

工科课程解答题典丛书

普通化学

解答题典

程永清 主编

西北工业大学出版社

工科课程解题题典丛书

普通化学解题题典

主编 程永清

编者 程永清 刘根起 尹德忠

张 诚 韩 玲

西北工业大学出版社

内容简介

本书是大学普通化学教学参考书。全书共八章,每章均分为两部分,第一部分为客观题,含单项选择题、不定项选择题和判断题;第二部分为非客观题,含填空题、计算题和简答题。全书收集习题近 600 道,每道题都给出答案并附有较为详细的分析说明,十分有利于读者自学。附录中给出了三套综合模拟试题及答案,便于读者学习后自测。

本书以工科院校(非化工类)大一基础化学的教学为背景,其难度和深度都符合工科专业对普通化学的基本要求。可作为高等院校学生和任课教师的教学参考书,对参加硕士研究生考试的学生也有帮助。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学解题题典/程永清主编. 西安:西北工业大学出版社,2003.7

(工科课程解题题典丛书)

ISBN 7-5612-1649-1

I. 普… II. 程… 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(2003)第 062162 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)8493844

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:兴平市印刷厂

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:11.75

字 数:284 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~5 000 册

定 价:15.00 元

前 言

普通化学是高等工科院校的一门必修课,在高等工科教育中实施化学教育,对培养具有全面综合素质的高级科技人才有着不可缺少的作用。

在普通化学学习的过程中,不少同学反映普通化学概念比较抽象,公式多,做习题时往往感到无从下手。为了帮助学生理清思路,正确理解和掌握基本概念、理论和数学公式,培养和提高他们分析问题和解决问题的能力,我们在多年从事教学的基础上,编写了这本《普通化学解题题典》。本书各章例题分为客观题和非客观题两部分,内容丰富,书中收集的例题广泛、经典,层次也比较齐全。每道题都附有详细的题解,所有单位均采用我国法定计量单位(GB3100~3102—1993)。通过对这些例题的分析,阐明了解题的思路和方法,有些部分还对一题多解和典型的错误进行了分析和讨论。我们希望这种编写方式有助于提高读者的解题技巧,培养读者简捷而准确思考问题的能力。

全书共分八章,由刘根起、韩玲编写第一、六章,张诚编写第二章,程永清编写第三、四、八章,尹德忠编写第五、七章,并由程永清任主编。为便于读者自检自测,书后附有三套模拟试题(分别由刘根起、程永清和尹德忠编写)。

本书的编写工作得到了西北工业大学化学教研室各位教师和西北工业大学出版社的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本书内容与国内工科院校现行通用教材一致,既可作为学生在学习普通化学时的学习辅导书,也可供教师作为教学参考书。

由于编者水平所限和时间仓促,书中难免存在错误和疏漏,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2003年5月

目 录

第一章 化学热力学基础	1
I. 客观题	1
一、单项选择题	1
二、不定项选择题	7
三、判断题	10
II. 非客观题	13
一、填空题	13
二、计算题	17
三、简答题	22
第二章 化学动力学基础	25
I. 客观题	25
一、单项选择题	25
二、不定项选择题	28
三、判断题	30
II. 非客观题	31
一、填空题	31
二、计算题	33
三、简答题	38
第三章 溶液	42
I. 客观题	42
一、单项选择题	42
二、不定项选择题	48
三、判断题	51
II. 非客观题	54

一、填空题	54
二、计算题	57
三、简答题	63
第四章 电化学原理及其应用	65
I. 客观题	65
一、单项选择题	65
二、不定项选择题	71
三、判断题	76
II. 非客观题	80
一、填空题	80
二、计算题	84
三、简答题	92
第五章 原子结构与性质	95
I. 客观题	95
一、单项选择题	95
二、不定项选择题	98
三、判断题	105
II. 非客观题	106
一、填空题	106
二、计算题	110
三、简答题	113
第六章 共价键与分子结构	121
I. 客观题	121
一、单项选择题	121
二、不定项选择题	123
三、判断题	125
II. 非客观题	126
一、填空题	126
二、计算题	128
三、简答题	130

第七章 配位化合物	131
I. 客观题	131
一、单项选择题	131
二、不定项选择题	133
II. 非客观题	135
一、填空题	135
二、计算题	139
三、简答题	143
第八章 固体的结构与性质	146
I. 客观题	146
一、单项选择题	146
二、不定项选择题	150
三、判断题	153
II. 非客观题	155
一、填空题	155
二、计算题	156
三、简答题	158
附录	159
模拟试题一	159
模拟试题二	166
模拟试题三	173
参考文献	179

