

物理学 家 谈 物 理

国家“九五”规划重点图书

主编 孙科 中国科学院院士 中国科学院
院士 大连理工大学教授 博士生导师

戴闻 著

在通往 绝对零度的路上

上海市物理学会

少年儿童出版社

物 理 学 家 谈 物 理

主 编 中科院院士 王 迅
副主编 复旦大学教授 蒋 平

戴 闻 著

在通往 绝对零度的路上

上海市物理学会

少年儿童出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

在通往绝对零度的路上 / 戴闻著. — 上海: 少年儿童出版社, 2003.1

(物理学家谈物理)

ISBN 7-5324-5331-6

I. 在... II. 戴... III. 绝对零度—青少年读物
IV. 0514.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 088922 号

物理学家谈物理 在通往绝对零度的路上

戴 闻 著

赵晓音 装帧

责任编辑 马 迁 美术编辑 赵晓音

少年儿童出版社出版发行	开本 850 × 1168 1/32
上海延安西路 1538 号	印张 4.5 插页 2
邮政编码 200052	字数 87,000
全国新华书店经销	2003 年 1 月第 1 版
少年儿童出版社排版	2003 年 1 月第 1 次印刷
商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷	印数 1-8,000

网 址: www.jcph.com

电子邮件: jcph@jcph.com

ISBN7-5324-5331-6/N·631(G) 定价: 11.00 元

前 言

“科教兴国”的方针早已家喻户晓。无疑,科教兴国更要“从娃娃抓起”。对青少年普及科学知识是实施科教兴国方针的必要举措,应当是全社会的重要任务;而出版面向青少年读者的科普读物自然是必需的题中之义。少年儿童出版社在上海市物理学会的支持下推出《物理学家谈物理》丛书,正是为这一任务贡献力量的义不容辞之举。

物理学是一切科学技术的重要基础。从最简单的家用照明灯具到有世界性政治、军事影响的核武器;从广阔无垠的宇宙深处到我们人体自身内部,物理学可算是无处不在。从某种意义上来说,在新世纪里物理学及其发展依然会影响、推动、促进其他科学技术的进步。显然,对新世纪的建设者普及物理学的知识更是当务之急。另一方面,一段时期以来,伪科学猖獗一时,公然在科学的幌子下混淆视听、以售其奸。更有一些商家打着科学新名词的旗号胡乱炒作、以假乱真,闹得乌烟瘴气。在这个时候,《物理学家谈物理》的出版无疑有助于去浊还清、正本清源。因此,丛书面市显得既极有必要又十分及时。

作为丛书,《物理学家谈物理》明显地有着自身独特的色彩。

首先,作者都是中国的物理学家,科学知识的正确性是其非专业作者难以望其项背的。一位知名教授在评论科普作品时常说,科普作品应能做到“专家认可,群众爱看”。这

八个字看似简单,要真正做到并不容易。这套丛书所有的作者都师出名门,毕业于国内顶级高等学府物理系;并且都在物理学领域辛勤研究数十年。由他们撰写物理学的科普作品,从根本上保证了科学的严谨性,“专家认可”当不成问题。而且,丛书作者都有在学校教学的经历,有将深奥的科学原理表达得深入浅出的丰富经验;在撰写丛书时又在作品的可读性、趣味性方面倾注了大量的心血,使读者能兴趣盎然地遨游于他们未知的世界。


其次,这套丛书的一个显著特点是:每一本书都只涉及物理学的一个分支领域,而作者又都是相关领域里卓有成就的物理学家。他们在自身的领域里都有骄人的成绩,而且十分熟悉当前国际上的科学发展动态。因此,丛书的时代感相当突出。阅读这套丛书,读者可以了解到当代最前沿的科学成就,包括科学家借以获得这些成就的过人的思维方式和工作方式,其中不少内容连新出版的教科书都未涉及。而现在的教育改革,正向提高青少年创新能力这一方向推进;教学导向正从“知识立意”向“能力立意”转换,要求学生不局限于课堂知识,积极开阔眼界,吸收新知识,吸收科学思想、科学方法和科学精神,形成创新的思维方式。就这一点来看,丛书将使青少年受益无穷。

