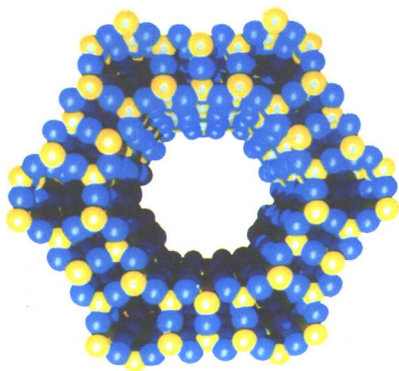


名师解惑丛书



化学反应速率与化学平衡

王笃年 编著

山东教育出版社

名师解惑丛书

化学反应速率与 化学平衡

王笃年 编著

山东教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学反应速率与化学平衡/王笃年编著. — 济南: 山东教育出版社, 1998(2000 重印)

(名师解惑丛书)

ISBN 7-5328-2717-8

I. 化… II. 王… III. 化学课—高中—课外读物
IV. G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 02865 号

名师解惑丛书

化学反应速率与化学平衡

王笃年 编著

出版者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编: 250001)

电话: (0531) 2023919 传真: (0531) 2050104

网址: <http://www.sjs.com.cn>

发行者: 山东教育出版社

印刷: 山东新华印刷厂

版次: 1998 年 9 月第 1 版

· 2001 年 1 月修订第 2 版

2001 年 6 月第 6 次印刷

规格: 787mm × 1092mm 32 开本

印张: 3.75

字数: 81 千字

书号: ISBN 7-5328-2717-8/G·2495

定价: 3.60 元

如印装质量有问题, 请与印刷厂联系调换

再 版 说 明

“名师解惑丛书”出版发行以来,以其新颖的编写体例和缜密的知识阐述,深受广大读者青睐,曾连续多次重印。

近几年来,基础教育正发生深刻的改革:“科教兴国”战略深入人心,素质教育全面推进,与此同时,以“普通高等学校招生全国统一考试试卷”为主要载体,所反映出的高考招生改革信息和发展趋势,迫切需要广大教师和莘莘学子以新的视角和思维,关注并投身到这场改革之中。

有鉴于此,我们对“名师解惑丛书”进行了全面修订。此次修订将依然保持被广大读者认同的,每一册书为一个专题讲座的模式,围绕“如何学”,“如何建立知识间的联系”,“如何学以致用”等,帮助广大学生读者解决在学习知识和考试答卷过程中可能遇到的疑难问题。更重要的是,最新修订的“名师解惑丛书”在如何培养学生的创新精神和创造能力,联系现代科学技术及其在日常生产生活中的应用方面,做了较大的充实和修订……

丛书的编写者和出版者相信,您正在翻阅的这本书,将有助于您目前的学习。



作 者 的 话

本书以现行高中化学教材内容为依托,本着与日常生活中的化学现象、与现代高新技术相联系的原则,对化学反应速率和化学平衡的重要知识点进行了深入浅出的分析。

有关化学反应速率的知识点主要有二:一是化学反应速率的表示方法;二是外界条件对化学反应速率的影响。前者实际上只是根据化学方程式计算的变形;关于后者,书中既运用碰撞理论对其机理进行了分析,又列举了大量生产和生活中的事实加以佐证,使读者更容易从本质上把握知识的内涵,更容易完成知识的系统化。

有关化学平衡的知识点较多,有化学平衡的概念和特征、化学平衡状态的判断、有关反应速率及物质浓度变化的图象、关于平衡常数及反应物转化率的计算、等效平衡的一些问题等,书中以较多的实例加以分析说明。特别是利用平衡常数的概念

对影响化学平衡的一些外界条件进行了深入细致的探讨,使知识的理论性和系统性增强,更易于把握。

2000 年 10 月

作者简介 王笃年,1964 年生。中学高级教师。1985 年毕业于山东师范大学化学系,1992 年 10 月~1994 年 3 月,经国家教委推荐,以“教员研修留学生”身份赴日本留学进修,就读于横滨国立大学研究生院(大学院)教育学研究科,主修现代理科教育。2000 年 10 月起,参加国家级骨干教师培训。现任山东省诸城一中校长助理、教导处主任、教科中心主任,山东省教育学会化学教学研究专业委员会常务理事、副秘书长,山东省青年化学教师教学研究会副理事长。山东省教学能手、山东省优质课一等奖获得者。主编或合编《化学学习能力培养指导(高中第二分册)》、《高中全程复习优化设计·化学》、《高中化学学科素质教育研究》、《学习能力学》等。

