经典教材辅导用书·物理系列丛书

大学物理习题全解

华中科大版·《大学物理》(第4版)(黄伯坚等主编)

黄伯坚　主　编

华中科技大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 简 介

本书是与华中科技大学出版社出版的、黄伯坚等主编的教材《大学物理》(第4版)配套的教辅用书。全书按原教材体系共分24章,对原教材中的全部习题进行了详细解答,这便于学生深入理解基本内容,掌握主要内容,熟练掌握解题的思路和方法。

本书可作为各类工科院校、成人高等教育物理课程的辅助教材,也可供其他相关人员参考。

前　言

在学习大学物理的各个环节中，解题是一个重要环节，它有助于学生牢固掌握物理学的基本理论，培养独立思考的习惯，训练解决问题的能力，同时，也是检查学生学习成绩的一种方式。

由于大学物理内容较多，而学时数减少，为适应新形势下教与学的需要，我们编写了与华中科技大学出版社出版的、黄伯坚等主编的《大学物理》（第4版）配套的《大学物理习题全解》，使用者可根据自己的情况，适度参考以利于大学物理知识的学习。

参加本书编写工作的教师有（以所解答内容先后为序）：项林川、吴伟、杨晓雪、范淑华、李瑞霞、黄伯坚、南征。

书中若有错误或不足之处，敬请读者批评指正。

编　者

2006年10月

目　　录

第1章　质点运动学 …… (1)
第2章　牛顿运动定律 …… (13)
第3章　动量　角动量 …… (22)
第4章　功和能 …… (30)
第5章　刚体的定轴转动 …… (42)
第6章　狭义相对论 …… (52)
第7章　气体动理论 …… (67)
第8章　热力学基础 …… (77)
第9章　静电场 …… (91)
第10章　静电场中的导体和电介质 …… (119)
第11章　磁场与电磁相互作用 …… (143)
第12章　介质中的磁性 …… (176)
第13章　电磁感应 …… (182)
第14章　麦克斯韦方程组 …… (213)
第15章　机械振动 …… (217)
第16章　机械波 …… (239)
第17章　电磁振荡与电磁波 …… (262)
第18章　光波的干涉 …… (267)
第19章　光波的衍射 …… (282)
第20章　光波的偏振 …… (293)
第21章　光的量子理论 …… (304)
第22章　玻尔的原子量子理论 …… (310)
第23章　量子力学基础 …… (315)
第24章　激光和半导体 …… (325)

第1章　质点运动学

【1-1】 分析以下三种说法是否正确？

（1）运动物体的加速度越大，物体的速度也必定越大；

（2）物体作直线运动时，若物体向前的加速度减小了，则物体前进的速度也随之减小；

（3）物体的加速度很大时，物体的速度大小必定改变。

解　（1）不对。加速度是速度的变化率。加速度大只说明速度的变化率大，速度本身不一定很大。

（2）不对。对直线运动，若取物体前进方向为正方向，则根据 $\mathrm{d}v=a\mathrm{d}t$ 可知，只要 a 是向前的（沿物体前进方向），则 $\mathrm{d}v$ 总是大于零，即物体前进的速度总是增加的。

（3）不一定。比如匀速圆周运动，向心加速度可以很大，但速度大小并不改变。

【1-2】 质点的运动方程为 $x=x(t)$，$y=y(t)$。在计算质点的速度和加速度时，有人先求出 $r=\sqrt{x^2+y^2}$，然后根据

$$v=\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\quad\text{和}\quad a=\frac{\mathrm{d}^2r}{\mathrm{d}t^2}$$

求出 v 和 a。也有人先计算速度和加速度的分量，再求出

$$v=\sqrt{\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)^2+\left(\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\right)^2}\quad\text{和}\quad a=\sqrt{\left(\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\right)^2+\left(\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}\right)^2}$$

这两种方法哪一种正确？为什么？

解　后者正确。在直角坐标系中，

$$\boldsymbol{v}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i}+\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j}$$

$$\boldsymbol{a}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{i}+\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{j}$$

