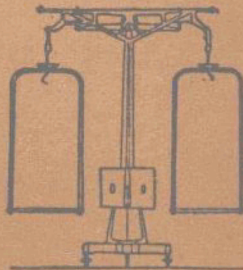


會考 應試 自修 適用

物理學精要與計算

朱世衡 編

香港 百利書店 出版

編 輯 例 言

1. 本書專供高中學生參攷、複習及升學之用。

2. 本書特點：

〔1〕以提要式，將物理學之定義、定律、原理及應用方法扼要叙述，以節省讀者之時間。

〔2〕以歸納式，將各種物理習題分類編列，能使讀者於最短時間內獲得一有系統、極明確概念。

〔3〕附列參攷題，用以把握物理學之重點及明瞭各院校試題之傾向。

〔4〕附列類似題，以供讀者反覆練習之用。

〔5〕習題及公式，皆附有索引，便以查閱。

3. 本書編印倉卒，疏漏之處在所難免，尙祈諸賢達予以指正。

目　　錄

第一編　力　學

第二編 熱 學

第三編 聲 學

第四編　光　學

第五編　電 磁 學

物理學計算

第一編　力　學

緒　論

提　要

❶單位——同類量中之標準量
- 基本單位
  - 長度單位。
  - 質量單位。
  - 時間單位。
- 導出單位——由基本單位中導出之單位——如；面積、密度、………等之單位。

❷長度單位
- 米制
  - (1) 仟米(Km.，即公里，=1000米)←米（m.，即公尺）→厘米（cm.，即公分，=1/100米），毫米(mm.，即公厘，=1/1000米)。
  - (2) 微米(μ，=10^{-4}厘米)，微微米($\mu\mu$，10^{-7}厘米)。
  - (3) 埃(Å，=10^{-8}厘米)。
- 英制；哩（mi.，=1760碼）←碼（yd.）→呎（ft.，=1/3碼），吋(in.，=$^1/_{12}$呎)。
- 換算；1米=1.94碼=39.37吋，1吋=2.54厘米。

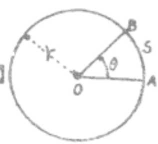
❸質量單位
- 米制：公噸（T.，=1000仟克)←仟克（Kg.，即公斤）→克(g.，即公克，=1/1000仟克），毫克（mg.，即公絲，=1/1000克）。
- 英制：噸（T.，=2240磅）←磅（lb.）→唡（oz.，=1/16磅）。
- 換算：1仟克=2.204磅，1磅=0.4536仟克。

❹時間單位；日（day）→時（hr.，=1/24日），分(min.，=1/1440日)，秒（sec.，=1/86400日）。

● 物理學常用之基本單位
- (1) 厘米•克•秒制（C.G.S.制）—— 即三基本單位用厘米、克、秒。
- (2) 米•仟克•秒制（M.K.S.制）——即三基本單位用米、仟克、秒。
- (3) 呎•磅•秒制（F.P.S.制）—— 即三基本單位用呎、磅、秒。

● 角之單位：

(1) 平面角
- (a) 六十分法；度（°，=直角/90），分（′，=1/60度），秒（″，=1/60分）。
- (b) 弧度法；測定一 θ 角之大小時，常取其所張之弧長 S（$\overset{\frown}{AB}$），與半徑 r 之比值；其單位爲弧度（rad.）。



即，$\theta=\dfrac{S}{r}$ ………… 【1•1】

換算；1°=0.0175弧度，
1弧度=57.3°

(2) 立體弧度角；設以P點爲球心，任意長 r 爲半徑，作一球面，與以P點爲頂點之錐體相交，如相交之面爲 A，則此錐體所張之立體弧度角（ω）爲 $\dfrac{A}{r^2}$。

即　$\omega=\dfrac{A}{r^2}$ ……………【1•2】

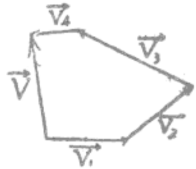
〔註〕當A等於全球面積 $4\pi r^2$ 時，則空間一點所張之立體角 $=\dfrac{4\pi r^2}{r^2}=4\pi$ 立體弧度。

● 無向量與向量；凡僅有大小，而無方向之量，稱爲無向量；例如質量、體積、密度等。凡有大小而兼有方向之量，稱爲向量；例如位移、速度、力等。

向量常以一定長度之直線與箭頭，表示其大小及方向；例如 $\vec{A}=-\vec{B}$，爲大小相同而方向相反之兩向量 $\vec{A}$ 及 $\vec{B}$。

