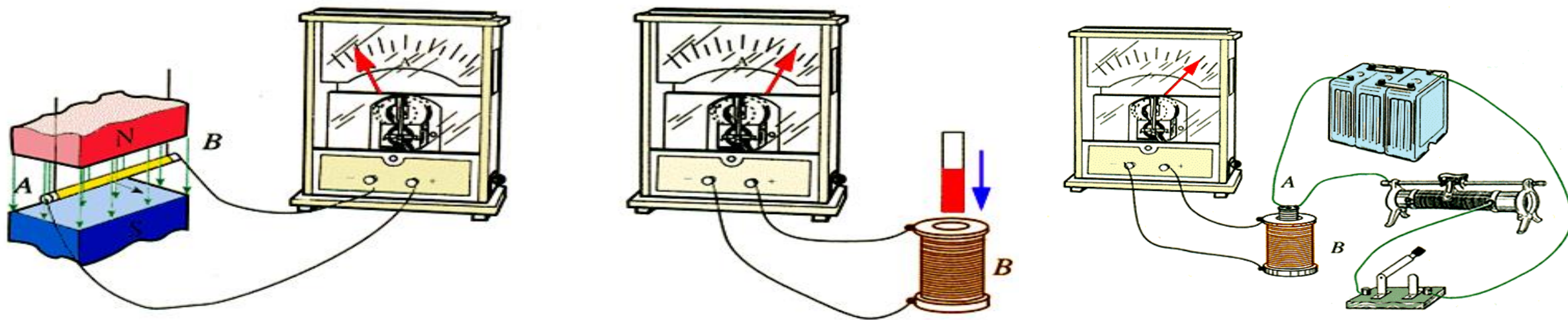


## 第二章 楞次定律和自感现象

### 第一节 感应电流的方向

连江一中 李平

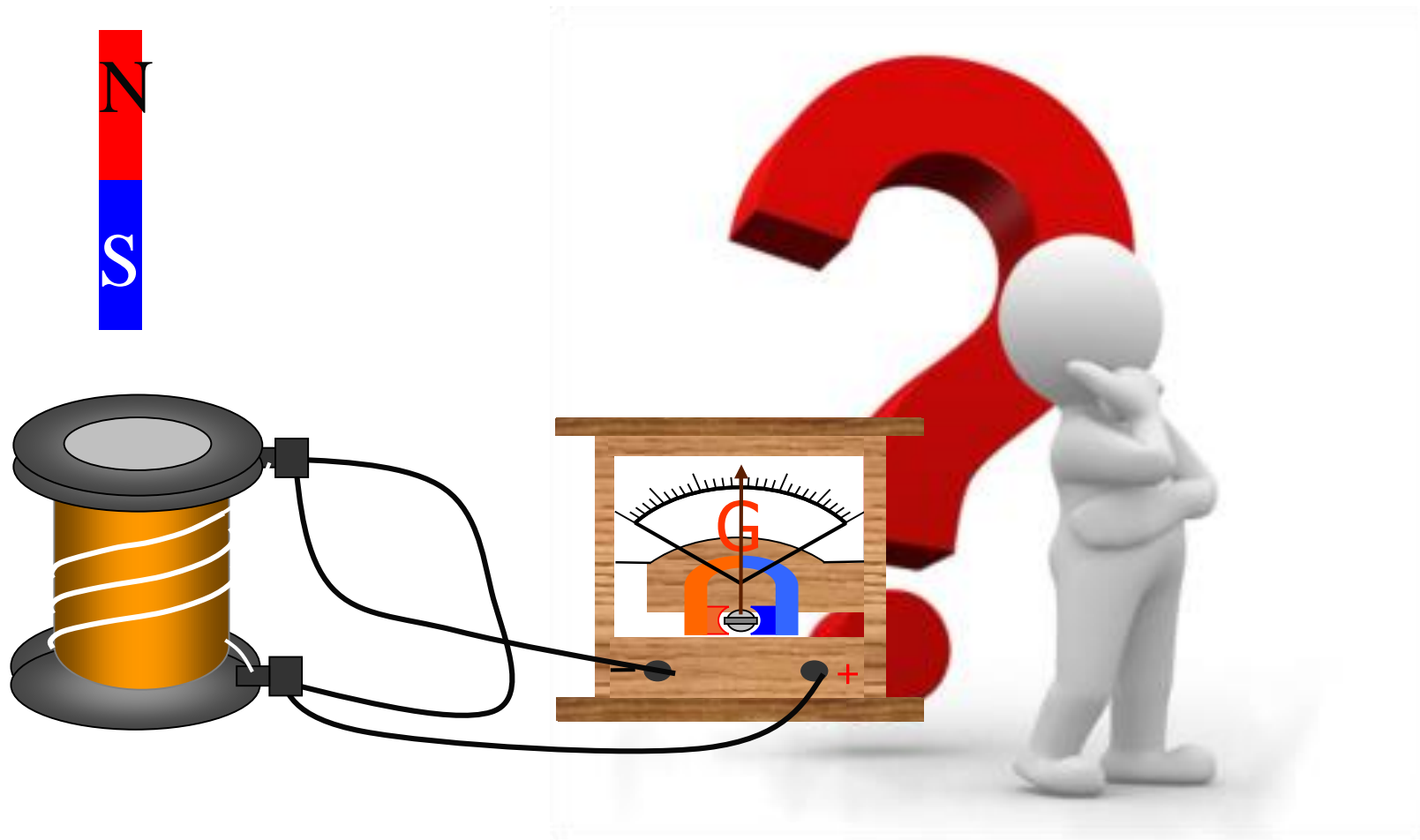
2020年3月9日



只要使闭合电路的磁通量发生变化，闭合电路中就会有感应电流产生。

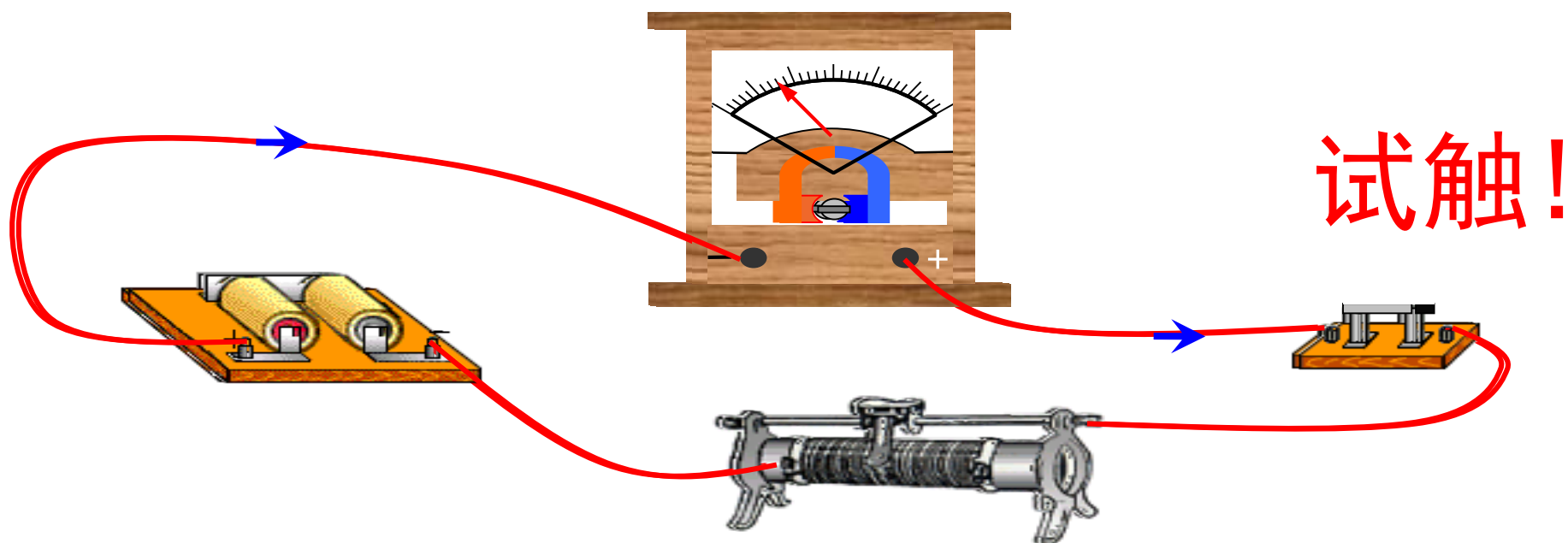
- (1) 电路闭合
- (2) 磁通量发生变化

## 思考1： 如何判定感应电流的方向呢？



# 实验探究

实验前：1. 找出电流表中指针偏转方向和电流方向的关系



左进左偏, 右进右偏.

