

中学生之友

化学辅导

中

G633.6  
215  
(2)

中学生之友丛书

# 化 学 辅 导

(中)

楼书聪 黄炳荣 李寄陶 编

江苏科学技术出版社

《化学辅导》共分三册。

本册着重阐明元素及其化合物的性质，以及基本实验技能。为了帮助中学生理解和记忆，书中注意综合归纳，例如第九、十两章对非金属和金属进行了全面综述，第十一章系统介绍了化学实验以及鉴别物质的方法，并附表汇集了常见物质的别名、颜色等。为了便于读者练习，一般每节有思考练习题，每章末尾有复习题，题中有较多帮助学生搞清基本概念的选择题，并附有答案。

本书承南京大学化学系顾庆超同志审阅、修改，江苏省常州中学蒋溢涛同志也提出修改意见，南京市第二中学蒋济中、南京动力学校李还婴等同志为本书提供了部分资料，曹载萍同志绘制了插图。

中学生之友丛书  
化 学 辅 导（中）  
楼书聪 等 编

---

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：南京人民印刷厂

---

开本787×1092毫米 1/32 印张11.375 字数250,000

1981年7月第1版 1981年7月第1次印刷

印数1—98,000册

---

书号：13196·065 定价：0.84元

责任编辑 赵所生

# 目 录

## 第一章 卤素

|              |    |
|--------------|----|
| 第一节 氯        | 3  |
| 第二节 氯化氢和盐酸   | 10 |
| 第三节 盐酸盐      | 13 |
| 第四节 氯的含氧酸及其盐 | 17 |
| 第五节 氟、溴、碘    | 19 |

## 第二章 氧族元素

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一节 氧              | 33 |
| 第二节 臭氧             | 38 |
| 第三节 氧化物            | 39 |
| 第四节 硫              | 44 |
| 第五节 硫的氢化物、氧化物和氢硫酸盐 | 46 |
| 第六节 硫酸 硫酸盐         | 52 |
| 第七节 氧族元素性质比较       | 61 |

## 第三章 氮族元素

|              |    |
|--------------|----|
| 第一节 氮        | 68 |
| 第二节 氨 铵盐     | 73 |
| 第三节 硝酸 硝酸盐   | 81 |
| 第四节 磷 磷酸 磷酸盐 | 90 |
| 第五节 砷 锑 铋    | 95 |
| 第六节 氮族元素性质比较 | 96 |

## 第四章 碳族元素

|       |     |
|-------|-----|
| 第一节 碳 | 103 |
|-------|-----|

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 第二节 | 碳的氧化物   | 108 |
| 第三节 | 碳酸盐 碳化物 | 114 |
| 第四节 | 硅 二氧化硅  | 123 |
| 第五节 | 硅酸 硅酸盐  | 129 |
| 第六节 | 硅酸盐工业   | 132 |
| 第七节 | 锗 锡 铅   | 135 |

## 第五章 碱金属元素

|     |             |     |
|-----|-------------|-----|
| 第一节 | 钠和钾         | 141 |
| 第二节 | 碱金属及其化合物性质  | 145 |
| 第三节 | 一些重要的钠、钾化合物 | 151 |

## 第六章 碱土金属元素

|     |             |     |
|-----|-------------|-----|
| 第一节 | 镁和钙         | 160 |
| 第二节 | 碱土金属及其化合物性质 | 164 |
| 第三节 | 几种重要的钙的化合物  | 168 |
| 第四节 | 硬水及其软化      | 170 |

## 第七章 铝 过渡元素

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 第一节 | 铝       | 177 |
| 第二节 | 过渡元素概述  | 183 |
| 第三节 | 铜       | 186 |
| 第四节 | 锌和汞     | 189 |
| 第五节 | 钛       | 192 |
| 第六节 | 铬       | 193 |
| 第七节 | 锰       | 194 |
| 第八节 | 铁       | 195 |
| 第九节 | 镧系、锕系元素 | 203 |

