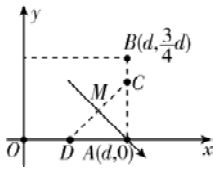


- 15. AD** 【解析】根据 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 可得 O 、 A 、 B 三点电势分别为 $\frac{E_p}{q}$ 、 $-\frac{E_p}{q}$ 、 $\frac{E_p}{2q}$ ，由于匀强电场中沿某方向电势会均匀改变，则 O 、 A 中点 $D\left(\frac{d}{2}, 0\right)$ 的电势 $\varphi_D = \frac{\varphi_O + \varphi_A}{2} = 0$ ，**A 正确**；同理可知， AB 上靠近 B 点的三等分点 $C\left(d, \frac{d}{2}\right)$ 的电势为 0，故 CD 为等势线，如图所示，场强方向垂直于 CD ，与 x 轴正方向夹角为 45° ，**B 错误**；设过 A 点的电场线与 CD 的交点为 M ，则 MA 距离 $l_{MA} = \frac{\sqrt{2}d}{4}$ ，场强大小 $E = \frac{U_{MA}}{l_{MA}} = \frac{2\sqrt{2}E_p}{qd}$ ，**C 错误**，**D 正确**。



一题多解 设电场强度在平行于 x 轴方向的分量为 E_x ，在平行于 y 轴方向的分量为 E_y ，根据匀强电场电势差与场强的关系得 $E_x = \frac{U_{OA}}{l_{OA}} = \frac{2E_p}{qd}$ ， $E_y = \frac{U_{BA}}{l_{BA}} = \frac{2E_p}{qd}$ ，故电场强度 $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \frac{2\sqrt{2}E_p}{qd}$ ，且方向与 x 轴正方向夹角为 45° ，**B**、**C** 错误，**D** 正确。

刷原创

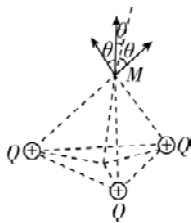
- 1. BC** 【解析】两个相同的带电小球接触后，电荷量平均分配，故两个与 B 相同的不带电小球依次与 B 接触后， B 球所带电荷量为 $-\frac{Q}{4}$ ，此时 x 轴上 $x_1 = 5$ cm 处场强为 0，则 A 和 B 两个小球在 $x_1 = 5$ cm 处产生电场的场强等大反向，则小球 A 在 $x_1 = 5$ cm 处左侧，又由于 A 球带的电荷量较大，故小球 A 离

关键点：此时 A 球的电荷量为 Q ，

B 球的电荷量为 $-\frac{Q}{4}$

$x_1 = 5$ cm 处较远，则小球 A 位于 x 轴负半轴上，设小球 A 离原点距离为 x_2 ，则有 $\frac{kQ}{(x_1 + x_2)^2} = k \frac{\frac{Q}{4}}{x_1^2}$ ，解得 $x_2 = 5$ cm，即 A 的位置为 $x = -5$ cm，**A 错误**，**B 正确**；电场强度的方向从正电荷出发，指向负电荷或无穷远处， A 和 B 连线上 (AB 之间)，场强方向向右，且离点电荷越近，场强越大，则 AB 连线上的场强先减小后增大，**C 正确**； A 球的电荷量大于 B 球的，且 A 球左侧的点到 A 的距离比到 B 的距离小，故 A 球在其左侧产生的场强大于 B 球产生的场强， A 球左侧不会存在场强为 0 的位置，不考虑无穷远处，在 x 轴上场强为 0 的位置只有一个，**D 错误**。

- 2. C** 【解析】由题意，在 M 点放一个试探电荷，试探电荷恰好静止，则 M 点电场强度为 0，即匀强电场的电场强度与三个点电荷在 M 点产生的合场强等大反向，如图所示。三个点电荷在 M 点产生的场强大小均为 $k \frac{Q}{a^2}$ ，方向由点电荷指向 M 点，与竖直方向夹角设为 θ ，由几何关系可知， $\cos \theta = \frac{\sqrt{6}}{3}$ ，水平方向合场强为 0，竖直方向的合场强大小为 $E_{\text{合}} = 3k \frac{Q}{a^2} \cos \theta = \frac{\sqrt{6}kQ}{a^2}$ ，方向竖直向上，故匀强电场的场强大小为 $\frac{\sqrt{6}kQ}{a^2}$ ，方向竖直向下，由于 M 点合场强为 0，则无论试探电荷带正电还是带负电，在 M 点受到的电场力均为 0，都可静止，**C 正确**。



第二章 静电场的应用

第一节 电容器与电容

课时 1 电容器的电容

刷基础

- 1. B** 【解析】电容器可以储存电荷，电容器的电容是由其本身的性质决定的，与电荷量无关，**A 错误**；这个电容器的电容为 $C = 220 \mu\text{F}$ ，两端电压变化 10 V，它储存的电荷量的变化量 $\Delta Q = C\Delta U = 220 \times 10^{-6} \times 10 \text{ C} = 2.2 \times 10^{-3} \text{ C}$ ，**B 正确**；电容器的电容与加在它两端的电压无关，**C 错误**；加在这个电容器两端的电压低于 500 V 时它仍能工作，**D 错误**。

关键点：电容器的耐压值是指加在其上的电压最大值

- 2. ACD** 【解析】由公式 $E = \frac{1}{2}CU^2$ 代入数据解得 $U = 5 \times 10^3$ V，故 **A 正确**；电容器的电容与所带电荷量无关，由其本身决定，故 **B 错误**；当除颤器的能量最大时，其电压也最大，由题意可

知，除颤器的最大能量为 400 J，由公式 $E = \frac{1}{2}CU^2$ ，解得 $U_{\text{max}} \approx 7 \times 10^3$ V，故 **C 正确**；由前面的分析可知，此次治疗，电容器的电压为 5×10^3 V，由公式 $C = \frac{Q}{U}$ ，解得电容器极板上带的电荷量 $Q = 0.08$ C，由电流的定义有 $\bar{I} = \frac{Q}{t} = 40$ A，故 **D 正确**。

- 3. D** 【解析】手指挤压锁表面的过程中，指纹与小极板的间距减小，根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知，电容变大，**A 错误**；电压不变，根据 $Q = CU$ 可知，电容器所带电荷量变大，处于充电状态，**B 错误**，**D 正确**；根据 $E = \frac{U}{d}$ ，因 U 不变， d 变小，可知内部场强变大，**C 错误**。

- 4. D** 【解析】开关 S 闭合，两板间的电势差不变，所以将 A 板

竖直向上平移,静电计指针张角不变,A 错误;若 S 断开后,仅将 A 板缓慢水平向左平移,板间距离 d 增大,根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$,可得电容 C 减小,而电容器的电荷量 Q 不变,由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$,可得板间电势差 U 增大,则静电计指针张角增大,B 错误;若 S 断开后,仅在 A、B 板间插入玻璃板,相对介电常数 ϵ_r 增大,根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$,可得电容 C 增大,而电容器的电荷量 Q 不变,由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$,可得板间电势差 U 减小,则静电计指针张角减小,C 错误;断开开关 S,仅将 A 板缓慢竖直向上平移,A、B 正对面积 S 变小,根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$,可得电容 C 减小,而电容器的电荷量 Q 不变,由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$ 得,板间电势差 U 增大,则静电计指针张角增大,D 正确。

教材变式 本题目由教材 P36 观察与思考演变而来。教材探究了影响平行板电容器电容大小的因素,本题考查了改变极板间距、正对面积、电介质时两极板间电势差的变化。

关键点拨 用静电计可测量电容器极板间的电势差,电势差越大,指针张角越大;电容器不接电源,电荷量 Q 不变,电容器接电源,两极板间电势差 U 不变。

5. B 【解析】让上极板转过 90° ,则两极板正对面积减小为原来的一半,根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知,电容器的电容减小为原来的一半,故 A 错误;开关 S 闭合,两极板间电势差不变,故 C、D 错误;根据 $Q = CU$ 可知,极板上所带电荷量减少为原来的一半,故 B 正确。

6. C 【解析】根据 $C = \frac{Q}{U}$ 、 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 、 $E = \frac{U}{d}$,可得 $E = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$,由于

注意: 在电荷量不变时,只改变板间距不影响电容器的板间场强

两平行板带电荷量一定,因此将 M 板稍向右、稍向左平移一些,板间的电场强度大小不变,因此小球受到的电场力不变, θ 不变,故 A、B 错误;将 M 板稍向上、向下平移一些,两板的正对面积减小,结合上述分析可知,两板间的电场强度增大,小球受到的电场力增大, θ 变大,故 C 正确,D 错误。

7. AB 【解析】加热器不加热时, R_1 的滑片向右滑动, R_1 连入电路的阻值增大,回路中电流变小, R_2 两端的电压变小,根据 $C = \frac{Q}{U}$ 可知,电容器极板上的电荷量减少,故 A 正确;加热器加热时,待测材料向上膨胀,电容器两板间距减小,根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知,电容增大,由于电容器两板间电势差不变,根据 $C = \frac{Q}{U}$,可知极板所带电荷量增加,电流计中有从 a 到 b 的电流通过,由 $E = \frac{U}{d}$,可知电容器两极板间电场强度增大,故 B 正确,C 错误;断开开关,电容器通过 R_2 放电,极板上电荷量减少,故 D 错误。

刷易错

★易错点 1 没有准确理解电容的概念,不清楚电容器所带电荷量为一个极板的带电荷量

8. D 【解析】电容是电容器本身的一种性质,与电容器充放电无关,电容器在充电后的电容为 $15 \mu\text{F}$,放电后的电容仍为 $15 \mu\text{F}$,A 错误;电容器在放电过程中,两极板所带的电荷量逐渐减小,两极板间电势差逐渐减小为 0,产生的电流大小逐渐减小为 0,B 错误;电容器所带的电荷量是一个极板的电荷量的绝对值,电容器在放电过程中,共释放了 $Q = CU = 4\ 000 \times 15 \times 10^{-6} \text{ C} = 0.06 \text{ C}$ 的电荷,则电容器充电后,单个极板所携带的电荷量为 0.06 C ,C 错误;根据 $C = \frac{Q}{U}$,可得电容器两极板之间电势差与电荷量成正比,D 正确。

易错分析 本题易误认为电容器所带电荷量为两个极板的电荷量大小之和,从而求得电容器充电后单个极板所带的电荷量为 0.03 C ,导致错选 C。

★易错点 2 混淆电容器的充电和放电的特征

9. AD 【解析】由题图乙可知, $t_1 \sim t_2$ 时间内电流增大,是因为压电薄膜受到汽车压力,压力增大,电压增大,所以电容器正在充电,因为取顺时针方向的电流为正值, $t_1 \sim t_2$ 时间内电流为正,所以电容器上极板带正电,故 A 正确,B 错误;车轮停在压电薄膜上时,压力不变,则电容器两端电压不变,但不为 0,故 C 错误;若汽车前轮越过停止线,又退回到线内,则前轮两次压线,仍形成两个脉冲电流,符合拍照条件,电子眼仍会拍照,故 D 正确。

易错分析 本题易错之处在于不能正确理解电容器的充电和放电的特征。充电时电容器所带电荷量增大,两极板外电路电流方向由负极板流向正极板;放电时电容器所带电荷量减小,两极板外电路电流方向由正极板流向负极板。

★易错点 3 不清楚电容器动态分析过程中电势能的变化情况

10. B 【解析】带油滴 P 正好静止在极板正中间,则所受的电场力 qE 与重力 mg 二力平衡,油滴所受电场力竖直向上,而电场方向竖直向下,因此油滴带负电,故 A 错误;将 B 极板向下移动到虚线位置时,电容器极板间距 d 增大,由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知,电容 C 减小,而极板间电压 U 不变,由 $E = \frac{U}{d}$ 可知,极板间的电场强度减小,此时油滴受到的电场力小于重力,油滴向下做加速运动,由 $Q = CU$ 可知,电容器所带电荷量减小,开始放电,上极板带正电,则电流计中电流由 a 流向 b,故 B 正确,C 错误;油滴受到的电场力方向向上,而运动的方向向下,电场力做负功,所以油滴的电势能增大,D 错误。

易错分析 本题易误认为油滴在电容器中加速运动,动能增加,所以电势能减少,而错选 D。油滴所受的电场力方向和运动的方向相反,电场力做负功,可知油滴的电势能将增大。

刷提升

1. AD 【解析】由题可知,电荷量相同时, $U_2 = 2U_1$,根据 $C =$

$\frac{Q}{U}$, 可知电容器 C_1 的电容是 C_2 的 2 倍, 故 **A 正确, B 错误**;

$E_p = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU$, 当两电容器所带电荷量相同时, 电容器 C_1 两端电压小, 则电容器 C_1 储存的电势能小, 根据微元法可知, 题图中阴影部分代表电容器 C_1 在 U_1 时所储存的电势能, 故 **C 错误, D 正确**.

