

# 化 学

试 用 教 材

沈 阳 医 学

一 九 七 六 年 三 月



# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 水和物质的组成.....   | 1  |
| 第一节 饮用水与蒸馏水.....   | 1  |
| 一、饮用水.....         | 1  |
| 二、蒸馏水.....         | 2  |
| 三、分子、纯质和混合物.....   | 2  |
| 第二节 水的组成.....      | 3  |
| 一、水的电解.....        | 3  |
| 二、原子量.....         | 5  |
| 三、原子的结构.....       | 5  |
| 第三节 分子式.....       | 6  |
| 一、元素、元素符号.....     | 6  |
| 二、分子式、分子量.....     | 7  |
| 第二章 空气和氧气.....     | 12 |
| 第一节 空气.....        | 12 |
| 一、空气的组成.....       | 12 |
| 二、大气压.....         | 13 |
| 第二节 气体的分压.....     | 14 |
| 一、气体的分压.....       | 14 |
| 二、气体在液体中的溶解.....   | 15 |
| 三、机体内的气体交换.....    | 15 |
| 第三节 氧气.....        | 16 |
| 一、氧气在临床治疗中的应用..... | 16 |
| 二、氧气的制取方法.....     | 17 |
| 三、氧气的性质.....       | 17 |
| 第四节 化学方程式.....     | 18 |
| 第三章 碱、酸、盐和氧化物..... | 20 |
| 第一节 碱类.....        | 20 |
| 一、碱.....           | 20 |
| 二、碱的通性.....        | 20 |
| 三、几种常用的碱.....      | 20 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| 第二节 酸类               | 21        |
| 一、酸                  | 21        |
| 二、酸的通性               | 22        |
| 三、几种常用的酸             | 22        |
| 第三节 盐类               | 24        |
| 一、盐                  | 24        |
| 二、盐的性质               | 24        |
| 三、盐的水解               | 25        |
| 四、医学上常见的盐            | 25        |
| 第四节 氧化物              | 27        |
| 第五节 氧化还原反应           | 28        |
| 一、氧化还原反应的概念          | 28        |
| 二、常用的氧化剂与还原剂         | 29        |
| <b>第四章 溶液</b>        | <b>32</b> |
| 第一节 溶液的概述            | 32        |
| 第二节 溶解度              | 33        |
| 第三节 溶液的浓度            | 34        |
| 一、比例浓度               | 34        |
| 二、百分浓度               | 34        |
| 三、克分子浓度              | 35        |
| 四、溶液的稀释              | 36        |
| <b>第五章 电解质溶液</b>     | <b>38</b> |
| 第一节 电解质的电离           | 38        |
| 一、电解质与非电解质           | 38        |
| 二、电解质的电离             | 38        |
| 第二节 弱电解质的电离平衡        | 40        |
| 一、强电解质与弱电解质          | 40        |
| 二、弱电解质的电离平衡          | 40        |
| 三、平衡移动               | 41        |
| <b>第六章 有机化合物基本知识</b> | <b>42</b> |
| 第一节 有机化合物及其特徵        | 42        |
| 一、有机化合物及其在医学中的重要性    | 42        |
| 二、有机化合物的特徵           | 42        |
| 三、有机化合物中碳元素的特点       | 42        |
| 第二节 烃——有机化合物的母体      | 43        |



|                          |    |
|--------------------------|----|
| 一、开链烃·····               | 43 |
| 二、环状烃·····               | 48 |
| 第三节 醇与酚·····             | 50 |
| 一、醇类·····                | 50 |
| 二、酚类·····                | 53 |
| 第四节 醛和酮·····             | 54 |
| 一、醛和酮的生成·····            | 54 |
| 二、醛和酮的化学性质·····          | 54 |
| 三、重要的醛、酮·····            | 56 |
| 第五节 羧酸·····              | 56 |
| 一、羧酸的结构·····             | 56 |
| 二、羧酸的性质·····             | 57 |
| 三、几个重要的羧酸·····           | 58 |
| 第六节 胺与酰胺·····            | 59 |
| 一、胺·····                 | 59 |
| 二、酰胺·····                | 60 |
| 三、脲·····                 | 61 |
| 实验部分·····                | 66 |
| 基本操作·····                | 66 |
| 实验一 蒸馏水的制备·····          | 68 |
| 附录：交换水·····              | 70 |
| 实验二 氧气的制备·····           | 75 |
| 实验三 碱、酸、盐、氧化物的性质·····    | 78 |
| 实验四 溶液的配制·····           | 82 |
| 实验五 饱和烃与不饱和烃的性质比较·····   | 82 |
| 实验六 乙醇的氧化反应·····         | 83 |
| 实验七 苯酚的性质·····           | 83 |
| 实验八 甲醛、丙酮的性质比较·····      | 84 |
| 实验九 羧酸的性质·····           | 85 |
| 实验十 烷、醇、醛、酮、羧酸的性质比较····· | 85 |
| 实验十一 苯胺的性质·····          | 87 |
| 实验十二 脲的水解·····           | 88 |
| 实验十三 缩二脲反应·····          | 88 |
| 附 录 周期表                  |    |

# 第一章 水和物质的组成

人与周围环境有着各式各样的联系。就物质方面来说，人的机体在其生命活动的过程中不断地进行着新陈代谢，即从体外摄取空气、水、盐、食物等物质，它们在体内经过一系列变化，来满足机体的各种需要，然后将代谢中产生的废物排出体外。水对人的生活、体内的代谢都是非常重要的。它不仅直接参与机体组织的组成，而且为机体一切代谢过程和机能活动所必需，它且有运送营养物质及代谢产物，使机体内环境保持相对平衡等重要作用。

成年人的身体含水约65%，新生儿约含70%，正常人每天摄取的水量约2500毫升，排泄量与此大致相等。有些重病患者不能进食，但每天至少也要失水1500毫升，如果体内水量减少20%，就会危及生命。

水不仅与人体的关系十分密切，在临床治疗工作中配制各种药物溶液，也常需较纯净的水。本章将在讲述饮用水、蒸馏水、水的性质和组成的同时，还要学习化学有关的基本概念。

## 第一节 饮用水与蒸馏水

### 一、饮用水

人们饮水通常取自河、井、湖、泉这些天然的水源。天然水中常溶有来自土壤的各种可溶性物质，如氯化钠、氯化钙、氯化镁等等称为盐类的物质。如果取两滴天然水放在洁净的玻璃片上，小心在火上烘干，即可看到玻璃片上留有固体残渣，这就是盐类。

饮用水中含有的矿物质，一般是人体所必需的。但是，过多或过少都会给人体带来不利的影响。如缺乏氟而生龋齿，氟过多又对骨骼正常发育产生严重影响。缺乏钙引起软骨病，缺乏碘引起甲状腺肿更是大家所熟知的事了。

