

KEY TO
COLLEGE PHYSICS

大學物理習題解答

全一冊

BY

F. W. Sears and M. W. Zemansky

西爾原著
柴曼斯基

原著第四版

學術出版社印行

大學物理習題解答

KEY TO COLLEGE PHYSICS

By
F. W. Sears and M. W. Zemansky

〔全一冊〕

學術出版社印行

**KEY TO
COLLEGE PHYSICS**

Third Edition

By

F. M. Sears and, M. W. Zemansky

*

大學物理習題詳解

全一冊

*

印 行

香港學術出版社

香港興順街一四五號

承 印

信義印刷公司

九龍官塘偉業街 154 號五樓

港九及南洋各大書局均售

目 錄

第一章	向量的合成與分解	1
第二章	一個質點的平衡	8
第三章	平衡・力矩	24
第四章	直線運動	39
第五章	牛頓第二定律・引力	59
第六章	在一平面上的運動	83
第七章	功與能	111
第八章	衝量與動量	132
第九章	轉動	154
第十章	彈性學	186
第十一章	諧運動	194
第十二章	流體靜力學	216
第十三章	表面張力	232
第十四章	流體動力學與黏性	236
第十五章	溫度—膨脹	254
第十六章	熱與熱量度	265
第十七章	熱的傳遞	278
第十八章	物質的熱性質	289
第十九章	熱力學的定律	301
第二十章	物質的分子性質	319
第二十一章	進行波	325
第二十二章	振動體	333
第二十三章	聲音的現象	339

第二十四章	庫倫定理	1
第二十五章	電場、高斯定律	6
第二十六章	電位	18
第二十七章	電容、電介質的性質	35
第二十八章	電流電阻與電動勢	48
第二十九章	直流電路與儀器	60
第三十章	磁場	81
第三十一章	帶電流導體上的磁力	90
第三十二章	一電流的磁場	97
第三十三章	感應電動勢	109
第三十四章	物質的磁性	129
第三十五章	交流電	135
第三十六章	電磁波	143
第三十七章	光的本性與傳播	148
第三十八章	在一平面上的反射與折射	153
第三十九章	單一反射或折射的成像	161
第四十章	透鏡與光學儀器	171
第四十一章	干涉與繞射	197
第四十二章	偏振	206
第四十三章	原子電子與光子	214

第一章 向量的合成與分解

1-1

解：

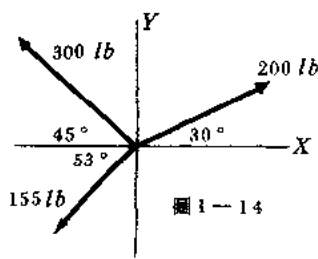
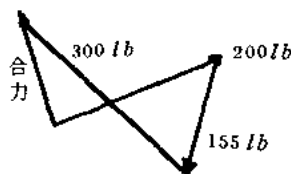


圖 1-14



將第二向量之尾點置於第一向量之端點，保持方向不變，再將第三向量之尾點置於第二向量之端點，連接第一向量之尾點與第三向量之端點即得三力之合力，此即多迅形法。

以 $1 \text{ cm} = 100 \text{ lb}$ ，作右上圖，可量得

合力之大小為 $2.3 \text{ cm} = 230 \text{ lb}$ ，其方向與 Ox 軸成 125° 。

1-2

解：即小孩所施之力令在 Y 軸方向分力之代數和為零即可，此時僅餘正 X 軸方向分力，故箱可向 X 進行。

$$\begin{aligned} F_y &= F_1 \sin 60^\circ - F_2 \sin 30^\circ \\ &= 100 \sin 60^\circ - 80 \sin 30^\circ \\ &= 87 - 40 = 47 \text{ lb (向上)} \end{aligned}$$

即小孩之力 $= -47 \text{ lb}$ (在負軸方向)

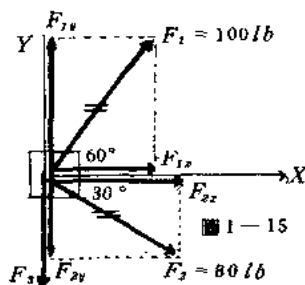
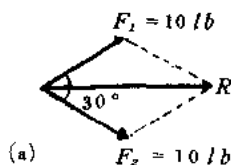


