

## 2019-2020 学年第一学期高二物理期末试题解析

一、单项选择题：本题包含 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。请将正确选项前字母填在下表内相应位置。

1. 关于电场和磁场对电荷的作用，下列说法中正确的是 ( )

- A. 电荷在电场中一定受电场力作用，电荷在磁场中一定受洛伦兹力的作用
- B. 洛伦兹力对运动电荷一定不做功，电场力一定会对运动电荷做功
- C. 正电荷受洛伦兹力的方向与电荷所在处的磁场方向相同
- D. 负电荷受洛伦兹力的方向与电荷所在处的磁场方向垂直

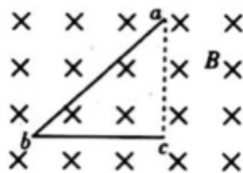
答案：D

考点：电场力、洛伦兹力基本性质

解析：当电荷静止或电荷运动方向与磁场方向平行时，电荷不受洛伦兹力，A 错；当电场力与运动电荷速度垂直时，电场力不做功，B 错；根据左手定则可知，电荷所受的洛伦兹力一定与磁场垂直，C 错 D 正确。

2. 一段粗铜线 abc 弯成如图的形状，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。当铜线通有由 a 经 b 向 c 方向的电流时，铜线 abc 所受安培力的方向 ( )

- A. 垂直 ac 向右
- B. 垂直 bc 向下
- C. 垂直 bc 向上
- D. 垂直 ab 斜向下



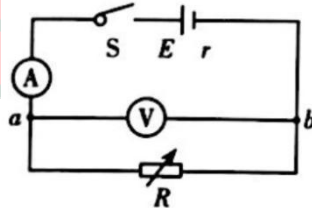
答案：A

考点：安培力方向；导线的有效长度

解析：铜线 abc 的有效长度为 a 到 c 的线段，电流方向由 a 到 c，根据左手定则可知安培力方向垂直 ac 向右，故 A 正确。

3. 如图是实验室测电源电动势和内阻的电路。连接好电路，闭合开关 S 时，发现电流表指针几乎不动，而电压表指针有明显偏转，出现的问题可能是 ( )

- A. 电流表断路或未接好
- B. 从 a 点经过电阻箱 R 到 b 点的电路中有短路
- C. 从 a 点经过电阻箱 R 到 b 点的电路中有断路
- D. 电流表和电压表都断路



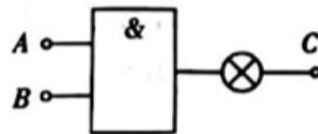
答案：C

考点：电路故障分析

解析：电压表有示数，说明电流表完好，电压表直接与电源两极相连指针会有明显偏转，电流表无示数，说明从 a 点经过电阻箱 R 到 b 点的电路中有断路，故 C 正确。

4. 新一代汽车都采用智能遥控门锁，当带有钥匙的人靠近时，A 端输入高电平（+5V），此时指示灯亮起车门可以打开；若无钥匙时 A 端输入低电平（0V）指示灯不亮，其内部逻辑电路如图所示。则图中 B、C 应分别接（ ）

- A. 0V、0V                      B. +5V、0V  
C. 0V、+5V                    D. +5V、+5V



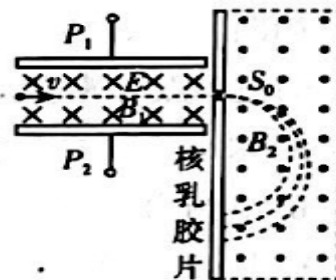
答案：B

考点：逻辑电路 与门

解析：A 端输入“+5V”、B 端输入“+5V”通过与门输出“+5V”，若指示灯亮，C 端应接“0V”，故 B 正确。

5. 如图是质谱仪的原理图。将一束速度相同的粒子由左端平行极板射入质谱仪，粒子沿直线穿过电场 E 和磁场  $B_1$  的复合场后进入磁场  $B_2$  中，打在胶片上分成三束，其运动轨迹如图所示。下列说法正确的是

- A. 该束粒子一定带负电  
B. 电场 E 的方向垂直极板向上  
C. 在  $B_2$  中运动半径最小的粒子，质量最大  
D. 在  $B_2$  中运动半径最大的粒子，比荷  $\frac{q}{m}$  最小



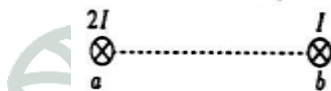
答案：D

考点：质谱仪的原理

解析：A. 由于粒子在极板中做直线运动，电场力与洛伦兹力大小相等且极板的正负未知，所以电性不确定，电场方向也不确定，AB 错。根据公式  $r = \frac{mv}{qB}$ ，半径越大比荷越小，选 D。

