



# 目 录

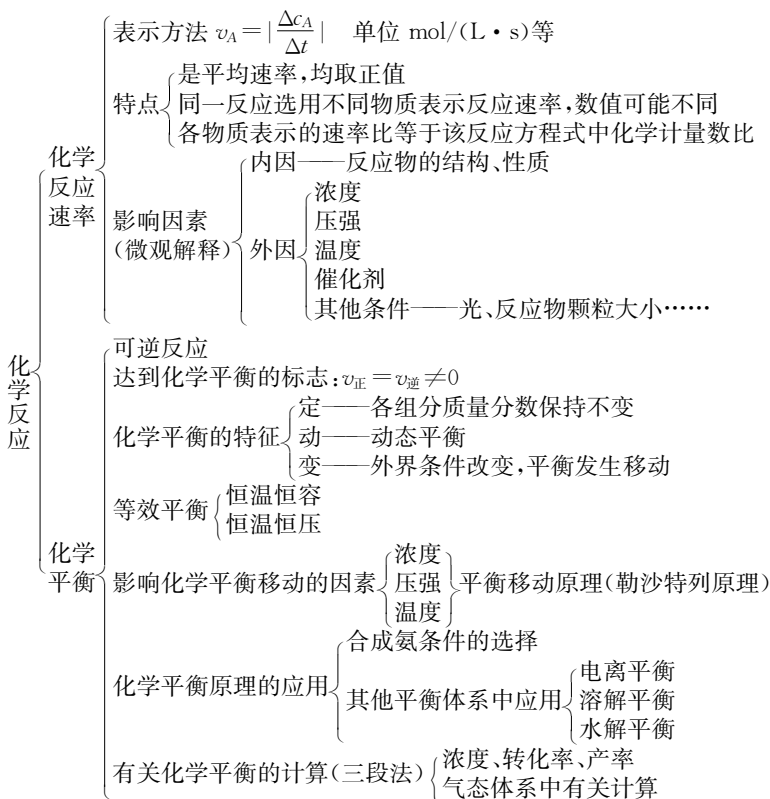
基础知识与基本能力篇 .....	( 1 )
专题考点知识归纳体系框架图表 .....	( 1 )
第一讲 化学反应速率 .....	( 2 )
1.1 化学反应速率的概念及计算 .....	( 2 )
1.2 影响化学反应速率的因素 .....	( 26 )
1.3 反应速率的图象分析 .....	( 44 )
高考热点题型评析与探究 .....	( 57 )
本讲高考标准水平测试题 .....	( 61 )
第二讲 化学平衡 .....	( 68 )
2.1 化学平衡的概念及建立 .....	( 68 )
2.2 等效平衡 .....	( 89 )
2.3 影响化学平衡的条件 .....	( 111 )
2.4 化学平衡中图象问题 .....	( 135 )
高考热点题型评析与探究 .....	( 157 )
本讲高考标准水平测试题 .....	( 168 )
第三讲 化学平衡的应用 .....	( 176 )
3.1 合成氨条件的选择 .....	( 176 )
3.2 其他平衡体系中的应用 .....	( 194 )
高考热点题型评析与探究 .....	( 206 )
本讲高考标准水平测试题 .....	( 211 )
第四讲 化学平衡的计算 .....	( 219 )
高考热点题型评析与探究 .....	( 237 )
本讲高考标准水平测试题 .....	( 244 )
3+X 题型探究篇 .....	( 249 )
5 年高考题型归类剖析 .....	( 249 )
高考经典试题集训 .....	( 264 )
考试答题技巧篇 .....	( 270 )
专题知识与能力测控试题 .....	( 270 )

# 基础知识与基本能力篇

## 专题考点知识归纳体系框架图表

### 考纲要求

1. 了解化学反应速率的概念。反应速率的表示方法。理解外界条件(浓度、温度、压强、催化剂等)对反应速率的影响。
2. 了解化学反应的可逆性。理解化学平衡的涵义及其与反应速率的内在联系。
3. 理解勒沙特列原理的涵义,掌握浓度、温度、压强等条件对化学平衡移动的影响。



# 第一讲 化学反应速率

## 1.1 化学反应速率的概念及计算

### 学习指导

#### [考纲透视]

高考中常从以下方面考查:(1)化学反应速率是平均速率的理解;(2)化学反应速率的大小比较;(3)同一反应中不同物质化学反应速率间关系;(4)化学反应速率与浓度、物质的量间关系;(5)化学反应速率在浓度时间图象中的体现。

### 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的快慢程度的,通常用单位时间(每秒、每分钟、每小时等)内反应物物质的量浓度的减少或生成物物质的量浓度的增加来表示。

$\Delta c$ :物质的量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. 化学反应速率的特点

(1)化学反应速率与两个因素有关:一个是时间;另一个是反应物或生成物的浓度。反应物的浓度随着反应的不进行而减少,生成物的浓度则不断增加。

$\Delta c$  大,  $v$  一定大吗?

