

我这一代的物理学

M. 玻恩 著

侯德彭 蔣貽安譯

內部读物

商 务 印 书 馆

我这一代的物理学

[西德] M. 玻恩 著

侯德彭 蔣貽安 譯

~~~~~  
本书是供内部参考用的，写  
文章引用时务請核对原文，  
并在注明出处时用原著版本。  
~~~~~

商 务 印 书 馆

1964年·北京

Max Born
PHYSICS IN MY GENERATION
(A Selection of Papers)
Pergamon Press 1955

內容提要

本书收集了作者在 1921—1951 年这三十年期間发表的哲学論文和一般社会言論，共十九篇。其中大部分是結合物理学中的相对論和量子論，闡述物理理論的哲学意义的。作者着重論述了自己对因果性、实在等哲学概念的看法，在这些問題上大力宣传了物理学中哥本哈根学派的主观唯心主义哲学。

作者是量子力学的創始人之一，早年是一个自发唯物主义者，自量子力学誕生后，即經常动摇于自发唯物主义和主观唯心主义之間，最后終于成为主观唯心主义哲学的积极宣扬者。本书即是作者在若干基本科学概念上这种态度变化的自述。

本书同时反映作者在社会政治問題上采取了超阶級、超政治观点。

內部讀物

我这一代的物理学

[西德] M. 玻恩著

侯德彭、蒋貽安譯

商 务 印 书 馆 出 版

北京复兴門外翠微路

(北京市书刊出版业营业者许可证出字第 107 号)

京华印书局印刷 新街口装订厂装订

统一书号: 2017·129

1964 年 6 月初版

开本 850×1168¹/₃₂

1964 年 6 月北京第 1 次印刷

字数 208 千字

印张 9²/₁₆

印数 1—4,000 册

定价(10) 1.40 元

譯者前言

M. 玻恩是当代比較著名的資產階級物理學家，1882年生于德國。他在量子力學和固體理論等方面有過許多重要的研究和貢獻，曾獲得諾貝爾獎金。他還發表過不少關於自然科學哲學問題的論著和其它社會言論，如《不息的宇宙》、《物理學中的實驗和理論》、《物理學與政治》、《關於因果和機遇的自然哲學》以及本書等。

本書是一本論文選，收集了作者在1921—1951這三十年期間所發表的一些哲學性論文和一般社會言論。這三十年正是物理學的面貌有了根本變化的時期。其主要標志就是量子力學的产生(1925—1927年)和發展。量子力學是解釋原子現象的有效理論工具，它克服了過去的經典物理學理論在微观世界裡遭遇到的原則性困難。這是一個根本統計性的理論，和經典物理的機械決定論觀念形成了鮮明的對照。本來，就科學理論本身的意義說來，量子力學所代表的，無非也是我們對客觀物質世界及其規律性的深入一步的認識。但是，許多資產階級物理學家和哲學家却紛紛起來利用量子力學的成果，對它的基本原理加以曲解，來宣揚主觀唯心主義哲學。其中，以物理學家N. 玻爾和海森堡等人為首的哥本哈根學派表現得最突出。這個學派宣稱量子力學帶來了二十世紀的“科學的哲學”，其核心則是所謂“幷協原理”。他們積極宣揚非決定論思想，否認微观世界的客觀性和因果規律性，強調觀測者的作用，說什麼主客體已不可分離。他們還把“幷協原理”荒唐地“應用到”社會現象和政治上，宣傳資產階級和平主義，以及資本主義和共產主義和平共存、相互補充等謬論。

玻恩是哥本哈根学派中的积极成员。在量子力学产生以前，玻恩哲学思想上的自发唯物主义倾向比较明显。但到后来，玻恩在主观唯心主义的“并协哲学”泥坑中越陷越深，乃至公开攻击共产主义，攻击辩证唯物主义和历史唯物主义。我们从本书可以清楚地看到玻恩哲学思想和社会政治思想的这个变化和堕落的过程。

