

[美] F·W·SEARS 等著

大学物理学

第一册

习题解答

人民教育出版社

[美] F. W. Sears 等著

大学物理学

第一册

习题解答

徐 德 刘聚成 袁贞丰 编
钟鸣乾 赵鲁卿
郭泰运 校

人民教育出版社

本书将 F.W.Sears 等著《大学物理学》(第五版)中译本中的习题(除思考题外)全部作了解答。全书共分四册,第一册为力学习题解答,第二册为热学习题解答,第三册为电磁学习题解答,第四册为光学和原子物理学习题解答。

本书主要供电视大学及有关高等学校教师与辅导人员内部参考。

[美] F.W. Sears 等著

大学物理学

第一册

习题解答

徐德 刘聚成 袁贞丰 编
叶鸣乾 赵鲁卿
郭泰运 校

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河南第一新华印刷厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 15.25 字数 367,000

1979 年 9 月第 1 版 1981 年 5 月第 3 次印刷

印数 251,001—298,000

书号 13012·0389 定价 1.10 元

(教师用书)

编 者 的 话

本书将 F. W. Sears 等著《大学物理学》(第五版)中译本中第一章至第十四章习题(思考题除外)全部作了解答. 为了更好地配合原书的使用, 在解答过程中, 我们注意了以下几点:

1. 习题的解法力求逻辑严密、步骤简练, 但为了结合习题所在章节的教学内容, 对有多种解法的题目, 我们只用了该章教学内容所要求的解法, 因此不一定是最佳解法.

2. 所用公式、符号及解题格式, 力求与原书一致.

3. 单位换算均采用原书所附“换算因子”表中所列的数据. 答案一般取三位有效数字.

由于解答工作是在很短时间内仓促完成的, 难免有很多不妥或错误的地方, 敬希读者指正.

编 者

1979 年 9 月

目 录

第一章	矢量的合成与分解	1
第二章	质点的平衡	16
第三章	平衡 力矩	47
第四章	直线运动	82
第五章	牛顿第二定律 万有引力	130
第六章	平面运动	181
第七章	功与能	225
第八章	冲量与动量	264
第九章	转动	309
第十章	弹性	360
第十一章	谐运动	379
第十二章	流体静力学	415
第十三章	流体动力学与粘滞性	443
第十四章	相对论力学	471

第一章 矢量的合成与分解

1-1 用多边形法, 作图 求解图 1-16 中三个力的合力的方向和大小.

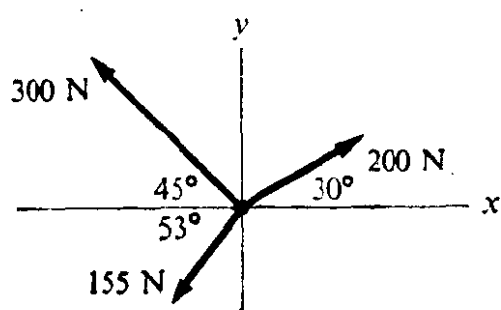
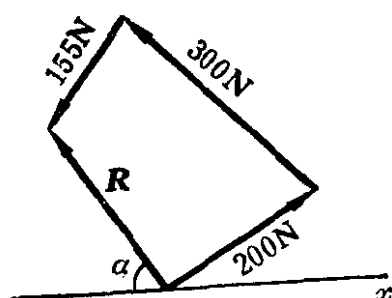


图 1-16



题 1-1 图

解 取图的比例为 $1\text{cm}=100\text{N}$. 将三个力矢量 200N , 300N , 155N 首尾相接画出, 如题 1-1 图. 由第一个力矢量的头到第三个力矢量的尾所画的矢量, 即为三力的合力 R . 由图量得 $R=230\text{N}$, $\alpha=55^\circ$, 即与 x 轴负方向成 55° 仰角.

1-2 两个大人和一个男孩, 想要沿图 1-17 所示的 x 方向推一个板箱. 两个大人的推力 F_1 和 F_2 的大小和方向如图中所示. 试求男孩需对板箱施加最小推力的方向和大小.

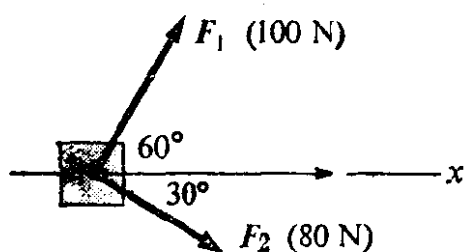
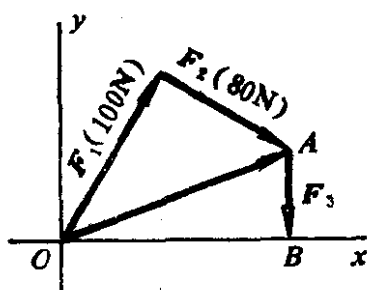


