

“牛顿第三定律”实验教学的深度优化与实践探索^{*}

邓淑坤 (深圳市龙岗区平湖外国语学校 广东 518100)

摘 要 为贯彻课程标准要求,对粤教版物理教材中牛顿第三定律的实验教学进行了优化,包括举办气球动力小车竞赛以激发学生学习兴趣;调整实验材料以构建物理模型,进而探索新知;设计“弹簧对拉”“液体与固体”创新实验,以定量研究相互作用力;对磁力相互作用实验和数字化信息系统实验进行改进,从而解决学生的疑惑。

关键词 粤教版 牛顿第三定律 实验教学 深度优化 实践探索

文章编号 1002-0748(2025)4-0023

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

新课标倡导教师积极利用现有的实验设备,创造性地开发与本校实际相适应的实验教学资源,鼓励学生亲自动手进行实验操作,以此提升学生的物理学科核心素养^[1]。为了贯彻课程标准的要求,笔者在采用粤教版物理教材讲授“牛顿第三定律”时,对教材中的实验环节进行了深度优化,从而取得了显著的教育成效。

1 优化活动,激发兴趣

在教材中,通过“鸡蛋碰石头”和“交通事故”的例子来引入新课,可能会导致学生将现象的成因归咎于物体的硬度,而未必会指向力的作用。为了让每位学生有更好的真实体验,笔者为每个学习小组配备气球动力小车,并提供三十秒的体验时间。体验结束后,每组选出一名代表参与竞赛,小车行驶距离最远的小组代表需回答相关问题(见图 1)。



图 1 气球动力小车竞赛

师:解释一下气球小车运动的原理。

生:气球小车运动的原理是作用力与反作用力。气球放气时,对周围空气施加向后的力,空气则对小车施加向前的力。

教育成效:通过组织气球动力小车比赛,迅速吸引学生的注意力,使他们在轻松愉快的氛围中开始探索科学知识,为后续深入学习奠定积极的情感基础。

2 构建模型,探究新知

在教材的作用力与反作用力“观察与思考”栏目中,第二个实验涉及一辆小车在排列成行的圆形木棍上方的木板上行驶。鉴于木板和木棍的质量较大,而且遥控小车的价格比较贵,实验的推广与分组操作均遭遇了困难。因此,笔者决定对实验材料进行调整,选用更轻便的瓦楞纸板取代木板,并以亚克力圆柱体取代木棍,回力车取代遥控小车,让学生完成任务一。

任务一:小车和瓦楞纸实验

在亚克力板上放置三根亚克力圆柱体,再放上瓦楞纸,先让同学们启动回力车,将其放置在瓦楞纸上,观察车与瓦楞纸的运动情况,完成问题(见图 2)。



图 2 小车和瓦楞纸实验

^{*} **基金项目:**本文系深圳市教育科学 2021 年度成果培训类课题“高中物理课外大单元课程的开发与应用研究”(课题编号:cgpy21017)和广东省教育科学 2023 规划课题“基于课堂观察的高中物理高质量实验教学评价研究”(课题编号:2023YQJK094)的阶段性研究成果。

问题 1: 绘制小车和瓦楞纸的简化物理模型。

问题 2: 在你的模型上画出小车运动时小车与瓦楞纸间的相互作用力。

师: 根据实验结果, 从力的三要素说说相互作用力的关系。

生: 当小车在瓦楞纸上往前运动时, 瓦楞纸往后运动。我们用大长方形代表瓦楞纸, 用符号 A 表示; 小长方形代表小车, 用符号 B 表示。小车向前运动表明瓦楞纸对小车施加了向前的摩擦力, 记为 f_A ; 瓦楞纸向后运动表明小车对瓦楞纸施加了向后的摩擦力, 记为 f_B (见图 3)。实验显示作用力和反作用力方向相反, 作用在不同物体上, 但不能确定它们的大小关系。

