



“红师行动”——2018 军队文职备考计划

数学 2+物理专业科目练习题

物理部分 第一篇 力学



课程报名电话：400-848-8001

红师教育军队文职教研中心

2018 年 8 月



第一节 参考系 质点 位置矢量

A. 圆周运动 B. 抛体运动
C. 椭圆运动 D. 匀加速直线运动

A. 減速运动，路程为 36m
B. 加速运动，位移大小为 10m
C. 前 3s 作減速运动，后 2s 作加速运动，路程为 26m
D. 变速运动，位移的大小和路程为 10m

A. 匀速直线运动 B. 变速直线运动
C. 抛物线运动 D. 一般曲线运动

A. 抛物线 B. 双曲线 C. 直线 D. 椭圆

()

A. 抛物线 B. 双曲线 C. 直线 D. 椭圆

2. 【答案】C。解析： $v = \frac{dx}{dt} = 12 - 4t$ ，因此物体作匀变速直线运动，当 $t=3$ 时，

质点速度为零。因此前 3s 内质点减速运动，位移为 18m；后 2s 内质点反向加速，位移为 8m，因此总位移为 10m，总路程为 26m。

3. 【答案】B。解析： $x = at^2$ ， $y = bt^2$ 可得 $v_x = 2at$ ， $v_y = 2at$ ，速度在变为变速

运动。轨迹方程为 $x/y = a/b$ ，是直线。

4. 【答案】A。解析：由参数方程

$$x = 2.0t, \quad y = 19.0 - 2.0t^2$$

消去 t 得质点的轨迹方程：

$$y = 19.0 - 0.50x^2$$

轨迹为抛物线。

5. 【答案】A。解析：运动方程的分量式

$$\begin{cases} x = 6t^2 \\ y = 3t + 4 \end{cases} \xrightarrow{\text{消}t} x = \frac{2}{3}(y-4)^2$$

轨迹为抛物线。

第二节 位移 速度 加速度

1. 在下列关于质点运动的表述中，不可能出现的情况是：()

- A. 一质点具有恒定的速率，但却有变化的速度
- B. 一质点向前的加速度减少了，其前的合外力不变
- 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

2. 在下列关于加速度的表述中，正确的是：()

- A. 质点沿 x 轴运动，若加速度 $a < 0$ ，则质点必作减速运动
- B. 质点作圆周运动时，加速度方向总是指向圆心
- C. 质点作曲线运动时，加速度方向总是指向曲线凹的一侧
- D. 若质点的加速度为恒矢量，则其运动轨迹必为直线

3. 质点作曲线运动，在时刻 t 质点的位矢为 r ，速度为 v ，速率为 v ， t 至 $(t + \Delta t)$ 时间内的位移为 Δr ，路程为 Δs ，位矢大小的变化量为 Δr （或称 $|\Delta r|$ ），平均速度为 \bar{v} ，平均速率为 \bar{v} 。根据上述情况，则必有 ()

- A. $|\Delta r| = \Delta s = \Delta r$
- B. $|\Delta r| \neq \Delta s \neq \Delta r$ ，当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时有 $|dr| = ds \neq dr$
- C. $|\Delta r| \neq \Delta r \neq \Delta s$ ，当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时有 $|dr| = dr \neq ds$
- D. $|\Delta r| \neq \Delta s \neq \Delta r$ ，当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时有 $|dr| = dr = ds$

4. 一运动质点在某瞬时位于位矢 $r(x, y)$ 的端点处，对其速度的大小有四种意见，即

$$(1) \frac{dr}{dt}; \quad (2) \frac{d|r|}{dt}; \quad (3) \frac{ds}{dt}; \quad (4) \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}.$$

下述判断正确的是 ()

- (A) 只有 (1) (2) 正确 (B) 只有 (2) 正确
 (C) 只有 (2) (3) 正确 (D) 只有 (3) (4) 正确

5. 已知质点的运动方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (2 - t^2)\mathbf{j}$ (SI), 由 $t = 0$ 到 $t = 2$ s 内质点的位移 $\Delta\mathbf{r}$ 为。 ()

- A. $4\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$ B. $4\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ C. $4\mathbf{i} - 4\mathbf{j}$ D. $4\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$

习题解析

1. 【答案】B。解析：A 可能出现如匀速圆周运动；同一个质点，加速度减小，合外力一定变小，B 不可能；C 可能出现如匀速圆周运动；D 可能出现如初速度为零的加速运动。

2. 【答案】C。解析：A 质点不一定作减速运动，仅表示与规定的正方向相反；B 速度方向不一定总是指向圆心，仅匀速圆周运动时指向圆心；D 轨迹不一定必为直线，是否为直线取决于加速度与速度的夹角，与加速度是否为恒矢量无关。

3. 【答案】B。解析：质点在 t 至 $(t + \Delta t)$ 时间内沿曲线从 P 点运动到 P' 点，其中路程 $\Delta s = PP'$ ，位移大小 $|\Delta\mathbf{r}| = PP'$ ，而 $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_{P'} - \mathbf{r}_P$ ，表示质点位矢大小的变化量，三个量的物理含义不同，在曲线运动中大小也不相等（注：在直线运动中有相等的可能）。但当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时，点 P' 无限趋近 P 点，则有 $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}s$ ，但却不等于 $\mathrm{d}\mathbf{r}$ ，故选 (B)。

4. 【答案】D。解析： $\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$ 表示质点到坐标原点的距离随时间的变化率，在极坐标系中叫径向速率。通常用符号 v_r 表示，这是速度矢量在位矢方向上的一个分量； $\frac{\mathrm{d}\mathbf{r}}{\mathrm{d}t}$ 表示速度矢量；在自然坐标系中速度大小可用公式 $v = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$ 计算，在直角坐标系中则可由公式

$$v = \sqrt{\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)^2 + \left(\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\right)^2} \text{ 求解。故选 D。}$$

5. 【答案】C。解析：将 $t = 0$ s 和 $t = 2$ s 分别代入运动方程，可得相应位矢分别为

$$\mathbf{r}_0 = 2\mathbf{j}, \quad \mathbf{r}_2 = 4\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$$

图 (a) 中的 P、Q 两点，即为 $t = 0$ s 和 $t = 2$ s 时质点所在位置。

由位移表达式，得

$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = (x_2 - x_0)\mathbf{i} + (y_2 - y_0)\mathbf{j} = 4\mathbf{i} - 4\mathbf{j}$$

第三节 质点运动学的两类问题

1. 质点作曲线运动, r 表示位置矢量, v 表示速度, a 表示加速度, s 表示路程, a_t

表示切向加速度。对下列表达式, 即

$$(1) \frac{dv}{dt} = a \quad (2) \frac{dr}{dt} = v \quad (3) \frac{ds}{dt} = v \quad (4) \left| \frac{dv}{dt} \right| = a_t$$

下述判断正确的是 ()

- A. 只有 (1)、(4) 是对的 B. 只有 (2)、(4) 是对的
 B. 只有 (2) 是对的 D. 只有 (3) 是对的

2. 质点的运动方程为

$$\begin{aligned} x &= -10t + 30t^2 \\ y &= 15t - 20t^2 \end{aligned}$$

式中 x, y 的单位为 m , t 的单位为 s 。则质点的初速度大小为 $\underline{\hspace{1cm}} m \cdot s^{-1}$ 。 ()

- A. 16 B. 18 C. 20 D. 22

3. 质点的运动方程为:

$$\begin{aligned} x &= -10t + 40t^2 \\ y &= 15t - 30t^2 \end{aligned}$$

式中 x, y 的单位为 m , t 的单位为 s 。则质点的加速度大小为 $\underline{\hspace{1cm}} m \cdot s^{-2}$ 。 ()

- A. 30 B. 40 C. 50 D. 60

4. 质点沿直线运动, 加速度 $a = 4 - t^2$, 式中 a 的单位为 $m \cdot s^{-2}$, t 的单位为 s 。如果当 $t = 3 s$ 时, $x = 9 m$, $v = 2 m \cdot s^{-1}$, 则质点的运动方程为 $\underline{\hspace{1cm}}$ 。 ()

- A. $x = 2t^2 - \frac{1}{12}t^4 + 0.75$
 B. $x = -2t^2 - \frac{1}{12}t^4 + 0.75$
 C. $x = 2t^2 + \frac{1}{12}t^4 + 0.75$
 D. $x = -2t^2 + \frac{1}{12}t^4 + 0.75$

5. 一质点具有恒定加速度 $a = 6i + 4j$ (SI), 在 $t=0$ 时, 其速度为零, 位置矢量 $r_0 = 10i$

(SI)。则质点的轨迹为 $\underline{\hspace{1cm}}$ 。 ()

- A. 抛物线 B. 双曲线 C. 直线 D. 椭圆

习题解析

1. 【答案】D。解析： $\frac{dv}{dt}$ 表示切向加速度 a_t ，它表示速度大小随时间的变化率，是加

速度矢量沿速度方向的一个分量，起改变速度大小的作用； $\frac{dr}{dt}$ 在极坐标系中表示径向速

率 v_r ； $\frac{ds}{dt}$ 在自然坐标系中表示质点的速率 v ；而 $\left|\frac{dv}{dt}\right|$ 表示加速度的大小而不是切向加速度。

因此只有 (3) 式表达是正确的。故选 D。

2. 【答案】B。解析：

速度的分量式为

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -10 + 60t$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = 15 - 40t$$

当 $t = 0$ 时， $v_{0x} = -10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ， $v_{0y} = 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，则初速度大小为

$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = 18.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3. 【答案】C。解析：

速度的分量式为

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -10 + 60t$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = 15 - 40t$$

加速度的分量式为

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad , \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = -30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

则加速度的大小为

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

4. 【答案】A。本题属于运动学第二类问题，即已知加速度求速度和运动方程，必须在给定条件下用积分方法解决。由 $a = \frac{dv}{dt}$ 和 $v = \frac{dx}{dt}$ 可得 $dv = a dt$ 和 $dx = v dt$ 。如 $a = a(t)$

或 $v = v(t)$ ，则可两边直接积分。如果 a 或 v 不是时间 t 的显函数，则应经过诸如分离变量或变量代换等数学操作后再做积分。

由分析知，应有



$$\int_{v_0}^v dv = \int_0^t a dt$$

得

$$v = 4t - \frac{1}{3}t^3 + v_0 \quad (1)$$

由

$$\int_{x_0}^x dx = \int_0^t v dt$$

得

$$x = 2t^2 - \frac{1}{12}t^4 + v_0t + x_0 \quad (2)$$

将 $t=3\text{ s}$ 时, $x=9\text{ m}$, $v=2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 代入 (1) (2) 得 $v_0=-1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $x_0=0.75\text{ m}$ 。于是可得质点运动方程为

$$x = 2t^2 - \frac{1}{12}t^4 + 0.75$$

5. 【答案】C。解析：由加速度定义式，根据初始条件 $t_0=0$ 时 $v_0=0$ ，积分可得

$$\int_0^v dv = \int_0^t a dt = \int_0^t (6i + 4j) dt$$

$$v = 6ti + 4tj$$

又由 $v = \frac{dr}{dt}$ 及初始条件 $t=0$ 时, $r_0 = (10\text{ m})i$ ，积分可得

$$\int_{r_0}^r dr = \int_0^t v dt = \int_0^t (6ti + 4tj) dt$$

$$r = (10 + 3t^2)i + 2t^2j$$

由上述结果可得质点运动方程的分量式，即

$$x = 10 + 3t^2$$

$$y = 2t^2$$

消去参数 t ，可得运动的轨迹方程

$$3y = 2x - 20\text{ m}$$

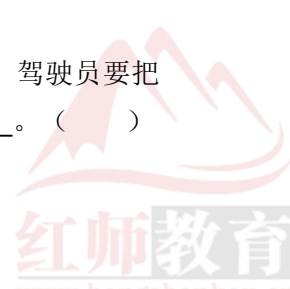
这是一个直线方程。

第四节 运动的坐标描述

1. 一个质点在做圆周运动时，则有 ()

- A. 切向加速度一定改变，法向加速度也改变
- B. 切向加速度可能不变，法向加速度一定改变
- C. 切向加速度可能不变，法向加速度不变
- D. 切向加速度一定改变，法向加速度不变

2. 飞机以 $100\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度沿水平直线飞行，在离地面高为 2000 m 时，驾驶员要把物品空投到前方某一地面目标处，则此时目标在飞机正下方位置的前面_____。()



