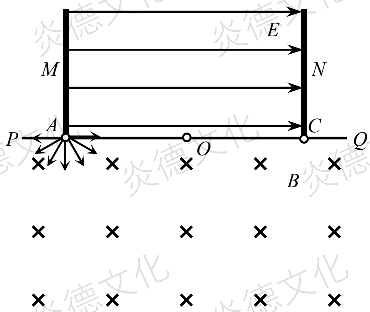
2022 物理预测题

1. 如图所示水平无限长挡板 PQ 上有 AOC 三点，$AO=OC=L$，O 点处开有一小孔，A 点处有一粒子源，可在平面内向挡板下侧各个方向连续发射大量速度大小在 $0\sim v_0$ 之间、质量为 m、电荷量为 $+q$ 的同种粒子，AC 两点上方放置有两块与挡板垂直的平行极板，两极板间电压 $U=\frac{9mv_0^2}{4q}$，挡板下方有足够大、方向垂直于纸面向里的匀强磁场。已知所有粒子在挡板的落点均在 AC 范围内，不计粒子间的相互作用和粒子的重力。求



（1）匀强磁场磁感应强度的大小 B；

（3）　通过小孔 O 射入电场的所有粒子的角度范围 α；

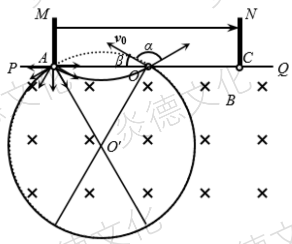
（3）粒子能打到 N 板上的范围长度 X。

【解析】（1）分析可知，速度最大、垂直挡板方向发射的粒子离开 A 点的距离最远，其在磁场中的最大半径 $r_m=L$

由牛顿第二定律可知 $qv_0B=\frac{mv_0^2}{r}$

解得 $B=\frac{mv_0}{qL}$

（2）分析可知，在磁场中的半径只有大于$\frac{L}{2}$的粒子才有可能通过小孔，通过小孔的粒子速度与挡板夹角最小的粒子应该是半径最大的粒子，即 $r_m=L$

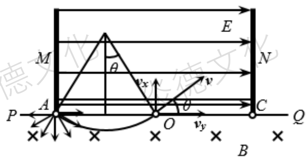


如图可知半径最大的粒子通过 O 点时有弦长 AO 等于半径 r_m，所以粒子从挡板上方射出时与挡板的夹角 $\beta=30°$

由对称性可知粒子的发散角 $\alpha=180-2\times30°=120°$

（3）设粒子从小孔中射入电场时与 PQ 的夹角为 θ

粒子在磁场中的运动半径 $r=\frac{L}{2\sin\theta}$



由牛顿第二定律可知：$qvB=\frac{mv^2}{r}$

粒子沿垂直 PQ 板方向的分速度 $v_x=v\sin\theta$

解得 $v_x=\frac{v_0}{2}$

分析可知，由于射入电场区域的粒子垂直 PQ 板方向的分速度相同，粒子在电场中运动的时间越长，垂直 PQ 方向的位移越大，运动的时间越短，垂直 PQ 方向的位移越小