图 1-17



题 1-2 图

解 要使车沿 x 方向运动, 则三人所施的合力, 必须沿 x 方向. 应用三角形法则, 如题 1-2 图, 先求出 F_1 和 F_2 的合力, 用 $\vec{OA}$

表示;然后由 $\vec{OA}$ 的终点向 x 轴作垂线,与 x 轴交于 B 点.则 $\vec{AB}$ 即为小孩应该施的最小推力 F_3 ,以抵消合力 $\vec{OA}$ 在 y 向的分量 OA_y ,故

$$F_3 = -OA_y = -(F_1 \sin 60^\circ - F_2 \sin 30^\circ) = -46.6\text{N}$$

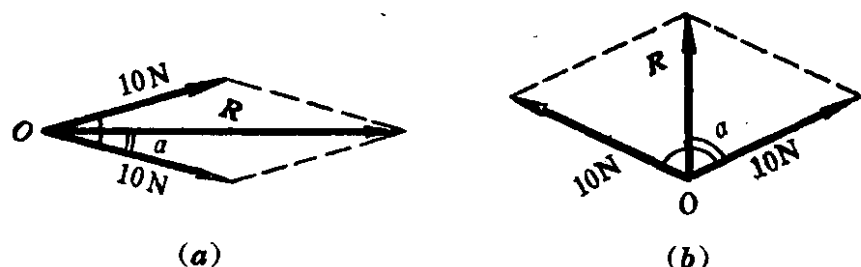
沿 y 轴的负方向.

1-3 用图解法,求作用在同一点的两个 10N 力的合力:

a) 两力之间夹角为 30° ;

b) 两力之间夹角为 130° .可任意选用合适的比例作图.

解 a) 按平行四边形法则作图(如题 1-3 图(a)所示,图中比



题 1-3 图

例取 $1\text{cm}=5\text{N}$),以该两力为两相邻边作平行四边形,从顶点 O 画对角线,则此对角线即为合力 R .由图量得 $R=19.3\text{N}$, $\alpha=15^\circ$,即与 10N 力的夹角为 15° .

b) 同理,由图(b)量得合力 $R=8.45\text{N}$, $\alpha=65^\circ$.

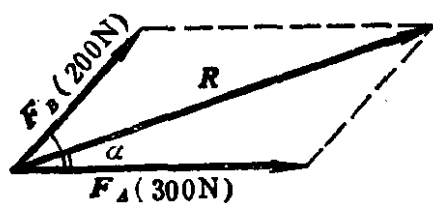
1-4 一绳系在柱上, A 、 B 两人用水平力拉绳的两端,绳索之间夹角为 45° .如某 A 的作用力为 300N ,某 B 的作用力为 200N .求合力的大小,以及合力与某 A 的拉力之间的夹角.

a) 根据平行四边形法,用图解法求解.

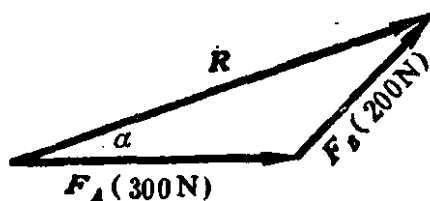
b) 根据三角形法,用图解法求解.在(a)、(b)两种图解中,均选用 $1\text{in}=100\text{N}$ 的比例.

解 a) 由题 1-4 图(a)量得合力 $R=464\text{N}$, $\alpha=17.75^\circ$,即与拉力 F_A 之间的夹角为 17.75° .

b) 将两力矢量 F_A , F_B 按首尾相接画出,则由 F_A 的头到 F_B



(a)



(b)

题 1-4 图

的尾所画的矢量,即为合力 R 。由题 1-4 图(b)量得 $R=464\text{N}$, $\alpha=17.75^\circ$,即与拉力 F_A 的夹角为 17.75° 。

1-5 用作图法求图 1-18 中矢量和 $(A+B)$ 及矢量差 $(A-B)$ 。

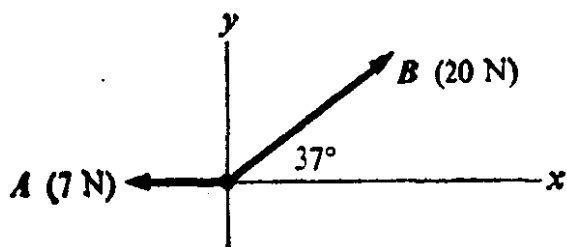
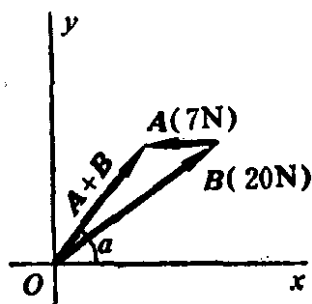
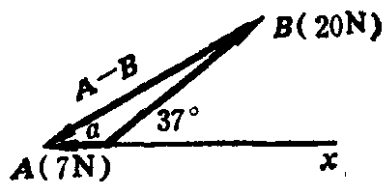


