参考答案与详解

2024 年山东省普通高中学业水平等级考试 · 物理

本站自编 | 共 18 题

本题答案与解析由逐光知理物理教研组依据原卷独立编撰，选择题给出答案键，非选择题给出关键公式与演算过程，供校核使用。公式与物理量按 *Times New Roman* 斜体排版。

1．答案：D

A．$^{90}_{38}\mathrm{Sr}\rightarrow{}^{90}_{39}\mathrm{Y}$ 质量数不变、电荷数增加 1，为 β 衰变，产生电子，不是 α 粒子，A 错误。

B．$^{238}_{94}\mathrm{Pu}\rightarrow{}^{234}_{92}\mathrm{U}$ 质量数减少 4、电荷数减少 2，为 α 衰变，产生 α 粒子，不是 β 粒子，B 错误。

C．经过 50 年，Sr 约经过 $50/29\approx1.72$ 个半衰期，剩余约 $0.30N_0$；Pu 约经过 $50/87\approx0.57$ 个半衰期，剩余约 $0.67N_0$，故 Sr 的数目小于 Pu，C 错误。

D．经过 87 年，Sr 经过 3 个半衰期，剩余 $\frac{1}{8}N_0$；Pu 经过 1 个半衰期，剩余 $\frac{1}{2}N_0$，故 Sr 的数目小于 Pu，D 正确。故选 D。

2．答案：B

根据题意可知机器人“天工”它可以在倾角不大于 30° 的斜坡上稳定地站立和行走，对“天工”分析有

$$mg\sin30^\circ\le\mu mg\cos30^\circ$$

可得 $\mu\ge\frac{\sqrt{3}}{3}$

故选 B。

3．答案：A

木板在斜面上运动时，木板的加速度不变，设加速度为 a，木板从静止释放到下端到达 A 点的过程，根据运动学公式有 $L=\frac{1}{2}at_0^2$；

木板从静止释放到上端到达 A 点的过程，当木板长度为 L 时，有 $2L=\frac{1}{2}at_1^2$；

当木板长度为 $2L$ 时，有 $3L=\frac{1}{2}at_2^2$；

又 $\Delta t_1=t_1-t_0$，$\Delta t_2=t_2-t_0$

联立解得 $\Delta t_2:\Delta t_1=(\sqrt{3}-1):(\sqrt{2}-1)$

故选 A。

4．答案：C

单色平行光垂直照射两块平板玻璃，在上、下玻璃板表面的反射光发生干涉。

同一条干涉条纹对应的光程差相等，因此条纹位置由两玻璃板间的空气层厚度决定。

图中 b 周围的干涉条纹位置与标准滚珠 a 周围的条纹一致，说明 b 的直径与 a 相等，b 合格；

c 周围的条纹位置与 a 的不同，说明 c 的直径与 a 不相等，c 不合格。故选 C。

5．答案：D

由开普勒第三定律 $\frac{a^3}{T^2}=k$，其中 $k=\frac{GM}{4\pi^2}$，中心天体质量 $M=\frac{4\pi^2a^3}{GT^2}$。
“鹊桥二号”绕月球运行的周期与地球同步卫星绕地球运行的周期相同，均为 24 h。
故 $\frac{M_X}{M_N}=\frac{a^3}{r^3}$。故选 D。

6．答案：C

A．$a\to b$ 为等压膨胀过程，温度升高，内能增大；气体从外界吸收的热量一部分用于对外做功，一部分用于增加内能，A 错误。
B．$b\to c$ 为绝热膨胀过程，$Q=0$，气体对外做功，内能减小，B 错误。
C．$c\to a$ 为等温压缩过程，内能不变。$a\to b\to c$ 过程中，初、末状态内能相同，吸收的热量全部用于对外做功，C 正确。
D．对整个循环 $a\to b\to c\to a$，内能变化为零，$Q_{ab}-Q_{ca}-W=0$，故 $Q_{ab}=Q_{ca}+W>Q_{ca}$，D 错误。故选 C。

7．答案：B

当甲所坐木板刚要离开原位置时，对甲及其所坐木板整体有 $kx_0=\mu mg$
解得弹性绳的伸长量 $x_0=\frac{\mu mg}{k}$
则此时弹性绳的弹性势能为
$E_0=\frac{1}{2}kx_0^2=\frac{\mu^2m^2g^2}{2k}$
从开始拉动乙所坐木板到甲所坐木板刚要离开原位置的过程，乙所坐木板的位移为 $x_1=x_0+l-d$
则由功能关系可知该过程 F 所做的功
$W=E_0+\mu mgx_1=\frac{3(\mu mg)^2}{2k}+\mu mg(l-d)$
故选 B。

