

惠勒演讲集

物理学和质朴性

方励之编



安徽科学技术出版社

惠勒演讲集

物理学和质朴性

方励之 编

安徽科学技术出版社

WHEELER'S LECTURES ON
PHYSICS AND AUSTERITY

责任编辑：孙述庆

封面设计：陈乐生

惠勒演讲集
物理学和质朴性

方励之 编

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行

安徽新华印刷厂印刷

*

开本850×1168 1/32 印张2.125 插页2 字数43,000

1982年8月第1版 1982年8月第1次印刷

印数1—6,000

统一书号：13200·41 定价：0.35元

301/162/15

编者的话

一九八一年十月，惠勒教授夫妇应邀访问我国，前后在北京、合肥及上海等地讲学，并去西安、重庆、长江三峡、武汉、苏州以及广州等地参观揽胜。

惠勒教授说，他早就为中国的文明所倾倒。四十多年前，他和他的夫人刚刚认识时，赠给她的第一件礼品就是一对中国古瓷花瓶。这次他亲眼看到中国的文化和历史，给他的印象之深远远超过他的预计。在武则天的陵墓——乾陵游览时，当他知道，残留的六十一尊石像代表着当年参加葬仪的六十一个外国外邦的使节，不禁叹道：“当时美国在哪里啊!?”

惠勒说，他之所以敬佩中国的传统，不单在于她的长城箭垛、帝王陵寝、佛塔古寺等看不尽的物质上的历史陈迹，更在于中国许多伟大的思想家所留下的精神宝库。惠勒在每次演讲中，几乎都要提到一九三七年春玻尔对中国的访问，那次访问使玻尔发现他那时所倡导的并协性原理，竟然早在中国的古文明中就有它的先河，他认为“阴阳”图是并协原理的一个最好标志(图1)。这一次，惠勒也亲自体验到了。一天晚上，我们一同观赏根据《封神演义》中的故事改编的舞剧《凤鸣岐山》，当我们告诉他智者姜子牙手中指挥一切的“無”字旗上的含义是“NOTHING”时，惠勒兴奋极了，一

定要记下“無”这个字样。原来，他近年正倡导着“质朴性原理”，即物理学是从几乎一无所有达到几乎所有一切，没想到，这种科学哲学观，竟也在中国的古代思想中找到了它的前驱。

的确，世界是一个整体，人类的文明是一个整体，近代科学就是在这一整体中繁衍出来的。科学之所以有今天这样的功利，那是与它赖以生长的过去分不开的。历史不是什么也没有，历史中含有一切。这是惠勒在演讲中经常重复的一种观念。

惠勒教授的这一系列的演讲——物理学和质朴性，是专门为访问中国而准备的。特别是其中的第二讲，是在泛舟扬子的三天中才进行最后准备的。许多年轻的听众对惠勒所阐述的观点非常有兴趣。惠勒教授也非常乐于让更多的渴望探索自然的中国年轻人了解他提出的问题。这两方面的原因就构成了编辑这本演讲集的动机。也正因为如此，当惠勒在委托我们编辑这本演讲集时，也委托我们代他向更多的年轻朋友转达以下的话，这句话他曾在对中国科学技术大学学生的演讲中说过：“我想在你们中间会出现这样的人，他们的伟大发现将高过玻尔和爱因斯坦。物理学并没有结束，它正在开始！”

我们要特别表示对李政道教授和杨振宁教授的感谢。因为，惠勒访问我国正是通过他们的邀请和安排才得以实现的。

在编辑过程中，还得到张家铝、尤峻汉、王仁川等同志的协助，谨致谢意。

方励之

1981年12月于中国科学技术大学

前 言

这几次演讲是一九八一年十月间在北京、合肥和上海等地作的。在这些演讲中，我所论及的当今的物理学问题正如此深地陷在困惑之中，因此，对我说来，这里似乎只是奉献出我渴求进展的最大愿望。

