

# 巧用塑料瓶设计初中物理力学复习实验

苏 玥 蒋炜波 (清华大学附属中学 北京 100084)

**摘 要** 物理复习不能只专注于习题,而应该在更广泛的层面上将学科知识和能力素养整合提升,在此过程中物理实验的支撑作用极为重要。作者尝试利用学生身边的塑料瓶,从辨析概念、再现教学、发展思维三方面设计力学复习实验,在将物理贴近生活的同时给学生创设新情境并启发学生的思考迁移,以促进学生复习阶段的提升发展。

**关键词** 物理复习 力学实验 初中物理 塑料瓶 实验设计

**文章编号** 1002-0748(2023)10-0032

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

复习阶段学生的认知已有一定的积累,需要整合形成一定的物理知识体系,要在原有的认知基础上升华提炼形成较为综合的物理学科素养能力。当前的物理复习更多的是着力在题型的梳理、答题的技巧、方法的总结等方面,淡化了实验对认知结构的强化支撑和体系梳理作用。鉴于此,结合《义务教育物理课程标准(2022年版)》“做中学、用中学”的要求<sup>[1]</sup>,有必要贴近生活设计实验,助力物理复习,本文以塑料瓶设计力学复习实验为例进行了探讨。

## 1 设计实验帮助辨析概念

初中物理的学段特点决定了概念必然是其重要的组成部分,基础概念的掌握程度直接决定了学生的初中物理学习水平,乃至对高中物理的学习也会产生重要影响。在初中物理力学部分,基础概念虽然主要集中在力与运动章节,但对整个力学学习都至关重要,设计复习实验对学生理解力学疑难概念有着重要意义。

塑料瓶非常容易获取,且自身具有一定的韧性,可以发生弹性形变,因此在常见的受力形变、力改变运动状态、力的作用的相互性、力的三要素影响力的作用效果等方面,以及一些疑难概念的辨析理解上,都可以用来设计实验帮助学生理解,具体设计案例如下。

### 1.1 辨析压力与重力

压力和重力是学生特别容易混淆的一组概念,由于初中阶段不要求非水平情况下的受力分析,这使得学生很自然地总在水平情况下辨析压力和重力,于是衍生出压力就是重力、压力方向和重力方向相同、重力垂直向下等一系列的错误认识,复习课教学中可以利用塑料瓶设计以下几个实验帮助学生辨

析概念。

**实验一:**将塑料瓶立放在水平桌面上,从瓶盖上方施加向下的压力 $F$ ,如图1所示,从而分析出瓶子对桌面的压力 $N$ 等于瓶子重力 $G$ 与施加的压力 $F$ 之和。类似地,还可以通过向塑料瓶装水重复实验,让学生辨析此时塑料瓶对桌面的压力 $N$ 与空塑料瓶重力 $G$ 的关系。



图 1



图 2

**实验二:**将塑料瓶靠放在竖直墙壁上,如图2所示,用手对塑料瓶施加横向的压力 $F$ ,引导学生分析此时塑料瓶对墙壁的压力 $N$ 和塑料瓶重力 $G$ 的关系,帮助学生辨析压力与重力的大小和方向。

**实验三:**把装有水的塑料瓶固定到一根较长的钢尺上,并绑定另一根自然伸直的较短钢尺作为参照物以观察长钢尺的形变程度。当水平放置时,钢尺由于压力 $N$ 的作用而弯曲,将钢尺从水平位置逐渐转到竖直位置,看到钢尺弯曲的形变逐渐变小,如图3所示。这说明钢尺受到的压力 $N$ 减小,而矿泉水瓶所受重力 $G$ 没有变化,借此让学生明白压力和重力没有必然联系。这个实验巧妙地将倾斜情况下的形变效果展示出来,降低了学生的认知难度,有利于学生深化对压力和重力概念的认知。

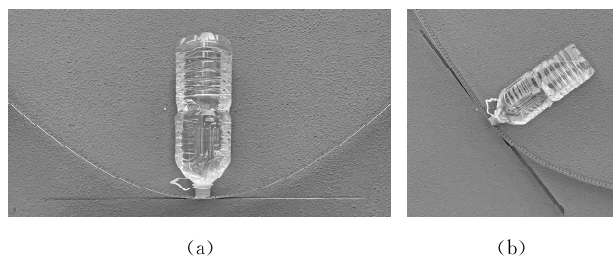


图 3

由于后续摩擦力、压强、浮力、机械等内容中都需要使用压力、重力进行分析和计算,因此利用实验在复习中帮助学生着重强化对压力和重力关系的认识,能够对整个力学学习起到支持作用。