第一章

化学热力学基础

I. 客观题

一、单项选择题

1.1 封闭系统经过一循环过程后,其()。

A. $Q = 0, W = 0, \Delta U = 0, \Delta H = 0$

B. $Q \neq 0, W \neq 0, \Delta U = 0, \Delta H = Q$

C. $Q = -W, \Delta U = Q + W, \Delta H = 0$

D. $Q \neq W, \Delta U = Q + W, \Delta H = 0$

【答案】 C

【分析】 因为 H, U 为状态函数,故经过一循环过程后,其 $\Delta H = 0, \Delta U = 0$ 。因为 $\Delta U = Q + W$,故 $Q = -W$ 成立。因为题中并未指明过程的变化途径, Q, W 均为非状态函数,其值与变化途径有关,无法确定。故选项 A, B, D 错。

1.2 $H_2(g)$ 和 $O_2(g)$ 在绝热钢瓶中反应生成水,则()。

A. $\Delta H = 0$

B. $\Delta U = 0$

C. $\Delta S = 0$

D. $\Delta G = 0$

【答案】 B

【分析】 因为钢瓶体积固定,且为绝热系统,与外界没有功和热的交换,故 $\Delta U = 0$,选 B 项。 H_2 和 O_2 生成水,其 $\Delta S < 0$,故 C 项错。 H_2 和 O_2 生成水的反应并未指明处于平衡状态,故 $\Delta G = 0$ 不正确。

1.3 已知 298 K 时, $\Delta_f H_m^\ominus(\text{CaO}, s) = -634.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, l) = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta_f H_m^\ominus(\text{Ca}(\text{OH})_2, s) = -985.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。试问:1 kg 的 $\text{CaO}(s)$ 与水反应生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2(s)$ 时的热效应约为() kJ。

A. -2 300.2

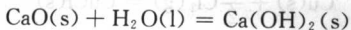
B. 1 150

C. -1 150

D. 2 300.2

【答案】 C

【分析】



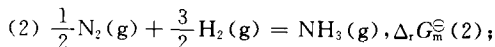
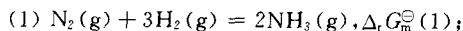
$$\Delta_r H_m^\ominus = \Delta_f H_m^\ominus(\text{Ca}(\text{OH})_2) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{CaO}) - \Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}) =$$

$$-985.2 - (-634.9) - (-285.8) = -64.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1 kg 的 $\text{CaO}(\text{s})$ 的物质的量为 $\frac{1000}{56.08} \approx 17.83 \text{ mol}$ 。所以, 1 kg $\text{CaO}(\text{s})$ 与 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 反应生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$ 的热效应为

$$Q = 17.83 \times (-64.5) = -1150.1 \text{ kJ}$$

1.4 条件相同的同一反应有两种不同写法:



则 $\Delta_r G_m^\ominus(1)$ 与 $\Delta_r G_m^\ominus(2)$ 的关系是()。

A. $\Delta_r G_m^\ominus(2)$

B. $\Delta_r G_m^\ominus(1) = [\Delta_r G_m^\ominus(2)]^2$

C. $\Delta_r G_m^\ominus(1) = \frac{1}{2}\Delta_r G_m^\ominus(2)$

D. $\Delta_r G_m^\ominus(1) = 2\Delta_r G_m^\ominus(2)$

【答案】 D

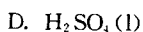
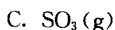
【分析】 因为 $\Delta_r G_m^\ominus(1) = 2\Delta_f G_m^\ominus(\text{NH}_3) - 3\Delta_f G_m^\ominus(\text{H}_2) - \Delta_f G_m^\ominus(\text{N}_2)$

$$\Delta_r G_m^\ominus(2) = \Delta_f G_m^\ominus(\text{NH}_3) - \frac{3}{2}\Delta_f G_m^\ominus(\text{H}_2) - \frac{1}{2}\Delta_f G_m^\ominus(\text{N}_2)$$

所以

$$\Delta_r G_m^\ominus(1) = 2\Delta_r G_m^\ominus(2)$$

1.5 元素 S 的燃烧热(标准状态下)与下列()的标准生成焓相等。

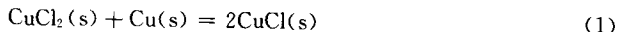


【答案】 B

【分析】 单位物质的量的某物质完全氧化(燃烧)时的热效应,称为该物质的燃烧热。所谓“完全氧化”,系指该物质分子中的组成元素都被氧化成最稳定的高价氧化物。如有机物中的 C, H, S, N 等元素完全氧化的产物通常分别指 $\text{CO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, $\text{SO}_2(\text{g})$ 和 $\text{NO}_2(\text{g})$ 。

