

工程力學問題詳解

(靜力篇)

曉園出版社
世界圖書出版公司

内 容 简 介

本书是 R.C.希伯勒著《Engineering Mechanics》一书的静力篇部分的问题详解。

工 程 力 学 问 题 详 解

(静力篇)

R.C 希伯勒 原著

李广齐 林辉政 译著

晓 园 出 版 社 出 版

世界图书出版公司北京分公司重印

(北京朝阳门内大街 137 号)

北 京 中 西 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992 年 4 月 重印 开本 850×1168 1/32
1992 年 4 月第一次印刷 印张 18.5

印数: 0,001—2,050

ISBN: 7-5062-1161-0/O·19

定价: 14.20 元

世界图书出版公司通过中华版权代理公司

购得重印权 限国内发行

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

Hibbeler 工程力學問題詳解 (靜力篇)

(目 錄)

第一章 一般定理.....	1
第二章 力量和位置向量.....	5
第三章 質點的平衡.....	65
第四章 對等功系統.....	105
第五章 剛體的平衡.....	173
第六章 結構分析.....	235
第七章 內部作用力.....	309
第八章 摩擦力.....	395
第九章 重心及質心.....	447
第十章 面積慣性力矩.....	507
第十一章 虛功.....	547

第一章 一般定理

1-1 一具有下列質量的物體，其重量爲多少牛頓？(a) 10kg, (b) 0.5g, (c) 4.50 Mg。

解：(a) $W = mg = 10 \times 9.81 = 98.1 \text{ N}$

(b) $W = (0.5 \times 10^{-3})(9.81) = 4.905 \times 10^{-3} \text{ N} = 4.905 \text{ mN}$

(c) $W = (4.50 \times 10^3)(9.81) = 44.14 \times 10^3 \text{ N} = 44.14 \text{ kN}$

1-2 水的密度爲 1.94 slug/ft^3 ，若表以 SI 的單位，則其密度應是多少？

解： $\rho_w = 1.94 \frac{\text{slug}}{\text{ft}^3} \left(\frac{14.5938 \text{ kg}}{\text{slug}} \right) \left(\frac{\text{ft}}{0.3048 \text{ m}} \right)^3$
 $= 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ Mg/m}^3$

1-3 利用表 1-3，決定出你的質量是多少公斤，重量是多少牛頓，身高是多少米。

解： $m = 60 \text{ kg}$

$W = 60 \times 9.81 = 588.6 \text{ N}$

$h = 1.7 \text{ m}$

1-4 試將下面的量以適當字首的 SI 單位表示：(a) 8653 ms, (b) 8368 N, (c) 0.893 kg。

解：(a) $8653 \text{ ms} = 8653000 \mu\text{s} = 0.008653 \text{ ks}$

(b) $8368 \text{ N} = 8.368 \text{ kN}$

(c) $0.893 \text{ kg} = 0.000893 \text{ Mg}$

1-5 計算以下各量之值，並以適當字首的 SI 單位表示：(a) $(200 \text{ kN})^2$, (b) $(0.005 \text{ mm})^2$, (c) $(400 \text{ m})^3$ 。

解：(a) $(200 \text{ kN})^2 = 200 \text{ kN} \times 200 \text{ kN} = 40 \times (10^3) \text{ kN}^2$

(b) $(0.005 \text{ mm})^2 = (5 \times 10^{-3} \text{ mm})^2 = 25 (10^{-6}) \text{ mm}^2$

(c) $(400 \text{ m})^3 = (0.4 \text{ km})^3 = 0.064 \text{ km}^3$

1-6 將下面各個單位的組合以正確的 SI 形式表示：(a) μMN , (b) $\text{N}/\mu\text{m}$,

2 工程力學問題詳解（靜力篇）

(c) MN/ks^2 , (d) kN/ms 。

圖：(a) $\mu\text{MN} = (10^{-6})(10^6)\text{N} = \text{N}$

(b) $\text{N}/\mu\text{m} = \frac{\text{N}}{10^{-6}\text{m}} = \text{MN}/\text{m}$

