

## 单元六 化学反应速率与化学平衡

### 【6.1.1】化学反应速率的概念

◇ 复述化学反应速率的概念

用单位时间内反应物\_\_\_\_\_或生成物\_\_\_\_\_来定量地表示化学反应的快慢。

◇ 根据化学反应速率的表示方法解决有关化学反应速率的计算

$v =$ \_\_\_\_\_ 单位: \_\_\_\_\_ 等

【练习1】在一体积不变的密闭容器中发生反应  $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 。开始反应时, A 的浓度为  $2\text{ mol/L}$ 。反应进行  $2\text{ min}$  时, 测得容器中 A 的浓度为  $1.8\text{ mol/L}$ , 则该  $2\text{ min}$  内 A 的平均反应速率是 ( )

- A.  $0.4\text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$     B.  $0.3\text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$     C.  $0.2\text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$     D.  $0.1\text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$

◇ 解释用不同物质浓度变化表示同一化学反应速率的意义及其关系

同一反应在同一段时间内的反应速率用不同的反应物或生成物来表示时, 速率比=\_\_\_\_\_

【练习2】反应  $4\text{NH}_3(g) + 5\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 4\text{NO}(g) + 6\text{H}_2\text{O}(g)$  在  $10\text{ L}$  密闭容器中进行, 半分钟后, 水蒸气的物质的量增加了  $0.45\text{ mol}$ , 则下列表示该化学反应速率正确的是 ( )

- A.  $v(\text{NH}_3) = 0.01\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$                       B.  $v(\text{O}_2) = 0.001\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$   
C.  $v(\text{NO}) = 0.001\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$                       D.  $v(\text{H}_2\text{O}) = 0.045\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$

【练习3】反应  $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g) + 2D(g)$  在四种不同情况下的反应速率情况分别为: ①  $v(A) = 0.15\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$     ②  $v(B) = 0.3\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$     ③  $v(C) = 0.4\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$     ④  $v(D) = 0.45\text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$  则四种情况下, 该反应进行由快到慢的顺序为 ( )

- A. ④③①②                      B. ④②③①                      C. ④③②①                      D. ③④②①

### 【6.1.2】影响化学反应速率的因素

◇ 说出\_\_\_\_\_是决定化学反应速率大小的因素

【练习4】决定化学反应速率的内因是 ( )

- A. 温度                      B. 浓度                      C. 反应物的自身的性质                      D. 催化剂

◇ 列举影响化学反应速率的外界因素, 利用控制变量的实验判断外界因素对化学反应速率的影响

【练习5】用相同质量的锌片与锌粉跟相同浓度的足量稀盐酸反应, 实验数据如下表所示:

实验编号	锌的状态	反应温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	收集 $100\text{ mL}$ 氢气所用的时间
①	薄片	15	200
②	薄片	25	90
③	粉末	25	10

(1) 实验①和②表明\_\_\_\_\_, 化学反应速率越大。

(2) 能表明固体表面积对化学反应速率有影响的实验编号是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

(3) 该实验的目的是探究\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_因素对该反应速率的影响。

- ◇ 归纳外界因素对化学反应速率影响的结论
- ◇ 列举加快或减慢某化学反应速率的具体方法

反应条件改变		反应速率的变化
颗粒大小	反应物(固体)颗粒变小	
	反应物(固体)颗粒变大	
浓度	增大反应物浓度	
	减小反应物浓度	
温度	升高温度	
	降低温度	
压强	增大压强使气体反应物浓度增大	
	减小压强使气体反应物浓度减小	
催化剂		

【练习 6】对于化学反应  $2A(s)+3B(g)\rightarrow 2C(g)$ ，下列条件的改变不能加快反应速率的是（ ）

- A. 增加压强      B. 升高温度      C. 增加 A 的量      D. 加入催化剂

【练习 7】硫代硫酸钠溶液和硫酸溶液在下列各组实验条件下，反应最快的是（ ）

编号	温度 (°C)	反应物	
		$Na_2S_2O_3$	$H_2SO_4$
A	10	0.1mol/L 10mL	0.1mol/L 10mL
B	10	0.1mol/L 10mL	0.2mol/L 10mL
C	30	0.1mol/L 10mL	0.1mol/L 10mL
D	30	0.2mol/L 10mL	0.2mol/L 10mL