由此可得后者。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

由 $$\boldsymbol{v}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}(r\boldsymbol{e}_r)}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{e}_r+r\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{e}_r}{\mathrm{d}t}$$

可以明显地看出前者的错误。$\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$是位矢的大小的变化率，并非速度。

【1-3】 物体作曲线运动时，速度一定沿轨迹的切向，法向分速度恒为零，因此法向加速度也一定为零。这种说法对吗？

解 不对。因为虽然物体作曲线运动时，速度一定沿轨迹的切向，法向分速度恒为零，但法向分速度恒为零，并不能说明法向加速度一定为零，比如匀速圆周运动。

【1-4】 一质点作直线运动，其平均速率总等于$\frac{1}{2}$(初速＋末速)吗？用上式计算平均速率的条件是什么？

解 平均速率不一定总等于$\frac{1}{2}$(初速＋末速)。

平均速率$\bar{v}=\frac{\Delta s}{\Delta t}$，而$\Delta s\neq 0$，故$\bar{v}$不会为零。但若按$\bar{v}=\frac{1}{2}$(初速＋末速)计算，则当初速、末速均为零时，得到$\bar{v}=0$，这显然是不对的。仔细分析可知，只有当加速度$a$恒定时，平均速率才总等于$\frac{1}{2}$(初速＋末速)。此时，任意$\Delta t$时刻有

$$v=v_0+\int_0^{\Delta t}a\mathrm{d}t=v_0+a\Delta t$$

$$\Delta s=\int_0^{\Delta t}v\mathrm{d}t=\int_0^{\Delta t}(v_0+at)\mathrm{d}t=v_0\Delta t+\frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$\bar{v}=\frac{\Delta s}{\Delta t}=v_0+\frac{1}{2}a\Delta t=v_0+\frac{1}{2}(v-v_0)=\frac{v_0+v}{2}$$

【1-5】 将一小球竖直上抛，不考虑空气阻力，它上升和下降所经历的时间哪一个长？如果考虑空气阻力呢？

解 不考虑空气阻力时，上升和下降所经历的时间一样长；考虑空气阻力时，下降所经历的时间比上升所经历的时间长些。

【1-6】 一质点在xy平面上运动，运动方程为$x=3t+5$，$y=\frac{1}{2}t^2+3t-4$，式中，时间t的单位用s，坐标x，y的单位用m。求：

(1) 质点运动的轨迹方程；

(2) 质点位置矢量的表达式；

（3）从$t_1=1$ s到$t_2=2$ s的位移；

（4）速度矢量的表达式；

（5）加速度矢量的表达式。

解　（1）由
$$\begin{cases}x=3t+5\\ y=\dfrac{1}{2}t^2+3t-4\end{cases}$$
消去t得轨迹方程
$$y=\frac{1}{18}x^2+\frac{4}{9}x-7\frac{11}{8}$$

（2）位置矢量
$$\boldsymbol{r}=x\boldsymbol{i}+y\boldsymbol{j}=(3t+5)\boldsymbol{i}+\left(\frac{1}{2}t^2+3t-4\right)\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m})$$

（3）$t=1$ s和$t=2$ s时位置矢量分别为
$$\boldsymbol{r}_1=(3\times1+5)\boldsymbol{i}+\left(\frac{1}{2}\times1^2+3\times1-4\right)\boldsymbol{j}=8\boldsymbol{i}-0.5\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m})$$
$$\boldsymbol{r}_2=11\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m})$$
$$\Delta\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}_2-\boldsymbol{r}_1=(11\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j})-(8\boldsymbol{i}-0.5\boldsymbol{j})=3\boldsymbol{i}+4.5\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m})$$

（4）速度矢量　$\boldsymbol{v}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=3\boldsymbol{i}+(t+3)\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m/s})$

（5）加速度矢量　$\boldsymbol{a}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}=1\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m/s^2})$

【1-7】　一质点在xy平面上运动，其加速度为$\boldsymbol{a}=5t^2\boldsymbol{i}+3\boldsymbol{j}$。已知$t=0$时，质点静止于坐标原点。求在任一时刻该质点的速度、位置矢量、运动方程和轨迹方程。