我们希望本书能向读者表明，自然科学家的自发唯物主义思想在今天是不能抵制不了唯心主义的进攻的。我们也希望读者能够用阶级分析的观点对本书加以全面的、具体的分析。

译者限于水平，错误之处在所难免，敬希同志们指正。

译者

1964年3月

目 录

作者序.....	3
《爱因斯坦的相对論》导言(1921).....	5
量子力学的物理面貌.....	11
論碰撞过程对理解量子力学的意义.....	20
論物理理論的意义.....	24
近代物理某些哲学方面的状况.....	47
自然规律中的因果、目的和經濟.....	69
爱因斯坦的統計理論.....	96
物理学和形而上学.....	111
近五十年的物理学.....	130
物理学概念的现状及其未来发展的展望.....	147
量子力学的詮釋.....	169
論物理实在.....	182
經典力学果真是决定論的嗎?.....	198
天文学回忆.....	206
量子力学的統計詮釋.....	213
物理学和相对論.....	227
原子时代的发展及其本质.....	247
新年献詞.....	265
录自《不息的宇宙》一书之附言(1951).....	268
外国人名中英对照表.....	278

作 者 序

在退休后的空闲时间里，我仔细读了自己的几本著作，发现其中有两本比较通俗的读物在对待某些基本科学概念的态度上，表现出一种令人吃惊的变化。这时候我就有了把这些随笔文章编成集子的想法。那两本读物就是 1921 年的《爱因斯坦的相对论》，和 1951 年的《不息的宇宙》美国版。我把前者的导言作为这本论文集的第一篇，把后者的附言作为最后一篇。这两本书在空间和时间的相对概念上是一致的，但在许多其他基本观念上却有所不同。在 1921 年，我相信——和我同辈的物理学家大多数也有这个信念——科学提供了关于世界的客观知识，而世界则是遵从决定论的规律的。在我看来，科学方法比其他用以形成世界图象的较主观的方法（哲学、诗歌和宗教）更为优越；当时我甚至认为，科学的明确语言乃是取得人类之间更好了解的一个步骤。

在 1951 年，我一点也不相信这些了。客体和主体之间的分界线已经模糊不清，决定论的规律被改为了统计规律；虽然物理学家们越过国界相互取得了很好的了解，但是他们对国家与国家之间的较好了解并未作出丝毫贡献，反而促成了最可怕的毁灭性武器的发明和应用。

如今，我把从前的认为科学比其他人类思想和行为的方式更优越的信念，看成是一种自我欺骗，这种自我欺骗的来由乃是：在和形而上学体系的含糊性相比之下，我对科学思想的明确性怀有一种年轻人的热情。

但我还是相信，基本概念的迅速变化以及改进人类社会道德

标准的失败，并不说明科学在追求真理和美好生活方面是无用的。

观念的改变并非随意的，而是观测事实强加在物理学家身上的。真理的最后标准是理论和经验的一致，而仅当在公认的观念框架中描述事实的一切企图都归失败时，方才形成新的观念，起初是小心谨慎地、勉勉强强地，而后来，要是得到实验证实的话，信心就加强了。经典的科学哲学就是这样地转变为现代的科学哲学的，它以玻尔的并协原理为发展的顶点。

为了说明这一发展过程，我选了几篇我在上述二书发表时间这之间的三十年里所写的通俗文章，加上第一本书的导言和第二本书的附言编成了这个集子。其中有些文章和主要问题关系不大，例如关于物理学中最小值原理的一篇，关于爱因斯坦工作的几点讨论以及一些关于自传的谨慎尝试。其他文章谈的都是物理学的背景，以及它在我这一生中的革命性变革。这些文章有许多重复，要避免这些重复而不影响文章的内部结构是不可能的；但我认为，一个问题的各次重复是从不同的角度说明问题的，尽管它们都是基于我个人的观点。文章是按照年代来编序的。

我希望读者会从这本集子里感染到物理学这个伟大时期的某些探险精神。

荷顿博士为我审阅了校样，出版社的职工们热忱地满足了我的希望，而且印刷得很好，为此一并深致谢意。

《爱因斯坦的相对論》导言

(1921)

世界不是作为一件成品呈现在有內省能力的人心里的。人心必須根据大量的感觉、經驗、通訊、記憶和知觉去构成世界的图象。因此,可能找不到两个有思惟的人,他們的世界图象在每个方面都一致。

当一个观念的主要內容成为大多数人的共同财富时,就产生了称为宗教信条、哲学学派和科学体系等精神活动;它們表明人們在见解上、信条上和信念上有所混乱的一个方面,这些东西阻碍着人們要求解决問題的一切努力。这里,似乎絕不可能找到一条綫索,引导我們通过这許多分分合合的五花八門的学說,走上一条确定的道路。