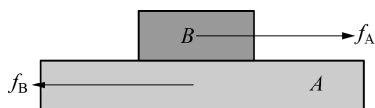


图 3 小车和瓦楞纸之间相互作用的物理模型

教育成效: 该实验不仅能够直观地观察到作用力和反作用力的存在, 而且通过构建物理模型, 可以更深入地理解这两个力之间的相互关系。

3 创新实验, 定量探究

在教材中关于作用力与反作用力关系的“实验与探究”部分中, 实验 1 使用了两个相同的弹簧测力计进行实验。学生可能会提出质疑: 鉴于两个弹簧测力计是完全一致的, 断言作用力与反作用力大小相等是否显得过于草率? 因此, 笔者设计了“两根弹簧对拉”的创新实验。

教师演示: 在一块木板上悬挂两个初始长度一样的弹簧, 分别固定于 O_1 和 O_2 两点, 如图 4(a) 所示。在两个弹簧上分别挂上重为 2 N 的钩码后, 可以观察到尽管它们受到的弹力相等, 左侧弹簧的指针位于 A_1 点, 而右侧弹簧的指针位于 B_1 点, 如图 4(b) 所示, 它们的形变量存在差异, 这表明两弹簧的劲度系数并不相同。以 O_1 为圆心、 O_1 到 A_1 的距离为半径画圆, 圆周上存在一点 A_2 。同样, 以 O_2 为圆心、 O_2 到 B_1 的距离为半径画圆, 圆周上存在一点 B_2 。在移除钩码后, 让两个弹簧相互拉伸, 左侧弹簧的指针位于 A_2 点, 右侧弹簧的指针位于 B_2 点, 如图 4(c) 所示。

师: 这个实验说明了什么?

生: 这个实验表明, 即使使用不同的弹簧进行实验, 我们也能得到“作用力和反作用力的大小是相等的”。

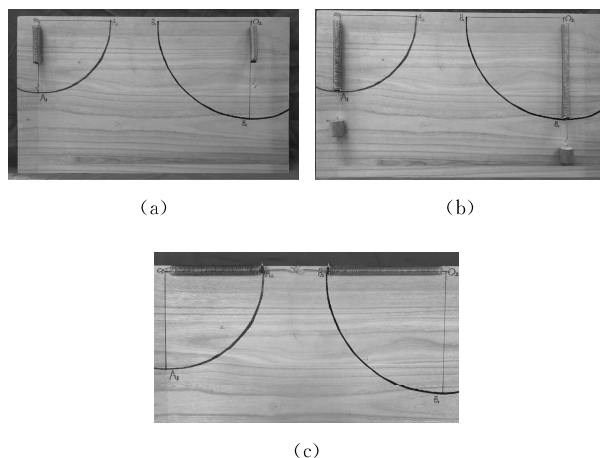


图 4 弹簧对拉创新实验

教育成效: 该实验对于学生深入理解并掌握等效替代原理具有显著的促进作用, 同时亦有助于他们复习并巩固胡克定律的相关知识, 进而攻克本节课的教学难点。通过此类实验, 学生能够更加有效地将这些物理原理应用于实际情境中, 从而显著促进了他们科学素养的培育和提升。

遗憾的是, 教科书中的实验素材仅限于固体与固体之间的相互作用力, 实际上, 牛顿第三定律具有普适性, 适用于任何状态^[2]。为了弥补教材的不足, 我们增加了液体与固体之间相互作用力的定量分组实验。

任务二: 液体和固体之间相互作用力的定量研究

为每组学生准备了一套实验设备, 包含两台电子秤, 分别用于放置一碗水和一个装有重物的吊车 (见图 5)。



图 5 液体和固体之间相互作用力的定量研究

问题 1: 实验开始前, 应对电子秤进行零点校准。通过旋转吊车的圆盘来调整吊绳的长度, 确保木块能够以不同的深度浸入水中, 观察两台电子秤的读数变化, 并将相应的数据记录于表 1 中。

