



# “牛顿第一定律”相关实验内容的分析与启示

秦瑾琼 钱长炎

(安徽师范大学物理与电子信息学院 安徽 芜湖 241002)

(收稿日期:2018-09-10)

**摘要:**“牛顿第一定律”在中学物理教学中具有重要的地位,从这个内容中存在的分歧出发,梳理定律发现的真实历史,探讨“思想实验”的本质,指出斜面实验应为思想实验,为教学提出符合学生认知规律和新课标理念的建议。

**关键词:**“牛顿第一定律” 理想实验 思想实验

## 1 问题的提出

“牛顿第一定律”(又称惯性定律)在中学物理教学中具有重要的地位,其中涉及的斜面实验无论是在代表性教科书中还是在相关专题文章中都认为该定律建立的基础。通过更广泛的文献研读,发现西方学者相关论著与我国教科书中对牛顿第一定律相关实验的描述存在差异。

在我国现行高中物理教科书以及权威物理教育家的早期专题研究中,对“牛顿第一定律”中所涉及的“斜面实验”都称之为“理想实验”,并且相关教科书中引用了爱因斯坦对于这个实验的描述,爱因斯坦文献的中文版本原文确实是“理想实验”,我们进一步研读了英文版本,考证出“理想实验”对应的是“Idealized Experiment”<sup>[1]</sup>,从字面上翻译,这应该称为“理想化实验”,难道说“理想化实验”与“理想实验”具有同样的涵义?究竟是理想实验还是理想化实验,或者是近年来受到西方学者普遍关注的“思想实验”?

显而易见,这不仅仅是名称的问题,更涉及到人们对牛顿第一定律得出过程的理解,以及伽利略进行科学研究使用的科学方法。为了对这个问题获得更加清楚全面的认识,我们有必要对牛顿第一定律的得出过程以及历史上伽利略所做的工作进行梳

理。

## 2 “牛顿第一定律”的历史溯源

在伽利略以前,人们对力和运动的关系有不同的理解,最为代表性的是亚里士多德的观点,直到伽利略的探索和牛顿时代“牛顿第一定律”的得出,经历了漫长而曲折的过程。

### 2.1 亚里士多德关于力与运动关系的认识及其研究方法的特点

在亚里士多德的著作中定义“推动者”是“有运动潜能”的事物,即我们现在认知中的“施力物体”,他认为,因为“运动的发生是靠了同能推动者的接触”,所以在这个过程中“推动者”自身也被推动,故“运动是能运动事物作为能运动者的实现”“推动者……是运动的本源或起因”<sup>[2]</sup>。用现代语言表达,意思是有些物体是有运动潜能的我们把它叫做推动者,推动者在推动其他物体的时候必须与其他物体相接触,所以推动者在推动别的事物时自身也被推动,两者就实现了运动,因此推动者就是事物运动的原因,也就是说“力是物体运动的原因”。

到今天我们知道亚里士多德的这个观点是错误的,那么他的研究方法出现了错误还是研究过程存在问题?伽利略对此进行了分析,为人们揭开了事实的真相。

作者简介:秦瑾琼(1993-),女,在读硕士研究生,主要从事中学物理教学研究。

指导教师:钱长炎(1964-),男,博士,教授,硕士生导师,主要从事中学物理教学、物理学史和科学思想史研究。

## 2.2 伽利略对力与运动关系的再认识及惯性定律基本思想的形成

通过历史我们了解到,伽利略是哥白尼日心说的坚定拥护者,他在著作中通过萨尔维阿蒂(伽利略的代言人)、辛普利邱(代表从亚里士多德的思想中解放出来的聪慧之士)以及沙格列陀(代表常识)<sup>[3]</sup>三人的对话展示了他对物体惯性的推演过程。

以亚里士多德为代表的有些哲学家认为,地球是静止的,而最能支撑这个观点的现象是,“凡垂直向上抛出的物体,即使抛得极高,都从他们被抛出的地方沿原线回到原地。”亚里士多德认为,如果地球在运动,在物体不接触地面的过程中,地球会运动一定的距离,那么物体的落点会偏移抛出点一定的距离。萨尔维阿蒂就亚里士多德逻辑中的想当然提出疑问:“他凭什么证明自由落体是沿垂直线向中心下落呢?”所以亚里士多德的错误在于他的推理不是从事实出发,而是从理论出发,而这个理论前提往往是需要证明的结论。

