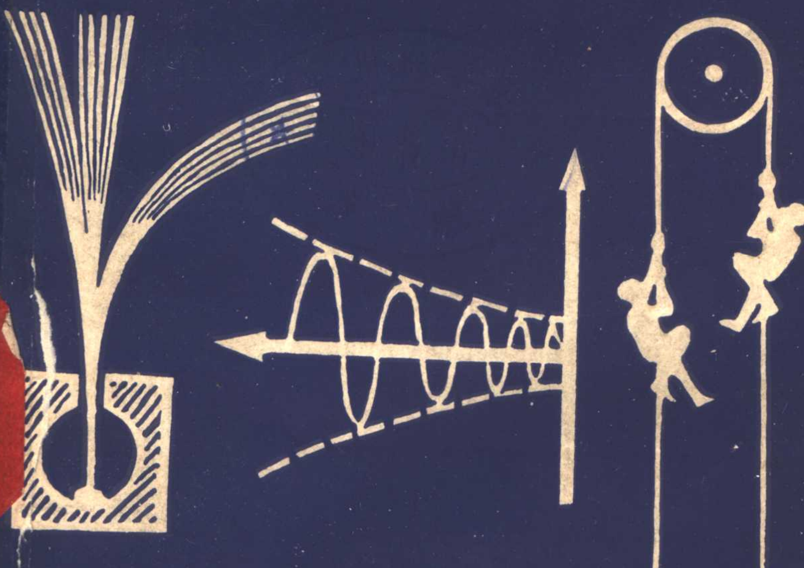
普通物理学习题解答

蒙祖岐　曾善平编著



前　言

普通物理学是大学师范、理工、医农各专业学生重要的一门基础理论课。为了帮助学生学习这门课程，我们编写“普通物理学习题解答”这本参考资料，以供内部交流使用。该书内容包括力学、分子物理学、热力学、电磁学、光学及近代物理学等等。针对我区物理教学情况，我们在解题时尽量采用通俗的语言，深入浅出，分析解题；每章习题所涉及的主要概念、原理、定律及公式，解题前均作必要的介绍；部份做到了一题多解；全书采用统一的国际单位制。

该书除可供我区高等院校师生作为普通物理学教学参考资料外，由于书中大部份习题采用初等数学解法，故对中学物理教师、高中高年级理科重点班学生及其他准备投考大学或者坚持自学提高的青年，均有重要的参考作用。

该书在编著过程中，得到广西大学曹亨道，广西农学院李德炳、徐庆生等讲师的大力帮助。该书封面设计及其他绘图工作由广西农学院宋启全同志担负，承印全书由邕宁县印刷厂；编著者在此特表示衷心的感谢。

由于业务水平有限，加之编著时间较仓促，因此该书一定有缺点和错误，衷心希望使用该书的教师及学生，多提宝贵的意见和建议。

编著者

80・10・

目　　录

第一编　力学、分子物理和热力学及流体力学

第二编　电磁学

第三编　振动与波、物理光学及近代物理基础

第一编　力学、分子物理和热力学及流体力学

第一章　矢量的加减法

本章要点

一、矢量的概念

既有数值大小，又有方向，合成时符合平行四边形法则的物理量称之为矢量，如力、速度、加速度等都是；只有数值大小，加法运算遵守代数法则的物理量称之为标量，如路程、质量、时间等都是。有些量虽有方向的意义（如电流强度等），又有些量具有正负的意义（如温度、功、重力势能等），由于它们在相加时不遵守平行四边形法则而遵守代数法则，故它们均为标量。

二、矢量加减的几何法

1、矢量的加法

两矢量 $\vec{A}$ 与 $\vec{B}$ 相加的合矢量是以这两矢量为邻边的、通过两矢量交点 E 的平行四边形对角线 $\vec{C}$，如图一所示。其矢量表示式为

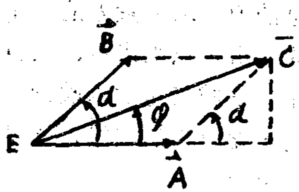


图　一

$$\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$$

两矢量合成的平行四边形法则可简化为两矢量合成的三角形法则，如图二所示。从矢量$\vec{A}$的始端至矢量$\vec{B}$的末端所引的矢量$\vec{C}$，就是所求的矢量$\vec{A}$和$\vec{B}$的矢量和。

