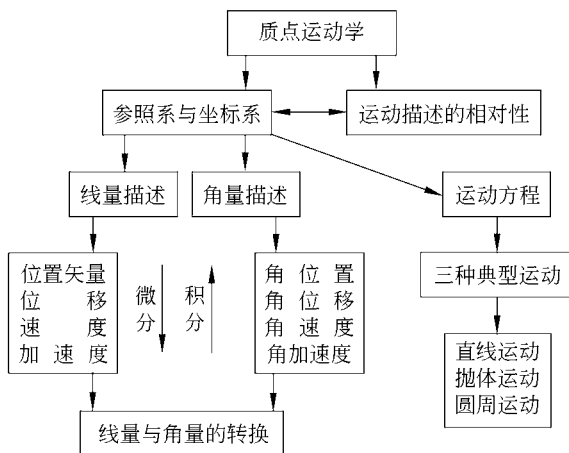


1.1 教学目标

1. 掌握描述质点运动的 4 个物理量,深刻理解这 4 个物理量的矢量性和瞬时性,并了解它们的相对性.
2. 理解运动方程的物理意义,掌握应用运动方程确定质点的位置矢量、位移、速度和加速度的方法,及已知质点的加速度和初始条件求速度、位置矢量的方法.
3. 对平面运动中圆周运动的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度能进行简单的计算.

1.2 知识框架



1.3 本章提要

1. 描写质点运动的 4 个物理量

位置矢量: 描述质点在空间的位置情况. 在直角坐标系中, 表示为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

位移: 描述质点位置的改变情况.

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r} = \Delta x\mathbf{i} + \Delta y\mathbf{j} + \Delta z\mathbf{k}$$

速度: 描述质点位置变动的快慢和方向.

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k}$$

加速度: 描述质点速度的变化情况.

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\mathbf{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\mathbf{k}$$

上述4个物理量均具有矢量性、瞬时性和相对性.

2. 圆周运动的速度和加速度

(1) 线量描述

线速度 $\mathbf{v}$: 物体在圆周上某点的线速度, 方向沿该点切向, 大小为其运动的速率, 即

$$v = \frac{ds}{dt}.$$

切向加速度 $\mathbf{a}_\tau$: 方向沿该点切向(当 $a_\tau > 0$, $\mathbf{a}_\tau$ 与 $\mathbf{v}$ 同向, 加速; 当 $a_\tau < 0$, $\mathbf{a}_\tau$ 与 $\mathbf{v}$ 反向, 减速), 大小为 $a_\tau = \frac{dv}{dt}$.

法向加速度 $\mathbf{a}_n$: 方向指向圆心, 大小为 $a_n = \frac{v^2}{R}$.

线加速度 $\mathbf{a}$: 方向指向轨迹凹的一侧.

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_\tau + \mathbf{a}_n, \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}, \quad \tan(\mathbf{a}, \mathbf{v}) = \frac{a_n}{a_\tau}$$

(2) 角量描述

角位置: $\theta(t)$

角速度: $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

角加速度: $\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$

(3) 线量与角量的关系

$$s = R\theta, \quad v = R\omega, \quad a_\tau = R\beta, \quad a_n = R\omega^2$$

3. 相对运动

相对运动位置矢量之间的关系: $\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{R}$

相对运动速度之间的关系: $\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{u}$

相对运动加速度之间的关系: $\mathbf{a} = \mathbf{a}' + \frac{d\mathbf{u}}{dt}$

若 $\frac{d\mathbf{u}}{dt} = \mathbf{0}$, 则 $\mathbf{a} = \mathbf{a}'$, 即在彼此作匀速直线运动的参考系中, 质点的加速度相同.

1.4 检测题

检测点 1: 描述物体运动为何要选择参考系?

答: 由于物体运动具有相对性.

检测点 2: 运动方程与轨道方程的关系如何?

答: 运动方程是指空间坐标是时间的函数; 轨道方程是各空间坐标联立并消去时间变量后, 所得到的空间坐标之间关系的方程.

检测点 3: 位移矢量与参考系的选择有关吗?

答: 因为从运动质点初始时刻所在位置指向运动质点任意时刻所在位置的有向线段称为在对应时间内的位移矢量(简称位移), 所以位移矢量与参考系的选择无关.

检测点 4: 速度叠加时, 各分速度要求必须垂直吗?

答: 不一定. 因为速度是矢量, 而矢量的叠加满足平行四边形(或三角形)法则, 所以速度叠加时各分速度不一定要求垂直.