图 1-18

解 a) 按三角形法则作图。由题 1-5 图(a)量得矢量和 $A+B$ 的大小为 15N , $\alpha=53.3^\circ$,即与 x 轴正方向成 53.3° 仰角。



(a)



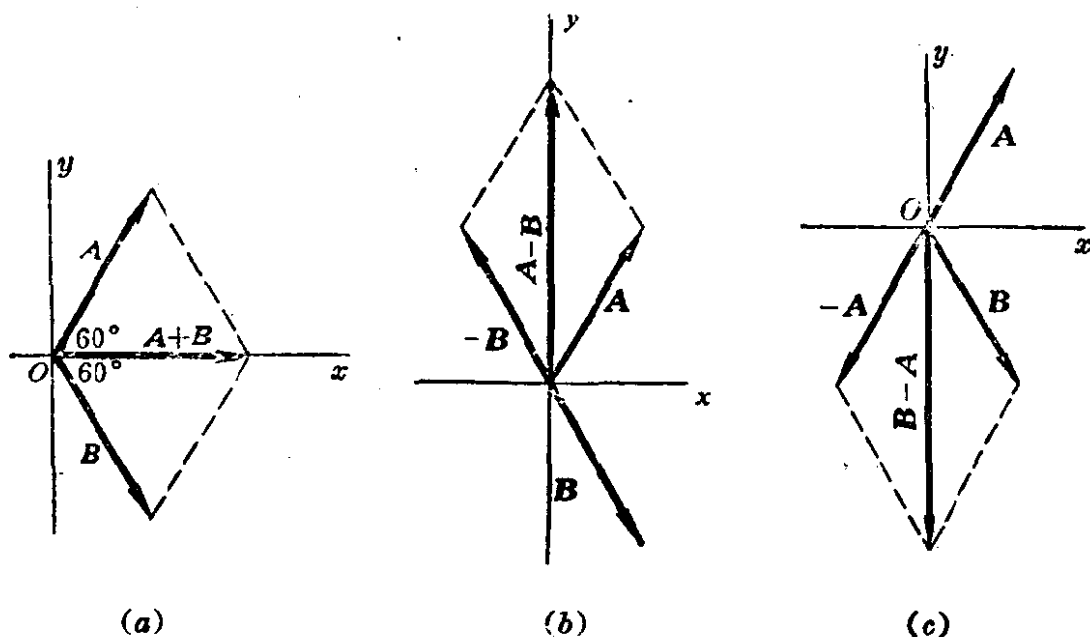
(b)

题 1-5 图

b) 按三角形法则作图。由矢量 B 的尾到矢量 A 的尾所画的矢量,即为矢量差 $A-B$ 。由题 1-5 图(b)量得矢量差 $A-B$ 的大小为 26N , $\alpha=28^\circ$,即与 x 轴负方向成 28° 俯角。

1-6 已知矢量 A 长 2 in, 在第一象限内与 x 轴成 60° 仰角, 矢量 B 长 2 in, 在第四象限内与 x 轴成 60° 俯角. 试用图解法:
a) 求矢量和 $(A+B)$ 、b) 求矢量差 $(A-B)$ 和 $(B-A)$.

解 a) 按平行四边形法则作图. 由题 1-6 图(a)量得矢量和 $A+B$ 的大小为 2 in, 其方向沿 x 轴的正方向.



题 1-6 图

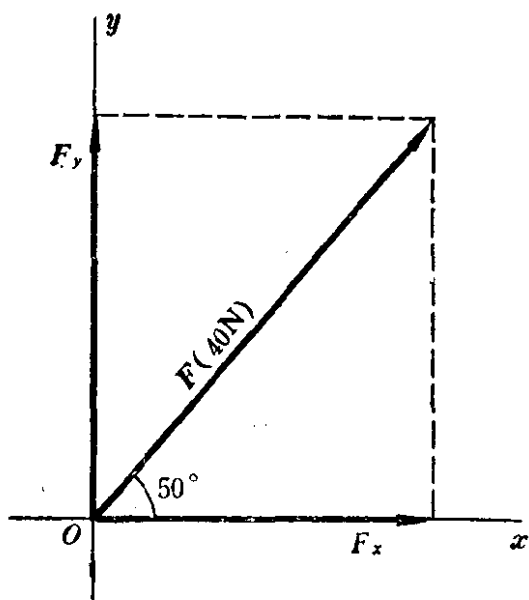
b) 过 O 点作矢量 $-B$, 以 $A, -B$ 为相邻两边作平行四边形, 得矢量差 $A-B$, 由题 1-6 图(b)量得矢量差的大小为 3.46 in, 方向沿 y 轴正方向.

过 O 点作矢量 $-A$, 按平行四边形法作图, 由题 1-6 图(c)量得矢量差 $B-A$ 的大小为 3.46 in, 方向沿 y 轴负方向.

