

专题 11 电磁感应

5年考情·探规律

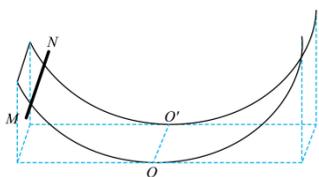
考点	五年考情 (2020-2024)	命题趋势	备考策略
考点 1 楞次定律 (5 年 1 考)	2024 · 山东卷 · T11	本章主要考查楞次定律, 电动势的计算, 电磁感应与电路的综合、与能量的综合, 以及电磁感应中动力学问题. 考查方向上更倾向于电磁感应与电路、能量综合问题. 解题方法上以等效法、程序法、函数法、图象法为主. 多以电路的等效考查模型建构的素养; 以原理的应用考查科学推理和科学论证的素养, 同时体现考生严谨的科学态度和一丝不苟、实事求是的社会责任感; 以对研究对象受力和运动的分析及能量的转化与守恒, 考查运动与相互作用观念和能量观念. 多以选择题和计算题的形式考查, 难度中等. 2023 年对本章的考查, 从各方面可能仍延续原来的形式及考点, 只是在原理应用方面可能会更多地联系现代科技发展和生产、生活的实际。	对本章的复习, 首先应以对概念和原理的理解、对规律的基本应用为主, 打牢基础, 如对磁通量相关概念的理解、对楞次定律和法拉第电磁感应定律的各种形式的应用要熟练掌握. 其次是对各种典型的模型建构、典型问题的处理思想方法了然于胸, 如“电磁感应中的电路问题”“电磁感应中的力学问题”“电磁感应中的图象”“电磁感应中的能量转化与守恒”等, 能够抓住解决各种典型问题的关键, 一击必中, 最终都是为了培养学生分析问题、解决问题的能力, 培养学生模型建构、科学推理和科学论证的学科素养, 建立正确的科学观, 树立正确的人生观和强烈的社会责任感!
考点 2 法拉第电磁感应定律 (5 年 5 考)	2023 · 山东卷 · T12 2022 · 山东卷 · T12 2021 · 山东卷 · T8 2021 · 山东卷 · T12 2020 · 山东卷 · T12		

5年真题·分点精准练

考点 01 楞次定律

1、(2024 · 山东卷 · T11) 如图所示, 两条相同的半圆弧形光滑金属导轨固定在水平桌面上, 其所在平面竖直且平行, 导轨最高点到水平桌面的距离等于半径, 最低点的连线 OO' 与导轨所在竖直面垂直. 空间充满竖直向下的匀强磁场 (图中未画出), 导轨左端由导线连接. 现将具有一定质量和电阻的金属棒 MN 平行 OO'

放置在导轨图示位置，由静止释放。 MN 运动过程中始终平行于 OO' 且与两导轨接触良好，不考虑自感影响，下列说法正确的是（ ）



- A. MN 最终一定静止于 OO' 位置
 B. MN 运动过程中安培力始终做负功
 C. 从释放到第一次到达 OO' 位置过程中， MN 的速率一直在增大
 D. 从释放到第一次到达 OO' 位置过程中， MN 中电流方向由 M 到 N

【答案】ABD

【解析】

A. 由于金属棒 MN 运动过程切割磁感线产生感应电动势，回路有感应电流，产生焦耳热，金属棒 MN 的机械能不断减小，由于金属导轨光滑，所以经过多次往返运动， MN 最终一定静止于 OO' 位置，故 A 正确；

B. 当金属棒 MN 向右运动，根据右手定则可知， MN 中电流方向由 M 到 N ，根据左手定则，可知金属棒 MN 受到的安培力水平向左，则安培力做负功；当金属棒 MN 向左运动，根据右手定则可知， MN 中电流方向由 N 到 M ，根据左手定则，可知金属棒 MN 受到的安培力水平向右，则安培力做负功；可知 MN 运动过程中安培力始终做负功，故 B 正确；

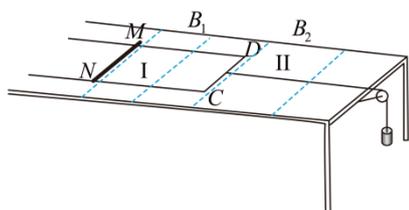
C. 金属棒 MN 从释放到第一次到达 OO' 位置过程中，由于在 OO' 位置重力沿切线方向的分力为 0，可知在到达 OO' 位置之前的位置，重力沿切线方向的分力已经小于安培力沿切线方向的分力，金属棒 MN 已经做减速运动，故 C 错误；

