
2015—2016 学年度期末质量监控试卷
高三物理

说明：本试卷共8页，共100分。考试时长90分钟。考生务必将答案写在答题纸上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题纸一并交回。

一、本题共10小题，每小题3分，共30分。在每小题给出的四个选项中，有的小题只有一个选项是正确的，有的小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。把你认为正确答案填涂在答题纸上。

1. 真空中两相同的带等量异号电荷的金属小球 A 和 B (均可看做点电荷)，分别固定在两处，它们之间的距离远远大于小球的直径，两球间静电力大小为 F 。现用一个不带电的同样的绝缘金属小球 C 与 A 接触，然后移开 C ，此时 A 、 B 球间的静电力大小为

- A. $2F$ B. F C. $\frac{2F}{3}$ D. $\frac{F}{2}$

2. 用绝缘柱支撑着贴有小金属箔的导体 A 和 B ，使它们彼此接触，起初它们不带电，贴在它们下部的并列平行双金属箔是闭合的。现将带正电荷的物体 C 移近导体 A ，发现金属箔都张开一定的角度，如图1所示，则

- A. 导体 B 下部的金属箔感应出负电荷
B. 导体 B 下部的金属箔感应出正电荷
C. 导体 A 和 B 下部的金属箔都感应出负电荷
D. 导体 A 感应出负电荷，导体 B 感应出等量的正电荷

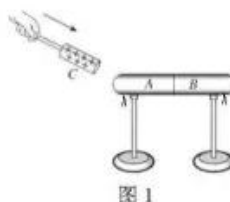


图1

3. 如图2所示， M 、 N 为两个带有等量异号电荷的点电荷， O 点是它们之间连线的中点， A 、 B 是 M 、 N 连线中垂线上的两点， A 点距 O 点较近。用 E_O 、 E_A 、 E_B 和 φ_O 、 φ_A 、 φ_B 分别表示 O 、 A 、 B 三点的电场强度的大小和电势，下列说法中正确的是

- A. E_O 等于0
B. E_A 一定大于 E_B
C. φ_A 一定大于 φ_B
D. 将一电子从 O 点沿中垂线移动到 A 点，电场力一定不做功

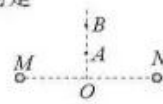


图2

4. 在电子技术中，从某一装置输出的交流信号常常既含有高频成份，又含有低频成份。为了在后面一级装置中得到高频成份或低频成份，我们可以在前面一级装置和后面一级装置之间设计如图3所示的电路。关于这种电路，下列说法中正确的是

- A. 要使“向后级输出”端得到的主要是高频信号，应该选择图3甲所示电路
B. 要使“向后级输出”端得到的主要是高频信号，应该选择图3乙所示电路
C. 要使“向后级输出”端得到的主要是低频信号，应该选择图3甲所示电路
D. 要使“向后级输出”端得到的主要是低频信号，应该选择图3乙所示电路



图3

5. 如图4所示，一理想变压器的原、副线圈匝数分别为2200匝和110匝，将原线圈接在输出电压 $u = 220\sqrt{2} \sin 100\pi t$ (V) 的交流电源两端。副线圈上只接有一个电阻 R ，与原线圈串联的理想交流电流表的示数为0.20A。下列说法中正确的是

- A. 变压器副线圈中电流的有效值为0.01A
B. 电阻 R 两端电压的有效值为11V
C. 电阻 R 的电功率为44W

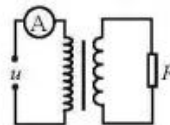


图4

- D. 穿过变压器铁芯的磁通量变化率的最大值为 $\frac{\sqrt{2}}{10}$ Wb/s

6. 来自太阳和其他星体的宇宙射线中含有大量高能带电粒子, 若这些粒子都直接到达地面, 将会对地球上的生命带来危害。但由于地磁场(如图5所示)的存在改变了宇宙射线中带电粒子的运动方向, 使得很多高能带电粒子不能到达地面。若不考虑地磁偏角的影响, 关于上述高能带电粒子在地磁场的作用下运动情况的判断, 下列说法中正确的是

- A. 若带电粒子带正电, 且沿地球赤道平面射向地心, 则由于地磁场的作用将向东偏转
- B. 若带电粒子带正电, 且沿地球赤道平面射向地心, 则由于地磁场的作用将向北偏转
- C. 若带电粒子带负电, 且沿垂直地球赤道平面射向地心, 则由于地磁场的作用将向南偏转
- D. 若带电粒子沿垂直地球赤道平面射向地心, 它可能在地磁场中做匀速圆周运动

