

# 现代物理学中的 “实在”与“时间”问题

——关于相对论、量子力学、  
超弦理论及当代宇宙  
学的塑造论哲学审视

张会新 著

山东科学技术出版社

# 现代物理学中的 “实在”与“时间”问题

——关于相对论、量子力学、  
超弦理论及当代宇宙  
学的塑造论哲学审视

张全新 著

山东科学技术出版社

现代物理学中的“实在”与“时间”问题  
——关于相对论、量子力学、超弦理论  
及当代宇宙学的塑造论哲学审视

张全新 著

---

出版者：山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号

邮编：250002 电话：(0531)2065109

网址：[www.lkj.com.cn](http://www.lkj.com.cn)

电子邮件：[sdkj@jn-public.sd.cninfo.net](mailto:sdkj@jn-public.sd.cninfo.net)

发行者：山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号

邮编：250002 电话：(0531)2020432

印刷者：山东新华印刷厂

地址：济南市胜利大街56号

邮编：250001 电话：(0531)2059512

---

开本：850mm×1168mm 1/32

印张：9.5

字数：168千

版次：2003年5月第1版第1次印刷

印数：1-1000

---

ISBN 7-5331-3428-1

O·109

定价：25.00元

# 目 录

## 第一章

- 一、“月亮在不看它时难道就不存在吗？”一个比喻性的诘问。 ..... 1
- 二、物理性质是否有独立于观察作用的客观实在性？ ..... 1

## 第二章

- 一、关于“EPR 疑难”。 ..... 3
- 二、关于托马斯·杨的“双缝实验”。 ..... 8
- 三、关于海森堡“不确定性关系”实验。 ..... 14
- 四、关于“薛定谔猫佯谬”的实验推理。 ..... 20
- 五、关于惠勒的“延迟选择”实验设计。 ..... 22

## 第三章

- 一、“砖块”、“颗粒”，“定域性”、“因果性”，如何受到质疑？ ..... 29
- 二、难道能够选择或改变“过去”？ ..... 30
- 三、“又死又活”的叠加，是怎么回事？ ..... 30
- 四、为何不可能同时确定“位置”、“速度以及动量”？

.....	31
五、能识别“出发点”和“到达点”，为什么就不能知道其间的确定路线？ .....	32
六、“超距作用”不可思议在哪里？ .....	32

### 第四章

一、不可无视测量主体的因素。 .....	38
二、这是个“人参与了的宇宙”。 .....	49
三、“超弦理论”与“潜的”、“显的”。 .....	54

### 第五章

一、宇宙不就是只硕大的“薛定谔猫”吗？ .....	72
二、“时空奇异性”及“黑洞”等等的研究如何在广义相对论与量子力学的统一中进展？何谓“实在”？ .....	78
三、有限而无边界的宇宙何以可能？ .....	97

### 第六章

一、关于时间的计量符号表示。形而下意义的时间——科学上所表示的时间。 .....	105
二、关于时间的物理学含义。从经验到物理学到物理学之上。形而下意义的时间衔接于升华的形而上意义的时间。 .....	120
三、关于时间的哲学反思。形而上意义的时间——哲	

---

学上所升华的时间。 .....	137
-----------------	-----

## 第七章

一、塑造论哲学如何看待“自相缠绕”和“自我相关”？ .....	240
二、由塑造论哲学如何说明“人择原理”？ .....	242
三、在塑造论哲学中如何理解“实在”和“存在”？ ...	248

## 第八章

一、自然塑造的人塑造着自然：实践把“存在”落实为 “实在”。 .....	259
二、“实在性的证实”与“证明着的存在”。 .....	260
后记 .....	289

# 第一章

一、“月亮在不看它时难道就不存在吗？”一个比喻性的诘问。

爱因斯坦 (Albert Einstein 1879—1955) 科学传记《难于捉摸的是上帝——阿尔伯特·爱因斯坦的科学和生平》一书的作者, 美国物理学家派斯 (Abraham Pais) 曾回忆说: “我们经常讨论他的客观实在概念。记得一次散步时, 他突然停下, 转过身来对着我, 问我究竟相信不相信, 月亮只在我看着它的时候才存在”。<sup>①</sup> 据说, 爱因斯坦在表示他的质疑时, 还曾带着讽刺口吻说, “我不能想像, 仅仅让一只老鼠看上一眼, 就会改变宇宙的面貌”。

二、物理性质是否有独立于观察作用的客观实在性?

