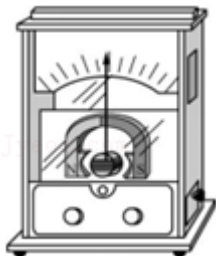


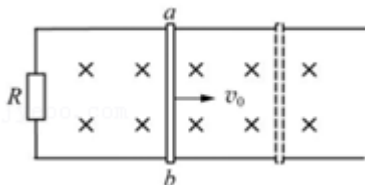
高考物理真题汇编系列--电磁感应--章节检测卷

一. 试题 (共 20 小题)

1. 某同学搬运如图所示的磁电式电流表时,发现表针晃动剧烈且不易停止。按照老师建议,该同学在两接线柱间接一根导线后再次搬运,发现表针晃动明显减弱且能很快停止。下列说法正确的是 ()

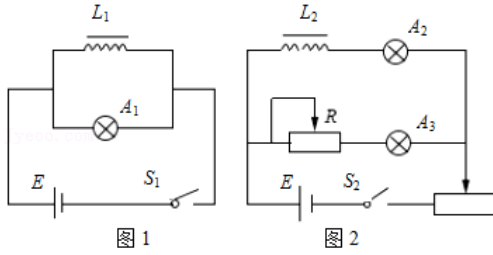


- A. 未接导线时,表针晃动过程中表内线圈不产生感应电动势
 B. 未接导线时,表针晃动剧烈是因为表内线圈受到安培力的作用
 C. 接上导线后,表针晃动过程中表内线圈不产生感应电动势
 D. 接上导线后,表针晃动减弱是因为表内线圈受到安培力的作用
2. 如图所示,在竖直向下的匀强磁场中,水平 U 形导体框左端连接一阻值为 R 的电阻,质量为 m 、电阻为 r 的导体棒 ab 置于导体框上。不计导体框的电阻、导体棒与框间的摩擦。 ab 以水平向右的初速度 v_0 开始运动,最终停在导体框上。在此过程中 ()

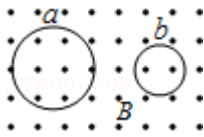


- A. 导体棒做匀减速直线运动
 B. 导体棒中感应电流的方向为 $a \rightarrow b$
 C. 电阻 R 消耗的总电能为 $\frac{mv_0^2 R}{2(R+r)}$
 D. 导体棒克服安培力做的总功小于 $\frac{1}{2}mv_0^2$

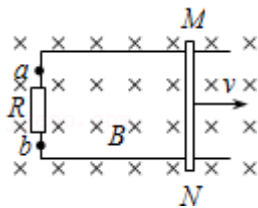
3. 图 1 和图 2 是教材中演示自感现象的两个电路图， L_1 和 L_2 为电感线圈。实验时，断开开关 S_1 瞬间，灯 A_1 突然闪亮，随后逐渐变暗；闭合开关 S_2 ，灯 A_2 逐渐变亮，而另一个相同的灯 A_3 立即变亮，最终 A_2 与 A_3 的亮度相同。下列说法正确的是（ ）



- A. 图 1 中， A_1 与 L_1 的电阻值相同
 B. 图 1 中，闭合 S_1 ，电路稳定后， A_1 中电流大于 L_1 中电流
 C. 图 2 中，变阻器 R 与 L_2 的电阻值相同
 D. 图 2 中，闭合 S_2 瞬间， L_2 中电流与变阻器 R 中电流相等
4. 如图所示，匀强磁场中有两个导体圆环 a、b，磁场方向与圆环所在平面垂直。磁感应强度 B 随时间均匀增大。两圆环半径之比为 2: 1，圆环中产生的感应电动势分别为 E_a 和 E_b ，不考虑两圆环间的相互影响。下列说法正确的是（ ）

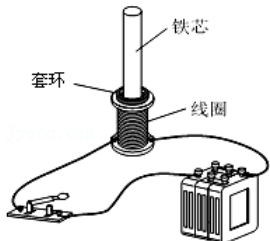


- A. $E_a: E_b=4: 1$ ，感应电流均沿逆时针方向
 B. $E_a: E_b=4: 1$ ，感应电流均沿顺时针方向
 C. $E_a: E_b=2: 1$ ，感应电流均沿逆时针方向
 D. $E_a: E_b=2: 1$ ，感应电流均沿顺时针方向
5. 如图所示，在磁感应强度为 B ，方向垂直纸面向里的匀强磁场中，金属杆 MN 在平行金属导轨上以速度 v 向右匀速滑动， MN 中产生的感应电动势为 E_1 ；若磁感应强度增为 $2B$ ，其他条件不变， MN 中产生的感应电动势变为 E_2 ，则通过电阻 R 的电流方向及 E_1 与 E_2 之比 $E_1: E_2$ 分别为（ ）

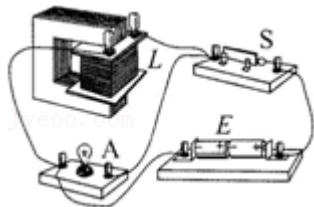


- A. $b \rightarrow a$ ，2: 1 B. $a \rightarrow b$ ，2: 1 C. $a \rightarrow b$ ，1: 2 D. $b \rightarrow a$ ，1: 2

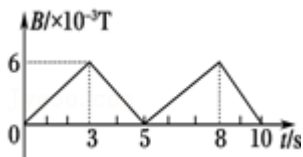
6. 物理课上，老师做了一个奇妙的“跳环实验”。如图所示，她把一个带铁芯的线圈、开关和电源用导线连接起来后，将一金属套环置于线圈上，且使铁芯穿过套环。闭合开关的瞬间，套环立刻跳起。某同学另找来器材再探究此实验。他连接好电路，经重复试验，线圈上的套环均未动。对比老师演示的实验，下列四个选项中，导致套环未动的原因可能是（ ）



- A. 线圈接在了直流电源上
 B. 电源电压过高
 C. 所选线圈的匝数过多
 D. 所用套环的材料与老师的不同
7. 某同学为了验证断电自感现象，自己找来带铁芯的线圈 L、小灯泡 A、开关 S 和电池组 E，用导线将它们连接成如图所示的电路。检查电路后，闭合开关 S，小灯泡发光；再断开开关 S，小灯泡仅有不显著的延时熄灭现象。虽经多次重复，仍未见老师演示时出现的小灯泡闪亮现象，他冥思苦想找不出原因。你认为最有可能造成小灯泡未闪亮的原因是（ ）

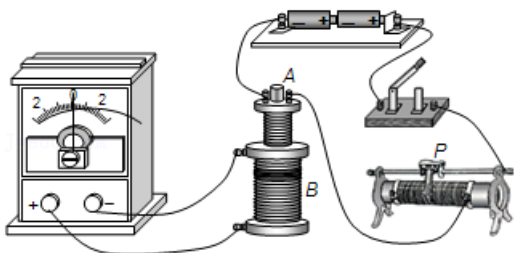


- A. 电源的内阻较大
 B. 小灯泡电阻偏大
 C. 线圈电阻偏大
 D. 线圈的自感系数较大
8. 一个边长为 6cm 的正方形金属线框置于匀强磁场中，线框平面与磁场垂直，电阻为 0.36Ω。磁感应强度 B 随时间 t 的变化关系如图所示，则线框中感应电流的有效值为（ ）

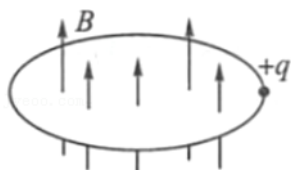


- A. $\sqrt{2} \times 10^{-5} \text{A}$ B. $\sqrt{6} \times 10^{-5} \text{A}$ C. $\frac{\sqrt{2}}{2} \times 10^{-5} \text{A}$ D. $\frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^{-5} \text{A}$

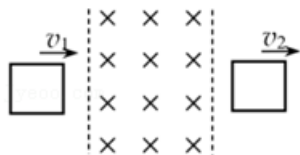
9. 现将电池组、滑动变阻器、带铁芯的线圈 A、线圈 B、电流计及开关如图连接，在开关闭合、线圈 A 放在线圈 B 中的情况下，某同学发现当他将滑动变阻器的滑动端 P 向左加速滑动时，电流计指针向右偏转。由此可以判断 ()



- A. 线圈 A 向上移动或滑动变阻器滑动端 P 向右加速滑动，都能引起电流计指针向左偏转
- B. 线圈 A 中铁芯向上拔出或断开开关，都能引起电流计指针向右偏转
- C. 滑动变阻器的滑动端 P 匀速向左或匀速向右滑动，都能使电流计指针静止在中央
- D. 因为线圈 A、线圈 B 的绕线方向未知，故无法判断电流计指针偏转的方向
10. 英国物理学家麦克斯韦认为，磁场变化时会在空间激发感生电场。如图所示，一个半径为 r 的绝缘细圆环水平放置，环内存在竖直向上的匀强磁场 B ，环上套一带电荷量为 $+q$ 的小球。已知磁感应强度 B 随时间均匀增加，其变化率为 k ，若小球在环上运动一周，则感生电场对小球的作用力所做功的大小是 ()

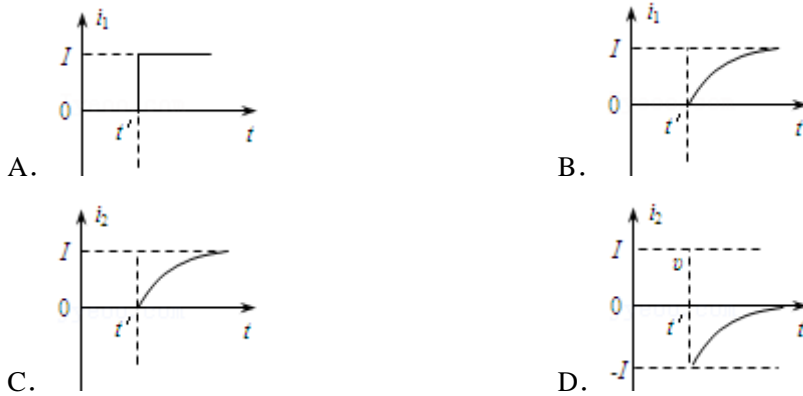
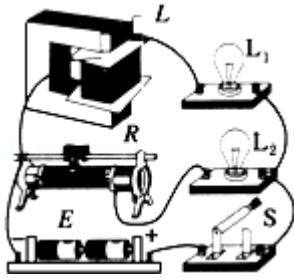


