



MOER
HE
ZHONGXUE
HUAXUE JISUAN

摩尔

和中学化学计算

张宏廉 编

陕西科学技术出版社

摩尔和中学化学计算

张宏廉 编

出 版 说 明

为了提高教学质量，根据教育部教学大纲的要求和现行教材，我们组织编写了一套中学数、理、化教学参考读物，陆续出版。

摩尔和中学化学计算

张宏廉 编

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 西安市第二印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张4.5 插页1 字数65,000

1981年9月第1版 1981年9月第1次印刷

印数1—17,000

统一书号：7202·24 定价：0.40元

前 言

摩尔是中学化学的一个基本概念，在化学计算中占有重要地位。根据教育部1978年颁布的中学化学教学大纲（试行草案）的规定，从1979年秋季开始，原有中学化学教科书中的克分子、克原子等物质的特殊单位，统一用物质的量的单位—摩尔代替。这对于中学师生学习和利用宏观的量来度量微观的微粒，更合理地进行物质量的计算以及精确地测定物质的摩尔质量，都创造了有利条件。但由于化学教科书中使用摩尔概念的时间还很短，无论对摩尔概念本身的理解，还是对摩尔在化学计算中的应用，不少师生都还感到有一定困难，还需要有一个学习和熟悉的过程。本书就是应这种要求而编写的。

为了便于老师和同学们阅读起见，本书编写时尽可能结合现行全国统编教材的内容。讲解摩尔概念的部分是根据中学化学教学的实际需要和特点编写的，与中学化学教学无关或关系不大的内容均未列入；有关化学计算部分，虽是以摩尔为中心，但都是在讲清

化学基本概念的前提下进行的，化学计算的规律和公式的归纳、总结，既体现了引入摩尔概念以后的新的特点，也可以加深和巩固对化学基本概念、定律和重要的常见化学反应的理解。一般的例题，都给有思考方法。书末附有部分练习题的答案。

本书编写过程中，曾得到第四军医大学刘少炽、陕西师范大学汪群拥、北京师范大学刘知新、陕西教育学院杨耀光、郝仲文等同志的热情指导和支持，谨表示衷心感谢。

由于本人水平所限，谬误之处在所难免，请各位老师和同学批评指正。

编 者

一九八〇年十一月于铜川市教育局教研室

目 录

第一节 摩尔	(1)
一、物质的量的单位——摩尔	(2)
二、基本单元的概念及使用	(3)
三、摩尔单位的使用	(5)
四、采用摩尔单位的优点	(8)
五、摩尔——当量	(14)
练习一	
第二节 摩尔数	(19)
一、摩尔数的计算	(19)
二、摩尔数与物质质量及结构微粒的计算	(21)
三、摩尔份数	(24)
四、摩尔数在化学方程式中的计算	(25)
练习二	
第三节 气体摩尔体积	(36)
一、气体摩尔体积	(36)
二、气体摩尔体积的计算	(38)
三、根据气体的摩尔体积, 计算气态物质的分子 量	(39)
四、气态方程式	(41)
五、气体摩尔体积在化学方程式中的计算	(45)

六、气体摩尔体积在有机化学反应中的计算……(51)

练习三

第四节 摩尔浓度 (一) ……………(62)

一、摩尔浓度的概念……………(62)

二、摩尔溶液中构成溶质微粒数的计算……………(63)

三、摩尔溶液中溶液的浓度、体积与溶质量的计算……………(66)

四、摩尔溶液的稀释……………(67)

五、摩尔浓度和百分比浓度、当量浓度的换算…(70)

六、摩尔浓度在化学方程式中的计算……………(75)

练习四

第五节 摩尔浓度 (二) ……………(86)

一、摩尔浓度在化学反应速度计算中的应用……(86)

二、摩尔浓度在化学平衡计算中的应用……………(88)

三、摩尔浓度在电解质溶液计算中的应用……………(95)

练习五

第六节 有关摩尔的其它计算……………(110)

一、摩尔内能及其简单计算……………(110)

二、摩尔的其它类型的计算……………(114)

练习六

部分习题答案……………(126)

