

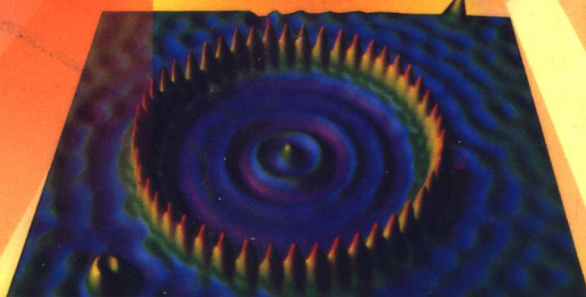
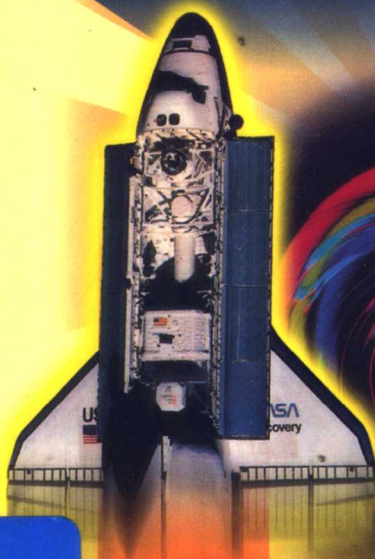
看不见的  
世界



LIANGBI YOUJING

# 量子幽灵

◎ 江向东

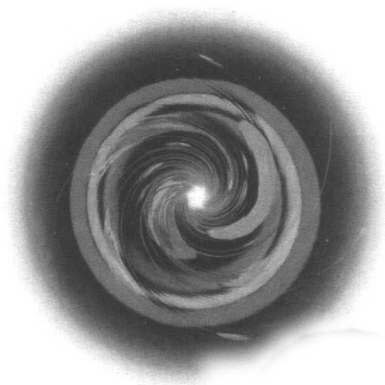


中国少年儿童出版社

看不见的  
世界

# 量子幽灵

◎ 江向东



中国少年儿童出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

量子幽灵/江向东编著. —北京: 中国少年儿童出版社, 2000. 6

(看不见的世界/陈海燕主编)

