

想象在物理学理论发展中的作用

何凤升

(南通师范专科学校 江苏 226007)



想象是人们
在客观事物的影
响下,对头脑中
原有表象进行加

工改造并产生新表象的一种心理过程.它以表象为基础,但绝不是表象的简单再现,而是借助于表象进行创造性思维,开阔思路,提高认识水平,求得问题的解决.所以,想象是一种高级的、复杂的、创造性的认识活动.从物理学角度讲,想象就是针对自然界中纷繁复杂的物理现象,把头脑中储存的物理知识加以综合再现,冲破权威和偏见的束缚以及传统思维方式和习惯的羁绊,在客观事实的基础上,创造性地提出新见解、新概念,探求事物的本质和规律,以达到认识上的飞跃.

爱因斯坦对想象的重要作用作了高度概括,他说:“想象力比知识还重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界上的一切,推动着进步,并且是知识进化的源泉.”通过想象,人们探索物理世界奥秘的主动性得到激励,使得物理学知识体系得到补充和扩展,并进一步作出科学的预见,推动物理学理论的发展.

一、想象在物理学理论发展中的激励作用

物理学研究是一项艰苦复杂的脑力劳动,在物理学理论的建立和发展过程中,想象力作为激励物理学工作者战胜困难、取得成功的重要心理源泉,打开了人们在奇妙无穷的物理世界中遨游的通道.想象振奋情绪,使人们对研究对象产生浓厚的兴趣,形成一种心理激励力量,激发起强烈的求知欲望和创造力,成为探索求知的动力,从而也就成为物理学理论发展的动力.贝弗里奇说:“想象力之所以重要,不仅在于引导我们发现新的事实,而且激发我们作

出新的努力,因为这使我们看到可能产生的后果.”想象力激发人们智力水平的充分发挥,使人们的智力活动打破时间与空间的限制,开阔视野,展示出前所未有的新的物理图景.

英国物理学家廷德尔说:“有了精确的实验和观测作为研究的依据,想象力便成为自然科学理论的设计师.”英国化学家普里斯特利曾对想象力的作用作过评价,他说:“最有发明才干的……是这样的人,他们充分发挥自己奔放的想象,在风马牛不相及的概念之间寻找联系.即使这些对疏远的概念进行的比较是约略的、不现实的,它们也还是会给别人作出重大发现提供幸运的机会,而审慎、迟钝且又胆怯的智者对这种发现甚至都不敢去想.”这是对想象激励作用的高度概括.

回顾人们对电子波粒二象性本质的认识过程,对说明物理学理论发展中想象的激励作用,将提供一个很好的例证.在物理学理论的发展过程中,人们的认识常常要受到经典理论的束缚和影响.对电子波粒二象性本质的认识当然也不例外.在物质波的概念提出以后,关于电子究竟是粒子还是波动以及粒子性和波动性的实际含义等一系列问题就不可避免地摆到了物理学工作者的面前.受经典概念的影响,人们最先用物质波包来描述电子的行为,它对问题的某些方面的解释是成功的,但却无法解释由于波包扩散带来的矛盾.而且若把电子想象成物质波包,那将与电子衍射实验的结果相抵触.显然,把电子想象成物质波包引出了与实验事实相违背的结论,它夸大了波动性,而实际上抹杀了粒子性.所以,用物质波包来描述电子是片面的.想象虽然得到了负结果,但在心理上已经形成了一种激励.富于想象又善于想象且

