

第一推动丛书
综合系列

「珍藏本」

07



伽利略的手
指

伽利略的手指

[英]彼得·阿特金斯/著

Peter William Atkins

彼得·阿特金斯是牛津大学化学系教授，也是该校林肯学院的特别会员。他曾撰写过多部世界级的化学教科书。他的著作历经二十多年的岁月依旧魅力不减，原因之一就在于阿特金斯具有卓越的天赋——他能够把概念，尤其是那些刁钻古怪的概念进行深入浅出的讲解，从而使读者更易接受，印象也更深。事实上，虽然这样的才华在他的每本著作中都有所体现，但是，真正淋漓尽致地展现作者才华的，还是现在这本书——《伽利略的手指》。

许耀刚 刘政 陈竹/译



第一推动

CS

湖南科学技术出版社



Galileo's Finger

伽利略的手指

[英]彼得·阿特金斯/著 许耀刚 刘 政 陈 竹/译



第一推动

CS

湖南科学技术出版社

Galileo's Finger——The Ten Great Ideas of Science

© Peter Atkins 2003

This title was originally published in English in 2003. This translation is published arrangement with Oxford University Press and is for sale in the Mainland of The People's Republic of China only.

湖南科学技术出版社通过英国牛津大学出版社独家获得本书中文简体版中国大陆地区出版发行权。

著作权合同登记号：18-2004-065

总 序

科学，特别是自然科学，最重要的目标之一，就是追寻科学本身的原动力，或曰追寻其第一推动。同时，科学的这种追求精神本身，又成为社会发展和人类进步的一种最基本的推动。

科学总是寻求发现和了解客观世界的新现象，研究和掌握新规律，总是在不懈地追求真理。科学是认真的、严谨的、实事求是的，同时，科学又是创造的。科学的最基本态度之一就是疑问，科学的最基本精神之一就是批判。

的确，科学活动，特别是自然科学活动，比较起其他的人类活动来，其最基本特征就是不断进步。哪怕在其他方面倒退的时候，科学却总是进步着，即使是缓慢而艰难地进步，这表明，自然科学活动中包含着人类的最进步因素。

正是在这个意义上，科学堪称为人类进步的“第一推动”。

科学教育，特别是自然科学的教育，是提高人们素质的重要因素，是现代教育的一个核心。科学教育不仅使人获得生活和工作所需的知识和技能，更重要的是使人获得科学思想、科学精神、科学态度以及科学方法的熏陶和培养，使人获得非生物本能的智慧，获得非与生俱来的灵魂。可以这样说，没有科学的“教



育”，只是培养信仰，而不是教育。没有受过科学教育的人，只能称为受过训练，而非受过教育。

正是在这个意义上，科学堪称为使人进化为现代人的“第一推动”。

近百年来，无数仁人志士意识到，强国富民再造中国离不开科学技术，他们为摆脱愚昧与无知做了艰苦卓绝的奋斗。中国的科学先贤们代代相传，不遗余力地为中国的进步献身于科学启蒙运动，以图完成国人的强国梦。然而应该说，这个目标远未达到。今日的中国需要新的科学启蒙，需要现代科学教育。只有全社会的人具备较高的科学素质，以科学的精神和思想、科学的态度和方法作为探讨和解决各类问题的共同基础和出发点，社会才能更好地向前发展和进步。因此，中国的进步离不开科学，是毋庸置疑的。

正是在这个意义上，似乎可以说，科学已被公认是中国进步所必不可少的推动。

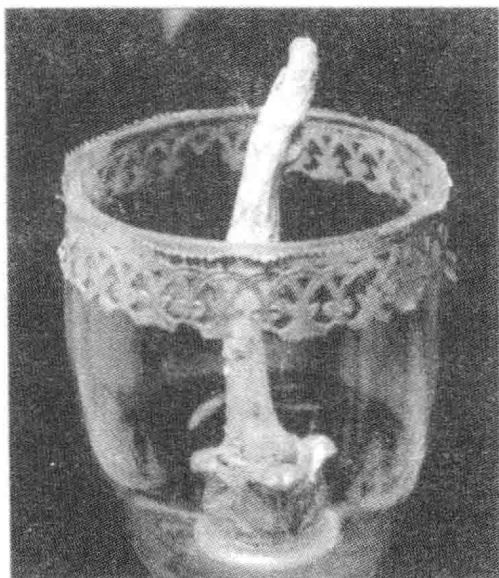
然而，这并不意味着，科学的精神也同样地被公认和接受。虽然，科学已渗透到社会的各个领域和层面，科学的价值和地位也更高了，但是毋庸讳言，在一定的范围内，或某些特定时候，人们只是承认“科学是有用的”，只停留在对科学所带来的后果的接受和承认，而不是对科学的原动力、科学的精神的接受和承认。此种现象的存在也是不能忽视的。

