第1篇　力　学

第1章　质点运动学

1　内容提要

1）力学的研究对象 机械运动(物体位置随时间的变动)。

运动学：只描述物体的运动。

动力学：研究物体运动与物体间相互作用的关系。

2）质点：具有质量而没有大小和形状的理想物体。

参考系：研究物体运动时所参考的物体。

坐标系：在一定的参考系中，为了定量地描述质点的位置和位置随时间的变化所选择的固定的坐标。

3）速度和加速度

速度 质点位矢 $\boldsymbol{r}$ 对时间 t 的变化率，即

$$\boldsymbol{v}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$$

加速度 质点速度对时间 t 的变化率，即

$$\boldsymbol{a}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}$$

速度合成：$\boldsymbol{v}=v_x\boldsymbol{i}+v_y\boldsymbol{j}+v_z\boldsymbol{k}$

加速度合成：$\boldsymbol{a}=a_x\boldsymbol{i}+a_y\boldsymbol{j}+a_z\boldsymbol{k}$

4）匀加速直线运动

需要全本请访问 www.ertongbook.com

速度：$v=v_0+at$

位置：$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

速度与位置的关系：$v^2-v_0^2=2ax$

5）抛体运动

加速度：$a_x=0, a_y=-g$

速度：$v_x=v_0\cos\theta, v_y=v_0\sin\theta-gt$

位置：$x=(v_0\cos\theta)t, y=(v_0\sin\theta)t-\frac{1}{2}gt^2$

6）圆周运动

角速度 $\omega=\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}=\frac{v}{R}$

角加速度：$\alpha=\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}$

加速度：$\boldsymbol{a}=\boldsymbol{a}_n+\boldsymbol{a}_t$

法向加速度：$a_n=\frac{v^2}{R}=R\omega^2$，方向沿半径指向圆心。

切向加速度：$a_t=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=R\alpha$，方向沿轨道切线。

7）伽利略速度变换：一质点相对于两个相对作平动的参考系的速度之间的关系为

$$\boldsymbol{v}=\boldsymbol{v}'+\boldsymbol{u}$$

其中 $\boldsymbol{v}$ 与 $\boldsymbol{v}'$ 分别表示质点相对于参考系 xOy 与 $x'O'y$ 的速度 $\boldsymbol{u}$ 表示参考系 $x'O'y'$ 相对于 xOy 的速度。

8）伽利略的科学思想方法

科学研究的程序：对现象的一般观察→提出假设→运用数学和逻辑的手段得出推论→通过物理的或思想的实验对推论进行检验→对假设进行修正和推广等等。

理想实验与科学推理相结合 如‘落体佯谬’的理想实验和‘对接斜面”的理想实验。

2 基本要求

1）从力学产生的社会历史背景认识科学与生产、理论与实践的关系，了解近代力学与古代力学在科学方法上的区别。从伽利略对运动学的研究学习他的科学思想方法。

2）加深对位置、速度、加速度等概念的理解，明确它们的相对性、矢量性、瞬时性。

3）了解运动学的工作语言和描述方法，学会求解直线运动、抛体运动、圆周运动以及相对运动的一些简单的问题。

3 思考题选答

1.1 从力学的起源说明科学与生产的关系。

答 在教材绪论的 0.2 节中，提出了物理学与技术的关系存在两种基本模式，对于力学来说，遵循的是第一种模式，即由于生产实践的需要而创立了力学。在 1.1.4 节中，说明了在 14，15 世纪，资本主义生产的发展，不仅提出了发展科学的需要，还提供了科学发展所需要的材料和仪器，这正是在 17 世纪中叶，力学发展成为一门独立学科的前提。

1.2 近代力学与古代力学在科学方法上有何根本的不同？

答 在 1.1.4 节中，说明了近代力学与古代力学在科学方法上的根本区别是：用观察和实验的科学方法代替了对自然的直接观察方法；用新的数学方法（微积分）代替了初等数学方法。