D. 从释放到第一次到达 OO' 位置过程中，根据右手定则可知， MN 中电流方向由 M 到 N ，故 D 正确。

故选 ABD。

考点 02 法拉利第电磁感应定律

2、(2023·山东卷·T12) 足够长 U 形导轨平置在光滑水平绝缘桌面上，宽为 1m，电阻不计。质量为 1kg、长为 1m、电阻为 1Ω 的导体棒 MN 放置在导轨上，与导轨形成矩形回路并始终接触良好，I 和 II 区域内分别存在竖直方向的匀强磁场，磁感应强度分别为 B_1 和 B_2 ，其中 $B_1 = 2\text{T}$ ，方向向下。用不可伸长的轻绳跨过固定轻滑轮将导轨 CD 段中与质量为 0.1kg 的重物相连，绳与 CD 垂直且平行于桌面。如图所示，某时刻 MN 、 CD 同时分别进入磁场区域 I 和 II 并做匀速直线运动， MN 、 CD 与磁场边界平行。 MN 的速度 $v_1 = 2\text{m/s}$ ， CD 的速度为 v_2 且 $v_2 > v_1$ ， MN 和导轨间的动摩擦因数为 0.2。重力加速度大小取 10m/s^2 ，下列说法正确的是（ ）



- A. B_2 的方向向上 B. B_2 的方向向下 C. $v_2 = 5\text{m/s}$ D. $v_2 = 3\text{m/s}$

【答案】BD

【解析】

AB. 导轨的速度 $v_2 > v_1$ ，因此对导体棒受力分析可知导体棒受到向右的摩擦力以及向左的安培力，摩擦力大小为

$$f = \mu mg = 2\text{N}$$

导体棒的安培力大小为

$$F_1 = f = 2\text{N}$$

由左手定则可知导体棒的电流方向为 $N \rightarrow M \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow N$ ，导体框受到向左的摩擦力，向右的拉力和向右的安培力，安培力大小为

$$F_2 = f - m_0 g = 1\text{N}$$

由左手定则可知 B_2 的方向为垂直直面向里，A 错误 B 正确；

CD. 对导体棒分析

$$F_1 = B_1 IL$$

对导体框分析

$$F_2 = B_2 IL$$

电路中的电流为

$$I = \frac{B_1 L v_1 - B_2 L v_2}{r}$$

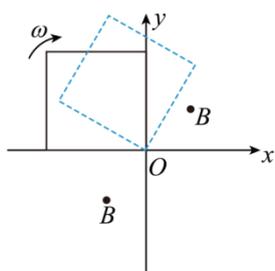
联立解得

$$v_2 = 3\text{m/s}$$

C 错误 D 正确；

故选 BD。

3、(2022·山东卷·T12) 如图所示， xOy 平面的第一、三象限内以坐标原点 O 为圆心、半径为 $\sqrt{2}L$ 的扇形区域充满方向垂直纸面向外的匀强磁场。边长为 L 的正方形金属框绕其始终在 O 点的顶点、在 xOy 平面内以角速度 ω 顺时针匀速转动， $t=0$ 时刻，金属框开始进入第一象限。不考虑自感影响，关于金属框中感应电动势 E 随时间 t 变化规律的描述正确的是 ()

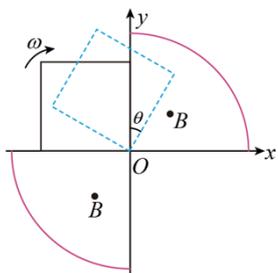


- A. 在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{2\omega}$ 的过程中, E 一直增大
- B. 在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{2\omega}$ 的过程中, E 先增大后减小
- C. 在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{4\omega}$ 的过程中, E 的变化率一直增大
- D. 在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{4\omega}$ 的过程中, E 的变化率一直减小

【答案】BC

【解析】

AB. 如图所示



在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{2\omega}$ 的过程中, 线框的有效切割长度先变大再变小, 当 $t=\frac{\pi}{4\omega}$ 时, 有效切割长度最大为

$\sqrt{2}L$, 此时, 感应电动势最大, 所以在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{2\omega}$ 的过程中, E 先增大后减小, 故 B 正确, A 错误;

CD. 在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{4\omega}$ 的过程中, 设转过的角度为 θ , 由几何关系可得

$$\theta = \omega t$$

进入磁场部分线框的面积

$$S = \frac{L \cdot L \tan \theta}{2}$$

穿过线圈的磁通量

$$\Phi = BS = \frac{BL^2 \tan \omega t}{2}$$

线圈产生的感应电动势

$$E = \Phi' = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

感应电动势的变化率

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = E'$$

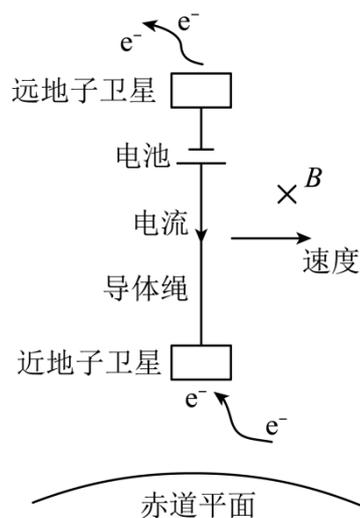
对 $\Phi = \frac{BL^2 \tan \omega t}{2}$ 求二次导数得

