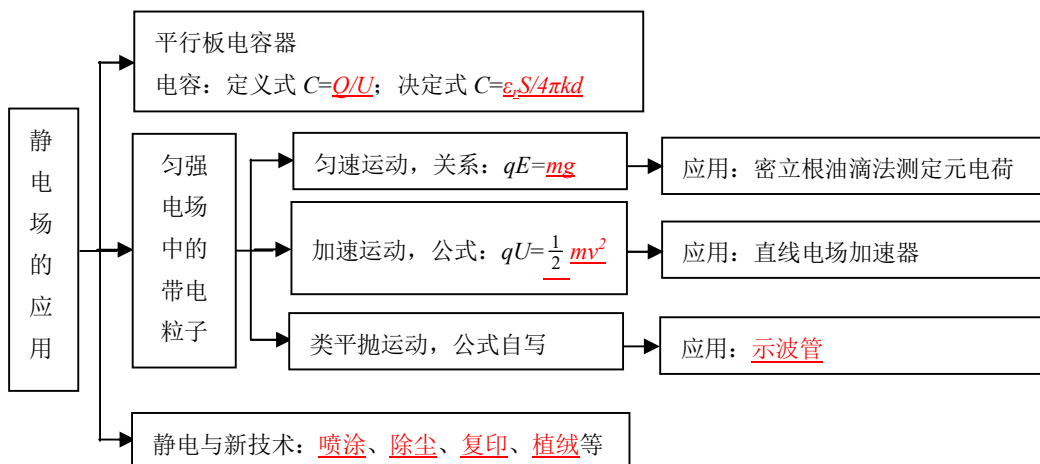


第 2 讲 掌握静电场的应用（解答）

一、知识网络构建



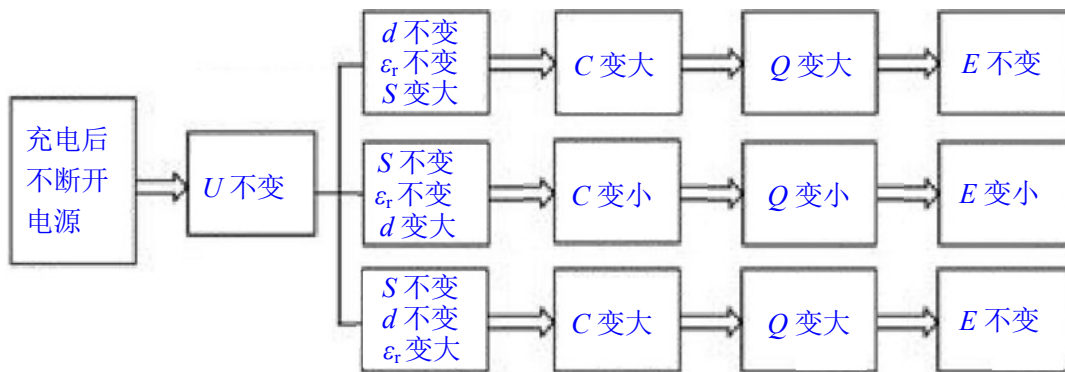
二、方法策略整合

(一) 电容器动态分析

1. [2016·新课标 I 卷] 一平行电容器两极板之间充满云母介质，接在恒压直流电源上，若将云母介质移出，则电容器【单选】

- A. 极板上的电荷量变大，极板间的电场强度变大
- B. 极板上的电荷量变小，极板间的电场强度变大
- C. 极板上的电荷量变大，极板间的电场强度不变
- D. 极板上的电荷量变小，极板间的电场强度不变

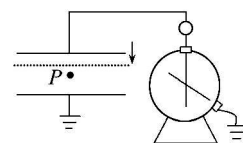
【解题指南】解答接在恒压直流电源上的动态电容器问题可运用如下思维导图分析：



【解析】由 $C = \epsilon_r S / (4\pi k d)$ 知，当云母介质抽出时， ϵ_r 变小，则电容 C 变小；电容器接在恒压直流电源上，故 U 不变，由 $Q = CU$ 可知，当 C 减小时， Q 减小。由 $E = U/d$ ，又 U 、 d 不变，故电场强度 E 不变。

