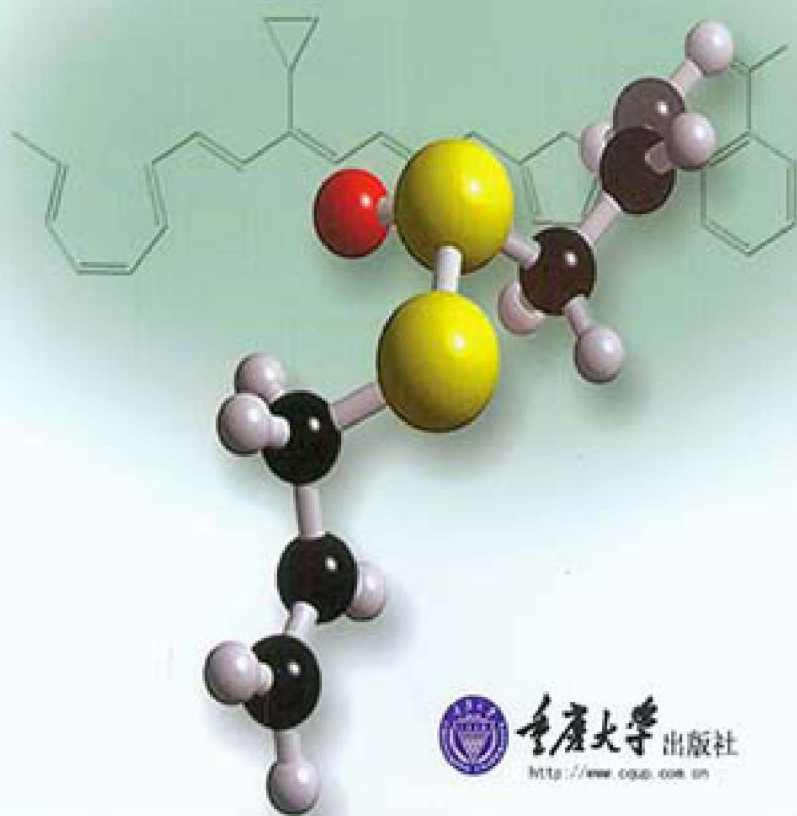


普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教学用书

大学化学习题集 (第四版)

李泽全 张云怀 主编



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

DAXUEHUAXUEXITIJ

大学化学习题集 (第四版)

李泽全 张云怀 主 编

重庆大学出版社

内容提要

本书在《大学化学习题集》(第三版)基础上进行了修订、充实,是“十一五”国家级规划教材《大学化学》(第四版,重庆大学出版社)的配套教学用书。

全书各章由学习要求、思考题、习题及解答和拓展练习四部分组成,并在最后设置了两套综合测试题。拓展练习部分,在大学化学课程基本要求的基础上,内容有所扩展,难度适当提高,进一步扩大学生对知识点的掌握。综合测试题提供给学生进行自我检测,以促进学生主动学习,提高自学能力。

本书可供高等院校本、专科各专业师生作基础化学教学参考书,也可作为学生考研复习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学习题集/李泽全,张云怀主编.—4版.

—重庆:重庆大学出版社,2015.8

ISBN 978-7-5624-9371-6

I. ①大… II. ①李… ②张… III. ①化学—高等学校—习题集 IV. ①O6-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 171846 号

大学化学习题集

(第四版)

李泽全 张云怀 主编

责任编辑:何明 版式设计:李懋

责任校对:张红梅 责任印制:赵晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:hppt://www.cqup.com.cn

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

自贡兴华印务有限公司印刷

*

开本:720×960 1/16 印张:12.5 字数:231千

2000年8月第2版 2015年9月第4版 2015年9月第14次印刷

印数:37 860—40 859

ISBN 978-7-5624-9371-6 定价:25.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

