

SCHAUM'S
ouTlines

全美经典 学习指导系列

3000 物理习题精解

〔美〕A. 哈尔彭 著

解希顺 张勇 朱艳梅 章宁 译

3000物理习题精解

大学生物理习题库

按步就班解题，易于教与学

可与各类教科书配套使用



科学出版社

麦格劳-希尔教育出版集团

内 容 简 介

本书收录了 3000 多道普通物理习题,给出了详细的分析和解答。内容涵盖普通物理学的各个部分,选题面广,数据详实,注重原理,适于自学。在美国,本书与多种大学物理教材配套使用,既可供理工科大学非物理专业学生使用,也可供物理专业的教师、学生和参加奥林匹克竞赛的青少年参考。

Alvin Halpern: 3000 Solved Problems in Physics

ISBN: 0-07-099180-4

Copyright © 1988 by the McGraw-Hill Companies, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by McGraw-Hill, Inc.

All rights reserved.

本书中文简体字版由科学出版社和美国麦格劳-希尔国际公司合作出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

图字:01-2001-1776 号

图书在版编目(CIP)数据

3000 物理习题精解/[美]A. 哈尔彭(Halpern)著;解希顺等译. - 北京:科学出版社,2002

(全美经典学习指导系列)

ISBN 7-03-009393-3

I. 3… II. ①哈… ②解… III. 物理学-高等学校-解题 IV. O4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 032789 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 1 月第 一 版 开本:A4(890×1240)

2002 年 1 月第一次印刷 印张:39 1/4

印数:1—5 000 字数:1 141 000

定价:50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

目 录

第一章 数学简介	(1)
1.1 平面矢量;科学符号和单位	(1)
1.2 三维矢量;标积和矢积	(11)
第二章 共点力的平衡	(18)
2.1 绳子;绳结和不计摩擦的滑轮	(18)
2.2 摩擦力和斜面	(25)
第三章 一维运动学	(31)
3.1 量纲和单位;恒加速问题	(31)
第四章 牛顿运动定律	(44)
4.1 力,质量和加速度	(44)
4.2 摩擦;斜面;矢量符号	(48)
4.3 两个物体的问题和其它问题	(51)
第五章 平面运动(I)	(64)
5.1 抛体运动	(64)
5.2 相对运动	(74)
第六章 平面运动(II)	(79)
6.1 圆周运动;向心力	(79)
6.2 万有引力定律;卫星的运动	(83)
6.3 一般的平面运动	(87)
第七章 功和能	(92)
7.1 力所做的功	(92)
7.2 功;动能;势能	(95)
7.3 机械能守恒	(99)
7.4 附加题	(106)
第八章 功率和简单机械	(114)
8.1 功率	(114)
8.2 简单机械	(116)
第九章 冲量和动量	(122)
9.1 冲量-动量	(122)
9.2 弹性碰撞	(125)
9.3 非弹性碰撞及冲击摆	(128)
9.4 二维碰撞	(135)
9.5 反冲和反作用	(140)
9.6 质心	(145)
第十章 刚体静力学	(149)
10.1 刚体的平衡	(149)
10.2 质心(重心)	(170)
第十一章 转动(I):运动学与动力学	(175)
11.1 角运动和力矩	(175)
11.2 转动运动学	(176)

11.3	力矩与转动	(177)
11.4	转动惯量	(179)
11.5	平动与转动的关系	(183)
11.6	关于绳子绕在滚筒上以及滚动物体的问题	(187)
第十二章	转动(II):动能;角冲量;角动量	(194)
12.1	能量和功率	(194)
12.2	角冲量;物理摆	(199)
12.3	角动量	(203)
第十三章	物性	(210)
13.1	密度与比重	(210)
13.2	弹性	(212)
第十四章	简谐运动	(218)
14.1	弹簧振子的运动	(218)
14.2	单摆及其它装置的简谐运动	(226)
第十五章	流体静力学	(233)
15.1	压强和密度	(233)
15.2	帕斯卡定律;阿基米德定律;表面张力	(240)
第十六章	流体动力学	(246)
16.1	连续性方程;伯努利方程;托里拆利定律	(246)
16.2	黏性;斯托克斯定律;湍流;雷诺数	(252)
第十七章	温度与热膨胀	(257)
17.1	温标;线膨胀	(257)
17.2	面膨胀和体膨胀	(263)
第十八章	热量及其测量	(266)
18.1	热量与能量;热功当量	(266)
18.2	热量测量;比热;溶解热与汽化热	(269)
第十九章	热传递	(274)
19.1	传导	(274)
19.2	对流	(279)
19.3	辐射	(280)
第二十章	气体定律和气体动理论	(283)
20.1	摩尔概念;理想气体状态方程	(283)
20.2	分子动理论	(290)
20.3	大气性质;固体比热	(296)
第二十一章	热力学第一定律	(300)
21.1	热力学基本概念	(300)
21.2	热力学第一定律;内能; p - V 图,循环过程	(304)
第二十二章	热力学第二定律	(310)
22.1	热机;热力学第二定律的开尔文-普朗克表述及克劳修斯表述	(310)
22.2	熵	(314)
第二十三章	波动	(318)
23.1	波动特性	(318)
23.2	驻波和共振	(324)
第二十四章	声	(329)
24.1	声速;拍;多普勒频移	(329)

24.2 功率;强度;混响时间;冲击波	(333)
第二十五章 库仑定律和电场	(336)
25.1 电场力与库仑定律	(336)
25.2 电场;电荷的连续分布;电场中带电粒子的运动	(340)
25.3 电通量和高斯定理	(346)
第二十六章 电势及电容	(352)
26.1 点电荷和电荷分布产生的电势	(352)
26.2 电势函数与相关电场	(356)
26.3 能量;移动电荷问题	(359)
26.4 电容和电场能	(363)
26.5 电容器的联接	(367)
第二十七章 简单电路	(371)
27.1 欧姆定律;电流;电阻	(371)
27.2 电阻的联接	(375)
27.3 电动势及电化学系统	(381)
27.4 电测量	(385)
27.5 电功率	(388)
27.6 复杂电路;基尔霍夫电路定律;接有电容的电路	(393)
第二十八章 磁场	(399)
28.1 运动电荷所受的力	(399)
28.2 作用在载流导线上的力	(407)
28.3 力矩与磁矩	(411)
28.4 磁场源;毕奥-萨伐尔定律	(418)
28.5 复杂磁场;安培定律	(425)
第二十九章 物质的磁性	(434)
29.1 H 和 M 场;磁化率;相对磁化率	(434)
29.2 磁铁;磁极强度	(440)
第三十章 感应电动势;发电机和电动机	(447)
30.1 磁通量的变化;法拉第定律;楞次定律	(447)
30.2 动生电动势;感应电流和洛伦兹力	(451)
30.3 交变磁场和感应电场	(456)
30.4 发电机和电动机	(461)
第三十一章 感应	(469)
31.1 自感	(469)
31.2 互感;理想变压器	(473)
第三十二章 电路	(481)
32.1 R - C , R - L , L - C , R - L - C 电路;时间响应	(481)
32.2 稳态交流电路	(489)
32.3 交流电路的瞬态行为	(494)
第三十三章 电磁波	(499)
33.1 位移电流;麦克斯韦方程组;光速	(499)
33.2 一维和三维波的数学描述	(501)
33.3 电磁波的场的分量;感应电动势	(506)

