

# 互 感 和 自 感



# 互感和自感

## 一、互感现象

- 1、互感
- 2、互感的应用
- 3、互感的防止

## 二、自感现象

实验1:演示通电自感

实验2:演示断电自感

- 1、自感现象
- 2、自感电动势的方向

- 3、自感现象的利弊

## 三、自感系数，

1.自感电动势的大小

2.自感系数

## 四、磁场的能量

“问题与练习” 1

例1

例2

例3

巩固练习1

2

3

4

A组能力训练题1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

B组能力训练题1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12



## 新课标要求

1. 知道什么是互感现象和自感现象。
2. 知道自感系数是表示线圈本身特征的物理量，知道它的单位及其大小的决定因素。
3. 知道自感现象的利与弊及对它们的利用和防止。
4. 能够通过电磁感应部分知识分析通电、断电自感现象的原因及磁场的能量转化问题。

### ★教学重点

自感现象产生的原因及特点。

### ★教学难点

运用自感知识分析解决实际问题。



## 引入新课

在电磁感应现象中，产生感应电流的条件是什么？

只要穿过闭合回路的磁通量发生变化，回路中就有感应电流产生。

引起回路磁通量变化的原因有哪些？

磁场的变化；回路面积的变化；电流的变化引起磁场的变化等。

这里有两个问题需要我们思考：

