专题 10　磁　场 答 案

1. 【答案】A　如图（A）在磁场中受安培力的导体的有效长度最大，受到的安培力最大，若磁场发生微小变化，图（A）安培力变化最大，天平最容易失去平衡。

2. 【答案】B　设质子的质量为m，电量为e，则α粒子质量为$4m$，电量为$2e$。它们的动量大小相等，即$mv_{\mathrm{H}} = 4mv_{\alpha}$，有：$\dfrac{v_{\alpha}}{v_{\mathrm{H}}} = \dfrac{1}{4}$，可见 C 选项错误；

粒子在磁场区域做匀速圆周运动，有：

$Bqv = m\dfrac{v^2}{r}$，解得：$r = \dfrac{mv}{Bq}$　于是有：$\dfrac{r_{\alpha}}{r_{\mathrm{H}}} = \dfrac{e}{2e} = \dfrac{1}{2}$，可见 A 选项错误；

周期$T = \dfrac{2\pi r}{v} = \dfrac{2\pi m}{Bq}$　于是有：$\dfrac{T_{\alpha}}{T_{\mathrm{H}}} = \dfrac{4m}{m}\dfrac{e}{2e} = \dfrac{2}{1}$，可见 B 选项正确；

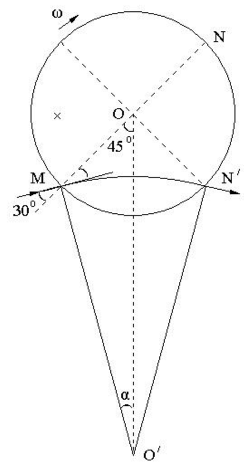
洛伦兹力$f = Bqv$，于是有：$\dfrac{f_{\alpha}}{f_{\mathrm{H}}} = \dfrac{q_{\alpha}v_{\alpha}}{q_{\mathrm{H}}v_{\mathrm{H}}} = \dfrac{2e}{e}\dfrac{1}{4} = \dfrac{1}{2}$，可见 D 选项错误。

3. 【答案】 D　设质子的质量数和电荷数分别为m_1、q_1，一价正离子的质量数和电荷数为m_2、q_2，对于任意粒子，在加速电场中，由动能定理得：$qU = \dfrac{1}{2}mv^2 - 0$　解得：$v = \sqrt{\dfrac{2qU}{m}}$

在磁场中有：$qvB = m\dfrac{v^2}{r}$　解得匀速圆周运动的半径$r = \dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{2mU}{q}}$

由于两种粒子从同一入口垂直进入磁场，从同一出口垂直离开磁场，故在磁场中做匀速圆周运动的半径应相同。故$\dfrac{r_1}{r_2} = \dfrac{B_2}{B_1}\cdot\sqrt{\dfrac{m_1}{m_2}\cdot\dfrac{q_2}{q_1}} = \dfrac{1}{1}$　其中$B_2 = 12B_1$，$q_1 = q_2$，可得$\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{1}{144}$　故一价正离子与质子的质量比约为 144。

4. 【答案】A

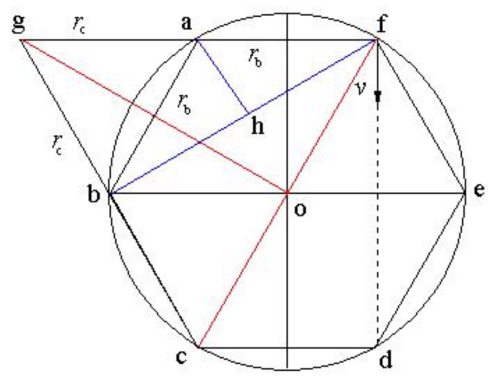


如图圆筒顺时针转过$90°$时，该粒子恰好从小孔N飞出圆筒，由左手定则可知粒子带负电。画出粒子的运动轨迹如图所示，由几何知识可得，轨迹的圆心角为$(180°-90°-30°-45°)\times 2=30°$