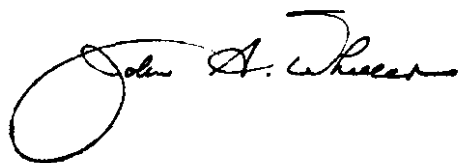
感谢中国同事对我的友好欢迎，相互的问候只是事情的一部分，冲破了所有界限的热烈的物理同行之谊才是这种友好的更多的明证。正是在这种友谊中，我和大家一样都感到高兴。

在我们对大自然奥秘的探索的奋斗中，我们是在一起的。没有自诩的君王告诉我们去做什么，没有高高在上的神祇告诉我们去想什么。在我们的工作中，既不是用年龄也不是用职位来度量价值，而是看我们到底有什么新发现和新认识能够呈献在我们同行的面前。我们是卑谦的，因为我们有那样多应当卑谦的事，我们的习惯就是要去向其他人说明我们还有什么东西不懂。

我们的事业有光华四射的历史，它有伟大的论题，伟大的发现以及伟大的人、高度天赋才能的人。没有一种行业赋予它的英雄

们以如此高的荣誉。我很高兴有幸能与大家在一起来赞美我们事业中的英雄和巨人。

最后，我不能不感谢作为我的主人的一些单位以及许多同行中的几位：中国科学院、中国科学技术大学、高能物理研究所、理论物理研究所以及上海物理学会，严济慈校长、钱临照付校长、张文裕教授、何祚庥教授、谷超豪教授，特别是方励之教授，正是他，在我这第一次访问中国的旅途上，每一步都响导着我们，我们谈论了那样多的物理学问题，并且他使我得到了由他编辑这些演讲以供出版的荣誉。



1981.10

目 次

第一讲	不可思议的量子行业	1
第二讲	时间终结之后	29
第三讲	边界的边界 ——物理的统一原理	44
参考文献	59
惠勒小传	60

第一讲

不可思议的量子行业*

在这次对孔子、老子、淮南子、墨子、朱熹和陆象山以及李政道、杨振宁的故乡的极其令人兴奋的访问中，一路上我都似乎在感到我是在用两双眼睛在看，用两对耳朵在听。一双眼睛和一对耳朵是我自己的，而另一双和一对则是玻尔的。玻尔在一九三七年访问中国之后，他说中国的治学传统使他产生了灵感。中国古今伟大思想家的真知灼见令人倾倒。

那时，玻尔正从事量子论的研究。他在访问中国之前五年，就已经得出结论：量子论的中心思想是并协性。正如他指出的：任何一个经典概念的彻底地应用，总是排斥其他的经典概念。而这些不同的经典概念对解释现象又是同样必要的。

在西方，并协观念似乎是革命性的。然而，玻尔高兴地发现，在东方，并协观念乃是一种自然的思想方法。为了采用象征性的方法来表述并协性，玻尔选择中文的“阴阳”（图1）以及拉丁谚语“相反相成”。在玻尔看

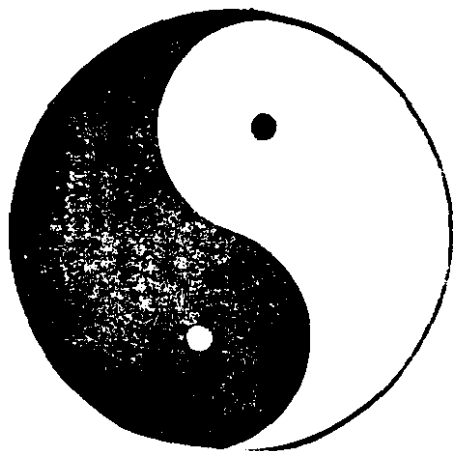


图1 阴阳——被玻尔用来作为并协性的象征

*在准备这讲时，得到张天荣的合作。

来，并协性所代表的思想方法是如此之重要，以致于每个小学生都应当学习它。

可是，对爱因斯坦来说，并协性既非自然，亦不可接受，他称其为“玻尔-海森堡的绥靖哲学”。爱因斯坦和玻尔之间关于量子论的辩论始于一九二七年，一直持续到一九五五年爱因斯坦逝世。近几百年来很难再找到其他的先例能和这场论战相比拟，它发生在如此伟大的两个人物之间，经历了如此长久的时间，涉及如此深奥的问题，而却又是在如此真挚的友谊关系之中(图2)。

