

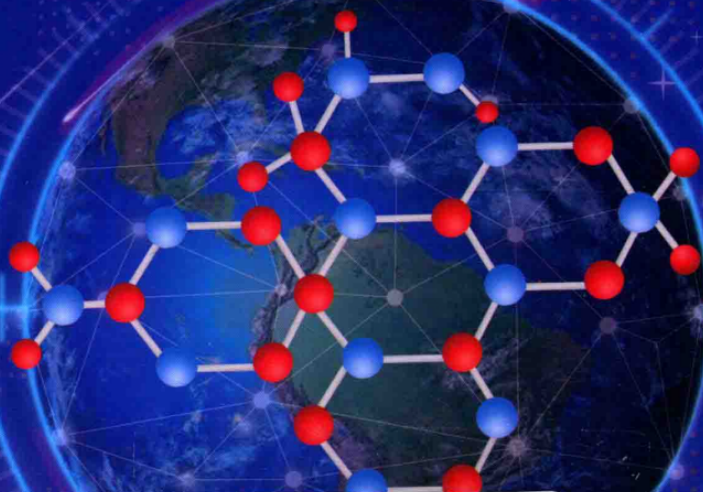
WHAT
IS
LIFE

生命是什么

物理学家对生命的理解和思考

[奥] 埃尔温·薛定谔◎著

景杰◎译



推动分子生物学诞生和DNA发现的关键著作
当薛定谔的猫跳到生物学界，生物学自此脱胎换骨

分子生物学先驱 量子力学奠基人之一

薛定谔 写给每个人的生物科普读物

20世纪生命科学启蒙之书，反直觉理解生命本质的颠覆之作
北京大学、清华大学一致推荐的经典巨著

天津出版传媒集团

天津人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

生命是什么:物理学家对生命的理解和思考/(奥)
埃尔温·薛定谔著;景杰译. — 天津:天津人民出版社, 2020.9

ISBN 978-7-201-16318-5

I. ①生… II. ①埃… ②景… III. ①生命科学—研究 IV. ①Q1-0

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第137304号

生命是什么:物理学家对生命的理解和思考

SHENMING SHI SHENME:WULIXUEJIA DUI SHENMING DE LIJIE HE SIKAO

出 版 天津人民出版社
出 版 人 刘 庆
地 址 天津市和平区西康路35号康岳大厦
邮政编码 300051
邮购电话 (022) 23332469
网 址 <http://www.tjrmcbs.com>
电子邮箱 reader@tjrmcbs.com

责任编辑 李 荣

装帧设计 

制版印刷 香河利华文化发展有限公司
经 销 新华书店
开 本 787毫米 × 1092毫米 1/16
印 张 13
字 数 149千字
版次印次 2020年9月第1版 2020年9月第1次印刷
定 价 39.00元

版权所有 侵权必究

图书如出现印装质量问题, 请致电联系调换 (022-23332469)

目 录

第一卷 生命是什么？

序言	3
第一章 经典物理学家的研究方法	5
1. 研究的一般性质和目的	5
2. 统计物理学方法——结构上最根本的差异	6
3. 朴素物理学家的研究方法	7
4. 原子为什么这样小？	8
5. 生物体的活动需要精确的物理定律	10
6. 物理定律是基于原子统计学的，所以只是近似结果	11
7. 原子量与精确性成正比的第一个例子（顺磁性）	12
8. 第二个例子（布朗运动，扩散）	14
9. 第三个例子（测量准确性的极限）	17
10. \sqrt{n} 定律	18

第二章 遗传机制	20
1. 经典物理学家的重要设想是错的	20
2. 遗传的密码本（染色体）	21
3. 生物体的生长基于细胞分裂（有丝分裂）	23
4. 有丝分裂中每个染色体都复制	23
5. 染色体数减半的细胞分裂（减数分裂）和受精（有性生殖）	24
6. 单倍体个体	25
7. 减数分裂的突出性质	27
8. 交叉互换；遗传特性的定位	28
9. 基因的大小	30
10. 极小的数目	31
11. 持久性	32
第三章 突变	33
1. “跳跃式”突变——自然选择的基础	33
2. 它们具有纯育性，即它们完美地被遗传了下去	35
3. 定位，隐性和显性	36
4. 解释一些术语	39
5. 近亲繁殖的危害性	40
6. 综合性和历史性的评价	42
7. 突变是小概率事件的必要性	43
8. X射线诱发突变	43
9. 第一定律 突变是单一性事件	44
10. 第二定律 事件的局限性	45

