

第一节 化学反应速率

第1课时 化学反应速率

[核心素养发展目标] 1.变化观念：了解化学反应速率的概念及其表示方法，形成不同的反应可用不同的方法来表示化学反应速率的变化观念。2.证据推理：根据化学反应速率的测定原理设计实验，学会化学反应速率的测定方法，通过对比的方法，发展基于变量关系的证据推理素养。

一、化学反应速率及其测定

1. 化学反应速率的概念及其表示方法

化 学 反 应 速 率	意义	表示化学反应进行快慢的物理量
	表示	用单位时间内反应物浓度的减小或生成物浓度的增加表示(反应体系的体积须恒定)
	表达式	$v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$ Δc →表示浓度的变化 Δt →表示时间的变化
	单位	$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

2. 化学反应速率的测定

(1)测定原理

利用与化学反应中任何一种化学物质的浓度相关的可观测量进行测定。

(2)测定方法

- ①直接观察测定：如释放出气体的体积和体系的压强等。
- ②科学仪器测定：如反应体系颜色的变化。在溶液中，当反应物或生成物本身有较明显的颜色时，可利用颜色变化和显色物质与浓度变化间的比例关系来跟踪反应的过程和测量反应速率。

【正误判断】

- (1)化学反应方程式中，任何一种物质均可用 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$ 求出该物质表示的化学反应速率()
- (2)化学反应速率指的是某时刻的瞬时速率()
- (3)化学反应速率越大，化学反应的现象越明显()

(4)同一化学反应中,不同物质表示的化学反应速率可能数值不同,但表示的意义(快慢)相同 ()

(5)化学反应速率为 $0.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 是指 1 min 时某物质的浓度为 $0.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ()

答案 (1)× (2)× (3)× (4)√ (5)×

【深度思考】

反应: $4\text{A}(\text{s})+3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})+\text{D}(\text{g})$

(1)完成下列表格,并计算该反应的化学反应速率

	B	C	D
起始浓度	$1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	0	0
浓度变化量	$-0.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
2 min 末	$0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$v(\text{B})=\underline{0.3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}};$$

$$v(\text{C})=\underline{0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}};$$

$$v(\text{D})=\underline{0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}}。$$

(2)根据以上数据,思考对于同一反应,用不同物质表示的反应速率的数值相同吗?与化学计量数之间有什么关系?

答案 用不同物质表示的反应速率的数值可能不同。反应速率的数值之比等于化学计量数之比。

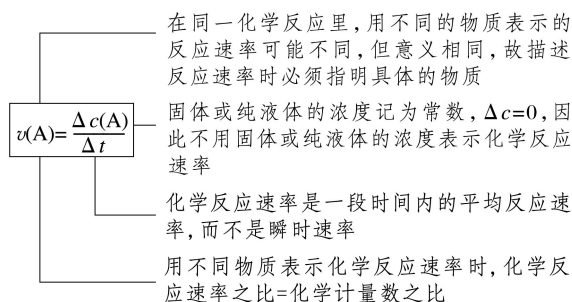
(3)有同学根据(2)中结论求出了 A 表示的反应速率是 $0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,你认为是否正确,原因是什么?

答案 不正确,固体或纯液体在反应中认为浓度不变,所以不能用固体、纯液体的浓度变化来表示化学反应速率。

(4)以上所求的反应速率是 2 min 末时的瞬时速率吗?

答案 不是,是 2 min 内的平均速率。

■ 归纳总结 ■



二、化学反应速率的计算和比较

1. 化学反应速率的计算

(1)公式法:

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{\Delta n}{V\Delta t}$$

特别提醒 ①如果题目中给出的是物质的量, 在计算速率时应先除以体积, 转化为浓度的变化量。

②浓度的变化量 $\Delta c = c(\text{某时刻}) - c(\text{初始})$

所以一般 $\Delta c(\text{反应物})$ 为负值, $\Delta c(\text{生成物})$ 为正值,

而 v 是标量, 只有正值, 所以在计算反应速率时,

$$v(\text{反应物}) = \frac{-\Delta c(\text{反应物})}{\Delta t}$$

$$v(\text{生成物}) = \frac{\Delta c(\text{生成物})}{\Delta t}$$

(2)运用同一反应中“速率之比等于化学计量数之比”的规律进行计算。

对于一个化学反应: $m\text{A} + n\text{B} \rightleftharpoons p\text{C} + q\text{D}$, $v(\text{A}) = -\frac{\Delta c(\text{A})}{\Delta t}$, $v(\text{B}) = -\frac{\Delta c(\text{B})}{\Delta t}$, $v(\text{C}) = \frac{\Delta c(\text{C})}{\Delta t}$,