科学的精神之一，是它自身就是自身的“第一推动”。也就是说，科学活动在原则上是不隶属于服务于神学的，不隶属于服务于儒学的，科学活动在原则上也不隶属于服务于任何哲学。科学是超越宗教差别的，超越民族差别的，超越党派差别的，超越文化的地域的差别的，科学是普适的、独立的，它自身就是自身的主宰。

湖南科学技术出版社精选了一批关于科学思想和科学精神的

世界名著，请有关学者译成中文出版，其目的就是为了传播科学的精神，科学的思想，特别是自然科学的精神和思想，从而起到倡导科学精神，推动科技发展，对全民进行新的科学启蒙和科学教育的作用，为中国的进步做一点推动。丛书定名为《第一推动》，当然并非说其中每一册都是第一推动，但是可以肯定，蕴含在每一册中的科学的内容、观点、思想和精神，都会使你或多或少地更接近第一推动，或多或少地发现，自身如何成为自身的主宰。

《第一推动丛书》编委会



伽利略右手的中指

1737年3月12日，当伽利略的遗体被转移到位于佛罗伦萨的圣十字教堂中时，为了永久地纪念他，人们将他的右手中指从其身体上取下。这根手指目前保存在佛罗伦萨的科学历史博物馆里，它盛放在一个含有圆柱形石膏底座的容器内，附言如下：

*Leipsana ne spernas digiti, quo dextera coeli
Mensa vias, nunquam visos mortalibus orbes
Monstravit, parvo fragilis molimine vitri
Ausa prior facinus, cui non Titania quondam
Sufficit pubes congestis montibus altis,
Nequidquam superas conata ascendere in arces.*

不要小看这根手指，一位伟人（伽利略）正是靠它才度量了苍穹的路径，并且揭示了地上的凡夫俗子们从未见过的宇宙胜景。因此，这位伟人在摆弄一架不起眼的望远镜的同时，也在挑战甚至是那些勇力超群的年轻的提坦巨神们（希腊神话）都无法完成的登天任务。

序 言 | 认识的萌芽

为什么我们选择伽利略的手指呢？因为伽利略标志着科学史上的一个转折点，即从那时起科学探索开始朝着一个新的方向转变，而“科学家们”——当然，这个词用来指代当时的研究者其实并不恰当——则从先前的“摇椅式”空想中解脱出来，并对先前囿于权威的各种探求世界本质的方法的有效性提出质疑，从而在通往现代科学的道路上迈出了蹒跚的第一步。在此过程中他们摒弃了没有实证的所谓权威，但他们并没有完全放弃那些“不着边际”的猜想和内心沉思，而使其与可公开验证的实验观察方法进行有机的结合，并共同铸就了一个新兴的、强有力的联合体系。上述体系所体现的伽利略的思想已“染指”目前的所有科学领域：在首先激发出这种思想的物理学中可以看到，在19世纪初的化学中也开始显现，同样在生物学中也可以看到它的身影，尤其在19世纪和20世纪，生物学已不仅仅是一门“展示”大千奇观的学科的时候。

简而言之，本书赞扬了伽利略的具有象征意义的“手指”在揭示真理方面的有效性。尽管其生理意义上的手指被收藏在博物馆里，但是伽利略的实证技巧却传了下来并且发扬光大，这也透



射出了个人的短暂存在与知识的永恒不灭这一道理。因此，伽利略的手指代表了“具有科学性的方法”这个模糊的概念。他不是唯一的或第一个提出这种获取新知的方法的人，但是他是历史上提出这种实证思想的举足轻重的人，因此把他作为实证思想的代言人也在情理之中。这种可以探索真理的神奇有效的方法中的一个方面就是强调了实验的核心性，从而将真正的科学与其主要对手——即那些令人印象深刻但也是极其无用的空想的表述划清了界限。深入研究领域并在严格控制条件的情况下所做的实验观察极大地避免了我们认识的主观性，并且在原则上使得实验观察可以面对大众的监督。

2 伽利略还发展了科学简化法，即将问题的本质剥离出来的方法，其思想之光穿透了在现实事件中笼罩在事物本质上面的乌云。这种对复杂问题的简化处理，即从复杂性中看到简单性，恰恰像伽利略通过他自制的望远镜从“简单”的天穹中看到其复杂性一样。他把在泥泞中前行的吱嘎作响的小车（具体的现实生活事件）放在一边，取而代之的是研究从斜面上滚下的小球（抽象的一般的事件）这种简单的状态，或是从高点落下的钟摆的摆动状态。从现实中喧嚣和杂乱无章的事件中剥离出事物的一般本质是科学方法的关键部分。科学家往往能够从牡蛎中发现珍珠，从皇冠中发现宝石。

