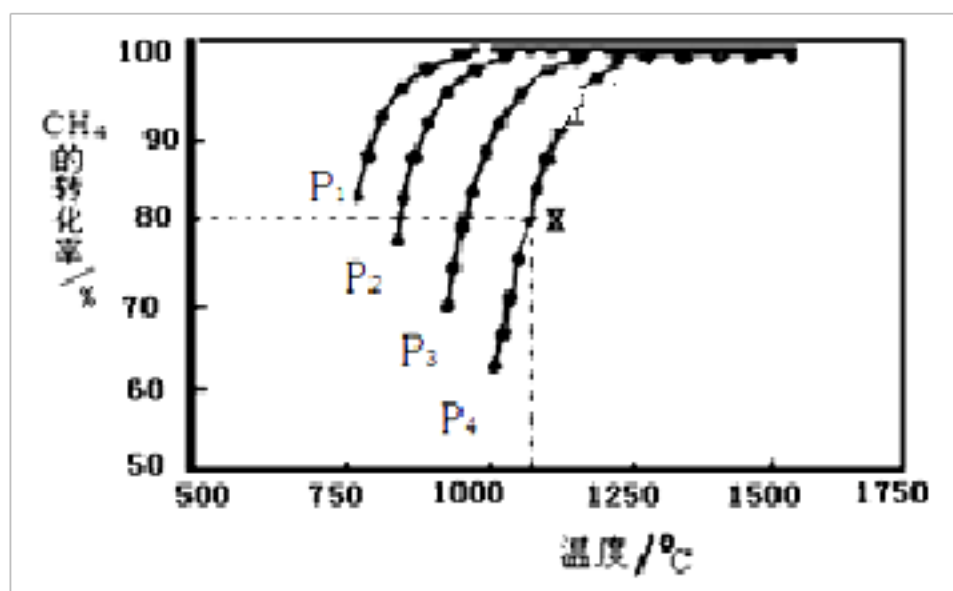


专题 14 速率计算专练

1. 研究 CO_2 与 CH_4 反应使之转化为 CO 和 H_2 ，对减缓燃料危机，减少温室效应具有重要的意义。

(1) 在密闭容器中通入物质的量浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_4 与 CO_2 ，在一定条件下发生反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H$ ，测得 CH_4 的平衡转化率与温度、压强的关系如下图所示。



①在压强为 P_4 、 1100°C 的条件下，该反应 5min 时达到平衡点 X，则用 CO 表示该反应的速率为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

2. 用 Cl_2 生产含氯有机物时会产生 HCl ，利用如下反应可实现氯的循环利用。

$4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Q} (\text{Q} > 0)$ 在 2L 密闭容器中进行该反应，在不同时间测得实验数据如下表：

物质物质的量 (mol) 时间	$\text{HCl}(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
0min	4	1	0	0
2min	1.2	0.3	1.4	
3min	1.2	0.3	1.4	
4min	1.0	0.35	1.5	

(1) 计算 0~2min 内 Cl_2 的平均生成速率 _____。该反应合适的温度范围是 $380^\circ\text{C} \sim 440^\circ\text{C}$ ，选择该温度范围可能的原因是：①加快反应速率；

②_____。

3. 研究煤的合理利用及 CO_2 的综合应用有着重要的意义。请回答以下问题:

合成甲醇

在恒温 2 L 容积不变的密闭容器中, 充入 1molCO_2 和 3molH_2 , 发生反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 测得不同时刻反应前后容器内压强变化 ($p_{\text{后}}/p_{\text{前}}$) 如下表:

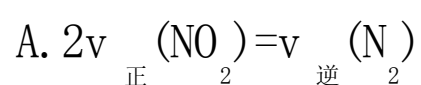
时间/h	1	2	3	4	5	6
$p_{\text{后}}/p_{\text{前}}$	0.90	0.85	0.82	0.81	0.80	0.80

(1) 反应前 1 小时内的平均反应速率 $v(\text{H}_2)$ 为_____ $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{h})$, 该温度下 CO_2 的平衡转化率为_____。

4. 大气污染越来越成为人们关注的问题, 烟气中的 NO_x 必须脱除(即脱硝)之后才能排放。

(1) 汽车排气管上的催化转化器, 发生上述的 CO 将 NO_2 还原为单质反应。在一定温度下, 将一定量的 CO 和 NO_2 充入 2L 固定容积的容器中, 回答以下问题:

①能说明该反应达到平衡状态的是_____ (填字母标号)。



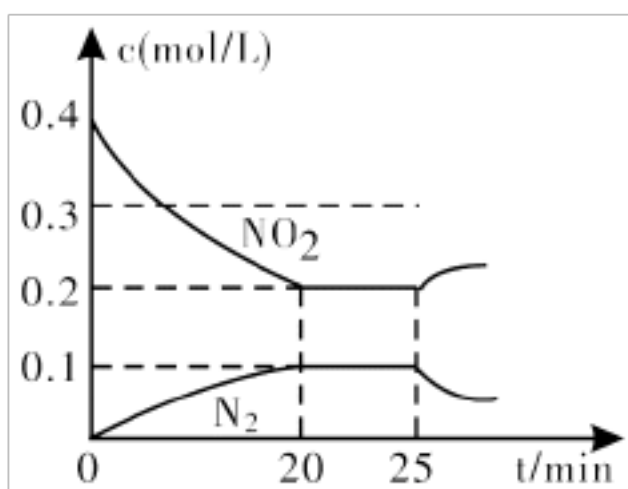
B. 混合气体的平均相对分子质量保持不变

C. 气体总压强不再变化

D. ΔH 保持不变

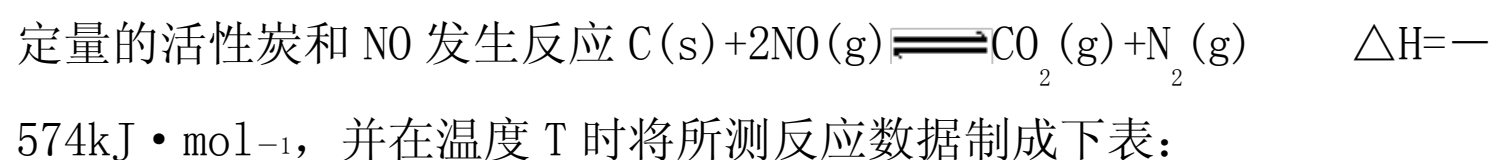
E. 混合气体的密度不再变化

②从反应开始到 5min, 生成了 0.08mol N_2 , 则 5min 内 $v(\text{CO}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{mol L}^{-1} \text{min}^{-1}$ 。



5. 节能减排措施是我国“十一五”期间提出的政策措施。

(1) 汽车尾气的排放是大气污染物的重要来源，其中含有 NO 气体。根据资料显示用活性炭还原法可以处理氮氧化物，某研究小组向固定容积的密闭容器中加入一定量的活性炭和 NO 发生反应



