

美国科学图书奖

# 像物理学家一样思考

物理，吾理，握理，悟理，无理……让我们享受这本书

[美]盖瑞·祖卡夫 著 廖世德 译



*The Dancing Wu Li Masters*

忽略物理学与东方哲学的相像是愚蠢的，21世纪的物理学课程很可能将包括打坐在内。

海南出版社

# 像物理学家一样思考

*The Dancing Wu Li Masters*

[美]盖瑞·祖卡夫 著 廖世德 译



海南出版社

# 序

1976年盖瑞·祖卡夫宣布本书写作计划的时候，我和艾雨·黄曾经在依萨冷围着桌子看他起草大纲。当初没有想到他会在这份工作上得到这么大的乐趣。看着这本书逐渐完善，令人感慨良多。因为，祖卡夫在本书中坚持要将今天的以量子力学、相对论为代表的新物理学的演化重述一次，使它成为清楚明朗的故事。这样坚持的结果，就是使本书的可读性升高了，而且还使读者接触到了物理学家们种种化腐朽为神奇的方法。简而言之，盖瑞·祖卡夫写了一本给行外人看的好书。

祖卡夫对物理学的态度与我很接近，我也是一个行外人。所以，我和他谈物理比和专业人士谈更让人兴奋，也更有趣。他知道物理是一种意图，意图与大于我们本身的一种实体融通，在一个无尽追求中，要求我们寻找、塑造，并且摒除长久以来所怀有的偏见与思考习惯。

祖卡夫慷慨地给了我这个篇幅，要我对他的叙述有所补充。因为我们认识已经有三年，所以我必须稍微回想一下。

我最先想到的是一群鲸鱼。我记得我们曾经在依萨冷的悬崖上看到一群鲸鱼翻跃着向南方游去。接下来我想到的是美丽的帝王蝴蝶（Monarch butterfly）。从第一天开始，这些蝴蝶就四处点缀着田野，然后像厚重的树叶一般，层层相叠，挂在树上，形成了一棵棵魔树，等待着生命的终曲。在鲸鱼和帝王蝴蝶这两件事之间，我们（对物理学之事）一方



面感觉不能夜郎自大，一方面又觉得轻松好玩。

在依萨冷的时候，我感到了和会中的物理学家沟通的困难。这一点使我发现大部分的物理学家对量子力学的想法与我是多么不同。其实我的想法并不新。早在1932年，纽曼（John Von Neumann）在他的《量子力学的数学基础》（*The Mathematical Foundaton of Quantum Mechqnics*）一书里就已经提出物理学家对量子力学有两种想法。我的想法不过是其中之一。这两种想法是：

一、量子力学不是处理客体的客观属性。量子力学处理的是由预备过程与观测过程界定的问题，其中涉及主体与客体，并且遵循一种新的逻辑。

二、量子力学处理的完全是客体属性。遵循的是旧的逻辑。当有观测行为时，这些属性是随机跳跃的。

当今在做研究的物理学家大部分所持的都是第二种想法。或许人格会决定科学的方向。我觉得心有“人心”、“物心”两种。好父母、心理学家、作家等必须“人”人，机师、工程师、物理学家等则倾向于“物”人。对于这样的物理学家而言，物理学已经变得很可怕；因为，今日的物理学是这么的“无物”。爱因斯坦、海森堡曾经带给物理学极深的演化。然而，新的、同样深刻的演化，正等待着新一代更具胆识、更有整合能力的思考者。

大部分物理学家平常工作时都将量子工具视为当然。在这种情况下，既有一些先锋探测过下一代物理学的道路，也有一些后卫小心翼翼地维护着回归旧物理学的道路。对于后者而言，贝尔定理非常重要。但是贝尔定理在本书占这么重要的地位并不表示它已经解答了当今量子物理学的一些问题。然而贝尔定理却接近了一个大部分物理学家都已建立的观点，那就是，量子力学是一种新的、不同的东西。

现在在这里对“完整的”（Complete）理论与“最高的”（maximal）理论做个分辨是有用的。完整的理论预测一切事物，是牛顿物理学家追

寻的。(严格说来, 牛顿根本就不是牛顿物理学家。因为, 他一直希望上帝常常给这个世界上发条。) 最高的理论是尽可能预测事物, 是量子物理学家追寻的。爱因斯坦与玻尔虽然迭有争论, 但是他们两人以不同的方式都同意, 量子力学是不完整的, 乃至于是也不是最高的。他们真正争辩的是, 一个不完整的理论是否可能成为最高理论。有一次爱因斯坦说: “啊! 我们的理论太贫乏, 没办法讲述经验。”玻尔就回说: “不是! 不是! 我们的经验太丰富, 没办法用理论讲。”这就好比有的存在主义哲学家对于生命的无常深感绝望, 有的却因此觉得充满活力 (elan Vital) 一样。

