



前沿科学探索书系

# 超弦的音响

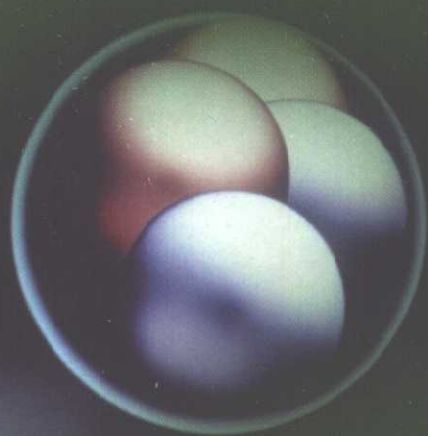
## 自然中之最小

百家出版社

[德] 法兰克·格罗特里希 著 陈元春 译

# Der Klang der Superstrings

Der Klang der Superstrings



# 超弦的音响 自然中之最小

〔德〕法兰克·格罗特里希 著  
陈元春 译



前沿科学探索书系

百家出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

超弦的音响:自然中之最小/(德)格罗特里希(Groteluschen, F.)编著;陈元春译. —上海:百家出版社,2001. 8

(前沿科学探索书系/(德)本钦格尔(Benzinger, O.)主编)

ISBN 7-80656-403-9

I. 超... II. ①格... ②陈... III. 粒子-普及读物

IV. 0572. 3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 050494 号

© 1998, resp. 1999 Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH  
& Co. KG, Munich / Germany

© for the Chinese edition: 2001 Bai Jia Publishing House

版权所有,盗版必究

登 记 号 图字:09-2000-278 号

丛 书 名 前沿科学探索书系

书 名 超弦的音响——自然中之最小

编 著 者 [德] 法兰克·格罗特里希

译 者 陈元春

责任编辑 唐少波 丁翔华

封面设计 张 宁 梁业礼

出版发行 百家出版社(上海天钥桥路 180 弄 2 号)

经 销 全国新华书店

印 刷 商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷

开 本 787×1092 毫米 1/32

印 张 4.25 插页 2

字 数 80000

版 次 2001 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 7-80656-403-9/G·579

定 价 10.00 元

# 导 言

仅仅是 1996 年和 1997 年的自然科学及技术出版物的数量,就超过了自有文字传播以来到第二次世界大战为止,世界上所有学者的相关著述的总和。如此大的知识量不仅使外行望而却步,就连专家也很难了解自身学科的全貌。在这种背景下,我们该如何确认哪些知识是有价值的,它们应怎样发展,会对我们产生什么影响?就显得尤为重要。因为正是自然科学与我们生活的各个方面息息相关,即便我们毫无察觉,但我们却无时无刻地要与它打交道。

本丛书旨在作为茫茫知识海洋中的航标,导引我们遨游自然科学和技术研究的最为重要的专业领域;文笔通俗易懂,重点放在基础性、关键性的知识和理论,并且自始至终刻意地省略了艰深的细节问题。

担纲本丛书写作的是一些杰出的科普作家,他们的日常工作就是用深入浅出的语言向人们讲解复杂深奥的科技内容。我感谢他们每个人,感谢他们对这一项目表现出来的自告奋勇精神和富有创造性的合作。

在本书,法兰克·格罗特里希(Frank Grotelüschen)引人入胜地把我们引进了物质的最小结构的神秘世界中去。在日常生活里,我们似乎也在观察并思考着这个问题;但在



这个宏观的世界,又像是没有类似的现象可以借鉴。而在可以理解的直观的模型和图画中,读者可以和神秘的基本粒子相遇,它们是夸克到中微子和可疑的希格斯粒子,一直到异乎寻常的超弦。作者跟随 DESY、FERMILAB 和 CERN 的超巨型加速器工作的物理学家们,探寻着最基本的物质构成单元,并详细地探讨基本粒子物理学的有益的和危险的潜势。

奥拉夫·本钦格尔

## 法兰克·格罗特里希

1962年7月19日生于不来梅。

在大学毕业获得物理学学位后，进入DESY工作，并参加德国无线电台的科学新闻见习团。1993年居住在汉堡。作为一个自由职业新闻记者，他的工作重点是对为数众多的新闻媒体作物理学方面的报道。这其中有各种不同的媒体，如：ARD无线电广播机构、《柏林人报》、《南德意志报》、《苏黎世日报》和《商业专页》等。