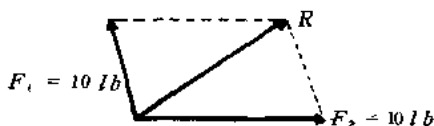
圖 1-15

1-3

解：



(a)



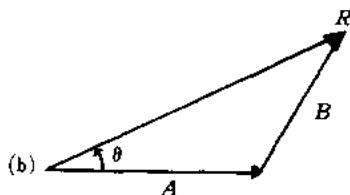
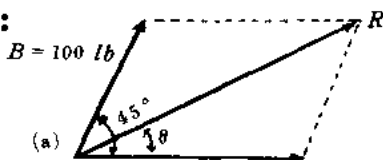
(b)

2 大學物理解答

- (a) 以 1 吋 = 10 磅，則由圖(a)量得 $R = 1.93$ 吋，
故 $R = 1.93 \times 10 = 19.3$ 磅
- (b) 以 1 吋 = 10 磅，則由圖(b)量得 $R = 0.85$ 吋，
故 $R = 0.85 \times 10 = 8.5$ 磅

1-4

解：



- (a) 在圖(b)中，取 1 吋 = 50 磅，則 $A = 3$ 吋， $B = 2$ 吋，量得 $R = 4.65$ 吋，故合力 R 之大小 $= 4.65 \times 50 = 232$ 磅， $\theta = 17.6^\circ$
- (b) 在圖(b)三角形圖解法中，仍以 1 吋 = 50 磅，量得 R 仍為 4.65 吋
故 $R = 4.65 \times 50 = 232$ 磅， $\theta = 17.6^\circ$
- (c) 在直角分解法中，

$$\begin{aligned}\text{水平分力 } \Sigma F_x &= 150 + 100 \cos 45^\circ \\ &= 150 + 70.7 = 220.7 \text{ 磅}\end{aligned}$$

$$\text{垂直分力 } \Sigma F_y = 100 \sin 45^\circ = 70.7 \text{ 磅}$$

$$\begin{aligned}\text{故合力 } R &= \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} \\ &= \sqrt{(220.7)^2 + (70.7)^2} = 232 \text{ 磅}\end{aligned}$$

$$\tan \theta = \Sigma F_y / \Sigma F_x = 70.7 / 220.7 = 0.32$$

$$\therefore \theta = 17.6^\circ$$

1-5

解：(a) 用 1 吋 = 10 磅之比例尺，則 $A = 7/10 = 0.7$ 吋，
 $B = 20/10 = 2$ 吋

由圖(a)用平行四邊形法量得 $(A + B)$ 之長 = 1.5 吋

故 $A + B$ 之向量和 = $1.5 \times 10 = 15$ 磅， $\theta = 53^\circ$

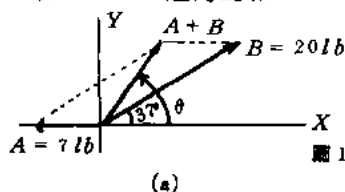
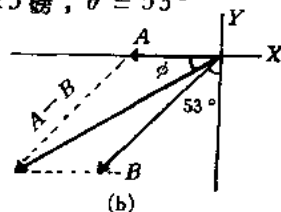


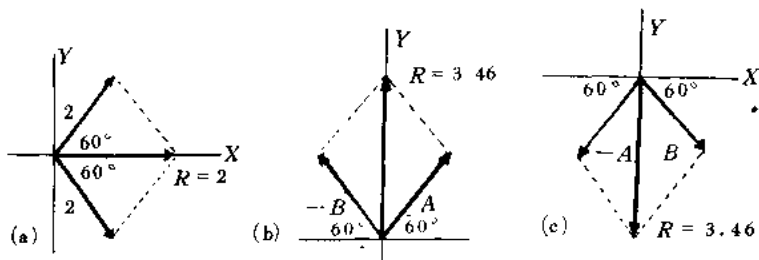
圖 1-16



同理， $A - B$ 即 $A + (-B)$ ，如圖(b)可量得爲
2.6 吋，故 $A - B$ 之向量差 $= 2.6 \times 10 = 26$ 磅