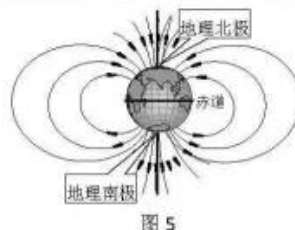


图5

7. 如图6所示, 左侧闭合电路中的电流大小为 I_1 , ab 为一段长直导线; 右侧平行金属导轨的左端连接有与 ab 平行的长直导线 cd , 在远离 cd 导线的右侧空间存在与导轨平面垂直的匀强磁场, 在磁场区域放置垂直导轨且与导轨接触良好的导体棒 MN , 当导体棒沿导轨匀速运动时, 可以在 cd 上产生大小为 I_2 的感应电流。已知 $I_1 > I_2$, 不计匀强磁场对导线 ab 和 cd 的作用, 用 f_1 和 f_2 分别表示导线 cd 对 ab 的安培力大小和 ab 对 cd 的安培力大小, 下列说法中正确的是

- A. 若 MN 向左运动, ab 与 cd 两导线相互吸引, $f_1 = f_2$
- B. 若 MN 向右运动, ab 与 cd 两导线相互吸引, $f_1 = f_2$
- C. 若 MN 向左运动, ab 与 cd 两导线相互吸引, $f_1 > f_2$
- D. 若 MN 向右运动, ab 与 cd 两导线相互吸引, $f_1 > f_2$

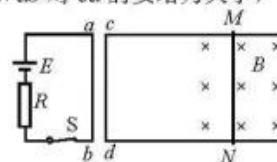


图6

8. 如图7所示, 等间距的平行实线表示电场线, 虚线表示一个带负电的粒子在该电场中运动的轨迹, a 、 b 为运动轨迹上的两点。若不计粒子所受重力和空气阻力的影响, 下列说法中正确的是

- A. 场强方向一定是沿图中实线向右
- B. 该粒子运动过程中速度一定不断增大
- C. 该粒子一定是由 a 向 b 运动
- D. 该粒子在 a 点的电势能一定大于在 b 点的电势能

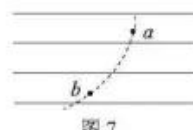


图7

9. 如图8所示电路为演示自感现象的电路图, 其中 R_0 为定值电阻, 电源电动势为 E 、内阻为 r , 小灯泡的灯丝电阻为 R (可视为不变), 电感线圈的自感系数为 L 、电阻为 R_L 。电路接通并达到稳定状态后, 断开开关 S , 可以看到灯泡先是“闪亮”(比开关断开前更亮)一下, 然后才逐渐熄灭, 但实验发现“闪亮”现象并不明显。为了观察到断开开关 S 时灯泡比开关断开前有更明显的“闪亮”现象, 下列措施中一定可行的是

- A. 撤去电感线圈中的铁芯, 使 L 减小
- B. 更换电感线圈中的铁芯, 使 L 增大
- C. 更换电感线圈, 保持 L 不变, 使 R_L 增大
- D. 更换电感线圈, 保持 L 不变, 使 R_L 减小

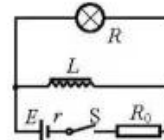


图8

10. 将一块长方体形状的半导体材料样品的表面垂直磁场方向置于磁场中, 当此半导体材料中通有与磁场方向垂直的电流时, 在半导体材料与电流和磁场方向垂直的两个侧面会出现一定的电压, 这种现象称为霍尔效应, 产生的电压称为霍尔电压, 相应的将具有这样性质的半导体材料样品就称为霍尔元件。

如图9所示, 利用电磁铁产生磁场, 毫安表检测输入霍尔元件的电流, 毫伏表检测霍尔元件输出的霍尔电压。已知图中的霍尔元件是P型半导体, 与金属导体不同, 它

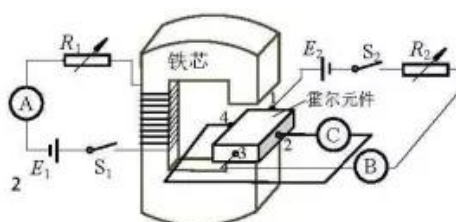


图9

内部形成电流的“载流子”是空穴（空穴可视为能自由移动带正电的粒子）。图中的 1、2、3、4 是霍尔元件上的四个接线端。当开关 S_1 、 S_2 闭合后，电流表 A 和电表 B、C 都有明显示数，下列说法中正确的是