2. B 【解析】根据 $C = \frac{Q}{U}$ 、 $C = \frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 、 $E = \frac{U}{d}$, 整理得 $E = \frac{4\pi kQ}{\varepsilon_r S}$, 由于电容器带电荷量恒定, 因此当两板间的距离改变时, 板间的电场强度恒定, 则 $\frac{U}{d} = \frac{0.6U}{x}$, 解得 $x = 0.6d$, 根据牛顿第二定律有 $k_0(d-x) = ma$, 解得加速度大小 $a = \frac{2k_0d}{5m}$, 故选 B.

方法总结 电容器的两类动态问题的分析方法: 若电容器始终与电源相连, 则电容器极板间的电势差不变; 若电容器与电源断开, 则电容器所带电荷量不变; 根据 $C = \frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 判断电容的变化, 根据 $C = \frac{Q}{U}$ 判断电势差或电荷量的变化, 根据 $E = \frac{U}{d}$ 判断极板间场强的变化.

3. AD 【解析】保持 S 闭合, 两极板间电压不变, 开始时, 油滴受到的重力和电场力平衡, 故 $mg = qE$, 将 A 板上移, 由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, E 变小, 故油滴应向下加速运动, 根据 $C = \frac{Q}{U}$ 、 $C = \frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知, 电容器电荷量减小, 故 G 中有 $b \rightarrow a$ 的电流, 故 **A 正确**; 保持 S 闭合, 两极板间电压不变, 若将 A 板向左平移一小段位移, 则 E 不变, 油滴仍静止, 但由于 S 减小, 则 C 减小, 电容器电荷量减小, 故 G 中有 $b \rightarrow a$ 的电流, 故 **B 错误**; 若将 S 断开, Q 不变, 将 A 板向左平移一小段位移, S 减小, C 减小, 则 U 增大, E 增大, 油滴受到的电场力大于重力, 油滴向上运动, 故 **C 错误**; 若将 S 断开, Q 不变, 再将 B 板向下平移一小段位移, 根据 $C = \frac{Q}{U}$ 、 $C = \frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 、 $E = \frac{U}{d}$ 可得 $E = \frac{4\pi kQ}{\varepsilon_r S}$, 可知场强 E 不变, 则油滴仍静止, 故 **D 正确**.

关键点拨 解答本题的关键是判断电容器是电压不变还是电荷量不变, 结合电容的两个表达式、匀强电场的电场强度计算公式、受力分析等找出影响电场强度的因素、电容器充放电过程中电流的流动方向.

4. (1) $\frac{nq}{Cd}$ **(2)** $\frac{mgCd}{q^2} + 1$ **(3)** $\frac{mgC(h+d)}{q^2}$

【解析】(1) 当有 n 滴油滴滴落到 b 板上后, 极板上的电荷量 $Q = nq$, 所以极板之间的电势差 $U_0 = \frac{Q}{C} = \frac{nq}{C}$, 极板间的电场强度的大小 $E = \frac{U_0}{d} = \frac{nq}{Cd}$.

(2) 设第 N 滴油滴在 a 、 b 板间做匀速直线运动, 此时极板上电荷量 $Q_1 = (N-1)q$, 板间电压 $U = \frac{Q_1}{C} = \frac{(N-1)q}{C}$,

板间电场强度 $E_1 = \frac{U}{d} = \frac{(N-1)q}{Cd}$,

由平衡条件得 $qE_1 = mg$, 解得 $N = \frac{mgCd}{q^2} + 1$.

(3) 设能够落到 b 板的油滴不会超过 x 滴, 且第 $(x+1)$ 滴到达 b 板时速度恰好为 0, 然后返回, 极板上的最大电荷量 $Q' = xq$, 极板间最大电压 $U' = \frac{Q'}{C} = \frac{xq}{C}$,

对第 $(x+1)$ 滴油滴, 由动能定理得 $mg(h+d) - qU' = 0$, 解得 $x = \frac{mgC(h+d)}{q^2}$.

教材变式 本题目由教材 P52 第 7 题演变而来. 教材考查了带电油滴在电场中的平衡问题, 本题考查了带电油滴在匀强电场中的直线运动.

课时 2 观察电容器的充、放电现象

刷基础

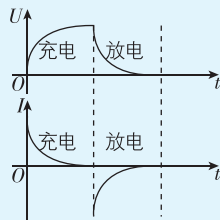
1. (1) 不变 (2) 430 (3) AD

【解析】(1) 因题图乙中图线与坐标轴所围成的面积等于电容器带的电荷量, 则如果不改变电路其他参数, 只减小电阻的阻值, 则此过程的曲线与坐标轴所围成的面积将不变;

(2) 该电容器的电容为 $C = \frac{Q}{U} = \frac{3.44 \times 10^{-3}}{8.0} \text{ F} = 430 \text{ } \mu\text{F}$;

(3) 电源给电容器充电时, 刚开始电荷量的变化率较大, 后来变化率减小, 放电时, 电荷量变化率刚开始比较大, 后来变化率减小, **A 正确, B 错误**; 根据 $C = \frac{Q}{U}$, 且 C 不变可知, U 与 Q 的变化情况相同, **C 错误, D 正确**.

关键点拨 电容器充电和放电过程中, 电压和电流随时间变化的图像如图所示. 其中, 由微元法可得 $I-t$ 图线与时间轴围成的面积代表电荷量.



2. (1) AC (2) BD

【解析】(1) 电容器充电过程中, 电容器两端的电压 U 逐渐增大, 最后等于电源电压, $U-t$ 图线的切线斜率逐渐减小, 最后为零, 故 **A 正确, B 错误**; 电容器所带的电荷量 $Q = CU$, 与 $U-t$ 图线变化规律相同, 故 **C 正确, D 错误**.

(2) 由 $C = \frac{Q}{U}$ 可得 $U = \frac{1}{C}Q$, 可知 $U-Q$ 图线的斜率为 $k = \frac{U}{Q} = \frac{1}{C}$, 斜率越大, 电容越小, **A 错误**; 类比速度—时间图像的面积代表位移, 则 $U-Q$ 图像的面积代表克服电场力所做的功, 所以搬运 ΔQ 的电荷量, 克服电场力所做的功近似等于 ΔQ 上方小矩形的面积, **B 正确**; 该同学从等效的思想出发, 认为电容器储存的能量等于把电荷从一个极板搬运到另一个极

高中必刷题 物理

板过程中克服电场力所做的功,也等于图像与横轴所围的面积 $E = \frac{1}{2}QU$, 又 $C = \frac{Q}{U}$, 解得 $E = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{Q^2}{2C}$, 即 E 和 U^2 成正比, **C 错误**; 由上述分析可知, 若电容器的电荷量变为 $\frac{Q}{2}$, 则 $E' = \frac{1}{4}E$, **D 正确**.

第二节 带电粒子在电场中的运动

课时 1 带电粒子在电场中的加速和偏转

刷基础

1. A 【解析】质子在电场中加速, 根据动能定理可得 $qU = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$, 故选 A.

2. B 【解析】由题知, 板间电压 U 不变, 由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, 两板间距离 d 越大, 场强 E 越小, 静电力 $F = Ee$ 越小, 电子的加速度 $a = \frac{F}{m}$ 越小, 由 $eU = \frac{1}{2}mv^2$ 得, $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$, 板间电压不变, 则电子到达 Q 板时的速率不变, 则两板间距离越大, 加速时间越长, 加速度越小, 由上述分析可知, 电子到达 Q 板时的速率与两板间距离无关, 仅与板间电压有关, **A、C、D 错误, B 正确**.

教材变式 本题目由教材 P44 第 1 题演变而来. 教材与本题均考查了两极板加恒定电压后, 带电粒子在板间运动的影响因素.

方法总结 带电粒子在电场中的加速问题的一般分析方法: (1) 根据动能定理求解. 若只涉及速度, 则优先选用动能定理, 对匀强电场和非匀强电场均适用. (2) 根据牛顿第二定律和匀变速直线运动规律求解. 若涉及时间和加速度, 则选用此法, 只适用于匀强电场.

3. D 【解析】根据能量守恒定律可知, 原子核到达下极板时的动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + qU_1$, 其中 U_1 为射入点与下极板的电势差, 原子核到达下极板时, 静电力做功相同, 因三个原子核的质量不同, 故三个原子核的初动能不同, 则三个原子核刚到达下极板时的动能不相等, **A 错误**; 根据 $h = \frac{1}{2} \times \frac{qE}{m} t^2$, $x = v_0 t$, 可得 $x = v_0 \sqrt{\frac{2hm}{qE}}$, 可知质量越大, x 越大, 则落在 A 点的原子核是 ${}^3_1\text{H}$, **B 错误**; 根据 $a = \frac{qE}{m}$ 可知, ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 的加速度大小满足 $a_1 : a_2 : a_3 = 6 : 3 : 2$, **C 错误**; 根据 $E = \frac{U}{d}$ 、 $C =$

易错点: $a_1 : a_2 : a_3 = \frac{1}{m_1} : \frac{1}{m_2} : \frac{1}{m_3} \neq m_3 : m_2 : m_1$

$\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$, $C = \frac{Q}{U}$ 可得 $E = \frac{4\pi kQ}{\varepsilon_r S}$, 因电容器带电荷量不变, 若将上极板向上移动较小的距离, 两板间场强不变, 原子核在电场中的运动不受影响, **D 正确**.

关键点拨 解决此类问题的关键是要掌握类平抛运动的处理方法. 垂直于电场力方向, 带电粒子做匀速直线运动, 沿电场力方向, 带电粒子做匀变速直线运动.

$$4. (1) \frac{L}{d} \sqrt{\frac{Uq}{m}} \quad (2) \sqrt{\frac{\sqrt{3}qUL}{3md}}$$

【解析】(1) 粒子进入偏转电场做类平抛运动, 竖直方向有

$$y = \frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2, \text{ 且 } a = \frac{qU}{md}, \text{ 水平方向有 } L = v_0 t,$$

$$\text{联立解得 } v_0 = \frac{L}{d} \sqrt{\frac{Uq}{m}}.$$

$$(2) \text{ 由平抛运动规律得 } \tan \varphi = \frac{v_y}{v_0},$$

$$\text{又 } v_y = at' = \frac{qU}{md} t', t' = \frac{L}{v_0},$$

$$\text{联立解得 } v_0' = \sqrt{\frac{\sqrt{3}qUL}{3md}}.$$

刷提升

1. BC 【解析】粒子在垂直两板方向做初速度为零的匀加速直线运动, 根据初速度为零的匀加速直线运动在连续相等时间内通过的位移之比为 $1 : 3 : 5 : \dots$, 可知在前 $\frac{t}{2}$ 时间内垂直两板的位移大小为 $\frac{d}{8}$, 则对应的电势差为 $\frac{U}{8}$, 则静电力对粒子做功为 $W_1 = \frac{qU}{8}$, **A 错误**; 同理, 在后 $\frac{t}{2}$ 时间内垂直两板的位移大小为 $\frac{3d}{8}$, 则对应的电势差为 $\frac{3U}{8}$, 则静电力对粒子做功为 $W_2 = \frac{3qU}{8}$, **B 正确**; 粒子的出射速度的反向延长线交于水平

$$\text{位移的中点, 则粒子的出射速度偏转角满足 } \tan \theta = \frac{\frac{d}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{d}{L},$$

C 正确; 根据初速度为零的匀加速直线运动通过连续相等位移的时间之比可知, 竖直方向上粒子在发生前 $\frac{d}{4}$ 位移和后 $\frac{d}{4}$ 位移的运动时间之比为 $t_1 : t_2 = 1 : (\sqrt{2} - 1)$, **D 错误**.

易错点: 是两段连续的位移, 不是第 1 段和第 4 段

2. D 【解析】质子从 O 点沿轴线进入加速器, 从金属圆筒 E 射出时质子经 5 次加速, 由动能定理可得 $5eU = \frac{1}{2}mv_E^2$, 解得质子从金属圆筒 E 射出时的速度大小为 $v_E = \sqrt{\frac{10eU}{m}}$, 故 **A 错误**; 质子在金属圆筒内做匀速直线运动, 所以金属圆筒 E 的长度为 $L_E = v_E \cdot \frac{T}{2} = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{10eU}{m}}$, 故 **B 错误**; 同理可知, 金属圆筒 A 的长度 $L_A = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{2eU}{m}}$, 金属圆筒 B 的长度 $L_B = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{4eU}{m}}$, 金属圆筒 C 的长度 $L_C = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{6eU}{m}}$, 金属圆筒 D 的长度 $L_D =$

$\frac{T}{2}\sqrt{\frac{8eU}{m}}$, 则金属圆筒 A 的长度与金属圆筒 B 的长度之比为 $L_A:L_B=1:\sqrt{2}$, 金属圆筒 C 的长度与金属圆筒 D 的长度之比为 $L_C:L_D=\sqrt{3}:2$, 故 C 错误, D 正确.

