



学科素养趣味课堂，读一本书，爱一门课
参照课程标准，用小说笔法重写物理课本，读故事学物理



刘继军◎著



量子论与未来 | 物理课

4



鬼脸物理课 ④

量子论与未来

GUI LIAN WU LI KE

刘继军◎著

图书在版编目(CIP)数据

鬼脸物理课. 4 / 刘继军著. -- 南京: 南京师范大学出版社, 2019.2

ISBN 978-7-5651-4003-7

I. ①鬼… II. ①刘… III. ①中学物理课—课外读物
IV. ① G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 301956 号

书 名 / 鬼脸物理课. 4

作 者 / 刘继军

责任编辑 / 陈 晨

责任校对 / 张新新

出版发行 / 南京师范大学出版社

地 址 / 江苏省南京市玄武区后宰门西村 9 号 (邮编: 210016)

电 话 / (025) 83598919 (总编办) (0371) 68698016 (邮购部)

网 址 / <http://www.njnup.com>

电子信箱 / nspzbb@163.com

印 刷 / 河南省四合印务有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1010 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 260 千字

版 次 / 2019 年 2 月第 1 版 2019 年 2 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978-7-5651-4003-7

定 价 / 35.00 元

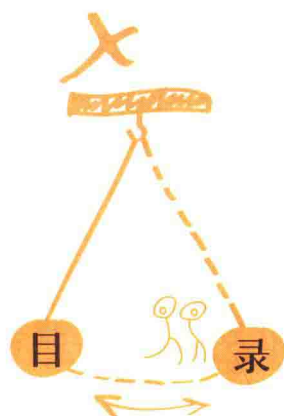
出 版 人 彭志斌

南京师大版图书若有印装问题请与销售商调换

版权所有 侵权必究



读一本书 爱一门课



第二十一章 量子论三 世纪论战（上） 001

- 1. 波粒又战 004
- 2. 上帝的骰子 019
- 3. 不确定 026
- 4. 互补原理 040
- 5. 尘埃未定 052

第二十二章 量子论四 世纪论战（下） 071

- 1. 巨星际会 073
- 2. 爱氏光盒 078
- 3. 量子纠缠 088
- 4. 薛定谔的猫 094





第二十三章 量子论五 何去何从	101
1. 第六根手指	103
2. 意识迷局	112
3. 触不可及	118
4. 恐怖实验	126
5. 平行宇宙	132
6. 退相干	138
7. 第三者	145

第二十四章 量子论六 前途漫漫	157
1. 多历史	159
2. 自发定域	162
3. 系综	164
4. 审判日	165
5. 落不了槌的审判	175
6. 顶梁柱未成年	180





第二十五章 彩蛋	187
能源极简史	189
地球物理是个什么鬼	206
地球年龄极简史——地龄测定魔幻剧情 200 年	213
地球故事	220
物理学大事年表	242
后记 写给我挚爱的同好们	255



