



牛顿第一定律的独立性 基础性不容质疑

张艺馨 侯雨晴 王 歌 刘增泽 冯 杰

(上海师范大学数理学院 上海 200234)

(收稿日期:2017-04-04)

摘 要:目前在物理教学及研究中,对牛顿第一定律存在理解上的偏颇和程度上的差异,甚至是科学性的错误.2015年发表的“牛顿第一定律的是与非”,对牛顿第一定律的实质提出了“颠覆性”的认识,还轻率地对其进行了改述,更加错误地提出牛顿第一定律是牛顿第二定律的特例.应当从经典力学的几个关键性概念的本质出发,对牛顿第一定律本质、地位进行全面科学地理解.

关键词:牛顿第一定律 惯性 基础性 独立性

1 引言

运动和物体相互作用的关系是人类几千年来不断探索的课题,即使在今天,已知运动求力的问题仍然不断提到人们面前.怎样安排火箭推力才能将它送上巧妙设计的轨道?这便是动力学问题.动力学的根本任务是从本质上揭示运动产生的原因.自牛顿发表《原理》以来,牛顿三定律便成为动力学的基础^[1],指导着我们解决宏观低速运动问题,在社会各个领域得到广泛应用.三大定律蕴含着丰富的物理内涵,远非像它在字面上表述的那样简单而一目了然,目前在物理教学及研究中,许多人对牛顿三定律尤其是其中的牛顿第一定律存在理解上的偏颇和程度上的差异,甚至是科学性的错误.主要体现在对牛顿第一定律的本质、地位以及三个定律间的逻辑关系理解不深.

例如《中学物理教学参考》在2015年发表的《牛顿第一定律的是与非》,宣称对牛顿三定律的实质提出了“颠覆性”的认识,指出牛顿第一定律是牛顿第二定律的特例,牛顿第一定律并没有对力做出定义,并对牛顿第一定律的表述进行改写^[2].以及早先争论的牛顿第一定律中存在循环论证,牛顿第一定律和牛顿第三定律都可由牛顿第二定律推演出等.

本文将简单讨论牛顿第一定律的本质及其丰富的内涵,从牛顿第一定律在动力学基本定律中具有基础性的地位这一角度,论述牛顿第一定律的独立性,从而否定了作者对“牛顿第一定律是牛顿第二定

律的特例”的错误认识.

2 牛顿第一定律在动力学定律中具有基础性地位

牛顿第一定律的表述:任何物体继续保持其静止或匀速直线运动的状态,除非有力加于其上迫使其改变这种状态^[3].

从其表述方式即可以简单讨论该定律中包含的几个基本概念,奠定了动力学的概念基础,从而可以确定牛顿第一定律的独立性及其在理论系统中第一个原理的前提地位.

2.1 揭示了物体运动的内在属性——惯性

牛顿第一定律描述了物体具有惯性运动的状态,即不受力的物体可以具有任何速度,并且保持永恒不变.这就否定了亚里士多德的速度需要力来维持的论断,在历史上具有重要地位.同时,该定律通过惯性的定义:物体本身要保持运动状态不变的性质或者说是物体抵抗运动变化的性质,从而进一步揭示出了“惯性运动”的本质.正是物体的这一内在属性,维持了物体运动状态不变.有了对惯性运动的本质认识后,才有牛顿想到可以从打破惯性运动出发,去研究物体运动状态的变化与外力之间的关系以及物体间相互作用的关系.所以牛顿第一定律是牛顿第二定律、牛顿第三定律的基础,而惯性是牛顿定律乃至力学的出发点.

2.2 明确了力和运动的关系 给出了力的定性定义

由于物体具有惯性,所以要使其运动状态发生

变化,一定要有其他物体对它作用,这种作用称之为力.在牛顿第一定律的基础上得出力的定性定义,它指迫使一个物体运动状态改变,使它产生加速度的别的物体对它的作用.该定律对力进行定性定义时隐含了一个问题,即什么叫物体不受力的作用?在自然界不可能存在完全不受力作用的环境和条件.爱因斯坦对这个问题的回答是距离其他一切物体足够远^[4].因此牛顿第一定律实际上是一个理想定律,无法直接用实验验证,但是牛顿第一定律又是通过无数事实的研究而做出的正确推断,依据此提出的关于力学问题的结论也是完全符合实际的,牛顿第一定律经受住了实验和时间的考验.实际上,在牛顿第一定律揭示出力是改变物体运动状态的原因后,人们才去进一步探究力是怎样改变物体运动状态的,正是这样的思想才引导着牛顿发现了牛顿第二定律,这是一个包含了丰富科学思维的科学过程.