当然有些人认为这种简化法存在缺陷。他们宣称，真正的认识来源于对喧嚣的现实事件的深入理解，比如小车的停滞不前，情人悲伤，云雀冲天等，并且认为科学家们将蝴蝶作为对象去研究其机制是对认识的抹杀。这种异议虽然不太合理，不过我们应正确地看待它，而不能将其完全抛弃。大多数科学家认为，作为人，情感只是我们与周围世界发生互动的一个极其重要的因素，而只有少数科学家认为这种情感因素是发现真理的可靠途径。他们喜欢解析令人惊愕的复杂性问题，通过将问题化整为零，然后

再重新组合起来，尽可能去逐步深入地获得理解。他们通过研究斜面上小球的运动来获得对山坡上的小车的运动的理解；通过研究钟摆运动来更好地理解运动员腿部的摆动机理。反对者则对这种研究方法提出质疑，他们疾呼，对声音振动的物理学理解并不能阐明音乐的美感，且将一曲交响乐分割为一组单个的音符会破坏对其完整性的理解。科学家则回应，我们首先应该理解单个音符的本质，然后再去理解为什么有些和音令人愉悦，有些则如梦魇，而后——可能用不了多长时间——再尝试着去理解一段乐曲所产生的心理和艺术效应。科学的目标是获得对事物本质及其发展规律的详尽的认识，当然科学家们也从不会忘记追求这个终极目标，更不会因为失去耐心而半途而废。至于科学家们是否明白我们认识世界身心与共的快乐，是否理解哲学家、艺术家、预言家以及神学家各自领域的重大问题，都是无关紧要的，我们只知道伽利略改进的简化方法非常重要。



说到伟大的思想，我想它应该是一种内含和外延皆极其丰富的简单概念，它好比橡子，能生长成枝繁叶茂的可用之材；它又如蜘蛛，能通过来回盘旋织成大网然后享用盛宴。总之，思想能够产生理论，从而可以阐释事物的本质及其发展规律，同样它也能够用于指导实践。

科学史上存在诸多璀璨的思想，但我们不能奢望对其一一进行探讨，因此在这里我不得不有所选择。毫无疑问，其他人或许可以选择别的“超级蜘蛛”来获取科学思想中的其他肉肥味美的“猎物”，但本书所罗列的就是我的选择。

我的关注点集中于科学思想而非实际应用。我只写了很少一部分有关黑洞和星际旅行的东西，而且几乎没有写——除了在



经过认真考虑后的结语中——诸如我们正处于信息技术和计算科学大行其道的年代中，正经历着科技对生活的巨大推动这种程式化的叙述。我的目的是理出能够为技术进步指明方向，或在大多数情况下能够为技术的进步提供理论基础的那些思想。继承了伽利略学术思想的想象力丰富的科学家——弗里曼·戴森，将理论驱动型科学与技术驱动型科学作了区分。我所考虑的几乎都是理论驱动型科学。在上述分类中，戴森呼应了另外一个著名的思想家——弗朗西斯·培根。培根把思想分为两种：一种是 *fructifera*，即带来果实的使者（引申为面向实践）；另一个为 *lucifera*，即带来光明的使者（引申为启迪智慧）。我则专注于后者。对于分子生物学和 DNA 结构的发现，到底是 *lucifera* 还是 *fructifera*，是理论驱动型科学还是技术驱动型科学这个问题，以及是否应该将其纳入本书的讲述范围尚存在争论。不过在上述每种情况中我倾向于选择前者，因为在生物学领域中，没有任何发现能够像 DNA 结构的发现那样极大地拓展了我们对生物学的理解 and 应用，因此把它排除在外无疑是十分荒谬的。也许将 *lucifera* 和 *fructifera* 完全割裂开来是不切实际的，在分子生物学中我们将会看到 *lucifera* 和 *fructifera* 在盛况空前的科学体系中的完美融合。



科学阐释不同于小说阅读，因为小说中的事件往往是以简单的线性方式展开的。要理解一个科学思想，你首先应该快读一遍，跳过文中那些较难理解或太乏味（但愿本书不会如此）的部分。诚然，尽管我认为文章的铺展有其正常的顺序，比如从晦涩迷离的基础原理开始，逐步攀升而看到熟悉事物的曙光；或者由熟悉的事物开始挖掘而揭开更深层次的原理（我采用后一种叙述

