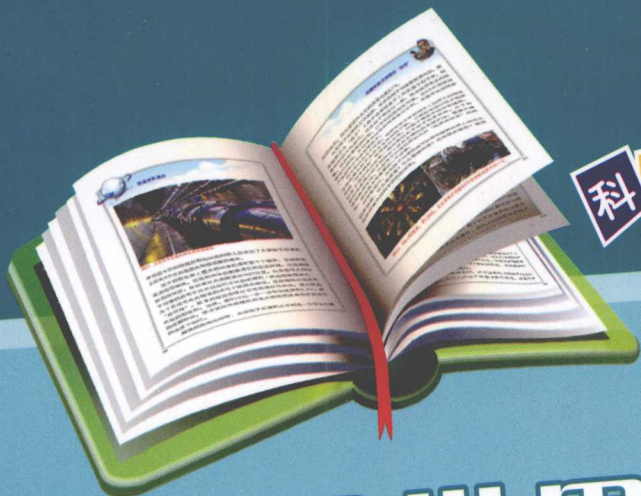




科技改变世界丛书

低温世界漫游



DIWEN SHIJIE MANYOU

总主编 杨光富
编 著 司有和



带你畅游科技世界



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

科技改变世界丛书

低温世界漫游

总主编 杨光富

编 著 司有和



YZLI0890125256

重庆大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

低温世界漫游/司有和编著. —重庆: 重庆大学出版社,

2009.7

(科技改变世界丛书)

ISBN 978-7-5624-4816-7

I.低… II.司… III.低温物理学—少年读物 IV.051-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第037316号

科技改变世界丛书

低温世界漫游

总主编 杨光富

编著 司有和

责任编辑: 曾令维 版式设计: 曾令维

责任校对: 贾梅 责任印制: 赵晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人: 张鸽盛

社址: 重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编: 400030

电话: (023) 65102378 65105781

传真: (023) 65103686 65105565

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

四川省内江市兼升印务有限公司印刷

*

开本: 940 × 1360 1/32 印张: 7.375 字数: 153千

2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷

印数: 1—19 000

ISBN 978-7-5624-4816-7 定价: 18.00元

本书如有印刷、装订等质量问题, 本社负责调换

版权所有, 请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书, 违者必究

科学的前世今生

历史沧桑，六千年文明，一脉相承，生生不息；五千年科学，上下求索，弦歌不绝。科学是承载文明的车轮，伴随人类走过千年历史的悠悠岁月。人类文明的历程，就是一部厚厚的科学史。

数千载来，人类创造了巨大的科学成就，这些成就的推广与应用，已成为推动现代生产力发展的最活跃的因素，极大地改变着人类的生产方式和生活质量，深刻地影响着人类社会的未来走向，改变并继续改变着世界的面貌。

建国60年来，尤其是改革开放30年来，从邓小平同志的“科学技术是第一生产力”的著名论断，到“科教兴国”战略，再到“科学发展观”，预示着一个空前规模和意义深远的科教新高潮正在到来。实施“科教兴国”和“科学发展”，要努力加速科技进步，提高国民的素质，特别是青少年。科学技术普及工作是科技工作的重要组成部分，科学知识、科学精神、科学思想和科学方法的普及已不仅仅是科学家的事，而需要全社会的共同参与。

追本溯源，神秘的科学世界是否真的艰深莫测，人类总耐以千寻。对渴望求知的人们来说，书籍便是他们探寻科学奥秘、解读科学知识的一个重要途径，但有些时候，那些晦涩的科学术语令他们望而却步，于是，科学便在大众心中落下一个曲高和寡的印象。

每个人都经历过年少，在那些懵懂的岁月里，我们总对神秘的科学世界抱有崇敬、好奇之心，我们常常会困惑怎么会有这么多（十万个）为什么？会感慨宇宙到底是个怎样的存在？那些神秘的UFO、海底怪物、未知的生物是否真的存在？那时，年少的我们便热切期待从那些既引人入胜又知识丰富的读物，来探究其中的奥秘。因此，编辑出版高质量的科普图书对于提高全民族，尤其是青少年的科技意识和科学素质，是很有必要，也很有意义的。

