

普通化学

(地质类)

成都地质学院化学教研室

1984年6月

本教材是根据 1980 年 10 月全国化学教材工作会议审订的《高等工业学校普通化学教学大纲（100 学时，四年制试用草案）》的要求编写而成的。

本教材力图适合普查找矿、地质勘探、水文、工程、石油、放射性等地质类专业所需的化学基础。对于物探等学时较少的专业，内容可作适当取舍。在介绍化学基础知识和基本理论时，考虑地质学科的特点，并注意联系地质学科的实际。由于化学学科本身的飞速发展，物质结构及胶体知识在地质上的日益重要，所以对物质结构、胶体化学有所加强。配位化合物按照化学学会 1980 年无机化学命名原则定名、命名。

本教材较大纲增加了化学热力学基础知识，以便加深有关章节的理论和叙述部份，并为物化热力学学习奠定基础。另外与地质学科关系不大的内容作了删减。

本教材注意与中学内容的衔接，对过多重复内容作了适当精简。本教材以“*”号为选择内容。根据专业不同要求，在顺序安排上可作适当调整，在内容上可适当增减。

本教材共分十章，由王慎芳（一、二、七章），王槐柱（四、八章），景漪（三、九、十章），胡忠鲮（绪论、五、六章）等人编写。

此外，李春华、张德芝等分别对三章、九章参加了修改工作。齐鑫、李春华、陈丽珊等还参加对其它部份章节的审阅工作。本教材由胡忠鲮主编，景漪主审。

本教材是在 1982 年由陈达士、李春华、韩文宗、朱玉衡、王慎芳、王槐柱、阎树旺、景漪、胡忠鲮等同志审编，并由高等工科化学编审委员会审查的讲义基础上修编而成的。在编写过程中，化学教研室、普化组对编写大纲及内容作了认真讨论，提出了宝贵意见。

教材初稿由成都科技大学化学系、普化无机教研室同志进行了认真审阅，陈鉴副教授通阅全教材，在此一并致谢。

由于编者水平有限，加之编写仓促，缺点和错误在所难免，请使用此教材的同志批评指正。

成都地质学院《普通化学》编写组

1984 年 6 月

目 录

绪 论	(1)
第一章 物质的聚集状态及其变化	(3)
§1—1 气体	(3)
1—1 气体状态方程式	(3)
1—2 气体分压定律	(4)
§1—2 固体	(6)
§1—3 液体和稀溶液的依数性	(7)
3—1 溶液的蒸气压、沸点和凝固点	(7)
(一) 液体的蒸气压 (二) 液体的沸点和凝固点	
3—2 稀溶液的依数性	(8)
(一) 溶液的蒸气压下降 (二) 沸点上升 (三) 凝固点降低	
(四) 渗透压	
§1—4 化学反应中的能量守恒与转化定律、焓	(12)
4—1 能量守恒与转化定律	(12)
4—2 焓	(13)
本章小结	(15)
思考题	(15)
习题	(16)
第二章 化学反应的速度、平衡和方向	(17)
§2—1 化学反应速度	(17)
1—1 化学反应速度的表示	(17)
1—2 反应速度理论	(18)
1—3 浓度对反应速度的影响—质量作用定律	(19)
1—4 温度对反应速度的影响—阿累尼乌斯公式	(21)
1—5 催化剂对反应速度的影响	(22)
§2—2 化学平衡	(24)
2—1 平衡常数	(24)
2—2 化学平衡的移动	(27)
(一) 浓度对化学平衡的影响 (二) 压力对化学平衡的影响	
(三) 温度对化学平衡的影响	
§2—3 化学反应的方向	(30)
3—1 反应热与化学反应的方向	(30)