河水和湖水，由于自然净化，一些来自动植物腐败产生的有机物很快地分解掉了，因而一般水质较好。但一些不流动的水常被这些有机物污染。这样的水常常带黄色，具有臭味，是不宜饮用的。水源被致病菌和寄生虫污染，常常是由于水源卫生管理不当引起的，要特别注意。目前农村大量用农药也要防止对饮用水的污染。总之，每个医务工作者要时刻注意水源卫生的管理，牢记毛主席“预防为主”的教导，发动群众讲究卫生。改善饮水卫生，对防止流行病的发生是极为重要的。

供饮用的天然水在外观上应该是无色透明、无味、无臭，并且不为有机物和微生物所污染，如果水源条件较差浑浊不清，要经净化处理后方宜饮用。

净化方法：一般用明矾（白矾），研细后取适量放在水缸里，搅拌溶解后让它自然沉降，这时白矾与水作用产生胶态氢氧化铝，它和悬浮在水中的微细颗粒裹在一起沉于缸底，上层水变得澄清透明。如果井水被致病细菌污染，可放入适量的漂白粉进行消



毒。日常饮用煮沸过的水也是预防胃肠道传染病的好办法。

## 二、蒸馏水

天然水含有杂质，因而不能用它配制化验用的试剂和临床用的药液和注射液。医学上常用蒸馏水。所谓蒸馏水，就是用蒸馏的办法将水与其中杂质分开，从而得到的纯水。水在1气压下加热到100℃便沸腾变成水蒸气，而溶在水中的盐类在这种情况下不能气化，水蒸气再经过冷凝便得到蒸馏水。掌握蒸馏水制备和操作方法，在实际工作中是很有意义的。如在农村开展合作医疗，研制中草药制剂以及在化验中都是离不开纯水的。我们常说制剂先要制水，也就是这个意思。因此，学会因地制宜，自力更生地解决蒸馏水的供应问题是一个革命的医务工作者义不容辞的责任。

是否蒸馏水就是纯水呢？辩证法告诉我们“**不纯是绝对的，纯是相对的，这就是对立的统一。**”我们实际上遇到一些所谓纯质，都不是绝对的，其中总是或多或少地含有杂质。拿蒸馏水来说，其中杂质已经很少，一般化学方法检查不出来，可以满足一般工作要求，因而我们在上述条件下可以认为它是“纯”的，如果用它来配制医用的静脉注射液，就显得“不纯”了。因其中常常混有微量的对机体有明显不良反应的物质，所以做为医用注射用水时还得再蒸馏一次，叫做二馏水，馏出液要防止细菌的污染必须装在予先用注射水冲洗过的容器中保存。

还有一种去离子水，它是使水通过阴阳离子交换树脂借以除去水中盐类及其它杂质的，所以又叫交换水。这种水也可以供医用。（详见实验一附录交换水一节）。

可见随着精制方法的改进，分析鉴定方法的提高，物质的纯度是可以不断地提高，但尽管它的纯度如何接近百分之百，却永远也达不到百分之百。实际上常根据不同用途对纯度有不同要求。药品就有“化学试剂”和“药用”之分。

## 三、分子、纯质和混合物

从蒸馏水制备实验以及人们在生活实践中都可以看到水加热变成水蒸气，水蒸气遇冷又变成水；糖溶解在水里便看不见了，但它仍有甜味，如果把水蒸干又得到了糖。这些现象说明，水和糖都是由许多极小的微粒构成的。水受热以后，水的微粒运动加剧，克服了微粒之间的引力，变成了水蒸气。把蔗糖撒到水里，慢慢地就看不见了。这是因为蔗糖溶于水后，变成了蔗糖小微粒，分散到水的小微粒之间去了。但水的微粒和蔗糖的微粒，仍然保持着水和蔗糖的性质。

辩证唯物主义认为，物质是可分的。恩格斯说：“**实际上，在一定的范围内，例如在化学中，每一个物体都是可分的**”。即物质是由许多微粒组成的。我们把能够独立存在并且保持原物质的化学性质的微小粒子叫做分子。一切物质都是由分子组成的。水、蔗糖、酒精，分别是由水分子、蔗糖分子和酒精分子所组成。

科学实践证明，各种物质的分子都具有下列三方面的共性：

1、分子是有一定大小和重量的。同种物质的分子其大小、重量和性质完全相同，不同种物质的分子其大小、重量和性质也不相同。水分子、蔗糖分子和酒精分子，它们的大小、重量和性质都是不一样的。正是由于这种不同，构成了自然界物质的千差万别。



2、分子总是在不停地运动着。唯物辩证法认为“运动是物质存在的方式”“没有运动的物质和没有物质的运动是同样不可想像的”，事实正是这样，不仅气态物质的分子总在运动，液态、固态物质的分子也总在运动。一般说来，分子的运动是无规则的。分子的无规则运动又叫做分子的热运动。蔗糖能均匀地分散到水里，都是水分子和蔗糖分子不断运动的结果。

3、分子之间有吸引力。不同的分子间吸引力也不同，并且随着分子间距离的增大而减弱。

构成物质的分子间实际上存在着相互对立的两种作用：既相互吸引，又相互排斥（分子的热运动）。从而决定了物质有气、液、固三态的变化。以水为例，当温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ （熔点）时，分子热运动减弱，排斥作用退居次要地位，因此分子相处紧密，不能自由运动，只能在固定的位置上振动，这时物体具有一定的形状和体积。于是外观上就成为固体——冰。当温度超过 $0^{\circ}\text{C}$ 时，分子热运动增强，分子活动范围增大，但尚不足以克服分子间的吸引，因而只具有一定的体积，形状可以改变，具有流动性，这就是液体——水。当温度超过 $100^{\circ}\text{C}$ （沸点）时，分子热运动更加剧烈，分子间的排斥作用转化为主要地位，吸引作用则退居次要地位。从而水分子呈自由运动，彼此距离很大，能够充满整个容器，并可以压缩，外观上既没有一定的体积，又没有一定的形状，这就是气体——水蒸气。其它物质的三态随温度而改变的原因也是这样，只是不同物质的分子间吸引力强弱不同，其熔点、沸点也有所不同罢了。通过物质三态变化，更加充分地说明物质是由分子组成的这一客观存在。

从组成物质的分子种类来看，物质可以分为混合物和纯质。天然水中除了水分子外还含有一些盐类分子，像这样由不同种分子组成的物质叫混合物。物质是由同种分子组成的就叫做纯质。混合物的组成不固定，正如天然水一样，往往因来源不同它的组成成分也不同，它的性质也随着组成成分的变化而有所不同。纯质不同于混合物，它组成恒定，性质也固定，同制备方法、来源的差别没有关系。因此，我们研究物质的性质，总是先研究纯质的性质。

