

赵 寰 编

化学反应与 化学方程式

74
6
258

化学反应与化学方程式

· 赵 袁 编

· 黑 龙 江 人 民 出 版 社 出 版

(哈尔滨市道里森林街14-5号)

齐齐哈尔第一印刷厂印刷 黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092 毫米 1/32·印张 4 ·字数 80,000

1980年8月第1版 1980年8月第1次印刷

印数 1-8,200

统一书号: 13093·25

定价: 0.30 元

出版说明

为加速实现四个现代化，迅速培养和造就大批又红又专的建设人材的需要，我们将陆续出版一套《中学生课外读物》。

这套读物包括数学、物理、化学、语文、历史、地理等基础知识和典型题解答几十种。这本《化学反应与化学方程式》就是其中的一种。

本书以全国统编中学化学教学大纲为基础，适当扩大了知识范围，内容包括化学反应与化学方程式、电解质溶液中的反应与离子方程式、氧化—还原反应、化学反应中物质间的质量关系、常见元素及其化合物的化学反应等五个部分。

本书可供中学生、知识青年自学之用，也可供中学化学教师参考。

目 录

一、化学反应与化学方程式.....	1
化学方程式.....	1
化学反应的类型.....	3
化学反应速度.....	4
影响反应速度的因素.....	5
热化学方程式.....	14
可逆反应与化学平衡.....	16
化学平衡的移动.....	18
二、电解质溶液中的反应与离子方程式.....	22
离子反应.....	22
离子方程式.....	26
生成沉淀的离子反应.....	28
生成气体的离子反应.....	34
生成弱电解质的离子反应.....	35
盐类的水解反应.....	36
生成络离子的离子反应.....	41
练习题一.....	42
三、氧化—还原反应.....	44
氧化—还原反应的本质.....	44
不同物质间的氧化—还原反应.....	48
自体氧化—还原反应.....	49
分子内部的氧化—还原反应.....	50
氧化剂和还原剂.....	51
不同介质中的氧化—还原反应.....	60
根据化学方程式判断氧化—还原反应.....	62

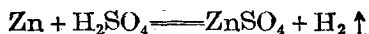
氧化—还原反应方程式的组成和配平	64
置换反应和金属活动性顺序	67
置换反应和原电池	68
电极电势	71
氧化—还原平衡和氧化—还原反应的方向	76
氧化—还原反应发生的次序	80
练习题二	82
四、化学反应中物质间的质量关系	85
元素和化合物的当量	85
氧化还原当量	88
克当量和克当量数	89
当量定律	89
五、常见元素及其化合物的反应	93
氢	93
氯和卤素	94
氧和硫	97
氮和磷	100
碳和硅	103
铝	105
镁和钙	106
钠和钾	108
铜和银	108
锌和汞	109
铬和锰	109
铁	111
附录：(一) 碱酸盐的溶解性表	113
(二) 某些难溶电解质的溶解度和溶度积(25°C)	114
(三) 重要的酸及其阴离子的名称	114
练习题答案	116

一、化学反应与化学方程式

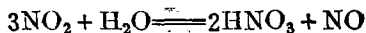
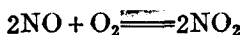
化学方程式

