

专题 09 磁场（解析版）

近 5 年（2018-2022）高考物理试题分类解析

1、（2022·浙江 6 月卷·T12）风力发电已成为我国实现“双碳”目标的重要途径之一。如图所示，风力发电机是一种将风能转化为电能的装置。某风力发电机在风速为 9m/s 时，输出电功率为 405kW ，风速在 $5\sim 10\text{m/s}$ 范围内，转化效率可视为不变。该风机叶片旋转一周扫过的面积为 A ，空气密度为 ρ ，风场风速为 v ，并保持风正面吹向叶片。下列说法正确的是（ ）



- A. 该风力发电机的输出电功率与风速成正比
- B. 单位时间流过面积 A 的流动空气动能为 $\frac{1}{2}\rho Av^2$
- C. 若每天平均有 $1.0\times 10^8\text{kW}$ 的风能资源，则每天发电量为 $2.4\times 10^9\text{kW}\cdot\text{h}$
- D. 若风场每年有 5000h 风速在 $6\sim 10\text{m/s}$ 的风能资源，则该发电机年发电量至少为 $6.0\times 10^5\text{kW}\cdot\text{h}$

【答案】D

【解析】

AB. 单位时间流过面积 A 的流动空气体积为

$$V_0 = Av$$

单位时间流过面积 A 的流动空气质量为

$$m_0 = \rho V_0 = \rho Av$$

单位时间流过面积 A 的流动空气动能为

$$\frac{1}{2}m_0v^2 = \frac{1}{2}\rho Av^3$$

风速在 $5 \sim 10\text{m/s}$ 范围内，转化效率可视为不变，可知该风力发电机的输出功率与风速的三次方成正比，AB 错误；

C. 由于风力发电存在转化效率，若每天平均有 $1.0 \times 10^8 \text{kW}$ 的风能资源，则每天发电量应满足

$$E < 1.0 \times 10^8 \times 24 \text{kW} \cdot \text{h} = 2.4 \times 10^9 \text{kW} \cdot \text{h}$$

C 错误；

D. 若风场每年有 5000h 风速在 $6 \sim 10\text{m/s}$ 的风能资源，当风速取最小值 6m/s 时，该发电机年发电量具有最小值，根据题意，风速为 9m/s 时，输出功率为 405kW ，风速在 $5 \sim 10\text{m/s}$ 范围内，转化效率可视为不变，可知风速为 6m/s 时，输出功率为

$$P = 6^3 \times \frac{405}{9^3} \text{kW} = 120 \text{kW}$$

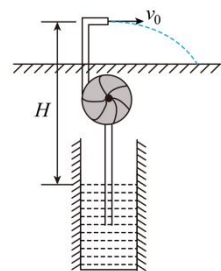
则该发电机年发电量至少为

$$E = Pt = 120 \times 5000 \text{kW} \cdot \text{h} = 6.0 \times 10^5 \text{kW} \cdot \text{h}$$

D 正确；

故选 D。

2、（2022·浙江 1 月卷·T12）某节水喷灌系统如图所示，水以 $v_0 = 15\text{m/s}$ 的速度水平喷出，每秒喷出水的质量为 2.0kg 。喷出的水是从井下抽取的，喷口离水面的高度保持 $H = 3.75\text{m}$ 不变。水泵由电动机带动，电动机正常工作时，输入电压为 220V ，输入电流为 2.0A 。不计电动机的摩擦损耗，电动机的输出功率等于水泵所需要的输入功率。已知水泵的抽水效率（水泵的输出功率与输入功率之比）为 75% ，忽略水在管道中运动的机械能损失，则（ ）



A. 每秒水泵对水做功为 75J

B. 每秒水泵对水做功为 225J

C. 水泵输入功率为 440W

D. 电动机线圈的电阻为 10Ω

【答案】D

【解析】

AB. 每秒喷出水的质量为 $m_0 = 2.0\text{kg}$, 抽水增加了水的重力势能和动能, 则每秒水泵对水做功为

$$W = m_0 g H + \frac{1}{2} m_0 v_0^2 = 300\text{J}$$

故 AB 错误;

C. 水泵的输出能量转化为水的机械能, 则

$$P_{\text{出}} = \frac{W}{t} = 300\text{W}$$

而水泵的抽水效率 (水泵的输出功率与输入功率之比) 为 75%, 则

$$P_{\text{入}} = \frac{P_{\text{出}}}{75\%} = 400\text{W}$$

故 C 错误;

D. 电动机的输出功率等于水泵所需要的输入功率, 则电动机的机械功率为

$$P_{\text{机}} = P_{\text{入}} = 400\text{W}$$

而电动机的电功率为

$$P_{\text{电}} = UI = 440\text{W}$$

由能量守恒可知

$$P_{\text{电}} = I^2 R + P_{\text{机}}$$

联立解得

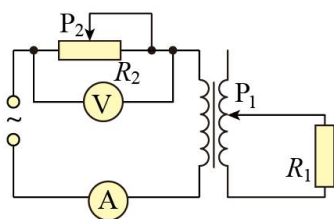
$$R = 10\Omega$$

故 D 正确;

故选 D。

3、(2022·湖南卷·T6) 如图, 理想变压器原、副线圈总匝数相同, 滑动触头 P_1 初始位置在副线圈正中间, 输入端接入电压有效值恒定的交变电源。定值电阻 R_1 的

阻值为 R ，滑动变阻器 R_2 的最大阻值为 $9R$ ，滑片 P_2 初始位置在最右端。理想电压表 V 的示数为 U ，理想电流表 A 的示数为 I 。下列说法正确的是（ ）



- A. 保持 P_1 位置不变， P_2 向左缓慢滑动的过程中， I 减小， U 不变
- B. 保持 P_1 位置不变， P_2 向左缓慢滑动的过程中， R_1 消耗的功率增大
- C. 保持 P_2 位置不变， P_1 向下缓慢滑动的过程中， I 减小， U 增大
- D. 保持 P_2 位置不变， P_1 向下缓慢滑动的过程中， R_1 消耗的功率减小

【答案】B

【解析】

AB. 由题意可知，原副线圈的匝数比为 2，则副线圈的电流为 $2I$ ，根据欧姆定律可得副线圈的电压有效值为

$$U_2 = 2IR_1$$

则变压器原线圈的电压有效值为

$$U_1 = 2U_2 = 4IR_1$$

设输入交流电的电压有效值为 U_0 ，则

$$U_0 = 4IR_1 + IR_2$$

可得

$$I = \frac{U_0}{4R_1 + R_2}$$

保持 P_1 位置不变， P_2 向左缓慢滑动的过程中， I 不断变大，根据欧姆定律

$$U_1 = 4IR$$

可知变压器原线圈的电压有效值变大，输入电压有效值不变，则 R_2 两端的电压不断变小，则电压表示数 U 变小，原线圈的电压电流都变大，则功率变大，根据原副线圈的功率相等，可知 R_1 消耗的功率增大，故 B 正确，A 错误；

CD. 设原副线圈的匝数比为 n ，同理可得

$$U_1 = n^2 IR_1$$

则

$$U_0 = n^2 IR_1 + IR_2$$

整理可得

$$I = \frac{U_0}{n^2 R_1 + R_2}$$

保持 P_2 位置不变， P_1 向下缓慢滑动的过程中， n 不断变大，则 I 变小，对 R_2 由欧姆定律可知

$$U = IR_2$$

可知 U 不断变小，根据原副线圈的功率相等可知 R_1 消耗的功率

$$P_1 = IU_1 = \frac{U_0}{n^2 R_1 + R_2} \cdot (U_0 - \frac{U_0 R_2}{n^2 R_1 + R_2})$$

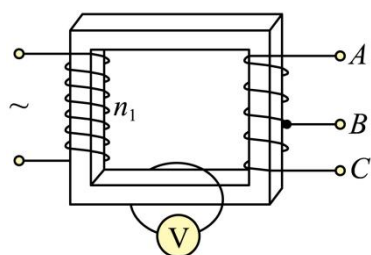
整理可得

$$P_1 = \frac{U_0^2}{n^2 R_1 + \frac{R_2^2}{n^2 R_1} + 2R_2}$$

可知 $n=3$ 时， R_1 消耗的功率有最大值，可知 R_1 消耗的功率先增大，后减小，故 CD 错误。

故选 B。

4、（2022·山东卷·T4）如图所示的变压器，输入电压为 220V，可输出 12V、18V、30V 电压，匝数为 n_1 的原线圈中电随时间变化为 $\mu = U_m \cos(100\pi t)$ 。单匝线圈绕过铁芯连接交流电压表，电压表的示数为 0.1V。将阻值为 12Ω 的电阻 R 接在 BC 两端时，功率为 12W。下列说法正确的是（ ）



- A. n_1 为 1100 匝， U_m 为 220V
- B. BC 间线圈匝数为 120 匝，流过 R 的电流为 1.4A
- C. 若将 R 接在 AB 两端， R 两端的电压为 18V，频率为 100Hz
- D. 若将 R 接在 AC 两端，流过 R 的电流为 2.5A，周期为 0.02s

【答案】D

【解析】

A. 变压器的输入电压为 220V，原线圈的交流电的电压与时间成余弦函数关系，故输入交流电压的最大值为 $220\sqrt{2}\text{V}$ ，根据理想变压器原线圈与单匝线圈的匝数比为

$$\frac{n_1}{1} = \frac{220\text{V}}{0.1\text{V}}$$

解得原线圈为 2200 匝，A 错误；

B. 根据图像可知，当原线圈输入 220V 时， BC 间的电压应该为 12V，故 BC 间的线圈匝数关系有

$$\frac{n_{BC}}{1} = \frac{12\text{V}}{0.1\text{V}} = 120$$

BC 间的线圈匝数为 120 匝，流过 R 的电流为

$$I_{BC} = \frac{P}{U_{BC}} = \frac{12\text{W}}{12\text{V}} = 1\text{A}$$

B 错误；

C. 若将 R 接在 AB 端，根据图像可知，当原线圈输入 220V 时， AB 间的电压应该为 18V。根据交流电原线圈电压的表达式可知，交流电的角速度为 100π ，故交流电的频率为

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = 50\text{Hz}$$

C 错误；

D. 若将 R 接在 AC 端，根据图像可知，当原线圈输入 220V 时， AC 间的电压应该为 30V，根据欧姆定律可知，流过电阻 R 的电流为

$$I_{AC} = \frac{U_{AC}}{R} = \frac{30}{12} \text{ A} = 2.5 \text{ A}$$

交流电的周期为

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = 0.02 \text{ s}$$

D 正确。

故选 D。

5、（2022·浙江 6 月卷·T5）下列说法正确的是（ ）

- A. 恒定磁场对静置于其中的电荷有力的作用
- B. 小磁针 N 极在磁场中的受力方向是该点磁感应强度的方向
- C. 正弦交流发电机工作时，穿过线圈平面的磁通量最大时，电流最大
- D. 升压变压器中，副线圈的磁通量变化率大于原线圈的磁通量变化率