两个运动具有等时性，则$\dfrac{\pi/6}{2\pi}\times\dfrac{2\pi m}{Bq} = \dfrac{\pi/2}{\omega}$

解得$\dfrac{q}{m} = \dfrac{w}{3B}$，故 A 选项正确。

5. 【答案】A　设六边形边长为L，若粒子从 b 点离开磁场，做入射速度的垂线、弦的中垂线，两垂线的交点为 a 点，粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径$r_{\mathrm{b}} = L$，轨迹的圆心角为$\theta_{\mathrm{b}} = 120°$；



若粒子从 c 点离开磁场，做入射速度的垂线、弦的中垂线，两垂线的交点为 g 点，粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径$r_{\mathrm{b}} = 2L$，轨迹的圆心角为$\theta_{\mathrm{c}} = 60°$；

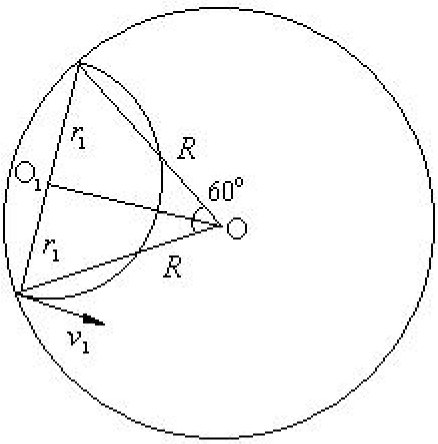
由 $qvB=m\frac{v^2}{r}$ 可得：$v=\frac{BqR}{m}$，于是有：$\frac{v_b}{v_c}=\frac{R_b}{R_c}=\frac{1}{2}$

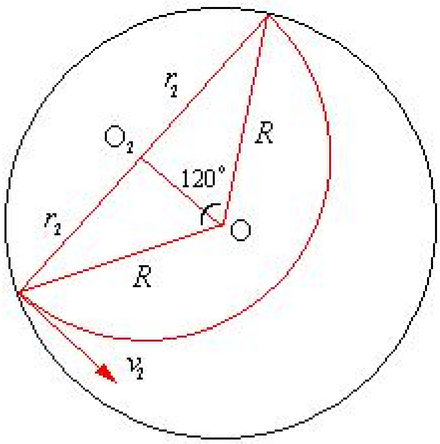
粒子在磁场中运动的时间 $t=\frac{\theta}{360^\circ}\times\frac{2\pi m}{Bq}$，于是有：$\frac{t_b}{t_c}=\frac{\theta_b}{\theta_c}=\frac{120^\circ}{60^\circ}=\frac{2}{1}$。

6.【答案】C　当粒子在磁场中运动半个圆周运动到离入射点最远的位置，当粒子射入的速度为 v_1 时，如图所示，由几何知识可知，粒子运动的轨道半径为：$r_1=R\sin 30^\circ=\frac{R}{2}$；

同理，当粒子射入的速度为 v_2 时，如图所示，由几何知识可知，粒子运动的轨道半径为：$r_2=R\sin 60^\circ=\frac{\sqrt{3}R}{2}$；

由 $Bqv=m\frac{v^2}{r}$ 可得：$v=\frac{Bqr}{m}$，于是有：$\frac{v_2}{v_1}=\frac{r_2}{r_1}=\frac{\sqrt{3}}{1}$



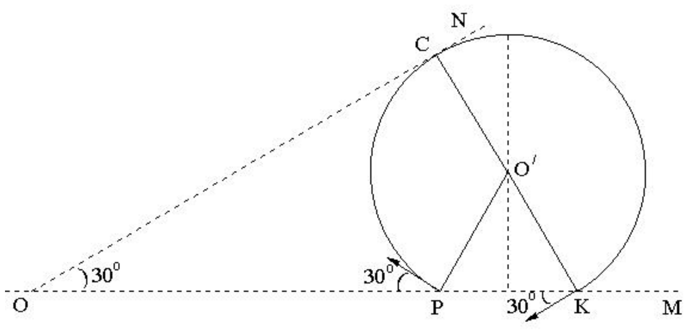


7.【答案】D　已知粒子在磁场中的运动轨迹与 ON 只有一个交点，因此轨迹与 ON 相切，设切点为 C 点，入射点为 P 点，出射点为 K 点，粒子在磁场中的轨迹圆心为 $0'$ 点，如图所示，由图可得：

