



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年专注教育行业

全品智能作业

QUANPIN ZHINENGZUOYE

方法手册

主 编 肖德好

高中化学

选择性必修1 RJ

CONTENTS 目录

方法手册

第一章 化学反应的热效应	001
方法 1 运用盖斯定律计算反应热——“同向相加、异向相减法”	001
方法 2 中和反应反应热的测定——“实验法”	002
第二章 化学反应速率与化学平衡	004
方法 3 化学反应中能量变化图形探析——“基元法”	004
方法 4 化学反应速率计算的经典方法——“三段式法”	006
方法 5 速率常数和速率方程——“公式法”	008
方法 6 判断平衡状态的方法——“逆向相等，变量不变”	009
方法 7 三种平衡常数的计算——“三段式法”	010
方法 8 平衡常数与化学反应的关系——“数学思维法”	012
方法 9 压强平衡常数 K_p 的计算——“四步法”	013
方法 10 化学平衡常数的应用——“三判断-计算法”	014
方法 11 化学反应方向的判据——“公式法”	016
方法 12 化学反应速率图像解题技法——“三看法”	017
方法 13 化学平衡图像分析思维建模——“三步分析法”	018
第三章 水溶液中的离子反应与平衡	019
方法 14 电离常数的应用——“四判断法”	019
方法 15 溶液 pH 的计算——“公式法”	021
方法 16 酸碱中和滴定指示剂选择——“环境法”	022
方法 17 中和滴定拓展之氧化还原滴定	024
方法 18 中和滴定拓展之沉淀滴定	026
方法 19 中和滴定拓展之络合滴定	028
方法 20 盐类水解的应用——“应用法”	030
方法 21 破解粒子浓度大小关系的关键——“守恒法”	031
方法 22 电解质溶液中粒子浓度大小比较——“一比较二理论三规律法”	032
方法 23 水溶液中函数图像分析——“特殊点法”	034
方法 24 沉淀溶解平衡的应用——“平衡移动法”	037
方法 25 溶度积常数计算——“技巧法”	040
方法 26 溶度积图像突破方法——“三步法”	042
第四章 化学反应与电能	043
方法 27 原电池的工作原理——“构建模型法”	043
方法 28 可充电电池的工作原理及应用——“放原充电法”	044
方法 29 化学电源中电极反应式书写方法——“四步法”	045
方法 30 电解池电极反应式的书写步骤——“顺序法”	046
■ 参考答案	047

方法 1 运用盖斯定律计算反应热——“同向相加、异向相减法”

方法要领

盖斯定律:对于一个化学反应,无论是一步完成还是分几步完成,其反应热是相同的。即:化学反应的反应热只与反应体系的始态和终态有关,而与反应的途径无关。

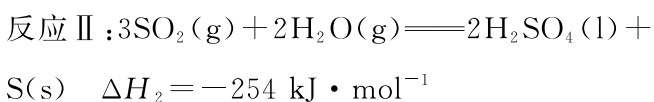
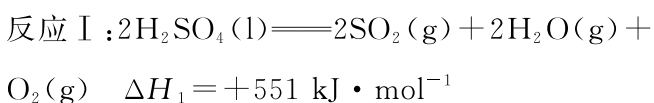
(1)找到目标化学方程式中哪些物质在已知的热化学方程式中唯一出现过。

(2)调整系数和方向,“同向相加、异向相减”(两个方程式中物质都在等号的一侧为同向)。

(3) ΔH 进行相应的加减乘除运算。

典例领悟

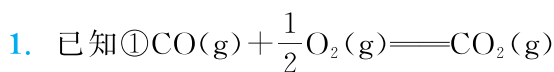
某科研人员用下列流程实现了太阳能的转化与存储。



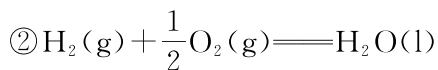
则能表示 $\text{S}(\text{s})$ 的燃烧热的热化学方程式中的 ΔH 为 ()

- A. $-297 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. $-605 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. $+43 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. $-43 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

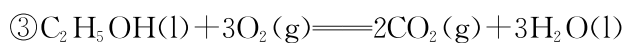
一试身手



$$\Delta H_1 = -283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



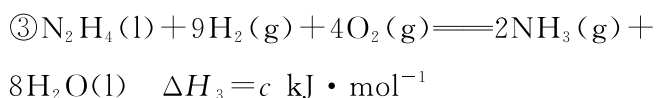
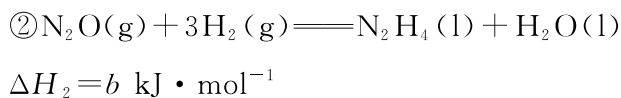
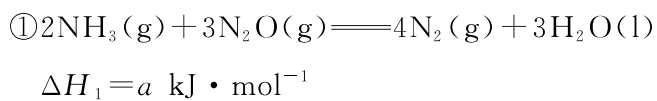
$$\Delta H_2 = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_3 = -1370 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

试计算④ $2\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ 的 $\Delta H =$ _____。

2. [2025·重庆卷] 肼(N_2H_4)与氧化剂剧烈反应,释放大量的热量,可作火箭燃料。已知下列反应:



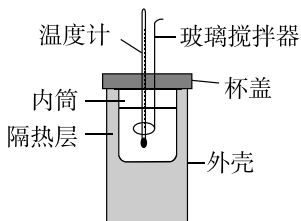
则反应 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ 为 ()

- A. $\frac{1}{4}(a + 3b - c)$
- B. $\frac{1}{4}(a - 3b + c)$
- C. $(a - 3b + c)$
- D. $(a + 3b - c)$

方法 2 中和反应反应热的测定——“实验法”

方法要领

1. 实验装置



简易量热计示意图

2. 测定原理

$$\Delta H = -\frac{(m_{\text{酸}} + m_{\text{碱}}) \cdot c \cdot (t_{\text{终}} - t_{\text{始}})}{n}$$

[得分速记] 公式中的物理量： $c = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} = 4.18 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ ； n 为生成 H_2O 的物质的量。稀溶液的密度用 $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 进行计算。

3. 实验步骤

①绝热装置组装→②量取一定体积酸、碱稀溶液→③测反应前酸、碱液温度→④混合酸、碱液测反应时最高温度→⑤重复 2~3 次实验→⑥求平均温度差($t_{\text{终}} - t_{\text{始}}$)→⑦计算中和反应反应热 ΔH 。

4. 误差分析

若实验时有热量损失，所测中和反应放出的热量偏小， ΔH 偏大。

5. 注意事项

- (1) 隔热层的作用是保温。
- (2) 若采用的酸、碱浓度相等，为保证酸被完全中和，可使碱的体积稍过量。
- (3) 强酸和强碱的稀溶液反应生成可溶性盐和 $1 \text{ mol H}_2\text{O}$ 放出的热量为 57.3 kJ ，弱酸和弱碱电离时吸热，生成 $1 \text{ mol H}_2\text{O}$ 时放出的热量小于 57.3 kJ 。若用浓硫酸发生中和反应生成 $1 \text{ mol H}_2\text{O}$ 时放出的热量大于 57.3 kJ 。

