

化学与人类文明

HUAXUE YU RENLEI WENMING

编者 唐玄馨 韩志如



上海科学技术出版社

化学与人类文明

编者 唐文举 韩志娟

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书把化学与生物、物理、地理等学科的知识联系起来,注重化学知识在人类环境、生命、药物、能源、新能源材料、无机非金属材料、信息材料中的应用,力求做到资料翔实、深入浅出,融知识性、趣味性、启发性于一体,培养学生的创新精神和实践能力。

本书可作中学化学教师继续教育用书,也可作中学综合课程的选用教材。

图书在版编目(CIP)数据

化学与人类文明/唐玄馨,韩志如编. —上海:上海科学技术出版社,2001.8

ISBN 7-5323-6005-9

I. 化... II. ①唐...②韩... III. 化学—基本知识
IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 047582 号

责任编辑 计 斌

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销 常熟市第六印刷厂印刷

开本 787 × 1092 1/32 印张 11.5 字数 249 000

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—5 200

定价: 13.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,

请向本社出版科联系调换

前 言

不同学科的交叉、渗透、综合,是全面实施素质教育、培养和谐发展的人的重要的一环。本书在编写时采取了把化学与生物、物理、地理等学科知识联系起来的方法,注重化学知识与生命、环境、能源、信息、材料等科技领域的相互渗透和实际运用,引导读者关心人类、关心自然、关心社会。

本书力求做到资料翔实、深入浅出、通俗易懂、内容新颖、详略得当,融知识性、趣味性、启发性于一体,融科学、技术、社会于一体,融综合性、社会性、实用性于一体,以激发读者的兴趣和求知欲。传播科学知识、科学思想、科学方法,培养创新精神和创新能力以及科学素养和人文素养,这是编著本书的目的。本书适合作中学化学教师继续教育用书以及大学、中学综合知识课程选用教材,同时它也是一本非常受青少年欢迎的科普读物。

蒋良、孙英杰、邓永彬、梁光、杨志春、徐锦泉、于爱琴参加了部分章节的编写工作,周祖同、朱家琦、钱绍友为书稿做了大量工作。在编写过程中参阅了一些专家、同仁的论著,在此表示感谢。

由于作者水平有限,许多新知识正在学习,错误和不足之处在所难免,恳请专家、读者指正。

2001年6月

序 元素的起源

1957年伯比奇夫妇、福勒和霍伊尔以宇宙的元素平均含量(即丰度)为基础,提出了元素在恒星中合成的元素起源假说,简称B²FH(四位科学家姓名的英文字母)理论。这一理论认为,所有的化学元素并非通过单一过程一次形成的,而是由氢通过恒星不同演化阶段逐步合成的,然后由恒星抛到宇宙空间,形成我们观察到的化学元素及同位素。

(1) 氢燃烧 在温度高于 7×10^7 ℃条件下,每4个质子(氢离子)聚变为氦离子(氦核),释放出巨大能量,温度急剧上升,发生第一次热大爆炸。

(2) 氦燃烧 在温度高于 1×10^7 ℃条件下,由氦核聚变为碳-12核和氧-16核等。

由于热大爆炸,氢离子、氦离子、质子、电子等被抛入宇宙。大约 1×10^5 年以后,物质已冷却到电子能和质子结合,一对一形成氢原子。在整个宇宙中大约有 1×10^{80} 个原子,每100个原子里约有8个氦原子和92个氢原子。

(3) α 过程 α 粒子(氦核)与氦相继反应,生成镁、硅、硫、氩等。

(4) 平衡过程 在温度高、密度大的条件下,生成钒、铬、锰、铁、钴、镍等。

(5) 慢中子俘获过程 生成比铁系重的元素。

(6) 快中子俘获过程 也生成比铁系更重的元素。

(7) 质子俘获过程 生成一些低丰度、富质子的同位素。

(8) X 过程 生成重氢、锂、铍、硼等低丰度轻元素。

原子核物理、天体物理和宇宙化学等方面取得的新成果,使 B²FH 理论不断得到补充和修正。温度在 6×10^7 °C 至 4×10^8 °C 发生碳、氧、硅燃烧过程,解释氦至硅、硅至钙等元素的丰度;大爆炸宇宙学说认为,宇宙早期温度很高,生成大量氦,解释氦在很多天体上丰度大的原因;用宇宙线粒子碰撞星际空间的碳-12、氮-14、氧-16、氖-20 等原子,并使其碎裂,来说明锂、铍、硼等轻元素的丰度。

