

基础化学

(试用教材)

江西中医学院药学系

一九七五年六月

0871

目 录

第一章	化学基本概念	1 — 20
第二章	无机化合物的分类	1 — 10
第三章	物质结构与元素周期表	1 — 26
第四章	溶液	1 — 22
第五章	化学反应速度与化学平衡	1 — 9
第六章	电解质溶液和离子平衡	1 — 23
第七章	中和法	1 — 22
第八章	沉淀反应	1 — 15
第九章	氧化还原反应	1 — 23
第十章	络合物及络合量法	1 — 17
第十一章	比色法	1 — 10
第十二章	各族元素简介	1 — 40

附 表 盐类和碱类在水中的溶解度表

国际原子量表

门捷列夫元素周期表 (短式)

化学元素周期表 (维尔纳式长表)

第一章 化学基本概念

第一节 物质和物质的变化

一、物质的概念

整个的自然界、整个世界是由不断运动着的物质所组成的,所以说世界是物质的。

列宁教导说:“物质是作用于我们的感官而引起感觉的东西;物质是我们感觉到的客观实在。”物质就是不依赖人类意识而为意识所反映的客观现实。

恩格斯指出:“运动是物质存在的形式。无论在什么地方,在什么时候,决没有、而且不能没有运动的物质。……没有运动的物质是和没有物质的运动同样不可思议的。”

在自然界中,一切物质都在不断地运动和变化着。而物质运动的形式是多种多样的。例如它可能是机械的形式(物体在空间的位移),物理的形式(以热为形式的分子运动),化学的(物质的化合和分解等)或生物的形式(生命现象如生物的生长和死亡)。因此运动是蕴藏在物质中的本性。在适当的条件下,物质的运动可以从一种形式变为另一种形式。例如机械运动可以变为热运动(物质摩擦生热)和电运动(发电机转动生电),化学运动可变为电运动(电池因化学反应而放电)和热运动(化学反应而生热),电运动可以变为化学运动(电解)和机械运动(电动机转动)等。总之,世界由物质所构成及物质在不断地运动、变化和发展,这是马克思主义思想的最基本的论点之一。

二、物质的变化

伟大领袖毛主席教导我们:“人的认识物质,就是认识物质的运动形式,……自然界存在着许多的运动形式,机械运动、发声、发光、发热、电流、化分、化合等等都是”。

在我们日常生活中接触到很多现象,都可以观察到物质在经历着不同的变化。例如水受热会变成水蒸汽,水蒸汽遇冷又会凝结成水;水冷到 0°C 会结成冰,冰受热又会变成水。水蒸汽、水和冰是同一物质的三种状态,它是从一种状态变成另一种状态,而没有生成新的物质。对于这类的变化,我们就称为物理变化。又如铁受潮就会生锈;铜在空气中加热时会变成黑色;煤燃烧时发生大量的热,剩下了煤渣;石灰洒上水发生大量的热,生石灰成了熟石灰;胃酸过多呕酸水,吃点小苏打就舒服多了。在这类例子中都有一个共同点,即原来的物质变了,变成新的物质。对于这类变化,我们就称为化学变化,或者说发生了化学反应。其特征是物质的质变。我们也可以这样说,化学反应就是物质间互相作用组成新物质的过程。如果我们再仔细观察,往往可以发现在化学变化进行时,还有发热、吸热或发光等“能”的变化。

三、物质的性质

在相同的条件下,不同的物质常常发生不同的变化,例如铁在空气中会生锈,而银在空气中不会生锈。这是因为物质各有它的特征,也就是物质具有不同的性质。物质的性质可以分

为物理性质和化学性质两大类:

物理性质: 不需要发生化学变化就能够表达出来, 如物质的颜色、气味、味道、比重、沸点、熔点、传热性、导电性、溶解性等。

化学性质: 要在发生化学反应时才能表达出来, 如物质的可燃性、酸碱性、对光、对热的稳定性等。

每一种物质都有它自己的一定的物理性质和化学性质, 我们也就根据物质的物理性质和化学性质来识别它们。

化学主要研究对象是物质的化学变化及其规律。为了更深入和更广泛地掌握化学变化规律, 化学也研究物质的组成、结构、性质和他们之间的内在联系。研究的目的是将这些规律应用于化学工业生产, 从价廉而丰富的天然资源中提取有用的物质和制备各种人工合成产品, 为社会主义革命和社会主义建设的需要服务。

第二节 分子、原子、化学元素

一、分 子

辩证唯物主义认为, 一切物质都是可以无限分割下去的。例如一杯水, 不管是那里来的, 只要是纯净的水, 它总是无色、无臭、无味、加热至 100°C 就沸腾。即使是一滴水, 或者更少, 它也仍然具有这些性质。这就自然想到, 水是由许多具有水的这些固定性质的粒子聚集而成的。这些微小粒子就称为分子。也就是说, 物质是由分子组成的。水能蒸发变成水蒸汽, 这是因为水的分子不断地运动而离开液面, 并且扩散到空气中去, 但水蒸汽分子的性质和水一样, 并没有改变。

关于分子的基本概念, 可以概括如下: (1) 分子是组成物质的最小微粒, 它能够独立存在并保持原物质的化学性质; (2) 同种物质的分子在质量、大小和性质上完全相同, 不同物质的分子在质量、大小和性质上则不相同; (3) 分子是处于不断运动着的状态, 温度越高, 分子的运动越快; (4) 分子和分子之间保持有一定的距离, 这种距离, 常随温度、压力而改变。如果距离很大, 该物质可能就是气态, 如果较小, 则可能是液态或固态。