名师解惑丛书

《集合与函数》

《数列 极限 数学归纳法》

《平面三角》

《平面向量》

《不等式》

《直线和圆》

《圆锥曲线》

《线 面 体》

《概率与统计》

《微积分初步》

《复数》

《物体的平衡》

《物体的运动》

《牛顿运动定律》

《守恒定律》

《振动和波》

《气体的性质》

《电场和磁场》

《电路》

《电磁感应》

《氧化还原反应》

《电解质溶液》

《物质的量》

《物质结构与元素周期律》

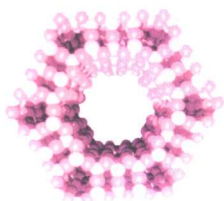
《非金属元素及其化合物》

《金属元素及其化合物》

《化学反应速率与化学平衡》

《烃及烃的衍生物》

名师解惑丛书



策划\孙永大

责任编辑\赵 猛\刘 辉

装帧设计\革 丽\戚晓东

ISBN 7-5328-2717-8



9 787532 827176 >

ISBN 7-5328-2717-8/G · 2495

定价：3.60 元

目 录

一	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条件	6
	(三)化学反应速率与 STS	27
二	化学平衡	30
	(一)可逆反应	30
	(二)化学平衡状态	31
	(三)外界条件对化学平衡的影响——勒沙特列原理	36
	(四)化学平衡常数	39
	(五)平衡转化率及有关计算	47
	(六)化学平衡与 STS	89
三	综合自测题	96

一 化学反应速率

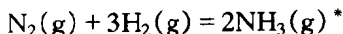
供食用的小麦面粉等并不太容易起火,但是以粉尘的形式弥漫于空气中,遇到明火就会发生猛烈的爆炸,造成严重的人员伤亡事故和巨大的财产损失!这是为什么呢?一般情况下,使用催化剂和升高反应温度都能使化学反应的速率增大,这两种增大的机理有什么不同吗?实验室里制取氢气时反应的速率太慢,可采用怎样的措施使反应速率加快呢?学过本章之后,这些问题即可得到较好的解决。

(一)化学反应速率的表示方法

化学反应速率是以单位时间内反应物物质的量的增加或生成物物质的量的减少来表示的。但是,一般情况下,工业生产的过程中不可能将参加反应的全部物质进行检验或测定,而是采用抽样检测的办法。所以,通常用单位时间内反应物浓度的减少

或生成物浓度的增大表示。单位是 $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 或 $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ 等。

例如, 已知某合成氨反应的数据如下:



起始浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	1.0	3.0	0
2s 末浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	0.6	1.8	0.8

则, 此反应在这 2s 内的平均反应速率可分别用 N_2 、 H_2 、 NH_3 浓度变化表示如下:

$$v(\text{N}_2) = \frac{1.0\text{mol/L} - 0.6\text{mol/L}}{2\text{s}} = 0.2\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$$

$$v(\text{H}_2) = \frac{3.0\text{mol/L} - 1.8\text{mol/L}}{2\text{s}} = 0.6\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$$

$$v(\text{NH}_3) = \frac{0.8\text{mol/L} - 0}{2\text{s}} = 0.4\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$$

值得注意的是, 用不同的物质表示同一反应在同一段时间内的反应速率的数值虽然不同, 但其本质却是一样的。通过分析可知, 用不同物质的浓度变化所表示的反应速率的数值之比等于反应方程式中各物质的系数之比。上例中

$$v(\text{N}_2) : v(\text{H}_2) : v(\text{NH}_3) = 0.2\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s}) : 0.6\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s}) : 0.4\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s}) = 1:3:2$$



用本部分知识解决问题时, 主要应把握好用不同物质浓度的变化表示同一个反应在同一段时间内的平均反应速率时, 它们的比值等于

* 化学方程式中的 g 表示气体, s 表示固体, l 表示液体, aq 表示水溶液。

化学方程式中对应各物质的系数之比这一关系。

为什么对同一个化学反应,用不同的物质(反应物或生成物)表示同一段时间内的反应速率时,其数值可能不同?

