

学科创新思维教育导学丛书  
XUEKE CHUANXIN SIWEI JIAOYU DAOXUE CONGSHU

# 元素化学

YUANSU HUAXUE

朱立峰  
◎ 编著



深圳出版发行集团  
海天出版社

0611-49  
20131

学科创新思维教育导学丛书

# 元素化学

朱立峰 编著

深圳出版发行集团  
海天出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

元素化学 / 朱立峰编著. — 深圳 : 海天出版社,  
2013. 1  
(学科创新思维教育导学丛书)  
ISBN 978-7-5507-0601-9

I. ①元… II. ①朱… III. ①化学元素—普及读物  
IV. ①0611-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第264636号

## 元素化学

Yuansu Huaxue

出品人 尹昌龙  
出版策划 毛世屏  
责任编辑 班国春 杨永钢  
责任技编 蔡梅琴  
装帧设计 

---

出版发行 海天出版社  
地 址 深圳市彩田南路海天综合大厦7-8层 (518033)  
网 址 www.htph.com.cn  
订购电话 0755-83460293 (批发) 83460397 (邮购)  
设计制作 深圳市线艺形象设计有限公司 Tel: 0755-83460339  
印 刷 深圳市华信图文印务有限公司  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 15.5  
字 数 400千  
版 次 2013年1月第1版  
印 次 2013年1月第1次  
印 数 1—3000册  
定 价 25.00元

---

## 编写说明

新编普通高中化学课程标准实验教科书（以下简称新教科书），在化学元素知识的教材处理方面做了大胆的改革尝试。它打破了原有的知识结构体系，弱化了按照元素自然族介绍元素化合物的做法，“不再追求从结构、性质、存在、制法、用途等方面全面系统地学习和研究有关的物质，而是从学生已有的生活经验出发，引导学生学习身边的常见物质，将物质性质的学习融入有关的生活现象和社会问题的分析解决活动中，体现其社会应用价值”。这对于克服传统课程过于强调学科本位、忽视学生已有的生活经验、理论与实际相脱离的弊端，的确起到了十分重要的作用。

但是，正如教育部化学课标研制组组长王磊教授所说，新教科书只是在教学“内容的组织线索、具体化合物知识内容的选取以及处理的深广度、学习的重点和方式”等方面“有较大的变化”。而按照国家新颁布的课程标准，所有的“元素化合物知识内容在覆盖面上与现行课程（即传统课程）的差别不大”，有的新知识介绍甚至还超过了原有课本的标准。

这样一来，问题就出现了，学生在学习过程中虽有生活经验的参与，有独立自主地课堂探究活动，然而在比以往少得多的课时内，要完成与过去相同的元素化合物知识的积累，实在是勉为其难。加之新教科书打破了原有自然族的知识结构体系，学生普遍感觉学到的元素知识支离破碎，构建不起联系，这就更增加学习的困难。同时，必修课程结束以后，不再有无机元素知识模块的教学，这对于选修化学专业的学生来说，无疑是求“教”无门（因为新教科书上本来就没有元素知识的系统介绍），雪上加霜！

笔者多年工作在高中化学教学第一线，参与了国家新一轮课程改革从启动到实施的全部教改实践，是“广东省普通高中新课程实验研究组”的成员，先后参与了国家新课程标准初、高中化学教材（广东教育版）的编写工作，并且过去曾长期主持一个学校的教科研工作。广东省成为国家新课程改革的实验区后，本人又亲自执教了从必修到选修的化学所有教学模块，应该说，自己是既熟悉新课程改革的理念，又懂得第一线教学业务的教育工作者。根据现实教学中存在的问题，本着对课程改革和对学生负责任的态度，笔者选择了以校内课程的开设充实元素知识的教学，从而弥补选修化学专业的学生在元素化学知识上的不足，同时着手编写了《元素化学》这本主题拓展教材。

显然，《元素化学》一书是因应课程改革的现实需要而编写的。从最初的设计构思，到材料的组织选择，再到内容的呈现形式，本人的目标和宗旨只有一个，就是服务于新课程背景下的化学教学，因而创作的目的十分明确，这就形成了本书最为显著的三个特点：

第一，从教学和学生学习的实际出发，编写内容既要弥补学生元素化学知识的系统性不足，但又必须求精从简，不能走传统教材“繁、难、偏、旧”的老路。由于学

生已有化学必修 I 和必修 II 的学习基础，教学内容的展开不必像以往教科书那样详细叙述，面面俱到，所有核心知识都采用归纳列表的方式，这样既简捷而明晰，便于学生的课余记忆，同时又有助于学生进行元素知识的系统复习与总结。

第二，既然是补充教材，它就应该有别于现行的教科书。本书的每一节教学内容之后，都有一组系统的强化训练题（约30分钟的题量），既有基础知识题，也有拓展提高题，有些就是精选的近几年的高考试题。每一章后，又有一组完全模拟高考的单元测试题（以近5年的高考试题为主）。因此，本书又具有高考专题复习指导教辅书的功能，明确强调习题的针对性训练服务于新课程背景下的化学高考。

第三，为了拓展学生学习的视野，丰富学生元素知识的储备，本书在每一节后，都安排了一个“元素趣谈”的栏目，一节安排一个同族相关元素的探讨，通俗而生动地介绍该元素的发现、特性及其应用，并以该元素在日常生活和现代高新技术领域中的应用知识为主。这样做显然已不仅仅是知识的拓展，而是大大增加了教材的趣味性和可读性，因而本书也具有新课程所倡导的“从生活走进化学，从化学走向社会”的最新科普读物的功能。

不难看出，《元素化学》是集元素化合物知识教学、高考专题复习指导及科学普及读物三种功能于一身的综合性读物。它是我校承担广东省教育科研“十二·五”规划（重点）课题“学科创新思维教育的研究与实践”中开发形成的一门学科主题拓展性课程，同时也是为完成国家课程为目的而编制形成的校本教材。它不仅适用于高三学生复习备考中的专题指导，更适合高一、高二学生作为自主探究学习的课外读本。