(c) $\text{MN}/\text{ks}^2 = \frac{(10^6)\text{N}}{(10^3\text{s})^2} = \text{N}/\text{s}^2$

(d) $\text{kN}/\text{ms} = \frac{10^3\text{N}}{10^{-3}\text{s}} = 10^6\text{N}/\text{s} = \text{MN}/\text{s}$

1-7 將下面各個單位的組合以正確的 SI 形式表示：(a) Mg/ms , (b) N/mm , (c) $\text{mN}/(\text{kg} \cdot \mu\text{s})$ 。

圖：(a) $\text{Mg}/\text{ms} = \frac{10^6\text{g}}{10^{-3}\text{s}} = 10^9\text{g}/\text{s} = 1\text{Gg}/\text{s}$

(b) $\text{N}/\text{mm} = \frac{\text{N}}{10^{-3}\text{m}} = 10^3\text{N}/\text{m} = \text{kN}/\text{m}$

(c) $\text{mN}/(\text{kg} \cdot \mu\text{s}) = \frac{10^{-3}\text{N}}{(10^3\text{g})(10^{-6}\text{s})} = \text{N}/(\text{g} \cdot \text{s}) = \text{kN}/(\text{kg} \cdot \text{s})$

1-8 轉換(a) $200\text{lb} \cdot \text{ft}$ 成 $\text{N} \cdot \text{m}$, (b) $350\text{lb}/\text{ft}^3$ 成 kN/m^3 , (c) $8\text{ft}/\text{h}$ 成 mm/s 。

圖：(a) $200\text{lb} \cdot \text{ft} = 200\text{lb} \cdot \text{ft} \left(\frac{4.4482\text{N}}{\text{lb}} \right) \left(\frac{0.3048\text{m}}{\text{ft}} \right) = 271.2\text{N} \cdot \text{m}$

(b) $350\text{lb}/\text{ft}^3 = 350 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \left(\frac{4.4482\text{N}}{\text{lb}} \right) \left(\frac{\text{ft}}{0.3048\text{m}} \right)^3$
 $= 54.98\text{kN}/\text{m}^3$

(c) $8\text{ft}/\text{h} = 8 \frac{\text{ft}}{\text{h}} \left(\frac{0.3048\text{m}}{\text{ft}} \right) \left(\frac{\text{h}}{3600\text{s}} \right)$
 $= 6.77 \times 10^{-4}\text{m}/\text{s} = 0.677\text{mm}/\text{s}$

1-9 巴斯卡 (pascal, Pa) 是一個很小的壓力單位，可證如下：轉換
 $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ 到 lb/ft^2 ；而在海平面的一大氣壓 $14.7\text{lb}/\text{in}^2$ ，
 此等於多少巴斯卡？

$$\text{解： } 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2} \left(\frac{1 \text{ lb}}{4.4482 \text{ N}} \right) \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{\text{ft}} \right)^2 = 0.0209 \text{ lb/ft}^2$$

$$\therefore 14.7 \text{ lb/in}^2 = \frac{14.7 \times 12^2}{0.0209} \text{ N/m}^2 = 101.3 \text{ kPa}$$

1-10 利用 SI 系統的基本單位，證明 1-2 式是因次齊方程式。此中 F 以牛頓為單位。計算作用在接觸兩球間的重力，其中各球之質量是 200 kg，半徑為 300 mm。

$$\text{解： } F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

左：N

$$\text{右：} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \right) \frac{(\text{kg})(\text{kg})}{\text{m}^2} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = \text{N}$$

$\therefore$ (1-2) 式為因次齊方程式。

$$F = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times (200)^2}{(0.6)^2} = 7.41 \mu\text{N}$$