1.3 回答下列问题：

（1）位移和路程有何区别？

（2）速度和速率有何区别？

（3）瞬时速度和平均速度的区别和联系是什么？

答 （1）如教材中图 1.6 所示，$\Delta \boldsymbol{r}$ 是质点在 t 到 $t+\Delta t$ 这一段时间的位移，是一矢量。Δs 是在这段时间内质点沿轨道所经过

的路程，就是曲线 P_1P_2 的长度，是一标量。一般地说 $\Delta s \neq |\Delta \boldsymbol{r}|$，只有在时间 Δt 趋近于零时，Δs 与 $|\Delta \boldsymbol{r}|$ 方可视为相等。

（2）速度 $\boldsymbol{v}=\mathrm{d}\boldsymbol{r}/\mathrm{d}t$，即位矢 $\boldsymbol{r}$ 对时间 t 的一阶导数，是一矢量。质点在时刻 t 的速度方向沿着该时刻质点所在处运动轨道的切线方向而指向运动的前方。速度的大小叫速率，用 v 表示，$v=|\boldsymbol{v}|$，是一标量。速率的大小为质点所走的路程对时间的变化率。

（3）平均速度 $\bar{\boldsymbol{v}}=\Delta \boldsymbol{r}/\Delta t$，即质点的位移 $\Delta \boldsymbol{r}$ 和发生这段位移所经过的时间 Δt 的比值。速度 $\boldsymbol{v}$ 是 Δt 趋于零时的平均速度。

1.5 设质点的运动函数为 $x=x(t)$，$y=y(t)$。在计算质点的速度和加速度时，有人求出 $r=\sqrt{x^2+y^2}$，然后根据

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

求出结果；又有人先计算速度和加速度的分量，再合成求得结果，即

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

你认为两种方法中哪一种正确？两者差别何在？

答　后一种方法正确。速度和加速度都是矢量，满足关系

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

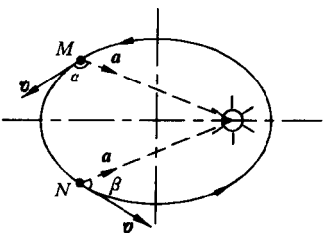
所以　$v=\sqrt{\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)^2+\left(\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\right)^2}$；$a=\sqrt{\left(\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\right)^2+\left(\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}\right)^2}$

前一种方法，只考虑了矢径 $\boldsymbol{r}$ 的量值随 t 的变化，但矢径本身是个矢量，其方向也是在改变的，所以这种求法不对。

1.8 行星轨道为椭圆，已知任一时刻的加速度方向都指向椭圆的一个焦点（太阳所在处），分别分析行星在通过题图 1.1 中 M，N 两位置时，其速率正在增大还是在减小？

答　如题图 1.1 所示，在 M 点由于速度 $\boldsymbol{v}$ 与加速度 $\boldsymbol{a}$ 的夹角

α 大于 $90°$，速率是减速的。在 N 点由于速度 $\boldsymbol{v}$ 与加速度 $\boldsymbol{a}$ 的夹角 β 小于 $90°$，速率是加速的。



