



诺贝尔奖 百年鉴

睿智神工

■ 基 本 粒 子 探 测 ■

黄艳华 江向东 / 著



100
Nobel Prize

上海科技教育出版社

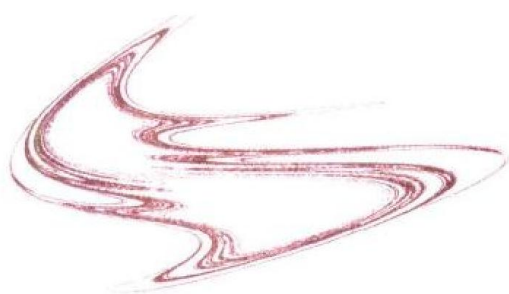


黄艳华 江向东 / 著

诺贝尔奖百年鉴

■ 基 本 粒 子 探 测 ■

睿智神工



上海科技教育出版社

诺贝尔奖百年鉴

基本粒子探测 睿智神工

黄艳华 江向东 著
丛书策划 卞毓麟 匡志强
责任编辑 卞毓麟
装帧设计 桑吉芳

出版 上海科技教育出版社
上海冠生园路 393 号
邮政编码 200235
发行 上海科技教育出版社
经销 各地新华书店
印刷 常熟市印刷八厂
开本 787×960 1/32
印张 4.25
字数 78 000
版次 2001 年 9 月第 1 版
印次 2001 年 9 月第 1 次印刷
印数 1-5 000
书号 ISBN 7-5428-2690-5/N·433
定价 8.00 元

策划语

从1901年开始颁发的诺贝尔奖,可以说是20世纪物理学、化学和生命科学发展的缩影。它记录了百年来这三大学科的几乎所有重大成就,对世界科学事业的发展起了很大的促进作用,被公认为科学界的最高荣誉。人们崇敬诺贝尔奖,赞叹诺贝尔奖得主们的科学贡献,并已出版了许多相关书籍。

那么,我们为什么还要策划出版这套《诺贝尔奖百年鉴》丛书呢?

这是因为,有许多热爱科学的读者,很希望有这样一套书,它以具体的科学内容为基础,使社会公众也能对科学家们的成就有一定的感性认识;它以学科发展的传承性为主线,让读者领略科学进步的永无止境;它还是简明扼要、通俗易懂的,令读者能轻松阅读,愉快受益。

基于这种考虑,本丛书将百年来三大学科的全部诺贝尔奖按具体获奖内容分为26个领域,每个领域写成一卷8万字左右的小书,以该领域的进展为脉络,以相关的诺贝尔奖获奖项目为重点,读者将不但能了解这些诺贝尔奖成果的科学内容,更能知道这个领域的发展历

程。丛书的分卷不局限于一级学科的分类,以体现现代科学之间的交融。此外,丛书还另设了3卷综述,便于读者对这三大学科的全貌有一个宏观认识。丛书29卷内容如下:

20世纪物理学革命	现代有机化学
20世纪化学纵览	无机物与胶体
20世纪生命科学进展	材料物理与化学
X射线与显微术	现代分析技术
核物理与放射化学	生物分子结构
量子物理学	量子与理论化学
基本粒子探测	蛋白质核酸与酶
场论与粒子物理	遗传与基因
粒子磁矩与固体磁性	细胞生物学
超导超流与相变	生理现象及机制
测量技术与精密计量	内分泌与免疫
天体物理学	临床医学与药物
物理学与技术	传染病与病毒
热力学与反应动力学	神经与脑科学
物质代谢与光合作用	

在丛书策划基本成形后,我们曾到上海、北京、南京等地的许多著名高校及中国科学院、中国医学科学院等科研院所征求专家们的意见,得到了他们的大力支持。许多学者不顾事务繁忙,慨然为丛书撰稿。我们谨向他们表达由衷的感谢和深深的敬意。

