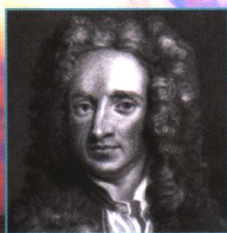


数学之旅

THE HISTORY OF MATHEMATICS

数学和自然法则

Mathematics and the Laws of Nature



科学语言的发展史

DEVELOPING THE LANGUAGE OF SCIENCE

〔美〕约翰·塔巴克 著

John Tabak

 商务印书馆

数学之旅

数学和自然法则

——科学语言的发展史

〔美〕约翰·塔巴克 著

王辉 胡云志 译

胡作玄 校

商 务 印 书 馆

2007年·北京

图书在版编目(CIP)数据

数学和自然法则——科学语言的发展史/[美]塔巴克著;王辉,胡云志译. —北京:商务印书馆,2007
(数学之旅)

ISBN 7-100-05069-3

I. 数… II. ①塔…②王…③胡… III. ①数学—
定律②物理学—定律 IV. ①01②04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 061085 号

所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

数学之旅

数学和自然法则

——科学语言的发展史

[美] 约翰·塔巴克 著

王辉 胡云志 译

胡作玄 校

商务印书馆出版

(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)

商务印书馆发行

北京民族印刷厂印刷

ISBN 7-100-05069-3 / O·4

2007 年 1 月第 1 版

开本 850 × 1168 1/32

2007 年 1 月北京第 1 次印刷

印张 6 7/8

印数 5 000 册

定价: 13.00 元

Mathematics and the Laws of Nature by John Tabak ©2004

此书经北京版权代理有限公司代理,由 Facts On File 授权。

数学之旅的意义

数学有着几千年的历史。数学的历史最早开始于人类要用星星预测未来,后来有了古希腊人到埃及用几何方法测量金字塔的高度,再以后有了哥白尼、伽利略、牛顿、达·芬奇……一个又一个响亮的名字,他们大胆的设想、计算、实验,铺就了一条数学之路。这条路的近端是我们面前的计算机等各种数字化的现代科学。正是这条路,见证了人类文明发展的历程,也把由数学改变的物质生活带到了人间。

我们出版这套“数学之旅”不仅为了让大家了解数学的形成和发展,还想告诉大家,数学在形成和发展的过程中经历了什么——不仅在于如何发现问题,更在于怎样提出问题;不仅在于怎样解释问题,更在于怎样解决问题。就这样,数学发展了。由于数学的精确性,所有的自然科学学科几乎都与数学有关联。数学成了各个自然科学研究学科的主要工具之一。之所以这样说,是因为数学不仅可以作为计算的准则,而且它更能体现定性和定量的转化,也就更加便于传授和继续研究。很多自然科学的问题就在科学家的数学计算中解决了。其结果是提高了人的生活质量,丰富了人类的物质文明。

“数学之旅”不是教科书,也不是教辅,它只是为在新时代中对数学和自然科学历史感兴趣的人提供一些阅读生活。不过,从中

2 数学和自然法则

学到一些如何观察现象和提出问题的方法,了解教科书中那些定理的形成,从而把自己投入到人类文明的进程中去,或许可以成为阅读者意想不到的收获吧。

商务印书馆编辑部

序

胡作玄

数学,也许还有古典音乐,是人类精神的最高创造。它完全从头脑中产生,就像雅典娜从宙斯的前额中跳出来一样。作为人类思想的最高境界,数学往往带有它那种特有的灵性和神秘,远离芸芸众生,可是对于少数人,数学却能像音乐一样,给他们以巨大的心灵震撼。请看一下《罗素自传》的第一卷:“11岁时,我开始学习欧几里得几何学,哥哥做我的老师。这是我生活中的一件大事,就像初恋一样令人陶醉。我从来没有想象到世界上还有如此美妙的东西。”无独有偶,爱因斯坦在他的“自述”中也谈到:“12岁时,我经历了另一种性质完全不同的惊奇:这是在一个学年开始时,当我得到一本关于欧几里得平面几何的小书时所经历的。这本书里有许多断言,比如,三角形的三条高线交于一点,它们本身虽然并不是显而易见的,却可以很可靠地加以证明,以致任何怀疑似乎都不可能。这种明晰性和可靠性给我造成了一种难以形容的印象。”当然,他们两位所说的还是2300年前的欧几里得,而到21世纪我们所有的数学瑰宝就更加光彩夺目,远远超出人们的想象。