3—2	混乱度与熵	(31)
3—3	反应方向的判据—自由焓	(32)
	(一) 自由焓变与化学反应方向 (二) 标准自由焓变与平衡常数	
	(三) 温度对平衡常数的影响	
	本章小结	(36)
	思考题	(37)
	习题	(38)
第三章	电解质溶液	(41)
§3—1	弱电解质的电离平衡	(41)
1—1	一元弱电解质的电离平衡	(41)
1—2	多元弱电解质的电离平衡	(43)
1—3	水的电离和 pH 值	(44)
§3—2	强电解质的电离和有效浓度	(46)
§3—3	同离子效应和缓冲溶液	(47)
3—1	同离子效应	(47)
3—2	缓冲溶液	(48)
	(一) 缓冲溶液概念 (二) 有关缓冲溶液的计算	
§3—4	盐类的水解	(51)
4—1	水解常数和盐溶液的 pH 值	(51)
	(一) 强碱弱酸盐的水解 (二) 强酸弱碱盐的水解	
	(三) 弱酸弱碱盐的水解	
4—2	影响水解度的因素	(54)
	(一) 物质的本性 (二) 溶液浓度 (三) 温度	
§3—5	酸碱质子理论	(56)
§3—6	多相体系电离平衡及其移动	(59)
6—1	溶度积	(59)
	(一) 溶度积常数 (K_{sp} 或 L) (二) 溶度积和溶解度之间的换算	
	(三) 溶度积规则 (四) 同离子效应	
6—2	分步沉淀	(63)
6—3	沉淀的转化 (难溶盐的转化)	(64)
	本章小结	(65)
	思考题	(66)
	习题	(67)
第四章	氧化还原反应	(69)
§4—1	氧化还原反应的基本概念	(69)
1—1	氧化数	(69)
1—2	氧化和还原 氧化剂和还原剂	(70)
1—3	氧化还原当量	(70)
§4—2	氧化还原反应方程式的配平	(71)

§4—3	原电池和电极电位.....	(75)
3—1	原电池.....	(75)
3—2	电极电位.....	(76)
	(一) 电极电位的产生 (二) 电极电位的测定.....	
3—3	原电池的电动势与自由焓变化的关系.....	(79)
3—4	影响电极电位的因素.....	(81)
3—5	水的 E_h-pH 图.....	(83)
§4—4	电极电位的应用.....	(85)
4—1	判断氧化还原反应进行的方向.....	(85)
4—2	估计氧化还原反应进行的程度.....	(87)
4—3	选择氧化剂和还原剂.....	(87)
§4—5	元素电位图.....	(88)
	本章小结.....	(90)
	思考题.....	(91)
	习题.....	(92)
第五章	原子结构.....	(95)
§5—1	原子结构理论的早期发展.....	(95)
§5—2	氢原子光谱和玻尔理论.....	(95)
2—1	氢原子光谱.....	(95)
2—2	玻尔理论.....	(96)
§5—3	氢原子核外电子的运动状态.....	(98)
3—1	核外电子运动的波粒二象性.....	(98)
3—2	核外电子的运动状态.....	(99)
	(一) 波函数和原子轨道 (二) 几率密度和电子云	
	(三) 波函数和电子云的图形 (四) 四个量子数的物理意义	
§5—4	多电子原子核外电子的运动状态.....	(107)
4—1	原子轨道的能级.....	(107)
	(一) 能级图 (二) 屏蔽效应和有效核电荷 * (三) 钻穿效应	
4—2	原子中电子的分布.....	(111)
	(一) 核外电子分布的规则 (二) 各周期元素的原子结构	
	(三) 原子结构与周期律 (四) 元素的分区	
§5—1	元素性质与原子结构的关系.....	(116)
5—1	原子半径.....	(117)
5—2	元素的电离能.....	(118)
5—3	电子亲合能.....	(119)
5—4	电负性.....	(119)
5—5	金属性和非金属性在周期系中的递变.....	(120)
5—6	元素的氧化态与原子结构的关系.....	(121)
	本章小结.....	(121)

思考题	(123)
习题	(123)
第六章 分子结构	(125)
§6—1 离子键	(125)
§6—2 共价键的价键理论	(125)
2—1 氢分子共价键的形成和本质	(126)
2—2 价键理论要点	(126)
2—3 σ 键和 π 键	(127)
§6—3 杂化轨道理论	(128)
3—1 杂化轨道的基本概念	(128)
3—2 s—p 杂化轨道的基本类型	(130)
(一) sp 杂化 (二) sp^2 杂化 (三) sp^3 杂化	
*§6—4 价层电子对互斥理论	(132)
4—1 基本论点	(132)
4—2 判断分子几何构型的规则	(133)
4—3 分子或离子的几何形状	(133)
(一) 无孤对电子的 AB_m 型分子或离子的几何形状	
(二) 含有孤对电子的分子或离子的几何形状	
(三) 含有重键的分子和离子的几何形状	
(四) 成键原子电负性对分子或离子几何形状的影响	(133)
6—5 分子轨道理论	(134)
5—1 分子轨道的形成	(135)
5—2 分子中电子的分布	(136)
(一) H_2 分子 (二) 第二周期同核双原子分子	
5—3 键级	(138)
§6—6 分子间力	(139)
6—1 分子的极性与偶极矩	(139)
6—2 分子间力	(139)
(一) 色散力 (二) 诱导力 (三) 取向力	
6—3 氢键	(141)
§6—7 晶体结构	(142)
7—1 晶体的基本概念和内部结构	(142)
7—2 离子晶体	(143)
(一) 离子晶体的简单类型 (二) 离子型晶体的晶格能	
7—3 原子晶体	(146)
7—4 分子晶体	(147)
7—5 金属晶体和能带理论	(147)
(一) 金属晶体 (二) 金属键的能带理论	
7—6 晶体的链状结构和层状结构	(149)