$PK=2r\sin 30^\circ=r$　三角形 $O'PK$ 为等边三角形，$\angle PO'K=60^\circ$。

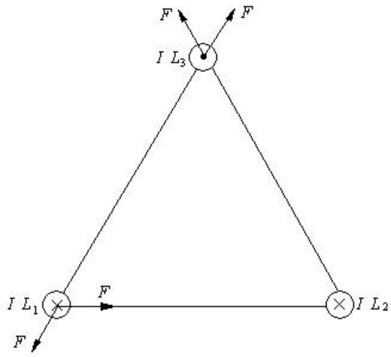
由 $\angle OCO'=90^\circ$，$\angle COP=30^\circ$，$\angle OPO'=120^\circ$ 可得 $\angle CO'P=120^\circ$，$\angle CO'P+\angle PO'K=180^\circ$，因此 CK 为轨迹的直径，在 ΔCOK 有：

$$OK=\frac{2r}{\sin 30^\circ}=4r=\frac{4mv}{qB}$$



8. 【答案】B　由题意可知，$m_a g = qE$，$m_b g = qE + Bqv$，$m_c g + Bqv = qE$，

所以$m_b > m_a > m_c$，故 B 选项正确，ACD 选项错误。



9. 【答案】BC　同向电流相互吸引，反向电流相互排斥。

对 L_1 受力分析，L_1 的受 L_2 吸引力、L_3 排斥力，这两个力大小相等夹角120°，合力平行于 L_2、L_3 所在的平面，如图所示，故 A 选项错误；

对 L_3 受力分析，L_3 受 L_1、L_2 的斥力，合力竖直向上，如图所示，故 B 选项正确；

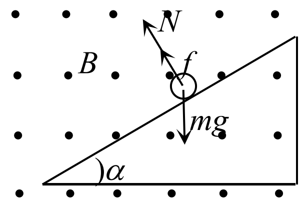
设三根导线两两之间的相互作用力为 F，则 L_1、L_2 受到的磁场力的合力等于 F，L_3 受的磁场力的合力为$\sqrt{3}F$，即 L_1、L_2、L_3 单位长度受到的磁场力之比为$1:1:\sqrt{3}$，故 C 选项正确，D 选项错误。

10. 【答案】B C　粒子通过速度选择器后进入磁场，可判断粒子带正电，A 选项错误；在速度选择器中粒子所受洛伦兹力向上，做匀速直线运动，电场力向下，上板电势高带正电，B 选项正确；通过速度选择器做直线运动 $B_1qv = Eq$，得 $v = \dfrac{E}{B_1}$，C 选项正确；根据 $B_2qv = m\dfrac{v^2}{R}$ 知 $R = \dfrac{mv}{B_2q}$，比荷越大，粒子越靠近狭缝 S_0，D 选项错误。

11. 【答案】CD　根据左手定则可知霍尔元件中定向运动的电子受到的洛伦兹力向后，霍尔元件前表面的电势高于后表面，A 选项错误；若电源的正负极对调，B 与 I_H 均反向，电子的受力方向不变，B 选项错误；霍尔元件与电阻 R 串联后与电阻 R_L 并联，I 为干路电流，霍尔元件的电阻可以忽略，有：$I_H R = (I - I_H)R_L$，解得：$I_H = \dfrac{R_L}{R+R_L}I$，C 选项正确；$R_L$ 消耗的电功率 $P_L = \dfrac{(I_H R)^2}{R_L} = \dfrac{R^2}{R_L}I_H^2$，即 P_L 与 I_H^2 成正比；磁感应强度大小 B 与 I 成正比，而 $I_H = \dfrac{R_L}{R+R_L}I$，可见 B 与 I_H 成正比；霍尔电压$U_H = k\dfrac{I_H B}{d}$，可见U_H 与 I_H^2 成正比，所以U_H 与 P_L 成正比。

