



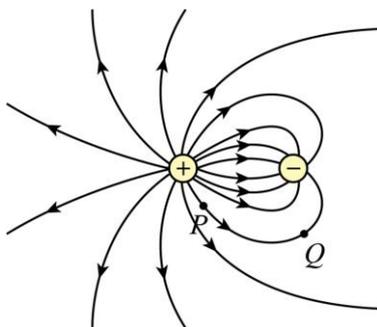
# 2023 北京海淀进修学校高二（上）期末

## 物 理

考生须知	1. 本卷共 8 页，包括三个大题，18 小题，满分为 100 分。练习时间 90 分钟。 2. 考生务必将答案答在答题纸上，在试卷上作答无效。 3. 考试结束后，将答题纸交回。 4. 计算过程中的 $g$ 取 $10 \text{ m/s}^2$ 。
------	---

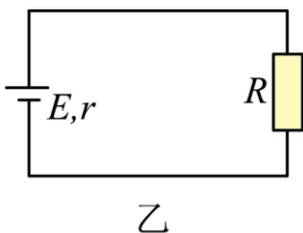
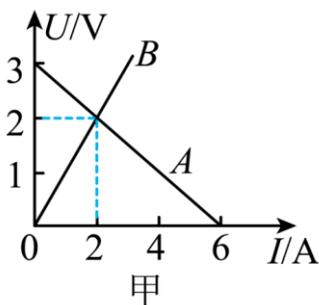
一、不定项选择（本部分共 10 题，每题 3 分，共 30 分。在每题给出的四个选项中，有的题只有一个选项是正确的，有的题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。把正确的答案填涂在答题纸上。）

1. 某静电场的电场线分布如图所示，图中 P、Q 两点的电场强度的大小分别为  $E_P$  和  $E_Q$ ，电势分别为  $\varphi_P$  和  $\varphi_Q$ ，则（ ）



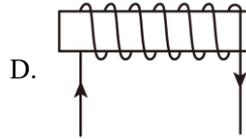
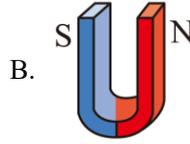
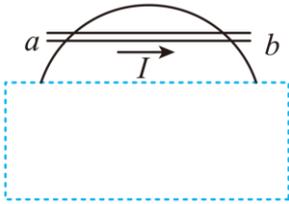
- A.  $E_P > E_Q$                       B.  $\varphi_P > \varphi_Q$                       C.  $E_P < E_Q$                       D.  $\varphi_P < \varphi_Q$

2. 如图甲所示，直线 A 为电源的路端电压  $U$  与电流  $I$  关系的图象，直线 B 是电阻  $R$  的两端电压  $U$  与电流  $I$  的关系图象。现用该电源与电阻  $R$  组成闭合电路，如图乙所示，则以下判断正确的是（ ）

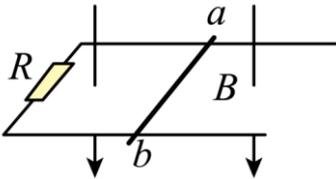


- A. 电阻  $R = 1\Omega$   
 B. 电源的电动势  $E = 3V$   
 C. 电阻  $R$  消耗的电功率  $P = 18W$   
 D. 电源的内阻  $r = 2\Omega$

3. 把一根通电的硬直导线  $ab$  放在磁场中，导线所在的区域的磁感线呈弧线，导线中的电流方向由  $a$  到  $b$ ，如图所示。导线可以在空中自由移动和转动，俯视看，导线在安培力的作用下先逆时针转动，转过一个小角度后，接着边转动边向下移动。虚线框内有产生以上弧形的场源。下列符合要求的是（ ）



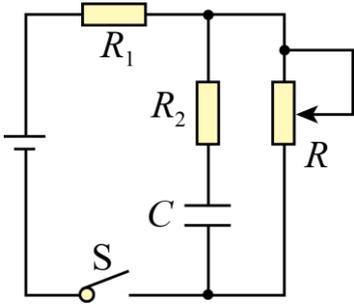
4. 如图所示，两根平行金属导轨置于水平面内，导轨之间接有电阻  $R$ 。金属棒  $ab$  与两导轨垂直并保持良好的接触，整个装置放在匀强磁场中，磁场方向垂直于导轨平面向下。现使磁感应强度随时间均匀减小， $ab$  始终保持静止，下列说法正确的是（ ）



- A.  $ab$  中的感应电流方向由  $a$  到  $b$
- C.  $ab$  所受的安培力保持不变

- B.  $ab$  中的感应电流逐渐减小
- D.  $ab$  所受的静摩擦力逐渐减小

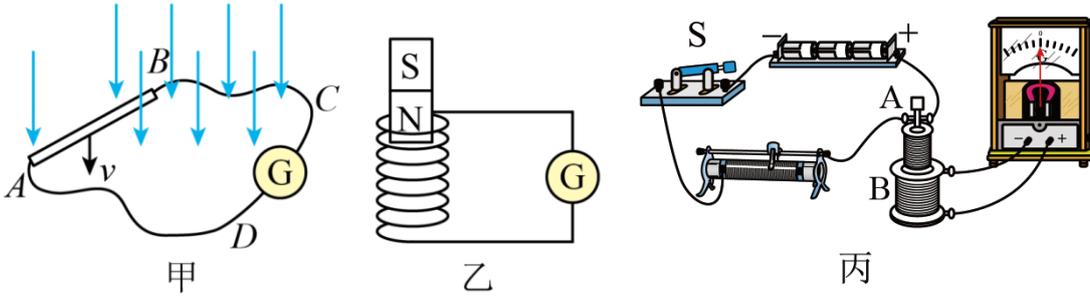
5. 如图所示，电源电动势为  $E$ ，内阻为  $r$ ， $R_1$ 、 $R_2$  为定值电阻， $C$  为电容器。闭合开关  $S$ ，在滑动变阻器  $R$  的滑片向上滑动过程中（ ）



