

## 1. A 【命题点】氢原子谱线+能级跃迁

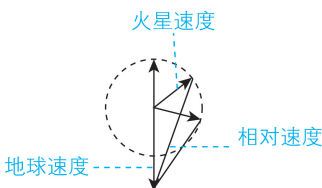
【解析】由于波长为 121.6 nm 的氢原子谱线对应的光子能量为 10.2 eV, 氢原子发生能级跃迁时, 从高能级向  $n=2$  能级跃迁时释放的光子能量均小于 3.4 eV, 所以氢原子一定是从高能级向  $n=1$  能级跃迁, 由玻尔氢原子理论可知, 此谱线是由氢原子从  $n=2$  能级 ( $-3.4$  eV) 向  $n=1$  能级 ( $-13.6$  eV) 跃迁时释放的光子产生的(关键: 氢原子发生能级跃迁时释放光子的能量由  $h\nu = E_m - E_n$  来计算), A 正确。

## 2. B 【命题点】万有引力定律+速度的合成与分解

【解析】绕太阳公转的星体, 根据万有引力充当向心力有

$$\frac{GMm}{r^2} = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r, \text{ 解得 } T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}, \text{ 所以火星与地球绕太阳}$$

运动的周期之比为  $\frac{T_{\text{火}}}{T_{\text{地}}} = \sqrt{\frac{r_{\text{火}}^3}{r_{\text{地}}^3}} = \sqrt{\frac{27}{8}}$ , A 错误; 作出火星速度相对于地球变化的示意图如图所示,



由速度的合成可知, 火星与地球运动的方向相反时, 火星与地球的相对速度最大, 此时火星与地球分居在太阳的两侧且三者共线, 火星与地球相距最远, B 正确; 火星与地球表面的重力加速度需要根据星体表面的万有引力等于重力进行求解, 即  $\frac{GMm}{R^2} = mg$  (式中  $M$  是星体质量,  $m$  是星体表面附近的物体质量,  $R$  是星体半径), 由于火星与地球的质量和半径的关系未知, 故无法比较火星与地球表面的自由落体加速度, C 错误; 火星的公转角速度小于地球的公转角速度, 所以下一次“火星冲日”发生时, 地球比火星多转动一周, 有

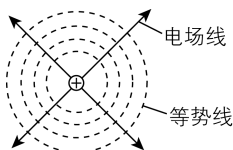
$\left( \frac{2\pi}{T_{\text{地}}} - \frac{2\pi}{T_{\text{火}}} \right) t = 2\pi$  (点拨: 运算时, 该公式中时间可全以年为单位), 解得  $t = \frac{\sqrt{27}}{\sqrt{27}-\sqrt{8}}$  年, 大于 1 年, 所以下一次“火星冲日”将出现在 2023 年 12 月 8 日之后, D 错误。

► 一题多解 开普勒定律

由开普勒第三定律有  $\frac{r_{\text{火}}^3}{r_{\text{地}}^3} = \frac{T_{\text{火}}^2}{T_{\text{地}}^2}$ , 解得  $\frac{T_{\text{火}}}{T_{\text{地}}} = \sqrt{\frac{27}{8}}$ 。

## 3. C 【命题点】点电荷的电场强度公式+电场力做功与电势的关系

【解析】作出正点电荷周围的电场线与等势线示意图如图所示,



电势: 与正点电荷距离相等位置处的电势相等, 且离正点电

荷越远,电势越低,若  $\varphi_M > \varphi_N$ , 则  $M$  点到电荷  $Q$  的距离比  $N$  点的近, **A 错误**;

**电场强度**:与正点电荷距离相等位置处的电场强度大小相等,但方向各不相同,且离正点电荷越远,电场强度越小,若  $E_M < E_N$ , 则  $M$  点到电荷  $Q$  的距离比  $N$  点的远, **B 错误**;

**电场力做功**:试探电荷电势能的减少量等于电场力所做的正功,若把带负电的试探电荷从  $M$  点移到  $N$  点,电场力做正功,则电势能减少,则电势升高,  $\varphi_M < \varphi_N$ , **C 正确**;若把带正电的试探电荷从  $M$  点移到  $N$  点,电场力做负功,则电势能增加,电势升高,与电荷  $Q$  的距离变近,  $E_M < E_N$ , **D 错误**。