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = BL^2 \omega^2 \sec^2 \omega t \tan \omega t$$

在 $t=0$ 到 $t = \frac{\pi}{4\omega}$ 的过程中 $BL^2 \omega^2 \sec^2 \omega t \tan \omega t$ 一直变大, 所以 E 的变化率一直增大, 故 C 正确, D 错误。

故选 BC。

4、(2021·山东卷·T8) 迷你系绳卫星在地球赤道正上方的电离层中, 沿圆形轨道绕地飞行。系绳卫星由两子卫星组成, 它们之间的导体绳沿地球半径方向, 如图所示。在电池和感应电动势的共同作用下, 导体绳中形成指向地心的电流, 等效总电阻为 r 。导体绳所受的安培力克服大小为 f 的环境阻力, 可使卫星保持在原轨道上。已知卫星离地平均高度为 H , 导体绳长为 L ($L = H$), 地球半径为 R , 质量为 M , 轨道处磁感应强度大小为 B , 方向垂直于赤道平面。忽略地球自转的影响。据此可得, 电池电动势为 ()



A. $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H}} + \frac{fr}{BL}$

B. $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H}} - \frac{fr}{BL}$

C. $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H}} + \frac{BL}{fr}$

D. $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H}} - \frac{BL}{fr}$

【答案】A

【解析】

根据

$$G \frac{Mm}{(R+H)^2} = m \frac{v^2}{(R+H)}$$

可得卫星做圆周运动的线速度

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+H}}$$

根据右手定则可知，导体绳产生的感应电动势相当于上端为正极的电源，其大小为

$$E' = BLv$$

因导线绳所受阻力 f 与安培力 F 平衡，则安培力与速度方向相同，可知导线绳中的电流方向向下，即电池电动势大于导线绳切割磁感线产生的电动势，可得

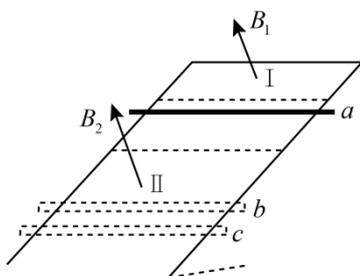
$$f = B \frac{E - E'}{r} L$$

解得

$$E = BL \sqrt{\frac{GM}{R+H}} + \frac{fr}{BL}$$

故选 A。

5、(2021·山东卷·T12) 如图所示，电阻不计的光滑 U 形金属导轨固定在绝缘斜面上。区域 I、II 中磁场方向均垂直斜面向上，I 区中磁感应强度随时间均匀增加，II 区中为匀强磁场。阻值恒定的金属棒从无磁场区域中 a 处由静止释放，进入 II 区后，经 b 下行至 c 处反向上行。运动过程中金属棒始终垂直导轨且接触良好。在第一次下行和上行的过程中，以下叙述正确的是 ()



- A. 金属棒下行过 b 时的速度大于上行过 b 时的速度
- B. 金属棒下行过 b 时的加速度大于上行过 b 时的加速度
- C. 金属棒不能回到无磁场区
- D. 金属棒能回到无磁场区，但不能回到 a 处

