

高校经典教材同步辅导丛书  
配套高教版·浙江大学普通化学教研组编

九章丛书

# 普通化学

(第五版)

## 同步辅导及习题全解

主 编 苏志平

- ◆ 知识点窍 ◆ 逻辑推理 ◆ 习题全解
- ◆ 全真考题 ◆ 名师执笔 ◆ 题型归类



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

新版

高校经典教材同步辅导丛书

# 普通化学（第五版）同步辅导及习题全解

主 编 苏志平

## 内容提要

本书是与高等教育出版社出版的、浙江大学普通化学教研组编写的《普通化学（第五版）》一书配套的同步辅导和习题解答辅导书。

本书共有八章，分别介绍热化学与能源、化学反应的基本原理与大气污染、水化学与水污染、电化学与金属腐蚀、物质结构基础、元素化学与无机材料、高分子化合物与材料、生命物质与人体健康。本书按教材内容安排全书结构，各章均包括考试要点、知识精要、复习思考题解答、课后习题全解四部分内容。全书按教材内容，针对各章节习题给出详细解答，思路清晰，逻辑性强，循序渐进地帮助读者分析并解决问题，内容详尽，简明易懂。

本书可作为高等院校学生学习普通化学课程的辅导教材，也可作为考研人员复习备考的辅导教材，同时可供教师备课命题作为参考资料。

### 图书在版编目（CIP）数据

普通化学（第五版）同步辅导及习题全解 / 苏志平  
主编. — 北京：中国水利水电出版社，2011.10  
（高校经典教材同步辅导丛书）  
ISBN 978-7-5084-9065-6

I. ①普… II. ①苏… III. ①普通化学—高等学校—  
教学参考资料 IV. ①O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第206037号

策划编辑：杨庆川 责任编辑：杨元泓 封面设计：李 佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 普通化学（第五版）同步辅导及习题全解
作 者	主 编 苏志平
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
刷 印	北京市梦宇印务有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 10印张 207千字
版 次	2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷
印 数	0001—6000册
定 价	15.80元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

普通化学是理工科非化学专业重要的基础课。浙江大学普通化学教研组编写的《普通化学(第五版)》以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。

为了帮助读者更好地学习这门课程,掌握更多的知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《普通化学(第五版)同步辅导及习题全解》。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本解题方法与解题技巧,进而提高应试能力。

本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。考虑到普通化学这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

1. **考试要点。**根据教学大纲要求,总结学习的重点以及需要掌握的知识点。
2. **知识精要。**对每章知识点做了简练概括,梳理了各知识点之间的脉络联系,突出各章主要定理及重要公式,使读者在各章学习过程中目标明确,有的放矢。
3. **复习思考题解答。**解答教材中各章节的复习与思考题,帮助学生指明解题方向,加深对基本概念和公式的理解。
4. **课后习题全解。**教材中课后习题丰富、层次多样,许多基础性问题从多个角度帮助学生理解基本概念和基本理论,促其掌握基本解题方法。我们对教材的课后习题给了详细的解答。

由于时间较仓促,编者水平有限,难免书中有疏漏之处,敬请各位同行和读者给予批评、指正。

编者

2011年9月

# 目 录

<b>第一章 热化学与能源</b> .....	1
考试要点 .....	1
知识精要 .....	1
复习思考题解答 .....	4
课后习题全解 .....	10
<b>第二章 化学反应的基本原理与大气污染</b> .....	20
考试要点 .....	20
知识精要 .....	20
复习思考题解答 .....	25
课后习题全解 .....	32
<b>第三章 水化学与水污染</b> .....	45
考试要点 .....	45
知识精要 .....	45
复习思考题解答 .....	50
课后习题全解 .....	56
<b>第四章 电化学与金属腐蚀</b> .....	67
考试要点 .....	67
知识精要 .....	67
复习思考题解答 .....	71
课后习题全解 .....	77
<b>第五章 物质结构基础</b> .....	89
考试要点 .....	89
知识精要 .....	89
复习思考题解答 .....	94
课后习题全解 .....	98
<b>第六章 元素化学与无机材料</b> .....	105
考试要点 .....	105

知识精要 .....	105
复习思考题解答 .....	108
课后习题全解 .....	115
<b>第七章 高分子化合物与材料 .....</b>	<b>126</b>
考试要点 .....	126
知识精要 .....	126
复习思考题解答 .....	129
课后习题全解 .....	133
<b>第八章 生命物质与人体健康 .....</b>	<b>143</b>
考试要点 .....	143
知识精要 .....	143
复习思考题解答 .....	145
课后习题全解 .....	149

