

“摩擦力器”的设计与应用

孙光东

(华北航天工业学院 廊坊 065000)

利用“摩擦力器”能直接观察物体在各种状态下

所受摩擦力的大小和方向,并能测量出两种物体间的滑动摩擦系数,使抽象的摩擦力概念变为更直观、更容易理解,大幅度降低了摩擦力的教学难度。

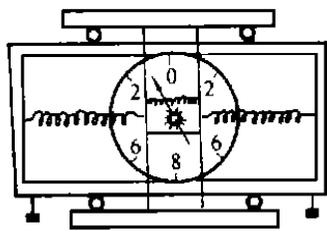


图 1

教具“摩擦力器”把摩擦力的传感器和显示器设计在一个箱体内,如图 1 所示。箱体的上下底板就是摩擦力传感器,它通过小轮(上下各 4 个)跟箱体相连,可使上下底板相对于箱体左右移动。当底板受到摩擦力(包括静摩擦或滑动摩擦,下同)的作用时,在箱体与底板间的滚动摩擦力远小于滑动摩擦力和静摩擦力可以忽略不计的情况下,连接箱体与底板间的左、右弹簧的形变相同(相同弹簧),合力为零。在垂直底板方向所受的合力也为零。因此底板沿摩擦力方向相对于箱体发生移动时,底板所受外力的合力就等于摩擦力。因为弹力与弹簧伸长量成正比,所以根据摩擦力与底板相对移动的距离成正比,由相对移动量的大小和方向,便可显示出摩擦力的大小和方向。

为了便于观察,摩擦力的显示器采用带有可动指针的刻度盘显示摩擦力的大小和方向。指针固定在可转动的齿轮上,可动齿轮与连接上下底板立柱上的齿相吻合。当摩擦力传感器上下底板相对箱体移动时,通过齿轮把摩擦力的大小传递给显示器刻度盘指针上,从刻度盘上便可以读出摩擦力的大小。又因为上下底板相对箱体的运动方向为底板所受摩擦力方向,所以指针偏转一侧的上下底板切线方向为摩擦力方向,因此,使用“摩擦力器”便可直观地显示物体所受摩擦力的大小和方向。

应用举例

1. 观察静摩擦力

①使用“摩擦力器”和一块长木板,把“摩擦力器”下底板放在长木板中间,如图 2 所示。先抬起木板的右端,放下后再抬起木板的左端,观察此过程中作用于教具底板上的静摩擦力的大小和方向变化情况。

况。

②把“摩擦力器”放在附属小车上,分别让小车做匀速运动和加速运动时,观察作用于底板上的静摩擦力的大小和方向。

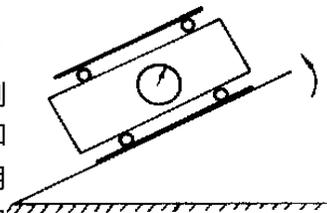


图 2

③先把放在水平桌面上的“摩擦力器”的 4 只底角螺丝下旋,使教具底板与桌面脱离,然后再把摩擦板放在摩擦力器的上底板上,

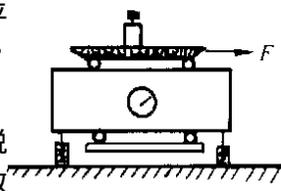


图 3

用细绳水平牵拉摩擦板运动,然后在摩擦板上放一重物如图 3 所示,用细绳牵拉摩擦板,观察两次作用于上底板上的静摩擦力的情况和最大静摩擦力与正压力的关系,同时可测出静摩擦系数。这 3 项实验表明,当相互作用物体间有相对运动趋势时,物体间便出现静摩擦力。

2. 观察滑动摩擦力

①先把放在水平桌面上的“摩擦力器”的 4 支底角螺丝下旋,使教具底板与桌面脱离,然后把摩擦板放在“摩擦力器”的上底板上,用细绳拉动摩擦板,然后再向相反方向拉动摩擦板,观察滑动摩擦力的大小和方向变化情况。

②在上面的情况下,先后以不同速度拉动摩擦板,观察教具所受的滑动摩擦力的大小,然后再在摩擦板上放质量不同的物体,增大摩擦板对上底面的正压力,拉动摩擦板,观察在不同压力下物体所受滑动摩擦力的大小和方向。

③换用与上面摩擦板只是底面面积不同,其他相同的摩擦板重作上面 ② 的实验。

④换用不同材料制成的不同情况的摩擦板重作上面的实验,观察物体所受滑动摩擦力的大小和方向变化情况。

实验表明:相同物体所受滑动摩擦力的大小跟物体间相对运动速度的大小无关,跟两物体的接触面积大小无关,而跟物体所受的正压力成正比。同时可测出这两种物质间的摩擦系数:同种状态、不同物体间的摩擦力不同,不同材料间的摩擦系数一般不同。