（O與O′爲原點）

● 向量之合成；欲求數向量之和，可將各箭之起點與他箭之終點依次

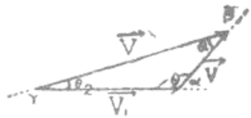


相接，然後自第一箭之起點作一直線至最末一箭之終點，即得所求之合向量——多邊形法。

求合向量時，僅須注意向量之大小與方向，至於向量之次序可任意變更，所得之結果仍然相同。

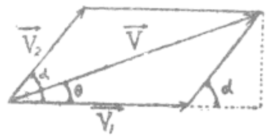
現以數學式分別討論如下：

(1) 三角形法；依兩向量之方向與大小作$\vec{V}_1$、$\vec{V}_2$，然後由$\vec{V}_1$之起點至$\vec{V}_2$之終點作一直線$\vec{V}$，由正弦定律得其關係為：



$$\frac{V}{\operatorname{Sin}\theta}=\frac{V_1}{\operatorname{Sin}\theta_1}=\frac{V_2}{\operatorname{Sin}\theta_2}\ \left(\text{或}\frac{V}{\operatorname{Sin}\alpha}=\frac{V_1}{\operatorname{Sin}\beta}=\frac{V_2}{\operatorname{Sin}\gamma}\right)\cdots\cdots\text{【1·3】}$$

(2) 平行四邊形法；先依兩向量之大小與方向作$\vec{V}_1$及$\vec{V}_2$，次作平行四邊形（如圖），由原點至對角之直線$\vec{V}$即為$\vec{V}_1$、$\vec{V}_2$之合向量。兩個向量之合向量，其大小可由餘弦定律求出：

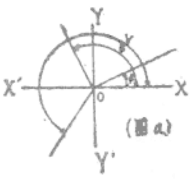


$$V^2=V_1{}^2+V_2{}^2+2V_1V_2\operatorname{Cos}\alpha\cdots\cdots(\text{i})$$

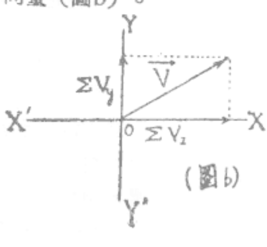
$$\text{其方向為：}\theta=\tan^{-1}\frac{V_2\operatorname{Sin}\alpha}{V_1+V_2\operatorname{Cos}\alpha}\cdots\cdots(\text{ii})\quad\cdots\text{【1·4】}$$

$$\left(\text{或}\ \theta=\operatorname{Sin}^{-1}\frac{V_2\operatorname{Sin}\alpha}{V}\right)$$

(3) 坐標法（圖a）；應用直角坐標法，須先將$\vec{V}_1$、$\vec{V}_2$、$\vec{V}_3$分解成沿X軸方向與Y軸方向之分向量（圖b）。



（圖a）



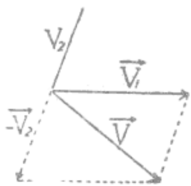
（圖b）

設$\sum V_X$、$\sum V_Y$爲在X軸、Y軸方向之分向量之和，則

$$\sum V_X = V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta + V_3\cos\gamma$$
$$\sum V_Y = V_1\sin\alpha + V_2\sin\beta + V_3\sin\gamma$$

合向量$\vec{V}$可由$\sum V_X$與$\sum V_y$求出：

$$\left.\begin{array}{ll} V=\sqrt{(\sum V_x)^2+(\sum V_y)^2} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(\text{i}) \\ \text{方向（與X軸之交角）爲；} \theta=\tan^{-1}\dfrac{\sum V_y}{\sum V_x} \cdots(\text{ii}) \end{array}\right\} \cdots[1\cdot5]$$



❷**向量之差**；求$\vec{V_1}$與$\vec{V_2}$兩相量之差，即$\vec{V_1}-\vec{V_2}$須先作相量$-\vec{V_2}$，使與$\vec{V_1}$合併即得。