(4) 中和反应反应热测定实验中用玻璃搅拌器搅拌溶液的方法是上下搅动，不能用金属搅拌器代替玻璃搅拌器的理由是金属导热快，热量损失大。

(5) 计算时应注意单位的统一，且要注意数据的取舍，无效数据要舍去。

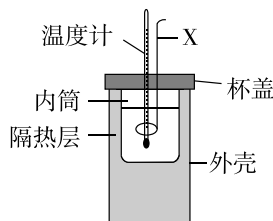
[得分速记] (1) 对于中和反应反应热、燃烧热，由于它们反应放热是确定的，所以描述中不带“—”，但其焓变为负值。

(2) 当用热化学方程式表示燃烧热时，可燃物的物质的量必须为 1 mol 。

典例领悟

借助盐酸与 NaOH 溶液反应，用如图所示装置测定中和反应的反应热。下列说法正确的是

()



- 所需的仪器有温度计、铜搅拌器、量筒
- 为了保证 HCl 被完全中和，采用稍过量的 NaOH 溶液
- 若用同浓度的醋酸溶液代替盐酸进行上述实验，计算所得反应热 ΔH 偏小
- 溶液混合后，至温度长时间不再改变时，测量并记录反应后体系的温度

一试身手

1. [2026·北京清华大学附中高二期末] 某实验小组利用教材中的简易量热计测定中和反应反应热，加入的试剂为 $50 \text{ mL } 0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸和 $50 \text{ mL } 0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液，下列说法不正确的是 ()

- A. 为了保证盐酸被完全中和,采用稍过量的 NaOH 溶液
- B. 测量盐酸的温度后要用水把温度计上的酸冲洗干净再去测 NaOH 溶液的温度
- C. 实验中可以分多次把 NaOH 溶液倒入简易量热计内筒的盐酸中
- D. 实验中将最高温度记为反应后体系的温度

2. 用一定浓度的 NaOH 溶液与稀盐酸进行中和反应反应热的测定实验时,测得生成 1 mol 液态水时的 $\Delta H > -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,产生这种偏差的原因不可能是 ()

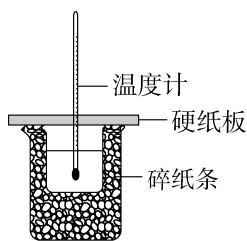
- A. 实验用 NaOH 溶液的浓度过大
- B. 实验时搅拌速度慢
- C. 分 2~3 次把 NaOH 溶液倒入盛有稀盐酸的内筒中
- D. 用量取完稀盐酸的量筒直接量取氢氧化钠溶液

3. [2025·北京景山学校高二阶段考] 中和反应是化学中的一种重要反应,酸、碱在互相交换成分的过程中,也产生了能量的变化。

(1)下列与中和反应热量变化相同的是 _____ (填标号)。

- A. 铝热反应
- B. NH_4Cl 与 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 混合
- C. 碳酸氢钠分解
- D. 浓硫酸溶于水

(2)强酸和强碱的稀溶液发生中和反应生成 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 时 ΔH 的理论数值为 $-57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。用如图所示装置进行中和反应反应热的测定。



回答下列问题:

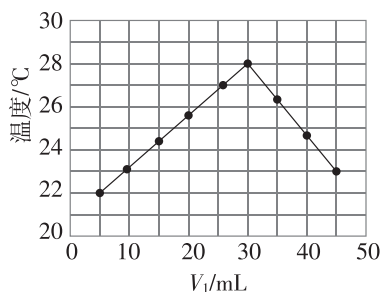
①有同学认为该装置存在缺陷,请指出该装置的不足之处: _____。

②若小烧杯与大烧杯未在同一平面,求得的焓变 ΔH _____ (填“偏大”“偏小”或“无影响”),该实验现使用 50 mL $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸和 50 mL $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液进行反应,则放出的热量 _____ 57.3 kJ (忽略测量误差,填“>”“<”或“=”)。

③关于中和反应反应热的测定实验,下列说法正确的是 _____ (填标号)。

- A. 为了使酸碱充分反应,应当缓慢分次倒入 NaOH 溶液
- B. 实验中,应记录初始温度与反应过程中达到的最高温度
- C. 完成一次中和反应反应热测定实验,最少需测两次温度

(3)将 $V_1 \text{ mL } 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸和 $V_2 \text{ mL}$ 未知浓度的 NaOH 溶液混合均匀后测量并记录溶液的温度,实验结果如图所示,实验中始终保持 $V_1 + V_2 = 50$ 。下列叙述正确的是 _____ (填标号)。



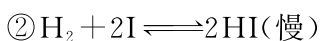
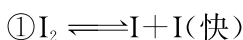
- A. 做该实验时环境温度低于 22 °C
- B. $V_1 = 30$ 时,盐酸和氢氧化钠溶液恰好完全反应
- C. NaOH 溶液的浓度约为 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. 强酸强碱的稀溶液均可用于中和反应反应热的测定

方法3 化学反应中能量变化图形探析——“基元法”

方法要领

基元反应与反应历程

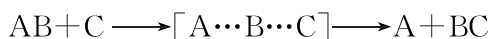
(1)定义:基元反应是指在反应中一步直接转化为产物的反应,又称为简单反应。大多数化学反应并不是经过简单碰撞就能完成的,而往往经过多个反应步骤才能实现。反应历程中的每一步反应都称为基元反应。反应历程又称反应机理。例如 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$, 它的反应历程可能是如下两步基元反应:



其中慢反应为整个反应的决速步骤。

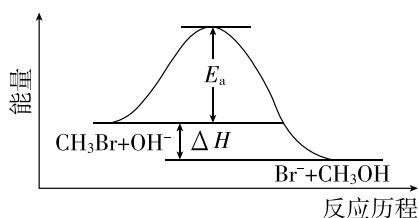
(2)基元反应过渡状态理论

基元反应过渡状态理论认为,基元反应在从反应物到生成物的变化过程中要经历一个中间状态,这个状态称为过渡态。



反应物 过渡态 生成物

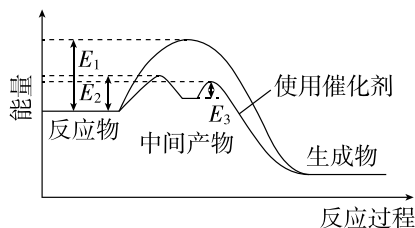
过渡态是处在反应过程中具有最高能量的一种分子构型,过渡态能量与反应物的平均能量的差值相当于活化能[活化能(能垒)越高,此步基元反应速率越慢]。例如,一溴甲烷与 NaOH 溶液反应的过程可以表示为 $\text{CH}_3\text{Br} + \text{OH}^- \longrightarrow [\text{Br} \cdots \text{CH}_3 \cdots \text{OH}] \longrightarrow \text{Br}^- + \text{CH}_3\text{OH}$ 。



