

中央教育科学研究所专家推荐
素质教育与能力培养丛书

新概念学材

系列

新概念化学

(高中第三册)

■ 素质教育与能力培养研究组

G 高材生

G 高能

G 高分

中国人民大学出版社

素质教育与能力培养丛书
新概念学材系列

新概念化学

(高中第三册)

素质教育与能力培养研究组
撰稿人 鄢来艳 袁大强

中国人民大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新概念化学, 高中, 第三册/素质教育与能力培养研究组编
北京: 中国人民大学出版社, 2001
(素质教育与能力培养丛书·新概念学材系列)

ISBN 7-300-03797-6/G·794

I. 新…

II. 素…

III. 化学课-初中-教学参考资料

IV. G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 033742 号

素质教育与能力培养丛书

新概念学材系列

新概念化学

(高中第三册)

素质教育与能力培养研究组

出版发行: 中国人民大学出版社

(北京中关村大街 31 号 邮编 100080)

邮购部: 62515351 门市部: 62514148

总编室: 62511242 出版部: 62511239

E-mail: rendafx@public3.bta.net.cn

经 销: 新华书店

印 刷: 三河市新世纪印刷厂

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8.75

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

字数: 195 000

定价: 13.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

素质教育与能力培养丛书·新概念学材系列

学术委员会

主任：江山野（中央教育科学研究所研究员）

委员：吕 达（博士，编审，人民教育出版社副社长）

俞启定（博士，教授，北京师范大学教师培训中心主任）

劳凯声（博士，教授，北京师范大学教育系主任）

田慧生（博士，研究员，中央教育科学研究所所长助理）

总策划：甘华鸣

编辑委员会

主 编：滕 纯（研究员，中央教育科学研究所原副所长，中国教育学会副理事长）

程方平（博士，中央教育科学研究所研究员）

编 委：（按姓氏笔画排列）

刘录正 刘诚岭 李超源 李 红 李 颖

陆 维 段伟文 唐德春

编者的话

根据全国教育工作会议推进素质教育的原则精神以及国务院基础教育工作会议指出的教育发展方向,在总结前一段“减负”和教改经验的同时,在阶段性、区域性实验探索的基础上,我们编写了这套蕴涵创新精神和思路的高效学习用书——《素质教育与能力培养丛书》,从多方面适应了不同类型和不同水平学生的学习需求。

《素质教育与能力培养丛书》分为三个系列,即新概念学材系列、知识网络图系列、能力开发系列。

新概念学材系列包括中学各年级数学、物理、化学、生物四科。具体包括:《新概念数学》共六册,初中一至三册、高中一至三册;《新概念物理》共四册,初中一至二册、高中一至二册;《新概念化学》共四册,初中一册、高中一至三册;《新概念生物》高中一册。

所谓“学材”是相对于“教材”而言的。“学材”是以学习者为中心的助学读物,主要用来自学,也可用来教授。新概念学材系列以中学教学大纲为依据,用发现法、探究法、自主学习法介绍教学大纲所规定的学科知识。这是该系列各书区别于一般教材、教参、教辅以及其他课外读物的显著特点和重大优点。

用发现法、探究法、自主学习法介绍教学大纲所规定的学科知识,可以取得培养素质和准备应试的双重好处。

一个好处是培养素质,引导学生用自己的头脑发现知识,逐渐学会探索和研究,掌握思维和认识的方法,形成提出问题和解决问题的能力,锻炼创新能力;在发展理智的同时发展情感,树立怀疑意识和批判态度,构建创新精神和创新个性,提高自主性和独立性。

另一个好处是准备应试,促使学生对要考试的知识充分关注,多侧面、多层次、大视野、大纵深地把握学科知识,从而加深理解,吃得透,化得开,巩固记忆,记得住,想得起,促进应用,用得上,用得活,解题稳、准、快,对付考试得心应手,游刃有余。

书中“动手空间”、“你知道吗”、“想一想”、“考考你”、“思考与实践”、“科学前沿”、“数学家的故事”、“化学史”、“小资料”、“生活小常识”等小栏目,可以锻炼学生的动手能力,开阔视野,拓展思路,把知识、生活、实践联系起来,把科学、技术、社会联系起来。

