

2024—2025 学年度下期高 2027届期末考试

物理参考答案

一、单项选择题

题号	1	2	3	4	5	6	7
答案	A	B	B	D	C	D	C

二、多项选择题

题号	8	9	10
答案	AD	CD	AC

三、非选择题

11 【答案】(1) 16.4mm (2) $\frac{\pi^2(n-1)^2(L_0+\frac{d}{2})}{t^2}$ (3)B

12 【答案】(1) ④①⑥⑤; (2) 1.79; (3) 通过; (4) 18.6 ± 0.2 ; (5) $\frac{2g-k}{2g}$

13 【答案】(1) $v_B = 4\text{m/s}$; (2) $I = 18\text{N} \cdot \text{s}$, 方向竖直向下

【解】(1) 小球在 B 点受到的重力与支持力的合力提供向心力, 则

$$F_N - mg = m \frac{v_B^2}{R}, \text{ 解得 } v_B = 4\text{m/s} \dots\dots\dots (3 \text{ 分})$$

(2) 小球在轨道 BC 上向右运动, 加速度

$$a = \frac{\mu mg}{m} = 2\text{m/s}^2$$

根据匀变速直线运动规律有

$$L = v_B t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2$$

解得 $t_1 = 1\text{s}$ 或 3s (舍) $\dots\dots\dots (2 \text{ 分})$

平抛运动的时间为

$$h = \frac{1}{2} g t_2^2$$

小球从 B 点到落地过程中, 重力的冲量为

$$I = mg(t_1 + t_2), \text{ 解得 } I = 18\text{N} \cdot \text{s} \dots\dots\dots (4 \text{ 分})$$

方向竖直向下 $\dots\dots\dots (1 \text{ 分})$

14【答案】(1) 小球对轨道的弹力为 $\frac{55}{9}N$ ，方向竖直向上；

$$(2) v_b = \frac{2}{3} \text{ m/s}, E_{pm} = \frac{5}{2} \text{ J}$$

【解】(1) 根据题意可知，小球从开始下落到P处过程中，水平方向上动量守恒，设小球及方形物体相对于地面的速度 v_1 、 v_2 ，取向右为正，则有

$$mv_1 + Mv_2 = 0 \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

由能量守恒定律有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

联立解得

$$v_1 = 6 \text{ m/s}, v_2 = -\frac{2}{3} \text{ m/s} \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

在P点，以方形物体为参考系，小球相对方形物体的速度为 $v_1 - v_2$ ，曲率半径为R

$$mg + N = m \frac{(v_1 - v_2)^2}{R} \quad \text{解得: } N = \frac{55}{9} N < Mg \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

根据牛顿第三定律，小球对轨道的弹力为 $\frac{55}{9}N$ ，方向竖直向上。……(2 分)

(2) 由于小球落在物块a正上方，并与其粘连，小球竖直方向速度变为0，小球和物块a水平方向上动量守恒，则有

$$mv_1 = (m + m_a)v_3 \quad \text{解得: } v_3 = 2 \text{ m/s} \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

设当弹簧形变量为 x_1 时物块b的固定解除，此时小球和物块a的速度为 v_4 ，

根据胡克定律 $F = kx_1$

系统机械能守恒

$$\frac{1}{2}(m + m_a)v_3^2 = \frac{1}{2}(m + m_a)v_4^2 + \frac{1}{2}kx_1^2 \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

联立解得

$$v_4 = 1 \text{ m/s}, x_1 = 0.3 \text{ m} \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

固定解除之后，小球、物块a和物块b组成的系统动量守恒，

当三者共速时，弹簧的弹性势能最大，

由动量守恒定律有

$$(m + m_a)v_4 = (m + m_a + m_b)v_b \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

$$v_b = \frac{2}{3} \text{ m/s}, \text{ 方向水平向左} \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

由能量守恒定律可得，最大弹性势能为

$$E_{pm} = \frac{1}{2}(m + m_a)v_4^2 + \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}(m + m_a + m_b)v_b^2 = \frac{5}{2}J \dots\dots\dots(1 \text{ 分})$$

$$15 \text{ 【答案】 } (1) v_1 = \sqrt{\frac{GM_E}{R}}; (2) v_2 = \sqrt{\frac{2GM_E}{R}}; (3) v_3 = \sqrt{\frac{2GM_E}{R} + (3 - 2\sqrt{2})\frac{GM_S}{r_{SE}}};$$

$$(4) t = \frac{1}{2}T = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{4\pi^2\left(\frac{GM_ER}{2GM_E - v_0^2}\right)^3}{GM_E}} = \sqrt{\frac{\pi^2\left(\frac{GM_ER}{2GM_E - v_0^2}\right)^3}{GM_E}}$$

$$\text{【解】 } (1) \frac{GM_Em}{R^2} = m\frac{v_1^2}{R} \quad \text{解得: } v_1 = \sqrt{\frac{GM_E}{R}} \dots\dots\dots(4 \text{ 分})$$