## 第二节 水的组成

### 一、水的电解

知道了一切物质都是由分子所组成，使我们对物质有了较深入的认识。但还很不深刻，例如，为什么不同的分子具有不同的性质。要回答这个问题，就必须从分子内部的结构去找原因。辩证唯物主义告诉我们：物质是无限可分的。因此尽管分子很小，看不见，摸不着，但是仍然可以再继续分下去。分子是由更小的微粒——原子组成的，我们先做下面的实验。

在水电解装置里（图1—1）装满水，接通直流电后，两极立即产生气泡，经过一段时间，阴极侧生成的气体体积是阳极侧的二倍。如果把生成的气体由管的上端放出，阴极生成的气体比空气轻，有可燃性，证明它是氢气；阳极生成的气体有助燃性，能使火柴余烬复燃，证明它是氧气。水在电流的作用下分解成氢和氧两种性质与水截然不同



的物质。这里我们看到了原来能灭火的水，却是由可燃的氢和能够助燃的氧两种成分组成的。也就是说水的分子是由氢原子和氧原子结合而成的。水的电解过程可以表示如下：



这个过程的实质是：在电能的作用下，水分子被“拆开”成更小的微粒氢原子和氧原子。原子的化学性质都是很活泼的，极易结合。所以聚集在阳极上的氧原子相互结合成氧分子，聚集在阴极的氢原子相互结合成氢分子，这个过程可用图1—2来说明。

我们也可以从另一个方面证明水分子是氢原子与氧原子组成的。把氢和氧按 2 : 1（体积比）混合，打个电火花，氢与氧立即猛烈化合生成水，同时放出大量的热以致引起爆炸。这个反应恰好是电解水的逆过程。

不论水电解生成氢和氧的变化，还是氢和氧化合生成水的变化，它们与水的三态变化是性质不同的两种变化。在水的三态变化（冰—水—水蒸气）中，只是水分子的运动范

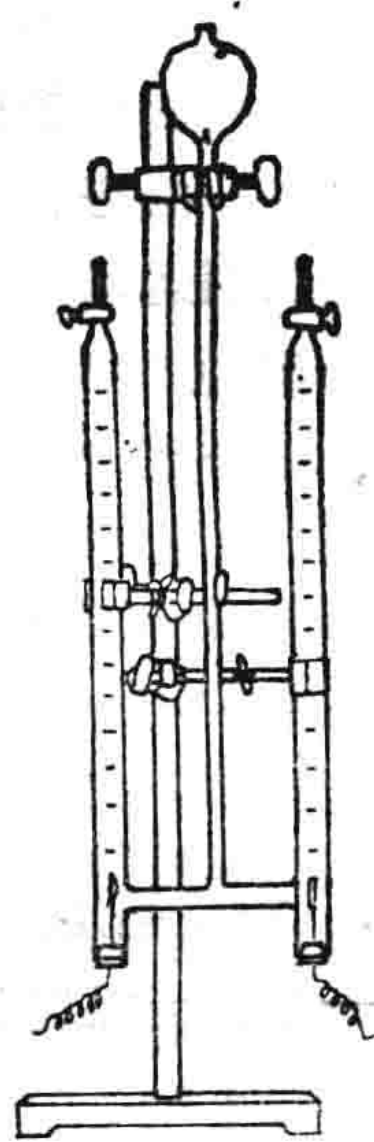


图1—1 水的电解

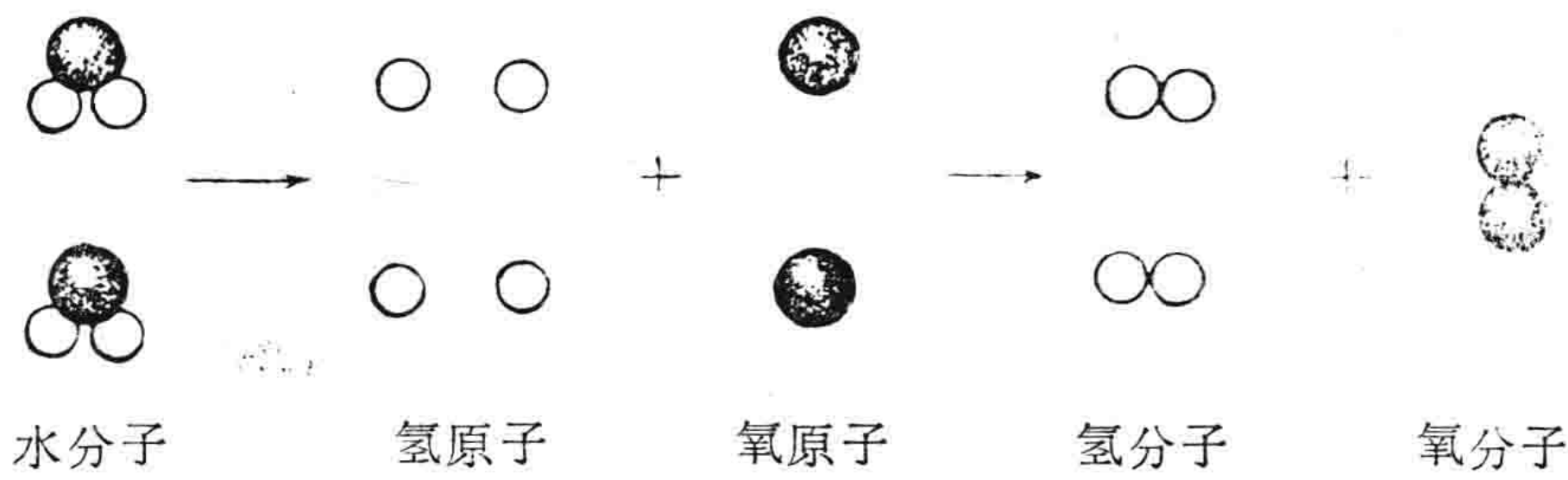


图1—2 水分子电解过程示意图

围发生了变化，而分子本身并没有被破坏，象这样的变化叫做物理变化。物质在外观上和物理变化中所表现出来的性质叫做物理性质。水的物理性质为无色、无味、无臭的液体，熔点是 0℃，沸点是 100℃，比重在 4℃时为 1。而水电解生成氢和氧的变化是水分子破坏了，而生成 了 氢 分子和氧分子，物质发生了质的变化，原物质转变成新物质，这样的变化叫做化学变化。在化学变化中，构成原物质分子的原子部分地或全部地“化分”开来，然后再按新的方式“化合”在一起，生成新物质的分子。化学变化实质上是原子间的重新组合。所以原子是参加化学反应的基本微粒。在化学变化的整个过程中，都贯穿着原子的“化分”与“化合”，因此“化分”与“化合”构成了化学变化所具有的特殊本质。化学就是以物质的“化分”与“化合”为研究对象的一门科学。