我們打算把本书所要說明的爱因斯坦相对論,置于怎样的地位呢?相对論是否只是物理学或天文学的一个特殊部分,它本身是有趣的,而对人类思想的发展却没有很大重要性呢?或者,它是否至少是代表我們时代特点的特定思想趋势的象征?要不,它本身的确代表一种“世界观”?只有熟悉了爱因斯坦学說的内容以后,我們才能有把握地回答这些問題。但是,这里也許可以提出一种观点,按照这种观点来对所有各式各样的世界观进行分类(即便只是大概地),并且在作为整体的世界的統一观点当中,赋予爱因斯坦的理論以一定地位。世界是由自我和非我,即內在世界和外間世界組成的。这两极的关系是每种宗教和每种哲学的对象。但是,每种学說赋予自我在世界中的作用却有所不同。在我看来,自

我对世界图象的重要性即在于它是一个尺度，按照这个尺度，我們可以像穿成一串珍珠似地，把各种信条、哲学体系、艺术或科学所提供的世界观整理出一个次序来。采取这种观念去研究思想史尽管是诱人的，但我们却不能离题太远，我们只把它应用到人类思想的一个特殊领域里，即应用到爱因斯坦理论所属的自然科学里。

自然科学位于这个序列的末端，在这里，自我（即主体）只起着无关紧要的作用；物理学、天文学和化学在塑造概念中的每个进展，都是向排除自我的目的地跨进一步。这当然不是针对和主体分不开的求知活动而言，而是针对完整的自然界图象而言，这里所依据的观念是：平常的世界独立于求知过程以外而存在，并且不受求知过程的影响。

自然界通过感官作为门户而呈现在我們面前，感官的性质决定着可以引起感觉或直觉的东西的范围。我們越是遥远地回顾科学的历史，就发觉关于世界的自然图象越多地取决于感官的性质。过去的物理学被划分为力学、声学、光学和热的理论。我們可以看出它們和感觉器官的联系，即和运动的感觉以及声、光和热的印象的联系。在这里，主观的性质仍然对概念的形成起着决定性的作用。精确科学的发展就是从这种状态沿着确定的道路走向一个目的地的，这个目的地即便还远未到达，但已清晰地显露在我們面前，那就是建立一个不受任何知觉或直觉限制的自然界图象，它纯粹是一种概念结构，是为了齐一地并且无矛盾地描写全部經驗的总和而设想出来的。

今天，机械力已是一种抽象，仅仅在名称上和力的主观感觉有共同之处而已。机械质量已不再是可触摸物体的一种属性，即使仅仅充滿以太輻射的虛空空間也具有这种质量了。有声领域已成为无声振动世界的一块小属地，它們之所以能够在物理上和无声

振动区别开来，只是由于人耳仅对一定的频率间隔有反应这个偶然性质。现代光学是从电学和磁学理论中取出的专门一章，它讨论一切波长的电磁振动，从最短的放射性物质的 γ 射线（波长只有一毫米的亿分之一），到X射线（伦琴射线）、紫外线、可见光、红外线，直到最长的无线电波（赫芝波，波长达到许多千米）。在可以到达物理学家智慧之眼的不可见光世界里，物质之眼几乎是盲眼，能够使之变为感觉的振动间隔是太小了。热的理论也无非是力学和电动力学的专门部分。它的基本概念是绝对温度、能量和熵，这些都是精确科学的最精巧的逻辑建筑物，并且也只是在名称上还带有热和冷的主观印象的痕迹而已。

不可闻声、不可见光、不可觉热，这些就构成物理的世界，对那些想体验活的自然界，想把握它内部的和諧关系，怀着敬畏之心惊叹它的伟大性的人来说，这是个僵冻的、死的世界。歌德就讨厌过这种不动的世界。他认为牛顿乃是对自然界持有敌意看法的典型人物，他反对牛顿的一场尖刻论战表明，那不仅是两个研究个别颜色理论问题的人之间进行孤立斗争的问题。歌德代表着一种世界观，这种世界观的地位差不多是在上述那个尺度（即是按照自我的相对重要性制定的尺度）的相反一端，就是说，和精确科学的世界图象所占有的那一端相反。诗的实质是灵感和直觉，是以象征的形式对感官世界所作的幻想的理解。诗的源泉是个人经验，而不管这种经验是由于感官受到刺激而引起的一种明显自觉，抑或是某种关系或联系中所强烈表现出来的观念。在这种天赋的、也许的确是上天恩赐的心灵所构成的世界图象中，逻辑形式和理性的东西是不起什么作用的。对这种心灵来说，作为那些仅仅间接与经验有关的抽象东西之总和的世界，乃是一个陌生的领域。只有直接呈现在自我面前的东西，只有能够感觉到或者至少可以作为一个