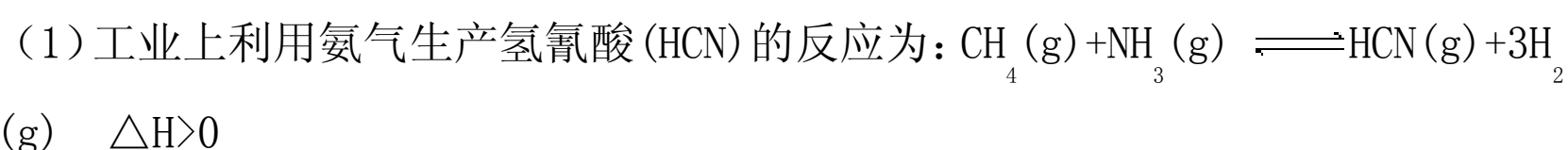
时间(min)	0	10	20	30	40	50
浓度 mol · L ⁻¹)						
NO	1.00	0.52	0.36	0.36	0.54	0.54
CO ₂	0	0.24	0.32	0.32	0.48	0.48
N ₂	0	0.24	0.32	0.32	0.48	0.48

① 0 到 10min 内，NO 的平均反应速率 $v(\text{NO}) = \underline{\hspace{2cm}}$ mol · L⁻¹ · min⁻¹。

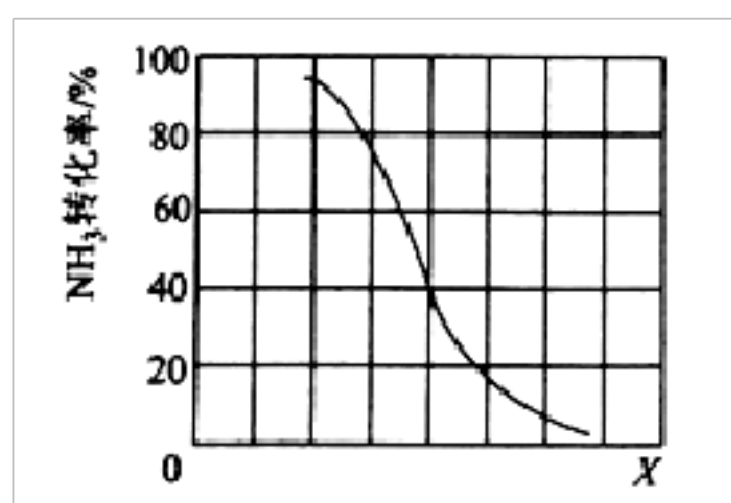
② 下列数据不再变化可表示该反应达到平衡的是_____。

a. 容器内压强 b. 混合气体的平均摩尔质量 c. 混合气体的密度

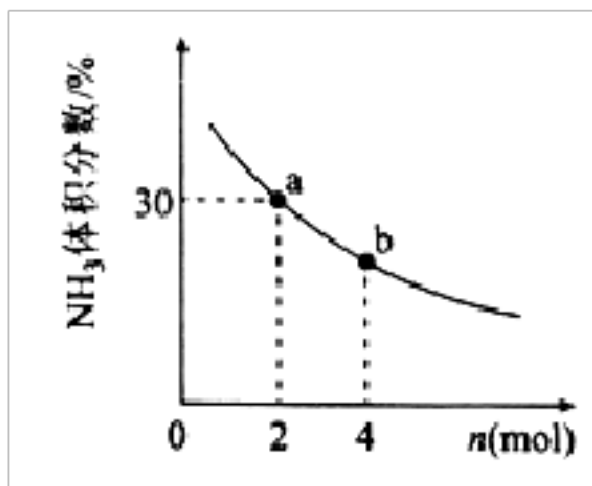
6. 研究化学反应能量变化、化学反应速率和化学反应限度，在实际工业生产和生活中有着重要的意义。回答下列问题：



① 其他条件一定，达到平衡时 NH₃ 转化率随外界条件 X 变化的关系如下图所示。X 代表的是_____ (填“温度”或“压强”)。

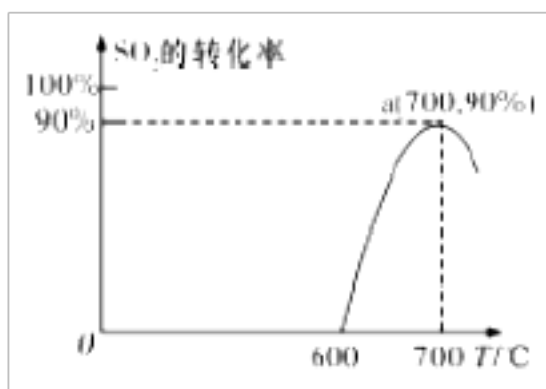


② 其他条件一定，向 2L 密闭容器中加入 n mol CH₄ 和 2 mol NH₃，平衡时 NH₃ 体积分数随 n 变化的关系如下图所示。若反应从开始到 a 点所用时间为 10min，该时间段内用 CH₄ 的浓度变化表示的反应速率为 _____；该温度下，b 点的平衡常数为 _____



7. 氮、硫的化合物合成、应用以及对环境的影响一直是科学界研究的热点。

(1) 焦炭催化还原 SO_2 生成 S_2 ，化学方程式为： $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ ，在恒容容器中， 1 mol/L SO_2 与足量的焦炭反应， SO_2 的转化率随温度的变化如图所示。



①若 700°C 发生该反应，经 3 分钟达到平衡，计算 0—3 分钟

$v(\text{S}_2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，该温度下的平衡常数为 $\underline{\hspace{2cm}}$

②若该反应在起始温度为 700°C 的恒容绝热容器中进行，达到平衡时 SO_2 的转化率 $\underline{\hspace{2cm}}$ 90% (填 “>”、“<” 或 “=”)

③下列说法一定能说明该反应达到平衡状态的是 $\underline{\hspace{2cm}}$

- A. 焦炭的质量不再变化时
- B. CO_2 、 SO_2 的浓度相等时
- C. SO_2 的消耗速率与 CO_2 的生成速率之比为 1:1
- D. 容器的总压强不再变化时

8. 工业上制备丙烯的方法有多种，具体如下（本题丙烯用 C_3H_6 表示）：

(1) 以丁烯 (C_4H_8) 和乙烯 (C_2H_4) 为原料反应生成丙烯 (C_3H_6) 的方法被称为“烯歧化

法”，反应为： $\text{C}_4\text{H}_8(\text{g}) + \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{一定条件}} 2\text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) \quad \Delta H > 0$

一定温度下，在一体积恒为 $V\text{L}$ 的密闭容器中充入一定量的 C_4H_8 和 C_2H_4 ，发生烯烃歧化反应。

I. 该反应达到平衡的标志是 $\underline{\hspace{2cm}}$

- a. 反应速率满足: $2v_{\text{生成}}(\text{C}_4\text{H}_8) = v_{\text{生成}}(\text{C}_3\text{H}_6)$
- b. C_4H_8 、 C_2H_4 、 C_3H_6 的物质的量之比为 1:1:2
- c. 混合气体的平均相对分子质量不再改变
- d. C_4H_8 、 C_2H_4 、 C_3H_6 的浓度均不再变化

II. 已知 t_1 min 时达到平衡状态, 测得此时容器中 $n(\text{C}_4\text{H}_8) = m \text{ mol}$, $n(\text{C}_2\text{H}_4) = 2m \text{ mol}$,

$n(\text{C}_3\text{H}_6) = n \text{ mol}$, 且平衡时 C_3H_6 的体积分数为 $\frac{1}{4}$ 。

①该时间段内的反应速率 $v(\text{C}_4\text{H}_8) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 。(用只含 m 、 V 、 t_1 的式子表示)。