检测点 5: 牛顿提出极限概念的背景是什么?

答: 在定义速度和加速度时, 都用到了求极限的方法. 这种做法, 在物理学各部分经常出现. 求极限是人类对物质和运动作定量描述时在准确程度上的一次重大飞跃. 实际上, 极限思想是牛顿在 17 世纪对物体的运动作定量研究时所产生的.

检测点 6: 对于直线运动而言, 加速与减速的关系如何?

答: 对于直线运动而言: 加速就是加速度的方向与速度的方向相同; 减速就是加速度的方向与速度的方向相反.

检测点 7: 若在不同参考系中质点的加速度相同, 则这些参考系之间有什么关系?

答: 若在不同参考系中质点的加速度相同, 则这些参考系之间肯定在沿某一固定方向、各自作着固定速度的匀速直线运动, 这就是伽利略的相对性原理, 这些坐标系均为惯性参考系.

检测点 8: 对于抛体运动而言, 在一个小范围内, 什么量恒定不变?

答: 被抛物体所具有的加速度(即自由落体的重力加速度)是固定不变的.

检测点 9: 匀速圆周运动的加速度是否存在?

答: 匀速圆周运动就是指速率固定的圆周运动, 虽然速度的大小(速率)固定不变, 但是速度的方向却时刻在变化, 只要速度有变化, 那么加速度就一定存在.

1.5 自我检测题

1.1 节 自我检测(位置矢量和位移)

1.1.1 判断题

1.1.1.1 判断下列说法是否正确. 由于运动具有相对性, 所以描述运动时我们首先必须选定参考系.

答案: 正确.

提示: 运动的绝对性与相对性.

1.1.1.2 判断下列说法是否正确. 路程与位移没有区别.

答案: 错误.

提示: 路程是标量, 位移是矢量; 路程是质点运动经历的实际路径, 而位移是质点初末位置矢量之差, 表示质点位置的改变, 一般不是质点所经历的实际路径. 如: 某人沿标准操场跑一圈返回原处, 则其通过的路程为 400 m, 而其位移为零. 只有当质点作单向直线运动时, 位移的大小才等于路程.

1.1.1.3 判断下列说法是否正确. 位置矢量与位移没有区别.

答案: 错误.

提示: 位置矢量是坐标原点到质点所在位置的一有向线段; 位移是质点两位置矢量之差. 若选取质点运动起始点为坐标原点, 则两者一致.

1.1.1.4 判断下列说法是否正确. 若质点在 t 时刻的位置矢量为 $\mathbf{r}_t$, 在 $t + \Delta t$ 时刻的位置矢量为 $\mathbf{r}_{t+\Delta t}$, 则该质点在 Δt 时间内的位移为 $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_{t+\Delta t} - \mathbf{r}_t$.

答案: 正确.

提示: 质点运动位移与矢量之间的关系.

1.1.2 选择题

1.1.2.1 下列物理量中, 被称为质点运动方程的是().

A. 位置矢量 B. 位移 C. 速度 D. 加速度

答案: A.

提示: 位置矢量的概念.

1.2 节 自我检测(速度和加速度)

1.2.1 判断题

1.2.1.1 判断下列说法是否正确. 一质点具有恒定的速率, 但仍可能有变化的速度.

答案: 正确.

提示: 速度是矢量, 既有大小又有方向, 两者中有一个变化, 速度就变化. 当速度的大小不变而方向变化时, 就是具有恒定的速率而仍有变化的速度. 如: 匀速率圆周运动.

1.2.1.2 判断下列说法是否正确. 一质点具有加速度而速度为零, 这是可能的.

答案: 正确.

提示: 加速度是速度随时间的变化率, 与速度的增量有关. 在某一时刻质点的速度为零, 而经 Δt 时间间隔后速度为 $\mathbf{v}$, 则在该时刻的加速度就不为零. 因此质点具有加速度而速度为零是可能的. 如: 上抛质点到达最高点时速度为零, 而加速度为 g .

1.2.1.3 判断下列说法是否正确. 质点的加速度越大, 质点的速度也越大.

答案: 错误.

提示: 这句话不一定正确. 因为加速度是速度随时间的变化率, 只有当速度随时间的变化率越大时, 加速度才越大. 速度与加速度是两个不同的物理量. 加速度大, 是速度的变化率大, 速度不一定大; 速度大时加速度也不一定大, 甚至可能为零. 如: 百米运动员起跑时加速度很大但速度为零, 而冲刺时速度很大但加速度几乎为零.