- A. 电阻  $R_2$  中有向上的电流
- C. 电源的输出功率一定变大

- B. 通过电阻  $R_1$  电流增大
- D. 电容器  $C$  两极板所带电荷量变大

6. 用如图所示中三套实验装置探究感应电流产生的条件，下列选项中能产生感应电流的操作是（ ）



- A. 如图丙所示，开关 S 闭合后，A、B 螺线管相对静止一起竖直向上运动
- B. 如图乙所示，使条形磁铁匀速穿过线圈
- C. 如图甲所示，使导体棒 AB 顺着磁感线方向运动，且保持穿过 ABCD 中的磁感线条数不变
- D. 如图丙所示，开关 S 保持闭合，使小螺线管 A 从大螺线管 B 中拔出

7. 无线充电给我们生活带来了很大的方便。图是手机无线充电器的示意图，其原理如图所示，当送电线圈接上 220V 的正弦交变电流后，会产生一个变化的磁场从而使手机中的受电线圈中产生交变电流，该电流经过其他装置转化为直流电给手机充电，该装置实际上可等效为一个无漏磁的理想变压器。送电线圈的匝数为  $N_1$ ，受电线圈匝数为  $N_2$ ， $N_1:N_2 = 44:1$ ，若手机电阻为  $5\Omega$ ，当该装置给手机充电时，下列说法正确的是 ( )



图1

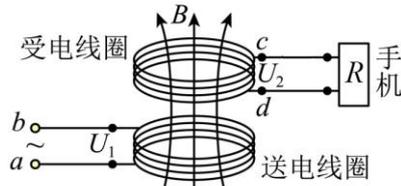


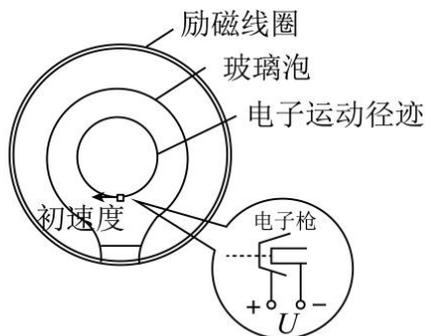
图2

- A. 流过原、副线圈的电流之比为 1: 44
- B. 受电线圈两端 cd 的输出电压为 4V
- C. 充电时流过手机的电流为 1A
- D. 保持 ab 端输入电压不变，若在充电时玩大型游戏（即增大手机用电功率），则受电线圈 输出电流将变小

8. 用洛伦兹力演示仪可以观察电子在磁场中的运动径迹。图甲是洛伦兹力演示仪的实物图，图乙是结构示意图。励磁线圈通电后可以产生垂直纸面的匀强磁场，励磁线圈中的电流越大，产生的磁场越强。图乙中电子经电子枪中的加速电场加速后水平向左垂直磁感线方向射入磁场。下列关于实验现象和分析正确的是:()



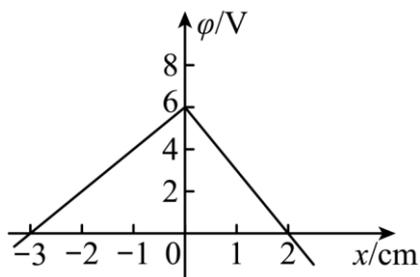
甲



乙

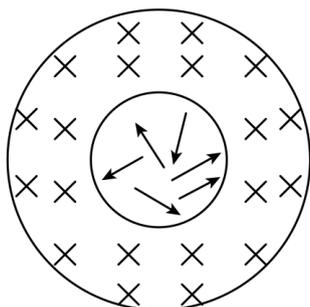
- A. 要使电子形成如图乙中的运动径迹，励磁线圈应通以顺时针方向的电流
- B. 仅升高电子枪加速电场的电压，电子束径迹的半径变大
- C. 仅增大励磁线圈中的电流，电子束径迹的半径变大
- D. 仅升高电子枪加速电场的电压，电子做圆周运动的周期将变大

9. 真空中一平面直角坐标系  $xOy$  内，存在着平行  $x$  轴方向的电场， $x$  轴上各点的电势  $\varphi$  随位置  $x$  变化的关系图像如图所示， $x = 0$  处电势为  $6V$ 。一个带负电粒子从  $x = 1cm$  处由静止释放，不计粒子重力，则下列说法错误的是 ( )



- A.  $x = 2cm$  处的电势为零，电场强度大小不一定为零
- B.  $x = -1cm$  的电场强度小于  $x = 1cm$  处的电场强度
- C. 粒子沿  $x$  轴负方向运动过程中，电势能先变大后变小
- D. 粒子沿  $x$  轴负向运动到最远位置处的坐标为  $x = -1.5cm$

10. 据有关资料介绍，受控核聚变装置中有极高的温度，因而带电粒子将没有通常意义上的“容器”可装，而是由磁场约束带电粒子运动，使之束缚在某个区域内。如图所示，环状磁场的内半径为  $R_1$ ，外半径为  $R_2$ ，被束缚的带电粒子的比荷为  $k$ ，中空区域内带电粒子具有各个方向的速度，速度大小为  $v$ 。中空区域中的带电粒子都不会穿出磁场的外边缘而被约束在半径为  $R_2$  的区域内，则下列说法正确的是 ( )