# 第一章

## 热化学与能源

### 考试要点

1. 热力学第一定律及有关计算。
2.  $\Delta_r H_m^\ominus$ ,  $\Delta_c H_m^\ominus$ ,  $\Delta_f H_m^\ominus$  的定义及应用和计算。
3. 理想气体反应中  $\Delta_r H_m^\ominus$  和  $\Delta_r U_m^\ominus$  的关系。
4. 反应进度。
5. 化学反应热效应的计算。

### 知识精要

#### 一、重要的基本概念

##### 1. 系统与相

(1) 系统:人为地将一部分物质与其余物质分开(可以是实际的,也可以是假想的),被划定的研究对象称为系统;系统之外,与系统密切相关、影响所能及的部分称为环境。

系统  $\left\{ \begin{array}{l} \text{按照系统与环境之间} \\ \text{有无物质和能量交换} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{敞开系统:有物质交换、有能量交换} \\ \text{封闭系统:无物质交换、有能量交换} \\ \text{隔离系统:无物质交换、无能量交换} \end{array} \right.$

系统  $\left\{ \begin{array}{l} \text{按相的组成} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{单相系统} \\ \text{多相系统} \end{array} \right.$

(2) 相:系统中具有相同的物理性质和化学性质的均匀部分称为相。

##### 2. 状态与状态函数

(1) 状态:指用来描述系统内压力  $p$ 、体积  $V$ 、温度  $T$ 、质量  $m$  和组成等各种宏观性质的综合表现。

(2) 状态函数:用来描述系统状态的物理量。

① 广度性质(又称容量性质) 当将系统分割成若干部分时,系统的某一性质等于各部分该性

质之和,即广度性质的量值与系统中物质的量成正比,具有加和性。体积、热容、质量、焓、熵和热力学能等均是广度性质。

②强度性质 此类性质不具有加和性,其量值与系统中物质的量多少无关,仅决定于系统本身的特性。

### 3. 过程与可逆过程

过程:系统状态发生的任何变化称为过程。

可逆过程:系统经过某过程由状态 I 变到状态 II 之后,当系统沿该过程的逆过程回到原来状态时,若原来过程对环境产生的一切影响同时被消除(即环境也同时复原),这种理想化的过程称为热力学可逆过程。

### 4. 化学计量数和反应进度

化学计量数:对于一般化学反应过程式  $0 = \sum_B \nu_B$  中,  $\nu_B$  就是 B 的化学计量数,是量纲为 1 的量,对反应物取负值,对产物取正值。

反应进度  $\xi$  的定义式为:对于一般反应式有

$$d\xi = \nu_B^{-1} dn_B \quad (1.1)$$

式中,  $n_B$  为物质 B 的物质的量,  $\nu_B$  为 B 的化学计量数,故反应进度  $\xi$  的 SI 单位为 mol。

### 5. 热容与比热容

热容(C)是系统吸收的微小热容  $\delta q$  除以温度升高  $dT$ ,即  $C = \frac{\delta q}{dT}$ ,SI 的单位为  $J \cdot K^{-1}$ 。

比热容  $c$  是指热容  $C$  除以质量,即  $c = \frac{C}{m}$ ,SI 单位为  $J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$ 。

