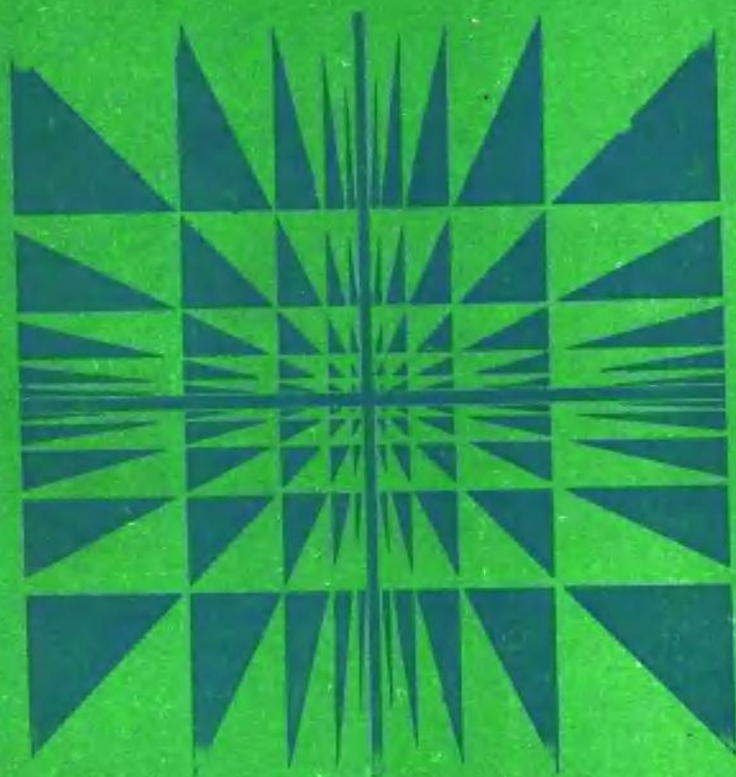


(美) T. R. MUSGRAVE

彭申甫 译
邵尧德

题解化学原理



四川教育出版社

题解化学原理

〔美〕 T. R. MUSGRVE 著

彭 申 甫
 郦 尧 德 译

四川教育出版社

一九八五年·成都

责任编辑：杨亚雄
封面设计：邱云松
版面设计：刘 江

题解化学原理

彭申甫 鄢尧德 译

四川教育出版社出版
四川省新华书店发行

(成都盐道街三号)
内江新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张7.5 插页2 字数156千
1985年8月第一版 1985年8月第一次印刷
印数：1—7 000册

书号：7344·192

定价：1.30 元

JY11121/24

译者的话

本书通过题解方式引导读者深入理解和应用普通化学原理。对学习中经常遇到的难点、疑点和易于混淆的地方做了恰当分析和处理。编写方法富于启发性。本书对于涉及基础化学、普通化学和无机化学的师生以及中学化学教师都十分有益的。

为了节省篇幅，原书的附录、索引、周期表均未译出。根据我国的具体情况，对原书某些表达方式在译文中作了技术性的处理。

本书的翻译和付印，得到四川教育出版社的大力支持。杨亚雄同志审阅了全部译稿，并给予热情的鼓励和指正，使译文质量大为提高，同时，译者还期待着广大读者对译文提出宝贵意见。对此，译者一并表示衷心的感谢。

译者

1985年元月于四川师范学院

序

在学习化学科学的初期，教科书是获得部分化学原理知识的重要来源。不管教科书的特点，教员的能力，以及学生的兴趣和热情如何，似乎总是存在着通过习题获得“更多帮助”的需要（对学生），或者提供“另一来源”以指导学生去理解化学问题的复杂性。编写这本篇幅不多的书，是为了给学生提供一些补充“工具”。这些“工具”能使化学问题变得更易于理解。本书的重点在于理解，而恰恰不在于解题的呆板技巧。