(1) 在法拉第的实验中两个线圈并没有用导线连接，当一个线圈中的电流变化时，在另一个线圈中为什么会产生感应电动势呢？

(2) 当电路自身的电流发生变化时，会不会产生感应电动势呢？



## 一、互感现象

我们现在来思考第一个问题：

在法拉第的实验中两个线圈并没有用导线连接，当一个线圈中的电流变化时，在另一个线圈中为什么会产生感应电动势呢？

当一个线圈中的电流变化时，它产生的磁场就发生变化，变化的磁场在周围空间产生感生电场，在感生电场的作用下，另一个线圈中的自由电荷定向运动，于是产生感应电动势。

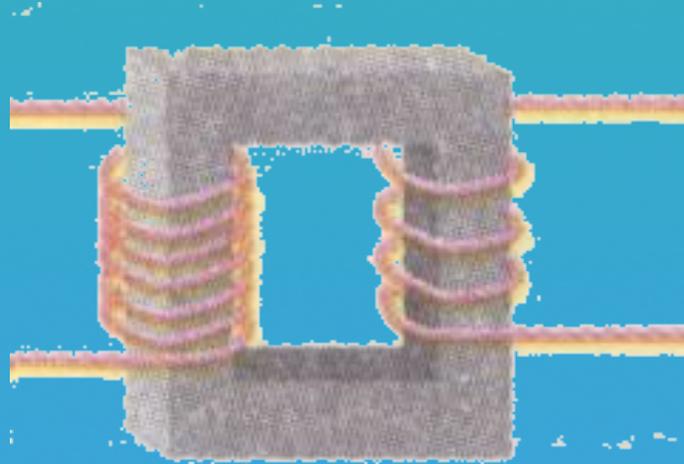


## 1、互感：

当一个线圈中电流变化，它所产生的变化的磁场会在另一个线圈中产生感应电动势的现象，称为互感。互感现象产生的感应电动势，称为互感电动势。

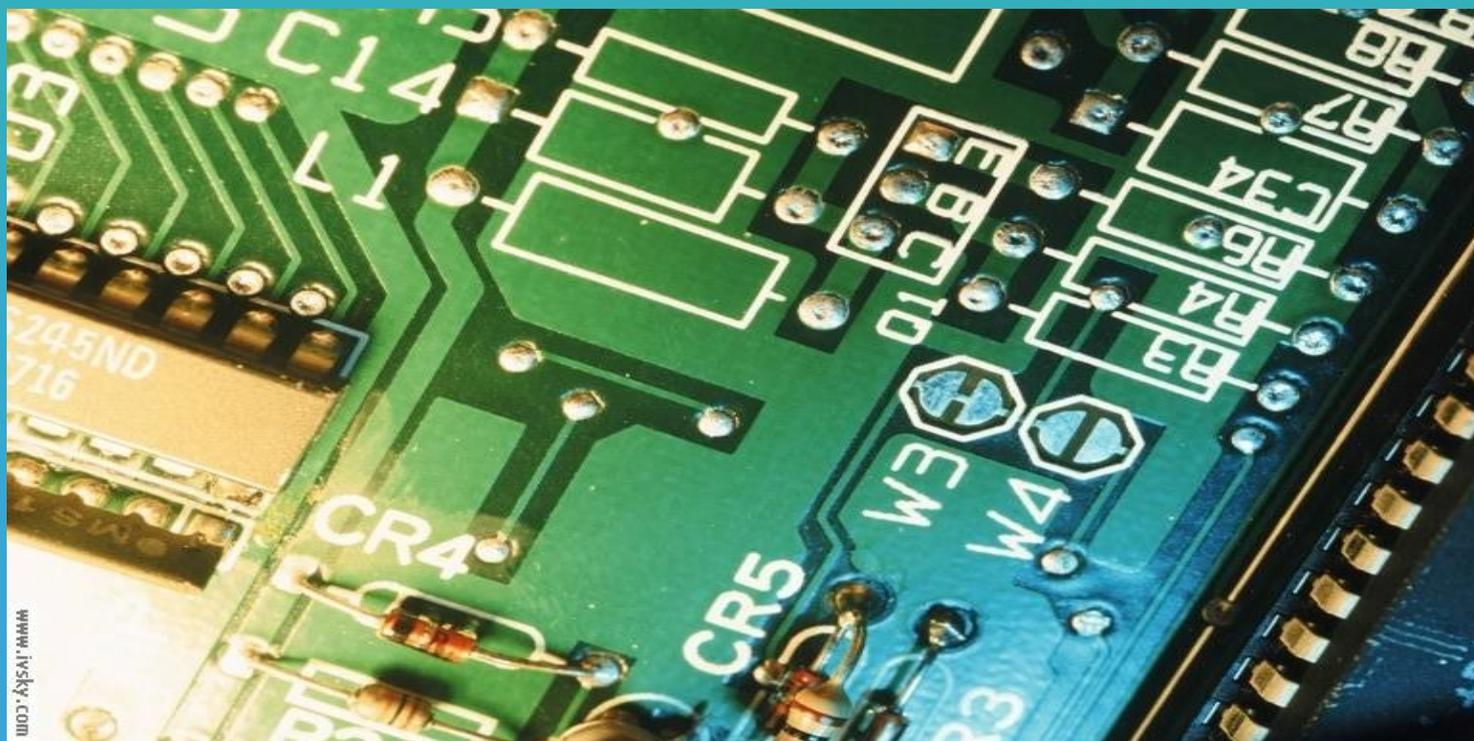
2、互感现象的应用： 利用互感现象,可以把能量从一个线圈传递到另一个线圈。因此，互感现象在电工技术和电子技术中有广泛的应用。

变压器和收音机里的磁性天线就是利用互感现象制成的。



### 3、互感现象的防止：

互感现象有其有利的一面，也有其不利的一面。任何两个相互靠近的电路之间都会存在互感现象.在电力工程中和电子电路中，互感现象有时会影响电路的正常工作，例如在电路板的刻制时，这时就要设法减小电路间的互感现象。



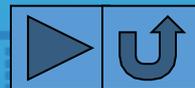
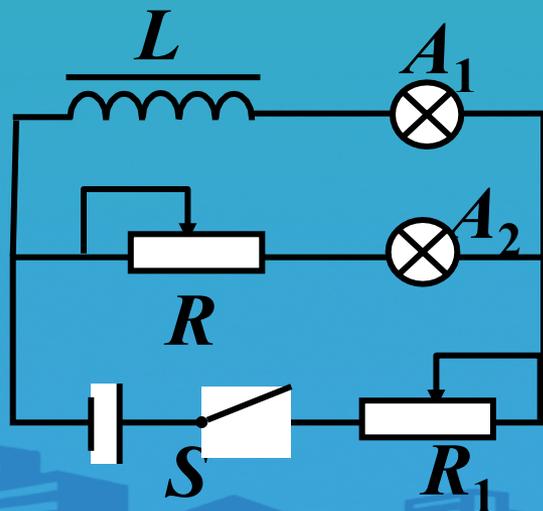
## 二、自感现象