1-11 若一物體在地表重 600 lb，說明 (a) 其質量為多少斯勒格，(b) 其質量為多少公斤，(c) 其重量為多少牛頓。若一 600 lb 的物體放在月球上，而且重力加速度為 $g_m = 5.30 \text{ ft/s}^2$ ，試決定 (d) 其重量為多少磅，(e) 其質量是多少公斤。

$$\text{解： (a) } m = \frac{W}{g} = \frac{600}{32.2} = 18.6 \text{ slug}$$

$$(b) \quad m = 600 \text{ lbm} = 600 \times 0.4536 \text{ kg} = 272.2 \text{ kg}$$

$$(c) \quad W = mg = 272.16 \times 9.81 = 2.67 \text{ kN}$$

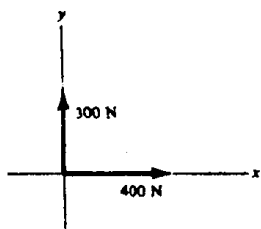
$$(d) \quad W = mg = 272.2 \times \frac{5.30}{32.2} \times 9.81$$

$$= 439.5 \text{ N} = 98.8 \text{ lb}$$

$$(e) \quad m = 272.2 \text{ kg} \text{ (質量不隨重力場強度改變而變)}$$

第二章 力量和位置向量

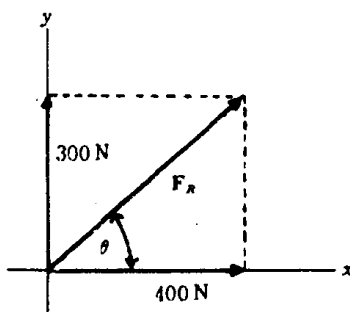
2-1 決定合力的大小及其由正 x 軸量起的方向。



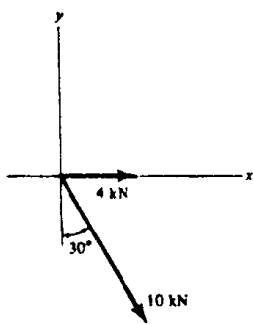
習題 2-1

解： $F_R = \sqrt{300^2 + 400^2} = 500 \text{ N}$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{300}{400} = 36.9^\circ$$



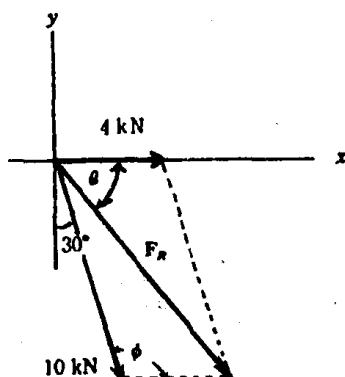
2-2 決定合力的大小及其由正 x 軸量起的方向。



習題 2-2

6 工程力學問題詳解（靜力篇）

解：

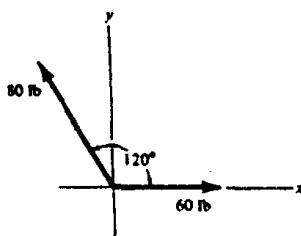


$$\phi = \frac{360^\circ - (90^\circ - 30^\circ) \times 2}{2} = 120^\circ$$

$$F_R = \sqrt{4^2 + 10^2 - 2 \times 4 \times 10 \cos 120^\circ} = 12.49 \text{ kN}$$

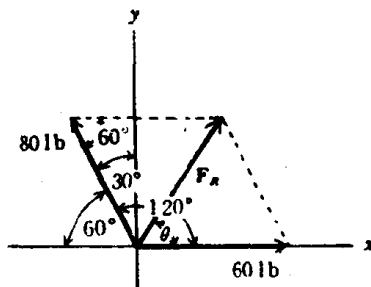
$$\frac{10}{\sin \theta} = \frac{12.49}{\sin 120^\circ} \quad \sin \theta = 0.69 \quad \theta = 43.9^\circ$$

