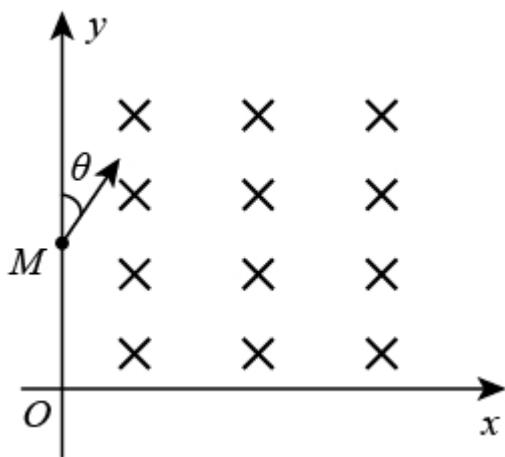


专题 11 磁场

1. (2020·天津高考真题) 如图所示, 在 Oxy 平面的第一象限内存在方向垂直纸面向里, 磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。一带电粒子从 y 轴上的 M 点射入磁场, 速度方向与 y 轴正方向的夹角 $\theta = 45^\circ$ 。粒子经过磁场偏转后在 N 点 (图中未画出) 垂直穿过 x 轴。已知 $OM = a$, 粒子电荷量为 q , 质量为 m , 重力不计。则 ()



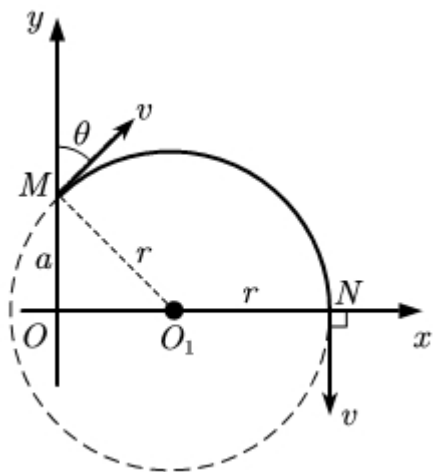
- A. 粒子带负电荷
B. 粒子速度大小为 $\frac{qBa}{m}$
C. 粒子在磁场中运动的轨道半径为 a
D. N 与 O 点相距 $(\sqrt{2} + 1)a$

【答案】AD

【解析】

A. 粒子向下偏转, 根据左手定则判断洛伦兹力, 可知粒子带负电, A 正确;

BC. 粒子运动的轨迹如图



由于速度方向与 y 轴正方向的夹角 $\theta = 45^\circ$ ，根据几何关系可知

$$\angle OMO_1 = \angle OO_1M = 45^\circ, \quad OM = OO_1 = a$$

则粒子运动的轨道半径为

$$r = O_1M = \sqrt{2}a$$

洛伦兹力提供向心力

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

解得

$$v = \frac{\sqrt{2}qBa}{m}$$

BC 错误；

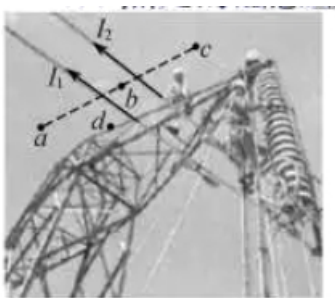
D. N 与 O 点的距离为

$$NO = OO_1 + r = (\sqrt{2} + 1)a$$

D 正确。

故选 AD。

2. (2020·浙江省高考真题) 特高压直流输电是国家重点能源工程。如图所示, 两根等高、相互平行的水平长直导线分别通有方向相同的电流 I_1 和 I_2 , $I_1 > I_2$ 。 a 、 b 、 c 三点连线与两根导线等高并垂直, b 点位于两根导线间的中点, a 、 c 两点与 b 点距离相等, d 点位于 b 点正下方。不考虑地磁场的影响, 则()

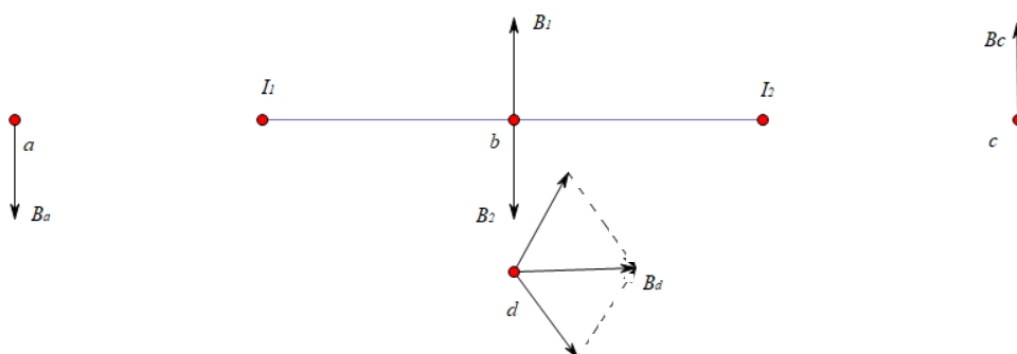


- A. b 点处的磁感应强度大小为 0
- B. d 点处的磁感应强度大小为 0
- C. a 点处的磁感应强度方向竖直向下
- D. c 点处的磁感应强度方向竖直向下

【答案】C

【解析】

- A. 通电直导线周围产生磁场方向由安培定判断, 如图所示



I_1 在 b 点产生的磁场方向向上, I_2 在 b 点产生的磁场方向向下, 因为

$$I_1 > I_2$$

即

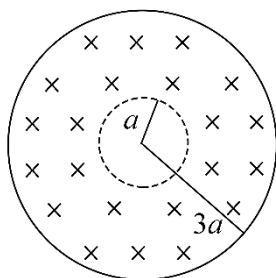
$$B_1 > B_2$$

则在 b 点的磁感应强度不为零, A 错误;

BCD. 如图所示, d 点处的磁感应强度不为零, a 点处的磁感应强度竖直向下, c 点处的磁感应强度竖直向上, BD 错误, C 正确。

故选 C。

3. (2020·全国高考课标 3 卷) 真空中有一匀强磁场, 磁场边界为两个半径分别为 a 和 $3a$ 的同轴圆柱面, 磁场的方向与圆柱轴线平行, 其横截面如图所示。一速率为 v 的电子从圆心沿半径方向进入磁场。已知电子质量为 m , 电荷量为 e , 忽略重力。为使该电子的运动被限制在图中实线圆围成的区域内, 磁场的磁感应强度最小为 ()



- A. $\frac{3mv}{2ae}$ B. $\frac{mv}{ae}$ C. $\frac{3mv}{4ae}$ D. $\frac{3mv}{5ae}$

【答案】C

【解析】

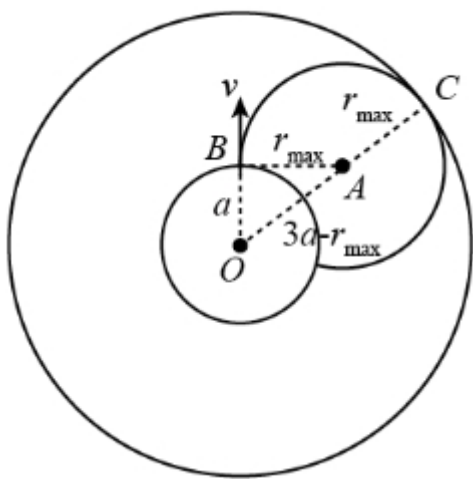
电子在磁场中做匀速圆周运动，由洛伦兹力提供向心力

$$eBv = m \frac{v^2}{r}$$

则磁感应强度与圆周运动轨迹关系为

$$B = \frac{mv}{er}$$

即运动轨迹半径越大，磁场的磁感应强度越小。令电子运动轨迹最大的半径为 $r_{\max}$ ，为了使电子的运动被限制在图中实线圆围成的区域内，其最大半径的运动轨迹与实线圆相切，如图所示



A 点为电子做圆周运动的圆心，电子从圆心沿半径方向进入磁场，由左手定则可得， $AB \perp OB$ ， $\triangle ABO$ 为直角三角形，则由几何关系可得

$$(3a - r_{\max})^2 = r_{\max}^2 + a^2$$

解得

$$r_{\max} = \frac{4}{3}a$$

解得磁场的磁感应强度最小值

$$B_{\min} = \frac{mv}{er_{\max}} = \frac{3mv}{4ae}$$

故选 C。

4. (2020·全国高考课标 2 卷)CT 扫描是计算机 X 射线断层扫描技术的简称, CT 扫描机可用于对多种病情的探测。图 (a) 是某种 CT 机主要部分的剖面图, 其中 X 射线产生部分的示意图如图 (b) 所示。图 (b) 中 M 、 N 之间有一电子束的加速电场, 虚线框内有匀强偏转磁场; 经调节后电子束从静止开始沿带箭头的实线所示的方向前进, 打到靶上, 产生 X 射线 (如图中带箭头的虚线所示); 将电子束打到靶上的点记为 P 点。则 ()

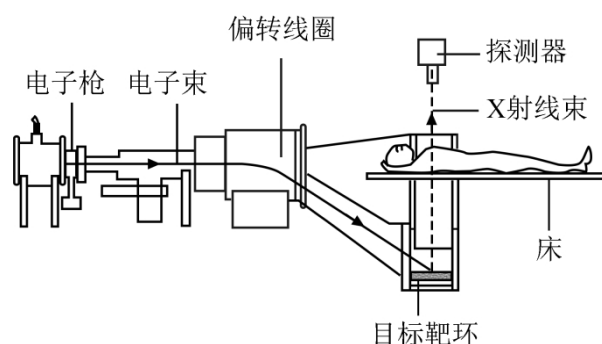


图 (a)

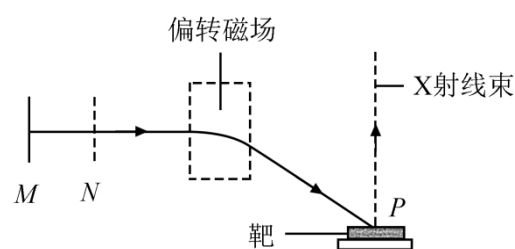


图 (b)

- A. M 处的电势高于 N 处的电势
- B. 增大 M 、 N 之间的加速电压可使 P 点左移

- C. 偏转磁场的方向垂直于纸面向外
- D. 增大偏转磁场磁感应强度的大小可使 P 点左移

【答案】D

【解析】

A. 由于电子带负电，要在 MN 间加速则 MN 间电场方向由 N 指向 M，根据沿着电场线方向电势逐渐降低可知 M 的电势低于 N 的电势，故 A 错误；

B. 增大加速电压则根据

$$eU = \frac{1}{2}mv^2$$

可知会增大到达偏转磁场的速度；又根据在偏转磁场中洛伦兹力提供向心力有

$$evB = m\frac{v^2}{R}$$

可得

$$R = \frac{mv}{eB}$$

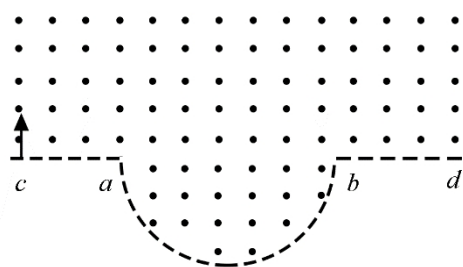
可知会增大在偏转磁场中的偏转半径，由于磁场宽度相同，故根据几何关系可知会减小偏转的角度，故 P 点会右移，故 B 错误；

C. 电子在偏转电场中做圆周运动，向下偏转，根据左手定则可知磁场方向垂直纸面向里，故 C 错误；

D. 由 B 选项的分析可知, 当其它条件不变时, 增大偏转磁场磁感应强度会减小半径, 从而增大偏转角度, 使 P 点左移, 故 D 正确。

故选 D。

5. (2020·全国高考课标 1 卷) 一匀强磁场的磁感应强度大小为 B , 方向垂直于纸面向外, 其边界如图中虚线所示, ab 为半圆, ac 、 bd 与直径 ab 共线, ac 间的距离等于半圆的半径。一束质量为 m 、电荷量为 q ($q>0$) 的粒子, 在纸面内从 c 点垂直于 ac 射入磁场, 这些粒子具有各种速率。不计粒子之间的相互作用。在磁场中运动时间最长的粒子, 其运动时间为 ()



- A. $\frac{7\pi m}{6qB}$ B. $\frac{5\pi m}{4qB}$ C. $\frac{4\pi m}{3qB}$ D. $\frac{3\pi m}{2qB}$

【答案】C

【解析】

粒子在磁场中做匀速圆周运动

$$qBv = \frac{mv^2}{r}, \quad T = \frac{2\pi r}{v}$$

可得粒子在磁场中的周期

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

粒子在磁场中运动的时间

$$t = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T = \frac{\theta m}{qB}$$

则粒子在磁场中运动的时间与速度无关，轨迹对应的圆心角越大，运动时间越长。采用放缩圆解决该问题，

粒子垂直 ac 射入磁场，则轨迹圆心必在 ac 直线上，将粒子的轨迹半径由零逐渐放大。

当半径 $r \leq 0.5R$ 和 $r \geq 1.5R$ 时，粒子分别从 ac 、 bd 区域射出，磁场中的轨迹为半圆，运动时间等于半个周期。

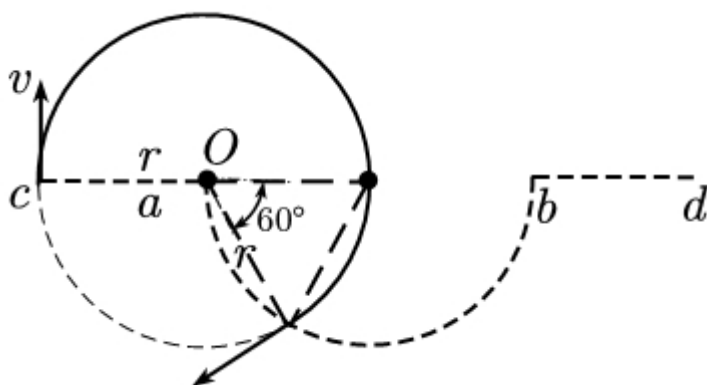
当 $0.5R < r < 1.5R$ 时，粒子从半圆边界射出，逐渐将轨迹半径从 $0.5R$ 逐渐放大，粒子射出位置从半圆顶端向下移动，轨迹圆心角从 π 逐渐增大，当轨迹半径为 R 时，轨迹圆心角最大，然后再增大轨迹半径，轨迹圆心角减小，因此当轨迹半径等于 R 时轨迹圆心角最大，即轨迹对应的最大圆心角

$$\theta = \pi + \frac{\pi}{3} = \frac{4}{3}\pi$$

粒子运动最长时间为

$$t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{\frac{4}{3}\pi}{2\pi} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{4\pi m}{3qB},$$

故选 C。



十年高考真题分类汇编(2010－2019) 物理

专题 12 磁场

选择题：

1.(2019•海南卷•T2)如图，一段半圆形粗铜线固定在绝缘水平桌面(纸面)上，铜线所在空间有一匀强磁场，磁场方向竖直向下。当铜线通有顺时针方向电流时，铜线所受安培力的方向



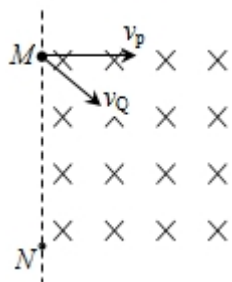
- A.向前 B.向后 C.向左 D.向右

【答案】A

【解析】

半圆形导线所受的安培力等效于直径长的直导线所受的安培力，由左手定则可知，铜线所受安培力的方向向前，故选 A.

2.(2019•海南卷•T9)如图，虚线 MN 的右侧有方向垂直于纸面向里的匀强磁场，两电荷量相同的粒子 P 、 Q 从磁场边界的 M 点先后射入磁场，在纸面内运动。射入磁场时， P 的速度 v_P 垂直于磁场边界， Q 的速度 v_Q 与磁场边界的夹角为 45° 。已知两粒子均从 N 点射出磁场，且在磁场中运动的时间相同，则()



A. P 和 Q 的质量之比为 1: 2

B. P 和 Q 的质量之比为 $\sqrt{2}:1$

C. P 和 Q 速度大小之比为 $\sqrt{2}:1$

D. P 和 Q 速度大小之比为 2: 1

【答案】AC

【解析】

AB、由题意可知， P 、 Q 两粒子的运动轨迹分别为半圆、四分之一圆，再根据 $t = \frac{\theta m}{qB}$

解得： $m_P:m_Q=1:2$ ，故 A 正确，B 错误；

CD、结合几何关系可知， $R_P:R_Q=1:\sqrt{2}$ ，由公式 $qvB=m\frac{v^2}{R}$ ，解得： $v_P:v_Q=\sqrt{2}:1$ ，

故 C 正确，D 错误。

故选：AC。

3.(2019•天津卷•T4)笔记本电脑机身和显示屏对应部位分别有磁体和霍尔元件。当显示屏开启时磁体远离霍尔元件，电脑正常工作；当显示屏闭合时磁体靠近霍尔元件，屏幕熄灭，电脑进入休眠状态。如图所示，一块宽为 a 、长为 c 的矩形半导体霍尔元件，元件内的导电粒子是电荷量为 e 的自由电子，通入方向向右的电流时，电子的定向移动速度为 v 。当显示屏闭合时元件处于垂直于上表面、方向向下的匀强磁场中，于是元件的前、后表面间出现电压 U ，以此控制屏幕的熄灭。则元件的()



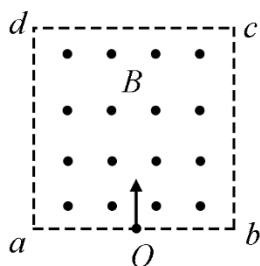
- A. 前表面的电势比后表面的低
- B. 前、后表面间的电压 U 与 v 无关
- C. 前、后表面间的电压 U 与 c 成正比
- D. 自由电子受到的洛伦兹力大小为 $\frac{eU}{a}$

【答案】D

【解析】

【详解】由图知电流从左向右流动，因此电子的运动方向为从右向左，根据左手定则可知电子偏转到后面表，因此前表面的电势比后表面的高，故 A 错误，电子在运动过程中洛伦兹力和电场力平衡，有 $F_{\text{洛}} = evB, F_{\text{电}} = eE = e\frac{U}{a}$ ，故 $F_{\text{洛}} = e\frac{U}{a}$ ，故 D 正确，由 $evB = e\frac{U}{a}$ 则电压 $U = avB$ ，故前后表面的电压与速度有关，与 a 成正比，故 BC 错误。

4.(2019•全国 II 卷•T4)如图，边长为 l 的正方形 $abcd$ 内存在匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，方向垂直于纸面($abcd$ 所在平面)向外。 ab 边中点有一电子发源 O ，可向磁场内沿垂直于 ab 边的方向发射电子。已知电子的比荷为 k 。则从 a 、 d 两点射出的电子的速度大小分别为



- A. $\frac{1}{4}kBl, \frac{\sqrt{5}}{4}kBl$
- B. $\frac{1}{4}kBl, \frac{5}{4}kBl$
- C. $\frac{1}{2}kBl, \frac{\sqrt{5}}{4}kBl$
- D. $\frac{1}{2}kBl, \frac{5}{4}kBl$

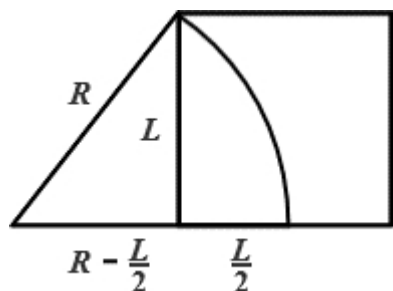
【答案】B

【解析】

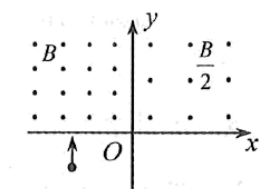
【详解】 a 点射出粒子半径 $R_a = \frac{l}{4} = \frac{mv_a}{Bq}$ ，得： $v_a = \frac{Bql}{4m} = \frac{Blk}{4}$ ，

d 点射出粒子半径为 $R^2 = l^2 + \left(R - \frac{l}{2}\right)^2$ ， $R = \frac{5}{4}l$

故 $v_d = \frac{5Bql}{4m} = \frac{5klB}{4}$ ，故 B 选项符合题意



5.(2019•全国III卷•T5)如图，在坐标系的第一和第二象限内存在磁感应强度大小分别为 $\frac{1}{2}B$ 和 B 、方向均垂直于纸面向外的匀强磁场。一质量为 m 、电荷量为 $q(q>0)$ 的粒子垂直于 x 轴射入第二象限，随后垂直于 y 轴进入第一象限，最后经过 x 轴离开第一象限。粒子在磁场中运动的时间为

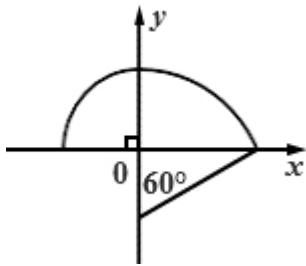


- A. $\frac{5\pi m}{6qB}$ B. $\frac{7\pi m}{6qB}$ C. $\frac{11\pi m}{6qB}$ D. $\frac{13\pi m}{6qB}$

【答案】B

【解析】

运动轨迹如图:



即运动由两部分组成,第一部分是 $\frac{1}{4}$ 个周期,第二部分是 $\frac{1}{6}$ 个周期,故总时间为 B 选项的结果.