ISBN 7-5007-5317-9

I. 量… II. 江… III. 量子论—青少年读物  
IV. 0413

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 09837 号

看不见的世界

**量子幽灵**

江向东

\*

中国少年儿童出版社 出版发行

社址: 北京东四 12 条 21 号 邮编: 100708

中国青年出版社印刷厂印刷 新华书店经销

\*

850×1168 1/32 4 印张 4 插页

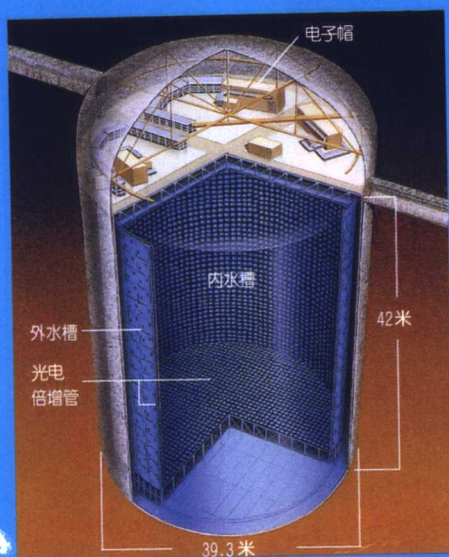
2000 年 6 月北京第 1 版 2000 年 6 月北京第 1 次印刷

印数: 31,000 册 定价: 8.50 元

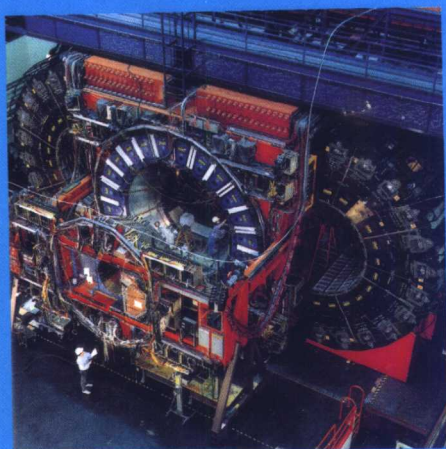
ISBN 7-5007-5317-9/G·4109

本社 24 小时销售咨询热线: (010) 84037667

凡有印装问题, 可向本社出版科调换



●日本神冈超级中微子探测器

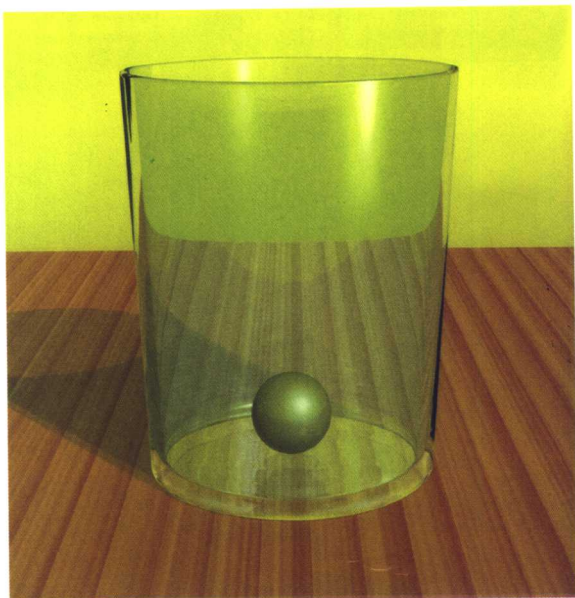


●费米实验室的粒子侦测器

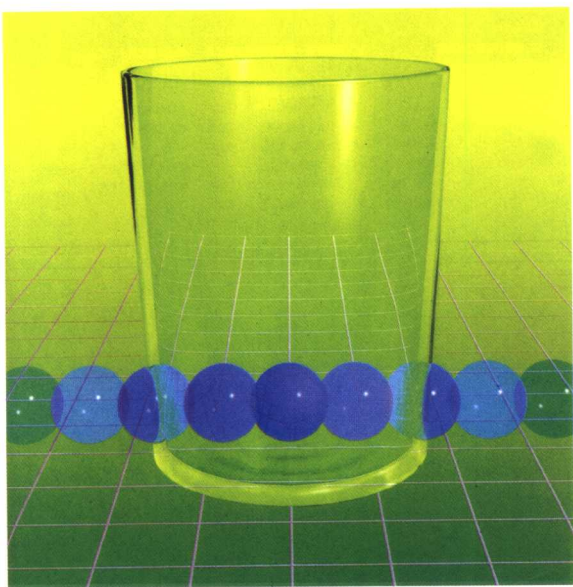


●费米实验室的粒子对撞机

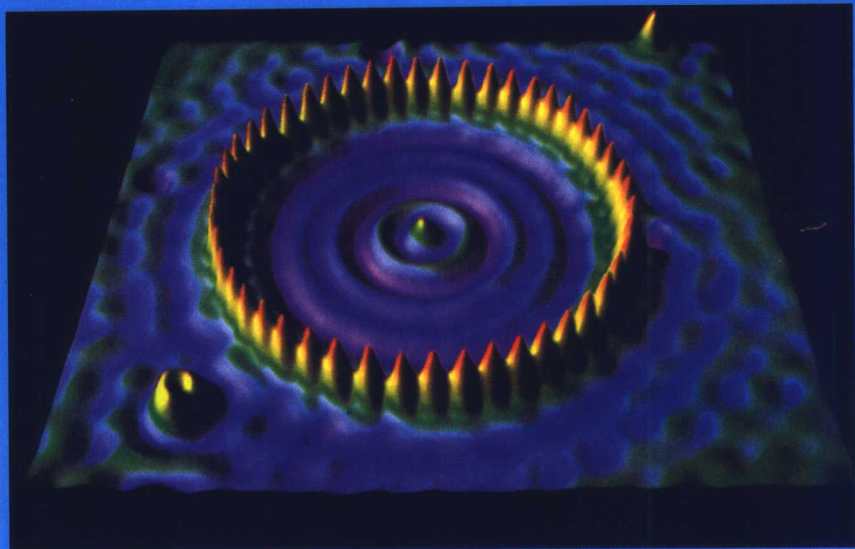




● 在我们日常所见的宏观世界里,杯中的小球如果不受外界因素的干扰,它永远也不会跑到杯子外面去。



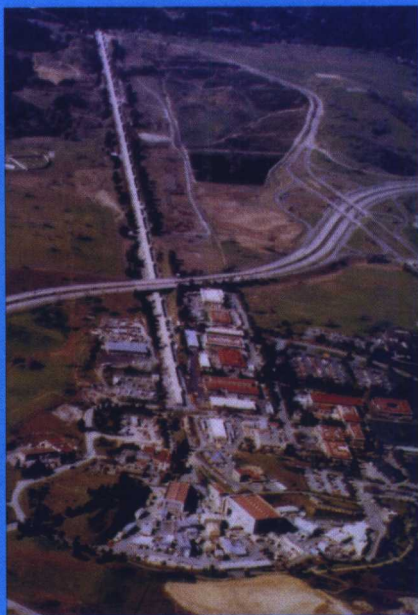
● 在微观世界里,杯中的粒子会因为量子“隧道效应”,神奇地穿透杯子跑到外面去。



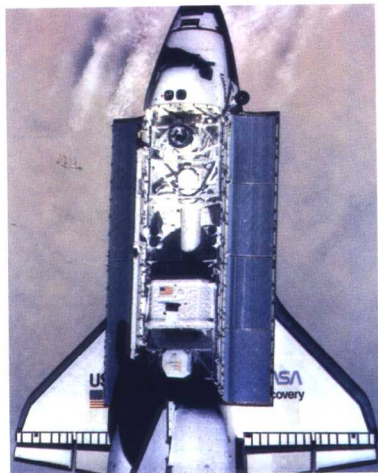
●科学家在扫描隧道显微镜下，将48个铁原子排列在铜表面上，形成一个圆形围栏。



●北京谱仪(BES)



