

漫谈直接检验和间接检验

朱海星

(扬州师范学校 江苏 225002)

物理学理论的确定,有些是从大量的实验或自然现象中直接归纳出来的;有些是在一定的实验或实践的基础上提出新的理论模型,然后再用实验证实;还有些是通过理论演绎出新的理论,然后再用实验验证.不管是通过哪一种途径,都离不开实验的验证.

用实验检验或验证理论的方法包括定性的和定量的两个方面,通常又分为直接检验和间接检验两种类型.

科学家的实验与学生的实验,从探索求知的角度,二者是平等的.在教学中,不仅要让学生了解科学家的研究方法和实验方法,还应有意识地创造出探索的氛围.本文结合教学中的一些体会,来讨论直接实验及间接实验和二者应用中的一些注意点.

一、直接检验

1887年赫兹的电磁波实验是一个定性的直接检验实验.赫兹在屋内的一角用直径为3厘米、长26厘米的黄铜柱体,正中予以断开作为一个火花隙的放电极,用感应圈激发放电.在屋内的另一角,用一个1毫米粗的铜丝绕成直径为7.5厘米、近于封闭但留有可调小隙的圆环作接收器.当感应圈放电时,接收器接收到了火花,这就证明了麦克斯韦关于电磁波存在的预言.

直接检验的实验,不仅是科学研究中沿用的方法,对学生理解基本概念和规律,也有重要的作用.例如,证明在一定的测量精度水平上动量守恒定律是否成立,通常是在保持合外力为零,或者在同系统内的力相比之下外力可以略去的条件下做两个物体碰撞的实验.以下两个有趣的问题,通过实验演示比单纯做题目要有效得多.

将一辆原先静止的小车在另一辆停在光滑水平面上的车上运动,造成后者向后运动.而

当小车从一个较高的台阶上冲上大车时,大车就与小车相同方向运动或同速同向运动.两种现象都可以用实验演示.笔者曾在评讲1998年物理高考试卷时,将其中若干题目结合实验介绍,使学生很快理解了这些概念和物理现象,比单纯讲解效率高得多.

元素光谱的介绍是理解玻尔理论的基础.纸上谈兵也许学生照样能理解,但显然不如直接实验观察更好.还有一种观点,认为放录像或计算机模拟就可以了,这同样降低了直接实验检验的价值.笔者在组织学生用分光镜观察氢气光谱时,即使条件差,只有一套仪器,学生一个一个轮流上讲台看,也只用十多分钟,与多媒体辅助结合得很好,使概念教学中效率高多了.如果再分组实验,要求学生换用几种气体观察相应光谱,效果会更好.实践表明,那些由直接实验得出的物理规律,在教学中就应尽量能用直接实验来教学.

二、间接检验

观察氢光谱的实验对于验证元素的线状光谱是直接检验,但对于检验玻尔的氢原子结构模型却是间接检验.即用实验去检验理论的推论,这就是间接检验的方法.这是用实验检验理论的普遍方法,特别是对那些从理论上就预言不能稳定地存在,或者是目前的测量技术还不能捕捉到的东西等等.

W^{+-} 粒子和 Z^0 粒子的发现,是用实验间接验证理论的又一个例子.格拉肖、萨拉姆和温伯格提出的弱电统一理论,预言存在 W^{+-} 粒子和 Z^0 粒子以传递物质粒子之间的弱相互作用.1983年1月和6月欧洲核子研究中心报道,在超同步质子加速器(SPS)上发现了这两类粒子.

W^{+-} 粒子和 Z^0 粒子的寿命极短,不可能被探测器直接探测到,而是通过严格选择的条件,

观测和分析它们的衰变产物而确定的。对于发现这些粒子来说,是间接的。

在基础物理教学中,间接检验也是常见的教学方法。例如间接检验刚体绕固体轴的转动定理的实验和测量摩擦力的实验。

小学《自然》教材第十册有一课《怎样测量太阳的高度》,首先在表达太阳的高度上,是用太阳与地平线的夹角的间接表示。这与人造地球卫星的高度表示不同。然后在测量方法上,是间接测量地面物体的影子。如果一个老师不能用实验理论指导教学,就难以抓住教材的重点:怎样测量。而是纠缠在要学生知道什么是太阳的高度,忽视间接测量这一科学方法的介绍。如果教师能了解间接表示及间接测量的思想,至少可以比较卫星的高度和太阳的高度表示方法的不同。

卫星的高度用离地面的距离表示,有下列几个原因:卫星离地面近;卫星视角变化快(同步卫星则不变);卫星相对地球很小,地球大小则不能忽略;在地球不同位置,卫星与地平面的夹角变化太大。这些与太阳的特点正好相反。太阳距离地面与距离地心可以认为近似相等,

即高度等于轨道半径。

三、间接检验的潜在危险

间接实验结果只能说明实验事实与其理论前提不矛盾,而不能证明理论一定是正确的,甚至可能导致错误的结论。

有时候,实验现象或实验结果只是表面上正确,不能反映实质。例如,热传递的表面现象曾导致“热质说”的理论。

间接检验必须满足推论中的所有物理条件。有时,有的条件未被满足,或者未被考虑到,就会使所得实验结果导致错误的推论。例如,19世纪末期研究阴极射线,赫兹曾做过一些实验,将小磁针悬挂在有阴极射线的真空管内,指示电流的大小和方向,得到阴极射线与电流方向不重合的结论;他又在阴极射线的路径上加上一个垂直的电场,没有看到射线造成的荧屏图形的变化,由此他得出了阴极射线不是带电粒子的结论。这一错误是因为实验没有保持应有的真空度的缘故。

因此,许多理论有了间接验证后,还在进一步寻求直接验证。因为直接验证没有中间环节,能直截了当地用事实来说明问题。

英国研究出复合材料

加工新方法

据《科技日报》报道

英国沃里克大学科学家宣

布研制出一种新方法,它能将玻璃纤维增强型复合材料加工成常规手段难以制造的各种复杂形状。

轻便的玻璃纤维增强型复合材料用途广泛,但由于这类材料往往由很多不同性能的成分组成,加工起来有一定难度。其中,如何更好地把复合材料制成复杂形状,一直是复合材料应用中的一大难题。

沃里克大学介绍说,该校戈登·史密斯博士研究出的新方法,主要通过两方面的改进,显著提高了玻璃纤维增强型复合材料的加工成形性。一是在复合材料干固过程中,利用紫外线光照加热代替直接加热。由纤维和液态树脂等

成分组成的复合材料,一般需要在加热的铸模中通过拉伸才能加工成所需形状。铸模可帮助材料成形,而加热处理则主要用来对材料进行干固。史密斯博士研究后发现,利用紫外线代替直接加热后,复合材料可加工出的形状会大大增加,能加工出常规方法生产不出来的一些新形状。新方法另一改进之处是采用了由计算机控制的工业机器人来控制紫外线加热过程,以提高复合材料的性能。研究发现,在加热阶段利用工业机器人对材料进行搓捻处理,最终制成的复合材料强度会得到提高。

据介绍,复合材料利用新方法可加工成一些异常复杂的形状,譬如说不用连接头的复合材料窗框等。而复合材料加工成形性的提高,意味着其适用面将进一步拓广。科学家指出,将来有可能利用太阳辐射中的紫外线,采用同样的原理在太空中加工复合材料。