当粒子以速度 v_0 向右上方进入时，垂直 PQ 方向的位移 $x_1=v_xt$

沿 PQ 板方向的位移 $L=v_yt+\frac{1}{2}at^2$，$t=\frac{4\sqrt{3}L}{9v_0}$

粒子的加速度 $a=\frac{qE}{m}$

电场强度 $E=\frac{U}{2L}$

解得 $x_1=\frac{2\sqrt{3}L}{9}$

当粒子以速度 v_0 向左上方进入时，垂直 PQ 方向的位移 $x_2=v_xt$

沿 PQ 板方向的位移 $-L=v_yt-\frac{1}{2}at^2$ ，$t=\frac{4\sqrt{3}L}{3v_0}$

解得 $x_2=\frac{2\sqrt{3}L}{3}$

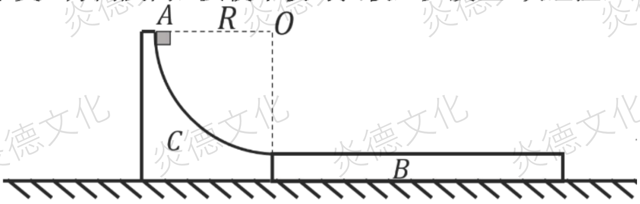
粒子能打到 N 板上的范围长度 $X=x_2-x_1=\frac{4\sqrt{3}L}{9}$

2. 如图所示，一质量M=4kg半径R=2.1m的$\frac{1}{4}$光滑圆弧槽C和质量$m_2=2kg$的木板B锁定在一起静止于光滑水平面上，圆弧槽末端水平且与木板上表面高度相同并平滑相接，某时刻，一个质量为m_1=1kg的小物块A（可视为质点）从圆弧槽的顶端由静止滑下，当物块滑上木板瞬间圆弧槽和木板之间的锁定自动解除（对速度没影响），物块与木板之间的动摩擦因数为μ=0.1,木板足够长，物块总不能到木板的右端，重力加速度g=10m/s^2。求：

（1）物块滑上木板瞬间的速度；

（2）从释放物块到木板速度减为零时，木板的位移；

（3）当木板速度减为零时在木板右侧水平面上与木板右端相距L处固定一竖直弹性挡板，木板碰撞挡板时间极短，碰撞后速度大小不变、方向反向，要使木板与挡板至少发生n次碰撞，L应满足的条件。



解析：（1）设物块滑上木板的速度为v_0，圆弧槽和木板整体的速度为u，

系统水平方向动量守恒，即$m_1v_0-(M+m_2)u=0$

又物块下滑时，系统机械能守恒，即$m_1gR=\frac{1}{2}m_1v_0^2+\frac{1}{2}(M+m_2)u^2$

联立解得物块滑上木板的速度$v_0=6m/s$，此时木板的速度$u=1m/s$

（2）物块滑到圆弧槽末端时，设物块水平方向的位移大小为x_1，圆弧槽和木板整体的位移大小为x_2，

由于系统水平方向动量守恒有$m_1x_1=(M+m_2)\,x_2$

又有$x_1+x_2=R$

物块滑上木板后，根据牛顿第二定律：

物块的加速度$a_1=\mu g=1m/s^2$

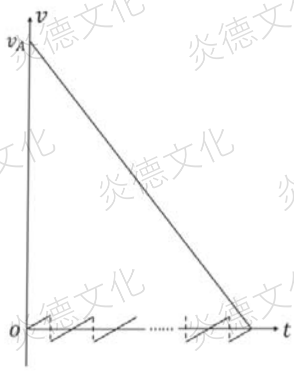
木板的加速度$a_2=\frac{\mu m_1 g}{m_2}=0.5m/s^2$

