KEY TO FUNDAMENTALS OF PHYSICS

基本物理學習題解答

David Halliday
Robert Resnick 原著

王秉賢 鮑孟豫
吳 浩 陳顯榮合譯

第一冊

好時年出版社印行

□出版：好時年出版社·北角清華街802號12樓
□發行：香港文利出版社·北角海康街二十號四樓
□印刷：大華印刷廠·九龍偉晴街七十號

Published & Printed in Hong Kong　定價：H. K. $ 3 40

譯 者 序

哈立德與雷斯尼克合著之“物理學”（physics）一書以往爲各大專院校所普徧採用之教材，唯鑒於內容過重，往往教學時間不敷，復經修訂，精簡裁併，更名爲“基本物理學”（Fundamentals of Physics）。以觀念的樹立爲主體，輔以習題配合重點，易於融會貫通，是改編後最大特色。

譯者根據本身求學的經驗，最迫切需要者，就是能手持一册健全的譯本與詳盡的習題解答以供翻閱，無論對學習的信心與觀念的建立都能有效地加強，乃着手整理翻譯，將原書分成譯本與解答計單行本八册、合訂本四册。全書分四部分，由對本科具有深度素養的專人分別負責，於含糊籠統處，力求鞭辟入其精髓，期使讀者收事半功倍之效。且譯文解答可前後對照，附以詳細圖示及列式，一眼即能觸類旁通，迅速樹立正確統一的觀念，訓練正確的思考過程；這也正是原書所一直要表現的精神。

然譯者才疏學淺，雖是謹愼從事，個人學識經驗有不逮處，難免疏漏，尙祈各界賢達不吝賜教是幸。

譯者　謹識

*哈立德 vid Halliday）與雷斯尼克（Robert Resniok）合著物理學，紐 I康利公司（wil ）1966年出版。

基本物理學習題解答

第 一 冊

目 次

第 一 章	度 量	1
第 二 章	向 量	5
第 三 章	一維運動	19
第 四 章	平面運動	39
第 五 章	質點動力學	57
第 六 章	功 與 能	83
第 七 章	能量守恒	95
第 八 章	線動量守恒	117
第 九 章	碰 撞	133
第 十 章	轉動運動學	153
第十一章	轉動動力學及角動量守恒	161

第一章 度　　量

Measurement

1－1　以米制單位表示你的身高

解　　　6.00 呎 $= 1.83$ 米． ■

1－2　徑賽中100碼和100米均為短跑距離。何者較長？長幾米？長幾呎？

解　因為　1 碼 $= 3$ 呎，1 呎 $= 0.3048$ 米，

100 碼 $= 0.3048 \times 3 \times 100 = 91.44$ 米，

100 米 $- 91.44$ 米 $= 8.56$ 米，

$8.56/0.3048 = 28.084$ 呎．

因此100米較長，8.56米或28.084呎。 ■

1－3　一火箭到達300仟米的高度。此距離是幾哩？

解　因為　1 仟米 $= 0.62$ 哩，

所以　300 仟米 $= 0.62 \times 300 = 186$ 哩． ■

1－4　機械工具製造者需有一標準規（設1吋長），需準確至0.0000001吋。證明鉑鉉棒無法測得此準確度，但氪－86可以。用本章的數據。

解　因為　1 吋 $= 2.54$ 厘米 $= 2.54 \times 10^{-2}$ 米，

所以　0.0000001 吋 $= 2.54 \times 10^{-2} \times 10^{-7}$

$= 2.54 \times 10^{-9}$ 米．

但由書中知，鉑鉉尺的精確度只能至 10^{-7} 米，而題中所欲之準確度至 10^{-9} 米，故鉑鉉尺不適用。另氪86尺準確度可至 10^{-9} 米，故可用以度量題中之精確度。 ■

1－5　設地球到太陽的平均距離是地球到月球平均距離的400倍。請討論日全蝕並敍述從下列各點所能獲得的結論：(*a*)太陽直徑與月球直徑的關係；(*b*)太陽和月球的相對體積，並列出得到此答案所作的假設；(*c*)以一硬幣恰蓋住全月時，

求對眼睛所截的角度，並以此實驗結果和已知的太陽及地球的距離，估計月球的直徑。

解 (*a*) 設太陽至地球的平均距離 l_s；月球至地球的平均距離為 l_m，又由已知得出其關係為

$$l_s = 400\, l_m ,$$

日全蝕時 $\dfrac{d_s}{d_m} = \dfrac{l_s}{l_m} = \dfrac{400\, l_m}{l_m} = 400$.