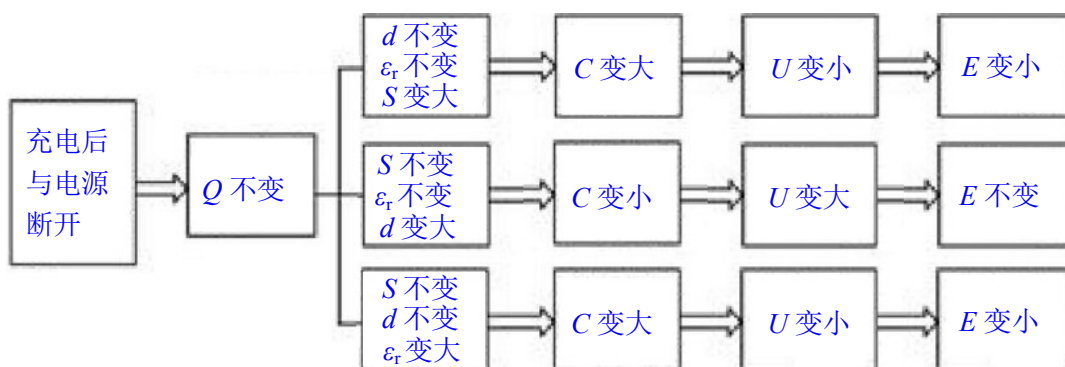
【答案】D

2. [2016·天津卷] 如图，平行板电容器带有等量异种电荷，与静电计相连，静电计金属外壳和电容器下极板都接地，在两极板间有一固定在 P 点的点电荷。以 E 表示两板间的电场强度， E_p 表示点电荷在 P 点的电势能， θ 表示静电计指针的偏角。若保持下极板不动，将上极板向下移动一小段距离至图中虚线位置，则【单选】



- A. θ 增大, E 增大 B. θ 减小, E 不变
 C. θ 减小, E_p 增大 D. θ 增大, E_p 不变

【解题指南】解答充电后与电源断开的动态电容器问题可运用如下思维导图分析:



【解析】保持下极板不动, 将上极板向下平移一小段距离, 根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知, d 变

小, C 变大; 因为电量 Q 不变, 根据 $C = \frac{Q}{U}$ 变 $U = \frac{Q}{C}$, 得 U 减小, 则静电计指针偏角

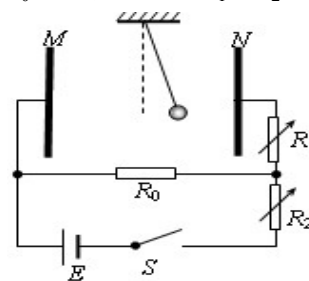
θ 减小; 而 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q \cdot 4\pi k}{\epsilon_r S}$, 与 d 无关, 故 E 不变; 根据 $U_1 = Ed_1$ 可知, P 点离

下极板的距离不变, 则 P 点与下极板的电势差不变, P 点的电势不变, 则 E_p 不变.

【答案】B

3. [2010·安徽卷] 如图, M 、 N 是平行板电容器的两个极板, R_0 为定值电阻, R_1 、 R_2 为可调电阻, 用绝缘细线将质量为 m 、带正电的小球悬于电容器内部. 闭合电键 S , 小球静止时受到悬线的拉力为 F . 调节 R_1 、 R_2 , 下列判断正确的是【单选】

- A. 保持 R_1 不变, 缓慢增大 R_2 时, F 将变大
 B. 保持 R_1 不变, 缓慢增大 R_2 时, F 将变小
 C. 保持 R_2 不变, 缓慢增大 R_1 时, F 将变大
 D. 保持 R_2 不变, 缓慢增大 R_1 时, F 将变小



【解题指南】分析含电容器的直流电路时, 需要注意以下两点:

- (1) 由于电容器所在支路无电流通过, 所以在此支路中的电阻上无电压降, 可视为导线, 因此电容器两极间的电压就等于该支路两端的电压.
 (2) 电容器两极间的电压与其并联电阻两端的电压相等.