化学方程式是学习化学、研究化学反应的重要工具。它是用元素符号、分子式组成的描述化学反应的式子。

我们知道，在实验室里通常使金属锌跟稀硫酸或稀盐酸起反应制取氢气。这个客观发生的化学反应就可以用下面的化学方程式描述出来：



在工业生产上，采用氨氧化法制造硝酸的化学反应过程，可以用以下化学方程式表示出来：



只要看到上面那三个化学方程式，对于氨是怎样转化成硝酸的化学反应过程便一目了然。如果不使用化学方程式，要把氨转化成硝酸的反应过程说清楚，将会写成一篇短文了。

由此可见，应用化学方程式研究化学反应，真是既科学又简便。我们要善于使用它。

化学方程式有哪些意义呢？

(一) 一个化学方程式不仅表示一种实际上发生的化学反应，而且表示出在一种化学反应中，什么物质参加反应(反

应物)，反应结果生成了什么物质（生成物）。

(二) 表示出反应前后各物质的分子（或原子、离子）个数比、反应前后各物质质量比。因此，根据化学方程式可以进行有关的计算。

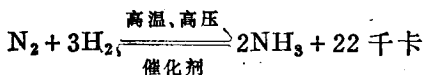
(三) 如果反应物或生成物中有气体物质，化学方程式又表示出气体物质的体积关系。

(四) 如果反应中伴随着热效应(放热或吸热)，化学方程式还表示出反应中的能量的变化。

总之，化学方程式正确地反映了化学反应中最基本的定律——质量守恒定律。

现在通过一个具体的化学方程式，说明它的含义。

例 化学方程式：



表示：

(一) 氮气跟氢气在一定条件下，化合生成氨。

(二) 在这个反应中，每一个氮分子跟三个氢分子起反应，生成了两个氨分子或 1 摩尔氮气跟 3 摩尔氢气起反应，生成了 2 摩尔氨气。

氮、氢、氨的质量比是 28:6:34，就是说每 28 份质量的氮气跟 6 份质量的氢气相作用，生成 34 份质量的氨气。

(三) 在这个反应中，1 体积氮气跟 3 体积氢气相作用，生成 2 体积的氨气。

(四) 在这个反应中，1 摩尔氮分子跟 3 摩尔氢分子化合生成 2 摩尔氨分子时，放出 22 千卡的热量。

学习化学不仅要了解化学方程式的意义，而且还要学会组成化学方程式。组成化学方程式的时候，必须遵循以下两

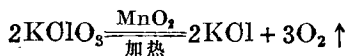
个原则：

第一，组成化学方程式必须以客观事实为基础。因为任何一个化学方程式都表示一种实际发生的化学反应，所以不能臆造化学方程式。

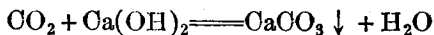
第二，组成化学方程式要配平，使参加反应的物质中的各元素原子个数在反应前后相等。即要遵循质量守恒定律。

此外，如果化学反应是在一定条件下进行的，还要把外界条件（温度、压强、催化剂等）写在化学方程式的等号上、下。如果生成物是气体，要在该分子式的右侧用符号“↑”表示出来。但是，在反应物与生成物都是气体物质时，就不必用“↑”表示。如果生成物是难溶物质（沉淀），要在该分子式的右侧用符号“↓”表示出来。

例 在实验室里通常用加热分解氯酸钾的方法制取氧气。同时加入少量的二氧化锰来加速反应的进行。这个化学反应就用下面的化学方程式表示：



例 将二氧化碳通入澄清的石灰水中，生成碳酸钙沉淀，溶液变浑浊。



化学反应的类型

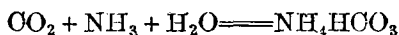
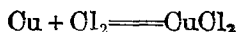
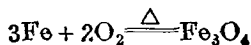
化学反应虽然千变万化种类繁多，但一般可把化学反应分成两大类型：

（一）非氧化-还原反应。这类反应的特点是在化学反应中组成物质的元素的化合价不发生变化，即不发生电子转移或电子对偏移。

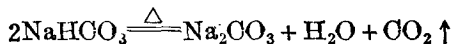
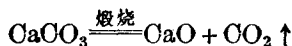
(二) 氧化—还原反应。物质发生氧化—还原反应时，组成物质的元素的化合价发生变化，即发生电子转移或电子对偏移。

如果从化学反应的形式看，还可以把无机化学反应分为化合、分解、置换和复分解四种基本类型：

(一) 化合反应，由两种或两种以上的物质生成一种新物质的反应。如：



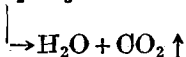
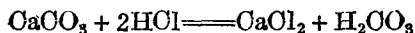
(二) 分解反应，由一种物质生成两种或两种以上新物质的反应。如：



(三) 置换反应，一种单质跟一种化合物起反应，生成另一种单质和另一种化合物的反应。如：



(四) 复分解反应，两种化合物相互交换成份，生成两种新的化合物的反应。如：





化学反应速度

对不同的化学反应来说，反应速度是不同的。有些反应进行得很快，实际上可认为是瞬间完成的。例如火药的爆发，以及许多在溶液里进行的反应。相反，有些反应进行得又相当慢，经过几年，几十年乃至几百年才能得到微量的生成物。同一个反应由于外界的条件不同，反应速度也有极大的差别。例如，完全干燥的氢气和氧气的混和气体在暗处放置几年也不见它们相互化合，但将这种混和气体点燃时，立刻就化合成水蒸气。