## 第八章 络合物

|     |          |     |
|-----|----------|-----|
| 第一节 | 什么叫络合物   | 209 |
| 第二节 | 络合物的价键理论 | 211 |

|               |                      |     |
|---------------|----------------------|-----|
| 第三节           | 络合物的命名               | 216 |
| 第四节           | 络合物在水溶液里的离解平衡        | 217 |
| <b>第九章</b>    | <b>非金属综述</b>         |     |
| 第一节           | 非金属在元素周期表中的位置和原子结构特征 | 227 |
| 第二节           | 非金属单质的性质             | 229 |
| 第三节           | 非金属氢化物               | 235 |
| 第四节           | 非金属氧化物               | 237 |
| 第五节           | 非金属氧化物的水化物           | 241 |
| 第六节           | 非金属无氧酸盐和含氧酸盐         | 245 |
| <b>第十章</b>    | <b>金属综述</b>          |     |
| 第一节           | 金属在元素周期表中的位置和原子结构特征  | 262 |
| 第二节           | 金属的性质                | 264 |
| 第三节           | 金属氧化物、氢氧化物的性质        | 275 |
| 第四节           | 金属的冶炼                | 282 |
| 第五节           | 金属的腐蚀和防止腐蚀的方法        | 286 |
| <b>第十一章</b>   | <b>化学实验基本知识</b>      |     |
| 第一节           | 常用仪器                 | 298 |
| 第二节           | 几种基本操作               | 304 |
| 第三节           | 普通试剂的保管和取用           | 315 |
| 第四节           | 溶液的配制和酸碱滴定           | 317 |
| 第五节           | 气体制备                 | 323 |
| 第六节           | 常见离子的鉴定              | 336 |
| <b>附    表</b> |                      |     |
| 附表1           | 常见物质的俗名与化学名称、化学式对照表  | 351 |
| 附表2           | 常见离子的颜色              | 355 |
| 附表3           | 常见氧化物、氢氧化物、盐类的颜色     | 356 |
| 附表4           | 常见气体的重要物理性质          | 357 |

# 第一章 卤素

从这一章开始，主要介绍元素及其化合物的知识。由于内容广泛、庞杂，初学时会感到缺乏相互联系，难于记住。但是，如果学习方法得当，还是可以收到事半功倍的效果。

要学好元素及其化合物的知识，我们应该：

1)运用元素周期表的知识，帮助我们掌握元素及其化合物性质之间的内在联系。例如，氟、氯、溴、碘位于周期表p区ⅦA族，由于其最外层电子数相同，就应该有相似的化学性质，重点学习了氯，就可以相应地知道氟、溴、碘的情况，同时，也应该从它们结构上的差别（所处周期不同，即电子层数不同），知道它们性质上的不同之处；又如，它们的氢化物的水溶液都呈酸性，是相似之处，但酸性强度随氟、氯、溴、碘顺序依次递增，这时我们不仅应该了解酸性变化的规律，而且还应该搞清之所以如此变化的道理。不仅同族元素、同周期元素要互相联系起来学习，不同族、不同周期的元素也要相互联系起来进行对比，从而找出其异同之处和它们性质变化的规律性，这就可以达到帮助我们在理解的基础上进行记忆，而且还可以帮助我们根据熟悉的元素或化合物的性质来推测不熟悉的元素或化合物的性质。

2)在元素及其化合物的存在、性质、制法和用途等几方面，记住它们的性质是最主要的，这样就抓住了事物的主要方面。例如，卤素的性质很活泼，这就决定它们在自然界中不可能游离存在（不活泼的金、银就可以游离存在），同时

也决定了它们的制备方法：氟只能用电解的方法把它从氟化物中氧化出来，氯可以用强氧化剂把它从氯化物中氧化出来（工业上仍用电解法）。又如氯气具有强烈氧化性，这就使它在工业上用作漂白剂、在生活上用作消毒杀菌剂、在现代科学技术上用作高能燃料的氧化剂。