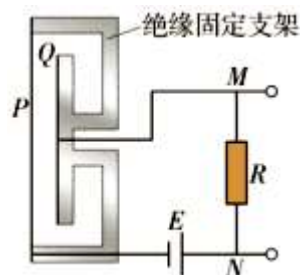
【解析】保持 R_1 不变, 缓慢增大 R_2 时, 由于 R_0 和 R_2 串联, R_0 两端的电压减小, 即平行板电容器的两个极板的电压 U 减小, 带电小球受到的电场力 $F_{电} = qE = q \frac{U}{d}$ 减小, 悬线的

拉力为 $F = \sqrt{(mg)^2 + F_{电}^2}$ 将减小, 选项 B 正确, A 错误. 保持 R_2 不变, 缓慢增大 R_1 时,

R_0 两端的电压不变, $F_{电}$ 不变, 悬线的拉力为 F 不变, C、D 错误.

【答案】B

4. 如图所示为电容式话筒原理示意图, 薄片 P 和 Q 为两金属板. 从左向右对着振动片 P 说话, P 振动而 Q 不动. 在 P 、 Q 间距缩小过程中【多选】

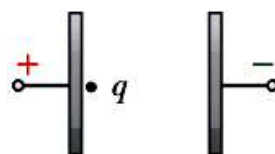


- A. 电容器的电容增大
 B. 电容器的电荷量增大
 C. 有电流从 M 流过 R 到 N 而流回电源
 D. 有电流流出电源从 N 流过 R 到 M 再补充电

【答案】ABD

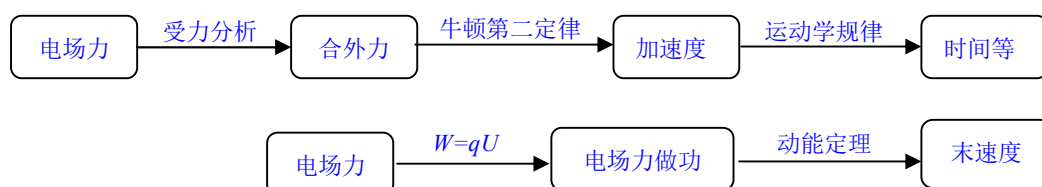
(二) 不计重力的带电粒子在匀强电场中运动的分析

5. 如图, 两极板加恒定的电压 U , 有一质量为 m 、电量为 $+q$ 的电荷在正极板附近由静止开始向负极板做直线运动, 下列判断正确的是【多选】



- A. 两板间距离越小, 则电荷获得的加速度越大
 B. 两板间距离越小, 则电荷到达负极板时的速度越大
 C. 电荷到达负极板时的速度与两板间的距离无关
 D. 两板间距离越小, 电荷到达负极板的时间越短

【解题指南】这题涉及力、能、运动学量, 可采用下面思维的路线图:



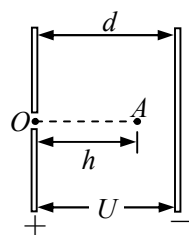
【解析】电荷加速度大小为 $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$, $d \downarrow$, $a \uparrow$, A 项正确. 到达负极板时的

速度 $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$, 与 d 无关, B 项错误 C 项正确. 由 $d = \frac{1}{2}at^2$, 得 $t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2md^2}{eU}}$,

$d \downarrow$, $t \downarrow$, D 项正确.