### 6. 定压热效应 $q_p$ 与定容热效应 $q_v$

定压热效应  $q_p$ :在恒压,只做体积功条件下,反应过程的热效应,叫做定压热效应。

定容热效应  $q_v$ :在恒容,不做非体积功条件下,反应过程的热效应叫做定容热效应。

### 7. 热力学能与热力学能变 $\Delta U$

热力学能是指系统内分子的平动能、转动能、振动能、分子间势能、原子间键能、电子运动能、核内基本粒子间核能等能量的总和。

热力学能变  $\Delta U$ :狭义是指封闭系统由始态(热力学能为  $U_1$ )变为终态(热力学能为  $U_2$ ),能量的变化,即

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (1.2)$$

### 8. 热 $q$ 与功 $w$

热  $q$ :系统与环境之间由于存在温度差而交换的能量称为热。

功  $w$ :系统与环境之间除热以外的其他形式传递的能量都叫做功。

### 9. 能的量和质

能的量:只涉及是否已利用,利用了多少的问题;能的质:涉及是否按质用能的问题。

### 10. 有序能和无序能

物质内部分子杂乱无章的热运动能称为无序能;而电能、化学能、机械能等则是有序能。



11. 焓  $H$  和焓变  $\Delta H$ 

在恒压、只做体积功条件下,定义焓和焓变  $\Delta H$  分别为

$$H = U + pV \quad (1.3)$$

$$H_2 - H_1 = \Delta H \quad (1.4)$$

## 12. 热化学方程式和热化学定律

热化学方程式:表示化学反应与热效应关系的方程式称为热化学方程式。

热化学定律:将一些定律应用于热力学中即称为热化学定律。

## 13. 热力学标准态

在任一温度  $T$ 、标准压力  $p^\ominus$  下表现出理想气体性质的纯气体状态为气态物质的标准状态。液体、固体物质或溶液的标准状态为在任一温度  $T$ 、标准压力  $p^\ominus$  下的纯液体、纯固体或标准浓度  $c^\ominus$  时的状态。

14. 物质的标准摩尔生成焓  $\Delta_f H_m^\ominus$  与反应的标准摩尔焓变  $\Delta_r H_m^\ominus$ 

物质的标准摩尔生成焓:单质和化合物的相对焓值,规定在标准状态时由指定单质生成单位物质的量的该物质时反应的焓变叫做该物质的标准摩尔生成焓。

反应的标准摩尔焓变  $\Delta_r H_m^\ominus$ :在标准状态时反应的摩尔焓变。

## 15. 常规能源与新能源

常规能源与新能源是按能源的利用状况分类的。例如:煤炭、石油、水能等为常规能源;核能、太阳能等为新能源。

## 16. 热值与辛烷值

热值又称发热量,指单位质量[或体积(对气体)]的燃料完全燃烧所放出的热量。

辛烷值是表示汽油在汽油机中燃烧时的抗震性的指标。

## 二、主要基本定律

## 1. 热力学第一定律

热力学第一定律的数学表达式为

$$\Delta U = q + w$$

热  $q$  与功  $w$  的正、负号的规定为:系统从环境得到功或热,取“+”号;系统向环境做功或放热,取“-”号。适用于封闭系统一切过程的能量衡算。

对于定容或定压、不做非体积功的封闭系统:

$$\text{①定容时:} \quad \Delta U = q_v$$

$$\text{②定压时:} \quad \Delta H = q_p$$

$$\text{③气体为理想气体时:} \quad q_p - q_v = p\Delta V \quad (1.5)$$

$$q_{p,m} - q_{v,m} = \sum_B \nu(Bg) \cdot RT \quad (1.6)$$

$$\Delta_r H_m - \Delta_r U_m = \sum_B \nu(Bg) \cdot RT \quad (1.7)$$

## 2. 盖斯定律

在恒容或恒压条件下, 化学反应的反应热只与反应的始态和终态有关, 而与变化的途径无关, 它一般用于未知反应热的求算。

## 3. 主要的计算公式

(1) 用弹式量热计测定容热效应  $q_v$

$$\begin{aligned} q_v &= -[q(\text{H}_2\text{O}) + q_b] \\ &= -(C(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T + C_b \Delta T) \\ &= (-\sum C) \Delta T \end{aligned} \quad (1.8)$$

(2) 反应的标准摩尔焓变

$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = \sum_{\text{B}} \nu_{\text{B}} \Delta_f H_{\text{m,B}}^\ominus(298.15 \text{ K})$$

反应的焓变基本不随温度而变, 即  $\Delta_r H^\ominus(T) \approx \Delta_r H^\ominus(298.15 \text{ K})$ 。

## 复习思考题解答

1. 区别下列概念:

(1) 系统与环境; (2) 比热容与热容; (3) 定容反应热与定压反应热; (4) 反应热效应与焓变; (5) 标准摩尔生成焓与反应的标准摩尔焓变; (6) 污染型能源与清洁型能源; (7) 常规能源与新能源; (8) 有序能与无序能。

答 (1) 人为划分出来的被研究对象叫做系统。系统以外, 与系统密切相关、影响所能及的那部分物质或空间称为环境。

(2) 热容: 系统吸收的微小热量  $\delta q$  除以温度升高  $dT$ , 即  $C = \delta q/dT$ , 单位是  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

比热容: 用  $c$  表示, 定义为热容除以质量(单位质量的热容), 即  $c = C/m$ , 单位是  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

(3) 定容反应热: 在恒容、不做非体积功条件下  $\Delta V = 0, w' = 0$  时, 反应过程的热效应叫定容反应热, 用  $q_v$  表示, 即  $\Delta U = q_v$ , 或者说定容反应热在数值上等于系统热力学能的增量。