- A. 电表 B 为毫伏表，电表 C 为毫安表
- B. 接线端 2 的电势高于接线端 4 的电势
- C. 若调整电路，使通过电磁铁和霍尔元件的电流与原电流方向相反，但大小不变，则毫伏表的示数将保持不变
- D. 若适当减小 R_1 、增大 R_2 ，则毫伏表示数一定增大

二、本题共 2 小题，共 15 分。

11. (6 分) 利用如图 10 所示的电路测量一个满偏电流为 $300\mu\text{A}$ ，内阻 r_g 约为 100Ω 的电流表的内阻值，有如下的主要实验器材可供选择：

- A. 滑动变阻器（阻值范围 $0\sim 20\Omega$ ）
- B. 滑动变阻器（阻值范围 $0\sim 1750\Omega$ ）
- C. 滑动变阻器（阻值范围 $0\sim 30\text{k}\Omega$ ）
- D. 电源（电动势 1.5V ，内阻 0.5Ω ）
- E. 电源（电动势 8V ，内阻 2Ω ）
- F. 电源（电动势 12V ，内阻 3Ω ）

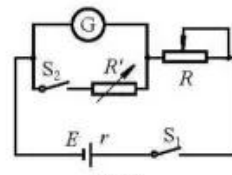


图 10

(1) 为了使测量尽量精确，在上述可供选择的器材中，滑动变阻器 R 应选用_____，电源 E 应选用_____。（选填器材前面的字母序号）

(2) 实验时要进行的主要步骤有：

- A. 断开 S_2 ，闭合 S_1
- B. 调节 R 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度
- C. 闭合 S_2
- D. 调节 R 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度的三分之二
- E. 记下此时 R' 的阻值为 190Ω

则待测电流表的内阻 r_g 的测量值为_____ Ω ，该测量值_____比此电流表内阻的真实值。（选填“大于”、“小于”或“等于”）

12. (9 分) 某研究性学习小组的同学们设计了描绘小灯泡的伏安特性曲线的实验，待测小灯泡的额定电压为 3.8V 。要求测量结果尽量精确，并绘制出小灯泡两端电压在 $0\sim 3.8\text{V}$ 范围内完整的伏安特性曲线。

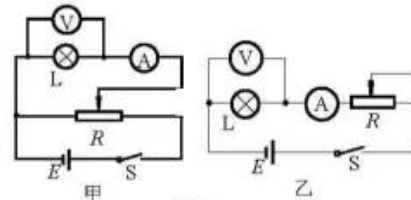


图 11

(1) 若实验室的电压表、电流表和滑动变阻器都满足实验要求，则在如图 11 所示的两种实验方案中，应选择_____图所示电路进行实验。（选填“甲”或“乙”）

(2) 若实验中只提供了量程为 3V ，内阻为 3000Ω 的电压表 V_1 ，为了绘制完整的伏安特性曲线，需要将电压表 V_1 改装成量程为 4V 的电压表 V_2 ，则应将电压表 V_1 _____（选填“串联”或“并联”）一个阻值为_____ Ω 的定值电阻，才能实现改装的要求。

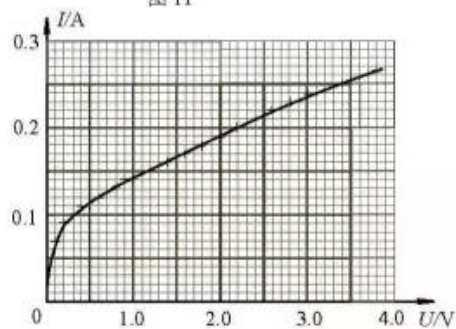


图 12

(3) 小组的同学们正确描绘出小灯泡的伏安特性曲线如图 12 所示，根据这个特性曲线，同学们对小灯泡的实际功率与其两端的电压的关系，或与通过其电流的关系，猜想出了如图 13 所示的关系图像，其中可能正确的是_____。（选填选项下面的字母序号）

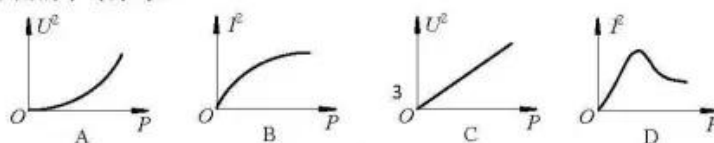


图 13

(4) 某同学将该小灯泡接在一个电动势为 3.0V 、内阻为 5.0Ω 的电源上，组成一个闭合电路，则此时该小灯泡实际功率约为_____W。(保留2位有效数字)