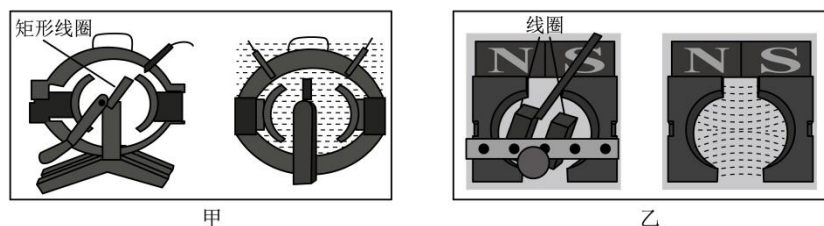
【答案】B

【解析】

- A. 恒定磁场对速度不平行于磁感线的运动电荷才有力的作用，A 错误；
- B. 小磁针 N 极在磁场中的受力方向是该点磁感应强度的方向，B 正确；
- C. 正弦交流发电机工作时，穿过线圈平面的磁通量最大时，电流为 0，C 错误；
- D. 根据变压器的原理可知，副线圈中磁通量的变化率小于或等于原线圈中磁通量的变化率，D 错误。

故选 B。

6、（2022·浙江 1 月卷·T9）如图所示，甲图是一种手摇发电机及用细短铁丝显示的磁场分布情况，摇动手柄可使对称固定在转轴上的矩形线圈转动；乙图是另一种手摇发电机及磁场分布情况，皮带轮带动固定在转轴两侧的两个线圈转动。下列说法正确的是（ ）



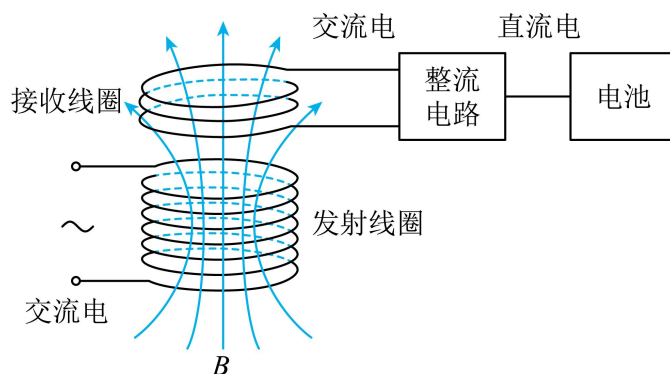
- A. 甲图中线圈转动区域磁场可视为匀强磁场
- B. 乙图中线圈转动区域磁场可视为匀强磁场
- C. 甲图中线圈转动时产生的电流是正弦交流电
- D. 乙图线圈匀速转动时产生的电流是正弦交流电

【答案】A

【解析】

- A. 甲图中细短铁丝显示的磁场分布均匀，则线圈转动区域磁场可视为匀强磁场，故 A 正确；
- B. 乙图中细短铁丝显示的磁场分布不均匀，则线圈转动区域磁场不能看成匀强磁场，故 B 错误；
- C. 根据发电机原理可知甲图中线圈在匀强磁场中绕垂直磁场的转轴匀速转动时才能产生正弦交流电，故 C 错误；
- D. 乙图中是非匀强磁场，则线圈匀速转动时不能产生正弦交流电，故 D 错误；
- 故选 A。

7、（2022·湖北·T9）近年来，基于变压器原理的无线充电技术得到了广泛应用，其简化的充电原理图如图所示。发射线圈的输入电压为 220V、匝数为 1100 匝，接收线圈的匝数为 50 匝。若工作状态下，穿过接收线圈的磁通量约为发射线圈的 80%，忽略其它损耗，下列说法正确的是（ ）



- A. 接收线圈的输出电压约为 8 V

- B. 接收线圈与发射线圈中电流之比约为 22:1
C. 发射线圈与接收线圈中交变电流的频率相同
D. 穿过发射线圈的磁通量变化率与穿过接收线圈的相同

【答案】AC

【解析】

A. 根据

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{80\%U_1}{U_2}$$

可得接收线圈的输出电压约为 $U_2=8V$;

B. 根据

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{80\%I_1}$$

可得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{88}{5}$$

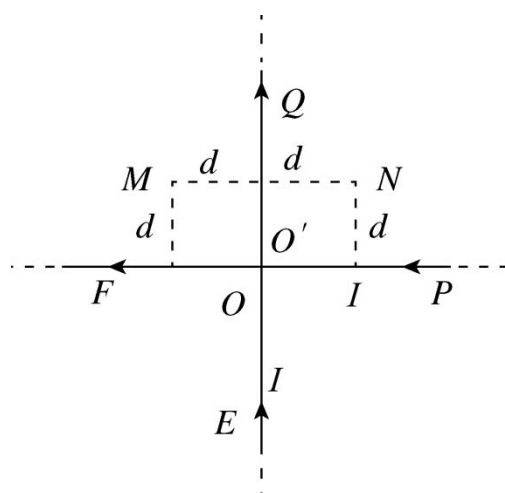
故 B 错误;

C. 变压器是不改变其交变电流的频率的, 故 C 正确;

D. 由于穿过发射线圈的磁通量与穿过接收线圈的磁通量大小不相同, 所以穿过发射线圈的磁通量变化率与穿过接收线圈的不相同, 故 D 错误。

故选 AC。

8.2021 全国甲卷第 3 题. 两足够长直导线均折成直角, 按图示方式放置在同一平面内, EO 与 $O'Q$ 在一条直线上, PO' 与 OF 在一条直线上, 两导线相互绝缘, 通有相等的电流 I , 电流方向如图所示。若一根无限长直导线通过电流 I 时, 所产生的磁场在距离导线 d 处的磁感应强度大小为 B , 则图中与导线距离均为 d 的 M 、 N 两点处的磁感应强度大小分别为 ()



A. B 、 0

B. 0 、 $2B$

C. $2B$ 、 $2B$

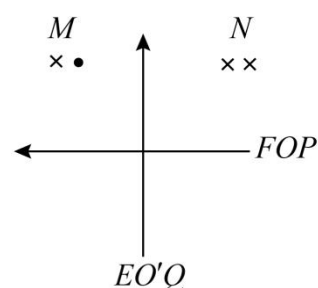
D. B 、 B

【答案】B

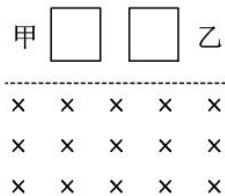
【解析】

两直角导线可以等效为如图所示的两直导线，由安培定则可知，两直导线分别在 M 处的磁感应强度方向为垂直纸面向里、垂直纸面向外，故 M 处的磁感应强度为零；两直导线在 N 处的磁感应强度方向均垂直纸面向里，故 M 处的磁感应强度为 $2B$ ；综上分析 B 正确。

故选 B。



9. 2021 全国甲卷第 8 题. 由相同材料的导线绕成边长相同的甲、乙两个正方形闭合线圈，两线圈的质量相等，但所用导线的横截面积不同，甲线圈的匝数是乙的 2 倍。现两线圈在竖直平面内从同一高度同时由静止开始下落，一段时间后进入一方向垂直于纸面的匀强磁场区域，磁场的上边界水平，如图所示。不计空气阻力，已知下落过程中线圈始终平行于纸面，上、下边保持水平。在线圈下边进入磁场后且上边进入磁场前，可能出现的是（ ）



- A. 甲和乙都加速运动
- B. 甲和乙都减速运动
- C. 甲加速运动，乙减速运动
- D. 甲减速运动，乙加速运动

【答案】AB

【解析】设线圈到磁场的高度为 h ，线圈的边长为 l ，则线圈下边刚进入磁场时，有

$$v = \sqrt{2gh}$$

感应电动势为

$$E = nBlv$$

两线圈材料相等（设密度为 ρ_0 ），质量相同（设为 m ），则

$$m = \rho_0 \times 4nl \times S$$

设材料的电阻率为 ρ ，则线圈电阻

$$R = \rho \frac{4nl}{S} = \frac{16n^2 l^2 \rho \rho_0}{m}$$

感应电流为

$$I = \frac{E}{R} = \frac{mBv}{16nl\rho\rho_0}$$

安培力为

$$F = nBIl = \frac{mB^2v}{16\rho\rho_0}$$

由牛顿第二定律有

$$mg - F = ma$$

联立解得

$$a = g - \frac{F}{m} = g - \frac{B^2 v}{16 \rho \rho_0}$$

加速度和线圈的匝数、横截面积无关，则甲和乙进入磁场时，具有相同的加速度。

当 $g > \frac{B^2 v}{16 \rho \rho_0}$ 时，甲和乙都加速运动，当 $g < \frac{B^2 v}{16 \rho \rho_0}$ 时，甲和乙都减速运动，当

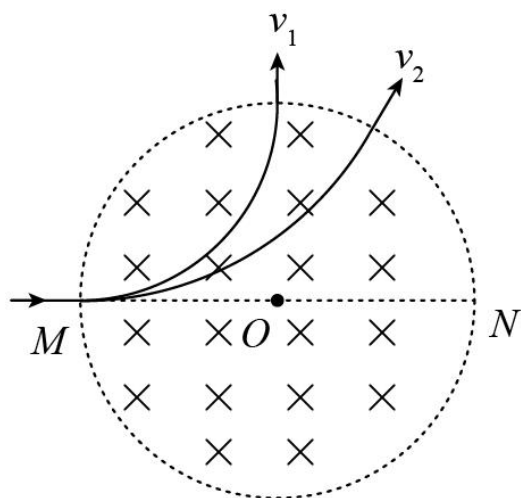
$g = \frac{B^2 v}{16 \rho \rho_0}$ 时都匀速。

故选 AB。

10. 2021 全国乙卷第 3 题. 如图，圆形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场，质量为 m 、电荷量为 $q (q > 0)$ 的带电粒子从圆周上的 M 点沿直径 MON 方向射入磁场。

若粒子射入磁场时的速度大小为 v_1 ，离开磁场时速度方向偏转 90° ；若射入磁场

时的速度大小为 v_2 ，离开磁场时速度方向偏转 60° ，不计重力，则 $\frac{v_1}{v_2}$ 为 ()



