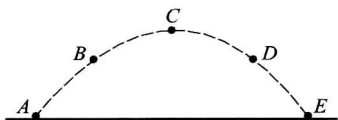
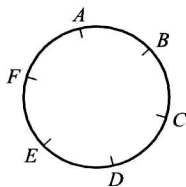


C点开始作匀速圆周运动,经D点直到E点;自E点以后作减速运动,经F点又到A点时,速度变成零.用矢量表示出质点在A、B、C、D、E、F各点的法向加速度和切向加速度的方向.



2.10 题图



2.14 题图

2.15 什么是伽利略变换?它所包含的时空观有何特点?



2.1.1 质点的运动学方程为

(1)  $\mathbf{r} = (3+2t)\mathbf{i} + 5\mathbf{j}$ , (2)  $\mathbf{r} = (2-3t)\mathbf{i} + (4t-1)\mathbf{j}$ ,

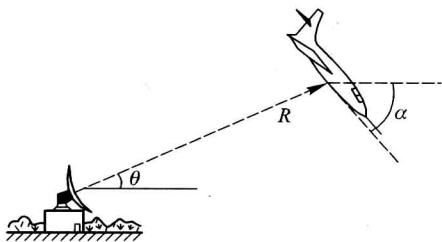
求质点轨迹并用图表示(单位:m,s).

2.1.2 质点运动学方程为  $\mathbf{r} = e^{-2t}\mathbf{i} + e^{2t}\mathbf{j} + 2t\mathbf{k}$  (单位:m,s). (1) 求质点轨迹. (2) 求自  $t = -1$  s 至  $t = 1$  s 质点的位移.

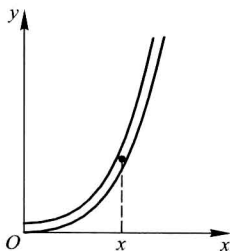
2.1.3 质点运动学方程为  $\mathbf{r} = 4t^2\mathbf{i} + (2t+3)\mathbf{j}$  (单位:m,s). (1) 求质点轨迹. (2) 求自  $t = 0$  s 至  $t = 1$  s 质点的位移.

2.2.1 如图所示,雷达站于某瞬时测得飞机位置为  $R_1 = 4\ 100$  m,  $\theta_1 = 33.7^\circ$ , 0.75 s后测得  $R_2 = 4\ 240$  m,  $\theta_2 = 29.3^\circ$ ,  $R_1, R_2$  均在竖直平面内.求飞机瞬时速率的近似值和飞行方向( $\alpha$ 角).

2.2.2 如图所示,一小圆柱体沿抛物线轨道运动.抛物线轨道为  $y = x^2/200$  (单位:mm).第一次观察到圆柱体在  $x = 249$  mm处,经过时间 2 ms 后圆柱体移到  $x = 234$  mm处.求圆柱体瞬时速度的近似值.



2.2.1 题图



2.2.2 题图

2.2.3 一人在北京音乐厅内听音乐,离演奏者 17 m.另一人在广州听同一演奏的转播,广州离北京 2 320 km,收听者离收音机 2 m,问谁先听到声音?声速为 340 m/s,电磁波传播

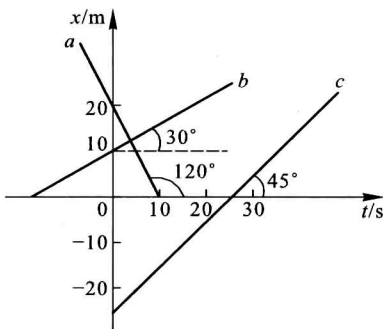
的速率为  $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

2.2.4 如果不允许你去航空公司问讯处,问你乘波音 747 飞机自北京不着陆飞行到巴黎,你能否估计大约用多少时间?如果能,试估计一下(自己找所需数据).

1.2.5 列车进入弯道时减速.最初列车向正北以  $90 \text{ km/h}$  速率行驶.  $3 \text{ min}$  后以  $70 \text{ km/h}$  速率向北偏西  $30^\circ$  方向行驶.求列车的平均加速度.

2.2.6 (1)  $\mathbf{r} = R \cos t \mathbf{i} + R \sin t \mathbf{j} + 2t \mathbf{k}$  (单位:  $\text{m}, \text{s}$ ),  $R$  为正常量. 求  $t=0, \frac{\pi}{2} \text{ s}$  时的速度和加速度. (2)  $\mathbf{r} = 3t \mathbf{i} - 4.5t^2 \mathbf{j} + 6t^3 \mathbf{k}$ . 求  $t=0, 1 \text{ s}$  时的速度和加速度(写出正交分解式).

2.3.1 如图所示,图中  $a$ 、 $b$  和  $c$  表示质点沿直线运动三种不同情况下的  $x-t$  图,试说明三种运动的特点(即速度,计时起点时质点的位置坐标,位于坐标原点的时刻).



2.3.1 题图

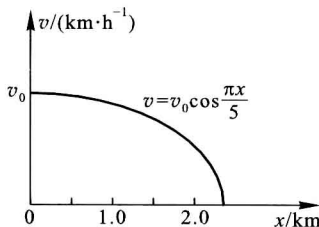
2.3.2 质点直线运动的运动学方程为  $x = a \cos t$ ,  $a$  为正常量. 求质点速度和加速度并讨论运动特点(有无周期性,运动范围,速度变化情况 etc).

