

## 周末练习 2

### 一、单项选择题

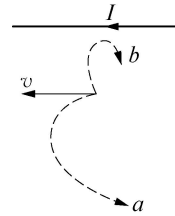
1. 带电粒子(不计重力)可能所处的状态是( )

- ① 在磁场中处于平衡状态
- ② 在电场中做匀速圆周运动
- ③ 在匀强磁场中做抛体运动
- ④ 在匀强电场做匀速直线运动

- A. ①④  
B. ①②  
C. ②④  
D. ③④

2. 如图所示, 水平导线中有电流  $I$  通过, 导线正下方的电子初速度的方向与电流  $I$  的方向相同, 则电子将( )

- A. 沿路径  $a$  运动, 轨迹是圆
- B. 沿路径  $a$  运动, 轨迹半径越来越大
- C. 沿路径  $a$  运动, 轨迹半径越来越小
- D. 沿路径  $b$  运动, 轨迹半径越来越小

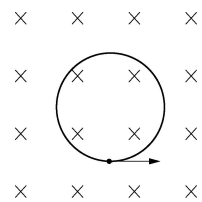


3. 在北半球, 地磁场磁感应强度的一个分量竖直向下, 如果你家中电视机显像管的位置恰好处于南北方向, 那么由南向北射出的电子束在地磁场的作用下将向哪个方向偏转( )

- A. 不偏转
- B. 向东
- C. 向西
- D. 无法判断

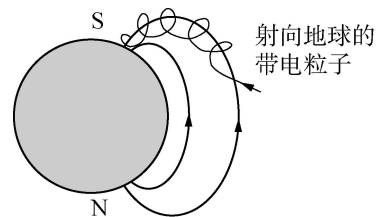
4. 如图所示, 氘核  ${}^2\text{H}$  和氦核  ${}^4\text{He}$  分别垂直进入同一匀强磁场中做匀速圆周运动, 则( )

- A. 氘核和氦核做圆周运动的周期之比为 2 : 1
- B. 若入射速率相等, 氘核和氦核做圆周运动的角速度相同
- C. 若质量和速率的乘积相等, 氘核和氦核的圆周半径相等
- D. 增大入射速率, 它们的周期也会增大

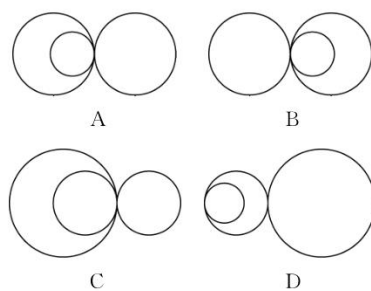
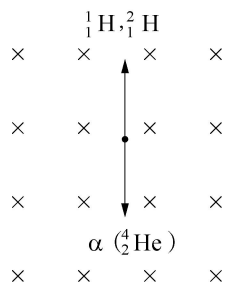


5. 来自外层空间的大量带电粒子(宇宙射线)进入地球磁场范围后, 粒子将做如图所示的螺旋运动, 向两极靠拢, 其回转一周的时间即为一个周期. 若忽略除洛伦兹力外的其他作用力, 在粒子向地磁场两极运动的过程中, 下列说法中正确的是( )

- A. 粒子螺旋运动的周期逐渐变大, 半径逐渐变小
- B. 粒子螺旋运动的周期逐渐变大, 半径逐渐变大
- C. 粒子螺旋运动的周期逐渐变小, 半径逐渐变小
- D. 粒子螺旋运动的周期逐渐变小, 半径逐渐变大

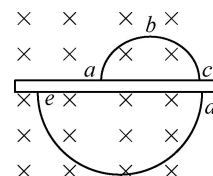


6. 如图所示, 在匀强磁场中,  ${}^1\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$ 、 $\alpha$ ( ${}^4\text{He}$ ) 三种粒子从同一地点垂直进入磁场,  ${}^1\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$  速度方向竖直向上,  $\alpha$ ( ${}^4\text{He}$ ) 速度方向竖直向下, 速率大小相等, 磁场足够大, 不计重力及粒子间的相互作用, 则三个粒子的运动轨迹可能是( )



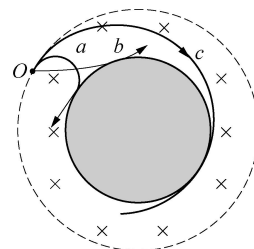
7. 如图所示, 一带电粒子(重力不计)在匀强磁场中沿图中轨迹运动, 中央是一绝缘薄板, 粒子在穿过绝缘薄板时有动能损失, 由图可知( )