二、原 子

当我们将水通电, 就分解出氧气和氢气, 显然氧气和氢气与水的性质完全不同。这就是说, 水分子经分解后, 成为更小的微粒——氧原子和氢原子, 并失去它固有的性质。科学试验证实, 分子是由原子组成的。水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的, 氢分子是由两个氢原子组成的, 氧分子是由两个氧原子组成的。在电解水时, 水分子被分解而得的氢原子和氧原子很活泼, 它们立即又分别结合成氢分子和氧分子。

在化学变化中, 分子可以被分解为原子, 原子又可相互结合成分子。但在化学变化中, 一种原子不能变成另一种原子, 例如氧原子不能变为氢原子或其他原子。所以原子是物质参加化学变化的最基本的微粒。

关于原子的基本概念, 可以概括如下: (1) 物质的分子是由一定种类和一定数目的更小质点——原子所组成, 原子是物质参加化学变化的最基本的微粒; (2) 同种类原子的性质相同, 不同种类的原子其性质不同; (3) 原子都处于不停的运动状态。

根据原子、分子的概念,我们更可进一步理解物理变化和化学变化的实质。物质发生物理变化时,只是分子的运动状态和分子间的距离发生了变化,而分子本身并没有改变;而物质发生化学变化时,则原物质的分子遭到破坏,被分解为原子,即“化分”,原子又重新组合成新物质的分子,即“化合”。

三、化学元素和元素符号

分子既然是原子组成的,但原子并不都一样,正因为存在着不同种类的原子,才能组成不同的分子,这才有千差万别的物质。不同种类的原子组成的物质具有不同的化学性质。我们把同一种类的原子称为一种元素(化学元素)。例如我们常碰到的铁、铜、铝、锌、锡……以及氧气、氢气、硫磺、木炭……等,它们的原子都为一种元素,即称做铁元素、铜元素、……硫元素、碳元素等。自然界中元素的种类是有限的。现在,在地壳中找到的共有 92 种元素,加上利用原子反应堆人造的元素 11 种,一共发现有 103 种元素(参阅元素周期表)。世界上的各种物质都是由这些元素以不同数目和不同方式结合而成。

为了区别不同种类的元素,国际上定出了通用的符号——即元素化学符号。这种符号是以元素的拉丁名称第一个字母(或再加上一个字母)来表示,例如氢用“H”表示;氧用“O”表示;铁用“Fe”表示;锡用“Sn”表示等。如果元素符号是一个字母,要用大写;如果是两个字母,则第一个字母要大写,第二个字母要小写。否则就容易发生错误,例如钴的化学符号是“Co”,如果写成“CO”就成了一氧化碳了。

元素符号包含着下面三种意义:

1. 表示一种元素;
2. 表示这种元素的一个原子;
3. 表示这种元素的原子量。

常见的元素及其符号如下:

铝	银	砷	硼	钡	溴	碳	钙	氯	钴	铬	铜	氟	铁
Al	Ag	As	B	Ba	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	F	Fe
氢	汞	碘	钾	镁	锰	氮	钠	氧	磷	铅	硫	硅	锌
H	Hg	I	K	Mg	Mn	N	Na	O	P	Pb	S	Si	Zn

第三节 原子量、分子量

一、原子量

物质是由分子组成的,分子是由原子组成的。任何物质都有一定的重量,所以原子也都有重量。同元素原子的重量都相同,不同元素原子的重量就不相同。例如:

氢原子的重量是 0.000,000,000,000,000,000,001,673 克

氧原子的重量是 0.000,000,000,000,000,000,000,026,570 克

碳原子的重量是 0.000,000,000,000,000,000,000,019,938 克

这样小的数字,记忆和计算很不方便。因此,在化学上采用一种特殊的重量单位,叫做“碳单位”来表示原子的重量。一个碳单位是碳(C^{12})一个原子重量的 $1/12$,即 0.000,000,000,000,000,000,001,661 克,所以原子量就是用碳单位表示某元素一个原子的重量。显然,

碳一个原子的重量是“碳单位”的 12 倍, 因此碳的原子量是 12 碳单位。又如氢一个原子的重量约为“碳单位”的 1 倍, 氢的原子量为 1 (准确量是 1.008) 碳单位; 氧一个原子的重量约为“碳单位”的 16 倍, 氧的原子量为 16 (准确量是 15.9994) 碳单位。在表示原子量时, 通常把“碳单位”省去, 因此氢的原子量是 1.008; 氧的原子量是 15.9994。

〔附注〕 化学上最早是以氧的原子量等于 16 作为原子量的标准, 每个原子量单位为氧原子质量的 $1/16$, 称为“氧单位”。因氧能与大多数元素化合, 同时最轻的元素氢的原子量等于 1.008, 而不小于 1。但在发现了氧有三种同位素 (O^{16} 、 O^{17} 和 O^{18}) 之后, 物理原子量以 $O^{16}=16.0000$ 作为标准, 则氧的平均原子量应为 16.00436, 但化学中一直未加改正。因此在实际工作中引起了化学原子量与物理原子量两套标准。现在物理与化学统一了标准, 用碳的同位素 $^{12}C=12.0000$ 作为原子量的标准, 这样求得的原子量与原来的化学原子量相差很小, 例如氧的原子量从 16.0000 变成 15.9994, 相差不到万分之四, 因此在一般计算中, 仍旧可以把氧的原子量看作是 16。

