

中等专业学校规划教材

化 学

煤炭中专《化学》编写组 编



中国矿业大学出版社

中等专业学校规划教材

化 学

煤炭中专《化学》编写组 编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

全书由教材、辅导与练习、实验指导书三部分组成。

教材共分十章，主要包括：摩尔；碱金属、卤素；物质结构、元素周期律；重要的非金属元素及其化合物；化学反应速率和化学平衡；电解质溶液；重要的金属元素及其化合物；电化学基础；有机化合物；化学与环境。

辅导与练习部分包括教材前九章的内容。每章包括：学习要求，学习指导，示例分析，单元习题四个部分。书后还附有两份标准化试卷。

实验指导书部分包括十二个实验。书后附有每个实验的实验报告。

本套书供中等专业学校非化工专业使用，亦可供技工学校同类专业选用。

责任编辑：安 蓉

中等专业学校规划教材

化 学

煤炭中专《化学》编写组 编

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 北京市兆成印刷厂 印刷

开本 850×1168mm 1/32 印张 14.5 字数 370 千字

1995 年 4 月第一版 1996 年 3 月第二次印刷

印数 8 001—18 000

ISBN 7-81040-359-1

O·23 全套定价：15.00 元

(附辅导与练习、实验指导书各一册)

前 言

根据中等专业学校培养“应用型”人材的需要及当前煤炭中专化学教学形势发展的趋势，在煤炭部教材编审室的组织下，我们编写了这套《化学》教材。

全书由教材、辅导与练习、实验指导书三部分组成。

教材以国家教委颁布的中等专业学校《化学教学大纲》以及煤炭部颁布的中等专业学校各专业教学计划对化学课程的要求为依据编写，与现行初中化学教材内容相衔接，力求体现中专教学特点。在编写时精选教学内容，降低理论深度，删去了有关原子核外电子排布等偏深、偏难的理论知识，减少了有关定量计算内容，适当拓宽了实用知识。对一些可不作教学要求的内容或可由学生自学的内容打“*”列出，也可作为选学内容。

辅导与练习部分紧扣教材内容分章编写，每章包括学习要点、学习指导、示例分析和单元习题四个部分。最后还附有两份标准化试卷。

实验指导书部分精选了十二个学生实验，供教师根据实际情况选用。后面还附有每个实验的实验报告，方便学生填写。

参加全书编写的有（以姓氏笔划为序）：于涛、牛水晶、王庆文、关蒙恩、刘学华、刘雪梅、李广平、李秀珍、李英奇、李海洋、孙彩琴、齐继良、余达用、陈善全、苏苓、宋浩、赤丽霞、周宗正、胡成恒、赵新法、侯加彪、施小平、高尔相、高文焕、彭雨春。

限于编者水平，教材中难免有错误和不妥之处，敬请批评指正。

编 者

1996年2月

重印说明

根据中等专业学校化学教学形势的发展、变化，我们组织了煤炭十多所中专学校的化学教师对 1995 年出版的煤炭中专规划教材进行了部分修改。

由于再版《化学》的时间紧迫，故这次重印主要对书中一些不规范术语、不适当的例子和习题做了必要的修改，以满足教学急需。

编 者

1996 年 2 月

目 录

绪 言	(1)
第一章 摩 尔	(5)
第一节 物质的量及其单位——摩尔	(5)
第二节 气体摩尔体积	(9)
第三节 物质的量浓度	(14)
第二章 碱金属 卤素	(19)
第一节 碱金属	(19)
第二节 氧化还原反应	(25)
第三节 卤素	(30)
第三章 物质结构 元素周期律	(41)
第一节 原子的组成 同位素	(41)
第二节 元素周期律	(43)
第三节 元素周期表	(51)
第四节 化学键	(55)
第五节 晶体结构	(63)
第四章 重要的非金属元素及其化合物	(68)
第一节 硫及其化合物	(68)
第二节 氮、磷及其化合物	(77)
第三节 碳和硅	(90)
第五章 化学反应速率和化学平衡	(99)
第一节 化学反应速率	(99)
第二节 化学平衡	(104)
第六章 电解质溶液	(112)
第一节 电解质及其电离	(112)
第二节 水的电离和溶液的 pH 值	(116)