(*b*) 設在日全蝕時，其相對體積為

$$\frac{V_s}{V_m} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_s^3}{\frac{4}{3}\pi r_m^3} = \frac{r_s{}^3}{r_m^3} = \frac{d_s^3}{d_m^3}$$

$$= (\ 400\ )^3 = 6.4 \times 10^7 \ .$$

(*c*) $$r_m = \frac{1}{400}\, r_s = \frac{1}{400} \times 6.9 \times 10^8$$

$$= 1.725 \times 10^6 \text{ 米}$$ ∎

1－6 天文距離與地球上的距離比較，非常大，為容易瞭解天體間的相對距離，故需用較大的長度單位。一天文單位（*AU*）等於地球到太陽的平均距離，約是 92.9×10^6 哩。一秒差距（Parsec）為一天文單位張角度為一秒的弧長距離。一光年為光在真空中以 186,000 哩／秒的速率，一年所行的距離。(*a*)以秒差距和光年表示地球到太陽的距離，(*b*)以哩表示一光年和一秒差距。

解 (*a*) $$1 \text{ Parsec（秒差距）} = \frac{1\ AU}{\frac{1}{60}\cdot\frac{1}{60}\cdot\frac{\pi}{180}}$$

$$= 2.06 \times 10^5\, AU,$$

$$1\ AU\text{（天文單位）} = \frac{92.9 \times 10^6}{18600 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365}$$

$$= 1.5 \times 10^{-5} \text{ 光年} .$$

(*b*) $$1 \text{ 光年} = 186000\ (\ 365 \times 86400\ )$$

$$= 5.87 \times 10^{12} \text{ 哩},$$

$$1 \text{ 秒差距} = 2.06 \times 10^5 AU = 2.06 \times 10^5 \times 92.9 \times 10^6$$

$$= 191.4 \times 10^{11} = 1.914 \times 10^{13} \text{ 哩} .$$ ∎

1－7 設日的長短每世紀均勻地增加 0.001 秒，計算經二十世紀後，測

量時間的累積效果。這種地球自轉的漸慢是在此時間內對日蝕的觀察所題示的，

解　一世紀快 0.001 秒，二十個世紀快 0.02 秒，故平均一天快 0.01 秒

$$T = 0.01 \times 365 \times 100 \times 20$$
$$= 7300 \text{ 秒} = 2.03 \text{ 時}.$$

1－8　(*a*)霎（Shake）是用於微觀物理學的一種時間單位，一霎等於 10^{-8} 秒。一秒鐘的霎數是否較一年中的秒數多？(*b*)人類已存在約 10^6 年，而宇宙的年齡約爲 10^{10} 年，若以宇宙年齡爲一日，則人類存在幾秒？

解 (*a*) 因爲　1 Shake $= 10^{-8}$ 秒，

所以　1 秒 $= 10^8$ Shakes，

且一年的秒數爲

$$60 \times 60 \times 24 \times 365 = 0.3154 \times 10^8 \text{ 秒},$$

故一秒的 Shakes 數比一年的秒數多。

(*b*)
$$\frac{x}{60 \times 60 \times 24} = \frac{10^6}{10^{10}}$$

解得　$x = 8.64$ 秒．

1－9　(*a*)質子的半徑約爲 10^{-15} 米；可觀測的宇宙半徑約爲 10^{28} 厘米，找出一具有物理意義的距離，在數尺上約介於這二極端的中點。(*b*)中性 π 介子（基本粒子之一）的平均壽命約爲 2×10^{-16} 秒。宇宙的年紀約爲 4×10^9 年。找出具有物理意義的時間，在數尺上約介於此二極端的中點．

