

溫度

決定一切

by Gino Segrè
田靜如 譯

- 寒帶的南極企鵝和熱帶撒哈拉沙漠的駱駝，為什麼體溫同樣是攝氏三十七度上下？
- 身體裡最熱的部位在哪裡？答案可不是「溫暖的心」，而是「肝火很旺」的肝！
- 溫度有華氏、攝氏、凱氏之分，為什麼需要這幾種度量標準？
- 看過「明天過後」這部電影嗎？即使地球的平均溫度只微微改變了一、兩度，我們生活的環境也要大亂！
- 超導、超流這些奇特的現象，都發生在極低溫，我們該怎麼瞭解和应用這些迷人的物理特性？
- 隨著人類用火的溫度愈來愈高，文明也愈來愈高明，溫度如何影響文明的演進？

A Matter of Degrees

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

你可曾想過，

無論是剛滿月的嬰兒、二十歲的運動員、或是百歲人瑞，

為什麼體溫都在 37°C 左右？

為什麼全球平均溫度只差了幾度，大家會那麼在意？

海熱泉附近的 110°C 高溫海水，就是身體出問題的警訊，

海熱泉附近的 110°C 高溫海水，去掛急診。

海熱泉附近的 110°C 高溫海水，5到1度，紐約港會結冰！

海熱泉附近的 110°C 高溫海水，

海熱泉附近的 110°C 高溫海水，

海熱泉附近的 110°C 高溫海水，一定很重要，

海熱泉附近的 110°C 高溫海水彈性，超乎我們的想像。

海熱泉附近的 110°C 高溫海水中，竟然可找到活生生的細菌：

冰封於南極底下的地下湖，有個與世隔絕的生態系。

這些帶給了我們許多聯想，

高溫海水的環境，類似生命在地球出現時的條件，

冰下的生命，暗示了生命也可能出現在木星衛星的冰層下。

溫度不只是數字，它還有更深層的意義。

除了人類文明的演進階段，能夠以人類用火的溫度來劃分，
在宇宙早期的歷史，溫度影響了原子核、原子與物質的形成，

因此我們喜歡用溫度來述說宇宙的故事。

溫度，不僅決定了科學的方向，

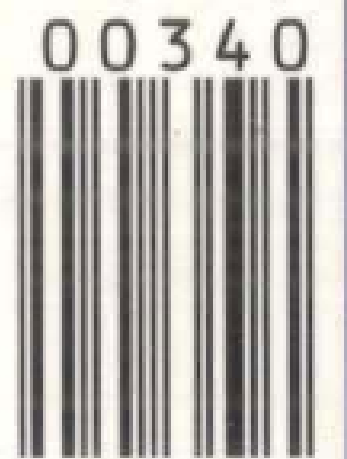
也決定了歷史的趨向，更決定了我們的世界與生命的未來。



天下文化

www.bookzone.com.tw

ISBN 986-417-615-3 (335)



9 789864 176151

書號：CS099 定價：340元

溫度，決定一切

原 著／沙格瑞
譯 者／田靜如
策 劃 群／林和（總策劃）、牟中原、李國偉、周成功
系列主編／林榮崧
責任編輯／徐仕美
封面設計暨美術編輯／劉世凱

出版者／天下遠見出版股份有限公司
創辦人／高希均、王力行
天下遠見文化事業群 總裁／高希均
發行人／事業群總編輯／王力行
天下文化編輯部總監／林榮崧
版權暨國際合作開發協理／張茂芸
法律顧問／理律法律事務所陳長文律師 著作權顧問／魏啓翔律師
社 址／台北市104松江路93巷1號2樓
電 話／(02) 2662-0012 傳真／(02) 2662-0007；2662-0009
電子信箱／cwpc@cwgv.com.tw
直接郵撥帳號／1326703-6號 天下遠見出版股份有限公司

電腦排版／極翔企業有限公司
製 版 廠／凱立國際資訊股份有限公司
印 刷 廠／崇寶印刷有限公司
裝 訂 廠／台興裝訂廠
登 記 證／局版台業字第2517號
總 經 銷／大和書報圖書股份有限公司 電話／(02) 8990-2588
出版日期／2005年12月30日第一版第1次印行

定 價／340元

原著書名／**A Matter of Degrees: What Temperature Reveals about the Past and Future of Our Species, Planet, and Universe**

by Gino Segre

Copyright © 2002 by Gino Segre

Complex Chinese Edition Copyright © 2005 by Commonwealth Publishing Co., Ltd., a member of Commonwealth

Publishing Group Published by arrangement with Brockman, Inc.