6.(2019•全国 I 卷•T4)如图,等边三角形线框 LMN 由三根相同的导体棒连接而成,固定于匀强磁场中,线框平面与磁感应强度方向垂直,线框顶点 M 、 N 与直流电源两端相接,已知导体棒 MN 受到的安培力大小为 F ,则线框 LMN 受到的安培力的大小为



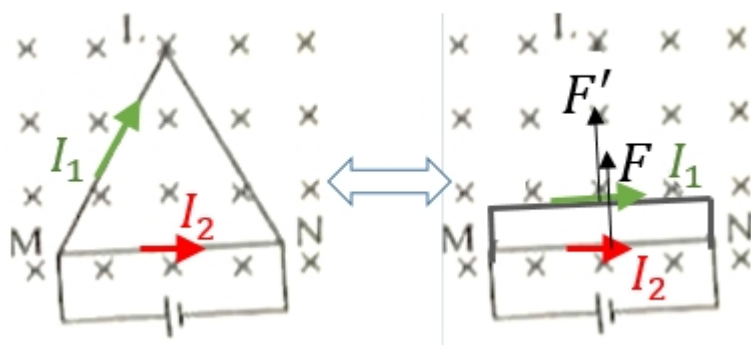
- A. $2F$ B. $1.5F$ C. $0.5F$ D. 0

【答案】B

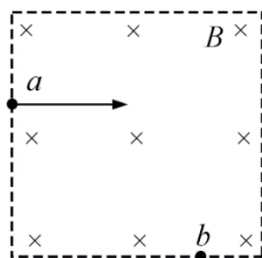
【解析】

设每一根导体棒的电阻为 R , 长度为 L , 则电路中, 上下两路电阻之比为 $R_1 : R_2 = 2R : R = 2 : 1$, 根据并联电路两端各电压相等的特点可知, 上下两路电流之比 $I_1 : I_2 = 1 : 2$ 。如下图所示, 由于上路通电的导体受安培力的有效长度为 L , 根据安培力计算公式 $F = ILB$, 可知 $F' : F = I_1 : I_2 = 1 : 2$, 得 $F' = \frac{1}{2}F$, 根据左手定则可知, 两力方向

相同, 故线框 LMN 所受的合力大小为 $F + F' = \frac{3}{2}F$, 故本题选 B。



7.(2019•北京卷•T4)如图所示，正方形区域内存在垂直纸面的匀强磁场。一带电粒子垂直磁场边界从 a 点射入，从 b 点射出。下列说法正确的是



- A. 粒子带正电
- B. 粒子在 b 点速率大于在 a 点速率
- C. 若仅减小磁感应强度，则粒子可能从 b 点右侧射出
- D. 若仅减小入射速率，则粒子在磁场中运动时间变短

【答案】C

【解析】

由左手定则确定粒子的电性，由洛伦兹力的特点确定粒子在 b 、 a 两点的速率，根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$

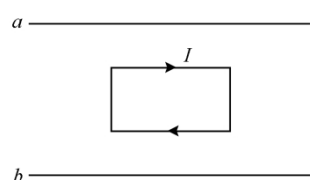
确定粒子运动半径和运动时间。

由题可知，粒子向下偏转，根据左手定则，所以粒子应带负电，故 A 错误；由于洛伦兹力不做功，所以粒子动能不变，即粒子在 b 点速率与 a 点速率相等，故 B 错误；若仅减小磁

感应强度，由公式 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ 得 $r = \frac{mv}{qB}$ ，所以磁感应强度减小，半径增大，所以粒子有

可能从 b 点右侧射出，故 C 正确，若仅减小入射速率，粒子运动半径减小，在磁场中运动的偏转角增大，则粒子在磁场中运动时间一定变长，故 D 错误。

8.(2019 江苏卷 7)如图所示，在光滑的水平桌面上， a 和 b 是两条固定的平行长直导线，通过的电流强度相等.矩形线框位于两条导线的正中间，通有顺时针方向的电流，在 a 、 b 产生的磁场作用下静止.则 a 、 b 的电流方向可能是



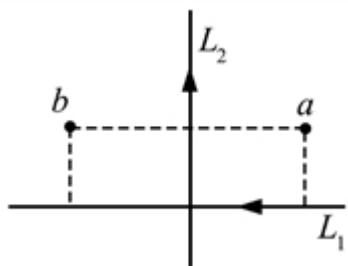
- A.均向左
- B.均向右
- C. a 的向左， b 的向右
- D. a 的向右， b 的向左

【答案】CD

【解析】

由右手螺旋定则可知，若 a 、 b 两导线的电流方向相同，在矩形线框上、下边处产生的磁场方向相反，由于矩形线框上、下边的电流方向也相反，则矩形线框上、下边所受的安培力相反，所以不可以平衡，则要使矩形线框静止， a 、 b 两导线的电流方向相反，故 CD 正确。

9.(2018·全国 II 卷)(多选)如图，纸面内有两条互相垂直的长直绝缘导线 L_1 、 L_2 ， L_1 中的电流方向向左， L_2 中的电流方向向上； L_1 的正上方有 a 、 b 两点，它们相对于 L_2 对称。整个系统处于匀强外磁场中，外磁场的磁感应强度大小为 B_0 ，方向垂直于纸面向外。已知 a 、 b 两点的磁感应强度大小分别为 $\frac{1}{3}B_0$ 和 $\frac{1}{2}B_0$ ，方向也垂直于纸面向外。则



- A. 流经 L_1 的电流在 b 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{7}{12}B_0$
- B. 流经 L_1 的电流在 a 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{1}{12}B_0$
- C. 流经 L_2 的电流在 b 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{1}{12}B_0$
- D. 流经 L_2 的电流在 a 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{7}{12}B_0$

【答案】AC

【解析】试题分析：先利用右手定则判断通电导线各自产生的磁场强度，然后在利用矢量叠加的方式求解各个导体棒产生的磁场强度。

L_1 在 ab 两点产生的磁场强度大小相等设为 B_1 ，方向都垂直于纸面向里，而 L_2 在 a 点产生的磁场强度设为 B_2 ，方向向里，在 b 点产生的磁场强度也为 B_2 ，方向向外，规定向外为正，根据矢量叠加原理可知

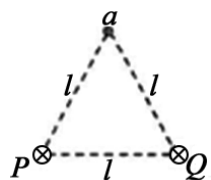
$$B_0 - B_1 - B_2 = \frac{1}{3}B_0, \quad B_2 + B_0 - B_1 = \frac{1}{2}B_0$$

可解得： $B_1 = \frac{7}{12}B_0$ ； $B_2 = \frac{1}{12}B_0$ 故 AC 正确；

故选 AC

点睛：磁场强度是矢量，对于此题来说 ab 两点的磁场强度是由三个磁场的叠加形成，先根据右手定则判断导线在 ab 两点产生的磁场方向，在利用矢量叠加来求解即可。

10.(2017·新课标III卷)如图,在磁感应强度大小为 B_0 的匀强磁场中,两长直导线 P 和 Q 垂直于纸面固定放置,两者之间的距离为 l 。在两导线中均通有方向垂直于纸面向里的电流 I 时,纸面内与两导线距离均为 l 的 a 点处的磁感应强度为零。如果让 P 中的电流反向、其他条件不变,则 a 点处磁感应强度的大小为



- A.0 B. $\frac{\sqrt{3}}{3} B_0$ C. $\frac{2\sqrt{3}}{3} B_0$ D. $2B_0$

【答案】C

【解析】如图 1 所示, P、Q 中电流在 a 点产生的磁感应强度大小相等, 设为 B_1 ,

由几何关系有 $\sqrt{3}B_1 = B_0$,

如果让 P 中的电流反向、其他条件不变, 如图 2 所示, 由几何关系可知, a 点处

磁感应强度的大小为 $B = \sqrt{B_0^2 + B_1^2} = \frac{2\sqrt{3}}{3} B_0$, 故选 C。

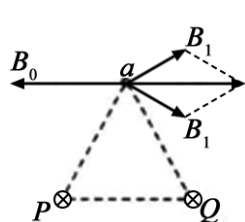


图1

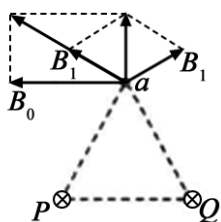
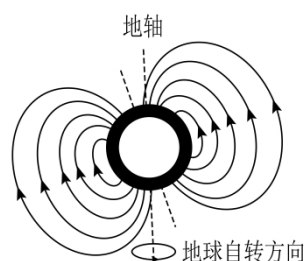


图2

【考点定位】磁场叠加、安培定则

【名师点睛】本题关键为利用安培定则判断磁场的方向, 在根据几何关系进行磁场的叠加和计算。

11.(2016·北京卷·T17)中国宋代科学家沈括在《梦溪笔谈》中最早记载了地磁偏角：“以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也。”进一步研究表明，地球周围地磁场的磁感线分布示意如图。结合上述材料，下列说法不正确的是



- A.地理南、北极与地磁场的南、北极不重合
- B.地球内部也存在磁场，地磁南极在地理北极附近
- C.地球表面任意位置的地磁场方向都与地面平行
- D.地磁场对射向地球赤道的带电宇宙射线粒子有力的作用

【答案】C

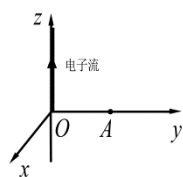
【解析】

试题分析：根据题意可得，地理南北极与地磁场存在一个夹角，为磁偏角，故两者不重合，A 正确；地磁南极在地理的北极附近，地磁北极在地理南极附近，B 正确；由于地磁场磁场方向沿磁感线切线方向，故只有赤道处才与地面平行，C 错误；在赤道处磁场方向水平，而射线是带电的粒子，运动方向垂直磁场方向，根据左手定则可得射向赤道的粒子受到的洛伦兹力作用，D 正确；

【考点定位】考查了地磁场

【方法技巧】地球本身是一个巨大的磁体。地球周围的磁场叫做地磁场。地磁北极在地理南极附近，地磁南极在地理北极附近，所以地磁场的方向是从地磁北极到地磁南极。

12.(2016·上海卷)如图，一束电子沿 z 轴正向流动，则在图中 y 轴上 A 点的磁场方向是



- A. $+x$ 方向 B. $-x$ 方向 C. $+y$ 方向 D. $-y$ 方向

【答案】A

【解析】据题意，电子流沿 z 轴正向流动，电流方向沿 z 轴负向，由安培定则可以判断电流激发的磁场以 z 轴为中心沿顺时针方向(沿 z 轴负方向看)，通过 y 轴 A 点时方向向外，即沿 x 轴正向，则选项 A 正确。

【考点定位】安培定则、电子束产生电流的方向。

【方法技巧】首先需要判断出电子束产生电流的方向，再根据安培定则判断感应磁场的方向。

13.(2011·全国卷)如图，两根相互平行的长直导线分别通有方向相反的电流 I_1 和 I_2 ，且 $I_1 > I_2$ ； a 、 b 、 c 、 d 为导线某一横截面所在平面内的四点，且 a 、 b 、 c 与两导线

共面；b 点在两导线之间，b、d 的连线与导线所在平面垂直。磁感应强度可能为零的点是



A.a 点 B.b 点 C.c 点 D.d 点

【答案】C

【解析】若某点合磁感应强度为零，必有 I_1 和 I_2 在该点形成磁场的磁感应强度等大反向，只有 C 点有可能，C 正确。

【考点定位】磁感应强度

14.(2014·新课标全国 I 卷·T15)关于通电直导线在匀强磁场中所受的安培力，下列说法正确的是

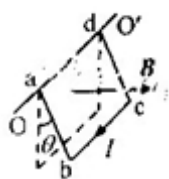
- A.安培力的方向可以不垂直于直导线
- B.安培力的方向总是垂直于磁场的方向
- C.安培力的大小与通电直导线和磁场方向的夹角无关
- D.将直导线从中点折成直角，安培力的大小一定变为原来的一半

【答案】B

【解析】由左手定则安培力方向一定垂直于导线和磁场方向，A 错的 B 对的； $F=BIL \sin \theta$ ，安培力大小与磁场和电流夹角有关，C 错误的；从中点折成直角后，导线的有效长度不等于导线长度一半，D 错的。

【考点定位】安培左手定则

15.(2014·上海卷)如图,在磁感应强度为 B 的匀强磁场中,面积为 S 的矩形刚性导线框 $abcd$ 可绕过 ad 边的固定轴 OO' 转动,磁场方向与线框平面垂直。在线框中通以电流强度为 I 的稳恒电流,并使线框与竖直平面成 θ 角,此时 bc 边受到相对 OO' 轴的安培力力矩大小为



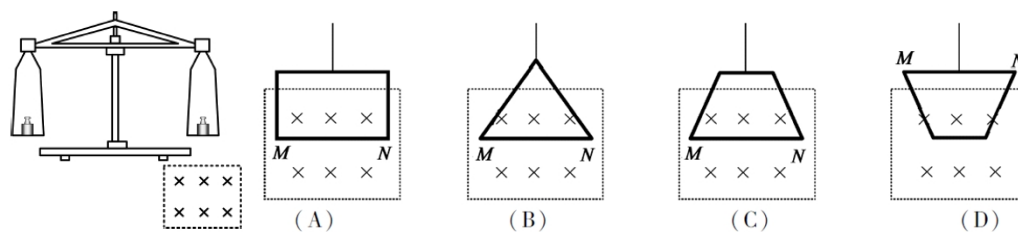
- (A) $ISB \sin \theta$ (B) $ISB \cos \theta$ (C) $\frac{ISB}{\sin \theta}$ (D) $\frac{ISB}{\cos \theta}$

【答案】A

【解析】 bc 边电流方向与 ad 平行,与磁场垂直,所以安培力大小为 $F = BIL = BI\sqrt{S}$,方向根据左手定则判断竖直向上,所以安培力的力臂即转轴 ad 与安培力之间的距离,根据几何关系可得力臂大小为 $\sqrt{S} \sin \theta$,所以安培力的力矩为 $BI\sqrt{S} \times \sqrt{S} \sin \theta = BIS \sin \theta$,对照选项 A 对。

【考点定位】左手定则 力矩

16.(2015·江苏卷·T4)如图所示,用天平测量匀强磁场的磁感应强度,下列各选项所示的载流线圈匝数相同,边长 NM 相等,将它们分别挂在天平的右臂下方,线圈中通有大小相同的电流,天平处于平衡状态,若磁场发生微小变化,天平最容易失去平衡的是



【答案】A

【解析】由题意知，当处于磁场中的导体，受安培力作用的有效长度越长，根据 $F=BIL$ 知受安培力越大，越容易失去平衡，由图知选项 A 中导体的有效长度最大，所以 A 正确。

【考点定位】物体的平衡、安培力

17.(2013·安徽卷·T15)图中 a、b、c、d 为四根与纸面垂直的长直导线，其横截面位于正方形的四个顶点上，导线中通有大小相同的电流，方向如图所示。一带正电的粒子从正方形中心 O 点沿垂直于纸面的方向向外运动，它所受洛伦兹力的方向是



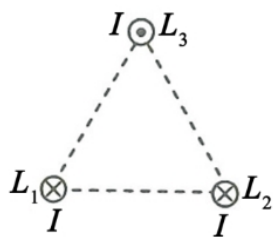
A.向上 B.向下 C.向左 D.向右

【答案】B

【解析】根据安培定则(即右手螺旋定则), b、d 导线中的电流在 O 点产生的磁场方向相反, 它们的合磁场为零, a、c 导线中的电流在 O 点处产生的磁场均水平向左, 所以 O 点处的合磁场水平向左; 再根据左手定则可判断出, 带正电粒子垂直于纸面的方向向外运动时, 它所受洛伦兹力的方向向下, 所以 B 正确。

【考点定位】右手螺旋定则、场强叠加原理、左手定则.

18.(2017·新课标 I 卷·T19)如图, 三根相互平行的固定长直导线 L_1 、 L_2 和 L_3 两两等距, 均通有电流 I , L_1 中电流方向与 L_2 中的相同, 与 L_3 中的相反, 下列说法正确的是



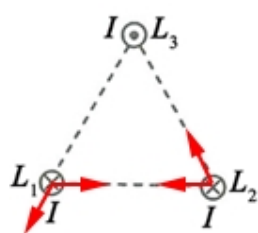
- A. L_1 所受磁场作用力的方向与 L_2 、 L_3 所在平面垂直
- B. L_3 所受磁场作用力的方向与 L_1 、 L_2 所在平面垂直
- C. L_1 、 L_2 和 L_3 单位长度所受的磁场作用力大小之比为 $1:1:\sqrt{3}$
- D. L_1 、 L_2 和 L_3 单位长度所受的磁场作用力大小之比为 $\sqrt{3}:\sqrt{3}:1$

【答案】BC

【解析】同向电流相互吸引, 反向电流相互排斥。对 L_1 受力分析, 如图所示, 可知 L_1 所受磁场力的方向与 L_2 、 L_3 所在的平面平行, 故 A 错误;

对 L_3 受力分析, 如图所示, 可知 L_3 所受磁场力的方向与 L_1 、 L_2 所在的平面垂直, 故 B 正确;

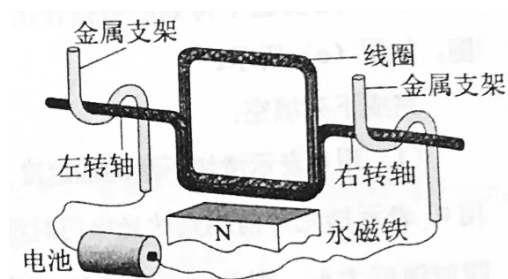
设三根导线两两之间的相互作用力为 F , 则 L_1 、 L_2 受到的磁场力的合力等于 F , L_3 受的磁场力的合力为 $\sqrt{3}F$, 即 L_1 、 L_2 、 L_3 单位长度受到的磁场力之比为 $1:1:\sqrt{3}$, 故 C 正确, D 错误。



【考点定位】电流磁效应、安培力、安培定则

【名师点睛】先根据安培定则判断磁场的方向, 再根据磁场的叠加得出直线电流处磁场的方向, 再由左手定则判断安培力的方向, 本题重点是对磁场方向的判断、大小的比较。

19.(2017·新课标II卷)某同学自制的简易电动机示意图如图所示。矩形线圈由一根漆包线绕制而成, 漆包线的两端分别从线圈的一组对边的中间位置引出, 并作为线圈的转轴。将线圈架在两个金属支架之间, 线圈平面位于竖直面内, 永磁铁置于线圈下方。为了使电池与两金属支架连接后线圈能连续转动起来, 该同学应将



A. 左、右转轴下侧的绝缘漆都刮掉

- B.左、右转轴上下两侧的绝缘漆都刮掉
- C.左转轴上侧的绝缘漆刮掉，右转轴下侧的绝缘漆刮掉
- D.左转轴上下两侧的绝缘漆都刮掉，右转轴下侧的绝缘漆刮掉

【答案】AD

【解析】为了使电池与两金属支架连接后线圈能连续转动起来，将左、右转轴下侧的绝缘漆都刮掉，这样当线圈在图示位置时，线圈的上下边受安培力水平而转动，转过一周后再次受到同样的安培力而使其转动，选项 A 正确；若将左、右转轴上下两侧的绝缘漆都刮掉，则当线圈在图示位置时，线圈的上下边受安培力水平而转动，转过半周后再次受到相反方向的安培力而使其停止转动，选项 B 正确；左转轴上侧的绝缘漆刮掉，右转轴下侧的绝缘漆刮掉，电路不能接通，故不能转起来，选项 C 错误；若将左转轴上下两侧的绝缘漆都刮掉，右转轴下侧的绝缘漆刮掉，这样当线圈在图示位置时，线圈的上下边受安培力水平而转动，转过半周后电路不导通，转过一周后再次受到同样的安培力而使其转动，选项 D 正确；故选 AD。

【考点定位】电动机原理；安培力

【名师点睛】此题是电动机原理，主要考查学生对物理规律在实际生活中的运用能力；关键是通过分析电流方向的变化分析安培力的方向变化情况。

20.(2015·全国新课标 II 卷·T18)指南针是我国古代四大发明之一。关于指南针，下列说明正确的是

- A.指南针可以仅具有一个磁极

B.指南针能够指向南北，说明地球具有磁场

C.指南针的指向会受到附近铁块的干扰

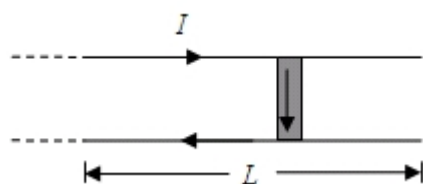
D.在指南针正上方附近沿指针方向放置一直导线，导线通电时指南针不偏转

【答案】BC

【解析】指南针不可以仅具有一个磁极，故 A 错误；指南针能够指向南北，说明地球具有磁场，故 B 正确；当附近的铁块磁化时，指南针的指向会受到附近铁块的干扰，故 C 正确；根据安培定则，在指南针正上方附近沿指针方向放置一直导线，导线通电时会产生磁场，指南针会偏转与导线垂直，故 D 错误。

【考点定位】安培定则；地磁场。

21.(2011·辽宁卷)电磁轨道炮工作原理如图所示，待发射弹体可在两平行轨道之间自由移动，并与轨道保持良好接触，电流 I 从一条轨道流入，通过导电弹体后从另一条轨道流回，轨道电流可形成在弹体处垂直于轨道面得磁场(可视为匀强磁场)，磁感应强度的大小与 I 成正比。通电的弹体在轨道上受到安培力的作用而高速射出，现欲使弹体的出射速度增加到原来的 2 倍，理论上可采用的方法是



A.只将轨道长度 L 变为原来的 2 倍

B.只将电流 I 增加至原来的 2 倍

C.只将弹体质量减至原来的一半

D.将弹体质量减至原来的一半，轨道长度 L 变为原来的 2 倍，其它量不变

【答案】BD

【解析】通电的弹体在轨道上受到安培力的作用，利用动能定理有 $BIl \cdot L = \frac{1}{2}mv^2$ ，

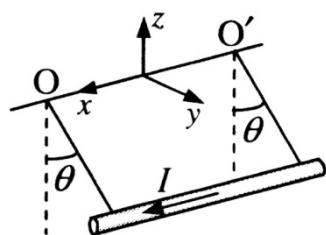
磁感应强度的大小与 I 成正比，所以 $B = kI$ ，解得 $v = \sqrt{\frac{2kI^2lL}{m}}$ 。只将轨道长度 L

变为原来的 2 倍，弹体的出射速度增加至原来的 $\sqrt{2}$ 倍，故 A 错误；只将电流 I 增加至原来的 2 倍，弹体的出射速度增加至原来的 2 倍，故 B 正确；只将弹体

质量减至原来的一半，弹体的出射速度增加至原来的 $\sqrt{2}$ 倍，故 C 错误；将弹体质量减至原来的一半，轨道长度 L 变为原来的 2 倍，其它量不变，弹体的出射速度增加至原来的 2 倍，故 D 正确。

【考点定位】安培力，动能定理

22.(2011·上海卷·T18)如图，质量为 m 、长为 L 的直导线用两绝缘细线悬挂于 O 、 O' ，并处于匀强磁场中。当导线中通以沿 x 正方向的电流 I ，且导线保持静止时，悬线与竖直方向夹角为 θ 。则磁感应强度方向和大小可能为



A. z 正向, $\frac{mg}{IL} \tan \theta$

B. y 正向, $\frac{mg}{IL}$

C. z 负向, $\frac{mg}{IL} \tan \theta$

D. 沿悬线向上, $\frac{mg}{IL} \sin \theta$

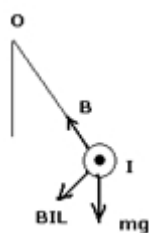
【答案】BC

【解析】逆向解题法。若(A)正确，磁感应强度方向为 z 正向，根据左手定则，直导线所受安培力方向沿 y 负方向，直导线不能平衡，A 错误；

若(B)正确，磁感应强度方向为 y 正向，根据左手定则，直导线所受安培力方向沿 z 正方向，根据平衡条件 $BIL = mg$ ，所以 $B = \frac{mg}{IL}$ ，B 正确；

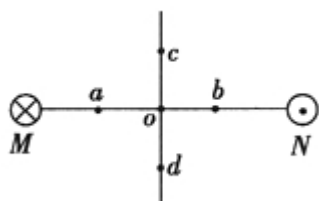
若(C)正确，磁感应强度方向为 z 负方向，根据左手定则，直导线所受安培力方向沿 y 正方向，根据平衡条件 $BIL \cos \theta = mg \sin \theta$ ，所以 $B = \frac{mg}{IL} \tan \theta$ ，C 正确；

若(D)正确，磁感应强度方向沿悬线向上，根据左手定则，直导线所受安培力方向如下图(侧视图)，直导线不能平衡，所以 D 错误。所以本题选 BC。



【考点定位】磁感应强度，安培定则

23.(2012·大纲全国卷)如图，两根互相平行的长直导线过纸面上的 M、N 两点，且与纸面垂直，导线中通有大小相等、方向相反的电流。a、o、b 在 M、N 的连线上，o 为 MN 的中点，c、d 位于 MN 的中垂线上，且 a、b、c、d 到 o 点的距离均相等。关于以上几点处的磁场，下列说法正确的是



A.o 点处的磁感应强度为零

B.a、b 两点处的磁感应强度大小相等，方向相反

C.c、d 两点处的磁感应强度大小相等，方向相同

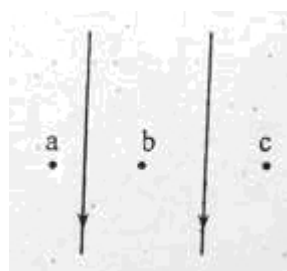
D.a、c 两点处磁感应强度的方向不同

【答案】CD

【解析】由安培定则和磁场叠加原理可判断出 o 点处的磁感应强度方向向下，一定不为零，选项 A 错误；a、b 两点处的磁感应强度大小相等，方向相同，选项 B 错误；c、d 两点处的磁感应强度大小相等，方向相同，选项 C 正确；a、c 两点处磁感应强度的方向不同，选项 D 正确。

【考点定位】本题考查安培定则和磁场叠加原理

24.(2014·海南卷)如图，两根平行长直导线相距 $2l$ ，通有大小相等、方向相同的恒定电流；a、b、c 是导线所在平面内的三点，左侧导线与它们的距离分别为 $\frac{l}{2}$ 、 l 和 $3l$ 。关于这三点处的磁感应强度，下列判断正确的是