书中点缀着科技发展史上的真实故事以及日常生活现象,可以极大地调动学生的求知热情和学习兴趣。精心挑选的大量插图,使各书更加形象、生动、轻松、活泼。

该系列各书是体现素质教育要求的助学读物,是新型的“教材”、“教参”、“教辅”,适合广大中学生、教师、家长阅读。

《素质教育与能力培养丛书》以教育部制定的教学大纲为依据,因此适用于全国各个地区,而不受不同版本教材的限制。

目 录

第一章 化学反应速率和化学平衡	(1)
第一节 化学反应速率	(1)
一、化学动力学的由来	(1)
二、化学反应的本质	(2)
三、化学反应速率的表示	(5)
四、影响化学反应速率的因素	(8)
第二节 化学平衡	(18)
一、化学平衡	(19)
二、影响化学平衡的因素	(24)
三、化学平衡的应用	(30)
第二章 电离平衡	(32)
第一节 电离及电离平衡	(32)
第二节 原电池原理及应用	(43)
第三节 电解原理及其应用	(50)
第三章 胶体	(56)
第一节 概述	(56)
一、分散体系	(56)
二、胶体	(57)
第二节 胶体的性质和应用	(58)
一、性质	(58)
二、应用	(64)
第四章 与生命密切相关的营养物质——糖类、油脂、蛋白质	(65)
第一节 葡萄糖知多少	(65)
一、结构探讨	(66)
二、性质小论	(66)
三、来去踪影	(68)
四、其他简单的糖类	(68)
第二节 淀粉、纤维素	(70)
一、淀粉	(71)
二、纤维素	(72)
第三节 油脂	(75)
一、脂肪酸	(75)

二、油脂的水解	(76)
三、油脂的提取	(78)
第四节 蛋白质	(79)
一、氨基酸	(81)
二、蛋白质的性质	(84)
三、蛋白质的合成	(85)
四、蛋白质的作用	(86)
五、一种特殊的蛋白质——酶	(87)
第五节 维生素	(89)
第五章 合成高分子材料	(90)
第一节 高分子	(91)
一、大分子的确立	(91)
二、合成高分子的结构和特征	(92)
三、性质小论	(93)
四、合成高分子的分类和命名	(95)
五、合成高分子的原料及合成方法	(96)
第二节 合成高分子材料	(97)
一、塑料	(98)
二、橡胶	(110)
三、合成纤维	(114)
四、黏合剂和涂料	(122)
第三节 新型高分子材料	(124)
一、功能高分子	(124)
二、复合材料	(127)
三、合成材料的发展趋势	(131)

第一章 化学反应速率和化学平衡

第一节 化学反应速率

一、化学动力学的由来

自然界里的化学反应,速率相差很大,有些反应进行得很快,在极短的时间内就可以完成,例如爆炸;有些反应进行得很慢,要几十年,几百年,几千年,甚至几万年才能完成,例如地层里煤的形成、岩石的风化等。

人类正在不断探索加快或减慢化学过程速率的方法。有时,我们希望加快反应速率以提高生产效率和经济效益,这在化学工业中是十分常见的。在日常生活中,我们常常希望能使许多过程加快速率并提高效率,如烹调各种食物,清除脏物和污垢,使油漆干燥和解除疼痛等。有时,我们又希望减慢某些令人讨厌的过程的速率,如食物腐败,自发燃烧,金属锈蚀和橡胶老化等等。以上的诸多方面可以告诉我们研究化学反应速率的重要意义。

化学反应速率是一个非常复杂的问题,研究起来并不十分容易。最初,人们对化学反应速率的认识主要来自经验,我们的祖先很久以前就知道燃烧许多小的树枝要比燃烧一根大的木头更快,并且知道用小木片迅速燃烧所产生的较高温度来加速烹煮食物。早期那些用于加快或减慢反应速率的方法大多是经过不断探索积累起来的。

现在,对化学反应速率的研究已经形成了一门化学的分支学科,叫做化学动力学。如果将 1867 年葛尔德堡(C. M. Guldberg)和瓦格(P. Waage)提出质量作用定律作为化学动力学的诞生标志,则化学动力学已有一百多年的历史了。19 世纪,化学动力学发展很缓慢,20 世纪以来,它在应用技术方面有了很快的发展。但是,化学反应速率对外界因素是十分敏感的,以至化学动力学的研究不容易得到准确的结果。直到现在,化学动力学的理论还是落后于技术,它还是处于发展的早期阶段。也就是说,化学动力学的理论基础还是初步的,大部分化学动力学知识都来自经验,而不是从理论推导出来的。因此,化学动力学还有广阔的发展前途。正因如此,化学动力学会为那些对化学研究感兴趣的人们提供无限的机会。