2-3 決定合力的大小及其由正 x 軸量起的方向。



習題 2-3

解：

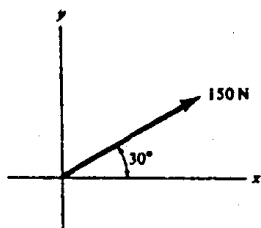


$$F_R = \sqrt{80^2 + 60^2 - 2 \times 80 \times 60 \cos 60^\circ}$$

$$= 72.11 \text{ lb}$$

$$\frac{80}{\sin \theta} = \frac{72.11}{\sin 60^\circ} \quad \theta = 73.9^\circ$$

2-4 決定 150N 的力在 x , y 分量上的大小。



習題 2-4

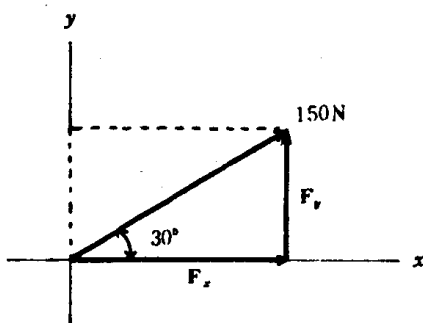
解：由正弦定律

$$\frac{F_x}{\sin 60^\circ} = \frac{150}{1}$$

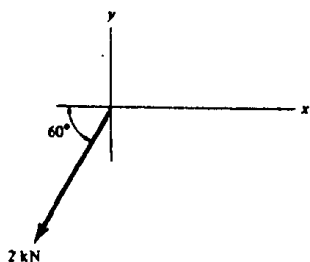
$$\therefore F_x = 129.9 \text{ N}$$

$$\frac{F_y}{\sin 30^\circ} = \frac{150}{1}$$

$$\therefore F_y = 75 \text{ N}$$



2-5 決定 2 kN 的力在 x , y 分量上的大小。

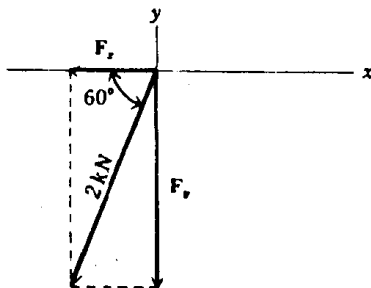


習題 2-5

$$\therefore F_x = 1 \text{ kN (} \leftarrow \text{)}$$

$$F_y / \sin 60^\circ = 2 / 1$$

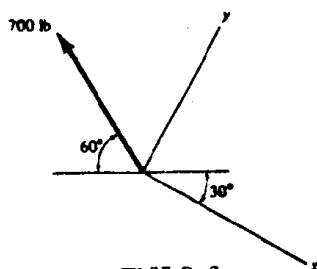
$$\therefore F_y = 1.73 \text{ kN (} \downarrow \text{)}$$



解： $\frac{F_x}{\sin 30^\circ} = \frac{2}{1}$ (續右上)

8 工程力學問題詳解（靜力篇）

2-6 決定 700 lb 的力在 x ， y 分量上的大小。



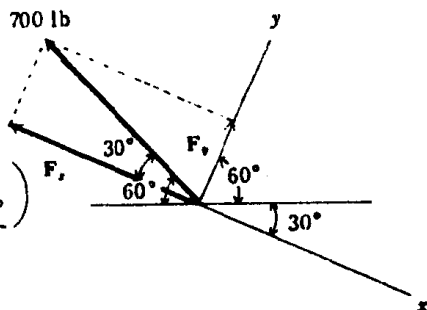
習題 2-6

$$\text{解：} \frac{F_x}{\sin 60^\circ} = \frac{700}{1}$$

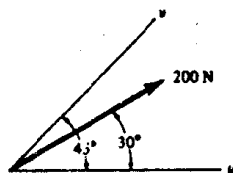
$$\therefore F_x = 606.2 \text{ lb} \quad (30^\circ)$$