(2)一个确定的化学反应涉及反应物和生成物多种物质,在中学化学里,通常,笼统地说化学反应速率快慢时,往往是对整体化学反应而言,例如  $\text{H}_2 + \text{F}_2 = 2\text{HF}$  反应很快、 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  反应很慢等;定量地表示化学反应速率时,是对某种具体物质而言,例如在  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$  中,  $v(\text{N}_2) = 0.5 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$  等。故描述反应速率时应指

明物质。

(3)一般来说,化学反应速率随反应的进行而逐渐减慢。因此,某一段时间内的反应速率,实际是一段时间内的平均速率,而不是指瞬时速率。对反应物而言开始时瞬时速率比平均速率快。

(4)无论是反应物还是生成物,其化学反应速率值都取正值,无论是正反应还是逆反应均取正值。←速率≠速度

(5)由于一个化学反应里各物质之间化学计量数不一定相同,所以,在同一个化学反应里,不同物质表示化学反应速率不一定相同。例如化学反应  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$  在 1 min 的时间里  $\text{SO}_2$  减少 0.5 mol/L,则  $\text{O}_2$  减少 0.25 mol/L、 $\text{SO}_3$  增加 0.5 mol/L,  $v(\text{SO}_2) = v(\text{SO}_3) = 0.5 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ ,  $v(\text{O}_2) = 0.25 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ ,但是,各物质的化学反应速率之比等于它们的化学计量数之比。如在前述化学反应中,  $v(\text{SO}_2) : v(\text{O}_2) : v(\text{SO}_3) = 2 : 1 : 2$ ,  $v(\text{SO}_2) : v(\text{O}_2) : v(\text{SO}_3) = 0.5 : 0.25 : 0.5 = 2 : 1 : 2$ 。

因此,在同一个化学反应里,虽然用不同物质表示的化学反应速率不一定相同,但是它们的实际意义完全相同,即一种物质的化学反应速率也就代表了整个化学反应的反应速率。

(6)固体或纯液体(注意:不是溶液)的物质的量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

例如:  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ 。则一般不用 Na 或水表示化学反应速率。

### 3. 有关计算

(1)化学反应速率用单位时间内反应物或生成物浓度的变化量( $\Delta c$ )来表示。

数学表达式:  $\bar{v} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$  ←注意变形式:  $\Delta c = \bar{v} \times \Delta t$  求  $\Delta c$

(2)浓度变化量  $\Delta c$  的求法:

①根据起始浓度和某时间后浓度的关系计算。

$$\Delta c(\text{反应物}) = c_0 - c_1 \quad \Delta c(\text{生成物}) = c_1 - c_0$$

②根据反应物的转化率计算。

$$\Delta c(\text{反应物}) = c_0 \nu$$

③根据化学方程式中的化学计量数进行换算。

(3)化学反应式中用各物质表示的速率比等于其化学计量数比。

例如:  $m\text{A} + n\text{B} \rightleftharpoons p\text{C} + q\text{D}$

$v(\text{A}) : v(\text{B}) : v(\text{C}) : v(\text{D}) = m : n : p : q$  ←知道原因吗?