A. $\frac{1}{2}$

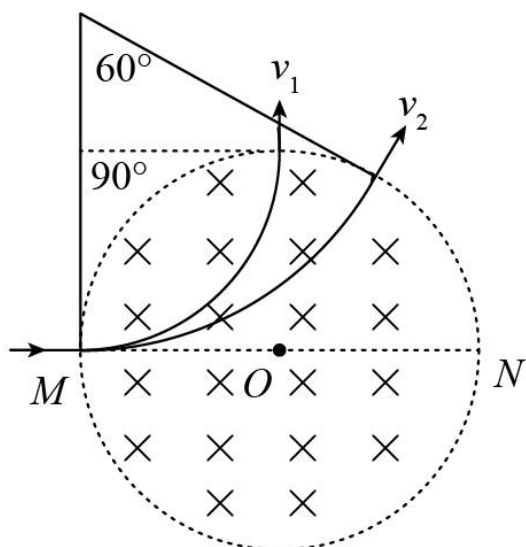
B. $\frac{\sqrt{3}}{3}$

C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$

D. $\sqrt{3}$

【答案】B

【解析】根据题意做出粒子的圆心如图所示



设圆形磁场区域的半径为 R ，根据几何关系有第一次的半径

$$r_1 = R$$

第二次的半径

$$r_2 = \sqrt{3}R$$

根据洛伦兹力提供向心力有

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

可得

$$v = \frac{qrB}{m}$$

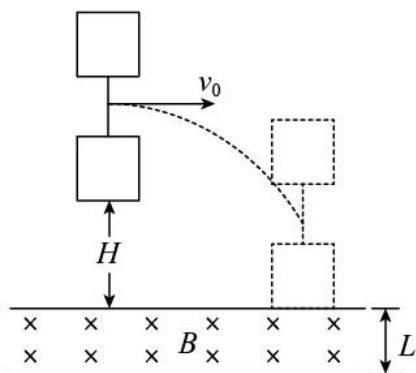
所以

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

故选 B。

11.2021 湖南卷第 10 题. 两个完全相同的正方形匀质金属框，边长为 L ，通过长为 L 的绝缘轻质杆相连，构成如图所示的组合物体。距离组合物体下底边 H 处有一方向水平、垂直纸面向里的匀强磁场。磁场区域上下边界水平，高度为 L ，左右宽度足够大。把该组合物体在垂直磁场的平面内以初速度 v_0 水平无旋转抛出，设置合适的磁感应强度大小 B 使其匀速通过磁场，不计空气阻力。下列说法正确的是

()



- A. B 与 v_0 无关，与 $\sqrt{H}$ 成反比
- B. 通过磁场的过程中，金属框中电流的大小和方向保持不变
- C. 通过磁场的过程中，组合体克服安培力做功的功率与重力做功的功率相等
- D. 调节 H 、 v_0 和 B ，只要组合体仍能匀速通过磁场，则其通过磁场的过程中产生的热量不变

【答案】CD

【解析】

A. 将组合体以初速度 v_0 水平无旋转抛出后，组合体做平抛运动，后进入磁场做匀速运动，由于水平方向切割磁感线产生的感应电动势相互抵消，则有

$$mg = F_{\text{安}} = \frac{B^2 L^2 v_y}{R}, \quad v_y = \sqrt{2gH}$$

综合有

$$B = \sqrt{\frac{mgR}{L^2 \sqrt{2g}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sqrt{H}}}$$

则 B 与 $\frac{1}{\sqrt{\sqrt{H}}}$ 成正比，A 错误；

B. 当金属框刚进入磁场时金属框的磁通量增加，此时感应电流的方向为逆时针方向，当金属框刚出磁场时金属框的磁通量减少，此时感应电流的方向为顺时针方向，B 错误；

C. 由于组合体进入磁场后做匀速运动，由于水平方向的感应电动势相互抵消，有

$$mg = F_{\text{安}} = \frac{B^2 L^2 v_y}{R}$$

则组合体克服安培力做功的功率等于重力做功的功率，C 正确；

D. 无论调节哪个物理量，只要组合体仍能匀速通过磁场，都有

$$mg = F_{\text{安}}$$

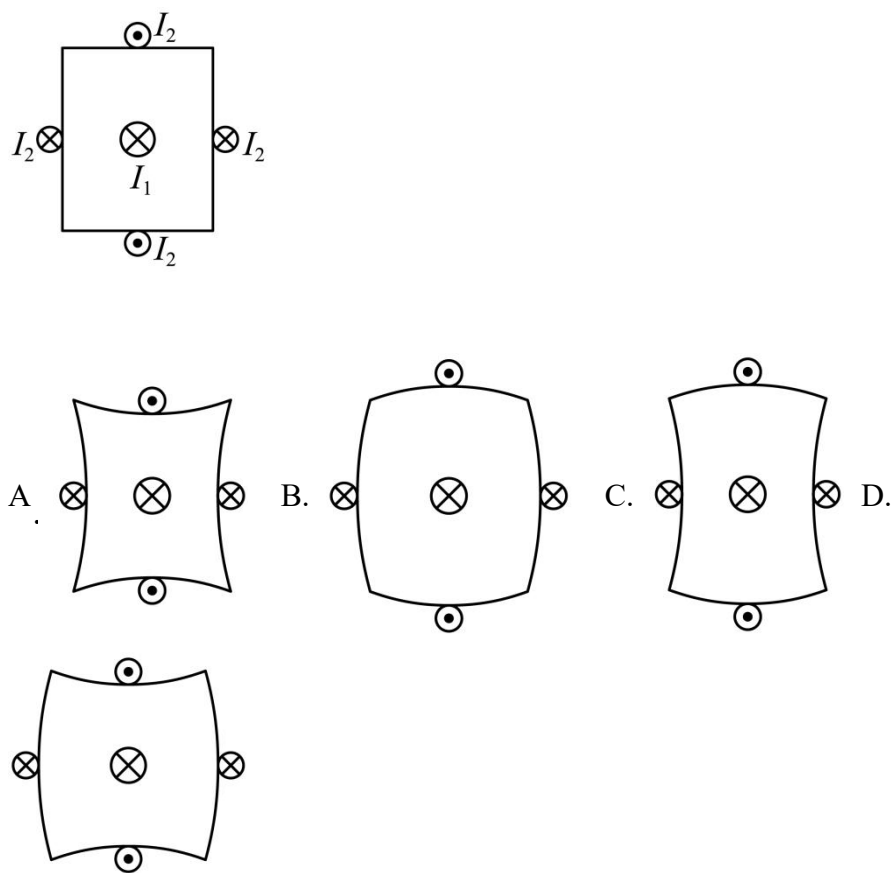
则安培力做的功都为

$$W = F_{\text{安}} 3L$$

则组合体通过磁场过程中产生的焦耳热不变，D 正确。

故选 CD。

12. 2021 广东卷第 5 题. 截面为正方形的绝缘弹性长管中心有一固定长直导线，长管外表面固定着对称分布的四根平行长直导线，若中心直导线通入电流 I_1 ，四根平行直导线均通入电流 I_2 ， $I_1 \gg I_2$ ，电流方向如图所示，下列截面图中可能正确表示通电后长管发生形变的是（ ）



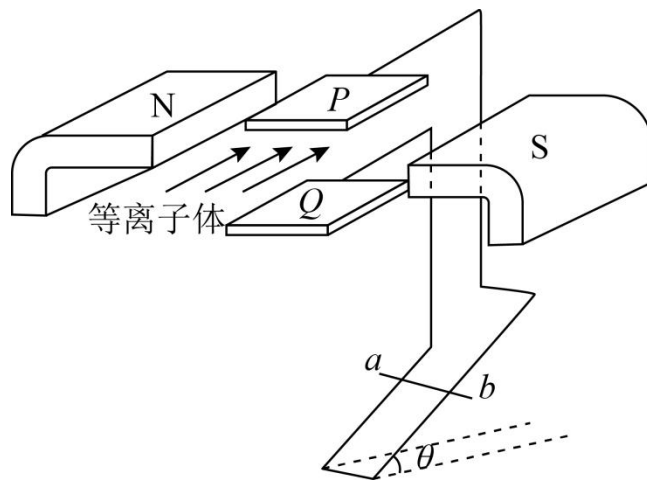
【答案】C

【解析】

因 $I_1 \gg I_2$ ，则可不考虑四个边上的直导线之间的相互作用；根据两通电直导线间的安培力作用满足“同向电流相互吸引，异向电流相互排斥”，则正方形左右两侧的直导线 I_2 要受到 I_1 吸引的安培力，形成凹形，正方形上下两边的直导线 I_2 要受到 I_1 排斥的安培力，形成凸形，故变形后的形状如图 C。

故选 C。

13. 2021 河北卷第 5 题. 如图，距离为 d 的两平行金属板 P 、 Q 之间有一匀强磁场，磁感应强度大小为 B_1 ，一束速度大小为 v 的等离子体垂直于磁场喷入板间，相距为 L 的两光滑平行金属导轨固定在与导轨平面垂直的匀强磁场中，磁感应强度大小为 B_2 ，导轨平面与水平面夹角为 θ ，两导轨分别与 P 、 Q 相连，质量为 m 、电阻为 R 的金属棒 ab 垂直导轨放置，恰好静止，重力加速度为 g ，不计导轨电阻、板间电阻和等离子体中的粒子重力，下列说法正确的是（ ）



- A. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向上， $v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$
- B. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下， $v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$
- C. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向上， $v = \frac{mgR \tan \theta}{B_1 B_2 L d}$

D. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下, $v = \frac{mgR \tan \theta}{B_1 B_2 L d}$

【答案】B

【解析】

等离子体垂直于磁场喷入板间时, 根据左手定则可得金属板 Q 带正电荷, 金属板 P 带负电荷, 则电流方向由金属棒 a 端流向 b 端。等离子体穿过金属板 P、Q 时产生的电动势 U 满足

$$q \frac{U}{d} = q B_1 v$$

由欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 和安培力公式 $F = BIL$ 可得

$$F_{\text{安}} = B_2 L \times \frac{U}{R} = \frac{B_2 B_1 L v d}{R}$$

再根据金属棒 ab 垂直导轨放置, 恰好静止, 可得

$$F_{\text{安}} = mg \sin \theta$$

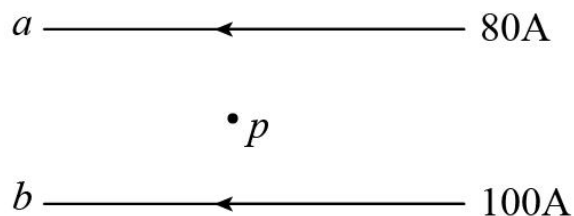
则

$$v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$$

金属棒 ab 受到的安培力方向沿斜面向上, 由左手定则可判定导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下。