在辩论的第一阶段，爱因斯坦企图证明，量子论含有内在的逻辑矛盾。然而，他所设计的用以反对量子论的理想实验，总是更清楚地说明量子论是自洽的。否则，量子论今

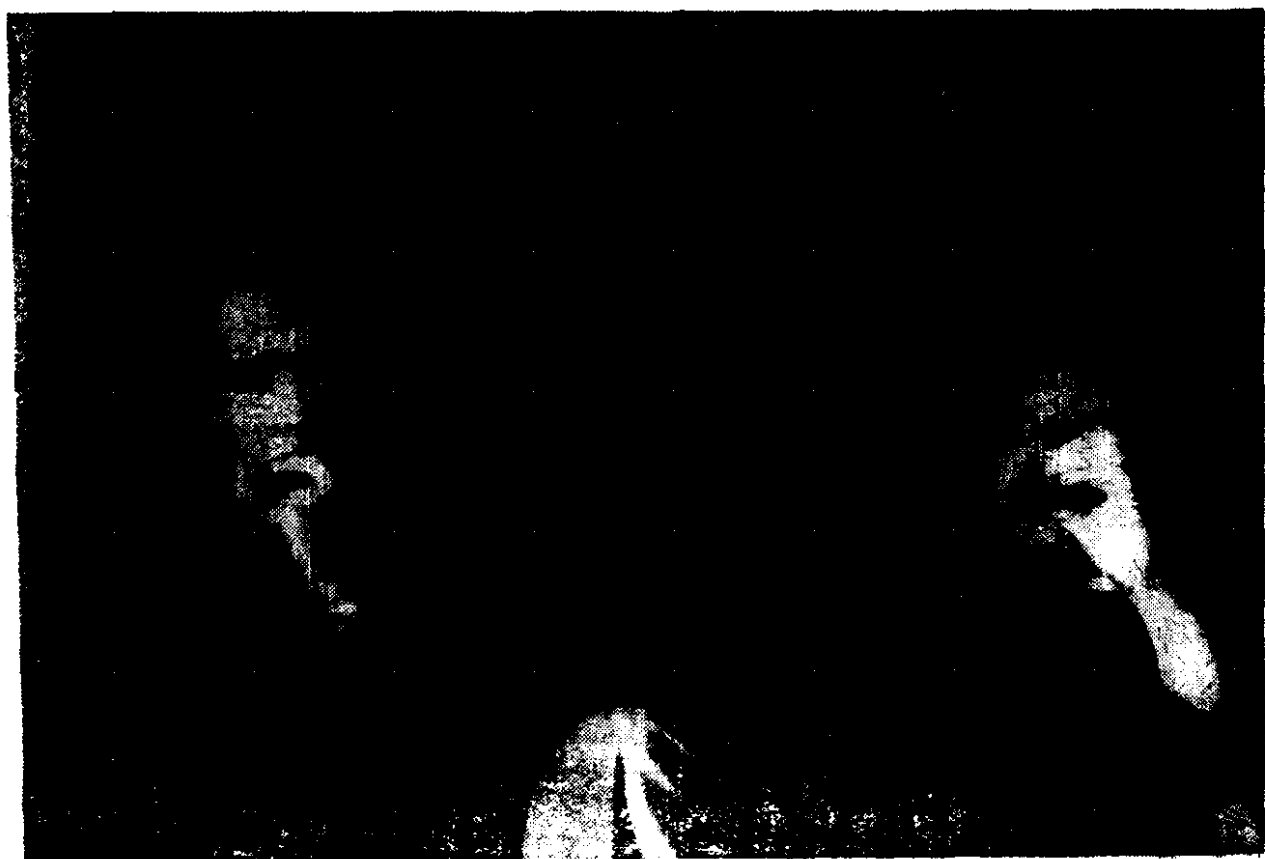


图 2 爱因斯坦和玻尔在埃伦费斯特家中进行辩论

关决不可能成为理解各种事物的基础，从基本粒子的相互作用到核结构，从硅的性质到冷铅的超导，无不依赖于它。

辩论的第二阶段在欧洲开始，到美国后继续，从一九三三年十月爱因斯坦抵达普林斯顿，直到他死去。爱因斯坦的基本观点是：量子论的中心是，发生什么事物依赖于观察者选用什么事物去测量，这与合理的实在论思想是相背悖的。玻尔的答复是：你的实在观实在太有限了。

