

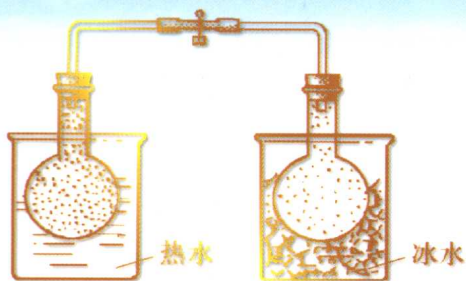
高中化学

龙门 考题

化学反应速率与化学平衡

主编 王后雄

本册主编 王后雄



第二次修订版



龙门书局

化学反应速率与化学平衡



主 编 王后雄

本册主编 王后雄



龍門書局

北京

第二次修订版

版权所有 翻印必究

本书封面贴有科学出版社、龙门书局激光防伪标志,
凡无此标志者均为非法出版物。

举报电话:(010)64033640 13501151303 (打假办)

邮购电话:(010)64000246

图书在版编目(CIP)数据

化学反应速率与化学平衡/王后雄主编;王后雄本册主编. —修
订版. —北京:龙门书局, 2003

(龙门专题)

ISBN 7-80160-207-2

I. 化… II. ①王…②王… III. 化学课-中学-教学参考资料
IV. G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 081029 号

责任编辑:王 敏 袁勇芳 / 封面设计:三土图文

龙 门 书 局 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社总发行 各地书店经销

*

2001年2月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2003年1月第二次修订版 印张:4 1/2

2003年1月第六次印刷 字数:160 000

印数:120 001—150 000

定 价:5.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

参考书几乎是每一位学生在学习过程中必不可少的。如何发挥一本参考书的长效作用,使学生阅读后,能更透彻、迅速地明晰重点、难点,在掌握基本的解题思路和方法的基础上,举一反三、触类旁通,这是教参编者和读者共同关心的问题。这套《龙门专题》就是龙门书局本着以上原则组织编写的。它包括数学、物理、化学、生物四个学科共计 55 种,其中初中数学 12 种,高中数学 12 种,初中物理 5 种,高中物理 7 种,初中化学 4 种,高中化学 10 种,高中生物 5 种。应广大读者的要求,2002 年又新增地理 4 种,研究性学习 5 种,初中语文 8 种。

本套书在栏目设置上,主要体现了循序渐进的特点。每本书内容分为两篇——“基础篇”和“综合应用篇”(高中为“3 + X”综合应用篇)。“基础篇”中的每节又分为“知识点精析与应用”、“视野拓展”两个栏目。其中“知识点精析与应用”着眼于把基础知识讲透、讲细,帮助学生捋清知识脉络,牢固掌握知识点,为将成绩提高到一个新的层次奠定扎实的基础。“视野拓展”则是在牢固掌握基础知识的前提下,为使学生成绩“更上一层楼”而准备的。需要强调的是,这部分虽然名为“拓展”,但仍然立足于教材本身,主要针对教材中因受篇幅所限言之不详,但却是高(中)考必考内容的知识点(这类知识点,虽然不一定都很难,但却一直是学生在考试中最易丢分的内容),另外还包括了一些不易掌握、失分率较高的内容。纵观近年来高(中)考形势,综合题与应用题越来越多,试行“3 + X”高考模式以后,这一趋势更加明显。“综合应用篇”正是为顺应这种形势而设,旨在提高学生的综合能力与应用能力,使学生面对纷繁多样的试题,能够随机应变,胸有成竹。

古人云:授人以鱼,只供一饭之需;授人以渔,则一生受用无穷。这也是我们编写这套书的宗旨。作为龙门书局最新推出的《龙门专题》,有以下几个特点:

1. 以“专”为先 本套书共计 55 种,你尽可以根据自己的需要从中选择最实用、最可获益的几种。因为每一种都是对某一个专题由浅入深、由表及里的诠释,读过一本后,可以说对这个专题的知识就能够完全把握了。