第二十一章

量子论三世纪论战（上）



这一路走来,峰回路转,瑰丽诡谲,乱花渐欲迷人眼,该捋一捋了。

普朗克打开量子王国大门,逡巡许久后,决定转身,留下落寞的背影。他不相信世界是量子的。

爱因斯坦驾着光量子解释战车,长驱直入。

而玻尔手持量子化的原子模型,杀进量子王国。

爱因斯坦在前进途中,不得不借助讨厌的概率搭桥,他想静静。

但德布罗意用波粒二象性揭开了大幕的一角,让老爱看到一束光明。

而戴维逊实验给他们吃了定心丸:电子确实是波化装成的粒子。

泡利用不相容拨开电子分层的迷雾,却发现电子应该有第四个量子数,并且它应该有两个值。

乌仑贝克和古兹密特找到了泡利要的第四个量子数:自旋。

海森堡从粒子性出发,得到矩阵力学,和玻恩、约当、狄拉克一起,建起了矩阵力学大厦。

薛定谔从波动出发,拿到了波动力学,在矩阵大厦旁边,盖起了波动宫殿。

一切似乎很美好。然而,宫殿尚未封顶,量子世界大战的硝烟,已弥漫开来。

矩阵力学抛弃了各种假设,用矩阵处理谱线的观测结果,以数学为基础,反映了物理现实的跳跃性、不可视性,描述了粒子的行为。

波动力学传承了经典,用微分处理德布罗意波,重视了物理意义,强调了物理客观的连续性、直观性,勾画了波的行为。



一个打算完全与经典决裂，一个提倡温和改革，恢复经典的荣光。路线斗争啊！

一个是波，一个是粒。世仇啊！

原来如此，原来如此啊！你以为你穿上矩阵的马甲，披上微分的外衣，我就不认识你了？

摸清双方的来路后，世界不仅没和平，反而更乱了。海森堡与薛定谔的战斗，也就更激烈了。

1

波粒又战

1926年7月，薛定谔应索末菲、维恩两个老头子之邀，前去慕尼黑讲他的波动力学。第二场讲完，海森堡实在按捺不住了，站起来逐条批驳薛定谔的观点。老薛倒是习惯了小海的批判，因为他们私下写信辩论时，措辞也比较直率。但维恩愤怒了，他严厉地打断了小海。对维恩来说，小海这个实验渣所说的，基本可以当胡扯处理。小海后来向泡利诉苦：“那个老物理学家，差点把我扔出会场！”

小海本来想以讲堂为战场，与老薛一决雌雄，没想到被对手的老粉丝用太极神功逼出场外，他很尴尬，只好骑驴看唱本——走着瞧！

别看波动力学横扫千军，令众生倾倒，让矩阵力学的粉丝团纷纷取消关注，转粉波动力学，但是，小海也不是一个人在战斗，他还有个强大的同盟——玻尔。

小海败走慕尼黑，发了个战报给玻尔。玻尔看后，眉头一皱，计上心来：邀请老薛到哥本哈根演讲他的波动力学。

1926年10月1日，薛定谔精神抖擞地踏上哥本哈根的土地，开始了一次让他“没齿难忘”的历险。为啥会“没齿难忘”这么严重呢？咱俩脑补一下玻尔的无敌神功，就猜到了。如果你忘了，那就屈驾回去复习一下。

薛定谔一下火车，就被玻尔抓住讨论问题。薛定谔虽然风尘仆仆，但两人聊的是物理，所以聊得挺来劲。玻尔顺势邀请老薛住自己家里。

薛定谔此时还没意识到事态的严重性，他想，既然大家聊得这么开心，那就接着聊吧，于是他做了一个错误的选择：住在玻尔家里。



如果老薛能用自己的方程预测后果,他一定会在车站直接买当天的返程票,至少他会找个离玻尔家远一点的旅馆住下。

然而,老薛已经住在玻尔家了。于是,正儿八经的辩论开始了。

前面,我们已经领教了玻尔的无敌神功,但不知薛定谔在辩论中会做何表现。所以,我们有必要提前了解下他的个性。实际上,薛定谔也非等闲之辈,他一向我行我素,绝少受人左右。比方说,老薛在柏林大学担任教授时,纳粹上台整犹太科学家,老薛不愿同流合污,果断辞掉了教授职位。同行们



玻尔参加的辩论无数,海森堡就曾这样形容玻尔:“他在争论的对手面前不肯退后一步,而且不能容忍很小的含糊不清。”

敬佩不已。因为,老薛是雅利安血统,并且作为普朗克的继承人,地位不低,被整也轮不到他。所以,他的辞职完全是跟纳粹划清界线,以示对犹太人的声援。5年后,他在奥地利格拉茨大学任教期间,社会环境持续恶化,迫于纳粹的压力,他发表了一个声明,对自己以往的不敬表示忏悔,这事被媒体炒作成老薛向纳粹低头了。后来,老薛好不容易逃到英国,却遭到质询。你猜老薛怎么着?他从容应道:“这是我个人的自由。”言外之意,俺权且发个声明保命,干你屁事?搞得质问他的人自己倒尴尬起来。彪悍的人生不需要解释。老薛从来不会改变自己去讨好世俗,何况,他还收到那么多贺电,更重要的是,他有爱因斯坦和普朗克的支持。老薛对爱因斯坦说:“您和普朗克的认可,于我而言,比半个世界的认可还重要。”

