2010 年全国理综 I

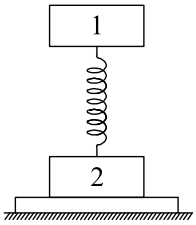
1. 原子核 $^{238}_{92}\mathrm{U}$ 经放射性衰变①变为原子核 $^{234}_{90}\mathrm{Th}$，继而经放射性衰变②变为原子核 $^{234}_{91}\mathrm{Pa}$，再经放射性衰变③变为原子核 $^{234}_{92}\mathrm{U}$。放射性衰变①、②和③依次为（A）

A. α 衰变、β 衰变和 β 衰变　　B. β 衰变、α 衰变和 β 衰变

C. β 衰变、β 衰变和 α 衰变　　D. α 衰变、β 衰变和 α 衰变

> $^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th}$，质量数少 4，电荷数少 2，说明衰变①为 α 衰变：$^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}$。$^{234}_{90}\mathrm{Th} \longrightarrow {}^{234}_{91}\mathrm{Pa}$，质子数加 1，说明衰变②为 β 衰变，中子转化成质子：$^{234}_{90}\mathrm{Th} \longrightarrow {}^{234}_{91}\mathrm{Pa}+{}^{0}_{-1}\mathrm{e}$。$^{234}_{91}\mathrm{Pa} \longrightarrow {}^{234}_{92}\mathrm{U}$，质子数加 1，说明衰变③为 β 衰变，中子转化成质子：$^{234}_{91}\mathrm{Pa} \longrightarrow {}^{234}_{92}\mathrm{U}+{}^{0}_{-1}\mathrm{e}$。

2. 如右图，轻弹簧上端与一质量为 m 的木块 1 相连，下端与另一质量为 M 的木块 2 相连，整个系统置于水平放置的光滑木板上，并处于静止状态。现将木板沿水平方向突然抽出，设抽出后的瞬间，木块 1、2 的加速度大小分别为 a_1、a_2，重力加速度大小为 g。则有（C）



A. $a_1=0$，$a_2=g$　　B. $a_1=g$，$a_2=g$

C. $a_1=0$，$a_2=\frac{M+m}{M}g$　　D. $a_1=g$，$a_2=\frac{M+m}{M}g$

> 在抽出木板的瞬间，弹簧对 1 的支持力和对 2 的压力并未改变。对 1 物体受重力和支持力，$mg=F$，$a_1=0$。对 2 物体受重力和压力，根据牛顿第二定律 $a_2=\frac{F+Mg}{M}=\frac{M+m}{M}g$。

3. 关于静电场，下列结论普遍成立的是（C）

A. 电场强度大的地方电势高，电场强度小的地方电势低

B. 电场中任意两点之间的电势差只与这两点的场强有关

C. 在正电荷或负电荷产生的静电场中，场强方向都指向电势降低最快的方向

D. 将正点电荷从场强为零的一点移动到场强为零的另一点，电场力做功为零

> 在正电荷的电场中，离正电荷近，电场强度大，电势高，离正电荷远，电场强度小，电势低；而在负电荷的电场中，离负电荷近，电场强度大，电势低，离负电荷远，电场强度小，电势高，A 错误。电势差的大小决定于两点间距和电场强度，B 错误；沿

> 电场方向电势降低，而且速度最快，C 正确；场强为零，电势不一定为零，如从带正电荷的导体球上将正电荷移动到另一带负电荷的导体球上，电场力做正功，D 错误。

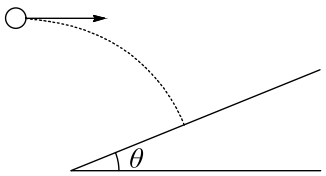
4. 某地的地磁场磁感应强度的竖直分量方向向下，大小为 $4.5\times10^{-5}\,\mathrm{T}$。一灵敏电压表连接在当地入海河段的两岸，河宽 100 m，该河段涨潮和落潮时有海水（视为导体）流过。设落潮时，海水自西向东流，流速为 2 m/s。下列说法正确的是 (BD)