2. 观察线圈中导线的绕向

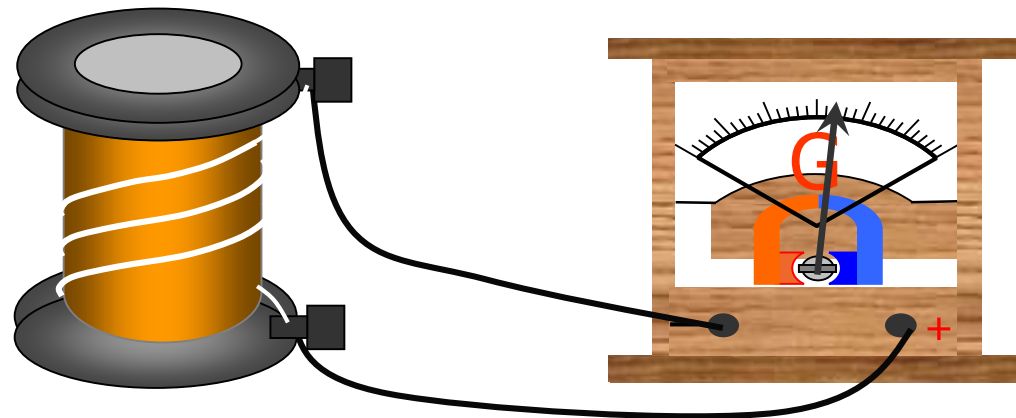
# 实验探究

## 实验步骤1

将条形磁铁北极向下  
插入线圈。



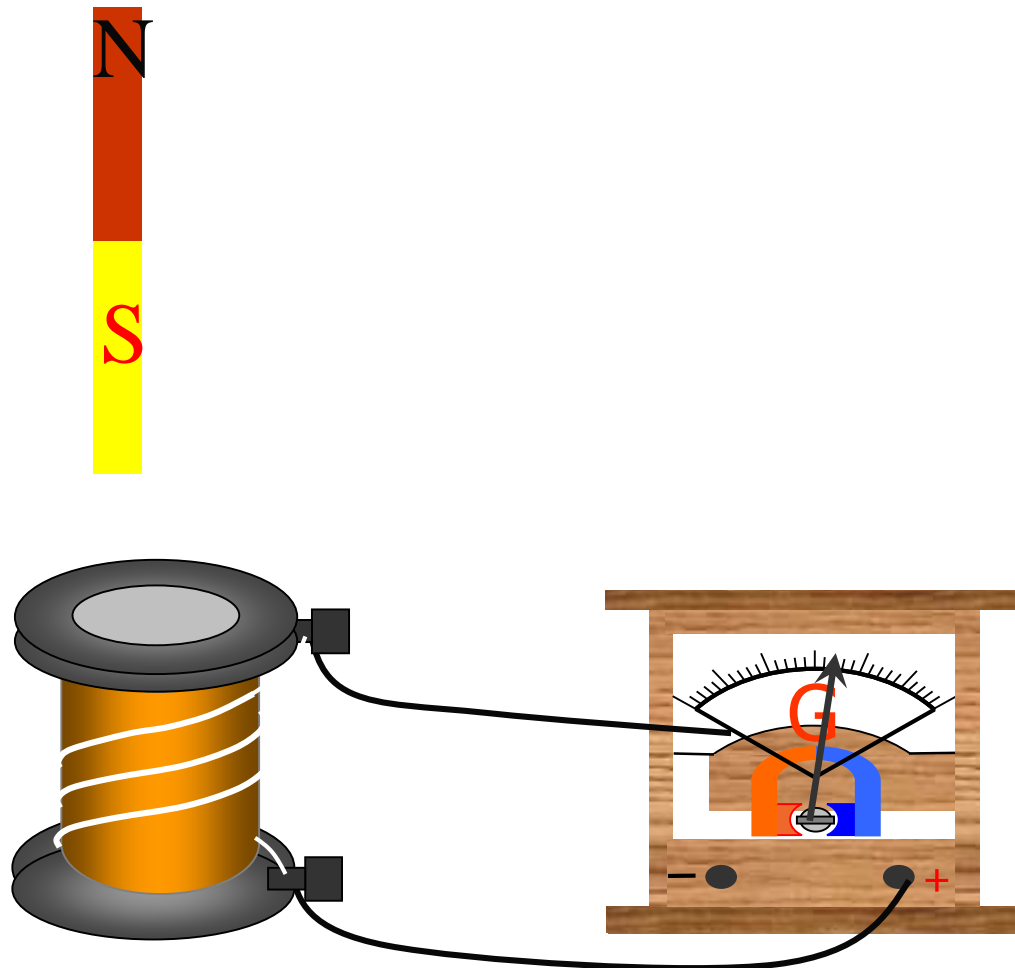
观察线圈中导线的绕向



# 实验探究

## 实验步骤2

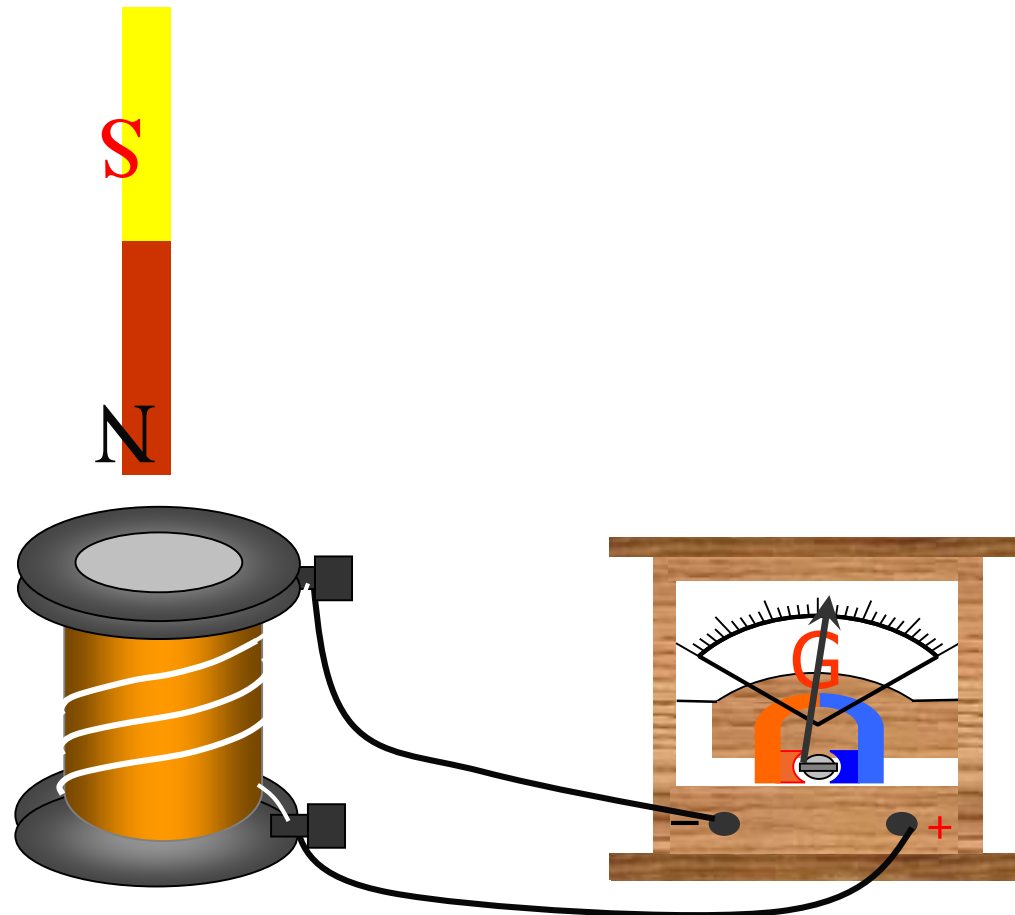
将条形磁铁南极向下  
插入线圈。



# 实验探究

## 实验步骤3

将条形磁铁北极向上  
拔出线圈。

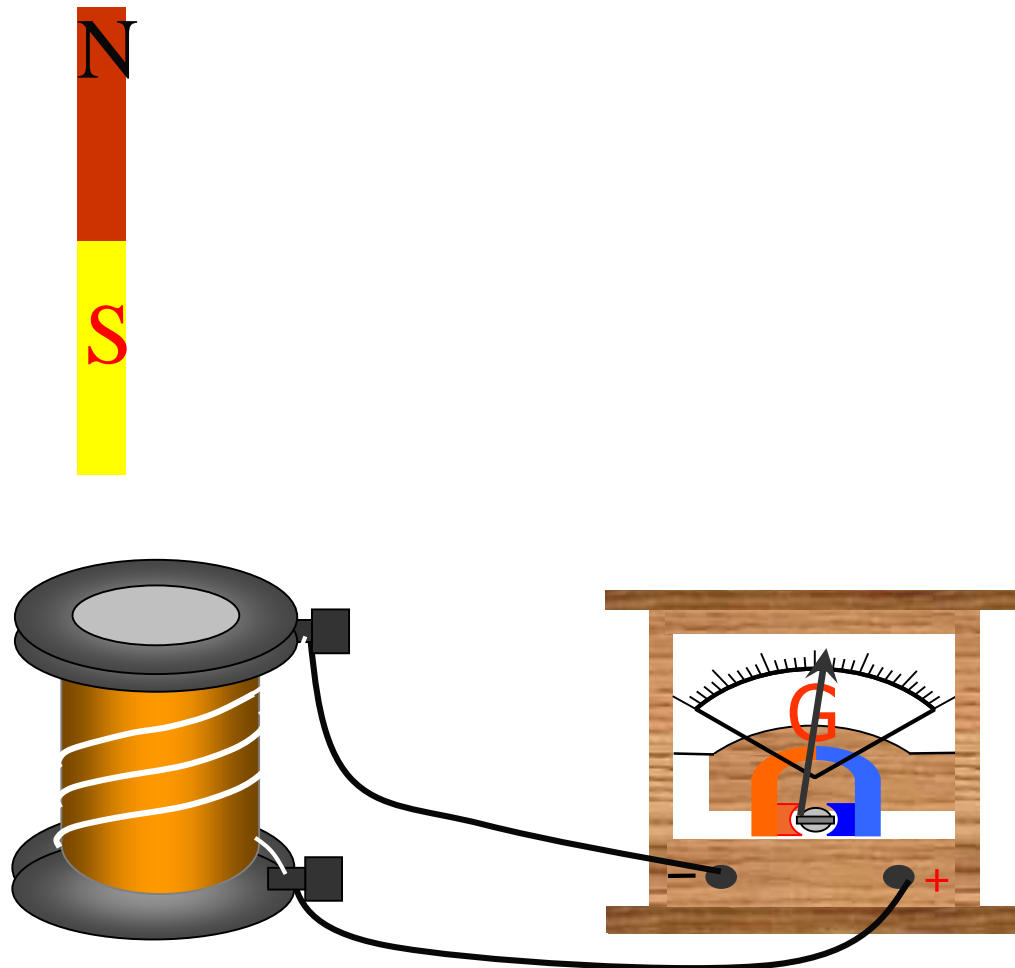




# 实验探究

## 实验步骤4

将条形磁铁南极向上  
拔出线圈。

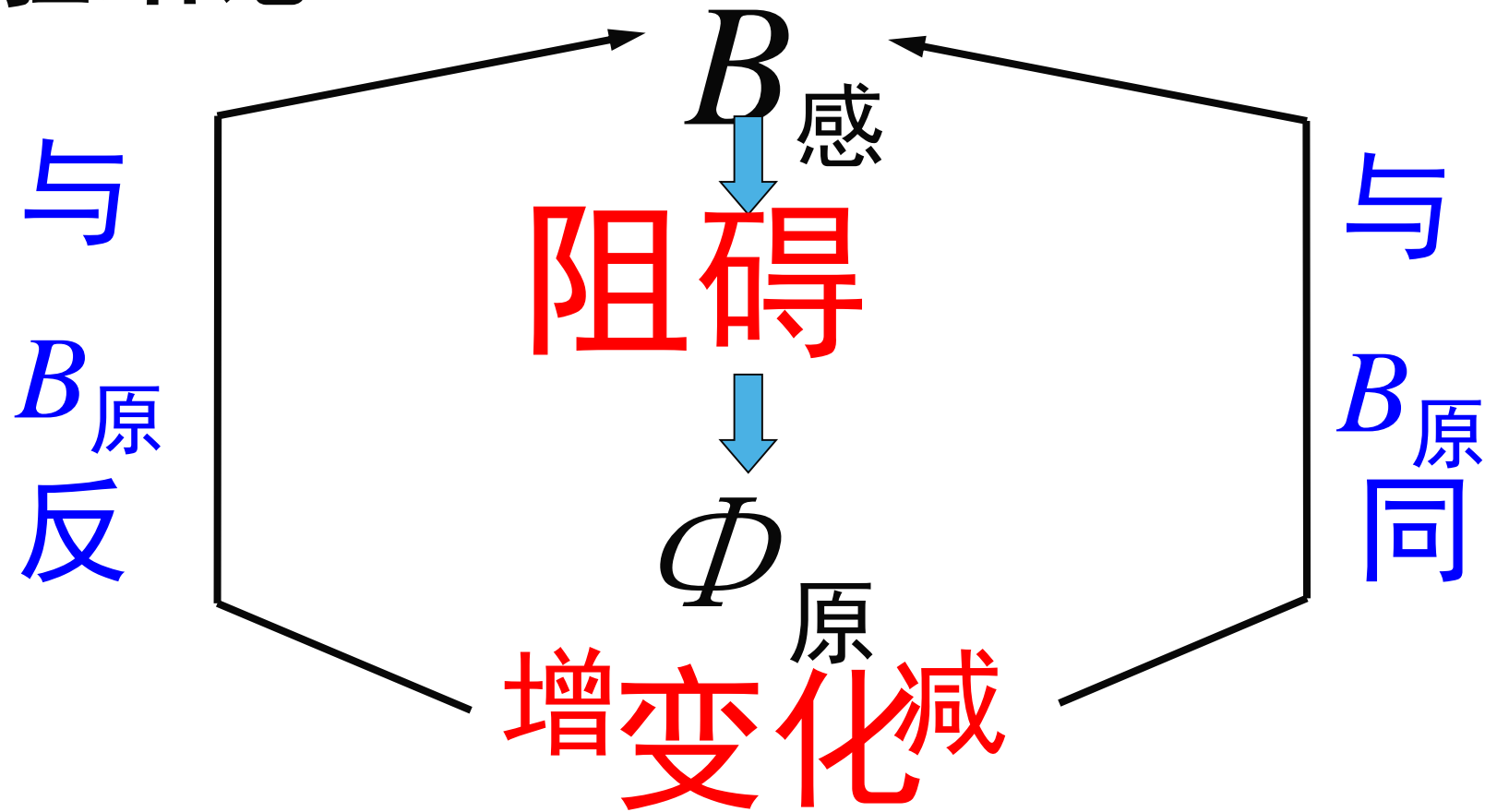




	N 极插入	S 极插入	N 极拔出	S 极拔出
示意图				
线圈中（原）磁场的方向	向下	向上	向下	向上
线圈中（原）磁通量的变化	增加	增加	减小	减小
感应电流方向（俯 视）	逆时针	顺时针	顺时针	逆时针
感应电流的磁场方向	向上	向下	向下	向上