教材变式 本题目由教材 P44 第 2 题演变而来. 教材考查了 3 个筒各自的长度及从金属圆筒中射出的速度, 本题延伸考查了筒的长度之比.

3. **BD** 【解析】粒子在加速电场中, 根据动能定理有 $qU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$, 在偏转电场中的运动可看作类平抛运动的逆过程, 则有 $L=v_0\cos 37^\circ \cdot t$, $d=\frac{1}{2}at^2$, $a=\frac{U_2q}{dm}$, $\tan 37^\circ = \frac{at}{v_0\cos 37^\circ}$, 根据速度偏转角和位移偏转角的关系有 $\tan 37^\circ = \frac{d}{L}$, 可得 $L:d=8:3$, $U_1:U_2=25:9$, A 错误, B 正确; 仅将电容器的上极板竖直向上移动 $\frac{d}{2}$, 根据 $E=\frac{U_2}{d}$, $C=\frac{Q}{U_2}$, $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$, 可得 $E=\frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$, 可知两极板间场强不变, 粒子受力情况不变, 则粒子的出射点不变, C 错误; 根据 $y=\frac{1}{2}at^2$, $x=v_0t\cos 37^\circ$ 可得 $y=\frac{25U_2x^2}{64dU_1}$, 可知仅改变粒子的质量或电荷量, 粒子在电容器中的运动轨迹不变, D 正确.

关键点拨 本题的难点是不能利用逆向思维法将粒子的运动逆向考虑为类平抛运动, 从而增大计算难度; 对于运动轨迹是否发生改变, 需要从加速过程开始推理.

刷素养

4. (1) $\frac{\sqrt{2}L}{v_0}$ (2) $\frac{2mv_0^2}{qL}$ (3) $y=\left(1-\frac{n}{2}\right)L(n=1,2,3,\dots)$

【解析】(1) 由题意可知离子做曲线运动, 沿 y 轴负方向做匀速直线运动, 则有 $L=v_0t\cos 45^\circ$, 解得 $t=\frac{\sqrt{2}L}{v_0}$.

(2) 离子在 II 区域, 开始时沿 x 轴正方向做匀减速运动, 有 $v_0\sin 45^\circ=a\frac{t}{4}$, 由牛顿第二定律可知 $Eq=ma$, 联立解得

关键点: 离子在 II 区域和 I 区域各运动 $\frac{t}{2}$ 时间

$$E=\frac{2mv_0^2}{qL}.$$

(3) 离子在每个区域运动的过程中, 沿 y 轴方向运动的距离都相等, 设为 y_1 , 则有 $y_1=v_0\frac{t}{2}\cos 45^\circ=\frac{L}{2}$, 离子每次通过

突破点: 离子第 1 次经过 y 轴时的纵坐标为 $\frac{L}{2}$

轴时纵坐标为 $y=L-ny_1(n=1,2,3,\dots)$, 解得 $y=\left(1-\frac{n}{2}\right)L(n=1,2,3,\dots)$.

关键点拨 离子初速度方向与受力方向不垂直, 故它做的是类斜抛运动, 需要分方向进行研究, 同时有两个电场区域, 需注意其运动的周期性.

课时 2 带电粒子在电场中加速和偏转的综合

刷基础

1. **A** 【解析】若扫描电压信号如 B、C、D 选项所示, 则在半个周期内, 电子沿 XX' 方向偏转距离相同, 荧光屏上在 YY' 方向呈现一条直线, 无法显示输入电压信号随时间周期性变化的具体情况, 若扫描电压信号如 A 选项所示, 则电子打在荧光屏上的位置沿 XX' 方向随时间均匀分布, 又扫描电压信号周期与输入电压信号周期相同, 可得到输入电压信号周期变化的图像, 综上, A 项图像正确. 故选 A.

2. **B** 【解析】电子射出加速电场时, 由动能定理可知 $eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v_0=\sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$, 电子在偏转电场中, 垂直极板方向有 $v_y=at$, $a=\frac{eU_2}{dm}$, 平行极板方向有 $L=v_0t$, 电子的偏转角 θ 的正切值 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{at}{v_0} = \frac{U_2L}{2dU_1}$, 则一定能使电子的偏转角 θ 变大的是 U_1 变小、 U_2 变大. 故选 B.

3. (1) $\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$ (2) $\frac{3}{2}L$ (3) $2\sqrt{\frac{eU_0}{m}}$, 方向与水平方向成 45° 角斜向右下

【解析】(1) 电子在加速电场中加速, 根据动能定理有 $eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$,

$$\text{解得 } v_0=\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}.$$

(2) 若 M 、 N 两板之间电压大小 $U=2U_0$, 电子在偏转电场中做类平抛运动, 有 $y=\frac{1}{2}at^2$, $L=v_0t$,

根据牛顿第二定律有 $e\frac{2U_0}{L}=ma$,

联立解得 $y=\frac{1}{2}L$, 可知电子从 N 板右边缘射出, 之后做匀速直线运动打到 C 点,

根据几何关系有 $\frac{\frac{1}{2}L}{y}=\frac{\frac{1}{2}L+s}{h}$,

$$\text{解得 } s=\frac{3}{2}L.$$

(3) 结合 (2) 问分析有 $L=v_0t$, $v_y=at$,

则电子刚出偏转电场区域时的速度大小为 $v=\sqrt{v_0^2+v_y^2}$,

电子刚出偏转电场区域时的速度方向与水平方向的夹角的

正切值为 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$,

解得速度大小为 $v=2\sqrt{\frac{eU_0}{m}}$, 方向与水平方向成 45° 角斜向右下.

关键点拨 解题的关键在于分析清楚电子在各个区域的运动情况,能熟练运用运动的分解处理电子做类平抛运动的过程,分析时要抓住分运动的等时性。

方法总结 分析带电粒子在电场中偏转问题的方法

将带电粒子在电场中的运动分解为垂直电场方向的匀速直线运动和沿电场方向的匀变速直线运动,根据抛体运动的规律解题。

- 4. C** 【解析】电子初速度方向竖直向上,恰好不穿过等势面 B ,则静电力方向垂直于等势面斜向右下,加速度方向与电子速度方向不共线,所以电子做匀变速曲线运动, **A 错误**;将电子的初速度沿平行于等势面方向(x 方向)和垂直于等势面斜向左上方(y 方向)分解,设初速度大小为 v ,则 $v_x = v_y = v \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}v$,电子到达等势面 B 时,只有沿 x 方向的分速度,即 $v_B = v_x = \frac{\sqrt{2}}{2}v$,由动能公式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 知,电子到达等势面 B 时的动能是经过等势面 D 时的一半,即 $E_{kB} = \frac{1}{2}E_{kD} = 8 \text{ eV}$,由静电力做功公式和动能定理得 $W_{DB} = -eU_{DB} = E_{kB} - E_{kD}$, $W_{DC} = -eU_{DC} = E_{kC} - E_{kD}$, $U_{DB} = 2U_{DC}$,解得 $E_{kC} = 12 \text{ eV}$, $U_{DC} = 4 \text{ V}$,又 $U_{DC} = E \cdot d_{DC}$,解得 $E = 100 \text{ V/m}$, **C 正确, D 错误**;电子在 y 方向上做类竖直上抛运动,从等势面 D 到 B 再返回 D 的时间为 $t = 2 \cdot \frac{d_{DB}}{v_y}$,在 x 方向做匀速直线运动,则 $d_x = v_x t = 4d_{DB} = 32 \text{ cm}$, **B 错误**。

刷提升

- 1. CD** 【解析】因为该电场在 x 、 y 、 z 三个方向的分量大小均为 E_0 ,则由矢量合成法则及数学知识可知 $E = \sqrt{E_0^2 + E_0^2 + E_0^2} = \sqrt{3}E_0$,方向沿三维坐标系对角线,粒子在 O 点时,所受电场力的合力为 $qE = \sqrt{3}qE_0$,由牛顿第二定律可得 $qE = ma$,解得 $a = \frac{\sqrt{3}qE_0}{m}$,方向沿三维坐标系对角线,则粒子在电场力的作用下,沿三维坐标系对角线方向做初速度为零的匀加速直线运动,电场力做正功,则粒子的电势能逐渐减少。故选 **C、D**。
- 2. D** 【解析】粒子在平行金属板 PQ 之间,根据动能定理有 $qU_1 = \frac{1}{2}mv_F^2$,可得粒子在 F 点的速度大小为 $v_F = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$,设 M 、 N 的长度为 L , M 、 N 之间的距离为 d ,则粒子通过偏转电场 MN 的时间为 $t = \frac{L}{v_F}$,粒子在偏转电场中的加速度大小为 $a = \frac{qU_2}{md}$,粒子的竖直偏转距离为 $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{U_2 L^2}{4dU_1}$,所以粒子的竖直偏转距离与 $\frac{U_2}{U_1}$ 成正比, **A 正确**;滑片向左滑动的过程中, U_1 减小, U_2 增大,则 $\frac{U_2}{U_1}$ 增大,粒子的竖直偏转距离逐渐增大,根据平抛运动的规律可知,从偏转电场飞出的粒子竖直

方向的速度逐渐增大,水平方向的速度逐渐减小,则飞出时粒子的速度的偏转角逐渐增大, **B 正确**;粒子从 M 板右边缘飞出时速率最大,根据动能定理可得 $qU_1 + qU_2 = E_{km} = \frac{1}{2}mv_m^2$,

其中 $U_1 + U_2 = E$,联立解得 $E_{km} = Eq$, $v_m = \sqrt{\frac{2qE}{m}}$, **C 正确, D 错误**, **D** 符合题意。

- 3. B** 【解析】设粒子的运动时间为 t ,粒子 1 在电场中做类平抛运动,则 $\frac{1}{2}L = v_1 t$, $\frac{1}{4}L = \frac{1}{2}at^2$,粒子 2 在电场中做匀加速直线运动,则 $\frac{1}{2}L = v_2 t + \frac{1}{2}at^2$,又 $a = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md} = \frac{2qU}{mL}$,联立解得 $v_1 = \sqrt{\frac{qU}{m}}$, $v_2 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{qU}{m}}$, $t = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{mL^2}{qU}}$,粒子 1 到达 O 点时的速度大小为 $v = \sqrt{v_1^2 + (at)^2} = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$,故 **A 错误, B 正确**;若将粒子 1 射入电场时的速度变为 $2v_1$,则粒子 1 到达 O 点正上方所用时间为 $t' = \frac{\frac{1}{2}L}{2v_1} = \frac{1}{4}\sqrt{\frac{mL^2}{qU}}$,这段时间内粒子 1 沿电场方向通过的位移大小为 $y_1 = \frac{1}{2}at'^2 = \frac{1}{16}L$,这段时间内粒子 2 沿电场方向通过的位移大小为 $y_2 = v_2 t' + \frac{1}{2}at'^2 = \frac{3}{16}L$,由于 $y_2 - y_1 = \frac{3}{16}L - \frac{1}{16}L = \frac{1}{8}L \neq \frac{1}{4}L$,可知两粒子不会相遇,故 **C、D 错误**。

刷素养

- 4. (1)** $\sqrt{\frac{eE_0 R}{m}}$ **(2)** $\frac{E_0 R}{L}$ **(3)** $\frac{3eE_0 R}{2}$

【解析】(1) 辐向电场中,电场力提供电子做匀速圆周运动的向心力,有 $eE_0 = m \frac{v_0^2}{R}$,

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{\frac{eE_0 R}{m}}.$$

(2) 电子在区域 I 中做类平抛运动,水平方向有 $L = v_0 t$,

$$\text{竖直方向有 } \frac{1}{2}L = \frac{1}{2}at^2,$$

由牛顿第二定律得 $eE_1 = ma$,

$$\text{联立解得 } E_1 = \frac{E_0 R}{L}.$$

(3) 分析可知电子在两个电场区域中的运动时间相等,从 P 到 Q 过程,竖直方向有 $\frac{1}{2}L = -v_y t + \frac{1}{2}a't^2$,其中 $v_y = at$,

由牛顿第二定律得 $eE_2 = ma'$,

根据电场力做功与电势能的关系可知,电子电势能减少量

$$\Delta E_p = eE_2 \cdot \frac{1}{2}L,$$

$$\text{解得 } \Delta E_p = \frac{3eE_0 R}{2}.$$

专题三 带电体在复合场中的运动

刷题型

1. AD 【解析】细绳与竖直方向成 θ 角时小球恰好平衡, 根据平衡条件可得 $Eq = mg \tan \theta$, 解得小球带电荷量为 $q = \frac{mg \tan \theta}{E}$, 故 **A 正确**; 剪断细绳后, 小球所受的合外力大小等于细绳未被剪断时的拉力大小, 方向与细绳未被剪断时的拉力方向相反, 故剪断细绳后小球做初速度为零的匀变速直线运动, 加速度大小为 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{\frac{mg}{\cos \theta}}{m} = \frac{g}{\cos \theta}$, 故 **B、C 错误**; 根据初速度为零的匀变速直线运动规律有 $\frac{b}{\sin \theta} = \frac{1}{2} at^2$, 解得 $t = \sqrt{\frac{2b}{g \tan \theta}}$, 故 **D 正确**.