解　（1）$\boldsymbol{a}=5t^2\boldsymbol{i}+3\boldsymbol{j}$，又$t=0$时$\boldsymbol{v}_0=0$，$\boldsymbol{r}_0=0$，所以任一时刻该质点的速度
$$\boldsymbol{v}=\int_0^t\boldsymbol{a}\mathrm{d}t+\boldsymbol{v}_0=\frac{5}{3}t^3\boldsymbol{i}+3t\boldsymbol{j}$$

（2）位置矢量
$$\boldsymbol{r}=\int_0^t\boldsymbol{v}\mathrm{d}t+\boldsymbol{r}_0=\int_0^t\left(\frac{5}{3}t^3\boldsymbol{i}+3t\boldsymbol{j}\right)\mathrm{d}t+0=\frac{5}{12}t^4\boldsymbol{i}+\frac{3}{2}t^2\boldsymbol{j}$$

（3）运动方程　$x=\dfrac{5}{12}t^4$，　$y=\dfrac{3}{2}t^2$

（4）轨迹方程　$x=\dfrac{5}{27}y^2$

【1-8】 一质点以匀速率 1 m/s 沿顺时针方向作圆周运动，圆半径为 1 m。

（1）求质点在走过半个圆周时的位移、路程、平均速度及瞬时速度；

（2）求质点在绕圆运动一周时的上述各量。

解 （1）建立如图 1-1 所示的坐标系。坐标原点 O 取在圆轨道的中心处。质点从 A 点出发，到达 B 点时正好走过半个圆周。此时，

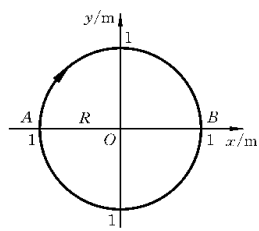


图 1-1

$$\Delta\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}_B-\boldsymbol{r}_A=[\boldsymbol{i}-(-\boldsymbol{i})]=2\boldsymbol{i}\ (\mathrm{m})$$

$$s=\pi R=3.14\ \mathrm{m}$$

$$\bar{\boldsymbol{v}}=\frac{\Delta\boldsymbol{v}}{\Delta t}=\frac{\boldsymbol{v}_B-\boldsymbol{v}_A}{s/v}=\frac{\boldsymbol{v}_B-\boldsymbol{v}_A}{s}v$$

$$=\frac{-\boldsymbol{j}-\boldsymbol{j}}{3.14}\times 1=-0.6\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m/s})$$

（2）

$$\boldsymbol{v}=\boldsymbol{v}_B=-\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m/s})$$

$$\Delta\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}_A-\boldsymbol{r}_A=\boldsymbol{0}$$

$$s=2\pi R=6.28\ \mathrm{m}$$

$$\bar{\boldsymbol{v}}=\frac{\Delta\boldsymbol{v}}{\Delta t}=\frac{\boldsymbol{v}_A-\boldsymbol{v}_A}{\Delta t}=\boldsymbol{0}$$

$$\boldsymbol{v}=\boldsymbol{v}_A=\boldsymbol{j}\ (\mathrm{m/s})$$

【1-9】 如图 1-2 所示，一根绳子跨过滑轮，绳的一端挂一重物，一人拉着绳的另一端沿水平路面匀速前进，速度 $u=1$ m/s。设滑轮离地面高 $H=12$ m，开始时重物位于地面，人在滑轮正下方，滑轮、重物和人的大小都忽略。求：

