

5 电磁感应现象的两类情况

目标定位

1. 知道感生电动势、动生电动势的概念。知道产生感生电动势的非静电力是感生电场的作用,产生动生电动势的非静电力与洛伦兹力有关。
2. 会用楞次定律判断感生电场的方向,用左手定则判断洛伦兹力的方向。
3. 知道电磁感应现象遵守能量守恒定律。

核心提示

- 重点:** 1. 理解感生电动势和动生电动势的区别。
2. 电磁感应与能量问题、力学问题综合。
- 难点:** 1. 理解感生电动势和动生电动势的区别。
2. 电磁感应中力学问题、能量问题的处理方法。

自主初探·夯基础

温馨提示
如果您在观看本课件的过程中出现压字现象，请关闭所有幻灯片，重新打开可正常观看。

前知回顾

1. 电荷在静电场中受电场力的作用，正电荷在某点的受力方向与该处电场强度方向相同，负电荷受力方向与该处的场强方向相反。
2. 运动电荷垂直射入磁场中，受洛伦兹力的作用，大小 $F = qvB$ ，方向用左手定则判定。
3. 感应电动势产生的条件：不论电路闭合与否，只要穿过它的磁通量发生变化，就会产生感应电动势；如果电路闭合，电路中就有感应电流。

4. 感应电动势的表达式：

(1) 若回路中的磁场和面积变化引起磁通量的变化，则

$$E = \underline{n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}} ;$$

(2) 若一部分导体在匀强磁场中做垂直切割磁感线运动，

则 $E = \underline{Blv}$ 。

一、电磁感应现象中的感生电场

1. 感生电场：磁场 变化 时在空间激发的一种电场。
2. 感生电动势：由 感生电场 产生的感应电动势。
3. 感生电动势中的非静电力：感生电场 对自由电荷的作用。

二、电磁感应现象中的洛伦兹力

1. 成因：导体棒做切割磁感线运动时，棒中的 自由电荷 随棒一起定向运动，并因此受到洛伦兹力。
2. 动生电动势：由于 导体运动 而产生的感应电动势。
3. 动生电动势中的非静电力：与 洛伦兹力 有关。

【思考辨析】

1. 判断正误：

(1) 如果空间不存在闭合电路，变化的磁场周围不会产生感生电场。 ()

(2) 处于变化磁场中的导体，其内部自由电荷定向移动，是由于受到感生电场的作用。 ()

(3) 感生电场就是感应电动势。 ()

(4) 因导体运动而产生的感应电动势称为动生电动势。 ()

(5) 动生电动势的产生与电场力有关。 ()

提示：（1）×。麦克斯韦认为，磁场的变化在空间激发一种电场，这种电场与是否存在闭合电路无关。

（2）√。导体处于变化磁场中时，导体中的自由电荷将发生定向移动，产生感应电流，或者说导体中产生感应电动势，其非静电力就是这种感生电场。

（3）×。感应电动势是导体中产生的，与感生电场不是一个物理概念。

（4）√。该说法就是动生电动势的定义。

（5）×。动生电动势中的非静电力与洛伦兹力有关。

2. 问题思考：

若导体棒垂直磁场一直运动下去，自由电荷是否也会沿着导体棒一直运动下去？为什么？

提示：不会。若导体棒一直运动下去，当导体棒内部自由电荷在电场中所受电场力与洛伦兹力相等时，自由电荷将不再运动。

核心归纳 · 抓要点

对比
分析

— 感生电动势与动生电动势的比较

1. 对感生电场的理解：麦克斯韦在他的电磁理论中指出：变化的磁场能在周围空间激发电场，这种电场叫感生电场。

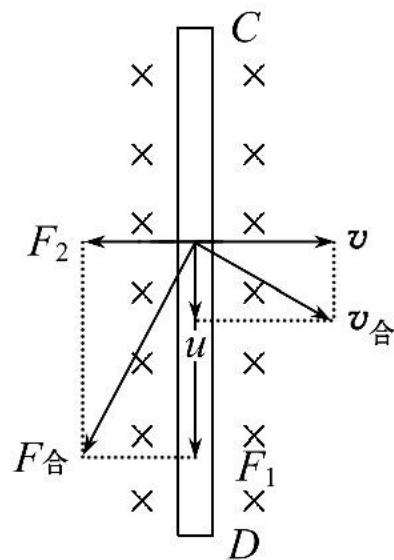
（1）感生电场是一种涡旋电场，电场线是闭合的。

（2）感生电场的产生跟空间中是否存在闭合电路无关。

（3）感生电场的方向根据闭合电路（或假想的闭合电路）中感应电流的方向确定。

2. 对动生电动势中电荷所受洛伦兹力的理解：

(1) 运动导体中的自由电子，不仅随导体以速度 \mathbf{v} 运动，而且还沿导体以速度 \mathbf{u} 做定向移动，如图所示。因此，导体中的电子的合速度 $\mathbf{v}_{\text{合}}$ 等于 \mathbf{v} 和 \mathbf{u} 的矢量和，所以电子受到的洛伦兹力为 $\mathbf{F}_{\text{合}} = e\mathbf{v}_{\text{合}} \mathbf{B}$ ， $\mathbf{F}_{\text{合}}$ 与合速度 $\mathbf{v}_{\text{合}}$ 垂直。



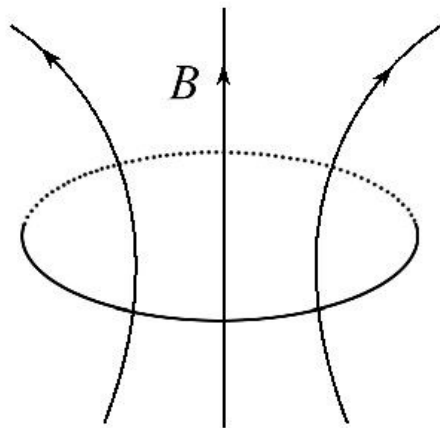
(2) 从做功角度分析，由于 $\mathbf{F}_{\text{合}}$ 与 $\mathbf{v}_{\text{合}}$ 垂直，所以它对电子不做功。