老薛的强悍个性 PK 玻尔的无敌神功,有好戏看了。我们先了解下双方阵营。

玻方——哥本哈根、哥廷根集团军。

领袖:玻尔。

将领:海森堡、玻恩、约当等。

论点:世界是粒。



薛方——独行侠明星队。

领袖：爱因斯坦。

将领：德布罗意、薛定谔。

论点：世界是波。

原来还是波军与粒军在对垒！这双死对头互殴已经不是一天两天了，咱俩早就见怪不怪了。可是，今天的战场上，气氛有些诡异，好像有哪儿不对劲！仔细看看，原来是双方的领袖站错队了！

上一场波粒大战，是爱因斯坦力挽狂澜，以一架光电效应的无敌战车，拯救粒军于垂死之中，变单方屠杀为两军对峙，差点端了波军的老窝。而玻尔，打死也不信光是量子，为了干掉光量子，保住电磁波，他甚至向守恒定律举起了屠刀（第十七章“波粒再战”一节）。

现在，粒军的救星爱因斯坦庇护着波军，而波军守护者玻尔引领着粒军，这是要闹哪样？你们是嫌波粒大战不够刺激，要给剧情猛添 high 料吗？

不管怎么说，玻尔诱敌深入，老薛中了埋伏。身陷敌占区，这场仗，打也得打，不打也得打了。战况比较混乱：玻尔对战薛定谔；海森堡负责添油加醋，给玻尔帮腔；玻尔夫人玛格丽特负责两军后勤。

“世界是什么？”玻尔投石问路。看起来是个哲学问题，实际上是探薛方物理的底。玻尔哲学、物理双绝，无论薛定谔怎么回答，都会陷入无敌神功的泥潭。

“世界是波。”老薛何尝不知玻尔的实力！但他自恃功力深厚，因而我行我素，单刀直入。他相信，能对抗实力的，只有实力。

“那么，您如何解释光电效应、康普顿效应？”这招不新鲜，但玻尔深知，沉稳需老道，伤不到自己，还可探敌情。

“是啊，双缝实验、泊松亮斑我们又做何解释呢？虽然这是光的实验，但我坚信世界的统一性。”老薛抛出了更古老的法宝，稳住阵脚。

“正如您所言，这是光的实验。”玻尔笑了。

“可是，一个多月前，英国科学促进会上，玻恩提到戴维逊的镍晶实验数据，您真的没注意到？”薛定谔也笑了。

“这个实验只是个初步结果。您肯定最后结果如君所愿吗？”面对新式武器，玻尔出招谨慎。



“那么,它最终得出相反的结果,这个概率有多少呢?”薛定谔一招斗转星移,以彼之道,还施彼身。

.....

“好吧,我们把将来的事留给将来。现在,我们谈谈电子跃迁,这是量子的标志性动作。量子本身就说明了世界不是连续的,而是跳跃的。而这,正是粒子的体现!”玻尔将实验现象上升到逻辑层面。

“事实上,根本就不存在什么跃迁、轨道、能级,只有波,电子只是环形驻波,它的振动产生本征值的变化,就可以解释量子,包括您所说的跃迁、轨道、能级。”薛定谔针锋相对。

.....