2. C 【解析】由题意可知, 整个图像在 B 点的切线斜率绝对值最大, $v-t$ 图像的切线斜率表示加速度, 可知小物块在 B 点时的加速度最大, 故 **A 错误**; 由题图乙可知小物块运动到 C 点过程中, 先做加速度减小的减速运动后做加速运动, 若物块带负电, 对其受力分析可知, 由 O 到 A 其加速度逐渐增大, 与题图乙不符, 故物块带正电, **B 错误**; 由题图乙可知, 物块在 A 、 C 两点的加速度为 0, 小物块所受合力为 0, 有 $qE - F_f = 0$, 又 $F_f = \mu mg$, 联立解得 A 、 C 两点的电场强度大小均为 $E = \frac{mg}{2q}$, 故 **C 正确**; $0 \sim t_1$ 时间内, 小物块由 O 运动到 A , 电场力一直做正功, 小物块的电势能一直减小, 故 **D 错误**.

3. BD 【解析】 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移, 可知 A 、 B 两点间的距离为 $x = \frac{1}{2} \times 10 \times 10 \text{ m} = 50 \text{ m}$, 故 **A 错误**; 对物块受力分析, 根据牛顿第二定律, 沿斜面方向上有 $Eq \cos \alpha - mg \sin \theta - \mu(mg \cos \theta - Eq \sin \alpha) = ma$, $v-t$ 图像斜率的绝对值表示加速度大小, 可知 $a = 1 \text{ m/s}^2$, 解得 $q = 0.01 \text{ C}$, 故 **B 正确**; 在 $t = 10 \text{ s}$ 时, 物块速度为 10 m/s , 故电场力的功率为 $P = Eq \cos \alpha \cdot v = 80 \text{ W}$, 故 **C 错误**; 物块机械能变化量等于除重力外其他力做的功, 即电场力做功与摩擦力做功之和, 电场力做功 $W_{\text{电}} = Eq \cos \alpha \cdot x = 400 \text{ J}$, 摩擦力做功 $W_f = -fx = -\mu(mg \cos \theta - Eq \sin \alpha)x = -50 \text{ J}$, 所以 $\Delta E = 400 \text{ J} - 50 \text{ J} = 350 \text{ J}$, 故 **D 正确**.

关键点拨 解答本题的关键是利用 $v-t$ 图像确定加速度, 并对物块所受的力进行正交分解, 结合牛顿第二定律列方程, 代入数据可计算出电荷量. 解题时需注意电场力在斜面方向和垂直斜面方向的分力对物块受力的影响.

4. C 【解析】小球做类抛体运动, 经过 x 轴上 Q 点时速度大小为 v , 速度方向竖直向下, 则速度方向偏转了 120° , 速度方向偏转 60° 时, 小球的速度最小, 此时小球的速度与 PQ 平行, 所以 PQ 与竖直方向成 60° 角, 初速度方向与 PQ 成 60° 角, 当速度方向与 PQ 平行时, 小球的速度最小, 最小值为

$v_{\min} = v \cos 60^\circ = \frac{1}{2} v < \frac{\sqrt{3}}{2} v$, 所以小球的速度可以小于 $\frac{\sqrt{3}}{2} v$, **B 错误**; PQ 与竖直方向成 60° 角, 电场力与重力的合力的方向与 PQ 垂直指向左下方, 与竖直方向成 30° 角, 电场力的方向不确定, 若电场力的方向沿着 QP 方向, 小球从 P 到 Q 的过程中, 电场力始终做负功, 小球的机械能一直减少, **A 错误**; 当小

球所受的电场力沿着 QP 方向时, 电场力最小, 最小值为 $F_{\min} = mg \sin 30^\circ = \frac{1}{2} mg$, 所以小球所受电场力不小于 $\frac{mg}{2}$, **C 正确**; PQ 与竖直方向成 60° 角, 与水平方向成 30° 角, 竖直位移与水平位移大小的比值为 $\frac{y}{x} = \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}$, **D 错误**.

5. (1) $\frac{2\sqrt{3}}{3} \times 10^5 \text{ V/m}$, 方向水平向左 **(2)** 3.6 m **(3)** 1 s

$\frac{11\sqrt{3}}{3} \text{ m}$

【解析】(1) 小球甲做直线运动, 则小球甲所受的合外力与速度共线, 对小球甲受力分析, 可知电场力方向水平向左, 由于小球甲带正电, 故匀强电场的电场强度方向水平向左, 由平衡条件可得 $mg \tan 30^\circ = qE$, 代入数据解得匀强电场的电场强度大小为 $E = \frac{2\sqrt{3}}{3} \times 10^5 \text{ V/m}$.

(2) 对小球甲从抛出到最高点, 由动能定理得

$$-qEx - mgh_1 = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2,$$

由几何关系可知 $\tan 30^\circ = \frac{x}{h_1}$,

联立解得 $h_1 = 0.6 \text{ m}$, 则小球甲运动过程中的最高点距地面高度 $h_{\text{甲}} = h + h_1 = 3.6 \text{ m}$.

(3) 小球乙受力与小球甲相同, 初速度与合外力垂直, 则小球乙做类平抛运动,

沿合外力方向有 $s_1 = \frac{1}{2}at^2$,

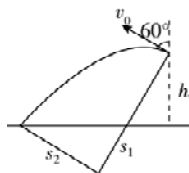
由牛顿第二定律得 $\frac{mg}{\cos 30^\circ} = ma$,

沿初速度方向上有 $s_2 = v_0 t$,

由几何关系可知 $s_1 = \frac{h}{\cos 30^\circ} + s_2 \tan 30^\circ$,

落地时的水平位移大小 $x = \frac{s_2}{\cos 30^\circ} + h \tan 30^\circ$,

联立解得 $t = 1 \text{ s}$, $x = \frac{11\sqrt{3}}{3} \text{ m}$.



6. ABD

思路导引 根据小球在平衡位置所受合力为零, 可以求出小球所受的电场力, 从而得出小球的带电荷量; 电势能最大处就是克服电场力做功最多处; 抓住小球的电势能与机械能之和不变, 电势能最小处小球的机械能最大; 根据小球恰好在竖直面内做圆周运动这一临界条件知, 在等效最高点重力和电场力的合力恰好提供小球做圆周运动的向心力, 此时小球速度最小, 从而求出小球速度的最小值.

【解析】小球静止时细线与竖直方向成 37° 角, 对小球受力分析, 受到重力、电场力和拉力, 如图所示, 根据平衡条件,

$$qE = mg \tan 37^\circ, \text{ 解得 } q = \frac{mg \tan 37^\circ}{E} =$$

$3 \times 10^{-5} \text{ C}$, 故 **A 正确**; 根据功能关系可知, 电势能最大处即为小球克服电场力做功最多处, 由题意可知, 小球克服电场力做功最大值为 $W_{\text{克电}} = EqL(1 + \sin 37^\circ)$, 代入数据解得 $W_{\text{克电}} = 0.48 \text{ J}$, 即电势能最大值为 0.48 J , 故 **B 正确**; 由题意知小球恰能绕 O 点在竖直平面内做完整的圆周运动, 则小球的最小速度即为重力与电场力的合力恰好提供向心力时的速度, 则有 $\sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2} = m \frac{v^2}{L}$, 解得最小速度 $v = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{ m/s}$, 故 **C 错误**; 根据能量守恒定律可知, 小球运动过程中电势能和机械能之和保持不变, 所以机械能最大的位置是电势能最小的位置, 即圆形轨迹的最右端, 故 **D 正确**.

7. BD 【解析】设加速电场电压为 U 时, 粒子垂直 PB 飞入偏转电场后做匀速圆周运动, 有 $qU = \frac{1}{2}mv^2$, $qE = m \frac{v^2}{r}$, 联立两

$$\text{式得 } U = \frac{Er}{2} = \frac{k \frac{1}{r^2} \cdot r}{2} = \frac{k}{2r}, \text{ A 错误; 带电粒子在加速电场中}$$

加速, 有 $qU_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$, 粒子在偏转电场中做匀速圆周运动, 由静电力提供向心力, 可得 $E_2 q = m \frac{v_1^2}{2r_0}$, 又 $E_0 = k \frac{1}{r_0^2}$, $E_2 = k \frac{1}{4r_0^2} = \frac{1}{4}E_0$, 联立解得 $U_1 = \frac{1}{4}E_0 r_0$, **B 正确**; 若粒子从 B 点垂直于

OP 方向射入, 且恰能从外半圆形边界的 D 点射出, 其轨迹如题图中轨迹 2 所示, 粒子在轨迹 2 的位置离 O 的距离为 r 时, 粒子受到的静电力为 $F_{\text{电}} = qE = \frac{qE_0 r_0^2}{r^2} \propto \frac{1}{r^2}$, 对比万有引力表

达式 $F_{\text{引}} = G \frac{Mm}{r^2} \propto \frac{1}{r^2}$, 可知粒子在偏转电场中运动的受力特点与行星绕太阳转动的受力特点相似, 故粒子在偏转电场中的轨迹为椭圆, **C 错误**; 若粒子在偏转电场中做圆周运动的半径为 r , 由静电力提供向心力可得 $Eq = m \frac{v^2}{r}$, 又 $E = \frac{E_0 r_0^2}{r^2}$,

$$T = \frac{2\pi r}{v}, \text{ 联立解得 } T = \sqrt{\frac{4\pi^2 m r^3}{q E_0 r_0^2}}, \text{ D 正确.}$$

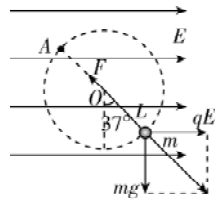
关键点拨 C 选项, 带电粒子的运动可以类比为行星绕太阳的运动.

8. (1) 12.5 m/s^2 (2) 1.2 m 67.5 N , 方向与竖直方向成 37° 角斜向右下 (3) 75 N , 方向与竖直方向成 37° 角斜向左下

【解析】(1) 小球所受静电力水平向右, 对小球受力分析, 垂直轨道方向, 有 $mg \cos \theta = qE \sin \theta$, 可知小球始终沿轨道运动, 根据牛顿第二定律有

$$mg \sin \theta + qE \cos \theta = ma, \text{ 解得 } a = 12.5 \text{ m/s}^2.$$

(2) 若小球恰好能到达 C 点, 在 C 点, 由牛顿第二定律有



$$mg = m \frac{v_C^2}{R},$$

从释放到到达 C 点, 由动能定理得

$$mg(\sin \theta - R - R \cos \theta) + qE(\cos \theta + R \sin \theta) = \frac{1}{2}mv_C^2,$$

联立解得 $s = 1.2 \text{ m}$,

设小球在 B 点右侧某位置达到最大速度, 该位置和圆心连线与竖直方向成 α 角, 则该位置小球对轨道的压力最大, 由受

关键点: 该点即为等效最低点

$$\text{力分析得 } \tan \alpha = \frac{qE}{mg}, \text{ 解得 } \alpha = 37^\circ,$$

由释放点到该位置的过程, 由动能定理, 有

$$mg(\sin \theta - R \cos \theta + R \cos \alpha) + qE(\cos \theta + R \sin \theta + R \sin \alpha) = \frac{1}{2}mv^2,$$

$$\text{解得 } v = \sqrt{55} \text{ m/s},$$

对在该位置的小球, 由牛顿第二定律得 $F_N - mg \cos \alpha -$

$$qE \sin \alpha = m \frac{v^2}{R}, \text{ 解得 } F_N = 67.5 \text{ N},$$

由牛顿第三定律得小球对轨道的最大压力大小为 67.5 N , 方向与竖直方向成 37° 角斜向右下.

(3) 设小球在 B 点左侧 D 处达到最大速度, D 与圆心 O 的连线与竖直方向的夹角为 β , 静电力大小不变, 方向反向, 根据对称性可知 $\beta = 37^\circ$,

若小球恰能沿圆弧轨道到达 C 点, 则应恰能通过 E 点(等效最高点), 当小球恰好通过 E 点时, 由牛顿第二定律得

$$\sqrt{(qE)^2 + (mg)^2} = m \frac{v_E^2}{R},$$

$$\text{解得 } v_E = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{ m/s},$$

小球由 D 到 E 过程, 由动能定理得

$$-F \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_D^2,$$

$$\text{其中 } F = \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2}, \text{ 解得 } v_D = \frac{5\sqrt{10}}{2} \text{ m/s},$$

$$\text{小球经过 } D \text{ 点时, 由牛顿第二定律得 } F_{N1} - F = m \frac{v_D^2}{R},$$

$$\text{解得 } F_{N1} = 75 \text{ N},$$

由牛顿第三定律得小球运动过程中对轨道的最大压力大小为 75 N , 方向与竖直方向成 37° 角斜向左下.

