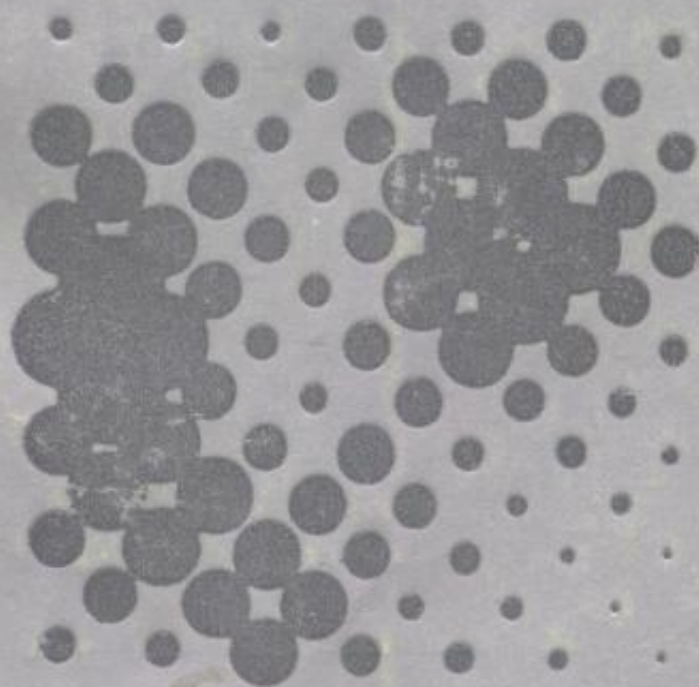


# 哥本哈根迷误

谭天荣 著

陕西科学技术出版社



三原色丛书

# 哥本哈根迷误

谭天荣 著

陕西科学技术出版社

责任编辑：朱壮涌

封面设计：高尚德

版面设计：惠红彦

〈三原色丛书〉

哥本哈根迷误

谭天荣 著

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

新华书店经销 国营五二三厂印刷

787×1092 毫米 窄 32 开本 5 印张 2 插页 7 万字

1988 年 5 月第 1 版 1988 年 5 月第 1 次印刷

印数：1—10,000

ISBN 7-5369-0227-1/Z·24

定价：1.30 元

# 《三原色丛书》编委会

(1988年)

**主 编：**董光璧

**副主编：**李醒民 雷抒雁 李伯聪

**编 委：**（按姓氏笔划为序）

王大明 孙玉麟 仲维光

刘 黄 朱壮涌 李伯聪

李醒民 李鹏程 何 越

张志铭 赵雷进 徐 兰

董光璧 雷抒雁

**本书责任编辑：**董光璧

## ●●●序 《三原色丛书》

雷抒雁

古训已在泥土中枯萎  
格言也已疲惫

飞船却抖动丰满的羽毛  
在新的空间浪迹

色彩、音符、文字  
终于变得扑朔迷离

电子以无弦的琴  
演奏辉煌的乐章

金属的反光  
成了舞伴愉快的刺激

谁能捕捉灵魂深处的惶惑  
深重如山的孤独的诗意

诸神又将归于一元  
每个谜都遭到千百次通缉

三原色不再是最初的阶梯  
高度的复杂反而又单纯如一

每种色彩都是一段演变过程  
都有着痛苦的不凡的经历

用宇宙作我们的话题  
也许，每一粒星尘都会使你惊奇

1987年11月 北京●●●

## 自序

由于历史的误会，三十年来我基本上与世隔绝。这是我三十年前学习量子力学时形成的对量子力学的一些见解。

这些见解是1956年形成的，那时我是北京大学物理系三年级的学生。就在那年秋天，我们年级的同学们在自办的墙报上讨论波动方程的超前解问题。记得当时有三种意见，被戏称为三个“学派”，我也是其中的一个“学派”。不久，大家对这一问题厌倦了，我却继续钻牛角尖，经过大约半年的废寝忘食的钻研，最终得出结论：“波动方程的超前解并不违背因果律，它描写了一种特定的波动过程”。

当我沿着自己这一思路继续前进时，发现了一个使自己大为吃惊的事实：原子的稳定性与经典电动力学原来是可以协调的。这一发现使我立刻找到了一个氢原子的经典模型，并以经典的方式解释了德布洛依波与电子衍射实验。进一步，我又认识到电子具有人们未曾考察过的某种“能动性”。

当我回头来考察我们当时用的量子力学教科书时，我发现“哥本哈根解释”有一个概念混淆，我把其称为“哥本哈根迷误”。恰好那时我们年级学哲学，我把我的发现与哲学课上讲的东西相互联系对照，形成了一些或许可以称之为“哲学见解”的东西。这些，就是我准备写进本书的内容。在叙述顺序上，我把哥本哈根迷误放在前面，哲学见解居中，最后才介绍我对某些量子现象的经典解释。