#### 4. D 【命题点】功率+机车启动

**【解析】**设额定功率为  $P_1$  的动车受到的阻力大小为  $f_1$ ,额定功率为  $P_2$  的动车受到的阻力大小为  $f_2$ , 则有  $P_1 = f_1 v_1$ ,  $P_2 = f_2 v_2$  (关键:动车以最大速度运行时,动车的牵引力等于阻力), 当将它们编成动车组后,每节动车运行时受到的阻力与编组前相等,有  $P_1 + P_2 = (f_1 + f_2) v_m$ , 解得该动车组在铁轨上能达到的最大速度为  $v_m = \frac{(P_1 + P_2) v_1 v_2}{P_1 v_2 + P_2 v_1}$ , **D 正确**。

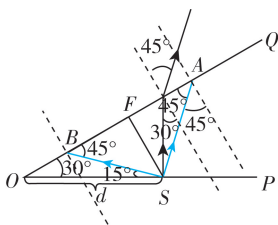
#### 5. B 【命题点】感生电动势的计算+NFC 芯片

**【解析】**每一匝线圈内都产生感应电动势,且是相叠加的关系 (点拨:因为每匝线圈的大小不一,故无法使用  $N$  乘以单匝电动势的思路,且多匝线圈的电磁感应现象在本质上是单匝叠加), 根据法拉第电磁感应定律可得  $E = (S_1 + S_2 + S_3) \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.44 \text{ V}$ , **B 正确**。

#### 6. C 【命题点】光的折射+全反射

**【解析】**步骤一:玻璃折射率。由几何关系可知,题中所给光路入射角是  $30^\circ$ , 可得折射率  $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2}$ 。

步骤二:全反射临界角。根据  $n = \frac{1}{\sin C}$ , 可知光线发生全反射的临界角  $C = 45^\circ$ , 作出恰好在  $OQ$  边界发生全反射时的光线如图所示,



则有光射出的长度就是  $AB$  的长度,过  $S$  点作  $OQ$  的垂线交  $OQ$  于  $F$  点,则在  $\triangle OSF$  中,  $SF = \frac{1}{2}d$ , 根据几何关系可知,  $AF = SF = BF$ , 所以  $AB = d$ , **C 正确**。

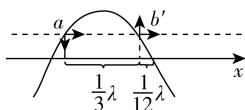
#### 一题多解 利用正弦定理解三角形

对  $\triangle OSB$  使用正弦定理,有  $\frac{\sin 30^\circ}{SB} = \frac{\sin 135^\circ}{d}$ , 解得  $SB = \frac{\sqrt{2}}{2}d$ , 由几何关系可知  $\triangle ABS$  是等腰直角三角形, 因此  $AB = d$ 。

#### 7. A 【命题点】机械振动与机械波

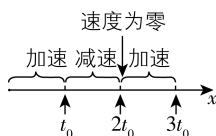
**【解析】**质点  $a$ 、 $b$  平衡位置之间的距离为  $\left| -\frac{40}{3} - 120 \right| \text{ cm} =$

$\frac{4}{3}\lambda$ , 观察  $b$  点左边平衡位置与  $b$  点的平衡位置相距  $\lambda$  的点  $b'$ ,  $b'$  点与  $b$  点振动形式一致, 画出  $a$  点和  $b'$  点在计时时刻的位置关系如图所示, 根据波形图判断出  $a$  处质点此时位移为  $4\text{ cm}$ , 向  $y$  轴负方向运动, **A 正确**。



## 8. BD 【命题点】加速度—时间图像

【解析】 $a-t$  图像中图线与  $t$  轴围成图形的面积表示速度的变化量, 质点的运动情况描述如图所示。

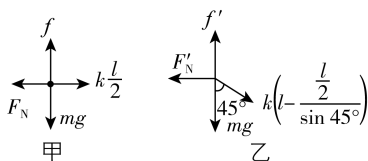


质点  $P$  一直沿  $x$  轴向右运动, 且在  $t=2t_0$  时刻,  $P$  的运动速度最小(为零), **A 错误, B 正确**;  $t=3t_0$  时刻,  $P$  点到原点的距离最远, **C 错误**;  $t=\frac{3}{2}t_0$  时刻, 质点向右减速,  $t=\frac{1}{2}t_0$  时刻, 质点向右加速, 运动方向相同, 且两时刻到  $t=t_0$  时刻间的图线与  $t$  轴围成的图像面积大小相等, 所以在这两时刻  $P$  的运动速度大小也相等, **D 正确**。