2. 讲解细致完备 由于本套书是就某一专题进行集中、全面的剖析,对知识点的讲解自然更细致。一些问题及例题、习题后的特殊点评标识,能使学生对本专题的知识掌握起来难度更小,更易于理解和记忆。

3. 省时增效 由于“专题”内容集中,每一本书字数相对较少,学生可以有针对性地选择,以实现在较短时间里对某一整块知识学透、练透的愿望。

4. 局限性小 与教材“同步”与“不同步”相结合。“同步”是指教材中涉及的知识点本套书都涉及,并分别自成一册;“不同步”是指本套书不一定完全按教材的章节顺序编排,而是把一个知识块作为一个体系来加以归纳。如归纳高中立体几何中的知识为四个方面、六个问题,即“点、线、面、体”和“平行、垂直、成角、距离、面积、体积”。让学生真正掌握各个知识点间的相互联系,从而自然地连点成线,从“专题”中体味“万变不离其宗”的含义,以减小其随教材变动的局限性。

5. 主次分明 每种书的前面都列出了本部分内容近几年在高考中所占分数的比例,使学生能够根据自己的情况,权衡轻重,提高效率。

本套书的另一特点是充分体现“减负”的精神。“减负”的根本目的在于培养新一代有知识又有能力的复合型人才,它是实施素质教育的重要环节。就各科教学而言,只有提高教学质量,提高效率,才能真正达到减轻学生负担的目的。而本套书中每本书重点突出,讲、练到位,对于提高学生对某一专题学习的相对效率,大有裨益。这也是本书刻意追求的重点。

鉴于本书立意的新颖,编写难度很大,又受作者水平所限,书中难免有疏漏之处,敬请不吝指正。

编 者

2002 年 11 月

编委会

(高中化学)

(第二次修订版)

执行
编委

王敏

孙校生

陈天庆

陈长东

李玉华

编主总
委编划

易世家

张敏

王后雄

龙门书局



目 录

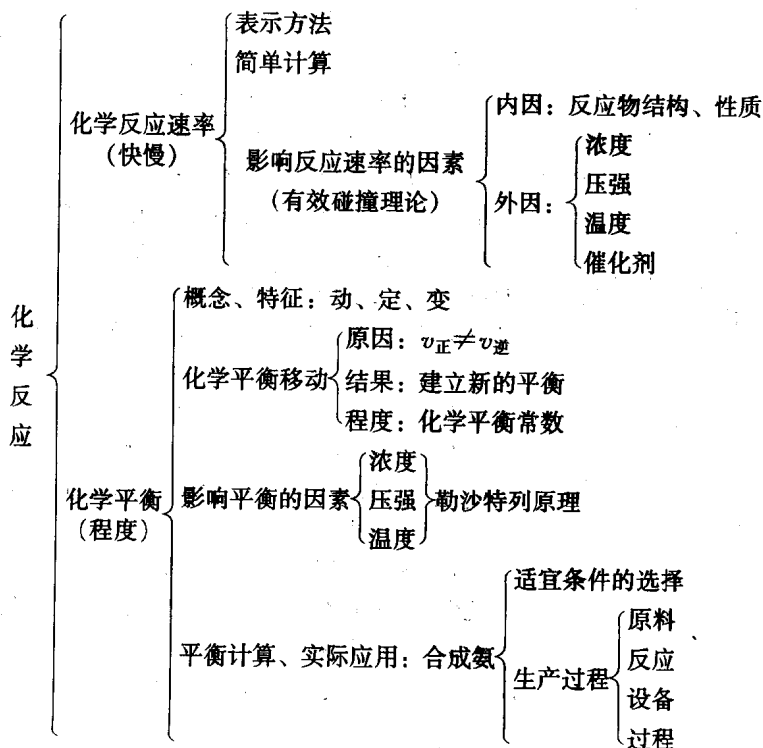
第一篇 基础篇	(1)
第一讲 化学反应速率	(2)
1.1 化学反应速率的概念及计算	(3)
1.2 影响化学反应速率的因素	(12)
高考热点题型评析与探索	(24)
本讲测试题	(28)
第二讲 化学平衡	(33)
2.1 化学平衡及化学平衡常数	(34)
2.2 影响化学平衡移动的条件	(52)
2.3 合成氨条件的选择	(75)
高考热点题型评析与探索	(92)
本讲测试题	(104)
第二篇 3 + X 综合应用篇	(116)
学科内综合与应用	(116)
学科内综合应用训练题	(119)
跨学科综合与应用	(124)
跨学科综合应用训练题	(127)

