



一、选择题：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。每小题给出的四个选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

1. 一质点作直线运动，某时刻的瞬时速度 $v = 2 \text{ m/s}$ ，若一秒钟后质点的速度为零，则能确定的是 ()

- (A) 该时刻的瞬时加速度 -2 m/s^2 (B) 该时刻的瞬时加速度 2 m/s^2
(C) 该一秒间隔内的平均加速度为 -2 m/s^2 (D) 该一秒间隔内的平均加速度为 2 m/s^2

2. 关于质点的运动，以下说法正确的是 ()

- (A) 若质点的加速度为恒矢量，它一定作匀变速率运动
(B) 若质点作匀速率运动，其总加速度必为零
(C) 若质点作曲线运动且任意时刻速率不为零，切向加速度有可能为零
(D) 运动质点在某时刻位于矢径 $\vec{r}(x, y)$ 的端点处，其速度大小为 $d|\vec{r}|/dt$

3. 某质点作直线运动的运动学方程为 $x = 3t - 5t^3 + 6$ (SI)，其中 $t > 0$ ，则该质点作 ()

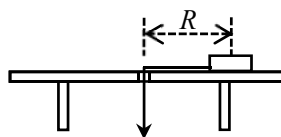
- (A) 匀加速直线运动，加速度沿着 x 轴正方向；
(B) 匀加速直线运动，加速度沿着 x 轴负方向；
(C) 变加速直线运动，加速度沿着 x 轴正方向；
(D) 变加速直线运动，加速度沿着 x 轴负方向；

4. 质量为 m 的质点在 Oxy 平面内运动，运动方程为 $\vec{r} = a \cos \omega t \vec{i} + b \sin \omega t \vec{j}$ ，则质点在 t 时刻的动量为 ()

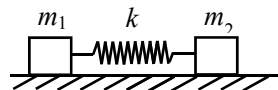
- (A) $-m\omega a \sin \omega t \vec{i} + m\omega b \cos \omega t \vec{j}$ (B) $-m\omega a \cos \omega t \vec{i} + m\omega b \sin \omega t \vec{j}$
(C) $m\omega a \sin \omega t \vec{i} - m\omega b \cos \omega t \vec{j}$ (D) $m\omega a \cos \omega t \vec{i} - m\omega b \sin \omega t \vec{j}$

5. 如图所示，一个小物体，位于光滑的水平桌面上，与一绳的一端相连结，绳的另一端穿过桌面中心的小孔 O 。该物体原以角速度 ω 在半径为 R 的圆周上绕 O 旋转，今将绳子从小孔缓慢往下拉。则物体 ()

- (A) 动能不变，动量改变；
(B) 动量不变，动能改变；
(C) 角动量不变，动量不变；
(D) 角动量改变，动量改变；
(E) 角动量不变，动能和动量都改变。

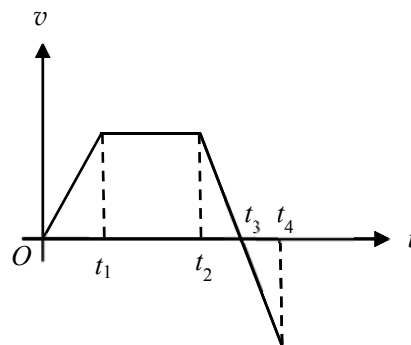


6. 质量分别为 m_1 、 m_2 的两个物体用一劲度系数为 k 的轻弹簧相连，放在水平光滑桌面上，如图所示。当两物体相距 x 时，系统由静止释放。已知弹簧的自然长度为 x_0 ，则当物体相距 x_0 时， m_1 的速度大小为 ()



- (A) $\sqrt{\frac{k(x-x_0)^2}{m_1}}$ (B) $\sqrt{\frac{k(x-x_0)^2}{m_2}}$
 (C) $\sqrt{\frac{k(x-x_0)^2}{m_1+m_2}}$ (D) $\sqrt{\frac{km_2(x-x_0)^2}{m_1(m_1+m_2)}}$ (E) $\sqrt{\frac{km_1(x-x_0)^2}{m_2(m_1+m_2)}}$