(一) 链状结构晶体 (二) 层状结构晶体	
§6—8 离子的极化作用	(151)
8—1 离子极化的基本概念	(151)
(一) 离子的极化力 (二) 离子的变形性	
8—2 离子极化对物质结构和性质的影响	(152)
(一) 极化对化学键型的过渡和晶格的变化	
(二) 极化对化合物溶解度的影响 (三) 极化对化合物颜色的影响	
本章小结	(153)
思考题	(154)
习题	(154)
第七章 配位化合物	(157)
§7—1 配位化合物 (络合物) 的基本概念	(157)
1—1 配位化合物的定义	(157)
1—2 配合物的组成	(157)
(一) 中心原子 (二) 配体 (三) 配位数	
1—3 配合物的命名	(158)
§7—2 配合物的化学键理论	(159)
2—1 配合物的价键理论	(159)
(一) sp 杂化; (二) sp^3 和 dsp^2 杂化; (三) d^2sp^3 和 sp^3d^2 杂化	
2—2 配合物的晶体场理论	(162)
(一) 中心离子 d 轨道的分裂 (二) 晶体场分裂能 (三) 配合物的磁性	
(四) 晶体场的稳定化能 (五) 配合物的颜色	
§7—3 配合物在溶液中的状况	(168)
3—1 配合物的配位平衡及平衡常数	(168)
3—2 配离子的配位平衡的移动	(169)
(一) pH 值对离子的配位平衡的影响 (二) 配位平衡和沉淀平衡	
(三) 配位—氧化还原平衡	
§7—4 螯合物	(172)
1—4 螯合物的概念	(172)
4—2 螯合物的稳定性	(173)
*§7—5 羰基配合物	(174)
本章小结	(176)
思考题	(177)
习题	(177)
第八章 胶体	(180)
§8—1 胶体的基本概念	(180)
§8—2 胶体的特性	(182)
2—1 丁达尔效应	(182)

2—2	布朗运动	(182)
2—3	吸附作用	(183)
2—4	电泳和电渗	(185)
§8—3	扩散双电层与胶团结构	(186)
3—1	扩散双电层和电动电位	(186)
3—2	胶团结构	(187)
§8—4	溶胶的稳定性和聚沉	(190)
4—1	溶胶的稳定性	(190)
4—2	溶胶的聚沉	(190)
§8—5	胶溶作用和保护作用	(192)
5—1	胶溶作用	(192)
5—2	保护作用	(192)
§8—6	凝胶	(193)
(194)	本章小结	(194)
	思考题	(195)
(196)	习题	(196)
第九章	单质	(197)
§9—1	元素在地壳中的分布	(197)
§9—2	主族元素	(198)
2—1	主族元素的原子结构和单质的晶体结构	(198)
2—2	主族元素单质的物理性质	(199)
	(一) 导电性 (二) 熔沸点、硬度和密度	(199)
2—3	主族元素单质的化学性质	(201)
(201)	(一) 与氧作用 (二) 与水作用 (三) 与酸、碱作用	
2—4	稀有气体简介	(203)
§9—3	过渡元素	(203)
3—1	过渡元素的原子结构特征	(203)
3—2	过渡元素单质的物理性质	(204)
3—3	过渡元素单质的化学性质	(206)
3—4	离子的颜色	(207)
3—5	重要过渡元素	(208)
(208)	(一) 钛 (Ti) (二) 钒 (V) (三) 铬 (Cr) 钼 (Mo) 钨 (W)	
(208)	(四) 锰 (Mn) (五) 铁 (Fe) 钴 (Co) 镍 (Ni)	
(208)	(六) 铜 (Cu) 锌 (Zn)	
§9—4	镧系元素	(214)
4—1	稀土元素概述	(214)
4—2	镧系元素 (Ln) 的性质	(214)
4—3	镧系收缩	(216)
4—4	镧系元素重要化合物简介	(216)

