

提起低温,一般人往往想到通常的三九天的冷天气与南北极的冰天雪地及电冰箱的冷冻等。然而,现代科技范畴的低温,有着更为深刻的内涵。通常人们心目中的低温,只不过是摄氏零下十几度到几十度,而现代高科技中的低温,可以趋近摄氏零下 273.15 度,即开氏零度(0K)。低温下深奥的物态特性及其实际应用,对于当代科学的发展与技术的进步,有着重要而深邃的意义。

早在 1784 年英国化学家拉瓦锡就曾预言:假如地球突然进到极冷的地区,空气无疑不再以气态的形式存在,它将变为液态。他的预言一直激励着人们设法达到极冷的温度并试图实现气体的液化。

值得提及的是,法拉第曾于 1823—1826 年通过实验实现了 Cl_2 、 H_2S 、 HCl 、 SO_2 、 C_2H_2 等气体的液化,而 O_2 、 N_2 、 H_2 等未被液化的气体当时被称为“永久气体”。

1877 年盖勒德等人发现了“绝热膨胀降温法”,6 年后乌罗布列夫斯基等人用改进了的绝热膨胀法实现了 O_2 、 N_2 气的液化与固化,当时的低温达 77.3K 以下。19 世纪 50 年代,焦耳和汤姆逊发现了多孔塞效应与“节流膨胀降温法”,1895 年林德等人将这种方法连续运用,制成了工业化的林德机,实现了纯氧与纯氮的工业化生产。

杜瓦于 1891 年发现液态氧与液态臭氧具有较强的磁性,1893 年宣布了他的发明——杜瓦瓶,1898 年实现了 H_2 气的液化,当时的低温达 20.4K 以下,第二年实现了 H_2 的固化。

绝热膨胀法与节流膨胀法可以联合使用,1908 年昂内斯实现了 He 的液化,当时的低温达 4.2K,第二年达 1.04K,并于 1911 年发现了汞、铅、锡等的超导电性;1926 年昂尼斯的同事凯森实现了 He 的固化,当时的低温达 0.71K,

1928 年凯森发现液氮在 2.17K 发生特殊的相变氮 II;10 年后,卡皮查发现了氮 II 的超流动性。1926 年盖奥克与德拜提出了“绝热去磁降温法”;1933 年盖奥克等人用绝热去磁法使温度降到 0.13K,后来经过近 20 年的努力,使温度降到 10^{-3}K 。1956 年杨振宁与李政道先从理论上提出弱相互作用领域内宇称不守恒,后被吴健雄用绝热去磁法将 ^{60}Co 冷却到 0.01K 以下得到验证。1934 年戈特尔提出了“核绝热去磁降温法”;1956 年西孟与克尔梯用核绝热去磁法将核自旋系统冷却到 $1.6 \times 10^{-5}\text{K}$;1979 年恩荷姆等人用了一级“稀释致冷法”(1951 年由伦顿提出)和两级核绝热去磁,得到了 $5 \times 10^{-8}\text{K}$ 的低温)。

1906—1912 年能斯脱就已经提出的热力学第三定律指出,不可能使一个物体冷却到绝对零度,即绝对零度不可达原理。也就是说,任何物体的温度不可能等于 0K,更不可能低于 0K,但是可以无限接近或趋近 0K。这一理论,长期以来被无数实验事实所验证。按此理论,人们想方设法在趋近绝对零度的探索之路上不断向前迈进。

1997 年诺贝尔物理学奖授予朱棣文等 3 人,以表彰他们在发展激光冷却和捕获原子的方法方面所作出的贡献。激光冷却的思想是汉斯和肖洛于 1975 年提出的,其基本原理是,利用激光的辐射压力阻尼中性气体原子热运动达到降温。80 年代前期,原子被冷却至 100mK。进一步的冷却是朱棣文用所谓“光学粘胶”法实现的,即 3 对两两相向的激光束垂直相交,预先冷却了的原子进入这个相交的小区域,就像进入一团粘稠的胶状物一样被进一步减速。80 年代中期“光学粘胶”法使原子冷却至 240 μK ,又经改进,80 年代后期达 2 μK ,90 年代初期达 100nK。目前已应用激光将原子的温度冷却到 10^{-12}K 的量级。激光捕获原子的思想是莱托霍夫于 1968 年提

低 温 浅 谈

丁
有
瑚

为什么要研究物质结构

江向东

如果没有正确的元素概念及其科学的研究,人类就会局限在“水、土、气、火”或者“金、木、水、火、土”的圈子里,任凭炼金或炼丹术士的风箱和坩埚吞云吐雾;如果不了解空气的组成,人类就不知道自己赖以生存的氧气为何物,更谈不上气体的液化和由此引出的超导、超流现象,如果没有原子、分子论的建立,就无所谓认识生物大分子DNA(脱氧核糖核酸)的双螺旋结构,也就无所谓认识生命现象最本质的内容,如果不对原子和原子核做解剖,就不会发现“比一千个太阳还亮”的新能源,也就不会发现奥妙无穷的粒子世界。一言以蔽之,从物质的深层结构来看物质,是探索自然奥秘的一种基本而又有效的方法。

不论是刀耕火种的远古,还是星际遨游的现代,人类总是以无限的激情和不尽的欲望来积极从事所有可能的智力活动。而智力活动的方式,却是人类根据不同时期所能感悟到的物质的尺度而刻意选取的。因此,物质的

中国科学院高能物理研究所 100039

出的,真正实施是1986年,是在“光学粘胶”的基础上再添加一束聚焦高斯激光束。后又发展为“原子陷阱”与“光镊”,被拘捕在“原子陷阱”中的原子,可以以极高的精确度得到研究,可用于设计新型的原子钟与原子干涉仪等。新型原子钟精确度可提高百倍,原子干涉仪可以极其精确地测量引力。“光镊”可用于操纵活细胞和其他微小物体,对生物学和高分子聚合物的研究十分有价值,已有用这种技术控制DNA分子进行长时间细致研究的报道。

尺度可以用来衡量人类在各个时期的智力水平。

随着人类认知过程的进展,物质的尺度也向着一大一小两个方面延伸,一个是极大的宇观尺度,一个是极小的微观尺度。

宇观世界指的是整个宇宙,即总星系。总星系含有上百亿或说 10^{10} 个星系。较大星系的半径为 10^{18} 千米的数量级。我们熟悉的银河系只是一个不算大的星系。业已观测到的宇宙,若把它看做球状,其半径则大于 10^{23} 千米。

我们人类得以衍生和赖以生存的地球,不过是个半径为6385千米的小行星,它环绕着一颗半径约为70万千米的恒星(太阳)运行。太阳位于一个包含上亿颗星的巨大星系即银河系的边缘上。根据天文观测资料的证据和宇宙学标准模型的预言,银河系和其他星系正以每秒几百千米甚至几千千米的速度远离我们而去。这种速率与星系间的距离成正比,即相距越远的星系,飞离的速度也越大。不论是银河系还是宇宙,都像一个被不尽水流灌注着的湖面,它不停地向四周盈溢,日益辽远。

关于1985年诺贝尔物理学奖获得者克利青发现的整数量子霍尔效应与1998年诺贝尔物理学奖获得者施特默、崔琦等3人发现的分数量子霍尔效应和具有分数电荷的新型“粒子”以及1998年6月发现氧的金属态与超导态,都是与低温密不可分。

总之,随着科学技术的不断发展进步,人类在逼近绝对零度的进程中,会不断创造出令人震惊的新奇迹。