3)把物质的性质、存在、用途与生活经验联系起来。例如，食盐有苦味是因为混有 $\text{MgCl}_2$ 的缘故（因此可以记住 $\text{MgCl}_2$ 味苦），把食盐在铁锅中炒一炒可以除去苦味，是因为氯化镁在高温下分解了（反应式见第三节）；又如海滩、河底布满砂石，就可以因此记住 $\text{SiO}_2$ 不溶于水的性质；大块碱面（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）露置空气中变成粉末，说明结晶碳酸钠易于风化；新粉刷的墙壁“出汗”，是因为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收空气中 $\text{CO}_2$ 变成 $\text{CaCO}_3$ 的过程中会有 $\text{H}_2\text{O}$ 生成，因而墙壁“出汗”了；电线用铜、铝制成，是因为铜、铝是电的良导体等等。这样，原来一些抽象的知识就变成具体的事实了，这不仅可以帮助我们记住这些内容，还可以提高我们学习的兴趣。

4)在无机化学领域中还有不少问题不能用现有的理论作令人满意的解释。当事实与理论不能统一的时候，一方面我们一定要尊重事实，另一方面说明那个理论还不够完美，需要化学工作者继续努力，这也正是老一辈化学家对青年学生的殷切期待。

下面我们从非金属元素开始按族进行讨论。

从上册第三章的讨论中我们已经知道，氟、氯、溴、碘、砷五种元素位于元素周期表的ⅦA族，它们的最外层电子结构都是 $ns^2np^5$ ，属于p区元素，与相邻的惰性气体原子比



较，仅缺少一个电子，因此，都有得到一个电子而变成阴离子的趋势，所以在化合物中，它们常见的氧化数是 $-1$ 。当与电负性比它们高的元素化合时，也可以形成氧化数为 $+1$ 、 $+3$ 、 $+5$ 和 $+7$ 的共价化合物（氟除外，因为没有任何元素比氟的电负性更高），但几乎不能形成离子化合物，这是由于卤原子的第一电离能都比较大，所以只能通过共用电子对成键形成共价型化合物。卤素正氧化数之间的差数均为 $2$ ，是因为卤素的 $7$ 个价电子（ $ns^2np^5$ ）中，有 $6$ 个电子成对（ $1$ 对 $s$ 电子， $2$ 对 $p$ 电子），当与电负性比它们高的元素化合时，每拆开 $1$ 对电子就形成 $2$ 个共价键，所以氧化数是 $+1$ 、 $+3$ 、 $+5$ 、 $+7$ 。氟、氯、溴、碘、砷具有相似的化学性质。因为都能直接与金属化合生成盐类，所以叫做卤素。

卤素中以氯和氯的化合物最重要、最普遍，我们将着重介绍它们。放射性元素砷在自然界里含量极少，故不介绍。

## 第一节 氯

### 一、氯的性质

#### （一）物理性质

氯在常温常压下是一种黄绿色气体。“氯”就是由于它的颜色而得名的。氯是在 $1774$ 年由瑞典化学家社勒（ $1742\sim 1786$ ）发现的。氯有剧烈的刺激性臭味，吸入少量，就会刺激鼻腔和喉头的粘膜，引起咳嗽，吸入多量会窒息而死，所以氯气是一种毒气。

氯气的分子是由两个氯原子组成的双原子分子： $Cl_2$ 。

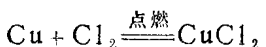
它比空气约重2.5倍，在常温下加6个大气压，便凝聚成金黄色的液体。把氯气液化可使体积缩小，便于贮存和运输。把液氯继续冷却至 $-101^{\circ}\text{C}$ 便凝固成黄色固体。

氯气能溶于水，在普通情况下，1体积的水能溶解2.5体积的氯。氯气的水溶液叫做氯水，有强烈的氯气的气味。

## (二)化学性质

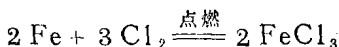
氯是一种化学性质非常活泼的元素，能和金属、非金属、氢直接化合，也能和许多化合物发生反应。氯在化学反应中大都是得到电子，因此氯是一种氧化剂。

1. 与金属作用 所有的金属都能与氯直接化合而生成氯化物（甚至不与氧气发生反应的银、金、铂等，在受热的时候，也能与氯起化合反应），例如红热的铜丝能在氯气中燃烧而产生棕黄色的氯化铜“烟雾”。

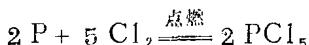
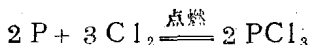


