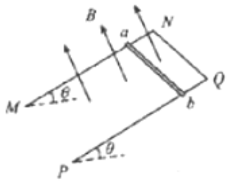
北京博飞港澳台联考试题

物理部分

---------带电粒子在磁场中的运动 1

1．如图，足够长的 U 型光滑金属导轨平面与水平面成θ角（$0<\theta<90°$），其中 MN 和 PQ 平行且间距为L，导轨平面与磁感应强度为 B 的匀强磁场垂直，导轨电阻不计。金属棒ab棒接入电路的电阻为R，并与两导轨始终保持垂直且良好接触，使棒ab由静止开始沿导轨下滑，当流过ab棒某一横截面的电量为q时，它的速度大小为v，则金属棒ab在这一过程中：（　）



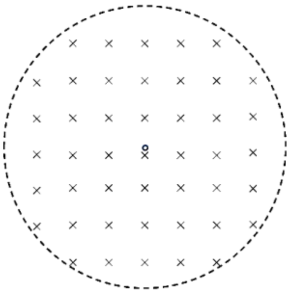
A. 棒ab运动的平均速度大小为$\frac{1}{2}v$

B. 滑行距离为$\frac{qR}{BL}$

C. 产生的焦耳热为$qBLv$

D. 受到的最大安培力大小为$\frac{B^2L^2v}{R}$

2．如图所示，空间存在一个半径为R_0的圆形匀强磁场区域，磁场的方向垂直于纸面向里，磁感应强度的大小为 B．有一个粒子源在纸面内沿各个方向以一定速率发射大量粒子，粒子的质量为 m、电荷量为+q．将粒子源置于圆心，则所有粒子刚好都不离开磁场，不考虑粒子之间的相互作用．



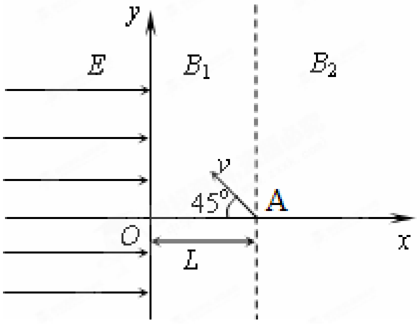
（1）求带电粒子的速率．

（2）若粒子源可置于磁场中任意位置，且磁场的磁感应强度大小变为$\frac{B}{4}$，求粒子在磁场中最长的运动时间 t．

（3）若原磁场不变，再叠加另一个半径为R_1（$R_1>R_0$）圆形匀强磁场，磁场的磁感应强度的大小为 B/2，方向垂直于纸面向外，两磁场区域成同心圆，此时该离子源从圆心出发的粒子都能回到圆心，求R_1的最小值和粒子运动的周期 T．

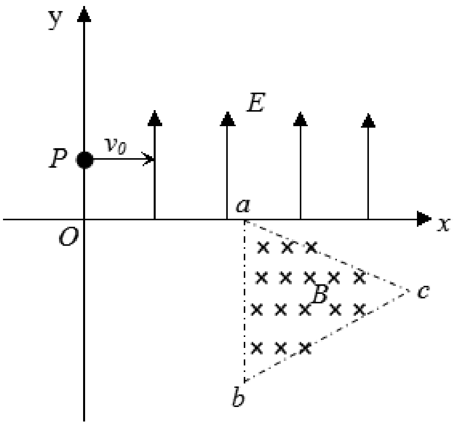
3．如图所示，在直角坐标系的二、三象限内有沿 x 轴正方向的匀强电场，电场强度大小为 E；在一、四象限内以 x=L 的直线为理想边界的左右两侧存在垂直于纸面的匀强磁场B_1和B_2，y 轴为磁场和电场的理想边界。在 x 轴上 x=L 的 A 点有一个质量为 m、电荷