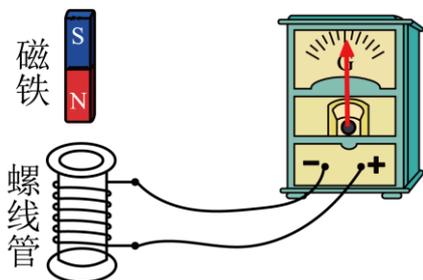




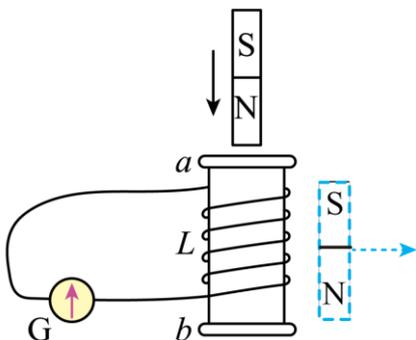
- A. 带电粒子与内圆相切的方向进入磁场的最大轨道半径为  $\frac{R_2 - R_1}{2}$
- B. 带电粒子与内圆相切的方向进入磁场的最大轨道半径为  $\frac{R_2 + R_1}{2}$
- C. 当磁感应强度  $B = \frac{v}{k(R_2 - R_1)}$  时, 所有带电粒子都会被约束在半径为  $R_2$  的区域内
- D. 当磁感应强度  $B > \frac{2v}{k(R_2 - R_1)}$  时, 所有带电粒子都会被约束在半径为  $R_2$  的区域内

## 二、实验题 (本题共 2 小题, 共 15 分。)

11. 小红用如图甲所示的装置探究“影响感应电流方向的因素”, 螺线管与电流计构成闭合电路, 条形磁铁 N 极朝下, 请回答下列问题:



- (1) 要想使电流计指针发生偏转, 即有感应电流产生, 小红进行了以下四种操作, 其中可行的是 ( )
- A. 螺线管不动, 磁铁静止放在螺线管中
- B. 螺线管不动, 磁铁插入或拔出螺线管
- C. 磁铁与螺线管保持相对静止, 一起匀速向上运动
- D. 磁铁与螺线管保持相对静止, 一起 水平面内做圆周运动
- (2) 已知当电流从灵敏电流计 G 左端流入时, 指针向左偏转。将灵敏电流计 G 与线圈 L 连接, 线圈上导线绕法如图乙所示。将磁铁 N 极向下从线圈 L 上方竖直插入 L 时, 灵敏电流计 G 的指针将\_\_\_\_\_偏转 (选填“向左”、“向右”或“不”)。当条形磁铁从图中虚线位置向右远离 L 时, a 点电势\_\_\_\_\_ b 点电势 (填“高于”、“等于”或“低于”)。



12. 利用电流表和电压表测定一节干电池的电动势和内电阻, 要求尽量减小实验误差。

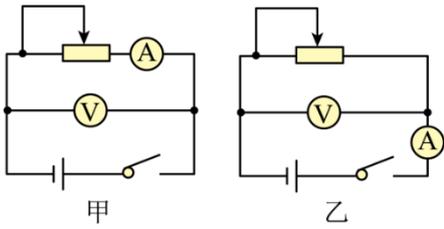


图1

(1) 应该选择的实验电路是图 1 中的\_\_\_\_\_ (选项“甲”或“乙”);

(2) 现有电流表 (0~0.6A)、开关和导线若干, 以及以下器材:

- A. 电压表 (0~15V)
- B. 电压表 (0~3V)
- C. 滑动变阻器 (0~20Ω)
- D. 滑动变阻器 (0~100Ω)

实验中电压表应选用\_\_\_\_\_, 滑动变阻器应选用\_\_\_\_\_ ; (选填相应器材前的字母)

(3) 某位同学根据记录的数据, 做出如图 3 所示的图线, 根据所画图线可得, 电动势  $E =$  \_\_\_\_\_ V (结果保留三位有效数字), 内电阻  $r =$  \_\_\_\_\_ Ω (结果保留两位有效数字);

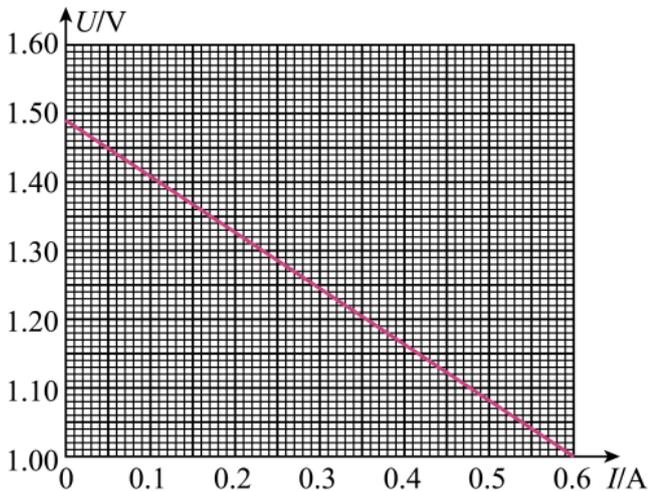


图3

(4) 这位同学对以上实验进行了误差分析, 其中正确的是\_\_\_\_\_。

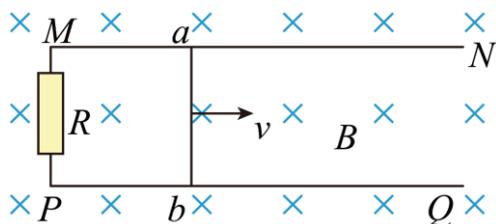
- A. 实验产生 系统误差, 主要是由于电压表的分流作用
- B. 实验产生的系统误差, 主要是由于电流表的分压作用
- C. 实验测出的电动势小于真实值
- D. 实验测出的内阻大于真实值

**三、论述题 (本题包括 6 小题, 共 55 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, 有数值计算的题, 答案中必须明确写出数值和单位。)**

13. 如图所示, 两根平行光滑金属导轨  $MN$  和  $PQ$  固定在水平面上, 其间距为  $l$ , 磁感应强度为  $B$  的匀强磁场垂直轨道平面向下, 两导轨之间连接一阻值为  $R$  的电阻。在导轨上有一金属杆  $ab$ , 其电阻值为  $r$ , 杆  $ab$  长度恰与导轨间距相等。在杆  $ab$  上施加水平拉力使其以速度  $v$  向右匀速运动, 运动过程中金属杆始终与导轨垂直且接触良好。设金属导轨足够长, 不计导轨电阻和空气阻力。求:

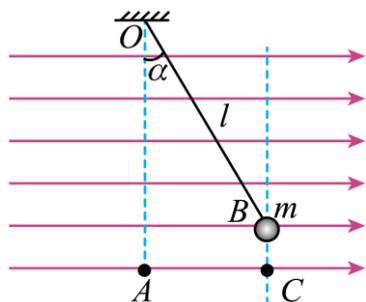


- (1) 金属杆  $ab$  上的电流方向和其产生的感应电动势  $E$ ;
- (2) 金属杆  $ab$  两端的电压  $U_{ab}$ , 并指出哪端电势高;
- (3) 拉力做功的功率  $P$ 。



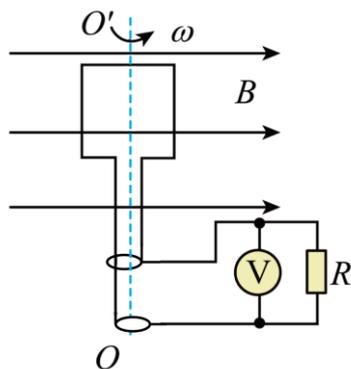
14. 如图所示, 在沿水平方向的匀强电场中, 有一长度  $l$  的绝缘轻绳上端固定在  $O$  点, 下端系一质量  $m$ 、带电量  $q$  的小球 (小球的大小可以忽略) 在位置  $B$  点处于静止状态, 此时轻绳与竖直方向的夹角  $\alpha$ , 空气阻力不计, 重力加速度为  $g$ 。求:

- (1) 该电场场强大小;
- (2) 在始终垂直于  $l$  的外力作用下将小球从  $B$  位置缓慢拉动到细绳竖直时的  $A$  位置, 电场力所做的功、重力所做的功和外力对带电小球做的功;
- (3) 过  $B$  点做一等势面交电场线于  $C$  点, 论证沿电场线方向电势  $\varphi_A > \varphi_C$ 。



15. 如图所示, 在磁感应强度  $B=0.2\text{T}$  的水平匀强磁场中, 有一边长为  $L=10\text{cm}$ 、匝数  $N=100$  匝、电阻  $r=1.0\Omega$  的正方形线圈绕垂直于磁感线的轴  $OO'$  匀速转动, 转速  $n = \frac{100}{\pi} \text{r/s}$ 。有一电阻  $R=9.0\Omega$  通过电刷与两个导体环接触,  $R$  两端接有理想电压表, 从线圈通过中性面开始计时, 求:

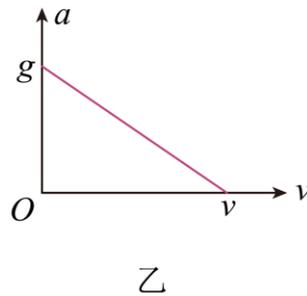
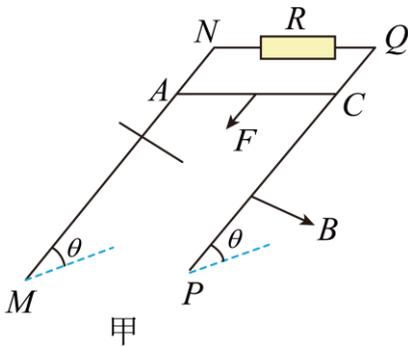
- (1) 线圈中产生的感应电动势的最大值和瞬时感应电动势的表达式;
- (2)  $0.1\text{s}$  内电阻  $R$  上产生的热量  $Q$  和电路中电压表的示数 (结果保留 3 位有效数字);
- (3) 线圈平面从开始计时到转至与中性面成  $90^\circ$  的过程中, 通过电阻  $R$  的电荷量。





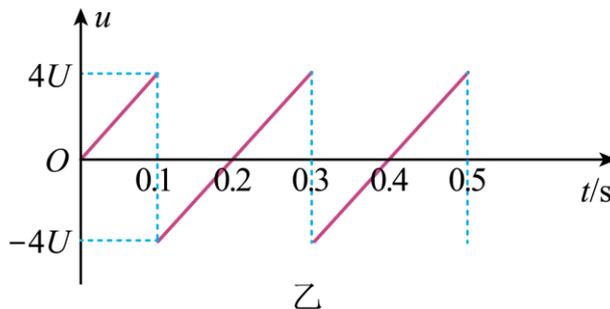
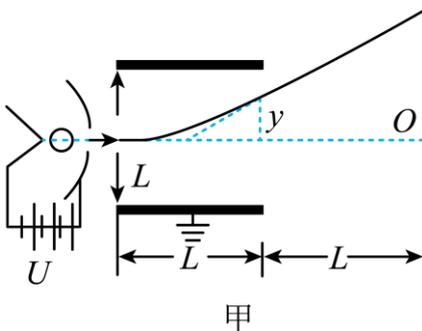
16. 如图甲所示,  $MN$ 、 $PQ$  (为两根足够长的固定平行光滑金属导轨, 间距为  $L$ , 电阻不计, 导轨平面与水平面间的夹角  $\theta = 37^\circ$ , 上端  $N$ 、 $Q$  连接一个阻值为  $R$  的定值电阻。两导轨间存在方向垂直导轨平面向下的匀强磁场。一长为  $L$ , 质量为  $m$ , 电阻为  $r$  的金属棒  $AC$  放置在导轨上。现将  $AC$  由静止释放, 同时对  $AC$  施加一个方向沿导轨向下的恒定拉力, 下滑距离  $x$  后,  $AC$  的运动状态达到稳定。已知重力加速度大小为  $g$ ,  $AC$  的加速度大小随速率的变化规律如图乙所示。  $AC$  始终与导轨垂直且接触良好。求:

- (1) 拉力的大小  $F$ ;
- (2) 磁场的磁感应强度大小  $B$ ;
- (3) 从开始运动至达到稳定状态的过程中, 通过电阻  $R$  的电荷量  $q$ ;
- (4) 从开始运动至达到稳定状态的过程中, 金属棒  $AC$  产生的焦耳热  $Q$ 。



17. 如图甲所示是显像管的基本原理图, 热电子 (质量为  $m$ , 电荷量为  $q$ ) 由阴极飞出时的初速度忽略不计, 电子发射装置的加速电压为  $U$ , 平行极板板长和板间距离均为  $L=20\text{cm}$ , 下极板接地, 平行极板右端到荧光屏的距离也是  $L=20\text{cm}$ , 在平行板两个板间接一交变电压  $u$ , 上极板的电势随时间变化的图像如图乙所示。 (每个电子穿过平行板的时间都极短, 可以认为电压是不变的), 求:

- (1) 电子离开发射装置时的速度  $v$ ;
- (2) 在  $t=0.03\text{s}$  时刻, 电子打在荧光屏上的何处。
- (3) 荧光屏上有电子打到的区间有多长?
- (4) 在偏转电压  $u$  的一个周期内, 有多长时间有电子打在荧光屏上?

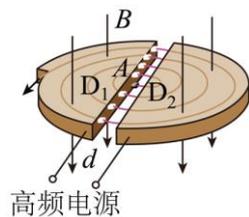


18. 回旋加速器是用来加速带电粒子的装置, 如图所示为回旋加速器的示意图。  $D_1$ 、 $D_2$  是两个中空的铝制半圆形金属扁盒, 在两个  $D$  形盒正中间开有一条狭缝, 两个  $D$  形盒接在高频交流电源上。在  $D_1$  盒中心  $A$  处有粒子源, 产生的带正电粒子在两盒之间被电场加速后进入  $D_2$  盒中。两个  $D$  形盒处于与盒面垂直的匀强磁场中, 带电粒子在磁场力的作用下做匀速圆周运动, 经过半个圆周后, 再次到达两盒间的狭缝, 控制交流电源电压的周期, 保证带电粒子经过狭缝时再次被加速。如此, 粒子在做圆周运动的过程中一次一次地经过狭



缝，一次一次地被加速，速度越来越大，运动半径也越来越大，最后到达  $D$  形盒的边缘，沿切线方向以最大速度被导出。已知带电粒子的电荷量为  $q$ ，质量为  $m$ ，加速时狭缝间电压大小恒为  $U$ ，带电粒子能被加速的最大动能  $E_k$ ， $D$  形盒的半径为  $R$ ，狭缝之间的距离为  $d$ 。设从粒子源产生的带电粒子的初速度为零，不计粒子受到的重力，求：

- (1)  $D$  形盒中磁场的磁感应强度  $B$ ；
- (2) 带电粒子在磁场中的运动时间  $t$ ；
- (3) 若回旋加速器输出的带电粒子平均功率  $P$ ，求带电粒子束从回旋加速器输出时形成的等效电流  $I$ 。





## 参考答案

一、不定项选择（本部分共 10 题，每题 3 分，共 30 分。在每题给出的四个选项中，有的题只有一个选项是正确的，有的题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。把正确的答案填涂在答题纸上。）

1. 【答案】AB

【解析】

【详解】由图 P 点电场线密，电场强度大， $E_P > E_Q$ 。故 A 正确，C 错误；根据沿电场线的方向电势降低可知  $\varphi_P > \varphi_Q$ 。故 B 正确，D 错误；故选 AB。

2. 【答案】AB

【解析】

【详解】A. 图线 B 的斜率表示 R 的阻值，即

$$R = \frac{2}{2} \Omega = 1 \Omega$$

故 A 正确；

BD. 图线 A 的纵截距表示电动势，斜率的绝对值表示内阻，即

$$E = 3V$$

$$r = \frac{3}{6} \Omega = 0.5 \Omega$$

故 B 正确，D 错误；

C. 电阻 R 消耗的电功率为

$$P = 2 \times 2W = 4W$$

故 C 错误。

故选 AB。

3. 【答案】AC

【解析】

【详解】由左手定则，结合通电导线左半部分受到安培力方向垂直纸面向外，右半部分安培力方向垂直向纸面向里，导致通电导线从上向下（俯视）看逆时针转动，可知，磁感线方向是从左向右；当导线转过一小角度后，同时受到安培力向下，向下移动，因此要么由条形磁铁提供磁场，要么是通电直导线提供磁场，通电电线的电流方向是垂直纸面向里。

故选 AC。

4. 【答案】AD

【解析】

【分析】由于磁场发生变化，利用法拉第电磁感应定律可求得感应电动势，从而求得电流，再根据通电导线在磁场中的受力，分析安培力大小，由于金属棒处于静止状态从而分析摩擦力大小。

【详解】A. 根据楞次定律，可知感应电流的磁场与原磁场方向相同，再根据右手定则得 ab 中的感应电流



方向由  $a$  到  $b$ , A 正确;

B. 根据感应电动势

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} S$$

由于磁感应强度随时间均匀减小, 因此感应电动势保持不变, 回路中的电流保持不变, B 错误;

C. 安培力的大小

$$F = ILB$$

由于电流不变而磁感应强度减小, 因此安培力减小, C 错误;

D. 由于金属棒始终处于静止状态, 所受摩擦力与安培力等大反向, 安培力逐渐减小, 因此摩擦力逐渐减小, D 正确。

故选 AD。

5. 【答案】D

【解析】

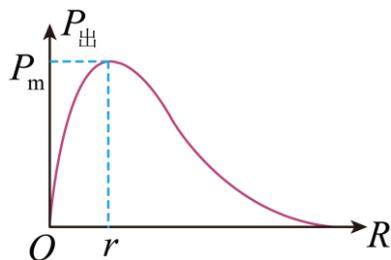
【详解】B. 在滑动变阻器  $R$  的滑片向上滑动过程中, 其接入阻值增大, 干路电流减小, 即通过电阻  $R_1$  电流减小, B 错误;