虽说数学大厦高耸入云,它却不是建在天上,只是少数神仙的游乐场。它植根于地下,也朦胧地出现在每个人的心中。这是因

4 数学和自然法则

为数学不仅有精神天父的基因,也有物质地母的基因。这决定数学从一开始就不可避免地是一种实用知识,它们实在太俗了,以至于某些自以为有高贵血统的人拼命要掩盖其卑微的出身,就像概率论学者不爱提它来自赌场的问题。计量、商贸、会计、人口普查是最早的应用数学,现在依然如此。尽管它们早已被排除在数学之外,可是正是这些活动把数学与日常生活联系在一起,也正因为如此,基础数学教育应运而生,至今仍是兴旺发达的事业。说到这里,我们不能不为中国古代的数学和数学教育而自豪,早在孔夫子之前,中国(至少在齐国),九九表已经相当普及,可是直到两千年后,意大利的商人子弟在家乡只能学会加法,而要学乘法就得进城请教专家和大师了。西方的基础教育有 3R(Reading, Writing, Arithmetic)的说法,简言之就是读、写、算,这说明在把文盲教育成识字的人的同时,还要使他们不致维持“数盲”的状态。其实,对于绝大多数人来说,这已经足够了,哪怕是现在的“信息时代”、“数字化时代”。

奇怪的是,虽然人们并不需要太多的数学,数学教育家却结结实实地灌输给学生大量的数学。如果你小学毕业,6 年数学都是主课。如果你完成义务教育,那就得念 9 年数学。高中 3 年的数学更是难得要命,这还没有算上微积分。即便中学不学微积分,上大学许多人还是逃不掉,不仅学理工的要念微积分,学经济、金融,管理的也要念。学文的虽然可逃此一“劫”,可老托尔斯泰的《战争与和平》的最后,就有微积分的论述而且颇为深刻。马克思、恩格斯、列宁也懂微积分。这么说,难道一个人非得念十好几年的数学吗?更糟的是,正课之余许多学生还得为“奥数”拼搏。这些题之偏之难,连国际著名的数学大师陈省身都不一定做得出来。费了

半天劲,除了文凭和分数之外,究竟有什么收获呢?

把大量数学教给青少年,也许并不是那么不合理。相反,从古到今,数学一直受到重视。柏拉图的学园禁止不懂几何学的人入内。按照他的说法,不会几何学就不会正确的思考,而不会正确思考问题的人不过是行尸走肉。这就形成后来学习没用的数学的辩护词,你学的数学可能不直接有用,但它是训练头脑的体操。不过,这个体操对许多学生还是太难了。那时教材也就是欧几里得的《几何原本》。许多学生学到第五个命题“等腰三角形两底角相等”就过不去了,于是这个命题被称为“驴桥”,也就是笨人难过的桥。不过,就算勉强过了,是否能变聪明也真的很难说。如果说,以前多学数学还无所谓,那么,17世纪末近代科学的产生的确充分证明数学的威力。牛顿不愧是有史以来最伟大的科学家,他一手建立牛顿力学,另一手建立微积分,正是他在三百多年前把科学奉献给文明社会。18世纪美国大诗人蒲柏这样赞美:

自然及其规律浸没在黑暗中,

上帝说,让牛顿诞生,

于是,世界大放光明。

正是牛顿使科学和基于科学的技术推动了历史,使它变成须臾不可离的东西。同时,他也给后人带来不少麻烦:虽然你可以“师夷人之长技以制夷”,可是,那永远走不远,因为许多技术建立在科学基础之上,不学科学难对技术有重大改进,而学科学又不能不学一整套数学,其中微积分只不过是基础的基础。而学数学又与学自然科学不同,总要从基础学起。要想学微积分,首先要把算式、代数、几何、三角、解析几何学好,学计算机又要学离散数学,学经济和金融又要学概率、统计等等。其实,这些说到底都是两三万年前

6 数学和自然法则

的数学了,不过,让这些功课都进入中学的数学课,对于多数人来说,还真有些吃不消。

这就是为什么数学成为现在压在学生头上的两座大山之一(另一座是英语)。多学数学没有坏处,问题是花了这么大的力气,究竟收获几多?真是可怜得很。多数人根本用不上他们所学的知识,也没有掌握数学的思想方法,在理解新的数学时仍然感到十分困难。而更糟的是,许多学生失去学习数学的兴趣。如果一个人觉得数学很重要,只是被动地硬着头皮去学,肯定是事倍功半;可是,如果主动地、津津有味地学,也许会事半功倍。有没有既能培养数学兴趣,同时又能提高对数学理解力的道路呢?有!那就是学点数学史。

