



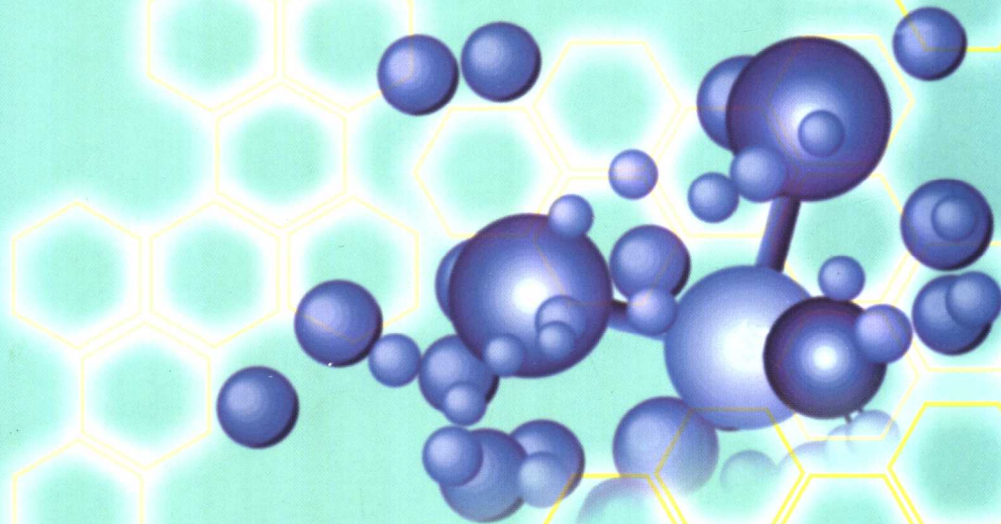
职业技术·职业资格培训教材

化学分析工

huaxue
fenxigong

【初级】

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业培训指导中心组织编写



 中国劳动社会保障出版社



职业技术·职业资格培训教材

化学分析工

huaxue
fenxigong

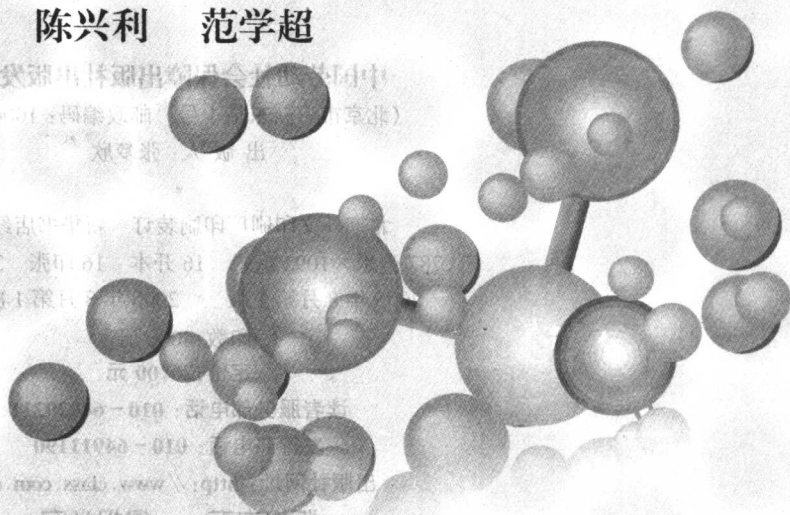
【初级】

主 编 张永清

编 写 张永清 汪智先 翁宇静 黄 虹

李 敏 陈兴利 范学超

审 稿 盛晓东



 中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学分析工：初级/张永清主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2005
职业技术·职业资格培训教材
ISBN 7-5045-5060-4

I. 化… II. 张… III. 化学分析-技术培训-教材 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 052861 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京外文印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16 印张 345 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数：4000 册

定价：26.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

内 容 简 介

本教材由劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心依据上海 1 + X 职业技能鉴定细目——化学分析工（五级）组织编写。本教材从强化培养操作技能，掌握一门实用技术的角度出发，较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握初级化学分析工的核心知识与技能有很好的帮助和指导作用。