两个朋友力图赢得对方，在他们讨论过的所有实验中，最简单莫过于光束分离器。如图3(a)所示，光子1射到一个半镀银镜 $\frac{1}{2}S$ ，然后分成两束2a与2b，再经A和B二镜反射

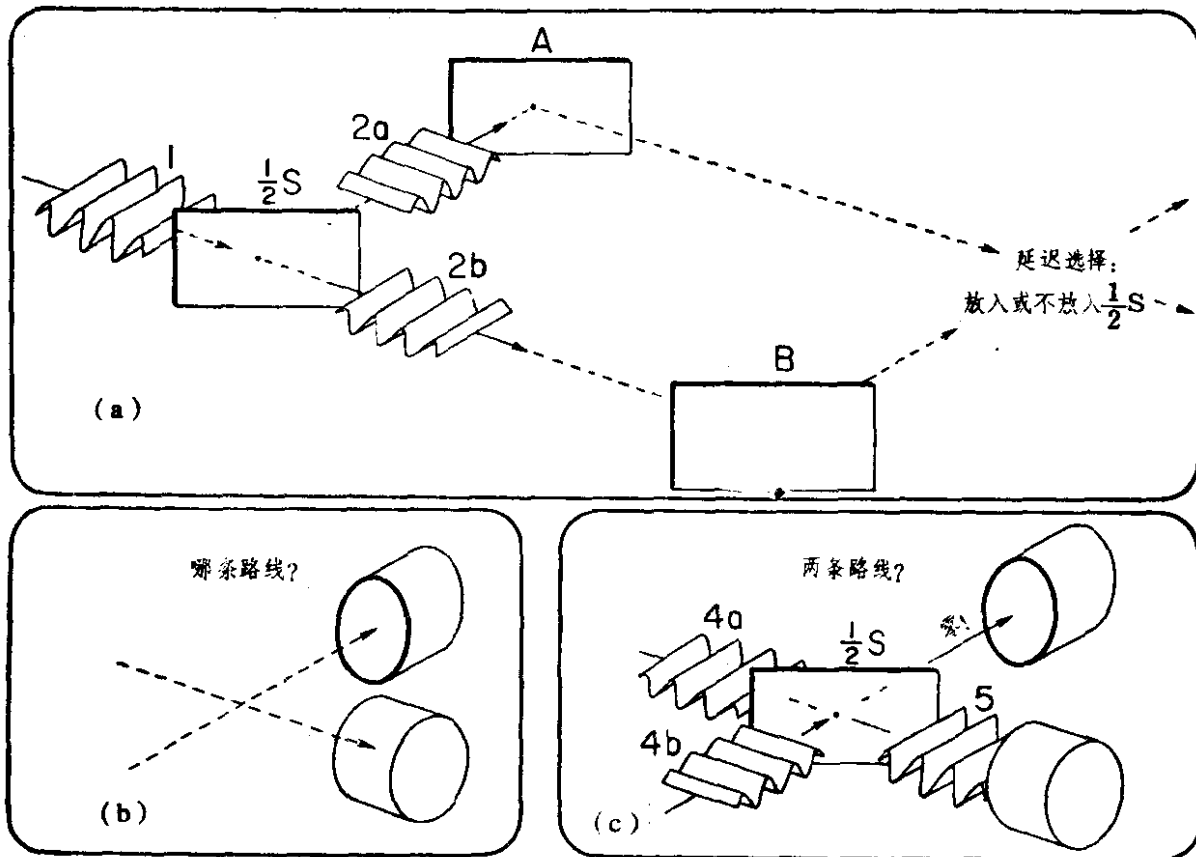


图 3 延迟选择实验

后，二束光到达右边的交叉点。

而图3(b)是一对计数器，如果将它们放在图3(a)的交叉点处，则可以从哪个计数器收到光子来断定光子是从什么路径来的，即可以断定光子是从A来或是从B来。

至于图3(c)，则是另一种探测器。如果将它放在图3(a)中的交叉点处，并调整好半透镜 $\frac{1}{2}S$ ，则会发现其中一个计数器哒哒作响，而另一个计数器则记录为零。这一结果是4a和4b两光束相干的明证，也就是说，它证明，一个光量子同时在走两条路A和B。

总之，用图3左下的探测器我们可以探知光子是从A或B来的，而用右下的探测器则我们可知光子是从A和B来的。

现在提出一种新想法：延迟选择，即我们在实验的最后一分钟才决定我们是用左下的探测器，抑或用右下的探测器，二者只相差一个 $\frac{1}{2}S$ 镜。这样我们就有可能作到在光子已经完成它的旅程之后，才决定它到底是经过一条路径还是两条路径而来的。

实际上，严格地讲，我们无法说，也不能说这个光子从进入点到接收器的整个漫长路途中到底在作什么。这说明：

基本的量子现象只有当它被观察到时才是一个现象。

爱因斯坦最初认为，一个光子同时经过两条路径这一说法是不合理的。如果用左下的探测器来探测，清楚证明光子只走了一条

路，怎么又说它走了两条路呢。你又说它走一条路，又说它走两条路，这是多么没有意义的事，量子论是何等的自相矛盾啊！

