



· 各个击破 ·

名师视点

M INGSHI SHIDIAN

高中化学

· 化学反应速率、化学平衡 ·

刘 杰 辛万香 主编

双色 亮丽版



东北师范大学出版社



名师视点 各个击破

名师视点

M

INGSHI SHIDIAN

高中化学

· 化学反应速率、化学平衡 ·

刘 杰 辛万香 主编

东北师范大学出版社·长春

图书在版编目 (CIP) 数据

名师视点. 高中化学. 化学反应速率、化学平衡/
刘杰, 辛万香主编. —长春: 东北师范大学出版社,
2002. 5

ISBN 7 - 5602 - 3062 - 8

I. 名... II. ①刘... ②辛... III. 化学课—高中—
教学参考资料... IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 030191 号

MINGSHI SHIDIAN

- ☐ 出版人: 贾国祥 ☐ 策划创意: 一编室
☐ 责任编辑: 孙维石 ☐ 责任校对: 王红娟
☐ 封面设计: 魏国强 ☐ 责任印制: 栾喜湖

东北师范大学出版社出版发行

长春市人民大街138号 邮政编码: 130024

电话: 0431—5695744 5688470 传真: 0431—5695734

网址: WWW.NNUP.COM 电子函件: SDCBS@MAIL.JL.CN

东北师范大学出版社激光照排中心制版

沈阳新华印刷厂印刷

2002年6月第1版 2002年6月第1次印刷

开本: 890mm × 1240mm 1/32 印张: 3.75 字数 113 千

印数: 00 001 — 50 000 册

定价: 5.50元

CHUBANZHE DE HUA

出版者的话

《名师视点》丛书的创意始于教材改革的进行，教材的不稳定使教辅图书市场一度处于混乱状态，新旧图书杂糅，读者即使有一双火眼金睛，也难辨真伪。但无论各版别的教材如何更新、变革，万变不离其宗的是，删改陈旧与缺乏新意的内容，增加信息含量，增强人文意识，创新精神，增添科技内涵，活跃思维，培养学生的创新、理解、综合分析及独立解决问题等诸多能力，而这些目标的实现均是以众多不断调整的知识版块、考查要点串连在一起的，不管教材如何更改，无论教改的步子迈得多大，这些以丰富学生头脑，开拓学生视野，提高其综合素养为宗旨的知识链条始终紧密地联系在一起，不曾有丝毫的断裂，而我们则充分关注形成这一链条的每一环节，这也是“视点”之所在。

《名师视点》丛书的出版正是基于此种理念，涵盖初高中两个重点学习阶段，以语文、英语、数学、物理、化学五个学科为线索，以各科可资选取的知识版块作为专题视点，精讲，精解，精练。该丛书主要具有以下特点：

一、以专题为编写线索

语文、英语、数学、物理、化学五主科依据初高中各年级段整体内容及各学科的自身特点，科学、系统地加以归纳、分类及整理，选取各科具有代表性的知识专题独立编写成册，并以透彻的讲解，精辟的分析，科学的练习，准确的答案为编写思路，再度与一线名师携手合作，以名师的教学经验为图书的精髓，以专题为视点，抓住学科重点、知识要点，缓解学生过重的学习负担。

二、针对性、渗透性强

“专题”，即专门研究和讨论的题目，这就使其针对性较明显。其中语文、英语两科依据学科试题特点分类，数学、物理、化学各科则以知识块为分类依据，各科分别撷取可供分析讨论的不同版块，紧抓重点难点，参照国家课程标

准及考试说明，于潜移默化中渗透知识技能，以达“润物细无声”之功效。

三、双色印刷，重点鲜明

《名师视点》丛书采用双色印刷，不仅突破以往教辅图书单调刻板的局限，而且对重点提示及需要引起学生注意的文字用色彩加以突出，使其更加鲜明、醒目。这样，学生在使用时既可以方便地找到知识重点，又具有活泼感，增添阅读兴趣。