解 (*a*)
$$d_p = 10^{-15} \text{ 米},$$
$$d_u = 10^{28} \text{ 厘米} = 10^{26} \text{ 米},$$

設欲求之半徑爲 d

所以
$$\log d = \frac{1}{2}(\log 10^{-15} + \log 10^{26})$$
$$= \frac{1}{2}(-15 + 26) = 5.5,$$

因此可在表 1-1 上查獲一爲～ 10^6 米量度的半徑．

(*b*)
$$t_\pi = 2 \times 10^{-16} \text{ 秒},$$
$$t_u = 0.3154 \times 10^8 \times 4 \times 10^9$$
$$= 1.262 \times 10^{17} \text{ 秒},$$

設欲求之時間爲 t

所以
$$\log t = \frac{1}{2}(\log t_\pi + \log t_u)$$

$$=\frac{1}{2}(\log 2\times 10^{-16}+\log 1.262\times 10^{17})$$

$$=\frac{1}{2}(-15.7+17.2)\doteq 0.75 .$$

因此由表 1-2 可表出～ 10^{10} 秒的量度．■

1－10 從圖 1-3 計算夏至的地球自轉週期和明年春天地球自轉週期的差。

解 由圖 1-3 可知，1955 年夏季與 1956 年春季，地球自轉週期相差爲

$$\triangle t=86400\times\left[\frac{60-(-85)}{10^{10}}\right]$$

$$=1.25\times 10^{-6} \text{ 秒} .$$

1956 年夏季與 1957 年春季，地球自轉週期相差爲

$$\triangle t=86400\times\left[\frac{40-(-140)}{10^{10}}\right]$$

$$=1.56\times 10^{-6} \text{ 秒} .$$ ■

1－11 一實驗室中測試五個鐘，在連續一週的正午，以 *WWV* 時間信號定之，各鐘的讀數如下：

鐘	星期日	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六
A	12:36:40	12:36:56	12:37:12	12:37:27	12:37:44	12:37:59	12:38:18
B	11:59:59	12:00:02	11:59:57	12:00:07	12:00:02	11:59:56	12:00:03
C	15:50:45	15:51:43	15:52:41	15:53:39	15:54:37	15:55:35	15:56:33
D	12:03:59	12:02:52	12:01:45	12:00:38	11:59:31	11:58:24	11:57:17
E	12:03:59	12:02:49	12:01:54	12:01:52	12:01:32	12:01:22	12:01:12

你應該如何依計時的準確相對值而排定此五個鐘的次序？並請說明你的選擇。

解 *A* 鐘在七日中每天的時間差爲

16，16，15，17，15，15 秒

B 鐘爲 3，−5，10，−5，−6，7 秒

C 鐘爲 58，58，58，58，58，58 秒

D 鐘爲 −67，−67，−67，−67，−67，−67 秒

E 鐘爲 −70，−55，−2，−20，−10，−10 秒

雖然 *C* 鐘與 *D* 鐘之變化率均穩定，但 *C* 鐘之變化率較小；且 *E* 鐘之變化最不穩定，故其排列次序爲 *C*，*D*，*A*，*B*，*E*。

第二章　向　　量

Vectors

2－1　兩向量 **a** 和 **b** 相加。證明其和的大小不能大於|a＋b|或小於｜a－b｜，此處的直條表示絕對值。

解　由向量之分量公式知

$$a_x = a\cos\theta_1\ ;\ a_y = a\sin\theta_1\ ,$$
$$b_x = b\cos\theta_2\ ;\ b_y = b\sin\theta_2\ ,$$
$$|a+b| = \sqrt{(a\cos\theta_1 + b\cos\theta_2)^2 + (a\sin\theta_1 + b\sin\theta_2)^2}$$
$$= \sqrt{a^2+b^2-2ab\cos(\theta_1-\theta_2)}$$

又因為　$-1 \le \cos(\theta_1-\theta_2) \le 1$

所以　$a^2+b^2-2ab \le a^2+b^2-2ab\cos(\theta_1-\theta_2)$

$$\le a^2+b^2+2ab.$$

證得　$|a-b| \le |a+b| \le a+b.$　■

2－2　什麼是如下二向量 **a** 及 **b** 的特性。

(a)　$\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{c}$　且　$a+b=c$，

(b)　$\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{a}-\mathbf{b}$，

(c)　$\mathbf{a}+\mathbf{b}=\mathbf{c}$　且　$a^2+b^2=c^2$.