- A. 500m B. 1000m C. 2000m D. 4000m

3. 一直立的雨伞，张开后其边缘圆周的半径为 R ，离地面的高度为 h ，当伞绕伞柄以匀角速 ω 旋转时，水滴沿边缘飞出后落在地面上半径为____的圆周上。（ ）

- A. $R\sqrt{1+\frac{2h}{g}\omega^2}$ B. $R\sqrt{2+\frac{2h}{g}\omega^2}$ C. $R\sqrt{2+\frac{h}{g}\omega^2}$ D. $R\sqrt{1+\frac{h}{g}\omega^2}$

4. 飞机以 $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度沿水平直线飞行，在离地面高为2000 m时，驾驶员要把物品空投到前方某一地面目标处，投放物品时，驾驶员看目标的视线和水平线呈____角。（ ）

- A. 30° B. 45° C. 60° D. 37°

5. 飞机以 $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度沿水平直线飞行，在离地面高为2000 m时，驾驶员要把物品空投到前方某一地面目标处，物品投出10.0 s 后，它的法向加速度为____ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。（ ）

- A. 5 B. $5\sqrt{2}$ C. 6 D. 8

6. 飞机以 $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度沿水平直线飞行，在离地面高为2000 m时，驾驶员要把物品空投到前方某一地面目标处，物品投出10.0 s 后，切向加速度为____ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。（ ）

- A. 5 B. $5\sqrt{2}$ C. 6 D. 8

习题解析

1. 【答案】B。解析：加速度的切向分量 a_t 起改变速度大小的作用，而法向分量 a_n 起改变速度方向的作用。质点作圆周运动时，由于速度方向不断改变，相应法向加速度的方向也在不断改变，因而法向加速度是一定改变的。至于 a_t 是否改变，则要视质点的速率情况而定。质点作匀速率圆周运动时， a_t 恒为零；质点作匀变速率圆周运动时， a_t 为一不为零的恒量，当 a_t 改变时，质点则作一般的变速率圆周运动。由此可见，应选（B）。

2. 【答案】C。解析：物品空投后作平抛运动。忽略空气阻力的条件下，由运动独立性原理知，物品在空中沿水平方向作匀速直线运动，在竖直方向作自由落体运动。到达地面目标时，两方向上运动时间是相同的。因此，分别列出其运动方程，运用时间相等的条件，即可求解。

物品下落时在水平和竖直方向的运动方程分别为

$$x = vt, \quad y = \frac{1}{2}gt^2$$

飞机水平飞行速度 $v = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，飞机离地面的高度 $y = 2000 \text{ m}$ ，由上述两式可得目标在飞机正下方前的距离

$$x = v \sqrt{\frac{2y}{g}} = 2000 \text{ m}$$

3. 【答案】A。解析：选定伞边缘O处的雨滴为研究对象，当伞以角速度 ω 旋转时，雨滴将以速度 v 沿切线方向飞出，并作平抛运动。建立如图(a)所示坐标系，列出雨滴的运动方程并考虑图中所示几何关系，即可求证。由此可以想像如果让水从一个旋转的有很多小孔的喷头中飞出，从不同小孔中飞出的水滴将会落在半径不同的圆周上，为保证均匀喷洒对喷头上小孔的分布还要给予精心的考虑。

坐标系中，雨滴落地的运动方程为

$$x = vt = R\omega t \quad (1)$$

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = h \quad (2)$$

由式(1)(2)可得
$$x^2 = \frac{2R^2\omega^2 h}{g}$$

由图(a)所示几何关系得雨滴落地处圆周的半径为

$$r = \sqrt{x^2 + R^2} = R \sqrt{1 + \frac{2h}{g}\omega^2}$$

4. 【答案】B。解析：物品空投后作平抛运动。忽略空气阻力的条件下，由运动独立性原理知，物品在空中沿水平方向作匀速直线运动，在竖直方向作自由落体运动。到达地面目标时，两方向上运动时间是相同的。因此，分别列出其运动方程，运用时间相等的条件，即可求解。

物品下落时在水平和竖直方向的运动方程分别为

$$x = vt, \quad y = \frac{1}{2}gt^2$$

飞机水平飞行速度 $v = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，飞机离地面的高度 $y = 2000 \text{ m}$ ，由上述两式可得目标在飞机正下方前的距离

$$x = v \sqrt{\frac{2y}{g}} = 2000 \text{ m}$$

视线和水平线的夹角为

$$\theta = \arctan \frac{y}{x} = 45^\circ$$

5. 【答案】B。解析：平抛物体在运动过程中只存在竖直向下的重力加速度。为求特定时刻 t 时物体的切向加速度和法向加速度，只需求出该时刻它们与重力加速度之间的夹角 α 或 β 。由图可知，在特定时刻 t ，物体的切向加速度和水平线之间的夹角 α ，可由此时刻的两速度分量 v_x 、 v_y 求出，这样，也就可将重力加速度 g 的切向和法向分量求得。

在该时刻物体的速度与水平轴的夹角为

$$\alpha = \arctan \frac{v_y}{v_x} = \arctan \frac{gt}{v} = 45^\circ$$

取自然坐标，物品在抛出10s 时，重力加速度的切向分量与法向分量分别为

$$a_t = g \sin \alpha = g \sin \left(\arctan \frac{gt}{v} \right) = 5\sqrt{2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_n = g \cos \alpha = g \cos \left(\arctan \frac{gt}{v} \right) = 5\sqrt{2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

6. 【答案】B。解析：平抛物体在运动过程中只存在竖直向下的重力加速度。为求特定时刻 t 时物体的切向加速度和法向加速度，只需求出该时刻它们与重力加速度之间的夹角 α 或 β 。由图可知，在特定时刻 t ，物体的切向加速度和水平线之间的夹角 α ，可由此时刻的两速度分量 v_x 、 v_y 求出，这样，也就可将重力加速度 g 的切向和法向分量求得。

在该时刻物体的速度与水平轴的夹角为

$$\alpha = \arctan \frac{v_y}{v_x} = \arctan \frac{gt}{v} = 45^\circ$$

取自然坐标，物品在抛出10s 时，重力加速度的切向分量与法向分量分别为

$$a_t = g \sin \alpha = g \sin \left(\arctan \frac{gt}{v} \right) = 5\sqrt{2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_n = g \cos \alpha = g \cos \left(\arctan \frac{gt}{v} \right) = 5\sqrt{2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

第五节 伽利略变换 绝对时空观

1. 湖中有一小船，有人用绳绕过岸上一定高度处的定滑轮拉湖中的船向岸边运动。设该人以匀速率 v_0 收绳，绳不伸长且湖水静止，小船的速率为 v ，则小船作（ ）

A. 匀加速运动， $v = \frac{v_0}{\cos \theta}$

B. 匀减速运动， $v = v_0 \cos \theta$

C. 变加速运动， $v = \frac{v_0}{\cos \theta}$

D. 变减速运动, $v = v_0 \cos \theta$

2. 地面上垂直竖立一高20.0 m 的旗杆, 已知正午时分太阳在旗杆的正上方, 求在下午____杆影伸展至20.0 m。 ()

A. 2 : 30 B. 3 : 00 C. 3 : 30 D. 4 : 00

3. 一无风的下雨天, 一列火车以 $v_1 = 8.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度匀速前进, 在车内的旅客看见玻璃窗外的雨滴和垂线成 53° 角下降。则雨滴下落的速度为____ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。(设下降的雨滴作匀速运动) ()

A. 6.0 B. 8.0 C. 10.0 D. 12.0

4. 一人能在静水中以 $2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度划船前进。今欲横渡一宽为 $1.0 \times 10^3 \text{ m}$ 、水流速度为 $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的大河。则他若要从出发点以最短的时间过河, 则而到达正对岸下游的一点, 那么渡河时间为____s。 ()

A. 400 B. 500 C. 1000 D. 1500

5. 如图13-1所示, 一质点相对观察者 O 运动, 在任意时刻 t , 其位置为 $x = vt$, $y = gt^2/2$, 若另一观察者 O' 以速率 v 沿 x 轴正向相对于 O 运动。试问质点相对 O' 的加速度为____。()

A. g B. $0.5g$ C. $0.5g + v/t$ D. $g + v/g$

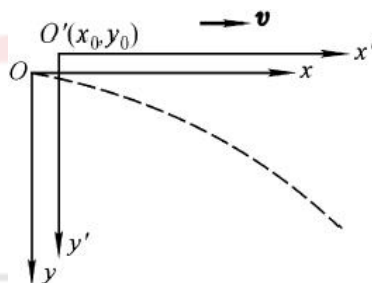


图13-1

习题解析

1. 【答案】C。解析: 本题关键是先求得小船速度表达式, 进而判断运动性质。为此建立如图所示坐标系, 设定滑轮距水面高度为 h , t 时刻定滑轮距小船的绳长为 l , 则小船

的运动方程为 $x = \sqrt{l^2 - h^2}$, 其中绳长 l 随时间 t 而变化。小船速度 $v = \frac{dx}{dt} = \frac{l \frac{dl}{dt}}{\sqrt{l^2 - h^2}}$,

式中 $\frac{dl}{dt}$ 表示绳长 l 随时间的变化率, 其大小即为 v_0 , 代入整理后为

$v = \frac{v_0}{\sqrt{l^2 - h^2} / l} = \frac{v_0}{\cos \theta}$, 方向沿 x 轴负向。由速度表达式, 可判断小船作变加速运动。

故选C。

2. 【答案】B。解析：为求杆顶在地面上影子速度的大小，必须建立影长与时间的函数关系，即影子端点的位矢方程。根据几何关系，影长可通过太阳光线对地转动的角速度求得。由于运动的相对性，太阳光线对地转动的角速度也就是地球自转的角速度。这样，影子端点的位矢方程和速度均可求得。

太阳相对地球的角速度为：

$$\omega = 360^\circ / 24\text{h} = 15^\circ / \text{h},$$

当影长=杆长时，太阳相对地球转过的角度 45° 。

$$\text{转过角度所需时间为 } t = \theta / \omega = 45 / 15 = 3\text{h},$$

在下午三点时杆影将伸展至 20.0m 。

3. 【答案】A。解析：这是一个相对运动的问题。设雨滴为研究对象，地面为静止参考系S，火车为动参考系S'。 v_1 为S'相对S的速度， v_2 为雨滴相对S的速度，利用相对运动速度的关系即可解。解以地面为参考系，火车相对地面运动的速度为 v_1 ，雨滴相对地面竖直下落的速度为 v_2 ，旅客看到雨滴下落的速度 v_2' 为相对速度，于是可得

$$v_2 = \frac{v_1}{\tan 53^\circ} = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

4. 【答案】A。解析：船到达对岸所需时间是由船垂直于岸的速度 v 决定的。由于水流速度 u 平行于岸， v 最大等于船在静水中划行的速度 v' ，若要用最短时间过河，则必须使 v 有极大值。 $t = \frac{d}{v} = \frac{d}{v'} = 400 \text{ s}$ ，因此答案为A。

5. 【答案】A。解析：该问题涉及到运动的相对性。如何将已知质点相对于观察者O的运动转换到相对于观察者O'的运动中去，其实质就是进行坐标变换，将系O中一动点 (x, y) 变换至系O'中的点 (x', y') 。由于观察者O'相对于观察者O作匀速运动，因此，该坐标变换是线性的。

取Oxy和O'x'y'分别为观察者O和观察者O'所在的坐标系，且使Ox和O'x'两轴平行。在 $t=0$ 时，两坐标原点重合。由坐标变换得

$$x' = x - vt = vt - vt = 0$$

$$y' = y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{加速度} \quad a = a_y' = \frac{d^2 y'}{dt^2} = g$$

由此可见，动点相对于系O'是在y方向作匀变速直线运动。动点在两坐标系中加速度相同，这也正是伽利略变换的必然结果。



本章练习题

1. 已知质点沿x轴作直线运动，其运动方程为 $x = 2 + 6t^2 - 2t^3$ (SI)，质点在运动开始后4.0 s内的位移的大小为_____。()

- A. 32m B. -32m C. 40m D. -40m

2. 已知质点的运动方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (2 - t^2)\mathbf{j}$ (SI)，则质点的运动轨迹为_____。
()

- A. 抛物线 B. 双曲线 C. 直线 D. 椭圆

3. 已知质点的运动方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (2 - t^2)\mathbf{j}$ (SI)，由 $t = 0$ 到 $t = 2$ s 内质点的径向增量 Δr 为_____m。()