3. 感生电动势与动生电动势的对比：

	感生电动势	动生电动势
产生原因	磁场的变化	导体做切割磁感线运动
移动电荷的非静电力	感生电场对自由电荷的电场力	导体中自由电荷所受洛伦兹力沿导体方向的分力
回路中相当于电源的部分	处于变化磁场中的线圈部分	做切割磁感线运动的导体
方向判断方法	由楞次定律判断	通常由右手定则判断，也可由楞次定律判断
大小计算方法	由 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 计算	通常由 $E=Blv\sin\theta$ 计算，也可由 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 计算

【特别提醒】 有些情况下，动生电动势和感生电动势具有相对性。例如，将条形磁铁插入线圈中，如果在相对磁铁静止的参考系内观察，线圈运动，产生的是动生电动势；如果在相对线圈静止的参考系中观察，线圈中的磁场发生变化，产生的是感生电动势。

【典例 1】（多选）某空间出现了如图所示的磁场，当磁感应强度变化时，在垂直于磁场的方向上会产生感生电场，有关磁感应强度的变化与感生电场的方向关系描述正确的是（ ）



- A. 当磁感应强度均匀增大时，感生电场的电场线从上向下看应为顺时针方向
- B. 当磁感应强度均匀增大时，感生电场的电场线从上向下看应为逆时针方向
- C. 当磁感应强度均匀减小时，感生电场的电场线从上向下看应为顺时针方向
- D. 当磁感应强度均匀减小时，感生电场的电场线从上向下看应为逆时针方向

【解题探究】 (1) 如何判断感生电场的方向 ?

提示 : 感生电场的方向可根据闭合电路中感应电流的方向确定。

(2) 如何确定闭合电路中感应电流的方向 ?

提示 : 先由楞次定律判定出感应电流的磁场方向, 再由安培定则得到感应电流的方向, 即得到感生电场的方向。

【标准解答】选 A、D。感生电场中磁场的方向用楞次定律来判定：原磁场向上且磁感应强度在增大，在周围有闭合导线的情况下，感应电流的磁场方向应与原磁场方向相反，即感应电流的磁场方向向下，再由右手螺旋定则得到感应电流的方向即感生电场的方向：从上向下看应为顺时针方向；同理可知，原磁场方向向上且磁感应强度减小时，感生电场的方向从上向下看应为逆时针方向，所以 A、D 正确。

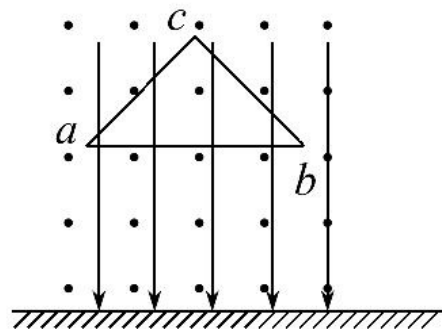
【变式训练】 如图所示，水平地面上方有正交的匀强电场 \mathbf{E} 和匀强磁场 \mathbf{B} ，电场方向竖直向下，磁场方向垂直纸面向外，等腰三角形的金属框由底边呈水平位置开始沿竖直平面的电磁场中由静止开始下落，下落过程中三角形平面始终在竖直平面内，不计阻力， a 、 b 落到地面的次序是（ ）

A. a 先于 b

B. b 先于 a

C. a 、 b 同时落地

D. 无法判断



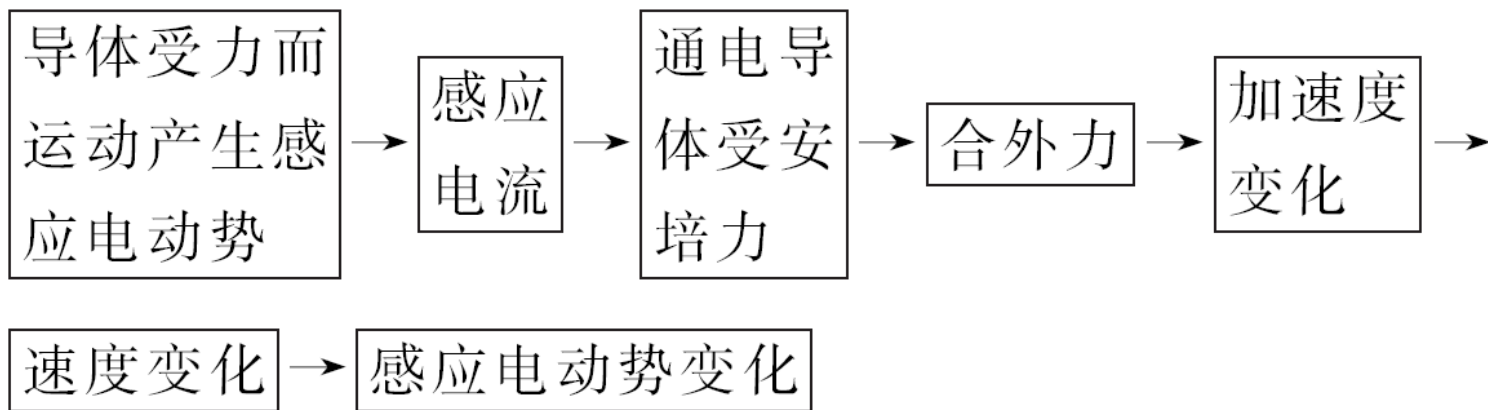
【解析】选 A。本题关键是用楞次定律判定感应电动势的方向，并理解感应电动势的正、负极是聚集着正、负电荷。当 $\triangle abc$ 金属框下落时，闭合回路中磁通量没有发生变化，回路不产生感应电流，但由于各边都在切割磁感线，所以会产生感应电动势，根据楞次定律，可以判定出 a 点的电势高，是电源的正极，b 点的电势低，是电源的负极，a 点聚集着多余的正电荷，b 点聚集着负电荷，a 点的正电荷受到的电场力向下，使 a 点加速度 $>g$ ，b 点的负电荷受到的电场力向上，使 b 点加速度 $<g$ ，故 a 点先落地，A 正确。