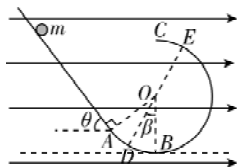
专题四 带电粒子在交变电场中的运动

刷难关

1. B 【解析】粒子在水平方向做匀速直线运动且粒子能飞出电容器, 粒子穿过电容器的时间为 $t_1 = \frac{L}{v} = 2T$, 可知粒子在

$$t_2 = \frac{9}{4}T \text{ 时飞出电容器. } t = \frac{T}{4} \text{ 时, 一带正电的粒子以 } v = \frac{L}{2T} \text{ 的}$$

速度沿虚线方向射入电容器, $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$ 内, M 板带负电, 粒子所受电场力向上, 竖直方向做匀加速直线运动, 轨迹曲线向上



弯曲; $\frac{T}{2} \sim T$ 内,粒子所受电场力向下,轨迹曲线向下弯曲,在竖直方向上先减速到零,后加速向下,轨迹先向上后向下; $T \sim \frac{3T}{2}$ 内,粒子所受电场力向上,轨迹曲线向上弯曲,粒子在竖直方向先向下减速到零,后加速向上,轨迹先向下后向上, $\frac{3T}{2} \sim 2T$ 粒子的运动情况与 $\frac{T}{2} \sim T$ 粒子运动情况相同,B选项轨迹符合题意. 故选 B.

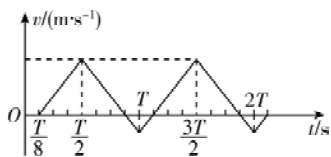
2. BD 【解析】由题图乙可知,运动过程中带电粒子速度方向未发生改变,带电粒子在两板间做单向直线运动,A 错误;速度—时间图像与横轴围成的图形的面积表示位移,由题图乙可知两板间距离为 $d = 4 \times \frac{v_m T}{2} = 2v_m T$,B 正确;设板间电压为 U ,

易错点: 注意粒子运动时间为 $4T$

则带电粒子加速度大小为 $a = \frac{qU}{md} = \frac{qU}{2mv_m T}$,又 $v_m = a \cdot \frac{T}{2} = \frac{qU}{4mv_m}$,解得 $U = \frac{4mv_m^2}{q}$,C 错误; $t = \frac{T}{8}$ 开始进入电场的带电粒子,速度—时间图像如图所示,由图像可知,一个周期内带电粒子正向位移大于负向位移,运动方向时而向右,时而向左,

关键点: 抓住 $v-t$ 图像与 t 轴围成的面积表示位移, t 轴上方的面积表示正向位移

但最终打在右侧极板上,D 正确.



3. B 【解析】由题意可知粒子带负电,由受力分析可知,竖直方向, $t=0$ 时刻带电粒子刚好沿A板右边缘射出电场,则粒子在竖直方向上,向上先加速后减速,可知粒子带负电

向上, $t=0$ 时刻进入电场的粒子,在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 内向上做匀加速运动,在 $\frac{T}{2} \sim T$ 内向上做匀减速运动,根据对称性可知,在 $t=T$ 时刻,竖直方向的速度刚好减为0,则粒子离开电场时速度大小为 v_0 ,故 A 错误; $t = \frac{T}{2}$ 时刻进入电场的粒子,竖直方向上,在 $\frac{T}{2} \sim T$ 内向下做匀加速运动,在 $T \sim \frac{3T}{2}$ 内向下做匀减速运动,根据对称性可知,在 $t = \frac{3T}{2}$ 时刻,竖直方向的速度刚好减为0,则粒子离开电场时速度大小为 v_0 ,故 B 正确; $t = \frac{T}{4}$ 时刻进入电场的粒子,竖直方向上,在 $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$ 内向上做匀加速运动,在 $\frac{T}{2} \sim \frac{3T}{4}$ 内向上做匀减速运动,在 $\frac{3T}{4} \sim T$ 内向下做匀加速运动,在 $T \sim \frac{5T}{4}$ 内向下做匀减速运动,然后离开电场,根据

对称性可知,粒子在 $t = \frac{T}{2}$ 和 $t=T$ 时刻的速度最大,在 $t = \frac{3T}{4}$ 时刻与A板的距离最小;设粒子在电场中的加速度大小为 a ,对于 $t=0$ 时刻进入电场的粒子,在 $t=T$ 时刻刚好沿A板右边缘射出电场,则有 $d = v_0 T$, $\frac{1}{2}d = 2 \times \frac{1}{2}a \left(\frac{T}{2}\right)^2$,可得 $a = \frac{2d}{T^2} = \frac{2v_0}{T}$,对于 $t = \frac{T}{4}$ 时刻进入电场的粒子,在 $t = \frac{T}{2}$ 时刻竖直方向

的分速度大小为 $v_y = a \cdot \frac{T}{4} = \frac{v_0}{2}$,则 $t = \frac{T}{4}$ 时刻进入电场的粒子

在两板间运动过程中的最大速度为 $v_m = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{1}{2}v_0\right)^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}v_0$,在 $\frac{T}{4} \sim \frac{3T}{4}$ 内粒子向上运动的位移大小为 $y = 2 \times \frac{1}{2}a \left(\frac{T}{4}\right)^2 = \frac{d}{8}$,则 $t = \frac{T}{4}$ 时刻进入电场的粒子在两板间运动过程中离A板的最小距离为 $\Delta x_{\min} = \frac{1}{2}d - \frac{1}{8}d = \frac{3}{8}d$,故 C、D 错误.

4. ABD 【解析】粒子进入电场后,水平方向做匀速运动,则 $t=0$ 时刻进入电场的粒子在电场中运动时间 $t = \frac{2d}{v_0}$,此时间正好是

交变电场的一个周期,粒子在竖直方向先做匀加速运动后做匀减速运动,经过一个周期,粒子的竖直速度为零,故粒子离开电场时的速度大小等于初速度大小 v_0 ,A 正确;在竖直方向,粒子在 $\frac{T}{2}$ 时间内的位移大小为 $\frac{d}{2}$,则有 $\frac{d}{2} = \frac{1}{2}a \left(\frac{T}{2}\right)^2 = \frac{U_0 q}{2dm} \left(\frac{d}{v_0}\right)^2$,解得 $q = \frac{mv_0^2}{U_0}$,B 正确;分析可知,在 $t = \frac{1}{8}T$ 时刻

进入电场的粒子,离开电场时速度大小依然为 v_0 ,动能不变,则电势能不变,C 错误; $t = \frac{1}{4}T$ 时刻进入电场的粒子,在竖

直方向先向下匀加速运动 $\frac{T}{4}$,然后向下匀减速运动 $\frac{T}{4}$,再向上匀加速运动 $\frac{T}{4}$,再向上匀减速运动 $\frac{T}{4}$,由对称性可知,粒

易错点: $\frac{T}{2} \sim T$ 时间内加速度方向向上,竖直方向的初速度方向向下

子离开电场时竖直方向的位移为零,故粒子从P板右边缘离开电场,D 正确.

5. ABC 【解析】设粒子恰好从极板边缘射出时的电压为 U_0 ,水平方向有 $l = v_0 t$,竖直方向有 $\frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2$, $a = \frac{qU_0}{md}$,解得 $U_0 = \frac{md^2 v_0^2}{ql^2} = 128 \text{ V}$,当 $U > 128 \text{ V}$ 时粒子打到极板上,当 $U \leq 128 \text{ V}$ 时粒子打到屏上,可知粒子通过电场时偏移的距离最大为

$\frac{d}{2}$,则 $y = \frac{d}{2} + \frac{qU_0}{md} \cdot \frac{l}{v_0} \cdot \frac{l}{2}$,解得 $y = d = 4 \text{ cm}$,又由对称性知,粒子打在屏上的总长度为 $2y$,由于 $s = b$,则粒子打在屏上

高中必刷题 物理

的区域面积为 $S=2yb=64\text{ cm}^2$, 故 **A、B 错误**; 粒子打在屏上的比例为 $\frac{128}{200}\times 100\%=64\%$, 所以在 $0\sim 0.02\text{ s}$ 内, 进入电容器内的粒子有 64% 能够打在屏上, 故 **C 错误**; 在前 $0\sim 0.005\text{ s}$ 内, 设 $0\sim t_0$ 内出射的粒子能打到屏上, 则 $t_0=\frac{128}{200}\times 0.005\text{ s}=0.0032\text{ s}$, 又由对称性知, 在一个周期 ($0\sim 0.02\text{ s}$) 内, 打到屏上的总时间 $t=4t_0=0.0128\text{ s}$, 即屏上出现亮线的时间为 0.0128 s , 故 **D 正确**. 故选 A、B、C.

6. (1) $5\times 10^5\text{ m/s}$ (2) 200 V (3) $\frac{3-2\sqrt{2}}{10}\text{ m}$

【解析】(1) 由牛顿第二定律得 $F=ma$, 由公式 $E=\frac{U_0}{d}$, $F=Eq$, 可得粒子竖直方向加速度大小为 $a=\frac{qU_0}{md}$, 解得 $a=5\times 10^{10}\text{ m/s}^2$, 沿水平方向有 $L=v_0t$, 竖直方向有 $\frac{d}{2}=\frac{1}{2}at^2$, 解得 $v_0=5\times 10^5\text{ m/s}$.

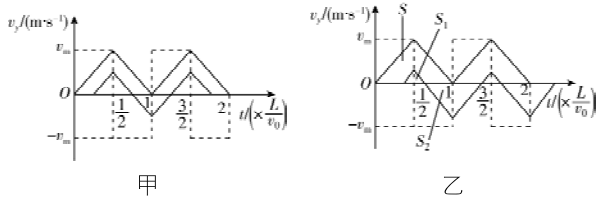
(2) 由于穿过电场的粒子运动时间相同, 显然 $t=0$ 时刻射入电场的粒子可以获得最大的速度并在竖直方向上偏离中轴线距离最远, 竖直方向速度变化如图甲所示, 当粒子偏移距离最大时, 竖直位移大小恰好为 $\frac{d}{2}$, 则 $\frac{d}{2}=\frac{1}{2}v_m\cdot \frac{L}{v_0}$, 竖直方向最大速度 $v_m=\frac{qU}{md}\cdot \frac{L}{2v_0}$, 解得 $U=200\text{ V}$.

(3) 由题意可知, 对于某一粒子, 在运动过程中可能偏离中轴线正方向有最远距离, 也可能偏离中轴线负方向有最远距离. 选取 $0\sim \frac{L}{2v_0}$ 时间内进入电场的粒子时, 若太早进入电场, 偏离中轴线正方向距离更大, 太晚进入, 会出现开始时偏离中轴线正方向, 但后续经历先减速后反向加速过程, 偏离中轴线负方向距离将大于偏离中轴线正方向距离. 如图乙所示, 设 t_0 时刻进入电场的粒子恰好满足过程中偏离中轴线正方向最大距离与负方向最大距离相同, 此时粒子偏离中轴线的最远距离最小, 即满足 $S_1=S_2-S_1$, 解得 $2S_1=S_2$, 由数学知识可知, 竖直方向上粒子正方向运动时间 $\Delta t_1=\frac{1}{\sqrt{2}+1}\cdot \frac{L}{v_0}$, 最大偏移距离 $S_1=$

→ **关键点:** 粒子沿正方向运动时间与粒子沿负方向运动

时间之比为 $1:\sqrt{2}$, 则 $\Delta t_1=\frac{1}{\sqrt{2}+1}T$

$\left(\frac{1}{\sqrt{2}+1}\right)^2 \frac{d}{2}$, 解得 $S_1=\frac{3-2\sqrt{2}}{10}\text{ m}$.



第三节 静电的利用与防护

刷基础

1. **D** 【解析】用数码相机照相时先使用光传感器将光转化为

电流, 然后在磁性材料中储存, 没有利用静电, 故 **A 错误**; 光学照相机成像在底片上, 使用的是感光的化学材料, 故 **B 错误**; 用针式打印机打印图像, 使用的是点阵打印的技术, 没有利用静电, 故 **C 错误**; 复印机复印文件资料, 是利用静电吸引墨粉到硒鼓上, 属于静电的应用, 故 **D 正确**.

