

Gino Segrè

〔美〕吉诺·塞格雷 著 高天羽 译

迷人的温度

温度计里的人类、地球和宇宙史

A Matter of Degrees

What Temperature Reveals about
the Past and Future of Our Species,
Planet, and Universe

文出版社

Gino Segrè

[美] 吉诺·塞格雷 著 高天羽 译

迷人的温度

温度计里的人类、地球和宇宙史

A Matter of Degrees

What Temperature Reveals about
the Past and Future of Our Species,
Planet, and Universe

上海译文出版社

图书在版编目(CIP)数据

迷人的温度:温度计里的人类、地球和宇宙史/

(美)吉诺·塞格雷(Gino Segrè)著;高天羽译.

—上海:上海译文出版社,2017.4

书名原文: A Matter of Degrees: What

Temperature Reveals about the Past and Future of

Our Species, Planet, and Universe

ISBN 978-7-5327-7364-0

I. ①迷… II. ①吉… ②高… III. ①温度-普及读
物 IV. ①0551.2-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 226964 号

Gino Segrè

A Matter of Degrees

What Temperature Reveals about the Past and Future of

Our Species, Planet, and Universe

Copyright © 2003 by Gino Segrè

All rights reserved.

图字: 09-2015-721 号

迷人的温度: 温度计里的人类、地球和宇宙史

[美] 吉诺·塞格雷/著 高天羽/译

责任编辑 张吉人 王 师 装帧设计/张志全工作室

上海世纪出版股份有限公司

译文出版社出版

网址: www.yiwen.com.cn

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

上海景条印刷有限公司印刷

开本 890×1240 1/32 印张 8.5 插页 2 字数 184,000

2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

印数: 0,001—6,000 册

ISBN 978-7-5327-7364-0/N·009

定价: 58.00 元

本书中文简体字专有出版权归本社独家所有,非经本社同意不得转载、摘编或复制
如有质量问题,请与承印厂质量科联系。T: 021-59815625

谨以本书献给贝蒂娜

目 录

引言 尺子、钟表和温度计	001
第一章 98.6度	008
不变的体温	011
深入撒哈拉	015
挺进南极洲	022
当事情出了差错	028
热度造成休克	035
第二章 测量工具	041
第一缕火光	042
温度计的四位发明者	047
来自麻省的伯爵	056
蒸汽动力	061
热力学的三条定律	066
熵与生命	070
第三章 读懂地球	073
哥白尼的和谐	077
牧师、律师和鱼类化石专家	083
冰的循环	087

090	……	冻土上的鲜花
095	……	厄尔尼诺，过去和现在
099	……	温室效应：基本原理
105	……	温室效应：历史
112	……	温室效应：政治博弈
115	……	第四章 极限生命
116	……	巴顿和毕比的探海球
123	……	烤蛤一区：深海热泉
130	……	一腔热血
135	……	雪球地球
141	……	生命的第三支
144	……	融化地球
151	……	地外生命
155	……	冰封两英里下的生命
160	……	第五章 来自太阳的消息
161	……	太阳核心
166	……	宇宙浪荡徒
171	……	热力旁白：伽莫夫、卢瑟福与核势垒
175	……	一颗恒星的诞生
180	……	黑洞和小绿人
185	……	基础元素：氢和氦
188	……	三度的质子，两度的中微子
193	……	大爆炸和大挤压

第六章 量子跃迁	198
法拉第的完美气体	200
最后的液体	204
超导	210
二象性、不相容性和不确定性	216
低温世界	222
爱因斯坦的冰箱	225
钱德拉的旅行	230
眺望未来	236
参考文献	239
致谢	260

引言 尺子、钟表和温度计

大多数人每天醒来时都会考虑几个问题：今天要去哪里？现在是什么时候？外面有多冷？每天临睡，我们同样会预想这几个问题在明天的答案。有意无意之间，对长度、时间和温度的衡量确定了我们生活的节律。这三个度量中，我对最微妙的那个温度最着迷。虽然新的观念不断开拓我们的视野，但是过去几千年里，人类对长度和时间的日常理解并没有太大变化，尺子和钟表也很早就问世了。温度就不同了。虽然人人都知道就连一个婴儿都能分辨冷热，但是我们学会度量温度却只有几百年而已。对温度的研究更是如此，即使是一团气体的温度，我们对于它的科学理解（分子在热平衡下的平均动能）也比温度计的出现要晚得多。