“算了吧,不要强行用经典的图像去描述量子世界。自从 h 出现,量子已经跟经典决裂。 h 本身就在告诉我们,量子王国有量子的国情,任何用经典那一套对量子指手画脚的图谋,都是注定要失败的!”海森堡斜刺一剑杀入战团。

“是吗?经典的微积分能轻松自然地处理 h 。我的波动方程已经明明白白地证明了这一点,你的矩阵难道没跟经典的哈密顿函数接轨吗?任何抹黑、颠覆经典的行为,最终都是搬起石头砸自己的脚!”老薛见招拆招,从容应对。

.....

“矩阵虽然庞杂晦涩,难以理解,但量子行为本来就是经典所不能理解的。三观不同,何以相容?我们不能按照自己的意愿,去给人家原子、电子、光子画像,干涉人家的内战。它们究竟是什么样,我们无须知道,也无从知道。现在,我们能理解的,只有数学。我们只需顺着矩阵的推演,了解它的行为,就 OK 了!”海森堡声调渐高。

“恰恰相反!量子行为是可以理解的,虽然不是那么容易。三观不同,但世界相同。同一个世界,同一个梦想。它的像素虽然不是那么清晰,但波动的图像是显而易见的。就算不那么显而易见,难道我们就甘心做一只心虚的鸵鸟,把头埋在数学的沙堆中,将黑暗中的幻想当作寄托,而放弃面对真实的世界吗?”薛定谔语气渐凛。

.....

“难道,离开图像去谈物理就那样难以理解?用数学之眼看世界就那样难以接受?跟现实世界说拜拜就那样难以启齿?抛除偏见是有多难?!”海森堡的排比问句有如阵雷滚滚。

“这里明明有座波动的连续的桥梁,可以直接通向坚实光明的彼岸,你却偏



要去摸离散的石头,探险未知的不实的河床,追寻暗夜中的微光,真是不可理喻!”薛定谔奋力回击。

“不可理喻? 矩阵力学, 察物理, 合哲学, 高端大气上档次, 哪像那个 ψ , 都不知道你想说什么, 三俗搞恶无节操!”到底是年轻人, 火气大。

“What?! 我这 ψ 奢华经典有内涵! 你用数学掩耳盗铃, 怎么‘察物理’, 用幻想的跃迁去‘合哲学’?! 我看你是冷艳乡村非主流!”老薛也是个暴脾气。

.....

战况突变, 阵地战变成了口水战。

“晒出波的爱, 逼着粒离开。看见你这图像的我眼泪掉下来。物理印象派, 你背了良心债, 就算涂出再多色彩也画不出来! 微分是你解开, 解开就解开。现在又要用普赛(ψ), 把图画出来。世界不是你想晒, 想晒就能晒。让粒挣开, 让粒表白, 别用波阻碍!”为了舒缓气氛, 玻尔伴着旋律做阶段总结。

“狠心把波来伤害, 粒这么意外。跳跃世界的伤害, 有谁能明白? 守恒不是你想害, 想害就能害。让我看透, 世界图像, 只能连起来。矩阵是你展开, 展开就展开。现在又要用粒子, 把世界散开。经典不是你想甩, 想甩就能甩。让波荡开, 让波飘摆, 别用粒破坏!”薛定谔顺水推舟, 紧跟节奏回对。

.....

“量子跃迁的全部观点纯属幻想!”薛定谔接着说。

“但你无法证明量子跃迁不存在!”玻尔一招顺手牵羊, “这恰好证明我们真的不能想象它。”

“可是你无法想象的这个东西是不存在的!”薛定谔毫不客气地回应。

“你不能真的怀疑量子论的整个基础吧?!”玻尔大叫。

“但的确有很多地方需要进行进一步解释, 你有吗?”薛定谔反唇相讥。

“现在, 这个真没有, 但将来, 这个可以有! 现在没有满意的解释, 就能被全盘否定吗?!”玻尔气恼。

“如果这该死的量子跃迁真的存在的话, 我宁愿从来没涉足过什么量子力学!”薛定谔火了。

“幸运的是, 你已经涉足了, 我们都感谢你所做的工作……”玻尔的回击话里有话。

.....