不仅如此,丛书虽由少年儿童出版社出版,但因其知识的正确性、文风的可读性、涉及到当代以及未来社会发展的前沿性,使得所辐射的读者群自然地延伸到了青少年以外。据笔者所知,甚至有在物理学领域里工作了数十年的专家,在阅读丛书校样时也感到获益良多,颇有“人得门来,别有洞天”之感。如前所说,物理学影响并推动着其他科学领域的发展,与每一个人都有密切的关系,我们相信,对于从事各

类专业工作的成人读者,这套丛书也能在一定的程度上满足他们对新知识、新方法的汲取热望。

不得不提的是,各位作者在撰写书稿的时候,没有任何个人的功利目的,在百忙之中以一颗关心下一代、为科教兴国尽力的赤诚之心倾力撰述。这一种崇高的社会责任感让人油然而生敬意,笔者愿借此向他们表示衷心的感谢。

王迅



1. 自然界中的冷	1
人类对“冷”的追索	2
1999年夏,北京出现了50年不遇的持续高温天气,这下可忙坏了动物园的工作人员……	
温度	4
1999年夏,第三届世界杯女子足球赛的中美决赛在美国洛杉矶的玫瑰碗体育场举行……	
低温不是“无底洞” ——绝对零度的由来	7
北方的人们可能有过这样的体验:冬季,在如火如荼的屋内……	
宇宙中最热的天体	11
《列子》中记载了孔子裁判“两小儿辩日”的故事……	
宇宙中哪里最冷	15
一位在南极从3月22日工作到9月22日的科考队员说:我在南极“住了一宿”……	
利用海洋深处的“冷”	19
有一位同学“突发奇想”:如果让海洋整体的温度降低1度,把放出的热量全部转化成“功”……	
冰冻三尺非一日之寒 ——格陵兰冰盖中冻结的古气候资料	22
你能想到吗,格陵兰冰盖内冻住的是数十万年来气候变化的“历史档案”……	
冰魂雪魄 ——外表朴素而内涵丰富	25
“冰,水为之,而寒于水”这似乎是毫无疑问的。但如果……	
2. 人工制冷	29
人往高处走,热往低处流	

- 人工制冷机的发明 30
 我们的祖先在数十万年前就学会了使用火，他们用火照明、取暖、烹调……
- 爱因斯特的冰箱专利 33
 相对论的创立人还研究过冰箱吗？是啊，就连专利局的官员也怀疑……
- 为拯救臭氧层，请使用绿色冰箱 35
 现代人类无意识地启动了一次改变地球大气成分的全球性“工程”……
- 空气诚可贵，氧气价更高 39
 空气、阳光和水是生命之源，空气中的氧是源中之源。普通人，只要有新鲜空气就行了，但如果生了病……
- 如探囊取物
- 热电效应制冷 43
 在形形色色的制冷方法中，没有哪一种比热电效应制冷更为方便、快捷……
- 喇叭呜咽令人寒 46
 你知道“中央C”吗？那是敲击钢琴键盘的中央键所发出的声音。中央C引起……
- 磁制冷 50
 说到磁，总会使人想到指南针……
3. 进入极低温，朱颜顿凋残 54
- 绝对零度先生 55
 1898年杜瓦实现了氢液化，更加激发了昂纳斯的工作热情……
- 液态⁴He的奇异性质 58
 给人印象最深的是一个能够用肉眼直接观察的奇怪现象：在减压降温开始的阶段，液⁴He剧烈地沸腾……