- ◇ 解释生产生活中有关化学反应速率的问题

如减缓食物腐败的速率通过贮藏在冰箱中降低温度来实现等

【练习 8】现用的燃料大多来自化石，但化石燃料极有可能在几百年内全部被人类耗尽。因此，燃料的充分燃烧是节约能源的重要手段。下列措施中能使燃料较充分燃烧的是（ ）

- A. 燃烧大块固体燃料      B. 把液体燃料雾化后燃烧  
C. 燃烧时空气应该不足量      D. 燃烧时空气应该越多越好

### 【6.2.1】可逆反应

✧ 复述可逆反应的概念及表示方法

✧ 说出可逆反应的特点

\_\_\_\_\_，即能向正反应方向进行，同时又能向逆反应方向进行的反应

### 【6.2.2】化学平衡状态

✧ 复述化学平衡状态的概念以及化学平衡状态建立的过程

一定条件下的可逆反应，当正反应速率和逆反应速率相等时，反应物和生成物的含量不再改变的状态称为化学平衡状态

反应刚开始时，反应物的浓度最大，正反应速率最大，而生成物浓度为零，逆反应速率也是零，随着反应的进行，反应物浓度逐渐减小，正反应速率也逐渐变小；生成物浓度逐渐变大，逆反应的速率也逐渐变大，最后正反应和逆反应速率相等

✧ 归纳化学平衡状态的特征

①	逆	研究对象为可逆反应
②	动	化学平衡是一种动态平衡，达到平衡状态时，反应并没有停止，只是正、逆反应速率相等且均不为零
③	等	正逆反应速率相等
④	定	反应物和生成物的质量或浓度是一个定值
⑤	变	外界条件改变，平衡也随之改变，直至建立新的平衡

✧ 判断可逆反应是否达到化学平衡状态

正反应和逆反应速率相等

正、逆反应速率相等有许多外在的表现，如浓度、含量、等不再发生改变，透过这些现象可以对正、逆反应速率相等作出判断

【练习 9】在一定温度下，体积固定的密闭容器中，可逆反应  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$  达到化学平衡的特征是（ ）

- A. 容器内  $\text{SO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{SO}_3$  的物质的量浓度比为 2:1:2
- B. 单位时间内生成  $2n$  mol 的  $\text{SO}_3$ ，同时消耗  $2n$  mol 的  $\text{SO}_2$
- C. 单位时间内生成  $n$  mol 的  $\text{O}_2$ ，同时生成  $n$  mol 的  $\text{SO}_3$
- D. 容器内的总压强不随时间变化

【练习 10】在一定温度下，体积固定的密闭容器中，可逆反应  $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，不能够说明反应已达平衡状态的是（ ）

- A. 碘化氢的浓度不再发生变化
- B. 正逆反应速率相等
- C. 容器内的总压强不随时间变化
- D. 混合气体的颜色不再变化时

【练习 11】可逆反应  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  的正、逆反应速率可用各反应物或生成物浓度的变化来表示。下列各关系中能说明反应已达到平衡状态的是（ ）

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

### 【6.2.3】影响化学平衡移动的因素

#### ✧ 复述化学平衡移动的概念

在一定条件下，一个可逆反应达到平衡状态以后，如果反应条件(如浓度、压强或温度等)改变了，使得正、逆反应的速率不再相等，原来的平衡就会被破坏，平衡混合物里各组分的百分含量也随着改变，从而在新的条件下达到新的平衡，这叫做化学平衡移动