作者已尝试在书中介绍一些解题的方法。作者已用这些方法在科罗拉多州大学和夏威夷大学的教学取得成功。在全书中，必要时提出了一些未给予解答的问题，或者给了一些注释，这些已被认为是常常需要了解的。

本书各章按类型编排。有时编排的方式是人为的，因为事实上在化学中并不存在这种类型。要这样编排的目的主要在于帮助学生区分清楚在基础化学课中遇到的各种习题的类型。这些习题从外表看来数量很多而又常常易于混淆。本书有445个习题。重点不单纯在于习题的数量，而在于对这些基本习题所涉及原理解释以及进行的简明扼要的讨论。本书内容的编排和一般风格与Masterton和Slowinski所著的《化学原理》第四版一致。

作者深深感谢康涅狄格大学的W.L.Masterton 博士对本书原稿详尽的评论和很多有益的建议。即使是他的许多批评意见,读起来都是令人满意的!还要感谢 Jackie Swinehart 对作者在写作原稿中给予的极宝贵的帮助。同时,也感谢为本书习题解答进行校对的 Marilyn Bain-Ackerman。

T.R. 马斯格雷夫

目 录

第 一 章	因数·标记法	1
第 二 章	摩尔、化学式和化学计算	7
第 三 章	热力学	20
第 四 章	气 体	39
第 五 章	原子结构和成键	52
第 六 章	液体、固体和相变	69
第 七 章	溶液的浓度及其性质	81
第 八 章	化学平衡(气相)	98
第 九 章	反应速度	111
第 十 章	溶解平衡	125
第十一章	酸碱平衡	138
第十二章	电化学	161
第十三章	核反应	185
习题解答		201

1 因数 · 标记法

因数 · 标记法又叫量纲分析法，单位 · 因数法或单位换算法。此法是一种方便的解题法。这种方法能用于多种化学问题，还能用于“每天”遇到的许多实际数学问题。因数 · 标记法包括两步：(1)把问题表示成一个数学等式，(2)在此等式右边乘以换算(单一)因数，使等式左右两边单位一致。

由于目前普遍采用米制，因而介绍因数 · 标记法的有效途径是将其用于一些典型的米制换算中。

例1 1英尺是多少厘米？

解 第一步，必须把此题表示为一个等式。当你开始试用因数 · 标记法时，这一步常常是最困难的。我们必须使某种东西“等于”或“等值于”别的东西，对此，常常需要把习题表述的方式作适当的变换。本题可采用另一种方式表达成：“多少厘米等于一英尺？”。这个未知的“多少”用“ x ”表示，于是可得下式：

$$x \text{ 厘米} = 1.00 \text{ 英尺}$$

第二步，在上式右边乘以适当的变换因数，使“英尺”变成“厘米”。我们必须知道一些英制和米制之间长度的数值变换关系。如果我们已知1英尺 = 30.48厘米，那就太好了，事实上，这就是本题的答案。假定我们未记住1英尺 = 30.48厘米，

而记得 1 英寸 = 2.54 厘米，则可方便地将这关系作为一个转换因素，或称为“单一”因数。单一就是指 1 这个数。任何转换因数都可用 1 来表达。例如，若对 1 英寸 = 2.54 厘米的两边都用 1 英寸去除，得到：

$$\frac{1 \text{ 英寸}}{1 \text{ 英寸}} = \frac{2.54 \text{ 厘米}}{1 \text{ 英寸}}$$

或

$$1 = \frac{2.54 \text{ 厘米}}{1 \text{ 英寸}}$$

如果对 1 英寸 = 2.54 厘米的两边用 2.54 厘米去除得：

$$\frac{1 \text{ 英寸}}{2.54 \text{ 厘米}} = \frac{2.54 \text{ 厘米}}{2.54 \text{ 厘米}} = 1$$

仿上法对 12 英寸 = 1 英尺可得：

$$\frac{12 \text{ 英寸}}{1 \text{ 英尺}} = 1 \quad \text{或} \quad \frac{1 \text{ 英尺}}{12 \text{ 英寸}} = 1$$

