

[奥]埃尔温·薛定谔 (Erwin Schrödinger) 著 赖海强 译

# 薛定谔 生命物理学讲义

WHAT IS **LIFE**  
**MIND** AND **MATTER**  
AUTOBIOGRAPHICAL SKETCHES

诺贝尔物理学奖  
… 获得者 …

量子力学奠基人 生前  
唯一通俗科学演讲集

对分子生物学诞生和DNA发现的关键著作  
北京大学、清华大学、香港大学共同推荐阅读



北京联合出版公司  
Beijing United Publishing Co., Ltd.

# 薛定谔 生命物理学讲义

[奥]埃尔温·薛定谔 (Erwin Schrödinger) 著 赖海强 译

WHAT IS LIFE  
MIND AND MATTER  
AUTOBIOGRAPHICAL SKETCHES

## 图书在版编目 (CIP) 数据

薛定谔生命物理学讲义 / (奥) 埃尔温·薛定谔著 ;  
赖海强译. — 北京 : 北京联合出版公司, 2017.4  
ISBN 978-7-5502-9802-6

I. ①薛… II. ①埃… ②赖… III. ①生命科学—普  
及读物 IV. ①Q1-0

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第023926号

### 薛定谔生命物理学讲义

作 者: (奥) 埃尔温·薛定谔

译 者: 赖海强

选题策划: 刘璇

责任编辑: 杨青 徐秀琴

封面设计: 胡椒设计

---

北京联合出版公司出版

(北京市西城区德外大街83号楼9层 100088)

北京旭丰源印刷技术有限公司 新华书店经销

字数200千字 880毫米×1230毫米 1/32 7印张

2017年4月第1版 2017年4月第1次印刷

ISBN 978-7-5502-9802-6

定价: 49.80元

---

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容  
版权所有, 侵权必究

本书若有质量问题, 请与本公司图书销售中心联系调换。电话: 010-84369312 010-84369315



通常人们会认为，科学家作为在自己的研究领域拥有渊博的第一手知识的权威，是不会随便在自己不精通的领域

著书立说的，也就是说高声望者身肩重责。然而，为了能够完成这本书，我恳请抹去我身上所有的声望——倘若真的有的话，这样就可以一并抹去与之相随的重任。我的理由如下：

我们的先辈早就开始了对包罗万象的知识的孜孜追求，这种强烈的渴望毫无保留地传承到了我们身上。人类最高学府所用的字眼（university，大学，在英文中这个词和“普遍性”同词根）让我认定：从古至今，唯有普遍性（universal aspect）才是真正的完美。可是，近 100 年来，知识在深度和广度上的迅猛扩展将我们置于一个两难境地。一方面我们只是刚刚开始获得某些可靠的资料，并试图将所有已知的事物融合成一个统一的整体；另一方面，知识的体量已经如此之大，任何人想要在某个专门领域以外再驾驭一些新知识的可

能性几乎为零。

唯有我们中的某些人能够着手总结那些事实和理论，即使这其中可能夹杂着二手的或是并不完备的知识，还需要冒着被当成蠢人的风险。除此以外，我找不到任何能够摆脱这种两难境地的更好方法。除非，我们永远也不想达到我们的最终目标。

这就是我的看法。

语言带来的障碍和困难不可忽视。一个人的母语就犹如一件合体的衣裳，当不得被另一种语言替代时，必定不会感到舒适。我要向谢因克斯特博士（都柏林三一学院）和巴德莱格·布朗博士（梅鲁圣巴里克学院）表示感谢；然后，我还要感谢 S. C. 罗伯茨先生。为了使我的衣服更合体，这几位友人费了很大力气，而很多时候我对自己设计的式样的固守，也给他们增添了很多麻烦。当然，我要对书中残存的一些不妥的独创式样负责，这些并非他们的问题。

许多小结的标题最初只是作为页边的摘要，因此每一章的正文需要前后连贯地读下来。

E. 薛定谔

都柏林

1944年9月

死从来不是自由人的思虑，他的智慧，是生的沉思，而非死的沉吟。

——斯宾诺莎《伦理学》第四部分，命题 67



## 自序



### 第一部分

## 生命是什么

WHAT IS LIFE

第一章	经典物理学家对生命问题的探讨	003
第二章	遗传机制	021
第三章	突变	037
第四章	量子力学的论据	053
第五章	对德尔勃吕克模型的讨论和检验	065
第六章	有序, 无序和熵	079
第七章	生命是以物理学定律为基础的吗	091
后记	决定论与自由意志	103



第二部分  
**意识与物质**  
MIND AND MATTER

第一章	意识的物质基础	111
第二章	认知未来	123
第三章	客观性原则	141
第四章	算术谵论：意识的单一性	155
第五章	科学与宗教	169
第六章	感知的奥秘	185