6. 如图，两根长度相同的通电直导线 a、b 垂直纸面固定，其中电流方向均垂直纸面向里，a 中电流是 b 中电流的 2 倍，此时 a 导线受到的安培力大小为 F。现在平行纸面的方向加一匀强磁场，此时导线 a 受到的安培力大小变为 2F 但方向不变，则导线 b 受到的安培力的大小和方向分别是

- A. 大小为  $\frac{1}{2}F$ ，方向沿 ab 向右  
B. 大小为  $\frac{1}{2}F$ ，方向沿 ba 向左  
C. 大小为  $\frac{3}{2}F$ ，方向沿 ab 向右  
D. 大小为  $\frac{3}{2}F$ ，方向沿 ba 向左

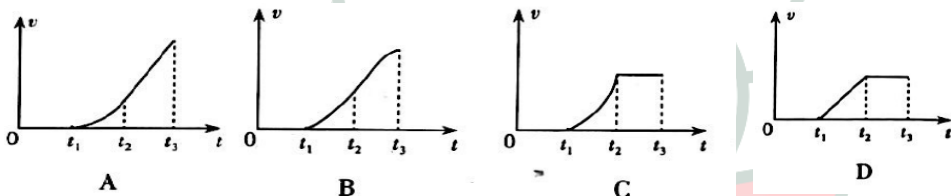
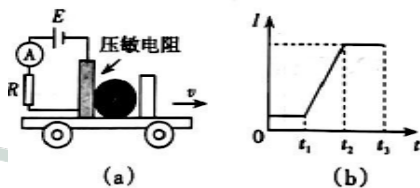


答案：B

考点：通电直导线的磁场

解析：由于 a 导线开始受到 F 大小的力，说明 b 导线在 a 处的磁场大小为  $\frac{1}{2}B$ ，方向向上，则 a 导线在 b 处的磁场大小为 B，方向向下，当平行纸面加一匀强磁场 a 受到的安培力变成 2F 说明匀强磁场的方向向上，大小为  $\frac{1}{2}B$ ，则此时 b 处的磁场大小为  $\frac{1}{2}B$ ，方向向下，根据左手定则此时 b 受到的安培力大小为  $\frac{1}{2}F$ ，方向向左，选 B。

7. 图 (a) 中，压敏电阻与电源组成闭合回路，竖直固定在绝缘小车上，压敏电阻与挡板间放置一个光滑绝缘重球。已知压敏电阻的阻值随压力的增大而减小，从  $t_1$  时刻起，小车由静止开始向右做直线运动，电流表的示数 I 随时间 t 变化的关系如图 (b) 所示，则小车的 v-t 图像大致是



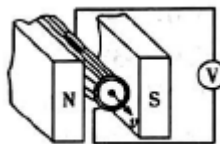
答案：A

考点：欧姆定律与运动图像

解析：0- $t_1$ 时刻小车处于静止状态， $t_1-t_2$ 时刻电流均匀增大，受到的压力均匀变大，此时小球做加速度增大的加速运动， $t_2-t_3$ 电流恒定说明压力一定，则小球做匀加速直线运动，选 A。

8. 一种测量血管中血流速度的仪器原理如图所示，在动脉血管左右两侧加上匀强磁场，上下两侧安装电极并连接电压表。已知血管的直径是 2.0mm，磁场的磁感应强度为 0.10T，由电压表测出的电压为 0.12mV，则动脉血管电势较高的一侧和血管中血流速度的大小分别是

- A. 下侧；0.6m/s
- B. 下侧；1.2m/s
- C. 上侧；0.6m/s
- D. 上侧；1.2m/s



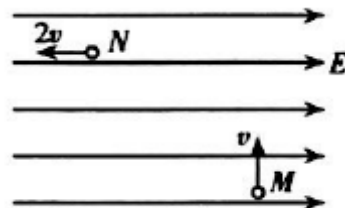
答案：C

考点：霍尔效应原理

解析：血液流动时，血液中的正负电荷在磁场中发生上下偏转，上下两端产生电势差，最终电荷在电场力与洛伦兹力作用下处于平衡，根据公式  $qE = qvB$ ， $E = \frac{U}{a}$  得到  $v = \frac{U}{Ba}$ ，代入解得 v 等于 0.6m/s，根据左手定则上侧带正电，故电势较高，选 C。

9. 如图, 在水平向右的匀强电场中, 质量为  $m$  的带电小球, 以初速度  $v$  从  $M$  点竖直向上运动。通过  $N$  点时速度大小为  $2v$ , 方向与电场方向相反, 则小球从  $M$  运动到  $N$  的过程中

- A. 水平位移的大小等于竖直位移的大小
- B. 电场力大小是重力大小的 2 倍
- C. 重力势能增加  $mv^2$
- D. 电势能减少  $mv^2$



答案: B

考点: 粒子在电场的运动, 运动合成与分解

解析:

A: 水平方向与竖直方向均做匀变速直线运动, 运动时间相等, 由平均速度可知, 水平位移是竖直位移两倍;

B: 由  $F=ma$ ,  $v=at$  可知,  $qE=2mg$

C:  $E=mgh$ ,  $h=\frac{v^2}{2g}$ , 则重力势能增加  $\frac{1}{2}mv^2$

D: 由能量守恒得电势能减小  $2mv^2$

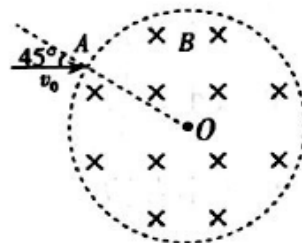
10. 如图, 半径为  $R$  的圆形区域中充满了垂直纸面向里、磁感应强度为  $B$  的匀强磁场。一带负电的粒子以速度  $v_0$  射入入场区域, 速度方向垂直磁场且与半径  $OA$  的夹角为  $45^\circ$ 。当该带电粒子离开磁场时, 速度方向刚好与人射速度方向垂直。下列说法正确的是

A. 粒子离开入场时速度方向的反向延长线通过  $O$  点

B. 粒子的比荷为  $\frac{\sqrt{2}v_0}{BR}$

C. 粒子在磁场中运动的时间为  $\frac{\sqrt{2}\pi R}{2v_0}$

D. 若只改变粒子的入射方向, 粒子在磁场中的运动时间保持不变



答案: C

考点: 粒子在磁场中运动

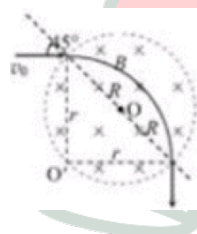
解析:

A: 由图可知, 速度反向延长线不过  $O$  点

B: 由几何关系知, 轨迹所对的圆心角为  $90^\circ$ , 且轨迹的圆心  $O'$  刚好在圆形磁场的边界上, 所以轨迹的半径为  $r=\sqrt{2}R$  由  $r=\frac{mv}{qB}$  可求得  $\frac{q}{m}=\frac{\sqrt{2}v_0}{2BR}$

C: 运动时间等于弧长除以速度, 则  $t=\frac{\sqrt{2}\pi R}{2v_0}$

D: 由图可知, 此时轨迹圆弧对应的弦长最长, 等于磁场区域的直径, 所以在磁场中运动时间



也就最长,若改变入射角度,则运动时间变短。

二、多项选择题:本题包含 5 小题,每小题 3 分,共 15 分。在每小题给出的四个选项中,至少有两个选项正确。全部选对的得 3 分,选不全的得 2 分,有错者或不答的得 0 分。请将其字母标号填入下表相应位置。

11.关于电场强度和磁感应强度,下列说法正确的是

- A.由  $E = \frac{F}{q}$  可知, E 与 F 成正比、与 q 成反比
- B.由  $B = \frac{F}{IL}$  可知 B 与 F、IL 无关, B 是反映磁场本身性质的物理量
- C.电场强度的方向与放入电场中该点正电荷所受的电场力方向相同
- D.磁感应强度的方向与放入磁场中该点电流元所受的安培力方向相同

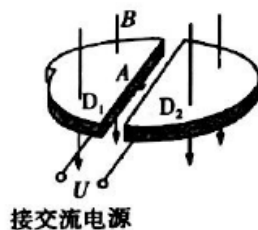
答案: BC

考点: 基本概念

解析: 比值定义, E 大小与 F, q 无关, B 大小与 F, IL 无关。电场方向用正电荷受力方向定义, 磁场方向用静止时小磁针 N 极指向定义。故选 BC。

12. 1930 年劳伦斯制成了世界上第一台回旋加速器,其原理如图所示。这台加速器由两个铜质 D 形盒  $D_1$ 、 $D_2$  构成,其间留有间隙,加高频交变电压 U(加速电压),带电粒子由加速器的中心附近进入加速器。下列说法正确的是(不考虑相对论效应)

- A.带电粒子在 D 形盒内的速度不变。
- B.带电粒子在电场中获得能量,在磁场中仅改变运动方向
- C.加速质子和加速  $\alpha$  粒子交流电源的频率应该相同
- D.同一带电粒子每次通过  $D_2$  的时间总相等



答案: BD

考点: 回旋加速器

解析:

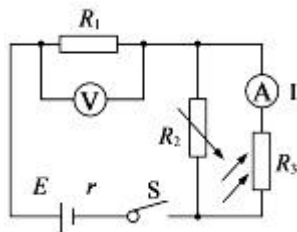
AB: 粒子在电场中加速, 在磁场中偏转, 故在 D 盒内速度大小不变, 方向时刻改变