国家新课程（化学）标准《编写说明》中指出：课程“标准没有明确给出和限定要学习这些元素的哪些具体的化合物，一方面希望给教材编写和实际教学多一些选择的空间，同时也考虑到学时数的限制。”应该说，课程专家们的这一设计思路是正确的，他给第一线的老师根据学科教学实际、有针对性地编写校本教材和地方教材留出了选择的空间。因此，笔者所做的工作，正是在这个方面所作的一次有意义的尝试。

由于课程改革是一项全新的教育实践，开发学科主题拓展性课程并编写相应的教材所遇到的问题也都是新问题，有许多东西尚待进一步探讨和研究，加之笔者学识谫陋，时间仓促，书中疏谬之处定有不少，竭诚欢迎使用者批评指正。

编者

2012年8月20日

# 目录

CONTENTS

<b>第一章 卤族元素</b> .....	1
第一节 氯的元素家族 .....	1
第二节 氯元素及其单质 .....	6
第三节 氯的重要化合物 .....	13
第四节 卤族元素的性质 .....	19
<b>第二章 氧族元素</b> .....	32
第一节 氧的元素家族 .....	32
第二节 氧和硫的单质 .....	38
第三节 硫氧化物与硫化物 .....	45
第四节 硫的含氧酸及盐 .....	52
<b>第三章 氮族元素</b> .....	65
第一节 氮的元素家族 .....	65
第二节 氮元素及其单质 .....	69

第三节 氨与铵态氮肥 .....	74
第四节 硝酸及硝酸盐 .....	79
第五节 磷及其重要化合物 .....	83
<b>第四章 碳族元素 .....</b>	<b>91</b>
第一节 碳的元素家族 .....	91
第二节 碳及其化合物 .....	98
第三节 硅及其化合物 .....	104
第四节 无机非金属材料 .....	112
<b>第五章 碱金属元素 .....</b>	<b>125</b>
第一节 碱金属元素家族 .....	125
第二节 钠元素及其单质 .....	130
第三节 钠的重要化合物 .....	134
第四节 碱金属的性质 .....	139
<b>第六章 重要金属元素 .....</b>	<b>150</b>
第一节 金属镁和钙 .....	150
第二节 铝及其化合物 .....	156
第三节 铁及过渡元素 .....	165
第四节 金属的通性 .....	175
<b>参考答案 .....</b>	<b>191</b>

## 第一章 卤族元素

卤族元素，希腊原文为成盐元素的意思，包括氟(F)、氯(Cl)、溴(Br)、碘(I)、砹(At)五种元素，简称为卤素。因为这些元素是典型的非金属，它们皆与典型的金属——碱金属化合生成典型的盐而得名。

### 第一节 氯的元素家族



#### 核心知识

氯是我们最熟悉的元素，与氯性质相似的卤素家族成员都位于周期表的第VIIA族。其中砹是放射性元素，在自然界含量很少，在中学化学里不作研究。

卤族元素的性质相似，是因为它们原子的最外层都有7

个电子，其特征电子构型均为 $ns^2np^5$  ( $n=2\sim6$ )。因此，卤族元素的原子都容易从其它原子获得1个电子，从而生成-1价的化合物。它们的最高正价都是+7价(氟例外)，同时也还能显示+1、+3、+5等多种价态。

卤族元素原子的最外电子层上虽然都有7个电子，但它们的核外电子层数却各不相同，按氟、氯、溴、碘的顺序依次增多，其单质的一些物理性质有如下表所示：

表1-1 卤族元素及其单质的重要性质

元素	核电荷数	单质	颜色和状态	密度 ( $g \cdot L^{-1}$ )	熔点 ( $^{\circ}C$ )	沸点 ( $^{\circ}C$ )	溶解度 (100g水中)
氟	9	$F_2$	淡黄绿色气体	1.69	-219.6	-188.1	与水反应
氯	17	$Cl_2$	黄绿色气体	3.214	-101	-34.6	$226cm^3$
溴	35	$Br_2$	深红棕色液体	3.119	-7.2	58.78	4.17g
碘	53	$I_2$	紫黑色固体	4.93	113.5	184.4	0.029g

随着核电荷数的增加，卤族元素的原子半径逐渐增大(如图1-2所示)，核对外层电子的引力逐渐减弱，在化学反应中得电子能力逐渐减弱，失电子能力逐渐增强，非金属性逐渐减弱，因而其化学性质也呈现出规律性的变化。

根据已学过的原子结构和元素周期律的知识，我们可以对卤族元素的结构特点及性质递变规律归纳如下：

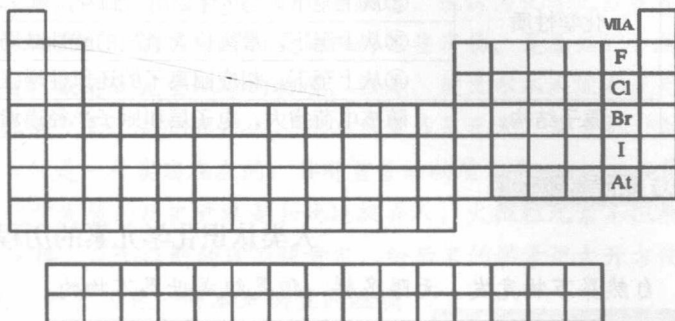


图1-1 卤族元素在周期表中的位置



图1-2 卤素的原子大小示意图  
(图中数据的单位为 $10^{-10}m$ )



