

## 电磁感应专题

在电磁感应现象中，安培力做正功，电能转化为其他形式的能；安培力做负功，即克服安培力做功，其他形式的能转化为电能。若产生的感应电流是恒定的，则可以利用焦耳定律计算电阻中产生的焦耳热；若产生的感应电流是变化的，则可以利用能量守恒定律计算电阻中产生的焦耳热。

### 能量转化及焦耳热的求法

#### (1) 电磁感应中的能量转化

电磁感应过程的实质是不同形式的能量之间转化的过程，而能量的转化是通过安培力做功的形式实现的，安培力做功，则电能转化为其他形式的能，外力克服安培力做功，则其他形式的能转化为电能。能量转化过程表示如下：



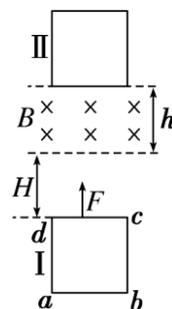
#### (2) 求解焦耳热 $Q$ 的三种方法

电磁感应发生过程中，涉及能量包括外部能量、运动导体的动能、焦耳热，外力做功和（克服）安培力做功实现这些能量的转化，它们关系如下：

①焦耳定律： $Q=I^2Rt$ 。      ②功能关系： $Q=W_{\text{克安}}$ 。      ③动能定理： $W_{\text{外}}-W_{\text{克安}}=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$ 。

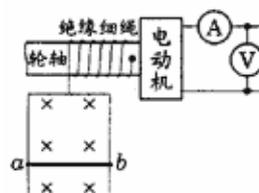
**【题1】** 如图所示，在高度差为  $h$  的平行虚线区域内，有磁感应强度为  $B$ 、方向水平向里的匀强磁场。正方形线框  $abcd$  的质量为  $m$ ，边长为  $L$  ( $L=h$ )，电阻为  $R$ ，线框平面与竖直平面平行，静止于位置“Ⅰ”时， $cd$  边与磁场下边缘有一段距离  $H$ 。现用一竖直向上的恒力  $F$  提线框，线框由位置“Ⅰ”无初速度向上运动，穿过磁场区域最后到达位置“Ⅱ” ( $ab$  边恰好出磁场)，线框平面在运动中保持在竖直平面内，且  $ab$  边保持水平。当  $cd$  边刚进入磁场时，线框恰好开始匀速运动。空气阻力不计，求：

- (1) 线框进入磁场前距磁场下边界的距离  $H$ ；
- (2) 线框由位置“Ⅰ”到位置“Ⅱ”的过程中，恒力  $F$  做的功和线框产生的热量。



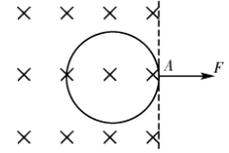
**【题2】** 如图所示，电动机通过其转轴上的绝缘细绳牵引一根原来静止的长为  $L=1\text{m}$ ，质量  $m=0.1\text{kg}$  的导体棒  $ab$ ，导体棒紧贴在竖直放置、电阻不计的金属框架上，导体棒的电阻  $R=1\Omega$ ，磁感强度  $B=1\text{T}$  的匀强磁场方向垂直于导体框架所在平面。当导体棒在电动机牵引下上升  $h=3.8\text{m}$  时，获得稳定速度，此过程中导体棒产生热量  $Q=2\text{J}$ 。电动机工作时，电压表、电流表的读数分别为  $7\text{V}$  和  $1\text{A}$ ，电动机的内阻  $r=1\Omega$ 。不计一切摩擦， $g$  取  $10\text{m/s}^2$ 。求：

- (1) 导体棒所达到的稳定速度是多少？
- (2) 导体棒从静止到达稳定速度的时间是多少？



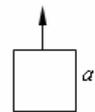
**【题3】** 如图所示，在磁感应强度大小为  $B$ ，方向垂直纸面向里的匀强磁场中，有一个质量为  $m$ 、半径为  $r$ 、电阻为  $R$  的均匀圆形导线圈，线圈平面跟磁场垂直（位于纸面内），线圈与磁场边缘（图中虚线）相切，切点为  $A$ ，现在  $A$  点对线圈施加一个方向与磁场垂直，位于线圈平面内的，并跟磁场边界垂直的拉力  $F$ ，将线圈以速度  $v$  匀速拉出磁场。以切点为坐标原点，以  $F$  的方向为正方向建立  $x$  轴，设拉出过程中某时刻线圈上的  $A$  点的坐标为  $x$ 。

