2015 年天津理综

1. 物理学重视逻辑，崇尚理性，其理论总是建立在对事实观察的基础上，下列说法正确的是 (A)

   A. 天然放射现象说明原子核内部是有结构的

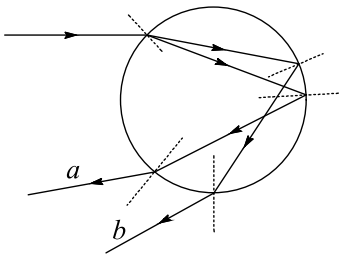
   B. 电子的发现使人认识到原子具有核式结构

   C. α 粒子散射实验的重要发现是电荷是量子化的

   D. 密立根油滴实验表明核外电子的轨道是不连续的

   > 天然放射现象说明原子核内部有复杂的结构，故 A 正确；电子的发现使人们认识到原子可以再分，故 B 错误；α 粒子散射实验使人们认识到原子具有核式结构，故 C 错误；密立根油滴实验测出了元电荷的电荷量，故 D 错误。

2. 中国古人对许多自然现象有深刻认识，唐人张志和在《玄真子・涛之灵》中写道：“雨色映日而为虹”。从物理学的角度看，虹是太阳光经过雨滴的两次折射和一次反射形成的，右图是彩虹成因的简化示意图，其中 a、b 是两种不同频率的单色光，则两光 (C)

   A. 在同种玻璃中传播，a 光的传播速度一定大于 b 光

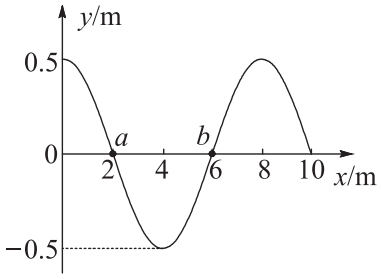
   B. 以相同角度斜射到同一玻璃板透过平行表面后，b 光侧移量大

   C. 分别照射同一光电管，若 b 光能引起光电效应，a 光一定也能

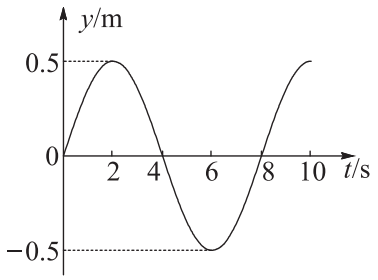
   D. 以相同的入射角从水中射入空气，在空气中只能看到一种光时，一定是 a 光

   > 入射角相同时，a 光的折射角小于 b 光的折射角，由 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 可得，a 光的折射率大于 b 光的折射率；由 $n=\frac{c}{v}$ 可得，a 光的传播速度小于 b 光的传播速度，故 A 错误。a 光的折射率大于 b 光的折射率，所以当以相同角度斜射到同一玻璃板透过平行表面后，a 光侧移量大，故 B 错误。折射率越大，光子的频率越大，光子能量越大；b 光光子能量小，故 b 光若能引起光电效应，a 光一定也能引起光电效应，故 C 正确。由 $\sin C=\frac{1}{n}$ 可知，折射率越大，全反射临界角越小，a 光先发生全反射，故 D 错误。

3. 图 甲 为一列简谐横波在某一时刻的波形图，a、b 两质点的横坐标分别为 $x_a=2\,\mathrm{m}$ 和 $x_b=6\,\mathrm{m}$，图 乙 为质点 b 从该时刻开始计时的振动图象，下列说法正确的是 (D)