一溴甲烷与 NaOH 溶液反应机理示意图

(3)活化能(能垒)与反应机理

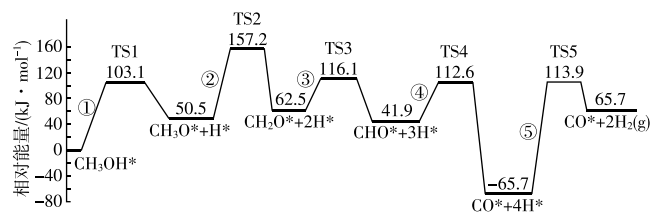
使用催化剂,可以改变活化能,改变反应机理,在反应机理中每一步反应的活化能不同,且均比总反应的活化能低,故一般使用催化剂可以降低反应活化能,加快反应速率,如图所示:



E_1 为总反应的活化能, E_2 、 E_3 为使用催化剂反应机理中各步的活化能。

典例领悟

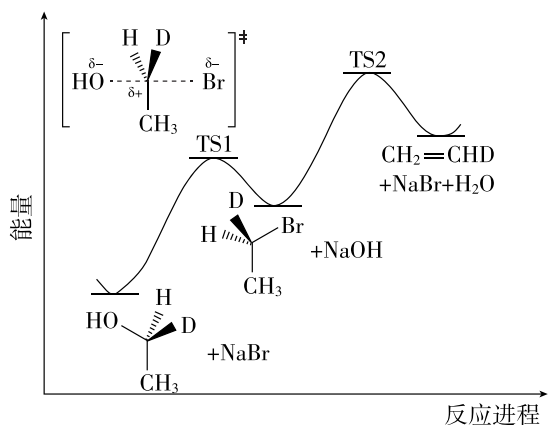
甲醇(CH_3OH)在催化剂表面分解的反应涉及多个过渡态($\text{TS1} \sim \text{TS5}$)和中间体,反应历程如图所示,其中吸附在催化剂表面的物种用“*”标注。下列说法错误的是 ()



- 在催化剂表面解离的五个路径中,制约反应速率的是路径⑤
- 不能由图确定甲醇分解为 CO 和 H_2 是吸热反应还是放热反应
- 该历程中路径③的能垒(反应活化能)为 $116.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 该过程包含 $\text{C}-\text{H}$ 和 $\text{O}-\text{H}$ 的断裂,以及 $\text{H}-\text{H}$ 的形成

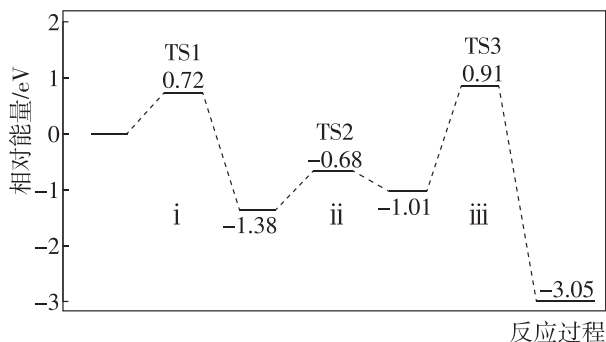
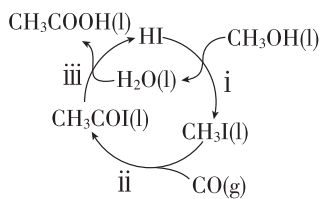
一试身手

1. CH_3CHDBr 与 NaOH 在不同条件下可发生取代或消去反应。两个反应的能量-反应进程图如图所示(TS表示过渡态, TS1结构已示出)。卤代烃的取代和消去可逆性很差, 可认为不存在逆反应、无法达到平衡。下列说法错误的是 ()



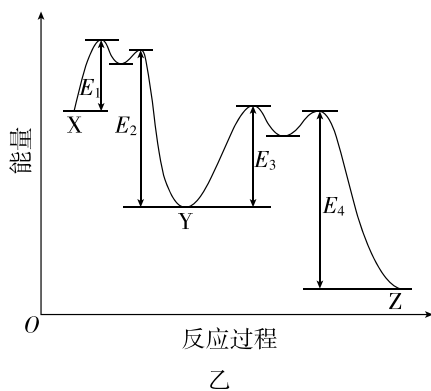
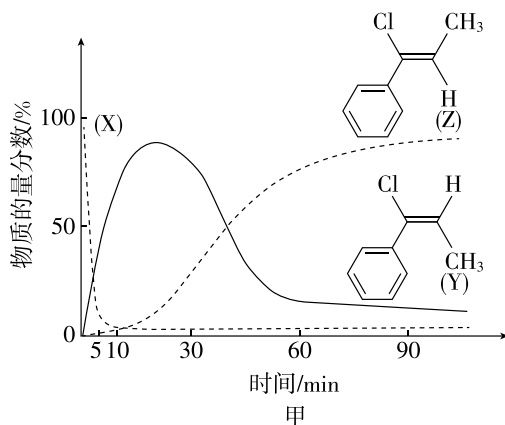
- A. CH_3CHDBr 的消去反应: $\Delta H > 0$
 B. 两个反应中均涉及极性键的断裂与形成
 C. CH_3CHDBr 的取代反应中, 正反应的活化能大于逆反应的活化能
 D. 升高温度能提高消去产物在整体产物中的比例

2. 甲醇与 CO 催化制备乙酸的反应历程及能量变化关系如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 该反应中, H_2O 为催化剂, HI 为中间产物
 B. 该反应有三个基元反应, 反应 iii 是决速步骤
 C. 该过程不涉及非极性键的形成
 D. 使用高效催化剂, 可改变反应历程和焓变

3. 一定温度下, $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$ (X) 在 Al_2O_3 存在下与等物质的量的 HCl 反应, 主要产物为 Y 和 Z。X、Y 和 Z 的物质的量分数随时间的变化如图甲所示, 反应过程中能量变化示意图如图乙所示。



- 下列说法错误的是 ()
- A. 由图甲可知, $\text{X} \rightarrow \text{Z}$ 的活化能大于 $\text{X} \rightarrow \text{Y}$ 的活化能
 B. 5~10 min 时, 由于 $E_1 < E_2$, 所以 Y 线升高
 C. $\text{Y} \rightarrow \text{Z}$ 的过程中, 存在 π 键的断裂与形成、 σ 键的旋转
 D. 此温度下, Y 为动力学产物, Z 为热力学产物

方法 4 化学反应速率计算的经典方法——“三段式法”

方法要领

在化学平衡的计算中通常涉及速率、转化率、某时刻的浓度、物质消耗的量以及平衡常数等,通常需要理清初始量、平衡量及中间变化量,理清这三者的关系,是解决化学平衡计算问题的关键。

1. 在计算化学反应速率时,最重要的也最常用的方法就是三段式法,具体步骤如下:

- (1) 写出有关反应的化学方程式。
- (2) 找出各物质的起始量、转化量、某时刻量。
- (3) 根据已知条件列三段式计算。

如对于反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$, 起始时 A 的浓度为 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, B 的浓度为 $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 反应进行至 $t_1 \text{ s}$ 时, A 消耗了 $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则化学反应速率可计算如下:

	$m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$			
起始/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	a	b	0	0
转化/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	x	$\frac{nx}{m}$	$\frac{px}{m}$	$\frac{qx}{m}$
$t_1 \text{ s}$ 时/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$a-x$	$b-\frac{nx}{m}$	$\frac{px}{m}$	$\frac{qx}{m}$

$$v(\text{A}) = \frac{x}{t_1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1},$$

$$v(\text{B}) = \frac{nx}{mt_1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1},$$

$$v(\text{C}) = \frac{px}{mt_1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1},$$

$$v(\text{D}) = \frac{qx}{mt_1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}.$$