第三部分  
**自传**  
AUTOBIOGRAPHICAL SKETCHES

第一部分

# 生命是什么

WHAT IS LIFE





## 第一章

# 经典物理学家对生命问题的探讨

我思故我在。

——笛卡尔

## 1. 研究的一般性质和目的

这本小册子起源于一位物理学家的一系列公开演讲，聆听演讲的观众约有 400 人，演讲人在演讲最开始就指出所讲的主题复杂难懂，尽管几乎没有使用数学演绎法这最吓人的武器，可也远未达到通俗易懂的程度，但是听众人数丝毫没有因此而减少。并不是因为这个论题简单得可以不用数学来说明，相反，正是因为论题太过复杂，即使用数学演绎也很难阐述得清楚明了。演讲受到观众欢迎的另一方面原因是，演讲者试图将那些介于物理学和生物学之间的基本概念同时向物理学家和生物学家讲清楚。

尽管演讲内容涉及了形式多样的主题，目的却只有一个——对一个重大问题发表一些小小看法。为了避免读者迷失方向，先简要地勾勒出整个演讲计划很有必要。

这个久经讨论的重大问题就是：

怎样用物理或化学的方法，解释有机生命体内空间和时间上的各种现象？

本书力求阐述和确定的初步答案可概括为：

现阶段物理学和化学在解释上述事件中暴露出的局限性，不能成为否定物理学和化学最终能够诠释这一切的理由。

## 2. 统计物理学·结构上的根本差别

如果说仅仅是为了重新燃起对过去无能为力的事的希望，这个注解未免过于平庸了。更高层的意义在于，我们试图解释为何迄今为止物理学和化学仍无法诠释上述问题。

基于生物学家，尤其是遗传学家在过去三四十年的创造性工作，人们已揭开了有机体的真实物质结构和功能的神秘面纱。目前对这方面的认知已经足以精确地说明，现代物理学和化学为什么仍不能解释发生在有机生命体内的种种现象。

从根本上说，有机生命体中大部分的原子排列及其相互作用方式，和迄今为止物理学、化学理论，实验研究的原子排列方式存在本质差异。这样的本质差异在一般人看来似乎无足轻重，除了那些认为物理和化学定律都是统计力学性质的物理学家<sup>1</sup>。这是因为正是基于统计力学的观点，认为有机生命体内的绝大部分结构非常特殊，完全不同于物理学家和化学家在实验室里处理的或是他们脑子里所思考的任何一种物质结构<sup>2</sup>。要使得物理学家和化学家发现的规律和定则能直接应用在有机生命体的活性部分如此特殊的结构上，这几乎是天方夜谭。

不能指望非物理学家能够大概了解我刚才所说的抽象词汇“统计力学结构”中蕴含的差异性，更不必说准确理解其真正内涵。为了丰富叙述的色彩，我先提前说一下后面还将详细说明的内容：活

---

1 这种说法可能显得过于笼统，对这个问题将在本书第七章的7、8节中详细讨论。

2 F.G. 道南在两篇极富启发性的文章中表达了这个观点。见 *Scientia*, 1918年, 24卷, 78期, 第10页, 《物理化学能否恰当地描述生物学现象》; 1929年斯密斯学院报告, 第309页, 《生命的秘密》。

体细胞中最重要的组成部分——染色体纤丝，可以恰当地称其为非周期性晶体。迄今为止，物理学中所研究的物质仅限于周期性晶体。在一个不是很高明的物理学家眼中，周期性晶体已经是非常有趣和复杂的东西了，它们构成了最具吸引力而又最复杂的物质结构，由这些复杂结构组成的无机世界已经足以让物理学家伤透脑筋了。然而，它们和非周期性晶体结构相比，却显得异常简单。两者在结构上的差异，好比一张是不断重复同样花纹的壁纸，而另一张是一幅拉斐尔挂毯般精美的刺绣。后者展现的是一位杰出大师的精致、协调和富含创意的设计，而不止是一味的单调重复。

我们说周期性晶体已是物理学家最为复杂的研究对象之一，但是，随着有机化学家研究的分子结构越来越复杂，事实上他们已经非常接近“非周期性晶体”了。在我看来，生命的物质载体就是非周期性晶体。自然地，在生命问题的研究领域，有机化学家已经取得很大成果，而物理学家仍毫无建树也就不奇怪了。

### 3. 朴素物理学家的探索方式

在简要阐述了我们研究的基本观点，或者说最终落脚点以后，我再说明一下如何展开我们的研究。

让我们以“一位朴素物理学家对于有机体的观点”即一位物理学家对有机体可能持有的观点开始。他在学习了物理学，尤其是掌握了统计力学的基础后，开始思考有机生命体的活动和功能的方式。他独自思量：能否用物理学中的简明而朴素的科学观点，对生命问题做出合理解释？