故选 B。

14. 2021 浙江卷第 15 题. 如图所示, 有两根用超导材料制成的长直平行细导线 a、b, 分别通以 80A 和 100A 流向相同的电流, 两导线构成的平面内有一点 p, 到两导线的距离相等。下列说法正确的是 ()



- A. 两导线受到的安培力 $F_b = 125F_a$
- B. 导线所受的安培力可以用 $F = ILB$ 计算
- C. 移走导线 b 前后, p 点的磁感应强度方向改变

D. 在离两导线所在的平面有一定距离的有限空间内，不存在磁感应强度为零的位置

【答案】BCD

【解析】

A. 两导线受到的安培力是相互作用力，大小相等，故 A 错误；

B. 导线所受的安培力可以用 $F = ILB$ 计算，因为磁场与导线垂直，故 B 正确；

C. 移走导线 b 前， b 的电流较大，则 p 点磁场方向与 b 产生磁场方向同向，向里，移走后， p 点磁场方向与 a 产生磁场方向相同，向外，故 C 正确；

D. 在离两导线所在的平面有一定距离的有限空间内，两导线在任意点产生的磁场均不在同一条直线上，故不存在磁感应强度为零的位置。故 D 正确。

故选 BCD。

15.2021 年上海高考等级考第 10 题

在一根电流随时间均匀增加的长直导线周围有（ ）

(A)恒定的匀强磁场

(B)恒定的非匀强磁场

(C)随时间变化的匀强磁场

(D)随时间变化的非匀强磁场

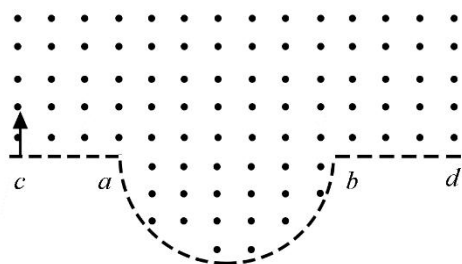
【答案】D

【解析】根据一根长直导线周围的磁场大小为 $B = k \frac{I}{r}$ ，所以 B 与 r 成反比，即是非匀强磁场（空间）；因为电流 I 随时间均匀增加，所以 B 随时间变化，所以 D 正确。

16.2020 全国 1 卷第 5 题

5. 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， $\widehat{ab}$ 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 $qBv = \frac{mv^2}{r}$, $T = \frac{2\pi r}{v}$

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增大。

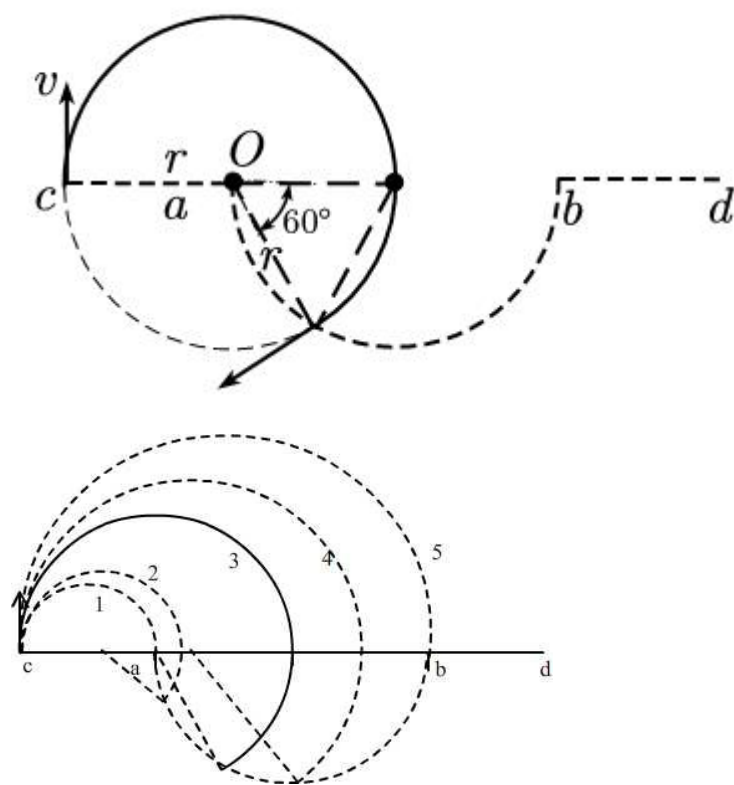
当半径 $r \leq 0.5R$ 和 $r \geq 1.5R$ 时，粒子分别从 ac 、 bd 区域射出，磁场中的轨迹为半圆，运动时间等于半个周期。

当 $0.5R < r < 1.5R$ 时，粒子从半圆边界射出，将轨迹半径从 $0.5R$ 逐渐增大，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 $t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{\frac{4}{3}\pi}{2\pi} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{4\pi m}{3qB}$,

故选 C。



17.2020全国2卷第4题

4.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 ()

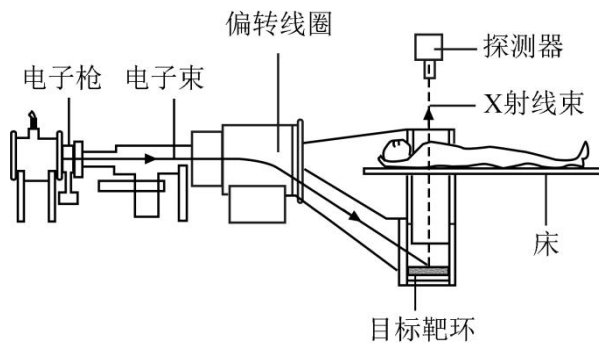


图 (a)

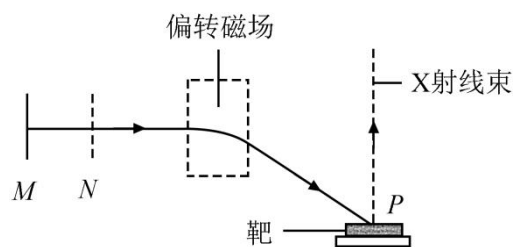


图 (b)

- 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

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

$$\text{可得 } R = \frac{mv}{eB}$$

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；

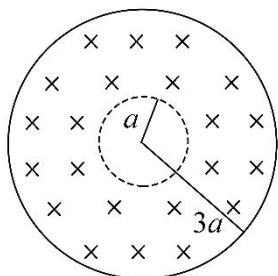
C. 电子在偏转电场中做圆周运动，向下偏转，根据左手定则可知磁场方向垂直纸面向里，故 C 错误；

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。

18.2020全国3卷第5题

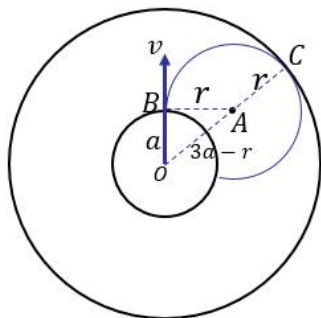
5.真空中有一匀强磁场，磁场边界为两个半径分别为 a 和 $3a$ 的同轴圆柱面，磁场的方向与圆柱轴线平行，其横截面如图所示。一速率为 v 的电子从圆心沿半径方向进入磁场。已知电子质量为 m ，电荷量为 e ，忽略重力。为使该电子的运动被限制在图中实线圆围成的区域内，磁场的磁感应强度最小为（ ）



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

【答案】C

【解析】为了使电子的运动被限制在图中实线圆围成的区域内，则其运动轨迹，如图所示



A 点为电子做圆周运动的圆心， r 为半径，由图可知 $\triangle ABO$ 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 $r_{\max} = \frac{4}{3}a$ ；

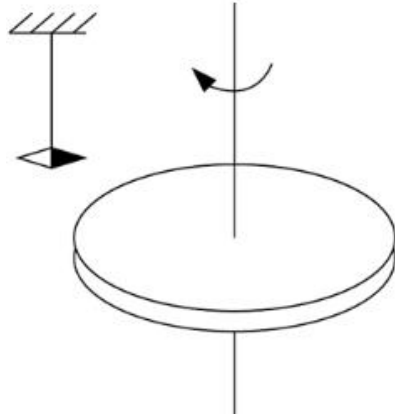
由洛伦兹力提供向心力 $eBv = m \frac{v^2}{r}$

解得 $B_{\min} = \frac{3mv}{4ae}$ ，故 C 正确，ABD 错误。

故选 C。

19.2020北京卷第8题

8.如图所示，在带负电荷的橡胶圆盘附近悬挂一个小磁针。现驱动圆盘绕中心轴高速旋转，小磁针发生偏转。下列说法正确的是（ ）



- A. 偏转原因是圆盘周围存在电场
- B. 偏转原因是圆盘周围产生了磁场
- C. 仅改变圆盘的转动方向，偏转方向不变
- D. 仅改变圆盘所带电荷的电性，偏转方向不变

【答案】B

【解析】AB. 小磁针发生偏转是因为带负电荷的橡胶圆盘高速旋转形成电流，而电流周围有磁场，磁场会对放入其中的小磁针有力的作用，故 A 错误，B 正确；

C. 仅改变圆盘的转动方向，形成的电流的方向与初始相反，小磁针的偏转方向也与之前相反，故 C 错误；

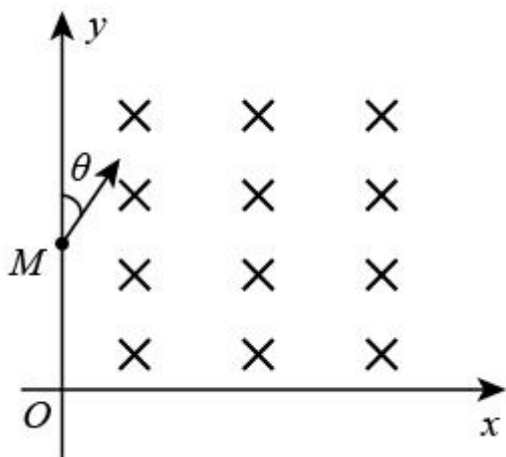
D. 仅改变圆盘所带电荷的电性，形成的电流的方向与初始相反，小磁针的偏转方向也与之前相反，故 D 错误。