《大学化学习题集》(第三版)作为“十一五”国家级规划教材《大学化学》(第三版)配套教学用书,于2008年出版。该书受到了读者的广泛欢迎,为学生的课外学习提供了重要指导。

近年来,我国高等教育已进入以质量提升为核心的内涵式发展时期。教学体系、课程内容不断改革,日益重视研究和实践。为适应新形势的发展,将教学改革的成果体现在教材中,推动教材内容的不断更新,《大学化学》(第四版)教材已于2014年出版。

本书在保持第三版特点的基础上,以《大学化学》(第四版)教材的章节为序,全部习题的演算采用了《大学化学》(第四版)修订后的数据。《大学化学习题集》(第四版)继续沿用每章包含学习要求、思考题、习题及解答和拓展练习等四部分的框架,在本次修订中,对学习要求进行重新梳理和归纳,并给出了每章的主要知识点,同时对部分思考题、习题、拓展练习及两套综合测试题进行了更新。

全书在内容上紧密配合“大学化学”课程的理论教学,注意巩固、加深和扩展学生对基本概念、基本理论的理解和认识。同时从素质、能力培养出发,在习题的选择上力求联系社会实际和工程技术实践问题,着力培养学生理论联系实际的能力。在解题过程中,注重学生解题思路及运算能力的培养,提高学生分析问题、解决问题的能力。

做习题是学生课外学习的重要环节。我们希望使用本习题集的学生,看完题目后先独立思考、自行解答,然后对照题解进行分析,检查自己的思路、设计是否正确、合理,找出问题之所在。我们多年的实践证明,只要按照上述方法正确使用习题集,对学生的学习将是大有裨益的。

本书由李泽全、张云怀担任主编,各章的执笔人分别是李泽全:第1,6,9章;张云怀:第5,10章;甘孟瑜:第3,11章;曹渊:第2,12章;余丹梅:第4,8章,综合测试题;法焕宝:第7章。全书由原全国工科化学课程教学指导委员会委员,重庆大学曾政权教授审定,对本书提出了中肯的意见与建议,在此致

以衷心的感谢。

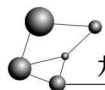
本书内容涉及面广,由于编者水平所限,书中不当之处和错误恳请使用者批评指正。

编者

2015年4月

目 录

第 1 章 化学热力学	1
1.1 学习要求	1
1.2 思考题	1
1.3 习题及解答	3
1.4 拓展练习	15
第 2 章 化学反应速率	25
2.1 学习要求	25
2.2 思考题	25
2.3 习题及解答	28
2.4 拓展练习	35
第 3 章 化学平衡	41
3.1 学习要求	41
3.2 思考题	41
3.3 习题及解答	45
3.4 拓展练习	57
第 4 章 溶液与胶体	70
4.1 学习要求	70
4.2 思考题	70
4.3 习题及解答	71
4.4 拓展练习	75
第 5 章 电化学原理及其应用	80
5.1 学习要求	80



5.2	思考题	80
5.3	习题及解答	82
5.4	拓展练习	91
第 6 章	原子结构与周期系	97
6.1	学习要求	97
6.2	思考题	97
6.3	习题及解答	99
6.4	拓展练习	105
第 7 章	化学键与分子结构	110
7.1	学习要求	110
7.2	思考题	110
7.3	习题及解答	112
7.4	拓展练习	121
第 8 章	晶体结构	127
8.1	学习要求	127
8.2	思考题	127
8.3	习题及解答	128
8.4	拓展练习	131
第 9 章	环境与化学	136
9.1	学习要求	136
9.2	思考题	136
9.3	习题及解答	137
9.4	拓展练习	142
第 10 章	能源与化学	146
10.1	学习要求	146
10.2	思考题	146
10.3	习题及解答	148
10.4	拓展练习	151

