中华文化撷英

奇妙的物理

（五）

黄兵明　主编

北京银冠电子出版有限公司

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

中华文化撷英/黄兵明主编．—北京：北京银冠
电子出版有限公司，2003

ISBN 7-900060-29-4
Ⅰ．中…　Ⅱ．黄…　Ⅲ．文化知识－普及读物－中国
Ⅳ．Z228.527
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007295 号

北京银冠电子出版有限公司发行
(北京海淀区增光路 45 号　100037)
全国各地新华书店经销　北京双青印刷厂印刷
开本：787×1092　1/32　印张：512　字数：4 900 千字
2003 年 12 月第 1 版　　2003 年 12 月第 1 次印刷
印数：1～5 00 册
版号：ISBN 7-900060-29-4/Z·03
定价：9998.00 元(1CD,含配套书)

目 录

◎关于中微子.....1
◎共振态粒子.....3
◎科学家宣布揭示太阳中微子失踪之谜.....8
◎美与物理学.....10
◎物理学的三个领域.....18
◎宇宙中神秘的过客——中微子.....23
◎美国杰斐逊实验室.....38
◎物质构成之谜.....40
◎世纪末的展望.....50
◎超导——梦能变成现实吗.....55
◎物理学的美学准则.....71
◎·玻尔·.....78
◎最短的电子束团.....85
◎量子力学的产生与发展.....89
◎神秘的绿色荧光.....92
◎玻尔－爱因斯坦对话.....100
◎量子运动与哥本哈根解释.....103
◎世纪发现之·微观世界中的轮盘赌——量子论.....114
◎现实世界中的量子论.....126

◎ 关于中微子

欧洲粒子物理中心最近通过了一项中微子研究新计划，以期通过利用粒子加速器远程发射中微子来精确测量出它的质量和衰变率，从而进一步解释太阳中微子短缺之谜。

太阳中微子短缺问题是当今物理学界和天文学界著名的悬案之一，它对恒星物理、太阳物理以及粒子物理等提出了严峻挑战。

中微子是基本粒子的一种，它不带电，稳定，穿透力非常强。它的存在是科学家在研究原子核衰变时从理论上首先提出的，但由于它同其他物质的作用极为微弱，直到 1956 年才被美国物理学家在核反应堆实验中观察到。根据目前大多数理论，中微子的静止质量应该为零，但实验结果却与这些理论值不符，这使得天文学界和物理学界的专家们大为困惑。

欧洲通过中微子研究新计划

据海外媒体报道，欧洲粒子物理中心不久前通过了一项中微子研究新计划，以期通过利用粒子加速器远程发射中微子来精确测量出它的质量和衰变率，从而进一步揭开太阳中微子的面纱。

根据欧洲粒子物理中心的计划，从 2005 年 5 月开始，该中心每年将用粒子加速器发射数以亿计的大量中微子。这些中微子将从瑞士日内瓦出发，穿过阿尔卑斯山脉之下的地层，最终抵达设置在意大利萨索山格兰萨索隧道中的物理实验室。据介绍，这一射程为 730 公里，所需时间为 2.5 毫秒。目前该中心的首要任务是解决设备方面的一些技术问题，以建造用于发射中微子的粒子加速器和用于捕获中微子的高效探测器。 欧洲粒子物理中心的科学家们期望通过意大利物理实验室捕获的中微子数量和种类的研究，精确计算出各类中微子的质量和在一定距离内的衰变率，争取为中微子短缺问题找到一个准确的答案。

太阳中微子短缺问题是当今物理学界和天文学界著名的悬案之一，它对恒星物理、太阳物理以及粒子物理等提出了严峻挑战。

中微子是基本粒子的一种，它不带电，稳定，穿透力非常强。它的存在是科学家研究原子核衰变时从理论上首先提出的，到 1956 年才被美国物理学家在核反应堆实验中观察到。根据目前大多数理论，中微子的静止质量应该为零，但实验结果却与这些理论值不符，这使得天文学界和物理学界的专家们大为困惑。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目前科学界关于太阳中微子的理论很多，美国、俄国、日本等国的科学家也在进行各种相关实验，但至今尚未有人能圆满解释中微子短缺之谜。