三、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. (8分) 如图14所示，在水平向右的匀强电场中，水平轨道 AB 连接着一圆形轨道，圆形轨道固定在竖直平面内，其最低点 B 与水平轨道平滑连接。现有一质量为 m 、电荷量为 q 的带正电荷的小球(可视为质点)，从离圆形轨道最低点 B 相距为 L 处的 C 点由静止开始在电场力作用下沿水平轨道运动。已知小球所受电场力与其所受的重力大小相等，重力加速度为 g ，水平轨道和圆形轨道均绝缘，小球在运动过程中所带电荷量 q 保持不变，不计一切摩擦和空气阻力。求：

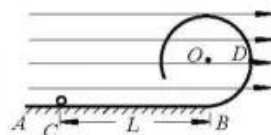


图14

- (1) 匀强电场的电场强度 E 的大小；
- (2) 小球由 C 点运动到 B 点所用的时间 t_1 ；
- (3) 小球运动到与圆形轨道圆心 O 等高的 D 点时的速度大小 v_D ；

14. (8分) 如图15所示，两根倾斜直金属导轨 MN 、 PQ 平行放置，它们所构成的轨道平面与水平面之间的夹角 $\theta=37^\circ$ ，两轨道之间的距离 $L=0.50\text{m}$ 。一根质量 $m=0.20\text{kg}$ 的均匀直金属杆 ab 放在两导轨上，并与导轨垂直，且接触良好，整套装置处于与 ab 棒垂直的匀强磁场中。在导轨的上端接有电动势 $E=36\text{V}$ 、内阻 $r=1.6\Omega$ 的直流电源和电阻箱 R 。已知导轨与金属杆的电阻均可忽略不计， $\sin 37^\circ=0.60$ ， $\cos 37^\circ=0.80$ ，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。

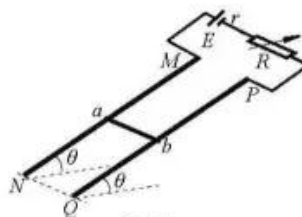


图15

(1) 若金属杆 ab 和导轨之间的摩擦可忽略不计，当电阻箱接入电路中的电阻 $R_1=2.0\Omega$ 时，金属杆 ab 静止在轨道上。

- ①如果磁场方向竖直向下，求满足条件的磁感应强度的大小；
- ②如果磁场的方向可以随意调整，求满足条件的磁感应强度的最小值及方向；

(2) 如果金属杆 ab 和导轨之间的摩擦不可忽略，整套装置处于垂直于轨道平面斜向下、磁感应强度大小 $B=0.40\text{T}$ 的匀强磁场中，当电阻箱接入电路中的电阻值 $R_2=3.4\Omega$ 时，金属杆 ab 仍保持静止，求此时金属杆 ab 受到的摩擦力 f 大小及方向。

15. (9分) 如图16所示，位于竖直平面内的矩形金属线圈，边长 $L_1=0.40\text{m}$ 、 $L_2=0.25\text{m}$ ，其匝数 $n=100$ 匝，总电阻 $r=1.0\Omega$ ，线圈的两个末端分别与两个彼此绝缘的铜环 C 、 D (集流环)焊接在一起，并通过电刷和 $R=3.0\Omega$ 的定值电阻相连接。线圈所在空间存在水平向右的匀强磁场，磁感应强度 $B=1.0\text{T}$ ，在外力驱动下线圈绕竖直固定中心轴 O_1O_2 匀速转动，角速度 $\omega=2.0\text{rad/s}$ 。求：

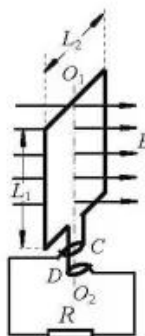


图16

- (1) 电阻 R 两端电压的最大值；

(2) 从线圈通过中性面（即线圈平面与磁场方向垂直的位置）开始计时，经过 $\frac{1}{4}$ 周期通过电阻 R 的电荷量；

(3) 在线圈转动一周的过程中，整个电路产生的焦耳热。

16. (10 分) 示波器中的示波管对电子的偏转是电偏转，电视机中的显像管对电子的偏转是磁偏转。小明同学对这两种偏转进行了定量的研究并做了对比，已知电子的质量为 m 、电荷量为 e ，在研究的过程中空气阻力和电子所受重力均可忽略不计。

(1) 如图 17 甲所示，水平放置的偏转极板的长度为 l ，板间距为 d ，极板间的偏转电压为 U ，在两极板间形成匀强电场。极板右端到竖直荧光屏 MN 的距离为 b ，荧光屏 MN 与两极板间的中心线 O_1O_1' 垂直。电子以水平初速度 v_0 从两极板左端沿两极板间的中心线射入，忽略极板间匀强电场的边缘效应，求电子打到荧光屏上时沿垂直于极板板面方向偏移的距离；