### 1.2 辨析摩擦力的方向

摩擦力的作用效果是阻碍物体间的相对运动或者相对运动趋势。由于学生很容易混淆相对运动和运动、相对运动和相对运动趋势两组概念,因此对摩擦力的方向判断始终存在困难,复习中可以利用塑料瓶设计以下几个实验帮助理解。

实验四:用手握住塑料瓶水平运动,分析此时塑料瓶所受的摩擦力方向和瓶子的运动方向。将塑料瓶按压在墙壁上水平滑动,分析此时塑料瓶和墙壁所受摩擦力及其各自的运动方向,如图 4 所示,辨析摩擦与运动与否以及运动方向之间的关系。



图 4



图 5

实验五:将去掉瓶盖的空塑料瓶倒放在较为粗糙的水平地面上,并用力向下挤压以增大瓶口和地面的压力,此时向右移动塑料瓶会发现瓶子发生如图 5 所示的弯曲形变,这表明瓶口受到的地面摩擦力方向向左,借此帮助学生认识滑动摩擦力的方向。

实验六:在水平桌面上铺上毛巾模拟地面,在塑料瓶上剪开一些小豁口模拟车轮的花纹,用手分别握住瓶口和瓶底让瓶子转动起来并接触毛巾,模拟车轮的主动轮与地面的摩擦情况。发现毛巾向左侧褶皱,这表明毛巾地面受到了向左的摩擦力,塑料瓶车轮受到了向右的摩擦力,车轮正是利用这一摩擦

作用向右前进的,如图 6 所示。实验中引导学生分析车轮相对地面的运动方向,从而从相对运动(或者相对运动趋势)的视角分析摩擦力的作用,并强化理解摩擦力可以作为物体运动的动力。

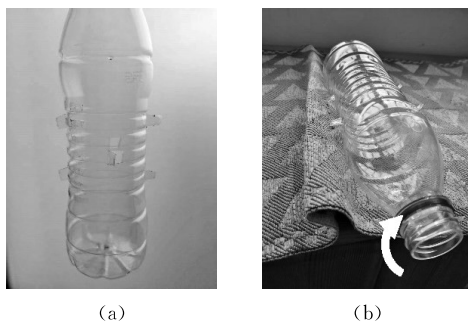


图 6

### 1.3 辨析惯性及其影响因素

惯性及其影响因素是初中力学中的疑难点,学生对与惯性相关的现象理解不深入,对惯性影响因素的辨析不足,导致对惯性的理解流于表面。复习中可以利用塑料瓶设计以下几个实验予以强化。

实验七:在塑料瓶中装上小半瓶水,打开瓶盖,模拟泼水的动作将瓶子中的水倒出去,借此让学生分析水被倒出去的具体过程,并利用惯性进行解释。

实验八:在塑料瓶中装上小半瓶水,拧上瓶盖,仍然模拟泼水的动作,观察瓶子从静止到运动和从运动到静止的过程中,瓶子中的水的位置现象,并利用惯性进行解释。

实验九:在塑料瓶中几乎装满水,只留下一个稍大的气泡,拧上瓶盖将其平放在水平桌面上,迅速向右移动瓶子,如图 7 所示,观察气泡的运动方向,并利用惯性进行解释。

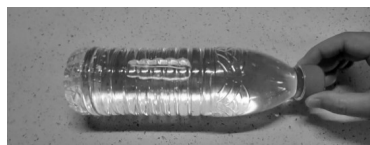


图 7

三个实验层层递进,从最简单的利用水的惯性泼水,到分析模拟泼水过程中水相对瓶子的具体位置变化,到最后分析水中气泡的位置变化,以此让学生认识到空气也有惯性,但是惯性也有强弱之分,逐渐深入理解惯性的影响因素。

## 2 设计实验再现教学情境

典型的演示实验、测量实验和探究实验应该是

复习阶段的重点,如果仅仅是利用原有的实验器材再做一次实验,熟悉的情境并不能引起学生学习和思考的兴趣,也很难引导学生关注到实验情境中的细节和操作规范的要求。

设计贴近生活的实验再现教学中的实验情境,能够让学生在“形变而神不变”的情境中再一次深化既有认识。学生要时刻注意其中的细节变化所带来的新问题并据此进行新思考,要通过与教学中的实验情境相比较来强化实验操作和答题规范,这种变式实验对学生的复习有着良好的兴趣调节作用和效果支撑作用。具体利用塑料瓶实验力学设计案例如下。