A.a 处的磁感应强度大小比 c 处的大

B.b、c 两处的磁感应强度大小相等

C.a、c 两处的磁感应强度方向相同

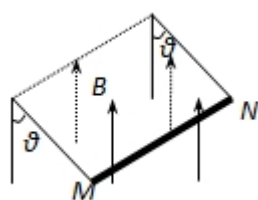
D.b 处的磁感应强度为零

【答案】AD

【解析】由右手定则可以判断，a、c 两处的磁场是两电流在 a、c 处产生的磁场相加，但 a 距离两导线比 c 近，故 a 处的磁感应强度大小比 c 处的大，A 对；b、c 与右侧电流距离相同，故右侧电流对此两处的磁场要求等大反向，但因为左侧电流要求此两处由大小不同、方向相同的磁场，故 b、c 两处的磁感应强度大小不相等，B 错；由右手定则可知，a 处磁场垂直纸面向里，c 处磁场垂直纸面向外，C 错；b 与两导线距离相等，故两磁场叠加为零，D 对。

【考点定位】磁场叠加、右手定则

25.(2012·天津卷·T2)如图所示，金属棒 MN 两端由等长的轻质细线水平悬挂，处于竖直向上的匀强磁场中，棒中通以由 M 向 N 的电流，平衡时两悬线与竖直方向夹角均为 θ 。如果仅改变下列某一个条件， θ 角的相应变化情况是



- A.棒中的电流变大， θ 角变大
- B.两悬线等长变短， θ 角变小
- C.金属棒质量变大， θ 角变大
- D.磁感应强度变大， θ 角变小

【答案】A

【解析】水平的直线电流在竖直磁场中受到水平的安培力而偏转，与竖直方向形成夹角，此时它受拉力、重力和安培力而达到平衡，根据平衡条件有

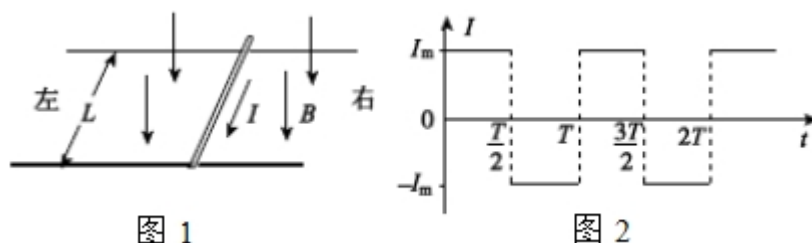
$$\tan \theta = \frac{F_{\text{安}}}{mg} = \frac{BIL}{mg}, \text{ 所以棒子中的电流增大 } \theta \text{ 角度变大；两悬线变短，不影响平}$$

衡状态， θ 角度不变；金属质量变大 θ 角度变小；磁感应强度变大 θ 角度变大。

答案 A。

【考点定位】本题考查力的平衡，安培力及其相关知识

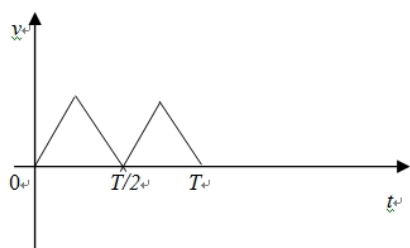
26.(2014·浙江卷)如图 1 所示，两根光滑平行导轨水平放置，间距为 L ，其间有竖直向下的匀强磁场，磁感应强度为 B 。垂直于导轨水平对称放置一根均匀金属棒。从 $t=0$ 时刻起，棒上有如图 2 所示的持续交流电流 I ，周期为 T ，最大值为 I_m ，图 1 中 I 所示方向为电流正方向。则金属棒



- A.一直向右移动
- B.速度随时间周期性变化
- C.受到的安培力随时间周期性变化
- D.受到的安培力在一个周期内做正功

【答案】ABC

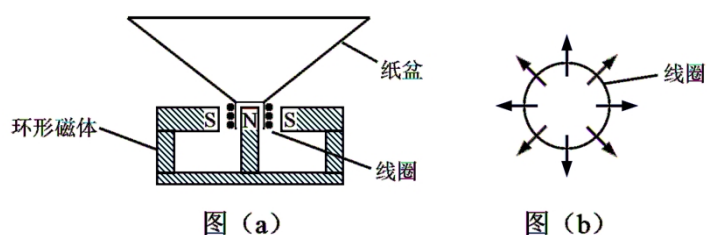
【解析】由图知在 $0 - T/2$ 时间内根据左手定则可判断金属棒受向右的安培力，且安培力的大小 $F=BIL$ 保持不变，再根据牛顿第二定律 $F=BIL=ma$ ，知金属棒先向右做匀加速运动，在 $T/2 - T$ 时间内，电流变为反方向，同理安培力方向向左，大小不变，故金属棒向右做匀减速运动， T 时刻速度恰好减为零，然后重复运动，其 $v-t$ 图如图所示：



故 A、B、C 正确；受到的安培力在一个周期内先做正功，后做负功，故 D 错误。

【考点定位】安培力、牛顿第二定律、功

27.(2016·海南卷·T8)如图(a)所示，扬声器中有一线圈处于磁场中，当音频电流信号通过线圈时，线圈带动纸盆振动，发出声音。俯视图(b)表示处于辐射状磁场中的线圈(线圈平面即纸面)，磁场方向如图中箭头所示。在图(b)中



- A.当电流沿顺时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里
- B.当电流沿顺时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外
- C.当电流沿逆时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里

D.当电流沿逆时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外

【答案】BC

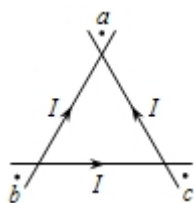
【解析】将环形导线分割成无限个小段，每一小段看成直导线，则根据左手定则，当电流沿顺时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外，故选项 A 错误，选项 B 正确；

当电流沿逆时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里，故选项 C 正确，选项 D 错误。

【考点定位】安培力

【名师点睛】解决本题的关键掌握安培力方向的判定，明确安培力产生的条件，熟练应用左手定则判断安培力的方向。

28.(2013·海南卷)三条在同一平面(纸面)内的长直绝缘导线组成一等边三角形，在导线中通过的电流均为 I ，方向如图所示。a、b 和 c 三点分别位于三角形的三个顶角的平分线上，且到相应顶点的距离相等。将 a、b 和 c 处的磁感应强度大小分别记为 B_1 、 B_2 和 B_3 ，下列说法正确的是



A. $B_1=B_2<B_3$

B. $B_1=B_2=B_3$

C. a 和 b 处磁场方向垂直于纸面向外，c 处磁场方向垂直于纸面向里

D.a 处磁场方向垂直于纸面向外, b 和 c 处磁场方向垂直于纸面向里

【答案】AC

【解析】a、b 和 c 处的磁感应强度均是三条通电导线单独存在时在各点处产生的磁场的叠加。由于通过三条导线的电流大小相等, 结合安培定则可判断出三条导线在 a、b 处产生的合磁感应强度垂直纸面向外, 在 c 处垂直纸面向里, 且 $B_1=B_2<B_3$, 故选项 A、C 正确。

【考点定位】本题考查安培定则及磁场的叠加

29.(2018·北京卷·T6)某空间存在匀强磁场和匀强电场。一个带电粒子(不计重力)以一定初速度射入该空间后, 做匀速直线运动;若仅撤除电场, 则该粒子做匀速圆周运动, 下列因素与完成上述两类运动无关的是

- A. 磁场和电场的方向
- B. 磁场和电场的强弱
- C. 粒子的电性和电量
- D. 粒子入射时的速度

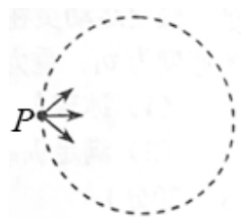
【答案】C

【解析】由题可知, 当带电粒子在复合场内做匀速直线运动, 即 $Eq = qvB$, 则 $v = \frac{E}{B}$, 若仅撤除电场, 粒子仅在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动, 说明要满足题意需要对磁场与电场的方向以及强弱程度都要有要求, 例如: 电场方向向下, 磁场方向垂直纸面向里等, 但是对电性和电量无要求, 故选项 C 正确, ABD 错误。

点睛: 本题考查了带电粒子在复合场中的运动, 实际上是考查了速度选择器的相关知识, 注

意当粒子的速度与磁场不平行时，才会受到洛伦兹力的作用，所以对电场和磁场的方向有要求的。

30.(2017·新课标 II 卷)如图，虚线所示的圆形区域内存在一垂直于纸面的匀强磁场，P 为磁场边界上的一点。大量相同的带电粒子以相同的速率经过 P 点，在纸面内沿不同的方向射入磁场。若粒子射入速率为 v_1 ，这些粒子在磁场边界的出射点分布在六分之一圆周上；若粒子射入速率为 v_2 ，相应的出射点分布在三分之一圆周上。不计重力及带电粒子之间的相互作用。则 $v_2:v_1$ 为



A. $\sqrt{3}:2$

B. $\sqrt{2}:1$

C. $\sqrt{3}:1$

D. $3:\sqrt{2}$

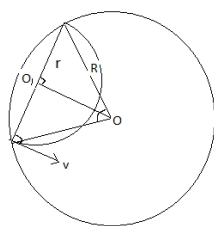
【答案】C

【解析】当粒子在磁场中运动半个圆周时，打到圆形磁场的位置最远。则当粒子射入的速度为 v_1 ，

如图，由几何知识可知，粒子运动的轨道半径为 $r_1 = R \cos 60^\circ = \frac{1}{2}R$ ；同理，若粒

子射入的速度为 v_2 ，由几何知识可知，粒子运动的轨道半径为

$r_2 = R \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}R$ ；根据 $r = \frac{mv}{qB} \propto v$ ，则 $v_2:v_1=r_2:r_1=\sqrt{3}:1$ ，故选 C。



【考点定位】带电粒子在磁场中的运动

【名师点睛】此题是带电粒子在有界磁场中的运动问题；解题时关键是要画出粒子运动的轨迹草图，知道能打到最远处的粒子运动的弧长是半圆周，结合几何关系即可求解。

31.(2012·北京卷)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.与粒子电荷量成正比
- B.与粒子速率成正比
- C.与粒子质量成正比
- D.与磁感应强度成正比

【答案】D

【解析】设带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期为 T ，半径为 r ，则

由 $qvB = m\frac{v^2}{r}$ ，得 $r = \frac{mv}{qB}$ ， $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ 。环形电流： $I = \frac{q}{T} = \frac{q^2 B}{2\pi m}$ ，可见， I 与 q

的平方成正比，与 v 无关，与 B 成正比，与 m 成反比。故选 D

【考点定位】本题考查了带电粒子在磁场中的运动

32.(2012·大纲全国卷)质量分别为 m_1 和 m_2 、电荷量分别为 q_1 和 q_2 的两粒子在同一匀强磁场中做匀速圆周运动，已知两粒子的动量大小相等。下列说法正确的是

- A.若 $q_1=q_2$ ，则它们做圆周运动的半径一定相等
- B.若 $m_1=m_2$ ，则它们做圆周运动的周期一定相等
- C.若 $q_1 \neq q_2$ ，则它们做圆周运动的半径一定不相等

D.若 $m_1 \neq m_2$, 则它们做圆周运动的周期一定不相等

【答案】A

【解析】带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动, 其半径 $r = \frac{mv}{Bq} = \frac{P}{Bq}$, 已知两粒子

动量相等; 若 $q_1 = q_2$, 则它们的圆周运动半径一定相等, 选项 A 正确; 若 $m_1 = m_2$,

不能确定两粒子电量关系, 不能确定半径是否相等, 选项 B 错; 由周期公式

$T = \frac{2\pi m}{Bq}$ 可知: 仅由电量或质量关系, 无法确定两粒子做圆周运动的周期是否相

等, 故 C、D 错误。

整个解答应改为: 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动, 其半径 $r = \frac{mv}{Bq} = \frac{P}{Bq}$,

已知两粒子动量相等; 若 $q_1 = q_2$, 则它们的圆周运动半径一定相等, 选项 A 正确

; 由周期公式 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ 可知: 仅由质量关系, 无法确定两粒子的电量关系, 故无

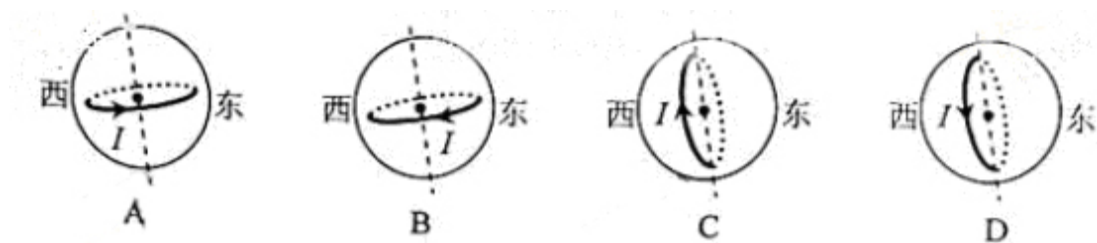
法确定两粒子做圆周运动的周期是否相等, 故 BD 错误; 若 $m_1 = m_2$, 不能确定两

粒子电量关系, 不能确定半径是否相等, 选项 B 错; 若 $q_1 \neq q_2$, 则根据 $r = \frac{P}{Bq}$,

则它们做圆周运动的半径一定不相等, 选项 C 正确; 故选 AC.

【考点定位】本题考查带电粒子在磁场中的运动

33.(2011·辽宁卷)为了解释地球的磁性, 19 世纪安培假设: 地球的磁场是由绕过地心的轴的环形电流 I 引起的。在下列四个图中, 正确表示安培假设中环形电流方向的是

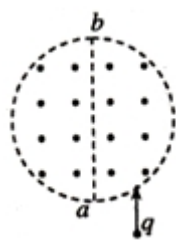


【答案】B

【解析】地磁的南极在地理北极的附近，故在用安培定则判断环形电流的方向时右手的拇指必需指向南方；而根据安培定则：拇指与四指垂直，而四指弯曲的方向就是电流流动的方向，故四指的方向应该向西。故 B 正确。

【考点定位】安培定则

34.(2013·新课标全国 I 卷·T18)如图，半径为 R 的圆是一圆柱形匀强磁场区域的横截面(纸面)，磁感应强度大小为 B ，方向垂直于纸面向外，一电荷量为 $q(q>0)$ 。质量为 m 的粒子沿平行于直径 ab 的方向射入磁场区域，射入点与 ab 的距离为 $\frac{R}{2}$ ，已知粒子射出磁场与射入磁场时运动方向间的夹角为 60° ，则粒子的速率为(不计重力)



A. $\frac{qBR}{2m}$

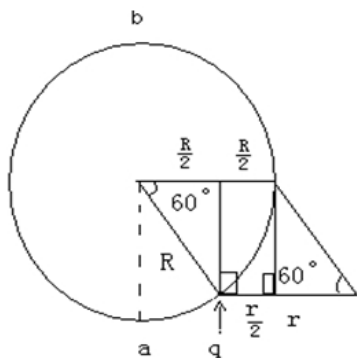
B. $\frac{qBR}{m}$

C. $\frac{3qBR}{2m}$

D. $\frac{2qBR}{m}$

【答案】B

【解析】设粒子做圆周运动的半径为 r ，过入射点做速度的垂线找圆心，又速度偏角等于圆心角，根据题意做出示意图，根据几何关系求出 $r=R$ ；洛伦兹力提供向心力， $qvB = \frac{mv^2}{R}$ ，则粒子的速率 $v = \frac{qBR}{m}$ ，故 B 对；A、C、D 错。



【考点定位】带电粒子在磁场中做匀速圆周运动、洛伦兹力、牛顿第二定律。

35.(2014·北京卷)带离子 a、b 在同一匀强磁场中做匀速圆周运动，它们的动量大小相等，a 运动的半径大于 b 运动的半径。若 a、b 的电荷量分别为 q_a 、 q_b ，质量分别为 m_a 、 m_b ，周期分别为 T_a 、 T_b 。则一定有

- A. $q_a < q_b$ B. $m_a < m_b$ C. $T_a < T_b$ D. $\frac{q_a}{m_a} < \frac{q_b}{m_b}$

【答案】A

【解析】根据洛伦兹力提供向心力有， $Bvq = \frac{mv^2}{R}$ ，可得离子的运动半径为

$R = \frac{mv}{Bq} = \frac{p}{Bq}$ ，离子的动量大小相等，且在同一个磁场中，则 q 与 R 成反比，已

知 $R_a > R_b$ ，可得 $q_a < q_b$ ，A 正确；已知它们的动量大小相等，但不知速度的大小关系，无法比较它们的质量大小关系，B 错误；因为 $T = \frac{2\pi R}{v}$ ，不知速度的大小关系，无法比较它们的周期大小，C 错误；因为不知道质量的关系，所以它们的比荷的大小关系不能确定，D 错误。

【考点定位】带电粒子在磁场中的运动规律

36.(2014·安徽卷)“人造小太阳”托卡马克装置使用强磁场约束高温等离子体，使其中的带电粒子被尽可能限制在装置内部，而不与装置器壁碰撞，已知等离子体中带电粒子的平均动能与等离子体的温度 T 成正比，为约束更高温度的等离子体，则需要更强的磁场，以使带电粒子在磁场中的运动半径不变，由此可判断所需的磁感应强度 B 正比于

- A. $\sqrt{T}$ B. T C. $\sqrt{T^3}$ D. T^2

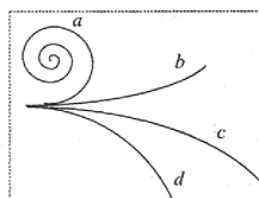
【答案】A

【解析】粒子在磁场中运动的半径满足 $R = \frac{mv}{qB}$ ，即 R 不变时， v 与 B 成正比，由

题意知粒子的动能与温度成正比，即 v^2 与 T 成正比，综上可知， $B \propto \sqrt{T}$ ，A 正确。

【考点定位】带电粒子在磁场中的运动

37.(2015·重庆卷·T1)题 1 图中曲线 a、b、c、d 为气泡室中某放射物质发生衰变放出的部分粒子的经迹，气泡室中磁感应强度方向垂直纸面向里。以下判断可能正确的是



题 1 图

- A. a、b 为 β 粒子的经迹 B. a、b 为 γ 粒子的经迹
C. c、d 为 α 粒子的经迹 D. c、d 为 β 粒子的经迹

【答案】D

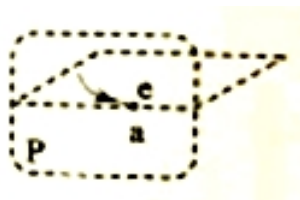
【解析】 γ 射线是不带电的光子流，在磁场中不偏转，故选项 B 错误；

α 粒子为氦核带正电，由左手定则知受到向上洛伦兹力向上偏转，故选项 A、C 错误；

β 粒子是带负电的电子流，应向下偏转，选项 D 正确。故选 D。

【考点定位】三种放射线的性质、带电粒子在磁场中的运动。

38.(2015·海南卷·T1)如图所示，a 是竖直平面 P 上的一点，P 前有一条形磁铁垂直于 P，且 S 极朝向 a 点，P 后一电子在偏转线圈和条形磁铁的磁场的共同作用下，在水平面内向右弯曲经过 a 点。在电子经过 a 点的瞬间。条形磁铁的磁场对该电子的作用力的方向()



A.向上 B.向下 C.向左 D.向右

【答案】A

【解析】条形磁铁的磁感线方向在 a 点为垂直 P 向外，粒子在条形磁铁的磁场中向右运动，所以根据左手定则可得电子受到的洛伦兹力方向向上，A 正确。

【考点定位】洛伦兹力

39.(2015·全国新课标 I 卷·T14)两相邻匀强磁场区域的磁感应强度大小不同、方向平行。一速度方向与磁感应强度方向垂直的带电粒子(不计重力), 从较强磁场区域进入到较弱磁场区域后, 粒子的

- A.轨道半径减小, 角速度增大 B.轨道半径减小, 角速度减小
C.轨道半径增大, 角速度增大 D.轨道半径增大, 角速度减小

【答案】D

【解析】由于磁场方向与速度方向垂直, 粒子只受到洛伦兹力作用, 即 $qvB = m \frac{v^2}{R}$, 轨道半径 $R = \frac{mv}{qB}$, 洛伦兹力不做功, 从较强到较弱磁场区域后, 速度大小不变, 但磁感应强度变小, 轨道半径变大, 根据角速度 $\omega = \frac{v}{R}$ 可判断角速度变小, 选项 D 正确。

【考点定位】磁场中带电粒子的偏转

40.(2015·广东卷·T16)在同一匀强磁场中, α 粒子(${}^4_2\text{He}$)和质子(${}^1_1\text{H}$)做匀速圆周运动, 若它们的动量大小相等, 则 α 粒子和质子

- A.运动半径之比是 2 : 1 B.运动周期之比是 2 : 1
C.运动速度大小之比是 4 : 1 D.受到的洛伦兹力之比是 2 : 1

【答案】B

【解析】带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的向心力由洛伦兹力提供, 根据洛伦兹力大小计算公式和向心力公式有: $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 解得其运动半径为: $r = \frac{mv}{qB}$, 由

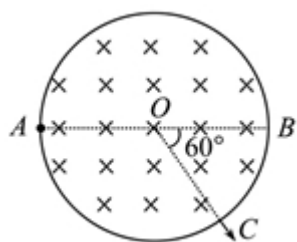
题意可知, $m_{\alpha}v_{\alpha}=m_Hv_H$, 所以有: $\frac{r_{\alpha}}{r_H}=\frac{q_H}{q_{\alpha}}=\frac{1}{2}$, $\frac{v_{\alpha}}{v_H}=\frac{m_H}{m_{\alpha}}=\frac{1}{4}$, $\frac{f_{洛\alpha}}{f_{洛H}}=\frac{q_{\alpha}}{q_H}\cdot\frac{m_H}{m_{\alpha}}=\frac{1}{2}$

故选项 A、C、D 错误;根据匀速圆周运动参量间关系有: $T=\frac{2\pi r}{v}$, 解得: $T=\frac{2\pi m}{qB}$,

所以有: $\frac{T_{\alpha}}{T_H}=\frac{m_{\alpha}}{m_H}\cdot\frac{q_H}{q_{\alpha}}=\frac{2}{1}$, 故选项 B 正确。

【考点定位】带电粒子在匀强磁场中的运动。

41.(2012·安徽卷·T19)如图所示, 圆形区域内有垂直于纸面向里的匀强磁场, 一个带电粒子以速度 v 从 A 点沿直径 AOB 方向射入磁场, 经过 Δt 时间从 C 点射出磁场, OC 与 OB 成 60° 角。现将带电粒子的速度变为 $v/3$, 仍从 A 点沿原方向射入磁场, 不计重力, 则粒子在磁场中的运动时间变为

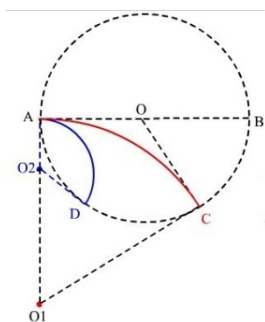


- A. $\frac{1}{2}\Delta t$ B. $2\Delta t$ C. $\frac{1}{3}\Delta t$ D. $3\Delta t$

【答案】B

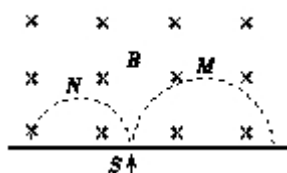
【解析】由牛顿第二定律 $qvB=m\frac{v^2}{r}$ 及匀速圆周运动 $T=\frac{2\pi r}{v}$ 得: $r=\frac{mv}{qB}$; $T=\frac{2\pi m}{qB}$ 。

作出粒子的运动轨迹图, 由图可得以速度 v 从 A 点沿直径 AOB 方向射入磁场经过 $\Delta t=T/6$ 从 C 点射出磁场, 轨道半径 $r=\sqrt{3}AO$; 速度变为 $v/3$ 时, 运动半径是 $r/3=\sqrt{3}AO/3$, 由几何关系可得在磁场中运动转过的圆心角为 120° , 运动时间为 $T/3$, 即 $2\Delta t$ 。A、C、D 项错误 B 项正确。