在因数·标记法中，把转换因数看成单一因数是讲得通的。其原因可从下面这个式子说起，

$$x \text{ 厘米} = 1 \text{ 英尺}$$

用各种转换因数乘上式一边。在数学上为了使上式成立，所用的转换因数必须等于 1。我们能对上式一边用 1 乘无数次而不会改变上式。就本题说，用单一因数 $\frac{12 \text{ 英寸}}{1 \text{ 英尺}} = 1$ 就能将英尺变换为英寸。因此，

$$x \text{ 厘米} = 1.00 \text{ 英尺} \times \frac{12 \text{ 英寸}}{1 \text{ 英尺}}$$

单位英尺抵消了。我们亦能用单一因素 $\frac{2.54 \text{ 厘米}}{1 \text{ 英寸}} = 1$ 把英寸转换成厘米。

$$x \text{厘米} = 1.00 \text{英尺} \times \frac{12 \text{英寸}}{1 \text{英尺}} \times \frac{2.54 \text{厘米}}{1 \text{英寸}}$$

现在右边单位已与左边单位一致，因此，除算出数值外，本题已解决。 12×2.54 的答案为30.5厘米。一旦“建立”了正确的解，使用小型计算器或计算尺便可很快完成乘和除的运算。

注意，只要通过一些练习，就会懂得应使用哪一种单一因数表达式。例如， $2.54 \text{厘米} / 1 \text{英寸} = 1$ ，而 $1 \text{英寸} / 2.54 \text{厘米} = 1$ ，在本题中我们采用前者。这样，英寸在分母，抵消后所需要的单位厘米留在分子。

例2 多少克才是1吨？

解 将题表达成一个等式。

$$x \text{克} = 1.0 \text{吨}$$

我们需要由英制变换为米制的质量转换因数。如 $1 \text{磅} = 454 \text{克}$ 。实际上我们只需记住三类转换因数，皆能用因数·标记法将英制变换为米制。长度转换因数如， $1 \text{英寸} = 2.54 \text{厘米}$ ；质量转换因数如， $1 \text{磅} = 454 \text{克}$ ，体积转换因素如， $1 \text{升} = 1.06 \text{夸脱}$ 。使用两种单一因数就能解答本题：

$$x \text{克} = 1.0 \text{吨} \times \frac{2000 \text{磅}}{1.0 \text{吨}} \times \frac{454 \text{克}}{1 \text{磅}}$$

单位吨抵消还剩单位磅。然后单位磅抵消得到需要的单位，克。答数留给读者去计算。

例3 多少毫升汽油有1米制加仑汽油，或1美制加仑汽油？

解 1米制加仑是4.0升。因此，1米制加仑有4000毫升。求一美制加仑，我们用因数·表记法：

$$x \text{ 毫升} = 1 \text{ 加仑} \times \frac{4 \text{ 夸脱}}{1.0 \text{ 加仑}} \times \frac{1.0 \text{ 升}}{1.06 \text{ 夸脱}} \times \frac{1000 \text{ 毫升}}{1.0 \text{ 升}}$$

$$= 3774 \text{ 毫升}$$

例 4 在1976年, 100米短跑世界记录是9.9秒。按此记录, 这位运动员的平均速度是每小时多少英里?

解 此题可变换为“每小时多少英里等于每9.9秒100米?”因“每”恰恰意味着“除以”, 故本题在数学上可表示成:

$$x \frac{\text{英里}}{\text{小时}} = \frac{100 \text{ 米}}{9.9 \text{ 秒}}$$

在这类习题中, 分子和分母都是需要变换单位的。一次变换一个是最方便的。在本题中, 我们首先对分子进行运算, 将米变换成英里。然后把分母中的秒变换为小时。

若已知 1 千米 (1000 米) = 0.62 英里, 则分子变换能一步完成。假定仅仅已知 1 英寸 = 2.54 厘米于是:

$$x \frac{\text{英里}}{\text{小时}} = \frac{100 \text{ 米}}{9.9 \text{ 秒}} \times \frac{100 \text{ 厘米}}{1 \text{ 米}} \times \frac{1 \text{ 英寸}}{2.54 \text{ 厘米}}$$

$$\times \frac{1 \text{ 英尺}}{12 \text{ 英寸}} \times \frac{1 \text{ 英里}}{5280 \text{ 英尺}}$$