ALL RIGHTS RESERVED

ISBN: 986-417-615-3 (英文版ISBN: 0-670-03101-1)

書號：CS099



天下文化書坊 <http://www.bookzone.com.tw>

科學文化 ⑨

Science Culture

溫度，決定一切

A Matter of Degrees

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

Gino Segrè

沙格瑞／著 田靜如／譯

作者簡介

沙格瑞（Gino Segrè）

現任賓州大學物理暨天文教授。出生於義大利佛羅倫斯，在佛羅倫斯與紐約成長，目前定居於賓州。曾任麻省理工學院與牛津大學客座教授、賓州大學物理暨天文系主任、國家科學基金會理論物理主任。

沙格瑞是國際知名的高能基本粒子理論物理學家，出身於物理世家，叔父米利歐·沙格瑞（Emilio Segrè）為一九五九年諾貝爾物理獎得主。

他也曾獲得許多學術榮譽，如史隆基金會（Alfred P. Sloan Foundation）研究獎勵，以及古根漢基金會（John S. Guggenheim Foundation）研究獎勵。

譯者簡介

田靜如

國立台灣師範大學理化系學士，美國加州大學洛杉磯分校物理化學碩士，德國波昂大學克庫勒有機化學研究所有機化學博士。

曾任美國橡樹嶺國立研究所資深研究員，從事超臨界流體、石油化學、界面化學、熱力學、光化學等領域的基礎科學研究。也曾執教於國立台灣師範大學翻譯研究所，教授科技翻譯。

譯有《腐化》（書林出版）、《陽台上的化學家》（天下文化出版）。

溫度，決定一切 目錄

緒論 尺、時鐘、溫度計

第一章 攝氏三十七度

- 寒帶的南極企鵝和熱帶撒哈拉沙漠的駱駝，為什麼體溫同樣是攝氏三十七度上下？
- 身體裡最熱的部位在哪裡？答案可不是「溫暖的心」，而是「肝火很旺」的肝！
- 夏天時我們喜歡吹電扇消暑，但你可知道，蜜蜂也會煽動翅膀來散熱！
- 我們潛水時會穿潛水衣保暖，而生活在北極冰水中的海豹，身上的脂肪就是最好的隔熱潛水衣，而且還有精密的微血管調控裝置。
- 我們演化出為了抵抗感染而引起發燒，可是發燒到底有什麼好處？

第二章 測量溫度

- 溫度影響了文明的演進，隨著人類用火的溫度愈來愈高，文明也愈來愈高明。
- SARS流行的時候，最搶手的東西就是溫度計，到底是誰發明了溫度計？
- 溫度有華氏、攝氏、凱氏之分，為什麼需要這幾種度量標準？
- 我們用溫度計測出冷熱，但是溫度跟熱有什麼關係？
- 熱究竟是什麼？熱的威力怎麼這麼大，可以讓蒸汽機帶動火車頭，進而開啟工業革命。

第三章 解讀地球的冷與熱

- 北極的暖化，讓現在的北極熊比二十年前瘦了百分之十！
- 溫度只要下降了0.5到一度，紐約港會結冰，我們還可以從瑞典，經過結凍的北海走到丹麥去。
- 溫度如果升高一到三度，全球的海平面會上升十五到九十公分，多少陸地就要淹沒在水中！
- 為什麼大西洋的海水比太平洋的海水鹹一些？這又會對海洋環流造成什麼影響？
- 地球的大氣就像是溫室的玻璃，為什麼大氣可以讓太陽輻射穿透進來，卻不讓地球的輻射返回太空？

第四章 高溫與低溫下的生命

- 深海熱泉的溫度高達攝氏三百度以上，應該是毫無生氣的海底地獄，為什麼附近充滿生機？
- 竟然有細菌可以生活在黃石公園的溫泉裡，而且還可以帶來商機！
- 我們以為地球上生物的能源，最終來自光合作用，但是在黝黑深邃的海底卻發現不需光合作用的生物。
- 冰河岩石上的細菌，為了在惡劣氣候下生存，每年只分裂一次，而不像一般的細菌每小時分裂一次。
- 南極冰下有一個與世隔絕的地下湖，如果裡面發現生命，那麼木星衛星的冰層下也可能會有生命。

