

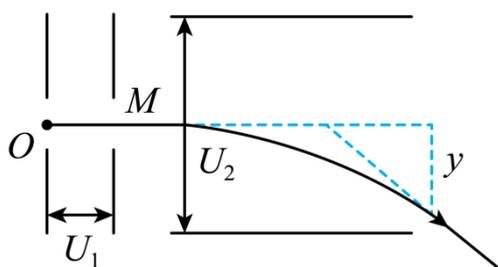
第 05 讲 带电粒子在电场中的运动

——划重点之高二期中考期末复习精细讲义



一、单选题

1. 如图，有 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^4_2\text{He}$ 三种带正电粒子（不计重力）分别在电压为 U_1 的电场中的 O 点静止开始加速。从 M 孔射出，然后射入电压为 U_2 的平行金属板间的电场中，入射方向与极板平行，在满足带正电粒子能射出平行板电场区域的条件下，则（ ）



- A. 三种粒子在电场中的加速度之比为1:1:2
- B. 三种粒子在电场中的运动轨迹一定不会重合的
- C. 三种粒子进入偏转电场时的速度大小之比为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{2}$
- D. 三种粒子从偏转电场出来时动能之比为1:1:2

【答案】D

【详解】A. 根据牛顿第二定律可知，粒子在电场中的加速度大小为

$$a = \frac{qE}{m} \propto \frac{q}{m}$$

可知三种粒子在电场中的加速度之比为

$$a_{\text{H1}}:a_{\text{H2}}:a_{\text{He}} = 2:1:1$$

故 A 错误；

C. 粒子经过加速电场过程，根据动能定理可得

$$qU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v_0 = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}} \propto \sqrt{\frac{q_1}{m}}$$

则三种粒子进入偏转电场时的速度大小之比为

$$v_{\text{H1}}:v_{\text{H2}}:v_{\text{He}} = \sqrt{2}:1:1$$

故 C 错误；

B. 粒子在偏转电场中做类平抛运动，设板长为 L ，板间为 d ，则有

$$L = v_0 t, \quad y = \frac{1}{2} a t^2, \quad a = \frac{q U_2}{m d}$$

联立可得

$$y = \frac{U_2 L^2}{4 U_1 d}$$

可知粒子在偏转电场中的偏移量与粒子的电荷量和质量均无关，即三种粒子在偏转电场中的偏移量相同，则三种粒子在电场中的运动轨迹一定是重合的，故 B 错误；

D. 全过程根据动能定理可得

$$\frac{1}{2} m v^2 = q U_1 + q \frac{U_2}{d} y \propto q$$

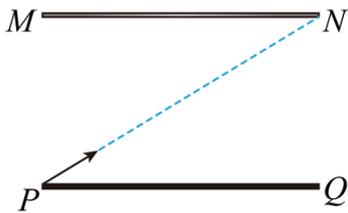
可知三种粒子从偏转电场出来时动能之比为

$$E_{kH1} : E_{kH2} : E_{kHe} = 1 : 1 : 2$$

故 D 正确。

故选 D。

2. 如图所示，平行板电容器上极板 MN 与下极板 PQ 水平放置，一带电液滴从下极板 P 点射入，恰好沿直线从上极板 N 点射出。下列说法正确的是（ ）



- A. 该电容器上极板一定带负电
- B. 液滴从 P 点到 N 点的过程中速度增加
- C. 液滴从 P 点到 N 点的过程中电势能减少
- D. 液滴从 P 点以原速度射入后可能做匀减速直线运动

【答案】C

【详解】B. 由于带电液滴受到的重力和电场力都处于竖直方向，所以为了使带电液滴从下极板 P 点射入，恰好沿直线从上极板 N 点射出，带电液滴的合力应为零，带电液滴做匀速直线运动，即液滴从 P 点到 N 点的过程中速度不变，故 B 错误；