12. 【答案】1∶2

【解析】带电粒子飞出回旋加速器前的最后半周，有：$qvB = m\dfrac{v^2}{R}$，解得：$v = BR\dfrac{q}{m}$。因为 B、R 为定值，所以带电粒子从 D 形盒飞出时速度与带电粒子的荷质比成正比。因α 粒子的质量是质子质量的 4 倍，α 粒子的电荷量是质子电荷量的 2 倍，故有$\dfrac{v_\alpha}{v_H} = \dfrac{1}{2}$。



13. 【答案】$v_m = mg\cos\alpha / Bq$，$x = \dfrac{m^2 g\cos^2\alpha}{2q^2B^2 sin\alpha}$。

【解析】小球沿光滑斜面下滑时受重力 $G = mg$、洛伦兹力 $f = Bqv$、斜

面的支持力 N，如图所示。由于 $N+Bqv=mg\cos\alpha$，当 $N=0$ 时小球离开斜面。此时小球速度 $v_m=mg\cos\alpha/Bq$。小球在斜面上运动时所受合外力 $F=mg\sin\alpha$，由牛二律可得小球的加速度 $a=g\sin\alpha$。小球初速度 $v_0=0$，根据匀变速运动公式可得：$x=\dfrac{v_m^2}{2a}=\dfrac{m^2 g\cos^2\alpha}{2q^2B^2\sin\alpha}$。

14. 【答案】（1）$\dfrac{\pi m}{qB_0}(1+\dfrac{1}{\lambda})$　（2）$\dfrac{2mv_0}{qB_0}(1-\dfrac{1}{\lambda})$

【解析】（1）在匀强磁场中，带电粒子做圆周运动。设在 $x\geq0$ 区域，圆周半径为 R_1；在 $x<0$ 区域，圆周半径为 R_2。由洛伦兹力公式及牛顿定律得

$$qB_0v_0=\frac{mv_0^2}{R_1}\quad ①\qquad q\lambda B_0v_0=\frac{mv_0^2}{R_2}\quad ②$$

粒子速度方向转过 180°时，所用时间 t_1 为 $t_1=\dfrac{\pi R_1}{v_0}$　③

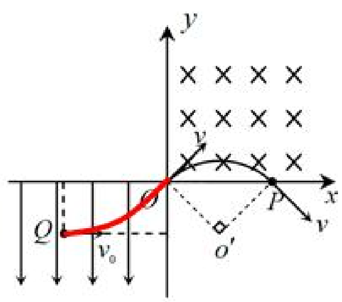
粒子再转过 180°时，所用时间 t_2 为 $t_2=\dfrac{\pi R_2}{v_0}$　④

联立①②③④式得，所求时间为 $t_0=t_1+t_2=\dfrac{\pi m}{qB_0}(1+\dfrac{1}{\lambda})$　⑤

（2）由几何关系及①②式得，所求距离为 $d=2(R_1-R_2)=\dfrac{2mv_0}{qB_0}(1-\dfrac{1}{\lambda})$　⑥

15. 【答案】（1）$v=\sqrt{2}v_0$，方向与 x 轴方向的夹角为 45°角斜向上　（2）$\dfrac{E}{B}=\dfrac{v_0}{2}$

【解析】（1）在第III象限，带负电的粒子从电场中的 Q 点以速度 v_0 沿 x 轴正方向开始运动，粒子在竖直向上的电场力作用下做类平抛运动。设 Q 点到 x 轴的距离为 L，则 Q 点到 y 轴的距离为 $2L$；设粒子过 O 点的速度 v 与 x 轴正方向夹角为 α，根据平抛运动规律可得：



$2L=v_0t$　　$L=\dfrac{1}{2}at^2=\dfrac{at}{2}t=\dfrac{v_y}{2}t$　　解得：$v_y=v_0$

粒子过 O 点的合速度：$v=\sqrt{2}v_0$　　$\tan\alpha=\dfrac{v_y}{v_0}=1$　　$\alpha=45^\circ$

（2）由上式可得：$L=\dfrac{1}{2}a(\dfrac{2L}{v_0})^2=\dfrac{2aL^2}{v_0^2}$　　解得：$a=\dfrac{v_0^2}{2L}$

