



# 铝框下落的加速度大小一定小于重力加速度吗

何崇荣 姜付锦

(武汉市黄陂区第一中学 湖北 武汉 430300)

张 黎

(武汉市黄陂区第三中学 湖北 武汉 430317)

(收稿日期:2015-04-20)

**摘要:**对电磁感应中一道常见习题答案提出质疑,并用 Mathcad 软件间接论证了半圆形铝框在非匀强磁场中由静止下落过程中,铝框的加速度大小可以始终比重力加速度小,也可以先小于重力加速度然后大于重力加速度;还可以是先小于然后大于再小于重力加速度.铝框运动情况取决于磁场情况.

**关键词:**铝框下落 加速度 非匀强磁场

在高三复习过程中,我们遇到这样一道题.

## 1 题目

如图 1 所示,一半圆形铝框处在水平向外的非匀强磁场中,场中各点的磁感应强度为  $B_y = \frac{B_0}{y+c}$ ,  $y$  为该点到地面的距离,  $c$  为常数,  $B_0$  为一定值.铝框平面与磁场垂直,直径  $ab$  水平,空气阻力不计,铝框由静止释放下落的过程中

- A. 铝框回路磁通量不变,感应电动势为零
- B. 回路中感应电流沿顺时针方向,直径  $ab$  两点间电势差为零
- C. 铝框下落的加速度大小一定小于重力加速度  $g$
- D. 直径  $ab$  受安培力向上,半圆弧  $ab$  受安培力向下,铝框下落加速度大小可能等于  $g$

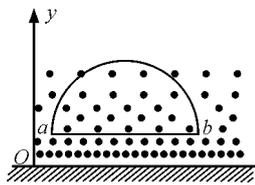


图 1

## 2 参考答案

对于选项 C,根据楞次定律的第二描述“感应电流产生的效果总是阻碍导体间的相对运动”可知,

铝框下落过程中除受重力外还受到向上的安培力,故铝框下落的加速度小于重力加速度于是选项 C 正确.

笔者觉得有没有这种可能性:铝框先加速后减速,减速过程中铝框的加速度大小大于重力加速度呢?仅根据楞次定律没办法判断两个加速度大小,为了方便研究,我们可以将半圆形铝框换成正方形铝框,如图 2 所示,研究铝框在这种变化磁场中由静止释放的运动情况.

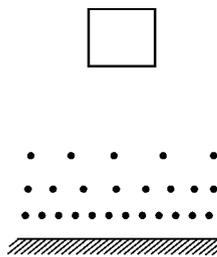


图 2

## 3 正方形铝框在变化磁场中运动

设铝框质量为  $m$ ,总电阻为  $R$ ,上下边所处位置的磁场磁感应强度分别为  $B_{up}$  和  $B_{dn}$ ,建立如图 3 所示的直线坐标系,规定竖直向上为正方向.

对铝框进行受力分

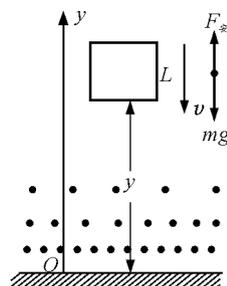


图 3

析,根据牛顿第二定律

$$F_{安} - mg = ma \tag{1}$$

$$F_{安} = B_{dn}iL - B_{up}iL \tag{2}$$

铝框上下边磁场

$$B_{up} = \frac{B_0}{y+c+L} \tag{3}$$

$$B_{dn} = \frac{B_0}{y+c} \tag{3}$$

铝框产生的感应电动势大小

$$e = B_{dn}L(-v) - B_{up}L(-v) \tag{4}$$

根据闭合电路欧姆定律

$$i = \frac{e}{R} \tag{5}$$

联立式(1)~(5)得

$$a = \frac{B_0^2 L^2 (-v)}{mR} \left( \frac{1}{y+c} - \frac{1}{y+c+L} \right)^2 - g$$

## 4 电脑模拟

### 4.1 Mathcad 工作界面

利用 Mathcad 软件可以画出在不同初始条件下,铝框下落过程中的速度  $v$  和加速度  $a$  随铝框高度  $y$  的图像,如图 4 所示. 铝框初始高度(下边距地面的高度)取  $y_0 = 5 \text{ m}$ , 常数  $c = 1 \text{ m}$ .