二 电磁感应中的力学问题

1. 通过导体中的感应电流在磁场中将受到安培力作用，所以电磁感应问题往往与力学问题联系在一起，处理此类问题的基本方法：

- (1) 用法拉第电磁感应定律和楞次定律求感应电动势的大小和方向。
- (2) 求回路中的电流强度的大小和方向。
- (3) 分析研究导体受力情况（包括安培力）。
- (4) 列动力学方程或平衡方程求解。

2. 电磁感应现象中涉及的具有收尾速度的力学问题，关键要抓好受力情况和运动情况的动态分析：



周而复始地循环，达到稳定状态时，加速度等于零，导体达到稳定运动状态。

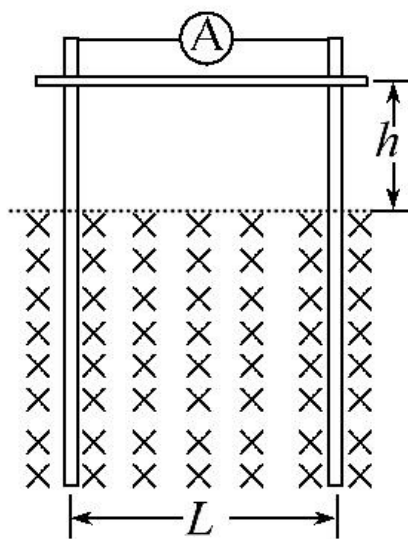
3. 两种运动状态的处理思路：

(1) 达到稳定运动状态后，导体匀速运动，受力平衡，应根据平衡条件——合外力为零，列式分析平衡态。

(2) 导体达到稳定运动状态之前，往往做变加速运动，处于非平衡态，应根据牛顿第二定律或结合功能关系分析非平衡态。

【特别提醒】 对于电磁感应现象中，导体在安培力及其他力共同作用下运动，最终趋于一稳定状态的问题，利用好导体达到稳定状态时的平衡方程，往往是解答该类问题的突破口。

【典例 2】 如图所示，两足够长的光滑金属导轨竖直放置，相距 L ，一理想电流表与两导轨相连，匀强磁场与导轨平面垂直。一质量为 m 、有效电阻为 R 的导体棒在距磁场上边界 h 处静止释放。导体棒进入磁场后，流经电流表的电流逐渐减小，最终稳定为 I 。整个运动过程中，导体棒与导轨接触良好，且始终保持水平，不计导轨的电阻。求：



- (1) 磁感应强度的大小 B ；
- (2) 电流稳定后，导体棒运动速度的大小 v ；
- (3) 流经电流表电流的最大值 I_m 。

【解题探究】 (1) 分析导体棒在磁场中的受力情况。

提示：导体棒受竖直向下的重力和竖直向上的安培力。

(2) 导体棒中电流稳定的条件是什么？

提示： $mg = F_{\text{安}}$

(3) 如何确定导体棒运动的最大速度？

提示：由导体棒在匀强磁场中处于平衡状态、闭合电路欧姆定律及公式 $E = BLv$ 联立求解。

(4) 导体棒何时速度最大？电流的最大值如何求解？

提示：通过受力分析可知，导体棒在进入磁场瞬间，速度最大；可由机械能守恒和 $E = BLv$ 联立求解。

【标准解答】 (1) 电流稳定后, 导体棒做匀速运动,

$$\text{则有: } BIL = mg \quad \text{①}$$

$$\text{解得: } B = \frac{mg}{IL} \quad \text{②}$$

$$(2) \text{ 感应电动势 } E = BLv \quad \text{③}$$

$$\text{感应电流 } I = \frac{E}{R} \quad \text{④}$$

$$\text{由②③④式解得 } v = \frac{I^2 R}{mg}$$

(3) 由题意分析知, 导体棒刚进入磁场时的速度最大, 设为 v_m

根据机械能守恒有 $\frac{1}{2}mv_m^2 = mgh$

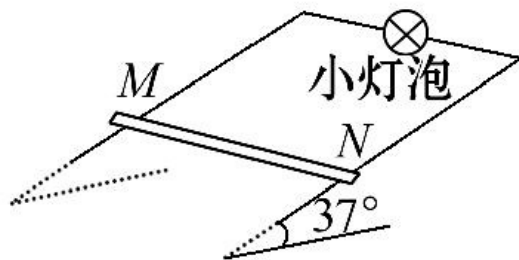
感应电动势的最大值 $E_m = BLv_m$

感应电流最大值 $I_m = \frac{E_m}{R}$

解得 $I_m = \frac{IR}{mg} = \frac{I^2R}{mg} = \frac{mg\sqrt{2gh}}{IR}$

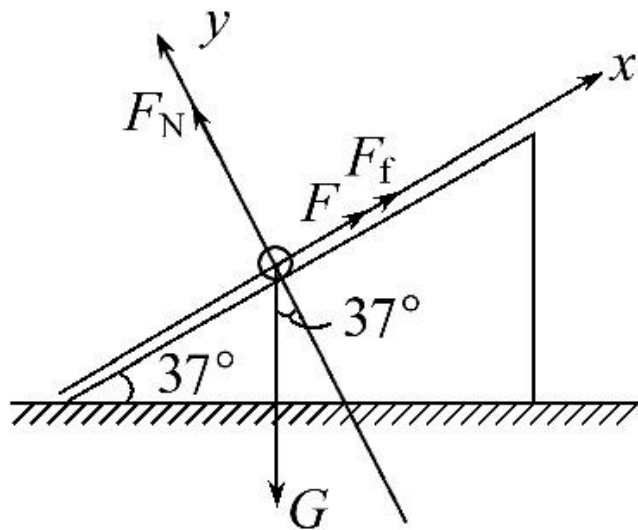
答案: (1) $\frac{IL}{mg}$ (2) $\frac{I^2R}{mg}$ (3) $\frac{mg\sqrt{2gh}}{IR}$

