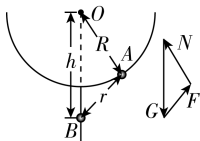


第九单元 电 场

考点基础巩固卷 I

1. C 必刷方法 ▶ 相似三角形解决静电场中受力平衡问题

【深度解析】小球 B 缓慢上移过程, 小球 A 处于动态平衡状态, 对小球 A 受力分析, 如图所示,



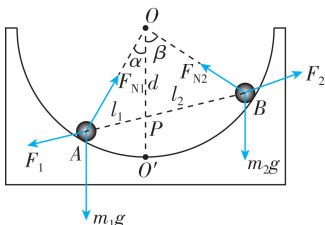
根据三角形相似有 $\frac{G}{h} = \frac{N}{R} = \frac{F}{r}$, 随着小球 B 上移, h 减小, 则环对小球的支持力 N 增大且始终指向圆心, **B 错误**; 根据库仑定律有 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$, 则 $\frac{F}{r} = k \frac{q_1 q_2}{r^3}$, 随着小球 B 上移, h 减小, $\frac{F}{r}$ 增大, 所以两小球间距离 r 减小, 库仑力 F 增大, **A 错误**; 根据 $\frac{G}{h} = \frac{N}{R} = \frac{F}{r}$ 可知, 小球 A 刚要移动时, 有 $r = R, F = N$, 小球 A 上滑过程中 r 减小, 则 $r < R, F < N$, 小球不可能到达与圆心等高处, **C 正确, D 错误**。

2. B 必刷知识 ▶ 电场强度与电势差的关系

选项	分析	正误
A	油滴悬浮在极板间, 重力与电场力平衡, 由于重力竖直向下, 则可知油滴带负电	×
B	根据重力与电场力平衡有 $mg = Eq = \frac{U}{d}q$, 得 $q = \frac{mgd}{U}$	✓
C	电子所带电荷量与元电荷相等, 油滴的电荷量必是元电荷的整数倍, 油滴的电荷量一定是电子电荷量的整数倍	×
D	保持电压不变, 把 A 极板上移, 板间距增大, 则电场强度减小, 电场力减小, 重力与电场力的合力竖直向下, 该油滴将向下做加速运动	×

3. A 必刷方法 ▶ 相似三角形解决静电场中受力平衡问题

【深度解析】对两小球受力分析如图所示,



两小球静止, 受力平衡, 由相似三角形关系可知 $\frac{F_1}{l_1} = \frac{m_1 g}{d}$,

$\frac{F_2}{l_2} = \frac{m_2 g}{d}$, 由于 $\alpha < \beta$, 则 $l_1 < l_2$, F_1 、 F_2 为相互作用力, 则 $F_1 = F_2$, 有 $\frac{m_1 g}{d} > \frac{m_2 g}{d}$, 可得 $m_1 > m_2$, 两球电荷量大小无法确定, 故选 A。

4. D 必刷知识 ▶ 电场叠加原理+电场力做功

【深度解析】根据电场叠加原理, 两个正点电荷在 f 点的合场强方向沿 y 轴负方向, 两个负电荷在 f 点合场强沿 y 轴负方向, 所以合场强方向沿 y 轴负方向, 同理可得在 g 点合场强方向沿 y 轴正方向, 因此 g 、 f 两点的场强方向相反, A 错误; 根据对称性可知, e 、 h 两点的电场强度大小相同、方向相反, B 错误; 根据电场线的分布可知, O 、 f 间的电场线方向为 $O \rightarrow f$, 质子所受电场力方向为 $O \rightarrow f$, 则将质子沿直线从 O 移到 f , 电场力做正功, C 错误; 根据电场线的分布可知, O 、 e 间的电场线方向为 $e \rightarrow O$, 电子所受电场力为 $O \rightarrow e$, 则将电子从 O 移到 e 电场力做正功, D 正确。

5. D 必刷题型 ▶ $E-x$ 图像+点电荷电势的表达式

【深度解析】根据题图中电场强度分布, 且方向指向 x 轴正方向为正, 知 Q 带负电, q 带正电, 又 $x=0$ 处电势 $\varphi=0$, 根据点电荷电势公式 $\varphi = \frac{kQ}{r}$, 则有 $|Q| > q$, A 错误; 沿着 x 轴从 x_1 到 x_2 , 电场强度 E 的大小先减小后增加, B 错误; 沿着电场线方向电势降低, 沿着 x 轴从 x_1 到 x_2 , 电势 φ 增加, C 错误; 带负电的试探电荷 q_0 , 从 x_2 起向 x 轴正方向运动到无穷远, 电场力先做负功后做正功, 其电势能先增加后减小, D 正确。

6. C 必刷知识 ▶ 电场叠加+电场力做功和电势能变化的关系

【深度解析】 a 、 b 两处异种点电荷在 M 、 N 处形成的场强相同; c 处正点电荷在 M 、 N 处形成的场强方向相同, 大小不同, 所以 M 、 N 两处的合场强大小和方向均不同, A 错误。 a 、 b 、 c 三处点电荷在 cd 上形成的场强方向为斜向右下方; 负电荷从 M 匀速移动到 N 的过程中, 所受电场力的方向始终斜向左上方, 外力斜向右下方, 电场力始终做负功, 所以电势能增加, 外力始终做正功, B、D 错误, C 正确。

