



巅峰之旅

光怪陆离的物质世界

——诺贝尔奖和基本粒子

杨建邺 著



商务印书馆

0572.2/15

2008

巅峰之旅

光怪陆离的物质世界

——诺贝尔奖和基本粒子

杨建邺 著

商务印书馆
2008年·北京

图书在版编目(CIP)数据

光怪陆离的物质世界:诺贝尔奖和基本粒子 / 杨建邺著. —北京:
商务印书馆, 2008

(巅峰之旅丛书)

ISBN 978-7-100-05420-1

I. 光… II. 杨… III. ①基子粒子—普及读物②物理学家—生平
事迹—世界 IV. 0572. 2-49 K816. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 031399 号

所有权利保留。
未经许可,不得以任何方式使用。

GUǎNGGUÀI LÙLÍ DE WÙZHÌ SHÌJIÈ

光怪陆离的物质世界

——诺贝尔奖和基本粒子

杨建邺 著

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)

商 务 印 书 馆 发 行

北 京 民 族 印 刷 厂 印 刷

ISBN 978-7-100-05420-1

2008 年 3 月第 1 版

开本 787 × 960 1/16

2008 年 3 月北京第 1 次印刷

印张 18

定价: 30.00 元

前言	1
上篇 砸开原子入幽洞	7
J. J. 汤姆逊和电子——人类发现的第一个基本粒子	9
伯乐瑞利 11	
阴极射线之谜 14	
柳暗花明又一村 21	
受人敬仰的人 27	
爱因斯坦和光子——人类发现的第二个基本粒子	32
专利局的三级技术审查员 34	
光是波,还是粒子? 38	
密立根歪打正着 42	
康普顿实验定乾坤 46	
吴有训用实验挑战权威 51	
卢瑟福和质子——人类发现的第三个基本粒子	55
从新西兰来了个捉兔子的 56	
汤姆逊最得意的学生 59	

芝麻,开门! 62	
原子里面有一个核! 66	
发现质子和中子概念的提出 71	
查德威克和中子 —— 人类发现的第四个基本粒子	74
约里奥-居里夫妇失之交臂 75	
查德威克的火眼金睛 79	
中子到底是什么 86	
中篇 洞中仍有新庭院	91
反物质世界的第一个粒子 —— 正电子的发现	92
上帝的预言家 95	
狄拉克又把我们抛进了海里 99	
1930年赵忠尧的实验 103	
一张“错的”照片 107	
是理论决定你看到什么 110	
鬼魂般的粒子 —— 中微子	115
“上帝的鞭子”泡利 117	
能量失窃案和氮危机 121	
一个自己也不敢相信的假说 122	
反对者声浪不断 124	
寻找中微子和王淦昌的贡献 127	
进一步的试验测定 130	
又一个扑朔迷离的失踪之谜 132	
汤川让世界大吃一惊 —— 介子理论	135
东方一学子 137	

汤川预言新的粒子	142
寻找介子	147
介子佯谬	151
日本科学家何以能够走向辉煌	153
塞格雷——发现反质子	159
费米学派和塞格雷	161
巴勒莫大学教授	166
参加曼哈顿工程	169
竞争激烈,发现反质子	172
王淦昌和反西格马负超子	174
宇称守恒的坍塌——奇异粒子	176
奇异粒子何以奇异	177
奇中奇: θ - τ 之谜	179
西南联大两学子	186
宇称守恒不守恒了	192
世界第一物理夫人勇挑重担	194
尘埃落定后的反思	199
诺贝尔奖在赌博吗? —— W^* 和 Z^0 粒子	203
杨振宁“走火入魔”——规范场理论	205
上帝,这正是弱相互作用的答案!	211
萨拉姆:“诺贝尔奖在冒险?”	214
鲁比亚的实验证实	218
下篇 庭院深深深几许?	221