根据定义,标态下反应 $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g})$ 的热效应即为元素 S 的燃烧热,同时也是 $\text{SO}_2(\text{g})$ 的标准生成焓(即 $\Delta_f H_m^\ominus(\text{SO}_2, \text{g})$)。

1.6 已知



$$\Delta_r H_m^\ominus(1) = 170 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta_r H_m^\ominus(2) = -206 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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

A. 36

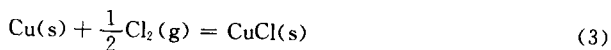
B. 18

C. -18

D. -36

【答案】 C

【分析】 $[\text{式}(1) + \text{式}(2)] \div 2$, 得



所以 $\Delta_r H_m^\ominus(3) = \frac{1}{2} \times [\Delta_r H_m^\ominus(1) + \Delta_r H_m^\ominus(2)] =$

$$\frac{1}{2} \times (170 - 206) = -18 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

故 $\Delta_r H_m^\ominus(\text{CuCl}, \text{s}) = \Delta_r H_m^\ominus(3) = -18 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

【点评】 本题的常见错误是将 $2\text{Cu}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{CuCl}(\text{s})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 当成 $\Delta_r H_m^\ominus(\text{CuCl}, \text{s})$, 忘记除以 2。反应 $2\text{Cu}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{CuCl}(\text{s})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus = 2\Delta_r H_m^\ominus(\text{CuCl}, \text{s})$ 。

1.7 298 K 下, 对元素的最稳定单质的下列叙述中, 正确的是()。

- A. $S_m^\ominus, \Delta_f G_m^\ominus$ 均为 0, $\Delta_f H_m^\ominus \neq 0$ B. $\Delta_f H_m^\ominus \neq 0, \Delta_f G_m^\ominus \neq 0, S_m^\ominus \neq 0$
C. $S_m^\ominus \neq 0, \Delta_f H_m^\ominus = 0, \Delta_f G_m^\ominus = 0$ D. $S_m^\ominus, \Delta_f G_m^\ominus, \Delta_f H_m^\ominus$ 均为 0

【答案】 C

【分析】 298 K, 元素的最稳定单质的 $\Delta_f H_m^\ominus = 0, \Delta_f G_m^\ominus = 0$, 但其 $S_m^\ominus \neq 0$, 故选 C 项。

1.8 已知 $\text{Na}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{NaCl}(\text{s})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus = -411.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则该反应()。

- A. 在任何温度下都可自发进行
B. 在任何温度下都不能自发进行
C. 在高温下能自发进行; 在低温下不能自发进行
D. 在高温下不能自发进行; 在低温下能自发进行

【答案】 D

【分析】 反应 $\text{Na}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{NaCl}(\text{s})$ 的 $\Delta_r S_m^\ominus < 0$, 题中给出其 $\Delta_r H_m^\ominus = -411.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故可知该反应是一放热、熵减小的反应。由 $\Delta_r G_m^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus - T\Delta_r S_m^\ominus$ 可知, 低温下该反应 $\Delta_r G_m^\ominus < 0$, 可自发进行; 高温下其 $\Delta_r G_m^\ominus > 0$, 反应不能自发进行, 故选 D 项。

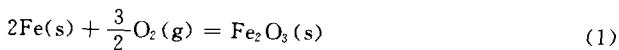
1.9 若 298 K 时, $\text{CH}_4(\text{g}), \text{CO}_2(\text{g})$, 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta_f G_m^\ominus$ 分别为 $-50.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $-394.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $-237.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 298 K 时, $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta_r G_m^\ominus$ 为() $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

- A. -818 B. 818 C. -580.8 D. 580.8

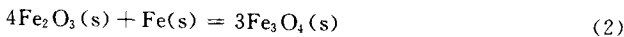
【答案】 A

【分析】 $\Delta_r G_m^\ominus = \Delta_f G_m^\ominus(\text{CO}_2) + 2\Delta_f G_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}) - 2\Delta_f G_m^\ominus(\text{O}_2) - \Delta_f G_m^\ominus(\text{CH}_4) =$
 $-394.4 + 2 \times (-237.2) - 0 - (-50.8) = -818 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