【变式训练】（2013·安徽高考）如图所示，足够长平行金属导轨倾斜放置，倾角为 37° ，宽度为 0.5m ，电阻忽略不计，其上端接一小灯泡，电阻为 1Ω 。一导体棒 MN 垂直于导轨放置，质量为 0.2kg ，接入电路的电阻为 1Ω ，两端与导轨接触良好，与导轨间的动摩擦因数为 0.5 。在导轨间存在着垂直于导轨平面的匀强磁场，磁感应强度为 0.8T 。将导体棒 MN 由静止释放，运动一段时间后，小灯泡稳定发光，此后导体棒 MN 的运动速度以及小灯泡消耗的电功率分别为（重力加速度 g 取 10m/s^2 ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ）（　　）



- A. 2.5 m/s 1 W B. 5 m/s 1 W
C. 7.5 m/s 9 W D. 15 m/s 9 W

【解析】 选 B。选 MN 为研究对象，受力分析如图所示：



在垂直斜面方向上受力平衡，合力为零，列式可得：

$$F_N - mg\cos\theta = 0 \quad F_N = mg\cos\theta$$

由摩擦力公式 $F_f = \mu F_N$ 得

$$F_f = \mu mg\cos\theta$$

代入数据可得

$$F_f = 0.8\text{N}$$

在沿斜面方向上受力平衡，合力为零，列式可得：

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

代入数据可得 $F = 0.4\text{N}$

再由安培力公式 $F=BIl$, 而 $I = \frac{E}{R} = \frac{Blv}{R}$, 可得 $F = \frac{B^2 l^2 v}{R}$

代入数据可得

$$v=5\text{m/s} ,$$

流过小灯泡的电流为

$$I = \frac{E}{R} = \frac{Blv}{R} = 1\text{A}$$

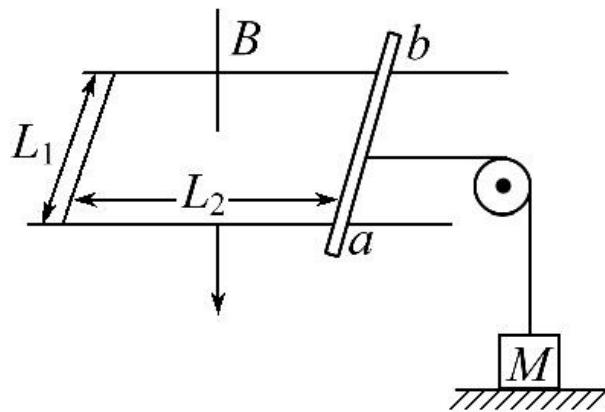
小灯泡消耗的电功率为 $P=I^2R_{\text{灯}}$

代入数据可得 $P=1\text{W}$

故 B 项正确。

【变式备选】如图所示， $L_1=0.5\text{m}$ ， $L_2=0.8\text{m}$ ，回路总电阻为
 $R=0.2\Omega$ ， $M=0.04\text{kg}$ ，导轨光滑，开始时磁场 $B_0=1\text{T}$ 。现使磁

感应强度以 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ 增大，试求：当 t 为多少时， M 刚好



少时， M 刚好

【解析】回路中原磁场方向向下，且磁感应强度增加，由楞次定律可以判知，感应电流的磁场方向向上，根据安培定则可以判知，ab中的感应电流的方向是a→b，由左手定则可知，ab所受安培力的方向水平向左，从而向上拉起重物。

设ab中电流为I时M刚好离开地面，此时有

$$F = BIL_1 = Mg$$

$$I = \frac{E}{R} \quad E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = L_1 L_2 \frac{\Delta B}{\Delta t} \quad B = B_0 + \left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right) t$$

解得 $F = 0.4\text{N}$ ， $I = 0.4\text{A}$ ， $B = 2\text{T}$ ， $t = 5\text{s}$ 。

答案： 5s

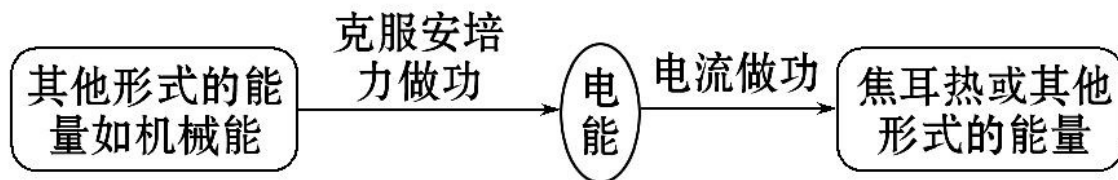
三 电磁感应现象中的能量转化与守恒

拓展
提升

1 . 电磁感应现象中的能量转化：

(1) 与感生电动势有关的电磁感应现象中，磁场能转化为电能，若电路是纯电阻电路，转化过来的电能将全部转化为电路的内能。

(2) 与动生电动势有关的电磁感应现象中，通过克服安培力做功，把机械能或其他形式的能转化为电能。克服安培力做多少功，就产生多少电能。若电路是纯电阻电路，转化过来的电能将全部转化为电路的内能。可简单表述如下：



2. 电磁感应现象中的能量守恒：能量守恒定律是自然界中的一条基本规律，电磁感应现象当然也不例外。电磁感应现象中，从磁通量变化的角度来看，感应电流总要阻碍原磁通量的变化；从导体和磁体相对运动的角度来看，感应电流总要阻碍它们的相对运动。电磁感应现象中的“阻碍”正是能量守恒的具体体现，在这种“阻碍”的过程中，其他形式的能转化为电能。