2.3.3 跳伞运动员的速度为

$$v = \beta \frac{1 - e^{-qt}}{1 + e^{-qt}},$$

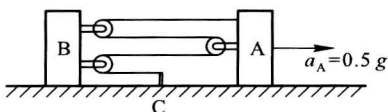
$v$  竖直向下,  $\beta, q$  为正常量. 求其加速度. 讨论当时间足够长时(即  $t \rightarrow \infty$ ), 速度和加速度的变化趋势.

2.3.4 直线运行的高速列车在电子计算机控制下减速进站. 列车原运行速率为  $v_0 = 180 \text{ km/h}$ , 其速率变化规律如图所示. 求列车行至  $x = 1.5 \text{ km}$  时加速度的大小.



2.3.4 题图

**2.3.5** 如图所示,在水平桌面上放置 A、B 两物体,用一根不可伸长的绳索按图示的装置把它们联结起来. C 与桌面固定. 已知物体 A 的加速度  $a_A = 0.5g$ . 求物体 B 的加速度. (提示:运用绳不可伸长的条件.)



2.3.5 题图

**2.3.6** 质点沿直线的运动学方程为  $x = 10t + 3t^2$  (单位: m, s).

(1) 将坐标原点沿  $Ox$  轴正方向移动 2 m, 运动学方程如何? 初速度有无变化?

(2) 将计时起点前移 1 s, 运动学方程如何? 初始坐标和初速度都发生怎样的变化? 加速度变不变?

以下四题用积分.

**2.4.1** 质点由坐标原点出发时开始计时, 沿  $x$  轴运动, 其加速度  $a_x = 2t$  (单位:  $\text{cm/s}^2$ , s). 求在下列两种情况下质点的运动学方程、出发后 6 s 时质点的位置、在此期间所走过的位移及路程:

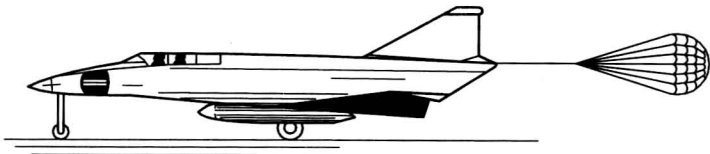
(1) 初速度  $v_0 = 0$ ;

(2) 初速度  $v_0$  的大小为 9 cm/s, 方向与加速度方向相反.

**2.4.2** 质点直线运动瞬时速度的变化规律为  $v_x = -3\sin t$  (单位: m/s, s). 求  $t_1 = 3$  s 至  $t_2 = 5$  s 时间内的位移.

**2.4.3** 一质点作直线运动, 其瞬时加速度的变化规律为  $a_x = -A\omega^2 \cos \omega t$ . 在  $t = 0$  时  $v_x = 0$ ,  $x = A$ , 其中  $A, \omega$  均为正常数, 求此质点的运动学方程.

**2.4.4** 如图所示, 飞机着陆时为尽快停止采用降落伞制动. 刚着陆即  $t = 0$  时速度为  $v_0$  且坐标为  $x = 0$ . 假设其加速度为  $a_x = -bv_x^2$ ,  $b = \text{常量}$ . 求飞机速度随时间的变化  $v_x(t)$ .



2.4.4 题图

解以下四题中匀变速直线运动时应明确写出所选的坐标系、计时起点和初始条件.

**2.4.5** 在 195 m 长的坡道上, 一人骑自行车以 18 km/h 的速度和  $-20 \text{ cm/s}^2$  的加速度上坡, 另一自行车同时以 5.4 km/h 的初速度和  $0.2 \text{ m/s}^2$  的加速度下坡. 问: (1) 经过多长时间两人相遇; (2) 两人相遇时, 各走过多少路程.

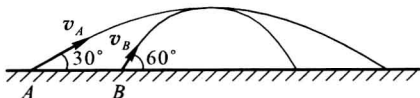
**2.4.6** 站台上送行的人, 在火车开动时站在第一节车厢的最前面. 火车开动后经过  $\Delta t = 24$  s, 第一节车厢的末尾从此人的面前通过. 问第七节车厢驶过他面前需要多长时间?

火车作匀加速运动。

2.4.7 在同一竖直线上相隔  $h$  的两点以同样速率  $v_0$  上抛二石子,但在高处的石子早  $t_0$  被抛出.求此二石子何时何处相遇。

2.4.8 电梯以  $1.0 \text{ m/s}$  的匀速率下降,小孩在电梯中跳离地板  $0.50 \text{ m}$  高,问当小孩再次落到地板上时,电梯下降了多少长距离?(本题涉及相对运动,亦可在学过 § 2.8 后作)

2.5.1 质点在  $Oxy$  平面内运动,其加速度为  $\mathbf{a} = -\cos t \mathbf{i} - \sin t \mathbf{j}$ ,位置和速度的初始条件为  $t=0$  时  $\mathbf{v} = \mathbf{j}$ ,  $\mathbf{r} = \mathbf{i}$ .求质点的运动学方程并画出轨迹(本题用积分)。

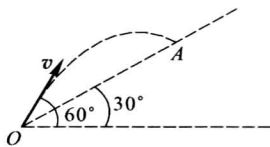


2.5.2 题图

2.5.2 如图所示,在同一竖直面内的同一水平线上  $A$ 、 $B$  两点分别以  $30^\circ$ 、 $60^\circ$  为发射角同时抛出两小球,欲使两小球相遇时都在自己的轨道的最高点,求  $A$ 、 $B$  两点间的距离.已知小球在  $A$  点的发射速率  $v_A = 9.8 \text{ m/s}$ .