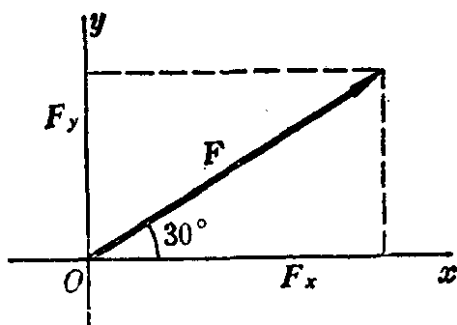
1-7 a) 有一力, 其方向与水平向右的方向成 50° 仰角, 其大小为 40N. 试用作图法求该力的竖直分量和水平分量. 设 $\frac{1}{16}$ in = 1N. b) 用计算得出的分量值进行核对.

解 a) 由题 1-7 图量得 $F_x = 25.7\text{N}$, $F_y = 30.6\text{N}$.

b) 由计算得



题 1-7 图



题 1-8 图

$$F_x = (40\text{N})(\cos 50^\circ) = 25.7\text{N}$$

$$F_y = (40\text{N})(\sin 50^\circ) = 30.6\text{N}$$

1-8 沿地板推一只木箱, 推力的大小为 40N 与水平面成 30° 角, 如图 1-2 所示。如选用 $1\text{ in} = 10\text{N}$ 的比例, 试用作图法求该推力竖直和水平分量, 并用计算得出的分量值核对。

解 由题 1-8 图量得 $F_x = 34.6\text{N}$, $F_y = 20\text{N}$ 。

计算得出:

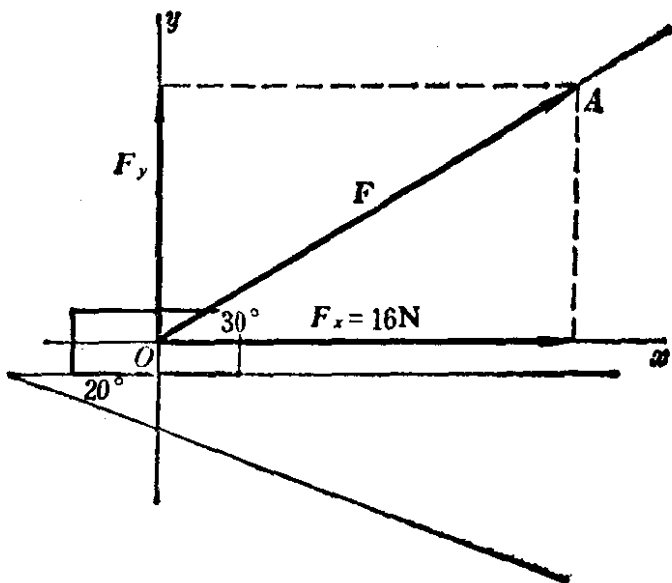
$$F_x = F \cos 30^\circ = (40\text{N})(\cos 30^\circ) = 34.6\text{N}$$

$$F_y = F \sin 30^\circ = (40\text{N})(\sin 30^\circ) = 20\text{N}$$

1-9 一物体置于坡度为 20° 的斜面上, 用力 F 向上拖曳物体, 力与斜面成 30° 。a) 问力 F 多大才能使与斜面平行的分量 F_x 为 16N? b) 分量 F_y 又为多大? 试用图解法求解。选用 $1\text{ in} = 8\text{N}$ 的比例。

解 a) 过质心 O 点, 取 x 轴平行于斜面, y 轴垂直于斜面。过 O 点作力 F 的作用线; 过分量 F_x 的终点作 Ox 轴的垂线与作用线交于 A 点, 则 $\overrightarrow{OA}$ 即表示力 F 。由题 1-9 图量得 F 的大小为 18.5N。

b) 由题 1-9 图量得 $F_y = 9.3\text{N}$ 。



题 1-9 图

1-10 图 1-16 表示, 有三个力作用在位于坐标原点的物体上. a) 试求每一个力的 x 分量和 y 分量. b) 用正交分解法, 求出合力的方向、大小及其分量. c) 要使合力为零所需加入的第四个力的大小和方向如何? 并用图表示.