【考点定位】此题考查带电粒子在匀强磁场中运动及其相关知识

42.(2012·广东卷)质量和电量都相等的带电粒子 M 和 N，以不同的速度率经小孔 S 垂直进入匀强磁场，运行的半圆轨迹如图中虚线所示，下列表述正确的是



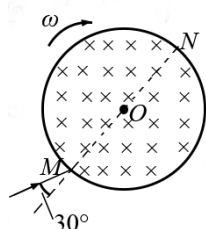
- A.M 带负电，N 带正电
- B.M 的速度率小于 N 的速率
- C.洛伦兹力对 M、N 做正功
- D.M 的运行时间大于 N 的运行时间

【答案】A

【解析】由左手定则判断出 N 带正电荷，M 带负电荷，故 A 正确；粒子在磁场中运动，洛伦兹力提供向心力 $qvB = m\frac{v^2}{r}$ ，半径为： $r = \frac{mv}{qB}$ ，在质量与电量相同的情况下，半径大说明速率大，即 M 的速度率大于 N 的速率，B 错误；洛伦兹力不做功，C 错误；粒子在磁场中运动半周，即时间为周期的一半，而周期为 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，M 的运行时间等于 N 的运行时间，故 D 错误。故选 A。

【考点定位】本题考查带电粒子在磁场中的运动

43.(2016·全国新课标Ⅱ卷)一圆筒处于磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中, 磁场方向与筒的轴平行, 筒的横截面如图所示。图中直径 MN 的两端分别开有小孔, 筒绕其中心轴以角速度 ω 顺时针转动。在该截面内, 一带电粒子从小孔 M 射入筒内, 射入时的运动方向与 MN 成 30° 角。当筒转过 90° 时, 该粒子恰好从小孔 N 飞出圆筒。不计重力。若粒子在筒内未与筒壁发生碰撞, 则带电粒子的比荷为



A. $\frac{\omega}{3B}$

B. $\frac{\omega}{2B}$

C. $\frac{\omega}{B}$

D. $\frac{2\omega}{B}$

【答案】A

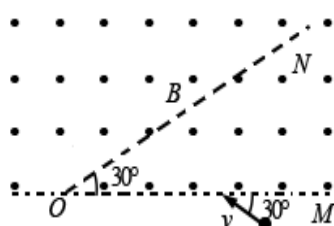
【解析】作出粒子的运动轨迹, 由几何知识可得, 轨迹的圆心角为 $(\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{3}) \times 2 = \frac{\pi}{6}$,

两个运动具有等时性, 则 $\frac{60}{360} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\frac{\pi}{6}}{\omega}$, 解得 $\frac{q}{m} = \frac{\omega}{3B}$, 故选 A。

【考点定位】带电粒子在磁场中的运动

【名师点睛】此题考查带电粒子在匀强磁场中的运动问题; 解题时必须画出规范的粒子运动的草图, 结合几何关系找到粒子在磁场中运动的偏转角, 根据两个运动的等时性求解未知量; 此题难度中等, 意在考查考生对物理知识与数学知识的综合能力。

44.(2016·全国新课标III卷·T18)平面 OM 和平面 ON 之间的夹角为 30° , 其横截面(纸面)如图所示, 平面 OM 上方存在匀强磁场, 磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面向外。一带电粒子的质量为 m , 电荷量为 $q(q>0)$ 。粒子沿纸面以大小为 v 的速度从 OM 的某点向左上方射入磁场, 速度与 OM 成 30° 角。已知该粒子在磁场中的运动轨迹与 ON 只有一个交点, 并从 OM 上另一点射出磁场。不计重力。粒子离开磁场的出射点到两平面交线 O 的距离为



- A. $\frac{mv}{2qB}$ B. $\frac{\sqrt{3}mv}{qB}$ C. $\frac{2mv}{qB}$ D. $\frac{4mv}{qB}$

【答案】D

粒子进入磁场做顺时针方向的匀速圆周运动, 轨迹如图所示, 根据洛伦兹力提供向心力,

有 $qvB = \frac{mv^2}{R}$, 解得 $R = \frac{mv}{qB}$,

根据轨迹图知 $PQ = 2R = 2\frac{mv}{qB}$, $\angle OPQ = 60^\circ$

粒子离开磁场的出射点到两平面交线 O 的距离为 $OP = 2PQ = 4\frac{mv}{qB}$, D 正确, ABC

错误。

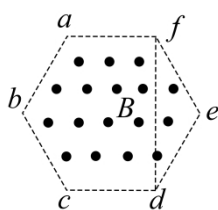
【考点定位】考查了带电粒子在有界磁场中的运动

【方法技巧】带电粒子在匀强磁场中运动时，洛伦兹力充当向心力，从而得出半径

公式 $R = \frac{mv}{Bq}$ ，周期公式 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ ，运动时间公式 $t = \frac{\theta}{2\pi} T$ ，知道粒子在磁场中运

动半径和速度有关，运动周期和速度无关，画轨迹，定圆心，找半径，结合几何知识分析解题。

45.(2016·四川卷)如图所示，正六边形 $abcdef$ 区域内有垂直于纸面的匀强磁场。一带正电的粒子从 f 点沿 fd 方向射入磁场区域，当速度大小为 v_b 时，从 b 点离开磁场，在磁场中运动的时间为 t_b ，当速度大小为 v_c 时，从 c 点离开磁场，在磁场中运动的时间为 t_c ，不计粒子重力。则



A. $v_b:v_c=1:2$, $t_b:t_c=2:1$ B. $v_b:v_c=2:2$, $t_b:t_c=1:2$

C. $v_b:v_c=2:1$, $t_b:t_c=2:1$ D. $v_b:v_c=1:2$, $t_b:t_c=1:2$

【答案】A

【解析】设正六边形边长为 L ，若粒子从 b 点离开磁场，可知运动的半径为 $R_1=L$ ，

在磁场中转过的角度为 $\theta_1=120^\circ$ ；若粒子从 c 点离开磁场，可知运动的半径为

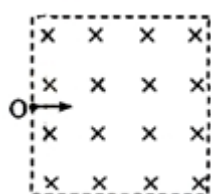
$R_2=2L$ ，在磁场中转过的角度为 $\theta_2=60^\circ$ ，根据 $R = \frac{mv}{qB}$ 可知 $v_b:v_c=R_1:R_2=1:2$ ；根

据 $t = \frac{\theta}{360} T = \frac{\theta}{360} \cdot \frac{2\pi m}{qB}$ 可知， $t_b:t_c=\theta_1:\theta_2=2:1$ ，故选 A。

考点：带电粒子在匀强磁场中的运动。

【名师点睛】此题考查了带电粒子在匀强磁场中的运动；做此类型的习题，关键是画出几何轨迹图，找出半径关系及偏转的角度关系；注意粒子在同一磁场中运动的周期与速度是无关的；记住两个常用的公式： $R = \frac{mv}{qB}$ 和 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 。

46.(2011·海南卷)空间存在方向垂直于纸面向里的匀强磁场，图中的正方形为其边界。一细束由两种粒子组成的粒子流沿垂直于磁场的方向从O点入射。这两种粒子带同种电荷，它们的电荷量、质量均不同，但其比荷相同，且都包含不同速率的粒子。不计重力。下列说法正确的是



- A.入射速度不同的粒子在磁场中的运动时间一定不同
- B.入射速度相同的粒子在磁场中的运动轨迹一定相同
- C.在磁场中运动时间相同的粒子，其运动轨迹一定相同
- D.在磁场中运动时间越长的粒子，其轨迹所对的圆心角一定越大

【答案】BC

【解析】两种粒子均做匀速圆周运动，由洛伦兹力提供向心力： $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，解得

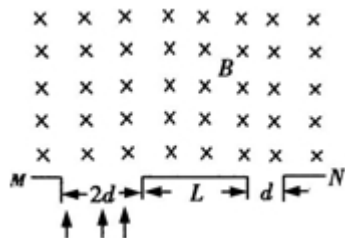
$r = \frac{mv}{Bq}$ ，入射速度 v 相同的粒子，轨道半径 r 相同，在磁场中的运动轨迹相同，

B 正确；周期 $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq}$ ，不管粒子速度是否相同，周期都相同，A 错误；

但在磁场中的运动时间还与轨道半径 r 有关，当半径 r 小于或等于四分之一边长时，在磁场中运动半圈，圆心角为 180° ，运动时间最长，D 错误；半径大于四分之一边长还要分两种情况讨论，但是运动时间相同的粒子，其运动轨迹一定相同，C 正确；

【考点定位】带电粒子在有界匀强磁场中的运动

47.(2011·浙江卷)利用如图所示装置可以选择一定速度范围内的带电粒子。图中板 MN 上方是磁感应强度大小为 B 、方向垂直纸面向里的匀强磁场，板上有两条宽度分别为 $2d$ 和 d 的缝，两缝近端相距为 L 。一群质量为 m 、电荷量为 q ，具有不同速度的粒子从宽度为 $2d$ 的缝垂直于板 MN 进入磁场，对于能够从宽度为 d 的缝射出的粒子，下列说法正确的是



A. 粒子带正电

B. 射出粒子的最大速度为 $\frac{qB(L+3d)}{2m}$

C. 保持 d 和 L 不变，增大 B ，射出粒子的最大速度与最小速度之差增大

D. 保持 d 和 B 不变，增大 L ，射出粒子的最大速度与最小速度之差增大

【答案】BC

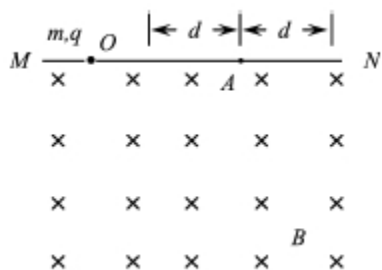
【解析】由左手定则可判断粒子带负电，故 A 错误；由题意知：粒子的最大半径

$$r_{\max} = \frac{L+3d}{2}、粒子的最小半径 r_{\min} = \frac{L}{2}，根据 r = \frac{mv}{qB}，可得 v_{\max} = \frac{qB(L+3d)}{2m}、$$

$$v_{\min} = \frac{qBL}{2m}，则 v_{\max} - v_{\min} = \frac{3qBd}{2m}，故可知 B、C 正确，D 错误。$$

【考点定位】带电粒子在匀强磁场中的运动

48.(2012·江苏卷)如图所示，MN是磁感应强度为B的匀强磁场的边界。一质量为m、电荷量为q的粒子在纸面内从O点射入磁场。若粒子速度为 v_0 ，最远能落在边界上的A点。下列说法正确的有

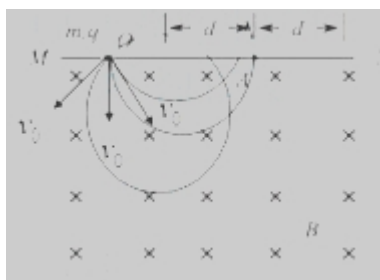


- A.若粒子落在A点的左侧，其速度一定小于 v_0
- B.若粒子落在A点的右侧，其速度一定大于 v_0
- C.若粒子落在A点左右两侧d的范围内，其速度不可能小于 $v_0 - qBd/2m$
- D.若粒子落在A点左右两侧d的范围内，其速度不可能大于 $v_0 + qBd/2m$

【答案】BC

【解析】粒子速度 v_0 垂直 MN 边界进入磁场时到边界上的的落点最远，距离为

$$2r = \frac{2mv_0}{qB}，若粒子速度不与 MN 垂直，落点在 A 点左侧，如图示 A 项错，$$



若粒子落在 A 点的右侧，其半径一定大于 $\frac{mv_0}{qB}$ ，速度一定大于 v_0 ，B 项对，若

粒子落在 A 点左侧 d 处，设粒子的最小速度为 v_1 ，则 $\frac{mv_1}{qB} = \frac{2r-d}{2} = \frac{\frac{2mv_0}{qB} - d}{2}$ ，

得 $v_1 = v_0 - \frac{qBd}{2m}$ ，若粒子落在 A 点左侧 d 的范围内，其速度不可能小于 $v_0 - qBd / 2m$

。若粒子落在 A 点右侧 d 处，设粒子的最小速度为 v_2 ，则

$\frac{mv_2}{qB} = \frac{2r+d}{2} = \frac{\frac{2mv_0}{qB} + d}{2}$ ，得 $v_2 = v_0 + \frac{qBd}{2m}$ ，若粒子落在 A 点左侧 d 的范围内，

其速度不可能小于 $v_0 + qBd / 2m$ ，D 项错。

【考点定位】本题考查带电粒子在磁场中的运动及其相关知识

49.(2014·新课标全国卷 II)如图为某磁谱仪部分构件的示意图。图中，永磁铁提供匀强磁场，硅微条径迹探测器可以探测粒子在其中运动的轨迹。宇宙射线中有大量的电子、正电子和质子。当这些粒子从上部垂直进入磁场时，下列说法正确的是



A.电子与正电子的偏转方向一定不同

- B.电子和正电子在磁场中的运动轨迹一定相同
- C.仅依据粒子的运动轨迹无法判断此粒子是质子还是正电子
- D.粒子的动能越大，它在磁场中运动轨迹的半径越小

【答案】AC

【解析】由于电子和正电子电荷性质相反，当入射速度方向相同时，受洛伦兹力方向相反，则偏转方向相反，故 A 正确。由于电子与正电子速度大小未知，根据带电粒子的偏转半径公式可知，运动半径不一定相同，故 B 错误。由于质子与正电子的速度未知，半径不一定相同，则根据轨迹无法判断粒子的性质，C 正确。由

$E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ，则 $r = \frac{mv}{qB} = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qB}$ 可知粒子动能越大，它在磁场中运动轨迹的半径

越大，故 D 错误。

【考点定位】带电粒子在匀强磁场中的运动。

50.(2015·全国新课标 II 卷·T19)有两个匀强磁场区域 I 和 II，I 中的磁感应强度是 II 中的 k 倍，两个速率相同的电子分别在两磁场区域做圆周运动。与 I 中运动的电子相比，II 中的电子

- A.运动轨迹的半径是 I 中的 k 倍
- B.加速度的大小是 I 中的 k 倍
- C.做圆周运动的周期是 I 中的 k 倍
- D.做圆周运动的角速度是 I 中的 k 倍

【答案】AC

【解析】电子在磁场中做匀速圆周运动时，向心力由洛伦兹力提供： $qvB = \frac{mv^2}{r}$ ，

解得： $r = \frac{mv}{qB}$ ，因为 I 中的磁感应强度是 II 中的 k 倍，所以，II 中的电子运动轨

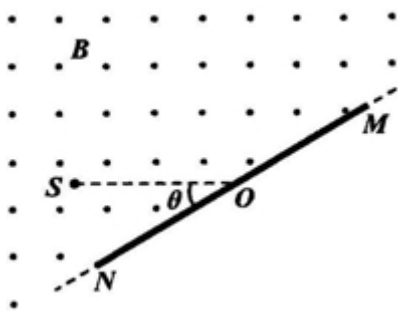
迹的半径是 I 中的 k 倍，故 A 正确；加速度 $a = \frac{qvB}{m}$ ，加速度大小是 I 中的 1/k

倍，故 B 错误；由周期公式： $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，得 II 中的电子做圆周运动的周期是 I 中

的 k 倍，故 C 正确；角速度 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{qB}{m}$ ，II 中的电子做圆周运动的角速度是 I 中的 1/k 倍，D 错误。

【考点定位】带电粒子在磁场中的运动；圆周运动

51.(2015·四川卷·T7)如图所示，S 处有一电子源，可向纸面内任意方向发射电子，平板 MN 垂直于纸面，在纸面内的长度 $L=9.1\text{cm}$ ，中点 O 与 S 间的距离 $d=4.55\text{cm}$ ，MN 与 SO 直线的夹角为 θ ，板所在平面有电子源的一侧区域有方向垂直于纸面向外的匀强磁场，磁感应强度 $B=2.0\times 10^{-4}\text{T}$ ，电子质量 $m=9.1\times 10^{-31}\text{kg}$ ，电荷量 $e=-1.6\times 10^{-19}\text{C}$ ，不计电子重力。电子源发射速度 $v=1.6\times 10^6\text{m/s}$ 的一个电子，该电子打在板上可能位置的区域的长度为 l，则



A. $\theta=90^\circ$ 时， $l=9.1\text{cm}$

B. $\theta=60^\circ$ 时， $l=9.1\text{cm}$

C. $\theta=45^\circ$ 时， $l=4.55\text{cm}$

D. $\theta=30^\circ$ 时， $l=4.55\text{cm}$

【答案】AD

【解析】电子在磁场中受洛伦兹力作用做匀速圆周运动，根据洛伦兹力大小计算公式和向心力公式有：

$$evB = m \frac{v^2}{r}, \text{ 解得电子圆周运动的轨道半径为: } r = \frac{mv}{eB} =$$

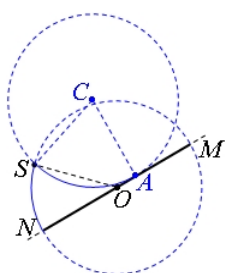
$$\frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19} \times 2.0 \times 10^{-4}} \text{ m} = 4.55 \times 10^{-2} \text{ m} = 4.55 \text{ cm}, \text{ 恰好有: } r = d = L/2, \text{ 由于电子源 } S,$$

可向纸面内任意方向发射电子，因此电子的运动轨迹将是过 S 点的一系列半径

为 r 的等大圆，能够打到板 MN 上的区域范围如下图所示，实线 SN 表示电子刚

好经过板 N 端时的轨迹，实线 SA 表示电子轨迹刚好与板相切于 A 点时的轨迹，

因此电子打在板上可能位置的区域的长度为：l = NA，



又由题设选项可知，MN 与 SO 直线的夹角 θ 不定，但要使电子轨迹与 MN 板相

切，根据图中几何关系可知，此时电子的轨迹圆心 C 一定落在与 MN 距离为 r

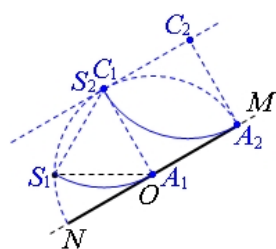
的平行线上，如下图所示，当 $l = 4.55 \text{ cm}$ 时，即 A 点与板 O 点重合，作出电子

轨迹如下图中实线 S_1A_1 ，由图中几何关系可知，此时 S_1O 与 MN 的夹角 $\theta = 30^\circ$ ，

故选项 C 错误；选项 D 正确；当 $l = 9.1 \text{ cm}$ 时，即 A 点与板 M 端重合，作出电

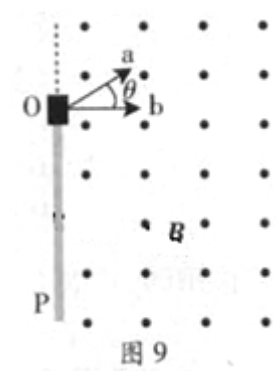
子轨迹如下图中实线 S_2A_2 ，由图中几何关系可知，此时 S_2O 与 MN 的夹角 $\theta = 90^\circ$

，故选项 A 正确；选项 B 错误。



【考点定位】带电粒子在有界磁场中的运动。

52.(2013·广东卷·T21)如图所示，两个初速度大小相同的同种离子 a 和 b，从 O 点沿垂直磁场方向进入匀强磁场，最后打到屏 P 上。不计重力。下列说法正确的有



A.a、b 均带正电

B.a 在磁场中飞行的时间比 b 的短

C.a 在磁场中飞行的路程比 b 的短

D.a 在 P 上的落点与 O 点的距离比 b 的近

近

【答案】AD

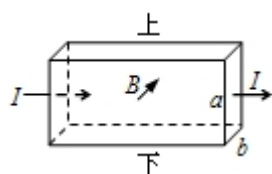
【解析】左手定则知，A 正确；由带电粒子在匀强磁场中运动的半径公式、周期公

式 $r = \frac{mv}{Bq}$, $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ 知，两粒子半径相等，轨迹 b 为半圆，a 为优弧，故 B、C 错

误，D 正确。

【考点定位】带电粒子在匀强磁场中的运动

53.(2013·重庆卷)如图所示，一段长方体形导电材料，左右两端面的边长都为 a 和 b ，内有带电量为 q 的某种自由运动电荷。导电材料置于方向垂直于其前表面向里的匀强磁场中，内部磁感应强度大小为 B 。当通以从左到右的稳恒电流 I 时，测得导电材料上、下表面之间的电压为 U ，且上表面的电势比下表面的低。由此可得该导电材料单位体积内自由运动电荷数及自由运动电荷的正负分别为



- A. $\frac{IB}{|q|aU}$ ，负 B. $\frac{IB}{|q|aU}$ ，正 C. $\frac{IB}{|q|bU}$ ，负 D. $\frac{IB}{|q|bU}$ ，正

【答案】C

【解析】因为上表面的电势比下表面的低，根据左手定则，知道移动的电荷为负电荷。因为 $qvB = q\frac{U}{a}$ ，解得 $v = \frac{U}{Ba}$ ，因为电流 $I = nqvs = nqvab$ ，解得 $n = \frac{IB}{|q|bU}$ 。故 C

正确，A、B、D 错误。

【考点定位】左手定则；带电粒子在复合场中的运动；电流的微观表达式。

54.(2014·天津卷)如图所示，平行金属板 A、B 水平正对放置，分别带等量异号电荷。一带电微粒水平射入板间，在重力和电场力共同作用下运动，轨迹如图中虚线所示，那么



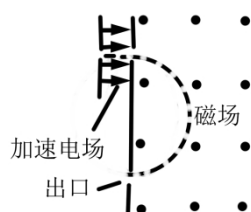
- A.若微粒带正电荷，则 A 板一定带正电荷
- B.微粒从 M 点运动到 N 点电势能一定增加
- C.微粒从 M 点运动到 N 点动能一定增加
- D.微粒从 M 点运动到 N 点机械能一定增加

【答案】C

【解析】以带电粒子为研究对象分析受力可知，微粒同时受到重力和电场力作用，由题中条件仅可判断出重力与电场力合力向下，但无法确定电场力的大小和方向以及微粒所带电荷电性，故只能确定合力对微粒做正功，其动能增大，其他结论均无法确定，所以只有选项 C 正确；

【考点定位】带电粒子在复合场中的运动

55.(2016·全国新课标 I 卷·T15)现代质谱仪可用来分析比质子重很多倍的离子，其示意图如图所示，其中加速电压恒定。质子在入口处从静止开始被加速电场加速，经匀强磁场偏转后从出口离开磁场。若某种一价正离子在入口处从静止开始被同一加速电场加速，为使它经匀强磁场偏转后仍从同一出口离开磁场，需将磁感应强度增加到原来的 12 倍。此离子和质子的质量比约为



- A.11
- B.12
- C.121
- D.144

【答案】D

【解析】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： $qU = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

$$\text{得 } v = \sqrt{\frac{2qU}{m}} \quad \text{①} \quad \text{在磁场中应满足 } qvB = m\frac{v^2}{r} \quad \text{②}$$

由题意，

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。

由①②式联立求解得

匀速圆周运动的半径 $r = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$ ，由于加速电压不变，

$$\text{故 } \frac{r_1}{r_2} = \frac{B_2}{B_1} \cdot \sqrt{\frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{q_2}{q_1}} = \frac{1}{1}$$

其中 $B_2 = 12B_1$ ， $q_1 = q_2$ ，可得 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{144}$

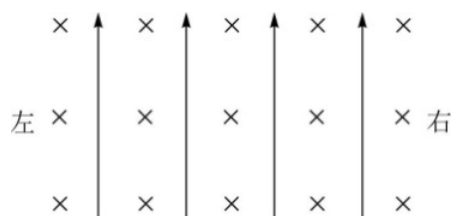
故一价正离子与质子的质量比约为 144

【考点定位】带电粒子在匀强磁场中的运动、带电粒子在匀强电场中的运动

【名师点睛】本题主要考查带电粒子在匀强磁场和匀强电场中的运动。要特别注意带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的向心力由洛伦兹力提供，根据动能定理求出带电粒子出电场进磁场的速度。本题关键是要理解两种粒子在磁场中运动的半径不变。