- A. $4\sqrt{2} - 2$ B. $4\sqrt{2} + 2$ C. $4\sqrt{2} - 4$ D. $4\sqrt{2} + 4$

4. 一石子从空中由静止下落，由于空气阻力，石子并非作自由落体运动，现测得其加速度 $a = A - Bv$ ，式中A、B 为正恒量，求石子下落的极限速度为。()

- A. A/B B. AB C. A D. B

5. 质点在Oxy 平面内运动，其运动方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (19 - 2t^2)\mathbf{j}$ (SI)，则质点在第2s 内的平均速度为_____ $m \cdot s^{-1}$ 。()

- A. $2\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$ B. $2\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ C. $2\mathbf{i} + 6\mathbf{j}$ D. $2\mathbf{i} - 6\mathbf{j}$

6. 质点在Oxy 平面内运动，其运动方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (19 - 2t^2)\mathbf{j}$ (SI)，则质点在1s 时的速度为_____ $m \cdot s^{-1}$ 。

- A. $2\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$ B. $2\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ C. $2\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$ D. $2\mathbf{i} - 4\mathbf{j}$

7. 质点在Oxy 平面内运动，其运动方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (19 - 2t^2)\mathbf{j}$ (SI)，则质点在1s 时的加速度为_____ $m \cdot s^{-2}$ 。

- A. $-2\mathbf{j}$ B. $2\mathbf{j}$ C. $-4\mathbf{j}$ D. $4\mathbf{j}$

8. 一质点沿半径为R 的圆周按规律 $s = v_0 t - \frac{1}{2}bt^2$ 运动， v_0 、 b 都是常量。则质点作圆周运动的速率为_____。()

- A. $v_0 - bt$ B. $v_0 + bt$ C. $v_0 + \frac{1}{2}bt$ D. $v_0 - \frac{1}{2}bt$

9. 一质点沿半径为R 的圆周按规律 $s = v_0 t - \frac{1}{2}bt^2$ 运动， v_0 、 b 都是常量。则t 时刻质点的切向加速度大小为。()

- A. $-b$ B. b C. $\frac{1}{2}b$ D. $-\frac{1}{2}b$

10. 一质点沿半径为 R 的圆周按规律 $s = v_0 t - \frac{1}{2} b t^2$ 运动, v_0 、 b 都是常量。则 t 时刻质点的法向加速度大小为。()

- A. $v_0 - bt$ B. $v_0 + bt$ C. $\frac{(v_0 - bt)^2}{R}$ D. $\frac{(v_0 - \frac{1}{2}bt)^2}{R}$

习题解析

1. 【答案】B。解析：质点在 t 时间内的位移 Δx 的大小可直接由运动方程得到：

$$\Delta x = x_t - x_0,$$

质点在 4.0 s 内位移的大小 $\Delta x = x_4 - x_0 = -32 \text{ m}$

2. 【答案】A。解析：(1) 由分量方程 $x(t)$ 和 $y(t)$ 中消去 t 后得质点轨迹方程为

$$y = 2 - \frac{1}{4}x^2$$

这是一个抛物线方程。

3. 【答案】A。解析：将 $t = 0 \text{ s}$ 和 $t = 2 \text{ s}$ 分别代入运动方程，可得相应位矢分别为

$$\mathbf{r}_0 = 2\mathbf{j}, \quad \mathbf{r}_2 = 4\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$$

图(a)中的P、Q两点，即为 $t = 0 \text{ s}$ 和 $t = 2 \text{ s}$ 时质点所在位置。

由位移表达式，得

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = (x_2 - x_0)\mathbf{i} + (y_2 - y_0)\mathbf{j} = 4\mathbf{i} - 4\mathbf{j}$$

而径向增量 $\Delta r = \Delta |\mathbf{r}| = |\mathbf{r}_2| - |\mathbf{r}_0| = \sqrt{x_2^2 + y_2^2} - \sqrt{x_0^2 + y_0^2} = (4\sqrt{2} - 2) \text{ m}$

4. 【答案】A。解析：本题亦属于运动学第二类问题，与上题不同之处在于加速度是速度 v 的函数，因此，需将式 $d\mathbf{v} = a(v) dt$ 分离变量为 $\frac{dv}{a(v)} = dt$ 后再两边积分。

选取石子下落方向为 y 轴正向，下落起点为坐标原点。

$$(1) \quad \text{由题意知} \quad a = \frac{dv}{dt} = A - Bv \quad (1)$$

用分离变量法把式(1)改写为

$$\frac{dv}{A - Bv} = dt \quad (2)$$

将式(2)两边积分并考虑初始条件，有

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{A - Bv} = \int_0^t dt$$

得石子速度

$$v = \frac{A}{B}(1 - e^{-Bt})$$

由此可知当, $t \rightarrow \infty$ 时, $v \rightarrow \frac{A}{B}$ 为一常量, 通常称为极限速度或收尾速度。

5. 【答案】D。解析: 在 $t_1 = 1.00 \text{ s}$ 到 $t_2 = 2.0 \text{ s}$ 时间内的平均速度

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1} = 2.0\mathbf{i} - 6.0\mathbf{j}。因此答案为D。$$

6. 【答案】D。解析: 质点在任意时刻的速度为:

$$\mathbf{v}(t) = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} = 2.0\mathbf{i} - 4.0t\mathbf{j}$$

把 $t=1\text{s}$ 带入可得, $\mathbf{v}(t=1) = 2.0\mathbf{i} - 4.0\mathbf{j}$ 。本题答案为D。

7. 【答案】C。解析: 质点在任意时刻的加速度为:

$$\mathbf{v}(t) = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} = 2.0\mathbf{i} - 4.0t\mathbf{j}$$

$$\mathbf{a}(t) = \frac{d^2x}{dt^2} \mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \mathbf{j} = -4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \mathbf{j}$$

加速度是个常数。因此选C。

8. 【答案】A。解析: 质点作圆周运动的速率为:

$$v = \frac{ds}{dt} = v_0 - bt$$

9. 【答案】A。解析: 质点作圆周运动的速率为

$$v = \frac{ds}{dt} = v_0 - bt$$

其加速度的切向分量为

$$a_t = \frac{d^2s}{dt^2} = -b$$

10. 【答案】C。解析: 质点作圆周运动的速率为

$$v = \frac{ds}{dt} = v_0 - bt$$

法向分量为

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(v_0 - bt)^2}{R}$$

第二章 质点动力学

第一节 牛顿运动定律

1. 用细绳系一小球，使之在竖直平面内作圆周运动，当小球运动到最高点时（ ）

- A. 将受到重力，绳的拉力和向心力的作用
- B. 将受到重力，绳的拉力和离心力的作用
- C. 绳子的拉力可能为零
- D. 小球可能处于受力平衡状态

2. 在下列关于力与运动关系的叙述中，正确的是：（ ）

- A. 若质点所受合力的方向不变，则一定作直线运动
- B. 若质点所受合力的大小不变，则一定作匀加速直线运动
- C. 若质点所受合力恒定，肯定不会作曲线运动
- D. 若质点从静止开始，所受合力恒定，则一定作匀加速直线运动

3. 如图14-1所示，假设物体沿着铅直面上圆弧形光滑轨道下滑，在从A至C的下滑过程中，下面哪个说法是正确的？（ ）

- A. 它的加速度方向永远指向圆心
- B. 它的速度均匀增加
- C. 它的合外力大小变化，方向永远指向圆心
- D. 轨道支持力的大小不断增加

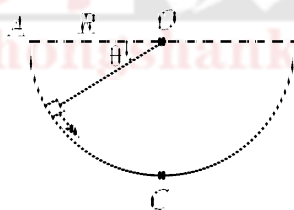


图 14-1

4. 一段路面水平的公路，转弯处轨道半径为 R ，汽车轮胎与路面间的摩擦因数为 μ ，要使汽车不至于发生侧向打滑，汽车在该处的行驶速率（ ）

- (A) 不得小于 $\sqrt{\mu g R}$
- (B) 必须等于 $\sqrt{\mu g R}$
- (C) 不得大于 $\sqrt{\mu g R}$
- (D) 还应由汽车的质量 m 决定

5. 下列说法正确的是（ ）

- A. 若物体运动速率始终不变，则物体所受合力一定为零
B. 若物体的加速度均匀增加，则物体做匀加速直线运动
C. 若物体所受合力与其速度方向相反，则物体做匀减速直线运动
D. 若物体在任意的相等时间间隔内位移相等，则物体做匀速直线运动

习题解析

1. 【答案】C。解析：小球在重力和绳子拉力作用下作竖直平面内圆周运动，是变加速曲线运动，因此D选项错误。向心力是根据效果确定的力，受力分析时不能和重力及拉力并列，A选项错误。离心力是一种惯性力，也不能和重力及拉力并列，B选项错误。C选项正确，最高点绳子拉力最小为零，此时对应通过最高点作圆周运动的最小速度。

2. 【答案】D。解析：直线运动的条件是合力与速度方向相同，而非合力大小不变或方向不变，因此A选项、B选项和C选项错误。D选项正确，质点从静止开始，所受合力恒定，合力与速度方向相同，因此为直线运动。

3. 【答案】D。解析：小球在下滑过程中，重力势能转化为动能，速度不断增大，法向加速度变大，切向加速度变小，是一个变加速曲线运动，A、B和C选项均错误，答案为D。

4. 【答案】C。解析：由题意知，汽车应在水平面内作匀速率圆周运动，为保证汽车转弯时不侧向打滑，所需向心力只能由路面与轮胎间的静摩擦力提供，能够提供的最大向心力应为 μF_N 。由此可算得汽车转弯的最大速率应为 $v = \sqrt{\mu Rg}$ 。

因此只要汽车转弯时的实际速率不大于此值，均能保证不侧向打滑。应选C。

5. 【答案】D。解析：物体运动速率不变但方向可能变化，因此合力不一定为零，A错；物体的加速度均匀增加，即加速度在变化，是非匀加速直线运动，B错；物体所受合力与其速度方向相反，只能判断其做减速运动，但加速度大小不可确定，C错；若物体在任意的相等时间间隔内位移相等，则物体做匀速直线运动，D对。

第二节 力学中常见的相互作用力

1. 下列说法中哪一个是正确的？（ ）
- A. 合力一定大于分力
B. 物体速率不变，所受合外力为零
C. 速率很大的物体，运动状态不易改变
D. 质量越大的物体，运动状态越不易改变

2. 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 μ_2 , m_1 和 m_2 间静摩擦因数 μ_1 , 问沿水平方向至少用____力才能把下面的木块抽出来. ()

- A. $(\mu_1 + \mu_2)(m_1 + m_2)g$
- B. $(\mu_1 - \mu_2)(m_1 + m_2)g$
- C. $\mu_1(m_1 + m_2)g$
- D. $\mu_2(m_1 + m_2)g$

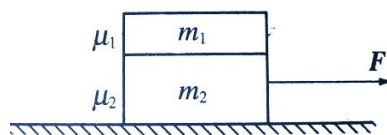


图 14-2

3. 用水平力 F_N 把一个物体压着靠在粗糙的竖直墙面上保持静止。当 F_N 逐渐增大时, 物体所受的静摩擦力 F_f 的大小()

- A. 不为零, 但保持不变
- B. 随 F_N 成正比地增大
- C. 开始随 F_N 增大, 达到某一最大值后, 就保持不变
- D. 无法确定

4. 下列说法正确的是____。()

- A. 摩擦力总和物体运动的方向相反
- B. 滑动摩擦力总和物体运动的方向相反
- C. 静摩擦力总和物体运动的方向相反
- D. 摩擦力总是阻碍物体间的相对运动

习题解析

1. 【答案】D. 解析: 由分力求合力是矢量和, 合力可能大于分力、小于分力或等于分力。因此 A 选项错误。速率不变, 但方向可能变化, 因此合力可能不为零, B 选项错误。运动状态是否容易改变, 取决于物体的惯性大小, 质量越大, 惯性越大, 运动状态越难改变, 与速率大小无关, C 选项错误。