2.5.3 如图所示,迫击炮弹的发射角为  $60^\circ$ ,发射速率  $150 \text{ m/s}$ .炮弹击中倾角  $30^\circ$  的山坡上的目标,发射点正在山脚.求弹着点到发射点的距离  $OA$ .

2.5.4 轰炸机沿与竖直方向成  $53^\circ$  俯冲时,在  $763 \text{ m}$  的高度投放炸弹,炸弹在离开飞机  $5.0 \text{ s}$  时击中目标.不计空气阻力.(1)轰炸机的速率是多少?(2)炸弹在飞行中经过的水平距离是多少?(3)炸弹击中目标前一瞬间的速度沿水平和竖直方向的分量是多少?



2.5.3 题图

2.5.5 雷达观测员正在监视一越来越近的抛射体.在某一时刻,他得到这样的信息:(1)抛射体达到最大高度且正以速率  $v$  沿水平方向运动;(2)观测员到抛射体的直线距离为  $l$ ;(3)观测员观察抛体的视线与水平方向成  $\theta$  角.

问:(1)抛射体命中点到观测员的距离  $D$  等于多少?(2)何种情况下抛体飞越观测员的头顶以后才击中目标?何种情况下抛体在未飞越观测员以前就命中目标?

设地球表面为平面且观测员位于抛体轨迹所在的竖直平面以内。

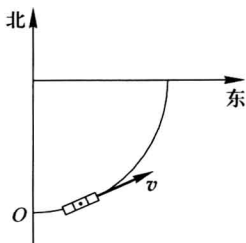
2.6.1 如图所示,列车在圆弧形轨道上自东转向北行驶,在我们所讨论的时间范围内,其运动学方程为  $s = 80t - t^2$  (单位:  $\text{m} \cdot \text{s}$ ).  $t=0$  时,列车在图中  $O$  点.此圆弧形轨道的半径  $r = 1500 \text{ m}$ .求列车驶过  $O$  点以后前进至  $1200 \text{ m}$  处的速率  $v$  及加速度。

2.6.2 如图所示,火车以  $200 \text{ km/h}$  的速度驶入圆弧形轨道,其半径  $R$  为  $300 \text{ m}$ .司机一进入圆弧形轨道立即减速,加速度为  $2g$ .求火车在何处的加速度最大?最大加速度是多少?

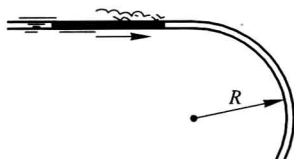
2.6.3 斗车在位于竖直面内上下起伏的轨道运动.当斗车到达图中所示位置时,轨道曲率半径为  $150 \text{ m}$ ,斗车速率为  $50 \text{ km/h}$ ,切向加速度  $a_t = 0.4g$ .求斗车的加速度。

2.8.1 如图所示,飞机在某高度的水平面上飞行.机身的方向是自东北向西南,与正西夹  $15^\circ$  角,风以  $100 \text{ km/h}$  的速率自西南向东北方向吹来,与正南夹  $45^\circ$  角,结果飞机向正西方

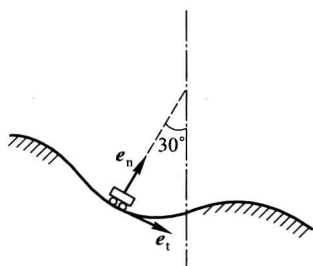
向运动. 求飞机相对于风的速度及相对于地面的速度.



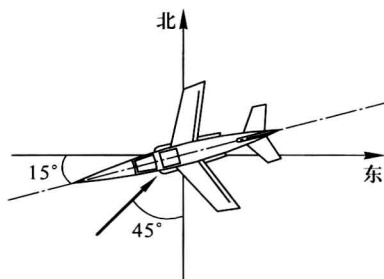
2.6.1 题图



2.6.2 题图



2.6.3 题图



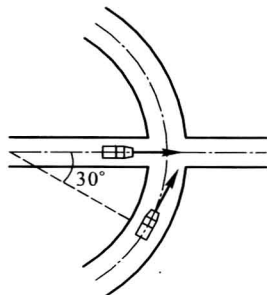
2.8.1 题图

**2.8.2** 飞机在静止空气中的飞行速率是  $235 \text{ km/h}$ , 它朝正北的方向飞行, 使整个飞行时间内都保持在一条南北向公路的上空. 地面观察者利用通讯设备告诉驾驶员正在刮着速率为  $70 \text{ km/h}$  的风, 但飞机仍能以  $235 \text{ km/h}$  的速率沿公路方向飞行. (1) 风的方向是怎样的? (2) 飞机的头部指向哪个方向? 也就是说, 飞机的轴线和公路成怎样的角度?

**2.8.3** 一辆卡车在平直路面上以恒速度  $30 \text{ m/s}$  行驶, 在此车上射出一个抛体. 要求在车前进  $60 \text{ m}$  时, 抛体仍落回到车上原抛出点, 问抛体射出时相对于卡车的初速度的大小和方向, 空气阻力不计.

**2.8.4** 河的两岸互相平行. 一船由  $A$  点朝与岸垂直的方向匀速驶去, 经  $10 \text{ min}$  到达对岸  $C$  点. 若船从  $A$  点出发仍按第一次渡河速率不变但垂直地到达彼岸的  $B$  点, 需要  $12.5 \text{ min}$ . 已知  $BC=120 \text{ m}$ . 求: (1) 河宽  $l$ , (2) 第二次渡河时船的速度  $u$ , (3) 水流速度  $v$ .