C: 有  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  可知, 两粒子比荷不同, 故频率不同

D: 周期与速度大小无关, 与圆心角有关。故时间相等。

13. 如图的光控电路中, E 为电源,其内阻为 r;  $R_1$  为定值电阻( $R_1 > r$ )、 $R_2$  为电阻箱、 $R_3$  为光敏电阻,其阻值随所受照射光强度的增大而减小。电压表和电流表均为理想电表。闭合开关后,下列说法正确的是( )

- A. 用光照射  $R_3$ , 电流表示数变大
- B. 用光照射  $R_3$ , 电压表示数变小
- C. 调大  $R_2$  的阻值, 电流表示数变小
- D. 调大  $R_2$  的阻值, 电压表示数变小



答案: AD

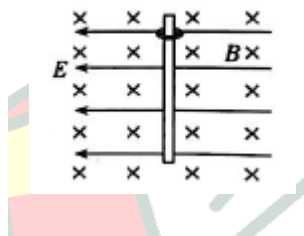
考点: 闭合回路欧姆定律

解析: 方法一: 程序分析法, 用光照射  $R_3$ ,  $R_3$  电阻变小,  $R_2$  与  $R_3$  并联电阻减小, 电路总电阻减小, 干路电流增大,  $R_1$  两端电压增大, 即电压表示数增大, B 错; 同时, 内阻电压也增大, 则  $R_2$  两端电压减小, 流经  $R_2$  这一支路的电流减小, 根据干路电流增大, 流经  $R_2$  这一支路的电流减小, 可以得出电流表示数增大, A 正确; 增大  $R_2$  电阻,  $R_2$  与  $R_3$  并联电阻增大, 电路总电阻增大, 干路电流减小,  $R_1$  两端电压减小, 即电压表示数减小, D 正确; 同时, 内阻电压也减小, 则  $R_3$  两端电压减小, 电流表示数增大, C 错。

方法二: 串反并同, 用光照射  $R_3$ ,  $R_3$  电阻变小, 电流表与  $R_3$  串联, 则示数变大, A 正确; 电压表与  $R_3$  间接串联, 则示数变大, B 错误;  $R_2$  电阻增大, 电流表与  $R_2$  并联, 则示数增大, C 错; 电压表与  $R_2$  间接串联, 则示数减小, D 正确。

14. 如图, 足够长的细杆竖直固定, 处于水平向左的匀强电场和垂直纸面向里的匀强磁场中, 电场强度为  $E$ 、磁感应强度为  $B$ 。将质量为  $m$ 、带电量为  $+q$  的小环从杆的上端由静止释放, 已知杆与环间的动摩擦因数为  $\mu$ , 关于环的运动情况, 下列说法正确的是( )

- A. 环的加速度一直减小到 0
- B. 环的加速度先增大到  $g$ , 后减小直到 0
- C. 环的最大速度为  $\frac{mg + \mu qE}{\mu Bq}$
- D. 环的最大速度为  $\frac{\mu qE - mg}{\mu Bq}$



答案: BC

考点: 带电粒子在重力场、电场和磁场中的运动

解析: 对小球的运动分析: 小球静止时只受电场力、重力、支持力及摩擦力, 电场力水平向左, 支持力水平向右, 摩擦力竖直向上, 开始时, 小球的加速度应为  $a = \frac{mg - \mu qE}{m}$ ; 小球速度将增大, 产生洛伦兹力, 由左手定则可知, 洛伦兹力向右,  $qE = Bqv + F_N$ , 故支持力将减小, 摩擦力减小, 故加速度增大; 当洛伦兹力等于电场力时, 支持力等于 0, 摩擦力等于 0, 加速度为  $g$ , 当洛伦兹力大于电场力

时,  $Bqv = qE + F_N$ , 小球的加速度为  $a = \frac{mg - \mu(Bqv - qE)}{m}$ , 此后速度继续增大, 则洛伦兹力增大, 支

持力增大，摩擦力将增大，加速度将减小，直到重力等于摩擦力，加速度为 0，此后小球做匀速直线运动。

从小球的运动过程可以看出，加速度先增大为  $g$ ，再减小为 0，A 错，B 正确；可以看出最后速度最大， $mg = \mu(Bqv - qE)$ ， $v = \frac{mg + \mu qE}{\mu Bq}$ ，C 正确。

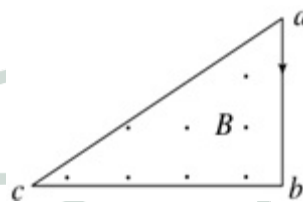
15.如图,在直角三角形  $abc$  (包含边界) 中有垂直纸面向外的匀强磁场,磁感应强度大小为  $B$ 。在  $a$  点有一个粒子发射源,可以沿  $ab$  方向源源不断地发出速率不同、电荷量为  $+q$ 、质量为  $m$  的同种粒子。已知  $\angle a = 60^\circ$ ,  $ab=L$ ,则