附录 1 国际单位制简介……………(130)

附录 2 阿佛加德罗常数测定简介……………(133)

附录 3 元素周期表……………(138)

第一节 摩 尔

摩尔是国际单位制中七个基本单位之一。

随着现代科学技术的发展，人们迫切需要用宏观的量来度量微观的微粒。但由于分子、原子、离子、电子等微观微粒都非常小，致使人们不能运用衡器和量器来直接测量一个微粒的质量和体积。因此，人们就采用了一个适宜的单位——摩尔（Mole），作为计量物质微观微粒的数量即物质的量的单位。

摩尔一词，是由克分子演变而来的。它是由物理化学的奠基人之一奥斯瓦尔德（W·F·Ostwald）于1869年引入化学学科的。摩尔拉丁文Moles的原意是一大堆一大堆的“堆”的意思。当时提出将质量以克计，等于分子量或原子量的物质的量称为“摩尔”，欧美的化学教科书中曾作为克分子量的代号。1971年10月，有41个国家参加的第十四届国际计量大会（我国参加了这次计量大会）批准了国际计量委员会1969年根据国际纯粹和应用化学协会等组织提出的关于用“摩尔”作为“物质的量”的单位。大会对摩尔作出的定义是：

“1.摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与0.012千克碳——12的原子数目相等。

2.在使用摩尔时,基本单元应予指明,可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子,或是这些粒子的特定组合。

3.摩尔是国际单位制的基本单位。”

这三条定义,严格而又明确地表明了用摩尔作为表示“物质的量”的单位的性质。

一、物质的量的单位——摩尔

物质的量是表示组成物质的基本单元的数目多少的物理量,单位是摩尔。

一定量的物质里含有多少“物质的量”,也就是这一定量的物质里所含的“物质的量”是多少个摩尔。我们习惯上把这“多少个摩尔”叫做“摩尔数”。从这个意义上讲,摩尔数就成了“物质的量”的同义词。

摩尔是一个物理量的单位,它具有自己的量纲,有自己的符号 n 和量纲符号 N 。

可是在以往的化学教科书中,曾明确地把象克分子、克原子、克离子这几个计量物质的量的特殊单

位，叫做质量单位。如对克分子的定义就是：“用克做单位表示物质的一定量，它在数值上等于这种物质的分子量。”我们知道，质量是物体所含物质的多少，它的单位是“千克”或“克”，表示的是物体惯性大小的物理量。因此，它和摩尔在概念上是两个完全不同的概念。

摩尔虽然表示组成物质基本单元数目的多少，但它并不是一个数量单位或数目单位。摩尔定义中的“基本单元数”（即“0.012千克碳—12的原子数”）不是一个绝对肯定的数值，而只是一个近似数值，其值为 $(6.022045 \pm 0.000031) \times 10^{23}$ ，通常称为阿佛加德罗常数。

还应该指出，在理解摩尔概念时，不能因为摩尔是从使用几十年的克分子这一计量物质质量的特殊单位演变的，就将摩尔与克分子混为一谈。不能把物质的量的单位—摩尔同质量单位（如千克）或同数量单位（如数值为若干）进行类比。

二、基本单元的概念及使用

在摩尔定义中引入了基本单元的概念。所谓基本单元，就是指自然界存在的任何构成物质的个体微

粒，如原子、分子、离子、电子、质子、中子和光子等等。摩尔的定义中指出：“在使用摩尔时，基本单元应予指明。”这就是说，对构成物质的不同微粒，在使用时必须指出它的名称（如1摩尔氩原子，1摩尔氧分子，1摩尔钠离子，1摩尔电子等等），但不能采用象摩尔分子，摩尔原子，摩尔当量等名词。因为物质的量的单位是摩尔，不能因为指明基本单元而更改单位的名称。正如长度单位是米，它可以表示各种长度，如宽度、高度、厚度等，但不管那种长度，单位都是米。因此，只能说1摩尔氯化氢分子，而不能说成1摩尔分子的氯化氢。