定压反应热: 在恒压( $\Delta p = 0$ )、只做体积功条件下, 反应过程的热效应叫定压反应热, 用  $q_p$  表示, 即  $\Delta H = q_p$ 。

(4) 反应热效应是指化学反应过程中放出或吸收的热, 简称反应热。

焓变是指在反应过程中系统的焓的变化。在恒压、不做非体积功条件下, 反应的焓变  $\Delta H$  的数值上等于定压热效应  $q_p$ 。

(5) 标准摩尔生成焓是: 在标准状态下, 由指定的(最稳定的)单质生成单位物质的量的纯物质时反应的焓变, 用  $\Delta_f H_m^\ominus$  表示, 而反应的标准摩尔焓变是指: 在标准条件下, 反应过程的摩尔焓变, 用  $\Delta_r H_m^\ominus$  表示, 二者的关系是

$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = \sum_{\text{B}} \nu_{\text{B}} \Delta_f H_m^\ominus(\text{B}, 298.15 \text{ K})$$

(6) 区分的依据是能源消耗后是否造成了对环境的污染。煤和石油是污染型能源; 水力、电力、太阳能、沼气、氢能和燃料电池等是清洁型能源。

(7) 如表 1-1 所示。

表 1-1 能源的分类

利用状况	形成条件	一次能源	二次能源
	使用性质		
常规能源	燃料能源	煤炭、石油、天然气、生物质能	煤气、焦炭、汽油、煤油、柴油、重油、液化气、甲醇、酒精
	非燃料能源	水能	电力、蒸汽、热水、余热
新能源	燃料能源	核能	人工沼气、氢能
	非燃料能源	太阳能、风能、地热能、海洋能	激光能

(8) 物质内部分子杂乱无章的热运动能称为无序能；而电能、化学能、机械能等是有序能。

2. 何为化学计量数，化学计量数与化学反应方程式的写法有何关系？

答 根据一般化学反应方程式的定义： $0 = \sum_{\text{p}} \nu_{\text{B}} \text{B}$ ，其中 B 表示反应中物质的化学式， $\nu_{\text{B}}$  是 B 的化学计量数，它是量纲为 1 的量。 $\nu_{\text{B}}$  对反应物取“-”号，对产物取“+”号。对于同一化学反应，化学计量数与化学反应方程式的写法有关。如，

合成氨反应写成： $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  时， $\nu(\text{N}_2) = -1$ ， $\nu(\text{H}_2) = -3$ ， $\nu(\text{NH}_3) = 2$ ；若写成  $2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NH}_3(\text{g})$  时， $\nu(\text{N}_2) = -2$ ， $\nu(\text{H}_2) = -6$ ， $\nu(\text{NH}_3) = 4$ ，由此可知，化学计量数只表示按计量反应式反应时各物质转化的比例数。

3. 说明反应进度  $\xi$  的定义及引入反应进度的意义。

答 ①对于一般反应式，反应进度  $\xi$  的定义式为： $d\xi = \nu_{\text{B}}^{-1} dn_{\text{B}}$ ，式中  $n_{\text{B}}$  为物质 B 的物质的量， $\nu_{\text{B}}$  为 B 的化学计量数，故  $\xi$  的 SI 单位为 mol。

对于有限的变化， $\Delta\xi = \Delta n_{\text{B}} / \nu_{\text{B}}$ 。

对于化学反应来讲，一般选尚未反应时， $\xi = 0$ ，因此  $\xi = [n_{\text{B}}(\xi) - n_{\text{B}}(0)] / \nu_{\text{B}}$ 。

式中， $n_{\text{B}}(0)$  为  $\xi = 0$  时物质 B 的物质的量， $n_{\text{B}}(\xi)$  为  $\xi = \xi$  时 B 的物质的量。

②意义：引入反应进度这个量的最大优点是在反应进行到任意时间，可用任一反应或产物来表示反应进行的程度，所得的值总是相等的。

4. 用弹式量热计测量反应的热效应的原理如何？对于一般反应来说，用弹式量热计所测量的热量是否就等于反应的热效应，为什么？

答 要测定反应的热效应，常用的装置叫做弹式量热计，如图 1-1 所示。

测量反应时，将已知精确质量的反应物全部装入钢弹内，密封后将钢弹安放在钢制容器（绝热反应槽）内，然后在此槽中加入足够的已知质量的水。精确测定系统的起始温度  $T_1$  后，用电火花引发反应，反应放出热量，使系统升温，温度计所示温度为  $T_2$ 。