$$\frac{F_y}{\sin 30^\circ} = \frac{700}{1}$$

$$\therefore F_y = 350.0 \text{ lb} \quad (60^\circ)$$

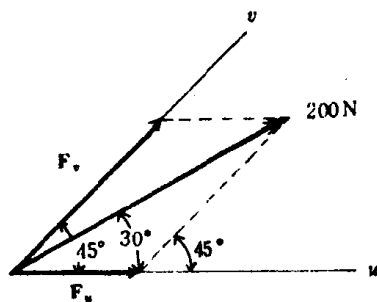


2-7 將 200 N 的力沿 u ， v 軸分解成二分量，並決定其分量的大小。



習題 2-7

解：



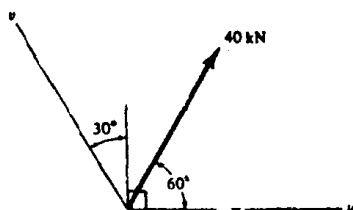
$$\frac{F_u}{\sin 15^\circ} = \frac{200}{\sin(180^\circ - 45^\circ)}$$

$$\therefore F_u = 73.2 \text{ N} (\rightarrow)$$

$$\frac{F_v}{\sin 30^\circ} = \frac{200}{\sin(180^\circ - 45^\circ)}$$

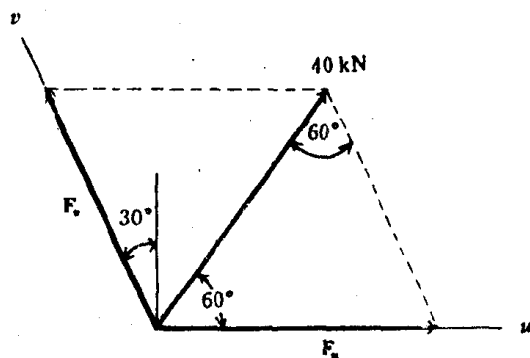
$$F_v = 141.4 \text{ N} \quad \left(\nearrow 45^\circ \right)$$

2-8 將 40 kN 的力沿 u , v 軸分解成二分量，並決定其分量之大小。



習題 2-8

解：



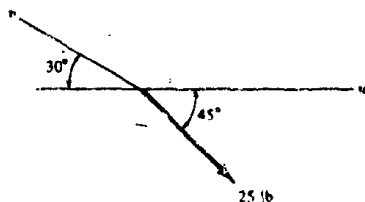
由正三角形知

$$F_u = 40 \text{ kN} (\rightarrow)$$

$$F_v = 40 \text{ kN} \quad \left(\nearrow 30^\circ \right)$$

2-9 將 25 lb 的力沿 u , v 軸分解成二分量，並決定其分量之大小。

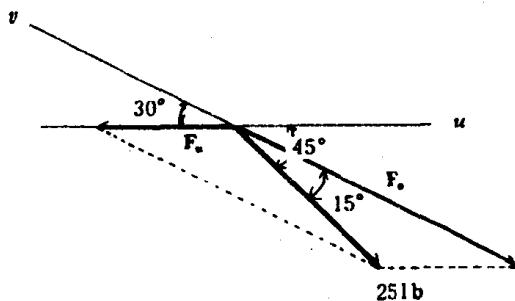
提示：其中一分量將作用在 $-v$ 方向上。



習題 2-9

10 工程力學問題詳解（靜力篇）

解：



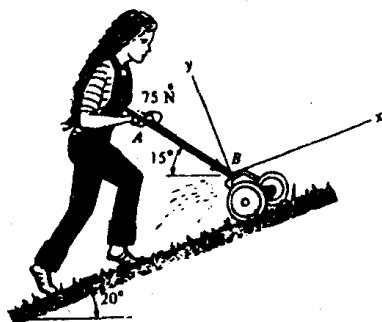
$$\frac{F_u}{\sin 15^\circ} = \frac{25}{\sin 30^\circ}$$

$$\therefore F_u = 12.9 \text{ lb } (\leftarrow)$$

$$\frac{F_v}{\sin(\pi - 45^\circ)} = \frac{25}{\sin 30^\circ}$$

$$\therefore F_v = 35.4 \text{ lb } \left(\begin{array}{c} \nearrow 30^\circ \\ \searrow \end{array} \right)$$

