



华图在线  
V.HUATU.COM

好老师·好课程·好服务

# 军队文职

- 华图在线精品课程 -



华图在线军队文职

# 军队文职物理

授课讲师：张新月



## 张新月/华图讲师

张新月，博士，教授。华图教育文职物理首席讲师。参与文职物理讲义的编写和校对工作，历年文职物理冲刺阶段讲师。对文职物理的出题动向，重难点把握精准，每年都有很高的试题命中率。





第三篇

# 电磁学部分



## 第四章

# 电磁感应 电磁场和电磁波



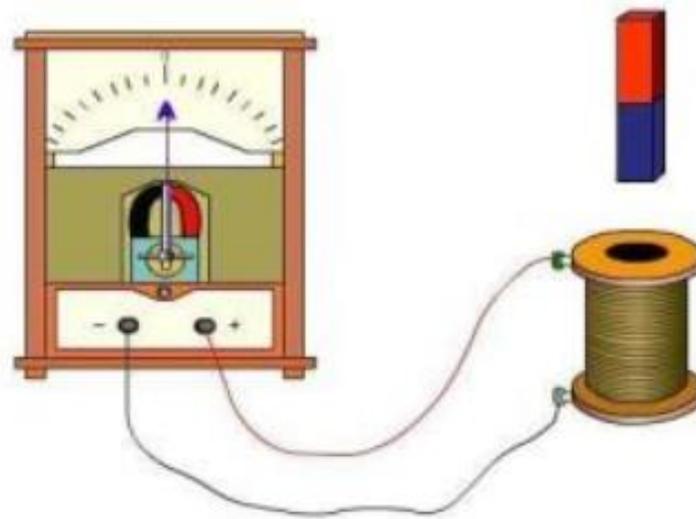
- 一、法拉第电磁感应定律**
- 二、动生电动势和感生电动势**
- 三、自感和互感**
- 四、磁场的能量**



# 法拉第电磁感应定律

## 一、电磁感应现象

当穿过一个闭合导体回路所包围的面积内的磁通量发生变化时，不管这种变化是由什么原因引起的、在导体回路中就会产生感应电流，这种现象称为电磁感应现象，产生的电流叫做感应电流。回路中有电流的原因是电路中有电动势，直接由电磁感应得到的电动势叫做感应电动势。





# 法拉第电磁感应定律

## 二、法拉第电磁感应定律

法拉第全面总结了磁通量的变化与感应电动势之间的关系得出：不论任何原因使通过回路面积的磁通量发生变化时，回路中产生的感应电动势与磁通量对时间的变化率成正比，这就是法拉第电磁感应定律，其表达式为：

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

式中负号表明感应电动势的方向和磁通量变化率之间的关系，上式是楞次定律的数学表示。在实际计算中，常常是利用楞次定律来判断电动势的方向，而仅利用法拉第电磁感应定律求电动势的大小。



# 法拉第电磁感应定律



## 三、楞次定律

楞次得出确定感应电流方向的法则，称为楞次定律。其表述为闭合回路中感应电流的方向，总是使得它所激发的磁场来阻止引起感应电流的磁通量变化。电磁感应定律中数学表达式中的负号，就是楞次定律的表现。

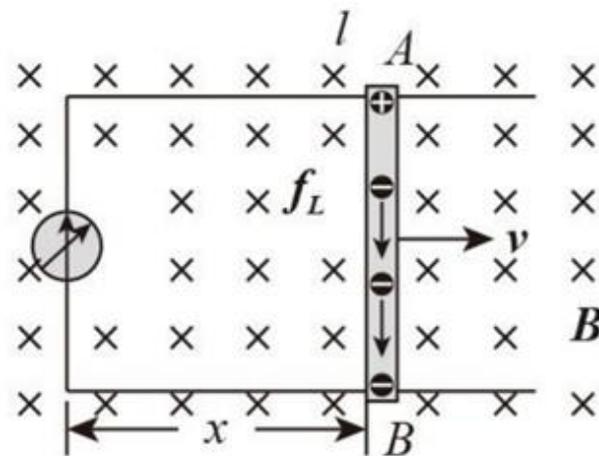
楞次定律实质上是能量守恒定律的一种体现。在电磁感应过程中，机械能转化为焦耳热。



# 动生电动势和感生电动势

## 一、动生电动势

由于闭合回路或一段导体在稳恒磁场中运动，而导致回路或导体内磁通量发生变化，从而产生的感应电动势称为动生电动势。



如图所示，导线AB的长度为 $l$ ，在磁感应强度为 $B$ 的均匀磁场中以速度 $\vec{v}$ 向右做匀速直线运动，感应电动势：

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -Blv$$



# 动生电动势和感生电动势

## 一、动生电动势

注意：法拉第电磁感应定律所求的是整个回路的电动势，但是，动生电动势只存在于运动的一段导体上，不动的那部分导体上没有电动势。

动生电动势本质上是自由电子在磁场中收到洛伦兹力产生的结果。

$$\varepsilon = - \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$



# 动生电动势和感生电动势

## 二、感生电动势

导体或导体回路处于静止状态而磁场随时间发生变化时，在导体或导体回路内产生的电动势叫做感生电动势。

$$E = \oint_L \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\int_S \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot d\vec{S}$$