关键点拨

研究多个点电荷在同一位置形成的场强时, 可以先确定常见的点电荷形成的合场强大小和方向变化情况, 再依次与其他电荷形成的场强叠加。

7. B 必刷题型 ▶ $v-t$ 图像+电场力做功和电势能变化的关系

【深度解析】小物块在由 A 到 B 过程, 根据动能定理得 $qU_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$, 解得 $U_{AB} = 4 \text{ V}$, A 错误; 根据 $v-t$ 图像的斜率等于加速度, 可得小物块的最大加速度为 $a_B = \frac{4}{5-3} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$, 所受的电场力最大为 $F = ma = 1 \times 10^{-3} \times 2 \text{ N} = 2 \times$

10^{-3} N, 则电场强度的最大值为 $E = \frac{F}{q} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}} \text{ N/C} = 1 \text{ V/m}$,

B 正确; 由 $v-t$ 图像可知由 A 到 C 的过程中小物块的动能一直增大, 则电势能一直减小, **C 错误**; 小物块从 B 点到 C 点电

场力做的功 $W = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = 10^{-2} \text{ J}$, **D 错误**。

8. (1) 16 V/m , 方向由 C 指向 A (2) -2.88 V (3) 6.12 eV

必刷知识 ▶ 电场力做功和电势能变化的关系 + 电场强度与电势差的关系

【深度解析】(1) 由于所有到达矩形边界的电子中, 到达 C 点的电子动能最大, 可知电子受到的电场力方向沿着 OC 方向, 电场强度的方向由 C 指向 A ,

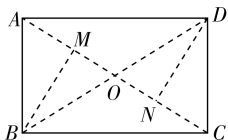
电子由 O 点运动到 C 点, 由动能定理有 $eEx_{OC} = E_{kC} - E_{kO}$,

其中 $x_{OC} = \frac{1}{2}x_{AC} = \frac{1}{2} \times \sqrt{0.3^2 + 0.4^2} \text{ m} = \frac{1}{4} \text{ m}$, $E_{kC} = 9 \text{ eV}$,

$E_{kO} = 5 \text{ eV}$,

解得电场强度大小为 $E = 16 \text{ V/m}$ 。

(2) 过 B 点向 AC 作垂线, 垂足为 M , 如图所示,



可知 BM 的连线为等势线, 即 $\varphi_M = \varphi_B$,

由几何关系可知 $x_{BM} = \frac{x_{AB} \cdot x_{BC}}{x_{AC}} = \frac{0.3 \times 0.4}{0.5} \text{ m} = 0.24 \text{ m}$,

$x_{AM} = \frac{x_{AB} \cdot x_{AB}}{x_{AC}} = \frac{0.3 \times 0.3}{0.5} \text{ m} = 0.18 \text{ m}$,

M 、 A 之间的电势差为

$U_{MA} = \varphi_M - \varphi_A = Ex_{MA} = 16 \times 0.18 \text{ V} = 2.88 \text{ V}$,

则 A 点的电势为 $\varphi_A = \varphi_M - 2.88 \text{ V} = \varphi_B - 2.88 \text{ V} = -2.88 \text{ V}$ 。

(3) 过 D 点向 AC 作垂线, 垂足为 N , DN 的连线为等势线, 即

$\varphi_N = \varphi_D$,

由几何关系可知

$x_{ON} = x_{OM} = \frac{1}{2}x_{AC} - x_{AM} = 0.07 \text{ m}$,

电子到达 D 点时的动能与到达 N 点时的动能相等, 由动能定理可得 $eE \cdot x_{ON} = E_{kN} - E_{kO}$,

解得 $E_{kN} = 6.12 \text{ eV}$,

即电子到达 D 点时动能为 6.12 eV 。

考点基础巩固卷 II

1. **C** **必刷知识** ▶ 电容器电容的概念

【深度解析】电容器的容纳能力较大, 并不代表实际使用中极板电荷量较大、场强较大, 也有可能极板电荷量很小, 场强很小, **A、B 错误**。由于超级电容器具备超大的容量, 即单位电压容纳的电荷量较大, 也就是电容 C 较大, 故带相同电荷量

时电压较小, C 正确, D 错误。

2. C 必刷知识 ▶ 电容器的充放电

【深度解析】电路通电, 膜片与极板间的电势差 U 保持不变, 根据 $C = \frac{Q}{U}$ 、 $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$, 膜片与极板距离 d 减小, 则膜片与极板间的电容增大, 极板所带电荷量增大, A、B 错误; 根据 $E = \frac{U}{d}$, 可知膜片与极板间的电场强度增大, C 正确; 极板所带电荷量增大, 电源给极板充电, 充电电流通过电阻 R 向下, D 错误。

3. D 必刷知识 ▶ 电容器的决定式

【深度解析】在峪处形成的小电容器, 极板与指纹间距离 d 较大, 所以根据电容的决定式 $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$ 可知, 电容较小, 所带电荷量较小, 则放电较快, A、B 错误; 在峰处形成的小电容器, 极板与指纹间距离 d 较小, 则电容较大, 充电后带电荷量较大, C 错误; 潮湿的手指与传感器之间有水填充, 改变了原来匹配成平行板电容器的电容, 所以对指纹识别会产生影响, D 正确。