解 a) 已知 $F_1=200\text{N}$, $F_2=300\text{N}$, $F_3=155\text{N}$, 将各力分解成 x 分量和 y 分量如题 1-10 图(a)所示, 则有

$$F_{1x}=F_1\cos 30^\circ=(200\text{N})\cos 30^\circ=173\text{N}$$

$$F_{1y}=F_1\sin 30^\circ=(200\text{N})\sin 30^\circ=100\text{N}$$

$$F_{2x}=F_2\cos(180^\circ-45^\circ)=-(300\text{N})\cos 45^\circ=-212\text{N}$$

$$F_{2y}=F_2\sin(180^\circ-45^\circ)=(300\text{N})\sin 45^\circ=212\text{N}$$

$$F_{3x}=F_3\cos(180^\circ+53^\circ)=-(155\text{N})\cos 53^\circ=-93.3\text{N}$$

$$F_{3y}=F_3\sin(180^\circ+53^\circ)=-(155\text{N})\sin 53^\circ=-124\text{N}$$

b) 设 R 代表 F_1, F_2, F_3 的合力, 则

$$R_x=\Sigma F_x=-132\text{N}$$

$$R_y=\Sigma F_y=188\text{N}$$

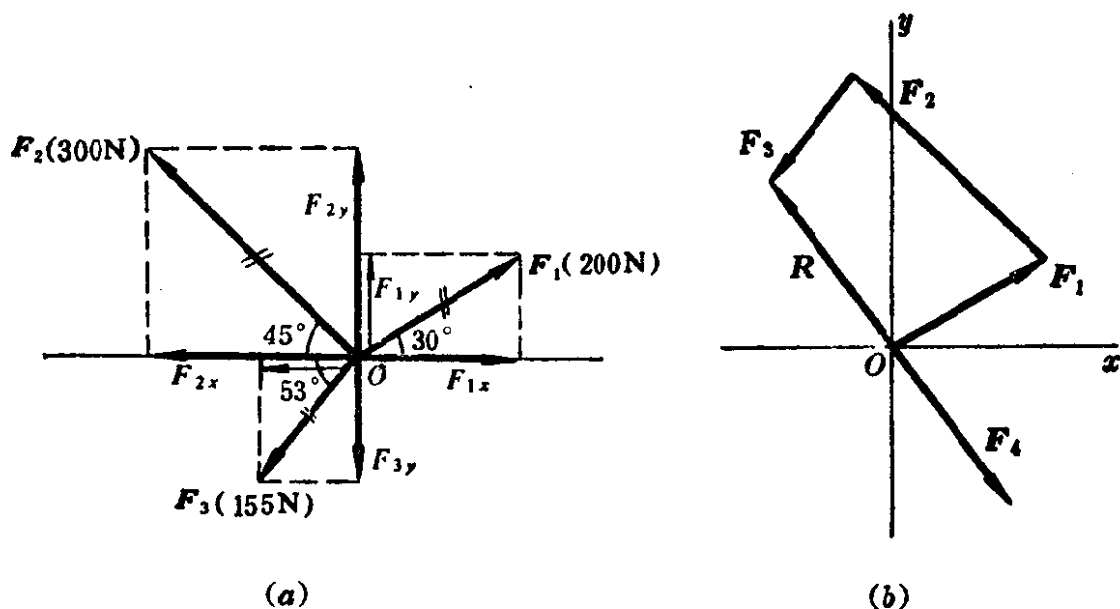
$$R=\sqrt{R_x^2+R_y^2}=230\text{N}$$

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{R_y}{R_x} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{188\text{N}}{-132\text{N}} = 125.1^\circ, \text{ 即在第二象限与 } x \text{ 轴}$$

成 54.9° 仰角.

c) 先用多边形法, 求出前三个力 F_1, F_2, F_3 的合力 R , 再作第四个力 F_4 , 使 $F_4 = -R$, (见题 1-10 图(b)), 这样, $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = R + (-R) = 0$, 所以

$F_4 = -R = -230\text{N}$, 在第四象限与 x 轴成 54.9° 俯角.



题 1-10 图

1-11 用正交分解法求出下面一组力的合力及其与水平轴之间的夹角. 一组力如下: 200N, 沿 x 轴向右; 300N, 与 x 轴成 60° 仰角向右; 100N, 与 x 轴成 45° 仰角向左; 200N, 垂直向下.

解 各力分量如题 1-11 图所示.

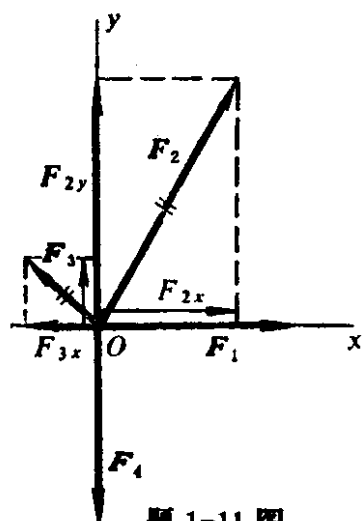
$$F_{1x} = 200\text{N}, \quad F_{1y} = 0$$

$$F_{2x} = (300\text{N})(\cos 60^\circ) = 150\text{N}$$

$$F_{2y} = (300\text{N})(\sin 60^\circ) = 260\text{N}$$

$$F_{3x} = -(100\text{N})(\cos 45^\circ)$$

$$= -70.7\text{N}$$



题 1-11 图

$$F_{3y} = (100\text{N})(\sin 45^\circ) = 70.7\text{N}$$

$$F_{4x} = 0, \quad F_{4y} = -200\text{N}$$

则合力 R 的分量:

$$R_x = \Sigma F_x = 279\text{N}$$

$$R_y = \Sigma F_y = 131\text{N}$$

$$\text{得 } R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 308\text{N}$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{R_y}{R_x} = \text{tg}^{-1} \frac{131\text{N}}{279\text{N}} = 25.2^\circ \text{ 即与 } x \text{ 轴成 } 25.2^\circ \text{ 仰角向右.}$$

