

牛顿第一定律是牛顿第二定律的特例吗

张立久

东北师范大学 物理学院, 长春 130024

摘要:针对有些人认为牛顿第一定律是第二定律在合外力 $F_{\text{合}} = 0$ 时的特例这一观点, 本文将从牛顿第一定律的历史地位、牛顿第一定律是其他定律建立的前提和基础、以及“受力”物体运动的规律不能包括“不受力”物体运动的规律三个方面, 谈谈笔者对牛顿第一定律的理解。

关键词: 牛顿第一定律; 牛顿第二定律; 特例

中图分类号: G633.7

文献标识码: A

文章编号: 1003-6148(2015)7-0060-3

1 引言

牛顿在《自然哲学的数学原理》中对牛顿第一定律的原始表述是:“任何物体都要保持匀速直线运动或静止状态,直到外力迫使它改变运动状态为止。”牛顿第一定律是牛顿经典力学体系的开篇,也是继续学习牛顿第二定律、第三定律的基础。然而,常常遇到有人提出这样的问题:依据牛顿第二定律,当物体所受合外力 $F_{\text{合}} = 0$ 时,加速度 $a = 0$,此时物体将保持静止或匀速直线运动状态,由此说来,牛顿第一定律不就是第二定律的一个特例了吗?进而认为牛顿第一定律是可有可无的,它完全可以由牛顿第二定律代替了。那么,牛顿第一定律和牛顿第二定律究竟是什么关系?牛顿第一定律真的可以包含在第二定律里面吗?

笔者认为,在学习牛顿力学的过程中,要想解答这个问题,则必须搞清牛顿第一定律在经典力学理论系统中的重要地位,知道第一定律和第二定律的联系和区别,只有这样,才能够更加深刻地理解牛顿力学体系,为以后学习动力学打下坚实的基础。

2 牛顿第一定律的历史地位

长期以来,在研究物体运动原因的过程中,人们的经验是:要使一个物体运动,必须推它或者拉它。因此,人们直觉地认为,物体的运动是与推、拉等行为相联系的,如果不再推、拉,原来的运动便会停下来。根据这类经验,亚里士多德得

出结论:必须有力作用在物体上,物体才会运动;没有力的作用,物体就要静止在一个地方。这种观念统治人们的思想长达两千多年,直到伽利略把实验和数学结合在一起,通过“理想斜面实验”和科学推理才推翻了亚里士多德等人的错误的力的概念。而牛顿在总结了伽利略和笛卡尔等人的结论的基础上,提出了著名的牛顿第一定律,为后面建立了重要的理论基础。牛顿把它放在三定律的最前面,更加突出了它在历史上的重要地位。

3 牛顿第一定律是其他定律建立的前提和基础

牛顿第一定律中包含的基本概念,奠定了经典力学的概念基础,从而使它处于理论系统中第一个原理的前提地位,这表现在:

3.1 为第二定律的建立奠定了理论基础

牛顿第一定律首先定性地描述了物体运动状态改变的原因是受到外力的作用,第二定律则定量地揭示了质点在力的作用下运动状态的改变,即获得加速度。在牛顿第一定律的基础上,牛顿第二定律才有可能给出了力 F 、质量 m 和加速度 a 三者之间的定量关系: $F = kma$ (式中比例系数 k 决定于力、质量和加速度的单位),从而给人类找到了一条精确的动力学规律。

3.2 科学地阐释了力的涵义

牛顿第一定律指出:所谓力就是使物体运动状态发生变化的能力,即力是改变物体运动状态的原因。牛顿第一定律告诉我们,物体受到外力

收稿日期:2015-04-08

作者简介:张立久,东北师范大学物理学院课程与教学论专业研究生。

的作用就会改变运动状态,而物体的运动状态变化必然存在加速度,即力的作用是物体获得加速度的原因。这样就不仅把力和加速度联系起来了,为牛顿第二定律奠定了基础,而且提出了力的本质是物体与物体之间的相互作用,为第三定律做了铺垫。