美国康奈尔大学物理学家 D·梅民 (N. David Mermin) 曾专门围绕于此写过一篇文章《月亮, 在没有人看它的时候

---

① A Pais, *Rev. Mod. Phys.*, 1979(51): 863

候,它存在吗?——实在和量子论》。正如有的论者所说,“这里的‘月亮在我不看它时存在不存在’的问题,是对于物理性质是否具有独立于观察作用的客观实在性的一个比喻说法”。爱因斯坦提出这样的问题,显然是对玻尔等物理学家由量子力学中某些不可思议奇异现象所得结论而提出的诘问。

1964年,著名物理学家费因曼(Richard Philips Feynman, 1918—1988)在康奈尔大学演讲时则说,“曾经有一个时期报纸上说只有12个人懂相对论。我不相信真有这样的時候……但另一方面,我想我可以挺有把握地说,没有人懂量子力学……假如可能避开它的话,你千万不要不停地对自己说:‘事情怎么会变成这样?’因为这样一来,你会‘掉到阴沟里去’而进入一个死胡同,从那里还没有一个人能够逃出来过。没有人知道事情怎么会变成这样的。”<sup>①</sup>连出色的物理学家盖尔曼(Murray Gell-Mann)也这样讲,“我们都会使用量子力学,但谁也不懂得它的意义”。<sup>②</sup>的确,量子力学研究中遇到的关于奇异现象的大量问题,在当代成了关于物理实在等问题争论的重要焦点。

---

① Feynman R. *The Character of Physical Law*. Mass: MIT Press, 1967. 129

② M Gell-Mann. Questions for Future [A]. in *The Nature of Matter*, Wolfson College Lectures 1980, ed. J H Mulvey. Clarendon Press, Oxford, 1981



## 第二章

为了对量子力学中关于物理实在的问题作出说明，我们有必要重新来解读一下显示了量子物理学中一些比较重要的、与传统物理观念相悖的若干实验事实及实验推理。

### 一、关于“EPR 疑难”。

1935年5月15日出版的美国《物理学评论》曾发表过爱因斯坦与波多耳斯基(B. Podolsky)、罗森(N. Rosen)合写的《能认为量子力学对物理实在的描述是完备的吗?》一文。该文通过提出一个后来被称为 EPR(Einstein - Podolsky - Rosen)的佯谬,由物理学理论与物理实在的关系,证明量子力学的理论是不完备的。可以说,关于 EPR 的争议影响了整个量子力学争论;也可以说,从 20 世纪 30 年代到现在,关于量子力学诠释的深层次讨论几乎都与 EPR 争议的推动有关。正因为如此,许多人称 EPR 所提出的问题是“20 世纪物理学狂飙”。

EPR 的论文提出,作为一个完备理论的必要条件是,在理论中,对于每一个实在的元素都应该有一个对应的元素。而物理实在的元素必须由实验和量度的结果来得到。这里可暂不给出某种关于实在的严格而广泛的定义,但应满足这样的判据:如果对于一个物理系统没有任何干扰,我们能够确定地预测(概率等于 1)一个物理量的值,那么对应于这一物理量,必定存在着一个物理实在的元素。这个判据虽然远远不能包括一切认识物理实在的可能办法,但只要具备了所要求的条件,它至少给我们提供了如此的方式:只要不把这判据看成是实在的必要条件,而只看成是一个充分条件,那么这个判据同古典的以及量子力学的实在观念应是符合的。这里论文所强调的是,要使物理学中给出的某物理量成为对应于实在的,其充分条件是:当体系不被干扰,就应当能对它做出确定的预测。如果在量子力学里两个物理量是由两个不可对易的算符来描述的,那么对于其中之一的知识,就应当排斥关于另一个物理量的知识。