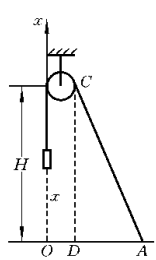


图 1-2

（1）重物在 10 s 时的速度和加速度；

（2）重物上升到滑轮处所需的时间。

解 （1）如图 1-2 所示建立坐标系。设在 t 时刻，重物离地面高度为 x，则

$$AC=H+x,\quad AD=ut$$

$$(H+x)^2=H^2+(ut)^2$$

$$x=\sqrt{H^2+(ut)^2}-H=\sqrt{12^2+t^2}-12$$

重物在10 s时，

$$v=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(\sqrt{12^2+t^2}-12)=\frac{t}{\sqrt{12^2+t^2}}$$

$$=\frac{10}{\sqrt{12^2+10^2}}\ \mathrm{m/s}=0.64\ \mathrm{m/s}$$

$$a=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{t}{\sqrt{12^2+t^2}}\right)=\frac{12^2}{(12^2+t^2)^{3/2}}$$

$$=\frac{12^2}{(12^2+10^2)^{3/2}}\ \mathrm{m/s^2}=0.038\ \mathrm{m/s^2}$$

(2) 因为$x=\sqrt{12^2+t^2}-12$，当$x=H=12$时，即重物上升到滑轮处时，有

$$12=\sqrt{12^2+t^2}-12$$

解得

$$t=20.8\ \mathrm{s}$$

【1-10】 一带电粒子射入均匀磁场，当粒子的初速度与磁场方向斜交时，粒子的运动方程为

$$x=a\cos kt,\quad y=a\sin kt,\quad z=bt$$

式中，a，b，k是常量。试求此粒子的运动轨迹，以及走过的路程s与时间t的关系。

解　显然，

$$x^2+y^2=(a\cos kt)^2+(a\sin kt)^2=a^2$$

是圆的方程，即轨迹投影到xy平面上是一个圆，同时粒子按$z=bt$的规律沿z方向作速度为b的匀速直线运动，所以轨迹是以z轴为对称轴的螺旋线。

因为

$$\mathrm{d}s=\sqrt{(\mathrm{d}x)^2+(\mathrm{d}y)^2+(\mathrm{d}z)^2}$$

$$=\sqrt{(-ak\sin kt)^2+(ak\cos kt)^2+b^2}\cdot\mathrm{d}t$$

$$=\sqrt{a^2k^2+b^2}\cdot\mathrm{d}t$$

所以

$$s=\int\mathrm{d}s=\int_0^t\sqrt{a^2k^2+b^2}\cdot\mathrm{d}t=\sqrt{a^2k^2+b^2}\cdot t$$

【1-11】 一质点在xy平面上运动，运动方程为

$$x=2t,\quad y=19-2t^2$$

式中，t的单位是s，长度的单位是m。

(1) 什么时候位置矢量与速度垂直？这时质点位于哪里？

(2) 什么时候质点离原点最近？这时距离是多少？

解 $$\boldsymbol{r}=x\boldsymbol{i}+y\boldsymbol{j}=2t\boldsymbol{i}+(19-2t^2)\boldsymbol{j}$$

$$\boldsymbol{v}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=2\boldsymbol{i}-4t\boldsymbol{j}$$

(1) $\boldsymbol{r}$ 和 $\boldsymbol{v}$ 垂直时，$\boldsymbol{r}\cdot\boldsymbol{v}=0$，即

$$[2t\boldsymbol{i}+(19-2t^2)\boldsymbol{j}]\cdot(2\boldsymbol{i}-4t\boldsymbol{j})=0$$

$$4t-4t(19-2t^2)=0$$

$$4t(-18+2t^2)=0$$

解得 $$t_1=0,\quad t_2=3(\mathrm{s}),\quad t=-3(\text{舍去})$$

即当 $t=0$ 和 $t=3$ s 时，$\boldsymbol{v}$ 和 $\boldsymbol{r}$ 垂直，质点分别位于 $\boldsymbol{r}\big|_{t=0}=19\boldsymbol{j}$ (m) 处和 $\boldsymbol{r}\big|_{t=3}=(6\boldsymbol{i}+\boldsymbol{j})$ (m) 处。

(2) 质点到原点的距离

$$r=|\boldsymbol{r}|=\sqrt{x^2+y^2}=\sqrt{4t^2+(19-2t^2)^2}=\sqrt{(2t^2-18)^2+37}$$

令 $\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}=0$，解得

$$t=3\ \mathrm{s}$$

$$r_{\min}=r\big|_{t=3}=\sqrt{(2\times3^2-18)^2+37}\ \mathrm{m}\approx6.08\ \mathrm{m}$$