他觉得答案是肯定的，下一步需要将理论预测结果和生物学事

实做比较。比较的结果说明他的整体思路是对的，但需要做一些调整。如此一来，他就离正确的观点更近一步了，或谦虚地说，更接近了他认为正确的观点。

即使这是一条正确的途径，但我并不能确定这是否就是一条最好、最简洁的探索途径。但是，这终究就是我自己走过的路。我就是这位“朴素的物理学家”，为了通往这个目标，除了这样一条曲折之路外，我找不到其他更加清晰、便捷的方法。

#### 4. 为什么原子这么小

论述“朴素的物理学家的观点”的一个好方法是从一个滑稽、近乎荒唐的问题开始：为什么原子这么小？

事实上，原子的确非常之小。我们日常接触的所有物质里每一小块中都包含了数量超乎想象的原子。可以举出许多例子让听众理解这点，但没有哪个能比开尔文勋爵所引用的例子更让人印象深刻：假设给一杯水里的每个分子做上标记，然后将这杯水倒入大海，并充分搅拌，使得世界七大洋中都均匀分布有杯中标记的分子；接着如果从七大洋中任何一处舀出一杯水，将会发现这杯水中大约有 100 个被标记的分子<sup>3</sup>。

原子的实际尺寸约为黄光波长的  $1/5\ 000$  到  $1/2\ 000$ 。这样的比较意义在于，我们可以用光波波长粗略地表示显微镜能分辨的最小微粒尺度。就拿这么小尺寸的微粒来说，这样的体积中仍然包含了

---

3 现在，一般认为原子没有确切的边界，因此，事实上原子的大小不是一个含义十分明确的概念。多采用固体或液体中两原子的原子核间距来表示它（或者替代它），但是，不能用气体中的原子核间距表示，因为常温常压下，气体中这个间距几乎大了 10 倍。

10 亿个原子。

那么，原子为什么这么小呢？

这个问题并不能简单地从字面意思思考，问题真正关心的并不是原子的大小，而是有机体的大小，特别是我们人类自己躯体的大小。当我们以常用的长度单位作参照时，比如米或码（1 码约为 0.914 4 米），原子尺度确实很小。在原子物理学领域，通常使用埃作为长度度量，1 埃是 1 米的一百亿分之一，用十进制小数表示为 0.000 000 000 1 米，而原子的直径为 1—2 埃。日常使用的长度单位和我们的身体尺寸总是密切联系的，比如说，码这个长度单位就起源于一位英国国王的幽默故事：当大臣请示他采用什么作度量单位时，他顺势抬起自己的一只手臂说道：“取我胸部中间到指尖的距离就可以了。”且不论这个故事是真是假，它给我们的启示在于：这个国王很自然地提出将和自己身体的尺寸相比拟的长度作为长度单位，是因为他明白使用其他尺度的长度都不如这样方便。无论物理学家多么偏爱使用“埃”作长度单位，他还是更愿意听见做一件新衣裳需要 6 码半花呢布，而不是 650 亿埃花呢布。

因此，我们提出这个问题的真正目的在于确定我们的身体尺度和原子尺度两种长度的比例。考虑到原子本身作为一种独立性的客观存在，把问题换种提法或许更为合适：和原子的尺度相比，我们的身体为什么这么大呢？

对于许多聪敏的物理系和化学系的学生来说，有这样一个事实会让他们感觉非常可惜：构成我们身体各部分的不同器官，根据前述说的比例，它们都是由无数分子构成，显然对于感受单个分子的



碰撞来说它们显得太过粗糙了。对于原子，我们既看不见也摸不着更听不见，导致我们很多对原子的假设和我们庞大而粗糙的感官的直接感受相去甚远，无奈我们也无法通过直接观察来检验这些原子。

有没有什么内在的原因可以解释它呢？能否追溯到某条第一原理，来解释我们的感官为何如此不适应大自然的规律性呢？

终于遇见了物理学家能完全解决的问题了，对于上面的这些问题，答案都是肯定的。

## 5. 有机体的活动需要精确的物理规律

假如人类不是像上面所说的那样迟钝，而是能够敏锐地感受到单个原子，那么一个或是几个原子就可以给我们的感官留下印象，我的天！那生命会是什么样子？可以肯定的是，那样的有机生命体绝对不可能孕育出一个有逻辑的思维，更别提在这种逻辑思维长期积淀下产生的原子的观念。

虽然我们只着重谈论了感官这方面，但以下的论述对于大脑和感觉系统以外的器官功能同样适用。人类最重要的特点就是拥有触觉、思维和知觉。假设我们不从纯客观的生物学角度来看，那么在那些产生思想和感觉的生理过程中，作用的主体只有大脑和感觉系统，其他的感觉器官只起着辅助作用，至少我们人类看来是这样的。值得一提的是，这对我们选取和我们的思维活动紧密联系的过程进行研究十分有利，尽管我们对这种紧密的联系仍一无所知。事实上，我认为这样的研究已经超越了自然科学的范畴，很可能也已经超越了人类的认知能力。