题图 1.1

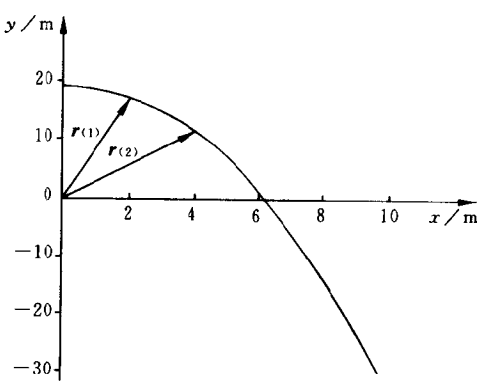
4 习题解答

1.1 一质点在 xy 平面上运动，运动函数为 $x=2t, y=19-2t^2$。

(1) 求质点运动的轨道方程并画出轨道曲线。

(2) 求 $t_1=1\text{s}$ 和 $t_2=2\text{s}$ 时，质点的位置、速度和加速度。

解 (1) 由 $x=2t, y=19-2t^2$ 得 $x^2+2y-38=0$，即 $y=19-\frac{x^2}{2}$，轨道曲线为抛物线。(



题 1.1 图

(2) $\boldsymbol{r}(1)=2\boldsymbol{i}+17\boldsymbol{j}$

$\boldsymbol{r}(2)=4\boldsymbol{i}+11\boldsymbol{j}$

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

需要全本请访问 www.ertongbook.com

$$\boldsymbol{a}=\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i}+\frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j}=-4\boldsymbol{j}$$

当 $t=1\mathrm{s}$ 时，$\boldsymbol{v}=2\boldsymbol{i}-4\boldsymbol{j}$，$\boldsymbol{a}=-4\boldsymbol{j}$；

当 $t=2\mathrm{s}$ 时，$\boldsymbol{v}=2\boldsymbol{i}-8\boldsymbol{j}$，$\boldsymbol{a}=-4\boldsymbol{j}$。

1.2 已知质点的运动方程为 $\boldsymbol{r}=(a\cos\omega t)\boldsymbol{i}+(b\sin\omega t)\boldsymbol{j}$，其中 a，b，ω 为正常数。

(1) 计算质点的速度和加速度；

(2) 证明运动的轨迹是一椭圆，其长短轴分别为 $2a$ 与 $2b$，质点的加速度恒指向椭圆中心。

解 (1) 由题设知质点的坐标为 $x=a\cos\omega t$，$y=b\sin\omega t$。

$$v_x=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=-a\omega\sin\omega t,\ v_y=\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=b\omega\cos\omega t$$

$$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}=\omega\sqrt{a^2\sin^2\omega t+b^2\cos^2\omega t}$$

$$a_x=\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}=-a\omega^2\cos\omega t,\ a_y=\frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}=-b\omega^2\sin\omega t$$

$$a=\sqrt{a_x^2+a_y^2}=\omega^2\sqrt{a^2\cos^2\omega t+b^2\sin^2\omega t}=\omega^2 r$$

写成矢量表示式

$$\boldsymbol{v}=-a\omega\sin\omega t\boldsymbol{i}+b\omega\cos\omega t\boldsymbol{j}$$

$$\boldsymbol{a}=-a\omega^2\cos\omega t\boldsymbol{i}-b\omega^2\sin\omega t\boldsymbol{j}$$

(2) 从 x，y 的参数方程中消去 t 得质点的轨道方程为

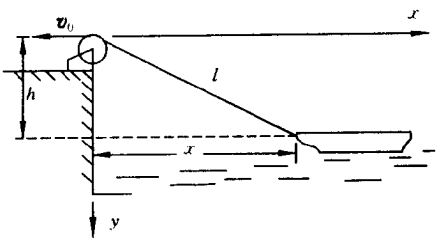
$$\left(\frac{x}{a}\right)^2+\left(\frac{y}{b}\right)^2=\cos^2\omega t+\sin^2\omega t=1$$

这是长轴为 $2a$，短轴为 $2b$ 的椭圆方程。由 $\boldsymbol{a}$ 得

$$\boldsymbol{a}=-\omega^2(a\cos\omega t\boldsymbol{i}+b\sin\omega t\boldsymbol{j})=-\omega^2\boldsymbol{r}$$