弹式量热计所吸收的全部热量要分为两部分：一是加入的水所吸收的热量，二是钢弹及内部物质和金属容器等（简称钢弹组件）所吸收的热量。对前一部分的热量，用  $q(\text{H}_2\text{O})$  表示，即

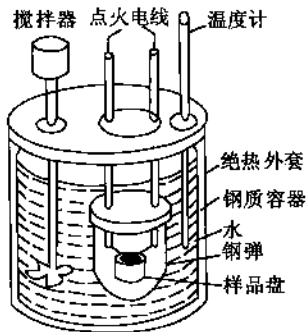


图 1-1 弹式热量计示意图

$$q(\text{H}_2\text{O}) = c(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) \\ = C(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T$$

对后一部分的热量,用  $q_b$  表示。若整个钢弹组件的总热容以  $C_b$  表示,则

$$q_b = C_b \cdot \Delta T$$

显然,反应所放出的热等于水和钢弹组件所吸收热的总和。从而可得

$$q = -[q(\text{H}_2\text{O}) + q_b] = -[C(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T + C_b \Delta T] = (\sum C) \cdot \Delta T$$

用这种方法可以测定很多常用燃料反应热效应。

由于化学反应的热效应与  $T$ 、 $p$ 、 $V$ 、 $n$  及反应物和生成物的聚集状态都有关系,同一反应可以在不同的条件下进行,弹式量热计是属于在定容条件下进行的反应过程,反应热用  $q_v$  表示,所以对一般反应来说,弹式量热计所测量的热量是等于反应的定容热效应。

5. 热化学方程式与一般的化学反应方程式有何异同? 书写热化学方程式时有哪些应注意之处?

答 相同点:它们都表示化学反应的方程式。

不同点:热化学方程式除了表示化学反应之外,还表示化学反应与热效应的关系。

书写热化学方程式时应注意:由于反应热与系统的状态有关,所以写热化学方程式时注明反应热的同时,还必须注明物态、温度、压力、组成等条件。

6. 什么叫状态函数?  $q$ 、 $w$ 、 $H$  是否是状态函数,为什么?

答 用来描述系统状态或性质的物理量叫状态函数。状态函数取决于状态本身,而与变化的具体途径无关,即状态一定,其值一定;殊途同归,值变相等;周而复始,值变为零。 $q$ 、 $w$ 、 $H$  中只有  $H$  是状态函数,而  $q$ 、 $w$  则不是状态函数,因为它们是与途径有关的,可以称为过程函数。

7. 说明下列符号的意义:  $q$ 、 $q_p$ 、 $H$ 、 $U$ 、 $\Delta_r H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f H_m^\ominus$  (298.15 K)。

答  $q$ ——反应过程中产生的热效应(吸收或放出的热量),常用单位是 J 或 kJ;

$q_p$ ——定压条件下反应的热效应,常用单位是 J 或 kJ;

$H$ ——焓,常用单位是 J 或 kJ;

$U$ ——系统的热力学能(内能),常用单位是 J 或 kJ;

$\Delta_r H_m^\ominus$ ——反应的标准摩尔焓变,常用单位是  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

$\Delta_f H_m^\ominus(298.15\text{ K})$ ——在温度为 298.15 K 时的物质的标准摩尔生成焓,常用单位是  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

8.  $q, H, U$  之间,  $p, V, U, H$  之间存在哪些重要关系? 试用公式表示之。

答 一定条件下,  $q_p = \Delta H, H = U + pV, q_v = \Delta U$ 。

9. 如何利用精确测定的  $q_v$  来求得  $q_p$  和  $\Delta H$ ? 试用公式表示之。

答 因为 
$$q_p - q_v = \sum_B \Delta n(B, g) \cdot RT$$

所以 
$$q_p = q_v + \sum_B \Delta n(B, g) \cdot RT$$

又因为 
$$q_p = \Delta H_p, \quad q_v = \Delta U_v$$

所以 
$$\Delta H_p = \Delta U_v + \sum_B \Delta n(B, g) \cdot RT$$

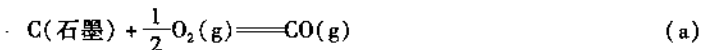
10. 理想气体状态方程中  $R$  的数值是多少? SI 制单位是多少?

