

3 楞次定律

目标定位

1. 理解楞次定律的内容和本质。
2. 掌握右手定则,并理解右手定则的实质。
3. 应用右手定则和楞次定律判定感应电流的方向。

核心提示

- 重点:**1. 通过探究实验总结楞次定律。
2. 利用右手定则和楞次定律判断感应电流的方向。
- 难点:**楞次定律的理解及实际应用。

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。

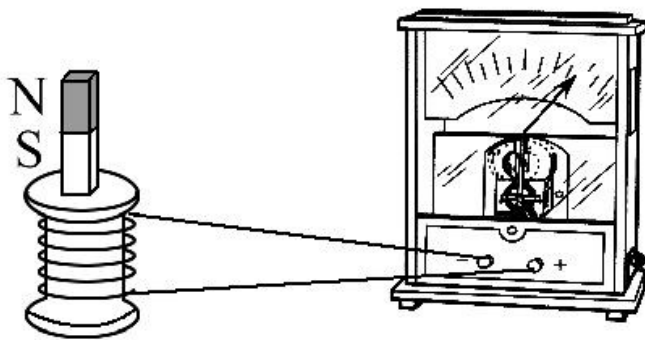
前知回顾

1. 电磁感应现象：当穿过闭合电路的磁通量发生 变化 时，电路中有 感应电流 产生，这种利用磁场产生电流的现象叫作电磁感应。
2. 产生感应电流的条件：
表述一：闭合电路的一部分导体在磁场内做 切割磁感线 运动。
表述二：穿过闭合电路的磁通量 发生变化。
3. 磁通量的大小可用穿过回路的磁感线 条数 表示。
4. 环形电流和通电螺线管的磁感线方向用 安培 定则来判断。

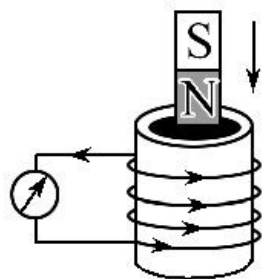
自主学习

一、探究感应电流的方向

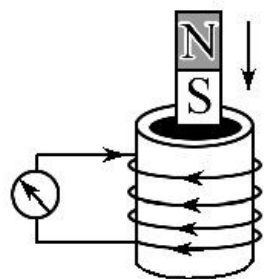
1. 实验探究：将螺线管与电流表组成闭合回路，分别将 N 极、S 极插入、抽出线圈，如图所示，记录感应电流方向如图。



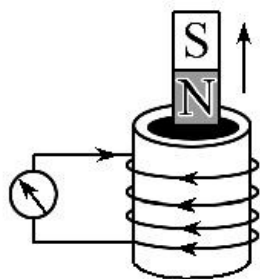
实验装置



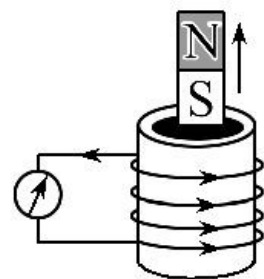
甲



乙



丙



丁

2. 分析：

(1) 线圈内磁通量增加时的情况：

图序	磁场方向	感应电流方向 (俯视)	感应电流的 磁场方向
甲	<u>向下</u>	逆时针	<u>向上</u>
乙	<u>向上</u>	顺时针	<u>向下</u>

(2) 线圈内磁通量减少时的情况：

图序	磁场方向	感应电流方向 (俯视)	感应电流的 磁场方向
丙	<u>向下</u>	顺时针	<u>向下</u>
丁	<u>向上</u>	逆时针	<u>向上</u>