1-6

解：



各解如圖(a), (b), (c)所示

1-7

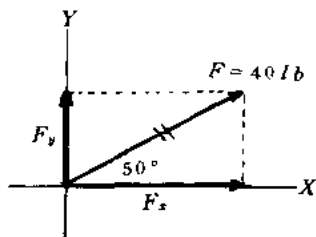
解：

(a) 用 1 磅 $= \frac{1}{16}$ 吋之比例尺，

由右圖得

水平分力 $F_x = 1.61$ 吋
 $= 25.7$ 磅

垂直分力 $F_y = 1.91$ 吋
 $= 30.6$ 磅



(b) 由計算得之

$$F_x = F \cos \theta = 40 \cos 50^\circ = 40 \times 0.643 = 25.7 \text{ 磅}$$

$$F_y = F \sin \theta = 40 \sin 50^\circ = 40 \times 0.766 = 30.6 \text{ 磅}$$

1-8

解：將圖 1-1 繪成力圖，即如右圖所示

設 OG 之長爲 4 吋以代表 40 磅之力，

由圖解法量度 OP 之長爲 3.46 吋，

OQ 之長爲 2 吋，故相當之水平分力

$F_x = 3.46 \times 10 = 34.6$ 磅，垂直分力

$F_y = 2 \times 10 = 20$ 磅。

以計算法求法：

$$F_x = 40 \cos 30^\circ = 34.6 \text{ 磅}$$

$$F_y = 40 \sin 30^\circ = 20 \text{ 磅}$$

故知由圖解法所得結果與計算法同。

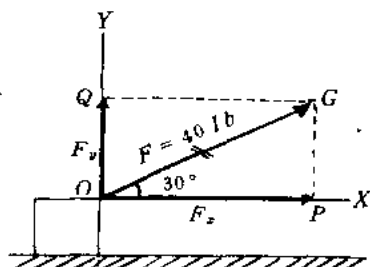


圖 1-2

1-9

解：(a) 取 OX 軸平行於斜面， OY 軸垂直於斜面，在 OX 上取 F_x 之長 = 2 吋，以代表 16 磅之力。

引 OX 之垂線，量得

$$OG = 2.32 \text{ 吋}$$

故所需之力為

$$F = 2.32 \times 8 = 1.85 \text{ 磅}$$

(b) 由「引 OQ 之垂線，得

$$F_y = 1.15 \text{ 吋}$$

故 $F_y = 1.15 \times 8 = 9.2 \text{ 磅}$

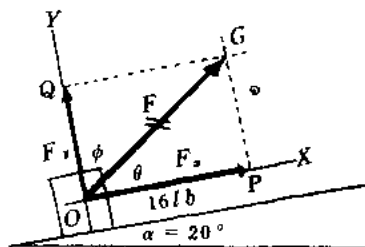


圖 1-6

1-10

解：

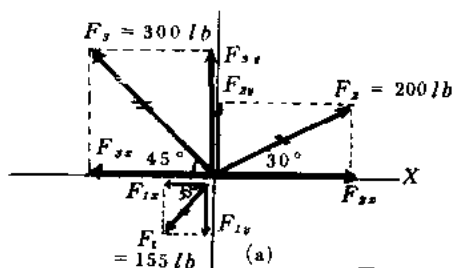
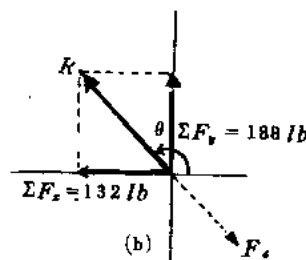