1.2.1.4 判断下列说法是否正确. 在国际单位制中, 若描述质点运动的位置矢量为 $\mathbf{r} = (2t^2)\mathbf{i} + (3t^3)\mathbf{j}$, 则质点在 t 时刻的加速度为 $\mathbf{a} = 4\mathbf{i} + (18t)\mathbf{j}$.

答案: 正确.

提示: 质点运动位移与加速度的关系. $\mathbf{a} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = 4\mathbf{i} + (18t)\mathbf{j}$.

1.2.2 选择题

1.2.2.1 某物体作单向直线运动, 它通过两个连续相等位移后, 平均速度的大小分别为 $\bar{v}_1 = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $\bar{v}_2 = 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. 则在全过程中该物体平均速度的大小为().

- A. $12.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ B. $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ C. $11.75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ D. $13.75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

答案: B.

提示: 平均速度的概念. $\bar{v} = \frac{\Delta s_1 + \Delta s_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{\Delta s + \Delta s}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{1+1}{\frac{\Delta t_1}{\Delta s} + \frac{\Delta t_2}{\Delta s}} = \frac{2\bar{v}_1\bar{v}_2}{\bar{v}_1 + \bar{v}_2}$.

1.2.2.2 在相对地面静止的坐标系内, A、B 两船都以 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率匀速行驶, A 船沿 x 轴正向, B 船沿 y 轴正向. 今在 A 船上设置与静止坐标系方向相同的坐标系(x, y 轴方向的单位矢量用 $\mathbf{i}, \mathbf{j}$ 表示), 那么在 A 船上, B 船的速度(以 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 为单位)为().

- A. $2\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ B. $2\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$ C. $-2\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ D. $-2\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$

答案: C.

提示: 相对速度的概念. $\mathbf{v}_{BA} = \mathbf{v}_B - \mathbf{v}_A$.

1.2.2.3 某质点的速度为 $\mathbf{v} = 2\mathbf{i} - 8t\mathbf{j}$ (SI), 已知 $t=0$ 时, 它过点 $(3, -7)$, 则该质点的运动方程为().

- A. $(2t+3)\mathbf{i} - (4t^2+7)\mathbf{j}$ B. $2t\mathbf{i} - 4t^2\mathbf{j}$ C. $-8\mathbf{j}$ D. 不能确定

答案: A.

提示: 位置矢量与速度的关系. $\frac{d\mathbf{r}}{dt} = 2\mathbf{i} - 8t\mathbf{j}$, $\int_{r_0}^{\mathbf{r}} d\mathbf{r} = \int_0^t (2\mathbf{i} - 8t\mathbf{j}) dt$, 即 $\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + 2t\mathbf{i} - 4t^2\mathbf{j}$. 因为 $t=0$, $\mathbf{r}_0 = 3\mathbf{i} - 7\mathbf{j}$, 所以有 $\mathbf{r} = (2t+3)\mathbf{i} - (4t^2+7)\mathbf{j}$.

1.3 节 自我检测(运动的相对性)

1.3.1 判断题

1.3.1.1 判断下列说法是否正确. 匀加速运动一定是直线运动.

答案: 错误.

提示: 匀加速运动不一定是直线运动, 这取决于初速度与加速度的方向是否一致, 若初速度与加速度的方向一致, 就是直线运动, 如: 竖直下抛运动; 若初速度与加速度的方向不一致, 就不是直线运动, 如: 斜抛运动.

1.3.1.2 判断下列说法是否正确. 质点在直线上向前运动时, 若向前的加速度减小了, 则质点向前的速度也随之减小.

答案: 错误.

提示: 这句话不正确. 判断质点是加速运动还是减速运动, 要根据加速度与速度的方向是否一致来判定. 若加速度减小但方向与速度方向一致, 则质点仍继续加速, 只是加速的程度在减小; 若加速度减小到负, 即反方向加速, 方向与速度方向相反, 则质点的速度才随之减小.

1.3.2 选择题

1.3.2.1 某质点的运动方程为 $\mathbf{r} = (At + Bt^2)\cos\theta\mathbf{i} + (At + Bt^2)\sin\theta\mathbf{j}$, 其中 A, B, θ

均为常量,且 $A > 0, B > 0$, 则质点的运动为().

- A. 一般的平面曲线运动 B. 圆周运动
C. 匀减速直线运动 D. 匀加速直线运动

答案: D.

提示: 利用加速度与位置矢量的关系判断运动的类型.

