

## 14. D 【命题点】平行板电容器的动态分析

【解析】由平行板电容器电容的决定式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知,将云母介质移出,  $\epsilon_r$  变小,故  $C$  变小,而  $U$  不变,由  $C = \frac{Q}{U}$  知  $Q$  变小;匀强电场中  $E = \frac{U}{d}$ ,因为  $U$  不变,板间距离  $d$  也不变,所以  $E$  不变。综上所述选 D。

▶ 刷有所得 电容器始终与恒压电源相连时  $U$  不变,电容器充完电后与电源断开时  $Q$  不变。

## 15. D 【命题点】质谱仪的工作原理

【解析】由动能定理得  $qU = \frac{1}{2}mv^2$ ,可得带电粒子进入磁场时的速度为  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ ,又带电粒子在磁场中运动的轨迹半径  $R = \frac{mv}{Bq}$ ,联立可得  $R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ ,由题意可知,该离子与质子在磁场中具有相同的轨迹半径和电荷量,故  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{B_2}{B_1} \cdot \sqrt{\frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{q_2}{q_1}} = \frac{1}{1}$ ,其中  $B_2 = 12B_1, q_1 = q_2$ ,可得  $\frac{m_2}{m_1} = 144$ ,故选 D。

▶ 关键点拨 本题考查质谱仪的工作原理,其核心表达式为  $qU = \frac{1}{2}mv^2$  和  $Bqv = m \frac{v^2}{R}$ 。需要考生提取题干信息:带电粒子质量  $m$  和  $B$  不同,但具有同样的轨迹半径  $R$ ,化简得到  $R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$  是本题的关键。

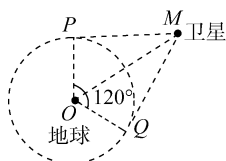
## 16. B 【命题点】理想变压器电路的分析

【解析】理想变压器的原、副线圈两端的电压比  $\frac{U_{\text{原}}}{U_{\text{副}}} = n$ ,原、副线圈中的电流比  $\frac{I_{\text{原}}}{I_{\text{副}}} = \frac{1}{n}$ ,结合本题数据及欧姆定律,当开关断开时有  $\frac{U-3I}{5nI} = n$ ,当开关闭合时有  $\frac{U-12I}{4nI} = n$ ,联立可得  $U = 48I$ ,解得  $n = 3$ ,故选 B。

▶ 快解 设原、副线圈的匝数比为  $n$ ,原线圈中的电流为  $I$ ,根据  $\frac{I}{I_{\text{副}}} = \frac{1}{n}$ ,得  $I_{\text{副}} = nI$ 。根据能量守恒:当开关 S 断开时,  $UI = I^2 R_1 + (nI)^2 (R_2 + R_3)$ ;当开关 S 闭合时,  $4UI = (4I)^2 R_1 + (4nI)^2 R_2$ ,代入题中数据,联立解得  $n = 3$ ,故选 B。

## 17. B 【命题点】万有引力定律与开普勒第三定律

【解析】同步卫星的环绕周期与地球自转周期相等,根据万有引力定律和牛顿第二定律,对同步卫星有



$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ , 可得  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$ , 地球自转周期减小, 则同步卫星需要降低高度, 三颗卫星全覆盖赤道的最小高度如图所示, 图中  $MP$ 、 $MQ$  与地球表面相切, 根据几何关系得同步卫星的最小轨道半径为  $r_{\min} = \frac{R}{\sin 30^\circ} = 2R$ , 由开普勒第三定律有  $\frac{(6.6R)^3}{(24 \text{ h})^2} = \frac{(2R)^3}{T^2}$ , 解得  $T \approx 4 \text{ h}$ , 故选 **B**。

### 刷有所得

①万有引力定律的应用, 要抓住:  $G \frac{Mm}{r^2} = ma = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 。②解决天体运动问题的重要手段是构建物理模型, 绘制草图辅助分析。