木板减速到0的位移为$x_3=\frac{u^2}{2a_2}$

木板减速到0的总位移为$x=x_2+x_3=1.3\text{m}$

（3）当木板速度减为0时，

物块的速度$v_A=v_0-a_1\frac{u}{a_2}$



此后木板与物块的运动图像如图所示，

木板从开始向右运动到第n-1次碰撞后向左减速到0所用时间

$t=2(n-1)\sqrt{\frac{2L}{a_2}}$

能发生第n次碰撞的条件是此时物块的速度向右，

即$v_A-a_1t>0$

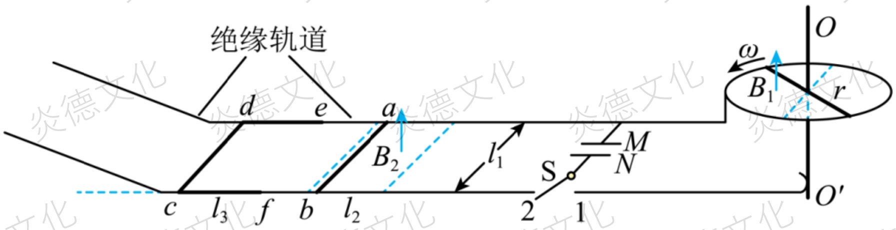
解得$L<\frac{1}{(n-1)^2}m$

3．如图所示，水平固定一半径 r=0.2m 的金属圆环，长均为 r，电阻均为 R_0 的两金属棒沿同一直径放置，其中一端与圆环接触良好，另一端固定在过圆心的导电竖直转轴 OO' 上，并随轴以角速度 ω=600rad/s 匀速转动，圆环的左半圆内存在磁感应强度大小为 B_1=1T，方向竖直向上的匀强磁场。圆环边缘、与转轴良好接触的电刷分别与间距 l_1=0.25m 的水平放置的平行金属轨道相连，轨道间接有电容 C=0.09F 的电容器，通过单刀双掷开关 S 可分别与接线柱 1、2 相连。电容器左侧存在宽度也为 l_1、长度为 l_2=0.068m、磁感应强度方向竖直向上，大小为 B_2=1T 的匀强磁场区域。在磁场区域内靠近左侧边缘处垂直轨道放置金属棒 ab，磁场区域外有间距也为 l_1 的绝缘轨道与金属轨道平滑连接，在绝缘轨道的水平段上放置"［"形金属框 $fcde$。棒 ab 的长度和"［"形框的宽度也均为 l_1、质量均为 m=0.01kg，de 与 cf 长度均为 l_3=0.08m，已知棒 ab 和"［"形框的 cd 边的电阻均为 R=0.1Ω，其他电阻不计，轨道均光滑，棒 ab 与轨道接触良好且运动过程中始终与轨道垂直。开始时开关 S 和接线柱 1 接通，待电容器充电完毕后，将 S 从 1 拨到 2，电容器放电，棒 ab 被弹出磁场后与"［"形框粘在一起形成闭合框 $abcd$，此时将 S 与 2 断开，已知框 $abcd$ 滑上倾斜轨道并在其重心上升 0.2m 后返回，随后进入磁场。

（1）求电容器充电完毕后所带的电荷量 Q，哪个极板（M 或 N）带正电？

（2）求电容器释放的电荷量 ΔQ；

（3）求框 $abcd$ 进入磁场后，ab 边与磁场区域左边界的最大距离 x。



（1）开关 S 和接线柱 1 接通，电容器充电充电过程，对绕转轴 OO' 转动的棒由右手定则可知其动生电源的电流沿径向向外，即边缘为电源正极，圆心为负极，则 M 板充正电；

根据法拉第电磁感应定律可知 $E=\frac{1}{2}B_1\omega r^2$

则电容器的电量为 $Q=CU=\frac{CE}{2}=0.54C$

（2）电容器放电过程有 $B_2l_1\Delta Q=mv_1$

棒 ab 被弹出磁场后与"［"形框粘在一起的过程有 $mv_1=(m+m)v_2$

棒的上滑过程有 $\frac{1}{2}2mv_2^2=2mgh$

联立解得 $\Delta Q=\frac{2m}{B_2l_1}\sqrt{2gh}=0.16C$

（3）设导体框在磁场中减速滑行的总路程为 Δx，由动量定理 $\frac{B_2^2l_1^2\Delta x}{2R}=2mv_2$

可得 $\Delta x=0.128m>0.08m$

匀速运动距离为 $l_3-l_2=0.012$m

则 $\Delta x=\Delta x+l_3-l_2=0.14$m

4．根据玻尔的氢原子模型，电子的运动看做经典力学描述下的轨道运动。原子中的电子在库仑引力作用下，绕原子核做圆周运动。已知电子质量为 m、电荷量为 e、静电力常量为 k。氢原子处于基态（$n=1$）时电子的轨道半径为 r_1。