还有另一个抛体问题,假设船的桅杆顶端有一个石子,无论船是运动的还是静止的,石子都会落到正下方。这是因为,地球在做“周日运动”(自转),所以“地球的每个质点的内在和天然的倾向,也应该是在做同样的旋转而不是静止不动”<sup>[4]</sup>。这种“内在和天然的倾向”想必就是伽利略对于惯性最早描述了。

对于斜面实验,伽利略先是假设有一个“滚圆的球”和一个“精光的平面”,忽略一切外部的阻碍,球在向下倾斜的平面释放后会加速运动,如果想要球在这个斜面向上运动就需要对它施加一个“冲力”,它的运动会减慢直到停下,因为这不是它的“本性”,这两种不同的运动是斜面的斜度决定的,向上的斜度使球受到了阻力。如果斜面既不向上倾斜也不向下倾斜,球就会天然不动,若是将球向哪个方向推一下,它就会向哪个方向运动,萨尔维阿蒂问,球会运动多久呢?辛普利邱回答,既然没有阻碍它运动的原因,那么“平面多长,球体就运动多远”。伽利略认为,物体具有向地心运动的特性,这样既不向上也不向下的面是与地心等距离的表面,他接着设想,自然界中是否有这样的表面呢?“风平浪静时,海面就是这样的表面或平面。”<sup>[4]</sup>这就是斜面实验。

伽利略是怎么得出这些讨论的呢?他的书中借萨尔维阿蒂之口说:“不靠实验,我也敢保证,结果将和我告诉你的一样。”<sup>[4]</sup>据此可以看出,伽利略在证明物体具有惯性时,没有进行物质实验,而是基于现象和逻辑思辨进行推理,即利用思想实验得出结论的。

## 2.3 牛顿的总结和表述

在前人所做工作的基础上,牛顿在他的著作中将惯性定律进行了表述:“每一个物体都保持它自身静止的或者一直向前均匀地运动的状态,除非由外加的力迫使它改变它自身的状态为止。”<sup>[5]</sup>

## 3 “思想实验”的本质及斜面实验的性质

在国内中学物理教学领域,“思想实验”可能并不是一个很熟悉的词汇,但是在国外,这一直是科学史和科学哲学领域的热门话题。科学史发展的过程中,许多重大突破都得益于思想实验<sup>[6]</sup>。马赫以后,思想实验开始走进科学家和哲学家们的视线,尤其是其对于教育的重要作用。马赫认为思想实验可以将物质实验的条件进行理想化和抽象,实现物质实验达不到的条件<sup>[7]</sup>。当代思想实验的代表性观点认为,思想实验是用想象的装置来研究事物的本质,因为思想实验的理论性和实验性,所以它应该与对实验的思考、仅仅设想一些仪器在想象之外进行的实验、任何有思想的心理学实验以及反事实的推理区分开<sup>[8]</sup>。它本质上属于一种思维方式,是一种特殊的科学工具,它在心理层面将理论和实验进行模拟,我们因此做出预测,得出未实际操作的实验结果<sup>[9]</sup>。

由上文分析的“牛顿第一定律”的得出过程和思想实验的本质可知,在“牛顿第一定律”发现过程中起到决定性作用的斜面实验由于其实验条件无法达到,不可能进行实际操作,所以其本质应当是思想实验。斜面实验对于物理学的重要意义以及对于物理学发展的重要意义绝不仅仅因为伽利略描述了一种理想的实验状态,更是因为他突破了前人的方法,将物理学变成“真正的科学”。斜面实验一定是在想象中完成的,因为要求小球不受任何阻力的作用,以及斜面长度无限长,两个条件都是现实世界无法达到的,所以无法进行实际操作。这个实验使伽利略突破了亚里士多德“力是维持物体运动的原因”这一

理论的桎梏,摆脱了人们在阻力大的自然界中的生活经验,将现实的实验条件进行理想化处理,从而得出正确的结论,为牛顿第一定律的得出做了最有力的铺垫,推动了物理学的发展.

