

高等学校教学参考书

《无机化学》 习题解析

杨宏孝 主编
凌 芝 颜秀茹



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

83
2-1-40
27
高等学校教学参考书

《无机化学》 习题解析

杨宏孝 主编
凌 芝 颜秀茹



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是配合天津大学编的《无机化学》(第三版)而编写的学习参考书。

全书按教材的章节顺序编排,对每章的全部习题和绝大部分的思考题都做了解答和解析。为了便于学生查找有关参考书,本书对常用的无机化学教材和参考书做了概要介绍。供读者在自学时选用。

本书适用于高等学校化工类专业,特别是使用天津大学编《无机化学》(第三版)的学校作教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

《无机化学》习题解析/杨宏孝主编. —北京:高等教育出版社,2002.6

本科生教材

ISBN 7-04-010732-5

I. 无... II. 杨... III. 无机化学-本科生-习题 IV. 061-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 005948 号

《无机化学》习题解析

杨宏孝 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京市联华印刷厂		
开 本	850×1168 1/32	版 次	2002 年 6 月第 1 版
印 张	7.125	印 次	2002 年 6 月第 1 次印刷
字 数	170 000	定 价	11.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

序 言

本书是为配合天津大学杨宏孝教授主编的《无机化学》(第三版)而编写的学习参考书。

全书按《无机化学》(第三版)的章节编排,对每章的全部习题和绝大部分的思考题作了解析。本书每章的题序与教材的题序不完全一致。如书中的“2(2-3)”,括号前的数字“2”表示本章的第2题,括号内的数字“2-3”表示教材第二章第3题。但是,应该说明,并非每题的解析均为最理想、最简捷的方案,读者可以运用自己的智慧创意地完成。

本书由杨宏孝教授主编。凌芝教授完成了第1、4、5、6、7、9、10、11、12章思考题、习题的解析工作;颜秀茹教授完成了2、3、8、13、14章思考题、习题的解析工作;杨宏孝教授负责全书的策划、修改、统稿、定稿以及附录的编写工作。

考虑到我们编写的《无机化学》教材被全国高等学校广泛使用,为方便读者查找教学参考书,在附录列出了一些无机化学课程学习参考书目并做了概要介绍,以利读者从中选阅。至于学习过程中容易产生的一些疑难问题的解析,请参阅杨宏孝、颜秀茹教授主编的《无机化学简明教程习题和问题解析》(天津大学出版社,1998年)。

由于编者水平所限,纰漏之处,敬请读者斧正。

编 者

2001年10月

目 录

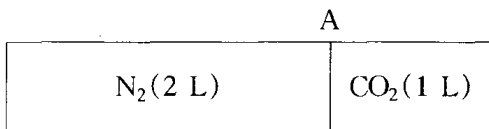
第 1 章	化学反应中的质量关系和能量关系	(1)
第 2 章	化学反应的方向、速率和限度	(14)
第 3 章	酸碱反应和沉淀反应	(38)
第 4 章	氧化还原反应	(61)
第 5 章	原子结构与元素周期性	(79)
第 6 章	分子的结构与性质	(88)
第 7 章	固体的结构与性质	(99)
第 8 章	配位化合物	(108)
第 9 章	元素概论	(133)
第 10 章	碱金属和碱土金属	(138)
第 11 章	卤素和氧族	(148)
第 12 章	氮族、碳族和硼族	(165)
第 13 章	过渡元素	(185)
第 14 章	铜系和钪系元素	(215)
附录	无机化学课程学习参考书简介	(218)

第 1 章

化学反应中的质量关系 和能量关系

思考题选析

1(1-1) 一气柜如下图所示：



假设隔板(A)两侧 N_2 和 CO_2 的 T 、 p 相同。试问：

(1) 隔板两边气体物质的量是否相等？浓度是否相等？

(2) 抽掉隔板(假设不影响气体体积和气柜密闭性)后,气柜内的 T 和 p 是否会改变？ N_2 和 CO_2 物质的量和浓度是否会改变？

解：(1) 物质的量不等而浓度相等。

(2) T 、 p 不变, N_2 、 CO_2 物质的量不变,而浓度会改变。

2(1-2) 标准状况与标准态有何不同？

解：标准状况是指气体在 273.15 K 和 101 325 Pa 下的理想气体状态。

气体的标准态是在标准压力 $p^\ominus = 100 \text{ kPa}$ 下的纯气体的状

态;液体、固体物质的标准态是标准压力下的纯液体、纯固体状态。

3(1-3) 化学反应方程式的系数与化学计量数有何异同?

解:对某一化学反应方程式来说,化学反应方程式的系数与化学计量数的绝对值相同,但化学反应方程式的系数为正值,而反应物的化学计量数为负值,生成物的化学计量数为正值。

4(1-6) 判断下列各说法是否正确:

- (1) 热的物体比冷的物体含有更多的热量。
- (2) 甲物体的温度比乙物体高,表明甲物体的热力学能比乙物体大。
- (3) 物体的温度越高,则所含热量越多。
- (4) 热是一种传递中的能量。
- (5) 同一体系:
 - (a) 同一状态可能有多个热力学能值。
 - (b) 不同状态可能有相同的热力学能值。

解:(1) 错。(2) 错。(3) 错。(4) 对。(5) (a) 错,(b) 对。

5(1-7) 判断下列各过程中,哪个的 ΔU 最大:

- (1) 体系放出了 60 kJ 热,并对环境做了 40 kJ 功。
- (2) 体系吸收了 60 kJ 热,环境对体系做了 40 kJ 功。
- (3) 体系吸收了 40 kJ 热,并对环境做了 60 kJ 功。
- (4) 体系放出了 40 kJ 热,环境对体系做了 60 kJ 功。

解: $\Delta U = Q + W$

- (1) $\Delta U = [-60 + (-40)] \text{ kJ} = -100 \text{ kJ}$
- (2) $\Delta U = [+60 + 40] \text{ kJ} = +100 \text{ kJ}$
- (3) $\Delta U = [+40 + (-60)] \text{ kJ} = -20 \text{ kJ}$
- (4) $\Delta U = [(-40) + 60] \text{ kJ} = +20 \text{ kJ}$

通过计算看出:(2)过程的 ΔU 最大。

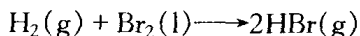
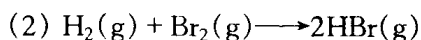
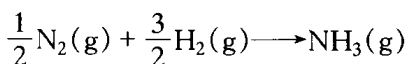
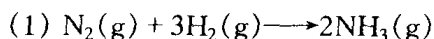
6(1-8) 下列各说法是否正确:

- (1) 体系的焓等于恒压反应热。
- (2) 体系的焓等于体系的热量。
- (3) 体系的焓变等于恒压反应热。
- (4) 最稳定单质的焓值等于零。
- (5) 最稳定单质的生成焓值等于零。
- (6) 最稳定的纯态单质的标准生成焓等于零。
- (7) 由于 CaCO_3 分解是吸热的, 所以它的标准摩尔生成焓为负值。

(8) 由于反应焓变的单位为 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 所以热化学方程式的系数不影响反应的焓变值。

解: (1) 错。(2) 错。(3) 对。(4) 错。(5) 错。(6) 对。(7) 错。(8) 错。

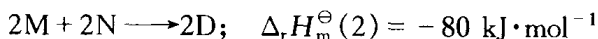
7(1-9) 判断下列各组内的反应在标准态下的恒压反应热是否相同, 并说明理由。



解: (1) 不同。因为两个反应的反应计量系数不同。

(2) 不同。因为两个反应的反应物 Br_2 的状态不同。

8(1-10) 已知: $\text{A} + \text{B} \longrightarrow \text{M} + \text{N}; \Delta_r H_m^\ominus(1) = 35 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



则 $\text{A} + \text{B} \longrightarrow \text{D}$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus(3) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

- (1) $-10 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- (2) $-5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- (3) $-45 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- (4) $25 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

解: $\Delta_f H_m^\ominus(3) = -5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

9(1-11) 下列纯态物质中,哪些单质的标准摩尔生成焓不等于零。

- (1) 金刚石 (2) $\text{O}_3(\text{g})$ (3) $\text{Br}_2(\text{l})$
(4) $\text{Fe}(\text{s})$ (5) $\text{Hg}(\text{g})$ (6) 石墨

解: (1)、(2)、(5)。

10(1-12) 在标准态下 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 为下列哪个反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 值?

- (1) $\text{C}(\text{金刚石}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$
(2) $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$
(3) $\text{C}(\text{石墨}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$

解: (3)。

11(1-13) 反应: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{g})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 值是否等于 $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ 的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 值?

解: 不等。因为 $\text{S}(\text{g})$ 不是稳定单质。

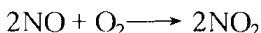
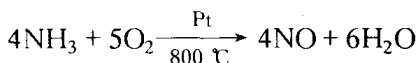
12(1-14) 已知 298.15 K、100 kPa 下, 反应: $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus = 66.36 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\text{NO}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_f H_m^\ominus =$ _____。

- (1) $-66.36 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2) $-33.18 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
(3) $33.18 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (4) $66.36 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

解: $\Delta_f H_m^\ominus = 33.18 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

习题解析

1. 制备硝酸(HNO_3)的反应如下:



试计算每消耗 1.00 吨氨气可制取多少吨硝酸?

解: 设 1.00 吨氨气可制取 x 吨硝酸

$$n(\text{NH}_3) : n(\text{HNO}_3) = 1 : \frac{2}{3}$$

$$\frac{1.00 \times 10^6 \text{ g}}{17.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} : \frac{x \times 10^6 \text{ g}}{63.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1 : \frac{2}{3}$$

解方程得 $x = 2.47$, 即每消耗 1.00 吨氨气可制取 2.47 吨硝酸。

2. 在容积为 10.0 L 的真空钢瓶内充入氯气, 当温度为 298.15 K 时, 测得瓶内气体的压强为 1.0×10^7 Pa, 试计算钢瓶内氯气的质量。

解: 因 $pV = nRT = \frac{mRT}{M}$

故
$$m = \frac{MpV}{RT}$$
$$= \frac{(2 \times 35.453) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1.0 \times 10^7 \text{ Pa} \times 10.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K}}$$
$$= 2.9 \times 10^3 \text{ g}$$

3. 一氧气瓶的容积是 32 L, 其中氧气的压强为 13.2×10^3 kPa。规定瓶内氧气压强降至 1.01×10^3 kPa 时就要充氧气, 以防混入别的气体。今有实验设备每天需用 101.325 kPa 氧气 400 L,

问一瓶氧气能用几天(d)。

解:

$$\text{一瓶氧气可用氧气的物质的量 } n_1 = \frac{(p - p_1) V_1}{RT}$$

$$\text{每天需用氧气的物质的量 } n_2 = \frac{p_2 V_2}{RT}$$

一瓶氧气可用天数

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{(p - p_1) V_1}{p_2 V_2} = \frac{(13.2 \times 10^3 - 1.01 \times 10^3) \text{ kPa} \times 32 \text{ L}}{101.325 \text{ kPa} \times 400 \text{ L} \cdot \text{d}^{-1}} = 9.6 \text{ d}$$

4. 一个容积为 21.2 L 的氧气缸安装有在 $24.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下能自动打开的安全阀,冬季时曾灌入 624 g 氧气。夏季某天阀门突然自动打开了,试问该天气温达多少摄氏度?

$$\begin{aligned} \text{解: } T &= \frac{pV}{nR} = \frac{MpV}{mR} \\ &= \frac{32.00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 24.3 \times 10^5 \text{ Pa} \times 21.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{624 \text{ g} \times 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} \\ &= 318 \text{ K} \\ &= 44.9 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

5. 冬季草原上的空气主要含氮气(N_2)、氧气(O_2)和氩气(Ar)。在 $9.7 \times 10^4 \text{ Pa}$ 及 $-22 \text{ }^\circ\text{C}$ 下收集的一份空气试样,经测定其中氮气、氧气和氩气的体积分数依次为 0.78、0.21、0.01。求收集试样时各气体的分压。

解: 根据道尔顿分压定律

$$p_i = \frac{n_i}{n} p$$

$$p(\text{N}_2) = 0.78 p = 0.78 \times 9.7 \times 10^4 \text{ Pa} = 7.6 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p(\text{O}_2) = 0.21 p = 0.21 \times 9.7 \times 10^4 \text{ Pa} = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p(\text{Ar}) = 0.01 p = 0.01 \times 9.7 \times 10^4 \text{ Pa} = 1 \times 10^3 \text{ Pa}$$

6. 30 °C 下, 在一个容积为 10.0 L 的容器中, O_2 、 N_2 与 CO_2 混合气体的总压力为 93.3 kPa, 其中 $p(O_2)$ 为 26.7 kPa, CO_2 的含量为 5.00 g。试求:

(1) 容器中 CO_2 的分压;

(2) 容器中 N_2 的分压;

(3) O_2 的摩尔分数。

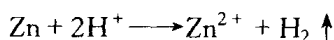
$$\text{解: (1) } n(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)} = \frac{5.00 \text{ g}}{44.01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.114 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} p(CO_2) &= \frac{n(CO_2)}{V} RT \\ &= \frac{0.114 \text{ mol}}{10.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \times 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 303.15 \text{ K} \\ &= 2.87 \times 10^4 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \quad p(N_2) &= p - p(O_2) - p(CO_2) \\ &= 9.33 \times 10^4 \text{ Pa} - 2.67 \times 10^4 \text{ Pa} - 2.87 \times 10^4 \text{ Pa} \\ &= 3.79 \times 10^4 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$(3) \quad \frac{n(O_2)}{n} = \frac{p(O_2)}{p} = \frac{2.67 \times 10^4 \text{ Pa}}{9.33 \times 10^4 \text{ Pa}} = 0.286$$

7. 用锌与盐酸反应制备氢气:



若用排水集气法在 98.6 kPa、25 °C 下 (已知水的蒸汽压为 3.17 kPa) 收集到 $2.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 的气体。试求:

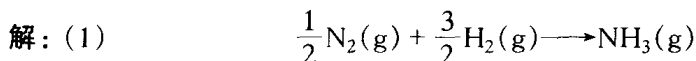
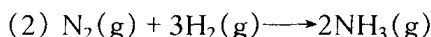
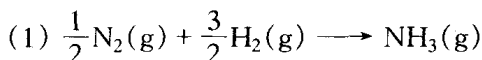
(1) 25 °C 时该气体中氢气的分压;

(2) 收集到的氢气的质量。

$$\text{解: (1) } p(H_2) = 98.6 \text{ kPa} - 3.17 \text{ kPa} = 95.43 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} (2) \quad m(H_2) &= \frac{pVM}{RT} \\ &= \frac{95.43 \times 10^3 \text{ Pa} \times 2.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 2.02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K}} \\ &= 0.194 \text{ g} \end{aligned}$$

8. 设有 10 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 20 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 在合成氨装置中混合, 反应后有 5.0 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 生成, 试分别按下列反应方程式中各物质的化学计量数 (ν_{B}) 和物质的量的变化 (Δn_{B}) 计算反应进度并作出结论。



反应前 n/mol 10 20 0

反应后 n/mol 10 - 2.5 20 - 7.5 5.0

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{N}_2)} \Delta n(\text{N}_2) = \frac{1}{\left(-\frac{1}{2}\right)} \times (-2.5) \text{ mol} = 5.0 \text{ mol}$$

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{H}_2)} \Delta n(\text{H}_2) = \frac{1}{\left(-\frac{3}{2}\right)} \times (-7.5) \text{ mol} = 5.0 \text{ mol}$$

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{NH}_3)} \Delta n(\text{NH}_3) = \frac{1}{1} \times 5.0 \text{ mol} = 5.0 \text{ mol}$$

(2)

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{N}_2)} \Delta n(\text{N}_2) = \frac{1}{(-1)} \times (-2.5) \text{ mol} = 2.5 \text{ mol}$$

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{H}_2)} \Delta n(\text{H}_2) = \frac{1}{(-3)} \times (-7.5) \text{ mol} = 2.5 \text{ mol}$$

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{NH}_3)} \Delta n(\text{NH}_3) = \frac{1}{2} \times 5.0 \text{ mol} = 2.5 \text{ mol}$$

结论: 反应进度 (ξ) 的值与选用反应式中的哪个物质的量变化来进行计算无关, 但与反应式的写法有关。

9. 某气缸中有气体 1.20 L, 从环境吸收了 800 J 热量后, 在恒压 (97.3 kPa) 下体积膨胀到 1.50 L, 试计算系统热力学能变化 (ΔU)。

解: $\Delta U = Q_p - p\Delta V = 800 \times 10^{-3} \text{ kJ} - 97.3(1.50 - 1.20) \times 10^{-3} \text{ kJ} = 0.771 \text{ kJ}$

10. 2.00 mol 理想气体在 350 K 和 152 kPa 条件下, 经恒压冷却至体积为 35.0 L, 此过程放出了 1 260 J 热量。试计算:

(1) 起始体积; (2) 终态温度; (3) 体系做功; (4) 热力学能变化; (5) 焓变。

解: (1) $V_1 = \frac{nRT_1}{p}$

$$= \frac{2.00 \text{ mol} \times 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 350 \text{ K}}{152 \text{ kPa}}$$

$$= 38.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 38.3 \text{ L}$$

(2) $T_2 = \frac{pV_2}{nR} = \frac{152 \text{ kPa} \times 35.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2.00 \text{ mol} \times 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}$

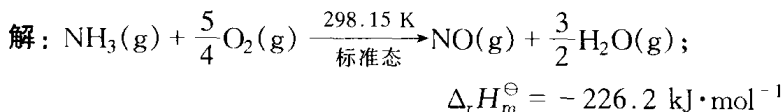
$$= 320 \text{ K}$$

(3) $W = -p\Delta V = -152 \text{ kPa} \times (35.0 - 38.3) \text{ L} = 502 \text{ J}$

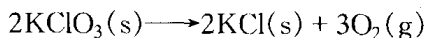
(4) $\Delta U = Q + W = (-1 260 \text{ J}) + 502 \text{ J} = -758 \text{ J}$

(5) $\Delta H = Q_p = -1 260 \text{ J}$

11. 用热化学方程式表示下列内容: 在 298.15 K 及标准态下, 每氧化 1 mol 的 $\text{NH}_3(\text{g})$ 生成 $\text{NO}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 并将放热 226.2 kJ。



12. 在一敞口试管内加热氯酸钾晶体时, 发生下列反应:



并放出 89.5 kJ 热量(298.15 K)。试求 298.15 K 下该反应的 ΔH

和 ΔU 。

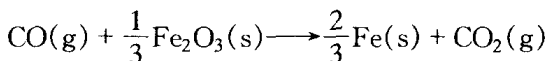
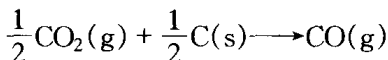
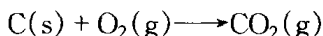
解: $\Delta H = Q_p = -89.5 \text{ kJ}$

$$\Delta U = \Delta H - \Delta nRT$$

$$= -89.5 \text{ kJ} - (3 - 0) \text{ mol} \times 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ \times 298.15 \text{ K} \times 10^{-3}$$

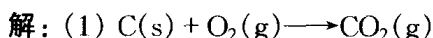
$$= -96.9 \text{ kJ}$$

13. 在高炉中炼铁, 主要反应有

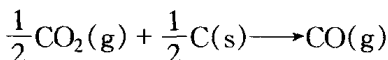


(1) 分别计算 298.15 K 时各反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 和各反应 $\Delta_r H_m^\ominus$ 值之和;

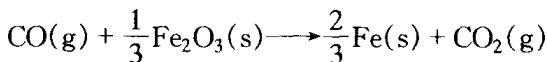
(2) 将上列三个反应式合并成一个总反应方程式, 应用各物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ (298.15 K) 值计算总反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$, 并与 (1) 计算结果比较, 作出结论。



$$\Delta_r H_m^\ominus = \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) = -393.509 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus &= \left\{ \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}, \text{g}) - \frac{1}{2} \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) \right\} \\ &= \left\{ -110.525 - \frac{1}{2} \times (-393.509) \right\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 86.229 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$



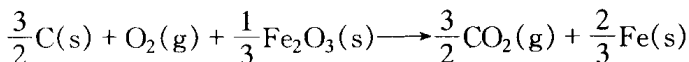
$$\Delta_r H_m^\ominus = \left\{ \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}, \text{g}) - \frac{1}{3} \Delta_f H_m^\ominus(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{s}) \right\}$$

$$= \left\{ (-393.509) - (-110.525) - \frac{1}{3}(-824.2) \right\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$= -8.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

各反应 $\Delta_r H_m^\ominus$ 之和 $\Delta_r H_m^\ominus = \{(-393.509) + 86.229 + (-8.3)\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -315.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 总反应方程式为



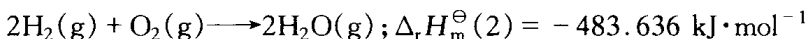
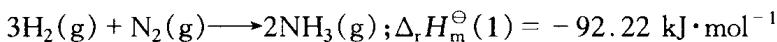
$$\Delta_r H_m^\ominus = \left\{ \frac{3}{2} \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) - \frac{1}{3} \Delta_f H_m^\ominus(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{s}) \right\}$$

$$= \left\{ \frac{3}{2} \times (-393.509) - \frac{1}{3} \times (-824.2) \right\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$= -315.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(3) 由上看出:(1)与(2)计算结果基本相等。所以可得出如下结论:反应的热效应只与反应的始、终态有关,而与反应的途径无关。

14. 已知 298.15 K 时反应:



试计算下列反应的 $\Delta_r H_m^\ominus(3)$:



解: 反应(3) = 反应(2) $\times$ 3 - 反应(1) $\times$ 2

$$\Delta_r H_m^\ominus(3) = \Delta_r H_m^\ominus(2) \times 3 - \Delta_r H_m^\ominus(1) \times 2$$

$$= \{3 \times (-483.636) - 2 \times (-92.22)\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$= -1266.47 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

15. 铝热法反应如下:



(1) 利用 $\Delta_f H_m^\ominus$ 数据计算恒压反应热;

(2) 在此反应中若用去 267.0 g 铝, 问能释放出多少热量?

解: (1) $\Delta_r H_m^\ominus = 4\Delta_f H_m^\ominus(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{s}) - 3\Delta_f H_m^\ominus(\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{s})$
 $= \{4 \times (-1675.7) - 3 \times (-1118.4)\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $= -3347.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

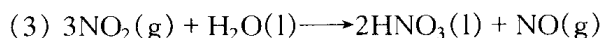
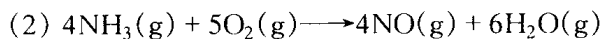
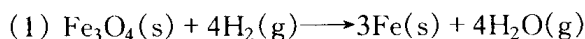
该反应的 $Q_p = -3347.6 \text{ kJ}$

(2) 因 8 mol Al(s) 放出 3347.6 kJ 热量

故 267.0 g Al(s) 放出的热量为

$$Q = \{-3347.6 \text{ kJ} / (26.98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 8 \text{ mol})\} \times 267.0 \text{ g}$$
$$= -4141 \text{ kJ}$$

16. 利用 $\Delta_f H_m^\ominus$ 数据, 试计算下列反应的恒压反应热:



解: (1) $\Delta_r H_m^\ominus = 4\Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{s})$
 $= \{4 \times (-241.818) - (-1118.4)\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $= 151.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) $\Delta_r H_m^\ominus = 4\Delta_f H_m^\ominus(\text{NO}, \text{g}) + 6\Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{g})$
 $\quad - 4\Delta_f H_m^\ominus(\text{NH}_3, \text{g})$
 $= \{4 \times (90.25) + 6 \times (-241.818)$
 $\quad - 4 \times (-46.11)\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $= -905.47 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(3) $\Delta_r H_m^\ominus = 2\Delta_f H_m^\ominus(\text{HNO}_3, \text{l}) + \Delta_f H_m^\ominus(\text{NO}, \text{g})$
 $\quad - 3\Delta_f H_m^\ominus(\text{NO}_2, \text{g}) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{l})$
 $= \{2 \times (-174.1) + 90.25 - 3 \times 33.2$
 $\quad - (-285.830)\} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $= -71.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$