

高等教育农学门类考生考研辅导书

普通化学 例题与习题集

PU TONG HUA XUE LI TI YU XI TI JI

广西大学无机化学教研室 编



中国农业大学出版社
ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

高等教育农学门类考生考研辅导书

普通化学例题与习题集

广西大学无机化学教研室 编

中国农业大学出版社

序 言

本书是广西大学无机化学教研室编的普通化学教材配合使用的教学辅导书。全书的内容编排与普通化学教材的内容编排吻合。书中内容共十二章,每一章都包含三部分内容:基本概念与基本公式,基本计算题型,练习题。每章的练习题都配以详细的解题程序和答案。

本书的内容是编者长期从事普通化学课程教学的积累与总结,书中各章的部分例题与习题有的是普通化学课程教学与考试的经典题型,有的是包容整章教学内容的综合性题型。理解、掌握本书中的各类题型与解答,对于学好普通化学课程,通过课程考试,具有很好的针对性和实效性。

本书各章所选取的例题与习题,都十分注重与体现解题过程中的化学思维方式、解题的思路与程序、演算的方法与技巧。使用者应在学习过程中,通过分析、总结各类题型的解答特点,注重培养自己的化学思维与解题技巧。本书也可以作为本科无机化学课程教学的参考书。

从2008年起,教育部对全国硕士研究生统一入学考试农学门类初试科目和内容进行优化调整,调整后化学科目作为农学门类公共基础实行联合命题,统一联考。本书从题型设计、内容选取等方面都很好地兼容了教育部考试中心组编写的《2008全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考考试大纲》中规定化学科目的考试范围和要求,是有志报考农学门类硕士生考生必备的考研辅导书。

广西大学化学化工学院无机化学教研室的罗芳光、陶林、尹作栋、宋宝玲参与本书的编写工作。本书于2005年完成第一稿,并在校内各专业的普通化学课程教学中试用,对提高课程教学质量起到很好的促进作用。全书由罗芳光修改、定稿,陶林为本书的习题作了详细的解答。

本书的编写得到同行的大力支持与帮助,在此深表谢意。由于编者水平有限,书中错误与不妥之处在所难免,恳请老师、同学指正。

编 者

2008年5月

目 录

第一章	化学反应中的能量关系	1
第二章	化学反应的方向	15
第三章	化学反应速率	34
第四章	化学平衡	50
第五章	稀溶液的依数性	68
第六章	酸碱平衡	85
第七章	沉淀溶解平衡	116
第八章	氧化还原反应	140
第九章	配位化合物	166
第十章	胶体	185
第十一章	原子结构	191
第十二章	化学键与分子结构	200
复习测试题	01 试卷	210
复习测试题	02 试卷	216
复习测试题	03 试卷	222
参考文献		229

第一章 化学反应中的能量关系

一、基本概念与基本公式

1. 利用 $\Delta_f H_m^\ominus$ 求反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$

$$\Delta_r H_m^\ominus = \sum_B \nu_B \Delta_f H_m^\ominus (B, 298 \text{ K})$$

$$\text{或 } \Delta_r H_m^\ominus = \sum \nu_B \Delta_f H_m^\ominus (\text{产物}) + \sum \nu_B \Delta_f H_m^\ominus (\text{反应物}) \quad (1-1)$$

式中： ν_B 为反应的计量数，反应物取负值，产物取正值； $\Delta_f H_m^\ominus$ 为标准摩尔生成焓 ($T=298.15 \text{ K}$)。

2. 利用 $\Delta_c H_m^\ominus$ 求反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$

$$\Delta_r H_m^\ominus = - \sum_B \nu_B \Delta_c H_m^\ominus (B, 298 \text{ K})$$

$$\text{或 } \Delta_r H_m^\ominus = - \sum \nu_B \Delta_c H_m^\ominus (\text{反应物}) - \sum \nu_B \Delta_c H_m^\ominus (\text{产物}) \quad (1-2)$$

式中： ν_B 为反应的计量数，反应物取负值，产物取正值； $\Delta_c H_m^\ominus$ 为标准摩尔燃烧焓 ($T=298.15 \text{ K}$)。