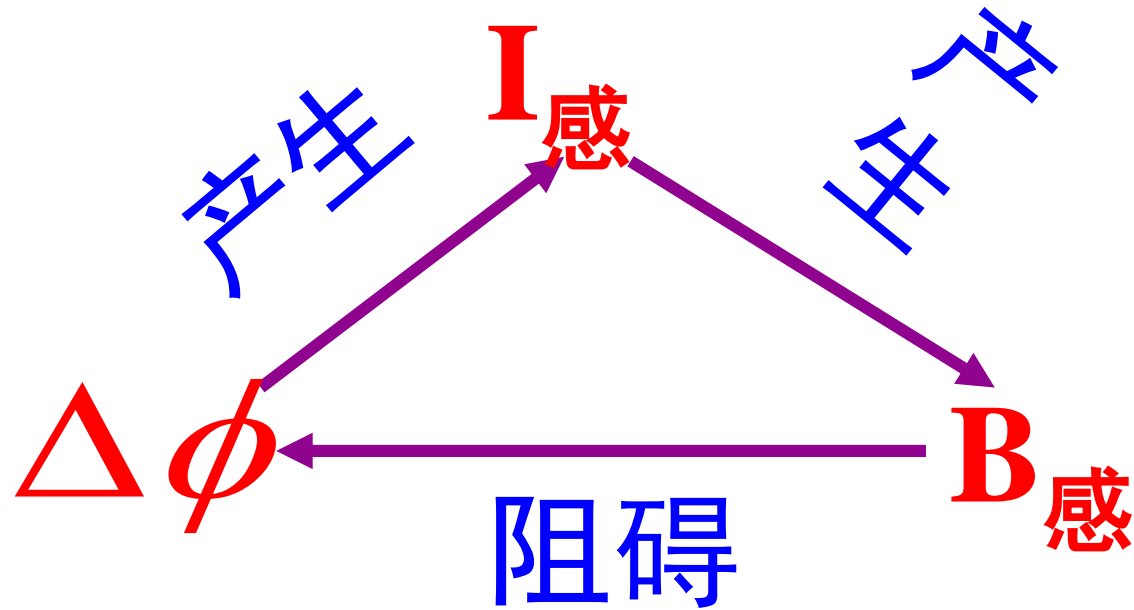
# 楞次定律

## 1. 实验结论:



# 楞次定律

## 2. 因果关系：



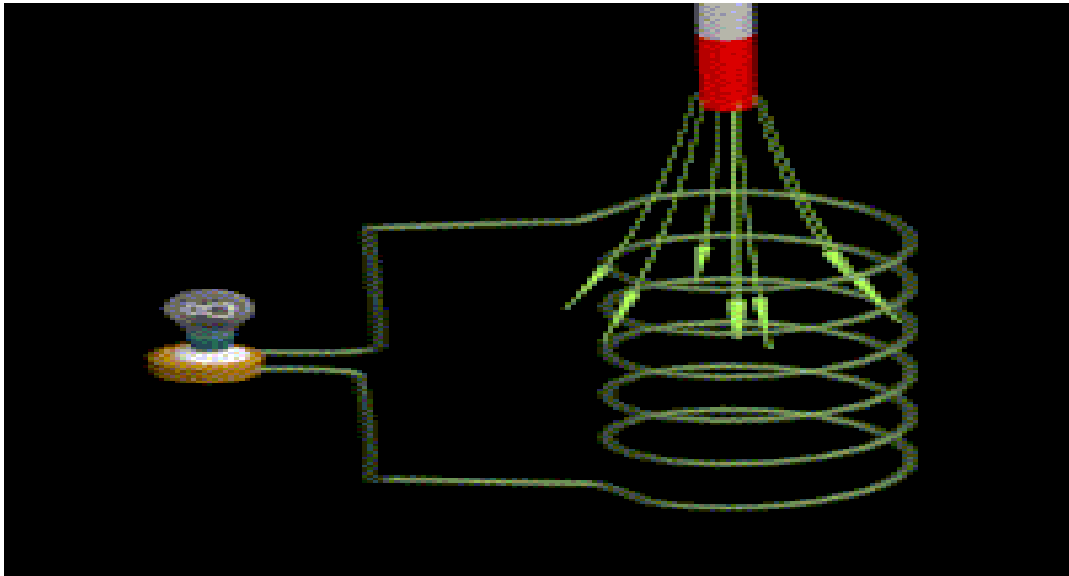
# 楞次定律

1.楞次定律：感应电流具有这样的方向：

感应电流的磁场  
引起感应电流的

总要 **阻碍**  
磁通量的变化。

原磁场的



楞次

# 楞次定律

## 2. 理解“阻碍”：

①谁在阻碍？

感应电流的磁场

②阻碍什么？

引起感应电流的原磁场磁通量的变化

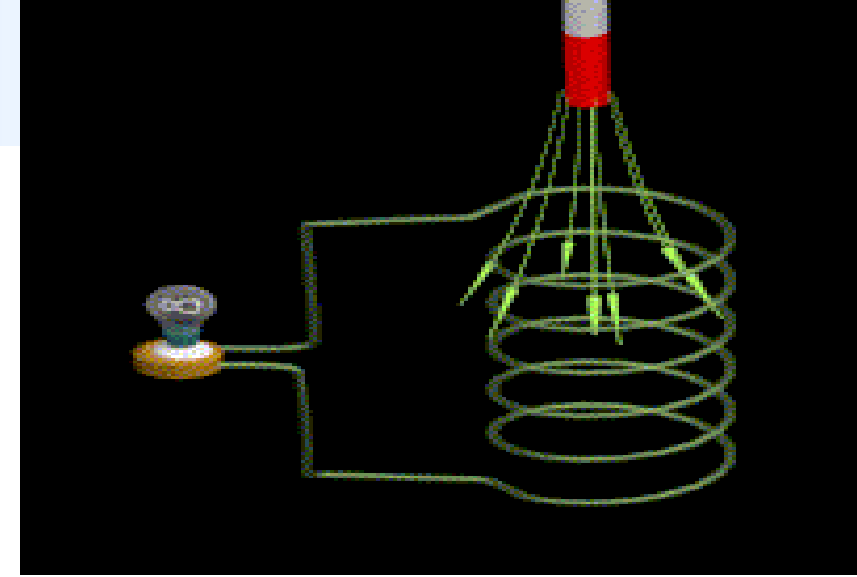
③如何阻碍？

“增反减同”

