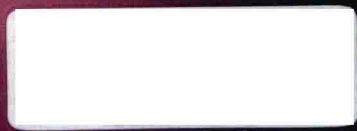


青/少/年/科/学/素/养/文/库

一念非凡

科学巨擘是怎样炼成的

曹则贤◎著



外语教学与研究出版社

青/少/年/科/学/素/养/文/库

一念 非凡

科学巨擘是怎样炼成的

曹则贤◎著

外语教学与研究出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

一念非凡：科学巨擘是怎样炼成的 / 曹则贤著. — 北京：外语教学与研究出版社，2016.4

(青少年科学素养文库)

ISBN 978-7-5135-7489-1

I. ①一… II. ①曹… III. ①科学知识—青少年读物 IV. ①Z228.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 090918 号

出 版 人 蔡剑峰
项目负责 章思英 刘晓楠
项目策划 何 铭
责任编辑 杜建刚
封面设计 彩奇风
版式设计 彩奇风
出版发行 外语教学与研究出版社
社 址 北京市西三环北路 19 号 (100089)
网 址 <http://www.fltrp.com>
印 刷 北京华联印刷有限公司
开 本 730×980 1/16
印 张 13
版 次 2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5135-7489-1
定 价 49.00 元

购书咨询：(010) 88819926 电子邮箱：club@fltrp.com

外研书店：<https://waiyants.tmall.com>

凡印刷、装订质量问题，请联系我社印制部

联系电话：(010) 61207896 电子邮箱：zhijian@fltrp.com

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部

举报电话：(010) 88817519 电子邮箱：banquan@fltrp.com

法律顾问：立方律师事务所 刘旭东律师

中咨律师事务所 殷 斌律师

物料号：274890001

目 录

作者序

- 7 阿基米德大喊“eureka”
- 11 留下负数的平方根
- 19 笛卡尔——苍蝇与坐标系
- 25 伽利略——从粗糙观察到精致定律
- 35 开普勒——行星运行定律与雪花模型
- 47 牛顿——二项式与苹果
- 55 哈密顿——刻在桥上的公式
- 63 欧拉——柯尼斯堡的桥
- 69 克利福德——怪异的加法与乘法
- 75 波利亚——本老师不是变态
- 81 曼德尔布罗特——海岸线的长度
- 87 法拉第——气体的液化
- 93 麦克斯韦——鸡蛋的方程
- 99 麦克斯韦——位移电流

- 105 克劳修斯——伤人智商的熵
- 111 玻尔兹曼——不可以与不可几
- 117 伦琴——不明射线 X
- 123 普朗克的常数
- 131 爱因斯坦——能量量子
- 139 外尔——长度不可以也改变吗？
- 145 诺德——对称性与守恒律
- 151 泡利——中性的小家伙
- 157 薛定谔——量子力学是本征值问题
- 165 狄拉克——自出机杼的因式分解
- 171 杨——你要识字
- 175 高傲的孤独
- 181 巴尔末老师的公式
- 187 夫琅合费——光带上的暗线
- 191 本特利——给雪花照张相
- 197 平凡人的乐趣——二维点阵缩放对称性

后记

作者序

人类历史是由少数英雄人物创造的观点，曾遭遇过激烈的批评。但是，如果说科学的历史是由少数英雄人物创造的，估计反对的人不会太多。因为，论及一些伟大的科学成就，别说敢腆着脸硬去争功，一般人如笔者这样资质的仅只是能弄懂只鳞片爪就足以自豪了。当然，我这里说的科学指的是数学、物理这样的已经形成足够严谨、厚重体系的学科。

一部科学史，就是不多的几位巨擘挥洒天才的历史。有些人，像伽利略、哈密顿、欧拉、开尔文爵士，他们的思想能穿透存在之未知的迷雾，为人类带来智识的启迪。有些人，比如庞加莱，又比如伽莫夫，他们来到世上就是为了向世人展示这个世界是有天才存在的。每每读到这些大师们的思想，领略了点滴他们天才的成就，总让人有莫名的兴奋和感叹——为什么在这块最古老的、养育了人类之最大部分的土地上，不曾出现过这样的科学巨擘呢？