巾幗英雄与极低温	
——吴健雄验证杨振宁—李政道理论	60
<i>在物理学中,有一些守恒定律,如能量守恒、动量守恒和角动量守恒等……</i>	
^3He — ^4He 联手制冷	
——稀释致冷机	65
<i>在吴健雄测试宇称守恒的年代,顺磁盐绝热退磁是获得毫开温度的唯一手段……</i>	
向绝对零度冲刺	68
<i>按照开尔文最初的设想,绝对零度意味着一切运动的停止,绝对零度下的物质就是“绝对死物”。但是……</i>	
原子核退磁冷却和极低温记录	71
<i>近年来,核磁共振(NMR)成像仪已经成为各大医院必备的医疗设备。它所观察的是……</i>	
朱棣文和激光冷却	73
<i>1997年10月15日凌晨,美国斯坦福大学的华裔教授朱棣文从睡梦中被一阵电话铃声惊醒……</i>	
4. 神奇的极低温世界	77
超导的发现	78
<i>自从200年前人类利用电流做功,人们一直存在一个梦想:在没有电源供电的条件下,维持电流持续不断……</i>	
超流 ^4He 的灵性	80
<i>昂纳斯和他的同事们创造的第一次辉煌是1908年实现了^4He的液化,第二次是1911年发现金属汞超导,他们能不能抓住第三次辉煌的机会呢……</i>	
下五洋捉鳖	
—— ^3He 超流的发现	84

20世纪以前的经典物理学家曾经认为,在极低温条件下,一切物质都将凝固,物质内部的运动趋于消失,不可能再观察到什么新的物理现象。自从昂纳斯1908年实现⁴He液化以来的一系列重大发现证明……

我行我素

——超导和超流的本质 87

你使用过投币电话吗?投入5角或1元的硬币被认为有效,电话会立即接通。如果投入的是1角、5分、2分或1分的硬币……

配对

——超导和³He超流的前提 90

自从昂纳斯1911年发现汞超导,关于超导起因的研究一直是物理学的一个热门课题……

用薄绝缘层截断的超导环 93

你一定听说过许多医疗诊断技术,如核磁共振成像(NMRI)、X射线层析(CT)、正电子散射层析(PET)等。这些技术分别使用高频电磁场……

超导是一柄双刃剑

——零电阻和迈斯纳效应 96

自从1911年昂纳斯发现超导电性后很长一段时间里,人们认为,超导体等价于没有电阻的导体。事实上,问题并不那么简单……

5. 探索不止

——低温与超导研究前沿 100

高温超导的发现 101

近来在西方,有一种观点颇为流行,即所谓“科学的终结”。持这种观点的人认为……

超导物理学家正在干什么 105

高温超导即将度过它的17岁生日,然而,高温超导的研究热潮仍

	然没有明显减弱的趋势……	
彗星中的分子火山爆发	……	109
	彗星是天空中最奇异的天体，在明亮的彗头后面拖着长长的彗尾。1910年5月，造访地球的哈雷彗星……	
超流⁴He液滴中的“芭蕾舞天使”	……	112
	单原子分子只有平动，也就是沿x、y或z方向的平移运动。多原子分子不仅有平动，还有……	
用超流⁴He回转仪测量地球自转	……	115
	地球的自转产生了昼夜，它绕太阳的公转造成了四季。然而，地球的轨道运动不是一成不变的……	
原子激光和原子钟	……	120
	我们已经知道，激光冷却法导致了玻色—爱因斯坦凝聚的实现。在凝聚体中，原子均处于最低的能量阶梯上，从而展现出……	
崔琦和分数量子霍尔效应	……	124
	截止到1998年，已有6位华裔科学家获得了诺贝尔奖。他们是杨振宁……	

1. 自然界中的冷

• 冰箱、空调等发明至今不过160多年的历史,以前人们是如何来制冷的呢?

• 自然界温度的冷热变化,人们已习以为常。然而要说出有多冷或有多热,那就得借助温度计了。你知道温度计是谁发明的吗?

• 人们习惯于说温度是多少度,其实是默认了一种温度标度尺。对于温度不止有一种度量标尺,不同国家习惯使用的温度标尺也不同。

• 太阳的发光强度是不是最大呢?不是,Ia型超新星的发光强度是太阳的数亿倍。什么是Ia型超新星?它们的强光有什么用途呢?