2.3 牛顿第一定律确立了动力学定律成立的参照系

由于物体的机械运动是一种相对运动,因此描述物体的运动需要选取适当的参照系.无论物体是处于静止还是运动状态都只能是对某一个确定的参照系而言.既然牛顿第一定律阐明了物体在静止、运动或运动状态改变时所遵从的规律,由此可以推断自然界中必然存在至少一个能够严格适用于牛顿第一定律的参照系,这种能使牛顿第一定律成立的参照系叫做惯性系.在这种参照系中观察,一个不受力的作用的物体将保持静止或匀速直线运动状态不变.显然,若某参照系以恒定速度相对于惯性系运动,这个参照系也就是惯性系.若某参照系相对惯性系做加速运动,那么这个参照系就是非惯性系.牛顿受宗教影响认为宇宙中心不动,他在论述牛顿第一定律前,选择用绝对时空中的一个静止的点做参照^[5].可见牛顿第一定律定义了惯性参照系,同时也引入了绝对时空观.由于“绝对静止”的物体是不存在的,惯性参照系是找不到的,是一个理想化的模型.从《原理》一书中我们了解到最理想的惯性参照系应该是在宇宙中距离其他一切物体无限远处的孤立物体,这实际上是不存在的.在实际应用中,总是根据需要选取近似的惯性系.并非任何参照系都是惯性系.一个参照系是不是惯性系,要靠观察和实验来判定.例如,实验指出,对一般力学现象来说,地面

参照系是一个足够精确的惯性系.惯性系这一适用条件的产生,让动力学各定律以此为前提得到建立,这反映了牛顿第一定律的基础性以及各定律间的有机联系.

2.4 确定了研究的对象——质点

由于牛顿第一定律的表述中,没有涉及物体本身的转动和物体各部分之间相对位置的变动,表明牛顿第一定律中的物体指的是质点,即有质量但不存在体积或形状的点,是又一个理想化模型.物体的惯性也是指质点的惯性或物体作平动时的惯性,对于转动的物体来说,也是存在惯性的,但和这里所说的惯性不是一回事^[6].由牛顿第二定律可知,质点的惯性是用质量来量度的.因此,牛顿第一定律确定的研究对象,为牛顿第二定律准备了物质客体模型^[7].

2.5 牛顿第一定律具有公理性

牛顿第一定律具有逻辑循环的性质,但这并不影响它的科学性,正是公理性的反映.先来分析一下牛顿第一定律自身存在的逻辑循环.一个物体不受力,它相对于惯性系就做匀速直线运动;但是又只能根据一个物体相对于惯性系做匀速直线运动,才能肯定这个物体不受力;同时又只能根据一个物体不受力时做匀速直线运动,才能断定所用的参照系是惯性系.这样,就完全陷入了逻辑循环.为何摆脱不了这种循环呢?原因就在于牛顿第一定律具有公理性.何为公理,即学科最初的命题和概念,它们是作为建立逻辑体系的推理前提.这些公理都是人们在长期实践中直接得来的,是通过直接间接实践反复证明了的,具有“自明性”,表现在逻辑上无法严格定义.牛顿第一定律作为力学的第一条命题,自然不能够通过从它所导出的其他命题去证明,也无法通过直接的物理实验得到证明,只能依靠它得出的大量推论,在实践中得到检验.正是这种公理性,又使我们进一步看到牛顿第一定律的基础性.

综前所述,牛顿第一定律在动力学定律中具有基础性地位,从而确定了其独立性,牛顿第一定律具有不可替代性.

