

怎样判定磁铁沿铝板下滑时的旋转方向

辜金星

(浙江省杭州第九中学 浙江 杭州 310020)

(收稿日期:2019-03-30)

摘要:阐述了强磁铁圆片沿铝板斜面下滑时的旋转规律及其成因。

关键词:磁铁 铝板 涡流 旋转方向 地磁场

1 问题的发现

在演示涡流及涡流阻碍相对运动现象时,我们同时让强磁铁圆片和奶片(非磁性物体)沿铝合金板构成的斜面下滑,发现强磁铁圆片要慢许多。同时,观察细致的学生还会发现强磁铁圆片下滑时有时是旋转的。于是课后师生共同展开了进一步的研究。

2 实验器材

强磁铁圆片(圆柱体直径约 12 mm,厚约 4 mm,先已确定两个圆面的 N 和 S 极)1 片,奶片 1 片,铝合金板(长约 1 200 mm,宽约 120 mm,厚度适中)1 块,支架,指南针等。

3 实验现象

将铝合金板固定在支架上,调整倾角,形成一个倾角大约为 75° 左右的斜面。让强磁铁圆片的一个圆面贴紧铝合金板从上端无初速度滑下,可以观察到以下物理现象。

(1) 无论铝合金板斜面是东西方向还是南北方向放置,也无论贴紧铝合金板的强磁铁圆面是 N 极还是 S 极,强磁铁圆片都是缓慢的下滑,比奶片等非磁性物体的下滑要慢了许多。

(2) 铝合金板斜面沿南北方向放置,无论斜面是南高北低还是南低北高,也无论贴紧铝合金板的强磁铁圆面是 N 极还是 S 极,强磁铁圆片下滑时都不会旋转。

(3) 铝合金板斜面沿东西方向放置,无论斜面

是东高西低还是东低西高,也无论贴紧铝合金板的强磁铁圆面是 N 极还是 S 极,强磁铁圆片下滑时都会旋转,具体的旋转方向如表 1 所示。

表 1 强磁铁圆片下滑时的旋转方向

东西方向放置	东高西低		东低西高	
贴紧铝合金板的磁极	N	S	N	S
旋转方向	逆时针	顺时针	顺时针	逆时针

4 相关解释

(1) 强磁铁圆片沿铝合金板斜面的下滑为什么是“缓慢”的?

强磁铁圆片沿铝合金板斜面下滑时,在铝合金板内有磁通量的变化,形成了涡流,这些涡流便会对强磁铁圆片产生力的作用,即相当于施加一个沿斜面向上的磁场力 $F_{\text{磁}}$,其效果是“挽留”下滑的强磁铁圆片,对于强磁铁而言,这种“挽留”的效果是相当的明显。

对强磁铁圆片下滑时的受力情况可以用图 1 作初步的分析。设斜面的动摩擦因数为 μ ,斜面与水平面夹角为 θ ,于是,强磁铁圆片下滑时的加速度为

$$a_{\text{磁}} = g \sin \theta - \mu g \cos \theta - \frac{F_{\text{磁}}}{m}$$

对于非磁性物体,由于不存在这些涡流,也就不会受到磁场力 $F_{\text{磁}}$ 的作用,其下滑时的加速度仅为

$$a_{\text{非}} = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$$

因为 $a_{\text{磁}} < a_{\text{非}}$,所以能观察到强磁铁圆片沿铝合金板斜面的下滑是“缓慢”的,比非磁性物体的下滑要慢许多。

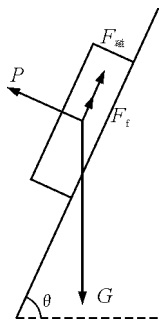


图1 强磁铁圆片下滑时的受力分析

(2) 铝合金板斜面沿南北方向放置, 强磁铁圆片的下滑为什么都不会旋转?

铝合金板斜面沿南北方向放置, 强磁铁圆片除了受到上述分析的力之外, 还受到地磁场的作用, N极受到向北的作用力, S极受到向南的作用力, 这样的一对力对于强磁铁圆片的运动会产生一定的影响.

当铝合金板斜面南低北高, 若强磁铁圆片S极贴紧铝合金板下滑时, 强磁铁圆片的受力情况可用图2来示意. 强磁铁圆片与斜面极端的接触及受力作用情况可用图3来示意, 压力的作用点可视为上侧的底边缘点, 强磁铁圆片的下滑只可能有些摇摆, 但不会旋转. 若N极贴紧铝合金板下滑时, 强磁铁圆片与斜面极端的接触及受力作用情况可用图4来示意, 压力的作用点可视为下侧的底边缘点, 强磁铁圆片的下滑也只可能有些摇摆, 但不会旋转.

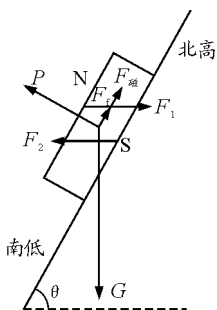


图2 铝合金板南低北高放置, 强磁铁S极贴紧板面

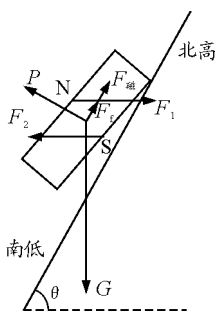


图3 铝合金板南低北高放置, 强磁铁S极即将离开板面

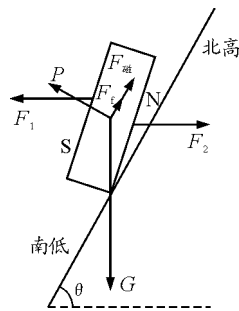


图4 铝合金板南低北高放置, 强磁铁N极即将离开板面

(3) 铝合金板斜面沿东西方向放置, 强磁铁圆片的下滑为什么都会旋转?

若铝合金板斜面沿东西方向东低西高放置, 当强磁铁圆片S极贴紧铝合金板下滑时, 强磁铁圆片与斜面极端的接触及受力作用情况可用图5来示意, 压力的作用点可视为正北侧的底边缘点. 此时, 正北侧底边缘点的摩擦相对较大, 而正南侧底边缘点的摩擦相对较小, 可理解为正北侧底边缘点的下滑受阻明显, 而正南侧底边缘点的下滑几乎没有什么阻碍, 于是强磁铁圆片便会逆时针旋转下去.

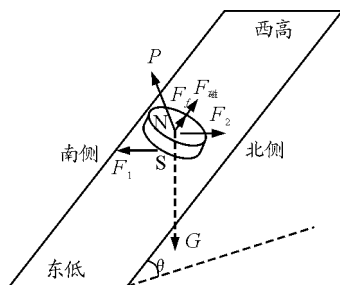


图5 铝合金板沿东西方向放置, 强磁铁圆片S极即将离开板面
关于表1中另外3种旋转情况的解释, 都与上述情况类似, 这里不再赘述.

5 几点说明

(1) 除了沿东西和南北方向放置铝合金板斜面之外, 其余方向上的下滑情况相对较为复杂一些, 但均可用上述的解释方法去处理, 在这就不作详细讨论了.

(2) 我们把本实验从北半球搬运到南半球的澳大利亚重做, 发现结论不变. 这说明用地磁场的影响来解释相关现象是正确的, 与地球的转动无关.

(3) 应该支持和鼓励学生广泛开展类似的科学探究活动, 增强动手能力, 提高分析和解决问题的能力, 锻炼思维能力、创新能力, 提升核心素养.