

炼出的这种固体溶解于苯中,然后再蒸发,留下的是红褐色的六角形晶体,用光谱分析方法分析证明,晶体中90%是 C_{60} ,其余10%是 C_{70} 。

随后,赫夫曼和克拉奇梅又用X射线和电子衍射方法测得了这种晶体的结构,证明固体中的 C_{60} 分子是足球状结构,其原子间距约1.04纳米。这一结果已于1990年8月在《自然》杂志公开报道。

克罗托和他的同事公布 C_{60} 详细结构的实验结果比赫夫曼等人晚了几天,但他们采用的碳-13核磁共振谱独具特色,能把 C_{60} 和“杂质” C_{70} 分离。结果发现, C_{60} 是一种呈芥子气颜色的固体,在苯中溶解后可得到绛红色溶液,而 C_{70} 是一种淡棕色固体,溶于苯后呈深红色溶液。

克罗托对 C_{70} 的研究具有同样重要意义。因为 C_{70} 的存在有力地证明,球状碳分子有一个“家族”。在 C_{70} 中,10个多余(相对于 C_{60} 而言)的碳原子围绕着球体,产生一种类似“挤压球”(Squeezed sphere)的结构,其中发现有5种碳原子,每种类型的原子比例为10:10:20:20:10。克罗托在测量 C_{70} 分子的碳-13核磁共振谱时,发现有5个峰值的图谱。于是,他们在1990年9月把 C_{60} 和 C_{70} 的核磁共振谱寄给了美国《化学通报》。《新科学家》也在1990年10月13日发表了这一结果。

加利福尼亚圣何塞的IBM奥尔马登研究中心的米恩惠尔(Meanwhile)、唐纳德·贝休恩(Donald Bethune)和杰勒德·米杰(Gread Meijer)不久也用现代光谱分析技术证实了 C_{60} 是球状结构。后来又经过一周的努力,测量了 C_{60} 的碳-13核磁共振谱,并于1990年9月17日把结果寄给了《美国化学协会》杂志。他们只比克罗托在《化学通报》上发表的结果晚7天。由上可见,研究球状碳分子的竞争正在激烈展开。

球状碳分子的制造及其化学性质

C_{60} 分子的球状结构得到证实后,为探索其潜在的用途,需进一步研究其化学性质,这必需足够量的 C_{60} 材料。为此,赖斯大学的斯莫利研究小组改进了早先采用的“钟罩”装置,研制出一种新的 C_{60} 生成装置。它由石墨棒、石墨圆片、弹簧和金属圆筒等组成。在金属圆筒内充进惰性气体,然后在石墨棒和石墨盘之间通以高电流起弧,使石墨棒以每小时10克的速度蒸发。蒸发的烟最后沉积在圆筒内。这种装置的关键是一种简单的削铅笔刀似的器件。如果石墨棒被削得很尖,就容易起弧。赖斯大学的研究小组用这种装置可以在几小时内生成1克左右的球状碳分子。经进一步提纯,就能得到纯 C_{60} 。

研究表明, C_{60} 和氢能生成化合物。用Li、液氨和正丁醇加氢与 C_{60} 反应可生成 $C_{60}H_{18}$ 和 $C_{60}H_{36}$ 。在另一种反应中,这些化合物又重新生成 C_{60} 。这意味着 C_{60} 变成新的分子时,碳分子的球状结构被保存下来。他们做了在 C_{60} 中添加电子的试验,以使其形成带负电荷的离子,从而为生产一系列新的离子盐开辟了途径。目前,有关 C_{60} 分子的化学性质仍在研究之中。

许多科学家认为,发现和研究 C_{60} 球状碳分子的重要意义可以和120年前发现苯(C_6H_6)的环形结构相比拟。那时,由单链和双链交替连接的6-碳环形结构的构想为有机化学家了解和发展整个芳香族化学铺平了道

路。 C_{60} 的发现也可能具有同样的重要性,因为它代表了分子结构中一种崭新的概念。

正如赖斯大学的化学家所指出,由于金属原子和带正电的金属离子可以在球形结构的内部结合,将来这种结构的改进也可以使外在的化学性质得到控制。

现在,大量生产 C_{60} 球状分子看来已没有多大困难,但生成 C_{60} 的装置还需要进一步改进。美国目前至少有三家化学公司在生产、销售作为精细化工材料的球状碳分子,随纯度不同,价格为每克1250~2000美元不等。有人认为,纯度为90%的 C_{60} 材料未来的成本有可能降到每克10美分。有的科学家认为, C_{60} 既可作为新产品的原材料,本身又可作为一种新材料,潜在的用途很广泛,它可以成为润滑剂、半导体、催化剂及超导体等。

C_{60} 的超导性

1991年5月,洛杉矶加利福尼亚大学的一个科研小组宣布,掺杂钾原子的固体 C_{60} 碳分子在19.3K的低温下呈现超导性。

1991年7月,日本的NEC电子公司也宣布,他们用铯和铷原子掺杂的 C_{60} 碳分子在33K时呈现零电阻现象。NEC公司认为,这是在非陶瓷材料中,超导临界温度最高的材料。此外,美国哈佛大学的一个科研小组也报告说,掺杂铯的 C_{60} 碳分子在29.5K呈现超导性。

C_{60} 研究领域在扩大

现在,天体物理学家也对 C_{60} 发生浓厚兴趣,认为在星际空间可能寻找到以离子形式存在的 C_{60} 。1991年3月,IBM的科学家和NASA的埃姆斯研究中心提出研究报告说,他们还没有从默奇森(Murchison)和艾伦(Allende)陨星提取的样品中发现有 C_{60} ,认为可能是碳分子在形成 C_{60} 之前就在空间与氢发生了反应的缘故。显然, C_{60} 发现后,对它的研究又波及到天体物理学领域。

(责任编辑 刘先曙)

科技动态

北京大学合成掺铷碳60超导材料

据报载,北京大学化学系与物理系的科研人员,在1991年7月9日成功合成掺钾碳60的超导材料后,经过半个月的努力,又于7月23日成功地合成了掺铷碳60超导材料。

经中科院物理所国家超导重点实验室交流磁化率测试,新合成的掺铷碳60超导材料的超导起始温度为28K,同时北大物理系电子顺磁共振实验室微波吸收测试证实了掺铷碳60材料的超导性,所测超导起始转变温度为29K。与目前世界掺铷碳60超导材料研究(起始温度为30K)处同一水平。

(《中国物理学会通讯》1991年第2期)