奇才盖尔曼——夸克	224
盖尔曼其人 225	
寻找更基本的粒子 229	
八重法 232	
夸克模型 235	
夸克囚禁与色和味 237	
丁肇中和11月革命——J/ Ψ 粒子和粲夸克	240
走上实验之路 241	
攀登高峰 244	
寻找新粒子 248	
险以远,则至者少 251	
引起巨大的反响 256	
丁肇中的诺贝尔演讲 260	
顶夸克和渐近自由	264
去找吧! 顶夸克的故事 265	
渐近自由——夸克囚禁 270	
结语 寻找上帝粒子	275
参考书目	279
后记	281

前言

每当极目周围的世界,我们会发现大自然是多么美丽!灿烂的星空中悬挂着一条永远让人遐思的银河,皎洁的月光更使大地显出一种朦胧、神秘的美;还有那挺拔入云的高山,峻崖环绕,峰峦重叠,上凌苍天;山下,树木青翠,山花烂漫,锦绣云霞,湖光山影,更是明媚绮丽。

大自然除了美,还有那神秘莫测的万千变幻:雷鸣电闪,澎湃的海潮,陨石雨的狂欢,四季更迭,物种代谢……这不由使我们想起了李白的千古名句:

海客谈瀛洲,烟涛微茫信难求;越人语天姥,云霓明灭或可睹。天姥连天向天横,势拔五岳掩赤城。天台四万八千丈,对此欲倒东南倾。我欲因之梦吴越,一夜飞渡镜湖月……

诗人的想象是抽象似真的,一切仿佛就在眼前,一切又“微茫信难求”。掩卷之后,心情激荡,余音缭绕,带给我们一种超越现实的身心愉悦。

在诗人面对大自然的美浮想联翩、思绪万端的时候,哲学家们也被大自然变幻莫测、绚丽纷繁的景象激发出难以遏制的好奇心和永难满足的求知欲望。哲学家不像诗人那样有“一夜飞渡”的激情,他们是伟大的提问者:在这色彩缤纷的万花筒般的大千世界里,人们能够对宇宙、物质世界、生命……有一个更深入、更根本性的认识吗?

宇宙从哪里来?它会变化吗?生命如何起源?人类如何起源?物质有更深层

的构造吗……

哲学家们被这些根本性的问题苦苦折磨着,全身心投入其中,不倦地追寻着答案,一代一代地追寻了几千年,至今还在启发我们去思考和探索着他们的问题。而哲学家们在追寻答案途径中遭遇的痛苦和那不屈不挠的努力,对宇宙和人生重大困境的洞察和直言不讳的揭示,永远会震撼我们的心灵。

物质由原子构成,就是许多古代哲学家们苦苦思考的问题之一。

在古代希腊,有一些睿智的哲学家,以惊人的想象力和推理能力,在完全没有实验验证的情形下,大胆猜想,认为大千世界的所有物质,包括我们人在内,都由无数独立的、小得看不见的原子构成。这些原子亘古不灭、不可摧毁,因而也是永存不朽的。在西文里,原子是 atom,就是“不可分割”的意思。

原子论起源于古希腊爱奥尼亚地区米利都的留基伯(Leucippus,约前 500—前 440)。英国哲学家罗素(Bertrand Russell,1872—1970,1950 年获诺贝尔文学奖)在他的著作《西方的智慧》(*Wisdom of the West*)中,称留基伯为“原子论之父”。他写道:

我们怎样才能从根本上解释我们周围千变万化的世界呢?显然,解释的真正本质是它的本身基础不能变化无常。首先提出这个问题的是早期米利都学派,……最终由另一位米利都学派的思想家对此作出了最后答案,他就是留基伯。除了知道他被誉为“原子论之父”外,我们不知道留基伯还有什么重要建树。

米利都是古希腊城市,现在属于土耳其,在瑟凯市南边。公元前 500 年以前,米利都是希腊在东方最大的城市。除了商业,这座城市还以文学界和哲学界的人物驰名,其中有泰勒斯(Thales of Miletus,约前 640—前 546)、阿那克西曼德(Anaximander,约前 610—前 546)、阿那克西米尼(Anaximenes,活动期约公元前 545 年)和留基伯,等等。