（1）请推导出氢原子处于基态时，电子绕原子核运动的动能计算式；

（2）取无穷远处电势能为零，基态氢原子电势能的计算式为 $E_{P1}=-k\dfrac{e^2}{r_1}$。已知氢原子处于第 n 个能级的能量（动能与电势能之和）为基态能量的 $\dfrac{1}{n^2}$（$n=1，2，3，…$）。求氢原子从基态跃迁到 $n=2$ 的激发态时所吸收的能量；

（3）一个处于基态且动能为 E_{k0} 的氢原子与另一个处于基态且静止的氢原子发生对心碰撞。若要使其中一个氢原子从基态跃迁到激发态，则 E_{k0} 至少为多大。

【解析】

（1）电子绕原子核做匀速圆周运动 $k\dfrac{e^2}{r_1^2}=m\dfrac{v_1^2}{r_1}$

动能 $E_{k1}=\dfrac{1}{2}mv_1^2=k\dfrac{e^2}{2r_1}$

（2）处于基态的氢原子的能量 $E_1=E_{k1}+E_{p1}-k\frac{e^2}{2r_1}$

因为 $E_2=\dfrac{E_1}{2^2}$，得：$\Delta E=E_2-E_1=\dfrac{3ke^2}{8r_1}$

（3）设氢原子质量为 m，初速度为 v_0，氢原子相互作用后速度分别为 v_1 和 v_2，相互作用过程中机械能减小量为 ΔE

由动量守恒定律得：$mv_0=mv_1+mv_2$

由能量守恒定律得：$\dfrac{1}{2}mv_0^2=\dfrac{1}{2}mv_1^2+\dfrac{1}{2}mv_2^2+\Delta E$

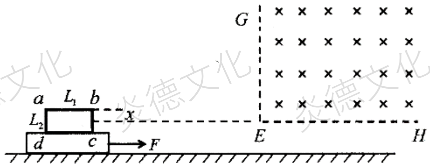
解得：$v_1^2-v_0v_1+\dfrac{\Delta E}{m}=0$

若 v_1 有实数解，须 $v_0^2-4\dfrac{\Delta E}{m}\geq 0$

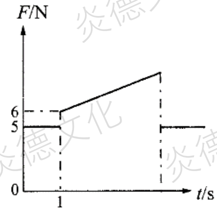
即 $E_{k0}=\dfrac{1}{2}mv_0^2\geq 2\Delta E=\dfrac{3ke^2}{4r_1}$

即氢原子能从 $n=1$ 的基态跃迁到 $n=2$ 的激发态，需要吸收能量为 $\dfrac{3ke^2}{4r_1}$，所以要使其中一个氢原子从基态跃迁到激发态，E_{k0} 至少为 $\dfrac{3ke^2}{4r_1}$。5

5.如图甲所示，由粗细均匀的金属丝绕制而成的单匝矩形线圈 $abcd$ 固定在绝缘滑块上，线圈和滑块的总质量为 $M=1$ kg，水平面粗糙，线圈 ab 边长度为 $L_1=2$ m，线圈 ad 边长度为 $L_2=1$ m，金属丝单位长度的电阻为 $\lambda=0.1\ \Omega/\text{m}$。滑块的右侧有一以 EH、EG 为界的匀强磁场，磁场足够大。滑块在外力 F 的作用下以速度 $v=0.6$ m/s 水平向右做匀速直线运动。从某时刻开始计时，得到 F 随时间 t 变化的图像如图乙所示。已知 ab 边到磁场下边界 EH 的距离 $x=0.5$ m，取 $g=10\ \text{m/s}^2$，求：