1.10 298 K 时, 已知



$$\Delta_r G_m^\ominus(1) = -742.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



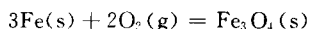
$$\Delta_r G_m^\ominus(2) = -77.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

则 298 K 时, $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$ 的 $\Delta_f G_m^\ominus$ 为() $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

- A. -1 015.4 B. 1 015.4 C. 3 046.2 D. -3 046.2

【答案】 A

【分析】 $[\text{式}(1) \times 4 + \text{式}(2)] \div 3$, 得



$$\Delta_r G_m^\ominus = \frac{1}{3} \times [4\Delta_r G_m^\ominus(1) + \Delta_r G_m^\ominus(2)] =$$

$$\frac{1}{3} \times [4 \times (-742.2) + (-77.4)] = -1\,015.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1.11 298 K 时, 下列反应中熵值增加最多的是()。

- A. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{l}) = 2\text{HBr}(\text{g})$
 B. $2\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{N}_2\text{O}_4(\text{l}) = 3\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 C. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$
 D. $2\text{N}_2 + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{N}_2\text{O}(\text{g})$
 E. $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \xrightleftharpoons{\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

【答案】 B

【分析】 凡反应后, 气体物质化学计量系数增加的反应, $\Delta S > 0$; 气体物质的化学计量系数减少的反应, $\Delta S < 0$; 气体物质的化学计量系数不变的反应, 其 ΔS 值总是很小。对于没有气体参加的反应, 一般规律是反应中物质化学计量系数增加, 混乱度加大, 其 $\Delta S > 0$ 。对既有气体物质又有溶液或固体物质参与反应或生成的反应, 一般只须考虑反应前后气体物质的化学计量系数变化即可。

选项 A 中, 反应前后气体物质的化学计量系数相同, 故其 ΔS 值较小。选项 C, D, 其 ΔS 均小于零。选项 B, E 的 ΔS 值均大于零, 但选项 B 中反应前后物质化学计量系数增加得更多, 且有 3 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 生成, 故其 ΔS 值最大, 应选 B 项。

1.12 若某反应的 $\Delta_r G_m^\ominus(298 \text{ K}) = 10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则恒温、恒压条件下, 下列说法正确的是()。

- A. 该反应的 $\Delta_r H_m^\ominus(298 \text{ K}) > 0$, $\Delta_r S_m^\ominus(298 \text{ K}) < 0$
 B. 该反应一定不能自发进行
 C. 该反应在非标准条件下, 一定不能自发进行
 D. 298 K, 标准条件下该反应一定不能自发进行

【答案】 D

【分析】 单纯由 $\Delta_r G_m^\ominus(298 \text{ K}) > 0$, 并不能确定 $\Delta_r H_m^\ominus(298 \text{ K})$ 和 $\Delta_r S_m^\ominus(298 \text{ K})$ 的正、负号。故 A 项错。 $\Delta_r G_m^\ominus(298 \text{ K}) > 0$, 说明在 298 K、标准条件下该反应一定不能自发进行, 故 D 项对。由于 $\Delta_r G_m^\ominus$ 及 $\Delta_r G_m$ 的值随 T 变化而变化($\Delta_r G_m$ 的值还随 Q 而变化), 且非标准条件下, 反应自发性的判断应以 $\Delta_r G_m$ 为判断依据, 本题中 $\Delta_r G_m^\ominus(298 \text{ K})$ 的值为 $10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 较小, 故不能根据 $\Delta_r G_m^\ominus > 0$ 就断定“在非标准条件下, 反应一定不能自发进行”或笼统地断定“反应一定不能自发进行”。

1.13 反应 $\text{MgCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{MgO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus = 117.66 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta_r S_m^\ominus = 174.91 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。欲使该反应在 500 K 时能自发进行, 则 CO_2 的分压应为

()。

A. 低于 69.9 Pa

B. 高于 6.99×10^{-2} PaC. 低于 6.99×10^{-2} Pa

D. 高于 69.9 Pa

【答案】 A

【分析】 $\Delta_r G_m^\ominus = \Delta_r H_m^\ominus - T\Delta_r S_m^\ominus =$

$$117.66 - 500 \times 174.91 \times 10^{-3} = 30.205 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