设电场强度为 E，粒子电荷量为 q，质量为 m，粒子在电场中运动的加速度：$a=\dfrac{Eq}{m}$

于是有：$\dfrac{Eq}{m}=\dfrac{v_0^2}{2L}$　解得：$E=\dfrac{mv_0^2}{2Lq}$

设磁感应强度大小为B，粒子做匀速圆周运动的半径为R，洛伦兹力提供向心力，有：

$qvB=m\dfrac{v^2}{R}$　解得：$B=\dfrac{mv}{qR}$

根据几何关系可知：$R^2+R^2=(2L)^2$　　解得：$R=\sqrt{2}L$

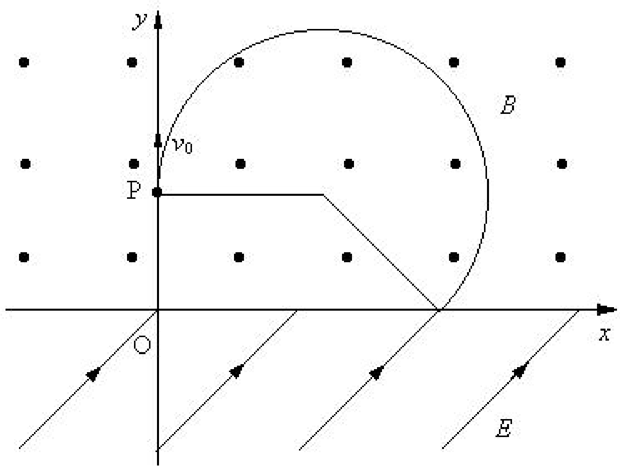
于是有：$B=\dfrac{mv}{qR}=\dfrac{mv}{q\sqrt{2}L}=\dfrac{m\sqrt{2}v_0}{q\sqrt{2}L}=\dfrac{mv_0}{qL}$　　整理可得：$\dfrac{E}{B}=\dfrac{v_0}{2}$

16. 【答案】（1）$\dfrac{5\pi m}{4qB}$，（2）$\dfrac{2mv_0}{qT_0}$

【解析】（1）带电粒子在磁场中做匀速圆周运动，设运动半径为R，运动周期为T，洛伦兹力提供向心力，有$qv_0B=m\dfrac{v_0^2}{R}$，解得：$R=\dfrac{mv_0}{Bq}$，周期$T=\dfrac{2\pi R}{v_0}=\dfrac{2\pi m}{Bq}$

依题意，粒子运动轨迹如图，粒子第一次到达x轴时，运动转过的角度为$\dfrac{5}{4}\pi$，所需时间为

$t_1=\dfrac{\frac{5\pi}{4}}{2\pi}T=\dfrac{5\pi m}{4qB}$



（2）粒子进入电场后，先做匀减速运动，直到速度减小为0，然后沿原路返回做匀加速运动，到达x轴时速度大小仍为v_0，设粒子在电场中运动的总时间为t_2，加速度大小为a，电场强度大小为E，有：$a=\dfrac{qE}{m}$，$-v_0=v_0-at_2$，解得：

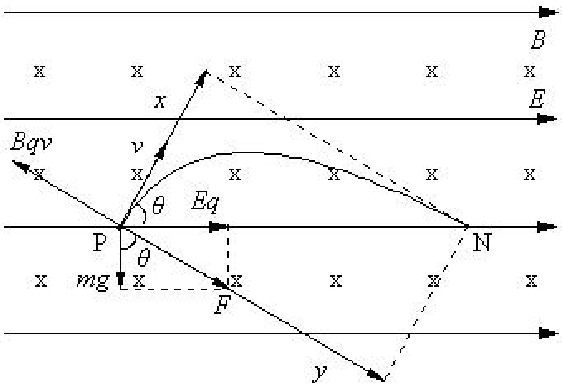
$t_2=\dfrac{2v_0}{a}=\dfrac{2mv_0}{qE}$，根据题意，要使粒子能够回到P点，必须满足$t_2\geq T_0$，

即$\dfrac{2mv_0}{qE}\geq T_0$，解得：$E\leq\dfrac{2mv_0}{qT_0}$，可见电场强度最大值为：$E_{\mathrm{m}}=\dfrac{2mv_0}{qT_0}$。