7. 一个做直线运动的物体，其速度 v 与时间 t 的关系曲线如图所示。设时刻 t_1 至 t_2 间外力做功为 W_1 ；时刻 t_2 至 t_3 间外力做功为 W_2 ；时刻 t_3 至 t_4 间外力做功为 W_3 ，则 ()



- (A) $W_1>0, W_2<0, W_3<0$
 (B) $W_1>0, W_2<0, W_3>0$
 (C) $W_1=0, W_2<0, W_3>0$
 (D) $W_1=0, W_2<0, W_3<0$

8. 质量、外形完全相同的生鸡蛋和熟鸡蛋放在桌上，当它们以相同的角速度沿着相同的轴旋转时，以下说法正确的是 ()

- (A) 生鸡蛋先停下来；
 (B) 熟鸡蛋先停下来；
 (C) 两者同时停下来；
 (D) 无法判断停下来的先后顺序。

9. 地球绕着太阳中心做椭圆运动，则在运动的过程中地球相对太阳中心的 ()

- (A) 角动量守恒，动能守恒；
 (B) 角动量守恒，机械能守恒；
 (C) 角动量守恒，动量也守恒；
 (D) 角动量不守恒，动量也不守恒。

10. 对一个绕固定水平轴 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 ()



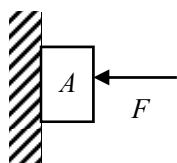
- (A) 增大 (B) 减小 (C) 不变 (D) 无法确定。

二、**填空题：**本大题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。错填、不填均无分。

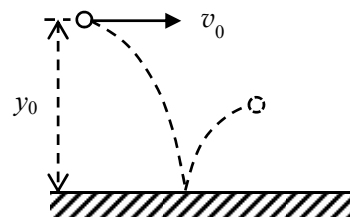
1. 一质点沿 x 方向运动，其加速度随时间变化关系为 $a=3+2t \text{ m/s}^2$ ，如果初始时质点的速度 v_0 为 5m/s ，当 t 为 3s 时，质点的速度 $v=$ _____。

2. 在半径为 R 的圆周上运动的质点，其速率与时间关系为 $v=ct^2$ （式中 c 为常量），则 t 时刻质点的加速度 $\vec{a}=$ _____。

3. 沿水平方向的外力 F 将物体 A 压在竖直墙上，由于物体与墙之间有摩擦力，此时物体保持静止，如图所示。设其所受静摩擦力大小为 f_0 ，若外力增大至 $2F$ ，则此时物体所受静摩擦力大小为_____。



4. 质量为 m 的小球自高为 y_0 处沿水平方向以速率 v_0 抛出，与地面碰撞后跳起的最大高度为 $0.5y_0$ ，如图所示。则碰撞过程中，地面对小球的竖直方向冲量大小为_____。（重力加速度为 g ，小球与地面碰撞时间忽略不计）

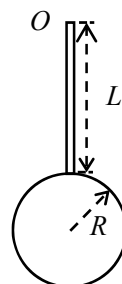


5. 某质点在 $\vec{F}=(4+5x)\vec{i}$ （SI）的作用下沿 x 轴作直线运动，在从 $x=0$ 移动到 $x=10\text{m}$ 的过程中，力 \vec{F} 所做的功为_____。

6. 地球的质量为 m ，太阳的质量为 M ，地心与日心的距离为 R ，引力常数为 G ，假设地球绕太阳作圆周运动，则地球绕太阳运动的轨道角动量大小 $L=$ _____。

7. 刚体的转动惯量与刚体的形状、大小、质量的分布以及_____都有关系。

8. 一半径为 R ，质量为 M 的均质圆盘连接一根长为 L 质量为 m 的均质细棒。若其绕着细棒的一端 O 点，且垂直于圆盘平面的转轴旋转，如图所示。则其转动惯量为_____。