A. 电压表记录的电压为 5 mV　　B. 电压表记录的电压为 9 mV

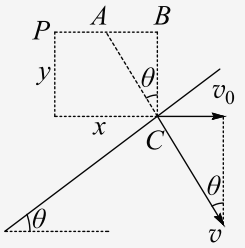
C. 河南岸的电势较高　　D. 河北岸的电势较高

> 海水在落潮时自西向东流，该过程可以理解为：自西向东运动的导体棒在切割竖直向下的磁场。根据右手定则，右岸即北岸是正极、电势高，南岸电势低，D 对 C 错。根据法拉第电磁感应定律 $E=BLv=4.5\times10^{-5}\times100\times2=9\times10^{-3}\,\mathrm{V}$，B 对 A 错。

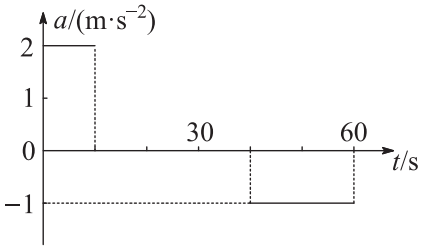
5. 一水平抛出的小球落到一倾角为 θ 的斜面上时，其速度方向与斜面垂直，运动轨迹如右图中虚线所示。小球在竖直方向下落的距离与在水平方向通过的距离之比为 (D)



A. $\tan\theta$　　B. $2\tan\theta$　　C. $\frac{1}{\tan\theta}$　　D. $\frac{1}{2\tan\theta}$

> 如图平抛的末速度与竖直方向的夹角等于斜面倾角 θ，有：
>
> $\tan\theta=\frac{v_0}{gt}$
>
> 则下落高度与水平射程之比为
>
> $\frac{y}{x}=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t}=\frac{gt}{2v_0}=\frac{1}{2\tan\theta}$
>
> 
>
>
> D 正确。

6. 右图为两分子系统的势能 E_p 与两分子间距离 r 的关系曲线。下列说法正确的是 (BC)



A. 当 r 大于 r_1 时，分子间的作用力表现为引力

B. 当 r 小于 r_1 时，分子间的作用力表现为斥力

C. 当 r 等于 r_2 时，分子间的作用力为零

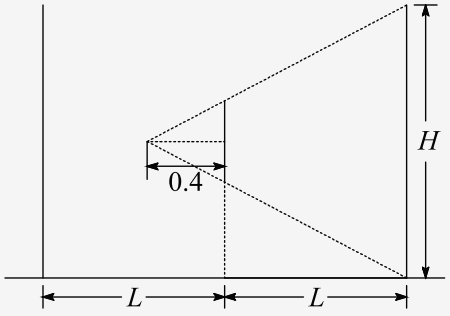
D. 当 r 由 r_1 变到 r_2 的过程中，分子间的作用力做负功

> 分子间距等于 r_0 时分子势能最小，即 $r_0 = r_2$。当 r 小于 r_1 时分子力表现为斥力；当 r 大于 r_1 小于 r_2 时分子力表现为斥力；当 r 大于 r_2 时分子力表现为引力，A 错、B、C 对。在 r 由 r_1 变到 r_2 的过程中，分子斥力做正功，分子势能减小，D 错误。

7. 某人手持边长为 6 cm 的正方形平面镜测量身后一棵树的高度。测量时保持镜面与地面垂直，镜子与眼睛的距离为 0.4 m。在某位置时，他在镜中恰好能够看到整棵树的像；然后他向前走了 6.0 m，发现用这个镜子长度的 5/6 就能看到整棵树的像。这棵树的高度约为 (B)