【答案】ACD

6. 如图, 两平行金属板相距为 d , 电势差为 U , 一电子质量为 m 、电荷量为 e , 从 O 点沿垂直于极板的方向射入电场, 最远到达 A 点, 然后返回. 已知 OA 的距离为 h , 则电子的初动能为【单选】



- A. $\frac{edh}{U}$ B. $\frac{dU}{eh}$ C. $\frac{eU}{dh}$ D. $\frac{eUh}{d}$

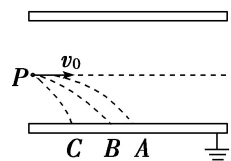
【解析】解法一: 电子从 O 点到达 A 点的过程中, 仅在电场力作用下速度逐渐减小, 根据动能定理可得 $-eU_{OA} = 0 - E_k$. 因 $U_{OA} = \frac{U}{d}h$, 故 $E_k = \frac{eUh}{d}$.

解法二: 仔细分析本例的四个选项, 我们不难发现, 只有选项 D 的单位是能量单位, 当然这是唯一的正确答案.

【答案】D

7. 将三个质量相等的带电微粒分别以相同的水平速度由 P 点射入水平放置的平行金属板间, 已知上板带正电, 下板接地. 三个微粒分别落在图中 A 、 B 、 C 三点, 不计其重力作用, 则【多选】

- A. 三个微粒在电场中运动时间相等
 B. 三个的带电量相同
 C. 三个微粒所受电场力的大小关系是 $F_A < F_B < F_C$
 D. 三个微粒到达下板时的动能关系是 $E_{kA} < E_{kB} < E_{kC}$

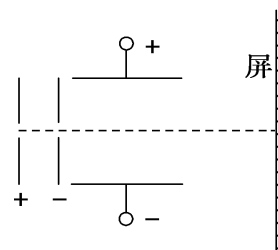


【解析】按水平方向匀速运动与竖直方向做初速为 0 的匀加速运动处理. 因 $x_A > x_B > x_C$, 故 $t_A > t_B > t_C$; 由 $h = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qU}{md} \cdot t^2$, 知 $q_A < q_B < q_C$; 这样可知 $F_A < F_B < F_C$; 电场力做功 $W_A < W_B < W_C$, 故三个微粒到达下板时的动能关系是 $E_{kA} < E_{kB} < E_{kC}$.

【答案】CD

8. [2015·天津高考]如图, 电量均为 $+e$ 、质量之比为 1:2:3 的氦核、氘核、氚核三种粒子从同一位置无初速地飘入电场线水平向右的加速电场 E_1 , 之后进入电场线竖直向下的匀强电场 E_2 发生偏转, 最后打在屏上. 整个装置处于真空中, 不计粒子重力及其相互作用, 那么【多选】

- A. 加速电场 E_1 对三种粒子做功一样多
 B. 三种粒子一定打到屏上的同一位置
 C. 偏转电场 E_2 对三种粒子做功一样多
 D. 三种粒子运动到屏上所用时间相同



【解题指南】这题可以从以下三点分析:

- (1) 加速电场 E_1 对三种粒子做功为 $W_1 = eE_1d$, 偏转电场 E_2 对三种粒子做功为 $W_2 = eE_2y$;
 (2) 用动能定理 $qE_1d = \frac{1}{2}mv_1^2$, 对比三种粒子射入偏转电场的速度, 即可对比运动时间;
 (3) 最终要推导出偏转位移 $y = \frac{E_2 l^2}{4E_1 d}$, 由此可对比打在屏上位置.

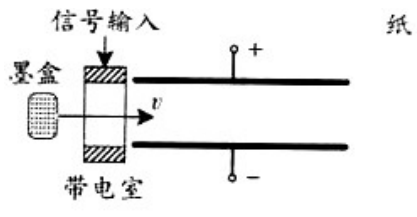
【解析】加速电场 E_1 对三种粒子做功为 $W_1 = eE_1d$, A 正确; 根据动能定理有 $qE_1d = \frac{1}{2}mv_1^2$, 得三种粒子射入偏转电场的速度 $v_1 = \sqrt{\frac{2qE_1d}{m}}$. 在偏转电场中, 由 $l = v_1 t_2$ 及 $y = \frac{1}{2}at_2^2$, 得带电粒子经偏转电场的侧位移 $y = \frac{E_2 l^2}{4E_1 d}$, 与粒子比荷无关, B 正确; 根据 $W = eE_2y$, 得偏转电场 E_2 对三种粒子做功一样多, C 正确; 粒子打在屏上所用的时间 $t = \frac{d}{v_1} + \frac{L'}{v_1} = \frac{2d}{v_1} + \frac{L'}{v_1}$

(L' 为偏转电场左端到屏的水平距离), 由于 v_1 不一样大, 所以三种粒子打在屏上的时间不相同, D 错误.