56.(2017·新课标 I 卷)如图，空间某区域存在匀强电场和匀强磁场，电场方向竖直向上(与纸面平行)，磁场方向垂直于纸面向里，三个带正电的微粒 a、b、c 电荷

量相等，质量分别为 m_a 、 m_b 、 m_c 。已知在该区域内，a 在纸面内做匀速圆周运动，b 在纸面内向右做匀速直线运动，c 在纸面内向左做匀速直线运动。下列选项正确的是



- A. $m_a > m_b > m_c$ B. $m_b > m_a > m_c$
- C. $m_c > m_a > m_b$ D. $m_c > m_b > m_a$

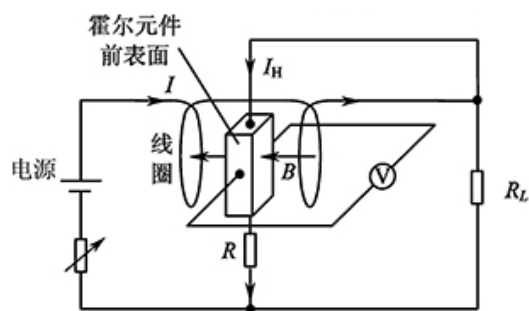
【答案】B

【解析】由题意知， $m_a g = qE$ ， $m_b g = qE + Bqv$ ， $m_c g + Bqv = qE$ ，所以 $m_b > m_a > m_c$ ，故 B 正确，ACD 错误。

【考点定位】带电粒子在复合场中的运动。

【名师点睛】三种场力同时存在，做匀速圆周运动的条件是 $m_a g = qE$ ，两个匀速直线运动，合外力为零，重点是洛伦兹力的方向判断。

57.(2014·江苏卷)如图所示，导电物质为电子的霍尔元件位于两串联线圈之间，线圈中电流为 I ，线圈间产生匀强磁场，磁感应强度大小 B 与 I 成正比，方向垂直于霍尔元件的两侧面，此时通过霍尔元件的电流为 I_H ，与其前后表面相连的电压表测出的霍尔电压 U_H 满足： $U_H = k \frac{I_H B}{d}$ ，式中 k 为霍尔系数， d 为霍尔元件两侧面间的距离。电阻 R 远大于 R_L ，霍尔元件的电阻可以忽略，则



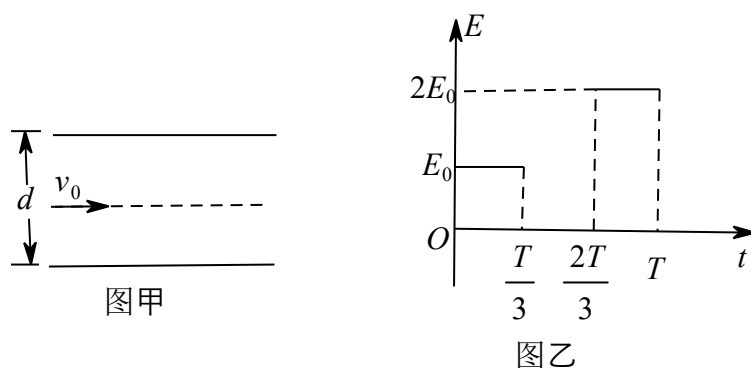
- A. 霍尔元件前表面的电势低于后表面 B. 若电源的正负极对调，电压表将反偏
- C. I_H 与 I 成正比 D. 电压表的示数与 R_L 消耗的电功率成正比

【答案】CD

【解析】根据左手定则可以判断出霍尔元件中的导电物质所受安培力指向后表面，即将向后表面侧移，又由于该导电物质为电子，带负电，因此后表面的电势将低于前表面的电势，故选项 A 错误；若电源的正负极对调，磁场方向与图示方向相反，同时由电路结构可知，流经霍尔元件上下面的电流也将反向，因此电子的受力方向不变，即前后表面电势高低情况不变，故选项 B 错误；由电路结构可知， R_L 与 R 并联后与线圈串联，因此有： $I = \frac{R + R_L}{R_L} I_H$ ，故选项 C 正确； R_L 消耗的电功率 $P_L = (\frac{R}{R_L} I_H)^2 R_L = \frac{R^2}{R_L} I_H^2$ ，显然 P_L 与 I_H^2 成正比，又因为磁感应强度大小 B 与 I 成正比，即 B 与 I_H 成正比，电压表的示数 $U_H = k \frac{I_H B}{d}$ ，则 U_H 与 I_H^2 成正比，所以 U_H 与 R_L 消耗的电功率 P_L 成正比，故选项 D 正确。

【考点定位】本题主要考查了电路的串并联关系、带电粒子在复合场中运动的现实应用分析问题，属于中档题。

58.(2015·山东卷·T20)如图甲,两水平金属板间距为 d ,板间电场强度的变化规律如图乙所示。 $t=0$ 时刻,质量为 m 的带电微粒以初速度 v_0 沿中线射入两板间, $0 \sim \frac{T}{3}$ 时间内微粒匀速运动, T 时刻微粒恰好经金属边缘飞出。微粒运动过程中未与金属板接触。重力加速度的大小为 g 。关于微粒在 $0 \sim T$ 时间内运动的描述,正确的是



- A.末速度大小为 $\sqrt{2}v_0$ B.末速度沿水平方向
C.重力势能减少了 $\frac{1}{2}mgd$ D.克服电场力做功为 mgd

【答案】BC

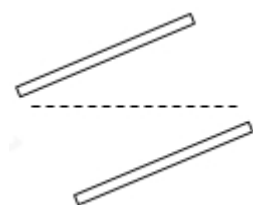
【解析】AB、 $0 \sim \frac{T}{3}$ 时间内微粒匀速运动, 则有: $E_0q = mg$, $\frac{T}{3} \sim \frac{2T}{3}$ 内, 微粒做平抛运动, 下降的位移 $x_1 = \frac{1}{2}g\left(\frac{T}{3}\right)^2$, $\frac{2T}{3} \sim T$ 时间内, 微粒的加速度 $a = \frac{2qE_0 - mg}{m} = g$, 方向竖直向上, 微粒在竖直方向上做匀减速运动, T 时刻竖直分速度为零, 所以末速度的方向沿水平方向, 大小为 v_0 , 故 A 错误, B 正确;
C、微粒在竖直方向上向下运动, 位移大小为 $\frac{1}{2}d$, 则重力势能的减小量为 $\frac{1}{2}mgd$, 故 C 正确;

D、在 $\frac{T}{3} \sim \frac{2}{3}T$ 内和 $\frac{2}{3}T \sim T$ 时间内竖直方向上的加速度大小相等，方向相反，时间相等，则位移的大小相等，为 $\frac{1}{4}d$ ，整个过程中克服电场力做功为

$$2E_0 \cdot q \cdot \frac{1}{4}d = \frac{1}{2}qE_0d = \frac{1}{2}mgd, \text{ 故 D 错误。}$$

【考点定位】带电粒子在复合场中的运动.

59.(2012·新课标卷)如图，平行板电容器的两个极板与水平地面成一角度，两极板与一直流电源相连。若一带电粒子恰能沿图中所示水平直线通过电容器，则在此过程中，该粒子



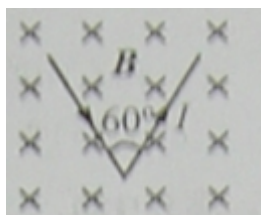
- A.所受重力与电场力平衡
- B.电势能逐渐增加
- C.动能逐渐增加
- D.做匀变速直线运动

【答案】BD

【解析】根据题意可知，粒子做直线运动，则电场力与重力的合力与速度方向反向，粒子做匀减速直线运动，因此 A 错误，D 正确；由 A 选项分析可知，电场力做负功，则电势能增加，故 B 正确；因电场力做负功，则电势能增加，导致动能减小，故 C 错误；故选：BD。

【考点定位】本题考查带电粒子在复合场中的运动及其相关知识

60.(2010·上海卷·T13)如图,长为 $2l$ 的直导线拆成边长相等,夹角为 60° 的 V 形,并置于与其所在平面相垂直的匀强磁场中,磁感应强度为 B ,当在该导线中通以电流强度为 I 的电流时,该 V 形通电导线受到的安培力大小为



A.0 B. $0.5BIl$ C. BIl D. $2BIl$

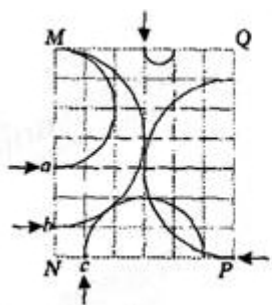
【答案】C

【解析】导线有效长度为 $2l\sin 30^\circ=l$, 所以该 V 形通电导线收到的安培力大小为 BIl 。选 C。

本题考查安培力大小的计算。

难度：易。

61.(2010·重庆卷·T21)如题 21 图所示, 矩形 MNPQ 区域内有方向垂直于纸面的匀强磁场, 有 5 个带点粒子从图中箭头所示位置垂直于磁场边界进入磁场, 在纸面内做匀速圆周运动, 运动轨迹为相应的圆弧, 这些粒子的质量, 电荷量以及速度大小如下表所示。



粒子编号	质量	电荷量($q > 0$)	速度大小
1	m	$2q$	v
2	$2m$	$2q$	$2v$
3	$3m$	$-3q$	$3v$
4	$2m$	$2q$	$3v$
5	$2m$	$-q$	v

由以上信息可知，从图中 a、b、c 处进入的粒子对应表中的编号分别为

A.3、5、4

B.4、2、5

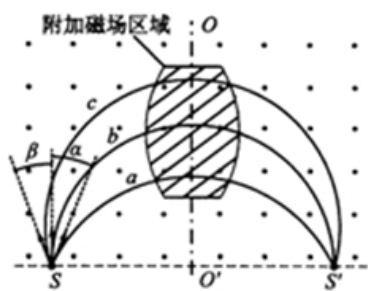
C.5、3、2

D.2、4、5

【答案】D

【解析】本题考查带电粒子在磁场中的偏转的半径公式，左手定则等知识点。由表格中的信息可求出粒子的轨道半径关系 $r_3 = r_4 > r_2 = r_5 > r_1$ ，则半径最小的粒子是 1 号，1 号粒子带正电，由左手定则知，磁场方向垂直纸面向内。B 粒子半径最大，必是 3 号或 4 号粒子，再根据左手定则知，b 粒子带正电，则 b 是 4 号；同样可知，a 是 5 号粒子。

62.(2010·江苏卷·T9)如图所示，在匀强磁场中附加另一匀强磁场，附加磁场位于图中阴影区域，附加磁场区域的对称轴 OO' 与 SS' 垂直。a、b、c 三个质子先后从 S 点沿垂直于磁场的方向摄入磁场，它们的速度大小相等，b 的速度方向与 SS' 垂直，a、c 的速度方向与 b 的速度方向间的夹角分别为 α 、 β ，且 $\alpha > \beta$ 。三个质子经过附加磁场区域后能达到同一点 S' ，则下列说法中正确的有



- A.三个质子从 S 运动到 S'的时间相等
- B.三个质子在附加磁场以外区域运动时，运动轨迹的圆心均在 OO' 轴上
- C.若撤去附加磁场，a 到达 SS' 连线上的位置距 S 点最近
- D.附加磁场方向与原磁场方向相同

【答案】CD

【解析】

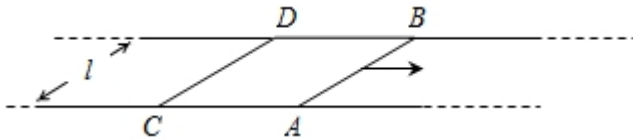
- A.三个质子从 S 运动到 S'的时间不相等，A 错误，
- B.三个质子在附加磁场以外区域运动时，只有 b 运动轨迹的圆心在 OO' 轴上，因为半径相等，而圆心在初速度方向的垂线上，所以 B 错误；
- C.用作图法可知，若撤去附加磁场，a 到达 SS' 连线上的位置距 S 点最近，b 最远，C 正确；
- D.因 b 要增大曲率，才能使到达 SS' 连线上的位置向 S 点靠近，所以附加磁场方向与原磁场方向相同，D 正确；

本题选 CD。

本题考查带电粒子在磁场中的运动。

非选择题：

63.(2019•海南卷•T14)如图，一水平面内固定有两根平行的长直金属导轨，导轨间距为 l ；两根相同的导体棒 AB 、 CD 置于导轨上并与导轨垂直，长度均为 l ；棒与导轨间的动摩擦因数为 μ (最大静摩擦力等于滑动摩擦力)；整个装置处于匀强磁场中，磁感应强度大小为 B ，方向竖直向下。从 $t=0$ 时开始，对 AB 棒施加一外力，使 AB 棒从静止开始向右做匀加速运动，直到 $t=t_1$ 时刻撤去外力，此时棒中的感应电流为 i_1 ；已知 CD 棒在 $t=t_0$ ($0 < t_0 < t_1$) 时刻开始运动，运动过程中两棒均与导轨接触良好。两棒的质量均为 m ，电阻均为 R ，导轨的电阻不计。重力加速度大小为 g 。



(1)求 AB 棒做匀加速运动的加速度大小；

(2)求撤去外力时 CD 棒的速度大小；

(3)撤去外力后， CD 棒在 $t=t_2$ 时刻静止，求此时 AB 棒的速度大小。

【答案】 (1) $\frac{2\mu mgR}{B^2 l^2 t_0}$ (2) $\frac{2\mu mgR t_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2R i_1}{Bl}$ (3)

$$\frac{4\mu mgR t_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2R i_1}{Bl} - 2\mu g(t_2 - t_1)$$

【解析】

(1)当 CD 棒开始刚运动时，设 CD 棒中电流为 i_0 。则有： $Bi_0 l = \mu mg$ ，得： $i_0 = \frac{\mu mg}{Bl}$

设此时 AB 棒的速度为 v_0 ，则有： $i_0 = \frac{Blv_0}{2R}$ ，得： $v_0 = \frac{2\mu mgR}{B^2 l^2}$

故 AB 棒做匀加速运动的加速度大小为： $a = \frac{v_0}{t_0} = \frac{2\mu mgR}{B^2 l^2 t_0}$

(2) 设撤去外力时 CD 棒的速度大小为 v_1 ，AB 棒的速度大小为 v_2 ，则有： $v_2=at_1$ 。

根据欧姆定律得： $i_1 = \frac{Blv_2 - Blv_1}{2R}$ 联立解得： $v_1 = \frac{2\mu mgRt_1}{B^2l^2t_0} - \frac{2Ri_1}{Bl}$

(3) 设 CD 棒在 $t=t_2$ 时刻静止时 AB 棒的速度大小为 v_3 。

对两棒整体，安培力的冲量为 0，由动量定理得： $-2\mu mg(t_2 - t_1) = mv_3 - mv_1 - mv_2$ 。

联立解得： $v_3 = \frac{4\mu mgRt_1}{B^2l^2t_0} - \frac{2Ri_1}{Bl} - 2\mu g(t_2 - t_1)$

64.(2019•全国 I 卷•T11)如图，在直角三角形 OPN 区域内存在匀强磁场，磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面向外。一带正电的粒子从静止开始经电压 U 加速后，沿平行于 x 轴的方向射入磁场；一段时间后，该粒子在 OP 边上某点以垂直于 x 轴的方向射出。已知 O 点为坐标原点， N 点在 y 轴上， OP 与 x 轴的夹角为 30° ，粒子进入磁场的入射点与离开磁场的出射点之间的距离为 d ，不计重力。求

(1) 带电粒子的比荷；

(2) 带电粒子从射入磁场到运动至 x 轴的时间。

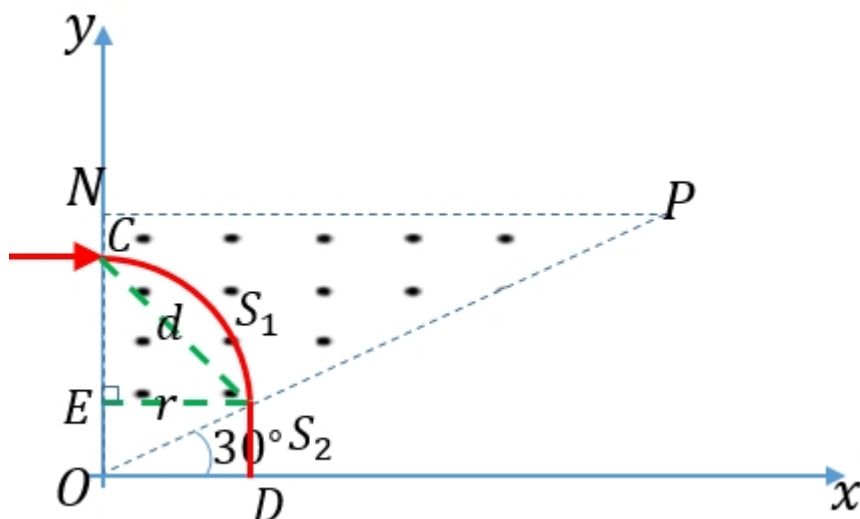
【答案】(1) $\frac{4U}{d^2B^2}$ (2) $\left(\frac{\pi}{8} + \frac{\sqrt{3}}{12}\right) \cdot \frac{d^2B}{U}$ 或 $\frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3}\right)$

【解析】

(1) 粒子从静止被加速的过程，根据动能定理得： $qU = \frac{1}{2}mv_0^2$ ，解得： $v_0 = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$

根据题意，下图为粒子的运动轨迹，由几何关系可知，该粒子在磁场中运动的轨迹半径为：

$$r = \frac{\sqrt{2}}{2}d$$



粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，即： $qv_0B = m\frac{v_0^2}{r}$

联立方程得： $\frac{q}{m} = \frac{4U}{d^2B^2}$

(2)根据题意，粒子在磁场中运动的轨迹为四分之一圆周，长度 $S_1 = \frac{1}{4} \cdot 2\pi r = \frac{\sqrt{2}}{4}\pi d$

粒子射出磁场后到运动至 x 轴，运动的轨迹长度 $S_2 = r \cdot \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{6}}{6}d$

粒子从射入磁场到运动至 x 轴过程中，一直匀速率运动，则 $t = \frac{S_1 + S_2}{v_0}$

解得： $t = \left(\frac{\pi}{8} + \frac{\sqrt{3}}{12}\right) \cdot \frac{d^2B}{U}$

或 $t = \frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3}\right)$

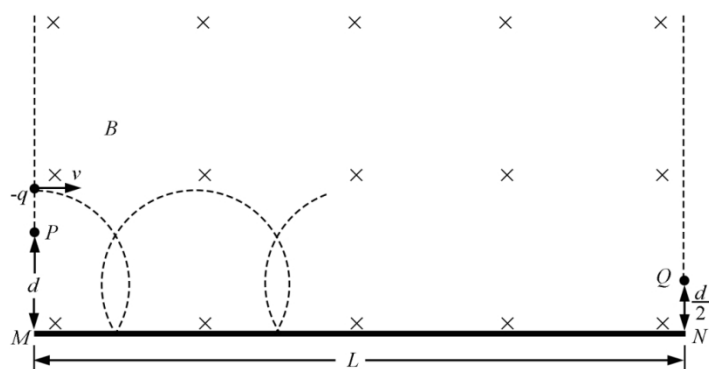
65.(2019•江苏卷•T23)如图所示，匀强磁场的磁感应强度大小为 B . 磁场中的水平绝缘薄板与磁场的左、右边界分别垂直相交于 M 、 N ， $MN=L$ ，粒子打到板上时会被反弹(碰撞时间极短)，反弹前后水平分速度不变，竖直分速度大小不变、方向相反. 质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的

粒子速度一定，可以从左边界的不同位置水平射入磁场，在磁场中做圆周运动的半径为 d ，且 $d < L$ ，粒子重力不计，电荷量保持不变。

(1) 求粒子运动速度的大小 v ；

(2) 欲使粒子从磁场右边界射出，求入射点到 M 的最大距离 d_m ；

(3) 从 P 点射入的粒子最终从 Q 点射出磁场， $PM=d$ ， $QN=\frac{d}{2}$ ，求粒子从 P 到 Q 的运动时间 t 。



【答案】 (1) $v = \frac{qBd}{m}$ ； (2) $d_m = \frac{2+\sqrt{3}}{2}d$ ； (3) A. 当 $L = nd + (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})d$ 时，

$t = (\frac{L}{d} + \frac{3\sqrt{3}-4}{6}) \frac{\pi m}{2qB}$ ， B. 当 $L = nd + (1 + \frac{\sqrt{3}}{2})d$ 时， $t = (\frac{L}{d} - \frac{3\sqrt{3}-4}{6}) \frac{\pi m}{2qB}$

【解析】

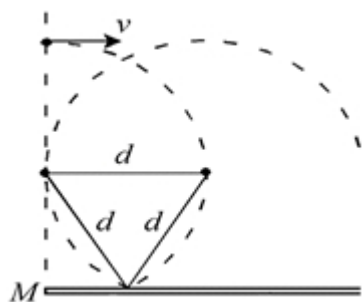
(1) 粒子在磁场中做匀速圆周运动由洛伦兹力提供向心力有：

$$qvB = m \frac{v^2}{R}, \text{ 解得: } R = \frac{mv}{qB}$$

由题可得： $R = d$

$$\text{解得 } v = \frac{qBd}{m};$$

(2) 如图所示，粒子碰撞后的运动轨迹恰好与磁场左边界相切



由几何关系得 $d_m = d(1 + \sin 60^\circ)$

解得 $d_m = \frac{2 + \sqrt{3}}{2} d$

(3) 粒子的运动周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$

设粒子最后一次碰撞到射出磁场的时间为 t' ，则

$$t = n \frac{T}{4} + t' (n = 1, 3, 5, \dots)$$

A. 当 $L = nd + (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})d$ 时，粒子斜向上射出磁场

$$t' = \frac{1}{12}T \text{ 解得 } t = (\frac{L}{d} + \frac{3\sqrt{3}-4}{6}) \frac{\pi m}{2qB}$$

B. 当 $L = nd + (1 + \frac{\sqrt{3}}{2})d$ 时，粒子斜向下射出磁场

$$t' = \frac{5}{12}T \text{ 解得 } t = (\frac{L}{d} - \frac{3\sqrt{3}-4}{6}) \frac{\pi m}{2qB}。$$

66. (2016·上海卷) 形象描述磁场分布的曲线叫做_____，通常_____的大小也叫做磁通量密度。

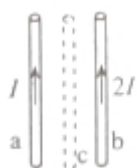
【答案】磁感线；磁感应强度

【解析】为了形象的描述磁场而假想出来的曲线，曲线上任意一点的切线方向均表示该位置的磁场方向，这样的曲线称为磁感线；磁场的强弱大小用磁感应强度表示，在磁通量中有： $B = \frac{\Phi}{S}$ ，所以磁感应强度也称为磁通密度。

【考点定位】磁感线、磁感应强度、磁通密度

【方法技巧】本题考查定义，需要对磁感线、磁感应强度以及磁通密度概念熟悉。

67..(2015·上海卷·T25)如图，两根通电长直导线 a、b 平行放置，a、b 中的电流强度分别为 I 和 2I，此时 a 受到的磁场力为 F，若以该磁场力的方向为正，则 b 受到的磁场力为_____；a、b 的正中间再放置一根与 a、b 平行共面的通电长直导线 c 后，a 受到的磁场力大小变为 2F，则此时 b 受到的磁场力为_____。