答  $R$  在不同的单位制中数值是不同的,在各单位制之间的换算关系为

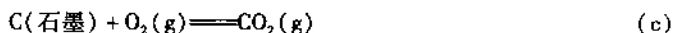
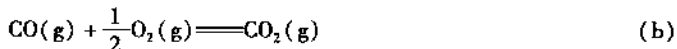
$$\begin{aligned} R &= 8.314510 \pm 0.00007 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (\text{SI 制单位}) \\ &= 0.08206 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ &= 62363 \text{ mmHg} \cdot \text{mL} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ &= 1.98717 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \end{aligned}$$

11. 如何理解盖斯定律是热力学第一定律的必然推论? 盖斯定律的运算方法对  $\Delta_r H$  等热力学函数有何重要价值? 举例说明。

答 在任何过程中能量是不会自生自灭的,只能从一种形式转化为另一种形式,在转化过程中能量的总值不变,称为能量守恒与转化定律。把能量守恒与转化定律用于具体的热力学系统就得到了热力学第一定律,即在孤立系统中,能的形式可以转化,但能量的总值不变。盖斯定律为在恒容或恒压条件下,化学反应的反应热只与反应的始态与终态有关,而与变化途径无关,即总反应的热效应等于几个分步反应的热效应之和,所以盖斯定律是热力学第一定律的必然推论。当我们遇到了难于用实验测定热效应的化学反应时,利用盖斯定律可以用已知反应的数据进行计算,而不必考虑具体步骤是否进行,这为计算  $\Delta_r H$  等热力学函数带来了方便,例如:需要计算一定温度下  $\text{CO}(g)$  生成反应。即



的恒容热为  $q_{v,a}$ 。但因为  $\text{C}(\text{石墨})$  与  $\text{O}_2(g)$  反应只生成  $\text{CO}(g)$  而不生成  $\text{CO}_2(g)$  是不可能的,故用量热计直接测定上述反应的恒容热  $q_{v,a}$  难以实现。然而同一温度下,如下两燃烧反应



的恒容热分别为  $q_{v,b}$ 、 $q_{v,c}$ ,由于它们是完全反应的,因此能够用量热计直接测定。

从  $\text{C}(\text{石墨}) + \text{O}_2(g)$  出发,在同样温度下通过两不同途径达到  $\text{CO}_2(g)$ ,如图 1-2 所示。

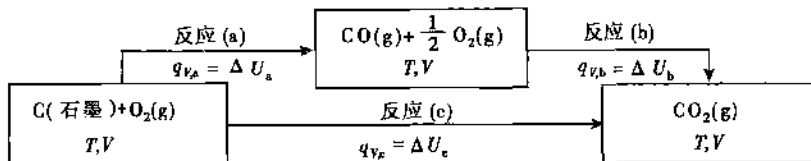


图 1-2

因为两条途径的每一个步骤均为恒容、非体积功为零,所以  $q_{V,a} = \Delta U_a$ ,  $q_{V,b} = \Delta U_b$ ,  $q_{V,c} = \Delta U_c$ , 又因为

$$\Delta U_c = \Delta U_b + \Delta U_a$$

必然有

$$q_{V,a} = q_{V,c} - q_{V,b}$$

12. 化学热力学中所说的“标准状态”意指什么? 对于单质、化合物和水合离子所规定的标准摩尔生成焓有何区别?

答 标准状态: 压力为标准压力, 最新国家标准规定,  $p^\ominus = 100 \text{ kPa}$ ; 标准浓度为  $c = c^\ominus = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ; 标准压力下固态和液态均为纯物质;

规定单质的标准摩尔生成焓为 0, 在标准状态时由指定单质生成单位物质的量的纯物质时反应的焓变叫做该物质的标准摩尔生成焓;

水合离子中规定以水合氢离子的标准摩尔生成焓为零, 然后获得其他水合离子的标准摩尔生成焓。

13. 试根据标准摩尔生成焓的定义, 说明在该条件下指定单质的标准摩尔生成焓必须为零。

答 在标准状态下, 规定由指定单质生成单位物质的量的纯物质时的焓变叫标准摩尔生成焓。

实际上也就是把在此条件下指定单质的相对焓作为零。如  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,  $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -285.83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 而水的标准摩尔生成焓  $\Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, 1, 298.15 \text{ K}) = -285.83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

14. 如何利用物质的  $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$  的数据, 计算燃烧反应及中和反应的  $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ ? 举例说明。

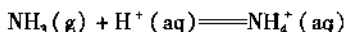
解 对于燃烧反应



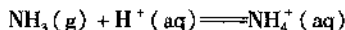
$$\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \quad -74.81 \quad 0 \quad -393.509 \quad -285.83$$

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) &= (-285.83 \times 2 - 393.509 + 74.81) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= -890.31 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

对于中和反应  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{aq}) = \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$ , 写成离子式为



查教材附录表, 得数据为



$$\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \quad -46.11 \quad 0 \quad -132.51$$

$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = (-132.51 + 46.11) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -86.40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

15. 煤炭中通常含有哪元素? 用做燃料时, 哪些是有益的, 哪些是有害的, 为什么?