第三节	溶液中的离子反应·····	(120)
第四节	盐类的水解·····	(124)
第七章	重要的金属元素及其化合物·····	(129)
第一节	金属通论·····	(129)
第二节	镁和铝·····	(135)
第三节	硬水的软化·····	(141)
第四节	铁·····	(144)
第八章	电化学基础·····	(151)
第一节	原电池·····	(151)
第二节	金属的腐蚀及防护·····	(153)
第三节	电解 电镀·····	(158)
第四节	化学电源·····	(164)
第九章	有机化合物·····	(169)
第一节	有机化合物概述·····	(169)
第二节	甲烷 烷烃·····	(172)
第三节	乙烯 烯烃·····	(183)
第四节	乙炔 炔烃·····	(188)
第五节	苯 芳香烃·····	(192)
第六节	煤和石油的基础知识·····	(197)
第七节	烃的衍生物·····	(200)
第八节	高分子化合物·····	(220)
第十章	化学与环境·····	(230)
第一节	大气污染及防治·····	(230)
第二节	水污染及其治理·····	(235)
第三节	土壤的污染与净化·····	(240)
第四节	其它环境污染及防治·····	(241)
附表一	国际单位制·····	(248)
附表二	酸、碱和盐的溶解性表·····	(249)
元素周期表		

绪 言

化学是一门基础自然科学，研究的对象是物质的组成、结构、性质、合成、变化以及变化过程中的能量转换关系。化学研究的目的在于更深入、更全面地认识物质世界的本质，掌握物质变化的基本规律并将这些规律应用于实际工作，实现某些物质的分析、分解、合成或转化，从丰富的自然资源中提取各种有用的化工产品，提高工业生产的工艺水平，从而极大地丰富人类社会的物质财富，改善人民生活水平，促进生产的发展。

我国是世界上科学文化发达最早的国家之一。有些实用化学技术，由于同生产实践和人民生活需要发生联系，在我国取得了辉煌的成就，为人类文明做出了巨大的贡献，如造纸术、火药制造、陶瓷烧制，等等。至于金属的冶炼，我国很早就在这一方面获得了发展。我国不仅很早就会冶炼铜、金、银、铅、锡、铁及钢等金属，而且也是懂得使用汞、镍、锌、锑等金属的最早国家之一。我国古代的炼金术传到国外，成为近代化学科学的先驱。

化学科学经过漫长的历史演变过程，已经发展成为一门涉及到生产及生活各个领域极具广泛性的学科，具有较为完备的理论体系和先进的实验手段。现代化学在帮助人们解决工业、农业、能源、交通、医疗、环保及日常生活等方面发挥了巨大的作用。

在工业生产方面，高炉炼铁是氧化还原反应原理的具体应用；煤和石油经过化学加工可以得到数以万计的化工产品，使其经济价值成百上千倍地增长；用电解加工的方法生产机械零件既方便又精确；用电化学抛光代替喷砂抛光可以使机械产品得到更高的光洁度；金属经渗碳、渗硼等表面化学处理可以使其强度和硬度发生奇迹般的变化；将化学能转变为电能的化学电源获得了广泛

的应用；用工程塑料代替金属材料制造的各种机械零件、仪器、仪表等自润滑性能好，永不锈蚀，具有高度的化学稳定性；各种合成纤维在化学稳定性、耐光、耐水、耐高低温性能方面都优于天然纤维，用合成纤维制造的轮胎帘子线能承受巨大的冲击力而不致断裂，大大提高了轮胎的负荷能力，延长了轮胎的寿命；各种玻璃钢构件强度高，轻巧、美观，使飞机、轮船、汽车等降低了自重，提高了载货能力；性能优异的钛合金在航天、航空、潜水和电力等工业部门得到了广泛的应用，并有可能逐渐取代传统的金属材料；具有特殊功能的半导体材料为电子工业的发展提供了充足的物质保证；新型的建筑材料和墙体装饰材料为建筑业开辟了广阔的新领域。

在农业生产方面，长效复合化肥、高效低毒无污染的农药、调节植物生长的激素、各种化学除草剂的出现和使用，不仅使粮食产量成倍增加，而且也改变了传统的耕作方式。此外，农副产品的加工贮运，用遗传工程的方法发展集约化的高效农业都与化学知识的应用息息相关。

在其它领域里，化学科学同样承担着重要的使命。在环境保护工作中，需要运用化学方法研究各种污染物在环境中的生成、转化、迁移以及产生的危害，为“三废”治理提供科学依据；现代化的医疗技术需要借助化学方法合成各种医药和辅料；人民生活的衣、食、住、行等方面都离不开化学产品。未来世界面临的一些重大问题如能源危机、环境治理、粮食不足等在很大程度上最终也将依靠化学方法来解决。化学已经深入到人类生活的各个方面。

现代化学的发展是与其它科学的发展交融在一起的，它们互相渗透、互相影响、互相促进，形成了一些新的边缘科学和应用科学，如生物化学、地球化学、农业化学、工业化学、环境化学等。现代物理学为化学提供了许多快速和精确的实验方法，如质谱、红外光谱、紫外光谱、核磁共振、顺磁共振、光电子能谱、电

子显微镜、X 衍射、中子衍射等，使化学分析的各个方面积累了大量精确的数据，为化学的结构研究和合成工作提供了直接、可靠的依据。

到目前为止，人们已知的各种单一的物质总数已逾千万。而且继续以惊人的速度不断合成出各种新的物质，以适应人类生产和生活各方面的需要。化学科学已逐渐从描述性的科学过渡到推理性的科学，从定性阶段走到定量阶段，从宏观世界走向微观世界。可以预期，在不远的未来，化学科学将达到人们向往已久的分子工程水平。人们能够根据化学研究所提供的大量信息，经过电子计算机的运算，揭示物质微观结构与宏观性能的内在联系；在探索新分子和新材料的过程中，加强预见性，减少盲目性。人们将根据需要，通过理论计算，象设计房屋那样，设计出具有指定结构和性能的化合物，并选择出最优的合成路线。这对于一些复杂材料如催化剂、高分子等的合成无疑具有历史意义的进步。现代化学的发展涉及广泛的领域和内容，有着广阔的前景。

化学知识是每个工程技术人员必须具备的基础理论知识。作为一名工科中专学生，学好化学课程非常重要。我们要在初中化学知识的基础上进一步学习和掌握化学的基本理论、基本知识和基本技能；了解化学知识在工农业生产中的应用；学会用辩证唯物主义的观点和方法分析问题，解决问题，为今后的学习和工作打下良好的基础。

要学好化学课程，就必须了解化学科学的特点和规律，不断探索和总结学习方法，使知识的增长和能力的提高同步进行，相互促进。

本课程内容的安排遵循实践-认识-实践这一认识规律，按照物质间的内在联系由浅入深，以物质结构知识为主线将基本理论与元素和化合物的性质作了适当穿插。基本理论包括物质结构、元素周期律、化学平衡、电解质溶液和电化学等。元素及化合物部分主要讲授重要的单质、无机化合物和有机化合物等的基本知识。

化学理论主要探讨化学研究中带有共同性的问题，是理解和掌握一切化学现象的基础。学习化学理论，要在教师的启发引导下，从大量的化学现象中总结并掌握理论的要点，要注意理论的实际应用，用理论知识解释实验现象和事实。

元素和化合物的知识是按照元素周期表以族为单位展开的，同族元素及其化合物在组成、结构、性质等方面具有相似性和递变性，在学习时要抓主要矛盾，首先从典型物质的组成、结构和性质入手，搞懂弄通。然后根据元素周期律的基本原理，以典型物质为基础进行分析对比，掌握其它物质的组成、结构、性质和用途。在学习具体的物质时，应以性质为主线，以组成、结构为基础，结合有关化学理论进行学习，论道理，讲实质，避免死记硬背，讲求科学性，增加趣味性。

化学是一门以实验为基础的科学，化学知识大都是从实验事实中归纳总结出来的。因此，要用科学求实的态度对待化学实验。在课堂上，要注意观察教师所做的演示实验，从中得到启发，总结有关知识和规律。学生做实验时要按照操作规程自己动手，掌握基本的实验技能。对实验现象要细致观察，作好记录，认真分析现象，写好实验报告。如在实验中出现差错，要认真分析原因，切不可照抄书本上现成的结果。要养成科学严谨、实事求是的作风。

中专化学是在初中化学基础上的提高和延伸。扎实的初中化学基础和课前预习是学好化学课程的重要保证。结合日常生活和专业学习化学课程不仅能开阔知识视野，开拓思路，还能激发我们学习化学课程的积极性。

第一章 摩 尔

摩尔是国际单位制(SI)的一种基本单位,表示“物质的量”。摩尔这个单位不仅应用在化学方面,而且广泛应用在科学研究和工农业生产等方面,定量地研究物质及其变化。

第一节 物质的量及其单位——摩尔

一、物质的量及其单位——摩尔

分子、原子、离子等是构成物质的基本微粒。这些微粒极小,肉眼看不见,不能用常规的方法称量。但在生产和科学实验中,参加反应的物质都是可以称量的。因此,在化学上,很需要把微粒跟可称量的物质联系起来,即需要用一個量来表示一定量的宏观物质所含有微粒数目的多少,这个量就称为“物质的量”。

国际单位制有7个基本的物理量,如“长度”、“质量”、“时间”等,它们的基本单位分别是米(m)、千克(kg)、秒(s)。“物质的量”是7个基本物理量之一,它的基本单位是摩尔,简称“摩”,符号为“mol”。

科学上,以12g 碳-12^①(即0.012kg 碳-12)所含的碳原子数作为摩尔的基准。12g 碳-12所含的碳原子数,据实验测定约为 6.02×10^{23} 个,这个数称为阿佛加德罗常数^②,用 N_A 表示。

每摩尔物质都含有阿佛加德罗常数个微粒。例如:1 mol 氢原子(H)含有 N_A 个氢原子;1 mol 氧分子(O_2)含有 N_A 个氧分

① 碳-12就是原子核里有6个质子和6个中子的碳原子;

② 阿佛加德罗(1776~1856年)是意大利物理学家。

子或 $2N_A$ 个氧原子; 1 mol 水分子(H_2O)含有 N_A 个水分子或 $2N_A$ 氢原子和 N_A 个氧原子; 1 mol 氢氧根离子(OH^-)含有 N_A 个氢氧根离子。

摩尔定义中的每摩尔物质,通常指某种微粒。在使用摩尔这个单位时,必须明确指出微粒的名称。例如,不能笼统地说 1 mol 氧,而应该指明是氧原子(O)或是氧分子(O_2),因为氧原子和氧分子是不同的。

二、摩尔质量

由摩尔定义可知, 1 mol 碳-12 原子的质量是 12g , 即 6.02×10^{23} 个碳原子的质量,我们可以据此来推算出任何 1 mol 物质的质量。

根据元素的原子量可以得知: 1 个碳-12 原子和 1 个氧原子的质量比是 $12:16$, 1 mol 碳-12 原子和 1 mol 氧原子的原子数又相同(都等于 6.02×10^{23} 个),所以 1 mol 碳-12 原子和 1 mol 氧原子的质量比也必定是 $12:16$ 。故 1 mol 氧原子的质量应为 16g 。同样,可以推算出: 1 mol 氮原子的质量是 14g , 1 mol 硫原子的质量是 32g , 1 mol 钙原子的质量是 40g 。可见, 1 mol 任何原子的质量,在以“g”为单位时,数值上等于该种原子的原子量。

同理: 1 mol 任何分子的质量,在以“g”为单位时,数值上等于该种分子的分子量。例如: 1 mol 氢分子(H_2)的质量是 2g , 1 mol 水分子(H_2O)的质量是 18g , 1 mol 二氧化碳(CO_2)的质量是 44g 。

在离子中由于电子的质量极其微小,原子失去或得到的电子的质量均可以忽略不计,则离子的质量仍等于相应的原子或原子团的质量。例如: 1 mol 氢离子(H^+)的质量是 1g , 1 mol 氢氧根离子(OH^-)的质量是 17g , 1 mol 铵根离子(NH_4^+)的质量是 18g 。

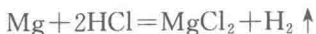
离子化合物也可以同样推知其 1 mol 的质量,如 1 mol 氯化钠(NaCl)的质量是 58.5g 。

综上所述, 1 摩尔任何物质的质量,在以“g”为单位时,数

值上等于该物质的化学式量。

人们通常把 1 mol 物质的质量,叫做该物质的**摩尔质量**,用 M 表示,常用单位是 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

摩尔象一座桥梁一样,把单个的、肉眼看不见的微粒跟宏观的、可称量的物质的质量联系起来了。应用摩尔这个单位来衡量物质的量,可为科学研究和生产带来很大的方便。例如,从化学反应中反应物和生成物之间的原子、分子等微粒数的比值,就可以知道它们之间物质的量之比:



微粒数 (个) 之比 1 : 2 : 1 : 1

物质的量 (摩尔) 之比 1 : 2 : 1 : 1

三、物质的量的计算

物质的量、物质的质量和摩尔质量之间的关系,可用下式表示:

$$\text{物质的量 (mol)} = \frac{\text{物质的质量 (g)}}{\text{摩尔质量 (g} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}}$$

$$\text{或 } n = \frac{m}{M}$$

[例 1-1] 90g 水的物质的量是多少摩尔?

解: 水的分子量是 18, 水的摩尔质量是 $18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则

$$\frac{90\text{g}}{18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$$

答: 90g 水的物质的量是 5mol。

[例 1-2] 2.5mol 氧气的质量是多少克? 含有多少个氧分子?

解: 氧气分子量是 32, 其摩尔质量为 $32\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。则 2.5mol 氧气的质量为

$$32\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2.5\text{mol} = 80 \text{ g}$$

2.5mol 氧气含有的分子个数为

$$6.02 \times 10^{23} \text{ 个} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2.5\text{mol} = 1.505 \times 10^{24} \text{ 个}$$

答: 2.5mol 氧气的质量是 80g。含有氧分子 1.505×10^{24} 个。

[例 1-3] 完全中和 0.25mol 的硫酸, 需要多少摩尔的氢氧化钠? 含有多少个 Na^+ ?

解：设需要 x mol 的氢氧化钠才能完全中和：



1mol 2mol

0.25mol x mol

$$\frac{1}{0.25} = \frac{2}{x}$$

$$x = 2 \times 0.25 = 0.5 \text{ mol}$$

因为 1 mol NaOH 中含有 1 mol Na^+ ，所以 0.5 mol NaOH 中含有 0.5 mol Na^+ ，则 Na^+ 的数目为

$$6.02 \times 10^{23} \text{ 个} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.5 \text{ mol} = 3.01 \times 10^{23} \text{ 个}$$

答：完全中和 0.25mol 的硫酸，需要 0.5mol 的氢氧化钠，其中含有 3.01×10^{23} 个 Na^+ 。

〔例 1-4〕49g 磷酸所含的分子数与多少克氯化氢所含的分子数相等？

解：因为 1 mol 任何物质都含有 N_A 个微粒，所以两种物质当它们物质的量相同时，则所含的微粒数相等；反之亦然，即

$$49\text{g H}_3\text{PO}_4 \text{ 的物质的量} = \frac{49\text{g}}{98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$$

氯化氢的物质的量亦为 0.5mol 时，两者的分子数才相等。

氯化氢的分子量为 36.5，其摩尔质量为 $36.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，则

$$0.5\text{mol 氯化氢的质量} = 36.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.5\text{mol} = 18.25\text{g}$$

答：49g 磷酸所含的分子数与 18.25g 氯化氢所含的分子数相等。

习 题

1. 计算 2mol 下列物质的质量：

- (1) 氧气 (O_2) (2) 氦气 (He) (3) 铜 (Cu)
(4) 硝酸 (HNO_3) (5) 氯化钠 (NaCl) (6) 蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)

2. 下列物质的量各等于多少摩尔？

- (1) 1kg 硫原子 (2) 0.25kg 锌原子
(3) 500g 氯化钠 (4) 1000g 水

3. 选择填空：

(1) 下列叙述符合摩尔定义的是 ()。

- A. 1 mol 氮 B. 5mol 氢原子 C. OH^- 摩尔质量是 17g

D. 1mol 氮的质量是 $17\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 0.1molNaCl、0.2molMgCl₂ 和 0.3molAlCl₃ 三者共有 Cl⁻ ()。

A. 3.6×10^{23} B. 9.03×10^{23} C. 8.4×10^{23} D. 6.02×10^{23}

(3) 0.1molKClO₃ 和 () gKNO₃ 里所含氧原子的个数相等。

A. 10.1 B. 30.3 C. 1.01 D. 3.03

4. 实验室加热分解氯酸钾制取氧气时, 制取 0.9mol 氧气需多少摩尔的氯酸钾?

5. 分别列出铝、铁、铅的摩尔质量。20℃时, 铝、铁、铅的密度分别是 $2.70\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、 $7.86\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 和 $11.3\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 计算 1mol 铝、铁、铅的体积。

第二节 气体摩尔体积

一、气体摩尔体积

在生产上和实验室里, 有气体参加反应时, 通常用气体的体积来计量。

1 摩尔某物质所占的体积, 叫做该物质的摩尔体积。对于固体或液体来说, 它们的摩尔体积是各不相同的。例如, 温度为 20℃ 及压强为 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 时, 1mol 铁的体积是 7.1cm^3 , 1mol 铝的体积是 10cm^3 , 1mol 铅的体积是 18.3cm^3 (图 1-1), 1mol 水的体积

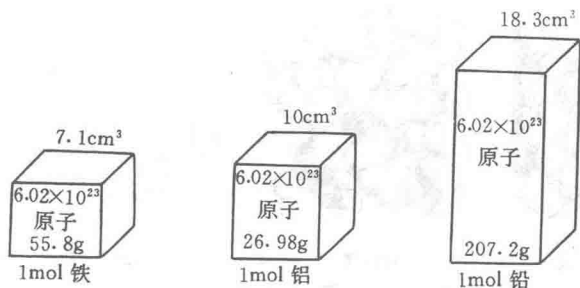


图 1-1 三种金属的摩尔体积

是 18cm^3 ， 1mol 纯硫酸的体积是 54.1cm^3 (图 1-2)。

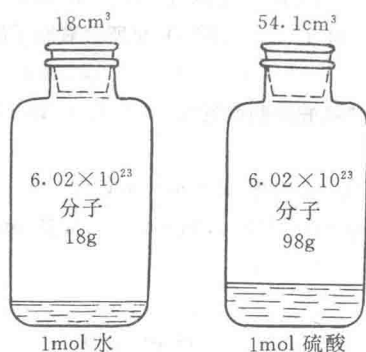


图 1-2 两种液体的摩尔体积

固体或液体的摩尔体积为什么不同呢？这是因为对固体或液体来说，其微粒之间的距离很小，物质的摩尔体积主要取决于原子、分子或离子的大小；而构成不同物质的原子、分子或离子的大小是不同的。所以，不同物质的摩尔体积，也就有所不同。

但是，对于气体来说，情况就大不相同，气体分子之间的距离比分子本身要大很多倍 (图 1-3)。所以，气体的体积，主要决定于分子间的平均距离，而不是分子本身的大小。

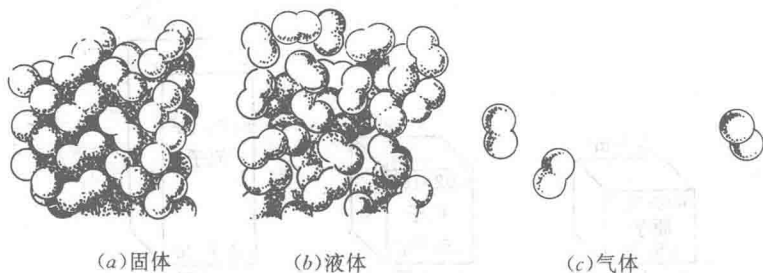


图 1-3 固体、液体和气体的分子间距离比较示意图 (以碘为例)

气体分子间的距离大小与温度和压强有密切的关系。一定量