33.4 能流和动量流	(508)
第三十四章 光和光学现象	(513)
34.1 反射和折射	(513)
34.2 色散与颜色	(527)
34.3 光度学和照度	(531)
第三十五章 面镜;透镜和光学器件.....	(534)
35.1 面镜	(534)
35.2 薄透镜	(543)
35.3 透镜磨制人公式;组合透镜系统.....	(546)
35.4 光学仪器:投影仪;照相机和眼睛	(551)
35.5 光学仪器:显微镜和望远镜.....	(556)
第三十六章 干涉;衍射和偏振.....	(561)
36.1 光的干涉	(561)
36.2 衍射和衍射光栅	(568)
36.3 偏振光	(572)
第三十七章 狭义相对论	(578)
37.1 洛伦兹变换;长度收缩;时间延缓;速度变换.....	(578)
37.2 质能关系;相对论动力学.....	(591)
第三十八章 光子与物质波	(596)
38.1 光子与光电效应	(596)
38.2 康普顿散射;X射线;电子对的产生与湮没	(599)
38.3 德布罗意波和不确定性原理	(602)
第三十九章 近代物理:原子;原子核;固体电子学.....	(606)
39.1 原子与分子	(606)
39.2 原子核与放射性	(612)
39.3 固体电子学	(618)

第一章 数学简介

1.1 平面矢量;科学符号和单位

1.1 什么是标量?

解 标量只有大小,是一纯数.加减时按普通数字运算.

1.2 什么是矢量?

解 矢量既有大小,又有方向.例如,每小时向南开 40 km 的汽车的速度矢量为 40 km/h,向南.

1.3 什么是合矢量?

解 合矢量是多个相似的矢量(例如,力矢量)的和,仍为一矢量,它与各分矢量共同作用效果相同.

1.4 叙述矢量相加的图解法

解 从任一点开始,依次画出每个矢量的大小和方向,使它们首尾相连,从起始点至最后一个矢量的端点的矢量即为合矢量.

1.5 叙述两个矢量相加的平行四边形法.

解 两任意矢量的和可用平行四边形的对角线表示.如图 1-1.两矢量为平行四边形的邻边,对角线就是合矢量,其方向总是背离二矢量的起点.

1.6 矢量如何相减?

解 矢量 A 减去矢量 B ,只要将矢量 B 改变到相反的方向再与 A 相加,即可.因为, $A - B = A + (-B)$.

1.7 简述三角函数.

解 对如图 1-2 所示的直角三角形,定义

$$\sin \theta = \frac{o}{h}, \cos \theta = \frac{a}{h}, \tan \theta = \frac{o}{a}$$

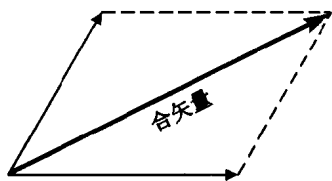


图 1-1

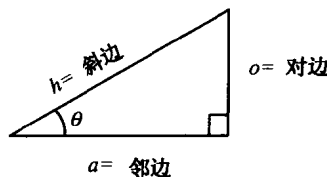


图 1-2

1.8 将下列数用 10 的幂次表示:

(a) 627.4, (b) 0.000365, (c) 20001, (d) 1.0067, (e) 0.0067

解 (a) 6.274×10^2 , (b) 3.65×10^{-4} , (c) 2.0001×10^4 , (d) 1.0067×10^0 , (e) 6.7×10^{-3}

1.9 将下列数用 10^0 次幂表示:

(a) 31.65×10^{-3} , (b) 0.415×10^6 , (c) $1/(2.05 \times 10^{-3})$, (d) $1/(43 \times 10^3)$

解 (a) 0.03165, (b) 415000, (c) 488, (d) 0.0000233

1.10 地球的直径大约为 1.27×10^7 m, 将其表示为 (a) mm, (b) Mm, (c) mi.

解 (a) $(1.27 \times 10^7 \text{ m})(1000 \text{ mm}/1 \text{ m}) = 1.27 \times 10^{10} \text{ mm}$

(b) $1\text{Mm} = 10^6\text{m}$, 所以, 结果为 12.7Mm

(c) $1\text{mi} = 1.61\text{ km}$, 所以为 $7.89 \times 10^3\text{mi}$

- 1.11 在周长为 200 m 的圆形跑道上举行 100 m 赛. 运动员开始向东然后向南跑. 从起点到终点的位移是多少?

解 如图 1-3 所示, 比赛路径为半个圆圈, 因此位移沿直径, 大小为 $200/\pi = 63.7\text{ m}$, 正南. 图 1-3.

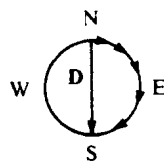


图 1-3

- 1.12 什么是矢量的分量?

解 矢量的分量是它在一给定方向的轴上的投影.

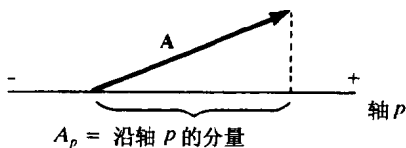


图 1-4

例如: 一个位移的 p 分量是它沿 p 轴的距离. 分量是标量, 可正可负, 分别对应于与给定轴的正向相同或相反的情况. 在图 1-4 中, A_p 是正的. (有时矢量的分量也定义为矢量, 其大小与标量定义的相同, 方向沿给定的轴. 若标量分量为负, 则表明沿该轴的负向). 通常, 分解矢量时沿互相垂直的方向分解(直角分量).

- 1.13 什么是矢量相加的分量加法?

解 将每个矢量分解成 x 、 y 、 z 分量, 指向负轴方向的分量为负值, 合矢量的 x 分量等于所有 x 分量的代数和, 同样可求得合矢量的 y 分量和 z 分量.

- 1.14 定义矢量与标量的乘法?

解 定义 $b\mathbf{F}$ 仍为一矢量, 其大小为 $|b|F$ (b 的绝对值乘以 F 的大小, 其方向为 $\mathbf{F}$ 或 $-\mathbf{F}$ 的方向, b 大于零时方向与 $\mathbf{F}$ 相同, 反之则相反).

- 1.15 用作图法求下列两位移的合矢量:

大小为 2m , 与 x 轴正向成 40° ; 大小为 4m , 与 x 轴正向成 127° .

解 如图 1-5 所示, 从原点开始画两个矢量, 注意角度是与 $+x$ 轴之间的夹角. 合矢量 $\mathbf{R}$ 如图. 在图上测得其大小为 4.6 m , $\theta = 101^\circ$.

- 1.16 一位移大小为 25 m , 与 x 轴成 210° 角, 求其 x 和 y 分量.