- A. 因为洛伦兹力做功, 粒子的运动半径会变化
- B. 粒子带正电
- C. 粒子的运动方向是 *abcde*
- D. 粒子在下半周期比上半周期所用时间长



8. 地磁场能有效抵御宇宙射线的侵入, 赤道剖面外的地磁场可简化为包围地球一定厚度的匀强磁场, 方向垂直该剖面, 如图所示. 图中给出了速度在图示平面内的从 *O* 点沿平行与垂直地面 2 个不同方向入射的微观带电粒子(不计重力)在地磁场中的三条运动轨迹 *a*、*b*、*c*, 且它们都恰不能到达地面, 则下列相关说法中正确的是( )

- A. 沿 *a* 轨迹运动的粒子带正电
- B. 若沿 *a*、*c* 两轨迹运动的是相同的粒子, 则 *a* 粒子的速率更大
- C. 某种粒子运动轨迹为 *a*, 若它速率不变, 只是改变入射地磁场的速度方向, 则只要其速度在图示平面内, 粒子可能到达地面
- D. 某种粒子运动轨迹为 *b*, 若它以相同的速率在图示平面内沿其他方向入射, 则有可能到达地面

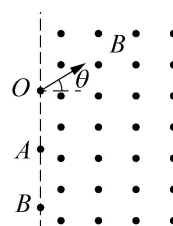


9. 处于匀强磁场中的一个带电粒子, 仅在磁场力作用下做匀速圆周运动. 将该粒子的运动等效为环形电流, 那么此电流值( )

- A. 与粒子的电荷量成正比
- B. 与粒子的速率成正比
- C. 与粒子的质量成正比
- D. 与磁感应强度成正比

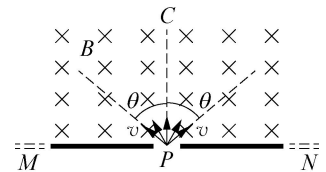
10. 如图所示, 一单边有界磁场的边界上有一粒子源, 以与水平方向成  $\theta$  角的不同速率, 向磁场中射入两个相同的带正电粒子 1 和 2, 粒子 1 经磁场偏转后从边界上 *A* 点射出磁场, 粒子 2 经磁场偏转后从边界上 *B* 点射出磁场,  $OA=AB$ , 不计重力, 则( )

- A. 粒子 1 与粒子 2 的速度之比为 1 : 2
- B. 粒子 1 与粒子 2 的速度之比为 1 : 4
- C. 粒子 1 与粒子 2 在磁场中运动的时间之比为 1 : 2
- D. 粒子 1 与粒子 2 在磁场中运动的时间之比为 1 : 4



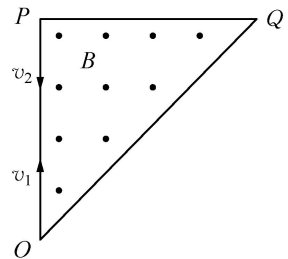
11. 如图所示, 在屏  $MN$  的上方有磁感应强度为  $B$  的匀强磁场, 磁场方向垂直于纸面向里.  $P$  为屏上的一小孔,  $PC$  与  $MN$  垂直. 一群质量为  $m$ 、电荷量为  $-q$  的粒子(不计重力), 以相同的速率  $v$ , 从  $P$  处沿垂直于磁场的方向射入磁场区域. 粒子入射方向在与磁场  $B$  垂直的平面内, 且散开在与  $PC$  夹角为  $\theta$  的范围内. 则在屏  $MN$  上被粒子打中的区域的长度为( )

- A.  $\frac{2mv}{qB}$
- B.  $\frac{2mv\cos\theta}{qB}$
- C.  $\frac{2mv(1-\sin\theta)}{qB}$
- D.  $\frac{2mv(1-\cos\theta)}{qB}$



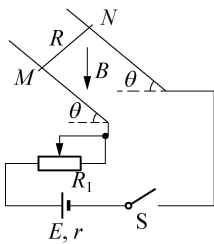
12. 如图所示, 等腰直角三角形  $OPQ$  区域内(含边界)存在方向垂直于纸面向外的匀强磁场, 磁感应强度大小为  $B$ . 一质量为  $m$ 、带电荷量为  $+q$  的粒子 1 从  $O$  点沿  $OP$  方向射入磁场, 质量为  $2m$ 、带电荷量为  $-q$  的粒子 2 从  $P$  点沿  $PO$  方向射入磁场, 不计粒子的重力和它们之间的相互作用, 则( )

- A. 粒子 1 不能经过  $Q$  点
- B. 粒子 2 可以经过  $Q$  点
- C. 粒子 1 在磁场中运动的时间可能为  $\frac{2\pi m}{3Bq}$
- D. 粒子 2 在磁场中运动的时间可能为  $\frac{3\pi m}{4Bq}$