第四章 量子力学的证据	48
1. 经典物理学无法解释的持久性	48
2. 可以用量子论来解释	50
3. 量子论——非连续状态——量子跃迁	50
4. 分子	52
5. 分子的稳定性由温度决定	52
6. 数学插曲	53
7. 第一个修正	54
8. 第二个修正	55
第五章 对德尔布吕克模型的讨论和检验	58
1. 遗传物质的概貌	58
2. 观点的独特性	59
3. 一些传统的误解	60
4. 物质不同的“态”	61
5. 真正重要的区别	62
6. 非周期性固体	62
7. 压缩在微型密码中的丰富内容	63
8. 与事实作比较：稳定的程度；突变的不连续性	64
9. 自然选择的基因的稳定性	65
10. 突变体较低的稳定性	66
11. 温度对不稳定基因的影响小于对稳定基因的影响	66
12. X射线如何引起突变	67
13. 射线的有效性与自然突变率无关	68
14. 可逆的突变	68

第六章 有序、无序和熵.....	70
1. 从模型得出的重要一般性结论	70
2. 基于“有序”的“序”	71
3. 生命物质避免向平衡衰退	72
4. 生命以“负熵”为生	73
5. 熵是什么?	74
6. 熵的统计学意义	75
7. 从环境中获取“序”来维持的组织	76
第六章的注解	77
第七章 生命是基于物理学定律的吗?	79
1. 有机体中可能存在新定律	79
2. 生物学现状回顾	80
3. 物理学现状的总结	81
4. 鲜明的对比	82
5. 产生序的两种方式	83
6. 新原理并不违背物理学	84
7. 钟的运动	85
8. 钟表装置的运动归根到底还是统计学	87
9. 能斯脱定理	87
10. 钟摆实际就在绝对零度下工作	88
11. 钟表装置与生物体的关系	89
后记.....	90
决定论和自由意志	90
后记的注解	95

第二卷 意识与物质

第一章 意识的物质基础·····	99
1. 问题·····	99
2. 一个尝试性回答·····	101
3. 伦理观·····	105
第二章 理解的未来·····	110
1. 生物学走入死胡同?·····	110
2. 达尔文主义明显的悲观情绪·····	112
3. 行为影响选择·····	114
4. 伪拉马克主义·····	117
5. 习惯和技能的基因固定·····	119
6. 智力进化的危险·····	121
第三章 客观化原则·····	124
第四章 算术上的悖论: 意识的单一性·····	137
第五章 科学与宗教·····	150
第六章 感知的奥秘·····	165
自传·····	177

第一卷 生命是什么？

——活体细胞的物理学观点

献给我的父母亲

第一卷 生命与命运

——

序 言

人们总是认为，科学家应该拥有某个学科领域完备的第一手知识，所以，在不精通的领域，他们一般不会写任何东西，这也被认为是一种“高贵的责任”。但为了写这本书，我请求放弃这种“高贵”，并免除它所附带的责任。我的理由如下所述：

对一致性、全面性知识的热切渴望，是我们从祖先那里继承的优良品质。英语里面，大学（University）就是“全面”的意思，从古至今数个世纪以来，只有“全面”才是我们追求的永恒价值。然而，知识的分支如此之多，在最近百余年间，各领域知识在传播的深度和广度上，使我们面临一个奇怪的困境：

我们清楚地感受到，一方面我们正在开始获取可靠的信息和材料，尝试把已有的知识综合贯通起来成为一个有机整体；而另一方面，单凭个人的力量，想要精通两个以上的领域几乎是不可能的事情。

我不知道有什么办法可以解决这个难题，除非我们当中有人敢

于大胆地尝试总结那些事实和理论。为了这个目标，就算让自己出洋相，就算用了第二手或是不完备的知识，也是值得的。

我要解释的就这么多。

语言的困难也是不可避免的。一个人的母语就像是 he 贴身穿的衣服，可是当这样的衣服暂时没有，不得不找另外一件衣服来替代的话，他会感到不舒服的。我要感谢因克斯特博士（都柏林圣三一学院）、巴德赖格·布朗博士（圣帕特里克学院），还有 S.C. 罗伯茨先生。几位朋友竭尽全力地帮助我，使得这件新衣服适合我的身材，并且由于我执意不放弃自己的风格，也给他们带来了不少额外的麻烦。如果我的这些独创风格偏离了正确的意向，那么这也是我的责任而不是他们的过错。

