

化 学

中国人民解放军第四军医大学

一九七三年七月

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

事物的矛盾法则，即对立统一的法则，是唯物辩证法的最根本的法则。

我们要求把辩证法逐步推广，要求大家逐步地学会使用辩证法这个科学方法。

前言

化学是研究物质的结构、组成、性质、变化以及变化规律的科学。人们掌握了这些规律的知识，就可以控制物质的变化，从而利用自然，改造自然。

化学是自然科学的一个基本部门，它在国民经济和国防建设上都是重要的，对于研究医学也很重要。人体内含含有蛋白质、脂类、糖类、无机盐、水等物质。体内不断进行新陈代谢，其中包括许多复杂而又不同的化学变化，要较深入的了解体内新陈代谢的规律和进行疾病的防治，就必须掌握一定的化学知识。又如，为了要治病，常用药物处理，只有对药物性质和它在体内的变化有足够认识才能更好地解决问题。在诊断疾病时，常常要进行血、尿、胃液等的化学检验，这就需要化学知识。化学与生物化学、药理学、卫生防疫、医学防护、内科诊断等课程有很密切的联系。在提炼中草药的有效成份、发掘祖国医学宝库方面，也必须要有化学知识。因此，我们必须学习化学课程。

化学这门课，应当怎样学？我们提出几点意见与同学们一起讨论：

1. 树立为革命而学的思想。毛主席教导我们：“为什么人的问题，是一个根本的问题，原则的问题。”同学们是响应毛主席“学好本领好上前线去”的伟大号召来校学习的。因此，在学习过程中，要把学习和战备以及世界革命联系起来，始终把坚定正确的政治方向放在第一位，以阶级斗争为主课，不断提高阶级斗争、路线斗争和继续革命的觉悟。要批判刘少奇一类骗子所鼓吹的“智育第一”、“理论至上”的谬论，开展对教学领域中资产阶级思想的批判。

2. 用辩证唯物主义思想指导学习。化学变化是由一种物质变成另一种新物质的过程，这个过程是矛盾斗争的过程。毛主席在《矛盾论》中指出的“化学中的化分和化合”，是我们研究化学变化时，要抓住的一对基本矛盾。

毛主席教导我们：“事物矛盾的法则，即对立统一的法则，是自然和社会的根本法则，因而也是思维的根本法则。”事物都是“一分为二”的，都包含着矛盾的两个方面，互相依赖又互相斗争，推动事物的发展。在化学课程中这类例子很多。化学所研究的对象也正是这样。例如，物质的可分性、物质的金属性和非金属性、酸性和碱性、氧化和还原等等都是对立统一的，周期表也正是化学元素由量变到质变的自然规律的很好反映。应用唯物辩证法指导学习，困难问题就易于理解，就能学好化学课。反过来，通过学习，又能帮助我们树立辩证唯物主义的世界观和方法论。在学习中，还要善于抓主要矛盾，抓重点，搞深搞透，就能事半功倍。

3. 坚持自学和“开展官教兵、兵教官、兵教兵的群众练兵运动。”毛主席教导我们：“把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上”。毛主席历来主张废止注入式，提倡启发式的教学方法。教员上课只起引路作用，听课时，同学们要注意专心听讲，注意思考并作简要笔记。但决不能走过去学生跟着教员转，教员围着书本转的老路。学员应充分发

挥主动性和积极性，坚持自学，教员学员一起研究，互教互学。对于所学知识，特别是要求重点掌握的内容，要在理解的基础上进行必要的记忆。

4. 重视实验课，正确处理理论与实践之间的关系。化学实验是化学课的一个重要环节。通过实验，加深对理论的认识，而且培养我们分析问题和进行科学实验操作的能力，养成实事求是的科学态度与严格、准确、整洁的良好科学学习习惯。希望同学们在实验前要认真学习，实验时严肃操作并对观察到的现象多加分析，结合理论认清事物的本质，加深认识。

（此处为大量模糊、无法辨识的印刷文字，疑似为教材正文或附录内容，因清晰度不足无法准确转录。）

目 录

(111)	无机化学元素分册 第一章	
(111)	无机化学元素分册 第二章	
(111)	无机化学元素分册 第三章	
(151)	无机化学元素分册 第四章	
(151)	无机化学元素分册 第五章	
(151)	无机化学元素分册 第六章	
	第一章 物质的组成及其变化	(1)
(1)	第一节 物质的变化和物质的性质	(1)
(3)	第二节 分子和原子	(3)
(8)	第三节 分子式 分子量	(8)
	第二章 原子结构和化学键	(13)
(13)	第一节 原子结构	(13)
(19)	第二节 分子结构与化合价	(19)
(25)	第三节 化学反应	(25)
	第三章 空气和氧	(30)
(30)	第一节 空气和惰性气体	(30)
(32)	第二节 氧	(32)
(35)	第三节 氧化还原反应	(35)
	第四章 水和溶液	(39)
(39)	第一节 水	(39)
(42)	第二节 溶液和溶解度	(42)
(45)	第三节 溶液的浓度	(45)
	第五章 化学反应速度和化学平衡	(51)
(51)	第一节 化学反应速度	(51)
(52)	第二节 影响化学反应速度的因素	(52)
(54)	第三节 化学平衡	(54)
(55)	第四节 化学平衡的移动	(55)
	第六章 电解质溶液	(59)
(59)	第一节 电离和电离平衡	(59)
(64)	第二节 离子毫克当量浓度和当量浓度	(64)
	第七章 无机物的主要类型	(71)
(71)	第一节 无机物的分类和性质	(71)
(81)	第二节 离子反应	(81)
	第八章 非金属及其化合物	(84)
(84)	第一节 卤素及其化合物	(84)
(93)	第二节 硫及其化合物	(93)
(97)	第三节 氮、磷及其化合物	(97)
(104)	第四节 碳、硅及其化合物	(104)