也许并非我们生而平庸，而是在我们嗷嗷待哺的时候没有见识过榜样的力量，没有高屋建瓴的智者予我们以醍醐灌顶式的洗礼？！那些科学巨擘们，都是在少年时期就得到了充分的、高品质的教育和启迪的。少年心中不知什么才是真正伟大的思想成就，什么样的人才是真正的科学大师，自然也没有成为大师的渴望与野心。那么，从他们中间产生科

学巨擘的可能又在哪里？

不知从何时起，笔者一直有一个愿望，希望能把自己理解的那些科学巨擘们的思想与成就之点滴与朋友们，尤其是那些朝气蓬勃的少年朋友们分享。但是，正确理解和准确传达这些科学大师们的思想与创造性成果远超笔者能力之外。抱着退而求其次的想法，笔者撰写了这本小书，向读者介绍那些科学巨擘们成就其科学地位的非凡一念——也许只是一个偶然的念头，但是后来演变成了科学史上的标志性事件，给科学，进一步地给人类文明，带来了意想不到的推动。衷心希望这本小书能够对年轻的朋友们——从中学生到刚踏入研究生涯的青年学者，有些许的帮助。

本书着眼的人与事，仅限于哲学、数学和物理三个领域。没有别的原因，只是因为一些哲学、数学、物理领域里的大师具有别样的魅力，他们的成就在我的心中引起了特别的崇敬，按照康德的说法，就是“我对它们的思考越是经常和持久，它们就越是以前所未有的、不断增长的惊奇和敬畏充满我的心灵。”读者将会注意到，本书提及的一些人可是“哲学家—数学家—物理学家”三位一体的，有人甚至还同时是语言学家或别的什么学家。尽管可能不正确，我还是以为物理学，就心智努力的成分而言，多少逊于哲学和数学对智力的要求。不是数学家的物理学家，总是和物理学有那么一层隔阂。一个不争的事实是，哲学家和数学家里几乎没有名不副实的人，遑论欺世盗名之徒。

本书包含30篇短文，其中前25篇大体上每篇介绍一位科学巨擘取得伟大成就时的某个非凡一念；第26篇谈论作为学者品格的高傲的孤独——寂寞中沉思的人才能瞥到黑暗中最微弱的亮光；接下来的三篇分别讲述一位中学老师、一位工厂学徒和一位农民是如何凭借一个非凡念头影响了科学的；最后一篇特别谈谈平凡人如何也能享受学习和参与科

学创造的乐趣。内容上，我在保持通俗易懂的同时，仍然坚持加入一些深刻的东西，包括数学公式。有一种说法，每多一个公式，书的读者就减少一半。按照这个说法，本书的读者数将少于一。不过我不太相信这个说法。**每一个健康的头脑，都是喜欢挑战的。**数学公式之所以能吓走读者，可能是因为公式是以一种生硬的、唬人的方式出现的，如同有人把家常话般的德国哲学翻译成晦涩难懂的文本一样，问题出在作者或者译者的不道德，而不是因为数学或者哲学的不随和。本书中的数学公式，如果读者不感兴趣，不妨直接跳过去，丝毫不影响感受那些科学巨擘灵光一现时的奇思妙想。但是，我希望读者能努力理解这些看似艰深的东西，不要有身入宝山空手回的遗憾。在一些篇章后面我会列出一些非常专业的参考文献，我不认为在这样的书中列出这些专业的内容是多余的。虽然这些文献可能是以一种你还不会的语言写成的，或者它的内容也不易理解，但是，设若这些内容在你的内心深处激起了成为科学大师的激情，那么这些文献可能就会成为你的垫脚石。会有那么一天，你能读懂它的——说不定那时你还嫌它浅显呢。

这本小书是笔者的学习笔记、心得体会，也是笔者内心深处的一声叹息。因为作者功力鄙薄的原因，它虽然能为朋友们展示一些伟大学术创造过程中的脚手架的遗迹，却不足以让人们一窥科学创造的门径。有志于科学事业的朋友，请早点尝试阅读科学巨擘们本人的著作，早日达成对大师之伟大成就的独特视角下的理解。