3. $\Delta_r H_m^\ominus$ 与 ΔU 的换算关系

$$\Delta_r H_m^\ominus = \Delta U + \Delta n RT \quad (1-3)$$

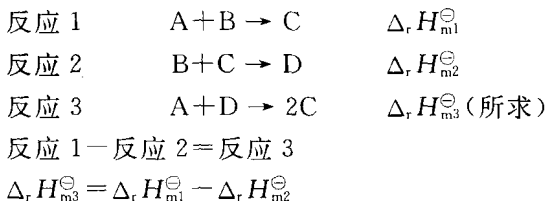
式中： Δn 为反应后气体的摩尔数与反应前气体的摩尔数之差； R 为气体常数 ($8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)； T 为绝对温度。

4. 盖斯定律

$$\text{定义式： } \Delta_r H_m^\ominus (\text{总}) = \Delta_r H_{m1}^\ominus + \Delta_r H_{m2}^\ominus + \Delta_r H_{m3}^\ominus + \cdots = \sum_{i=1}^i \Delta_r H_{mi}^\ominus \quad (1-4)$$

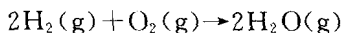
应用盖斯定律常有两种类型：

(1) 利用已知的热化学方程进行代数运算(加、减、乘、除、移项), 得出所求能量的运算关系。

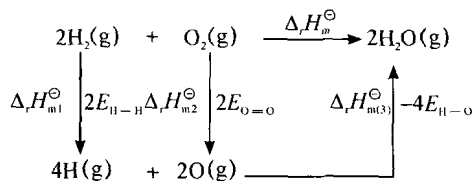


(2) 设计热化学循环进行计算。

例: 估算 298.15 K 时, 反应



的定压反应热 $\Delta_r H_m^\ominus$ 。



$$\Delta_r H_m^\ominus = \Delta_r H_{m1}^\ominus + \Delta_r H_{m2}^\ominus + \Delta_r H_{m3}^\ominus$$

$\Delta_r H_{m1}^\ominus$ 、 $\Delta_r H_{m2}^\ominus$ 、 $\Delta_r H_{m3}^\ominus$ 分别是在 298.15 K, 100 kPa 下, 气态分子中 H—H 键、O=O 键、O—H 键的键焓, 用符号 $E_{\text{A-B}}$ 表示, 单位 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 即

$$\Delta_r H_{m1}^\ominus = 2 \cdot E_{\text{H-H}}$$

$$\Delta_r H_{m2}^\ominus = E_{\text{O=O}}$$

$$\Delta_r H_{m3}^\ominus = -4E_{\text{H-O}}$$

代入盖斯定律式:

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus &= \Delta_r H_{m1}^\ominus + \Delta_r H_{m2}^\ominus + \Delta_r H_{m3}^\ominus \\ &= 2E_{\text{H-H}} + E_{\text{O=O}} - 4E_{\text{H-O}} \end{aligned}$$

得反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 与键焓的定量关系:

$$\Delta_r H_m^\ominus = - \sum_{\text{B}} \nu_{\text{B}} E_{\text{B}}$$

或

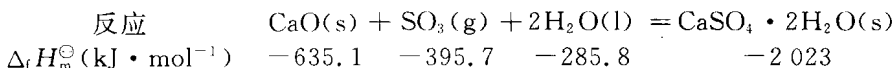
$$\Delta_r H_m^\ominus = - \sum \nu_{\text{B}} E(\text{反应物}) - \sum \nu_{\text{B}} E(\text{产物}) \quad (1-5)$$

式中： ν_B ——反应的计量数，反应物取负值，产物取正值。

二、基本计算题型

1. 利用 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_c H_m^\ominus$ 计算反应的标准焓变 $\Delta_r H_m^\ominus$

例 1 已知标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus$ ，计算下列反应的标准焓变 $\Delta_r H_m^\ominus$ 。

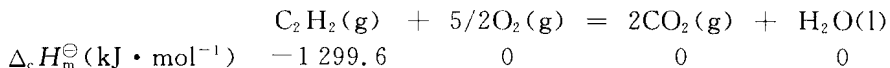


解 依题意，据公式(1-1)有：

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus &= \Delta_f H_m^\ominus(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{CaO}) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{SO}_3) - 2\Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}) \\ &= -2023 - (-635.1) - (-395.7) - 2 \times (-285.8) \\ &= -420.6 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \end{aligned}$$

例 2 乙炔燃烧可放出大量的热，计算 130 g 乙炔在 298 K 标准状态下完全燃烧所放出的热量。[已知 $\Delta_c H_m^\ominus(\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}) = -1299.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，非燃烧物 $\Delta_c H_m^\ominus = 0$]