17. 【答案】(1) $v=20\text{m/s}$，$\theta=60^{\circ}$；(2) $2\sqrt{3}\text{s}$

【解析】(1)小球匀速直线运动时受力如图，其所受的三个力在同一平面内，合力为零，有：

$$Bqv=\sqrt{(qE)^2+(mg)^2}$$



代入数据可得：$v=20\text{m/s}$

如图速度 v 的方向与电场 E 的方向夹角为 θ，有：

$$\tan\theta=\frac{Eq}{mg}=\sqrt{3}，\theta=60^{\circ}$$

(2)撤去磁场，带电小球在重力与电场力的合力 F 作用下做类平抛运动，设其加速度为 a，有：

$$a=\frac{F}{m}=\frac{mg/\cos60^{\circ}}{m}=2g$$

设撤掉磁场后小球在初速度方向上的分位移为 x，有：$x=vt$

设小球在重力与电场力的合力方向上分位移为 y，有：$y=\frac{1}{2}at^2=gt^2$

如图，$\tan\theta=\frac{y}{x}=\frac{gt^2}{vt}=\frac{gt}{v}$，解得：$t=\frac{v\tan\theta}{g}=2\sqrt{3}\text{s}$

【解法研究】

撤去磁场后，由于电场力垂直于竖直方向，它对竖直方向的分运动没有影响，以 P 点为坐标原点，竖直向上为正方向，小球在竖直方向上做匀减速运动，其初速度为 $v_y=v\sin\theta$

若使小球再次穿过 P 点所在的电场线，仅需小球的竖直方向上分位移为零，则有：

$$v_yt-\frac{1}{2}gt^2=0 \qquad 解得：t=\frac{2v_y}{g}=2\sqrt{3}\text{s}。$$

18. 【答案】（1）$v_C=\frac{E}{B}$，（2）$W_f=mgh-\frac{1}{2}m\frac{E^2}{B^2}$，（3）$v_P=\sqrt{v_D^2+\left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2+g\right]t^2}$

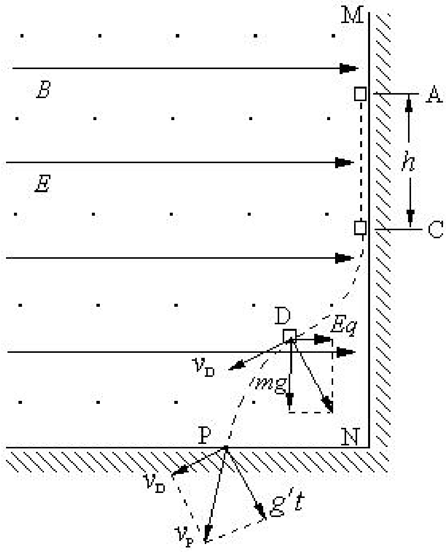
【解析】（1）小滑块沿 MN 运动受力如图所示，水平方向受力满足：$qvB+N=qE$

小滑块在 C 点离开 MN，对应有：$N=0$，$qv_CB=qE$　　解得：$v_C=\frac{E}{B}$

（2）小滑块从 A 点运动到 C 点，由动能定理可得：$mgh-W_f=\frac{1}{2}mv_C^2-0$

解得：$W_f=mgh-\frac{1}{2}m\frac{E^2}{B^2}$

（3）如图所示，小滑块速度最大时，速度方向与电场力、重力的合力方向垂直。撤去磁场后小滑块将做类平抛运动，合力场等效加速度为 g'，



$$g' = \frac{\sqrt{(Eq)^2+(mg)^2}}{m} = \sqrt{\left(\frac{qE}{m}\right)^2+g^2}$$

小滑块运动到 P 点时的两分速度为如图所示 v_D 与 $g't$，有：

$$v_P^2 = v_D^2 + (g't)^2$$

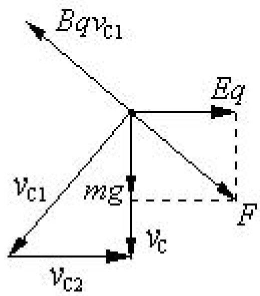
整理得：$v_P = \sqrt{v_D^2 + \left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2\right]t^2}$

