

思想实验在大学物理实验教学中的应用

刘浩广¹ 易江林²

(1. 南昌航空大学科技学院 江西 南昌 330063;

2. 南昌大学理学院物理系 江西 南昌 330063)

摘要思想实验是以实验理论和事物规律为基础,将形象思维和逻辑思维相结合,具有延续性、逻辑性、创造性等特征,在科学理论的预测和创新过程中发挥着重要作用。本文将思想实验引入到大学物理实验教学中,引导学生如何进行思想实验,有助于提高学生创造性的思维能力及培养创新精神。

关键词思想实验;逻辑思维;科学创新

DOI 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.07.689

思想实验 (Thought Experiment) 也可以称为理想实验或者想象实验,是一种按照实验方式展开的理性思维活动,属于理性思维方法的范畴,是一种理想化思维方法^[1,2]。思想实验是在一定的科学理论和实践的基础上,抓住问题的关键因素,忽略问题的次要因素,是对实际物理过程作更高更深层次的抽象分析过程,思想实验的逻辑推理方法和理论依据是从长期的社会实践中总结出来并为实践所证实了的,是重要的科学研究方法^[1,2,3]。

物理是以操作实验为基础的学科,通过实验可以开发学生的智力,激发兴趣,培养创新能力,加强对物理模型、概念、定理及定律的理解和应用。物理实验能把问题的内涵说明得更形象、具体、直观,能使抽象的物理知识生动起来。大学物理实验教学可以培养学生的动手能力、团队协作能力、观察能力及总结能力。在大学物理理论和实验教学过程中,对于很多无法通过实物器材操作来完成的实验,如果运用思想实验进行探索性教学,更有利于培养和提高学生创造性思维能力。本文基于上述理念,列举经典的物理思想实验成果,总结思想实验的特征,将思想实验引入到大学物理实验教学中来,促进学生对于科学探究的热情和兴趣,提高学生科学思维能力和培养学生的创新精神。

1 两个经典的物理思想实验

(1) 关于惯性的思想实验

在物理学研究发展历史进程中,作为经典力学基础的惯性定律,就是典型的思想实验。该实验结论无法直接从实际实验得出来。物理学家伽利略注意到,一个静止的小球从一个斜面的顶端滚上另一斜面,如果滚动过程中摩擦力足够小以至于可以忽略,那么小球将上升到与原来同样的高度。因此可以推想:在完全没有摩擦的理想前提下,减小第二个斜面与水平面之间的夹角,小球在这个斜面上达到原来的高度就要通过更长的路程。不断减小第二个斜面与水平面之间的倾角,最终使之成为水平面,小球就再也达不到原来的高度,将保持下降到最低点的最大速度永远匀速直线运动下去。伽利略由此得到的结论打破了亚里士多德关于物体的运动需要力来维持的观念。该思想实验是在实际实验的基础上的,忽略了摩擦力,显然在现实中是无法实现的,但其结论仍然具有正确性。

(2) 关于“妖”的思想实验

对于热力学第二定律的局限性,麦克斯韦在1871年用了一个思想实验来对它进行了阐述,这个思想实验即麦克斯韦“妖”^[4]。设想一个充满了处于热平衡状态气体分子的箱子。箱子中部嵌着将箱子一分为二的夹壁,夹壁上安装一个活门,为了能让容器两边的分子可以自由来往,该活门最初开着。麦克斯韦提出让一个极小的“妖”坐守于门边以便能够极为迅速地打开或关上,“妖”允许靠近门由左向右的快分子或由右向左的慢分子通过,对其他分子则门不打开。“妖”将分子分为两个不同特征的群组,右边分子有较高的平均动能,因此温度较高,左边是温度较低的另一组分子。开始时两边等温,后来逐渐让两边产生温差,从而使系统的熵值降低,这似乎违反了热力学第二定律,由此在物理学界引起了广泛的关注和强烈的反响。麦克斯韦提出“妖”的本意并不在推翻热力学第二定律,而在于指出实验的局限性,并用一个思想实验来阐明,只具有数学统计上可靠性的特征,使人放弃了绝对化的论述,用吉布斯的话说:“未经补偿的熵之减少的不可能性,已归结为概率极小”^[5]。从麦克斯韦提出这个思想实验一百多年来,人们对这个思想实验的可能性进行了广泛的探索,从而加深了对经典热力学的理解,促成了统计力学和热力学的建立^[6]。由此可见,在一定的前提下,思想实验能够极大地推进人们对某些问题更深层次思考,从而促进学科甚至整个科学的发展,这种促进效果往往是具体实验所不能达到的。

