



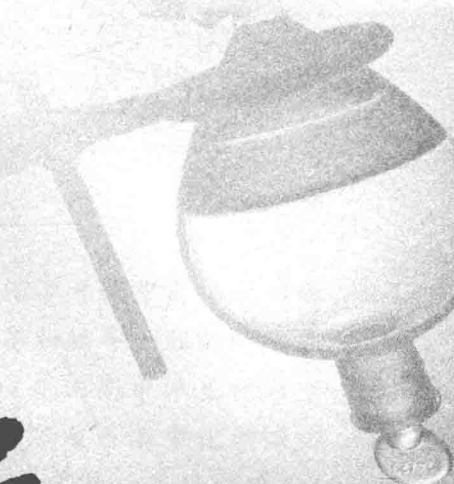
高中化学竞赛

全解题库

● 主 编 刘江田



 南京大学出版社



高中化学竞赛

全解题库

●主 编 刘江田

 南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高中化学竞赛全解题库/刘江田主编. 南京:
南京大学出版社, 2010.5(2011.1 重印)
ISBN 978-7-305-06849-2

I. ①高… II. ①刘… III. ①化学课 高中 解题
IV. ①G634.85

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第049857号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路22号 邮 编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出 版 人 左 健

书 名 高中化学竞赛全解题库
主 编 刘江田
责任编辑 张 玲 编辑热线 025—83597087

照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 南京人民印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张22.5 字数538千
版 次 2010年5月第1版 2011年1月第3次印刷
ISBN 978-7-305-06849-2
定 价 40.00元
发行热线 025—83594756
电子邮箱 Press@NjupCo.com
sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有, 侵权必究
* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

声明: 本社正版图书已贴有数码防伪标志, 欢迎拨打免费电话查询。
如未贴防伪标志均系盗版图书, 欢迎举报!

编 委 会

编委成员	丁 萍	冯惠愚	陶兆龙	李跃学	戴 喜	翁德强
	吴祥华	殷 涛	凌惠明	朱 骏	蔡 欣	王丙风
	朱建廉	陈连余	邢 标	朱 焱	吴兴国	张玉元
	陈立其	徐 锐	黄皓燕	夏广平	邱会明	崔卫国
	刘江田	张培成	陈 懿	陈 益	冯建农	龚国祥
	诸全头	吴名胜	孙永辉	邱 荣	戴建良	
本册主编	刘江田					
本册作者	刘江田	张培成	陈 懿	陈 益	冯建农	龚国祥
	诸全头	吴名胜	孙永辉	邱 荣	戴建良	
本册审稿	刘江田	张培成	邱 荣	戴建良		

前言

为了给喜欢化学、渴求在全国中学生化学竞赛和高考化学考试中有所建树的化学爱好者搭建一个高效学习的平台,我们组织在化学竞赛和辅导一线的特级教师、高级教师和高级教练员编写了本书。本书根据最新的《全国高中学生化学竞赛基本要求》,整合高中化学课程标准的要求进行编写。内容覆盖高中化学课程标准和竞赛基本要求所涉及的全部知识点,注重课本知识与实际应用的联系,以及高考与竞赛的衔接,一部分内容既源于又略高于课程标准,对参加高中化学竞赛和高考都有指导和解题示范作用。

全书按竞赛基本要求设定的模块划分为 20 个专题。每个专题初赛内容占 70%,决赛内容占 30%。各专题按照以下 5 个栏目编写。

“知识概要”分初赛要点、决赛要点列出各专题所必须掌握的竞赛知识点,便于学生梳理知识要点,建立知识体系。

“例题全解”所选例题注重典型性、代表性、多样性和新颖性,标明真题出处。题目解析着力介绍科学思想方法、解题策略与技巧,点拨重要知识,并给出详细规范答案,便于学生熟悉各专题竞赛题命题特点,掌握解题思路与基本方法,提高解题能力。

“赛题演练”精选与各专题知识相关的真题,分 A、B 等级,供学生练习。所选试题体现典型性、新颖性、前瞻性和层次性,帮助学生强化知识、开阔视野。

“关键点拨”将解答本专题例题与练习中的典型问题所必须掌握的重要知识、技能、规律、解题思路和基本方法等进行集中点拨。总结规律,画龙点睛,以便学生举一反三,学会迁移运用。