说明:不单是化学反应速率,转化率、体积分数都可以用三段式计算,后面还有关于化学平衡的计算,也会用到三段式法。

2. 化学反应速率计算的其他方法

(1) 定义式法: $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$ 。

(2) 比例关系式法: 化学反应速率之比 = 物质的量浓度变化之比 = 物质的量变化之比 = 化学计量数之比。对于反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$ 来说, $v(\text{A}) : v(\text{B}) : v(\text{C}) : v(\text{D}) = m : n : p : q$ 。

典例领悟

2 mol A 与 2 mol B 混合于 2 L 的密闭容器中, 发生如下反应: $2\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + z\text{D}(\text{g})$ 。若 2 s 后, A 的转化率为 50%, 测得 $v(\text{D}) = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 下列推断正确的是 ()

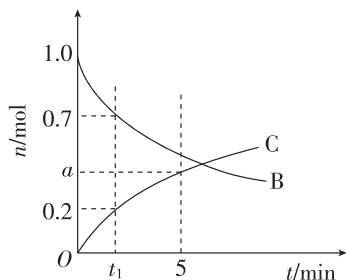
- $v(\text{A}) = v(\text{C}) = 0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- $z = 3$
- B 的转化率为 25%
- C 的体积分数约为 28.6%

一试身手

1. [2025 · 广西钦州一中高二期中] 在 10 L 恒容密闭容器中通入 1 mol N_2 和 3 mol H_2 , 一定条件下发生反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 。3 s 时测得生成 1.8 mol NH_3 , 则 0~3 s 内 H_2 的平均反应速率为 ()

- $0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- $0.09 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- $0.27 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

2. 在 2 L 的容器中, 有反应: $\text{A}(\text{g}) + b\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ 。如图所示, 经 5 min 后, C(g) 的物质的量变为 $a \text{ mol}$, 已知 $t_1 \text{ min}$ 内及 5 min 内 B 的化学反应速率分别为 $0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。则 b, t_1, a 的数值分别是 ()

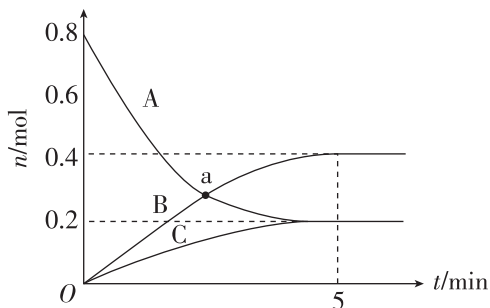


- A. 3、0.125、0.2
 B. 2、1.25、0.4
 C. 3、1.25、 $\frac{1}{3}$
 D. 2、1.25、0.2

3. 一定温度下,向 2 L 恒容密闭容器中充入 0.4 mol NH_3 和 0.5 mol O_2 发生反应 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。4 min 后,NO 的浓度为 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。下列有关说法错误的是 ()

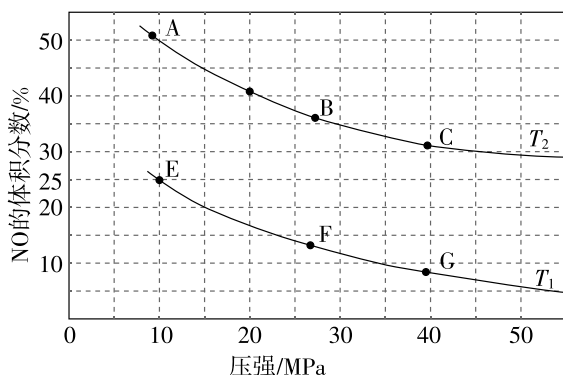
- A. 4 min 末,用 NO 表示的反应速率为 $0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
 B. 4 min 末, NH_3 的浓度为 $0.14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 C. 0~4 min 内,生成的水的质量为 3.24 g
 D. 0~4 min 内, O_2 的物质的量减少了 0.15 mol

4. [2025·北京十四中高二期] 一定温度下,在 2 L 密闭容器中,A、B、C 三种气体的物质的量随时间变化的曲线如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 5 min 时反应停止
 B. a 点时, $v(\text{A}) = v(\text{B})$
 C. 反应的化学方程式为 $3\text{A} \rightleftharpoons 2\text{B} + \text{C}$
 D. 反应开始到 5 min, $v(\text{B}) = 0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

5. 汽车尾气脱硝脱碳主要原理为 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。在容积可变的密闭容器中,充入 10 mol CO 和 8 mol NO,发生上述反应,平衡时 NO 的体积分数与温度、压强的关系如图所示。



压强为 10 MPa、温度为 T_1 、初始体积为 9 L 的条件下,反应进行到 10 min 时达到平衡,用 CO_2 浓度变化表示的平均反应速率为 _____。

6. [2025·河北卷改编] 乙二醇(EG)是一种重要的基础化工原料,可通过石油化工和煤化工等工业路线合成。石油化工路线中,环氧乙烷(EO)水合工艺是一种成熟的乙二醇生产方法。

$\text{EO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{EG}(\text{aq}) \quad \Delta H < 0$
 体系中环氧乙烷初始浓度为 $1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,恒温下反应 30 min,产物中 $n(\text{EG}) : n(\text{EO}) = 3 : 2$ 。0~30 min 内, $v(\text{EO}) =$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

方法 5 速率常数和速率方程——“公式法”

方法要领

1. 速率方程

一定温度下, 化学反应速率与反应物浓度以其计量数为指数的幂的乘积成正比。

对于反应: $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$, 则 $v = kc^a(A) \cdot c^b(B)$ (其中 k 为速率常数)。

如: ① $SO_2Cl_2 \rightleftharpoons SO_2 + Cl_2$ $v = k_1 c(SO_2Cl_2)$

② $2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$ $v = k_2 c^2(NO_2)$

③ $2H_2 + 2NO \rightleftharpoons N_2 + 2H_2O$ $v = k_3 c^2(H_2) \cdot c^2(NO)$

2. 速率常数含义

速率常数(k)是指在给定温度下, 反应物浓度皆为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时的反应速率。在相同的浓度条件下, 可用速率常数大小来比较化学反应的反应速率。化学反应速率与反应物浓度(或浓度的次方)成正比, 而速率常数是其比例常数, 在恒温条件下, 速率常数不随反应物浓度的变化而改变。因此, 可以应用速率方程求出该温度下任意浓度时的反应速率。

3. 速率常数的影响因素

温度对化学反应速率的影响是显著的, 速率常数是温度的函数, 同一反应, 温度不同, 速率常数将有不同的值, 但浓度不影响速率常数。

4. 速率常数与化学平衡常数之间的关系

一定温度下, 可逆反应 $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons gG(g) + hH(g)$, 达到平衡状态时, $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} c^a(A) \cdot$

$c^b(B)$, $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot c^g(G) \cdot c^h(H)$, 由于平衡时 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$, 则 $k_{\text{正}} c^a(A) \cdot c^b(B) = k_{\text{逆}} \cdot c^g(G) \cdot$

