

磁阻尼系数和动摩擦系数的测量

【实验目的】

1. 观察磁阻尼现象，掌握磁阻尼概念及用途。
2. 观察滑动摩擦现象，了解摩擦系数在工业中的应用。
3. 学会将非线性方程化成线性方程进行数据处理的方法。
4. 用作图法及最小二乘法求磁阻尼系数和动摩擦系数。

【实验原理】

1. 磁阻尼现象

当大块金属与磁场有相对运动或处在变化磁场中时，会产生电磁感应现象，在金属块内会激起感应电流，由楞次定律可以判定，感应电流的效果总是反抗引起感应电流的原因，因此金属块的运动要受到与运动方向相反的阻力——即感应电流受到的磁场安培力作用。感应电流产生的机械效应即为磁阻尼现象。

2. 磁阻尼系数和动摩擦系数的测定原理

磁性滑块在非铁磁质良导体斜面上匀速下滑时，滑块受的阻力除滑动摩擦力 F_s 外，还有磁阻尼力 F_B 。

设磁性滑块在斜面处产生的磁感应强度为 B ；滑块与斜面接触的截面不变，其线度为 l 。当滑块以匀速率 v 下滑时，可看作斜面相对于滑块向上运动而切割磁感应线。由电磁感应定律，在斜面上的切割磁感应线部分将产生电动势 $E=Blv$ ，如果把由于磁感应产生的电流流经斜面部分的等效电阻设为 R ，则感应电流应与速度 v 成正比，即为 $I = \frac{Blv}{R}$ ，此时斜面所受到的安培力 F 正比于电流 I ，即为 $F \propto I$ 。而滑块受到的磁阻尼力 F_B 就是斜面所受安培力 F 的反作用力，方向与滑块运动方向相反。由此推出： F_B 应正比于 v ，可表达为 $F_B=Kv$ (K 为常数，将它称为磁阻尼系数)。因为滑块运动是匀速的，故它在平行于斜面方向应达到力平衡，从而有

$$W \sin \theta = Kv + \mu W \cos \theta \quad (1)$$

式 (10-1) 中 W 是滑块所受重力， θ 是斜面与水平面的倾角， μ 为滑块与斜面间的滑动摩擦系数。若将方程式 (10-1) 的两边同时除以 $W \cos \theta$ ，可得方程

$$\tan \theta = \frac{K}{W} \cdot \frac{v}{\cos \theta} + \mu \quad (2)$$

显然， $\tan \theta$ 和 $\frac{v}{\cos \theta}$ 成线性关系 ($y = ax + b$)。作出 $\tan \theta - \frac{v}{\cos \theta}$ 直线图，可得斜率 a 和截距 b

$$K = a W \quad (3)$$

$$\mu = b \quad (4)$$

【实验仪器】

FD-MF-B 磁阻尼和动摩擦系数实验仪如图 1 所示，

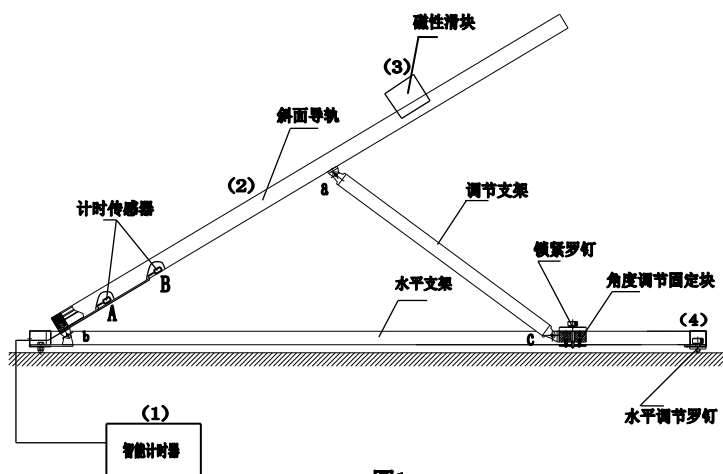


图1

图 1 中 (1) 是智能计时器，它由 5V 直流电源和电子计时器组成；(2) 是铝质槽型斜面导轨，可通过调节支架的移动来调节斜面倾角 θ ，在铝质槽型斜面的反面 A、B 处各装 1 个霍尔开关作计时传感器，(3) 是磁性滑块，当磁性滑块滑过 A、B 两点时，计时器可测量滑块通过 A、B 两点的时间。

倾角 θ 的测量是通过用水平标尺读出 bc 的距离和 ab、ac 的已知尺寸由 $\theta = \arccos \frac{ab^2 + bc^2 - ac^2}{2ab \cdot bc}$

计算所得。通过倾角 θ ，即可求得 $\tan\theta$ 和 $\cos\theta$ 的值。由式 (2)、(3)、(4) 即可求得 K 和 μ 。

【实验内容】

1. 调节水平调节螺钉，使磁性滑块从斜面导轨下滑时，滑块能保持直线下滑不与导轨侧面相碰。
2. 将磁性滑块和普通非磁性滑块分别从斜面导轨下滑，并改变斜面导轨倾角，观察磁阻尼现象和动摩擦力现象。
3. 观察磁性滑块从斜面导轨下滑时，智能计时器计时情况，只有 N 极面对霍尔开关时，计时器才能计时。
4. 调节斜面 bc 的距离在 75cm~90cm 之间，使导轨为某一倾角，磁性滑块 N 面向下从斜面导轨 5 个不同高度滑下，记录滑块通过 A、B 两点的时间。求取平均值。
5. 改变斜面 bc 的距离，重复上述实验。

【实验数据】

表 1 为磁性滑块从斜面导轨不同倾角和不同高度下滑时的实验数据。

斜面倾角		滑块从不同高度滑下通过 A、B 两点的时间 t/S					
bc/m	$\theta/^\circ$	C1	C2	C3	C4	C5	\bar{t}

已知：ab=0.4400m； ac=0.6300m； AB 两点间距离=0.2600m； 滑块质量 $m=11.07 \times 10^{-3} \text{ Kg}$

【数据处理】

1. 根据表 1 的数据的完成表 2。

序号	$\theta/^\circ$	\bar{t}/s	$\cos\theta$	$V/(\text{m/s})$	$x=V/\cos\theta/(\text{m/s})$	$y=\tan\theta$	x^2	xy
1								
2								
3								
4								
5								
平均值	——	—	—	—				

2. 作出 $\tan\theta - \frac{v}{\cos\theta}$ 直线图，由此图求出斜率 a 、截距 b 。根据式（3）、（4）计算磁阻尼系数 K 和滑动摩擦系数 μ 。 K 的单位为 kg/s 。

3. 用最小二乘法进行数据处理，计算 $y = ax + b$ 的斜率 a 、截距 b ，给出磁阻尼系数 K 和滑动摩擦

系数 μ 。注： $a = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \overline{xy}}{\bar{x}^2 - \overline{x^2}}$, $b = \bar{y} - a\bar{x}$

【注意事项】

- 每次下滑前按一下计时/保存键,计数器自动清零并等待计时,计时/保存可进行 10 次(0-9),满 10 次后必须进行复位后重新开始计时/保存。
- 滑块接触导轨面的磁性为 N 极, 计时传感器触发计时, 若滑块反面接触导轨面则磁性为 S 极, 计时传感器不触发计时。
- 由于滑动摩擦系数与接触表面有关, 只能用柔软的纸擦拭实验导轨和实验滑块。

【思考题】

1. 磁阻尼系数的大小与哪些因素有关？
2. 引起实验误差的原因有哪些？在做实验的过程中，怎样才能尽量减少实验误差？