“答案全解”提供所有练习题的详细答案和关键解题过程,便于学生自我检查练习效果,自我矫正和补偿。

本书精选了 2009 年江苏、湖北、山东等地典型预赛和决赛真题及中国化学会第 23 届全国高中学生化学竞赛(省级赛区)真题,并附有最新《全国高中学生化学竞赛基本要求》,以利于学生全面把握竞赛要求,自我检测竞赛水平。

在编写过程中,得到许多同行的关心和支持,在此深表感谢!欢迎读者在使用过程中提出宝贵意见,以便再版修订,不断完善。

刘江田

目 录

专题 1	物质的量与物质的量浓度	1
专题 2	氧化还原反应与离子反应	15
专题 3	气体、分散系、胶体与非水溶剂	27
专题 4	常见金属及其重要化合物	38
专题 5	常见非金属及其重要化合物	58
专题 6	原子结构与元素周期律	75
专题 7	分子间作用力、化学键与分子结构	90
专题 8	配合物结构与性质	106
专题 9	晶体结构与性质	119
专题 10	化学反应速率与化学平衡	130
专题 11	化学热力学基础	147
专题 12	溶液中的离子平衡	164
专题 13	容量分析	177
专题 14	电化学	195
专题 15	有机化学基础	206
专题 16	有机推断与合成	228
专题 17	有机立体化学	257
专题 18	天然高分子与合成高分子化学初步知识	263
专题 19	物质的制取、检验、分离与提纯	276
专题 20	化学实验设计、评价与探究	287
附 1	高中化学竞赛试题精选	299
	2009 年江苏省高中化学竞赛预赛试题	299
	2009 年湖北省高中化学竞赛初赛试题	308
	2009 年全国高中化学奥林匹克竞赛山东省预赛试题	318
	2009 年“扬子石化”杯第 23 届全国高中学生化学竞赛(江苏赛区)夏令营暨选拔赛试题	329
	中国化学会第 23 届全国高中学生化学竞赛(省级赛区)试题	342
附 2	全国高中学生化学竞赛基本要求	353

专题1 物质的量与物质的量浓度

知识概要

【初赛】摩尔、物质的量、摩尔质量、气体摩尔体积、物质的量浓度、阿伏加德罗常数等概念；物质的量、物质中的微粒数、物质的量浓度、物质质量、气体体积之间的转化。阿伏加德罗定律及其推论，一定物质的量浓度的溶液的配制方法和稀释法则。以物质的量为中心的有关计算和有效数字的应用。

【决赛】物质的量在反应、计算、实验中的综合应用。元素守恒、电子守恒等守恒法在计算中的应用。极端假设法、平均相对分子质量法等计算技巧和应用。

例题全解

例题1 (2008年广州市竞赛题)用 N_A 表示阿伏加德罗常数,下列说法正确的是

- A. 56 g Fe 在过量的 Cl_2 中充分燃烧,转移的电子数为 $2N_A$
- B. 常温常压下,22 g O_2 和 26 g O_3 所含氧原子数之和为 $3N_A$
- C. 标准状况下,2.24 L $CHCl_3$ 含有的分子数为 $0.1N_A$
- D. 常温常压下,2.8 g N_2 所含的电子数为 N_A

● 解析:56 g Fe 的物质的量是 1 mol,Fe 与 Cl_2 反应生成 $FeCl_3$,转移的电子数为 $3N_A$,A 选项错误。在标准状况下, $CHCl_3$ 是液体,2.24 L $CHCl_3$ 的物质的量不是 0.1 mol,分子数不能确定,C 选项错误。2.8 g N_2 的物质的量是 0.1 mol,1 个 N_2 分子中含有 14 个电子,0.1 mol N_2 所含电子数为 $1.4N_A$,D 选项错误。

● 答案:B

例题2 (2002年福州市竞赛题)用 N_A 表示阿伏加德罗常数,下列说法正确的是

- A. 2 g T_2 所含的原子数为 $2N_A$
- B. 标准状况下,22.4 L 辛烷含 N_A 个分子
- C. 1 mol SiO_2 晶体中含 Si—O 共价键 2 mol
- D. 常温常压下,1 mol 氦气含有的核外电子数为 $2N_A$