故选 B。

20.2020天津卷第7题

7.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（ ）

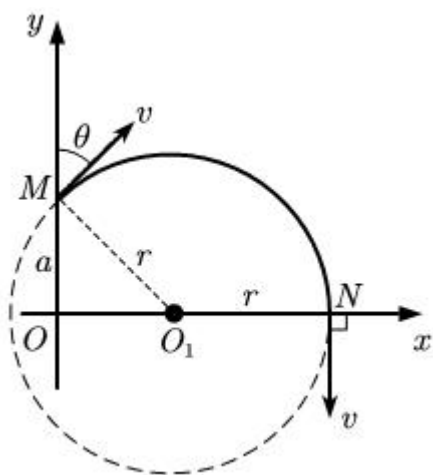


- A. 粒子带负电荷
B. 粒子速度大小为 $\frac{qBa}{m}$
C. 粒子在磁场中运动的轨道半径为 a
D. N 与 O 点相距 $(\sqrt{2} + 1)a$

【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；

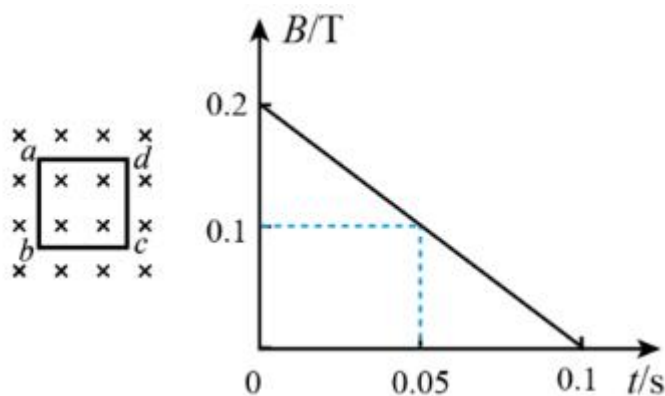
D. N 与 O 点的距离为 $NO = OO_1 + r = (\sqrt{2} + 1)a$ ，D 正确。

故选 AD。

21.2020天津卷第11题

11. 如图所示，垂直于纸面向里的匀强磁场，磁感应强度 B 随时间 t 均匀变化。正方形硬质金属框 $abcd$ 放置在磁场中，金属框平面与磁场方向垂直，电阻 $R = 0.1\Omega$ ，边长 $l = 0.2\text{m}$ 。求

- (1) 在 $t = 0$ 到 $t = 0.1\text{s}$ 时间内，金属框中的感应电动势 E ；
- (2) $t = 0.05\text{s}$ 时，金属框 ab 边受到的安培力 F 的大小和方向；
- (3) 在 $t = 0$ 到 $t = 0.1\text{s}$ 时间内，金属框中电流的电功率 P 。



【答案】(1) 0.08V ；(2) 0.016N ，方向垂直于 ab 向左；(3) 0.064W

【解析】(1) 在 $t = 0$ 到 $t = 0.1\text{s}$ 的时间 Δt 内，磁感应强度的变化量 $\Delta B = 0.2\text{T}$ ，

设穿过金属框的磁通量变化量为 $\Delta\Phi$ ，有 $\Delta\Phi = \Delta B l^2$ ①

由于磁场均匀变化，金属框中产生的电动势是恒定的，有 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ②

联立①②式，代入数据，解得 $E = 0.08\text{V}$ ③

(2) 设金属框中的电流为 I ，由闭合电路欧姆定律，有 $I = \frac{E}{R}$ ④

由图可知， $t = 0.05\text{s}$ 时，磁感应强度为 $B_1 = 0.1\text{T}$ ，金属框 ab 边受到的安培力

$F = IlB_1$ ⑤

联立①②④⑤式，代入数据，解得 $F = 0.016\text{N}$ ⑥，方向垂直于 ab 向左。⑦

(3) 在 $t = 0$ 到 $t = 0.1\text{s}$ 时间内，金属框中电流的电功率 $P = I^2 R$ ⑧

联立①②④⑧式，代入数据，解得 $P = 0.064\text{W}$ ⑨

22.2020上海等级考第4题

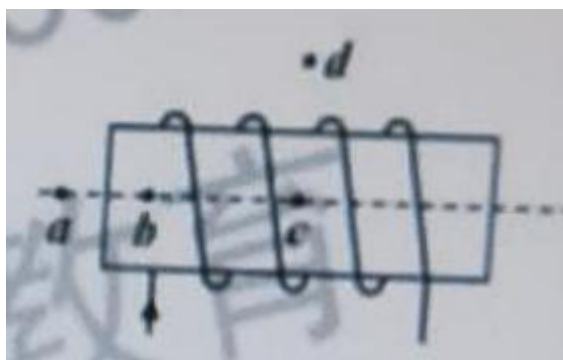
4、如图，在通电螺线管中央轴线上 a 、 b 、 c 三点和外侧的 d 点中，磁感应强度最大的是()

(A) a

(B) b

(C) c

(D) d



[答案]C

【解析】根据磁感线的疏密可以判断，C 正确。

[考察知识]通电螺线管内外磁场的分布。

[核心素养]物理观念

23.2020浙江第9题

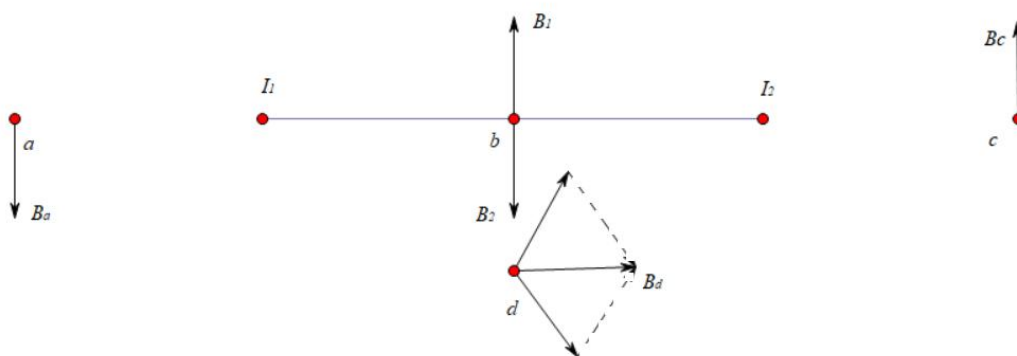
9.特高压直流输电是国家重点能源工程。如图所示，两根等高、相互平行的水平长直导线分别通有方向相同的电流 I_1 和 I_2 ， $I_1 > I_2$ 。 a 、 b 、 c 三点连线与两根导线等高并垂直， b 点位于两根导线间的中点， a 、 c 两点与 b 点距离相等， d 点位于 b 点正下方。不考虑地磁场的影响，则 ()



- 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

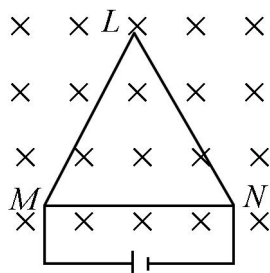


I_1 在 b 点产生的磁场方向向上， I_2 在 b 点产生的磁场方向向下，因为 $I_1 > I_2$

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。

24. 2019全国1卷17. 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】17. B

【解析】设导体棒 MN 的电流为 I ，则 MLN 的电流为 $\frac{I}{2}$ ，根据 $F = BIL$ ，所以 ML 和

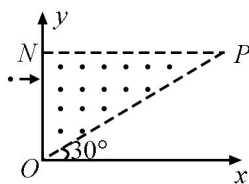
LN 受安培力为 $\frac{F}{2}$ ，根据力的合成，线框 LMN 受到的安培力的大小为

$$F + 2 \times \frac{F}{2} \sin 30^\circ = 1.5F$$

25. 2019全国1卷24. (12分) 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。

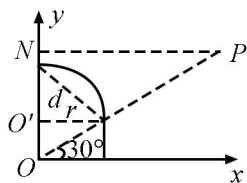


【答案】24. (1) 设带电粒子的质量为 m ，电荷量为 q ，加速后的速度大小为 v 。

由动能定理有 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ ①

设粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径为 r ，由洛伦兹力公式和牛顿第二定律有

$$qvB = m \frac{v^2}{r} \text{ ②}$$



由几何关系知 $d = \sqrt{2} r$ ③

联立①②③式得

$$\frac{q}{m} = \frac{4U}{B^2 d^2} \quad ④$$

(2) 由几何关系知，带电粒子射入磁场后运动到x轴所经过的路程为

$$s = \frac{\pi r}{2} + r \tan 30^\circ \quad ⑤$$

带电粒子从射入磁场到运动至x轴的时间为

$$t = \frac{s}{v} \quad ⑥$$

联立②④⑤⑥式得

$$t = \frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right) \quad ⑦$$

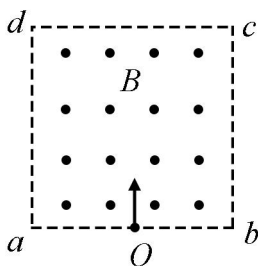
【解析】另外解法 (2) 设粒子在磁场中运动时间为 t_1 ，则

$$t_1 = \frac{1}{4} T = \frac{1}{4} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi Bd^2}{8U} \quad (\text{将比荷代入})$$

$$\text{设粒子在磁场外运动时间为 } t_2, \text{ 则 } t_2 = \frac{y}{v} = \frac{d}{\sqrt{6}} \cdot \sqrt{\frac{m}{2qU}} = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot \sqrt{\frac{md^2}{qU}} = \frac{\sqrt{3}Bd^2}{12U}$$

$$\text{带电粒子从射入磁场到运动至x轴的时间为 } t = t_1 + t_2, \text{ 代入 } t_1 \text{ 和 } t_2 \text{ 得 } t = \frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right).$$

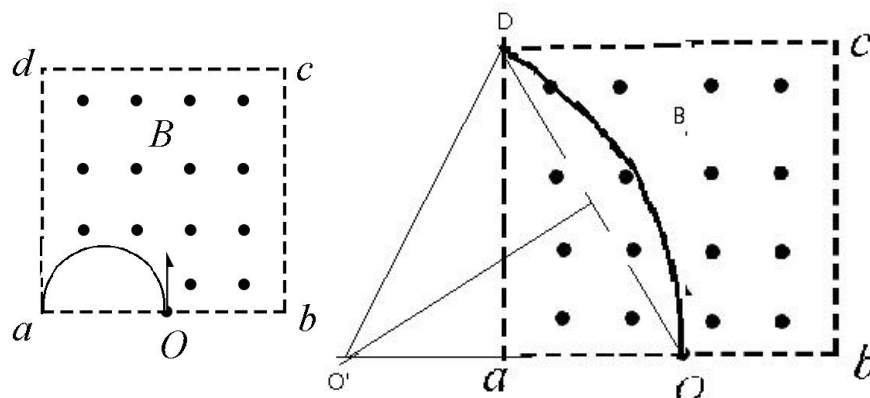
26. 2019 年全国 2 卷 17. 如图，边长为 l 的正方形 $abcd$ 内存在匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，方向垂直于纸面 ($abcd$ 所在平面) 向外。 ab 边中点有一电子源 O ，可向磁场内沿垂直于 ab 边的方向发射电子。已知电子的比荷为 k 。则从 a 、 d 两点射出的电子的速度大小分别为