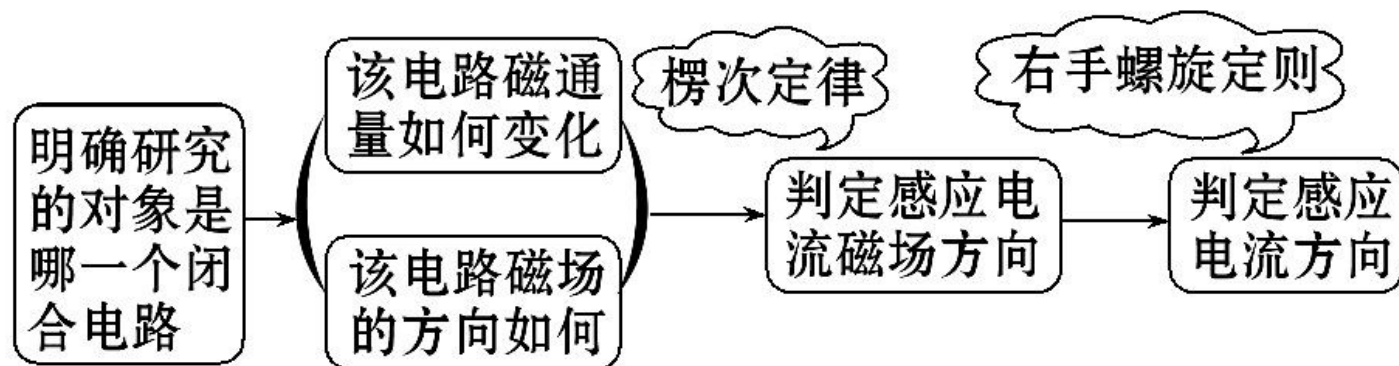
3. 实验结论：当穿过线圈的磁通量增加时，感应电流的磁场与原磁场的方向 **B**（A. 相同 B. 相反）；当穿过线圈的磁通量减少时，感应电流的磁场与原磁场的方向 **A**（A. 相同 B. 相反）。

4. 归纳总结：当线圈内磁通量增加时，感应电流的磁场 阻碍 磁通量的增加；当线圈内磁通量减少时，感应电流的磁场 阻碍 磁通量的减少。

二、楞次定律

1. 内容：感应电流具有这样的方向，即感应电流的磁场总要 阻碍 引起感应电流的 磁通量 的变化。

2. 运用楞次定律判定感应电流方向的思维程序图：



三、右手定则

1. 使用方法：伸开右手，使拇指与其余四个手指 垂直，并且都与手掌在 同一个平面 内；让磁感线从掌心 进入，使 拇指 指向导线运动的方向，这时 四指 所指的方向就是感应电流的方向。

2. 适用范围：适用于闭合电路部分导体 切割磁感线 产生感应电流的情况。

【思考辨析】

1. 判断正误：

- (1) 感应电流的磁场总是阻碍原磁通量的增强。 ()
- (2) 感应电流的磁场总是阻碍原磁场的变化。 ()
- (3) 由楞次定律知，感应电流的磁场一定与引起感应电流的磁场方向相反。 ()
- (4) 电路不闭合，穿过回路的磁通量变化时，也会产生“阻碍”作用。 ()
- (5) 感应电流的磁场一定阻碍引起感应电流的磁场的磁通量的变化。 ()

提示：（1）×。感应电流的磁场总是阻碍回路中的原磁通量的变化，有可能阻碍磁通量的增加，也有可能阻碍磁通量的减弱。

（2）×。感应电流的磁场阻碍的是原磁通量的变化，不是阻碍原磁场的变化。

（3）×。由楞次定律的内容知，原磁场引起回路磁通量增加时，感应电流磁场与原磁场方向相反，引起磁通量减少时，两磁场方向相同。

（4）×。回路中的“阻碍”是由感应电流的磁场产生的，若回路不闭合，就无感应电流，因此不会产生阻碍作用。

（5）√。感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁场的磁通量的变化。

2. 问题思考：

(1) 楞次定律中的“阻碍”与“阻止”“相反”的区别是什么？

提示：①阻碍不是阻止，最终引起感应电流的磁通量还是发生了变化，即“阻而未止”。

②阻碍不是相反，当由于原磁通量的增加引起感应电流时，感应电流的磁场方向与原磁场方向相反。当由于原磁通量的减少而引起感应电流时，感应电流的磁场方向与原磁场方向相同。