9. 长为 l 的匀质细棒质量为 m ，可绕其端点的水平轴在竖直平面内自由转动。若细棒开始时处于水平位置，然后让其由静止开始自由下摆，则细棒转到竖直位置时的角速度为_____。

10. 轮船在水上以相对于水的速度 \vec{v}_1 航行，水流速度为 \vec{v}_2 ，一人相对于甲板以速度 \vec{v}_3 行走。

若人相对于岸的速度是水相对于人的速度的 2 倍，则 \vec{v}_1 、 \vec{v}_2 和 \vec{v}_3 的关系是_____。

三、**计算题：** 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一质点沿 x 轴运动，运动方程为 $x = 3t^2 - t^3$ (SI)。求：

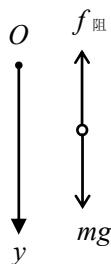
(1) 质点位置何时到达最大的正 x 值？

(2) 在最初的 4 s 内质点所经过的总路程和位移大小？

(3) 在 $t = 2.0$ s 到 $t = 4.0$ s 的时间内，质点的平均速度为多大？

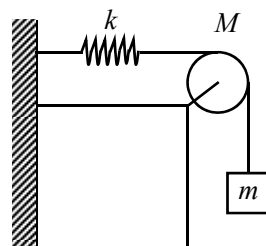
四、**计算题：** 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一个质量为 m 的雨滴有静止开始下落，假设该雨滴作直线运动，下落过程中受到的空气阻力与其下落速率成正比，比例系数为 k ，方向与运动速度方向相反。以开始时为计时零点，以地面为参考系，开始时雨点所处位置为坐标原点，竖直向下为正方向。试求：(1) 雨点下落速率为 v 时，其加速度；(2) 雨点的运动方程；(3) 假设雨点下落距离足够大，则雨点落地时速率趋于多少？



五、**计算题：** 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一水平放置的轻质弹簧的倔强系数为 k ，它的一端固定，另一端通过一条轻绳绕过一定滑轮和一质量为 m 的物体相连，如图所示。定滑轮可看作为均匀圆盘，其质量为 $M=2m$ ，半径为 r 。滑轮轴是光滑的。若用手托住物体，使弹簧处在自然伸长状态，然后松手，假设运动过程中轻绳与滑轮之间无相对滑动。求：

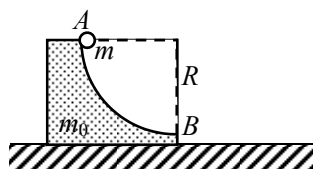


- (1) 物体 m 下降高度为 h 时的速度 v ;
- (2) 速度 v 的最大值;
- (3) 物体 m 下降的最大高度。

六、**计算题：**本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

如图所示，质量为 m_0 、半径为 R 的 $1/4$ 圆周的光滑弧形凹槽静止在光滑桌面上，今有质量为 m 的物体由槽的上端 A 点静止滑下，当 m 滑到最低点 B 时，试求：

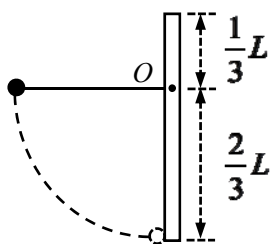
- (1) 物体相对于凹槽的速度 v 和凹槽相对于桌面的速度 v_0 ;
- (2) 凹槽对物体的作用力;
- (3) 物体从 A 滑到 B 过程中，物体对凹槽所做的功。



(3)