解 依题意，298 K 标准状态下燃烧反应为：



据公式(1-2)：

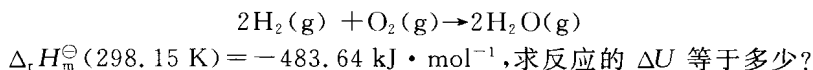
$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus &= \Delta_c H_m^\ominus(\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}) + 2/5\Delta_c H_m^\ominus(\text{O}_2, \text{g}) - 2\Delta_c H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) - \Delta_c H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) \\ &= -1299.6 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \end{aligned}$$

已知 $GM(\text{C}_2\text{H}_2) = 26 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，130 g C_2H_2 完全燃烧放出的热量为：

$$\begin{aligned} Q &= -1299.6 \times 130/26 \\ &= -6498 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \end{aligned}$$

2. $\Delta_r H_m^\ominus$ 与 ΔU 相互换算

例 3 298.15 K 等温、定压条件下，反应：

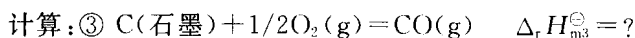


解 依题意,反应的 $\Delta n = 2 - 2 - 1 = -1(\text{mol})$
 据公式(1-3):

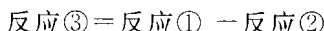
$$\begin{aligned}\Delta_r H_m^\ominus &= \Delta U + \Delta n RT \\ \Delta U &= -483.64 - (-1) \times 8.314 \times 298 \times 10^{-3} \\ &= -483.64 + 2.478 \\ &= -481.16 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})\end{aligned}$$

3. 利用盖斯定律计算反应的标准焓变 $\Delta_r H_m^\ominus$

例 4 已知反应在 298 K 标态下进行



解 依题意,由盖斯定律知:



即

$$\begin{aligned}\Delta_r H_{m3}^\ominus &= \Delta_r H_{m1}^\ominus - \Delta_r H_{m2}^\ominus \\ &= -393.5 - (-283.0) \\ &= -110.5 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})\end{aligned}$$

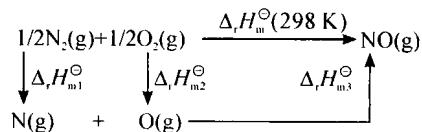
例 5 已知 298K 标态下: $\text{O}(\text{g}) + \text{N}(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g})$

$$\Delta_f H_m^\ominus (\text{O}, \text{g}) = 249.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}, \Delta_f H_m^\ominus (\text{N}, \text{g}) = 472.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1},$$

$$\Delta_f H_m^\ominus (\text{NO}, \text{g}) = -631.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

求反应: $1/2\text{N}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) = \text{NO}(\text{g})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus (298 \text{ K}) = ?$

解 依题意,设计热化学循环:



据盖斯定律: $\Delta_r H_m^\ominus (298 \text{ K}) = \Delta_f H_{m1}^\ominus + \Delta_f H_{m2}^\ominus + \Delta_r H_{m3}^\ominus$

$$\Delta_f H_{m1}^\ominus = \Delta_f H_m^\ominus (\text{N}, \text{g}) = 472.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H_{m2}^\ominus = \Delta_f H_m^\ominus (\text{O}, \text{g}) = 249.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_r H_{m3}^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus (\text{NO}, \text{g}) = -631.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned}\Delta_r H_m^\ominus (298 \text{ K}) &= 472.7 + 249.1 + (-631.8) \\ &= +90.0 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})\end{aligned}$$