(2) 判断感应电流的方向时，右手定则和楞次定律如何选择？

提示：要根据产生感应电流的具体情况确定。

① 回路中的导体不动，磁通量变化时，只能根据楞次定律判断感应电流的方向，不能用右手定则。

② 回路中的一部分导体做切割磁感线运动时，根据右手定则判断感应电流的方向比较方便。

③ 所有情况都可以应用楞次定律进行判断，但方便程度不同。

核心归纳 · 抓要点

深化
理解

一 楞次定律的理解和应用

1. 因果关系：楞次定律反映了电磁感应现象中的因果关系，磁通量发生变化是原因，产生感应电流是结果，原因产生结果，结果反过来影响原因。
2. 楞次定律的另一种等价表述：感应电流的效果总是阻碍引起感应电流的原因。

3.“阻碍”的理解：

问题	结论
谁阻碍谁	是感应电流的磁通量阻碍引起感应电流的磁场（原磁场）的磁通量的变化
阻碍什么	阻碍的是磁通量的变化，而不是阻碍磁通量本身
如何阻碍	当原磁场磁通量增加时，感应电流的磁场方向与原磁场的方向相反；当原磁场磁通量减少时，感应电流的磁场方向与原磁场的方向相同，即“增反减同”
结果如何	阻碍并不是阻止，只是延缓了磁通量的变化快慢，这种变化将继续进行，最终结果不受影响

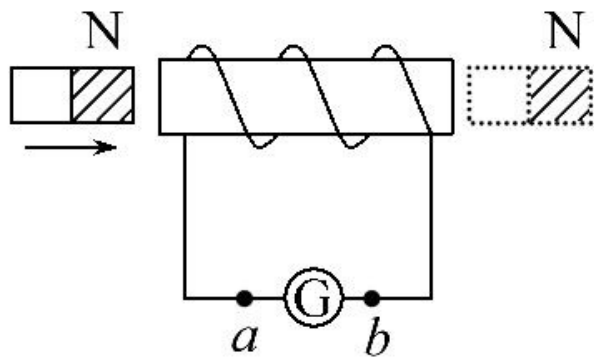
4.“阻碍”的表现形式：楞次定律中的“阻碍”作用，正是能的转化和守恒定律的反映，在克服“阻碍”的过程中，其他形式的能转化为电能，常见的情况有以下四种：

- (1) 阻碍原磁通量的变化（增反减同）；
- (2) 阻碍导体的相对运动（来拒去留）；
- (3) 通过改变线圈面积来“反抗”（扩大或缩小）；
- (4) 阻碍自身电流的变化（自感现象将在后面学习到）。

【特别提醒】（1）“阻碍”并不意味着“相反”。在理解楞次定律时，有些同学错误地把“阻碍”作用认为感应电流产生磁场的方向和原磁场方向相反，事实上，它们可能同向，也可能反向，需根据磁通量的变化情况判断。

（2）“阻碍”的结果是实现了其他形式的能向电能转化，这和能量守恒定律相吻合，如果没有“阻碍”，将违背能量守恒定律。

【典例 1】 如图所示，一根条形磁铁自左向右穿过一个闭合螺线管，则电路中 ()



- A. 始终有感应电流自 a 向 b 流过电流表 G
- B. 始终有感应电流自 b 向 a 流过电流表 G
- C. 先有 a→G→b 方向的感应电流，后有 b→G→a 方向的感应电流
- D. 将不会产生感应电流

【解题探究】（1）分析条形磁铁自左向右穿过螺线管时螺线管内磁通量的变化：

① 磁铁进入螺线管过程，磁通量 增加。

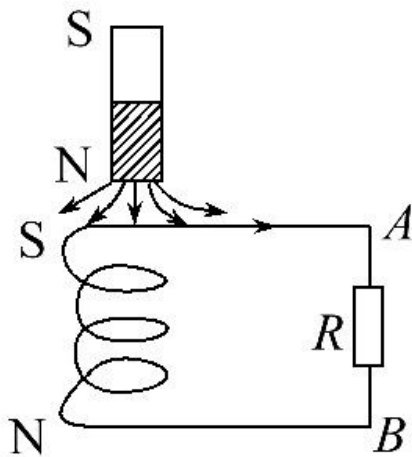
② 磁铁从螺线管中穿出的过程，磁通量 减少。

（2）由楞次定律确定感应电流的磁场方向后，如何判断感应电流的方向？

提示：用安培定则判断感应电流方向。

【标准解答】选C。条形磁铁从左边进入螺线管的过程中，在螺线管内产生的磁场方向向右，穿过螺线管的磁通量不断增加，根据楞次定律，感应电流的方向是 $a \rightarrow G \rightarrow b$ 。条形磁铁从螺线管中向右穿出的过程中，在螺线管中产生的磁场方向仍向右，穿过螺线管的磁通量不断减小，根据楞次定律，感应电流的方向是 $b \rightarrow G \rightarrow a$ ，故C正确。