表 1 液体和固体之间相互作用力的定量研究

项目 次数	装有水的电子秤读数(g)	装有吊车的电子秤读数(g)
1		
2		
3		

问题 2:绘制水与木块的物理模型,并在模型中标示出两者之间的相互作用力。

师:依据实验所获得的数据,从力的三个基本要素出发,阐述相互作用力之间的关系。

生:装有水的电子秤读数增加多少,装有吊车的电子秤读数就会减少多少,前者是压力,后者是浮力。我们可以先构建一个物理模型,其中长方形 A 代表水,长方形 B 代表重物。A 对 B 施加的力是向上的,即浮力;而 B 对 A 施加的力是向下的,即压力。这两个力大小相等、方向相反,分别作用在两个不同的物体上(见图 6)。

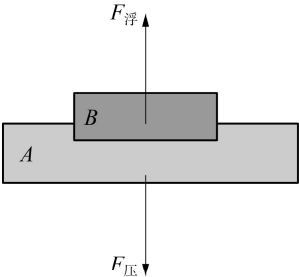


图 6 液体和固体之间相互作用的物理模型

教育成效:电子秤的读数具有较高的精确性,并且能够进行多次数据测量,实验操作简便。通过定量研究浮力与压力这一对作用力与反作用力,能够有效地培养学生的科学思维。

4 优化实验,促进理解

在教材中“实验与探究”环节的实验 2 中,研究了非接触力之间的相互作用力,并特别强调了相互作用力作用在同一条直线上。笔者对实验进行了改进,引入了带有刻度的圆盘,并提供了两个强力磁针,以便学生能够顺利地完成任务。

任务三:磁体之间相互作用力

问题:将强磁针 A 置于圆心位置,强磁针 B 放置于圆周之上,并使 B 沿着圆周缓慢移动。在 B 的移动过程中,仔细观察两个强磁针的指向情况(见图 7)。

师:请根据实验结果,分析两个强磁针所受磁力的方向具有何种特性?

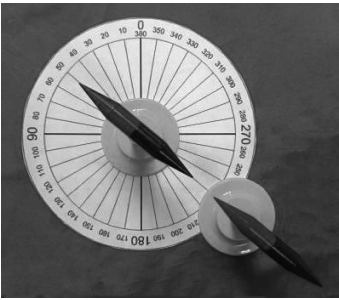


图 7 磁体间的相互作用力

生:当强磁针 B 沿着圆周缓慢移动时,可以观察到强磁针 A 随之转动,且两强磁针的磁极恰好对准于同一条直线上。此现象表明作用力与反作用力作用在同一条直线上。

教育成效:该实验不仅验证了作用力与反作用力沿同一条直线作用的原理,还加深了学生对这一抽象概念的具体理解和深刻认识。

在教材的“实验与探究”环节的实验 3 中,探讨了通过力传感器展示作用力与反作用力的关系,然而对于数字化信息系统的操作流程未给出详细指导。为了解决这一不足,笔者为学生们准备了一个“锦囊”,锦囊详细列明了操作步骤(见图 8)。学生只需参照锦囊,即可独立完成实验任务四。

任务四:数字化信息系统实验

问题:开启锦囊,并依照其中所载内容进行实验。

师:基于实验的结果(见图 9),归纳出作用力与反作用力之间的关系。

生:两个物体之间的作用力与反作用力总是大小相等、方向相反,作用在同一条直线上。

教育成效:学生们通过将传感器采集的数据记录于数据库,并进行深入的二次分析,深刻体验了大数据时代的研究方法,有效地培养了数据分析能力;通过归纳法,提炼出牛顿第三定律的核心要义,增强了概括与归纳能力。

5 提炼升华,哲学思想

实践是检验真理的唯一标准,笔者对粤教版物理教材中牛顿第三定律的实验教学进行优化后,鼓励学生亲自动手进行实验操作,取得了一定的教育成效。实验教学亦揭示了矛盾的对立与统一,作用力与反作用力虽相对立,即矛盾性,然而未有规定指明何者必为作用力,何者必为反作用力,此表明在特定条件下,二者可相互转化,即统一性。

