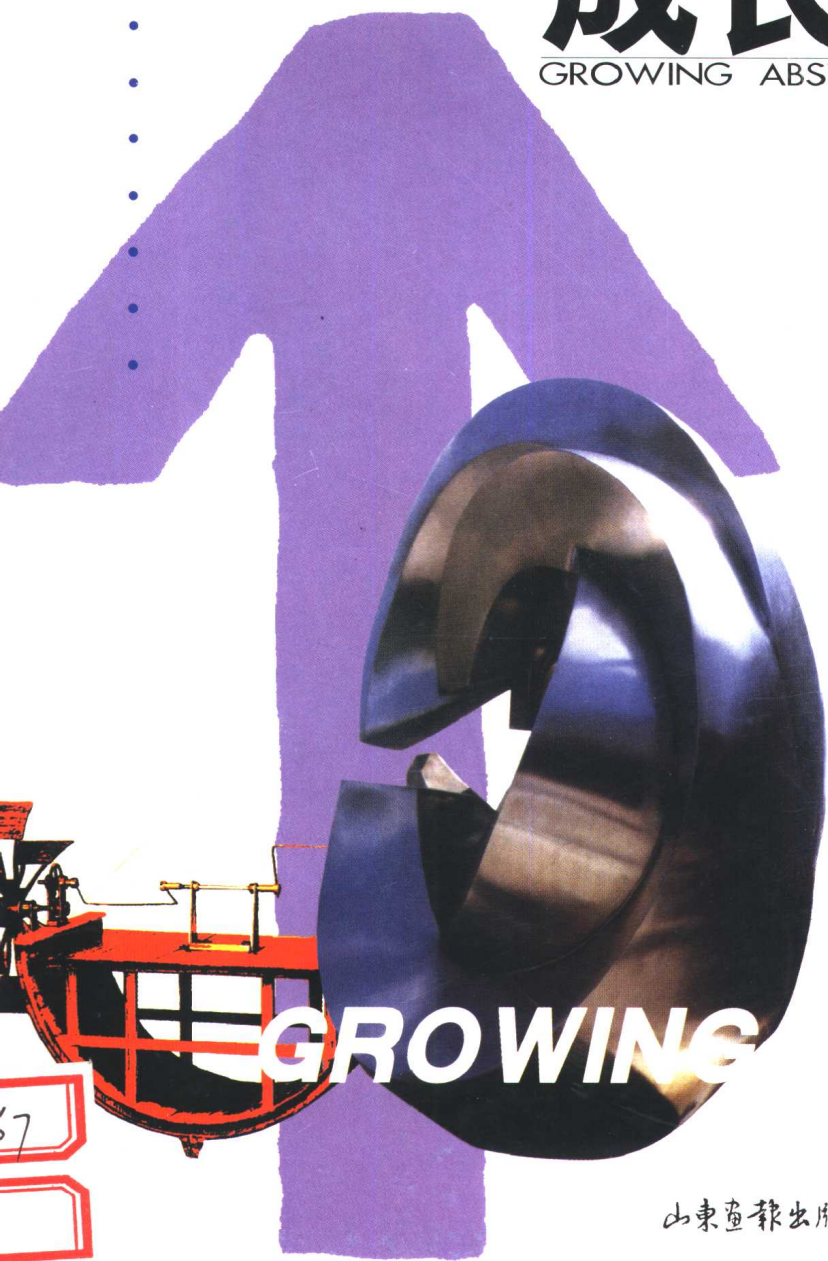


成长

第四辑

文摘

GROWING ABSTRACTS



山东画报出版社



契诃夫小说《带阁楼的房子》插图

〔俄〕库克雷尼克塞



契诃夫小说《套中人》插图

〔俄〕库克雷尼克塞

我得承认，那一向伟大且听上去如此富有意义的任务——“认识你自己”，在我看来却有些可疑，就仿佛它是秘密结盟的祭司们的一个诡计，意在用一种不可达到的要求把人们弄糊涂，把人们从与外部世界的抗争活动引向虚妄的冥想状态。人只能在他所认识的世界之范围内认识自己。他只在自身之中看见这世界，也只在这世界之中看见他自己。