四、适用区域广泛

《名师视点》丛书采用“专题”这一编写模式，以人教版教材为主，兼顾国内沪版、苏版等地教材，汲取多种版本教材的精华，选取专题，使得该套书在使用上适用于全国的不同区域，不受教材版本的限制。

作为出版者，我们力求以由浅入深、切中肯綮的讲解过程，化解一些枯燥的课堂教学，以重点、典型的例题使学生从盲目的训练中得以解脱，以实用、适量的练习减少学生课下如小山般的试卷。

我们的努力是真诚的，我们的探索是不间断的，成功并不属于某一个人，它需要我们的共同努力，需要我们携手前行。

东北师范大学出版社
第一编辑室



MINGSHI SHIDIAN

目录

第一章 化学反应速率	1
一、化学反应速率的表示方法	1
二、影响化学反应速率的因素	7
第二章 化学平衡	27
一、化学平衡和化学平衡常数	27
二、影响化学平衡移动的条件	51
三、合成氨条件的选择	76
第三章 综合能力检测	90

名

师

视

点



第

一

章

化学反应速率

自进入铜器、铁器时代后,人类就一直被金属腐蚀这个自然现象所困扰。由金属制成的日用品、生产工具、机器设备都易被腐蚀。据估计,目前全世界每天因腐蚀而报废的金属材料超过 $1.0 \times 10^9 \text{ t}$ 。这相当于世界金属年产量的 20%~40%,造成巨大的经济损失的同时,也导致很多事故的发生。如,1984 年 12 月,美国联合碳化物公司开设在印度博帕尔邦的农药厂就因设备腐蚀而发生了毒气氟甲酯泄漏,造成 2 500 人死亡,几万人失明。那么我们如何减小金属的腐蚀速率以减少损失呢?而有的时候我们又希望化学反应进行得快一些。如,现在的“白色污染”,就是由塑料分解太缓慢造成的。那么我们如何加快反应的速率呢?这些问题的解决都和化学反应速率有关。

一、化学反应速率的表示方法

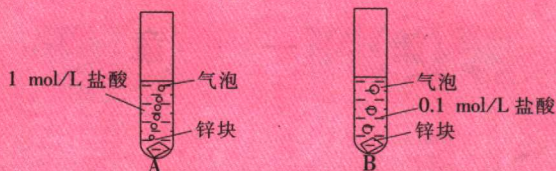
知识技能



一、定性表示

我们知道,有些化学反应在发生的时候会有一些明显的现象。例如:有气体生成,难溶物的减少或增多,溶液颜色的改变等。因而,我们可以通过观察这些现象去定性地描述反应的相对快慢,即反应速率的相对大小。

例如 如图 1-1 所示,两份质量、形状相同的锌块分别和 10 mL 1 mol/L 的盐酸和 10 mL 0.1 mol/L 的盐酸反应。我们可以通过比较氢气产生的速度,来判断两个反应的快慢,同时也可以观察锌块变小的快慢来判断两个反应的快慢。



A 冒出的气泡比 B 的要快。

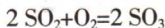
图 1 - 1

二、定量表示

通过定性表示,虽说能比较反应的快慢,但不能准确地说出快多少或慢多少。正如百米比赛,我们能通过观看谁跑在前面这个现象,说出谁跑得快,但要想知道快多少,就必须计时,算速率才行。

化学反应速率的定量描述是以单位时间内反应物物质的量的减少或生成物物质的量的增加来表示的。工业生产的过程中不可能对大量的反应物或生成物进行测定,只能采用抽样的办法。所以**化学反应速率**是用来衡量化学反应进行的快慢程度的,通常用单位时间内反应物浓度的减少或生成物浓度的增加来表示,化学反应速率的**单位**常用 $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ 或 $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ 表示。

例如 向 2 L 的密闭容器(内有催化剂)充入 2 mol 的 SO_2 和 1 mol O_2 , 经 2 s, 测得容器内有 1 mol 的 SO_3 , 则该反应的反应速率可计算如下:



起始物质的物质的量(mol)	2	1	0
----------------	---	---	---

反应中的变化(mol)	1	0.5	1
-------------	---	-----	---

2 s 末物质的物质的量(mol)	1	0.5	1
-------------------	---	-----	---

$$v(\text{SO}_2) = \frac{\frac{2}{2} - \frac{1}{2}}{2} = 0.25 [\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$$

$$v(\text{O}_2) = \frac{\frac{1}{2} - \frac{0.5}{2}}{2} = 0.125 [\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$$

$$v(\text{SO}_3) = \frac{\frac{1}{2} - \frac{0}{2}}{2} = 0.25 [\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$$

知识精析



一、化学反应速率与化学方程式的系数的关系

根据化学反应速率的定义,对于同一反应在同一时间里我们可以用反应物或生成物来表示该反应速率。因而,同一反应可以用不同物质表示速率。对于任何化学反应,反应物和生成物都处于相同的条件下(如相同的时间、体积等),发生反应过程中,各物质都按方程式化学计量数发生变化。用不同物质表示的化学反应速率的值可能不同,但其比值应等于化学方程式中各物质的化学计量数之比。如在上述例子当中,在2 s内生成1 mol SO_3 的同时必消耗1 mol SO_2 和0.5 mol O_2 ,而 SO_2 、 O_2 和 SO_3 在同一容器中有共同的体积,因而用 SO_2 、 O_2 和 SO_3 表示该反应的速率的值可能有不同,但其比值都等于化学方程式的化学计量数比。

应该指出的是,对于同一个反应在相同的时间内,用不同物质表示的速率的值不同,但其意义是相同的。就像一个物体做圆周运动时,我们可以用线速度和角速度来描述,其值各不相同,但意义相同,即都是描述该物体在同一时空状态下的圆周运动的速率,而且角速度和线速度也可以互相换算。

二、化学反应速率实际指的是一段时间内的平均速率

三、化学反应速率一般不用固体或纯液体表示

固体或纯液体(不是溶液)的浓度是常数,因此一般不用它们表示化学反应速

率。如,水的浓度=
$$\frac{\frac{1\,000\text{ cm}^3 \times 1\text{ g/cm}^3}{18\text{ g/mol}}}{1\text{ L}} = 55.6\text{ mol/L}。$$

典型示例



例1 在下列过程中,需要加快化学反应速率的是()。

A. 钢铁腐蚀

B. 塑料老化

C. 食物腐烂

D. 工业炼钢

 本题的意图在于让同学们知道化学反应速率在实践中的意义。根据生活常识,可知本题答案为D。

例2 反应 $\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{C} + 2\text{D}$ 在不同情况下的反应速率中 fastest 的是()。



A. $v(\text{D})=0.4 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

B. $v(\text{C})=0.5 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

C. $v(\text{B})=0.6 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

D. $v(\text{A})=0.15 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

解析 本题主要的知识点是：同一反应可用不同物质表示其反应速率，值不同，意义相同，速率比等于化学计量数比。因此本题的关键是选用同种物质做标准。利用速率比等于化学计量数比将四个选项换算成用同一个物质表示的速率。若用 A 物质做标准：A 项， $v(\text{A})=\frac{1}{2}v(\text{D})=0.2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ ；B 项， $v(\text{A})=\frac{1}{2}v$

(C)= $0.25 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ ；C 项， $v(\text{A})=\frac{1}{3}v(\text{D})=0.2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ 。

比较四个选项的 $v(\text{A})$ 值，可知答案是 B。

例 3 某温度时，图 1-2 中曲线 X、Y、Z 是在 2 L 容器中 X、Y、Z 三种物质的物质的量随时间的变化曲线。由图中数据分析，该反应的化学方程式为 _____；反应从开始计时，2 min 内 Z 的平均反应速率为 _____。