物质在化学变化中表现的性质叫做化学性质。如水电解能生成氢气和氧气就是水的一种化学性质，氢有可燃性，氧有助燃性就是氢和氧的化学性质之一。物质的物理性质和化学性质是物质的属性，这种属性又为其内部结构所决定，因而它必然是物质内部结



构在特定条件下的一种反映。我们正是从物质在变化中表现出来的各种性质来认识物质的。

## 二、原子量

原子虽然很小，但仍有一定的重量。原子的重量是原子的一项重要性质。不同种类原子的重量是不同的。

原子的重量很小无法直接测定，国际上用特殊的单位“碳单位”来表示一个原子的重量。“碳单位”是碳原子重量的  $1/12$ ，因此，碳的原子量就是12碳单位。其他原子与碳原子相比较得到的相对数值，便是那个原子的原子量。因此，原子量并不是一个原子的实际重量，而是原子的相对重量。例如氢原子是碳原子重量的0.084倍(由实验测得)，所以氢的原子量是  $12 \times 0.084 = 1.008$  碳单位；同理，氧原子是碳原子重量的1.333倍，因而氧的原子量是  $12 \times 1.333 = 16$  碳单位。其它原子的原子量也是这样确定的。为了简便起见，常把“碳单位”三个字省去。例如，氢的原子量是1.008，氧的原子量是16。元素的原子量可在附录的周期表中查到。

## 三、原子的结构

唯物辩证法认为：物质是无限可分的。不仅分子可分，原子也是可分的。科学实验证实：原子是由原子核和核外电子两部分构成的。原子核带正电，位于原子的中心，只占很小体积，它的半径只有原子半径的十万分之一。如果将原子设想为一个直径是十米的球体，原子核就只有针头那样大小。核外电子带负电荷，每一个电子带一个单位负电荷。电子是在不停地绕核作高速运动。电子的重量非常小，几乎可以忽略，因此，原子的重量可看成全部集中在原子核上。

原子核虽小，但它还可以再分，原子核主要由带正电荷的质子和不带电荷的中子所组成。质子的重量约等于一个氢原子的重量，即一个碳单位。由于每个质子带一个单位正电荷，因此，原子核的正电荷数(又叫核电荷数)，就等于质子数。中子的重量与质

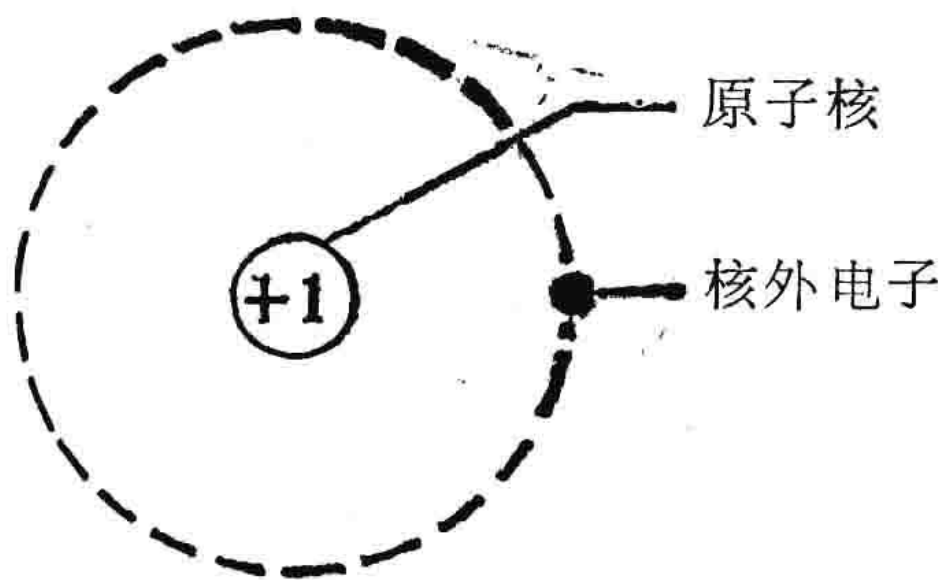


图1—3 氢原子结构示意图

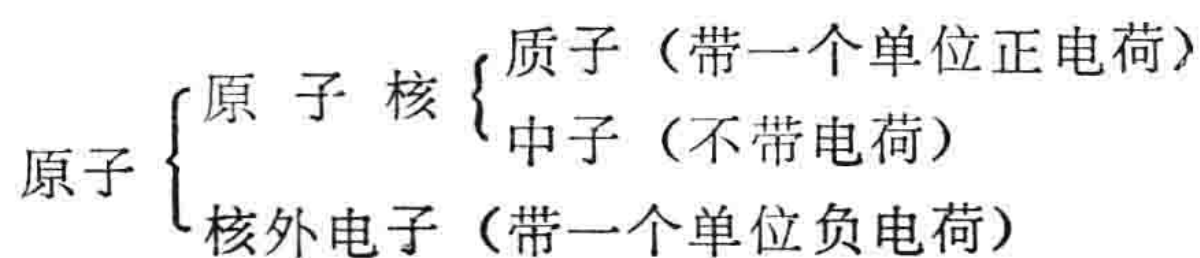
子的重量几乎相等，也是一个碳单位，所以，质子数和中子数之和约等于原子量。例如，氧原子的原子核中有8个质子和8个中子，因此，氧原子的原子量约等于16。

在原子中，原子核所带的正电荷数(即质子数)和核外电子所带的负电荷数(即核外电子数)是相等的。氢原子核里有一个质子，核外就有一个电子(如图1—3)。氧原



子核中有 8 个质子，核外就有 8 个电子在绕核运动。因此，整个原子是不显电性的。

总结起来，原子的基本结构可概括如下：



质子数 (核电荷数) = 核外电子数

原子量 = 质子数 + 中子数

当原子失去电子时，质子数就大于电子数，形成带正电荷的微粒；反之，当原子得到电子时，电子数就大于质子数，而形成带负电荷的微粒。这种带电荷的微粒叫做离子。带正电荷的微粒叫做阳离子，带负电荷的微粒叫做阴离子。例如，当氢原子失去一个电子，就形成带一个正电荷的阳离子——氢离子，当氯原子得到一个电子，就形成带一个负电荷的阴离子——氯离子。