解 位移矢量及其分量如图 1-6 所示, 分量为

$$x \text{ 分量} = -25\cos 30^\circ = -21.7\text{ m} \quad y \text{ 分量} = -25\sin 30^\circ = -12.5\text{ m}$$

注意: 两分量均指向负轴方向, 所以为负.

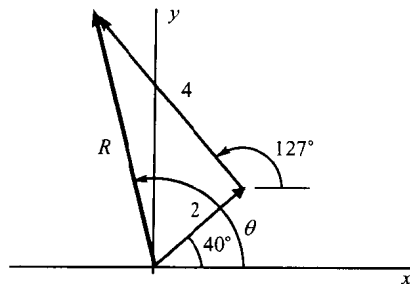


图 1-5

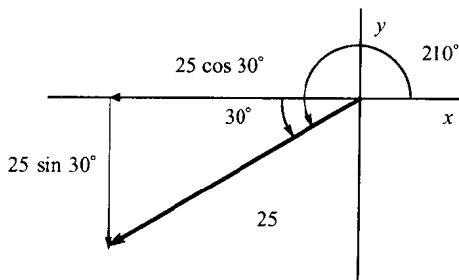


图 1-6

- 1.17 用直角分量法求解题 1.15

解 每个矢量的直角分量如图 1-7(a), (b) 所示, (画有交叉影线的是原矢量). 合矢量的分量大小为

$$R_x = 1.53 - 2.40 = -0.87\text{ m} \quad R_y = 1.29 + 3.20 = 4.49\text{ m}$$

注意: 指向负轴方向的分量一定为负值.

合矢量如图 1-7 (c) 所示, 由图可知 $R = \sqrt{(0.87)^2 + (4.49)^2} = 4.57 \text{ m}$ $\tan \phi = \frac{4.49}{0.87}$
 $\phi = 79^\circ$ 而 $\theta = 180^\circ - \phi = 101^\circ$

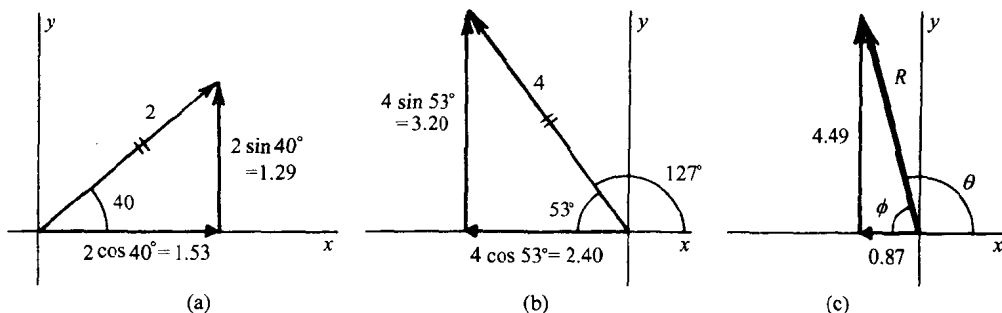


图 1-7

1.18 将下列两力矢量用平行四边形法相加:

30 lb(磅), 与 x 轴正向成 30° ; 20 lb(磅), 与 x 轴正向成 140° (1 kg 物体重 2.21 lb, 一 lb 等于 4.45 N 的力)

解 力矢量如图 1-8 所示, 画如图 1-9 所示的平行四边形, 对角线为合矢量 R , 其大小为 30 lb, $\theta = 72^\circ$.

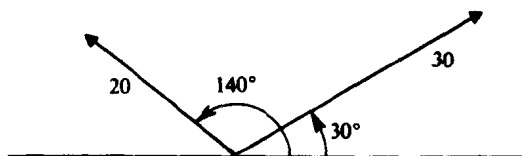


图 1-8

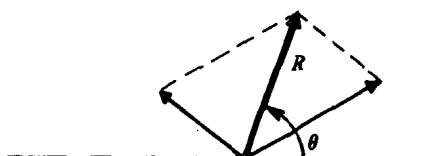


图 1-9

1.19 求图 1-10 中矢量 F 在 x 和 y 轴方向的分量.

解 在图 1-10 中, 从 P 点到 X 和 Y 的垂线 (虚线) 确定了矢量 F 的两个分量 F_x 和 F_y 的大小及方向. 由图可见, $F_x = F \cos \theta$, $F_y = F \sin \theta$

1.20 (a) F 的大小为 300 N, 与 x 方向之间的夹角 $\theta = 30^\circ$, 求 F_x 和 F_y , (b) 若 $F = 300 \text{ N}$, $\theta = 145^\circ$ (F 在第二象限内), 重求 F_x 和 F_y .

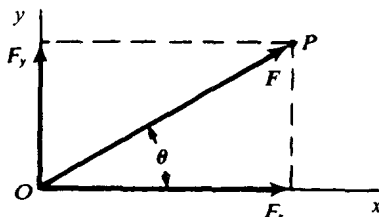


图 1-10

解 (a) $F_x = 300 \cos 30^\circ = 259.8 \text{ N}$,

$F_y = 300 \sin 30^\circ = 150 \text{ N}$

(b) $F_x = 300 \cos 145^\circ = (300)(-0.8192) = -245.75 \text{ N}$ (在 x 轴负向)

$F_y = 300 \sin 145^\circ = (300)(+0.5736) = 172.07 \text{ N}$

1.21 一轿车先向东开 5.0 km, 再向南 3.0 km, 然后向西 2.0 km, 最后向北 1 km. (a) 求轿车向北向东各开了多远? (b) 分别用几何法和代数法求位移矢量.

解 (a) 矢量相加次序可任意. 向南 3.0 km, 向北 1 km 产生 2.0 km 向南的净位移. 同样, 向东 5.0 km, 向西 2.0 km 产生 3 km 向东的净位移. 而向

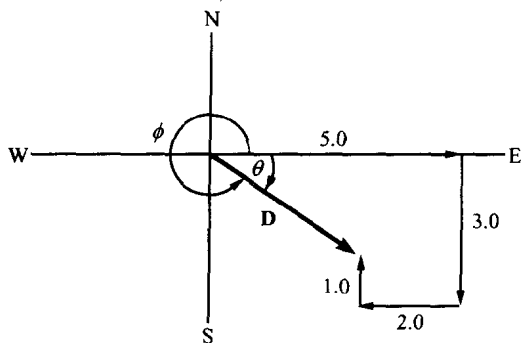


图 1-11

东的位移在南北方向无分量,向南的位移在东西方向无分量,所以小轿车位于起点以北 -2.0 km ,以东 3 km 处.