2. 【答案】A. 解析: 隔离物体进行受力分析
对图 14-3 (1):

$$f_1 = \mu_1 N_1 = \mu_1 m_1 g = m_1 a_1$$

得 $a_1 = \mu_1 g$

对图 14-3 (2):

$$N_2 = N_1' + m_2 g = m_1 g + m_2 g$$

$$F - f_1' - f_2 = m_2 a_2$$

$$f_2 = \mu_2 N_2$$

$$\text{得 } a_2 = \frac{1}{m_2} [F - \mu_1 m_1 g - \mu_2 (m_1 + m_2) g]$$

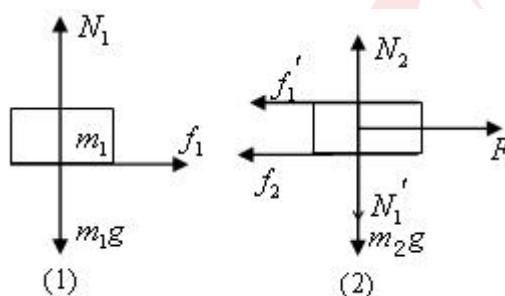


图 14-3

将木块抽出的条件是 $a_2 > a_1$

得到 $F > (\mu_1 + \mu_2)(m_1 + m_2)g$

3. 【答案】A。解析：与滑动摩擦力不同的是，静摩擦力可在零与最大值 μF_N 范围内取值。当 F_N 增加时，静摩擦力可取的最大值成正比增加，但具体大小则取决于被作用物体的运动状态。由题意知，物体一直保持静止状态，故静摩擦力与重力大小相等，方向相反，并保持不变，故选 A。

4. 【答案】D。解析：摩擦力的方向总与相对运动或相对运动趋势方向相反，而相对运动与实际运动方向可能相同，也可能不同。故 A、B、C 选项均错误，D 正确。

第三节 牛顿运动定律的应用举例

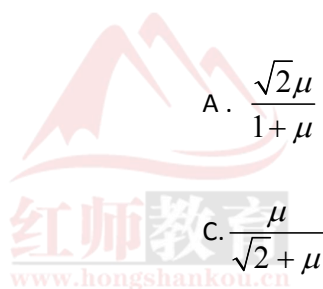
1. 雨下降时，因受空气阻力，在落地前已是等速运动，速率为 5m/s。假定空气阻力大小与雨滴速率的平方成正比，则雨滴速率为 4m/s 时的加速度约为_____。()

- A. $3.2 m \cdot s^{-2}$ B. $3.0 m \cdot s^{-2}$ C. $2.8 m \cdot s^{-2}$ D. $3.6 m \cdot s^{-2}$

2. 在一只半径为 R 的半球形碗内，有一个质量为 m 的小钢球，当以角速度 ω 在水平面内沿碗内壁做匀速圆周运动时，它距碗底又多高？()

- A. $R - \frac{g}{\omega^2}$ B. $R - \frac{2g}{\omega^2}$ C. $R - \frac{g}{2\omega^2}$ D. $R + \frac{g}{\omega^2}$

3. 在水平的足够长的固定木板上，一小物块以某一初速度开始滑动，经一段时间 t 后停止。现将该木板改置成倾角为 45° 的斜面，让小物块以相同的初速度沿木板上滑。若小物块与木板之间的动摩擦因数为 μ 。则小物块上滑到最高位置所需时间与 t 之比为 ()



A. $\frac{\sqrt{2}\mu}{1+\mu}$

B. $\frac{\mu}{1+\sqrt{2}\mu}$

C. $\frac{\mu}{\sqrt{2}+\mu}$

D. $\frac{1+\mu}{\sqrt{2}\mu}$

4. 将一个物体以某一速度从地面竖直向上抛出，设物体在运动过程中所受空气阻力大小不变，则物体（ ）

- A. 刚抛出时的速度最大 B. 在最高点的加速度为零
 C. 上升时间大于下落时间 D. 上升时的加速度等于下落时的加速度

5. 降落伞在匀速下落过程中遇到水平方向吹来的风，若风速越大，则降落伞（ ）

- A. 下落的时间越短 B. 下落的时间越长
 C. 落地时速度越小 D. 落地时速度越大

习题解析

1. 【答案】D。解析：根据牛顿第二定律，雨滴等速运动时，加速度为零

$$mg - kv_1^2 = 0$$

$$k = \frac{mg}{v_1^2}$$

$$mg - kv_2^2 = ma$$

$$mg - \frac{mg}{v_1^2} v_2^2 = ma$$

$$a = (1 - \frac{v_2^2}{v_1^2})g = (1 - \frac{4^2}{5^2}) \times 10$$

$$= 3.6 \text{ m/s}^2$$

2. 【答案】A。解析：取刚球为隔离体，其受力分析如图 B

$$F \sin \theta = ma_n = mR\omega^2 \sin \theta \quad (1)$$

$$F \cos \theta = mg \quad (2)$$

$$\cos \theta = \frac{(R-h)}{R} \quad (3)$$

由上述格式可解得刚球距碗底的高度为

$$h = R - \frac{g}{\omega^2}$$

本题答案为 A。



3. 【答案】A。解析：木板水平时，小物块的加速度 $a_1 = \mu g$ ，设滑行初速度为 v_0 ，则滑行时间为 $t = \frac{v_0}{\mu g}$ ；木板改成后，小物块上滑的加速度 $a_2 = \frac{(1+\mu)\sqrt{2}g}{2}$ ，滑行时间 $t' = \frac{v_0}{a_2} = \frac{v_0}{(1+\mu)\sqrt{2}g}$ ，因此 $\frac{t'}{t} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{\sqrt{2}\mu}{1+\mu}$ ，A 项正确。

4. 【答案】A 解析：在阻力作用下，上升时的加速度大于下落时的加速度，D 错误；根据 $h = \frac{1}{2}at^2$ ，上升时间小于下落时间，C 错误，B 也错误，正确选项 A。

5. 【答案】D。解析：根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，下落的时间不变；根据 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ ，若风速越大，则降落伞落地时速度越大，选项 D 正确。

第四节 力学相对性原理 非惯性系中牛顿定律

1. 下列说法正确的是_____。()

- A. 在惯性系中牛顿第一定律成立
- B. 在非惯性系中牛顿第一定律成立
- C. 在非惯性系中牛顿第二定律成立
- D. 在非惯性系中牛顿第三定律成立

2. 下列说法正确的是_____。()

- A. 在惯性系测得质点的加速度是由相互作用力产生的
- B. 在非惯性系测得质点的加速度是惯性力产生的
- C. 在非惯性系中牛顿定律依然适用
- D. 惯性力符合相互作用力的一般性质

3. 下列关于惯性的说法正确的是_____。()

- A. 火箭升空时速度增大，惯性增大
- B. 宇航员从地球到达太空，惯性减小
- C. 战斗机战斗前抛掉副油箱，惯性增大
- D. 给空卡车装满货物，卡车的惯性增大

4. 如图是体育摄影中“追拍法”的成功之作，摄影师眼中清晰的滑板运动员是静止的，而模糊的背景是运动的，摄影师用自己的方式表达了运动的美。请问摄影师选择的参考系是_____。



A. 大地 B. 太阳
C. 滑板运动员 D. 步行的人

A. 它的周期与地球自转周期相同
B. 它的周期、高度、速度都是一定的
C. 我们国家发射的同步通讯卫星可以定点在北京上空
D. 我国发射的同步通讯卫星必须定点在赤道上空

5. 【答案】C。解析：地球同步卫星相对地球是静止的，是以地心为圆心同步绕地轴转动的，因此同步地球卫星只能定位于赤道上方指定高度，速度、角速度和周期是固定的。因此本题答案 C。

A. 动量不守恒, 动能守恒

- B. 动量守恒, 动能不守恒
C. 角动量守恒, 动能不守恒
D. 角动量不守恒, 动能守恒

3. 质量为 1kg 的小球, 沿水平方向以速率 5m/s 与固定的竖直壁作弹性碰撞, 设指向壁内的方向为正方向, 假设碰撞作用时间为 0.1s , 则碰撞过程中小球受到的平均作用力为 ()

- A. 50N B. -50N
C. 100N D. -100N

4. 质量为 m 的质点, 以不变速率 v 沿水平光滑轨道垂直撞击墙面, 撞击后被反弹, 假设撞击为完全弹性碰撞, 并规定碰撞前质点运动方向为正方向, 则质点作用于墙面的冲量为

- A. mv B. $2mv$ C. $-mv$ D. $-2mv$

5. 几个力同时作用在一个质点上, 如果这几个力的矢量和为零, 则质点: ()

- A. 外力矩必然为零
B. 角动量一定改变
C. 角动量一定不变
D. 角动量可能变化, 也可能不变

习题解析

1. 【答案】选 B。解析: $M = r \times F$, 带入数值计算可知答案 B。

2. 【答案】选 C。解析: 人造地球卫星, 绕地球作椭圆轨道运动, 地球在椭圆的一个焦点上, 卫星在万有引力的作用下动量不守恒, 但由于和外力矩为零, 角动量守恒。因此答案为 C。

3. 【答案】选 D。解析: 本题的考察知识点为动量定理, 小球的动量变化等于外力的冲量。注意方向改变了, 动量变化为 $-2mv$ 。代入数据可知, D 选项正确。

4. 【答案】选 B。解析: 本题的考察知识点为动量定理及作用力与反作用力冲量。小球的动量变化等于外力对小球的冲量。注意方向改变了, 动量变化为 $-2mv$, 墙壁对小球的冲量为 $-2mv$, 根据作用力与反作用力冲量的关系, 质点作用于墙面的冲量为 $2mv$ 。可知, B 选项正确。

5. 【答案】选 D。力的矢量和为零, 合力矩不一定为零, 力矩由力和力臂决定, 因而角动量可能不变, 也可能改变。故而选 D。

第六节 功和机械能

1. 如图所示, 一质点在几个力的作用下, 沿半径为 R 的圆周运动, 其中一个力是恒力 F_0 。终沿 x 轴正向, 即 $F_0 = F_0 i$, 当质点从 A 点沿逆时针方向走过 $3/4$ 圆周到达 B 点时, F_0 所作的功为 $W = \underline{\hspace{2cm}}$ 。()

- A. $F_0 R$ B. $-F_0 R$ C. 0 D. $\frac{1}{2} F_0 R$

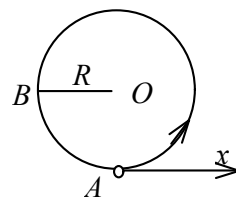


图 14-5

2. 在下列情况中, 机械能守恒的是_____。()

- A. 飘落的树叶
B. 沿着斜面匀速下滑的物体
C. 被起重机匀加速吊起的物体
D. 不计空气阻力, 推出的铅球在空中运动的过程

3. 在足球赛场上, 某运动员用力踢出质量为 0.4 kg 的足球, 使足球获得 20 m/s 的速度, 则该运动员对足球做的功是_____。()

- A. 6 J B. 80 J
C. 160 J D. 条件不足, 无法确定

4. 物体在下列运动中, 机械能守恒的是_____。()

- A. 自由落体运动 B. 在斜面上匀速下滑
C. 竖直方向的匀速直线运动 D. 水平方向的匀加速直线运动

5. 甲、乙、丙三物体的质量之比是 $1:2:3$, 若它们的动能相等, 并且作用于每一个物体上的制动力都相同, 则它们制动距离之比是: ()

- A. $1:2:3$ B. $1:4:9$
C. $1:1:1$ D. $3:2:1$

习题解析

1. 【答案】B。解析:

$$dW = F_0 \cdot ds = F_0 \cos \theta ds = F_0 \cos \theta R d\theta$$

$$W = \int_0^{3\pi/2} F_0 \cos \theta R d\theta = -F_0 R$$

或者,

$$dW = F_0 \cdot ds = F_0 \cos \theta ds = F_0 dx$$

$$W = \int_0^{-R} F_0 dx = -F_0 R$$

本题答案为 B。

2. 【答案】D。解析：本题的考点为机械能守恒的条件，即系统仅有保守力做功。A 选项，树叶受空气阻力，且空气阻力做功；B 选项，受摩擦力，且摩擦力的功大小等于重力功；C 选项，物体受到的拉力做功，拉力做功与重力功之和为零，动能不变；D 选项，铅球仅受重力，重力是保守力，机械能守恒。本题答案为 D。

3. 【答案】B。解析：根据动能定理，运动员对足球做的功等于足球的动能变化，计算可得为 80J。因此答案为 B。

4. 【答案】A。解析：本题考查机械能守恒定律的适用条件，即仅有保守力做功的条件下系统机械能守恒。答案为 A。

5. 【答案】C。解析：分析：由动能定理可知三个制动力对物体所作的功相等；在这三个相同的制动力作用下，物体的制动距离是相同的。因此选 C。

本章练习题

1. 氢原子核由两个质子与两个中子组成，这两个质子之间存在着万有引力、库仑力和核力，则 3 种从大到小的排列顺序是()