## 9. AD 【命题点】动力学综合问题+弹簧+摩擦力

【解析】关注点一: 小球置于杆上  $P$  点时恰好静止。对小球受力分析如图甲所示, 有  $f=mg$ ,  $F_N=k\frac{l}{2}$ ,  $f=\mu F_N$ , 解得  $k=\frac{4mg}{l}$ , **A 正确**。

关注点二: 小球在  $P$  点下方  $\frac{l}{2}$  处的合力。对小球进行受力分析如图乙所示, 则有  $F'_N=k\left(l-\frac{\frac{l}{2}}{\sin 45^\circ}\right)\sin 45^\circ$ ,  $mg+k\left(l-\frac{\frac{l}{2}}{\sin 45^\circ}\right)\cos 45^\circ-\mu F'_N=ma$ , 解得  $a=\sqrt{2}g$ , **B 错误**。



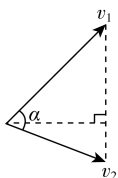
关注点三: 在  $M$  点到  $N$  点的运动过程中, 小球受到的摩擦力。小球与竖直杆间的正压力等于弹簧弹力的水平分量, 从  $M$  点到  $N$  点的过程中正压力先变大再变小, 则滑动摩擦力也先变大再变小, **C 错误**。

关注点四:  $M$  点到  $P$  点和  $P$  点到  $N$  点, 小球受到的摩擦力。小球在关于  $P$  点对称的位置受到的滑动摩擦力相等, 根据微元法可知从  $M$  点到  $P$  点和从  $P$  点到  $N$  点的运动过程中, 小球受到的滑动摩擦力做功相同, **D 正确**。

## 10. BD 【命题点】类斜抛运动+带电微粒在电场中的加速和偏转

【解析】设微粒在平行板电容器中的加速度大小为  $a$ , 刚进入该电容器时速度大小为  $v_1$ , 微粒从刚进入到最高点的过程

中,根据类斜抛运动规律有  $2L=v_1 \cos 45^\circ \cdot t_1$ ,  $d=v_1 \sin 45^\circ \cdot t_1 - \frac{1}{2}at_1^2$ ,  $0-v_1 \sin 45^\circ = -at_1$ , 解得  $d=L$ , **A 错误**; 微粒在电压为  $U_1$  的电场中加速, 有  $qU_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 - 0$ , 微粒从刚进入平行板电容器到最高点过程中, 有  $-q \times \frac{1}{2}U_2 = \frac{1}{2}m(v_1 \cos 45^\circ)^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ , 解得  $U_1 = U_2$ , **B 正确**; 微粒刚要出平行板电容器时, 竖直方向的速度大小  $v_y = a \frac{L}{v_1 \cos 45^\circ} = \frac{v_x}{2}$ , 合速度大小  $v_2 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \frac{\sqrt{10}}{4}v_1$ , 作出进入和穿出平行板电容器时速度的示意图如图所示,



由几何关系可知速度变化量大小为  $\frac{3\sqrt{2}}{4}v_1$ , 由余弦定理可知

$$\cos \alpha = \frac{v_1^2 + v_2^2 - \left(\frac{3\sqrt{2}}{4}v_1\right)^2}{2v_1v_2} = \frac{\sqrt{10}}{10}, \text{解得 } \tan \alpha = 3, \text{C 错误};$$

以微粒进入平行板电容器的点为坐标原点, 水平向右为  $x$  轴正方向, 竖直向上为  $y$  轴正方向建立坐标系, 微粒在坐标系中的坐标  $(x, y)$  满足  $x = v_1 \cos 45^\circ \cdot t$ ,  $y = v_1 \sin 45^\circ \cdot t - \frac{1}{2} \cdot$

$\frac{qU_2}{2md} \cdot t^2$ , 又  $\frac{1}{2}mv_1^2 = qU_1$ , 所以轨迹方程为  $y = x - \frac{U_2}{4dU_1}x^2$ , 轨迹与微粒质量或电荷数量无关, 故仅改变微粒质量或者电荷数量, 微粒在电容器中的运动轨迹不变, **D 正确**。