1-12 长度为 10 单位的矢量 A , 与长度为 6 单位的矢量 B 成 30° 角. 试分别用下面三种方法求矢量差 $(A-B)$ 的大小, 及其与矢量 A 之间的夹角. a) 根据平行四边形方法, (b) 根据三角形方法, c) 根据正交分解方法.

解 a) 用平行四边形法则得矢量差 $A-B$ 如题 1-12 图(a) 所示. 由余弦定理求得矢量差 $A-B$ 的大小为

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB \cos 30^\circ} \\ &= \sqrt{10^2 + 6^2 - 2(10)(6) \cos 30^\circ} \\ &= 5.66 \text{ 单位} \end{aligned}$$

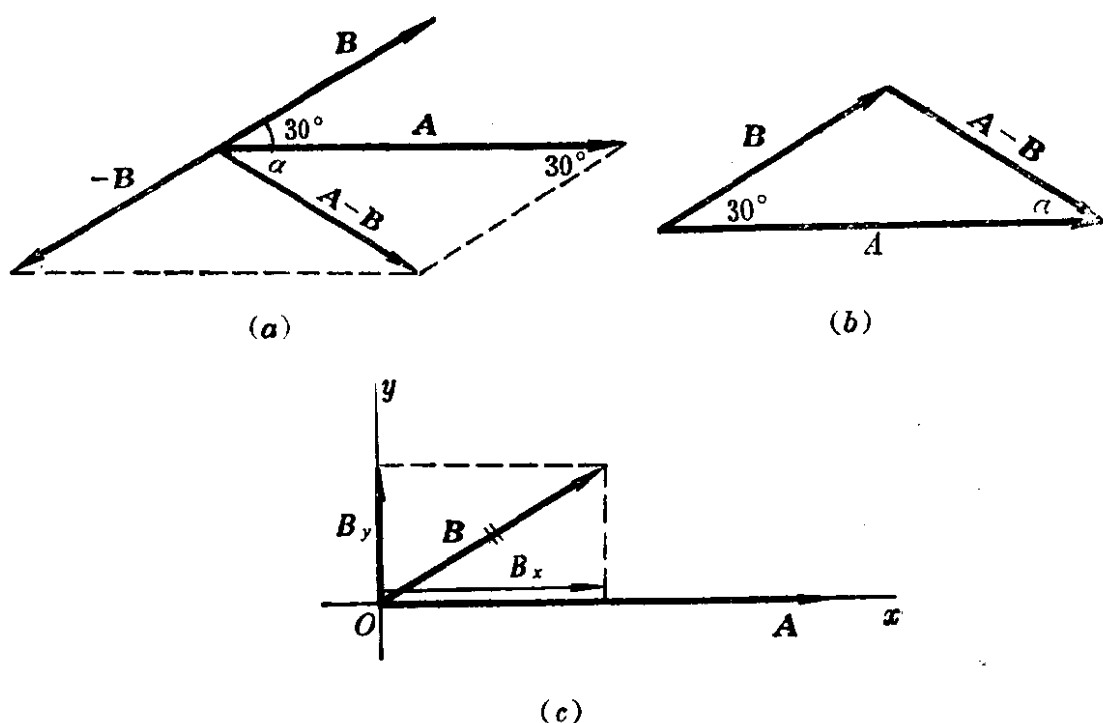
由正弦定理求得矢量差 $A-B$ 与 A 的夹角 α 为

$$\begin{aligned} \frac{\sin 30^\circ}{D} &= \frac{\sin \alpha}{B} \\ \sin \alpha &= \frac{B}{D} \sin 30^\circ = 0.530 \end{aligned}$$

$\alpha = 32^\circ$ 即与 A 成 32° 俯角.

b) 用三角形法则求得矢量差 $A-B$ 如题 1-12 图(b) 所示. 同 a), 由余弦定理求得 $A-B$ 的大小为 5.66 单位. 由正弦定理求得与 A 的夹角为 32° 俯角.

c) 作 x, y 轴, 并使矢量 A 与 x 轴重合, 如题 1-12 图(c) 所示. 则



题 1-12 图

$$A_x = A = 10, \quad A_y = 0$$

$$B_x = B \cos 30^\circ = 6 \cos 30^\circ = 5.20 \text{ 单位}$$

$$B_y = B \sin 30^\circ = 6 \sin 30^\circ = 3 \text{ 单位}$$

$$D_x = A_x - B_x = 4.80 \text{ 单位}, \quad D_y = A_y - B_y = -3 \text{ 单位}$$

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = 5.66 \text{ 单位}$$

$$\alpha = \arctg \frac{D_y}{D_x} = \arctg \frac{-3}{4.8} = -31.7^\circ, \text{ 即与 } x \text{ 轴成 } 32^\circ \text{ 俯角, 向}$$

右. 亦即与 A 成 32° 俯角.