$c^h(H)$, 所以 $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = \frac{c^g(G) \cdot c^h(H)}{c^a(A) \cdot c^b(B)} = K$ 。

[得分速记] 特别说明: 对于反应 $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$, 则 $v = kc^a(A) \cdot c^b(B)$ (其中 k 为速率

常数)。基元反应的 a 、 b 可直接写出, 非基元反应的 a 、 b 必须通过实验测定, 无法直接写出。

典例领悟

已知可逆反应 $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ 中, $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} c(N_2O_4)$, $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} c^2(NO_2)$ ($k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 只是温度的函数)。若该温度下的平衡常数 $K = 10$, 则 $k_{\text{正}} = \underline{\hspace{2cm}} k_{\text{逆}}$ 。

一试身手

1. NO_2 存在如下平衡: $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$

$\Delta H < 0$ 。在一定条件下 NO_2 与 N_2O_4 的消耗速率与各自的分压(分压 = 总压 \times 物质的量分数)有如下关系: $v_{\text{正}}(NO_2) = k_1 \cdot p^2(NO_2)$,

$v_{\text{逆}}(N_2O_4) = k_2 \cdot p(N_2O_4)$ 。一定温度下, k_1 、 k_2 与平衡常数 K_p (压力平衡常数, 用平衡分压代替平衡浓度计算)间的关系是 $k_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

2. 工业合成氨 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

$\Delta H < 0$, 速率方程为 $v = kc^{\alpha}(N_2) \cdot c^{\beta}(H_2) \cdot c^{\gamma}(NH_3)$ 。为了测定反应级数(α 、 β 、 γ), 实验记录如表所示。下列叙述错误的是 ()

实验	$c(N_2)/$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	$c(H_2)/$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	$c(NH_3)/$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	反应速率
①	0.1	0.1	0.1	v
②	0.2	0.1	0.1	$2v$
③	0.4	0.1	0.2	$2v$
④	0.4	0.4	0.1	$32v$
⑤	0.2	a	0.2	$27v$

A. $\alpha + \beta + \gamma = 1.5$

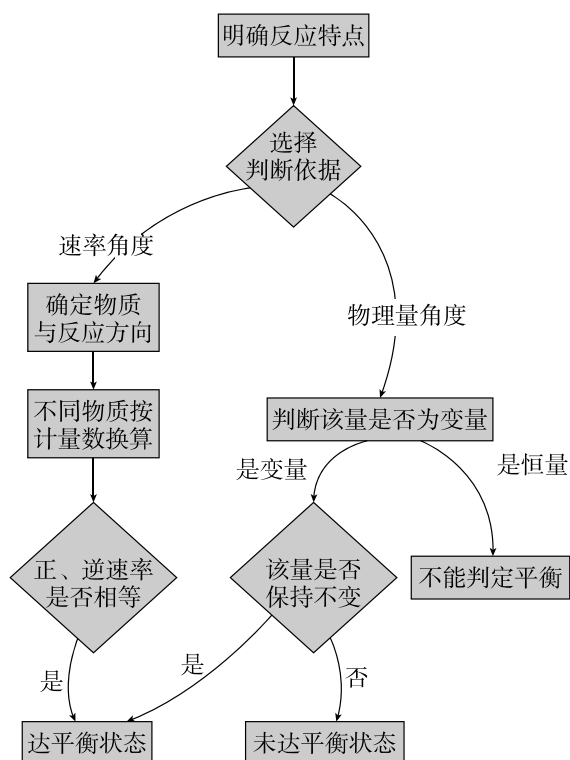
B. $a = 0.8$

C. 其他条件不变, 相同程度改变 H_2 浓度对速率影响大于 N_2

D. 由速率方程可知, 加入催化剂可能是对 k 产生了影响

方法 6 判断平衡状态的方法——“逆向相等，变量不变”

方法要领



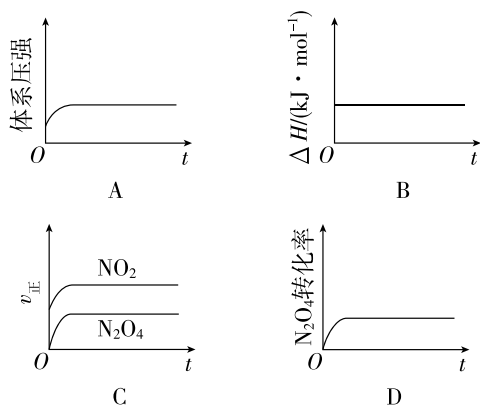
典例领悟

恒温恒压密闭装置中投入一定量的反应物进行反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3(\text{g})$, 下列情况不能确定该反应达到化学平衡状态的是 ()

- $v_{\text{正}}(\text{SO}_2) = v_{\text{逆}}(\text{SO}_3)$
- 容器内混合气体密度不再发生变化
- SO_2 与 O_2 的物质的量之比不再发生变化
- 混合气体平均相对分子质量不再发生变化

一试身手

1. 一定温度下, 反应 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 的焓变为 ΔH 。现将 1 mol N_2O_4 充入一恒压密闭容器中, 下列示意图正确且能说明反应达到平衡状态的是 ()



2. 羰基硫(COS)在新材料研发中展现出潜力。一定温度下, 在容积不变的密闭容器中制取COS的反应为 $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 。下列能说明反应达到平衡状态的是 ()

- $v(\text{CO}) = v(\text{COS})$
- 气体的总压强不再变化
- H_2S 浓度不再变化
- 气体的平均相对分子质量不再变化

3. 将一定量纯净的氨基甲酸铵固体置于密闭真空容器中(容器容积不变, 固体试样体积忽略不计), 在恒定温度下使其达到分解平衡: $\text{H}_2\text{NCOONH}_4(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 。下列各项: ① $2v_{\text{正}}(\text{NH}_3) = v_{\text{逆}}(\text{CO}_2)$; ② 密闭容器中压强不变; ③ 密闭容器中, 混合气体平均相对分子质量不变; ④ 密闭容器中混合气体的密度不变; ⑤ 密闭容器中氨气的体积分数不变; ⑥ 密闭容器中 $c(\text{NH}_3)$ 不变。能判断该反应已经达到化学平衡状态的是 ()

- ②④⑥
- ①③④⑤
- ①④⑤
- 全部

方法 7 三种平衡常数的计算——“三段式法”