### 2.1 探究压力作用效果的影响因素

压力作用效果的影响因素实验是压强部分的核心探究实验之一,教学中通常利用重物、小桌子、海绵来进行实验,通过比较海绵的凹陷形变程度来比较作用的效果。实验中需要控制压力大小、改变受力面积和控制受力面积、改变压力大小,进行多次实验后总结规律。可以在复习阶段利用塑料瓶设计实验,帮学生自主探究压力作用效果的影响因素。

实验十:将空瓶子拧紧瓶盖,用手指戳瓶身,再用手掌以差不多大小的力挤压瓶身,观察和比较瓶子的形变程度,定性分析实验结论,并讨论分析实验中控制变量层面存在的不足。

实验十一:将瓶子竖直立放在稻米上,通过改变瓶子中水的多少改变瓶子对接触面的压力,通过用瓶盖和瓶底接触稻米改变受力面积,再现教学中的实验情境,如图 8 所示。生活实验中可以从弹性形变角度启发学生思考用稻米和用海绵的差异,以及实验中是否真正做到了对变量的控制,从而实现比教学情境中更高的综合能力的培养。

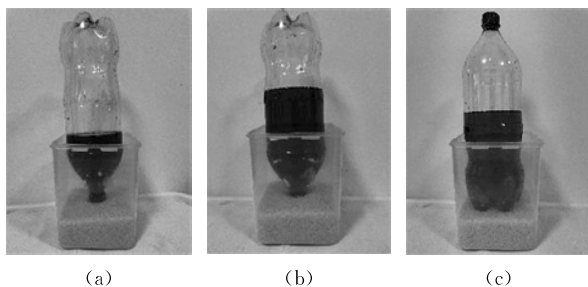


图 8

### 2.2 连通器原理与大气压强

教学中利用 U 形管来演示连通器原理,并通过推理分析论证盛装同种液体并且静止时连通器左右液面相平,而针对大气压强的存在,则是利用马德堡

半球模型以及覆杯实验、吸盘、注射器等进行实验演示,最后在托里拆利实验中将液体压强和大气压强进行了融合,解释了托里拆利实验测量大气压强的内在原理。在复习阶段,可以利用实验将大气压强和连通器进行融合并互相支持和解释。

实验十二:变式覆杯实验。在塑料瓶底部开一个小孔,将塑料瓶完全浸没在水中灌上水后拧紧瓶盖,然后抓住瓶盖向上提起塑料瓶并擦干表面的水,可以看到小孔中的水并不会流出,如图 9 所示。此时瓶底没有遮盖小孔的纸板,为什么水也不会流出来呢?可以借此启发学生的新思考。类似地,还可以在瓶子的侧壁开一个小孔,重复进行上述实验并启发学生思考。更有趣的是,拧开瓶盖,水就会从小孔中流出来,再拧上瓶盖,又不流水了。

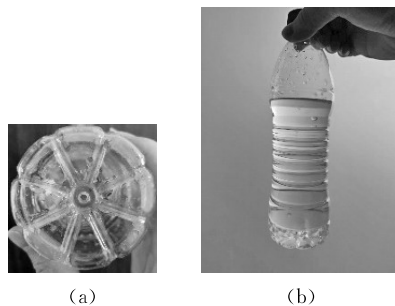


图 9

实验十三:变式连通器实验。将底部开有小孔的塑料瓶去掉瓶盖后,用手堵住瓶底小孔,瓶口朝下插入水中,发现水难以进入瓶子,松开瓶底的小孔后发现水迅速进入瓶内并最终瓶子内外液面相平,缓慢上下移动瓶子时其内外液面仍然相平。最后再次堵住瓶底的小孔并上下缓慢移动瓶子,发现瓶子内外液面不再相平,再次松开瓶底的小孔后液面能够迅速再次相平,如图 10 所示。这一实验将连通器和大气压强反复融合,让学生在实验中不断地推理分析液面的变化,在复习阶段综合地提升了学生的实验能力和思维能力。

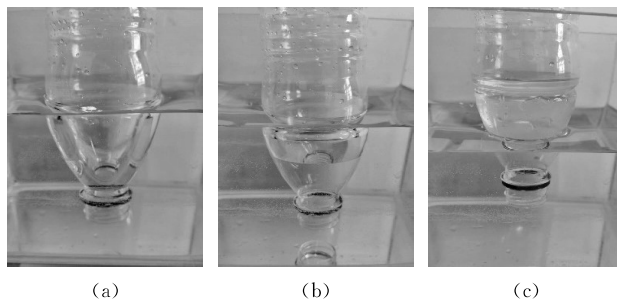


图 10

### 3 设计实验帮助思维发展

初中阶段的实验探究背后蕴含着丰富的科学推理与论证,在中考复习阶段,可以通过创设实验情境引发学生的思考、推理、辨析等,从而让学生在实验中反复质疑、梳理和强化已有认知,实现综合层面的素养能力发展<sup>[3]</sup>。