❸**向量之分解**；任一向量，皆可依三角形法、平行四邊形法、多邊形法分成二個或二個以上之分向量。

參考題

(1) C.G.S.制、M.K.S.制與F.P.S制之意義。

(2) 無向量與向量之區別。

習題

索引：①、②——單位換算；③——立體弧度；④～⑥——向量之合成。

【1】5立方米合多少立方厘米？

〔解〕令5〔米³〕=x〔厘米³〕

$$\therefore\ x=5\left[\frac{\text{米}^3}{\text{厘米}^3}\right]=5\left[\frac{\text{米}}{\text{厘米}}\right]^3=5\times\left[\frac{100\text{厘米}}{\text{厘米}}\right]^3$$
$$=5\times[100]^3=5\times10^6$$

故　5立方米$=5\times10^6$立方厘米……………………………………（答）

（注意：本題一般計算如下；5〔米〕³=5〔100厘米〕³=5×10^6厘米³）

〔類似題〕(1)15米長之線，問合幾吋？（註：15〔米〕=15〔39.37吋〕=15×39.37〔吋〕=590.5〔吋〕）

【2】有一每邊長3吋之立方銅塊，若將其熔鑄成銅球，則球半徑爲幾厘米？若將其拉成半徑爲 2毫米之銅線，則有幾仟米長？

〔解〕(1)銅塊之體積=〔3吋〕³=27〔吋〕³=27〔2.54厘米〕³

$=27\times(2.54)^3$厘米³，

由球體積公式，$V=\frac{4}{3}\pi r^3$，得

半徑（r）$=\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}=\sqrt{\frac{3}{4}\cdot\frac{7}{22}\cdot 27\cdot(2.54)^3}$

$=4.72$(厘米)……………………………………(答)

(2) 又銅塊之體積$=27\times(2.54)^3\times(10\text{毫米})^3=27\times(2.54)^3\times1000$ 毫米，由圓柱體公式，$V=LA=L\cdot\pi r^2$，

∴　長(L)$=\sqrt{\frac{V}{\pi r^2}}=\sqrt{27\cdot(2.54)^3\times1000\times\frac{7}{22}\times\frac{1}{2^2}}$

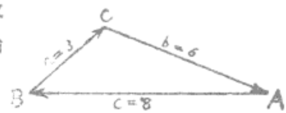
$=187$(毫米)$=1.87\times10^{-4}$(仟米)……………………………………(答)

【3】一頂角爲0.6立體弧度之錐體，與一以頂點爲中心，半徑爲5厘米之球面相交。求相交之面積。

〔解〕由公式〔1·2〕，$\omega=0.6$立體弧度，$r=5$厘米，$A=?$ 厘米^2；

∴　面積(A)$=r^2\omega=5^2\times0.6=15$(厘米^2)……………………(答)

【4】有三向量，其大小分別爲3, 6, 8, 求三者應相夾成何種角度，其合向量始等於零。



〔解〕令a＝3，b＝6，c＝8，(如圖)

由餘弦定律，

$A=\mathrm{Cos}^{-1}\frac{b^2+c^2-a^2}{2bc}=\mathrm{Cos}^{-1}\frac{6^2+8^2-3^2}{2\cdot6\cdot8}=\mathrm{Cos}^{-1}0.9479$

$=18°33'$……………………………………

由(公式1·3)，$B=\mathrm{Sin}^{-1}\frac{b\mathrm{Sin}A}{a}=\mathrm{Sin}\frac{6\cdot\mathrm{Sin}18°33'}{3}=39°33'$　(答)

而　$C=180°-18°33'-39°33'=121°54'$ ……………………

〔類似題〕(1)一合向量爲15厘米，今欲分解成 9厘米及12厘米兩個分向量，問這兩個分向量與合向量的夾角各爲多少度？

(答)$\theta_{9-15}=53°9'$；$\theta_{12-15}=36°51'$。

(2)分解一值爲6之向量爲二分向量，須一分向量之值等於8，且與原向量成60°之角，求他一分向量。

(略解)設他一分向量爲x，由題意及餘弦定律得

$x^2=6^2+8^2-2\cdot6\cdot8\mathrm{Cos}60°$，解出$x=2\sqrt{13}$

【5】大小一定之兩向量，互相垂直時，合向量之值爲$\sqrt{10}$；成60°夾角時，合向量之值爲$\sqrt{13}$。求此二向量之值。

〔解〕設二向量之值各爲x, y

於互相垂直時，由勾股弦定律得 $x^2+y^2=(\sqrt{10})^2$

於成60°夾角時，由公式〔1·4〕得 $x^2+y^2+xy=(\sqrt{13})^2$

解上兩聯立方程，$\left\{\begin{array}{l} x=3 \cdots\cdots\cdots\cdots \\ y=1 \cdots\cdots\cdots\cdots \end{array}\right\}$ ……………………(答)

〔類似題〕(1)設有二向量，相交成90°時，其合向量爲5， 如成60°時，其合向量爲 $\sqrt{37}$，求此二向量(答)4, 3.