解析 本题考查的主要知识点为反应速率的定义、反应物和生成物的变化量与化学方程式的化学计量数的关系。从图 1-2 可以看出，X 和 Y 减少，而 Z 增加，所以 X 和 Y 为反应物，Z 为生成物；在 2 min 内，X 减少了 0.3 mol，Y 减少了 0.1 mol，而 Z 增加了 0.2 mol，所以 X、Y 和 Z 的改变量之比为 3:1:2。因此，方程式为 $3\text{X}+\text{Y}\rightleftharpoons 2\text{Z}$ 。据化学反应速率的定义有 $v(\text{Z})=\frac{0.2}{2}=\frac{0}{2}=0.05 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ 。

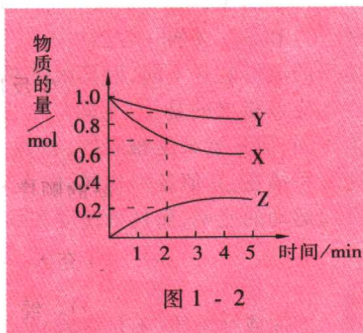


图 1-2

单元能力检测



一、选择题

- 反应 $\text{N}_2+3\text{H}_2=2\text{NH}_3$ 中，经过 t s 后 NH_3 的浓度增加了 $0.6 \text{ mol}/\text{L}$ ，在此期间，正反应速率 $v(\text{H}_2)=0.45 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ ，则 t 为()。
A. 1 s B. 1.5 s C. 2 s D. 2.5 s
- 将 3 mol A 气体与 2.5 mol B 气体混合，在 2 L 的密闭容器中发生了如下反应：

- 3 $A+B=x C+2 D$ 。经过 5 min, D 的物质的量为 1 mol, 在这 5 min 内用 C 的变化表示的化学反应速率为 $0.1 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$, 则 x 的值为()。
- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
3. 将固体 NH_4Br 置于容积为 2 L 的密闭容器中。在某温度下, NH_4Br 发生如下反应: $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HBr}(\text{g})$, $2 \text{HBr}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Br}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 。2 min 时, 测得 H_2 为 1 mol, HBr 为 8 mol。则上述反应生成 NH_3 的速率为()。
- A. $0.5 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ B. $2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$
C. $2.5 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ D. $5 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$
4. 一定温度下, 向一容积为 2 L 的真空密闭容器中(事先装入催化剂)通入 1 mol N_2 和 3 mol H_2 , 3 min 后, 测得容器内的压强是开始的 0.9 倍, 则在此时间内 $v(\text{H}_2)$ 为()。
- A. $0.2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ B. $0.6 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$
C. $0.1 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ D. $0.3 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$

二、填空题

5. 四个同样的密闭容器中发生反应 $A(\text{g})+3 B(\text{g})=2 C(\text{g})$, 在同一段时间内测得容器内的反应速率: 甲为 $v(A)=3 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$; 乙为 $v(B)=4.5 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$; 丙为 $v(C)=4 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$; 丁为 $v(A)=0.75 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ 。若温度不同, 其他条件相同, 则温度由低到高的顺序为 _____。(提示: 温度越高, 化学反应速率越快)
6. 将 6 mol H_2 和 3 mol CO 充入容积为 0.5 L 的密闭容器中, 进行反应 $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 。经过 6 s 时, 测得容器内压强为起始时 0.6 倍, 则 H_2 的反应速率为 _____, CO 的转化率为 _____。
7. 根据化学方程式 $2 \text{N}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 2 \text{N}_2 + \text{O}_2$, 填充表中的空①, ②, ③, ④处测定的反应速率的实验数据和计算结果。注: 反应容器为密闭、定容。

浓度(mol/L) 反应时间(min)	物质	O_2	N_2	N_2O
0		0	0	c
t		a	①	②
产生 O_2 的速率 $[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})]$		③	/	/
N_2O 分解的速率 $[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})]$		/	/	④

①为 _____, ②为 _____, ③为 _____, ④为 _____。

参考答案 KEY

一、1. C 提示: $v(\text{NH}_3):v(\text{H}_2)=2:3$, $\therefore v(\text{NH}_3)=0.3 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$, $\therefore t=\frac{0.6}{0.3}=2(\text{s})$ 。