玻尔却强调，完全没有矛盾，在这里我们实际上是讨论两个不同的实验。一个是移开半银镜以判定光子走哪一条路，另一个是放置半银镜以证明光子经由两条路。重要的是不可能同时做两个实验，这正是表现出自然界的一个性质，即两种特征的并协，而不是共存。即证明，我们用以测量的东西对我们将要发现的东西产生了不可挽回的影响。

通过延迟选择实验我们可以用更加尖锐的方式来说明这一点。由于镜子的移进移出，将不可避免地影响我们具有怎样的权力去说光子的已经过去了的历史，因而，在某种意义上说，正常的时间次序竟被奇怪地颠倒了。

观察结果依赖于测量方法，这一点使爱因斯坦为之不快，因为它是与那种认为宇宙不依赖于观察者而“独立存在”的观点相冲突的。反之，玻尔则强调，我们已不可避免地面临着自然界的一个新特征，我们应当欢迎它，因为它使我们理解了大自然。

玻尔在与爱因斯坦的论战中发现，不得不引进“现象”这样一个词。玻尔的观点，也就是量子论的核心，可以用一句话来加以概括，这就是：一种基本现象，只有当它成为已被观察到的实在时，才是一种现象。因而，谈光子分离实验中的路径问题是错误的。认为光子从进入点到它飞行的最后一瞬间的整个旅程中都存在有形性是错误的。一个现

象只有当它已被不可逆的作用加以实现时，才是一个现象。例如，使乳胶中的银粒变黑、触发一个光子探测器形成记录等，都是这类不可逆的作用。

在量子世界中，它不象一部秩序井然的机器。所得的答案依赖于所提出的问题、所安排的实验以及所选择的仪器。我们自身不可回避地要介入“什么将发生”这一问题。

今天我们已经知道，认为宇宙是“孤立地存在着”这一观念是错误的。依照老的物理观点，很自然地认为观察者是透过20厘米厚的安全防护玻璃板在观察存在(图4)。而量子力学则相反，它说，不打碎玻璃板，不与