3.3 确定了研究的对象——质点

牛顿第一定律所指的物体指的是质点,即有质量但不存在体积或形状的点,它是物理学的一个理想化模型,也是牛顿第二定律的物质客体模型。牛顿第一定律里面谈到的物体指的是质点,也就是说,惯性是指质点的惯性,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。由牛顿第二定律可知,质点的惯性是用质量来量度的,质量大,惯性大。而转动物体的惯性是由转动惯量来量度的,转动惯量大,则惯性大。质量的大小是跟物体的形状无关,而转动惯量的大小跟物体的形状有关,二者要区分开来。

3.4 提出了惯性的概念

牛顿第一定律揭示了任何物体具有保持其原有运动状态不变的性质——惯性,而外力则是迫使物体运动状态改变的因素。因此,惯性和力是相互对立、相互排斥又相互依存的矛盾双方。一方面,外力作用迫使物体的运动状态要“变”;另一方面,物体本身具有的惯性又保持其原有的状态“不变”。它们矛盾着的两个方面共同作用物体的结果:既使物体的运动状态必然发生变化,又使得运动状态变化的快慢程度有一定的“节制”。

3.5 确定了研究的适用范围——惯性参考系

一个物体是运动的还是静止的,只能相对于参考系而言。研究动力学问题时,如果对参考系没有限制,就没有统一的运动规律和力学规律。牛顿第一定律尤为重要,它为整个力学体系选定了一种特殊的参考系——惯性参考系,牛顿第二、第三定律只有在惯性参考系下才成立。

朗道《场论》(主要是相对论电动力学)给出的定义:牛顿第一定律成立的参照系叫做惯性参考系,简称惯性系(原文直接说在这样的参考系中,一个不受相互作用的粒子将保持相对静止或匀速直线运动)。关于惯性系,要了解:

①不受相互作用的物体不存在,绝对静止的物体也不存在,由于宇宙中的引力不可避免,绝对的惯性系是不存在的,但近似的惯性系是始终

存在的。在实际应用中,总是根据需要选取近似的惯性系,比如,在研究地面上物体小范围内的运动时,地球是一个良好的惯性系。

②如果找到一个惯性系,就必然有无数多个惯性系,两个惯性系之间的相对速度必是常数。相对于一个惯性系,任何非惯性系必定呈加速度运动,所以,一个合外力是零的质点在任何惯性系内测量出的速度必定是常数,只有在合外力不为零的状况下,质点才会做加速运动。

3.6 提出了惯性质量的概念

在牛顿第一定律引出了惯性的概念,惯性的量度即为质量。实验表明,以同样大小的力作用到不同的物体上时,一般说来它们所获得的加速度是不同的。例如,用同样大小的力推动一辆空车和一辆载重车时,空车获得的加速度要比载重车获得的加速度大。这就说明,在外加力的作用下,物体所获得的加速度不仅与力有关,而且还与物体本身的某种特性有关。这个特性就是惯性。在同样大小的力的作用下,空车获得的加速度大,就表明它维持原有运动状态的能力小,即惯性小;载重车获得的加速度小,就表明它维持原有运动状态的能力大,即惯性大。在物理学中,就引入惯性质量这样一个物理量来表示物体惯性的大小。当然,这里所说的“物体”仍应理解为是指质点。所以可以说,惯性质量是物体被当做质点时其惯性大小的量度,也可以说,惯性质量是物体平动时惯性大小的量度。

4 “受力”物体运动的规律不能包括“不受力”物体运动的规律

$F_{\text{合}}=0$ 不是“不受力”,而是在“受力”的前提下合外力为零,虽然与“不受力”时运动状态相同,但此时 $a=0$ 不是第一定律的惯性运动。首先,第一定律必有“不受力”的前提条件,它的运动状态的决定因素只是物体的惯性,而牛顿第二定律所描述的物体的运动状态,是由物体的惯性和力共同作用的结果;其次,第二定律是建立在物体“受力”下真实实验的基础上的,因此由它不能逻辑地推断 F 趋近于 0 时的理想极限情况下的运动。物体不受力时的加速度如何,只能靠理想实验说明。第一和第二定律有不同的实验基础,真实实验不能包括理想实验。