量为 q 的带正电的粒子以速度 v 沿与 x 轴负方向成 45°的夹角垂直于磁场方向射出。粒子到达 y 轴时速度方向与 y 轴刚好垂直。若带点粒子经历在电场和磁场中的运动后刚好能够返回 A 点（不计粒子的重力）。



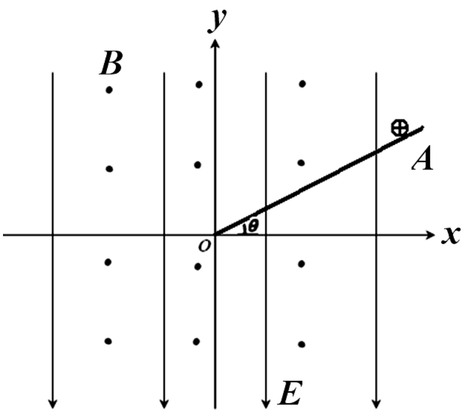
（1）判断磁场 B_1、B_2 的方向；
（2）计算磁感应强度 B_1、B_2 的大小；
（3）求粒子从 A 点出发到第一次返回 A 点所用的时间。

4．如图所示的平面直角坐标系 xOy，在第 I 象限内有平行于 y 轴的匀强电场，方向沿 y 轴正方向；在第Ⅳ象限的正三角形 abc 区域内有匀强磁场，方向垂直于 xOy 平面向里，正三角形边长为 L，且 ab 边与 y 轴平行。一质量为 m、电荷量为 q 的粒子，从 y 轴上的 P(0，h)点，以大小为 v_0 的速度沿 x 轴正方向射入电场，通过电场后从 x 轴上的 a(2h，0)点进入第Ⅳ象限，又经过磁场从 y 轴上的某点进入第III象限，且速度与 y 轴负方向成 45°角，不计粒子所受的重力。求：



（1）电场强度 E 的大小；
（2）粒子到达 a 点时速度的大小和方向；
（3）abc 区域内磁场的磁感应强度 B 的最小值。

5．如图所示竖直平面内，存在范围足够大的匀强磁场和匀强电场中，磁场的磁感应强度为 B，方向垂直纸面向外，电场强度大小为 E，电场方向竖直向下，另有一个质量为 m 带电量为 q（q>0）的小球，设 B、E、q、m、θ 和 g（考虑重力）为已知量。



（1）若小球射入此复合场恰做匀速直线运动，求速度 v_1 大小和方向。

（2）若直角坐标系第一象限固定放置一个光滑的绝缘斜面，其倾角为 θ，设斜面足够长，从斜面的最高点 A 由静止释放小球，求小球滑离斜面时的速度 v 大小以及在斜面上运动的时间 t

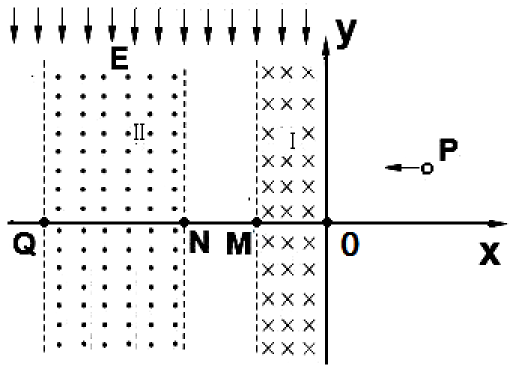
（3）在（2）基础上，重新调整小球释放位置，使小球到达斜面底端 O 恰好对斜面的压力为零，小球离开斜面后的运动是比较复杂的摆线运动，可以看作一个匀速直线运动和一个匀速圆周运动的叠加，求小球离开斜面后运动过程中速度的最大值 v_m 及所在位置的坐标。