### [实验1] 演示通电自感现象。

我们现在来思考第二个问题：当电路自身的电流发生变化时，会不会产生感应电动势呢？下面我们首先来观察演示实验。

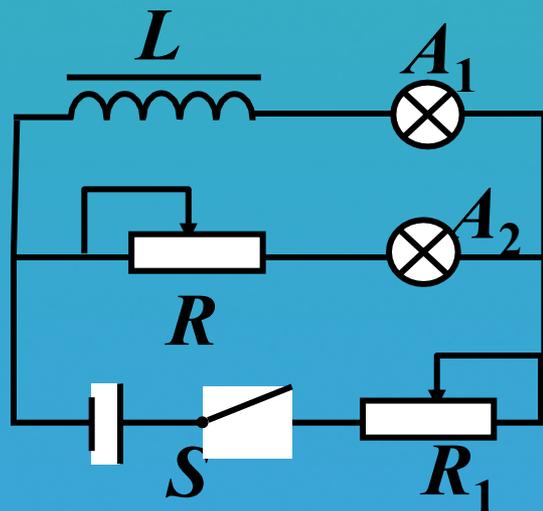
如图所示， $A_1$ 、 $A_2$ 是规格完全一样的灯泡。闭合电键 $S$ ，调节变阻器 $R$ ，使 $A_1$ 、 $A_2$ 亮度相同，再调节 $R_1$ ，使两灯正常发光，然后断开开关 $S$ 。重新闭合 $S$ ，观察到什么现象？

跟变阻器串联的灯泡 $A_2$ 立刻正常发光，跟线圈 $L$ 串联的灯泡 $A_1$ 逐渐亮起来。



为什么 $A_1$ 比 $A_2$ 亮得晚一些？试用所学知识（楞次定律）加以分析说明。

电路接通时，电流由零开始增加，穿过线圈 $L$ 的磁通量逐渐增加， $L$ 中产生的感应电动势的方向与原来的电流方向相反，阻碍 $L$ 中电流增加，即推迟了电流达到正常值的时间。



## [实验2] 演示断电自感

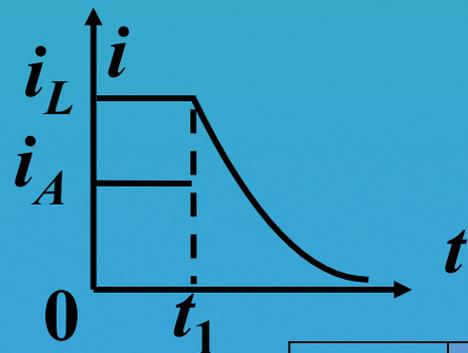
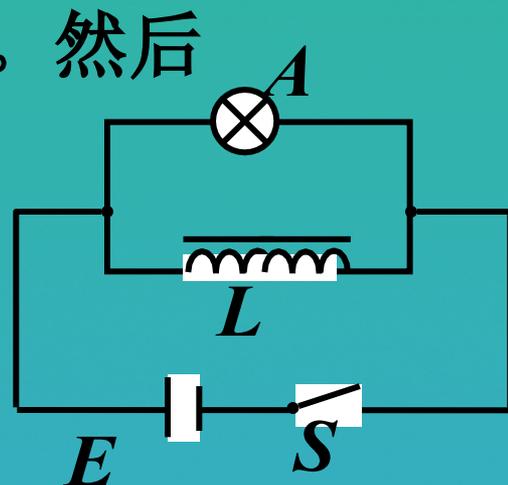
如图所示，接通电路，待灯泡A正常发光。然后断开电路，观察到什么现象？

S断开时，A灯突然闪亮一下才熄灭。

为什么A灯不立刻熄灭？

当S断开时， $L$ 中的电流突然减弱，穿过 $L$ 的磁通量逐渐减少， $L$ 中产生感应电动势，方向与原电流方向相同，阻碍原电流减小。 $L$ 相当于一个电源，此时 $L$ 与 $A$ 构成闭合回路，故 $A$ 中还有一段持续电流。灯A闪亮一下，说明流过A的电流比原电流大。

$i-t$  变化图，如下图所示。



## 1、自感现象：

导体本身电流发生变化而产生的电磁感应现象叫自感现象。

自感现象中产生的电动势叫自感电动势。

## 2、自感电动势的方向：

自感电动势总是阻碍导体中原来电流的变化的，即线圈中的电流不能“突变”。

具体而言：

① 如果导体中原来的电流是增大的，自感电动势就要阻碍原来电流的增大。

② 如果导体中原来的电流是减小的，自感电动势就要阻碍原来电流的减小。



### 3、自感现象的利弊：

自感现象有其有利的一面，也有其有害的一面。

日光灯就是利用镇流器线圈中产生很大的自感电动势帮助日光灯点燃；“问题与练习”中的延时继电器也是利用线圈的自感现象工作的。

变压器、电动机等器材都有很大的线圈，当电路中的开关断开时会产生很大的自感电动势，使得开关中的金属片之间产生电火花，烧蚀接触点，甚至引起人身伤害。因此，电动机等大功率用电器的开关应该装在金属壳中，最好使用油浸开关，即把开关的接触点浸在绝缘油中，避免出现电火花。