AD. 滑动变阻器两端的电压为

$$U = E - I(R_1 + r)$$

可知  $U$  增大, 电容器继续充电, 电容器  $C$  两极板所带电荷量变大, 电阻  $R_2$  中有向下的电流, A 错误, D 正确;

C. 电源的输出功率随外电阻的变化如图所示



由于外电阻与内阻的关系未知, 故电源的输出功率不一定变大, C 错误。

故选 D。

6. 【答案】BD

【解析】

详解】A. 如图丙所示, 开关  $S$  闭合后, A、B 螺线管相对静止一起竖直向上运动, B 螺线管中磁通量没有发生变化, 不会产生感应电流, A 错误;

B. 如图乙所示, 使条形磁铁匀速穿过线圈, 线圈中磁通量有发生变化, 会产生感应电流, B 正确;

C. 如图甲所示, 使导体棒  $AB$  顺着磁感线方向运动, 且保持穿过  $ABCD$  中的磁感线条数不变, 回路中磁通量没有发生变化, 不会产生感应电流, C 错误;

D. 如图丙所示, 开关  $S$  保持闭合, 使小螺线管 A 从大螺线管 B 中拔出, B 螺线管中磁通量有发生变化,



会产生感应电流，D 正确。

故选 BD。

7. 【答案】AC

【解析】

【详解】A. 流过原、副线圈 电流之比等于原、副线圈的匝数反比，即

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

解得流过原、副线圈的电流之比为

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{44}$$

故 A 正确；

B. 根据

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

代入数据解得受电线圈两端  $cd$  的输出电压为

$$U_2 = 5\text{V}$$

故 B 错误；

C. 充电时流过手机的电流为

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{5}{5}\text{A} = 1\text{A}$$

故 C 正确；

D. 保持  $ab$  端输入电压不变，受电线圈的输出电压不变，则若在充电时玩大型游戏（即增大手机用电功率），则受电线圈的输出电流将变大，故 D 错误。

故选 AC。

8. 【答案】AB

【解析】

【详解】A. 励磁线圈通以顺时针方向的电流，根据右手螺旋定则可得产生的磁场垂直纸面向里，根据左手定则电子受到的洛伦兹力正好指向圆心，故 A 正确；

B. 根据公式  $r = \frac{mv}{Bq}$  可得当升高电子枪加速电场的电压时，电子的速度增大，所以运动半径增大，B 正确；

C. 若仅增大励磁线圈中的电流，则磁感应强度增大，根据公式  $r = \frac{mv}{Bq}$  可得运动半径减小，C 错误；

D. 根据公式  $T = \frac{2\pi m}{Bq}$  可得电子做匀速圆周运动的周期和速度大小无关，D 错误；

故选 AB。



9. 【答案】BD

【解析】

【详解】A. 因为  $\varphi-x$  图像的斜率

$$k = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x} = \frac{U}{d} = E$$

$x = 2\text{cm}$  处的电势为零，电场强度大小（斜率大小）不为零，A 错误；

B.  $x = -1\text{cm}$  的电场强度

$$E_1 = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x} = \frac{6-0}{0-(-3)} \text{V/m} = 2 \text{V/m}$$

$x = 1\text{cm}$  处的电场强度

$$E_2 = \left| \frac{\Delta\varphi}{\Delta x} \right| = \left| \frac{6-0}{0-2} \right| \text{V/m} = 3 \text{V/m}$$

故  $x = -1\text{cm}$  的电场强度小于  $x = 1\text{cm}$  处的电场强度，B 正确；

C. 一个带负电粒子从  $x = 1\text{cm}$  处由静止释放后沿  $x$  轴负方向运动过程中，负电荷受的电场力与电场的方向相反，先向左后向右，电场力先做正功后做负功，所以电势能先变小后变大，C 错误；

D. 根据动能定理：因为初末速度为 0，所以在原点两侧电场力做的功一正一负，大小相等，由

$$W = qEd$$

可得

$$\frac{d_{\text{右}}}{d_{\text{左}}} = \frac{E_{\text{左}}}{E_{\text{右}}} = \frac{2}{3}$$

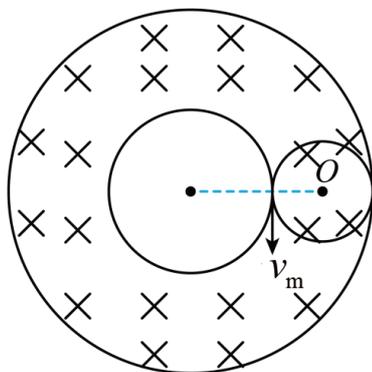
所以负电荷相对于原点的位移大小比为 2:3，即在  $x = 1\text{cm}$  处释放后沿  $x$  轴负向运动到的最远位置处的坐标为  $x = -1.5\text{cm}$ ，D 正确。

故选 BD。

10. 【答案】AD

【解析】

【详解】AB. 由题意可知，与内圆相切的方向进入磁场的粒子在磁场运动的轨迹刚好与外圆相切，运动轨迹如图所示



由几何知识可知，粒子最大轨道半径



$$r = \frac{R_2 - R_1}{2}$$

A 正确, B 错误;

CD. 粒子在磁场中做圆周运动, 洛伦兹力提供向心力, 由牛顿第二定律得

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

其中

$$\frac{q}{m} = k, \quad r < \frac{R_2 - R_1}{2}$$

联立解得

$$B > \frac{2v}{k(R_2 - R_1)}$$

C 错误, D 正确。

故选 AD。

## 二、实验题 (本题共 2 小题, 共 15 分。)

11. 【答案】 ①. B ②. 向左 ③. 高于

【解析】

【详解】(1) [1]A. 螺线管不动, 磁铁静止放在螺线管中, 螺线管中磁通量没有发生变化, 不会产生感应电流, 电流计指针不会发生偏转, A 错误;