【答案】ABC

9. [2013·广东卷]喷墨打印机的简化模型如图所示, 重力可忽略的墨汁微滴, 经带电室带负电后, 以速度 v 垂直匀强电场飞入极板间, 最终打在纸上, 则微滴在极板间电场中【单选】

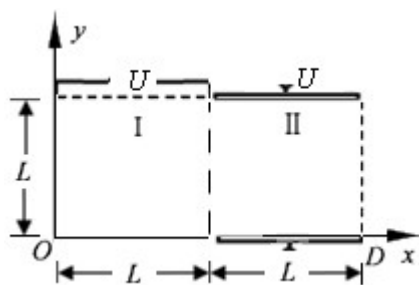
- A. 向负极板偏转
 B. 电势能逐渐增大
 C. 运动轨迹是抛物线
 D. 运动轨迹与带电量无关



【解析】微粒带负电，受到的电场力方向向上，A项错误；电场力对带电微粒做正功，电势能减少，B项错误；微粒的初速度与电场力方向垂直，做类平抛运动，轨迹是一条抛物线，C项正确；微粒带电量越大，所受到的电场力越大，运动轨迹越弯曲，所以运动轨迹与带电量有关，D项错误。

【答案】C

10. 如图所示为研究电子枪中电子在电场中运动的简化模型示意图. 在 Oxy 平面内, 存在电压均为 U 、边长均为 L 的两个正方形区域的匀强电场, I 区域为加速电场, II 区域为偏转电场.



- (1) 若有一个电子从II区域的 D 点离开电场, 求在 y 附近由静止释放时的坐标值;
- (2) 若有一个电子从II区域的 D 点离开电场, 求在I区域中由静止释放时的坐标值的关系.

【解答】(1) 设电子的质量为 m , 电量为 e , 电子在电场 I 中做匀加速直线运动, 出区域 I 时的速度为 v , 此后电场 II 做类平抛运动, 假设电子从 CD 边射出, 出射点纵坐标为 y

在加速电场中, 由动能定理, 有: $eU = \frac{1}{2}mv^2$, 得: $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$

进入偏转电场在平行于板面的方向上做匀速运动, 由 $L = vt$, 得: $t = \frac{L}{\sqrt{\frac{2eU}{m}}}$

在垂直于板面的方向做匀加速直线运动, 加速度 $a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{mL}$

电子离开偏转电场时的偏转量 $y = \frac{1}{2}at^2$, 得: $y = \frac{L}{4}$

(2) 设释放点在电场区域 I 中, 其坐标为 (x, y) , 在电场 I 中电子被加速到 v , 然后进入电场 II 做类平抛运动, 并从 D 点离开, 有

$e \frac{xU}{L} = \frac{1}{2}mv^2$, 得: $v = \sqrt{\frac{2exU}{mL}}$

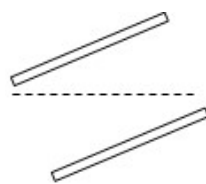
$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{eU}{mL} \cdot \frac{L^2}{\frac{2exU}{mL}} = \frac{L^2}{4x}$

解得: $xy = \frac{L^2}{4}$, 即为在 I 区域中由静止释放时的坐标值的关系。

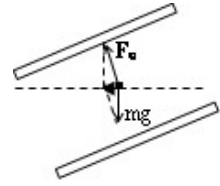
(三) 考虑重力的带电粒子在匀强电场中运动的分析

11. [2012·新课标] 如图, 平行板电容器的两个极板与水平地面成一角度, 两极板与一直流电源相连. 若一带电粒子恰能沿图中所示水平直线通过电容器, 则在此过程中, 该粒子【多选】