●美国斯坦福直线加速器(鸟瞰)



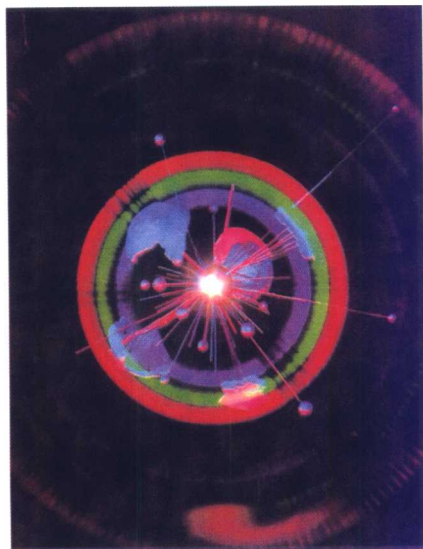
● 从和平号空间站上拍摄的，载着阿尔法磁谱仪的发现号航天飞机。



● 北京正负电子对撞机实验室



● 邮票上的普朗克



● 粒子碰撞模拟



## 主 编 的 话

没有眼睛,世界会变得黑暗狭小;有了双眼,世界就显得广阔多彩。然而视力是有限的,远望不分高山之木,近看难辨毫末之微。看不见的那个世界无穷广大、无限丰富、无比神秘。

看不见并不等于不可知。动员所有的感官,运用科学的仪器,再加上聪慧的大脑,便可以把各种直接、间接的信息组合起来,描绘出世界的真面目。

科学家和科普作家们将要带领我们神游看不见的世界——进入炽热的地幔,进入黑暗的深海,进入生命的内核,进入细微的粒子,进入神奇的时空。让我们去认识那些肉眼观察不到,甚至难以感知,却又真实存在的自然现象。

这套丛书分专题编写,每一本都是科普专著,较系统地介绍了相关学科知识,尽可能反映了最新科学成果,重在启迪科学思维,而且读来通俗有趣。

值得一提的是,本丛书进行了重要尝试,即把深奥的理论科普化。例如,介绍了量子理论、场论和相对论的时空观。21世纪的青少年,应当有机会接触人类智慧的最高成就,逐步超越就事论事的经验世界,迈入更高的科学境界。



## 请读者注意

这是一本奥妙无穷的书。

凡用黑体字标出的段落,都有点深奥。如果你觉得自己现在还不够聪明,可以先跳过这些段落,暂时不去追究它,接读下文,也不会影响对本书主要内容的理解。

当你觉得自己足够聪明的时候,再重读此书。那些遗漏的段落就会向你微笑,你将真正发现其中的秘密。

有一天,你会体会到,你所理解的世界,跟许多人不一样了。

## 特 别 声 明

为了形象直观地向青少年展示变幻莫测的“看不见的世界”，本书参考引用了一些图片资料。这些资料来源较广，头绪甚多，原始作者难以一一查找。在此，我们先向这些作者表示衷心感谢，并请与我们联系。如有可靠材料证明您是原始作者，我们将按有关规定，支付合理报酬。