**2.8.5** 如图所示, 圆弧公路与沿半径方向的東西向公路相交. 某瞬时汽车甲向东以  $20 \text{ km/h}$  的速率行驶; 汽车乙在  $\theta=30^\circ$  的位置向东北方向以速率  $20 \text{ km/h}$  行驶. 求此瞬时甲车相对乙车的速度.



2.8.5 题图



参考系作匀速直线运动的速度. 你能否借助于相对于惯性系沿直线作变速运动的参考系中的力学实验来确定该参考系的加速度? 如何作?

3.15 在惯性系测得的质点的加速度是由相互作用力产生的, 在非惯性系测得的加速度是惯性力产生的, 对吗?

3.16 用卡车运送变压器, 变压器四周用绳索固定在车厢内, 卡车紧急制动时, 后面拉紧的绳索断开了. 分别以地面和汽车为参考系, 解释绳索断开的原因.

3.17 是否只要质点具有相对于匀速转动圆盘的速度, 在以圆盘为参考系时, 质点必受科里奥利力?

3.18 在北半球, 若河水自南向北流, 则东岸受到的冲刷较严重, 试用科里奥利力进行解释. 又问, 河水在南半球自南向北流, 哪边河岸冲刷较严重?

3.19 在什么情况下, 力的冲量的方向和力的方向相同?

3.20 飞机沿某水平面内的圆周匀速率地飞行了整整一周, 对这一运动, 甲乙二人展开讨论:

甲: 飞机既然作匀速圆周运动, 速度没变, 则动量是守恒的.

乙: 不对, 由于飞行时, 速度的方向不断变化, 因此动量不守恒. 根据动量定理, 动量的改变来源于向心力的冲量. 向心力就是  $m \frac{v^2}{r}$ , 飞行一周所用时间为  $\frac{2\pi r}{v}$ , 飞行一周向心力的冲量等于  $F\Delta t = m \frac{v^2}{r} \frac{2\pi r}{v} = 2\pi m v$  ( $m$  为飞机质量,  $v$  为速率,  $r$  为圆周半径).

试分析他们说对不对.

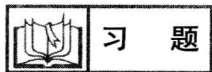
3.21 棒球运动员在接球时为何要戴厚而软的手套? 篮球运动员接急球时往往持球缩手, 这是为什么?

3.22 “质心的定义是质点系质量集中的一点, 它的运动即代表了质点系的运动, 若掌握质点系质心的运动, 质点系的运动状况就一目了然了.” 对否?

3.23 悬浮在空中的气球下面吊有软梯, 有一人站在上面. 最初, 均处于静止. 后来, 人开始向上爬, 问气球是否运动?

3.24 跳伞运动员临着陆时用力向下拉降落伞, 这是为什么?

3.25 质点系动量守恒的条件是什么? 在何种情况下, 即使外力不为零, 也可用动量守恒方程求近似解.



3.4.1 质量为 2 kg 的质点的运动学方程为

$$\mathbf{r} = (6t^2 - 1)\mathbf{i} + (3t^2 + 3t + 1)\mathbf{j} \quad (\text{单位: m, s}),$$

求证质点受恒力而运动, 并求力的方向和大小.

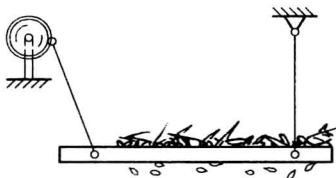
3.4.2 质量为  $m$  的质点在  $Oxy$  平面内运动, 质点的运动学方程为

$$\mathbf{r} = a \cos \omega t \mathbf{i} + b \sin \omega t \mathbf{j},$$

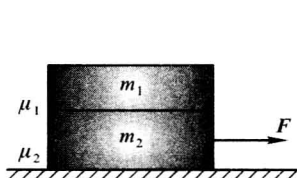
$a, b, \omega$  为正常量, 证明作用于质点的合力总指向原点.

3.4.3 如图所示, 在脱粒机中往往装有振动鱼鳞筛, 一方面由筛孔漏出谷粒, 一方面逐出秸秆, 筛面微微倾斜, 是为了从较低的一边将秸秆逐出, 因角度很小, 可近似看作水平, 筛面与谷粒发生相对运动才可能将谷粒筛出, 若谷粒与筛面静摩擦因数为 0.4, 问筛沿水平方向的加速度至少多大才能使谷物和筛面发生相对运动.

3.4.4 桌面上叠放着两块木板, 质量各为  $m_1, m_2$ , 如图所示.  $m_2$  和桌面间的摩擦因数为  $\mu_2$ ,  $m_1$  和  $m_2$  间的静摩擦因数为  $\mu_1$ , 问沿水平方向用多大的力才能把下面的木板抽出来.



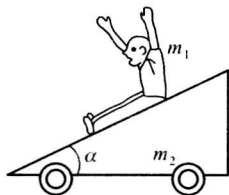
3.4.3 题图



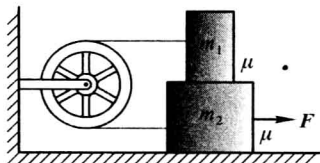
3.4.4 题图

3.4.5 如图所示, 质量为  $m_2$  的斜面可在光滑的水平面上滑动, 斜面倾角为  $\alpha$ , 质量为  $m_1$  的运动员与斜面之间亦无摩擦, 求运动员相对于斜面的加速度及其对斜面的压力.