【解法研究】

第（1）问：根据左手定则可判断，滑块在下滑过程中受水平向左的洛伦兹力，当洛伦兹力等于电场力时滑块离开 MN 开始做曲线运动，在 C 点，有：$Bqv_C = qE$，解得：$v_C = \frac{E}{B}$

第（3）问：设重力与电场力的合力为 F，在 D 点速度最大，v_D 的方向与 F 的方向垂直，从 D 到 P 做类平抛运动，在 F 方向做初速度为零的匀加速直线运动，加速度 $a = \frac{F}{m}$，t 时间内在 F 方向的位移为 $x = \frac{1}{2}at^2$，从 D 到 P，根据动能定理：$Fx = \frac{1}{2}mv_p^2 - \frac{1}{2}mv_D^2$，其中 $F = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$

解得：$v_P = \sqrt{v_D^2 + \left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2\right]t^2}$



一点注意：$Bqv_D \neq \sqrt{(mg)^2 + (Eq)^2}$

在 C 点，有：$Bqv_C = qE$，解得：$v_C = \frac{E}{B}$

设 $Bqv_{C1} = \sqrt{(mg)^2 + (Eq)^2}$，如图有：$v_{C2} = \frac{mg}{Bq}$，

v_{C1} 对应匀速直线运动，v_{C2} 对应匀速圆周运动，当圆周运动的速度方向与 v_{C1} 方向相同时，粒子运动的速度最大，$v_D = v_{C1} + v_{C2} = \frac{\sqrt{(mg)^2 + (Eq)^2}}{Bq} + \frac{mg}{Bq}$。

v_{C1} 对应匀速直线运动，加速度为零；v_{C2} 对应匀速圆周运动，加速度为向心加速度（向心加速度大小不变但方向不断改变），因此粒子在复合场中的合运动没有加速度为零的时刻。

19. 【答案】（1）$E_{\rm m}=\dfrac{(BqR)^2}{2m}$（2）$t_0=\dfrac{B\pi R^2}{2U_0}+\dfrac{BRd}{U_0}-\dfrac{\pi m}{Bq}$（3）$d<\dfrac{\pi mU_0}{100qB^2R}$

【解析】（1）粒子从飘入狭缝电场，根据动能定理可得：

$$\frac{1}{2}mv_1^2-0=U_0q \qquad 解得：v_1=\sqrt{\frac{2U_0q}{m}}$$

进入磁场后洛伦兹力提供向心力，有：$Bqv_1=m\dfrac{v_1^2}{r_1}$　　解得：$r_1=\dfrac{mv_1}{Bq}$

粒子在磁场中运动的时间为半个周期，即 $t_1=\dfrac{T}{2}=\dfrac{\pi m}{Bq}$

粒子第 2 次进入电场，根据动能定理可得：$\dfrac{1}{2}mv_2^2-\dfrac{1}{2}mv_1^2=U_0q$　整理得：$\dfrac{1}{2}mv_2^2=2U_0q$

解得：$v_2=\sqrt{\dfrac{4U_0q}{m}}=\sqrt{2}v_1$

粒子再次进入磁场，有：$Bqv_2=m\dfrac{v_2^2}{r_2}$　　解得：$r_2=\dfrac{mv_2}{Bq}$

粒子在磁场中运动的时间为半个周期，即 $t_2=\dfrac{T}{2}=\dfrac{\pi m}{Bq}$

粒子第 3 次进入电场，根据动能定理可得：$\dfrac{1}{2}mv_3^2-\dfrac{1}{2}mv_2^2=U_0q$　整理得：$\dfrac{1}{2}mv_3^2=3U_0q$