- A. 0
- B. $\frac{1}{2} qkr^2$
- C. $2\pi qkr^2$
- D. πqkr^2
11. 定义“另类加速度” $A = \frac{\Delta v}{\Delta x}$ ， A 不变的运动称为另类匀变速运动。若物体运动的 A 不变，则称物体做另类匀变速运动。如图所示，光滑水平面上一个正方形导线框以垂直于一边的速度穿过一个匀强磁场区域（磁场宽度大于线框边长）。导线框电阻不可忽略，但自感可以忽略不计。已知导线框进入磁场前速度为 v_1 ，穿出磁场后速度为 v_2 。下列说法中正确的是 ()

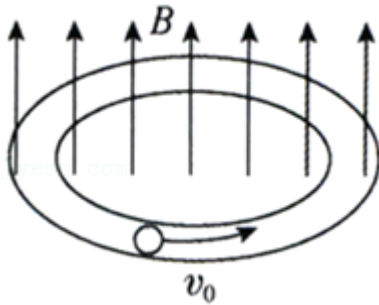


- A. 线框在进入磁场的过程中，做匀变速运动
- B. 线框在进入磁场的过程中，其另类加速度 A 是变化的
- C. 线框完全进入磁场后，在磁场中运动的速度为 $\frac{v_1 + v_2}{2}$
- D. 线框完全进入磁场后，在磁场中运动的速度为 $\sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{2}}$

12. 在如图所示的电路中，两个相同的小灯泡 L_1 和 L_2 ，分别串联一个带铁芯的电感线圈 L 和一个滑动变阻器 R 。闭合开关 S 后，调整 R ，使 L_1 和 L_2 发光的亮度一样，此时流过两个灯泡的电流均为 I 。然后，断开 S 。若 t' 时刻再闭合 S ，则在 t' 前后的一小段时间内，正确反映流过 L_1 的电流 i_1 、流过 L_2 的电流 i_2 随时间 t 变化的图象是（ ）



13. 如图所示，内壁光滑、水平放置的玻璃圆环内，有一直径略小于环口径的带正电的小球，以速率 v_0 沿逆时针方向匀速转动。若在此空间突然加上方向竖直向上、磁感应强度 B 随时间成正比增加的变化磁场，设运动过程中小球带电量不变，那么（ ）



- A. 小球对玻璃环的压力一定不断增大
- B. 小球受到的磁场力一定不断增大
- C. 小球先沿逆时针方向减速运动，过一段时间后沿顺时针方向加速运动
- D. 由于涡旋电场力对小球做正功，小球的动能一直在增大

14. 如图 1 所示，水平地面上有一边长为 L 的正方形 $ABCD$ 区域，其下方埋有与地面平行的金属管线。为探测地下金属管线的位置、走向和埋覆深度，先让金属管线载有电流，然后用闭合的试探小线圈 P 在地面探测。如图 2 所示，将暴露于地面的金属管接头接到电源的一端，将接地棒接到电源的另一端，这样金属管线中就有沿管线方向的电流。使线圈 P 在直线 AC 上的不同位置保持静止(线圈平面与地面平行)，线圈中没有感应电流。将线圈 P 静置于 B 处，当线圈平面与地面平行时，线圈中有感应电流；当线圈平面与射线 BD 成 45° 角时，线圈中感应电流消失。由上述现象可以推测 ()

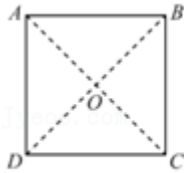


图1

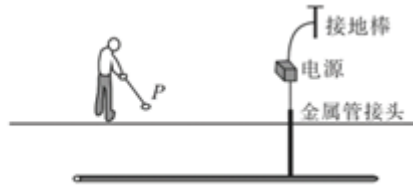
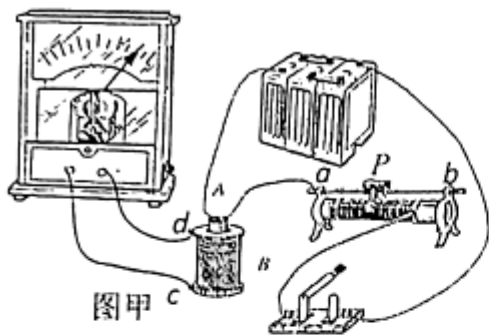


图2

- A. 金属管线中的电流大小和方向都不变
- B. 金属管线沿 AC 走向，埋覆深度为 $\frac{\sqrt{2}}{2}L$
- C. 金属管线沿 BD 走向，埋覆深度为 $\frac{\sqrt{2}}{2}L$
- D. 若线圈 P 在 D 处，当它与地面的夹角为 45° 时， P 中一定没有感应电流

15. 在“研究感应电流产生的条件和影响方向因素”的实验中。



图甲

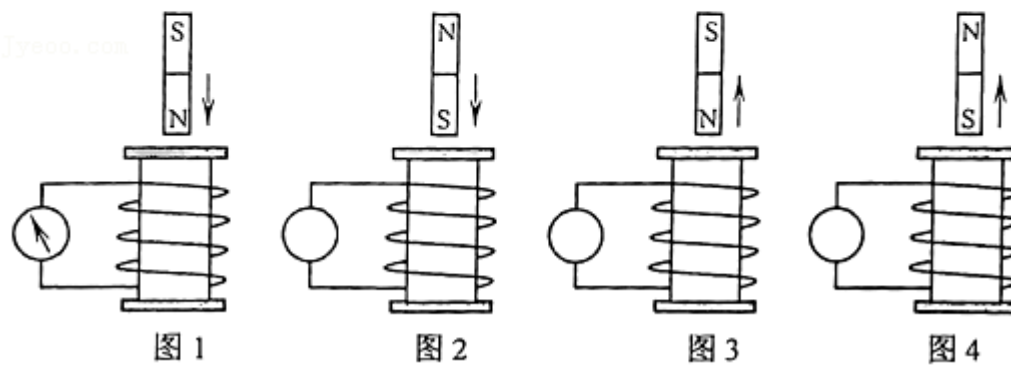


图 1

图 2

图 3

图 4

图乙

(1) 有一组同学如图甲所示连接电路，关于实验操作，以下说法正确的是_____。

- A. 在实验前必须要查明电流表指针偏转方向和电流方向的关系
- B. 在实验前必须要查明线圈 A、B 的绕法
- C. 线圈 B 的 d 接线柱必须与电表的正线柱相连
- D. 在电键闭合前，滑动变阻器滑动片 P 应置于 b 端

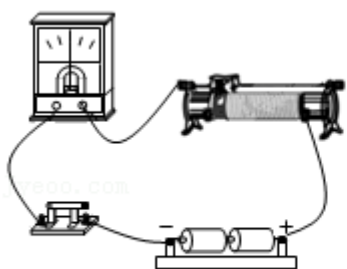
(2) 另一组同学用灵敏电流计和线圈组成闭合回路，通过“插入”和“拔出”磁铁，使线圈中产生感应电流，记录实验过程中的相关信息，就可以分析得出感应电流方向遵循的规律。图乙为某同学的部分实验记录，在图 1 中，电流计指针向左偏转以下说法正确的是_____。

- A. 在图 2 所示实验过程中，电流计指针应该向左偏转
- B. 在图 3 所示实验过程中，电流计指针应该向左偏转
- C. 这组实验可以说明，感应电流的磁场方向与线圈的绕向有关
- D. 这组实验可以说明，感应电流的磁场方向与磁铁的磁场方向有关
- E. 这组实验可以说明，感应电流的磁场方向与磁铁进入线圈的快慢有关

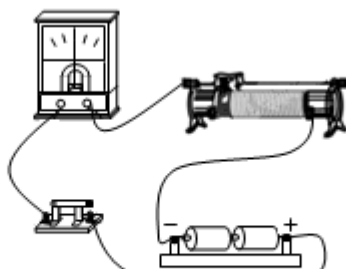
16. 某小组的同学做“探究影响感应电流方向的因素”实验。

(1) 首先按图甲(1)所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向右偏转；再按图甲(2)所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向左偏转。进行上述实验的目的是 _____。

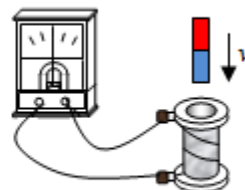
- A. 检查电流计测量电路的电流是否准确
- B. 检查干电池是否为新电池
- C. 推断电流计指针偏转方向与电流方向的关系



图甲(1)



图甲(2)



图乙

(2) 接下来用图乙所示的装置做实验，图中螺线管上的粗线标示的是导线的绕行方向。某次实验中在条形磁铁插入螺线管的过程中，观察到电流计指针向右偏转，说明螺线管中的电流方向（从上往下看）是沿 _____（选填“顺时针”或“逆时针”）方向。

(3) 表是该小组的同学设计的记录表格的一部分，表中完成了实验现象的记录，还有一项需要推断的实验结果未完成，请帮助该小组的同学完成（选填“垂直纸面向外”或“垂直纸面向里”）。

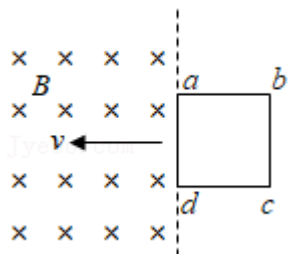
实验记录表（部分）

| 操作 | N 极朝下插入螺线管 |
|----------------------------------|------------|
| 从上往下看的平面图（ B_0 表示原磁场，即磁铁产生的磁场） | |
| 原磁场通过螺线管磁通量的增减 | 增加 |
| 感应电流的方向 | 沿逆时针方向 |
| 感应电流的磁场 B' 的方向 | _____ |