#### ✧ 列举浓度、温度、压强等影响化学平衡移动的因素

#### ✧ 利用控制变量的实验判断温度、浓度、压强等对化学平衡移动的影响

#### ✧ 归纳温度、浓度、压强、催化剂等对化学平衡移动的影响结论

反应条件改变		化学平衡移动方向
浓度	增大反应物浓度(或减小生成物浓度)	_____反应方向
	减小反应物浓度(或增大生成物浓度)	_____反应方向
压强	增大压强	_____的方向
	减小压强	_____的方向
温度	升高温度	_____方向
	降低温度	_____方向

【练习 12】对于平衡状态下的可逆反应  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) + \text{Q}$  ( $\text{Q} > 0$ )，改变条件，可使平衡向正反应方向移动的是 ( )

- A. 升高温度      B. 增大压强      C. 增大生成物浓度      D. 加入催化剂

【练习 13】在一定条件下，发生反应： $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ，该反应达到化学平衡后，降低温度，混合物的颜色变浅，下列有关说法正确的是 ( )

- A. 正反应为放热反应      B. 正反应为吸热反应  
C. 降温后  $\text{NO}_2$  的浓度增大      D. 降温后各物质的浓度不变

#### ✧ 从化学反应速率变化角度解释外界因素对化学平衡移动的影响

正反应速率\_\_\_\_\_逆反应速率，化学平衡向正反应方向移动，反之，平衡向逆反应方向移动，一段时间后，正、逆反应速率再次相等，即达到了新的平衡。  
注意：催化剂能够同等程度改变正、逆反应速率，因此加入催化剂，化学平衡不会移动。

【练习 14】在  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) + \text{Q}$  ( $\text{Q} > 0$ ) 的平衡体系中，改变下列条件时，按要求将变化情况填入下表：

改变条件	$v$ 正变化	$v$ 逆变化	平衡移动方向	$v-t$ 图
(1) 增加压强				
(2) 升高温度				
(3) 加入催化剂				

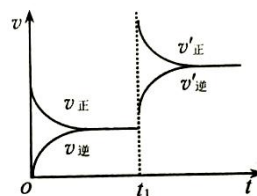
【练习 15】一定条件下 2 L 的密闭容器中，反应  $aA(g)+bB(g)\rightleftharpoons cC(g)+dD(g)$  达到平衡。

(1)若起始时 A 为 1 mol，反应 2 min 达到平衡，A 剩余 0.4 mol，则在 0~2 min 内 A 的平均反应速率为\_\_\_\_\_mol/(L·min)

(2)在其他条件不变的情况下，扩大容器体积，若平衡向逆反应方向移动，则  $a+b$  \_\_\_\_\_  $c+d$  (选填“>”、“<”或“=”)， $v_{\text{逆}}$  \_\_\_\_\_ (选填“增大”、“减小”或“不变”)

(3)若反应速率 ( $v$ ) 与时间 ( $t$ ) 的关系如右图所示，则导致  $t_1$  时刻速率发生变化的原因可能是\_\_\_\_\_。(选填编号)

- a.增大 A 的浓度      b.缩小容器体积  
c.加入催化剂      d.升高温度



#### 【6.2.4】勒夏特列原理及其应用

☆ 复述勒夏特列原理，根据不同实验事实归纳勒夏特列原理

如果改变影响平衡的一个条件(如浓度、压强、温度等)，化学平衡就被破坏，并向\_\_\_\_\_这种改变的方向移动

☆ 解释勒夏特列原理的适用范围

适用于化学平衡、溶解平衡、电离平衡、水解平衡等

【练习 16】下列事实不能用勒夏特列原理解释的是 ( )

- A. 开启啤酒瓶后，瓶中马上泛起大量泡沫  
B. 由  $H_2(g)$ 、 $I_2(g)$ 、 $HI(g)$  组成的平衡体系，加压后颜色加深  
C. 实验室中常用排饱和食盐水的方法收集氯气  
D. 合成氨反应常采用加压条件  
E. 新制的氯水光照下溶液颜色变浅  
F. 铁器在潮湿的空气里较长时间会生锈  
G. 硫酸工业上  $SO_2$  氧化成  $SO_3$ ，宜采用空气过量