- A.核力、万有引力、库仑力 B.万有引力、库仑力、核力
C.库仑力、核力、万有引力 D.核力、库仑、万有引力

2. (多选) 牛顿以天体之间普遍存在着引力为依据，运用严密的逻辑推理，建立了万有引力定律。在创建万有引力定律的过程中，牛顿()

- A. 接受了胡克等科学家关于“吸引力与两中心距离的平方成反比”的猜想
B. 根据地球上一切物体都以相同加速度下落的事实，得出物体受地球的引力与其质量成正比，即 $F \propto m$ 的结论
C. 根据 $F \propto m$ 和牛顿第三定律，分析了地月间的引力关系，进而得出 $F \propto m_1 m_2$
D. 根据大量实验数据得出了比例系数 G 的大小

3. 小球由地面竖直上抛，上升的最大高度为 H ，设所受阻力大小恒定，地面为零势能面。在上升至离地高度 h 处，小球的动能是势能的两倍，在下落至离高度 h 处，小球的势能是动能的两倍，则 h 等于_____。()

- A. $H/9$ B. $2H/9$ C. $3H/9$ D. $4H/9$

4. 在下列各物体中，可视作质点的物体有

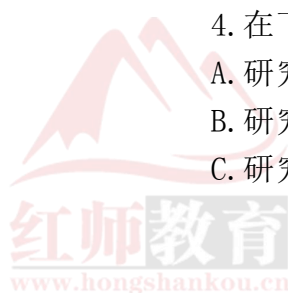
- A. 研究公路上行驶的汽车
B. 研究乒乓球运动员拉出的弧圈球
C. 研究表演旋转动作的芭蕾舞演员



红师教育
www.hongshankou.cn



红师教育
www.hongshankou.cn



红师教育
www.hongshankou.cn



红师教育
www.hongshankou.cn

D. 研究在双杠上表演动作的体操运动员

5. 在下列关于力与运动关系的叙述中, 正确的是: ()

A. 若质点所受合力的方向不变, 则一定作直线运动

B. 若质点所受合力的大小不变, 则一定作匀加速直线运动

C. 若质点所受合力越大, 则质点速度必定越大

D. 若质点从静止开始, 所受合力恒定, 则一定作匀加速直线运动

6. 如图 2-2 所示, 两个质量分别为 m_A 和 m_B 的物体 A、B, 一起在水平面上沿 x 轴正向作匀减速直线运动, 加速度大小为 a , A 与 B 间的静摩擦系数为 μ , 则 A 作用于 B 的静摩擦力 F 的大小和方向分别为: ()

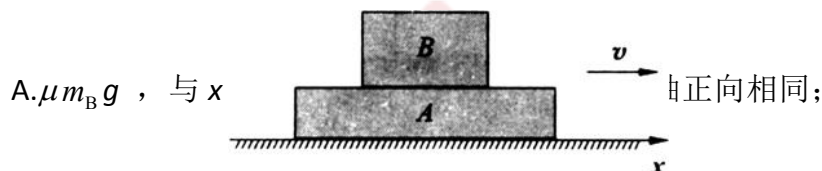


图 14-6

A. $\mu m_B g$, 与 x 轴正向相同;
C. $m_B a$, 与 x 轴正向相反;

7. 如图 14-7, 一只质量为 m 的猴, 原来抓住一根用绳吊在天花板上的质量为 M 的直杆, 悬线突然断开, 小猴则沿杆子竖直向上爬以保持它离地面的高度不变, 此时直杆下落的加速度为: ()

A. g B. $\frac{M}{m}g$ C. $\frac{M+m}{m}g$ D. $\frac{M+m}{M-m}g$

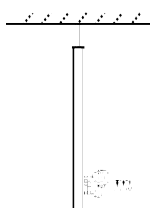


图 14-7

8. 以下四种说法中, 哪一种是正确的。 ()

A. 作用力与反作用力的功一定是等值异号

B. 内力不能改变系统的总机械能.

C. 摩擦力只能作负功.

D. 同一个力作功在不同的参考系中, 也不一定相同.

9. 一个质点在恒力 $F = -3i - 5j + 9k$ (SI) 作用下的位移为,

$\Delta r = 4i - 5j + 6k$ (SI) 则这个力在该位移过程中所作的功为: ()

- A. 67J B. 91J C. 17J D. -67J

10. 一质量为 2.0 g 的子弹, 在枪管中前进时受到的合力

$F = (400 - 8000x/9)$ (SI), 其中 x 为子弹在枪管中运动的距离, 子弹在枪口的出

射速率为 300 m/s, 则枪管的长度为 ()

- A. 0.45m B. 0.5m C. 0.9m D. 1.0m

习题解析

1. 【答案】D。解析: 核力是强力, 它可将核子束缚在原子核内。万有引力最弱, 研究核子间相互作用时万有引力可以忽略。

2. 【答案】AB。解析: 英国科学家亨利·卡文迪许通过扭秤实验测得比例系数 G 的大小, 因此 D 选项错误。题干要求“在创建万有引力定律的过程中”, 牛顿知识接受了平方反比猜想, 和物体受地球的引力与其质量成正比, 即 $F \propto m$ 的结论, 而提出万有引力定律后, C 项也是在建立万有引力定律后才进行的探索, 因此符合题意的只有 AB。

3. 【答案】D。解析: 小球上升至最高点过程: $-mgH - fH = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$;

小球上升至离地高度 h 处过程: $-mgh - fh = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 又 $\frac{1}{2}mv_1^2 = 2mgh$;

小球上升至最高点后又下降至离地高度 h 处过程:

$-mgh - f(2H - h) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 又 $\frac{1}{2}mv_2^2 = mgh$; 以上各式联立解得

$h = \frac{4}{9}H$, 答案 D 正确。

4. 【答案】A。解析: 可视为质点的条件是物体的大小和形状等对分析物体的运动没有影响, 因此答案为 A。

5. 【答案】D。解析: A 可以为平抛运动, B 可以为匀速圆周运动, C 合力越大, 加速度越大必须加上质量相等的条件。本题答案为 D。

6. 【答案】D。解析: 对物体 B 进行受力分析, 它受到重力, 支持力及摩擦力, 它沿 x 轴正向作匀减速直线运动, 在 x 方向上力即摩擦力大小为 $m_B a$, 方向与 x 轴正向相反。

7. 【答案】C。解析：因为小猴离地面的高度不变，所以小猴相对地的加速度为 0，小猴受到重力和摩擦力，两个力大小相等。由牛顿第三定律小猴对杆的摩擦力大小也为 mg ，方向向下，对杆列方程为 $Mg+mg=Ma$ ，可得答案。

8. 【答案】D。解析：功不仅与力有关，还与作用距离有关。作用力与反作用力作用在不同的物体上，位移可能不同，因此 A 选项错误。内力可以是保守力也可以是非保守力，非保守力做功改变机械能，因此 B 选项错误。摩擦力只是与相对运动或相对运动趋势方向相反，但与运动方向可能相反，可能相同，也可能成一定夹角，因此摩擦力在物体运动时可能做正功，也可能做负功，也可能不做功。D 选项正确，在不同参考系下，物体的位移可能不同。

9. 【答案】A。解析：

$$W = F \cdot \Delta r = (4i - 5j + 6k) \cdot (-3i - 5j + 9k) = 67 J。$$

10. 【答案】A。解析：

$$\text{质点动能定理} \quad W = \int_0^x F dx = \int_0^x (400 - \frac{8000}{9}x) dx = \frac{1}{2}mv^2 - 0，$$

可得 $(20x-9)^2 = 0$ ，所以 $x = 0.45m$ 。

第三章 质点系动力学

第一节 质点系的动量定理和动量守恒定律

1. 一竖直向上发射之火箭，原来静止时的初质量为 m_0 经时间 t 燃料耗尽时的末质量为 m ，喷气相对火箭的速率恒定为 u ，不计空气阻力，重力加速度 g 恒定。则燃料耗尽时火箭速率为

A. $v = u \ln \frac{m_0}{m} - gt/2$. B. $v = u \ln \frac{m}{m_0} - gt$.

C. $v = u \ln \frac{m_0}{m} + gt$. D. $v = u \ln \frac{m_0}{m} - gt$.

2. 机枪每分钟可射出质量为 20 g 的子弹 900 颗，子弹射出的速率为 800 m/s，则射击时的平均反冲力大小为_____。

()

A. 0.267 N.

B. 16 N.

C. 240 N.

D. 14400 N.

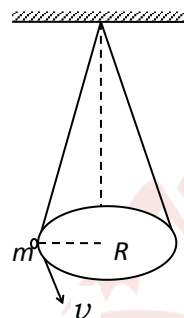


图 15-1

A. $2mv$

C. $\pi Rmg/v$

D. 0

A $12 \text{ N}\cdot\text{s}$

B $15 \text{ N} \cdot \text{s}$

C. $18 \text{ N} \cdot \text{s}$

D. $20 \text{ N} \cdot \text{s}$

A. $mv \cdot \cos \alpha / M$

B. $mv \cdot \cos \alpha / (M + m)$

C. $mv \cdot \cos \alpha / (M - m)$

D. mv/M

1. 【答案】D。解析：取竖直向上为正方向，由冲量定理得（ $dm < 0$ ）

$$-mg \cdot dt = \Delta P = [(m + dm) \cdot (v + dv) + (-dm)(v - \mu)] - mv$$

$$\Rightarrow 0 = g \cdot dt + dv + \frac{dm}{m} \cdot \mu$$

$$\Rightarrow 0 = \int_0^t g \cdot dt + \int_0^v dv + \int_{m_0}^m \frac{dm}{m} \cdot \mu = g \cdot t + v + \mu \cdot \ln \frac{m}{m_0}$$

$$\Rightarrow v = \mu \cdot \ln \frac{m_0}{m} - gt$$

答案为 D。

2. 【答案】 C。解析：由动量定理：

$$\overline{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{900 \times 0.02 \text{ kg} \times (800 \text{ m/s} - 0)}{60 \text{ s}} = 240 \text{ N}$$

3. 【答案】C。解析：重力为恒力，故：

$$I = \int_0^T mg \, dt = mg \cdot \frac{T}{2} = mg \cdot \frac{v}{2} = mg \cdot \frac{\pi R}{v}$$

答案为 C。

4. 【答案】C。解析：由 $I = \int_0^2 F dt = \int_0^2 (6t + 3) dt = (3t^2 + 3t) \Big|_0^2 = 18 N \cdot s$ ，可知，

答案为 C。

5. 【答案】B。解析：炮车和炮弹组成的系统在水平方向动量守恒，以地面为参考系，设炮车的速度大小为 v_1 ，炮弹水平方向的速度大小为 v_2 ，则有：

$$Mv_1 - mv_2 = 0, \quad v_1 + v_2 = v \cos \theta。联立解得 v_1 = \frac{mv}{M+m} \cos \theta, \quad \text{答案为 B。}$$

第二节 质心和质心运动定理

1. 一长度为 L 的翘翘板的两端分别做了一个小孩和一个大人，大人的质量是小孩的 2 倍，忽略跷跷板的质量，则有两人和跷跷板组成的质点系的质心，在跷跷板上的何处。()

- A. 在距离大人 $L/3$ 处 B. 在距离大人 $2L/3$ 处
C. 在距离大人 $L/2$ 处 D. 由于不知道小孩的质量，无法判断

2. 质心运动定律描述的是：

- A. 质点系的质心所遵循的定律
B. 质点系中所有质点所遵循的规律
C. 质心和所有质点遵循的规律
D. 是关于质心的动量守恒定理

3. 一长度为 L 、质量为 m ，且质量沿长度方向均匀分布的翘翘板，两端分别坐了一个小孩和一个大人，大人的质量为 $2m$ ，小孩质量为 m 。则有两人和跷跷板组成的质点系的质心，在跷跷板上的何处。()

- A. 在距离大人 $L/3$ 处 B. 在距离大人 $3L/8$ 处
C. 在距离大人 $L/2$ 处 D. 在距离大人 $2L/3$ 处

4. 如图 15-2，质量分别为 $m_A=10.0\text{kg}$ 和 $m_B=6.0\text{kg}$ 的两小球 A 和 B，用质量可略去的刚性细杆连接，则系统质心的位置约为：