A. 4.0 m　　B. 4.5 m　　C. 5.0 m　　D. 5.5 m

> 如图是恰好看到树时的反射光路，设树高为 H，树到镜的距离为 L，由图中的三角形可得
>
> $\frac{H}{0.06\,\mathrm{m}} = \frac{L+0.4\,\mathrm{m}}{0.4\,\mathrm{m}}$
>
> 人离树越远，视野越大，看到树所需镜面越小，同理有
>
> $\frac{H}{0.05\,\mathrm{m}} = \frac{L+0.4\,\mathrm{m}+6\,\mathrm{m}}{0.4\,\mathrm{m}}$
>
> 以上两式解得 $L = 29.6\,\mathrm{m}$，$H = 4.5\,\mathrm{m}$。



8. 一简谐振子沿 x 轴振动，平衡位置在坐标原点。$t = 0$ 时刻振子的位移 $x = -0.1\,\mathrm{m}$；

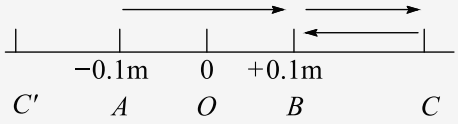
$t=\frac{4}{3}\,\mathrm{s}$ 时刻 $x=0.1\,\mathrm{m}$；$t=4\,\mathrm{s}$ 时刻 $x=0.1\,\mathrm{m}$。该振子的振幅和周期可能为 (ACD)

A. $0.1\,\mathrm{m}$，$\frac{8}{3}\,\mathrm{s}$　　B. $0.1\,\mathrm{m}$，$8\,\mathrm{s}$　　C. $0.2\,\mathrm{m}$，$\frac{8}{3}\,\mathrm{s}$　　D. $0.2\,\mathrm{m}$，$8\,\mathrm{s}$

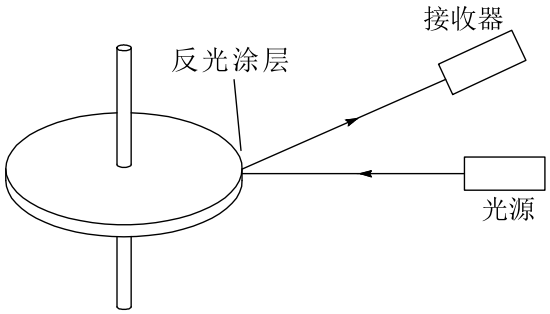
在 $t=\frac{4}{3}\,\mathrm{s}$ 和 $t=4\,\mathrm{s}$ 两时刻振子的位移相同。第一种情况是此时间差是周期的整数倍：$4-\frac{4}{3}=nT$，当 $n=1$ 时 $T=\frac{8}{3}\,\mathrm{s}$。在 $\frac{4}{3}\,\mathrm{s}$ 的半个周期内振子的位移由负的最大变为正的最大，所以振幅是 $0.1\,\mathrm{m}$，A 正确。

第二种情况是此时间差不是周期的整数倍，则 $\left(\frac{4}{3}-0\right)+\left(4-\frac{4}{3}\right)=nT+\frac{T}{2}$，当 $n=0$ 时 $T=8\,\mathrm{s}$，且由于 Δt_2 是 Δt_1 的二倍，说明振幅是该位移的二倍为 $0.2\,\mathrm{m}$，对应选项 D。

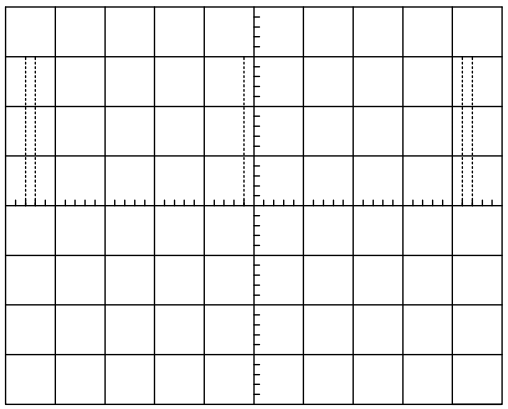
再取振幅 $0.2\,\mathrm{m}$、周期 $\frac{8}{3}\,\mathrm{s}$：$t=0$ 时位移为 $-0.1\,\mathrm{m}$，经过半个周期（$\frac{4}{3}\,\mathrm{s}$）位移变为 $0.1\,\mathrm{m}$，再经过一个周期到 $t=4\,\mathrm{s}$ 时位移仍为 $0.1\,\mathrm{m}$，故选项 C 也正确。