二、化学反应的本质

如果要研究化学反应速率,我们首先必须研究化学反应是如何进行的,也就是说,我们必须了解化学反应的本质。尽管化学反应有很多种,但它们的本质是相同的,它们都是一

种运动。在这种运动中,分子相互碰撞,使旧分子中的原子发生重排,产生新的分子。

要使两个微粒之间发生反应,必须使两个粒子相互靠近到使它们的外层电子能相互作用的程度,事实上就是它们必须碰撞。它们不仅必须碰撞,而且必须以足够的能量去克服围绕两核的电子之间的排斥力。显然,发生一次成功的碰撞有个所需的最小能量,人们通常将其称之为活化能(E_a)。为了发生一次反应,分子必须至少以等于活化能的能量进行碰撞。我们将活化能比作一座小山,为了完成反应,物质微粒必须越过这座小山,每一个反应都与高度不同的小山或不同的活化能相联系。想像有一个人要把一个球滚上山,在大多数情况下,球只能向上滚一段距离,然后就重新向下滚,对于一个反应也是如此——分子之间发生的大多数碰撞的能量不足以克服活化能,这些分子相互碰撞却并不发生反应。正如滚小球一样,只有个别时候,能给小球以足够的能量时,它才能翻过山去,所以,只有在偶然的时候,起反应的粒子才有足够的能量相互碰撞,克服活化能障碍,相互结合,形成新的产物。

图 1-1 的小球,只有给它以足够的能量,它才能滚过山去。同样,两个分子之间只有以足够的能量相互碰撞,才能克服活化能障碍而发生反应。我们知道,在室温条件下,蜡烛是不会自动燃烧发出火焰的。但是,我们会觉得奇怪,一旦蜡烛点燃后,是什么使它继续燃烧呢?实际上,蜡烛和氧之间的反应具有很高的活化能,而在室温下,只有极少的分子具有足以进行反应的能量。如果要求较多的分子克服活化能障碍而引起蜡烛燃烧,必须由外界提供能量,所以,一根火柴的热量是必不可少的。蜡烛的蜡和氧之间的反应是放热反应,也就是说,反应的产物的势能(储存在化学键里的能)比反应物的少。这种反应在进行的时候引起能量的释放。所以,一旦这些分子开始反应,所释放的能量足以支持其他分子冲破活化能障碍,反应变成自发的,于是蜡烛继续燃烧(图 1-2)。

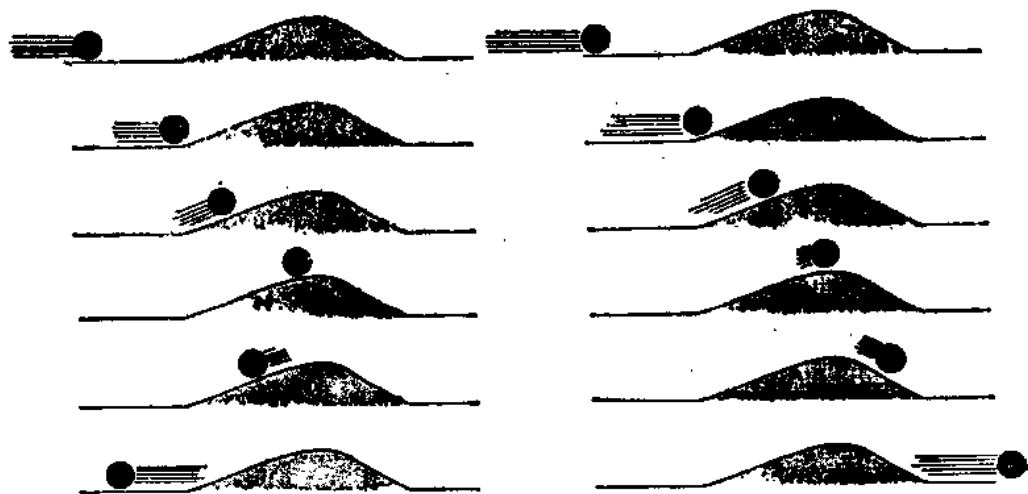


图 1-1 化学反应需要具有一定的能量

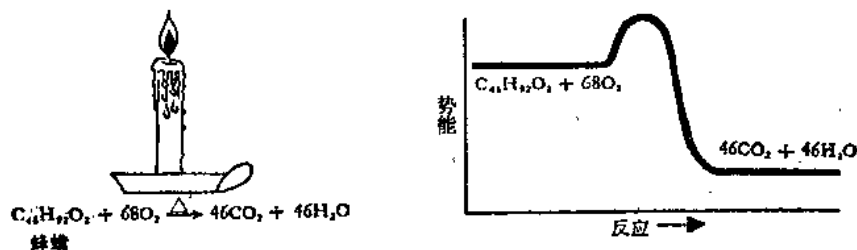


图 1-2 蜡烛燃烧是一种放热反应

与之相反的吸热反应,不但需要引起反应发生的能量,而且还需要不断地从外界吸收能量以克服活化能障碍,使反应得以继续。这样的例子有很多,如水的通电分解(图 1-3)和植物的光合作用(图 1-4)等。