【答案】ABD

【解析】

AB. 在 I 区域中，磁感应强度为 $B_1 = kt$ ，感应电动势为

$$E_1 = \frac{\Delta B_1}{\Delta t} S = kS$$

感应电动势恒定，所以导体棒上的感应电流恒为

$$I_1 = \frac{E_1}{R} = \frac{kS}{R}$$

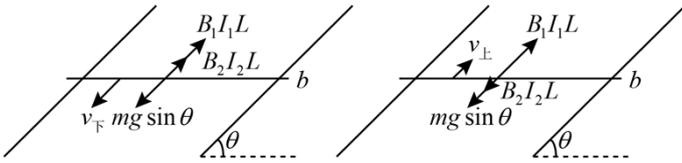
导体棒进入 II 区域后，导体切割磁感线，感应电动势为

$$E_2 = BLv$$

导体棒上的电流为

$$I_2 = \frac{E_2}{R} = \frac{BLv}{R}$$

I 区域产生的电流对导体棒的安培力始终沿斜面向上，大小恒定不变，因为导体棒到达 c 点后又会上行，说明加速度始终沿斜面向上，下行和上行经过 b 点的受力分析如图



下行过程中，根据牛顿第二定律可知

$$B_1 I_1 L + B_2 I_2 L - mg \sin \theta = ma_1$$

上行过程中，根据牛顿第二定律可知

$$B_1 I_1 L - B_2 I_2' L - mg \sin \theta = ma_2$$

比较加速度大小可知

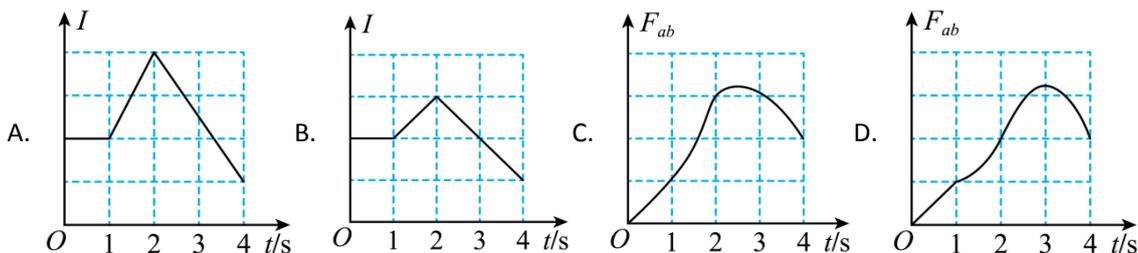
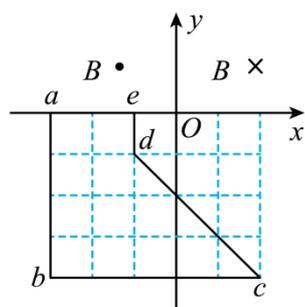
$$a_1 > a_2$$

由于 bc 段距离不变，下行过程中加速度大，上行过程中加速度小，所以金属棒下行过经过 b 点时的速度大于上行经过 b 点时的速度，AB 正确；

CD. I 区域产生的安培力总是大于沿斜面向下的作用力，所以金属棒一定能回到无磁场区域，由于整个过程中电流通过金属棒产生焦耳热，金属棒的机械能减少，所以金属棒不能回到 a 处，C 错误，D 正确。

故选 ABD。

6、(2020 · 山东卷 · T12) 如图所示，平面直角坐标系的第一和第二象限分别存在磁感应强度大小相等、方向相反且垂直于坐标平面的匀强磁场，图中虚线方格为等大正方形。一位于 Oxy 平面内的刚性导体框 abcde 在外力作用下以恒定速度沿 y 轴正方向运动（不发生转动）。从图示位置开始计时，4s 末 bc 边刚好进入磁场。在此过程中，导体框内感应电流的大小为 I，ab 边所受安培力的大小为 F_{ab} ，二者与时间 t 的关系图像，可能正确的是（ ）



【答案】BC

【解析】

AB. 因为 4s 末 bc 边刚好进入磁场，可知线框的速度每秒运动一个方格，故在 0~1s 内只有 ae 边切割磁场，设方格边长为 L ，根据

$$E_1 = 2BLv$$

$$I_1 = \frac{E_1}{R}$$

可知电流恒定；2s 末时线框在第二象限长度最长，此时有

$$E_2 = 3BLv$$

$$I_2 = \frac{E_2}{R}$$

可知

$$I_2 = \frac{3}{2}I_1$$

2~4s 线框有一部分进入第一象限，电流减小，在 4s 末同理可得

$$I_3 = \frac{1}{2}I_1$$

综上分析可知 A 错误，B 正确；

CD. 根据

$$F_{ab} = BIL_{ab}$$

可知在 0~1s 内 ab 边所受的安培力线性增加；1s 末安培力为

$$F_{ab} = BI_1L$$

在 2s 末可得安培力为

$$F_{ab} = B' \frac{3}{2} I_1' 2L$$

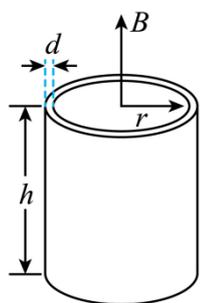
所以有 $F_{ab} = 3F_{ab}$ ；由图像可知 C 正确，D 错误。

故选 BC。

1年模拟·精选模考题

一、单选题

1. (2024·山东青岛·三模) 如图, 学校兴趣小组利用厚度为 d 、电阻率为 ρ 的硅钢片制成一个内径为 r 、高度为 h 的圆筒, $d \ll r$ 。已知圆筒所在处有沿轴线竖直向上方向的磁场, 磁感应强度随时间变化的规律为 $B = B_0 \sin \omega t$, 下列说法正确的是 ()



- A. 硅钢片中感应电动势 $e = \pi r^2 \omega B_0 \sin \omega t$
- B. $t = \frac{\pi}{2\omega}$ 时, 硅钢片中感应电动势最大
- C. 硅钢片中感应电流的有效值为 $\frac{\sqrt{2} r \omega B_0 h d}{4\rho}$
- D. 硅钢片的发热功率为 $\frac{\sqrt{2} \pi h d r^3 \omega^2 B_0^2}{2\rho}$

【答案】C

【详析】AB. 根据法拉第电磁感应定律可得

$$e = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B S}{\Delta t} = \pi r^2 B_0 \omega \cos \omega t$$

则当 $t = \frac{\pi}{2\omega}$ 时, 硅钢片中感应电动势最小, 故 AB 错误;

C. 根据电阻决定式得

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{2\pi r}{hd}$$

感应电流的有效值为

$$I_{\text{有}} = \frac{E_{\text{有}}}{R} = \frac{\frac{\pi r^2 B_0 \omega}{\sqrt{2}}}{\frac{2\pi r}{\rho} \frac{hd}{hd}} = \frac{\sqrt{2} r \omega B_0 h d}{4\rho}$$