【6】沿正三角形之三邊有a, b, c三向量，求其合向量之大小及方向。

〔解〕作一正三角形ABC, 以底邊BC爲x軸，B爲原點；於各邊上截相當線段表a, b, c三向量；姻x軸與y軸之合向量分別爲X與Y。

$$\left.\begin{array}{l} X=a\operatorname{Cos}0^\circ+b\operatorname{Cos}(\pi-60^\circ)+c\operatorname{Cos}(\pi+60^\circ) \\ \quad =a-\dfrac{b}{2}-\dfrac{c}{2}=a-\dfrac{1}{2}(b+c) \\ Y=a\operatorname{Sin}0^\circ+b\operatorname{Sin}(\pi-60^\circ)+c\operatorname{Sin}(\pi+60^\circ) \\ \quad =o+\dfrac{\sqrt{3}}{2}b-\dfrac{\sqrt{3}}{2}c=\dfrac{\sqrt{3}}{2}(b-c) \end{array}\right\} \cdots\cdots \text{由公式〔1·5〕}$$

所求合向量R之大小爲

$$R=\sqrt{X^2+Y^2}=(a^2+b^2+c^2-ab-bc-ca)^{\frac{1}{2}}\cdots\cdots$$

合向量與x軸之交角 ϕ 爲

$$\phi=\tan^{-1}\frac{Y}{X}=\tan^{-1}\frac{\sqrt{3}(b-c)}{2a-(b+c)}\cdots\cdots \quad \text{(答)}$$

〔類似題〕(1)若有 $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ 三向量。A=6, 向南；B=20, 向西南；C=30, 向西北，求三者之合向量。

(答)合向量=35.51；方向=西偏北1°42′。

(2)在平面之一點上有六向量，各相鄰二向量之交角均爲60°。如其值依次各爲1, 2, 3, 4, 5, 及6, 求合向量。

(答)合向量=6； 方向（與爲1之向量之交角）=60°。

第一章　直線運動

提要

❶位移；物體或質點之位置改變量，稱爲位移。位移之量，兼有大小與方向，故爲向量；其合成及分解，完全與向量之合成及分解之方法相同。

❷速度與速率；單位時間內所起之位移變化，稱爲速度。若專指物體運動之快慢，而不問其方向時，則稱速率。故速度爲向量，速率爲無向量。

速度與速率常用之單位，如：厘米/秒（C.G.S.制），米/秒（M.K.S.制），呎/秒（F.P.S.制）等。

❸等速度與變速度運動：

(1)等速度運動；S代表t時間內所起之位移變化，則可求出等速度V：

$$V=\frac{S}{t}\quad\text{【1·6】}$$

(2)變速度運動；當物質或質點之速度之大小或方向改變而成變速度運動時，其平均速度$\overline{V}$可由其於$\triangle t$時間所經$\triangle S$位移中求出：

$$\overline{V}=\frac{\triangle S}{\triangle t}$$

但$\triangle t$趨近於零時，此極短時間內之平均速度，稱爲該時刻之瞬時速度V′即

$$V'=\lim_{\triangle t\to o}\frac{\triangle S}{\triangle t}$$

❹加速度：單位時間內所起之速度變化，稱爲加速度。此亦爲向量，常用之單位，如：厘米/秒²（C.G.S.制），米/秒²（M.K.S.制），呎/秒²（F.P.S.制）等。

❺等加速度直線運動；物體或質點之初速度爲V_o，t時間後之末速度爲V，與運動方向相同之等加速度爲a,則

$$\left.\begin{aligned}a&=\frac{V-V_o}{t}\\ \text{或}V&=V_o+at\end{aligned}\right\}\quad\text{【1·7】}$$

t時間內所經過之距離S爲　$S=V_0t+\frac{1}{2}at^2$ …………【1•8】

上二式消去t，得　$V^2=V_0^2+2aS$ ……………………【1•9】

（註：若加速度與初速度之方向相反，則上三式中之a爲負）。

❻**重力加速度**；物體於地面附近落下受重力之作用（空氣阻力略而不計），得一加速度，稱爲重力加速度；以 g 表之，其值約爲980厘米/秒²（9.8米/秒²）或32.2呎/秒²，與物體質量之大小無關。