图甲



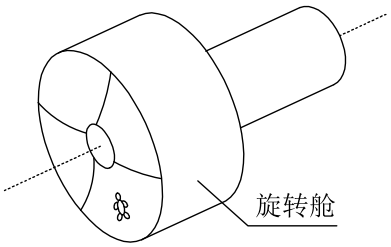
图乙

A. 该波沿 $+x$ 方向传播，波速为 1 m/s　　B. 质点 a 经过 4 s 振动的路程为 4 m

C. 此时刻质点 a 的速度沿 $+y$ 方向　　D. 质点 a 在 $t=2$ s 时速度为零

> 质点 b 此时刻振动的方向向上，由前一质点带动后一质点振动的原理，该波沿 x 轴负方向传播，故 A 错误；由振动图象可知周期 $T=8$ s，4 s 是半个周期，质点 a 振动了两个振幅，即路程为 1 m，故 B 错误；质点 a、b 相差半个波长，振动方向相反，此时刻质点 a 的速度沿 $-y$ 方向，故 C 错误；在 $t=2$ s 时，质点 a 在最大位移处，速度为零，故 D 正确。

4. 未来的星际航行中，宇航员长期处于零重力状态，为缓解这种状态带来的不适，有人设想在未来的航天器上加装一段圆柱形“旋转舱”，如图所示。当旋转舱绕其轴线匀速旋转时，宇航员站在旋转舱内圆柱形侧壁上，可以受到与他站在地球表面时相同大小的支持力，为达到目的，下列说法正确的是 (B)



A. 旋转舱的半径越大，转动的角速度就应越大

B. 旋转舱的半径越大，转动的角速度就应越小

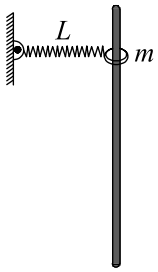
C. 宇航员质量越大，旋转舱的角速度就应越大

D. 宇航员质量越大，旋转舱的角速度就应越小

> 由向心力的公式 $ma_n=m\omega^2 r$，要想使宇航员在旋转舱内受到侧壁的弹力等于站在地球表面受到地面的支持力，旋转舱的向心加速度 a_n 应等于重力加速度，半径越大，转动的角速度应该越小，故 A 错误、B 正确；向心加速度大小与宇航员的质量无关，故 C、D 错误。

5. 如图所示，固定的竖直光滑长杆上套有质量为 m 的小圆环，圆环与水平状态的轻质弹簧一端连接，弹簧的另一端连接在墙上，并且处于原长状态，现让圆环由静止开始下滑，

已知弹簧原长为 L，圆环下滑到最大距离时弹簧的长度变为 $2L$（未超过弹性限度），则在圆环下滑到最大距离的过程中（B）



A. 圆环的机械能守恒

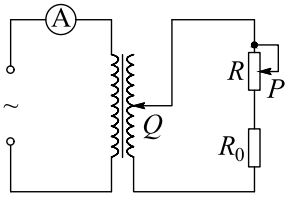
B. 弹簧弹性势能变化了 $\sqrt{3}mgL$

C. 圆环下滑到最大距离时，所受合力为零

D. 圆环重力势能与弹簧弹性势能之和保持不变

> 圆环减少的重力势能转化为弹簧的弹性势能，圆环的机械能不守恒，故 A 错误；圆环重力势能的减少量为 $mg\sqrt{(2L)^2-L^2}=\sqrt{3}mgL$，故弹簧弹性势能的增加量为 $\sqrt{3}mgL$，故 B 正确；圆环下滑到最大距离时，圆环的速度为零，所受合力向上，故 C 错误；圆环的重力势能、动能和弹簧的弹性势能之和是守恒的，圆环的重力势能与弹簧的弹性势能之和不是守恒的，故 D 错误。

6. 如图所示，理想变压器的原线圈连接一只理想交流电流表，副线圈匝数可以通过滑动触头 Q 来调节，在副线圈两端连接了定值电阻 R_0 和滑动变阻器 R，P 为滑动变阻器的滑动触头，在原线圈上加一电压为 U 的正弦交流电，则（BC）



A. 保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动时，电流表读数变大

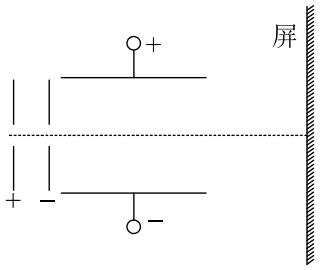
B. 保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动时，电流表读数变小