解 (a)　**a** 向量與 **b** 向量為同方向。

(b)　**b** 向量為零。

(c)　**a** 向量與 **b** 向量垂直。　■

2－3　有二位移，其一的大小為 3 公尺，另一的大小為 4 公尺。寫出此二位移向量應如何相加能使其總位移的大小為(a) 7 公尺，(b) 1 公尺，(c) 5 公尺。

解 (a)　**a** 與 **b** 同向時，3 米＋4 米＝7 米。

(b)　**a** 與 **b** 反向時，4 米－3 米＝1 米。

(c)　**a** 與 **b** 垂直時，$[(4\text{米})^2+(3\text{米})^2]^{\frac{1}{2}} = 5$ 米。　■

2－4　二向量 **a** 和 **b** 的大小相同，為 10 單位。它們的位置如圖 2 - 13所

示，且其向量和爲 r，求(a) r 的 x 及 y 分量；(b) r 的大小；(c) r 與 x 軸的夾角。

解 (a) 求得各分量爲

$$a_x = 10\cos 30° = 8.66,$$
$$a_y = 10\sin 30° = 5,$$
$$b_x = 10\cos(105° + 30°) = 10\cos 135° = -7.07,$$
$$b_y = 10\sin 135° = 7.07.$$

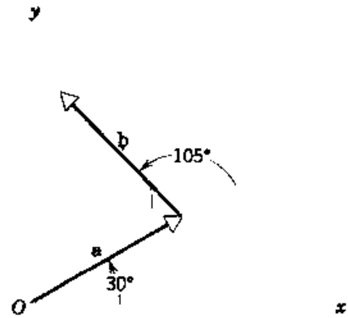


圖 2-13

所以 r 在 x 方向和 y 方向之分量爲

$$r_x = a_x + b_x = 8.66 - 7.07 = 1.59 \text{ 單位},$$
$$r_y = a_y + b_y = 5 + 7.07 = 12.07 \text{ 單位}.$$

(b) 由公式可得 r 之大小爲

$$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} = \sqrt{(1.59)^2 + (12.07)^2} = \sqrt{148.213} = 12.18 \text{ 單位}.$$

(c) 由公式可得 r 與 x 軸之夾角爲

$$\theta = \tan^{-1}\frac{12.07}{1.59} = \tan^{-1} 7.59 = 82.49°.$$ ■

2－5　向量在 $x-y$ 平面上其大小爲 9.1 其方向爲從 x 軸逆時針轉 49°，以單位向量符號寫出此向量。

解　因　$r_x = r\cos\theta = 9.1\cos 49° = 5.97 \doteqdot 6.0,$

$r_y = r\sin\theta = 9.1\sin 49° = 6.87 \doteqdot 6.9,$

故　$\mathbf{r} = 6.0\,\mathbf{i} + 6.9\,\mathbf{j}.$ ■

2－6　向量爲 $\mathbf{a} = 4\,\mathbf{i} + 3\,\mathbf{j}$ 及 $\mathbf{b} = -3\,\mathbf{i} + 7\,\mathbf{j}$，其和以單位向量符號表示爲何？a + b 的大小和方向是什麼？

解　已知　$\mathbf{a} = 4\,\mathbf{i} + 3\,\mathbf{j}$，$\mathbf{b} = -3\,\mathbf{i} + 7\,\mathbf{j}$，

所以其單位向量符號爲

$$\mathbf{c} = \mathbf{a} + \mathbf{b} = \mathbf{i} + 10\,\mathbf{j}.$$

其大小爲 $c=\sqrt{1^2+10^2}=10.049$.