如果再注入少量的水，就可以得到绿色的氯化铜水溶液。

红热的铁丝绒也能在氯气中燃烧，生成褐色的氯化铁：

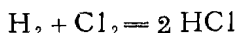


2. 与非金属作用 氯气能与许多非金属（除氧、氮、惰性气体以外的所有非金属）直接化合，例如将红磷放在燃烧匙内，加热后，再放入盛氯气的瓶里，磷就猛烈燃烧，生成三氯化磷和五氯化磷。白色烟雾就是三氯化磷和五氯化磷的混和物。

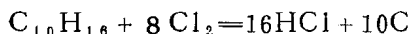


3. 与氢气作用 氯在常温时能和氢直接化合，生成氯化

氢气体，但反应进行得很慢。如果在日光照射下，则反应非常激烈，甚至发生爆炸。但是纯净的氢气能在氯气中平静地燃烧（图 1-1），产生蓝白色火焰。这两种现象都可以用下列化学反应式来表示：



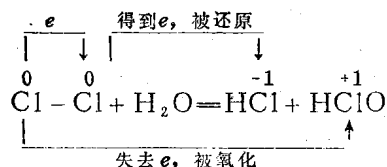
氯不仅能和游离的氢化合，而且能从许多含氢的化合物中夺取氢，与它化合而成氯化氢。例如把一条蘸了松节油（ $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ ）的滤纸挂在盛有氯气的瓶子里，滤纸就会很快地蒙上一层烟黑，这就是氯夺取了松节油中的氢而使碳游离析出的缘故。氯气跟松节油的化学反应式是：



4. 与水作用 氯溶于水中，一部分氯就与水作用生成盐酸和次氯酸（ $\text{HClO}$ ）：



这是一个自身氧化-还原反应（歧化反应）：一个氯原子是氧化剂，在反应中，得到电子，被还原；一个氯原子是还原剂，在反应中失去电子，被氧化：



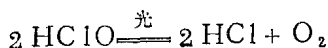
次氯酸很不稳定，尤其是在日光照射下极易分解，所以



图 1-1

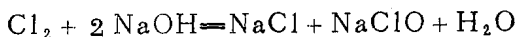
氢气在氯气中燃烧

氯水需要保存在暗处。



次氯酸能破坏色素，具有漂白的作用。如果把有色布条用水浸湿放在氯气里很快就会褪色。但是干燥的有色布条在干燥的氯气里是不会褪色的。这是因为起漂白作用的不是氯气本身，而是氯和水作用所生成的 $\text{HClO}$ 的作用。

5. 与碱作用 氯与碱作用生成氯化物和次氯酸盐。例如氯与氢氧化钠溶液的反应为：



所以在实验室中制取氯气时，常用氢氧化钠溶液来吸收外逸的氯气（见图1-2装置）。

## 二、氯的存在和用途

由于氯的化学性质很活泼，易和其他元素化合，所以在自然界中没有游离状态的氯。但是它的化合物则分布很广，最主要的是氯化钠，其次是氯化镁、氯化钾等。生物体内也含氯，人体内约含0.25%（质量）的氯。

氯化钠、氯化钾等氯的化合物是工业上或实验室里制取氯气的主要原料。

氯气是工业上的重要原料。氯气除用作漂白剂以漂白布匹和纸浆外，还可以消毒杀菌。例如城市饮用的自来水，就是用少量的氯气（0.002克/1升水）来进行消毒的。大量的氯用来制造盐酸、漂白粉、聚氯乙烯塑料、多种农药、氯仿等有机溶剂。在现代科学技术里，液态氯还可做高能燃料的氧化剂。

### 三、氯气的制法

在实验室中，通常用二氧化锰（ $\text{MnO}_2$ ）或高锰酸钾（ $\text{KMnO}_4$ ）与浓盐酸作用制取氯气，其装置如图1-2所示。因氯气比空气重，故可用向上排除空气的方法收集。