表1-2 卤族元素的原子结构特点及性质递变规律

卤素		氟(F)、氯(Cl)、溴(Br)、碘(I)
性质与结构		
共同特点	物理性质	单质均有色, 颜色变化和状态(气-液-固)变化有规律
	化学性质	①最高正价为+7(氟例外)、最低负价-1
		②气态氢化物的化学式为HR (R为-1价)
		③最高价氧化物为 $R_2O_7$ , 对应水化物为 $HRO_4$ (氟例外)
原子结构	原子的最外电子层构型相同, 均为 $ns^2np^5$	
差异与规律	物理性质	从左至右, 单质的熔沸点、密度升高, 颜色渐深
	化学性质	①从上至下, 元素的非金属性、氧化性减弱
		②从上至下, 与 $H_2$ 化合由易到难, 氢化物的稳定性减弱
		③从上至下, 最高价含氧酸的酸性减弱, 无氧酸性增强
		④从上至下, 相应阴离子的还原性增强
原子结构	随核电荷增大, 电子层和原子半径递增, 得电子能力减弱	



## 元素趣谈

## 人类认识化学元素的历程

自然界万物竞发, 无限多样, 但是组成世界万物的基础——化学元素, 却不是无限多样的, 而是有限的100余种。它们不是彼此孤立地存在着的, 而是形成一个完整的化学元素周期体系。元素周期律迟至19世纪60年代才发现, 化学从此才第一次具备较完整的理论体系。历代的化学家们研究和发现化学元素, 曾经走过一条坎坷不平的艰辛道路。

我国远在商、周时代就开始研究元素。在战国时代形成了金、木、水、火、土“阴阳五行”说, 在古希腊, 有火、气、水、土“四元素”说。在古印度的孔雀王朝时代, 也产生了地、水、风、火“四大元素”说。

在古代, 无论中国和外国, 对于物质构造的认识, 基本上可归纳为两种理论: 一种是原子论, 它要讨论的问题是物质无限可分呢, 还是分割有限而具有不可再分割的最小单位; 另一种是世界万物的本原有多少, 由一原论、二原论演变为多原论, 这就是前面提到的元素说。

古代原子论虽然提出了正确的命题, 但是, 当时的生产技术水平很低, 还远远不能建立在科学实验的基础上, 只能是一种主观的臆测, 因而遭人怀疑甚至反对, 得不到普遍承认, 在各种科学技术或工艺上也没有具体地运用。

元素论就大不相同了。它是从具体事物中概括归纳出来的, 有一定的经验事实作为基础, 因而成为大家承认的古代物质构造理论。比如说, 古希腊四元素说的含义是: 自然界本来存在着热、冷、干、湿四种相互对立的“原性”, 由四种“原性”组合, 生成火、气、水、土四种元素。

显然这种元素论并不是现代人们所认识的元素, 它属于“原性理论”的哲学范畴。这里元素的概念主要是指物质的性质。由于这种“原性”的元素观念禁锢着人们的思想, 化学家们经过了一千多年的实践和斗争, 才从“原性”元素观念中解放出来, 建立了科学的元素理论。

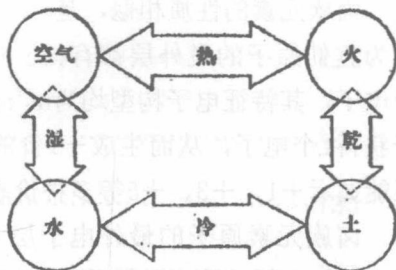


图1-3 古代的“四元素”说

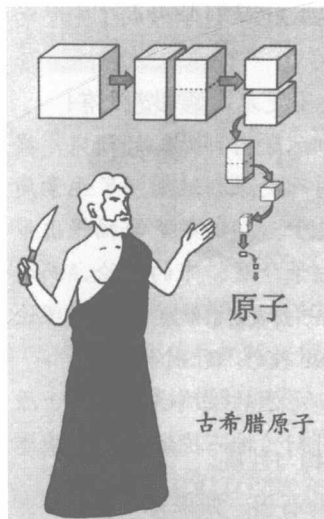


图1-4 希腊哲学家  
德谟克利特提出的“原子”

大家都听说过古代炼金术的故事吧！中国古代的炼丹术士和西方的炼金术家们，都是献出毕生的精力从事化学实验工作的。但是他们深深地信仰着“原性”元素的理念，梦想着改变贱金属的性质，点石成金，或者把铅、汞等物质多次炼制，获得长生不老的仙丹灵药。一千多年的漫长岁月过去了，他们的狂热追求仍然是徒劳无功，一事无成。

历史的教训深刻地教育着人们。直到17世纪70年代，英国化学家玻义尔在观察和实验的基础上，写出《怀疑派化学家》这一名著，发出了怀疑古代元素论的呼声，公开向传统的化学观念挑战，同时提出了化学元素的科学概念。他认为化学元素是用一般化学方法，不能再分解为更简单的某些实物，是原始的和简单的物质，或者是完全纯净的物质。但是，玻义尔本人没有发现一个具体的元素，却仍然把火、气、水看作是元素，甚至把“火微粒”看作是一种实实在在的、具有重量的物质元素。

化学发展的历史竟然是如此地捉弄人，火微粒元素不但没有在理论上从玻义尔的怀疑眼光中清除掉，反倒以新的理论被肯定，给后来的燃素说大开方便之门。燃素被视为具有负重量的物质，燃素说是一种本末倒置的燃烧学说。但它是同炼金术理论相对立的，对于破除炼金术的迷信，发挥了积极作用。

18世纪下半叶英国化学家普利斯特列等人发现氧。法国化学家拉瓦锡据此建立了燃烧的氧素理论，证明燃素的不存在，否定了燃素学说，这才真正确立了科学的元素论。

既然物质是由元素构成的，那么，元素又是由什么构成的呢？1803年，英国化学家道尔顿创立的原子学说进一步解答了这个问题。

原子学说的主要内容有三点：1. 一切元素都是由不能再分割和不能毁灭的微粒所组成，这种微粒称为原子；2. 同一种元素的原子的性质和质量都相同，不同元素的原子的性质和质量不同；3. 一定数目的两种不同元素化合以后，便形成化合物。