④结果如何？

使磁通量的变化变慢

（阻碍不一定相反、阻碍不是阻止）



# 判断感应电流的步骤

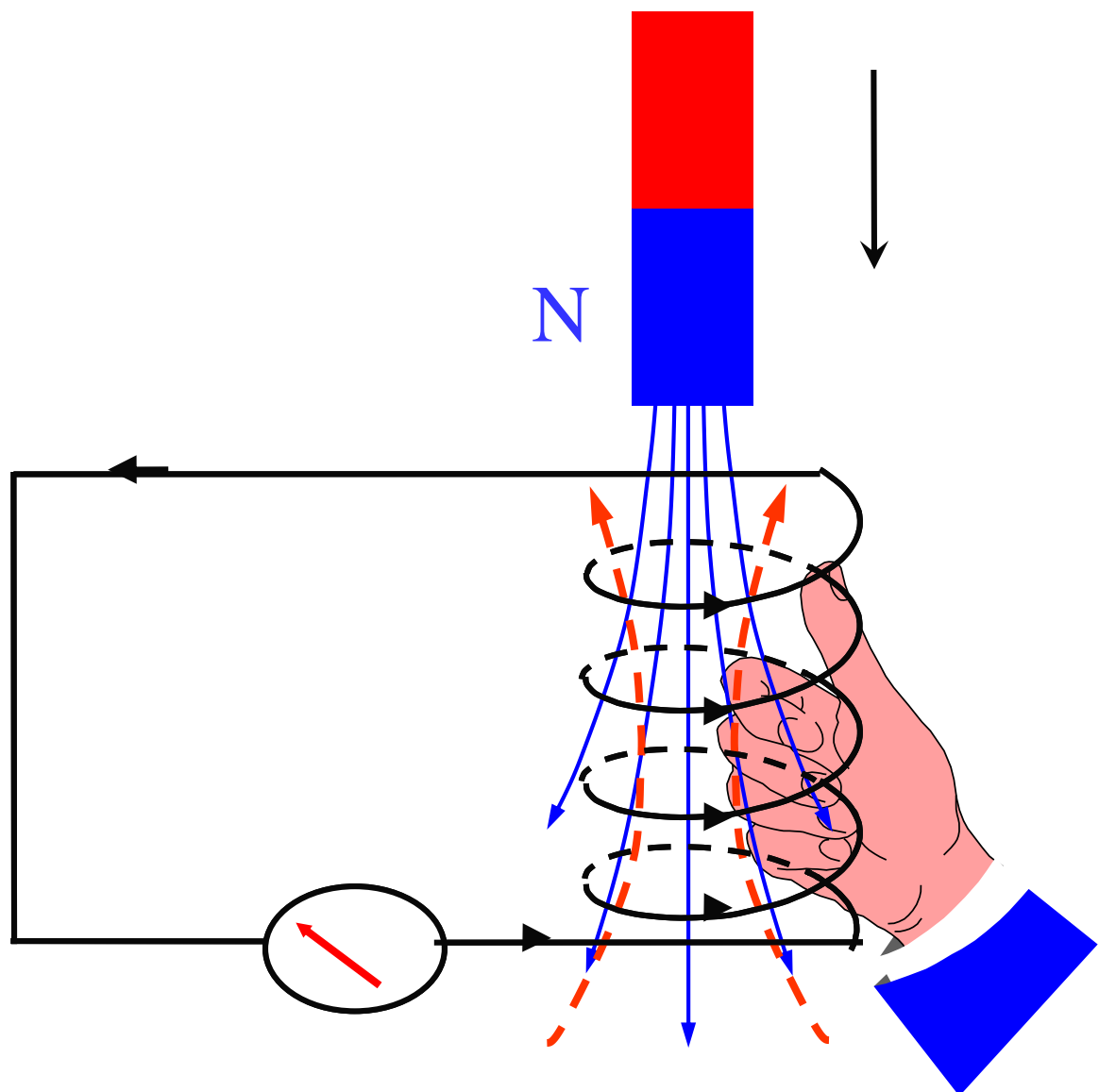
思考2：

判断感应电流的  
一般步骤？



# 判断感应电流的步骤

## 判断感应电流方向的步骤：



明确原磁场方向



明确穿过闭合电路磁通量是增加还是减少



根据楞次定律确定感应电流的磁场方向



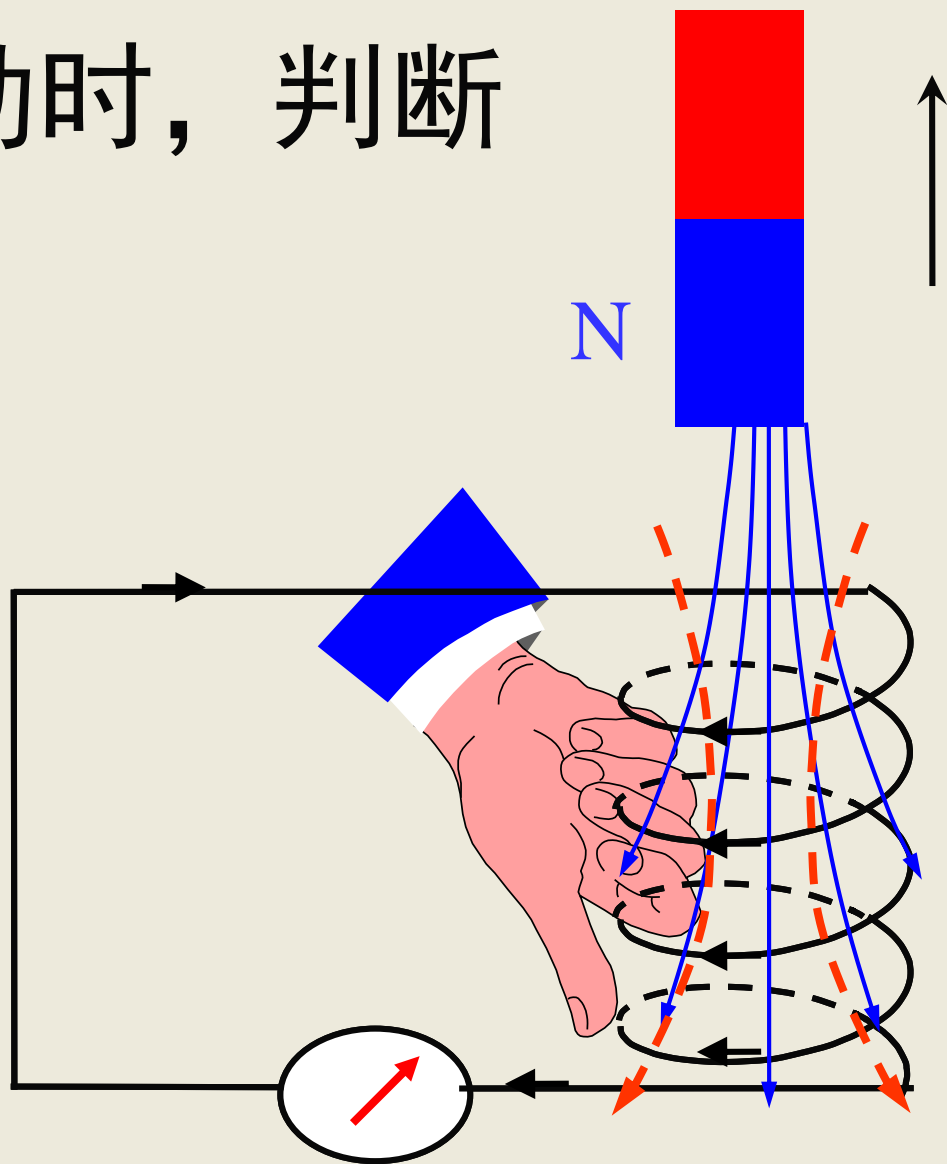
利用安培定则判断感应电流方向





## 例题 1

当条形磁铁向上运动时，判断  
感应电流的方向



# 楞次定律的表现形式（应用）

思考3：

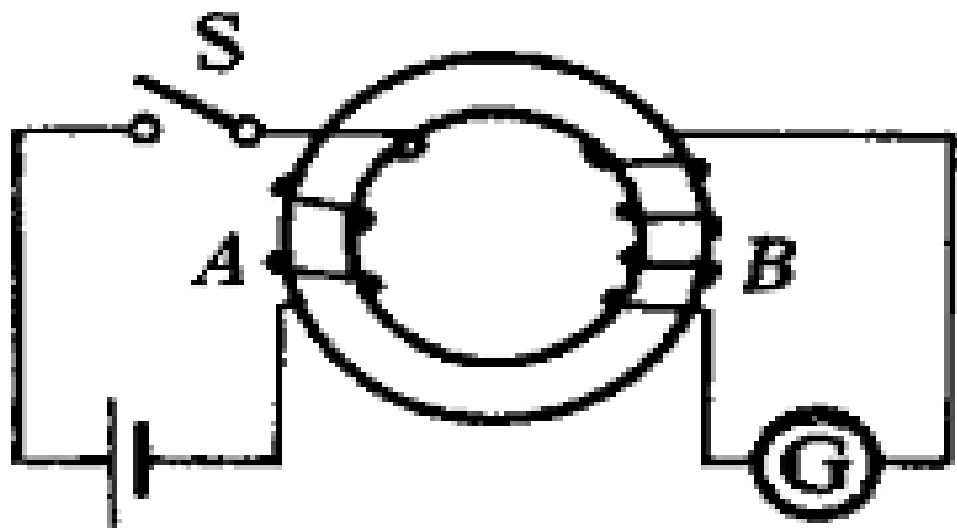
楞次定律的表现形式有  
哪些？



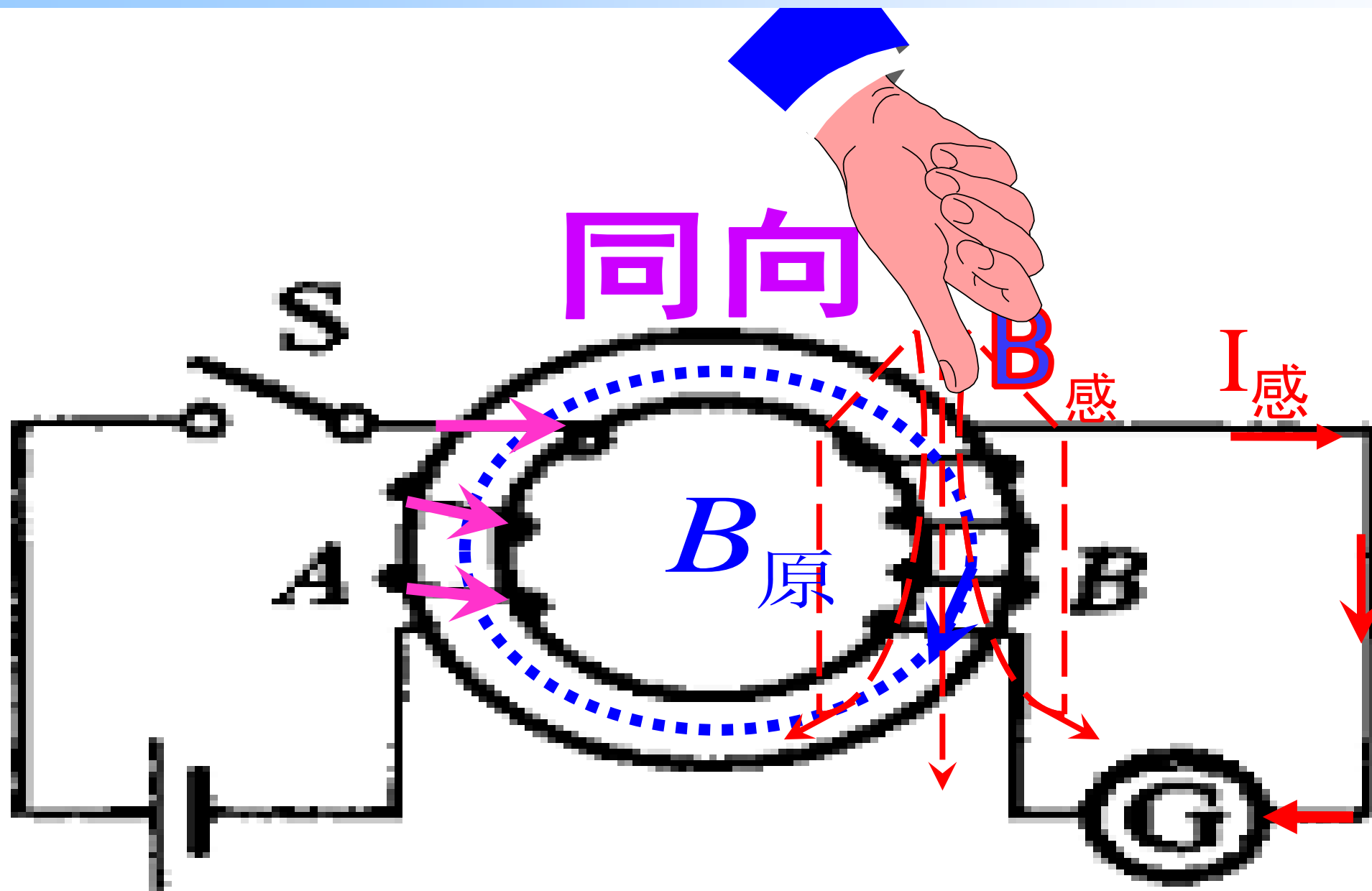
# 楞次定律的表现形式（应用）

## ①“增反减同”

**例2：** 法拉第最初发现电磁感应现象的实验如图所示，软铁环上绕有A、B两个线圈，当A线圈电路中的开关断开的瞬间，线圈B中的感应电流沿什么方向？

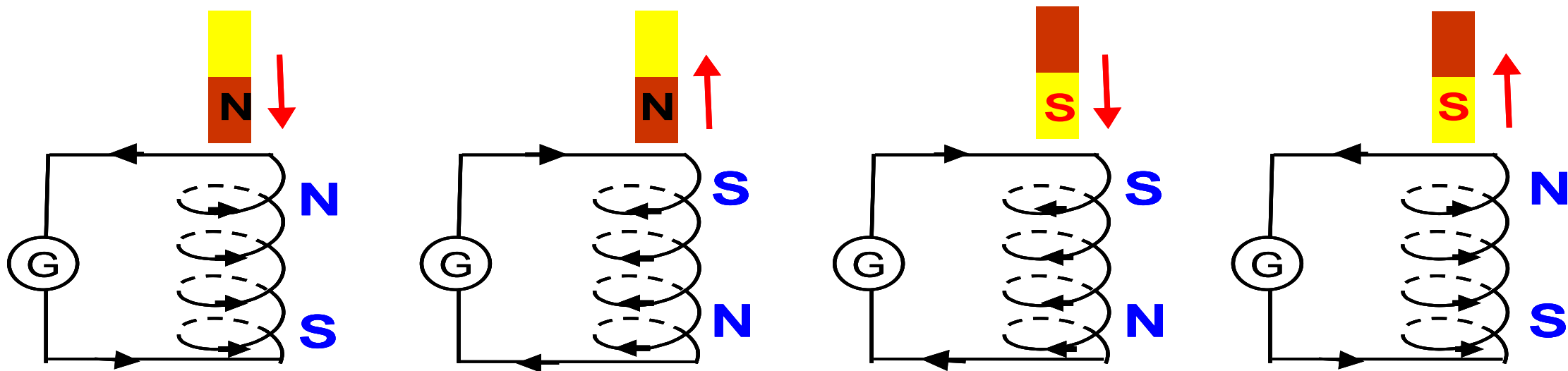


# 楞次定律的表现形式（应用）



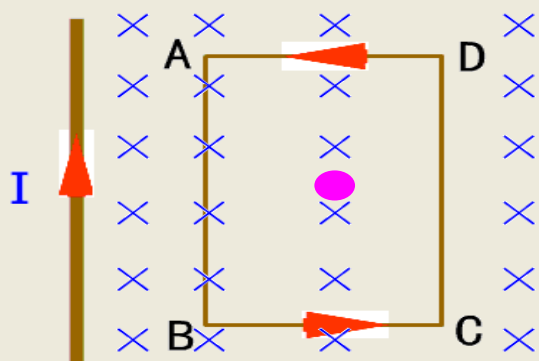
# 楞次定律的表现形式（应用）

## ② “来拒去留”



感应电流的磁场总要阻碍**相对运动**.

### 例题 3



如图所示，在长直载流导线附近有一个矩形线圈 $ABCD$ ，线圈与导线始终在同一个平面内。线圈在导线的右侧平移时，其中产生了 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 方向的电流。请判断，线圈在向哪个方向移动？

载流直导线一侧磁感线分布： 如图

由线圈中感应电流的方向： 如图

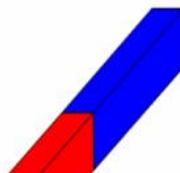
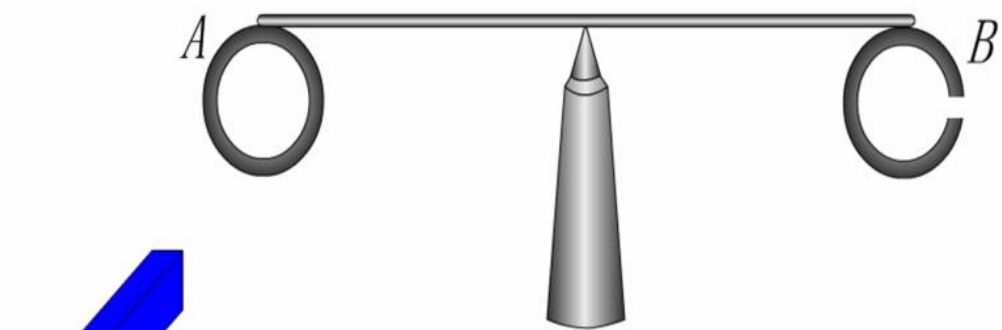
楞次定律——感应电流磁场应阻碍磁通量变化

线圈是向左移动的！



## 例题 4

如图， $A$ 和 $B$ 都是很轻的铝环， $A$ 闭合， $B$ 断开，用磁铁的任一极来接近 $A$ 、远离 $A$ 、移近 $B$ 、远离 $B$ 时，分别会产生什么现象？