爱因斯坦等人做出了一个著名的设想实验的推理,即人们通常称谓的 EPR 实验:假设有两个体系 I 和 II,在时间  $t = 0$  到  $t = T$  之间允许它们相互发生作用,而在此以后,假定这两部分不再有任何相互作用。如果进一步假定这两个体系在  $t = 0$  以前的状态是已知的,这样就有可能借助薛定谔方程来算出  $t > T$  后任意时刻上有关组合体系 I + II 的状态。这里,用  $\Psi$  表示所对应的波函

数。可是,我们并不能算出在相互作用之后这两个体系中任何一个所处的状态。根据量子力学,这只能借助于所谓波包缩拢的进一步量度程序来达到。

对于这一程序的要点,爱因斯坦等在其论文中这样陈述道:设  $a_1, a_2, a_3, \dots$  是属于体系 I 的某种物理量  $A$  的本征值,而  $u_1(x_1), u_2(x_1), u_3(x_1), \dots$  是所对应的本征函数,此处  $x_1$  代表那些用来描述第一个体系的变数。由此,把  $\Psi$  看作是  $x_1$  的函数,可将它表示为

$$\Psi(x_1, x_2) = \sum_{n=1}^{\infty} \psi_n(x_2) u_n(x_1) \quad (1)$$

此处  $x_2$  代表那些用来描述第二个体系的变数。这里的  $\psi_n(x_2)$  仅仅被看做是  $\Psi$  展开为正交函数  $u_n(x_1)$  的级数的系数。现在假定量  $A$  是被量度了,并量得它具有值  $a_k$ 。由此得出结论:在这样的量度之后,第一个体系是处在一种为波函数  $u_k(x_1)$  所规定的状态,而第二个体系则是处在为波函数  $\psi_k(x_2)$  所规定的状态。这就是波包缩拢的过程,为无穷级数(1)所规定的波包,缩拢为只有一项  $\psi_k(x_2) u_k(x_1)$  了。

函数集  $u_n(x_1)$  是由所选取的物理量  $A$  来决定的。如果我们选取另一物理量,比如说  $B$ ,来代替它,设  $B$  具有本征值  $b_1, b_2, b_3, \dots$ ,并具有本征函数  $v_1(x_1), v_2(x_1), v_3(x_1), \dots$ ,那么,代替方程(1),我们得到展开式

$$\Psi(x_1, x_2) = \sum_{s=1}^{\infty} \varphi_s(x_2) v_s(x_1) \quad (2)$$

此处  $\varphi_s$  是新的系数。如果现在测定了量  $B$ , 并且得知它具有值  $b_r$ , 那么我们可下结论说: 在量度以后, 第一个体系是处在  $\nu_r(x_1)$  所规定的状态, 而第二个体系则是处在  $\varphi_r(x_2)$  所规定的状态。

爱因斯坦等分析说, 可以看出: 作为对第一个体系所进行的两种不同的量度的结果, 第二个体系可以处在由两个不同的波函数所规定的状态; 另一方面, 由于在量度时两个体系已不再相互作用, 对第一个体系所能做的无论什么事情, 其结果都不会使第二个体系发生任何的变化。因此, 对于同一实在(同第一个体系发生相互作用后的第二个体系), 却能给出两种不同的波函数, 在此例中即  $\psi_k$  和  $\varphi_r$ 。

爱因斯坦等指出, 可以确认, 波函数  $\psi_k$  和  $\varphi_r$  是两个不可对易算符的本征函数, 这两个算符分别对应于某种物理量  $P$  和  $Q$ 。如果用某种实例来表明这种情况, 可假定这两个体系是两个粒子。这里的  $\psi_k$  和  $\varphi_r$  作为  $P$  和  $Q$  不可对易算符的本征函数, 如果分别对应于本征值  $p_k$  和  $q_r$ , 那么在对后来体系不作任何干扰的情况下, 通过量度  $A$  或者  $B$ , 我们就能确定地预知量  $P$  的值(即  $p_k$ ), 或者量  $Q$  的值(即  $q_r$ )。这样, 依照关于实在性的判据, 就必须认为, 在第一种情形下, 量  $P$  是一个实在的元素, 而在第二种情形下, 量  $Q$  是又一个实在的元素。可是, 波函