不久以前，在我的朋友关洪、庞卓恒等人帮助下，我知道了量子力学发展中的一些历史事实，这使我感到原封不动地把我三十年前的东西展现给读者是不合适的，应该把我的叙述和这些早已为读者们熟知的事实挂上钩。多亏戈革教授和许良英教授大力支援，我借到了一些有关的资料，粗看一下，就揉合在我的论述



中。

这里我要特别感谢我的朋友仲维光，他把他的研究生毕业论文《爱因斯坦对于波粒二象性的探索》供我参考，我不仅从那里获得了大量资料，而且还吸取了他的某些观点，写在“爱因斯坦与光量子”一节中。

在“光电效应”一节中，我参考了关洪的打印稿“光子概念的新发展”，从其中引用了他对于单光子干涉和独立光源干涉的叙述。

在“必然性与偶然性”、“必然性与或然性”二节中，我参考了庞卓恒的打印稿《社会——历史科学引进自然科学的客观必然性和现实可能性》。庞卓恒是历史学家，通过与他讨论，我对历史学的非决定论有了兴趣。

由于时间紧迫，所有这些打印稿以及其它参考资料我都来不及仔细钻研，我能作的充其量是把我这些五十年代的陈酒装进八十年代的新瓶子中，我不知道陈酒会在怎样一种程度上适应新瓶子，但是我想，读者们更感兴趣的是他们未曾品尝的陈酒而不是他们早已见惯了的新瓶子。因此，这个我尚未弄清的问题对读者或许并不是十分重要的。

# 目 录

代 绪 论	[ 1 ] ●
第 1 篇 哥本哈根迷误	[ 11 ] ●
§ 1 薛定谔猫	[ 12 ] ●
§ 2 几率分布是一种观念上的分布	[ 15 ] ●
§ 3 “不确定性”的两种涵义	[ 19 ] ●
§ 4 电子的运动是轨道运动吗?	[ 23 ] ●
§ 5 波函数的几率解释	[ 27 ] ●
§ 6 互补原理——波尔的利剑	[ 33 ] ●
§ 7 测不准原理——海森堡的禁令	[ 39 ] ●
§ 8 月亮在无人看它时存在吗?	[ 43 ] ●
第 2 篇 量子力学与非决定论	[ 53 ] ●
§ 9 物理学与因果律	[ 54 ] ●
§ 10 必然性与偶然性	[ 64 ] ●

# 目 录

§ 11	必然性与或然性	[ 67 ] ●
<b>第 3 篇</b>	<b>对某些量子现象的经典</b>	
	<b>解释</b>	[ 77 ] ●
§ 12	原子世界有特殊规律吗?	[ 78 ] ●
§ 13	引人入胜的量子关联	[ 83 ] ●
§ 14	满足经典电动力学的氢原 子模型	[ 94 ] ●
§ 15	德布洛依波的双重意义	[ 100 ] ●
§ 16	电子是一个自组织系统	[ 105 ] ●
§ 17	光的量子性是由于光源的 原子性	[ 110 ] ●
§ 18	光电效应是电子进入光波 的表现	[ 113 ] ●
§ 19	康普顿散射是分两步进行 的过程	[ 120 ] ●
§ 20	爱因斯坦与光量子	[ 124 ] ●
§ 21	关于力学与光学之间的 “奇特的相似”	[ 135 ] ●

## 代绪论：物理学中的 两种世界观

郎之万在某处说过：现代物理学是在牛顿力学的世界观与电动力学的世界观的冲突中发展起来的。他忘了补充一句，现代物理学正处在牛顿力学的世界观已经衰老而电动力学的世界观却尚未成熟的时期，量子力学则是这种青黄不接的理论表现。

电动力学建立得比牛顿力学晚，开始时它自然接受牛顿力学的现成的世界观，只有在长期的内部斗争中，它才显示出自己的本来面目。因此，这两种世界观的斗争，也就是电动力学的内部斗争。

早期的电动力学有两个对立的学派：以安培为代表的法国学派继承了超距作用观点；以法拉第——麦克斯韦为代表的英国学派则继承

了法国人笛卡儿的接触作用观点。英国学派建立的电磁场论成功地对当时的电学、磁学、光学和辐射热力学的实验资料作了统一的解释，从而战胜了法国学派，这是电动力学世界观对牛顿力学世界观的第一次胜利。

洛伦兹用他的洛伦兹规范简化了麦克斯韦方程，从而发现接触作用观点与超距作用观点的数学表达式只有一点微妙的差别：表现超距作用观点的场方程是泊松方程：

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = -f(x, y, z; t)$$

其中 $\psi$ 是“场函数”，表示电磁场的“矢势”或“标势”； $f$ 是“源函数”，表示电荷或电流的密度。表现接触作用观点的场方程则是波动方程：

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = -f(x, y, z; t)$$

在场源的作用不受时间和空间限制的条件（所谓无初值、无边值问题）下泊松方程的解是：

$$\begin{aligned} & \psi(x, y, z; t) \\ &= \iiint \frac{f(x', y', z'; t)}{4\pi R} dx' dy' dz' \end{aligned}$$