(4)求经历时间:  $\Delta t = \frac{\Delta c}{v}$

(5)求浓度的变化:  $\Delta c = v \cdot \Delta t$

(6)求物质的量的变化:  $\Delta n = v \cdot \Delta t \cdot V$

### 解题方法指导

[例1] (2006·哈尔滨)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] C      ← 反应速率问题在我们身边

[点拨] 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  $\text{SO}_2$  转变成酸雾)。

[例2] (2006·福州)对于  $\text{A}_2 + 3\text{B}_2 \rightleftharpoons 2\text{AB}_3$  反应来说,以下反应速率表示反应最快的是

( )

- A.  $v_{\text{AB}_3} = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 B.  $v_{\text{B}_2} = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 C.  $v_{\text{A}_2} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 D. 无法判断

[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  $v(\text{A}_2)$  作标准: A.  $v_{\text{A}_2} = \frac{1}{2} v_{\text{AB}_3} = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

选  $v_{\text{A}_2}$  为标准有何优点? ↑

B.  $v_{\text{A}_2} = \frac{1}{3} v_{\text{B}_2} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

C.  $v_{\text{A}_2} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

比较  $v_{\text{A}_2}$  值,知选 C 项。

[答案] C

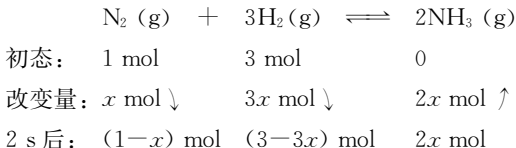
[点拨] 解题的关键是把不同物质表示的反应速率换算为同一物质表示的反应速率,然后进行比较。

[例3] (2006·重庆)恒温下,将 1 mol  $\text{N}_2$  和 3 mol  $\text{H}_2$  在体积为 2 L 的容器中混合,发生如下反应:

$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ , 2 s 后测得  $\text{NH}_3$  的体积分数为 25%。则下列说法中不正确的是 ( )

- A. 用  $\text{N}_2$  浓度的减少表示的平均反应速率为  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- B. 2 s 时  $\text{N}_2$  的转化率为 40%
- C. 2 s 时混合气体中  $n(\text{N}_2) : n(\text{H}_2) : n(\text{NH}_3) = 3 : 9 : 4$
- D. 2 s 时  $\text{NH}_3$  的浓度为  $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

[解析] 设 2 s 后  $\text{N}_2$  转化了  $x \text{ mol}$ , 则有



注意计算的模式

由同温同压下,气体体积之比等于物质的量之比知:

$$25\% = \frac{2x}{(1-x) + (3-3x) + 2x} = \frac{2x}{4-2x}, \text{解得 } x=0.4$$

$$\text{故 } v(\text{N}_2) = \frac{0.4 \text{ mol}}{2 \text{ s}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}. \text{ A 选项错误}$$

$$\text{N}_2 \text{ 转化率} = \frac{0.4 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 100\% = 40\%. \text{ B 正确}$$

$$2 \text{ s 时 } n(\text{N}_2) : n(\text{H}_2) : n(\text{NH}_3) = 0.6 \text{ mol} : 1.8 \text{ mol} : 0.8 \text{ mol} = 3 : 9 : 4.$$

C 正确。

$$2 \text{ s 时 } c(\text{NH}_3) = \frac{0.8 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}. \text{ D 正确。}$$

[答案] A

[点拨] 注意阿伏加德罗定律在求反应速率中的应用。求反应速率应紧扣定义:单位时间内浓度的改变量。不可忽视体积、时间二者任一者的影响。

**[例 4]** (2005·重庆) 某温度时, 图 1-1 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 \_\_\_\_\_。

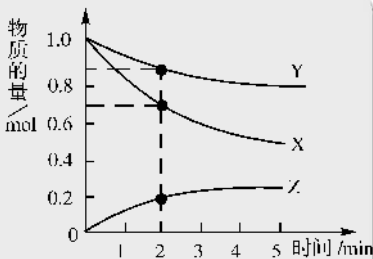


图 1-1

**[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  $aX + bY \rightleftharpoons cZ$ 。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:



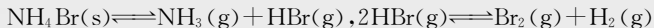
Z 的平均反应速率可根据化学反应速率的定义求出:

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

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

**[点拨]** 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。

**[例 5]** (2006·武汉) 将固体  $\text{NH}_4\text{Br}$  置于密闭容器中, 在某温度下, 发生下列反应:



2 min 后, 反应达到化学平衡, 测知  $\text{H}_2$  浓度为  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{HBr}$  的浓度为  $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 若上述反应速率用  $v(\text{NH}_3)$  表示, 下列速率正确的是 ( )

- A.  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$       B.  $2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
C.  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$       D.  $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$



[解析] 由  $2\text{HBr}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Br}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  知, 当  $\text{H}_2$  浓度为  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 分解的  $\text{HBr}$  浓度为  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 又由于达平衡时  $c(\text{HBr}) = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