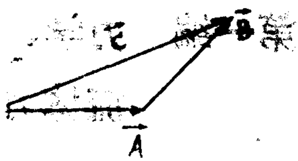


图 二

合矢量的大小和方向：如图一所示，两矢量$\vec{A}$与$\vec{B}$之间夹角为α，合矢量$\vec{C}$与$\vec{A}$夹角为φ，由三角关系得合矢量大小为

$$C=\sqrt{(A+B\cos\alpha)^2+(B\sin\alpha)^2}$$

$$=\sqrt{A^2+B^2+2AB\cos\alpha}$$

合矢量方向为

$$\varphi=\text{arctg}\frac{B\sin\alpha}{A+B\cos\alpha}$$

2、矢量的减法

如图三所示，由$\vec{B}$末端向$\vec{A}$末端作一矢量，就是矢量$\vec{A}$与$\vec{B}$之差，反之，就是$\vec{B}$与$\vec{A}$之差。总的说，求矢量差的三角形法则为：由一点画出被减矢量和减矢量，从减矢量的末端到被减矢量的末端所引的矢量，就是所求的矢量差。

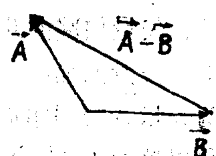


图 三

三、矢量合成的解析法

如图四所示，设平面直角坐标系内有矢量$\vec{A}$和$\vec{B}$，它们与X轴的夹角分别为α和β，合矢量$\vec{C}$与X轴正向所成的角为

φ。矢量$\vec{A}$与$\vec{B}$在两坐标轴上分量分别为

$$A_x = A\cos\alpha \qquad B_x = B\cos\beta$$

$$A_y = A\sin\alpha \qquad B_y = B\sin\beta$$

合矢量$\vec{C}$在两坐标轴上的分量C_x和C_y与$\vec{A}$、$\vec{B}$在两坐标轴上分量大小之间关系为

$$C_x = A_x + B_x$$

$$C_y = A_y + B_y$$

而$\vec{C}$的大小及方向为

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2},$$

$$\varphi = \operatorname{arc\,tg}\frac{C_y}{C_x}$$

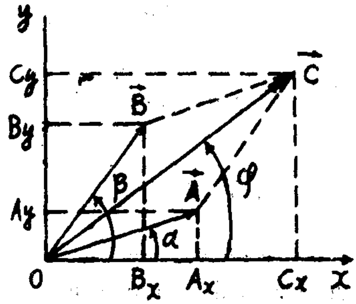


图 四

本 章 习 题

1—1，两个互成150°角的力，其大小均为120牛顿，求合力的大小和方向。

解：因为力是矢量，求二力的合力即是求二矢量之和。一、几何法。如图1—1甲所示，由几何定理得

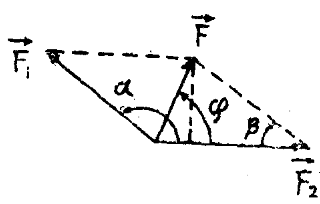


图1—1甲

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

据题意，$F_1 = F_2 = 120$牛顿，$\alpha = 150°$，得合力大小为

$$F=\sqrt{120^2+120^2+2\times120\times120\cos150^\circ}$$

$$=\sqrt{2\times2120^2\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}=62.1(\text{牛})$$

求合力的方向即是求 φ的大小。由图1—1甲可知

$$\varphi=\mathrm{arctg}\frac{F_1\sin\alpha}{F_2+F_1\cos\alpha}=\mathrm{arctg}\frac{F_1\sin\alpha}{F_2-F_1\cos\beta}$$

$$=\mathrm{arctg}\frac{120\sin150^\circ}{120-120\cos30^\circ}=\mathrm{arctg}\frac{120\times\frac{1}{2}}{120\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}$$

$$=\mathrm{arctg}\,3.73=75^\circ$$

二、解析法。如图1—1乙所示，在二力所在平面内作一直角坐标系。由图可知，合力$\vec{F}$在X，Y坐标轴上的分量大小为

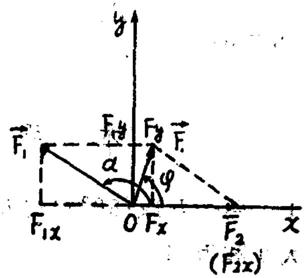


图1—1乙

$$F_x=F_2+F_{1x}$$

$$=F_2+F_1\cos\alpha$$

$$=120+120\cos150^\circ$$

$$=120-60\sqrt{3}=16.08(\text{牛})$$

$$F_y=F_{1y}=F_1\sin\alpha$$

$$=120\sin150^\circ=120\times\frac{1}{2}=60(\text{牛})$$

得合力大小为

$$F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}=\sqrt{16.08^2+60^2}=62.1(\text{牛})$$