原子学说成功地解释了不少化学现象。随后意大利化学家阿伏加德罗又于1811年提出了分子学说，进一步补充和发展了道尔顿的原子学说。他认为，许多物质往往不是以原子的形式存在，而是以分子的形式存在，例如氧气是以两个氧原子组成的氧分子，而化合物实际上都是分子。从此以后，化学由宏观进入到微观的层次，使化学研究建立在原子和分子水平的基础上。

在这以后，许多金属和非金属元素相继被发现。到1871年，已经发现了63种元素。在化学家面前，自然地就提出了研究化学元素与化学性质关系的新研究课题。

1869年俄国化学家门捷列夫发现了元素的性质随着原子量增加而呈现周期性变化的规律，即化学元素周期律。由元素所组成的一个完



图1-6 道尔顿像  
(1766~1844年)



图1-5 玻义尔像  
(1627~1691年)

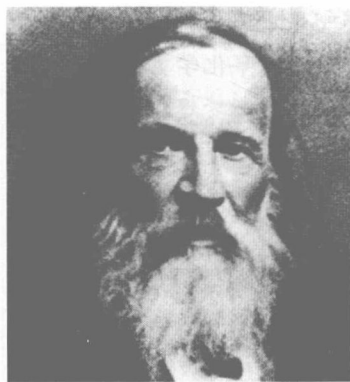


图1-7 门捷列夫像  
1884~1907

整的周期体系，称为元素周期系。从此化学科学形成了完整的理论体系。

人类对化学元素的认识，至此是不是完成了呢？没有！

20世纪以来，化学进一步深入到原子内部结构的研究，提出了原子结构和原子核结构理论，因而更深刻地阐明了元素周期律的本质。1904年汤姆生发现了电子，1911年卢瑟福提出带核原子结构模型，1915年玻尔提出电子分层排布的理论，而现代量子力学的发展，又为化学研究原子和分子结构提供了理论依据和新的方法，人类历史从此真正进入到原子时代！

元素是由同种原子组成的物质，元素的性质主要决定于原子价壳层电子的排布。核外电子的周期性排布决定了元素性质

的周期性变化。原子量是由质子和中子组成的原子核质量所决定的，原子序数即为核电荷数，与核外的电子数相同。同一种元素由于中子数的不同，尚存在不同的同位素。到本世纪50年代已经基本上弄清了元素周期律的本质。

在原子和原子核结构理论的指导下，自上世纪40年代起，开始人工合成92号元素铀以后的新元素。到目前为止，已经人工合成出第112号元素。这些人工合成的新元素称为“超铀元素”。

以核反应和核裂变为研究对象的核化学，实现了古代炼金术家的梦想，可以成功地把贱金属汞转变为金元素，而且人工合成了许多新元素，被人们称为“新炼金术”。但是这是现代科学的新成就。古代炼金术的理论和方法早已成为历史的陈迹。



图1-9 卢瑟福提出带核原子结构模型

以核反应和核裂变为研究对象的核化学，实现了古代炼金术家的梦想，可以成功地把贱金属汞转变为金元素，而且人工合成了许多新元素，被人们称为“新炼金术”。但是这是现代科学的新成就。古代炼金术的理论和方法早已成为历史的陈迹。

人工合成新元素给人们提出了新问题，究竟还能合成多少新元素，有没有止境？元素周期表的尾端在哪里？由于核物理学的发展，有人提出了核内质子和中子的层状结构模型，统计了各种核的稳定性规律，指出具有所谓“幻数”的质子或中子能够形成特别稳定的核。这些幻数是2、8、20、28、50、82、114、126、184等。因而进一步提出了“超重核稳定岛”的假说。于是科学家们预言了113号至120号元素的物理化学性质。也有的科学家宣布在陨石中得到114号元素，在独居石中得到116、124和126号元素。科学家们千方百计到自然界中去寻找、或者人工制造超重元素。但是这些都还没有取得最后的科学证实。