**快解** 微粒刚进入平行板电容器时, 速度夹角为  $45^\circ$ , 将速度延长, 由平抛运动推论可知, 延长线经过  $2L$  和  $L$  的分界线与上极板的交点, 由几何知识知  $L=d$ 。

**11. (1) 不必 (2 分) (2)  $m_B - \mu(m_A + nm_0)$  (2 分)**

**(3) 0.40 (3 分)**

**【命题点】测量动摩擦因数实验**

**【解析】**(1) 因为滑动摩擦力与物体间的运动形式无关, 所以只要保证木板和木块  $A$  之间是相对滑动即可, **不必** 保证拉动木板时保持匀速 (提示: 若以木块  $A$  为研究对象, 测算摩擦力时, 需要保证匀速运动, 但在实验中难以维持)。

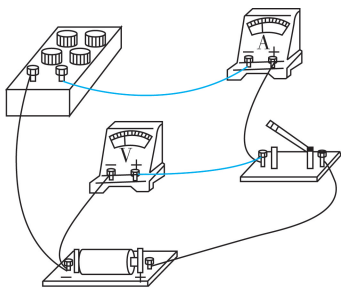
(2) 重物  $B$  受力平衡, 有  $\mu(m_A + nm_0)g + mg = m_B g$ , 则  $m = m_B - \mu(m_A + nm_0)$ 。

(3) 将(2)中结果整理得  $m = -\mu m_0 \cdot n - \mu m_A + m_B$ , 可得  $m-n$  图像斜率为  $k = -\mu m_0$ , 其中  $m_0 = 20 \text{ g}$ , 由图像可得  $k \approx -8 \text{ g}$ , 解得  $\mu = 0.40$ 。

**12. (1) 见解析 (2 分) (2) 1.58 (2 分) 0.65 (2 分) (3) 2.5 (2 分) (4) 偏小 (2 分)**

**【命题点】测电源电动势和内阻+测电表内阻**

**【解析】**(1) 根据题图(a)完成实物图连线如图所示。



(2) 由闭合电路欧姆定律得  $U = E - Ir$ , 可知  $U-I$  图像的纵轴截距为干电池的电动势, 则  $E \approx 1.58 \text{ V}$ , 斜率的绝对值为干电池的内阻, 则  $|k| = r = \left| \frac{1.42 - 1.55}{0.25 - 0.05} \right| \Omega = 0.65 \Omega$ 。

(3) 由闭合电路欧姆定律得  $E = I(R_A + R + r)$ , 整理得  $\frac{1}{I} = \frac{R}{E} + \frac{r + R_A}{E}$ ,  $\frac{1}{I} - R$  图像纵轴截距为  $2 \text{ A}^{-1} = \frac{R_A + r}{E} = \frac{0.65 \Omega + R_A}{1.58 \text{ V}}$ , 解得  $R_A \approx 2.5 \Omega$ 。

(4) 由于电压表分流, 导致电流表的示数偏小, 所以干电池内阻的测量值偏小。

13. (1)  $\frac{18}{17}p_0$  (2)  $\frac{2p_0S}{17H}$   $\frac{2p_0S}{17g}$

【命题点】气体等温变化+汽缸模型

【解析】(1) 由题中“弹簧长度恰好为原长”可知, 初状态下汽缸内气体压强为  $p_0$  (1分)

设最终汽缸内理想气体压强变为  $p_1$ , 由玻意耳定律可得

$$p_0(SH + 2S \times H) = p_1(S \times \frac{3}{2}H + 2S \times \frac{2}{3}H) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } p_1 = \frac{18}{17}p_0 \quad (1 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 对左侧活塞受力分析可得 } p_1S = p_0S + k \times \frac{1}{2}H \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } k = \frac{2p_0S}{17H} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{对右侧活塞受力分析可得 } p_1 \times 2S = p_0 \times 2S + mg \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得添加的沙子质量 } m = \frac{2p_0S}{17g} \quad (1 \text{ 分})$$

14. (1)  $\sqrt{gR}$  (2) 0 (3)  $\sqrt{3gR}$

【命题点】动能定理+圆周运动+平抛运动

【解析】(1) 小物块恰好通过  $D$  点, 重力提供向心力, 有

$$mg = m \frac{v_D^2}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } v_D = \sqrt{gR} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 小物块从  $C$  到  $D$ , 由动能定理得

$$-mgR(1 + \cos 60^\circ) = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2 \quad (2 \text{ 分})$$

