

# 短文荟萃

## 浅议“验证动量守恒定律” 的小球落点问题

肖云剑 张伟

(中山市华侨中学 广东 中山 528400)

(收稿日期:2018-11-01)

“验证动量守恒定律”的小球落点问题是考察该实验时经常会涉及的. 大部分题目交代不够明确, 对于学生核心素养的培养有一定影响. 本文主要就小球落点问题进行讨论.

如图1所示, 在教材中, 只给出入射小球和碰撞小球的质量关系:  $m_1 = 2m_2$ , 第二问就直接要确定碰撞前后入射球的落点<sup>①</sup>. 爱思考的学生一定会问为何碰撞后的被撞小球一定要落在N点.

在相关参考文献中, 有用解不等式得出碰撞后的速度关系解释<sup>[1]</sup>, 也有用能量椭圆的图解法解释<sup>[2]</sup>. 对于上述两种处理方法, 数学能力差的同学很难得出正确解答, 甚至教师一不小心也会出错(文献1的碰后速度关系式中大于小于符号刚好反了).

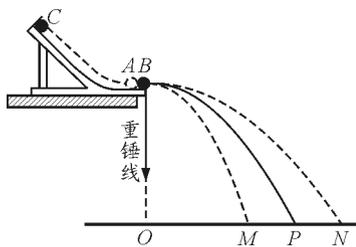


图1 实验示意图

实验结果表明, 对于一定材料的球, 碰撞后分开的相对速度与碰撞前靠近的相对速度成正比, 比例常数  $e$  为恢复系数 ( $0 \leq e \leq 1$ )<sup>[3]</sup>.

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} \quad (1)$$

碰撞过程, 系统动量守恒

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (2)$$

联立式(1)和式(2), 结合  $v_2 = 0$ , 可得

$$v_1' = \frac{m_1 - em_2}{m_1 + m_2} v_1 \quad (3)$$

$$v_2' = \frac{m_1 + em_1}{m_1 + m_2} v_1 \quad (4)$$

综上, 碰撞小球的碰后速度满足

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1 \leq v_2' \leq \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

左右两边取等号分别对应完全非弹性碰撞和弹性碰撞. 由此可见, 要被碰小球的落点位于N点, 必然要求  $em_1 > m_2$ ; 要入射小球不反弹, 落点在M点, 必然要求  $m_1 > em_2$ . 考虑  $e$  的取值范围, 只需要满足  $em_1 > m_2$  即可, 也就是  $m_1 > \frac{m_2}{e}$ .

因此, 教材上的题如果加上一句“该碰撞过程可近似为弹性碰撞”, 就能让爱思考的同学有进一步探究, 解决问题的可能, 也避免教师在处理该类题型时出现错误的尴尬.

**结论:** (1) 当满足  $m_1 > \frac{m_2}{e}$  时, 被撞小球落点在N点; 当满足  $em_2 < m_1 < \frac{m_2}{e}$  时, 被撞小球落点为P点; 当满足  $m_1 < em_2$  时, 入射小球碰后会反弹, 不再符合本实验的设计.

(2) 入射小球的落点只可能是M点.

### 参考文献

- 1 卢礼金, 毛永辉. “动量守恒”实验中落点的位置关系. 物理通报, 2007(5): 54
- 2 周荣高. 浅议验证动量守恒定律实验的“小球落点问题”. 物理教师, 2005, 26(4): 29 ~ 30
- 3 漆安慎, 杜婵英. 普通物理学教程·力学(第2版). 北京: 高等教育出版社, 2005

## 易拉罐在高中物理创新实验中的应用

王若玉

(南京大学附属中学 江苏 南京 210008)

(收稿日期:2018-07-18)

物理学是一门以观察和实验为基础的科学, 物理学中基本定律都是在实验基础上归纳总结出来的. 演示实验是学生生成物理概念、发现规律不可缺少的环节, 它在物理教学中起着十分重要的作用. 笔者在教学过程中发现, 实验室已有器材部分比较陈

<sup>①</sup> 保宗梯, 王笑君, 姚跃涌, 等. 物理·选修3-5. 广州: 广东教育出版社, 2016. 23 ~ 24

旧,部分实验效果不佳,不能完全满足教学需求,因此经常会利用生活中废弃品自制教具来创新实验.易拉罐取材方便,材料一般是铝质的,导电性能好、厚度非常小、可塑性强方便剪裁,因此,它是自制教具的优选材料.

