

多才多艺的科学艺术大师

薛定谔

杨发文

薛定谔(1887—1961)不仅是奥地利杰出的理论物理学家,诺贝尔奖金获得者,分子生物学的奠基人,而且还作为一位抒情诗人在语言的艺术中崭露过锋芒,并具有丰富的科学美学思想。他崇尚理性,热爱科学,毕生致力于人类对自然的理解,有志于探索宇宙的和谐,追求科学的统一。他擅长形象思维,讲究科学创造的艺术性。

一、信念:科学的统一

科学的统一,是薛定谔毕生的追求。这种追求使他在科学研究中硕果累累。在建立量子力学的过程中,他从波动理论与量子理论的结合推导出量子力学方程,又从哈密顿光学和力学的形式使方程的推导方法更为直观,合乎逻辑;在量子力学的物理解释中,他先后对微观客体的波粒二象性做了大量的表述。他把量子力学和热力学用于生命科学,提出用物理学的概念和方法来解释生命现象,促进了生物学向分子水平发展。晚年他又致力于统一场论的研究,试图给予当时已知的引力、电磁力和核力以统一的表述。他甚至还提出了拉马克理论和达尔文理论的统一,等等。薛定谔毕生的追求与成就都和他科学统一的信念密切相关。

薛定谔之所以将科学的统一作为自己毕生的信念与追求,是因为在他看来,坚信自然界的和谐性,也就必然坚信科学的统一性。这是客观世界的本性在主观世界中的反映。他声称:“物理发现本身并没有这个权威,强迫我们结束

把物理世界描述为客观实在的习惯”。他认为科学创造活动的本质,正是力图用一个凝炼、简洁的公式、定律、定则或原理去概括最大量、最丰富的众多自然现象;或者是去创造某一种理论,该理论就像撒下的一个天罗地网,能把物理学、化学、生物学、医学、甚至是哲学、伦理学等领域内最为广泛的一切现象都网罗无遗,尽收眼底。否则,随着科学分化趋势的发展,“一个人要想充分掌握比一个狭小的专门领域再多一点的知识,也已经是几乎不可能的了”。在这种情况下,要想获得统一的知识,就必须“敢于承担使我们成为蠢人的风险”,去综合那些甚至是“第二手的和不完备的知识”,“除此以外,我看不到再有摆脱这种困难的其他方法了”。

由此可知,薛定谔对不具有统一性的理论感到无法容忍,而对“把所有已知知识综合成一个统一体”,体现着和谐的宇宙的理论,则表示了强烈的渴望与好感。并且在他看来,那些具有最大统一性的科学理论,决非是众多事实的简单堆砌,而是按照“通过建立在简单准则上的数学构造的方式来理解”和谐的自然界。当大千世界多个现象领域中那些孤立零散的事实被加工组合成彼此有机联系的整体时,和谐美的特质就显示出来。

二、信仰:沉醉于数学美

薛定谔坚持自然界的可理解性,渴望看到宇宙布局的精髓——和谐,这不仅导致了他把科学的统一视为自己毕生追求的目标,同时也促使他极为欣赏数学美,始终不渝地追求着数学美。因为数学美与科学的统一密切相关。薛

定谔是“试图寻找某种优美的数学”来解决物理问题的人,是对简单性和观念的美具有强烈情感的人。

正是由于薛定谔极为欣赏和推崇数学美,在他半个多世纪科学研究的生涯中,始终不渝地追求着数学美。从早期统计力学的研究到著名的波动力学论文,及晚年对统一场的探索,无一不体现他对“数学神秘力量的信仰”。

特别是他于1926年1月从哈密顿—雅可比方程导出的薛定谔方程:

$$\nabla^2\Psi + \frac{8\pi^2m}{h} \left(E + \frac{e^2}{r} \right) \Psi = 0$$

(式中 Ψ 表示波函数, m 、 e 分别为电子的质量和电荷, E 是总能量, r 指的是电子离原子核的距离, h 为普朗克常数,)更是体现了数学抽象力量的普适性。

因为在这个关于环绕原子核的德布罗意驻波的数学方程中, m 、 E 、 $\frac{e^2}{r}$ 体现着电子的微粒性,而 Ψ 描述的则是电子的波动性。因此该方程就把电子的波粒二象性完美地统一了起来。

在薛定谔方程中,电磁波不需解释为真实的波,而是解释为几率波;几率波在每一点的强度决定该点的原子吸收(或感生发射)一个光量子的几率。从统计的观点来看,电子在核外空间某区域出现的机会有多大,叫做几率。电子在核外空间某处单位体积中出现的几率,称为几率密度。根据实验和理论的研究,波函数 Ψ 的模的平方—— $|\Psi|^2$ 所表示的恰好是电子的几率密度。因此,微观粒子的各个物理量都可以通过波函数来确定。薛定谔的波动力学方程成功地描述了电子的运动规律,它就像用牛顿方程解释宏观物体的运动一样。这使它在量子力学中属于应用最广泛的公式之一。