单位米、厘米、英寸和英尺逐次地抵消, 分子中留下单位英里。若停留在这一步, 则“答案”是以每秒英里为单位, 故下一步必须把分母中的秒变换为小时:

$$x \frac{\text{英里}}{\text{小时}} = \frac{100 \text{ 米}}{9.9 \text{ 秒}} \times \frac{100 \text{ 厘米}}{1 \text{ 米}} \times \frac{1 \text{ 英寸}}{2.54 \text{ 厘米}} \times \frac{1 \text{ 英尺}}{12 \text{ 英寸}}$$

$$\times \frac{1 \text{ 英里}}{5280 \text{ 英尺}} \times \frac{60 \text{ 秒}}{1 \text{ 分}} \times \frac{60 \text{ 分}}{1 \text{ 小时}}$$

现在得到需要的单位英里/小时。答数是22.6英里/小时。

100码短跑的世界记录是9.0秒。此记录是每小时多少英里？

1千米记录是1分43.7秒，其平均速度是每小时多少英里？

（答案是21.5英里/小时）

例5 一支石墨铅笔其石墨重1.0毫克，问在1.0毫克石墨中有多少碳原子？

解 这“问题”的表达式为：

$$x \text{碳原子} = 1.0 \text{毫克碳}$$

为了寻找适当的变换因数，需要一个现在还未涉及到的基本化学概念。这就是，在12.0克碳中有 6.02×10^{23} 个碳原子： $12.0 \text{克碳} = 6.02 \times 10^{23} \text{碳原子}$ 。现在可将此题求解如下：

$$\begin{aligned} x \text{碳原子} &= 1.0 \text{毫克碳} \times \frac{1 \text{克碳}}{1000 \text{毫克碳}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{碳原子}}{12.0 \text{克碳}} \\ &= 5.0 \times 10^{19} \text{碳原子} \end{aligned}$$

例6 光的速度是 3.00×10^{10} 厘米/秒。光在一年中传播多少英里？（即1光年）

解 逐步考查本题的解，这虽冗长但不困难。

$$\begin{aligned} x \text{英里} &= 1 \text{年} \times \frac{365 \text{天}}{1 \text{年}} \times \frac{24 \text{小时}}{1 \text{天}} \times \frac{60 \text{分}}{1 \text{小时}} \times \frac{60 \text{秒}}{1 \text{分}} \\ &\quad \times \frac{300 \times 10^{10} \text{厘米}}{1 \text{秒}} \times \frac{1 \text{英寸}}{2.54 \text{厘米}} \times \frac{1 \text{英尺}}{12 \text{英寸}} \\ &\quad \times \frac{1 \text{英里}}{5280 \text{英尺}} \\ &= 5.88 \times 10^{12} \text{英里} \\ &\text{或} 5880000000000 \text{英里！} \end{aligned}$$

习 题

- 1 100米有多少码?
- 2 一袋5磅重的糖是多少千克?
- 3 汞的密度是13.6克/毫升,一夸脱汞重多少磅?
- 4 太阳距我们 9.3×10^7 英里,而光以 3.0×10^{10} 厘米/秒的速度传播。光从太阳传播到地球需多长时间?
- 5 一部汽车的平均速度是55英里/小时,运行200千米要多少时间?
- 6 人造元素锔252售价为每十分之一微克(10^{-7} 克)100美元。若出售一磅 ^{252}Cf ,要卖多少钱?
- 7 一个米制扳手其跨度为20微米,合多少英寸?
- 8 若一个 CO_2 长5.0埃,将 CO_2 头尾连结排成一米长,需要多少个 CO_2 ? (1埃= 10^{-8} 厘米)
- 9 将每小时55英里改用每秒多少米表示。
- 10 10^{21} 个铅原子重多少磅? (铅的原子量是207)