§9—5	铜系元素	(217)
5—1	铜系元素的结构特征及其通性	(217)
	(一) 结构特征 (二) 铜系元素的性质	
* 5—2	核反应	(218)
	(一) 核反应的特征 (二) 核反应的类型	
(088)	本章小结	(220)
(088)	思考题	(221)
(088)	习题	(222)
第十章	无机化合物	(224)
§10—1	卤化物	(224)
1—1	自然界中的卤化物	(224)
1—2	卤化物的组成	(224)
1—3	卤化物的键性和结构类型	(224)
(878)	(一) 离子型卤化物 (二) 共价型卤化物	
1—4	卤化物的物理性质	(226)
	(一) 颜色 (二) 熔、沸点和导电性 (三) 溶解度	
* 1—5	卤化物的热稳定性	(227)
* 1—6	卤化物的水解与元素的迁移和富集	(228)
§10—2	硫化物	(229)
2—1	硫化物在自然界中的存在	(229)
2—2	硫化物的物理性质	(229)
	(一) 硫化物的颜色 (二) 硫化物的熔、沸点, 光泽、导热性和导电性	
	(三) 硫化物的溶解性	
* 2—3	自然界硫化物的生成和氧化及其在成矿中的作用	(233)
2—4	氢硫酸、 E_h —pH图	(232)
§10—3	氧化物和氢氧化物	(236)
3—1	氧的活泼性和自然界中氧化物的存在	(236)
3—2	氧化物的分类	(236)
	(一) 简单氧化物或正常氧化物 (二) 复杂氧化物	
3—3	氧化物的物理性质	(238)
3—4	氧化物的热稳定性	(239)
	(一) 分解压 (二) 氧化物的热稳定性	
3—5	氢氧化物的电离及其酸碱性	(241)
3—6	无机含氧酸强度的规律性	(244)
* 3—7	金属氢氧化物沉淀的 pH 范围	(245)
* 3—8	氢氧化物的脱水作用	(246)
3—9	氢氧化物的溶解度	(247)
§10—4	含氧酸盐 (含氧盐)	(248)
4—1	含氧酸盐的结构和性质	(249)

4—2	含氧酸盐的溶解性.....	(249)
4—3	含氧酸盐的热稳定性.....	(251)
	(一) 碳酸盐的分解压 (二) 碳酸盐的分解温度 (三) 极化和反极化	
4—4	重要的含氧酸盐.....	(254)
	(一) 碳酸盐 (二) 硅酸盐	
	本章小结.....	(259)
	思考题.....	(259)
	习 题.....	(260)
	附表 1 一些物理常数和单位换算.....	(263)
	附表 2 一些物质的标准生成焓, 标准生成自由焓和标准熵的 数据.....	(264)
	附表 3 一些常见弱电解质在水溶液中的电离常数.....	(267)
	附表 4 标准电极电位.....	(268)
	附表 5 一些配离子的不稳定常数 (室温)	(273)
	元素周期表.....	(274)

绪 论

化学是研究物质及其化学变化规律的一门自然科学。具体讲是研究物质组成、结构、性质及其变化和变化过程中能量关系的学科。研究的目的在于通过实验来认识物质的化学变化的规律，并将这些规律应用于化学工业生产，从廉价而富饶的天然资源中提取有用的物质和制备各种人工合成产品。

在现代生活和生产部门中，化学起着非常重要的作用。几乎每一个部门都离不开化学。例如，在现代航空事业中，特殊性能的橡胶，高能燃料和各种合金的制造；半导体工业中超纯材料和试剂的提纯；原子能工业核燃料的生产；另外，如化肥、农药、人造纤维、医药等都与化学有不可分割的联系。尤其是当前人类关心的能源与资源的开发、利用；粮食的增产，环境的保护，三废的利用，都离不开化学知识。