## 18. BC 【命题点】运动与受力的关系

【解析】本题考虑到速度方向与所施加的恒力方向的不确定性, 质点有多种运动情况: 匀加速、匀减速、类平抛……但一定是匀变速运动。若质点的速度方向与恒力方向不在一条直线上, 质点做匀变速曲线运动, 速度方向时刻变化, 故 **A 错误**; 合力的方向始终垂直速度方向的运动是匀速圆周运动, 而匀速圆周运动的合力方向时刻在变, 此处合力为恒力, 方向恒定, 故质点不可能做匀速圆周运动, 故 **B 正确**; 根据牛顿第二定律知加速度的方向即为合外力方向, **C 正确**; 速率的变化量是速率作差为标量, 如在类平抛运动中, 速率的变化量为:  $\sqrt{a^2(t+1)^2 + v_0^2} - \sqrt{(at)^2 + v_0^2}$ , 单位时间内的变化量不恒定, **D 错误**。

### 刷有所得

合力与速度决定物体的运动性质: 合力与速度方向共线为直线运动, 不共线为曲线运动; 合力恒定的运动一定是匀变速运动。

## 19. BD 【命题点】共点力的动态平衡

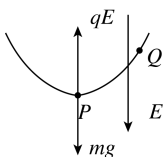
【解析】连接  $a$ 、 $b$  的是同一根绳, 此绳上的张力大小始终等于  $a$  物块的重力, 由于物块  $b$  始终保持静止, 故整个装置的位置不变, 绳  $OO'$  上的张力恒定不变, 故 **A、C 错误**; 对  $b$  进行受力分析, 设拉力  $F$  的方向与水平方向的夹角为  $\theta$ , 绳与水平方向的夹角为  $\alpha$ , 根据平衡条件得, 水平方向:  $F \cos \theta = T \cos \theta + f$ , 竖直方向:  $m_b g = F_N + T \sin \alpha + F \sin \theta$ , 可知  $b$  所受支持力  $F_N$  与静摩擦力  $f$  会在一定范围内变化, **B、D 正确**。

### 快解

由物块  $b$  的位置不变, 结合装置及同一根绳中张力大小相等的特点, 快速排除 **A、C**, 而得到 **B、D** 选项正确。

## 20. AB 【命题点】带电油滴在匀强电场中的运动

【解析】由于油滴轨迹相对于过  $P$  的竖直线对称且合外力总是指向轨迹弯曲内侧, 可知该油滴在  $P$  点的受力分析如图所示, 且电场力大于重力, 油滴带负电, 电场方向竖直向下, 则  $\varphi_Q > \varphi_P$ , 故 **A 正确**; 油滴从  $P$  到  $Q$  电场力做正功, 电势能减小, 故在  $Q$  点的电势能比在  $P$  点的小, **C 错误**; 电场为匀强电场, 油滴受力恒定做匀变速曲线运动, 加速度恒定, 故 **D 错误**; 油滴的轨迹为抛物线, 故  $P$  为等效最高点, 动能最小, 故 **B 正确**。