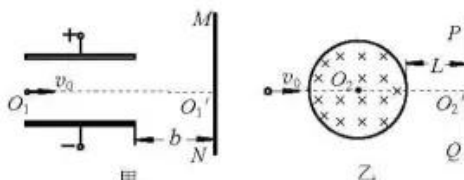


图 17

(2) 如图 17 乙所示，圆心为 O_2 、半径为 r 的水平圆形区域中有垂直纸面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场，与磁场区域右侧边缘的最短距离为 L 的 O_2' 处有一竖直放置的荧光屏 PQ ，荧光屏 PQ 与 O_2O_2' 连线垂直。今有一电子以水平初速度 v_0 从左侧沿 O_2O_2' 方向射入磁场，飞出磁场区域时其运动方向的偏转角度为 α （未知）。请求出 $\tan \frac{\alpha}{2}$ 的表达式；

(3) 对比第 (1)、(2) 问中这两种偏转，请从运动情况、受力情况、能量变化情况等角度简要说明这两种偏转的不同点是什么？（至少说出两点）

17. (10 分) 如图 18 所示，两根相距为 L 的光滑金属导轨 CD 、 EF 固定在水平面内，并处在方向竖直向下的匀强磁场中，导轨足够长且电阻不计。在导轨的左端接入一阻值为 R 的定值电阻，将质量为 m 、电阻可忽略不计的金属棒 MN 垂直放置在导轨上。 $t=0$ 时刻， MN 棒与 DE 的距离为 d ， MN 棒运动过程中始终与导轨垂直且接触良好，不计空气阻力。

(1) 金属棒 MN 以恒定速度 v 向右运动过程中

① 若从 $t=0$ 时刻起，所加的匀强磁场的磁感应强度 B 从 B_0 开始逐渐减小时，恰好使回路中不产生感应电流，试从磁通量的角度分析磁感应强度 B 的大小随时间 t 的变化规律；

② 若所加匀强磁场的磁感应强度为 B 且保持不变，试从磁通量变化、电动势的定义、自由电子的受力和运动、或功能关系等角度入手，选用两种方法推导 MN 棒中产生的感应电动势 E 的大小；

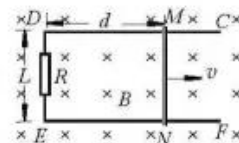


图 18

(2) 为使回路 $DENM$ 中产生正弦（或余弦）交变电流，请你展开“智慧的翅膀”，提出一种可行的设计方案，自设必要的物理量及符号，写出感应电动势瞬时值的表达式。

18. (10 分) 某种粒子加速器的设计方案如图 19 所示, M 、 N 为两块垂直于纸面旋转放置的圆形正对平行金属板, 两金属板中心均有小孔 (孔的直径大小可忽略不计), 板间距离为 h 。两板间接一直流电源, 每当粒子进入 M 板的小孔时, 控制两板的电势差为 U , 粒子得到加速, 当粒子离开 N 板时, 两板的电势差立刻变为零。两金属板外部存在着上、下两个范围足够大且有理想平面边界的匀强磁场, 上方磁场的下边界 cd 与金属板 M 在同一水平面上, 下方磁场的上边界 ef 与金属板 N 在同一水平面上, 两磁场平行边界间的距离也为 h , 磁场方向垂直纸面向里, 磁感应强度为 B 。在两平行金属板右侧形成与金属板间距离

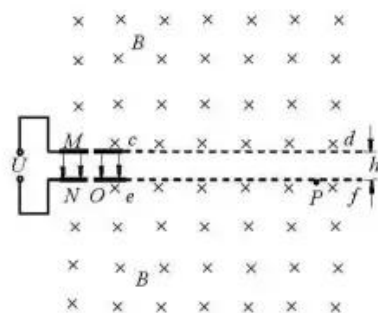


图 19

一样为 h 的无电场、无磁场的狭缝区域。一质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子从 M 板小孔处无初速度释放, 粒子在 MN 板间被加速, 粒子离开 N 板后进入下方磁场中运动。若空气阻力、粒子所受的重力以及粒子在运动过程中产生的电磁辐射均可忽略不计, 不考虑相对论效应、两金属板间电场的边缘效应以及电场变化对于外部磁场和粒子运动的影响。

(1) 为使带电粒子经过电场加速后不打到金属板上, 请说明圆形金属板的半径 R 应满足什么条件;