A. 粒子在三角形  $abc$  内通过的弧长越长，运动的时间就越长

B. 从  $ac$  边中点射出的粒子,在磁场中的运动时间为  $\frac{\pi m}{3qB}$

C. 从  $ac$  边射出的粒子，其最大速度值为  $\frac{BqL}{m}$

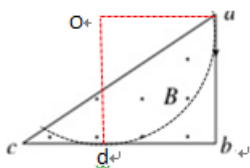
D.  $bc$  边界上，只有长度为  $L$  的区域可能有粒子射出



答案：CD

考点：带电粒子在匀强磁场中的运动

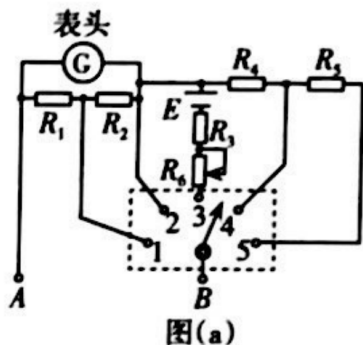
解析：A. 带电粒子进入磁场做匀速圆周运动,轨迹半径为  $r = \frac{mv}{Bq}$ ，速度越大,半径越大,根据圆的对称性可知,从  $ac$  边出射的粒子的弦切角都相同,等于  $60^\circ$ ，而轨迹的圆心角等于弦切角的 2 倍,为  $120^\circ$ ，则从  $ac$  边出射的粒子轨迹的圆心角都相同,粒子在磁场中运动时间为  $t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{2\pi m}{3Bq}$ ，则从  $ac$  边出射的速度不同的粒子的运动时间都相同，AB 均错；当粒子与  $bc$  边相切，并从  $ac$  边射出时，速度最大，



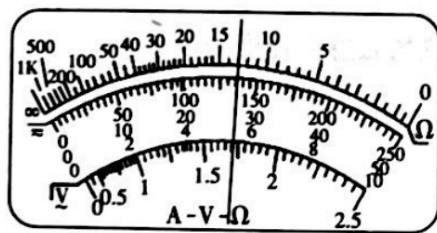
通过作图可知，半径为  $L$ ，则  $v = \frac{BqL}{m}$ ，C 正确；由几何关系可得  $bd$  为  $L$ ，如果粒子速度大于  $\frac{BqL}{m}$ ，则粒子从  $bd$  边射出，D 正确。

三、实验题：本题共 2 小题，共 15 分。请将答案填在题中横线上或按要求作答。

16. (7 分) 图 a 为某同学组装的简易多用电表，图中  $E$  是电池， $R_1 \sim R_5$  是定值电阻， $R_6$  是可变电阻。虚线方框内为挡位转换开关，其中两个是电压表挡、两个是电流表挡，一个是“ $\times 100$ ”欧姆挡。 $A$  端和  $B$  端分别与两表笔相连。



图(a)



图(b)

- (1) 使用多用电表测量电压时，转换开关应置于\_\_\_\_\_两个位置。其中，位于\_\_\_\_\_位置时量程较大。（填写挡位数字）
- (2) 转换开关置于“1”位置时，多用电表用来测量\_\_\_\_\_（选填“电压”、“电流”或“电阻”）。
- (3) 使用多用电表测量电阻时，A端应与\_\_\_\_\_（选填“红”或“黑”）色表笔连接。测量时指针指示如图(b)所示，则被测电阻的阻值为\_\_\_\_\_Ω。

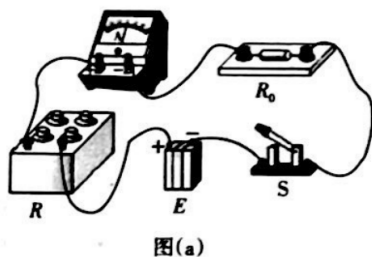
答案：(1) 4、5      5      (2) 电流      (3) 黑       $1.30 \times 10^3$  ( $1.3 \times 10^3$ , 1300也给分)

考点：多用电表

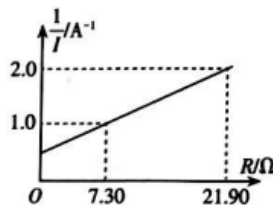
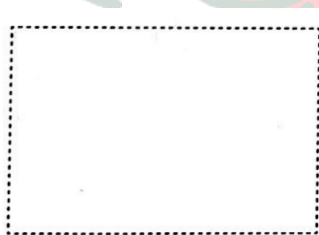
解析：