3.4.6 在图示的装置中两物体的质量各为  $m_1, m_2$ , 物体之间及物体与桌面间的摩擦因数都为  $\mu$ , 求在力  $F$  的作用下两物体的加速度及绳内张力. 不计滑轮和绳的质量及轴承摩擦, 绳不可伸长.



3.4.5 题图

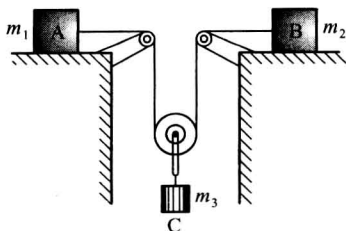


3.4.6 题图

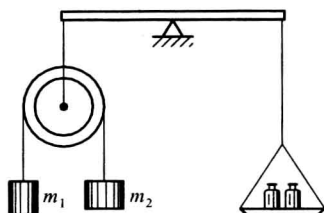
3.4.7 在图示的装置中, 物体 A、B、C 的质量各为  $m_1, m_2, m_3$ , 且两两不等, 若物体 A、B 与桌面间的摩擦因数均为  $\mu$ , 求三个物体的加速度及绳内的张力. 不计绳和滑轮质量, 不计轴承摩擦, 绳不可伸长.

3.4.8 如图所示, 天平左端挂一定滑轮, 一轻绳跨过滑轮, 绳的两端分别系上质量为  $m_1, m_2$  的物体 ( $m_1 \neq m_2$ ). 天平右端的托盘内放有砝码, 问天平托盘和砝码的总重量为多少, 才能保持天平平衡? 不计滑轮和绳的质量及轴承摩擦, 绳不伸长.

以下四题用积分.



3.4.7 题图



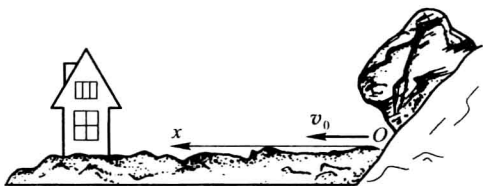
3.4.8 题图

3.4.9 如图所示,跳伞运动员初张伞时的速度为  $v_0=0$ ,阻力大小与速度平方成正比:  $F_{\text{阻}} = \alpha v^2$ ,人伞总质量为  $m$ . 求  $v=v(t)$  的函数(提示:积分时可利用式  $\frac{1}{1-v^2} = \frac{1}{2(1+v)} + \frac{1}{2(1-v)}$ ).

3.4.10 如图所示,一巨石与斜面因地震而分裂,脱离斜面下滑至水平面之速度为  $v_0$ . 求在水平面上巨石速度与时间的关系,摩擦因数为  $\mu = (v+3.308)^{-2.342}$  (注:不必求  $v$  作为  $t$  的显函数).



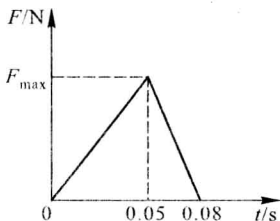
3.4.9 题图



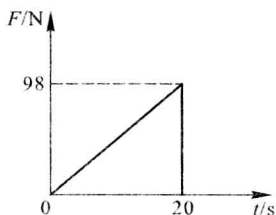
3.4.10 题图

3.4.11 棒球质量为  $0.14 \text{ kg}$ . 用棒击棒球的力随时间的变化如图所示. 设棒被击前后速度增量大小为  $70 \text{ m/s}$ . 求力的最大值. 打击时,不计重力.

3.4.12 沿坚直向上发射玩具火箭的推力随时间变化如图所示. 火箭质量为  $2 \text{ kg}$ ,  $t=0$  时处于静止. 求火箭发射后的最大速率和最大高度(注意,推力  $>$  重力时才启动).



3.4.11 题图



3.4.12 题图

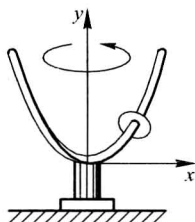


**3.4.13** 如图所示,抛物线形弯管的表面光滑,绕竖直轴以匀角速率转动,抛物线方程为  $y=ax^2$ ,  $a$  为正常量.小环套于弯管上.(1)弯管角速度多大,小环可在管上任意位置相对弯管静止?(2)若为圆形光滑弯管,情况如何?

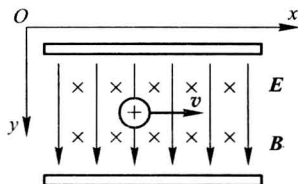
**3.4.14** 北京设有供实验用高速列车环形铁路,回转半径为 9 km.将要建设的京沪列车时速 250 km/h.若在环路上做此项列车实验且欲铁轨不受侧压力,外轨应比内轨高多少?设轨距 1.435 m.

**3.4.15** 汽车质量为  $1.2 \times 10^3$  kg,在半径为 100 m 的水平圆形弯道上行驶.公路内外侧倾斜  $15^\circ$ .沿公路取自然坐标,汽车运动学方程为  $s=0.5t^3+20t$ (单位:m,s),自  $t=5$  s 开始匀速运动.问公路面作用于汽车与前进方向垂直的摩擦力是由公路内侧指向外侧还是由外侧指向内侧?

**3.4.16** 速度选择器原理如图,在平行板电容器间有匀强电场  $E=Ej$ ,又有与之垂直的匀强磁场  $B=Bk$ .现有带电粒子以速度  $v=vi$  进入场中.问具有何种速度的粒子方能保持沿  $x$  轴运动.此装置用于选出具有特定速度的粒子,并用量纲法则检验计算结果.