因为

$$\Delta_r G_m^\ominus = -RT \ln K_{500}^\ominus$$

所以

$$\ln K_{500}^\ominus = \frac{-\Delta_r G_m^\ominus}{RT} = \frac{-30.205 \times 1000}{8.314 \times 500} = -7.27$$

$$K_{500}^\ominus = 6.99 \times 10^{-4}$$

又

$$K_{500}^\ominus = \frac{p_{\text{CO}_2}}{p^\ominus}$$

故

$$p_{\text{CO}_2} = K_{500}^\ominus p^\ominus = 6.99 \times 10^{-4} \times 100 = 6.99 \times 10^{-2} \text{ kPa} = 69.9 \text{ Pa}$$

所以,当 $p_{\text{CO}_2} < 69.9 \text{ Pa}$ 时, $Q < K_{500}^\ominus$, 此时反应能自发进行。1.14 已知 298 K 时, $\text{Br}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_f G_m^\ominus = 3.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。则 298 K 时, $\text{Br}_2(\text{l})$ 的蒸气压为()。

A. 28.6 kPa

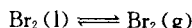
B. 57.2 kPa

C. 99.9 kPa

D. 5.62 kPa

【答案】 A

【分析】 对反应



$$\Delta_r G_m^\ominus = \Delta_f G_m^\ominus(\text{Br}_2, \text{g}) = 3.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

又

$$\Delta_r G_m^\ominus = -RT \ln K_{298}^\ominus$$

$$\ln K_{298}^\ominus = -\frac{\Delta_r G_m^\ominus}{RT} = \frac{-3.1 \times 1000}{8.314 \times 298} = -1.25$$

$$K_{298}^\ominus = 0.286$$

又

$$K_{298}^\ominus = \frac{p_{\text{Br}_2}}{p^\ominus}$$

故

$$p_{\text{Br}_2} = p^\ominus K_{298}^\ominus = 100 \times 0.286 = 28.6 \text{ kPa}$$

【点评】 此题中常见错误有:①利用公式 $\ln K^\ominus = -\Delta_r G_m^\ominus / (RT)$ 计算时,未将式中 $\Delta_r G_m^\ominus$ 的单位和 RT 的单位统一,如将 $\Delta_r G_m^\ominus$ 的单位取为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,而 RT 的单位取为 $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$;另外误将公式写成 $\lg K^\ominus = -\Delta_r G_m^\ominus / (RT)$ 也是常见错误之一。②将标准平衡常数表达式直接写成 $K^\ominus = p_{\text{Br}_2}$,未除以 $p^\ominus$ 。

1.15 某反应在高温时能自发进行,低温时不能自发进行,则其()。

A. $\Delta H > 0, \Delta S < 0$ B. $\Delta H > 0, \Delta S > 0$ C. $\Delta H < 0, \Delta S > 0$ D. $\Delta H < 0, \Delta S < 0$

【答案】 B

【分析】 由 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 可知,该反应 $\Delta H > 0, \Delta S > 0$, 故选 B 项。1.16 800 °C 时, $\text{AB}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{A}(\text{s}) + \text{B}_2(\text{g})$ 达平衡时测得 B_2 的分压为 131.72 kPa, 此反应的 $\Delta_r G_m^\ominus$ 为() $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

A. -1.07

B. 1.07

C. 2.46

D. -2.46

E. -1.83

【答案】 D

【分析】

$$\Delta_r G_m^\ominus = -RT \ln K^\ominus$$

$$K_{F_{073}}^\ominus = \frac{p_{B_2}}{p^\ominus} = \frac{131.72}{100} = 1.3172$$

所以
$$\Delta_r G_m^\ominus = -8.314 \times 1073 \times \ln 1.3172 = -2457.8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \approx -2.46 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

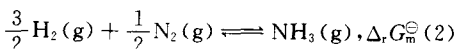
【点评】 本题的常见错误之一是将 800 °C 未换算成 1073 K 而直接代入计算。

1.17 400 °C 时, 反应 $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ 的 $K_{973}^\ominus = 1.66 \times 10^{-4}$ 。同温、同压下, $\frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$ 的 $\Delta_r G_m^\ominus$ 为 () $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

- A. -10.57 B. 10.57 C. 24.35 D. -24.35

【答案】 C

【分析】



因为

$$\Delta_r G_m^\ominus(2) = \frac{1}{2} \Delta_r G_m^\ominus(1)$$

$$\Delta_r G_m^\ominus(1) = -RT \ln K_{973}^\ominus = -8.314 \times 673 \ln(1.66 \times 10^{-4}) = 48699.01 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = 48.70 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

所以

$$\Delta_r G_m^\ominus(2) = \frac{1}{2} \times 48.70 = 24.35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1.18 298 K 时, 对反应 $2\text{AB}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g})$, 保持 T 不变增大容器体积, 降低总压力时, 反应物转化率 ()。