图甲



图乙

(1)滑块与水平面间的动摩擦因数；

(2)线圈进入磁场过程中产生的焦耳热；

(3)从开始计时到线圈 ad 边刚好进入磁场过程中外力 F 做的总功。

【解析】(1)如题图乙所示，设 $F_1=5$ N，$F_2=6$ N；设滑块与水平面间的动摩擦因数为 μ，在线圈进磁场之前，滑块做匀速运动，由平衡条件可知 $F_1=\mu Mg$，

解得 $\mu=0.5$。

(2)设匀强磁场的磁感应强度为 B，

在线圈刚进入磁场时，切割磁场线产生的感应电动势 $E=Bxv$，

回路中的感应电流 $I=\dfrac{E}{R}=\dfrac{Bxv}{\lambda(2L_1+2L_2)}$，

线圈所受安培力 $F_{安}=BIx$，

所以 $F_{安}=\dfrac{B^2x^2v}{\lambda(2L_1+2L_2)}$。

因滑块是匀速运动的，由平衡条件可知 $F_2=\mu Mg+\dfrac{B^2x^2v}{\lambda(2L_1+2L_2)}$，

$B=2$ T，

线圈进入磁场过程中产生的焦耳热 $Q=I^2Rt$，

所以 $Q=\dfrac{B^2x^2vL_1}{\lambda(2L_1+2L_2)}=2$ J。

(3)在 0~1 s 时间内 $W_1=F_1\cdot(vt)$，

所以 $W_1=3$ J。

线圈进入磁场过程中，线圈中的电流大小不变，设线圈进入磁场长度为 s，

则 $F=\mu(Mg+BIs)+BIx$。

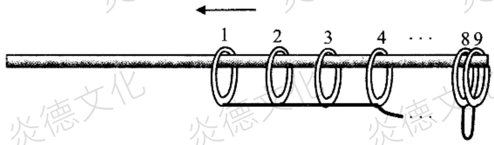
F 随线圈进入磁场的长度呈线性变化，

当线圈 ad 边刚好进入磁场时，有 $F_3=\mu(Mg+BIL_1)+BIx=8$ N，

$W_2=\dfrac{F_2+F_3}{2}L_1=14$ J，

$W_{总}=W_1+W_2=17$ J。

6.窗帘上部结构可以简化为如图所示的模型:长滑竿水平固定,上有 9 个相同的滑环,滑环厚度忽略不计,每个滑环的质量均为 $m=0.1\ \text{kg}$;每相邻的两个滑环之间由不可伸长的柔软轻质细线相连,细线长度均为 $l=0.2\ \text{m}$;滑环与水平滑竿间的动摩擦因数均为 $\mu=0.25$。开始时所有滑环可近似地看成挨在一起处于滑竿右侧边缘处,滑环间无挤压;第 9 个滑环被固定在滑竿最右端。现给第 1 个滑环一个初速度 v_0,使其在滑竿上向左滑行(可视为只有平动);在滑环滑行的过程中,前、后滑环之间的细线绷紧后,两个滑环立即以共同的速度向前滑行,细线绷紧的过程用时极短,可忽略不计。取 $g=10\ \text{m/s}^2$。



(1)若 $v_0=1.25\ \text{m/s}$,求第 1、2 个滑环间的细线刚刚绷紧瞬间第 2 个滑环的速度;

(2)若第 4 个滑环已被细线拉动,求第 3、4 个滑环间的细线绷紧后瞬间整个装置动能与绷紧前瞬间整个装置动能的比值;

(3)为让所有的细线都被拉直,第 1 个滑环至少需要获得多大的初速度?(计算结果可以带根号)

【解析】(1)设第 1 个滑环运动到细线绷紧之前瞬间的速度大小为 v_1,
细线绷紧后瞬间第 1、2 个滑环的速度为 v_1',由动能定理可知

$-\mu mgl=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$;