(4) 该小组同学通过实验探究，对楞次定律有了比较深刻的认识。结合以上实验，有同学认为，理解楞次定律，关键在于抓住 _____（选填“ B_0 ”或“ B' ”）总是要阻碍 _____（选填“ B_0 ”或“ B' ”）磁通量的变化。

17. 如图所示，垂直于纸面的匀强磁场磁感应强度为 B 。纸面内有一正方形均匀金属线框 $abcd$ ，其边长为 L ，总电阻为 R ， ad 边与磁场边界平行。从 ad 边刚进入磁场直至 bc 边刚要进入的过程中，线框在向左的拉力作用下以速度 v 匀速运动，求：

- (1) 感应电动势的大小 E ;
- (2) 拉力做功的功率 P ;
- (3) ab 边产生的焦耳热 Q 。



18. 用密度为 d 、电阻率为 ρ 、横截面积为 A 的薄金属条制成边长为 L 的闭合正方形框 $abb'a'$ 。如图所示，金属方框水平放在磁极的狭缝间，方框平面与磁场方向平行。设匀强磁场仅存在于相对磁极之间，其他地方的磁场忽略不计。可认为方框的 aa' 边和 bb' 边都处在磁极间，极间磁感应强度大小为 B 。方框从静止开始释放，其平面在下落过程中保持水平（不计空气阻力）。

- (1) 求方框下落的最大速度 v_m （设磁场区域在竖直方向足够长）；
- (2) 当方框下落的加速度为 $\frac{g}{2}$ 时，求方框的发热功率 P ；
- (3) 已知方框下落的时间为 t 时，下落的高度为 h ，其速度为 v_t ($v_t < v_m$)。若在同一时间 t 内，方框内产生的热与一恒定电流 I_0 在该框内产生的热相同，求恒定电流 I_0 的表达式。

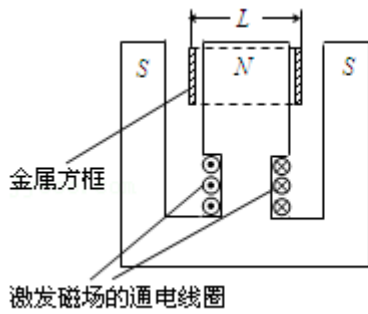


图 1 装置纵截面示意图

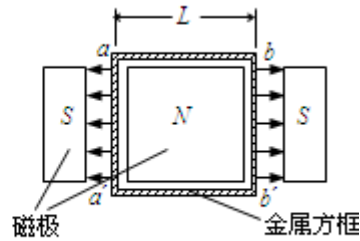
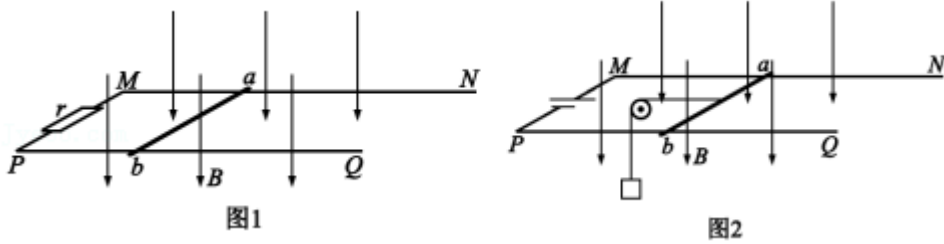


图 2 装置俯视图示意图

19. 发电机和电动机具有装置上的类似性，源于它们机理上的类似性。直流发电机和直流电动机的工作原理可以简化为如图 1、图 2 所示的情景。

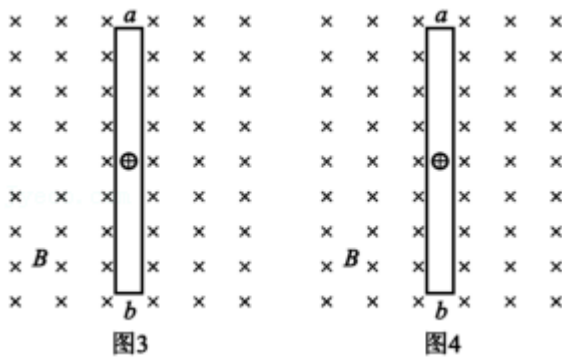


在竖直向下的磁感应强度为 B 的匀强磁场中，两根光滑平行金属轨道 MN 、 PQ 固定在水平面内，相距为 L ，电阻不计。电阻为 R 的金属导体棒 ab 垂直于 MN 、 PQ 放在轨道上，与轨道接触良好，以速度 v (v 平行于 MN) 向右做匀速运动。

图 1 轨道端点 MP 间接有阻值为 r 的电阻，导体棒 ab 受到水平向右的外力作用。图 2 轨道端点 MP 间接有直流电源，导体棒 ab 通过滑轮匀速提升重物，电路中的电流为 I 。

- (1) 求在 Δt 时间内，图 1 “发电机” 产生的电能和图 2 “电动机” 输出的机械能。
- (2) 从微观角度看，导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力在上述能量转化中起着重要作用。为了方便，可认为导体棒中的自由电荷为正电荷。

- a. 请在图 3 (图 1 的导体棒 ab)、图 4 (图 2 的导体棒 ab) 中，分别画出自由电荷所受洛伦兹力的示意图。
- b. 我们知道，洛伦兹力对运动电荷不做功。那么，导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力是如何在能量转化过程中起到作用的呢？请以图 2 “电动机” 为例，通过计算分析说明。



20. 某试验列车按照设定的直线运动模式，利用计算机控制制动装置，实现安全准确地进站停车。制动装置包括电气制动和机械制动两部分。图 1 所示为该列车在进站停车过程中设定的加速度大小 $a_{\text{车}}$ 随速度 v 的变化曲线。

(1) 求列车速度从 20m/s 降至 3m/s 经过的时间 t 及行进的距离 x 。

(2) 有关列车电气制动，可以借助图 2 模型来理解。图中水平平行金属导轨处于竖直方向的匀强磁场中，回路中的电阻阻值为 R ，不计金属棒 MN 及导轨的电阻。 MN 沿导轨向右运动的过程，对应列车的电气制动过程，可假设 MN 棒运动的速度与列车的速度、棒的加速度与列车电气制动产生的加速度成正比。列车开始制动时，其速度和电气制动产生的加速度大小对应图 1 中的 P 点。论证电气制动产生的加速度大小随列车速度变化的关系，并在图 1 中画出图线。

(3) 制动过程中，除机械制动和电气制动外，列车还会受到随车速减小而减小的空气阻力。分析说明列车从 100m/s 减到 3m/s 的过程中，在哪个速度附近所需机械制动最强？

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

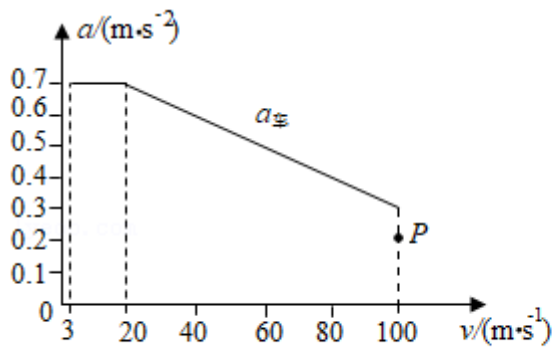


图1

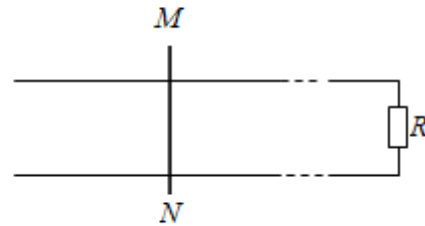


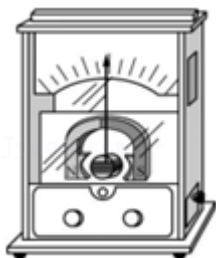
图2

高考物理真题汇编系列--电磁感应--章节检测卷

参考答案与试题解析

一. 试题（共 20 小题）

1. 某同学搬运如图所示的磁电式电流表时，发现表针晃动剧烈且不易停止。按照老师建议，该同学在两接线柱间接一根导线后再次搬运，发现表针晃动明显减弱且能很快停止。下列说法正确的是（ ）



- A. 未接导线时，表针晃动过程中表内线圈不产生感应电动势
 B. 未接导线时，表针晃动剧烈是因为表内线圈受到安培力的作用
 C. 接上导线后，表针晃动过程中表内线圈不产生感应电动势
 D. 接上导线后，表针晃动减弱是因为表内线圈受到安培力的作用

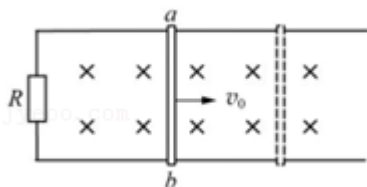
【解答】解：A、未接导线时，表针晃动过程中表内线圈要切割磁感线，会产生感应电动势，故 A 错误；

B、未接导线时，表针晃动过程中表内线圈产生感应电动势，由于电路未闭合，则线圈没有感应电流，线圈不受安培力的作用，故 B 错误；

CD、接上导线后形成闭合回路，表针晃动过程中表内线圈产生感应电流，线圈会受到安培力作用阻碍线圈的转动，表针晃动减弱，故 C 错误，D 正确。

故选：D。

2. 如图所示，在竖直向下的匀强磁场中，水平 U 形导体框左端连接一阻值为 R 的电阻，质量为 m、电阻为 r 的导体棒 ab 置于导体框上。不计导体框的电阻、导体棒与框间的摩擦。ab 以水平向右的初速度 v_0 开始运动，最终停在导体框上。在此过程中（ ）