“事物都是一分为二的”。不仅原子可分，原子核可分，电子，质子，中子等也不是“物质的始原”，它们也是可分的。列宁早就指出：“电子和原子一样，也是不可穷尽的”。自然科学的进一步发展，必将证实这一科学的论断。

### 第三节 分子式

#### 一、元素、元素符号

不同种类的分子可以含有相同种类的原子。例如氧分子含有氧原子，水分子也含有氧原子，这些氧原子都是一样的。我们把同一种类的原子总称为元素。因此，我们可以说氧气是由氧元素组成的，水是由氧氢两种元素组成的。

自然界的物质种类很多，已经超过百万种，但构成这些物质的元素种类却不多，到目前为止发现了一百余种。自然界的物质都是由一种或多种元素的原子以不同数量和方式结合而成的。全部元素又分为金属元素和非金属元素两大类。

汉字名称中金属元素用“金”字旁表示，如金、银、铜、铁、铝等（汞是例外）。非金属则以“石”字旁、三点水“氵”、“气”字头表示。石字旁表示固体，如硫、碳等；“氵”表示液体，如溴；气字头表示气体，如氢、氧、氮、氯等。

在国际上，每种元素各用一定的符号表示，叫做元素符号。例如氢元素用“H”表示，氧元素用“O”表示，氯用“Cl”表示。这种符号是取自拉丁名的字头，字母必须大写。如果两个元素拉丁名的头一个字母相同，为了区别，其中一个元素再取一个字母，此字母须小写。如碳元素符号是“C”，钙元素符号是“Ca”，氯是“Cl”。

元素符号表示下列三种意义：

1、表示一种元素； 2、表示此元素一个原子； 3、表示该元素的原子量。

例如：“O”表示氧元素；表示一个氧原子；表示氧的原子量为16。

目前发现生物体内有五十余种元素，其中除了碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)几种元素含量较多外，还含有少量的钙(Ca)、磷(P)、钾(K)、钠(Na)、



氯 (Cl)、硫 (S)、铁 (Fe)、镁 (Mg) 等几十种元素。医学上常用的元素 种类不多，约有二十几种，现在把它们的元素符号及原子量列于下表。其它元素的元素符号和原子量可在附录的周期表中查到。

表1—1、医学常用的元素及原子量表

| 元素名称 | 元素符号 | 原子量 | 元素名称 | 元素符号 | 原子量  |
|------|------|-----|------|------|------|
| 钠    | Na   | 23  | 氢    | H    | 1    |
| 钾    | K    | 39  | 氧    | O    | 16   |
| 钙    | Ca   | 40  | 氯    | Cl   | 35.5 |
| 镁    | Mg   | 24  | 氮    | N    | 14   |
| 铝    | Al   | 27  | 碳    | C    | 12   |
| 锌    | Zn   | 65  | 硫    | S    | 32   |
| 铁    | Fe   | 56  | 磷    | P    | 31   |
| 铜    | Cu   | 64  | 硅    | Si   | 28   |
| 汞    | Hg   | 201 | 碘    | I    | 127  |
| 银    | Ag   | 108 | 溴    | Br   | 80   |

二、分子式、分子量

1、分子式：物质的分子既然是由一定的元素原子所构成，那么物质的分子组成就可用元素符号来表示。这种用元素符号来表示物质的分子组成的式子，叫做分子式。 $O_2$ 是氧的分子式， $H_2$ 是氢的分子式，式中元素符号右下角的数字“2”表示每个氧分子和氢分子都是由两个该元素的原子组成的。水的分子式是 $H_2O$ ，它表示水分子是由两个氢原子和一个氧原子所组成。氢氧化钙就是通常所说的熟石灰，它的分子式是 $Ca(OH)_2$ 。在这个分子式中，氢和氧两种元素的原子是连结在一起的(括号内的OH)，而且在化学反应中，它象简单的原子一样，作为一个单位参加反应。这种由两种或两种以上不同元素的原子结合在一起而参加化学反应的基团，叫做原子团。“OH”就是一种常见的原子团，原子团有时也叫做根，所以“OH”也叫氢氧根。在分子式 $Ca(OH)_2$ 中括号外右下角的数字2是表示分子中含有两个氢氧根。因此 $Ca(OH)_2$ 就是表示一个氢氧化钙的分子中含有一个钙原子两个氧原子和两个氢原子。

分子式的读法是从分子式的后边向前边读。例如 $Ca(OH)_2$ 读做氢氧化钙， $CO_2$ 读做二氧化碳， $NaCl$ 读做氯化钠，当然水 $H_2O$ 照理也可读做氧化氢，不过水这个俗名大家都 很熟悉，所以化学上也就不再叫它为氧化氢了。

从各种物质的分子式的组成来看，所谓纯质又有两种情况：一种纯质的分子是由同种元素的原子组成的，这种纯质叫做单质，如氧气 $O_2$ 和氢气 $H_2$ 都是单质；反之，如果一种纯质的分子是由不同种元素的原子组成的，这种纯质叫做化合物，如水 $H_2O$ 、二氧化碳 $CO_2$ 等就是化合物。

2、分子量：分子既然是原子组成的，那么把组成分子各原子的原子量加在一



起，就是分子量了。只要知道分子式，便可算出分子量。分子量的单位和原子量一样也是用碳单位表示。例如：已知氧的分子式是 $O_2$ ，氧的分子量 $=16 \times 2 = 32$ （碳单位）；氢的分子式是 $H_2$ ，氢的分子量 $=1 \times 2 = 2$ （碳单位）。又如水的分子式是 $H_2O$ ，水的分子量 $=1 \times 2 + 16 \times 1 = 18$ （碳单位）。氢氧化钙的分子式是 $Ca(OH)_2$ ，它的分子量 $=40 + (16 + 1) \times 2 = 74$ （碳单位）。和原子量一样，分子量也常省去“碳单位”三个字。

在实际化学工作中常采用“克分子量”。克分子量就是以克为单位表示的分子量。如水的克分子量为18克，二氧化碳的克分子量为44克。需要指出，18克的水并不是一个水分子的重量，而是许多水分子的重量，科学实验证明：18克的水中含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个水分子；44克的二氧化碳也含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个 $CO_2$ 分子。就是说1克分子量是 $6.02 \times 10^{23}$ 个分子的重量。反过来说，任何物质一个克分子量中都含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个分子。

在实际应用中，常把某物质一个克分子量的值，当做一个单位，叫做克分子。因此，克分子也是衡量物质质量的一种化学单位。例如：18克水是1克分子，36克水是2克分子；32克氧气是1克分子，320克氧气是10克分子；58.5克氯化钠是1克分子，5.85克氯化钠是0.1克分子。