4. D 必刷知识 ▶ 二极管的作用+电势和电势能

【深度解析】将极板 B 稍向下平移, 平行板电容器极板距离变大, 根据 $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$, 可知电容变小。在电压不变的情况下, 平行板电容器所带电荷量减小, 电容器放电, 但由于二极管单向导电性, 电容器无法放电, 所以电荷量不变, A 错误; 由于电荷量不变, 电容减小, 由 $U = \frac{Q}{C}$ 可知, 电容器两极板间的电压 U 变大, B 错误; 由于 $E \propto \frac{Q}{S}$, 所以电容器极板间场强不变, 结合 $U = Ed$, 可知 φ_p 增大, C 错误; 由平衡条件可知, 油滴带负电, 根据 $E_p = q\varphi_p$, 可知电势能减小, D 正确。

5. (1) C (2) ① D ② 带正电 ③ B

必刷题型 ▶ 实验操作分析+实验现象分析

【深度解析】(1) 10 V 是电容器的额定电压, 不是电容器的击穿电压, A 错误; 10 V 是电容器的额定电压, 电压低于 10 V 时, 电容器也能正常工作, B 错误; 电容与电容器所加电压无关, 只与自身构造有关, 可知电容器电压为 5 V 时, 电容是 200 μF , C 正确, D 错误。

(2) ① 使开关 S 接 1, 电源给电容器充电, 电路瞬间有了充电电流, 随着电容器所带电荷量逐渐增大, 电容器两极板间的电压逐渐增大, 充电电流逐渐减小, 所以此过程中观察到电流表指针迅速偏转到某一刻度后逐渐减小到 0, D 正确。

② 由电路图可知, 电容器右极板与电源正极相连, 故电容器充电完毕, 断开开关, 电容器右极板带正电。

③ 放电过程中, 电容与电容器所带电荷量和电容器极板间电压没有关系, 可知电容器电容保持不变, D 错误; 放电过程中, 电容器所带电荷量逐渐减小, 根据电容定义式 $C = \frac{Q}{U}$ 可知电容

器极板间电压逐渐减小,则放电电流逐渐减小,根据 $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$,可知

知 $Q-t$ 图像的切线斜率绝对值逐渐减小, **B 正确, A、C 错误。**

6. (1) $\frac{1}{2}CU^2$ (2) a. R b. 要快速度充电时,应减小电阻 R ;要

均匀充电时,应适当增大电阻 R (3) 见解析

必刷题型 ▶ 实验操作分析+实验现象分析

【深度解析】(1) 根据 $C = \frac{q}{U}$ 可知 $U-q$ 图线是过原点的倾斜直

线,图线与 q 轴所围成的面积表示电能,故有 $E_p = \frac{1}{2}qU = \frac{1}{2}CU^2$ 。

(2) a. 两条曲线对应同一电容器,且最大电荷量相同,可知电源电动势 E 没有变化,同一时刻两条曲线的切线斜率不同,说明电路中电流不同,则可知电阻 R 不同,且曲线①对应电阻小于曲线②对应电阻。

b. 当需要快速充电时,即对应 $q-t$ 曲线切线斜率大,电路中电流大,则可减小电阻 R ,以实现更快充电;当需要均匀充电时,即电流更稳定,对应 $q-t$ 曲线切线斜率变化较小,由 $q-t$ 图线可知,电阻越大,曲线切线斜率变化越小,则可增大电路中的电阻实现均匀充电。

(3) 若用“恒流源”替换(2)中的电源,由于电路中电流不变,随着时间的推移,电容器所带电荷量均匀增加,根据 $U-q$ 图线可知,随着电荷量的增加,电容器两端的电压增大,由于定值电阻两端电压不变,可知电源两端电压在增大;若使用(2)中的电源,由于电源内阻可忽略,电源两端电压的大小即为电源电动势大小,保持不变,随着电容器充电过程的进行,电容器带电荷量增加,电容器两端电压增大,可知定值电阻两端电压减小,根据 $I = \frac{U}{R}$ 可知,流过电路的电流减小,即通过电源的电流减小。

	“恒流源”	(2) 中电源
电源两端电压	增大	不变
通过电源的电流	不变	减小

考点基础巩固卷 III

1. B 必刷考点 ▶ 示波管工作原理

【深度解析】电子在加速电场和偏转电场中,电场力均对电子做正功,电子动能增大, **A 错误**;电子在加速电场中,有 $eU_1 =$

$\frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $v_0 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$, 电子只要能离开偏转电场,在偏转电场中的运动时间 (提示:粒子在偏转电场中的运动时间由水平

速度与水平位移决定) 一定等于 $t = \frac{L}{v_0} = L\sqrt{\frac{m}{2U_1e}}$, **B 正确**;电

子在偏转电场中,有 $h = \frac{1}{2} \frac{eU_2}{md} \left(\frac{L}{v_0} \right)^2$,结合 $eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$,联立

可得 $\frac{h}{U_2} = \frac{L^2}{4U_1d}$, 可知当 U_1 、 L 增大, d 不变, 示波器的灵敏度可能增大、减小或不变, **C 错误**; 根据 $\frac{h}{U_2} = \frac{L^2}{4U_1d}$ 可知当 L 变为原来的两倍, d 变为原来的 4 倍, U_1 不变, 示波器的灵敏度不变, **D 错误**。