3. 求解电磁感应现象中能量守恒问题的一般思路：

(1) 分析回路，分清电源和外电路。

在电磁感应现象中，切割磁感线的导体或磁通量发生变化的回路将产生感应电动势，该导体或回路就相当于电源，其余部分相当于外电路。

(2) 分析清楚有哪些力做功，明确有哪些形式的能量发生了转化。如：

做功情况	能量变化特点
滑动摩擦力做功	有内能产生
重力做正功	重力势能必然减少，且 $W_G = -\Delta E_p$
克服重力做功	重力势能必然增加，且 $W_G = -\Delta E_p$
克服安培力做功	必然有其他形式的能转化为电能，并且克服安培力做多少功，就产生多少电能
安培力做正功	电能转化为其他形式的能，安培力做多少功就有多少电能转化为其他形式的能

(3) 根据能量守恒列方程求解。

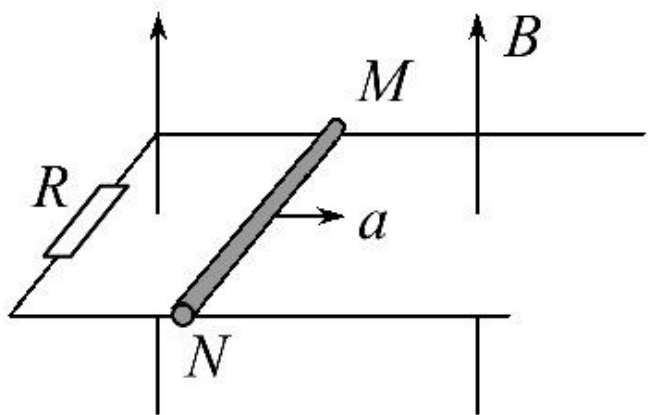
【特别提醒】 电能的三种求解思路

(1) 利用克服安培力做功求解：电磁感应中产生的电能等于克服安培力所做的功。

(2) 利用能量守恒求解：相应的其他能量的减少量等于产生的电能。

(3) 利用电路特征求解：通过电路中所消耗的电能来计算。

【典例 3】（2012·天津高考）如图所示，一对光滑的平行金属导轨固定在同一水平面内，导轨间距 $l=0.5\text{m}$ ，左端接有阻值 $R=0.3\Omega$ 的电阻。一质量 $m=0.1\text{kg}$ ，电阻 $r=0.1\Omega$ 的金属棒 MN 放置在导轨上，整个装置置于竖直向上的匀强磁场中，磁场的磁感应强度 $B=0.4\text{T}$ 。棒在水平向右的外力作用下，由静止开始以 $a=2\text{m/s}^2$ 的加速度做匀加速运动，当棒的位移 $x=9\text{m}$ 时撤去外力，棒继续运动一段距离后停下来，已知撤去外力前后回路中产生的焦耳热之比 $Q_1:Q_2=2:1$ 。导轨足够长且电阻不计，棒在运动过程中始终与导轨垂直且两端与导轨保持良好接触。求：



- (1) 棒在匀加速运动过程中，通过电阻 R 的电荷量 q ；
- (2) 撤去外力后回路中产生的焦耳热 Q_2 ；
- (3) 外力做的功 W_F 。

【解题探究】 (1) 求通过电阻的电荷量时要用到电流的**B**__。

(A. 瞬时值 B. 平均值)

(2) 求焦耳热 Q 时，要利用功能关系，本**B**__ (A. 适合
B. 不适合) 用焦耳定律求焦耳热。

(3) 外力 F 做的功等于回路中产生的焦耳热__。

【标准解答】（1）金属棒在做匀加速运动过程中，回路的

磁通量变化量为： $\Delta\Phi=Blx$ ①

由法拉第电磁感应定律得，回路中的平均感应电动势为：

$$\bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{②}$$

由闭合电路欧姆定律得，回路中的平均电流为：

$$\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r} \quad \text{③}$$

则通过电阻 R 的电荷量为： $q=\bar{I}\Delta t$ ④

由以上各式联立，代入数据解得： $q=4.5\text{ C}$ ⑤

(2) 设撤去外力时棒的速度为 v ，则由运动学公式得：

$$v^2 = 2ax \quad \text{⑥}$$

由动能定理得，棒在撤去外力后的运动过程中安培力做功为：

$$W = 0 - \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{⑦}$$

由功能关系知，撤去外力后回路中产生的焦耳热为：

$$Q_2 = -W \quad \text{⑧}$$

$$\text{联立⑥⑦⑧式，代入数据得：} Q_2 = 1.8 \text{ J} \quad \text{⑨}$$

(3) 因为撤去外力前后回路中产生的焦耳热之比为：

$$Q_1:Q_2=2:1$$

$$\text{所以 } Q_1=3.6 \text{ J}$$

⑩

由功能关系可知，在棒运动的整个过程中：

$$W_F=Q_1+Q_2$$

⑪

$$\text{联立⑨⑩⑪式得： } W_F=5.4 \text{ J}$$

答案： (1) 4.5 C (2) 1.8 J (3) 5.4 J

【总结提升】焦耳热的计算技巧

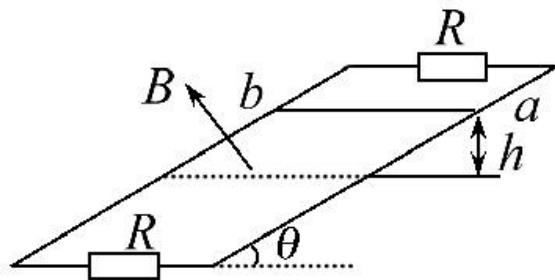
(1) 感应电路中电流恒定，则电阻产生的焦耳热等于电流通过电阻做的功，即 $Q=I^2Rt$ 。