2 摩尔、化学式和化学计算

化学计算这一概念涉及在化学体系中反应物和产物间的数量关系。化学式告诉我们，构成该化合物的各种原子的相对个数。摩尔是化学中最重要的定量概念之一。由于单个原子或分子是如此之小以致于实际上使用它们是不可能的，因而提出了大量原子或分子集合的概念，即“摩尔”。摩尔定义为12.000克普通碳同位素 ^{12}C 中所含有的碳原子数。这个数称为亚佛加德罗数，其数值是 6.023×10^{23} 。精确地说，一摩尔任何物质——原子、分子、离子、沙粒等等，定义为 6.023×10^{23} 个该物质。 6.023×10^{23} 是一个巨大的数！例如，250个和地球一样大小的行星的表面可以用1摩弹珠完全覆盖，其覆盖深度达到5英尺。

一个 ^{12}C 原子的质量精确地取为12。周期表中所列出的原子量是指存在于自然界的元素的一个原子相对于一个 ^{12}C 原子的质量。原子量是平均值。因为大多数天然元素由一种以上的同位素组成，因此，其原子量常常不是整数。例如，碳由大量 ^{12}C 和少量 ^{13}C 以及 ^{14}C 构成。碳的平均原子量是12.01115。氢的原子量是1.00797，铁的原子量是55.847，等等。原子量常常有六位或七位有效数字，但化学家们常常只取三位或四位有效数字。克原子量是以克计的元素质量，其数值等于该元素的原子量。

当分子型物质的化学式已知时，其分子量可通过组成该

物质各元素的原子量确定。如，已知水的化学式是 H_2O ，这就告诉我们每一个水分子含有两个氢原子和一个氧原子。

1 摩水分子就含有 2 摩氢原子和 1 摩氧原子。水的分子量是： $(2 \times 1.01) + (1 \times 16.00) = 18.02$ 。水的克分子量是 18.02 克。

式量通常用于代替分子量。严格地说，“分子量”这个概念只能用于分子型物质。离子化合物，如 $NaCl$ ，不由分子构成。使用氯化钠的分子量这个概念是不正确的，但称 $NaCl$ 的式量为 $23.0 + 35.5 = 58.5$ 是完全正确的。1 摩氯化钠重 58.5 克。

习题类型

本章习题分成三类：

I 克、原子、摩尔以及分子间的变换

II 化学式与其基本组成的关系

III 化学方程式的质量关系

类型 I 克、原子、摩尔以及分子间的变换

例 1 8.23 克硫中有多少摩硫原子？

解 用因数·标记法把克变换为摩尔。此题使用单一因数 1 摩硫原子 = 32.06 克硫。

$$x \text{ 摩硫} = 8.23 \text{ 克硫} \times \frac{1 \text{ 摩硫 (原子)}}{32.06 \text{ 克}} = 0.257 \text{ 摩}$$

例 2 1.00 克铁有多少铁原子？

解 解此题需两步。第一把克变换成摩。然后把亚佛加德罗数作为变换因数。因为 1 摩铁原子等于 6.02×10^{23} 个铁

原子，故：

$$\begin{aligned}x \text{ 铁原子} &= 1.00 \text{ 克铁} \times \frac{1 \text{ 摩铁 (原子)}}{55.85 \text{ 克铁}} \\&\times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ 铁 (原子)}}{1 \text{ 摩铁 (原子)}} \\&= 1.08 \times 10^{22} \text{ 铁原子}\end{aligned}$$

例 3 20.0 克 CO_2 中有多少摩 CO_2 ?