#### 4 结论与启示

通过对牛顿第一定律建立过程的分析,对于本文开始提出的对牛顿第一定律中所涉及的实验表述等方面存在的歧义,我们不难得出,想要准确描述这个实验的性质,并且与国际先进的教学研究接轨,将其称为思想实验更为合理.

而理想实验这个称谓的形成,有几种可能,或许是对爱因斯坦著作《物理学的进化》中词语的翻译错误,也有可能是对于这个实验表面上“实验条件为理想状态”这个特点的概括,据考证,1945年翻译的版本称之为“理想的实验”<sup>[10]</sup>,1966年以后的版本才改变为“理想实验”.教科书上涉及到的很多实验都是思想实验,如伽利略的“自由落体实验”“薛定谔的猫”等,将这些实验作为思想实验在西方已经进行过很多的讨论了,而“理想实验”则较少能找到国际权威著作的支撑.因此将这些实验都作为一个类别——思想实验,发掘它们的教育功能,才能在教学中发挥出其应有的作用.

牛顿第一定律经过了漫长的发展,渐渐显示出它的真实模样,而这其中经历了曲折的探索,融入了科学家们的智慧,通过以上对于牛顿第一定律和思想实验的分析,教科书在展示其中的内容时,将物理学史以科学家的思考和探索串联起来,将科学家使用的思想实验方法展示给学生,不仅可以向学生展示历史的本来面貌,更可以让学生学习如何去思考,同时领略到实验背后所蕴含的重要意义.将斜面实验归为思想实验,一方面,体现了思想实验正确的教学地位,既然科学家们乐于并善于使用思想实验,那么将来有望为科学研究做出贡献的学生也应该在智力发展的关键时期接触到这一方法,在他们的心里埋下研究的种子,并且通过练习加以灌溉,有朝一日必定能够生根发芽;同时能够让教师和学生明确,伽利略在进行科学研究时使用的科学方法,这体现了伽利略的严谨态度,并不是通过有限的实验现象归

纳出结论,而是基于客观事实,再将实验条件进行加工,用思想实验的工具进行研究;另一方面,教科书明确“牛顿第一定律”的发展过程,尊重史实,向学生还原真实的科学史和真实的科学家,有了权威教科书的支撑,教师的教学自然也能上一个台阶.教师利用思想实验积极的教育功能,让学生掌握这一科学研究的重要方法,这样的过程也能与新课标强调的科学探究方法相融合,以更好地培养学生的物理核心素养.

总之,牛顿第一定律这一重要的教学内容中蕴含了巨大的宝藏等待着教育工作者去挖掘,随着课程改革的深入,学生科学素养的培养变得越来越重要,将思想实验融入教学中与新课改的理念不谋而合,有朝一日在教学中实施一定能够取得不凡的成果!

#### 参考文献

- 1 Einstein A, Infeld L. The Evolution of Physics. London: Cambridge University Press, 1938. 8 ~ 10
- 2 亚里士多德. 物理学. 张竹明, 译. 北京: 商务印书馆, 1982. 71 ~ 73
- 3 科瓦雷. 伽利略研究. 刘胜利, 译. 北京: 北京大学出版社, 2008. 246
- 4 伽利略. 关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话. 上海外国自然科学哲学著作编译组, 译. 上海: 上海人民出版社, 1974. 183 ~ 195
- 5 牛顿. 自然哲学的数学原理. 赵振江, 译. 北京: 商务印书馆, 2006. 13
- 6 陈克晶. 思想实验在科学认识中的作用. 哲学研究, 1985(10): 32 ~ 38
- 7 马赫. 认识与谬误. 洪佩郁, 译. 北京: 东方出版社, 2005. 166 ~ 181
- 8 Brown J, Fehige Y. Thought experiments. In Stanford Encyclopedia of Philosophy. <http://plato.stanford.edu/entries/thought-experiment>
- 9 Nersessian J. In the Theoretician's Laboratory: Thought Experimenting as Mental Modeling. Psa Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. 1992(2): 291 ~ 301
- 10 爱因斯坦, 英菲尔德. 物理学的进化. 刘佛年, 译. 北京: 商务印书馆, 1945. 4