(2) 感应电路中电流变化，可用以下方法分析：

① 利用动能定理，根据产生的焦耳热等于克服安培力做的功，即 $Q=W_{\text{安}}$ 。

② 利用能量守恒，即感应电流产生的焦耳热等于电磁感应现象中其他形式能量的减少，即 $Q=\Delta E_{\text{其他}}$ 。

【变式训练】 如图所示，两根足够长的固定平行金属导轨位于倾角 $\theta=30^\circ$ 的斜面上，导轨上、下端各接有一个阻值 $R=20\Omega$ 的电阻，导轨电阻忽略不计，导轨宽度 $L=2\text{m}$ ，在整个导轨平面内都有垂直于导轨平面向上的匀强磁场，磁感应强度 $B=1\text{T}$ 。质量 $m=0.1\text{kg}$ 、连入电路的电阻为 $r=10\Omega$ 的金属棒 ab 在导轨斜面较高处由静止释放，当金属棒 ab 下滑高度 $h=3\text{m}$ 时，速度恰好达到最大值 $v=2\text{m/s}$ 。金属棒 ab 在下滑过程中始终与导轨垂直且接触良好， g 取



(1) 金属棒 ab 由静止至下滑高度为 3m 的运动过程中机械能的减少量；

(2) 金属棒 ab 由静止至下滑高度为 3m 的运动过程中导轨上端电阻 R 中产生的热量。

【解析】（1）金属棒 ab 机械能的减少量：

$$\Delta E = mgh - \frac{1}{2} mv^2 = 2.8 \text{ J}。$$

（2）速度最大时金属棒 ab 产生的电动势： $E = BLv$

产生的电流： $I = \frac{E}{r + \frac{R}{2}}$

此时的安培力： $F = BIL$

由题意可知，所受摩擦力： $F_f = mgsin30^\circ - F$

由能量守恒得，损失的机械能等于金属棒 ab 克服摩擦力做功和产生的电热之和，

$$\text{电热： } Q = \Delta E = \frac{F_f h}{\sin 30^\circ}$$

又上、下端电阻并联后再与金属棒 ab 串联，
公式 $Q = I^2 R t$ ，

$$\text{则上端电阻 } R \text{ 中产生的热量： } Q_R = \frac{Q}{4}$$

联立以上几式得： $Q_R = 0.55 \text{ J}$ 。

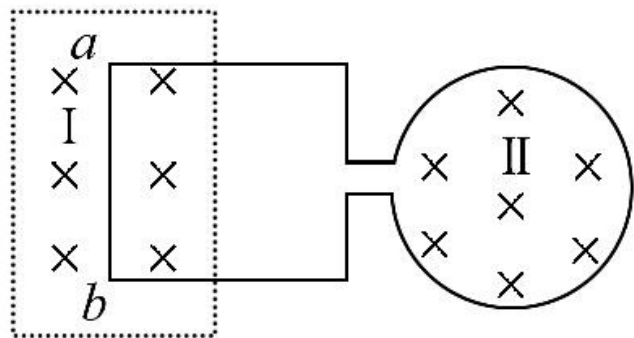
答案：（1）2.8 J （2）0.55 J

备选例题

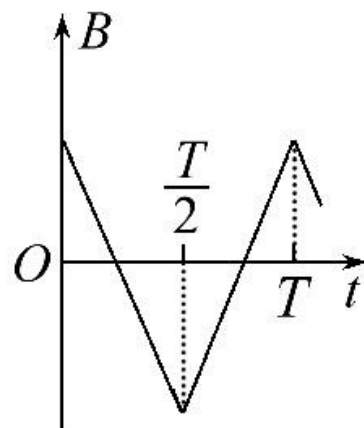
考查内容

电磁感应现象的图像问题

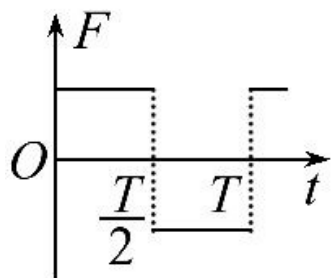
【典例】（2013·山东高考）将一段导线绕成图甲所示的闭合回路，并固定在水平面（纸面）内。回路的 **ab** 边置于垂直纸面向里的匀强磁场 **I** 中。回路的圆环区域内有垂直纸面的磁场 **II**，以向里为磁场 **II** 的正方向，其磁感应强度 **B** 随时间 **t** 变化的图像如图乙所示。用 **F** 表示 **ab** 边受到的安培力，以水平向右为 **F** 的正方向，能正确反映 **F** 随时间 **t** 变化的图像是（
）



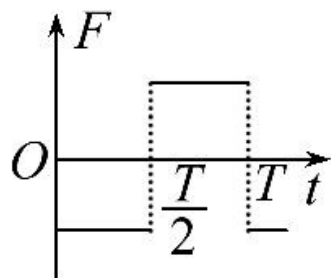
甲



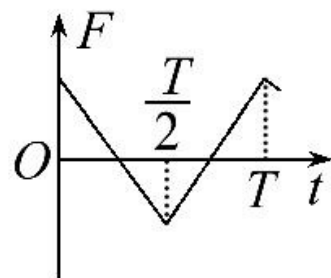
乙



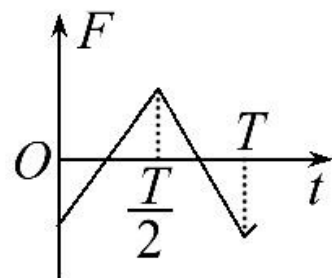
A



B



C



D

【标准解答】 选 B。根据图乙可知，在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 时间内，先是向里的磁通量均匀减小，然后向外的磁通量均匀增加，根据法拉第电磁感应定律 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} S$ 和楞次定律可知，这段时间内感应电流恒定不变，感应电流方向由 b 向 a，由左手定则可以判定， $0 \sim \frac{T}{2}$ 时间内，ab 边受到恒定的水平向左的力 F；同理可以判定，在 $\frac{T}{2} \sim T$ 时间内，先是向外的磁通量均匀减小，然后向里的磁通量均匀增加，这段时间内 ab 边中将产生恒定的由 a 向 b 的感应电流，根据左手定则不难判断，这段时间内 ab 边受到恒定的水平向右的力 F，因此，只有选项 B 正确。