第五章 太陽溫度透露的訊息

- 來自太陽的微中子無聲無息的穿過我們，看不見也摸不到，但是利用微中子的偵測，卻可準確測量出太陽核心的溫度。
- 太陽核心的溫度是攝氏一七，五〇〇，〇〇〇度，實在高得難以想像。
我們盡情享受的光和熱，源頭就來自這個超高溫的大火爐。
- 我們以為所有的物質與輻射都無法逃脫黑洞，但其實黑洞也會有溫度！
- 為什麼我們喜歡用溫度來述說宇宙的歷史？因為每個階段的溫度，都會影響宇宙的組成。
- 宇宙的背景溫度，記錄了宇宙的早期輻射，也就是大霹靂遺留下來的痕跡。

第六章 極低溫下的量子世界

277 -

- 我們怎麼知道溫度的最低值是多少？這個最低值就是絕對零度，約等於攝氏負二七三度。
- 為什麼溫度降到某個特定點時，金屬的電阻會忽然消失，變成超導體？
- 為什麼容器內旋轉的液態氦，在絕對溫度二·二度以下，會永遠不停的轉動下去，變成超流體？
- 超導、超流這些奇特的現象，都需要用量子力學來解釋，接下來我們該怎麼應用這些迷人的物理特性？
- 我們已經能夠把溫度升高到幾十億度，而且我們距離絕對零度也只差幾十億分之一度而已。還有什麼我們不知道的？

附錄一 誌謝

331 -

附錄二 參考資料

333

附錄三 文字引用出處與圖片來源

349

尺、時鐘、溫度計

我們大部分的人清早起來，常免不了會問自己一些問題，像是：我今天需要到哪兒去？現在幾點鐘了？今天有多冷？在即將進入夢鄉之際，同樣的問題，我們又會預想明天的答案。不論是心中默想或是明白說出來，長度、時間、溫度的測量，就這樣制定了我們每天作息的韻律。三者中，我最感興趣的是微妙的溫度。

雖然新的觀念擴展了我們的視野，但是我們日常對長度和時間的理解，千百年來都沒有多少改變。我們對於尺和時鐘的應用，說起來可算歷史悠久，但是溫度卻完全不同。雖然我們都知道，嬰兒很快就懂得了熱和冷的感覺，然而我們對溫度的測量，實際上只有幾百年的歷史。即使是科學上對氣體溫度的瞭解（就是熱平衡中分子的平均動能），相較之下，也只能算是近期的事情。

傳統上，普通的科學書籍所講的學科或是特別問題，多半是針對一般大眾。所以像是宇

宙學、遺傳學，或是神經科學的書籍，不但實用，而且讀起來趣味盎然。現在我想採用另外一種不同的方式，希望能夠借助溫度的測量，來探討一下科學的多面性。

這樣一來所涉及到的領域可能會很廣，所以事先不得不先做一些選擇；這些選擇不但反映出我個人的背景與喜好，同時也包含了我的無知以及所知。為了提醒各位，首先應該先讓大家知道我是誰，並介紹我的故事又是往哪一方面發展。

我是一個學物理的人。每當別人問起我的職業時，我都曾說自己所從事的是家族事業。我的兄弟、侄子，以及許多堂表兄弟都是學物理的，我叔父是諾貝爾物理獎得主，岳父是知名的德國物理學家，甚至我妻子的姊妹也嫁給一位非常有名的維也納物理學家。所以說物理是我的職業，也是我的家族傳統。

家族發跡於迷人的義大利城市

兩代以前，我們的家族事業是造紙業。我的猶太裔祖父吉斯普·沙格瑞（Giuseppe Segre）年輕的時候，從義大利北部的曼托瓦，遷移到在羅馬西方十五英里遠的提弗利（Tivoli）。他在那裡設立了一間小造紙廠。因為那時義大利才統一不久，首都日益繁榮，所以祖父的生意隨著市場的需求而蒸蒸日上。這個古老的國家以前是不容許猶太人經商立足的，然而當時反而大加鼓勵。因此我祖父在改革後的義大利，因為他的貢獻而受封「騎士長」的榮譽爵位。