因合成世界上第一种类固醇口服避孕药而获得国家科学奖章的美国斯坦福大学化学教授卡尔·德杰拉西66岁那年作出决定，要全力投入科普事业。他说：“我的作品不仅要拥有那些已经对科学感兴趣的公众，而且还要将那些一听到谈论科学就逃跑的公众也带进科学中来。要做到这些只有一种方法，就是讲故事”。

由此可见，如何让枯燥的科学知识更有趣，让科普图书更耐人品味，讲故事的能力是一个关键。“科技改

变世界丛书”力求用图文并茂的形式将故事娓娓道来，从立意、谋篇、开头、结尾等方方面面殚精竭虑，务求更加贴近读者。《低温世界漫游》揭秘的是“没有螺旋桨的潜水艇”“‘水’开了不冒气泡”……；《嫦娥奔月不了情》从“嫦娥奔月”的故事说起；《当煤和石油烧完了怎么办》畅谈节能减排和未来生存之道；《我爱这蓝色的海洋》探寻海洋的缘起……这套丛书力求做到：不局限于对科学知识的阐述，而是注重弘扬科学精神，宣传科学思想和科学方法；通俗易懂，引人入胜，集科学性、可读性、趣味性于一体。让本以为晦涩的知识被抽丝剥茧一样，一层一层在我们面前铺陈开来，简单、直接，却又趣味盎然；让人豁然开朗的科学知识，唤醒人们心中科学春天的萌芽，让科学不再神秘，真理也不再遥远，这是一个真诚而美好的愿景。

“科技改变世界丛书”也为我们搭建了一个很好的平台——解读科学的前世今生，再续文明数千载。在丛书出版之际，写了上面这些话，是为序。

杨光富

2009年7月



目录

引子/1

- 1 低温世界在哪里/3
- 2 魔术般的低温世界/11
- 3 “水”开了不冒气泡/20
- 4 “水”往高处流/26
- 5 液化氮的85年艰难历程/31
- 6 电阻失踪了/37
- 7 超导究竟有些啥用途/45
- 8 给基本粒子加速的“弹弓”/51
- 9 耐一亿度高温的“磁瓶”/61
- 10 没有螺旋桨的潜水艇/72
- 11 不需要发射用火药的大炮/82
- 12 超导电机/90
- 13 没有转子的发电机/96
- 14 零损耗输电/105
- 15 装电的匣子/117
- 16 空心球和实心球的失误/128
- 17 会飞的列车/135
- 18 超高速电子计算机/147
- 19 约氏元件大显神通/154



- 20 超导的用途说不完/163
- 21 寻找高温超导材料/171
- 22 铁能超导，水泥也能超导/178
- 23 碳足球/186
- 24 氦超冷刀/192
- 25 造冷的机器/200
- 26 液氮不是冷的尽头/208
- 27 用气压计测量低温/213
- 28 低温王国的边境/220
- 29 奔向低温学的未来/225