【变式训练】（多选）（2013·梅州高二检测）如图所示，当磁铁运动时，流过电阻的电流是由 A 经 R 到 B，则磁铁的运动可能是（ ）



- A. 向下运动
- C. 向左运动

- B. 向上运动
- D. 以上都不可能

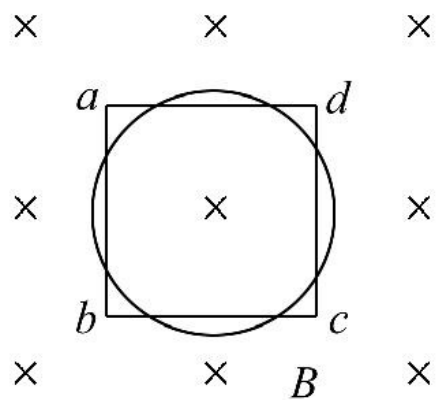
【解析】选 B、C。此题可通过逆向应用楞次定律来判定。

(1) 由感应电流方向 $A \rightarrow R \rightarrow B$ ，应用安培定则得知感应电流在螺线管内产生的磁场方向应是从上指向下；(2) 运用楞次定律判得螺线管内磁通量的变化应是向下减小或向上增大；

(3) 由条形磁铁的磁感线分布知，螺线管内原磁场是向下的，故应是磁通量减小，即磁铁向上运动或向左、向右平移，所以正确的答案是 B、C。

【变式备选】 如图所示，在匀强磁场中有一个用比较软的金属导线制成的闭合圆环。在此圆环的形状由圆形变成正方形的过程中 ()

- A. 环中有感应电流，方向 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b$
- B. 环中有感应电流，方向 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$
- C. 环中无感应电流
- D. 条件不够，无法确定



【解析】选 A。由圆形变成正方形的过程中，面积减小，磁通量减小，由楞次定律可知，正方形中产生 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b$ 方向的电流，A 对。

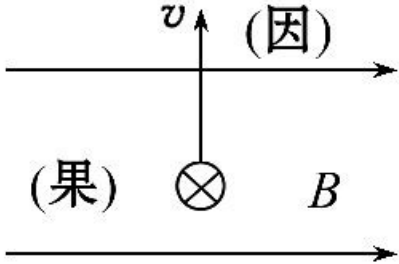
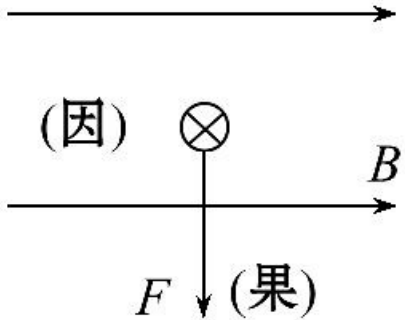
二 楞次定律、右手定则、左手定则

对比
分析

1. 楞次定律与右手定则的区别及联系：

规律 比较内容		楞次定律	右手定则
区别	研究对象	整个闭合回路	闭合回路的一部分， 即做切割磁感线运动的 导体
	适用范围	各种电磁感应现象	只适用于导体在磁场 中做切割磁感线运动的 情况
	应用	用于磁感应强度 B 随 时间变化而产生的电 磁感应现象较方便	用于导体切割磁感线 产生的电磁感应现象 较方便
联系		右手定则是楞次定律的特例	