⑤慢慢拉动摩擦板然后使摩擦板相对“摩擦力器”上底板匀速运动。重作上面实验,(下转 62 页)

谈谈气体称量定律及其表达式

谢 荣 庆

(郑州教育学院, 河南 450052)

从以往的经验或知识中得出来的科学命题, 能否进一步被人们认同为科学定律, 这决定于对这个命题的证明(常常是数学证明) 是否“真”, 而在几种证明“同真”时, 则又决定于是否存在“美”。“我选择美”是科学家普遍的心理写照, 只有既“真”且“美”的证明, 才能使科学命题在人们心目中顺理成章、水到渠成地升华为科学定律。

由于在物理实验中充了气的黄铜球比真空时的黄铜球重, 所以人们不难从力平衡知识中直觉得到这样一个科学命题, 即“气体重量等于下方气压减上方气压”, 对于这个可以直觉出来的命题, 有关教科书是用微分来证明的。由于微分证明的逻辑起点与终点都不能与命题的主、谓项照应, 其证明结果所得的数学表达型与命题的语言表达型不吻合, 这就会影响到这一命题的可信度(微分证明只是一种理论上趋于零的“微增量”证明, 具体到实际中只能“近似地表示”, 它与定律表述的内容、形式类型都不相同, 作为定律的证明有明显的牵强之嫌)。鉴于此, 笔者从称量气体实际的思路出发(详见中国人民大学资料中心《中学物理教与学》2001 年第二期, 找到了一种与微分证明不同的定积分证明, 它严格地依命题的主项(“气体重量”) 作其演绎的逻辑起点, 而推导出的逻辑终点则又正好是命题的谓项(“下方气压减上方气压”)。证明结果的数学表达型是“ $x = y - z$ ”, 与命题的句型“ x 等于 y 减 z ”二者一一对应, 完全可以等量齐观, 且又从理论上考虑到了 g 值随高度变化的实际。这种最原本、最实际、最直接的积分证明能使命题的必然性得到了最大的昭示, 使命题令人信服地升格为定律——气体称量定律。这种积分证明的过程如下。

设一容器内某种气体其下方距地表距离为 a , 该处气压为 p_a , 数量密度为 n_a , 重力加速度为 g_a ; 其上方距地表距离为 b , 气压为 p_b 。据此, 该气体其重量必为

$$\int_a^b n_a m g_a e^{-\frac{m g_a (x-a)}{kT}} d(x-a)$$

$$\begin{aligned} &= \int_a^b n_a m \frac{GM}{(R+a)^2} e^{-\frac{m \frac{GM}{(R+a)^2} (x-a)}{kT}} d(x-a) \\ &= n_a kT - n_a e^{-\frac{m \frac{GM}{(R+a)^2} (b-a)}{kT}} kT \\ &= p_a - p_b \end{aligned}$$

这是在不同高度进行气体称量时气体称量定律的数学表达式, 从形式上就容易看出其内容是“气体重量等于下方气压减上方气压”(若还考虑到非理想气体则 p_a 、 p_b 分别用范德瓦尔斯方程代入即可)。若将这一数学表达式中的 a 、 b 分别换成 0 、 ∞ , 则可推导出“大气重量等于大气压值”。具体推导过程如下(p_0 、 n_0 分别表示地表大气压值和地表大气数量密度):

$$\begin{aligned} &\int_0^{\infty} n_0 m \frac{GM}{(R+0)^2} e^{-\frac{m \frac{GM}{(R+0)^2} (x-0)}{kT}} dx \\ &= n_0 kT \\ &= P_0 \end{aligned}$$

此即“大气重量等于大气压值”或“大气压值等于大气重量”的证明。这是气体称量定律数学表达式在上方气压为零时的一个特例。

一部科学史表明, 人们对科学认同的进步就是各种经验方法或理论方法(包括数学方法)的进步。数学证明方法之于科学定律也是如此, 只有真、善(特别是能结合实际的实用之善)、美(特别是明达而不拐弯抹角的简洁之美)的证明, 才是人们通向认同科学定律的桥梁。正因为如此, 如王海华教授所言:“气体重量等于下方气压减上方气压”这一直觉性命题, 只是在提出了具有真、善、美的定积分证明后, 才开始被人们认可为一条科学定律, 具有“理论创新价值”。

(上接 48 页) 观察静摩擦力的变化情况 & 最大静摩擦力与滑动摩擦力的关系。

实验表明: 静摩擦力是变化的, 但有极大值, 即最大静摩擦力, 且滑动摩擦力小于最大静摩擦力。

“摩擦器”还可以观察做圆周运动物体的向心力和哪些因素有关, 观察振动物体的回复力特征等。