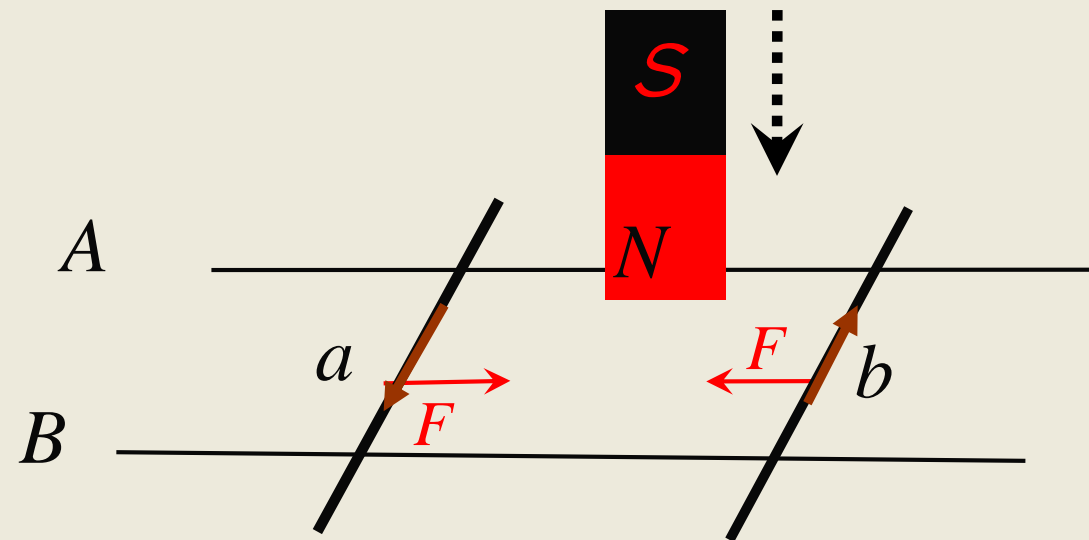
点击画面 播放视频



# 楞次定律的表现形式（应用） ③ “增缩减扩”

## 例题 5

如图所示,平行光滑金属导轨 $A$ 、 $B$ 上放置两根铜棒 $a$ 、 $b$ 。当磁铁N极从上向下插入铜棒 $a$ 、 $b$ 中时,铜棒 $a$ 、 $b$ 是否会运动? 如果运动将怎样运动?



讨论: (1) 如果将磁铁N极从铜棒 $a$ 、 $b$ 中拔出呢?  
(2) 如果将磁铁S极从铜棒 $a$ 、 $b$ 中拔出呢?

# 小结

1. “增反减同”、“来拒去留”、“增缩减扩”，这些现象的共同本质是什么？

**阻碍原磁场磁通量的变化**

2. 这些现象的背后原因是什么？

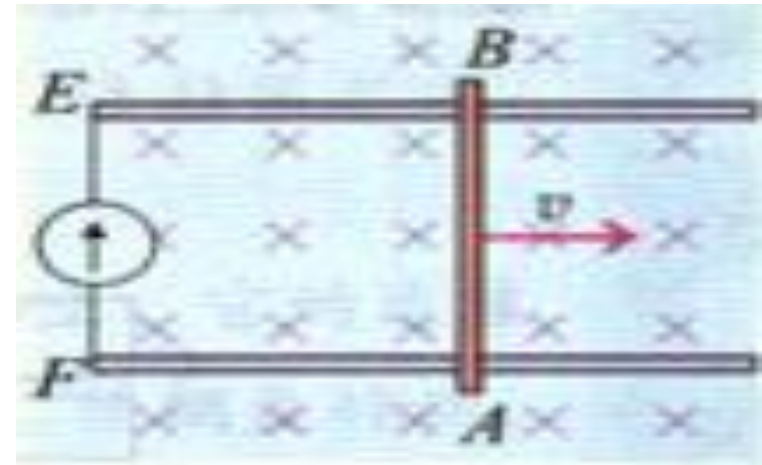
**楞次定律是能量守恒定律在电磁感应现象中的反映.**

# 右手定则



## 新 课 引 入

当闭合导体的一部分做切割磁感线的运动时，怎样判断感应电流的方向？  
(假定导体棒 $AB$ 向右运动)



- 1、我们研究的是哪个闭合电路？  $ABEF$
- 2、穿过这个闭合电路的磁通量是增大还是减小？ 增大
- 3、感应电流的磁场应该是沿哪个方向？ 垂直纸面向外
- 4、导体棒 $AB$ 中的感应电流沿哪个方向？ 向上

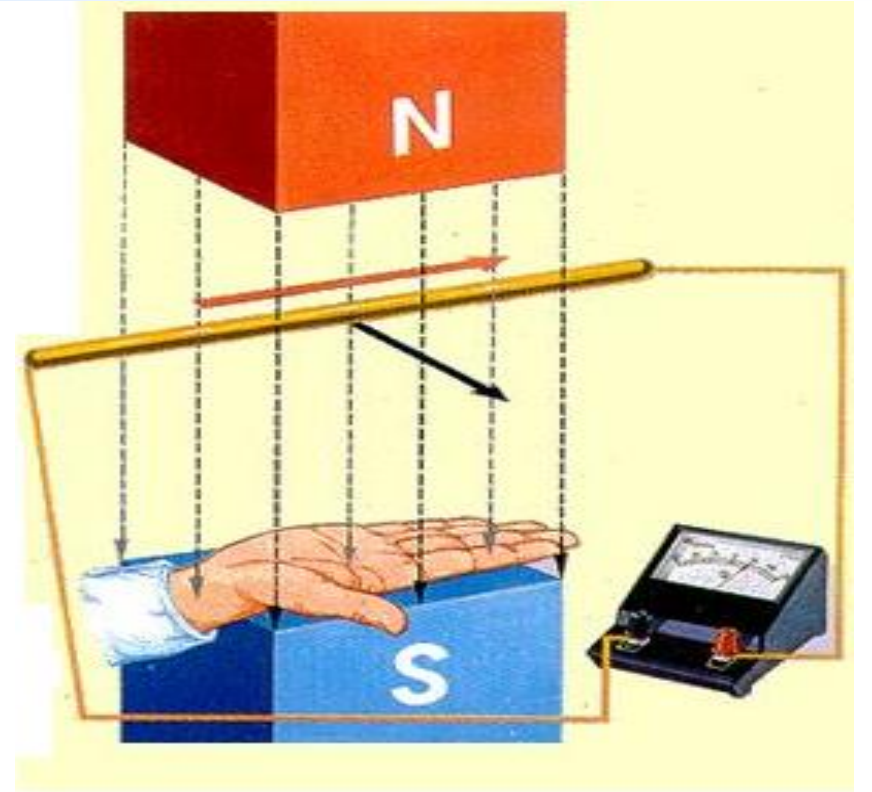
思考4:

有没有别的方法  
判定电流方向？



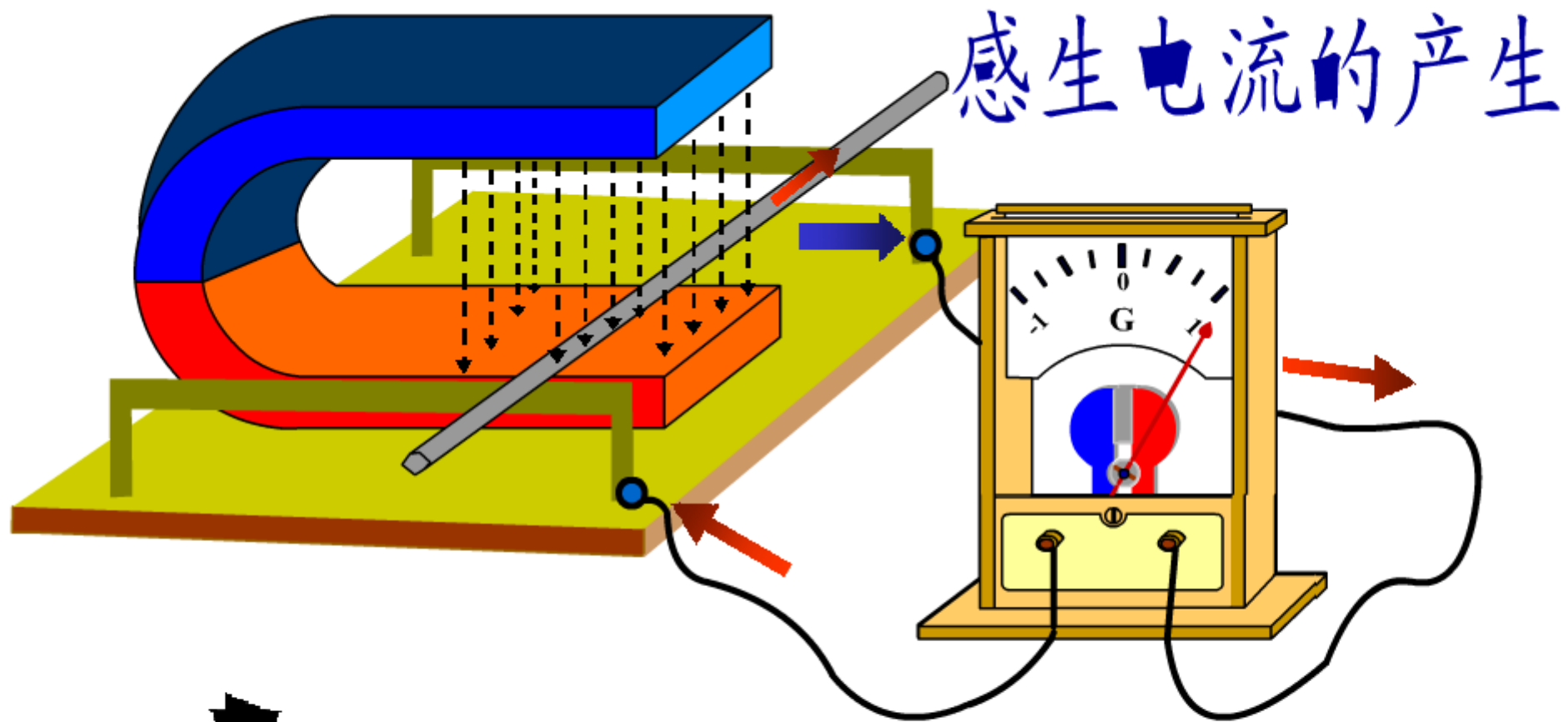
# 右手定则

1、右手定则:伸开右手,使拇指与其余四指垂直,并且都与手掌在同一平面内;让磁感线从掌心进入,拇指指向导体运动的方向,四指所指的方向就是感应电流的方向.



2、适用范围:闭合电路一部分导体切割磁感线产生感应电流.