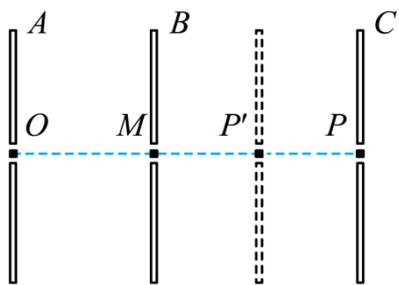
A. 电场力与重力平衡，电场力方向竖直向上，由于不知道带电液滴的电性，所以不能确定电场方向，不能确定极板电性，故 A 错误；

C. 电场力与重力平衡，电场力方向竖直向上，可知电场力对带电液滴做正功，液滴的电势能减少，故 C 正确；

D. 液滴从 P 点以原速度射入时，液滴受到重力和电场力均保持不变，液滴仍做匀速直线运动，故 D 错误。

故选 C。

3. 如图所示，三块平行放置的带电金属薄板 A、B、C 中央各有一小孔，小孔分别位于 O 、 M 、 P 点，由 O 点静止释放的电子恰好能运动到 P 点，现将 C 板向左平移到 P' 点，则由 O 点静止释放的电子 ()



A. 运动到 P 点返回

B. 运动到 P 和 P' 点之间返回

C. 运动到 P' 点返回

D. 穿过 P' 点后继续运动

【答案】D

【详解】由 O 点静止释放的电子恰好能运动到 P 点，表明电子在薄板 A、B 之间做加速运动，电场力做正功，电场方向向左，在薄板 B、C 之间做减速运动，电场力做负功，电场方向向右，到达 P 点时速度恰好为 0，之后，电子向左加速至 M 点，再向左减速至 O 点速度为 0，之后重复先前的运动，根据动能定理有

$$-eU_{OM} - eU_{MP} = 0$$

解得

$$U_{MP} = -U_{OM} = U_{MO}$$

根据

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$$

当 C 板向左平移到 P' 点，B、C 间距减小，B、C 之间电压减小，则有

$$U_{MP} = U_{MO} > U_{MP'}$$

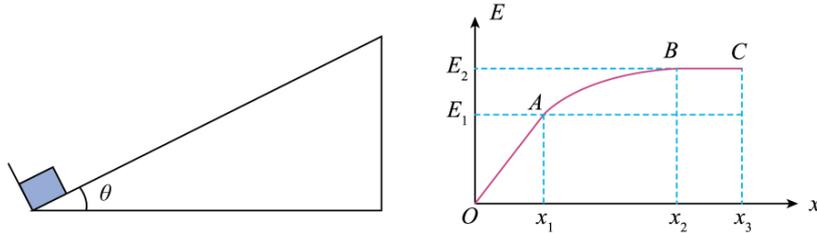
结合上述有

$$-eU_{OM} - eU_{MP'} > 0$$

可知，电子减速运动到 P' 的速度不等于 0，即电子穿过 P' 点后继续向右运动。

故选 D。

4. 如图所示，在倾角为 θ 的足够长的绝缘光滑斜面底端，静止放置质量为 m 、带电量 q ($q > 0$) 的物体。加上沿着斜面方向的电场，物体沿斜面向上运动。物体运动过程中的机械能 E 与其位移 x 的关系图像如图所示，其中 OA 为直线， AB 为曲线， BC 为平行于横轴的直线，重力加速度为 g ，不计空气阻力，则下列说法错误的是 ()



- A. $0 \sim x_1$ 过程中，电场强度的大小恒为 $E = \frac{E_1}{qx_1}$
- B. $x_1 \sim x_2$ 过程中，物体电势降低了 $\frac{E_2 - E_1}{q}$
- C. $x_1 \sim x_2$ 过程中，物体加速度一直减小
- D. $x_2 \sim x_3$ 过程中，电场强度为零