- A. 增大 B. 减少 C. 不变 D. 不能确定

【答案】 C

【分析】 对 $2\text{AB}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g})$, 因为反应前后气体物质化学计量系数相同, 即改变总压力, 平衡不发生移动, 故反应物转化率不变, 选 C 项。

1.19 已知某反应在 25 °C 时的 $K_T^\ominus = 5.0 \times 10^{16}$, $\Delta_r H_m^\ominus = -92.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 227 °C 时, 其 $K_T^\ominus$ 为 ()。

- A. 1.45×10^{10} B. 1.72×10^{23}
C. 5.6×10^{31} D. 44.55

【答案】 A

【分析】

$$\ln \frac{K_{T_2}^\ominus}{K_{T_1}^\ominus} = \frac{\Delta_r H_m^\ominus}{R} \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}$$

$$\ln \frac{K_{500}^\ominus}{K_{298}^\ominus} = \frac{-92.3 \times 1000}{8.314} \times \frac{500 - 298}{298 \times 500} = -15.05$$

又因为

$$K_{298}^\ominus = 5.0 \times 10^{16}$$

所以

$$K_{500}^\ominus = 1.45 \times 10^{10}$$

【点评】 解此题时应注意 kJ 和 J 的换算, 另外应注意 $\frac{K_{T_2}^\ominus}{K_{T_1}^\ominus}$ 若取常用对数, 则公式应为

$$\lg \frac{K_{T_2}^\ominus}{K_{T_1}^\ominus} = \frac{\Delta_r H_m^\ominus}{2.303R} \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}$$

1.20 298 K 时, 反应 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g) + D(g)$ 的 $K_r^\ominus = 2$ 。若 A, B, C, D 的起始压力分别为 100 kPa, 200 kPa, 33.5 kPa 和 67 kPa, 则 298 K 时反应()。

- A. 正向自发 B. 逆向自发 C. 处于平衡态 D. 不能确定

【答案】 A

【分析】 $Q = \frac{(p_C/p^\ominus)^2 (p_D/p^\ominus)}{(p_A/p^\ominus)(p_B/p^\ominus)} = \frac{(33.5/100)^2 \times (67/100)}{(100/100) \times (200/100)} = 0.038$

因为 $Q < K_r^\ominus = 2$

所以 $\Delta_r G_m < 0$, 此时反应正向自发进行。故选 A 项。

二、不定项选择题

1.21 以下说法正确的有()。

- A. 状态函数都具有加和性
B. 系统的状态发生改变时, 至少有一个状态函数发生了变化
C. 因为 $Q_V = \Delta U$, $Q_p = \Delta H$, 所以恒容或恒压条件下, Q 都是状态函数
D. 某系统分别经过可逆过程和不可逆过程都可到达相同的终态, 则不可逆过程的熵变值等于可逆过程的熵变值

【答案】 B, D

【分析】 凡其值与系统中物质的量有关的状态函数都具有加和性, 亦称为容量性质, 如质量、体积、内能、焓等。相反, 凡其数值与系统中物质的数量无关的状态函数都不具有加和性, 如温度、压力等。由此可知, 选项 A 错。

系统只要有一个状态函数发生了变化, 就称系统的状态发生了变化, 反之, 系统的状态发生改变时, 至少有一个状态函数发生了变化。故选项 B 对。

选项 C 错。 Q 与变化途径有关, 是非状态函数。不能因为特定条件(即不做非体积功, 恒容或恒压过程)下 $Q_V = \Delta U$ 或 $Q_p = \Delta H$, 就认为 Q 具有了状态函数的性质。

熵是状态函数, 因而只要始、终态相同, 不同过程的 ΔS 相同, 故选项 D 正确。

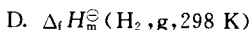
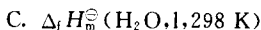
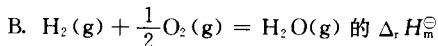
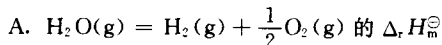
1.22 某气体系统经途径 1 和途径 2 膨胀到相同的终态, 两个变化过程所做的体积功相等且无非体积功, 则两过程的()。

- A. ΔH 相等
B. 系统与环境间的热交换相等
C. 因变化过程的温度未知, 依吉布斯公式无法判断 ΔG 是否相等
D. 以上选项均正确

【答案】 A, B

【分析】 因为 H, G, U 均为状态函数, 故两变化过程的 $\Delta H, \Delta G$ 和 ΔU 相同。根据 $\Delta U = Q + W$, 且两过程 W 相同, 故两过程 Q 亦相同。故选项 A, B 对, C, D 错。