(2) 在 ef 边界上的 P 点放置一个目标靶, P 点到 N 板小孔 O 的距离为 s 时, 粒子恰好可以击中目标靶。对于击中目标靶的粒子, 求:

- ① 其进入电场的次数 n ;
- ② 其在电场中运动的总时间与在磁场中运动的总时间之比。

海淀区高三年级第一学期期末练习参考答案及评分标准

物 理

2017.1

一、本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。在每小题给出的四个选项中，有的小题只有一个选项是符合题意的，有的小题有多个选项是符合题意的。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。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	D	BD	BD	BC	BCD	A	B	AD	D	BC

二、本题共 2 小题，共 15 分。

11. (6 分) (1) C, E (各 1 分) (2) 95, 小于 (各 2 分)
 12. (9 分) (1) 甲 (2 分) (2) 串联 (1 分) 1000 (2 分)
 (3) AB (2 分, 有选错的不得分) (4) 0.36~0.42 (2 分)

三、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。
 说明：计算题提供的参考解答，不一定是唯一正确的。对于那些与此解答不同的正确解答，同样得分。

13. (8 分) (1) 对小球，由题意可得： $Eq=mg$ (1 分)

解得： $E=mg/q$ (1 分)

- (2) 对小球，设从 C 到 B 的加速度为 a ，根据牛顿第二定律可得：

$Eq=ma$ (1 分)

由运动学公式可得： $L=\frac{1}{2}at^2$ (1 分)

联立可解得： $t=\sqrt{\frac{2L}{g}}$ (1 分)

- (3) 设圆形轨道半径为 R ，对小球从 C 到 D 的过程，根据动能定理有：

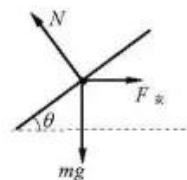
$qE(L+R)-mgR=\frac{1}{2}mv_D^2-0$ (2 分)

联立②⑥，可得： $v_D^2=\sqrt{2gL}$ (1 分)

14. (8 分) (1) ①设通过金属杆 ab 的电流为 I_1 ，根据闭合电路欧姆定律可知： $I_1=E/(R_1+r)$ (1 分)

设磁感应强度为 B_1 ，由安培定则可知金属杆 ab 受安培力沿水平方向，金属杆 ab 受力如答图 1。

对金属杆 ab ，根据共点力平衡条件有： $B_1I_1L=mgtan\theta$ (1 分)



答图 1

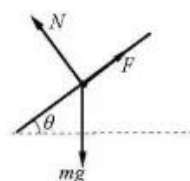
解得: $B_1 = \frac{mg \tan \theta}{I_1 L} = 0.30 \text{T}$ (1 分)

②根据共点力平衡条件可知,最小的安培力方向应沿导轨平面向上,金属杆 ab 受力如答图 2 所示。

设磁感应强度的最小值为 B_2 , 对金属杆 ab , 根据共点力平衡条件有:

$$B_2 I_1 L = mg \sin \theta \quad \text{..... (1 分)}$$

解得: $B_2 = \frac{mg \sin \theta}{I_1 L} = 0.24 \text{T}$ (1 分)



答图 2

根据左手定则可判断出,此时磁场的方向应垂直于轨道平面斜向下。..... (1 分)

(2) 设通过金属杆 ab 的电流为 I_2 , 根据闭合电路欧姆定律可知:

$$I_2 = E / (R_2 + r)$$

假设金属杆 ab 受到的摩擦力方向沿轨道平面向下, 根据共点力平衡条件有:

$$BI_2 L = mg \sin \theta + f$$

解得: $f = 0.24 \text{N}$ (1 分)

结果为正, 说明假设成立, 摩擦力方向沿轨道平面向下。..... (1 分)

15. (9 分) (1) 线圈中感应电动势的最大值 $E_m = nBS\omega$, 其中 $S = L_1 L_2$

$$E_m = nBS\omega = nBL_1 L_2 \omega = 20 \text{V} \quad \text{..... (1 分)}$$

线圈中感应电流的最大值 $I_m = \frac{E_m}{R+r} = 5.0 \text{A}$ (1 分)

电阻 R 两端电压的最大值 $U_m = I_m R = 15 \text{V}$ (1 分)

(2) 设从线圈平面通过中性面时开始, 经过 $\frac{1}{4}$ 周期的时间 $\Delta t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2\omega}$

此过程中线圈中的平均感应电动势 $\bar{E} = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \frac{BS}{\Delta t}$ (1 分)

通过电阻 R 的平均电流 $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r} = \frac{nBS}{(R+r)\Delta t}$,

通过电阻 R 的电荷量 $q = \bar{I} \Delta t = \frac{nBS}{R+r} = 2.5 \text{C}$ (2 分)