从摩尔定义可以知道，基本单元除原子、分子、离子、电子及其它粒子外，还有这些粒子的特定组合。即在使用摩尔单位时，可以将这些自然界存在的，构成物质的微粒或微粒群，根据实际的需要，人为地但不是盲目地进行分割或组合，以适用于计算任何可数的基本单元。所以，基本单元既可以是整数，也可以是分数。这样，在实际应用中，就能把分子、原子或离子的基本单元按需要分割或组合成二分之一、三分之二或其它的份数，从而使物质的量的计算显得方便，灵活。这样做，不仅符合实际，而且也不容易发生错误。

三、摩尔单位的使用

国际单位制对摩尔的定义，对于初学化学的中学生来说，是不容易理解和接受的。为了便于中学生对摩尔概念的理解和掌握，现行全日制十年制学校高中化学课本第一册及有关教科书，将12克碳—12中所含的原子数，叫做阿佛加德罗常数，并把摩尔概念的定义概括为：

“摩尔是表示物质的量的单位，某物质如果含有阿佛加德罗常数个微粒，这种物质的量就是1摩尔。”

阿佛加德罗常数通常取近似值： 6.02×10^{23} 。这样，就使摩尔单位在使用时，既能够表示构成物质的微粒数目，又能表示物质的质量。

这样，与摩尔既不是质量单位，又不是数目或数量单位是否矛盾呢？不矛盾。打个比方说，升是个体积单位，它就既能够表示所量度的粮食（如大米、小麦、黄豆等）颗粒的数目，又能够表示粮食的质量。就摩尔单位而言，在摩尔定义中，12克碳—12的绝对质量是一定的，它所含的原子数也应该是一定的。但因为阿佛加德罗常数是一个不能够准确测出精确数值

的概数而是一个近似值，所以不能说摩尔是一个数量单位。在实际使用中，人们采用 6.02×10^{23} 表示阿佛加德罗常数，是把 6.02×10^{23} 当成阿佛加德罗常数的同义词对待的。所以摩尔虽然不是物质的数目或数量单位，却能够表示构成物质的微粒数目，即：1 摩尔任何物质都含有 6.02×10^{23} 个微粒。如：

1 摩尔氢原子含有： 6.02×10^{23} 个氢原子；

1 摩尔氧分子含有： 6.02×10^{23} 个氧分子；

1 摩尔硫酸分子含有： 6.02×10^{23} 个硫酸分子；

1 摩尔氢氧根离子含有： 6.02×10^{23} 个氢氧根离子；

1 摩尔电子含有： 6.02×10^{23} 个电子，等等。

当然，1 摩尔所表示的 6.02×10^{23} 个微粒数目，只是一个实际存在的近似值。

我们知道，质量是一切物质的属性。一种物质所包含质量的多少，和它所包含的微粒数目的多少成正比。所以，摩尔不仅能表示构成物质的微粒数目，同样也可以表示物质的质量。

怎样用摩尔单位表示物质的质量呢？国际单位制是用把1 摩尔碳（碳—12）的质量规定为12克，来推算其它物质1 摩尔的质量的。因为任何物质1 摩尔都含有 6.02×10^{23} 个微粒，所以用1 摩尔碳原子所含的

原子数跟 1 摩尔某物质所含的原子数的质量相比，即可求得某物质 1 摩尔的质量。例如 1 个碳原子和 1 个氧原子质量之比是 12 : 16，由于 1 摩尔任何物质都含有 6.02×10^{23} 个原子，所以 1 摩尔碳原子和 1 摩尔氧原子的质量之比为 $12 \times 6.02 \times 10^{23} : 16 \times 6.02 \times 10^{23}$ 即等于 12 : 16。又因 1 摩尔碳原子的质量为 12 克，所以 1 摩尔氧原子的质量就等于 16 克。

同理可以求得：1 摩尔任何原子的质量都等于以克为单位该原子的原子量。运用摩尔的概念，同样还可以推算出 1 摩尔任何物质的分子的质量，也等于以克为单位的分子量。如：