现在,大多数科学家认为,质子聚变(氢聚变成氦,再形成锂、硼等轻元素)和中子俘获(氦轰击轻原子产生中子,轻原子核俘获中子形成较重元素),是宇宙形成化学元素的两个过程,直到今天这两个过程仍在恒星内部继续合成各种化学元素。

目 录

序 元素的起源·····	1
--------------	---

第一章 化学与人类环境

一、水·····	1
二、大气·····	17
三、酸雨·····	27
四、保护地球的生命线——臭氧层·····	37
五、温室效应·····	42
六、汽车与环境·····	47
七、化肥与环境·····	53
八、农药与环境·····	59
九、水体富营养化与赤潮·····	63
十、噪声污染·····	66
十一、居室污染·····	69
十二、预防一氧化碳中毒·····	82
十三、防治白色污染·····	83
十四、激素和环境激素·····	90
十五、警惕食品污染·····	93
十六、废电池与环境·····	98
十七、二噁英与环境·····	100
十八、植物与环境·····	104
十九、绿色化学·····	109

第二章 化学与生命

一、人体内分布最广的有机物——糖类	114
二、人体内的燃料——脂肪	117
三、生命的存在形式——蛋白质	119
四、生命的根源物质——核酸	124
五、生命反应中的催化剂——酶	131
六、维持生命的营养素——维生素	134
七、基因组研究与基因工程	136
八、常量营养元素	141
九、微量营养元素	154
十、有害元素与人体	162
十一、酗酒有害	168
十二、防止亚硝酸盐中毒	170

第三章 化学与药物

一、磺胺药与抗菌素	173
二、消毒剂与杀菌剂	177
三、制酸剂	180
四、抗癌药	181
五、神奇的一氧化氮	183
六、核药物	185
七、远离毒品	193

第四章 化学与能源

一、常规能源——化石燃料	199
二、迅速崛起的能源——核能	208

三、理想的新能源——氢能·····	224
四、化学电池·····	226
五、未来新能源·····	236

第五章 化学与新能源材料

一、太阳能转换材料·····	241
二、储氢金属·····	246
三、稀土储氢材料·····	249
四、储氢碳纳米管·····	250
五、超导材料·····	252
六、高能燃料·····	260

第六章 无机非金属材料

一、新型玻璃·····	263
二、新型陶瓷·····	269
三、碳素材料·····	274
四、研磨材料和耐火材料·····	281
五、多孔材料·····	284
六、非金属矿、宝石·····	288

第七章 化学与信息材料

一、光导纤维·····	293
二、半导体材料·····	296
三、激光材料·····	303
四、发光材料·····	307
五、电光源材料·····	312
六、光敏材料·····	314

七、感光材料溴化银	316
-----------------	-----

第八章 金属元素与功能材料

一、高强度轻合金	320
二、硬质合金和高温合金	326
三、磁性材料	329
四、形状记忆合金	336
五、亲生物金属	338
六、复合材料	341
七、纳米材料	345

第一章 化学与人类环境

《中华人民共和国环境保护法》中把环境定义为“影响人类生存和发展的各种天然和经过人工改造的自然因素的总体,包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜、城市和乡村等”。按照环境的功能不同,可以把环境分为生活环境和生态环境。

人类是环境的产物,人类要依赖自然环境才能生存和发展;人类对环境进行改造,使其更适合人类的生存和发展。但是,人类活动已给自然环境造成了破坏和污染。我国每年因环境污染造成的损失为 2830 亿元。其中,水污染占 500 亿元,大气污染占 200 亿元,生态环境破坏和自然灾害损失 2000 亿元,其他污染如固体废弃物排放、噪声污染等损失也高达 130 亿元。国家工业规划布局失误、调控措施不力和公民环保意识不强,是造成损失的主要原因。