2. C 必刷题型 ▶ 带电粒子在周期性变化电场中的直线运动

【深度解析】 $t=0$ 时刻, B 板的电势比 A 板高, 电子在 t_1 时间内向 B 板加速, t_1 时刻加速结束, $t_1 \sim t_2$ 电子减速, 并在 t_2 时刻速度刚好为零, 之后一直重复这样的运动, 直到从 P 点飞出, 若在 t_2 时刻, 电子能从 P 点飞出, 则位移最大, 若不能从 P 点飞出, 则位移不是最大的, **A、B 错误**; 由上述分析可知, 电子的最大动能为 eU_0 , 所以电子最终从 P 点飞出时的动能都小于等于 eU_0 , **C 正确**; 根据已知信息, 无法确定电子在什么时候飞出电场, 所以电子是有可能在 $t_2 \sim t_3$ 时间内飞出电场的, **D 错误**。

3. C 必刷题型 ▶ 不同带电粒子在匀强电场中的抛体运动

【深度解析】两种粒子的质量不同, 进入电场时的动能相同, 所以速度不同, **A 错误**; 设电场强度为 E 、粒子质量为 m 、电荷量为 q , 粒子在电场中运动的加速度 $a = \frac{qE}{m}$, 电场强度相同, 电荷量相同, 质量不同, 所以加速度不同, **B 错误**; 设 bc 边长为 L , 粒子的初动能为 E_k , 粒子离开电场时沿电场方向的速度为 $v_y = at = \frac{qEL}{mv_0}$, 粒子离开电场时的速度方向与初速度夹角的正切值为 $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{qEL}{mv_0^2} = \frac{qEL}{2E_k}$, 两种粒子离开电场时的速度方向相同, 两种粒子离开电场时的动能 $E'_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_0^2 + v_y^2) = E_k + \frac{q^2E^2L^2}{4E_k}$, 两种粒子离开电场时的动能相同, **C 正确, D 错误**。

4. D 必刷题型 ▶ 带电物体(计重力)在匀强电场中的运动

【深度解析】小球在水平方向做匀速直线运动, A 、 B 、 C 三在同一直线上, 而 $AB=3BC$, 小球从 A 到 B 与从 B 到 C 的水平位移之比为 $3:1$, 则小球从 A 到 B 与从 B 到 C 的运动时间之比为 $t_{AB}:t_{BC}=3:1$, **C 错误**; 在竖直方向上, 小球从 A 到 B 做匀加速运动, 加速度大小为 g , 从 B 到 C 做匀减速运动, 加速度大小为 a , A 、 C 两点竖直方向的速度均为零, 则有 $gt_{AB} = at_{BC}$, 解得 $a = 3g$, 根据牛顿第二定律可知 $a = \frac{F_{\text{电}} - mg}{m}$, 解得 $F_{\text{电}} = 4mg$, **A 错误**; 从 B 到 C 小球在竖直方向上做减速运动, 即所受合力竖直向上, 因此可以判断小球所受电场力竖直向上, 小球带负电, **B 错误**; 小球从 A 到 B 与从 B 到 C 的合外力冲量的大小分别表示为 $I_{AB} = mgt_{AB}$, $I_{BC} = (F_{\text{电}} - mg)t_{BC} = mgt_{AB}$, 小球从 A 到 B 与从 B 到 C 的合外力冲量的大小相等, **D 正确**。

一题多解

在竖直方向上,从 A 到 C 的动量变化量为 0,所以小球从 A 到 B 与从 B 到 C 的合外力冲量的大小相等,由 $t_{AB}:t_{BC}=3:1$ 和动量定理 $F_{\text{电}} t_{BC} - mgt_{AC} = 0$,解得 $F_{\text{电}} = 4mg$, A 错误, D 正确。

5. (1) $\sqrt{\frac{11gd}{2}}$ (2) $\frac{15d}{2}$

必刷考点 ▶ 带电物体(计重力)在匀强电场中的运动

【深度解析】(1) 根据题意可知 $qE = q \frac{U}{9d} = 3mg$,

小球 P 进入电场后受到的电场力为 $qE = 3mg$, 方向竖直向下,

小球 Q 进入电场后受到的电场力为 $3qE = 9mg$, 方向竖直向上。

由 $3qE = 9mg > qE + 4mg = 7mg$ 可知, Q 进入电场后 P 、 Q 做减速运动, 则 Q 刚进入电场时 P 、 Q 的速度最大, 设最大速度为

$$v_m, \text{ 根据动能定理有 } 4mg \cdot 2d + qEd = \frac{1}{2}(4m)v_m^2,$$

$$\text{解得 } v_m = \sqrt{\frac{11gd}{2}}.$$

(2) 从开始到最低点, 设 Q 进入电场的位移为 x , 应用动能定理有 $4mg \cdot (2d+x) + qE \cdot (d+x) - 3qEx = 0$,

$$\text{解得 } x = \frac{11d}{2},$$

$$\text{则全过程中小球 } P \text{ 下降的距离为 } x_P = x + 2d = \frac{15d}{2}.$$

6. (1) 匀速直线运动 O (2) $2 \times 10^{-3} \text{ J}$ (3) 0.003 m

必刷考点 ▶ 带电粒子在匀强电场中做抛体运动

【深度解析】(1) 无偏转电压时, 电子束做匀速直线运动, 落点位置为 O 。

$$(2) \text{ 若扫描电压为零, } O \text{ 点每秒接收的能量为 } E = NE_{k0} = \frac{It}{e} \cdot$$

$$E_{k0} = 2 \times 10^{-3} \text{ J}.$$

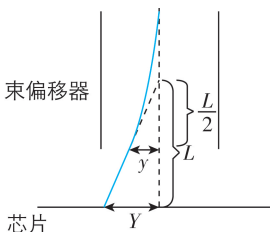
$$(3) \text{ 电子在束偏移器中的加速度大小为 } a = \frac{eU}{mL},$$