第一篇 基础篇

近几年本专题的知识在高考题中所占分数的比例：

2000 年	2001 年		2002 年	
	3+2	理科综合	3+1 (上海)	理科综合
13%	13.3%	6.5%	8.0%	5%

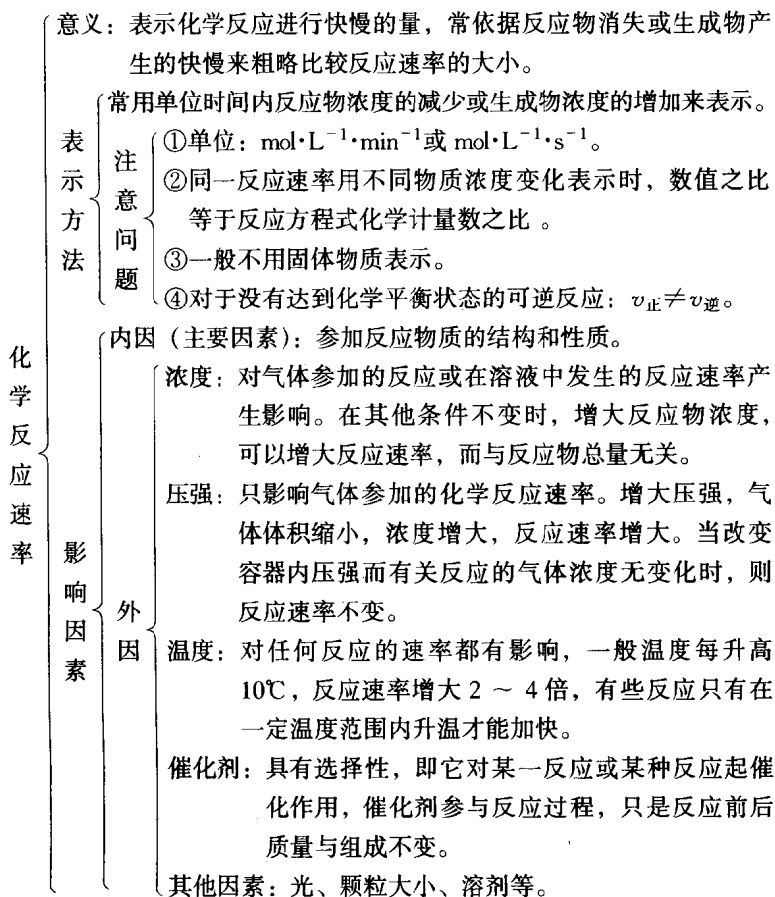
本书知识框图：





第一讲 化学反应速率

本讲知识框图：





1.1 化学反应速率的概念及计算

重点难点归纳

1. 掌握化学反应速率的概念及简单计算。
2. 理解化学反应速率与化学计量数之间的关系。

知识点精析与应用

【知识点精析】

1. 化学反应速率的概念

化学反应速率是用来衡量化学反应进行快慢程度的，通常用单位时间（每秒、每分、每小时等）内反应物浓度的减少或生成物浓度的增加来表示。

Δc ：浓度变化的单位常用 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示，故化学反应速率的单位可以用 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示。

2. 化学反应速率的计算

时间用字母表示为：小时:h, 分:min, 秒:s

$$\text{反应速率}(v) = \frac{\text{浓度变化量}(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})}{\text{时间变化量}(\text{s}, \text{min 或 h})}$$