引子

有谁见过：鲜嫩的花瓣、富有弹性的橡皮会一敲就碎？

有谁见过：铅皮做的小钟会敲得当当响？

没见过。在普通的环境里谁也没有见过。

有谁见过：“水”开了会不冒气泡？

有谁见过：“水”竟然会向高处流？

没见过。在普通的环境里谁也没有见过。

有谁知道：列车为什么会腾空而起，悬浮“飞”行？

有谁知道：导电的金属为什么居然会没有电阻？

不知道。通常的情况下，谁也不知道。

有谁知道：

什么样的潜水艇不用螺旋桨，

什么样的发电机不用装转子，

什么样的匣子可以装得了电，

什么样的线路输电可以实现零损耗，

什么样的容器能够盛装上亿度高温的物体？

不知道。通常的情况下，谁也不知道。

问得奇怪吗？一点不奇怪。因为低温物理学家会把我们引入另一个世界：在那里，这一切都是司空见惯的事实；在那里，这一切都可顺理成章、容易理解。

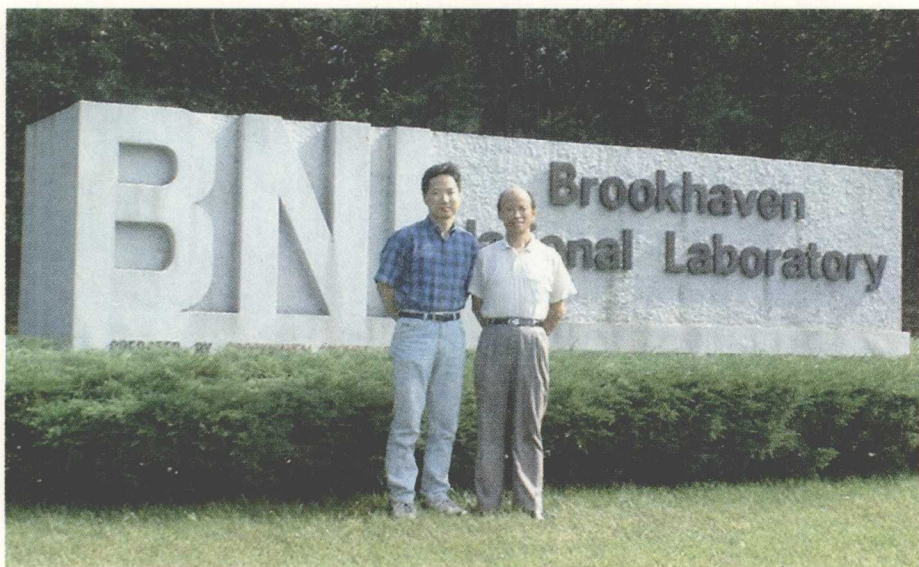
少年朋友们！赶快和我一起乘上这“林德号”专机，去漫游一下那魔术般的低温世界吧！

这是我在23年前写的一本科普书《低温世界》的开头引语。

1986年《低温世界》出版后，给当时正在高中二年级读书的15岁的儿子以很大的影响。当年9月，他考上了中国科学技术大



学第九届少年班。1991年，他在中国科技大学毕业后，被保送到中国科学院物理研究所作硕士、博士连读，他选择的是超导物理学方向。1997年到美国宾夕法尼亚州立大学物理系做博士后。现在，他已经是世界著名的布鲁克海汶国家实验室的研究员，继续从事超导研究工作。



本书作者与儿子司卫东在美国布鲁克海汶国家实验室门口

2007年我去美国时，他跟我说：“爸爸，如果不是你那本《低温世界》，我可能现在不会搞超导研究。”

这句话说得我非常欣慰。我心里想：科普书对于青少年选择奋斗方向的影响是存在的，而且影响力确实是很大的。

所以，在重庆大学出版社的大力支持下，我愿意将这本书修订再版。但愿有更多的青少年能够受本书的激励，选择并献身于低温物理学的方向！



低温世界在哪里

同学们，你们知道低温世界在哪里吗？也许你们会抢着说：我知道！我知道！然后七嘴八舌说开来。

有的说：“低温世界在重庆就能找到。数九寒天，北风呼啸。据记载，重庆最冷时，气温降到零下3.8摄氏度，那就是低温世界。”

有的说：“不。低温世界在东北大兴安岭，涛涛林海，茫茫雪原，一片白茫茫的世界，那才是低温世界呢。”

“不对，不对。黑龙江省呼玛县的漠河，号称北极村（如图1.1），1969年2月13日冷到了中国现有气象资料中的最低气温记录：零下52.3摄氏度，那才算得上是低温世界。”



图1.1 我国号称北极村的漠河，最低气温-52.3摄氏度



低温世界漫游



图1.2 南极风光，最低气温-89.2摄氏度

“那算什么低温世界！我爸爸从南极洲考察回来，告诉我，那里在夏天也是冰天雪地，冬天最冷的时候，是地球上最低温度的记录。那是俄罗斯南极东方站测得的零下89.2摄氏度（见图1.2）。那才称得上是地地道道的低温世界！”

到底谁说得对呢？

我说，都说对了，也都没有说对！

因为人们对于温度的认识，是从冷和热的感觉开始的。冷和热是相对的。为了比较和度量冷和热，人们发明了温度计。这才有了温度的概念。

比如，热水瓶里的开水是100摄氏度，是非常烫手的，可是和高达1 500摄氏度的融化了的铁水相比，只能说是低温了。但是铁水的温度，和太阳表面的温度6 000摄氏度相比，也就低得多了。