$v(\text{D}) = \frac{\Delta c(\text{D})}{\Delta t}$, 且有: $\frac{v(\text{A})}{m} = \frac{v(\text{B})}{n} = \frac{v(\text{C})}{p} = \frac{v(\text{D})}{q}$ 。

(3)“三段式”法

①求解化学反应速率计算题的一般步骤:

a. 写出有关反应的化学方程式;

b. 找出各物质的起始量、转化量、某时刻量; 转化量之比等于化学计量数之比;

c. 根据已知条件列方程计算。

反应: $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})$

起始浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ a b c

转化浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ x $\frac{nx}{m}$ $\frac{px}{m}$

某时刻(t s)浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $a-x$ $b-\frac{nx}{m}$ $c+\frac{px}{m}$

再利用化学反应速率的定义式求算

$$v(\text{A}) = \frac{x}{t} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1};$$

$$v(\text{B}) = \frac{nx}{mt} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1};$$

$$v(\text{C}) = \frac{px}{mt} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}。$$

②计算中注意以下量的关系。

对反应物： $c(\text{起始}) - c(\text{转化}) = c(\text{某时刻})$ ；

对生成物： $c(\text{起始}) + c(\text{转化}) = c(\text{某时刻})$ ；

$$\text{转化率} = \frac{c(\text{转化})}{c(\text{起始})} \times 100\%$$

2. 化学反应速率的比较方法

(1) 定性比较

通过明显的实验现象，如反应的剧烈程度、产生气泡或沉淀的快慢、固体消失或气体充满所需时间的长短等来定性判断化学反应的快慢。如 K 与水反应比 Na 与水反应剧烈，则反应速率： $K > Na$ 。

(2) 定量比较

① “一看”：看化学反应速率的单位是否一致，若不一致，需转化为同一单位。

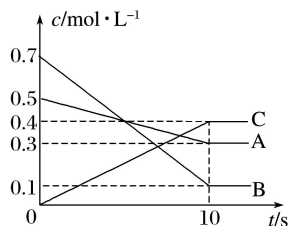
② “二化”：将不同物质的化学反应速率转化成同一物质的化学反应速率，或分别除以相应物质的化学计量数，所得数值大的速率大。

③ “三比较”：标准统一后比较数值大小，数值越大，反应速率越大。

【应用体验】

1. 根据 $c \sim t$ 图像确定化学方程式及速率

$T^\circ\text{C}$ 时，在 0.5 L 的密闭容器中，反应过程中 A、B、C 的浓度变化如图所示：



(1) 10 s 内 $v(\text{B}) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 该反应的化学方程式为 $\underline{\hspace{10cm}}$ 。

答案 (1) $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

(2) $\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$

解析 (1) 由图像知， $v(\text{B}) = \frac{(0.7 - 0.1) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{10 \text{ s}} = 0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(2) 由图像计算出 $\Delta c(\text{A}) : \Delta c(\text{B}) : \Delta c(\text{C}) = 0.2 : 0.6 : 0.4 = 1 : 3 : 2$ ，故化学方程式为 $\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ 。

2. 反应 $\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + 2\text{D}(\text{g})$ 在四种不同情况下的反应速率分别为

① $v(\text{A}) = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

② $v(\text{B}) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

③ $v(\text{C}) = 0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

④ $v(\text{D}) = 0.45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

则该反应在不同情况下进行的快慢顺序为_____。

答案 ④>③=②>①

解析 方法一：将以不同物质表示的反应速率换算为用同一物质同一单位表示的速率，再比较速率数值的大小。若以物质 A 为标准，根据用不同物质表示同一反应的速率时，速率之比等于各物质的化学计量数之比，将②③④的反应速率换算为用物质 A 表示的反应速率，则有：

$$\textcircled{2}v(\text{A}) = \frac{1}{3}v(\text{B}) = \frac{1}{3} \times 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \times 60 \text{ s} \cdot \text{min}^{-1} = 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\textcircled{3}v(\text{A}) = \frac{1}{2}v(\text{C}) = \frac{1}{2} \times 0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\textcircled{4}v(\text{A}) = \frac{1}{2}v(\text{D}) = \frac{1}{2} \times 0.45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 0.225 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