- 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】17. B

【解析】



左图：从 a 点射出的电子运动轨迹，半径 $R_a = \frac{l}{4}$ ，代入公式 $R = \frac{mv}{qB}$ 得 $v_a = \frac{kBl}{4}$ ；

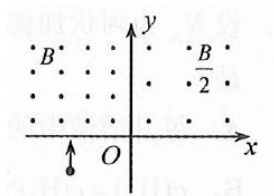
右图：从 d 点射出的电子运动轨迹， $OD = \frac{\sqrt{5}}{2}l$ ， $\cos DOO' = \frac{1}{\sqrt{5}}$ ，半径

$$R_d = \frac{\frac{OD}{2}}{\cos DOO'} = \frac{5l}{4}，代入公式 R = \frac{mv}{qB} 得 v_d = \frac{5kBl}{4}$$

所以答案为 D。

27. 2019年全国3卷18题. 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



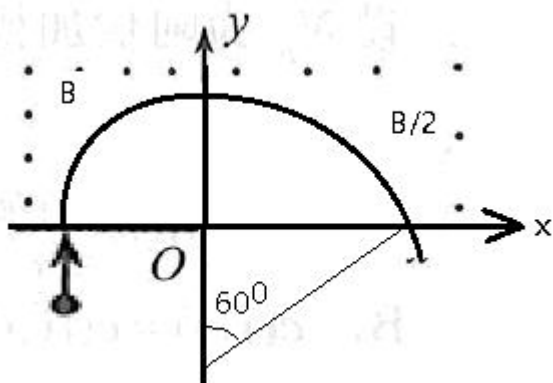
- A. $\frac{5\pi m}{6qB}$ B. $\frac{7\pi m}{6qB}$ C. $\frac{11\pi m}{6qB}$ D. $\frac{13\pi m}{6qB}$

【答案】18. B

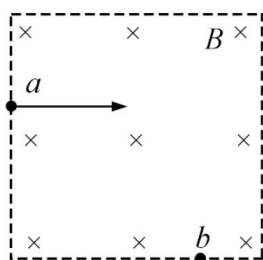
【解析】如下图所示，粒子在第二象限运动的时间 $t_1 = \frac{T_1}{4}$ ，在第一象限运动的时间

$$t_2 = \frac{60T_2}{360} = \frac{T_2}{6},$$

由 $T_1 = \frac{2\pi m}{qB}$, $T_2 = \frac{2\pi m}{qB/2} = \frac{4\pi m}{qB}$, $t = t_1 + t_2$, 代入解得 $t = \frac{7\pi m}{6qB}$.



28. 2019年北京卷16题. 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】16. C

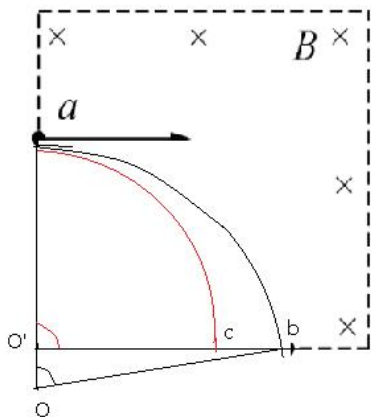
【解析】根据左手定则，粒子带负电，A 错误；匀速圆周运动，速率不变，

B 错误；若仅减小磁感应强度，根据半径公式 $r = \frac{mv}{qB}$ ，则粒子做圆周运动的

半径增大，所以粒子可能从 b 点右侧射出，C 正确；若仅减小入射速率，根

据半径公式 $r = \frac{mv}{qB}$ ，则粒子做圆周运动的半径减小，如下图所示，则粒子在

磁场中圆周运动的圆心角变大，根据 $t = \frac{\theta T}{2\pi}$ ，因为 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 不变，圆心角变大，则运动时间变长，所以 D 错误。



29. 2019 年天津卷 4 题. 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 $\frac{eU}{a}$

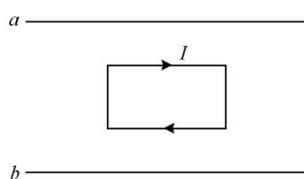
【答案】4.D

【解析】电子定向移动方向向左，根据左手定则，电子向后表面偏转，所以前表面的电势比后表面的高，A 错误；

根据洛伦兹力等于电场力 $Bev = \frac{U}{a}e$ ，得前、后表面间的电压 $U = Bav$ ，所以 B、C 错误；

自由电子受到的洛伦兹力大小为 $Ee = \frac{eU}{a}$ ，D 正确。

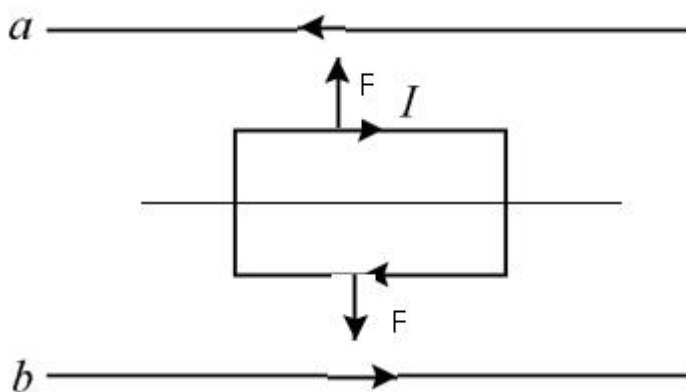
30.2019年江苏卷7题. 如图所示，在光滑的水平桌面上， a 和 b 是两条固定的平行长直导线，通过的电流强度相等． 矩形线框位于两条导线的正中间，通有顺时针方向的电流，在 a 、 b 产生的磁场作用下静止． 则 a 、 b 的电流方向可能是



- (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】7. CD

【解析】验证法： a 的向左， b 的向右如下图安培力方向相反，线框静止。同理D正确，A、B错误。



31. 2017 年年全国卷 16 题. 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

【解析】设流经 L_1 的电流在 a 点产生的磁感应强度大小为 B_{1a} ，流经 L_2 电流在 a

点产生的磁感应强度大小为 B_{2a} ，已知 a 点的磁感应强度大小为 $\frac{1}{3}B_0$ ，根据磁感

应强度的叠加原理，考虑磁感应强度的方向，有 $B_0 - B_{1a} - B_{2a} = \frac{1}{3}B_0$

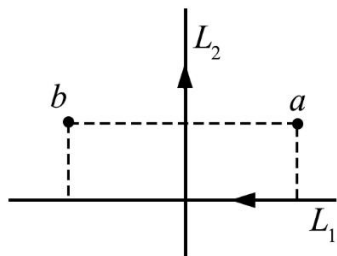
同理， b 点的磁感应强度大小为 $\frac{1}{2}B_0$ ，有 $B_0 - B_{1b} + B_{2b} = \frac{1}{2}B_0$

因为 $B_{1a} = B_{1b} = B_1$ （因距离相等）， $B_{2a} = B_{2b} = B_2$ ，解得 $B_1 = \frac{7}{12}B_0$ ， $B_2 = \frac{1}{12}B_0$

【答案】20. AC

33. 2018 年全国 2 卷第 20 题

20. 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 $\frac{7}{12}B_0$

【解析】设流经 L_1 的电流在 a 点产生的磁感应强度大小为 B_{1a} ，流经 L_2 电流在 a

点产生的磁感应强度大小为 B_{2a} ，已知 a 点的磁感应强度大小为 $\frac{1}{3}B_0$ ，根据磁感

应强度的叠加原理，考虑磁感应强度的方向，有 $B_0 - B_{1a} - B_{2a} = \frac{1}{3}B_0$

同理， b 点的磁感应强度大小为 $\frac{1}{2}B_0$ ，有 $B_0 - B_{1b} + B_{2b} = \frac{1}{2}B_0$

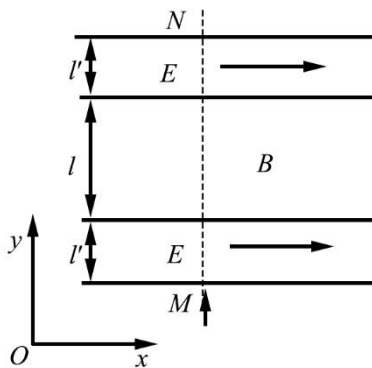
因为 $B_{1a} = B_{1b} = B_1$ （因距离相等）， $B_{2a} = B_{2b} = B_2$ ，解得 $B_1 = \frac{7}{12}B_0$ ， $B_2 = \frac{1}{12}B_0$

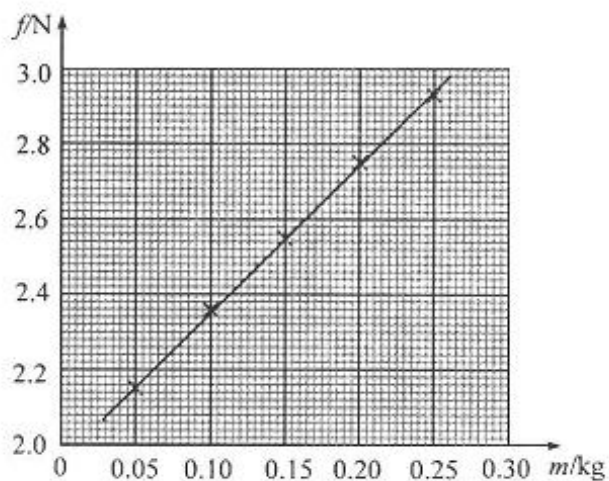
【答案】20. AC

34. 全国 2 卷 25. (20 分)

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。

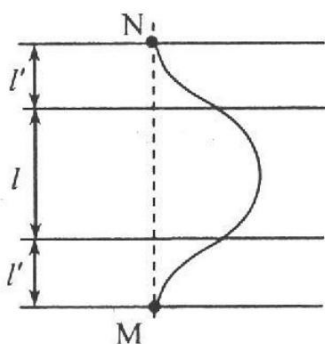
- (1) 定性画出该粒子在电磁场中运动的轨迹；
- (2) 求该粒子从 M 点射入时速度的大小；
- (3) 若该粒子进入磁场时的速度方向恰好与 x 轴正方向的夹角为 $\frac{\pi}{6}$ ，求该粒子的比荷及其从 M 点运动到 N 点的时间。