2 思想实验在大学物理教学中的作用

大学物理实验不仅是物理理论课程的延续和补充,更是理论的创新和能力提高,通过实验巩固和丰富理论知识,提高学生的动手操作能力和逻辑思维能力。思想实验是人们在认识物质世界的过程中主观能动性的体现。由于受到现实条件的制约,思想实验在实验室内难以实现,但是这并不妨碍由此而得出的结论的正确性。思想实验在大学物理教学中的作用主要体现在以下几个方面。

(1) 能提高高学生科学思维能力、促进学生对于科学的探究热情及激发学生的兴趣

通过探究性的思维学习,学生能够从其中获得理论知识和科学的结论,思想实验不受时间、空间和实验室条件的限制,以实验理论和事物规律为基础,学生通过思想实验能得出正确的科学结论,很大程度上能促进学生对科学实验探究的热情,激发对科学的兴趣。

(2) 能提高学生对实验的设计能力

大学物理实验既有实际操作,又有思想实验的特征,实验教学的主要目的是培养学生动手操作并进行科学探究的能力、培养实事求是的科学探究精神、培养严谨创新的科学思维态度。大学物理实验很多都是验证性的实验,学生在实验中通过对科学实验的重做,体验和学前人解决问题的方法和技巧,从中汲取营养和知识。

(3) 有助于培养学生的创新精神

思想实验最重要的特征就是具有创新性,教师以大量科学实践为基础,按照严格的实验规律为标准,引导学生通过思想实验得到无法通过实际实验而得到的结论。通过思想实验能够让学生对实际过程做出更深层的抽象分析,通过理性思维得出科学的实验结论,达到实验的目的,带有高度的创新性。

3 思想实验对物理教师的启发

“自然界发生的一切物理现象和物理过程,一般都是比较复杂的,影响它的因素也是多种多样的。为了研究物理现象的规律性,就需要把复杂的问题转化为理想的问题来处理,这样就在许多物理问题研究中产生了理想化方法。理想化方法主要包括建立理想模型与设计思想实验”^[7]。思想实验是现阶段物理学教学中非常重要的一个环节,从实际的实物实验到纯理论层次的思想实验是研究方法中的质的飞跃,思想实验既是实际实验的升华,又是重要的科学抽象分析方法。

我们应该认识到解决一个物理问题,无论是科学研究的难题,还是一道普通的物理习

题,都要分析物理模型和过程,而分析过程实际上就可以说是一个思想实验的过程^[8]。在大学物理学教学环节中,思想实验的具体研究过程可用下图来简要描述,如图1。

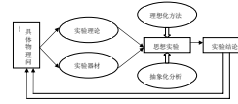


图1 思想实验在物理学中研究过程

4 思想实验在大学物理实验教学中的应用

思想实验是科学思想中形象思维与抽象思维的统一,是透过事物表面揭示其内部本质的过程。物理教学中要充分运用思想实验使学生进行思维训练和物理思想的培养,充分挖掘和展现教材中思想实验,强调思想实验的实践性,并突出其思想性。如今,现代科技的发展能为广大教师提供丰富的科幻资料,这对拓宽学生的思维具有极重要的作用。教师要充分利用这些素材,经科学创新后为课堂教学服务,课堂中巧妙设计和构思思想实验,可活跃课堂气氛,从而激发学生的学习积极性与主动性^[11,12]。

(1) 光学:光栅衍射的思想实验

如图2,做单缝衍射实验时,单缝在垂直入射光方向上平移时,其衍射图样不变,位置保持不动。现在做思想实验:(1)平行光线垂直照射N个缝的光栅:(a)相当于N个相同的单缝同时进行衍射,在屏上的衍射图样是完全重合的,(b)N个缝之间的衍射光有干涉,满足衍射极大的地方不一定都是干涉加强的;(2)平行光斜入射,当入射光线从垂直单缝方向逐渐向水平方向无限靠近时,光栅衍射图样将呈现何种特征。在此强调光栅衍射实际上就是双缝干涉和单缝衍射综合后的总效果,这种思维方式有助于学生形象地理解光栅衍射效果图的特征及光栅衍射“缺级”现象的原理。