第九章 化学元素周期系	(111)
第一节 化学元素周期律.....	(111)
第二节 化学元素周期系.....	(113)
第三节 原子结构与周期表的关系.....	(117)
第十章 金属及其化合物	(123)
第一节 金属概述.....	(123)
第二节 碱金属及其化合物.....	(127)
第三节 碱土金属及其化合物.....	(128)
第四节 铝及其化合物.....	(129)
第五节 铅及其化合物.....	(131)
第六节 铁与汞.....	(131)
第七节 络合物的基本概念.....	(134)

实 验

实验规则.....	(136)
实验一 食盐的精制和生理盐水的配制.....	(136)
实验二 酸、碱、盐的性质.....	(138)
实验三 中和滴定.....	(141)
实验四 非金属及其化合物的性质.....	(145)
实验五 金属及其化合物的性质.....	(147)

附 图

附图一 常用仪器.....	(151)
附图二 基本操作.....	(153)

附 表

一、国际原子量表.....	(159)
二、原子内电子的分布.....	(161)
三、酸、硷和盐的溶解性表.....	(163)
四、一些重要弱酸和弱硷的电离平衡常数.....	(164)
五、常用的量度单位及换算.....	(164)

第一章 物质的组成及其变化

第一节 物质的变化和物质的性质

(一) 世界是物质的，物质是在永恒地运动的

辩证唯物主义认为：尽管世界上的事物和现象千差万别，形形色色，无论是地球和太阳，细胞和原子；还是刮风下雨，以及种种社会现象，都是客观存在的物质的表现形式。它“通过人的眼、耳、鼻、舌、身这五个官能反映到自己的头脑中来”，不管人们认识到与否，它们总是客观地存在着，并且按照它们自己的规律发展着、变化着。究竟什么是物质？伟大的导师列宁在批判唯心主义时说：“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，”这就是列宁给物质下的定义。按照这个定义，物质是第一性的，它存在于人的意识之外而且不依赖人的意识而转移。例如，水、二氧化碳、粮食、糖、盐、酒精、铜、铁、铝、石灰、玻璃、细胞、蛋白质、光和电等等都是物质的存在形式。它们都是不依赖于人的意识而是我们感觉到的客观存在的东西。

毛主席教导我们：“我们承认总的历史发展中是物质的东西决定精神的东西，……但是同时又承认而且必须承认精神的东西的反作用”，才能避免机械唯物论，坚持辩证唯物论。

可是，唯心主义者却相反，他们认为世界是由人的主观意识所想象出来的，所谓“世界是我的观念、我的活动、我的经验”等等。唯心主义的荒谬是显而易见的。太阳发光，江河奔流，万木丛生，百花齐放，这些全都是客观存在的物质，难道它们的存在和人的思想意识有任何依赖关系吗？没有！不管你是怎么想的，太阳永远在发光，江河永远在奔流，这是不可否认的客观现实。主观唯心主义者迷信着上帝之灵主宰一切的反动观念，只承认精神意识的主观作用，不承认物质世界的客观存在，完全是本末倒置，颠倒黑白。刘少奇一类政治骗子，极力散布反动的“天才论”，正是从这种唯心主义的垃圾堆里捡来的破烂货，其目的就是为资本主义复辟制造反革命舆论。

物质存在的形式有各种各样，但是，化学着重研究的是实物。实物如铁、水、二氧化碳等等在空间占有位置，具有质量，它的特点是具有“不可入性”。组成实物的微粒在空间占据了某一点，那么别的实物的微粒就不能同时占据那一点，这叫“不可入性”。而光和电等等能量一般说来就没有“不可入性”。实物和光、电等能量具有不可分割的联系。具有一定形状的物体就是由实物构成的，不论是铁锤、铁钉、铁铲、铁刀，都属于同一实物——铁，都能和稀硫酸作用产生氢气。