方法要领



$$(1) \text{浓度平衡常数: } K = \frac{c^c(C) \times c^d(D)}{c^a(A) \times c^b(B)}$$

①平衡量必须为平衡时的浓度。

②等体积反应: 可以用平衡时的物质的量代替平衡时的浓度。

③恒压条件下: 先计算平衡体积, 再算平衡常数。

$$(2) \text{压强平衡常数: } K_p = \frac{p^c(C) \times p^d(D)}{p^a(A) \times p^b(B)}$$

①平衡量为平衡时的浓度、物质的量、体积等均可。

$$\textcircled{2} \text{分压 } p_i = p_{\text{总}} \times x_i = p_{\text{总}} \times \frac{n_i}{n_{\text{总}}} = (p_1 + p_2 +$$

$$p_3 + \dots) \times \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$$

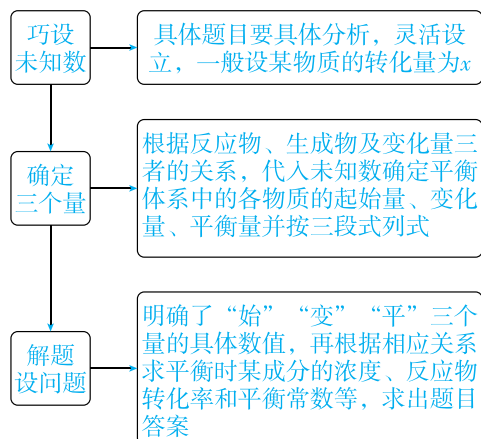
③恒容条件下: 先计算平衡总压, 再算平衡常数或直接根据分压计算。

$$(3) \text{物质的量分数平衡常数: } K_x = \frac{x^c(C) \times x^d(D)}{x^a(A) \times x^b(B)}$$

①平衡量为平衡时的浓度、物质的量、体积等均可。

$$\textcircled{2} \text{物质的量分数: } x_i = \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$$

1. 解题模型



2. “三段式法”思维建模

“三段式法”是有效解答化学平衡计算题的“万能钥匙”。解题时, 要注意清楚条理地列出起始量、转化量、平衡量, 按题目要求进行计算, 同时还要注意单位的统一。

(1)分析三个量: 起始量、变化量、平衡量。

(2)明确三个关系

①对于同一反应物, 起始量 - 变化量 = 平衡量。

②对于同一生成物, 起始量 + 变化量 = 平衡量。

③各转化量之比等于各反应物的化学计量数之比。

(3)计算方法: 三段式法。

化学平衡计算模式: 对以下反应 $mA(g) + nB(g) \rightleftharpoons pC(g) + qD(g)$, 令 A、B 起始物质的量浓度分别为 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 达到平衡后消耗 A 的物质的量浓度为 $mx \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。



起始量/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	a	b	0	0
变化量/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	mx	nx	px	qx
平衡量/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$a - mx$	$b - nx$	px	qx

$$\text{则有平衡常数 } K = \frac{(px)^p (qx)^q}{(a - mx)^m (b - nx)^n}$$

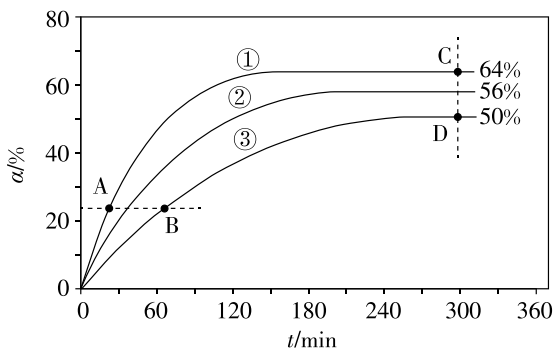
典例领悟

在 2 L 恒容密闭容器中加入适量的氮气和氢气, 发生反应 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$, 10 min 后, 在密闭容器中达到平衡, 平衡时 $n(N_2) = 3 \text{ mol}$, $n(H_2) = 1 \text{ mol}$, $n(NH_3) = 4 \text{ mol}$, 求:

(1)平衡时压强与开始时压强之比为_____。

(2)该温度下反应的平衡常数为_____。

1. 反应 $M(l) + N(l) \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} E(l) + F(l)$ 分别在相同压强和 348 K、343 K、338 K 条件下进行, 起始时均按 M 与 N 的物质的量之比 1:1 投料, 测得 $\alpha(M)$ 随时间 t 的变化关系如图所示。



已知: $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot x(M) \cdot x(N)$, $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot x(E) \cdot x(F)$, 其中 $v_{\text{正}}$ 、 $v_{\text{逆}}$ 分别为正、逆反应的反应速率, $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 分别为正、逆反应的速率常数, x 为各组分的物质的量分数。

348 K 时, 以物质的量分数表示的化学平衡常数 $K_x =$ _____ (保留 2 位有效数字)。

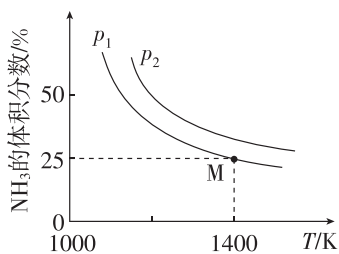
2. [2025 · 吉林长春吉林大学附中高二月考] 500 °C 时, 向容积为 2 L 的恒容密闭容器中通入 1 mol N_2 和 3 mol H_2 , 模拟合成氨的反应, 容器内的压强随时间的变化如下表所示, 该条件下的平衡常数 K_p 为 ()

时间/min	0	10	20	30	40	$+\infty$
压强/MPa	20	17	15	13.2	11	11

- A. 24 MPa^{-2} B. 32 MPa^{-2}
C. 48 MPa^{-2} D. 64 MPa^{-2}

3. 在一容积不变的密闭容器中发生化学反应 $Fe_2O_3(s) + 2NH_3(g) \rightleftharpoons 2Fe(s) + N_2(g) + 3H_2O(g)$ ΔH , 实验测得化学平衡时的有关变化曲线如图所示。已知: 平衡常数可用平衡分压代替平衡浓度计算, 气体分压 = 气体总压 \times

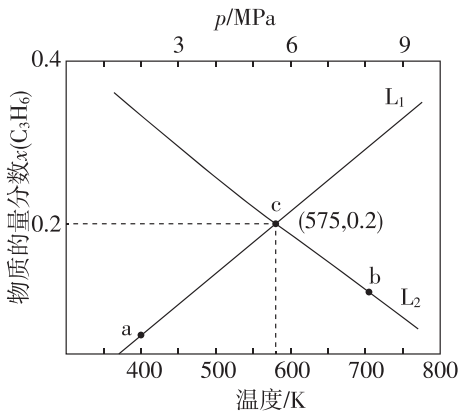
气体物质的量分数。下列说法不正确的是 ()



- A. NH_3 是正反应的还原剂
B. 气体压强: $p_2 > p_1$
C. 平衡后再充入一定量 NH_3 , 则平衡正向移动, NH_3 的体积分数减小
D. M 点的平衡常数 $K_p =$

$$\frac{p_1 \times 0.1875 \times (p_1 \times 0.5625)^3}{(p_1 \times 0.25)^2}$$

4. 丙烯是重要的化工原料, 在密闭容器中利用反应 $C_3H_8(g) \rightleftharpoons C_3H_6(g) + H_2(g)$ 制备。压强为 5 MPa 下平衡时物质的量分数 $x(C_3H_6)$ 随温度变化和温度为 600 K 平衡时物质的量分数 $x(C_3H_6)$ 随压强变化如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. L_1 表示 $x(C_3H_6)$ 随压强的变化关系
B. 将 a 点反应体系升温并加压可转化为 b 点
C. 5 MPa、575 K 时, 用物质的量分数表示的平衡常数 $K_x = 0.8$
D. 保持温度、压强不变, 向 b 点反应体系中充入氩气, C_3H_8 的平衡转化率减小

方法 8 平衡常数与化学反应的关系——“数学思维法”