B. 螺线管不动, 磁铁插入或拔出螺线管, 螺线管中磁通量发生变化, 会产生感应电流, 电流计指针会发生偏转, B 正确;

CD. 磁铁与螺线管保持相对静止, 一起匀速向上运动或一起在水平面内做圆周运动的过程, 螺线管中磁通量没有发生变化, 不会产生感应电流, 电流计指针不会发生偏转, CD 错误。

故选 B。

(2) [2]将磁铁 N 极向下从线圈 L 上方竖直插入 L 时, 螺线管中的磁场向下, 磁通量增加, 据楞次定律可知, 灵敏电流计 G 的指针将向左偏转。

[3]当条形磁铁从图中虚线位置向右远离 L 时, 螺线管中磁场向上, 磁通量减小, 据楞次定律可知, 产生的感应电流为俯视逆时针方向, a 点等效为电源正极, a 点电势高于 b 点电势。

12. 【答案】 ①. 甲 ②. B ③. C ④. 1.49 ⑤. 0.82 ⑥. AC##CA

【解析】

【详解】(1) [1]由于一节干电池的内电阻很小, 远小于电压表的内阻, 为了减小实验误差, 相对于电池来说电流表应采用外接法, 故应该选择的实验电路是图 1 中的甲。

(2) [2]由于一节干电池的电动势大约为 1.5V, 故电压表应选择 B;

[3]为了调节方便, 使电表示数变化明显, 滑动变阻器应选择阻值较小的, 故选 C。

(3) [4][5]根据闭合电路欧姆定律可得

$$E = U + Ir$$



可得

$$U = -Ir + E$$

可知  $U - I$  图像的纵轴截距等于电动势，则有

$$b = E = 1.49\text{V}$$

$U - I$  图像的斜率绝对值等于内阻，则有

$$r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{1.49 - 1.00}{0.6} \Omega \approx 0.82\Omega$$

(4) 由甲电路图可知，实验误差来源于电压表的分流，设电压表内阻为  $R_V$ ，根据闭合电路欧姆定律可得

$$E_{\text{真}} = U + \left( \frac{U}{R_V} + I \right) r_{\text{真}}$$

可得

$$U = -\frac{R_V r_{\text{真}}}{R_V + r_{\text{真}}} I + \frac{R_V}{R_V + r_{\text{真}}} E_{\text{真}}$$

可知  $U - I$  图像的纵轴截距为

$$b = \frac{R_V}{R_V + r_{\text{真}}} E_{\text{真}} = E_{\text{测}} < E_{\text{真}}$$

$U - I$  图像的斜率绝对值为

$$\left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{R_V r_{\text{真}}}{R_V + r_{\text{真}}} = r_{\text{测}} < r_{\text{真}}$$

故选 AC

三、论述题（本题包括 6 小题，共 55 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，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。）

13. 【答案】(1) 金属杆  $ab$  上的电流方向  $b \rightarrow a$ ;  $BLv$ ; (2)  $U_{ab} = \frac{R}{R+r} BLv$ ;  $a$  端电势高; (3)  $P = \frac{B^2 L^2 v^2}{R+r}$

【解析】

【详解】(1) 由右手定则可知，金属杆  $ab$  上的电流方向  $b \rightarrow a$ ;

由法拉第电磁感应定律可得，感应电动势为

$$E = BLv$$

(2) 金属杆  $ab$  中电流为

$$I = \frac{E}{R+r}$$

金属杆  $ab$  两端电压为

$$U_{ab} = IR$$

解得



$$U_{ab} = \frac{R}{R+r} BLv$$

其中  $a$  端电势较高;

(3) 拉力大小等于安培力大小

$$F = BIL$$

拉力的功率

$$P = Fv$$

解得

$$P = \frac{B^2 L^2 v^2}{R+r}$$

14. 【答案】(1)  $E = \frac{mg \tan \alpha}{q}$ ; (2)  $W_{\text{电}} = -qEl \sin \alpha = -mgl \tan \alpha \sin \alpha$ ,  $W_G = mgl(1 - \cos \alpha)$ ,