【答案】C

【详解】A. 物体机械能的变化量等于电场力做功，即

$$\Delta E = Eqx$$

由图像可知 $0 \sim x_1$ 过程中

$$Eq = \frac{E_1 - 0}{x_1}$$

解得电场强度的大小恒为

$$E = \frac{E_1}{qx_1}$$

选项 A 正确，不符合题意；

B. $x_1 \sim x_2$ 过程中，电场力做功

$$W = E_2 - E_1$$

可知电势能减小

$$\Delta E_p = E_2 - E_1 = \Delta\phi q$$

可得物体电势降低了

$$\Delta\phi = \frac{E_2 - E_1}{q}$$

选项 B 正确，不符合题意；

C. $x_1 \sim x_2$ 过程中，图像的斜率减小，则电场力减小，直到减为零，根据

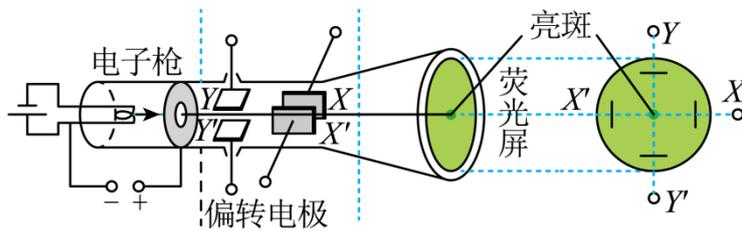
$$a = \frac{qE - mg \sin \theta}{m}$$

物体加速度先减小后反向增加，选项 C 错误，符合题意；

D. $x_2 \sim x_3$ 过程中，图像的斜率为零，则电场强度为零，选项 D 正确，不符合题意。

故选 C。

5. 示波管的内部结构如图所示。如果在偏转电极 XX' 、 YY' 之间都没有加电压，电子束将打在荧光屏中心。 YY' 偏转电极上加的是待显示的正弦信号电压，周期为 T_1 ， XX' 偏转电极通常接入仪器自身产生的锯齿形电压，也叫扫描电压，周期为 T_2 ，下列说法错误的是（ ）



- A. 若 $U_{YY'} > 0$ ， $U_{XX'} = 0$ ，则电子向 Y' 极板偏移
- B. 若 $U_{YY'} = 0$ ， $U_{XX'} > 0$ ，则电子向 X 极板偏移
- C. 若 $T_2 = T_1$ ，则荧光屏上显示的是待测信号在一个周期内完整的稳定图像
- D. 若 $T_2 = 2T_1$ ，则荧光屏上显示的是待测信号在两个周期内完整的稳定图像

【答案】A

【详解】A. 若 $U_{YY'} > 0$ ， $U_{XX'} = 0$ ，电子带负电，向电势高的地方偏移，则电子向 Y 极板偏移，故 A 错误，符合题意；

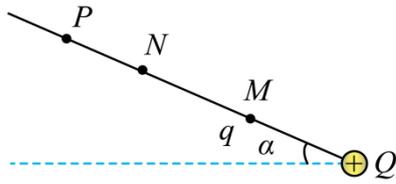
B. 若 $U_{YY'} = 0$ ， $U_{XX'} > 0$ ，电子带负电，向电势高的地方偏移，则电子向 X 极板偏移，故 B 正确，不符合题意；

CD. 如果 $T_2 = T_1$ ，荧光屏上显示的是待测信号在一个周期内完整的稳定图像，如果 $T_2 = 2T_1$ ，荧光屏上显示的是待测信号在两个周期内完整的稳定图像，故 CD 正确，不符合题意。

故选 A。

6. 如图所示，竖直平面内足够长的光滑绝缘直杆与水平面的夹角 $\alpha = 30^\circ$ ，直杆的底端固定一电荷量为 Q 的带正电小球， M 、 N 、 P 为杆上的三点。现将套在绝缘杆上有孔的带正电物块从直杆上的 M 点由静止释放。物块上滑到 N 点时速度达到最大，上滑到 P 点时速度恰好变为零。已知带电物块的质量为 m 、电荷量为 q ， M 、 P 两点间的距离为 x ，静电力常量为 k ，不计空气阻力，重力加速度大小为 g ，带电体均可视为点电荷。则 N

点到直杆底端的距离 r 和 M 、 P 两点间的电势差 U_{MP} 分别为 ()