理解了科学大师之人与成就的一个附带好处是，它会让你谦虚——发自内心地，由衷地。

本书的阅读对象是任何一个对本书感兴趣的人。笔者无意也无法把难度控制在某个层次上；实际上，笔者根本就不接受把知识划分为中学生、大学生、研究生和教授能理解的不同层次的说法。倘若一本书能让

不同的读者群都多多少少能有一些收获，哪怕仅仅是阅读时的会心一笑，那就是成功。再者说了，如果所读之书没有一点难度，那我们的进步从而何来？

你一定注意到了，有很多来自伟大头脑的灵光一现这里没有提及。没有关系，这是一个开放的系列，稍待时日会有更多的内容在未来会被添加进来。

这个民族，这个我所属的历史上多灾多难但一直生生不息的伟大民族，无论如何要对科学做出一点实质性的贡献。而为此，我们要学会如何学习、如何创造。马上发起攻击，“angreifen, sofort!”

曹则贤

2013年春动笔

2015年秋定稿于北京

“不知道怎样才能平庸。”

天才们一脸无辜地说。



阿基米德（Archimedes，约公元前287—公元前212），古希腊的大学者，因发现杠杆原理和浮力定律而闻名。

阿基米德大喊“eureka”

阿基米德，是古希腊时期西西里岛上的叙拉古人，故西方文献称其为“Archimedes of Syracuse”。阿基米德是个博学多识的人，属于标准的 polymath，他是科学史上重要的数学家、物理学和天文学家。阿基米德精研算法与分析，曾使用无穷小的概念和穷竭法去严格证明几何定理。据说他能证明球体体积是等高等基底的柱体的 $\frac{2}{3}$ 。对于一个学物理的人来说，物理的启蒙内容大概就是杠杆原理，而那是阿基米德总结出来的。杠杆原理的发现，使得人们可以有意识地利用机械去做此前力所不能及的事情（图1）。流传过这样一句阿基米德的话：“给我一根足够长的杠杆和一个支点，我能撬动整个世界。”如果说有哪句话能诠释知识的力量，我首选这一句。