$$\text{设电子的初速度大小为 } v_0, \text{ 则由题意可知 } E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2,$$

$$\text{电子在束偏移器中运动的时间为 } t = \frac{L}{v_0},$$

$$\text{电子在束偏移器中的偏移量为 } y = \frac{1}{2}at^2,$$

电子从束偏移器中射出时, 其速度方向的反向延长线一定过束偏移器的中心位置, 设电子束到达芯片时的位置离 O 点的距离为 Y , 如图所示,



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

联立解得 $Y = 0.003 \text{ m}$ 。

7. (1) 10^6 m/s $\frac{5}{3} \times 10^4 \text{ V/m}$ (2) $\frac{\sqrt{6}}{3} \times 10^6 \text{ m/s}$, 发射角度与 z

轴不超过 45°

必刷模型 ▶ 带电粒子在周期性变化的电场中运动

【深度解析】(1) 根据题意, 由动能定理有 $U_0 q = \frac{1}{2} m v^2$,

解得 $v = \sqrt{\frac{2U_0 q}{m}} = 10^6 \text{ m/s}$,

若单独存在 E_x 时, 粒子恰好打在边缘, 有

$$\frac{L}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3E_0 q}{m} \cdot \left(\frac{L}{v}\right)^2,$$

解得 $E_{01} = \frac{5}{3} \times 10^4 \text{ V/m}$,

单独存在 E_y 时, 粒子恰好打在边缘, 有

$$\frac{3L}{4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4E_0 q}{m} \cdot \left(\frac{L}{v}\right)^2,$$

解得 $E_{02} = \frac{15}{8} \times 10^4 \text{ V/m}$,

若 x 、 y 方向电场同时存在, 合场强 $E = 5E_0$, 偏移量为 $\frac{5L}{6}$, 有

$$\frac{5L}{6} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5E_0 q}{m} \cdot \left(\frac{L}{v}\right)^2,$$

解得 $E_{03} = \frac{5}{3} \times 10^4 \text{ V/m}$,

所以 E_0 最大为 $E_{0m} = \frac{5}{3} \times 10^4 \text{ V/m}$,

(2) 设粒子穿过 O 点恰好打在 B' 、 C' 时速度为 v_1 , 有

$$\frac{3}{4}L = \frac{1}{2} \frac{Eq}{m} \cdot \left(\frac{\frac{\sqrt{5}}{2}L}{v_1}\right)^2,$$

解得 $v_1 = \frac{\sqrt{15}}{3} \times 10^6 \text{ m/s}$,

粒子发射时的初速度为 v_0 , 有 $Uq = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$,

解得 $v_0 = \frac{\sqrt{6}}{3} \times 10^6 \text{ m/s}$,

又有 $v_1 \sin \alpha = v_0 \sin \beta$,

其中 $\sin \alpha = \frac{\sqrt{5}}{5}$, 可得 $\sin \beta = \frac{\sqrt{2}}{2}$,

则 $\beta = 45^\circ$, 即发射角度与 z 轴不超过 45° 。

8. (1) 15 N (2) 2 m/s 小球电势能增加了 4 J (3) 10 J

必刷模型 ▶ 带电粒子在电场中做抛体运动+多过程运动模型

【深度解析】(1) 小球 a 从 A 运动到 B 点, 根据动能定理

得 $mgL = \frac{1}{2}mv^2$,

代入数据得 $v = 4 \text{ m/s}$

在 B 点,根据牛顿第二定律得 $T_m - mg = m \frac{v^2}{L}$,

代入数据得 $T_m = 15 \text{ N}$ 。

(2) 小球 a 在区域 I 中,水平方向有 $qE_1 = ma$,

解得 $a = 20 \text{ m/s}^2$,

小球 a 水平速度减为 0 用时 $t = \frac{v}{a} = 0.2 \text{ s}$; 水平位移 $x = vt -$

$$\frac{1}{2}at^2 = 0.4 \text{ m},$$

小球 a 运动到 C 点时的速度大小为 $v_c = gt = 2 \text{ m/s}$,

小球 a 从 B 运动到 C 点,小球 a 电势能的变化量为 $\Delta E_p = -W = -qE_1 \cdot x = 4 \text{ J}$,

即小球电势能增加了 4 J 。

(3) 因两球在竖直方向下落一样快,故它们碰撞时是水平正碰。碰撞时水平方向动量守恒和能量守恒,由于两球质量相等,所以它们正碰时交换水平方向速度,第一次碰撞后小球 a 做自由落体,小球 b 在水平方向上做匀速圆周运动,第二次碰撞后,小球 b 做自由落体,小球 a 在水平方向上做圆周运动(非匀速,在电场中加速),依此类推,分析得小球 a 从进入圆筒到第 5 次碰撞前,小球 a 增加的机械能为 $\Delta E_a = qE_2 R + 2 \cdot qE_2 \times 2R = 10 \text{ J}$,