非全部分解所得  $\text{HBr}$

故由  $\text{NH}_4\text{Br}$  分解所得  $\text{NH}_3$  浓度  $c(\text{NH}_3) = c(\text{HBr}) = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} + 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 故  $v(\text{NH}_3) = \frac{5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2 \text{ min}} = 2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

[答案] B

[点拨] 注意  $\text{HBr}$  在第二步中存在部分分解。对于连续反应一般用逆向思维。

[例 6] 恒温、恒容的密闭容器中进行反应  $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g})$ 。若反应物的浓度由  $2 \text{ mol/L}$  降到  $0.8 \text{ mol/L}$  需  $20 \text{ s}$ , 那么反应物浓度由  $0.8 \text{ mol/L}$  降到  $0.2 \text{ mol/L}$  所需反应时间为 ( )

- A.  $10 \text{ s}$       B. 大于  $10 \text{ s}$       C. 小于  $10 \text{ s}$       D. 无法判断

[解析] 随浓度降低反应速率应逐渐减慢, 开始  $20 \text{ s}$  内的平均反应速率为  $v = \frac{2 \text{ mol/L} - 0.8 \text{ mol/L}}{20 \text{ s}} = 0.06 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ , 当后一阶段  $v = \frac{0.8 \text{ mol/L} - 0.2 \text{ mol/L}}{t} < 0.06 \text{ mol/L}$ , 所以  $t > 10 \text{ s}$ 。

[答案] B

[点拨] 理解化学反应速率是平均速率, 且一般开始阶段速率比后阶段速率大, 可借助图 1-2 理解:

你知道原因吗?

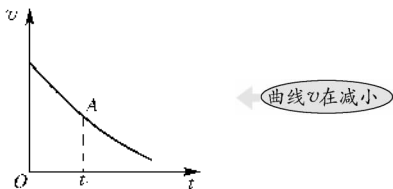


图 1-2

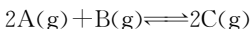
### 基础达标演练

1. 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

2. (2004·全国) 已知反应  $A+3B \rightleftharpoons 2C+D$  在某段时间内以 A 的浓度变化表示的化学反应速率为  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 则这段时间内以 C 的浓度变化表示的化学反应速率为 ( )

- A.  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B.  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- C.  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- D.  $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

3. (2001·全国) 将 4 mol A 气体和 2 mol B 气体在 2 L 的容器中混合并在一定条件下发生如下反应:



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

- ①用物质 A 表示的的平均速率为  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- ②用物质 B 表示的的平均速率为  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- ③2 s 时物质 A 的转化率为 70%
- ④2 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. (2005·包头) 对于  $4A+5B \rightleftharpoons 4C+6D$  的反应来说, 以下化学反应速率的表示中, 反应速率最快的是 ( )

- A.  $\bar{v}(A) = 0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- B.  $\bar{v}(B) = 0.48 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- C.  $\bar{v}(C) = 0.36 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- D.  $\bar{v}(D) = 0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

5. (2005·黄冈) 将  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  混合气体分别充入甲、乙、丙三个容器中进行合成氨反应, 经过一段时间后反应速率为: 甲  $v(\text{H}_2) = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 乙  $v(\text{N}_2) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 丙  $v(\text{NH}_3) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。在这段时间内三个容器中合成氨的反应速率 ( )

- A. 甲 > 乙 > 丙
- B. 甲 = 乙 = 丙
- C. 乙 > 甲 > 丙
- D. 甲 > 丙 > 乙

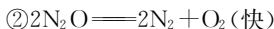
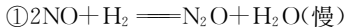
6. (2005·东城) 把 0.6 mol 气体 X 和 0.4 mol 气体 Y 混合于 2.0 L 的密闭容器中, 发生如下反应:  $3X(\text{气}) + Y(\text{气}) \rightleftharpoons nZ(\text{气}) + 2W(\text{气})$ , 测得 5 min 末已生成 0.2 mol W, 又知以 Z 表示的平均反应速率为  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 则 n



值是 ( )

- A. 1                      B. 2                      C. 3                      D. 4

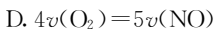
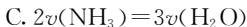
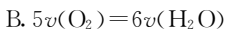
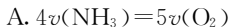
7. 在一定条件下, NO 能跟  $\text{H}_2$  发生如下反应:  $2\text{NO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。经研究上述反应是按以下三步反应依次进行的总反应(括号中是该条件下反应的相对速率):