——歌德

我是说，站在伟大神秘的宇宙面前，我们总像好奇的孩子。这一点是不会改变的。由此则在我们与人类世界里一切不得人心的东西之间拉开了距离——而这决不是小事情。早晨当我们被《纽约时报》带给我们的消息弄得恶心的时候，我总是想，不管怎么说，这些总比我们差不多消灭掉了的希特勒主义要强些。

——爱因斯坦

沐着阳光，躺在床上，在水上信马由缰，
沐着阳光，赏着阳光在大海漾起粼粼波浪，
在舷窗下
凝望阳光粼粼，粼粼阳光——
阳光的海洋，海洋的阳光，
像浴后，饮后，思索后
悠悠对镜自赏，
赤着身，沐着阳光，躺在床上，容光焕发，心明眼亮，
独自地，痴狂地，赤着身，
我！

——瓦雷里





第四辑
二〇〇一年四月

主编 朱正琳

本辑特约撰稿人 张辛欣 孙 珉 刘华杰

田 松 张冠生 何怀宏

潘 涛 徐 晓

责任编辑 汪稼明 美术编辑 李海峰

特约插图 黎 青

编辑出版 山东教育出版社

世界篇

- 4/ 量子物理百年 丹尼尔·克莱普勒
罗曼·杰克
- 20/ 量子物理学和哲学 尼耳斯·玻尔
- 28/ 现代物理学中的语言和实在 W·海森伯
- 43/ 《QED: 光和物质的奇异性》引言(摘抄) 理查德·费曼
- 52/ 大科学家的小经典
——介绍两本好书 王天兵
- 55/ 物质概念必须修改 弗里德里希·克拉默
- 60/ 谁是因特网之父 丁 林
- 68/ Lucas 还怕谁?
——美国神话之王与美国电影未来 张辛欣
- 77/ 生命之泉
——关于贝多芬的一次访谈 伊戈尔·斯特拉文斯基
- 83/ 有性之迷 方舟子
- 89/ 放弃这些目的 赖欣巴哈
- 96/ 绝对正确 田 松

人生篇

- 102/ 论青年的不朽之感 赫兹里特
- 115/ 渐 丰子恺
- 119/ 同情 大江健三郎

有时我觉得,对我一生中发生的所有这一切的一种更合理的解释是,我好像依然是只有13岁,读着凡尔纳或威尔斯的作品,悄然进入梦乡。

—— 斯坦尼斯拉夫·乌拉姆

- | | |
|-----------------------------------|----------|
| 126/ 启蒙 | 海尔特·弗尔迈伊 |
| 133/ 谦卑,这是个关键问题 | 柴子文 |
| 139/ 应当学会计算一切时间
——柳比歇夫的“时间统计法” | 格拉宁 |
| 153/ 金螺旋 | 弗朗西斯·克里克 |
| 168/ 鲍林的回忆 | 鲍林 |
| 170/ 私人笔记:历史边角 | |
| 170/ 1 那“詹”不是这一“詹” | 樊洪业 |
| 171/ 2 霍金的出生地 | 霍金 |
| 172/ 私人笔记:热词汇
另类 | 旋元佑 |
| 173/ 私人笔记:冷文字
几何原本满文译本跋 | 陈寅恪 |
| 175/ 编者手记 | 朱正琳 |



量子物理 百年

丹尼尔·克莱普勒
罗曼·杰克

众所周知, 20 世纪的科学取得了一系列意义深远的进展。包括广义相对论, 量子力学, 宇宙大爆炸学说, 遗传密码的破译, 进化生物学等等, 或许读者还会举出其他更多的事件。在这些例子当中, 量子力学则因其最根本意义上的革命性而显得格外独特。它迫使物理学家重塑了关于实在的思想, 在最深层次上再思万物的本性, 修正了位置与速度的概念以及对因与果的理解。