2. B 提示: 5 min 生成 C 为 $0.1\times5\times2=1(\text{mol})$, 生成 D 也为 1 mol, $\therefore x=2$ 。

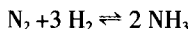
3. C 提示: $\therefore \text{H}_2$ 为 1 mol, 分解 HBr 为 2 mol,

$\therefore \text{NH}_4\text{Br}$ 分解得到总的 HBr 为 10 mol,

$\therefore \text{NH}_3$ 为 10 mol,

$$\text{故 } v(\text{NH}_3)=\frac{\frac{10}{2}}{2}=2.5 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})。$$

4. 提示: 压强比=物质的量的比(同温同压下), 是解本题的关键。



开始(mol) 1 3 0

反应(mol) x $3x$ $2x$

3 min 末(mol) $1-x$ $3-3x$ $2x$

$$\therefore P_{\text{后}}=0.9P_{\text{前}}$$

$$\therefore n_{\text{后}}=0.9n_{\text{前}}$$

$$\therefore (1-x)+(3-3x)+2x=0.9(1+3)$$

$$x=0.2(\text{mol})$$

$$v(\text{H}_2)=\frac{\frac{0.2\times3}{2}}{3}=0.1[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})]$$

二、5. 丁<乙<丙<甲 提示: 用速率比等于化学计量数比, 把甲、乙、丙、丁四个容器的反应速率用同一个物质来表示。

6. $1.2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ 60% 提示: 参考选择题的 4 小题的解法。

7. ① $2a$ ② $c-2a$ ③ $\frac{a}{t}$ ④ $\frac{2a}{t}$

知识拓展



化学反应速率的实验测定

化学反应的瞬时速率是通过实验测定的。具体方法是测定不同时间 t 时某组



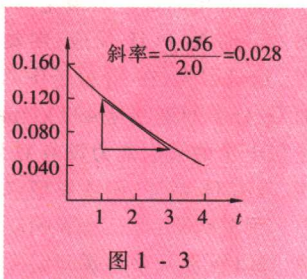
分的浓度 c , 再画出 $c-t$ 曲线。时间 t 时, 曲线上的斜率的绝对值为该时间的速率, 即瞬时速率。但本方法适用的化学反应, 必须足够缓慢, 如太快, 会使在测量时间内浓度变化太快, 导致测量结果有极大的误差。

例如 在 340 K 时, 将 0.160 mol N_2O_5 放在 1 L 的容器中。实验测定其浓度随时间变化的数据如表。(发生反应: $2 \text{N}_2\text{O}_5 = 4 \text{NO}_2 + \text{O}_2$)

时间(min)	0	1	2	3	4
N_2O_5 的浓度(mol/L)	0.160	0.113	0.080	0.056	0.040

以 N_2O_5 的浓度为纵坐标, 时间为横坐标, 得反应物浓度随反应时间变化的曲线。在曲线上任一点作切线。(如图 1-3, 所示)

$$\begin{aligned}\text{斜率} &= \frac{\Delta c(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} \\ v &= \frac{\Delta c(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = \frac{0.056}{0.20} \\ &= 0.028 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})\end{aligned}$$



二、影响化学反应速率的因素

知识技能



氮具有十分广泛的用途。用氮可以合成氨、化肥、硝酸和炸药等。但由于氮气非常稳定, 把空气中的氮气转化为可利用的氮的化合物的过程(固氮)非常困难, 这要消耗大量的能量, 产量也很有限。而豆科植物的根部有一种根瘤菌, 却能在常温、常压下将空气中的氮气转化为氮的化合物。因此, 科学家长期以来一直盼望能用化学方法模拟固氮菌在常温、常压下进行固氮。从 60 年代开展的这方面研究已取得一定的成绩, 但还没有突破性进展, 这仍然是一个重要的科学研究课题。一旦固氮的研究成功, 对化学工业和人类社会的发展将产生巨大影响。