- (1) 如图所示，4、5是表头与电阻串联，所以是改装电压表测量电压；串联电阻越大，改装量程越大，即5量程较大。
- (2) 1是表头与电阻并联，所以是改装电流表来测电流。
- (3) 根据图(a)中电源可以看出电流是B进A出，根据结论“红进黑出”可知A为黑色表笔。由于题干选择 $\times 100$ 的挡位，所以读数为 $13 \times 100 = 1300\Omega$ 。

17. (8分) 某扫地机器人使用锂电池组供电。为测量该电池组的电动势 $E$ 和内阻 $r$ ,某同学设计了图(a)的电路。图中电流表的内阻为 $0.06\Omega$ ;  $R$ 为精密电阻箱,阻值范围 $0 \sim 99.99\Omega$ ;  $R_0$ 是阻值为 $7.20\Omega$ 的保护电阻。



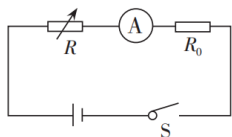
图(a)



图(b)

- (1) 在虚线框内画出实验电路图。
- (2) 实验的主要步骤如下，完成步骤中的填空：
- ① 调节电阻箱 $R$ 的阻值至\_\_\_\_\_（选填“最大”、“最小”或“任意值”）然后闭合开关 $S$ ；
  - ② 调节 $R$ 使电流表有足够的偏转，记下电阻箱的阻值 $R$ 及电流表的示数 $I$ ；
  - ③ 改变 $R$ 的阻值测出几组 $I$ 随 $R$ 变化的数据；
  - ④ 作出 $\frac{1}{I} - R$ 的图线如图(b)所示。
- (3) 由图(b)可求得电源电动势 $E =$ \_\_\_\_\_ V, 内阻 $r =$ \_\_\_\_\_Ω。（结果保留两位小数）





答案：(1) 如图所示 (2) 最大 (3) 14.60 0.04

考点：安阻法测电源电动势和内阻

解析：

(1) 略

(2) 为了电路安全，在开关闭合前滑动变阻器限流式接法电阻要调到阻值最大。

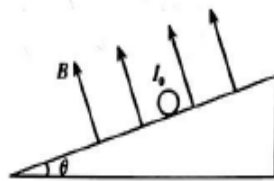
(3) 根据题意可得  $\frac{1}{I}$  与  $R$  的关系式为  $\frac{1}{I} = \frac{1}{E} \cdot R + \frac{r+R_0+R_A}{E}$ ,

将图 (b) 中的两个点带入此关系式可得  $E = 14.60V, r = 0.04\Omega$

四、计算题：本题共 4 小题，共 40 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分。有效值计算的题，答案中必须明确写出答案和单位。

18. (9 分) 如图，倾角为  $\theta$  的绝缘光滑斜面处于匀强磁场中，磁感应强度大小为  $B$ 、方向垂直于斜面向上。一质量为  $m$ ，长为  $L$  的金属细杆水平（垂直纸面）放在斜面上，当其中通有  $I_0$  的电流时，恰好能静止在斜面上。重力加速度为  $g$ 。

- (1) 求  $I_0$  的大小和方向；
- (2) 若将  $B$  的方向变为竖直向上而大小不变，调节电流大小，发现金属杆静止时电流为  $I$ ，求  $I$  与  $I_0$  的比值。



答案：(1)  $I_0 = \frac{mg \sin \theta}{BL}$ ，电流方向垂直纸面向里

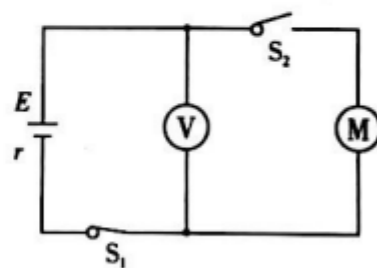
(2)  $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{\cos \theta}$

考点：安培力受力分析

解析：(1) 当磁场垂直斜面向上时，只有电流垂直纸面向里，金属细杆才能受力平衡，此时金属细杆受竖直向下的重力，沿斜面向上的安培力和垂直斜面向上的支持力，根据平衡条件有  $BI_0L = mg \sin \theta$ ， $I_0 = \frac{mg \sin \theta}{BL}$ 。

(2) 当磁场竖直向上时，金属细杆所受安培力变成水平向右，根据平衡条件  $BIL = mg \tan \theta$ ， $I = \frac{mg \tan \theta}{BL}$ ，则  $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{\cos \theta}$

19. (9分) 如图为某新国标电动自行车的电路图。图中电压表的作用是显示电量，可视为理想电表；电动机线圈的电阻  $R_0 = 0.1\Omega$ ，初始时  $S_1$ 、 $S_2$  均断开。闭合  $S_1$ ，电量显示100%(48.0V)；接着闭合  $S_2$ ，自行车开始加速。将自行车加速转把扭到最大时，电机的电功率为360W，此时电量显示75%(36.0V)。求：