其中 $R = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}$ 是

从观察点 $(x, y, z)$ 至源点 $(x', y', z')$ 的距离, 积分限是全空间。这个特解表示电磁作用是“瞬时”的, 因而是超距作用。

在同一条件下, 波动方程的解则是:

$$\psi(x, y, z; t)$$

$$= \iiint \frac{f(x', y', z'; t - \frac{R}{C})}{4\pi R} dx' dy' dz'$$

这个解叫“推迟解”, 它表示电磁作用是“推迟作用”, 因而是“接触作用”。

泊松方程遵循伽利略变换, 波动方程则遵循洛伦兹变换。伽利略变换表现牛顿力学的时空观, 洛伦兹变换则表现电动力学的时空观。因此用波动方程取代泊松方程来表现电磁作用已经蕴含着物理学史上一次空前的大变革: 用电动力学的时空观取代牛顿力学的时空观。

1905年爱因斯坦建立的相对论开始了这一变革, 1908年闵可夫斯基对相对论的几何解释则基本上完成了这一变革。这是电动力学世界观对牛顿力学世界观的二次胜利。

然而这两次斗争都只不过是两种世界观斗争的序幕而已, 真正的决战在于对物质结构的

认识，即物质观的问题。

牛顿力学的物质观是本来意义下的“机械观”，它认为可见世界五光十色的运动形式都可以归结为原子的机械运动（即位置移动）。因此运动形式的转化或质变只不过是现象，而本质世界即原子世界则只有量变。这种世界观和原子论一样古老，古希腊的原子论哲学家德谟克利特对它作了或许是最早的表述：

“按照意见存在着温暖，按照意见存在着寒冷，按照意见存在着颜色、甜味、苦味；但按照真理，则只存在原子与虚空<sup>〔1〕</sup>。”

笛卡儿、牛顿以同时代的大多数哲学家和物理学家，都是机械论者。十八世纪的俄国学者罗蒙诺索夫更是集机械观之大成。但只有到了1842年，机械观才在近代物理学中获得确切证明。这一年“热的唯动说”成功地把热现象归结为分子的机械运动，从而在物理学中掀起了把一切都归结为机械运动的狂热。

但是，把电磁运动归结为某种物理模型（例如，以太微粒）的机械运动的一切尝试都遭到了挫折。在原子论者把一切物理现象统一于一种物理模型的尝试失败时，法拉第——麦克斯韦以电磁场论成功地把电磁现象统一于一

组数学方程。于是电磁场论作为一种唯象理论与原子论对立起来。与此同时，关于热的现象的能量理论也作为一种唯象理论与热的原子——分子理论分庭抗礼。

唯象理论与原子论的对立在奥斯特瓦尔德为代表的“唯能论”学派与原来的机械论学派的对立中得到表现。唯能论学派确认运动形式的转化是自然过程的本质。但它在反对把一切都归结为原子的机械运动的狂热时，却走向了另一个极端——否认原子本身。

以洛伦兹为代表的电子论学派把原子论与电磁场论两大巨流汇合起来，因而它克服了机械论与唯能论的对立。它一方面确认可见世界的现象可以追溯到原子世界的本质，另一方面又确认本质世界有质变，原子世界不是只有单一的机械运动，而是有两种对立的运动形式：电磁运动与机械运动。它们的量变与转化形成可见世界五光十色的运动形式。

另一方面，在“荷”与“场”哪一个是物质本源的问题上，电子论又克服了法国学派与英国学派的对立。按照法国学派的观点，电荷是实在的，而场则不过是一种表示电荷之间的作用力的辅助概念，按照英国学派的观点，场



是实在的，而电荷则不过是一种表示“场的纽结”的辅助概念。电子论把这两种观点各自作为一个环节容纳于自身，它认为场是实在的，电荷也是实在的。传递电荷之间作用力的场不是纯粹的数学抽象，而是一种物质的特殊形式，它有连续分布的能量与动量，它们在与其它物质形式的能量与动量相互转化表现出来。作为场源并承受场的作用力的电荷也不仅是场的纽结，而且还是组成电荷原子的物质微粒——电子。

电子是电荷的原子，而电荷则是电磁场的场源。电子的电荷能激发一个电磁场，这是电子的固有电磁场，它也是电子自身的组成部份，于是电子乃是一个带电粒子与一个电磁场的统一体。带电粒子的运动是机械运动，电磁场的运动则是电磁运动，两者统一于“电子的运动”。电子论既然把一切物理运动归结为机械运动与电磁运动，也就把一切物理运动归结为电子的运动。

按照电动力学原理，电子的带电粒子按照麦克斯韦方程不断激发电磁场，而电磁场则反过来以电磁力作用于带电粒子。电子的这两个组成部份随时地都处在这样的双重相互作用之