麦克斯韦经过分析研究后提出感生电场的假设：即变化的磁场在其周围会激发一种电场，这种电场称为感生电场，也叫涡旋电场。在涡旋电场的作用下，导体中的电荷受力运动而形成感生电动势所以形成感生电动势的非静电力就是这种涡旋电场力，这一假设已被很多实验所证实。

感生电场和静电场虽对电荷都有力的作用，但却是性质不同的两种电场。静电场产生于电荷，是有源场，而感生电场产生于变化的磁场，是无源场；静电场的电场线不闭合，是无旋保守场，而感生电场的电场线闭合，是有旋非保守场。

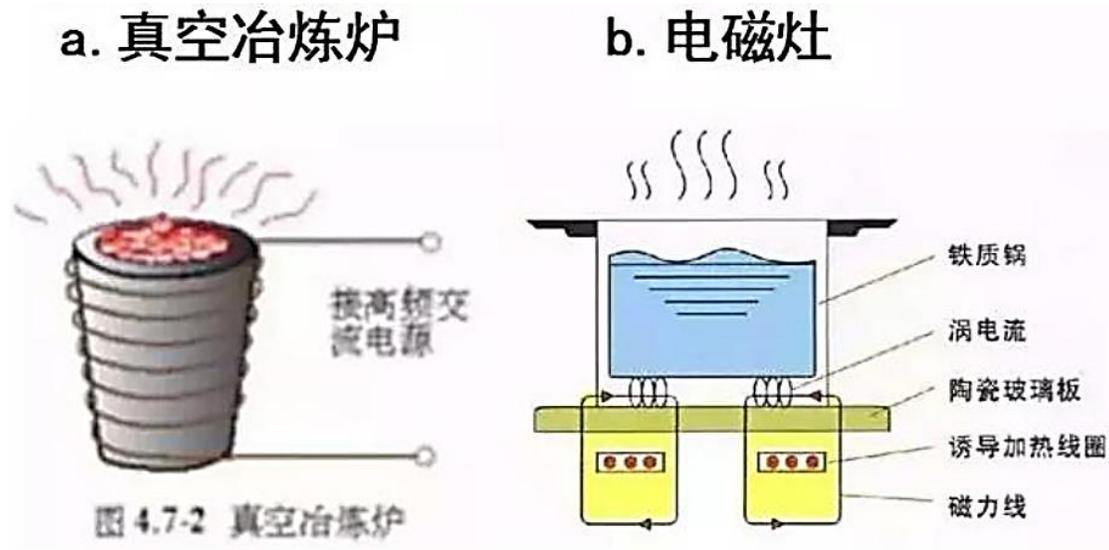


# 动生电动势和感生电动势

## 三、涡电流

当大块导体放在变化的磁场中，在导体内部会产生感应电流，由于这种电流在导体内自成闭合回路，故称为涡电流。

涡电流产生的热效应有着广泛的应用，如冶炼金属、电磁炉等。

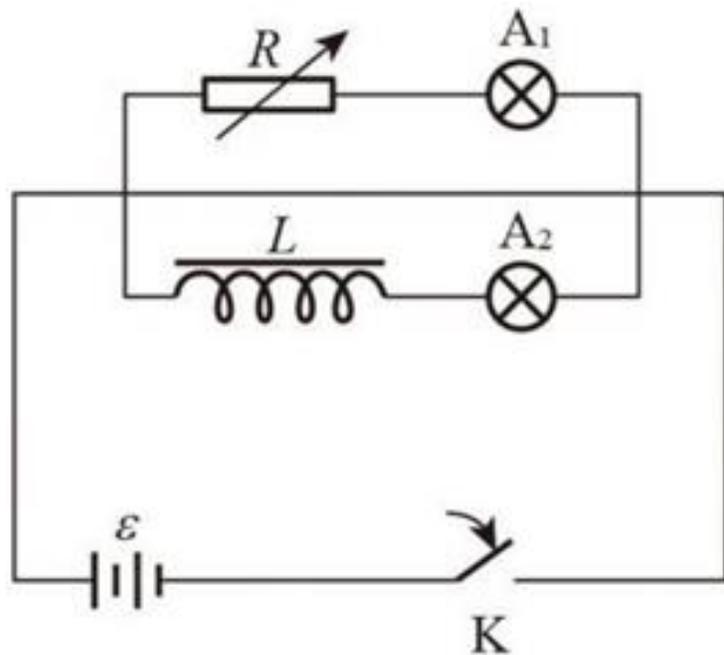




# 自感和互感

## 一、自感

当一个回路有电流通过时，电流所产生的磁感应线必定穿过回路自身。若回路自身电流发生变化，穿过回路的磁通量也随之发生变化，从而在自身回路上会产生感应电动势，这种由于线圈自身的电流变化而在线圈中产生电磁感应的现象，叫做自感现象，所产生的感应电动势称为自感电动势。