## 前沿科学探索书系

蓝色的星球——人与生态

生命的分子——神奇的遗传学

知识与感知——探究人类的大脑

薛定谔的猫——玄奥的量子世界

关于鹦鹉螺和智人——进化论的由来

混沌及其秩序——走近复杂体系

超弦的音响——自然中之最小

$E=mc^2$  ——相对论入门

物质的最深处——核物理学导引

黑洞与彗星——天文学大观

逻辑的语法——数学漫谈

元素的轨迹——化学奇境

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 导言 .....                 | 1   |
| 一个奇异粒子的发现 .....          | 1   |
| 找寻宇宙的基本结构单元 .....        | 7   |
| 德莫克里特和典范核心——从原子到夸克 ..... | 7   |
| 今日微观世界的观点 .....          | 14  |
| 物理学家的工具:加速器和探测器 .....    | 26  |
| 为什么反物质会消失 .....          | 40  |
| 中微子有多重 .....             | 52  |
| 哪里存在着希格斯场——质量的根源 .....   | 63  |
| 超对称和大统一 .....            | 68  |
| 爱因斯坦的梦和混沌 .....          | 76  |
| 超弦——未来将出现的理论 .....       | 82  |
| 粒子、宇宙和总剩余 .....          | 91  |
| 超强灯和垃圾管道:有用的副产品 .....    | 97  |
| 粒子的爆炸和干扰辐射:冒风险 .....     | 105 |
| 围绕着诺贝尔奖的赛跑 .....         | 109 |

|            |     |
|------------|-----|
| 附录 .....   | 118 |
| 术语释义 ..... | 118 |
| 其他文献 ..... | 125 |

## 一个奇异粒子的发现

最后他们终于找到了它,他知道它,很可信地感觉到了它,因为从测量数据中无懈可击的确实性是不同于一般的。但这会不会仅是一个错误的警告?得出结果的原因只是表示着出现的一种不可能的偶然性。然而归根到底,所有的发现(数据)都显示得很清楚,这应该是一个简单明了的结果……。

他处于高昂的情绪中,一个非常特殊的乐观情绪中。一方面是完全解决了问题,在最后的一些日子里,他几乎没有时间睡觉,反复地检验着数据,几乎强制地守护着电子系统容易产生故障的部分。在这方面,他感受着兴奋的精神快感。

然而还存在着疑虑。如果不只是在这个可诅咒的时间,如果可以把一切安静地做下去。为此,好几个夜间连续地在图像屏幕前和数字指示器前坚守着工作,不断地饮着咖啡;或仅仅打个盹,在通风机的噪声中,对消除疲倦收效不大的打瞌睡,有时中断着绵延的长夜。这些只是写着,在大厅几百米外还有另外一个小组,观视同样的目标;这是一个竞争。他们同样雄心壮志,同样克制忍受着,期望首先发现这个容易消逝的特殊基本粒子的朦胧的踪迹。这个奇异的基本粒子必然存在,理论学家对此



显然不会搞错,希望他们不会迷路。

开始时,在研究中心的大多数人都摇着头:“这没有起作用而且永远也没有。”然而,这是正常的。对现阶段的设备而言,这个实验想法起初显然是荒诞的。但是随着时间推移,计划变得比较实际,也更为具体。这一事实,也得到了同事们的信服,最后上层部门也给予支持。接下来,就是考虑制造机器。幸运的是不必重新制造机器,而是只要把一台旧的设备进行改造,就能进行试验。在所有改建中比较昂贵的,是建造两个用于存放像房屋那样高的探测器所使用的两个地下的厅堂。他在一台这样的探测器上工作,所以他对孩子们解释:这是一种显微镜,用于发觉细微的基本粒子;孩子们在学校中就说,他们的父亲是一个显微镜操作员;经过了3年的努力,终于完成了改建技术工程并取得了惊人的成就。而第一次实验确实没有带来什么轰动。实验小组必须进行计算;这台改装的仪器是新的,独一无二的;他们首先要熟悉这台仪器,逐一地修整好缺陷,逐步使运转进入最佳状态,激发出它的优良性能。仪器曾经在一星期中出现了干扰,经过分析,这仅是一个小疏漏造成的;最后终于显得卓越无比,而测试的数据都极为准确。