二、分 子 量

分子量就是用碳单位表示一个分子的重量。显然, 分子量就等于分子内所有原子的原子量的总和, 我们根据分子式就可以计算物质的分子量。

例 1 求水的分子量。

水的分子式是 H_2O , 查原子量表得出:

两个 H 的重量 $= 2 \times 1.008 = 2.016$ (碳单位)

一个 O 的重量 $= 15.9994$ (碳单位)

所以, H_2O 的分子量 $= 2.016 + 15.9994 = 18.0154$ (碳单位)。

有时不需要计算得很精确, 就可以做近似计算, 即氢的原子量为 1, 氧的原子量为 16, 则 H_2O 的分子量便是 $2 \times 1 + 1 \times 16 = 18$ (碳单位)。

例 2 求高锰酸钾 ($KMnO_4$) 的分子量。

根据原子量表查出: K 原子量 $= 39.102$, Mn 原子量 $= 54.9381$, O 原子量 $= 15.9994$ 。

所以, $KMnO_4$ 分子量 $= 39.102 + 54.9381 + 4 \times 15.9994 = 158.0377$ 。

应当指出, 原子量小数部份要取几位, 应根据准确度的实际需要来决定, 例如通常 $KMnO_4$ 分子量只写作 158.04。

第四节 单质、化合物和混合物

一、一般概念

我们知道, 物质的分子都是由一定种类、一定数目的原子组成的。

单质的分子是由同一种元素的原子组成的。许多气态单质如氧气、氢气、氮气、氯气等的分子, 都是由两个同种原子所组成。碳、硫、磷、铁、铜、铝等都是由若干个同种原子所组成的固态单质。单质是在自然界中游离存在的元素。

化合物的分子是由不同元素的原子组成的。例如水分子是由两个氢原子和一个氧原子所组成, 因此水是化合物。二氧化碳, 食盐、高锰酸钾、氯酸钾等都是化合物。

单质和化合物都是有一定的组成和性质的物质, 这一类物质中如果不含杂质, 就是纯净物质。

混合物是由几种单质, 几种化合物, 或单质与化合物混和而成的。如糖水, 空气等都是混合物。混合物与纯净物质的区别是无一定组成, 其性质也随成份的不同而改变。例如纯净的水是无色的, 无味的, 但在一杯纯水里加入几滴墨水, 水中就有颜色, 加入几粒糖, 水中就显甜味。在混合物中的各种物质都仍保持它们各自原有的性质。

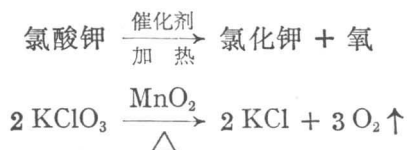
二、氧 (O_2)

(1) 氧的制法

氧是自然界中分布最广的元素, 单质(游离态)的氧是空气主要成分之一。在工业、国防、科研各方面都需大量的纯氧。

工业上常从液态空气分离出氧气, 还可用电解水法制取纯氧。

实验室制氧, 通常是用氯酸钾加热到 380°C 时, 就可以分解出氧来。如果把少量的二氧化锰与氯酸钾混合加热, 则在 200°C 就能迅速地分解出氧。



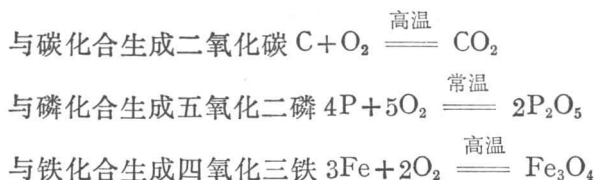
在这反应中, 二氧化锰的性质和重量都没有改变, 象这种能改变其他物质的化学反应速度, 而本身的化学性质和重量在反应前后都没有改变的物质叫做催化剂。催化剂在化学反应中所起的改变反应速度的作用叫做催化作用。

(2) 氧的性质

纯净的氧是一种无色、无味、无臭的气体, 在标准状况下, 密度是 1.429 克/升, 比空气重。当温度下降到 -183°C 时液化成蓝色液体, 再降到 -219°C 时则凝为固体。

氧微溶于水, 溶于水中的氧是水生物生命不可缺少的物质。

氧是比较活泼的元素, 除惰性气体外, 几乎能与所有元素直接化合而成氧化物。如



氧还能与许多化合物发生反应, 如木柴、酒精、煤油等在空气中的燃烧, 都是与氧发生反应的结果。

物质与氧发生的化学反应叫做氧化反应(或称氧化作用)。金属或非金属与氧反应所生成的化合物则叫做氧化物。氧化作用有缓慢氧化和急速氧化之分。急速氧化常常同时发出光和大量的热就叫做燃烧。猛烈的氧化作用常可发生爆炸。

可燃物体在空气中, 如果加热达到它发生燃烧的温度——着火点, 就会燃烧起来。如果隔离开氧, 燃烧就会停止, 所以氧有助燃的作用, 因此把氧叫做助燃剂。

(3) 氧的用途

空气中的氧是维持生物生命和工农业生产上不可缺少的物质, 在冶炼金属、焊接和切割金属, 高空飞行、登山、潜水等都需要大量的纯氧。在医疗上氧气则用于抢救各种呼吸困难的危