$W_F = mgl(\tan \alpha \sin \alpha + \cos \alpha - 1)$ ; (3) 见解析

【解析】

【详解】(1) 小球受到向下的重力、向右的电场力及轻绳上的拉力作用而处于平衡状态, 可得

$$\tan \alpha = \frac{qE}{mg}$$

解得电场场强大小为

$$E = \frac{mg \tan \alpha}{q}$$

(2) 在始终垂直于  $l$  的外力作用下将小球从  $B$  位置缓慢拉动到细绳竖直时的  $A$  位置, 电场力所做的功为

$$W_{\text{电}} = -qEl \sin \alpha = -mgl \tan \alpha \sin \alpha$$

重力所做的功为

$$W_G = mgl(1 - \cos \alpha)$$

据动能定理可得

$$W_F + mgl(1 - \cos \alpha) - qEl \sin \alpha = 0$$

解得外力对带电小球做的功为

$$W_F = mgl(\tan \alpha \sin \alpha + \cos \alpha - 1)$$

(3) 带电小球从  $B$  到  $A$  的过程中, 电场力做负功, 可得

$$W_{BA} = q(\varphi_B - \varphi_A) < 0$$

又

$$\varphi_B = \varphi_C$$

联立可得

$$\varphi_A > \varphi_C$$



15. 【答案】(1) 40V;  $e=40\sin 200t$  (V); (2) 7.20J; 25.5V; (3) 0.02C

【解析】

【详解】(1) 依题意角速度为

$$\omega=2\pi n=200\text{rad/s}$$

电动势的最大值为

$$E_m=NBS\omega=100\times 0.2\times 0.1^2\times 200\text{V}=40\text{V}$$

从线圈通过中性面开始计时, 电动势的瞬时值表达式为

$$e=E_m\sin\omega t=40\sin 200t \text{ (V)}$$

(2) 电流的有效值

$$I=\frac{E}{R+r}=\frac{E_m}{\sqrt{2}(R+r)}=2\sqrt{2}\text{A}$$

0.1s 内电阻  $R$  上产生的热量

$$Q=I^2Rt=(2\sqrt{2})^2\times 9\times 0.1\text{J}=7.20\text{J}$$

电压表的读数

$$U=IR=18\sqrt{2}\text{V}\approx 25.5\text{V}$$

(3) 线圈平面从开始计时到转至与中性面成  $90^\circ$  的过程中, 磁通量的变化量为

$$\Delta\Phi=BS=0.2\times 0.1^2\text{Wb}=0.002\text{Wb}$$

通过电阻  $R$  电量

$$q=\bar{I}t=\frac{\bar{E}}{R+r}t=\frac{N\Delta\Phi}{t(R+r)}t=\frac{N\Delta\Phi}{R+r}=0.02\text{C}$$

16. 【答案】(1)  $\frac{2}{5}mg$ ; (2)  $\sqrt{\frac{mg(R+r)}{L^2v}}$ ; (3)  $x\sqrt{\frac{mg}{(R+r)v}}$ ; (4)  $\frac{r}{R+r}\left(mgx-\frac{1}{2}mv^2\right)$

【解析】

【详解】(1) 刚开始下滑时, 根据牛顿第二定律

$$F+mg\sin\theta=mg$$

解得

$$F=\frac{2}{5}mg$$

(2) 当加速度为零时, 速度为  $v$ , 可得

$$E=BLv, \quad I=\frac{E}{R+r}, \quad F_A=BIL$$

根据平衡状态可得

$$F+mg\sin\theta-F_A=0$$

联立解得



$$B = \sqrt{\frac{mg(R+r)}{L^2v}}$$

(3) 从开始运动至达到稳定状态的过程中，通过电阻  $R$  的电荷量为

$$q = I \cdot t = \frac{E}{R+r} \cdot t = \frac{BLx}{R+r} \cdot t = \frac{BLx}{R+r} = x \sqrt{\frac{mg}{(R+r)v}}$$

(4) 从开始运动至达到稳定状态的过程中，根据能量守恒

$$(F + mg \sin \theta)x - Q_{\text{总}} = \frac{1}{2}mv^2$$

金属棒  $AC$  产生的焦耳热为

$$Q = \frac{r}{R+r} Q_{\text{总}} = \frac{r}{R+r} \left( mgx - \frac{1}{2}mv^2 \right)$$

17. 【答案】(1)  $\sqrt{\frac{2qU}{m}}$ ; (2)  $O$  点上方 18cm 处; (3) 60cm; (4) 0.1s

【解析】

【详解】(1) 电子发射加速过程，据动能定理可得

$$qU = \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得电子离开发射装置时 速度为

$$v_0 = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

(2) 在  $t=0.03\text{s}$  时刻，偏转电压为

$$U' = \frac{0.03}{0.1} \times 4U = 1.2U$$

电子在偏转电场中做类平抛运动，则有

$$L = v_0 t, \quad a = \frac{qE}{m} = \frac{q \cdot U'}{mL}$$

经电场偏转后侧移量为

$$y = \frac{1}{2}at^2$$

联立解得

$$y = 6\text{cm}$$

设电子打在屏上的点距  $O$  点的距离为  $Y$ ，由相似三角形可得

$$\frac{Y}{y} = \frac{L + \frac{L}{2}}{\frac{L}{2}}$$



解得

$$Y = 18\text{cm}$$

即电子打在荧光屏上  $O$  点上方  $18\text{cm}$  处。

(3) 当电子的侧移量达到  $10\text{cm}$  时最大, 由相似三角形可得

$$\frac{Y_2}{\frac{L}{2}} = \frac{L + \frac{L}{2}}{\frac{L}{2}}$$

解得

$$Y_2 = 30\text{cm}$$

由对称性可知, 荧光屏上有电子打到的区间为  $60\text{cm}$ 。

(4) 当电子的侧移量达到  $10\text{cm}$  时最大, 结合 (2) 解析中的关系可知, 此时所加的偏转电压为  $2U$ , 可知一个周期内发光时间为半个周期, 即

$$t = \frac{2U}{4U} \times 0.2\text{s} = 0.1\text{s}$$

18. 【答案】(1)  $\frac{1}{qR} \sqrt{2mE_k}$ ; (2)  $\frac{\pi R}{qU} \sqrt{\frac{mE_k}{2}}$ ; (3)  $\frac{qP}{E_k}$

【解析】

【详解】(1) 带电粒子在  $D$  形盒内做圆周运动, 轨道半径达到最大时被引出, 此时带电粒子具有最大动能  $E_k$ , 设离子从  $D$  盒边缘离开时的速度为  $v_m$ , 依据牛顿第二定律可得

$$Bqv_m = m \frac{v_m^2}{R}$$

所以带电粒子能被加速的最大动能

$$E_k = \frac{1}{2} mv_m^2$$

解得  $D$  形盒中磁场的磁感应强度为

$$B = \frac{1}{qR} \sqrt{2mE_k}$$

(2) 带电粒子每做一次圆周运动, 被加速两次, 动能增加  $2qU$ , 据动能定理可得

$$n \cdot 2qU = E_k$$

带电粒子在磁场中的运动周期为

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

带电粒子在磁场中的运动时间为

$$t = nT$$

联立解得



$$t = \frac{\pi R}{qU} \sqrt{\frac{mE_k}{2}}$$

(3) 设在时间  $t$  内离开加速器的带电粒子数  $N$ ，则形成的的等效电流为

$$I = \frac{Nq}{t}$$

带电粒子从回旋加速器输出时的平均功率为

$$P = \frac{N \cdot E_k}{t}$$

联立解得

$$I = \frac{qP}{E_k}$$