- (1) 写出此时  $F$  的大小与  $x$  的关系式；
- (2) 在  $F-x$  图中定性画出  $F-x$  关系图线，写出最大值  $F_0$  的表达式。



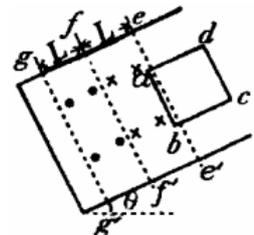
**【题4】** 如图所示，将边长为  $a$ 、质量为  $m$ 、电阻为  $R$  的正方形导线框竖直向上抛出，穿过宽度为  $b$ 、磁感应强度为  $B$  的匀强磁场，磁场的方向垂直纸面向里。线框向上离开磁场时的速度刚好是进入磁场时速度的一半，线框离开磁场后继续上升一段高度，然后落下并匀速进入磁场。整个运动过程中始终存在着大小恒定的空气阻力  $f$  且线框不发生转动。求：

- (1) 线框在下落阶段匀速进入磁场时的速度  $v_2$ ；
- (2) 线框在上升阶段刚离开磁场时的速度  $v_1$ ；
- (3) 线框在上升阶段通过磁场过程中产生的焦耳热  $Q$ 。



**【题5】** 如图所示，在倾角为  $\theta$  的光滑斜面上，存在着两个磁感应强度相等的匀强磁场，方向一个垂直斜面向上，另一个垂直斜面向下，宽度均为  $L$ 。一个质量为  $m$ 、边长也为  $L$  的正方形线框（设电阻为  $R$ ）以速度  $v$  进入磁场时，恰好做匀速直线运动，若当  $ab$  边到达  $gg'$  与  $ff'$  中间位置时，线框又恰好做匀速运动，则

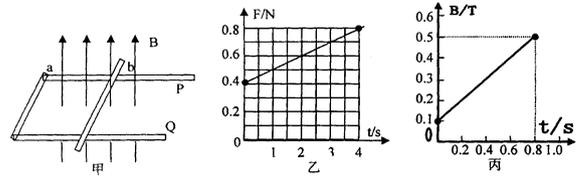
- (1) 当  $ab$  边刚越过  $ff'$  时，线框加速度的值为多少？
- (2) 求线框从开始进入磁场到  $ab$  边到达  $gg'$  和  $ff'$  中点的过程中产生的热量是多少？



**【题6】**如图甲所示,在水平桌面上固定着两根相距20cm、相互平行的无电阻轨道P和Q,轨道一端固定一根电阻为 $0.01\Omega$ 的导体棒a,轨道上横置一根质量为40g、电阻为 $0.01\Omega$ 的金属棒b,两棒相距20cm.该轨道平面处在磁感应强度大小可以调节的竖直向上的匀强磁场中.开始时,磁感应强度 $B_0=0.10\text{T}$ (设棒与轨道间的最大静摩擦力和滑动摩擦力相等,  $g$ 取 $10\text{m/s}^2$ )

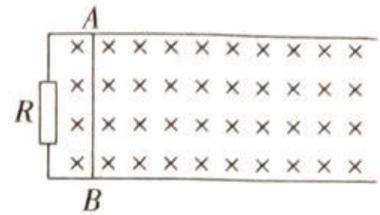
(1)若保持磁感应强度 $B_0$ 的大小不变,从 $t=0$ 时刻开始,给b棒施加一个水平向右的拉力,使它做匀加速直线运动.此拉力 $F$ 的大小随时间 $t$ 变化关系如图乙所示.求匀加速运动的加速度及b棒与导轨间的滑动摩擦力.

(2)若从某时刻 $t=0$ 开始,按图丙中磁感应强度 $B$ 随时间 $t$ 变化图象所示的规律变化,求在金属棒b开始运动前,这个装置释放的热量是多少?



**【题7】**如图所示,足够长光滑平行导轨间距 $L = 0.5\text{m}$ 左端接入阻值 $R = 3\Omega$ 的电阻,右端开口,整个装置放置在水平面上,导轨平面处在竖直向下的磁感应强度 $B = 2\text{T}$ 的匀强磁场中,一质量为 $m = 2\text{kg}$ 、电阻 $r = 1\Omega$ 的金属棒垂直导轨放置在导轨上,某时刻给金属棒一个向右的瞬时速度 $v = 2\text{m/s}$ ,不计导轨的电阻,在金属棒从开始运动到停下来的整个过程中,求:

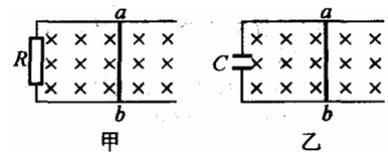
- (1)电阻 $R$ 上产生的焦耳热 $Q_R$ ;
- (2)通过导体棒横截面的电荷量 $q$ ;
- (3)导体棒 $AB$ 运动的位移 $x$ .