化学与地质科学有密切的关系。地质学研究的对象是地壳，地球相当于一个天然的化工厂，不断地生产出产品——矿物，为人们提供丰富的天然资源。为了合理寻找、开发、利用矿物资源，必须研究地球的成因及其演变的规律，研究矿物的组成及元素迁移、富集规律，这无疑是地质学的任务。地质现象、地球的成因，矿物的形成除了物理变化，生物作用外，化学变化起着十分重要的作用。矿物学、岩石学、矿床学不同程度地涉及到地球的化学问题，尤其是地球化学更是化学和地质科学相互渗透的边缘学科。它们是研究地球的各种化学现象的学科。现在地质上的地球化学找矿，更离不开化学的知识。矿物、岩石分析、更是化学的直接应用。所以化学是地质科学的基础。

化学和其它科学研究一样，是从观察和记述现象开始。人们为了探求现象的本质，发生的原因和条件，就必须进行实验。并在观察和实验的基础上提出假说，理论或定律。理论和定律不可能是绝对的，而只是接近于真理，其接近的程度主要取决于当时的科学水平。它是随着生产实践和科学的发展而发展。但是理论和定律的近似性，并不削弱其实际意义。

化学现已分成无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、结构化学等分支。在高等工科院校，特别是地质工科院校教学计划中，普通化学是一门重要基础课。

普通化学是整个化学学科的导言，它概括扼要地讲授化学的基本理论与基本知识。

本课程的教学目的是使学生掌握必须的化学基本理论、基本知识和基本技能；了解这些理论、知识和技能在地质工程上的应用；培养分析和解决一些化学实际问题的能力，培养辩证唯物主义观点，为今后学习地质学课程，以及后继课程，如物理化学或有机化学和工作打下一定的化学基础，以适应四个现代化的需要。

本课程讲课内容包括化学基本理论和叙述部分，前者主要是化学平衡、电离平衡、氧化还原反应，配位化合物、胶体、物质结构等；后者主要是单质和化合物。

在内容安排上，基本理论先宏观后微观。从一般化学平衡开始，并应用平衡到电

解质，氧化还原，配位化合物；物质结构理论联系周期系，并反映近代结构理论的基本知识。化学热力学主要介绍一些基本知识和几个状态函数的简单计算，用以判断化学反应的方向和加深有关理论。单质，化合物以介绍通性为主，并以化学基本理论，如平衡原理、结构知识、化学热力学、电极电位等知识阐明其物理和化学性质。全书以讲清基本理论为主，适当结合地质上的应用。

通过学习，除要求学生掌握基本知识外，更重要的是提高自学能力，如阅读能力和解题能力。提倡独立思考，刻苦钻研和相互讨论。

普通化学实验是本课程不可缺少的一个重要环节，通过实验课加深基本理论和基本知识的理解，训练基本操作的能力，并培养独立观察现象，分析现象和作出结论的能力以及科学的工作方法。

第一章 物质的聚集状态及其变化

物质由极大量分子、原子或离子等微粒聚集而成。微粒间由于距离、作用力的性质和大小不同，通常物质以气、液、固三种聚集状态存在。此外，在高温或电磁场作用下，组成气体的原子，电离成为离子和自由电子，它们的电荷符号相反，数目相等，能导电，粒子运动能被磁场控制，这种状态成为物质的第四聚集态，叫等离子态。一种物质的三种聚集状态依一定条件并存，或相互转化。然而并非每种物质都有三种聚集状态。碳酸钙就只有固态，它在熔化或气化前已分解为氧化钙和二氧化碳。

物质发生化学变化，其聚集状态也常常随之改变。物质的聚集状态不同，参加化学反应的能力也不同。因此，研究物质的聚集状态及其相互转化规律，有助于更深入地探讨化学反应的基本规律。

§ 1—1 气 体

气体由大量分子组成。分子间的距离是分子本身大小的几千倍。其相互间的作用力极小，分子可以自由地高速运动。因而气体物质在微观结构上，分子的排列极其混乱，毫无规则。宏观性质上表现为没有固定的形状和体积，有流动性和扩散性，既可膨胀，也可压缩，还能与其它气体以任意比例混合。