- A. 在 $(0, 0)$ 处
B. 在 AB 的中部处
C. 在 $(1.5\text{m}, 1.9\text{m})$ 处
D. 在三角形 ABO 的内心处

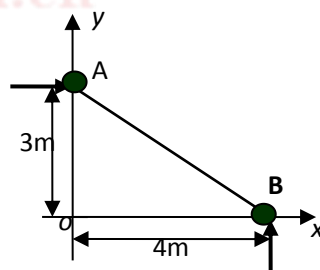


图 15-2

5. 下列说法正确的是 ()

- A. 由若干个质点组成的质点系的质心一定是质点系的几何中心
B. 质点系的一对内力不能改变质心的运动状态
C. 如果质点系的质心加速度不等于零，则不能用质心运动定律描述质心的



运动

D.两人在光滑的冰面上，初始时刻两人静止，突然其中一人推动另一人，后两人向相反的方向做匀速直线运动运动。在运动过程中，由两人组成的质点系的质心的位置将不断变化

习题解析

1. 【答案】选 A。解析：多质点系质心的计算

设质点系由 n 个质点组成，它们的质量分别是 m_1, m_1, \dots, m_n 。若用 $r_1, r_2, \dots,$

r_n 分别表示质点系中各质点相对于某一固定点 O 的矢径，用 r_c 表示质心的矢径，则有

$$r_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i r_i}{M}$$

式中 $M = \sum_{i=1}^n m_i$ 表示质点系的总质量。代入计算可得答案为 A。

2. 【答案】选 A。解析：不管物体的质量如何分布，也不管外力作用在物体的什么位置上，质心的运动就像是物体的全部质量都集中于此，而且所有外力都集中作用在质心的运动一样，这就是质心运动定理。因此答案为 A。

3. 【答案】选 B。解析：由质心的计算公式，以大人处为原点，则

$$r_c = \frac{2m \cdot 0 + m \cdot L + m \cdot \frac{1}{2}L}{2m + m + m} = \frac{3}{8}L, \text{ 因此答案为 B。}$$

4. 【答案】选 C。解析：由质心的计算公式：

$$r_x = \frac{10.0 \times 0 + 6.0 \times 4}{10.0 + 6.0} = 1.5m;$$

$$r_y = \frac{10.0 \times 3 + 6.0 \times 0}{10.0 + 6.0} = 1.9m$$

因此答案为 C。

5. 【答案】选 B。解析：质心位置和质量分布有关，因此 A 错误。根据之心运动定律，外力不为 0 时，也适用，C 选项错误。D 选项中合外力为 0，质心位置不变。B 选项正确，只有外力才改变质心的运动状态。

第三节 质点系的角动量定理和角动量守恒定律

1. 体重、身高相同的甲乙两人，分别用双手握住跨过无摩擦轻滑轮的绳子各一端。他们从同一高度由初速为零向上爬，经过一定时间，甲相对绳子的速率是乙相对绳子速率的两倍，则到达顶点的情况是()

- A. 甲先到达 B. 乙先到达
C. 同时到达. D. 谁先到达不能确定

2. 力学系统由两个质点组成，它们之间只有万有引力作用。且两质点不受其它外力，则此系统()

- A. 动量、机械能及对一定轴的角动量守恒
B. 动量、机械能守恒，但角动量是否守恒不能确定
C. 动量守恒，但机械能和角动量是否守恒不能确定
D. 动量和角动量守恒，但机械能是否守恒不能确定

3. 一人握有两只哑铃，站在一可无摩擦地转动的水平平台上，开始时两手平握哑铃，人、哑铃、平台组成的系统以一角速度旋转，后来此人将哑铃下垂于身体两侧，在此过程中，系统_____。()

- A. 角动量守恒，机械能不守恒
B. 角动量守恒，机械能守恒
C. 角动量不守恒，机械能守恒
D. 角动量不守恒，机械能不守恒

4. 对质点系，以下说法错误的是()

- A. 对同一固定点，内力矩使角动量在质点系内传递
B. 对同一固定点，内力矩不会改变整个质点系的总角动量
C. 内力使动量在质点系内传递
D. 内力可以改变整个质点系的总动量

5. 以下说法，错误的是()

- A. 对同一固定点，内力矩不会改变整个质点系的角加速度
B. 作用力与反作用力对同一轴的力矩之和必为零
C. 角速度的方向一定与合外力矩的方向相同
D. 角加速度的方向一定与合外力矩的方向相同

习题解析

1. 【答案】选 C。解析：取甲乙两人、绳子、滑轮作为系统。该系统对滑轮

中心点合外力矩为零,系统对滑轮中心点角动量守恒, $rmv_1 = rmv_2$, 所以: $v_1 = v_2$, (其中 r 为滑轮半径) 故甲乙两人相对地面速度大小在任意时刻均相等。从而两人同时到达顶点。

2.【答案】选 A。解析: 万有引力为两质点系统内力, 且为保守力, 因此动量和机械能守恒。系统不受外力, 外力矩为 0, 系统角动量守恒。

3.【答案】A。解析: 在此过程中外力力矩为零, 角动量守恒; 人做了功, 系统机械能不守恒。因此答案为 A。

4.【答案】选 D。解析: 内力不改变系统的总动量, 因此答案选 D。

5.【答案】选 C。解析: 角速度的方向与和外力矩方向可能相同, 也可能不同, 因此, 答案选 C。

第四节 质点系的动能定理和机械能守恒定律

1. 一长为 l , 质量为 m 的匀质链条, 放在光滑的桌面上, 若其长度的 $1/5$ 悬挂于桌边下, 将其慢慢拉回桌面, 需做功多少? ()。

- A. $\frac{1}{50}mgl$ B. $\frac{1}{30}mgl$
C. $\frac{1}{10}mgl$ D. $\frac{1}{5}mgl$

2. 地球绕着太阳作椭圆轨道运动, 由近日点向远日点运动时, 地球的角动量、动能变化情况为: ()

- A. 角动量不变, 动能变小 B. 角动量不变, 动能变大
C. 角动量变小, 动能变大 D. 角动量变大, 动能变大

3. 人造地球卫星, 绕地球作椭圆轨道运动, 地球在椭圆的一个焦点上, 则卫星的 ()

- A. 动量不守恒, 动能守恒 B. 对地球的角动量守恒, 动能不守恒
C. 动量守恒, 动能不守恒 D. 对地球的角动量不守恒, 动能守恒

4. 在整个运动过程中, 要使质点系对该点的角动量保持不变, 需要 ()

- A. 外力矢量和始终为零
B. 外力对参考点的力矩的矢量和始终为零
C. 外力做功始终为零
D. 内力对参考点的力矩的矢量和始终为零

5. 如果作用于一个质点系上的外力的合力矩为零, 则质点系的动量、角动量、机械能三个量中一定守恒的量是_____。()

- A. 动量 B. 角动量 C. 机械能 D. 全部守恒

习题解析

1.【答案】选 A。解析：要克服 $1/5$ 长度的链的重力作功，即需做功等于

$$\frac{1}{5}mg \cdot \frac{1}{10}l = \frac{1}{50}mgl, \text{ 答案选 A。}$$

2.【答案】选 A。解析：地球由近日点向远日点运动时，势能增加，动能减少，角动量守恒，因此答案为 A。

3.【答案】选 B。解析：人造地球卫星动量、动能不守恒，角动量守恒，答案为 B。

4.【答案】选 B。解析：本题考查角动量守恒的条件，即质点系和外力矩为零。答案为 B。

5.【答案】选 B。解析：质点系动量守恒的条件是：系统的非保守内力为零和系统所受的合外力为零。角动量守恒的条件是外力的合力矩为零。机械能守恒的条件是系统仅有保守力做功，或非保守力的功为零。因此答案为 B。

第五节 两体碰撞

1.两辆小车 A、B，可在光滑平直轨道上运动。A 以 3 m/s 的速率向右与静止的 B 碰撞，A 和 B 的质量分别为 1 kg 和 2 kg ，碰撞后 A、B 车的速度分别为 -1 m/s 和 2 m/s ，则碰撞的性质为_____。()

- A. 完全弹性碰撞 B. 完全非弹性碰撞
C. 非完全弹性碰撞 D. 无法判断

2. 完全非弹性碰撞的性质是：_____。()

- A. 动量守恒，机械能不守恒
B. 动量不守恒，机械能守恒
C. 动量守恒，机械能守恒
D. 动量和机械能都不守恒

3. 两辆小车 A、B，可在光滑平直轨道上运动。第一次实验，B 静止，A 以 0.5 m/s 的速率向右与 B 碰撞，其结果 A 以 0.1 m/s 的速率弹回，B 以 0.3 m/s 的速率向右运动；第二次实验，B 仍静止，A 装上 1 kg 的物体后仍以 0.5 m/s 的速率与 B 碰撞，结果 A 静止，B 以 0.5 m/s 的速率向右运动，如图。则 A 和 B 的质量分别为_____。()

- A. $m_A=2 \text{ kg}, m_B=1 \text{ kg}$ B. $m_A=1 \text{ kg}, m_B=2 \text{ kg}$
C. $m_A=3 \text{ kg}, m_B=4 \text{ kg}$ D. $m_A=4 \text{ kg}, m_B=3 \text{ kg}$

4. 质量分别为 m_A 和 m_B ($m_A > m_B$)、速度分别为 v_A 和 v_B ($v_A > v_B$) 的两质点 A 和 B, 受到相同的冲量作用, 则_____。()
- A. A 的动量增量的绝对值比 B 的小
B. A 的动量增量的绝对值比 B 的大
C. A、B 的动量增量相等
D. A、B 的速度增量相等
5. 下列说法, 正确的是()
- A. 质点系的总动量为零, 总角动量一定也为零
B. 一质点作直线运动, 质点的角动量一定为零
C. 一质点作直线运动, 质点的角动量一定不变
D. 一质点作匀速率圆周运动, 其动量方向在不断变化, 但相对于圆心的角动量不变

习题解析

1. 【答案】选 A。解析: 完全弹性碰撞, 碰撞后二体分开, 物体的形变完全恢复, 系统动量守恒, 机械能守恒, 表现为系统的总动能前后相等。非完全弹性碰撞, 碰撞后二体合一, 物体的形变完全得不到恢复, 系统动量守恒, 机械能不守恒, 两者具有共同的速度。非完全弹性碰撞, 碰撞后二体分开, 物体不能完全恢复形变, 同时伴随有部分机械能向其它形式的能量如热能的转化, 系统动量守恒, 机械能不守恒。本题中碰撞前后总动能不变, 机械能守恒, 因此为完全弹性碰撞。

2. 【答案】选 A。解析: 非完全弹性碰撞, 碰撞后二体合一, 物体的形变完全得不到恢复, 系统动量守恒, 机械能不守恒, 两者具有共同的速度。因此选 A。

3. 【答案】选 B。解析: 碰撞的过程动量守恒, 针对两次碰撞过程列方程:
; $m_A v_{0A} + m_B v_{0B} = m_A v_A + m_B v_B$; $m_A v'_{0A} + m_B v'_{0B} = m_A v'_A + m_B v'_B$ 。要注意以运动方向, 向左或右, 以正负区分。解方程可知, B 选项正确。

4. 【答案】选 C。解析: 物体的动量增量等于物体受到的外力冲量, 与物体的初始动量无关, 因 A 与 B 受到的冲量相同, 故动量增量相同。

5. 【答案】选 D。解析: 质点的角动量不仅跟动量相关, 还和到转动轴的位移有关, 因此质点系的总动量为零, 总角动量不一定为零。一质点作匀速率圆周运动, 其动量方向在不断变化, 相对于圆心的角动量不变。



本章练习题

1. 对机械能守恒和动量守恒的条件, 正确的是: ()
 - A. 系统不受外力作用, 则动量和机械能必定同时守恒
 - B. 对一系统, 若外力做功为零, 而内力都是保守力, 则其机械能守恒
 - C. 对一系统, 若外力做功为零, 则动量和机械能必定同时守恒
 - D. 对一系统, 若外力做功为零, 则动量守恒
2. 如果某质点系的动能变大, 则该质点系的_____. ()
 - A. 动量变大
 - B. 各质点的动量一定变大
 - C. 质点系的能量变大
 - D. 不能确定
3. 如果某质点系的动量变大, 则该质点系的_____. ()
 - A. 质点系的动能一定变大
 - B. 各质点的动量一定变大
 - C. 质点系的能量一定变大
 - D. 不能确定
4. 如果某质点系所受合外力变大, 则该质点系的_____. ()
 - A. 动量一定变大
 - B. 角动量一定变大
 - C. 动能一定变大
 - D. 不能确定
5. 如果某质点系所受合外力为零, 则该质点系的_____. ()
 - A. 动量守恒;
 - B. 角动量守恒;
 - C. 动能守恒;
 - D. 不能确定
6. 质点系的内力有如下性质, 其中错误的说法是: ()
 - A. 内力产生的冲量之和为零;
 - B. 内力引起的角动量变化之和为零;
 - C. 内力的功之和为零;
 - D. 内力的矢量和为零。
7. 关于内力的说法中错误的有: ()
 - A. 质点系的内力不能改变质点系的动量;
 - B. 质点系的内力不能改变质点系的动能;
 - C. 质点系的内力在运动过程中可能做功, 可能不做功;
 - D. 刚体在运动过程中内力不做功。
8. 以下四种说法中, 哪一种是正确的? ()
 - A. 作用力与反作用力的功一定是等值异号;
 - B. 内力不能改变系统的总机械能;
 - C. 摩擦力只能作负功;
 - D. 同一个力做功在不同的参考系中, 也不一定相同。
9. 对机械能守恒和动量守恒的条件, 正确的是: ()
 - A. 系统不受外力作用, 则动量和机械能必定同时守恒.;
 - B. 对一系统, 若外力做功为零, 而内力都是保守力, 则其机械能守恒;
 - C. 对一系统, 若外力做功为零, 则动量和机械能必定同时守恒;
 - D. 系统所受和外力为零, 和内力也为零, 则动量和机械能必定同时守恒.

