

摩擦因数一定小于 1 吗

李志强

不少学生认为摩擦因数(包括静摩擦因数 μ_0 和动摩擦因数 μ)总是小于 1, 其理由有以下几点:

(1) 一般情况下, 人们在搬运重物时, 在地上拖着走比背在身上走省力, 设重物作匀速运动, 因 $F_{\text{拉}} = \mu mg$, 而 $F_{\text{拉}} < mg$, 所以 $\mu < 1$, 这是不少学生认为 $\mu < 1$ 的客观基础。

(2) 高中物理教材和一般物理参考书中所见的摩擦因数都小于 1, 这是不少学生认为 $\mu < 1$ 的理论根据。

(3) 通常教师在讲课中举例时也讲到摩擦因数小于 1, 这是不少学生认为 $\mu < 1$ 的可靠保证。

然而, 这种认识是一种偏见和错觉, 事实上, 摩擦因数可以等于 1, 也可以大于 1。下面笔者从摩擦因数的测定方法、摩擦产生的机理这两个不同的角度加以阐述与说明。

一、 μ_0 (或 μ) 可以等于或大于 1 的实验基础

下面介绍几个测定摩擦因数的实验, 这些摩擦因数也都大于 1, 这里粗浅谈谈实验过程及其数据分析。

实验 1

实验仪器: 1m 长的木板一块, 1m 长的与木板一样宽的橡皮一块, 木块一个, 速度传感器一个。

实验步骤: 把速度传感器装在小木块上, 并放在木板上面的橡皮上, 如图 1 所示。把木板的一端抬高, 不断改变斜面的倾角 θ , 直到 $\theta = \theta_0 = 55^\circ$ 时, 木块才开始将动而未动。

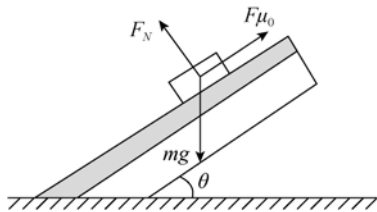


图 1

计算过程: 如

图 1, $F_N = mg \cos \theta$,

$F_{\mu_0} = mg \sin \theta$, 因为 $F_{\mu_0} = \mu_0 F_N$, 所以 $\mu_0 =$

$\frac{F_{\mu_0}}{F_N} = \frac{mg \sin \theta}{mg \cos \theta} = \tan \theta$ 。根据上式知: 当 $\theta = \theta_0$ 时, $\mu_0 =$

$\tan \theta_0 = \tan 55^\circ = 1.43 > 1$, 所以说静摩擦因数 μ_0 是一个可以大于 1 的数。

再看动摩擦因数 μ , 当木块动起来以后斜面的

倾角 θ 只有保持在 54° 时, 木块就可以在橡皮表面匀速滑动。用与上面同样的方法可以求出动摩擦因数 $\mu = \tan \theta = \tan 54^\circ = 1.38$, 说明动摩擦因数 μ 同样是可以大于 1 的数。

我们不妨再进一步分析:

当摩擦因数 $\mu = \tan \theta$ 时, 此时的角 θ 叫做摩擦角, 测得了摩擦角 θ 就可以知道两物体间 μ 的值, 由关系式 $\mu = \tan \theta$ 容易看到:

当 $\theta < 45^\circ$ 时, $\mu < 1$;

当 $\theta = 45^\circ$ 时, $\mu = 1$;

当 $\theta > 45^\circ$ 时, $\mu > 1$ 。

由于正切函数在第 I 象限的值域是 $(0, \infty)$, 所以 μ 不一定小于 1, 至于 μ 到底是多少, 则应由材料的性质、表面的粗糙程度和表面的清洁状况以及润滑程度如何而定。

实验 2

实验仪器: 铁块一个, 有固定转轴的木圆盘一个, 薄橡皮一块, 可以调节转速的电动机一台, 电子计数器一个。

实验步骤:

(1) 把木圆盘的轴固定在电动机上, 把橡皮薄片固定在木圆盘上, 如图 2 所示。

(2) 把铁块放在橡皮上的不同位置, 调节电动机的转速使之匀速转动时, 铁块随圆盘一起转动, 将滑动而未滑动时, 电子计数器测得圆盘的转速 n , 数据如表 1。

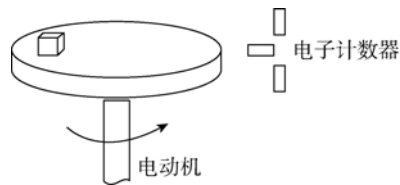


图 2

表 1

r/cm	8.0	9.0	10.0	12.0	15.0	16.0	18.0
$n/(r/\text{min})$	127	120	114	104	93	90	85
μ_0	1.442	1.449	1.452	1.451	1.450	1.449	1.454