A. $r = \sqrt{\frac{kQq}{mg}}, U_{MP} = \frac{mgx}{2q}$

B. $r = \sqrt{\frac{kQq}{mg}}, U_{MP} = \frac{mgx}{q}$

C. $r = \sqrt{\frac{2kQq}{mg}}, U_{MP} = \frac{mgx}{2q}$

D. $r = \sqrt{\frac{2kQq}{mg}}, U_{MP} = \frac{mgx}{q}$

【答案】 C

【详解】 带电物块上滑到 N 点时，受到的库仑力大小

$$F_{\text{库}} = k \frac{Qq}{r^2}$$

带电物块上滑到 N 点时速度最大，此时带电物块所受的合外力等于零，根据受力平衡有

$$F_{\text{库}} = mg \sin \alpha$$

解得 N 点到直杆底端的距离 r

$$r = \sqrt{\frac{2kQq}{mg}}$$

带电物块从 M 点到 P 点，根据动能定理有

$$-mgx \sin \alpha + W_{MP} = 0$$

M 、 P 两点间的电势差

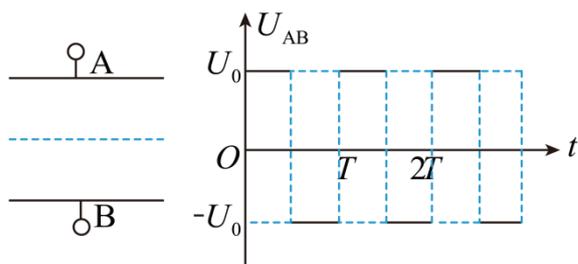
$$U_{MP} = \frac{W_{MP}}{q}$$

解得 M 、 P 两点间的电势差为

$$U_{MP} = \frac{mgx}{2q}$$

故选 C。

7. 如图所示，一对平行金属板长为 L ，两板间距为 d ，两板间所加交变电压为 U_{AB} ，交变电压的周期 $T = \frac{L}{2v_0}$ 。质量为 m 、电荷量为 e 的电子从平行板左侧以速度 v_0 沿两板的中线持续不断的进入平行板之间，已知所有电子都能穿过平行板，且最大偏距的电子刚好从极板的边缘飞出，不计重力作用，下列说法正确的是 ()

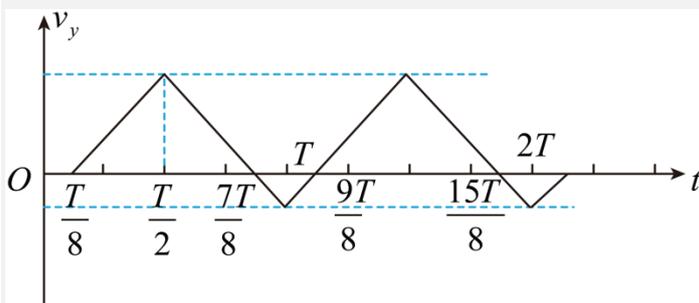


- A. $t = \frac{T}{8}$ 时刻进入电场的电子，在两板间运动时最大侧位移为 $\frac{17d}{64}$
- B. $t = \frac{T}{4}$ 时刻进入电场的电子，在两板间运动时最大侧位移为 $\frac{3d}{16}$
- C. 只有 $t = 0$ 时刻进入电场的电子，在两板间运动时最大侧位移为 $\frac{d}{2}$
- D. 不是所有电子离开电场时的速度都是 v_0

【答案】A

【详解】A. 依题意，可知所有电子离开极板所用时间

$t = \frac{L}{v_0} = 2T$ $t = \frac{T}{8}$ 时刻进入电场的电子在垂直极板方向的速度时间图像如图所示， $v-t$ 图像与时间轴围成的面积代表位移



在 $t = \frac{15T}{8}$ 时刻侧位移最大，最大位移为

$$y_{\max} = 4 \times \frac{1}{2} a \left(\frac{3T}{8} \right)^2 - 2 \times \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{8} \right)^2$$