◎ 共振态粒子

2003 年 7 月 30 日,高能物理研究所在北京宣布，北京谱仪国际合作组在 5800 万 J/ψ事例的数据分析中，发现了一个新的短寿命粒子，质量为 18.59 亿电子伏特，自旋为 0。这种短寿命粒子通常被称作共振态。这个重要结果已在国际著名杂志《物理评论快报》（Phys. Rev. Lett.）上发表，并引起了国际高能物理界的高度重视。各新闻媒体纷纷对此事作了报道，许多人由此对共振态产生了浓厚的兴趣：什么是共振态？世界上最早发现共振态的是谁？新发现的共振态有什么意义？

寿命极短的粒子被称作为共振态。当粒子寿命短于 10-10s～10-12s 时，很难在探测器中留下径迹而直接被探测到，只能通过其衰变产物的反应截面来观测。在研究原子核的散射和反应过程中，当入射粒子能量取某一确定值时，散射或反应的截面突然变大，截面随能量的变化曲线和力学中的共振曲线完全类似，因而被称为共振态。用量子力学可以证明，这种

共振现象的出现是由于在该能量附近，入射粒子与原子核结合成为一个亚稳复合核。经过一定时间后这亚稳复合核衰变为末态粒子,这类亚稳复合核被称为共振态。共振态具有和稳定的强子类似的量子数，诸如自旋、宇称、同位旋、奇异数和粲数等等，只是它可以通过强相互作用衰变。其寿命一般短到 10-20s～10-24s。

1953 年，来自意大利的科学家费米(Enrico Fermi,1901-1954)和他的同事安得森（Herbert Anderson）在美国芝加哥大学的同步回旋加速器上做实验时发现了质子—介子系统中的第一个共振态，但是那时候人们并未想到有这么多共振态。

1952 年，美国物理学家格拉塞(Donald Arthur Glaser)制成了世界上第一台泡室，在乙醚泡中显示了宇宙射线中粒子的径迹。这以后有好几个物理研究组开始将泡室用于高能物理研究，不断研究和发展泡室技术。

气泡室在高能物理研究中起了重要的作用，人们首先在质子—反质子的湮没中发现了一些共振态，后来在各种反应中出现了几十个、几百个共振态。60 年代中，物理学家们一直在忙于寻找共振态，直到今天，这项工作仍在继续进行着。由于格拉塞对高能物

理学的杰出贡献，他获得了 1960 年度的诺贝尔物理学奖。

谈到共振态就一定要谈到美国物理学家阿尔瓦雷斯（Luis Walter Alvarez，1911—1988），由于阿尔瓦雷斯发展了氢泡室技术和数据分析方法，从而有可能发现许多共振态，大大促进了粒子物理学的发展，把人们对物质世界的研究提高到了一个新的阶段。

阿尔瓦雷斯 1911 年 6 月 13 日出生于美国加利福尼亚州的旧金山， 阿尔瓦雷斯在芝加哥大学原来主修的是化学，但他认为化学和数学都不大适合他的条件，乃转向学习物理。阿尔瓦雷斯 1934 年获硕士学位，1936 年获博士学位，后到伯克利加州大学劳伦斯（Ernest Orlando Lawrence，1901—1958）（右图）任主任的辐射实验室工作。

阿尔瓦雷斯参加过许多重大的基础科学和应用科学研究项目。他所在的伯克利辐射实验室成了核物理学的研究中心，费米当时就在这里工作。

1964 年，美国物理学家盖尔曼（Murray Gell-Mann，1929—）提出大多数基本粒子都是由更新的粒子夸克组成的，他将夸克分为 3 种：上夸克（u）、下夸克（d）和奇夸克（s）。他说：“如果我们允许电