勇于创新的物理学工作者不会满足于上述结果而必定要追根寻源:既然用物质波包描述电子是片面的,那么若将电子的粒子性结合到波动性解释中来,是否就能全面看问题呢?于是,人们把电子的波动性想象成大量电子分布于空间而形成的疏密波.这似乎应该是全面的认识,因为它既反映了波动性,又考虑了粒子性.然而,实验证实:单个电子也具有波动性!稍加分析便可发现,这种看法夸大了粒子性而实际上抹杀了波动性.显然,希望寻求矛盾症结的心理又产生了激励,并引导人们辩证地进行思考.从经典理论角度看,电子的波动性与粒子性是尖锐对立的,如果不发挥大胆的想象力,挣脱经典理论的束缚,把这两种特性有机地联系起来,正确的概念是不可能建立的.事实上,在经典理论的范围内,无论是以波动的观点还是以粒子的观点描述电子的行为,都只能是部分地与事实一致,而不可能完全自治.这就给我们启示,不能为表面现象所迷惑而机械地拼凑概念,要善于透过现象看本质,抓住主要矛盾.严密地分析论证告诉我们:电子所呈现的波动性是指波的相干叠加的性质,而电子的粒子性是指电子的“原子性”,它既不是经典的波也不是经典的粒子,但它既有波动性又具有粒子性,这就是电子的波粒二象性的本质.问题的解决再次产生激励,想象进入了理想境界.于是,“忽有所悟,茅塞顿开.”在此基础上,人们进一步创造性地提出了几率波的概念,并用“电子云”、“几率分布”等概念描述电子的行为,建立了合理的、自治的物理图象.显而易见,人们对电子波粒二象性本质的正确认识的形成是与想象及其激励作用分不开的.而在认识过程中,想象的激励作用得到了生动的体现,同时,想象的激励也使想象本身得到完善,从而使人们对物理学基本问题的认识产生飞跃,推动了物理学理论的发展.

二、想象在物理学理论发展中的补充作用

想象是物理学研究中十分重要的思维活动.物理学理论的发展过程就是人们对物理世界的认识不断深化,物理学知识不断积累扩充

的过程.物理学产生和发展的一个主要特征是新概念不断被提出.然而,人们已经掌握的物理学知识不可能直接为新要领的提出指明现成的逻辑途径.在物理学研究中,一般总是根据观察、实验所得到的现象和数据,对研究对象进行形象化的构思,进而将构思具体化,在头脑中构成物理图象和模型.然而,常常有一些空间上遥远和时间上久远的问题,使人们无法通过观察、实验直接感知,这就造成了感知活动的局限性,严重妨碍物理概念的建立和理论的发展.在这种情况下,想象便成为最有效的手段,这就是想象的补充作用.而且,它不仅是人们认识物理世界的方法上的补充,同时也是对物理学理论的补充和使其发展的推动力量.电磁场概念的提出就是这种想象补充作用的极其生动的例证.

著名物理学家法拉第在实验与观察中发现,放置于形状各异的磁铁附近的铁屑均为线状分布.同时,他发现置于小磁体周围的小磁针的走向具有类似的规律性.法拉第凭借着他那丰富的、惊人的想象力,对电磁相互作用的物理图景作出了生动而又直观的描述.他想象,即便不存在铁屑,磁铁周围的空间也存在着某种线,他又在发现电磁感应的基础上,从他坚信电磁现象统一性及物理图象统一性的观点出发,依据电与磁的本质联系,想象出电荷周围的空间也分布有某种线的物理图象.借助于想象的补充,他建立了看不见摸不着的“磁力线”和“电力线”的物理模型,用这两种力线形象地描述了电荷与磁铁周围空间中电磁力的大小、方向及变化趋势,并进一步想象出“电力”、“磁力”在其“力场”中作用的情景,最终提出了电场和磁场的概念.他把电磁场与流体场作类比,用“力线”、“力管”构成电磁场,并赋予电力线和磁力线一定的机械性质,解释了同性相斥、异性相吸等基本电磁现象;他还利用磁力线和电力线的几何图形形象地表示了电场和磁场的状况.在此基础上,他断言:电磁相互作用不是牛顿的“超距作用”,而是本质上存在的电磁场的空间属性的表现.从此,“超距作用”的观点逐渐衰

败, 近距作用得到确认. 法拉第的力线和场的概念的建立对电磁学理论的发展以及整个物理学理论的发展都有着巨大的影响(虽然法拉第的力线概念并不完全反映场的本质), 场的概念的提出和力线模型的建立, 的确是人们对电磁场本质认识上的飞跃, 是人们对电磁作用本质、对物质存在形式认识上的补充, 对当时的传统观念是一个重大突破. 场是一抽象概念, 它是看不见摸不着的, 只能通过想象去把握, 以补充人们感知方式的局限. 爱因斯坦曾说, 场的行为必须用大胆的科学想象力才能完全领会. 建立场的概念的思维过程充分说明, 场的概念的建立是创造性想象的结果.