目前合成氮肥的核心反应是 N_2 和 H_2 化合成 NH_3 。而该反应是在高温、高压,有催化剂的条件下才能进行,高温、高压都需要大量的能源,原料氢气的制取又需要大量的能源和水。在能源、水资源都很缺乏的今天,如果仿生物固氮能成功,那么这对减少环境污染、节约资源都会有重大的意义。

同样是氮的固定,为什么生物固氮在常温、常压下就能进行?固氮菌生物在固氮中起了什么作用?这些问题都和影响反应速率的因素有关。

一、影响反应速率的内因

化学反应有的快(如酸碱中和反应),有的慢(如合成氨)。这说明反应物的性质是影响化学反应的最主要因素。例如:氢氧爆鸣气遇明火就迅速反应,可导致爆炸。而 N_2 和 H_2 反应,则要在高温、高压,有催化剂的条件下。 N_2 和 H_2 反应较慢。这是因为,在 N_2 分子中两个 N 原子以三个共价键结合,键能大(946 kJ/mol),而 O_2 分子的键能是 493 kJ/mol,这样拆开 N_2 分子需要的能量比 O_2 多,另外 N 原子对电子的吸引能力没有 O 原子强(半径大于 O)。 N_2 的结构决定了它的性质稳定,没有 O_2 活泼,而性质稳定又决定了反应速率比较小。

另外,反应类型也影响反应速率。通常离子反应是很快的,如 Ag^+ 和 Cl^- 反应生成 AgCl 沉淀几乎是瞬间完成的。实验测定,此类反应大多可在百分之一秒内完成。而分子之间的反应往往较慢,如大多数的有机反应。

二、影响化学反应速率的外因

对于一个特定的化学反应来说,我们无法改变反应物的性质和反应所属的类型,所以我们主要研究外界条件(如反应物的浓度、反应温度、压强、催化剂等)对反应速率的影响。

1 浓度

在初中我们学过了单质碳在空气和纯氧中的燃烧实验。当我们把在空气中燃烧的木条放入装有纯氧的集气瓶里,会观察到它比在空气中烧得更明亮、更旺,燃烧得更快;即便我们将带火星的木条放入纯氧中,木条仍会立即燃烧起来。以上实验现象有差异,主要原因是纯氧中 O_2 分子浓度比空气中 O_2 分子浓度大。

这样的实验事实太多了。比如,在初中学过的 S 在纯氧和空气中的燃烧实验,教材中的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 H_2SO_4 的反应实验等。这些无不说明一个规律:其他条件不变时,增大反应物浓度,反应速率增大;减小反应物浓度,反应速率减小。

2 压强

对于有气体参加的反应,如增大压强,一般来说就会减小体积,那么单位体积内反应物的分子数就增加了,即浓度变大了(如图 1-4 所示),根据浓度对反应速率的影响,速率增大;相反,减小压强,体积变大,则浓度变小,速率减小。

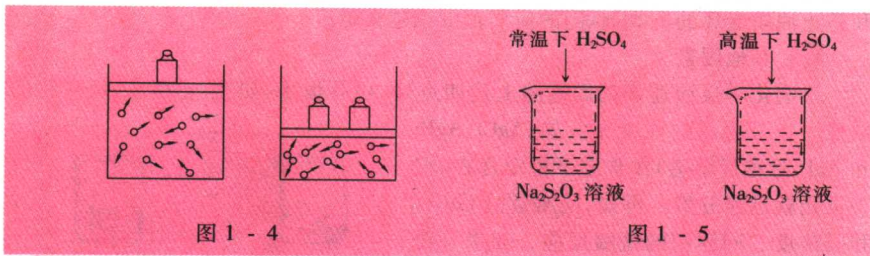


图 1 - 4

图 1 - 5

3 温度

生活经验告诉我们,不易熟的食品用高压锅来烹调比用普通锅熟得快。这是因为水的沸点随着压强的增大而升高,在高压锅内温度高,因而食物易熟。而食物在由生变熟的烹调过程中所发生的变化就是化学变化。这个实例告诉我们:反应温度越高,化学反应速率越大。