“呐, 不管是波是粒, 最重要的就是开心。连续也好, 跳跃也罢, 发生这种事



大家都不想的。可视,或者不可视,世界就在这里。所谓吉人自有天相,如果不开心就哭出来吧。饿不饿,我给你们煮碗面?”玛格丽特出现在两军阵前。

.....

这一战,直杀得天昏地暗。实际上,两军大战,比上述要精彩、丰富、激烈、复杂得多,可惜的是,这次没邀请战地记者、书记员德布罗意的兄长莫里斯,所以我们看不到实况,只能干巴巴地看转播了解大致战况。

玻尔从理论谈到实验,从经典谈到量子,从方法谈到信仰,从物理谈到哲学……谈什么倒不打紧,别忘了,薛定谔可是百科全书式的博学才子,你谈什么他都接得住,而且哲学正是他的至爱,他在玻尔面前丝毫不落下风。关键是,玻尔没完没了。

平常,玻尔是个温和体贴之人,否则也不会有那么多朋友。但是,一遇到辩论,这家伙就变身了,争强好战,打了鸡血一样,精力极其充沛,战斗指数急剧飙升,“无情地、狂热地”缠斗不休。按说,薛定谔也是精力极充沛之人,可以同时处理那么多女朋友,还有精力在物理界跻身一流,爱情事业两不误。但是,这次遇到玻尔,他算是领教到“累”字怎么写了!累,倒不是受不了,关键是,现在身陷玻尔家,主人如影随形,他躲无可躲,逃无可逃,日夜应战。能上讲台讲学,倒成了难得的休息时间。薛定谔何曾经历过如此残酷的虐辩?!几天后,精力旺盛的他被累病了,卧床不起。玻尔太太费尽心思,精心照料这位战士。

你以为这就完事了吗?想得美!玻尔随后慈祥友好地来到病榻前,热忱地拉着老薛的手,异常恳切地凝视着老薛:“但是,你必须领会……”天啊!如果此时评一个全世界最值得同情的人,他必须是老薛!

你是要取我性命吗,大哥?薛定谔眼神很幽怨,但他打死也不屈服。

这场严酷的讨论没有结果。双方身心俱疲地分手了。玻尔的无敌神功只是从体力上累垮了敌人,却没有从意志和观念上撼动敌人。这样强劲的对手,玻尔是第二次遇到。

咦?哥本哈根那帮人,是被玻尔累服的,还是被说服的?也许,兼而有之?

玻尔的这场残酷围剿,让战友海森堡都看呆了。后来海森堡评价玻尔当时的表现:“无情的、狂热的、不准备做出丝毫让步或承认自己可能犯错的人”,战争“每天从清晨持续到深夜”……

薛定谔一撤,对手没了,玻尔顿感高处不胜寒,他把空虚寂寞冷的目光移向海森堡,倒霉的小海脊梁渐凉。





波尔、海森堡大战薛定谔

小海的遭遇，以后再说。现在，我们应该让波粒大战做个了断。

实际上，德布罗意方程组出现后，大战就该结束了。波粒合体，万法归一，世界和平，情绪稳定，那该多和谐啊！但是，从1924年底波粒二象性论文发布开始，直到1926年初波动力学建立，这一年多以来，肯接受波粒二象性的，薛定谔是全球第四人，前三位是爱因斯坦和德布罗意哥俩。其间，1925年6月矩阵力学的成功，更向人们强调了世界的粒子性。电子衍射实验的成功，是1927年的事。所以，除了前述这四位相信世界可以是波，其余的人都认定世界是粒。于是，波尔与薛定谔的这场恶仗，就是必然的了。

其实，波粒二象性的终极例证，早在1924年，就已经初露端倪了，只是，大家都没注意到。还记得不？自旋把粒子分为两类：费米子、玻色子。费米子服从泡利不相容原理，而玻色子不服从（第十九章“纠结的自旋”一节）。由于性质不同，所以它们的作用、行为、形态等等也各不相同。行为不同，它们的分布

