	温度	張力(毫米)	温度	張力(毫米)
−5°	3.160	12	10.573	40	55.13
−2°	3.950	14	11.980	50	92.30
0°	4.579	16	13.624	60	149.2
2°	5.290	18	15.460	70	233.5
4	6.097	20	17.510	80	355.1
6	7.011	25	23.69	90	525.8
8	8.042	30	31.71	100	760.0
10	9.205	35	42.02		

中華民國二十四年五月初版
中華民國二十四八年八十一月改訂三十三版

(52177·1)

高中複習叢書物理學一冊

每冊實價國幣[redacted]陸角
外埠酌加運費匯費

編著者　胡慤風
發行人　王雲五　長沙南正路
印刷所　商務印書館
發行所　商務印書館　各埠

G四七六五上