

物理观念偏执导致物理学家失误

蔡铁权 (浙江师范大学科学教育研究中心 浙江 321004)

薛 真 (浙江师范大学教育学院 浙江 321004)

摘 要 物理观念嬗变引发物理学变革,物理观念的偏执、守旧则导致物理学家失误。每当物理学研究领域发现物理学的新事实、新现象或出现物理学的新理论时,都将对物理观念发起冲击。需要用新的观念去观照物理学新现象,去面对新的物理学事实,去理解新的物理学理论。物理观念没有及时转型,仍然恪守原有的观念,则会对物理学的变革产生疏离,以致被物理学变革的洪流所淘汰。这样的物理学史实为物理教学提供了多方面的启示,是物理教学的宝贵资源。

关键词 物理教学 学科核心素养 物理观念 观念偏执 失误

文章编号 1002-0748(2025)6-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

在科学研究的漫漫征途上,有鲜花和掌声,也有陷阱和暗箭;有成功的辉煌,也有失败的落寞。作为科学家群体,有的人格高尚,有的人格低劣;有的谦虚谨慎、彬彬君子,有的傲慢粗暴、哗众取宠;有的为人低调、澹泊名利,有的追求虚荣、唯利是图;不一而足。

“殷鉴不远”,纵观物理学史,杰出物理学家失误的表现形式各异,失误的原因更是多种多样。成功的研究方法,类似的现象,迁移的结果失误;权威的科学前辈对年轻人的创新性成果(与其原有的物理观念冲突)拒不承认,导致失误;面对新的物理学实验事实和现象,仍坚持以旧的观念、理论做出理解与解释,失去了获得重大科学发现或发明的机会,甚至与诺贝尔奖失之交臂;忘记了科学研究的规范,好大喜功,而又受到原来的物理现象与已有结论的束缚,判断失误;在获得成功与巨大的荣誉后,滋长骄傲情绪,听不进不同意见,甚而在事实面前仍不认账,一意孤行、固执己见,为维护自己的地位和名誉,不惜文过饰非、弄虚作假,终至在激烈的争论中败北。在科学家群体中,有个别科学精英过于热衷于追逐名利和权力,甚至不惜卖身投靠,以致迫害同行,最终沦落为科学界的败类,被永远钉在历史的羞耻柱上。

我们的研究是为了从前人的失误和失败中汲取前车之鉴,使之成为物理教育中可贵的资源,成为一种警示。

1 杰出物理学家失误的案例与论析

在浩如烟海的物理学史料中,我们采撷了有代

表性的几则案例,从物理观念及相关语境中进行诠释和分析,从中归纳出对物理教学有益的启示。

(1) 物理观念不随研究问题有效转变,本来成功的研究方法在移植时失误。

1781 年发现了天王星,可是天王星的运行不断地偏离其预定的轨道。对此,各种各样的解释一时蜂起,最终,人们产生了一种共识:天王星的反常行为是受到一颗未被发现的行星作用的结果。1845 年 11 月,巴黎天文台的勒威耶(Urbain Jean Joseph Le Verrier)向巴黎科学院提交了他的第一篇关于这一主题的论文并很快被送到了格林威治皇家天文学家埃里(George Biddell Airy)手中。第二年 6 月,勒威耶提交了第二篇论文,指出了天王星外的这颗行星可能被观察到的确定位置。与此同时,年轻的剑桥大学毕业生亚当斯(John Couch Adams)于 1843 年 10 月得到这颗行星位置的近似解,但直到 1845 年 10 月才得出了精确解。在剑桥大学天文学教授查里斯(James Challis)推荐下,亚当斯将自己的研究成果交给了埃里。但由于各种原因,英国皇家天文台迟迟没有结果。

勒威耶成功地说服了柏林天文台,1846 年 9 月 23 日晚上在预定的位置上发现了这颗新行星,这颗新行星后来被命名为海王星。一时间,天体力学成了科学的皇后,具有最成功的数学化方法和最精确的预言。

人们发现水星每转一周它的长轴会发生一点转动,称为“水星进动”,每百年比预期值快约 1 弧分,

即在一千年中约相差 1 度。勒威耶运用发现海王星同样的方法,于 1859 年 9 月发布了自己的计算结果:一颗与水星尺度相仿的星球在距太阳一半距离的位置上,会使水星的运动产生这种提前量,勒威耶将这颗行星命名为“祝融星”(火神星)。但多次观测,一无所获,勒威耶的预言完全失效。直到爱因斯坦(Albert Einstein)创立了广义相对论后,“水星进动”问题获得圆满解释,原来这是一种相对论效应^[1]。