荷为非整数值，那么可以构造一个简单而优美的方案”,即上夸克、下夸克和奇夸克的电荷数分别为 2/3、-1/3、-1/3，质子是由两个上夸克、一个下夸克组成的；中子则是由一个上夸克、两个下夸克组成的。

盖尔曼的夸克模型为以后的科学实验所证实，他本人则由于这一成就而荣获 1969 年诺贝尔物理奖。

1974 年，丁肇中（Samuel Chao Chung Ting）和里克特（Burton Richter）分别独立地发现了新粒子 J/ψ，其质量约为质子质量的三倍，寿命比共振态的寿命长上万倍 ，原有的夸克理论已无法解释新的实验事实，因此引入了第四种夸克——粲夸克（c）。

1977 年美国科学家莱德曼（Leon Max Lederman）发现了由第五种更重的夸克——底夸克（b）构成的强子。根据理论上的对称性，物理学家预言应该存在第六种夸克称为顶夸克（t）。

为了寻找顶夸克（t）的蛛丝马迹，各国物理学家整整奋斗了 17 年。美国、西欧中心、德国、日本等国不惜巨资建造一个个大型高能加速器。美国费米实验室的顶夸克组对有疑问的夸克的轨迹做了几千次的测量，终于在 1994 年 4 月 26 日找到了顶夸克存在的证据。

北京谱仪国际合作组新发现的共振态是在分析

需要全本请访问 www.ertongbook.com

J/ψ的辐射衰变到质子反质子过程中找到的，即丁肇中教授和里希特教授 1974 年发现的、由一对正反粲夸克组成的 J/ψ粒子衰变到光子和这个新共振态，此共振态再衰变到质子反质子对。J/ψ的衰变研究是研究轻强子谱和寻找新粒子的理想物理过程。

分析结果表明：这个新共振态的质量为18.59亿电子伏特，宽度小于 0.3 亿电子伏特（左图）。需要特别指出的是，它的质量小于质子和反质子的质量之和。此前在分析北京谱仪改造前在二十世纪九十年代初获取得的800万事例数据时就发现这个共振态存在的迹象，但当时由于统计量有限，不足以确定为新共振态。

北京正负电子对撞机和北京谱仪在 1999 年初完成了升级改造，整体综合性能大幅度提高。在此后两年的运行中，北京谱仪获取了 5800 万的 J/ψ事例，比世界上其他实验组高一个数量级以上。北京谱仪国际合作组对这些数据进行了深入细致的分析和研究后发现了新粒子，可见高统计量对新发现的至关重要。

目前，已明确排除这个新共振态用任何已知的共振态来解释的可能性，从而确认是一个新的粒子。粒子物理把由夸克、反夸克组成的粒子称为强子，之前

的实验观察到的强子都是由两个或三个夸克（反夸克）组成的。

寻找多夸克态一直是国际高能物理实验的重要目标。在实验上早期发现的数百个介子共振态和重子共振态中，都没有多夸克态的确凿证据。最近，国际上有几个实验组在进行这方面的探索，并取得了显著进展。北京谱仪国际合作组新发现的粒子由于特有的性质，尤其是很窄的宽度而很难归结为通常的夸克—反夸克结合态，因而被推测为可能是一种多夸克态。有些物理学家认为，所发现的共振态粒子可能是重子反重子束缚态，类似于氘核是质子和中子组成的束缚态。

欧洲核子研究中心著名的理论物理学家 J.Ellis 最近在一篇评论国际高能物理研究在这个领域的最新进展的文章中，高度评价了北京谱仪的这一发现及其对发展强相互作用理论的重要意义。中外物理学家正对这个新共振态的性质和衰变特性从理论和实验上进行深入的研究和讨论。