一、水

水是氢和氧的化合物,地球表面的四分之三被海洋、江河、湖泊中的水覆盖,十分之一被冰川覆盖。从太空观察,地球是个美丽的蔚蓝的水球。此外,地层、大气、生物体内都含有水。

1. 奇妙的物理性质

18 世纪末叶前,人们一直认为水是一种元素。在 1781 年

卡文迪什指出氢在空气中燃烧时生成水。水的化学式是 H_2O ，水分子是V形结构的极性分子。水分子有很强的极性，一个水分子中的氢原子会同另一个水分子中的氧原子之间产

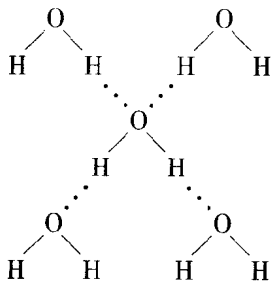


图1-1 水分子间的氢键

生较强的分子间作用力即氢键，在液态水中经常是 n 个水分子通过氢键结合起来，形成 $(H_2O)_n$ （如图1-1所示）。

纯水是无色无臭的液体。水的比热容为4.2千焦/千克·开。在所有液态和固态物质中，水的比热容最大，这说明破坏氢键需很大能量。温度升高时，氢键数减少，但即使在 $100^{\circ}C$ 时仍有足够多的氢键，使得水蒸发汽化时吸收的热量比其他液体多。

水有较大的比热容这一性质，对调节地表气温起着巨大作用。沿海一带白天受到太阳光照射，由于水的比热容大，海水温度升高吸收大量热，所以气温不会很高；到了夜间，海水温度降低，又放出大量热，使气温不致降得很低，从而起到调节地表气温的作用。而在岩石嶙峋的月球表面，由于石头比热容只是水的比热容的五分之一，温度可由 $120^{\circ}C$ 变至 $-150^{\circ}C$ 。工业生产上把水作为热传导的介质，就是利用水的比热容大这一特性。

维持地表气温相对恒定的另一个原因是水具有高蒸发热。到达地表的太阳热量约有三分之一为地球上的水蒸发所抵消。要不是水的比热容大、蒸发热高，大部分水会处于液态和固态，地球上的生命也许完全不是现在这样，或者根本不存在。人体温度得以维持在一定范围内，很大程度上也是由于同样原理，新陈代谢放出的大部分热量为透过皮肤毛孔的水所消除。

绝大多数物质有热胀冷缩现象,而水在 4°C 时体积最小,密度最大,为1千克/升。这是因为在固体冰的结构中,水分子间以氢键互相联结,形成一种敞口结构,这种结构有许多空隙,造成体积膨胀,密度减小,因而冰能浮于水面上(如图1-2所示)。

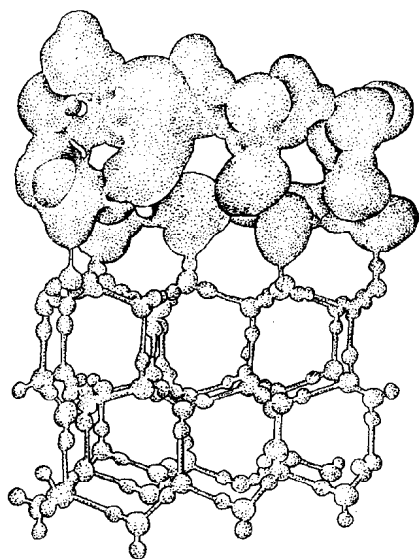


图1-2 冰的结构

水的这一性质对于水生动、植物的生存有着重要意义。严冬季节冰封江、湖、河面时,由于冰比水轻,它浮在水面,使下面水层不易冷却,有利于水生动、植物生存。水在 4°C 时密度达最大值,在气温急剧下降的夜晚,水面上较重的水层向水底下降,与下部水层更换,这种循环过程使得溶解在水中的氧以及其他营养物质得以在整个水域分布均匀,这也有利于水生生物生长。