2-10 一女孩沿除草機的把手 AB 施一 75N 的力，試將此分解成 x ， y 分量，此二分量分別與地面平行、垂直。



習題 2-10

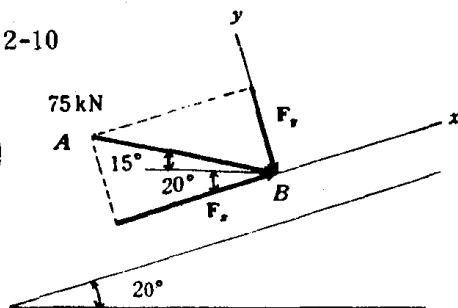
解：

$$\frac{F_x}{\sin 55^\circ} = \frac{75}{1}$$

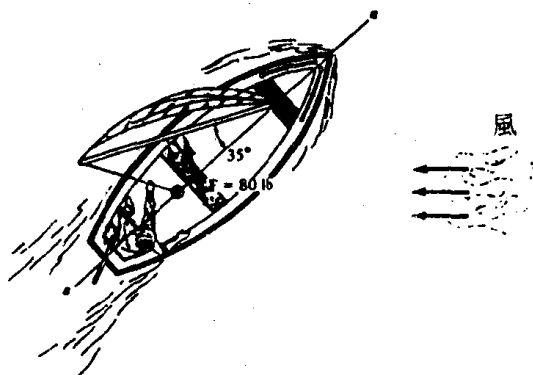
$$\therefore F_x = 61.4 \text{ N} \quad \left(\begin{array}{c} \nearrow 20^\circ \\ \searrow \end{array} \right)$$

$$\frac{F_y}{\sin 35^\circ} = \frac{75}{1}$$

$$\therefore F_y = 43.0 \text{ N} \quad \left(\begin{array}{c} \nearrow 20^\circ \\ \searrow \end{array} \right)$$

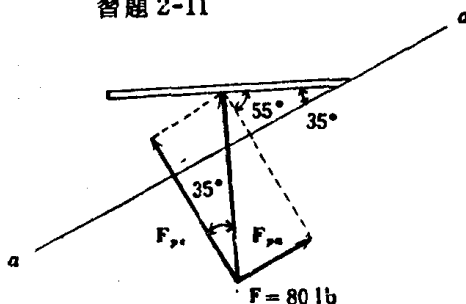


- 2-11 風使船之帆偏斜，以致風施一垂直於帆的 80 lb 的合力；試將此力分解成二分力，其中一力與船的龍骨 aa 平行，另一力則與之垂直。
 注意：依船帆風位而行之能力稱作搶風 (tacking)，這要力量沿著船的龍骨方向才可能。垂直方向的分量會使船傾斜或傾倒。



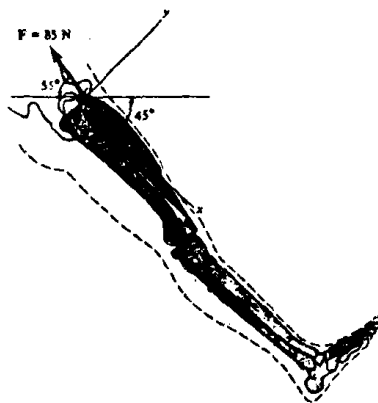
習題 2-11

$$\begin{aligned} \text{解：} \quad \frac{F_{pa}}{\sin 35^\circ} &= \frac{80}{1} \\ \therefore F_{pa} &= 45.9 \text{ lb} \\ \frac{F_{pe}}{\sin 55^\circ} &= \frac{80}{1} \\ \therefore F_{pe} &= 65.5 \text{ lb} \end{aligned}$$