人类的认识能力是无限的。科学的发展无止境。人们对于化学元素的认识，正在不断地深入和发展。



图1-8 汤姆生发现电子

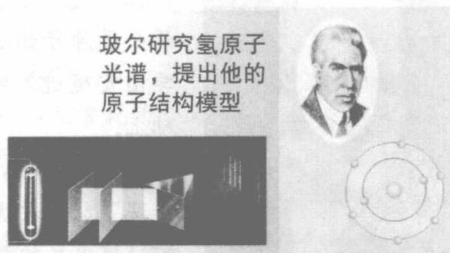


图1-10 玻尔提出电子分层排布的理论

## 习题训练

## 一、选择题:

1. 标志着近代化学诞生的重要发现是 ( )  
 A. 阿伏加德罗定律 B. 黑火药的发明 C. 元素概念的提出 D. 舍勒发现氧气
2. 研究物质的物理性质, 最常用到的研究方法是 ( )  
 A. 观察 B. 实验 C. 假说 D. 模型
3. 研究物质化学性质时, 运用最多的研究方法是 ( )  
 A. 分类 B. 实验 C. 假说 D. 模型
4. 研究物质性质一般可分为四个步骤: ①观察物理性质; ②验证或探究物质的性质; ③预测化学性质; ④分析现象并解释。你认为其正确的程序应为 ( )  
 A. ①③②④ B. ③④①② C. ②④③① D. ①②④③
5. 下列粒子中化学性质最活泼的是 ( )  
 A.  $\text{Na}^+$  B.  $\text{Cl}$  C.  $\text{Cl}_2$  D.  $\text{Cl}^-$
6. 下列单质中, 最容易跟氢气发生反应的是 ( )  
 A.  $\text{O}_2$  B.  $\text{N}_2$  C.  $\text{F}_2$  D.  $\text{Cl}_2$
7. 下列物质中, 属于纯净物的是 ( )  
 A. 氯水 B. 氯化氢 C. 液氯 D. 漂白粉
8. 粗盐在潮湿的空气中易潮解是由于含有 ( )  
 A.  $\text{KCl}$  B.  $\text{MgCl}_2$  C.  $\text{AlCl}_3$  D.  $\text{MgSO}_4$
9. 下列7种物质: ① $\text{Na}_2\text{O}$  ② $\text{Na}_2\text{O}_2$  ③ $\text{NaCl}$  ④ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液 ⑤ $\text{NaOH}$  ⑥ $\text{NaHCO}_3$  ⑦ $\text{NaClO}$ , 其中不能与 $\text{CO}_2$ 反应的是 ( )  
 A. ①④ B. ②⑦ C. ③⑥ D. ⑤⑥
10. 下列关于卤素的叙述, 正确的是 ( )  
 A. 单质的颜色随核电荷数的增加逐渐加深  
 B. 氢化物的稳定性随核电荷数的增加逐渐增强  
 C. 单质与水反应均可表示为 $\text{X}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HX} + \text{HXO}$   
 D. 随核电荷数的增加,  $\text{X}^-$ 的半径递增, 还原性递减
11. 人患甲状腺亢进病是由于人体缺少元素 ( )  
 A. 钠 B. 氯 C. 铁 D. 碘
12. 下列关于砹(85At)及其化合物的说法中, 正确的是 ( )  
 A. 稳定性:  $\text{HAt} > \text{HCl}$  B. 氧化性:  $\text{At}_2 > \text{I}_2$   
 C.  $\text{At}_2$ 为分子晶体 D.  $\text{NaAt}$ 的水溶液呈碱性
13. 为了探索月球上是否有生命存在的痕迹, 就要分析月球岩石中是否包藏有碳氢化合物(当然这仅仅是探索的第一步)。科学家用氘盐酸( $\text{DCl}$ )和重水( $\text{D}_2\text{O}$ )溶液处理月球岩石样品, 对收集的气体加以分析, 结果只发现有一些气体状态的碳氘化合物。这个实验不能用普通盐酸, 理由是 ( )  
 A. 普通盐酸的酸性太强  
 B. 普通盐酸具有挥发性  
 C. 普通盐酸和月球岩石中的碳化物无法反应

D. 无法区别岩石中原来含有的是碳化物，还是碳氢化合物

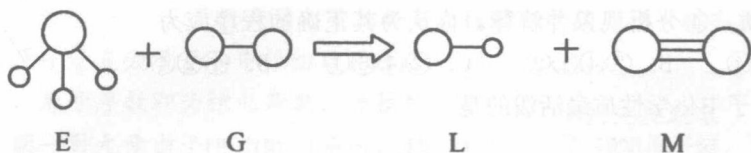
14. 钛被誉为“未来钢铁”、“太空金属”，原因是它的强度大，密度小，抗腐性能好，室温下，它不与水、稀盐酸、稀 $H_2SO_4$ 、稀 $HNO_3$ 作用，但易溶于氢氟酸，推测其原因是 ( )

- A. 氢氟酸的酸性比其他酸强      B. 氢氟酸的氧化性比其他酸强  
C. 氢氟酸的还原性比其他酸强      D. 钛离子易与氟离子形成可溶性难电离物质

15. 下列各组离子中，能在溶液中大量共存的是 ( )

- A.  $Ba^{2+}$ 、 $Cl^-$ 、 $Na^+$ 、 $SO_4^{2-}$       B.  $Ag^+$ 、 $NO_3^-$ 、 $K^+$ 、 $CO_3^{2-}$   
C.  $Cu^{2+}$ 、 $Cl^-$ 、 $Ag^+$ 、 $OH^-$       D.  $Na^+$ 、 $OH^-$ 、 $K^+$ 、 $SO_4^{2-}$

16. 已知三角锥形分子E和直线形分子G反应，生成两种直线形分子L和M（组成E、G、L、M分子的元素原子序数均小于10）如下图，则下列判断错误的是 ( )



- A. G是最活泼的非金属单质      B. L是极性分子  
C. E能使紫色石蕊试液变蓝色      D. M化学性质活泼

17. 自来水生产时，用适量的氯气来杀菌消毒。市场上有些不法商贩为牟取暴利，用自来水冒充纯净水出售。为辨别真假，可用下列一种化学试剂来鉴别，该试剂是 ( )

- A. 酚酞试液      B. 氯化钡试液      C. 氢氧化钠试液      D. 硝酸银试液

18. 将KCl和KBr混合物13.4g溶于水配成500mL溶液，通入过量 $Cl_2$ ，反应后将溶液蒸干得固体11.175g，则原所配溶液中 $K^+$ 、 $Cl^-$ 、 $Br^-$ 的物质的量浓度之比为 ( )

- A. 3:2:1      B. 1:2:3      C. 1:3:2      D. 3:1:1

## 二、计算题

19. 两块铁片分别与足量的盐酸和氯气反应，测得生成的氢气和消耗的氯气的分子数相同，试推断两块铁片的质量比。写出分析、推断的过程。

20. 取1.625g  $FeCl_x$ 溶于水加足量 $AgNO_3$ 溶液，产生的沉淀经洗涤、干燥后称得质量为4.305g，求x值和氯化物的化学式。

21. 将一定量氯气通入250ml KBr溶液中，反应后将固体蒸干，测知所得固体中含溴元素10g，且 $K^+$ 与 $Cl^-$ 的物质的量之比为2:1。求：

- (1) 通入氯气的体积（标准状况）；  
(2) 原溴化钾溶液的物质的量浓度。

## 第二节 氯元素及其单质

### 核心知识

氯气( $Cl_2$ )分子是由2个氯原子构成的双原子分子。在通常情况下，氯气呈黄绿色。在压强为101kPa、温度为 $-34.6^\circ C$ 时，氯气液化成液氯。将温度继续冷却到 $-101^\circ C$ 时，液氯变成固态氯。