物质的重量与克分子数的关系是：

$$\frac{\text{重量(克)}}{\text{克分子量}} = \text{克分子数}$$

例如：32克氧气的克分子数为  $\frac{32\text{克}}{32\text{克}} = 1 \text{克分子}$

9克氯化钠的克分子数为  $\frac{9\text{克}}{58.5\text{克}} = 0.15 \text{克分子}$

实验证明：1克分子的任何气体在标准状况下(0℃, 760mmHg)的体积都是22.4升。例如：44克的 $CO_2$ 、32克的 $O_2$ 、28克的 $N_2$ 在标准状况下都占有相同的体积22.4升。

通常气体的量多用体积表示。因为测量气体的体积是比较方便的，只要知道气体的体积，再通过气体克分子体积22.4升的关系，就能计算出气体的克分子数和重量。

综上所述，分子式可以表示出下列几种意义，现以水为例说明如下：

| 分子式表示的意义        | $H_2O$                 |
|-----------------|------------------------|
| 1、表示物质的一个分子     | 一个水分子                  |
| 2、表示组成物质的元素种类   | 由氢和氧两种元素组成             |
| 3、表示分子中各元素的原子个数 | 一个水分子中有两个氢原子和一个氧原子     |
| 4、表示物质的分子量和克分子量 | 它的分子量为18，克分子量为18克      |
| 5、如果是气体可表示克分子体积 | 一克分子的水蒸气在标准状况下体积为22.4升 |

3、分子式的表示法

单质分子式的表示法：写单质分子式时，应先写出它的元素符号，然后，在元素符号的右下角写上数字，以表示这种单质的一个分子中所含原子的个数。例如，氢气、氧气、氯气的分子中各含两个原子，所以这些单质的分子式分别是 $O_2$ 、 $H_2$ 、 $Cl_2$ 。有些



气体，如氦（He），氖（Ne），它们的分子是由一个原子组成的，所以它们的元素符号也就是它们的分子式。

金属和多数固体非金属如碳、硫等，因其结构复杂，习惯上也只用元素符号表示它们的分子式。例如铁分子式为Fe，铜分子式为Cu，碳为C，硫为S等。

化合物分子式的表示法：写化合物的分子式时，首先要知道这种物质含有哪些元素以及一个分子中所含有的每种元素原子的个数。例如要写水的分子式，不仅要知道水是由氢、氧两种元素所组成，而且还要知道每个水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的，然后才能正确写出水的分子式 $H_2O$ 。如果表示几个分子，可在分子式前面写上数字，例如三个水分子可写成 $3H_2O$ 。

4、元素的化合价：分子式是反映客观物质组成的一种方式，我们应当从客观存在着的事实出发，“从其中引出其固有的而不是臆造的规律性，即找出周围事变的内部联系，作为我们行动的向导”。为了帮助我们正确地书写化合物的分子式，我们必须了解什么是元素的化合价。通过对大量化合物的分析使我们认识到，原子互相结合的能力不是任意的，而是有一定比例的。例如，在氯化氢分子（HCl）中，一个氯原子是与一个氢原子结合；在水分子（ $H_2O$ ）中，一个氧原子是与二个氢原子结合的；在氨分子（ $NH_3$ ）中，一个氮原子是与三个氢原子结合的。这三种化合物中原子的结合如（图1—4）。

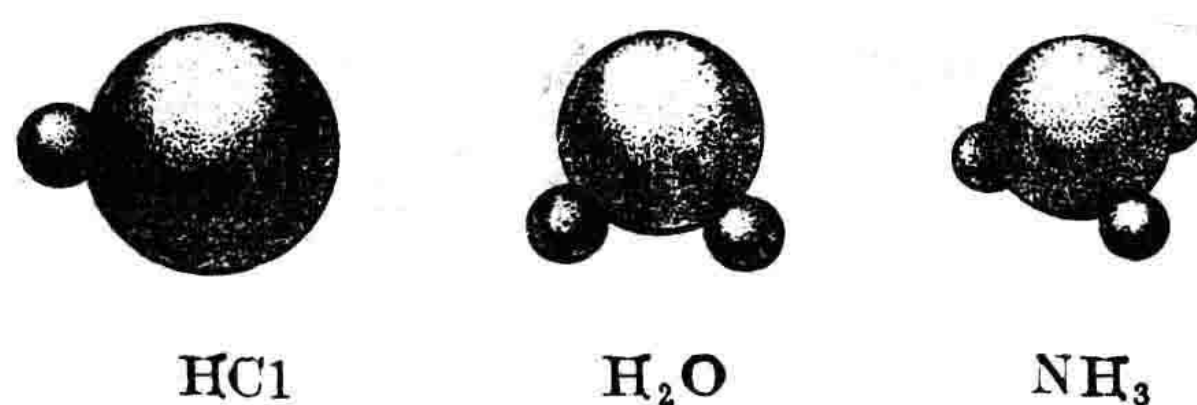


图1—4 氯化氢、水、氨分子示意图

由此可见，元素的原子化合成分子时，其原子数之间有一定的比例关系。我们把不同元素的原子之间按一定比例化合的性质叫做元素的化合价。化合价是元素的一种重要性质，它用一定的数值来表示。通常把氢元素的化合价定为1价。其它元素的化合价，就是某元素的一个原子直接或间接结合氢原子的个数。例如在HCl、 $H_2O$ 、 $NH_3$ 三种化合物中，氯元素是1价，氧元素是2价，氮元素是3价。

元素的化合价有正负之分。由两种元素形成的化合物中，必有一种元素是正价而另一种元素是负价。通常把氢的化合价作为正一价（+1）；氧的化合价作为负二价（-2）。一般来讲，氢和金属元素是正价，非金属元素是负价。但和氧结合的非金属元素却是正价。

在 $H_2O$ 分子中，两个氢原子的正价总数 =  $+1 \times 2 = +2$ ，一个氧原子的负价总数 =  $-2$ 。因此，在两种元素组成的化合物中，一种元素的正价总数一定等于另一种元素的负价总数。即元素的正价数  $\times$  正价元素的原子个数 = 元素的负价数  $\times$  负价元素的原子个数。

在写化合物分子式时必须注意以上这个原则。



元素的化合价是元素形成化合物时所表现出来的一种性质，所以单质中元素的化合价为零。

事物的性质“本来不是死的、凝固的，而是生动的、有条件的、可变动的、暂时的、相对的东西。”有些元素在不同的条件下，可以显示出不同的化合价。例如铁，在一种化合物 $\text{FeCl}_2$ 中表现为+2价，而在另一种化合物 $\text{FeCl}_3$ 中却表现为+3价。有时，同一种元素的不同化合价，常常使构成的化合物具有不同的生理功能。例如，人体血液中含有+2价铁的血红蛋白（称为亚铁血红蛋白），具有携带和运送氧气的功能，而含+3价铁的血红蛋白，便失去这种作用。常用元素的化合价如表1-2所示。