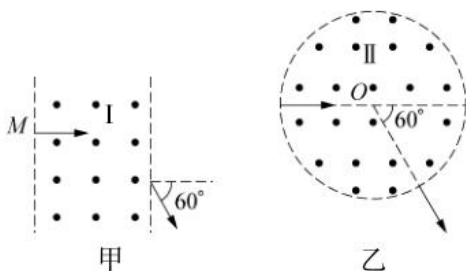


## 二、计算题

13. 如图所示, 两平行光滑导轨相距  $L=20\text{cm}$ , 金属棒  $MN$  的质量为  $m=10\text{g}$ , 电阻  $R=8\Omega$ , 匀强磁场磁感应强度  $B$  的方向竖直向下, 大小为  $B=0.8\text{T}$ , 电源电动势  $E=10\text{V}$ 、内阻  $r=1\Omega$ . 当开关  $S$  闭合时,  $MN$  处于平衡状态, 求此时变阻器  $R_1$  的阻值. (设  $\theta=45^\circ$ ,  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ )

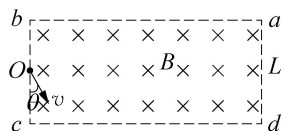


14. 如图甲所示, 有界匀强磁场 I 的宽度与如图乙所示圆形匀强磁场 II 的半径相等, 一个不计重力的粒子从左边界的  $M$  点以一定初速度水平向右垂直射入磁场 I, 从右边界射出时速度方向偏转了  $60^\circ$  角. 该粒子以同样的初速度沿半径方向垂直射入磁场 II, 射出磁场时速度方向也偏转了  $60^\circ$  角. 求甲、乙两区域磁感应强度  $B_1$  与  $B_2$  的比值.



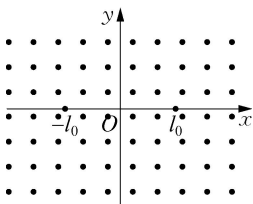
15. 如图所示, 磁感应强度大小为  $B$ 、方向垂直纸面向里的匀强磁场被约束在由边界  $ab$ 、 $bc$ 、 $cd$  形成的区域内( $ab \parallel cd$ ,  $bc \perp ab$ ,  $ab$  和  $cd$  可以向右端无限延伸). 一质量为  $m$ 、电荷量为  $+q$  的带电粒子从  $bc$  边的中点  $O$  处, 以大小为  $v$  的初速度垂直磁场方向射入此区域, 初速度方向与  $bc$  边的夹角  $\theta=30^\circ$ . 已知  $bc$  边的长度为  $L$ , 粒子重力不计, 试问:

- (1) 若粒子最终能从边界  $ab$  射出, 则初速度  $v$  应满足什么条件?
- (2) 粒子在匀强磁场中运动的最长时间应为多少?



16. 如图所示, 在某装置中有一匀强磁场, 磁感应强度为  $B$ , 方向垂直于  $xOy$  所在纸面向外. 某时刻在  $x=l_0$ 、 $y=0$  处, 一质子沿  $y$  轴负方向进入磁场; 同一时刻, 在  $x=-l_0$ 、 $y=0$  处, 一个  $\alpha$  粒子进入磁场, 速度方向与磁场垂直. 不考虑质子与  $\alpha$  粒子的相互作用, 设质子的质量为  $m$ , 电荷量为  $e$ . 则:

- (1) 如果质子经过坐标原点  $O$ , 它的速度为多大?
- (2) 如果  $\alpha$  粒子与质子经最短时间在坐标原点相遇,  $\alpha$  粒子的速度应为何值? 方向如何?



## 周末练习 2 答案

1.B 2.B

**3.B 解析** 磁场方向竖直向下，手心应该向上，粒子带负电，四指应该由北向南，则大拇指方向向东，则 B 选项正确。

**4.C 解析** 粒子在磁场中做圆周运动的周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，代入氕核  ${}^1\text{H}$  和氘核  ${}^2\text{H}$  的比荷得氕核和氘核做圆周运动的周期之比为 1:2，A 错误；粒子在磁场中做圆周运动的半径  $r = \frac{mv}{qB}$ ，角速度  $\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$ ，氕核和氘核的角速度大小之比为 2:1，与入射速率无关，B 错误；由  $r = \frac{mv}{qB}$  可知，若质量和速率的乘积相等，氕核和氘核的圆周半径相等，C 正确；周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，入射速率与周期无关，所以增大入射速率，它们的周期不变，D 错误。故本题选 C。