C. 保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动时，电流表读数变大

D. 保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动时，电流表读数变小

> 保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动，副线圈中电路的总电阻变大，功率变小，电流表示数变小，故 A 错误、B 正确；保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动，副线圈匝数变多，副线圈的电压变大，功率变大，电流表示数变大，故 C 正确、D 错误。

7. 如图所示，氕核、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（AD）

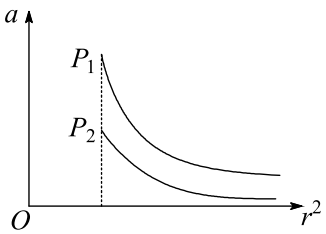


A. 偏转电场 E_2 对三种粒子做功一样多　　B. 三种粒子打到屏上时速度一样大

C. 三种粒子运动到屏上所用时间相同　　D. 三种粒子一定打到屏上的同一位置

设加速电场的电压为 U_1，偏转电场的电压为 U_2，偏转电场两极板间距离为 d，板长为 l。在加速电场中有 $qU_1=\frac{1}{2}mv^2$，在偏转电场中的运动时间 $t=\frac{l}{v}$，在偏转电场中的偏移量 $y=\frac{1}{2}\frac{qU_2}{md}t^2=\frac{1}{2}\frac{qU_2l^2}{mdv^2}=\frac{U_2l^2}{4U_1d}$，三种粒子偏移量是相等的。由 $F=\frac{qU_2}{d}$ 知，三种粒子受到的电场力大小也是相等的，所以偏转电场 E_2 对三种粒子做的功一样多，故 A 正确；加速电场对三种粒子做功也一样多，但由于粒子的质量不同，三种粒子打到屏上的速度不同，故 B 错误；三种粒子在偏转电场中的水平速度不同，运动时间也不同，所以三种粒子运动到屏上所用的时间不同，故 C 错误；偏移量相同，三种粒子离开偏转电场的速度方向相同，三种粒子一定打到屏上的同一位置，故 D 正确。

8. P_1、P_2 为相距遥远的两颗行星，距各自表面相同高度处各有一颗卫星 s_1、s_2 做匀速圆周运动，图中纵坐标表示行星对周围空间各处物体的引力产生的加速度 a，横坐标表示物体到行星中心的距离 r 的平方，两条曲线分别表示 P_1、P_2 周围的 a 与 r^2 的反比关系，它们左端点横坐标相同。则（AC）



A. P_1 的平均密度比 P_2 的大　　B. P_1 的“第一宇宙速度”比 P_2 的小

C. s_1 的向心加速度比 s_2 的大　　D. s_1 的公转周期比 s_2 的大

左端点是两颗行星对周围物体的引力产生的最大加速度，即行星表面附近物体的加速度，由图象可知，两行星的半径相同，结合 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$ 可得，P_1 的质量大于 P_2 的质量，所以 P_1 的平均密度大于 P_2 的平均密度，故 A 正确；由 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ 可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，P_1 的“第一宇宙速度”比 P_2 的大，故 B 错误；由 $G\frac{Mm}{(r+h)^2}=ma$ 可得

> $a=\frac{GM}{(r+h)^2}$，s_1 的向心加速度比 s_2 的大，故 C 正确；由 $G\frac{Mm}{(r+h)^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}(r+h)$ 可得 $T=2\pi\sqrt{\frac{(r+h)^3}{GM}}$，$s_1$ 的公转周期比 s_2 的小，故 D 错误。

9. (1) 如图所示，在光滑水平面的左侧固定一竖直挡板，A 球在水平面上静止放置，B 球向左运动与 A 球发生正碰，B 球碰撞前、后的速率之比为 3 : 1，A 球垂直撞向挡板，碰后原速率返回。两球刚好不发生碰撞，A、B 两球的质量之比为4 : 1，A、B 碰撞前、后两球总动能之比为9 : 5。



