

狄拉克科学贡献中的

美 学 思 想

司德平 王彦海

狄拉克(P.Dirac, 1902—1984)是世界著名的数学物理学家。他的研究工作主要在量子力学的数学和理论两个方面,他最重要的科学贡献是于1928年建立了相对论量子力学的狄拉克方程,从而获得了1933年诺贝尔物理学奖。其实,狄拉克巨大的科学贡献深受他的美学思想的影响,让我们在此一睹狄拉克科学贡献中的数学美和对称美。

平顶山市一中 河南 467001

的一项“开创性的工作”,我们自己为什么不说不?最后,先生从图书馆把那本外文书借来看过,才点头同意发表。

我觉得,像王先生和胡先生这样的科学家,是真正的爱国科学家的典范。他们的爱国主义不是停留在口头上的空洞说教,而是渗透在自己的科学和教学活动之中。姑不论他们在半个世纪前从欧美回国,以及对国内物理学研究和教育工作所做出的巨大贡献,就是在平时的活动里,也处处体现着真正爱我们祖国的精神。

胡先生时常用古语“学而不思则罔,思而不学则殆”来勉励我们。他屡次强调,在教学中一定要启发学生的独立思考,否则不可能真正学懂。后来,他在为我的《量子力学的基本概念》(1990年出版)一书所撰的序言里写道:“我认

一、狄拉克方程——数学美

20世纪20年代末,量子力学已经建立,用它来研究和处理微观粒子的低速运动问题取得了很大成功。同时,爱因斯坦建立的相对论,虽然能够讨论粒子的高速运动,但在处理微观粒子的波粒二象性上却无能为力。1928年,狄拉克发表了两篇短文,写下了划时代的狄拉克方程: $(p\alpha + mc^2\beta)\Psi = E\Psi$,从而使人们对原子结构和分子结构有了新的极准确的认识。利用这个方程来讨论氢原子的能量分布、电子的自

为这是一本有益于培养学生独立思考能力的参考书。”我很高兴,经过了这样那样的多年磨难,我依然无悔地坚持着的独立思考精神,得到了先生的这种肯定。

1993年初,我为了一个项目“量子力学的教学研究”申报“全国普通高等学校优秀教学成果”国家级奖励,打电话请胡先生到广州来主持鉴定会。已是77岁老人的他,很爽快地答应了。来了之后,他对我们的一位校长和一位系主任说:如果不是为了关洪的事,他是不会再到广州来的。实际上,这是他最后一次出远门了。先生对我,真是恩重如山啊。

1998年5月参加母校北京大学百年校庆活动,念及王竹溪先生已离开我们15年,而胡宁先生新丧,感触良多,因撰此文,聊作纪念。

旋、磁矩以及讨论高速运动电子的许多性质都与实验结果符合得很好。狄拉克的灵感来自他对数学美的直觉欣赏，数学美的最高境界是结构美和简洁的逻辑美。狄拉克认为：“让方程式优美比让方程式符合实验更重要……因为差异可能是由于未能适当地考虑一些小问题造成的，而这些小问题将会随着理论的发展得到澄清。在我看来，假如一个人在进行研究工作时着眼于让他的方程式优美，假如他真有正常的洞察力，那么他就肯定会获得进步”。因此，狄拉克方程自动地给出了电子的“自旋”这个量子数，而且使“自旋角动量”是 $1/2$ 而不是整数这一点得到了自然的解释。初步了解此中奥妙的人都无法不惊叹其为“神来之笔”，这是别人无法想到的。就连当时最负盛名的海森伯和德布罗意看了狄拉克的文章之后，都无法了解狄拉克是怎样想出此神来之笔的。

二、反粒子理论——对称美

相对论量子力学的狄拉克方程有双重解：正能解和负能解，并且正能态和负能态的分布是完全对称的。但是，由于负能态比通常的正能态能量更低，根据量子跃迁理论，一切正能态的粒子和物质都将无休止地向负能态“跃迁”，这样将导致宏观物质全部解体的结论。为了摆脱这种与事实不符的困境，狄拉克根据泡利不相容原理，于1930年提出了著名的空穴理论。

他假定，自然界的所谓“真空”并非空无一物，所有的负能态都被电子填满了，形成了负能态的电子海，正能态的电子不可能再往下跃迁，这样就保证了原子的稳定性。当处于负能态的电子受到激发由负能级“海洋”中逸出时，那里就留下一个空穴，这个空穴就相当于一个带正电荷的粒子。从对称性考虑，这种带正电荷的粒子应当与电子具有相同的质量。可是，由于当时所知道的带一个正电荷的粒子只有质子，于是，狄拉克假设：“在电子的分布中，具有负能量的空穴就是质子。当具有正能量的电子落入空穴并填满它时，我们应当观察到电子和质子将同时消失，并伴随着辐射的释放”。狄拉克关于质子是电子的反粒子的假设提出后，立即遭到了奥本海默的批评。他指出，如果质子是电子的反粒子，氢原子就不可能是稳定的。1931年5月，狄拉克又根据对称性，提出空穴是一种“实验物理学还不知道的新粒子，它们与电子的质量相同，电荷相反”，即预言了“正电子”的存在。到了1932年，安德森在宇宙射线的实验中发现了正电子，从而证实了狄拉克的预言，安德森因此获得了1936年的诺贝尔物理学奖。可见，作为物理学另一个里程碑的反粒子理论，充分体现了狄拉克有关对称美的美学思想，正如他所言：“在一个物理系统的所有可能表象之间，必有着一定的优美的对称性”。

科苑快讯

超新星孕育了黑洞

黑洞一直被看成是神秘而奇异的天体。虽然有越来越多的观测证据证明它们的存在，但有关这些天体形成的原因，仍存有许多问题。一种可能的方案是，一个大质量恒星（比太阳质量大25倍）燃尽了核燃料并在它的很大的引力质量下塌缩，形成了黑洞。另一种可能的方案是一个更为复杂的模型，假设一个大质量恒星

首先爆炸，留下了一个直径小于20千米、密度极高的中子星。这一超新星爆发所抛出的一些物质又落回到新生的中子星上，最后发生塌缩而形成黑洞。以色列科学家最近发表的研究报告认为，可能是超新星孕育了黑洞。

（卞吉 秦宝 编）