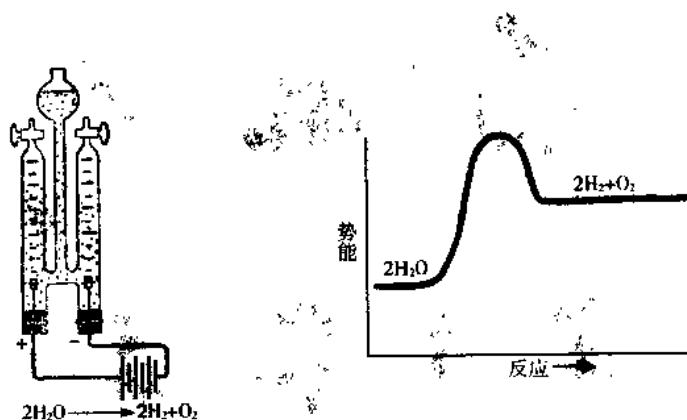


图 1-3 电解水(用电能把水分子分解)是一种吸热反应,其产物氢和氧比反应物水的势能要大

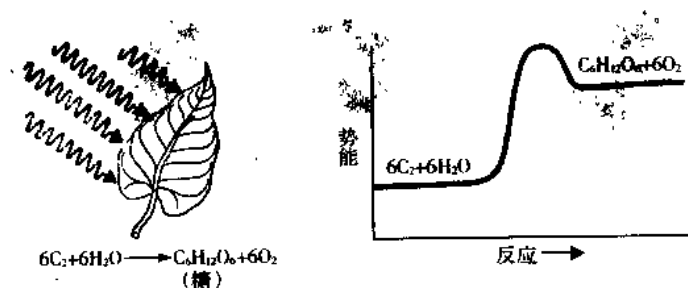
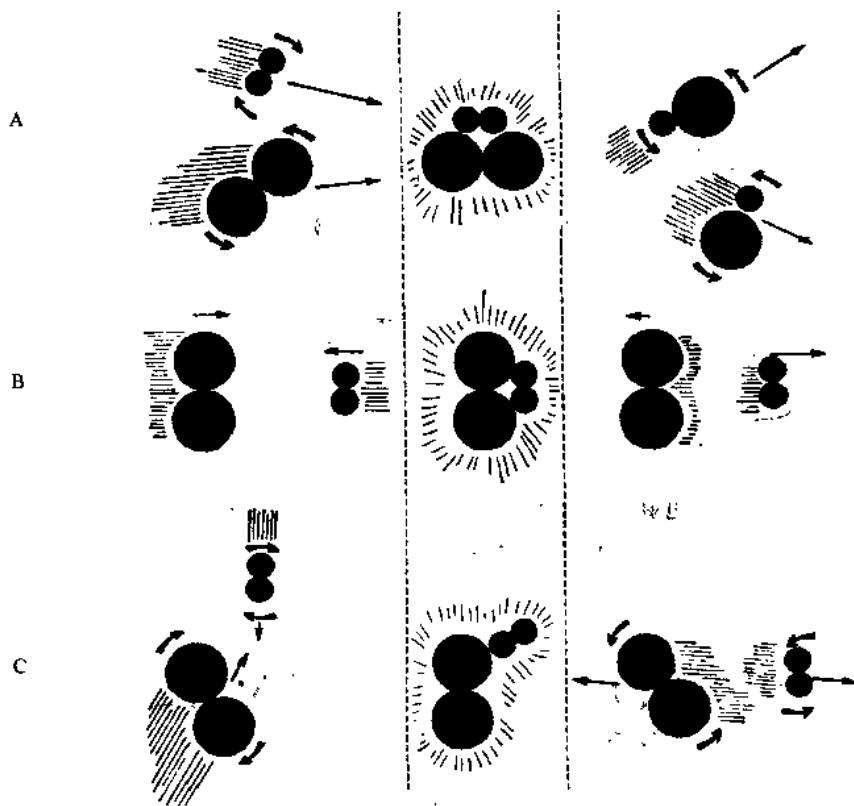


图 1-4 光合作用是一种吸热反应,需要从太阳不断地得到能量供应

考考你

是否克服了活化能障碍的碰撞都能引起反应呢?