(2) 科学前辈以矜夸的态度对待年轻人的创新发现,观念守旧,导致失误。

美国的事件视界望远镜团队(EHT)的科学家从采集数据到处理数据历时两年,终于在 2019 年 4 月向全世界公布了 M87 黑洞的照片,不仅直接证明了宇宙中存在黑洞,而且在强引力极端环境下进一步验证了广义相对论的正确性。

描述黑洞周围时空唯一的两参量解族是克尔(Roy Patrick Kerr)于 1963 年 7 月发现的克尔族,这两个参量是黑洞的质量和角动量。零角动量的静态解是由史瓦西(Karl Schwarzschild)于 1915 年 12 月得到的。20 世纪 50 年代末,美国物理学家惠勒(John Archibald Wheeler)等开始对恒星坍缩问题做认真的研究,1968 年惠勒给这种完全引力坍缩的星体取名为黑洞(black hole)。

1930 年,钱德拉塞卡(Subrahmanyan Chandrasekhar)提出了白矮星的质量存在上限。即星体到了晚期,恒星消耗完氢以后,由于引力超过星体内部核反应产生的辐射压力,星体被压缩而变小,星体物质处于简并态。由于这时物质粒子相距愈来愈近,根据“泡利不相容原理”,粒子间将产生一种排斥力与引力相抗衡。在一定的条件下,这种抗衡处于平衡状态,这就形成了白矮星。钱德拉塞卡研究发现:当考虑相对论效应时,星体收缩而变得足够密,排斥力不一定能抗衡引力,这里有一个临界质量 $1.44 M_{\odot}$ ($M_{\odot}$ 是太阳质量),如果星体质量超过临界质量,星体成为白矮星后还将继续收缩。1935 年 1 月 11 日,钱德拉塞卡在英国皇家天文学会会议上报告了这一研究成果,发言后,当时天文学界的领袖人物和相对论的知名权威爱丁顿(Arthur Stanley Eddington)嘲弄地宣称:“我不知道我是否会活着离开这个会场,但我的论文所表达的观点是,没有相对论简并这类东西。”爱丁顿并没有驳倒钱德拉塞卡的逻辑和计算,只是认为钱德拉塞卡的结果过于稀奇古怪和荒谬透顶。爱丁顿不愿改变他对恒星演化的已有观念,对钱德拉塞卡的研究结论无法接受而断然否定^[2],导

致黑洞理论研究的延误。

(3) 面对新的物理现象和事实,仍然用已有的物理理论和物理观念进行理解和解释,错失了重大发现。

1896 年,贝克勒尔(Antoine Henri Becquerel)发现了放射性现象,表明原子核仍有内部结构。1919 年,卢瑟福(Ernest Rutherford)用镭制品产生的 α 粒子轰击氮,实现了原子核的嬗变,发现了质子是原子核的组成部分。在研究核反应过程中发现,除氢以外,所有元素原子核的核电荷数并不等于原子核的质量数,因而预言存在着一种电中性粒子。1930 年,德国物理学家玻特(Walter Bothe)和他的学生贝克尔(Herbert Becker)用 α 粒子轰击元素铍(Be)时,出现了一种强度不大而穿透力很强的射线,他们称这种未知射线为“铍辐射”,而且认为可能是属于 γ 射线之类的粒子。约里奥-居里夫妇(Irene Joliot-Curie & Frederie Joliot-Curie)在 1931 年底重复了玻特的实验,进一步发现这种射线在穿过石蜡及其他含氢物质时,能使这些物质放出大量的速度约为 3×10^7 m/s 的质子,其能量约为 50 MeV。这是用 γ 射线所无法解释的。约里奥-居里夫妇认为,这些质子是由 γ 射线的康普顿效应所产生的,并于 1932 年 1 月 18 日在《报告》杂志上发表了他们的论文,阐述了他们的观点。一个月后,查德威克(James Chadwick)看到了这篇论文,对他们的观点表示怀疑。在卢瑟福的指导下,通过更精细的实验证实这种粒子就是卢瑟福所预言的电中性粒子——中子。1932 年 2 月 17 日,查德威克在《自然》杂志上发表了这一结果。查德威克的这一成果荣获了 1935 年诺贝尔物理学奖。在这一事件中,约里奥-居里夫妇的实验条件和他们的实验水平相对于查德威克来说毫无逊色之处,但是他们被已有的研究成果和理论束缚了,从而与诺贝尔奖失之交臂。由中子轰击铀产生链式反应的核裂变过程可以放出大量能量,从而打开了原子能时代的大门^[3]。