合力方向为

$$\varphi=\operatorname{arc\,tg}\frac{F_y}{F_x}=\operatorname{arc\,tg}\frac{60}{16.08}=\operatorname{arc\,tg}3.73$$
$$=75°$$

1—2、如图所示，设有5个力作用于一点P，这个力的大小和方向相当于每边等于b的正六角形的两个边和三个对角线，求这5个力的合力。

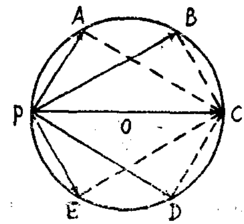


图1—2

解：根据矢量合成的平行四边形法则，矢量$\overrightarrow{PB}$与$\overrightarrow{PE}$的合矢量是以这两个矢量为邻边的平行四边形对角线矢量$\overrightarrow{PC}$。同理，矢量$\overrightarrow{PD}$与$\overrightarrow{PA}$的合矢量也是$\overrightarrow{PC}$。显然总合力为$3\overrightarrow{PC}$，方向由P指向C。因为$|\overrightarrow{PC}|=2b$，故总合力大小为$|3\overrightarrow{PC}|=6b$。

于5个力所在平面建立直角坐标系，利用解析法也可求得这5个力的合力的大小和方向。

1—3、轮船为了要垂直横过河流到达对岸，沿着与河岸成一定角度的方向以2米／秒的速率航行，已知水流的速率为1米/秒，求合速度大小和轮船航向与河岸之间所成的夹角。

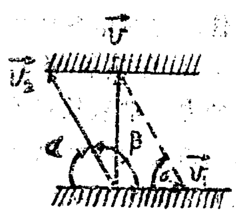


图1—3

解：如图所示，设水流的速度为$\vec{v}_1$，轮船沿着与河岸成α角的方向航行的速度为$\vec{v}_2$，轮船垂直横

过河流的合速度为$\vec{v}$。根据矢量的合成，如图所示，有

$$\vec{v}=\vec{v}_1+\vec{v}_2$$

合速度大小

$$v=\sqrt{v_1^2+v_2^2+2v_1v_2\cos\beta}$$，而$\cos\beta=\cos(180°-\alpha)=-\cos\alpha$，又因为$\cos\alpha=\frac{v_1}{v_2}$，所以有

$$v=\sqrt{v_1^2+v_2^2-2v_1v_2\cdot\frac{v_1}{v_2}}=\sqrt{v_2^2-v_1^2}$$

$$=\sqrt{2^2-1^2}=1.73\text{（米/秒）}$$

轮船航向与河岸之间所成夹角α（或β）：

$$\alpha=\mathrm{arctg}\frac{v}{v_1}=\mathrm{arctg}\frac{\sqrt{3}}{1}=60°$$

显然 $$\beta=180°-\alpha=120°$$

1—4、如图所示，在一根竖直电线杆上，水平电线对它的拉力为300牛顿。为了不使它倾倒，用铁丝把它拉住。这时电线杆受到一个400牛顿的竖直向下的力，求铁丝对地面的拉力的大小及铁丝与地面之间夹角α的数值。

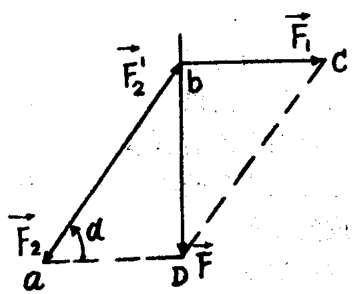


图1—4

解：显然，电线杆

受到竖直指向地面的力$\vec{F}$是水平拉力$\vec{F}_1$与地面对电线杆拉力$\vec{F}_2$的合力。根据求合力的平行四边形法则，bc = aD，又因bD⊥aD，故△abD是直角三角形，应有ab的长度或地面对铁丝拉力大小为

$$F_2 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{300^2 + 400^2} = 500（牛）$$

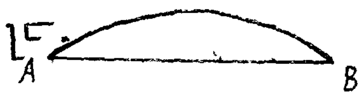
而$\vec{F}_2'$是$\vec{F}_2$的反作用力，根据牛顿第三定律可得铁丝对地面拉力大小为$F_2' = F_2 = 500$牛顿。

$$\vec{F}_2' 方向即 \alpha = \mathrm{arctg}\frac{F}{F_1} = \mathrm{arctg}\frac{400}{300} = 53°8'$$

第二章　直线运动

一、位移与路程

位移是描述物体运动相对位置变化的物理量，它只表示物体相对位置变化的实际效果，并不反映真实的运动路程。只有在直线运动的情况下，物体位移的大小才与物体经过的路程一样。位移是矢量，它的方向是初始位置到终止位置的方向，它的大小是两位置之间的距离，如右图所示。