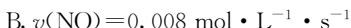
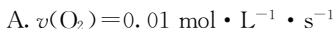
以上总反应的速率主要取决于三步反应中的 ( )

- A. ①                      B. ②                      C. ③                      D. ②和③

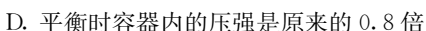
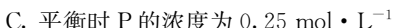
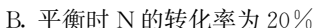
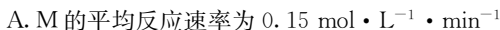
8. (2005·上海一模) 已知  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ , 若反应速率分别用  $v(\text{NH}_3)$ 、 $v(\text{O}_2)$ 、 $v(\text{NO})$ 、 $v(\text{H}_2\text{O})$  表示, 则正确的关系式是 ( )



9. 反应  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$  在 5 L 的密闭容器中进行, 半分钟后, NO 的物质的量增加了 0.3 mol, 则此反应的平均速率表达正确的是 ( )



10. (2005·上海建平中学) 把 3.0 mol M 和 2.5 mol N 混合于 2.0 L 的密闭容器中, 发生反应的化学方程式为:  $3\text{M}(\text{g}) + \text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons x\text{P}(\text{g}) + 2\text{Q}(\text{g})$ , 5 min 后反应达到平衡, 已知反应前后温度不变, 容器内的压强变小, 已知 Q 的平均反应速率为  $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 则下列说法错误的是 ( )



11. (2005·上海建平中学) 加热  $\text{N}_2\text{O}_5$  时发生以下两个分解反应:  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 。在 1 L 密闭容器中加热 4 mol  $\text{N}_2\text{O}_5$ , 达到平衡时,  $\text{O}_2$  的浓度为  $4.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  的浓度为  $1.62 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。则在该温度下, 各物质平衡浓度正确的是 ( )

- A.  $\text{N}_2\text{O}_5$  的浓度为  $1.44 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B.  $\text{N}_2\text{O}_5$  的浓度为  $0.94 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C.  $\text{N}_2\text{O}$  的浓度为  $1.44 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D.  $\text{N}_2\text{O}$  的浓度为  $3.48 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

12. (2005 · 江西) 在一定条件下有可逆反应  $\text{X}(\text{g}) + 3\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g})$ , 若 X、Y、Z 起始浓度分别为  $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$  (均不为 0), 经过 2 min 达到平衡, 平衡时 X、Y、Z 的浓度分别为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则下列判断不合理的是 ( )

- A.  $v(\text{Z}) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. 平衡时, X 与 Z 的生成速率之比为 1 : 2
- C.  $c_1 : c_2 = 1 : 3$
- D. X、Y 的转化率相等

13. (2005 · 海淀)  $a\text{X}(\text{g}) + b\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons c\text{Z}(\text{g}) + d\text{W}(\text{g})$  在一定容积的密闭容器中反应 5 min 达到平衡时, X 减少  $n \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , Y 减少  $\frac{n}{3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , Z 增加  $\frac{2n}{3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . 若将体系压强增大, W 的百分含量不发生变化. 则化学方程式中各物质的化学计量数之比  $a : b : c : d$  应为 ( )

- A. 3 : 1 : 2 : 1
- B. 1 : 3 : 2 : 2
- C. 1 : 3 : 1 : 2
- D. 3 : 1 : 2 : 2

14. 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  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$  的反应速率  $v$  可表示为  $v = K \{c(\text{H}_2)\}^m \{c(\text{Cl}_2)\}^n$ , 式中  $K$  为常数,  $m$ 、 $n$  值可用下表中的数据确定.

$c(\text{H}_2)$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$c(\text{Cl}_2)$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$v$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )
1.0	1.0	1.0K
2.0	1.0	2.0K
2.0	4.0	4.0K

由此可推出,  $m$ 、 $n$  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.  $m=1, n=\frac{1}{2}$

15. 某温度时, 在 3 L 密闭容器中, X、Y、Z 三种物质的物质的量随时间变化



的曲线如图 1-3 所示。由图中数据分析：

- (1) 该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (2) 反应开始至 2 min 末, X 的反应速率为\_\_\_\_\_。
- (3) 该反应是由\_\_\_\_\_开始反应的。(①正反应、②逆反应、③正逆反应同时)