本教材在编写中摒弃了传统教材注重系统性、理论性和完整性的编写方法，而是根据本职业的工作特点，从掌握实用操作技能，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。全书内容分为七个单元，主要包括：基础知识，试样的采集和处理，实验室用水、化学试剂及溶液的配制，气体分析法——奥氏气体分析仪，滴定分析法，仪器分析法，原始记录与数据处理。每一单元着重介绍相关专业理论知识与专业操作技能，使理论与实践得到有机的结合。

为方便读者掌握所学知识 with 技能，每单元后附有单元测试题及答案，全书最后附有知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，供巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材可作为化学分析工（五级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供中等职业技术学校相关专业师生，以及相关从业人员参加初级化学分析工职业培训、岗位培训、就业培训使用。

前 言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。每个模块单元所附单元测试

题和答案用于检验学习效果，教材后附本级别的知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，使受培训者巩固提高所学知识与技能。

本教材虽结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业培训指导中心

目 录

第一单元 基础知识	(1)
第一节 无机化学基础知识	(1)
第二节 有机化学基础知识	(24)
第三节 实验室常用仪器和设备	(47)
第四节 安全知识	(71)
单元测试题	(79)
单元测试题答案	(81)
第二单元 试样的采集和处理	(82)
第一节 采样概述	(82)
第二节 采样的器具	(83)
第三节 采样数量和样品的储存	(88)
第四节 采集样品的方法	(90)
第五节 固体样品的处理	(94)
第六节 采样安全	(99)
单元测试题	(100)
单元测试题答案	(101)
第三单元 实验室用水、化学试剂及溶液的配制	(102)
第一节 实验室用水	(102)
第二节 化学试剂	(104)
第三节 溶液的配制	(106)
单元测试题	(108)
单元测试题答案	(110)
第四单元 气体分析法——奥氏气体分析仪	(111)
第一节 气体分析概述	(111)
第二节 气体分析仪	(112)
第三节 常量气体分析法	(114)
第四节 操作技能训练——CO ₂ , O ₂ , CO, N ₂ 混合气体的分析	(118)

目 录

单元测试题	(119)
单元测试题答案	(121)
第五单元 滴定分析法	(122)
第一节 滴定分析法概述	(122)
第二节 玻璃计量器具的使用	(124)
第三节 标准滴定溶液的标定	(134)
第四节 酸碱滴定法	(138)
第五节 操作技能训练	(150)
单元测试题	(152)
单元测试题答案	(153)
第六单元 仪器分析法	(154)
第一节 分光光度法	(154)
第二节 气相色谱法	(164)
第三节 电化学分析法	(188)
第四节 操作技能训练	(205)
单元测试题	(208)
单元测试题答案	(210)
第七单元 原始记录与数据处理	(211)
第一节 原始记录	(211)
第二节 数据处理	(213)
单元测试题	(225)
单元测试题答案	(227)
知识考核模拟试卷 (一)	(228)
知识考核模拟试卷 (二)	(234)
知识考核模拟试卷 (一) 答案	(240)
知识考核模拟试卷 (二) 答案	(241)
技能考核模拟试卷 (一)	(242)
技能考核模拟试卷 (二)	(245)

第一单元 基础知识

第一节 无机化学基础知识

化学是一门研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。日常生活中常见的如铁会生锈、煤能燃烧等都是化学研究的对象。

一、物质

1. 物质的组成

物质是由不断运动着的微粒组成的，在化学中讨论的微粒主要是分子、原子、离子。

(1) 分子。把一粒糖不断地分割，不论将糖分得多么小，糖还是甜的，这种能独立存在并保持原物质的化学性质的最小微粒就是分子。

研究分子的理论，称为分子论，其主要内容如下：

- 1) 物质是由分子构成的。
- 2) 同种物质的分子性质相同，不同物质的分子性质不同。
- 3) 同种物质的分子是在不断运动的，物质中分子与分子之间有一定的间隔。