选项 C 正确；

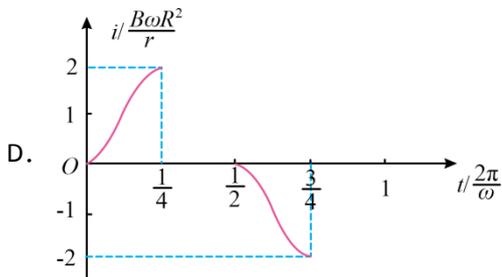
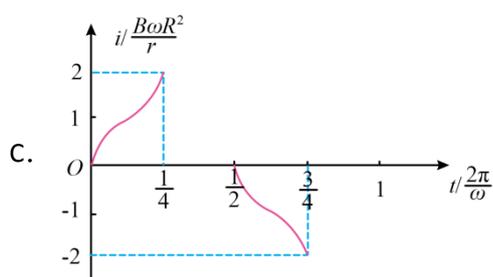
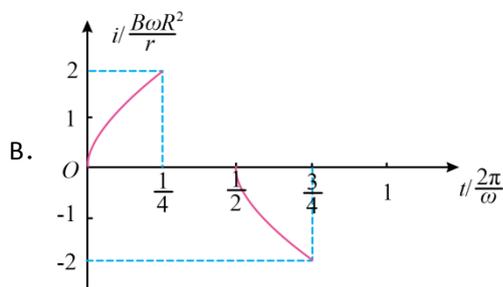
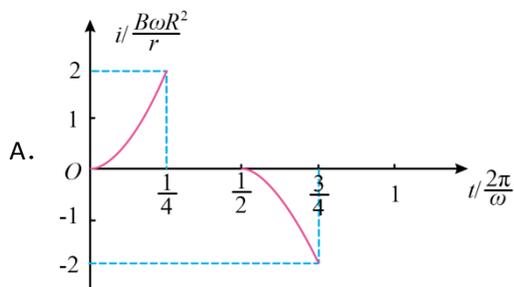
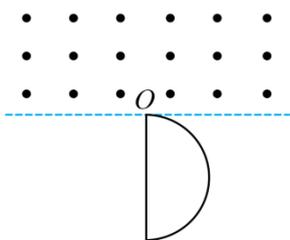
D. 发热功率为

$$P = I^2 R = \left(\frac{\sqrt{2} \omega r B_0 h d}{4\rho}\right)^2 \cdot \frac{2\pi r \rho}{hd} = \frac{\pi h d r^3 B_0^2 \omega^2}{4\rho}$$

故 D 错误；

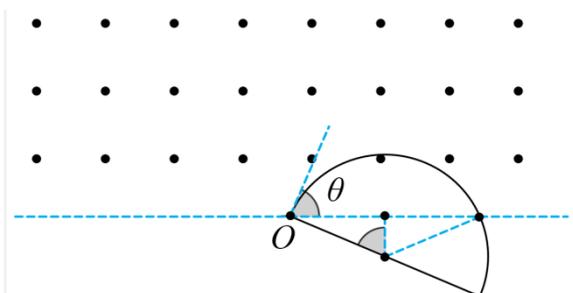
故选 C。

2. (2024·山东济南·三模) 如图所示, 半径为 R 的半圆形闭合金属线框可绕圆心 O 在纸面内逆时针匀速转动, 过 O 点的边界上方存在垂直于纸面向外的匀强磁场, 磁感应强度大小为 B 。初始时线框直径与虚线边界垂直。已知线框的电阻为 r , 线框匀速转动的角速度为 ω , 从图示位置开始计时, 以顺时针为感应电流的正方向, 下列关于线圈中的感应电流 i 随时间 t 的变化关系正确的是 ()



【答案】D

【详析】如图所示



在 $0 \sim \frac{\pi}{2\omega}$ 时间内，穿过线圈的磁通量向外增加，根据楞次定律可知，线圈中的感应电流方向为顺时针方向（正方向），线圈切割磁感线的有效长度为

$$L = 2R \sin \theta = 2R \sin \omega t$$

则线圈转动切割磁感线产生的电动势为

$$e = \frac{1}{2} BL^2 \omega = 2BR^2 \omega \sin^2 \omega t = BR^2 \omega (1 - \cos 2\omega t)$$