【1-12】 一气象气球自地面以匀速率 v 上升到天空，在距离放出点为 R 处用望远镜对气球进行观测。求：

(1) 仰角 θ 随高度 h 的变化率；

(2) 仰角 θ 随时间的变化率。

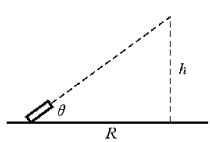


图 1-3

解 (1) 由图 1-3 可知

$$\tan\theta=\frac{h}{R}$$

将上式两边对 h 求导，有

$$\frac{1}{\cos^2\theta}\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}h}=\frac{1}{R}$$

$$\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}h}=\frac{\cos^2\theta}{R}=\left(\frac{R}{\sqrt{R^2+h^2}}\right)^2\frac{1}{R}=\frac{R}{R^2+h^2}$$

将 $\tan\theta=\dfrac{h}{R}$ 两边对时间求导，有

$$\frac{1}{\cos^2\theta}\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}=\frac{1}{R}\frac{\mathrm{d}h}{\mathrm{d}t}=\frac{v}{R}$$

$$\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}=\frac{v}{R}\cos^2\theta=\frac{v}{R}\frac{R^2}{R^2+h^2}=\frac{vR}{R^2+h^2}=\frac{vR}{R^2+v^2t^2}$$

【1-13】 一质点在 xy 平面内运动，其速度分量为 $v_x=4t^3+4t$，$v_y=4t$。设当 $t=0$ 时质点的位置是 $(1,2)$。求轨迹方程。

解　因为

$$v_x=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=4t^3+4t,\quad v_y=\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=4t$$

$$x_0=1,\quad y_0=2$$

所以
$$x=x_0+\int_0^t(4t^3+4t)\mathrm{d}t=1+\int_0^t(4t^3+4t)\mathrm{d}t=1+t^4+2t^2$$

$$y=y_0+\int_0^t 4t\mathrm{d}t=2+\int_0^t 4t\mathrm{d}t=2+2t^2$$

即
$$x=(t^2+1)^2,\quad y=2(t^2+1)$$

消去 t 得到轨迹方程

$$x=y^2/4$$

【1-14】 一物体沿 x 轴作直线运动，加速度 $a=a_0+kt$。a_0，k 是常数。已知 $t=0$ 时，$v=0$，$x=0$。求在时刻 t 物体的速率和位置。

解　因为 $a=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$，所以

$$\mathrm{d}v=a\mathrm{d}t=(a_0+kt)\mathrm{d}t$$

$$\int_{v_0}^{v}\mathrm{d}v=\int_0^t(a_0+kt)\mathrm{d}t$$

$$v-0=a_0t+\frac{1}{2}kt^2$$

即
$$v(t)=a_0t+\frac{1}{2}kt^2$$

又 $v=\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$，所以

$$\mathrm{d}x=\int v\mathrm{d}t$$

需要全本请访问www.ertongbook.com

$$\int_{x_0}^{x} \mathrm{d}x = \int_0^t \left(a_0 t + \frac{1}{2} k t^2 \right) \mathrm{d}t$$

$$x - x_0 = \frac{1}{2} a_0 t^2 + \frac{1}{6} k t^3$$

即

$$x(t) = \frac{1}{2} a_0 t^2 + \frac{1}{6} k t^3$$

【1-15】 一物体沿 x 轴作直线运动，其加速度为 $a = -kv^2$，k 是常数。在 $t=0$ 时，$v=v_0$，$x=0$。

（1）求速率随坐标变化的规律；

（2）求坐标和速率随时间变化的规律。

解 （1）

$$a = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x} v = -kv^2$$

式中，k 为常数。又 $t=0$ 时，$v=v_0$，$x=x_0=0$，故

$$\int_{v_0}^{v} \frac{\mathrm{d}v}{v} = -k \int_0^x \mathrm{d}x, \quad v = v_0 \mathrm{e}^{-kx}$$