阿基米德是一个时刻都在思考着的智者。传说叙拉古的希律王（King Hiero II of Syracuse）要为寺庙献上一

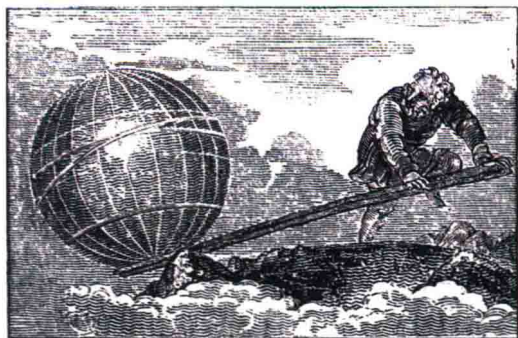


图1 阿基米德与杠杆原理

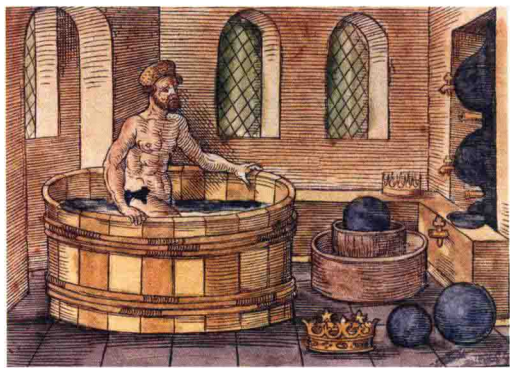


图2 澡盆中的阿基米德
大叫“eureka”。

个金冠，为此拨付了纯金去打造。可是，希律王又怀疑金匠可能往里面掺了银子，于是把判断金冠里是否被掺了银子的难题交给了阿基米德。想想两千多年前社会的技术水平，又不可以损伤了金冠——这下可把阿基米德给难为坏了。愁思中的阿基米德要洗澡（古希腊的人们洗澡竟然是有澡盆的，也许是石头凿的）。阿基米德发现当他坐进澡盆后，澡盆里的水面上升了。若是盛满水的话，人坐进去会让许多水溢出来。溢出来的水所占的体积是可以测量的——只要看看人起身后澡盆里还剩多少水就行了。阿基米德于是有了判定金冠里是否掺入银子的办法了：“找来同金冠等重的纯金块，将纯金块和金冠分别放入盛满水的桶中，看它们各自排出的水的体积。无差别，金冠是纯金的；若金冠的体积大，那是掺了银了。”想到了这一点的阿基米德太兴奋了，据说他大叫着“εὕρηκα”就窜到了街上（图2）。希腊语“εὕρηκα”，英文转写为“eureka”，发音为“尤里卡”，是“我找到了”的意思。阿基米德做出发现时的狂喜行为，西方人如今依然津津乐道，他们把那个状态描述为“in maximum state of excitement and, unfortunately, in minimum state of clothing（喜至极而衣至少之态）”，倒也形象。阿基米德的这一发现，后来被上升为浮力原理。

阿基米德在发现浮力原理及其在化学分析中的应用那一时刻大喊的“eureka”，成了重大科学进展的崇高符号。欧洲开展过以“eureka”命名的重大科学研究计划，汉译为“尤里卡计划”。为自己的重大发现而欢欣鼓舞，觉得有必要喊出“eureka”的情景，后世出现过一次。1796年，当高斯证明了任何一个正整数可以写成三个或少于三个的三角数*之和

* 三角形点阵对应的点数为三角数，如1，3，6，10…

时，他在餐巾上写下了公式 $N = \Delta + \Delta + \Delta$ ，并郑重地写下了“eureka!”其他的值得写下“eureka”的重大发现的例子就没听说过了。当爱因斯坦历经七年切磋磨砺终于找到引力的场方程时，按说他是有资格写下“eureka”的，但他没有那么做。

阿基米德的发现，可算是人类进行材料化学分析之努力的开始。材料的化学分析，如今已经进入了第四层境界。阿基米德本人的发现所代表的是第一层次，它需要回答的是一种材料是否包含某种元素的问题，比如王冠里到底是否掺入了银子。第二层境界要回答一种材料中不同元素所占比例的多少。就希律王的王冠而论，掺入1%的银和掺入10%的银显然有程度上的差别。而到了第三个层次则不仅要回答各种元素所占比例的多少——具体某种元素到底是如何分布的才是决定材料性质的关键。一般来说，一块材料其表面附近的元素分布同其内部的元素分布是不同的，这即是所谓的偏析现象。即便是在材料的内部，一定比例的两种元素也可以在不同的尺度上表现出不均匀来。比如，两种金属的合金可能是原子层面上均匀的，也可能是纳米团簇层面上均匀的，这两种不同结构的材料，虽然组分相同，其性质可能有天壤之别。如今，材料化学分析已经来到了特定状态的化学（state-specific chemistry）的时代，人们不只是一要知道材料包含哪些元素、各占多少比例、各种元素如何分布，而是要弄清楚参与化学过程（比如反应或催化）之原子所处的具体的电子态。说到底，化学过程首先是电子转移的过程，要理解化学过程必须理解参与过程的各个阶段上的电子所处的状态。有了这样的材料化学知识，才有了材料在原子层面上的设计与组装。这样伟大的事业，肇始于阿基米德坐入澡盆那一时刻的灵光一现。