圖 1-14



- (a) 用 1 吋 = 100 磅之比例尺，令 $F_1 = 1.55$ 吋， $F_2 = 2$ 吋， $F_3 = 3$ 吋

$$\text{則 } F_{1x} = 0.93 \text{ 吋} = 0.93 \times 100 = 93 \text{ 磅}$$

$$F_{1y} = 1.24 \text{ 吋} = 1.24 \times 100 = 124 \text{ 磅}$$

$$F_{2x} = 1.73 \text{ 吋} = 1.73 \times 100 = 173 \text{ 磅}$$

$$F_{2y} = 1 \text{ 吋} = 100 \text{ 磅}$$

$$F_{3x} = 2.12 \text{ 吋} = 2.12 \times 100 = 212 \text{ 磅}$$

$$F_{3y} = 2.12 \text{ 吋} = 2.12 \times 100 = 212 \text{ 磅}$$

- (b) 合力計算：

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 200 \cos 30^\circ - 300 \cos 45^\circ - 155 \cos 53^\circ \\ &= -132 \text{ 磅 (向左)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 200 \sin 30^\circ + 300 \sin 45^\circ + 155 \sin 53^\circ \\ &= 188 \text{ 磅 (向上)} \end{aligned}$$

$$\text{故 } R = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} = \sqrt{(-132)^2 + 188^2} = 230 \text{ 磅}$$

$$\tan \theta = \Sigma F_y / \Sigma F_x = -188 / 132 = -1.42$$

$$\therefore \theta = 125^\circ$$

- (c) $\therefore$ 如圖(b)所示, 第4力 F_4 與 R 相等相反, 故加 F_4 後, 此四力之合力為零。

1-11

$$\text{解: } R_x = \Sigma F_x$$

$$= 200 + 300 \cos 60^\circ - 100 \cos 45^\circ$$

$$R_y = \Sigma F_y$$

$$= 300 \sin 60^\circ + 100 \sin 45^\circ - 200$$

$$\therefore \Sigma F_x = 388.8 \text{ 磅}$$

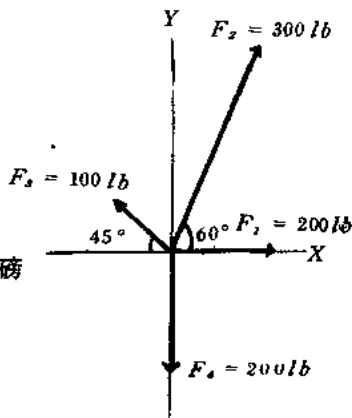
$$\Sigma F_y = 20.7 \text{ 磅}$$

合力大小

$$F = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} = 308 \text{ 磅}$$

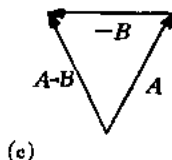
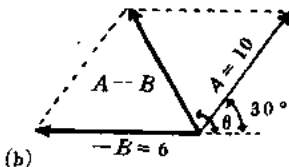
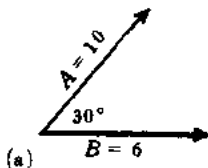
$$\alpha = \tan^{-1} \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x}$$

$$= 25^\circ \text{ 正 } x\text{-軸上方}$$



1-12

解:



- (a) 由圖(b)量之, 知向量 $(A - B)$ 之大小 = 5.66 單位
 (b) 由圖(c)量之, 知向量 $(A - B)$ 之大小亦為 5.66 單位
 (c) 由圖(b), $\Sigma F_x = -6 + 10 \cos 30^\circ = -6 + 8.66 = 2.66$

$$\Sigma F_y = 10 \sin 30^\circ = 5$$

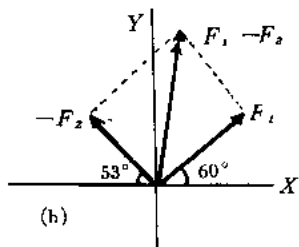
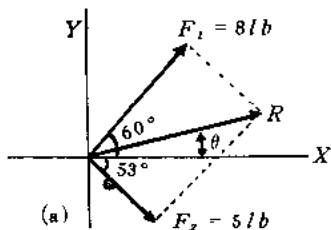
$$\text{故合力 } R = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} = \sqrt{(2.66)^2 + 5^2} = 5.66$$