# 右手定则



点击按钮观看

# 右手定则

## 3.楞次定律与右手定则:

①楞次定律适用于由磁通量变化引起感应电流的一切情况;  
右手定则只适用于导体切割磁感线。

“右手定则”是“楞次定律”的特例。

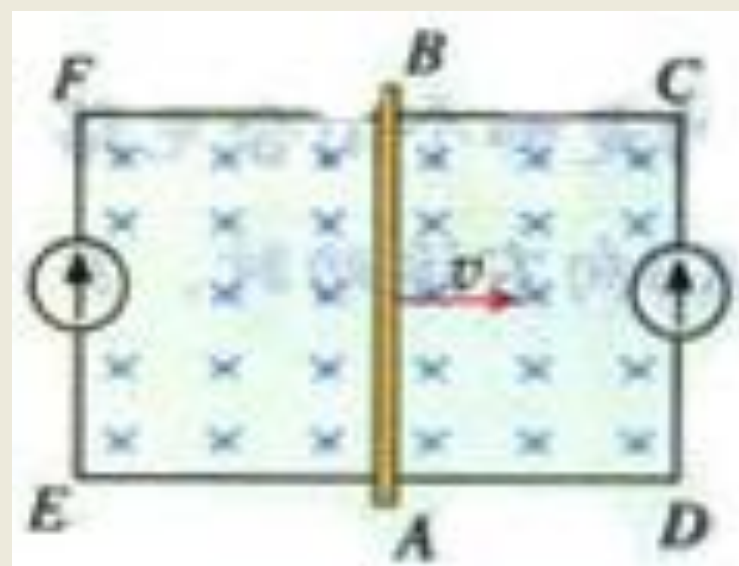
②在判断导体切割磁感线产生的感应电流时右手定则比楞次定律方便。





## 例题 6

在图中  $CDEF$  是金属框，当导体  $AB$  向右移动时，请用楞次定律判断  $ABCD$  和  $ABFE$  两个电路中感应电流的方向。我们能不能用这两个电路中的任一个来判定导体  $AB$  中感应电流的方向？

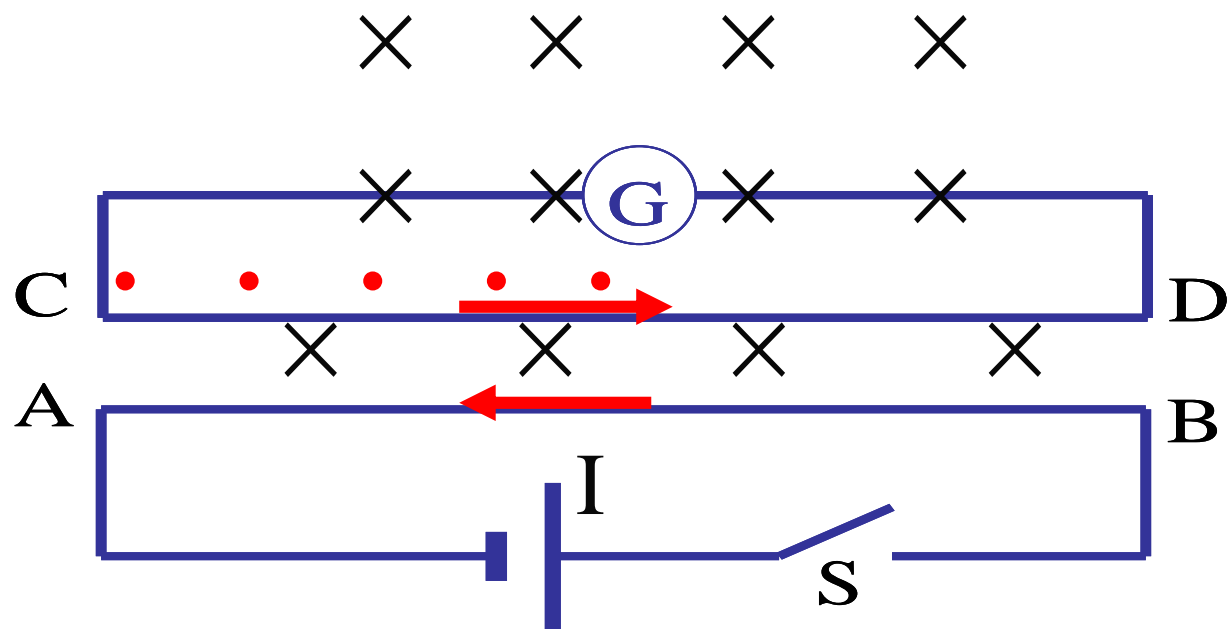


$ABCD$  中感应电流方向：  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$

$ABFE$  中感应电流方向：  $A \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow A$

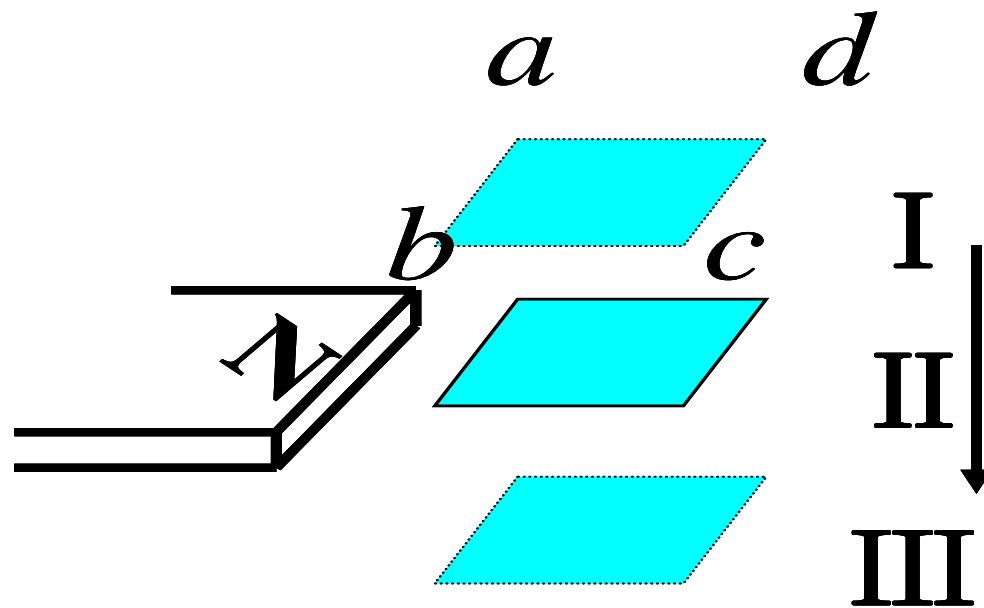
$AB$  中感应电流方向：  $A \rightarrow B$

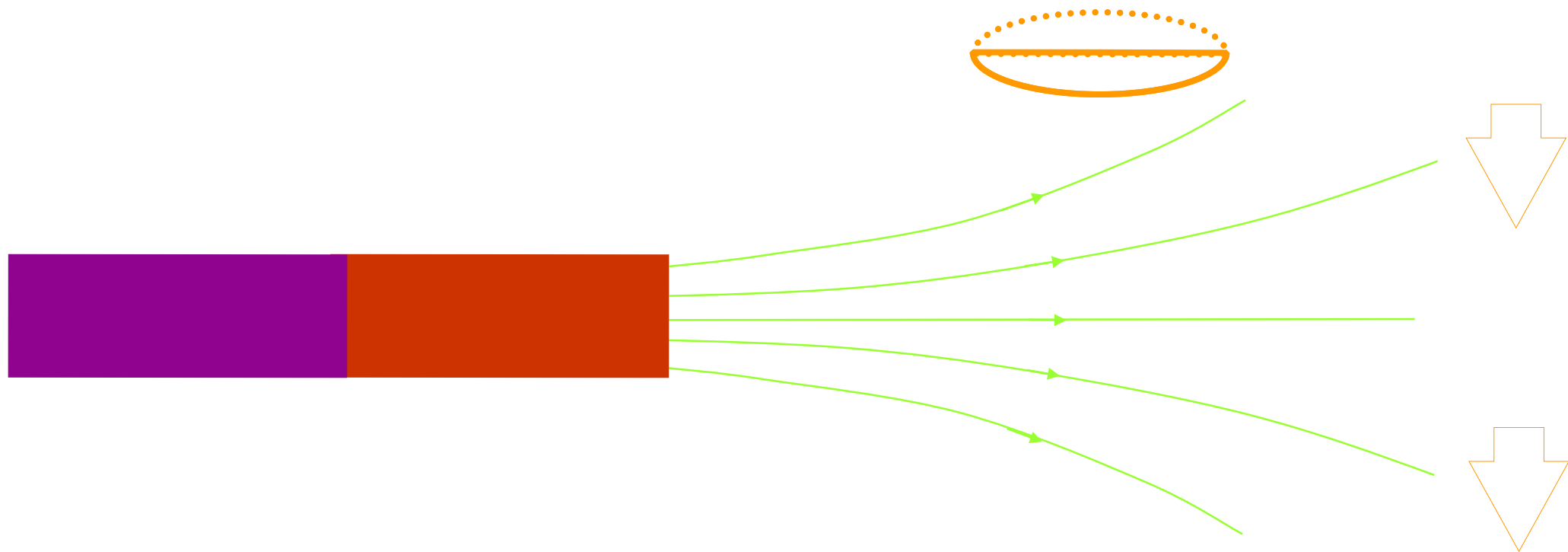
1、如图,导线 $AB$ 和 $CD$ 互相平行,在闭合开关 $S$ 时导线 $CD$ 中感应电流的方向如何?



2、一水平放置的矩形闭合线圈 $abcd$ ，在细长磁铁的 $N$ 极附近竖直下落，由图示位置 I 经过位置 II 到位置 III，位置 I 和位置 III 都很靠近位置 II。在这个过程中，线圈中感应电流：

- A. 沿 $abcd$ 流动 ✓
- B. 沿 $dcba$ 流动
- C. 从 I 到 II 是沿 $abcd$ 流动，  
从 II 到 III 是沿 $dcba$ 流动
- D. 从 I 到 II 是沿 $dcba$ 流动，  
从 II 到 III 是沿 $abcd$ 流动

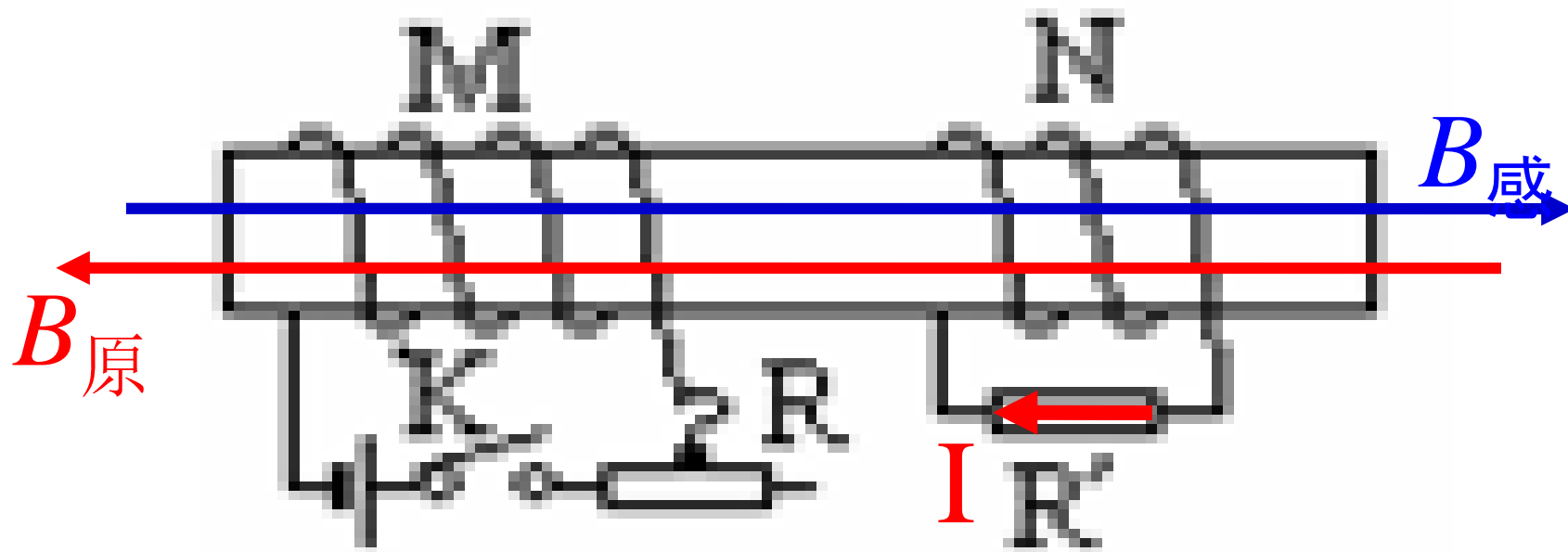




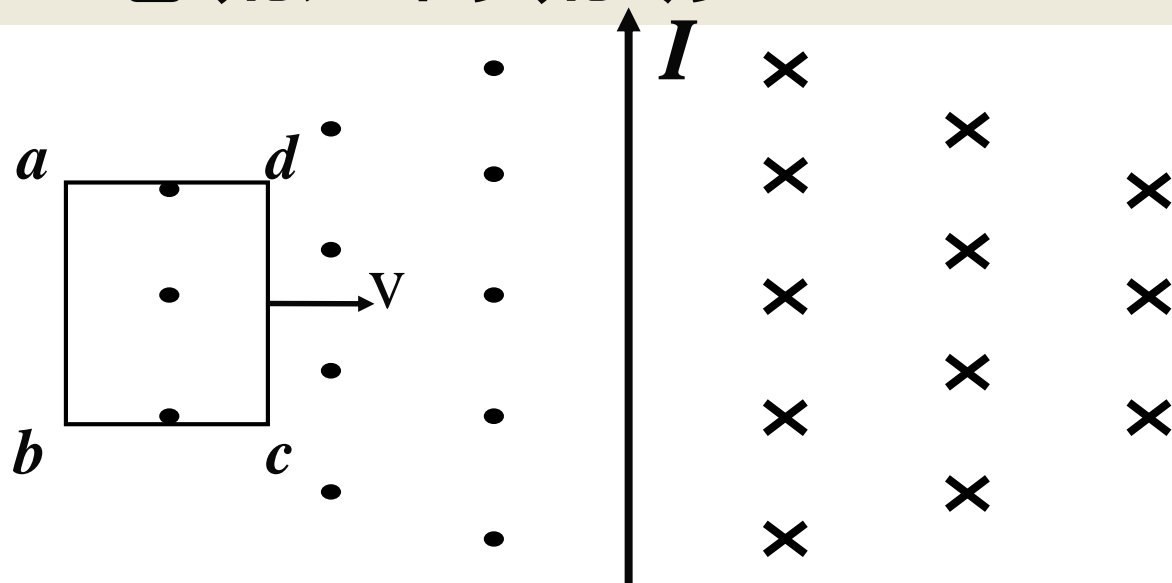
逆时针

逆时针

3、如图, $M$ 、 $N$ 是套在同一铁芯上的两个线圈, $M$ 线圈与电池、电键、变阻器相连, $N$ 线圈与 $R'$ 连成一闭合电路.当电键合上后,将图中变阻器 $R$ 的滑片向左端滑动的过程中,流过电阻 $R'$ 的感应电流什么方向?