虽然量子力学的产生是为了描述那些远离日常体验的抽象的原子世界, 但它对我们日常生活的冲击却不能再大了。化学, 生物学, 医药, 甚至从根本上说其它每一门学科所取得的飞跃进展都离不开量子力学, 因为正是量子力学使得一些必要的研究手段从设想变成可能。此外, 没有量子力学, 也就不会存在所谓的全球经济, 带领我们迈入电脑时代的电子学革命正是量子力学的一个产物, 同样, 其发展的另

一结果光电技术革命又将我们置身于信息时代。总之，量子物理的产生已经改变了我们的世界，它同所有科学革命一样正带给我们它所有的益处，同样还有我们不得不面临的风险！

对引力与几何之间关联的卓越洞察造就了广义相对论；DNA的解码展现了一个新的生物学的世界。与此不同，量子力学的产生并不是一步成形的。相反，它是随着时间的进程不断出现的几位难得集中的天才所创造的。而在他们登场的20年中，量子思想又是如此令人困惑以至于几乎没有任何可供发展的基础。但在随后风云激荡的3年中，有一小群物理学家创立了量子力学。尽管这些科学家一直被他们所做的工作困扰着，甚至有时对结果还感到沮丧，但量子力学最终还是成形了。

现在，对于量子力学这门关键而深奥的理论，下面一句话精辟地概括了其所处的独特形势：量子理论是科学有史以来受到最精确验证的、最成功的理论。然而，量子力学不仅一直深深困扰着它的创立者，而且直到今天，这门理论的基本形式产生75年后，还有一些资深科学家对它的基础及解释感到不满意，尽管他们承认它蕴含着惊人的能量。

今年是马克斯·普朗克量子概念建立的100周年。在他当年关于热辐射的那篇开创性的论文中，普朗克提出一个假说，振子系统中的总能量不是连续变化的，相反，能量必须以不连



德国物理学家马克斯·普朗克

续的步伐从一个值跳到另一个值，即能量是一份一份的，普朗克称之为量子。这种量子化的思想在当时是如此激进，以至于普朗克本人对它也采取保守态度。随后，爱因斯坦在他那非凡的1905年认识到量子化概念对于光的意义。但即使这样，这种量子化想法终究因其太奇异而几乎没有发展的基础。现代量子理论的创立还需要再等20年，等待新一代物理学家的出场。

为了更好地理解量子物理所带来的革命性的冲击，我们有必要回顾一下量子概念以前的物理学状况。从1890年到1900年，物理学杂志中充满了一些关于原子光谱，以及其它所有可概括为物质可测量的性质方面的论文，诸如粘性、弹性、电导热导、膨胀系数、折射率等。科学家的工作热情，加上更精巧的实验方法的不断出现，使得知识以巨大的速率不断积累着。

然而现在看来，给我们印象最深的却是这样一个事实，即对这些物质特性的简明描述实际上仅是经验的总结。上千页的光谱数据列出元素波长的每一精确值，却没人知道这些谱线从何而来，更不知道它们传达了什么信息。对热和电的传导只能用较粗糙的模型来解释，也只能大致符合一半的事实。当时存在大量的经验定律，但是都不能让人满意。例如，杜隆-珀替定律建立了比热与物质原子质量之间的简单的关系（一切固体的克分子比热都相同），大多时候很奏效，但有时却并不灵验。等体积不同气体的质量比均可化为整数比的经验也只能是用于大多时候。元素周期表为众多化学原理的建立提供了一把钥匙，并带来了化学学科的繁荣，但它却没有任何理论基础。

这次革命的最伟大的成就之一是，量子力学提供了关于物质的定量的理论。我们现在从本质上了解了原子结构的每一个细节；对元素周期表有了一个简单而自然的解释；那些浩如烟海的光谱数据也有了优美的理论框架来加以描述。量子理论使我们能够对分子以及固体液体、导体半导体有了量的理解。它解释了诸如超导、超流之类奇异的现象，也解释了诸如中子星、玻色-爱因斯坦凝聚之类奇异的物质形