$\boldsymbol{a}$ 与 $\boldsymbol{r}$ 方向相反，即指向椭圆中心。

1.3 如题 1.3 图，在离船高度为 h 的岸边，绞车以恒定的速率 v_0 收拖缆绳，使船靠岸，求当船头与岸的水平距离为 x 时船的速度和加速度。



题 1.3图

解　选择一直角坐标系，原点在绞车处，x 轴沿水平方向，y 轴竖直向下，任一时刻船的坐标为

$$x = \sqrt{l^2 - h^2}$$

$$y = h$$

其中 l 为这时的绳长，在绞车收绳过程中，l 随时间变短，故 l 是时间的函数，因此上式中 x 实际是时间的函数。

由速度定义

$$v_y = \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = 0$$

$$v_x = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \frac{l}{\sqrt{l^2 - h^2}} \frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t}$$

根据题意，绞车收绳过程中 l 随时间减小，故 $\frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t} = -v_0$，代入上式得

$$v_x = \frac{-l}{\sqrt{l^2 - h^2}} v_0 = -\frac{\sqrt{x^2 + h^2}}{x} v_0$$

$v_x < 0$ 表明船的速度方向与选定的 x 轴正方向相反。

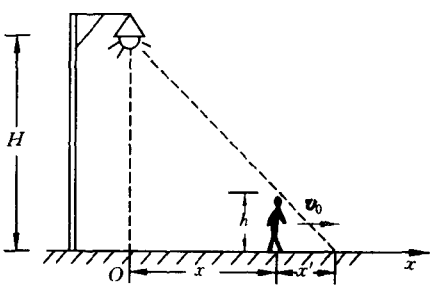
又由加速度定义　　$a_y = \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = 0$

$$a_x = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = -v_0 \left(\frac{-\sqrt{x^2 + h^2}}{x^2} + \frac{1}{x} \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} \right) \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$$

$$=-v_0^2\left(\frac{-h^2}{x^2\sqrt{x^2+h^2}}\right)\left(-\frac{\sqrt{x^2+h^2}}{x}\right)=-v_0^2\frac{h^2}{x^3}$$

$a_x<0$ 表明船的加速度方向也和 x 轴方向相反。由于 a_x 与 v_x 同号，故 $\boldsymbol{v}$、$\boldsymbol{a}$ 方向相同，船作加速率运动。又由解答可见 a_x 随 x 而变，即 a_x 随时间而变，因此船作变加速运动。

1.4 如题 1.4 图所示，路灯离地面高度为 H，一个身高为 h 的人，在灯下水平路面上以匀速度 v_0 步行。求当人与灯的水平距离为 x 时，他的头顶在地面上的影子移动的速度的大小。



题 1.4 图

解　以过灯的垂线与水平面的交点为原点建立坐标，设头顶影子的速度为 v，按速度定义有

$$v=\frac{\mathrm{d}(x+x')}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}+\frac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t}=v_0+\frac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t}$$

由 $\dfrac{H}{x+x'}=\dfrac{h}{x'}$ 得

$$x'=\frac{hx}{H-h}$$

于是 $\dfrac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t}=\dfrac{h}{H-h}\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=\dfrac{h}{H-h}v_0$，故