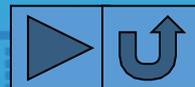
### 三、自感系数

#### 1、自感电动势的大小决定于哪些因素？

自感电动势的大小与线圈中电流的变化率  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  成正比，与线圈的自感系数  $L$  成正比。

写成公式为 
$$E = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

电流的变化率与磁通量的变化率相似，电流的变化率反映电流变化的快慢，其值等于电流的变化量与所用时间的比值。



## 2、自感系数

自感系数是用来表示线圈的自感特性的物理量。

线圈的自感系数与哪些因素有关？

线圈的自感系数与线圈的大小、形状、圈数、是否带有铁芯等因素有关。

实验表明，线圈越大，越粗，匝数越多，自感系数越大。另外，带有铁芯的线圈的自感系数比没有铁芯时大得多。

3、自感系数的单位——亨利，符号H，

更小的单位有毫亨（mH）、微亨（ $\mu\text{H}$ ）

$$1\text{H}=10^3 \text{mH}$$

$$1\text{H}=10^6 \mu\text{H}$$

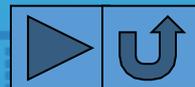


## 四、磁场的能量

在断电自感的实验中，为什么开关断开后，灯泡的发光会持续一段时间？甚至会比原来更亮？试从能量的角度加以讨论。

开关接通后，线圈中存在稳定的电流，线圈内部铁芯存在很强的磁场，穿过线圈的磁通量很大；在开关断开瞬间，线圈中的电流迅速减小到0，穿过线圈的磁通量也迅速减小到0，使线圈产生感应电动势，这时线圈就相当于一个电源。

由于开关断开很快，故穿过线圈的磁通量变化很快，就产生了较大的感应电动势，使灯泡两端的电压增大了。



线圈能够体现电的“惯性”，应该怎样理解？

电的“惯性”大小与什么有关？

当线圈通电瞬间和断电瞬间，自感电动势都要阻碍线圈中电流的变化，使线圈中的电流不能立即增大到最大值或不能立即减小为零，

即线圈中的电流不能“突变”。

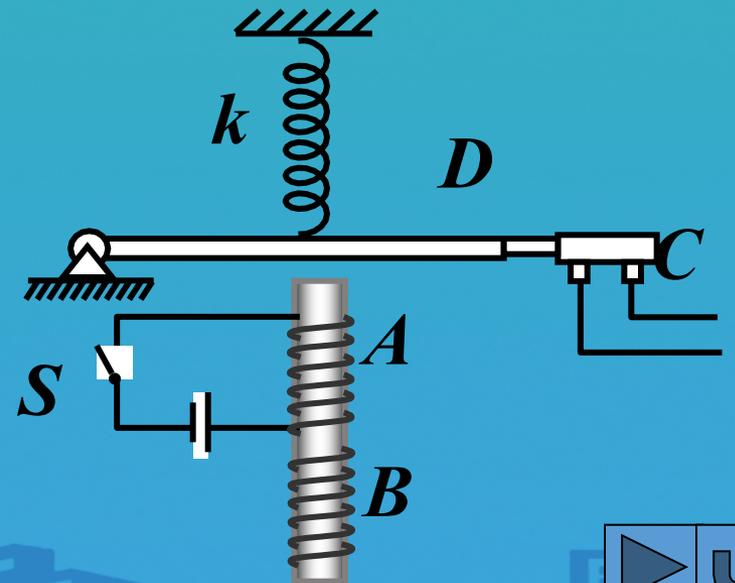
因此可以借用力学中的术语，也可以说线圈能体现电的“惯性”。线圈的自感系数越大，这个现象越明显，可见，电的“惯性”大小决定于线圈的自感系数。



## P25“问题与练习” 1.

如图所示是生产中常用的一种**延时继电器**的示意图。铁芯上有两个线圈A和B。线圈A跟电源连接,线圈B的两端接在一起,构成一个闭合回路。在断开开关S的时候,弹簧E并不能立即将衔铁D拉起,因而不能使触头C(连接工作电路)立即离开,