据说留基伯在波斯帝国征服爱奥尼亚地区后,流浪到希腊本土讲学,在阿夫季拉城遇到了德谟克利特(Democritus,约前 460—前 370)。阿夫季拉位于爱琴海北边,坐落于奈斯托斯河的入海口,是古希腊大陆通往爱奥尼亚的重要城镇。阿夫

季拉的居民实际上是一些被居鲁士大帝 (Cyrus)* 的军队赶到这儿的爱奥尼亚难民。德谟克利特遇到流浪到阿夫季拉的留基伯以后,很可能受教于留基伯,并继留基伯之后,成为著名的坚持和发展原子学说的一个重要人物。



▲ 1961年希腊发行的纪念德谟克利特的纪念邮票。右图为德谟克利特原子核研究中心,左图为德谟克利特的雕像。

历史学家把德谟克利德称为“令人发笑的哲学家”,因为人类的荒唐每每让他忍俊不禁。但从他的雕像上来看,倒没有“令人发笑”的样子。

德谟克利特在 2 400 多年以前就很明确地指出:“世界和宇宙中的万物,都是由看不见又不可分割的微小粒子组成。”

他把这些“看不见又不可分割的微小粒子”称为“原子”。我们现在物理学中常用的原子这个词汇,就是由德谟克利特首先使用的。因此,也有许多著作把他尊为“原子之父”。

按照罗素的观点,自然哲学从德谟克利特之后就开始走下坡路了,直到文艺复兴时期才苏醒过来。这期间原子论几经沉浮,有柏拉图(Plato,前 427—前 347)和亚里士多德(Aristotle,前 384—前 322)提出的意见和批评,但也有伊壁鸠鲁(Epicurus,前 341—前 270)坚持不懈的宣传。经过漫长的中世纪的冷遇和摧残,直到 17 世纪才有法国学者伽桑狄(P. Gassendi, 1529—1655)再次大力宣传古希腊的原子论,他认为一切存在的东西都是由“具有内在运动倾向的”原子和真空组成,他还是光的微粒说的创始人之一。此后,有许多物理学家(如牛顿、玻意耳)和化学家(拉瓦锡、里希特、普鲁斯特)等人为原子论的发展作出了大小不等的贡献,为原子论的进一步发展奠定了基石。

1803 年 9 月 6 日,英国自学成才的化学家道尔顿(J. Dalton, 1766—1844)制订了第一张原子相对重量(原子量)表;一个半月以后,道尔顿在曼彻斯特文学哲学学会上,宣读了论文《论水对气体的吸收作用》,在论文中他第一次明确阐述了他的科学原子论,并公布了他的原子量表。

道尔顿的原子理论,比以前任何化学理论更深入地探讨了化学变化的本质,比较完满地说明了一些化学定律的内在联系,成为解释化学现象的统一理论,并

* 居鲁士大帝是居鲁士二世(Cyrus II, 约前 590—前 529)。波斯政治家。后来依靠军事力量和外交手段,建立了一个规模空前的大帝国,领土包括美索不达米亚、叙利亚、巴勒斯坦,以及小亚细亚的西利西亚。

使化学从此走上了定量发展的道路。道尔顿很有信心地说：

探索物质的终极质点，那原子的相对重量，到现在为止还是一个全新的问题。我近来从事这方面的研究，并获得相当成功。

正因为道尔顿的重大贡献，他被称为“化学原子论的缔造者”。

同年 12 月，英国皇家学会邀请道尔顿到伦敦作原子论的报告。从此，道尔顿的化学原子论得到了化学家们普遍的承认。当然也会有反对者，例如英国著名的化学家戴维(H. Davy, 1778—1829)就坚决反对道尔顿的原子论，还用十分尖刻的语言讽刺道尔顿的理论，但道尔顿坚信自己的理论无可怀疑，还开玩笑地说：“戴维因为不抽烟，所以反对我的理论。”