物质是在永恒地运动着。伟大导师恩格斯指出了物质和运动的不可分离性：“运动是物质的存在方式。无论何时何地，都没有也不可能有没有运动物质。”他严肃地批判了唯

心主义者：“物质的不动的状态，是最空洞的和最荒唐的观念之一，是纯粹的‘热昏的胡话’。”“坐地日行八万里，巡天遥看一千河。”毛主席这句诗除了具有深刻的政治意义外，还生动地说明了物质在不断地运动着。人那怕在睡着的时候，实际上是和地球一起绕着太阳在运动，一昼夜走了八万华里的行程。（地球直径约12500公里，乘以圆周率则得地球圆周长约4万公里，正好是自转一周的行程）。太阳以及整个太阳系本身也不是静止的，而是向织女星和帝座星之间的某个方向运动着。人在睡眠时也不断吸进氧气到血液内和血红素结合，带到全身，通过复杂的化学过程，和葡萄糖等发生氧化作用，而吐出二氧化碳和水汽，同时供给人体所需的能量。外表静止的岩石，不断地起着风化作用，像长石就和二氧化碳及水作用，变为碳酸钾、高岭土和石英。长年暴露在空气中的铁管，也会逐渐腐蚀、烂掉，说明铁管内的微小质点是在不断地运动着、变化着。而唯心主义者却认为物质在本质上是静止的，只有加以外力后才能引起它的运动。这种荒谬的论点必然导致所谓“人类社会是不变的”，“资本主义是永恒的”以及“剥削是天经地义”的等等反动谬论，因此必须痛加驳斥，予以彻底的批判。

(二) 化学变化与物理变化

既然世界是物质的，物质是运动的，物质运动是永恒的，那末，我们怎样认识物质呢？毛主席教导说：“人的认识物质，就是认识物质的运动形式，因为除了运动的物质以外，世界上什么也没有，而物质的运动则必取一定的形式。”自然界物质运动形式各种各样，但是较简单的运动形式中，一种是化学变化，一种是物理变化。化学变化也叫化学反应。

我们把铁块磨成铁粉，铁块的外形改变了，但是，不论铁块还是铁粉，组成它们的物质都还是铁，这种变化没有产生新的物质。许多物质都有三种状态：固态、液态和气态。在一定条件下，物质可以从一种状态变为另一种状态。例如，在1大气压下，水加热至 100°C 就变成水蒸气，水蒸气冷却下来又成为水；把水冷到 0°C 就结成冰，冰受热又熔化成水。

水蒸气是气态，水是液态，冰是固态，它们的状态虽然不一样，但是组成却完全相同。在一定条件下，水蒸气、水和冰的互相转变，仅仅是状态的变化，物质的本质没有改变，或者说没有新的物质生成。这种没有新物质生成的变化叫做物理变化。

物质经过物理变化后，一般可以通过物理方法使它变回到开始的状态。例如，将水加热变成水蒸气后，如果把水蒸气冷却，就能变回到开始的状态液态的水。

物质还有另外一种变化与物理变化根本不同。例如，用镊子夹一段金属镁在酒精灯上燃烧，此时发光发热，原来具有金属光泽的镁条变成了白色粉末氧化镁。这个变化可以用下面的式子表示：



图1-1 镁的燃烧



这个式子的意思是镁在加热时燃烧，和空气中的氧气作用变成氧化镁。氧化镁的组成与镁或氧气都不相同。因此，镁条燃烧后生成的氧化镁是一种新物质。这种有新物质生成的变化叫做化学变化，或者叫做化学反应。

在化学变化过程中还伴随着有热量（还可能有光和电）的变化，亦即有能量的变化。也就是说，物质发生化学变化时，往往有物理变化同时产生。日常生活中的燃烧现象都是化学变化，体内的新陈代谢也是化学变化。例如，煤和木炭（主要成分都是碳）在空气中燃烧：



燃烧结果生成了新物质二氧化碳并放出热量。

恩格斯指出：“化学可以称为研究物体由于量的构成的变化而发生的质变的科学。”他精辟地指出了化学变化的特点就是物质的质变。

既然化学变化牵涉到物质的质变，要了解这样的变化，就必须研究物质的组成和结构，了解各种物质的性质。物质的性质分为物理性质和化学性质两方面。

物质发生物理变化时所表现的性质，叫做物理性质。例如，物质的状态、颜色、气味、味道、比重、沸点、熔点、硬度、光泽、溶解度、导电度等等。物理性质是不需要通过化学变化而是用物理方法就可以知道的性质，有些只需要通过我们的感觉器官就可以直接接触到，有些则必须靠一些仪器测量出来。

物质发生化学变化时所表现的性质，叫做化学性质。如物质的可燃性、与其他物质发生化学变化的能力等。上述镁和氧作用、碳和氧作用、碳酸铵的受热分解、铁管生锈等等都属于化学性质。

毛主席教导我们：“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。所有这些物质的运动形式，都是互相依存的，又是本质上互相区别的。每一物质的运动形式所具有的特殊的本质，为它自己的特殊的矛盾所规定。”

“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性。因此，对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究，就构成某一门科学的对象。”化学就是研究物质化学变化的科学。化学的研究对象包括物质的组成、结构、性质、变化，以及有关的现象和规律。

第二节 分子和原子

世界上的物质，各式各样，品种繁多。那么，这一切物质是由什么组成的呢？人们在长期的生产斗争和科学实验中，逐步认识到物质是由极微小的颗粒——分子组成的。分子又都是由一些更小的颗粒——原子组成的。