方式)，但是由于本书各章之间或多或少是相对独立的，因此读者可以按照任意顺序去阅读。

还需要谨记一点：科学方法的抽象化塑造了现代科学。抽象化是伽利略手指的另一个重要方面，我们应该对其在现代科学中扮演的角色及其重要性有所觉察。首先，抽象法并不意味着没有价值，事实上它能够产生巨大的实际效应，因为它可以指出我们原本意想不到的现象之间的联系，并且使源于某个领域的思想可以举一反三地应用到其他领域中去。最重要的是，抽象法使我们能够站在一系列实验观察的结果背后，以一个更广阔的视角来看待它们。科学史上或阅读科学史时，一个最令人赞叹的“我发现了！”时刻是一种类似科特斯（Cortez-like）的体验，即发现一些海洋能够合并为统一的整体，并由此认识到先前看起来不同的现象之间所存在的内在联系。我的目的是带领本书读者攀上科学的制高点，去领略令人快慰的科学思想的融合，并且随着旅行的深入，我们将逐步揭开更伟大的抽象性，并体会其中的乐趣。因此，我将从猴子和豌豆开始叙述，然后是原子，再过渡到对称美，而后是时空，最后在对数学那种令人敬畏的抽象性的颂歌中达到高潮。如果你是按照章节的编排顺序进行阅读的话，那么你就会发现你对已读部分的理解逐章深入。



我们即将启程踏上充满挑战但同时会带给你深深的满足感的奇妙科学旅程。科学是文艺复兴精神的典范，而文艺复兴是对人类灵魂解放和貌似微不足道的人类大脑的思想力量的极好的注解。我期待着能够随着这趟旅程，小心翼翼地引领读者到达认识的极致，届时你将会感受到只有科学才能带给你启迪的无穷乐趣。

目 录

> 序言 认识的萌芽	1
> 第 1 章 进化 复杂性的萌芽	1
> 第 2 章 DNA 生物学的理性化	55
> 第 3 章 能量 计量的普遍化	109
> 第 4 章 熵 变化发生的源泉	145
> 第 5 章 原子 物质的产生	184
> 第 6 章 对称 美的量化	217
> 第 7 章 量子 认识的简化	263



FIRST MOVER

第一推动

> 第 8 章 宇宙 真实的纵览	306
> 第 9 章 时空 互作用的舞台	353
> 第 10 章 数学 理性的局限	402
> 后记 认识的未来	454
> 索引	463
> 译后记	486

进 化

复杂性的萌芽

伟大的思想
进化源于自然选择

没有进化之光的照耀，生物学毫无道理可言。

西奥多修斯·杜布赞斯基

生命是如此精致，以至于在很长一段时间内人们都认为它需要经过特殊创造过程才能产生，因为人们难以想象如此非同寻常的事物又怎能从毫无生气的黏土中自发形成，况且，事物的哪些重要组成部分能够赋予其以生命的特征？对类似于这类重大问题的解释先后掀起过两次浪潮。第一次浪潮是 19 世纪的经验性解释。那个时候，其中大多数是博物学家和地质学家的观测者们通过审视自然界的外在形式，进而得出了一些影响深远的结论。第二次浪潮出现在 20 世纪，此时人类的认识已经不只局限于对事物特征的描述，而是像鼯鼠挖地洞一样深入到事物内部，并揭示出了构成生命网络的分子基础。第一次浪潮所产生的认识是本章所要探讨的主题；第二次浪潮所产生的认识是下一章的主题，它极大地拓展了我们对于“生命是什么”这个命题的理解。



古希腊的哲学家们对于生命的本质也有他们各自的观点，但是就他们的大多数善意的言论而言，他们错得彻底但也错得可爱。例如，就拿为了证明他的神性而糊涂地跳进爱特拿火山口的自命为神的恩培多克勒（约公元前 490～前 430 年）来说，之前他就猜测动物是由通用的各种成套的零部件组装而成，不同的组合会产生不同的动物，由此得来大象、昆虫、角蟾和人类。至于为什么世界上充斥着这些我们所熟悉的动物而不是另外一些组合所形成的动物，比如可以飞行的猪和长着尾巴的鱼？他认为只有特定的组合是可以存活并繁衍后代的。自然界可能早已试验过其他林林总总的组合方式，以期实现类似于《人类复制岛》中的景象，但是经过短暂的蹒跚、摇晃或打滚之后，这些在试验过程中创造的生物最终栽倒在地，从而淡出历史舞台。

大约 2000 年过后，恩培多克勒的上述观点得到了乔治·路易斯·勒克莱尔，即进化生物学家布丰（1707～1788）的响应。但布丰的想法是建立在分子规模上的，他认为生命体起源于我们现在所称的有机分子的聚集：有多少种可以成立的有机分子的组合，就有多少个物种存在。布丰应该对自然的内理有自己的见解：他的巨著《自然史》（首见于 1749 年）原本打算扩展到 55 卷^①，其中由他自己完成的 36 卷中，有 9 卷专门探讨鸟类，5 卷探讨无机物，以及 8 卷（布丰去世后出版）专注于探讨鲸类、爬行类和鱼类。

但是所有的这些活蹦乱跳的生物究竟从何而来？世上的生物多得令人咋舌，对应于有记录的一定种类的物种，你可能会发现

① 实际为 44 卷。——译者注