学习中应注意以下问题：

- ①单位：化学反应速率的单位由浓度和时间的单位决定。
- ②化学反应速率实际指的是一段时期内的平均速率，不是瞬时速率。
- ③固体或纯液体（注意：不是溶液）的浓度可视为不变的常数，因此，一般不用固体或纯液体表示化学反应速率。水即为纯液体

3. 化学反应中的速率与化学计量数的关系

对于某一化学反应，可以用反应物和生成物的浓度变化来表示该化学反应速率。虽然得到的数值大小可能不同，但各物质的速率比等于化学方程式中相应物质的化学计量数之比。如对如下反应：



$$v(A) : v(B) : v(C) : v(D) = m : n : p : q$$

【解题方法指导】

【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. 食物腐烂 C. 工业炼钢 D. 塑料老化

解析 改变化学反应速率在实践中有很重要的意义，在实际生产和生活中，有的需要加快某些生产过程，如加速炼钢过程、加速合成树脂等，有的需

要减缓某些反应速率,如钢铁生锈、延缓塑料和橡胶的老化等。答案为C。

反应速率问题在我们身边

点评 对于同一化学反应(如 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$),有时要加快反应速率(如生产硫酸),有时需减缓反应速率(如空气中 SO_2 转变成酸雾)。

【例2】 反应 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 在 10 L 密闭容器中进行,半分钟后,水蒸气的物质的量增加了 0.45 mol,则此反应的平均速率 $\bar{v}(\text{X})$ (反应物的消耗速率或生成物的生成速率)可表示为 ()

- A. $\bar{v}(\text{NH}_3) = 0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ B. $\bar{v}(\text{O}_2) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
C. $\bar{v}(\text{NO}) = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ D. $\bar{v}(\text{H}_2\text{O}) = 0.045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

解析 此题首先应根据反应速率的定义求出 $\bar{v}(\text{H}_2\text{O})$,再根据化学方程式中的化学计量数之比求出 $\bar{v}(\text{NH}_3)$ 、 $\bar{v}(\text{O}_2)$ 和 $\bar{v}(\text{NO})$,并逐一与题目所给选项比较,选出正确答案。

寻找捷径

依题意, $\bar{v}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0.45 \text{ mol}}{\frac{10\text{L}}{30\text{s}}} = 0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, D 错误。

$\frac{\bar{v}(\text{NH}_3)}{\bar{v}(\text{H}_2\text{O})} = \frac{4}{6}$, 故 $\bar{v}(\text{NH}_3) < \bar{v}(\text{H}_2\text{O})$, 即 $\bar{v}(\text{NH}_3) < 0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, A 错误。

$\frac{\bar{v}(\text{O}_2)}{\bar{v}(\text{H}_2\text{O})} = \frac{5}{6}$, $\bar{v}(\text{O}_2) = \frac{0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 5}{6} = 0.00125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, B 错误。

$\frac{\bar{v}(\text{NO})}{\bar{v}(\text{H}_2\text{O})} = \frac{4}{6}$, $\bar{v}(\text{NO}) = \frac{0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 4}{6} = 0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, C 正确。答案为 C。

点评 求反应速率的途径一般有两条:一是根据反应速率的定义求;二是根据不同物质表示的反应速率之比等于它们在化学方程式中的化学计量数之比的规律来求。

【例3】 反应 $\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + 2\text{D}(\text{g})$, 在不同情况下测得反应速率,其中反应速率最快的是 ()

- A. $v(\text{D}) = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ B. $v(\text{C}) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
C. $v(\text{B}) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ D. $v(\text{A}) = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

解析 比较同一化学反应在不同情况下反应速率的快慢,应选用同种物质作标准。然后利用化学反应速率比等于化学方程式中各物质的化学计量数之比,求出不同情况下,用标准物质表示的化学反应速率,再进行比较。

千万不要拿不同物质的速率值的大小进行比较

若选用 $v(\text{A})$ 作标准: $\text{A. } v(\text{A}) = \frac{1}{2} v(\text{D}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