$$v=v_0+\frac{hv_0}{H-h}=\frac{H}{H-h}v_0$$

1.5 以初速度 20 m/s 竖直上抛一物体以后，又以 10 m/s 的

初速竖直上抛另一物体，在高度为 4 m 的地方相遇。试求上抛两物体的时间差为多少？

解 如果在时刻 t 相遇，则先抛的物体运动了时间 t，后抛的物体运动了 $t-\Delta t$ 的时间，由自由落体公式得

$$20t - \frac{1}{2}gt^2 = 4 \qquad ①$$

$$10(t - \Delta t) - \frac{1}{2}g(t - \Delta t)^2 = 4 \qquad ②$$

从①、②式得

$$t = \frac{20 \pm \sqrt{400 - 8g}}{g} \qquad ③$$

$$t - \Delta t = \frac{10 \pm \sqrt{100 - 8g}}{g} \qquad ④$$

先抛物体在下落的过程中与后抛物体相遇，③式的根号前取正号，而后抛物体是上升时相遇的，④式的根号前取负号。由③式减④式得

$$\Delta t = \frac{1}{g}(10 + \sqrt{400 - 8g} + \sqrt{100 - 8g})$$

$$= \frac{1}{9.8}(10 + \sqrt{321.6} + \sqrt{21.6}) = 3.3\ \text{s}$$

1.6 某种飞机起飞时要有 240 km/h 的速率才能离开地面，若起飞的加速度是 7 m/s²，

(1) 它要在跑道上跑多长时间才能离开地面？在跑道上跑多远？

(2) 如果这架飞机要在航空母舰上起飞，而航空母舰上供起飞的跑道只有 100 m，那么在起飞时应该用弹射设备来使飞机得到一个多大的初速度？

解 (1) 由静止起飞 $v = 0 + at$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{240 \times 10^3}{3.6 \times 10^3 \times 7} = 9.5\ \text{s}$$

$$L = \frac{v^2}{2a} = \left(\frac{240}{3.6}\right)^2 \times \frac{1}{2\times 7} = 317.5\ \text{m}$$

(2) $v^2 = v_0^2 + 2aS$

$$v_0^2 = v^2 - 2aS = \left(\frac{240}{3.6}\right)^2 - 2\times 7\times 100 = 3044\ \text{m}^2/\text{s}^2$$

所以 $$v_0 = 55.2\ \text{m/s}$$

1.7 用炮弹射击离炮台水平距离为 5000 m、高度为 200 m 处山坡上的目标，已测出从炮弹出口到击中目标所经过的时间为 15 s，若不计空气的阻力，求：

(1) 炮筒的仰角；

(2) 炮弹的出口速度；

(3) 炮弹所能达到的最大高度；

(4) 命中目标时炮弹的速度。

解 (1) 设 $t=0$ 时，炮弹从炮口射出。选炮口为原点，x 轴和 y 轴分别沿水平方向和竖直方向。设目标的位置 $x=R, y=H$，炮弹的初速度 v_0 沿 x 轴和 y 轴的分量分别为

$$v_{0x} = v_0\cos\alpha, \quad v_{0y} = v_0\sin\alpha$$

设 t 为炮弹击中目标时间，按抛体运动规律有

$$t = \frac{R}{v_{0x}} = \frac{5\,000}{v_0\cos\alpha} = 15, \quad \text{即 } v_0\cos\alpha = \frac{1\,000}{3}$$

$$H = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = v_0\sin\alpha \times 15 - \frac{1}{2}\times 9.8\times (15)^2 = 200$$

即 $$v_0\sin\alpha = \frac{1\,303}{15} = 87$$

于是有 $\tan\alpha = 0.26$，$\alpha = 14°36$

(2) $$v_0 = \frac{1\,000}{3\cos 14°36'} = \frac{1\,000}{3\times 0.968} = 344\ \ 4\ \text{m/s}$$

(3) 设炮弹能达到的最大高度为 H_{max}，有

$$H_{max} = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{(v_0\sin\alpha)^2}{2g} = \frac{(87)^2}{2\times 9.8} = 386\ \text{m}$$

(4) 设击中目标时的速度为 v,其分量为 v_x,v_y,有

$$v_x = v_{0x} = v_0\cos\alpha = 344.4 \times 0.968 = 333.4 \text{ m/s}$$

$$v_y = v_0\sin\alpha - gt = 344.4 \times 0.252 - 9.8 \times 15 = -60.2 \text{ m/s}$$