- A. 所受重力与电场力平衡
- B. 电势能逐渐增加
- C. 动能逐渐增加
- D. 做匀变速直线运动

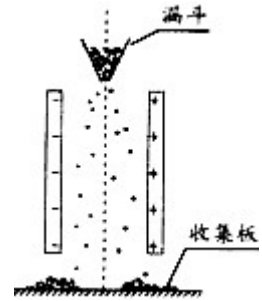


【解析】因电场力与重力方向不在同一直线，不可能平衡，A项错误；由题意知带电粒子的受力如图所示，则电场力做负功，粒子做匀减速直线运动，电势能增加，动能减小。



【答案】BD

12. [2012·广东卷]右图是某种静电矿料分选器的原理示意图，带电矿粉经漏斗落入水平匀强电场后，分落在收集板中央的两侧，对矿粉分离的过程，下列表述正确的有【多选】



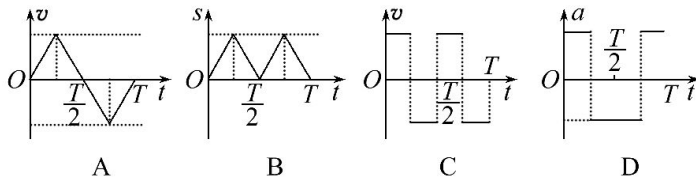
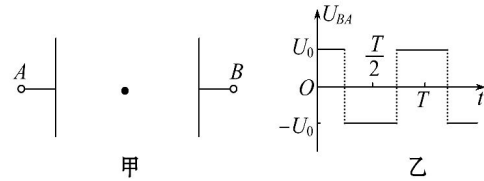
- A. 带正电的矿粉落在右侧
- B. 电场力对矿粉做正功
- C. 带负电的矿粉电势能变大
- D. 带正电的矿粉电势能变小

【解析】根据电场对电荷作用的性质可知带正电的矿粉落在左侧，带负电的矿粉落在右侧。而无论正电、负电，电场力均做了正功，矿粉的电势能均变小

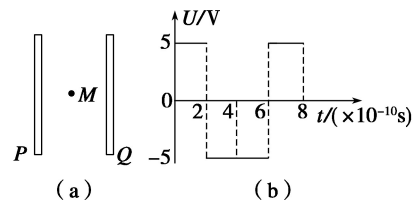
【答案】BD

(三) 研究带电粒子在交变电场的电场中做变速直线运动

13. 如图甲，平行金属板中央有一个静止的电子(不计重力)，两板间距离足够大。当两板间加上如图乙的交变电压后，在图中，反映电子速度 v 、位移 s 和加速度 a 随时间 t 的变化规律正确的是【多选】



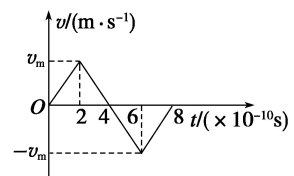
4. 如图(a)所示，两个平行金属板 P 、 Q 竖直放置，两板间加上如图(b)所示的电压。 $t=0$ 时， Q 板比 P 板电势高 $5V$ ，此时在两板正中央 M 点有一个电子，速度为零，电子在电场力作用下运动，使得电子的位置和速度随时间变化。假设电子始终未与两板相碰。在 $0 < t < 8 \times 10^{-10} s$ 的时间内，这个电子处于 M 点的右侧，速度方向向左且大小逐渐减小的时间是【单选】



- A. $0 < t < 2 \times 10^{-10} s$
- B. $2 \times 10^{-10} s < t < 4 \times 10^{-10} s$
- C. $4 \times 10^{-10} s < t < 6 \times 10^{-10} s$
- D. $6 \times 10^{-10} s < t < 8 \times 10^{-10} s$

【解析】选向右为正方向，根据题图(b)作出粒子运动的 $v-t$ 图象如图所示。由图象可知正确选项为D。

【答案】D



研究带电粒子在交变电压的电场中做变速直线运动