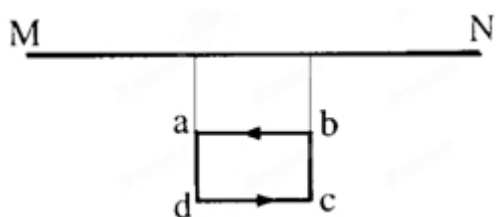


【答案】-F；-3F 或 5F

【解析】由牛顿第三定律，b 受到 a 对它的磁场力为 -F，a、b 的正中间再放置一根与 a、b 平行共面的通电长直导线 c 后，c 在 a、b 两导线处的磁感应强度大小相等，方向相反，c 导线对 b 导线的作用力是它对 a 导线的作用力的两倍，方向相反，a 受到的磁场力大小变为 2F，那么 c 导线对 a 导线的作用力可能是 F 也可能是 -3F，c 导线对 b 导线的作用力可能是 -2F 也可能是 6F，故此时 b 受到的磁场力为 -3F 或 5F。

【考点定位】安培力

68..(2012·上海卷)载流长直导线周围磁场的磁感应强度大小为 $B=kI/r$ ，式中常量 $k>0$ ， I 为电流强度， r 为距导线的即离。在水平长直导线 MN 正下方，矩形线圈 abcd 通以逆时针方向的恒定电流，被两根等长的轻质绝缘细线静止地悬挂，如图所示。开始时 MN 内不通电流，此时两细线内的张力均为 T_0 。当 MN 通以强度为 I_1 的电流时，两细线内的张力均减小为 T_1 ；当 MN 内的电流强度变为 I_2 时，两细线的张力均大于 T_0 。



- (1)分别指出强度为 I_1 、 I_2 的电流的方向；
- (2)求 MN 分别通以强度为 I_1 和 I_2 电流时，线框受到的安培力 F_1 与 F_2 大小之比；
- (3)当 MN 内的电流强度为 I_3 时两细线恰好断裂，在此瞬间线圈的加速度大小为 a ，求 I_3 。

【答案】(1) I_1 方向向左， I_2 方向向右；(2) $F_1:F_2=I_1:I_2$ ；(3) $I_3 = \frac{T_0(a-g)}{(T_0-T_1)g} I_1$

【解析】(1) I_1 方向向左， I_2 方向向右，

(2)当 MN 中通以电流 I 时，线圈所受安培力大小为 $F = kIiL(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$ ，式中 r_1 、 r_2 分别为 ab 、 cd 与 MN 的间距， i 为线圈中的电流， L 为 ab 、 cd 的长度， $F_1:F_2=I_1:I_2$ 。

(3)设 MN 中电流强度为 I_3 ，线框所受安培力为 F_3 ，由题设条件可得：

$$2T_0 = G$$

$$2T_1 + F_1 = G,$$

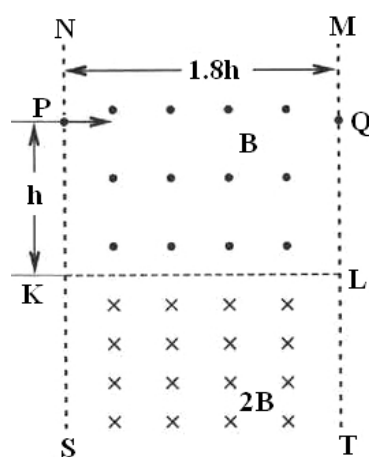
$$F_3 + G = G / ga,$$

$$\frac{I_1}{I_3} = \frac{F_1}{F_3} = \frac{(T_0 - T_1)g}{T_0(a - g)}$$

$$I_3 = \frac{T_0(a - g)}{(T_0 - T_1)g} I_1$$

【考点定位】本题考查安培力及其相关知识

69..(2014·重庆卷)如图所示，在无限长的竖直边界 NS 和 MT 间充满匀强电场，同时该区域上、下部分分别充满方向垂直于 NSTM 平面向外和向内的匀强磁场，磁感应强度大小分别为 B 和 $2B$ ，KL 为上下磁场的水平分界线，在 NS 和 MT 边界上，距 KL 高 h 处分别有 P、Q 两点，NS 和 MT 间距为 $1.8h$ 。质量为 m 、带电量为 $+q$ 的粒子从 P 点垂直于 NS 边界射入该区域，在两边界之间做圆周运动，重力加速度为 g 。



题9图

(1)求该电场强度的大小和方向。

(2)要使粒子不从 NS 边界飞出，求粒子入射速度的最小值。

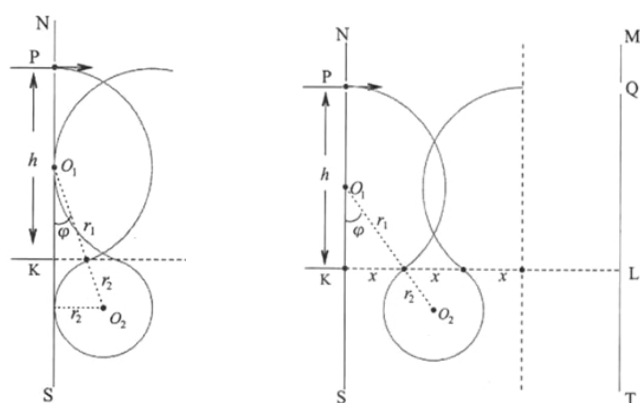
(3)若粒子能经过 Q 点从 MT 边界飞出，求粒子入射速度的所有可能值。

【答案】(1) $E = \frac{mg}{q}$ ，方向竖直向上 (2) $v_{\min} = \frac{(9 - 6\sqrt{2})qBh}{m}$

(3) $v = \frac{0.68qBh}{m}$; $v = \frac{0.545qBh}{m}$; $v = \frac{0.52qBh}{m}$

【解析】(1)设电场强度大小为 E。由题意有 $mg = qE$ ，得 $E = \frac{mg}{q}$ ，方向竖直向上。

(2)如图所示，设粒子不从 NS 边飞出的入射速度最小值为 $v_{\min}$ ，对应的粒子在上下区域运动的半径为 r_1 和 r_2 ，圆心的连线与 NS 的夹角为 ϕ



由 $r = \frac{mv}{qB}$ ，有 $r_1 = \frac{mv_{\min}}{qB}$, $r_2 = \frac{1}{2}r_1$

由 $(r_1 + r_2)\sin\phi = r_2$ ，解得： $v_{\min} = (9 - 6\sqrt{2})\frac{qBh}{m}$

(3)如图所示，设粒子的入射速度为 v ，粒子在上下方区域的运动半径为 r_1 和 r_2 ，粒子第一次通过 KL 时距离 K 点为 x

由题意有 $3nx = 1.8h$ ($n=1, 2, 3\cdots$)

$$\frac{3}{2}x^3 = \frac{9 - 6\sqrt{2}}{2}h$$

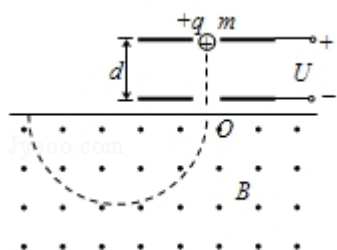
$$x = \sqrt{r_1^2 - (h - r_1)^2}$$

$$\text{得 } r_1 = (1 + \frac{0.36}{n^2}) \frac{h}{2}, n < 3.5$$

$$\text{即 } n=1 \text{ 时, } v = \frac{0.68qBh}{m}; n=2 \text{ 时, } v = \frac{0.545qBh}{m}; n=3 \text{ 时, } v = \frac{0.52qBh}{m};$$

【考点定位】本题考查了带电粒子在复合场中的运动、力的平衡、匀速圆周运动规律。

70.(2013·北京卷)如图所示,两平行金属板间距为 d , 电势差为 U , 板间电场可视为匀强电场;金属板下方有一磁感应强度为 B 的匀强磁场。带电量为 $+q$ 、质量为 m 的粒子,由静止开始从正极板出发,经电场加速后射出,并进入磁场做匀速圆周运动。忽略重力的影响,求:



- (1) 匀强电场场强 E 的大小;
- (2) 粒子从电场射出时速度 v 的大小;
- (3) 粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径 R 。

$$\text{【答案】(1) } E = \frac{U}{d} \quad (2) v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}} \quad (3) R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{qd}}$$

$$\text{【解析】(1) 匀强电场的场强 } E = \frac{U}{d}$$

(2)根据动能定理： $Uq = \frac{1}{2}mv^2$

得： $v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$

(3)根据洛伦兹力提供向心力，则有 $qvB = \frac{mv^2}{r}$

可得 $r = \frac{mv}{qB}$

再将 $v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$ 代入

得： $R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{qd}}$

【考点定位】本题考查了带电粒子在电场中的加速和偏转问题。

71.(2013·北京卷)对于同一物理问题，常常可以从宏观与微观两个不同角度进行研究，找出其内在联系，从而更加深刻地理解其物理本质。

(1)一段横截面积为 S 、长为 l 的直导线，单位体积内有 n 个自由电子，电子电荷量为 e 。该导线通有电流时，假设自由电子定向移动的速率均为 v 。

(a)求导线中的电流 I ；

(b)将该导线放在匀强磁场中，电流方向垂直于磁感应强度 B ，导线所受安培力大小为 $F_{\text{安}}$ ，导线内自由电子所受洛伦兹力大小的总和为 F ，推导 $F_{\text{安}}=F$ 。

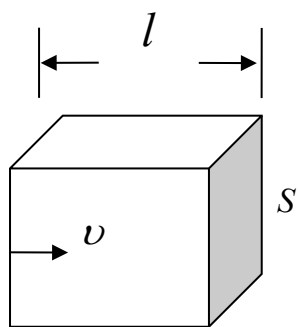
(2)正方体密闭容器中有大量运动粒子，每个粒子质量为 m ，单位体积内粒子数量 n 为恒量。为简化问题，我们假定：粒子大小可以忽略；其速率均为 v ，且与

器壁各面碰撞的机会均等；与器壁碰撞前后瞬间，粒子速度方向都与器壁垂直，且速率不变。利用所学力学知识，导出器壁单位面积所受粒子压力 F 与 m 、 n 和 v 的关系。

(注意：解题过程中需要用到、但题目没有给出的物理量，要在解题时做必要的说明)

【答案】(1) $I = nvSe$ 证明见答案 (2) $P = \frac{F}{S} = \frac{1}{3}nmv^2$

【解析】(1)(a) 电流 $I = \frac{Q}{t}$ ，又因为 $Q = ne[v(St)]$ ，代入则 $I = nvSe$



(b) $F_{\text{安}} = BIL$ ， $I = nvSe$ ，代入则： $F_{\text{安}} = BnvSeL$ ；因为总的自由电子个数 $N = nSL$ ，每个自由电子受到洛伦兹力大小 $f = Bve$ ，所以 $F = Nf = BnvSeL = F_{\text{安}}$ ，即 $F_{\text{安}} = F$ 。

(2) 气体压强公式的推导：设分子质量为 m ，平均速率为 v ，单位体积的分子数为 n ；建立图示柱体模型，设柱体底面积为 S ，长为 l ，则 $l = vt$

柱体体积 $V = Sl$

柱体内分子总数 $N_{\text{总}} = nV$

因分子向各个方向运动的几率相等,所以在 t 时间内与柱体底面碰撞的分子总数

为 $N'_{\text{总}} = \frac{1}{6} N_{\text{总}}$

设碰前速度方向垂直柱体底面且碰撞是弹性的,则分子碰撞器壁前后,总动量的

变化量为 $\Delta p = 2mvN'_{\text{总}}$

依据动量定理有 $Ft = \Delta p$

又压力 $F = PS$

由以上各式得单位面积上的压力 $F_0 = \frac{F}{S} = \frac{1}{3}nmv^2$

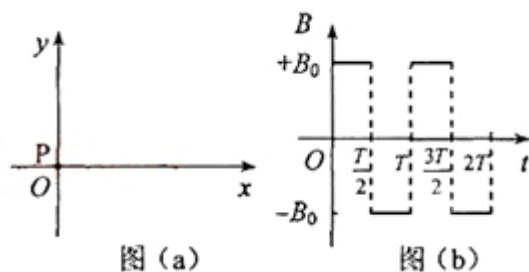
【考点定位】电流微观表达式,带电粒子在电磁场中的运动

72.(2012·海南卷·T16)图(a)所示的 xOy 平面处于匀强磁场中,磁场方向与 xOy 平面(纸面)垂直,磁感应强度 B 随时间 t 变化的周期为 T ,变化图线如图(b)所示。

当 B 为 $+B_0$ 时,磁感应强度方向指向纸外。在坐标原点 O 有一带正电的粒子 P ,

其电荷量与质量之比恰好等于 $\frac{2\pi}{TB_0}$ 。不计重力。设 P 在某时刻 t_0 以某一初速度沿

y 轴正方向自 O 点开始运动,将它经过时间 T 到达的点记为 A 。



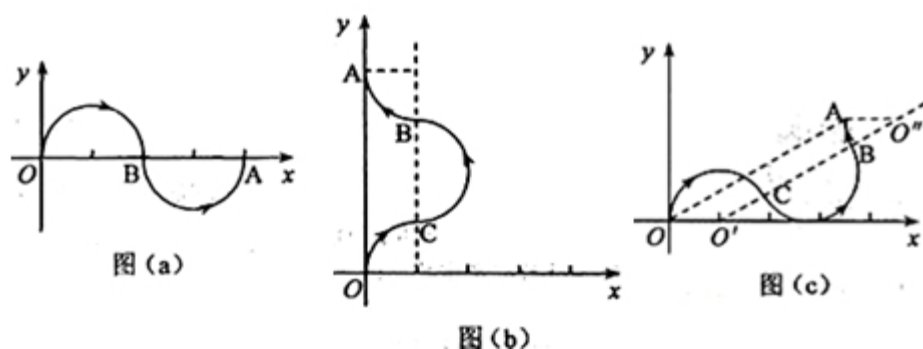
(1)若 $t_0=0$,则直线 OA 与 x 轴的夹角是多少?

(2)若 $t_0=T/4$,则直线 OA 与 x 轴的夹角是多少?

(3)为了使直线 OA 与 x 轴的夹角为 $\pi/4$, 在 $0 < t_0 < T/4$ 的范围内, t_0 应取何值? 是多少?

【答案】(1) 0° (2) $\theta = \frac{\pi}{2}$ (3) $t_0 = \frac{T}{8}$

【解析】



(1)设粒子 P 的质量、电荷量与初速度分别为 m 、 q 与 v , 粒子 P 在洛伦兹力作用下, 在 xy 平面内做圆周运动, 分别用 R 与 T' 表示圆周的半径和运动周期, 则有

$$qvB_0 = m\left(\frac{2\pi}{T'}\right)^2 R \quad (1) \quad v = \frac{2\pi R}{T'} \quad (2)$$

由①②式与已知条件得 $T' = T$ (3)

粒子 P 在 $t=0$ 到 $t=\frac{T}{2}$ 时间内, 沿顺时针方向运动半个圆周, 到达 x 轴上 B 点,

此时磁场方向反转; 继而, 在 $t=\frac{T}{2}$ 到 $t=T$ 时间内, 沿逆时针方向运动半个圆周

, 到达 x 轴上 A 点, 如图(a)所示.OA 与 x 轴的夹角 $\theta = 0$ (4)

(2)粒子 P 在 $t_0 = \frac{T}{4}$ 时刻开始运动, 在 $t = \frac{T}{4}$ 到 $t = \frac{T}{2}$ 时间内, 沿顺时针方向运动 $\frac{1}{4}$

个圆周, 到达 C 点, 此时磁场方向反转; 继而, 在 $t = \frac{T}{2}$ 到 $t = T$ 时间内, 沿逆时

针方向运动半个圆周, 到达 B 点, 此时磁场方向再次反转; 在 $t = T$ 到 $t = \frac{5T}{4}$ 时

间内, 沿顺时针方向运动 $\frac{1}{4}$ 个圆周, 到达 A 点, 如图(b)所示.由几何关系可知,

A 点在 y 轴上,

$$\text{即 } OA \text{ 与 } x \text{ 轴的夹角 } \theta = \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

(3)若在任意时刻 $t=t_0$ ($0 < t_0 < \frac{T}{4}$) 粒子 P 开始运动, 在 $t=t_0$ 到 $t=\frac{T}{2}$ 时间内, 沿顺

时针方向做圆周运动到达 C 点, 圆心 O' 位于 x 轴上, 圆弧 $\overset{\frown}{OC}$ 对应的圆心角为

$$\angle OO'C = \frac{2\pi}{T}(\frac{T}{2} - t_0) \quad (6)$$

此时磁场方向反转;继而, 在 $t=\frac{T}{2}$ 到 $t=T$ 时间内, 沿逆时针方向运动半个圆周

, 到达 B 点, 此时磁场方向再次反转;在 $t=T$ 到 $t=T+t_0$ 时间内, 沿顺时针方向

做圆周运动到达 A 点, 设圆心为 O'' , 圆弧 $\overset{\frown}{BA}$ 对应的圆心角为 $\angle BO''A = \frac{2\pi}{T}t_0$

(7)

如图(c)所示.由几何关系可知, C、B 均在 $O'O''$ 连线上, 且

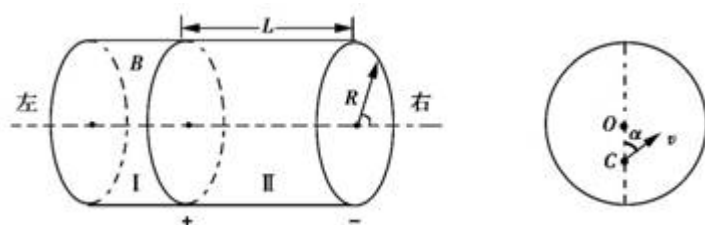
$$OA \parallel O'O'' \quad (8)$$

$$\text{若要 } OA \text{ 与 } x \text{ 轴成 } \frac{\pi}{4} \text{ 角, 则有 } \angle OO'C = \frac{3\pi}{4} \quad (9)$$

$$\text{联立(6)(9)式可得 } t_0 = \frac{T}{8} \quad (10)$$

73.(2014·浙江卷·T25)离子推进器是太空飞行器常用的动力系统, 某种推进器设计的简化原理如图 1 所示, 截面半径为 R 的圆柱腔分为两个工作区。I 为电离区, 将氙气电离获得 1 价正离子 II 为加速区, 长度为 L, 两端加有电压, 形成轴向的匀强电场。I 区产生的正离子以接近 0 的初速度进入 II 区, 被加速后以速度 v_M 从

右侧喷出。I 区内有轴向的匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，在离轴线 $R/2$ 处的 C 点持续射出一定速度范围的电子。假设射出的电子仅在垂直于轴线的截面上运动，截面如图 2 所示(从左向右看)。电子的初速度方向与中心 O 点和 C 点的连线成 α 角($0 < \alpha < 90^\circ$)。推进器工作时，向 I 区注入稀薄的氙气。电子使氙气电离的最小速度为 v_0 ，电子在 I 区内不与器壁相碰且能到达的区域越大，电离效果越好。已知离子质量为 M ；电子质量为 m ，电量为 e 。(电子碰到器壁即被吸收，不考虑电子间的碰撞)。



- (1)求 II 区的加速电压及离子的加速度大小；
- (2)为取得好的电离效果，请判断 I 区中的磁场方向(按图 2 说明是“垂直纸面向里”或“垂直纸面向外”)；
- (3) α 为 90° 时，要取得好的电离效果，求射出的电子速率 v 的范围；
- (4)要取得好的电离效果，求射出的电子最大速率 v_M 与 α 的关系。

【答案】(1) $a = \frac{eE}{M} = e \frac{U}{ML} = \frac{v_M^2}{2L}$ (2)垂直纸面向外

(3) $B > \frac{4mv_0}{3eR}$ (4) $v_m = \frac{3eBR}{4m(2 - \sin \alpha)}$

【解析】(1)由动能定律得 $eU = \frac{1}{2}Mv_M^2$ $U = \frac{Mv_M^2}{2e}$

$$a = \frac{eE}{M} = e \frac{U}{ML} = \frac{v_M^2}{2L}$$

(2)垂直纸面向外

(3)设电子运动的最大半径为 r ，则 $2r = \frac{3}{2}R$

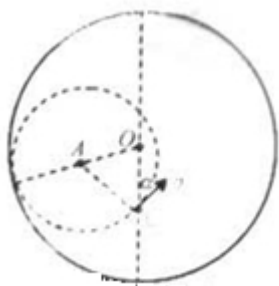
$$eBv = m \frac{v^2}{r}$$

所以有 $v_0 \leq v \leq \frac{3eUR}{4m}$ ，磁感应强度满足 $B > \frac{4mv_0}{3eR}$

(4)如图所示

根据几何关系得： $r = \frac{3R}{4(2 - \sin \alpha)}$

解得： $v_m = \frac{3eBR}{4m(2 - \sin \alpha)}$

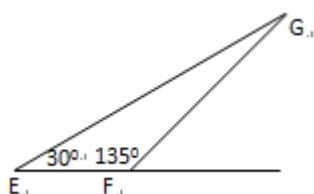


【考点定位】带电粒子在电磁场中的运动

【方法技巧】对带电粒子在磁场中的圆周运动问题，重点是找圆心、画轨迹、定几何关系

74.(2013·海南卷)如图所示，纸面内有 E、F、G 三点， $\angle GEF=30^\circ$ ， $\angle EFG=135^\circ$ ，空间有一匀强磁场，磁感应强度大小为 B，方向垂直于纸面向外。先使带有电荷

量为 $q(q>0)$ 的点电荷 a 在纸面内垂直于 EF 从 F 点射出，其轨迹经过 G 点；再使带有同样电荷量的点电荷 b 在纸面内与 EF 成一定角度从 E 点射出，其轨迹也经过 G 点，两点电荷从射出到经过 G 点所用的时间相同，且经过 G 点时的速度方向也相同。已知点电荷 a 的质量为 m ，轨道半径为 R ，不计重力，求：



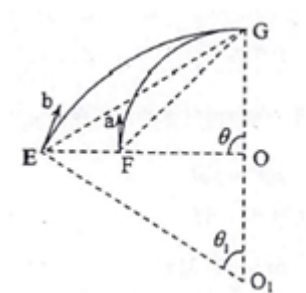
(1) 点电荷 a 从射出到经过 G 点所用的时间；

(2) 点电荷 b 的速度大小。

【答案】(1) $\frac{\pi m}{2qB}$ (2) $4qBR/3m$

【解析】(1) 设点电荷 a 的速度大小为 v ，由牛顿第二定律 $qvB = \frac{mv^2}{R}$ ，得 $v = \frac{qBR}{m}$

设点电荷 a 做圆周运动的周期为 T ，有 $T = \frac{2\pi m}{qB}$



如图， O 和 O_1 分别是 a 和 b 的圆轨道的圆心，设 a 在磁场中偏转的角度为 θ ，由几何关系

得 $\theta=90^\circ$ ，故 a 从开始运动到经过 G 点所用的时间 t 为 $t = \frac{\pi m}{2qB}$

(2) 设点电荷 b 的速度大小为 v_1 ，轨道半径为 R_1 ， b 在磁场中偏转的角度为 θ_1 ，依题意有

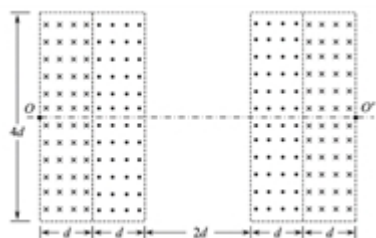
$$t = \frac{R_1 \theta_1}{v_1} = \frac{R \theta}{v}, \text{ 可得 } v_1 = \frac{R_1 \theta_1}{R \theta} v$$

由于两轨道在 G 点相切，所以过 G 点的半径 OG 和 O₁G 在同一直线上。由几何关系和题给

条件得 $\theta_1=60^\circ$ ， $R_1=2R$ ，联立以上各式，解得 $v_1 = \frac{4qBR}{3m}$

【考点定位】考查带电粒子在磁场中运动的综合应用，综合性较强。

75.(2018·江苏卷·T21)如图所示，真空中四个相同的矩形匀强磁场区域，高为 $4d$ ，宽为 d ，中间两个磁场区域间隔为 $2d$ ，中轴线与磁场区域两侧相交于 O、O' 点，各区域磁感应强度大小相等。某粒子质量为 m 、电荷量为 $+q$ ，从 O 沿轴线射入磁场。当入射速度为 v_0 时，粒子从 O 上方 $\frac{d}{2}$ 处射出磁场。取 $\sin 53^\circ=0.8$ ， $\cos 53^\circ=0.6$ 。