第 11 章 材料与化学	156
11.1 学习要求	156
11.2 思考题	156
11.3 习题及解答	158
11.4 拓展练习	162
第 12 章 生命与化学	168
12.1 学习要求	168
12.2 思考题	168
12.3 习题及解答	169
12.4 拓展练习	171
综合测试题(一)	176
综合测试题(一) 参考答案	182
综合测试题(二)	184
综合测试题(二) 参考答案	189
参考文献	191

第 1 章 化学热力学

1.1 学习要求

(1) 了解体系的定义及分类,掌握状态函数的概念及特点。

(2) 理解热力学第一定律,会计算化学反应的热效应。

(3) 理解焓、熵、吉布斯自由能的基本概念,掌握化学反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$, $\Delta_r S_m^\ominus$, $\Delta_r G_m^\ominus$ 的计算。

(4) 能应用 $\Delta_r G_m^\ominus$ 或 $\Delta_r G_m$ 判断化学反应的方向。

(5) 理解吉布斯—赫姆霍兹公式,掌握其应用,会计算转变温度。

本章主要知识点:

体系的定义、分类及状态和状态函数;热力学第一定律;焓;热效应; $\Delta_r H_m^\ominus$, $\Delta_r H_m^\ominus$, $S_m^\ominus(T)$, $\Delta_r S_m^\ominus$, $\Delta_r G_m^\ominus$, $\Delta_r G_m^\ominus$;热力学第二定律;吉布斯—赫姆霍兹公式。

本章重点、难点:

体系的状态和状态函数;焓及化学反应热效应;熵、吉布斯自由能和化学反应方向的判断; $\Delta_r H_m^\ominus$, $\Delta_r S_m^\ominus$, $\Delta_r G_m^\ominus$ 的计算;吉布斯—赫姆霍兹公式及其应用。

1.2 思考题

1. 说明下列符号的意义: Q , W , U , $\Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K})$, $\Delta_r H_m^\ominus(298.15\text{ K})$, $S_m^\ominus(298.15\text{ K})$, $\Delta_r S_m^\ominus(298.15\text{ K})$, $\Delta_r G_m^\ominus(298.15\text{ K})$, $\Delta_r G_m^\ominus(298.15\text{ K})$, $\Delta_r G_m^\ominus(T)$ 。

2. 区别下列概念:

(1) 体系与环境;

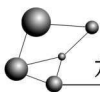
(2) 容量性质与强度性质;

(3) 等压热效应与等容热效应;

(4) 标准熵与化学反应的标准摩尔熵变;

(5) 标准生成焓与化学反应的标准焓变。

3. 状态函数的增量只决定于体系的_____和_____,与_____无关。焓 H 、内能 U 、体积功 $P\Delta V$ 和热 Q 中_____不是状态函数。



4. 化学反应进度的含义是什么? 引入化学反应的进度这一概念有何意义?

5. 用弹式量热器测定的是什么热效应? 对于通常在大气压下进行的化学反应而言, 弹式量热器测得的热量是否就等于该反应的热效应?

6. 如何理解盖斯定律是热力学第一定律的必然推论?

7. 同为焓变, $\Delta_r H$, ΔH , $\Delta_r H_m^\ominus$, $\Delta_r H_m^\ominus$ 各有何不同的含义?

8. 判断化学反应能否自发进行的判据是什么? 能否用焓变或熵变作为衡量反应自发性的判据? 为什么?

9. 指出下列过程发生后, 体系 ΔS 大于 0 或小于 0?

(1) 水结冰;

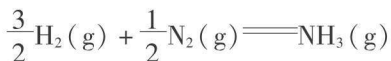
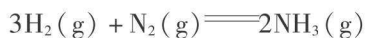
(2) 干冰(固态 CO_2) 蒸发;

(3) 固体燃料燃烧;

(4) $\text{AgNO}_3 + \text{NaBr} \longrightarrow \text{AgBr} \downarrow + \text{NaNO}_3$ 。

10. 选出 1~2 个正确的答案。()

(A) 下列两个反应的焓变相等:



(B) 反应的热效应就是该反应的焓变。

(C) 只要 $\Delta_r S_m^\ominus(298.15 \text{ K}) > 0$, 无论 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 如何, 在足够的高温下, 反应总会自发进行。

(D) C(单质) 的标准生成焓为 0。

11. 下列反应中, 熵显著增加的反应是()。

(A) $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$

(B) $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$

(C) $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$

(D) $2\text{HgO}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$

12. 在 373.15 K 和 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时, 液态水蒸发为水蒸气, 体系的热力学函数变为 0 的是()。

(A) ΔH

(B) ΔU

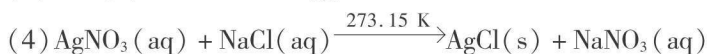
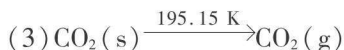
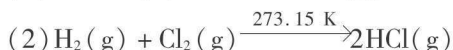
(C) ΔS

(D) ΔG

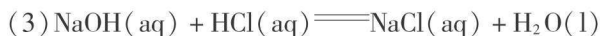
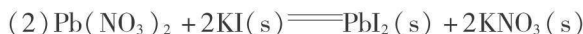
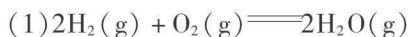
13. 对于 $\Delta_r H_m^\ominus < 0$, $\Delta_r S_m^\ominus < 0$ 的反应, 如 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$, 可以判定温度与反应自发性的关系是_____。

14. $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 时 NaCl 在水中的溶解度为 $6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, 若在 1 dm^3 的水中加入 1 mol NaCl , 估计此过程的 ΔG _____, ΔS _____。

15. 在下列反应或过程中, Q_p 与 Q_v 有区别吗?



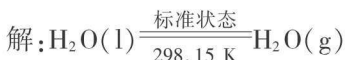
16. 下列反应中, 哪些反应的 $\Delta H \approx \Delta U$?



17. 用所学知识证明熵增原理的正确性。

1.3 习题及解答

1. 由教材书末附表中 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 的数据计算水蒸发成水蒸气, $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的标准摩尔焓变 $\Delta H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = ?$ 298.15 K 下, 2.00 mol 的 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 蒸发成同温、同压的水蒸气, 焓变 $\Delta H^\ominus(298.15 \text{ K}) = ?$ 吸热多少? 做功 $W = ?$ 内能的增量 $\Delta U = ?$ (水的体积比水蒸气小得多, 计算时可忽略不计。)



$$\begin{aligned} \Delta H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) &= \sum \{ \Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) \}_{\text{生成物}} - \\ &\quad \sum \{ \Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) \}_{\text{反应物}} \\ &= -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \\ &= 44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

在 298.15 K 下, 2.00 mol 的 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 蒸发成同温、同压的水蒸气时:

$$\begin{aligned} \Delta H^\ominus(298.15 \text{ K}) &= 2.00 \text{ mol} \times 44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 88.0 \text{ kJ} \end{aligned}$$

此时, 吸热 $Q = Q_p = \Delta H = 88.0 \text{ kJ}$

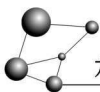
$$\text{做功 } W = p\Delta V = p\{V(\text{g}) - V(\text{l})\} \approx pV(\text{g})$$

$$= nRT$$

$$= 2.00 \text{ mol} \times 8.315 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K}$$

$$= 4.96 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = Q - W = 88.0 \text{ kJ} - 4.96 \text{ kJ} = 83.0 \text{ kJ}$$



答: $\Delta H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = 44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

2 mol $\text{H}_2\text{O}(l)$ 在该条件下蒸发成 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 时, 焓变 $\Delta H^\ominus(298.15 \text{ K}) = 88.0 \text{ kJ}$, 吸热 88.0 kJ, 做功 4.96 kJ, 内能的增量为 83.0 kJ。

2. 写出反应 $3A + B \rightleftharpoons 2C$ 中 A, B, C 各物质的化学计量数, 并计算反应刚生成 1 mol C 物质时的反应进度变化。