答 煤的主要成分为碳、氢、氧三种元素, 还有少量的氮、硫、磷和一些稀有元素, 还会有泥砂矿物杂质和水分, 在燃烧过程中碳、氢、氧三种元素燃烧放热, 是有益的; 氮、硫、磷可能形成氧化物或气体, 如  $\text{SO}_2$  等, 则造成污染, 是有害的。若能进行分离提取, 则稀有元素也是有益的。

16. 煤的洁净利用有何意义? 试述洁净煤技术及其进展。

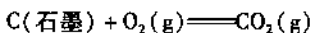
答 煤是固体燃料, 其最大的缺点就是燃烧速率慢, 效率低, 并且在燃烧时会引起一些严重的环境问题。因此, 从资源、经济与环境综合考虑, 改进煤的开采和清洁燃烧对化石能源日益短缺及环境问题突出的今天尤为重要。

洁净煤技术是一项庞大复杂的系统工程, 包含从煤炭开发到利用的所有技术领域, 主要研究开发项目包括煤炭的加工、转化、燃烧和污染控制等。目前拥有汽化燃料、液化燃料和水煤浆燃料等。

17. 煤的主要组分碳、汽油中代表性组分辛烷、天然气中主要组分甲烷以及氢各自的热值如何进行计算。并进行比较?

答 煤的热值计算:

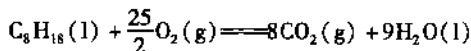
碳(以石墨计)在 298.15 K 的标准状态时完全燃烧的化学方程式:



$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

折合成热值为  $32.8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

汽油的热值计算:



$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -5440 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

折合成辛烷的热值为  $47.7 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

天然气的热值计算:



$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

折合成  $\text{CH}_4$  的热值为  $55.6 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

由上述热值计算可以看出天然气的热值 > 汽油的热值 > 煤的热值。

18. 试述氢能、生物质能、太阳能等清洁能源的利用状况, 及其与可持续发展战略的关系。

答 氢气是一种可燃气体, 发热值高, 燃烧后生成水, 不污染环境, 是一种较理想的、清洁的二次能源, 符合可持续发展的这一战略, 但因制氢的成本比较高, 现在氢气还不能作为一般能源使用。

生物质能是废物利用, 变废为宝, 而且科技含量高。如人工制造沼气、垃圾发电等, 不仅降低了环境污染, 保护了环境, 而且开辟了新能源。

太阳能的利用可分为三个方面: 太阳能采暖和制冷, 太阳热发电, 太阳光发电。太阳能是一种可再生资源, 可直接利用, 不产生污染, 是一种清洁、环保能源。

以上三种能源都充分体现了可持续发展的公平性、共同性、持续性三个原则, 使社会、经济、人口、资源和环境协调发展。

19. 核能的能量来源与矿物燃料有何不同? 你如何理解发展核能是必由之路。

答 矿物燃料储量有限,其中不但含有砷、铅等许多重金属及致癌物质,且含有少量钷、镭等放射性物质,污染环境,损害人体健康,而核能储量大,较清洁,有利于保护环境。

发展核能是必由之路,这是因为核能有其无法取代的优势。主要表现在以下几方面:

- ①核能是地球上储量最丰富的高密度能源;
- ②核电是较清洁的能源,有利于保护环境;
- ③核电的经济性优于火电;
- ④以核燃料代替煤和石油,有利于资源的合理利用。

总之核能是干净、安全、经济的能源,它的利用是解决能源问题的必由之路。

20. 你认为当前中国的能源问题主要是什么?