(1)求磁感应强度大小 B ；

(2)入射速度为 $5v_0$ 时，求粒子从 O 运动到 O' 的时间 t ；

(3)入射速度仍为 $5v_0$ ，通过沿轴线 OO' 平移中间两个磁场(磁场不重叠)，可使粒子从 O 运动到 O' 的时间增加 Δt ，求 Δt 的最大值。

【答案】(1) $B = \frac{4mv_0}{qd}$ (2) $t = (\frac{53\pi+72}{180}) \frac{d}{v_0}$ (3) $\Delta t_m = \frac{d}{5v_0}$

【解析】(1)粒子圆周运动的半径 $r_0 = \frac{mv_0}{qB}$ 由题意知 $r_0 = \frac{d}{4}$ ，解得 $B = \frac{4mv_0}{qd}$

(2)设粒子在矩形磁场中的偏转角为 α

由 $d = r \sin \alpha$, 得 $\sin \alpha = \frac{4}{5}$, 即 $\alpha = 53^\circ$

在一个矩形磁场中的运动时间 $t_1 = \frac{\alpha}{360^\circ} \frac{2\pi m}{qB}$, 解得 $t_1 = \frac{53\pi d}{720v_0}$

直线运动的时间 $t_2 = \frac{2d}{v}$, 解得 $t_2 = \frac{2d}{5v_0}$

则 $t = 4t_1 + t_2 = (\frac{53\pi + 72}{180}) \frac{d}{v_0}$

(3) 将中间两磁场分别向中央移动距离 x

粒子向上的偏移量 $y = 2r(1 - \cos \alpha) + x \tan \alpha$

由 $y \leq 2d$, 解得 $x \leq \frac{3}{4}d$

则当 $x_m = \frac{3}{4}d$ 时, Δt 有最大值

粒子直线运动路程的最大值 $s_m = \frac{2x_m}{\cos \alpha} + (2d - 2x_m) = 3d$

增加路程的最大值 $\Delta s_m = s_m - 2d = d$

增加时间的最大值 $\Delta t_m = \frac{\Delta s_m}{v} = \frac{d}{5v_0}$

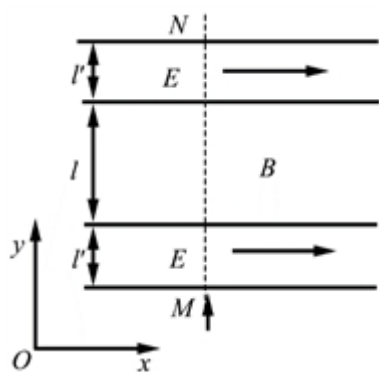
点睛：本题考查带电粒子在组合磁场中的运动，第(1)小题先确定粒子圆周运动的半径，再根据洛伦兹力提供向心力列式求解；第(2)小题解答关键是定圆心、画轨迹，分段分析和计算；第(3)小题求 Δt 的最大值，关键是要注意带电粒子在磁场中运动的时间不变和速度大小不变，所以中间磁场移动后改变的是粒子在无磁场区域运动的倾斜轨迹的长度，要使 Δt 最大，则要倾斜轨迹最长，所以粒子轨迹跟中间磁场的上边相切时运动时间最长，再根据运动的对称性列式求解。

76.(2018·全国 II 卷·T12)一足够长的条状区域内存在匀强电场和匀强磁场，其在 xoy 平面内的截面如图所示：中间是磁场区域，其边界与 y 轴垂直，宽度为 l ，磁感应强度的大小为 B ，方向垂直于 xoy 平面；磁场的上、下两侧为电场区域，宽度均为 l' ，电场强度的大小均为 E ，方向均沿 x 轴正方向； M 、 N 为条形区域边界上的两点，它们的连线与 y 轴平行。一带正电的粒子以某一速度从 M 点沿 y 轴正方向射入电场，经过一段时间后恰好以从 M 点入射的速度从 N 点沿 y 轴正方向射出。不计重力。

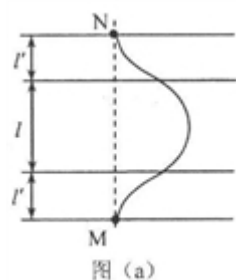
(1)定性画出该粒子在电磁场中运动的轨迹；

(2)求该粒子从 M 点射入时速度的大小；

(3)若该粒子进入磁场时的速度方向恰好与 x 轴正方向的夹角为 $\frac{\pi}{6}$ ，求该粒子的比荷及其从 M 点运动到 N 点的时间。



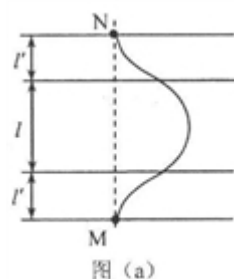
【答案】(1)轨迹图如图所示：



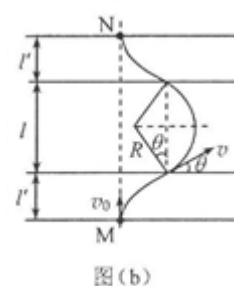
$$(2) v_0 = \frac{2El'}{Bl} \quad (3) \frac{q}{m} = \frac{4\sqrt{3}El'}{B^2l^2} ; \quad t' = \frac{Bl}{E} \left(1 + \frac{\sqrt{3}\pi l}{18l'} \right)$$

【解析】

(1)



(2) 粒子从电场下边界入射后在电场中做类平抛运动。设粒子从 M 点射入时速度的大小为 v_0 ，在下侧电场中运动的时间为 t ，加速度的大小为 a ；粒子进入磁场的速度大小为 v ，方向与电场方向的夹角为 θ (见图(b))，速度沿电场方向的分量为 v_1 ，根据牛顿第二定律有



$$qE = ma \quad (1)$$

式中 q 和 m 分别为粒子的电荷量和质量，由运动学公式有

$$v_1 = at \quad (2)$$

$$l' = v_0 t \quad (3)$$

$$v_1 = v \cos \theta \quad (4)$$

粒子在磁场中做匀速圆周运动，设其运动轨道半径为 R ，由洛伦兹力公式和牛顿第二定律得

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \quad (5)$$

由几何关系得

$$l = 2R\cos\theta \quad (6)$$

联立①②③④⑤⑥式得

$$v_0 = \frac{2El'}{Bl} \quad (7)$$

(3)由运动学公式和题给数据得

$$v_1 = v_0 \cot \frac{\pi}{6} \quad (8)$$

联立①②③⑦⑧式得

$$\frac{q}{m} = \frac{4\sqrt{3}El'}{B^2 l^2} \quad (9)$$

设粒子由 M 点运动到 N 点所用的时间为 t' ，则

$$t' = 2t + \frac{2(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6})}{2\pi} T \quad (10)$$

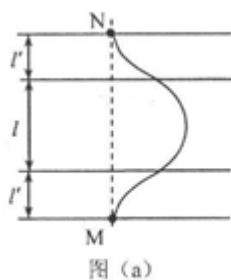
式中 T 是粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期，

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (11)$$

由③⑦⑨⑩⑪式得

$$t' = \frac{Bl}{E} \left(1 + \frac{\sqrt{3}\pi l}{18l'} \right) \quad (12)$$

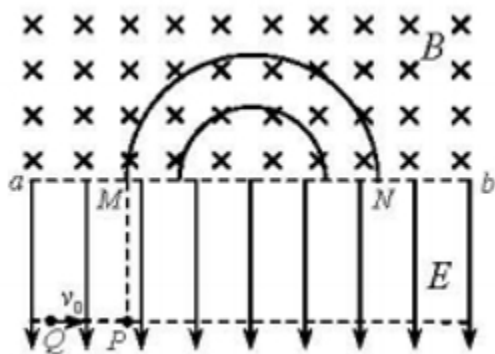
故本题答案是：(1)轨迹图如图所示：



$$(2) v_0 = \frac{2El'}{Bl} \quad (3) \frac{q}{m} = \frac{4\sqrt{3}El'}{B^2l^2} ; \quad t' = \frac{Bl}{E} \left(1 + \frac{\sqrt{3}\pi l}{18l'} \right)$$

点睛：在复合场中的运动要分阶段处理，每一个运动建立合理的公式即可求出待求的物理量。

77.(2018·天津卷)如图所示，在水平线 ab 下方有一匀强电场，电场强度为 E，方向竖直向下，ab 的上方存在匀强磁场，磁感应强度为 B，方向垂直纸面向里，磁场中有一内、外半径分别为 R、 $\sqrt{3}R$ 的半圆环形区域，外圆与 ab 的交点分别为 M、N。一质量为 m、电荷量为 q 的带负电粒子在电场中 P 点静止释放，由 M 进入磁场，从 N 射出，不计粒子重力。



(1)求粒子从 P 到 M 所用的时间 t；

(2)若粒子从与 P 同一水平线上的 Q 点水平射出，同样能由 M 进入磁场，从 N 射出，粒子从 M 到 N 的过程中，始终在环形区域中运动，且所用的时间最少，求粒子在 Q 时速度 v_0 的大小。

【答案】(1) $t = \frac{\sqrt{3}RB}{E}$ (2) $v_0 = \frac{qBR}{m}$

【解析】

(1) 设粒子在磁场中运动的速度大小为 v ，所受洛伦兹力提供向心力，有

$$qvB = m \frac{v^2}{\sqrt{3}R} \quad ①$$

设粒子在电场中运动所受电场力为 F ，有 $F = qE$ ②；

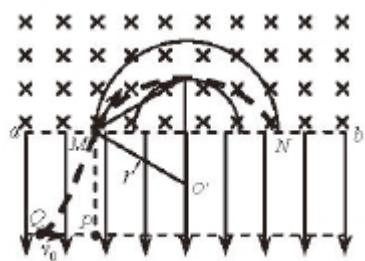
设粒子在电场中运动的加速度为 a ，根据牛顿第二定律有 $F = ma$ ③；

粒子在电场中做初速度为零的匀加速直线运动，有 $v = at$ ④；联立①②③④式得

$$t = \frac{\sqrt{3}RB}{E} \quad ⑤；$$

(2) 粒子进入匀强磁场后做匀速圆周运动，其周期和速度、半径无关，运动时间只由粒子所通过的圆弧所对的圆心角的大小决定，故当轨迹与内圆相切时，所有的时间最短，设粒子在磁场中的轨迹半径为 r' ，由几何关系可知

$$(r' - R)^2 + (\sqrt{3}R)^2 = r'^2 \quad ⑥$$



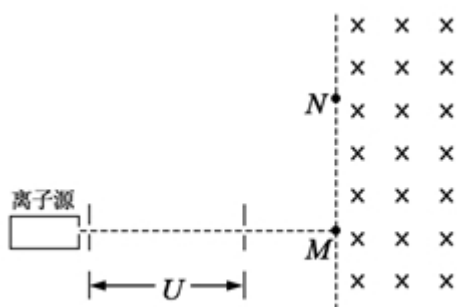
设粒子进入磁场时速度方向与 ab 的夹角为 θ ，即圆弧所对圆心角的一半，由几何关系可知 $\tan \theta = \frac{\sqrt{3}R}{r' - R}$ ⑦；

粒子从 Q 射出后在电场中做类平抛运动，在电场方向上的分运动和从 P 释放后的运动情况相同，所以粒子进入磁场时沿竖直方向的速度同样为 v ，在垂直于电场方向的分速度始终为 v_0 ，由运动的合成和分解可知 $\tan \theta = \frac{v}{v_0}$ ⑧

联立①⑥⑦⑧式得 $v_0 = \frac{qBR}{m}$ ⑨.

【点睛】带电粒子在组合场中的运动问题，首先要运用动力学方法分析清楚粒子的运动情况，再选择合适方法处理.对于匀变速曲线运动，常常运用运动的分解法，将其分解为两个直线的合成，由牛顿第二定律和运动学公式结合求解；对于磁场中圆周运动，要正确画出轨迹，由几何知识求解半径.

78.(2018·全国 III 卷)如图，从离子源产生的甲、乙两种离子，由静止经加速电压 U 加速后在纸面内水平向右运动，自 M 点垂直于磁场边界射入匀强磁场，磁场方向垂直于纸面向里，磁场左边界竖直。已知甲种离子射入磁场的速度大小为 v_1 ，并在磁场边界的 N 点射出；乙种离子在 MN 的中点射出；MN 长为 l 。不计重力影响和离子间的相互作用。求：



(1)磁场的磁感应强度大小；

(2)甲、乙两种离子的比荷之比。

【答案】(1) $B = \frac{4U}{lv_1}$ (2)1:4

【解析】试题分析 本题主要考查带电粒子在电场中的加速、在匀强磁场中的匀速圆周运动及其相关的知识点,意在考查考生灵活运用相关知识解决实际问题的的能力。

解析(1)设甲种离子所带电荷量为 q_1 、质量为 m_1 , 在磁场中做匀速圆周运动的半径为 R_1 , 磁场的磁感应强度大小为 B , 由动能定理有 $q_1 U = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$ ①

由洛伦兹力公式和牛顿第二定律有 $q_1 v_1 B = m_1 \frac{v_1^2}{R_1}$ ②

由几何关系知 $2R_1 = l$ ③

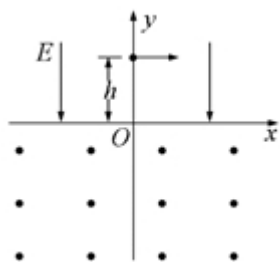
由①②③式得 $B = \frac{4U}{lv_1}$ ④

(2)设乙种离子所带电荷量为 q_2 、质量为 m_2 , 射入磁场的速度为 v_2 , 在磁场中做匀速圆周运动的半径为 R_2 。同理有 $q_2 U = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$ ⑤ $q_2 v_2 B = m_2 \frac{v_2^2}{R_2}$ ⑥

由题给条件有 $2R_2 = \frac{l}{2}$ ⑦

由①②③⑤⑥⑦式得, 甲、乙两种离子的比荷之比为 $\frac{q_1}{m_1} : \frac{q_2}{m_2} = 1:4$ ⑧

79.(2018·新课标 I 卷·T12)如图, 在 $y>0$ 的区域存在方向沿 y 轴负方向的匀强电场, 场强大小为 E , 在 $y<0$ 的区域存在方向垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场。一个氕核 ${}^1_1\text{H}$ 和一个氘核 ${}^2_1\text{H}$ 先后从 y 轴上 $y=h$ 点以相同的动能射出, 速度方向沿 x 轴正方向。已知 ${}^1_1\text{H}$ 进入磁场时, 速度方向与 x 轴正方向的夹角为 60° , 并从坐标原点 O 处第一次射出磁场。 ${}^1_1\text{H}$ 的质量为 m , 电荷量为 q 不计重力。求



(1) ${}^1\text{H}$ 第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离

(2) 磁场的磁感应强度大小

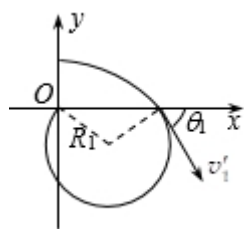
(3) ${}^2\text{H}$ 第一次离开磁场的位置到原点 O 的距离

【答案】(1) $s_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}h$; (2) $B = \sqrt{\frac{6mE}{qh}}$; (3) $s'_2 - s_2 = \frac{2\sqrt{3}}{3}(\sqrt{2}-1)h$

【解析】 本题考查带电粒子在电场中的类平抛运动、在匀强磁场中的匀速圆周运动及其相关的知识点，意在考查考生灵活运用相关知识解决问题的能力。

(1) ${}^1\text{H}$ 在电场中做类平抛运动，在磁场中做圆周运动，运动轨迹如图所示。设 ${}^1\text{H}$ 在电场中的加速度大小为 a_1 ，初速度大小为 v_1 ，它在电场中的运动时间为 t_1 ，第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离为 s_1 。由运动学公式有 $s_1 = v_1 t_1$ ①

$$h = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 \quad \text{②}$$



由题给条件， ${}^1\text{H}$ 进入磁场时速度的方向与 x 轴正方向夹角 $\theta_1 = 60^\circ$ 。 ${}^1\text{H}$ 进入磁场时速度的 y 分量的大小为 $a_1 t_1 = v_1 \tan \theta_1$ ③

$$\text{联立以上各式得 } s_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}h \quad \text{④}$$

(2) ${}_1^1\text{H}$ 在电场中运动时, 由牛顿第二定律有 $qE = ma_1$ ⑤

设 ${}_1^1\text{H}$ 进入磁场时速度的大小为 v'_1 , 由速度合成法则有 $v'_1 = \sqrt{v_1^2 + (a_1 t_1)^2}$ ⑥

设磁感应强度大小为 B , ${}_1^1\text{H}$ 在磁场中运动的圆轨道半径为 R_1 , 由洛伦兹力公式和

牛顿第二定律有 $qv'_1 B = \frac{mv_1'^2}{R_1}$ ⑦

由几何关系得 $s_1 = 2R_1 \sin \theta_1$ ⑧

联立以上各式得 $B = \sqrt{\frac{6mE}{qh}}$ ⑨

(3) 设 ${}_2^2\text{H}$ 在电场中沿 x 轴正方向射出的速度大小为 v_2 , 在电场中的加速度大小为 a_2 , 由题给

条件得 $\frac{1}{2}(2m)v_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2$ ⑩

由牛顿第二定律有 $qE = 2ma_2$ ⑪

设 ${}_2^2\text{H}$ 第一次射入磁场时的速度大小为 v'_2 , 速度的方向与 x 轴正方向夹角为 θ_2 ,

入射点到原点的距离为 s_2 , 在电场中运动的时间为 t_2 。由运动学公式有

$s_2 = v_2 t_2$ ⑫

$h = \frac{1}{2}a_2 t_2^2$ ⑬

$v'_2 = \sqrt{v_2^2 + (a_2 t_2)^2}$ ⑭

$\sin \theta_2 = \frac{a_2 t_2}{v'_2}$ ⑮

联立以上各式得 $s_2 = s_1$, $\theta_2 = \theta_1$, $v'_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}v'_1$ ⑯

设 ${}_2^2\text{H}$ 在磁场中做圆周运动的半径为 R_2 , 由⑦⑯式及粒子在匀强磁场中做圆周运

动的半径公式得 $R_2 = \frac{(2m)v'_2}{qB} = \sqrt{2}R_1$ ⑰

所以出射点在原点左侧。设 ${}^2\text{H}$ 进入磁场的入射点到第一次离开磁场的出射点的距离为 s'_2 ，由几何关系有 $s'_2 = 2R_2 \sin \theta_2$ ⑮

联立④⑧⑮⑯⑰⑱式得， ${}^2\text{H}$ 第一次离开磁场时的位置到原点 O 的距离为

$$s'_2 - s_2 = \frac{2\sqrt{3}}{3}(\sqrt{2} - 1)h \quad \text{⑲}$$

【点睛】此题与 2004 年全国理综卷第 25 题情景类似，都是带电粒子在匀强电场中类平抛运动后进入匀强磁场中做匀速圆周运动，且都是在第一象限和第二象限设置了竖直向下的匀强电场，在第三象限和第四象限设置了方向垂直纸面向外的匀强磁场，解答需要的知识都是带电粒子在匀强电场中的类平抛运动规律和洛伦兹力等于向心力、几何关系等知识点。带电粒子在匀强电场中的类平抛运动和在匀强磁场中的匀速圆周运动是教材例题和练习中的常见试题，此题可认为是由两个课本例题或习题组合而成。

80.(2010•广东卷•T36)如图 16(a)所示，左为某同学设想的粒子速度选择装置，由水平转轴及两个薄盘 N_1 、 N_2 构成，两盘面平行且与转轴垂直，相距为 L ，盘上各开一狭缝，两狭缝夹角 θ 可调(如图 16(b))；右为水平放置的长为 d 的感光板，板的正上方有一匀强磁场，方向垂直纸面向外，磁感应强度为 B 。一小束速度不同、带正电的粒子沿水平方向射入 N_1 ，能通过 N_2 的粒子经 O 点垂直进入磁场。O 到感光板的距离为 $\frac{d}{2}$ ，粒子电荷量为 q ，质量为 m 为。不计重力。

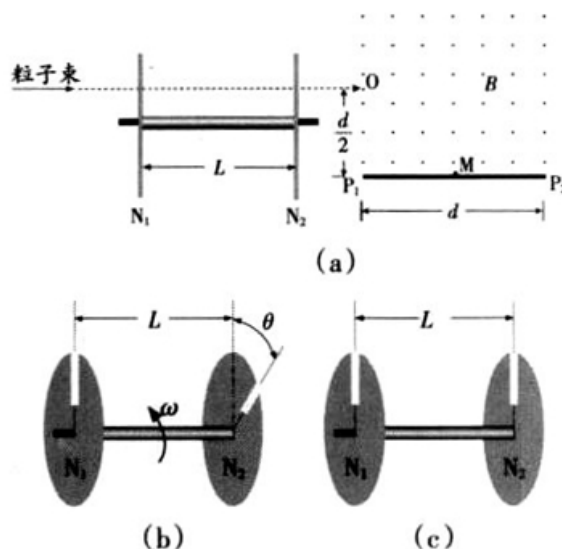


图 16

(1)若两狭缝平行且盘静止(如图 16(c)), 某一粒子进入磁场后, 竖直向下打在感光板中心点 M 上, 求该粒子在磁场中运动的时间 t ;

(2)若两狭缝夹角为 θ 。盘匀速转动, 转动方向如图 16(b)。要使穿过 N_1 、 N_2 的粒子均打到感光板 P_1P_2 连线上, 试分析盘转动角速度 ω 的取值范围(设通过 N_1 的所有粒子在盘旋转一圈的时间内都能到达 N_2)。

【解析】(1)粒子在磁场中匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力, $qvB = m \frac{v^2}{R}$, 周长

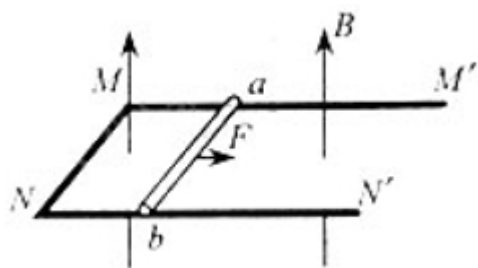
=周期 $\times$ 速度, $2\pi R = v \cdot T$, 又 $t = \frac{T}{4}$, 解得: $t = \frac{\pi m}{2qB}$

(2)速度最小时, $L = v_1 t_1$, $\theta_0 = \omega t_1$, $qv_1 B = m \frac{v_1^2}{\frac{d}{4}}$, 解得: $\omega_1 = \frac{qBd\theta_0}{4mL}$

速度最大时, $L = v_2 t_2$, $\theta_0 = \omega t_2$, $qv_2 B = m \frac{v_2^2}{R}$, $R^2 = (R - \frac{d}{2})^2 + d^2$,

解得: $\omega_2 = \frac{5qBd\theta_0}{4mL}$, 所以 $\frac{qBd\theta_0}{4mL} \leq \omega \leq \frac{5qBd\theta_0}{4mL}$

81.(2010·天津卷·T11)如图所示, 质量 $m_1 = 0.1\text{kg}$, 电阻 $R_1 = 0.3\Omega$, 长度 $l = 0.4\text{m}$ 的导体棒 ab 横放在 U 型金属框架上。框架质量 $m_2 = 0.2\text{kg}$, 放在绝缘水平面上, 与水平面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$, 相距 0.4m 的 MM' 、 NN' 相互平行, 电阻不计且足够长。电阻 $R_2 = 0.1\Omega$ 的 MN 垂直于 MM' 。整个装置处于竖直向上的匀强磁场中, 磁感应强度 $B = 0.5\text{T}$ 。垂直于 ab 施加 $F = 2\text{N}$ 的水平恒力, ab 从静止开始无摩擦地运动, 始终与 MM' 、 NN' 保持良好接触。当 ab 运动到某处时, 框架开始运动。设框架与水平面间最大静摩擦力等于滑动摩擦力, g 取 10m/s^2 。