在设计实验时需要注意在初中学业质量的要求下与学生的质疑点相契合,避免超越学段或需要用到超越学段认知进行解释的实验,从而实现体系梳理、能力强化、提炼升华的复习目标。具体实验案例如下。

#### 3.1 液体内部的压强特点

虽然在液体压强部分已经学习了液体内部向各个方向都存在压强,并且教学中也利用微小压强计进行过实验演示,但由于缺乏生活实践的支撑,在复习阶段学生很容易又退回到液体只对下方有压力和压强的错误认知上。此时重复演示压强计实验难以启发学生新的思考,于是可以利用塑料瓶设计以下实验。

实验十四:在塑料瓶的底部和侧壁各开一个小孔,去掉瓶盖并将塑料瓶浸没在水中灌满水,然后瓶口朝上拎出水面,发现底部和侧壁的小孔都有水流出。此实验演示液体向底部和侧壁都有压力压强,还可以在侧壁上的不同高度开小孔,比较水流出的速度来判断液体压强和液体深度的关系。

实验十五:将上述已经漏完水的底部和侧壁都开有小孔的塑料瓶,去掉瓶盖后瓶口朝上竖直插入水中,观察到水从底部和侧壁流进了瓶子,而且不同高度处的小孔水流入的速度也不同。

实验十六:在塑料瓶底部开一个小孔,在侧壁不同高度处开一些小孔,仿照实验十四,待塑料瓶灌满水后拧紧瓶盖拎出水面。仿照实验十五,拧紧瓶盖后再将塑料瓶瓶口朝上竖直插入水中,预测并观察相应的实验现象,然后利用压强的相关知识进行推理分析,进一步强化对液体压强、大气压强相关知识的认知。

#### 3.2 托里拆利实验

教学中的托里拆利实验是先将细长玻璃管灌满水银,然后倒立在水银槽中,通过观察玻璃管内水银液面的高度来判断大气压强的大小。对于大气压强支撑起水银柱学生始终存有疑虑,毕竟并没有给学生呈现出大气逐渐将液体压入玻璃管的过程。在复习阶段可以利用塑料瓶设计以下实验启发思考。

实验十七:在塑料瓶底部开一个小孔,插入一个

与小孔半径相同的长吸管并密闭粘牢,拧紧瓶盖后瓶口朝上插入水中,观察是否有液体进入瓶子。然后取出瓶子稍用力挤压让瓶子形变,再将瓶子瓶口朝上插入水中,松开挤压观察液体是否进入瓶子。改变挤压形变的程度重复实验,就能够模拟出大气将液体压入瓶子的过程,如图 11 所示。



图 11

实验十八:在塑料瓶底部开一个小孔,拧开瓶盖将瓶子浸没在水中灌满水,然后拧紧瓶盖,瓶口朝上取出一段距离并保持瓶底在水面下,此时瓶中的水并不会流出,如图 12 所示,让学生分析此时瓶内的水对瓶盖是否有向上的压力,并估测这一向上的压力的大小。既然存在向上的压力,那么如果此时打开瓶盖,能否看到水从瓶口向上喷出? 利用此实验可以有效加深学生对液体压强和大气压强的理解,能够深度启发学生的思考和质疑。

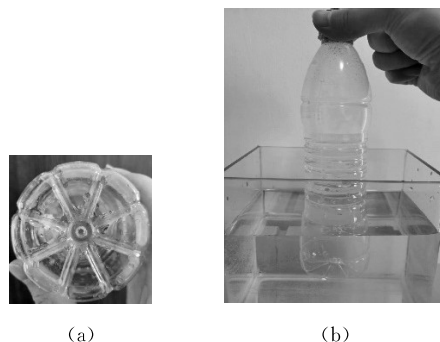


图 12

实验十九:自制自动喂水器。先将瓶子灌满水,然后打开瓶盖将瓶子倒扣在香皂盒内,发现瓶子中的水逐渐下降,直到香皂盒中的液体没过瓶口便不再下降。如果将香皂盒内的水吸出一部分,会看到瓶子中的水会继续流出直到香皂盒内的液面没过瓶口,如图 13 所示。利用这一实验,既简洁生动地再现了自动喂水器,又能够让学生思考为什么液面不一直下降,为什么能够实现自动喂水,以实践实验升华学生的学科素养能力。