**快解** 由题中“最低点P”“轨迹……对称”等重点词句,判断油滴所受合外力竖直向上,进而得到场强方向竖直向下,排除C,由合外力恒定特点排除D,选出A、B。

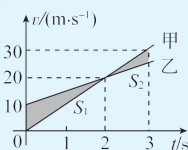
## 21. BD 【命题点】 $v-t$ 图像

**【解析】**由图像可知甲的加速度  $a_{\text{甲}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 10 \text{ m/s}^2$ ,同理可得乙的加速度  $a_{\text{乙}} = 5 \text{ m/s}^2$ ,可知3 s内甲的位移为45 m,乙的位移为52.5 m,3 s时两车并排,则3 s内有  $s_{\text{甲}} + s_0 = s_{\text{乙}}$ ,故  $s_0 = 7.5 \text{ m}$ ,甲车在前,乙车在后,**B 正确**;设从开始运动到并排行驶的时间为  $t$ ,则据运动学公式有  $s_{\text{甲}} = \frac{1}{2} a_{\text{甲}} t^2$ ,  $s_{\text{乙}} = v_0 t + \frac{1}{2} a_{\text{乙}} t^2$ ,代入  $s_{\text{甲}} + s_0 = s_{\text{乙}}$ ,得  $t_1 = 1 \text{ s}$ ,  $t_2 = 3 \text{ s}$ ,故 **A、C 错误**;  $t_1$ 、 $t_2$  间甲或乙行驶的位移即为两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离  $s$ ,可得  $s = 45 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 10 \times 1 \text{ m} = 40 \text{ m}$ ,**D 正确**。

**快解** 图像中阴影部分  $S_1$  表示0~2 s

内乙比甲多运动的距离,阴影部分  $S_2$  表示2~3 s内甲比乙多运动的距离,观察发现  $S_1 > S_2$ ,说明前3 s内乙比甲需要

多运动距离才能在3 s时相遇,即开始时甲在前乙在后,乙追甲的过程中都是甲车在前乙车在后,故 **A、C 错误**;排除 **A、C** 可得 **B、D 正确**。



22. (1)  $\frac{1}{2}(s_1 + s_2)f$  (1分)  $\frac{1}{2}(s_2 + s_3)f$  (1分)  $\frac{1}{2}(s_3 - s_1)f^2$  (1分)  
(2) 40 (2分)

**【命题点】验证机械能守恒定律**

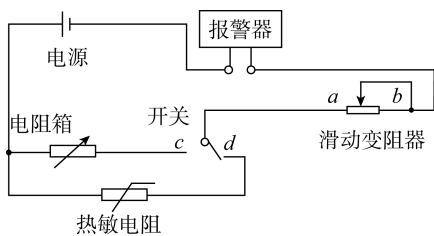
**【解析】**匀变速直线运动的平均速度等于中间时刻的瞬时速度,即  $\bar{v} = \frac{s}{t} = v_{\frac{t}{2}}$ ,可得出  $v_B$  和  $v_C$ 。由  $AD$  段过程结合  $s_{CD} - s_{AB} = 2aT^2$  得出加速度  $a$ ,经计算得出的  $a$  与重力和阻力的合力产生的加速度比较计算可得出频率。

23. (1) 见解析 (2分) (2)  $R_2$  (1分) (3) ① 650.0 (2分)

$b$  (1分) 接通电源后,流过报警器的电流会超过 20 mA,报警器可能损坏 (1分) ②  $c$  (1分) 报警器开始报警 (2分)

**【命题点】组装由热敏电阻控制的报警器**

**【解析】**由实验目的可知在常温下调好装置,进而进行温控报警,故开关  $c$  路的电阻箱与开关  $d$  路的热敏电阻应在不同状态串联接入电路,如图所示。由电路报警的电流 (10 ~ 20 mA),根据欧姆定律可得电阻范围 (900 ~ 1 800  $\Omega$ ),得到滑动变阻器选  $R_2$ 。电路接通前调节电阻箱使其阻值等于报警器报警状态的电阻值 650.0  $\Omega$ 。为了保护电路中的报警器,开关闭合前电路中电流必须较小,滑片置于  $b$  端。



24. (1)  $mg(\sin \theta - 3\mu \cos \theta)$  (2)  $(\sin \theta - 3\mu \cos \theta) \frac{mgR}{B^2 L^2}$