4. 导线框 $abcd$ 与直导线在同一平面内，直导线中通有恒定电流 $I$ ，当线框自左向右匀速通过直导线的过程中，线框中感应电流如何流动？



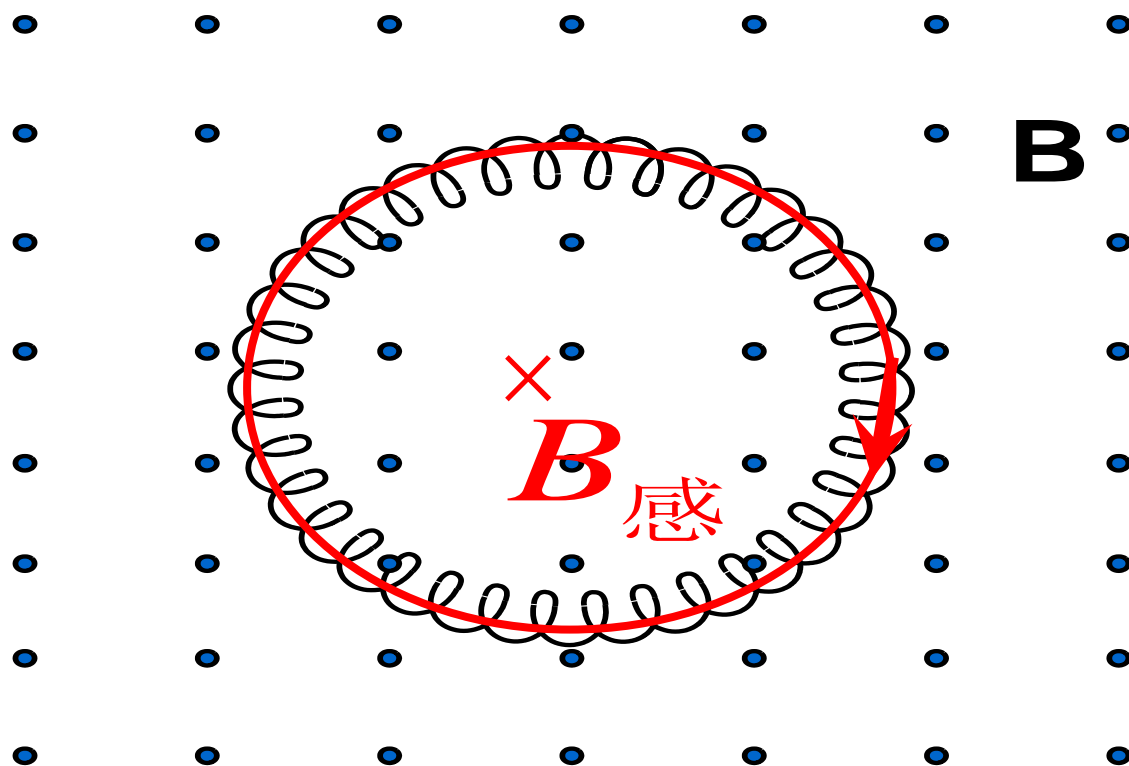
先是顺时针，

然后为逆时针，

最后为顺时针。

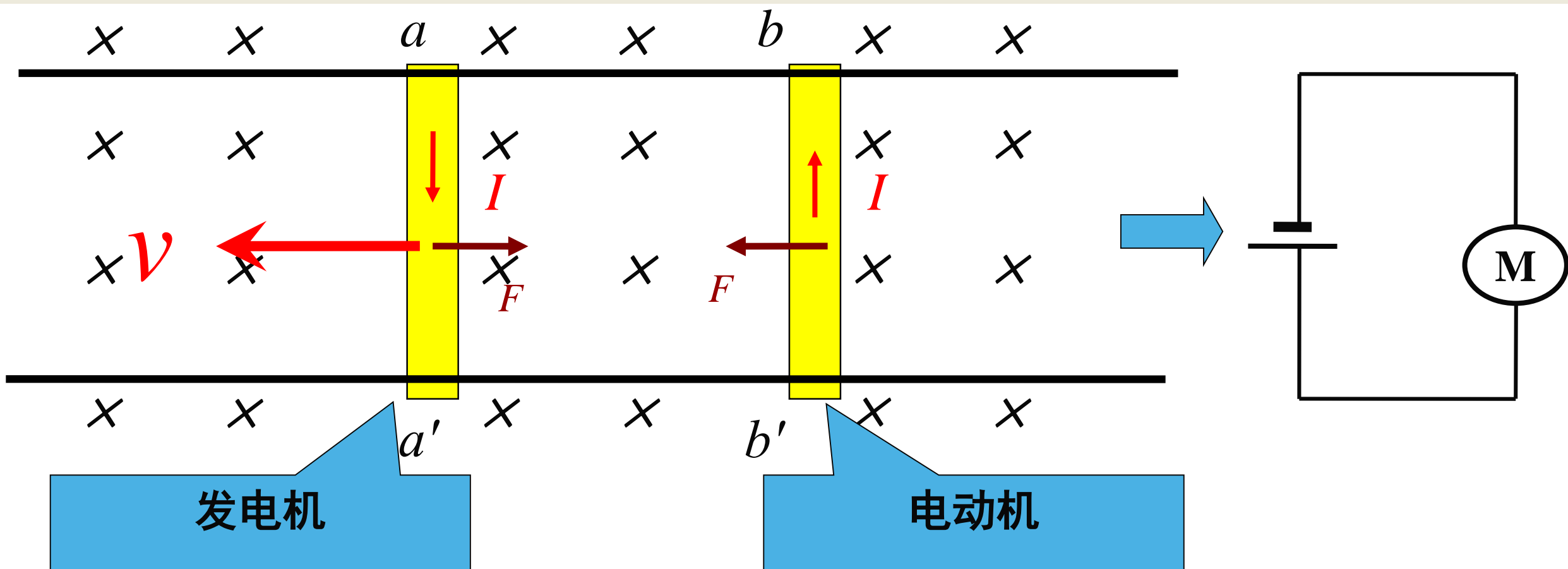
5. 下图中弹簧线圈面积增大时，判断感应电流的方向是顺时针还是逆时针。

顺时针





6、在竖直向下的匀强磁场中，放在水平光滑的导轨上的两平行导线 $aa'$ 、 $bb'$ ，其中 $aa'$ 受外力作用而向左运动，试分析导线 $bb'$ 向哪边运动？



【对应练习 1】如图 2—6 所示，在磁感应强度大小为  $B$ 、方向竖直向上的匀强磁场中，有一质量为  $m$ 、阻值为  $R$  的闭合矩形金属线框  $abcd$ ，用绝缘轻质细杆悬挂在  $O$  点，并可绕  $O$  点摆动。金属线框从

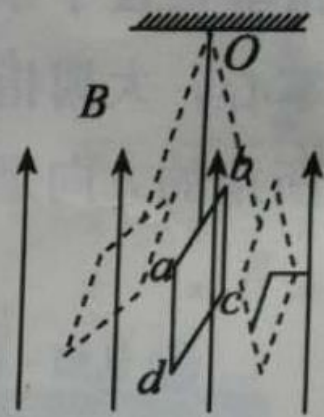


图 2—6

右侧某一位置静止开始释放，在摆动到左侧最高点的过程中，细杆和金属框平面始终处于同一平面，且垂直纸面，则线框中感应电流的方向是( )。

- A.  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$
- B.  $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a \rightarrow d$
- C. 先是  $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a \rightarrow d$ ，后是  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$
- D. 先是  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ ，后是  $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a \rightarrow d$

3. 如图 2—13 所示,  $P$  为固定闭合回路的一段导体的横截面, 若使一对异性磁极相对  $P$  运动, 并让  $P$  始终处于磁场中, 则下列说法中正确的是( )。

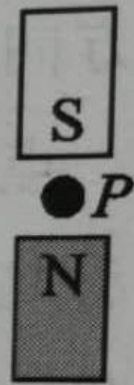


图 2—13

- A. 磁极沿纸面竖直向上运动时,  $P$  中不产生感应电流
- B. 磁极沿纸面竖直向下运动时,  $P$  中产生指向纸外的感应电流
- C. 磁极向左运动时,  $P$  中产生指向纸里的感应电流
- D. 磁极向右运动时,  $P$  中产生指向纸外的感应电流

11. (多选) 如图 2-21 所示, 光滑 U 形金属框架放在水平面内, 上面放置一导体棒, 有匀强磁场垂直框架所在平面, 当磁感应强度  $B$  发生变化时, 发现导体棒向右运动, 下列判断正确的是( )。

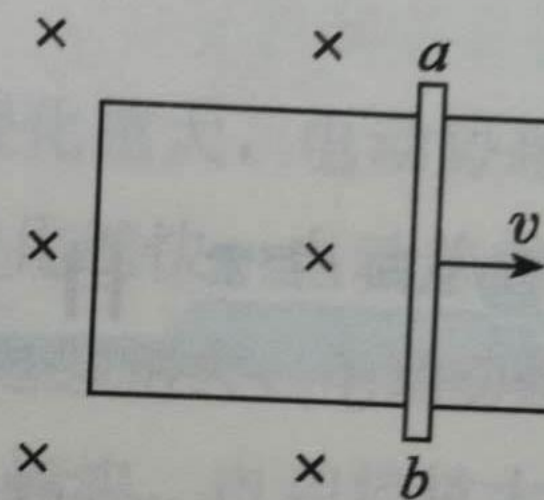


图 2-21

- A. 棒中电流从  $b \rightarrow a$
- B. 棒中电流从  $a \rightarrow b$
- C. 磁感应强度  $B$  逐渐增大
- D. 磁感应强度  $B$  逐渐减小



例 3 如图 2-9 所示,  $ab$  是一个可以绕垂直于纸面的转轴  $O$  转动的闭合矩形导体线圈, 在滑动变阻器  $R$  的滑片  $P$  自左向右滑动过程中, 线圈  $ab$  将( )。

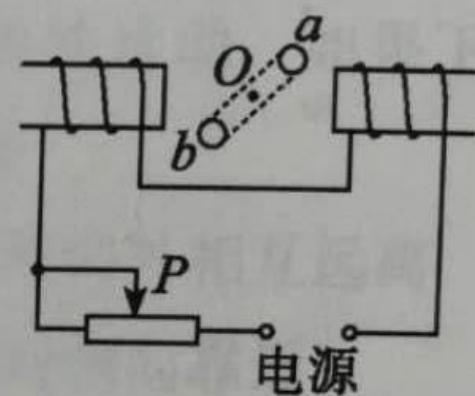
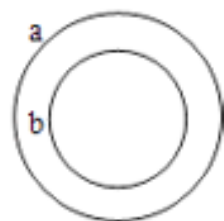