其角度爲 $\theta=\tan^{-1}\frac{10}{1}=\tan^{-1}10=84.3°$. ■

2－7 將下列各名詞依純量，向量和其他列表，溫度、速度、速率、角度、面積、力、能量、光、電子、時間、質量、位置。

解 純量包括溫度、速率、角度、面積、能量、時間、質量。

向量包括速度、力、位置。

其他包括光、電子。 ■

2－8 向量**A**和**B**以任意選定的單位爲單位，其分量爲 $A_x=3.2$ $A_y=1.6$；$B_x=0.50$ $B_y=4.5$ 。(a)求**A**和**B**的夾角。(b)求向量**C**的 x 分量及 y 分量，**C**與**A**垂直且大小爲5.0單位。

解 (a) $\tan\alpha=\frac{1.6}{3.2}=0.5$ $\alpha=26.48°$,

$\tan\beta=\frac{4.5}{0.5}=9$ $\beta=83.66°$,

$\beta-\alpha=83.66°-26.48°=57.18°$.

求得**A**與**B**之夾角爲57.18°.

(b) 因爲**C**垂直於**A**，故可得**C**與 x 軸夾角爲

$\gamma=\alpha\pm90°=116.48°$ 或 $-63.52°$,

向量**C**在 x 方向及 y 方向的分量爲

$c_x=5\cos116.48°=5\times(-0.446)=-2.23$,

$c_y=5\sin116.48°=5\times0.896=4.48$,

或 $c_x'=5\cos(-63.52°)=2.23$,

$c_y'=5\sin(-63.52°)=-4.48$. ■

2－9 已知二向量 $\mathbf{a}=4\mathbf{i}-3\mathbf{j}$ 和 $\mathbf{b}=6\mathbf{i}+8\mathbf{j}$，求**a**、**b**、**b**＋**a**，**b**－**a**和**a**－**b**的大小和方向。

解 (a) $a=\sqrt{4^2+(-3)^2}=5$,

$\tan\theta=\frac{-3}{4}=-0.75$ $\theta=323°$.

(b) $b=\sqrt{6^2+8^2}=10$,

$\tan\theta=\frac{8}{6}=1.33$ $\theta=53.1°$.

(c) $\mathbf{c}=\mathbf{a}+\mathbf{b}=10\mathbf{i}+5\mathbf{j}$,

$c=\sqrt{10^2+5^2}=11.2$,

$\tan\theta=\dfrac{5}{10}=0.5 \qquad \theta=26.5°$

(d) $\mathbf{d}=\mathbf{b}-\mathbf{a}=2\mathbf{i}+11\mathbf{j}$,

$d=\sqrt{2^2+11^2}=11.2$,

$\tan\theta=\dfrac{11}{2}=5.5 \qquad \theta=79.7°$.

(e) $\mathbf{e}=\mathbf{a}-\mathbf{b}=-2\mathbf{i}-11\mathbf{j}$,

$e=\sqrt{(-2)^2+(-11)^2}=11.2$.

$\theta=\dfrac{-11}{-2}=5.5 \qquad \theta=260°$. ■

2－10 將分析方法中分解及相加推廣至三或更多向量。

解 設 $\mathbf{r}=\mathbf{a}+\mathbf{b}+\mathbf{c}+\cdots\cdots\cdots$,

$\mathbf{a}=a_x\mathbf{i}+a_y\mathbf{j}$,

$\mathbf{b}=b_x\mathbf{i}+b_y\mathbf{j}$,

$\mathbf{c}=c_x\mathbf{i}+c_y\mathbf{j}$,

$\vdots$

所以 $r_x=a_x+b_x+c_x+\cdots\cdots$,

$r_y=a_y+b_y+c_y+\cdots\cdots$,

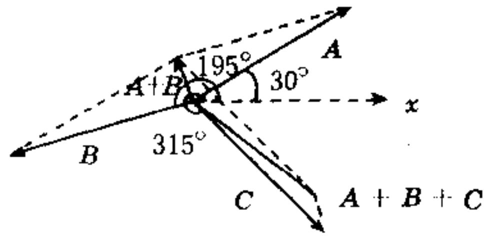
故推得 $\mathbf{r}=r_x\mathbf{i}+r_y\mathbf{j}$,