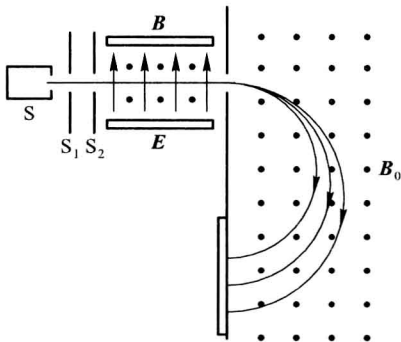
3.4.13 题图



3.4.16 题图

**3.4.17** 如图所示,带电粒子束经狭缝  $S_1$  和  $S_2$  之选择,然后进入速度选择器(习题 3.4.16),其中电场强度和磁感应强度各为  $E$  和  $B$ .具有“合格”速度的粒子再进入与速度垂直的磁场  $B_0$  中,并开始作圆周运动,经半周后打在荧光屏上.试证明粒子质量为

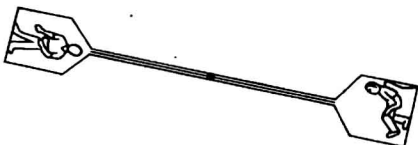
$$m = qBB_0 r/E,$$



3.4.17 题图

$r$  和  $q$  分别表示轨道半径和粒子电荷量. 该装置能检查出 0.01% 的质量差别, 可用于分离同位素, 检测杂质或污染物.

**3.4.18** 某公司欲开设太空旅馆. 其设计如图, 用 32 m 长的绳联结质量相同的两客舱. 问两客舱围绕两舱中点转动的角速度多大, 可使旅客感到和在地面上那样受重力作用, 而没有“失重”的感觉.



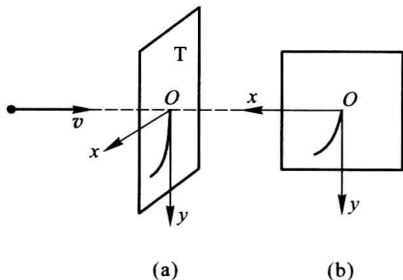
3.4.18 题图

**3.4.19** 离子电荷量与质量之比为荷质比. 汤姆孙实验产生的离子束中离子速度颇不相同, 亦可测荷质比. 图中速度为  $v$  的离子在沿  $x$  轴电场  $E$  和沿  $y$  轴磁感应强度  $B$  下偏转, 偏转后打在 T 靶上. 证明不管离子速度如何, 离子均落在靶上

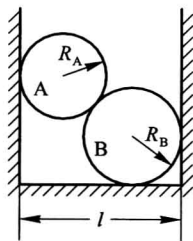
$$y^2 = \frac{q}{m} \frac{B^2 A^2}{2E} x$$

的抛物线上[3.4.19 题图(b)], 近似取  $A=vt$ ,  $t$  为离子运动时间,  $A$  表示运动距离.

**3.4.20** 如图所示, 圆柱 A 重 500 N, 半径  $R_A=0.30$  m, 圆柱 B 重 1 000 N, 半径  $R_B=0.50$  m, 都放置在宽度  $l=1.20$  m 的槽内. 各接触点都是光滑的. 求 A、B 柱间的压力及 A、B 柱与槽壁和槽底间的压力.



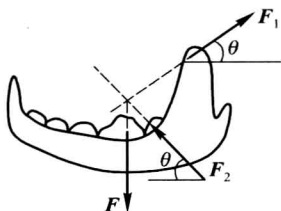
3.4.19 题图



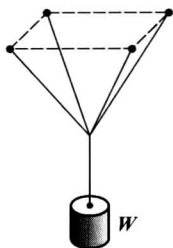
3.4.20 题图

**3.4.21** 图示为哺乳动物的下颌骨. 假如肌肉提供的力  $F_1$  和  $F_2$  与水平正方向和负方向成  $45^\circ$ . 食物作用于牙齿的力为  $F$ . 假设  $F$ 、 $F_1$  和  $F_2$  共点. 求  $F_1$  和  $F_2$  的关系以及与  $F$  的关系.  $F$  沿竖直方向.

**3.4.22** 如图所示, 四根等长且不可伸长的轻线端点悬于水平面正方形的四个顶点处. 另一端固结于一处悬挂重物, 重量为  $W$ , 线与竖直方向夹角为  $\alpha$ , 求各线内张力. 若四根均不等长, 知诸线之方向余弦, 能算出线内张力吗?



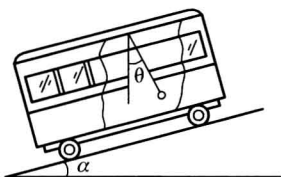
3.4.21 题图



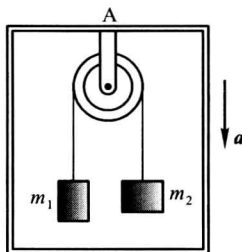
3.4.22 题图

**3.5.1** 小车以匀加速度  $a$  沿倾角为  $\alpha$  的斜面向下运动, 摆锤相对于小车保持静止, 求悬线与竖直方向的夹角(分别自惯性系和非惯性系中求解).

**3.5.2** 升降机 A 内有一装置如图所示. 悬挂的两物体的质量各为  $m_1, m_2$  且  $m_1 \neq m_2$ . 若不计绳及滑轮质量, 不计轴承处摩擦, 绳不可伸长, 求当升降机以加速度  $a$  (方向向下) 运动时, 两物体的加速度各是多少? 绳内的张力是多少?