图 2-9

- A. 静止不动
- B. 顺时针转动
- C. 逆时针运动
- D. 发生转动, 但因电源极性不明, 无法确定

1. 在赤道附近有一竖直向下的匀强电场，在此区域内有一根沿东西方向放置的直导体棒，由水平位置自静止落下，不计空气阻力，则导体棒两端落地的先后关系是（ ）

- A. 东端先落地      B. 西端先落地      C. 两端同时落地      D. 无法确定

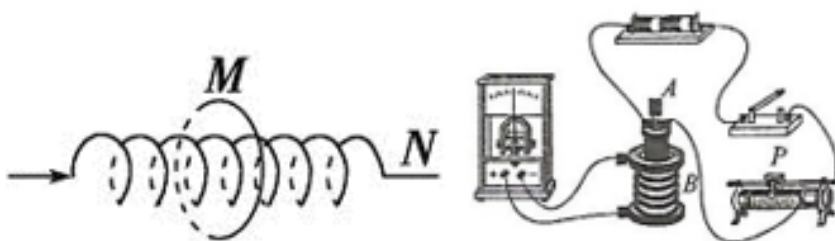


2. 如图所示，a、b 两个同心圆线圈处于同一水平面内，以下叙述正确的是（ ）

- A. 若 a 线圈中通以顺时针方向稳定的电流，则 b 线圈上将感应出逆时针方向的感应电流，并有扩张的趋势  
B. 若 a 线圈中通以顺时针方向逐渐增大的电流，则 b 线圈上将感应出逆时针方向的感应电流，并有收缩的趋势  
C. 若 b 线圈中通以顺时针方向逐渐增大的电流，则 a 线圈上将感应出顺时针方向的感应电流，并有收缩的趋势  
D. 若 b 线圈中通以逆时针方向逐渐减小的电流，则 a 线圈上将感应出逆时针方向的感应电流，并有扩张的趋势

3. 如图所示，通电螺线管 N 置于闭合金属环 M 的轴线上，当 N 中的电流突然减小时，则（ ）

- A. 环 M 有缩小的趋势，螺线管 N 有缩短的趋势  
B. 环 M 有扩张的趋势，螺线管 N 有伸长的趋势  
C. 环 M 有扩张的趋势，螺线管 N 有缩短的趋势  
D. 环 M 有缩小的趋势，螺线管 N 有伸长的趋势



4. 现将电池组、滑线变阻器、带铁芯的线圈 A、线圈 B、电流计及开关如下图连接。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线变阻器的滑动端 P 向左加速滑动时，电流计指针向右偏转。由此可以推断（ ）

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

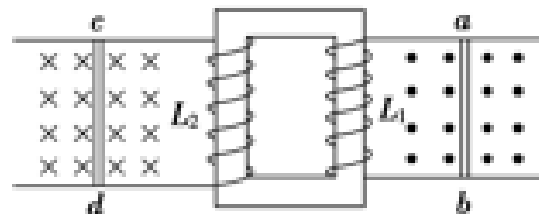
5. 如图所示的装置中， $cd$  杆原来静止，当  $ab$  杆做如下哪种运动时， $cd$  杆将向右移动( )

A. 向右匀速运动

B. 向右减速运动

C. 向左加速运动

D. 向左减速运动



## 二、多选题

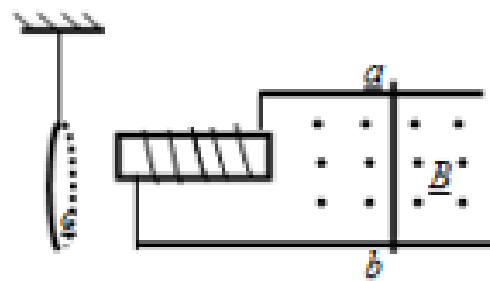
6. 如图所示，金属导轨上的导体棒  $ab$  在匀强磁场中沿导轨做下列哪种运动时，线圈  $c$  将向左运动 ( )

A. 向右做匀速运动

B. 向右做减速运动

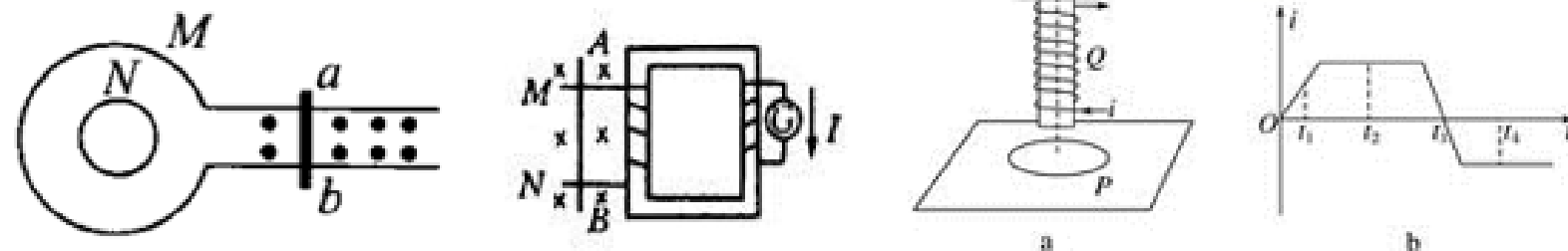
C. 向左加速直线运动

D. 向右加速直线运动



7. 如图所示，在匀强磁场中放有平行铜导轨，它与大导线圈 M 相连接，要使小导线圈 N 获得逆时针方向的感应电流，则放在导轨中的裸金属棒 ab 的运动情况是(两导线圈共面放置) ( )

- A. 向右匀速运动      B. 向左减速运动      C. 向右减速运动      D. 向右加速运动



8. 如图所示，导线 AB 可在平行导轨 MN 上滑动，接触良好，轨道电阻不计，电流计中有如图所示方向感应电流通过时，AB 的运动情况是 ( )

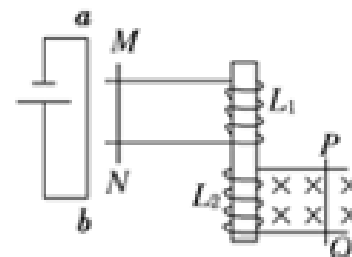
- A. 向右加速运动；      B. 向左加速运动；      C. 向左减速运动；      D. 向右减速运动。

9. 如图 a 所示，圆形线圈 P 静止在水平桌面上，其正上方固定一螺线管 Q，P 和 Q 共轴，Q 中通有变化电流 i，电流随时间变化的规律如图 b 所示，P 所受的重力为 G，桌面对 P 的支持力为  $F_N$ ，则( )

- A.  $t_1$  时刻  $F_N > G$ ，P 有收缩的趋势。      B.  $t_2$  时刻  $F_N = G$ ，此时穿过 P 的磁通量最大。  
C.  $t_3$  时刻  $F_N = G$ ，此时 P 中无感应电流。      D.  $t_4$  时刻  $F_N < G$ ，此时穿过 P 的磁通量最小。

10. 如图，水平放置的两条光滑轨道上有可自由移动的金属棒 PQ、MN，MN 的左边有一闭合电路。当 PQ 在外力的作用下运动时，MN 向右运动，则 PQ 所做的运动可能是 ( )

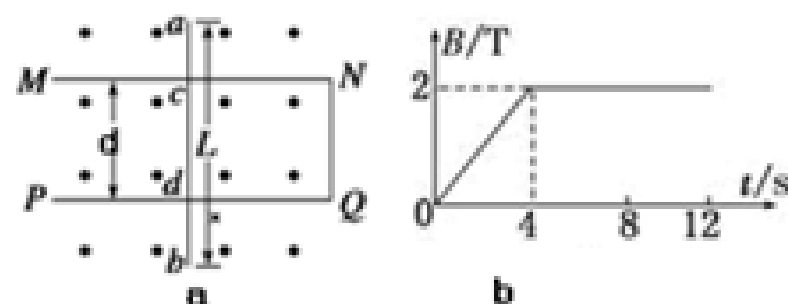
- A. 向右加速运动      B. 向右减速运动  
C. 向左加速运动      D. 向左减速运动





11. 如图 a 所示, 水平放置着两根相距为  $d = 0.1 \text{ m}$  的平行金属导轨 MN 与 PQ, 导轨的电阻忽略不计且两导轨用一根电阻也不计的导线相连. 导轨上跨放着一根粗细均匀长为  $L = 0.3 \text{ m}$ 、电阻  $R = 3.0 \Omega$  的金属棒 ab, 金属棒与导轨正交, 交点为 c d. 整个空间充满垂直于导轨向上的磁场, 磁场 B 随时间变化的规律如图 b 所示. 开始时金属棒在 3s 前静止于距离 NQ 为 2m 处, 3s 后在外力作用下以速度  $v = 4.0 \text{ m/s}$  向左做匀速直线运动, 试求:

- (1) 0~3s 末回路中产生电流的大小和方向;
- (2) 6s~8s 过程中通过金属棒横截面的电荷量为多少?
- (3)  $t = 12 \text{ s}$  时金属棒 ab 两端点间的电势差为多少?



今日作业：

**1.学案P19-23**

**3.文档作业**

# 今日作业:

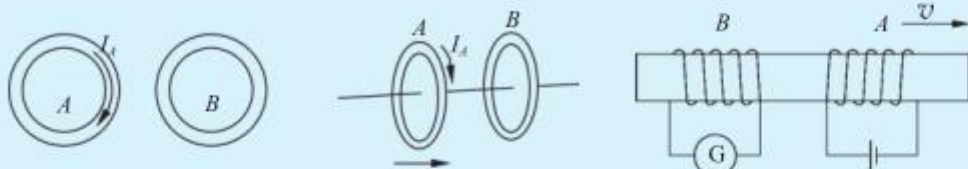
## 1.课本P28页



## 2.学案P19-23

## 3.文档作业

1. 在什么情况下用右手定则来判断感应电流的方向比较简便? 请举例说明用右手定则和楞次定律判断感应电流的方向得到的结论是一致的。
2. 请从能量转化和守恒的角度来解释楞次定律。
3. 请判断下面各图的线圈B中感应电流的方向。



(A) 线圈A中电流增大时 (B) 线圈A向B移近时 (C) 将线圈A向右拉出时

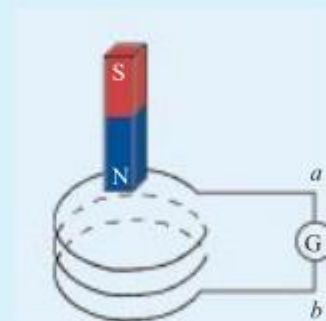
(第3题)

4. 某实验小组用如右图所示的实验装置来验证楞次定律。当条形磁铁自上而下穿过线圈时, 通过电流计的感应电流方向是

- (A)  $a \rightarrow G \rightarrow b$  (B) 先  $a \rightarrow G \rightarrow b$ , 后  $b \rightarrow G \rightarrow a$   
(C)  $b \rightarrow G \rightarrow a$  (D) 先  $b \rightarrow G \rightarrow a$ , 后  $a \rightarrow G \rightarrow b$

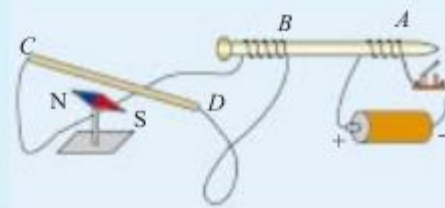
5. 根据楞次定律, 下面几种说法中正确的是

- (A) 感应电流的磁场方向总是与原磁场方向相反  
(B) 感应电流的磁场方向总是与原磁场方向相同  
(C) 穿过闭合电路的磁通量增加时, 感应电流的磁场与原磁场方向相反  
(D) 穿过闭合电路的磁通量增加时, 感应电流的磁场与原磁场方向相同



(第4题)

6. 如右图所示, 在一根较长的铁钉上, 用漆包线绕两个线圈A和B。将线圈B的两端与漆包线CD相连, 使CD平放在静止的小磁针的正上方, 与小磁针平行。试判断开关合上的瞬间, 小磁针N极的偏转情况。请用实验检验你的判断。



(第6题)