一般来说，写给大众的科学书籍都会描述某个特定的领域或者专门的问题。在宇宙学、遗传学和神经科学领域，都不乏有用甚至精彩的好书。我的写法则有所不同：我将对温度的度量作为引子，用来牵出科学的诸多方面。如此宽泛的题材，剪裁在所难免。书中的内容体现的是我个人的经历与品味，也表明了 my 所知与无知。在此我想先说两句，向各位介绍一下我的身份和本书的走向。

我是个物理学家。每当有人问靠什么谋生，我总会说自己在从事家族事业。我的兄弟是物理学家，我的外甥也是，我的许多堂表亲都是物理学家，我的叔叔还得过诺贝尔物理学奖。我的岳父是一位著名的德国

物理学家，我的妻姐嫁给了一位更加著名的维也纳物理学家。物理学是我一生的事业，也是我家族的遗传。

然而两代之前，本家族的事业却是纸张。我的祖父朱塞佩年轻时从意大利北部的曼托瓦搬到蒂沃利居住，那是一座位于罗马西面约十五英里的城市。他在那里开办了一家小小的造纸厂。当时的意大利统一不久，首都罗马欣欣向荣，对纸张的需求也不断上升，我祖父的造纸厂因此生意兴隆。这个历史悠久的新国度对犹太人的产业历来是排斥的，现在却一下子支持了起来。朱塞佩的勤奋得到了赏识，新政府授予了他骑士长的荣誉头衔。

蒂沃利在古罗马时期就是一个发达城市，当时名叫提布尔，它倚在亚平宁山脉脚下，四面围绕着杨树森林，阿涅内河的众多瀑布为它送去了清凉。每到盛夏，提布尔就会成为宜人的避暑胜地。随着帝国的财富不断增长，别墅和神庙纷纷在这里拔地而起。公元2世纪，哈德良大帝在提布尔的群山与罗马市郊的接壤处兴建豪宅，据尤瑟纳尔^①《哈德良回忆录》的描写，这座宅子规模之大，已经不能以别墅称之，那里面包罗了剧院、倒影池和其他外围建筑。这大概是古典时代最庞大的一座庄园，却处处流露出祥和与安静。尤瑟纳尔这样想象了这位皇帝的心思：

我又一次回到别墅，回到了花园里那一座座可独处、可休憩的亭子。这里残存着一丝丝往日余韵，弥漫着一股不事声张的奢华，皇家的气度减到了最低，仿佛它的营造者并非帝王，而是一位家境殷实的鉴赏家、正试着将艺术的享受与乡居的魅力合二为一。

^① 玛格丽特·尤瑟纳尔，法国作家，《哈德良回忆录》是她根据史料创作的一部小说。——译者

哈德良之后，这颗明珠曾经荒废了许久，一直到意大利复兴并定都罗马，才在 1870 年将它重新发掘出来，并取名“哈德良别墅”。

文艺复兴时期，提布尔更名蒂沃利，和从前一样，它继续担当着附近那座都会的消暑胜地。1550 年，红衣主教艾波尼多·德·伊斯特着手将一座古代修道院改建成了千泉宫，这座别墅奢侈华美，是文艺复兴喷泉的最佳示例。主教将别墅建在山腰，以增加泉水飞流直下的气势，这还使得一众红衣主教和贵族在凉爽的小径上散步之时，能瞥见远处圣彼得大教堂的圆顶。蒂沃利成为了优雅和魅力的代称，它的名声远播海外，以至于哥本哈根的一座游乐园至今仍以“蒂沃利”为名。

19 世纪工业勃兴，造纸厂需要树木打磨纸浆，需要充足的水源和电力，最好附近还要有一个市场。这些条件蒂沃利统统具备，于是我祖父把纸厂建在了千泉宫脚下，厂址就设在古罗马海格力斯神庙的旧址，神庙的断垣残壁成为了工厂的骨架。这在今天是不可想象的亵渎行为，但在当时，新罗马的需求不断增长，古罗马的石块自然就成为了合适的地基。我的父亲晚年曾打趣说，塞格雷家族留在蒂沃利的唯一痕迹大概就是一块铭牌，上面写着“此系海格力斯神庙旧址，一度为塞格雷家族纸厂所据，后于某某年恢复原貌”。