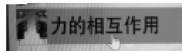
(1) 点击电脑桌面上的 DISlab 8) 0 图标:



(2) 点击“物理专用”:



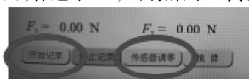
(3) 点击“力的相互作用”:



(4) 将传感器放平在桌面上:



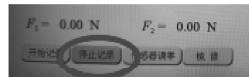
(5) 点击左下角“开始记录”，再点击“传感器调零”:



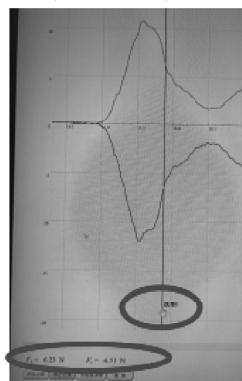
(6) 静止对拉传感器、拖动木块对拉传感器、互相敲击传感器等:



(7) 点击左下角“停止记录”:



(8) 用鼠标拖动到某一位置，点击一下，记录左下角的数据在学案上:



(9) 点击右下角“相机”图标:



(10) 弹出保存页面对话框，选择桌面，文件名输入你们的组号（例如你们是第3组，输入“3”），点击“确定”将图片保存在桌面上，并完成学案，按铃抢答，领取奖品。



图 8 操作锦囊

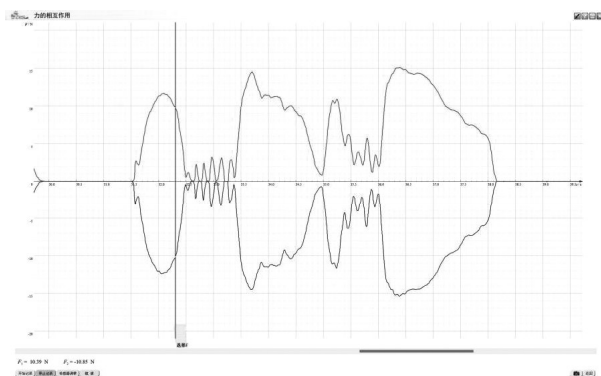


图 9 实验结果

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)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.
- [2] 曾长兴,邓淑坤. 优化实验设计 凸显科学本质[J]. 中学物理教学参考,2021(1):52—54.
- [3] 牛顿. 自然哲学的数学原理[M]. 赵振江,译. 北京:商务印书馆,2006.
- [4] 李坤,詹伟琴. 基于突出科学本质的教学设计研究[J]. 物理教师,2023(1):8—11.

(上接第 33 页)

和能力迁移的过程,符合最近发展区教育理论,能够促进学生认知能力最大化发展,促进知识的有序建构^[4]。教学时要创设一种比较的情境,通过实验和合适的类比,辨析温度、热量、内能、比热容等概念,定性认识比热容的本质是表征物质的吸热能力,最后用比值定义法,建立比热容的数学模型,定量认识比热容是反映物质本身特性的物理量。后续教学中,还应列举具体生活应用,让学生用比热容解释相关自然现象、计算热量问题、设计技术产品,如本案例中最后环节是“设计制作一个手机导热装置”,深

化概念的应用。

参考文献

- [1] 魏舜芷,刘紫薇,陈刚. 比热容概念有效教学探讨——学习心理学视角[J]. 物理教师,2021(5):35—38.
- [2] 任少锋. 活用科学方法将物理抽象概念立体化[J]. 物理教学,2020(12):26—29.
- [3] 沈强. “探究+科学史”促进概念理解的教学设计——以“物质的比热”教学为例[J]. 物理教学,2020(12):43—47.
- [4] 杨华军,史献计. 物理教学的类比思维策略[J]. 物理教师,2020(8):19—21.