## 目

## 录

|              |    |
|--------------|----|
| ▲从黑体出来的幽灵    | 1  |
| ▲原子的千年故事     | 8  |
| ▲烟波迷茫“光子雨”   | 14 |
| ▲我们也是波       | 19 |
| ▲元素周期表的奥秘    | 26 |
| ▲第一个基本粒子——电子 | 31 |
| ▲原子像个小太阳系    | 37 |
| ▲量子世界的测不准原理  | 43 |
| ▲量子力学的“核心秘密” | 48 |
| ▲粒子有点像陀螺     | 53 |
| ▲玄妙的几率波      | 59 |
| ▲有反物质世界吗     | 64 |
| ▲神秘的磁单极子     | 72 |
| ▲“超导”真奇妙     | 77 |
| ▲魔术般的超流现象    | 82 |
| ▲“穿墙术”和显微术   | 87 |
| ▲中微子有质量吗     | 93 |





---

|               |     |
|---------------|-----|
| ▲夸克的不寻常故事     | 98  |
| ▲物质结构的“基本砖块”  | 106 |
| ▲怎样重现“大爆炸”的图景 | 110 |
| ▲我们在倾听世纪钟声    | 115 |







## 从黑体出来的幽灵

不论在神话还是在鬼话里，“幽灵”总是从黑暗中出现。碰巧得很，在科学史话里，一种叫做“量子”的幽灵，第一次出现也是在黑色物体中。看来，幽灵与黑暗真有点相互依存的关系。我们在这里说的“黑色物体”，可不是一般的黑、一般的暗，让我们先看看它究竟黑暗到什么程度，再看看量子幽灵到底是什么样的新奇玩艺儿。

谁都有这样的经验，在夏天穿黑色衣服比穿其他颜色的衣服要热一些。这是因为黑色衣服比较容易吸收太阳辐射的光和热。我们看见的照射在我们身上的光线，那只是太阳辐射热量的一部分，还有一部分热量也同样传给了我们，却让我们不知不觉，那是肉眼看不见的热射线。因为，不论物体是发光还是发热，都同样是传递热量的辐射过程，所以科学家把它们都叫做热辐射。我们凭经验已经知道，物体吸收和反射热量的本领与物体的颜色有关，那么，黑色物体与热辐射有什么特殊的关系呢？

我们知道，物体越加热，它发出的光就越亮，光的颜色也随着温度的升高而改变。有经验的炼钢工人能够根据一根炽热铁管的发光颜色，非常准确地说出铁管的温度。他会说，暗红色意味着温度大约是  $500^{\circ}\text{C}$ ，等变到橙黄色的时





候大约有  $800^{\circ}\text{C}$ , 明亮的白色就有  $1000^{\circ}\text{C}$  以上。这里说的自然是可见光, 即用肉眼可以看见的光。可见光的波长在  $0.39$  微米到  $0.76$  微米之间。波长在这个范围之外的光, 都是不可见光, 它们有着各自的名称。波长长的, 从  $0.76$  微米到  $1$  毫米左右的, 叫红外光, 从  $1$  毫米到  $1$  米的叫微波, 而超过  $1$  米的则叫无线电波; 波长短的, 从  $0.39$  微米到  $0.04$  微米左右的, 叫紫外光; 波长更短的, 从  $10$  毫微米到  $1$  毫微米 ( $10^{-6}$  微米) 的, 有个响亮的名字叫 X 射线或 X 光; 比 X 光的波长还要短的光, 也有个特别的名字叫  $\gamma$  (伽马) 射线或  $\gamma$  光。对这些不可见光, 可以用光学仪器检测到它们。所有的光, 可见的、不可见的, 都是电磁波。





对于一个光源或者一个热源，例如一支蜡烛或者一炉煤火，它们总会辐射着光或者热。大家知道，力学有力学的规律（比如：牛顿定律、万有引力定律……），电磁学有电磁学的规律（比如：库仑定律、法拉第电磁感应定律、安培定则……），那么，物体的热辐射有什么规律呢？在 19 世纪后期，物理学家就想把这个规律找出来。由于世界上的物体形形色色，热辐射的条件也各式各样，如果没有个标准物体来作衡量的尺度，那就没法说精确。结果，物理学家就选了黑色物体作为标准物体（这就像我们测量一个物体或一段距离的长度，要用一个标准的米尺一样）。