在 $t = 0$ 时刻进入电场的电子侧位移最大为 $\frac{1}{2}d$ ，则有

$$\frac{1}{2}d = 4 \times \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{2} \right)^2$$

联立可得

$$y_{\max} = \frac{17d}{64}$$

故 A 正确；

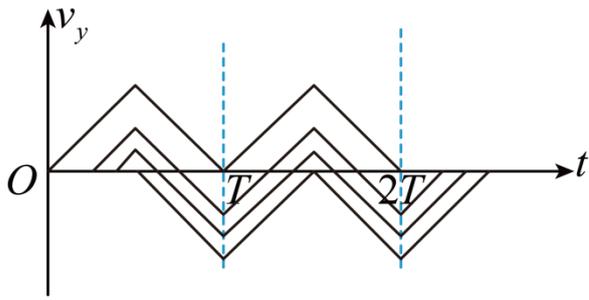
B. $t = \frac{T}{4}$ 时刻进入电场的电子，在 $t = \frac{3T}{4}$ 时刻侧位移最大，最大侧位移为

$$y'_{\max} = 2 \times \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{4}\right)^2 = \frac{d}{16}$$

故 B 错误;

C. 在 $t = \frac{n}{2}T (n = 0, 1, 2, 3 \dots)$ 时刻进入电场的电子侧位移最大为 $\frac{1}{2}d$, 故 C 错误;

D. 电子进入电场后做类平抛运动, 不同时刻进入电场的电子竖直方向分速度图像如图所示



所有电子离开极板所用时间

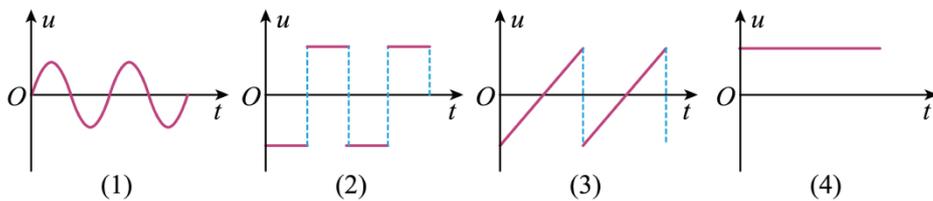
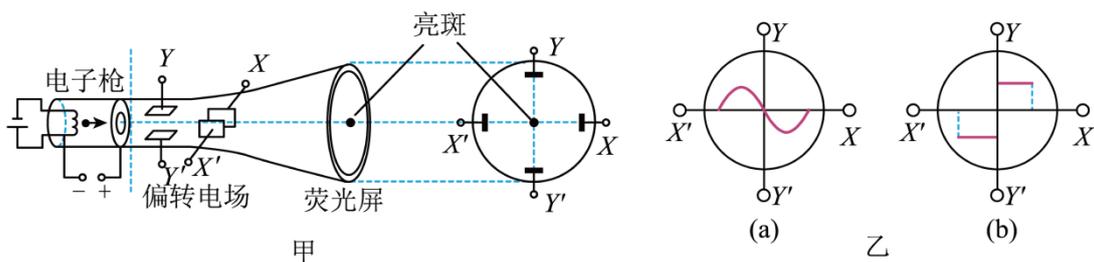
$$t = \frac{L}{v_0} = 2T$$

由图看出, 所有电子离开电场时竖直方向分速度 $v_y = 0$, 所以所有电子离开电场时速度都等于, 故 D 错误。

故选 A。

二、多选题

8. 示波管的内部结构如图甲所示, 如果在偏转电极 XX' 、 YY' 之间都没有加电压, 电子束将打在光屏中心, 如在偏转电极 XX' 之间和 YY' 之间加上如丙所示的几种电压, 荧光屏上可能会出现图乙中(a)、(b)所示的两种波形, 则下列说法正的是()