量子力学的一些特质使我们产生这些争论。其中之一是它关切不存在的、潜在的事物。所有的语言都会讲到一点这种东西, 否则文字就只能用一次。量子力学比古典力学更涉及几率。有的人认为这样会使量子论不可信, 使它无法成为最高理论。所以, 为了维护量子论, 我们必须指出, 量子力学虽然有不可决定性, 但是对于个别实验却可以像古典力学一样, 完全用是或否来表达。在大数量时, 几率无须假设就可以归纳出一个规律。但是, 关于古典理论与量子论的不同, 我的讲法与现在的教科书不同。我宁可说, 只要有充分的数据, 古典力学对一切未来的问题都可以提出是或否的答案; 量子力学则留下一些问题不解, 等待经验来回答。但是我在此地也要指出一个令人遗憾的倾向, 那就是, 量子力学也是因此否定了只在经验 (不在理论) 里发现的答案, 譬如量子力学就否定局部电子动量的物理存在。我自己也有这种倾向。我们陷进我们的符号系统太深了。

会议进行了一个星期, 大家还在谈量子逻辑的元素。原来我们想讨论的新的量子时间概念却未触及。不过这样反倒使我们比较容易进入第二组问题。这也是我现在在思考的问题。量子力学的特质在于它一些未解的问题。有的逻辑学家——譬如马丁·戴维斯 (Martin Davis) ——说, 这一点可能与哥德尔 (Gödel) 以降的一些不可解决的逻辑命题有关。我向来就比较清楚, 现在我觉得他们是对的。共同的元素不过是反射, 完全自觉的明确系统则为不可能。看来人类的研究工作是无尽头的。



像物理学家一样思考

*The Dancing Wu Li Masters*

这种种观念我希望是成立的。盖瑞·祖卡夫这本书讨论的就是这些观念。他做得很好。

大卫·芬克斯坦

于纽约

# 译序

翻译，最忌讳译自己不熟悉的東西。对于物理，译者更是彻彻底底的行外人。但我最终还是动手译了这本书。这里面自然有译者不敢妄自菲薄的原因。

首先，作者以他没有物理学背景的身份写这本书，一开始就是想写**给行外人（Layman）看的**。作者既然点出这样的目标，那么一般读者，包括译者在內，是不是看得懂这本书，便成了此一目标的试金石。可喜的是，本书不但清晰易读，并且还趣味盎然。于是，这就给了译者一个充分的理由来翻译这本书。我想，既然了解了一本书，为何不能翻译这本书呢？

其次，翻译这本书事实上译者有一种大热情。**任何关心生命终极意义的人都会喜欢这本书，任何对知识有好奇心的人都会喜欢这本书。**研究物理的人，在本书可以扬弃符号与数学，得到一种平常的，不是那么浓得化不开的理解。研究灵异学的人可以在本书看到一点点可能的科学解释，譬如心电感应。至不济，如果摆脱这一切“有所为”，纯然是为了趣味，读本书将更得其所哉。要言之，对于任何一个有生命力的人，期待精神进化的人，想换一种新方式追求生命意义的人，觉得传统宗教哲学的用语已经讲烂了的人……这本书将是一个起步，一种启发。

由于有这样的一份热情，并且在技术上可能，所以译者译了这本书。至于内容，我不必在此多作阐释。因为，本书说理清晰明白，一般智力



的人轻易可以理解，不必译者在旁越俎代庖。至于那些学识渊博，生命体验丰富的读者，译者更不必班门弄斧。总之，每一个人都是独立的生命。每个人得其所得。每个人有每个人的过程。这就是书中所说的“如如”。“如如”当然是东方的观念，作者是借用的。不过读者在书中将看到现代物理学以另一种方式达到了相同的观念。如何达到，以及这达到的本身，十足扣人心弦！让我们一方面安于如如，另一方面在精神进化上奋力精进。

廖世德 谨识

于台北淡水



# 引 论

几年前，我的一个朋友邀请我参加加州柏克莱的劳伦思柏克莱实验室的一次午后会议，这是我接触量子物理学之始。那个时候我与科学界没有任何联系，所以我就接受邀请，心里想去看看物理学家是什么样子。我很意外地发现，一、他们说的事我都了解；二、他们讨论的东西听起来就像神学。我几乎无法相信。物理学这一门学科不是我向来以为的那么无聊与不毛，反之其实是丰富而深奥的，到最后甚至与哲学不可分。但是，说来难以置信，除了物理学家之外，一般人却不知道这种重要的发展。所以，随着我的物理学知识与兴趣越来越浓，我便决心与别人分享我的发现。这本书是我的礼物，一系列中的一本。