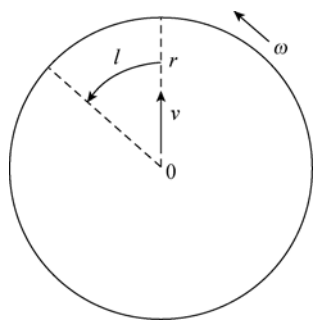
实验分析: 铁块作匀速圆周运动所需的向心力 $F = mr\omega^2$, 铁块和橡皮间的最大静摩擦力 $F_{\mu_0 \max} = \mu_0 mg$ 。而此时铁块运动的向心力总是由最大静摩擦

简述科里奥利加速度

徐劳立

参照现有大学物理层次的科里奥利加速度的各种讲法, 本文运用尽可能简短的文字, 通过一个特例勾勒出科里奥利加速度的基本概念。

科里奥利加速度是运动质点加速度的一个可能存在的分量, 当物体在转动坐标系中沿着转动平面的径向运动时, 会在静止参照系中观察到这个加速度。



设质点在角速度为 ω 的转动坐标系中从转轴 O 点出发沿着转动平面的径向以恒定速度 v 运动, 经过 t 时间运动到 r 点, 移动时间为 $t = r/v$, 此过程中质点相对于静止坐标系在角向经历了路程

$$l = \omega r t = \omega v t^2. \quad (1)$$

在上述运动过程中, 质点对于静止坐标系的角向运动线速度以恒定加速度线性增加, 这个加速度即科里奥利加速度, 将其记为 a , 在 t 时刻质点的角向运动线速度为 $v = at$, 则角向路程 l 又可表示

为 $l = \int_0^t v dt = \int_0^t at dt = \frac{1}{2} at^2$ (2) 为

$$l = \int_0^t v dt = \int_0^t at dt = \frac{1}{2} at^2 \quad (2)$$

对照(1)(2)两式, 可见科里奥利加速度的大小为

$$a = 2\omega v \quad (3)$$

当质点背离转轴运动时, 科里奥利加速度与转动线速度同向。通过普遍性的推导可给出科里奥利加速度的矢量公式如下(推导过程参见赵凯华、罗薇茵 2004 年版《新概念物理教程》)

$$\mathbf{a} = 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v} \quad (4)$$

如果在转动坐标系中形式上运用牛顿第二定律分析物体的运动(参见张三慧 2008 年版《大学物理学——力学热学》), 则除了引入惯性离心力之外, 还要引入科里奥利惯性力, 其大小为科里奥利加速度与该物体质量的乘积, 方向与科里奥利加速度相反。由此可理解, 当强热带风暴的气流沿着地球经线方向运动时, 由于不存在相反的力去抵消科里奥利惯性力, 该气流就将向着科里奥利惯性力的方向偏转而形成气象学上所说的气旋。

(北京工业大学数理学院 100022)

时, 虽然仍是在原来正压力的作用下形成的原子键, 但接触表面原子之间的凝聚力会很大, 而要断开这种凝聚力很大的原子键, 是需要很大的外力的, 这就好比平时我们要把一块整体的固体分开, 需要很大的力气, 有时甚至是不可能的。因此, 可以想到这时的摩擦力会很大, 甚至超过正压力, 显见, 摩擦因数可以等于、大于 1, 甚至更大。美国 C. 基特尔等著的《伯克利物理学教程》第一卷《力学》(陈秉乾等译, 科学出版社 1979 年 2 月版) p.116 有一附表记载有: 铜与铜之间的静摩擦因数 $\mu_0 = 1.6$, 橡皮与固体之间的静摩擦因数 $\mu_0 = 1.0 \sim 4.0$ 。以上均可表明摩擦因数可以等于或大于 1。

从实验数据来看, 静摩擦因数 μ_0 是可以大于 1 的, 而且一定有大于 1 的。

二、 μ_0 (或 μ) 可以等于或大于 1 的理论依据

从摩擦产生的机理来看, 摩擦因数主要是接触材料、界面粘染物或面润滑剂的一个特征。根据现代摩擦力理论, 摩擦是接触表面原子之间的附着力引起的, 当两个物体相互接触时, 首先是凸起部分表面的原子相当地接近, 在正压力的作用下, 形成原子键, 其强度与固体内部使自己聚集在一起的原子键的强度相当。表面如果非常洁净、接触非常紧密, 两个互相接触的表面会粘附得非常牢固, 在发生明显滑动之前出现“接点增长”, 接点面积不断增大, 直到整个几何接触面积成为巨大的接触点, 这

总之, 为了不使初学物理的学生产生上述偏见, 教师在讲授这一内容时, 可以增加一些摩擦因数大于 1 的实例, 以扩大学生的视野, 增加学生的知识面, 防止学生认识上的绝对化、片面化。

(山东省济宁市任城区教育局教研中心 272033)