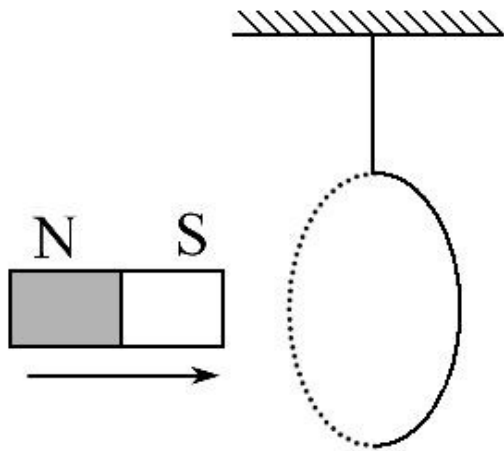
2. 右手定则和左手定则的区别：

比较项目	右手定则	左手定则
作用	判断感应电流方向	判断通电导体所受磁场力的方向
已知条件	已知切割运动方向和磁场方向	已知电流方向和磁场方向
图例		
因果关系	运动→电流	电流→运动
应用实例	发电机	电动机

【特别提醒】（1）判断感应电流方向时可根据具体情况选取楞次定律或右手定则；

（2）区分右手定则和安培定则：右手定则判断电流的方向；安培定则判断电流产生磁场的方向。

【典例 2】 如图所示，当磁铁突然向铜环运动时，铜环的运动情况是 ()



A. 向右运动

B. 向左运动

C. 静止不动

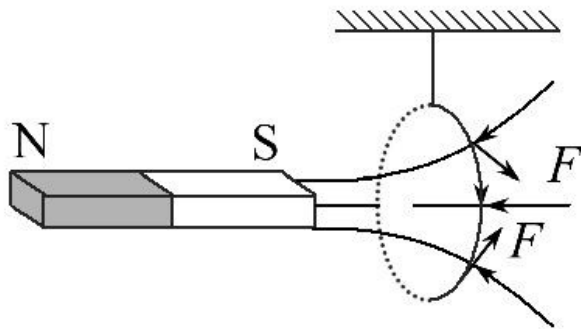
D. 不能判定

- 【解题探究】** (1) 根据楞次定律判断感应电流的方向；
- (2) 运用左手定则判断所受安培力方向；
- (3) 分析本题，可用楞次定律中哪种“阻碍”的表现形式直接判断？

提示：阻碍相对运动法，即“来拒去留”。

【标准解答】选A。解法一：电流元受力分析法。

如图所示，当磁铁向环运动时，穿过铜环的磁通量增加，由楞次定律判断出铜环的感应电流的磁场方向与原磁场的方向相反，即向右，根据安培定则可判断出感应电流方向，从左侧看为顺时针方向，把铜环的电流等效为多段直线电流元，取上、下两小段电流元进行研究，由左手定则判断出两段电流元的受力，由此可判断整个铜环所受合力向右。故A选项正确。

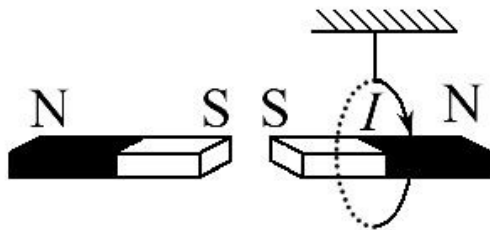


解法二：阻碍相对运动法。

产生磁场的物体与闭合线圈之间的相互作用力可概括为四个字“来拒去留”。磁铁向右运动时，铜环产生的感应电流总是阻碍磁铁与导体间的相对运动，则磁铁和铜环间有排斥作用。故 A 正确。

解法三：等效法。

如图所示，磁铁向右运动，使铜环产生的感应电流可等效为条形磁铁，而两磁铁有排斥作用。故 A 项正确。

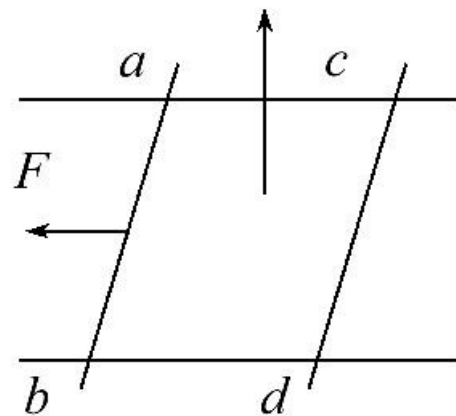


【总结提升】 电磁感应现象中导体运动问题的分析方法

- (1) 确定所研究的闭合电路；
- (2) 明确闭合电路所包围的区域磁场的方向及磁场的变化情况；
- (3) 确定穿过闭合电路的磁通量的变化或导体是否切割磁感线；
- (4) 根据楞次定律或右手定则判定感应电流的方向；
- (5) 根据左手定则或“来拒去留”“增反减扩”等判断导体所受安培力及运动的方向。