10. 速度为 v 的子弹，打穿一固定木板后速度为零，设木板对子弹的阻力是恒定的。那末，当子弹射入木板的深度等于其厚度的一半时，子弹的速度是：
()

A. $v/2$;

B. $v/4$;

C. $v/3$;

D. $v/\sqrt{2}$

习题解析

1. 【答案】B。解析：动量守恒的条件是系统不受外力或合外力的冲量为零，系统机械能守恒的条件是除保守力外，其他力不做功。因此答案为 B。

2. 【答案】选 D。解析：质点系动能变大，其他能量未告知，质点系的能量不能确定。质点系的质量分布和速度分布未确定，因此各质点动量变化不能确定，质点系的总动量也不能确定。因此答案为 D。

3. 【答案】选 D。解析：质点系动量变大，质点系的质量分布和速度分布未确定，因此各质点动量变化不能确定，质点系的动能也不能确定，总能量也不能确定。因此答案为 D。

4. 【答案】选 D。解析：质点系所受合外力变大，但外力是阻力还是动力未明确，因此不能确定质点系动量、动能和角动量的变化情况。因此答案为 D。

5. 【答案】选 A。解析：质点系所受合外力为零，则冲量为零，动量守恒。由于合外力矩不一定为零，因此系统角动量不一定守恒，外力的位移也不一定相同，合外力的功不一定为零，因此动能不一定守恒。因此答案为 A。

6. 【答案】选 C。解析：内力大小相等，方向相反，作用于质点系内部。因此内力的冲量为零，力矩为零，矢量和为零。位移不同，内力的功会不同，因此答案为 C。

7. 【答案】选 B。解析：内力大小相等，方向相反，作用于质点系内部。因此内力的冲量为零，不改变系统动量；力矩为零，不改变系统角动量；刚体内质点没有相对位移，内力位移相同，内力不做功；若各质点位移不同，内力的功会不同，可以改变系统的内能，因此答案为 B。

8. 【答案】选 D。解析：作用力与反作用力作用在不同的物体上，位移可能不同，A 错误。内力可能是非保守力，功可能不为零，会改变总机械能，B 选项错误。摩擦力可能做正功，也能做负功，C 错误。同一个力作功在不同的参考系中，位移不一定相同，功也不一定相同。因此答案为 D。

9. 【答案】选 B。解析：系统不受外力或者合外力为零，动量守恒。系统仅有保守力做功或者非保守力的功之和为零，机械能守恒。因此答案为 B。

10. 【答案】选 D。解析：设阻力为 f ，木板厚度为 l ，则穿透时阻力作

功 $fl = \frac{1}{2}mv^2$ ，子弹射入一半时阻力做功 $f \cdot \frac{1}{2}l = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv'^2$ ，解得

$$v' = v/\sqrt{2}。$$

第四章 刚体力学

第一节 刚体运动学

1. 某刚体绕定轴作匀变速转动, 对刚体上距转轴的 r 处的任一质元来说, 在下列关于其法向加速度 a_n 和切向加速度 a_t 的表述中, 正确的是: ()

- A. a_n 、 a_t 的大小均随时间变 a_t 化
- B. a_n 、 a_t 的大小均保持不变
- C. a_n 的大小变化, a_t 的大小保持恒定
- D. a_t 的大小保持恒定, a_n 大小变化

2. 一定轴转动刚体的运动方程为 $\theta=20\sin(20t)(\text{SI})$, 则其 $t=0$ 时, 角速度为(SI)。()

- A. 0 B. 20 C. 100 D. 400

3. 刚体一般运动的自由度有_____个。()

- A. 1 B. 2 C. 3 D. 6

4. 下列说法错误的是_____。()

- A. 刚体做平动时, 刚体中任一根直线始终保持平行于自身
- B. 刚体的各点在同一时刻具有同样的速度和加速度
- C. 刚体平动时, 可以用刚体质心的运动来代表整个刚体的运动
- D. 平动的刚体, 其运动的轨迹可以是曲线

5. 角量与线量的关系错误的是_____。()

- A. 角位移 $\Delta\theta$ 和弧长 Δs 关系: $\Delta s = R \cdot \Delta\theta$
- B. 线速度 v 与角速度 ω : $v = R\omega$
- C. 加速度 a 与角加速度 α : $a = R \cdot \alpha$
- D. 法向加速度 a_n 与角速度 ω : $a_n = R\omega^2$

习题解析

1.【答案】选 C。解析：由于刚体绕定轴作匀变速转动，因而切向加速度 a_t 大小不变，方向时刻变化，由于切向速度大小产生变化，故而法向加速度 a_n 大小变化。

2.【答案】选 D。解析：由运动方程可得 $\theta = 400 \cos(20t)$ ，可以得出 $t=0$ 时， $\omega_0 = 400$ 。故答案选 D。

3.【答案】选 D。解析：考虑到刚体既有平动又有转动，其独立坐标数由质心坐标，转轴的方位与刚体绕转轴的转动角度决定。首先确定质心位置，空间任何一个点需要三个独立坐标来确定位置，因此用三个坐标来决定质心位置。其次刚体的方位由其轴的取向决定，确定空间直线的方位坐标有两个，借用纬度角与经度角来描述，在直角坐标系中，采用 θ 、 φ 来确定。最后，刚体绕定轴转动时，需要一个坐标来描述，选定参考方向后，转动位置用 Ψ 表示。总的说来，刚体共有 6 个自由度，其中 3 个平动自由度，3 个转动自由度。故答案选 D。

4.【答案】选 B。解析：刚体做平动时，刚体中任一根直线始终保持平行于自身，刚体的各点在同一时刻具有同样的速度和加速度，所以此时可以用刚体质心的运动来代表整个刚体的运动情况。并且注意做平动的刚体，其运动的轨迹可以是曲线。因此，仅在刚体没有转动，仅有平动时各点在同一时刻具有同样的速度和加速度，选 B。

5.【答案】选 C。解析：切向加速度 a_t 与角加速度 α 关系为： $a_t = R \cdot \alpha$ ，因加速度除了切向加速度外，在转动时还存在法向加速度，法向加速度 a_n 大小为： $a_n = R\omega^2$ 。因此 C 错误。

第二节 刚体定轴转动和转动定理

1. 两个均质圆盘 A 和 B，密度分别为 ρ_A 和 ρ_B ，且 $\rho_A > \rho_B$ ，但两圆盘的质量和厚度相同。若两盘对通过盘心且与盘面垂直的轴的转动惯量分别为 J_A 和 J_B 则（ ）

A. $J_A > J_B$

B. $J_A < J_B$

C. $J_A = J_B$

D. 不能确定 J_A 和 J_B 的相对大小。

2. 关于刚体对轴的转动惯量，下列说法正确的是_____。（ ）

- A. 只取决于刚体的质量，与质量的空间分布和轴位置无关
- B. 取决于刚体的质量和质量的空间分布，与轴的位置无关
- C. 取决于刚体的质量，质量的空间分布和轴的位置
- D. 只取决于转轴的位置，与刚体的质量和质量的空间分布无关。

3. 在下列关于转动定律的表述中，正确的是：（ ）

- A. 对作定轴转动的刚体而言，内力矩不会改变刚体的角加速度
- B. 两个质量相等的刚体，在相同力矩的作用下，运动状态的变化情况一定相同
- C. 同一刚体在不同力矩作用下，必然得到不同的角加速度
- D. 作用在定轴转动刚体上的力越大，刚体转动的角加速度越大

4. 均匀细棒 OA 可绕通过其一端 O 而与棒垂直的水平固定光滑轴转动如图16-1 所示。今使棒从水平位置由静止开始自由下落，在棒摆动到竖直位置的过程中，下述说法那一种是正确的。（ ）

- A. 角速度从小到大，角加速度从大到小
- B. 角速度从小到大，角加速度从小到大
- C. 角速度从大到小，角加速度从大到小
- D. 角速度从大到小，角加速度从小到大

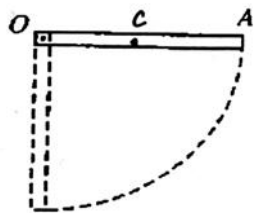


图16- 1

5. 半径为 $r=1.5\text{m}$ 的飞轮，初角速度 $\omega_0=10\text{rad/s}$ ，角加速度 $\alpha=-5\text{rad/s}^2$ ，若初始时刻角位移为零，则在 $t=4\text{s}$ 时边缘上点的线速度为 $v=$ _____。（ ）

- A. 10m/s
- B. 15m/s
- C. -10m/s
- D. -15m/s

习题解析

1. 【答案】选B。解析：匀质圆盘的转动惯量为 $\frac{1}{2}mR^2$ ， $\rho_A > \rho_B$ ，且两圆盘的质量和厚度相同。可知 $R_A < R_B$ ，对比可得答案 B。
2. 【答案】选C。解析：由转动惯量的定义可得刚体的转动惯量由刚体的质量、质量的空间分布（形状）和轴的位置有关系，故得答案。
3. 【答案】选A。解析：由转动定律可知，只有合力矩才能改变刚体的角加速度。
4. 【答案】选A。解析：由转动定律 $M = J\alpha$ 及 $\alpha = d\omega/dt$ 可知，棒下落过程中力矩减小，角加速度从大变小，而角速度从零开始一直增大。
5. 【答案】选D。解析：因 $\alpha = \text{const}$ ，为匀变速，
 $\omega = \omega_0 + \alpha t = 10 - 5 \times 4 = -10 \text{ rad/s}$ ，所以 $v = \omega r = -15 \text{ m/s}$ 答案选D。

第三节 刚体定轴转动的角动量定理

1. 几个力同时作用在一个具有固定转轴的刚体上，如果这几个力的矢量和为零，则此刚体：（ ）
 A. 必然不会转动
 B. 转速必然不变
 C. 转速必然改变
 D. 转速可能不变，也可能改变
2. 刚体作定轴转动，其角动量的矢量表达式为 $L = J\omega$ ，角动量守恒的条件是（ ）
 A. 转动惯量为不变。
 B. 角速度不变
 C. 转动惯量或角速度为0
 D. 和外力矩为0
2. 一定轴转动刚体的运动方程为 $\theta = 20\sin(20t)(\text{SI})$ ，其转动惯量 $J = 100 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ， $t=0$ 时，刚体的角动量为_____ $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 。（ ）
 A. 0 B. 2.0×10^2 C. 4.0×10^2 D. 4.0×10^4
3. 一个人站在旋转平台的中央，两臂侧平举，整个系统以 $\omega_0 = 2\pi \text{ rad/s}$ 的角速度旋转，转动惯量为 $J_0 = 6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 。如果将双臂收回到胸前，该系统的转动惯量变为 $J = 2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ，则此时系统的角速度为 $\omega =$ _____。（ ）