这是由化学反应速率的定义决定的。化学反应速率是指单位时间内反应物浓度的减小或生成物浓度的增加。显然,不管用哪一种物质的浓度变化表示化学反应速率,其值都是正值。而对于任何化学反应,反应物和生成物均处于同一时空状态下,发生反应的过程中,各种物质都是按照一定的比例(化学方程式中各物质的系数,即化学计量数)发生变化(减少或增多)的,如果物质的系数(化学计量数)不同,用不同的物质的浓度变化表示的化学反应速率的值当然也就不同了。但这些值之间存在着内在的联系,他们的比值等于化学方程式中各物质的系数(化学计量数)之比。



[例题 1]合成氨反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$, 某段时间内的平均化学反应速率分别用 $v(\text{N}_2)$ 、 $v(\text{H}_2)$ 、 $v(\text{NH}_3)$ 表示[单位均为 $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$]时,

下列关系正确的是()。

- A. $v(\text{N}_2) = v(\text{H}_2) = v(\text{NH}_3)$ B. $v(\text{N}_2) = 3v(\text{H}_2)$
C. $v(\text{NH}_3) = 3/2v(\text{H}_2)$ D. $v(\text{H}_2) = 3v(\text{N}_2)$

[解析]根据以上规律可知,对此反应,应有 $v(\text{N}_2) : v(\text{H}_2) : v(\text{NH}_3) = 1 : 3 : 2$, 立即判断出 A、B、C 均不正确, 应选 D。

[例题 2]氨催化氧化反应 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, 在容积为 5L 的密闭容器中进行, 0.5min 后, NO 的物质的量增

加了 0.3mol, 则在这 5min 内, 此反应的平均速率 $v(\text{X})$ 为 ()。

A. $v(\text{O}_2) = 0.01\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

B. $v(\text{NO}) = 0.008\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

C. $v(\text{H}_2\text{O}) = 0.003\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

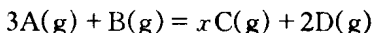
D. $v(\text{NH}_3) = 0.002\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

[解析]首先利用题中所给条件求出 $v(\text{NO})$, $v(\text{NO}) =$

$$\frac{0.3\text{mol}}{5\text{L} \times 30\text{s}} = 0.002\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s}), \text{ 然后根据“用不同物质表示反应}$$

速率的值之比等于化学方程式中各对应物质的系数之比”关系, 分别算出 $v(\text{NH}_3)$ 、 $v(\text{O}_2)$ 、 $v(\text{H}_2\text{O})$ 的值, 可知 A、B 是错误的, 而 C、D 是正确的, 应选 C、D。

[例题 3]将 3mol A 气体与 2.5mol B 气体混合, 在 2L 的密闭容器中发生如下反应:



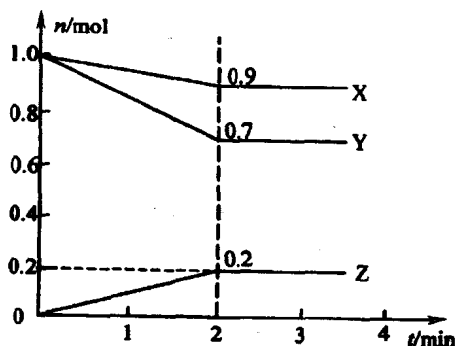
经过 5min, D 的物质的量为 1mol, 在这 5min 内用 C 的浓度变化表示的化学反应速率的值为 $0.1\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$, 求 x 的值。

[错解]根据“用不同物质表示的化学反应速率的值之比等于化学方程式中对应物质的系数之比”得: $v(\text{C}):v(\text{D}) = 0.1:(1/5) = x:2$, 解得, $x = 1$ 。

[分析]此题错解的主要原因是, 由于忽视了单位运算, 没有注意到反应器的体积为 2L, 将用 D 表示的化学反应速率值算错。

[解答] $v(\text{C}):v(\text{D}) = 0.1\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min}): (1\text{mol}/2\text{L} \div 5\text{min}) = x:2$, 解得, $x = 2$ 。

[例题 4] 某温度时, 在 2L 的容器中 X、Y、Z 三种物质随时间的变化曲线如下图所示。由图中数据分析, 该反应的化学方程式为 _____, 反应开始至 2min 末, 用 Z 的浓度变化表示的平均化学反应速率为 _____。



[分析] 解答此题的关键是先看懂图象。随着时间的推移, X 和 Y 的物质的量在减少, 而 Z 的物质的量在增加, 说明 X 和 Y 是反应物, 而 Z 是生成物。X 和 Y 在 2min 内分别减少了 0.1mol 和 0.3mol, Z 在 2min 内增加了 0.2mol, 三者发生变化的物质的量之比为 $X:Y:Z = 0.1\text{mol}:0.3\text{mol}:0.2\text{mol} = 1:3:2$, 故化学方程式中系数(化学计量数)之比为 1:3:2。注意, 计算用 Z 的浓度变化表示的化学反应速率时, Z 的物质的量变化值要除以容器的体积 2L。

[解答] 该反应的化学方程式为 $X + 3Y \rightleftharpoons 2Z$, 从反应开始到 2min 末, 用 Z 的浓度变化表示的化学反应速率为