氢的原子量是 1，1 摩尔氢原子的质量就是 1 克；

氮气的分子量是 17，1 摩尔氮气分子的质量就是 17 克；

硫酸的分子量是 98，1 摩尔硫酸的分子量就是 98 克。

应用摩尔表示离子的质量时，考虑到电子的质量太微小，所以失去或得到电子的质量可以忽略不计。如：

1 摩尔 H^+ 的质量是 1 克；

1 摩尔 OH^- 的质量是 17 克；

1 摩尔 Na^+ 的质量是23克；

1 摩尔 NH_4^+ 的质量是18克；

1 摩尔 SO_4^{2-} 的质量是96克。

综上所述，我们可知：摩尔作为物质的量的单位，它既不是质量单位，又不是数目或数目单位；但在使用时，却既能够表示物质的质量，又能够表示构成物质的微粒数目。

此外，在应用摩尔作物质的量的单位计算时，还可以根据实际需要，采用千摩尔代替过去的千克分子或公斤分子；用兆摩尔代替过去的吨分子，用毫摩尔代替过去的毫克分子等。兆摩尔、千摩尔、毫摩尔之间的换算关系如下：

$$1 \text{ 兆摩尔} = 1 \text{ 千摩尔} \times 10^3$$

$$1 \text{ 千摩尔} = 1 \text{ 摩尔} \times 10^3$$

$$1 \text{ 摩尔} = 1 \text{ 毫摩尔} \times 10^3$$

四、采用摩尔单位的优点

摩尔是本世纪七十年代国际上公认为计量物质的量的单位，它与物质的质量、构成物质的微粒数量、体积、浓度（摩尔浓度、当量浓度）、热效应、电量等都有着密切的关系。所以，摩尔是从定量的角度研

究化学现象的重要概念。采用摩尔作单位，有以下的优点：

第一，摩尔单位的使用，起着统一和简化克分子、克原子、克离子、克当量等单位的作用。

由于摩尔所度量构成物质的微粒，既可以是分子，也可以是原子，既可以是离子，也可以是电子等等，如果所度量的微粒是分子，则摩尔就与克分子相当。如果所度量的微粒是原子或离子，则摩尔就与克原子或克离子相当。根据摩尔定义中基本单元的“特定组合”，摩尔既可是整数，也可以是分数。在这方面，它保留了克原子、克分子的优点，但却比克分子、克原子等概念广义得多。国际纯粹与应用化学协会的符号、术语和单位委员会主席于1971年宣布，采用摩尔单位以后，“克原子、克分子、克当量……克离子和克式量这一类单位一律废除”，将统一用摩尔单位所代替。如：

1 摩尔Ar代替过去说的“1 克原子” Ar；

1 摩尔 H_2SO_4 代替过去说的“1 克分子” H_2SO_4 ；

1 摩尔 Na^+ 代替过去说的“1 克离子” Na^+ ；

1 摩尔 $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4$ 代替过去说的“1 克当量” H_2SO_4 ；

1 摩尔 e^- 代替过去说的“1 法拉第”。

应该指出，在使用摩尔单位时，必须指明基本单元是分子还是原子或离子等。

第二，摩尔单位的出现和使用，为人们运用宏观的量来度量微观的微粒创造了有利条件。

如前所述，摩尔既能够表示构成物质的微粒数目，又能够表示物质的质量。根据摩尔的概念，物质的量(n)即摩尔数是以阿佛加德罗常数(N_A)为计数单位，表示物质的指定构成微粒多少的物理量，即：

$$n = \frac{N_o}{N_A}$$

式中： n 表示摩尔数，单位为摩尔；

N_o 表示构成物质的指定微粒数；

N_A 表示阿佛加德罗常数。

由于阿佛加德罗常数 (N_A) 通常取近似值 6.02×10^{23} ，所以上式也可写为：

$$\text{摩尔数} = \frac{\text{构成物质的指定微粒数(个)}}{6.02 \times 10^{23} \text{ (个/摩尔)}}$$

人们通常把 1 摩尔物质的质量，叫做该物质的摩尔质量 (M_o)，单位为克/摩尔。所以，一定质量的物质，其摩尔数为：

$$n = \frac{W}{M_o}$$

式中： n 表示摩尔数；