故反应在不同情况下进行的快慢顺序为④>③=②>①。

方法二：首先将反应速率单位统一为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，则② $v(\text{B}) = 0.60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，然后根据反应速率与对应物质化学计量数之比的大小进行判断。由化学方程式 $\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + 2\text{D}(\text{g})$ 得出：

$$\textcircled{1} \frac{v(\text{A})}{1} = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\textcircled{2} \frac{v(\text{B})}{3} = 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\textcircled{3} \frac{v(\text{C})}{2} = 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\textcircled{4} \frac{v(\text{D})}{2} = 0.225 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

故反应在不同情况下进行的快慢顺序为④>③=②>①。

■ 方法指导 ■

由 $n(\text{或 } c) \sim t$ 图像确定化学方程式的方法

(1)看趋势，定位置

观察图像， $n(\text{或 } c)$ 随时间逐渐减小的物质为反应物，反之为生成物。

(2)看变化量，定系数

由图像计算各物质在相同时间内的浓度(或物质的量)的变化量，从而确定各物质的化学计量数。

(3)看是否共存，定符号

根据图像观察各物质是否最终共存(即是否有物质反应完)，从而判断该反应是否为可逆反应，确定在方程式中用“ \rightleftharpoons ”还是“ \rightleftharpoons ”。

随堂演练 知识落实

1. 在反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 中，经过一段时间后， NH_3 的浓度增加了 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，在此段

时间内用 H_2 表示的平均反应速率为 $0.45 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 则此段时间是()

- A. 1 s B. 2 s C. 44 s D. 1.33 s

答案 B

解析 已知用 H_2 表示的平均反应速率为 $0.45 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 则用 NH_3 表示的平均反应速率为

$$v(\text{NH}_3) = \frac{2}{3}v(\text{H}_2) = \frac{2}{3} \times 0.45 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} = 0.3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}, \text{ 所以 } \Delta t = \frac{0.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{0.3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}} = 2 \text{ s}.$$

2. 已知 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 若化学反应速率分别用 $v(\text{NH}_3)$ 、 $v(\text{O}_2)$ 、 $v(\text{NO})$ 、 $v(\text{H}_2\text{O})$ (单位: $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)表示, 则下列关系正确的是()

- A. $\frac{4}{5}v(\text{NH}_3) = v(\text{O}_2)$ B. $\frac{5}{6}v(\text{O}_2) = v(\text{H}_2\text{O})$
C. $\frac{2}{3}v(\text{NH}_3) = v(\text{H}_2\text{O})$ D. $\frac{4}{5}v(\text{O}_2) = v(\text{NO})$

答案 D

解析 该反应中 $v(\text{NH}_3) : v(\text{O}_2) : v(\text{NO}) : v(\text{H}_2\text{O}) = 4 : 5 : 4 : 6$, 根据上述关系分析选项, 推知 D 项正确。

3. 对于反应: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 下列为四种不同情况下测得的反应速率, 其中表明该反应进行最快的是()

- A. $v(\text{NH}_3) = 0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
B. $v(\text{O}_2) = 0.24 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
C. $v(\text{H}_2\text{O}) = 15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
D. $v(\text{NO}) = 9 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

答案 A

解析 首先将四个答案的单位变为相同单位, A 为 $0.2 \times 60 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} = 12 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, B 为 $0.24 \times 60 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} = 14.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。再将四个速率都除以各自的化学计量数, 比较大小。

4. 对于反应 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) \rightleftharpoons 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 在测量化学反应速率时, 以下相关性质不可以利用的是()

- A. 气体的体积和体系的压强
B. 溶液颜色的深浅
C. 固体物质的体积
D. H^+ 浓度的变化

答案 C

解析 与化学反应中任何一种化学物质的浓度(或质量)相关的性质在测量反应速率时都可以加以利用, 包括能够直接观察的某些性质(如释放出气体的体积和体系压强), 也包括必须依靠科学仪器才能测量的性质(如颜色的深浅), 故 A、B、D 三项可以利用。