2. 水是生命的源泉

前苏联生物化学家奥巴林指出,在生命出现前原始大气层由甲烷、水蒸气、氨气等还原性气体组成,这些气体在日光下发生光化学反应:



接着,以氰化氢和甲醛为起始物合成氨基酸、有机碱、糖等前生命有机物。

1953年美国科学家米勒做了一个模拟实验:近似原始大气的甲烷、氨气、氢气和水的混合气体,在受模拟太阳的紫外线照射一周后,产生了甘氨酸、丙氨酸;后来,经过改进,在实验中发现产生核酸的重要成分腺嘌呤。

生命孕育于海洋。积聚于原始海洋里的前生命有机物,愈来愈多地形成较复杂的氨基酸,包括有生物活性的磷酸化氨基酸。我国科学家赵玉芬首次发现并论证这是生命起源的种子。氨基酸又结合成多肽、嘌呤碱、嘧啶碱、糖、磷酸,或结合成核苷酸,经过若干年代,又逐渐形成蛋白质和核酸;再通过随机的结合,形成能自我复制的DNA分子。这就是在生物体本身进化之前,所必须经历的由“前生命物质”进化为原始生命的“化学进化”时期。

3. 水是宝贵的自然资源

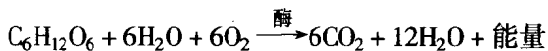
人的生命离不开水,成人体内含水量一般约占人体质量的60%左右。一个成年人平均每天补充水2.5~4升;一个60岁的人摄入体内的总水量可达55吨。水在人的生理活动中起着重要作用,水在人体内大部分以缔合形式(H_3O_4^+)存

在。食物要靠唾液、胃液等消化,然后由血浆、组织液、淋巴液来吸收、运送、处理。水在人体中还起着调节体温、溶解食物、排泄废物等作用。呼吸更需要水,每天因呼吸及蒸发就会失水 0.5 升。

人体失水 2% ~ 5%,就要补充水。如果因流血或出汗过多而丧失 10%的水,生理机能就会失调;人体内失水在 14% 以上时,体内产生的毒物不易排出;丧失 22% 以上的水,则会导致死亡。中老年人由于体内固有水减少,皮肤干燥无光泽、皱纹增多,易患皮炎、便秘、肾脏病等症。

要合理饮水,通常每天要喝 8 ~ 10 杯水(每杯 300 毫升)。一要保证水质;二要及时饮水,不要等口渴时才喝水,因为这时体内已脱水,体内水分已失去平衡;三要提倡餐前空腹饮水,即于早、中、晚三餐之前约一小时左右喝一杯水。餐前饮水可保证人体分泌出必要的足够的消化液,促进食欲,帮助消化。其中,以早餐前空腹饮水尤为重要,有利于大便通畅以及体内毒物尽快从尿液排出,又清洗了胃中残物。老年人冠心病、心绞痛和心肌梗死的时间大多发生在上午,其原因之一就是由于经过一夜睡眠,不少水分以汗液、尿液及呼吸排出体外,血液变粘,血管腔内因血流减少而变窄,易发生供血不足,甚至有闭塞的危险。因此,有人主张老年人起床后喝 200 ~ 400 毫升温开水。

植物通过光合作用制造养料,通过呼吸供给能量,在这两种作用中都有水参加:



植物所需的养分,也需溶解在水中才能被吸收,并送到植物体各部分。水不仅构成了生物体内的组织液,而且完成了作为多种多样的生物体内化学反应媒介的任务。

工、农业生产都离不开水,世界上用于工、农业的淡水量占人类消耗淡水总量的 60% ~ 80%。在工业上水可用作原料水、冷却水、加热用水、反应溶剂、洗涤用水、锅炉用水等;水可以发电;水上航运在人类生产、生活中作用也极大。