2000年12月10日

作者简介

黄艳华,女,1968年生,1992年毕业于北京工业大学应用物理系。任职于中国科学院高能物理研究所,现为《现代物理知识》杂志编辑。

江向东,男,1950年生,1976年毕业于中国科技大学近代物理系。中国科学院高能物理研究所副研究员、《现代物理知识》杂志副主编兼编辑部主任。曾在加拿大国际原子能研究中心和意大利国际理论物理中心进行协作研究。

图书在版编目(CIP)数据

睿智神工：基本粒子探测/黄艳华,江向东著. —上海：上海科技教育出版社, 2001.9
(诺贝尔奖百年鉴)
ISBN 7-5428-2690-5

- I . 睿…
- II . ①黄… ②江…
- III . 基本粒子 - 普及读物
- IV . O572.2 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 059169 号

目录

1 让思想跟上实验的进步/1

2 云室的发明和改进/5

威耳逊云室/5

改进云室的布莱克特/9

目标专一追求真理/13

3 中子和符合计数法/17

原子核结构的初期探索/17

铍辐射的发现/20

约里奥-居里夫妇的实验/22

查德威克发现中子/23

4 宇宙线和反粒子的发现/27

宇宙线的早期研究/27

宇宙线物理的发展/30

正电子的发现/33

切连科夫效应和反质子/36

对反物质的探索/44

5

回旋加速器的身世/49

回旋加速器的发明/49

一个诺贝尔奖获奖群体/54

加速器的发展/56

6

捕捉到 π 介子的核乳胶/61

汤川预言的介子/61

找到了汤川介子吗/63

捕捉到了真正的汤川介子/65

轰动物理学界的发现/72

7

与加速器为伍的探测器/75

应运而生的粒子加速器/75

初期的气泡室/78

加速器的好搭档/81

具有选择性的火花室/87

多丝正比室/89

8

J/Ψ 粒子和中间玻色子/95

强子结构的夸克模型/95

粲夸克的实验证实/99

中间玻色子的物理地位/104

中间玻色子的实验证实/110

9

猜测可能获奖的项目/115

顶夸克的发现/115

探索希格斯粒子/117

中微子质量的探测/121

科学研究不是为了得奖/123

本卷大事记/125

让思想跟上实验的进步

著名法国物理学家朗之万 (Paul Langevin) 在 1931 年发表的一篇文章中写道：“必须放弃许多旧的习惯和概念，必须在理解上和想象上尽最大的努力，才可以发展或及时领悟那些研究者为解释新观察到的事实而提出的越来越大胆的新理论。我们感觉到很难按现代物理学所呈现的宇宙形式来训练我们的思想。我们的思想需要不断创造出一些新的解释方法，以免落后于实验科学的惊人的进步。”

朗之万当年仅仅面对 1931 年前的“新观察到的事实”和“物理学所呈现的宇宙形式”，就已经大为感叹“实验科学的惊人的进步”。而在这以后，实验科学发展速度之迅猛、新观察到的事实之多样、物理学所呈现的宇宙形式之奇妙，更是令人难以想象。本书介绍的 16 项诺贝尔物理学奖，只有 3 项是 1931 年以前的。这 16 个项目中关于实验设备和探测技术的占 9 项，例如云室、回旋加速器、乳胶照相、切连科夫计数器、气泡室和多丝正比室的发明等；关于新粒子的发现占 7 项，这些新粒子按发现顺序先后是宇





宙线、中子、正电子、 π 介子、反质子、 J/Ψ 粒子和中间玻色子。这 16 个项目中的 20 位获奖者，有 18 位是实验物理学家，有 2 位是理论物理学家。他们不仅独具现代科学的匠心睿智，而且身怀神工鬼斧般的实验绝技。正是他们和像他们这样的人，促进了实验科学比朗之万所见的更为惊人的进步！