(2) 某同学利用单摆测量重力加速度。

① 为了使测量误差尽量小，下列说法正确的是 BC。

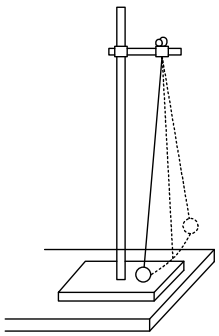
（A）组装单摆须选用密度和直径都较小的摆球

（B）组装单摆须选用轻且不易伸长的细线

（C）实验时须使摆球在同一竖直面内摆动

（D）摆长一定的情况下，摆的振幅尽量大

② 如图所示，在物理支架的竖直立柱上固定有摆长约为 1 m 的单摆，实验时，由于仅有量程为 20 cm、精度为 1 mm 的钢板刻度尺，于是他先使摆球自然下垂，在竖直立柱上与摆球最下端处于同一水平面的位置做一标记点，测出单摆的周期 T_1；然后保持悬点位置不变，设法将摆长缩短一些，再次使摆球自然下垂，用同样方法在竖直立柱上做另一标记点，并测出单摆周期 T_2；最后用钢板刻度尺量出竖直立柱上两标记点之间的距离 ΔL。用上述测量结果，写出重力加速度的表达式 $g=$ $\frac{4\pi^2\Delta L}{T_1^2-T_2^2}$。



(3) 用电流表和电压表测定由三节干电池串联组成的电池组（电动势约为 4.5 V，内电阻约为 1 Ω）的电动势和内电阻，除了待测电池组，电键，导线外，还有下列器材供选用：

（A）电流表：量程 0.6 A，内电阻约为 1 Ω

（B）电流表：量程 3 A，内电阻约为 0.2 Ω

（C）电压表：量程 3 V，内电阻约为 30 kΩ

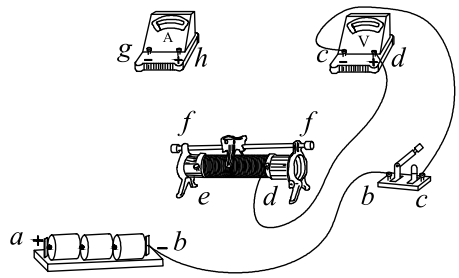
（D）电压表：量程 6 V，内电阻约为 60 kΩ

（E）滑动变阻器：0 ～ 1000 Ω，额定电流 0.5 A

（F）滑动变阻器：0 ～ 20 Ω，额定电流 2 A

① 为了使测量结果尽量准确，电流表应选用 A，电压表选用 D，滑动变阻器选用 F（均填仪器的字母代号）

② 如图为正确选择仪器后，连好的部分电路，为了使测量误差尽量小，还需要在电路中用导线将 a 和 d 相连、c 和 g 相连、f 和 h 相连（均填仪器上接线柱的字母代号）



③ 实验时发现电流表坏了，于是不再使用电流表，剩余仪器中仅用电阻箱替换掉滑动变阻器，重新连接电路，仍能完成实验，实验中读出几组电阻箱的阻值 R 和对应电压表的示数 U；用图像法处理采集到数据，为在直角坐标系中得到的函数图像是一条直线，则可以 $\frac{1}{U}$ 为纵坐标，以 $\frac{1}{R}$ 为横坐标。

(1) 4 : 1，9 : 5　(2)（1）BC；（2）$g=\frac{4\pi^2\Delta L}{T_1^2-T_2^2}$　(3)（1）A，D，F；（2）a、d，c、g，f、h；（3）以 $\frac{1}{U}$ 为纵坐标、$\frac{1}{R}$ 为横坐标（或 U 与 $\frac{U}{R}$、$\frac{R}{U}$ 与 R，横纵坐标互换亦可）

（1）由题意，设 B 球初速度为 v，末速度为 $-\frac{v}{3}$，A 球碰撞后的速度为 $\frac{v}{3}$，由动量守恒得 $m_Bv=-m_B\frac{v}{3}+m_A\frac{v}{3}$，解得 $m_A:m_B=4:1$；碰撞前总动能为 $\frac{1}{2}m_Bv^2$，碰撞后的总动能为 $\frac{1}{2}m_A\left(\frac{v}{3}\right)^2+\frac{1}{2}m_B\left(\frac{v}{3}\right)^2$，二者之比为 9 : 5。

