

摩尔和化学计算

中学生文库

CHINESE CONTENT



上海教育出版社

中学化学教学



上海市科学技术教育出版社

摩尔和化学计算

吴同传 汪淑琴

上海教育出版社

责任编辑 张文杰

封面设计 范一辛

中学生文库 摩尔和化学计算

吴同传 汪淑琴

上海教育出版社出版发行

(上海永福路 123 号)

浙江上虞汤浦印刷厂排版 浙江淳安印刷厂印刷

各地新华书店经销

开本 787×1032 1/32 印张 5 插页 2 字数 93,000

1988 年 9 月第 1 版 1988 年 9 月第 1 次印刷

印数 1-8,800 本

ISBN 7-5320-0754-5/G·729 定价: 1.15 元

前 言

摩尔是近年来国际上推广使用的一个新的计量单位，它在化学和其他科学领域有广泛的应用，是中学化学中重要的基本概念和基础知识。它是计量物质微观粒子的基本物理量——物质的量的单位。为了帮助中学生掌握这一重要的基本概念，并能熟练地应用它，根据中学化学教学大纲和中学化学教材的要求，参考国内外有关资料，编写了这本《摩尔和化学计算》。

中学化学计算包括的内容很多。《摩尔和化学计算》除阐述摩尔的基本概念和有关的基础知识外，还以相当大的篇幅阐述了中学化学计算中与摩尔有关的内容，希望通过这本书，引导学生掌握摩尔这一重要概念，掌握比较简捷的解题方法和摩尔在中学化学计算中的应用。

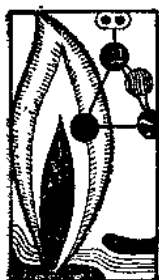
由于作者学识水平所限，书中难免有不妥或谬误之处，敬请读者批评指正。

作者

1987年10月

目 录

一、千变万化的物质世界.....	1
物质的宇宙.....	1
物质的组成.....	2
物质的量度.....	5
二、物质的量的单位——摩尔.....	9
摩尔的由来.....	9
一个重要的物理量——物质 的量.....	14
一个惊人的数字.....	18
一条联系的纽带.....	26
物质的量与物质的质量和微 粒数之间的关系.....	33
化学反应中各物质的物质的 量一定相等吗?	39
三、气体摩尔体积.....	42
从气体谈起.....	42



气体摩尔体积.....	46
一个重要的气体定律	
——阿佛加德罗定律.....	50
阿佛加德罗定律的推论和	
应用.....	54
气体摩尔体积与根据化学方	
程式计算.....	70
气体摩尔体积在有机化学反	
应中的计算.....	78
四、摩尔浓度.....	88
溶液和溶液浓度.....	88
摩尔浓度.....	90
摩尔溶液中溶质微粒数的	
计算.....	95
摩尔浓度和质量百分比浓度、	
当量浓度的换算.....	99

摩尔溶液的配制.....	105
摩尔浓度与根据化学方程式 的计算.....	110
五、摩尔的其他应用.....	116
化学计算中的主角.....	116
摩尔和化学反应速度.....	130
摩尔和化学平衡的不解之 缘.....	135
有关电解质溶液的计算.....	142
摩尔和反应热.....	151

一、千变万化的物质世界

物质的宇宙

人们在城市里,会看到高大的建筑物、平坦的马路、汽车、电车、自行车和许许多多的人。如果在乡村,就会看到郁郁葱葱的田野。植物、水、木材、金属和岩石等都是由物质组成的。人们坐的椅子,使用的铅笔和书,吃的食物,喝的水和呼吸的空气也是由物质组成的。从地球到整个太空的所有星体都是物质组成的。那末,物质又是由什么构成的呢?



物质的组成

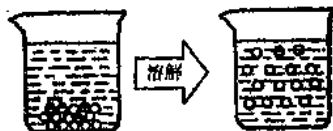
人体是由血液、骨骼和肌肤构成的，桌子是由木头做的，衣服是由纤维织成的布做的，或者是由动物的毛和皮做的，做饭的锅是用铝或铁制的，平坦的马路是用石子、沙子和沥青铺成的，江河湖海是由水汇集而成的。这些数不清、说不完的物质互不相同。但是，所有这些各不相同的物质有一点却是相同的：血液、骨骼、肌肉、木头、金属、空气、水、岩石等物质乃至地球、月亮、太阳和一切星球都是由一颗颗微小的粒子构成的。

光凭肉眼看不见这些微小的粒子，对于我们的眼睛来说，它们太微小了。一块布、一段木头、一颗石子，看起来都像一件完整的东西。正像我们从高空或远处看到的空荡荡的海滩，那黄橙橙的沙滩看起来宛似完整的一片。当我们到海滩上，双手和两膝趴在地上的时候，才会清楚地看到，这一片沙滩是由一颗颗微细的沙粒构成的。