1-13 力 F_1 和 F_2 作用在一点上. F_1 的大小为 8N, 方向与 x 轴成 60° 仰角, 并在第一象限内. F_2 为 5N, 其方向与 x 轴成 53° 俯角, 并在第四象限内. a) 求合力的竖直分量和水平分量的大小. b) 求合力的大小. c) 求矢量差 $(F_1 - F_2)$ 的大小.

解 a) $R_x = \sum F_x = (8\text{N})(\cos 60^\circ) + (5\text{N})(\cos 53^\circ) = 7.01\text{N}$

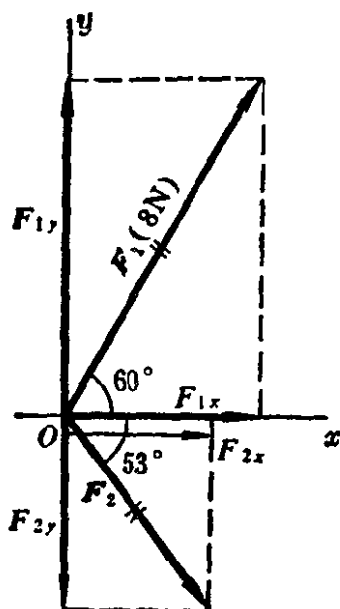
$$R_y = \sum F_y = (8\text{N})(\sin 60^\circ) - (5\text{N})(\sin 53^\circ) = 2.94\text{N}$$

b) $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(7.01\text{N})^2 + (2.94\text{N})^2} = 7.60\text{N}$

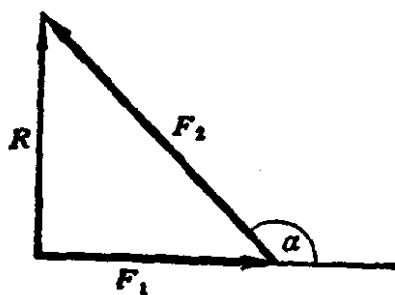
$$c) D_x = F_{1x} - F_{2x} = (8\text{N})(\cos 60^\circ) - (5\text{N})(\cos 53^\circ) \\ = 0.99\text{N}$$

$$D_y = F_{1y} - F_{2y} = (8\text{N})(\sin 60^\circ) + (5\text{N})(\sin 53^\circ) \\ = 10.9\text{N}$$

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = 10.9\text{N}$$



题 1-13 图



题 1-14 图

1-14 两力 F_1 和 F_2 作用在一个物体上，两力的合力 R ，其大小与 F_1 相同并与 F_1 成 90° 角。设 $F_1 = R = 10\text{N}$ 。试求第二力 F_2 的大小和它相对于 F_1 的方向。

解 根据三角形法则，按题意先画出 F_1 和合力 R ，由 F_1 的终点到合力 R 终点所画的矢量，即为所求的力矢量 F_2 ，其大小为

$$F_2 = \sqrt{R^2 + F_1^2} = \sqrt{(10\text{N})^2 + (10\text{N})^2} = 14.1\text{N}$$

与 F_1 的夹角 α 为

$$\alpha = \arctg \frac{R}{F_1} = \arctg \frac{10\text{N}}{10\text{N}} = 45^\circ$$

1-15 有四个力，其合力的大小为 1000N ，方向北偏西 30° 。而其中三个力的大小和方向分别为： 400N ，东偏北 60° ； 200N ，正南； 400N ，南偏西 53° 。试求第四个力的正交分量。

解 按题意画力示图, (见题 1-15 图)。取向东为 x 轴正方向, 向北为 y 轴正方向, 设所求的第四个力为 F_4 , 则

$$F_{4x} = -R \cos 60^\circ - F_1 \cos 60^\circ$$

$$+ F_3 \cos 37^\circ$$

$$= -(1000\text{N})(\cos 60^\circ)$$

$$- (400\text{N})(\cos 60^\circ)$$

$$+ (400\text{N})(\cos 37^\circ)$$

$$= -381\text{N}$$

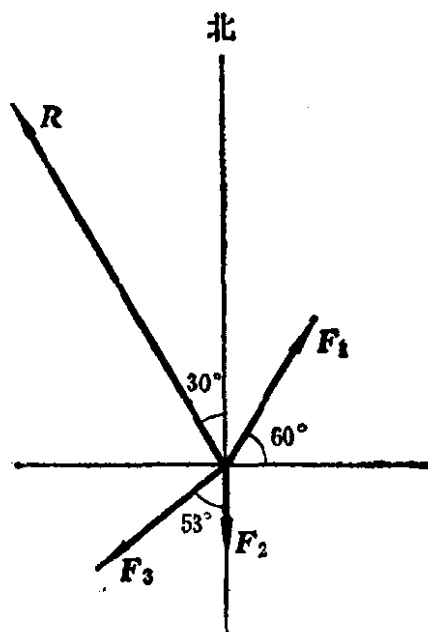
$$F_{4y} = R \sin 60^\circ - F_1 \sin 60^\circ$$