氯气有毒，并有剧烈的刺激性，人吸入少量氯气会使鼻和喉头



图1-11 闻氯气的方法

的黏膜受到刺激，引起胸部疼痛和咳嗽，吸入大量氯气会中毒致死。所以，在实验室里闻氯气气味的时候，必须十分小心，应该用手轻轻地在瓶口扇动，使极少量的氯气飘进鼻孔（如图1-11所示）。

## 一、氯气的化学性质

氯原子的最外电子层上有7个电子，在化学反应中容易结合1个电子而达到8个电子的稳定结构，因此氯气是一种活泼的非金属单质，它具有较强的氧化性，能与多种金属和非金属直接化合，还能与水、碱、还原性物质等发生反应。其化学性质可列表归纳如下：

表1-3 氯气的化学性质

氯气的化学性质	与金属反应	① $2\text{Na}+\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{NaCl}$ （白烟）
		② $2\text{Fe}+3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{FeCl}_3$ （棕色的烟） （常温下干燥的氯气不能与铁起反应，因此可用钢瓶储运液氯）
		③ $\text{Cu}+\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CuCl}_2$ （棕黄色的烟）
	与非金属反应	① $\text{H}_2+\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃或光照}} 2\text{HCl}$ （工业制盐酸的原理） 点燃，发出苍白色火焰，强光照射则发生爆炸
		② $2\text{P}+3\text{Cl}_2$ （不足） $2\text{PCl}_3$ 白雾 $\text{PCl}_3+\text{Cl}_2$ （充足） $= 2\text{PCl}_5$ 白烟 } 白色烟雾
	与水反应	① 原理： $\text{Cl}_2+\text{H}_2\text{O}=\text{HCl}+\text{HClO}$ $\text{HClO}$ 不稳定，见光容易分解： $2\text{HClO}=\text{HCl}+\text{O}_2 \uparrow$
		② 现象：新制的氯水呈浅黄绿色 成分： $\text{Cl}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HClO}$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{ClO}^-$ 和极少量的 $\text{OH}^-$
		③ 放置：氯水会变为稀盐酸（因 $\text{HClO}$ 不稳定分解）
	与碱反应	① 原理： $\text{Cl}_2+2\text{NaOH}=\text{NaCl}+\text{NaClO}+\text{H}_2\text{O}$ （尾氯的处理方法）
		② 应用：制漂白粉 $2\text{Cl}_2+2\text{Ca}(\text{OH})_2=\text{CaCl}_2+\text{Ca}(\text{ClO})_2+2\text{H}_2\text{O}$ 漂白粉的有效成分为 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$
		③ 漂白原理： $\text{Ca}(\text{ClO})_2+2\text{HCl}=\text{CaCl}_2+2\text{HClO}$ $\text{Ca}(\text{ClO})_2+\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}=\text{CaCO}_3 \downarrow +2\text{HClO}$ （漂白粉久置失效）
	与还原性物质	① $2\text{FeCl}_2+\text{Cl}_2=2\text{FeCl}_3$ （此反应可以除去 $\text{FeCl}_3$ 中的 $\text{FeCl}_2$ ）
② $2\text{FeBr}_2+3\text{Cl}_2=2\text{FeCl}_3+2\text{Br}_2$ （ $\text{Cl}_2$ 不足则只氧化 $\text{Fe}^{2+}$ ）		
③ $\text{Cl}_2+\text{H}_2\text{S}=2\text{HCl}+\text{S} \downarrow$ （证明氧化性： $\text{Cl}_2>\text{S}$ ）		
④ $\text{Cl}_2+\text{SO}_2+2\text{H}_2\text{O}=2\text{HCl}+\text{H}_2\text{SO}_4$ 两种漂白性的气体若1:1混合则失去漂白能力		

我们来见证两个氯气与非金属和金属反应的实验：

在空气中点燃 $\text{H}_2$ 后，把导管伸入盛有 $\text{Cl}_2$ 的集气瓶中（如图1-12），我们会看到 $\text{H}_2$ 在 $\text{Cl}_2$ 中安静地燃烧，发出苍白色火焰。反应生成的气体是 $\text{HCl}$ ，它在空气里与水蒸气结合，呈现出雾状。

大多数金属在点燃或灼热的条件下，都能与氯气发生反应生成氯化物。譬如将铜丝灼热后立刻放入充满氯气的集气瓶里，铜丝会在氯气里刷



图1-12  $\text{H}_2$ 在 $\text{Cl}_2$ 中燃烧



图1-13  
铜在 $\text{Cl}_2$ 中燃烧

烈燃烧(如图1-13),产生棕黄色的烟(氯化铜的微小晶体)充满了集气瓶。反应后把少量的水注入集气瓶里,用玻璃片盖住瓶口,振荡,发现溶液呈蓝绿色。当溶液的浓度不同时,溶液的颜色也会有所不同。铁丝会在氯气里燃烧则产生红棕色的烟。

## 二、氯气的制法和用途

工业上采用电解食盐水的方法制取氯气,实验室则采用浓盐酸与二氧化锰起反应来制取氯气。

如图1-14所示,在烧瓶里加入少量 $\text{MnO}_2$ 粉末,通过分液漏斗向烧瓶中加入适量浓盐酸,缓缓加热,使反应加速进行,氯气就均匀地放出(集气瓶呈现淡淡的黄绿色)。用向上排空气法收集氯气,多余的氯气用 $\text{NaOH}$ 溶液吸收。

氯气除用于消毒、制造盐酸和漂白剂外,还用于制造氯仿等有机溶剂和多种农药。

现对氯气的制法和用途,列表归纳于下:

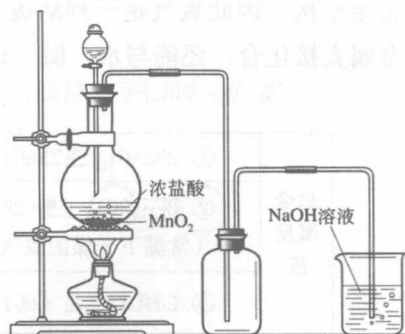


图1-14 在实验室中制取 $\text{Cl}_2$

表1-4 氯气的制备方法和主要用途

氯气的制法和用途	工业	电解饱和食盐水: $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow$
	实验方法	①原理: $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 或 $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
		②制气装置类型: 固+液 $\xrightarrow{\Delta}$ 气
		③净化: 先后通过饱和食盐水(或水)与浓硫酸进行洗气
		④检验: $\text{Cl}_2$ 黄绿色且使润湿的淀粉KI试纸变蓝
⑤尾气处理: 用 $\text{NaOH}$ 溶液吸收		
用途	自来水消毒、制漂白粉、盐酸、农药等	



## 元素趣谈

### 人类的亲密朋友——氯

氯是卤族元素中应用最广泛的元素,也是人们每天都能接触到的亲密朋友。每当你清晨打开自来水管漱口时,会闻到水里有那么一点特殊的气味,这是氯的气味(不过现在有些自来水厂已开始使用其他一些消毒剂)。氯和它的化合物次氯酸钙有消毒杀菌的作用。天然水中含有大量的微生物,其中有不少种是使人致病的“危险分子”,如伤寒菌、痢疾菌、布氏杆菌等等,绝不能让它们进入人体。所以,要进行饮水消毒,杀死它们。这个任务通常由氯和氯的化合物次氯酸钙来承担,它们是人类健康的忠诚卫士。

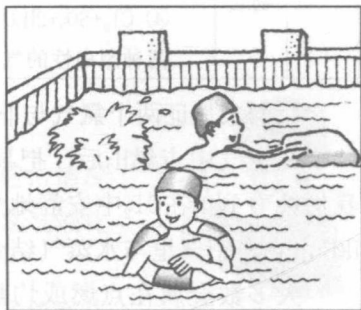


图1-15  $\text{Cl}_2$ 用于游泳池消毒



图1-16 氯化物消毒剂

氯是人体所必需的宏量元素之一，含量一般为万分之十二，主要分布于细胞外液，缺少它会引起机能失调。我们每天都要吃的食盐，也是氯的化合物，化学名称叫氯化钠，对人体是必不可少的。人的胃里像有一个小小的盐酸工厂，不断地制造胃酸（即稀盐酸）。它是含量为0.2~0.4%的氯化氢稀溶液，不但能杀死随食物混入的细菌，把守着“病从口入”的第二道关口，而且还能帮助消化。氯元素不愧是人们的健康之友。

氯的化学性质特别活泼，其活泼性在所有的非金属元素中仅仅低于氟和氧。它在自然界很少单独存在。所以氯元

素的发现，经过了很长时间的探索。

事情发生在18世纪，当时人们正致力于采矿事业，瑞典化学家舍勒在研究锰矿石的时候，把盐酸和二氧化锰的混合物在一起加热，意外地发现冒出了一种令人窒息的黄绿色的气体。他发现，这种气体能够溶于水，使水略带酸味，并有魔术师的本领，如果把鲜艳的彩色花朵或翠绿的叶子往这种气体中一放，上面的美丽的色彩马上就褪掉了。这个奇妙的褪色本领使舍勒很惊异，但不幸的是，舍勒当时却把它误认为是含氧盐酸，错过了自己发现氯元素的机会。直到19世纪初，科学家戴维才确认它不是含氧盐酸，而是一种新元素，戴维将它命名为氯。

氯元素是卤素中的典型元素，在地壳的含量为0.031%，大多数是以氯化物的形式存在于海水中。浩瀚的大海就是氯的家乡，有些地方海水枯竭后形成了岩盐。在那波涛起伏，天水一色的茫茫大洋里，每一滴海水都含有相当高浓度的氯化物。每立方公里的海水中含氯化钠四千万吨，此外还有氯化钙、氯化镁等等。在地球表面3.61亿平方公里面积的海水中，含氯总量约为30000亿吨。海洋是生命的摇篮。人的血液中所带的氯化钠咸味，就是大海留下的纪念。有的学者指出，人的血液咸度和人类“祖先生物”登陆时的海水咸度大致相当。说明含氯元素的环境确实是生命起源与生物进化的一个重要条件。

海洋是资源宝库，在海水中大约含80多种元素，而氯的含量居第一位。所以人们在工业上制取氯时大都采用电解海水提取物——食盐的方法。电解食盐水时可得到氯气、氢氧化钠和氢气。以此为基础生产各种农药和化工产品的工业称为氯碱工业，它是化学工业中的一个重要支柱。

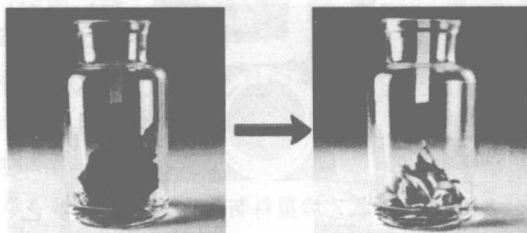


图1-17 潮湿氯气的漂白作用

随着工业的发展，人们对氯和氯产品的需求与日俱增，这一点由氯碱工业发展中出现的“反客为主”的现象就可以看出。世界各国氯碱工业刚一兴起的时候，烧碱是主要产品，氯不过是副产物，此时往往由于氯气处理不掉而影响苛性碱的发展。但随着人们对氯的需要量迅速扩大，氯气却成了主要产品，而烧碱反面退居从属地位。甚至有的国家由于烧碱过剩影响了氯的发展。由此可以看出氯元素在工业上的重要地位。