数学史可能告诉读者的信息,大部分是其他数学书一般没有的,甚至根本不具备的。一般数学书一上来就是定义、定理、证明,它们论述得非常严格,但是读者一般感觉还是丈二和尚摸不着头脑。数学讨论的许多抽象概念,最难掌握的是研究的动机,也就是引入这些概念究竟干什么,而这只能通过历史才能看到它的来龙去脉。许多数学理论都是通过解决一个理论问题或一个实际问题在历史长河中慢慢形成的。古希腊的三大几何问题经过两千多年才在19世纪得到完满解决,并且形成伽罗瓦理论的。历史的演变总是帮助读者认识到问题的难点以及数学上的伟大突破,可是教科书则很少告诉你,什么是重要的,什么是不重要的。只有懂得这些,才能说是懂得数学。一句话,数学史绝对有助于理解抽象难懂的数学。

其次,数学史不是拘泥于狭窄的学科领域而是在更大的文化背景之下看数学的发展。这反映出数学与社会是紧密联系在一起

的,正因为如此,数学在各个领域中的应用也就是顺理成章的事。文艺复兴的巨匠们的绘画之所以栩栩如生,正是由于他们掌握了透视的基本方法,这导致射影几何学的诞生。大航海时代也推动了地图(海图)绘制技术的发展,它反过来也推动人们了解曲面的几何学。同样,工程画也成为工程技术人员的通用语言。随着客观世界的不确定性的出现,概率和统计也应运而生。尽管概率论有着并不光彩的出身,但赌徒的问题毕竟使数学家建立起系统的理论,而且有越来越多的应用。说到底,物理科学是产生数学与应用数学最重要的领域,这从历史上也可以体会到。我们现在司空见惯的事物,例如无线电波,都是解微分方程的产物,这些结果是如此深刻,超出一般人的理解,其原因就是它们是巨人的劳作,而这些巨人又是站在巨人的肩膀上。

数学的实质在于有一套提出问题和解决问题的普遍理论及方法。数学家人数现在不能说少,但作出巨大贡献的天才也不算太多。数学史与通史一样,首先推崇英雄,他们少说有二三十位,多说有四五十位,学数学史就是要从他们的身上学点东西。

塔巴克的一套五本数学史,最为适合有一般数学知识的读者,它内容丰富,行文流畅,通俗易懂,生动有趣,如果能够好好看看,对数学的理解必定会大有提高,而这种收益是读多少教材、教辅,做多少题也达不到的。

目 录

引言:自然法则	1
第一章 大自然的几何描述	5
远古的天空	6
记录星体,预测未来	10
天文学演算	13
泥版文书	16
第二章 古希腊的数学和自然科学	19
比例和宇宙的测量	19
宇宙中的几何	26
旋转的地球	30
阿基米德:物理与数学的融合	32
杠杆定律	36
阿基米德的《圆的度量》	38
围困叙拉古	39
第三章 一段过渡时期	44
尼古拉斯·奥雷斯姆	45
尼古劳斯·哥白尼	49
约翰尼斯·开普勒	55
柏拉图立体	60

2 数学和自然法则

列奥那多·达·芬奇和连续性方程	63
证明达·芬奇的连续性方程	68
第四章 新科学	70
西蒙·史蒂文	72
史蒂文和音乐	77
伽利略	79
费马、笛卡儿和沃利斯	84
第五章 数学和动量守恒定律	91
运动定律	96
海王星的发现	101
第六章 数学和质量守恒定律	106
莱昂哈德·欧拉和流体动力学	110
燃烧中的数学	112
第七章 数学和热力学定律	115
萨迪·卡诺	121
计算卡诺热机的效率	127
詹姆斯·普雷斯科特·焦耳	129
热力学第一定律	131
热力学第二定律	136
熵	143
第八章 对守恒定律的现代见解	145
奥尔佳·奥列伊尼克	149
第九章 自然法则和随机性	155
群体遗传学	163
预测的极限	172

遗传咨询	176
大事年表	179
术语表	198

引言：自然法则

自然法则是什么？数千年前，科学家和哲学家便对此提出了疑问。而答案一而再，再而三地改变。虽然不清楚人们何时开始寻找那些支配物质世界的基本原理，但我们确信，这种探索至少要追溯到文字出现之前了。美索不达米亚的苏美尔人是世界上最早拥有文字文明的民族之一，他们似乎非常认可这种观念：在他们生活着的世界以某种方式隐藏着一些规范。而且他们确信，通过努力可以找到并描述那些规范。他们取得了非凡的成功。