提弗利在古羅馬時代是一個繁榮的城市。這個座落在亞平寧山腳下的城市，那時叫做泰伯，受到阿涅內河那數不清的瀑布的滋潤，茂密的白楊樹森林圍繞城市四周。所以泰伯曾經

溫度，決定一切

是一個消暑的好去處。隨著羅馬帝國日漸強盛，別墅和神殿如雨後春筍般冒出。

在公元第二世紀的時候，羅馬皇帝哈德良（Hadrian, 76-138）在泰伯丘陵鄰接羅馬郊區的位置上，建造了一座富麗堂皇的豪邸。根據尤瑟納（Marguerite Yourcenar, 1903-1987，美、法雙重國籍的女作家）所寫的《哈德良回憶錄》的描述，這座邸第的範圍遠遠超過了普通別墅的規模。它擁有戲院、波光粼粼的水池，而且外圍有成群建築環繞，可能是古代最大的住宅，而且還散發出安閒與寧靜的氣氛。尤瑟納猜想，當時這位皇帝的想法可能是：

想像自己是生活優裕的鑑賞家，把這別墅建成一處充滿迷人鄉村風情和愉悅藝術氛圍的地方，盡可能不沾染帝國氣息。一旦回到這裡，徜徉在花園亭榭之間，忘卻所有外界的浮華和奢侈。

後來，這座華美的別墅曾經荒廢了很長一段時間。一八七〇年，就在羅馬變成了新義大利的首都之際，才又開始了對它的挖掘工作，它這時已改名叫做阿德安納別墅（Villa Adriana）。

在文藝復興的時期，泰伯改名叫提弗利，又再度成了鄰近大都會的避暑勝地。一五五〇年，樞機主教德斯泰（Ippolito d'Este）把提弗利的一座舊修道院改建成德斯泰別墅。這座豪華別墅中，可以看到文藝復興時代最精緻的噴泉。德斯泰把別墅建在山坡上，以加強層層水瀑順著山勢下流的雄壯景觀。樞機主教和貴族們可以沿著清涼的小徑散步，遠眺聖彼德大教

堂。因此提弗利變成了高雅和迷人的代名詞，名聲遠播，直到今天像是哥本哈根的遊樂園還採用這個名字。

十九世紀開始有了工業的發展。造紙業需要製做紙漿的木材、大量的水以及動力，而且最好還能靠近市場。提弗利具備了所有這些條件，因此我祖父就在德斯泰別墅的南方、古羅馬海克力斯神殿的遺址上，建立了造紙廠。神殿的遺跡變成了工廠的骨架，這在今天看來，真是不可想像，簡直是對神明的褻瀆。但是當時，新羅馬建立在舊羅馬的基石上，為了供應首都日益增加的需求，這是一種不可或缺的建設基礎。

父親晚年的時候，談到沙格瑞家族留在提弗利的唯一痕跡，曾經開玩笑說，應該在那裡豎一塊牌子，寫上：「這是海克力斯神殿，曾一度為沙格瑞家族所據，但又於某年某月某日重新恢復了它的莊嚴……」

父親沈浸於歷史研究

祖父母一共有三個孩子，全部都是男孩子，他們成長於新舊交接的時代。我父親安傑羅（Angelo）是長子，小時候經常在阿德安納別墅的遺址一帶遊玩，蒐集羅馬時代的銅幣，研究過去的時光。他最後變成了研究古代歷史的教授，但他不是只想研究過去的編年史。他想瞭解的是，以前的人如何付錢、用什麼東西交易、他們的經濟如何運作、地中海一帶錢幣的價值，以及古羅馬人如何面對財政危機。

我父親最有價值的工作是完成了一部學術著作《古代的度量衡制和錢幣流通》（*Metrology*

溫度，決定一切

and Monetary Circulation in the Ancient World)，共有兩冊。度量衡學是一種對「測量」的研究。有一次，父親聽到有人發現一間堆滿了破罐子的古代儲藏室，當他解釋給我聽的時候，他那副興奮的樣子，我至今還記得。他當時的想法是，如果能夠把這些破罐子再重新湊攏在一起，他可以預測出它們的大小。那麼他就可以知道這間儲藏室中曾經放過什麼東西、罐子裡裝的是什麼、是什麼人在賣這些東西、又是什麼樣的人來買這些東西、每個賣多少錢。他知道所有的測量方法。

父親是一個親切、討人喜歡又有氣質的人，雖說不怎麼切實際，卻是一個學無止境、追求知識的人，他愈來愈喜愛研究古代世界，對他來說，這簡直是一種享受。同時，他對新出爐的量子力學、相對論、遺傳學以及擴張宇宙的觀念，充滿了興趣，因此他鼓勵自己的孩子攻讀科學，這可能還帶有彌補他早期沒有選擇科學的遺憾。或許也可以從另外一方面來理解他的感受，父親對歷史的意識是與生俱來的，因此他鼓勵別人去挖掘他所不瞭解的東西。