线圈中的感应电流为

$$i = \frac{e}{r} = \frac{BR^2 \omega}{r} (1 - \cos 2\omega t)$$

在 $\frac{\pi}{2\omega} \sim \frac{\pi}{\omega}$ 时间内，整个线圈都在磁场中，线圈的感应电流为 0；

在 $\frac{\pi}{\omega} \sim \frac{3\pi}{2\omega}$ 时间内，穿过线圈的磁通量向外减小，根据楞次定律可知，线圈中的感应电流方向为逆时针方向（负方向），线圈切割磁感线的有效长度为

$$L = 2R \sin(\omega t - \pi)$$

则线圈转动切割磁感线产生的电动势为

$$e = -\frac{1}{2} BL^2 \omega = -BR^2 \omega [1 - \cos 2(\omega t - \pi)]$$

线圈中的感应电流为

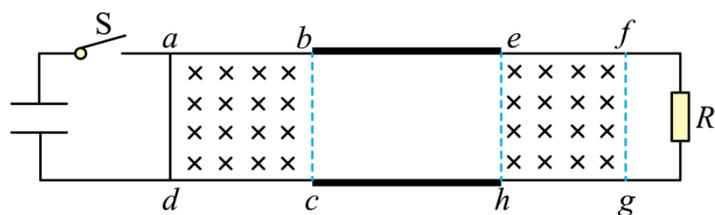
$$i = \frac{e}{r} = -\frac{BR^2 \omega}{r} [1 - \cos 2(\omega t - \pi)] = -\frac{BR^2 \omega}{r} (1 - \cos 2\omega t)$$

在 $\frac{3\pi}{2\omega} \sim \frac{2\pi}{\omega}$ 时间内，整个线圈都在磁场外，线圈的感应电流为 0。

故选 D。

二、多选题

3. (2024·山东潍坊·三模) 如图所示， af 和 dg 是位于水平面内的宽度为 L 的平行轨道， be 、 ch 两段用光滑绝缘材料制成，其余两部分均为光滑导体且足够长； ad 左侧接一电容器，电容器两端电压为 U_0 ， fg 右侧接有阻值为 R 的定值电阻； $abcd$ 和 $efgh$ 区域均存在竖直向下的匀强磁场， $abcd$ 区域磁感应强度大小为 B_1 ， $efgh$ 区域的磁感应强度大小为 B_2 。一长度为 L 、质量为 m 、电阻为 R 的导体棒静止于 ad 处，闭合开关 S ，导体棒开始向右运动，导体棒在 $abed$ 区域获得的最终速度为 v ，导体棒静止后到 eh 的距离为 x (x 为未知量)。导体棒与轨道始终保持垂直且接触良好，则 ()



- A. 导体棒刚进入 $efgh$ 区域时的加速度大小 $a = \frac{B_2^2 L^2 v}{2mR}$
- B. $x = \frac{mvR}{B_2^2 L^2}$
- C. 导体棒在 eh 右侧到 eh 距离为 kx ($0 < k < 1$) 时, 安培力的功率为 $P = \frac{(1-k)^2 B_2^2 L^2 v^2}{2R}$
- D. 当电容器电容 $C = \frac{m}{B_1^2 L^2}$ 时, 导体棒在 $abcd$ 区域获得的最终速度 v 最大

【答案】ACD

【详析】A. 由题知, 导体棒在 $abcd$ 区域获得的最终速度为 v , 则导体棒刚进入 $efgh$ 区域时的加速度大小

$$a = \frac{B_2 IL}{m}, \quad I = \frac{B_2 Lv}{2R}$$

解得

$$a = \frac{B_2^2 L^2 v}{2mR}$$

故 A 正确;

B. 导体棒进入 eh 到静止, 根据动量定理有

$$-\sum B_2 IL \cdot t = -mv$$

且运动过程中有

$$q = \frac{B_2 Lx}{2R}$$

联立解得

$$x = \frac{2mvR}{B_2^2 L^2}$$

故 B 错误;

C. 导体棒在 eh 右侧到 eh 距离为 kx ($0 < k < 1$) 时, 根据逆向思维法, 列出动量定理有

$$\sum B_2 IL \cdot t' = mv'$$

且运动过程中有

$$q' = \frac{B_2 L(1-k)x}{2R}$$

$$I' = \frac{B_2 Lv'}{2R}$$

则此时安培力的功率为

$$P = B_2 I' L \cdot v'$$

联立解得

$$P = \frac{(1-k)^2 B_2^2 L^2 v^2}{2R}$$

故 C 正确；

D. 导体棒在 $abcd$ 区域获得最终最大速度 v 时，满足

$$U = B_1 L v$$

$$C = \frac{q_0}{U_0} = \frac{q}{U}$$

$$\Delta q = q_0 - q$$

$$\Sigma B_1 I L t = B_1 L \cdot \Delta q = mv - 0$$

联立解得

$$v = \frac{C B_1 L U_0}{m + C B_1^2 L^2}$$

整理后有

$$v = \frac{B_1 L U_0}{\frac{m}{C} + B_1^2 L^2}$$

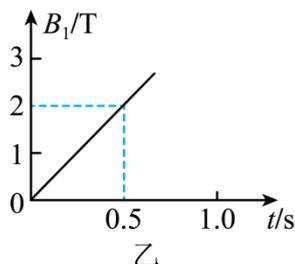
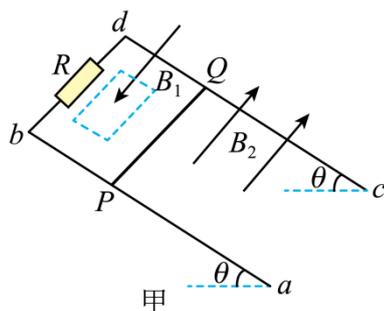
要让 v 最大，则 $\frac{m}{C} + B_1^2 L^2$ 要最小，故根据均值不等式可知