(2) 原子。将一粒糖放在火焰上加热，糖变成了碳，说明糖分子是由更小的微粒组成的。组成分子的更小微粒就是原子，原子是参加化学反应的最小微粒，是化学反应中不能再分的微粒。化学反应的实质就是分子中原子重新组合形成新分子的过程。

原子是由更小的微粒组成。原子的中心是一个由质子和中子组成的核，称为原子核。核外电子围绕着核不断运动。整个原子的质量集中在核上，质子和中子的质量几乎相等，都等于一个原子量单位，而电子的质量可忽略不计。每个质子带一个正电荷，每个电子带

一个负电荷，中子不带电荷。由于原子中质子数和电子数是相等的，所以原子是电中性的。原子中的电子分布在不同电子层中。原子中核内的质子数及最外层电子的电子数对原子的化学性质影响最大。

(3) 离子。带电的原子或原子团称为离子，带正电荷的离子称为阳离子，如 Na^+ ， K^+ ， NH_4^+ 等；带负电荷的离子称为阴离子，如 Cl^- ， NO_3^- ， SO_4^{2-} 等。

原子和离子性质不完全相同，如 Na^+ 和 Na 的性质是不完全相同的。

(4) 元素。元素是原子核内质子数相同的同一类原子的总称。如 Na 和 Na^+ 核外电子数不同，但核内质子相同，所以 Na^+ 和 Na 都是钠元素。元素在自然界的存在状态有两种，以单质状态存在的称游离态，以化合物状态存在的称化合态。

原子核内质子数相同，中子数不同的原子互称同位素。如碳原子内质子数有六个，但中子数却有三种，分别为六、七、八个，称为 ^{12}C ， ^{13}C ， ^{14}C 三种碳的同位素。

原子和元素是两个不同的概念，例如水 (H_2O)，可以说水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成，但不能说成是由两个氢元素和一个氧元素组成，如果用元素来表达只能讲水由氢、氧两种元素组成。

2. 物质的变化

物质是在不断变化着的。物质有两个特性：一是物质都有质量，二是物质都具有能量。物质变化必须遵循的规律是：物质不论发生什么变化，其总的质量和总的能量是不变的，也就是所谓质量守恒定律和能量守恒定律。

物质的变化分为物理变化和化学变化两类。

(1) 物理变化。物体形状的变化、热胀冷缩、物质状态的变化（如气、液、固三态）等都是物理变化，其特点是变化前后没有新的物质、新的分子产生。

(2) 化学变化。如煤的燃烧、铁的生锈，这类变化使一种物质变成另一种物质，这类变化称为化学变化，其特点就是变化前后有新的物质或新的分子产生。

综上所述，物理变化和化学变化的本质区别就在于物质变化前后有无新的物质、新的分子生成。

3. 物质的分类

(1) 纯净物和混合物。由同种分子组成的物质称为纯净物，由不同种分子组成的物质称为混合物。但世界上绝对的东西是不存在的，所谓“金无足赤”，所以纯都是相对的，不纯是绝对的。

(2) 有机物和无机物。在化学发展早期，把只有生命体才能制造的物质称为有机物，其他的物质称为无机物。现在有机物早就不是只有生命体才能制造的，但这类物质的组成、结构、性质确实存在很大的差别。所以，仍保留着有机物和无机物的分类。碳氢化合物及其衍生物称为有机物。除有机物以外的所有物质（也包括所有元素的单质）都称为无机物。

(3) 单质和化合物

1) 单质。单质是由同种元素组成的物质。如氧气、氮气、铁、钠等都是单质。而单质又可分为金属和非金属：金属一般有光泽、能导电，除汞外常温下都是固体；非金属没有金属的那些性质，常温下非金属有气体、固体，只有溴是液体。实际上金属和非金属并没有严格的界限，有许多元素的单质是介于金属和非金属之间的。