◎ 科学家宣布揭示太阳中微子失踪之谜

加拿大、美国和英国科学家 18 日宣布，他们在

加拿大进行的中微子观测实验已经获得初步结果，揭示了长达 30 年的太阳中微子失踪之谜。

有关新闻公报说，新的观测结果表明，目前关于太阳活动的理论模型并没有错误，关于中微子的理论则需要修正。

中微子是一种不带电、质量极小、穿透力极强的基本粒子，它有三种类型，分别是电子中微子、μ (缪)子中微子和 τ (涛)子中微子。太阳的热核反应会释放出大量的电子中微子。

科学家从 20 世纪 70 年代就开始测量抵达地球的中微子，然而有关结果仅为根据太阳活动理论算出的几分之一，看上去好像有大量来自太阳的中微子“失踪”了。这就是所谓的“太阳中微子失踪之谜”，它意味着目前的太阳活动理论或中微子理论至少有一个存在问题。

科学家们在加拿大安大略省萨德伯里的一个镍矿中建造了一台中微子探测器，称为“萨德伯里中微子观测站”(SNO)。这一观测站于 1999 年开始运转，第一阶段的测量工作已于不久前结束。

研究人员将新的数据与以往研究成果相结合，发现太阳释放出的电子中微子在旅途中有一部分转变成了其它类型的中微子，事实上太阳产生的中微子数

目与目前太阳模型预言的非常吻合。

确定太阳产生的电子中微子会转变成其它类型的中微子，对在微观层面上全面理解宇宙有着重要意义。根据当代物理学的标准模型，这种形式的中微子类型转换是不会发生的。理论物理学家必须寻找更好的解释，来把这些新成果融合进去。

科学家还说，这项新研究还表明中微子确实是有质量的。将新数据结合以往的研究，能够确定中微子质量的上限。尽管宇宙中有许多中微子，但中微子质量上限表明它们只占宇宙物质和能量总数的一小部分。

萨德伯里中微子观测站位于地下 2000 米处，体积相当于一座 10 层大楼。它使用 1000 吨超纯重水，通过观察中微子与重水发生反应变成质子的过程，来探测抵达地球的太阳电子中微子数目。由于中微子很难与其它粒子相互作用，因此该观测站平均每天只能捕捉到 10 个中微子的踪迹。

◎ 美与物理学

十九世纪物理学的三项最高成就是热力学、电磁学与统计力学。其中统计力学奠基于麦克斯韦（J. Maxwell，1831 - 1879）、波耳兹曼（L. Boltzmann，

1844 - 1905）与吉布斯（W. Gibbs ，1839 - 1903）的工作。

波耳兹曼曾经说过：一位音乐家在听到几个音节后，即能辨认出莫扎特（Mozart）、贝多芬（Beethoven）或舒伯特（Schubert）的音乐。 同样，一位数学家或物理学家也能在读了数页文字后辨认出柯西（Cauchy）、高斯（Gauss）、雅可比（Jacobi）、亥姆霍兹（elmholtz）或克尔期豪夫（Kirchhoff）的工作。

对于他的这一段话也许有人会发生疑问：科学是研究事实的，事实就是事实，那里会有甚么风格？关于这一点我曾经有过如下的讨论：

让我们拿物理学来讲吧。物理学的原理有它的结构。这个结构有它的美和妙的地方。而各个物理学工作者，对于这个结构的不同的美和妙的地方，有不同的感受。因为大家有不同的感受，所以每位工作者就会发展他自己独特的研究方向和研究方法。也就是说他会形成他自己的风格。

今天我的演讲就是要尝试阐述上面这一段话。我们先从两位著名物理学家的风格讲起。

一、狄拉克

狄拉克（P. Dirac ，1902 - 1984）是二十世纪

一位大物理学家。关于他的故事很多。譬如：有一次狄拉克在普林斯顿大学演讲。演讲完毕，一位听众站起来说：“我有一个问题请回答：我不懂怎么可以从公式推导出来公式。”狄拉克不答。主持者说：“狄拉克教授，请回答他的问题。”狄拉克说：“他并没有问问题，只说了一句话。”

