

假说在物理学发展中的作用

刘云松

(聊城教育学院物理系 山东 252000)

物理学研究的任务在于揭示事物的物理本质或物理规律,建立科学的物理理论.客观事物的运动和相互联系是错综复杂的,而人们的认识又有很大的局限性.因此,人们的认识总是由初步的、探索性的猜测,逐步提高到对事物本质的认识.在这个认识不断深化的过程中,物理假说是非常重要的一种认识形式.物理假说是人们根据已知的物理理论或科学事实,对未知事物及其规律性所作的假定性解释.它往往预言可能出现的某种物理现象或规律性,成为新的科学体系的先导.它对物理学理论的形成、发展以及物理实验都起着非常重要的作用.

一、物理假说是物理理论诞生的前奏

恩格斯在《自然辩证法》一书札记中指出:“只要自然科学在思维着,它的发展形式就是假说.一个新的事实被观察到了,它使得过去用来说明和它同类的事实的方式不中用了,从这一瞬间起,就需要新的说明方式了——它最初仅仅是以有限数量的事实和观察为基础,进一步的观察材料会使这些假说纯化,取消一些,修正一些,直到最后纯粹地构成定律.”恩格斯的这些论述揭示了假说在自然科学研究中的地位和作用,分析了一些假说形成的过程,以及它怎样转化为科学定律.的确,物理学理论的形成往往经过这样的步骤:先在自然界中,生产过程中或科学实验中观察到一些事实.为了要了解这些事实,就对观察到的现象进行分析,参考已有的科学知识,提出一个粗糙的假说.如果这个假说能够简单地说明观察到的事实,或甚至与进一步的实验符合,这个假说有可能成为新的理论体系的基石,就可以从这个假说出发推究比较深入的理论.从这样发展的理论又可以推测其它情况下的实验结果,于是再进行实验,

实验的结果可能证实理论的正确性,假说就发展为理论.如果实验的结果与理论不符,就要考虑放弃或修改假说.就需要提出新的假说,直至较完满地解释事实.本世纪初量子论的诞生是一个极好的例证.

众所周知,到19世纪末,经典物理学已经建立起了完整的理论.这就是以牛顿三定律和万有引力定律为基础的经典力学;以麦克斯韦方程组和洛仑兹公式表述的电磁场理论;而对于热现象则有以热力学三大定律为基础的宏观理论,又有用统计物理学所描写的微观理论.因此到19世纪末,不少物理学家认为,物理学理论的骨架已经完成,今后的工作只不过是扩大这些理论的应用范围以及提高实验的精确度.正如开尔文所说:“19世纪已将物理大厦全部建成,今后物理学家的任务就是修饰、完美这所大厦了”.不过在物理学的天边,还有两朵小小的令人不安的乌云,一朵是热辐射的“紫外灾难”,另一朵是迈克尔逊-莫雷实验.它们连同19世纪末电子的发现、放射性的发现、光电效应、原子光谱线系等一起酿成物理学的一场伟大的革命风暴,最终导致了量子理论和相对论的建立.

为了解释黑体辐射现象,1900年12月24日,普朗克在德国物理学会的会议上提出了量子假说:电磁辐射的能量交换只能是量子化的,即 $E = nh\nu, n = 1, 2, 3, \dots$,这里的 h 后来称为普朗克常数.普朗克根据这一假说,完全解释了黑体辐射的规律,并得出了与实验结果符合的黑体辐射公式.由于能量子的假说同经典理论严重背离,因此在普朗克公式正式提出后的五年之中,没有人对其加以理会.直到1905年,具有深刻洞察力的爱因斯坦看到了普

朗克假说的重要性。他从普朗克的能量子假说中得到了重要启发,进一步发展了能量子假说,提出了光量子理论。认为光是由光子组成的粒子流,每个光子具有的能量为 $E = h\nu$ 。爱因斯坦根据光量子理论成功地解释了光电效应。光量子理论显示了光不仅具有波动性,而且又具有粒子性,即光具有波粒二象性。光的粒子性被康普顿效应所证实。