他在生日庆祝会上和夏季聚会上,已经不止一次地对他的朋友们讲述,他和他的同事们正在找寻的基本粒子,其存在的寿命只不过是几分之一秒。这个在世界上的陌生者,在罕见、抽象的方式下,却是十分重要的;它不仅对微观世界中不可见的运行过程起着重要的作用,而



且对生命也是极为重要的。“咳！真是第一流的。”朋友们都笑了，“有朝一日，你将为此而获得诺贝尔奖。”“祝一切顺利！”同时以热情的姿态举杯祝贺着。他开心地微笑着回答：“当然不会轮到我，如果获奖，应该是我的领导。”

次日早晨，他又继续去工作了。他感到非常疲劳，头脑中还残留着法国红葡萄酒勾起的醉意。就是在这一天，他要和这个从世界上每个角落聚集成 300 个人的小组一起工作，这可真是不简单的事。他总是匆匆忙忙，激动异常。有时由于误解，还有吵闹声，而高声叫嚷着不必要的话；有时，他好像只是在巨大的科学机器中一个微小的轮子。他不是个天才，年轻时的梦，是要与同水平的二三位助手一起协力突破才能实现。对小组中的很多人，他了解得不多；有些人是非常专业的，如果他们在讨论会上作专题报告，会使人很难懂；特别是和一些南方人争论，头脑会发热，实际上很荒谬，都是陈词滥调。但是，现在却出现了异常情况。

随后，又重复着在小组内出现绝对的高昂情绪。法国人，意大利人，德国人，斯堪的纳维亚人，还有中国人，好像都拉着同一条绳索，齐心协力地针对着同一个目标在努力工作。对于南欧人的热烈发言，人们会悄然地离开；而对于英国人枯燥的解释、评论，则使人要捧腹大笑。这是一个转机，就像是正在进行着冷热水交替浴。人们现在的情绪真是妙极了，丝毫也没有松懈，正期望着紧张后的欢乐。领导还保持着沉默，但显然，此时他也感到了极大的冲动。有些人说，这真正是它，让我们报道已发现



了新的粒子吧。另一些则阻挠着,不愿过早地向公众发布,以免不确实而出丑,遭到人家的嘲笑;最好还是再多收集一些测量数据,进行评估和极其缜密地分析;最好数据要再可靠点。

另一方面,他们想成为第一个发现小组,而胜过和他们竞争的小组,不要让他们把自己面包上的奶油夺走了。当然在这里和那里,至少在目前,这个火热的阶段规定要严格地保守着秘密。但不知通过何种形式,发现的消息还是被渐渐地透露了,同时发觉另一小组走得也并不远;有人自称在公共食堂中偶然了解到的。也许只是个谣传。然而,由于小组保持着精神上的快感,没有人对此事表示出什么态度,状态显得相当有利。然后,领导在大演讲厅内召集了一个特别的会议;当宣告了已发现寻找中的奇异粒子时,全体人员立刻洋溢在热烈的气氛中。

两年后,公布了诺贝尔奖——这个科学工作者的最高桂冠。当然是他的领导者在领奖台前站立着,接受瑞典国王卡尔·古斯塔夫(König Carl Gustav)的握手礼。相反的,他没有坐在斯德哥尔摩皇家学院的大厅内,而只是和他的同事们一起留在工作的实验室中。在电视屏幕上出现的颁奖程序,非常庄严崇高,也很突出,使人惊喜。作为小组中的一员,虽然他没有在科学史的历史记载中留名,但至少他也确实作出了一定的贡献。

这些记载,就是卡洛·鲁比阿(Carlo Rubbia)小组在1982~1983年发现Z粒子的事例。有时阅读基本粒子研究者和粒子加速器实验者的传记,像是阅读侦探小



说。在门外汉的世界中,对胶子、介子这类名词,仅仅是看作似火车站一样的一个名词,不能真正了解它的意义。微观世界并不是完全能和日常生活中的事件兼容并存地加以理解的。最微小粒子的世界,对没有需求的观察者来说,是陌生的和有着不一般的面容的。为此有能力的专家们必须作出引导和解释,使普通的人能够了解;只有极少数的粒子,物理学家觉得能够对学校的孩子们讲述,它的意义以及他们每天工作的内容。