在物理学研究中, 模型集中了创造性思维的精华, 在新概念、新理论的建立中起着重要作用, 而想象正是物理学家建立模型的主要思维方式, 其结果也是对人们认识的补充. 60年代我国物理学工作者提出物质结构的层子模型的过程有力地证明了这一点. 当时, 一系列的实验事实表明: “基本粒子”并不基本, 其内部存在着某种结构, 这就激励着物理学工作者去研究探索, 从而能在理论上解释实验中碰到的各种问题和矛盾, 实现认识上的飞跃, 求得知识上的扩充和理论上的重大突破. 于是, 人们尝试着引入对基本粒子内部结构的某种具体的描述. 但是, 在当时实验证据相当不足条件下, 对基本粒子的内部结构想象得很具体、描述得很细致, 似乎缺乏必要的基础, 是不切实际的. 然而, 如果只是停留在对现象的观察上, 而不能透过现象看本质, 那将永远也得出关于基本粒子内部结构的任何构想, 也就无法解释实验中的问题和矛盾, 物理学也就无法向前发展. 在这种情况下, 要求得问题的解决, 要使人们的认识突破感知方式的局限, 想象就成为必不可少的, 甚至是唯一有效的方法和手段. 所以, 必须通过丰富的想象, 大胆引进关于基本粒子内部结构的描述. 在这种思想指导下, 通过建立在实验基础上的合理想象提出了层子模型, 把原有的认识范围扩展到基本粒子内部.

综上所述, 物理学新概念的提出以及理论

的形成和发展, 需要借助于丰富的想象力, 理解抽象的物理学概念更需要有丰富的想象力. 丰富的想象力, 产生丰富的知识, 可以补充人们认识物理世界的方式、范围的不足, 纵观物理学发展的历史, “黑洞”、“物质波”、“相对论”等概念和理论的建立, 都是丰富想象力补充作用的结晶. 想象力是物理学理论的设计师.

三、想象在物理学理论发展中的预见作用

人类认识世界的一个重要特点就是具有预见性, 或者说人能实现对现实的超前反映, 而这种超前反映在很大程度上依赖于想象力的作用. 关于这一点, 近代物理学发展的史实提供了强有力的证据.

预言是想象的表达形式, 是想象的产物. 物理学研究常常通过观察实验, 获得数据和事实, 这时, 人们的认识还处于感性认识阶段. 由于研究对象的复杂性和实验手段、认识水平的限制, 人们认识的发展要经历由表及里, 由此及彼的逐步深化的过程. 在由感性认识向理性认识飞跃的过程中, 预言成为实现飞跃的阶梯, 借助想象, 预言就能冲破有限的物理事实的局限, 而导致物理学的新发现. 没有想象的预见作用, 没有想象超越事实的功能, 就产生不了物理学预言. 正如牛顿所说: “没有大胆的猜测, 就作不出伟大的发现.” 物理学工作者正是借助想象的预见作用, 借助想象超越事实才建立起物理学理论. 赫胥黎指出: “人们普遍有种错觉, 以为科学研究者作结论和概括不应当超出观察到的事实……. 但是, 大凡实际接触过科学研究的人都知道, 不肯超越事实的人很少会有成就.”