大体说来，就知识的偏好而言，人可以分为两种。一种喜欢用精准的逻辑程序探索事物，一种喜欢以不那么逻辑的方式探索事物。前者会对自然科学与数学感兴趣。他们如果没有变成科学家，那是因为教育背景的关系。如果他们选择科学教育，那是因为科学教育可以满足他们的科学心智。后者会对人文学科感兴趣。他们如果没有人文素养，那是因为教育背景的关系。他们如果选择了人文教育，那是因为人文教育可以满足他们的人文心智。

由于这两种人都很聪明，所以彼此都不难了解对方在研究什么东西。然而，我却发现这两种人在交流上有一个大问题。我的物理学家朋友曾经有很多次想向我说明物理学的概念。尽管每次他讲得口干舌燥，但我



听完后依然感到抽象、深奥而难以掌握。可是等我了解了，我却又很惊讶地发现那概念其实是很简单的。反过来说，有时候我也尝试着向我的物理学家朋友解释一些概念。尽管我用的概念似乎还是模糊不清，缺乏准确度，但在我看来，我已竭尽全力将我所说的清晰地叙述了出来。所以我希望这是一本有用的“翻译”，帮助那些（像我一样）没有科学细胞的人，了解理论物理学里所发生的种种非凡的过程。当然，这本翻译和其他翻译一样，不比原作好。这原因在于翻译者的不足。但是，不论是好是坏，我担任翻译者的第一个资格，就是我不是物理学家（和你一样）。

为了补足我物理教育（以及人文教育）的不足，我要求并且得到了一群优秀物理学家的协助，本书的“后记”里面提到了他们的大名。其中有四位读过全部的原稿，其余的看了部分的原稿。我每完成一章，就把原稿寄给他们每一位，请他们看看观念与事实上有没有错误。

一开始的时候，我原来只希望利用他们的批评来改正内容。可是，我很快就发现他们对这一份稿子的关切已经超过我原先的期待。他们的批评不但体贴、透彻，总合起来还可以成为一份很重要的数据。我越是读这些资料，就越觉得必须与你们分享。所以，除了修正内容之外，我还把这些数据加在注释里面，以免与正文重复。一些会使正文变得太过专业，或者与正文不一致，或者与他人的评论不一致的评论，我都特别放在注释里面。这些评论如果放在正文，会使本书变得复杂、冗长。但是放在注释里，我就可以将这些观念包括在本书之内。本书从头到尾，凡是初次用到一个词汇，没有不在之前或之后立即加以说明的。但是注释里面我们没有这样做。这样，就给了注释完全自由的表达。当然，这也就是说，注释里面有一些词汇是完全不解释的。内文尊重你在这个庞大而令人激奋的领域新来乍到的身份，可是注释并不。

然而，如果你读了这些注释，你会听到当今全世界最好的四个物理学家对这本书所说的话。这个机会难得。这些注释强调、说明、解释、刺激正文所有的一切。难以描述的是，这些注释表现出一种咄咄逼人的精准。科学家修正他们的同行著作上的瑕疵时，即使他们的同行没有受过训练（譬如我），即使著作并非专业的（譬如本书），仍然追求这种咄

咄逼人的精准。

本书所说的“新物理学”一词，指的是量子论与相对论。量子论从1900年普朗克的量子理论（theory of quanta）开始。相对论从1905年爱因斯坦的狭义相对论开始。至于旧物理学，指的是牛顿的物理学。那是他三百年前建立的。“古典物理学”指的是“解释实相的方式总要使物理相的每一个元素，在理论里都有一个元素与之对应的物理学”。所以，古典物理学包括牛顿物理学与相对论。因为这两者都是以这样一对一的方式结构起来的。可是量子力学不然。这也是量子力学之所以独特的原因。这一点我们以后会讨论到。

读这本书的时候，请你对自己温柔一点。本书所说的故事很多都是丰富而样貌多变的，全部都是迷惑人的东西。读这本书好像读《战争与和平》、《罪与罚》、《悲惨世界》一样，没有办法一次学尽里面的东西。我建议你是为了让自己愉快才读这本书，而不是为了学里面的东西。本书前有目录，后有索引，所以你大可自由翻阅，哪一个题目有兴趣，就读哪一个。此外，如果你让自己享受这本书，可能比决心在里面学东西记得还要多。

最后一点，本书并非讨论物理学与东方哲学的书。本书里面，“物理”这个诗意的架构确实有助于这样的比拟，可是本书讨论的却是量子物理学与相对论。未来我希望能够写一本书专门讨论物理学与佛教。但是，若以“物理”这个东方意味的观点看，我这本书确实已经包含了东方哲学与物理学的相近之处。这些相近之处对我而言，很明白，很重要。但我总得顺便提一下，以免造成各位的损失。