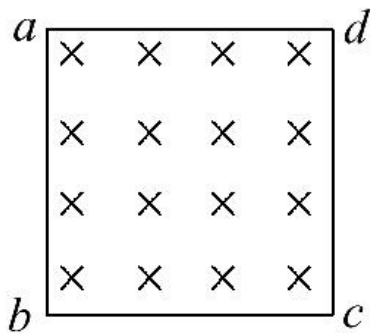


解题技巧

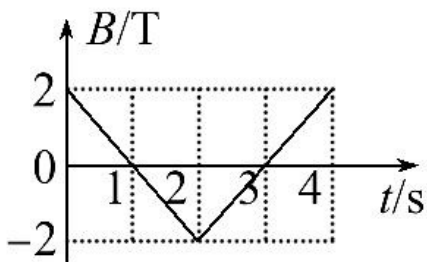
电磁感应图像问题的解决方法

1. 明确图像的种类，是 $B-t$ 图像， $\Phi-t$ 图像，或者 $E-t$ 图像还是 $I-t$ 图像。
2. 分析电磁感应的具体过程。
3. 用右手定则或楞次定律确定方向对应关系。
4. 结合法拉第电磁感应定律、欧姆定律、牛顿运动定律等规律写出函数关系式。
5. 根据函数关系式，进行数学分析，如分析斜率的变化、截距等。

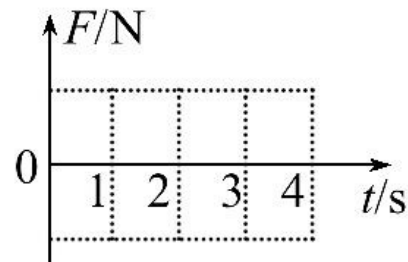
【案例展示】如图甲所示，面积为 0.01m^2 、电阻为 0.1Ω 的正方形导线框放在匀强磁场中，磁场方向与线框平面垂直。磁感应强度 B 随时间 t 的变化图线如图乙。 $t=0$ 时刻，磁感应强度的方向垂直于纸面向里。在 1s 末线框中感应电流的大小为_____ A。若规定水平向左为正方向，请在图丙中定性画出前 4s 内 ab 边所受的安培力 F 随时间 t 的变化图线。



甲



乙



丙

【标准解答】 线圈中的磁通量发生变化，

磁通量的变化率不变，产生的感应电动

势大小不变，根据法拉第电磁感应定律

$$E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \frac{S \Delta B}{\Delta t} \quad \text{得 } E = 0.02 \text{ V}, \quad I = 0.2 \text{ A}$$

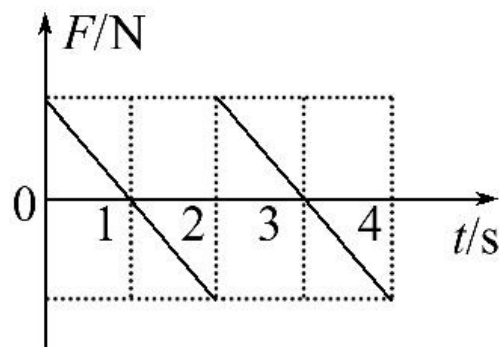
线圈中产生感应电流，ab 边受到安培力的作用，但由于磁感

应强度是变化的，所以 ab 边受的安培力是变化的。若规定向

左为正方向，根据 $F = BIL$ ，安培力与 B 成正比，0 ~ 1 s 安培

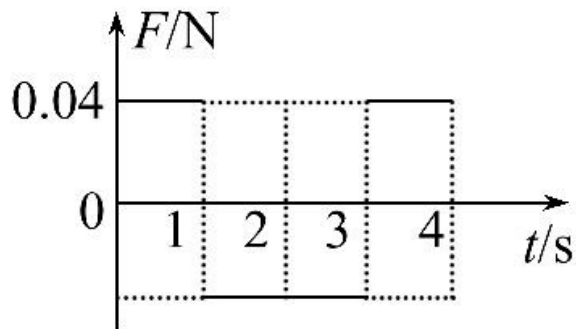
力为正向减小，1 ~ 2 s 安培力为反向增大，2 ~ 3 s 为正向

减小，3 ~ 4 s 为反向增大，如图所示。



答案： 0.2 F-t 图像见标准解答

【名师点评】 解答本类型问题时，一些同学往往不理解图像的意义，对图像的变化判断错误。如本题中在画图像时一些同学没有考虑到磁感应强度的变化，误认为安培力是恒力，得到错解： $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0.02 \text{ V}$ ， $I = 0.2 \text{ A}$ ， $F = BIL = 0.04 \text{ N}$ ，得出图像如图所示。



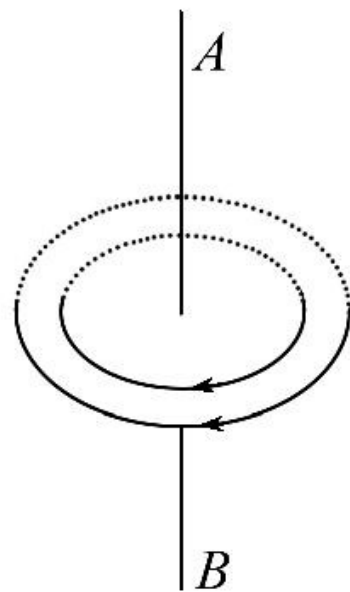
学业测试·速达标

1. (多选) (基础理论辨析题) 下列说法正确的是 ()
- A. 磁场变化时，会在空间激发一个电场
 - B. 闭合电路中，使电荷定向移动形成电流的力是磁场力
 - C. 动生电动势的产生与洛伦兹力有关
 - D. 动生电动势和感生电动势产生的原因是一样的
 - E. 感应电流在磁场中会受到安培力作用