答 我国当前能源的主要问题:一是能源结构不合理,优质能源比例太小;二是能源利用率低、能耗高。

21. 在当前能源革命中,你认为如何借鉴发达国家经验和能源科学最新成就,制定符合国情的中国能源可持续发展对策。(提示:可参考彭士禄,李盈安著,寻找永恒的动力——著名科学家谈能源科学. 南宁:广西师范大学出版社. 1998)

答 我们在制定能源政策时,除了把发展新能源作为战略的目标外,还必须考虑到近期的实际需要,更好的利用现有的能源,开发各种综合利用化石能源的节能新技术,对天然能源进行深加工. 进一步提高能源的热值和综合利用价值,延长现有能源的使用期限,同时减少和控制对环境的污染。

22. 20世纪90年代前后我国科学界批判的“水变油”伪科学事件,与现在正在采用的燃料“油掺水”(如掺水20%左右)可节油增效并减少污染,试解释这两件事有何本质不同。

答 “水变油”是化学变化,由 $H_2O$ 变成含有C的物质是不可能实现的。“油掺水”是因为水增大了油的面积,使其能够更好的燃烧,起到节油的作用,油燃烧产生的 $SO_2$ 等有毒气体溶于水减少了其污染环境。

## 课后习题全解

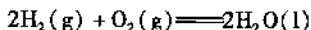
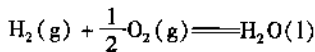
1.1 是非题(对的在括号内填“+”号,错的填“-”号)

(1) 已知下列过程的热化学方程式为



则此温度时蒸发1 mol  $UF_6(l)$ , 会放出热30.1 kJ。 ( )

(2) 在定温定压条件下, 下列两个生成液态水的化学方程式所表达的反应放出的热量是一相同的值。 ( )



(3) 功和热是在系统和环境之间的两种能量传递方式, 在系统内部不讨论功和热。 ( )

(4) 反应的 $\Delta H$ 就是反应的热效应。 ( )



解 (1) -。

分析 在定压下,  $\Delta_r H_m^\ominus = 30.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} > 0$ , 说明这是一个吸热过程, 不能放出热量。

(2) -。

分析 定压摩尔反应热与反应进度有关, 而反应进度与反应方程式的写法即化学计量数的选配有关, 即第一个反应是生成 1 mol 液态水的热效应, 第二个反应生成两倍水量的热量。

(3) +。

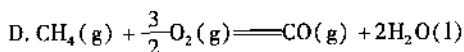
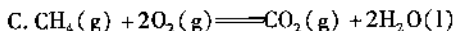
分析 热力学中的做功  $w$  与吸热  $q$  都是系统与环境之间, 通过界面所传递的那部分能量。在界面以内, 系统的各部分之间所进行的能量传递不计入  $w$  和  $q$  之中。

(4) -。

分析 只有在定压条件下, 反应的  $\Delta H$  才是反应的热效应。

2. 选择题(将所有的正确答案填入括号内)

(1) 在下列反应中, 进行 1 mol 反应时放出热量最大的是( )。



分析 对 A、B 反应讲, 因为  $\text{CH}_4$  由  $\text{l} \rightarrow \text{g}$  或  $\text{H}_2\text{O}$  由  $\text{l} \rightarrow \text{g}$  需额外吸收热量, 而 D 反应不完全, 故选 C。

解 答案选 C。

(2) 通常, 反应热效应的精确实验数据是通过测定反应或过程的( )而获得的。

A.  $\Delta H$       B.  $p\Delta V$       C.  $q_p$       D.  $q_v$

分析 通常利用弹式量热计精确测得(定容)反应热  $q_v$ , 因为弹式量热计是在定容条件下使用的。

解 答案选 D。

(3) 下列对于功和热的描述中, 正确的是( )。

A. 都是途径函数, 无确定的变化途径就无确定的数值

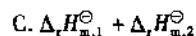
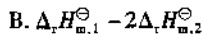
B. 都是途径函数, 对应于某一状态有一确定值

C. 都是状态函数, 变化量与途径无关

D. 都是状态函数, 始、终态确定, 其他也确定

解 答案选 A。

(4) 在温度  $T$  标准状态下, 若已知反应  $\text{A} \rightarrow 2\text{B}$  的标准摩尔反应焓  $\Delta_r H_{m,1}^\ominus$ , 与反应  $2\text{A} \rightarrow \text{C}$  的标准摩尔反应焓  $\Delta_r H_{m,2}^\ominus$ , 则反应  $\text{C} \rightarrow 4\text{B}$  的标准摩尔反应焓  $\Delta_r H_{m,3}^\ominus$  与  $\Delta_r H_{m,1}^\ominus$  及  $\Delta_r H_{m,2}^\ominus$  的关系为  $\Delta_r H_{m,3}^\ominus = ( )$ 。



分析 此题是利用热化学定律求反应焓变的经典题, 重要的是会将化学反应式像普通代数方