# 自感和互感

## 一、自感

设某时刻通过线圈的电流为 $I$ ，根据毕奥-萨伐尔定律，该电流所激发的磁场的磁感应强度 $B$ 的大小与 $I$ 成正比。因此，穿过线圈的全磁通 $\Psi_m = N\Phi_m$ 也与 $I$ 成正比，即

$$\Psi_m = LI$$

式中的比例系数 $L$ 叫做线圈的自感系数，简称自感或电感。

自感系数 $L$ 的大小如同电阻、电容一样，自感也是一个电路参数，它是由线圈的大小、形状、匝数以及周围介质的磁导率所决定，与线圈中有无电流以及电流的大小无关。

由法拉第电磁感应定律可知，回路的自感电动势为：

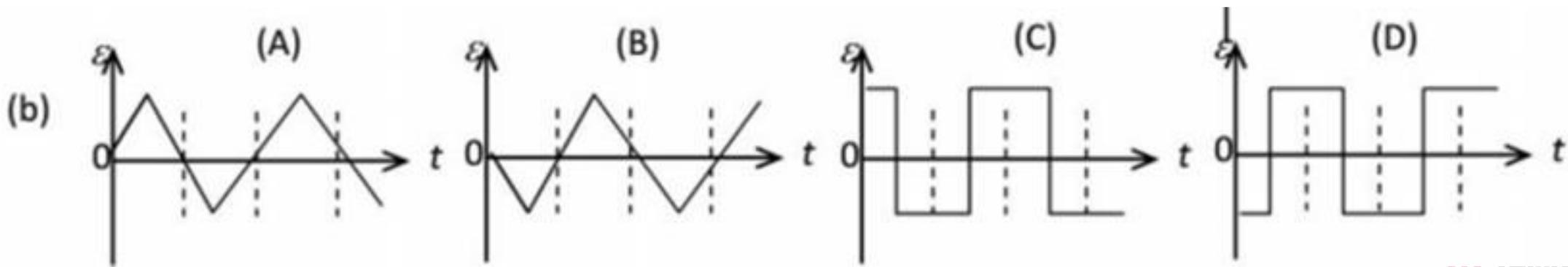
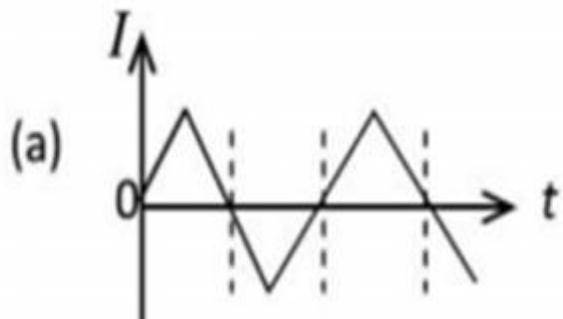
$$\varepsilon = -\frac{d\Psi_m}{dt} = -L\frac{dI}{dt}$$



# 自感和互感

## 一、自感

例：在一自感线圈中通过的电流 $I$ 随时间 $t$ 的变化规律如图(a)所示，若以 $I$ 的正流向作为的正方向，则代表线圈内自感电动势随时间 $t$ 变化规律的曲线应为图(b)中的哪一个？（ ）。