态，其中气体中所有原子的行为都像是一个单个超原子。总之，量子力学正为所有的科学以及每一门先进的技术提供必要的工具。

量子物理实际上由两大体系组成。第一就是原子水平上的物质理论：量子力学。也正是量子力学使我们能够理解并操纵这个物质世界。第二是量子场论，量子场论在科学中扮演了一个完全不同的角色，对于它，我们稍后将讨论。

量子力学

引发量子革命的导火线并不是来自对物质的研究而是来自关于辐射的一个问题。当时面临的直接挑战是想理解受热物质发出的发射光谱：黑体辐射。每一个曾经盯过火焰看的人都会熟悉，热的物体会发光，且温度越高光线越强。发射的光谱很宽广，随着温度的升高，光谱的峰值会从红色移向黄色，最后到蓝色(虽然此时不能再看见)。

人们本来以为综合当时的热力学与电磁理论能够解释光谱的形成，然而一切的努力均失败了。但普朗克却另辟蹊径，他假定辐射电磁能的振子的能量是分立的，从而得到了一个与实验结果符合得非常完美的表达式。结果固然漂亮，但这个理论在当时的物理学看来是荒谬的，以至于普朗克本人事后都说，这是一次“孤注一掷的行动”。

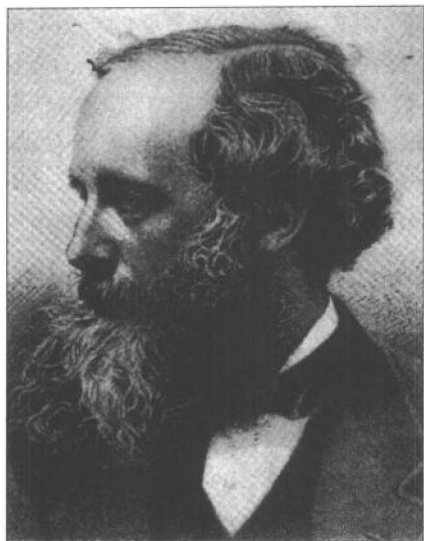
普朗克将其量子假说应用于辐射体空腔中振子的能量分布，或许量子物理本来就只能发展至



此了。但是在1905年，一位新手的介入又使其重现生机，他就是爱因斯坦。爱因斯坦并没有嫌弃量子概念，而更深入一层认为，如果振子能量是分立的，那



么由它辐射出的电磁场的能量即光也必定是量子化的。因而爱因斯坦认为光应具有粒子的行为。而在当时已有麦克斯韦 (James Clerk Maxwell) 的理论以及一个世纪以来各式各样明确的实验证实了光具有波动性。但是, 在接下来的 10 年中, 关于光电效应的实验表明, 当光被金属表面吸收时, 它的能量是以一个个不连续的“包”的形式到达金属表面的, 这些能量包就好像被一个个粒子所携带。光呈现出一种两重性, 是粒子还是波, 取决你要观察它什么。



英国物理学家麦克斯韦

这是波粒二象性这个在量子物理发展史上不断令人头疼的主题的第一次出现。这种二象性也成为以后 20 年中理论物理上一块难啃的骨头。

量子理论的第一步是被辐射问题催动出来的, 其第二步则是被物质问题激发出来的。我们都知道原子中含有带正电的核和其周围环绕的带负电的电子, 但是, 电性相反的粒子会相互吸引。根据经典电磁理论, 这些正负粒子会彼此环绕, 同时辐射出一个较宽波长范围的光, 直到它们碰撞在一起。

前进的大门又一次被一位新手打开, 他就是尼尔斯·玻尔。1913 年, 玻尔提出了一个令人吃惊的假设: 原子中的电子只存在于包括基态在内的某些稳定的能态上。电子可以通过在不同的稳定能态之间“跃迁”而改变其能量, 同时发生光的辐射, 光的波长依赖于轨道之间的能量差。玻尔就这样将已知的定律与这种量子行为的奇特设想结合起来, 成功地解决了原子稳定性的问题。尽管玻尔理论本身充满了矛