七、**计算题：**本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

长为 L 的均质细杆，可绕过 O 点的转轴转动， O 点位于细杆的 $\frac{1}{3}$ 处，紧挨 O 点悬挂一单摆，轻质摆线的长度为 $\frac{2}{3}L$ ，摆球的质量为 m 。初始时刻，细杆自由下垂，单摆从水平位置由静止开始自由下摆，如图所示。摆球与细杆做完全弹性碰撞。碰撞后，单摆正好停止。若不计轴承的摩擦，试求：(1) 细杆的转动惯量；(2) 细杆的质量；(3) 碰撞后，细杆的最大摆角。



参考答案:

一、**选择题:** 本题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。每小题给出的四个选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

C; C D A E

D C B B B。

二、**填空题:** 本大题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分。

23 m/s

$$2ct\bar{e}_t + \frac{c^2 t^4}{R} \bar{e}_n$$

f_0

$$(1 + \sqrt{2})m\sqrt{gy_0}$$

290J

$$m\sqrt{GMR}$$

转轴的位置

$$\frac{1}{3}mL^2 + \frac{1}{2}MR^2 + M(L+R)^2$$

$$\sqrt{3g/l}。$$

$$3\vec{V}_1 + \vec{V}_2 + 3\vec{V}_3 = 0,$$

三、**计算题:** 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答, 并标明题号。

解: (1) 4 分

当质点位置达到最大时, 有 $\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(3t^2 - t^2) = 6t - 3t^2 = 0 \rightarrow t = 2$, 即当 $t=2s$ 时, 质点位置到达最大的正值.

(2) 4 分

$$2s \text{ 末时的位移: } x_1 = (3t^2 - t^3)_{t=2} = 3(2)^2 - 2^3 = 4.0(m)$$

$$4\text{s 末时的位移: } x_2 = (3t^2 - t^3)_{t=4} = 3 \times (4)^2 - 4^3 = -16(\text{m})$$

2s 末质点改变运动方向, 所以最初 4s 内经过的路程为: $S = 2|x_1| + |x_2| = 24(\text{m})$

(3) 4 分

$$t=2\text{s}, x_1=4\text{m}; t=4\text{s}, x_2=-16\text{m}, \text{平均速度 } \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-16-4}{2} = -10(\text{m/s})$$

四、计算题: 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答, 并标明题号。

参考解答:

(1) 5 分

视下落雨滴为一质点, 它在空中受到的作用力有竖直向下的重力 mg 和竖直向上的空气阻力 $f_{\text{阻}}$, 如图所示。则空气阻力为:

$$f_{\text{阻}} = -kv$$

根据牛顿第二定律有:

$$mg - kv = ma = m \frac{dv}{dt}$$

则有:

$$dt = \frac{mdv}{-kv + mg}$$

两边分别进行积分:

$$\int_0^t dt = \int_{v_0}^v \frac{m}{mg - kv} dv$$

由于初始时刻速度 $v_0=0$, 可得:

$$v = \frac{mg}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right)$$

(2) 5 分

根据速度定义有: $v = \frac{dy}{dt}$, 结合下落速度与时间关系可得:

$$\int_{y_0}^y dy = \int_0^t \frac{mg}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right) dt$$

由初始条件 $y_0=0$ 可得雨点的运动方程:

$$y = \frac{mg}{k} \left(\frac{m}{k} e^{-\frac{k}{m}t} + t - \frac{m}{k} \right)$$

(3) 2 分

当下落距离足够长, 即时间趋于无穷大, 则下落的最终速度趋于:

$$v_{\text{终}} = \frac{mg}{k}$$

五、**计算题：**本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。
一

解：(1) 4 分

物体 m 下降过程中，弹簧做功为 $W_k = -kx^2/2$ ，重力做功为 $W_g = mgx$ ，

根据功能原理： $mgx - kx^2/2 = mv^2/2 + Mv^2/4 = mv^2$

因此，在任意位置时物体的速度为 $v = \sqrt{\frac{2mgx - kx^2}{2m}}$

(2) 4 分

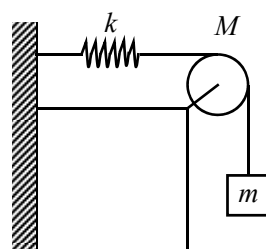
当 $dv/dx=0$ 时， v 取极值，此时有 $x = mg/k$ ，带入上式，得到：