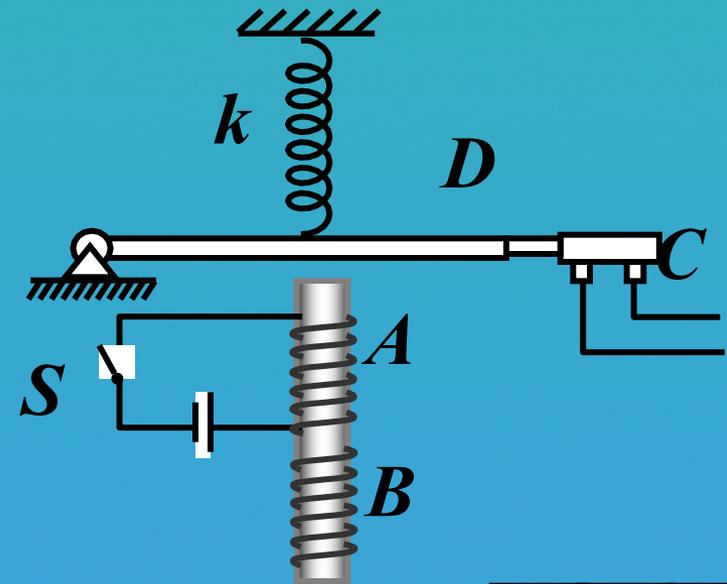
过一段时间后触头C才能离开,延时继电器就是这样得名的。试说明这种继电器的原理。



**解析：**线圈A与电源连接，线圈A中有恒定电流，产生恒定磁场，有磁感线穿过线圈B，但穿过线圈B的磁通量不变化，线圈B中无感应电流。

断开开关S时，线圈A中电流迅速减小为零，穿过线圈B的磁通量也迅速减少，由于电磁感应，线圈B中产生感应电流，由于感应电流的磁场对衔铁D的吸引作用，触头C不离开；

经过一小段时间后感应电流减弱，感应电流磁场对衔铁D的吸引力减小，当弹簧E的作用力比磁场力大时，才将衔铁D拉起，触头C离开。



返回自感现象的利弊



## 点评:

这是一道解释型论述题，关键是分析清楚题中有哪些过程及过程与过程间有哪些联系，分析清楚从现象的产生、发展、到结果，引起了哪几个物理量的变化以及怎样变化。本题中当 $S$ 闭合时，线圈 $A$ 的磁场对衔铁 $D$ 的吸引，使工作电路正常工作。断开 $S$ 时，线圈 $B$ 中的感应电流的磁场，继续对衔铁 $D$ 发生吸引力作用，但作用力逐渐减小直至弹簧将衔铁拉起，工作电路断开。电磁感应现象与生活、生产、联系非常紧密，解答这种题的关键是从实际问题中提炼出我们所学过的物理模型，然后按相应方法求解。

返回自感现象的利弊

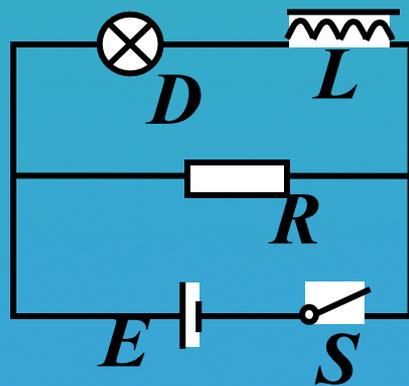
题目



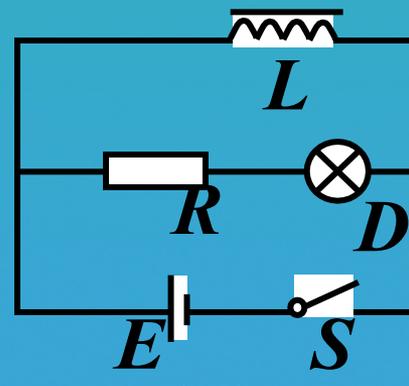
**【例1】** 如图所示, 电路甲、乙中, 电阻 $R$ 和自感线圈 $L$ 的电阻值都很小, 接通 $S$ , 使电路达到稳定, 灯泡 $D$ 发光。

则 (AD)

- A. 在电路甲中, 断开 $S$ ,  $D$ 将逐渐变暗
- B. 在电路甲中, 断开 $S$ ,  $D$ 将先变得更亮, 然后渐渐变暗
- C. 在电路乙中, 断开 $S$ ,  $D$ 将渐渐变暗
- D. 在电路乙中, 断开 $S$ ,  $D$ 将变得更亮, 然后渐渐变暗