表 1—2 常用元素的化合价表

| 元素名称 | 元素符号 | 化合价 | 实 例                                                            | 元素名称 | 元素符号 | 化合价 | 实 例                             |
|------|------|-----|----------------------------------------------------------------|------|------|-----|---------------------------------|
| 氢    | H    | +1  | H <sub>2</sub> O, HCl                                          | 钠    | Na   | +1  | NaCl                            |
| 氧    | O    | -2  | H <sub>2</sub> O, MgO                                          | 钾    | K    | +1  | KCl                             |
| 硫    | S    | -2  | H <sub>2</sub> S                                               | 钙    | Ca   | +2  | CaO                             |
|      |      | +4  | SO <sub>2</sub>                                                | 镁    | Mg   | +2  | MgCl <sub>2</sub>               |
|      |      | +6  | SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>               | 钡    | Ba   | +2  | BaSO <sub>4</sub>               |
| 磷    | P    | -3  | PH <sub>3</sub>                                                | 锌    | Zn   | +2  | ZnO                             |
|      |      | +5  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 银    | Ag   | +1  | AgNO <sub>3</sub>               |
| 碳    | C    | +4  | CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>               | 铝    | Al   | +3  | Al(OH) <sub>3</sub>             |
| 氯    | Cl   | -1  | HCl, NaCl                                                      | 汞    | Hg   | +1  | Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> |
|      |      | +5  | KClO <sub>3</sub>                                              |      |      | +2  | HgCl <sub>2</sub>               |
|      |      | +7  | KClO <sub>4</sub>                                              | 铜    | Cu   | +1  | Cu <sub>2</sub> O               |
| 氮    | N    | -3  | NH <sub>3</sub>                                                |      |      | +2  | CuO                             |
|      |      | +3  | HNO <sub>2</sub>                                               | 铁    | Fe   | +2  | FeSO <sub>4</sub>               |
|      |      | +5  | HNO <sub>3</sub>                                               |      |      | +3  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  |
| 溴    | Br   | -1  | KBr                                                            | 锰    | Mn   | +2  | MnCl <sub>2</sub>               |
| 碘    | I    | -1  | KI                                                             |      |      | +4  | MnO <sub>2</sub>                |
|      |      |     |                                                                |      |      | +7  | KMnO <sub>4</sub>               |

在化合物中，原子团也具有化合价。例如氢氧根（OH）是负一价，从分子式 $\text{NaOH}$ 中知道钠Na是+1价，那么与钠相结合的氢氧根（OH）应是负一价。常见原子团的化合价如表1-3所示。



表 1—3 常用原子团的化合价表

| 原 子 团                 | 化 合 价 | 实 例                                |
|-----------------------|-------|------------------------------------|
| 氢 氧 根 OH              | - 1   | 氢氧化钠 NaOH                          |
| 硝 酸 根 NO <sub>3</sub> | - 1   | 硝 酸 HNO <sub>3</sub>               |
| 硫 酸 根 SO <sub>4</sub> | - 2   | 硫 酸 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| 碳 酸 根 CO <sub>3</sub> | - 2   | 碳 酸 H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |
| 磷 酸 根 PO <sub>4</sub> | - 3   | 磷 酸 H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> |
| 铵 根 NH <sub>4</sub>   | + 1   | 氢氧化铵 NH <sub>4</sub> OH            |

根据化合价可以帮助我们确定简单化合物的分子式。如氯化钙的分子式应为CaCl<sub>2</sub>，而氧化钠的分子式应为Na<sub>2</sub>O。

另外，根据化合物中正负价总数必须相等的原则，可以推测出组成化合物的某一元素的化合价。例如，碳酸 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 分子中碳的化合价是多少？已知氢的正价总数是 + 1 × 2 = + 2，而氧的负价总数是 - 2 × 3 = - 6，因为分子中正价总数必等于负价总数，所以碳应为 + 4 价。

## 习 题

- 1、H、2 H、H<sub>2</sub>、2 H<sub>2</sub>各代表什么意义？
- 2、什么是分子量？什么是克分子量？算出下列各物质的分子量及克分子量：  
盐酸 (HCl)，氢氧化钠 (NaOH)，葡萄糖 (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)，氯化钾 (KCl)，  
碳酸氢钠 (NaHCO<sub>3</sub>)。
- 3、根据氢氧两种元素的化合价确定下列分子式中各元素的化合价：  
HCl, Na<sub>2</sub>O, CaO, CO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。
- 4、NaOH 80 克，H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 49 克，CO<sub>2</sub> 11 克各是多少克分子？
- 5、100 毫升血浆中含有结合的 CO<sub>2</sub> 是 60.5 毫升 (标准状况下)，求 CO<sub>2</sub> 的克分子数。



## 第二章 空气和氧气

### 第一节 空气

#### 一、空气的组成

空气是自然界里最普遍、最重要的一种物质，它不仅在工业生产和科学技术上起着重要作用，各种动植物的生长，人的正常生理活动也都离不开空气。例如，正常人在安静状态下呼吸时，每分钟吸入的空气量可达8000~9000毫升。

空气不是纯质，而是由多种气体组成的混合物。为了说明这个问题，我们做如下实验：在一个水盆里，扣上一玻璃罩，这时罩内外的水面是一平的（图2—1甲），然后取一带有橡皮塞的铁质药勺，勺上装有足够的黄磷，将黄磷点燃后，迅速放入玻璃罩中，并塞紧橡皮塞，这时黄磷在玻璃罩中燃烧，放出白烟（五氧化二磷），罩中水面逐渐上升，当水面升到容积的1/5时，黄磷便停止了燃烧（图2—1乙）。