解 CO_2 分子量为：12.01 + 16.00 + 16.00 = 44.01

$$1 \text{ 摩 } \text{CO}_2 = 44.01 \text{ 克 } \text{CO}_2$$

依据因数·标记法：

$$x \text{ 摩 } \text{CO}_2 = 20.0 \text{ 克 } \text{CO}_2 \times \frac{1 \text{ 摩 } \text{CO}_2}{44.01 \text{ 克 } \text{CO}_2} = 0.454 \text{ 摩}$$

例 4 5.00 克糖 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 中有多少糖分子?

解 除了用分子代替原子外，本题解法与例 2 相似。

$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 的分子量是 $(12 \times 12.01) + (22 \times 1.01) + (11 \times 16.00) = 342.3$

$$x \text{ } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ 分子} = 5.00 \text{ 克 } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$$

$$\begin{aligned}&\times \frac{1 \text{ 摩 } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{342.3 \text{ 克 } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} \\&\times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ 分子}}{1 \text{ 摩 } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}\end{aligned}$$

$$= 8.79 \times 10^{21} \text{ 分子}$$

例 5 在一容器中含有 9000000000000 个 O_2 ，问其摩尔数是多少?

$$\begin{aligned}\text{解 } x \text{ 摩 } \text{O}_2 &= 9 \times 10^{12} \text{ 个 } \text{O}_2 \text{ 分子} \times \frac{1 \text{ 摩 } \text{O}_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ 分子 } \text{O}_2} \\&= 1.5 \times 10^{-11} \text{ 摩}\end{aligned}$$

类型 I 化学式与其基本组成的关系

例 1 0.50 摩四氯化碳中氯和碳各有多少克?

解 自 CCl_4 可知 1 摩 CCl_4 含有 1 摩碳原子和 4 摩氯原子, 而且还知道 1 摩碳(原子) = 12.01 克碳(原子), 用因数·标记法可得:

$$\begin{aligned} x \text{ 克 C} &= 0.50 \text{ 摩 CCl}_4 \times \frac{1 \text{ 摩 C (原子)}}{1 \text{ 摩 CCl}_4 \text{ (分子)}} \\ &\times \frac{12.01 \text{ 克 C (原子)}}{1 \text{ 摩 C (原子)}} = 6.01 \text{ 克} \end{aligned}$$

因每摩 CCl_4 有 4 摩氯原子, 氯原子量是 35.45, 采用因数·标记法得:

$$\begin{aligned} x \text{ 克 Cl} &= 0.50 \text{ 摩 CCl}_4 \times \frac{4 \text{ 摩 Cl}}{1 \text{ 摩 CCl}_4} \times \frac{35.45 \text{ 克 Cl}}{1 \text{ 摩 Cl}} \\ &= 70.90 \text{ 克} \end{aligned}$$

例 2 10.0 克 SO_3 中有多少克硫?

解 从 SO_3 知道 1 摩 SO_3 (分子) 含有 1 摩 S (原子), 用因数·标记法求解得:

$$\begin{aligned} x \text{ 克 S} &= 10.0 \text{ 克 SO}_3 \times \frac{1 \text{ 摩 SO}_3}{80.1 \text{ 克 SO}_3} \times \frac{1 \text{ 摩 S}}{1 \text{ 摩 SO}_3} \\ &\times \frac{32.1 \text{ 克 S}}{1 \text{ 摩 S}} = 4.01 \text{ 克} \end{aligned}$$

此外单一因数可以直接用 32.1 克 S (原子) 相当于 80.1 克 SO_3 (分子) 这个关系得到:

$$x \text{ 克 S} = 10.0 \text{ 克 SO}_3 \times \frac{32.1 \text{ 克 S}}{80.1 \text{ 克 SO}_3} = 4.01 \text{ 克}$$

例 3 0.20 克 DDT, $\text{C}_{14}\text{H}_9\text{Cl}_5$ 中有多少氯原子?

解 每摩 DDT 有 5 摩 Cl 原子。DDT 的分子量是:
 $(14 \times 12.01) + (9 \times 1.01) + (5 \times 35.45) = 354.5$