小物块从  $B$  到  $C$  做平抛运动, 在  $C$  点, 小物块恰好沿切线方向进入圆弧轨道  $\widehat{CDE}$ , 有  $v_C \cos 60^\circ = v_B$  (2分)

解得  $v_B = \sqrt{gR} = v_D$ , 则  $B$  和  $D$  两点的高度差为零 (1分)

(3) 小物块从  $A$  到  $B$ , 所受滑动摩擦力始终与运动方向相反, 滑动摩擦力大小不变, 有  $f = \mu F_N$  (2分)

其中  $F_N = mg$  (1分)

$$\text{由动能定理得 } -\mu mg \cdot \pi \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 \quad (2 \text{ 分})$$

解得  $v_A = \sqrt{3gR}$  (2分)

15. (1)  $\frac{qBa}{m}$  (2)  $\frac{m}{2}$   $\frac{3qBa}{m}$

(3) 甲的位置坐标  $(-6a, 0)$  乙的位置坐标  $(0, 0)$   $67\pi a$

【命题点】带电粒子在磁场中的运动+碰撞

【解析】(1) 由题意可知, 甲粒子的轨迹半径为  $a$  (1分)

根据洛伦兹力充当向心力, 有  $qv_0B = \frac{mv_0^2}{a}$  (2分)

解得  $v_0 = \frac{qBa}{m}$  (1分)

(2) 因为周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ , 且由题中“粒子甲运动一个圆周时,

粒子乙刚好运动了两个圆周”可知  $m_{\text{乙}} = \frac{m}{2}$  (2分)

设粒子乙碰前的速度为  $v$ , 碰后的速度为  $v'$ ,

甲、乙碰撞满足动量守恒, 规定碰撞前甲的速度方向为正方向, 有

$$mv_0 + \frac{1}{2}mv = -m \times 3v_0 + \frac{1}{2}mv' \quad (2分)$$

根据机械能守恒有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(3v_0)^2 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}mv'^2 \quad (2分)$$

联立解得  $v' = 3v_0 = \frac{3qBa}{m}$ ,  $v = -5v_0 = -\frac{5qBa}{m}$  (2分)

第一次碰撞后乙的速度大小为  $\frac{3qBa}{m}$ 。

(3) 第一次碰撞: 粒子甲从  $P$  点运动到  $O$  点, 所需时间为

$\frac{1}{2}T$ , 即  $\frac{\pi m}{qB}$ , 所以  $t = \frac{\pi m}{qB}$  时刻, 甲、乙粒子第一次发生碰撞,

第二次碰撞: 第一次碰后, 粒子甲向上运动, 粒子乙向下运动, 当粒子甲再一次运动到  $O$  点时, 速度方向向上, 粒子乙运动两圈到原点  $O$  时, 速度方向向下, 两粒子第二次发生碰撞,

由动量守恒有  $\frac{m}{2} \times 3v_0 - m \times 3v_0 = \frac{m}{2} \times v_{\text{乙}} + m \times v_{\text{甲}}$ ,

由机械能守恒有  $\frac{1}{2} \times \frac{m}{2} \times (3v_0)^2 + \frac{1}{2} \times m \times (3v_0)^2 = \frac{1}{2} \times \frac{m}{2} \times$

$v_{\text{乙}}^2 + \frac{1}{2} \times m \times v_{\text{甲}}^2$ ,

解得  $\begin{cases} v_{\text{甲}} = v_0 \\ v_{\text{乙}} = -5v_0 \end{cases}$  或  $\begin{cases} v_{\text{甲}} = -3v_0 \\ v_{\text{乙}} = 3v_0 \end{cases}$  (即碰撞前情况, 与此次运动情

况不符, 舍去),

碰撞之后的速度与甲、乙第一次碰撞前情况相同, 粒子碰撞

呈现周期性, 该周期为  $T_0 = \frac{4\pi m}{qB}$ ,

所以  $t = \frac{18\pi m}{qB}$  时, 甲位置坐标为  $(-6a, 0)$  (2分)

乙位置坐标为  $(0, 0)$  (2分)

乙在磁场中做两种半径的圆周运动, 其中以速度大小为  $5v_0$

转 8 圈, 路程  $s_1 = 2\pi \times 2.5a \times 8$ ,

以速度大小为  $3v_0$  转 9 圈, 路程  $s_2 = 2\pi \times 1.5a \times 9$ ,

所以粒子乙运动的总路程  $s = s_1 + s_2 = 67\pi a$  (2分)