三、练习题

(一) 选择题

- 下列叙述不正确的是()。
 - 热力学系统状态一定, T 、 U 、 H 、 G 、 S 有确定值
 - 热力学系统由始态变到终态, $\Delta H = H(\text{终态}) - H(\text{始态})$
 - 系统的状态函数变化值与系统的状态变化无关, 只与状态变化的过程有关
 - 制备一杯 298 K 的水, 无论用加热或冷却的方法, 其最终结果都是一样的
- 下列叙述不正确的是()。
 - 功和热只是系统与环境交换能量的不同形式
 - 功和热与系统状态变化的过程有关
 - 系统吸热 $Q > 0$, 系统对环境作功 $W < 0$
 - 功和热是描述系统状态的物理量, 是系统的状态函数
- 下列诸热力学性质属于强度性质的是()。
 - T
 - H
 - S
 - ΔG
- 下列各组物理量中, 都是状态函数且具有加和性的是()。
 - S 、 ΔH 、 W
 - H 、 U 、 G
 - P 、 U 、 G
 - ΔS 、 ΔH 、 Q
- 对于封闭体系, 系统热力学能变化与其吸收的热和所做的功的关系可表示为()。
 - $\Delta H = \Delta U + \Delta nRT$
 - $\Delta U = Q_v$
 - $\Delta U = Q + W$
 - $\Delta U = \Delta H$
- 在不作非体积功的条件下, 下列等式成立的是()。
 - $\Delta U = Q$
 - $Q_p = \Delta H$
 - $\Delta U = p\Delta V$
 - $p\Delta V = nRT$
- 下列叙述不正确的是()。
 - 定压、不做非体积功, Q_p 与途径无关
 - 定容、不做非体积功, Q_v 与途径无关
 - 系统由始态变到终态, $\Delta U = Q + W$ 与途径有关

D. 封闭物系, 循环过程, $\Delta U=0, \Delta H=0$

8. 标态下, $\text{HgO}(\text{s}) = \text{Hg}(\text{l}) + 1/2\text{O}_2(\text{g})$, $\Delta_r H_m^\ominus = 90.71 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\text{HgO}(\text{s})$ 的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus$ 为() $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

A. -45.36 B. -90.71 C. $+181.42$ D. $+90.71$

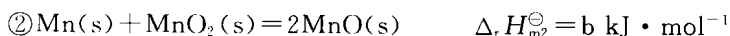
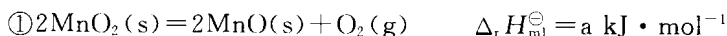
9. 反应 $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$ 在标态 298 K 时, $\Delta_r H_m^\ominus = -92.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 该温度下反应的 ΔU 为() $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

A. $-92.0 - 2RT \times 10^{-3}$ B. $-92.0 + (RT)^2 \times 10^{-3}$
C. $-92.0 + 2RT \times 10^{-3}$ D. $-92.0 - (RT)^{-2} \times 10^{-3}$

10. 下列反应, $\Delta_r H_m^\ominus$ 与 $\Delta_f H_m^\ominus$ 具有同一数值的是()。

A. $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ B. $\text{HI}(\text{g}) = 1/2\text{I}_2(\text{s}) + 1/2\text{H}_2(\text{g})$
C. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$ D. $\text{S}(\text{斜方, s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g})$

11. 已知标态 298K 反应:



则 $\Delta_f H_m^\ominus(\text{MnO}_2, \text{s}) =$ () $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

A. $a-b$ B. $b-a$ C. $a-2b$ D. $b-2a$

12. 对于标态 298K 反应: $\text{C}(\text{石墨}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta_r H_m^\ominus = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 下列关系不成立的是()。

A. $\Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) = \Delta_r H_m^\ominus$ B. $\Delta_f H_m^\ominus(\text{O}_2, \text{g}) = \Delta_r H_m^\ominus$
C. $\Delta_r H_m^\ominus = \Delta U$ D. $\Delta_c H_m^\ominus(\text{C}(\text{石墨})) = \Delta_r H_m^\ominus$

13. 下列反应, $\Delta_r H_m^\ominus$ 与 ΔU 具有相同数值的是()。

A. $\text{C}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ B. $2\text{HI}(\text{g}) = \text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
C. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$ D. $\text{CO}(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$

14. 标态 298K, 按反应 $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 生成 1 g $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus = -15.88 \text{ kJ}$, 则 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus$ 和 $\text{H}_2(\text{g})$ 的标准摩尔燃烧焓 $\Delta_c H_m^\ominus$ 分别是()。

A. $-285.8, 0$ B. $0, +285.8$
C. $-285.8, -285.8$ D. $-285.8, +285.8$

15. 373K, 101.3kPa 下, 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 变成同温度同压力下的水蒸气, 该过程的内能变化 ΔU 是() kJ (水的汽化热为 $40.67 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 水蒸气的体积功为 RT , R 为气体常数)。

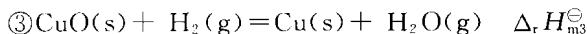
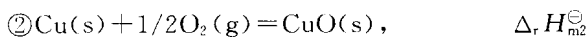
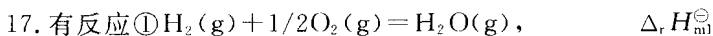
A. 40.67 B. 43.77 C. 3.101 D. 37.57