$$C = \frac{m}{B_1^2 L^2}$$

故 D 正确。

故选 ACD。

4. (2024·山东烟台·三模) 如图所示，平行光滑金属导轨 ab 、 cd 间距为 $L=1.5\text{m}$ ，与水平面间的夹角 $\theta=37^\circ$ ，导轨上端接有电阻 $R=0.8\Omega$ 。一导体棒 PQ 垂直导轨放置且与导轨接触良好，导体棒质量为 $m=2\text{kg}$ ，连入电路的电阻为 $r=0.2\Omega$ ， PQ 上方导轨间有一矩形磁场区域，磁场面积为 $S=0.5\text{m}^2$ ，磁场方向垂直导轨平面向下，矩形磁场区域内的磁感应强度大小 B_1 随时间 t 变化的图像如图乙所示， PQ 棒下方包括 PQ 所在处的轨道间充满垂直于轨道平面向上的匀强磁场，磁感应强度大小 $B_2=2\text{T}$ ，导轨足够长且电阻不计，重力加速度 g 取 10m/s^2 ， $\sin 37^\circ=0.6$ ，导体棒从静止释放后，下列说法中正确的是 ()



- 甲
- 乙
- A. 刚释放时，导体棒的加速度为 6m/s^2
- B. 导体棒的加速度为 6m/s^2 时，其下滑速度大小为 1m/s
- C. 导体棒稳定下滑时速度大小为 2m/s
- D. 导体棒稳定下滑时， R 两端电压为 3.2V

【答案】 CD

【详析】 A. 刚释放时，感应电动势为

$$E = \frac{\Delta B_1}{\Delta t} S = 4 \times 0.5\text{V} = 2\text{V}$$

根据楞次定律和左手定则，安培力方向沿导轨向下，根据牛顿第二定律

$$mg \sin 37^\circ + B_2 \frac{E}{R+r} L = ma$$

得

$$a = 9\text{m/s}^2$$

故 A 错误；

B. 导体棒的加速度为 6m/s^2 时，由牛顿第二定律有

$$B_2 \frac{B_2 L v_1 - \frac{\Delta B_1}{\Delta t} S}{R+r} L + mg \sin 37^\circ = ma_1$$

解得下滑速度大小为

$$v_1 = \frac{2}{3} \text{m/s}$$

故 B 错误；

C. 导体棒稳定后匀速下滑运动

$$B_2 \frac{B_2 L v - \frac{\Delta B_1}{\Delta t} S}{R+r} L = mg \sin 37^\circ$$

可得

$$v = 2\text{m/s}$$

故 C 正确；

D. 导体棒稳定匀速下滑时，电路中的电流为

$$I = \frac{B_2Lv - \frac{\Delta B_1}{\Delta t}S}{R+r} = 4A$$

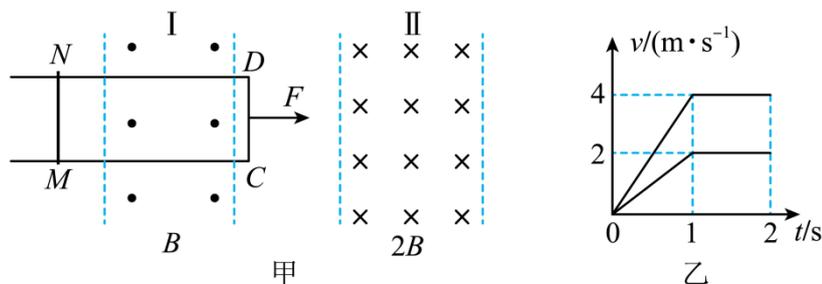
则 R 两端电压为

$$U = IR = 3.2V$$

故 D 正确。

故选 CD。

5. (2024·山东聊城·三模) 如图甲所示, 足够长的 U 型导轨放置在光滑水平绝缘桌面上, CD 长为 $1m$, 导轨电阻不计。质量为 $0.1kg$ 、长为 $1m$ 、电阻为 0.5Ω 的导体棒 MN 放置在导轨上, 棒 MN 与导轨间的动摩擦因数为 μ 且始终接触良好。I 区域内存在垂直纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场; II 区域内存在垂直纸面向里、磁感应强度大小为 $2B$ 的匀强磁场。 $t=0$ 时, 对导轨施加一个水平向右恒力 F , $t=1s$ 时 MN 与 CD 恰好进入磁场 I 和 II 中, $t=2s$ 时撤去 F , 前 $2s$ 内导轨与导体棒 $v-t$ 的图像如图乙所示, MN 与 CD 停止运动时分别位于 I 区域和 II 区域, 已知重力加速度 g 取 $10m/s^2$, 最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 则()