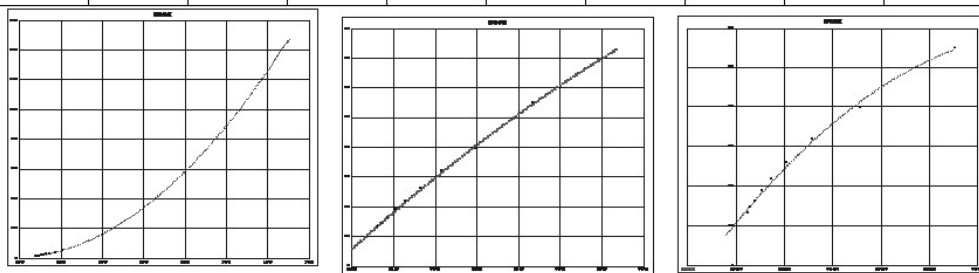


图 13

(下转第 20 页)

表 3 库仑力与电荷间距离的关系(金属球的直径 3.80 cm)

实验次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$r$ (cm)	4.80	5.80	6.80	7.80	8.80	9.80	10.80	11.80	12.80
$1/r$ (cm <sup>-1</sup> )	0.2083	0.1724	0.1471	0.1282	0.1136	0.1020	0.0926	0.0847	0.0781
$1/r^2$ (cm <sup>-2</sup> )	0.04340	0.02973	0.02163	0.01644	0.01291	0.01041	0.00857	0.00718	0.00610
$1/r^3$ (cm <sup>-3</sup> )	0.009042	0.005125	0.003180	0.002107	0.001467	0.001062	0.000794	0.000609	0.000477
电子秤显示示数 ( $\times 10^{-4}g$ )	548	397	320	261	219	190	163	146	132

图 8 利用 Excel 处理实验数据[(a)、(b)和(c)为库仑力与  $r^{-1}$ 、 $r^{-2}$ 、 $r^{-3}$  的图]

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2018:18.
- [2] 联合国教科文组织,国际教育发展委员会. 学会生存——教育世界的今天和明天[M]. 北京:教育科学出版社,1998:37.
- [3] 马越. PBL 学习模式在高中物理教学中的应用研究——以“牛顿第二定律”为例[D]. 喀什:喀什大学,2021.
- [4] 郑国栋. PBL 模式在中学物理实验教学中的应用研究[D]. 南京:南京师范大学,2011.
- [5] 李忠相,田维毛. 用电子分析天平定量探究库仑力[J]. 物理教学,2014(2):29—30.

(上接第 35 页)

## 4 思考与启示

塑料瓶作为一个非常贴近生活的实验工具,具备很好的实验承载性,除了上述案例外还可以设计更多的力学实验,比如结合小玻璃瓶制作浮沉子(见图 14)、结合乒乓球演示浮力的产生条件(见图 15)、挤压使瓶盖冲出演示内能转化为机械能(见图 16)等,它们对力学复习都有着良好的支撑作用。



图 14

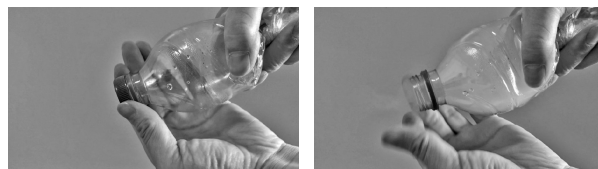


图 16

引导学生利用类似的身边物品从辨析概念、再现教学、发展思维等层面设计实验,既是拓展实验对复习支撑作用的有效途径,也是在复习阶段调动学生积极性、提高复习效率和有效落实新课标学科核心素养理念的可行策略。通过有计划的实验设计将复习的内容串联整合,既让学生综合运用又帮助学生形成认知体系,并在不断的实验情境分析中达成对学生的物理学科核心素养及能力的培养。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022 年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.
- [2] 蒋炜波,王宏. 物理实验的设计如何指向学生科学思维的培养[J]. 物理教学,2019(12):10—12,9.

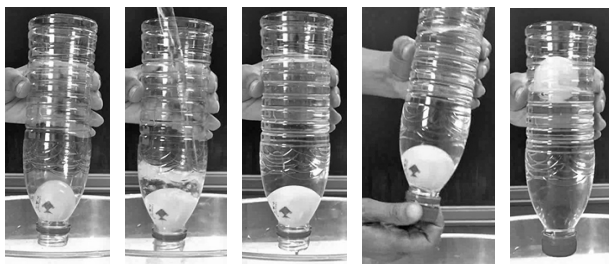


图 15