氯是用途广泛的化工原料，特别是有机氯化物种类繁多，在卤代

图1-18 化学家舍勒  
(1742~1786)



烃中占统治地位。氯气在造纸工业、纺织工业上被用来制造漂白剂，使纸张、布匹洁白可爱，氯气和氢气反应生成氯化氢气体，氯化氢溶于水制成盐酸，盐酸在化学工业、冶金工业上是栋梁之材。氯元素在无机颜料、有机染料、农药、医药、炸药、溶剂、化学试剂等的化学合成中大显身手。多种多样的氯化物在物质百花园中争奇斗艳，竞相怒放。

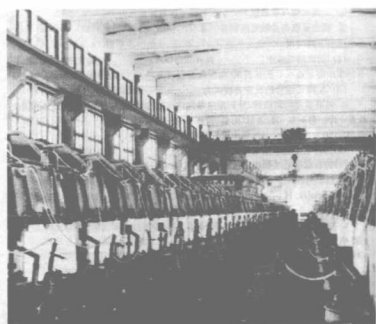


图1-19 电解食盐水的车间

我们随便举几个例子来看看氯的重要意义。

氯化钠不仅使人们的食物味道鲜美，而且在工业上是重要的化工原料。在化学反应中神通广大，例如由氯化钠和氯化钾配成的育晶溶液，可以合成出宝石家族的娇子——彩色水晶，它晶莹漂亮、透明无瑕，光彩夺目。氯的含氧酸高氯酸是无机酸中最强的酸，它是很好的溶剂，它的盐高氯酸钾溶解度比较小，可用于钠、钾离子的分离，而高氯酸镁和高氯酸钡是优良的脱水剂。氯和钛的化合物四氯化钛是重要的化学原料，用它和有机氯化铝组成的配位催化剂，能使烯烃分子乖乖地按严格次序进行聚合，从而合成出成本低、性能优异的高聚物。为此发明人还获得了诺贝尔奖金。

氯硅烷在半导体材料的制造中声誉很高，它在把便宜的粗硅变成比黄金还贵重的精制硅的过程中，起着重要作用。聚氯乙烯是含氯高聚物，它曾经作为塑料的最大品种而挂冠多年，只是近年来才让贤给聚乙烯而退居第二位。从我们日常用的凉鞋、雨衣、床单、窗帘等，到工厂的化工储罐、耐酸泵、耐腐蚀塔以及长长的管道、透明的薄膜、细细的纤维等，都是聚氯乙烯制品。聚氯丁二烯橡胶是合成橡胶中的元老之一，它耐油、耐酸碱、耐老化且通气性好。

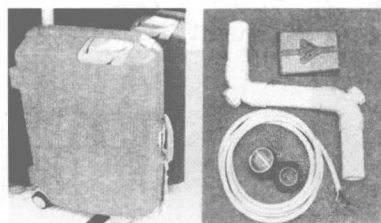


图1-20 聚氯乙烯塑料制品

在那五光十色的染料工业中，氯也是一个重要角色，无论是黄色、蓝色、艳紫等还原、染料，还是艳黄、艳红、红紫等活性染料，都含有氯元素。

大家知道，农药对于提高农产物产量，保护苗木及森林资源，农产品储藏中的防霉防蛀防腐方面都起着重要作用，而在我们常见的一二百种农药中，有机氯农药就有40多种！

不过，应当指出的是，许多氯化物具有毒性，使用不当也会给人类带来灾害。早在第一次世界大战时，氯就曾经被直接用来制造毒气武器和芥子气、光气等毒气，残害人类。有的含氯化合物对动植物都有伤害。1976年7月，意大利米兰北郊一家化工厂逸出三氯苯酚，其中含有剧毒分解物四氯二苯并二噁英，使当地受到严重污染。许多人中毒，在8.5公顷范围内所有居民被迫搬迁，污染地面达几厘米厚。三氯乙醛是重要的有机原料，但是如果混入肥料或灌溉水中，会使禾苗大幅度受害减产。我国江苏、山东就曾出现过因为三氯乙醛污染而麦苗枯死的现象。特别是有机氯农药，在环境中不易分解并且在食物链中富集，对人体有积累性毒性。这些农药残体可潜入洁净的水体，可飘入苍茫的云海间，从人迹罕至的世界屋脊珠穆朗玛峰到经年冰封的南北极，其冰雪中都有微量的有机氯农药，致使有些鸟类濒于灭绝，有的水生物丧失繁殖能力，人类正受到有机氯污染环境的威胁。

不过，应当指出的是，许多氯化物具有毒性，使用不当也会给人类带来灾害。早在第一次世界大战时，氯就曾经被直接用来制造毒气武器和芥子气、光气等毒气，残害人类。有的含氯化合物对动植物都有伤害。1976年7月，意大利米兰北郊一家化工厂逸出三氯苯酚，其中含有剧毒分解物四氯二苯并二噁英，使当地受到严重污染。许多人中毒，在8.5公顷范围内所有居民被迫搬迁，污染地面达几厘米厚。三氯乙醛是重要的有机原料，但是如果混入肥料或灌溉水中，会使禾苗大幅度受害减产。我国江苏、山东就曾出现过因为三氯乙醛污染而麦苗枯死的现象。特别是有机氯农药，在环境中不易分解并且在食物链中富集，对人体有积累性毒性。这些农药残体可潜入洁净的水体，可飘入苍茫的云海间，从人迹罕至的世界屋脊珠穆朗玛峰到经年冰封的南北极，其冰雪中都有微量的有机氯农药，致使有些鸟类濒于灭绝，有的水生物丧失繁殖能力，人类正受到有机氯污染环境的威胁。



图1-21 Cl<sub>2</sub>的广泛用途