1—1 气体状态方程式

气体的物理性质与体积 (V)、压力 (P)、温度 (T) 和物质的摩尔数 (n) 有关。联系它们之间的数学式如下：

$$PV = nRT \quad (1-1)$$

它是波义尔定律、查理定律、亚佛加德罗定律的总结。式中 T 是绝对温度 ($T = 273.15^\circ$)， R 为摩尔气体常数 (简称气体常数)。科学上常将所要研究的一种物质，或一组相互作用的物质叫做体系或系统，而把对体系有影响的周围物质称作环境。对于含有 n 摩尔某气体的体系，当它的 T 、 P 、 V 都有确定值时，叫此体系处于一定的状态。该体系的 T 、 P 、 V 中有一个或几个量的数值发生变化，则体系的状态也随之改变，这就是体系的状态变化。用以描述体系所处状态的物理量，如质量、浓度、温度、压力等，只决定于状态本身，与状态变化的途径无关。称这些物理量为状态函数。1—1 式用 P 、 V 、 T 等状态函数描述气体状态，该方程式叫气体状态方程式。任何压力和温度下都严格遵守 1—1 式的气体叫理想气体，描述它的方程叫理想气体状态方程式。

理想气体是指分子本身没有体积和分子间没有作用力的气体。这是假想的概念，实际不存在。它只能看作是实际气体在压力很低时的极限情况。实际气体只有在温度较高，压力较小，特别是压力趋近于零时才服从理想气体状态方程式。因而在室温、一大

气压左右，常将实际气体近似地当作理想气体来处理。

气体常数 R 的数值和单位由压力、体积的单位决定。不同单位的 R 值列于 1—1 表。使用气体状态方程式时， R 的数值必须与气体压力和体积的单位相对应。

表1—1 不同单位的 R 值

压力单位	体积单位	温度	n	$R = \frac{PV}{nT}$
大气压 (atm)	升 (l)	开 ($^{\circ}\text{K}$)	1mol	$\frac{1\text{atm} \times 22.414\text{l}}{1\text{mol} \times 273.15\text{K}} = 0.082\text{atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
atm	毫升 (ml)	$^{\circ}\text{K}$	1mol	$\frac{1\text{atm} \times 22414\text{ml}}{1\text{mol} \times 273.15\text{K}} = 8206\text{atm} \cdot \text{ml} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
帕斯卡 (Pa)	立方米 ($\text{m}^3 = 10^3\text{l}$)	$^{\circ}\text{K}$	1mol	$\frac{1.0133 \times 10^5\text{Pa} \times 22.414 \times 10^{-3}\text{m}^3}{1\text{mol} \times 273.15\text{K}} = 8.315\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
毫米汞柱 (mm Hg)	毫升 (ml)	$^{\circ}\text{K}$	1mol	$\frac{760\text{mmHg} \times 22414\text{ml}}{1\text{mol} \times 273.15\text{K}} = 62.60\text{mmHg} \cdot \text{ml} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
R 以卡为单位		$^{\circ}\text{K}$	1mol	$1.987\text{Cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

下面举例说明气体状态方程式的应用。

例 1—1 16g 氧气，在 278K，0.96atm 下，若为理想气体，应占体积多少升？

解：根据 $PV = nRT$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{\frac{W}{M}RT}{P} = \frac{\frac{16}{32} \times 0.082 \times 278}{0.96} = 11.87(\text{l})$$

(W 为物质的质量， M 为物质的摩尔质量)

答：应占体积 11.87 升。

例 1—2 已知在 750mmHg，27 $^{\circ}\text{C}$ 时，0.60g 的某气体占有体积 0.50l，试求该气体的摩尔质量。

解：根据 $PV = \frac{W}{M}RT$

$$M = \frac{WRT}{PV} = \frac{0.60\text{g} \times 0.082\text{atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300\text{K}}{750/760\text{atm} \times 0.50\text{l}} = 30\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

答：此气体的摩尔质量为 30g·mol⁻¹。

1—2 气体分压定律

实践中，我们经常遇到混合气体。如果各组分气体之间无化学变化，又是理想气体，则可认为它们互不干扰，犹如单独存在一样。混合气体中各组分气体对器壁施加的压力，叫分压。它等于该气体单独占有与混合气体相同体积时所产生的压力。由于各组

分气体对器壁的碰撞频率不因其它分子的存在而改变,故混合气体总压力等于各组分气体的分压力之和。这就是道尔顿分压定律。数学表达式如下:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum P_i \quad (1-2)$$