5. 将 5.6 g 铁粉投入 100 mL $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸中, 2 min 后铁恰好完全溶解。下列有关该反应速率的表示正确的是(忽略溶液体积的变化)()

- A. 用铁表示的反应速率为 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 B. 用硫酸表示的反应速率为 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 C. 用硫酸亚铁表示的反应速率为 $0.25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 D. 用氢气表示的反应速率为 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

答案 B

解析 发生的化学反应为 $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$, 溶液中浓度发生变化的只有反应物硫酸和生成物硫酸亚铁。5.6 g Fe 的物质的量为 0.1 mol, 故反应消耗 H_2SO_4 的物质的量 = 生成 FeSO_4 的物质的量 = 0.1 mol, $v(\text{H}_2\text{SO}_4) = v(\text{FeSO}_4) = \frac{0.1 \text{ mol}}{2 \text{ min} \times 0.1 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

6. 把 0.3 mol X 气体和 0.4 mol Y 气体混合于 2 L 密闭容器中, 使它们发生如下反应: $4\text{X}(\text{g}) + 5\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons n\text{Z}(\text{g}) + 6\text{W}(\text{g})$, 2 min 末生成 0.3 mol W。若测知 Z 的浓度变化表示的反应速率为 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。计算:

- (1)前 2 min 内用 Y 的浓度变化表示的反应速率为_____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。
 (2)化学方程式中 n 的值是_____。
 (3)X 的转化率为_____。

答案 (1)0.062 5 (2)4 (3)66.7%

解析 列出三段式:

	$4\text{X}(\text{g}) + 5\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons n\text{Z}(\text{g}) + 6\text{W}(\text{g})$			
起始量/mol	0.3	0.4	0	0
变化量/mol	0.2	0.25	$0.05n$	0.3
2 min 末量/mol	0.1	0.15	$0.05n$	0.3

$$(1)v(\text{Y}) = \frac{0.25 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 2 \text{ min}} = 0.062 5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}.$$

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

解得 $n = 4$ 。

$$(3)\text{X 的转化率为: } \frac{0.2 \text{ mol}}{0.3 \text{ mol}} \times 100\% \approx 66.7\%.$$

课时对点练

对点训练

题组一 化学反应速率及其数学表达式的应用

1. 下列关于化学反应速率的说法, 不正确的是()

- A. 化学反应速率是衡量化学反应进行快慢程度的物理量
- B. 化学反应速率的大小主要取决于反应物的性质
- C. 化学反应速率可以用单位时间内生成某物质的浓度的多少来表示
- D. 化学反应速率常用单位有 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

答案 C

2. 用纯净的碳酸钙与 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 100 mL 稀盐酸反应制取二氧化碳。关于此反应, 下列说法不正确的是()

- A. 可以用单位时间内碳酸钙质量的减少表示该反应的反应速率
- B. 可以用单位时间内生成二氧化碳的量表示该反应的反应速率
- C. 可以用单位时间内溶液中 Ca^{2+} 浓度的增加表示该反应的反应速率
- D. 可以用单位时间内碳酸钙浓度的变化表示该反应的反应速率

答案 D

解析 CaCO_3 为固体, 浓度不变化。

3. (2019·广东深圳耀华实验学校月考)氨分解反应在容积为 2 L 的密闭容器内进行。已知起始时氨气的物质的量为 4 mol, 5 s 末为 2.4 mol, 则用氨气表示该反应的速率为()

- A. $0.32\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- B. $0.16\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- C. $1.6\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- D. $0.8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

答案 B

解析 $v(\text{NH}_3) = \frac{(4 - 2.4)\text{mol}}{2\text{ L} \times 5\text{ s}} = 0.16\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 所以 B 项正确。

4. 反应: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 经一段时间后, SO_3 的浓度增加了 $0.4\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 在这段时间内用 O_2 表示的反应速率为 $0.04\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 则这段时间为()

- A. 5 s
- B. 10 s
- C. 300 s
- D. 600 s

答案 C

解析 该段时间内 SO_3 的浓度增加了 $0.4\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 根据化学方程式可知, 在相同时间内 O_2 的浓度减少了 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 所以由公式 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$ 可知, $\Delta t = \frac{\Delta c}{v} = \frac{0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{0.04\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}} = 5\text{ min} = 300\text{ s}$ 。