（2）$a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = -kv^2$。当 $t=0$ 时，$v=v_0$，则有

$$\int_{v_0}^{v} \frac{\mathrm{d}v}{v^2} = -k \int_0^t \mathrm{d}t$$

所以

$$v = \frac{v_0}{v_0 k t + 1}$$

又因为 $v = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$，且 $t=0$ 时，$x=0$，则有

$$x = \int_0^t v \mathrm{d}t = \int_0^t \frac{v_0}{v_0 k t + 1} \mathrm{d}t = \frac{1}{k} \int_0^t \frac{\mathrm{d}(v_0 k t + 1)}{v_0 k t + 1}$$

所以

$$x = \frac{1}{k} \ln(v_0 k t + 1)$$

【1-16】 由山顶以初速 v_0 水平发射一枪弹，求在时刻 t 的速度、切向加速度和法向加速度的大小。

解 依题意有

$$x = v_0 t, \quad y = \frac{1}{2} g t^2$$

则

$$v_x = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = v_0, \quad v_y = gt$$

所以

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$$

与水平方向夹角

$$\theta=\arctan\frac{v_y}{v_x}=\arctan\frac{gt}{v_0}$$

切向加速度大小

$$a_{\mathrm{t}}=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{g^2t}{\sqrt{v_0^2+(gt)^2}}$$

法向加速度大小

$$a_{\mathrm{n}}=\sqrt{g^2-a_{\mathrm{t}}^2}=\frac{v_0g}{\sqrt{v_0^2+(gt)^2}}$$

【1-17】　一质点沿半径$R=2$ m的圆周运动，其速率$v=KRt^2$(m/s)，K为常数。已知第二秒的速率为32 m/s。求$t=0.5$ s时质点的速度和加速度的大小。

解　因为

$$v\Big|_{t=2}=32\ \mathrm{m/s}$$

所以

$$32=KR\times2^2=K\times2\times4=8K$$

$$K=4$$

故

$$v=8t^2$$

又

$$v\Big|_{t=0.5}=8\times0.5^2\ \mathrm{m/s}=2\ \mathrm{m/s}$$

$$a=\sqrt{a_{\mathrm{t}}^2+a_{\mathrm{n}}^2}=\sqrt{\left(\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\right)^2+\frac{v^2}{R}}=\sqrt{(16t)^2+32t^4}$$

所以

$$a\Big|_{t=0.5}=\sqrt{(16\times0.5)^2+32\times(0.5)^4}\ \mathrm{m/s^2}$$

$$=8.12\ \mathrm{m/s^2}$$

【1-18】　一炮弹作抛射体运动，已知$t=0$时炮弹的初始位置为$x_0=y_0=0$，初速度v_0与水平的x轴成θ_0角。若不计空气阻力，求炮弹的切向加速度和法向加速度。

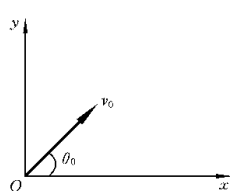


图1-4

解　由图1-4可知

$$v_x=v_0\cos\theta_0$$

$$v_y=v_0\sin\theta_0+\int_0^t(-g)\mathrm{d}t=v_0\sin\theta_0-gt$$

$$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}=\sqrt{(v_0\cos\theta_0)^2+(v_0\sin\theta_0-gt)^2}$$

$$=\sqrt{v_0^2+g^2t^2-2gv_0\sin\theta_0\cdot t}$$

$$a_t=\frac{dv}{dt}=\frac{d}{dt}\sqrt{v_0^2+g^2t^2-2gv_0\sin\theta_0\cdot t}=\frac{g^2t-gv_0\sin\theta_0}{\sqrt{v_0^2-2v_0gt\sin\theta_0+g^2t^2}}$$

$$a_n=\sqrt{a^2-a_t^2}=\sqrt{g^2-a_t^2}=\frac{v_0g\cos\theta_0}{\sqrt{v_0^2-2v_0gt\sin\theta_0+g^2t^2}}$$