细线绷紧过程中,$mv_1=2mv_1'$,

$v_1'=\frac{3}{8}\ \text{m/s}=0.375\ \text{m/s}$。

(2)设第 3 个滑环运动到细线绷紧之前瞬间的速度大小为 v_3,
细线绷紧后瞬间第 4 个滑环的速度为 v_3',由动量守恒定律可知
$3mv_3=4mv_3'$,

$\frac{E_{k3}'}{E_{k3}}=\frac{\frac{1}{2}(4m)v_3'^2}{\frac{1}{2}(3m)v_3^2}=\frac{3}{4}$。

(3)第 1 个滑环向左运动至细线被拉直的过程中,有 $-\mu mgl=E_{k1}-E_{k0}$;

第 2 个滑环向左运动至细线被拉直的过程中,有 $-\mu\cdot 2mgl=E_{k2}-\frac{1}{2}E_{k1}$,

变形可得 $-\mu\cdot 2^2mgl=2E_{k2}-E_{k1}$;

第 3 个滑环向左运动至细线被拉直的过程中,有 $-\mu\cdot 3mgl=E_{k3}-\frac{2}{3}E_{k2}$,

变形可得 $-\mu\cdot 3^2mgl=3E_{k3}-2E_{k2}$;

第 4 个滑环向左运动至细线被拉直的过程中,有 $-\mu\cdot 4mgl=E_{k4}-\frac{3}{4}E_{k3}$,

变形可得 $-\mu\cdot 4^2mgl=4E_{k4}-3E_{k3}$;

……

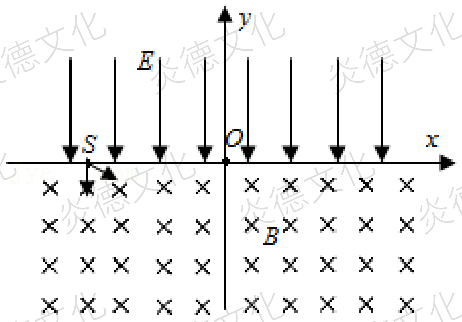
第 8 个滑环向左运动至细线被拉直的过程中,有 $-\mu\cdot 8mgl=E_{k8}-\frac{7}{8}E_{k7}$,

变形可得 $-\mu\cdot 8^2mgl=8E_{k8}-7E_{k7}$。
要让所有细线均被拉直,有 $E_{k8}\geqslant 0$,
联立有:$-\mu mgl\cdot(1^2+2^2+3^2+4^2+\cdots+8^2)=8E_{k8}-E_{k0}<0$,

$\frac{1}{2}mv_0^2\geqslant\mu mgl\cdot(1^2+2^2+3^2+4^2+\cdots+8^2)$,

解得 $v_0\geqslant\sqrt{204}\ \text{m/s}\approx 14.3\ \text{m/s}$。

7. 如图所示，在 xOy 竖直平面坐标系中 x 轴上方有竖直向下的匀强电场，下方有垂直于 xOy 平面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为 B，电磁场区域足够大。粒子源从 S（－d，0）处在坐标平面内先后向磁场中与+x 方向夹角为 30°～90°范围内发射粒子，所有粒子第一次经磁场偏转后同时从 O 点进入电场，此后所有粒子经过电场第一次到达 x 轴的位置到 O 点最远距离为 d。已知粒子的质量为 m、电荷量为+q，不计粒子重力及粒子间相互作用。