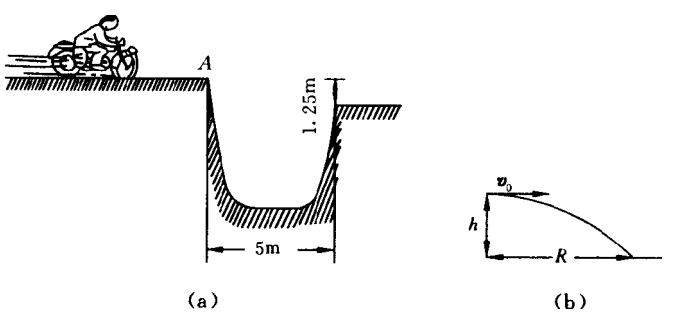
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 339 \text{ m/s}$$

设 $\boldsymbol{v}$ 与 x 轴的夹角为 θ,有

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-60.2}{333.4} = -0.181$$

所以 $\theta = -10°16'$,负号表示为俯角。

1.8 如题 1.8 图(a)所示,一人乘摩托车在水平方向行驶,要在 A 处越过 5 m 宽的壕沟,如果沟对面比 A 处低 1.25 m,问摩托车的速度至少要有多大?



题 1.8 图

解 设摩托车在 A 处的速度为 v_0,沟宽为 R,两沟面高低差为 h,如题 1.8 图(b)所示。按平抛运动规律有

$$R = v_0 t \qquad ①$$

$$-h = -\frac{1}{2}gt^2 \qquad ②$$

由②得 $t = \sqrt{2h/g}$,代入①得

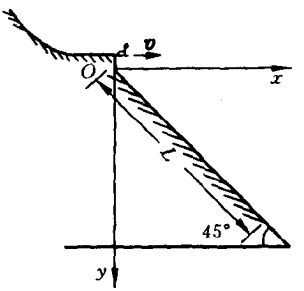
需要全本请访问 www.ertongbook.com

$$v_0 = \frac{R}{t} = \frac{R}{\sqrt{2h/g}} = \frac{5}{\sqrt{2 \times 1.25/9.8}} = \frac{5}{0.5} = 10 \text{ m/s}$$

1.9 滑雪运动员离开水平滑雪道飞入空中的速率 $v=110$ km/h，着陆的斜坡与水平面夹角 $\theta=45°$（参见题 1.9 图）.

（1）计算滑雪运动员着陆时沿斜坡的位移 L 多大？

（2）在实际的跳跃中，滑雪运动员所达到的距离 $L=165$ m，这个结果为什么与计算结果不符？



题 1.9 图

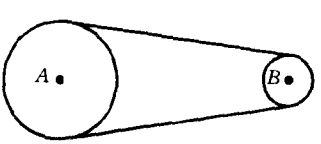
解 （1）以水平滑雪道端点为原点建立坐标如图所示，着陆时沿 x 方向和 y 方向的位移分别为

$$L_x = L\cos 45° = vt$$

$$L_y = L\sin 45° = \frac{1}{2}gt^2$$

得 $$L = \frac{2v^2}{g\cos 45°} = \frac{2 \times (110)^2 \times 10^6}{9.8 \times \cos 45° \times (36)^2 \times 10^4} = 269 \text{ m/s}$$

（2）由于空气阻力，所以实际结果小于计算结果。



题 1.10图

1.10 如题 1.10 图所示，A，B 两轮上套有皮带，A 轮的半径 $R_1=40$ cm，转速为 180 r/min，求角速度 ω_1。B 轮用皮带转动，其半径 $R_2=20$ cm，求 B 轮的角速度 ω_2。

解 $$\omega_1 = 2\pi n_1 = 2\pi \times \frac{180}{60} = 18.84 \text{ rad/s}$$

因为 $v=R_1\omega_1=R_2\omega_2$，所以

$$\omega_2 = R_1\omega_1/R_2 = 40 \times 18.84/20 = 37.68 \text{ rad/s}$$

1.11 汽车在半径 $R=400$ m 的圆弧弯道上行驶，设在某一

时刻,汽车的速度为 10 m/s,切向加速度为 0.2 m/s² 。求汽车的法向加速度和总加速度的大小和方向。

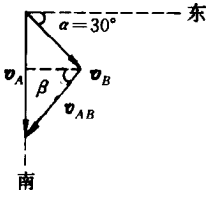
解 $a_n=\frac{v^2}{R}=\frac{10^2}{400}=0.25\ \text{m/s}$