还值得一提的是,薛定谔出于对数学美的倾心与向往,又进一步将海森堡矩阵力学的对易关系:

$$pq - qp = \frac{\hbar}{i} I$$

简化改写成

$$\frac{\delta}{\delta q} q - q \frac{\delta}{\delta q} = 1$$

使矩阵可以由薛定谔的本征函数建立,反之亦然。从而证明了波动力学与矩阵力学在数学上完全等价。

狄拉克曾对薛定谔沉醉于数学美做过最好的概括:“在我所认识的物理学家中,我觉得他与我本人最相像。”“我相信其原因就在于我和薛定谔都极为欣赏数学美,这种对数学美的欣赏曾支配我们的全部工作。这是我们的一种信条……这对我们像是一种宗教。奉行这种宗教是很有益的,可以把它看成是我们许多成功的基础”。

三、方法:非逻辑思维

薛定谔认为,源于纯知识的工作与那些源自于艺术性意图工作密切相关。的确,科学思维是以抽象的概念体系来把握客观对象的,但科学思维对象的这种抽象把握往往以某种“直观图像”为中介。薛定谔在科学创造中,广为成功地运用了类比、比拟及唯象模型法就是一个极为生动的例证。

众所周知,类比和比拟,这是一贯为画家、诗人、音乐家等进行艺术构思和艺术思维所青睐的。它们是通过两类具有相同或相似特征现象之间的对比,从一类现象的某些已知特征推测另一类现象相应特征的存在。但是这种并非严格的逻辑思维方法,却成了薛定谔在科研中用于创造性思维的主要手段。对他来说,唯其非逻辑性,类比和比拟才能在科学发现,在思维的跳跃性创造中起桥梁和触发作用,因为类比和比拟突破了归纳、演绎一般只能在同类事物中进行的局限性,把直观方法,丰富想象的优点带入逻辑思维中,既有逻辑思维的顺理成章之长,又突破逻辑性的制约,发挥直觉对理性思维的补偿功能。无疑这对科学工作的想象、创造力的发挥、对探索积极性的调动都会产生极大的激发和多元相辅相成的效力。他还进一步认定,科学发现过程中逻辑思维仅能使人循它前进有限路程,其后的探索全凭各种发现方法交迭使用及逐步“聚焦”,然后由灵感、直觉等触

发思想的创造性跳跃。仅在发现结果的确证、重整和发展中才是逻辑思维大显身手的阶段，演绎仅解决体系的形式和逻辑蕴涵问题。

薛定谔在波动方程的合理重建中，使用的哈密顿光学—力学相似及宏观—微观类比已广为人知。他曾因此而深有体会地说：“从通常的力学走向波动力学的第一步，就象光学中用惠更斯理论来代替牛顿理论所迈进的一步相类似。我们可以构成这种象征性的比例式：通常力学：电动力学 = 几何光学：波动光学。典型的量子现象就类比于衍射和干涉等典型的波动现象”。他在《生命是什么》中又对生命物质和无机界作了广泛的类比，如基因分子与固体的类比，基因中的遗传信息与电报中莫尔斯密码的类比，有机体与钟表装置的类比，等等。

唯象的模型是理想模型的一种。它是理想的或想象的形态去近似地反映客体的一种思想形式。它是通过思维对客体进行简化、纯化或猜想、幻想的产物。薛定谔在自己的科学研究中非常重视用唯象的模型来阐发理论。他认为这种科学模型是“思维的助手，一种媒介手段”。在《生命是什么》一书中，他用这一方法，建立了基因分子的“非周期性晶体”模型，并由此解释了基因的稳定性、突变机制等遗传学特征，为基因是分子的设想寻找到了科学基础。

由于薛定谔在对科学对象的抽象把握中，巧妙地运用了诸如上述的形象化思维方法，才使他的科学创造极富浪漫色彩，并使他的科研成果被世人公认为“是沿着上帝的量子力学的路线完成的最精美的杰作。”

四、抒情：不朽的诗作

爱因斯坦指出，我们“这个世界可以由音乐和音符组成，也可以由数学的公式组成”，“人们总想以最适当的方式来画出一幅简化的和易领悟的世界图像，于是他就试图用他的这种世界体系来代替经验的世界，并来征服它。这就是画家、诗人、思辨哲学家和自然哲学家所做的，他们都按自己的方式去做”。这就是说，科学和艺术，至少部分地以自然界为对象，它们“被共同的目标联系着，这就是对表达未知的东西的

企求”。爱因斯坦认为这就是科学创造的最强有力、最高尚的动机。所以真与美并行不悖，科学和谐统一，科学家和艺术家也可兼一身。

物理学史已经表明，科学家之中酷爱艺术的人比比皆是，他们当中有的是业余画家、雕塑家、鼓手、黑管手、小提琴手、钢琴家。其阵容之大，名目之多，蔚为壮观。但是，作为一位伟大的抒情诗人，并在语言的艺术中试露过锋芒，为后人留下独具一格的不朽诗作的却仅只有薛定谔一人，这在自然科学史上是一个独特的现象。1949年，薛定谔在前西德的一家出版社出版发行了一部《诗集》。下面就是其中的一首：