$\text{B. } v(\text{A}) = \frac{1}{2} v(\text{C}) = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

$\text{C. } v(\text{A}) = \frac{1}{3} v(\text{B}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

比较四个选项的 $v(\text{A})$ 值, 可知答案为 B。

点评 解题的关键是把不同物质表示的反应速率换算为同一物质表示的反应速率, 然后进行比较。

【例 4】 某温度时, 图 1-1 中曲线 X、Y、Z 是在 2L 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 _____; 反应开始至 2 min, Z 的平均反应速率为 _____。

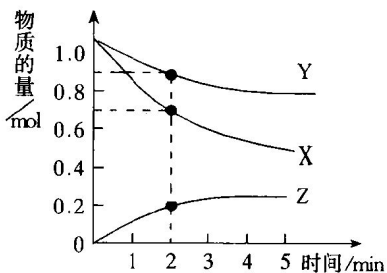


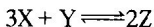
图 1-1

解析 由图 1-1 可知, 反应开始前只有 X 和 Y, 均为 1.0 mol; 反应开始后, X 和 Y 均减少, Z 增加。显然, X 和 Y 为反应物, Z 为生成物, 其反应的化学方程式可表示为 $a\text{X} + b\text{Y} \rightleftharpoons c\text{Z}$ 。图 1-1 中, 反应 2 min 时 X、Y、Z 的物质的量分别为 0.7 mol、0.9 mol、0.2 mol, 于是可根据化学反应中各物质的物质的量的改变量之比等于化学方程式中相应物质的化学计量数之比的规律, 求出各化学计量数。

逆向思维: 由 v 之比求化学计量数

$$a:b:c = (1.0 - 0.7):(1.0 - 0.9):(0.2 - 0) \\ = 3:1:2$$

因此, 该反应的化学方程式为:



想一想: 为什么是可逆反应

Z 的平均反应速率可根据化学反应速率的定义求出:

$$\bar{v}(\text{Z}) = \frac{0.2 \text{ mol}}{2 \text{ L} \cdot 2 \text{ min}} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$$

答案 $3\text{X} + \text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$, $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

点评 此类题目的解答要看清图中横坐标, 纵坐标及曲线的变化趋势。

【基础训练题】

1. 可逆反应 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$, 如果 SO_2 的起始浓度为 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

2 min 后 SO_2 的浓度为 $1.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则用 SO_2 的浓度变化表示的反应速率为

()

A. $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

B. $0.9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

C. $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

D. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

2. 下列反应中, 能瞬间完成的是

()

A. 硝酸见光分解

B. 硝酸银溶液与盐酸反应

C. 钢铁生锈腐蚀

D. 白薯发酵制造白酒

3. 反应 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 在 2 L 密闭容器中进行, 0.5 min 后, NO 物质的量增加了 0.12 mol, 则此反应的平均速率 v 为

()

A. $v(\text{O}_2) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

B. $v(\text{H}_2\text{O}) = 0.003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

C. $v(\text{NO}) = 0.008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

D. $v(\text{NH}_3) = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

4. 可逆反应 $m\text{A} + n\text{B} \rightleftharpoons x\text{C}$ (A、B、C 均是气体), 已知 $v(\text{A}) = a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $v(\text{B}) = b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; $v(\text{C}) = c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 则 x 的值为

()

A. $\frac{bc}{n}$

B. $\frac{ac}{m}$

C. $\frac{nc}{b}$

D. $\frac{mc}{a}$

5. 向 4 L 容器中充入 0.7 mol SO_2 和 0.4 mol O_2 , 4 s 末测得剩余 SO_2 是 0.3 mol, 则 $v(\text{O}_2)$ 为

()

A. $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

B. $0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

C. $0.050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

D. $0.0125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

6. 在一定温度下, 容器内某一反应中 M、N 的物质的量随反应时间变化的曲线如图 1-2, 下列表述中正确的是

()