我们的答案是否定的。在我们考虑了能量的同时,还必须考虑方向问题。正如我们乘车去某地一样,即使我们所使用的车的性能非常好,但车开的方向是相反的,我们终究还是不能达到目的地。化学反应与此相似,在一个假设的反应 $A_2 + B_2 \longrightarrow 2AB$ 中,单个的 A_2 分子和单个的 B_2 分子会互相碰撞(图 1-5)。如果碰撞的方位合适,则碰在一起的所有四个原子会自动重新排列,并形成两个 AB 分子。但是并非所有的碰撞都可引起反应。也就是说,在大多数情况下,分子会简单地反弹开,就像它们当初靠近时那样,碰撞后仍旧分离成单个的 A_2 分子和 B_2 分子。一个单独的碰撞是导致反应还是“反弹开”,这取决于碰撞的“方位”。为了产生反应,双原子分子内的原有化学键必须打破,或至少向着破裂的



- A. 左:两个旋转的分子在一碰撞过程中彼此接近 中:具有足够的冲力和适当的方位以打破原有的键并形成新键的碰撞或相互作用 右:反应产物分子的分离
- B. 左:两个分子缓慢地靠近 中:对反应而言,方位适当但能量不足的碰撞 右:未反应的分子的分离,与未碰撞前一样
- C. 左:具有足够产生反应的动能的分子在靠近 中:碰撞方位极其不佳 右:未反应而分离

图 1-5 分子碰撞和化学反应

方向松弛,这就需要能量,而这个能量最初必须来自分子碰撞的动能。常见的碰撞的分子并不具有克服活化能障碍的动能,另一些碰撞尽管能量足够大,然而却缺乏形成AB分子的适当的方位,只有同时满足这两个条件——最低限度的能量(活化能)和适当的方位,反应才会进行,否则,碰撞就是无效的,不能发生反应形成新的分子,仅仅是一个反弹开的碰撞而已。

三、化学反应速率的表示

为了研究化学反应速率,我们首先必须掌握化学反应速率的表示方法,速度和速率在不同的场合下,可以有不同的表示方法。比如一辆汽车行驶某段距离的平均速度可以用 km/h 表示,而河水的流速可以用 m^3/s 表示等等。我们可以用表示汽车行驶速度的类似方法来表示化学反应速率,我们可以用 mol/s 来表示化学反应速率。下面我们通过一个例子来说明这种表示方法。

对于某些反应,我们可以通过观察生成物的出现速率或者反应物的消失速率的方法作出相对速率的定性判断。比如,我们把一条镁带放在一个盛有稀盐酸的烧杯中,在镁带反应物迅速消失的同时,会发生以极快速率放出氢气的现象。当在同一种酸中放入一块铁时,氢气放出的速率就要慢些,同时铁以比较慢的速率逐渐消失(图 1-6)。

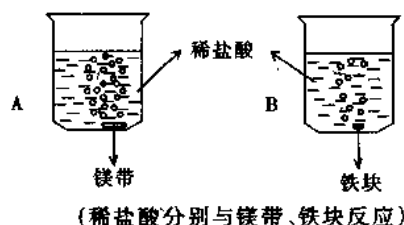


图 1-6 烧杯 A 中放出 H_2 的速率比烧杯 B 快

显然,A 中的反应速率要比 B 中的反应快得多。

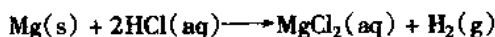
如果我们想定量地来描述以上反应的速率,我们可以称量镁的质量,并记录镁从开始反应到反应结束时所消耗的时间,由此我们可以依下式计算此反应的平均速率:

$$\text{平均速率} = \frac{\text{反应消耗的镁的物质的量}}{\text{反应所需的时间}}$$

比如,我们可以设 0.096 g (0.004 mol) 的镁在 10 s 内完全发生了反应,那么在整个反应中的平均速率是:

$$\text{平均速率} = 0.004 \text{ mol} / 10 \text{ s} = 0.0004 \text{ mol/s} = 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol/s}$$

反应方程式为:



从以上方程我们发现,1 mol 镁可以生成 1 mol 氢气,显然,氢气的出现速率与镁的消失速率相等。

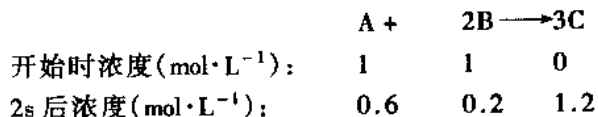


1. 这种以 mol/s 来表示反应速率的方法有何缺陷?