则第 5 次碰撞后,小球 b 增加的机械能为 $\Delta E_b = \Delta E_a = 10 \text{ J}$ 。

单元综合提升卷

1. C 必刷知识 ▶ 电场强度+电势+电势能

【深度解析】两个带等量正电的点电荷在 A 、 B 连线的中点产生的场强为零,而 C 点的场强不为零,故 O 点的场强比 C 点的场强小, **A 错误**;根据对称关系可知, C 点的场强与 D 点的场强大小相等,但方向相反, **B 错误**;两个带等量正电的点电荷的中垂线的电场方向由 O 点指向远处,所以 O 点的电势比 D 点的电势高, **C 正确**;根据对称性可知, C 点的电势与 D 点的电势相同,故电子在 C 点的电势能与在 D 点的电势能相等, **D 错误**。

2. A 必刷知识 ▶ 电场中运动的分解

【深度解析】电子在电场中运动时,竖直方向满足 $d = \frac{1}{2}gt^2$,

水平方向满足 $0.5d = \frac{1}{2}at^2$,电子只受到水平方向电场力的

作用,则有 $Eq = ma$,联立解得 $E = \frac{mg}{2q}$,故 **A 正确**。

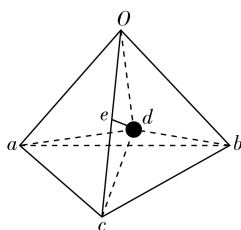
3. B 必刷方法 ▶ 点电荷模型的建立+等效法

【深度解析】均匀带电球壳对壳外某点的场强可以视为集中在球壳中心的点电荷对壳外某点的场强,球壳表面的场强最

大,为 E_0 ,由 $E_0 = \frac{kQ}{R^2}$,可得 $Q = \frac{E_0 R^2}{k}$,故 **B** 正确。

4. B 必刷方法 ▶ 空间想象+场强的矢量叠加

【深度解析】已知 O 、 a 、 b 、 c 构成正四面体,则由于 d 与各点等距,所以 d 位于正四面体的中心,如图所示,



根据几何关系可得 $ad = bd = \frac{\sqrt{6}}{4}L$,在 a 、 b 两点位置分别放置电荷量

为 q 的正点电荷,由对称性可得这两个点电荷在 d 点所产生的合场强方向垂直于 Oc ,且指向 Oc 的中点 e ,根据几何关系

可得 $de = \frac{\sqrt{2}}{4}L$,故使得 d 点的电场强度为零,则正点电荷 Q 应

当放置于 e 点,正点电荷 Q 在 d 点所产生的场强为 $E_Q =$

$\frac{kQ}{(de)^2} = \frac{8kQ}{L^2}$,结合空间几何关系, a 、 b 处电荷量为 q 的正点电

荷在 d 点产生的合场强大小为 $E_{\text{合}} = 2 \frac{kq}{(ad)^2} \cdot \frac{ed}{ad} =$

$\frac{2kq}{\left(\frac{\sqrt{6}}{4}L\right)^2} \cdot \frac{\frac{\sqrt{2}}{4}L}{\frac{\sqrt{6}}{4}L} = \frac{16\sqrt{3}kq}{9L^2}$,因 d 点合场强为零,得 $E_{\text{合}} = E_Q$,解

得 $Q = \frac{2\sqrt{3}}{9}q$,故 **B** 正确,**A**、**C**、**D** 错误。

5. C 必刷知识 ▶ 平行板电容器的决定因素、充放电

【深度解析】电容器和电源连接,电压 U 一定,在平行板电容

器中插入电介质,由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知电容增大,由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知极

板上电荷量增加,电容器充电,电路中有 b 到 a 方向的电流通过电流计,故 **A** 错误;减小平行板电容器两极板间的距离,

由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知电容增大,由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知极板上电荷量增加,

电容器充电,电路中有 b 到 a 方向的电流通过电流计,故 **B**

错误;减小平行板电容器两极板的正对面积,由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知

电容减小,由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知极板上电荷量减小,电容器放电,电

路中有 a 到 b 方向的电流通过电流计,故 **C** 正确;增大平行

板电容器两极板的正对面积,由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知电容增大,由

$C = \frac{Q}{U}$ 可知极板上电荷量增加,电容器充电,电路中有 b 到 a

方向的电流通过电流计,故 **D** 错误。

6. C 必刷模型 ▶ 根据图像构建电场线模型

【深度解析】由题图乙中沿着 x 轴正方向电势逐渐降低可知,电场方向由 A 指向 B ,由于 $\varphi-x$ 图像为直线,图像斜率代表场强,则场强不变,故该电场为匀强电场,故 **A**、**B** 错误;由题图乙

可知该电场的场强大小为 $E = \frac{\varphi}{x \cos \theta} = \frac{3.2}{2 \times 10^{-2} \times 0.8} \text{ V/m} = 2.0 \times$

10^2 V/m , 故 **C 正确, D 错误**。

7. C 必刷知识 ▶ 场强+电势能

【深度解析】 $\varphi-x$ 图线斜率表示电场强度, x_1 处的斜率不为零, 所以电场强度不为零, **A 错误**; 由题图可知电势有正也有负, 所以不可能由正点电荷产生的电场, **B 错误**; 从 x_2 到 x_1 电势减小, 负电荷的电势能增大, **C 正确**; $0 \sim x_1$ 之间的电势在增大, 根据顺着电场线方向电势降低, 可知此时电场强度的水平分量沿 x 轴负方向, **D 错误**。