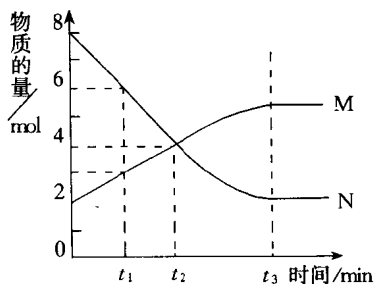
A. 反应的化学方程式为: $2\text{M} \rightleftharpoons \text{N}$ B. t_2 时, 正逆反应速率相等, 达到平衡C. t_3 时, 正反应速率大于逆反应速率D. t_1 时, N 的浓度是 M 浓度的 2 倍

图 1-2

7. 在 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 反应中, 反应物的消耗速率、生成物的生成速率之间的关系不正确的是

()

A. $v(\text{SO}_2) = v(\text{O}_2) = v(\text{SO}_3)$

B. $v(\text{O}_2) = \frac{1}{2} v(\text{SO}_2)$

C. $v(\text{SO}_2) = v(\text{SO}_3)$

D. $v(\text{SO}_3) = 2v(\text{O}_2)$

8. 在表示化学反应速率时, 常用_____体物质来表示, 一般不用_____体物质表示。化学反应速率的计算公式是_____, 单位是_____。

9. 对于反应: $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ 。试回答下列问题:

(1) 常选用哪些物质浓度的变化来表示该反应的反应速率? 答: _____。

(2) 若生成 SO_2 的速率为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 则 O_2 减少的速率是_____。

(3) 测得 4s 后 O_2 的浓度为 $2.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则开始时 O_2 的浓度为_____。

10. 在四个同样的密闭容器中发生反应: $\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$, 在同一时间内测得容器内的反应速率: 甲为 $v(\text{A}) = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 乙为 $v(\text{B}) = 4.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 丙为 $v(\text{C}) = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 丁为 $v(\text{A}) = 0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。若其他条件相同, 温度不同, 则温度由低到高的顺序是_____。

【答案与提示】

1. D。依据反应速率的表达式计算, $v(\text{SO}_2) = \frac{2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 1.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2 \text{ min}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

2. B。溶液中发生的离子间的反应速率很快, 瞬间就完成。

3. B、D。同一反应的反应速率能以相同条件下不同物质的反应速率表示。计算得 $v(\text{NO}) = \frac{0.12 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 0.5 \times 60 \text{ s}} = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 以其他物质表示的反应速率利用反应速率与化学计量数关系计算。

4. C、D。以不同物质表示的反应速率与计量数成正比, $v(\text{A}):v(\text{B}):v(\text{C}) = a:b:c = m:n:x$ 。

5. D。 $v(\text{O}_2) = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{V \cdot t} = \frac{0.4 \text{ mol} - (0.7 \text{ mol} - 0.3 \text{ mol}) \times \frac{1}{2}}{4 \text{ L} \times 4 \text{ s}} = 0.0125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

6. D。由曲线判断 N 为反应物, M 为生成物, A 不正确; t_2 时, 反应未达平衡状态, t_3 时反应达到平衡状态, B、C 均不正确。

7. A。反应速率 $v(\text{SO}_2):v(\text{O}_2):v(\text{SO}_3) = 2:1:2$ 。

8. 气或液; 固或纯液; $\bar{v} = \frac{\Delta c}{t}$; $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

9. (1) O_2 、 SO_2

(2) $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ (3) $5.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

10. 乙 < 丙 < 甲 < 丁 (提示: 温度越高, 化学反应速率越快)

视野拓展

【释疑解难】

1. 与压强有关的化学反应速率的计算

因为 $\bar{v} = \frac{\Delta c}{t}$, 在恒容条件下, $\Delta c = \frac{\Delta n}{V}$, 而气体的物质的量 (n) 与气体的温度、压强、体积有关, 其关系式为气体状态方程: $pV = nRT$ 。这就是与气体压强有关的一类化学反应速率问题的计算依据。