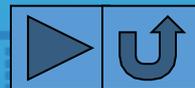


图甲



图乙

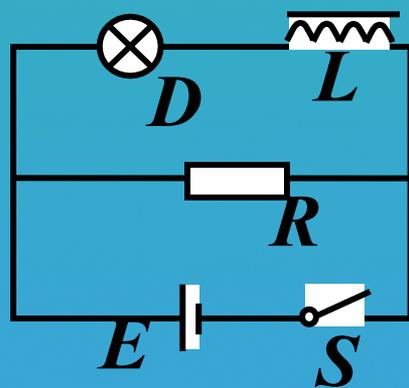
解见下页



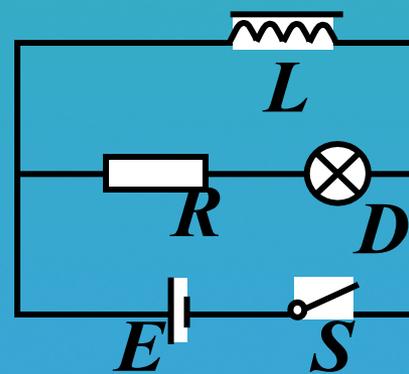
**解析:** 因 $R$ 、 $L$ 阻值很小，在电路甲中，线圈 $L$ 与灯泡 $D$ 串联， $L$ 中电流很小，断开 $S$ 时自感电动势较小，自感作用使 $D$ 与 $L$ 中的电流值从 $S$ 接通稳定后开始减小， $D$ 将逐渐变暗，而不是立即熄灭。

在电路乙中， $L$ 与 $D$ 、 $R$ 并联，稳定时 $L$ 中电流比 $D$ 中电流大，断开 $S$ 的瞬间， $L$ 中电流从开始的稳定值逐渐减小，所以断开瞬间，通过灯泡 $D$ 的电流变大， $D$ 将变得更亮，然后渐渐变暗。

正确选项为AD



图甲

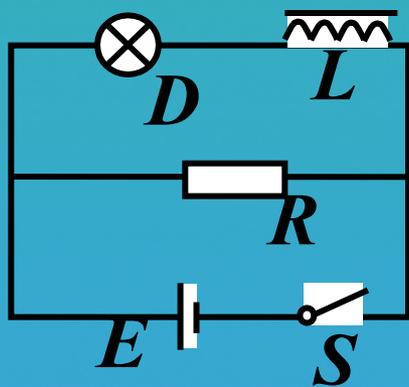


图乙

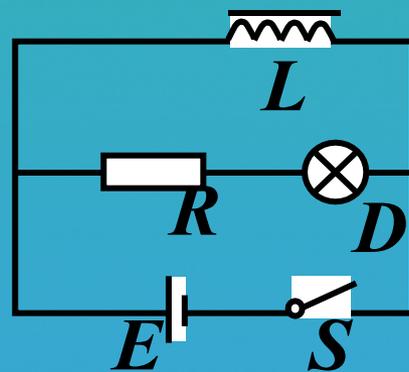


## 点评:

$S$ 接通后电路稳定，比较 $L$ 与 $D$ 中电流大小， $S$ 断开后，因自感作用 $L$ 、 $D$ 、 $R$ 构成回路有电流，判断 $D$ 变暗还是变亮，关键是看 $S$ 断开后从 $L$ 流到 $D$ 中的电流比 $D$ 中原来（ $S$ 未断开时）的电流是大还是小。



图甲

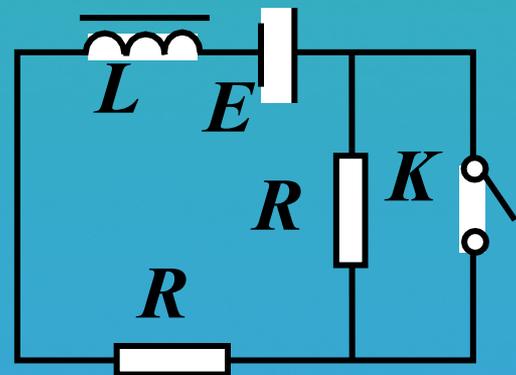


图乙

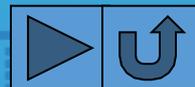
## 【例2】

如图示， $L$  是一只只有铁芯的线圈，它的电阻不计， $E$  表示直流电源的电动势。先将  $K$  接通，稳定后再将  $K$  断开。若将  $L$  中产生的感应电动势记为  $E_L$ ，则在接通和断  $K$  的两个瞬间，以下所说正确的是（ **CD** ）

- A. 两个瞬间  $E_L$  都为零
- B. 两个瞬间  $E_L$  的方向都与  $E$  相反
- C. 接通瞬间  $E_L$  的方向与  $E$  相反
- D. 断开瞬间  $E_L$  的方向与  $E$  相同