书中每一部分的标题原本是写在页边的摘要，所以每一章的正文部分连起来是一个连贯的整体。

都柏林

1944年9月

一个自由的人很少考虑死亡，他的智慧，关注的是生而非死。

——斯宾诺莎《伦理学》第四部分，命题67

第一章 经典物理学家的研究方法

我思故我在。

——笛卡尔

1. 研究的一般性质和目的

这本小书是由一位理论物理学家对大约四百名听众所做的一系列公开讲座整理而成，即便没有采用物理学家最厉害的武器——数学推导，这也绝非一个简单通俗的讲座。演讲者一开始就向听众说明，主题比较深奥，但听众人数并没有大幅减少。不用数学推理，并不是说这个问题简单；相反，这个问题过于复杂，无法用数学语言来解释。另一个吸引听众的原因是，演讲者同时向物理学家和生物学家阐明了最根本的概念，一个介于物理学和生物学之间的概念。

实际上，尽管本书的话题包含甚广，但作者的主要目标只是把最大最重要的问题阐释清楚，提出自己的想法。为了使目标更加明确，

有必要事先简要作一下概述。

这个经常提到的最大最重要的问题是：这些发生在生物体内、随着时间空间变化的事件能否用物理学和化学知识来解释？

这本小书争取给出一个初步答案：尽管目前的物理学和化学尚无法解释这些事件，但将来一定可以，这一点不容置疑。

2. 统计物理学方法——结构上最根本的差异

如果刚才的陈述仅仅是为了激起未来解决问题的希望，未免有些小题大做。但如果强调的是当代学术领域的局限，意义就大不一样了。

如今，基于生物学家，特别是基因学家的创造性工作，在过去的三四十年来，我们已经充分了解生物体的物质结构以及它们的功能，可以明确地说，当今的物理学和化学确实无法解释那些发生在生物体内，随着时间和空间不断变化的活动。

在生物体最重要的部分，原子的排列及其相互作用方式，和当今物理学家、化学家用来做理论和实验研究的原子排列是有根本区别的。然而这种区别很容易就会被忽视，除非他们非常了解，物理学和化学的定律都是基于统计学。^[1]因为从统计学的观点来看，无论他们是在实验室中亲手操作，还是在书桌前苦思冥想，在生物体中，最重要部分的结构与物理学家或化学家接触过的截然不同。所以，想把这些已发现的定律直接应用到生物系统的行为上去是几乎不可能的。

我刚才使用的这些术语非常抽象，所以除了物理学家，我们不奢望其他人能够理解这些术语在“统计学结构”上的区别，更别谈去

[1] 这一论点似乎有些简略，后文有详细讨论。——原注

辨别了。为了接下来的论述不那么枯燥，在这里我先把后面会详细解释的内容概述一下，也就是一个生物细胞内最核心的部分——染色体纤维，或者也可称为非周期性晶体。物理学中，我们迄今只接触过周期性晶体。在一个普通物理学家看来，周期性晶体已经是非常有趣和难懂了，因为它们参与构成了非生物界最迷人和复杂的物质结构。然而，如果和非周期性晶体相比，它们却显得相当简单和枯燥。我打个比方，它们之间的区别就像一张普通墙纸中简单重复的图案和一幅精美的刺绣杰作，比如拉斐尔挂毯，绝不是无聊的重复，而是精巧、连贯而有意义的伟大设计。

在物理学家眼中，周期性晶体是他们研究中最复杂的对象之一，而有机化学家，在研究日益复杂的分子过程中，已经和非周期性晶体（我认为这就是生命的载体）十分接近了，所以这也不足为奇，有机化学家在生命问题上建树颇丰，而物理学家仍难以有所突破。

3. 朴素物理学家的研究方法

在简要介绍了我们研究的总体思路，或者说根本观点之后，下面让我来详细阐述。

我首先展开说明什么是“一个朴素物理学家关于生物体的观点”。在学习了物理学，特别是统计学基础之后，他开始考虑什么是生物体，它们如何表现，如何运作，他扪心自问，从他学过的知识，从他相对简单、清晰以及朴素的科学当中，是否可以对这个问题做出任何解释。

他考虑的结果是，可以。下一步，他把理论预见和生物学事实加

以比较，虽然总体上他的观点看起来非常合理，但仍旧需要相当多的修正。用这种方法我们会一步一步接近真理，谦虚一点说，我所认为正确的观点。

即使我的研究方法应该是对的，但我也不敢肯定这是否是最佳和最简单的，但不管怎样，这是我的方法。这个“朴素的物理学家”就是我自己，除了我自己这种粗陋的方式，我目前还没有找到任何更好更清楚的研究方法。