（2）①选择的小球密度应该大一些，体积小一些，故 A 错误；单摆的振幅不宜过大，过大就不是做简谐运动了，故 D 错误，B、C 正确。②由单摆的周期公式 $T_1=2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}$，$T_2=2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}$，联立可得 $g=\frac{4\pi^2(l_1-l_2)}{T_1^2-T_2^2}=\frac{4\pi^2\Delta L}{T_1^2-T_2^2}$。

（3）①电路中的电流不宜过大，电流表应该选 A；三节干电池的总电动势约为 4.5 V，电压表应该选 D；为了调节的方便，滑动变阻器应该选择 F。②由伏安法测电池的电动势和内阻的电路原理图连接实物图，即将 a 和 d、c 和 g、f 和 h 均用导线连接起来。③由闭合电路欧姆定律 $E=U+\frac{U}{R}r$，整理可得 $\frac{1}{U}=\frac{1}{E}+\frac{r}{E}\cdot\frac{1}{R}$，可以画出 $\frac{1}{U}-\frac{1}{R}$ 图象，即 $\frac{1}{U}$ 为纵坐标，$\frac{1}{R}$ 为横坐标。

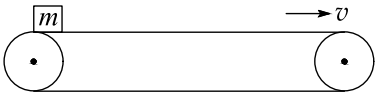
10. 某快递公司分拣邮件的水平传输装置示意图如图，皮带在电动机的带动下保持 $v=1\,\mathrm{m/s}$ 的恒定速度向右运动，现将一质量为 $m=2\,\mathrm{kg}$ 的邮件轻放在皮带上，邮件和皮带间的

动摩擦因数 $\mu=0.5$。设皮带足够长，取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，在邮件与皮带发生相对滑动的过程中，求：

(1) 邮件滑动的时间 t；

(2) 邮件对地的位移大小 x；

(3) 邮件与皮带间的摩擦力对皮带做的功 W。



(1) $t=0.2\,\mathrm{s}$　(2) $x=0.1\,\mathrm{m}$　(3) $W=-2\,\mathrm{J}$

（1）设邮件放到皮带上与皮带发生相对滑动过程中受到的滑动摩擦力为 F，则

$F=\mu mg$ ①

取向右为正方向，对邮件应用动量定理，有

$Ft=mv-0$ ②

由①②式并代入数据得

$t=0.2\,\mathrm{s}$ ③

（2）邮件与皮带发生相对滑动的过程中，对邮件应用动能定理，有

$Fx=mv^2/2-0$ ④

由①④式并代入数据得

$x=0.1\,\mathrm{m}$ ⑤

（3）邮件与皮带发生相对滑动的过程中，设皮带相对地面的位移为 s，则

$s=vt$ ⑥

摩擦力对皮带做的功

$W=-Fs$ ⑦

由①③⑥⑦式并代入数据得

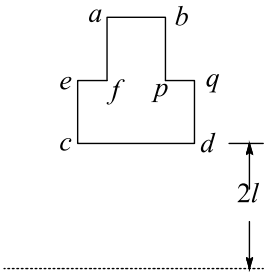
$W=-2\,\mathrm{J}$ ⑧

11. 如图所示，“凸”字形硬质金属线框质量为 m，相邻各边互相垂直，且处于同一竖直平面内，ab 边长为 l，cd 边长为 $2l$，ab 与 cd 平行，间距为 $2l$。匀强磁场区域的上下边界均水平，磁场方向垂直于线框所在平面。开始时，cd 边到磁场上边界的距离为 $2l$，线框由静止释放，从 cd 边进入磁场直到 ef、pq 边进入磁场前，线框做匀速运动，在 ef、pq 边离开磁场后，ab 边离开磁场之前，线框又做匀速运动。线框完全穿过磁场过程中产