6．如图所示，在直角坐标系 xOy 第二、三象限存在有界匀强磁场Ⅰ（垂直纸面向里）和有界匀强磁场Ⅱ（垂直纸面向外），O、M、N、Q 为磁场边界和 x 轴交点，OM=MN=L，在第二、三象限加上竖直向下的匀强电场。一质量为 m，电荷量为 q 的带负电的小球从第一象限的 P 点（2L，L）以某一初速度沿-x 轴方向射出，恰好从坐标原点 O 进入有界磁场Ⅰ，又从 M 点射出有界磁场Ⅰ，在有界磁场中做匀速圆周运动。（已知重力加速度为 g）

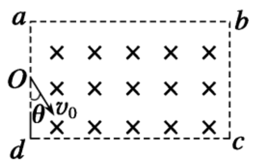
（1）求所加匀强电场场强 E 的大小；

（2）求带电小球过原点 O 的速度大小和有界磁场Ⅰ的磁感应强度 B 的大小；

（3）如带电小球能再次回到原点 O，则有界磁场Ⅱ的宽度应该满足的条件。



7．如图所示，一足够长的矩形区域 abcd 内充满方向垂直纸面向里的、磁感应强度为 B 的匀强磁场，在 ad 边中点 O，垂直于磁场射入一速度方向跟 ad 边夹角 θ＝30°、大小为 v_0 的带正电粒子．已知粒子质量为 m，电荷量为 q，ad 边长为 L，ab 边足够长，粒子重力不计，求：

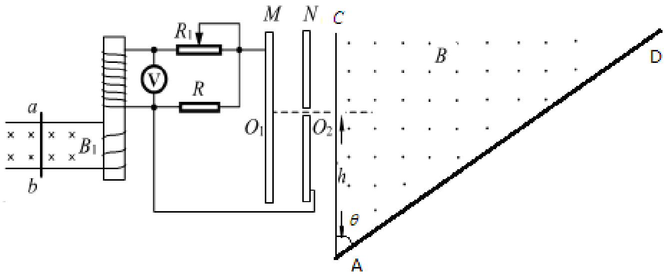


（1）粒子能从 ab 边上射出磁场的 v_0 大小范围；

（2）如果带电粒子不受上述 v_0 大小范围的限制，求粒子在磁场中运动的最长时间．

8．如图所示，匀强磁场 B_1 垂直水平光滑金属导轨平面向下，垂直导轨放置的导体棒 ab 在平行于导轨的外力作用下从静止开始运动，通过互感，使电压表示数 U 保持不变。定值电阻的阻值为 R，变阻器 R_1 的最大阻值为 $12R$。在电场作用下，带正电粒子源从 O_1 由静止开始经 O_2 小孔垂直 AC 边射入第二个匀强磁场区，该磁场的磁感应强度为 B，方向垂直纸面向外，其下边界 AD 与 AC 的夹角 $\theta = 53^{\circ}$。设带电粒子的电荷量为 q、质量为 m，A 端离小孔 O_2 的高度为高度 $h = \frac{3}{8B}\sqrt{\frac{6mU}{q}}$，请注意两线圈绕法，不计粒子重力，

已知 $\sin 53^\circ = \frac{4}{5}$；$\cos 53^\circ = \frac{3}{5}$。

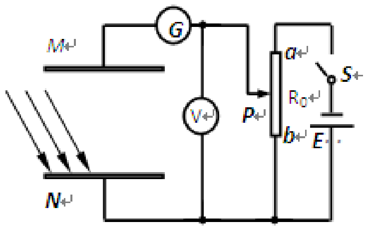


求：（1）为满足要求，试判断金属棒应在外力作用下做何种运动？

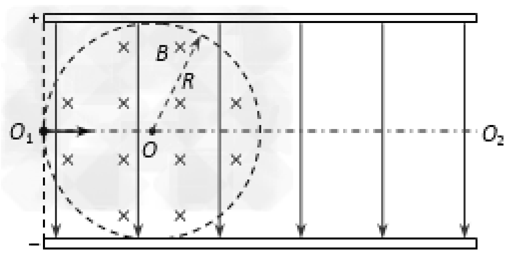
（2）调节变阻器 R_1 的滑动头，使接入电阻 R_x 为多大时，粒子刚好不会打在 AD 板上？