题组二 化学反应速率与化学计量数关系的应用

5. 在一个密闭容器中, 盛有 N_2 和 H_2 , 它们的起始浓度分别是 $1.8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $5.4\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 在一定条件下反应生成 NH_3 , 10 min 后测得 N_2 的浓度是 $0.8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则在这 10 min 内 NH_3 的平均反应速率是()

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

- B. $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 C. $0.3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 D. $0.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

答案 B

解析 $v(\text{N}_2) = \frac{1.8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} - 0.8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{10 \text{ min}} = 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $v(\text{NH}_3) = 2v(\text{N}_2) = 0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

6. 反应: $3\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g}) + 2\text{W}(\text{g})$ 在 2 L 密闭容器中进行, 5 min 后 Y 减少了 0.5 mol, 则此反应的反应速率为()
- A. $v(\text{X}) = 0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 B. $v(\text{Y}) = 0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 C. $v(\text{Z}) = 0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 D. $v(\text{W}) = 0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

答案 C

解析 依题意, $v(\text{Y}) = \frac{0.5 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 5 \text{ min}} = 0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 用单位时间内不同物质的浓度变化量表示的化学反应速率之间的关系为 $v(\text{X}) : v(\text{Y}) : v(\text{Z}) : v(\text{W}) = 3 : 1 : 2 : 2$, 故 $v(\text{X}) = 0.15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $v(\text{Z}) = v(\text{W}) = 0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, C 项正确。

7. (2019·佛山高二检测)把 X 气体和 Y 气体混合于 2 L 容器中使它们发生如下反应: $3\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons n\text{Z}(\text{g}) + 2\text{W}(\text{g})$ 。5 min 末已生成 0.2 mol W, 若测知以 Z 的浓度变化表示的平均反应速率为 $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 则上述反应中 Z 气体的化学计量数 n 的值是()
- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

答案 A

解析 根据公式 $v = \frac{\Delta n}{V\Delta t}$ 计算, 5 min 内 W 的平均反应速率 $v(\text{W}) = 0.02 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 利用各物质的反应速率之比等于其化学计量数之比, 已知用 Z 的浓度变化表示的平均反应速率为 $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 则 $v(\text{Z}) : v(\text{W}) = 0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} : 0.02 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} = n : 2$, 所以 $n = 1$ 。

8. 在密闭容器中 A 与 B 反应生成 C, 其反应速率分别用 $v(\text{A})$ 、 $v(\text{B})$ 、 $v(\text{C})$ 表示。已知 $v(\text{A})$ 、 $v(\text{B})$ 、 $v(\text{C})$ 之间有以下关系: $2v(\text{B}) = 3v(\text{A}) = 3v(\text{C})$ 。则此反应可表示为()
- A. $2\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ B. $\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$
 C. $3\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ D. $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$

答案 A

解析 根据 $2v(\text{B}) = 3v(\text{A}) = 3v(\text{C})$ 可知, $v(\text{A}) : v(\text{B}) : v(\text{C}) = 2 : 3 : 2$, A 项正确。

题组三 化学反应速率大小比较

9. (2019·甘肃武威第十八中学高二月考)反应 $A(g)+3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)+2D(g)$, 在四种不同情况下用不同物质表示的反应速率分别如下, 其中反应速率最大的是()

- A. $v(A)=0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- B. $v(B)=0.06 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- C. $v(C)=0.04 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- D. $v(D)=0.03 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

答案 A

解析 判断反应速率的大小时, 可将每个物质的速率除以该物质在方程式中的化学计量数,

再进行比较。 $\frac{v(A)}{1}=0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, $\frac{v(B)}{3}=\frac{0.06 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}}{3}=\frac{0.001 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}}{3}\approx 0.0003 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, $\frac{v(C)}{2}=0.02 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, $\frac{v(D)}{2}=0.015 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 所以 A 项符合题意。

10. 在四个不同的容器中, 在不同的条件下进行合成氨反应。根据在相同时间内测定的结果判断, 生成氨最快的是()