9. 图 甲 是利用激光测转速的原理示意图，图中圆盘可绕固定轴转动，盘边缘侧面上有一小段涂有很薄的反光材料。当盘转到某一位置时，接收器可以接受到反光涂层所反射的激光束，并将所收到的光信号转变成电信号，在示波器显示屏上显示出来（如图 乙 所示）。



甲


乙

(1) 若图 乙 中示波器显示屏横向的每大格（5 小格）对应的时间为 $5.00\times10^{-2}\,\mathrm{s}$，则圆盘的转速为 4.55 r/s。（保留 3 位有效数字）

(2) 若测得圆盘直径为 $10.20\,\mathrm{cm}$，则可求得圆盘侧面反光涂层的长度为 1.46 cm。（保留 3 位有效数字）

(1) $4.55\,\mathrm{r/s}$　(2) $1.46\,\mathrm{cm}$

（1）从图 乙 可知圆盘转一圈的时间在横坐标上显示 22 格，由题意知图 乙 中横坐标上每格表示 $1.00\times10^{-2}\,\mathrm{s}$，所以圆盘转动的周期是 $0.22\,\mathrm{s}$，则转速为 $4.55\,\mathrm{r/s}$。

（2）反光引起的电流图像在图 乙 中横坐标上每次一格，说明反光涂层的长度占圆盘周长的 22 分之一，为 $\frac{2\pi r}{22}=\frac{2\times3.14\times5.10}{22}\,\mathrm{cm}=1.46\,\mathrm{cm}$。