构成万物的微小粒子比沙粒还小，而且小很多很多。然而经过科学家长期艰苦努力逐步地揭开了它的奥秘。

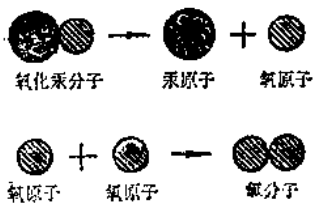
糖是甜的。如果我们把一块糖溶解在水里，这时糖块在水中分散成很小很小的糖微粒，用我们的肉眼却看不到它们。在科学上，这些很小的糖微粒，叫做糖分子。当糖块溶解在水里的对候，只是糖分子间的间隔增大了，糖分子本

身并没有发生变化，糖水的味道也是甜的。如果我们把白糖粒和浓硫酸混和起来，这时，白糖变成了黑色物质。这是由于糖分子跟硫酸分子发生化学反应，白糖被碳化变成了别的物质。这些新生成的物质的化学性质跟原来的糖不同。因此分子是保持物质化学性质的一种微粒。



分子是很小的，它是否可以再分呢？

实验证明，一种物质的分子能够经过化学反应而变成其他物质的分子，可见分子尽管很小，但还是可以再分的。例如氧化汞受热时，氧化汞分子分解为更小的氧和汞的微粒，这些更小的微粒经过重新组合，成为金属汞和氧分子。



科学上把这种用化学方法不能再分的微粒叫做原子。用化学方法不能把氧或汞的微粒进一步分成更小的微粒，这种氧的微粒就是氧原子，汞的微粒就是汞原子。

在化学反应里，分子可以分成原子，而原子却不能再分。构成氧化汞分子的汞原子和氧原子在化学反应后，仍然是汞原子和氧原子，并没有变成其他原子，因此，原子是化学变化中的最小微粒。

在很长的时间里，人们一直相信，没有什么东西比原子

更小了。本来，原子这个词来自希腊文，意思是：不能分割的东西。但是到了19世纪末叶，科学家进一步证实，原子并不是自然界中最小的东西。科学实践证明原子是由带正电荷的原子核和带负电荷的电子所构成，而原子核这个原子的质量中心，又是由质子和中子构成的。中子的发现要比质子和电子的发现晚些，为什么呢？打个比方，一个杂技演员把一根红色的发光木棒、一根绿色的发光木棒和一根不发光的蓝色木棒在没有灯光的舞台上同时向空中抛出，他可以准确地接牢红色和绿色的木棒，而那根不发光的蓝色木棒却容易失手。电子带负电荷，质子带正电荷，所以，科学家们首先发现了电子和质子，经过了很长时间的探索才发现了不带电的中子。

通常，原子是不带电的，因为原子核所带的正电荷和原子核外的电子所带的负电荷正好相等，因而形成了不带电的原子。如果分子互相撞击，分子中的原子可能失去或得到一些电子，这时原子或分子的某些部分(原子团)便带有电荷。它们或带正电荷(如果失去电子)，或带负电荷(如果获得电子)。这些带电的原子或原子团在电场中会发生移动，所以把它们叫做离子，这个名称来自希腊文，意思是离去。例如：我们经常食用的盐(氯化钠)就是由钠离子和氯离子构成的晶体。

化学这门科学，正是要研究这个千变万化的物质世界，研究物质的组成、结构、性质、变化以及合成等。

物质的量度

今天,当我们通过化学试验去研究物质的组成、结构、性质和变化的时候,很自然地想到要使用天平,用天平称量反应前后各种物质的质量变化,而且称量可以非常精确。称量就是物质量度的一种。但是在古代,不要说全世界,就是在我国,在我国的各个部落,量度标准也是不统一的。人们首先是以自己身上的器官来比较和量度的,这些器官就是眼、耳、鼻、舌和手、脚等。历史上最早用作“尺”的标准去量度布匹长短、距离远近的是人的肢体。我国古代曾以手作为标准尺,当时规定从人的中指顶端到手腕的第一条横纹处为1尺,以中指的第一节的长度为1寸。这一量度标准沿用了很久。说来好笑,据说英国古代则是以某国王的脚作为“呎”的标准的。难怪在英文里脚和“呎”是同一个词。

无论用手或脚作为标准,都非常不精确,因为人们的手和脚的长度是不会完全一样的。人类社会的发展,贸易往来的增多,促使我国各行业逐渐建立了本行业的长度标准——尺:木工的鲁班尺,泥瓦工的营造尺,裁缝师的裁衣尺……各有它的标准。世界各国的尺:英尺、俄尺、日尺等等,更是五花八门,至于其他物理量的量度,如称量物体的重量,测量气温的高低,计算时间的长短等,也是各念各的经,各唱各的调,各有各的标准。长期以来,国际上,甚至一个国