(b)用头尾相连的方法,容易得到合位移矢量 D (见图 1-11).用代数方法则有

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = \sqrt{2^2 + 3^2} = 3.6 \text{ km}$$

$$\tan \phi = -\frac{2}{3}, \quad \text{或} \quad \tan \theta = \frac{2}{3}, \quad \theta = 34^\circ (\text{偏东南方向})$$

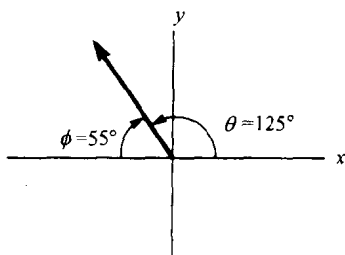


图 1-12

1.22 一力大小为 400 N , 与 x 轴成 125° 角, 求其 x 和 y 分量.

解 用正规方法(取与 x 轴正向的夹角)

$$F_x = (400 \text{ N})\cos 125^\circ = -229 \text{ N},$$

$$F_y = (400 \text{ N})\sin 125^\circ = 327 \text{ N}$$

用直观方法(取与 x 轴正向或负向之间的锐角)

$$|F_x| = F \cos \phi = 400 \cos 55^\circ = 229 (\text{N})$$

$$|F_y| = F \sin \phi = 400 \sin 55^\circ = 327 (\text{N})$$

1.23 求下列位于同一平面内的两个力的合力:

30 N 与 x 轴正向成 37° , 50 N 与 x 轴正向成 180°

解 先求分量,再求合力

$$R_x = 24 - 50 = -26 (\text{N}), \quad R_y = 18 + 0 = 18 (\text{N})$$

$$\text{所以 } R = 31.6 \text{ N}, \tan \theta = 18 / (-26), \quad \theta = 145^\circ$$

1.24 A 、 B 矢量如图 1-13 所示, 求(a) $A + B$, (b) $A - B$, (c) $B - A$

解 $A_x = 6 \text{ m}$, $A_y = 0$, $B_x = 12 \cos 60^\circ = 10.4 (\text{m})$

(a) $(A + B)_x = 12 \text{ m}$, $(A + B)_y = 10.4 \text{ m}$, $|A + B| = 15.9 \text{ m}$, 在 40.9° 方向.

(b) $(A - B)_x = 0$, $(A - B)_y = -10.4 \text{ m}$, $|A - B| = 10.4 \text{ m}$, 在 -90° 方向.

(c) $(B - A)_x = 0$, $(B - A)_y = 10.4 \text{ m}$, $|B - A| = 10.4 \text{ m}$, 在 90° 方向.

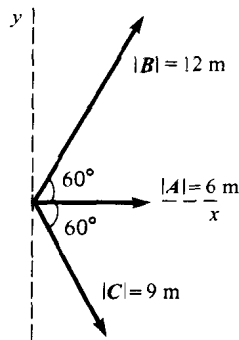


图 1-13

1.25 对图 1-13 中的矢量, 求(a) $A + B + C$, (b) $A + B - C$

解 C 的 x 、 y 分量分别为 4.5 m 和 -7.8 m .

(a) x 分量为 $A_x + B_x + C_x = 16.5$, 而 y 分量为 2.6 , 所以合矢量大小为 16.7 m , 在 9.0° (与 x 轴正向的夹角,下同) 方向.

(b) $A_x + B_x - C_x = 7.5$, 而 y 方向的分量为 $0 + 10.4 - (-7.8) = 18.2$, 所求矢量大小为 19.7 m , 在 68° 方向.

1.26 对图 1-13 中的矢量, 求(a) $A - 2C$, (b) $B - (A + C)$, $C - A - B - C$

解 (a) x 分量为 $A_x - 2C_x = -3$, y 分量为 $-2(-7.8) = 15.6$, 所求矢量大小为 15.9 m , 在 101° 方向.

(b) x 分量 $= 6 - (6 + 4.5) = -4.5$, y 分量 $= 10.4 - [0 + (-7.8)] = 18.2$ 因此, $(4.5^2 + 18.2^2)^{1/2} = 18.7 \text{ m}$, 在 104° 方向.

(c) 所求是题 1.25(a) 的矢量的负值, 所以大小为 16.7 m , 在 $9.0^\circ + 180^\circ = 189^\circ = -171^\circ$ 方向.

1.27 一位移矢量大小为 20 m , 在 xy 平面内, 与 x 轴正向成 70° (即在沿 x 轴逆时针转 70° 的方向), 求其 x 和 y 分量. 又: 若成 120° ; 250° ; 重新计算此问题.

解 任一种情况下, 均有 $S_x = S \cos \theta$, $S_y = S \sin \theta$, 所以结果分别为 6.8 m , 18.8 m ; -10.0 m , 17.3 m ; -6.8 m , -18.8 m .

1.28 一物体受到 x 方向 20 N 的力和 y 方向 -30 N 的力, 求受到的合力.

解 合力分量为 $R_x = 20 \text{ N}$, $R_y = -30 \text{ N}$,

$$R = (400 + 900)^{1/2} = 36 \text{ N}, \tan \theta = -30/20, \theta = 303.7^\circ = -56.3^\circ$$

θ 是与 x 轴正向之间的夹角.

1.29 一力 x 分量为 -40 N , y 分量为 -60 N , 求该力的大小和方向.

解 大小为 $R = (1600 + 3600)^{1/2} = 72 \text{ (N)}$

方向角 $\theta = 180^\circ + \arctan(6/4) = 236.3^\circ$

1.30 求下列共面位移矢量的合矢量的大小和方向:

20m, 与 x 轴成 0° 角; 10m, 与 x 轴成 120° 角.

解 $R_x = 20 - 5 = 15 \text{ (m)}$, $R_y = 0 + 8.7 = 8.7 \text{ (m)}$, 所以

$$R = 17.3 \text{ (m)}, \tan \theta = 8.7/15, \theta = 30^\circ$$

1.31 四力共面, 作用于点 O , 如图 1-14(a). 用几何法求合力.

解 四矢量画于图 1-14(b) 中, 首尾相接, 起点在原点, 则从原点指向最后一个矢量的端点的箭头(虚线)即为所求矢量.

由图 1-14(b) 测得, 合矢量大小为 119 N . α 为 37° , 即合矢量与 x 轴正向夹角 $\theta = 180^\circ - 37^\circ = 143^\circ$.

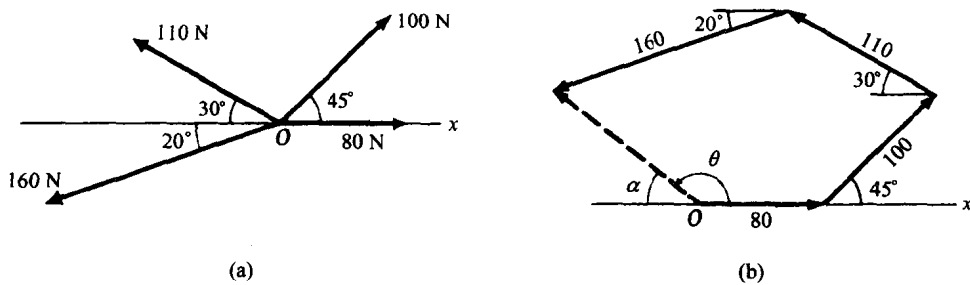


图 1-14

1.32 用直角分量法解题 1.31.