②此反应的平衡常数 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

9. “废气”的综合处理与应用技术是科研人员的重要研究课题, CO 、 SO_2 、 NO_2 是重要的大气污染气体。

(1) 用纳米铁可去除污水中的 NO_3^- , 反应的离子方程式为

$4\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{2+} + \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$; 相同温度下, 纳米铁粉去除不同水样中的 NO_3^- 的速率有较大差异, 下表中 I 和 II 产生差异的原因可能是 $\underline{\hspace{2cm}}$; II 中 0~20min 内用 NO_3^- 表示的平均反应速率为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

反应时间/min		0	10	20	30	40
I	$c(\text{NO}_3^-) / 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	8	3.2	1.6	0.8	0.64
II	$c(\text{NO}_3^-) / 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (含少量 Cu^{2+})	8	0.48	0.32	0.32	0.32

10. 氮和碳的化合物在生产生活中应用广泛。

(1) 用焦炭还原 NO 的反应为: $2\text{NO}(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$, 向容积均为 1L 的甲、乙、丙三个恒容恒温 (反应温度分别为 400°C 、 400°C 、 $T^\circ\text{C}$) 容器中分别加入足量的焦炭和一定量的 NO , 测得各容器中 $n(\text{NO})$ 随反应时间 t 的变化情况如下表所示:

t/min	0	40	80	120	160
$n(\text{NO})$ (甲容器) / mol	2.00	1.50	1.10	0.80	0.80

n (NO) (乙容器) /mol	1.00	0.80	0.65	0.53	0.45
n (NO) (丙容器) /mol	2.00	1.45	1.00	1.00	1.00

①该反应为_____（填“放热”或“吸热”）反应。

②乙容器在 200min 达到平衡状态，则 0~200min 内用 NO 的浓度变化表示的平均反应速率 $v(\text{NO}) =$ _____。

11. 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 ，其反应为： $2\text{NO} + 2\text{CO} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$ 。假设常温下在恒容的密闭容器中发生上述反应，试解答下列问题：

(1) 为了测定在某种催化剂作用下的反应速率，某科学家在某温度下用气体传感器测

得不同时间的 NO 和 CO 浓度如表（均不考虑温度变化对催化剂催化效率的影响）：

时间(s)	0	1	2	3	4	5
c(NO) ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	1.00×10^{-3}	4.50×10^{-4}	2.50×10^{-4}	1.50×10^{-4}	1.00×10^{-4}	1.00×10^{-4}
c(CO) ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	3.60×10^{-3}	3.05×10^{-3}	2.85×10^{-3}	2.75×10^{-3}	X	2.70×10^{-3}

从表中数据分析可知：

①X = _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

②前 2s 内的平均反应速率 $v(\text{N}_2) =$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ；

③该温度下反应的平衡常数 $K =$ _____。

12. 运用化学反应原理研究碳、氮、硫的单质及其化合物的反应对缓解环境污染、能源危机具有重要意义。

I. CO 还原 NO 的脱硝反应： $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H$

II. T °C时, 在刚性反应器中发生如下反应: $\text{CO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$, 化学反应速率 $v = k P_m(\text{CO})P_n(\text{NO}_2)$, k 为化学反应速率常数。研究表明, 该温度下反应物的分压与化学反应速率的关系如下表所示:

$v / \text{kPa} \cdot \text{s}^{-1}$	$P(\text{CO}) / \text{kPa}$			
		10	20	30
$P(\text{NO}_2) / \text{kPa}$				
10		0.009	0.018	0.027
20		0.018	0.036	0.054
30		0.027	0.054	0.081

(3) 若反应初始时 $P(\text{CO}) = P(\text{NO}_2) = a \text{ kPa}$, 反应 $t \text{ min}$ 时达到平衡, 测得体系中 $P(\text{NO}) = b \text{ kPa}$, 则此时 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ $\text{kPa} \cdot \text{s}^{-1}$ (用含有 a 和 b 的代数式表示, 下同), 该反应的化学平衡常数 $K_p = \underline{\hspace{2cm}}$ (K_p 是以分压表示的平衡常数)。

13. 碳和氮的化合物在生产生活中广泛存在。回答下列问题:

(1) 利用 CO 可以将 NO 转化为无害的 N_2 , 其反应为:

$2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$, 向容积均为 1L 的甲、乙、丙三个恒温 (反应温度分别为 300°C 、 $T^\circ\text{C}$ 、 300°C) 容器中分别加入相同量 NO 和 CO , 测得各容器中 $n(\text{CO})$ 随反应时间 t 的变化情况如下表所示:

t/min	0	40	80	120	160
$n(\text{CO})$ (甲容器) /mol	2.00	1.50	1.10	0.80	0.80
$n(\text{CO})$ (乙容器) /mol	2.00	1.45	1.00	1.00	1.00
$n(\text{CO})$ (丙容器) /mol	1.00	0.80	0.65	0.53	0.45

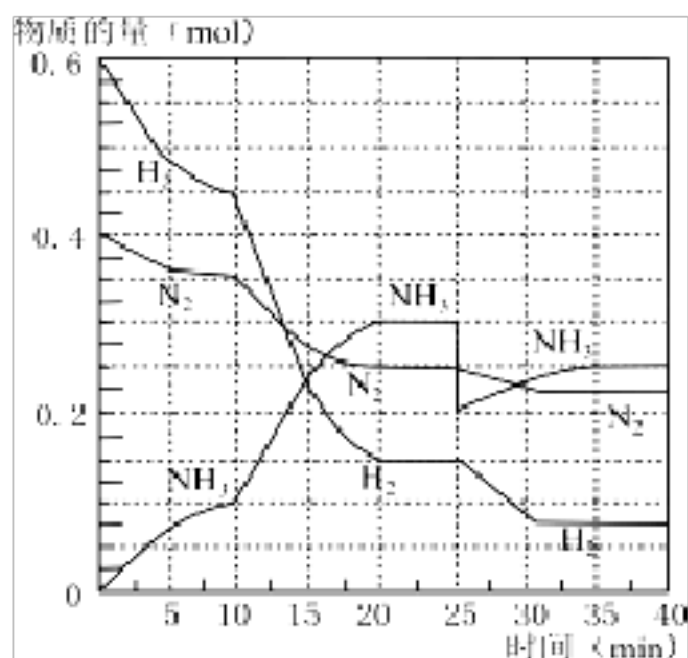
①甲容器中, $0 \sim 40\text{min}$ 内用 NO 的浓度变化表示的平均反应速率 $v(\text{NO}) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

②该反应的 $\Delta H \underline{\hspace{1cm}} 0$ (填 “>” 或 “<”)。

③甲、丙容器达到平衡时, CO 的转化率为 $\alpha(\text{甲}) \underline{\hspace{1cm}} \alpha(\text{乙})$ (填 “>”, “<”, “=”)

14. 游离态氮称为惰性氮，游离态氮转化为化合态氮称之为氮的活化，在氮的循环系统中，氮的过量“活化”，则活化氮开始向大气和水体过量迁移，氮的循环平衡被打破，导致全球环境问题。

I. 氮的活化

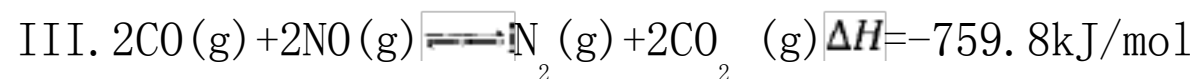
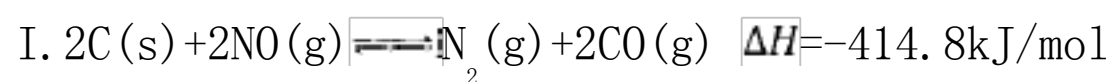