【变式训练】（2013·威海高二检测）如图所示，光滑的金属导轨置于水平面内，匀强磁场方向垂直于导轨平面向上，磁场区域足够大。导线 **ab**、**cd** 平行放置在导轨上，且都能自由滑动。当导线 **ab** 在拉力 **F** 作用下向左运动时，下列判断错误的是（ ）

- A. 导线 **cd** 也向左运动
- B. 导线 **cd** 内有电流，方向为 **c→d**
- C. 磁场对 **ab** 的作用力方向向右
- D. 磁场对 **ab** 和 **cd** 的作用力方向相同



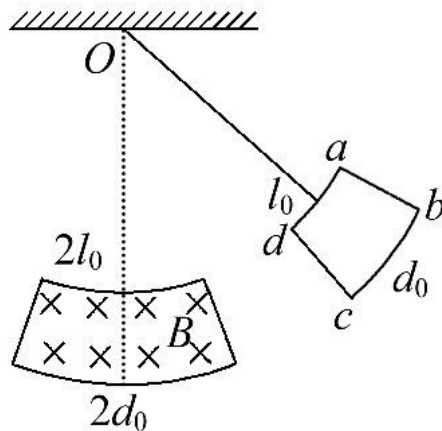
【解析】选 D。当导线 ab 在力 F 作用下向左运动时，由右手定则知，电流方向为 $b \rightarrow a$ ，故 cd 内电流的方向为 $c \rightarrow d$ ，B 正确；由左手定则知，ab 边所受安培力方向向右，cd 边所受安培力方向向左，且导线 cd 向左运动，故 A、C 项正确，D 项错误，故选 D。

备选例题

考查内容

楞次定律与能量守恒

【典例】 如图所示，用一根长为 L ，质量不计的细杆与一个上弧长为 l_0 、下弧长为 d_0 的金属线框的中点连接并悬挂于 O 点，悬点正下方存在一个上弧长为 $2l_0$ 、下弧长为 $2d_0$ 的方向垂直纸面向里的匀强磁场，且 $d_0 \ll L$ 。先将线框拉开到如图所示位置，松手后让线框进入磁场，忽略空气阻力和摩擦力。下列说法正确的是（ ）



- A. 金属线框进入磁场时感应电流的方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$
- B. 金属线框离开磁场时感应电流的方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$
- C. 金属线框 dc 边进入磁场与 ab 边离开磁场的速度大小总是相等
- D. 向左摆动进入或离开磁场的过程中，所受安培力方向向右；
向右摆动进入或离开磁场的过程中，所受安培力方向向左

【标准解答】选D。当线框进入磁场时，dc边切割磁感线，由楞次定律可判断，感应电流的方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ ；当线框离开磁场时，同理可判其感应电流的方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ ，故A、B选项错；线框dc边（或ab边）进入磁场（或离开磁场）时，都要切割磁感线产生感应电流，机械能转化为电能，故dc边进入磁场与ab边离开磁场的速度大小不相等，C错；由“来拒去留”知，D对。