【解答】25. （20 分）

解：（1）粒子运动的轨迹如图（a）所示。（粒子在电场中的轨迹为抛物线，在磁场中为圆弧，上下对称）



图（a）

（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

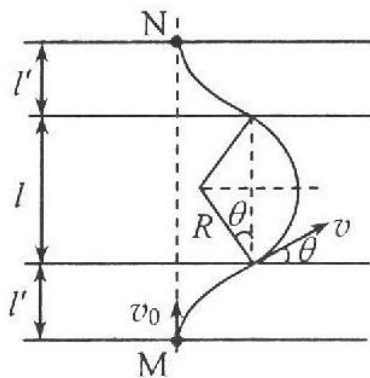


图 (b)

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

式中 q 和 m 分别为粒子的电荷量和质量, 由运动学公式有 $v_1=at$ (2)

$$l'=v_0t \quad (3) \quad v_1=v\cos\theta \quad (4)$$

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

$$\text{牛顿第二定律得 } qvB=\frac{mv^2}{R} \quad (5)$$

$$\text{由几何关系得 } l=2R\cos\theta \quad (6)$$

$$\text{联立①②③④⑤⑥式得 } v_0=\frac{2El'}{Bl} \quad (7)$$

$$(3) \text{ 由运动学公式和题给数据得 } v_1=v_0\cot\frac{\pi}{6} \quad (8)$$

$$\text{联立①②③⑦⑧式得 } \frac{q}{m}=\frac{4\sqrt{3}El'}{B^2l^2} \quad (9)$$

$$\text{设粒子由 } M \text{ 点运动到 } N \text{ 点所用的时间为 } t', \text{ 则 } t'=2t+\frac{2(\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{6})}{2\pi}T \quad (10)$$

$$\text{式中 } T \text{ 是粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期, } T=\frac{2\pi m}{qB} \quad (11)$$

$$\text{由 ③ ⑦ ⑨ ⑩ ⑪ 式 得 } t'=\frac{Bl}{E}(1+\frac{\sqrt{3}\pi l}{18l'}) \quad (12)$$

35. 2018 年北京 18 题. 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

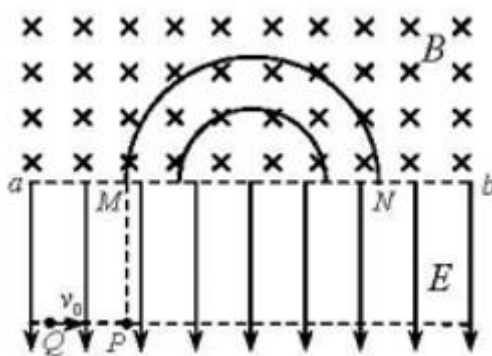
【解析】匀速直线运动 $qE = Bqv$ ， q 约去，无关，匀速圆周运动 $Bqv = \frac{mv^2}{r}$ ，电

量只影响半径大小，电性只影响转动方向，不影响是否做圆周运动。

【答案】18. C

36. 2018 年天津第 11 题

11. 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。

【答案与解析】11.

(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

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

设粒子在电场中运动所受电场力为 F ，有 $F=qE$ ②；

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

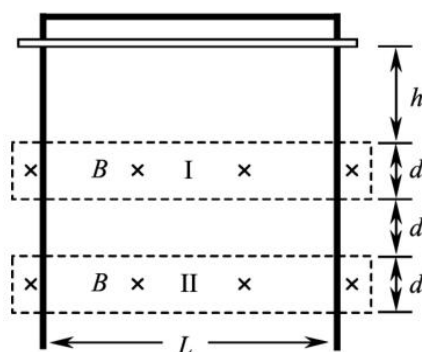
(2) 粒子进入匀强磁场后做匀速圆周运动, 其周期和速度、半径无关, 运动时间只由粒子所通过的圆弧所对的圆心角的大小决定, 故当轨迹与内圆相切时, 所有的时间最短, 设粒子在磁场中的轨迹半径为 r' , 由几何关系可知

The diagram shows a particle moving in a magnetic field. A horizontal dashed line represents the path of the particle. Above this line, a semi-circular arc represents the path of the particle in a magnetic field, indicated by a grid of 'x' marks. The particle enters from the left at point 'a' with velocity v_0 . It passes through a region between two vertical dashed lines, labeled 'M' and 'N', where it is deflected upwards. The deflection is labeled β . The particle then moves in a semi-circular arc, returning to the horizontal path at point 'b'. The radius of the arc is labeled r' . The center of the arc is labeled O' . The particle's path is shown with arrows indicating direction.

几何关系可知 $\tan \theta = \frac{\sqrt{3}R}{r' - R}$ ⑦;

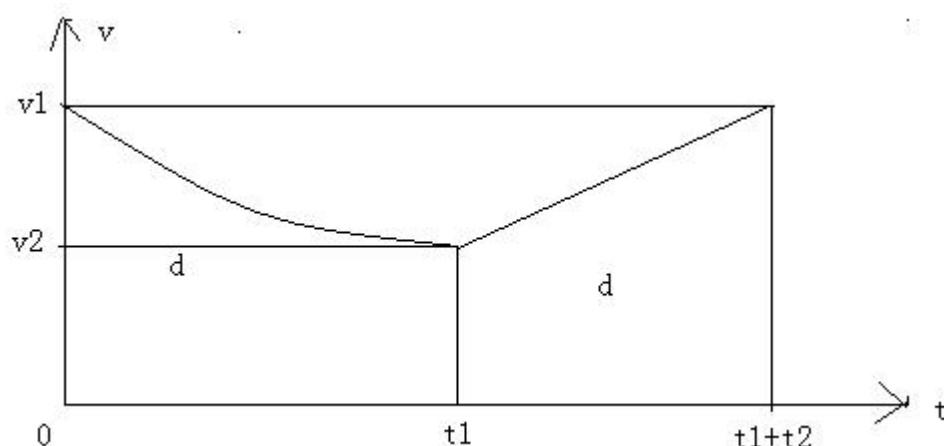
粒子从 Q 射出后在电场中做类平抛运动，在电场方向上的分运动和从 P 释放后的运动情况相同，所以粒子进入磁场时沿竖直方向的速度同样为 v ，在垂直于电场方向的分速度始终为 v_0 ，由运动的合成和分解可知 $\tan \theta = \frac{v}{v_0}$ ⑧

37. 2018 年江苏 9. 如图所示，竖直放置的“Π”形光滑导轨宽为 L ，矩形匀强磁场 I、II 的高和间距均为 d ，磁感应强度为 B 。质量为 m 的水平金属杆由静止释放，进入磁场 I 和 II 时的速度相等。金属杆在导轨间的电阻为 R ，与导轨接触良好，其余电阻不计，重力加速度为 g 。金属杆



- (A) 刚进入磁场I时加速度方向竖直向下
- (B) 穿过磁场I的时间大于在两磁场之间的运动时间
- (C) 穿过两磁场产生的总热量为 $4mgd$
- (D) 释放时距磁场I上边界的高度 h 可能小于 $\frac{m^2 g R^2}{2B^4 L^4}$

【解析】设进入磁场时速度为 v_1 ，出磁场时速度为 v_2 ，因为进入磁场I和II时的速度相等。而在间距中， $a_2 = g$ ，是匀加速运动，所以在磁场中，做减速运动，是非匀减速运动，所以刚进入磁场I时加速度方向竖直向上，A 错误；因为在磁场中，加速度大小为 $a_1 = \frac{B^2 L^2 v}{R} - g$ ，随着速度的减小，加速度减小，所以是加速度逐渐减小的减速运动，可以画出 $x-t$ 图象草图如下：



因为位移相等都为 d ，所以 $t_1 > t_2$ ，即 B 正确；

在穿过两个磁场和一个间距的过程中，根据动能定理 $mg \cdot 3d - Q = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$ ，

在间距中 $v_1^2 - v_2^2 = 2gd$ ，解得 $Q = 4mgd$ ，C 正确；

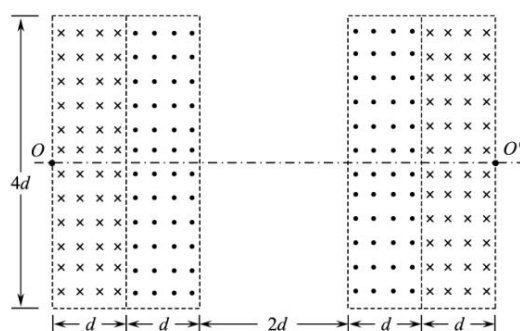
在磁场中，加速度 $a_1 = \frac{BLv}{mR} - g > 0$ （设向上为正），所以 $v > \frac{mgR}{BL}$ ，在进入磁场

前， $v^2 = 2gh$ ，所以

$h > \frac{m^2 g R^2}{2B^4 L^4}$ ，D 错误。

【答案】 9. BC

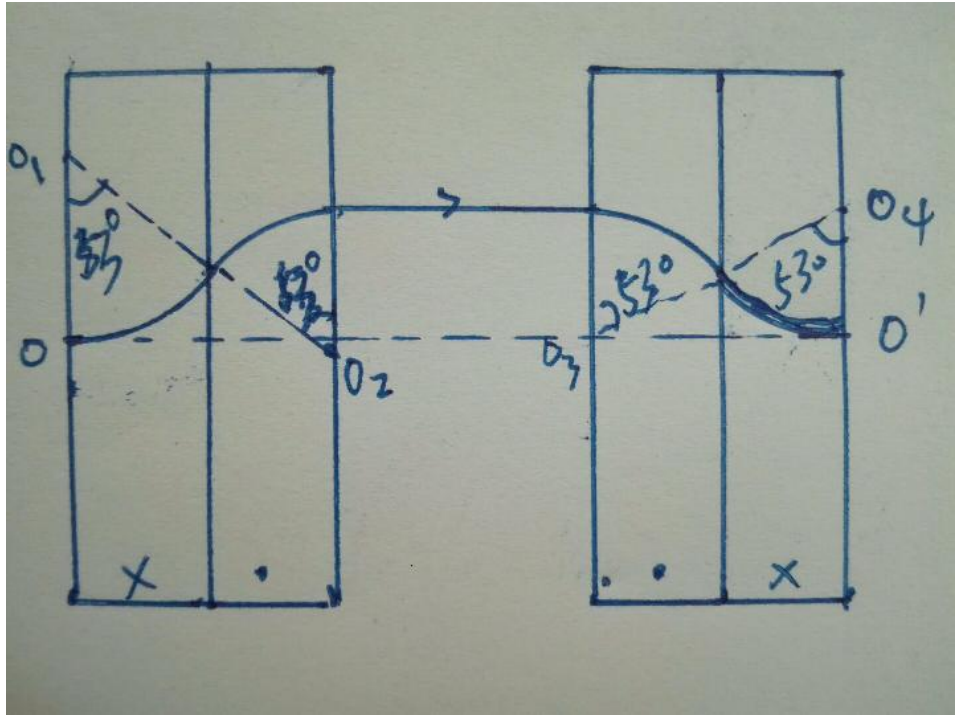
38. 2018 年江苏 15. （16 分）如图所示，真空中四个相同的矩形匀强磁场区域，高为 $4d$ ，宽为 d ，中间两个磁场区域间隔为 $2d$ ，中轴线与磁场区域两侧相交于 O 、 O' 点，各区域磁感应强度大小相等。某粒子质量为 m 、电荷量为 $+q$ ，从 O 沿轴线射入磁场。当入射速度为 v_0 时，粒子从 O 上方 $\frac{d}{2}$ 处射出磁场。取 $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ 。