方法要领

化学平衡常数是指某一具体反应的平衡常数。若反应方向改变,则平衡常数改变;若化学方程式中各物质的化学计量数等倍扩大或缩小,尽管是同一反应,平衡常数也会改变。

(1)正逆反应平衡常数的关系: $K_{\text{正}} \cdot K_{\text{逆}} = 1$ 。

(2)化学计量数变成 n 倍,平衡常数变为 n 次方倍。

(3)反应③=反应①+反应②,则: $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2, K_3 = K_1 \cdot K_2$ 。

(4)反应③=反应①-反应②,则: $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2, K_3 = \frac{K_1}{K_2}$ 。

(5)反应③= $a \times$ 反应①- $\frac{1}{b} \times$ 反应②,则: $\Delta H_3 = a\Delta H_1 - \frac{1}{b}\Delta H_2, K_3 = \frac{K_1^a}{K_2^{\frac{1}{b}}}$ 。

(6)固体和液体不列入平衡常数表达式。

典例领悟

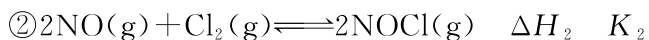
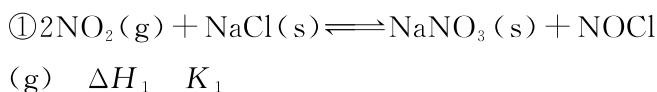
甲醇是重要的化学工业基础原料和清洁液体燃料。工业上可利用 CO 或 CO_2 来生产燃料甲醇。已知制备甲醇的有关化学反应以及在不同温度下的化学反应平衡常数如下表所示。

化学反应	平衡常数	温度/ $^{\circ}\text{C}$	
		500	800
① $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$	K_1	2.5	0.15
② $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$	K_2	1.0	2.50
③ $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	K_3		

据反应①与②可推导出 K_1, K_2 与 K_3 之间的关系,则 $K_3 =$ _____ (用 K_1, K_2 表示)。

一试身手

1. 研究氮氧化物与悬浮在大气中海盐粒子的相互作用时,涉及如下反应:

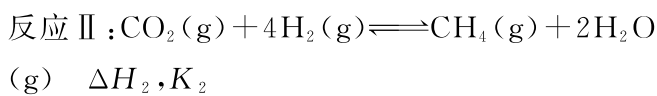
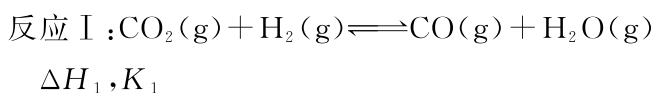


(1)写出平衡常数 K_1 的表达式: _____。

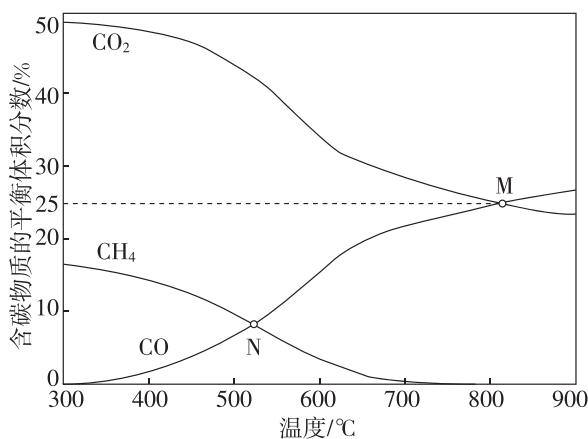
(2)反应 $\text{NO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NOCl}(\text{g})$ 的平衡常数 K_3 与 K_2 有何关系? $K_3 =$ _____。

(3)反应 $4\text{NO}_2(\text{g}) + 2\text{NaCl}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_3(\text{s}) + 2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ _____; $K =$ _____ (用 K_1, K_2 表示)。

2. [2025·福建三明高二期末] 逆水煤气变换体系中存在以下两个反应:



在恒压条件下,按投料比 $\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{H}_2)} = 1$ 进行反应,平衡体系中含碳物质的体积分数随温度的变化如图所示。下列说法正确的是 ()



A. $\Delta H_1 < 0, \Delta H_2 > 0$

B. M 点反应 I 的平衡常数 $K = 0.5$

C. 反应 $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$

(g) 的 $K = \frac{K_1}{K_2}$

D. N 点 H_2O 的分压是 CH_4 的 3 倍

方法 9 压强平衡常数 K_p 的计算——“四步法”

方法要领

K_p 基本概念——定义：用气体分压替代浓度计算的平衡常数

K_p 计算技巧

第一步：三段式计算平衡时各物质的量/浓度

第二步：计算各气体的物质的量分数/体积分数

第三步：分压 = 总压强 × 体积分数
(或物质的量分数)

第四步：代入公式计算 K_p

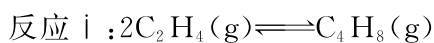
典例领悟

在一刚性密闭容器中， CH_4 和 CO_2 的分压分别为 20 kPa、25 kPa，加入 $\text{Ni}/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂并加热至 1123 K 使其发生反应： $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 。达到平衡后测得体系压强是起始时的 1.8 倍，则该反应的平衡常数的计算式为 $K_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{kPa}^2$ (用各物质的分压代替物质的量浓度计算)。

一试身手

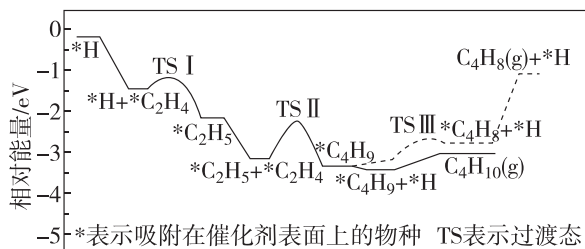
1. 设 K_p^r 为相对压力平衡常数，其表达式写法：在浓度平衡常数表达式中，用相对分压代替浓度。气体的相对分压等于其分压(单位为 kPa)除以 p_0 ($p_0 = 100 \text{ kPa}$)。在某温度下，原料组成 $n(\text{CO}) : n(\text{NO}) = 1 : 1$ ，发生反应： $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ ，初始总压为 100 kPa 的恒容密闭容器中进行上述反应，体系达到平衡时 N_2 的分压为 20 kPa，则该反应的相对压力平衡常数 $K_p^r = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

2. [2025·湖南卷节选] 在反应器中，发生如下反应。

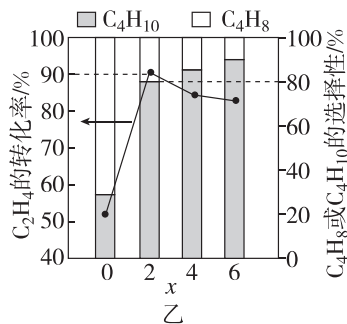


一定温度下， CO 、 C_2H_4 和 H_2 (体积比为 $x : 2 : 1$) 按一定流速进入装有催化剂的恒容反应器(入口压强为 100 kPa)发生反应 i 和 ii。有 CO 存在时，反应 ii 的反应进程如图甲所示。随着 x 的增加， C_2H_4 的转化率和产物的选择性(选择性 = $\frac{\text{转化为目的产物所消耗乙烯的量}}{\text{已转化的乙烯总量}} \times 100\%$)如图乙所示。