急病人。

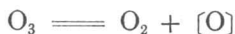
三、臭 氧 (O_3)

臭氧的分子是由三个氧原子所组成的。

在雷雨之后,空气中常出现一种有特殊臭味的气体,这是由于产生了臭氧。



臭氧是淡蓝色,有恶臭的气体,较氧易溶于水。臭氧的化学性质与氧相似,但较氧更活泼,因臭氧能逐渐分解。



所生成的原子态的氧叫做新生态氧,它较氧分子更易与其它物质化合,故具有较强的氧化性质,可用于漂白布类、油类等,也可用来消毒饮水。

氧与臭氧是由同一种元素组成的性质不同的单质,象这样的两种物质称为同素异性体。

四、氢 (H_2)

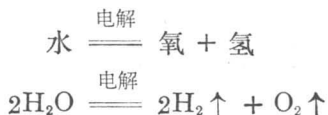
氢气原名轻气,是气体中比重最小的,在标准状况下的密度为 0.0898 克/升。氢以单质存在于空气中是很少的,大约只有 0.01%,并在大气的上层含量较多。

(1) 氢的制法

实验室通常是利用锌与稀硫酸的置换反应:



工业上主要是用电解水法制取氢



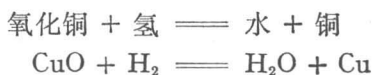
(2) 氢的性质

氢是无色、无臭、无味的气体,极微溶于水,在常温时不活泼,但在高温时则能与许多非金属如氧、氯、氮等化合。)

例如氢在空气中可以燃烧而呈不发光的火焰,生成水,并放出大量的热。(注意,如果氢气不纯,混有空气,点火即可能爆炸。)



氢在高温下可以从许多金属氧化物中夺取氧而化合成水,使金属还原为单质而游离出来。例如将氢气通过炽热的氧化铜,则起下列反应:



从氧化物中夺取氧的反应称为还原反应。

在上述反应中,氢从氧化物中夺取氧,所以氢叫做还原剂,而氧化铜是供给氧的物质,所以氧化铜叫做氧化剂。氧化作用和还原作用是相伴而发生的。

(3) 氢的用途

因氢气的比重最小,可用于充填气球。氢与氧化合成水能产生高温 ($2500^{\circ}\sim 3000^{\circ}\text{C}$),这种火焰叫做氢氧焰,常用以熔化、焊接或切割金属。氢还可用作合成氨(NH_3)和盐酸(HCl)等原料。

五、水 (H_2O)

(1) 天然水的净化

在自然界中水的分布最广,地球表面有 $2/3$ 以上是海洋,地球表层之下还有丰富的地下水,在空气中也含有大量的水蒸汽,生物体内也有很多的水。例如新鲜蔬菜含水量达 90% 以上,人体失水会发生严重的生理障碍。在工农业生产上如化学工业、农田灌溉、水力发电都离不开水。

由于许多物质都能溶解在水中,因此天然水中总会含有杂质,主要是钙、镁、钾、钠、铁、铝等金属的酸式碳酸盐、硫酸盐、氯化物等,此外还有一些悬浮在水中的杂质如泥沙、微生物等,雨水中也溶有二氧化碳并带有灰尘和细菌等。为适应各方面的应用(如科学用水、药用水等),天然水须净化或提纯。

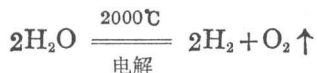
一般悬浮在水中的杂质是用澄清法和过滤法(沙滤)净化,如城市所用的自来水,除去悬浮物的方法是加明矾,由于生成胶态的氢氧化铝,将悬浮物吸附而聚结和沉积下来,再经过几次砂层过滤,可得澄清的水。再用氯或漂白粉的消毒杀菌作用将水中致病菌杀死。

科学研究及制药需要的水有更高的要求,需要将可溶于水的杂质除去,通常采用蒸馏的办法,使水受热化为水蒸汽,然后冷凝为水,这样的水叫蒸馏水。蒸馏水中仍含有极少量的挥发性杂质如二氧化碳及一些有机物,因此,往往在蒸馏水中加入少量的高锰酸钾和酸(以破坏含氮有机物,它们在蒸馏时放出挥发性的氨),进行重蒸馏。目前多采用离子交换法来净化水。

(2) 水的性质

纯水是无色、无味、无臭的透明液体。在一大气压下凝固点为 0°C ,沸点为 100°C ,在 4°C 时密度最大,此时 1 升纯水重 1 公斤。在所有固态及液态物质中,以水的比热为最大,就是说使水或冰升高温度一度,所需要的热量比同重量任何其他固体或液体所需要的热量多。所以它成为地球上调节气候的媒介,水对于人体温的调节也具有同样的作用。纯水不导电。

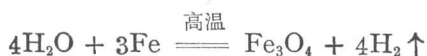
水是很稳定的化合物,对于热很稳定,只有当温度高于 2000°C 时,或通电流时才分解成氢和氧:



有些物质和水作用会引起水的分解,例如水蒸汽和锌在高温时反应,生成氧化锌和氢气:



水蒸汽和铁在高温时反应,生成四氧化三铁和氢气:



水蒸汽和炽热的炭也发生反应,生成一氧化碳和氢气,称为水煤气。



在这些反应里,水失去氧而使其他物质发生氧化,因此水是氧化剂,而锌、铁和碳是还原剂,使氢还原成游离的单质。

六、空 气

空气是一个成份复杂的混合物。按体积计算,它的主要成份如下:氮 78%,氧 21%,惰性气体 0.94%,二氧化碳 0.02~0.04%,还有含量变化较大的水蒸汽以及其他成份 0.03%。

惰性气体包括氦 He, 氖 Ne, 氩 Ar, 氪 Kr, 氙 Xe 和氡 Rn。其中以氩的含量较多,氦次之。它们都是无色、无味、无臭的气体。它们的分子都是由一个原子组成,化学性质极不活泼,很难与别的物质发生化学变化,所以称为惰性气体。

在标准状况下(0°C、1 大气压),空气的密度是 1.293 克/升,稍溶于水,在温度低于 -140°C 和压力增大到 40 个大气压时,空气凝为液体。液态空气呈淡蓝色,其沸点在 -196°C 和 -183°C 之间。因为其中的液态氧沸点为 -183°C,液态氮的沸点为 -196°C,氮气首先蒸发出来,故可应用液态空气以制氧、氮和惰性气体。

第五节 分子式与化合价

一、分 子 式

用元素符号和数字表示物质分子组成的式子叫做分子式。

有些单质的分子是由两个或三个同种原子组成的,例如氧、氢、氮、臭氧等气体的分子式分别是 O_2 、 H_2 、 N_2 、 O_3 ,即在它们的元素符号的右下方,用数字表明其中所含的原子个数。另外固态单质如铁、镁、铜、碳、磷、硫等的结构比较复杂,习惯上只用元素符号来表示它们的分子式。例如铁、镁、碳、磷的分子式分别是 Fe、Mg、C、P。

化合物的分子是由不同元素的原子组成的,因此首先要知道这种物质是由哪些元素组成的,其次要知道每种元素的原子个数,然后就可以写出它的分子式。例如水是由氢和氧两种元素所组成,而且每个水分子中含有两个氢原子和一个氧原子,所以水的分子式是 H_2O 。二氧化碳的分子式为 CO_2 ,四氧化三铁的分子式为 Fe_3O_4 ,氯化钠的分子式为 $NaCl$ 。一般是金属元素符号写在左方,非金属元素符号写在右方;在非金属与氧组成的化合物分子里,非金属元素的符号写在左方,氧的符号写在右方。

分子式表明下列意义:

1. 单质或化合物的一个分子;
2. 组成这个物质的各种元素;
3. 这个分子里各种元素的原子个数;
4. 组成这个分子的各种元素的重量之比;
5. 这个分子的分子量。

例如,水的分子式是 H_2O ,它表明:

1. 一个水分子;
2. 水是由氢和氧两种元素所组成;
3. 水分子中有两个氢原子和一个氧原子;
4. 水的分子中氢元素与氧元素的重量之比是 1:8;

5. 水的分子量是 18。

但是有些物质, 目前还没有办法测出它们的分子量来, 因此无法确定它们的分子式。例如 SiO_2 代表二氧化硅, 但是实际上在二氧化硅中不存在单个的 SiO_2 这样的分子, 二氧化硅只是按照一个原子的硅 Si 和两个原子的氧 O 的关系结合而成一种复杂物质。同时也测不出它的分子量。所以 SiO_2 这个式子只能表示二氧化硅是由硅和氧两种元素所组成, 以及这两种元素的重量关系。我们把它叫做实验式或称简式。它表明:

1. 组成单质或化合物的元素的种类;
2. 这些元素的重量之比, 或这些元素的原子个数之比。

为了方便起见, 通常把无法测定分子量的物质的实验式当作分子式。

没有分子式的物质也没有分子量而只有实验式量(或简称式量), 但为了方便起见, 通常也把这些物质的实验式量当作分子量。

如果已知某化合物中所含各元素的原子量, 并根据分析法求得该化合物的组成, 我们就可以确定它的实验式。除上述条件外, 如果还能由实验测定它的分子量, 我们就可以完全确定它的分子式了。

例如, 已知一种氢和氧的化合物中含氢 5.9%, 分子量为 34, 求其分子式。

解: 已知其中含氢 5.9%, 则含氧 $100\% - 5.9\% = 94.1\%$, 设这化合物中氢和氧的原子数之比为 $X:Y$, 因这种化合物中氢和氧的重量之比为 5.9:94.1, 氢的原子量为 1, 氧的原子量为 16,

$$\therefore X:Y = \frac{5.9}{1} : \frac{94.1}{16} = 5.9:5.9 = 1:1$$

可知这化合物的简式为 HO , 根据此式计算出式量为 $1+16=17$,

已知这化合物的分子量为 34,

所以这化合物的分子式为 $(\text{HO})_2$ 或 H_2O_2 。

我们根据分子式, 可以计算出该化合物中各元素的重量百分比。

例如, 试计算水中氢、氧元素的重量百分组成。

水的分子式是 H_2O

水的分子量 $= 2 \times 1 + 16 = 18$

$$\text{氢}\% = \frac{2 \times 1}{18} \times 100\% = 11.1\%$$

$$\text{氧}\% = \frac{16}{18} \times 100\% = 88.9\%$$

二、化 合 价

我们从 HCl 、 H_2O 和 NH_3 这些氢的化合物的分子式可以看出, 氯、氧、氮这三种元素的一个原子和氢原子化合生成化合物的分子时, 所需要的氢原子的数目是各不相同的。实践证明, 原子互相结合的能力不是任意的, 而是有一定比例的。