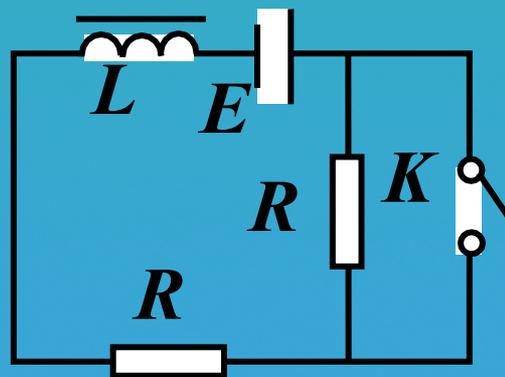
解见下页



解:

线圈中的自感电动势总是阻碍电路中电流的变化，闭合开关时，电路中电流有增大的趋势，自感电动势的方向与电源电动势的方向相反，所以C正确。

断开开关时，电路中电流有减小的趋势，自感电动势的方向与电源电动势的方向相同，所以D正确。



### 【例3】

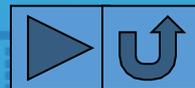
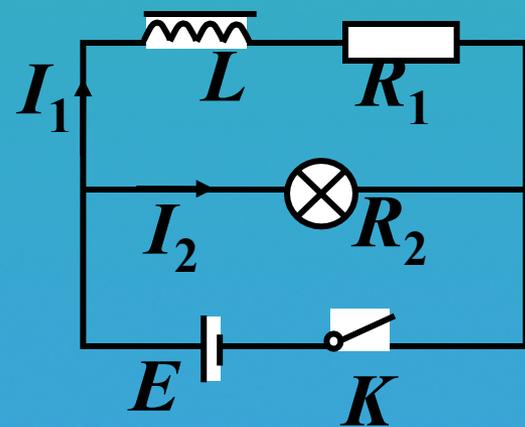
如图所示，自感线圈的自感系数很大，电阻为零。电键 $K$ 原来是合上的，在 $K$ 断开后，分析：

(1) 若 $R_1 > R_2$ ，灯泡的亮度怎样变化？

(2) 若 $R_1 < R_2$ ，灯泡的亮度怎样变化？

**解析：**灯泡的亮度由它的实际功率 $I^2R$ 即流过灯泡中的电流来决定。因而必须从题设条件出发讨论在各种情况下流过灯泡中的电流。

$K$ 断开后，原来电源提供给小灯泡的电流立即消失，但 $L$ 中因自感而产生逐渐减弱的电流流过小灯泡，使小灯泡逐渐变暗到熄灭。

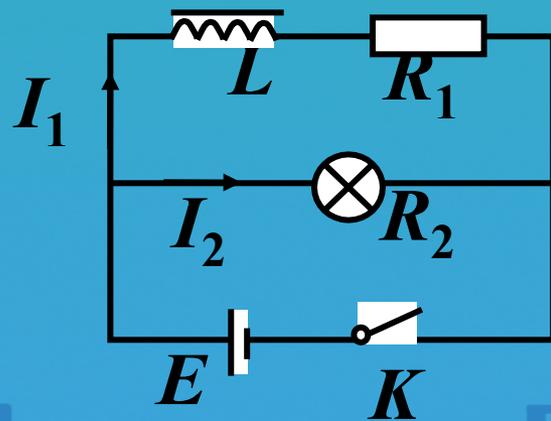


(1) 若 $R_1 > R_2$ , 即 $I_1 < I_2$ ,

所以小灯泡在 $K$ 断开后先突然变到某一较暗状态,再逐渐变暗到最后熄灭。

(2) 若 $R_1 < R_2$ , 即 $I_1 > I_2$ ,

小灯泡在 $K$ 断开后电流从原来的 $I_2$ 突变到 $I_1$  (方向相反), 然后再渐渐变小, 最后为零, 所以灯泡在 $K$ 断开后先变得比原来更亮, 再逐渐变暗到熄灭。



## 巩固练习1

1. 下列关于自感现象的说法中，正确的是（ACD）
- A. 自感现象是由于导体本身的电流发生变化而产生的电磁感应现象
  - B. 线圈中自感电动势的方向总与引起自感的原电流的方向相反
  - C. 线圈中自感电动势的大小与穿过线圈的磁通量变化的快慢有关
  - D. 加铁芯后线圈的自感系数比没有铁芯时要大



## 巩固练习2

2. 磁通量的单位是 Wb，磁感强度的单位是 T，自感系数的单位是 H。

2-1. 关于线圈的自感系数，下面说法正确的是

( **D** )