(4) 忘掉了科学研究的基本准则,背弃了科学研究中的自律和理性精神,被心理定势和权威崇拜所左右,不严谨的实验产生观察结果的误导和结论的虚妄,导致失误。

1903 年,法兰西的布隆德洛(Prosper-René Blondlot)在 α 射线、 β 射线、 γ 射线以及阴极射线、阳极射线被发现以后,宣布又发现了一种新的射线——N 射线。接着有关学科的科学家的都涌入 N 射线研究领域,形成了一股热潮,以致像庞加莱

(Henri Poincare)、J·贝克尔尔(Jean Besquerel)及有名的生理学家卡彭蒂尔(Augustin Charpentier)都纷纷一致赞扬布隆德洛的“伟大”发现,1904 年法国科学院的 Le Conte 奖金评选委员会也授予布隆德洛这一珍贵的荣誉。但英国、德国、美国的一些科学家按布隆德洛所指示的方法安排实验,却无一得到 N 射线的迹象。这时,美国的实验物理学家伍德(R. W. Wood)亲自到布隆德洛的实验室考察,发现了问题之所在,并在《自然》杂志上发表论文披露了这件事。从此,轰动一时的 N 射线事件渐渐销声匿迹。在这一闹剧中,布隆德洛等科学家并非要存心做假,也不是水平低下,由于实验的过程不严密导致观察失效,又由于心理定势的影响和对各已有射线发现的崇仰及其他种种原因,导致了可悲的结果^[4]。

(5) 过度的虚荣,不顾事实与证据,维护自己错误的假说,终被科学界全盘否定。

美国著名实验物理学大师密立根(Robert Andrews Millikan)测定了基本电荷值,并通过长达 10 年之久细致周密的研究,用实验证明了爱因斯坦的光电效应方程是精确成立的,在这一过程中还测定了普朗克常数 h 。密立根由于在实验中的杰出贡献荣获 1923 年诺贝尔物理学奖。

1919 年,密立根开始研究当时在高空处探测到的强烈辐射。密立根为解决这种辐射的来源,先后在高山上、用气球升入高空测量大气的电离作用。1925 年夏,他又和助手在加利福尼亚州群山中的 Muir 湖和 Arrowhead 湖的深处做实验。由于湖水来自雪山,无放射性污染,由此测量电离度与湖深的变化关系来确定射线来源。1925 年 11 月 9 日,密立根报告了他的测量结果:射线来自浩淼的宇宙,是一种高频电磁辐射,频率是 X 射线的 1000 倍。由于这种射线的穿透力大大强于 γ 射线,当然不会是由带电粒子组成的;而且这种射线来自四面八方,不受太阳和银河系的影响,也不受大气层或地磁纬度的影响,即无“纬度效应”(Latitude effect)。密立根把这种射线命名为“宇宙射线”(cosmicrays)。1928 年 3 月 6 日,密立根又根据他的测量结果提出了他的宇宙学理论和原子构造理论。

随后,奥本海默(J. Robert Oppenheimer)在理论上提醒了密立根,同时许多物理学家,包括德国的迈特纳(Lise Meitner)、中国的赵忠尧等都对密立根的实验提出了批评,但他不以为然、置之不理,还叫他的研究生安德森(Carl David Anderson)利用云室

测量宇宙射线的能量。安德森的工作否定了密立根的假说,并导致了正电子的发现。尤其是美国物理学家康普顿(Arthur Holly Compton)带领 6 个远征队到世界各地的高山和赤道附近的低纬度地区进行了广泛的测量,足迹遍布美国、澳大利亚、新西兰、秘鲁和加拿大等国。1932 年 9 月以后,康普顿陆续收到六十多位科学家在分布范围极广的 69 个观测站测量到的数据,反映了纬度从北纬 78° 到南纬 46° 、经度从东经 175° 到西经 173° 这样经纬度相差很大的范围里宇宙射线强度分布的情形。无可辩驳的证据表明:纬度效应的存在和宇宙射线是带电的高能粒子,密立根肯定错了。

在几次争议中,密立根拒不接受,完全不承认自己错了,结果导致了自己的失误^[5]。

(6) 背离科学的良知,违反科学的原则,极端的自私、超常的傲慢,对名利和权力疯狂的追求。尽管曾为科学做出过杰出贡献,甚至一度辉煌,最后人格分裂、背叛科学、出卖灵魂、走向堕落,成为科学界的败类、迫害同行的科学界的恶棍,被永远钉在历史的羞耻柱上。