● 解析: T_2 的相对分子质量是 6,2 g T_2 的物质的量是 $\frac{1}{3}$ mol,所含的原子数为 $\frac{2}{3}N_A$,A 选项错误。标准状况下辛烷是液体,22.4 L 辛烷的物质的量不是 1 mol,分子数不能确定,B 选项错误。在 SiO_2 晶体中 1 个 Si 原子与 4 个 O 原子成键,且不重复,1 mol SiO_2 晶体中含 Si—O 共价键 4 mol,C 选项错误。氦气是单原子分子,1 个氦原子含有 2 个电子,1 mol 氦含有的核外电子数为 $2N_A$,D 选项正确。

● 答案:D

例题3 (2001年安徽省初赛题)现有一种镁、铝、硅合金,已知等质量的合金与过量的盐酸或过量的氢氧化钠溶液反应,所得的氢气质量相等,则此合金中镁、铝、硅的物质的量之比为

- A. 2 : 3 : 1
- B. 2 : 1 : 1
- C. 2 : 2 : 1
- D. 2 : x : 1 ($x \geq 0$)

- 解析: 镁、铝、硅合金与过量的盐酸反应, 其中只有镁、铝参与反应; 镁、铝、硅合金与过量氢氧化钠溶液反应, 其中只有铝、硅参与反应。等质量的铝与盐酸、氢氧化钠溶液反应生成的氢气质量相等, 所以铝的质量是任意的。1 mol 镁与盐酸反应产生 1 mol 氢气, 1 mol 硅与碱溶液反应产生 2 mol 氢气, 所以镁与硅的物质的量之比为 2 : 1。

● 答案: D

例题 4 (2005 年福州市竞赛题) CuCO_3 和 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 的混合物 34.6 g, 可恰好完全溶于 300 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸中, 加热分解等质量的这种混合物可得 CuO 的质量为

- A. 16.0 g B. 19.2 g C. 24.0 g D. 30.6 g

- 解析: CuCO_3 和 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 与盐酸生成 CuCl_2 , 根据 Cu 元素与 Cl 元素守恒, Cu 元素的物质的量为 0.3 mol, CuO 的物质的量等于 Cu 元素的物质的量, 因此 $n(\text{CuO}) = 0.3 \text{ mol}$, $m(\text{CuO}) = 24.0 \text{ g}$ 。

● 答案: C

例题 5 (2006 年天津市预赛题) 设 N_A 为阿伏加德罗常数, 下列对 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸钠溶液的说法正确的是

- A. 1 L 溶液中含有 $0.2 N_A$ 个钠离子
B. 1 L 溶液中含有钠离子和硫酸根离子的总数为 $0.6 N_A$
C. 3 L 溶液中钠离子浓度为 $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
D. 2 L 溶液中含有 $0.6 N_A$ 个硫酸根离子

- 解析: A 选项中, 1 L 溶液中含有 $0.4 N_A$ 个钠离子。C 选项中, 3 L 溶液中钠离子浓度为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。D 选项中, 2 L 溶液中含有 $0.4 N_A$ 个硫酸根离子。故选 B。

● 答案: B

例题 6 (2007 年河南省竞赛题) 向某二价金属 M 的 $\text{M}(\text{OH})_2$ 溶液中加入过量的 NaHCO_3 溶液, 生成了 MCO_3 沉淀, 过滤, 将沉淀置于足量的稀盐酸中, 充分反应后, 在标准状况下收集到 V L 气体。如果计算金属 M 的相对原子质量, 你认为还必须提供下列哪项数据

- A. $\text{M}(\text{OH})_2$ 溶液的物质的量浓度 B. 与 MCO_3 反应的盐酸的物质的量浓度
C. MCO_3 的质量 D. 题给条件充足, 不需要再补充数据

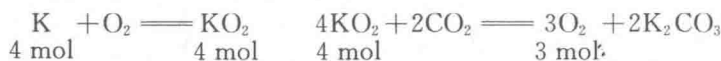
- 解析: 根据 $\text{MCO}_3 \sim \text{CO}_2$ 的关系, 由 V L CO_2 可求 MCO_3 的物质的量, 要求 MCO_3 的摩尔质量, 还需要知道其质量, 因此选 C。