质点从A运动到B，位移为$\overline{AB}$，而质点经过的路程为$\overset{\frown}{AB}$，路程为标量。

二、速度和加速度

速度是描述物体作机械运动时的运动状态的物理量。速度是矢量，它的方向就是物体运动的方向。

加速度是描述物体作机械运动时速度变化快慢的物理量。只有物体运动的速度发生变化时，才有加速度。加速度是矢量，它的方向是物体运动速度增量的方向，在直线运动中，当速度增量为正值时，加速度方向与速度方向相同，否则即相反。所以，加速度的方向不一定是物体运动的方向。

三、匀变速直线运动和自由落体运动及竖直上抛、竖直下抛运动的关系

在略去空气阻力的情况下，自由落体运动、竖直上抛、

下抛运动都看作是匀变速直线运动，因此，都可以用匀变速直线运动的公式来进行运算。由于条件不同，公式形式略有不同。下表是这几种运动的数量关系式：

运动情况	速度与时间关系式	路程与时间关系式	速度与路程关系式
匀变速直线运动	$V = V_0 \pm at$	$x = V_0 t \pm \frac{1}{2} a t^2$	$V = V_0^2 \pm 2aS$
自由落体运动	$V = gt$	$y = \frac{1}{2} g t^2$	$V^2 = 2gy$
竖直上抛运动	$V = V_0 - gt$	$y = V_0 t - \frac{1}{2} g t^2$	$V^2 = V_0^2 - 2gy$
竖直下抛运动	$V = V_0 + gt$	$y = V_0 t + \frac{1}{2} g t^2$	$V^2 = V_0^2 + 2gy$

本章习题

2—1、一无风的下雨天，一火车以20米/秒的速度前进，车内旅客看见玻璃上的雨滴和沿垂线成75°角下降，求雨滴下落的速度（设下降雨滴作匀速直线运动）。

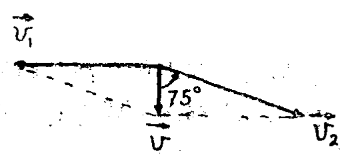


图 2—1

解：如图所示，$\vec{v}_1$表示火车相对地面的速度，$\vec{v}$表示雨滴相对地面的速度，$\vec{v}_2$表示雨滴相对火车的速度。显然，$\vec{v}$是$\vec{v}_1$及$\vec{v}_2$的合速度，也是题意所要求的速度。由三角关系得这个速度大小为

$$v = \frac{v_1}{tg\ 75^\circ} = \frac{20}{3.732} = 5.36（米/秒）$$

其方向与地平面垂直且指向地面，如图示。

2—2、甲乙两地相距220千米，汽车A从甲地出发，速率为11米/秒，向乙地行驶；同时汽车B以速率8米／秒从乙地出发，向甲地行驶。在出发后一小时，B车在中途停车2小时，再以原来速率前进。问两者在何处相遇？

解：一、设相遇时刻为t秒（开始时刻取t＝0），则甲运动了t秒，乙才运动（$t-2\times3600$）秒，由题意可建如下方程

$$11t+(t-2\times3600)\times8=220\times10^{3}$$

解方程得　　$t=14.6\times10^{3}$（秒）

得相遇处离甲地距离$s=14.6\times10^{3}\times11=160.7$（千米）

二、设相遇处离甲地为X米，则由题意可建如下方程

$$\frac{x}{11}=\frac{220\times10^{3}-x}{8}+2\times3600$$

解方程得　　$x=160.7$（千米）

2—3、邮递员同志站在离公路50米远的地方，此人可以用4米／秒的速率奔跑。路上有一汽车以10米／秒速率行驶。若当汽车与人相距200米时，为了迅速投递邮件，此人开始向公路跑去追汽车。问他应向那个方向奔跑最快？

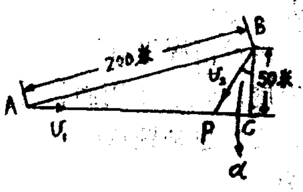


图2—3

解：如图所示，设在开始的时刻，人在B点，汽车在A点。若邮递员由B点沿着与公路垂直的BC方向跑去，则到达C点所需时间为

$$t_1=\frac{50}{4}=12.5\text{（秒）}$$

而汽车由A点跑到C点所需时间为

$$t_2=\frac{\sqrt{200^2-50^2}}{10}=19.36\text{（秒）}$$

$$t_2-t_1=6.86\text{（秒）}$$

可见人沿BC方向奔跑是不能达到要求的。令人以v_2速率沿与BC成α倾角的BP从B点运动至P点刚好和汽车以v_1速率从A点运动到P点相遇，则这种情况为投递邮件最快。显然，汽车及人各从A、B运动至P所经历时间应该一样记为t，则有如下方程