2. 有关浓度变化、物质的量变化的计算

①浓度变化的计算公式： $\Delta c = \bar{v} \cdot t$ 。

反应物浓度 = 起始浓度 - 转化浓度 = $c(\text{始}) - \Delta c$ 。

生成物浓度 = 起始浓度 + 转化浓度 = $c(\text{始}) + \Delta c$ 。

②物质的量变化的计算： $\Delta n = \Delta c \cdot V = \bar{v} \cdot t \cdot V$ 。

掌握计算方法

反应物物质的量 = 起始量 - 转化量 = $n(\text{始}) - \Delta n$ 。

生成物物质的量 = 起始量 + 转化量 = $n(\text{始}) + \Delta n$ 。

3. 数学方法对化学反应速率进行处理

化学是一门以实验为基础的学科。许多化学概念、规律、公式是通过大量实验才得到的，而在归纳、概括这些概念、规律、公式时，常常需要用数学方法对实验数据进行定量处理。

【典型例题导析】

【例5】 一定温度下，向一个容积为 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时的 0.9 倍，在此时间内 $v(\text{H}_2)$ 为 ()

A. $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

B. $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

C. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

D. $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

解析 欲求在 3 min 内的反应速率 $v(\text{H}_2)$ ，须求出在 3 min 内 H_2 减少的物质的量。可首先根据同温、同体积下气体的压强与其物质的量成正比的关系，求出 3 min 末反应混合气体的物质的量。然后根据化学方程式，找到 3 min 末各物质的物质的量（设未知数），并列方程求出 H_2 的变化量。

3 min 末混合气体的物质的量为： $(1 \text{ mol} + 3 \text{ mol}) \times 0.9 = 3.6 \text{ mol}$ 。

设 3 min 内消耗 $\text{N}_2 x \text{ mol}$ ，3 min 后， H_2 总量为 $y \text{ mol}$ ，3 min 后， NH_3 生成量为 $z \text{ mol}$

	N_2	+	3H_2	$\rightleftharpoons$	2NH_3
起始	1 mol		3 mol		0 mol
反应	$x \text{ mol}$		$3x \text{ mol}$		$2x \text{ mol}$
变化量	3 min 末		$(1-x) \text{ mol}$		$y \text{ mol}$
					$z \text{ mol}$

$y = (3 - 3x) \text{ mol}$ ， $z = 2x \text{ mol}$ ， $(1 - x) + y + z = 3.6$

$(1 - x) + (3 - 3x) + 2x = 3.6$ ， $x = 0.2 (\text{mol})$

$$v(\text{H}_2) = \frac{0.2 \text{ mol} \times 3}{2 \text{ L} \times 3 \text{ min}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$$

答案为 C。

方法二思路：在同 T、同 V 时，气体物质的量与压强成正比

点评 由 $pV = nRT$ 可知, 在同温、同体积下, n 与 p 成正比。

【例 6】反应速率 v 和反应物浓度的关系是用实验方法测定的。化学反应 $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl$ 的反应速率 v 可表示为 $v = k \cdot \{c(H_2)\}^m \cdot \{c(Cl_2)\}^n$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$), 式中 k 为常数, m 、 n 的值可用下表中的数据确定。

$c(H_2)(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(Cl_2)(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$v(\text{mol} \cdot (\text{L} \cdot \text{s})^{-1})$
1.0	1.0	$1.0k$
2.0	1.0	$2.0k$
2.0	4.0	$4.0k$

由此可推得 m 、 n 的值正确的是

A. $m = 1, n = 1$

B. $m = \frac{1}{2}, n = \frac{1}{2}$

C. $m = \frac{1}{2}, n = 1$

D. $m = 1, n = \frac{1}{2}$

解析 为求出 m 和 n 的值, 可将题给各组数据分别代入反应速率 v 的表达式中。将第一组数据代入, 得到 $1.0k = k \times 1.0^m \times 1.0^n$, 该式中 m 和 n 取题给任一选项均成立, 无法确定 m 和 n 的值。将第二组数据代入, 得到 $2.0k = k \times 2.0^m \times 1.0^n$, 即 $2.0 = 2.0^m$, $m = 1$ 。再将第三组数据及 $m = 1$ 代入, 得到 $4.0k = k \times 2.0 \times 4.0^n$, 即 $2.0 = 4.0^n$, $n = \frac{1}{2}$ 。也可这样求解, 前两组数据中 $n(Cl_2)$ 相同, 把 v 和 $c(H_2)$ 代入下式:

$$v = k \cdot \{c(H_2)\}^m \cdot \{c(Cl_2)\}^n$$

数学知识的应用

中便可计算得到 $m = 1$; 同理, 用后两组数据可计算出 $n = \frac{1}{2}$ 。答案为 D。

点评 本题运用数学方法确定化学反应 $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl$ 的 v 的表示式, 确定方法是用实验方法确定不同浓度下对应的反应速率。

【例 7】取 $a \text{ mol A}$ 和 $b \text{ mol B}$ 放入 $V \text{ L}$ 容器里发生如下反应: $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$, 1 min 后测得容器里 A 的浓度为 $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 此时 B 的浓度为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, C 的浓度为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 若以物质 A 的浓度变化来表示这段时间内平均反应速率为 _____。

解析 根据反应方程式各物质的关系量推算其浓度的变化:



$$\text{起始浓度} \quad \frac{a}{V} \quad \frac{b}{V} \quad 0 \quad 0$$

$$\text{浓度变化量} \quad \frac{a}{V} - x \quad \left(\frac{a}{V} - x\right) \frac{b}{a} \quad \left(\frac{a}{V} - x\right) \frac{c}{a}$$

$$1 \text{ min 后 B 的浓度: } \frac{b}{V} - \left(\frac{a}{V} - x\right) \frac{b}{a} = \frac{bx}{a}$$

$$C \text{ 的浓度: } (\frac{a}{V} - x) \frac{c}{a}$$

小心!易出错

以 A 浓度变化表示的平均反应速率为:

$$(\frac{a}{V} - x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$$

答案 $\frac{bx}{a}, (\frac{a}{V} - x) \frac{c}{a}, (\frac{a}{V} - x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$

单位很重要

点评 在推算有关物质的浓度变化及平均反应速率时要格外细心, 因为此类题极易出错。

【思维拓展训练】

1. A、B、C 均是气态物质, 在 $m\text{A} + n\text{B} \rightleftharpoons p\text{C}$ 反应中, 反应开始 10 s 后, A 减少 1 mol, B 减少 1.25 mol, C 增加 0.5 mol, 则 $m:n:p$ 为 ()

A. 1:3:2

B. 3:1:2

C. 4:5:2

D. 无法确定

2. 在 10°C 时某化学反应速率为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 若温度每升高 10°C 反应速率增加到原来的 2 倍, 为了把该反应速率提高到 $1.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 则该反应需在什么温度下进行 ()

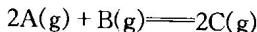
A. 30°C

B. 40°C

C. 50°C

D. 60°C

3. 将 4 mol A 气体和 2 mol B 气体在 2L 的容器中混合并在一定条件下发生如下反应



若经 2 s(秒)后测得 C 的浓度为 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 现有列几种说法:

① 用物质 A 表示的反应的平均速率为 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

② 用物质 B 表示的反应的平均速率为 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

③ 2 s 时物质 A 的转化率为 70%

④ 2 s 时物质 B 的浓度为 $0.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

其中正确的是

()

A. ①③

B. ①④

C. ②③

D. ③④

4. 某温度下将 N_2 和 H_2 充入一恒容的密闭容器中, 发生可逆反应: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 。某一时刻用下列各组内两种物质表示的该反应速率, 其中正确的是 ()

A. $v(\text{N}_2) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, v(\text{H}_2) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

B. $v(\text{H}_2) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, v(\text{NH}_3) = 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

C. $v(\text{N}_2) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, v(\text{NH}_3) = 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

D. $v(\text{H}_2) = 0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, v(\text{NH}_3) = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$