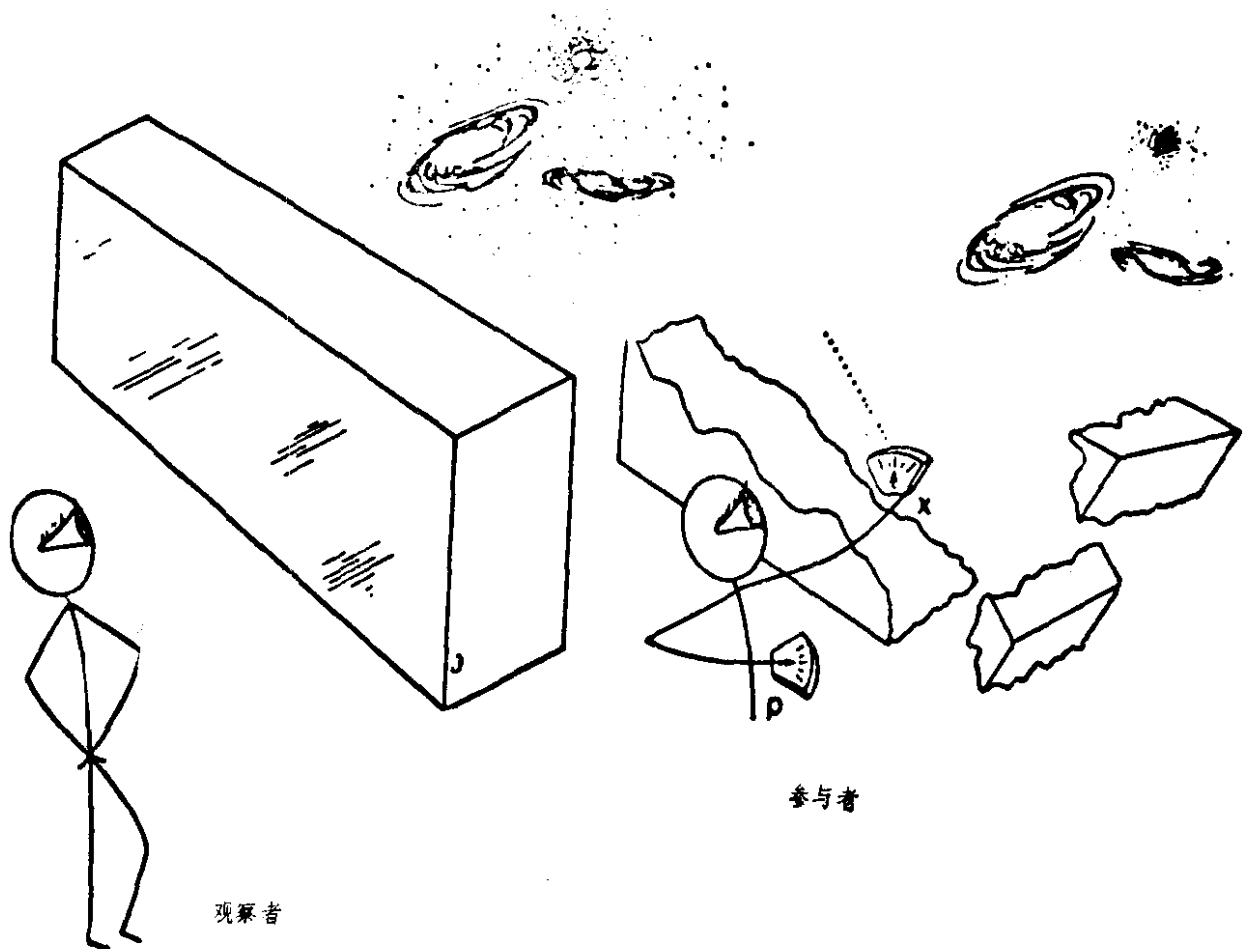


图 4 经典的宇宙和参与者的宇宙

相应的测量仪器相接触，要想观察哪怕象电子这样的微小物体也是不可能的。测量电子坐标 x 的仪器将自动阻碍企图同时同地去测量它的动量，反之亦然。是否要进行测量？测量些什么？我们在这些问题上的选择，都能引起不可挽回的后果，影响我们对电子的行为能说些什么。