(2) 磁学:霍尔效应原理及其应用的思想实验

如图3,置于磁场中的载流体(霍尔片),如果电流方向与磁场方向垂直,则该载流体在垂直于电流和磁场的方向上会产生一个附加的横向电场,这就是霍尔效应。实验时,当输入一定的回路电流和磁场电流时,霍尔电压读数稳定,仪表上能读出其示数的大小和方向。当改变输入的电流大小和方向时,霍尔电压的大小和方向也随之发生变化。现在做思想实验:(1)当控制回路电流的电流大小和方向以及磁场电流的方向不变时,磁场电流由零一直向无限大增加,霍尔电压和此变化的磁场电流之间将呈现何种关系?(2)当控制回路电流大小和方向不变时,回路电流方向也不变,回路电流从零一直向无限大增加,霍尔电压大小与回路电流的大小之间有什么特征?通过这种思想实验,能够让学生对霍尔电压的产生原理有更为深刻的理解,对影响霍尔电压的几个因素有更多的了解,激发了兴趣同时提高了学习的效率。

(3) 力学——刚体转动惯量测定的思想实验

如图4,通过转动惯量实验仪和附件(砝码、质量分布均匀且形状规则的金属圆柱和圆盘)的实验可知刚体转动惯量大小与刚体的质量及质心到转轴的距离有关。现在做思想实验:(1)保持转盘与轴心的位置不变,在绕固定轴转动的圆盘的固定位置上逐渐增加砝码,使圆盘质量分布不均匀,当砝码质量一直增加到无穷大时,刚体转动惯量的大小与增加的质量之间将呈现何种关系?(2)保持转盘及砝码的质量不变,通过外力改变圆盘与转轴之间的远近距离,当距离由近向无穷远变化时,刚体转动惯量如何变化,其与距离将呈现何种关系?通过生动形象的思想实验,能让学生更深刻地了解影响转动惯量大小的两个物理量的特征,了解转动惯量在转动时的作用,真正意义上理解转动惯量的物理本质和内涵。

5 结束语

思想实验是深化物理教学的重要方法之一,在倡导发展理性思维,开发创新潜能,提高应用能力,全面提升学生素养的课程改革的今天,教师在向学生传授先进的科学知识和成果的同时,更应借鉴这些科学知识及成果,结合思想实验展开教学探索和科学研究,把物理实验的教学研究和改革与思想实验充分结合起来,让学生学会真正的科学探究、理性思维及创新的本质,实现高等学府教书育人、培养人才的目标。

参考文献

[1] 王华平. 思想实验的认识论问题[J]. 自然辩证法通讯, 2009, 4: 25-26
[2] 张啸. 物理思想实验在解决教学问题中的应用[J]. 安庆师范学院学报(自然科学版), 2011, 5(2)
[3] 卢婉娟. 引导思想实验深化实验教学改革[J]. 宁德师专学报(自然科学版), 2009, 11(4)
[4] 迟源. 从楼梯台阶到麦克斯韦妖[J]. 大学物理, 2004, 4: 55-56
[5] 冯杰. 大学物理专题研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2011.12
[6] 魏屹东, 薛平. 论思想实验的特征与功能[J]. 人文杂志, 2010, 4: 31-33
[7] 赵煦. 思想实验的本体论研究[J]. 洛阳师范学院学报, 2016, 3: 10-15
[8] 王英, 赵煦等. 论思想实验与物理实验的本质区别[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2014, 6: 64-69
[9] 王飞. 思想实验: 提高学生核心素养的重要途径[J]. 当代教育科学, 2016, 24
《实验课程对学生综合能力培养作用的研究——基于大学物理开放型实验》, 编号: 19YB393

作者简介:

刘浩广(1975—), 男, 江西泰和人, 汉族, 副教授, 硕士 主要从事复杂网络动力学系统方向研究。



图2 光栅衍射实验



图3 霍尔效应原理及其应用实验

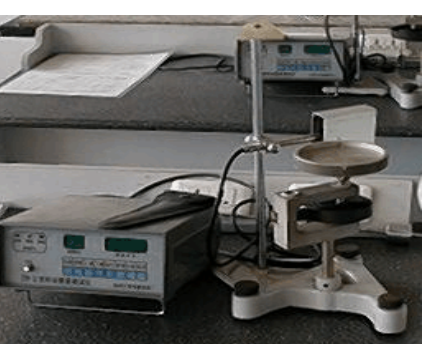


图4 刚体转动惯量测定实验