$$\sqrt{AB^2-BC^2}-v_1t=\sqrt{(v_2t)^2-BC^2}$$

把已知数值代入解出$t=15.63$（秒）

因为 $\cos\alpha=\frac{BC}{v_2t}=\frac{50}{4\times15.63}=0.8004$

查三角函数表得 $\alpha=36°50'$

另外，根据题意也可建如下方程

$$\frac{AC-BC\,tg\alpha}{v_1}=\frac{\sqrt{50^2+(50tg\alpha)^2}}{v_2}$$

把已知数值代入即求得$tg\alpha=0.749$

得 $\alpha=36°55'$

2—4、矿井里的升降机，在井底处从静止开始作匀加速上升，经过3秒钟，速率达到3米/秒，然后以这个速率匀速上升6秒钟，最后减速上升经过3秒钟到达井口，刚好停止。求矿井深度。

解：如图示，设矿井深度为h，则$h=S_1+S_2+S_3$，式中S_1为升降机匀加速上升的距离；S_2为匀速上升的距离；S_3为匀减速上升的距离。由题意有 $S_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2$，而$v=a_1t_1$，

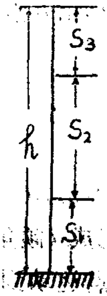


图2—4

$$a_1=\frac{v}{t_1}，所以S_1=\frac{1}{2}\cdot\frac{v}{t_1}\cdot t_1^2$$

$$=\frac{1}{2}v\cdot t_1=\frac{1}{2}\times3\times3=4.5（米）$$

$$S_2=vt_2=3\times6=18（米）$$

而 $S_3=\frac{1}{2}a_3t_3^2$，因为$o=v-a_3t_3$，

$$a_3=\frac{v}{t_3}，所以S_3=\frac{1}{2}\cdot\frac{v}{t_3}\cdot t_3^2=\frac{1}{2}vt_3=\frac{1}{2}\times3\times3=4.5（米）$$

故矿井深度为$h=4.5\times2+18=27$（米）

2—5、在一电子管中，电子从阴极发射出来到达阳极，速率从零增加到2.3×10^7米/秒。已知两极间距离是5毫米，问电子在两极间运动时的加速度有多大？

解：从阴极发射出来的电子飞向阳极做的是从静止开始的匀加速直线运动。根据匀加速直线运动速率和路程关系式：$v^2=v_0^2+2as$，由于$v_0=0$，$v^2=2as$，得$a=\frac{v^2}{2s}$

$$=\frac{(2.3\times10^7)^2}{2\times5\times10^{-3}}=5.29\times10^{16}（米/秒^2）$$

2—6、小汽车进行刹车试验，速率从8米/秒均匀地减少到零，共历经1秒钟。按规定，速率为8米/秒的小汽车刹

车后，滑行路程不得超过5.9米。上述刹车试验是否符合规定？

解：设小汽车从初速率为8米/秒经1秒钟均匀减速至零所走过的距离为S，则

$$S = v_0 t - \frac{1}{2}at^2，而 V = v_0 - at，V = o，$$

$$a = \frac{v_0}{t} = \frac{8}{1} = 8（米/秒）$$

所以 $S = 8 \cdot 1 - \frac{1}{2} \times 8 \times 1^2 = 8 - 4 = 4 < 5.9$米，

故上述小汽车刹车试验合格。

2——7、一汽车从静止出发，作匀加速直线运动，途中经过相距50米的两根电线杆，所用时间为5秒，汽车经过第二根电线杆时速率为15米/秒。问：一、汽车经过第一根电线杆时速率有多大？其加速度有多大？二、汽车的出发点与第一根电线杆相距有多远？

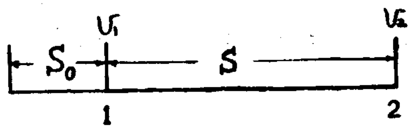


图2—7

解：一、设汽车经过第一根及第二根电线杆速率分别为V_1及V_2，由于汽车作匀加速直线运动，故有

$$V_2 = V_1 + at \quad ①$$

$$S = V_1 t + \frac{1}{2}at^2 \quad ②$$

由①式得$a = \frac{V_2 - V_1}{t}$　③，③式代入②式并代入已知数值求得$V_1 = 5$（米/秒^2），把求得的V_1值代入③式求得$a = 2$（米/秒^2）