我祖父生了三个孩子，都是男孩，他们成长于一个新旧激烈对峙的时代。我父亲安杰洛排行老大，幼年时常在哈德良别墅的废墟徘徊，一边收集古罗马硬币，一边审视历史。他后来成了一位古代史教授，但他的志愿不仅仅是记录过去。他还想知道古人怎么支付账单、交易什么物品、他们的经济如何运行、地中海的各种货币有着怎样的比值、古罗马人又是如何应对财务危机的。他最重要的著作是一部两卷本的《古代世界的计量学及货币流通》（*Metrology and Monetary Circulation in the Ancient World*），其中计量学就是对于度量的研究。他曾告诉我，当他听说在一间古代仓库里发现了大量陶罐碎片时，他立刻意识到自己能推算出这些

碎片拼合之后每一只陶罐的容积，这个发现使他兴奋不已。他知道那间仓库里放了什么、那些罐子里装了什么、它们的卖家是谁、买家是谁、售价又是多少。每一个度量，他都一清二楚。

我这位父亲迷人可爱，性情乖张，虽然不通实务，知识却十分渊博。到后来，他渐渐认识到对古代世界的研究是一种奢侈。他对当时新兴的量子力学、相对论、遗传学和宇宙膨胀说相当着迷，也许是懊悔自己没能从事科学，他力主他的孩子都要修习理科。父亲的这种情感还可以作另一种解释：他自己的心灵已经被历史填满，所以急着要别人替他去探索那些陌生的领域。

祖父的次子马尔科走上传统老路，他继承了家族产业，继续经营纸厂。他所研究的度量是那些乏味但不可缺少的东西：资产负债表、现金流和增长曲线。

祖父的第三个儿子是埃米利奥。1920年代中叶，还在罗马大学读本科的他开始随恩里科·费米^①从事研究。费米当时刚到罗马，他只比埃米利奥年长四岁，却已经拿到了教授头衔，在学术界崭露头角。因为与费米等人的合作，埃米利奥的物理学生涯一路顺风，他先是在欧洲工作，后又去美国发展，在两地都很成功。

埃米利奥最有名的成就，一是和费米一起研究了中子，二是发现了反质子，后者使他在1959年和欧文·张伯伦（Owen Chamberlain）分享了诺贝尔物理学奖。然而，我更愿意纪念他的另一项少有人知的成就，那就是发现了镓元素，尤其是测出了镓的半衰期。故事是这样的：1937年，埃米利奥到美国伯克利访问，其间结识了伟大的实验物理学家、回旋加速器的发明者欧内斯特·劳伦斯（Ernest Lawrence）。两人志趣相

^① 恩里科·费米，美籍意大利物理学家，精通理论及实验，曾获诺贝尔物理学奖。——译者

投，分开后常常通信。有一次，劳伦斯从自己在加州的回旋加速器中取出一片钼箔，寄给了当时还在意大利的埃米利奥。埃米利奥疑心这部加速器可能已经轰出了元素周期表上的第四十三号、一种人类从未侦测到的新元素。他和同事卡洛·佩里埃经过一次次细致的化学分离，终于证实了这个设想，两人将这种新元素命名为“镅”。此前的化学分析之所以没有发现镅，是因为它有好几种化学性质相同的形态，但没有一种是稳定的。

我知道这项发现对于埃米利奥叔叔具有特殊的意义，因为当二战结束，他终于能回乡祭扫父亲的坟墓时，他带去的正是镅元素。他曾回忆道：

我来到罗马的维拉诺公墓，在父亲的坟头洒下了一小把镅，以此寄托我的爱戴与尊敬，身为儿子，也身为物理学家。这些镅的放射性微乎其微，但它们的半衰期长达数十万年，无论我献上怎样的丰碑，都无法与之相提并论。

埃米利奥晚年转向了历史研究。他的第一项科学之外的成就是为自己的导师费米作了一部传记。后来，为了总结一生所见，他又写了一部20世纪物理学史。他最终还将目光投向了量子力学诞生之前的岁月，写出了一部经典物理学史。照他自己的说法，这些著作的意图是讲解但丁的名句：“Chi furono li maggiori tuoi?”（字面意思：“比你大的是谁？”）但更加知性的解释是：“你的祖先是誰？”）

叔叔的参与加上父亲的指点，无疑都是促使我投身物理学这门家族新事业的原因。父亲甚至还宣布我应该成为一名理论物理学家。我追问他为什么做这样的决定，他回答说理论物理这一行有两个基本的好处，一是使人分辨对错，二是对于不想搭理的人可以不必搭理。虽然这两条

理由都值得商榷，但我依然成为了一名理论物理学家，也证明了自己是个听话的儿子。从业三十年来，我一直将基本粒子作为主要的研究领域，偶尔也涉猎凝聚态物理和天体物理。

现在，回首自己的事业以及父亲和两位叔叔的一生，我发现有三种度量始终吸引着我们的目光、主宰着我们的生涯，它们就是长度、时间和温度。一只双耳瓶的容量、一块镅的半衰期、一颗中子星的温度，这些都可以用复杂的仪器加以度量。但这些度量用简单的器材也能估算，比如尺子、钟表和温度计。