解: $\nu_A = -3$, $\nu_B = -1$, $\nu_C = 2$

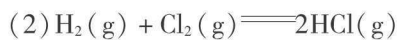
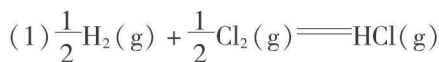
$$\Delta\xi = \frac{\Delta n_C}{\nu_C} = \frac{1 \text{ mol}}{2} = 0.5 \text{ mol}$$

$$\Delta\xi = \frac{\Delta n_A}{\nu_A} = \frac{-1.5 \text{ mol}}{-3} = 0.5 \text{ mol}$$

$$\Delta\xi = \frac{\Delta n_B}{\nu_B} = \frac{-0.5 \text{ mol}}{-1} = 0.5 \text{ mol}$$

答: $\nu_A = -3$, $\nu_B = -1$, $\nu_C = 2$, $\Delta\xi = 0.5 \text{ mol}$ 。

3. 在标准态, 298.15 K 下, 由 $\text{Cl}_2(g)$ 与 $\text{H}_2(g)$ 合成了 4 mol $\text{HCl}(g)$, 试分别按下列计量方程:



计算各自的 $\Delta\xi$, $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 和 $\Delta_r H^\ominus(298.15 \text{ K})$ 。

解: 依题意, 无论用哪个计量方程计算 $\Delta n(\text{HCl})$ 都是 4 mol。

按计量方程(1):

$$\Delta\xi(1) = \frac{\Delta n(\text{HCl})}{\nu(\text{HCl})} = \frac{4 \text{ mol}}{1} = 4 \text{ mol}$$

查表得 $\Delta_r H_m^\ominus(\text{HCl}, g, 298.15 \text{ K}) = -92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{故} \quad \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) &= -92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 0 - 0 \\ &= -92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_r H^\ominus(298.15 \text{ K}) &= \Delta\xi(1) \cdot \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) \\ &= 4 \text{ mol} \times (-92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \\ &= -369.2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

按计量方程(2)

$$\Delta\xi(2) = \frac{\Delta n(\text{HCl})}{\nu(\text{HCl})} = \frac{4 \text{ mol}}{2} = 2 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) &= 2(-92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 0 - 0 \\ &= -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta_r H^\ominus(298.15 \text{ K}) = \Delta\xi(2) \cdot \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$$

$$= 2 \text{ mol} \times (-184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

$$= -369.2 \text{ kJ}$$

可见,对同一反应,由于计量方程不同,它们的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 是不同的;不过,只要 Δn_B 相同,反应的焓变 $\Delta_r H^\ominus$ 仍是相同的。 $\Delta_r H_m^\ominus$ 与 $\Delta_r H^\ominus$ 的概念、单位、量值都是不同的,应予以注意。

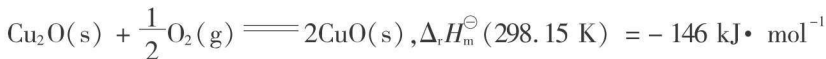
答:(1) $\Delta \xi = 4 \text{ mol}$, $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\Delta_r H^\ominus(298.15 \text{ K}) = -369.2 \text{ kJ}$$

(2) $\Delta \xi = 2 \text{ mol}$, $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\Delta_r H^\ominus(298.15 \text{ K}) = -369.2 \text{ kJ}$$

4. 根据



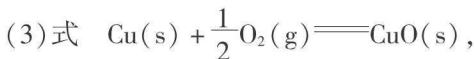
计算 $\text{CuO}(\text{s})$ 的标准生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = ?$

解:若求出反应 $\text{Cu}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CuO}(\text{s})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$, 即为 $\text{CuO}(\text{s})$ 的标准生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 。