10. 一电流表的量程标定不准确，某同学利用图 1 所示电路测量该电流表的实际量程 I_m。所用器材有：

量程不准的电流表 $\mathrm{A_1}$，内阻 $r_1=10.0\,\Omega$，量程标称为 $5.0\,\mathrm{mA}$；

标准电流表 $\mathrm{A_2}$，内阻 $r_2=45.0\,\Omega$，量程标称为 $1.0\,\mathrm{mA}$；

标准电阻 R_1，阻值 $10.0\,\Omega$；

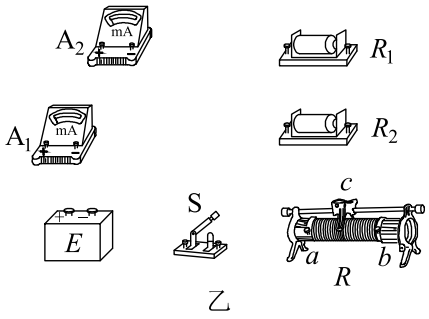
滑动变阻器 R，总电阻约为 $300.0\,\Omega$；

电源 E，电动势 $3.0\,\mathrm{V}$，内阻不计；

保护电阻 R_2；开关 S；导线。

回答下列问题：

(1) 在答题纸上（图 2 所示）的实物图上画出连线。



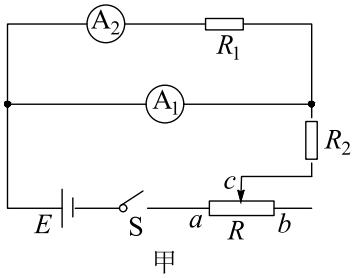
乙

(2) 开关 S 闭合前，滑动变阻器的滑动端 c 应滑至 b 端。

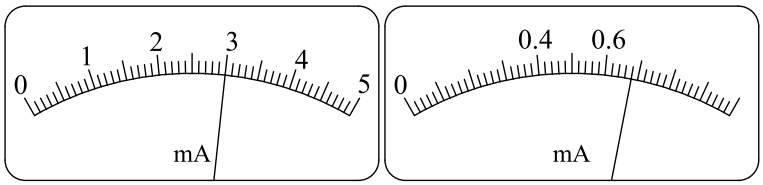
(3) 开关 S 闭合后，调节滑动变阻器的滑动端，使电流表 $\mathrm{A_1}$ 满偏，若此时电流表 $\mathrm{A_2}$ 的读数为 I_2，则 $\mathrm{A_1}$ 的量程 $I_m=\frac{R_1+r_2}{r_1}I_2=5.5I_2$。

(4) 若测量时，$\mathrm{A_1}$ 未调到满偏，两电流表的示数如图 3 所示，从图中读出 $\mathrm{A_1}$ 的示数 $I_1=3.00\,\mathrm{mA}$，$\mathrm{A_2}$ 的示数 $I_2=0.660\,\mathrm{mA}$；由读出的数据计算得 $I_m=6.05\,\mathrm{mA}$。（保留 3 位有效数字）

(5) 写出一条提高测量准确度的建议：多次测量求平均。



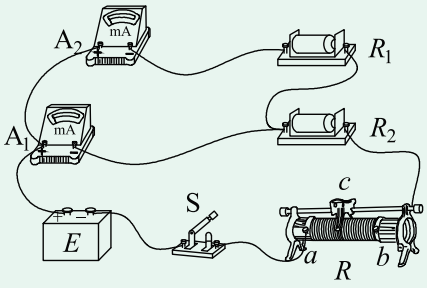
甲



电流表A_1示数　　电流表A_2示数

丙

(1) 连线见答案图。



(2) b　(3) $I_m=\frac{R_1+r_2}{r_1}I_2=5.5I_2$　(4) 3.00 mA，0.660 mA，6.05 mA　(5) 多次测量求平均（其它合理答案同样给分，如：测量时，电流表指针偏转大于满刻度的 1/2）

（1）连线见答案图。

（2）在滑动变阻器的限流接法中，在接通开关前需要将滑动触头滑动到阻值最大端。

（3）闭合开关调节滑动变阻器使待测表满偏，流过的电流为 I_m。根据并联电路电压相等有 $I_m r_1=I_2(r_2+R_1)$，得 $I_m=\frac{I_2(R_1+r_2)}{r_1}$。

（4）待测表未满偏有 $I_1 r_1=I_2(r_2+R_1)$，将 A_2 的示数 0.66 mA 和其他已知条件代入有

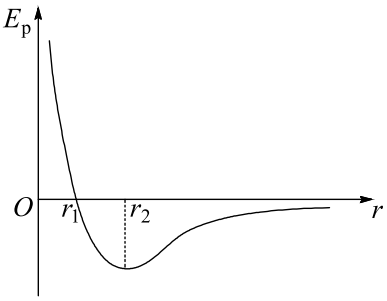
$I_1=\frac{I_2(R_1+r_2)}{r_1}=\frac{0.66\times(10+45)}{10}\,\text{mA}=3.63\,\text{mA}$

但图中 A_1 的示数为 3.0 mA、量程为 5.0 mA，根据电流表的刻度是均匀的，则准确量程为 6.05 mA。

11. 汽车由静止开始在平直的公路上行驶，0 ~ 60 s 内汽车的加速度随时间变化的图线如右图所示。

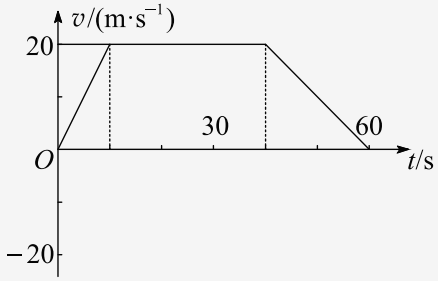
(1) 画出汽车在 0 ~ 60 s 内的 $v-t$ 图线；

(2) 求这 60 s 内汽车行驶的路程。



(1) 速度图像如图所示。 (2) 900 m

（1）由加速度图像可知前 10 s 汽车匀加速运动，后 20 s 汽车匀减速运动恰好停止，因为图像的面积表示速度的变化，此两段的面积相等。最大速度为 20 m/s。所以速度图像为下图。