8．答案：C

线圈绕 y 轴匀速转动时，只有处于磁场中的两条边切割磁感线，产生的电动势与磁通量变化率有关。
原磁场充满 $-d\le x\le d$、$-d\le y\le d$ 的区域，线圈中产生连续正弦式电动势。
新电动势在一段时间内为零，说明线圈的两条边同时位于磁场外，磁通量不变。
这要求磁场只存在于中央宽为 d 的竖直条带，即 $-\frac{d}{2}\le x\le\frac{d}{2}$、$-d\le y\le d$。故选 C。

9．答案：BC

AB．在 0.5s 内，甲、乙两列波传播的距离均为

$\Delta x = v\Delta t = 2 \times 0.5\text{m} = 1\text{m}$

根据波形平移法可知，$t = 0.5$s 时，$x = 1$m 处甲波的波谷刚好传到 P 处，$x = 3$m 处乙波的平衡位置振动刚好传到 P 处，根据叠加原理可知，$t = 0.5$s 时，P 偏离平衡位置的位移为 -2cm，故 A 错误，B 正确；

CD．在 1.0s 内，甲、乙两列波传播的距离均为

$\Delta x' = v\Delta t' = 2 \times 1.0\text{m} = 2\text{m}$

根据波形平移法可知，$t = 1.0$s 时，$x = 0$ 处甲波的平衡位置振动刚好传到 P 处，$x = 4$m 处乙波的平衡位置振动刚好传到 P 处，且此时两列波的振动都向 y 轴正方向运动，根据叠加原理可知，$t = 1.0$s 时，P 向 y 轴正方向运动，故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

10．答案：AD

A、B．小滑块在 B 点加速度为零，沿斜面方向受力平衡。设 $OB = l$，库仑力沿水平方向，其沿斜面向上的分力与重力沿斜面向下的分力平衡：

$k\frac{q^2}{l^2}\cos 30^\circ = mg\sin 30^\circ$，解得 $l = \sqrt{\frac{\sqrt{3}kq^2}{mg}}$，A 正确，B 错误。

C、D．从 A 到 C，小滑块初、末速度均为零。重力做正功 $mgS\sin 30^\circ = \frac{1}{2}mgS$，静电力做负功，故 $W_E = -\frac{1}{2}mgS$，C 错误。

又 $W_E = qU_{AC}$，得 $U_{AC} = -\frac{mgS}{2q}$，D 正确。故选 AD。

11．答案：ABD

A．金属棒沿圆弧导轨运动时切割磁感线，产生感应电流，安培力阻碍其运动，机械能不断转化为焦耳热，最终停在最低点 OO\' 位置，A 正确。

B．安培力方向始终与金属棒速度方向相反，始终做负功，B 正确。

C．从释放到第一次到达 OO\' 过程中，重力沿运动方向的分力先大于安培力，金属棒加速；随着速度增大，安培力增大，后可能大于重力分力，金属棒减速，故速率并非一直增大，C 错误。

D．磁场竖直向下，金属棒速度沿圆弧切线方向，由右手定则可知感应电流方向由 M 到 N，D 正确。故选 ABD。

12．答案：BD

AC．将初速度分解为沿 PQ 方向分速度 v_1 和垂直 PQ 分速度 v_2，则有 $v_1 = v_0\cos 60^\circ = 10\text{m/s}$，
$v_2 = v_0\sin 60^\circ = 10\sqrt{3}\,\text{m/s}$
将重力加速度分解为沿 PQ 方向分速度 a_1 和垂直 PQ 分速度 a_2，则有
$a_1 = g\sin 30^\circ = 5\text{m/s}^2$，$a_2 = g\cos 30^\circ = 5\sqrt{3}\,\text{m/s}^2$
垂直 PQ 方向根据对称性可得重物运动时间为
$t = 2\frac{v_2}{a_2} = 4\text{s}$
重物离 PQ 连线的最远距离为
$d_{\max} = \frac{v_2^2}{2a_2} = 10\sqrt{3}\,\text{m}$
故 AC 错误；
B．重物落地时竖直分速度大小为
$v_y = -v_0\sin 30^\circ + gt = 30\text{m/s}$
则落地速度与水平方向夹角正切值为
$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_y}{v_0\cos 30^\circ} = \sqrt{3}$
可得 $\theta = 60^\circ$
故 B 正确；
D．从抛出到最高点所用时间为
$t_1 = \frac{v_0\sin 30^\circ}{g} = 1\text{s}$
则从最高点到落地所用时间为
$t_2 = t - t_1 = 3\text{s}$
轨迹最高点与落点的高度差为
$h = \frac{1}{2}gt_2^2 = 45\text{m}$
故 D 正确。
故选 BD。