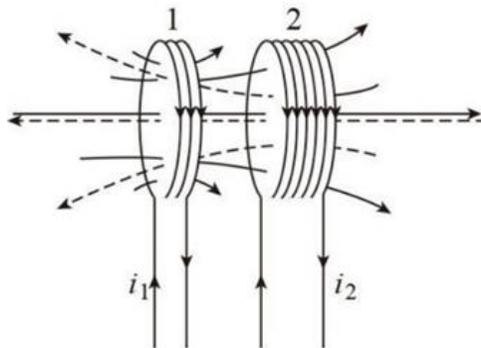




# 自感和互感

## 二、互感

通过某一回路的电流发生变化时，穿过其附近另一回路的磁通量会随之发生变化，根据法拉第电磁感应定律，则在另一回路上会产生感应电动势。这种现象称为互感现象，所产生的电动势称为互感电动势。



如图所示，设线圈1中的电流  $i_1$  激发的磁场通过线圈2的全磁通为  $\Psi_{21}$ 。设线圈2中的电流  $i_2$  激发的磁场通过线圈1的全磁通为  $\Psi_{12}$ 。根据毕奥-萨伐尔定律，应有：

$$\Psi_{21} = M_{21}i_1$$

$$\Psi_{12} = M_{12}i_2$$

式中的比例系数  $M_{21}$  和  $M_{12}$  叫做互感系数，简称互感。



# 自感和互感

## 二、互感

互感系数的大小与两个线圈中有无电流以及电流的大小无关，它由每一个线圈的尺寸、形状、匝数、两个线圈的相对位置以及周围介质的磁导率所决定。

实验和理论均证明， $M_{21}$ 和 $M_{12}$ 是相等的，因此统一用 $M$ 表示，即

$$M_{21} = M_{12} = M$$

根据法拉第电磁感应定律可得：

$$\varepsilon_{21} = -\frac{d\Psi_{21}}{dt} = -M \frac{di_1}{dt}$$

$$\varepsilon_{12} = -\frac{d\Psi_{12}}{dt} = -M \frac{di_2}{dt}$$



# 自感和互感

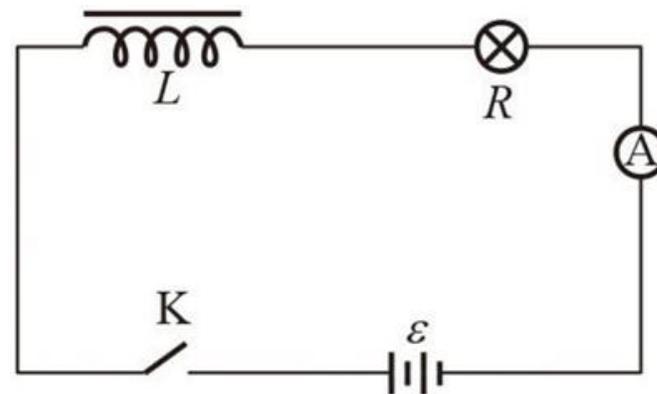
## 二、互感

例：两个相距不太远的平面圆线圈，怎样可使其互感系数近似为零？设其中一线圈的轴线恰通过另一线圈的圆心（ ）。

- A. 两线圈的轴线互相平行放置
- B. 两线圈并联
- C. 两线圈的轴线互相垂直放置
- D. 两线圈串联



# 磁场的能量



## 一、通电线圈的自感磁能

如图，电路接通后回路中的电流从0增加到I，设某瞬时回路t回路中的电流为*i*(0→I)，线圈中产生的自感电动势为：

$$\varepsilon_L = -L \frac{di}{dt}$$

在*t*→*t* + *dt*时间内，线圈中的电流从0增加到I的过程中，电源克服自感电动势所做的功为：

$$A = \int_0^I L i di = \frac{1}{2} LI^2$$

线圈中的电流达到稳定值I时，线圈中的磁场的能量为：

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2$$



# 磁场的能量

## 二、磁场的能量

当螺线管通有电流 $I$ 时, 因为 $B = \mu n I$ ,  $L = \mu n^2 V$ , 所以

$$W_m = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \mu n^2 V \left( \frac{B}{\mu n} \right)^2 = \frac{B^2}{2\mu} V = \frac{1}{2} B H V$$

定义磁场能量密度 $w_m = \frac{W_m}{V}$ , 可得:

$$w_m = \frac{W_m}{V} = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu} = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{1}{2} B H$$



# 磁场的能量

## 二、磁场的能量

一般情况下有：

$$w_m = \frac{1}{2} \vec{B} \cdot \vec{H}$$

对于体积为 $dV$ 的磁场能量：

$$dW_m = w_m dV = \frac{1}{2} \vec{B} \cdot \vec{H} dV$$

对其积分可得磁场总能量：

$$W_m = \int_V w_m dV = \frac{1}{2} \int_V \vec{B} \cdot \vec{H} dV$$

# 感谢聆听

- 华图在线精品课程 -