【命题点】安培力公式与受力分析

【解析】(1) 设导线的张力的大小为  $T$ , 右斜面对  $ab$  棒的支持力的大小为  $N_1$ , 作用在  $ab$  棒上的安培力的大小为  $F$ , 左斜面对  $cd$  棒的支持力大小为  $N_2$ 。对于  $ab$  棒, 由力的平衡条件得

$$2mg \sin \theta = \mu N_1 + T + F \quad (1)$$

$$N_1 = 2mg \cos \theta \quad (2)$$

对于  $cd$  棒, 同理有  $mg \sin \theta + \mu N_2 = T \quad (3)$

$$N_2 = mg \cos \theta \quad (4)$$

联立①②③④式得  $F = mg(\sin \theta - 3\mu \cos \theta) \quad (5)$

(2) 由安培力公式得  $F = BIL \quad (6)$

这里  $I$  是回路  $abdca$  中的感应电流,  $ab$  棒上的感应电动势为  $\mathcal{E} = BLv \quad (7)$

式中,  $v$  是  $ab$  棒下滑速度的大小。由欧姆定律得  $I = \frac{\mathcal{E}}{R} \quad (8)$

联立⑤⑥⑦⑧式得  $v = (\sin \theta - 3\mu \cos \theta) \frac{mgR}{B^2 L^2} \quad (9)$

25. (1)  $2\sqrt{gR}$  (2)  $\frac{12}{5}mgR$  (3)  $\frac{3}{5}\sqrt{5gR}$   $\frac{1}{3}m$

【命题点】平抛运动规律、动能定律、机械能守恒定律

【解析】(1) 根据题意知,  $B$ 、 $C$  之间的距离为  $l = 7R - 2R = 5R \quad (1)$

设  $P$  到达  $B$  点时的速度为  $v_B$ , 由动能定理得

$$mgl \sin \theta - \mu mgl \cos \theta = \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (2)$$

式中  $\theta = 37^\circ$ , 联立①②式并由题给条件得  $v_B = 2\sqrt{gR} \quad (3)$

(2) 设  $BE = x$ ,  $P$  到达  $E$  点时速度为零, 设此时弹簧的弹性势能为  $E_p$ 。  $P$  由  $B$  点运动到  $E$  点的过程中, 由动能定理有

$$mgx \sin \theta - \mu mgx \cos \theta - E_p = 0 - \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (4)$$

$E$ 、 $F$  之间的距离为  $l_1 = 4R - 2R + x \quad (5)$

$P$  到达  $E$  点后反弹, 从  $E$  点运动到  $F$  点的过程中, 由动能定理有

$$E_p - mgl_1 \sin \theta - \mu mgl_1 \cos \theta = 0 \quad (6)$$

联立③④⑤⑥式并由题给条件得  $x = R \quad (7)$

$$E_p = \frac{12}{5}mgR \quad (8)$$

(3) 设改变后  $P$  的质量为  $m_1$ 。  $D$  点与  $G$  点的水平距离  $x_1$  和竖直距离  $y_1$  分别为

$$x_1 = \frac{7}{2}R - \frac{5}{6}R \sin \theta \quad (9) \quad (1 \text{ 分})$$

$$y_1 = R + \frac{5}{6}R + \frac{5}{6}R \cos \theta \quad (10) \quad (1 \text{ 分})$$

式中,已应用了过  $C$  点的圆轨道半径与竖直方向夹角仍为  $\theta$  的事实。

设  $P$  在  $D$  点的速度为  $v_D$ ,由  $D$  点运动到  $G$  点的时间为  $t$ 。由平抛运动公式有

$$y_1 = \frac{1}{2}gt^2 \quad (11) \quad (1 \text{ 分})$$

$$x_1 = v_D t \quad (12) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立 } (9)(10)(11)(12) \text{ 式得 } v_D = \frac{3}{5}\sqrt{5gR} \quad (13) \quad (2 \text{ 分})$$

设  $P$  在  $C$  点速度的大小为  $v_C$ ,在  $P$  由  $C$  运动到  $D$  的过程中机械能守恒,有

$$\frac{1}{2}m_1 v_C^2 = \frac{1}{2}m_1 v_D^2 + m_1 g \left( \frac{5}{6}R + \frac{5}{6}R \cos \theta \right) \quad (14) \quad (1 \text{ 分})$$