解得：$v_3=\sqrt{\dfrac{6U_0q}{m}}=\sqrt{3}v_1$

粒子再次进入磁场，有：$Bqv_3=m\dfrac{v_3^2}{r_3}$　　解得：$r_3=\dfrac{mv_3}{Bq}=\sqrt{3}r_1$

粒子在磁场中运动的时间为半个周期，即 $t_3=\dfrac{T}{2}=\dfrac{\pi m}{Bq}$

这样粒子在电场中不断地加速，在磁场中运动半径不断地增大，当粒子在磁场中运动半径等于 D 形盒半径 R 时，有：$R=\dfrac{mv_{\rm m}}{Bq}$　于是有：$v_{\rm m}=\dfrac{BqR}{m}$

出射粒子的动能：$E_{\rm m}=\dfrac{1}{2}mv_{\rm m}^2=\dfrac{(BqR)^2}{2m}$

（2）粒子被加速 n 次达到最大动能 $E_{\rm m}$，有：$E_{\rm m}=nU_0q$

解得：$n=\dfrac{E_{\rm m}}{U_0q}=\dfrac{(BqR)^2}{2mU_0q}=\dfrac{B^2R^2q}{2mU_0}$

粒子在狭缝中做匀加速直线运动，设 n 次经过狭缝的总时间为 $t_{\rm d}$，有：

$$nd=\frac{1}{2}at_{\rm d}^2=\frac{1}{2}\frac{U_0q}{dm}t_{\rm d}^2 \qquad 解得：t_{\rm d}=\sqrt{\frac{2nm}{U_0q}}d=\sqrt{\frac{2m}{U_0q}\frac{B^2R^2q}{2mU_0}}d=\frac{BRd}{U_0}$$

粒子从飘入狭缝至动能达到 $E_{\rm m}$ 所需的总时间

$$t_0=(n-1)\frac{T}{2}+t_{\rm d}=n\frac{T}{2}+t_{\rm d}-\frac{T}{2}=\frac{B^2R^2q}{2mU_0}\frac{\pi m}{Bq}+\frac{BRd}{U_0}-\frac{\pi m}{Bq}=\frac{B\pi R^2}{2U_0}+\frac{BRd}{U_0}-\frac{\pi m}{Bq}$$

（3）只有在 $0\sim(\frac{T}{2}-t_{\rm d})$ 时间内飘入的粒子才能每次均被加速，则所占的比例为：

$$\eta=\frac{\frac{T}{2}-t_{\rm d}}{\frac{T}{2}}=1-\frac{2t_{\rm d}}{T}=1-\frac{2\frac{BRd}{U_0}}{\frac{2\pi m}{Bq}}=1-\frac{B^2Rqd}{\pi mU_0}$$

将 $\eta>99\%$ 代入上式解得：$d<\frac{\pi mU_0}{100qB^2R}$。

【解法研究】

要使 $t=0$ 时飘入狭缝的粒子能射出回旋加速器，粒子每次进入电场都要获得加速，最后加速到在磁场中运动的半径为 D 形盒的半径 R（此时再用电或磁的方法将粒子引出加速器）。粒子 $t=0$ 时飘入狭缝，第 1 次加速的时间为 $t_{\rm d1}$，第 1 次进入磁场运动半个周期再次进入狭缝第 2 次加速，加速的时间为 $t_{\rm d2}$，第 2 次进入磁场，----，第 n 次进入磁场的时间是：

$$t=(t_{\rm d1}+\frac{T}{2})+(t_{\rm d2}+\frac{T}{2})+\bullet\bullet\bullet+(t_{\rm d(n-1)}+\frac{T}{2})+(t_{\rm dn})=t_{\rm d}+(n-1)\frac{T}{2}$$

为保证最后一次进入狭缝的粒子也能加速需满足：$t_{\rm d}<\frac{T}{2}$

在 $0\sim(\frac{T}{2}-t_{\rm d})$ 时间内飘入的粒子才能每次均被加速，为使更多的粒子能射出回旋加速器，$t_{\rm d}$ 要尽量的小。

设粒子在磁场中运动的总时间为 $t_{\rm c}$，有：$\frac{t_{\rm d}}{t_{\rm c}}=\frac{t_{\rm d}}{n\frac{T}{2}}=\frac{BRd}{U_0}\frac{2U_0}{B\pi R^2}=\frac{2d}{\pi R}<<1$，可见

$t_{\rm d}<<t_{\rm c}$。