解 矢量及其分量如下:

大小/ N	x 分量/ N	y 分量/ N
80	80	0
100	$100\cos 45^\circ = 71$	$100\sin 45^\circ = 71$
110	$-100\cos 30^\circ = -95$	$110\sin 30^\circ = 55$
160	$-160\cos 20^\circ = -150$	$-160\sin 20^\circ = -55$

注意各分量的符号. 容易求得

$$R_x = 80 + 71 - 95 - 150 = -94 \text{ (N)},$$

$$R_y = 0 + 71 + 55 - 55 = 71 \text{ (N)}$$

合矢量如图 1-15 所示. 由图知, $R =$

$$\sqrt{(94)^2 + (71)^2} = 118 \text{ N}.$$

$\tan \alpha = 71/94$, $\alpha = 37^\circ$. 所以合矢量大小为 118 N ,

在 $180^\circ - 37^\circ = 143^\circ$ 的方向上.

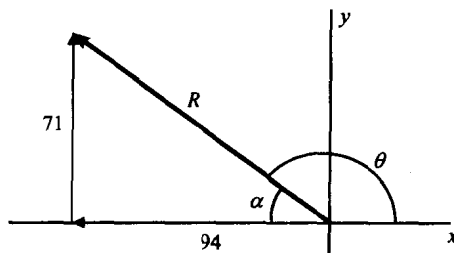


图 1-15

1.33 A、B、C 见图 1-16, 用作图法求矢量的和或差.

(a) $A + B$, (b) $A + B + C$, (c) $A - B$, (d) $A + B - C$

解 见图 1-16(a) $\rightarrow$ (d).

在(c)中, $A - B = A + (-B)$, 即改变 B 的方向再与 A 相加.

同样, 在(d)中, $A + B - C = A + B + (-C)$, $-C$ 与 C 大小相等, 方向相反.

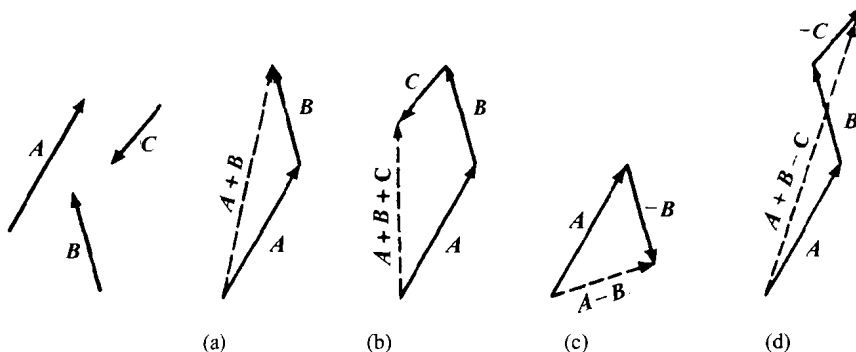


图 1-16

1.34 求下列作用于同一点的力的合力:

30 lbf, 东北方向; 70 lbf, 正南; 50 lbf, 西偏北 20° .

解 选取正东为 x 轴正向(见图 1-17)

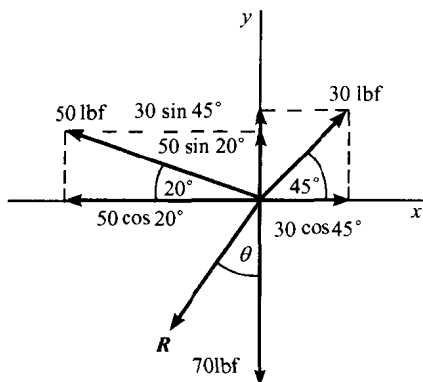


图 1-17

x 分量/lbf	y 分量/lbf
$30\cos 45^\circ = 21.2$	$30\sin 45^\circ = 21.2$
$-50\cos 20^\circ = -47.0$	$50\sin 20^\circ = 17.1$
	$-70 = -70$
和 = -25.816	和 = -31.7 lbf

$$R = \sqrt{(-25.8)^2 + (-31.7)^2}$$

$$= \sqrt{665.8 + 1004.9} = 40.9 \text{ (lbf)}$$

$$\tan \theta = \frac{-25.8}{-31.7} = 0.8139^\circ,$$

$$\theta = 39^\circ \text{ (偏西南方向)}$$

1.35 两力矢量大小相等, 合力等于每个分力大小的 $\frac{1}{3}$, 求两力之间的夹角.

解 在矢量图 1-18 中, 菱形对角线两部分相等.

因此 $\cos \theta = \frac{F/6}{F} = \frac{1}{6} = 0.1667$, $\theta = 80.4^\circ$, $2\theta = 160.8^\circ$, 两力之间的夹角为 160.8°

1.36 求地图上下列四位移的矢量和:

60mm 正北; 30mm 正西; 40mm, 北偏西 60° ; 50mm, 南偏西 30° . (a) 用作图法, (b) 用代数法.

解 (a) 四矢量头尾相连如图 1-19 所示. 测得合矢量大小为 97 mm, 与正北方向成 67.7° , 偏西.

(b) 令 D = 合矢量, 则

$$D_x = -30 - 40\sin 60^\circ - 50\sin 30^\circ = -89.6 \text{ (mm)}$$

$$D_y = 60 + 40\cos 60^\circ - 50\cos 30^\circ = +36.76 \text{ (mm)}$$

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = 96.8 \text{ mm}, \quad \tan \phi = \left| \frac{D_y}{D_x} \right| \Rightarrow \phi = 22.3^\circ \text{ 在负 } x \text{ 轴上方.}$$

1.37 两力大小分别为 80 N 和 100 N, 夹角为 60° , 作用在一物体上, 什么力可代替此两力? 什么力可与此平衡? 用代数法求解.

解 选取 x 轴沿 80 N 力的方向, 则 100 N 力在正 x 轴上方 60° 的方向, 其 y 分量为正. 可代替

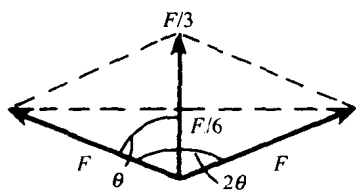


图 1-18

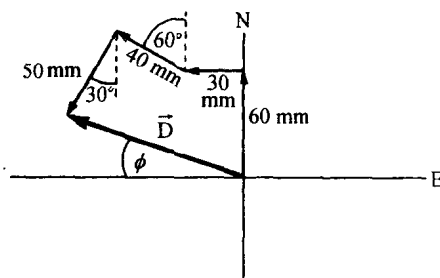


图 1-19

的力 R 为两力的矢量和

$$R_x = 80 + 100\cos 60^\circ = 130(\text{N}), R_y = 100\sin 60^\circ = 87(\text{N})$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 156(\text{N}), \theta = \arctan \left| \frac{R_y}{R_x} \right| = 34^\circ, \text{在正 } x \text{ 轴上方.}$$

平衡力为 $-R$, 大小 156 N, 与 R 方向相反, 在负 x 轴下方 34° 方向 (即与正 x 轴成 214° 的夹角).