生的热量为 Q。线框在下落过程中始终处于原竖直平面内，且 ab、cd 边保持水平，重力加速度为 g；求：

(1) 线框 ab 边将离开磁场时做匀速运动的速度大小是 cd 边刚进入磁场时的几倍；

(2) 磁场上下边界间的距离 H。



(1) 4 倍　(2) $H=\frac{Q}{mg}+28l$

（1）设磁场的磁感应强度大小为 B，cd 边刚进磁场时，线框做匀速运动的速度为 v_1。

$E_1=2Blv_1$ ①

设线框总电阻为 R，此时线框中电流为 I_1，由闭合电路欧姆定律，有

$I_1=\frac{E_1}{R}$ ②

设此时线框所受安培力为 F_1，有

$F_1=2I_1lB$ ③

由于线框做匀速运动，其受力平衡，有

$mg=F_1$ ④

由①②③④式得

$v_1=\frac{mgR}{4B^2l^2}$ ⑤

设 ab 边离开磁场之前，线框做匀速运动的速度为 v_2，同理可得

$v_2=\frac{mgR}{B^2l^2}$ ⑥

由⑤⑥式得

$v_2=4v_1$ ⑦

（2）线框自释放直到 cd 边进入磁场前，由机械能守恒定律，有

$2mgl = mv_1^2/2$ ⑧

线框完全穿过磁场的过程中，由能量守恒定律，有

$mg(2l + H) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 + Q$ ⑨

由⑦⑧⑨式得

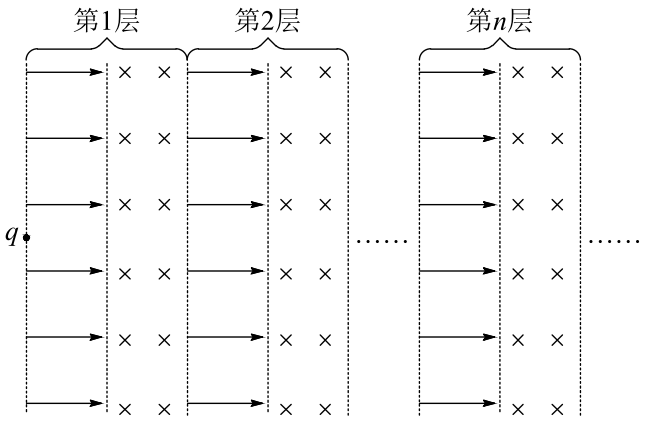
$H = \frac{Q}{mg} + 28l$ ⑩

12. 现代科学仪器常利用电场、磁场控制带电粒子的运动。在真空中存在着如图所示的多层紧密相邻的匀强电场和匀强磁场，电场和磁场的宽度均为 d。电场强度为 E，方向水平向右；磁感应强度为 B，方向垂直纸面向里。电场、磁场的边界互相平行且与电场方向垂直，一个质量为 m、电荷量为 q 的带正电粒子在第 1 层电场左侧边界某处由静止释放，粒子始终在电场、磁场中运动，不计粒子重力及运动时的电磁辐射。

(1) 求粒子在第 2 层磁场中运动时速度 v_2 的大小与轨迹半径 r_2；

(2) 粒子从第 n 层磁场右侧边界穿出时，速度的方向与水平方向的夹角为 θ_n，试求 $\sin\theta_n$；

(3) 若粒子恰好不能从第 n 层磁场右侧边界穿出，试问在其他条件不变的情况下，也进入第 n 层磁场，但比荷较该粒子大的粒子能否穿出该层磁场右侧边界，请简要推理说明之。