$a=\sqrt{a_t^2+a_n^2}=\sqrt{(0.2)^2+(0.25)^2}=0.32\ \text{m/s}^2$

a 与 v 所成的夹角为

$\alpha=\arctan\frac{a_n}{a_t}=51°20'$

1.12 飞机 A 以 $v_A=1\ 000$ km/h 的速率(相对地面)向南飞行,同时另一架飞机 B 以 $v_B=800$ km/h 的速率(相对地面)向东偏南 30°角方向飞行。求 A 机相对于 B 机的速度。



题 1.12 图

解 从矢量图(题 1.12 图)看出

$$v_{AB}=\sqrt{v_A^2+v_B^2-2v_Av_B\cos60°}$$
$$=\sqrt{(1\ 000)^2+(800)^2-2\times1\ 000\times800\times\cos60°}$$
$$=917\ \text{km/h}$$

$$\sin\beta=\frac{v_A-v_B\sin\alpha}{v_{AB}}=\frac{1\ 000-800\times\sin30°}{917}$$

$\beta=40°52'$(西偏南)

1.13 一架飞机从 A 处向北飞到 B 处，然后又向南飞回到 A 处。飞机相对于空气的速度为 v，而空气相对于地面的速度为 u，A，B 之间的距离为 L，飞机相对于空气的速率 v 保持不变。

（1）如果空气是静止的（即 $u=0$），试证明来回飞行的时间为 $t_0=2L/v$；

（2）如果空气的速度由南向北，试证明来回飞行的时间为 $t_1=t_0\Big/\left(1-\dfrac{u^2}{v^2}\right)$；

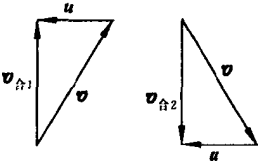
（3）如果空气的速度由东向西，试证明来回飞行的时间为 $t_2=t_0\Big/\sqrt{1-\dfrac{u^2}{v^2}}$。

解 （1）当 $u=0$，显然 $t_{往}=t_{返}=\dfrac{L}{v}$

所以 $t=t_0=t_{往}+t_{返}=\dfrac{2L}{v}$

（2）$t=\dfrac{L}{v+u}+\dfrac{L}{v-u}=\dfrac{2vL}{v^2-u^2}$

$$=\frac{2L}{v}\left(\frac{1}{1-\frac{u^2}{v^2}}\right)=\frac{t_0}{1-\frac{u^2}{v^2}}$$



题 1.13 图

（3）设风 u 是由东向西的，飞机相对于地的速度 $v_{合}=v+u$，由矢量三角形图（题 1.13 图）得

$$t=\frac{L}{\sqrt{v^2-u^2}}+\frac{L}{\sqrt{v^2-u^2}}=\frac{\frac{2L}{v}}{\sqrt{1-\frac{u^2}{v^2}}}=\frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{v^2}}}$$

1.14 一列车以 5 m/s 的速度沿 x 轴正方向行驶，某旅客从车厢中观察一个站在站台上的小孩竖直向上抛出的一球，相对于站台上的坐标系来说，球的运动方程为 $x=0$，$y=v_0t-\dfrac{1}{2}gt^2$（v_0，g 是常数）。

(1) 如车厢中的观察者用随车一起运动的坐标系 $x'o'y'$ 来描写小球的运动,已知 x' 轴与 x 轴同方向,y' 轴与 y 轴平行,方向向上,且在 $t=0$ 时,o' 与 o 相重合,则 x ,y 的表达式如何？