$0.05\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ 。

(二)影响化学反应速率的条件

影响化学反应速率的最主要因素是反应物的性质,这是内因。但对于特定的化学反应来说,我们能够改变的往往只能是外界条件。所以,此处主要研究外界条件(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

在其他条件不变时,增大反应物的浓度,反应速率加快;减小反应物的浓度,反应速率减慢。

注意:(1)固体物质以及纯液体物质的浓度可看作是一个固定的常数,不会发生改变。因此,有固体物质或纯液体物质参加的反应,在其他条件(包括固体物质或纯液体的总表面积)不变时,单纯改变固体或纯液体物质的量不会改变反应速率。(2)对于可逆反应而言,增大反应物浓度的一瞬间,正反应的反应速率增大,而逆反应的速率不变。但随着反应的进行,生成物(即逆反应的反应物)浓度的增大使逆反应的反应速率也会增大。最终结果正、逆反应的反应速率都增大了。

2. 温度

在其他条件不变时,升高温度,化学反应的速率一般都加快;降低温度,化学反应速率一般都减慢。实验测得,温度每升高 10°C ,化学反应的速率一般都增大到原来的 $2\sim 4$ 倍。

注意:对于可逆反应,升高温度,正逆反应的速率都增大,只是增大的幅度不同(吸热反应增大的幅度更大)。

3. 压强

对于有气体参加的化学反应,增大反应体系的压强,化学反应速率加快;减小反应体系的压强,化学反应速率减慢。

注意:(1)因为改变压强实质是引起了气体物质体积(浓度)的改变,因此压强只对有气体参加的反应起作用。对于没有气体参加的反应(如溶液中的反应),由于改变压强对反应物的体积几乎不发生影响,所以压强对这些反应的速率无影响。(2)对于有气体参加和生成的可逆反应,增大压强,正逆反应的速率都增大,只是增大的幅度不一定相同。

4. 催化剂

参与化学反应,能改变化学反应的速率,但反应的前后其本身的质量和化学性质并不发生改变的物质叫催化剂。加快化学反应的叫正催化剂,减慢化学反应的叫负催化剂。

注意:对于可逆反应来说,同一催化剂能同等程度地改变正、逆反应速率。

5. 其他因素

影响反应速率的外界条件除以上四点外,还有固体反应物的表面积、反应物的状态、溶剂、光、射线、超声波、激光、扩散速率等等。如,与同浓度的盐酸溶液反应时,锌粉比锌粒要快得多;黑暗处,氯气和氢气的混合气体并不反应,但有光照射时,则以极大的速率(爆炸)发生反应。

对影响化学反应速率的外界条件,要在深入思考的基础上,理解并把握其实质。切不可死记硬背,生搬硬套。

如图 I:在相同温度下,分别在下列两个体积相同、密闭而透明的玻璃容器内,同时混合① $1\text{mol H}_2\text{S}$ 、 0.5mol SO_2 气体;② $1\text{mol H}_2\text{S}$ 、 0.5mol SO_2 气体和 1mol N_2 。问哪一个容器

中最先出现单质硫的粉末?

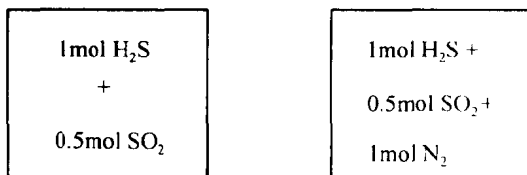


图 1

有人往往错误地认为,第二个容器中气体的总的物质的量大,因而压强大,化学反应的速率大,所以应是第二个容器中最先看到硫的产生。其实不然,因为压强的改变归根到底要引起气体浓度的改变才能使化学反应速率发生变化。在第二个容器中,虽然多加了 1mol N_2 ,使得容器内压强增大了,但这种增大对 H_2S 和 SO_2 气体的浓度没有产生影响,单位体积内反应物分子数、活化分子数均未变化,单位时间、单位体积内的有效碰撞次数也不会发生什么变化,所以对化学反应的速率不会有影响。因此,两个容器内单质硫产生的速率应当是相同的。

思考:如果在两个带有活塞(能保持反应器内压强不变)的容器中分别同时混合 ① $1\text{mol H}_2\text{S}$ 、 0.5mol SO_2 气体; ② $1\text{mol H}_2\text{S}$ 、 0.5mol SO_2 气体和 1mol N_2 。问哪一个容器中最先出现单质硫的粉末?(如图 II)

* 同样道理,由于两个容器内的压强相同,而第二个容器中气体的总的物质的量大,使得第二个容器的体积增大,导致 H_2S 和 SO_2 的浓度均降低,反应的速率比第一个容器内小,故