1.38 作用于一质点上的两力如下: 100 N, 170° ; 100 N, 50° , 求它们的合力.

解 $F_1 = 100 \text{ N}$, 在 x 轴上方 170° , 100 N, 50° , 求它们的合力.

$$R = F_1 + F_2, R_x = 100\cos 170^\circ + 100\cos 50^\circ = -34.2(\text{N})$$

$$R_y = 100\sin 170^\circ + 100\sin 50^\circ = 94.0(\text{N})$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 100\text{N}, \theta = \arctan \frac{R_y}{R_x}$$

θ 有两个解: 290° 或 110° . 按题意知 R 应在第二象限, 所以答案是 110° (或在负 x 轴上方 70°). 也可用下列方法: $\phi = \arctan |R_y/R_x|$, 由此得到一小于 90° 的解, 这里为 70° , 它总是表示矢量与 x 轴 (正向或负向) 之间的夹角, 在轴的上方或下方. 而我们总能判断出 R 位于哪一象限, 所以就能确定方向. 这里 70° 是在负 x 轴上方.

1.39 100 N 的力与 x 轴成 θ 角, 其 y 方向的分量为 30 N, 求力的 x 方向的分量及其方位角 θ .

解 如图 1-20 所示, 要求 F_x 和 θ , 因为

$$\sin \theta = \frac{a}{h} = \frac{30}{100} = 0.30$$

所以 $\theta = 17.5^\circ$, 又 $a = h \cos \theta$, 所以

$$F_x = 100\cos 17.5^\circ = 95.4(\text{N})$$

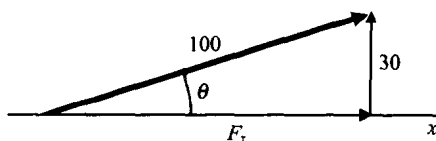


图 1-20

1.40 小船在静止的湖水中速度为 8 km/h, 在流动的溪水中它相对溪水的速度为 8 km/h, 而溪水的流速为 3 km/h. 问船相对于岸上的树的速度是多少? (a) 逆流, (b) 顺流.

解 (a) 若水静止, 船相对树的速度为 8 km/h, 而溪水使船向相反方向运动 3 km/h, 所以这时船相对于树的速度为 $8 - 3 = 5$ (km/h)

(b) 此时船速水速方向相同, 所求速度为 $8 + 3 = 11$ (km/h)

1.41 一飞机向东飞行的速度为 500 km/h, 向南的风速为 90 km/h, 求飞机相对于地面的速度大小和方向.

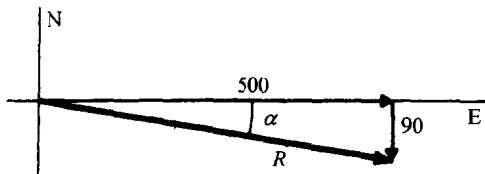


图 1-21

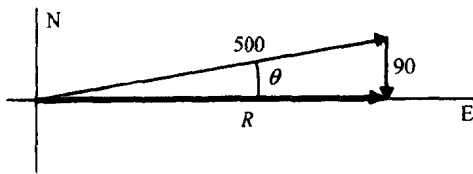


图 1-22

解 飞机的合速度是两速度之和. 如图 1-21 所示, $R_E = 500\text{km/h}$, $R_s = 90\text{km/h}$, 合速度为

$$R = \sqrt{(500)^2 + (90)^2} = 508(\text{km/h})$$

$$\tan \alpha = \frac{90}{500} = 0.180$$

$\alpha = 10.2^\circ$. 所以飞机相对地面的速度为 508km/h , 东偏南 10.2° .

1.42 飞机速率与题 1.41 相同, 要使飞机向正东飞, 机头应保持在什么方向?

解 据题意, 飞机相对于空气的速度与风速的矢量和必须在正东方向, 矢量图示见图 1-22. 由图可见

$$\sin \theta = 90/500, \theta = 10.4^\circ$$

飞机头应保持在东偏北 10.4° 的方向.

若要求飞机向东的速度, 由图 1-22 可知 $R = 500 \cos \theta = 492 (\text{km/h})$

1.43 一小孩用 60 N 的力拉系在雪橇上的绳, 绳与地面成 40° 角. (a) 求使雪橇沿地面运动的分力, (b) 求垂直分力.

解 如图 1-23 所示, 60 N 力的两分量分别为 39 N 和 46 N . 所以 (a) 水平分力为 46 N , (b) 垂直分力为 39 N .

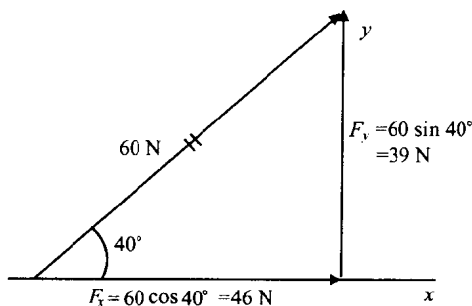


图 1-23

1.44 求图 1-24 中共面力系的合力.

解 $R = F_1 + F_2 + F_3$

$$R_x = -40 + 80 \cos 30^\circ + 0 = 29.3(\text{lbf})$$

$$R_y = 0 - 80 \sin 30^\circ + 60 = 20(\text{lbf})$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 35.4(\text{lbf}), \theta = \arctan \frac{R_y}{R_x} = 34.3^\circ \text{ 在 } +x \text{ 轴上方.}$$

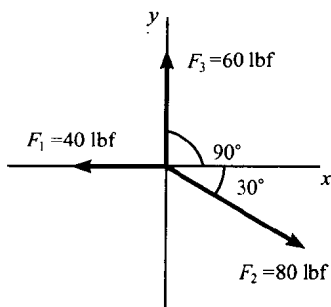


图 1-24

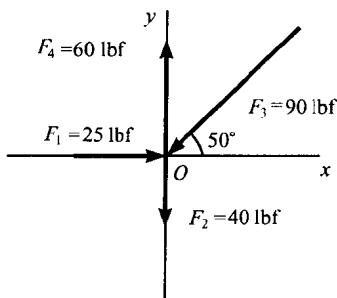


图 1-25

1.45 对图 1-25 中的力, 重解题 1.44

解 $R = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$

$$R_x = 25 - 90 \cos 50^\circ + 0 = -32.8(\text{lbf})$$

$$R_y = 0 - 40 - 90 \sin 50^\circ + 60 = 19.2(\text{lbf})$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 38.0(\text{lbf})$$

$$\phi = \arctan \left| \frac{R_y}{R_x} \right| = 30.3^\circ \text{ 在 } -x \text{ 轴上方.}$$

1.46 对图 1-26 中的力, 重解题 1.44

解 $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

$$R_x = -125 \cos 25^\circ + 0 + 180 \cos 23^\circ + 150 \cos 62^\circ$$

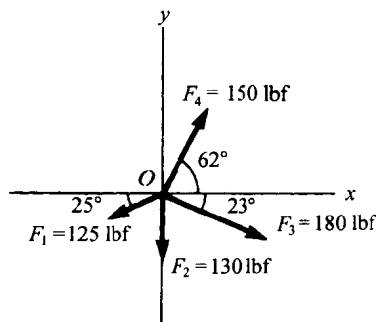


图 1-26

$$= 122.8(\text{lbf})$$

$$R_y = -125\sin 25^\circ - 130 - 180\sin 23^\circ + 150\sin 62^\circ$$

$$= -120.7(\text{lbf})$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 172.2\text{lbf}, \phi = \arctan \left| \frac{R_y}{R_x} \right| = 44.5^\circ \text{ 在 } +x \text{ 轴上方.}$$

- 1.47 用代数方法求下列共面力的合力 R 和平衡力 E : $100 \text{ kN}, 30^\circ; 141.4 \text{ kN}, 45^\circ; 100 \text{ kN}, 240^\circ$.