丙

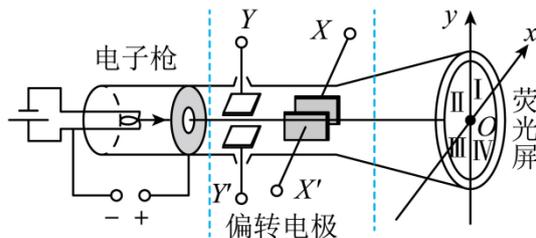
A. 若 XX' 、 YY' 分别加图丙中电压(3)和(1), 荧光屏上可以出现乙中(a)所示波形

- B. 若 XX' 、 YY' 分别加丙中电压(4)和(2), 荧光屏上可以出现图乙中(a)所示波形
- C. 若 XX' 、 YY' 分别加图丙中电压(2)和(1) 荧光屏可以出现图乙中(b)所示波形
- D. 若 XX' 、 YY' 分别加图丙中电压(3)和(2), 荧光屏上可以出现图乙(b)所示波形

【答案】AD

【详解】要在荧光屏上得到待测信号在一个周期内的稳定图象。 XX' 偏转电极要接入锯齿形电压，即扫描电压。B 在 XX' 偏转电极所加的电压（4）不可能要水平向完成偏转，同样 C 在 XX' 偏转电极所加的电压（2）不可能在水平向完成连续的偏转；而 AD 在 XX' 偏转电极接入的是（3）锯齿形电压可实现显示的为 YY' 偏转电压上加的是待显示的信号电压。故 AD 正确，BC 错误。故选 AD。

9. 如图所示的示波管，当两偏转电极 XX' 、 YY' 电压为零时，电子枪发射的电子经加速电场加速后会打在荧光屏上的正中间(图示坐标的 O 点，其中 x 轴与 XX' 电场的场强方向重合，x 轴正方向垂直于纸面向里，y 轴与 YY' 电场的场强方向重合)。则()



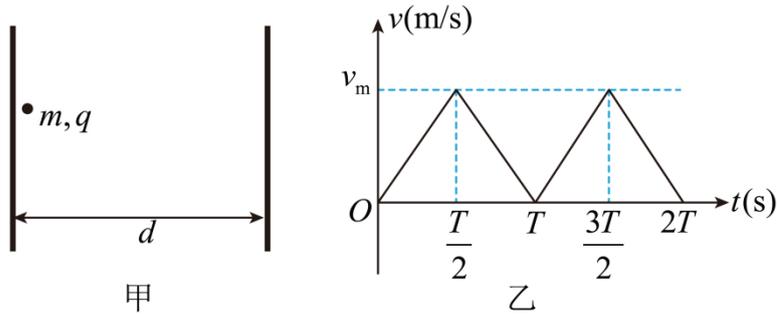
- A. 若 X' 、 Y 极接电源的正极， X 、 Y' 接电源的负极，则电子打在坐标的第 II 象限
- B. 若 X 、 Y' 极接电源的正极， X' 、 Y 接电源的负极，则电子打在坐标的第 I 象限
- C. 若 X 、 Y 极接电源的正极， X' 、 Y' 接电源的负极，则电子打在坐标的第 IV 象限，
- D. X' 、 Y' 极接电源的正极， X 、 Y 接电源的负极，则电子打在坐标的第 III 象限

【答案】AD

【详解】将粒子的运动沿着 x、y 和初速度方向进行正交分解，沿初速度方向不受外力，做匀速直线运动；若 X' 、 Y 极接电源的正极， X 、 Y' 接电源的负极，则电子向 x 轴负方向和 y 轴正方向受力，电子打在坐标的第 II 象限，选项 A 正确。若 X 、 Y' 极接电源的正极， X' 、 Y 接电源的负极，则电子向 x 轴正方向和 y 轴负方向受力，则电子打在坐标的第 IV 象限，选项 B 错误。若 X 、 Y 极接电源的正极， X' 、 Y' 接电源的负极，则电子向 x 轴正方向和 y 轴正方向受力，则电子打在坐标的第 I 象限，选项 C 错误； X' 、 Y' 极接电源的正极， X 、 Y 接电源的负极，则电子向 x 轴负方向和 y 轴负方向受力，则电子打在坐标的第 III 象限，选项 D 正确；故选 AD。