在 20 世纪 30 年代之后的科学前沿，对愈益复杂的仪器和技术的应用和需求，使科学世界和人类生活发生了戏剧性的变化。伽利略(Galileo Galilei)的望远镜、列文虎克(Antonie van Leeuwenhoek)的显微镜、卢瑟福(Ernest Rutherford, 1908 年诺贝尔化学奖获得者)的“线和封蜡”，诸如此类早先曾经做出许多科学发现的实验工具，统统被送进了“历史博物馆”。取而代之的是，巨型天文望远镜、大型地面探测器阵列、能透视大型集装箱货车的自动化检测装置、光束亮度比最强的探照灯还强百亿倍的激光器、能对 DNA 分子实施切割技术的扫描探针显微镜、用上万个新式微处理器连成的并行巨型计算机、用航天飞机载往空间站并在太空运行的磁谱仪，如此等等。能代表实验技术的发展速度，并能定量表述这种速度的生动事例莫过于集成电路的“莫尔定律”。自 20 世纪 60 年代以来，集成电路的发展就一直遵循英特尔(Intel)公司的创始人之一莫尔(Gordon E. Moore)于 1965 年预言的关于集成电路的发展规律，后来它被称为莫尔定律。莫尔定律是说，集成电路的集成度(一块晶片上集成的晶体管和其他元件的

数目)每3年增长4倍,而特征尺度每3年缩小一半。1958年基尔比(Jack S. Kilby,2000年诺贝尔物理学奖获得者)发明集成电路时,一块硅片上只安了12个元件,如今一块小小的芯片上则含有数百万个独立的元件,使微电子技术中的“微”字真正名副其实了。

实验科学技术令人瞩目的突飞猛进,规模空前地拓宽了科学王国的疆土。以物理学和相关学科的发展为基础的自然科学,横向和纵向的延伸都超出了先哲和时贤们的预料。许多新兴学科,例如粒子物理学或者说高能物理学、原子核物理学、电子学、微电子学、等离子体物理学、低温物理学、宇宙线物理学、空间物理学、天体物理学、宇宙学、分子生物学、生物化学、量子化学、神经物理学和计算机科学等等,遍及物质世界的宏观、宇观、介观、微观领域和生物领域。知识总量的大幅膨胀使得科学家中有人如此感叹:“如今没有几个学者能够不加任何限制而自称为数学家或物理学家或生物学家。”

在19世纪与20世纪之交,对原子是否存在的问题,即便在科学家中也存在着争议和冲突。著名物理学家玻尔兹曼(Ludwig Boltzmann)于1906年自杀身亡,不少人猜测导致这一惨剧的主要原因是他的分子运动论受到实证论者的攻击。在实证论者看来,跟假设的、像原子那样不能直接看到的东西打交道是不科学的。自1803年道尔顿(John Dalton)提出原子假说之日到玻尔兹曼自杀之时,历时百年也争





论了百年。如今还会有人怀疑原子的存在吗？正常心智的人是不会的，即便是实证论者也不会。这是因为，实验科学的进步不仅以原子弹、氢弹那种骇人的方式把“原子能”呈现于世，而且以实证论者也能接受的方式把单个原子撷取出来让人直接看到它。例如，科学家用扫描探针显微镜，把 48 个铁原子排列在铜表面上形成一个圆形围栏。

曾几何时，我们的先人只能用神话和臆想来描绘世界。例如“嫦娥奔月”和“盘古开天”的故事，前者是对“月宫”的想象，后者是关于宇宙起源的绘景。而当代，人类已实现登月的壮举，对有史以来总是可望而不可即的“嫦娥的故乡”进行了实地考察。更有甚者，人们不仅用“大爆炸”理论解释了宇宙的起源，还在实验上探测到了大约 150 亿年前那“大爆炸”的“回声”；而且，实验高能物理学家们已经在用相对论性重离子对撞实验来产生原初物质，以模拟和再现宇宙诞生时的情景。迄今，人类不仅充分认识到自身的生存环境、自身在地球、在银河系、在整个宇宙中的地位，而且业已获得前所未有的掌握自身命运的能力。

所有这一切，都得益于实验科学的进步。

要想让我们的思想跟上实验科学的进步，那就让我们看看对这种进步做出过杰出贡献的人们，看看他们是怎样想的、怎样说的、怎样做的，看看他们当初是怎样起步的。让我们随着他们起步的节拍，来领略 20 世纪实验科学那惊人的进步吧！