(2) 设物体在地表刚好以第二宇宙速度 v_2 发射, 那么物体可以脱离地球的束缚, 可以理解为物体能够到达离地球无穷远处, 而在这个过程中, 物体和地球构成的系统机械能守恒

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + \left(-\frac{GM_Em}{R}\right) = \frac{1}{2}mv_\infty^2 + \left(-\frac{GM_Em}{\infty}\right) = \frac{1}{2}mv_\infty^2 \geq 0$$

$$v_2 \geq \sqrt{\frac{2GM_E}{R}}$$

$$\text{不难发现地球的第二宇宙速度 } v_2 = \sqrt{\frac{2GM_E}{R}} \dots\dots\dots(4 \text{ 分})$$

(3) 设物体在地表刚好以第三宇宙速度 v_3 发射, 那么物体可以脱离太阳的束缚。

我们先让物体脱离地球的束缚, 假设物体脱离地球束缚后的速度为 v'_3

$$\frac{1}{2}mv_3^2 + \left(-\frac{GM_Em}{R}\right) = \frac{1}{2}mv_3'^2 + \left(-\frac{GM_Em}{\infty}\right) = \frac{1}{2}mv_3'^2$$

接下来我们可以利用地球的公转速度, 设地球的公转速度为 v_E

$$\frac{GM_SM_E}{r_{SE}^2} = M_E \frac{v_E^2}{r_{SE}}$$

$$v_E = \sqrt{\frac{GM_S}{r_{SE}}}$$

此时在太阳系中, 因为地球公转轨道半径远大于地球半径, 近似取在地球公转轨道但距地球无限远的位置, 物体的速度为 $v'_3 + v_E$, 要使物体能够脱离太阳的束缚

$$\frac{1}{2}m(v'_3 + v_E)^2 + \left(-\frac{GM_Sm}{r_{SE}}\right) = \frac{1}{2}mv_\infty^2 + \left(-\frac{GM_Sm}{\infty}\right) = \frac{1}{2}mv_\infty^2 \geq 0$$

当取等号时

$$v'_3 + v_E = \sqrt{\frac{2GM_S}{r_{SE}}}$$

$$\sqrt{v_3^2 - \frac{2GM_E}{R}} + \sqrt{\frac{GM_S}{r_{SE}}} = \sqrt{\frac{2GM_S}{r_{SE}}}$$

$$v_3^2 - \frac{2GM_E}{R} = (3 - 2\sqrt{2}) \frac{GM_S}{r_{SE}}$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{2GM_E}{R} + (3 - 2\sqrt{2}) \frac{GM_S}{r_{SE}}} \dots\dots\dots(4 \text{ 分})$$

(4) 近地点的速度为 v_0 ，近地点到地球球心的距离为 R ，设远地点到地球球心的距离为 r ，物体在远地点的速度为 v

利用开普勒第二定律

$$v_0 \cdot R = v \cdot r$$

利用能量守恒

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + \left(-\frac{GM_E m}{R}\right) = \frac{1}{2}mv^2 + \left(-\frac{GM_E m}{r}\right)$$

两式联立解得

$$r = \frac{v_0^2 R^2}{2GM_E - v_0^2 R}$$

那我们可以得到轨道的半长轴为 a

$$2a = r + R = \frac{2GM_E R}{2GM_E - v_0^2 R}$$

$$a = \frac{GM_E R}{2GM_E - v_0^2 R}$$

根据开普勒第三定律

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM_E}{4\pi^2}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 a^3}{GM_E}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \left(\frac{GM_E R}{2GM_E - v_0^2 R}\right)^3}{GM_E}}$$

$$t = \frac{1}{2}T = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{4\pi^2 \left(\frac{GM_E R}{2GM_E - v_0^2 R}\right)^3}{GM_E}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \left(\frac{GM_E R}{2GM_E - v_0^2 R}\right)^3}{GM_E}} \dots\dots\dots(4 \text{ 分})$$