【1-19】 一架飞机 A 以相对于地面 300 km/h 的速度向北飞行，另一架飞机 B 以相对于地面 200 km/h 的速度向北偏西 60°的方向飞行。求 A 相对于 B 和 B 相对于 A 的速度。

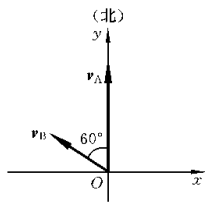


图 1-5

解 建立如图 1-5 所示的坐标系。

$$\boldsymbol{v}_{A地}=\boldsymbol{v}_A=300\boldsymbol{j}\ (\text{km/h})$$

$$\boldsymbol{v}_{B地}=\boldsymbol{v}_B=v_B\sin60°(-\boldsymbol{i})+v_B\cos60°\boldsymbol{j}$$

$$=(-100\sqrt{3}\boldsymbol{i}+100\boldsymbol{j})\ (\text{km/h})$$

A 相对于 B 的速度

$$\boldsymbol{v}_{AB}=\boldsymbol{v}_{A地}+\boldsymbol{v}_{B地}=\boldsymbol{v}_{A地}-\boldsymbol{v}_{B地}$$

$$=[300\boldsymbol{j}-(100\sqrt{3}\boldsymbol{i}+100\boldsymbol{j})]\ (\text{km/h})$$

$$=(-100\sqrt{3}\boldsymbol{i}+200\boldsymbol{j})\ (\text{km/h})$$

即 A 相对于 B 的速度大小为 264.6 km/h，方向为北偏西 40.9°。

B 相对于 A 的速度

$$\boldsymbol{v}_{BA}=-\boldsymbol{v}_{AB}=(100\sqrt{3}\boldsymbol{i}-200\boldsymbol{j})\ (\text{km/h})$$

即 B 相对于 A 的速度大小为 264.6 km/h，方向为南偏东 40.9°。

【1-20】 一架飞机在静止空气中的速率为 $v_1=135$ km/h。在刮风天气，飞机以 $v_2=135$ km/h 的速率向正北飞行，机头指向北偏东 30°。请协助驾驶员判断风向和风速。

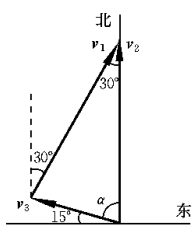


图 1-6

解 按题意，作示意图，如图 1-6 所示，图中 v_3 为风速，

$$\boldsymbol{v}_2=\boldsymbol{v}_1+\boldsymbol{v}_3$$

所以 $v_3=\sqrt{v_1^2+v_2^2-2v_1v_2\cos30°}$

$$=\sqrt{135^2+135^2-2\times135\times135\times0.866}\ \text{km/h}=70\ \text{km/h}$$

$$\alpha=\frac{1}{2}(180°-30°)=75°$$

即风向为东风偏北15°，风吹拂的方向为北偏西75°。

【1-21】 一质量$M=100\ \text{kg}$，长$L=3.6\ \text{m}$的小船静止在水面上。现有一质量$m=50\ \text{kg}$的人从船尾走到船头。问船头将在水面上移动多长的距离。不计水的阻力。

解　设船对地、人对地的速度分别为v和u。由动量守恒定律，有

$$Mv+mu=0,\quad v=-\frac{m}{M}u$$

$$\Delta r_{船地}=\int v\mathrm{d}t=-\frac{m}{M}\int u\mathrm{d}t=-\frac{m}{M}\Delta r_{人地}$$

即
$$\Delta r_{船地}=-\frac{m}{M}\Delta r_{人地}$$

而
$$\Delta r_{人地}=\Delta r_{人船}+\Delta r_{船地}=L+\Delta r_{船地}$$

所以
$$\Delta r_{船地}=-\frac{m}{M}(L+\Delta r_{船地})$$

由此得
$$\Delta r_{船地}=-\frac{m}{M+m}L=-\frac{50}{100+50}\times3.6\ \text{m}=-1.2\ \text{m}$$