祖父的第二個兒子馬可 (Marco)，選擇了傳統路線，繼承家族事業，繼續經營造紙廠。他所用到的度量雖然平淡無奇，但是對於收支平衡、現金流量及成長曲線，卻非常重要。

叔父是諾貝爾物理獎得主

一九二〇年代中期，祖父的第三個兒子艾米利歐·沙格瑞 (Emilio Segrè, 1905-1989) 開始跟隨費米 (Enrico Fermi, 1901-1954，一九三八年諾貝爾物理獎得主) 一起研究，他當時還是羅馬大學的大學部學生。比艾米利歐大四歲的費米那時才到羅馬不久，但已經是一位名聲鵲起的教

授。艾米利歐與費米以及其他共同合作，使得他自己不論是在歐洲或後來在美國，物理的專業生涯都相當有成就。

艾米利歐與費米最有名的共同研究，在於中子以及後來發現的反質子（antiproton），後面這項工作更讓艾米利歐與張伯倫（Owen Chamberlain, 1920-）在一九五九年一起獲得了諾貝爾物理獎。在我的記憶中，我最喜歡的是他那比較不太著名的發現：鎔（technetium）元素的發現，以及特別是對半衰期的測量。

這個故事是這樣的：艾米利歐在一九三七年到美國加州大學柏克萊分校訪問的時候，認識了建造第一座迴旋加速器★的偉大美國實驗物理學家勞倫斯（Ernest Lawrence, 1901-1958。一九三九年諾貝爾物理獎得主）。因為興趣相仿，從此他們一直保持定期通信。有一次，勞倫斯把鉛箔送給當時還在義大利的艾米利歐，這鉛箔原來裝於勞倫斯在加州的迴旋加速器上。艾米利歐懷疑在迴旋加速器中經過撞擊的鉛，可能已經轉變成週期表中的第四十三號元素，這是以前從來沒有偵測到的元素。在經過了他的同事佩里埃（Carlo Perrier, 1886-1948）的小心化學分離以後，證實了艾米利歐的猜測是正確的；他們把這個新元素命名為「鎔」。早期在化學分析中之所以會忽略掉這個元素，是因為鎔擁有數種在化學性質上相同的形式，而且全都不

★編注：迴旋加速器（cyclotron），粒子加速器的一種，具有一個使帶電粒子做迴旋運動的恆穩磁場，以及一個將上述粒子加速的交變電場。交變電場的兩個電極是兩個半圓盒子，二者組成一個中間有空隙、與恆穩磁場垂直的圓盒。在這個圓盒中，帶電粒子沿著螺旋線運動，每跨過空隙一次便被加速一回。

穩定。

我知道這項發現對艾米利歐叔叔具有特別的意義，因為在第二次世界大戰結束以後，艾米利歐終於可以回去給我祖父上墳，他帶去了一些銨元素。他說：

我把一些少量的銨撒在父親在羅馬費蘭諾墓園的墳上，表示一個身為物理學家的兒子對父親的敬愛。這個東西的放射性微乎其微，但是它的半衰期卻長達幾十萬年之久，這比我可以用作紀念的任何東西都要長久。

艾米利歐上了年紀以後，興趣也轉到了歷史方面。他第一個和科學無關的工作，是替他的老師費米寫了一本傳記。後來，為了能夠替自己一生的經歷留下一些痕跡，他寫了一本有關二十世紀物理的歷史書，又寫了一本關於古典物理（或可說是前量子物理）歷史的書。★寫這些書的目的，就像艾米利歐自己所說的，是想嘗試揭開但丁（Dante Alighieri, 1265-1321，義大利詩人）所說的：「Chi furono li maggiori tuoi？」（按照字面的意思是：「你最崇敬的人是誰？」但涵意是：「你的祖先是誰？」）

由於我叔叔所涉及的領域，加上父親的引導，自然而然的把我推進了物理的世界，物理成了新興的家族事業。父親更進一步認為我應該當理論物理學家。當我追問他為什麼這樣決定，他的回答是，理論物理似乎是具有雙重優點的專業領域：你可以辨別對和錯，而且如果你不想和某人說話，你可以選擇沉默。雖然這兩個解釋都值得商榷，但最終我還是走上了這