盾，但它对氢原子光谱提供了定量的描述。玻尔对其模型的成功缺陷都很清楚。是玻尔以他这不可思议的远见，领导了一批物理学家去开拓一门新的物理学。他的远见也最终被证实，但这花费了新一代的年青物理学家将近12年的时间。

起先，发展玻尔的量子思想即所谓旧量子理论的努力遭遇了一个又一个挫折。但其后一系列的发展又彻底改变了整个思维的进程。

1923年，路易斯·德布罗意在博士论文中提出，与光的粒子行为相对应，粒子应该具有波的行为。他把波长与粒子的动量联系起来，动量越大，波长越短。可想而知，这种思想是多么新奇。但当时没人清楚这种粒子的波动性意味着什么，与原子的结构有什么关系。尽管如此，德布罗意的假说还是成为其后即将发生的一连串事件的一个非常重要的先导。

在1924年的春天，另一个先导出现了。印度青年物理学家玻色(Satyendra N. Bose)提出了一个完全崭新的方法来解释普朗克的辐射定律。他把光看成是由许多无质量的粒子(现在称为光子)组成的“气体”。它不遵守经典的玻耳兹曼统计率，而服从一个基于粒子不可分辨



维尔纳·海森堡和玻尔 1934年摄

性的新的统计规律。爱因斯坦立即将玻色的推理应用到由大量微粒组成的真实气体中,并得出一新的定律,现在称为玻色—爱因斯坦分布,它表明了气体中的粒子能量是如何均分的。然而在通常条件下,新旧理论对气体中原子行为的预测都是相同的。爱因斯坦没有兴趣深入下去,这个结果也十多年没得到发展。尽管如此,这个理论的核心所在:粒子的不可分辨性,即将变得至关重要。

突然之间,从1925年到1928年的3年中,发生了一系列近乎混乱的事件,也最终酿成了一次科学革命。

*奥地利的泡利(Wolfgang Pauli)提出不相容原理,为元素周期表提供了理论依据。

*德国的海森堡(Werner Heisenberg)同波恩(Max Born)、约丹(Pascual Jordan)一起,发现了矩阵力学,量子力学的第一种形式。就此,弄清楚原子中电子怎样运动这个历史遗留的目标被抛弃了,人们现在只关心用于组织这些可观察的原子辐射谱线的系统的方法。

*奥地利的薛定谔发明了波动力学,即量子力学的第二种形式。它使得一个系统的状态可以用一个波函数,即薛定谔方程的解来描述。看起来矩阵力学和波动力学有着明显的差异,后来表明是等价的。

*电子又显示出服从一种新的统计规律,费米—狄拉克统计。至此,人们发现所有的粒子不是遵守费米—狄拉克统计就是服从玻色—爱因斯坦统计,这两类粒子的性质有着本质上的差异。