- 2-12 腿被四頭肌 AB 支持在適當的位置，此肌肉在 A 點處與骨盆相連。如果骨盆施一 85 N 的力在肌肉上，方向如圖所示；試決定沿正 y 軸作用的穩定力分量和沿負 x 軸作用的支撐力分量。

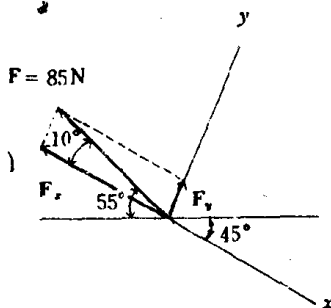
12 工程力學問題詳解（靜力篇）



習題 2-12

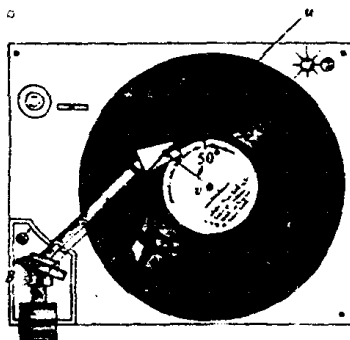
$$\begin{aligned} \text{解：} \quad \frac{F_z}{\sin 80^\circ} &= \frac{85}{1} \\ \therefore F_z &= 83.7 \text{ N} \quad \left(\begin{array}{c} \nearrow 45^\circ \end{array} \right) \\ &\quad \text{(supporting force component)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{F_y}{\sin 10^\circ} &= \frac{85}{1} \\ \therefore F_y &= 14.8 \text{ N} \quad \left(\begin{array}{c} \nearrow 45^\circ \end{array} \right) \\ &\quad \text{(stabilizing force component)} \end{aligned}$$



2-13 電唱機音管上的唱針受到一與唱片螺旋槽溝相切的摩擦力 7mN，試將此力沿 u ， v 軸分解成二分量，並算出各分量的大小。

注意：力量的 u 分量實際上被音管軸承 B 支撐著，而 v 分量代表「滑動」力量，或是使音管移向唱片中心的趨勢，這比槽溝上的螺線所能趨動的要快。



習題 2-13

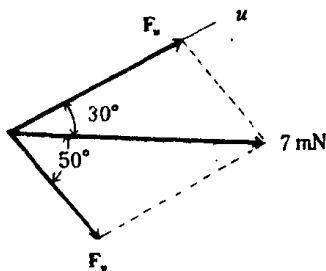
解：

$$\frac{F_u}{\sin 50^\circ} = \frac{7}{\sin 100^\circ}$$

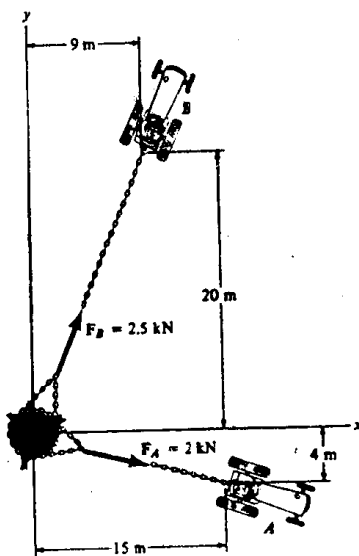
$$F_u = 5.45 \text{ mN} \quad \left(\begin{array}{c} \nearrow 30^\circ \end{array} \right)$$

$$\frac{F_v}{\sin 30^\circ} = \frac{7}{\sin 100^\circ}$$

$$F_v = 3.55 \text{ mN} \quad \left(\begin{array}{c} \searrow 50^\circ \end{array} \right)$$



- 2-14 兩牽引拖車利用鏈條將力 F_A 和 F_B 施在樹的樹幹上，試決定其合力。如果力量 F_A 和 F_B 的大小保持不變，那麼牽引拖車作用在樹幹上的拉力應在何方向上，才能使合力達到最大？而此合力之大小又為多少？



習題 2-14

解：