(一) 分子

湿衣服为什么会晾干呢？打开酒精瓶的瓶塞为什么能闻到酒精的气味呢？这是因为水、酒精等物质都是由许许多多肉眼看不见的微粒构成的，这些微粒不停地运动着。水的微粒不断地离开湿衣服飞散到空气里，使湿衣服晾干；酒精的微粒不断地飞散，进入我们

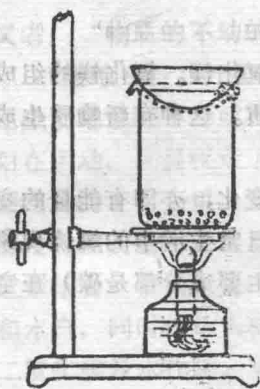


图 1—2 碘分子的运动

的鼻孔才闻到了气味。

取少量碘片放在烧杯里，盖上蒸发皿，微微加热烧杯底部，可以看到杯内出现紫色的碘蒸气，碘片逐渐减少；冷的蒸发皿底部和烧杯壁上部凝结有固体的碘屑。

碘片是由不停运动着的微粒构成的，受热时，碘的微粒大量飞散出来，出现紫色的碘蒸气；碘蒸气冷却时，这些微粒又凝结成碘片。

人们在长期生产斗争和科学实验中发现，其他许许多多的物质，与上述水、酒精、碘片等物质一样，也都是由不停运动着的微粒构成。我们把这种微粒叫做分子。例如，水是由水分子组成的，碘片是由碘分子组成的等等。

分子有多大？分子的体积和质量都是非常小的。例如，一滴水里大约有15万亿亿个水分子。如果一个人每秒钟数一个水分子，一秒钟不停地数下去，整整数1000年，也只不过数清了一滴水里全部分子的二十亿分之一。水分子的直径大约是0.000,000,028厘米 ($2.8 \times 10^{-8}\text{cm}$)，也就是十亿分之28厘米。按直径的大小来说，水分子跟乒乓球之比，差不多等于乒乓球跟地球之比。而一个水分子的质量大约是0.000,000,000,000,000,000,03克 ($3 \times 10^{-28}\text{g}$)；也就是说，在小数点后头还得挂上22个“0”呢。分子这样小，我们的肉眼是看不见分子的，但是用电子显微镜可以拍摄出某些蛋白质分子的象片，这充分证明了分子是客观存在的。

构成物质的分子是在不停地运动着。各个分子之间保持一定的距离。如果分子之间距离很小，物质呈现固态；如果分子之间距离较大，物质就呈液态；距离再大就呈气态。当温度升高时，分子运动变快，分子间的距离随之增大；温度降低，分子运动变慢，分子间的距离也随之变小。因此，由于外界条件（如温度和压力）的改变，通过分子运动这个内因，使物质发生状态的变化。

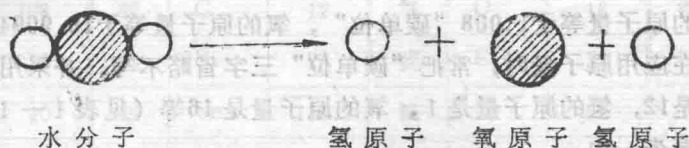
分子是能够独立存在并保持原物质的化学性质的最小微粒。物质具有什么化学性质，是由它的分子组成决定的。也就是说，组成是内因，是本质，性质是外在表现。同种物质分子的化学性质相同，不同种物质分子的化学性质则不相同。不管从什么地方用什么方法得到的纯水，都是由水分子组成，具有相同的化学性质。但是水和碳酸铵是不同的物质，是由两种不同分子组成的，它们的本质不一样，因而化学性质不同。例如，碳酸铵受热放出氨、水、二氧化碳，是因为碳酸铵分子具有受热时变成氨、水、二氧化碳分子的性质，而水分子受热则不易分解，必须加热到1000°C以上或通以电流才分解出氢和氧。

“感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西才更深刻地感觉它。”有了分子的概念，就可以进一步理解物质的物理变化和化学变化。物质发生物理变化时，分子没有变成别的分子，也就是没有产生新物质。例如，水变成水蒸气，只是水分子间的距离发生了改变，水分子的组成并没有发生变化，所以仍旧是原来的物质。物质发生化学变化时，原来的分子被破坏，生成了新的分子，因此，产生了新物质。

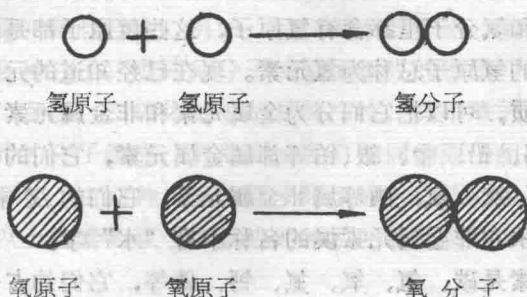
(二) 原子和原子量

毛主席教导说：“在人类社会和自然界，统一体总要分解为不同的部分”，“一切事物都是一分为二的。”分子虽然很小，但还可以再分成更小的微粒。例如，把水加热到 1000°C 以上或在电流作用下，水分子就发生分解变成更小的微粒。这种构成分子的微粒叫做原子。一切分子都是由原子构成的。水分子是由两个氢原子和一个氧原子构成的。水分子被分解为氢原子和氧原子，然后二个氢原子结合起来成氢分子，氧原子结合成氧分子。