(1) 式 $\text{Cu}_2\text{O}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CuO}(\text{s}), \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -146 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 式 $\text{CuO}(\text{s}) + \text{Cu}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O}(\text{s}), \Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -11.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

式(1) + 式(2)得



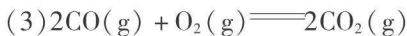
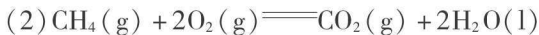
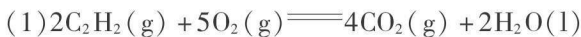
$$\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -146 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (-11.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

$$= -157.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{CuO}(\text{s}) \text{ 的 } \Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -157.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

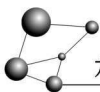
答: $\text{CuO}(\text{s})$ 的标准生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 为 $-157.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

5. 有下列3个反应:



计算回答:

(A) 各反应的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = ?$



(B) 上列 3 种气体燃料的标准燃烧焓 $\Delta_c H^\ominus = ?$

(C) 分别燃烧等体积的 C_2H_2, CH_4, CO , 按其发热量的大小排序。

(D) 分别燃烧相同质量的 C_2H_2, CH_4, CO , 按其发热量的大小排序。

解: (A) 先由附表分别查出反应式中有关物质的 $\Delta_f H_m^\ominus (298.15 \text{ K})$, 再按公式

$$\Delta_r H_m^\ominus (298.15 \text{ K}) = \sum \nu_B \Delta_f H_m^\ominus (B, 298.15 \text{ K}) \text{ 计算之。}$$

反应(1)

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus (298.15 \text{ K}) &= 4 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{CO}_2, \text{g}) + 2 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{H}_2\text{O}, \text{l}) - \\ &\quad 2 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{C}_2\text{H}_2, \text{g}) - 5 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{O}_2, \text{g}) \\ &= 4 \times (-393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 2 \times (-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - \\ &\quad 2 \times 227.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 0 \\ &= -2600.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

反应(2)

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus (298.15 \text{ K}) &= 1 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{CO}_2, \text{g}) + 2 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{H}_2\text{O}, \text{l}) - \\ &\quad 1 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{CH}_4, \text{g}) - 2 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{O}_2, \text{g}) \\ &= -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 2 \times (-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - \\ &\quad (-74.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 0 \\ &= -890.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

反应(3)

$$\begin{aligned} \Delta_r H_m^\ominus (298.15 \text{ K}) &= 2 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{CO}_2, \text{g}) - 2 \times \Delta_f H_m^\ominus (\text{CO}, \text{g}) - \Delta_f H_m^\ominus (\text{O}_2, \text{g}) \\ &= 2 \times (-393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 2(-110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 0 \\ &= -566.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

(B) 根据标准燃烧焓的定义, 在标准态下, 298.15 K 时, 1 mol 物质完全燃烧时的焓变称为标准燃烧焓, 用 $\Delta_c H^\ominus$ 表示。

$$\text{对 } C_2H_2 \quad \Delta_c H^\ominus = \frac{1}{2} \Delta_r H_m^\ominus (1) = -1300.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$CH_4 \quad \Delta_c H^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus (2) = -890.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$CO \quad \Delta_c H^\ominus = \frac{1}{2} \Delta_r H_m^\ominus (3) = -283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(C) 同温同压下, 等体积的气体, 其物质的量 n 相同。故可用燃烧焓来比较燃烧等体积气体燃料的发热量。燃烧焓越负, 发热量越大:

$$Q_v(C_2H_2) > Q_v(CH_4) > Q_v(CO)$$

(D)

项 目 \ 物 质	C ₂ H ₂	CH ₄	CO
$\Delta_r H_m^\ominus / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-1 300.2	-890.5	-283.0
摩尔质量 $M / (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$	26	16	28
每克燃料发热量 $\frac{\Delta_r H_m^\ominus}{M} / (\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1})$	-50.00	-55.6	-10.1

故 $Q_m(\text{CH}_4) > Q_m(\text{C}_2\text{H}_2) > Q_m(\text{CO})$ 。

6. 选择正确的答案, 填在_____上。

(1) 已知 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 那么 $\text{CO}_2(\text{g}) = \text{C}(\text{石墨}) + \text{O}_2(\text{g})$ 反应的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(A) -394 (B) -2×394 (C) 394 (D) 2×394

(2) 已知 $\text{C}(\text{石墨}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$, $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\text{C}(\text{金刚石}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$, $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = -396 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
那么, 金刚石的 $\Delta_r H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(A) -790 (B) 2 (C) -2 (D) 790

解: (1) (C); (2) (B)。

7. 为测定燃料完全燃烧时所放出的热量, 可使用弹式量热计。将 1.00 g 火箭燃料二甲基肼 $\{(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2\}$ 置于盛有 5.00 kg 水的弹式量热计的钢弹内完全燃尽, 体系温度上升了 1.39 °C。已知钢弹的热容为 $1\,840 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, 试计算:

(1) 此燃烧反应实验中总放热多少?

(2) 此条件下, 1 mol 二甲基肼完全燃烧放热多少?

解:

(1) 钢弹吸热 $Q_1 = 1\,840 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \times 1.39 \text{ K} = 2.56 \text{ kJ}$

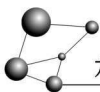
$$\begin{aligned} \text{水吸热 } Q_2 &= 5.00 \times 10^3 \text{ g} \times 1.39 \text{ K} \times 4.184 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ &= 29.1 \text{ kJ} \end{aligned}$$

燃烧反应总放热为 $Q_1 + Q_2$

$$= 2.56 \text{ kJ} + 29.1 \text{ kJ} = 31.7 \text{ kJ}$$

(2) 二甲基肼的相对分子质量

$$M_r = 30.06 + 28.0 + 2.02 = 60.1$$



其摩尔质量 $M = 60.1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1 mol 二甲基肼完全燃烧放热

$$31.7 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \times 60.1 \text{ g} \cdot \text{mol} = 1.91 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

8. 阿波罗登月火箭用 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$ 作燃料, 用 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 作氧化剂, 燃烧反应为



已知 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$ 的 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = 50.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 试由书末附表查出有关 $\Delta_f H_m^\ominus$ 数据, 计算 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$ 的标准燃烧焓 $\Delta_c H^\ominus = ?$

解: 查表得

	$\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	N_2	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	50.6	11.1	0	-285.8

上述燃烧反应的

$$\begin{aligned} \Delta_c H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) &= \sum \nu_B \Delta_f H_m^\ominus(\text{B}, 298.15 \text{ K}) \\ &= 4 \times \Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) + 3 \times \Delta_f H_m^\ominus(\text{N}_2, \text{g}) - \\ &\quad 2 \times \Delta_f H_m^\ominus(\text{N}_2\text{H}_4, \text{l}) - 1 \times \Delta_f H_m^\ominus(\text{N}_2\text{O}_4, \text{l}) \\ &= 4 \times (-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 3 \times 0 - 2 \times (50.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - \\ &\quad 11.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= -1255.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$ 的标准燃烧焓

$$\begin{aligned} \Delta_c H^\ominus &= \frac{1}{2} \times (-1255.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \\ &= -627.75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

答: $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$ 的标准燃烧焓为 $-627.75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

9. 下列说法是否正确? 如何改正?

(1) 对于参考态单质, 规定它的 $\Delta_f H_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = 0$, $\Delta_f G_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = 0$, $S_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = 0$ 。

答: 错, $S_m^\ominus(0 \text{ K}) = 0$ 。

(2) 某化学反应的 $\Delta_r G_m^\ominus > 0$, 说明此反应是不能发生的。

答: 错, 说明此反应在该条件下不能自发进行。

(3) 放热反应都是可以自发进行的反应。

答: 错, “可以” → “可能”

10. 计算回答反应 $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$ 的 $\Delta_r G_m^\ominus(298.15 \text{ K}) = ?$ 在标准态, 298.15 K 下, NO 是否有自发分解为单质 N_2 和 O_2 的可能性?

解: 查附表中有 $\Delta_f G_m^\ominus(298.15 \text{ K})$ 的数据

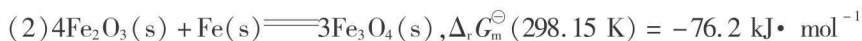
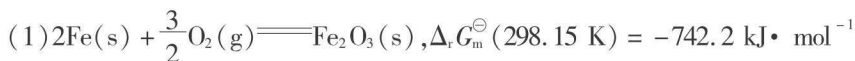
$$\begin{aligned}\Delta_r G_m^\ominus(298.15\text{ K}) &= \sum \nu_B \Delta_f G_m^\ominus(B, 298.15\text{ K}) \\ &= 2 \times \Delta_f G_m^\ominus(\text{NO}, \text{g}) - 1 \times \Delta_f G_m^\ominus(\text{N}_2, \text{g}) - 1 \times \Delta_f G_m^\ominus(\text{O}_2, \text{g}) \\ &= 2 \times 87.6\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 0 - 0 \\ &= 175.2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} > 0\end{aligned}$$

其逆反应,即 $2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_r G_m^\ominus(298.15\text{ K}) = -175.2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} < 0$, 所以 $\text{NO}(\text{g})$ 在标准态, 298.15 K 下有自发分解为单质 N_2 和 O_2 的可能性。

答: $\Delta_r G_m^\ominus(298.15\text{ K}) = 175.2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$\text{NO}(\text{g})$ 在标态 298.15 K 下有自发分解为 N_2 和 O_2 的可能性。

11. 已知:



试求 $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$ 的标准生成吉布斯自由能 $\Delta_f G_m^\ominus(298.15\text{ K}) = ?$

解: 由反应(1)知, $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 的标准生成吉布斯自由能 $\Delta_f G_m^\ominus(298.15\text{ K}) = -742.2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

由反应(2)得

$$\begin{aligned}\Delta_r G_m^\ominus(298.15\text{ K}) &= 3 \times \Delta_f G_m^\ominus(\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{s}) - 4 \times \Delta_f G_m^\ominus(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{s}) - 1 \times \Delta_f G_m^\ominus(\text{Fe}, \text{s}) \\ -76.2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} &= 3 \times \Delta_f G_m^\ominus(\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{s}) - \\ &\quad 4 \times (-742.2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 0 \\ \Delta_f G_m^\ominus(\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{s}) &= \frac{4 \times (-742.2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 76.2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}{3} \\ &= -1\,015\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

答: $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$ 的标准生成吉布斯自由能。

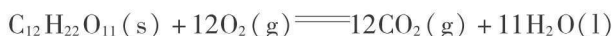
$$\Delta_f G_m^\ominus(298.15\text{ K}) = -1\,015\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}。$$

12. 反应 $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$ 在 298 K 标准状态下是自发的, 其逆反应在高温下转变为可自发进行的反应。那么可以判定在标准态 298 K 时正反应的有关状态函数变化是(B)。

$$(A) \Delta_r H_m^\ominus > 0, \Delta_r S_m^\ominus > 0 \qquad (B) \Delta_r H_m^\ominus < 0, \Delta_r S_m^\ominus < 0$$

$$(C) \Delta_r H_m^\ominus > 0, \Delta_r S_m^\ominus < 0 \qquad (D) \Delta_r H_m^\ominus < 0, \Delta_r S_m^\ominus > 0$$

13. 糖在人体中的新陈代谢过程可表示为



若有 30% 的 Gibbs 自由能可转化为有用功, 试计算 50 g 蔗糖在人体正常体温 $37\text{ }^\circ\text{C}$ 时进行的新陈代谢可以得到多少有用功?