3 牛顿第一定律不是牛顿第二定律的特例

《牛顿第一定律的是与非》中指出,从牛顿第二

(下转第11页)

将 L 代入拉格朗日方程

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial v_M} \right) - \frac{\partial L}{\partial X} = 0 \quad (22)$$

和

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial v_{\text{相对}}} \right) - \frac{\partial L}{\partial s} = 0 \quad (23)$$

得

$$m(a_M - a_{\text{相对}} \cos \theta) + Ma_M = 0 \quad (24)$$

$$a_{\text{相对}} - a_M \cos \theta - g \sin \theta = 0 \quad (25)$$

由式(24)、(25)可解得 $a_{\text{相对}}$ 和 a_M , 结果同前. 其余略.

试想如果我们将图1所示的问题改为图3所示的问题, 这时我们用拉格朗日方程来求解比用牛顿

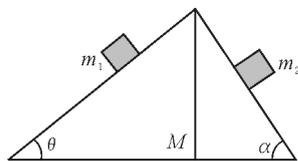


图3 拓展

参考文献

- 1 吴好. 用受力分析图分析光滑斜面上滑块下滑问题. 中学物理, 2012, 30(19): 73 ~ 74
- 2 何述平. 一个力学问题的一对内力做功的探讨. 物理教师, 2012, 33(8): 43 ~ 44
- 3 袁张瑾. 竞赛中巧用“元功法”求解的平衡问题. 物理教学, 2012, 34(8): 56 ~ 57

(上接第3页)

定律的表达式 $F=ma$ 出发, 当合外力 $F_{\text{合}}=0$, 则 $a=0$, 表示物体保持静止或匀速直线运动状态, 物体的运动状态并不改变, 做惯性运动, 即牛顿第一定律. 这表述中存在较明显的概念错误, 首先牛顿第二定律是受力作用下物体的运动规律, 它不能包括不受力作用下物体的运动规律(牛顿第一定律); 其次合外力为零 $F_{\text{合}}=0$, 不是不受力, 虽然 $a=0$, 物体保持静止或匀速直线运动状态, 这与牛顿第一定律描述的物体不受外力作用时, 保持静止或做匀速直线运动(即惯性运动)有本质的区别, 它们只是有一样的外在运动形式; 最后第二定律是建立在物体“受力”的真实实验基础上的一般情形下的规律, 不能逻辑的推断出 $F \propto 0$ 的理想极限情况下的运动, 因为任何事物一旦达到它的极限情形时, 便要发生质的改变, 出现了和一般情形的质的差别.

4 小结

没有牛顿第一定律, 就没有惯性、惯性运动、惯性参照系和力的科学概念, 牛顿第二定律也就无从谈起. 从哲学层面上, 如果我们不知道物体在不受外力的情况下处于什么样的运动状态, 要研究物体在外力的作用下将怎样运动是不可能的. 因而把牛顿

第一定律看成是牛顿第二定律的特例, 进而产生牛顿第二定律可以取代牛顿第一定律的认识, 不过是一种形式上本末倒置的解释. 它割裂了牛顿第一定律与第二定律之间的逻辑结构关系, 扭曲了牛顿第一定律的内涵, 从而抹杀了牛顿第一定律的独立性. 牛顿第一定律的基础性具有不可取代的地位, 它与牛顿第二、三定律并列, 一起构成了统一的运动定律, 并与万有引力定律一起建立了完整的牛顿力学体系.

参考文献

- 1 漆安慎, 杜婵英. 力学(第2版). 北京: 高等教育出版社, 2005
- 2 郭洪梅. 牛顿第一定律的是与非. 中学物理教学参考, 2015, 44(1): 66
- 3 张三慧. 力学(第2版). 北京: 高等教育出版社, 2005
- 4 冯杰. 大学物理专题研究. 北京: 清华大学出版社, 2011
- 5 王宏伟. 牛顿定律与17世纪牛顿的时空观. 淮南师范学院学报, 2010, 12(63): 90 ~ 92
- 6 张东升. 牛顿第一定律的建立及其哲学意义. 物理教师, 2016, 37(5): 70 ~ 73
- 7 张立久. 牛顿第一定律是牛顿第二定律的特例吗. 物理教学探讨, 2015(7): 61 ~ 63