$$\tan \theta = 5 / 2.66 = 1.88 \quad \therefore \theta = 62^\circ$$

$$\text{即 } R \text{ 與 } A \text{ 所成之角度} = 62^\circ - 30^\circ = 32^\circ$$

1-13

解：



(a) 合力之水平分力為

$$\Sigma F_x = 8 \cos 60^\circ + 5 \cos 53^\circ = 4 + 3 = 7 \text{ 磅 (向右)}$$

合力之垂直分力為

$$\Sigma F_y = 8 \sin 60^\circ - 5 \sin 53^\circ = 6.9 - 4 = 2.9 \text{ 磅 (向上)}$$

(b) 合力 $R = \sqrt{\Sigma F_x^2 + \Sigma F_y^2} = \sqrt{7^2 + 2.9^2} = 7.6$ 磅(c) 如圖(b) $\Sigma F_x = 8 \cos 60^\circ - 5 \cos 53^\circ = 4 - 3 = 1 \text{ lb (向左)}$

$$\Sigma F_y = 8 \sin 60^\circ + 5 \sin 53^\circ = 6.9 + 4 = 10.9 \text{ lb (向上)}$$

$$\text{故向量差 } F_1 - F_2 = \sqrt{\Sigma X^2 + \Sigma Y^2} = \sqrt{1^2 + 10.9^2} = 11 \text{ lb}$$

1-14

解： F_1, F_2, R 繪如右圖，因合力在 Y -軸上，則合力在 X 軸方向之分力必為零。

$$\text{即 } \Sigma F_x = F_1 + F_{2x} = 0$$

$$\therefore F_{2x} = -F_1 = -10 \text{ 磅}$$

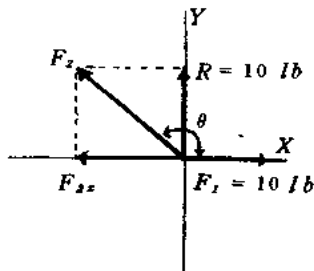
$$\text{另 } \Sigma F_y = F_{2y} + 0 = R,$$

$$\therefore F_{2y} = R = 10 \text{ 磅}$$

$$\text{故 } F_2 = \sqrt{(F_{2x})^2 + (F_{2y})^2} \\ = \sqrt{(-10)^2 + 10^2} = 14.2 \text{ 磅}$$

$$\tan \theta = F_{2y} / F_{2x} = 10 / -10 = -1$$

$$\therefore \theta = 135^\circ$$



1-15

解： 合力 F 的 x 與 y 分量分別是 ΣF_x 及 ΣF_y

$$\Sigma F_x = 1000 \sin 30^\circ = 500 \text{ 磅 (向左)}$$

$$\Sigma F_y = 1000 \cos 30^\circ = 500\sqrt{3} \text{ 磅 (向上)}$$

$$\therefore F_{xz} = \Sigma F_x - (F_{1x} + F_{2x} + F_{3x}) \\ = -500 - [400 \cos 60^\circ + 0 + (-400 \sin 53^\circ)] \\ = -620 \text{ 磅}$$

$$\begin{aligned}
 F_{AV} &= \Sigma F_y = (F_{1y} + F_{2y} + F_{3y}) \\
 &= 500 \sqrt{3} - (400 \sin 60^\circ - 300 - 400 \cos 53^\circ) \\
 &= 1060 \text{ 磅}
 \end{aligned}$$