$P$  由  $E$  点运动到  $C$  点的过程中,同理,由动能定理有

$$E_p - m_1 g(x + 5R) \sin \theta - \mu m_1 g(x + 5R) \cos \theta = \frac{1}{2}m_1 v_C^2 \quad (15) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立 } (7)(8)(13)(14)(15) \text{ 式得 } m_1 = \frac{1}{3}m \quad (16) \quad (2 \text{ 分})$$

### 33. (1) BDE 【命题点】热力学第一定律与理想气体状态方程

【解析】由热力学第一定律  $\Delta U = W + Q$  可知,气体内能的改变与做功与热传递两个因素有关,所以气体吸热后温度不一定升高,故 **A 错误**;由理想气体状态方程  $\frac{pV}{T} = C$  可知,等压膨胀,气体的温度一定升高,内能增大,又对外做功,结合  $\Delta U = W + Q$  可知,气体一定吸收热量,**C 错误**。

(2) (i) 28 Pa (ii) 1.3

【命题点】玻意耳定律与力学平衡条件

【解析】(i) 当气泡在水下  $h = 10 \text{ m}$  处时,设其半径为  $r_1$ ,气

$$\text{泡内外压强差为 } \Delta p_1, \text{ 则 } \Delta p_1 = \frac{2\sigma}{r_1} \quad (1) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{代入题给数据得 } \Delta p_1 = 28 \text{ Pa} \quad (2) \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 设气泡在水下  $10 \text{ m}$  处时,气泡内空气的压强为  $p_1$ ,气泡体积为  $V_1$ ;气泡到达水面附近时,气泡内空气的压强为  $p_2$ ,内外压强差为  $\Delta p_2$ ,其体积为  $V_2$ ,半径为  $r_2$ 。

气泡上升过程中温度不变,根据玻意耳定律有

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (3) \quad (1 \text{ 分})$$

由力学平衡条件有

$$p_1 = p_0 + \rho gh + \Delta p_1 \quad (4) \quad (1 \text{ 分})$$

$$p_2 = p_0 + \Delta p_2 \quad (5) \quad (1 \text{ 分})$$

气泡体积  $V_1$  和  $V_2$  分别为

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi r_1^3 \quad (6) \quad (1 \text{ 分})$$

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi r_2^3 \quad (7) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立 } (3)(4)(5)(6)(7) \text{ 式得 } \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^3 = \frac{p_0 + \Delta p_2}{\rho gh + p_0 + \Delta p_1} \quad (8) \quad (2 \text{ 分})$$

由②式知,  $\Delta p_i \ll p_0, i=1, 2$ , 故可略去⑧式中的  $\Delta p_1, \Delta p_2$  项。  
代入题给数据得

$$\frac{r_2}{r_1} = \sqrt[3]{2} \approx 1.3 \quad (1 \text{ 分}) \quad (9)$$

### 34. (1) ACE 【命题点】机械波的传播规律

【解析】水面波属于机械波, **A 正确**; 由  $v = \frac{\lambda}{T}$  和  $T = \frac{15}{9} \text{ s}$  得水面波的频率为  $0.6 \text{ Hz}$ , 波长为  $3 \text{ m}$ , 故 **B 错误, C 正确**; 由机械波的传播规律可知, 介质传播的是振源的振动形式和能量, 介质中的质点本身只重复振源的振动, 并不随波运动, 所以 **D 错误, E 正确**。

**刷有所得** 在求机械波的周期及频率的过程中, 需要考生针对题中所给时间仔细推导  $T$  的大小, 例如本题的  $15 \text{ s}$  的时间内  $9$  个波峰通过, 则周期为  $\frac{15}{9} \text{ s}$ 。