• 地球上最冷的地方是南极吗?是,但它不是宇宙中最冷的地方,宇宙中最冷的地方在哪里?

• 海洋中蕴藏的能量非常巨大,能不能把它利用起来呢?

• 格陵兰冰盖中冻结的是古气候资料,它将地球10万年以来的气候图像展现在世人的面前。这是怎么回事呢?

• 当湖面结冰时,怕冷的鱼总是潜入湖底。你知道为什么吗?

人类对“冷”的追索

1999年夏,北京出现了50年不遇的持续高温天气,这下可忙坏了动物园的工作人员。大熊猫是世界级珍稀动物,有资格享用空调,连它们吃的竹子也要放到冰箱中保存。北极熊最怕热,无奈“级别”不够,只好抱着大块的人造冰熬日子。东北虎和大猩猩当然也怕热,但只能洗洗澡、吹吹电风扇。

你知道吗?冰箱、空调、制冰机等人工制冷机器发明至今才160多年的历史,在此之前,人类对“冷”的追索一直处于一种被动状态。

以“快”代“冷”

唐代诗人杜牧在《过华清宫》中写道:一骑红尘妃子笑,无人知是荔枝来。说的是唐玄宗为了让宠妃杨玉环吃上新鲜荔枝,滥用皇权,动用传送公文的驿站,快马加鞭,将荔枝运送到京城长安。那时,没有冷藏条件,只好采用以“快”代“冷”的保鲜办法。今天,岂止是荔枝,多少保鲜要求极高的食品都能装上冷藏车,从产地远销各地,又被家家户户藏入一年四季都能制冷的冰箱。

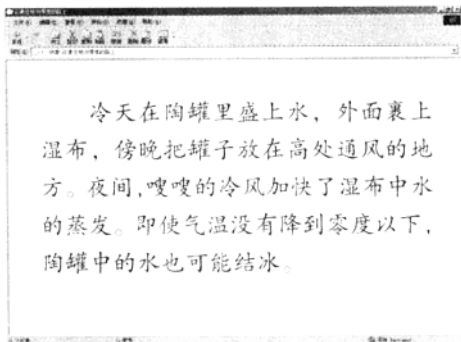
地理位置的转移

清代康熙皇帝选择京城西北500里远的承德,修建了夏宫。这就是通过地理位置的转移来得到清凉。

“打时间差”

在三千年前的周朝,我们的祖先用“凌阴”——也就是贮冰窖——将冬季的天然冰储存起来,以备夏用。这是用“打时间差”的办法来得到清凉。直到20世纪70年代,北京中关村还有一个大冰窖,那里存放的是颐和园昆明湖和燕园未名湖中的天然冰。

冬季在户外的时候,如果手没擦干,一阵寒风吹过,会感到异常地冷。原来,液体蒸发时,要吸收“蒸发潜热”。对于水,这个潜热很大,难怪湿手会感觉特别冷。传说,古希腊人从这个生活经验中受到启发,用蒸发水的办法来制冰。



然而这种制冰办法,受到天气条件的限制——只有在气温接近摄氏零度时,才有希望得到冰,因此算不上是人工制冰,倒不失为人工制冷的一种手段。

数千年来,人类对“冷”的追索,都要依赖自然环境的赐予。人们一直梦想着有朝一日能够在任何时间、任何地点,以方便、快捷的方式获得“冷”。

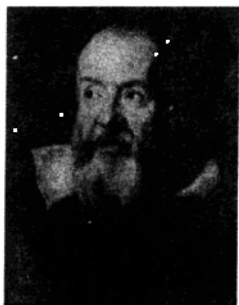
本书的内容属于物理学的两个分支：低温物理学（Low Temperature Physics）和低温学（Cryogenics）。低温学一词源于希腊文“Kryos”，意思是“冰一样的冷”。但是，这个学科所涉及的温度要比冰点低得多，它所研究的是在室温以下整个温度范围内物质的性质。

温 度

1999年夏，第三届世界杯女子足球赛的中美决赛在美国洛杉矶的玫瑰碗体育场举行。当地的天气预报说，气温将高达92度。中国球迷听后十分惊讶：“哇，这么高。可能吗？”这是怎么一回事呢？（答案在本节末。）

“今天真热，最高温度可能达到37度。”

“今天多冷啊，都零下5度了。”这是大热天、大冷天常常听到的。可见冷热能用温度的高低来表示。现在用“度”数来显示温度的高低，这对我们来说是



伽利略（1564~1642），意大利物理学家和天文学家，被称为“近代科学之父”。

一件很平常的事,可是,在以前很长的一段时间里,人们对温度的认识一直很模糊。两个物体,摸上去热一些的,就算是温度高;摸上去冷一些的,就算是温度低。究竟是热多少、冷多少,谁也说不出个数来。

意大利科学家伽利略(Galileo Galilei)首先意识到了这个问题。他利用空气热胀冷缩的性质,制成了第一支可以称得上是科学仪器的温度计。



自制伽利略温度计

材料:一只大肚细颈的玻璃瓶,直尺,记号笔,热空气,一盆水。

- 方法:**
1. 用记号笔在玻璃瓶颈上画刻度。
 2. 将玻璃瓶里充满热空气,然后倒插入一盆水中。
 3. 根据瓶颈上的刻度读取液面的高度。

原理:当气温降低时,瓶内的空气体积缩小,于是盆内的水就会被吸入瓶中。气温越低,瓶颈内的液面就越高;反之,气温越高,瓶颈内的液面就会越低。

然而伽利略温度计却忽视了一个问题:瓶颈内液面的升降,除了气温在起作用外,气压的变化也是一个影响因素。在阴天或者雨天,气压通常较低,即使气温和晴天时一样,瓶颈中的液面也还是会比晴天时低一些。

尽管伽利略温度计还不能准确地测量温度,科学界还是将温度计的发明归功于伽利略,因为在他的温度计里,已经包含现代温度计的基本设计思想——利用物质热胀冷缩的

性质,并把测温物质封在玻璃容器中。

1714年,德国物理学家华伦海特(G. D. Fahrenheit)改进了伽利略温度计。他利用水银的热胀冷缩指示温度,并把水银完全封死在玻璃管中,这就排除了气压的影响。华伦海特还为他的温度计制定了“温标”,后称“华氏温标”,计量单位是华氏度“°F”。**华氏温标**以当地最冷时的气温为零度,以人的体温为100度。这样,水的冰点就是32度,水的沸点就是212度,它们之间的差恰好是180度,也符合人们对圆周分度的习惯。

1742年,瑞典科学家摄尔西乌斯(A. Celsius)采用了另一种温标,这就是我们今天常用的“摄氏温标”,它的计量单位是摄氏度“°C”。**摄氏温标**把标准大气压下水的冰点定为零度,沸点定为100度,在英语中它又叫做“百分度”(Centigrade)。

那么“绝对零度”是属于哪一种温标呢?它既不属于华氏温标,也不属于摄氏温标,而是属于科学工作者通用的“热力学温标”。热力学温标是由英国物理学家开尔文(L. Kelvin)于1848年提出的,因此也被称为“开氏温标”。它的计量单位是“开”,用大写英文字母“K”表示。

1开氏度和1摄氏度在幅值上是相等的。这两种温标之间的换算只需加减一个固定的数:273.15,即 $T(\text{开氏度}) = (\text{摄氏度}) + 273.15$ 。例如,水的冰点是 0°C ,它等于273.15K;水的沸点是 100°C ,也就是373.15K。

在有些书上,将这两种温标之间换算的固定值误写成273.16,这其实是混淆了水的冰点(0°C)和“三相点”(0.01°C)。冰点是液态和固态共存的温度,它随外界