**【题8】**如图所示,水平固定的光滑U形金属框架宽为 $L$ ,足够长,其上放一质量为 $m$ 的金属棒ab,左端连接有一阻值为 $R$ 的电阻(金属框架、金属棒及导线的电阻均可忽略不计),整个装置处在竖直向下的匀强磁场中,磁感应强度大小为 $B$ .现给棒ab一个初速度 $v_0$ ,使棒始终垂直框架并沿框架运动,如图甲所示.

- (1)金属棒从开始运动到稳定状态的过程中,求通过电阻 $R$ 的电量和电阻 $R$ 中产生的热量;
- (2)金属棒从开始运动到稳定状态的过程中,求金属棒通过的位移;
- (3)如果将U形金属框架左端的电阻 $R$ 换为一电容为 $C$ 的电容器,其他条件不变,

如图乙所示.求金属棒从开始运动到稳定状态时电容器所储存的电量.



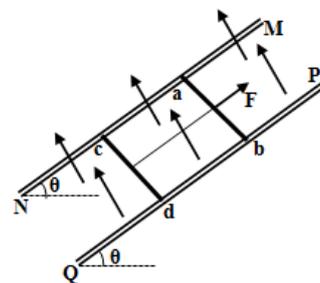
**【题9】**如图所示,两根足够长的光滑平行金属导轨  $MN$ 、 $PQ$  电阻不计,其间距为  $L$ ,两导轨所构成平面与水平面成  $\theta$  角.两根用长为  $d$  的细线连接的金属杆  $ab$ 、 $cd$  分别垂直导轨放置,沿斜面向上的外力  $F$  作用在杆  $ab$  上,使两杆静止.已知两金属杆  $ab$ 、 $cd$  的质量分别为  $m$  和  $2m$ ,两金属杆的电阻都为  $R$ ,并且和导轨始终保持良好接触,整个装置处在垂直于导轨平面向上的匀强磁场中,磁感应强度为  $B$ .某时刻将细线烧断,保持杆  $ab$  静止不动.

(1)  $cd$  杆沿导轨下滑,求其达到的最大速度  $v_m$ ;

(2) 当  $cd$  杆速度  $v = \frac{1}{2}v_m$  时,求作用在  $ab$  杆上的外力  $F$ ;

(3) 若将细绳烧断时记为  $t = 0$ ,从此刻起使磁场随时间变化,使  $abcd$  回路中无感应电流产生,求磁感应强度  $B$  随时间  $t$  变化关系(写出  $B$  与  $t$  的关系式);

(4) 从细线烧断到  $cd$  杆达到最大速度的过程中,杆  $ab$  产生的热量为  $Q$ ,求通过  $cd$  杆的电量.



**【题10】**如图所示,  $P_1Q_1P_2Q_2$  和  $M_1N_1M_2N_2$  为水平放置的平行导轨,整个装置处于竖直向上、磁感应强度  $B = 0.40T$  的匀强磁场中,轨道足够长,其电阻可忽略不计.一质量为  $m = 0.1kg$ 、阻值为  $R = 1.0\Omega$  的金属棒  $cd$  恰好垂直放在轨道的右半部分;另一相同材质、相同粗细的金属棒  $ab$  恰好垂直放在轨道的左半部分,它们与轨道形成闭合回路.已知  $L_{ab} = 2m, L_{cd} = 1.0m$ ,金属棒与轨道间的动摩擦因数  $\mu = 0.2$ ,且最大静摩擦力等于滑动摩擦力,重力加速度  $g = 10m/s^2$ .在  $t = 0$  时刻,给金属棒  $cd$  施加一水平向右的拉力  $F$ ,使其从静止开始沿轨道以  $a = 5m/s^2$  的加速度匀加速直线运动.在运动过程中,导体棒始终与导轨垂直且接触良好.

(1) 求金属棒  $cd$  运动多长时间后金属棒  $ab$  开始运动;

(2) 若给金属棒  $cd$  施加的是水平向右的恒定拉力  $F_0$ ,拉金属棒  $cd$  以  $v_2 = 20m/s$  的速度匀速运动时,金属棒  $ab$  也恰好以恒定速度沿轨道运动.求金属棒  $ab$  沿轨道运动的速度大小