13．答案：（1）1.0 （2）0.20 （3）B

（1）$x_A - t$、$x_B - t$ 图像的斜率表示速度。两图线在 $t = 1.0$ s 时斜率同时发生突变，说明此时两滑块发生碰撞。
（2）碰撞前 $x_B - t$ 图线的斜率绝对值约为 $\frac{110-90}{1.0}$ cm/s $= 0.20$ m/s，故碰撞前 B 的速度大小为 0.20 m/s。
（3）碰前 A 的速度约为 0.50 m/s，B 约为 0.20 m/s；碰后 A 约为 0.36 m/s，B 约为 0.50 m/s。取向右为正，由动量守恒有 $m_Av_A + m_Bv_B = m_Av_A' + m_Bv_B'$，代入数据得 $\frac{m_A}{m_B} \approx 2$，故 400 g 的滑块是 A，200 g 的滑块是 B。

14．答案：（1）2.450
（2）1
（3）1.91
（4）大于

（1）根据螺旋测微器的读数规则可知，其读数为
$d = 2\text{mm} + 0.01 \times 45.0\text{mm} = 2.450\text{mm}$
（2）由于电压表示数变化更明显，说明电流表分压较多，因此电流表应采用外接法，即测量铅笔芯电阻时应将 K 掷到 1 端；
（3）根据图丙的 $I-U$ 图像，结合欧姆定律有
$R_Y = \frac{2.50\text{V}}{1.31\text{A}} = 1.91\Omega$
（4）根据电阻定律 $R = \rho\frac{l}{S}$
可得 $\rho = \frac{RS}{l}$
两种材料的横截面积近似相等，分别代入数据可知 $\rho_X > \rho_Y$。

15．答案：（1）$\sin\theta = 0.75$
（2）$0 < x \leq \frac{2\sqrt{3}}{9}R$

（1）由题意设光在三棱镜中的折射角为 α，则根据折射定律有
$n = \frac{\sin\theta}{\sin\alpha}$
由于折射光线垂直 EG 边射出，根据几何关系可知
$\alpha = \angle FEG = 30^\circ$
代入数据解得 $\sin\theta = 0.75$
（2）根据题意作出单色光第一次到达半圆弧 AMB 恰好发生全反射的光路图如图。
则根据几何关系可知 FE 上从 P 点到 E 点以 θ 角入射的单色光线第一次到达半圆弧 AMB 都可以发生全反射，根据全反射临界角公式有
$\sin C = \frac{1}{n}$
设 P 点到 FG 的距离为 l，则根据几何关系有 $l = R\sin C$
又因为 $x_{PE} = \frac{R-l}{\cos 30^\circ}$
联立解得 $x_{PE} = \frac{2\sqrt{3}}{9}R$
所以光线在 EF 上的入射点 D 到 E 点的距离范围为 $0 < x \leq \frac{2\sqrt{3}}{9}R$。

16．答案：（1）$x = 2\text{cm}$
（2）$V = 8.92 \times 10^{-4}\text{m}^3$

（1）由题意可知缓慢地将汲液器竖直提出液面过程，气体发生等温变化，所以有
$p_1(H-x)S_1 = p_2HS_1$
又因为 $p_1 = p_0$，$p_2 + \rho gh = p_0$
代入数据联立解得 $x = 2\text{cm}$
（2）当外界气体进入后，以所有气体为研究对象有
$p_0V + p_2HS_1 = p_3(HS_1 + \frac{h}{2}S_2)$
又因为 $p_3 + \rho g \cdot \frac{h}{2} = p_0$
代入数据联立解得 $V = 8.92 \times 10^{-4}\text{m}^3$。

17．答案： (1) $v=4\ \text{m/s}$ (2) (i) $\mu=0.2$，$m=1\ \text{kg}$ (ii) $L=4.5\ \text{m}$

(1) 在 Q 点，物块受重力 mg 和轨道弹力 $N=3mg$，方向均竖直向下，合力提供向心力：$mg+3mg=m\frac{v^2}{R}$，得 $v=\sqrt{4gR}=4\ \text{m/s}$。

(2) (i) 由图乙，$F\le 4\ \text{N}$ 时物块与轨道一起加速，$a=\frac{F}{M+m}$，图线斜率 $\frac{1}{M+m}=0.5$，故 $M+m=2\ \text{kg}$。$F=4\ \text{N}$ 时 $a=2\ \text{m/s}^2$，物块所需静摩擦力最大，$\mu mg=m\times 2$，得 $\mu=0.2$。$F>4\ \text{N}$ 后轨道加速度 $a=\frac{F-\mu mg}{M}$，图线斜率 $\frac{1}{M}=\frac{6-2}{8-4}=1$，得 $M=1\ \text{kg}$，故 $m=1\ \text{kg}$。