近代物理学研究的重要特色是先由现有理论预言某些事件, 提出崭新的见解, 提出物质世界暂时不存在的物理学概念, 然后再由实验来验证, 形成超过当时智力水平的划时代的发现. 而在作出预言的努力中, 想象起着重要作用, 想象力是提出科学预言, 推动物理学发展的心理源泉. 借助于丰富的想象, 可以把头脑中捕捉到的模糊想法转化为清晰的、具体的、形象的、超越时代的命题和概念, 这也就是想象的预见

作用.他通过对经验事实的分析,运用创造性思维的方法,达到了高度的科学抽象,取得了具有划时代意义的重大突破.爱因斯坦在创立相对论的过程中,理想实验起了关键作用,而理想实验只有依靠想象,才能得以预见,这正是想象能起预见作用的生动体现.

爱因斯坦在创立了狭义相对论以后,又以更丰富的想象和更严密的逻辑推理,创立了广义相对论,并大胆运用想象的方法,在提出理想实验的基础上,作出了两个预言.第一,爱因斯坦断言,引力场对原子的振动有减慢作用,并指出,这一预言可从光谱线向长波区的移动(即爱因斯坦红移)得到证实.后来,人们在对白矮星光谱的观察中发现了光谱线的移动,预言得到了证实.第二个预言是,在引力场的作用下,光线将会弯曲,他还推算出了一束正好掠过太阳表面的光线在引力场的作用下偏离直线路径的程度.并进一步设想,若能在日蚀时观测一颗恰好处于太阳边缘后面的恒星,并且把所观测到的恒星位置与没有太阳影响时这颗恒星在星空背景上的位置相比较,那就可以看出光线偏离直线路径的程度了.这一预言为1919年美国科学家的观测结果所证实.事实又一次使想象成为现实,建立在想象基础之上的理想实验极其生动地得到了实现.同时,想象的预见作用也得到充分发挥.

物理学理论是对客观世界运动规律及事物本质的科学抽象,事物的本质常常被掩盖,但事物本质又总要表现为现象,这就给想象提供了可能性和必要性.要在物理学研究中透过现象看本质,就必须运用原有的物理学知识,通过想象,纯化现象,构成客观事物的物理图景,进一步建立反映客观事物本质的概念和规律,推动物理学理论的发展.事实说明,想象力越丰富、越强烈,思想就越活跃,所描绘的物理图景就越清晰、越生动;想象力越有主动性,越富于创造性,就越能按照正确的方向引导人们探索物理世界的奥秘.

想象作为一种心理活动,作为自然科学研究的基本方法,在物理学理论的建立和发展中起到了相当重要的作用,对它从物理学方法论的角度进行研讨,是具有现实意义的.人类社会将进入21世纪,科学技术的发展异常迅猛,而物理学对客观事物本质的认识将更加趋于成熟和完备,理论将会超前于实践,显示出强烈的预见性,而想象及其他物理学研究的基本方法将会更趋于完善.所以,为了适应时代发展的新形势,有必要建立物理学科新思维,要面向未来,不畏艰险,勇于探索,抛弃那些陈旧过时的思维方式和方法,建立起一套崭新的、反映物理学发展新特点的、更加科学的思维方式和方法,以取得物理学理论的重大突破.

推荐优秀教材《广义相对论》

冯麟保教授等(冯麟保、刘雪成、刘明成)合写的《广义相对论》一书,取材适当,既简明扼要又相当全面,并且易于阅读,突显了教学经验丰富的大学老师在科研工作基础上写书的特色.全书以大约一半的篇幅介绍基本的数学工具和广义相对论的核心部分,另一半用于介绍专门属于广义相对论的几个重要论题:引力波、黑洞、宇宙学.这样的书对于打算在广义相对论方向起步的年青人是不可多得的良好良师益友.学好本书可以为往后阅读专门书刊打下基础.即使对于只是打算一般了解广义相对论的读者,由于本书的数学推演简明,又相当侧重物理概念,因此可以较快而且较不吃力(与一般同类书相比)就能领会广义相对论的实质.

书中所附120道习题,毫无疑问是经过精心挑选的.这些习题对初学者熟悉基本数学运算、检验自己理解水平和扩大视野很有帮助.一些比较“难”的习题,读者可据书中所介绍的参考资料去找到解答,这对初学者偶而遇到困难时是很好的支持与鼓励.

叶壬癸(厦门大学)