种可能的經驗表现出来的东西，对它才是实在的有意义的东西。因此，当后来的讀者去考察歌德时代以后的这一个世紀期間精确方法的发展时，当他們从效果来衡量歌德关于自然科学史的著作的作用和意义时，这些著作就仿佛是一位幻想家的文集，是个人对自然关系的新奇感的表现(移情)^①了，而对这样的讀者來說，他在物理学上的主张也就似乎是一些誤解，是对一种更伟大力量的徒劳无益的反抗了；即便在当时，这种伟大力量的胜利也是确保的。

那末，这种伟大力量究竟是什么呢？它的目的和手段是怎样的呢？

它既有取又有舍。精确科学敢于追求客观的陈述，但又不认为它們是絕對有效的。这个公式显现出以下的对比。

一切直接經驗所导致的陈述，必然有一定程度的絕對有效性。如果我看到一朵紅花，經驗到快乐或痛苦，那就是經驗到一些事体，怀疑它們是毫无意义的。这些事体无疑是有效的，但这只是对我來說。它們是絕對的，但也是主观的。人类知識的所有探索者，目的都是要把我們从这个自我的小圈子里帶領出来，把我們从一个还要更小的瞬时性的自我小圈子里帶領出来，从而建立起我們和其他思惟生物的共同基础。首先要建立和另一时刻的自我的关系，然后建立和別人或者和神的关系。一切宗教、哲学和科学的发展，都是为了把自我扩张为“我們”这个字所代表的較广的团体。但是，这样做的方法各有不同。如今我們又面临着互相矛盾的学說和见解上的一片混乱了。可是我們不再感到惊慌，而是按照我們在追求領悟的方式中所給予主观的重要性去整理它們。这就把我們帶回到我們一开始出发的那个原則，因为一个完整的領悟过

① 移情(Einführung)是把主体的感情轉移給客觀事物。——譯注

程才算是一种世界图象。这里又出现了两个相反的极端。一部分人不想否认或者放弃绝对性，所以他们仍然紧紧抱着自我不放。他们创造的世界图象不能靠任何系统的过程产生，而只能靠对他人进行宗教、艺术或诗歌等表达手段上的一种难以理解的活动产生。在这里，支配一切的是信仰，真诚的热情，兄弟般的友爱，但常常也有狂热、狭隘和理智的复灭。

相反，另一部分人的想法是放弃绝对性。他们发现到——却常常带着恐怖的感觉——一个事实：内省经验是无法交流的。他们不再为了不能获得的东西斗争，而就此认输。但是他们希望至少在可以获得的东西上达到一致。所以他们力图去发现在他们的自我和别人的自我中什么是共同的东西；而在这里面已经找到的最好的东西，不是精神本身的经验，也不是感觉、观念或感情，而是一些性质最简单的抽象概念——数字、逻辑形式；简言之，就是精确科学的表达手段。这里我们不再谈论什么是绝对的。在科学家的专门领域里，大教堂的高度不是引起他们的敬畏之感，而是用米或厘米来量度。生命过程不再作为一种时间瞬息即逝的经验，而是以年和日来计数。相对的量度代替了绝对的印象。而我们所得到的世界，乃是一个狭窄的、片面的、有着明显边缘的世界，它没有任何感觉上的魅力，没有任何的颜色和声音。但就以下一点来说，它胜过其他的世界图象：它在人们的心灵之间架起了一道桥梁，这是不容怀疑的事实。铁的比重是否大于木头的，水是否比水银容易冻结，天狼星是行星还是恒星，它对这些问题的看法是能够一致的。不一致也会有，有时候，一种新学说似乎推翻了一切旧的事实，可是，力求深入到这个世界内部而不退缩的人一定感到，已经肯定的知识领域在不断扩大着，这种感觉可以减轻由于精神孤独而引起的痛苦，从而建成通向同类心灵的桥梁。