- A. 动摩擦因数 $\mu=0.2$ B. 导轨质量为 $0.2kg$
C. 恒力 F 做的总功为 $3.6J$ D. 撤去 F 后通过导体棒的总电荷量为 $2C$

【答案】ACD

【详析】AB. 根据 $1s$ 前导轨与导体棒的 $v-t$ 图像反映两者均做匀加速直线运动, 则导轨还未进入区域 II 磁场且导体棒在区域 I 磁场外, 回路无感应电流而都不受安培力, 设导轨质量为 M , 由牛顿第二定律对导轨有

$$F - \mu mg = Ma_1$$

对导体棒有

$$\mu mg = ma_2$$

由 $v-t$ 图像有

$$a_1 = \frac{v_1}{t_1} = 4m/s^2$$

$$a_2 = \frac{v_2}{t_1} = 2m/s^2$$

解得

$$\mu = 0.2$$

根据第 $2s$ 导轨与导体棒的 $v-t$

图像可知两者均做匀速直线运动，表示导轨与导体棒均进入磁场，切割磁感线产生两动生电动势，所受安培力让合力为零，有

$$E = 2BLv_1 + BLv_2$$

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

对导轨有

$$F = \mu mg + 2BIL$$

对导体棒有

$$\mu mg = BIL$$

已知 $R = 0.5\Omega$ ， $L = 1\text{m}$ ， $m = 0.5\text{kg}$ ，联立解得

$$F = 0.6\text{N}$$

$$M = 0.1\text{kg}$$

$$B = 0.1\text{T}$$

故 A 正确，B 错误；

C. 导轨在前 2s 的位移为

$$x = x_1 + x_2 = \frac{v_1}{2}t_1 + v_1t_2 = \frac{4}{2} \times 1 + 4 \times 1 = 6\text{m}$$

则恒力做的功为

$$W = Fx = 3.6\text{J}$$

故 C 正确；

D. 撤去 F 之后，导体棒和导轨分别做减速运动到停止，对两者受力分析，取向右为正方向，由动量定律有

$$-\mu mgt - 2B \cdot \bar{I}L t = 0 - Mv_1$$

$$\mu mgt - B \cdot \bar{I}L t = 0 - mv_2$$

而通过导体棒的电量为

$$q = \bar{I}t$$

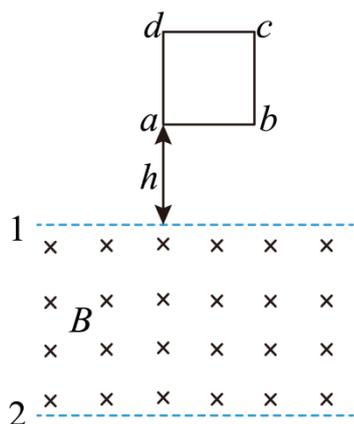
得

$$q = \frac{0.2}{BL} = 2\text{C}$$

故 D 正确。

故选 ACD。

6. (2024·山东东营·二模) 如图所示，两水平虚线间存在垂直于纸面方向的匀强磁场，两虚线的距离为 $\frac{7}{4}h$ ，磁感应强度大小为 B ，边长为 h 的正方形导体框由虚线 1 上方无初速度释放，在释放瞬间 ab 边与虚线 1 平行且相距 h 。已知导体框的质量为 m ，总电阻为 r ，重力加速度为 g ， ab 边与两虚线重合时的速度大小相等，忽略空气阻力，导体框在运动过程中不会发生转动，则 ()



- A. 线圈可能先加速后减速
- B. 导体框在穿越磁场的过程中，产生的焦耳热为 $4mgh$
- C. 导体框的最小速度是 $v = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$
- D. 导体框从 ab 边与虚线 1 重合到 cd 边与虚线 1 重合时所用的时间为 $\frac{B^2 h^3}{mgr} - \sqrt{\frac{h}{2g}}$

【答案】CD

【详析】AC. 已知 ab 边与两虚线重合时的速度大小相等，则导体框在 cd 边与虚线 1 重合时速度最小。设 ab 边与虚线 1 重合时速度为 v_1 ，则有

$$v_1^2 = 2gh$$

设 cd 边与虚线 1 重合时导体框的速度为 v_2 ， ab 边与虚线 2 重合时的速度为 v_3 ，则有

$$v_3 = v_1 = \sqrt{2gh}$$

$$v_3^2 - v_2^2 = 2g \times \left(\frac{7}{4}h - h\right)$$

联立解得

$$v_2 = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$$

整个过程中导体框经历了先加速、再减速、又加速的过程，再次减速，出磁场后做匀加速运动，故 A 错误、C 正确；

B. 根据运动的对称性可知，导线框完全离开磁场时的速度为

$$v_4 = v_2 = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$$

根据能量守恒定律可得

$$mg \times \left(2h + \frac{7}{4}h\right) = \frac{1}{2}mv_4^2 + Q$$

解得

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/895004201004012002>