解 $R = F_1 + F_2 + F_3$

$$R_x = 100\cos 30^\circ + 141.4\cos 45^\circ + 100\cos 240^\circ = 136.6(\text{kN})$$

注: $100\cos 240^\circ = -100\cos 60^\circ, 100\sin 240^\circ = -100\sin 60^\circ$

$$R_y = 100\sin 30^\circ + 141.4\sin 45^\circ + 100\sin 240^\circ = 63.4(\text{N})$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 150.6\text{kN}, \phi = \arctan \left| \frac{R_y}{R_x} \right| = 24.9^\circ \text{ 在 } +x \text{ 轴上方.}$$

$$E = -R = 150.6\text{kN}, \text{ 在 } 24.9^\circ + 180^\circ = 204.9^\circ \text{ 方向 } (+x \text{ 轴上方}).$$

- 1.48 用代数方法计算下列位移的合矢量:

$$20\text{m}, 30^\circ; 40\text{m}, 120^\circ; 25\text{m}, 180^\circ; 42\text{m}, 270^\circ; 12\text{m}, 315^\circ.$$

解 $D = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 = \text{合矢量}$

$$D_x = 20\cos 30^\circ + 40\cos 120^\circ - 25 + 0 + 12\cos 315^\circ = -19.3(\text{m})$$

注: 180° 即沿 $-x$ 轴; 270° 为沿 $-y$ 轴; $\cos 120^\circ = -\cos 60^\circ; \sin 120^\circ = \sin 60^\circ; \cos 315^\circ = \cos 45^\circ; \sin 315^\circ = -\sin 45^\circ$;

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = 20.2 \text{ m}, \phi = \arctan \left| \frac{D_y}{D_x} \right| = 16.7^\circ \text{ 在 } -x \text{ 轴下方, 或 } \theta = \arctan \frac{D_y}{D_x} = 196.7^\circ \text{ (与 } +x \text{ 轴的夹角)}.$$

- 1.49 参见图 1-27, 用矢量 A, B 表示矢量 P, R, S, Q .

解 在平行四边形中, $R = B, P = A + R = A + B, S = A, Q = -B + A = A - B$

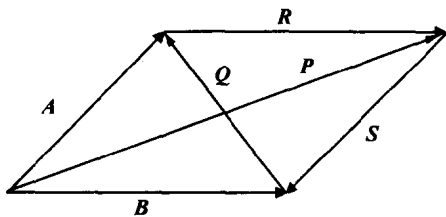


图 1-27

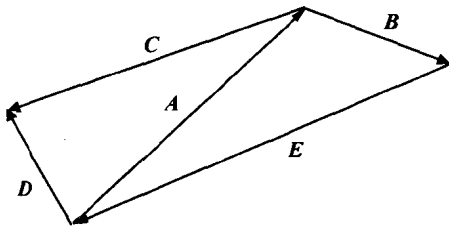


图 1-28

- 1.50 参见图 1-28, 用矢量 A, B 表示矢量 P, R, S, Q .

解 显然, $-E = A + B$ 即: $E = -(A + B) = -A - B, D - C = D + (-C) = A$, 所以 $E + D - C = E + A = -B$

- 1.51 一合位移 D 大小为 100m , 起点在原点, 与 x 轴成 37° . 它由下列三位移合成: $d_1, 100\text{m}$, 沿 x 轴; $d_2, 200\text{m}$, 与 x 轴成 150° ; d_3 待求. 求 d_3 .

解 $D = d_1 + d_2 + d_3$

$$D_x = d_{1x} + d_{2x} + d_{3x}, \text{ 即 } 100\sin 37^\circ = -100 + 200\cos 150^\circ + d_{3x}, d_{3x} = 353\text{m}$$

(注: $\cos 150^\circ = -\cos 30^\circ$)

$$D_y = d_{1y} + d_{2y} + d_{3y}, \text{ 即 } 100\sin 37^\circ = 0 + 200\sin 150^\circ + d_{3y}, d_{3y} = -40\text{m}$$

(注: $\sin 150^\circ = \sin 30^\circ$)

$$d_3 = \sqrt{d_{3x}^2 + d_{3y}^2} = 355\text{m}, \phi = \arctan \left| \frac{d_{3y}}{d_{3x}} \right| = 6.5^\circ \text{ 在 } +x \text{ 轴下方.}$$

- 1.52 四作用力的合力 R 大小为 100 N , 沿负 y 轴方向. 其中三个力分别为: 100 N , 与 x 轴夹

角 60° ; 200 N , 与 x 轴夹角 140° ; 250 N , 与 x 轴夹角 320° . 求第四个力.

解 $\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3 + \mathbf{F}_4$

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x}, \text{ 即 } 0 = 100\cos 60^\circ + 200\cos 40^\circ + 250\cos 320^\circ + F_{4x}$$

$$F_{4x} = -88.3\text{ N}$$

$$R_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y}, \text{ 即 } -100\sin 60^\circ - 200\sin 40^\circ + 250\sin 320^\circ + F_{4y}$$

$$F_{4y} = -154.4\text{ N}$$

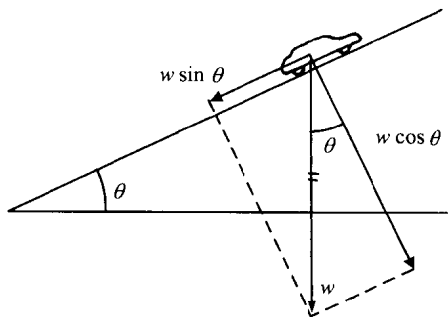


图 1-29

1.53 一轿车重 w , 位于倾角为 θ 的斜面上, 斜面支撑轿车的正压力应为多大才能承受住轿车的重量?

解 如图 1-29 所示, 轿车的重力 w 可分解为沿斜面和垂直斜面的两个分量. 斜面的正压力应与垂直斜面的分量 $w\cos\theta$ 平衡.

1.54 图 1-30(a) 所示为作用于一物体上的五个共面力. 求它们的合力.

解 (1) 求每个力的 x 和 y 分量.