原来道尔顿是一个嗜烟如命的人，而戴维却从不抽烟，也讨厌别人抽烟。

但戴维的反对也很快终止了。为了表示歉意，他还表示愿意推荐道尔顿为皇家学会的会员。道尔顿诚挚地回答：“戴维爵士，请您别推荐我。对一个科学家来说，荣誉是无关紧要的，对科学作出自己的贡献才是我的追求。”

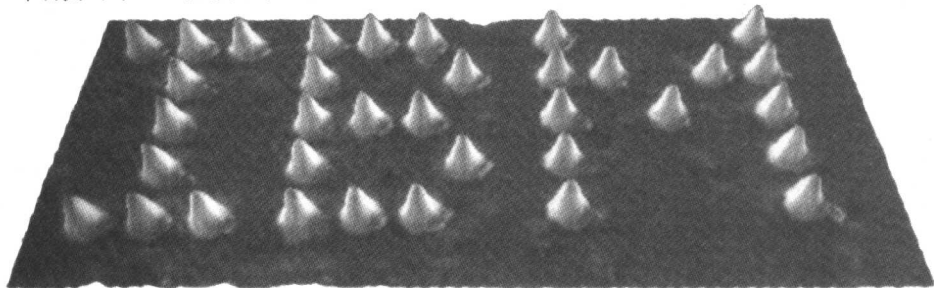
但是，微观世界的探索是十分艰难的，其关键原因是提出的理论长期无法用实验来证明。虽然化学界早在几百年前就已经无忧无虑地用原子学说讨论化学问题，但许多科学大师，尤其是物理学家，只愿意把原子当作一个“很有用”的假说和符号，却并不真的认为有原子这么个实体。例如，到 19 世纪末和 20 世纪初，还有许多科学家不承认原子假说是正确的理论。曾于 1909 年获诺贝尔化学奖的德国科学家奥斯特瓦尔德(F. W. Ostwald, 1853—1932)，就曾公开地说：“我不相信原子理论，如果要让我相信，那就让我亲眼看到原子！”

但到了 19 世纪末和 20 世纪初，由于放射性、电子等一系列的实验发现，原子实在性的证据逐渐变得明显了，尤其是法国物理学家佩兰(J. B. Perrin, 1870—1942)于 1908 年利用布朗运动实验，确凿无疑地证明了原子的存在。佩兰的实验

结果公布一个月以后,原来坚决不相信原子论的奥斯特瓦尔德公开承认:

我现在确信,我们最近已经具有物质分立性或颗粒性的实验证据,这是千百年来原子假设一直渴望寻到的证据。……这一切使最审慎的科学家现在也理直气壮地谈论物质的原子本性的实验证据了。原子假设现在已被提升为有充分科学根据的理论地位,在……教科书中它有权要求自己的一席之地。

到了 20 世纪末,人们已经可以利用低温技术把原子排成字,下图就是 IBM 研究中心的研究人员用“扫描隧道显微镜”(scanning tunneling microscope, STM)把 35 个氩原子在 4K 温度下,一个一个地拖到镍金属表面组成 IBM 三个字母。



▲ 用原子排列起来的 IBM 三个字母。

非常有意思的是,在 19 世纪末,正当科学家还在为原子的存在与否而争论不休时,一位英国物理学家汤姆逊(J. J. Thomson, 1856—1940, 1906 年获诺贝尔物理学奖)却石破天惊地用实验证实:宇宙万物由原子组成是正确的,但是,原子不是不可分的,原子还由更小的粒子组成。这些更小的粒子中的一个电子(electron)。

这样一来,原来被认为构成世界万物最终单元的“原子”,不再是最终单元,不再是不可分割的,它是由更微小的粒子如电子、质子和中子构成,于是物理学家又发明了一个词汇——基本粒子(elementary particle),把组成原子的电子、质子和中子称为基本粒子。

到了 20 世纪 60—70 年代,人们又进一步发现,质子和中子也并不“基本”,它们也是由“更基本”的粒子夸克组成。只有电子,目前仍被认为是基本粒子,组成质

子和中子的夸克也被称为是基本粒子。据美国物理学家盖尔曼 (M. Gell-Mann, 1929—, 1969 年获诺贝尔物理学奖) 的意见, 目前基本粒子有 61 种, 本书将重点介绍其中最具有代表意义的十几种。