$$v_{\max} = \frac{mg}{\sqrt{2km}}$$

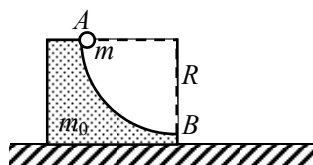
(3) 4 分

物体 m 下降的高度最大时， $v=0$ ，带入 (1) 中，可得：

$x_1=0$ (舍去)， $x_2=2mg/k$



六、**计算题：**本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。



参考解答：

(1) 6 分

以物体、凹槽和地球为研究系统，系统运动过程中机械能守恒，即

$$mgR = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}m_0v_0^2 \quad (1)$$

其中 v_1 是物体滑到最低点相对于桌面的速度。有因为系统水平方向的动量守恒，即

$$mv_1 = m_0v_0 \quad (2)$$

物体相对于凹槽的速度为

$$v = v_1 + v_0 \quad (3)$$

联立 (1)、(2)、(3) 式，求解得到

$$v = \sqrt{\frac{2(m_0 + m)gR}{m_0}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gR}{m_0(m_0 + m)}}$$

(2) 3 分

因为物体作圆周运动，当直链为 m 的物体滑到最低点 B 时

$$F_N - mg = m \frac{v^2}{R}$$

将 $v = \sqrt{\frac{2(m_0 + m)gR}{m_0}}$ 代入得到：

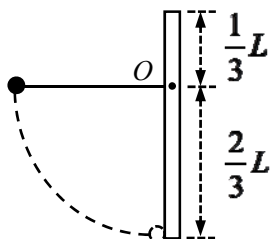
$$F_N = \frac{3m_0 + 2m}{m_0} mg$$

(3) 3 分

由动能定理，物体 m 对槽所做的功等于凹槽的动能增量：

$$W = \frac{1}{2} m_0 v_0^2 = \frac{m^2 g R}{m_0 + m}$$

七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。



参考解答：

(1) 4 分

设细杆的转动惯量为 J 。

单摆从水平位置下摆到最低位置满足机械能守恒：

$$mg \frac{2}{3} L = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \frac{2\sqrt{3gL}}{3}$$

摆球与细杆发生完全弹性碰撞，即满足机械能守恒和角动量守恒：

$$\begin{cases} \frac{2}{3} m v L = J \omega \\ \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} J \omega^2 \end{cases}$$

可得细杆的转动惯量：

$$J = \frac{4}{9} m L^2$$

(2) 4 分

设细杆的质量为 M ，则过质心，且与杆垂直转轴的细杆转动惯量为 $\frac{1}{12} M L^2$ 。

根据平行轴定理则有过 O 点时，细杆的转动惯量为：

$$J = \frac{1}{12} M L^2 + M \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right)^2 L^2 = \frac{1}{9} M L^2$$

所以，细杆的质量为：

$$M = 4m$$

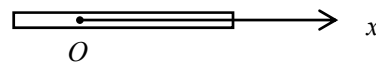
或者

以 O 点为原点，沿细棒方向为 x 轴正方向，建立坐标系如图所示。

则细棒的转动惯量为：

$$J = \int_{-\frac{1}{3}L}^{\frac{2}{3}L} \frac{M}{L} x^2 dx = \frac{1}{9} M L^2$$

所以，细杆的质量为：



$$M = 4m$$

(3) 4 分

从单摆下摆到细杆摆到最大摆角处，整个过程机械能守恒。设细杆的质心变化的高度为 h ，则有：

$$\frac{2}{3}mgL = 4mgh \Rightarrow h = \frac{1}{6}L$$

而 O 点到质心的距离为 $\frac{1}{6}L$ ，所以最大摆角为： $\theta = 90^\circ$