大小/N	x 分量/N	y 分量/N
19	19.0	0
15	$15\cos 60^\circ = 7.5$	$15\sin 60^\circ = 13.0$
16	$-16\cos 45^\circ = -11.3$	$16\sin 45^\circ = 11.3$
11	$-11\cos 30^\circ = -9.5$	$-11\sin 30^\circ = -5.5$
22	0	-22.0

注: 符号表示方向

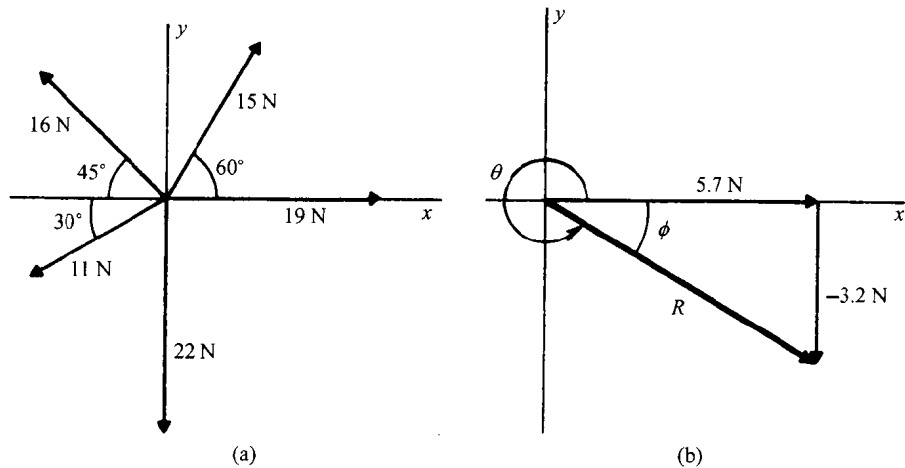


图 1-30

(2) 合力 $\mathbf{R}$ 的分量为

$$R_x = \sum F_x = 19.0 + 7.5 - 11.3 - 9.5 + 0 = +5.7(\text{N})$$

$$R_y = \sum F_y = 0 + 13.0 + 11.3 - 5.5 - 22.0 = -3.2(\text{N})$$

(3) 合力的大小为

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 6.5\text{ N}$$

(4)合力如图 1-29(b)所示,由图可见

$$\tan \phi = \frac{3.2}{5.7} = 0.56, \quad \phi = 29^\circ, \quad \theta = 360^\circ - 29^\circ = 331^\circ$$

合力大小为 6.5 N, 在 331° (或 -29°) 方向.

- 1.55 用代数方法求下列共面力的合力 R 和平衡力 E : $300(\text{N}), 0^\circ; 400(\text{N}), 30^\circ; 400(\text{N}), 150^\circ$.

解 首先 $R = F_1 + F_2 + F_3, E = -R$

$$R_x = 300 + 400\cos 30^\circ + 400\cos 150^\circ = 300(\text{N})$$

注: $400\cos 150^\circ = -400\cos 30^\circ, 400\sin 150^\circ = 400\sin 30^\circ$

$$R_y = 0 + 400\sin 30^\circ + 400\sin 150^\circ = 400(\text{N})$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 500(\text{N}), \varphi = \arctan \left| \frac{R_y}{R_x} \right| = 53^\circ \text{ 在 } x \text{ 轴上方, 而 } E = 500\text{N}, \varphi_E = 53^\circ \text{ 在 } +x \text{ 轴下方.}$$

1.2 三维矢量;标积和矢积

- 1.56 矢量 A (见图 1-31) 起点在原点, 端点在点 $(7.0\text{m}, 4.0\text{m}, 5.0\text{m})$ 处, 求其大小.

解 首先, 注意到矢量 A 和其分量 A_x 分别是直角三角形的斜边和直角边 (该三角形所在平面垂直于 xy 平面), 由勾股定理有 $A^2 = B^2 + A_z^2$, 而矢量 B 又是 xy 平面内的直角三角形的斜边, 该三角形的二直角边分别是 A_x 和 A_y , 由勾股定理又得 $B^2 = A_x^2 + A_y^2$. 两方程联立, 得

$$A^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2 \quad \text{即} \quad A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

这就是三维情况下的勾股定理.

由已知条件, 得

$$A = \sqrt{(7.0\text{m})^2 + (4.0\text{m})^2 + (5.0\text{m})^2} = 9.5\text{m}$$

- 1.57 求图 1-32 中三维矢量 F 的三个分量的大小.

解 在图 1-32 中, F_x, F_y, F_z 是 F 的三个互相垂直的分量, 其大小 F_x, F_y, F_z 分别为

$$F_x = F \cos \theta_1, \quad F_y = F \cos \theta_2,$$

$$F_z = F \cos \theta_3$$

为方便起见, 记 $\cos \theta_1 = l, \cos \theta_2 = m, \cos \theta_3 = n$, 则

$$F_x = Fl, \quad F_y = Fm, \quad F_z = Fn$$

l, m, n 称做 F 的方向余弦. 由三维的勾股定理 (题 1.56) 得, $l^2 + m^2 + n^2 = 1$

- 1.58 在图 1-32 中, 设 F 表示一力, 其大小为 $200(\text{N})$. 令 $\theta_1 = 60^\circ, \theta_2 = 40^\circ$, 求 F_x, F_y 和 F_z .

解 $l = 0.5, m = 0.766, n = (1 - l^2 - m^2)^{1/2} = 0.404$

(已设 F_z 为正, 否则 $n = -0.404$)

F 的直角分量为

$$F_x = (200)(0.5) = 100(\text{N}),$$

$$F_y = 153.2(\text{N}),$$

$$F_z = 80.0(\text{N})$$

复查: $(100^2 + 153.2^2 + 80.0^2)^{1/2} \approx 200$. 而 $\theta_3 = 66.17^\circ$

- 1.59 求 F_1, F_2, F_3 的矢量和 R . 三矢量在与图 1-32 相同的三维直角坐标系中, 起点均位于原点.

解 按分量法

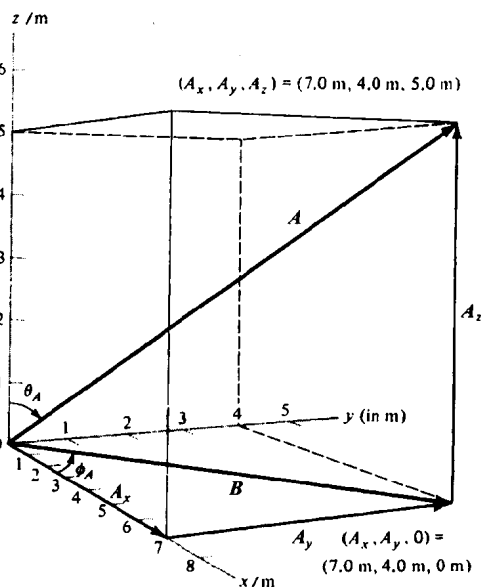


图 1-31