1 - 16

解：(a) $\because V_{PE} = V_{PA} + V_{AE}$

令 1 公分 = 20 哩 · 時⁻¹

則 $V_{PA} = 5$ 公分

$V_{AE} = 2$ 公分

從右圖中量出 $V_{PE} = 5.5$ 公分

$\therefore V_{PE} = 110$ 哩 · 時⁻¹

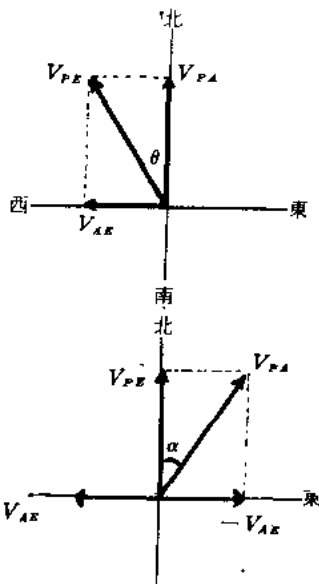
θ 為北偏西 22°

(b) $V_{PA} = V_{PE} + (-V_{AE})$

V_{PA} 的方向 $\alpha = \tan^{-1} \frac{40}{100}$

$= 21.8^\circ$ 北向東

$V_{PE} = 100 \cos \alpha$
 $= 92.85$ 哩 · 時⁻¹



第二章 一個質點的平衡

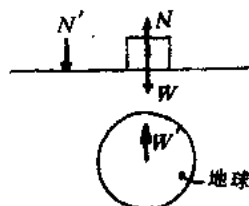
2-1

- 解： (a) 地球 (b) 4 磅，書本 (c) 不是
 (d) 書本，地球，4 磅，向上
 (e) 書本，手，4 磅，向下
 (f) 第一
 (g) 第三
 (h) 不是 (i) 不是 (j) 是 (k) 是
 (l) 一個力
 (m) 不是
 (n) 無任何事物

2-2

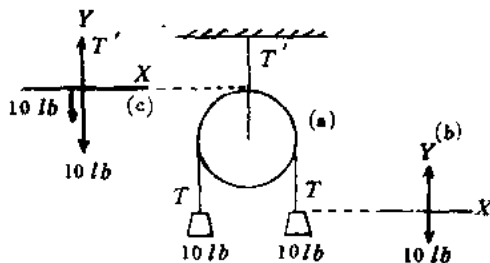
解： 如右圖所示：

- (a) 僅有物體之重量 W 作用於物體上。
 (b) 物體 W 之反作用為物體吸引地球向上之力 W' ，大小與 W 相等，但方向相反。



2-3

解：



- (a) 作重物與繩之隔離力圖，如圖(b)所示，由平衡條件知
 $\Sigma F_y = T - 10 = 0 \quad \therefore T = 10 \text{ 磅}$
 (b) 作滑輪與鏈之隔離力圖

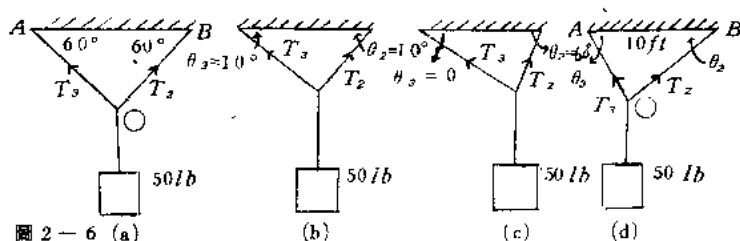
(c) 由平衡條件知

$$\Sigma F_y = T' - 10 - 10 = 0$$

$$\therefore T' = 20 \text{ 磅}$$

2-4

解：



(a) 在圖 2-6(a)中，由平衡條件可得

$$\Sigma F_x = T_2 \cos 60^\circ - T_3 \cos 60^\circ = 0$$

$$\Sigma F_y = T_2 \sin 60^\circ + T_3 \sin 60^\circ - 50 = 0$$

解上兩式可得

$$\text{張力 } T_2 = T_3 = 28.9 \text{ 磅}$$

(b) 在圖(b)中，由平衡條件可得

$$\Sigma F_x = T_2 \cos 10^\circ - T_3 \cos 10^\circ = 0$$

$$\Sigma F_y = T_2 \sin 10^\circ + T_3 \sin 10^\circ - 50 = 0$$

解上兩式可得

$$\text{張力 } T_2 = T_3 = 144 \text{ 磅}$$

(c) 在圖(c)中，由平衡條件可得

$$\Sigma F_x = T_2 \cos 60^\circ - T_3 = 0$$

$$\Sigma F_y = T_2 \sin 60^\circ - 50 = 0$$

$$\text{解之得 } T_2 = 57.7 \text{ 磅} \quad T_3 = 28.9 \text{ 磅}$$

(d) 在圖(d)中，由餘弦定律可得

$$\overline{OB}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{AB}^2 - 2 \cdot \overline{OA} \cdot \overline{AB} \cos \theta_3$$