因为 $\mathbf{a} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = 2B \cos \theta \mathbf{i} + 2B \sin \theta \mathbf{j}$, $\mathbf{a} // \mathbf{r}$, 所以该点作匀加速直线运动.

1.3.2.2 已知质点以速率 $v = (4 + t^2) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 作直线运动, 把质点运动的直线作为 Ox 轴, 并已知 $t = 3 \text{ s}$ 时, 质点位于 $x = 9 \text{ m}$ 处, 则质点的运动方程为().

- A. $x = \frac{1}{3}t^3$ B. $x = 4t + \frac{1}{3}t^3$
C. $x = 4t + \frac{1}{3}t^3 + 12$ D. $x = 4t + \frac{1}{3}t^3 - 12$

答案: D.

提示: 位置矢量与速度的关系.

$\frac{dx}{dt} = 4 + t^2$, $\int_{x_0}^x dx = \int_0^t (4 + t^2) dt$, 即 $x = x_0 + 4t + \frac{1}{3}t^3$. 因为 $t = 3, x = 9$, 所以有 $x_0 = -12$, 故 $x = 4t + \frac{1}{3}t^3 - 12$.

1.3.2.3 一质点沿 x 轴作直线运动的运动方程为 $x = 4t^2 - 2t^3$ (SI), 当质点再次返回到原点时, 其速度和加速度分别为().

- A. $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ B. $-8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
C. $-8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, -16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ D. $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, -16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

答案: C.

提示: 速度和加速度的计算.

$\frac{dx}{dt} = 8t - 6t^2$, $\frac{d^2x}{dt^2} = 8 - 12t$, 令 $x = 0$, 则 $t = 0$ (表示从原点出发) 或 $t = 2 \text{ s}$ (表示又回到了原点), 所以此时有

$$\left. \frac{dx}{dt} \right|_{t=2} = [8t - 6t^2]_{t=2} = -8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \quad \left. \frac{d^2x}{dt^2} \right|_{t=2} = [8 - 12t]_{t=2} = -16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

1.4 节 自我检测(平面曲线运动)

1.4.1 判断题

1.4.1.1 判断下列说法是否正确. 质点加速度的值很大, 而质点速度的值可能不变.

答案: 正确.

提示: 因为当质点加速度的方向与速度的方向垂直时, 速度的方向改变得很快, 但速度的值即速率不改变, 所以质点加速度的值很大, 而质点速度的值可以不变, 是可能的. 如: 匀速率圆周运动就是如此.

1.4.1.2 判断下列说法是否正确. 若质点作曲线运动时, 切线加速度的大小 $a_\tau = 0$, 则该质点一定作匀速率圆周运动.

答案: 正确.

提示：运动类型的判断规律.

1.4.1.3 判断下列说法是否正确. 某质点沿半径为 1m 的圆周运动, 在国际单位制中, 其角运动方程为 $\theta = \pi t + \pi t^2$, 则质点的角加速度 β 为 $2\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$.

答案：正确.

提示：角加速度与角位置的关系, $\beta = \frac{d^2\theta}{dt^2} = 2\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$.

1.4.2 选择题

1.4.2.1 质点沿半径 $R=1 \text{ m}$ 的轨道作圆周运动, 在某时刻的角速度为 $\omega=1 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, 角加速度为 $\beta=1 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$, 则质点在该时刻的速度和加速度的大小分别是().

- A. $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ B. $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \sqrt{2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
C. $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ D. $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \sqrt{2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

答案：B.

提示：圆周运动的速度和加速度与角速度和角加速度的关系.

$$v = \omega R, a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{v^2}{R}\right)^2 + (R\beta)^2}$$

1.4.2.2 质点在平面上作圆运动时, 下列哪一选项是正确的? ().

- A. $\frac{dr}{dt}=0, \frac{d\mathbf{r}}{dt}=0$ B. $\frac{dr}{dt}=0, \frac{d\mathbf{r}}{dt} \neq 0$
C. $\frac{dr}{dt} \neq 0, \frac{d\mathbf{r}}{dt}=0$ D. $\frac{dr}{dt} \neq 0, \frac{d\mathbf{r}}{dt} \neq 0$

答案：B.

提示：圆周运动的速度.

1.4.2.3 质点在平面上作匀速率曲线运动时, 下列哪一选项是正确的? ().