- A. 导体棒做匀减速直线运动
 B. 导体棒中感应电流的方向为 a→b
 C. 电阻 R 消耗的总电能为 $\frac{mv_0^2 R}{2(R+r)}$
 D. 导体棒克服安培力做的总功小于 $\frac{1}{2}mv_0^2$

【解答】解：A、设磁感应强度为 B ，导轨的宽度为 L ，当速度为 v 时的安培力为 $F_A = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R+r}$ ，根据牛顿第二定律可得： $F_A = ma$ ，解得： $a = \frac{B^2 L^2 v}{m(R+r)}$ ，当速度减小时加速度减小、导体棒做加速度减小的减速运动，故 A 错误；

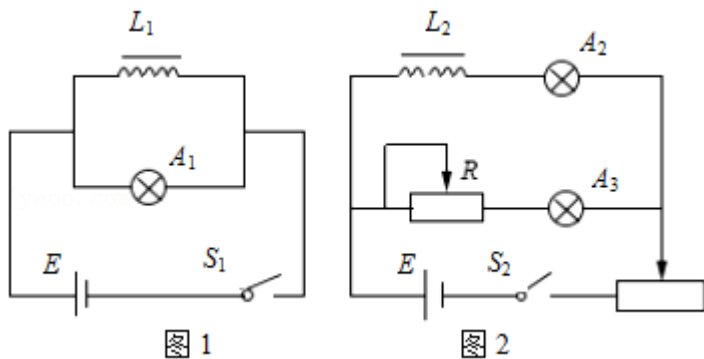
B、根据右手定则可知导体棒中感应电流的方向为 $b \rightarrow a$ ，故 B 错误；

C、整个过程中电路中消耗的总电能为： $E = \frac{1}{2}mv_0^2$ ，根据焦耳定律可得电阻 R 消耗的总电能为 $E_R = \frac{R}{R+r} \cdot E = \frac{mv_0^2 R}{2(R+r)}$ ，故 C 正确；

D、根据动能定理可知导体棒克服安培力做的总功等于 $\frac{1}{2}mv_0^2$ ，故 D 错误。

故选：C。

3. 图 1 和图 2 是教材中演示自感现象的两个电路图， L_1 和 L_2 为电感线圈。实验时，断开开关 S_1 瞬间，灯 A_1 突然闪亮，随后逐渐变暗；闭合开关 S_2 ，灯 A_2 逐渐变亮，而另一个相同的灯 A_3 立即变亮，最终 A_2 与 A_3 的亮度相同。下列说法正确的是（ ）



- A. 图 1 中， A_1 与 L_1 的电阻值相同
- B. 图 1 中，闭合 S_1 ，电路稳定后， A_1 中电流大于 L_1 中电流
- C. 图 2 中，变阻器 R 与 L_2 的电阻值相同
- D. 图 2 中，闭合 S_2 瞬间， L_2 中电流与变阻器 R 中电流相等

【解答】解：A、图 1 中，断开 S_1 的瞬间， A_1 灯闪亮，是因为电路稳定时， A_1 的电流小于 L 的电流，则可知 L 的电阻小于 A_1 的电阻，故 A 错误；

B、图 1 中，闭合 S_1 ，电路稳定后，断开开关 S_1 瞬间，灯 A_1 突然闪亮，说明灯泡中的电流小于线圈中的电流，故 B 错误；

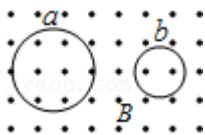
C、图 2 中，因为要观察两只灯泡发光的亮度变化，两个支路的总电阻相同，因两个灯泡电阻相同，所以变阻器 R 与 L_2 的电阻值相同，故 C 正确；

D、图 2 中，闭合 S_2 瞬间， L_2 对电流有阻碍作用，所以 L_2 中电流与变阻器 R 中电流不相等，故 D 错误。

故选：C。

4. 如图所示，匀强磁场中有两个导体圆环 a、b，磁场方向与圆环所在平面垂直。磁感应强度 B 随时间均匀增大。两圆环半径之比为 2:1，圆环中产生的感应电动势分别为 E_a 和

E_b ，不考虑两圆环间的相互影响。下列说法正确的是（ ）



- A. $E_a: E_b=4: 1$ ，感应电流均沿逆时针方向
- B. $E_a: E_b=4: 1$ ，感应电流均沿顺时针方向
- C. $E_a: E_b=2: 1$ ，感应电流均沿逆时针方向
- D. $E_a: E_b=2: 1$ ，感应电流均沿顺时针方向

【解答】解：根据法拉第电磁感应定律 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t}S$ ，题中 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ 相同，

a 圆环中产生的感应电动势分别为 $E_a = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t}S = \frac{\Delta B}{\Delta t}\pi r_a^2$ ，

b 圆环中产生的感应电动势分别为 $E_b = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t}S = \frac{\Delta B}{\Delta t}\pi r_b^2$ ，

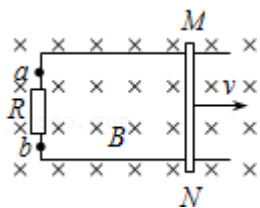
由于 $r_a: r_b=2: 1$ ，

所以 $\frac{E_a}{E_b} = \frac{r_a^2}{r_b^2} = \frac{4}{1}$ ，

由于磁场向外，磁感应强度 B 随时间均匀增大，根据楞次定律可知，感应电流均沿顺时针方向，故 B 正确，ACD 错误；

故选：B。

5. 如图所示，在磁感应强度为 B ，方向垂直纸面向里的匀强磁场中，金属杆 MN 在平行金属导轨上以速度 v 向右匀速滑动， MN 中产生的感应电动势为 E_1 ；若磁感应强度增为 $2B$ ，其他条件不变， MN 中产生的感应电动势变为 E_2 ，则通过电阻 R 的电流方向及 E_1 与 E_2 之比 $E_1: E_2$ 分别为（ ）



- A. $b \rightarrow a$ ， $2: 1$
- B. $a \rightarrow b$ ， $2: 1$
- C. $a \rightarrow b$ ， $1: 2$
- D. $b \rightarrow a$ ， $1: 2$

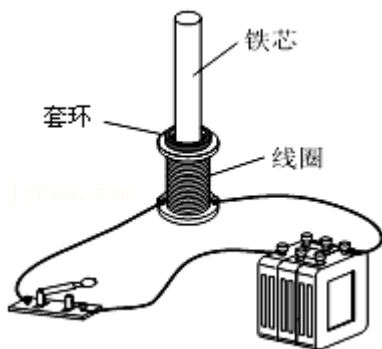
【解答】解：由右手定则判断可知， MN 中产生的感应电流方向为 $N \rightarrow M$ ，则通过电阻 R 的电流方向为 $a \rightarrow b$ 。

MN 产生的感应电动势公式为 $E = BLv$ ，其他条件不变， E 与 B 成正比，则得 $E_1: E_2 = 1: 2$

故选：C。

6. 物理课上，老师做了一个奇妙的“跳环实验”。如图所示，她把一个带铁芯的线圈、开关和电源用导线连接起来后，将一金属套环置于线圈上，且使铁芯穿过套环。闭合开关的瞬间，套环立刻跳起。某同学另找来器材再探究此实验。他连接好电路，经重复试验，

线圈上的套环均未动。对比老师演示的实验，下列四个选项中，导致套环未动的原因可能是（ ）



- A. 线圈接在了直流电源上
- B. 电源电压过高
- C. 所选线圈的匝数过多
- D. 所用套环的材料与老师的不同

【解答】解：A、线圈接在直流电源上，闭合开关的瞬间，穿过套环的磁通量仍然会改变，套环中会产生感应电流，会跳动。故 A 错误。

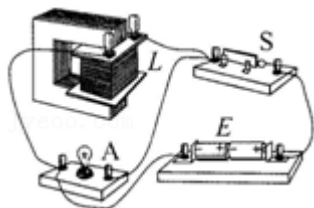
B、电源电压过高，在套环中产生的感应电流更大，更容易跳起。故 B 错误。

C、线圈匝数过多，在套环中产生的感应电流越大，套环更容易跳起。故 C 错误。

D、所用的套环材料不同，可能不产生感应电流，则不会受到安培力，不会跳起。故 D 正确。

故选：D。

7. 某同学为了验证断电自感现象，自己找来带铁芯的线圈 L、小灯泡 A、开关 S 和电池组 E，用导线将它们连接成如图所示的电路。检查电路后，闭合开关 S，小灯泡发光；再断开开关 S，小灯泡仅有不显著的延时熄灭现象。虽经多次重复，仍未见老师演示时出现的小灯泡闪亮现象，他冥思苦想找不出原因。你认为最有可能造成小灯泡未闪亮的原因是（ ）



- A. 电源的内阻较大
- B. 小灯泡电阻偏大
- C. 线圈电阻偏大
- D. 线圈的自感系数较大

【解答】解：A、开关断开时，灯泡能否发生闪亮，取决于灯泡的电流有没有增大，与电源的内阻无关。故 A 错误。

B、若小灯泡电阻偏大，稳定时流过灯泡的电流小于线圈的电流，断开开关时，根据楞次定律，流过灯泡的电流从线圈原来的电流逐渐减小，灯泡将发生闪亮现象。故 B 错

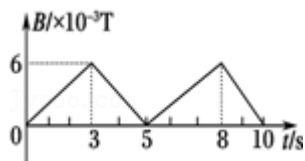
误。

C、线圈电阻偏大，稳定时流过灯泡的电流大于线圈的电流，断开开关时，根据楞次定律，流过灯泡的电流从线圈原来的电流逐渐减小，灯泡不发生闪亮现象。故 C 正确。

D、线圈的自感系数较大，产生的自感电动势较大，但不能改变稳定时灯泡和线圈中电流的大小。故 D 错误。

故选：C。

8. 一个边长为 6cm 的正方形金属线框置于匀强磁场中，线框平面与磁场垂直，电阻为 0.36Ω。磁感应强度 B 随时间 t 的变化关系如图所示，则线框中感应电流的有效值为()