还应该特别指出的是, 本书所使用的“基本粒子”一词, 并不是说它永远不能再分割。物理学家已经几次鲁莽地断言某些粒子是不能再分割了, 真的是“基本的”粒子了, 但断言却一再被否定。所以, 变聪明了的物理学家现在说某某粒子是基本粒子, 只是指直到现在还没有被进一步分割的物质单元, 不是说它永远不能再被分割。例如, 现在被称为基本粒子的夸克, 有种种迹象表明它们仍然有更深层的结构, 但目前尚没有办法分割它们。

值得英国人骄傲的是, 第一个基本粒子是他们的同胞 J. J. 汤姆逊发现的。汤姆逊的功绩确非一般。

上篇

砸开原子入幽洞

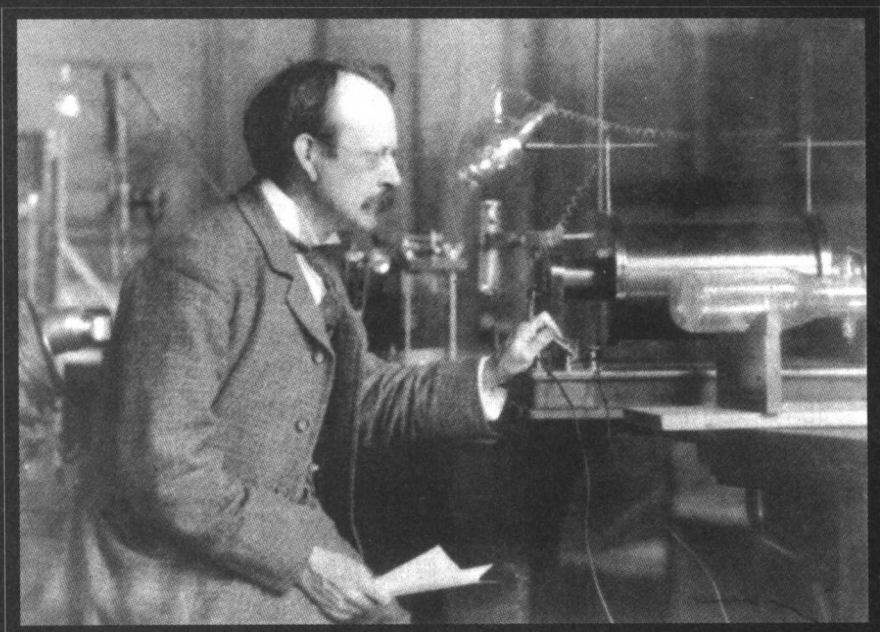
19 世纪中期,所谓的“经典近代原子理论”,包括物理学和化学两个方面。大约从 1810 年到 1860 年的 50 年期间,自然科学家们大都使用这个理论。

物理学家们使用的原子概念,主要是指一些非弹性粒子(或惯性质点),其特点是有各种各样的吸引和排斥力。例如,19 世纪中期有一本物理教科书上写道:“原子、吸引、排斥和惯性,这 4 个词能解释大部分自然现象。”

化学家心目中的原子,在 19 世纪实质上就是道尔顿的原子论,即原子是化学上不可分的微粒,它们具有不同的重量。

1860 年到 1895 年期间,关于原子是否存在的争论,又趋激烈。一方面尽管原子假说能够作出某些十分精确的预言,但另一方面又有许多实验的反证,原子理论是无法解释的。也许更严重的是,原子假说要求物质实体有某种亚结构,但持原子理论的科学家们却拿不出一个能让大家满意的实验证明。这种两难的局面,使许多科学家无所适从,以致法国著名科学家彭加勒(J. H. Poincaré, 1854—1912)用一种“中立性假说”(neutral postulation)来对待原子假说。他说,原子假说既不能认为是正确的,也不能认为是错误的;今后能否使用这一个假说,也仍然是一个悬而未决的问题。

1895 年以后,这种两难的局面迅速改观,不仅原子假说得以最终获胜,而且人类竟然一下子进入了原子世界……



▲ 汤姆逊在实验室。

J. J. 汤姆逊和电子——人类发现的第一个基本粒子

杨振宁教授(1957年获得诺贝尔物理学奖)在他写的《基本粒子发现简史》(*Elementary Particles: A Short History of Some Discovery in Atomic Physics*)一书中,开篇就写道:

1897年,……汤姆逊完成了他的有名的实验,测定了阴极射线的电荷和质量的比值 $\frac{e}{m}$ ……,这里我不能不给你们看一位最先打开通向基本粒子物理学大门的伟人的庄严的半身雕像。

杨振宁教授所说的“伟人”,就是汤姆逊。另一位诺贝尔物理学奖获得者温伯格(S. Weinberg, 1933—)在《亚原子粒子的发现》一书中则写道:

人类认识的第一个基本粒子就是电子,它远比其他粒子更轻。……人们通常把发现电子的功劳归于英国物理学家汤姆逊爵士,这是公正的。



▲ 英国物理学家汤姆逊的雕像,1906年他获得诺贝尔物理学奖。

1856年12月18日，汤姆逊出生于英国曼彻斯特附近的契瑟姆镇(Cheetham)。他出生的那年，正好是另一位科学家和梦想家——意大利伟大的阿伏伽德罗(A. Avogadro, 1776—1856)去世的那一年。

汤姆逊的父亲是一位书商兼出版商，专门经营那些版本很少、年代又久远的书籍。由于家庭的自然熏陶，汤姆逊从小就喜欢在旧书店和旧书摊上搜集那些不起眼但又十分有价值的旧书；他更喜欢的事情是一个人安静地在小屋里看书。另外，他父亲虽然不是科学家，但由于生意上的往来，与许多大学教授、作家、名流交往甚密；有一些知名学者，还与他父亲成了终生好友。在这种良好气氛的感染下，汤姆逊从小就对自然科学有了浓厚的兴趣。

汤姆逊的母亲“小巧玲珑而又有一双黑色明亮的眼睛，她身上经常散发出一种慈爱的气质”。他们家中经常有许多小孩聚在一起，这使他们可以在一起“演出”各种有趣的儿童剧。每次演完以后，汤姆逊的母亲就会用丰富的茶点来奖励孩子们的优秀“演出”。孩子们见了犒赏的点心，总会高兴地尖叫起来。汤姆逊从小就在这种愉快的气氛中成长，使得他的心智能够十分正常地发展。

有一天，汤姆逊从外面走进书店时，看见父亲正在和一位大胡子学者谈话。看见儿子进来了，父亲就把儿子叫到跟前介绍说：“这位是焦耳先生。”

汤姆逊听说过焦耳(J. P. Joule, 1818—1889)，知道他是一位著名的科学家，因此十分激动地向焦耳行了一个礼，怯生生地说：“您好，焦耳先生。”

事后父亲对儿子说：“以后有一天你也许会骄傲地对人说：我见过伟大的科学家焦耳，还向他问过好。”

汤姆逊的父亲原想让汤姆逊成为一个搞应用科学的工程师，但不幸的是，汤姆逊16岁时，父亲去世了。家庭经济陡然困难起来，交不起工学院所需的大笔费用。他母亲在亲友的劝说和帮助下，再加上欧文斯学院为他提供了一笔助学金，于是汤姆逊得以继续念书，没有中断学习。他弟弟没有他幸运，不能继续深造，只得去经营印花布生意。

1876年，汤姆逊由于学习成绩优秀，被保送到赫赫有名的剑桥大学三一学院深造。

1880年，汤姆逊从三一学院毕业，获得学士学位。汤姆逊终生都非常感激他幸运地获得了奖学金。他常常对人说：“剑桥大学的学术气氛和研究环境，真可以说独一无二，难有与其匹敌的，但只有富裕人家的子女才能进去读。我如果没有奖学金，就不可能进去读书。”