2) 化合物。化合物是由两种或两种以上元素组成的物质。如水、硫酸、尿素。

(4) 无机化合物的分类。一般可将其分成氧化物、酸、碱、盐四类。

1) 氧化物。它是由两种元素组成，其中之一是氧元素的化合物，如 H_2O ， CO_2 ， Fe_2O_3 等。而 HNO_3 ， Na_2CO_3 等分子中虽有氧，但分子由两种以上元素组成，所以只能称其为含氧化合物，不能称为氧化物。根据性质不同氧化物又可分成以下四种：

①酸性氧化物。能与碱反应生成盐和水的氧化物。酸性氧化物大多数是非金属氧化物，如 CO_2 ， H_2O 等；但也有一些是金属的高价氧化物，如 CrO_3 就是酸性氧化物，溶于水成铬酸。

②碱性氧化物。能与酸反应生成盐和水的氧化物。碱性氧化物都是金属氧化物，如 Na_2O ， CaO 等。

③两性氧化物。既能与酸也能与碱反应生成盐和水的氧化物。两性氧化物有很多，常见的两性氧化物有 Al_2O_3 和 ZnO 等。

④不成盐氧化物。以上所讲的氧化物都能和酸或碱生成盐，而有一类氧化物不能和酸或碱反应，不能生成盐，这类氧化物就是不成盐氧化物，如 CO ， NO 。

2) 酸。酸、碱有不同的定义，常用电离理论来定义酸和碱。

①酸的定义。电离出来的阳离子全部都是氢离子的物质称为酸。

②酸的性质。酸具有酸的通性，如和碱反应生成盐和水等。

③酸的分类。酸可按其分子中有无氧元素分为含氧酸（如 HNO_3 ， H_2SO_4 ）和无氧酸（如 HCl ， HF ）。

④酸的命名简介

a. 无氧酸。分子由两种元素组成，其中一种是氢，称为氢某酸，如 H_2S 的水溶液称氢硫酸， HBr 的水溶液称氢溴酸，但 HCl 的水溶液例外，称盐酸。

b. 含氧酸。分子由三种元素组成，常根据除氢、氧外第三种元素命名，称某酸，如 H_2CO_3 称碳酸， H_2SO_4 称硫酸，但 HNO_3 例外，称硝酸。另外，根据含氧酸分子失水不同又称为焦某酸、偏某酸，如两分子磷酸（ H_3PO_4 ）失去一分子水成 $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ，称焦磷酸；一分子 H_3PO_4 失一分子水成 HPO_3 ，称偏磷酸。根据第三种元素化合价的不同，还可命名为高某酸、亚某酸、次某酸，如高氯酸（ HClO_4 ）、氯酸（ HClO_3 ）、亚氯酸（ HClO_2 ）、次氯酸（ HClO ）等。

3) 碱

①碱的定义。电离出来的阴离子全部都是氢氧根离子的物质称为碱。

②碱的性质。碱具有碱的通性，如和酸反应生成盐和水等。

③碱的组成。在无机化合物中除氨水外，碱都是金属的氢氧化物，但氢氧化物中有一部分是两性的，它既有酸性也有碱性，如 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ， $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。实际上具有两性的氢氧化物还有很多，因为含氧酸和碱的氢氧化物从结构上看，都是 $\text{R}-\text{O}-\text{H}$ 。这类物质的酸碱性决定于 R 和氧之间的结合力大小，如 R 与氧结合力大，那么分子就把氢离子电离出来呈酸性，如 R 和氧间结合力小，那么分子就把氢氧根离子电离出来呈碱性。

4) 盐

①盐的定义。电离出来的阳离子有金属离子（氨盐除外）、阴离子有酸根离子的化合物称为盐。

②盐的性质。盐是酸和碱中和反应的产物，但盐不一定是中性的。盐可以和酸、碱、盐、金属等发生反应。

③盐的分类。根据盐分子中有无氧元素，可分为含氧酸盐及无氧酸盐。根据电离出来的离子中有无氢离子或氢氧根离子，又可分为酸式盐和碱式盐，如碱式碳酸铜 $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ 是碱式盐， KHSO_4 硫酸氢钾是酸式盐。但要注意碱式盐不一定是碱性的，同样酸式盐也不一定是酸性的。