解题技巧

楞次定律判断导体运动问题的应用技巧

在电磁感应中判断导体的运动常有以下两种方法：

(1) 程序法：首先根据楞次定律判断出感应电流的方向；然后根据感应电流处原磁场分布情况，运用左手定则判断出导体所受的安培力方向，最终确定导体的运动情况。

(2) 楞次定律广泛含义法：感应电流的效果总是要反抗产生感应电流的原因，表现为

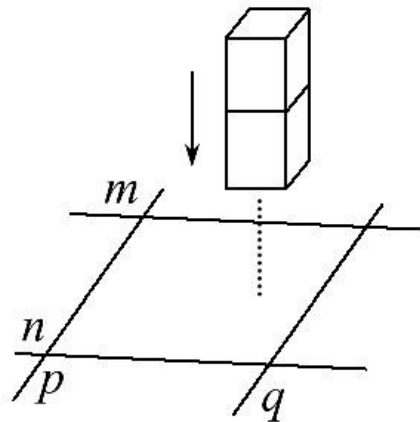
① 阻碍导体的相对运动（来拒去留）；

② 通过改变线圈面积来“反抗”（扩大或缩小）。

两种方法中，后一种要灵活快速准确。

【案例展示】（多选）如图所示，光滑固定导轨 m 、 n 水平放置，两根导体棒 p 、 q 平行放于导轨上，形成一个闭合回路。当一条形磁铁从高处下落接近回路时（ ）

- A. p 、 q 将互相靠拢
- B. p 、 q 将互相远离
- C. 磁铁的加速度仍为 g
- D. 磁铁的加速度小于 g



【标准解答】选 A、D。方法一：假设磁铁的下端为 N 极，穿过回路的磁通量增加，根据楞次定律可判断出感应电流的磁场方向向上，根据安培定则可判断出回路中感应电流的方向为逆时针方向。再根据左手定则可判断 p、q 所受的安培力的方向，安培力使 p、q 相互靠拢。由于回路所受的安培力的合力向下，根据牛顿第三定律知，磁铁将受到向上的反作用力，从而加速度小于 g 。若磁铁的下端为 S 极，根据类似的分析可以得出相同的结果，所以 A、D 选项正确。

方法二：根据楞次定律的另一表述—感应电流的效果总是要反抗产生感应电流的原因，本题中的“原因”是回路中的磁通量增加，归根结底是磁铁靠近回路，“效果”便是阻碍磁通量的增加和磁铁的靠近，所以 p、q 将相互靠近且磁铁的加速度小于 g。故选项 A、D 正确。

【名师点评】 本案例列出了判断感应电流受力及其导体运动方向的方法，并从多个角度深刻理解楞次定律中阻碍的含义。虽然方法不同，但本质都是楞次定律，只有领会其精髓，才能运用它进行正确的判断。深刻理解楞次定律中“阻碍”的含义是快速分析该类问题的前提。

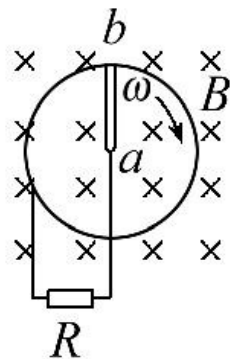
学业测试 · 速达标

1. (多选) (基础理论辨析题) 下列说法正确的是 ()
- A. 根据楞次定律知：感应电流的磁场一定阻碍引起感应电流的磁通量
 - B. 感应电流的磁场总是阻碍原磁场的减弱
 - C. 感应电流的磁场方向与引起感应电流的磁场方向可能相同，也可能相反
 - D. 当导体切割磁感线运动时，必须用安培定则确定感应电流的方向
 - E. 分别用右手定则和楞次定律分析导体切割磁感线运动问题，判断出的感应电流方向是一致的

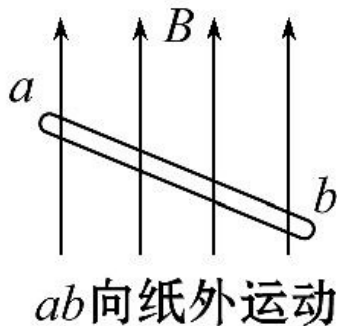
【解析】选 C、E。由楞次定律知，感应电流的磁场总是阻碍引起感应电流的磁通量的变化，A 错误；感应电流的磁场总是阻碍电路中的原磁通量的变化，不是阻碍原磁场的变化，B 错误；由楞次定律知，如果是因磁通量的减小而引起的感应电流，则感应电流的磁场方向与引起感应电流的磁场方向相同，阻碍磁通量的减小；如果是因磁通量的增大而引起的感应电流，则感应电流的磁场与引起感应电流的磁场方向相反，阻碍磁通量的增大，C 项正确；导体切割磁感线运动时，应直接用右手定则确定感应电流的方向；若闭合回路磁通量变化，由楞次定律确定感应电流的磁场方向，然后用安培定则确定感应电流的方向，D 项错误；右手定则是楞次定律在特定情形下的一个应用，两个判断感应电流方向方法的结论应该是一致的，E 正确。