☆ 利用勒夏特列原理解决生产、生活中有关化学平衡的实际问题

【练习 17】随着农业的发展，氮肥的需求量迅速增长，合成氨工业可以提供大量的氮肥，因此合成氨工业对发展农业生产有重要意义。

(1)请写出合成氨反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

(2)请写出氮气的结构式\_\_\_\_\_，它是一种很\_\_\_\_\_ (“稳定或不稳定”) 的气体，原因是\_\_\_\_\_。

(3)该反应在实际生产中温度要控制在  $500^{\circ}\text{C}$  左右的原因是以下 (请写序号) \_\_\_\_\_

- ①适当提高氨的合成速率      ②提高氢气的转化率  
③提高氨的产率      ④催化剂在该温度下活性最大；

(4)若增大该反应体系的压强，会使平衡向着生成氨的方向移动，但在实际生产中却不使用更高压强的原因是\_\_\_\_\_；若使生成的氨液化，从体系中分离出来，则平衡向\_\_\_\_\_ (填“正反应方向”、“逆反应方向”或“不”) 移动。

(5)目前科学家正在探索在常温、常压下进行氨的合成。你认为其中最关键的因素是\_\_\_\_\_。

## 单元六 巩固练习

1. 用 3g 块状大理石与 30ml  $3\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  盐酸反应制取  $\text{CO}_2$  气体, 下列措施不能增大该反应速率的是 ( )

- A. 再加入 30ml  $3\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  盐酸      B. 改用 30ml  $6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  盐酸  
C. 改用 3g 粉末状大理石      D. 适当升高温度

2. 在容积固定的密闭容器中, 发生反应  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ , 一定能作为该反应已达到化学平衡状态的依据是 ( )

- A.  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3$  的分子数之比为 1: 3: 2  
B.  $\text{H}_2$  的生成速率为  $\text{N}_2$  消耗速率的三倍  
C. 单位时间消耗  $a\text{ mol N}_2$  的同时消耗  $3a\text{ mol H}_2$   
D. 混合气体的密度不再随时间改变

3. 在一定条件下, 反应  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) + \text{Q} (\text{Q} > 0)$  已达到平衡, 若保持其他条件不变, 升高反应体系温度, 则下列说法错误的是 ( )

- A. 正、逆反应速率都增大      B. 正反应速率减小, 逆反应速率增大  
C. 平衡向逆反应方向移动      D. 混合气体中  $\text{SO}_2$  的体积百分数增大

4. 合成氨时, 下列采取的方法中, 既能加快反应速率, 又能提高原料利用率的是 ( )

- A. 加入催化剂      B. 升高温度      C. 增大压强      D. 分离出  $\text{NH}_3$

5. 合成氨工业采取的以下措施中, 可以用勒夏特列原理解释的是 ( ) (可多选)

- A. 升温至  $500^\circ\text{C}$  左右      B. 使用催化剂  
C. 加压至 20~50MPa      D. 将氨及时液化分离

6. 在一密闭容器中, 反应  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{加热}]{} 2\text{SO}_3(\text{g}) + \text{Q} (\text{Q} > 0)$  达到平衡。

完成下列填空:

(1) 升高温度, 平衡向\_\_\_\_\_方向移动 (选填“正反应”或“逆反应”)。在工业生产中反应温度控制在  $400\sim 500^\circ\text{C}$ , 主要是因为\_\_\_\_\_。

(2) 欲使  $\text{SO}_2$  转化率增大, 可采取的措施是\_\_\_\_\_。

(3) 若容器容积为 2L, 开始加入的  $\text{SO}_2$  为 0.1mol, 20s 后测得  $\text{SO}_3$  的物质的量为 0.08mol, 则  $\text{O}_2$  的平均反应速率为\_\_\_\_\_mol/(L·s)。

(4) 右图为反应速率 ( $v$ ) 与时间 ( $t$ ) 关系的示意图, 由图判断, 在  $t_1$  时刻曲线发生变化的原因可能是\_\_\_\_\_, 改变条件后, 平衡混合物中  $\text{SO}_3$  的浓度\_\_\_\_\_ (选填“增大”“减小”、“不变”)。