4. 物质测量中常用的量

(1) 质量。它是物体本身的一种属性，物理学上将质量定义为表示物体惯性大小的物理量，在化学中用来表示物体中所含物质的多少，它的单位是千克（kg），在分析化学中常用的是克（g）、毫克（mg），它们的关系如下：

$$1 \text{ kg} = 1\,000 \text{ g} \qquad 1 \text{ g} = 1\,000 \text{ mg}$$

(2) 体积。体积是物体占有空间的大小，它的单位是立方米（ m^3 ），在分析化学中常用的单位是升（L）、毫升（mL）。三者的关系如下：

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ L} \qquad 1 \text{ L} = 1\,000 \text{ mL}$$

测量气体、液体物质的多少时，用体积来表示更为方便，但物体的体积是随温度、压强而变化的，这一点一定要引起注意。

(3) 密度。密度指物体每单位体积的质量，单位是千克每立方米（ kg/m^3 ），也常用克每立方厘米（ g/cm^3 ），对气体还常用克每升（g/L）表示。三者的关系如下：

$$1 \text{ kg}/\text{m}^3 = 10^{-3} \text{ g}/\text{cm}^3 \qquad 1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 10^3 \text{ g}/\text{L}$$

由于物体的体积的大小与温度及压强有关，所以在不同的温度及压强下测得的同一物体的密度是不同的。

(4) 温度。用来表示物体冷热程度的物理量，从微观来看温度是表示物体中分子无规则运动的速度大小，物体中分子无规则运动的速度大，温度就高；反之就低。

温度的单位常用的有摄氏温标和开氏温标。

摄氏温标规定：将压强等于 101 325 Pa 时水的冰点与沸点的温差进行 100 等分，每份

记作 1°C 。并规定水的冰点为 0°C ，沸点为 100°C 。摄氏温标记作 t ，单位是 $^{\circ}\text{C}$ ，如某物体的温度是 10 摄氏度，可记作 10°C 。

开氏温标又称绝对温标，开氏温标记作 T ，单位是 K。水的冰点是 0°C ，而开氏温标则是 273.15 K 。如不要求十分精确，摄氏温标与开氏温标可用 $T = 273 + t$ 来换算。

(5) 压强。表示物体单位面积上受压力的大小，单位是牛顿每平方米 (N/m^2)，称为“帕”，用符号 Pa 表示。它和标准大气压 (atm) 的关系是 $1\text{ atm} = 101\,325\text{ Pa} \approx 1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ (或 101.3 kPa)。

(6) 相对原子质量和相对分子质量

1) 相对原子质量。原子虽小但也有一定的质量，如 1 个 ^{12}C 原子的质量为 $1.993 \times 10^{-23}\text{ g}$ ，一个 H 原子的质量为 $1.661 \times 10^{-24}\text{ g}$ 。原子的绝对质量记忆和书写都很不方便，所以规定将元素的平均原子质量与 ^{12}C 原子质量的 $\frac{1}{12}$ 之比作为该元素的相对原子质量。相对原子质量是一种相对质量，因此没有单位。

2) 相对分子质量。相对分子质量指物质的分子或特定单元的平均质量与 ^{12}C 原子质量的 $\frac{1}{12}$ 之比，它是一种相对质量，没有单位。对一些晶体如氯化钠、石英等，一块晶体就是一个分子，这类晶体的相对分子质量常用其化学式量来表示。

(7) 物质的量及与其相关的量

1) 物质的量 (n)。物质的量是表示物体中含有组成物质的基本单元数多少的量，基本单元可以是组成物质的原子、分子、离子、原子团、电子、光子及其他粒子，或这些粒子的特定组合，但基本单元非常小，如以水分子为基本单元，一滴水 (约 0.05 mL) 中，约含有 1.7×10^{21} 个水分子，所以直接用基本单元数来表示物质的量很不方便，因此，规定了物质的量的单位为摩尔 (mol)。