可见，温度的高低是相对的。同学们所说的最低温度是相对的，重庆冬天的寒冷是相对于重庆地区来说的；漠河的零下52.3摄氏度，是中国境内的最低气温；而南极洲的零下89.2摄氏度，



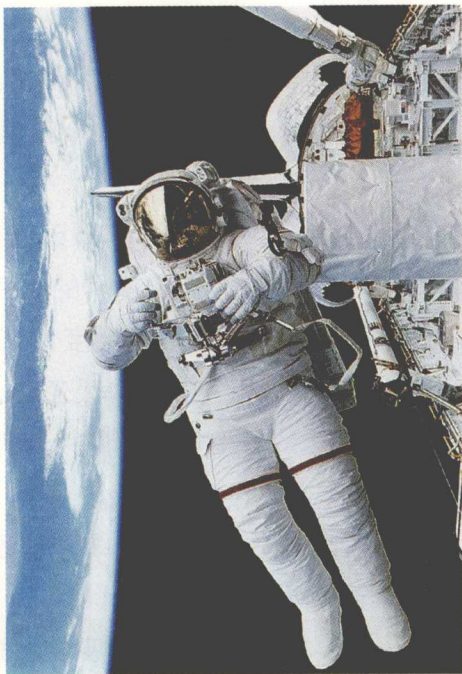
那是地球上最低气温的纪录。因此，如果我们是相对于某一地区来谈最低气温，同学们说的就都是对的。

说同学们说得“不对”，是因为你们没有用共同的标准来进行比较，你们还不知道真正的低温世界在哪里。我们说的低温世界指的是低温物理学研究范围内的温度。在那个范围内，南极洲的零下89.2摄氏度也就算不上是低温了。

你看：变成了液体的甲烷，温度是零下162摄氏度；嫦娥仙子居住的广寒宫——月球，背着太阳的那一面，最冷的时候只有零下183摄氏度；而科学家把空气变成“水”之后，这液态空气的温度，就低到零下193摄氏度。在宇宙火箭的燃料箱里，那就更冷了，那里面装的是液态氢气，温度低到只有零下253摄氏度。

我国“神七”宇航员出舱在太空行走时，他们必须穿着那特制的“飞天”宇航服。那宇航服的众多功能之中就有一个保暖的功能，因为宇宙空间的温度是零下270摄氏度（图1.3）。

图1.3 2008年9月27日16时41分00秒，我国航天员翟志刚打开神舟七号轨道舱舱门，首次实施空间出舱活动。宇宙空间的温度为： -270°C





.....

不用再多举了。这些温度那才算是低温，这些地方才算是低温世界呐。

我想，这时大家是不是明白了，我说的低温世界是什么意思了吧。

有同学会说：“明白倒是明白了，可是这温度这么低，温度的度数说起来好拗口，那些低温物理学家们在搞研究时也这么说吗？”

说得好。在低温世界里不像我们在上面说的那样来表述和记录温度，而是用另外一种温度标准，叫“热力学温标”。因为这个温度标示方法是英国物理学家开尔文首创提出的，所以人们又称它为“开氏温标”。

好多同学的家里都有温度计，同学们都见过。

在常用的家用温度计上，玻璃管内那红红的酒精柱两侧都标有刻度，一边标着字母“C”，另一边标着字母“F”。

标着字母“C”的称作摄氏温标，是瑞典科学家摄尔修斯在1742年制定的。他规定以水的冰点，即结冰时的温度为0度，以水的沸点，即水烧开时的温度为100度，写为： 0°C 和 100°C 。