- A. $v(\text{H}_2)=0.3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- B. $v(\text{N}_2)=0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- C. $v(\text{NH}_3)=0.25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- D. $v(\text{H}_2)=0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

答案 B

解析 对于反应 $\text{N}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$, 以氢气的反应速率为标准进行判断。A 项, $v(\text{H}_2)=0.3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; B 项, $v(\text{N}_2)=0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 反应速率之比等于化学计量数之比, 所以 $v(\text{H}_2)=0.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; C 项, $v(\text{NH}_3)=0.25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 反应速率之比等于化学计量数之比, 所以 $v(\text{H}_2)=0.375 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; D 项, $v(\text{H}_2)=0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。所以反应速率最快的是 B 项。

11. 在不同条件下分别测得反应 $2\text{SO}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3(\text{g})$ 的化学反应速率, 其中表示该反应进行最快的是()

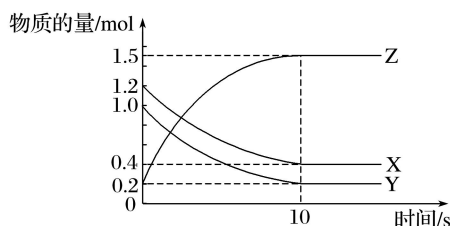
- A. $v(\text{SO}_2)=4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- B. $v(\text{O}_2)=3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- C. $v(\text{SO}_3)=0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- D. $v(\text{O}_2)=0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

答案 D

解析 统一单位后, 根据反应速率之比等于化学计量数之比, 将不同物质表示的反应速率换算成同一种物质表示的反应速率, 比较数值大小可知选 D。

题组四 化学反应速率图像分析

12. 一定温度下, 在 0.5 L 的密闭容器中, X、Y、Z 三种气体的物质的量随时间变化的曲线如下图所示, 10 s 时达到化学平衡状态。则从反应开始到 10 s 末的反应速率用 X 表示是()

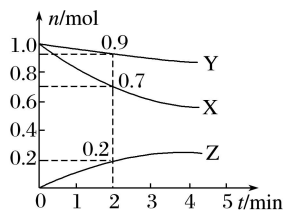


- A. $0.08 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
 B. $0.30 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
 C. $0.16 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
 D. $0.32 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

答案 C

解析 根据图像可知从反应开始到 10 s 末 X 的物质的量减少了 $(1.2 - 0.4) \text{ mol} = 0.8 \text{ mol}$, 浓度变化量是 $\frac{0.8 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 1.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则反应速率是 $\frac{1.6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{10 \text{ s}} = 0.16 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

13. 某温度时, 在 2 L 容器中三种物质的物质的量随时间的变化曲线如图所示。由图中数据分析, 该反应的化学方程式和反应开始至 2 min 末 Z 的平均反应速率分别为()



- A. $X + 3Y \rightleftharpoons 2Z$ $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 B. $2X + Y \rightleftharpoons 2Z$ $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 C. $X + 2Y \rightleftharpoons Z$ $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
 D. $3X + Y \rightleftharpoons 2Z$ $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

答案 D

解析 由图像可以看出, 反应中 X、Y 的物质的量减少, 应为反应物, Z 的物质的量增多, 应为生成物, 当反应进行到 2 min 时, $\Delta n(X) = 0.3 \text{ mol}$, $\Delta n(Y) = 0.1 \text{ mol}$, $\Delta n(Z) = 0.2 \text{ mol}$, 则 $\Delta n(X) : \Delta n(Y) : \Delta n(Z) = 3 : 1 : 2$, 参加反应的物质的物质的量之比等于化学计量数之比, 则

该反应的化学方程式为 $3X + Y \rightleftharpoons 2Z$; 反应开始至 2 min 末, Z 的平均反应速率 $v(Z) = \frac{0.2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} \cdot \frac{1}{2 \text{ min}} = 0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 故 D 项正确。

☑ 综合强化

14. 根据反应: $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$, 试回答下列问题。

- (1)常选用哪些物质来表示该反应的化学反应速率_____ (填化学式)。
 (2)当生成 SO_2 的速率为 $0.64 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 则氧气减少的速率为_____。
 (3)若测得 4 s 后 O_2 的浓度为 $2.8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 此时间内 SO_2 的反应速率为 $0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 则开始时氧气的浓度为_____。