- (1) 电源的电动势和内电阻；
- (2) 加速转把扭到最大时，电动机输出的机械功率。

答案 (1)  $E = 48.0V$  ,  $r = 1.2\Omega$  (2)  $P_{出} = 350W$

考点： 闭合电路；电动机

解析：

(1) 只闭合  $S_1$  时电压表示数即为电源的电动势  $E = 48.0V$

当电动车加速转把扭到最大时路端电压  $U_M = 36V$ ，则电源内部的电压  $U_r = E - U_M = 12V$

电路中的电流  $I = \frac{P}{U_M}$

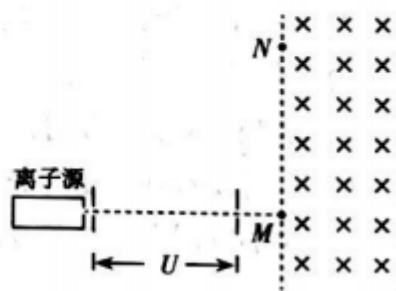
电源内阻  $r = \frac{U_r}{I} = 1.2\Omega$

(2) 当电动车加速把扭到最大时，电动机的输出功率  $P_{出} = P - I^2 R_0 = 350W$

20. (10分) 选做题：本题包含 A、B 两题，任选一题作答。若两题都做，按 A 题记分。

A. 如图，离子源释放的正离子，由静止经电压  $U$  加速后在纸面内沿直线向右运动，自  $M$  点垂直于磁场边界射入匀强磁场中，磁场方向垂直纸面向里，左、右边界平行。若磁场足够宽，离子将从  $N$  点射出，测得  $MN$  长为  $l$ 。已知离子的质量为  $m$ 、电荷量为  $q$ ，不计重力，求：

- (1) 离子到达  $M$  点时的速率；
- (2) 磁场磁感应强度的大小。



答案： (1)  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$  (2)  $B = \frac{2}{l} \sqrt{\frac{2qU}{m}}$

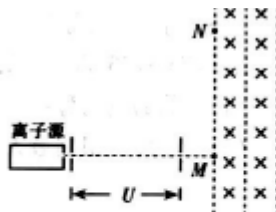
考点： 带电粒子在电场、磁场中的运动

解析：

- (1) 设带电离子经加速电场加速后获得的速度为  $v$ ，由动能定理有  $qU = \frac{1}{2}mv^2$ ，得  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$
- (2) 在磁场中带电离子做圆周运动  $R = \frac{l}{2}$ ，又  $qvB = m\frac{v^2}{R}$ ，联立可得  $B = \frac{2}{l}\sqrt{\frac{2qU}{m}}$

B.如图，离子源释放的正离子，由静止经电压  $U$  加速后在纸面内沿直线向右运动，自  $M$  点垂直于磁场边界射入匀强磁场中，磁场方向垂直纸面向里，左、右边界平行。若磁场足够宽，离子将从  $N$  点射出，测得  $MN$  长为  $l$ 。若将磁场的宽度减小为  $\frac{l}{4}$ ，离子将从  $P$  点（图中未标出）射出。已知离子的质量为  $m$ 、电荷量为  $q$ ，不计重力，求：

- (1) 磁场的磁感应强度大小；  
 (2) 离子从  $M$  到  $P$  运动的时间。



答案：(1)  $B = \frac{2}{l}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$ ；(2)  $t = \frac{\pi l}{12}\sqrt{\frac{m}{2qU}}$

解析：(1) 设带电离子经加速电场加速后获得的速度为  $v$ ，由动能定理有：

$$qU = \frac{1}{2}mv^2; \quad (1 \text{ 分})$$

在偏转磁场中带电离子做圆周运动

$$R = \frac{l}{2}; \quad (2 \text{ 分})$$

$$qvB = m\frac{v^2}{R}; \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立可得 } B = \frac{2}{l}\sqrt{\frac{2mU}{q}}。 \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 若磁场的宽度减小为  $\frac{l}{4}$ ，离子从  $P$  点射出，圆心角为  $\theta$ ：

$$\sin\theta = \frac{\frac{l}{4}}{R} = \frac{1}{2}; \quad (2 \text{ 分}) \text{ 得圆心角 } \theta = \frac{\pi}{6};$$

则离子从  $M$  到  $P$  用时

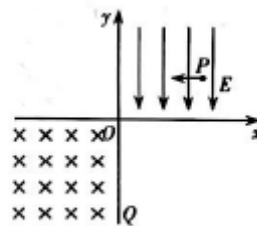
$$t = \frac{1}{12} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{6qB}; \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{得 } t = \frac{\pi l}{12}\sqrt{\frac{m}{2qU}}。 \quad (2 \text{ 分})$$