以上是尽力按照这种方式来说明科学研究的本质，现在，我們可以把爱因斯坦的相对論归入它的范畴了。

首先，相对論純粹是力图摆脱自我，力图消除感觉和知觉的产物。我們曾經談到物理学中的不可聞声，不可見光。在有关的科学里我們也可以看到类似情况，例如在化学中（化学宣称存在某些放射性物质，誰也不曾用任何感官直接知觉到它們存在的絲毫痕迹），或是在下面将要談的天文学中。这些“世界的外延部分”——我們可以这样来称这些科学——本质上都涉及到感官性质。但是，每件事都发生在空間和時間中，这种空間和時間的概念是由力学的奠基者牛頓引入到力学里的。现在，爱因斯坦发现，这种空間和这种時間仍然整个被包裹在自我之中；他发现，如果把这些基本概念也加以相对化，自然科学的世界图象就会变得更加光輝灿烂。在以前，空間密切联系着广延性的主观絕對感觉，時間密切联系着生命过程的主观絕對感觉，而现在，它們純粹是一些概念結構了，它們也像实体一样远远离开了直接知觉，正如除了很小的波长間隔以外，现代光学中的整个波长区域并不能产生光的感觉一样。但是，也像后一情形一样，我們可以毫不困难地把知觉到的空間和時間順序納入物理概念体系里面去。这样，我們就得到一种客观性，它已經以真正惊人的方式預言了自然现象，从而显示出自己的力量。下面我們还要詳細談这点。

因此，爱因斯坦理論的成就就是空間和時間概念的相对化和客观化。在目前來說，它是科学所提出的最后一个世界图象。

量子力学的物理面貌^①

〔首次发表于 *Nature* 119 卷, 354—375 頁, 1927 年。〕

这篇通訊的目的不是报导量子力学的现状。这样的报导最近已由新理論的奠基者海森堡发表了 (*Die Naturwissenschaften*, 45 卷, 989 頁, 1926 年)。我們这里是试图解释量子理論公式的物理意义。

目前, 我們有着惊人有用的合适工具, 来解决量子理論的問題。在此必須坚持, 不同的表述方式, 即矩陣理論、狄拉克的非对易代数、薛定諤的偏微分方程, 在数学上都是彼此等价的方式, 而且一起构成一个单一的理論。这个理論能用来計算原子的定态, 还能計算相应的輻射, 只要我們略去輻射对原子的反作用; 在这方面, 似乎不能希望什么更多的东西了, 因为对每个事例进行計算的結果都是符合实验的。

然而, 物质的可能状态問題还不是全部的物理問題。也許更重要的还是当平衡受到扰动时, 所发生现象的过程問題。經典物理談的完全就是这个問題, 它对結構問題几乎完全无能为力。相反, 在量子力学里, 现象过程的問題实际上是不出現的, 因为这个問題不能直接适应理論形式的发展。下面我們来考虑一下用新力学处理这个問題的一些嘗試。

在經典动力学中, 有关一个封閉系在任一瞬間的状态的知識

① 本文是 1926 年 8 月 10 日作者在牛津英国学术协会甲組 (数学和物理組) 宣讀的一篇論文的扩充, 由奥本海迈先生譯成英文。作者对其細心的翻譯深表謝意。

(即全部粒子的位置和速度)明确决定着系统的未来运动;这是因果原则在物理学中所采取的形式。在数学上,这表现为如下的事实:物理量满足一定类型的微分方程。但是除了这些因果律之外,经典物理总是要采用某些统计考虑。事实上,几率的出现之所以合理,是因为我们从来没有准确地知道过初始状态;只要是这种情况,就可以采用统计方法,而这多少是临时性的做法。

初等几率理论的出发点,是假设我们有理由认为某些事件是同等可几的,并且由此可以导出这些事件的复杂组合的几率。更一般地说,它是从一个假设的分布出发(例如同等可几事件形成的均匀分布),导出一个依赖于它的分布。导出的分布与假设的初始分布完全无关或部分无关的情形,自然是特别重要的情形。

以上所述相当于如下的物理程序:假设一种初始分布,如有可能,便假设事件同等可几的分布,然后设法去证明,这个初始分布与最后的观测结果无关。在统计力学中,我们看到这个程序有两部分内容:我们把相空间分割为同等可几的相格,这样做仅仅是靠某些一般定理(能量守恒,刘维定理)的指引;同时,我们设法把得到的空间分布变为对时间的分布。这个转变是靠各态历经假设来实现的,各态历经假设说,每个系统如果任之自然的话,总要均匀地掠过其相空间;但是,这纯粹是一个假设,今后多半还是一个假设。这样看来,把相空间分割为相格这种选择同等可几事件的做法,其正确性只能在它解释观测现象成功以后推知了。

在物理学中,凡是应用几率考虑的情况,都有类似的情况。让我们用原子碰撞——电子与原子碰撞——来作为例子。当电子的动能小于原子的第一激发势时,碰撞是弹性的:电子不损失能量。这时我们可以问,电子在碰撞后偏转到哪一方向上。经典理论认为每次这样的碰撞都是可按因果律来决定的。如果知道原子中全