2. 如图所示为闭合电路中的一部分导体 ab 在磁场中做切割磁感线运动的情景，其中能产生由 a 到 b 的感应电流的是（

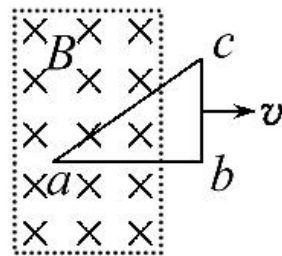
)



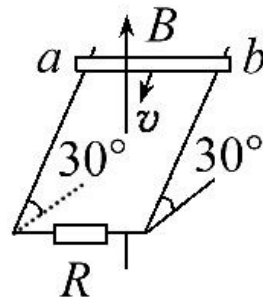
A



B



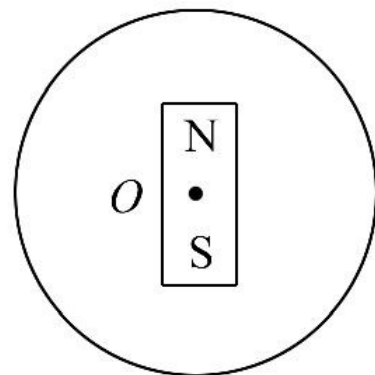
C



D

【解析】选 A。题目中导体做切割磁感线运动，先由感应电流产生的条件判断是否存在感应电流，再应用右手定则判断感应电流方向。由右手定则可判定 ab 中的电流，A 项中由 a 向 b，B 项中由 b 向 a，C 项中由 b 向 a，D 项中由 b 向 a。故选 A。

3. 如图所示，一均匀的扁平条形磁铁的轴线与圆形线圈在同一平面内，磁铁中心与圆心重合，为了在磁铁开始运动时线圈中能得到逆时针方向的感应电流，磁铁的运动方式应是（ ）



- A. N 极向纸内，S 极向纸外，使磁铁绕 O 点转动
- B. N 极向纸外，S 极向纸内，使磁铁绕 O 点转动
- C. 磁铁在线圈平面内顺时针转动
- D. 磁铁在线圈平面内逆时针转动

【解析】选 A。当 N 极向纸内，S 极向纸外转动时，穿过线圈的磁场从无到有并向里，感应电流的磁场应向外，电流方向为逆时针，A 选项正确；当 N 极向纸外，S 极向纸内转动时，穿过线圈的磁场向外并增加，感应电流方向为顺时针，B 选项错误；当磁铁在线圈平面内绕 O 点转动时，穿过线圈的磁通量始终为零，因而不产生感应电流，C、D 选项错误。

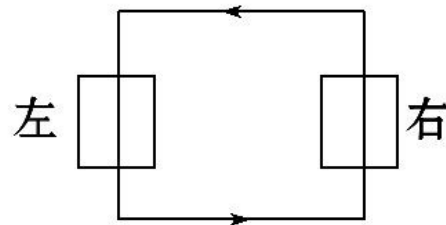
4. (多选) (2013·海南高考) 如图，在水平光滑桌面上，两相同的矩形刚性小线圈分别叠放在固定的绝缘矩形金属框的左右两边上，且每个小线圈都各有一半面积在金属框内。在金属框接通逆时针方向电流的瞬间 ()

A. 两小线圈会有相互靠拢的趋势

B. 两小线圈会有相互远离的趋势

C. 两小线圈中感应电流都沿顺时针方向

D. 左边小线圈中感应电流沿顺时针方向，右边小线圈中感应电流沿逆时针方向



【解析】选 B、C。金属框接通电流的瞬间，两个小线圈的磁通量均增大，根据楞次定律，为了阻碍磁通量的增大，它们必须相互远离，选项 A 错误，B 正确；由环形电流的磁场分布规律知两小线圈中原磁场方向均垂直纸面向外，根据“增反减同”原则得，C 正确，D 错误。



课时提升卷



点击进入
Word版可编辑套题