$$+ F_2 + F_3 \sin 37^\circ$$

$$= (1000\text{N})(\sin 60^\circ) - (400\text{N})(\sin 60^\circ) + 200\text{N}$$

$$+ (400\text{N})(\sin 37^\circ)$$

$$= 961\text{N}$$



题 1-15 图

1-16 已知矢量 A 的分量 $A_x = 2\text{cm}$, $A_y = 3\text{cm}$, 矢量 B 的分量 $B_x = 4\text{cm}$, $B_y = -2\text{cm}$. 试求: a) 矢量和 $(A+B)$ 的分量, b) 矢量和 $(A+B)$ 的方向和大小, c) 矢量差 $(A-B)$ 的分量. d) 矢量 $(A-B)$ 的方向和大小.

解 a) $R_x = A_x + B_x = 2\text{cm} + 4\text{cm} = 6\text{cm}$

$$R_y = A_y + B_y = 3\text{cm} + (-2\text{cm}) = 1\text{cm}$$

b) $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(6\text{cm})^2 + (1\text{cm})^2} = 6.1\text{cm}$

$$\alpha = \arctg \frac{R_y}{R_x} = \arctg \frac{1}{6} = 9.5^\circ, \text{ 即与 } x \text{ 轴成 } 9.5^\circ \text{ 仰角, 向右.}$$

c) $D_x = A_x - B_x = 2\text{cm} - 4\text{cm} = -2\text{cm}$

$$D_y = A_y - B_y = 3\text{cm} - (-2\text{cm}) = 5\text{cm}$$

d) $D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = \sqrt{(-2\text{cm})^2 + (5\text{cm})^2} = 5.4\text{cm}$

$$\alpha = \arctg \frac{D_y}{D_x} = \arctg \frac{5\text{cm}}{-2\text{cm}} = 111.8^\circ$$

即与 x 轴成 111.8° 角, 向左.

1-17 汽车向东行驶 5mi, 又向南行驶 4mi, 再向西行驶 2mi. 求汽车合位移的方向和大小.

解 按题意作图如题 1-17 图所示. 取向东为 x 轴的正方向, 向北为 y 轴的正方向, 则对第一位移矢量 A 有

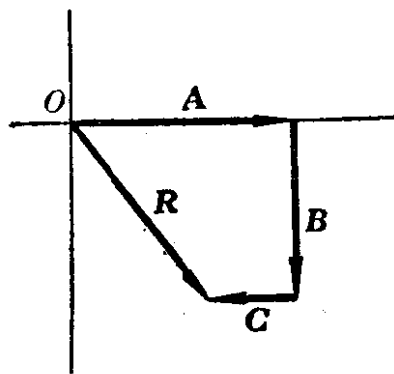
$$A_x = 5\text{mi}, A_y = 0$$

第二位移矢量 B 有:

$$B_x = 0, B_y = -4\text{mi}$$

第三位移矢量 C 有:

$$C_x = -2\text{mi}, C_y = 0$$



题 1-17 图

则 $R_x = A_x + B_x + C_x = 5\text{mi} - 0 - 2\text{mi} = 3\text{mi}$

$$R_y = A_y + B_y + C_y = 0 - 4\text{mi} - 0 = -4\text{mi}$$

合位移的大小为

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(3\text{mi})^2 + (-4\text{mi})^2} = 5\text{mi}$$

与 x 轴的夹角为

$$\alpha = \arctg \frac{R_y}{R_x} = \arctg \frac{-4\text{mi}}{3\text{mi}} = -53.1^\circ, \text{ 即与 } x \text{ 轴成 } 53.1^\circ \text{ 俯}$$

角, 向右.

1-18 帆船向东航行 2km, 接着向东南方向航行 4km, 之后向未知方向又航行一段距离. 帆船的最终位置是在出发点的正东方 5km. 试求帆船的第三次航程的方向和距离.

解 按题意作图如题 1-18 图所示.

已知帆船的第一次航程 $\vec{OA}$ 的大小为 2km, 方向正东.

第二次航程 $\vec{AB}$ 的大小为 4km, 东南方向即正东偏南 45° .

最终航程 $\vec{OC}$ 的大小为 5km, 方向正东.