- A. $2\pi \text{ rad/s}$ B. $4\pi \text{ rad/s}$ C. $6\pi \text{ rad/s}$ D. $8\pi \text{ rad/s}$

5. 如图16-2所示，一静止的均匀细棒，长为 L 、质量为 M ，可绕通过棒的端点且垂直于棒长的光滑固定轴 O 在水平面内转动，转动惯量为 $ML^2/3$ 。一质量为 m 、速率为 v 的子弹在水平面内沿与棒垂直的方向射出并穿出棒的自由端，设穿过棒后子弹的速率为 $v/2$ ，则此时棒的角速度应为_____。

- A. $\frac{mv}{ML}$ B. $\frac{3mv}{2ML}$ C. $\frac{5mv}{3ML}$ D. $\frac{7mv}{4ML}$

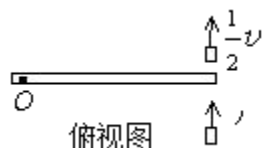


图16-2

习题解析

1. 【答案】选D。解析：力的矢量和为零，合力矩不一定为零，力矩由力和力臂决定，因而转速可能不变，也可能改变。故人选 D。

2. 【答案】选D。解析：根据刚体角动量守恒定律，刚体绕一固定轴转动时，若刚体受到的外力的力矩矢量和为零，则刚体角动量守恒。故人选 D。

3. 【答案】选D。解析：由运动方程可得 $\theta = 400 \cos(20t)$ ， $t=0$ ， $\omega_0 = 400$ ，由角动量公式 $L = J\omega$ ，得 $t=0$ 时，刚体的角动量为 $L = 4.0 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 。因此答案为D。

4. 【答案】选C。解析：系统角动量守恒，即 $J_0 \omega_0 = J\omega$ ，代入数据可得 $\omega = 6\pi \text{ rad/s}$ 。因此答案为C。

5. 【答案】选B。解析：系统角动量守恒， $mvL = \frac{1}{3}ML^2\omega + \frac{1}{2}mvL$ ，解得， $\omega = \frac{3mv}{2ML}$ ，因此选B。

第四节 刚体定轴转动的功能原理

1. 如图 16-3 所示, 两飞轮 A、B 组成一摩擦啮合器。A 通过与 B 之间的摩擦力矩带着 B 转动。则此刚体系在啮合前后: ()
- A. 角动量改变, 动能也变化
B. 角动量改变, 动能不变
C. 角动量不变, 动能改变
D. 角动量不变, 动能也不变。



图16-3

2. 人造地球卫星绕地球作椭圆轨道运动, 卫星轨道近地点和远地点分别为 A 和 B, 用 L 和 E_k 分别表示卫星对地心的角动量及其动能的瞬时值, 则有: ()

A. $L_A > L_B$, $E_{kA} > E_{kB}$ B. $L_A = L_B$, $E_{kA} < E_{kB}$

C. $L_A = L_B$, $E_{kA} > E_{kB}$ D. $L_A < L_B$, $E_{kA} < E_{kB}$

3. 一定轴转动刚体的运动方程为 $\theta = 20\sin(20t)(\text{SI})$, 其转动惯量 $J = 100\text{kg} \cdot \text{m}^2$, $t=0$ 时, 刚体的动能为 _____ J。

()

A. 0 B. 4.0×10^4 C. 8.0×10^4 D. 8.0×10^6

4. 一个人站在旋转平台的中央, 两臂侧平举, 整个系统以 $\omega_0 = 2\pi \text{ rad/s}$ 的角速度旋转, 转动惯量为 $J_0 = 6\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 。如果将双臂收回到胸前, 该系统的转

动惯量变为 $J = 2\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ，则此时系统的转动动能与原来的转动动能之比

$$E_k : E_{k_0} = \underline{\hspace{2cm}} \quad (\quad)$$

- A. 1:1 B. 1:3 C. 3:1 D. 9:1

5. (多选) 下列说法错误的是 ()

- A. 如果刚体仅有保守内力做功，那么刚体机械能守恒
- B. 刚体的动能等于刚体绕定轴转动的转动动能
- C. 刚体的动能等于刚体的平动动能
- D. 在重力场中，刚体也具有一定的重力势能，它等于刚体上各个质点的重力势能之和。

习题解析

1. 【答案】选C。解析：对于 A、B 组成的刚体而言，啮合前后刚体所受到的合外力矩一直不变，由角动量定理可知角动量不会改变，但由于摩擦力做功，动能会发生变化。

2. 【答案】选C。解析：由万有引力充当向心力可以判断出动能大小反比于卫星距离地球的距离，故 $E_{kA} > E_{kB}$ 卫星所受合外力矩为零，因此卫星的角动量应该保持不变为一常量，与近地点和远地点没关系，即 $L_A = L_B$ 。

3. 【答案】选D。解析：由运动方程可得 $\theta = 400 \cos(20t)$ ， $t=0$ ， $\omega_0 = 400$ ，由角动量公式 $E = \frac{1}{2} J \omega^2$ ，得 $t=0$ 时，刚体的动能为 $E = 8.0 \times 10^6 \text{J}$ 。

4. 【答案】选C。解析：系统角动量守恒，即 $J_0 \omega_0 = J \omega$ ，代入数据可得 $\omega = 6\pi \text{ rad/s}$ 。动能之比 $E_k : E_{k_0} = \frac{1}{2} J \omega^2 : \frac{1}{2} J_0 \omega_0^2 = 3:1$ 。因此答案为C。

5. 【答案】选B、C。解析：刚体的动能等于刚体绕定轴转动的转动动能和刚体的平动动能之和，B、C均不全面。因此答案为B、C。

1. 将 m 的重物,

- 挂一质量为 m 的角加速

A. 1 B. 2 C. 3 D. 6

A. 刚体平动过程中, 可用刚体上任意一点的运动来描述平动刚体的整体运动情况

C. 刚体的转动惯量相当于质点平动时的质量,它是物体在转动中惯性大小的量度

4. 圆柱体以 80rad/s 的角速度绕其轴线转动，它对该轴的转动惯量为

B. 800J , $40\text{N}\cdot\text{m}$

- N·m D. 9600J, 16 N·m。

A. $J/2$ B. J/k C. $(J/k)\ln 2$ D. $J/(2k)$ 。

A. $\alpha_1 > \alpha_2$ B. $\alpha_1 = \alpha_2$
C. $\alpha_1 < \alpha_2$ D. 不能确定

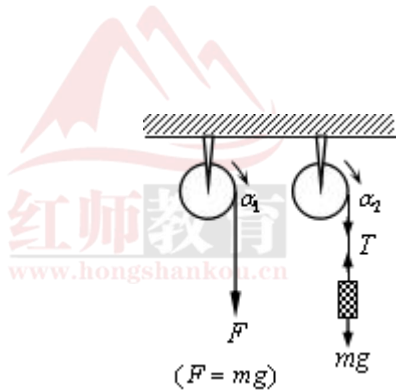


图16- 4

7. 对一绕固定水平轴 O 匀速转动的转盘, 沿图示的同一水平直线从相反方向射入两颗质量相同、速率相等的子弹, 并停留在盘中, 则子弹射入后转盘的角速度应 ()

- A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 无法确定



图16- 5

8. 半径为 $r=1.5\text{m}$ 的飞轮, 初角速度 $\omega_0=10\text{rad/s}$, 角加速度 $\alpha=-5\text{rad/s}^2$, 若初始时刻角位移为零, 则在 $t=$ _____时角位移再次为零。()

- A. 2s B. 3s C. 4s D. 5s

9. 如图16-6所示, 长为 l , 质量为 m 的均质细杆, 其左端与墙用铰链 A 连接, 右端用一铅直细线悬挂着, 使杆处于水平状态, 此时将细线突然烧断, 则杆右端的加速度为 ()

- A. $a=3g/2$ B. $a=g/2$ C. $a=2g/3$ D. $a=g$

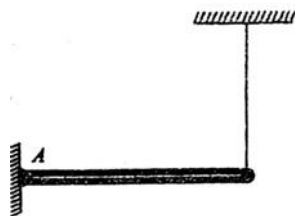


图16- 6

10. 花样滑冰运动员绕通过自身的竖直轴转动, 开始时两臂伸开, 转动惯量为 J_0 , 角速度为 ω_0 。然后她将两臂收回, 使转动惯量减少为 $J_0/3$ 。这时她转动的角速度变为_____。()

A. $\omega_0/3$

 B. $\omega_0/\sqrt{3}$

 C. $\sqrt{3}\omega_0$

 D. $3\omega_0$

习题解析

1. 【答案】选C。解析：根据刚体转动定律， $M = J\alpha$ 。可得 $\alpha: \alpha_0 = \frac{M}{M_0} \cdot \frac{J_0}{J}$ 。

其中 $\frac{M}{M_0} = 2$ ， $\frac{J_0}{J} > 1$ ，因此 $\alpha: \alpha_0 > 2$ 。 $\alpha > 2\beta$ ，因此答案为C。

2. 【答案】选A。解析：刚体绕定轴转动时，需要一个坐标来描述，选定参考方向后，转动位置用 ψ 表示。因此答案为A。

3. 【答案】选D。解析：定轴转动刚体的角动量守恒的条件是刚体所受外力矩之和为零，而非外力之和为零。因此答案为D。

4. 【答案】选D。解析：损失的动能大小为：

$$-\Delta E_k = \frac{1}{2}J\omega^2 - \frac{1}{2}J\omega_0^2 \quad \Delta E_k = \frac{1}{2}J(\omega_0^2 - \omega^2) = \frac{1}{2} \times 4 \times (6400 - 1600) = 9600(\text{J})$$

M 恒定，角加速度不变，所以有

$$\omega = \omega_0 - \alpha t,$$

可得： $\alpha = \frac{\omega_0 - \omega}{t}$ 。

因此， $M = J\alpha = J \cdot \frac{\omega_0 - \omega}{t} = 4 \times \frac{80 - 40}{10} = 16 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

所以答案选D。

5. 【答案】选C。解析：由转动定律 $M = J \frac{d\omega}{dt} = -k\omega$ ，

变形可得： $\frac{d\omega}{\omega} = -\frac{k}{J} dt$ ，两边积分

$$\int_{\omega_0}^{\omega} \frac{d\omega}{\omega} = -\frac{k}{J} \int_0^t dt,$$

解得 $\ln \frac{\omega}{\omega_0} = -\frac{k}{J} t$ ，所以 $t = \frac{J}{k} \ln \frac{\omega_0}{\omega} = \frac{J}{k} \ln 2$ ，答案选C。

6. 【答案】选A。解析：根据转动定律，有 $mg \cdot R = J\alpha_1$ ， $T \cdot R = J\alpha_2$ ，依受力图，有 $mg - T = ma$ ， $T = mg - ma < mg$ ，所以， $\alpha_1 > \alpha_2$ 。

7. 【答案】选B。解析：系统角动量守恒： $J_1\omega_1 + J\omega_0 - J_2\omega_2 = (J_1 + J_2 + J)\omega$



$$J_1 = J_2 = m_1 r^2 = m_2 r^2 \quad (m_1 = m_2), \quad \omega_1 = \omega_2 = \frac{v}{r}$$

所以 $\omega = \frac{J}{2J_1 + J} \omega_0 < \omega_0$ 。因此选B。

8. 【答案】选C。解析：已知 $r = 1.5\text{m}$ ， $\omega_0 = 10\text{rad/s}$ ， $\alpha = -5\text{rad/s}^2$ ， $\theta_0 = 0$ 。
因 $\alpha = \text{const}$ ，为匀变速，所以有 $\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ 。

令 $\theta = 0$ ，即 $(\omega_0 + \frac{1}{2} \alpha t)t = 0$ 得，由此得 $t = -\frac{2\omega_0}{\alpha} = -\frac{2 \times 10}{-5} = 4\text{s}$ 。因此选C。

9. 【答案】选A。解析：由转动定律： $M = J\alpha$ ，即

$$\frac{1}{2} mgl = \frac{1}{3} ml^2 \alpha$$

可得角加速度。

再由加速度与角加速度的关系 $a = l\alpha$ 可得结果。

$$a = 3g/2$$

10. 【答案】选D。解析：由角动量守恒， $J_0 \omega_0 = \frac{1}{3} J_0 \omega$ ，解得 $\omega = 3\omega_0$ 答案选D。