【点睛】 本题关键是将带电粒子的运动沿着 x 、 y 和初速度方向进行正交分解，然后根据各个分运动相互独立，互不影响的特点进行分析讨论。

10. 如图甲所示，在两平行金属板间加有一交变电场，两极板间可以认为是匀强电场，当 $t = 0$ 时，一带电粒子从左侧极板附近开始运动，其速度随时间变化关系如图乙图所示。带电粒子经过 $4T$ 时间恰好到达右侧极板，（带电粒子的质量 m 、电量 q 、速度最大值 v_m 、时间 T 为已知量）则下列说法正确的是（ ）



- A. 带电粒子在两板间做往复运动，周期为 T
- B. 两板间距离 $d = 2v_m T$
- C. 两板间所加交变电场的周期为 T ，所加电压 $U = \frac{2mv_m^2}{q}$
- D. 若其他条件不变，该带电粒子从 $t = \frac{T}{8}$ 开始进入电场，该粒子能到达右侧板

【答案】 BD

【详解】

A. 由图像可知，运动过程中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；

B. 速度—时间图像与坐标轴围成的面积表示位移，由图像可知两板间距离为

$$d = 4 \times \frac{v_m T}{2} = 2v_m T$$

B 正确；

C. 设板间电压为 U ，则粒子加速度为

$$a = \frac{qU}{md} = \frac{qU}{2mv_m T}$$

则

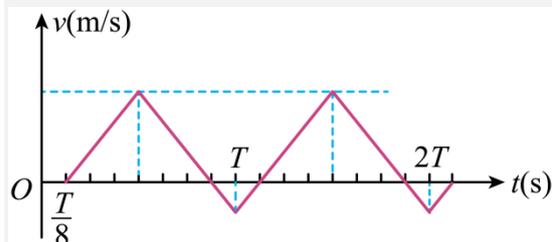
$$v_m = a \cdot \frac{T}{2} = \frac{qU}{4mv_m}$$

解得

$$U = \frac{4mv_m^2}{q}$$

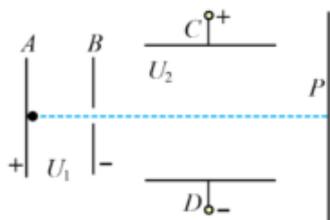
C 错误;

D. $t = \frac{T}{8}$ 开始进入电场的粒子, 速度—时间图像如图, 由图像可知, 粒子正向位移大于负向, 故运动方向时而向右, 时而向左, 最终打在右板上, D 正确。



故选 BD。

11. 如图所示为真空中的实验装置, 平行金属板 A、B 之间的加速电压为 U_1 , C、D 之间的偏转电压为 U_2 , P 为荧光屏。现有质子、氦核和 α 粒子三种粒子分别在 A 板附近由静止开始加速, 最后均打在荧光屏上。已知质子、氦核和 α 粒子的质量之比为 1:2:4, 电荷量之比为 1:1:2, 则关于质子、氦核和 α 粒子这三种粒子, 下列说法正确的是 ()



- A. 三种粒子都打在荧光屏上同一个位置
- B. 从开始到荧光屏所经历时间之比为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{2}$
- C. 打在荧光屏时的动能之比为 2:1:1
- D. 经过偏转电场的过程中, 电场力对三种原子核做的功一样多

【答案】AB

【详解】B. 粒子在 AB 间加速过程, 由动能定理得

$$qU_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

得

$$v = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$$

质子、氦核和 α 粒子比荷之比为 2: 1: 1, 则质子、氦核和 α 粒子三种粒子加速获得的速度之比为 $\sqrt{2}: 1: 1$ 。设 AB 间距离为 d_1 , B 板与荧光屏的距离为 s 。粒子在 AB 间运动时, 有

$$t_1 = \frac{2d_1}{v}$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/955132204110012002>