- A. $\sqrt{2} \times 10^{-5} \text{A}$ B. $\sqrt{6} \times 10^{-5} \text{A}$ C. $\frac{\sqrt{2}}{2} \times 10^{-5} \text{A}$ D. $\frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^{-5} \text{A}$

【解答】解：由图可知，磁场是周期性变化的，因此产生电压也是周期性变化的。法拉

第电磁感应定律 $E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = s \frac{\Delta B}{\Delta t}$ 有：

$$0 \sim 3 \text{ 秒产生电压为：} U_1 = 0.06 \times 0.06 \times \frac{6 \times 10^{-3}}{3} = 7.2 \times 10^{-6} \text{ V}$$

$$3 \sim 5 \text{ 秒产生电压为：} U_2 = 0.06 \times 0.06 \times \frac{6 \times 10^{-3}}{2} = 1.08 \times 10^{-5} \text{ V}$$

由图可知，磁场的变化周期为 5s，所以产生的感应电流周期也为 5s，前 3s 电流为： $I_1 = \frac{U_1}{R}$ ，

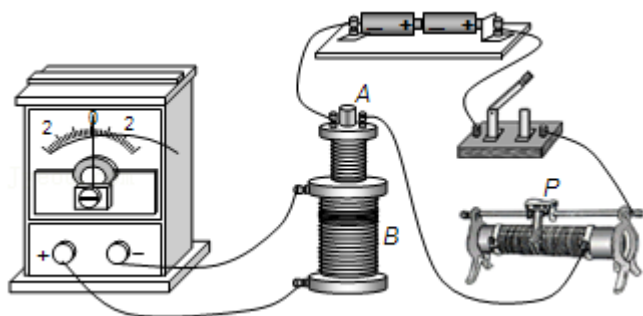
后 2s 电流为： $I_2 = \frac{U_2}{R}$

设电流的有效值为 I，根据电流的热效应在一个周期内，有： $I^2 RT = I_1^2 R t_1 + I_2^2 R t_2$ ，其中 $T=5\text{s}$ ， $t_1=3\text{s}$ ， $t_2=2\text{s}$ ，

所以解得： $I = \sqrt{6} \times 10^{-5} \text{A}$ ，故 ACD 错误，B 正确。

故选：B。

9. 现将电池组、滑动变阻器、带铁芯的线圈 A、线圈 B、电流计及开关如图连接，在开关闭合、线圈 A 放在线圈 B 中的情况下，某同学发现当他将滑动变阻器的滑动端 P 向左加速滑动时，电流计指针向右偏转。由此可以判断 ()



- A. 线圈 A 向上移动或滑动变阻器滑动端 P 向右加速滑动，都能引起电流计指针向左偏

转

- B. 线圈 A 中铁芯向上拔出或断开开关，都能引起电流计指针向右偏转
- C. 滑动变阻器的滑动端 P 匀速向左或匀速向右滑动，都能使电流计指针静止在中央
- D. 因为线圈 A、线圈 B 的绕线方向未知，故无法判断电流计指针偏转的方向

【解答】解：由题意可知当 P 向左加速滑动时，线圈 A 中的电流应越来越小，则其磁场减小，此时线圈 B 中产生了电流使指针向右偏转；故可知当 B 中的磁通量减小时，电流表指向右偏；

A、A 向上移动时 B 中磁通量减小，指针向右偏转，而滑动变阻器滑动端 P 向右加速滑动时，B 中磁通量增大，故指针应向左偏转，故 A 错误；

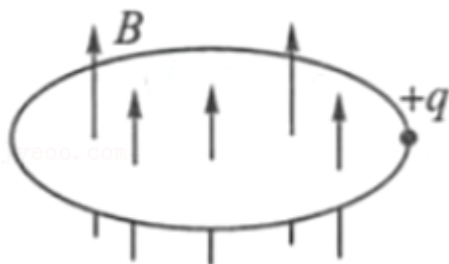
B、当铁芯拔出或断开开关时，A 中磁场减小，故 B 中磁通量减小，指针向右偏转，故 B 正确；

C、滑片匀速运动时，A 中也会产生变化的磁场，故 B 中同样会产生感应电流，故指针不会静止，故 C 错误；

D、由以上分析可知，D 错误；

故选：B。

10. 英国物理学家麦克斯韦认为，磁场变化时会在空间激发感生电场。如图所示，一个半径为 r 的绝缘细圆环水平放置，环内存在竖直向上的匀强磁场 B ，环上套一带电荷量为 $+q$ 的小球。已知磁感应强度 B 随时间均匀增加，其变化率为 k ，若小球在环上运动一周，则感生电场对小球的作用力所做功的大小是（ ）



- A. 0
- B. $\frac{1}{2} qkr^2$
- C. $2\pi qkr^2$
- D. πqkr^2

【解答】解：产生的感生电动势为： $U = \frac{\Delta B}{\Delta t} \pi r^2 = \pi k r^2$

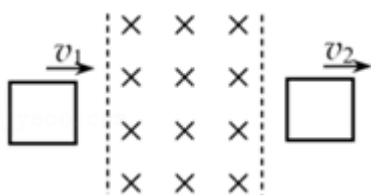
所以感生电场的电场强度为： $E = \frac{U}{2\pi r} = \frac{kr}{2}$

则小球受到的电场力为： $F = qE = \frac{kqr}{2}$ ，因电场力方向一直沿小球的运动的切线方向，故电场力做功 $W = F \cdot 2\pi r = \pi qkr^2$ ，故 D 正确，ABC 错误。

故选：D。

11. 定义“另类加速度” $A = \frac{\Delta v}{\Delta x}$ ，A 不变的运动称为另类匀变速运动。若物体运动的 A 不

变，则称物体做另类匀变速运动。如图所示，光滑水平面上一个正方形导线框以垂直于一边的速度穿过一个匀强磁场区域（磁场宽度大于线框边长）。导线框电阻不可忽略，但自感可以忽略不计。已知导线框进入磁场前速度为 v_1 ，穿出磁场后速度为 v_2 。下列说法中正确的是（ ）



- A. 线框在进入磁场的过程中，做匀变速运动
 B. 线框在进入磁场的过程中，其另类加速度 A 是变化的
 C. 线框完全进入磁场后，在磁场中运动的速度为 $\frac{v_1+v_2}{2}$
 D. 线框完全进入磁场后，在磁场中运动的速度为 $\sqrt{\frac{v_1^2+v_2^2}{2}}$

【解答】解：A、线框在进入磁场的过程中，受到向左的安培力而做减速运动，线框受到的

的安培力大小 $F=BIL=\frac{B^2L^2v}{R}$ ，可知，随着速度减小，线框受到的安培力减小，加速度减小，所以线框在进入磁场的过程中，做加速度逐渐减小的变减速直线运动，故 A 错误；

B、线框在进入磁场的过程中，取向右为正方向，根据动量定理得： $-B\bar{I}L\Delta t=m\Delta v$ ，

其中 $\bar{I}\Delta t=\frac{\bar{E}\Delta t}{R}=\frac{BL\bar{v}\Delta t}{R}=\frac{BL\Delta x}{R}$ ，联立可得 $\frac{\Delta v}{\Delta x}=-\frac{B^2L^2}{mR}$ ，根据题意可知 $A=\frac{\Delta v}{\Delta x}=-\frac{B^2L^2}{mR}$ ，保持不变，故 B 错误；

CD、设线框完全进入磁场后，在磁场中运动的速度为 v 。线框在进入磁场的过程中，取

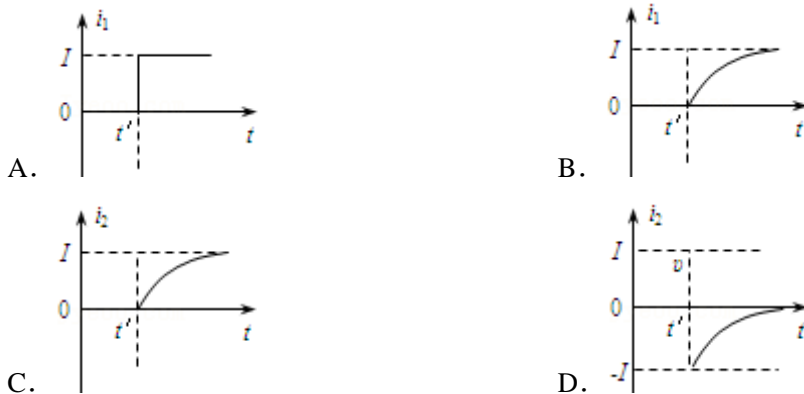
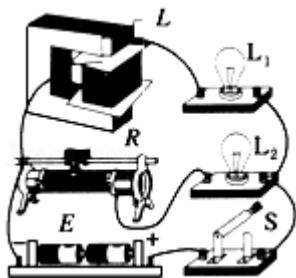
向右为正方向，根据动量定理得： $-B\bar{I}L\Delta t=mv-mv_1$ ，其中 $\bar{I}\Delta t=\frac{\bar{E}\Delta t}{R}=\frac{BL\bar{v}\Delta t}{R}=\frac{BL\Delta x}{R}$ ，

联立得： $-\frac{B^2L^3}{R}=mv-mv_1$ ；线框穿出磁场的过程中，同理可得：

$-\frac{B^2L^3}{R}=mv_2-mv$ ，联立解得 $v=\frac{v_1+v_2}{2}$ ，故 C 正确，D 错误。

故选：C。

12. 在如图所示的电路中，两个相同的小灯泡 L_1 和 L_2 ，分别串联一个带铁芯的电感线圈 L 和一个滑动变阻器 R 。闭合开关 S 后，调整 R ，使 L_1 和 L_2 发光的亮度一样，此时流过两个灯泡的电流均为 I 。然后，断开 S 。若 t' 时刻再闭合 S ，则在 t' 前后的一小段时间内，正确反映流过 L_1 的电流 I_1 、流过 L_2 的电流 I_2 随时间 t 变化的图象是（ ）