- (1)求框架开始运动时 ab 速度 v 的大小；
- (2)从 ab 开始运动到框架开始运动的过程中, MN 上产生的热量 $Q = 0.1\text{J}$, 求该过程 ab 位移 x 的大小。

【答案】(1) 6m/s (2) $x = 1.1\text{m}$

【解析】

【解析】本题考查的是电磁感应中的安培力作用下的导体棒的运动以及运动中的能量转换。

(1) ab 对框架的压力 $F_1 = m_1 g$ ①

框架受水平面的支持力 $F_N = m_2 g + F_1$ ②

依题意，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，则框架受到最大静摩擦力 $F_2 = \mu F_N$ ③

ab 中的感应电动势 $E = Blv$ ④

MN 中电流 $I = \frac{E}{R_1 + R_2}$ ⑤

MN 受到的安培力 $F_{\text{安}} = IlB$

$F_{\text{安}} = IlB$ ⑥

框架开始运动时 $F_{\text{安}} = F_2$ ⑦

由上述各式代入数据解得 $v = 6 \text{ m/s}$ ⑧

(2) 闭合回路中产生的总热量 $Q_{\text{总}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} Q$ ⑨

由能量守恒定律，得 $Fx = \frac{1}{2} m_1 v^2 + Q_{\text{总}}$ ⑩

代入数据解得

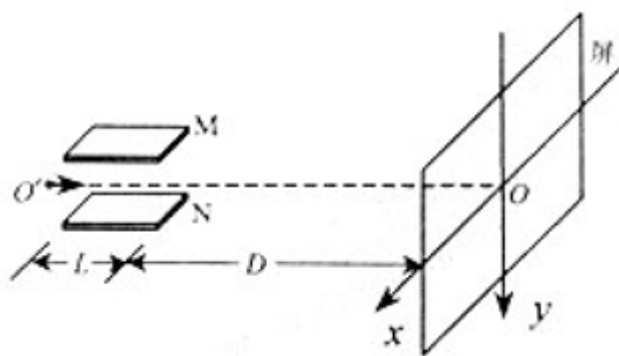
$x = 1.1 \text{ m}$ ⑪

82.(2010·天津卷·T12)质谱分析技术已广泛应用于各前沿科学领域。汤姆孙发现电子的质谱装置示意如图，M、N 为两块水平放置的平行金属极板，板长为 L，板右端到屏的距离为 D，且 D 远大于 L， $O'O$ 为垂直于屏的中心轴线，不计离子重力和离子在板间偏离 $O'O$ 的距离。以屏中心 O 为原点建立 xOy 直角坐标系，其中 x 轴沿水平方向，y 轴沿竖直方向。

(1) 设一个质量为 m_0 、电荷量为 q_0 的正离子以速度 v_0 沿 $O'O$ 的方向从 O' 点射入，板间不加电场和磁场时，离子打在屏上 O 点。若在两极板间加一沿 $+y$ 方向场强为 E 的匀强电场，求离子射到屏上时偏离 O 点的距离 y_0 ；

(2) 假设你利用该装置探究未知离子，试依照以下实验结果计算未知离子的质量数。

上述装置中，保留原电场，再在板间加沿 $-y$ 方向的匀强磁场。现有电荷量相同的两种正离子组成的离子流，仍从 O' 点沿 $O'O$ 方向射入，屏上出现两条亮线。在两线上取 y 坐标相同的两个光点，对应的 x 坐标分别为 3.24mm 和 3.00mm ，其中 x 坐标大的光点是碳 12 离子击中屏产生的，另一光点是未知离子产生的。尽管入射离子速度不完全相等，但入射速度都很大，且在板间运动时 $O'O$ 方向的分速度总是远大于 x 方向和 y 方向的分速度。



【解析】 本题考查的是复合场中的带电粒子的运动在实际中的运用。

(1) 离子在电场中受到的电场力 $F_y = q_0 E$ ①

离子获得的加速度 $a_y = \frac{F_y}{m_0}$ ②

离子在板间运动的时间 $t_0 = \frac{L}{v_0}$ ③

到达极板右边缘时，离子在+y 方向的分速度 $v_y = a_y t_0$ ④

离子从板右端到达屏上所需时间 $t'_0 = \frac{D}{v_0}$ ⑤

离子射到屏上时偏离 O 点的距离 $y_0 = v_y t'_0$

由上述各式，得 $y_0 = \frac{q_0 E L D}{m_0 v_0^2}$ ⑥

(2) 设离子电荷量为 q ，质量为 m ，入射时速度为 v ，磁场的磁感应强度为 B ，磁场对离子的洛伦兹力

$$F_x = qvB \quad ⑦$$

已知离子的入射速度都很大，因而离子在磁场中运动时间甚短，所经过的圆弧与圆周相比甚小，且在板间运动时， $O'O$ 方向的分速度总是远大于在 x 方向和 y 方向的分速度，洛伦兹力变化甚微，故可作恒力处理，洛伦兹力产生的加速度

$$a_x = \frac{qvB}{m} \quad ⑧$$

a_x 是离子在 x 方向的加速度，离子在 x 方向的运动可视为初速度为零的匀加速直线运动，到达极板右端时，离子在 x 方向的分速度 $v_x = a_x t = \frac{qvB}{m} \left(\frac{L}{v} \right) = \frac{qBL}{m}$

⑨

离子飞出极板到达屏时，在 x 方向上偏离 O 点的距离 $x = v_x t' = \frac{qBL}{m} \left(\frac{D}{v} \right) = \frac{qBLD}{mv}$

⑩

当离子的初速度为任意值 v 时，离子到达屏上时的位置在 y 方向上偏离 O 点的距离为 y ，考虑到⑥式，

$$\text{得 } y = \frac{qELD}{mv^2} \quad (11)$$

$$\text{由⑩、(11)两式得 } x^2 = \frac{k}{m} y \quad (12)$$

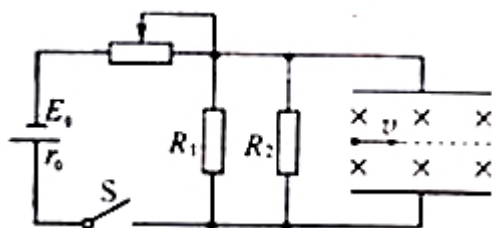
$$\text{其中 } k = \frac{qB^2LD}{E}$$

上式表明， k 是与离子进行板间初速度无关的定值，对两种离子均相同。由题设条件知， x 坐标 3.24mm 的光点对应的是碳 12 离子，其质量为 $m_1 = 12u$ ， x 坐标 3.00mm 的光点对应的是未知离子，设其质量为 m_2 ，由(12)式代入数据可得 $m_2 \approx 14u$

(13)

故该未知离子的质量数为 14。

83.(2010·四川卷·T24)如图所示，电源电动势 $E_0 = 15V$ 内阻 $r_0 = 1\Omega$ ，电阻 $R_1 = 30\Omega$ ， $R_2 = 60\Omega$ 。间距 $d = 0.2m$ 的两平行金属板水平放置，板间分布有垂直于纸面向里、磁感应强度 $B = 1T$ 的匀强磁场。闭合开关 S ，板间电场视为匀强电场，将一带正电的小球以初速度 $v = 0.1m/s$ 沿两板间中线水平射入板间。设滑动变阻器接入电路的阻值为 R_1 ，忽略空气对小球的作用，取 $g = 10m/s^2$ 。



(1)当 $R_1 = 29\Omega$ 时，电阻 R_2 消耗的电功率是多大？

(2)若小球进入板间做匀速度圆周运动并与板相碰，碰时速度与初速度的夹角为 60° ，则 R_x 是多少？

【答案】(1) $P = 0.6W$ (2) $R_x = 54\Omega$

【解析】本题主要考查电路分析，含容电路分析，及带电粒子在复合场中的运动的综合运用问题。对考生分析问题和建立正确的物理模型能力的考查。

(1)设 R_1 和 R_2 的并联电阻为 R ，有： $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ①

R_2 两端的电压为： $U = \frac{E_0 R}{r_0 + R + R_x}$ ②

R_2 消耗的电功率为： $P = \frac{U^2}{R_2}$ ③

当 $R_x = 29\Omega$ 时，联立①②③式，代入数据，解得：

$P = 0.6W$ ④

(2)设小球质量为 m ，电荷量为 q ，小球做匀速圆周运动时，有：

$qE = mg$ ⑤

$E = \frac{U}{d}$ ⑥

设小球做圆周运动的半径为 r ，有：

$qvB = m \frac{v^2}{r}$ ⑦

由几何关系有：

$$r = d \quad \textcircled{8}$$

联立①②⑤⑥⑦⑧式，代入数据，解得：

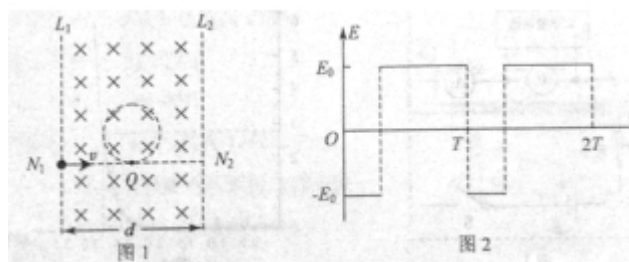
$$R_x = 54\Omega \quad \textcircled{9}$$

84.(2010·安徽卷·T23)如图 1 所示，宽度为 d 的竖直狭长区域内(边界为 L_1 、 L_2)，存在垂直纸面向里的匀强磁场和竖直方向上的周期性变化的电场(如图 2 所示)，电场强度的大小为 E_0 ， $E > 0$ 表示电场方向竖直向上。 $t = 0$ 时，一带正电、质量为 m 的微粒从左边界上的 N_1 点以水平速度 v 射入该区域，沿直线运动到 Q 点后，做一次完整的圆周运动，再沿直线运动到右边界上的 N_2 点。 Q 为线段 N_1N_2 的中点，重力加速度为 g 。上述 d 、 E_0 、 m 、 v 、 g 为已知量。

(1)求微粒所带电荷量 q 和磁感应强度 B 的大小；

(2)求电场变化的周期 T ；

(3)改变宽度 d ，使微粒仍能按上述运动过程通过相应宽度的区域，求 T 的最小值。



【解析】(1)微粒做直线运动，则

$$mg + qE_0 = qvB \quad \textcircled{1}$$

微粒作圆周运动，则

$$mg = qE_0 \quad (2)$$

联立①②得

$$q = \frac{mg}{E_0} \quad (3)$$

$$B = \frac{2E_0}{v} \quad (4)$$

(2) 设微粒从 N_1 运动到 Q 的时间为 t_1 ，作圆周运动的周期为 t_2 ，则

$$\frac{d}{2} = vt_1 \quad (5)$$

$$qvB = m \frac{v^2}{R} \quad (6)$$

$$t_1 = \frac{d}{2v}; t_2 = \frac{\pi v}{g} \quad (7)$$

联立③④⑤⑥⑦得

$$t_1 = \frac{d}{2v}; t_2 = \frac{\pi v}{g} \quad (8)$$

电场变化的周期

$$T = t_1 + t_2 = \frac{d}{2v} + \frac{\pi v}{g} \quad (9)$$

(3) 若微粒能完成题述的运动过程，要求

$$d \geq 2R \quad (10)$$

联立③④⑥得

$$R = \frac{v^2}{2g} \quad \text{⑩}$$

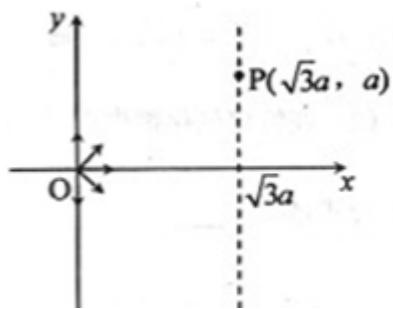
设 N_1Q 施直线运动的最短时间为 $t_{\min}$ ，由⑤⑩⑪得

$$t_{\min} = \frac{v}{2g}$$

因 t_2 不变， T 的最小值

$$T_{\min} = t_{\min} + t_2 \frac{(2\pi + 1)v}{2g}$$

85.(2010·全国 I 卷·T26)如下图，在 $0 \leq x \leq \sqrt{3}a$ 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 轴正方向的夹角分布在 $0 \sim 180^\circ$ 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。

【答案】(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 $2t_0$

【解析】(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

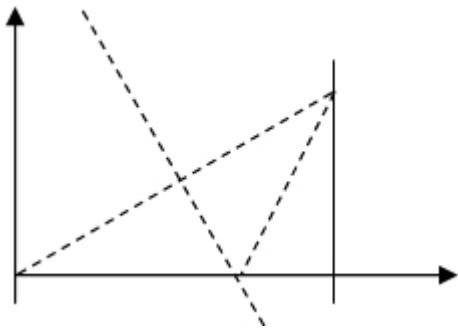
的交点为圆心，根据直角三角形有 $R^2 = a^2 + (\sqrt{3}a - R)^2$

解得 $R = \frac{2\sqrt{3}}{3}a$

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

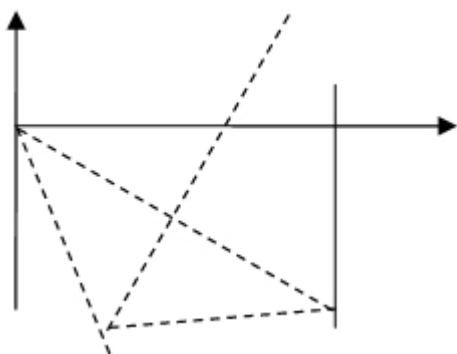
粒子做圆周运动的向心力由洛仑兹力提供，根据牛顿第二定律得

$Bqv = m(\frac{2\pi}{T})^2 R$ ， $v = \frac{2\pi R}{T}$ ，化简得 $\frac{q}{m} = \frac{2\pi}{3Bt_0}$



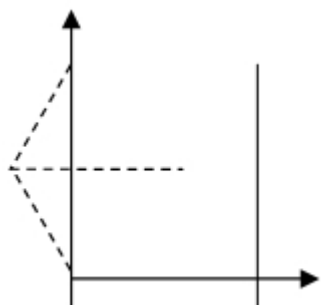
(2)仍在磁场中的粒子其圆心角一定大于 120° ，这样粒子角度最小时从磁场右边界穿出；角度最大时从磁场左边界穿出。

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° 。



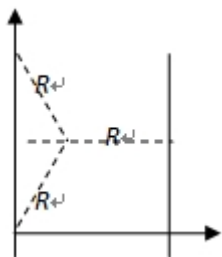
角度最大时从磁场左边界穿出，半径与 y 轴的的夹角是 60° ，则此时速度与 y 轴的正方向的夹角是 120° 。

所以速度与 y 轴的正方向的夹角范围是 60° 到 120°

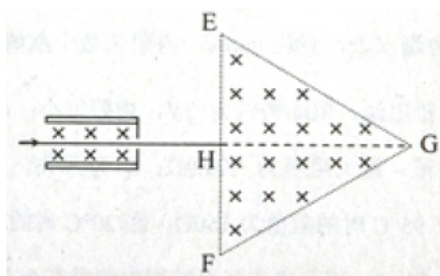


(3)在磁场中运动时间最长的粒子的轨迹应该与磁场的右边界相切，在三角形中两个相等的腰为 $R = \frac{2\sqrt{3}}{3}a$ ，而它的高是 $h = \sqrt{3}a - \frac{2\sqrt{3}}{3}a = \frac{\sqrt{3}}{3}a$ ，半径与 y 轴的的夹角是 30° ，这种粒子的圆心角是 240° 。所用 时间 为 $2t_0$ 。

所以从粒子发射到全部离开所用 时间 为 $2t_0$ 。



86.(2010·全国 II 卷·T26)图中左边有一对平行金属板，两板相距为 d ，电压为 V ；两板之间有匀强磁场，磁感应强度大小为 B_0 ，方向平行于板面并垂直于纸面朝里。图中右边有一边长为 a 的正三角形区域 EFG(EF 边与金属板垂直)，在此区域内及其边界上也有匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，方向垂直于纸面朝里。假设一系列电荷量为 q 的正离子沿平行于金属板面、垂直于磁场的方向射入金属板之间，沿同一方向射出金属板之间的区域，并经 EF 边中点 H 射入磁场区域。不计重力。



- (1)已知这些离子中的离子甲到达磁场边界 EG 后，从边界 EF 穿出磁场，求离子甲的质量。
- (2)已知这些离子中的离子乙从 EG 边上的 I 点(图中未画出)穿出磁场，且 GI 长为 $\frac{3}{4}a$ 。求离子乙的质量。
- (3)若这些离子中的最轻离子的质量等于离子甲质量的一半，而离子乙的质量是最大的，问磁场边界上什么区域内可能有离子到达。

【答案】(1) $m = \frac{qadBB_0}{V}(\sqrt{3} - \frac{3}{2})$ (2) $m = \frac{qadBB_0}{4V}$

(3) 在离 H 的距离为 $(2\sqrt{3} - 3)a$ 到 $(\sqrt{3} - \frac{3}{2})a$ 之间的 EF 边界上有离子穿出磁场。

【解析】

(1) 粒子进入正交的电磁场做匀速直线运动，设粒子的速度为 v ，电场的场强为 E_0

，根据平衡条件得

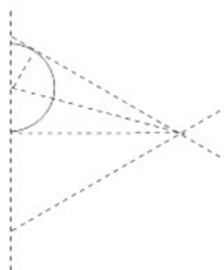
$$E_0 q = B_0 q v \quad ① \quad E_0 = \frac{V}{d} \quad ②$$

由①②化简的 $v = \frac{V}{B_0 d} \quad ③$

粒子甲垂直边界 EF 进入磁场，又垂直边界 EF 穿出磁场，则轨迹圆心在 EF 上。

粒子运动中经过 EG，说明圆轨迹与 EG 相切，在如图的三角形中半径为 $R =$

$$a \cos 30^\circ \tan 15^\circ \quad ④$$



$$\tan 15^\circ = \frac{1 - \cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = 2 - \sqrt{3} \quad ⑤$$

连立④⑤化简得

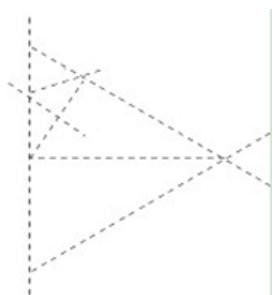
$$R = (\sqrt{3} - \frac{3}{2})a \quad ⑥$$

在磁场中粒子所需向心力由洛伦兹力提供，根据牛顿第二定律得

$$B_0 qv = \frac{mv^2}{(\sqrt{3} - \frac{3}{2})a} \quad (7)$$

$$\text{连立③⑦化简得 } m = \frac{qadBB_0}{V}(\sqrt{3} - \frac{3}{2}) \quad (8)$$

(2)由于1点将EG边按1比3等分，根据三角形的性质说明此轨迹的弦与EG垂直，在如图的三角形中



$$\text{有 } R = \frac{a \cos 30^\circ \sin 30^\circ \times \frac{1}{2}}{\cos 30^\circ} = \frac{a}{4} \quad (9)$$

$$\text{同理 } m = \frac{qadBB_0}{4V} \quad (10)$$

(3)最轻离子的质量是甲的一半，根据半径公式 $R = \frac{mv}{qB}$ 离子的轨迹半径与离子质

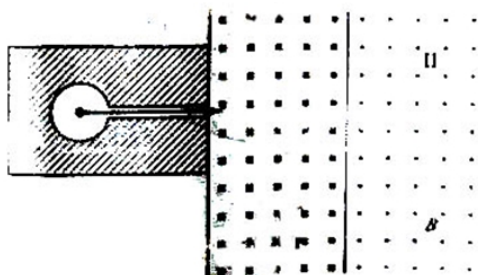
量成正比，所以质量在甲和最轻离子之间的所有离子都垂直边界EF穿出磁场，

甲最远离H的距离为 $(2\sqrt{3} - 3)a$ ，最轻离子最近离H的距离为 $(\sqrt{3} - \frac{3}{2})a$ ，所以

在离H的距离为 $(2\sqrt{3} - 3)a$ 到 $(\sqrt{3} - \frac{3}{2})a$ 之间的EF边界上有离子穿出磁场。

比甲质量大的离子都从EG穿出磁场，其中甲运动中经过EG上的点最近，质量最大的乙穿出磁场的1位置是最远点，所以在EG上穿出磁场的离子都在这两点之间。

87.(2010·浙江卷·T24)在一个放射源水平放射出 α 、 β 和 γ 三种射线，垂直射入如图所示磁场。区域 I 和 II 的宽度均为 d ，各自存在着垂直纸面的匀强磁场，两区域的磁感强度大小 B 相等，方向相反(粒子运动不考虑相对论效应)。



(1)若要筛选出速率大于 v_1 的 β 粒子进入区域 II，要求磁场宽度 d 与 B 和 v_1 的关系。

(2)若 $B = 0.0034\text{T}$ ， $v_1 = 0.1c$ (c 是光速)，则可得 d ； α 粒子的速率为 $0.001c$ ，计算 α 和 γ 射线离开区域 I 时的距离；并给出去除 α 和 γ 射线的方法。

当 d 满足第(1)小题所给关系时，请给出速率在 $v_1 < v < v_2$ 区间的 β 粒子离开区域 II 时的位置和方向。请设计一种方案，能使离开区域 II 的 β 粒子束在右侧聚焦且水平出射。

已知：电子质量 $m_e = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ ， α 粒子质量 $m_\alpha = 6.7 \times 10^{-27}\text{kg}$ ，电子电荷量 $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ ， $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2}$ ($x \ll 1$ 时)

【解析】

(1)根据带电粒子在磁场中作圆周运动的规律 $qvB = \frac{mv^2}{R}$ ①

由临界条件 d 、 B 和 v_1 的关系为 $d = \frac{m_1 v_1}{qB}$ ②

(2)由①式可得 α 粒子的回旋半径 $R_n = \frac{m_n v_a}{q_n B} = \frac{6.7 \times 10^{-27} \times 3.0 \times 10^3}{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 0.0034} = 1.84(\text{m})$

由②式得 $d = \frac{m_e v_1}{qB} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 3.0 \times 10^7}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.0034} = 0.05(\text{m})$

竖直方向的距离为 $y = R_a - \sqrt{R_a^2 - d^2} = 0.7(\text{mm})$

可见通过区域 I 的磁场难以将 α 粒子与 γ 射线分离。可用薄纸挡去 α 粒子，须用厚铅板挡掉 γ 射线。

(3)在上述磁场条件下，要求速率在 $v_1 < v < v_2$ 区间的 β 粒子离开 II 时的位置和方向。

先求出速度为 v_2 的 β 粒子所对应的圆周运动半径 $R_2 = \frac{m_e v_2}{qB}$

该 β 粒子从区域 I 磁场射出时，垂直方向偏离的距离为

$$y_2 = R_2 - \sqrt{R_2^2 - d^2} = \frac{m_e}{qB} (v_2 - \sqrt{v_2^2 - v_1^2})$$

同理可得从区域 II 射出时，垂直方向偏离的距离为 $Y_2 = 2y_2 = \frac{2m_e}{qB} (v_2 - \sqrt{v_2^2 - v_1^2})$

同理可得，与速度为 v_1 对应的 β 粒子垂直方向偏离的距离为 $Y_1 = 2d = \frac{2m_e v_1}{qB}$

速率在 $v_1 < v < v_2$ 区间射出的 β 粒子束宽为 $Y_1 - Y_2$ ，方向水平向右。

(4)由对称性可以设计出如图所示的磁场区域，最后形成聚焦，且方向水平向右。

