

物理学史中的八月



1902年8月8日：“反物质”的先知 ——狄拉克的诞生

萧如珀 杨信男

“反物质”的存在，以及它会和物质相互湮灭而产生巨大能量的情景，总会让一般人有着无限的遐思，觉得不可思议。但更不可思议的是，“反粒子”是1928年，当时年仅25岁的狄拉克（Paul Adrien Maurice Dirac）由一般性的物理原理和数学推导所得到的结果，此结果后来得到了实验学家的证实。

狄拉克的祖先来自法国，后来移居瑞士西南部的瓦内州（Valais）。他的父亲查尔斯·狄拉克（Charles Dirac）20岁时因受不了父母亲严格的管教而离家远赴英国，后来定居于英国布里斯托（Bristol），以教授法文为生。查尔斯延续他父母的管教方式，对家人严厉无比，还规定在晚餐时，只能以法文交谈，这让个性内向的狄拉克长大后更加沉默寡言。

狄拉克遵照他父亲的希望，就读于布里斯托大学时主修电机工程。毕业后因找不到工作，又念了两年的应用数学。之后，在数学教授的建议和协助下，获得了奖学金，于1923年进入剑桥大学研究物理。

狄拉克对相对论深感兴趣，希望能朝此方面发展。爱因斯坦曾预言，光线行经太阳时会产生偏折，此预言于1919年非洲发生日蚀时得到了证实，因此相对论在媒体的大幅报导下变得家喻户晓，狄拉克因此私下钻研精通其理论。但狄拉克终未能如愿，选择了当时研究统计力学的福勒（Ralph Fowler，卢瑟福的女婿）为其指导教授。

1923年，相对论已由爱因斯坦建构完成，而寻找完整量子论，以解释原子现象的努力正如火如荼地在欧陆展开，英国境内只有少数科学家对于此新



狄拉克（P.A.M. Dirac）

进展有掌握，福勒是其中之一。

1925年7月底，海森伯（Werner Heisenberg，1932年获得诺贝尔奖）完成了他矩阵力学的第一篇论文，主张物理理论应只建构于实验可测量的性质，并得出“不可交换的数学特性”。8月下旬，福勒收到了海森伯寄来该论文的复本，于是建议狄拉克详细研读。

当年10月底，狄拉克完成了他第一篇有关量子力学的论文，更于往后不到一年的时间内，发表了一系列的论文，以完整的数学架构将海森伯、玻恩（Max Born，1954年获得

诺贝尔奖）、约丹（Pascual Jordan）等人的矩阵力学，薛定谔（Erwin Schrödinger）的波动力学，以及玻恩的统计性诠释整合起来，著名的费米-狄拉克统计就是其中的一部分。1930年，他进一步出版了《量子力学原理》一书，是学习量子力学必读的经典之作。

由海森伯、薛定谔和狄拉克等人所建构完成的量子力学虽然几乎可以完全解释原子现象，但它并不符合特殊相对论的要求，所以只能解释速度远小于光速的情况；此外，电子的自旋也令当时的物理学家深感困惑。狄拉克于是在1927年10月第5届索耳维（Solvay）会议结束，回到剑桥后，开始全力思考此问题。两个月后，一个描述电子的相对论性波动方程式——神奇的狄拉克方程式诞生了。

狄拉克方程式最令人惊奇的是，它只透过一般性的物理原理，即相对论不变性与方程式需为一阶微分式，电子的自旋角动量为 $1/2$ （单位 $\frac{h}{2\pi}$ ）的特性就自然浮现出来。不过，狄拉克方程式同时又具

有电子能量可以为负的“负能”解，却是大家所不能接受的。

1930年，狄拉克提出他的主张，说明在一般情况下，所有的电子负能态都会被占满。当负能态中的一个电子被激发而带有正能量时，负能态中就会出现一个相对带正电的“空穴”。由于当时已知的基本粒子只有电子和质子，因此，狄拉克猜测这些带正电的“空穴”便是“质子”。但这种“空穴”的质量很快地被推理证明它们应该都和电子一样，狄拉克于是在1931年同意说，如果他的理论是正确的话，那么自然界应该存在着一种新粒子，质量和电子相同，但却带相反的电荷。

1932年8月，安德森(Carl D. Anderson, 1936年获得诺贝尔奖)在宇宙线中发现了正电子，证实狄拉克的预测，震惊了全世界。狄拉克也因此于1933年和薛定谔同获诺贝尔物理学奖。

今日，科学家已发现了各种粒子的反粒子，也确信反粒子可以进一步形成各种物质的反物质——反质子与反中子于1955~1956年相继在美国加州劳伦斯伯克利实验室中被发现，而欧洲核子研究中心

(CERN)也于1995年成功地制造出反氢原子。

狄拉克极具原创性，他的逻辑简单、直接、毫不拖泥带水。正如他推导出电子的相对论性波动方程式，他总是从简单的一般性物理原理着手，然后纯粹透过数学的推导而得出结论。他自述说：“我的工作中有很多只是在玩方程式，看看可以得到什么结果。”对于狄拉克方程式，他说：“它只是刚好给了我们所需的电子性质，那实在是出乎我预期之外的收获，完全出乎意料。”他也强调，一个基本的物理原理若要为真，它的数学结构一定是漂亮的。

话很少的狄拉克，生活极为单纯，除了散步和旅行外，物理和数学是他生活的全部。综观他的治学风格和生活态度，物理大师玻尔(Niels Bohr, 1922年获得诺贝尔奖)曾言：“狄拉克拥有物理学家中最纯净的灵魂。”说得很贴切。

(本文转载自2010年8月《物理双月刊》，网址：<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；萧如珀，自由业；杨信男，台湾大学物理系，Email: snyang@phys.ntu.edu.tw)

(上接71页)中国科学院重点实验室。2009年初，国家科技部以《我国人造纳米材料生物安全性研究取得一系列重要成果》为题，将其实验室的研究成果以工作简报形式上报国务院。在国际上，根据著名的Science Direct网站公布的统计数据，2005年第4季度至2008年，每季度都有该实验室的论文入选毒理学领域的“最热门论文”Top 25排行榜。同一个实验室的研究工作，连续保持在世界Top 25这么长时间，在国际上不多见。2007年在美国出版了纳米毒理学领域的第一本专著*Nanotoxicology*，在全世界发行。2008年美国哈佛大学与麻省理工学院成立了“哈佛-麻省理工纳米材料毒性研究中心”，他们从全世界55个实验室选择60篇代表性论文，推荐给学术界。该实验室有3篇论文入选，成为入选论文最多的实验室。2006年以来，应邀担任了美国和欧洲3本SCI杂志的副主编。

赵宇亮应邀担任了联合国发展与环境署“纳米技术与环境健康专家组”专家、欧盟科技委员会的第七框架计划(FP7)专家、加拿大科学院“纳米安全计划”的顾问专家等。同时，受科技部及国家相关部门委托，代表中国出席美国、欧盟、日本政府召开的“负责任地从事纳米技术的研究与应用国际对话会议”，以及联合国环境与发展署、世界经济合作组织(OECD)召开的与纳米安全性相关的会议或工作组。他使中国在纳米安全领域的国际舞台上不仅占有了一席之地，拥有了话语权，也为保护国家利益做出了积极贡献。

结束采访时，记者问赵宇亮喜欢什么样的格言。他说：“白春礼院士曾送我一幅墨宝，上书‘勤奋是最好的智慧’。”天道酬勤，勤奋是最好的智慧！是啊，以此为题来概况这位一天工作16~18小时的中国学者，恰如其分！

(北京科学时报社 100190)