仔细研究,我们会发现,以上的反应速率表示方法不具备可比性,不能广泛适用,是一种绝对的化学反应速率。例如,如果我们在 A 烧杯中同时将稀盐酸和镁的用量都增加一倍,反应仍会在相同的时间内完成,显然此时以 mol/s 来表示的化学反应速率增加了 1 倍,但我们能说后者的反应速率比前者快吗?显然不能。实际上两者的化学反应速率是相同的。为什么是相同的呢?我们必须使用一种可以广泛适用并具有可比性的方法来表示化学反应速率。

化学反应速率通常以单位时间(如每秒、每分或每小时等)内反应物浓度的减小或生成物浓度的增加来表示。浓度单位一般以物质的量的浓度为单位,通常为 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$,时间用秒(s)表示,因此反应速度的单位为 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}$,如果反应速率很慢也可以用分(min)或小时(h)来作时间的单位。显然,单位时间内反应物浓度减小得愈多或生成物浓度增大得愈多,则这个反应速率愈大。

对于以下反应:



所以这个反应的速率是:

用 A 表示	$v_{\text{A}} = (1 - 0.6)/2 = 0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}$
用 B 表示	$v_{\text{B}} = (1 - 0.2)/2 = 0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}$
用 C 表示	$v_{\text{C}} = (1.2 - 0)/2 = 0.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}$

这里 v_{A} 和 v_{B} 分别是物质 A 和物质 B 的浓度的减少值表示的速率, v_{C} 是用物质 C 的浓度的增大值表示的速率。

2. 在以上例子中, v_{A} 、 v_{B} 、 v_{C} 的数值各不相同,所代表的意义相同吗?

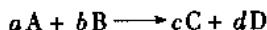
由以上例子我们可以看出,同一反应在用不同的物质做标准时,由于反应物、生成物的分子数因化学计量关系不同,所得的反应速率的值也是不同的。从以上方程式看出,每消耗 1 mol A 分子,必有 2 mol B 分子消失,同时有 3 mol C 分子生成,所以 B 浓度的减小值显然是 A 浓度减小值的 2 倍,而 C 浓度的增大值是 A 浓度减小值的 3 倍,所以表示某一反应的速率时,我们必须指明是以反应体系中哪一个物质作为标准的。因此,我们应该能理解,速率数值尽管不同,但是,这些数值所表示的意义是相同的,正如长度用不同的长度单位(如米和英里)会得到不同的数值,可是其意义是一样的。对上述反应来说,消耗 1 分子 A 和消耗 2 分子 B 或生成 3 分子 C 所需的时间并无不同,所以 v_{A} 、 v_{B} 、 v_{C} 的值虽然各不相同,然而三者的意义是完全相同的。

就一般的化学反应而言,如果以 ΔC 表示浓度的变化,以 Δt 表示时间的变化,那么反应速率可以表示为:

$$v = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

要是以生成物的浓度变化来表示反应速率时,此时 ΔC 为正值,对于上式我们取正号;反之,以反应物的浓度变化来表示时,此时 ΔC 为负值,为了使 v 为正值,我们在上式中取负号。

对于任意反应



我们可以得到各物质反应速率的关系,

$$-\Delta[A] : -\Delta[B] : \Delta[C] : \Delta[D] = a : b : c : d$$

浓度的改变量同时除以 Δt 则有:

$$-\Delta[A]/\Delta t : -\Delta[B]/\Delta t : \Delta[C]/\Delta t : \Delta[D]/\Delta t = a : b : c : d$$

即: $v_A : v_B : v_C : v_D = a : b : c : d$

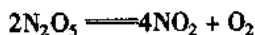
由此,我们进一步看出,以不同物质的浓度改变量来表示的反应速率,是不能相互独立的,实质上它们完全一致。也就是说,一个化学反应只有一个速率,不过有几种不同的表示方法而已。



化学反应速率而随时间的消逝而发生改变吗?

首先我们来看一个例子。

N_2O_5 的分解反应如下:



测得 N_2O_5 的浓度随时间变化而变化的实验数据如表 1-1。

表 1-1 N_2O_5 浓度随时间变化的数据

N_2O_5 浓度 ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	5.00	3.52	2.48	1.75	1.23	0.87	0.61
时间 (s)	0	500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000

下面我们以 N_2O_5 浓度减少来表示各阶段的反应速率。

$$0 \sim 500 \text{ s 之间} \quad v_1 = -\frac{3.52 - 5.00}{500 - 0} = 2.96 \times 10^{-3} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$500 \text{ s} \sim 1\,000 \text{ s 之间} \quad v_2 = -\frac{2.48 - 3.52}{1\,000 - 500} = 2.08 \times 10^{-3} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$$