工业合成氨是氮的活化重要途径之一，在一定条件下，将 N_2 和 H_2 通入到体积为 0.5L 的恒容容器中，反应过程中各物质的物质的量变化如右图所示：(1) 10min 内用 NH_3 表示该反应的平均速率， $v(NH_3) =$ _____。

(2) 下列说法能说明该可逆反应达到平衡状态的是_____ (填字母)。

- A. 容器中气体密度不变
- B. 容器中压强不变
- C. $3v(H_2)_{正} = 2v(NH_3)_{逆}$
- D. N_2 、 H_2 、 NH_3 分子数之比为 1 : 3 : 2

15. 目前，对碳、氮及化合物的研究备受关注。已知：



回答下列问题：

(1) $T_1^\circ\text{C}$ 时，向刚性容器中充入 2 mol NO 和 2 mol CO，发生反应 III。5 min 时达到平衡状态，测得容器中 $n(N_2) = 0.8 \text{ mol}$ 、 $c(CO_2) = 0.32 \text{ mol/L}$ 。

① 0~5 min 内，用 NO 表示的反应速率 $v(NO) =$ _____

② 反应进行到 2 min 时， $v_{正}(CO) \quad ___ \quad v_{逆}(CO_2)$ (填“>”“<”或“=”)。

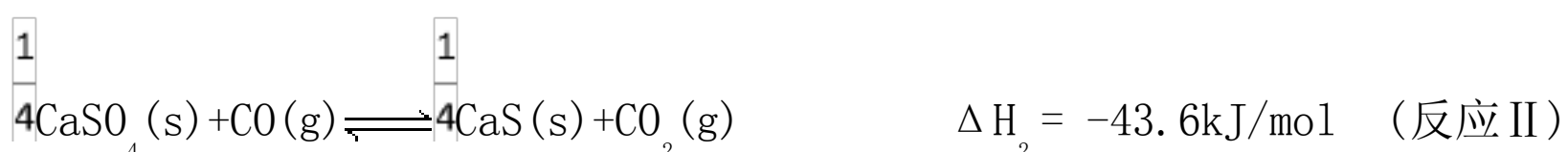
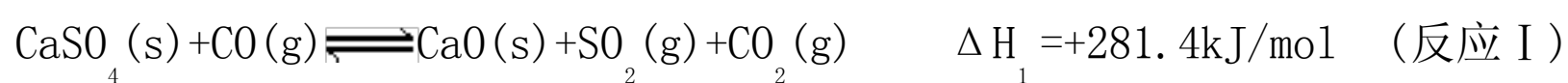
③ 若升高温度，容器内气体压强_____ (填“增大”“减小”或“不变”)，原因为

①0~40s 内, $v(\text{NO}_2) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

②升高温度时, 气体颜色加深, 则上述反应是 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填“放热”或“吸热”) 反应。

③该温度下反应的化学平衡常数 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

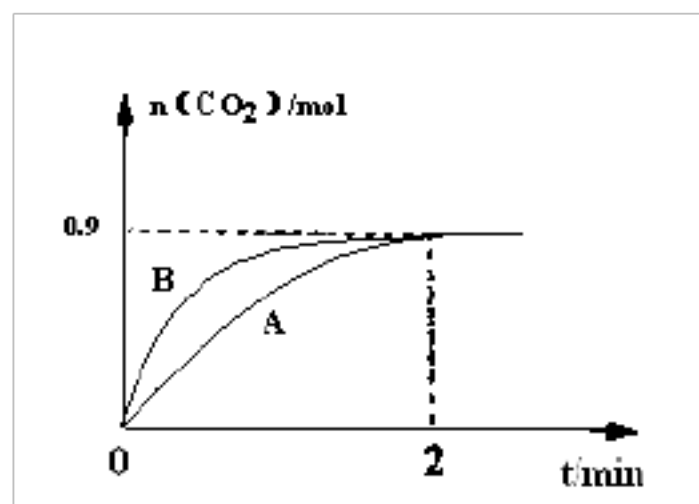
19. 燃煤会产生 CO_2 、 CO 、 SO_2 等大气污染物。燃煤脱硫的相关反应的热化学方程式如下:



(1) 一定温度下, 体积为 1L 容器中加入 $\text{CaSO}_4(\text{s})$ 和 1mol CO , 若只发生反应 II, 测得 CO_2 的物质的量随时间变化如下图中曲线 A 所示。

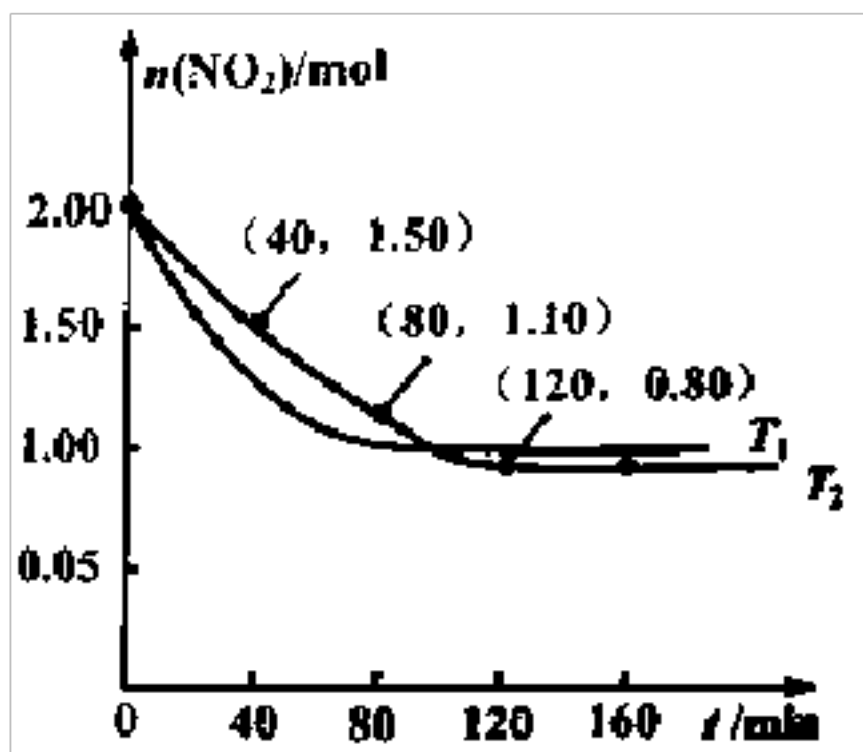
①在 0~2min 内的平均反应速率 $v(\text{CO}) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

②曲线 B 表示过程与曲线 A 相比改变的反应条件可能为 $\underline{\hspace{2cm}}$ (答出一条即可)。



20. 研究碳氧化物、氮氧化物、硫氧化物等大气污染物的处理对缓解环境污染、能源危机具有重要意义。

(1) 用焦炭还原 NO_2 的反应为 $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$, 向两个容积均为 2L、反应温度分别为 $T_1^\circ\text{C}$ 、 $T_2^\circ\text{C}$ 的恒温恒容密闭容器中分别加入足量的焦炭和一定量的 NO_2 , 测得各容器中 $n(\text{NO}_2)$ 随反应时间 t 的变化情况如图所示;