我们通过种种化学反应制取有用物质时，总是希望反应进行得快；对于那些有害的反应又总是希望反应进行得慢。为了控制各种反应进行的快慢，就要研究化学反应速度及影响反应速度的各种因素。

那么，什么是化学反应速度呢？

对于速度这个概念大家是熟悉的，通常用单位时间内某一量的改变来表示速度。如物体的运动速度是单位时间内，物体所通过的路程：

$$V = \frac{S}{t}$$

化学反应速度是用来衡量化学反应进行快慢的，用单位时间内反应物或生成物的浓度的变化来表示。

如果用 C_1 表示时间 t_1 时的浓度，用 C_2 表示时间 t_2 时的浓度。化学反应从时间 t_1 进行到时间 t_2 的平均速度就是：

$$V = \frac{C_1 - C_2}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

因为时间越短越能显示出反应速度的变化，所以反应速度应该是在某一瞬间 dt 内反应物浓度的减少或生成物浓度的增加。也就是当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时所测得的瞬时速度：

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta C}{\Delta t} = \frac{dC}{dt}$$

上式中， Δ 表示差值， d 表示极小的改变量。

在测定化学反应速度时，物质的浓度一般用一升内所含物质的摩尔数表示，时间用分或秒表示。因此，反应速度的单位是摩尔/升·分钟或摩尔/升·秒。例如，某化学反应中，反应物的浓度开始为 2 摩尔/升，经过一分钟后其浓度变为 1.8 摩尔/升，这就表明在一分钟的时间内，一升所含物质里有 0.2 摩尔发生了反应。反应速度就等于 0.2 摩尔/升·分。

影响反应速度的因素

反应速度的大小，首先决定于反应物质的本性，而反应物质的性质与物质的内部结构有密切关系。因此，反应物质的内部结构是决定反应速度的根本原因。例如，氢和氟在低温暗处的反应速度就大到能发生爆炸的程度，而溴和氢在加热的时候才发生反应。这种反应速度上的差别是由氟和溴的原子结构决定的。

外界因素，温度、浓度、压强、催化剂等，也能影响反应速度。不过，这是外因。因此必须在根据物质的本性确实能发生化学反应的条件下，才谈得上这些因素对反应速度的影响。

下面我们分别讨论温度、浓度、压强及催化剂对反应速度的影响：

(一) 温度对反应速度的影响

温度对反应速度的影响特别显著。例如，2体积氢和1体积氧的混和气体在 700°C 时，能立刻化合成水蒸气。而在 300°C 时，经过几天才能生成极少量的水。在 20°C 时，生成同样多的水甚至需要200万年的时间。科学工作者从大量的实验中发现温度每升高 10°C ，反应速度平均增大2至4倍。

为什么升高温度会增大反应速度呢？

我们知道，要使那些能够发生化学反应的物质发生反应，首先必须使它们接触。因此，反应物分子间的相互碰撞是发生化学反应的先决条件。但是，分子间的每次碰撞又不一定都发生化学反应。假如碰撞后都必然发生反应，那么任何反应不都将在瞬间完成了吗？事实并非如此。这就说明分子间的碰撞虽然是频繁的，但大多数的碰撞又是无效的，这些分子碰撞后没起反应就分开了。在一定温度下，各个分子具有的能量大小是不同的，只有那些能量足够大的分子相互碰撞时，才可能发生化学反应。这种能够发生化学反应的碰撞叫做有效碰撞。进行有效碰撞的分子叫做活化分子。一般分子吸收了一定的能量之后才能变成活化分子。分子活化时所需要的最低能量叫该分子的活化能。

温度升高不仅加快了分子运动的速度，增加了分子碰撞的次数，更主要的是温度升高促进了分子的活化，增加了活化分子数，也就是增加了单位时间内有效碰撞的次数。因此，反应速度就加快了。