2

云室的发明和改进

威耳逊云室

“当太阳的光芒照射着山顶的云层而我正置身于湿润的云雾之中时，太阳的光环，还有山影周边的光环，都是那样美妙，让我兴奋不已，使我产生在实验室里模拟这种现象的冲动……”这是查尔斯·威耳逊(Charles T. Wilson)在1927年诺贝尔物理学奖获奖演说中的一段话。他将云室的发明，归功于1894年他在苏格兰本尼维斯山顶的天文观测站上对云雾现象的观察和研究，归功于他对大自然的赞美和模拟自然的炽烈创意。

威耳逊1869年2月14日生于苏格兰中洛锡安郡的一个农家。他的父亲去世很早，母亲便带领全家迁往著名的工业城市曼彻斯特。他在该市的一家私立中学毕业后，就上了欧文专科大学，即后来的曼彻斯特大学。他最初是学生物学，直到1888年进入剑桥大学的悉尼萨塞克斯学院后才对物理学和化学





有了兴趣。1896年获得物理学博士学位后,他先是做实验演示员,后来当上了物理实验教师,并且成了卡文迪什实验室的一名主要成员。当时,正热衷于研究气体放电现象的J·J·汤姆孙(Joseph J. Thomson)对威耳逊关于云雾形成的研究颇为支持,鼓励他自由工作和自我发挥。1894年威耳逊当上了本尼维斯天文观测站的临时观测员,得以在天高气爽的9月登上这座苏格兰最高的山峰领略大自然的美景。此时此地,他注意到每当太阳照耀着环绕峰峦的云层时,总会出现一些奇异的光学现象。这些美妙的景象大大激发了他想做模拟实验的兴趣。正因为他用科学的眼光来审视自然现象,用物理实验的手段来再现客观事实,才使他最终发明了探测带电粒子性质的重要装置——云室。

从1895年初开始,威耳逊就让潮湿的气体在一个圆筒中膨胀,以此来制造人工云雾。果然,当光照射它就出现了彩霞。不过,他不只是为了满足自己追求人造景观的愿望,而是立即对其中的物理现象进行仔细的研究。在这之前有人做这样的实验时发现,当气体中没有尘埃时就不能产生云雾。而威耳逊却以其敏锐的洞察力和非凡的智慧得出了新的实验结果:如果膨胀率足够大,则无尘气体也可以出现云雾。他对无尘潮湿气体做了大量实验,获得了合乎预想的确切结果。实际上,随着气体的膨胀和冷却,在有尘埃微粒的情况下,一部分湿气就会以尘粒为核心冷凝成微小的水滴。



威耳逊

在无尘气体的云室中，还能不能产生某种凝结核心呢？威耳逊想道，假如让带电粒子进入云室，在它经过的路径上它就可能会使气体分子电离而产生一些离子，这些离子就会成为水蒸气冷凝时的凝结核心，于是这一连串凝结的液粒，即小水滴，

就可以显示入射粒子的径迹。想到这里，他领悟到了这件事的奥妙：“也许在某种特殊的条件下，我们可以找到一种方法，使得单个原子样的粒子成为可见或者可数的。”

1896年，伦琴（Wilhelm C. Röntgen）发现 X 射线的消息传到了英国。汤姆孙马上就将这种射线用于气体导电实验。威耳逊就用卡文迪什实验室研制的原始 X 射线管来产生 X 射线，并将它射向云室。云室里的气体在膨胀时原本不产生液粒，但经过 X 射线照射后产生的雾粒要好几分钟才沉降下来，可见气体在 X 射线照射下发生了电离。这一点，正是汤姆孙和卢瑟福在研究气体导电时所得的结论。威耳逊用云室方法为他们的理论找到了确凿的证据，因而他的工作受到学校和实验室的支持，让他专门研究这个课题。这以后，威耳逊做了大量实验并不断改进实验方法，每年都有关于云室实验的论文发表。