为什么选黑色物体作标准呢？因为黑色物体对光和热或者说热辐射，吸收得多反射得少，这样就容易把它加热到比较高的温度。反过来，当黑色物体成为一个高温热源时，它的热辐射强度（即每秒辐射的能量）也比同样温度下其他物体的都大些，这样，其他物体的热辐射情况就可以同标准物体作比较。既然是作为“标准”的东西，那它本身就应该标准。于是，人们为此设想了一种最黑的黑色物体——只能完全吸收而几乎不反射的特殊箱子。箱子的内壁装有一排排肋状隔墙，整个内部涂抹了漆黑的煤烟，只留一个小孔让光线进去，光线几乎只能进不能出。这个只能把进去的辐射能量全部吸收的箱子，就是物理学家理想的“黑体”。

如果对这只箱子加热，从那个小孔发出来的辐射就和理想黑体的辐射几乎完全一样。这样一来，只要测量小孔中的辐射情况，就能了解黑体的辐射，就可以通过实验手段来进行研究。黑体辐射实验在物理学的发展史上占有重要地位，它暴露了旧物理学（或叫经典物理学）的严重困难，促





成了量子论的诞生。让我们看看这种实验究竟暴露了什么。

19 世纪后期，人们积累了黑体辐射实验的很多资料，根据这些资料，人们画出了在一定温度下辐射能力与波长关系的实验曲线。于是，物理学家进一步的任务就是，从理论上加以论证并解释实验结果。

根据已知的热力学第二定律，可以证明黑体辐射的能力的确与黑箱子的物理性质无关，也可以得到辐射能力与温度和波长之间的大致关系。可是，物理学是一门精确定量的科学，仅仅得到个“大致”关系是不够的。于是，德国物理学家维恩把这个大致关系推进了一步，得到一个略微具体一些的公式。从这个公式不仅能推导出已知定律，还能得到一个新定律。这个新定律是说，随着黑体温度的升高，它所发射的最亮光线的波长将会变短，并向紫色光区移动。这项工作使维恩荣获 1911 年诺贝尔物理学奖。

要想得到非常具体、并能完全说明实验曲线的黑体辐射公式，光凭已知的热力学知识是不够的，还必须对发射和吸收的机理做些假设。做了些假设之后，维恩在 1896 年把他原来的公式具体化，提出了一个辐射公式，后来叫做维恩公式。不过，维恩公式只在短波区域与实验符合，在长波区域与实验偏离较大。而英国物理学家瑞利和金斯也提出了一个辐射公式，后来叫做瑞利 - 金斯公式。与维恩公式相反，这个公式在长波区域，即绿光、黄光、红光区域，才与实验一致，而在短波区域，即接近蓝光、紫光、紫外光时，就与实验不相符。更为严重的是，随着波长的缩短，即向波长很短的紫外区域延伸时，辐射能量竟会变得无限大。这个能





量无限大的荒谬结果(能量是不可能无限大的),出现在紫外区,所以物理学家把它叫做“紫外灾难”。的确,如果一种理论与实验事实不相符合或得出荒谬的结论的话,那一定是什么地方出了问题。有些问题是小问题,有些问题可能是灾难性的。

为了给陷入困境的黑体辐射理论找一条出路,德国物理学家普朗克,以无比的毅力和忘我的激情投入了这项研究。像不少人做过的那样,他仔细检查了维恩公式和瑞利-金斯公式在推理上的所有环节,仍然没有发现任何错误。于是,他只好开始新的尝试,看看用新的模式能不能得出一个能够解释实验的正确公式。一个又一个的新模式被他建立起来,却一个又一个地被他自己推翻。所有企图推出正确公式的努力,最终都毫无效果。

1900年10月的一天,普朗克在万般无奈的情况下,根据实验资料 and 理论推导中积累的经验,“凑”出来一个辐射公式。这个公式不仅与实验曲线符合得极好,而且能把维恩公式和瑞利-金斯公式衔接起来。当波长较短时,它可以回到维恩公式;当波长较长时,它可以近似到瑞利-金斯公式,而且避免了紫外灾难。这是何等美妙的公式,又是何等意外的收获啊!

普朗克虽然很快就向德国物理学会报告了这个公式,但他无法向人解释公式的物理意义,因为在这个凑出来的公式中,有的东西在物理上究竟是指什么,他说不出个所以然来。于是,普朗克接着琢磨,想从物理学的一些基本理论推导出他的公式。然而,不论他用什么方法,这个无疑是正确的公式却总是找不到理论根据,怎么也推不出来。这是