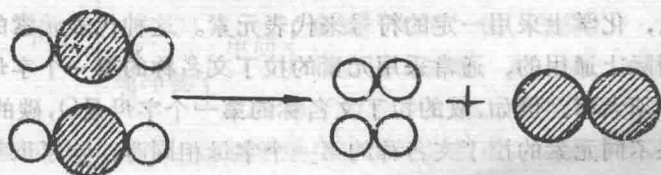
列宁在说明矛盾的普遍性时指出：“在化学中，原子的化合和分解。”构成分子的原子，也是不停地运动着。原子之间一方面互相排斥，一方面又互相吸引。吸引和排斥这一对矛盾，在一定条件下，处于暂时的相对的平衡状态，这时分子处于相对稳定状态。例如，常温下水呈稳定状态，但当加热时，水分子中原子的运动加剧，吸引减弱，排斥增强。当加热至 1000°C 以上或通电流时，原子间的排斥成为矛盾的主要方面，矛盾发生转化，水分子被破裂，生成氢原子和氧原子，这就是原子间的化分（分解）。



“旧过程完结了，新过程发生了。新过程又包含着新矛盾，开始它自己的矛盾发展史。”在上述水分子分解后形成新的排斥和吸引的矛盾斗争中，吸引成为矛盾的主要方面，氢原子与氢原子结合成为氢分子，氧原子和氧原子结合成为氧分子。这个过程就是原子间的化合。



整个反应就是水分子分解变成氢分子和氧分子：



因此，化学变化的实质就是参加反应的物质的分子，在一定条件下，通过原子间的化分与化合的矛盾斗争，而生成新物质的分子的过程。在化学变化中，一种原子不会变成另一种原子，原子既不增加，也不减少。所以，原子是组成分子并参加化学变化的最基本的微粒，原子也是不断运动的，同种原子的性质相同，不同种原子的性质不相同。

恩格斯说：“分子分解为它的各个原子，而原子具有和分子完全不同的性质。”分子是物质发生物理变化的基本微粒，而原子是物质发生化学变化的基本微粒。

原子都有一定的质量，但都很小。例如：

一个氢原子重0.000,000,000,000,000,000,001,67克

一个氧原子重0.000,000,000,000,000,000,000,026,57克

一个碳原子重0.000,000,000,000,000,000,000,019,93克

这样小的数字，记忆和计算都很不方便。所以，在化学上用一种特殊的单位——“碳单位”来表示原子的质量。一个“碳单位”等于碳原子质量的 $\frac{1}{12}$ ，即一个“碳单位”=0.000,000,000,000,000,000,001,66克。

我们把用“碳单位”来表示的一个原子的质量叫做原子量。碳的原子量等于12.011“碳单位”，氢的原子量等于1.008“碳单位”，氧的原子量等于15.9994“碳单位”等。为了方便起见，在应用原子量时，常把“碳单位”三字省略不写，并采用它的近似值。例如，碳的原子量是12，氢的原子量是1，氧的原子量是16等（见表1—1）。1971年国际原子量表列于附录表一中。

(三) 元素和元素符号

既然同种原子性质相同，不同种原子性质不相同，那么，原子究竟有多少种呢？

我们把化学性质相同的一类原子，称为一种化学元素，简称元素。例如，水分子里含有氢原子，酒精分子里和氨分子里都含有氢原子，这些氢原子都是同种的，它们的化学性质都相同，所以把所有的氢原子总称为氢元素。现在已经知道的元素有105种。

根据化学元素的性质，可以把它们分为金属元素和非金属元素两类。象钾、钠、钙、镁、铝、铁、铜、锌、锡、铅、金、银、铂等都属金属元素，它们的汉字名称用“金”旁。象碳、硫、磷、氮、氢、氧、氯、碘等属非金属元素，它们的汉字名称，用“石”旁或“气”字头，金属元素汞和非金属元素溴的名称中有“水”字。

组成人体的主要元素是碳、氢、氧、氮、钙、磷等，它们约占体重的99%，其余1%是钾、硫、钠、氯、镁、铁、碘、氟、铜、锌、锰等。有的元素含量虽少，（如铁、碘等）但它们在生理上起着很重要的作用。

为了方便起见，化学上采用一定的符号来代表元素。这种代表元素的符号叫做元素符号。元素符号是国际上通用的，通常采用元素的拉丁文名称的第一个字母作为这个元素的符号。这个字母必须大写。例如，氧的拉丁文名称的第一个字母是O，碳的第一个字母是C，都必须大写。如果不同元素的拉丁文名称的第一个字母相同时，除了取第一个字母外，还要取它的名称中的另一个字母作为元素符号。例如，氯的元素符号是Cl，钠的元素符号

是Na。任何元素的元素符号有两个字母时，第一个字母必须大写，第二个字母必须小写。例如，“Co”表示钴元素，如果写成“CO”，就不表示钴元素而是表示一氧化碳分子了。

元素符号表示三方面的意义：（1）表示某种元素的名称；（2）表示这种元素的一个原子；（3）表示这种元素的原子量。例如，元素符号H既表示氢元素，又表示一个氢原子，还表示氢的原子量是1。2H则表示2个氢原子，2个氢原子的重量是 $2 \times 1 = 2$ 。

表1—1中列出与医学关系较密切的一些元素的名称、符号和原子量近似值。

表 1—1 与医学关系较密切的一些元素的原子量

元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量
氢	H	1	锌	Zn	65.4	氮	N	14	氯	Cl	35.5
钠	Na	23	汞	Hg	200.6	磷	P	31	溴	Br	80
钾	K	39.1	硼	B	10.8	砷	As	75	碘	I	127
铜	Cu	63.5	铝	Al	27	锑	Sb	121.8	锰	Mn	55
银	Ag	108	碳	C	12	氧	O	16	铁	Fe	56
镁	Mg	24	硅	Si	28	硫	S	32	钴	Co	58.9
钙	Ca	40	锡	Sn	118.7	铬	Cr	52			
钡	Ba	137	铅	Pb	207	氟	F	19			

（四）纯 物 质 和 混 合 物

自然界中的物质种类繁多，按照物质纯净的程度，可以分为纯物质和混合物两类。由不同分子所组成的物质叫做混合物。例如，空气是个混合物，其中含有氧气、氮气、二氧化碳、水蒸气等等许多种分子。由同种分子或原子组成的物质叫做纯净物。如氧气、碳酸铵、钠、铁、磷、水、食盐、二氧化碳等都是纯净物。其中氧气、碳酸铵、水、食盐、二氧化碳分别由各自相同的分子组成，其他则由各自相同的原子组成。

纯净物又可分为两种：由同种元素的原子所组成的物质叫做单质。如氧气、钠、铁、磷等；由两种或两种以上元素的原子所组成的物质叫做化合物。如碳酸铵、水、食盐、二氧化碳等。

物质的分类可概括如下：

物质

混合物（如空气）

纯净物

单质

化合物（如水、食盐、二氧化碳等）

金属（如钠、镁、铁等）

非金属（如氧、氮、磷、硫等）

单质有金属和非金属两类。金属单质由金属元素组成。如铜、铝、铁等。非金属单质由非金属元素组成。如氢、氧、氮、碳、硫等。

混合物与纯净物是相对而言的，“完全的纯是没有的，……不纯是绝对的，纯是相对的，这就是对立的统一。”在自然界中的物质，绝对的纯是没有的，往往是混合物，它们经过加工后，可以变得比较纯粹，但是绝对纯粹的物质至今还没有得到。如果一种物质中所含杂质的量非常微少，以致在研究或应用时不发生妨碍，这种物质就是“化学纯粹了。”对于一般物质，我们规定了各种纯度的等级，有工业纯、实验试剂、化学纯(三级)、分析纯(二级)、优级纯(一级)，对于不同的物质，制订不同的杂质含量的控制数。电子工业中的单晶硅，它的纯度达到99.9999%以上，亦即“六个9”以上，它和制雷达元件材料的锗都属“高纯”物质，现在我们已能制出“九个9”的高纯物质。

在混合物中，各物质之间并没有发生化学变化，我们可以根据这些物质的物理性质把它们分开，这就叫做物质的提纯。例如，食盐中混有砂子时，可以将这种食盐溶于水，过滤后，加热所得的液体，使水蒸发，就能得到精制的食盐。天然水中含有多种杂质(象泥砂、矿物质、微生物……等)。经过澄清煮沸之后，虽然可喝，但还有许多矿物质，如果把水蒸馏或用离子交换法处理，杂质就少多了。

第三节 分子式 分子量

(一) 分子式

科学实验证明，纯净物的分子组成是一定的，即化合物和单质有一定的组成。例如，每个水分子是由二个氢原子和一个氧原子组成的，氧气和氢气的每个分子是由两个原子组成的。物质的分子中，元素的原子种类和数目都是一定的，因此，可用元素符号来表示物质的组成。

分子式就是用元素符号表示物质分子组成的式子。例如，水、氧气、氢气的分子式分别是 H_2O 、 O_2 、 H_2 。每种物质只有一种分子式。“人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。”各种物质的分子式，都是通过科学实验的方法，测定了物质的组成之后得出来的。化学是研究物质的组成、性质及变化的科学，学化学就必须记住一些重要物质的分子式并能正确书写它。

写单质的分子式时，先写出元素符号，再在元素符号的右下角写一个小的数字，表示这种单质的一个分子里所含原子的数目。例如，氧气、氢气、氮气、氦气的分子式分别是： O_2 、 H_2 、 N_2 、 Ne 。铁、铜、铝等金属单质和硫、碳等固态的非金属单质，其结构比较复杂，习惯上都用元素符号来代表它们的分子式。如 Fe 、 Cu 、 Al 、 S 、 C 等。

写化合物的分子式时，必须先知道这种物质含有那些元素，以及这种物质的一个分子里所含各元素的原子个数。然后，按下述方法写出分子式。

1. 写出元素符号，金属元素符号写在左方，非金属元素的符号写在右方。例如，氯化钠的分子式为 $NaCl$ 。如果是某元素和氧的化合物，则氧元素的符号写在右方，另一元素的符号写在左方。例如，一氧化碳的分子式为 CO ，氧化钙(生石灰)的分子式为 CaO 。

2. 分别在元素符号的右下角写出该物质的分子里所含元素的原子个数。例如，氧化铝的分子式为 Al_2O_3 ，水的分子式为 H_2O 。

分子式表示三方面的意义：(1)表示物质的名称，以及组成这种物质的元素；(2)表示这种物质的一个分子以及分子内各元素的原子个数；(3)表示这种物质分子内各原子的重量之和即分子量。例如， H_2O ，不但表示水这种物质以及它是由氢元素和氧元素组成，还表示水分子是包含有二个氢原子和一个氧原子，它的分子量是18(即 $1 \times 2 + 16 \times 1 = 18$)。

我们学习了元素符号和分子式所表示的意义以后，应该注意到， H 、 H_2 、 $2H$ 、 $2H_2$ 所代表的意义各不相同，不能把他们混淆起来。 H 是氢的元素符号，代表一个氢原子； H_2 是由二个氢原子组成的一个氢分子； $2H$ 代表二个氢原子，它不是分子式，不代表氢分子； $2H_2$ 表示二个氢分子。分子式前面的数字表示这种分子数目，而元素符号前的数目表示原子数目，元素符号右下方的数字则表示这种物质一个分子中某元素的原子个数。不能更改已经由实验确定并经实践考验过的分子式，不能任意增减分子式中的原子数目。画蛇添足，反而导致错误。如果把水的分子式写成 H_2O_2 ，那就是另一种物质过氧化氢了；如果把氯化钠写成 $NaCl_2$ ，那就不代表什么了，因为 $NaCl_2$ 这种物质至今还没有发现。

(二) 分子量、克原子量和克分子量

1. 分子量

根据上面讨论，我们知道，分子式不仅可以表示分子的组成和名称，并且还可以利用分子式来计算分子量。

分子量是用“碳单位”表示的一个分子的质量。根据分子式计算分子量时，只要把分子式中所含各原子的质量加起来，就是这一物质的分子量。例如，氧的分子式是 O_2 ，表示氧的分子是由两个氧原子组成的，因此，氧的分子量是：

$$2 \times 16 = 32$$

同样，水的分子式是 H_2O ，所以水的分子量是两个氢原子和一个氧原子的质量的总和，即：

$$1 \times 2 + 16 = 18$$

分子量的单位与原子量的单位是相同的，都是“碳单位”，通常可以省略不写。

2. 克原子和克分子

我们已经知道，原子量和分子量都是用“碳单位”表示的原子、分子的质量。但在实际工作中，不是取一个原子或一个分子进行实验，而是取用一定量的物质，且常以克作为重量单位。所以“碳单位”这个单位显得太小，为方便起见，化学上常采用克原子量和克分子量。

一定量的某物质以克为单位，而在数值上等于它的分子量时，即称为这物质的克分子量(简称克分子)。例如水的分子量为18，它的克分子量为18克，氧的分子量为32，它的克分子量为32克。氯化钠分子量为58.5，它的一个克分子为58.5克，而585克的 $NaCl$ ，即为十个克分子的 $NaCl$ ，5.85克的 $NaCl$ 则为0.1个克分子。10、1、0.1叫克分子数。所以

$$\text{克分子数} = \frac{\text{物质的质量(克数)}}{\text{物质的克分子量}}$$

或 $\text{克分子量} \times \text{克分子数} = \text{物质的质量(克数)}$ 。

(3) 同样,一定量的物质,以毫克为单位,而在数值上等于它的分子量时,即称为这物质的毫克分子量,简称毫克分子。1个克分子等于1000个毫克分子。

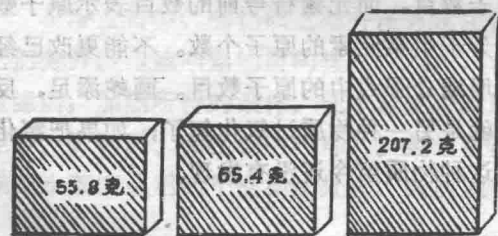
同样,一定量的某元素若以克为单位,而在数值上等于它的原子量时,即为这元素的一个克原子或克原子量。例如,氧的原子量为16而一个克原子的氧为16克,8克氧就是0.5个克原子氧。所以

$$\text{克原子数} = \frac{\text{元素的质量(克数)}}{\text{元素的克原子量}}$$

$$\text{克原子量} \times \text{克原子数} = \text{元素的质量(克数)}。$$

根据克分子的定义,一克分子的不同物质,虽有不同质量,但所含的分子数目应相等。实验证明,一克分子的任何物质中的分子数为 6.023×10^{23} 个。同样,一克原子的任何元素中的原子数也是 6.023×10^{23} 个。

如图1—3。 6.023×10^{23} 这个数值,称为阿佛加德罗常数。例如,一个氧分子的质量为 $2 \times 2.657 \times 10^{-23}$ 克,一个克分子的氧气为



铁 锌 铅
图1—3 一克原子的几种金属

32克,其中含有分子数为:

$$\frac{32\text{克}}{2 \times 2.657 \times 10^{-23}\text{克}} = 6.023 \times 10^{23}$$

一个氢分子的质量为 $2 \times 1.67 \times 10^{-24}$ 克,氢气的一个克分子为2克,其中含有分子数为

$$\frac{2\text{克}}{2 \times 1.67 \times 10^{-24}\text{克}} = 6.023 \times 10^{23}$$

只要知道物质的克数,就可以算出克分子数,反过来也一样。

[例] 8.8克的二氧化碳(CO_2)是多少克分子?1.5克分子的 CO_2 和碳酸氢钠(NaHCO_3)各是多少克?

[解] 应用公式, CO_2 的分子量=44,它的克分子量是44克

$$\text{所以 } 8.8\text{克的CO}_2 = \frac{8.8\text{克}}{44\text{克}} = 0.2\text{个克分子。}$$

应用公式,克数=克分子数 $\times$ 克分子量,

$\therefore \text{CO}_2$ 分子量=44,克分子量44克,

$$\therefore 1.5\text{克分子CO}_2 = 1.5 \times 44\text{克} = 66\text{克}$$

$\therefore \text{NaHCO}_3$ 的分子量=23+1+12+16 $\times$ 3=84, NaHCO_3 克分子量=84克。

$$\therefore 1.5\text{克分子的NaHCO}_3 = 1.5 \times 84\text{克} = 126\text{克。}$$

[答]: 8.8克 CO_2 是0.2个克分子,1.5克分子 CO_2 是66克,1.5克分子 NaHCO_3 是126克。

(三) 气体的克分子体积

气体的体积与温度及压力都有关系。温度升高时,气体的体积膨胀;温度降低时,气体的体积缩小。压力增大时,气体的体积缩小;压力减小时,气体的体积膨胀。所以研究一定量的气体占有多大体积时,就必须规定气体的温度及所受的压力,否则就不能得到固定的数值。我们在研究气体的克分子体积时,规定气体的温度为摄氏零度(0°C),所受

的压力为一个大气压(即760毫米汞柱)。这种状态叫做标准状态。

实验证明:一个克分子的任何气体,在标准状态下,所占的体积都是22.4升。此数值称为标准状态下气体的克分子体积。(图1-4)。例如:



图1-4 标准状况下气体的一克分子体积

一个克分子(32克)的 O_2 在标准状态时的体积等于22.4升。

一个克分子(44克)的 CO_2 在标准状态时的体积也等于22.4升。

$\frac{1}{2}$ 个克分子(22克)的 CO_2 在标准状态时的体积则等于11.2升。

由于克分子和升的单位太大,临床上多用毫克分子和毫升为单位。它们之间的关系是:

$$1 \text{ 个克分子} = 1000 \text{ 个毫克分子}$$

$$1 \text{ 升} = 1000 \text{ 毫升}$$

它们之间各相差1000倍。

因此

$$1 \text{ 个克分子的} CO_2 = 22.4 \text{ 升, 则}$$

$$1 \text{ 个毫克分子的} CO_2 = 22.4 \text{ 毫升}$$

那么

$$5 \text{ 个毫克分子的} CO_2 \text{ 所占的体积} = 22.4 \times 5 = 112 \text{ 毫升。}$$

习 题

1. 化学变化与物理变化有什么不同?
2. 下列现象哪些是物理变化? 哪些是化学变化? 为什么?
 - (1) 铁在潮湿的空气中生锈。
 - (2) 蜡烛受热熔化, 蜡烛燃烧。
 - (3) 电灯泡通电发光。
 - (4) 火药爆炸。
 - (5) 小麦磨成面粉。
 - (6) 硫黄燃烧。
3. 写出下列元素的名称: N、P、Na、S、Cl、K、Fe、Ca、C、O、H、B、I。
4. 用元素符号表示下列物质: 硫元素, 4个铁原子, 2个氯分子, 3个二氧化碳分子, 5个氢原子, 8个水分子。
5. 下列物质中哪些是单质(并指明金属或非金属)? 哪些是化合物?
铜(Cu), 氯化钠(NaCl), 氢气(H_2), 二氧化碳(CO_2), 二氧化硫(SO_2), 木炭(C), 氯化钾(KCl), 氮气(N_2), 石灰石($CaCO_3$), 溴(Br_2)。
6. $3H$ 、 $2Mg$ 、 $5O_2$ 、 $7Na$ 、 $6Al_2O_3$ 、 H_2SO_4 、 $NaOH$ 、 $HgCl_2$ 各表示什么?
7. 计算下列各物质的分子量:
 - (1) CO_2 ;
 - (2) H_2SO_4 ;
 - (3) $NaOH$;
 - (4) $NaCl$;
 - (5) $(NH_4)_2CO_3$ 。
8. 计算下列各物质的分子量:
 - (1) 氧气(O_2);
 - (2) 氯化氢(HCl);
 - (3) 碳酸氢钠($NaHCO_3$);
 - (4) 硫酸铵 $[(NH_4)_2SO_4]$ 。
9. 1克 CO_2 和1克分子 CO_2 有什么不同? 它们在标准状况下各占多少体积?