然后利用速度图像的面积求出位移。

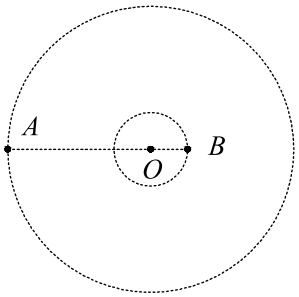
（2）汽车运动的面积为匀加速、匀速、匀减速三段的位移之和。

$s = s_1 + s_2 + s_3 = 10 \times 10 + 30 \times 20 + 10 \times 20 = 900\,\mathrm{m}$

12. 如右图，质量分别为 m 和 M 的两个星球 A 和 B 在引力作用下都绕 O 点做匀速圆周运动，星球 A 和 B 两者中心之间的距离为 L。已知 A、B 的中心和 O 三点始终共线，A 和 B 分别在 O 的两侧。引力常数为 G。

(1) 求两星球做圆周运动的周期；

(2) 在地月系统中，若忽略其他星球的影响，可以将月球和地球看成上述星球 A 和 B，月球绕其轨道中心运行的周期为 T_1。但在近似处理问题时，常常认为月球是绕地心做圆周运动的，这样算得的运行周期记为 T_2。已知地球和月球的质量分别为 $5.98 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}$ 和 $7.35 \times 10^{22}\,\mathrm{kg}$。求 T_2 与 T_1 两者平方之比。（结果保留 3 位小数）



(1) $T=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}}$ (2) 1.012

（1）设 A、B 星做圆周运动的轨道半径分别为 r 和 R，相互作用力为 f，运动周期为 T。它们之间的万有引力提供向心力，则 A 和 B 的向心力相等。且 A、B 和 O 三点始终共线，说明 A 和 B 有相同的角速度和周期。

则有 $m\omega^2 r=M\omega^2 R$，$r+R=L$，解得 $R=\frac{m}{m+M}L$，$r=\frac{M}{m+M}L$。

对 A 根据牛顿第二定律和万有引力定律得

$\frac{GMm}{L^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\frac{M}{M+m}L$ ①

化简得

$T=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}}$ ②

（2）将地月看成双星，由①得

$T_1=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}}$ ③

将月球看作绕地心做圆周运动，根据牛顿第二定律和万有引力定律得

$\frac{GMm}{L^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 L$ ④

化简得

$T_2=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{GM}}$ ⑤

所以两种周期的平方比值为

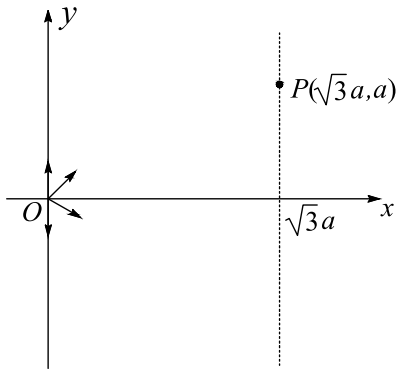
$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2=\frac{m+M}{M}=\frac{5.98\times10^{24}+7.35\times10^{22}}{5.98\times10^{24}}=1.012$