在动笔之初，我就知道自己要在这本书里探讨一系列重大问题，过去一百年的科学家曾着力研究这些问题，但它们中的许多至今仍没有解答。在朝着这个目标努力时，我欣喜地发现温度是其中重要的部分，而不仅仅是一个次要的标记。试想下面三个例子：

我们的地球是在大约四十五亿年前从一个原行星盘演化而来的，那么地球上的生命又是在何时诞生的呢？三十七亿年前的地球上肯定已经有了生命，那么在那之前的八亿年，已经足够让地球上的原始有机分子组装成遗传物质了吗？当时的地球已经有了生命诞生所必需的水环境了吗？这两个问题的答案都取决于地球早期的温度——对生命有利的气候维持了多久？生物对于温度的剧烈变动又有多大的抵抗力？如果当时的温度条件还不可能在这么短的时期内孕育生命，那么我们就必须到太阳系的其他地方去寻找地球生命的源头。如果生命真的是在别处诞生的，那又是什么地方在四十亿年前正好具备了适宜生命的环境、那些生物又是如何从那个地方来到地球的呢？

再来想想宇宙诞生的那一场“大爆炸”吧。宇宙在形成之初无比炎热、超乎想象，接着又在三十万年的时间里冷却到了华氏 5 500 度（约摄氏 3 000 度，科学中一般表示为开氏 3 000 度）。有实验表明，当初那个 5 500 度的宇宙几乎是完全均匀的，无论哪里都是一样的温度。然而

它又不可能是彻底均匀的，否则星系、恒星和行星就无法演化出来。当时的宇宙有着上下不足 1 度的温度波动，今天的科学家正在用现代天文工具研究这些波动产生的信号。

第三个例子，请思考一个相当奇怪的概念：最低的温度或者绝对零度。不到两百年前，科学家们有了使物质不断降温、逼近这个极限的想法，这个想法打开了一片新的天地，在其中量子力学主宰万物、导线没有了电阻、流体没有了摩擦。这个天地与我们的经验相去甚远，但是在恒星内部却存在着与它相似的世界。在理论之外，对它的研究还可能产生重大的新技术，服务我们的日常生活。

关于温度还有一些趣味十足的谜题，论影响之深远或许比不上前面三个，但重要程度却毫不逊色。比如人类的体温，无论我们生活在北极圈还是撒哈拉，为什么体温保持不变？为什么它始终是华氏 98.6 度？为什么大多数哺乳动物和鸟类都有着大致相同的体温？使大脑保持恒定的状态和反应显然是一个原因，但是只要看一看我们的动物兄弟所采取的各种适应机制，就会明白这里头另有玄机。又比如，我们感染时就会发烧，演化出这样的功能又有什么好处？这一点同样没有完整的答案。

本书中举出了许多谜题，其中的一些还显得违背常理，比如，我们已经知道了太阳的中心温度，对地球的中心温度却还不甚明了。不过仔细想想，许多问题的答案还是显而易见的。虽然我拿不出一个包罗万有的科学观点，但是我会着重指出各个研究方向以及各种答案之间的关联。而将它们串在一起的正是温度。

第一章 98.6 度

98.6 度（指华氏度，约合摄氏 37.2 度）——人类之间的相似真是一件非同寻常的事。放一支温度计到一个人的舌头下面，无论他是北极冰流上的一个因纽特人^①、伊图里森林中的一个俾格米人，或是纽约证券交易所内的一个股票经纪人，得到的读数都是相同的。黄人、黑人、褐人、白人、高个子、矮个子、胖子、瘦子、老人、年轻人、男人、女人，体温都是 98.6 度。无论是一个月大的婴儿、二十岁的运动员，还是一位百岁老人，都有着相同的体温。无论你的肌肉膨胀还是萎缩、牙齿突出还是掉落、视力敏锐还是因患白内障而模糊，无论你的心律是不是在压力下倍增、呼吸有没有剧烈起伏，无论你是浑身战栗还是挥汗如雨，你的体温都始终不变。即使它只变动 2%，你也会觉得痛苦；如果它的升降超过了 5%，你就要考虑去急诊室了。人和人的相似，在这一点上真是惊人。当你呼吸、流汗和排泄，身体的其他机能都会大幅变动，这全都是为了维持一个恒定的体温。