(ii) $F=8\ \text{N}$ 时，轨道加速度 $a_M=\frac{8-2}{1}=6\ \text{m/s}^2$，物块加速度 $a_m=\mu g=2\ \text{m/s}^2$，均向左；物块相对轨道向右滑动，相对加速度 $4\ \text{m/s}^2$。设经时间 t 到达 P，相对位移 $L=\frac{1}{2}\times 4t^2$，此时 $V_M=6t$、$v_m=2t$。

撤去 F 后系统水平方向动量守恒。设到达 Q 时轨道速度为 V_2、物块速度为 $7\ \text{m/s}$，均向左，则 $V_2+7=8t$。由机械能守恒：$\frac{1}{2}V_M^2+\frac{1}{2}v_m^2=\frac{1}{2}V_2^2+\frac{1}{2}\times 7^2+mg\times 2R$。代入得 $20t^2=\frac{1}{2}(8t-7)^2+32.5$，即 $12t^2-56t+57=0$，解得 $t=1.5\ \text{s}$ 或 $t=\frac{19}{6}\ \text{s}$。$t=\frac{19}{6}\ \text{s}$ 时 $V_2>7\ \text{m/s}$，物块相对轨道已向左滑出 Q 点，不符合题意，舍去。故 $t=1.5\ \text{s}$，$L=2t^2=4.5\ \text{m}$。

18．答案：（1）$U_0=\frac{qB^2L^2}{8m}$

（2）$E=\frac{qB^2L}{4m}$，方向沿 x 轴正方向

（3）$d_m=\frac{(3-\sqrt{3})L}{12}$

（1）根据题意，作出粒子垂直挡板射入小孔 K 的运动轨迹如图所示。

根据几何关系可知粒子在磁场中做圆周运动的轨迹半径为

$r=x_{SK}=\frac{L}{2}$

在 $\triangle OMN$ 区域根据洛伦兹力提供向心力有

$qvB=m\frac{v^2}{r}$

在匀强加速电场中由动能定理有

$U_0q=\frac{1}{2}mv^2$

联立解得 $U_0=\frac{qB^2L^2}{8m}$

（2）根据题意，当轨迹半径最小时，粒子速度最小，则作出粒子以最小的速度从小孔 K 射出的运动轨迹如图所示。

根据几何关系可知粒子在磁场中做圆周运动的轨迹半径为

$r'=x_{NK}\cos 60^\circ=\frac{L}{4}$

在 $\triangle OMN$ 区域根据洛伦兹力提供向心力有

$qv'B=m\frac{v'^2}{r}$

粒子从小孔 K 射出后恰好做匀速直线运动，由左手定则可知粒子经过小孔 K 后受到的洛伦兹力沿 x 轴负方向，则粒子经过小孔 K 后受到的电场力沿 x 轴正方向，又粒子带正电，则 $\triangle OMN$ 之外第一象限区域电场强度的方向沿 x 轴正方向，大小满足

$qv'B=Eq$

联立可得 $E=\frac{qB^2L}{4m}$

（3）在匀强加速电场中由动能定理有

$Uq=\frac{1}{2}mv''^2$

可得 $v''=\frac{\sqrt{3}qBL}{6m}$

在 $\triangle OMN$ 区域根据洛伦兹力提供向心力有

$qv''B=m\frac{v''^2}{r''}$

可得粒子在 $\triangle OMN$ 区域运动的轨迹半径

$r''=\frac{\sqrt{3}}{6}L$

作出从小孔 K 射出的粒子的运动轨迹如图所示。

粒子从 K 射出时，v'' 越偏向 y 轴，离 y 轴越近，由几何关系有

$\sin\theta=\frac{\frac{L}{4}}{r''}=\frac{\sqrt{3}}{2}$

则有 $\theta=60^\circ$

由配速法将运动分解为 y 轴方向的匀速直线运动和沿 x 方向的匀速圆周运动，其中

$v''_y=v''\sin\theta=\frac{qBL}{4m}$

$v''_x=v''\cos\theta=\frac{qBL}{4\sqrt{3}m}$

匀速圆周运动的半径为

$r_y=\frac{mv''_x}{qB}=\frac{\sqrt{3}}{12}L$

故最小距离为

$d_m=\frac{L}{4}-r_y=\frac{(3-\sqrt{3})L}{12}$。