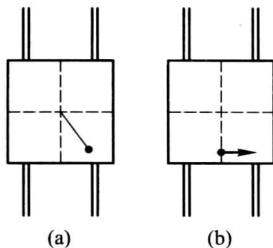
3.5.1 题图



3.5.2 题图

**3.5.3** 图示为柳比莫夫摆, 框架上悬挂小球, 将摆移开平衡位置而后放手, 小球随即摆动起来. (1) 当小球摆至最高位置时, 释放框架使它沿导轨自由下落, 如图(a)所示. 问框架自由下落时, 摆锤相对于框架如何运动? (2) 当小球摆至平衡位置时, 释放框架, 如图(b)所示, 小球相对于框架如何运动? 小球质量比框架小得多.

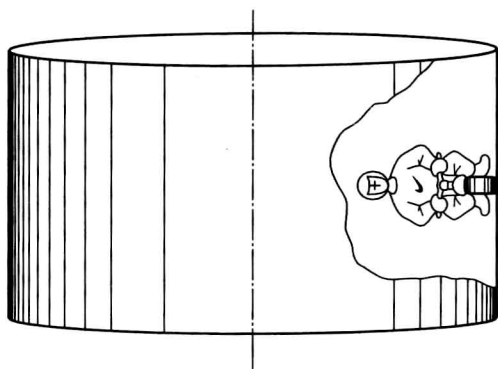
**3.5.4** 如图所示, 摩托车选手在竖直放置的圆筒内壁于水平面内旋转. 筒内壁半径为  $3.0 \text{ m}$ . 轮胎与壁面静摩擦因数为  $0.6$ . 求摩托车最小线速度(取非惯性系作).



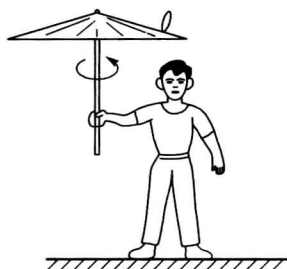
3.5.3 题图

**3.5.5** 如图所示, 一杂技演员令雨伞绕竖直轴转动. 一小圆盘在伞面上滚动但相对于地面在原地转动, 即盘中心不动. (1) 小盘相对于伞如何运动? (2) 以伞为参考系, 小球受力如何? 若保持牛顿第二定律形式不变, 应如何解释小球的运动?

**3.5.6** 设在北纬  $60^\circ$  自南向北发射一弹道导弹, 其速率为  $400 \text{ m/s}$ , 打击  $6.0 \text{ km}$  远的目标. 问该弹受地球自转影响否? 如受影响, 偏离目标多少(自己找其他所需数据)?



3.5.4 题图



3.5.5 题图

3.6.1 就下面两种受力情况:

$$(1) \mathbf{F} = 2t\mathbf{i} + 2\mathbf{j}, \quad (2) \mathbf{F} = 2t\mathbf{i} + (1-t)\mathbf{j},$$

(单位: N, s) 分别求出  $t=0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1$  s 时的力并用图表示; 再求自  $t=0$  s 至  $t=1$  s 时间内的冲量, 也用图表示.

3.6.2 一个质量为  $m$  的质点在  $Oxy$  平面上运动, 其位置矢量为

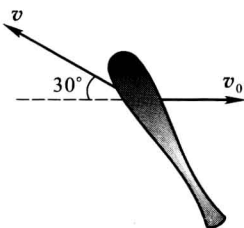
$$\mathbf{r} = a \cos \omega t \mathbf{i} + b \sin \omega t \mathbf{j},$$

求质点的动量.

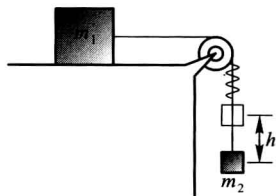
3.6.3 自动步枪连发时每分钟可射出 120 发子弹, 每颗子弹质量为 7.9 g, 出口速率为 735 m/s. 求射击时所需的平均力.

3.6.4 棒球质量为 0.14 kg. 棒球沿水平方向以速率 50 m/s 投来, 经棒击球后, 球沿与水平负方向成  $30^\circ$  角飞出, 速率为 80 m/s, 如图所示. 球与棒接触时间为 0.02 s, 求棒击球的平均力.

3.6.5 如图所示, 质量为  $m_1$  的滑块与水平台面间的静摩擦因数为  $\mu_0$ , 质量为  $m_2$  的滑块与  $m_1$  均处于静止. 绳不可伸长, 绳与滑轮质量可不计, 不计滑轮轴摩擦. 问将  $m_2$  托起多高, 松手后可利用绳对  $m_1$  冲力的平均力拖动  $m_1$ ? 设当  $m_2$  下落  $h$  后经过极短的时间  $\Delta t$  后与绳的竖直部分相对静止.



3.6.4 题图

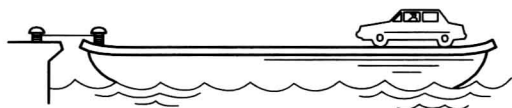


3.6.5 题图

3.6.6 质量  $m_1 = 1 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 2 \text{ kg}$ ,  $m_3 = 3 \text{ kg}$  和  $m_4 = 4 \text{ kg}$ ;  $m_1$ ,  $m_2$  和  $m_4$  坐标顺次为  $(x, y) = (-1, 1)$ ,  $(-2, 0)$  和  $(3, -2)$ . 四质点形成的质心位于  $(x, y) = (1, -1)$ . 求  $m_3$  的位置.