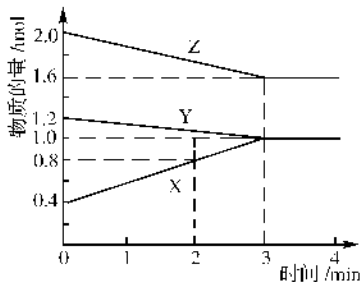


图 1-3



### 答案与提示

1. B 溶液中发生的离子间的反应速率很快, 瞬间就完成。本题应结合化学反应事实作答。一般而言固体间反应比溶液中反应缓慢。

2. C 根据化学反应中速率比等于各物质的化学计量数之比:  $v_A : v_B = 1 : 2$ , 而  $v_A = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 则  $v_C = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

3. B 根据化学反应中各物质的改变量(物质的量或物质的量浓度)和速率均与化学方程式中化学计量数成比例知: 由 2 s 时 C 的浓度  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  可算出 B 的变化浓度为  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 进而确定 B 的浓度是  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; A 的变化浓度为  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 从而求 A 的转化率为 30%, 用 C 表示的的平均速率为  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 可推知用 A 表示的的平均速率为  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 用 B 表示的的平均速率为  $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。对照各选项, 符合题意的是 B。

4. A 将 B、C、D 项转化为以  $\bar{v}(A)$  表示再比较大小。B 项:  $\bar{v}(A) = \frac{4}{5} \bar{v}(B) = \frac{4}{5} \times 0.48 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 0.384 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ; C 项:  $\bar{v}(A) = \bar{v}(C) = 0.36 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ; D 项:  $\bar{v}(A) = \frac{4}{6} \bar{v}(D) = \frac{4}{6} \times 0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 0.367 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。故  $\bar{v} = 0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  最大。 4倍还是6倍想清楚哦!

5. C 反应的化学方程式为:  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  对于甲:  $v(\text{H}_2) =$



$$3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v(\text{NH}_3) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{对于乙: } v(\text{N}_2) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v(\text{NH}_3) = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

故  $v(\text{乙}) > v(\text{甲}) > v(\text{丙})$ 。

$$6. \text{ A } v(\text{W}) = \frac{0.2 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 5 \text{ min}} = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1},$$

$$\text{又因: } v(\text{Z}) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}.$$

$$\text{即 } v(\text{W}) : v(\text{Z}) = 0.02 : 0.01 = 2 : 1 \text{ 则 } n = 1$$

7. A 对于多步反应,其总反应的速率主要取决于最慢的反应步骤。

8. D 对同一反应,不同物质的反应速率与化学方程式中计量数成正比。即  $v(\text{NH}_3) : v(\text{O}_2) : v(\text{NO}) : v(\text{H}_2\text{O}) = 4 : 5 : 4 : 6$ 。故 A 项应为:  $5v(\text{NH}_3) = 4v(\text{O}_2)$ ; B 项应为  $6v(\text{O}_2) = 5v(\text{H}_2\text{O})$ ; C 项应为  $3v(\text{NH}_3) = 2v(\text{H}_2\text{O})$ 。

注意比例式与乘式的互化

$$9. \text{ C } v(\text{NO}) = \frac{0.3 \text{ mol} / 5 \text{ L}}{30 \text{ s}} = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ 即 } v(\text{O}_2) = v(\text{NO}) \times$$

注意时间单位为秒

$$\frac{5}{4} = 0.0025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \quad v(\text{NH}_3) = v(\text{NO}) = 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{NO}) \times \frac{3}{2} = 0.003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ 故 C 正确。}$$

10. D 恒温恒容条件下,压强减小,则气体物质的量减小,故此反应应为从左到右气体分子数减小,即  $3 + 1 > x + 2$ ,故  $x$  为 1。 $v(\text{M}) = v(\text{Q}) \times \frac{3}{2} = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times \frac{3}{2} = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , A 项正确。 $v(\text{N}) = \frac{1}{2} v(\text{Q}) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , N 转化的物质的量为  $v(\text{N}) \times \Delta t \times V_{\text{体}} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{ min} \times 2 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$ , 故 N 的转化率为  $\frac{0.5 \text{ mol}}{2.5 \text{ mol}} \times 100\% = 20\%$ , B 项正确。 $v(\text{P}) = v(\text{Q}) \times \frac{1}{2} = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 故  $\Delta c(\text{P}) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{ min} = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , C 项正确。对于 D 项,应分析初态,改变量,5 min 时三量,可用三阶法。