2. **CD** 【解析】由于 C 接正极, G 接负极, 则 C 上会有正电荷, 放电针 G 周围形成很强的电场, 使放电针 G 附近的空气电离而产生大量的自由电子和正离子, 在电场力作用下, 大量的电子被喷射到颗粒上, 故分选过程中两种颗粒均带负电, **C 正确**; 导电性好的颗粒在与带正电的滚筒 C 接触后, 其上的负电荷被滚筒 C 上的正电荷中和, 然后带上正电, 根据同种电荷相互排斥及重力作用下落于 F 盘, 故 b 颗粒具有良好的导电性, 绝缘性好的颗粒, 其所带负电荷不容易释放, 在滚筒 C 的静电吸引力作用下, 附着于滚筒 C 的表面并随滚筒 C 转动, 最后由刮板将其刮入 E 盘中, 故 a 颗粒具有良好的绝缘性, **A、B 错误**; 对调 G、C 间的极性, 原理不变, 分选过程中两颗粒均带正电, 导电性好的 b 颗粒还是落在 F 盘中, 绝缘性好的 a 颗粒被刮入 E 盘中, 分选器仍能正常工作, **D 正确**. 故选 C、D.

3. **AD** 【解析】当静电除尘装置接通高电压时, 钢锯条和金属片之间存在强电场, 它使空气电离而产生自由电子和正离子, 自由电子在电场力的作用下, 向正极移动时, 碰到烟尘颗粒使它带负电, 带电烟尘颗粒在电场力的作用下, 向正极移动, 最终到达正极, 烟尘颗粒最终被吸附到金属片上, 故 **A 正确**; 尖端附近的电场线密集, 所以在钢锯条附近的电场强度大于金属片附近的电场强度, 不是匀强电场, 故 **B 错误**; 尖端附近的电场线密集, 所以在钢锯条附近的电场强度大于金属片附近的电场强度, 烟尘颗粒向金属片移动的过程中加速度越来越小, 故 **C 错误**; 选用钢锯条的目的是利用尖端放电, 加上高压后, 锯条附近产生大量离子, 故 **D 正确**.

4. **AD** 【解析】从电场线方向知, 雷雨云中积累有带负电的电荷, 故 **A 正确**; 电场线的疏密程度表示电场强度大小, N 点电场线更密集, N 点的电场强度大于 M 点的电场强度, 故 **B 错误**; 尖端放电时, 空气中的电荷被电离, 负电荷源源不断地奔向避雷针的尖端, 空气中正电荷背离避雷针的尖端运动, 并非尖端向外释放正电荷, 故 **C 错误**; 根据电子所受电场力与电场方向相反可知, 电子仅在电场力作用下从 P 点向 Q 点运动时将加速, 故 **D 正确**.

5. **A** 【解析】当打雷的时候, 由于静电感应, 在高大的建筑物顶端积累了大量电荷, 容易导致雷击事故, 在高大的建筑物顶端安装避雷针可以把雷电引入地下, 保护建筑物的安全, 属于静电危害的防止, 故 **A 正确**; 静电除尘时, 除尘器中的空气被电离, 烟雾颗粒吸附电子而带负电, 颗粒向电源正极运动, 属于静电的应用, 故 **B 错误**; 静电复印是利用静电现象将墨粉印在纸上, 属于静电的应用, 故 **C 错误**; 静电喷漆利用静电作用给金属等物体喷上均匀的漆, 属于静电的应用, 故 **D 错误**.

6. **C** 【解析】汽车行驶时, 油罐中的油料随车的振动摩擦起电, 如果不及时地将这些静电导走, 一旦出现放电现象, 就会发生爆炸事故. 拖在地上的铁链使油罐表面与大地相连, 使

油罐罐体中的电荷不断地被中和,不会导致因放电引起油罐爆炸. 故选 C.

第二章素养检测

刷速度

1. **A** 【解析】雷雨将至,几名游客头发直立,说明空气中有许多带电的自由电荷,最有效合理的一种避险方式是找个能静电屏蔽的地方,即躲进汽车里,因为汽车的金属构造,汽车里面能起到静电屏蔽的作用, **A 正确**.

2. **C** 【解析】电容器与电源相连,电容器的电压等于电源电压,不变, **A 错误**. 根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知向下按键的过程中,两金属片间的距离减小,电容器的电容增大,根据 $Q = CU$ 可知,电压不变,电容增大,电容器的电荷量增多,电容器充电,电流方向从 b 流向 a , **C 正确**, **B、D 错误**.

3. **B** 【解析】由题意可知,当将 A 板缓慢向右平移一小段距离后,即两极板间的距离 d 减小,由电容的定义式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可得,此时电容 C 增大. 两极板所带电荷量 Q 不变,由 $U = \frac{Q}{C}$,可得两极板间电压 U 减小,即静电计的指针偏角 α 变小. 根据 $E = \frac{U}{d} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$,可知两板间的场强 E 不变. 由题意可知 $\varphi_P = \varphi$, $\varphi_A = 0$,根据 $U_{PA} = Ed_{PA}$, $U_{PA} = \varphi_P - \varphi_A$,可知由于 d_{PA} 减小,所以 P 点的电势 φ 变低,由 $E_p = q\varphi$ 可知,对于负电荷,电势变低,电势能 E_p 变大. 故选 B.

4. **A** 【解析】电子经加速电压 U 加速后,根据动能定理有 $eU = \frac{1}{2}mv^2$,解得 $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$,电流 I 的定义为单位时间内通过横截面的电荷量,即 $I = \frac{Q}{t}$,在长度为 Δl 的电子束中,电子总电荷量 $Q = ne$,电子通过 Δl 的时间为 $t = \frac{\Delta l}{v}$,代入电流定义式得 $I = \frac{ne}{\frac{\Delta l}{v}} = \frac{nev}{\Delta l} = \frac{ne}{\Delta l} \sqrt{\frac{2eU}{m}}$,故选 A.

5. **D** 【解析】小球从 A 到 C 的过程中,受到重力、静电力和细杆的支持力三个力的作用,静电力是变化的,所以静电力在沿细杆的方向上的分量也是变化的,沿细杆的方向上合外力不恒定,故小球的加速度不恒定, **A 错误**;从 A 到 C ,除重力做功外,还有静电力做功,所以小球的机械能不守恒, **B 错误**;小球从 A 到 C 的过程中,重力和静电力都做功,根据动能定理得 $2mgR - qU_{AC} = \frac{1}{2}mv^2$,解得 $U_{AC} = -\frac{mgR}{2q}$, **C 错误**; B 和 C 两点在同一个等势面上,则 $B、C$ 两点的电势相等, $U_{AB} = U_{AC}$,同一个小球由 A 运动到 B 的过程中,重力和电场力做功,由动能定理得 $mgR - qU_{AB} = \frac{1}{2}mv_1^2$,解得 $v_1 = \sqrt{3gR}$, **D 正确**.

6. **D** 【解析】小球在水平方向上做初速度为零、加速度大小为 $\frac{qE}{m}$ 的匀加速运动,竖直方向上做初速度为 v_0 、加速度大小

为 g 的匀减速运动(竖直上抛运动),到达最高点时,竖直方向速度减为零,有 $t_0 = \frac{v_0}{g}$,故 **B 错误**;至最高点时水平速度为

v_0 ,有 $v_x = v_0 = \frac{qE}{m}t_0$,解得 $E = \frac{mg}{q}$,故 **A 错误**;由于 $qE = mg$,小球

水平方向加速度大小也为 g ,则小球合速度 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$,整理

可得 $v^2 = v_0^2 - 2v_0gt + 2g^2t^2$,当 $t = \frac{v_0}{2g}$ 时,有 $v_{\min}^2 = \frac{1}{2}v_0^2$,可得 $v_{\min} =$

$\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$,故 **C 错误**;小球到达与初位置等高点时,所用时间 $t' =$

$2t_0 = \frac{2v_0}{g}$,此时水平位移为 $x = \frac{1}{2}at'^2 = \frac{2v_0^2}{g}$,故 **D 正确**.

7. **BC** 【解析】分析电子一个周期内的运动情况, $0 \sim \frac{T}{4}$ 时间

内,电子从静止开始向 B 板做匀加速直线运动, $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$ 时间

内继续沿该方向做匀减速直线运动, $\frac{T}{2}$ 时刻速度为零, $\frac{T}{2} \sim$

$\frac{3T}{4}$ 时间内向 A 板做匀加速直线运动, $\frac{3T}{4} \sim T$ 时间内向 A 板做

匀减速直线运动, T 时刻速度为零,此时电子回到原点,接着重复

之前的运动,电子做匀变速直线运动时 $x-t$ 图像应是抛物线, **A 错误**;

根据前面分析可知, B 图符合电子的运动情况, **B 正确**,

D 错误;根据电子的运动情况,匀加速直线运动和匀减速直线运

动交替进行,而整个过程中的加速度大小不变, **C 正确**.

8. **ACD** 【解析】 $E-x$ 图像与横轴所围图形面积表示两点间的电势差,如图所示,故 x 轴上 $x=0$ 与 $x=2$ m 两点间电势差为 $U = \frac{1}{2} \times (2+4) \times 10^2 \times 2 \text{ V} = 600 \text{ V}$,故 **A 正确**;小滑块合力为 0

时,动能最大, $\mu mg \cos 37^\circ = 1 \text{ N}$, $mg \sin 37^\circ = 1 \text{ N}$,则有 $qE_1 =$

$\mu mg \cos 37^\circ + mg \sin 37^\circ = 2 \text{ N}$,结合 $E = 400 - 100x \text{ (V/m)}$,得在

$x_1 = 2 \text{ m}$ 处,小滑块获得的动能最大,结合 A 选项分析,由动能

定理可得 $E_{\text{km}} - 0 = Uq - mgx_1 \sin 37^\circ - \mu mgx_1 \cos 37^\circ$,解得

$E_{\text{km}} = 2 \text{ J}$,故 **B 错误**;当电场力与摩擦力大小相等时,小滑块的

机械能增加量最多,则有 $qE_2 = \mu mg \cos 37^\circ = 1 \text{ N}$,结合 $E =$

$400 - 100x \text{ (V/m)}$,得在 $x_2 = 3 \text{ m}$ 处,小滑块机械能增加量最

多,结合数学知识可得 $U' = \frac{1}{2} \times (1+4) \times 10^2 \times 3 \text{ V} = 750 \text{ V}$,由

功能关系可得 $\Delta E_{\text{电}} = U'q - \mu mgx_2 \cos 37^\circ = 4.5 \text{ J}$,故 **C 正确**;

小滑块向上运动的过程中电场力一直做正功,其电势能一直

减小,速度减为 0 时,电势能减小量最多,分析可知, $x_3 = 4 \text{ m}$

处,小滑块速度为 0,由动能定理可得 $W_{\text{电}} - (\mu mg \cos 37^\circ +$

$mg \sin 37^\circ)x_3 = 0$,解得 $W_{\text{电}} = 8 \text{ J}$,故 **D 正确**.

9. **ACD** 【解析】电子在加速电场中,有 $eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$,解得飞出加速电场时的速度大小为 $v_0 = \frac{2L}{T}$,故 **A 正确**;电子在极板 $A、B$ 之间运动时,水平方向做匀速直线运动,所以在偏转电场

中飞行的时间为 $t_0 = \frac{2L}{v_0} = T$, 所以电子会有 $\frac{T}{2}$ 的时间受到 U_0

电压的影响, 有 $\frac{T}{2}$ 的时间受到 $-3U_0$ 电压的影响, 在垂直极板

方向上的加速度大小为 $a = \frac{eE}{m} = \frac{eU_{AB}}{md}$, d 为 A 、 B 板间的距离,

则在 $t=0$ 时刻进入的电子, 前半周期内垂直极板的加速度大小为 $a_1 = \frac{2L^2}{dT^2}$, 方向指向 A 板, 在后半周期内加速度大小

为 $a_2 = \frac{6L^2}{dT^2}$, 方向指向 B 板, 可以判断, 在 T 时间内, 电子竖直

方向的分速度大小不为零, 分位移大小为零, 故 **B 错误**; 若所有电子都能离开偏转电场, 则电子在不同时刻进入时, 竖直方向偏移量的最大值为 $\frac{d}{2}$, 可知在 $\frac{T}{2}$ 时刻进入时, 电子向 B

板运动最远, 在 $\frac{T}{2} \sim T$ 时间内, $y_1 = \frac{1}{2}a_2\left(\frac{T}{2}\right)^2$, $v_{y1} = \frac{a_2T}{2}$, 在

$T \sim \frac{3}{2}T$ 时间内, $y_2 = v_{y1}\frac{T}{2} - \frac{1}{2}a_1\left(\frac{T}{2}\right)^2$, $\frac{d}{2} = y_1 + y_2$, 代入数

据可得 $d = 2L$, 故 **C 正确**; 电子射入偏转电场的速度加倍后, 在 A 、 B 板间运动时间变为 $\frac{T}{2}$, 设在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 时间内在 t_1 时刻进入

A 、 B 板间的电子刚好在中线出射, 则有 $y = \frac{1}{2}a_1\left(\frac{T}{2} - t_1\right)^2 +$

$a_1\left(\frac{T}{2} - t_1\right)t_1 - \frac{1}{2}a_2t_1^2 = 0$, 解得 $t_1 = \frac{1}{4}T$, 设在 $\frac{T}{2} \sim T$ 时间内在 t_2

时刻进入 A 、 B 板间的电子刚好从中线射出, 则有 $y' = \frac{1}{2}a_2(T - t_2)^2 + a_2(T - t_2)\left(t_2 - \frac{T}{2}\right) - \frac{1}{2}a_1\left(t_2 - \frac{T}{2}\right)^2 = 0$, 解得 $t_2 =$

$\frac{\sqrt{3}+2}{4}T$, 所以, 在 $0 \sim T$ 时间内从中线下方离开偏转电场的电子

射入 A 、 B 板的时间段为 $t_1 \sim t_2$ 之间, 所以电子数占总数的

$\frac{t_2 - t_1}{T} = \frac{1 + \sqrt{3}}{4}$, 故 **D 正确**.