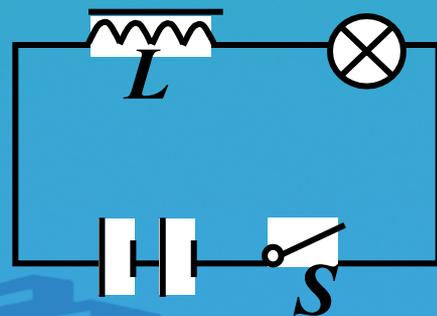
- A. 线圈的自感系数越大，自感电动势一定越大
- B. 线圈中电流等于零时，自感系数也等于零
- C. 线圈中电流变化越快，自感系数越大
- D. 线圈的自感系数由线圈本身的因素及有无铁芯决定



## 巩固练习3

3. 如图所示,  $L$  为一个自感系数大的自感线圈, 开关闭合后, 小灯能正常发光, 那么闭合开关和断开开关的瞬间, 能观察到的现象分别是 ( **A** )

- A. 小灯逐渐变亮, 小灯立即熄灭
- B. 小灯立即亮, 小灯立即熄灭
- C. 小灯逐渐变亮, 小灯比原来更亮一下再慢慢熄灭
- D. 小灯立即亮, 小灯比原来更亮一下再慢慢熄灭



## 巩固练习4

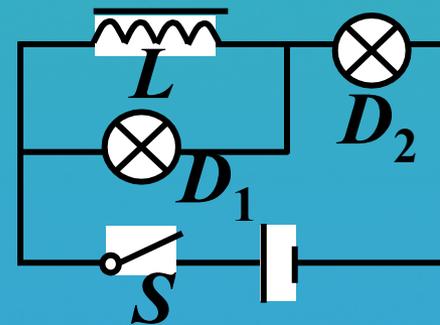
4. 如图所示， $L$ 是电感足够大的线圈，其直流电阻可忽略不计， $D_1$ 和 $D_2$ 是两个相同的灯泡，若将电键 $S$ 闭合，等灯泡亮度稳定后，再断开电键 $S$ ，则 ( AC )

A. 电键 $S$ 闭合时，灯泡 $D_1$ 、 $D_2$ 同时亮，然后 $D_1$ 会变暗直到不亮， $D_2$ 更亮

B. 电键 $S$ 闭合时，灯泡 $D_1$ 很亮， $D_2$ 逐渐变亮，最后一样亮

C. 电键 $S$ 断开时，灯泡 $D_2$ 随之熄灭，而 $D_1$ 会亮一下后才熄灭

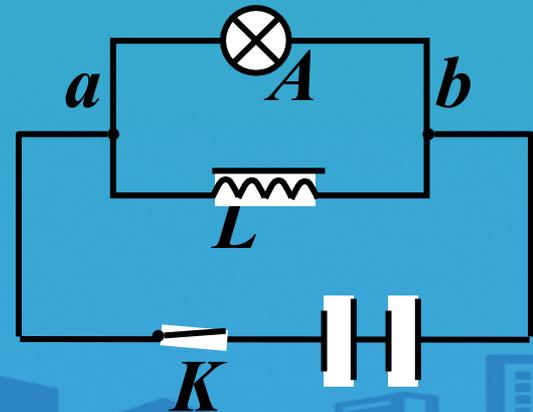
D. 电键 $S$ 断开时，灯泡 $D_1$ 随之熄灭，而 $D_2$ 会更亮后一下才熄灭



## A组能力训练题1

1、右图为一演示实验电路图，图中 $L$ 是一带铁芯的线圈， $A$ 是一灯泡，电键 $K$ 处于闭合状态，电路是接通的，现将电键 $K$ 打开，则在电路切断的瞬间，通过灯泡 $A$ 的电流方向是从\_\_\_\_\_  $a$  端到\_\_\_\_\_  $b$  端，这个实验是用来演示断路时的自感现象。

**解析：**  $K$ 闭合时 $L$ 中电流的方向是 $b \rightarrow L \rightarrow a$ ， $K$ 断开的瞬间 $L$ 中电流突然减小， $L$ 中产生阻碍电流减小的感应电动势， $L$ 成为新的电源，但电流只能在原方向上减小。



## A组能力训练题2

2、大型电动机正常工作时电流很大，如果用普通闸刀断开电路，闸刀的金属片之间会产生电火花，严重时甚至会烧毁闸刀、引起人身伤害,其原因是\_\_\_\_\_。

电路断开时电流减少得很快，电动机的线圈内产生很大的自感电动势，高电动势把空气击穿,就发生电火花，发生伤害事故。因此大功率的电动机的开关都浸没在耐高压的绝缘油中。



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/917044125051006056>