现在讲一个故事，有一次，十五个朋友晚饭后坐在客厅里，决定玩“二十个问题”的游戏。它的规则是，选择其中一人作为被试者，让他离开房间，其余的人挑选一个难猜的词，例如“食道”。然后，再请被试者进来，让他开始发问来猜出这个词，问题的答案只能是“是”或“否”。如果他能用少于20个问题猜出这个词，他就赢了，反之，就输了。

我们轮换作为被试者。当我作为被试者离开房间时，门关的时间最长，我不明白为什么？当我被允许进去时，每个人都在笑——这是某种“鬼把戏”的征兆！我开始了发问：“它属于动物界吗？”“否”，“它是蔬菜吗？”“否”，“它是无机物吗？”

“是”，“是绿的吗？”“否”，“是白的吗？”“是”。当我继续我的问题时，我的朋友花费越来越长的时间决定到底回答“是”或“否”。我不理解这是为什么？最后，我只有问一个问题的权利了，我决定试试看：

“是云吗？”“是！”我的朋友回答。然后，爆发了一阵哄堂大笑。原来，当我在门外时，他们决定不挑选任何词，每个人都可以按照他的意愿回答“是”或“否”。然而，有一

个小小的条件，因为我有权问任何一个人，所以，这个被问者必须在脑子里想到一个与前面的回答相容的东西。二十问游戏的这一新规则对我和我的朋友是一样困难的。

这个故事说明了什么？世界，我们曾认为它是独立于任何观察者的行为而存在着。电子，我们曾认为它在任何一瞬间都有一个确定的位置和动量。这些正如当我走进房间时，认为房间里存在着一个确定的他们已挑选好了的“词”一样。然而，游戏的新规则说明这个答案实际上是一步一步通过我所发出的问题而形成的。电子的信息，实际上也是由观察者所选择的实验，即他所放进的观察装置而决定的。如果我问不同的问题，或者我问同样的问题而以不同的顺序，则我将得到不同的答案。同样，若实验者采用不同的观测方式，则电子的行为也将表现不同。我选择“云”这个词作为答案的能力也只是部分的。这一选择的主要部分是基于房间里的同事所给出的“是”或“否”的答案。类似地，当实验者选择不同的实验来向自然界寻求答案时，这一选择本身也将影响实验的结果。问题在于他向自然界提出什么问题。他不能预先肯定他的任何一个给定的测量将揭开什么，自然界将会给出什么样的答案。当“上帝在玩骰子”时，对结果是不能预言的。

量子世界中的观测作用和二十问游戏中的新规则，这二者之间的比拟不是充分恰当的，但中心思想是对的。在游戏中事先并没有一个已存在的词，这个词是通过所提出

的问题及其所选择的答案逐步筛选才成为实在的。在量子物理的实在境界中，一种现象只有当它成为已被记录到的现象时，才是一种基本的现象。

玻尔曾说：“如果谁第一次学习作用量子时不觉得糊涂，那他就是一个字也没有懂。”在自然界中，再没有一件事比基本量子现象中的事更加古怪了。我们通过简单的例子就可很好地看到基本量子现象的二重性。其一是基本量子现象依赖于所使用的测量仪器，其二则是答案的或然性。

量子世界中的或然性，在大多数情况下，是没有机会感觉到的。当听到盖革计数器竟然被弱源中放出的 α 粒子一次又一次地“打响”时，使人感到那是何等奇妙啊！卢瑟福在1900年发现了这种放射性衰变现象，他认识到这是一种由或然性所支配的现象。也是在1900年，普朗克发现了空腔中电磁能量的异常特性，认识到它是一种“量子化”的现象。

卢瑟福发现了“或然性”，却没有意识到这意味着“量子”。普朗克发现了“量子”，而没有认识它的“或然性”。直到1905年，爱因斯坦才概括了大自然的这种奇迹：“上帝掷骰子”。从原子发射出来的光子，从镭发射出来的 α 粒子，它们的位置和它们到达的时间都是由或然律支配着的。

然而，还是这个爱因斯坦，在海森伯提出测不准原理和玻尔提出并协原理之后，却又表示不愿意接受这个奇迹。他逐年改变他