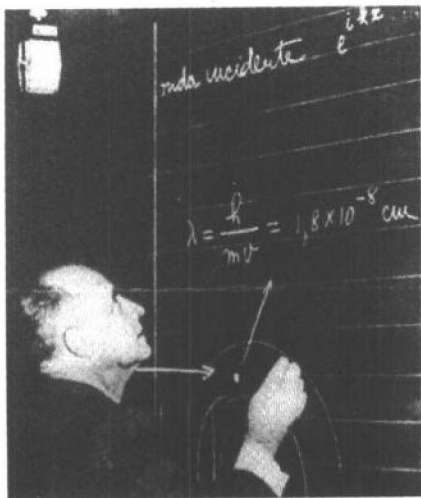
*海森堡提出测不准原理。

*英国物理学家狄拉克(Paul A.M.Dirac)发展出相对论形式的电子波动方程,解释了电子的旋转并预言了反物质的存在。

*狄拉克提出了电磁场的一个量子描述,奠定了量子场论的基础。

*玻尔宣布了他的互补原理,这是一个哲学性原理,有助于解决量子力学中一些形式上很矛盾的论点,特别是波粒二象性。

量子理论创立过程中的主要角色都是年轻人。1925年,泡利25岁,海森堡和费米24岁,狄拉克、约丹仅23岁,薛定谔36岁,已经算大



原子物理学家恩瑞克·费米在讲课

器晚成。波恩和玻尔依然是长者，要注意的是他们的贡献很大程度上都是阐释性的。爱因斯坦对量子理论的抵制使这些智力成就中蕴含的最深层的革命性逐渐展现出来。爱因斯坦在提出了通向量子理论的几个关键性概念之后，又拒绝了它。他那篇关于玻色—爱因斯坦统计法的论文是他对量子物理的最后一次贡献，也是对整个物理学的最后一次重要的贡献。

量子力学的创立必须要有物理学家新生代的参与，这似乎不会让人感到奇怪了，看看

开尔文（此处原文似有误，如果是 Lord Kelvin，他 1907 年就去世了，与下文 1913 年矛盾——译者注）写给玻尔的信就知道为什么。这是一封对玻尔 1913 年的关于氢原子论文表示祝贺的信，信中他说玻尔的论文中有太多的真理，以至他自己永远也看不明白。他认识到全新的物理知识只会从没有束缚的思想中产生。

这场革命在 1928 年结束，量子力学的基础已经基本完成。这场革命近乎疯狂的步伐可以用后来阿布拉罕·派斯 (Abraham Pais) 的《Inward Bound》中讲述的一段逸事来加以说明。1925 年，荷兰的古兹米特和乌伦贝克引进了电子自旋的概念。玻尔对此深表怀疑。9 月份他赶去荷兰的莱顿参加洛伦兹的博士 50 周年纪念，泡利在中途的德国汉堡赶上了玻尔的火车，想知道玻尔是怎么看待关于电子自旋的问题。玻尔说这种提议真是“非常，非常的有趣”，这是玻尔著名的讽刺语。后来到了莱顿，爱因斯坦和埃伦菲斯特又坐上玻尔的火车，同样讨论

自旋的问题，在这里玻尔解释了他反对的理由，但是在爱因斯坦说明了他的看法之后，却使玻尔成了一个支持者。在他返回的路上，玻尔遇见了更多的讨论者：当火车经过德国哥廷根时，海森堡与约丹在站台上等着问他这个问题，到柏林站时，泡利特地从汉堡赶来等在那里。但此时，玻尔告诉他们所有人说电子自旋的发现是一个伟大的进步。

量子力学的创立又引发了科学史上一个急速前进的黄金时期。早期的成果有：1927年海森堡获得了氢原子薛定谔方程的近似解，从而奠定了原子结构理论的基础。其后，斯莱特(John Slater)、哈特里(Douglas Rayner Hartree)和佛克(Vladimir Fock)很快建立了计算原子结构的一般方法。伦敦(Fritz London)和海特勒(Walter Heitler)获得了氢分子结构的解；鲍林(Linus Pauling)在他们的结果上建立了理论化学。索末菲和泡利(Pauli)奠定了金属电子理论的基础，布洛赫(Felix Bloch)创立了键结构理论。海森堡解释了铁磁性的来源。1928年乔治·盖莫夫(George Gamow)解释了 α 粒子放射性衰变随机性的谜团，指出这是通过量子力学隧道而发生的。接下来几年里，贝特(Hans Bethe)奠定了核物理的基础并解释了星体的能量来源。随着这些发展，原子物理、分子物理、固体物理以及核物理都进入了现代时期。

争论与困惑

然而，伴随着这些前进，围绕着对量子力学的解释及其合理性，物理学界展开了一场激烈持久的大论战。论战两方的主帅，一方是热情欢呼新理论的玻尔和海森堡，另一方是对新理论还不满意的爱因斯坦和薛定谔。为了更好地理解这场“混战”的起因，我们先要明白量子理论的一些关键性要点。下面将简要概括一下。(为了简便，我们仅描述量子力学的薛定谔学说，有时被称为波动力学)