16. 在标态 298K 有反应:



可求得 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}(\text{CO}, \text{g})$ () $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

- A. -110.5 B. -676.5 C. -393.5 D. -283.0



则下列各式成立的是()。

A. $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} + \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ B. $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} - \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$

C. $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} - \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ D. $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} - \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$

18. 反应 $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 、 $\text{A} \rightarrow \text{C}$ 的反应热效应分别是 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ 、 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$, 则反应 $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 的 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ 是()。

A. $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} - \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ B. $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} - \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$

C. $2\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} - \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ D. $2\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} - 2\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$

19. 在敞开试管中进行下列反应: $2\text{KClO}_3(\text{s}) = 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$, 已知 1 mol KClO_3 放出 44.8 kJ 热量, 则反应的 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ 等于() $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

- A. 89.6 B. -89.6 C. 44.8 D. -44.8

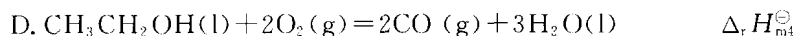
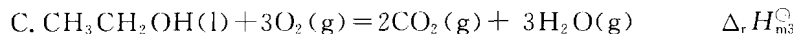
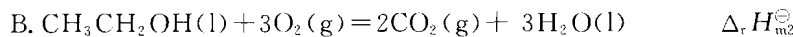
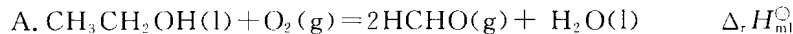
20. 已知热化学方程 $1/2\text{O}_2(\text{g}) = \text{O}(\text{g})$, $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = 249.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则键能 $E_{\text{O}-\text{O}}$ 为()。

- A. +249.2 B. +124.6 C. +498.4 D. -249.2

21. 已知: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$, $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = -184.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{Cl}_2(\text{g})$ 的键能 $E_{\text{Cl}-\text{Cl}} = \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = 238.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{H}_2(\text{g})$ 的键能 $E_{\text{H}-\text{H}} = \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = 432.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 求得 $2\text{HCl}(\text{g}) = 2\text{H}(\text{g}) + 2\text{Cl}(\text{g})$ 的 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} =$ () $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

- A. 238.9 B. 472.1 C. 855.8 D. 427.9

22. 下列反应中, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{l})$ 燃烧放热值最大的是()。



(二) 填空题

23. 敞开体系是体系与环境间既有 _____, 又有 _____; 封闭体系是体系与环境间没有 _____, 只有 _____; 孤立体系是体系与环境间

既_____，也_____。

24. 体系的状态发生变化时，体系的热力学性质随之改变，改变的数值只取决于体系的_____，而与_____无关。

25. 热力学上规定：体系吸热， Q 为_____，体系放热， Q 为_____；体系对环境做功，功为_____，环境对体系做功，功为_____。

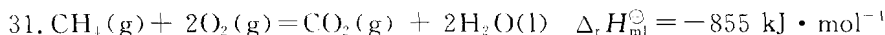
26. 体系经过循环过程，所有状态函数的变化量为_____。

27. 热力学第一定律的数学表示式为_____，此定律仅适用于_____。

28. 满足数学式 $Q_v = \Delta U$ 的条件是_____，满足数学式 $Q_p = \Delta H$ 的条件是_____。

29. 测定化合物的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus$ 设定的条件是_____。

30. 由标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus$ 计算化学反应的标准摩尔焓变 $\Delta_r H_m^\ominus(T)$ 的计算公式为_____。



①标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus$ 为 0 的物质是_____。

②C(石墨)的标准燃烧热 $\Delta_c H_m^\ominus =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

③ $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的标准生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

④ $\text{CH}_4(\text{g})$ 的 $\Delta_f H_m^\ominus =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(三) 计算题

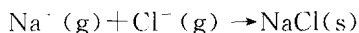
32. 已知脂肪、蛋白质和碳水化合物的热值分别为 $38 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$, $17 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$, $17 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ；苹果、大豆、椰子、巧克力含脂肪、蛋白质、碳水化合物的百分量如下：

	脂肪/%	蛋白质/%	碳水化合物/%	水/%
苹果	0.5	0.4	14.2	84.9
大豆	17.2	37.0	28.0	17.8
椰子	57.4	6.3	31.5	4.8
巧克力	34.9	8.0	51.5	7.0