1.23 已知在 298 K, 标准状态下 2 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 与 1 mol $\text{O}_2(\text{g})$ 反应生成 2 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 放热 483.6 kJ, 则 $-241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为()。



【答案】 B, D

【分析】 反应 $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus = 241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故选项 A 错。反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus = \Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{g}, 298 \text{ K}) = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故选项 B, D 正确。 $\Delta_f H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{l}, 298 \text{ K})$ 对应的是反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta_r H_m^\ominus$, 其值未知。

1.24 298 K 时, 下列各物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 不等于零的是()。

A. 石墨

B. 金刚石

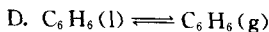
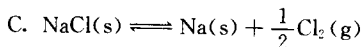
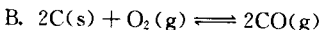
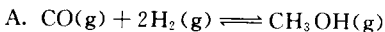
C. $\text{Br}_2(\text{g})$

D. $\text{Fe}(\text{s})$

【答案】 B, C

【分析】 298 K, 标准状态下, 石墨和 $\text{Fe}(\text{s})$ 是最稳定的单质, 其 $\Delta_f H_m^\ominus$ 均为零; 金刚石和 $\text{Br}_2(\text{g})$ 不是最稳定单质, 其 $\Delta_f H_m^\ominus$ 均不为零。

1.25 下列过程中, 熵增大的是()。



【答案】 B, C, D

【分析】 选项 A 中, 反应产物气体分子数小于反应物气体分子数之和, 故其 $\Delta S < 0$ 。选项 C, D 中都有气体物质生成, 而反应物为固体或液体, 故 $\Delta S > 0$ 。选项 B 中, 反应产物气体分子数大于反应物气体分子数, 故其 $\Delta S > 0$ 。因而选 B, C, D 项。

1.26 已知 $\Delta_f H_m^\ominus(\text{NH}_3, \text{g}, 298 \text{ K}) = -45.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 反应 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ 的 $\Delta_r S_m^\ominus(298 \text{ K}) = -198 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 欲使该反应在标准条件下能自发进行, 所需的温度条件是()。

A. $T < 190.5 \text{ }^\circ\text{C}$

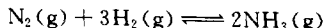
B. $T < 463.6 \text{ K}$

C. $T > 190.5 \text{ }^\circ\text{C}$

D. $T > 463.6 \text{ K}$

【答案】 A, B

【分析】 对反应



$$\Delta_r H_m^\ominus = 2\Delta_f H_m^\ominus(\text{NH}_3, \text{g}, 298 \text{ K}) = -91.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

若使反应在标准条件下自发进行, 则其 $\Delta_r G_m^\ominus < 0$, 由 $\Delta_r H_m^\ominus - T\Delta_r S_m^\ominus < 0$ 得

$$T < \frac{\Delta_r H_m^\ominus}{\Delta_r S_m^\ominus} = \frac{-91.8 \times 1000}{-198} = 463.6 \text{ K} = 190.5^\circ \text{C}$$

1.27 对同一条件下的同一反应, 与反应方程式写法有关的是()。

- A. $\Delta_r H_m^\ominus$ B. $\Delta_r G_m^\ominus$ C. $\Delta_r S_m^\ominus$ D. $K_f^\ominus$ E. $\Delta_r H_m^\ominus$

【答案】 A, B, C, D

1.28 可逆反应达平衡时, 下列叙述中正确的是()。

- A. 反应物与生成物浓度(或分压)相等
B. 反应停止, 不再进行
C. 正、逆反应速率相等
D. 平衡系统中各物质的浓度(或分压)不随时间变化而改变
E. 只要温度一定, 平衡系统中各物质浓度(或分压)应是常数

【答案】 C, D

【分析】 可逆反应达平衡时, 其 $\Delta G = 0$ 。此时正、逆反应速率相等, 反应并没有停止, 化学平衡实际上是一种动态平衡。平衡时, 系统中各物质的浓度(或分压)不随时间变化而改变。

一定温度下, 化学反应达到平衡时, 平衡系统中各物质浓度(或分压)并不是常数, 它随反应起始时系统内各物质浓度(或分压)的不同而不同。

1.29 对反应 $E(g) + 2F(g) = G(g)$, 其 $\Delta_r H_m^\ominus > 0$ 。现欲提高 E 物质转化率, 可采用的方法有()。