家内部，量度标准不统一，多种单位交叉使用。

随着社会的发展，科学技术不断进步，对于量度的精确程度要求也越来越高。可以想象要建造一幢几十层高的大厦，靠一张没有准确数据和单位的图纸，建筑工人是无法施工的，甚至小数点后的一个数字出了差错，也会造成大厦的倾斜和倒塌。更不难想象一架航天飞机，如果在有关飞行轨道的计算中有一点误差，就会使实际飞行差之千里，发生机毁人亡的不幸事件。如果仍然是你用你的尺，我用我的米；你用你的斤，我用我的磅，同一个物理量常用不同的量度标准、不同的单位来表示，这样势必要相互折算，不仅相当麻烦，还会引起很多争执。

自从1960年以来，陆续召开了几次国际计量会议，通过国际计量会议制定了国际单位制（SI），选择了长度（单位：米）、质量（单位：千克）、时间（单位：秒）、电流[单位：安（培）]、热力学温度[单位：开（尔文）]、发光强度[单位：坎（德拉）]等物理量作为基本单位，并规定这几个基本单位的名称、符号和严格的定义；其他单位由这些基本单位导出，成为国际上唯一公认的法定单位制，这是国际上共同的计量语言。

20多年的实践证明，它对科学技术和经济发展有明显的促进作用。目前包括我国在内已有80多个国家和地区采用或向国际单位制过渡。国际单位制之所以能在世界范围内迅速推广，是由于它本身具有很多优越性：

1. 统一性。国际单位制中的几个基本单位都有严格

的定义。导出单位是通过系数为1的定义方程式用基本单位来表示的,从而使量的单位之间有直接内在联系,能够很方便地构成任何科学领域的所有单位,使各行各业所用的计量单位统一在一个单位制中,实现全世界范围内的计量单位统一。

2. 简明性。国际单位制取消了相当数量的各种单位,大大简化了物理定律的表示形式和计算手续,省略了很多单位制之间的换算系数,避免了繁杂的换算手续,节约人力、物力和时间,而且可以减少计算和设计上可能引起的错误。

3. 实用性。国际单位制的全部基本单位和大多数导出单位的大小都很实用,其中很大一部分已在广泛应用。另外还有包括数值范围很广的词头,适应实际需要。

4. 合理性。国际单位制坚持了一个量一个SI单位的原则,避免了多种单位制和单位的并用,消除了很多不合理的现象。

5. 科学性。明确和澄清了许多物理量和单位的概念。国际单位制的单位都是根据科学实验所证实的物理规律严格定义的,并经过周密考虑和协商,废弃了一些旧的不科学的习惯概念、名称和用法。

6. 精确性。国际单位制的几个基本物理量的基本单位都能以当代科学技术所能达到的最高准确度复现和保存。

7. 继承性。国际单位制是在米制的基础上发展起来

的，因此它在克服旧米制缺点的同时，继承了旧米制的合理部分。这就使得许多原来已采用米制的国家，在贯彻和使用国际单位制的过程中较为顺利。

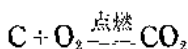
二、物质的量的单位——摩尔

摩尔的由来

世界上的物质，都是由我们的眼睛不能直接看到的分子、原子或离子等微粒构成的。一滴水的体积只有 $0.04 \sim 0.05$ 毫升，但是一滴水里却含有大约 150 拍 (150×10^{18}) 个水分子。一杯水里有多少个水分子呢？如果用这只杯子去量地球表面上的海水，量出来的杯数多得惊人，然而它的杯数还没有这只杯子里所含的水分子的个数多。一个水分子的实际质量是很小的，只有 $0.000,000,000,000,000,003$ 千克 (即 3×10^{-26} 千克)。原子呢？假如你把 1 亿个氧原子一个挨一个地排成一队，它的长度只不过 1 厘米多。即使通过以亿倍计的电子显微镜，也只能初步了解某些分子的组成。分子、原子等微粒之小就可想而知了。

化学变化是分子中原子或离子重新组合的过程。在你

的身边就发生着千变万化的化学反应。当你用煤炉烧饭或取暖时，炉子里的煤(C)和空气中的氧气(O₂)发生了化学变化：



从化学方程式上可以看出，每一个C原子和一个O₂分子可以生成一个CO₂分子。实际上，在这个反应中反应物和生成物不是一个或几个，几十个，而是很多很多，多到无法用通常的方法计量它们的个数，也不可能直接用克、千克或毫升、升这些质量和体积的单位来计量各种微粒的质量或体积，正像不能用一台磅秤去称量一粒米的质量一样。



拉瓦锡

拉瓦锡曾花了5年时间做了很多金属和非金属的燃烧实验。在实验中，他充分发挥了他的助手——天平的作用，用天平精确的称量燃烧前后的物质，发现了自然界基本规律之一——质量守恒定律。1784年拉瓦锡在一篇报告中指出，水是由12体积的氧和22.924345（应为24）体积的氢结合而成的，并用本来就不够精确的密

度计算出氧和氢的质量比是0.86866273:0.13153727。尽管当时很多人讥笑他，说他的天平是骗人的把戏，然而他