(3) 线圈中感应电流的有效值 $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{A}$ (1 分)

线圈转动一周的过程中, 电流通过整个回路产生的焦耳热:

$$Q_{\text{总}} = I^2 (R+r) T = 50 \pi \text{J} \approx 157 \text{J} \quad \text{..... (2 分)}$$

16. (10 分) (1) 设电子在偏转电场运动的加速度为 a , 时间为 t , 离开偏转电场时

的偏移距离为 y , 根据运动学公式有: $y = \frac{1}{2} at^2$

根据牛顿第二定律有: $a = \frac{eU}{md}$ (1 分)

电子在电场中的运动时间: $t = \frac{l}{v_0}$

联立解得: $y = \frac{eUl^2}{2mdv_0^2}$ (1分)

电子飞出偏转电场时,其速度的反向延长线通过偏转电场的中心,设电子打在屏上

距 O_1' 的最大距离为 Y , 则由几何关系可知: $\frac{Y}{y} = \frac{b + \frac{l}{2}}{\frac{l}{2}}$ (1分)

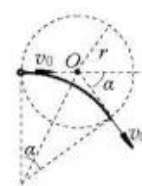
将 y 代入解得 $Y = \frac{eUl}{2dm} (l + 2b)$ (1分)

(2) 由牛顿第二定律和洛伦兹力公式得 $ev_0B = \frac{mv_0^2}{R}$ (1分)

解得 $R = \frac{mv_0}{eB}$

由如图3所示的几何关系得,粒子在磁场中一段圆弧轨迹所对应的圆心角与偏转角相等,均为 α

则: $\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{R} = \frac{Ber}{mv_0}$ (1分)



答图3

(3) 不同点有:

- ①电子运动类型不同:在电场中电子是匀变速曲线运动,在磁场中电子是匀速圆周运动
- ②电子受力情况不同:在电场中电子受到的电场力是恒力,在磁场中电子受到的洛伦兹力是大小不变、方向不断变化的变力
- ③电子速度变化情况不同:在电场中电子速度的大小和方向都发生变化,在磁场中电子速度的大小不改变,仅方向发生变化
- ④电子运动方向的偏转角范围不同:在电场中电子运动方向的偏转角度一定小于 90° ,在磁场中电子运动方向的偏转角度可能大于 90°
- ⑤电子受力做功不同:在电场中电子所受的电场力做正功,在磁场中电子所受的洛伦兹力不做功
- ⑥电子能量变化情况不同:在电场中电场力做正功,电子动能增加,在磁场中洛伦兹力不做功,电子动能不变

(答对一条给2分,最多给4分)

17. (10分) (1) ①由产生感应电流的条件可知,回路中不产生感应电流,则穿过回路的磁通量不变, (1分)

根据磁通量不变,应有 $B_0 Ld = BL(d+vt)$ (2分)

解得 $B = \frac{B_0 d}{d+vt}$ (1分)

②方法一:由法拉第电磁感应定律推导

经过时间 Δt 闭合回路的磁通量变化为 $\Delta\phi = BLv\Delta t$ (1分)

根据法拉第电磁感应定律 $E = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = BLv$ (2分)

方法二:利用电动势的定义推导

电动势定义为非静电力把单位电荷量的正电荷在电源内从负极移送到正极所做的功,对

应着其他形式的能转化为电势能的大小。这里的非静电力为洛伦兹力（沿 MN 棒上的分力），洛伦兹力（沿 MN 棒上的分力）做正功，即： $W_{非} = (Bev)L$ (1 分)

$$E = \frac{W_{非}}{q} = \frac{BevL}{e} = BLv \text{ (2 分)}$$

方法三：由导体棒中自由电子受力平衡推导

导体棒内的自由电子随导体棒向右匀速运动的速度为 v ，受到的洛伦兹力大小为 $f = evB$ ，方向向下，电子在棒下端聚焦，棒下端带负电，棒的上端由于缺少电子而带正电， MN 间产生电压，且电压随着自由电子向下移动而逐渐升高。..... (1 分)

设 MN 间产生电压为 U ，则 MN 中的电场强度 $E_0 = \frac{U}{L}$

导体棒中的自由电子将受到向上的电场力 $F = E_0 e = eU/L$ (1 分)