依次计算出各时间范围内的反应速率(表 1-2)。

表 1-2

 N_2O_5 分解反应各时间段的速率

时间范围(s)	$-\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]$	反应速度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)
($\Delta t = 500$)		$v = -\frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{[\Delta t]}$
0 ~ 500	1.48	2.96×10^{-3}
500 ~ 1 000	1.04	2.08×10^{-3}
1 000 ~ 1 500	0.73	1.48×10^{-3}
1 500 ~ 2 000	0.52	1.04×10^{-3}
2 000 ~ 2 500	0.36	0.72×10^{-3}
2 500 ~ 3 000	0.26	0.52×10^{-3}

从表 1-2 我们发现,这个化学反应在不同时间范围内的反应速率是不同的。事实上只有极少数的特殊的化学反应是以匀速进行的,而一般的化学反应都是变速进行的,它们的反应速率是不断变化的。实验证明,对大多数反应来说,所有参与反应的物质的浓度在反应开始时变化最快。也就是说,此时生成物浓度增加的速率最大,反应物浓度降低的速率也最大。此后,随着反应的进行,反应物的浓度减小不断变慢,直到反应进行到底或达到平衡时,反应速率下降到零。这意味着反应速率是随时间变化而变化的。因此,我们依据公式 $v = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t}$ 所求得的速率,只是在某个时间范围内的平均速率,它并不能代表反应在任一时刻的速率。

如果要精确地描述反应速率,我们可以设想所取的 Δt 越小,则越能反映某一时间的真实速率。如取 Δt 为 500 s,在 500 s 开始和结束时的反应速率变化较大,平均速率与实际速率相去甚远,如取 Δt 为 1 s,在这 1 s 的开始和结束的时间范围内,反应速率还是有变化的,但变化相对前者来说要小很多,平均速率也比较接近于真实速率。以此类推,我们继续取更小的 Δt 的值,则平均速率更能趋近于真实速率。如果取 Δt 的值为无穷小量,也就是使 Δt 趋近于零,在这个无穷小的 Δt 范围内,浓度 C 的变化当然也是极小的,即 ΔC 也是趋近于零的。但此时 $\Delta C/\Delta t$ 却趋近于一极限值。平均速率在时间无限小的间隔内的极限值,就表示这时反应的真实速率,称做化学反应的瞬时速率,用数学形式表示如下:

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

四、影响化学反应速率的因素

影响化学反应速率的因素有很多,例如反应物的本性和反应的类型,同时,化学反应还受外界因素的影响,如浓度、温度、压力、介质、催化剂、光效应、超声波的化学效应,多相反应中反应物的接触面积及各物质的扩散速率等等。这些因素多为可变因素,可以人为地加以改变。因此,研究可变因素对反应速率的影响及其规律性是很有价值的,掌握了这些规律,人们可以更好地控制反应的速率。

1. 反应物的本性和反应类型

化学反应速率最主要的决定因素是反应物的性质。各种物质的结构不同,因此而有不同的性质。在相同条件下将不同物质混合时,反应速率也各不相同。我们十分熟悉卤素与氢气的反应,我们从反应的剧烈程度可以推知氢气与氟气的反应速率最快,而氯气则次之,溴要再慢一些,碘是最慢的。虽然氟、氯、溴、碘的化学性质十分相似,但它们的结构存在着差异,因此,它们与氢气反应的速率也各不相同。

我们来看一个实验(图1-7)。

我们首先把一种含有高锰酸根离子(MnO_4^-)的溶液逐滴加到含亚铁离子(Fe^{2+})的酸性溶液中去,然后把含有高锰酸根离子的溶液逐滴加入含有草酸根($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)的酸性溶液中。通过目测高锰酸根离子溶液紫红色消失所需的时间,我们可以大致地估计反应的相对速率。观察结果显示,在前一个烧杯中,高锰酸盐溶液几乎是立即褪色;在后一个烧杯中,溶液颜色保持了一段较长的时间。这个实验表明,高锰酸根离子与亚铁离子的反应迅速,而与草酸根离子的反应缓慢,这两个反应的惟一差别在于试剂的本性。亚铁离子(Fe^{2+})是一种简单离子,而草酸根离子($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)是一种多原子复杂离子,它含有在反应过程中必须加以断裂或削弱的共价键。

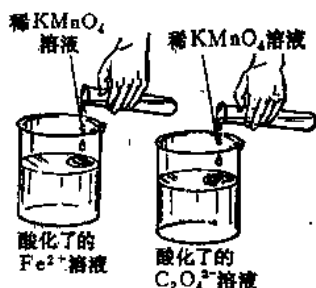
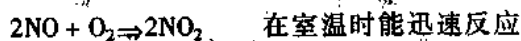