数千年前，美索不达米亚人便开始论述他们对自然界的研究，但是直到现在，什么构成了自然法则这个问题仅有一部分答案。且不说答案，单就这个问题本身的含义就经历了若干个世纪的不断修正。虽然现在关于问题的某些方面已取得普遍共识，但是还有很多方面有待探讨。原因很简单，自然法则是什么的问题还在不断变化。我们对自然科学和数学了解得越多，就越能感到这个古老问题的价值和意义，也越来越不满足于原来的答案。只要在图书馆或因特网上简单检索一下，就可以得到许多关于自然法则定义的论文，其中包括一些杰出的哲学家和科学家的作品。

发现新的自然法则是世界各地科学家的追求，但是，科学家们不会像成功的运动员收集奖杯那样简单的汇总自然法则。一旦获得奖杯，它便是纪念品了。它们只能与尘埃相伴，而自然法则则不

2 数学和自然法则

然。由于自然法则一直在被使用,所以它们对科学很重要。利用它们可以得到新的科学发现,也可以用来验证旧的科学理论。用数学表述的自然法则构成了许多科学研究的基础。

新的科学法则的发现固然非常重要,但也同样难得。事实上,大部分杰出的科学家未能发现一个自然法则。他们穷其一生,只是在自己选择的领域中研究如何用少数非常基本的自然法则去解释一些特殊的现象。不管是地质学、气象学还是天文学无不如此。这些法则能使他们对感兴趣的现象有一个更清晰的了解,并基于这些非常基本的原理作出预测。工业技术也需要掌握自然法则。在科学工作者和工程师试图处理信息、控制物质和操纵能量的过程中,自然法则能使他们对物理过程的理解更深刻,利用更有效。

有时候,自然法则是我们经验的积累和总结。关于这点,一个常被引用的例子就是质量守恒定律。质量守恒定律是说,在化学反应中,质量既不会创生也不会消失。据说,这个定律已经通过对化学反应前后物质质量的反复而精确的测量“证明”了。然而这是错误的,因为质量守恒定律应该适用于所有的化学反应,而不是仅仅适用于那些已经发现的化学反应。所以,任何特定类别的实验都不足以证明它。任何实验都不能排除存在不服从质量守恒定律实验的可能性,质量守恒的断言不能仅仅基于实验室里的发现。这是对事物本性的一个深刻领悟。

在这本书中我们看到,自然法则通常不仅仅是我们平常实践的总结。其实,大多数科学界的或其他领域的这种总结根本不是自然法则。为了能够研究简单的总结是如何不同于自然法则的,我们可以来看一下物理学——首次成功地用公式描述自然法则的

领域。物理学中自然法则的性质之一是具有不变性。

在物理学中,如果一个法则是正确的,那么在任何地方都得正确,这被称为“系统的空间不变性”。换句话说,我们在相同的条件下进行相同的实验,那么我们将得到相同的结果。不论我们是在加拿大还是古巴,地球还是火星,结果都不变。我们用来精确预测实验结果的自然法则,应该与我们做实验的地方无关,更一般地说,在宇宙的任何地方都应该相同,不论是在一个星球还是在另外一个星球,也不论是在一个星系还是在另外一个星系。自然法则不仅仅适用于我们的周围,它在任何地方都正确。

自然法则也不随时间变化。不论是在今天还是在明天,在相同条件下的实验应该得到相同的结果。如果知道了一个很久以前进行的实验,那么今天也应该可以重复那个实验并得到相同的结果。时间改变了,自然法则却不变。

然而,每个自然法则都有它的局限性。任何自然法则都是自然界运动的一种描述。与任何描述相似,自然法则一定是不完全的描述。应用在那些严格限定条件下发生的过程和现象中,它是正确的、准确的,但是不存在适用于任何科学领域的全能的自然法则。

这本书着重于自然法则的数学表述。因为数学是一门非常精确的语言,自然法则一旦用数学语言描述出来,则理解它的意义往往变得容易得多。此外,科学家们在试图用数学的方法表示自然法则的过程中,产生了一些重要的数学进展。同样,数学家的发现也能使科学家更好地理解自然法则的数学基础。最终,通过研究数学家和科学家之间的相互促进,我们可以对双方的价值有一个