5 结 语

由此可见,牛顿第一定律不仅具有重要的地位,而且也是牛顿经典力学的基(下转第 63 页)

程中发现电磁继电器的触点经常接触不良,后来换成如图2的新型电磁继电器,接触不良的问题就解决了。

2)水位报警器中,最先演示的是利用铁条来定位盐水,后来发现铁条很容易被盐水腐蚀,于是请教了很多老师,最后利用碳芯代替铁条就不会被盐水腐蚀了。

3)温度报警器原先是用日光灯管启辉器的双金属片,在使用过程中发现温度报警器不够灵敏,想办法改良一下。经过上网查阅资料发现,有一种叫热敏电阻如图3,温度稍稍升高,电阻变小,电流变大,电磁继电器就产生磁场,电磁铁把衔铁吸住,红灯就亮,蜂鸣器就响,温度报警器就很灵敏了。

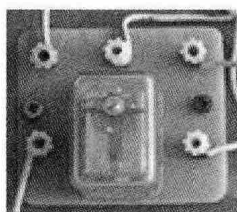


图2 电磁继电器



图3 热敏电阻

4.2 测试电路性能

如图4,控制电路接通时,电磁铁产生磁场,电磁铁把衔铁吸住,工作电路接通,红色小灯泡

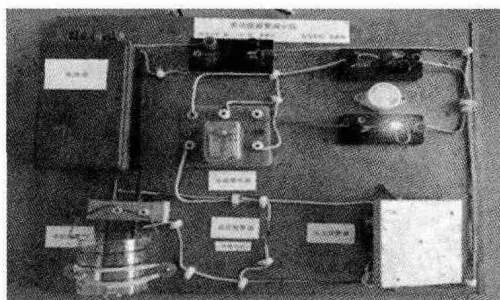


图4 实验装置图

亮,控制电路断开时,电磁铁没有磁场,弹簧把衔铁拉起,工作电路断开,绿色小灯泡亮,容易观察到实验现象,效果明显,学生非常感兴趣。

5 创新点

1)设计了一套综合演示仪,能把水位报警器、温度报警器和压力报警器三个实验的仪器,都安装在一块电路板上,体现作品功能综合性强的特点。

2)本教具把控制电路中的开关设计成水位报警器、温度报警器和压力报警器的并联电路开关,起到控制绿色LED小灯泡、红色LED小灯泡和蜂鸣器的作用。本教具通过演示,学生很容易理解哪部分是控制电路,哪部分是工作电路。直接解决了学生对其工作电路、控制电路往往容易混淆的教学难点。

3)本教具采用轻小的绿色LED小灯泡、红色LED小灯泡和蜂鸣器,能很好地吸引学生的视觉和听觉,增强学生学习物理的兴趣,从而更好地实现“情感、态度和价值观”的教学目标。

4)本教具观测舒适、材料平常易得、制作简单、性能稳定、携带方便,能节省教师课题教学上的时间,提高教学效率。

6 结论

本演示仪充分体现作品功能的综合性强的特点,可以在课堂上生动形象和直观地演示各种真实的报警器,吸引学生的注意力,增强学生学习物理的兴趣,携带方便,课题演示效果明显,学生更容易理解。

参考文献:

- [1]郭卫东.低成本物理实验的巧妙设计与应用[J].物理教学探讨,2012,(7):1.
- [2]李合同.小小易拉罐就地取材做实验[J].物理教学探讨,2012,(2):61.

(栏目编辑 王柏庐)

(上接第61页)础,它不能包含在第二定律中,更无法由第二定律推导得出。那种认为“牛顿第一定律是牛顿第二定律的特例”,甚至认为牛顿第一定律是可有可无的想法,显然是错误的。

参考文献:

- [1]刘胜海.论牛顿三定律的关系[J].六盘水师范高等专科学校学报,2009,(6):19.
- [2]李忠.牛顿第一定律在经典力学理论系统中的重要地位[J].物理教师,1995,(4):5.

(栏目编辑 王柏庐)