2) 摩尔 (mol)。摩尔是物质的量的单位，它是一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元数与 $12\text{ g }^{12}\text{C}$ 的原子数目相等。同一系统中物质的量多少与基本单元的选择有关。如以 H_2SO_4 为基本单元的 1 mol 硫酸，改成以 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ 为基本单元，其物质的量就为 2 mol ，这一点对学习分析化学特别重要。

3) 摩尔质量 (M)。摩尔质量是指物质的质量除以其物质的量，常用的单位是 g/mol 。物质的摩尔质量显然也与指定的基本单元有关。以 g/mol 为单位，摩尔质量在数值上等于组成该物质的基本单元的化学式量，如： $M(\text{O}_2) = 32\text{ g}/\text{mol}$ ， $M(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 49\text{ g}/\text{mol}$ ，其中 M 的括号内为基本单元。

物质的量、质量、摩尔质量三者的关系见公式 (1—1)：

$$n_i = \frac{m_i}{M_i} \quad (1-1)$$

式中 m ——质量，g；
 M ——摩尔质量，g/mol；
 n ——物质的量，mol；
 i ——组成物质的基本单元。

4) 气体的摩尔体积 (V_m)。气体的摩尔体积是指气体体积除以气体的物质的量。气体的摩尔体积有特殊的性质，在气体温度、压强相等时，相同物质的量的气体有近似相等的体积。

由于气体的体积与温度及压强有关，因此规定了气体温度为 0°C ，压强为 101.3 kPa 时为标准状况。在标准状况条件下，理想气体的摩尔体积近似等于 22.4 L/mol 。

如求任何温度与压强下气体的体积，可用理想气体状态方程，见公式 (1—2)：

$$pV = nRT \quad (1-2)$$

式中 p ——压强，Pa；
 V ——体积， m^3 ；
 n ——物质的量，mol；
 R ——气体常数， $8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ；
 T ——绝对温标，K。

将标准状况的温度和压强代入理想气体状态方程，即得标准状况下理想气体的摩尔体积：

$$V_{m,0} = \frac{V}{n} = \frac{RT}{p} = \frac{1 \times 8.314 \times 273}{101.3 \times 10^3} \approx 0.0224 \text{ m}^3 = 22.4 \text{ L/mol}$$

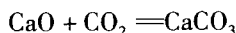
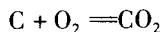
注意：理想气体状态方程，因将气体理想化，所以只适用于压力不太高、温度不太低的情况。

二、化学反应的类型

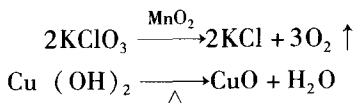
1. 化学反应的基本类型

在无机化学中的化学反应有四种基本类型，它们是化合反应、分解反应、置换反应和复分解反应，这几类反应的特点及完成反应的必需条件叙述如下：

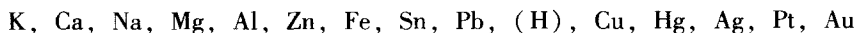
(1) 化合反应。由两种或两种以上物质通过化学反应生成一种新的物质，这种反应称为化合反应，其特点是只生成一种物质。例：



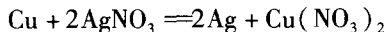
(2) 分解反应。一种物质发生化学反应后生成两种或两种以上物质的反应，这种化学反应称为分解反应，其特点是反应物只有一种，而生成物有一种以上。例：



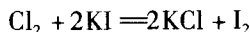
(3) 置换反应。由一种单质和一种化合物发生化学反应生成另一种新的单质和新的化合物，这类反应称为置换反应，置换反应一定是氧化还原反应。置换反应的发生是有条件的，不论是金属的还是非金属的，都是活泼元素的单质置换不活泼元素。金属的活泼性如下：