研究基本粒子,不是单纯找到尽可能小的奇异的粒子,而是通过研究最最小的物质构造单元,物理学要寻找形成这种物质构造单元的深远的根源。探索充满秘密的物质构造单元原始理论和离奇世界的规律,这些可能是构成整个宇宙的理论基础。因为这是物理学中的一个基本分支,所以哲学家们认为基本粒子研究,或许是物理学中最重要的部分了。这一点好像也是斯德哥尔摩诺贝尔委员会的观点,因为自从 50 年代(属于某世纪不作特别说明的,指 20 世纪,下同。 — 编者注)起,平均就有三分之一的奖金落入了粒子物理学家的口袋中的。

这顶最高的科学桂冠,促使各国进行自定目标的基本粒子探索,从而致力于有权威性的研究。为此,粒子物理学者建造的研究设备,达到了最大的规模。然而花费数十亿价值的高昂费用,仅存在着不明确的遥远的有效应用,总会引起很大的争议。

到目前为止,还不能看到旗杆的顶端,研究者利用加速器愈是深入地进入微观世界观察,就愈能发现更小的



物质构成单元。在有些观点上看来,似乎物质的结构就像一本书,初次观看,书本是由许多页构成的,把目光仔细地移在一页上,就可以发现上面印着句子,句子是由一些单独的词组成的,再细看每个词是由许多字母组成的,这样就发现了字母是各种书写成文章的基本构成单元。世界上的文学著作、通俗传奇、情书以至新型洗衣机的使用说明书等,都是由许多单独的字母构成的。如果再追问下去,字母是由什么组成的,那就没有意义了。一个字母是构成书写语言的最终的确定的结构单元。它是基本的不可分割的。在这一点上语言学家和自然科学家所处的情况是有区别的。语言学家已经知道了他们研究对象的基本结构单元,而物理学家还正在找寻它们。

# 找寻宇宙的基本结构单元

## 德莫克里特和典范核心——从原子到夸克

火、水、土和空气，自然界的这四个——在太古时代就能够感觉到它们的威力，好像构成了相同性质的原始基本元素；在很多业已消失的文明中，标志着它们是所有存在事物的基本支撑。就是今天，这四个原始基本元素，还时常出现在一些划时代艺术家和诗人的饰品中。但是在自然科学的奥林匹斯山顶，这种想法早已淘汰了。然而世界是由最基本元素构成的原始纯朴的想法，依旧维持着作为以后建立的理论的决定性的胚胎。从这个思想体系出发，人类总认为周围的环境是由少数的一些基本元素构成的。

这个观念的形成根深蒂固。根据古代希腊哲学家德莫克里特(Demokrit)创立的理论：物质必须是由最小的不可见的结构元素组合而成的；结构元素没有颜色，既无臭，也无味；其他的物体都是由它构成的，而它是再也不能继续被分割的。传说德莫克里特是在海滩上对这个假设作出说明的。他手中拿着一只苹果，然后说道：“如果我吃掉一半，则剩下的还有一半，”他继续地运用这个思



维,“如果把剩下的再吃去一半,则我还剩下四分之一,然后是八分之一,接着是十六分之一。只要我喜欢,是否我可以不断地把这个吃的过程进行下去呢?不。”这个智者说出了结论,“最后终于会在经过了某一个确定的时间后,达到一个极限,必须剩下最后的部分,它是不能再分割的了。”这个不能再被分割的部分,希腊人称它为原子。

原子作为所有物质的基本结构元素的学说,就这样诞生了。然而在相当长的时间,德莫克里特这个天才的玩笑没有得出结果。这个原子假设,对大多数他的同时代人来说,只是一个外表虚幻的理论,因此这个假设也渐渐地被遗忘了。一直到18世纪,这个理论的概念最后才开花:自然研究者英国人约翰·道尔敦(John Dalton)发现,在化学反应中,参加反应的物质总是按照一定的比例组合的。如果想利用氢气和氧气得到水,则1升的氧气总是和2升的氢气进行化合。要解释这个现象,根据道尔敦的观点,只能取决于存在着物质的基本单元。这个革命性的思想是,1个氧原子和2个氢原子化合成一个水分子( $\text{H}_2\text{O}$ )。这就说明了为什么在制造水时,必需使用1升氧气和2升氢气。

在原则上道尔敦和他的同时代人建立了如下的想法:原子是微小的不可分割的小球;它的直径仅是千万分之一毫米;它像微观的台球在空间飞舞,相互碰撞,从而结合成分子。这个时期,自然科学研究者总共知道40种不同的原子种类。那时的观点是,所有其他的物质都是由这40种化学元素组合而成的。目前化学中,已经发现