德国著名的实验物理学家勒纳德(Philipp Eduard Anton Lenard)和斯塔克(Johannes Stark),分别获得 1905 年、1919 年诺贝尔物理学奖,但却成为纳粹分子,被科学界所不齿。

1886 年,勒纳德在德国海德堡大学获得博士学位。1892 年,在波恩大学任著名物理学家赫兹(Heinrich Rudolf Hertz)的助手,并开始研究阴极射线。阴极射线最早是 1838 年法拉第(Michael Faraday)在研究真空放电时发现的一种现象。1876 年,德国物理学家哥尔德斯坦(E. Goldstein)把这种阴极发射的物质流称为阴极射线(Kathodenstrahlen)。德国的物理学家们普遍地把阴极射线当作以太的一种特殊振动。当时,阴极射线是科学研究的前沿和热点。勒纳德在赫兹的指导和建议下,在阴极射线的研究中做出了重大的贡献,并发明了“勒纳德窗”,使得人们可以把阴极射线和它的源分离开,从而将阴极射线作为自由对象进行研究,这一成果使勒纳德获得了诺贝尔奖的殊荣。勒纳德在光电效应的研究中也做出了杰出的贡献。光电效应是赫兹在 1887 年研究电磁波性质时首先发现的。此后的一系列研究认为,光电效应中产生的光电流是光促使金属极板周围气体分子分解为带电的原子成分,其中负电荷随即离开极板而形成的。1902 年 3 月,勒纳德报道了他最新的研究成果:为了从一个给定的

金属表面获得电子,只有具有某些频率的入射光才是有效的;发射出来的电子其速度不依赖于入射光线的强度,即电子的速度与发射的电子数目完全没有关系,只与光的波长有关,波长减小时电子动能增加。这一实验结果在光电效应的研究中的确是开创性的,也是关键性的。在研究光电效应的同时,为了加速光电流中电子的速度并测量其能量,勒纳德发明了一种光电管,类似于无线电技术中的电子管,其基本原理直到今天仍然在应用;根据他对光电效应研究所做的假说,还提出了一种原子模型,成为卢瑟福日后提出原子行星模型的先导;在光谱线的本性及其起源方面也做出过具有启发性的研究并获得重要成果。

1914 年第一次世界大战爆发,勒纳德的极端民族主义情绪导致泛日耳曼主义和迫害犹太人的思想,最终堕落成为科学界的败类,被历史永远钉在了羞耻柱上^[6]。

1897 年斯塔克在德国慕尼黑大学获得博士学位,1900 年 4 月转入哥廷根大学,由于其出色的实验研究才能、踏实拼搏的作风、进取创新的精神、坚忍不拔的意志,在科学界崭露头角。斯塔克在气体导电领域取得了两项重大发现。极隧射线是 1886 年由哥尔德斯坦在含有稀薄气体的放电管中发现的。极隧射线主要由放电管中带正电的气体原子组成,这些带电粒子以很高的速度(10^6 m/s 数量级)沿射线束运动,在运动过程中不断与射线路径上的气体分子发生碰撞,当碰撞转移的能量足够大时就会发出辉光。斯塔克发现,在巴尔末(Balmer)线系的每一条谱线的靠紫色的一边都会出现一条新的较宽的谱线,这一发现首次呈现了地球上的光源的多普勒效应,标志着人类在微观领域的研究取得的最新进展。

1896 年,塞曼(Pieter Zeeman)发现光谱线在足够强的磁场中会发生分裂的“塞曼效应”。斯塔克认为,如果使通过阴极上的孔的极隧射线在另一边穿越一个强电场,强电场加在阴极和对面两个附加电极之间,将有可能看到谱线变化。这项研究需要精细复杂的装置,需要创造当时尚不具备的新设备。1913 年,斯塔克已有了一台色散相当大、分辨率相当高的光谱仪,一个高强度极隧射线源,几台加埃德(Gaede)真空泵,并在极隧射线管内成功地建立起 $10\,000\sim 31\,000$ V/cm 的高场强电场。很快实验获得了成功,氢光谱蓝线位置上出现了好几条谱线,这就是“斯塔克效应”,这一效应被公认为成功地解