① T_1 _____ T_2 (填“>”或“<”), 该反应为 _____ (填“放热”或“吸热”) 反应。

② T_2 °C 时, 40~80min, 用 N_2 的浓度变化表示的平均反应速率为 $v(N_2) =$ _____, 此温度下的化学平衡常数 $K =$ _____。

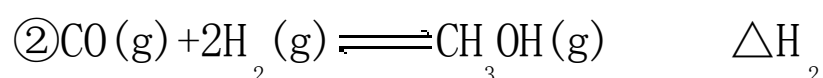
③ T_2 °C 下, 120min 时, 向容器中再加入焦炭和 NO_2 各 1mol, 在 t 时刻达到平衡时, NO_2 的转化率比原平衡时 _____ (填“增大”、“减小”或“不变”)。

21. 二甲醚制备两种方法原理如下

第一种方法: 丹麦 Topspe 工艺的合成气一步法, 是专门针对天然气原料开发的一项新技术。



第二种方法: 二甲醚生产二步法, 即先合成甲醇, 甲醇在催化剂下制二甲醚。



(1) 有人模拟制备原理 II, 绘制如图甲图像:

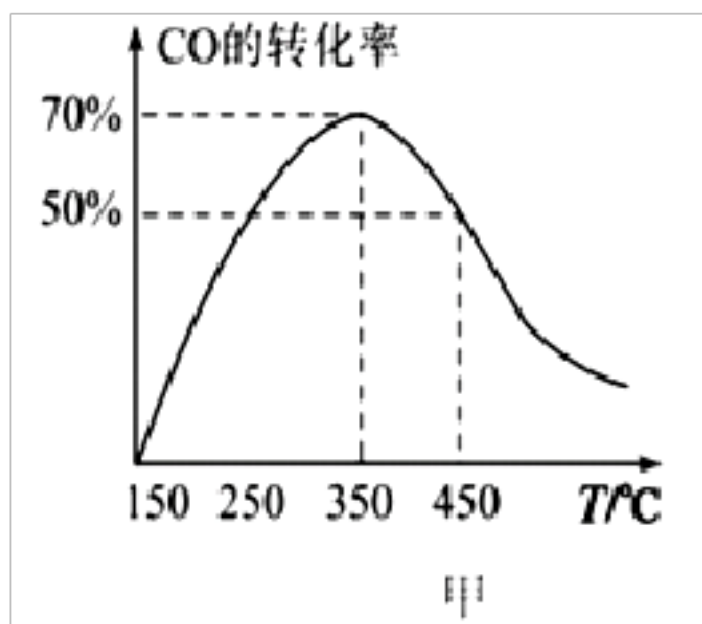
i 说明 CO 的转化率随温度升高先增大后减小的原因: _____。

ii. 反应②自发进行的条件是 _____。

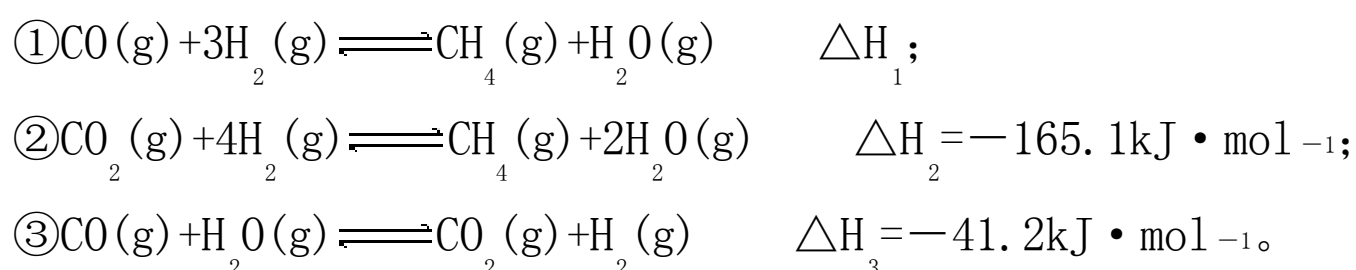
iii. 若在 350°C 时的 2L 的密闭容器中充入 2 mol CO 和 6 mol H_2 , 8min 达到平衡, $c(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 用 H_2 表示反应②的速率是 _____; 可逆反应③的平衡常数 $K_3 =$ _____。

iv. 若 350°C 时测得容器中 $n(\text{CH}_3\text{OH}) = n(\text{CH}_3\text{OCH}_3)$, 此时反应

③ $v(\text{正})$ _____ $v(\text{逆})$, 说明原因 _____。



22. 将生物质气(主要成分为 CO 、 CO_2 和 H_2) 甲烷化是改善燃气质量、改善燃气热值的有效手段之一。在催化剂的作用下, 某密闭容器中, 进行生物质气甲烷化时发生的主要反应为



请回答下列问题:

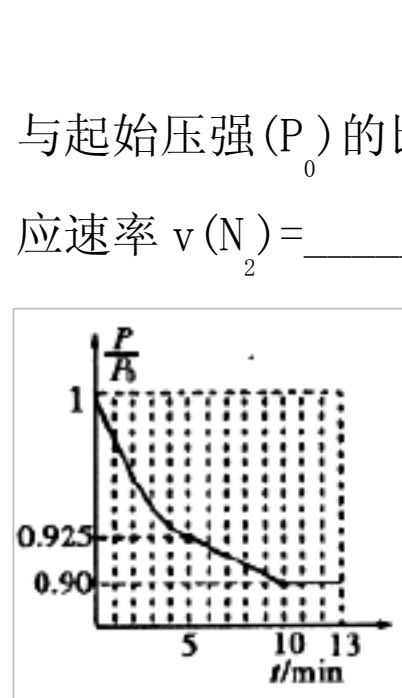
(1) 温度为 $T_1^\circ\text{C}$, 在三个容积均为 1L 的恒容密闭容器中仅发生反应 $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 该反应中, 正反应速率为 $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} c(\text{CO}) c^3(\text{H}_2)$, 逆反应速率为 $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} c(\text{CH}_4) \cdot c(\text{H}_2\text{O})$, $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 为速率常数, 受温度影响。在第 I 个容器中, 3min 反应达到平衡时, CH_4 与 CO 的体积分数相同, 则氢气的速率 $v(\text{H}_2) =$ _____; 下列说法正确的是 _____ (填序号)。

容器编号	物质的起始浓度 ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)			
	$c(\text{CO})$	$c(\text{H}_2)$	$c(\text{CH}_4)$	$c(\text{H}_2\text{O})$
I	2	4	0	0
II	1	2	0	0
III	1	1	0.6	1.2

- A. 当温度改变为 T_2 时, 若 $k_{\text{正}} = 1.5k_{\text{逆}}$, 则 $T_2 > T_1$
- B. 达平衡时, 容器 II 中 H_2 的体积分数小于 25%
- C. 达平衡时, 容器 III 与容器 I 中的总压强之比小于 19 : 20
- D. 达平衡时, 容器 II 中 $\alpha(\text{CO})$ 大于容器 I 中 $\alpha(\text{CO})$

23. I. 含氮化合物在工农业生产中都有重要应用。

(1) 对于 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ 在一定温度下, 在 1 L 的恒容密闭容器中充入 0.1 mol NO 和 0.3 mol CO, 反应开始进行。下图为容器内的压强(P)与起始压强(P_0)的比值($\frac{P}{P_0}$)随时间(t)的变化曲线, 0~5 min 内, 该反应的平均反应速率 $v(\text{N}_2) = \underline{\hspace{2cm}}$, 平衡时 NO 的转化率为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。



24. “绿水青山就是金山银山”, 因此研究 NO_x 、 SO_2 等大气污染物的妥善处理具有重要意义。

(1) 燃煤发电厂常利用反应 $2\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CaSO}_4(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = -681.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 对煤进行脱硫处理来减少 SO_2 的排放。对于该反应, 在 $T^\circ\text{C}$ 时, 借助传感器测得反应在不同时间点上各物质的浓度如下:

	0	10	20	30	40	50
O_2	1.00	0.79	0.60	0.60	0.64	0.64
CO_2	0	0.42	0.80	0.80	0.88	0.88

① 0~10min 内, 平均反应速率 $v(\text{O}_2) \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 当升高温度, 该反应的平衡常数 K $\underline{\hspace{2cm}}$ (填“增大”“减小”或“不变”)。

② 30min 后, 只改变某一条件, 反应重新达到平衡。根据上表中的数据判断, 改变的条件可能是 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填字母)。

- A 加入一定量的粉状碳酸钙 B 通入一定量的 O_2
 C 适当缩小容器的体积 D 加入合适的催化剂

25. 氧化亚氮 (N_2O) 是一种强温室气体, 且易转换成颗粒污染物。研究氧化亚氮分解对环境保护有重要意义。

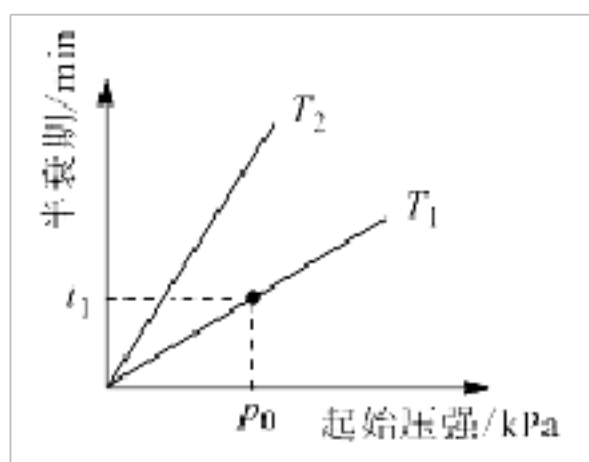
(1) 在一定温度下的恒容容器中, 反应 $2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) = 2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 的部分实验数据如下:

反应时间 /min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$C(\text{N}_2\text{O})/\text{mol}$ /L	0.100	0.090	0.080	0.070	0.060	0.050	0.040	0.030	0.020	0.010	0.010

①在 0~20min 时段, 反应速率 $v(\text{N}_2\text{O})$ 为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

②若 N_2O 起始浓度 c_0 为 $0.150 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则反应至 30min 时 N_2O 的转化率 α = _____。比较不同起始浓度时 N_2O 的分解速率: $v(c_0=0.150 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$ _____ $v(c_0=0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$ (填 “>”、“=” 或 “<”)。

③不同温度 (T) 下, N_2O 分解半衰期随起始压强的变化关系如图所示 (图中半衰期指任一浓度 N_2O 消耗一半时所需的相应时间), 则 T_1 _____ T_2 (填 “>”、“=” 或 “<”)。当温度为 T_1 、起始压强为 p_0 , 反应至 t_1 min 时, 体系压强 p = _____ (用 p_0 表示)。

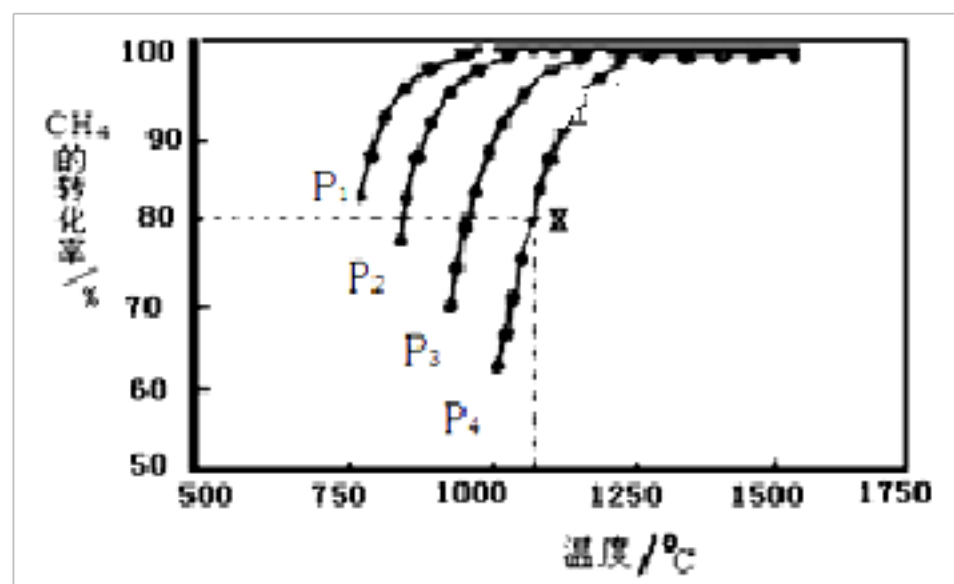


专题 14 速率计算专练 答案解析

1. 研究 CO_2 与 CH_4 反应使之转化为 CO 和 H_2 , 对减缓燃料危机, 减少温室效应具有重要的意义。

(1) 在密闭容器中通入物质的量浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_4 与 CO_2 , 在一定条件

下发生反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H$, 测得 CH_4 的平衡转化率与温度、压强的关系如下图所示。



①在压强为 P_1 、 1100°C 的条件下, 该反应 5min 时达到平衡点 X, 则用 CO 表示该反应的速率为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

【答案】 0.032

【解析】

(1)①

由图 1 可知, 压强为 P_1 、 1100°C 的条件下, 该反应 5min 时达到平衡 X 点, 是甲烷的转化率为 80%, 甲烷的浓度变化量为 $0.1\text{mol/L} \times 80\% = 0.08\text{mol/L}$, 故 $v(\text{CH}_4) =$

$$\frac{0.08\text{mol/L}}{5\text{min}}$$

$= 0.016\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$, 根据速率之比等于化学计量数之比, 所以

$v(\text{CO}) = 2v(\text{CH}_4) = 2 \times 0.016\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min}) = 0.032\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$, 故答案为: 0.032。

2. 用 Cl_2 生产含氯有机物时会产生 HCl, 利用如下反应可实现氯的循环利用。

$4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + Q (Q > 0)$ 在 2L 密闭容器中进行该反应, 在不同时间测得实验数据如下表:

物质物质的量 (mol) 时间	HCl(g)	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
0min	4	1	0	0
2min	1.2	0.3	1.4	
3min	1.2	0.3	1.4	
4min	1.0	0.35	1.5	

(1) 计算 0~2min 内 Cl_2 的平均生成速率_____。 该反应合适的温度范围是 380~440℃，选择该温度范围可能的原因是：①加快反应速率；
②_____。

【答案】 0.35mol/(L·min) 催化剂活性较高

【解析】

(1) 据化学反应速率定义，0~2min 内

$v(\text{Cl}_2) = v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1.4\text{mol}}{2\text{L} \times 2\text{min}} = 0.35\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 。主要从反应速率和化学平衡角度选择反应的合适温度范围，化工生产中常用催化剂，必须考虑其活性温度。

3. 研究煤的合理利用及 CO_2 的综合应用有着重要的意义。请回答以下问题：

合成甲醇

在恒温 2 L 容积不变的密闭容器中，充入 1mol CO_2 和 3mol H_2 ，发生反应： $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，测得不同时刻反应前后容器内压强变化 ($p_{\text{后}}/p_{\text{前}}$) 如下表：

时间/h	1	2	3	4	5	6
$p_{\text{后}}/p_{\text{前}}$	0.90	0.85	0.82	0.81	0.80	0.80

(1) 反应前 1 小时内的平均反应速率 $v(\text{H}_2)$ 为_____mol/(L·h)，该温度下 CO_2 的平衡转化率为_____。

【答案】 0.3 40%

【解析】

(1) 化学反应： $2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

n (开始) /mol 1 3 0 0

1h/mol x 3x x

x

$\Delta n/\text{mol}$ y 3y y y

在 1h 时气体的总物质的量 $n = 1 - x + 3 - 3x + x + x = (4 - 2x)\text{mol}$ ，开始时总物质的量为

4mol, 根据 $\frac{P_{\text{后}}}{P_{\text{前}}} = \frac{(4-2x)}{4} = 0.90$, 解得 $x = 0.2\text{mol}$, 所以 H_2 改变的物质的量为 $3 \times 0.2\text{mol} = 0.6\text{mol}$, $v(\text{H}_2) = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0.6\text{mol}}{2\text{L}/1\text{h}} = 0.3\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{h})$, 在平衡时气体的总物质的量 $n = 1 - y + 3 - 3y + y + y = (4 - 2y)\text{mol}$, 开始时总物质的量为 4mol, 根据 $\frac{P_{\text{后}}}{P_{\text{前}}} = \frac{(4-2y)}{4} = 0.80$, 解得 $y = 0.4\text{mol}$, 所以 CO 的平衡转化率为 $0.4\text{mol}/1\text{mol} \times 100\% = 40\%$, 故答案为: 0.3, 40%。

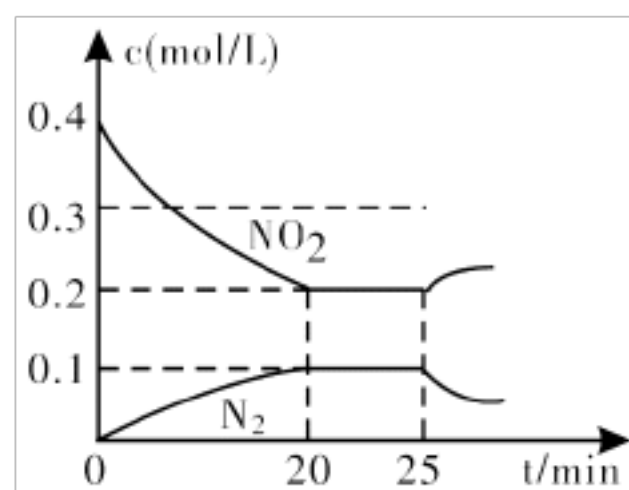
4. 大气污染越来越成为人们关注的问题, 烟气中的 NO_x 必须脱除(即脱硝)之后才能排放。

(1) 汽车排气管上的催化转化器, 发生上述的 CO 将 NO_2 还原为单质反应。在一定温度下, 将一定量的 CO 和 NO_2 充入 2L 固定容积的容器中, 回答以下问题:

①能说明该反应达到平衡状态的是_____ (填字母标号)。

- A. $2v_{\text{正}}(\text{NO}_2) = v_{\text{逆}}(\text{N}_2)$
- B. 混合气体的平均相对分子质量保持不变
- C. 气体总压强不再变化
- D. ΔH 保持不变
- E. 混合气体的密度不再变化

②从反应开始到 5min, 生成了 0.08mol N_2 , 则 5min 内 $v(\text{CO}) = \underline{\quad} \text{mol L}^{-1} \text{min}^{-1}$ 。



【答案】 BC 0.032

【解析】

(3) ①A. 反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) + 4\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 4\text{CO}_2(\text{g})$ 中, 若 $2v_{\text{正}}(\text{NO}_2) = v_{\text{逆}}(\text{N}_2)$, 说明正反应速率和逆反应速率不相等, 不能说明反应达到平衡状态, 故 A 错误;

B. 混合气体的质量和始终不变, 气体的总物质的量不确定, 则混合气体的相对分子质量为变量, 当容器内混合气体的平均相对分子质量保持不变时, 说明反应达到平衡状态, 所以 B 选项是正确的;

C. 在恒温、恒容条件下, 反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) + 4\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 4\text{CO}_2(\text{g})$ 进行过程中气体

总物质的量不断变化，压强也在变化，当容器内混合气体的压强保持不变，说明达到平衡状态，所以 C 选项是正确的；

D. 反应热大小只与起始和终止状态有关， ΔH 保持不变，不能说明反应达到平衡状态，故 D 错误；

E. 混合气体的质量和体积始终不变，则容器内混合气体的密度保持不变，无法根据密度判断是平衡状态，故 E 错误。

因此，本题正确答案是：BC；

② $2\text{NO}_2(\text{g}) + 4\text{CO}(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 4\text{CO}_2(\text{g})$ ，从反应开始到 5min，生成了 0.08mol N_2 ，

$$\text{则 } 5\text{min 内 } v(\text{CO}) = \frac{\frac{0.08\text{mol} \times 4}{2\text{L}}}{5\text{min}} = 0.032\text{mol L}^{-1}\text{min}^{-1};$$

因此，本题正确答案是：0.032。

5. 节能减排措施是我国“十一五”期间提出的政策措施。

(1) 汽车尾气的排放是大气污染物的重要来源，其中含有 NO 气体。根据资料显示用活性炭还原法可以处理氮氧化物，某研究小组向固定容积的密闭容器中加入一定量的活性炭和 NO 发生反应 $\text{C}(\text{s}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -574\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，并在温度 T 时将所测反应数据制成下表：

时间(min)	0	10	20	30	40	50
浓度 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$						
NO	1.00	0.52	0.36	0.36	0.54	0.54
CO_2	0	0.24	0.32	0.32	0.48	0.48
N_2	0	0.24	0.32	0.32	0.48	0.48

① 0 到 10min 内，NO 的平均反应速率 $v(\text{NO}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

② 下列数据不再变化可表示该反应达到平衡的是 。

a. 容器内压强 b. 混合气体的平均摩尔质量 c. 混合气体的密度

【答案】 0.048 bc

【解析】

(2) ① 0 到 10min 内，NO 的浓度从 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 降低到了 $0.52\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，降低了

$$0.48\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}, \quad v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0.48\text{mol/L}}{10\text{min}} = 0.048\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \quad \text{答案为 } 0.048;$$

② 容器内发生的反应为 $\text{C}(\text{s}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ ，a. C 是固体，反应前后气

体的物质的量不变。在相同条件下，物质的量之比等于压强之比，气体的物质的

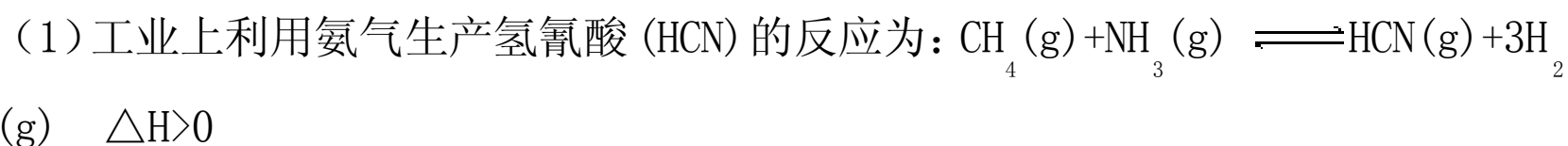
量不变，则压强一直都没有变，因此 a 不能说明反应已经达到平衡； b. $\bar{M} = \frac{m_{\text{总}}}{n_{\text{总}}}$,

由于 C 是固体，气体的总质量发生变化，所以平均摩尔质量发生变化，当它不变

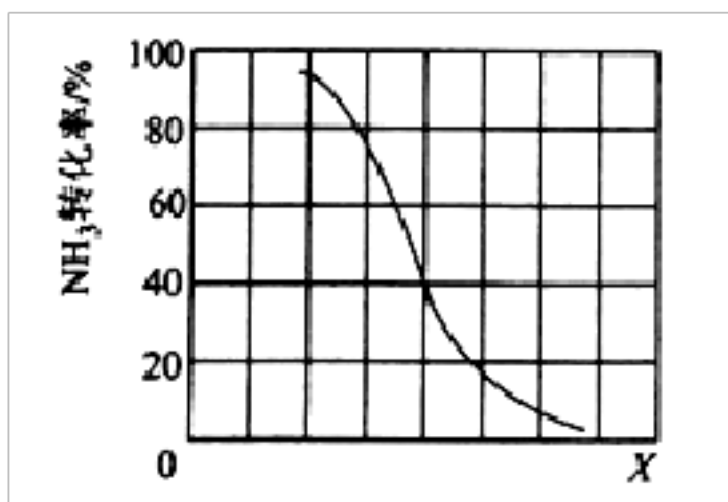
的时候，说明平衡， b 符合要求； c. $\rho = \frac{m_{\text{气}}}{V}$ ，由于 C 是固体，气体的总质量发生

变化，所以密度发生变化，当它不变的时候，说明平衡， c 符合要求。答案为 bc。

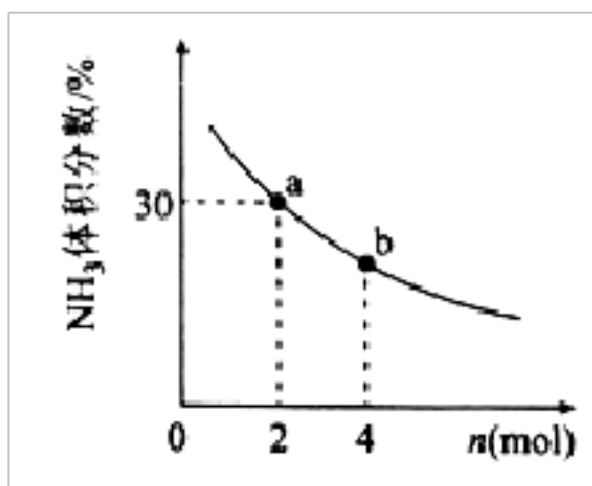
6. 研究化学反应能量变化、化学反应速率和化学反应限度，在实际工业生产和生活中有着重要的意义。回答下列问题：



①其他条件一定，达到平衡时 NH_3 转化率随外界条件 X 变化的关系如下图所示。X 代表的是_____ (填“温度”或“压强”)。



②其他条件一定，向 2L 密闭容器中加入 $n\text{molCH}_4$ 和 2molNH_3 ，平衡时 NH_3 体积分数随 n 变化的关系如下图所示。若反应从开始到 a 点所用时间为 10min，该时间段内用 CH_4 的浓度变化表示的反应速率为_____；该温度下， b 点的平衡常数为_____

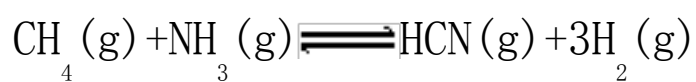


【答案】 压强 $0.025\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 3/16

【解析】

(1) ①根据图示，X 越大转化率越小，平衡逆向移动，该反应为吸热反应，温度升高平衡正向移动，增大压强，平衡逆向移动，故答案为：压强。

②设 10min 时，反应的氨气的物质的量为 x，



开始 (mol)	2	2	0	0
反应 (mol)	x	x	x	3x
a 点 (mol)	2-x	2-x	x	3x

则 $(2-x)/(2-x+x+3x) \times 100\% = 30\%$ ，解得 $x = 0.5 \text{ mol}$ ，

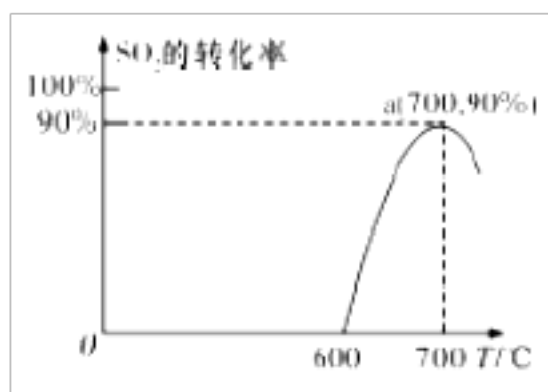
$$v(\text{CH}_4) = \Delta c / \Delta t = 0.5 \text{ mol} / 2 \text{ L} / 10 \text{ min} = 0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

此时 $c(\text{HCN}) = 0.5 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0.25 \text{ mol/L}$ ， $c(\text{H}_2) = 0.5 \text{ mol} \times 3 / 2 \text{ L} = 0.75 \text{ mol/L}$ ， $c(\text{CH}_4) = c(\text{NH}_3) = (2 - 0.5) \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0.75 \text{ mol/L}$ ，

平衡常数只与温度有关，所以 $K_a = K_b = c(\text{HCN}) c^3(\text{H}_2) / c(\text{CH}_4) c(\text{NH}_3)$
 $= 0.25 \times (0.75)^3 / 0.75 \times 0.75 = 3/16$ ，故答案为： $0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ， $3/16$ 。

7. 氮、硫的化合物合成、应用以及对环境的影响一直是科学界研究的热点。

(1) 焦炭催化还原 SO_2 生成 S_2 ，化学方程式为： $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ ，在恒容容器中， 1 mol/L SO_2 与足量的焦炭反应， SO_2 的转化率随温度的变化如图所示。



①若 700°C 发生该反应，经 3 分钟达到平衡，计算 0—3 分钟

$$v(\text{S}_2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$
，该温度下的平衡常数为 $\underline{\hspace{2cm}}$

②若该反应在起始温度为 700°C 的恒容绝热容器中进行，达到平衡时 SO_2 的转化率 $\underline{\hspace{1cm}}$ 90% (填“>”、“<”或“=”)

③下列说法一定能说明该反应达到平衡状态的是 $\underline{\hspace{1cm}}$

A. 焦炭的质量不再变化时

B. CO_2 、 SO_2 的浓度相等时

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/235214100333012010>