4. 原子为什么这样小？

要想阐明“这个朴素物理学家的观点”，可以从一个奇怪甚至可笑的问题开始：原子为什么这样小？首先，它们确实很小。生活中每一块微小的物质都包含有数目惊人的原子。有很多例子都用来向听众传达这个观点，最有名的一个例子是由开尔文勋爵^[1]提出的：假设你可以给一杯水中的所有分子都做上标记，然后把这杯水倒入海洋，同时搅拌使它们均匀分布在世界上的海洋中，然后你再从海里任意一处舀起一杯水，你的杯子里仍然有大约100个做过标记的分子。

原子的实际大小^[2]大约是黄光波长的1/5000到1/2000。这个数据

[1] 原名威廉·汤姆逊 (William Thomson)，后来因为他在科学上的成就和对大西洋电缆工程的贡献，获英女皇授予开尔文勋爵衔，所以后世才改称他为开尔文。汤姆逊的研究范围相当广泛，他在数学物理、热力学、电磁学、弹性力学、以太理论和地球科学等方面都有重大的贡献。

[2] 根据现代研究的观点，原子之间没有严格的边界，所以原子的“大小”并不是一个严谨的概念，但我们可以用两个原子中心在固体或液体中的距离来定义或者替换它的“大小”这一说法。（在正常气压和温度下，两个原子中心在气体中的距离要大十倍之多）——原注

非常重要，因为黄光波长正好是显微镜下能辨认出的最小微粒，而这个微粒里还包含着数十亿个原子。

好，现在的问题是，原子为什么这样小？

显然这是个伪命题。因为我们关注的并不是原子的大小，而是生物体的大小，特别是我们自己身体的大小。原子确实很小，尤其和我们日常的长度单位来比较的话，比如码（1码约为0.9144米）或者米。所以在原子物理学中，我们习惯于用“埃”这个单位（英文缩写Å），它是米的百亿分之一，如果以十进位小数计算则是0.0000000001米。

原子的直径大约是1~2埃，真小啊。我们日常的长度单位与我们身体的大小是紧密相关的。“码”来源于一个英国国王的幽默故事，有一天他的议员问他，应该采用什么长度单位——他抬起一只手臂，说道：“就把我的胸口到我指尖的距离作为度量单位吧。”不管是真是假，这个故事很能说明问题。这个国王很自然地用他自己的身体确立了长度单位，因为他知道用其他东西都会很不方便。尽管物理学家对“埃”这个单位情有独钟，但他宁愿别人告诉他，他的新衣服需要六码半的呢料——而非650亿埃！

由此可见，这一问题的根本在于我们身体大小和原子大小之比。鉴于原子无可争辩的独立特性，这个问题实际演变成：既然原子这么小，我们的身体为什么这样大？

我可以想象，很多好学的物理系和化学系的学生会对下面这个事实感到遗憾。我们身体大大小小的感觉器官是由无数个原子所构成的，而这些感觉器官简直太过迟钝，根本感受不到单个原子的作用。我们既看不见听不见，也感觉不到单个原子的存在。所以，我们关于

原子的假说和我们迟钝的感觉器官所发现的很不一样，也无法直接检验观察。

一定是这样吗？有没有什么内在的原因？我们能否追溯到某种基本定律，以此确认和理解为何没有其他任何东西与自然界的特定规律相符？

对上面的疑问，物理学家如今终于能够解释清楚了。他们的答案是肯定的。

5. 生物体的活动需要精确的物理定律

如果生物体的感觉器官十分灵敏，而不是那么迟钝，那么我们的感觉器官就很容易察觉出单个或几个原子的运动了——天哪，如果真的是那样，生命将会是什么样子？我先声明一点：毫无疑问，那样的生物体绝不会发展出有序思维，而这种有序思维需要历经漫长的时间才能最终形成原子的观念以及其他很多观念。

虽然我们只是列举了感觉器官，其实以下的讨论对于大脑和感觉器官以外的诸多器官的活动也是可以适用的。然而，我们对于自己的身体唯一感兴趣的事是：感觉、思维和知觉是如何在我们身上发生作用的？在思维和知觉的生理学过程中，大脑和感觉系统起主要作用，其他器官只不过起辅助作用罢了。也许从纯粹客观的生物学视角来看不是这样，但至少从我们人类的观点来看确实是这样的。此外，这种认识有利于我们选择一种人类能够主观感知的过程进行研究，即使我们对这一过程的本质知之甚少。实际上，就我个人来看，这已经超出了自然科学和人类认知的范围。