- (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】15. (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 ，如图所示

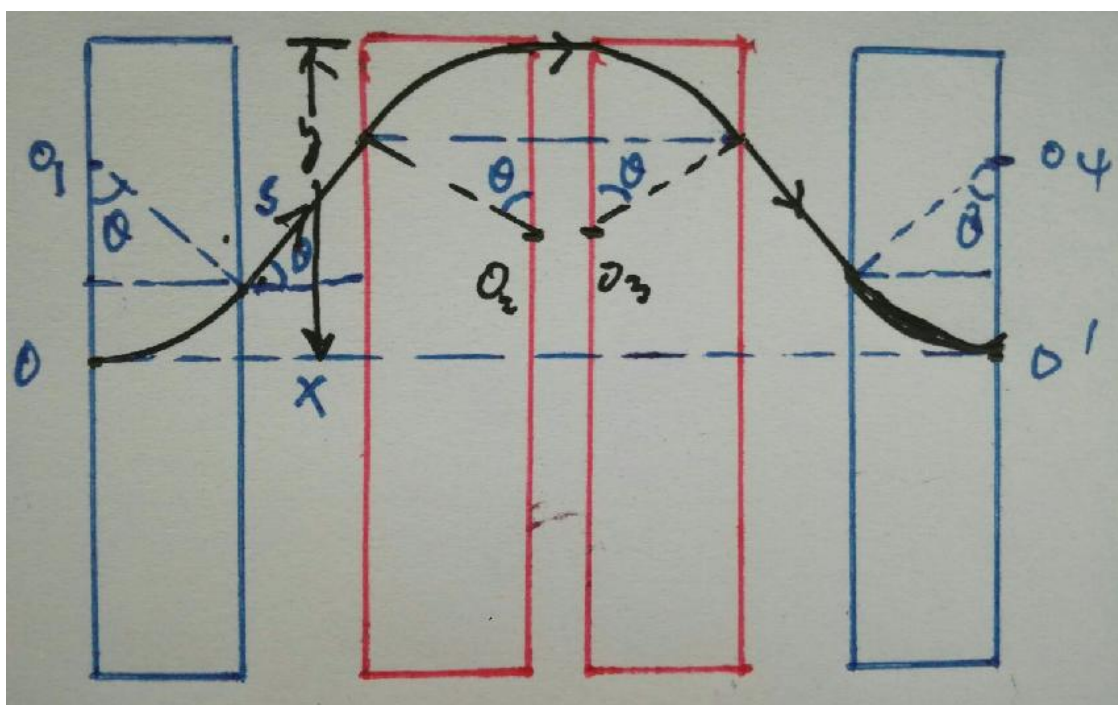


由 $d = r \sin \alpha$, 得 $\sin \alpha = \frac{4}{5}$, 即 $\alpha = 53^\circ$

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

(3) 将中间两磁场分别向中央移动距离 x , 如图所示



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

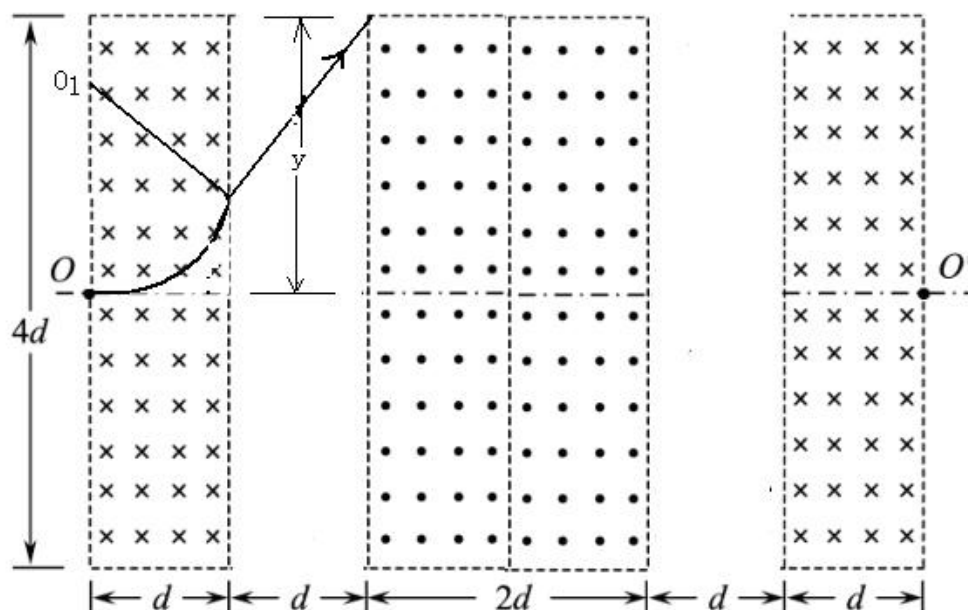
粒子直线运动路程的最大值 $s_m = \frac{2x_m}{\cos\alpha} + (2d - 2x_m) = 3d$

增加路程的最大值 $\Delta s_m = s_m - 2d = d$

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

有的可能以为当中间两磁场分别向中央移动到靠近时, 可使粒子从 O 运动到 O' 的时间增加 Δt 最大, 错误了, 因为此情况粒子飞出左磁场后打到第 2 个磁场的上边缘了, 要飞出磁场了, 不能到达 O' 。如下图所示:

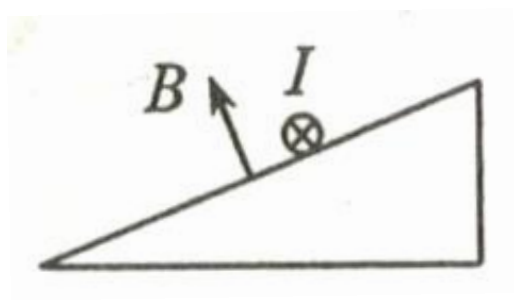
$$y = r(1 - \cos\alpha) + d \tan\alpha = 2d。$$



39. 2018 年海南物理卷第 3 题

3.如图，一绝缘光滑固定斜面处于匀强磁场中，磁场的磁感应强度大小为 B ，方向垂直于斜面向上，通有电流 I 的金属细杆水平静止在斜面上。若电流变为 $0.5I$ ，磁感应强度大小变为 $3B$ ，电流和磁场的方向均不变，则金属细杆将

- A.沿斜面加速上滑 B.沿斜面加速下滑
C.沿斜面匀速上滑 D.仍静止在斜面上



3.【解析】原来， $BIl = mg \sin \theta$ ，后来 $a = \frac{1.5BIl - mg \sin \theta}{m}$ ，沿斜面向上，A 正确。

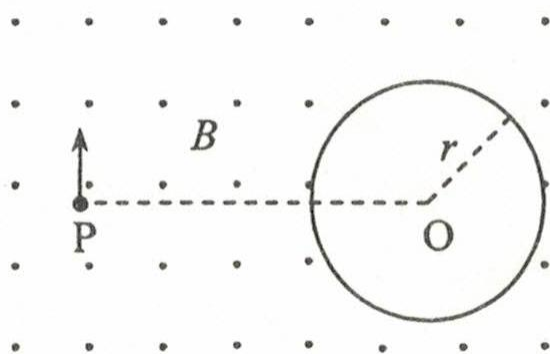
【答案】A

40. 2018 年海南物理卷第 13 题

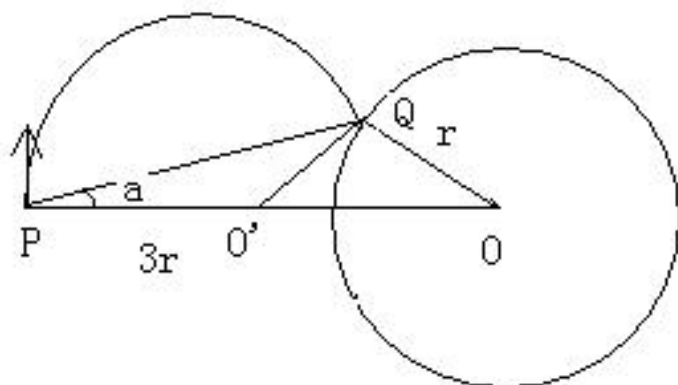
13. (10 分) 如图，圆心为 O 、半径为 r 的圆形区域外存在匀强磁场，磁场方向垂直于纸面向外，磁感应强度大小为 B 。P 是圆外一点， $OP=3r$ 。一质

量为 m 、电荷量为 q ($q>0$) 的粒子从 P 点在纸面内垂直于 OP 射出。已知粒子运动轨迹经过圆心 O ，不计重力。求

- (1) 粒子在磁场中做圆周运动的半径；
- (2) 粒子第一次在圆形区域内运动所用的时间。



【解析】 (1)



用电脑“画图”做的图

如上图，在三角形 OPQ 中，根据正弦定理， $\frac{r}{\sin \alpha} = \frac{3r}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{3r}{\cos \alpha}$ ，得

$$\tan \alpha = \frac{1}{3}。$$

据几何关系， $R + \frac{R}{\cos 2\alpha} = 3r$ ，解得 $R = \frac{4}{3}r$ 。

(2) 根据 $Bqv = \frac{mv^2}{R}$ ，得 $v = \frac{BqR}{m} = \frac{4Bq}{3m}$ ，

带电粒子在园内做匀速直线运动， $t = \frac{2r}{v} = \frac{3m}{2Bq}$ 。

【答案】 (1) $\frac{4}{3}r$, (2) $\frac{3m}{2Bq}$ 。