$3\text{M}(\text{g}) + \text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons x\text{P}(\text{g}) + 2\text{Q}(\text{g})$  由压强减小,知  $x$  必为 1,故可具体为

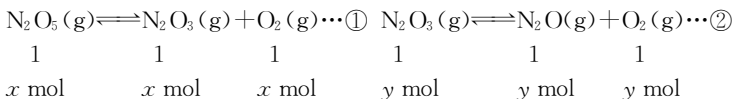
3M(g)	+	N(g)	$\rightleftharpoons$	P(g)	+	2Q(g)
3		1		1		2
初态: 3.0 mol		2.5 mol		0		0
改变: 1.5 mol		0.5 mol		0.25×2 mol		1 mol
5 min: (3-1.5) mol		(2.5-0.5) mol		0.5 mol		1 mol

↑ 上下单位应一致, 可同为物质的量, 也可为浓度

故 5 min 时气体总物质的量为: 1.5 mol + 2 mol + 0.5 mol + 1 mol = 5 mol。

由阿伏加德罗定律, 同温、同容、压强之比等于气体物质的量之比, 故  $p_{\text{平}} : p_{\text{前}} = n_{\text{平}} : n_{\text{前}} = 5 \text{ mol} : (3.0 \text{ mol} + 2.5 \text{ mol}) = 5 : 5.5 = 1 : 1.1$ , 故 D 不正确。

11. B、C 设反应①分解的  $\text{N}_2\text{O}_5$  为  $x \text{ mol}$ , 反应②分解的  $\text{N}_2\text{O}_5$  为  $y \text{ mol}$ , 则有:



由平衡时  $n(\text{O}_2) = 4.50 \text{ mol}$ ,  $n(\text{N}_2\text{O}_3) = 1.62 \text{ mol}$  ↑ 注意并非①式分解的

$$\begin{cases} x + y = 4.5 \\ x - y = 1.62 \end{cases} \text{得: } \begin{cases} x = 3.06 \\ y = 1.44 \end{cases}$$

故  $c(\text{N}_2\text{O}_5)_{\text{平}} = \frac{(4 - 3.06) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.94 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , B 项正确。

$c(\text{N}_2\text{O})_{\text{平}} = \frac{1.44 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 1.44 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , C 项正确。

12. A	X(g)	+	3Y(g)	$\rightleftharpoons$	2Z(g)
	1		3		2
始:	$c_1$		$c_2$		$c_3$
平:	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$		$0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$		$0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
改变:	$c_1 - 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$		$c_2 - 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$		$0.04 - c_3$

↑ 改变量与计量数成比例

则  $(c_1 - 0.1) : (c_2 - 0.3) : (0.04 - c_3) = 1 : 3 : 2$  得:  $\begin{cases} c_2 = 3c_1 \\ c_3 = 0.24 - 2c_1 \end{cases}$

↓ 反证法

A 项:  $v(\text{Z}) = \frac{0.04 - c_3}{2 \text{ min}}$  若  $v(\text{Z}) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 则  $c_3 = 0$  与题意不符,

故 A 不合理。B 项: 达平衡, 即正、逆反应速率相等(对同一物质),  $v_{(\text{X})_{\text{生}}} : v_{(\text{Z})_{\text{生}}} = 1 : 2$ (计量数比)即折算相等, 故 B 正确。C 项: 由  $c_2 = 3c_1$  知正确。

↓ 有何启发?

D 项:  $x$  转化率 =  $\frac{c_1 - 0.1}{c_1} = \frac{c_2 - 0.3}{c_2} = Y$  的转化率 ( $c_2 = 3c_1$ ), D 项正确。

↓ 有何启发?

13. D 由加压、W 百分含量不变知  $a+b=c+d$ , 结合浓度改变量与系数成正比知  $a:b:c=n:\frac{n}{3}:\frac{2n}{3}=3:1:2, a+b=c+d$ , 故  $a:b:c:d=3:1:2:2$ 。

14. D 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  $n$  对任一选项均成立, 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  $n(\text{Cl}_2)$  相同, 把  $v$  和  $c(\text{H}_2)$  代入下式:

数学知识的应用

$v=K \cdot \{c(\text{H}_2)\}^m \cdot \{c(\text{Cl}_2)\}^n$  中便可计算得到  $m=1$ ; 同理, 用后两组数据可计算出  $n=\frac{1}{2}$ 。