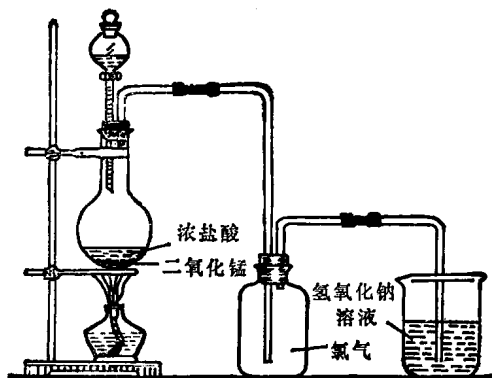
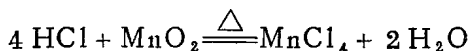
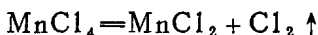


图1-2 制取氯气装置

二氧化锰和盐酸的反应分两步进行，第一步是复分解反应：



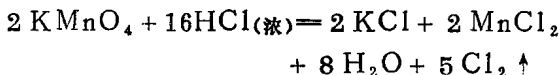
第二步因四氯化锰很不稳定，立即分解



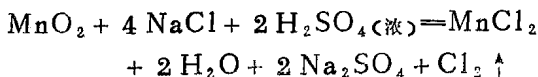
总反应式如下：



若用高锰酸钾，反应更易发生，可不必加热：



还可以用二氧化锰来氧化氯化物（但同时要滴入浓硫酸），来制得氯气，例如：



工业上一般由电解浓的食盐水溶液来制取氯气（见上册第九章）。制得的氯气经干燥、压缩，变成液体，然后装入钢筒里，便于运输和使用。

### 思考练习题

1) 根据氯气的哪些化学性质说明它是活泼的非金属元素？

2) 问：(1) 氯离子和氯原子；(2) 氯水和液氯；(3) 氯化氢和盐酸有何区别？

3) 在氯水中存在如下平衡： $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ ，当加入(1)酸，(2)食盐，(3)碱时，对此平衡各有何影响？

4) 写出氯气与氢氧化钠溶液、硫化氢溶液、消石灰、铁作用时的化学方程式和发生化学反应时电子转移情况。

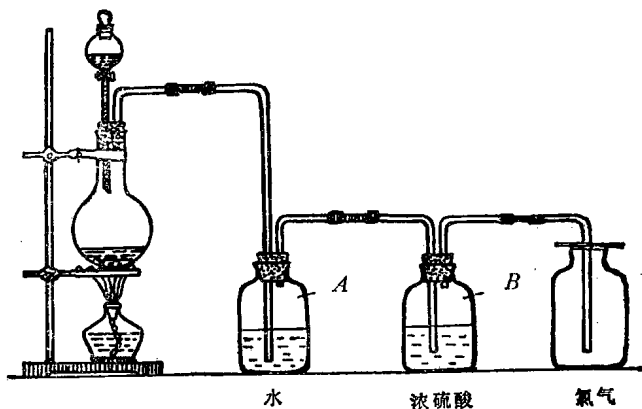
5) 在一个充满氯气的瓶中，慢慢地插进一条玻璃管，玻璃管的端口是燃烧着的氢气火苗。如图1-1所示。问在此实验中，瓶中上部显示什么颜色？下部显示什么颜色？燃烧着的火苗显示什么颜色？

6) 下图是制造氯气的实验装置：

问：(1) 烧瓶里装的是什么药品？用化学方程式表示里面的反应。

(2) A中的水起什么作用？

(3) B中的浓硫酸起什么作用？



(4) 将 *A* 与 *B* 对调结果怎样?

7) 将 2 升 20% 的氯化钠溶液 (密度 1.15) 进行电解, 停止电解后, 逸出气体的总体积在标准状况下等于 33.6 升。

(1) 指出阴极过程和阳极过程的特点。

(2) 停止电解以后, 溶液存在什么物质, 该物质有多少 (用克当量表示)? 这个溶液的 pH 值大于 7 还是小于 7?

(3) 在电解后剩余的溶液里, 需要加进什么物质, 加进去多少, 才能使溶液恢复原始的浓度?