(1) $v_2 = 2\sqrt{\frac{qEd}{m}}$，$r_2 = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{mEd}{q}}$　(2) $\sin\theta_n = B\sqrt{\frac{nqd}{2mE}}$　(3) 若粒子恰好不能从第 n 层磁场右侧边界穿出，则 $\theta_n = \frac{\pi}{2}$，$\sin\theta_n = 1$，在其他条件不变的情况下，换用比荷更大的粒子，设其比荷为 $\frac{q'}{m'}$，假设能穿出第 n 层磁场右侧边界，粒子穿出时速度方向与水平方向的夹角为 θ_n'，由于 $\frac{q'}{m'} > \frac{q}{m}$，则导致 $\sin\theta_n' > 1$，说明 θ_n' 不存在，即原假设不成立。所以比荷较该粒子大的粒子不能穿出该层磁场右侧边界。

（1）粒子在进入第 2 层磁场时，经过两次电场加速，中间穿过磁场时洛伦兹力不做功。由动能定理，有

$2qEd=\frac{1}{2}mv_2^2$ ①

由式①解得

$v_2=2\sqrt{\frac{qEd}{m}}$ ②

粒子在第二层磁场中受到的洛伦兹力充当向心力，有

$qv_2B=m\frac{v_2^2}{r_2}$ ③

由②③式解得

$r_2=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mEd}{q}}$ ④

（2）设粒子在第 n 层磁场中运动的速度为 v_n，轨迹半径为 r_n（各量的下标均代表粒子所在层数，下同）。

$nqEd=\frac{1}{2}mv_n^2$ ⑤

$qv_nB=m\frac{v_n^2}{r_n}$ ⑥

粒子进入第 n 层磁场时，速度的方向与水平方向的夹角为 α_n，从第 n 层磁场右侧边界穿出时速度方向与水平方向的夹角为 θ_n，粒子在电场中运动时，垂直于电场线方向的速度分量不变，有

$v_{n-1}\sin\theta_{n-1}=v_n\sin\alpha_n$ ⑦

由图 1 可得

$r_n\sin\theta_n-r_n\sin\alpha_n=d$ ⑧

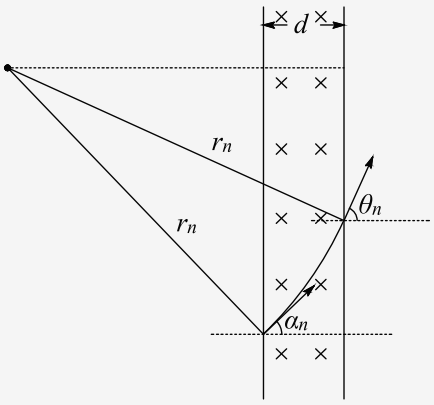


图 1

由⑥⑦⑧式得

$r_n\sin\theta_n-r_{n-1}\sin\theta_{n-1}=d$ ⑨

由⑨式看出 $r_1\sin\theta_1$，$r_2\sin\theta_2$，$\cdots$，$r_n\sin\theta_n$ 为一等差数列，公差为 d，可得

$r_n\sin\theta_n=r_1\sin\theta_1+(n-1)d$ ⑩

当 $n=1$ 时，由图 2 可得

$r_1 \sin\theta_1 = d$⑪

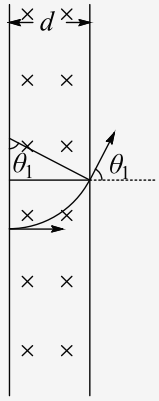


图 2

由⑤⑥⑩ ⑪ 式得

$\sin\theta_n = B\sqrt{\frac{nqd}{2mE}}$⑫

（3）若粒子恰好不能从第 n 层磁场右侧边界穿出，则 $\theta_n = \frac{\pi}{2}$，$\sin\theta_n = 1$，在其他条件不变的情况下，换用比荷更大的粒子，设其比荷为 $\frac{q'}{m'}$，假设能穿出第 n 层磁场右侧边界，粒子穿出时速度方向与水平方向的夹角为 θ_n'，由于 $\frac{q'}{m'} > \frac{q}{m}$，则导致 $\sin\theta_n' > 1$，说明 θ_n' 不存在，即原假设不成立。所以比荷较该粒子大的粒子不能穿出该层磁场右侧边界。