答案 (1) SO_2 、 O_2 (2) $0.88 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

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

解析 (1)一般不用固体和纯液体来表示反应速率, 所以可用 O_2 、 SO_2 来表示该反应的反应速率。

(2)不同物质表示的反应速率和方程式中对应化学计量数成正比, 所以氧气减少的速率为 $0.64 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \times \frac{11}{8} = 0.88 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

(3) SO_2 的反应速率为 $0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 则氧气表示的速率为 $0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \times \frac{11}{8} = 0.55 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 所以氧气的变化浓度为 $0.55 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \times 4 \text{ s} = 2.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则开始时氧气的浓度为 $2.8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} + 2.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 5.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

15. (2019·山东青岛二中期中)在容积为 2 L 的密闭容器中进行如下反应: $\text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g}) + n\text{D}(\text{g})$, 开始时 A 为 4 mol, B 为 6 mol; 5 min 末时测得 C 为 3 mol, 用 D 表示的化学反应速率 $v(\text{D})$ 为 $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

试回答下列问题:

- (1)5 min 末 A 的物质的量浓度为_____。
 (2)5 min 内用 B 表示的化学反应速率 $v(\text{B})$ 为_____。
 (3)化学方程式中 n 为_____。
 (4)此反应在四种不同情况下的反应速率如下:

① $v(\text{A}) = 5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

② $v(\text{B}) = 6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

③ $v(\text{C}) = 4.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

④ $v(\text{D}) = 8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

其中反应速率最快的是_____ (填序号)。

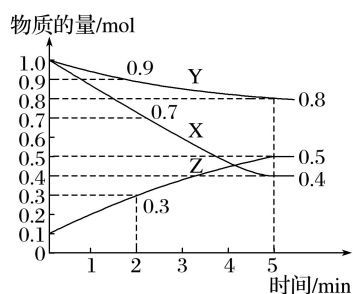
答案 (1) $1.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (2) $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (3)2 (4)①

解析 由题干信息可得:

	$\text{A}(\text{g})$	$+ 2\text{B}(\text{g})$	\rightleftharpoons	$3\text{C}(\text{g})$	$+ n\text{D}(\text{g})$
起始量/mol	4	6		0	
变化量/mol	1	2		3	
5 min 末/mol	3	4		3	

(1)据以上分析可知, 5 min 末 A 的物质的量浓度为 $\frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。(2)据以上分析可知, 5 min 内用 B 表示的化学反应速率 $v(\text{B}) = \frac{\Delta c(\text{B})}{\Delta t} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 5 \text{ min}} = 0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。(3)根据同一反应中、同一时间段内, 各物质的反应速率之比等于化学计量数之比, 则 $v(\text{B}) : v(\text{D}) = 0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} : 0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} = 2 : n$, $n = 2$ 。(4)把所有速率都换算成用 A 表示的反应速率: ① $v(\text{A}) = 5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; ②由 $v(\text{B}) = 6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 可知 $v(\text{A}) = 3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; ③由 $v(\text{C}) = 4.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 可知 $v(\text{A}) = 1.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; ④由 $v(\text{D}) = 8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 可知 $v(\text{A}) = 4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 综上所述, 反应速率最快的是①。

16. 某温度时, 在 2 L 容器中, X、Y、Z 三种物质的物质的量随时间的变化关系曲线如图所示。



- (1)由图中的数据分析, 该反应的化学方程式为_____。
- (2)反应开始至 2 min、5 min 时 Z 的平均反应速率为_____、_____。
- (3)5 min 后 Z 的生成速率_____(填“大于”“小于”或“等于”)5 min 末 Z 的生成速率。

答案 (1) $3\text{X} + \text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$

(2) $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ $0.04 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

(3)等于

解析 (1)根据图示, 5 min 时, X 减少了 0.6 mol, Y 减少了 0.2 mol, Z 生成了 0.4 mol, 故 X、Y、Z 的物质的量变化量之比为 3 : 1 : 2, 因 5 min 后三者共存, 故反应的化学方程式为 $3\text{X} + \text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$ 。

(2)根据图中数据, 依据反应速率计算公式可计算出反应速率, 需注意 Z 的初始物质的量是 0.1 mol。

(3)5 min 后 Z 的物质的量不再变化, 反应速率相等。