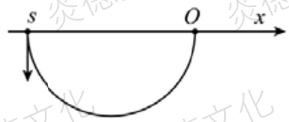


（1）求从 S 发射的粒子的最小速度 v；

（2）求电场强度 E 的大小；

（3）若电场强度大小变为（2）中的两倍，从粒子源最迟射出的粒子和速度最小的粒子轨迹在+x 轴上会出现交点，求+x 轴上交点的坐标。

解（1）SO 为轨迹的直径时，粒子速度最小，设该粒子在磁场中运动的半径为 r_1，如图所示



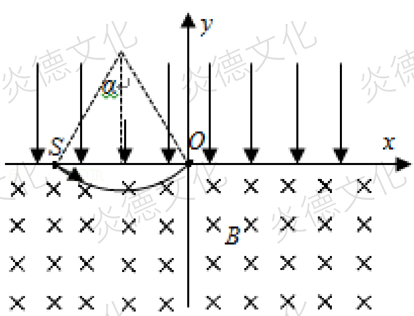
则有 $d = 2r_1$

由洛伦兹力提供向心力，有 $qvB = \dfrac{mv^2}{r_1}$

解得 $v = \dfrac{qBd}{2m}$

（2）设粒子出射速度与 $+x$ 方向夹角为 α，在磁场中运动的半径为 r_2，速度为 v_2，由洛伦兹力提供向心力，有 $qv_2B = \dfrac{mv_2^2}{r_2}$

如图所示，



由几何关系得 $2r_2\sin\alpha = d$

由以上可得$v_2 sin\alpha=\frac{qBd}{2m}$

当粒子从 O 点进入电场后，沿$+y$方向做匀减速运动，设减速时间为t，根据匀变速运动的规律有$t=\frac{v_2\sin\alpha}{a}=\frac{Bd}{2E}$，可知所有粒子在电场中运动时间相同，粒子在$x$方向做匀速运动，

粒子经过电场第一次到达 x 轴的位置到 O 点最远时 α 应取 30°，有$d=2v_2\cos\alpha\cdot t$

联立解得$E=\frac{\sqrt{3}qB^2d}{2m}$

（3）从粒子源最迟射出的粒子出射速度与$+x$方向夹角为 30°，设最迟射出的粒子速度为v_3，

运动半径为r_3，则与（2）中同理可得$2r_3\sin30°=d$

由洛伦兹力提供向心力，有$qv_3B=\frac{mv_3^2}{r_3}$

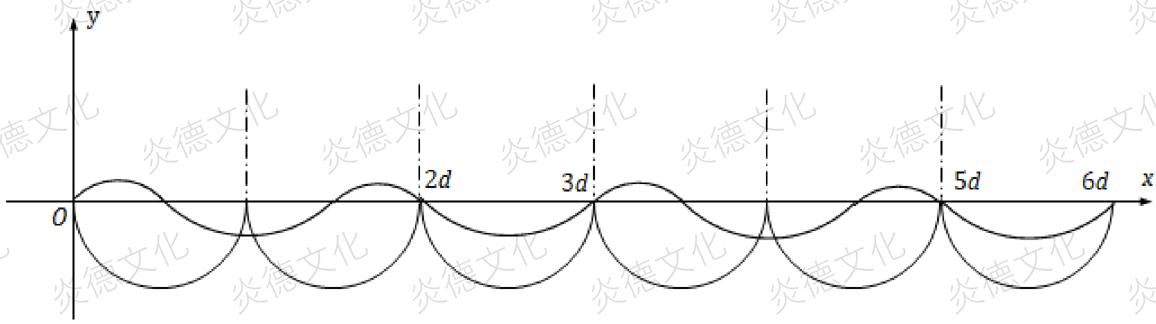
粒子在电场中运动的加速度$a'=\frac{2qE}{m}$

沿$+y$方向做匀减速运动，设减速时间为t'，根据匀变速运动的规律有$t'=\frac{v_3\sin30°}{a'}$

粒子在x方向做匀速运动，有$x_3=2v_3\cos30°\cdot t'$

联立解得$x_3=\frac{d}{2}$

又速度最小的粒子在电场中做往返直线运动，在磁场中做直径为d的圆周运动，如图所示



由上分析可知，若最迟射入的粒子经电场经过x轴，经过x轴上点的坐标为

（$2d+n_1\cdot3d$，0），其中n_1=0，1，2，3……

若最迟射入的粒子经磁场经过x轴，经过x轴上点的坐标为

（$n_2\cdot3d$，0），其中n_2=1，2，3……