式中的负号表明船头向后移动。

【1-22】 一行驶的货车遇到大雨。雨滴相对地面竖直下落，速度为5 m/s。车厢里紧靠挡板水平地放有长为$L=1\ \text{m}$的木板(图1-7)。如果木板的上表面距挡板最高端的距离$h=1\ \text{m}$，问货车至少要以多大的速度行驶，才能使木板不致淋雨？

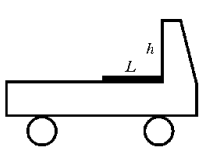


图1-7

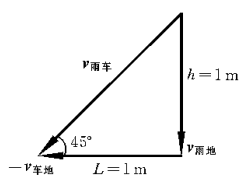


图1-8

解　当雨相对于车的速度$v_{雨车}$沿图1-8所示的方向时，雨滴恰好打不到木板上。而

$$\boldsymbol{v}_{雨车}=\boldsymbol{v}_{雨地}+\boldsymbol{v}_{地车}=\boldsymbol{v}_{雨地}-\boldsymbol{v}_{车地}$$

所以
$$v_{车地}=v_{雨地}=5\ \mathrm{m/s}$$

【1-23】 把两个物体A和B分别以初速$\boldsymbol{v}_A$和$\boldsymbol{v}_B$同时抛掷出去。若忽略空气的阻力,试证明在两个物体均未落地前物体B相对于物体A作匀速直线运动。

解 设重力加速度为g,抛出后落地前任意t时刻A、B的速度可写为

$$\boldsymbol{u}_A(t)=\boldsymbol{v}_A+\int_0^t \boldsymbol{g}\mathrm{d}t=\boldsymbol{v}_A+\boldsymbol{g}t$$

$$\boldsymbol{u}_B(t)=\boldsymbol{v}_B+\int_0^t \boldsymbol{g}\mathrm{d}t=\boldsymbol{v}_B+\boldsymbol{g}t$$

所以
$$\boldsymbol{v}_{BA}(t)=\boldsymbol{v}_{B地}(t)+\boldsymbol{v}_{地A}(t)=\boldsymbol{v}_{B地}(t)-\boldsymbol{v}_{A地}(t)=\boldsymbol{u}_B(t)-\boldsymbol{u}_A(t)$$
$$=(\boldsymbol{v}_B+\boldsymbol{g}t)-(\boldsymbol{v}_A+\boldsymbol{g}t)=\boldsymbol{v}_B-\boldsymbol{v}_A=\text{常矢量}$$

故B相对于A作匀速直线运动。

第 2 章　牛顿运动定律

【2-1】　回答下列问题：

（1）物体的速度很大，因此它受到的合外力一定很大，对吗？

（2）物体作匀速率运动时，它所受到的合外力一定为零，对吗？

（3）物体必定沿着合外力的方向运动，对吗？

解　（1）不对。合外力$F=m\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$，其大小与$v$的变化率成正比，不是与$v$本身的大小成正比。

（2）不一定。比如匀速圆周运动，其向心力不为零，但速率不变。

（3）不对。比如匀速圆周运动，其运动方向与合外力（向心力）垂直。

【2-2】　如图 2-1 所示，用水平力F将质量为m的物体压在竖直墙上，摩擦力为f。若水平力增加一倍，则摩擦力是否也增加一倍？

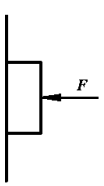


图 2-1

解　否。摩擦力与重力平衡，大小不变。水平力增加一倍，墙对物体的正压力增加一倍。

【2-3】　一质量为 60 kg 的人，站在电梯中的磅秤上，当电梯以 0.5 m/s² 的加速度匀加速上升时，磅秤上指示的读数是多少？试用惯性力的方法求解。

解　在电梯上看，人受到重力mg，惯性力ma及磅秤的支持力N的作用，且

$$mg+ma+N=0$$

即　　$N=-m(g+a)=-60\times(9.8+0.5)\ \mathrm{N}=-618\ \mathrm{N}$

负号表示N的方向向上。所以磅秤读数为 618 N。

【2-4】　人静止在磅秤上时称得的体重等于mg。若人突然下蹲，磅秤的读数将如何变化？

解　先小于mg，后大于mg。

需要全本请访问 www.ertongbook.com