其大小為 $r=\sqrt{(r_x)^2+(r_y)^2}$,

其角度為 $\theta=\tan^{-1}\dfrac{r_y}{r_x}$. ■

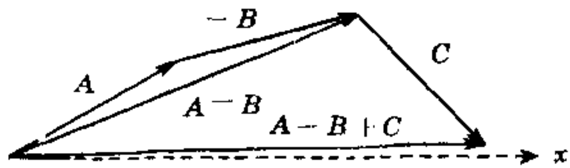
2－11 A、B和C三向量其大小均為50單位，在 $x-y$ 平面上與正 x 軸的交角分別為 30°，195° 及 315°。請繪圖求出下列向量的大小和方向。(a) $\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C}$，(b) $\mathbf{A}-\mathbf{B}+\mathbf{C}$，(c) $\mathbf{D}$．$\mathbf{D}$使 $(\mathbf{A}+\mathbf{B})-(\mathbf{C}+\mathbf{D})=0$.

解 (a) 求 $\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C}$ 之圖解



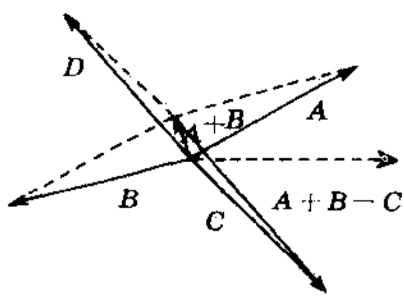
量得其大小爲 39.5 單位，角度爲 320°.

(b) 求 **A** − **B** + **C** 之圖解。



量得其大小爲 127 單位，角度爲 1°.

(c) 求向量 **D**，滿足（ **A** + **B** ）−（ **C** + **D** ）= 0 .



量得其大小爲 62 單位，角度爲 130.5°.

2 − 12 求上題中各向量的分量且以解析法計算它們。

解 由上題知 $\mathbf{A} = \mathbf{i}\,50\cos 30° + \mathbf{j}\,50\sin 30°$

$= 43.3\mathbf{i} + 25\mathbf{j}$,

$$\mathbf{B} = \mathbf{i}\,50\cos 195^\circ + \mathbf{j}\,50\sin 195^\circ$$
$$= -48.3\,\mathbf{i} - 12.9\,\mathbf{j},$$
$$\mathbf{C} = \mathbf{i}\,50\cos 315^\circ + \mathbf{j}\,50\sin 315^\circ$$
$$= 35.3\,\mathbf{i} - 35.3\,\mathbf{j}.$$

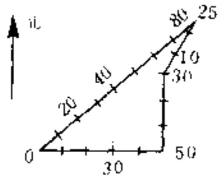
(a)
$$\mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C} = 30.3\mathbf{i} - 23.2\,\mathbf{j},$$
$$R = \sqrt{(30.3)^2 + (23.2)^2} = 39.4,$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-23.2}{30.3}\right) = \tan^{-1}(-0.766) = 322.58^\circ.$$

(b)
$$\mathbf{A} - \mathbf{B} + \mathbf{C} = 127\mathbf{i} + 2.6\,\mathbf{j},$$
$$R = \sqrt{(127)^2 + (2.6)^2} = 127,$$
$$\theta = \tan^{-1}\frac{2.6}{127} = \tan^{-1} 0.0205 = 11.35^\circ.$$

(c)
$$\mathbf{A} + \mathbf{B} - \mathbf{C} = -40.3\,\mathbf{i} + 47.4\,\mathbf{j},$$
$$R = \sqrt{(-40.3)^2 + (47.4)^2} = 62.2,$$
$$\theta = \tan^{-1}\frac{47.4}{-40.3} = \tan^{-1}(-1.176) = 130.4^\circ.$$