为了克服经典理论在原子结构和原子辐射问题上的困难,玻尔在原子有核模型的基础上,创造性地把普朗克-爱因斯坦的量子化引入原子内部,于1913年大胆地提出了稳定态及量子跃迁两条基本假设。建立了氢原子的玻尔理论,成功地解释了氢原子光谱的规律。定态假设被夫兰克-赫兹实验所证实。

玻尔理论虽然突破了经典理论的框架,但它在处理原子问题时,并没有从根本上抛弃经典理论。他仍将电子看成是经典粒子,具有轨道的概念等等。实质上,玻尔理论只不过是以前经典物理为基础,加上了一些量子化条件限制。正因为如此,玻尔理论所能解释的原子现象是有限的,它对诸如谱线强度、多电子等问题则无能为力,其理论本身是自相矛盾的。在这种情况下,人们迫切希望找到一种既能统一地、普遍地解释微观世界的物理现象,而本身又是协调的新理论。量子力学就是在这样的历史背景下建立和发展起来的。这个理论开始也是以假说的形式提出来的。在光的波粒二象性的启示下,1924年,德布罗意提出了一切微观粒子都具有波粒二象性的物质波的假说。不久之后这一假说被戴维孙-革末的电子衍射实验所证实。薛定谔在爱因斯坦建议下,对德布罗意的假说进行了仔细研究,终于在1926年提出了薛定谔方程。薛定谔方程的提出,标志着波动力学,即量子力学的建立。量子力学的建立,是20世纪物理学发展史上一次重大的革命,它极大地改变了人们旧有的物理观念,使人们对物质世界的认识前进了一大步。量子力学在解释原子、分子、固体以及原子核的性质等方面取得了极大的成功,从而成为人们研究微观现象和物质

结构问题的一个强有力的理论。它不仅是物理学的基本理论之一,还促进了其它学科的发展,例如,量子化学和量子电动力学,就是在它的推动下建立和发展起来的。

从普朗克的能量子假说,经过爱因斯坦光量子理论到玻尔的原子结构理论,最后到量子力学的建立,充分体现了假说在物理学理论的建立中的重要作用。

二、对物理假说的争论是物理学发展的动力

普朗克曾经说过:“在科学史中,一个新概念从来都不会是一开头就以其完整的最后形式出现,象古希腊神话雅典娜一下子从宙斯的头里跳出来那样。”的确,物理学的基本理论是在许多物理学家研究和论争的基础上,经过千锤百炼才逐渐形成的。在物理学研究中,不同假说之间的争论从来没有停止过。对同一物理问题,在研究初期往往同时存在多种不同的假说。这是由客观事物的复杂性和研究者看问题的角度不同、思想方法不同决定的。它必然导致研究者之间的争论,并由此促使研究者千方百计从物理学理论和实践方面寻找根据,不断充实自己的假说,寻求解决问题的真缔。因此,不同假说的争论,使人们能够从更广泛的领域、更多方面、更深刻地揭示物质运动的本质,加速物理学发展的进程。例如,贯穿物理学发展的整个历史过程的关于光的本性的假说的争论,就是一个生动的例子。

早在17世纪,物理界就开始了对光的本性问题的讨论,并逐渐形成了关于光的本性的两种学说——微粒说与波动说。荷兰物理学家惠更斯是波动说的主要代表,大名鼎鼎的牛顿则是微粒说的创始人。两种学说均可解释光的反射与折射现象。但争论的焦点在于:对折射现象的分析得出了绝然相反的结论。微粒说得出密媒质中的光速大于疏媒质中的光速,而波动说则得出密媒质中的光速小于疏媒质中的光速。由于当时实验条件的限制,无法在实验室中测定光速来进行判断,以致两派之争持续了几个世纪之久。由于牛顿的威望,在整个18