P 为混合气体的总压力, $P_1, P_2 \dots P_n$ 表示各组分气体的分压, P_i 表示任一组分气体 i 的分压。

运用理想气体状态方程式于各组分气体, 得:

$$P_i V = n_i RT \text{ 或 } P_i = n_i \frac{RT}{V} \quad (V \text{ 为混合气体体积}) \quad (1-3)$$

$$\begin{aligned} \text{则: } P &= P_1 + P_2 + \dots + P_n = n_1 \frac{RT}{V} + n_2 \frac{RT}{V} + \dots + n_i \frac{RT}{V} \\ &= (n_1 + n_2 + \dots + n_i) \frac{RT}{V} = n \frac{RT}{V} \quad (n \text{ 为混合气体总摩尔数}) \end{aligned}$$

上式除 (1-3) 式得:

$$P_i / P = n_i / n \text{ 或 } P_i = \frac{n_i}{n} P = X_i P \quad (1-4)$$

式中 n_i/n 为每种气体摩尔数与混合气体的总摩尔数之比, 叫摩尔分数, 用 x_i 表示。(1-4) 式说明, 混合气体中, 每一组分气体的分压与其摩尔分数成正比。

道尔顿分压定律仅适用于理想气体混合物, 在低压下也可用于实际混合气体。

例 1-3 25℃ 时, 排水集气法收集 2.00 升氧气, 气压计上的压力为 765 mmHg, 求氧的分压和摩尔数。(25℃ 时水的蒸气压为 23.76 mmHg)

解: 根据 $P = P_{O_2} + P_{H_2O}$

$$P_{O_2} = P - P_{H_2O} = 765 - 23.76 = 741.24 (\text{mmHg})$$

$$n_{O_2} = \frac{P_{O_2} V}{RT} = \frac{741.24 / 760 \times 2.00}{0.082 \times 298} = 0.0798 (\text{mol})$$

答: 氧气的分压为 741.24 mmHg, 摩尔数为 0.0798 mol。

例 1-4 某容器中含有 0.32 mol NH_3 、0.18 mol O_2 、0.70 mol N_2 , 计算 1 atm 下各组分的分压。

解: 根据 $n = n_{NH_3} + n_{O_2} + n_{N_2} = 0.32 + 0.18 + 0.70 = 1.20 (\text{mol})$

$$P_{NH_3} = \frac{n_{NH_3}}{n} \cdot P = \frac{0.32}{1.20} \times 1 = 0.27 (\text{atm})$$

$$P_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n} \cdot P = \frac{0.18}{1.20} \times 1 = 0.15 (\text{atm})$$

$$P_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n} \cdot P = \frac{0.70}{1.20} \times 1 = 0.58 (\text{atm})$$

气体在同温同压下摩尔数与体积成正比，各组分的摩尔分数等于它的体积分数。通过混合气体总压力的测定和气体体积百分比的分析，也可计算各组分气体的分压。

例1—5 在18℃和750mmHg下，取0.2升煤气分析，含有CO、H₂和其它气体，其体积百分数依次为：59.4%、10.2%、30.4%。求煤气中CO和H₂的分压与摩尔数。

解：根据 $P_i = x_i P = \frac{V_i}{V_{\text{总}}} \cdot P$

$$P_{\text{CO}} = \frac{750}{760} \times 59.4\% = 0.586(\text{atm})$$

$$P_{\text{H}_2} = \frac{750}{760} \times 10.2\% = 0.101(\text{atm})$$

$$n_{\text{CO}} = \frac{P_{\text{CO}} V}{RT} = \frac{0.586 \times 0.20}{0.082 \times 291} = 0.0049(\text{mol})$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{P_{\text{H}_2} V}{RT} = \frac{0.101 \times 0.20}{0.082 \times 291} = 0.00084(\text{mol})$$

§ 1—2 固 体

固体内部粒子间的距离很近，相互作用力大，使固体具有一定体积、形状和刚性，能承受外力作用。在一定温度下，固体变为液体，此现象叫熔化。某些固体可直接变为蒸气，此现象叫升华。