释氢原子光谱和反常塞曼效应后,量子论研究取得的又一重大成果。这两项成就使斯塔克摘取了诺贝尔奖的桂冠。此外,他还提出了光化学可能是一种量子过程的假设。

斯塔克脾气暴躁、恃才傲物、个性极强,又不注重理论修养,导致最终沦落为纳粹分子。斯塔克是一个地地道道的浮士德式的人物^[7]。

2 物理学家失误的物理教学启示

物理学家众多失误的原因归结到本质上就是物理观念的偏执。面对新的问题、新的事实、新的发现、新的理论时,显得格格不入、无法理解,或不能转变旧有的观念,用新的物理观念来处理、看待、理解。从物理教学的维度思考,我们需要从中获得有益的启示,从物理学家失误的事件中汲取教训、得到警示、启迪智慧。

(1) 克服盲目崇拜权威科学家的心理,激发质疑批判精神,不唯书、不唯上、不唯师。

钱德拉塞卡是一位新锐学者,他对恒星晚期演化的研究已经到达成功的前夜,黑洞理论的提出已是呼之欲出了。但是,爱丁顿这样一位顶尖大腕、一位权威天体宇宙学家的一声断喝,不异晴天霹雳,把钱德拉塞卡的成果无端地否定了。钱德拉塞卡当时还只是一位研究生,面临如此挫折,他只好把注意力转移到了别的天体物理学问题上。一直到获得博士学位并当选为剑桥大学三一学院研究员后,他又重新回到这个问题上来。经过大量繁杂的微分方程计算,在 1935 年 1 月 1 日完成的论文中宣布了惊人的结论:“超过一定质量后,白矮星将坍缩成某种近似不存在的状态。”1983 年,钱德拉塞卡因在星体结构和演化方面的研究成果而荣获诺贝尔物理学奖。他的《黑洞的数学理论》是这一领域的名著。

(2) 科学发现的道路是曲折的、艰难的,只有不畏艰险而勇于攀登的人才有望到达光辉的顶点。

创新就是走前人从来没有走过的路,这就需要披荆斩棘。在崎岖小道上前行,任何的不经意、疏忽都可能摔下无底的深谷。在宇宙射线的研究中,康普顿相对密立根是科学新秀,康普顿的研究周密、周到,当然研究过程是十分艰辛的。在大量有力的证据和精确的数据面前,康普顿据理力争,坚持真理。尽管密立根一时不承认自己的错误,但科学界自有公论。有志于献身科学事业的接班人,具有这种大无畏的精神是必备的基本素养。在科学事实面前人人平等,这里没有贵贱之分、没有长幼之别、没有新

老之分,唯真理是从。

(3) 不墨守成规、固执己见,不强词夺理、感情用事,消除心理定势,勇于面对事实,敢于承认错误,及时改变旧观念、接受新事物。

布隆德洛并非平庸之辈,在他认为发现了新射线后,由于受已有众多发现射线的前车之鉴,产生了严重的心理定势,思维发生定向,又由于对已有发现的权威的崇拜,而失去了冷静和理智,轰动一时的“新发现”换来了销声匿迹的结果。

(4) 对科学研究有敬畏之心,严谨求真、实事求是、精益求精,恪守科学研究的规范,不为先入之见蒙蔽,不让已有理论桎梏,不以权威结论限制。

康普顿对宇宙射线的研究,具有这方面的典范意蕴。1923 年,康普顿提出用量子概念来描述光子被电子散射的现象。他认为光子与电子碰撞时,动量和能量守恒定律成立,预言被散射的伦琴射线的波长将大于入射线的波长。实验证实了康普顿的假说,这使人们对波粒二象性的认识达到了新的深度,康普顿由此获得 1927 年诺贝尔物理学奖。而密立根在 1923 年就获得这一殊荣,同时又年长康普顿 24 岁,是康普顿的前辈,更是实验物理学的大师级权威人物。在宇宙射线的研究中,康普顿以详尽的数据,有力的事实,据理力争。康普顿对密立根是尊重的,是敬仰的,但科学相信事实,遵从规范。

(5) 有强烈的好奇心、超人的求知欲、特殊的科学敏感性,不放弃任何科学新事实、新现象,不满足于旧有理论的解释,追求用新观念观察、思考、理解科学新发现,运用科学新理论对科学新现象做出新的诠释,得到新的结论,获取科学新成果。

查德威克对中子的发现就是一个有力的证据。玻特的实验,约里奥-居里夫妇的实验及他们对实验的解释,很容易被认为是正确的,成为对新实验事实的理解。卡文迪许实验室优越的实验条件、优良的科学传统、优异的科研环境和气氛、优秀的导师卢瑟福的理论预言和实际指导,是查德威克发现中子的外部因素。但查德威克对科学研究的超人素质,对新的科学事实和现象的特殊敏感性,不简单地轻信别人的结论,很强的实验能力、精细的研究作风、灵活的科研思维,是查德威克成功的内在原因。没有受传统习惯的束缚,打破常规,根据自己可信赖的实验数据,大胆地得出结论。

(6) 开拓视野、扩展眼界,襟怀坦荡、博采众长,广泛交流、兼听则明,海纳百川,无欲则刚。

在查德威克发现中子的过程中,查德威克荣获

诺贝尔物理学奖是实至名归,但平心而论,约里奥-居里夫妇的实验及其结果在这一重要发现中也是功不可没。但遗憾的是约里奥-居里夫妇已经在实验中成功地产生了中子,观察到了新的科学事实和现象,却功亏一篑,与诺贝尔奖擦肩而过,也还不是偶然的。约里奥-居里夫妇的实验室设备精良,测量仪器精密,他们的实验态度精细,实验设计精巧,获得的实验结果精确,但当他俩面对十分明显的科学新事实、新现象时,一直没有知道卢瑟福对原子核中存在中性粒子的预言,一时沉溺在 γ 射线这种中性粒子的既有认识上。或许是对射线的研究太精通了,对射线产生的现象太熟悉了,变得见怪不怪,泰然处之,不足为奇? 但这一史实的确令人掩卷慨叹。

(7) 不狂妄、不骄横、虚怀若谷,正确对待不同见解,随时接受相左理论,不妒贤、不嫉能、不忌才,正确处理新生事物,慎重评价异常现象。

密立根不愧是一个实验物理学的大师,学术造诣极高,在研究宇宙射线的过程中,他和他的助手确实已观察到了纬度效应。但是这一事实不符合他的错误假说,所以他一直坚持不承认纬度效应的存在,并把观察到的结果归因于“仪器失灵”、被测地区有辐射“污染”,等等。在和康普顿争议中处于劣势后,只好退却,但又来一个“退一步、进两步”的伎俩,他说:“首先,我不相信纬度效应,但是如果真有这种效应的話,那是我首先发现了它。”以守为攻,十分巧妙地击了对手一掌,就是说,如果你对了,这事的优先权也是我的,功劳还得归我。科学研究中有过错是难免的,认识到自己的过失是明智的,承认自己的过错是受人尊敬的,勇于改正自己的过错,奋起前进,则是伟大的。

(8) 淡泊宁静,不追逐名利、不争强斗胜,不趋炎附势、不谄上奉迎,人格自主、思想自由、精神独立。

勒纳德在研究光电效应的过程中,他所得到的两个重要结论的确是光电效应的核心内容。可以认为,爱因斯坦用光量子理论成功解释的光电效应,得到的光电效应方程,就是对这两个结论的完满解释,是伟大的理论成果。勒纳德认为爱因斯坦方程应该冠上他的大名,现在爱因斯坦以自己的名字命名这一方程,导致他的极度愤懑,他极力反对将 1921 年的诺贝尔物理学奖授予爱因斯坦,坚决拒绝相对论,这就走向了极端,走向了反科学。

(9) 坚守理性精神、坚持科学本质、坚定科学立场、坚决反对伪科学,始终保持对科学的正确态度,

具有科学精神,在科学革命的风云突变之际,不迷茫、不跟风、不倒退。

科学上的争论是正常的,是非在争辩中明朗,真理在争辩中取胜。科学研究中出现假象也不奇怪,重要的是要有一双科学理性的慧眼,把科学争议的是非对错看得真真切切、明明白白。N 射线提出之初,一时引起轰动,许多学科、众多科学家纷纷投身其中,一时“成果”迭出,发现如涌,最终烟消云散,成为一场闹剧,这确实不愧是教训。

(10) 恪守科学准则,遵守科学方法,严守科学共同体的行为规范,不拘泥于一得之见,不固守于一事之成,处事灵活、因势变通,另辟蹊径、别有洞天,迷途知返、及时转向。

科学研究是有方法的,正确的科学研究方法的选择是科学研究的成功之路,是通向目标的理想捷径。但科学研究没有万能的方法,没有包医百病的秘方。勒威耶在笔尖上发现了海王星,取得极大的成功,也显示了牛顿(Isaac Newton)力学定律的巨大威力。但是,当勒威耶将同样的方法应用于解决水星进动的天文学问题时却完全失效。因为天王星摄动和水星进动是两种不同的天体运动现象,两者形成的原因根本不一样,事变境迁,老办法失灵了。观念要根据研究对象的本质变化而改变。布隆德洛在研究 N 射线的性质时,将能斯特灯发出的射线射到正在闪火花的间隙检测器上,这时,他的助手竟然是用肉眼来判断光的强弱变化。而且助手们在观察前会得到各种暗示,在心理定势的影响下,观察很难不失真。