(2) 在 $x'o'y'$ 坐标系中,小球的运动轨道如何？

(3) 从车上的观察者与站在车站上的观察者看来，小球的加速度各等于多少？方向如何？

解 (1) $x'=-5t, y'=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$

(2) $y'=-\frac{v_0}{5}x'-\frac{g}{50}x'^2$

(3) 车上观察者看来

$a'_x=\frac{d^2x'}{dt^2}=0$，$a'_y=\frac{d^2y'}{dt^2}=-g$ 方向向下,即 $\boldsymbol{a}'=-g\boldsymbol{j}$。

车站上观察者看来

$a_x=\frac{d^2x}{dt^2}=0$，$a_y=\frac{d^2y}{dt^2}=-g$,方向向下,即 $\boldsymbol{a}=-g\boldsymbol{j}$。

第 2 章　牛顿运动定律

1　内容提要

1）牛顿运动定律

第一定律（惯性定律）：不受外力作用的物体都保持其静止或匀速直线运动的状态。

惯性参考系：惯性定律在其中成立的参考系。

第二定律 运动的变化与所加的外力成正比，并且发生在沿外力作用的直线方向上，即

$$\boldsymbol{F}=\frac{\mathrm{d}(m\boldsymbol{v})}{\mathrm{d}t}=m\boldsymbol{a}$$

在直角坐标系中，有

$$F_x=ma_x,F_y=ma_y,F_z=ma_z$$

对于平面曲线运动，有

$$F_{\mathrm{t}}=ma_{\mathrm{t}},F_{\mathrm{n}}=ma_{\mathrm{n}}$$

力的概念：力是物体间的相互作用，它的效果是使物体的运动状态发生变化或使物体的形状发生变化。

质量概念：惯性质量是物体惯性大小的量度。

物质的量 是以 mol 为单位表示的粒子数，1 mol 的粒子数其测量值即阿伏伽德罗常量。

第三定律：作用力与反作用力大小相等，方向相反，在同一直线上。

2）常见的几种力

重力：　　$\boldsymbol{W}=m\boldsymbol{g}$

弹簧的弹力：$\boldsymbol{F}=-k\boldsymbol{x}\boldsymbol{i}$

滑动摩擦力：$f_k=\mu_k N$

静摩擦力：$f_s\leqslant\mu_s N$

3）用牛顿定律解题的基本思路：认定物体，分析运动，查看受力（用隔离体法分析物体受力，画示力图），选定坐标，建立方程（一般用分量式）.

4）非惯性系与惯性力

质量为 m 的物体，在加速度为 $\boldsymbol{a}_0$ 的平动参考系中受的惯性力为

$$\boldsymbol{F}_0=-m\boldsymbol{a}_0$$

在角速度为 ω 的转动参考系中，惯性离心力为

$$\boldsymbol{F}_0=mr\omega^2\boldsymbol{e}_r$$

2 基本要求

1）深入理解惯性、质量以及力的概念。

2）掌握常见力的性质和计算方法，会分析物体的受力情况。

3）掌握应用牛顿定律解题的基本思路和分析方法。

3 思考题选答

2.6 指出题图 2.1 中所示 5 种情况下物体 A 所受摩擦力的方向。(a)物体 A 静止在斜面上；(b)拉力小于 A 物重的一半，对 A 拉而不动；(c)拉力大于 A 物重的一半，对 A 拉而未动；(d)A 随 B 一起水平加速运动；(e)A 随 B 一起均匀转动。并由上述 5 种情况总结应当如何判断静摩擦力的方向。

答 首先要明确静摩擦力的大小和方向。静摩擦力的方向与物体对接触面的相对滑动趋势相反。所谓相对滑动是指：当假设物体与接触面间不存在静摩擦时物体相对接触面的滑动方向。此外静摩擦力的大小随物体之间相对滑动趋势的改变而自动调节，原则是阻碍相对滑动的发生。力的最大限度为最大静摩擦力 $f_{s,max}=$

需要全本请访问 www.ertongbook.com