10. (1) 从下到上 (2) 980 (3) C

【解析】(1) 充电完毕, 将开关 S 拨至位置 2, 电容器放电, 电容器上极板带正电, 则流经电阻箱 R 的电流方向为从下到上.

(2) $i-t$ 图像与横轴围成的面积表示电荷量, 电荷量为 $Q = 147 \times 20 \times 10^{-6} \times 1 \text{ C} = 2.94 \times 10^{-3} \text{ C}$, 则电容器电容的测量值为

易错点: 纵轴每刻度表示 $20 \mu\text{A}$, 每小格的面积表示 $20 \times 10^{-6} \text{ C}$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{2.94 \times 10^{-3}}{3} \text{ F} = 9.80 \times 10^{-4} \text{ F} = 980 \mu\text{F}.$$

(3) 由 $q=It$ 知 $q-t$ 图像的切线斜率的绝对值表示电流大小, 两次实验中电阻箱接入电路的阻值 $R_a < R_b$, 可知曲线 a 的放电电流比曲线 b 的大, 曲线 a 的 $q-t$ 图像的切线斜率的绝对值大, 电容器带电荷量相同, 所以曲线 a 放电时间短. 故 **C** 符合要求.

11. (1) $\frac{Q}{2Cd}$ (2) $d=L$ (3) 距下极板 $\frac{3}{4}d$ 处 $\frac{1}{2}$

【解析】(1) 电容器极板间电势差 $U = \frac{Q}{C}$,

$$\text{场强 } E = \frac{U}{2d},$$

$$\text{联立解得 } E = \frac{Q}{2Cd}.$$

(2) 设粒子射入电场时的速度大小为 v , 水平方向做匀速运动, 有 $2L = v \cos 45^\circ \cdot t$,

竖直方向做匀减速运动, 有 $d = \frac{1}{2}v \sin 45^\circ \cdot t$,

联立解得 $d = L$.

(3) 粒子到达轨迹的最高点后在水平方向仍做匀速运动, 水平速度 $v_x = v \cos 45^\circ$, $L = v_x t_1$, $t_1 = \frac{t}{2}$,

竖直方向到达轨迹最高点前做末速度为零的匀减速直线运动, 有 $d = \frac{1}{2}at^2$, 到达轨迹最高点后, 做初速度为零的匀加速直线运动, 有 $y = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{d}{4}$,

则粒子穿出电容器时距下极板的距离为 $d - \frac{d}{4} = \frac{3}{4}d$,

射入电场时竖直方向分速度 $v \sin 45^\circ = at$, 射出电场时竖直方向末速度 $v_y = at_1 = \frac{1}{2}v \sin 45^\circ$,

根据 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$, 得 $\tan \theta = \frac{1}{2}$.

12. (1) $\sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$ (2) $\frac{U_2 L^2}{4U_1 d}$ (3) 0.25 cm

【解析】(1) 电子经加速电压加速后进入偏转电场, 根据动能定理可得 $eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$,

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}.$$

(2) 根据牛顿第二定律可得电子在偏转电场中竖直方向的加速度大小 $a = \frac{eU_2}{md}$,

水平方向电子做匀速直线运动, 运动时间 $t = \frac{L}{v_0}$,

射出偏转电场时沿垂直于板面方向偏移的距离 $y = \frac{1}{2}at^2$,

$$\text{联立解得 } y = \frac{U_2 L^2}{4U_1 d}.$$

(3) 电子射出偏转电场后做匀速直线运动, 将电子射出偏转电场时的速度反向延长, 延长线与板间中心线相交于板间轴线的中点, 设速度反向延长线与水平方向的夹角为 θ . 则

$$\text{由几何关系可得 } \tan \theta = \frac{y}{\frac{L}{2}} = \frac{\frac{d}{2}}{x + \frac{L}{2}}, \text{ 解得 } x = 0.25 \text{ cm}.$$

13. (1) $2\sqrt{\frac{Eqd}{m}}$ (2) (0, 10d) (3) (0, 38d)

【解析】(1) 设离子第一次通过 x 轴时的速度大小为 v_1 , 在第三象限的电场中, 由动能定理得 $2qEd = \frac{1}{2}mv_1^2$, 解得 $v_1 = 2\sqrt{\frac{qEd}{m}}$.

(2) 离子在第二象限做类平抛运动, 竖直方向有 $y_1 = v_1 t_1$, 水

平方向有 $d = \frac{1}{2} \times \frac{2qE}{m} t_1^2$, 联立解得 $y_1 = 2d, t_1 = \sqrt{\frac{md}{qE}}$, 故离子第一次通过 y 轴时的位置坐标为 $(0, 2d)$. 因第一象限电场强度为第二象限的一半, 因此离子在第一象限的加速度大小为第二象限的一半, 且方向相反, 因此离子在第一象限内水平方向需要用 $2t_1$ 时间先匀减速为 0, 再通过 $2t_1$ 时间反向匀加速回到 y 轴, 因此离子在第一象限内运动的时间 $t = 2t_1 + 2t_1 = 4t_1$, 竖直方向的速度不受影响, 一直是 v_1 , 有 $y_2 = v_1 \cdot 4t_1 = 8d$, 最后有 $y = y_1 + y_2 = 10d$, 则离子第二次通过 y 轴时的位置坐标为 $(0, 10d)$.

(3) 由第(2)问可知, 离子第一次经过 y 轴时的位置坐标为 $(0, 2d)$, 用时为 $t_1 = \sqrt{\frac{md}{qE}} = \frac{1}{12}T$, 此时离子进入第一象限, 在水平方向上, 离子在 $0 \sim \frac{T}{6}$ 的时间内减速为 0, $\frac{T}{6} \sim \frac{T}{3}$ 的时间内水平速度为 0, 在 $\frac{T}{3} \sim \frac{T}{2}$ 的时间内在水平方向上向左匀加速, 再次回到 y 轴, 总时间为 $6t_1$, 有 $y'_2 = v_1 \cdot 6t_1 = 2\sqrt{\frac{qEd}{m}} \times 6\sqrt{\frac{md}{qE}} = 12d$, 此时离子离开第一象限进入第二象限, 该时刻为 $\frac{1}{2}T$. 进入第二象限后, 离子在水平方向上经过 $\frac{1}{12}T$ 的时间先匀减速至水平速度为 0, 再次反向匀加速 $\frac{1}{12}T$ 时间回到 y 轴. 因此有 $y_3 = v_1 \cdot 2t_1 = 2\sqrt{\frac{qEd}{m}} \times 2\sqrt{\frac{md}{qE}} = 4d$, 此时离子第三次经过 y 轴, 该时刻为 $\frac{2}{3}T$. 在 $\frac{2T}{3} \sim \frac{5T}{6}$ 时间内, 由于此时间内第一象限内不存在电场, 离子在水平方向上匀速向右运动. 在 $\frac{5T}{6} \sim T$ 时间内出现电场, 离子匀减速至水平速度为 0. 在 $T \sim \frac{7T}{6}$ 的时间内, 第一象限不存在电场, 同时离子在水平方向的速度也为 0, 在水平方向不运动. 在 $\frac{7T}{6} \sim \frac{4}{3}T$ 的时间内, 离子受到向左的电场力, 向左匀加速, 和匀减速的水平位移相互抵消. 在 $\frac{4}{3}T \sim \frac{3T}{2}$ 的时间内, 第一象限不存在电场, 离子再次在水平方向上做匀速运动, 与 $\frac{2T}{3} \sim \frac{5T}{6}$ 时间内的水平位移相互抵消, 再次回到 y 轴. 此时离子第四次回到 y 轴, 此次用时总时间为 $\frac{3}{2}T - \frac{2}{3}T = \frac{5}{6}T = 10t_1$, 因此有 $y_4 = v_1 \cdot 10t_1 = 20d$, 最后有 $y = y_1 + y'_2 + y_3 + y_4 = 38d$, 离子第四次通过 y 轴的位置坐标为 $(0, 38d)$.

第二章高考强化

刷真题

1. B 【解析】平行板电容器间的电场为匀强电场, 两板间电压

U 不变, 两板间距 d 减小, 根据 $E = \frac{U}{d}$ 知, 电场强度增大, 根据 $F = Eq$ 知, 电子所受的电场力增大. 左极板带负电, 右极板带正电, 故电场方向水平向左, 电子所受电场力方向向右, B 正确.

2. D 【解析】电容 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd} = \frac{Q}{U}$, 解得极板间电势差 $U = \frac{4\pi kdQ}{\epsilon_r S}$, 电容器充电后断开电源, 所带电荷量不变, 则 Q 不变, F 较小时, 随 F 的增大, 极板间距 d 减小, 且减小得越来越慢, 则 U 减小, 且减小得越来越慢, F 较大时, 极板间距 d 难以减小, 则 U 难以减小, D 正确.

方法总结

由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd} = \frac{Q}{U}$, 结合 $E = \frac{U}{d}$, 得 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$, 则平行板电容器所带电荷量不变时, 只改变极板间距离, 极板间的电场强度不变.

一题多解

Q 不变时, 极板间距 d 改变, 极板间的电场强度不变, 又 $U = Ed$, F 较小时, 随 F 的增大, 极板间距 d 容易减小, 则 U 容易减小, F 较大时, 极板间距 d 难以减小, 则 U 难以减小, D 正确.

3. (1) B (2) $a \rightarrow b$ 5.2

【解析】(1) 电容器充电时, 电流先增大到最大值, 然后逐渐减小为零, B 正确;

(2) 电容器充电时, 上极板带正电, 放电时, 电流从正极板流出, 自上向下流过电阻 R , 电流方向为 $a \rightarrow b$. $I-t$ 图线与 t 轴包围面积大小为电容器所带的电荷量, 电容器充满电时电压为 $U_{C1} = 12.3 \text{ V}$, $t = 2 \text{ s}$ 时 M 区域面积大小表示放电量, 设此时电容器两极板间电压为 U_{C2} , 有 $\Delta q = C(U_{C1} - U_{C2}) = \frac{8}{15}CU_{C1}$,

解得 $U_{C2} = \frac{7}{15}U_{C1} = 5.74 \text{ V}$, 电阻 $R = \frac{U_{C2}}{I} = 5.2 \text{ k}\Omega$.

4. (1) 电压 (2) 零 (3) 放电 0.32

【解析】(1) 由题图甲可知位置②与电容器并联, 为测电压仪器.

(2) 电压表示数最大时, 电容器充电完毕, 电流表示数为零.

(3) 电容器放电时电压和电流都减小, 图像逆向分析, 该过程为电容器放电过程. 电容器充电完毕后的电压等于电源电动势, 大小为 12 V , 由题图丙可知 $t = 0.2 \text{ s}$ 时电容器两端电压为 $U = 8 \text{ V}$, 由题图乙可知当 $U = 8 \text{ V}$ 时, 电流 $I = 40 \text{ mA}$, 则电阻 R_0 消耗的功率为 $P = 8 \times 4 \times 10^{-2} \text{ W} = 0.32 \text{ W}$.