- A. 升高温度 B. 增加总压力
C. 减小总压力 D. 加大 F 物质的量
E. 降低温度

【答案】 A, B, D

【分析】 对反应 $E(g) + 2F(g) = G(g)$ 而言, 因其 $\Delta_r H_m^\ominus > 0$, 且产物气体分子数小于反应物气体分子数之和, 故升高温度或增大压力都可以使平衡向正反应方向移动, 提高 E 物质转化率。加大 F 物质的量, 会使平衡向正反应方向移动, 也可提高 E 物质转化率, 故选 A, B, D 项。

相反, 降低温度或减小总压力, 平衡向逆反应方向移动, 会降低 E 物质转化率, 故选项 C, E 错。

1.30 下列叙述中, 不正确的是()。

- A. ΔG 受温度影响不大
B. 因为物质的熵随温度的升高而增大, 故升高温度, 可使化学反应的 ΔS 增大。
C. 对反应 $C(s) + H_2O(g) = CO(g) + H_2(g)$, 改变总压力, 平衡不移动
D. 反应 $Fe_3O_4(s) + 4H_2(g) \rightleftharpoons 3Fe(s) + 4H_2O(g)$ 的平衡常数表达式为 $K_f^\ominus = \frac{(p_{H_2O}/p^\ominus)^4}{(p_{H_2}/p^\ominus)^4}$

【答案】 A, B, C

【分析】 物质的熵值随温度的升高而增大, 但由于温度升高后, 反应物熵值的增加量

之和与产物熵值的增加量之和基本相等,因此,反应的熵变值(ΔS)基本保持不变。在一定温度范围内,可近似把 ΔS 看做常数。故B项错。

由 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 可知,因为 ΔH , ΔS 受温度影响很小,在一定温度范围内可视为常数,故 T 变化, ΔG 改变。因此, ΔG (包括 $\Delta_r G_m^\ominus$)受温度影响很大。故A项错。

反应 $C(s) + H_2O(g) = CO(g) + H_2(g)$,方程式两边气体物质分子数不同,故改变总压力,平衡将发生移动。增大总压力,平衡向左边移动;减小总压力,平衡向右边移动。故选项C错,选项D正确。

三、判断题

1.31 热的物体比冷的物体含有更多的热量。

【答案】 错误

【分析】 热是系统与环境之间由于温度不同而传递的能量形式,它与传递过程有关。不论物体温度高低与否,只要系统与环境之间没有能量传递,也就不存在热这种能量形式。故物体内含有多少热量的提法是错误的。

1.32 由于 $\Delta H = Q_p$, H 是状态函数, ΔH 的数值只与系统的始、终态有关,而与变化的过程无关,故 Q_p 也是状态函数。

【答案】 错误

【分析】 Q 是与变化途径有关的物理量,它不是状态函数。 $Q_p = \Delta H$ 只是说明恒压不做非体积功的条件下,系统的 Q_p 等于 ΔH ,有确定值,但并不表示 Q_p 是状态函数,因为在其他过程中, Q 并不等于 ΔH 。

1.33 由于 $CaCO_3$ 固体的分解反应是吸热的,故它的标准摩尔生成焓是负值。

【答案】 错误

【分析】 $CaCO_3$ 固体的分解产物是 $CaO(s)$ 和 $CO_2(g)$,两者都不是最稳定单质。因此,不能根据 $CaCO_3$ 固体的分解反应热来判断 $\Delta_f H_m^\ominus(CaCO_3, s)$ 的值。

1.34 298 K时,标准条件下,由元素的最稳定单质生成1 mol某纯物质时的热效应,称为该物质的标准摩尔生成焓。

【答案】 错误

【分析】 标准摩尔生成焓的定义中并没有指定温度的值。298 K下的热力学数据只不过使用得更为广泛、常见而已。

1.35 某一吸热反应,在常温下不能自发进行。温度升高后,可以自发进行的原因是此时反应变成了放热反应。

【答案】 错误

【分析】 ΔH 受温度影响不大,改变温度之所以可以使原来不能自发进行的反应自发进行,主要原因在于温度升高后使得反应的 $\Delta G < 0$ 所致,此时反应仍然是吸热反应。

1.36 因为 Q , W 不是系统所具有的性质,而与过程有关,所以热力学过程中 $(Q+W)$ 的值也应由具体的过程决定。

【答案】 错误

【分析】 $Q+W = \Delta U$,而 U 是系统的状态函数,故 ΔU 的值只与系统的始、终态有关,