8. D 必刷知识 ▶ 带电粒子在电场中的运动

【深度解析】该电场如果为匀强电场, 则带电粒子从原点 O 由静止释放后将做匀加速直线运动, 其速度—位移关系为 $v^2 = 2ax$, 则 $v-x$ 图线应该为抛物线, 但题图乙中为直线, 所以该电场不是匀强电场, 故 **A 错误**。带电粒子在电场中的电势能和动能之和保持不变, 即 $0 = \frac{1}{2}mv_Q^2 + q\varphi_Q$, 解得 $\varphi_Q = -\frac{mv_Q^2}{2q}$, 故 **B 错误**。在速度与位移成正比的情况下, 加速度将与速度成正比, 则速度与时间将不满足线性关系; 与匀变速直线运动相比, 在发生相同位移的情况下, 用时将更长, 所以粒子从 O 运动到 Q 的平均速度 $\bar{v} < \frac{v_Q}{2}$, 故 **C 错误**。粒子在 OP 间和 PQ 间的速度变化量相等, 但是粒子在 OP 间的速度较小, 所以用时更长, 根据加速度定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知, 粒子在 OP 间的平均加速度比 PQ 间的小, 故 **D 正确**。

9. C 必刷方法 ▶ 将带电体等效为无数对等量异种点电荷

【深度解析】将带电体看成无数对等量异种点电荷, 等量异种点电荷中垂线上电场线的方向都由正电荷指向负电荷, 根据对称性可知, O 点和 D 点场强方向相同, 但 D 点距离等量异种点电荷较远, 因此场强较小, **A 错误**; 根据对称性可知, O 点和 D 点处于同一等势面上, 等量异种电荷电场线方向由正电荷指向负电荷, O 点电势高于 P 点电势, 因此 D 点的电势一定高于 P 点电势, **B 错误**; 由于 O 点和 D 点处于同一等势面上, 将一正检验电荷沿直线从 O 点运动到 D 点, 电场力不做功, 因此电势能保持不变, **C 正确**; 由于 O 点电势高于 P 点电势, 将一正检验电荷沿直线从 O 点运动到 P 点, 电场力做正功, **D 错误**。

10. D 必刷方法 ▶ 对称法、微元法+场强的矢量叠加

【深度解析】小滑环运动过程中, 由对称性可得库仑力做功 $W_{AO} = -W_{OD}$, $W_{AO} + W_{OD} = 0$, 从 A 到 O , 由动能定理得 $mg \cdot$

$4l \cdot \sin 37^\circ + W_{AO} + W_{OD} = \frac{1}{2}mv_D^2$, 解得 $v_D = \sqrt{\frac{24gl}{5}}$, **A 错误**; 由

题意可知 $OB = \frac{1}{4} \times 4l = l$, 圆环上电荷分布均匀, 取环上一点,

设其电荷量为 Q_1 , 该点到 B 点的距离为 $r = \sqrt{l^2 + l^2} = \sqrt{2}l$, 该

点电荷在 B 点产生的场强为 $E_1 = k \frac{Q_1}{r^2} = k \frac{Q_1}{2l^2}$, 以 O 点为坐标原点, OA 方向为正方向建立 x 轴, Q_1 在 B 点产生的场强沿 x 轴方向的分量为 $E_{1x} = E_1 \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}kQ_1}{4l^2}$, 大圆环在 B 点产生的场强大小 $E = \sum_{i=1}^n E_{ix} = \frac{\sqrt{2}kQ}{4l^2}$, **B 错误**; 由对称性可知 B 、 C 两点电势相等, 有 $U_{BC} = 0$, 小滑环从 B 到 C 的过程中电场力所做的功 $W_{BC} = qU_{BC} = 0$, **C 错误**; 小滑环在 B 点, 由牛顿第二定律得 $qE + mg \sin 37^\circ = ma$, 解得 $a = \frac{\sqrt{2}kQq}{4ml^2} + \frac{3}{5}g$, **D 正确**。

11. (1) 电荷量 (2) = (3) 0.15 (4) <

必刷知识 ▶ 电容器的充放电

【深度解析】(1) 根据 $q = it$ 可知, $i-t$ 图像与对应时间轴所围成的面积表示的物理意义是电荷量。

(2) S_1 表示电容器充电后所带电荷量, S_2 表示电容器放电的电荷量, 所以 $S_1 = S_2$ 。

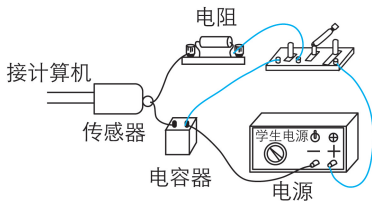
(3) 该电容器的电容为 $C = \frac{Q}{U} = \frac{S_1}{E} \approx 0.15 \text{ F}$ 。

(4) 由题图乙可知电容器充电瞬间电流比电容器放电瞬间电流大, 且电容器充电瞬间电源电压和放电瞬间电容器两端电压相等, 则有 $\frac{U}{R_1 + R_0} > \frac{U}{R_2 + R_0}$, 所以 $R_1 < R_2$ 。