当 $F = f$ 时，自由电子在沿导体棒 MN 的方向的受力达到平衡，由 $\frac{U}{L} e = evB$ 可得稳定电

压为 $U = BLv$

在内电阻为 0 时，路端电压等于电动势，因此动生电动势大小为

$$E = BLv \text{ (1 分)}$$

方法四：由能量守恒推导

当导体棒匀速运动时，其受到向右的恒定拉力和向左的安培力平衡，则

$$F_{外} = BIL \text{ (1 分)}$$

拉力做功的功率： $P_{外} = F_{外} v = BILv$

闭合电路消耗的总功率： $P_{电} = EI$ (1 分)

根据能量的转化和守恒可知： $P_{外} = P_{电}$

可得到： $E = BLv$ (1 分)

(2) 方案 1： B 不变化，金属棒以初始位置为中心做简谐运动，即

$$v = v_m \sin \omega t, \text{ (1 分)}$$

则根据法拉第电磁感应定律有： $e = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B_0 L v = B_0 L v_m \sin \omega t$ (2 分)

方案 2：金属棒不动， B 随时间正弦（或余弦）变化，即 $B = B_m \sin \omega t$ (1 分)

$$e = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \Delta \Phi = BLd = B_m Ld \sin \omega t,$$

$$\text{由求导数公式, } e = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B_m Ld \sin \omega t}{\Delta t} = B_m Ld \omega \cos \omega t \text{ (2 分)}$$

方案 3：设杆初位置杆的中心为坐标原点，平行 EF 方向建立坐标轴 x ，平行 ED 方向建

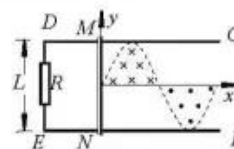
立 y 坐标，匀强磁场只分布在有限空间 $y = \frac{L}{2} \sin x$ 内，如图所示（图中磁场分布只画了一个周期）。磁感应强度大小均为 B_0 ，但磁场方向在有限的空间周期性方向相反。..... (1 分)

金属棒匀速向右运动过程中，位移 $x = vt$

导棒切割产生瞬时电动势：

$$e = B_0 v y = B_0 v \frac{L}{2} \sin vt = E_m \sin vt \text{ (2 分)}$$

其他方案合理，均算正确。



答图 4

18. (10 分) (1) 设粒子第一次经过电场加速后的速度为 v_1 , 对于这个加速过程, 根据动能定理有: $qU = \frac{1}{2}mv_1^2$, 解得 $v_1 = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$; (1 分)

粒子进入磁场中做匀速圆周运动, 设其运动的轨道半径为 r_1 , 根据洛伦兹力和牛顿第二定律有: $qvB = m\frac{v^2}{r_1}$,

$$\text{得 } r_1 = \frac{mv}{qB} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}} \quad \text{..... (1 分)}$$

为使粒子不打到金属板上, 应使金属板的半径 $R < 2r_1$,

$$\text{即 } R < \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}} \quad \text{..... (1 分)}$$

(2) ①设到达 ef 边界上 P 点的粒子运动速度为 v_n , 根据几何关系可知, 其在磁场中运动的最后一周的轨道半径 $r_n = s/2$, (1 分)

根据洛伦兹力公式和牛顿第二定律有 $qvB = m\frac{v_n^2}{r_n}$,

$$\text{解得 } v_n = \frac{qBr_n}{m} = \frac{qBs}{2m} \quad \text{..... (1 分)}$$

设粒子在电场中被加速 n 次, 对于这个加速过程根据动能定理有

$$nqU = \frac{1}{2}mv_n^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{qBs}{2m}\right)^2 \quad \text{..... (1 分)}$$

$$\text{解得: } n = \frac{qB^2s^2}{8mU} \quad \text{..... (1 分)}$$

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:

$$q\frac{U}{h} = ma, \text{ 解得 } a = \frac{qU}{hm}$$

因在磁场中运动洛伦兹力不改变粒子运动速度的大小, 故粒子在电场中的间断加速运动可等效成一个连续的匀加速直线运动

$$\text{设总的加速时间为 } t_1, \text{ 根据 } v_n = at_1 \text{ 可得 } t_1 = \frac{Bsh}{2U} \quad \text{..... (1 分)}$$

粒子在磁场中做匀速圆周运动, 运动周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 保持不变

对于击中目标靶的粒子, 其在磁场中运动的总时间

$$t_2 = \left(n - \frac{1}{2}\right)T = \left(\frac{qB^2s^2}{8mU} - \frac{1}{2}\right)\frac{2\pi m}{qB} \quad \text{..... (1 分)}$$

$$\text{所以 } \frac{t_1}{t_2} = \frac{qB^2sh}{4\pi mU\left(\frac{qB^2s^2}{8mU} - \frac{1}{2}\right)} \quad \text{..... (1 分)}$$