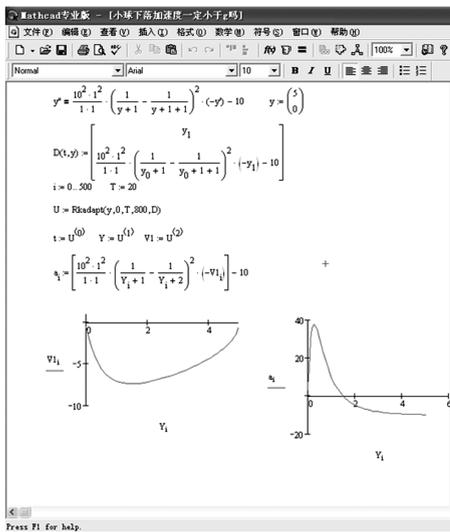


图 4 电脑模拟的图像

### 4.2 $B_0$ 取不同值时铝框运动情况模拟

(1) 令  $B_0 = 1.8 \text{ T} \cdot \text{m}$ ,  $\frac{L^2}{mR} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \Omega^{-1}$ ,

用 Mathcad 作图得如图 5 所示图像.

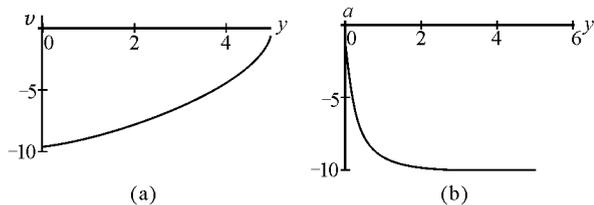


图 5 当  $B_0 = 1.8 \text{ T} \cdot \text{m}$  时,铝框下落过程中的速度  $v$  和加速度  $a$  随高度  $y$  的变化图像

(2) 令  $B_0 = 2.5 \text{ T} \cdot \text{m}$ ,  $\frac{L^2}{mR} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \Omega^{-1}$ ,

用 Mathcad 作图得如图 6 所示图像.

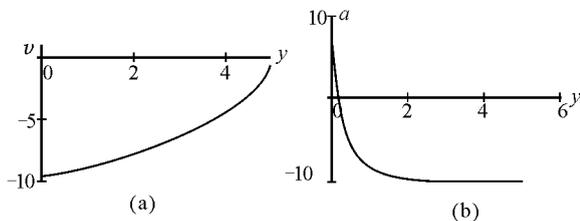


图 6 当  $B_0 = 2.5 \text{ T} \cdot \text{m}$  时,铝框下落过程中的速度  $v$  和加速度  $a$  随高度  $y$  的变化图像

(3) 令  $B_0 = 10 \text{ T} \cdot \text{m}$ ,  $\frac{L^2}{mR} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \Omega^{-1}$ ,

用 Mathcad 作图得如图 7 所示图像.

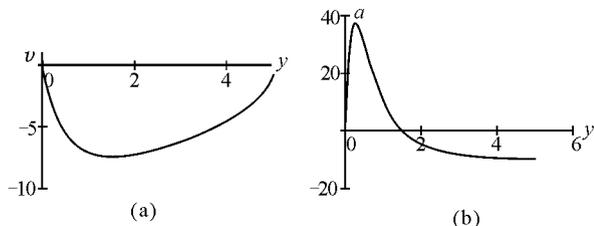


图 7 当  $B_0 = 10 \text{ T} \cdot \text{m}$  时,铝框下落过程中的速度  $v$  和加速度  $a$  随高度  $y$  的变化图像

## 5 小结

由图 5~7 可知,铝框由静止下落运动情况跟磁感应强度  $B_0$  有关,也就是跟变化磁场有关. 当磁感应强度  $B_0$  取不同值时,铝框下落可以一直加速,也可以先加速后减速;铝框下落过程中的加速度大小可以始终比重力加速度小,也可以先小于重力加速度然后大于重力加速度,还可以是先小于然后大于再小于重力加速度. 总之,无法判断铝框下落过程中加速度大小与重力加速  $g$  的大小关系并不是像很多参考资料上解释的,铝框下落过程中除受重力外还受到向上的安培力,故铝环下落的加速度小于重力加速度. 铝框在像这种变化磁场中运动,建议不要定量考查铝框下落加速度与重力加速度大小关系.