我们也可以利用现象明显的化学反应实验来说明这个问题。如图 1 - 5 所示,我们取两个烧杯装有同浓度、同体积的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液,然后再取两支试管,各盛同浓度、同体积的 H_2SO_4 ,将一支试管在酒精灯上加热,然后将两支试管中的 H_2SO_4 同时分别倒入两个烧杯。我们会观察到加入热的 H_2SO_4 的烧杯内,先出现沉淀(说明反应快),而另一个后出现沉淀(说明反应慢)。这个实验中,所有条件都是相同的,只是温度不同。可见,温度升高,反应加快。

无数实验证明:其他条件不变时,升高温度,化学反应速率增大;降低温度,化学反应速率一般都减小。实验测得,温度每升高 10°C ,化学反应速率一般都增大到原来的 2~4 倍。

例如 已知:温度每升高 10°C ,化学反应速率就增大为原来的 2 倍。某反应在 10°C 的反应速率为 $3\text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$,其他条件不变,则该反应在 40°C 时的反应速率为多大?

解: $3\text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s}) \times 2 \times 2 \times 2 = 3\text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s}) \times 2^3 = 24\text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

注意: 不是 $3\text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s}) \times 2 \times 3 = 18\text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ 。

4 催化剂

在初中我们学过实验室制 O_2 :在 KClO_3 中加入 MnO_2 ,加热到 240°C , KClO_3 就迅速分解放出 O_2 ,若不用 MnO_2 ,则 KClO_3 要加热到 370°C ~ 380°C 才缓慢分解。这说明催化剂的存在使其化学反应速率增大了。

无数的实验证实:一般来说,催化剂能增大反应速率。

我们应该注意的是,催化剂是指能改变化学反应速率而本身在反应前后其化学组成和性质是都不改变的物质。催化剂有能加速反应的(这是我们常用的催化剂),也有能减小反应速率的。近年来,负催化剂(如防止橡胶、塑料老化的防老剂

和防止油质变坏的抗氧化剂等)的应用范围也越来越广。

5 其他因素

影响化学反应速率的因素除上述四点外,还有很多,如光、超声波、反应物的颗粒大小及溶剂的性质等。如:AgCl,AgBr和AgI(对光很敏感)在常温下稳定存在,但一见光就迅速分解。再如,同质量的 CaCO_3 和同浓度、同体积的盐酸反应,如果一份 CaCO_3 为粉末状,另一份 CaCO_3 为块状,则由于粉末状 CaCO_3 和盐酸接触机会多,因而B的反应速率大(如图1-6所示)。

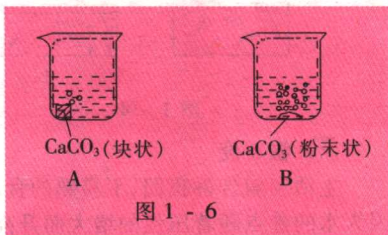


图 1 - 6

二、分子碰撞理论

发生化学反应的先决条件是反应分子(离子)间必须碰撞、接触,这样才会使分子的化学键断开,原子重新排列组合,产生新的分子。否则,我们可以想像:参加反应的分子(离子)互相之间不接触也不碰撞,根本不可能生成新物质。以气体为例:一定时间内,一定量的气体分子间的碰撞次数都是十分巨大的。如在 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 500°C 时,有浓度为 0.01 mol/L 的HI气体1L,其分子间的碰撞次数每秒高达 3.5×10^{18} 次之多。如果每次碰撞都能反应,那么HI的分解应是极快的,但事实不是这样。又如,常温、常压下, H_2 和 O_2 的混合气中, H_2 分子之间、 O_2 分子之间、 H_2 和 O_2 的分子之间的碰撞次数也是十分巨大的,但 H_2 和 O_2 却可以长期放置而不发生反应。可见能引发化学反应的碰撞是极其有限的,我们把能够引发化学反应的碰撞叫**有效碰撞**,不能引发化学反应的碰撞叫**无效碰撞**。