(11) 文理相融,没有学科界限、没有门户之见、没有流派分野、没有成见隔阂,学科互鉴,取长补短。

人类必须用人文涵泳自己,只有文理相融,才有可能抵制唯科学主义,才能消除反科学主义,并有望消弭科学与人文之间的鸿沟,到达科学与人文融合的理想彼岸。如果物理学需要理论和实验这两只脚才能稳步地向前跨越,那么一个全面发展的人需要科学和人文这两只脚才能更好地得到发展。科学与人文也如一个硬币的两面,是合在一块而不可分割的。正电子的发现,是 20 世纪最重大的发现之一。这一发现改变了人们以往对“基本粒子”的概念,在认识上产生了一个巨大的飞跃,而且推动了对反物质的研究。安德森由于在 1932 年发现正电子而获得 1936 年诺贝尔物理学奖。当时人们就很惊讶,为什么 1930 年发现了正电子和关于正负电子对之产生及湮没的赵忠尧却榜上无名? 半个世纪以

后,当诺贝尔奖评审档案解密后,这个不公正之谜得以解开。原因是在 1936 年诺贝尔奖评奖委员会在讨论赵忠尧评奖时,当时有两组学者进行了类似实验而未获得和赵忠尧相同的结果,因而对赵忠尧的结果的科学可靠性发生了疑问。后来查实的情况表明,原来一个是方法错了,一个是仪器灵敏度不够所致。诺贝尔奖评奖中的失误是无法弥补的^[8]。赵忠尧对这事处之泰然,对获取诺贝尔奖这样的事也淡然对待,中国传统文化涵养了赵忠尧的博大胸怀和崇高的精神境界。

(12) 既看重实验发现,又尊重理论创新,实验与理论相辅相成,重视同行的最新科学发现和研究成果,紧跟科学发展的最新态势,及时改变物理观念。

19 世纪末、20 世纪初的物理学变革的洪流将勒纳德、斯塔克之流拍到了沙滩上。当他们游离于学术主流时,反而倒过来抗拒时代洪流,拒斥反对新理论,排挤迫害著名物理学家,劣迹斑斑,注定要被时代洪流所荡涤。勒纳德、斯塔克虽然是著名的实验物理学家,却轻视理论,以致反对相对论、抗拒量子论,与当时的物理学变革悖逆。狂妄自大,敌视同行的科学发现与研究成果,贬斥或否定同行的科学发现与研究成果,或争夺优先权,甚而大打出手,由此,在物理学家群体中几乎处于孤立,因此,视纳粹为知音。物理观念陈旧,又冥顽不化,不思变更,成为新物理学的弃儿。教训极为深刻,在整个物理学发展史上是极其典型的反面教材,必须引以为戒。

3 结 语

杰出物理学家的失误有完全不同的表现形式,也有导致失误原因的明显差异,对此,我们在案例剖析中作出详细阐述。研究物理学家的失误,目的在于吸取前车之鉴,以免重蹈覆辙,“以史为鉴,可以知兴替”,从中汲取物理教育教学的启示。对物理观念的本质,我们在广义语境中进行了分析并做出了归纳^[9]。在对物理观念的多维观照中对物理观念的主要表现形态做出了详细的阐述^[10]。将杰出物理学家的种种失误根源与物理观念本质的内涵构成和表现形态进行比照时,可以发现两者之间的对应。因此,我们认为,物理学家失误,其源皆出于物理观念。物理观念不仅作为学科核心素养是重要的不可或缺的中心内容,而且作为培养科学接班人或作为有科学素养的公民也是不可缺省的,作为科学研究者,这是十分重要的基本要素。

(下转第 12 页)

了从生活化程度、能见程度、复杂程度三个方面刻画物理问题的情境特征,在此基础上考察不同物理问题情境对科学解释能力的影响。结果表明,学生在进行科学解释时资料提取能力最佳,理论调用能力次之,而推理能力最弱。物理问题情境对科学解释各子要素的影响有所差异:生活化程度的提高会阻碍资料提取;能见程度的增加能促进理论调用;而推理能力则同时受三种情境特征的影响。基于研究结果,对未来科学解释能力的培养提出以下四方面的建议。

一是融入情境培养科学解释能力。笔者的研究初步揭示了问题的情境对学生科学解释存在复杂的影响,教师在教学的过程中应重视融入情境来培养学生的科学解释能力。换言之,充分地结合学生的生活经验,有目的地创设具备不同特征的情境,引导学生提取情境中的资料、调用正确的理论、基于证据和理论进行推理,构建正确的科学解释。