从左到右金属活泼性降低，称为“金属活动顺序表”。表上左面元素的单质可以从右面元素的化合物中置换出右面元素的单质。例如：

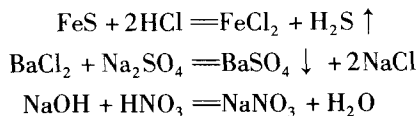


反之，硝酸铜和银反应不能进行。非金属和金属一样，活泼的非金属能从化合物中置换出不活泼的非金属。如卤素元素的活泼性的次序是 F, Cl, Br, I, 活泼性依次降低。例如：



反之，碘不能置换出氯气来。

(4) 复分解反应。两种化合物相互交换组成，生成两种新的化合物，这类反应称为复分解反应，例如：



复分解反应一定要满足下述三个条件之一才能完成：反应中有沉淀生成；反应中有气体生成；反应中有难电离的物质生成，如水等。

2. 氧化还原反应

(1) 氧化还原反应的基本概念

1) 化合价。化合价是分子中一种元素的原子与其他元素的原子的结合能力。化合物中元素的化合价的一般规律为：

①化合物中氧元素一般是 -2 价，氢元素 +1 价。但也有例外，氧有可能是 -1 价，如在 H_2O_2 及过氧化物中；氢也可能是 -1 价，如在 NaH 中。

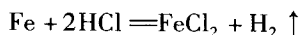
②化合物中金属元素呈正价，非金属元素与金属元素结合是负价，如 FeS 中的 S 为 -2 价，与氧结合是正价，如 BaSO_4 中的 S 为 +6 价。

