



快乐大本·优秀教材辅导

KUAILI DABEN
YOUXIUJIAOCAIFUDAO

普通化学 习题精解精练

(配浙大普通化学教研组第五版教材·高教版)

主 编 桑希勤 关淑霞

主 审 王 君

- 课后习题 精析 精解
- 同步训练 勤学 勤练

XITI
JINGJIEJINGLIAN

哈尔滨工程大学出版社



普通化学 习题精解精练

(配浙大普通化学教研组第五版教材·高教版)

主 编 桑希勤 关淑霞
主 审 王 君

XITI
JINGJIEJINGLIAN

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是配合浙江大学编写的《普通化学》(第五版)教材而编写的辅导书。本书按教材的章节顺序编排,每章包括书后思考题解答、书后习题解析、同步训练题及同步训练题答案等内容,旨在帮助学生熟练掌握解题的基本方法和技巧,巩固所学的知识、开阔视野。

本书可作为高等学校学生学习普通化学的辅导书,也可供教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学习题精解精练/桑希勤,关淑霞主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007.4

ISBN 978 - 7 - 81073 - 989 - 4

I . 普… II . ①桑…②关… III . 普通化学 - 高等学校 - 解题 IV . O6 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 046906 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 9
字 数 187 千字
版 次 2007 年 4 月第 1 版
印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷
定 价 12.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

“普通化学”是一门现代化学导论课程,是非化学化工类工科专业的重要理论基础课。教学目标是要给学生以高素质的化学通才教育。通过化学反应基本规律和物质结构理论的学习,使学生了解当代化学学科的概貌,能运用化学的理论、观点、方法,审视公众关注的环境污染、能源危机、新兴材料、生命科学、健康与营养等社会热点话题,了解化学对人类社会的作用和贡献。对工科专业,着重把化学的理论、方法与工程技术的观点结合起来,用化学的观点分析、认识工程技术中的化学问题。培养学生独立分析问题、解决问题的能力。

本书是以浙江大学普通化学教研组编写的《普通化学》(第五版)教材为依据而编写的辅助教材。本书的目的是培养学生的科学思维能力;并帮助学生逐渐提高应用基础知识来分析与解决实际问题的能力。本书的主要内容包括教材中的思考题和习题解答,还选编了一部分同步训练题,并附有解答。同时,为了便于教学中使用,我们还给出了几套模拟试题以及考研模拟试题。

本书中的名词、术语及公式、符号均完全与浙江大学普通化学教研组编写的《普通化学》(第五版)教材一致,所使用的基础数据亦皆取自该教材后的附录。

全书共分八章,由桑希勤、关淑霞主编,哈尔滨工程大学王君主审。

由于编者水平有限,书中难免存在不当甚至错误之处,敬请各位同仁和读者不吝赐教和指正。

编 者

2007年3月

目 录

第1章 热化学与能源	1
书后思考题解答	1
书后习题解析	5
同步训练题	12
同步训练题答案	13
第2章 化学反应的基本原理与大气污染	15
书后思考题解答	15
书后习题解析	20
同步训练题	30
同步训练题答案	32
第3章 水化学与水污染	34
书后思考题解答	34
书后习题解析	39
同步训练题	47
同步训练题答案	48
第4章 电化学与金属腐蚀	50
书后思考题解答	50
书后习题解析	54
同步训练题	63
同步训练题答案	65
第5章 物质结构基础	66
书后思考题解答	66
书后习题解析	69
同步训练题	73
同步训练题答案	75
第6章 元素化学与无机材料	77
书后思考题解答	77
书后习题解析	81
同步训练题	89
同步训练题答案	90
第7章 高分子化合物与材料	92
书后思考题解答	92
书后习题解析	95
同步训练题	100
同步训练题答案	101

第8章 生命物质与人体健康	103
书后思考题解答	103
书后习题解析	106
附录一 模拟试题	111
模拟试题(一)	111
模拟试题(一)答案	113
模拟试题(二)	115
模拟试题(二)答案	118
模拟试题(三)	119
模拟试题(三)答案	122
模拟试题(四)	124
模拟试题(四)答案	126
附录二 研究生入学模拟试题	129
研究生入学模拟试题(一)	129
研究生入学模拟试题(一)答案	132
研究生入学模拟试题(二)	133
研究生入学模拟试题(二)答案	136
参考文献	138

第 1 章 热化学与能源

书后思考题解答

1. 区别下列概念

(1) 系统与环境

答 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) 比热容与热容

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

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 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ 。

(3) 定容反应热与定压反应热

答 定容反应热:在恒容、不做非体积功条件下, 即 $\Delta V = 0, w' = 0$ 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) 反应热效应与焓变

答 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 ΔH 在数值上等于定压热效应 q_p 。

(5) 标准摩尔生成焓与反应的标准摩尔焓变

答 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, 反应过程的标准摩尔焓变, 用 $\Delta_r H_m^\ominus$ 表示。二者的关系是

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

(6) 污染型能源与清洁型能源

答 区分的依据是能源消费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) 常规能源与新能源

答 如表 1-1 所示。

表 1-1 能源的分类

利用状况	使用性质	形成条件	
		一次能源	二次能源
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) 有序能与无序能

答 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： $0 = \sum_B \nu_B B$ ，其中 B 表示反应中物质的化学式， ν_B 是 B 的化学计量数。它是量纲为 1 的量。 ν_B 对反应物取“-”号，对产物取“+”号。写法和化学反应式有关，必须对应书写。

3. 说明反应进度 ξ 的定义及引入反应进度的意义。

答 对于一般化学反应方程式： $0 = \sum_B \nu_B B$ ，反应进度 ξ 的定义式为： $d\xi = \nu_B^{-1} dn_B$ ， ξ 的 SI 单位为 mol。引入反应进度的意义是在反应进行到任意时刻时，可用任一反应物或产物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。

测量反应热时，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。温度计示温度为 T_2 。

弹式量热计所吸收的全部热量可分为两个部分：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

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

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

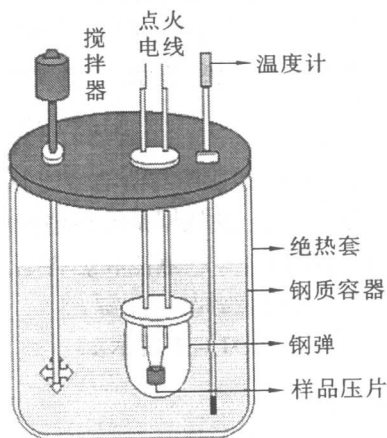


图 1-1 弹式量热计示意图

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的燃烧反应热效应。

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 通常,一般化学反应方程式只是表示了参与反应的物质的组成、用量及反应物和生成物的性质。而热化学方程式不仅表示了上述情况,同时还表明了反应过程中能量的转换和大小,是吸热还是放热。

书写时要注意标明物质的计量数、聚集状态、反应的温度和压力、反应的方向、 ΔH 的正负。

6. 什么叫状态函数? q 、 w 、 H 是否是状态函数,为什么?

答 用来描述系统状态的性质或物理量叫状态函数。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。上面给出的 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 、 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15\text{ K})$ 。

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;

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

$\Delta_f H_m^\ominus(298.15\text{ K})$ ——在温标为 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 、 H 、 U 之间存在哪些重要关系?试用公式表示之。

答 $\Delta U = q + w$, $q_p = \Delta H$, $\Delta U = q_v$, $H = U + pV$ 。

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

答 利用 $q_p = \Delta H$, $q_v = \Delta U$, $q_p - q_v = \Delta nRT$, $q_p = \Delta nRT + q_v$ 的关系,在已知 q_v 的情况下可以求得 q_p 和 ΔH 。

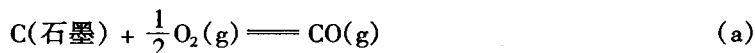
10. 理想气体状态方程中 R 的数值是多少?SI 制单位是什么?

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

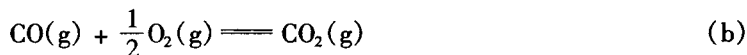
$$\begin{aligned} R &= 8.314\,510 \pm 0.000\,07\, \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (\text{SI 制单位}) \\ &= 0.082\,06\, \text{atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ &= 62\,363\, \text{mmHg} \cdot \text{ml} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ &= 1.987\,17\, \text{cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \end{aligned}$$

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 $\Delta_f H$ 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和终态有关,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 $\text{CO}(\text{g})$ 生成反应,即



的恒容热 $q_{V,a}$ 。但因为 $\text{C}(\text{石墨})$ 与 $\text{O}_2(\text{g})$ 反应只生成 $\text{CO}(\text{g})$ 而不生成 $\text{CO}_2(\text{g})$ 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 $q_{V,b}$ 、 $q_{V,c}$,由于它们是完全反应的,因此能够用量热计直接测定。

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

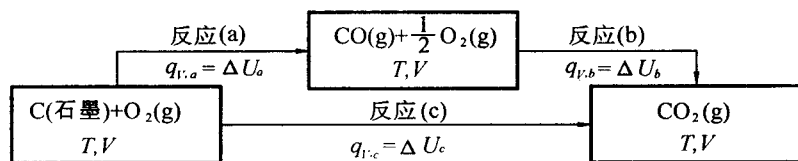


图 1-2

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 热力学系统在 $p^\ominus = 100 \text{ kPa}$ 、 $c^\ominus = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 条件下的状态称为标准态。这里没有温度的限制,在任意温度下都可以有标准状态。

对于单质,在标准态下规定最稳定的单质(通常取 $T = 298.15 \text{ K}$) $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = 0$ 。对于化合物 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 等于由指定单质生成单位物质的量的纯物质时过程的焓变。对于水合离子则规定水合氢离子的 $\Delta_f H_m^\ominus(\text{H}^+, \text{aq}, 298.15 \text{ K}) = 0$ 。据此可得其他水合离子的标准摩尔生成焓。

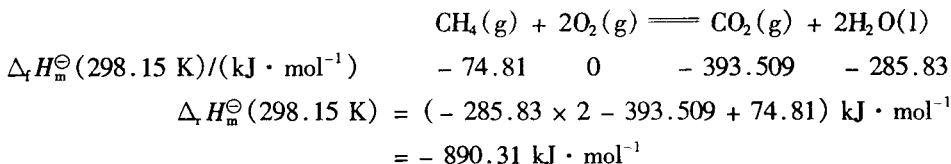
13. 试根据标准摩尔生成焓的定义,说明在该条件下指定单质的标准摩尔生成焓必须为零。

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 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$,

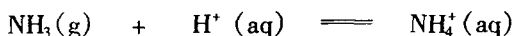
$\Delta H^{\ominus}(298.15\text{ K}) = -285.83\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 而水的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^{\ominus}(\text{H}_2\text{O}, \text{l}, 298.15\text{ K}) = -285.83\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

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。

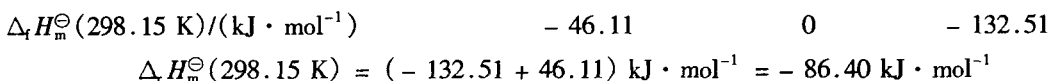
解 对于燃烧反应



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



查教材附录 3, 得数据为



15. 煤炭中通常含有哪些元素? 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, 还会有泥砂等矿物性杂质和水分。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 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 煤的洁净利用的意义在于减少环境污染问题, 是解决能源与环境问题的主导技术之一。洁净煤技术是一项庞大复杂的系统工程, 包含从煤的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。具体方法有煤的汽化、合成气和水煤浆燃料等。

17 题 ~ 22 题(略)

书后习题解析

1. 是非题(对的在括号内填“+”, 错的填“-”)

(1) 已知下列过程的热化学方程式为 $\text{UF}_6(\text{l}) \longrightarrow \text{UF}_6(\text{g}), \Delta_r H_m^{\ominus} = 30.1\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则此温度时蒸发 $1\text{ mol UF}_6(\text{l})$, 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 ΔH 就是反应的热效应。 ()

答 (1) -。原因: $\Delta_r H_m^{\ominus} = 30.1\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} > 0$, 说明这是一个吸热反应, 不能放出热量。

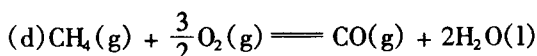
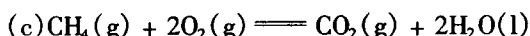
(2) -。原因: 反应的热效应和计量数有关, 因此两者放出的热量不会相同。

(3) +。

(4) -。原因:只有在定压条件下 $\Delta H = q_p$ 。

2. 选择题(将所有的正确答案的标号填入括号内)

(1) 在下列反应中,进行 1 mol 反应时放出热量最大的是()。



答 对(a)、(b)反应讲,因为 CH_4 由 l $\rightarrow$ g 或 H_2O 由 l $\rightarrow$ g 需额外热量,而(d)反应不完全,故选(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) ΔH (b) $p\Delta V$ (c) q_p (d) q_v

答 因为弹式量热计是在定容条件下使用的,故选(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,其值也确定

答 (a)

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



答 (d)

(5) 对于热力学可逆过程,下列叙述正确的是()。

(a) 变化速率无限小的过程 (b) 可做最大功的过程

(c) 循环过程 (d) 能使系统与环境都完全复原的过程

答 (a)、(b)、(d)

(6) 在一定条件下,由乙二醇水溶液、冰、水蒸气、氮气和氧气组成的系统中含有()。

(a) 三个相 (b) 四个相 (c) 三种组分 (d) 四种组分 (e) 五种组分

答 (a)、(d)

(7) 一只充满氢气的气球,飞到一定高度即会爆炸,这要取决于一定高度上的()。

(a) 外压 (b) 温度 (c) 湿度 (d) 外压和温度

答 (a)

(8) 下述说法中,不正确的是()。

(a) 焓只有在某种特定条件下,才与系统反应热相等

(b) 焓是人为定义的一种具有能量量纲的热力学量

(c) 焓是状态函数

(d) 焓是系统能与环境进行交换的能量

答 (d)

3. 填空题(将答案填在横线上)

使可燃样品(质量为 1.000 g)在弹式量热计内完全燃烧,以测定其反应热,必须知道:

(1) _____; (2) _____; (3) _____。

答 (1) 反应前后的温度差 ΔT ; (2) 钢弹组件的总热容 C_b ; (3) 水的质量 m 。

4. 钢弹组件的总热容 C_b 可利用一已知反应热数值的样品求得。设将 0.500 g 苯甲酸 (C_6H_5COOH) 在盛有 1 209 g 水的弹式量热计的钢弹内(通入氧气)完全燃烧,系统的温度由 296.35 K 上升为 298.59 K。已知在此条件下苯甲酸完全燃烧的反应热效应为 $-3\,226\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 水的比热容为 $4.18\text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。试计算该钢弹的总热容。

解 因为苯甲酸摩尔质量 $M(C_6H_5COOH) = 122\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以苯甲酸的物质的量 $n = (0.500/122)\text{ mol} = 0.004\,098\text{ mol}$, 其完全燃烧所放出的热量为

$$q = -0.004\,098\text{ mol} \times 3\,226\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -13.22\text{ kJ}$$

又因为水的比热容 $c(H_2O) = 4.18\text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, 则

$$q = -[c(H_2O)m(H_2O)\Delta T + C_b\Delta T] = -(4.18 \times 1\,209 + C_b)\Delta T$$

$$-13\,220 = -(5\,053.62 + C_b) \times 2.24$$

$$C_b = 848.17\text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

5. 葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)完全燃烧的热化学方程式为 $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$, 其反应的 $q_p = -2\,820\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。当葡萄糖在人体内氧化时,上述反应约 30% 可用作肌肉的活动能量。试估计一食匙葡萄糖(3.8 g)在人体内氧化时,可获得肌肉活动的能量。

解 因为葡萄糖摩尔质量 $M(C_6H_{12}O_6) = 180.155\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以 3.8 g 葡萄糖可放热

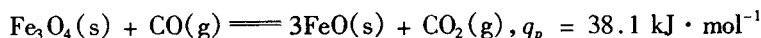
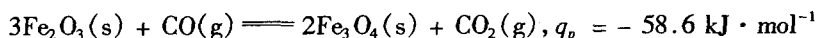
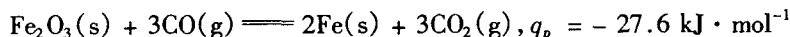
$$q = -2\,820\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 3.8\text{ g}/180.155\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = -59.482\text{ kJ}$$

可以提供的能量为

$$E = q \times 30\% = -59.482\text{ kJ} \times 30/100 = -17.84\text{ kJ}$$

因此,获得肌肉活动的能量 $E = 17.84\text{ kJ}$ 。

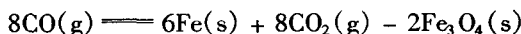
6. 已知下列热化学方程式



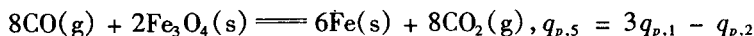
不查表计算反应 $FeO(s) + CO(g) \longrightarrow Fe(s) + CO_2(g)$ 的 q_p 。

[提示:根据盖斯定律利用已知反应方程式,设计一循环,使消去 Fe_2O_3 和 Fe_3O_4 ,而得到所需反应方程式。]

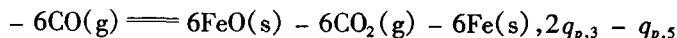
解 设以(1)、(2)、(3)、(4)依次表示所给出的反应方程,则用反应(1) $\times 3$ - 反应(2)得



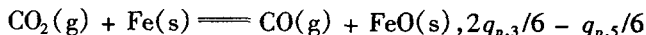
移项调整得



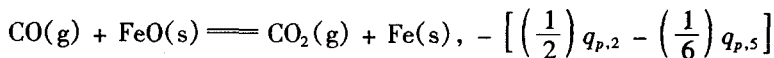
用反应(3) $\times 2$ 后减上式得



移项除以 6 得



左右对调即得题给反应



所以对题给反应有

$$\begin{aligned} q_{p,4} &= -\frac{1}{6} \times [2q_{p,3} - 3q_{p,1} + q_{p,2}] = \frac{1}{6} \times (3q_{p,1} - q_{p,2} - q_{p,3}) \\ &= \frac{1}{6} [3 \times (-27.6) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 58.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 2 \times 38.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}] \\ &= -16.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

7. 已知乙醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 在 101.325 kPa 大气压下正常沸点温度(351 K) 时的蒸发热为 $39.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。试估算 1 mol 液态 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 在该蒸发过程中的体积功 w 和 ΔU 。

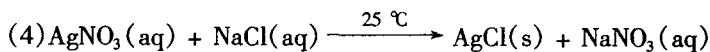
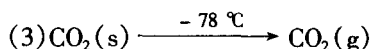
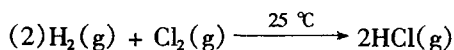
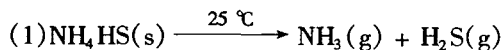
解 该汽化过程为 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g})$, 是在定温定压、只做体积功条件下进行的。所以

$$\Delta U = \Delta H - \Delta \nu RT = [39.2 - (1 - 0) \times 8.314 \times 10^{-3} \times 351] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 36.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

而体积功为

$$w = -\Delta \nu RT = -[(1 - 0) \times 8.314 \times 10^{-3} \times 351] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -2.92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

8. 在下列反应过程中, q_v 与 q_p 有区别吗? 简单说明之。



答 (1) 有区别; (2) 无区别; (3) 有区别; (4) 无区别。

原因: 因为 $q_v = q_p - \Delta \nu RT$, 若反应中 $\Delta \nu = 0$ 则 q_v 、 q_p 无区别。 $\Delta \nu$ 为反应前后气体物质的化学计量数。若 $\Delta \nu \neq 0$, 说明在反应过程中有体积功产生。

9. 根据第 8 题中所列化学反应方程式和条件, 试计算发生下列变化时, ΔU 与 ΔH 之间的能量差值。

(1) 2 mol $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s})$ 的分解

(2) 生成 1.00 mol $\text{HCl}(\text{g})$

(3) 5.00 mol $\text{CO}_2(\text{s})$ 的升华

(4) 沉淀 2.00 mol $\text{AgCl}(\text{s})$

解 由于 $\Delta U - \Delta H = w = -\Delta nRT$, 因此:

(1) 因为 $\Delta n = 4$, 所以

$$\Delta U - \Delta H = w = -\Delta nRT = -(4 \times 8.314 \times 298.15) \text{ J} = -9.92 \text{ kJ}$$

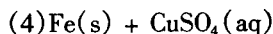
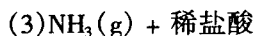
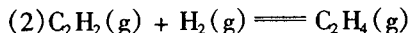
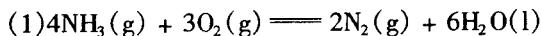
(2) 因为 $\Delta n = 0$, 所以 $\Delta U - \Delta H = 0$ 。

(3) 因为 $\Delta n = 5$, 所以

$$\Delta U - \Delta H = w = -\Delta nRT = -(5 \times 8.314 \times 195.15) \text{ J} = -8.11 \text{ kJ}$$

(4) 因为 $\Delta n = 0$, 所以 $\Delta U - \Delta H = 0$ 。

10. 试查阅附录3的数据计算下列反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ (298.15 K)。



解 (1) 依据反应, 查附录3得数据为

$$\begin{array}{rccccccc} & 4\text{NH}_3(\text{g}) & + & 3\text{O}_2(\text{g}) & \rightleftharpoons & 2\text{N}_2(\text{g}) & + & 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \\ \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K})/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) & -46.11 & & 0 & & 0 & & -285.83 \\ \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K}) & = 6 \times (-285.83) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} & - & 4 \times (-46.11) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} & & & & \\ & = -1530.54 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{array}$$

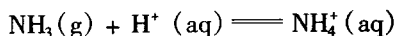
(2) 依据反应, 查附录3得数据为

$$\begin{array}{rccccccc} & \text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) & + & \text{H}_2(\text{g}) & \rightleftharpoons & \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \\ \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K})/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) & 226.73 & & 0 & & 52.26 \end{array}$$

故

$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K}) = 52.26 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 226.73 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -174.47 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(3) 反应 $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$ 写成离子式为



则查附录3得数据为

$$\begin{array}{rccccccc} & \text{NH}_3(\text{g}) & + & \text{H}^+(\text{aq}) & \rightleftharpoons & \text{NH}_4^+(\text{aq}) \\ \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K})/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) & -46.11 & & 0 & & -132.43 \\ \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K}) & = -132.43 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} & + & 46.11 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} & = & -86.32 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{array}$$

(4) 反应 $\text{Fe}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}) + \text{FeSO}_4(\text{aq})$ 写成离子式为



查附录3得数据为

$$\begin{array}{rccccccc} & \text{Fe}(\text{s}) & + & \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) & \rightleftharpoons & \text{Cu}(\text{s}) & + & \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \\ \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K})/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) & 0 & & 64.77 & & 0 & & -89.1 \\ \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K}) & = -89.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} & - & 64.77 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} & = & -153.87 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{array}$$

11. 计算下列反应的(1) $\Delta_r H_m^\ominus$ (298.15 K); (2) $\Delta_r U_m^\ominus$ (298.15 K); (3) 298.15 K 进行 1 mol 反应时的体积功 w 。



解 依据反应, 查附录3得数据为

$$\begin{array}{rccccccc} & \text{CH}_4(\text{g}) & + & 4\text{Cl}_2(\text{g}) & \rightleftharpoons & \text{CCl}_4(\text{l}) & + & 4\text{HCl}(\text{g}) \\ \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K})/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) & -74.81 & & 0 & & -135.44 & & -92.307 \end{array}$$

$$\begin{aligned} (1) \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K}) &= -135.44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 4 \times (-92.307) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &\quad + 74.81 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= -429.86 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

(2) 因为 $\Delta_r U_m^\ominus(298.15\text{ K}) = \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K}) - \Delta \nu RT$, 而 $\Delta \nu = -1$, 所以

$$\Delta_r U_m^\ominus(298.15\text{ K}) = [-429.86 - (-1) \times 8.314 \times 10^{-3} \times 298.15] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$= -427.38 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(3) 298.15 K 时的体积功为

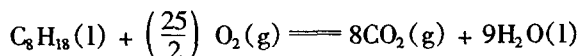
$$w = -\Delta \nu RT = -[(-1) \times 8.314 \times 10^{-3} \times 298.15] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.48 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

12. 近 298.15 K 时, 在弹式量热计内使 1.000 0 g 正辛烷(C_8H_{18} , l) 完全燃烧, 测得此反应热效应为 -47.79 kJ (对于 1.000 0 g 液体 C_8H_{18} 而言)。试根据此实验值, 估算正辛烷(C_8H_{18} , l) 完全燃烧的: (1) q_V ; (2) $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 。

解 因为正辛烷的摩尔质量 $M(\text{C}_8\text{H}_{18}, \text{l}) = 114.232 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以:

$$(1) q_V = -47.79 \text{ kJ} / (1.000 0 \text{ g} / 114.232 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = -5459 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1};$$

(2) 因为 $\Delta U = \Delta H - \Delta \nu RT$, 且方程式为

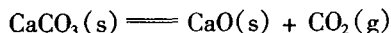


而 $\Delta \nu = -4.5$ 所以

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) &= \Delta U + \Delta \nu RT = q_V + \Delta \nu RT \\ &= (-5459 - 4.5 \times 8.314 \times 10^{-3} \times 298.15) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= -5470 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

13. 利用 CaCO_3 、 CaO 和 CO_2 的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 数据, 估算煅烧 1 000 kg 石灰石 (以纯 CaCO_3 计) 成为生石灰所需热量。在理论上要消耗多少燃料煤 (以标准煤的热值估算)?

解 CaCO_3 的摩尔质量 $M(\text{CaCO}_3) = 100.086 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 反应式为



查附录 3 得数据为

	$\text{CaCO}_3(\text{s})$	$\longrightarrow$	$\text{CaO}(\text{s})$	$+$	$\text{CO}_2(\text{g})$
$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$	-1206.92		-635.09		-393.509

$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = (-635.09 - 393.509 + 1206.92) = 178.32 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

因此, 所需热量为

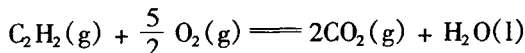
$$\begin{aligned} q_p &= 178.32 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1000 \times 10^3 \text{ g} / 100.086 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 1781668 \text{ kJ} = 1.78 \times 10^6 \text{ kJ} \end{aligned}$$

若耗煤量按高热值计算, 即 $29.3 \text{ kJ/g} = 29300 \text{ kJ/kg}$ (教材 27 页之数据), 则理论用煤量为

$$m = 1.78 \times 10^6 \text{ kJ} / 29300 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} = 60.8 \text{ kg}$$

14. 设反应物和生成物均处于标准状态, 试通过计算说明在 298.15 K 时究竟是乙炔(C_2H_2) 还是乙烯(C_2H_4) 完全燃烧会放出更多的热量? (1) 均以 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 表示; (2) 均以 $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ 表示。

解 先计算 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ 。根据反应式查附录 3 得数据为



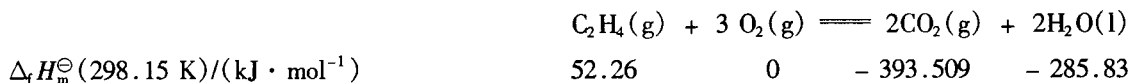
$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	226.73	0	-393.509	-285.83
--	--------	---	------------	-----------

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus(\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}, 298.15 \text{ K}) &= (-393.509 \times 2 - 285.83 - 226.73) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= -1299.58 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

换算: 因为 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ 的摩尔质量 $M(\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}) = 26 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以

$$q_p(\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}) = -1299.58 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / 26 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = -49.98 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

同理计算 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ 。根据反应式查附录 3 得数据为



$$\begin{aligned} \Delta_f H_m^\ominus(\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}, 298.15\text{ K}) &= (-393.509 \times 2 - 2 \times 285.83 - 52.26) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= -1410.94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

换算:因为 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ 的摩尔质量 $M(\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}) = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以

$$q_p(\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}) = -1410.96 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = -50.39 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

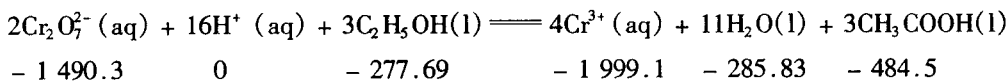
故乙烯放热多一些。

15. 通过吸收气体中含有的少量乙醇可使 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 酸性溶液变色(从橙红色变为绿色), 以检验汽车驾驶员是否酒后驾车(违反交通规则)。其化学反应可表示为



试利用标准摩尔生成焓数据求该反应的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K}) = ?$

解 根据反应式查附录3得 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15\text{ K})$ (单位: $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) 数据为



$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K}) &= (-1999.1 \times 4 - 285.83 \times 11 - 484.5 \times 3 + 1490.3 \times 2 \\ &\quad + 277.69 \times 3) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -8780.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

16. 试通过计算说明下列甲烷燃烧反应在 298.15 K 进行 1 mol 反应进度时, 在定压和定容条件下燃烧热之差别, 并说明差别之原因。



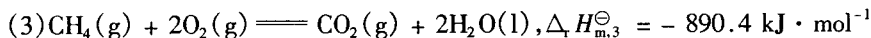
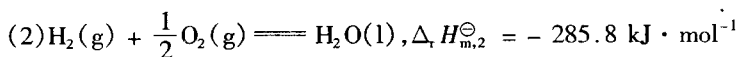
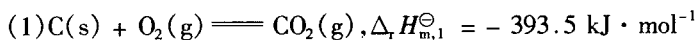
解 根据 $\Delta_r H_m - \Delta_r U_m = RT \sum_B \nu_B$, 上述反应的

$$q_p - q_v = (1 - 1 - 2) \times 8.314 \times 298.15 = -4957.64 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

原因是反应前后气体物质的物质的量有变化, 有体积功产生。

17. 在 298.15 K 时, 碳、氢和甲烷标准摩尔燃烧焓分别为 $-393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $-890.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 试推算该温度下甲烷的标准摩尔生成焓的值。

解 依题意写出三种物质的燃烧反应为



设甲烷的生成反应为 (4) $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g})$, $\Delta_f H_{m,4}^\ominus = ?$, 则 $2 \times \text{反应}(2) - \text{反应}(3) + \text{反应}(1) = \text{反应}(4)$, 所以

$$\Delta_f H_{m,4}^\ominus = (-285.8 \times 2 + 890.4 - 393.5) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -74.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

18. 环己烯的氢化焓是 $-120 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 苯氢化焓是 $-208 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 计算苯的离域焓。

解 环己烯的氢化焓是指反应 $\text{C}_6\text{H}_{10} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}$ 的焓变, 它只含有一个双键, 可以加合 1 mol 的 H_2 。苯与其相比则含有三个双键, 可以加合 3 mol 的 H_2 。因此反应 $\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}$ 的焓变为 $\Delta_r H_m^\ominus(\text{C}_6\text{H}_6) = 3 \times (-120) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -360 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
其离域焓为 $-360 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} - (-208) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = -152 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$