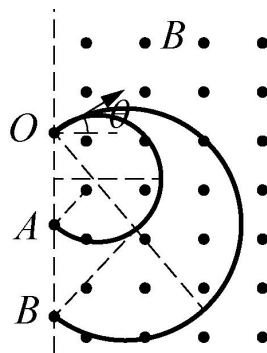
**5.C 解析** 由于粒子向地磁场两极运动的过程中，磁感应强度越来越大，根据周期公式  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  可知粒子螺旋运动的周期逐渐变小；由于洛伦兹力不做功，则粒子的速率保持不变，由于带电粒子向地磁场两极运动的过程中，磁感应强度越来越大，根据轨道半径公式  $r = \frac{mv}{qB}$  可知粒子螺旋运动的半径逐渐变小，A、B、D 错误，C 正确。故本题选 C。

6.A 7B

8. D **【解析】** 由左手定则可知，沿 a 轨迹运动的粒子带负电，故 A 错误；由半径公式  $r = \frac{mv}{Bq}$  可知，沿 c 轨迹运动的半径大，则沿 c 轨迹运动的粒子的速率更大，故 B 错误；圆的直径为最长的弦，图中轨迹 a 都到不了地面，则沿其他方向也将不会到达地面，故 C 错误；由图可知，沿轨迹 b 运动的粒子，当粒子射入的速度方向沿顺时针转过小于  $90^\circ$  的锐角时，都可到达地面，故 D 正确。故本题选 D。

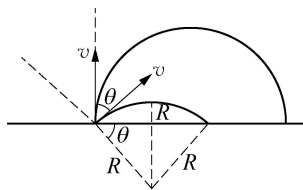
9. D **【解析】** 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，该粒子运动等效的环形电流  $I = \frac{q}{T} = \frac{q^2 B}{2\pi m}$ ，由此可知， $I \propto q^2$ ，A 错误； $I$  与速率无关，B 错误； $I \propto \frac{1}{m}$ ，即  $I$  与  $m$  成反比，C 错误； $I \propto B$ ，D 正确。

10. A **【解析】** 如图所示，粒子 1 进入磁场时速度的垂线与 OA 的垂直平分线的交点为粒子 1 在磁场中的轨迹圆的圆心；同理，粒子 2 进入磁场时速度的垂线与 OB 的垂直平分线的交点为粒子 2 在磁场中的轨迹圆的圆心。由几何关系可知，两个粒子在磁场中做圆周运动的半径之比为  $r_1 : r_2 = 1 : 2$ ，由  $r = \frac{mv}{qB}$  可知，粒子 1 与粒子 2 的速度之比为 1:2，A 正确，B 错误；由于粒子在磁场中做圆周运动的周期均为  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，且两粒子在磁场中做圆周运动的轨迹所对的圆心角相同，故两个粒子在磁场中运动的时间相等，C、D 错误。



11. D 【解析】如图所示，能打到的范围中最远点为  $2R$  处，其中  $R$  为轨迹半径， $R = \frac{mv}{qB}$ ，

最近点为  $2R\cos\theta$  处，所以总长度  $L = 2R - 2R\cos\theta = \frac{2mv(1 - \cos\theta)}{qB}$ 。

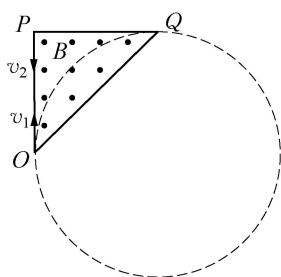


12. D 【解析】粒子 1 能经过  $Q$  点，如解图甲所示，该粒子在磁场中运动最大时间为

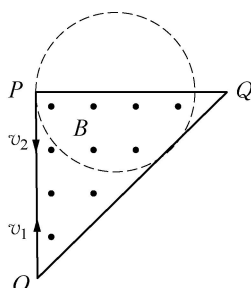
$$t_{1\max} = \frac{1}{4}T = \frac{\pi m}{2qB}$$

A、C 错误；粒子 2 不能经过  $Q$  点，如解图乙所示，当运动轨迹与斜边相切时，

粒子在磁场中运动的时间为  $t_2 = \frac{135^\circ}{360^\circ}T = \frac{3\pi m}{4Bq}$ ，B 错误，D 正确。故本题选 D。