二是变化生活化程度培养资料提取能力。笔者的研究发现资料提取在很大程度上受问题生活化程度的影响,教师在教学过程中应当创设不同生活化程度的情境,通过高、低生活化程度的情境比对,帮助学生建立起情境中表层结构通向深层结构的“桥梁”,从而进一步正确调用个体的先验知识。

三是降低能见程度培养理论调用能力。笔者的研究发现情境中能见程度的变化会显著影响学生解释时的理论调用能力。学生在平常学习中遇到的问题往往是经过筛选、简化后的情境(即能见程度较高的情境),往往不包含或较少包含与问题解决无关的干扰因素。当学生遇到能见程度低的情境或真实物理问题时,非常容易受无关信息的干扰,对提取哪些信息、调用何种理论等毫无头绪。因此教师应当在实际的教学过程中加入一定比例的低能见程度情境,在符合学生认知水平的情况下对情境素材充分挖掘应用,贯彻情境问题的分类分层、丰富多元的目的,引领

学生进入“最近发展区”,让他们“跳一跳,够得着”^[9]。

四是增加复杂程度培养推理能力。笔者的研究发现学生的推理能力的表现会随着复杂程度的变化而变化,高复杂程度的情境为学生提供了进行复杂推理的机会。教师应适当增加情境的复杂程度,引导学生深入分析情境中元素的复杂共变关系,促进学生推理能力的提升。

参考文献

- [1] 艾静,张军朋,熊建文.物理核心素养视域下的问题情境化层级结构的建构及应用[J].物理教学,2018(10):14—17.
- [2] Gulacar O, Eilks I, Bowman C R. Differences in General Cognitive Abilities and Domain-Specific Skills of Higher- and Lower-Achieving Students in Stoichiometry [J]. Journal of Chemical Education, 2014, 91(7): 961—968.
- [3] Broman K, Bernholt S, Parchmann I. Using model-based scaffolds to support students solving context-based chemistry problems [J]. International Journal of Science Education, 2018, 40(10): 1176—1197.
- [4] Löffler P, Pozas M, Kauertz A. How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics [J]. International Journal of Science Education, 2018, 40(16): 1935—1956.
- [5] 姚建欣,郭玉英,克努特·诺依曼.科学解释能力培养模式的教育反思与哲学分析[J].自然辩证法研究,2017(1):93—99.
- [6] 姚建欣.中学物理课程中能量理解与科学解释的学习进阶及其教学应用[D].北京:北京师范大学,2016.
- [7] Bellocchi A, King D T, Ritchie S M. Context-based assessment: Creating opportunities for resonance between classroom fields and societal fields [J]. International Journal of Science Education, 2016, 38(8): 1304—1342.
- [8] McNeill K L, Lizotte D J, Krajcik J, et al. Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials [J]. Journal of the Learning Sciences, 2006, 15(2): 153—191.
- [9] 韩耀强,吴建惠.试论物理课堂的情境创设[J].物理教学,2013(9):54—58,22.

(上接第 7 页)

参考文献

- [1] 米歇尔·霍斯金.剑桥插图天文学史[M].江晓原,关增健,卮卫星,译.济南:山东画报出版社,2003:180—185.
- [2] 汪定雄.黑洞发现启示录[M].武汉:华中科技大学出版社,2020:13—23.
- [3] Laurie M. Brown, Abraham Paos, Brian Pippard. 20 世纪物理学(第 1 卷)[M].刘寄星,译.北京:科学出版社,2014:98—104.
- [4] 杨建邺.科学大师的失误[M].北京:北京大学出版社,2020:264—278.
- [5] 杨建邺.傲慢带来的苦果:密立根与康普顿关于宇宙射线本质的争论[J].自然辩证法通讯,1998(4):47—56.
- [6] 王克迪.从科学大师到灵魂出卖者——纳兰德其人其事[J].自然辩证法通讯,2002(3):78—88.
- [7] 王克迪.浮士德式的科学家:斯塔克其人其事[J].自然辩证法通讯,2003(3):84—93.
- [8] 施宝华.诺贝尔奖的遗憾——献给杰出物理学家赵忠尧[J].科学,1994(6):3—7.
- [9] 蔡铁权,薛真.广义语境中的物理观念[J].物理教学,2025(1):5—10.
- [10] 蔡铁权,薛真.物理观念的多维观照及其理论基础[J].物理教学,2024(8):2—8.