基本描述：波函数。一个系统的行为可以用薛定谔方程来描述。薛

定谔方程的解就是所谓波函数。一个系统的全部信息都可以由波函数来描述。利用波函数我们可以计算系统中每一个可观测测量所有可能的值。在任意给定区域中发现一个电子的几率与其波函数的平方成正比。因而，粒子的位置“弥散”到波函数的整个空间。粒子的动量依赖于其波函数的斜率。斜率越大，动量越高。由于斜率随位置的不同而变化，因而，动量同样是“弥散”的。因此，量子力学



奥地利物理学家薛定谔

所面临的中心问题就是要抛弃位置和速度能够同时达到任意精确的经典图景，而代之以一种模糊的几率景象。

在完全一样的系统中，用完全一样的手段去测量某一个值将不会得到完全一样的结果。相反，结果会分散在波函数所描述的一个范围内。因而，关于电子具有确定的位置和确定的动量的观念就没有任何基础了。测不准原理则定量地对其作了说明：要想精确地定位一个粒子，波函数则必须形成一尖锐的峰(也就是说粒子的位置没有‘弥散’)。然而，尖锐的峰就会有非常陡的斜率，动量值的变化范围将很大。相反，如果动量变化局限在小的范围内(也即测量的误差不会太大)，那么，波函数的斜率就很小，意味着粒子弥散到很大的空间，也就很难精确描绘粒子的位置了。

波能够互相干涉：它们的振幅是相加还是相减。如果振幅取决于它们的相对相位，在同一相位它们相加；如果处于相反相位，则相减。如果一束波从波源出发分成几条途径到达同一接收点，比如用一束光做双缝干涉实验，在接收处就会出现干涉条纹。遵守波动方程的粒子

也会产生类似情况，例如电子的衍射。这种相似性似乎是必然的，但有人会问这种粒子波究竟是什么。波通常被认为是某种媒质的一种振动。但在量子力学里却没有媒质，因而在某种意义上可以说根本没有任何波存在，而波函数在本质上仅仅是一种对系统知识的描述。

对称性与一致性：一个氦原子是由一个核及其周围围绕的两个电子组成。氦原子的波函数可以用来描述每个电子的位置。但是我们却没有任何方法去区别哪个电子是哪个。如果电子在系统中交换了位置，看上去也是一样，也就是说在某一点电子出现的概率并没有改变。由于这个几率依赖于波函数绝对值的平方，一个系统在粒子交换之后的波函数相对于原来的波函数只会有两种可能的关系：要么与原来的波函数完全相同，要么符号与之相反，即乘以一个 -1 因子。但究竟是哪一种呢？

量子力学最惊异的发现之一就是电子的波函数总是改变符号，其结果是非常戏剧性的，因为：如果两个电子处于相同的量子态，它们的波函数就必定会(因改变符号)而形成正负对立并相互抵消的局面，导致波函数消失。因而在同一量子态发现两个电子的几率就为零。这就是泡利不相容原理。所有自旋为半整数的粒子包括电子都有这种行为，它们被称为“费米子”(fermion)，凡是自旋为整数的粒子包括光子，其波函数不改变符号，这样的粒子被称为“玻色子”(boson)。原子中的电子由于属于费米子，它们分布在原子壳层内。而光是由玻色子组成，所以从激光器发出的光就能形成单色的超强光束——本质上是处于完全一样的量子态。近来，人们发现如果把气体中原子冷却到处于一定量子态形成玻色—爱因斯坦凝聚物，这个系统也能发出超强的物质波——即形成了一个原子激光器。

这些思想只能适用于完全一样的粒子，因为如果粒子不同，它们交换后，其波函数当然会不一样。因而我们说粒子具有费米子或玻色子的行为，只是就所有的粒子都完全相同而言的。这种全同粒子之间行为的绝对一致性也是量子力学中最神秘的一面之一。在量子场论的