通常把一种元素的一个原子可以和氢原子化合(或置换氢原子)的数目叫做该元素的化合价或称原子价。例如在上例中, 氯原子的化合价是 1, 氧原子的化合价是 2, 氮原子的化合价是 3。化合价反映了元素的原子能和几个其他元素的原子相互化合的能力。

元素的化合价可分为正价和负价。在化合物里，氢原子通常显示正一价，氧原子通常显示负二价。一般来说，金属元素的原子显示正价，非金属元素的原子显示负价，但是非金属元素与氧化合时往往是显示正价。只有显示正价的元素才能跟显示负价的元素相化合。并且在化合时，各元素原子的正、负价的代数和等于零。因此计算分子式中各元素的正、负价是否等于零，就可以验证一个化合物的分子式是否正确。也可推知某种原子的化合价。

例如在 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中，Ca 是 +2 价，O 是 -2 价，H 是 +1 价。

$$(+2) \times 1 + (-2) \times 2 + (+1) \times 2 = 0$$

正负化合价的代数和等于零，因此 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 是正确的。

又如在 H_2SO_4 中，已知 H 是 +1 价，O 是 -2 价，S 的化合价就可以计算出来。

$$(+1) \times 2 + S + (-2) \times 4 = 0$$

$$+2 + S - 8 = 0$$

$$S = +8 - 2 = +6$$

因此 S 的化合价是 +6。

许多元素的化合价是固定的，但有些元素也能随反应的条件而改变其化合价。例如铜在 Cu_2O 中是 +1 价，在 CuO 中是 +2 价；硫在 SO_2 中是 +4 价，在 SO_3 中是 +6 价，在 H_2S 中是 -2 价。

下面列举一些元素常见的化合价：

元素名称	元素符号	化合价	元素名称	元素符号	化合价	元素名称	元素符号	化合价
氢	H	+1	钠	Na	+1	锡	Sn	+2, +4
氧	O	-2	钾	K	+1	汞	Hg	+1, +2
硫	S	-2, +4, +6	镁	Mg	+2	铁	Fe	+2, +3
磷	P	-3, +5	铝	Al	+3	铅	Pb	+2, +4
氮	N	-3, +2, +4, +5	锰	Mn	+2, +4, +7	溴	Br	-1
氯	Cl	-1, +1, +5, +7	锌	Zn	+2	碘	I	-1
砷	As	-3, +3, +5	银	Ag	+1	硼	B	+3
钙	Ca	+2	铜	Cu	+1, +2	碳	C	+2, +4

第六节 克原子、克分子和气体克分子体积

一、克原子、克原子数

原子量的特点，一是它的相对性，就是说原子量是一相对重量；二是它的单位并不是象我们日常使用的克、斤、公斤等重量单位，而是以碳作为比较单位(碳单位)。实际上原子是不好称量的，为了实用方便起见，我们设法把经常使用的重量单位(克)与原子量结合起来，使原子量这个相对重量达到可以实际衡量的地步，为此我们引入“克原子”的概念。

一定量的某元素,如果重量用克作单位,并且在数值上等于该元素的原子量时,这一定的量就称为该元素的一个克原子量或一个克原子。

例如: 钠的原子量 $=22.9998 \approx 23.0$, 所以钠的一个克原子量 $=23.0$ 克; 氯的原子量 $=35.453$, 所以氯的一个克原子 $=35.453$ 克。

克原子是一种重量单位,克原子数是指物质有多少个这样的单位。

例如: 1 克原子钠 $=23$ 克

$$0.5 \text{ 克原子钠} = 0.5 \times 23 \text{ 克} = 11.5 \text{ 克}$$

$$2 \text{ 克原子钠} = 2 \times 23 \text{ 克} = 46 \text{ 克}$$

其中 1、0.5、2 表示钠的克原子数。

由此可知,物质的重量(克)与克原子数的关系是:

克原子量 $\times$ 克原子数 $=$ 物质的重量(克)。

$$\text{或克原子数} = \frac{\text{物质的重量(克)}}{\text{克原子量}}$$

据此我们可以算出 1 公斤钠相当于多少克原子:

$$\therefore 1 \text{ 公斤} = 1000 \text{ 克} \quad 1 \text{ 克原子钠} = 23 \text{ 克}$$

$$\therefore \text{钠的克原子数} = \frac{1000 \text{ 克}}{23 \text{ 克}} = 43.5$$

应当注意,1 克与 1 克原子是绝然不同的。例如 1 克钠与 1 克氯重量是相等的,而 1 克原子钠(23 克)与 1 克原子氯(35.453 克)的重量则相差很大。

还要注意,1 克原子与 1 个原子也是绝然不同的。如果用原子的实际质量去除它的克原子量,就会求出各种元素的 1 克原子里所含有的原子数目。例如:

$$1 \text{ 克原子氢所含有的原子个数} = \frac{1.008 \text{ 克}}{1.673 \times 10^{-24} \text{ 克}} = 6.023 \times 10^{23}$$

$$1 \text{ 克原子氧所含有的原子个数} = \frac{15.9994 \text{ 克}}{2.657 \times 10^{-23} \text{ 克}} = 6.023 \times 10^{23}$$

$$1 \text{ 克原子硫所含有的原子个数} = \frac{32.066 \text{ 克}}{5.323 \times 10^{-23} \text{ 克}} = 6.023 \times 10^{23}$$