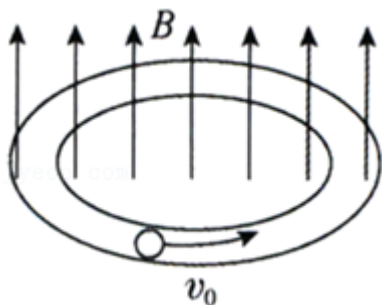
【解答】解：

A、B、由于小灯泡 L_1 与电感线圈串联，断开 S 后再闭合，流过 L_1 的电流从无到有（即增大），电感线圈对电流有阻碍作用，所以流过灯泡 L_1 的电流从 0 开始逐渐增大，最终达到 I 。故 A 错误，B 正确。

C、D、由于小灯泡 L_2 与滑动变阻器串联，断开 S 后再闭合，立即有电流通过 L_2 ，当 L_1 电流逐渐增大时，流过 L_2 的电流逐渐减小，最终减到 I ，若电源不考虑内阻，则灯泡 L_2 的电流，从闭合开始一直没有变。故 C、D 错误。

故选：B。

13. 如图所示，内壁光滑、水平放置的玻璃圆环内，有一直径略小于环口径的带正电的小球，以速率 v_0 沿逆时针方向匀速转动。若在此空间突然加上方向竖直向上、磁感应强度 B 随时间成正比增加的变化磁场，设运动过程中小球带电量不变，那么（ ）



- A. 小球对玻璃环的压力一定不断增大
- B. 小球受到的磁场力一定不断增大
- C. 小球先沿逆时针方向减速运动，过一段时间后沿顺时针方向加速运动
- D. 由于涡旋电场力对小球做正功，小球的动能一直在增大

【解答】解：AC、磁感应强度竖直向上，磁感应强度 B 随时间成正比增加，由楞次定律

可知，变化的磁场产生的感生电场沿顺时针方向；小球带正电，小球所受电场力沿顺时针方向，与小球的运动方向相反，小球做减速运动，当小球速度减小到零后，小球反向运动，即沿顺时针方向加速运动，速度不断增加；小球在水平面内做圆周运动，环对小球的弹力提供向心力，小球速度先减小后增大，小球所需向心力先减小后增大，环的弹力先减小后增大，小球对环的压力先减小后增大，故 A 错误，C 正确；

B、由于小球的速度先减小后增大，由洛伦兹力公式 $f=qvB$ 可知，小球受到的磁场力先减小后增大，故 B 错误；

D、由 A 的分析可知，涡旋电场力对小球先做负功，后做正功，小球的动能先减小后增大，故 D 错误；

故选：C。

14. 如图 1 所示，水平地面上有一边长为 L 的正方形 $ABCD$ 区域，其下方埋有与地面平行的金属管线。为探测地下金属管线的位置、走向和埋覆深度，先让金属管线载有电流，然后用闭合的试探小线圈 P 在地面探测。如图 2 所示，将暴露于地面的金属管接头接到电源的一端，将接地棒接到电源的另一端，这样金属管线中就有沿管线方向的电流。使线圈 P 在直线 AC 上的不同位置保持静止（线圈平面与地面平行），线圈中没有感应电流。将线圈 P 静置于 B 处，当线圈平面与地面平行时，线圈中有感应电流；当线圈平面与射线 BD 成 45° 角时，线圈中感应电流消失。由上述现象可以推测（ ）

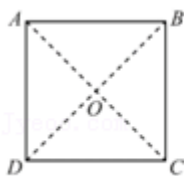


图1

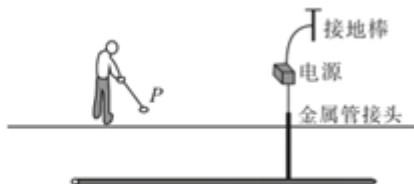


图2

- A. 金属管线中的电流大小和方向都不变
 B. 金属管线沿 AC 走向，埋覆深度为 $\frac{\sqrt{2}}{2}L$
 C. 金属管线沿 BD 走向，埋覆深度为 $\frac{\sqrt{2}}{2}L$
 D. 若线圈 P 在 D 处，当它与地面的夹角为 45° 时， P 中一定没有感应电流

【解答】解：A、由题意可知，当线圈静止时存在感应电流，则说明线圈产生的磁场为变化的，故电流一定是变化的，故 A 错误；

BC、由题意可知，使线圈 P 在直线 AC 上的不同位置保持静止（线圈平面与地面平行），线圈中没有感应电流。将线圈 P 静置于 B 处，当线圈平面与地面平行时，线圈中有感应电流，当线圈平面与射线 BD 成 45° 角时，线圈中感应电流消失。根据感应电流产生的条件可知，放在 AC 上表面是磁场与线圈平行，而放在 B 点时磁场与地面成 45° 角，故说明电流一定沿 AC 方向，线圈平面与射线 BD 成 45° 角时，线圈中感应电流消失说明

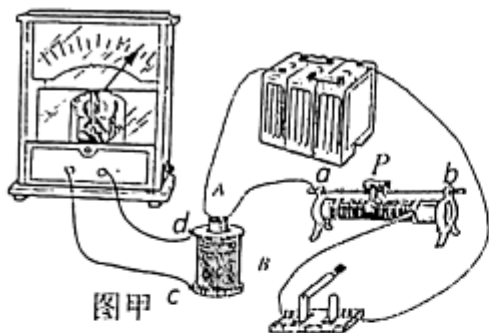
B 点的磁场方向成 45° 角，则由几何关系可知，埋覆深度为与 OB 长度相等，故深度为 $\frac{\sqrt{2}}{2}L$ ，

故 B 正确，C 错误；

D、P 在 D 处与地面成 45° 可以与磁场方向相互垂直，则此时磁通量的最大，磁通量的变化率最大，故感应电流可能最大，故 D 错误。

故选：B。

15. 在“研究感应电流产生的条件和影响方向因素”的实验中。



图甲

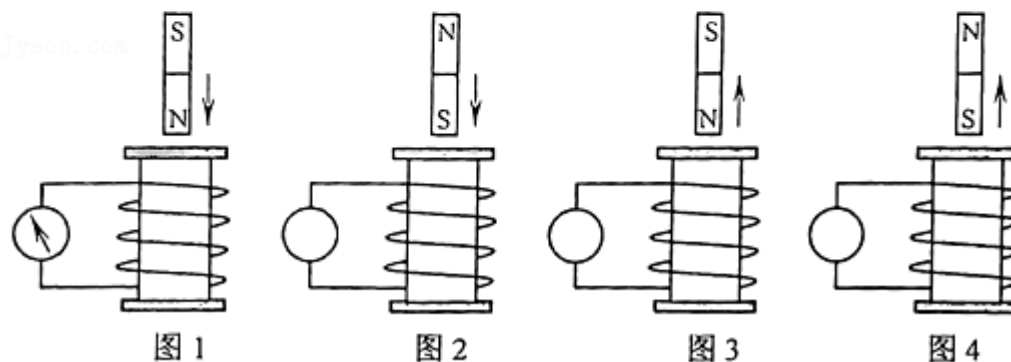


图 1

图 2

图 3

图 4

图乙

(1) 有一组同学如图甲所示连接电路，关于实验操作，以下说法正确的是 AB。

- A. 在实验前必须要查明电流表指针偏转方向和电流方向的关系
- B. 在实验前必须要查明线圈 A、B 的绕法
- C. 线圈 B 的 d 接线柱必须与电表的正线柱相连
- D. 在电键闭合前，滑动变阻器滑动片 P 应置于 b 端

(2) 另一组同学用灵敏电流计和线圈组成闭合回路，通过“插入”和“拔出”磁铁，使线圈中产生感应电流，记录实验过程中的相关信息，就可以分析得出感应电流方向遵循的规律。图乙为某同学的部分实验记录，在图 1 中，电流计指针向左偏转以下说法正确的是 D。

- A. 在图 2 所示实验过程中，电流计指针应该向左偏转
- B. 在图 3 所示实验过程中，电流计指针应该向左偏转
- C. 这组实验可以说明，感应电流的磁场方向与线圈的绕向有关
- D. 这组实验可以说明，感应电流的磁场方向与磁铁的磁场方向有关
- E. 这组实验可以说明，感应电流的磁场方向与磁铁进入线圈的快慢有关

【解答】解：（1）A. 由于研究感应电流产生的条件和影响方向的因素，因此在实验前必须要查明电流表指针偏转方向和电流方向的关系，故 A 正确；

B. 依据楞次定律与安培定则的内容，要搞清感应磁场方向与电流周围磁场方向关系，则要在实验前必须要查明线圈 A、B 的绕法，故 B 正确；

C. 只要将线圈 B 与电表连接成闭合回路即可，故 C 错误；

D. 在电键闭合前，滑动变阻器滑动片 P 应置于 a 端，确保接入电路的电阻最大，从而保护电路，故 D 错误；

故选：AB。

（2）在图 1 中，条形磁铁 N 极向下运动时，根据楞次定律可知，感应电流的磁场的方向向上，由安培定则可知感应电流的方向螺旋向下，此时电流从下向上流过电流表，发现电流表指针向左偏转，可知电流表指针偏转方向与电流方向间的关系：电流从下向上流过电流表，电流表指针向左偏转，那么电流从上向下流过电流表，则电流表指针向右偏转；

A、如图 2 所示，当磁铁的 S 极向下运动时，根据楞次定律可知，感应电流的磁场的方向向下，由安培定则可知感应电流的方向螺旋向上，此时电流从上向下流过电流表，电流计指针应该向右偏转，故 A 错误；