❼**落體公式**；沿鉛直方向以初速度V_0拋下之物體，t 時間後之末速度爲V，經過之距離爲S；故於公式【1•7】、【1•8】、【1•9】中分別以 g 代a而得：

$$\left.\begin{aligned}&V=V_0+gt \cdots\cdots\cdots (i)\\&S=V_0t+\frac{1}{2}gt^2 \cdots\cdots\cdots (ii)\\&V^2=V_0^2+2gS \cdots\cdots\cdots (iii)\end{aligned}\right\}【1•10】$$

⑴如爲鉛直拋上運動時，則以−g代g於【1•10】之三式中。

(a) 拋上運動自開始點上昇至最高點之時間爲t′，則

$$t'=\frac{V_0}{g} \cdots\cdots\cdots【1•11】$$

自開始點上昇，至落回該點共歷時間爲T，則

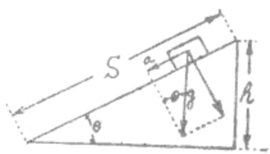
$$T=2t'=\frac{2V_0}{g} \cdots\cdots\cdots【1.12】$$

(b) 拋上運動上升之最大高度爲H。則

$$H=\frac{V_0^2}{2g} \cdots\cdots\cdots【1•13】$$

⑵如【1•10】之三式中，$V_0=0$時，則其爲自由落體運動。

❽**斜面上之運動**；物體沿光滑（無摩擦力）之斜面運動（如圖），其在運動方向上之加速度a，係由與地面垂直之重力加速度 g 分解而來。



故其三公式爲：

$$\left.\begin{aligned}&V=V_0+(g\sin\theta)t \cdots\cdots\cdots (i)\\&S=V_0t+\frac{1}{2}(g\sin\theta)t^2 \cdots\cdots\cdots (ii)\\&V^2=V_0^2+2(g\sin\theta)S=V_0^2+2gh \cdots\cdots\cdots (iii)\end{aligned}\right\}【1•14】$$

（註：若向斜面頂端運動時，則以$-g$代g於上三式中）

參 考 題

（1）速度與速率之區別。

（2）速度與加速度之意義。

（3）重力加速度之值約為多少？

（4）如無空氣之阻力，則輕重不同之物體，其下落速度是否相同？（成大）

（5）是非題：凡依直線而運動者，稱為移動。（師大）

習 題

索引：①——單位換算；②——速度；③、④——速度合成；⑤～⑩——等加速度運動；⑪～⑭——落體運動；⑮～⑱——垂直拋上體運動；⑲、⑳——斜面上之運動。

【1】速度300仟米/時等於多少米/秒？980厘米/秒²等於多少呎/秒²？

〔解〕(1)$300\left[\frac{\text{仟米}}{\text{時}}\right]=300\left[\frac{1000\text{米}}{3600\text{秒}}\right]=300\times\frac{1000}{3600}\left[\frac{\text{米}}{\text{秒}}\right]=83$米/秒………（答）

(2)$980\left[\frac{\text{厘米}}{\text{秒}^2}\right]=980\left[\frac{0.3937\text{吋}}{\text{秒}^2}\right]=980\left[\frac{0.3937}{12}\text{呎/秒}^2\right]$

$=980\times\frac{0.3937}{12}$呎/秒$^2=32.1$呎/秒^2……………………（答）

〔類似題〕(1)某颱風中心之速度為50米/秒，約合若干仟米/時？

（答）180仟米/時。

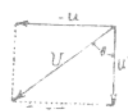
【2】在赤道上地球之半徑為6400仟米，求赤道上物體之速度。

〔解〕赤道之周長為　$2\pi\times6400=\frac{44}{7}\times6400$仟米。

赤道上一點之速度$=\dfrac{\frac{44}{7}\times6400}{24}$公里/時$=\dfrac{44\times6400\times100}{7\times24\times60\times60}$厘米/秒

$=465$厘米/秒……………………………………………………（答）

【3】在無風之垂直降落之雨中疾走時，為何須將傘遮向前方？並討論因雨速與人速之關係，須使傘傾向何種角度？



(解)如圖，設u為人之行走速度，u'為雨之落下速度。