- A. $\frac{dv}{dt} \neq 0, \frac{d\mathbf{v}}{dt} \neq 0$ B. $\frac{dv}{dt} = 0, \frac{d\mathbf{v}}{dt} = 0$
C. $\frac{dv}{dt} = 0, \frac{d\mathbf{v}}{dt} \neq 0$ D. $\frac{dv}{dt} \neq 0, \frac{d\mathbf{v}}{dt} = 0$

答案：C.

提示：曲线运动的加速度.

1.6 典型例题

本章的典型例题为运动学的两类问题, 一类为已知质点的运动方程, 根据速度和加速度的定义, 利用求导的方法求出质点在任意时刻的速度和加速度; 另一类为已知质点运动的加速度(或者速度)及初始条件, 利用求积分的方法求出质点在任意时刻的速度和位置. 这两类问题互为逆运算.

例 1-1 已知某质点在 $t=0$ 时刻位于 $\mathbf{r}_0 = 2\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$ 点处, 且以初速度 $\mathbf{v}_0 = 0$, 加速度 $\mathbf{a} = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$ 运动. 试求: (1) 质点在任意时刻的速度; (2) 质点的运动方程.

解 (1) 由题意可知

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$$

即

$$d\mathbf{v} = (3\mathbf{i} + 4\mathbf{j})dt$$

对两边取积分有

$$\int_{v_0}^v d\mathbf{v} = \int_0^t (3\mathbf{i} + 4\mathbf{j})dt$$

所以质点在任意时刻的速度为

$$\mathbf{v} = 3t\mathbf{i} + 4t\mathbf{j}$$

(2) 由 $\mathbf{v} = 3t\mathbf{i} + 4t\mathbf{j}$ 可得

$$\frac{d\mathbf{r}}{dt} = 3t\mathbf{i} + 4t\mathbf{j}$$

即

$$d\mathbf{r} = (3t\mathbf{i} + 4t\mathbf{j})dt$$

对两边取积分有

$$\int_{r_0}^r d\mathbf{r} = \int_0^t (3t\mathbf{i} + 4t\mathbf{j})dt$$

即

$$\mathbf{r} = \frac{3}{2}t^2\mathbf{i} + 2t^2\mathbf{j} + \mathbf{r}_0$$

代入 $\mathbf{r}_0 = 2\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$, 可得质点的运动方程为

$$\mathbf{r} = \left(\frac{3}{2}t^2 + 2\right)\mathbf{i} + (2t^2 + 3)\mathbf{j}$$

例 1-2 已知某质点的运动方程为 $\mathbf{r} = (2t)\mathbf{i} + (3t^2 + 4)\mathbf{j}$, 试求: (1) $t = 1$ s 时切向加速度和法向加速度的大小; (2) $t = 1$ s 时的曲率半径.

解 (1) 因为 $\mathbf{r} = (2t)\mathbf{i} + (3t^2 + 4)\mathbf{j}$, 所以质点在任意时刻的速度和加速度分别为

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = 2\mathbf{i} + 6t\mathbf{j}, \quad \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = 6\mathbf{j}$$

故质点在任意时刻速度的大小即速率为

$$v = \sqrt{2^2 + (6t)^2} = 2\sqrt{1 + 9t^2}$$

于是质点在任意时刻切向加速度的大小为

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(2\sqrt{1 + 9t^2}) = \frac{18t}{\sqrt{1 + 9t^2}}$$

由此可知, 质点在 $t = 1$ s 时切向加速度的大小为

$$a_\tau = \frac{18}{\sqrt{1 + 9}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 5.69 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

质点在 $t = 1$ s 时法向加速度的大小为

$$a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2} = \sqrt{6^2 - (5.69)^2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 1.91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

(2) 因为质点在 $t=1\text{ s}$ 时速度的大小为

$$v = 2\sqrt{1+9 \times 1^2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 2\sqrt{10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

所以 $t=1\text{ s}$ 时的曲率半径为

$$R = \frac{v^2}{a_n} = \frac{40}{1.91} \text{ m} = 21 \text{ m}$$

1.7 练习题精解

1-1 速度与加速度的方向之间成_____时,质点的运动为加速运动;速度与加速度的方向之间成_____时,质点的运动为减速运动.

答案: 锐角,钝角.

提示: 运动加速与减速时,速度与加速度的方向有何关系?

1-2 已知质点运动的位置矢量,即运动方程,求其速度与加速度,则采用_____;已知质点运动的加速度,求其速度与位置矢量,则采用_____.

答案: 求导数的方法,求积分的方法.

提示: 运动学中的位置矢量、速度和加速度之间的关系.