21. 选做题：本题包含 A、B 两题，任选一题作答。若两题都做，按 A 题记分。

A.如图的平面直角坐标系  $xOy$  中，第 I 象限内存在  $y$  轴负方向、场强为  $E$  的匀强电场，第 III 象限内存在垂直于平面向里的匀强磁场。一带正电的粒子从电场中的  $P(2d, d)$  点以速度  $v_0$  沿  $x$  轴负方向开始运动，粒子从坐标原点  $O$  离开电场进入磁场，最终从  $y$  轴上的  $Q(0, -2d)$  点射出磁场。求：

- (1) 粒子到达 O 点时速度的大小和方向;  
 (2) 匀强磁场磁感应强度的大小。



答案: (1)  $v = \sqrt{2}v_0$ , 与 x 轴夹角  $45^\circ$  (2)  $B = \frac{2E}{v_0}$

解析: (1) 设粒子的质量为  $m$ , 电荷量为  $q$ , 在电场中的加速度为  $a$ , 到达 O 点时的速度为  $v$ , 与 x 轴夹角为  $\theta$ , y 轴方向的分速度为  $v_y$ , 则有:

$$2d = v_0 t; \quad (1 \text{ 分})$$

$$d = \frac{1}{2} a t^2; \quad (1 \text{ 分})$$

$$qE = ma; \quad (1 \text{ 分})$$

$$v_y = at; \quad (1 \text{ 分})$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}; \quad (1 \text{ 分})$$

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}; \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立可得 } v = \sqrt{2}v_0, \theta = 45^\circ$$

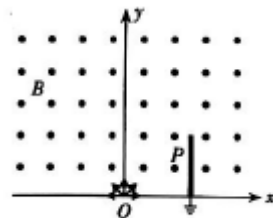
(2) 带电粒子进入磁场后做圆周运动, 圆弧对应的圆心角为  $90^\circ$ , 圆弧半径  $r = \sqrt{2}d$ ; (2 分)

$$\text{由 } qvB = m \frac{v^2}{r}; \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{得 } B = \frac{2E}{v_0}. \quad (2 \text{ 分})$$

B. 如图可示, 在 x 轴上方存在垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场, 坐标原点 O 处有一粒子源, 可在 xOy 平面向 x 轴和 y 轴上方各个方向不断地发射质量为  $m$ 、带电量为  $+q$ 、速度大小均为  $v$  的粒子。在 x 轴上距离原点  $x_0$  处垂直于 x 轴放置一个长度为  $x_0$ 、厚度不计、两侧均能接收粒子的薄金属板 P (粒子打在 P 上即被导走, 电势保持为 0)。沿 x 轴负方向射出的粒子恰好打在薄金属板的上端, 不计粒子间的相互作用力。求:

- (1) 磁场磁感应强度  $B$  的大小;  
 (2) 被 P 接收的粒子在磁场中运动的最短时间与最长时间;  
 (3) 要是 P 的右侧不能接收到粒子, 需将 P 向右平移的最小距离是多少?



答案: (1)  $B = \frac{mv}{qx_0}$ ; (2)  $t_{\min} = \frac{\pi x_0}{3v}$ ,  $t_{\max} = \frac{5\pi x_0}{3v}$ ; (3)  $\Delta x = (\sqrt{3} - 1)x_0$

解析: (1) 设粒子做圆周运动的半径为  $R$ , 根据牛顿第二定律:

$$qvB = m \frac{v^2}{R}; \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{由几何关系得 } R = x_0; \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } B = \frac{mv}{qx_0}. \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 带电粒子在磁场中的运动周期为  $T$ ，则有： $T = \frac{2\pi R}{v}$ ；(1分)

$$\text{得 } T = \frac{2\pi x_0}{v};$$

打在 P 左侧下端的粒子在磁场中运动时间最短，在磁场中的偏转角度是  $\theta_1 = 60^\circ$ ；

$$t_{min} = \frac{\theta_1}{360^\circ} T$$

$$\text{解得 } t_{min} = \frac{\pi x_0}{3v}; \text{ (2分)}$$

打在 P 右侧下端的粒子在磁场中运动时间最长，在磁场中的偏转角度是  $\theta_2 = 300^\circ$ ；

$$t_{min} = \frac{\theta_2}{360^\circ} T$$

$$\text{解得 } t_{min} = \frac{5\pi x_0}{3v}; \text{ (2分)}$$

(3) 要使挡板右侧无粒子到达，P 板最上端与 O 点的连线长应为  $2x_0$ ，即粒子运动的直径。所以沿 x 轴正方向移动的最小长度为：

$$\Delta x = \sqrt{(2R)^2 - x_0^2} - x_0; \text{ (2分)}$$

$$\text{得 } \Delta x = (\sqrt{3} - 1) x_0. \text{ (1分)}$$