13. 如图，在 $0\le x\le\sqrt{3}a$ 区域内存在与 xy 平面垂直的匀强磁场，磁感应强度的大小为 B。在 $t=0$ 时刻，一位于坐标原点的粒子源在 xy 平面内发射出大量同种带电粒子，所有粒子的初速度大小相同，方向与 y 轴正方向夹角分布在 $0\sim180°$ 范围内。已知沿 y 轴正方向发射的粒子在 $t=t_0$ 时刻刚好从磁场边界上 P（$\sqrt{3}a$，a）点离开磁场。求：

(1) 粒子在磁场中做圆周运动的半径 R 及粒子的比荷 q/m；

(2) 此时刻仍在磁场中的粒子的初速度方向与 y 轴正方向夹角的取值范围；

(3) 从粒子发射到全部粒子离开磁场所用的时间。



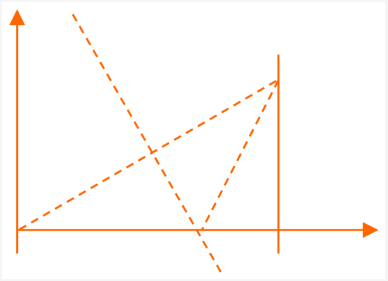
(1) $R=\frac{2\sqrt{3}}{3}a$，$\frac{q}{m}=\frac{2\pi}{3Bt_0}$ (2) 速度与 y 轴的正方向的夹角范围是 60° 到 120° (3) 从粒子发射到全部离开所用时间为 $2t_0$

（1）粒子沿 y 轴的正方向进入磁场，从 P 点经过做 OP 的垂直平分线与 x 轴的交点为圆心，根据直角三角形有

$R^2=a^2+(\sqrt{3}a-R)^2$ ①

解得

$R=\frac{2\sqrt{3}}{3}a$ ②



$\sin\theta=\frac{a}{R}=\frac{\sqrt{3}}{2}$，则粒子做圆周运动的圆心角为 120°，周期为 $T=3t_0$ ③

粒子做圆周运动的向心力由洛伦兹力提供，根据牛顿第二定律得

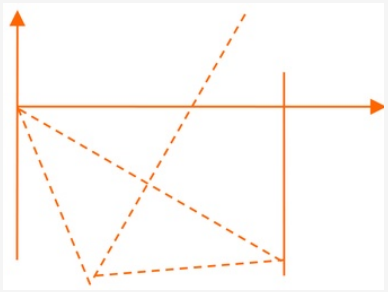
$Bqv=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2R$，$v=\frac{2\pi R}{T}$

化简得

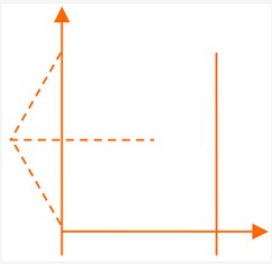
$\frac{q}{m}=\frac{2\pi}{3Bt_0}$ ④

（2）仍在磁场中的粒子其圆心角一定大于 120°，这样粒子角度最小时从磁场右边界穿出；角度最大时从磁场左边界穿出。

角度最小时从磁场右边界穿出、圆心角 120°，所经过圆弧的弦与（1）中相等穿出点如图，根据弦与半径、x 轴的夹角都是 30°，所以此时速度与 y 轴的正方向的夹角是 60°。



角度最大时从磁场左边界穿出，半径与 y 轴的夹角是 60°，则此时速度与 y 轴的正方向的夹角是 120°。



所以速度与 y 轴的正方向的夹角范围是 60° 到 120°。

（3）在磁场中运动时间最长的粒子的轨迹应该与磁场的右边界相切，在三角形中两个相等的腰为 $R=\frac{2\sqrt{3}}{3}a$，而它的高是

$h=\sqrt{3}a-\frac{2\sqrt{3}}{3}a=\frac{\sqrt{3}}{3}a$

半径与 y 轴的夹角是 30°，这种粒子的圆心角是 240°，所用时间为 $2t_0$。

所以从粒子发射到全部离开所用时间为 $2t_0$。