12. (1) 通电 0.2 s 充入电容器的电荷量 (2) 见解析 (3) 不变 变长

必刷知识 ▶ 电容器的充放电

【深度解析】(1) 将横坐标 t 分成许多很小的时间间隔 Δt , 在这些很小的时间间隔里, 放电电流 I 可以视为不变, 则 $I\Delta t$ 为这段时间内充入电容器的电荷量, 即这个阴影面积的物理意义是通电 0.2 s 充入电容器(流过电阻 R)的电荷量;
(2) 连接实物图如图所示。



(3) 如果不改变电路其他参数, 只增大电阻 R 的阻值, 将开关掷向 1 时, 电容器的电压不变, 由于电容器的电容不变, 根据 $Q = CU$ 可知充入电容器的电荷量不变, 即充电时 $I-t$ 曲线与横轴所围成的面积将不变; 只增大电阻 R 的阻值, 由闭合电路欧姆定律知, 将开关掷向 1 时电容器开始充电的电流减小, 则曲线与纵轴交点的位置将向下移动, 而充电时 $I-t$ 曲线与横轴所围成的面积将不变, 所以充电时间将变长。

13. 1 m

必刷题型 ▶ 带电粒子在电场中的匀变速直线运动

【深度解析】物块受到的摩擦力大小为 $F_f = \mu mg = 0.02 \text{ N}$, 受到向左的电场力, 大小为 $F = qE = 0.03 \text{ N}$, 则物块先向右做减速运动后, 反向做加速运动, 最后在 O 点左侧做匀减速运动,

物块向右做减速运动时,

由牛顿第二定律得 $F_f + F = ma$,

由运动学公式得 $2as_1 = v_0^2$,

代入数据解得 $s_1 = 0.4 \text{ m}$,

设物块在 O 点左侧运动的距离为 s_2 , 对物块反向运动的过程, 由动能定理得 $Fs_1 - F_f(s_1 + s_2) = 0$,

解得 $s_2 = 0.2 \text{ m}$,

物块的总路程为 $s = 2s_1 + s_2 = 1 \text{ m}$ 。

14. (1) 小球带正电, 电荷量为 $\frac{3mg}{4E}$ (2) $\sqrt{\frac{2}{5}gL + \frac{5gd^2}{32L}}$

必刷题型 ▶ 电场中的平衡+类平抛运动

【深度解析】(1) 对小球受力分析可知, 小球受三个力作用保持静止, 且所受电场力方向与电场强度方向相同, 故小球带正电,

由力的平衡条件得 $qE = mg \tan \theta$,

解得小球的电荷量为 $q = \frac{3mg}{4E}$ 。

(2) 设小球在 O 点的速度大小为 v_1 , 摆下过程中, 由动能定理有

$$mgL(1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\text{解得 } v_1 = \sqrt{\frac{2}{5}gL},$$

小球在第三象限做类平抛运动, 水平方向有 $d = v_1 t$,

竖直方向做匀加速直线运动, 由牛顿第二定律有

$$mg - qE = ma,$$

由运动学规律有 $v_y = at$,

小球运动到 B 点的速度 $v_2 = \sqrt{v_1^2 + v_y^2}$,

$$\text{联立解得 } v_2 = \sqrt{\frac{2}{5}gL + \frac{5gd^2}{32L}}。$$

15. (1) 10 m/s (2) 4 m (3) 3.5 s

必刷题型 ▶ 带电粒子在电场中的运动

【深度解析】(1) 物体从 C 到 D 点, 由动能定理可得

$$-\mu mg \cdot \overline{CD} = 0 - \frac{1}{2}mv_C^2,$$

解得 $v_C = 10 \text{ m/s}$ 。

(2) 物体从 A 到 C 点, 由动能定理可得

$$mg \cdot \overline{AC} \cdot \sin 37^\circ - (mg \cos 37^\circ + qE) \mu \cdot \overline{AB} - \mu mg \cos 37^\circ \cdot \overline{BC} = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_0^2,$$

$$\text{且 } \overline{AB} + \overline{BC} = \overline{AC},$$

$$\text{解得 } \overline{AB} = 4 \text{ m}。$$

$$(3) \text{ 物体从 } B \text{ 到 } C, \text{ 由动能定理可得 } \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = mg \cdot$$

$$\overline{BC} \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ \cdot \overline{BC},$$

$$\text{解得 } v_B = 8 \text{ m/s},$$

$$\text{所以物体从 } A \text{ 到 } B \text{ 做匀速运动, 时间为 } t_1 = \frac{\overline{AB}}{v_0} = 0.5 \text{ s},$$

从 B 到 C , 物体做匀加速运动, 平均速度为

$$\bar{v}_{BC} = \frac{1}{2}(v_B + v_C) = 9 \text{ m/s},$$

$$\text{时间为 } t_2 = \frac{\overline{BC}}{\bar{v}_{BC}} = 1 \text{ s},$$

从 C 到 D , 物体做匀减速运动, 平均速度为

$$\bar{v}_{CD} = \frac{1}{2}(v_C + 0) = 5 \text{ m/s},$$

$$\text{时间为 } t_3 = \frac{\overline{CD}}{\bar{v}_{CD}} = 2 \text{ s},$$

$$\text{总时间为 } t = t_1 + t_2 + t_3 = 3.5 \text{ s}。$$