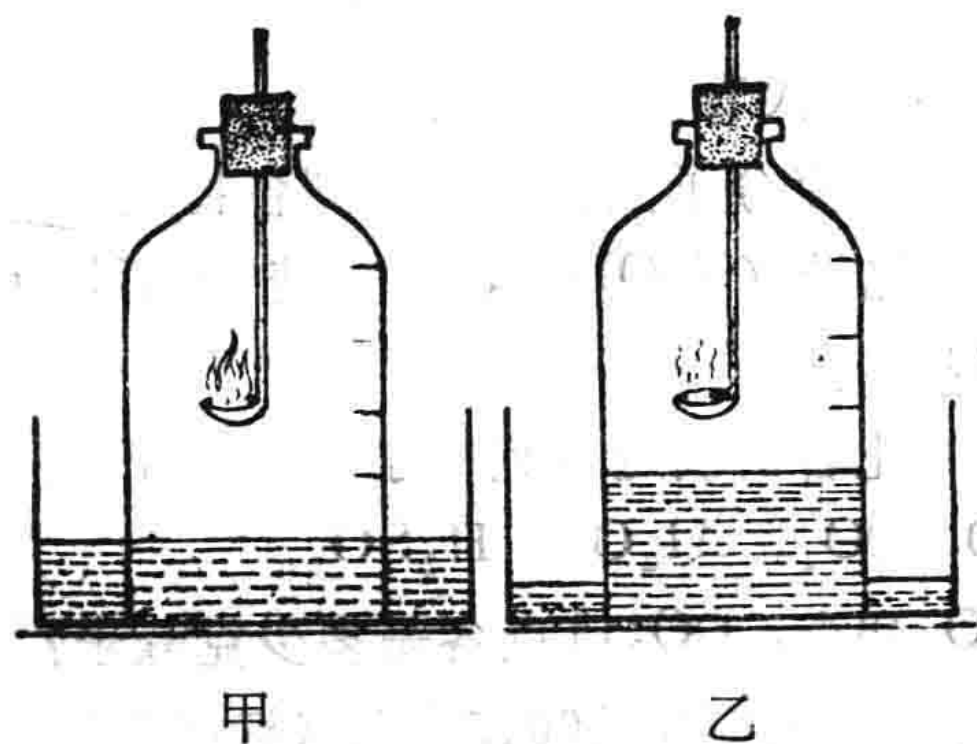
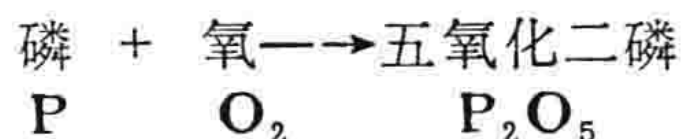


图2—1 磷燃烧实验

实验说明了空气中大约有1/5体积的气体能够帮助燃烧，这种气体是氧（ $O_2$ ）。氧与磷化合生成五氧化二磷的反应可表示如下



罩内剩余的4/5的气体，不能帮助磷的燃烧，其中主要是氮气（ $N_2$ ），此外还含有少量的其他气体，如氦（He）、氖（Ne）等惰性气体，二氧化碳（ $CO_2$ ），水蒸气（ $H_2O$ ）等（见表2—1）。

空气的组成比较恒定，所以在一大气压下  $0^\circ C$  时，一升空气重量是1.293克。利用克分子体积可以计算空气的平均分子量为  $22.4 \times 1.293 = 29$ 。

人的呼吸就是不断地从空气中吸进氧气，并把体内产生的二氧化碳呼出体外。在一

些矿区，空气中常混有一些对人体有害的废气和灰尘，威胁工人的健康。

表 2 — 1      空   气   的   组   成

| 气                      体  |                          | 体   积   ( % ) |
|---------------------------|--------------------------|---------------|
| 名                      称  | 符                      号 |               |
| 氮                         | N <sub>2</sub>           | 78            |
| 氧                         | O <sub>2</sub>           | 21            |
| 惰性气体(氦、氖……)               | (He、Ne……)                | 0.94          |
| 二   氧   化   碳             | CO <sub>2</sub>          | 0.03          |
| 其   他   气   体   及   杂   质 |                          | 0.03          |

在资本主义制度下，由于资本家追逐高额利润，废气已成为无法克服的公害。只有我们这样“一切从人民利益出发”的无产阶级专政的国家，依靠党的领导和人民群众的创造精神，大搞除害利废群众运动，才有可能从根本上征服这个危害。

二、大 气 压

空气是由各种气体分子组成的混合物， 这些气体分子始终处于不停地运 动 状 态 中。因为气体分子彼此相距较远，互相间引力非常小，所以可自由运动。运动着的气体分子向处于其中的各种物体的表面不断地进行碰撞，这种大量气体分子的不断碰撞所产生的压强就是大气压。

大气压究竟有多大呢？我们可以做一个实验。将一根长约 1 米一端封闭的玻璃管装满水银，然后用食指堵住开口一端，把管倒立在水银槽内，如图2—2所示，此时管子里的水银面随即下降。当下降到比管外水银面高出约76厘米时，就不再下降了，这时管中水银柱上面的空间没有空气，是真空。压在水银槽里水银面上的大气压强和管内水银柱的重量所产生的压强（压在同一水平面上）正好相等，这段水银柱重量产生的压强就等于大气压强。

通常把76厘米水银柱产生的压强定为一个标准大气压，用它来做气体压 强 的 单位叫做一个大气压。所以，

1 大气压 = 76厘米汞柱高 = 760毫米汞柱高

医学上常用“毫米汞柱高”或 “mmHg” 作为压强单位。例如，表示血压的大小常写为110mmHg/80mmHg（收缩压/舒张压）。

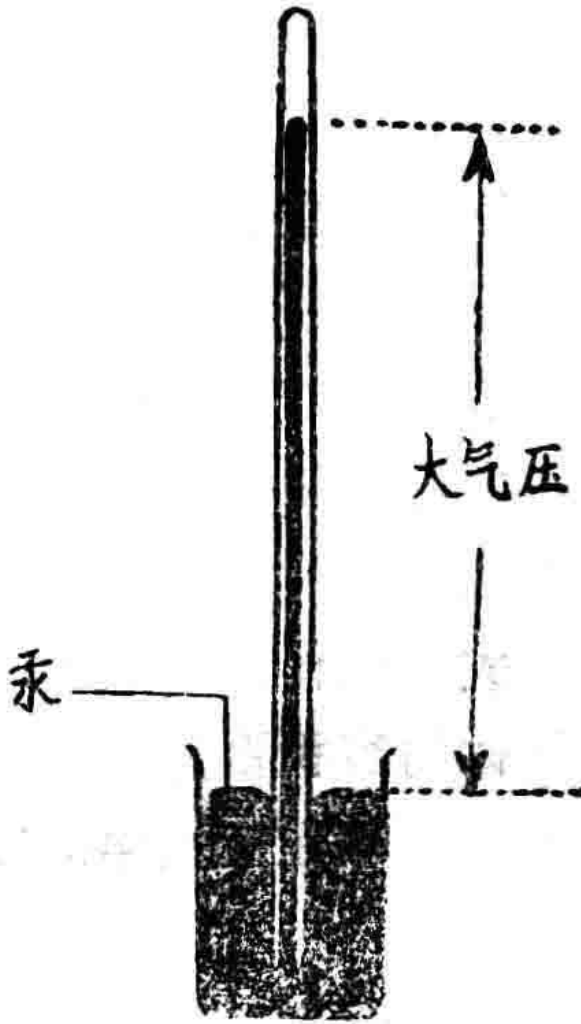


图2—2   大气压力实验