B、在图 3 所示实验过程中，磁铁的 N 极向上运动时，根据楞次定律可知，感应电流的磁场的方向向下，由安培定则可知感应电流的方向螺旋向上，此时电流从上向下流过电流表，电流计指针应该向右偏转，故 B 错误；

CDE、同理可知图 3、4 电流表指针的偏转方向，所以这组实验可以说明，感应电流的磁场方向与磁铁的磁场方向、磁铁运动的方向有关，与线圈的绕向、及磁铁进入线圈的快慢无关，故 CE 错误，D 正确。

故选：（1）AB；（2）D。

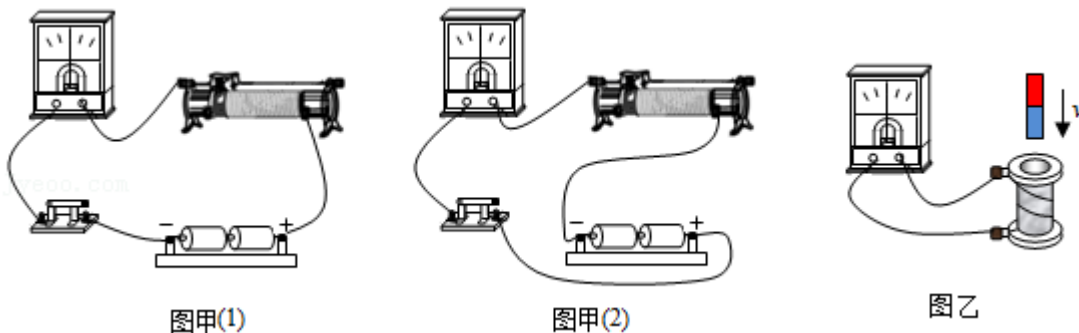
16. 某小组的同学做“探究影响感应电流方向的因素”实验。

（1）首先按图甲（1）所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向右偏转；再按图甲（2）所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向左偏转。进行上述实验的目的是 C。

A. 检查电流计测量电路的电流是否准确

B. 检查干电池是否为新电池

C. 推断电流计指针偏转方向与电流方向的关系



(2) 接下来用图乙所示的装置做实验，图中螺线管上的粗线标示的是导线的绕行方向。某次实验中在条形磁铁插入螺线管的过程中，观察到电流计指针向右偏转，说明螺线管中的电流方向（从上往下看）是沿 顺时针（选填“顺时针”或“逆时针”）方向。

(3) 表是该小组的同学设计的记录表格的一部分，表中完成了实验现象的记录，还有一项需要推断的实验结果未完成，请帮助该小组的同学完成（选填“垂直纸面向外”或“垂直纸面向里”）。

实验记录表（部分）

| 操作 | N 极朝下插入螺线管 |
|----------------------------------|---------------|
| 从上往下看的平面图（ B_0 表示原磁场，即磁铁产生的磁场） | |
| 原磁场通过螺线管磁通量的增减 | 增加 |
| 感应电流的方向 | 沿逆时针方向 |
| 感应电流的磁场 B' 的方向 | <u>垂直纸面向外</u> |

(4) 该小组同学通过实验探究，对楞次定律有了比较深刻的认识。结合以上实验，有同学认为，理解楞次定律，关键在于抓住 B' （选填“ B_0 ”或“ B' ”）总是要阻碍 B_0 （选填“ B_0 ”或“ B' ”）磁通量的变化。

【解答】解：(1) 图甲(1) 闭合开关后，发现电流计指针向右偏转，而此时电流是从“+”接线柱流入电流计的，图甲(2) 闭合开关后，发现电流计指针向左偏转，则说明电流是从 - 接线柱流入电流计的，

A、无法得知电流计测量电路的电流是否准确，故 A 错误；

B、不能检查干电池是否为新电池，故 B 错误；

C、能推断电流计指针偏转方向与电流方向的关系，故 C 正确。

故选：C。

(2) 某次实验中在条形磁铁插入螺线管的过程中，观察到电流计指针向右偏转，说明电流由“+”接线柱流入电流计，螺线管中的电流方向（从上往下看）是沿顺时针方向。

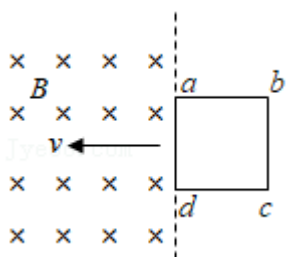
(3) 感应电流沿逆时针方向，应用安培定则可知，感应电流磁场方向垂直于纸面向外。

(4) 由表中实验结合可知：当线圈中原磁场的磁通量增加时，感应电流产生的磁场方向与原磁场的方向相反，因此在理解楞次定律，关键在于抓住 B' 总是要阻碍 B₀ 磁通量的变化。

故答案为：(1) C；(2) 顺时针；(3) 垂直纸面向外；(4) B', B₀。

17. 如图所示，垂直于纸面的匀强磁场磁感应强度为 B。纸面内有一正方形均匀金属线框 abcd，其边长为 L，总电阻为 R，ad 边与磁场边界平行。从 ad 边刚进入磁场直至 bc 边刚要进入的过程中，线框在向左的拉力作用下以速度 v 匀速运动，求：

- (1) 感应电动势的大小 E；
- (2) 拉力做功的功率 P；
- (3) ab 边产生的焦耳热 Q。



【解答】解：(1) 根据导体切割磁感应线处的感应电动势计算公式可得： $E = BLv$ ；

(2) 拉力做功功率等于回路中产生的电功率，则 $P = \frac{E^2}{R} = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$ ；

(3) 进入磁场的运动时间 $t = \frac{L}{v}$

产生的总热量 $Q_{\text{总}} = Pt = \frac{B^2 L^3 v}{R}$

ab 边产生的热量 $Q_1 = \frac{1}{4} Q_{\text{总}} = \frac{B^2 L^3 v}{4R}$ 。

答：(1) 感应电动势的大小为 BLv ；

(2) 拉力做功的功率为 $\frac{B^2 L^2 v^2}{R}$ ；

(3) ab 边产生的焦耳热为 $\frac{B^2 L^3 v}{4R}$ 。

18. 用密度为 d 、电阻率为 ρ 、横截面积为 A 的薄金属条制成边长为 L 的闭合正方形框 $abb'a'$ 。如图所示，金属方框水平放在磁极的狭缝间，方框平面与磁场方向平行。设匀强磁场仅存在于相对磁极之间，其他地方的磁场忽略不计。可认为方框的 aa' 边和 bb' 边都处在磁极间，极间磁感应强度大小为 B 。方框从静止开始释放，其平面在下落过程中保持水平（不计空气阻力）。

(1) 求方框下落的最大速度 v_m （设磁场区域在竖直方向足够长）；

(2) 当方框下落的加速度为 $\frac{g}{2}$ 时，求方框的发热功率 P ；

(3) 已知方框下落的时间为 t 时，下落的高度为 h ，其速度为 v_t ($v_t < v_m$)。若在同一时

间 t 内，方框内产生的热与一恒定电流 I_0 在该框内产生的热相同，求恒定电流 I_0 的表达式。

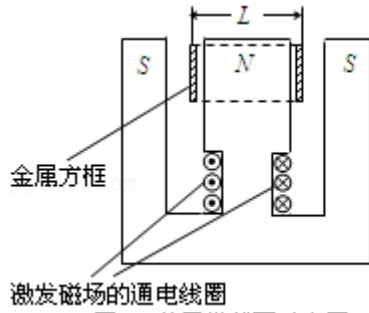


图1 装置纵截面示意图

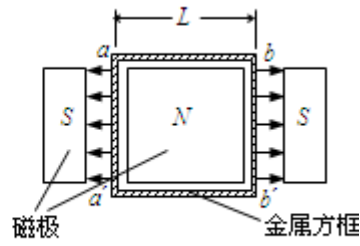


图2 装置俯视图示意图

【解答】解：（1）方框质量 $m=4LAd$

方框电阻 $R = \rho \frac{4L}{A}$

方框下落速度为 v 时，产生的感应电动势 $E=B \cdot 2Lv$

感应电流 $I = \frac{E}{R} = \frac{BAv}{2\rho}$

方框下落过程，受到重力 G 及安培力 F ，

$G=mg=4LAdg$ ，方向竖直向下

安培力 $F = BI \cdot 2L = \frac{B^2AL}{\rho} v$ ，方向竖直向上

当 $F=G$ 时，方框达到最大速度，即 $v=v_m$

则 $\frac{B^2AL}{\rho} v_m = 4LAdg$

方框下落的最大速度 $v_m = \frac{4\rho d}{B^2} g$

（2）方框下落加速度为 $\frac{g}{2}$ 时，根据牛顿第二定律有

$mg - BI \cdot 2L = m \frac{g}{2}$ ，

则 $I = \frac{mg}{4BL} = \frac{Adg}{B}$

方框的发热功率 $P = I^2 R = \frac{4\rho ALd^2 g^2}{B^2}$

（3）根据能量守恒定律，方框重力势能转化动能和电流产生的热量，所以有

$mg h = \frac{1}{2} m v_t^2 + I_0^2 R t$

$I_0 = \sqrt{\frac{m}{Rt} (gh - \frac{1}{2} v_t^2)}$

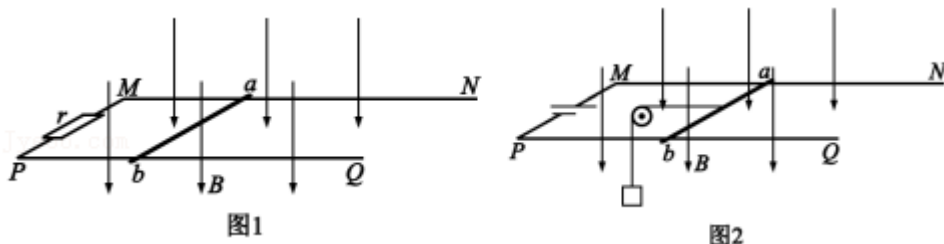
解得：恒定电流 I_0 的表达式 $I_0 = A \sqrt{\frac{d}{\rho t} (gh - \frac{1}{2} v_t^2)}$