标着字母“F”的叫华氏温标，是德国物理学家华兰海特在1714年制定的。他规定水的冰点为32度，水的沸点为212度，写作： 32°F 和 212°F 。

其实，在这两种温标中，作这样的规定，完全是人为的，并无理论根据。这两种温标都不适合在低温世界里使用。因为人们发现，温度没有高温极限，却存在着低温极限，而这低温



的极限才“绝对”的是零度温度，所以，应该以低温极限作为温度基准来建立温标。

怎样来确定基准温度呢？

1848年，英国物理学家威廉·汤姆逊·开尔文勋爵（图1.4）提出了一个办法，规定了一个新的温标。

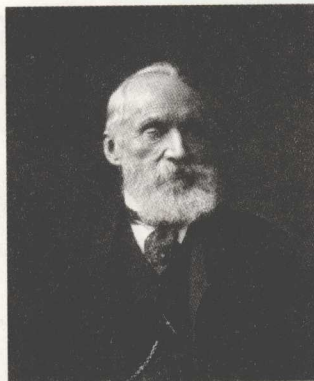


图1.4 威廉·汤姆逊·开尔文
(1824—1907)

开尔文1824年生于爱尔兰，父亲占姆士是贝尔法斯特皇家学院的数学教授。他8岁时全家迁往苏格兰的格拉斯哥，占姆士则在格拉斯哥大学任教。开尔文10岁时就入读格拉斯哥大学，15岁时凭一篇题为《地球形状》的文章获得大学的金奖章。后来以全年级第二名的成绩毕业于剑桥大学。

1846年，开尔文回到格拉斯哥大学担任物理学教授，直到1899年退休为止。他是热力学的开创者之一。他利用卡诺循环建立的温标，以低温极限为零度温度，所以称为绝对温标。

他规定水的冰点为273.7度，水的沸点为373.7度。为了纪念他的贡献，绝对温度的单位以开尔文（Kelvin, K）来命名，写成273.7 K和373.7 K。读作二百七十三点七开和三百七十三点七开。

但是，低温物理学家们很快就发现这种规定“基准温度”的方法有一个缺陷：水的冰点和沸点的温度会随着压强的不同而发生变化。比如，海拔高度不同，水的沸点就不同：在海平面处，水的沸点是100摄氏度；而在3 000米的高山上，在90摄氏度时水就开了（图1.5）；如果到了17 000米的高空，37摄氏度水



图1.5 登山队员在高山上烧水，不到100摄氏度就开了

就沸腾了，恐怕连鸡蛋也煮不熟。可见，笼统地用水的沸点来定标是不准的。

于是，有人建议以海平面处的大气压条件下的水的沸点来定标。

但是，地球上各地点的纬度不同、气象条件不同，即使同是海平面，大气压也有差别。所以，用这种方法给温度定标，也不能保证温度测量的精确度，在各个国家之间也不能保证有统一的测温标准。

又经过了一个时期的努力，科学家们终于找到一个简单而十分精确的开氏温标定标法。这个办法是：

在一个密闭的没有空气的容器里，放着水、冰和水蒸气。在这里面，有多少冰化成水，就有多少水结成冰；有多少水化成汽，就有多少汽凝成水，就是说，水、冰、汽的量维持着动态平衡，三者平衡共存。科学家们称之为“三相共存”，将这时



的温度定为0.01摄氏度和273.16 K。

这种三相共存的温度叫做水的三相点。这是在1954年的国际度量衡会议和1960年第十一届国际计量大会上，全世界许多科学家共同商讨决定的。从此，就以水的三相点作为基准温度给开氏温标定点。

这个方法的好处是不受地理条件、气候条件的限制，不论你在哪个纬度的海平面，也不论你在海拔多高的山顶上，只要有密封很好的容器，而且里面是水、冰、汽三相共存，这个时候容器里的温度就是273.16 K。

这样就有了一个全世界各个国家都统一的温度标准了。以这时的温度为基点，按原来摄氏温标的间隔来标度，向上标到373.15 K，这是水的沸点；向下标到零度开，即0 K，这就是绝对温度。

在开氏温标中，在一个标准大气压下液态空气的温度是80 K，液态氢的温度是20 K，液态氦的温度是4.2 K。这样说起来、写起来都很顺口、方便。

说到这里我们对低温世界就有了一个准确、科学的概念了。低温物理学研究的温度范围是120 K到0 K。

国际制冷学会（IIR）的温区划分标准

温度范围	温区名称
$273.16\text{ K} > T > 120\text{ K}$	冷冻温区
$120\text{ K} > T > 0.3\text{ K}$	低温温区
$0.3\text{ K} > T > 0\text{ K}$	超低温温区