$$\text{即 } 8^2 = 6^2 + 10^2 - 2 \cdot 6 \cdot 10 \cos \theta_3$$

$$\text{解之 } \theta_3 = 53^\circ$$

再由正弦定律可得

$$\frac{\overline{OA}}{\sin \theta_2} = \frac{\overline{OB}}{\sin \theta_3}, \quad \text{即 } \frac{6}{\sin \theta_2} = \frac{8}{\sin 53^\circ}$$

$$\text{解之得 } \theta_2 = 37^\circ$$

由平衡條件可得

$$\Sigma F_x = T_2 \cos 37^\circ - T_3 \cos 53^\circ = 0$$

$$\Sigma F_y = T_2 \sin 37^\circ + T_3 \sin 53^\circ - 50 = 0$$

解之得 $T_2 = 30$ 磅 $T_3 = 39.8$ 磅

2-5

解：

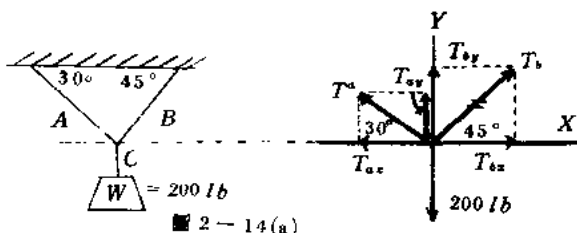


圖 2-14(a)

- (a) 設各繩之張力為 T_a , T_b , T_c , 作圖 2-13(a) 之力圖所示, 由平衡條件知:

$$\Sigma F_x = T_b \cos 45^\circ - T_a \cos 30^\circ = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma F_y = T_b \sin 45^\circ + T_a \sin 30^\circ - 200 = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

解(1)與(2) 得 $T_a = 148$ 磅, $T_b = 180$ 磅,

由 C 繩知 $T_c = 200$ 磅

- (b) 在圖 2-13(b) 之力圖中, 由平衡條件知

$$\Sigma F_x = T_b \cos 45^\circ - T_a = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma F_y = T_b \sin 45^\circ - 200 = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

解(1)與(2), 得

$$T_a = 200 \text{ 磅} \quad T_b = 280 \text{ 磅}$$

由 C 繩知 $T_c = 200$ 磅

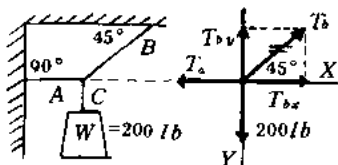


圖 2-14(b)

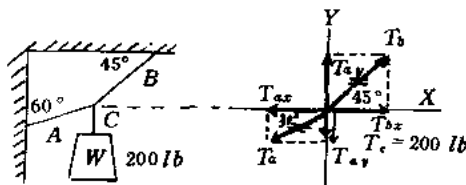


圖 2-14(c)

- (c) 在圖 2-13(c) 之力圖中, 由平衡條件知

$$\Sigma F_x = T_b \cos 45^\circ - T_a \cos 30^\circ = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma F_y = T_b \sin 45^\circ - T_a \sin 30^\circ - 200 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

由(1)及(2)解之，得

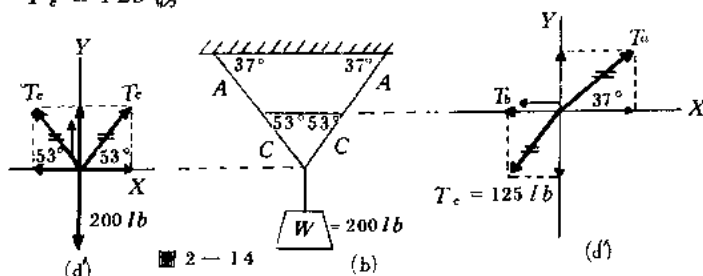
$$T_a = 550 \text{ 磅}, T_b = 670 \text{ 磅},$$