葡萄饱含着汁液鲜美而香甜，
在那山前，它现出目光深沉的容颜。
太阳在八月蔚蓝色的天空里，
发热，燃烧着，让冷飕飕的山风消散。

紫色的野果把红日引到身边：
请尝一尝串串的果儿馈赠的香甜。
汁液沿太阳的血管缓缓流动，
它蕴藏着给你和他人的欢乐无限。

啊！已临近岁暮，那成熟之年，
夜晚降临了，带来的是凛烈严寒。
云儿在高空飘浮，在那日出之前，
寒霜覆盖网一般的别致的藤蔓。

所以，1961年薛定谔逝世时，玻恩在一篇悼文中这样评价他：“我无法描绘这位出色的、多才多艺的人物形象。他涉足的许多领域我知之甚少，特别是在文学和诗作方面。”当然，我们无法说出诗人与科学家、文学与科学之间究竟有什么内在的、必然的有机联系。但是，爱因斯坦与玻尔各自的一席话，却能引起我们无限的深思。爱因斯坦说：“在科学思维中，永远存在着诗歌的因素。”玻尔则认为艺术之所以能丰富我们的想象，其原因“就在于艺术能给我们提示系统分析所达不到的和谐。可以说，文学、造型和音乐艺术形成表现方法的连贯性，而在这种连贯性中，越来越充分地放弃科学报道所特有的准确定义，从而为幻想提供更多的自由”。由

古希腊物理学简史

吴 蓓

科学肇始于古希腊思想家富于创造性的头脑,虽然世界各民族在更早的时期积累了一些有关自然界的知识,但古希腊在人类历史上首次提出理性自然观,用自然的方式去解释实在,并试图把握自然界的规律.德国学者策勒尔评价道:“他们为哲学思想,并且,……在相当大的程度上为自然科学,构成了基本观念,后来整个欧洲的哲学和科学,都是在这些基本观念之内活动并至今仍在运用它们.”

提出问题

万物是由什么组成的?千变万化、纷繁复杂的世界能否看成单一实体的不同表现?或者万物的本源是什么?历史上第一个提出并回答这个问题的,是距今 2600 年前古希腊爱奥尼亚学派的创始人泰勒斯.他是哲学史上的第一人,也是科学史上的第一人,当时研究自然现象的人都称为自然哲学家.泰勒斯说水是万物的

本原.他观察到万物都是以湿的东西为养料,种子是湿的,所有植物都充满着汁,于是认为水养育万物,万物起源于水,经历一系列变化后又复归于水.虽然他的观点比较简单、粗糙,但却开创了关于万物本原的探索,激起了人们的思考,科学哲学家赖欣巴哈说:“基本问题的发现,其本身就是对于智力进步的重要贡献.”

泰勒斯的学生阿那克西曼德却不同意老师的观点.他认为气是冷的、火是热的,如果万物本原是水,水就要征服其他元素,这时其余的就不可能存在,他提出万物的本原是一种无限的不固定体,不是任何已知的原素.

科学传统中怀疑、批判、自由探讨的精神,从泰勒斯就开始了,波普尔认为是泰勒斯建立了新的自由传统,他容忍学生的批判,还创造了人们应该容忍批判的传统.波普尔想象泰勒斯是第一个这样对学生说话的老师:“这就是我看待事物的方式,你们要设法改进我的学说.”不管怎样,早期古希腊哲学代代相传的学生批判

北京联大应用文理学院 北京 100083

此看来,薛定谔的成功,显然是与他高超的文学艺术素养所息息相关的,它对薛定谔创造性思维的发展无疑起了积极的作用,这就是所谓的“通才取胜”.所以,我们似乎可以这样说:研究自然科学的人,如果不懂得艺术,那将是一个很大的欠缺.

在即将跨入 21 世纪之际,在我们亟待培养和造就千百万跨世纪的高素质的综合型人才之关键时刻,我们缅怀薛定谔这位超凡脱俗、格调高洁的“科学艺术家”,它将会给我们带来哪些新的有益的启迪呢?我们认为,在“教育要面向

现代化,面向世界,面向未来”的今天,彻底克服当前我国“隔行如隔山”的传统职业观,已势在必行.为此,就应当纠正学生在学习中的“偏科”现象,逐步强化在学生中进行“博学多才,通而后专”的才能的培养,借以拓展他们专业精进的思路,开发他们多方面潜能,提高全体学生的综合素质,鼓励和培养他们创新的精神.这既是时代为当今教育制定的课题,又是我们在 21 世纪世界知识经济竞争中必须占领的制高点.