由此可知,各种元素的一个克原子重量虽然不相同,但都含有 6.023×10^{23} 个原子。

二、克分子、克分子数

一定量的某物质的重量用克做单位,并且在数值上等于该物质的分子量时,则这一定的量就称为该物质的一个克分子量或一个克分子。

例如: 水的分子量 $=18.016$

所以 1 克分子水(H_2O) $=18.01$ 克

又如: 氧(O_2)的分子量 $=2 \times 16 = 32$

所以 1 克分子氧 $=32$ 克

则 0.5 克分子氧 $=0.5 \times 32 \text{ 克} = 16 \text{ 克}$

2 克分子氧 $=2 \times 32 \text{ 克} = 64 \text{ 克}$

我们把重量(克)与克分子量,克分子数的关系同样可以表达如下:

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

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

例如: 1 斤(500 克)水的克分子数 = $\frac{500\text{克}}{18.016\text{克}} = 27.8$

又如 3.2 克氧的克分子数 = $\frac{3.2\text{克}}{32\text{克}} = 0.1$

实验证明: 1 克分子的任何物质重量虽不相同,但都含有 6.023×10^{23} 个分子。同克原子一样,我们可以理解到,各种物质的克分子量正是该物质 6.023×10^{23} 个分子的总重量。

克分子量与 1 克分子物质中分子个数的关系

物质名称	分子式	分子量	克分子量	1 克分子中的分子个数
氢气	H ₂	2.016	2.016 克	6.023×10^{23}
氧气	O ₂	31.998	31.998 克	6.023×10^{23}
水	H ₂ O	18.015	18.015 克	6.023×10^{23}
氯化钠	NaCl	58.443	58.443 克	6.023×10^{23}

1 克分子任何物质中所含的分子数或 1 克原子任何元素中所含的原子数目即 6.023×10^{23} , 称为亚佛加德罗常数。

三、克分子体积

亚佛加德罗定律(Avogadro's Law)指出: 在相同温度和相同压力的条件下,同体积的气体都含有相同数的分子。或反过来说,分子数目相同的气体占有相同的体积。这已经被科学实验所证明。

在标准状况(0°C, 1 大气压)下,测定某些气体的密度(克/升)后,可以计算出一克分子所占的体积。

一些气体在标准状况下的密度和克分子体积

气体	1 克分子量(克)	在标准状况下的密度(克/升)	1 克分子气体的体积(升)
O ₂	32	1.4285	$\frac{32}{1.4285} = 22.4$
H ₂	2.016	0.08985	$\frac{2.016}{0.08985} = 22.4$
N ₂	28.016	1.2507	$\frac{28.016}{1.2507} = 22.4$
CO ₂	44.01	1.964	$\frac{44.01}{1.964} = 22.4$

在标准状况下, 1 克分子的任何气体所占的体积都是 22.4 升, 这个 22.4 升称为克分子体积。

第七节 定组成定律与元素的当量

一、定组成定律(定比定律)

我们知道在水分子(H_2O)中, 氢元素和氧元素的重量之比是 1:8, 如果我们取用 1 份重量的氢和 8 份重量的氧, 就会全部化合生成 9 份重量的水, 如果一种用量过多, 那么过多的量就会剩下来不起反应。从电解水可以知道, 每用去 9 份重量的水, 总是生成 1 份重量的氢和 8 份重量的氧。不管从那里取来的水, 只要是纯净的水, 都得到同样的结果。

实验证明, 任何纯净化合物的组份元素的重量都有一定的比例, 这个结论称为定组成定律或定比定律。

纯净化合物之所以有固定的组成是因为它是由同一种分子组成的, 组成分子的每一种元素的原子数是一定的, 而每一种原子都具有一定的原子量。

二、当 量

我们知道, 在化合物中各元素的原子是严格按照一定数目互相化合的, 各元素的原子都有一定的重量(原子量), 因此, 它们互相化合时 它们的重量也必有一定的关系。

按照分子式可以求出其中各元素的重量比。例如:

化合物	氯化氢	水	硫化氢	氨	二氧化碳	甲烷	氯化钠
分子式	HCl	H_2O	H_2S	NH_3	CO_2	CH_4	NaCl
重量比	1:35.5	1:8	1:16	14:3	3:8	3:1	23:35.5

从上面例子可以看出, 各种元素互相化合都有它的特定重量份数, 也可以说都是按照一定的化合量进行化合。例如氢, 1(准确量是 1.008); 氧, 8; 硫, 16; 氮, 4.67; 碳, 3; 钠, 23 等等, 这些重量份数(或化合量)彼此相当。

因此, 我们把某元素与 1.008 份重量的氢或 8 份重量的氧相化合时, 或者是从化合物中置换出 1.008 份重量的氢或 8 份重量的氧时, 所需元素的重量称为该元素的当量。