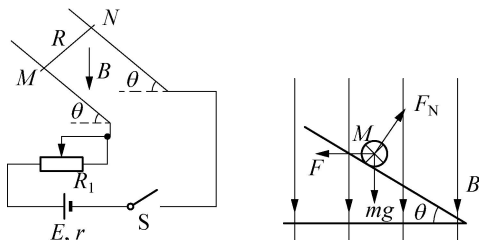


甲



乙

13 解析 先根据左手定则判断安培力方向，再作出金属棒平衡时的受力平面图，如图所示。



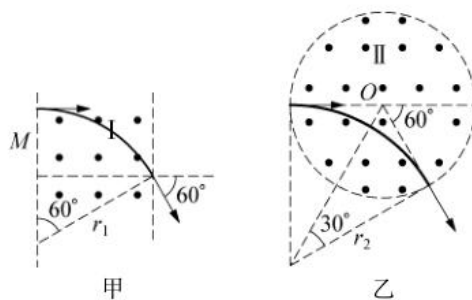
当  $MN$  处于平衡状态时，根据平衡条件有  $mgsin\theta - BIL\cos\theta = 0$ 。由闭合电路欧姆定律得  $I = \frac{E}{R + R_1 + r}$ 。联立解得  $R_1 = 7\Omega$ 。

14.  $\frac{3}{2}$  【解析】设有界磁场 I 宽度为  $d$ ，则粒子

在磁场 I 和磁场 II 中的运动轨迹分别如图甲、乙所示。由洛伦兹力提供向心力知  $Bqv = m\frac{v^2}{r}$  得  $B = \frac{mv}{rq}$ 。由

几何关系知  $d = r_1\sin 60^\circ$ ， $r_1 = \frac{d}{\sin 60^\circ}$ ， $r_2 = d\tan 60^\circ$ 。联立

$$\text{得 } \frac{B_1}{B_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{3}{2}.$$



甲

乙

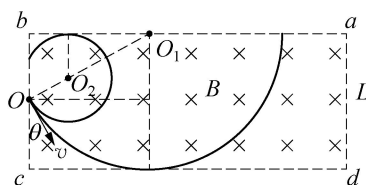
15. (1)  $\frac{qBL}{3m} \leq v_0 \leq \frac{qBL}{m}$

(2)  $\frac{5\pi m}{3qB}$  【解析】粒子轨迹如图所示，对圆  $O_1$ ，由几何关系知  $R_1=L$ ，粒子在磁场中做

匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律得  $qv_0B=m\frac{v_0^2}{R_1}$ ，解得  $v_0=\frac{qBL}{m}$ ；对圆

$O_2$ ，由几何关系知  $R_2+R_2\sin 30^\circ=\frac{1}{2}L$ ， $R_2=\frac{1}{3}L$ 。由牛顿第二定律得  $qv_0B=m\frac{v_0^2}{R_2}$ ，解得  $v_0=\frac{qBL}{3m}$ 。

所以  $\frac{qBL}{3m} \leq v_0 \leq \frac{qBL}{m}$  范围的粒子可从  $ab$  边射出。



(2) 由图可知，圆  $O_1$  对应的圆心角为  $150^\circ$ ，圆  $O_2$  对应的圆心角为  $300^\circ$ ，所以圆  $O_2$  对应的运动时间更长，粒子在磁场中做圆周运动的周期  $T=\frac{2\pi m}{qB}$ ，时间  $t_2=\frac{5}{6}T=\frac{5\pi m}{3qB}$ ，所以运动的最长时间为  $\frac{5\pi m}{3qB}$ 。

16. (1)  $\frac{eBl_0}{2m}$  (2)  $\frac{\sqrt{2}eBl_0}{4m}$ ，方向与  $x$  轴正方向的夹角为  $\frac{\pi}{4}$

【解析】(1) 质子的运动轨迹如图甲所示，其圆心在  $x=\frac{l_0}{2}$  处，其半径  $r_1=\frac{l_0}{2}$ 。又  $r_1=\frac{mv}{eB}$ ，

可得  $v=\frac{eBl_0}{2m}$ 。(2) 质子从  $x=l_0$  处到达坐标原点  $O$  处的时间为  $t_H=\frac{T_H}{2}$ ，又  $T_H=\frac{2\pi m}{eB}$ ，可得  $t_H$

$=\frac{\pi m}{eB}$ 。 $\alpha$ 粒子的周期为  $T_\alpha=\frac{4\pi m}{eB}$ ，可得  $t_\alpha=\frac{T_\alpha}{4}$ 。

两粒子的运动轨迹如图所示。

由几何关系得  $r_\alpha=\frac{\sqrt{2}}{2}l_0$ ，又  $2ev_\alpha B=\frac{m_\alpha v_\alpha^2}{r_\alpha}$ ，解得

$v_\alpha=\frac{\sqrt{2}eBl_0}{4m}$ ，方向与  $x$  轴正方向的夹角为  $\frac{\pi}{4}$ 。