严格来说，98.6 度只是一个简单的缩写，因为我们身体的各处温度是不同的，虽然其中也不乏规律。我们的皮肤一般比内脏低 6 度，你只要把放在舌头下面的温度计捏在两根手指之间，就能证明这一点。口腔和肛门的温度也不相同，后者一般比前者高 1 度。不同的脏器之间，温度也有差异，高低取决于新陈代谢和血液的流动。早在人类开始测量温度之前，我们的祖先就已经对此有所察觉了，他们认为身体上最热的

部位是心脏，尤其是那些“热血型”的人。但真实的情况比较乏味：我们发现，不那么热血的肝脏反倒是最热的。

在 17 世纪之前，“所有的人体温相同”的说法一定会使人觉得奇怪。当时还只有粗糙的温度计，也没有人用它们来仔细比对不同人的体温。人们只能粗略地测量体表的温度，他们想当然地认为，一个人的体温反映了当地的气候，因此热带居民的体温要比温带居民的高。1578 年，约翰内斯·哈斯勒（Johannes Hasler）出版了影响深远的著作《医学的逻辑》（*De logistica medica*），书中提出的第一要务就是“确定每一个人的自然温度”，而决定体温的因素有“对象的年龄、测量的季节、杆子的高度（即海拔）和其他种种影响”。哈斯勒制作了一张详细的表格，指导医生如何参考病人的体温、需求和周围的环境来配制药品。他当然知道发烧和疾病有关。所以他才会提醒医生们留意病人体温的变化。

我们今天知道，体温并不会随着地点而不同。但是它的确会随着一天中的时间而略微变化：上午逐渐上升，下午三时许达到峰值，到了夜间又降到最低，最高和最低一般相差 1.5 度，98.6 度只是一天中的均值。不过，即使这个说法也需要加以限定，比如《哈里森内科学》^②（*Harrison's Principles of Internal Medicine*）一书告诉我们：

都说人类的“正常”体温是华氏 98.6 度，但是根据文德利希在一百二十多年前的最初观测，18 至 40 岁之间的健康成人的平均口腔温度应该是华氏 98.2 度。^③

① 因纽特人，即爱斯基摩人。——译者

② 《哈里森内科学》，美国经典医学教科书，1950 年出版，至今已累积 15 版，译成多国文字。——译者

③ 即摄氏 36.8 度；卡尔·赖因霍德尔·奥古斯特·文德利希，19 世纪德国医生，首次精确测量了人类的体温。——译者

人的体温超过正常值就叫“热病”（pyrexia），俗称“发烧”；低于正常值则称为“低体温症”（hypothermia）。人体内部自有一套调节机制，使我们的体温大致保持在正常范围之内，这套机制听命于一个深埋于大脑之中的最高控制中心，那就是下丘脑。这个渺小的器官不仅设置温度，也操纵着各种激素的分泌，由此掌控着大量关键的代谢功能。此外，它还调解着人体内的水、糖和脂肪水平，并且指导激素的释放，从而对我们的各种活动进行抑制或是加强。哈维·库欣（Harvey Cushing）是20世纪初美国的一代名医，他研究了下丘脑和脑垂体的行为，并对下丘脑作了如下描述：

这一小块组织隐藏得很好，几乎只有一个指甲盖那么大，但它的内部却坐落着原始生命的力量之源，负责生长、情绪和繁殖，人类在上面叠加了一个皮层作为抑制，但并不是总能抑制住它。

饮食中的能量维持着我们体内的各种代谢机制，并由此产生热量。人体会通过皮肤排出大约85%的热量，其余的则随着汗水和大小便排出。皮肤是热量出入人体的主要门户，所以我们应该找一找皮肤和下丘脑的关系。从下丘脑到皮肤，其实有着两条重要通路，一条是边缘神经系统，另一条是称为“毛细血管”的小型血管所组成的密集网络。

来自这两条通路的信息进入下丘脑，并在其中负责温度调节的部分汇总。如果信息显示身体太冷，毛细血管就会收缩，从而保存热量；如果身体太热，毛细血管就会扩张。不仅如此，下丘脑还会向汗腺发送激素信号，命令它们将汗液通过毛孔排到皮肤外面。它同时还向大脑皮层发送信号，敦促其改变身体的行为，比如穿衣或者脱衣。当然，库欣所谓的“抑制作用”，这时仍是存在的。在这个过程中，流向下丘脑的血液时刻汇报着身体的调节状况；必要时，血液还会告诉下丘脑应该分泌