1-3 若甲物体的运动速度为 $v_{\text{甲}}$,乙物体的运动速度为 $v_{\text{乙}}$,则甲物体相对于乙物体运动速度为_____.

答案: $v_{\text{甲}} - v_{\text{乙}}$.

提示: 相对速度.

1-4 质点作抛体运动的过程中: _____速度和_____是固定不变的;_____速度是时刻变化的.

答案: 水平分量,加速度,竖直分量.

提示: 抛体运动中速度和速度分量的特点.

1-5 质点作匀速率圆周运动的过程中,_____加速度始终为零;质点作加速圆周运动的过程中,_____加速度的方向始终与速度的方向相同.

答案: 切向,切向.

提示: 匀速圆周运动中法向加速度和切向加速度的特点.

1-6 下列关于质点运动的表述中,不可能出现的情况是().

- A. 一质点向前的加速度减小了,其向前的速度也随之减小
- B. 一质点具有恒定速率,但却有变化的速度
- C. 一质点加速度值恒定,而其速度方向不断改变
- D. 一质点具有零速度,同时具有不为零的加速度

答案: A.

提示: 加速与减速时,速度与加速度的方向有何关系?

1-7 下列关于加速度的表述中,正确的是().

- A. 质点作圆运动时,加速度的方向总是指向圆心
- B. 质点沿 x 轴运动,若加速度 $a < 0$,则质点作减速运动
- C. 若质点的加速度为恒矢量,则运动轨迹必为直线

D. 质点作抛物线运动时,其法向加速度 a_n 和切线加速度 a_τ 是不断变化的,因此其加速度 $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ 也是不断变化的

答案: B.

提示: 具体运动中加速度的特点.

1-8 某质点沿着 y 轴运动,其运动方程为 $y = 2t^2 - 3t^3$,取国际单位制单位.若 $t = 1\text{ s}$,则质点正在().

A. 加速 B. 减速 C. 匀速 D. 静止

答案: A.

提示: 直线运动中速度与加速度的关系.

1-9 某人骑自行车以速率 u 向西行驶,今有风以相同的速率 u 从北偏东 30° 方向吹来,则人感觉风是从哪个方向吹来的?().

A. 北偏东 30° B. 北偏西 30° C. 西偏南 30° D. 南偏东 30°

答案: B.

提示: 相对运动.

1-10 球 I 系于长为 l 的轻绳下,球 II 固定于长为 l 的轻杆的一端,二者都垂直悬挂于平衡位置.现分别撞击两小球,使其都沿水平方向初速开始运动,并使它们恰好完成圆周运动.设两球的初速率分别为 u_I 和 u_{II} ,则有().

A. $u_I < u_{II}$ B. $u_I = u_{II}$ C. $u_I > u_{II}$ D. 不能确定

答案: C.

提示: 圆周运动的特点.

1-11 某质点的速度为 $\boldsymbol{v} = 2\boldsymbol{i} - 8t\boldsymbol{j}$,已知 $t = 0$ 时它过点 $(3, -7)$,求该质点的运动方程.

解 因为

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt}$$

所以

$$d\boldsymbol{r} = (2\boldsymbol{i} - 8t\boldsymbol{j})dt$$

于是有

$$\int_{r_0}^{\boldsymbol{r}} d\boldsymbol{r} = \int_0^t (2\boldsymbol{i} - 8t\boldsymbol{j})dt$$

即

$$\boldsymbol{r} - \boldsymbol{r}_0 = 2t\boldsymbol{i} - 4t^2\boldsymbol{j}$$

亦即

$$\boldsymbol{r} - (3\boldsymbol{i} - 7\boldsymbol{j}) = 2t\boldsymbol{i} - 4t^2\boldsymbol{j}$$

故

$$\boldsymbol{r} = (2t + 3)\boldsymbol{i} - (4t^2 + 7)\boldsymbol{j}$$

1-12 一质点在平面上作曲线运动, t_1 时刻的位置矢量为 $\boldsymbol{r}_1 = -2\boldsymbol{i} + 6\boldsymbol{j}$, t_2 时刻的位置矢量为 $\boldsymbol{r}_2 = 2\boldsymbol{i} + 4\boldsymbol{j}$,求: (1)在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 时间内质点的位移矢量式; (2)该段时间内位移的大小和方向; (3)在直角坐标系图上画出 $\boldsymbol{r}_1$, $\boldsymbol{r}_2$ 及 $\Delta\boldsymbol{r}$ (题中 r 的单位为 m, t 的单位为 s).