固体分为晶体和非晶体两类。绝大多数固体物质是晶体，如矿石、金属、合金及许多无机化合物和有机化合物。构成晶体的微粒在三维空间里具有规则排列。宏观性质上，晶体具有一定的几何外形，如食盐晶体呈立方体形，明矾晶体呈八面体形。晶体内有规则的平面状的表面叫晶面，特征晶面的交角叫面角。晶体不同，面角不同。不论晶体是怎样形成，也不管晶体的大小，甚至是粉末，其面角始终不变，这叫晶体的面角守恒。晶体有固定的熔点，即晶体和液体平衡时的温度。晶体的导电、传热、解理、光学性等物理性质在不同的方向上去测定时是不同的，此特性叫晶体的各向异性。石墨晶体平行层方向上的导电率数值就比垂直方向的大 10^4 倍；立方体岩盐（如食盐）易沿着垂直平面裂开，成为许多小立方体。

通常称为玻璃体的玻璃、沥青、松香、动物胶等物质属于非晶体，又叫无定形物质。其内部微粒排列不如晶体那样有严格的规律性，而与液体相似，可视为在凝固点以下存在的液体，叫过冷液体。非晶体的特点是各向同性，无固定熔点，只有软化温度范围。随着温度的升高，逐渐变软，直至成为可流动的液体。

另有一些物质，如炭黑是由极微小的，比一般晶体小千百倍的单晶体组成。这类物质叫微晶体，也属非晶体。

§ 1—3 液体和稀溶液的依数性

液体中，分子间的自由空间非常小，分子间作用力远远大于气体而又小于固体。其微观结构是分子排列紧密而不规则，常有空缺。这些特点使得液体虽有一定体积却无固定的外形。既相似于气体，具有一定的流动性和扩散性；又相似于固体：不易压缩和膨胀。

液体之间是否互溶，取决于液体分子的结构和分子间作用力的大小。结构相似，作用力相当的液体能互溶，如水和乙醇；结构不同，作用力不相当者，部分互溶或不溶，如水和四氯化碳。

3—1 液体的蒸气压、沸点和凝固点

(一) 液体的蒸气压：

任何液体，在常温下也有一定数量的分子以较高动能运动，克服液体内部分子的引力逃逸液面，成为蒸气，这种现象叫蒸发。蒸发的气态分子中一些能量较低的分子，由于液面引力或外界压力，可能被液面俘获而液化，这种现象叫凝聚。密闭容器内，液体的蒸发和凝聚同时进行。开始蒸发时，气态分子少，蒸发速度快；当气态分子增多后，凝聚速度随之加快；两者速度相等时，体系处于平衡状态。此状态是动态平衡。此时气相（体系中任何具有相同物理性质和化学性质的部份叫相。相与相之间有明确的界面。）

中的摩尔数 n 、体积 V 恒定。温度 T 时，按照气体状态方程式 $P = \frac{n}{V}RT$ 得知： P 必为定值。此压力叫该液体在温度 T 时的饱和蒸气压，简称蒸气压。

蒸气压的大小与液体的本性及其分子间作用力的大小有关。作用力大，蒸气压低，此种物质亦难挥发。20℃时水的蒸气压是17.54mmHg，乙醇是43.85mmHg，乙醚是44.2mmHg，其挥发能力由大到小的顺序是乙醚、乙醇、水。

蒸气压还受温度影响，升高温度，液体分子的动能增加，具有逸出液面能量的分子数增多；同时，体积稍有膨胀，分子间距增大，作用力减小，一些能量较低的分子也可逸出液面。其结果，单位时间从单位液面上逸出的分子数增多，蒸发速度加快。当蒸发与凝聚速度再度相等时，气相中分子数一定增大，即蒸气压增大。若用蒸气压 P 作纵坐标，温度 $^{\circ}\text{C}$ 作横坐标作图，可得一条曲线，叫蒸气压曲线，又叫沸点曲线。图1—1中OA线是水的蒸气压曲线。该线上任何一点都表示在此点对应的温度、压力下气、液两相平衡共存。

表1—2 不同温度水的蒸气压

温度(℃)	0	25	50	70	100
蒸气压(atm)	6.05×10^{-3}	3.13×10^{-2}	1.12×10^{-1}	3.8×10^{-1}	1

固体表面的分子也要蒸发。密闭容器中固相与所产生的气相达到平衡，产生一定的蒸气压。固体的蒸气压亦随温度升高而增大。同样可在 $P-^{\circ}\text{C}$ 图中画出固体的蒸气压曲线。图1—1中OB线是冰的蒸气压曲线，又叫冰的升华曲线。OB线上各点均表示该