③化合物中各种元素的原子化合价的代数之和为零；若是离子，则各种元素的原子的化合价的代数之和为该离子的带电量。

④单质中元素的化合价为零。

化合价的实质就是元素的原子在化合物中得失电子的数目。各种元素的原子得失电子的能力不同，在化合物中得电子元素的原子呈负价，失电子元素的原子呈正价。

2) 氧化还原反应。在发生化学反应即原子重新组合时，反应前后某些元素的化合价发生了变化，这种反应称为氧化还原反应，例如：



3) 氧化与还原

①氧化。在反应后元素的化合价升高即失电子，称该元素被氧化了。如上例中铁的化合价从0变为+2，所以反应中铁元素被氧化。

②还原。在反应后元素的化合价降低即得电子，称该元素被还原了。如上例中氢的化合价从+1变为0，所以反应中氢元素被还原。

4) 氧化剂与还原剂

①氧化剂。在反应中使别的物质氧化的试剂称氧化剂。它使别的物质氧化、化合价升高、失电子；它本身在反应中得电子、化合价降低、被还原。

②还原剂。在反应中使别的物质还原的试剂称还原剂。它使别的物质还原、化合价降低、得电子，它本身在反应中失电子、化合价升高、被氧化。

如上例中铁和盐酸的反应中：铁是还原剂，盐酸是氧化剂；铁元素被氧化，氢元素被还原；氯化亚铁是氧化产物，氢气是还原产物。

(2) 氧化还原反应方程式的配平。氧化还原反应方程式的配平方法有两种：化合价法和离子电子法。本节只讨论化合价法。

1) 配平步骤

①写出反应物和生成物。

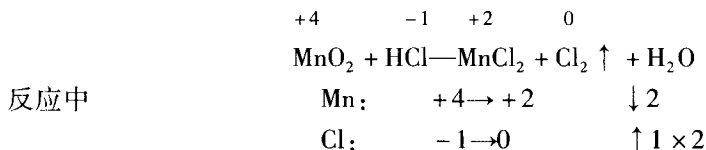
②在化合价有变化的元素的原子上标明化合价。

③利用在反应中元素化合价升高和降低的总数相等，即得电子的总数和失电子的总数相等配平氧化剂和还原剂的系数。

④利用观察法配平反应中其他物质的系数。

2) 氧化还原反应方程式配平举例

【例 1—1】 二氧化锰和盐酸制氯气的反应



表示反应中锰元素的化合价从+4价到+2价，下降2价；氯元素从-1价到0价，上升1价。而氯分子是双原子分子需要两个氯原子，所以反应物中应有两分子盐酸，反应式成为：

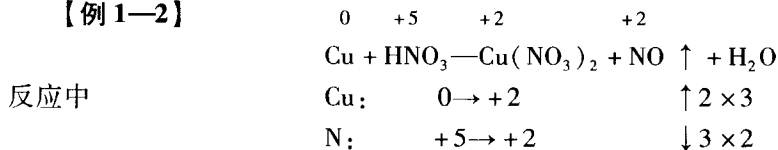


此时反应中有化合价变化的元素化合价升降的总数相等了，但反应式中还有未发生氧化还原的元素原子，所以还要进行观察法配平。其中氯化锰中两个氯还是-1价，所以反应物中需要增加两分子盐酸，四分子盐酸中有4个氢，故生成两个水分子。配平后反应式成为：

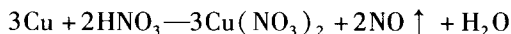


最后检查一下,因 Mn, H, Cl 都已配平,再检查氧原子,反应物中有两个氧原子,生成物中也有两个氧原子,所以检查结果配平是正确的。

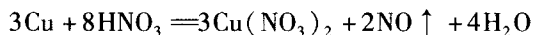
【例 1—2】



反应式成为:



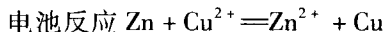
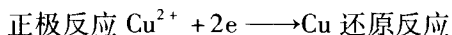
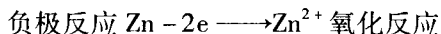
因在 3 个 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 分子中有 6 个 N, 在 2 个 NO 中有 2 个 N, 所以反应物中共需要 8 分子硝酸, 8 分子硝酸中有 8 个 H, 故生成物中应有 4 个水分子。配平完成反应式写成:



检查一下反应中的氧原子, 反应物 8HNO_3 中有 24 个氧原子; 生成物 $3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 有 18 个氧原子, 2NO 有 2 个氧原子, $4\text{H}_2\text{O}$ 有 4 个氧原子, 共有 $18 + 2 + 4 = 24$ 个氧原子, 配平正确。

(3) 原电池。原电池是将氧化还原反应中一部分物质失电子发生的氧化反应, 另一部分物质得电子发生的还原反应, 设计成一种装置, 使氧化和还原反应在两个地方进行, 再通过导体将它们连接起来形成电流, 并对外界做功, 这种装置称为原电池。所以, 原电池是化学能转变为电能的装置。

1) 原电池的组成。原电池由两个半电池组成, 半电池中的导体称为电极, 在电极上发生氧化反应或还原反应称为电极反应。发生氧化反应的电极称为负极, 负极上发生的反应称为负极反应, 电子从负极上流出; 发生还原反应的电极称为正极, 正极上发生的反应称为正极反应。正极和负极反应都是电极反应, 而正极反应和负极反应合起来组成电池反应, 例 Cu—Zn 原电池:



2) 氧化还原电对。每个半电池都由同一种元素的两个不同价态的物质组成, 称它为氧化还原电对。将化合价高的写在左面, 称氧化型; 化合价低的写在右面, 称还原型, 氧化型物质和还原型物质之间画一斜线, 如 Cu^{2+}/Cu , Zn^{2+}/Zn 。

3) 电极电位。电池反应发生后在连接正极和负极的导线上有电流通过, 说明在两电极间存在电位差, 也就是每个电极都有一定的电位, 成为电极电位。且正极电位要高于负极电位, 电子才能流动。

电极电位首先与参与电极反应的物质的本身性质有关, 但参与反应物质的浓度及温度对电极电位也有影响, 在 25°C 时溶液浓度对电极电位的影响可以用公式 (1—3) 来计算: