

中等专业学校教材



化学

(非化工类专业通用)

上海市化工学校 李景 主编



化学工业出版社

中等专业学校教材

化 学

(非化工类专业通用)

上海市化工学校

李 军 主编

化学工业出版社

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

化学/李军主编. —北京: 化学工业出版社, 1999
中等专业学校教材 非化工类专业通用
ISBN 7-5025-2509-2

I. 化… II. 李… III. 化学-基本知识 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 34056 号

中等专业学校教材
化 学
(非化工类专业通用)
上海市化工学校
李 军 主编
责任编辑: 梁 虹
责任校对: 顾淑云
封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印刷
北京市彩桥印刷厂装订
开本 850×1168 毫米 1/32 印张 8 $\frac{3}{8}$ 插页 1 字数 223 千字
1999 年 10 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 3 次印刷
ISBN 7-5025-2509-2/G · 676
定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书是以 1996 年 5 月全国化工中专教学指导委员会制订的四年制中专工科非化工类专业“化学教学大纲”为依据编写的。

编写过程中，注意与全日制初中教材的衔接和高中教材的接轨，删除了一些偏难偏深的理论知识，减少了有关定量计算方面的内容，适当增加了一些实用性、知识性、趣味性的内容，突出对学生能力的培养和学生素质的提高，使本教材的深广度更加符合中等专业学校非化工类专业的实际需要。

本教材每章有提要、有习题，书后配《化学实验》供教师和学生使用，每章后附有一些选学和阅读材料，以便不同专业选用和拓宽学生的知识面。

本书由上海市化工学校李军担任主编并编写绪论、第一、第三、第五、第六、第七章，广东省化工学校赵虹云编写第二、第四、第八章，吉林市化工学校韩丽艳编写第九、第十章内容。本书由辽宁省石油化工学校李居参主审。参加审稿的还有：黑龙江省化工学校张毅、河北省化工学校池利民、北京市化工学校李海鹰、辽宁省石油化工学校马虹等。各位参审人员对本书提出了许多宝贵的意见和建议。在本书编写过程中始终得到常州市化工学校原校长蒋鉴平的关心和指导，得到上海市化工学校李文原、陈丽萍、沐光荣等广大教师的大力支持和帮助，在此一并致以衷心感谢。

由于编写者的水平有限，错误和缺点在所难免，我们热忱地期待使用本教材的同行批评指正。

编 者

1999 年 2 月

目 录

绪论	1
第一章 化学基本计算	4
第一节 物质的量	4
第二节 气体摩尔体积	7
第三节 物质的量浓度	10
第四节 化学方程式及有关计算	12
本章提要	15
习题	16
第二章 碱金属 卤素	19
第一节 碱金属	19
第二节 卤素	24
第三节 氧化-还原反应	32
第四节 离子反应和离子方程式	37
本章提要	40
习题	41
【阅读材料】 卤素和人体健康	44
第三章 物质的结构 元素周期律	45
第一节 原子的组成 同位素	45
第二节 核外电子的运动状态和分布	47
第三节 元素周期律和元素周期表	53
第四节 化学键	60
本章提要	68
习题	70
【阅读材料】 门捷列夫和元素周期表的发现	71
第四章 重要的非金属及其化合物	73
第一节 硫及其重要化合物	74
第二节 氮和磷的重要化合物	80
第三节 碳和硅	87

本章提要	94
习题	96
【阅读材料】 酸雨	97
第五章 化学反应速率与化学平衡	98
第一节 化学反应速率	98
第二节 化学平衡	104
本章提要	111
习题	112
第六章 电解质溶液	116
第一节 弱电解质的电离平衡	116
第二节 水的电离和溶液的 pH 值	122
第三节 盐类的水解及其应用	125
* 第四节 难溶盐的沉淀与溶解	127
本章提要	131
习题	132
【阅读材料】 人体的酸碱平衡	134
【阅读材料】 人体里的盐酸	135
第七章 电化学基础	136
第一节 原电池	136
* 第二节 标准电极电位表	142
第三节 电解及其应用	145
第四节 化学电源	150
本章提要	154
习题	155
【阅读材料】 太阳能电池	157
第八章 重要金属及其化合物	158
第一节 金属通论	158
第二节 镁和钙	165
第三节 铝	169
第四节 锡和铅	172
第五节 过渡元素	174
本章提要	182
习题	184
【阅读材料】 铅对儿童的危害	185

【阅读材料】 铁与人体健康	186
第九章 有机化合物	187
第一节 有机化合物概述	187
第二节 烃	189
第三节 烃的衍生物	202
* 第四节 碳水化合物和蛋白质	209
本章提要	211
习题	213
【阅读材料】 煤和石油加工	215
第十章 高分子化合物	218
第一节 高分子化合物的基本概念	218
第二节 高分子化合物的合成	220
第三节 常见的高分子材料简介	222
本章提要	225
习题	225
【阅读材料】 功能高分子材料	226
化学实验	227
化学实验的任务	227
化学实验的要求	227
化学实验室的安全守则	227
化学实验中的基本仪器	228
实验一 化学实验基本操作 (1 学时)	231
实验二 配制一定物质的量浓度的溶液 (1 学时)	237
实验三 粗食盐的提纯 (2 学时)	240
实验四 碱金属 卤素 (2 学时)	244
实验五 硫及氮族元素的性质 (2 学时)	246
实验六 电解质溶液 原电池 (2 学时)	250
实验七 铁、铝、铜、锌的基本性质 (2 学时)	252
实验八 乙烯、乙炔的制取和性质 (2 学时)	255
附录 I 国际相对原子质量表	258
附录 II 酸、碱和盐的溶解性表 (293 K)	260
参考文献	261

绪 论

一、化学研究的对象

化学属于自然科学。自然科学研究的对象是客观存在的物质及其运动形式。

世界是物质的，物质永远处于不断运动、变化、发展的状态。作为自然科学基础学科之一的化学，就是研究物质化学运动形式（化学变化）的科学。由于物质的化学变化取决于物质的组成、结构、性质以及变化的条件，因此可以说化学是一门在分子、原子或离子层次上研究物质组成、结构、性质和变化以及相关的现象和规律的科学。

二、我国化学的发展与前景

和其他科学一样，化学这门科学也是起源于人类的生产活动。从最初的烧制陶器、原始的金属冶炼到造纸、火药的发明以及瓷器、玻璃、染色等工艺的出现……，这些都是从生产实践中发展起来的古代实用化学。我国是古代实用化学发展最早的国家之一。公元 8 世纪末，中国的冶金术自海上传到波斯（今伊朗），以后又传入欧洲，成为近代化学的前驱。在理论方面，早在殷周时期已有原始的“阴阳五行”学说，它是关于物质组成的最早学说之一。有关历史资料表明，我们的祖先对人类的早期文化（其中包括化学）作出了突出的贡献。但是，近百年来，由于受帝国主义的侵略、封建主义和官僚资本主义的压迫，我国科学技术的发展停滞不前，化学学科和化学工业处于极端落后的状态。

新中国成立后，随着科学技术的蓬勃发展，我国的化学及化工事业的面貌才有了巨大变化。建立了数以千计的各类化工厂，化工原料、化学试剂及制剂的品种及数量成倍地增长。我国先后建立了许多高等及中等化工院校，设置了一系列化工专业，同时还成立了许多专门研究机构，加速了“四化”建设人才的培养，促进了化学学科及化

学工业的发展。例如我国的侯氏制碱法就在世界上享有盛誉。上海氯碱总厂 30 万吨乙烯工程的竣工和投产等，不仅代表了我国石油化工的发展水平，也显示了我国化学水平的整体实力。

我国化学、化工事业的进步，又进一步促进了诸如冶金、纺织、轻工、医药、食品、建材、航天、军工等其他工业的发展。目前，基本建成了合成塑料、合成纤维、合成橡胶、涂料、胶粘剂等五大合成材料工业基地；用于火箭、导弹、人造卫星及核工业等所需的特殊材料已能独立生产。1990 年 11 月，我国在世界上首次观察到 DNA 的变异结构——三链辫态缠绕结构片断……，在生命科学领域取得了重大进展。展望未来，化学将在满足人民衣、食、住、行的更高需求，美化人们生活、保证人体健康等方面发挥更大作用，在克服世界粮食匮乏、能源不足、环境污染以及人口增长等问题上，更是任重而道远。

三、化学在社会主义现代化建设中的作用

化学对于我国在本世纪内实现农业、工业、国防和科学技术现代化具有重要的作用。

在农业现代化方面，农业大幅度的增产，农、林、牧、副、渔各业的全面发展，在很大程度上依赖于化学科学的成就。高效、优质的化肥和农药有待于我们进一步研究和开发，低污染的植物生长激素和除草剂将更好地促进农业的发展。而农、副业产品的综合利用和合理贮运，也都需要应用化学知识。

在工业现代化和国防现代化方面，化学的作用更为突出。例如，工业和国防都离不开金属和能源。金属的冶炼就是利用氧化—还原反应。能源中的煤、石油和天然气的开发、提炼和综合利用，也离不开化学。随着科学技术的发展，现代工业需要多种具有特殊性能的合成材料。现代化国防建设需要特种合金和轻质非金属材料、火箭推进剂，电子工业需要稀有元素高纯物质……，这一切都给化学科学和化学工业提出了新任务。

在科学技术现代化和生产方面，以及当前人类关心的能源与资源的开发，粮食的增产、环境的保护、三废的利用等等，都离不开化学

知识。随着各门自然科学的发展，化学和其他学科领域之间的联系也日益密切，出现了许多边缘学科，人们面临的课题，往往需要综合运用各门学科的知识才能获得解决。化学是一门基础科学，因此，科技人员需要了解和掌握更多的化学知识。

总之，随着科学技术的日益发展，生产水平不断提高，化学这门科学对农业、工业、国防和科学技术现代化的作用会愈加显著，与提高人民的物质生活和丰富人民的精神生活的关系也会更加密切。

四、化学课程的任务与学习方法

中等专业学校工科非化工类专业的化学课是一门基础课程。其内容丰富，涉及的知识面宽广，与其他基础学科联系密切，尤其是近年来科学技术的飞速发展，化学已经不再是一个纯粹的学科，而是由很多密切相关的分支学科交织在一起的整体。因此，学好化学对掌握现代新技术，使用新材料……显得格外重要。

学习化学要着重理解，重视化学基本概念和化学基本原理，能进行有关化学计算，并灵活运用于解决实际问题。学习中要形成主动、活泼的学习风气，积极思考，善于提出问题。在元素化学部分学习中要运用分析、比较、归纳、综合的方法，使学到的知识系统化，便于巩固和记忆。学会查阅各种参考书，培养分析问题和解决问题的能力。

化学是一门以实验为基础的学科，许多化学定律、学说是在实验基础上提出的，通过实验不但可以加深理解，巩固所学到的基本理论和知识，而且还可以进行实验的基本操作训练，培养独立工作能力和科学的工作方法，因此必须重视实验课，为以后的学习和工作打下牢固的基础。

第一章 化学基本计算

物质的量是国际单位制的七个基本物理量之一，物质的量的基本单位是摩尔（mol）。摩尔这个单位可以定量地反映物质和物质间的变化，它广泛地用于科学研究和工农业生产中。

反应热表示化学反应中物质变化跟热能变化的关系。研究反应热对能源的开发利用、化工生产中的热能利用以及科技研究有重要意义。

第一节 物质的量

我们知道物质是由分子、原子或离子等粒子构成的，它们十分微小，也无法称量。但在实际的生产、生活和科学实验中所需要的物质都是可以称量的。

怎样把肉眼看不到的粒子跟宏观可以称量的物质联系起来呢？所以，很需要一个物理量把粒子数目与可称量的物质联系起来，这个物理量就是物质的量（符号 n ），单位名称摩尔（符号 mol），简称摩。

摩尔

1mol 物质究竟含有多少个粒子呢？科学上规定 $0.012\text{kg } {}^1_6\text{C}$ 所含的原子数目作为衡量粒子的集合体。实验测得： $0.012\text{kg } {}^{12}_6\text{C}$ 含有 6.02×10^{23} 个碳原子，这个数值就是阿伏加德罗常数（符号 N_A ）。

物质的量（ n ）是指分子或其他基本单元数（符号 N ），除以阿伏加德罗常数（ N_A ），其表达式为：

$$\text{物质的量} = \frac{\text{物质的基本单元数}}{\text{阿伏加德罗常数}} \quad \text{即} \quad n = \frac{N}{N_A}$$

摩尔是物质的量的基本单位，它所包含的基本单元数与

① ${}^{12}_6\text{C}$ ，是指原子核里有 6 个质子和 6 个中子的碳原子。

0.012kg $^{12}_6\text{C}$ 所含的原子数目相等，即阿伏加德罗常数个。

当某物质所含的基本单元数为阿伏加德罗常数时，该物质的物质的量就是 1mol。例如：

1mol 的 C 原子含有 6.02×10^{23} 个 C 原子；

1mol 的 H_2O 分子含有 6.02×10^{23} 个 H_2O 分子；

1mol 的 H^+ 离子含有 6.02×10^{23} 个 H^+ 离子；

$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个 CO_2 分子就是 2mol 的 CO_2 分子；

6.02×10^{23} 个 OH^- 离子就是 1mol 的 OH^- 离子。

6.02×10^{23} 个是基本单元的集合体，1mol 碳原子的质量是 12g，即 6.02×10^{23} 个碳原子的质量是 12g。

应当注意：(1) 摩尔是物质的量的单位，而不是质量单位；(2) 使用摩尔这个单位时，必须指明基本单元（基本单元可以是分子、原子、离子、电子及其他粒子，或是这些粒子的特定组合）；(3) 不能将物质的量简单称为摩尔数。

应用摩尔来衡量物质的量，在科学技术上也给化学方程式中化学式前的系数赋予了更广的含义，在科学技术和化学计算等方面带来了很大的方便。

例： $\text{Mg} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$

微粒数 1 2 1 1

物质的量 1mol 2mol 1mol 1mol

摩尔质量 元素的相对原子质量是以 $^{12}_6\text{C}$ 原子的质量的 $1/12$ 为标准。所以根据 1mol 碳原子的质量，可以推算出 1mol 其他原子的质量。1mol 任何原子的质量就是以克为单位，数值上等于这种原子的相对原子质量。

O 原子的相对原子质量为 16，1mol O 原子的质量是 16g；

Fe 原子的相对原子质量为 55.85，1mol Fe 原子的质量是 55.85g；

同理可以推知 1mol 任何物质的质量，就是以克为单位，数值上等于这种物质的式量。

H_2 的式量是 2，1mol H_2 的质量是 2g；

H_2O 的式量是 18, $1\text{mol H}_2\text{O}$ 的质量是 18g;

NaOH 的式量是 40, 1mol NaOH 的质量是 40g。

由于电子的质量极小, 原子失去或得到电子的质量可忽略不计, 因此同样可推知 1mol 离子的质量。

1mol H^+ 的质量是 1g;

1mol OH^- 的质量是 17g;

1mol Cl^- 的质量是 35.5g。

摩尔像一座桥梁, 把单个的、肉眼看不见的粒子跟可称量的物质联系起来了。

某物质的质量 (m) 除以物质的量 (n) 称为该物质的摩尔质量 (符号 M), 摩尔质量的单位是 g/mol 。

O_2 的摩尔质量是 32g/mol ;

NaOH 的摩尔质量是 40g/mol ;

H_2SO_4 的摩尔质量是 98g/mol ;

结晶碳酸钠 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 的式量是 286, 结晶碳酸钠的摩尔质量是 286g/mol 。

有关物质的量
的计算

物质的量 (n)、物质的质量 (m) 和摩尔质量 (M) 之间的关系如下:

$$\text{物质的量} = \frac{\text{物质的质量}}{\text{摩尔质量}}$$

即

$$n = \frac{m}{M}$$

【例题 1-1】求 19.6g 硫酸的物质的量?

解: H_2SO_4 的式量是 98, $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\text{g/mol}$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{19.6\text{g}}{98\text{g/mol}} = 0.2\text{mol}$$

答: 19.6g 硫酸相当于 0.2mol 的硫酸。

【例题 1-2】3.5mol 氢氧化钠的质量是多少克?

解:

$$M(\text{NaOH}) = 40\text{g/mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = nM = 3.5\text{mol} \times 40\text{g/mol} = 140\text{g}$$

答: 3.5mol 氢氧化钠的质量是 140g。

【例题 1-3】 1.9g 气体 X_2 中, 含有 0.05mol X_2 分子, X 的相对原子质量是多少?

解:
$$M(X_2) = \frac{m}{n} = \frac{1.9\text{g}}{0.05\text{mol}} = 38\text{g/mol}$$

X_2 的相对分子质量是 38, X 的相对原子质量是 $38/2 = 19$

答: X 的相对原子质量是 19。

第二节 气体摩尔体积

1mol 的任何物质含有相同数目的基本单元数。那么, 1mol 物质的体积是否相同?

对于固体或液体来说, 如图 1-1、图 1-2 所示: 293K 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 , 1mol 水的体积是 18cm^3 , 1mol 硫酸分子的体积是 54.1cm^3 , 1mol 蔗糖

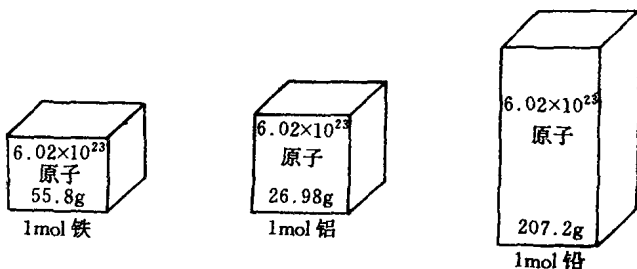


图 1-1 1mol 的几种金属

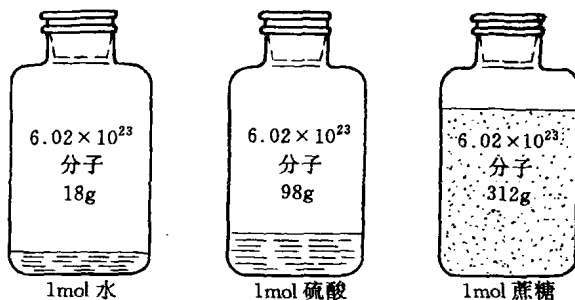


图 1-2 1mol 的几种化合物

分子的体积是 215.5cm^3 。显然, 1mol 固体或液体物质, 它们的体积各不相同。

但对于气体来说, 情况就不同了。气体的体积与温度和压强密切相关, 比较气体体积必须在同温同压下进行, 通常指的是在标准状况下, 即 273K , 101.3kPa 时的状况。

气体摩尔体积

通过实验, 我们测得标准状况^① (273K , 101.3kPa) 时, 下列各气体的体积质量为 $\rho(\text{H}_2)=0.0899\text{g/L}$, $\rho(\text{O}_2)=1.429\text{g/L}$, $\rho(\text{CO}_2)=1.977\text{g/L}$, 可以计算出 1mol 的 H_2 、 O_2 和 CO_2 的体积。

$$1\text{mol H}_2 \text{ 的体积是 } V(\text{H}_2) = \frac{M(\text{H}_2)}{\rho(\text{H}_2)} = \frac{2.016\text{g}}{0.0899\text{g/L}} = 22.4\text{L}$$

$$1\text{mol O}_2 \text{ 的体积是 } V(\text{O}_2) = \frac{M(\text{O}_2)}{\rho(\text{O}_2)} = \frac{32\text{g}}{1.429\text{g/L}} = 22.4\text{L}$$

$$1\text{mol CO}_2 \text{ 的体积是 } V(\text{CO}_2) = \frac{M(\text{CO}_2)}{\rho(\text{CO}_2)} = \frac{44\text{g}}{1.977\text{g/L}} = 22.3\text{L}$$

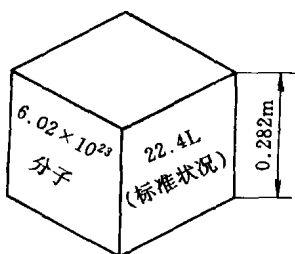


图 1-3 气体摩尔体积

大量事实证明, 在标准状态下, 1mol 任何气体所占的体积都约等于 22.4L , 这个体积称为**气体摩尔体积** (符号 V_m) (图 1-3)。

在此基础上, 科学家阿伏加德罗得出: 在同温同压下, 相同体积的任何气体都含有相同数目的分子, 这就是**阿伏加德罗定律**。

关于气体摩尔体积的计算

标准状态下气体的体积 (V)、物质的量 (n)、质量 (m) 和基本单元数 (N) 的关系如下:

① 常用 STP 来表示标准状况。

$$\text{质量}(m) \xrightarrow{\div M} \text{物质的量}(n) \xrightarrow{\times V_m} \text{标准状态下气体的体积}(V) \\ \div \left\| \right\| \times 6.02 \times 10^{23}$$

基本单元数(N)

【例题 1-4】 4.4g CO_2 在标准状态下所占体积是多少?

解:

$$M(\text{CO}_2) = 44\text{g/mol}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m}{M} = \frac{4.4\text{g}}{44\text{g/mol}} = 0.1\text{mol}$$

$$V(\text{CO}_2) = nV_m = 0.1\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 2.24\text{L}$$

答: 4.4g CO_2 在标准状态下所占体积是 2.24L。

【例题 1-5】 在标准状态下, 测得 0.96g 某气体是 336mL, 求该气体的相对分子质量?

[分析] 标准状况下, 根据气体的体积和质量可以求该气体的体积质量

$$\rho = \frac{m}{V}$$

根据气体摩尔体积和体积质量可以求该气体的摩尔质量

$$M = 22.4\text{L/mol} \times \rho$$

解:

$$V = 336\text{mL} = 0.336\text{L}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.96\text{g}}{0.336\text{L}} = 2.86\text{g/L}$$

$$M = 22.4\text{L/mol} \times 2.86\text{g/L} = 64\text{g/mol}$$

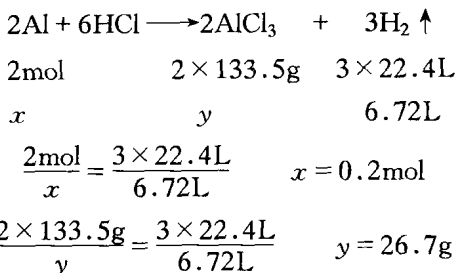
物质的摩尔质量在数值上等于其相对分子质量, 所以该气体的相对分子质量是 64。

答: 该气体的相对分子质量是 64。

【例题 1-6】 把金属铝放在足量的盐酸里充分反应, 若要制得 6.72L (STP) 氢气, 需要多少摩尔金属铝, 反应同时还生成 AlCl_3 多少克?

解: 设: 需要金属铝 x mol, 生成 AlCl_3 为 y g

$$V_m = 22.4\text{L/mol} \quad M(\text{Al}) = 27\text{g/mol} \quad M(\text{AlCl}_3) = 133.5\text{g/mol}$$



答：需要 0.2mol 金属铝参加反应，同时生成 26.7g 的 AlCl_3 。

第三节 物质的量浓度

在初中化学中已经学习过用溶质的质量分数来表示溶液的组成，例 5%（质量分数）的食盐水、98%（质量分数）的浓硫酸等。但在许多场合取用溶液时，常常是量取溶液的体积更为方便。

物质的量
浓度

以单位体积溶液中所含溶质的物质的量来表示的溶液组成称为溶质的物质的量浓度（符号 c ），单位是 mol/L，其表达式：

$$\text{物质的量浓度} = \frac{\text{溶质的物质的量}}{\text{溶液的体积}}$$

即
$$c = \frac{n}{V}$$

【例题 1-7】 20g 氢氧化钠溶于水中，配成 0.5L 溶液，计算此溶液的物质的量浓度。

解：

$$M(\text{NaOH}) = 40\text{g/mol}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{20\text{g}}{40\text{g/L}} = 0.5\text{mol}$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{n}{V} = \frac{0.5\text{mol}}{0.5\text{L}} = 1\text{mol/L}$$

答：配成溶液的浓度是 1mol/L。

【例题 1-8】 配制 0.5mol/L 的硫酸铜溶液 200mL，需要胆矾（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）多少克？

解：

$$V = 200\text{mL} = 0.2\text{L}$$