4. 水的净化、纯化、软化

天然水中的化学成分很复杂,在自然循环的过程中会与大气中多种物质相接触,而水又是一种极好的溶剂,在渗过土壤以及江河中流动时又会溶入各种盐类及可溶有机物,因此天然水中含有各类杂质。这些杂质可分为:悬浮物质,如细菌、藻类及原生物质、泥沙、粘土等;溶解的气体,如 O_2 、 NH_3 、 H_2S 、 CO_2 以及少量 N_2 、 CH_4 、 H_2 、 NO_x ;溶解的盐,如氯化物、硫酸盐以及钠、钾、钙、镁、铝、铁的酸式碳酸盐,微量元素有 Br^- 、 I^- 、 F^- 、 Co 、 Ni 、 Cu 、 Ti 、 U 、 Au 、 Ba 等;溶解的有机物,即来自动植物的腐烂物。

为了使天然水达到生活用水标准,就必须净化,如图 1-3 所示为水净化过程示意图。

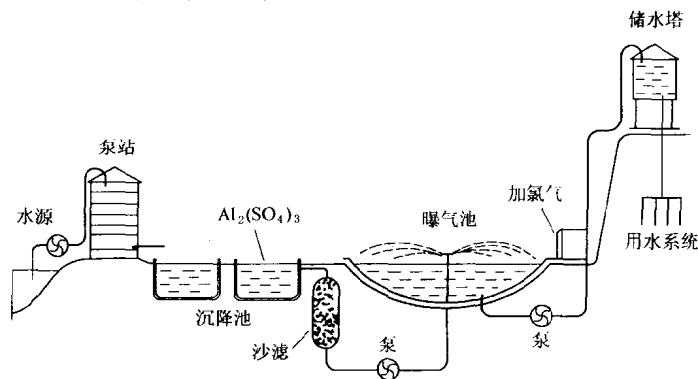


图 1-3 水净化过程示意图

我国规定饮用水质量标准为： $\text{pH}6.5 \sim 8.5$ ； Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 总浓度小于 0.0045 摩/升；细菌总数小于 100 个/毫升。

硫酸铝 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 是沉降剂，它在水中会发生水解反应，生成氢氧化铝 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 白色絮状沉淀物，在其沉降过程中吸收水中悬浮物，一并带下，所以能净水。

一般用氯对饮水进行消毒，氯可杀灭病原微生物以及除去汞、锰、氰等有害物质，但氯本身又造成污染，含多达 129 种有机化合物，其中三氯甲烷等有致癌作用。我国规定饮水中氯仿 CHCl_3 最高浓度小于 60 微克/升。刚煮沸的水中氯代物含量超标，煮沸 $2 \sim 3$ 分钟可使三氯甲烷大部分挥发消失。经常喝用氯消毒的水或用这种水洗澡，可能导致患前列腺癌和膀胱癌。许多国家已开始采用 ClO_2 或臭氧消毒饮水。

用氯消毒可能有臭味。长期食用用氯处理过的食物（白面粉、猪肉等），可能导致人体摄取的食物不饱和脂肪酸活性减弱，产生活性毒味，对人造成潜在危害。

经过净化得到的水只是看上去干净些，仍含一定量的化学物质。生物性污染基本消除了，但“自来水”有可能不十分“干净”，某些有毒有害的物质还存在。据美国国立癌症研究所 1978 年的资料显示，美国饮用水中所发现的致癌、致突变、促癌物质有数十种（主要是一些卤代烃、酚、炔、芳烃、苯并芘等）。在需用纯水的场合，比如药剂和注射用水、超纯物质制备、配制化学试剂等场合，就必须把水进一步纯化。纯化的方法一般有蒸馏法、反渗透法和离子交换法。

水中若含有较多的钙离子 (Ca^{2+})、镁离子 (Mg^{2+})，则称为硬水。一些可溶性的钙、镁化合物如碳酸氢钙和碳酸氢镁，在加热时会形成 CaCO_3 以及 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀，产生水垢，使传热变差、降低效率、浪费燃料，甚至会因锅炉中水垢产生裂缝，