以下是笔者利用铝质易拉罐自制教具的几个案例.

### 【案例一】二合一,一分二演示水的表面张力

在易拉罐靠近底部的罐壁上用锥子钻两个直径为1 mm的小孔,两孔之间孔距为1.5 mm.向易拉罐内注满水,两束水流便分别从两只小孔中流出来.用手指在两个小孔处触摸一下,移开手指后发现两股水流合二为一,如图1(a)所示,这是由于当手指触摸两个小孔时,水的表面张力使水的表面积收缩到最小的趋势,从而维持一股水流的状态.用手轻弹一下易拉罐,一股水流又一分为二,如图1(b)所示,这是由于振动克服了表面张力对水流的束缚作用.



(a) 合二为一

(b) 一分为二

图1 水的表面张力演示实验

### 【案例二】电磁驱动

如图2所示,取一块泡沫做底座,上面固定两根签子.左边是一个铝质的易拉罐,它穿在一根签子上,可以自由转动.右边是一根用过的水性笔笔杆,同样穿在签子上,可以自由转动.



图2 电磁驱动演示实验装置

将4个钕铁硼圆形强磁铁装在直径相同的塑料管中,再将塑料管固定在笔杆的中间部位.我们转动磁铁时,就能带动左边的易拉罐一起转动.我们知道磁铁是不能吸引铝质易拉罐的,那为什么易拉罐会跟着磁铁一起转动呢?这是由于当靠近易拉罐的磁

铁迅速转动时,形成一个快速变化的磁场,通过铝皮的磁通量不断变化,铝皮内就会产生感应电流——涡流,由楞次定律可知感应电流受到的安培力总是阻碍磁铁和铝皮之间的相对运动.

### 【案例三】静电感应

课本上设置有静电感应的演示实验,如图3所示,A和B是由绝缘柱支持的枕形导体,导体下部贴有金属箔.由于实验室配置的枕形导体表面不够光滑、金属箔尺寸小、显示都不够清晰等原因,实验现象不明显.笔者在静电计的金属球处安装易拉罐,两个易拉罐组合到一起,替代枕形导体,如图4所示,实验效果非常理想.

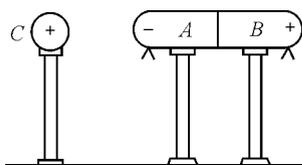


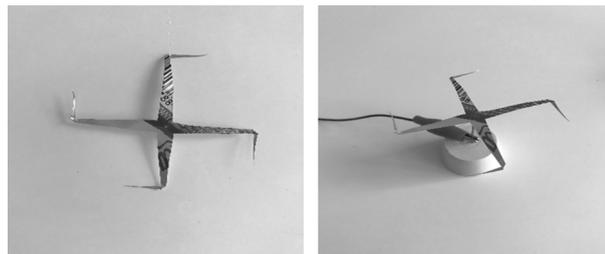
图3 课本上的静电感应演示实验



图4 笔者设计的静电感应演示实验装置

### 【案例四】静电小风车

如图5(a)所示,取一块易拉罐的铝皮,在白纸上画好风车叶轮的形状,把画好的图案用胶水贴到易拉罐的铝皮上,用剪刀剪下叶轮,将叶轮的尖端向一侧弯折,最后使叶轮平整.取一塑料泡沫作为底座,缝衣针扎进其中,在叶轮中心扎一凹坑,针尖顶在叶轮中心的凹坑内,让叶轮平衡,如图5(b)所示.



(a)

(b)

图5 静电小风车实验装置

用导线将静电起电机和缝衣针相连,转动静电起电机开始发电,叶轮便向叶轮尖端指向相反的方向转动,这是由于导体尖端部分电荷密度大,当增大到一

定程度时,周围产生很强的电场使空气电离,尖端的电荷向空气中释放,形成尖端放电,根据反冲原理,叶轮将受到相反方向的作用力向着尖端指向反方向转动。

笔者用易拉罐制作的几个教具在教学中取得了很好的效果,具体体现在以下几个方面:

(1) 用易拉罐制作的教具贴近生活,学生感觉亲切、好奇,产生了强烈的求知欲望和学习兴趣,急于探索感性现象背后的理论知识;同时增强了变“废”为“宝”的环保意识。

(2) 引导学生共同参与制作教具,从发现问题,解决问题到创造性地设计出新教具的过程中,培养

了学生的创造性思维和实践动手能力。

(3) 教师开发利用易拉罐等生活中的器材制作教具来填补教材中部分实验空白,要求教师热爱教学科研,勤于观察思考,从设想开始到动手设计、制作、试用,最后定型,都要经过深思熟虑和反复打磨,有利于提高物理教师的专业素养。

(4) 易拉罐等生活器材取材容易、操作方便,与厂家器材相比价格低廉,更易于同行之间推广。

### 参考文献

- 姚根林. 点石成金化腐朽为神奇——巧用易拉罐做物理实验. 中学物理:初中版,2016,34(8):50~51

(上接第126页)

$$v_{\text{合}} = \sqrt{v_{\text{船}}^2 + v_{\text{水}}^2 - 2v_{\text{船}} v_{\text{水}} \cos \theta} \quad (1)$$

把小船的速度  $v_{\text{船}}$  分解为沿着河岸方向的  $v_{\text{船}\parallel}$  和垂直于河岸方向的  $v_{\text{船}\perp}$  两个分速度,则有

$$v_{\text{船}\perp} = v_{\text{船}} \sin \theta \quad (2)$$

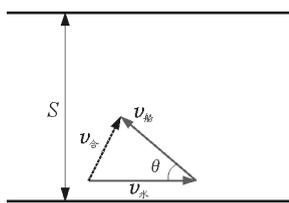


图3  $v_{\text{船}}$  与  $v_{\text{水}}$  的夹角为  $\theta$

因为小船沿着河岸的分速度和水速均与河岸平行,故小船运动到河对岸的有效速度为  $v_{\text{船}\perp}$ ,则小船渡河过程中的有效时间为

$$t = \frac{S}{v_{\text{船}\perp}} \quad (3)$$

小船渡河运动的位移为

$$L = v_{\text{合}} t \quad (4)$$

由式(1)~(4)得

$$L = \frac{S}{\sin \theta} \sqrt{1 + \left(\frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}\right)^2 - 2\frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}} \cos \theta} \quad (5)$$

令  $\frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}} = x (x \geq 0)$ ,则式(5)变为

$$L = \frac{S}{\sin \theta} \sqrt{1 + x^2 - 2x \cos \theta} \quad (6)$$

由小船渡河问题进行定性分析时知,只有调整船头的方向满足一定条件才能使得小船运动的位移最小,所以需要将对  $L$  对  $\theta$  进行求导,经计算和化简得

$$L' = \frac{S [x(1 + \cos^2 \theta) - \cos \theta(1 + x^2)]}{\sin^2 \theta \sqrt{1 + x^2 - 2x \cos \theta}} \quad (7)$$

令式(7)=0,得

$$\frac{\cos \theta}{1 + \cos^2 \theta} = \frac{x}{1 + x^2} \quad (8)$$

因为  $|\cos \theta| \leq 1$ ,所以有

$$\cos \theta = \begin{cases} x & 0 \leq x < 1 \\ \frac{1}{x} & x \geq 1 \end{cases} \quad (9)$$

将式(9)代入式(6)得

$$L_{\min} = \begin{cases} S & 0 \leq x < 1 \\ S \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}} & x \geq 1 \end{cases}$$

本文通过定性分析和定量分析两种方法对小船渡河的最小位移问题进行了深入剖析.通过定性分析,对运动过程中的整个物理机制和原理有了更深层次的认识和理解;利用数学求导的思想进行定量分析,使解题思路更加清晰明了,在一定程度上提高了跨学科素养和综合解决问题的能力。

高中物理知识与生活密切相关,因此生活中的物理现场也常被搬到物理课堂中.但往往会出现很多物理问题需要以数学知识为抓手,这就使得我们很难进行定量分析.所以,高中学生可以尝试或者思考如何将数学知识或方法融合到物理思维当中.这不仅可以使相关物理问题迎刃而解,也能实现从点到线再到面的全方位提高学生的综合素质。

### 参考文献

- 同济大学数学系. 高等数学. 北京:高等教育出版社,2018
- 周航,陈敏,高东梁,等. 浅谈“微信公众平台”在物理实验中的应用——以切变模量实验为例. 物理教师,2018(4):60~62