以下三题用质心运动定理和质点系动量定理两种方法作.

3.7.1 如图所示, 质量为  $1500 \text{ kg}$  的汽车在静止的驳船上在  $5 \text{ s}$  内自静止加速至  $5 \text{ m/s}$ . 问缆绳作用于驳船的平均力有多大? (用牛顿运动定律做出结果, 并以此验证你的计算.)

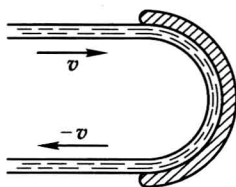


3.7.1 题图

3.7.2 若上题中驳船质量为  $6000 \text{ kg}$ . 当汽车相对船静止时, 由于船尾螺旋桨的转动, 可使船载着汽车以加速度  $0.2 \text{ m/s}^2$  前进. 若正在前进时, 汽车自静止开始相对船以加速度  $0.5 \text{ m/s}^2$  与船前进相反方向行驶, 船的加速度如何?

3.7.3 气球下悬软梯, 总质量为  $m_1$ , 软梯上站一质量为  $m_2$  的人, 共同在气球所受浮力  $F$  作用下加速上升. 若人以相对于软梯的加速度  $a_r$  上升, 问气球的加速度如何?

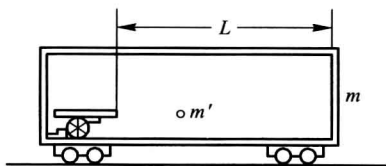
3.7.4 如图所示, 水流冲击在静止的涡轮叶片上, 水流冲击叶片曲面前后的速率都等于  $v$ , 每单位时间投向叶片的水的质量保持不变且等于  $m$ , 求水作用于叶片的力.



3.7.4 题图

3.7.5 质量为  $70 \text{ kg}$  的人和质量为  $210 \text{ kg}$  的小船最初处于静止. 后来人从船后向船头匀速走了  $3.2 \text{ m}$  停下来. 问船向哪个方向运动, 移动了几米? 不计船所受的阻力.

3.7.6 如图所示, 炮车固定在车厢内, 最初均处于静止. 向右发射一枚弹丸, 车厢则向左边运动. 弹丸射在对面墙上后随即顺墙壁落下. 问此过程中车厢移动的距离是多少? 已知炮车和车厢总质量为  $m$ , 弹丸质量为  $m'$ , 炮口到对面墙上的距离为  $L$ . 不计铁轨作用于车厢的阻力.

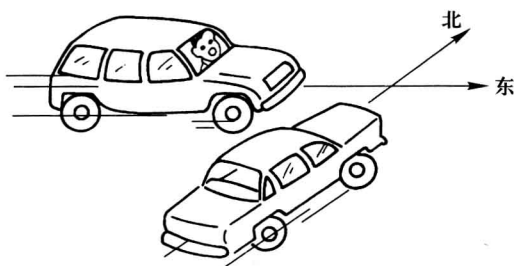


3.7.6 题图

3.7.7 载人的切诺基和桑塔纳汽车质量各为  $m_1 = 165 \times 10 \text{ kg}$  和  $m_2 = 115 \times 10 \text{ kg}$ , 各以速率  $v_1 = 90 \text{ km/h}$  和  $v_2 = 108 \text{ km/h}$  向东和向北行驶, 如图所示. 相撞后连在一起滑出. 求滑出的速度. 不计摩擦(请用质心参考系求解).

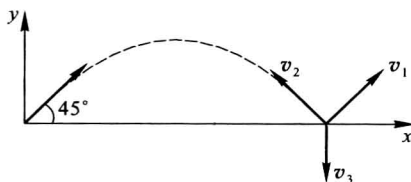
3.8.1 如图所示, 一枚手榴弹投出方向与水平面成  $45^\circ$  角, 投出的速率为  $25 \text{ m/s}$ . 在刚





3.7.7 题图

要接触与发射点同一水平面的目标时爆炸, 设分成质量相等的三块, 一块以速度  $v_3$  竖直朝下, 一块顺爆炸处切线方向以  $v_2 = 15 \text{ m/s}$  飞出, 一块沿法线方向以  $v_1$  飞出, 求  $v_1$  和  $v_3$ . 不计空气阻力.



3.8.1 题图

3.8.2 铀-238 的核(质量为 238 原子质量单位)放射一个  $\alpha$  粒子(氦原子的核, 质量为 4.0 原子质量单位)后蜕变为钍-234 的核. 设铀核原来是静止的,  $\alpha$  粒子射出时的速率为  $1.4 \times 10^7 \text{ m/s}$ , 求钍核反冲的速率.

3.8.3 三只质量均为  $m$  的小船鱼贯而行, 速度都是  $v$ . 中间一船同时以水平速度  $u$  (相对于此船) 把两质量均为  $m_0$  的物体抛到前后两只船上, 问当二物体落入船后, 三只船的速度各如何?



## 选读材料

### [选读 3.1] 关于牛顿和他的运动定律

牛顿是历史上最伟大的数学家和物理学家之一, 对后世科学的发展影响深远. 他于 1643 年冬生于英国林肯郡(Lincoln Shire)的伍尔斯索普(Woolsthorpe)村, 是自耕农的儿子. 1661 年进剑桥大学学习, 开始研究开普勒的光学和笛卡儿的几何学. 1665 年发现二项式定理. 同年, 为躲避鼠疫回到故乡, 开始光的光谱分解、万有引力定律和微积分的研究. 1667 年回剑桥大学. 第二