注意可逆符号

15. (1)  $2Z+Y \rightleftharpoons 3X$  (2)  $0.067 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (3) ③

解析: 首先要看清图中横坐标、纵坐标及曲线的变化趋势从中找到 X、Y、Z 转化的物质的量及物质的量之比, 便可写出化学方程式。然后据反应速率的概念, 可求出 X 的反应速率, 再据曲线是否通过原点, 可判断可逆反应进行的方向。

(1) 在时间为 3 min 时, X、Y、Z 的物质的量分别为 1.0 mol、1.0 mol、1.6 mol, 在时间为“0”时物质的量分别为 0.4 mol、1.2 mol、2.0 mol, 故物质的量变化为

X 由 0.4 mol 变为 1.0 mol, 增加 0.6 mol。

Y 由 1.2 mol 变为 1.0 mol, 减少 0.2 mol。

Z 由 2.0 mol 变为 1.6 mol, 减少 0.4 mol。

转化的物质的量之比 X:Y:Z=3:1:2

据转化的物质的量之比等于化学方程式各物质的化学计量数比, 得到化学方程式为  $2Z+Y \rightleftharpoons 3X$ 。

由平衡时三物质均剩余知可逆

(2) 2 min 末, X 的物质的量为 0.8 mol, 增加的物质的量为  $0.8-0.4=0.4$  (mol), 容积为 3 L 的容器, 则物质的量浓度为  $0.4/3$  ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 再除以时间, 得 X 的反应速率为  $0.4/(3 \times 2)=0.067$  ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )。

(3) 图中 X、Y、Z 三条曲线均未通过原点可断定该反应是由正、逆反应同时开始反应的, 则③为答案。

## 视野拓展

## 难点指津

## 1. 比较化学反应速率大小的方法

比较反应速率大小时，不仅要看反应速率数值的大小，还要结合化学方程式中物质的化学计量数的大小进行比较。

**[例 1]** 反应  $A+3B=2C+2D$  在四种不同情况下的反应速率分别为：

$$\textcircled{1}v(A) = 0.15 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

$$\textcircled{2}v(B) = 0.6 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

$$\textcircled{3}v(C) = 0.4 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

$$\textcircled{4}v(D) = 0.45 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

该反应进行的快慢顺序为\_\_\_\_\_ (吉林省测试题)。

**[解析]** 方法一：由反应速率之比与物质的化学计量数之比，比较后作出判断。由化学方程式  $A+3B=2C+2D$  得出：

$v(A) : v(B) = 1 : 3$ ，而  $v(A) : v(B) = 0.15 : 0.6 = 1 : 4$ ，  
故  $v(B) > v(A)$ ，从而得  $\textcircled{2} > \textcircled{1}$ 。

$v(B) : v(C) = 3 : 2$ ，而  $v(B) : v(C) = 0.6 : 0.4 = 3 : 2$ ，  
故  $v(B) = v(C)$ ，从而得  $\textcircled{3} = \textcircled{2}$ 。

$v(C) : v(D) = 2 : 2 = 1 : 1$ ，而  $v(C) : v(D) = 0.4 : 0.45$ ，  
故  $v(D) > v(C)$ ，从而得  $\textcircled{4} > \textcircled{3}$ 。

故该反应进行的快慢顺序为  $\textcircled{4} > \textcircled{3} = \textcircled{2} > \textcircled{1}$ 。

方法二：将不同物质表示的速率换算为用同一物质表示的速率，再比较速率数值的大小。

若以物质 A 为标准，将其他物质表示的反应速率换算为用 A 物质表示的速率，则有：

$$v(A) : v(B) = 1 : 3, \text{ 则 } \textcircled{2} \text{ 表示的 } v(A) = 0.2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s});$$

$$v(A) : v(C) = 1 : 2, \text{ 则 } \textcircled{3} \text{ 表示的 } v(A) = 0.2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s});$$

$$v(A) : v(D) = 1 : 2, \text{ 则 } \textcircled{4} \text{ 表示的 } v(A) = 0.225 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s}),$$

故反应进行的快慢顺序为  $\textcircled{4} > \textcircled{3} = \textcircled{2} > \textcircled{1}$ 。

**[答案]**  $\textcircled{4} > \textcircled{3} = \textcircled{2} > \textcircled{1}$

## 2. 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