(二) 浓度对反应速度的影响

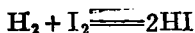
我们都知道可燃性物质在氧气中比在空气中容易燃烧，这是因为空气中除氧外还含有约五分之四的氮等不参于燃烧

的气体，空气中氧的浓度低。可见，反应物的浓度大，反应速度就快。

增加反应物的浓度能够增大反应速度的原因，也可以用活化分子的观点说明。在一定温度下，对某一个化学反应来说，反应物中活化分子的百分数是一定的。而且单位体积内活化分子数与分子总数成正比。因此，增加反应物的浓度就等于增加单位体积内的活化分子数。结果必然导致反应速度加快。

反应物的浓度和反应速度之间有什么关系呢？

科学工作者曾在一定温度下，把等体积的氢气和碘蒸气 (I_2) 装入一个容器中进行研究。他们采用压缩的方法使容器中的氢气和碘蒸气的浓度都等于 1 摩尔/升。两种气体发生如下的反应：



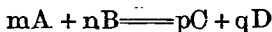
实验发现，在一分钟的时间里 H_2 和 I_2 各有 0.0001 摩尔变成了 HI ，这时反应速度就是 0.0001 摩尔/升·分。当把 H_2 的浓度增加到 2 倍、3 倍或 4 倍时，发现反应速度也跟着增大 2 倍、3 倍或 4 倍。如果同时增加 H_2 和 I_2 的浓度达到几倍时，反应速度将以反应物浓度增加的倍数乘积的倍数增大。于是得出一条结论：**化学反应速度与各反应物浓度的乘积成正比**。这个结论说明了反应物的浓度和反应速度之间的定量关系。可以用数学式表示出来：

$$V \propto [H_2] \cdot [I_2]$$

或

$$V = K \cdot [H_2] \cdot [I_2]$$

对于一般化学反应：



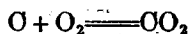
反应速度 V 与反应物 A 的浓度 $[A]$ 的 m 次方和 B 的浓度

[B] 的 n 次方之乘积成正比。即：

$$V = K \cdot [A]^m \cdot [B]^n$$

式中的 K 是个比例常数，它对于某一个化学反应来说在一定温度下是个常数。叫做反应速度常数。这个关系式称为质量作用定律。

请你注意，上述结论不适用于固体物质。例如，炭的燃烧：



因为固体物质仅在其表面上发生反应，所以在这种情况下，反应速度只与氧气的浓度有关：

$$V = K \cdot [O_2]$$

(三) 压强对气体反应的影响

对于气体反应来说，在一定温度下，改变压强，气体的体积就会随着改变。玻义耳——马略特定律告诉我们：温度一定时，一定量气体的体积与其所受的压强成反比。所以增大压强，就是增加反应物的浓度，因而可以增大反应速度。

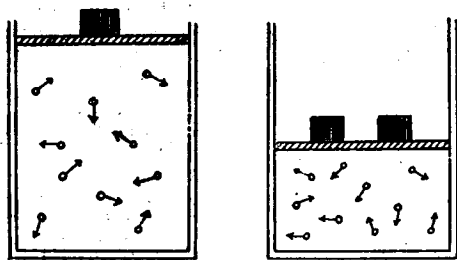


图1 压强大小与一定量气体所占体积的示意图

(四) 催化剂对反应速度的影响

催化剂对反应速度有显著的影响。这种影响之显著有时是十分惊人的，可以使反应速度增大千百倍。

什么是催化剂？催化剂是在化学反应里能改变其他物质的反应速度，而本身的质量和化学性质在反应前后都没有改变的物质。催化剂也叫触媒。

使用催化剂加快反应速度的例子很多。如，在实验室里加热分解氯酸钾制取氧气的实验中，用二氧化锰作催化剂，使反应在不很高的温度下发生并提前完成，是大家都熟悉的事实。在化学工业生产中，如接触法制硫酸、合成氨、石油加工中的重整等都采用适当的催化剂加快反应速度，以提高单位时间的产量。

催化剂为什么能改变其他物质的反应速度呢？

前面已经讲到，决定化学反应速度的主要因素是分子的活化与碰撞。而一般分子变成活化分子时又需要吸收能量，显然分子活化时所需要的活化能愈小反应速度就愈大。因此，设法减小活化能就可以提高反应速度。催化剂能够承担减小活化能的任务。那么催化剂是怎样完成这个任务的呢？