如图乙所示。



反应进程
甲



乙

(1) 根据图甲，写出生成 C_4H_{10} 的决速步反应式： $\underline{\hspace{4cm}}$ ；

C_4H_{10} 的选择性大于 C_4H_8 的原因是 $\underline{\hspace{4cm}}$

(2) 结合图乙，当 $x \geq 2$ 时，混合气体以较低的流速经过恒容反应器时，反应近似达到平衡，随着 x 的增大， C_2H_4 的转化率减小的原因是 $\underline{\hspace{4cm}}$

当 $x = 2$ 时，该温度下反应 ii 的 $K_p = \underline{\hspace{2cm}}$ (kPa) $^{-2}$ (保留两位小数)。

方法 10 化学平衡常数的应用——“三判断-计算法”

方法要领

1. 判断、比较可逆反应进行的程度

一般来说,一定温度下的一个具体的可逆反应:

K 值	正反应进行的程度	平衡时生成物浓度	平衡时反应物浓度	反应物转化率
越大	越大	越大	越小	越高
越小	越小	越小	越大	越低

[得分速记] K 值大小与反应程度的关系

K	$<10^{-5}$	$10^{-5} \sim 10^5$	$>10^5$
反应程度	很难进行	反应可逆	反应接近完全

2. 判断正在进行的可逆反应是否达到平衡或反应进行的方向

对于可逆反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$, 浓度商 $Q = \frac{c^p(\text{C}) \cdot c^q(\text{D})}{c^m(\text{A}) \cdot c^n(\text{B})}$, 则将浓度商和

平衡常数作比较可判断可逆反应所处的状态。

$\begin{cases} Q < K: \text{反应向正反应方向进行, } v_{\text{正}} > v_{\text{逆}} \\ Q = K: \text{反应处于化学平衡状态, } v_{\text{正}} = v_{\text{逆}} \\ Q > K: \text{反应向逆反应方向进行, } v_{\text{正}} < v_{\text{逆}} \end{cases}$

3. 判断可逆反应的热效应

(1) 升高温度: K 值增大 \rightarrow 正反应为吸热反应;

K 值减小 \rightarrow 正反应为放热反应。

(2) 降低温度: K 值增大 \rightarrow 正反应为放热反应;

K 值减小 \rightarrow 正反应为吸热反应。

4. 计算平衡体系中的相关量

根据相同温度下,同一反应的平衡常数不变,计算反应物或生成物的浓度、转化率、反应速率等。

注意:①平衡量必须为平衡时的浓度。

②等体反应:可以用平衡时的物质的量代替平衡时的浓度。

③恒压条件下:先计算平衡体积,再算平衡常数。

[得分速记] (1)计算平衡常数利用的是物质的平衡浓度,而不是任意时刻浓度,也不能用物质的量。

(2)固体和纯液体的浓度视为恒定常数,不出现在平衡常数表达式中。

如 $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$, 达到平衡后的 $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{H}_2\text{O})}$ 。

(3)催化剂能加快化学反应速率,但对化学平衡无影响,也不会改变平衡常数的大小。

(4)一般 $K > 10^5$ 时,认为该反应基本进行完全; $K < 10^{-5}$ 时,一般认为该反应很难进行;而 K 在 $10^{-5} \sim 10^5$ 时,反应被认为是典型的可逆反应。

典例领悟

[2025·江苏苏州震泽中学高二月考] 回答下列问题:

在一定容积的密闭容器中,进行如下反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 其化学平衡常数 K 和温度 T 的关系如表所示。

T/°C	700	800	830	1000	1200
K	0.6	0.9	1.0	1.7	2.6

(1)该反应为 _____ 反应(选填“吸热”或“放热”)。

(2)某温度下,平衡浓度符合下式: $c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2) = c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})$, 试判断此时的温度为 _____ °C, 此温度下加入 2 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 2 mol $\text{H}_2(\text{g})$, 充分反应,达到平衡时, H_2 的转化率为 _____。

方法 11 化学反应方向的判据——“公式法”

方法要领

化学反应总是向着自由能减小的方向进行，直到体系达到平衡

自由能和化学反应的方向

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 。 ΔG 不仅与焓变和熵变有关，还与温度有关

- ①当 $\Delta G < 0$ 时，反应能自发进行；
- ②当 $\Delta G = 0$ 时，反应处于平衡状态；
- ③当 $\Delta G > 0$ 时，反应不能自发进行。

典例领悟

(1) 汽车燃油不完全燃烧时产生 CO，有人设想按下列反应除去 CO： $2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$ 。已知该反应的 $\Delta H > 0$ ，简述该设想能否实现并说明依据：_____。

(2) 超音速飞机在平流层飞行时，尾气中的 NO 会破坏臭氧层。科学家正在研究利用催化技术将尾气中的 NO 和 CO 转变成 CO_2 和 N_2 ，化学方程式为 $2\text{NO} + 2\text{CO} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$ 。反应能够自发进行，则反应的 ΔH _____ 0 (填“>”“<”或“=”)。理由是_____。

(3) 已知 $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = +218 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，该反应能够自发进行的反应条件是_____。

一试身手

1. [2025·福建福州八县(市)协作校高二期中] 对于化学反应能否自发，下列有关说法正确的是 ()

- A. 一定条件下，使用催化剂可以使非自发反应变成自发反应
- B. 反应 $\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si}(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{g})$ 可用于纯硅的制备，该反应 $\Delta H < 0$ 、 $\Delta S < 0$
- C. 反应 $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ 在常温下能自发进行，该反应的 $\Delta H > 0$
- D. 已知 $2\text{KClO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H = -78 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\Delta S = +494 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ，此反应在任何温度下都能自发进行

mol⁻¹·K⁻¹，此反应在任何温度下都能自发进行

2. 已知反应： $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ 在 298 K、100 kPa 的条件下，其中 $\Delta H = -113.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $\Delta S = -145.3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。该反应_____ (填“能”或“不能”)用于消除汽车尾气中的 NO，理由为_____。

实际上，如果不采取一定措施，汽车尾气并不会自动消除，试分析其可能原因：_____。

3. 丙烷价格低廉且产量大，而丙烯及其衍生物具有较高的经济附加值，因此丙烷脱氢制丙烯具有重要的价值。

热裂解法：反应 I (直接脱氢)： $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ΔH

在 25 °C、101 kPa 条件下，几种物质的燃烧热如表所示：

物质	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	$\text{C}_3\text{H}_6(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$
燃烧热/(kJ·mol ⁻¹)	-2 219.9	-2049	-286

$\Delta H =$ _____ kJ·mol⁻¹，该反应正向自发进行的条件为_____ (填“高温”“低温”或“任何温度”)。

4. [2025·湖南卷节选] 在反应器中，发生如下反应：

反应 i： $2\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_4\text{H}_8(\text{g})$

$\Delta H_1 = -104.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

反应 ii： $2\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$

$\Delta H_2 = -230.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

计算反应 $\text{C}_4\text{H}_8(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ _____ kJ·mol⁻¹，该反应_____ (填标号)。

- A. 高温自发
- B. 低温自发
- C. 高温低温均自发
- D. 高温低温均不自发