2－13　一車向東行駛 50 哩後，向北行駛 30 哩，然後以北偏東 30° 的方向行駛 25 哩，畫出向量圖並求此車離起點的總位移。

解　設每一單位代表 10 哩，其向量圖如下：



其總位移為 81.0 哩，角度為 39.5°（東北方）。

2－14　某人有次在果嶺上用三桿將球擊入洞中。第一擊將球打至正北 12 呎處，第二擊為東南 6.0 呎，第三擊西南 3.0 呎，一擊就須進洞時球的位移為何？

解　三次擊球的分量各為

$$a_x = 0,\quad a_y = 12\text{呎、}$$
$$b_x = 6\cos(-45^\circ) = 4.24\text{呎、}$$

$b_y = 6\sin(-45°) = -4.24$ 呎，

$c_x = -3\cos 45° = -2.12$ 呎，

$c_y = -3\sin 45° = -2.12$ 呎，

則其向量和為

$r_x = a_x + b_x + c_x = 2.12$ 呎，

$r_y = a_y + b_y + c_y = 5.64$ 呎，

其大小為 $r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} = \sqrt{(2.12)^2 + (5.64)^2} = 6$ 呎，

其角度為 $\theta = \tan^{-1}\dfrac{5.64}{2.12} = \tan^{-1} 2.66 = 69.42°$，

故朝東北方 69.42°，位移 6 呎即可一桿進洞。 ■

2－15 一質點在平面上連續進行如下三位移，東南 4.0 公尺，東 5.0 公尺，東偏北 60° 的方向上 6.0 公尺。選取 y 軸為北方 x 軸為東方，求(a)每一位移的分量，(b)總位移的分量，(c)總位移的大小和方向，(d)將此質點帶回始點所須的位移。

解 (a) 每個位移之分量如下：

$a_x = -4\cos 45° = -2.83$ 米，

$a_y = -4\sin 45° = -2.83$ 米，

$b_x = 5\cos 0° = 5.0$ 米，

$b_y = 5\sin 0° = 0$，

$c_x = 6\cos 60° = 3.0$ 米，

$c_y = 6\sin 60° = 5.2$ 米.

(b) 合成位移之分量為

$r_x = a_x + b_x + c_x = -2.83 + 5 + 3$

$= 5.17$ 米，

$r_y = a_y + b_y + c_y = -2.83 + 0 + 5.2$

$= 2.37$ 米 .

(c) 其大小為

$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} = \sqrt{(5.17)^2 + (2.37)^2} = 5.69$ 米，

角度為 $\theta = \tan^{-1}\dfrac{2.37}{5.17} = \tan^{-1} 0.4545 = 24.6°$（東北）。

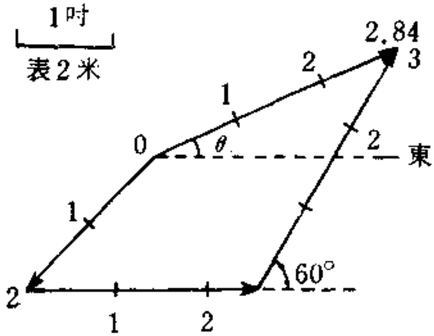
(d) 將質點帶回原處所需之位移，與 r 大小相等，方向相反，即

$d = 5.69$ 米，

$\theta = 24.6°$（西南）。 ■

2－16 以2公尺爲一吋的比例將15題中的位移以圖形相加。由你的圖中求結果的大小和方向。

解



作向量圖測得其位移爲2.84吋，即5.68米；並量得其角度 $\theta=24.5°$．

2－17 將二向量的分解和相加所用的解析法推廣至三度空間。

解 向量式爲 $\mathbf{r}=\mathbf{a}+\mathbf{b}$，

其單位向量爲

$$\mathbf{a}=a_x\mathbf{i}+a_y\mathbf{j}+a_z\mathbf{k},$$

$$\mathbf{b}=b_x\mathbf{i}+b_y\mathbf{j}+b_z\mathbf{k},$$

故
$$r_x=a_x+b_x,$$
$$r_y=a_y+b_y,$$
$$r_z=a_z+b_z,$$

大小爲 $r=\sqrt{r_x^2+r_y^2+r_z^2}$，

其角度爲 $\cos\alpha=\frac{r_x}{r}$， $\cos\beta=\frac{r_y}{r}$， $\cos r=\frac{r_z}{r}$．