在有催化剂存在的化学反应中，催化剂不是一个旁观者，实际上催化剂也参加了化学反应。由于它参加反应，结果使反应分成了几个阶段，每个单独阶段所需要的活化能又都比较低，因而提高了反应速度。

假定有一个化学反应在没有催化剂时按下式进行：



这时所需要的活化能较高，反应因此进行的较慢。当有催化剂(K)参加反应时，上面那个反应将分成两个阶段进行：

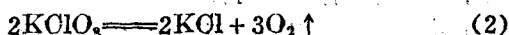
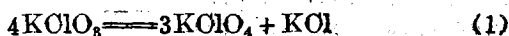




(1)、(2) 两个阶段所需要的活化能都比较小，因此，反应 $A + B + K \longrightarrow AB + K$ 进行得就比较快了。

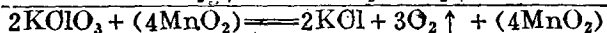
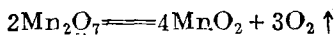
这里我们看到，催化剂之所以能够改变反应速度就在于它和反应物相作用形成中间产物 (AK)，改变了反应进行的途径，减小了反应所需要的活化能。这种解释催化作用的理论叫做中间产物理论。让我们应用这个理论说明二氧化锰加快氯酸钾分解的过程。

在没有二氧化锰存在时，加热氯酸钾，氯酸钾将按以下两种情况分解：

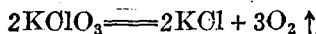


而且主要按(1)式进行分解。只有加热到氯酸钾熔化时才有微量的氧气产生。这个事实大家在化学实验课中已经遇到。

当加入催化剂二氧化锰时，即使在温度不很高的情况下，氯酸钾也以较快的速度按(2)式进行分解。其原因就是二氧化锰参加反应，使反应分成两个阶段进行的结果：



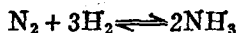
第一阶段是 MnO_2 和 $KClO_3$ 作用生成了一种中间产物 Mn_2O_7 ；第二阶段是 Mn_2O_7 分解出氧气。以上两个阶段所需要的活化能比反应：



低。因此，大大地加快了反应速度。

解释催化作用的另一个理论是吸附理论。

在合成氨的反应中：



没有催化剂存在时，反应需要的活化能很高，反应进行得十分缓慢。当有催化剂存在时，催化剂将吸附氮分子，被吸附的氮分子中氮原子间的化学键变弱而易于离解成氮原子，氮原子容易跟氢分子作用生成氨。催化剂的吸附作用不仅降低了反应所需要的活化能，而且在催化剂的表面上反应物的浓度也增大起来，这种浓度增大的结果也会提高反应速度。

一个人要翻越一座高山，不仅吃力而且又费时间，如果在山下打开一条山洞，从山洞穿过去，同样到达了山的那一边，这不仅省力而且又省时间。催化剂增大反应速度的作用，就像穿过山洞一样。没有催化剂参加的反应，就如同翻越高山。从下图可以看到催化剂与活化能的关系。图中实线曲线表示没有催化剂时的反应过程；虚线曲线表示使用催化剂时的反应过程。 E 表示活化能， $E_1 > E_2$ 。S 表示反应过程。A 表示反应物，B 表示生成物。

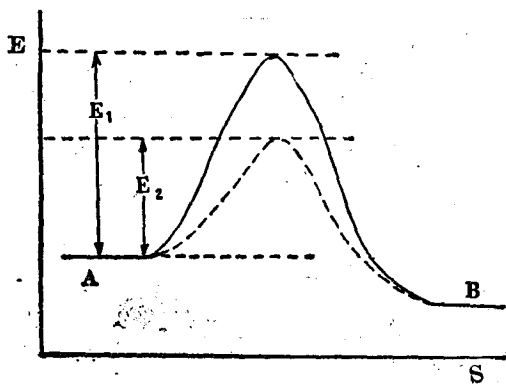


图2 催化剂降低反应活化能示意图

催化剂不仅在化学反应中改变其他物质的反应速度，有