由C繩知 $T_c = 200$ 磅

(d) 首作繩C與重物間之隔離力圖(d')，由平衡條件知

$$\Sigma F_y = 2 \times T_c \sin 53^\circ - 200 = 0$$

$$\therefore T_c = 125 \text{ 磅}$$



再繪A繩與C繩間之隔離力圖(d'')，由平衡條件知

$$\Sigma F_x = -T_c \cos 53^\circ - T_b + T_a \cos 37^\circ = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma F_y = T_a \sin 37^\circ - T_c \sin 53^\circ = 0 \dots\dots\dots(2)$$

由(1)與(2)式解得 $T_a = 167$ 磅， $T_b = 58$ 磅

2-6

〔註〕 以下之解為假定支點作於撐桿之施力方向等於其長度方向至力C之大小與方向之一般解，讀者可仿本題解法解之。

解：(a) 設在圖2-15(a)中， T 為繩中之張力， C 為牆作用於撐桿之推力，此推力為撐桿壓迫牆壁之壓力之反作用，由平衡條件知：

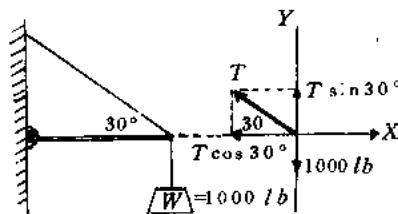


圖 2-15(a)

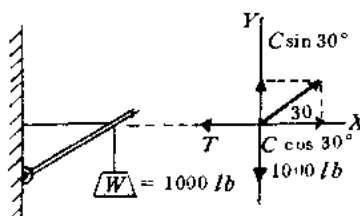


圖 2-15(b)

$$\Sigma F_x = C - T \cos 30^\circ = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma F_y = T \sin 30^\circ - 1,000 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

由(2)得 $T = 2,000$ 磅

代 T 值入(1)得 $C = 1,730$ 磅

故知，支撐中之壓力與大小與 C 相等但方向相反。

(b) 在圖 2-15(b)之力圖中，由平衡條件知

$$\Sigma F_x = C \cos 30^\circ - T = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma F_y = C \sin 30^\circ - 1,000 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

由(2)得 $C = 2,000$ 磅

以 C 值代入(1)得 $T = 1,730$ 磅

故知撐桿中之壓力與 C 相等，但方向相反

(c) 在圖 2-15(c)之力圖中，由平衡條件知

$$\Sigma F_x = C \cos 30^\circ - T \cos 45^\circ = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma F_y = C \sin 30^\circ + T \cos 45^\circ - 1000 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

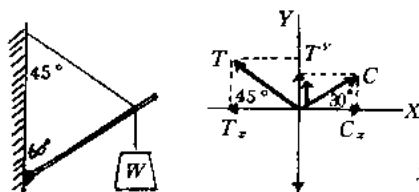


圖 2-15(c)

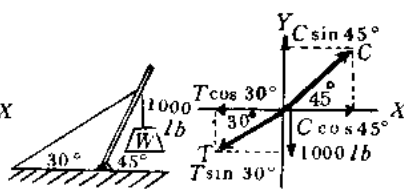


圖 2-15(d)

由(1)及(2)解得 $T = 895$ 磅， $C = 732$ 磅

故知撐桿中之壓力與 C 相等，但方向相反。

(d) 在圖 2-15(d)之力圖中，由平衡條件知

$$\Sigma F_x = C \cos 45^\circ - T \cos 30^\circ = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\Sigma F_y = C \sin 45^\circ - T \sin 30^\circ - 1000 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

由(1)及(2)解得

$$C = 3350 \text{ 磅}, T = 2735 \text{ 磅}$$

故知撐桿中之壓力與 C 相等，但方向相反。

2-7

解：(b)在圖 2-16(b)中，

$$\cos \theta_1 = (3 + 6^2 - 4^2) / 2 \cdot 3 \cdot 6 = 0.8$$

$$\therefore \theta_1 = 37^\circ$$