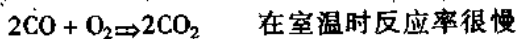
图1-7

一滴 KMnO_4 使草酸盐溶液呈紫红色。但是要使 KMnO_4 溶液和 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 溶液发生反应并使之褪色,则需要比较长的时间(对比 KMnO_4 溶液与 Fe^{2+} 溶液的反应)

在实际生活中,我们也可以找到一些很好的例子。比如在汽车所排放的尾气中含有一氧化氮(NO)和一氧化碳(CO)这两种气体。当无色的 NO 从排气管里逸到空气中时,很快就有红棕色的二氧化氮(NO_2)形成。



但是从排气管中释放出来的 CO 与空气中的氧起反应时,反应速率却很慢。



以上两个化学反应方程式表面看来很相似,但它们的反应速率却有如此大的差异,这主要是由于 CO 和 NO 氮分子具有不同的性质造成的。

因此,反应物的本性是化学反应速率的决定性因素。

另一个与反应速率相关的因素是反应类型。不同类型的化学反应的反应速率差别是很大的。通常离子间的互换反应(如中和反应、沉淀反应等)常常是很快的,如 Ag^+ 离子和 Cl^- 离子按 1 比 1 的摩尔比相结合的简单离子间的沉淀反应几乎是瞬时完成的。实验测定表明,此类反应中的大多数可在约百万分之一秒内发生。然而有机物分子间进行的反应往往是较慢的,比如乙醇和乙酸的酯化反应通常都需一两个小时,有些有机物的反应甚至需要几天,甚至几个月。

然而,对于某一特定的化学反应来说,其反应物和反应所属的类型是固定的。因此,以上两个因素均是不可变因素,更有意义的研究是对可变因素的研究。

2. 浓度

通常,反应物的浓度能在很大程度上影响化学反应速率。我们首先来回忆初中的一

个实验——木炭在空气和纯氧中燃烧的实验。通过这个实验,我们可以从燃烧速率的比较中很容易地看出浓度对反应速率的影响。当我们将燃烧的本条放入纯氧中,则它会燃烧得更明亮、更旺,比在空气之中燃烧快得多。即便我们将仅带有一点火星的本条重新置入纯氧中,木条仍会立即燃烧起来并发出很强的火焰,而且烧得相当旺。以上实验现象的差异,其主要原因是纯氧中氧分子的浓度比空气中氧分子的浓度大。

以上是定性地研究浓度与反应速率的关系,下面我们用一个定量实验进一步研究浓度与反应速率的关系。以不同浓度的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 与稀 H_2SO_4 作用,我们按下表所列数据配制溶液,然后将同组的两烧杯的溶液混合,同时启动秒表,注意观察溶液中的反应情况,记录溶液开始出现浑浊的时间并列于(表 1-3)。

表 1-3 不同浓度的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 与稀 H_2SO_4 作用

序号	烧杯 A $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}/\text{ml}$	烧杯 B $V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}/\text{ml}$	$V_{\text{H}_2\text{O}}/\text{ml}$	开始浑浊所需时间 /s
1	100	100	0	42.9
2	100	90	10	47.9
3	100	80	20	54.0
4	100	70	30	61.8
5	100	60	40	72.3
6	100	50	50	86.6
7	100	40	60	108.0

本实验中所进行的化学反应是:



我们是借反应中生成 S(使溶液浑浊)所需的时间长短来量度这个反应的速率。很明显,反应速率愈大,则溶液开始浑浊所需的时间愈短。从以上数据可见,实验中的每一组的总体积都是 200 ml,其中 H_2SO_4 溶液的体积都是 100 ml,因此 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的体积愈大,则其浓度也愈大。我们清楚地发现, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液浓度越大,溶液浑浊所需的时间越短,因此反应速率也越快。

为数众多的实验现象表明,反应速率与浓度相关:浓度越大,化学反应速率越快。于是,我们不禁会问,为什么浓度越大,反应速率越快呢?



如何从理论上解释化学反应速率与浓度的关系?

我们已经了解,物质粒子必须碰撞才能反应。在一定的空间里,反应粒子越多,碰撞的机会就越多,这个道理是显而易见的,分子碰撞的次数与分子的浓度成正比

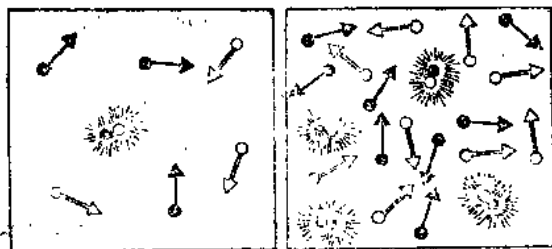


图 1-8 增加反应物的浓度,就会增加碰撞频率,从而增加反应速率