祝

读书快乐

盖瑞·祖卡夫

于旧金山



科学的基本观念本质上大都很简单，  
通常都可以用人人皆知的语言来表达。

——爱因斯坦（注一）

用普通语言来说明事物，即使是对物理  
学家而言亦是观察理解程度的指标。

——海森堡（注二）

长期而言，如果你没有办法使大家了解  
你在干什么，那么你做的事就没有价值。

——薛定谔（注三）

# 目 录

- 序 / 1  
译序 / 5  
引论 / 7

## 部一 物理? (导言)

### 第一章 大苏尔的大礼拜 / 3

物理/3 汉语和英语/5 物理师父/8 钠光谱/11 玻尔的原子模型/13

### 第二章 爱因斯坦不喜欢 / 17

新物理学与旧物理学/17 牛顿物理学/18 一部大机器/21 是我们创造了实相吗/26 客观性的神话/27 亚原子粒子/30 统计学/31 气体动力学/31 或然性/33 量子力学哥本哈根解释/35 实用主义哲学/36 脑分割分析法/37

## 部二 各种形态的有机能 (新旧物理学)

### 第三章 活的? / 43

有机与无机/43 普朗克/46 片断式/46 1905年的爱因斯坦/50



光电效应/51 波, 波长, 频率, 振幅/53 绕射/56 双缝实验/58  
波粒二象性/62 几率波/63

#### 第四章 事情是这样的 / 65

量子力学的程序/65 预备区/66 被观察系统与观察系统/67 作为关联物的光子/68 波函数/71 几率函数/71 量子跃迁/73 测量理论/76 量子力学的形而上学/77 量子力学的多重世界解释/81 薛定谔的猫/82 多疑的托马斯/85

### 部三 吾理 (量子力学)

#### 第五章 “我” 的角色 / 89

心与物的幻象/89 互补假说/91 康普顿散射/91 德布罗意与物质波/94 薛定谔的波动方程/97 泡利不相容原理/101 玻恩几率波/103 原子的量子模型/105 海森堡的矩阵力学/107 测不准原理/108 桌子翻了/112

### 部四 无理 (相对论)

#### 第六章 初心 / 115

无理/115 禅者的初心/116 狭义相对论/118 伽利略相对性原理/121 伽利略转换/122 光速恒定原理/124 以太/126 迈克尔逊—莫雷实验/127 菲茨杰拉德收缩/129 洛伦兹变换/130

#### 第七章 狭义无理 / 131

狭义相对论/131 “本征” 与 “相对” 的长度与时间/135 特雷尔对相对论收缩的解释/139 相对质量的增加/140 同时性/141 时空连续体/145 时空间隔/146 明可夫斯基空间/149 质能关

系/150 守恒定律/152

## 第八章 广义无理 / 155

重力与加速度/155 升降机内外/157 重力质量与惯性质量/161  
时空连续体地图/162 欧几里得几何/165 转动的同心圆/166 非  
欧几何/169 爱因斯坦的预言/172 水星近日点/173 太阳光弯  
曲/173 重力红移/175 黑洞/176 “无理”的幻象/179

## 部五 握理 (粒子物理学)

### 第九章 粒子动物园 / 183

变化的障碍/183 镜面的大厅/184 新世界观/185 粒子物理  
学/186 有趣的气泡室/187 创造与湮灭之舞/189 轨迹是什  
么/190 量子场论/191 使用日常语言的两难/193 粒子的质  
理/195 无质量粒子/196 电荷/198 自旋/199 角动量/200 量  
子数/202 反粒子/202

### 第十章 这些舞蹈 / 204

时空图/204 费曼图解/206 又是创造与湮灭的舞蹈/207 又是反  
粒子/209 时间的幻象/212 熵/213 虚光子/215 电磁力/217  
汤川秀树/218  $\pi$  介子/220 粒子的自我互动/220 引力/225 虚  
粒子/227 真空图解/231 守恒律/233 对称/235 夸克/235 S  
矩阵理论/236

## 部六 悟理 (量子逻辑与贝尔定理)

### 第十一章 超越两者 / 245

物理与悟道/245 贝尔定理与量子逻辑/246 冯·纽曼/247 投射



的命题/249 直接的经验与虚构的语言/252 分配律/253 叠置/259 量子逻辑/260 证明/261 跃迁表/262 冯·纽曼对分配律的反驳/267 量子拓扑学/270

## 第十二章 科学的结束 / 271

悟与统一/271 量子关联/272 EPR 思想实验/275 超光速沟通/278 局部因果原理/278 贝尔定理/280 克劳赛与费里曼实验/281 阿思培克实验/284 超决定论/289 多重世界理论/289 量子力学与哲学/293 暗含的秩序/294 东方心理学/296 无相道/300

后记 / 303

附录一：注释 / 305

附录二：基本粒子表 / 313



部一 • 物理？  
(导言)

物理