希望某一天，你也有发现值得大喊一声“eureka”，至于是不是要不穿衣服就窜到大街上，哈，随你。

$$i^2 = -1$$

$$i = \sqrt{-1}$$

$$\sqrt{b^2 - 4ac}$$

$$e^{ix} = -\cos x + i \sin x$$

$$\sqrt{\frac{p^2}{27} + \frac{q^2}{4}}$$

$$e^{i\pi/2} = i$$

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

$$i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$$

$$i = e_1 e_2 e_3$$

$$i * i = -1$$

虚数*i*的引入，是很多人长期思考的结果。虚数是真实的，它极大地拓展了数学的疆域，并让数学更有效地应用于物理和工程。

留下负数的平方根

爱因斯坦在1931年的一次讲演中说：“在你的图中和方程式中永远不要忘记这一点。”他说的是哪一点呢？爱因斯坦指的是这样的事实：“对人类自身及其命运的关注构成了技术努力的主要目标。”其实，对人类自身及其命运的关注也是科学技术得以发展的动因。就数学而言，对放贷问题的关注导致了对指数函数和对数函数的认识；对赌博问题的关注导致了概率论的建立；对打绳结问题的探索开启了拓扑学的研究；对于买卖、工程等问题的关注之产出之一是对代数方程的研究。比如，对周长和面积一定的长方形求其边长就导致了一元二次方程的求解问题。

古埃及人只会解简单的一元二次方程，如 $x^2 = 4$ ，但是不会解 $ax^2 + bx + c = 0$ 或者 $x^2 + ax + b = 0$ 这样的一般形式的一元二次方程。早先，一元二次方程中出现的系数都是正值，在中国宋代数学家杨辉的著作中，一元二次方程中出现的常数系数才可以为负数。关于负数，虽然在中国汉代文献《九章算术》（图1）中已经出现了负数的概念，伊斯兰世界的数学家在公元七世纪也开始使用负数，但是负数的概念在西方世

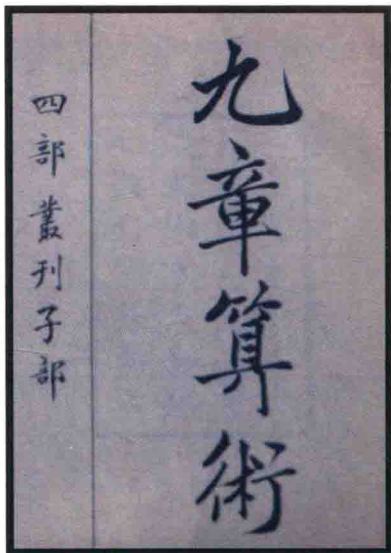


图1 《九章算术》
与《大术》

HIERONYMI CAR
DANI, PRÆSTANTISSIMI MATHE
MATICI, PHILOSOPHI, AC MEDICI,
ARTIS MAGNÆ,
SIVE DE REGVLIS ALGEBRAICIS,
Lib. unus. Qui & totius operis de Arithmetica, quod
OPVS PERFECTVM
inscripserit in ordine Decimus.



Habes in hoc libro, studiose Lector, Regulas Algebraicas (Itali, de la Col
la vocant) noue adinventionibus ac demonstrationibus ab Autore sua
complexas ut pro pauculis antea vulgati tunc semper agentibus euerent. No
q; solum, ubi rursus numerus alteri, aut duo uni, aut unum etiam, ubi duo duobus,
aut tres uni equales fuerint, modum explicant. Hunc autem librum ideo scrio,
sim edere placuit, ut hoc abilitatissimo, & plane inextinguibile totius Arithmeti
ca thesoro in lucem eruat, & quod in theatro quodam omnibus ad speciem
dum exposito, Lectores incitaretur, ut reliquos Opera Perfecti in libris, qui per
Tumens edentur, tanto assidue amplexentur, ac minore fastidio perdicant.

界（希腊以西的欧洲）被接受则要等到十七世纪。方程 $x^2 = 4$ 的解是 $x = 2$ 。等到人们引入了负数及其乘法， $x = -2$ 也被接受为方程 $x^2 = 4$ 的解了，人们第一次认识到一元二次方程的解可能有两个。不过，巴比伦人会解 $x^2 + ax + b = 0$ 这样的方程，依然只对正的根感兴趣，因为人们感兴趣的量还是长度、重量这类的物理量。一元二次方程 $ax^2 + bx + c = 0$ 的通解形式 $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ 的雏形初现于公元七世纪印度数学家的著作中，十六世纪时西方的数学家已经能用这样的通解表达式对付一般形式的一元二次方程了。注意，在解的通式中包含