试计算：(1)上述食物的热值(即每克释放的 kJ 数)；

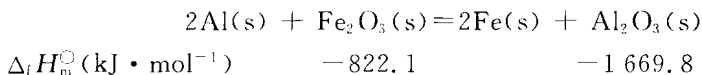
(2)上述食物各 100 g 在人体代谢时放出的热量。

33. 由下列热力学数据计算 $\text{NaCl}(\text{s})$ 的晶格能，即下列反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ ：



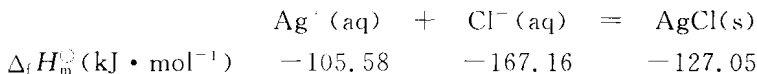
- 已知: ① $1/2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{Cl}(\text{g})$ $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = 119.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 ② $\text{Cl}(\text{g}) + \text{e}^- = \text{Cl}^-(\text{g})$ $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = -348.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 ③ $\text{Na}(\text{s}) = \text{Na}(\text{g})$ $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = 108.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 ④ $\text{Na}(\text{g}) - \text{e}^- = \text{Na}^+(\text{g})$ $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = 495.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 ⑤ $\text{Na}(\text{s}) + 1/2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{NaCl}(\text{s})$ $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} = -411.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

34. 计算定压反应:



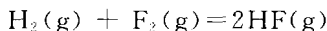
标准摩尔焓变 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ (298.15 K)。

35. 计算定压反应:



标准摩尔焓变 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ (298.15 K)。

36. 298.15 K 定压反应:



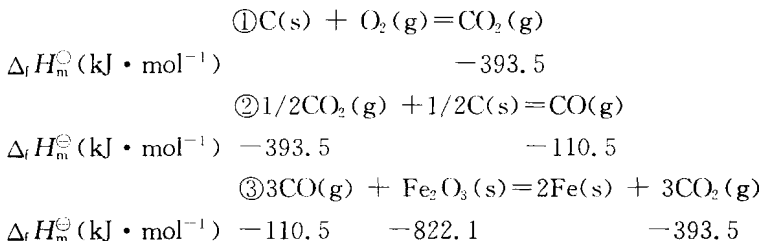
解答:

(1) 设计该反应的热化学循环过程。

(2) 根据热化学循环过程, 计算该反应标准摩尔焓变 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ (298.15 K) 的盖斯定律数学表示式。

(3) 已知键焓: $E_{\text{H-H}} = 436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $E_{\text{F-F}} = 158 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $E_{\text{H-F}} = 566 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 估算该反应的标准摩尔焓变 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ (298.15 K)。

37. 在高炉中炼铁, 主要反应有:



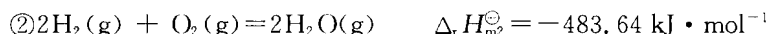
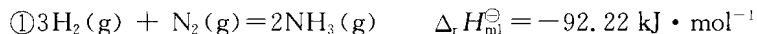
解答:

(1) 利用热化学数据, 计算各反应的标准摩尔焓变 $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus}$ (298.15 K)。

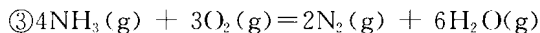
(2)根据上述 3 个反应,给出高炉炼铁的总反应。

(3)用两种方法计算高炉炼铁总反应的标准摩尔焓变 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 。

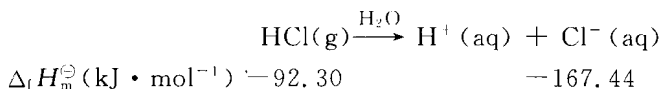
38. 已知 298.15 K 时反应:



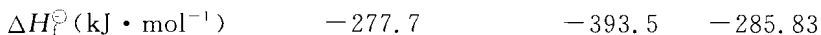
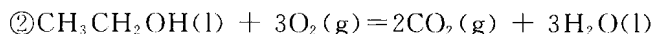
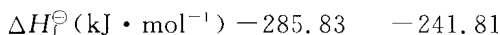
计算下列反应的标准摩尔焓 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$:



39. 计算标准状态下 1 mol $\text{HCl}(\text{g})$ 溶于大量水时的标准摩尔焓 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$:



40. 在标态 298 K、100 kPa 时反应:



计算在标态 298 K 时,使 1 000 g $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 变成 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 需要多少 95% 的 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{l})$ 。

参考答案

(一) 选择题

1. C 2. D 3. A 4. B 5. C 6. B 7. C 8. B 9. C
 10. D 11. B 12. B 13. B 14. C 15. D 16. A 17. B 18. B
 19. B 20. C 21. C 22. B