世纪,微粒说占据着统治地位。

但是,1801年,英国学者托马斯·杨首次成功地进行了光的双缝干涉实验,并对薄膜干涉现象作出了合理的解释。1808年,马吕斯偶然发现光在两种介质界面上反射时的偏振现象。1816—1818年期间,菲涅尔和他的积极支持者阿拉果在共同实验中,发现相互垂直的偏振光不相干涉的现象,最终证实了光是横波。这些实验事实,使波动说重新受到人们的重视。1849年菲索和1862年傅科相继在实验室中测定了水中的光速,证实了水(密媒质)中的光速小于空气(疏媒质)中的光速,由此波动说得到了判决性的实验确证。因此19世纪前半叶,波动说在关于光的本性的争论中,上升为统治地位。

但是波动理论是把光看成连续介质中的机械性振动,这就必须假设存在一种传递振动的“以太”媒质。因为光速很大,故“以太”的弹性很大而密度却要极小。但是“以太”媒质的存在始终没有得到实验的证实。

1845年,法拉第发现了偏振光的振动面在磁场中会发生旋转现象,揭示了光和电磁之间的内在联系。1865年,麦克斯韦创立了电磁场理论,推算了电磁波在真空中是以光速传播的。于是他大胆断言,光是一种波长极短的电磁波。到了1888年,赫兹用实验证实了电磁波的存在,建立了光的电磁理论。从而使光的波动说摆脱了机械波观点的桎梏,从菲涅尔等人的弹性以太中的波动说解放出来,走上了一个新的阶段,这是人类对光的本性的认识的又一次深化。

19世纪风行于物理学界的光的波动说在光电效应中遇到了无法逾越的障碍。1905年,爱因斯坦提出了光量子假说,圆满地解释了光电效应。因此光的粒子说又以新的形式复活了。但是爱因斯坦的光量子说不是简单地回到牛顿的粒子说,而是认为粒子说和波动说各自反映了光本性的一个侧面:对于统计的平均现象,光表现为波动;对于瞬时涨落现象,光表现为粒子。这是人类第一次揭示了微观客体的波动性

和粒子性的对立统一,即波粒二象性。人们从粒子说和波动说的争论开始到波粒二象性理论的建立,是认识上的伟大飞跃。这个过程的一系列重大的研究和发现,很多都直接或间接地来源于粒子说和波动说的争论。

纵观在光的本性问题探讨中争论的史实,我们看到,不同学派的争论,使物理学理论的发展呈现出生机勃勃的景象。争论是物理学发展的内部动因,在争论中,各派都有自己的杰出代表,他们都有独到的见解、风格和思想。通过争论,使各种思想得以广泛的传播,而相互诘难又促进了各种学术思想的交流。正是这些争论才构成了一部波澜壮阔的物理学发展史。

三、物理假说对物理实验研究的导向作用

物理假说能否成为理论,最终还是以实验来验证。一个物理假说形成之后,接着而来的是根据假说的要求设计实验。而验证这些假说的实验往往是物理学发展中十分重要的、关键性的实验。

例如,1956年李政道、杨振宁针对所谓 $\theta-\tau$ 之谜,提出了弱相互作用下宇称不守恒, θ 和 τ 是同一种粒子的假说。同时,他们认为可以用 β 衰变等实验检验这种推断是否正确。这些实验原理都一样:安排两套实验装置,它们互为镜像且包含弱相互作用,然后检查这两套装置仪表上的读数是否总是相同。如果读数不同,就证明左右对称不成立。1956年底,著名的美籍华裔女物理学家吴健雄教授等人根据杨振宁、李政道的建议,在华盛顿国家标准局低温实验室做了一个难度极大的极化 ^{60}Co 的 β 衰变实验。首次证实了杨振宁、李政道的预言。不久,加温等人测量了 $\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} \rightarrow e^{\pm}$ 衰变中放出电子的角分布,发现在这些弱作用衰变中宇称也不守恒,再次证实了杨振宁、李政道的假说。于是,弱相互作用下宇称不守恒得到确认。

综上所述,物理假说在物理学理论的形成、发展中起着桥梁作用;在物理学的研究及物理实验中起着定向作用。可以相信,随着物理学的深入发展,还会出现更多的新的物理假说。