为什么有的分子碰撞能引发反应而有的不能呢?因为要使两个分子之间发生反应必须使反应物的分子中化学键断裂或削弱,在这个过程中反应物的分子要有足够的能量;另外要形成新分子,要使两个粒子之间靠近到使它们的最外层电子能相互作用的程度,这就要求粒子有足够的能量去克服围绕两核的电子间的斥力。可见发生有效碰撞的分子要有较高的能量。我们还要考虑方向问题,这正如我们乘车去某地,即使有性能非常好的汽车,但车开的方向不对,那么我们也很难或不能到达目的地。综上所述,只有分子具有很大的能量和适当的碰撞方向,这时的碰撞才是有效碰撞。**化学反应速率显然决定于单位时间内、单位体积内的有效碰撞次数。**

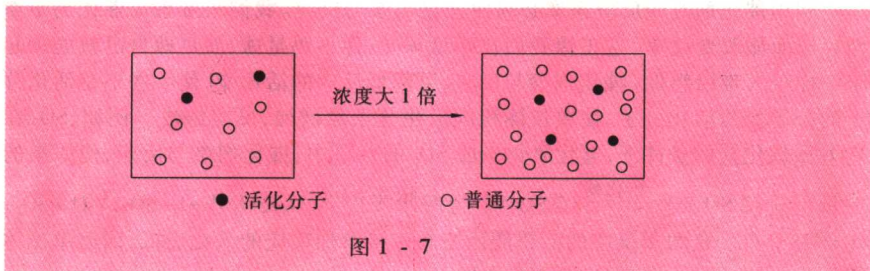
在一定温度下,反应物的分子具有一定的能量(如动能),但并不是所有分子的能量都相等。我们可以算出其分子的平均能量。只有比平均能量高的一些分子,才有可能发生有效碰撞,这种分子叫**活化分子**。活化分子具有的最低能量与分子

平均能量之差,叫**反应的活化能**。单位体积内活化分子数越多,单位时间内的有效碰撞次数就可能越多,反应就可能更快。

下面我们用分子碰撞理论解释各种外界条件对化学反应速率的影响。

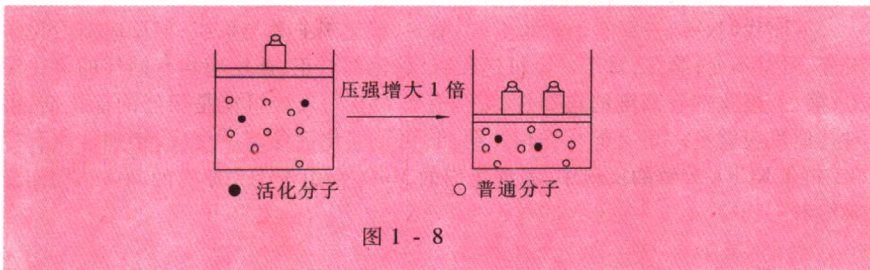
1 浓度

对某一反应,反应物中活化分子的个数的百分含量是一定的。因此,单位体积内活化分子数和反应物的浓度成正比。如图 1 - 7 所示,反应物浓度**增大**了,活化分子个数的百分含量没变,但单位体积内活化分子数多了,单位时间内的有效碰撞增多,反应**加快**。



2 压强

对**气体**来说,**增大**压强,体积缩小,反应物浓度增大,单位体积内活化分子数增加,单位时间内的有效碰撞次数增加,反应**变快**。(如图 1 - 8)



3 温度

当其他条件不变时,**升高温度**,反应物分子必然吸收能量。这使一些低能量的分子变成高能量分子(活化分子),单位体积内活化分子数增加。同时,温度升高,分子的运动速度增大,这样单位时间内的碰撞次数也能增加,因而反应**变快**。(如图 1 - 9 所示)