5. B 【解析】由库仑定律得 $F_b = k \frac{Qq}{R^2}$, $F_c = k \frac{Qq}{R^2 + (2R)^2} = k \frac{Qq}{5R^2}$, 则 $F_b > F_c$, A 错误; 由点电荷周围的电势分布可知, 场源电荷带正电, 离场源电荷越远电势越低, 则 $\varphi_c = \varphi_d > \varphi_e$, 由 c 点到 e 点, 电势先不变后减小, 由 $E_p = q\varphi$ 得, 由 c 点到 e 点, 小球的电势能先不变后减小, B 正确; 小球由 d 点到 f 点, 库仑力做正功, 小球的动能增大, 故小球过 f 点的动能大于过 d 点的动能, C 错误; 小球由 a 点到 b 点, 库仑力做负功, 小球的动

高中必刷题 物理

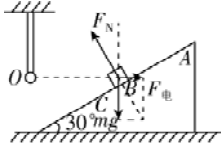
能减小,小球的速度减小,故小球过 b 点的速度小于过 a 点的速度, **D 错误**。

6. D 【解析】由题意知,电子沿 \widehat{ABC} 做圆周运动,由电场力提供向心力,有 $Ee = m \frac{v^2}{r}$, 又 $E_k = \frac{mv^2}{2}$, 联立解得 $E = \frac{2E_k}{er}$, **A 错误**; 另一个电子沿 \widehat{APQ} 运动, 可知电子受到电场力的大小发生变化, 不符合做圆周运动的条件, 即 \widehat{APQ} 不是圆弧的一部分, **B 错误**; 轨迹为 \widehat{ABC} 的电子初动能为 E_k , 则轨迹为 \widehat{APQ} 的电子初动能不为 E_k , 故电子到达 P 点的动能不为 $E_k - eU$, **C 错误**; 由题意知, $|CQ| = 2|BP|$, 且离圆心 O 越远, 场强越小, 由 $U = Ed$, 可得 CQ 之间的电势差小于 $2U$, 电子从 A 经 P 到 Q 全程克服电场力做的功小于 $2eU$, **D 正确**。

易错分析 本题中两电子初速度方向相同, 但轨迹不同, 说明初动能必不相同, 不要错误认为另一电子的初动能也为 E_k 而误选 **C**。

7. D 【解析】由于电容器的上极板与直流电源的正极相连, 所以电场线方向向下, 沿着电场线方向电势降低, 则有 $\varphi_N > \varphi_P$, 根据题意有 $\varphi_N = \varphi_M$, 则有 $\varphi_M > \varphi_P$, **A 错误**; 根据电场线越密电场强度越大可知 M 点的电场强度比 N 点的大, **B 错误**; 负电荷从 M 点运动到 P 点, 电势能增大, 则电场力做负功, 动能减小, 速度减小, **C 错误, D 正确**。

8. AD 【解析】小滑块在 B 点时, 对小滑块受力分析如图所示, 由平衡条件得 $\frac{kq^2}{l^2} = mg \tan 30^\circ$, 解得 OB 的距离 $l = \sqrt{\frac{\sqrt{3}kq^2}{mg}}$, **A 正确, B 错误**; 小滑块从 A 运动到 C , 由动能定理得 $mgS \sin 30^\circ + W = 0$, 解得静电力对小滑块做功为 $W = -\frac{1}{2}mgS$, **C 错误**; AC 之间的电势差 $U_{AC} = \frac{W}{q} = -\frac{mgS}{2q}$, **D 正确**。



9. (1) $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ (2) 0.11 m

思路导引 本题考查带电液滴在电场中的偏转, 先分析第一个过程: 液滴在电场中受到电场力, 沿电场力方向做初速度为零的匀加速直线运动, 垂直于电场力方向做匀速直线运动; 第二个过程, 液滴离开电场后做匀速直线运动, 把速度沿水平和竖直两个方向分解, 利用 $x = vt$ 求解。

【解析】(1) 液滴在电场中做类平抛运动, 由牛顿第二定律得, 液滴在水平方向的加速度大小为

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = 100 \text{ m/s}^2,$$

液滴在竖直方向上做匀速直线运动, 通过电场的时间为

$$t_1 = \frac{l}{v} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ s},$$

液滴离开电场时在水平方向加速偏转的距离为

$$x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ m}.$$

(2) 液滴离开电场时水平方向上的速度大小

$$v_x = at_1 = 1.0 \text{ m/s},$$

带正、负电荷的液滴离开电场后做匀速直线运动, 分别到达 A 、 B 收集管, 运动的时间为

$$t_2 = \frac{h}{v} = 0.05 \text{ s},$$

液滴在水平方向上匀速运动的距离为

$$x_2 = v_x t_2 = 5.0 \times 10^{-2} \text{ m},$$

则 A 、 B 细胞收集管之间的距离为

$$d = 2x_1 + 2x_2 = 0.11 \text{ m}.$$

一题多解 (2) 设带电液滴到达收集管时水平方向偏转的

$$\text{距离为 } x, \text{ 由几何关系得 } \frac{x}{x_1} = \frac{h + \frac{l}{2}}{\frac{l}{2}},$$

解得 $x = 0.055 \text{ m}$, 则 A 、 B 细胞收集管之间的距离为 $d = 2x = 0.11 \text{ m}$ 。

刷原创

1. D 【解析】小球在 A 、 B 两点受到的电场力均为两点电荷电

场力的合力, 根据力的合成法则, 电场力的大小均为 $\frac{\sqrt{2}kQq}{2L^2}$,

等量同种点电荷产生的电场关于两点电荷连线对称, 故 A 点和 B 点的电场强度大小相同, 方向相反, 带电小球在 A 点和 B 点受到的电场力方向不同, **A 错误**; 由对称性可知, 小球从 A 点到 B 点的过程中, 电场力先做正功, 后做负功, 所做的总功为零, 重力做负功, 由动能定理得 $-2mgL = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得

$v_0 = 2\sqrt{gL}$, **B 错误**; 等量同种点电荷连线的中垂线上, 从两点电荷连线中点沿中垂线向外电场强度由零先增大后减小到零, 则从 O 点到 A 点或 B 点, 电场强度先增大后减小, 故小球从

突破点: 当中垂线上的点和一个点电荷的连线与中垂

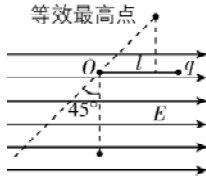
线的夹角的余弦值为 $\frac{\sqrt{3}}{3}$ 时, 该点的电场强度最大

A 点到 O 点的过程中, 小球受到的电场力先增大后减小, 若小球在 A 点时, 电场力大于小球的重力, 小球从 A 点到 O 点运动的过程中合力将先向上增大, 再向上减小到零, 后向下增大到 mg , 小球先做加速度增大的加速运动, 再做加速度减小的加速运动, 后做加速度增大的减速运动, **C 错误**; 小球从 O 点运动到 B 点的过程中, 电场力向下且先增大后减小, 重力方向向下, 故小球做减速运动, 且加速度先增大后减小, **D 正确**。

2. CD 【解析】小球受到的电场力大小为

$F_{\text{电}} = Eq = mg$, 根据平行四边形定则可

得, 小球受到的合力大小为 $\sqrt{2}mg$, 方向沿左下方与竖直方向夹角为 45° , 由静止释放后, 小球先做匀加速直线运动, 小球运动到 O 点正下方时, 绳子伸直, 之后小球做圆周运动, **A 错误**; 绳子伸直的瞬间, 小球沿绳方向的速度减为 0, 只剩垂直于绳方向的速度, 动能有损失, 故小球不会回到初始位置, **B 错误**; 小球运动到 O 点正下方绳子伸直, 此后小球做圆周运动, 小球运动到等效最低点时, 绳子拉力最大, 由 A 项分析可知, 合力方向沿左下方与竖直方向夹角为 45° 时, 小球位



于等效最低点,即小球摆到 O 点左下方与竖直方向夹角为 45° 时,绳子拉力最大, **C 正确**;若小球以某一初速度释放后能做完整的圆周运动,如图所示,临界情况为在等效最高点时,绳子拉力为 0,对小球有 $\sqrt{2}mg = m \frac{v^2}{l}$,设这种情况下小球释

放时的初速度大小为 v_0 ,则有 $-mg \frac{\sqrt{2}}{2}l + Eq \left(l - \frac{\sqrt{2}}{2}l \right) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $v_0 = \sqrt{(3\sqrt{2}-2)gl}$, **D 正确**.

第三章 恒定电流

第一节 导体的 $I-U$ 特性曲线

课时 1 电流

刷基础

1. C 【解析】只有自由电荷的定向移动才能形成电流,故 **A 错误**;根据 $I = neSv$ 可知,除了电子定向移动的平均速率 v ,自由电子数密度 n 、横截面积 S 对 I 也有影响,故 v 越大,电流不一定越大,故 **B 错误**;根据 $I = \frac{Q}{t}$ 可知,电流的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,单位时间内通过导体横截面的电荷量越多,导体中的电流越大,故 **C 正确**;电流虽然有方向,但电流的运算并不遵循平行四边形定则,所以电流是标量,故 **D 错误**.

2. A 【解析】在 Δt 时间内,以速率 v 定向移动的电子在铜导线中通过的距离为 $v\Delta t$,由于铜导线的横截面积为 S ,则在 Δt 时间内,电子经过的导线体积为 $V = vS\Delta t$,又由于单位体积的导线中有 n 个自由电子,则在 Δt 时间内,通过导线横截面的自由电子数目可表示为 $N = nvS\Delta t$. 由于流过导线的电流为 I ,则在 Δt 时间内,通过导线的电荷量为 $Q = I\Delta t$,而电子的电荷量为 q ,则 Δt 时间内通过导线横截面的自由电子数目可表示为 $N = \frac{I\Delta t}{q}$,故选 **A**.

关键点拨 解决流体类问题的关键,首先建立柱体模型. 我们可以认为电流是流体,在 Δt 时间内通过横截面的电子在一段体积为 V 的柱体里, $V = vS\Delta t$,已知单位体积的自由电子数,即可根据电流的定义式求解电流的微观表达式.

3. D 【解析】根据题干信息无法求出充满电时电池可储存的最大能量,故 **A 错误**;放电时电池可输出的最大电荷量为 $Q = 4 \times 3\,600 \text{ C} = 14\,400 \text{ C}$,故 **B 错误**;播放视频时平均电流约为 $I_1 = \frac{Q}{t_1} = \frac{14\,400}{17 \times 3\,600} \text{ A} = 0.235\,3 \text{ A}$,待机状态平均电流约为 $I_2 =$

关键点: 注意单位的换算

$\frac{Q}{t_2} = \frac{14\,400}{22 \times 24 \times 3\,600} \text{ A} = 0.007\,6 \text{ A}$, $\frac{I_1}{I_2} \approx 31$,播放视频时平均电流约为待机状态平均电流的 31 倍,故 **C 错误, D 正确**.

4. B 【解析】电子运动的周期 $T = \frac{2\pi R}{v}$,等效电流 $I = \frac{ne}{T}$,联立得 $n = \frac{2\pi RI}{ev}$,故选 **B**.

5. A 【解析】设圆环运动一周的时间为 T ,在时间 T 内通过圆环上任意一横截面的总电荷量就是圆环上所带的总电荷量 q ,由电流的定义可得圆环转动产生的等效电流为 $I = \frac{q}{T}$,由

几何关系可得圆环的半径为 $r = \frac{L}{\theta}$,由匀速圆周运动的规律可得 $v = \frac{2\pi r}{T}$,联立解得 $I = \frac{\theta q v}{2\pi L}$,故 **A 正确**.

关键点拨 本题考查电流的定义,要明确电流的定义,知道电流等于单位时间内流过导体横截面的电荷量.

刷易错

★易错点 不知道在气体电离时,通过横截面的电荷量为正、负电荷电荷量绝对值之和

6. D 【解析】根据题意可知,气体电离时通过该横截面的电荷量为 $4ne$,由电流定义式 $I = \frac{q}{t}$ 得 $I = \frac{4ne}{t}$,故选 **D**.

易错分析 本题考查对电流的定义式中通过横截面的电荷量的理解,本题中气体电离时通过横截面的既有正离子,也有电子,但是运动方向相反,因此通过导体横截面的电荷量是正离子和电子所带电荷量的绝对值之和,本题易错选 **A**.

课时 2 欧姆定律 $I-U$ 特性曲线

刷基础

1. AB 【解析】由 $I = \frac{U}{R}$ 可知,通过电阻的电流跟它两端的电压成正比,跟它的阻值成反比, **A 正确**;由 $U = IR$ 可知,对一定的导体,通过它的电流越大,它两端的电压也越大, **B 正确**;导体的电阻是导体本身的一种性质,在数值上等于它两端的电压和通过它的电流的比值,决定它大小的有材料、长度和横截面积,与电压、电流无关, **C 错误**;欧姆定律只适用于纯电阻电路, **D 错误**.

2. AD 【解析】根据欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 可知,题图中 $I-U$ 图线的斜率表示导体电阻的倒数,故 **B 错误**;图线 1 的斜率大于图线 2 的斜率,结合上述分析可知 $R_1 < R_2$,故 **A 正确**;将 R_1 与 R_2 串联后接于电源上,则电流相等,根据串联电路知识可知电压与电阻成正比, $R_1 < R_2$,则 $U_1 < U_2$ 故 **C 错误**;将 R_1 与 R_2 并联后接于电源上,电压相等, $R_1 < R_2$,根据并联电路知识可知电流与电阻成反比,则 $I_1 > I_2$,故 **D 正确**.

一题多解 对于 C、D 两项,可直接读图.

将 R_1 与 R_2 串联后接于电源上,电流相等,平行于 U 轴作一条直线,与图线交点表示电流相等的点,可得 $U_1 < U_2$, **C 错误**.