（3）调节 R_1 的滑动头，从题（2）中的位置缓慢移动到接入电阻为 $\frac{37}{27}R$ 处，求源源不断的粒子打在 AD 边界上的落点间的最大距离 S（用 h 表示）。

9．如图所示是测定光电效应产生的光电子比荷的简要实验原理图，M、N 两块平行板相距为 d，其中 N 板受紫外线照射后，将在 N 板的上侧空间发射沿不同方向、不同初动能的光电子，有些落到 M 板形成光电流，从而引起电流计 G 的指针偏转，若调节 R_0 逐渐增大极板间电压，可以发现电流逐渐减小，当电压表示数为 U 时，电流恰好为零。切断开关 S，在 MN 间加垂直于纸面的匀强磁场，逐渐增大磁感强度，也能使电流减小，当磁感强度为 B 时，电流恰为零。试求光电子的比荷 e / m？



10．如图所示，带电平行金属板相距为 2R，在两板间有垂直纸面向里磁感应强度为 B 的圆形匀强磁场区域，与两板及左侧边缘线相切。一个带正电的粒子（不计重力）沿两板间中心线 O_1O_2 从左侧边缘 O_1 点以某一速度射入，恰沿直线通过圆形磁场区域，并从极板边缘飞出，在极板间运动时间为 t_0。若撤去磁场，粒子仍从 O_1 点以相同速度射入，则经 $t_0/2$ 时间打到极板上。



（1）求粒子的初速度 v_0 和两极板间电压 U；

（2）若两极板不带电，保持磁场不变，该粒子仍沿中心线 O_1O_2 从 O_1 点射入，欲使粒子从两板间飞出，求射入的速度应满足条件。（已知 $\tan 2\theta = 2\tan\theta / (1-\tan^2\theta)$）

参考答案

1．BD

2．（1） $v=\dfrac{qBR_0}{2m}$ （2） $\dfrac{4\pi m}{3qB}$ （3） $(\sqrt{3}+1)R_0$ $\dfrac{28\pi m}{3qB}$

3．（1）B₁的方向垂直纸面向里，磁场 B₂的方向垂直纸面向外。

（2） $B_1=\dfrac{\sqrt{2}m\upsilon}{2qL}$； $B_2=\dfrac{(2+\sqrt{2})m\upsilon}{2qL}$ （3） $.\dfrac{2mv}{qE}+\dfrac{(3-\sqrt{2})\pi L}{v}$

4．（1） $E=\dfrac{mv_0^2}{2qh}$； （2） $v=\sqrt{2}v_0$，方向指向第 IV 象限与 x 轴正方向成 45° 角； （3） $B=\dfrac{2mv_0}{qL}$

5．（1） $v_1=\dfrac{mg+qE}{qB}$ （2） $\dfrac{m\cot\theta}{qB}$ （3） $y_n=-\dfrac{(mg+qE)(1+\sin\theta)\sin\theta}{q^2B^2}$

6．（1） $E=\dfrac{mg}{q}$； （2） $v=2\sqrt{gL}$， $B=\dfrac{2m}{q}\sqrt{\dfrac{2g}{L}}$； （3） $d=(\sqrt{2}+1)L$

7．（1） $\dfrac{qBL}{3m}<v_0\leqslant\dfrac{qBL}{m}$． （2） $\dfrac{5\pi m}{3qB}$

8．（1）向左做匀加速直线运动（2） $R_x=11R$ （3） $\dfrac{2}{3}h$

9． $\dfrac{e}{m}=\dfrac{8U}{B^2d^2}$

10．（1） $U=\dfrac{8BR^2}{t_0}$ （2） $0<v<\dfrac{2(\sqrt{2}-1)R}{t_0}$ 或 $v>\dfrac{2(\sqrt{10}+3)R}{t_0}$