这个故事所以流传极广是因为它确实描述了狄拉克的一个特点：话不多，而其内含有简单、直接、原始的逻辑性。一旦抓住了他独特的、别人想不到的逻辑，他的文章读起来便很通顺，就像“秋水文章不染尘”，没有任何渣滓，直达深处，直达宇宙的奥秘。

狄拉克最了不得的工作是 1928 年发表的两篇短文，写下了狄拉克方程：

这个简单的方程式是惊天动地的成就，是划时代的里程碑：它对原子结构及分子结构都给予了新的层面和新的极准确的了解。没有这个方程，就没有今天的原子、分子物理学与化学。没有狄拉克引进的观念就不会有今天医院里通用的核磁共振成像（MRI）技术，不过此项技术实在只是狄拉克方程的一项极小的应用。

狄拉克方程“无中生有、石破天惊”地指出为甚么电子有“自旋”(spin)，而且为甚么“自旋角动量”

是 1/2 而不是整数。初次了解此中奥妙的人都无法不惊叹其为“神来之笔”，是别人无法想到的妙算。当时最负盛名的海森伯（W. Heisenberg，1901- 1976）看了狄拉克的文章，无法了解狄拉克怎么会想出此神来之笔，于 1928 年 5 月 3 日给泡利（W. Pauli，1900 - 1958）写了一封信描述了他的烦恼：

为了不持续地被狄拉克所烦扰，我换了一个题目做，得到了一些成果。（按：这成果是另一项重要贡献：磁铁为甚么是磁铁。）

狄拉克方程之妙处虽然当时立刻被同行所认识，可是它有一项前所未有的特性，叫做“负能”现象，这是大家所绝对不能接受的。狄拉克的文章发表以后三年间关于负能现象有了许多复杂的讨论，最后于 1931 年狄拉克又大胆提出“反粒子”理论（Theory of Antiparticles）来解释负能现象。这个理论当时更不为同行所接受，因而流传了许多半羡慕半嘲弄的故事。直到 1932 年秋安德森（C. D. Anderson，1905 - 1991）发现了电子的反粒子以后，大家才渐渐认识到反粒子理论又是物理学的另一个里程碑。

二十世纪的物理学家中，风格最独特的就数狄拉克了。我曾想把他的文章的风格写下来给我的文、史、艺术方面的朋友们看，始终不知如何下笔。去年偶然

在香港大公报大公园一栏上看到一篇文章，其中引了高适（700 - 765）在《答侯少府》中的诗句：“性灵出万象，风骨超常伦。”我非常高兴，觉得用这两句诗来描述狄拉克方程和反粒子理论是再好没有了：一方面狄拉克方程确实包罗万象，而用“出”字描述狄拉克的灵感尤为传神。另一方面，他于 1928 年以后四年间不顾玻尔（N. Bohr，1885 - 1962）、海森伯、泡利等当时的大物理学家的冷嘲热讽，始终坚持他的理论，而最后得到全胜，正合“风骨超常伦”。

可是甚么是“性灵”呢？这两个字联起来字典上的解释不中肯。若直觉地把“性情”、“本性”、“心灵”、“灵魂”、“灵感”、“灵犀”、“圣灵”（Ghost）等加起来似乎是指直接的、原始的、未加琢磨的思路，而这恰巧是狄拉克方程之精神。刚好此时我和香港中文大学童元方博士谈到《二十一世纪》1996 年 6 月号钱锁桥的一篇文章，才知道袁宏道（1568 - 1610）（和后来的周作人〔1885 - 1967〕，林语堂〔1895 - 1976〕等）的性灵论。袁宏道说他的弟弟

袁中道（1570 - 1623）的诗是“独抒性灵，不拘格套”，这也正是狄拉克作风的特征。“非从自己的胸臆流出，不肯下笔”，又正好描述了狄拉克的独创性！

需要全本请访问 www.ertongbook.com