从上面的例子也可以看出:

$$\text{元素的当量} = \frac{\text{元素的原子量}}{\text{元素的化合价}}$$

$$\text{例如氯的当量} = \frac{35.5}{1} = 35.5$$

$$\text{硫的当量} = \frac{32}{2} = 16$$

$$\text{氮的当量} = \frac{14}{3} = 4.67$$

$$\text{碳的当量} = \frac{12}{4} = 3$$

实验证明: 各元素相互化合时, 它们的重量之比等于它们的当量之比。

例如氯与碳化合生成四氯化碳时, 氯与碳的重量之比是 35.5:3。

三、克当量、克当量数

一定重量的物质用克为单位，其数值等于该物质的当量时，这一定的量叫做该物质的克当量。

例如：氧的当量是 8，氧的克当量 = 8 克。

氢的当量是 1，氢的克当量 = 1 克。

碳的当量是 3，碳的克当量 = 3 克。

氯化钠的当量是 58.5，氯化钠的克当量 = 58.5 克。

氯化钠 2 克当量是 $= 2 \times 58.5$ 克 = 117 克。

氯化钠 0.5 克当量 $= 0.5 \times 58.5$ 克 = 29.3 克。

其中 2、0.5 是氯化钠的克当量数。

重量(克)与克当量数的关系同样可表达如下：

物质克当量数 $\times$ 克当量 = 物质重量(克)

$$\text{或物质克当量数} = \frac{\text{物质重量(克)}}{\text{克当量}}$$

克当量的千分之一为毫克当量 (即毫克当量 $= \frac{\text{克当量}}{1000}$)。

例如：氯化钠的克当量 = 58.5 克

$$\text{氯化钠的毫克当量} = \frac{58.5 \text{ 克}}{1000} = 0.0585 \text{ 克}$$

$$= 0.0585 \times 1000 \text{ 毫克} = 58.5 \text{ 毫克}$$

可见用毫克作单位时，毫克当量的数值与克当量是一样的。

物质的克当量数与毫克当量数的关系就好象克和毫克一样，相差 1000 倍。

$$\text{例如：} 585 \text{ 毫克的氯化钠的毫克当量数} = \frac{585}{58.5} = 10$$

$$585 \text{ 毫克} = \frac{585}{1000} \text{ 克} = 0.585 \text{ 克}$$

$$\text{相应的克当量数} = \frac{0.585 \text{ 克}}{58.5 \text{ 克}} = 0.01$$

第八节 质量守恒定律和化学方程式

一、质量守恒定律

我们知道，物质发生化学变化以后，生成了新的物质。这是因为反应物质的分子受到破坏，原子重新进行组合而成新物质分子，所以物质的性质也就发生了改变，可是由于反应前后原子的种类并没有改变，数目也没有增减，所以总的质量也就没有变。

实验证明：参加化学反应的各种物质的总质量，恒等于反应后各种生成物质的总质量。这一规律叫做质量守恒定律。

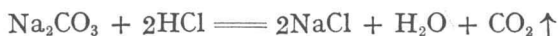
二、化学方程式

1. 化学方程式的涵义:

化学方程式是用化学符号和分子式表达在一定条件下物质发生化学反应的简略记载。它又叫化学反应式,或简称反应式。

化学方程式不但表明了反应物和生成物,同时还表达了它们之间量的关系。

例如,我们制备药用氯化钠时,在生产工序中有这样一步,即过剩的碳酸钠(碱面)要用盐酸把它中和掉,这个反应式及各物间的关系是:



分子数(或克分子数)	1	2	2	1	1
重量(克)	1×106	2×36.5	2×58.5	1×18	1×44 (或 22.4 升)

根据这些关系就可计算出一定量的原料可以生产出多少产品,或者要生产多少产品需投多少料,做到胸中有数。

2. 写化学方程式应注意事项:

化学方程式首先要正确反映出“质”上的变化,必须以实验事实为依据,不能凭主观臆造,所以在写化学方程式时必须确切知道反应前后的物质。

化学方程式还要反映出“数量”上的关系,必须遵守质量守恒定律。即在化学变化中物质的性质改变了,但重量不变。因为物质既不能创造,也不能消灭(或者说,物质不能有中变无,无中生有)。

物质分子是由原子组成的,“重量不变”就意味着反应前后各种原子的数目都不变。所以反应式必须配平。

以盐酸与碳酸钠的反应为例:

(1) 先正确写出反应物与生成物。

我们知道盐酸与碳酸钠反应生成氯化钠和水并放出二氧化碳。

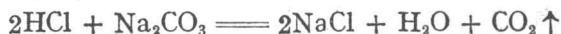
将反应物写在左边,生成物写在右边,中间用一“箭号”连接起来。



从上式可以看出,生成物与反应物中的原子数目不都相等。反应物中有 2 个 Na 原子,生成物中只有一个 Na 原子;反应物中只有一个 H 原子,生成物中却有 2 个 H 原子。根据质量守恒定律,必须加以配平,就要在各物前面乘以合适的系数,使反应前后每种原子数相等。

(2) 调整各分子式前的系数,并把“ $\longrightarrow$ ”号改为“ $=$ ”号。

遵照毛主席关于抓主要矛盾的教导,我们仔细分析就可看出, H_2O 既是一肯定的产物,每生成一分子水就一定要有 2 个 H 原子,故在反应物 HCl 前面必须乘以 2,这时反应前后的 H 原子数便相等了,但 Cl 却不等,故在产物 NaCl 前面再乘以 2,那就相等了。这样,反应式中各种原子的数目就都相等了。



(3) 在反应式中必须正确地反映物质的一定状态。

一般液态物质不必注明;气态就要用“ $\uparrow$ ”表示,如 $\text{CO}_2 \uparrow$;沉淀用“ $\downarrow$ ”表示,如 $\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$,如果用 $\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 白色,还表明沉淀是白色。

例如: $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$