(2) (i)  $2.6 \text{ m}$  (ii)  $0.7 \text{ m}$

【命题点】折射定律

【解析】(i) 设到达池边的光线的入射角为  $i$ 。依题意, 水的折射率  $n = \frac{4}{3}$ , 光线的折射角  $\theta = 90^\circ$ 。由折射定律有

$$n \sin i = \sin \theta \quad (1 \text{ 分}) \quad (2)$$

$$\sin i = \frac{l}{\sqrt{l^2 + h^2}} \quad (1 \text{ 分}) \quad (2)$$

式中,  $l = 3 \text{ m}$ ,  $h$  是池内水的深度。联立①②式并代入题给数据得

$$h = \sqrt{7} \text{ m} \approx 2.6 \text{ m} \quad (2 \text{ 分}) \quad (3)$$

(ii) 设此时救生员的眼睛到池边的距离为  $x$ 。依题意, 救生员的视线与竖直方向的夹角为  $\theta' = 45^\circ$ 。由折射定律有

$$n \sin i' = \sin \theta' \quad (1 \text{ 分}) \quad (4)$$

式中,  $i'$  是光线在水中的入射角。设池底点光源  $A$  到水面入射点的水平距离为  $a$ 。由几何关系有  $\sin i' = \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}}$  ⑤

$$(1 \text{ 分}) \quad (5)$$

$$x + l = a + h' \quad (1 \text{ 分}) \quad (6)$$

式中  $h' = 2 \text{ m}$ 。联立③④⑤⑥式得  $x = \left( 3\sqrt{\frac{7}{23}} - 1 \right) \text{ m} \approx 0.7 \text{ m}$  ⑦

$$(2 \text{ 分}) \quad (7)$$

### 35. (1) ACE 【命题点】爱因斯坦光电效应方程

【解析】入射光频率不变, 光强越大, 单位时间内发射的光电子数目就越多, 故饱和光电流就越大, **A 正确**; 饱和光电流与光强有关, **B 错误**; 由爱因斯坦光电效应方程  $h\nu = W + E_k$  知 **C 正确**; 不断减小入射光的频率, 当频率小于材料的截止频率时, 就没有光电流产生, **D 错误**; 光电子的最大初动能与入射光的频率有关, 与光强无关, 结合  $E_k = eU_c$ , 故 **E 正确**。

$$(2) (i) \rho v_0 S \quad (ii) \frac{v_0^2}{2g} - \frac{M^2 g}{2\rho^2 v_0^2 S^2}$$

【命题点】流体类动量定理的应用

【解析】(i) 设  $\Delta t$  时间内, 从喷口喷出的水的体积为  $\Delta V$ , 质量为  $\Delta m$ , 则

$$\Delta m = \rho \Delta V \quad (1 \text{ 分})$$

$$\Delta V = v_0 S \Delta t \quad (1 \text{ 分})$$

由①②式得, 单位时间内从喷口喷出的水的质量为

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho v_0 S \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 设玩具悬停时其底面相对于喷口的高度为  $h$ , 水从喷口喷出后到达玩具底面时的速度大小为  $v$ 。对于  $\Delta t$  时间内喷出的水, 由能量守恒得

$$\frac{1}{2}(\Delta m)v^2 + (\Delta m)gh = \frac{1}{2}(\Delta m)v_0^2 \quad (2 \text{ 分})$$

在  $h$  高度处,  $\Delta t$  时间内喷射到玩具底面的水沿竖直方向的动量变化量的大小为

$$\Delta p = (\Delta m)v \quad (1 \text{ 分})$$

设水对玩具的作用力的大小为  $F$ , 根据动量定理有

$$F\Delta t = \Delta p \quad (1 \text{ 分})$$

由于玩具在空中悬停, 由力的平衡条件得

$$F = Mg \quad (1 \text{ 分})$$

联立③④⑤⑥⑦式得

$$h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{M^2 g}{2\rho^2 v_0^2 S^2} \quad (2 \text{ 分})$$

**关键点拨** 本题解答的关键是对于实际问题考生需要有科学合理的模型构建能力, 能列出  $\Delta m = \rho S v_0 \Delta t$  是解第一问的关键; 第二问主要需要考生将题目中设计的高度转化为速度, 进而经过碰撞过程求得, 理解分析是关键。注意本题的题干的关键字: “持续……竖直……喷出” “竖直方向水的速度变为零” “朝四周均匀散开” 是本题建模的关键。