【解析】选 A、C、E。磁场变化时，会在空间激发感生电场，A 正确；感生电场的电场力使电荷定向移动形成电流，B 错误；动生电动势中的非静电力与洛伦兹力有关，C 正确；感生电动势中的非静电力与感生电场有关，与动生电动势产生的原因不一样，D 错误；电磁感应中产生的感应电流处在原磁场中，受到安培力作用，E 正确。

2. (多选) 某空间出现了如图所示的一组闭合的电场线, 这可能是 ()

- A. 沿 AB 方向的磁场迅速减弱
- B. 沿 AB 方向的磁场迅速增强
- C. 沿 BA 方向的磁场迅速增强
- D. 沿 BA 方向的磁场迅速减弱



【解析】选 A、C。假设存在圆形闭合回路，回路中应产生与电场同向的感应电流，由安培定则可知，感应电流的磁场向下，所以根据楞次定律，引起该方向的感应电流应是方向向下的磁场迅速减弱或方向向上的磁场迅速增强，故 A、C 正确。

3. (2013·济宁高二检测) 研究表明,地球磁场对鸽子识别方向起着重要作用。鸽子体内的电阻大约为 $10^3\Omega$,当它在地球磁场中展翅飞行时,会切割磁感线,在两翅之间产生动生电动势。这样,鸽子体内灵敏的感受器即可根据动生电动势的大小来判别其飞行方向。若某处地磁场磁感应强度的竖直分量约为 $0.5\times 10^{-4}\text{T}$ 。鸽子以 20 m/s 的速度水平滑翔,则可估算出两翅之间产生的动生电动势约为 ()

A.30 mV

B.3 mV

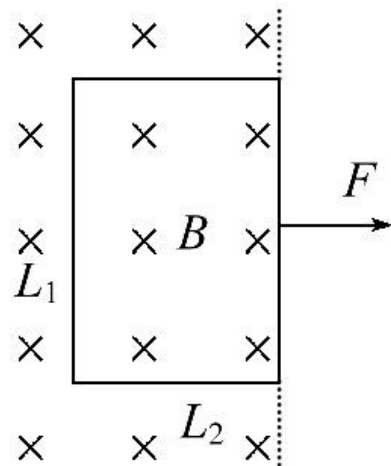
C.0.3 mV

D.0.03 mV

【解析】选C。鸽子两翅展开可达30 cm左右,所以 $E=BLv=0.5\times 10^{-4}\times 0.3\times 20\text{ V}=0.3\text{ mV}$ 。

4. (多选) 如图所示，磁感应强度为 B 的匀强磁场有理想界面，用力 F 将矩形线圈从磁场中匀速拉出。在其他条件不变的情况下 ()

- A. 速度越大时，拉力做功越多
- B. 线圈边长 L_1 越大时，拉力做功越多
- C. 线圈边长 L_2 越大时，拉力做功越多
- D. 线圈电阻越大时，拉力做功越多

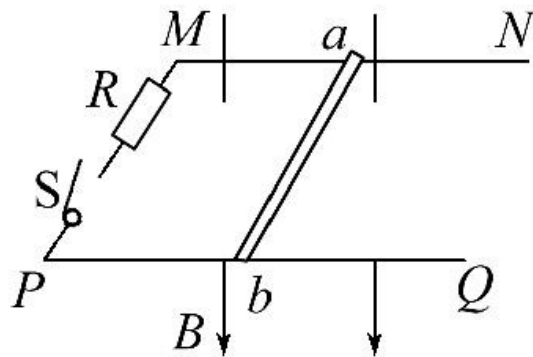


【解析】选 A、B、C。用力 F 匀速拉出线圈过程所做的功为

$W = FL_2$ ；又因匀速拉出，则 $F = F_{\text{安}} = BIL_1$ ， $\frac{BL_1v}{R}$ 所以

$W = \frac{B^2L_1^2L_2v}{R}$ 分析知 A、B、C 正确，D 错误。

5. 如图所示，在水平平行放置的两根光滑长直导电轨道 MN 与 PQ 上，放着一根直导线 ab，ab 与导轨垂直，它在导轨间的长度为 20 cm，这部分的电阻 $r=0.02\Omega$ 。导轨部分处于方向竖直向下的匀强磁场中，磁感应强度 $B=0.20\text{ T}$ ，电阻 $R=0.08\Omega$ ，其他电阻不计，ab 的质量为 0.02 kg。



(1) 打开开关 S , ab 在水平恒力 $F=0.01\text{ N}$ 的作用下 , 由静止沿轨道滑动 , 求经过多长时间速度才能达到 10 m/s ?

(2) 上述过程中感应电动势随时间变化的表达式是怎样的 ?

(3) 当 ab 的速度达到 10 m/s 时 , 闭合开关 S , 为了保持 a b 仍能以 10 m/s 的速度匀速运动 , 水平拉力应变为多少 ?

【解析】 (1) 由牛顿第二定律 $F = ma$, 得

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0.01}{0.02} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2$$

$$t = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{10}{0.5} \text{ s} = 20 \text{ s}。$$

(2) 因为感应电动势 $E = BLv = BLat = 0.02t$, 所以感应电动势与时间成正比。

(3) 导线 ab 保持以 10 m/s 的速度运动, 受到的安培力

$$F_{\text{安}} = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R + r} = 0.16 \text{ N}$$

安培力与拉力 F 是一对平衡力, 故

$$F = 0.16 \text{ N}。$$

答案 : (1) 20 s (2) $E = 0.02t$ (3) 0.16 N



课时提升卷



点击进入
Word版可编辑套题