(二) 填空题

23. 物质交换,能量交换;物质交换,能量交换;没有物质交换,也没有能量交换

24. 始、终态,途径

25. 正值,负值,负值,正值

26. $\Delta X=0$ (X 为状态函数)

27. $\Delta U=Q+W$, 只做体积功, 非体积功等于零, 即 $W'=0$

28. 等温、定容和非体积功等于零, 等温、定压和非体积功等于零

29. 在温度为 T 的标准状态下, 稳定单质的 $\Delta_f H_m^\ominus(\text{单质})=0$

$$30. \Delta_r H_m^\ominus(T) = \sum \nu_B \Delta_f H_m^\ominus(\text{生成物}) + \sum \nu_B \Delta_f H_m^\ominus(\text{反应物})$$

31. ① $C(\text{石墨})$ 、 $O_2(g)$ 、 $H_2(g)$; ② -392 ; ③ -285 ; ④ -107

(三) 计算题

32. 解 (1) 每克苹果的热值为:

$$\Delta_r H_m^\ominus = 1 \times (0.5\% \times 38 + 0.4\% \times 17 + 14.2\% \times 17) = 2.672 (\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1})$$

每克大豆的热值为:

$$\Delta_r H_m^\ominus = 1 \times (17.2\% \times 38 + 37.0\% \times 17 + 28.0\% \times 17) = 17.586 (\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1})$$

每克椰子的热值为:

$$\Delta_r H_m^\ominus = 1 \times (57.4\% \times 38 + 6.3\% \times 17 + 31.5\% \times 17) = 28.238 (\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1})$$

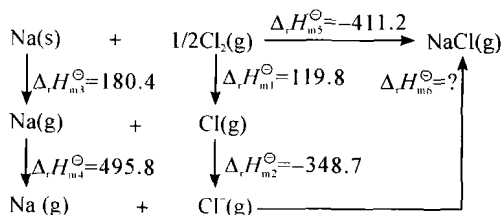
每克巧克力的热值为:

$$\Delta_r H_m^\ominus = 1 \times (34.9\% \times 38 + 8.0\% \times 17 + 51.5\% \times 17) = 23.377 (\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1})$$

(2) 上述食物各 100 g 在人体代谢时放出的热量:

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus &= (\Delta_r H_{m1}^\ominus + \Delta_r H_{m2}^\ominus + \Delta_r H_{m3}^\ominus + \Delta_r H_{m4}^\ominus) \times 100 \\ &= (2.672 + 17.586 + 28.238 + 23.377) \times 100 \\ &= 7187.3 (\text{kJ}/100 \text{ g}) \end{aligned}$$

33. 解 依题意, 设计热化学循环:



$$\begin{aligned} \Delta_r H_{m6}^\ominus &= \Delta_r H_{m5}^\ominus - (\Delta_r H_{m1}^\ominus + \Delta_r H_{m2}^\ominus + \Delta_r H_{m3}^\ominus + \Delta_r H_{m4}^\ominus) \\ &= -411.2 - [119.8 + (-348.7) + 108.4 + 495.8] \end{aligned}$$

$$= -786.5(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

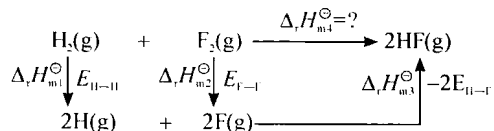
34. 解 依题意, 根据物质的摩尔生成焓计算公式有:

$$\begin{aligned}\Delta_r H_m^\ominus &= \Delta_f H_m^\ominus(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{s}) + 2\Delta_f H_m^\ominus(\text{Fe}, \text{s}) + (-2)\Delta_f H_m^\ominus(\text{Al}, \text{s}) \\ &\quad + (-1)\Delta_f H_m^\ominus(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{s}) \\ &= -1669.8 + 2 \times 0 + (-1) \times (-822.1) - 2 \times 0 \\ &= -847.7(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})\end{aligned}$$

35. 解 依题意, 根据物质的摩尔生成焓计算公式有:

$$\begin{aligned}\Delta_r H_m^\ominus &= \Delta_f H_m^\ominus(\text{AgCl}, \text{s}) + (-1)\Delta_f H_m^\ominus(\text{Ag}^+, \text{aq}) + (-1)\Delta_f H_m^\ominus(\text{Cl}^-, \text{aq}) \\ &= -127.05 + (-1) \times (-105.58) + (-1) \times (-167.16) \\ &= 145.69(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})\end{aligned}$$