数  $\psi_k$  和  $\varphi_r$  两者却都属于同一实在。<sup>①</sup>

由此, EPR 揭示道: 要么, 对于波函数所作的关于实在的量子力学的描述是不完备的; 要么, 当对应于两个物理量的算符是不可对易的时候, 这两个量就不可能同时具有实在性。然而, 从波函数是给予物理实在以完备的描述这一假定出发, 必须认为, 对应于不可对易算符的两个物理量, 是能够同时具有实在性的。由此就不能不有这样的结论: 波函数所提供的关于物理实在的量子力学描述是不完备的。

至此, EPR 又进一步指出, 人们可以用对实在性判据限制得还不够严格为理由来反对这个结论。的确, 如果人们坚持主张, 两个或者两个以上的物理量, 只有它们能够同时被量出或者被预测, 才能被认为同时是实在的元素, 那么他们就不会得出这个结论。从这一观点来看, 因为对于  $P$  和  $Q$  两个量所能预测的, 要么是这个量, 要么是那个量, 而不是两者同时都可能被预测, 所以它们就不可能同时是实在的。这就使得  $P$  和  $Q$  的实在性必取决于对第一个体系所进行的测量程序, 而这一测量对于第二个体系是没有任何干扰的。所以, 不可能指望一个关

---

① 参阅, A. 爱因斯坦、B. 波多耳斯基、N. 罗森:《能认为量子力学对物理实在的描述是完备的吗?》见:《爱因斯坦文集》第 1 卷, 第 332 ~ 335 页, 商务印书馆, 1976 年。

于实在的合理定义能容许这一点。<sup>①</sup>

20世纪50年代初, D·波姆将爱因斯坦等人提出的EPR理想实验换成一个更简单的理想实验。在这一实验中不是测位置及动量, 而是测自旋为 $1/2$ 的粒子的自旋角动量在各方向的分量。60年代贝尔把争论双方的观点及说法归结为“贝尔不等式”是否被满足, 这是可能用具体实验来检验的。70年代后有多个小组进行了具体实验, 实验结果表明, 量子力学的预言是正确的, 爱因斯坦等人关于EPR文章中的预言不正确。

但是, 在物理思想上问题究竟出在哪里? 这些情况在物理哲理上意味着什么? 物理学家们就此争论不休。而这些争论从实验基础上讲, 又主要是面对着以下基础性实验。

## 二、关于托马斯·杨的“双缝实验”。

这个实验通常也称之为双缝干涉实验。在这个实验里, 设定一个作为很弱光源的光子束通过两个窄缝的孔向着一个屏射去。由经典力学来考虑, 可把此光子束看成是由微粒组成。我们可以使光源达到如此之弱: 当我们用感光屏去测定所发出的光时, 总是过好大一会儿屏

---

<sup>①</sup> 爱因斯坦等:《能认为量子力对物理实在的描述是完备的吗?》见:《爱因斯坦文集》第1卷, 第335页, 商务印书馆, 1976年。

上才出现一个感光点,由此判知光源每隔好大一会儿才发射一个光子。自然地,每个到达屏上的光子都会有一个确定点,从而被记录下来。

装置安排如图 2.1。

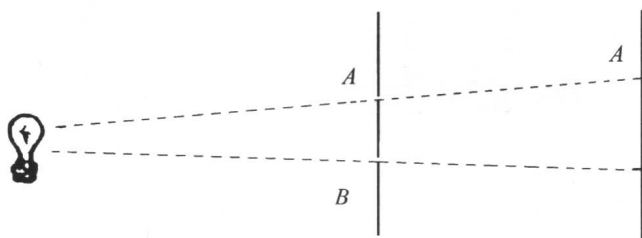


图 2.1

开始是随机的,而随着斑点增多,当大量“粒子”穿过此系统时,会在屏上出现一个图案。现在又设想,把两个孔中的一个挡住,如实验中我们只开缝 1,在相当长的时间里,屏上每过一会儿增加一个感光点,大量的点会形成有一定密度分布的以下图案,见图 2.2。