答：（1）求方框下落的最大速度为 $\frac{4\rho d}{B^2} g$ ；

（2）方框的发热功率 P 是 $\frac{4\rho ALd^2 g^2}{B^2}$ ；

（3）恒定电流 I_0 的表达式为 $A \sqrt{\frac{d}{\rho t} (gh - \frac{1}{2} v_t^2)}$ 。

19. 发电机和电动机具有装置上的类似性，源于它们机理上的类似性。直流发电机和直流电动机的工作原理可以简化为如图 1、图 2 所示的情景。



在竖直向下的磁感应强度为 B 的匀强磁场中，两根光滑平行金属轨道 MN 、 PQ 固定在水平面内，相距为 L ，电阻不计。电阻为 R 的金属导体棒 ab 垂直于 MN 、 PQ 放在轨道上，与轨道接触良好，以速度 v (v 平行于 MN) 向右做匀速运动。

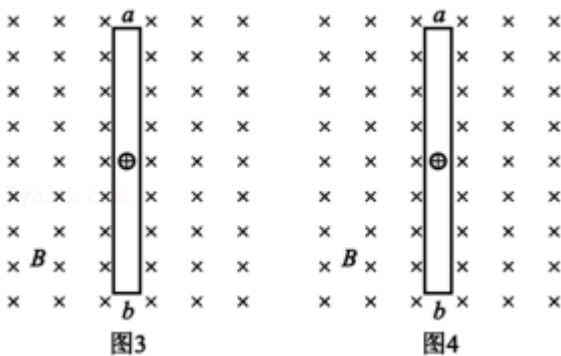
图 1 轨道端点 MP 间接有阻值为 r 的电阻，导体棒 ab 受到水平向右的外力作用。图 2 轨道端点 MP 间接有直流电源，导体棒 ab 通过滑轮匀速提升重物，电路中的电流为 I 。

(1) 求在 Δt 时间内，图 1 “发电机” 产生的电能和图 2 “电动机” 输出的机械能。

(2) 从微观角度看，导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力在上述能量转化中起着重要作用。为了方便，可认为导体棒中的自由电荷为正电荷。

a. 请在图 3 (图 1 的导体棒 ab)、图 4 (图 2 的导体棒 ab) 中，分别画出自由电荷所受洛伦兹力的示意图。

b. 我们知道，洛伦兹力对运动电荷不做功。那么，导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力是如何在能量转化过程中起到作用的呢？请以图 2 “电动机” 为例，通过计算分析说明。



【解答】解：(1) 导体平动切割磁感应线产生的感应电动势为： $E=BLv$ ，

$$\text{感应电流为：} I = \frac{BLv}{R+r},$$

图 1 “发电机” 产生的电能为：

$$E_{\text{电}} = EI\Delta t = \frac{B^2 L^2 v^2 \Delta t}{R+r};$$

图 2 中，电动机输出的机械能等于重物增加的重力势能

$$\Delta E_m = mgv\Delta t$$

$$mg = F_{\text{安}}$$

$$F_{\text{安}} = BIL$$

联立解得： $\Delta E_m = BILv\Delta t$ 。

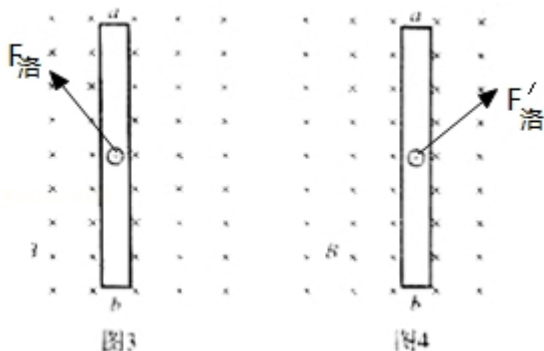
(2)a、图 3 中的导体棒是由于外力作用发生移动，根据右手定则可知电流方向从 b 到 a；图 4 是由于通电使得导体棒中形成电流，所以电流方向由 a 到 b，同时电荷还要匀速向右运动，根据左手定则可知受到的洛伦兹力方向如下图所示：

b、以图 2 “电动机” 为例，所受到的洛伦兹力方向如图 4 所示，导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力在水平向右的方向上对电荷产生向右的作用力，此分力对电荷做正功，即 $W_1 = F'_{洛} x$ ；在沿导体棒方向上洛伦兹力的分力对导体棒做负功，即 $W_2 = -F'_{洛} y$ ，总体情况洛伦兹力还是对运动电荷不做功，但通过洛伦兹力将电能转化为机械能。

答：(1) 在 Δt 时间内，图 1 “发电机” 产生的电能为 $\frac{B^2 L^2 v^2 \Delta t}{R+r}$ ；图 2 “电动机” 输出的机械能为 $BILv\Delta t$ 。

(2) a. 自由电荷所受洛伦兹力的示意图见解析。

b. 图 2 “电动机” 导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力是将电能转化为机械能。



20. 某试验列车按照设定的直线运动模式，利用计算机控制制动装置，实现安全准确地进站停车。制动装置包括电气制动和机械制动两部分。图 1 所示为该列车在进站停车过程中设定的加速度大小 $a_{车}$ 随速度 v 的变化曲线。

(1) 求列车速度从 20m/s 降至 3m/s 经过的时间 t 及行进的距离 x 。

(2) 有关列车电气制动，可以借助图 2 模型来理解。图中水平平行金属导轨处于竖直方向的匀强磁场中，回路中的电阻阻值为 R ，不计金属棒 MN 及导轨的电阻。MN 沿导轨向右运动的过程，对应列车的电气制动过程，可假设 MN 棒运动的速度与列车的速度、棒的加速度与列车电气制动产生的加速度成正比。列车开始制动时，其速度和电气制动产生的加速度大小对应图 1 中的 P 点。论证电气制动产生的加速度大小随列车速度变化的关系，并在图 1 中画出图线。

(3) 制动过程中，除机械制动和电气制动外，列车还会受到随车速减小而减小的空气阻力。分析说明列车从 100m/s 减到 3m/s 的过程中，在哪个速度附近所需机械制动最强？

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

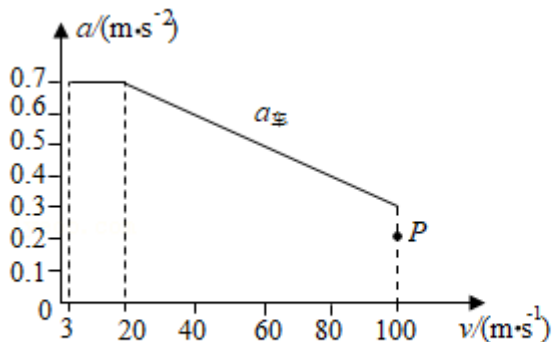


图1

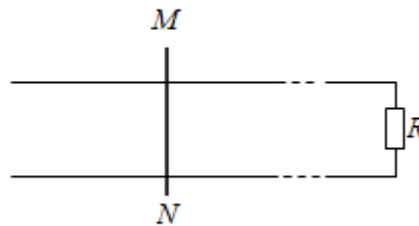


图2

【解答】解：(1)由题图 1 可知，列车速度从 20m/s 降至 3m/s 的过程是加速度为 $a=0.7\text{m/s}^2$ 的匀减速直线运动，

由加速度定义式可得： $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

所以 $t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{20-3}{0.7}\text{s} \approx 24.3\text{s}$;

由速度 - 位移公式 $v^2 - v_0^2 = -2ax$ 得：

$$x = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} = 279.3\text{m};$$

(2) MN 沿导轨向右运动切割磁场线产生感应电动势 $E = BLv$

回路中感应电流 $I = \frac{E}{R}$

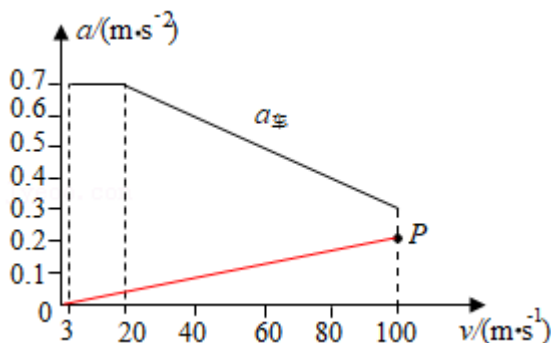
MN 受到的安培力 $F = BIL$

加速度为 $a = \frac{F}{m}$

联立上面几式得 $a = \frac{B^2 L^2 v}{mR}$;

所以棒的加速度与棒的速度为正比例函数。

又因为列车的电气制动过程，可假设 MN 棒运动的速度与列车的速度、棒的加速度与列车电气制动产生的加速度成正比，所以列车电气制动产生的加速度与列车的速度成正比，为过 P 点的正比例函数，画出的图线如下图所示：



(3) 由 (2) 可知，列车速度越小，电气制动的加速度越小。由题设可知列车还会受到随车速减小而减小的空气阻力，所以电气制动和空气阻力产生的加速度都随速度的减小而减小。

由图 1 可知,列车速度从 100m/s 降至 3m/s 的过程中加速度大小 $a_{\text{电}}$ 随速度 v 减小而增大, 20m/s 以后不变, 所以列车速度从 100m/s 降至 3m/s 的过程中所需的机械制动逐渐变强, 所以列车速度为 3m/s 附近所需机械制动最强。

答: (1) 列车速度从 20m/s 降至 3m/s 经过的时间为 24.3s, 行进的距离为 279.3m;

(2) 电气制动产生的加速度大小随列车速度变化的关系为 $a = \frac{B^2 L^2 v}{mR}$, 图象见解析;

(3) 列车从 100m/s 减到 3m/s 的过程中, 在速度为 3m/s 附近所需机械制动最强。