36. 解 (1) 依题意有: 该反应的热化学循环过程为:



(2) 根据热化学循环过程, 其盖斯定律的数学表达式为:

$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = \Delta_f H_m^\ominus + \Delta_r H_m^\ominus + \Delta_r H_m^\ominus$$

(3) 依题意有: $\Delta_f H_m^\ominus = E_{\text{H-H}}$, $\Delta_f H_m^\ominus = E_{\text{F-F}}$, $\Delta_r H_m^\ominus = -2E_{\text{H-F}}$

$$\begin{aligned}\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) &= \Delta_f H_m^\ominus + \Delta_r H_m^\ominus + \Delta_r H_m^\ominus \\ &= E_{\text{H-H}} + E_{\text{F-F}} - 2E_{\text{H-F}} \\ &= 436 + 158 - 2 \times 566 \\ &= -538(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})\end{aligned}$$

37. 解 (1) 依题意, 反应①的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 为:

$$\begin{aligned}\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) &= \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{C}, \text{s}) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{O}_2, \text{g}) \\ &= \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) = -393.5(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})\end{aligned}$$

反应②的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 为:

$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}, \text{g}) - \frac{1}{2} \cdot \Delta_f H_m^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) - \frac{1}{2} \cdot \Delta_f H_m^\ominus(\text{C}, \text{s})$$

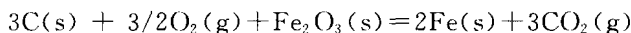
$$\begin{aligned}
 &= -110.5 - \frac{1}{2} \times (-393.5) - \frac{1}{2} \times 0 \\
 &= 86.25 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})
 \end{aligned}$$

反应③的 $\Delta_r H_{\text{m}3}^{\ominus}$ (298.15 K) 为:

$$\begin{aligned}
 \Delta_r H_{\text{m}3}^{\ominus} (298.15 \text{ K}) &= 3\Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{CO}_2, \text{g}) + 2\Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{Fe}, \text{s}) - 3\Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{CO}, \text{g}) \\
 &\quad - \Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{s}) \\
 &= 3 \times (-393.5) + 2 \times 0 - 3 \times (-110.5) - (-822.1) \\
 &= -26.9 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})
 \end{aligned}$$

(2) 高炉炼铁的总反应为:

反应② $\times 3$ + 反应③ + 反应① $\times \frac{3}{2}$ 得:



(3) 方法 1: 根据盖斯定律有:

$$\begin{aligned}
 \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} (298.15 \text{ K}) &= 3\Delta_r H_{\text{m}2}^{\ominus} + \Delta_r H_{\text{m}3}^{\ominus} + \frac{3}{2}\Delta_r H_{\text{m}1}^{\ominus} \\
 &= 3 \times 86.25 + (-26.9) + (-26.9) + \frac{3}{2} \times (-393.5) \\
 &= -358.4 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})
 \end{aligned}$$

方法 2: $\Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} (298.15 \text{ K}) = 3\Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{CO}_2, \text{g}) + 2\Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{Fe}, \text{s}) - 3\Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{C}, \text{s})$
 $-\frac{3}{2}\Delta H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{O}_2, \text{g}) - \Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{s})$
 $= 3 \times (-393.5) + 2 \times 0 - \frac{3}{2} \times 0 - (-822.1)$
 $= -358.4 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$

38. 解 依题意有: 反应② $\times 3$ - 反应① $\times 2$ 得反应③

$$\begin{aligned}
 \text{故 } \Delta_r H_{\text{m}3}^{\ominus} (298.15 \text{ K}) &= 3 \cdot \Delta_r H_{\text{m}2}^{\ominus} - 2 \cdot \Delta_r H_{\text{m}1}^{\ominus} \\
 &= 3 \times (-483.61) - 2 \times (-92.22) \\
 &= -1266.39 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})
 \end{aligned}$$

39. 解 依题意, 有:

$$\begin{aligned}
 \Delta_r H_{\text{m}}^{\ominus} (298.15 \text{ K}) &= \Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{Cl}^-, \text{aq}) + (-1) \cdot \Delta_f H_{\text{m}}^{\ominus} (\text{HCl}, \text{g}) \\
 &= -167.44 + (-1) \times (-92.30)
 \end{aligned}$$