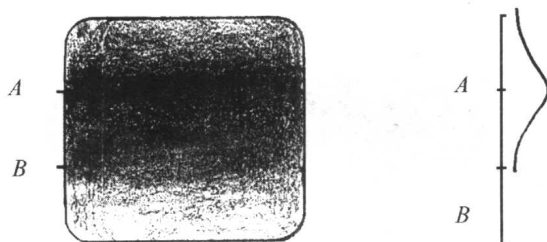


图 2.2

当只开缝 2 时,会形成另一与前者密度分布大体相仿的图案,见图 2.3。

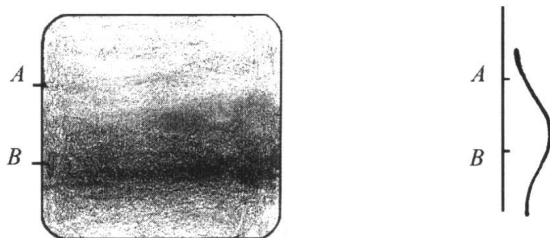


图 2.3

由经典力学粒子作轨道运动来推断,当两缝都开着时,想必会形成以上两种分布的干涉图案的叠合,即图 2.4 那样的图案。

可实验使人看到的情况并非如此。两缝同时开,却总是出现一种别样的图案。见图 2.5。即使由经典的波动力学来考虑,即把光源射出的看成是波,那光源经两缝射出后会成两束波,屏上出现的叠加也是这种图案。

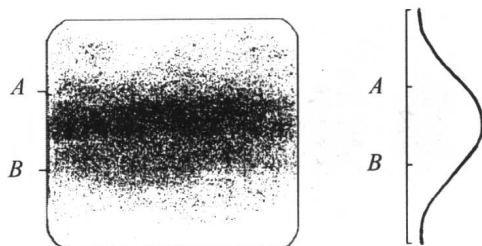


图 2.4



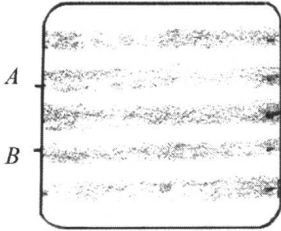


图 2.5

要是仅从经典物理学考虑，显然这里出现了如下问题：假如射出的是波，为何屏上感光的不是一片而是每次出一个点？假如射出的是粒子，当两缝都开时想必或通过缝 A，或通过缝 B，最终应形成如图 2.4 那样的叠加图案，何以形成如图 2.5 那样的特定条纹（另见图 2.6）？就“粒子”来讲，似乎每个粒子仅能从一个缝穿过，它怎么能

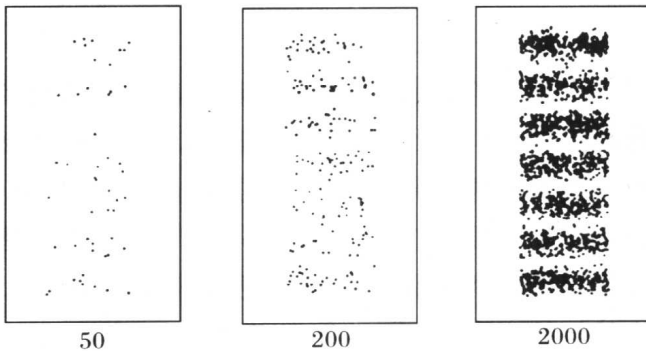


图 2.6 三个方框内分别显示了 50、200 和 1000 个光子通过双缝干涉装置后所产生的图案。即使光子并非同时通过这个装置，只要通过的光子数目足够多，干涉图案就会非常清晰。

“知道”另一个缝是否开启？两缝都打开时，也就是说，当粒子通过缝 A 时，难道粒子自己“知道”缝 B 是否开着吗？如果认为通过的是“粒子”，那么粒子何以能够“独个地”计及打开的是单孔还是双孔，从而放弃形成如图 2.2