2－18 (a)某人離開其前門向東行1000呎、向北行2000呎，然後從口袋中拿出一銅板將它從500呎的懸崖扔下。建立一座標系統用單位向量寫下銅板的表示法。(b)此人循不同的路徑返回前門，請問他整個行程的總位移爲何？

解 (a) 位移爲 $\mathbf{r}=1000\mathbf{i}+2000\mathbf{j}-500\mathbf{k}$．

(b) 此人又走回前門，故其總位移爲零。

2－19 求向量位移 $\mathbf{c}$ 和 $\mathbf{d}$ 的和，其在三互相垂直方向上的分量爲 $c_x=5.0$，

$c_y=0$，$c_z=-2.0$；$d_x=-3.0$，$d_y=4.0$，$d_z=6.0$ 以哩爲單位。

解 由公式知其和的向量式爲

$$\mathbf{r}=\mathbf{c}+\mathbf{d},$$

將已知值代入各分量得

$$r_x=c_x+d_x=5.0-3.0=2.0\text{哩},$$
$$r_y=c_y+d_y=0+4.0=4.0\text{哩},$$
$$r_z=c_z+d_z=-2.0+6.0=4.0\text{哩},$$

故得 $\mathbf{r}=2\mathbf{i}+4\mathbf{j}+4\mathbf{k}$. ■

2－20 向量 $\mathbf{d}$ 的大小爲2.5公尺且指向正北。求下列向量的大小和方向：(a) $-\mathbf{d}$，(b) $\mathbf{d}/2.0$，(c) $-2.5\mathbf{d}$，(d) $4.0\mathbf{d}$？

解 設 $\mathbf{d}=0\mathbf{i}+2.5\mathbf{j}$，

(a) $-\mathbf{d}=-0\mathbf{i}-2.5\mathbf{j}$，爲2.5米向南．

(b) $\dfrac{\mathbf{d}}{2.0}=0\mathbf{i}+1.25\mathbf{j}$，爲1.25米向北．

(c) $-2.5\mathbf{d}=-0\mathbf{i}-6.25\mathbf{j}$，爲6.25米向南．

(d) $4.0\mathbf{d}=0\mathbf{i}+10\mathbf{j}$，爲10米向北． ■

2－21 一屋的尺寸爲10呎×12呎×14呎。一蒼蠅由一角落對角地飛至相對角落。(a)其位移的大小爲何？(b)其路徑的長度能比此距離短嗎？能比它長嗎？能和它相等嗎？(c)選取一合適的座標系統並求在此座標內位移向量的分量。

解 設 $r_x=10$呎，$r_y=12$呎，$r_z=14$呎，

(a) $r=\sqrt{r_x^2+r_y^2+r_z^2}=\sqrt{10^2+12^2+14^2}$
$=21$呎．

(b) 可以大於或等於此距離，但不能小於此距離。

(c) $\mathbf{r}=10\mathbf{i}+12\mathbf{j}+14\mathbf{k}$． ■

2－22 習題21中，該蒼蠅爲爬行而非飛行，其最短路徑的長度爲何？

解 其最短距離爲沿壁爬行之對角線，其長度爲

$$l=\sqrt{(10+12)^2+14^2}=26.06\text{呎}$$ ■

2－23 已知二向量爲 $\mathbf{A}=4\mathbf{i}-3\mathbf{j}+\mathbf{k}$ 及 $\mathbf{B}=-\mathbf{i}+\mathbf{j}+4\mathbf{k}$，求(a) $\mathbf{A}+\mathbf{B}$，(b) $\mathbf{A}-\mathbf{B}$，及(c)向量 $\mathbf{C}$ 使 $\mathbf{A}-\mathbf{B}+\mathbf{C}=0$。

解 (a) $\mathbf{A}+\mathbf{B}=3\mathbf{i}-2\mathbf{j}+5\mathbf{k}$．

(b) $\mathbf{A}-\mathbf{B}=5\mathbf{i}-4\mathbf{j}-3\mathbf{k}$．

(c) $\mathbf{C}=-\mathbf{A}+\mathbf{B}=-5\mathbf{i}+4\mathbf{j}+3\mathbf{k}$． ■