[提示: 用克当量数解题。]

### 答 案

3) (1) 左移, (2) 左移, (3) 右移      5) 白色, 黄绿色, 蓝白色      6) (1)  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$ , (2) 除去  $\text{Cl}_2$  气中夹杂的  $\text{HCl}$ , (3) 除去水分, (4) 得不到干燥的  $\text{Cl}_2$       7) (1) 阴极:  $\text{H}^+$  被还原, 阳极:  $\text{Cl}^-$  被氧化, (2)  $\text{NaOH}$ : 1.5 克当量 (60 克);  $\text{NaCl}$ : 原始量 - 1.5 克当量 (87.75 克), 溶液  $\text{pH} > 7$ , (3) 通入气态氯化氢以中和 1.5 克当量  $\text{NaOH}$ , 在标准状况下  $\text{HCl}$  的体积为 33.6 升。

## 第二节 氯化氢和盐酸

### 一、氯化氢

氯化氢 (HCl) 是无色气体, 有刺激性臭味, 比空气重 1.3 倍, 在水中溶解度很大, 在 0 °C 时 1 体积水能溶解约 500 体积的氯化氢。

实验室里可用氯化钠和浓硫酸来制取氯化氢 (图 1-3)。在不加热或稍微加热时, 生成硫酸氢钠和氯化氢:

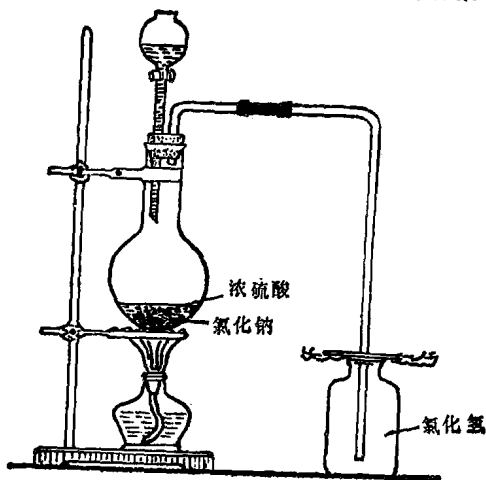
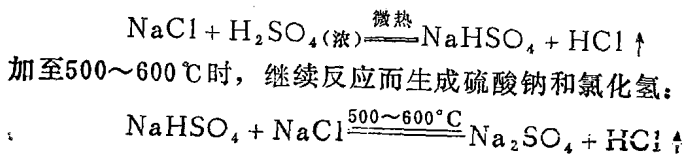
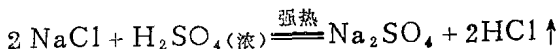


图 1-3 实验室制取氯化氢





将上面两个化学方程式合并，就是下面这个化学方程式：



这是一个复分解反应，气体(HCl)的生成是完成反应的条件。

干燥的氯化氢气体很稳定，完全没有酸性，不能使干燥的蓝色石蕊试纸变红。但氯化氢气体能使潮湿的蓝色石蕊试纸变红，这是由于氯化氢气体溶解于试纸上的水而变成盐酸的缘故。氯化氢的水溶液称为盐酸。在盐酸（即氯化氢水溶液）中，全部HCl分子转变成 $\text{H}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ （见上册第八章），所以能导电和具有酸性。由此可知，尽管盐酸和氯化氢气体都用HCl这个分子式来表示，但却是两种性质不同的物质。

## 二、盐 酸

### （一）盐酸的物理性质和制法

纯净的盐酸是无色液体，有氯化氢的刺激性臭味。工业用的浓盐酸因含杂质（主要是 $\text{FeCl}_3$ ）而带黄色。常用的浓盐酸比重为1.19，约含HCl 38%，这种盐酸中的氯化氢很容易从溶液中挥发出来，与空气中的水蒸气结合生成盐酸的细滴，而呈白雾，习惯上称发烟盐酸\*。实验室常用的稀盐酸只含10%或更少的HCl，无论稀的或浓的盐酸受热后均易挥发，所以它是一种挥发性的酸。

在工业上，盐酸是由氯气和氢气直接化合成氯化氢，再用水吸收而制得的。

### （二）盐酸的化学性质

盐酸是强酸之一，它具有酸类的一切通性。能和活泼金

---

\* 严格地说：固体微粒在气体中的分散体系，叫做烟；液体珠滴在气体中的分散体系叫做雾。发烟盐酸、发烟硝酸和发烟硫酸均系历史上的误称。