● 答案: C

例题 7 (2000 年上海市初赛题) 超氧化钾 (KO_2) 常用于急救, 它能吸收二氧化碳生成碳酸盐和氧气。若用 156 g 金属钾在一定条件下与氧气充分反应生成超氧化钾, 用此超氧化钾完全吸收二氧化碳, 则生成的氧气在标准状况下的体积是

- A. 11.2 L B. 22.4 L C. 44.8 L D. 67.2 L

- 解析: 156 g 钾的物质的量为 4 mol, 根据



可求得生成的氧气在标准状态下的体积为 67.2 L。

● 答案:D

例题 8 (2003 年安徽省初赛题)由钾和氧组成的某种离子晶体,其中钾的质量分数为 $\frac{78}{126}$,其阴离子只有过氧离子(O_2^{2-})和超氧离子(O_2^-)两种。在此晶体中,过氧离子和超氧离子的物质的量之比为

- A. 2 : 1 B. 1 : 2 C. 3 : 1 D. 1 : 3

● 解析:设 $n(K_2O_2) = x \text{ mol}$, $n(KO_2) = y \text{ mol}$,据题意得 $\frac{39(2x+y)}{110x+71y} = \frac{78}{126}$,解得 $x : y = 1 : 2$,即过氧离子和超氧离子的物质的量之比为 1 : 2。

● 答案:B

例题 9 (2000 年上海市初赛题)某学生用下列溶质配制一种混合溶液,已知溶液中 $c(K^+) = c(Cl^-) = \frac{1}{2}c(Na^+) = c(SO_4^{2-})$,则取的溶质可能是

- A. KCl 和 Na_2SO_4 B. KCl、NaCl 和 Na_2SO_4
C. NaCl、 Na_2SO_4 和 K_2SO_4 D. KCl、 K_2SO_4 和 Na_2SO_4

● 解析:A 选项中,取 KCl 和 Na_2SO_4 就可达到要求。B 选项中,若同时取 NaCl 和 Na_2SO_4 ,则不可能达到要求。C 选项中,若取 $n(NaCl) : n(Na_2SO_4) : n(K_2SO_4) = 2 : 1 : 1$ 即可达到要求。D 选项中,若同时取 KCl 和 K_2SO_4 则不可能达到要求。

● 答案:AC

例题 10 (2004 年上海市竞赛题)一氧化碳和氢气的混合气体共 10 cm^3 ,完全燃烧时用去 5 cm^3 氧气。此混合气体中一氧化碳和氢气的体积比最合理的是

- A. 1 : 1 B. 2 : 1 C. 3 : 1 D. 任意比

● 解析:根据 $2CO + O_2 = 2CO_2$, $2H_2 + O_2 = 2H_2O$,得 $n(CO) : n(O_2) = n(H_2) : n(O_2)$,所以两种气体可以任意比混合。

● 答案:D

例题 11 (2008 年山东省预赛题)在 N_2O 、NO、 NO_2 、 N_2O_3 、 N_2O_5 五种化合物中,同质量的氮元素结合氧元素的质量比为

- A. 1 : 2 : 3 : 4 : 5 B. 2 : 1 : 1 : 2 : 2
C. 1 : 1 : 4 : 3 : 5 D. 1 : 2 : 4 : 3 : 5

● 解析:将 N_2O 、NO、 NO_2 、 N_2O_3 、 N_2O_5 的化学式变换成 N_2O 、 N_2O_2 、 N_2O_4 、 N_2O_3 、 N_2O_5 ,若氮元素都以“ N_2 ”为标准,则氧元素的质量比为 1 : 2 : 4 : 3 : 5。

● 答案:D

例题 12 (2005 年北京市选拔赛题)已知氮的氧化物跟 NaOH 溶液发生的化学反应如下:
 $3NO_2 + 2NaOH = 2NaNO_3 + NO + H_2O$, $NO_2 + NO + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O$ 。现有 $m \text{ mol } NO_2$ 和 $n \text{ mol } NO$ 组成的混合气体,要用 NaOH 溶液使其完全吸收无气体剩余,

现有浓度为 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液,则需此 NaOH 溶液的体积为

A. $\frac{m}{a} \text{ L}$

B. $\frac{3m}{2a} \text{ L}$

C. $\frac{2(m+n)}{3a} \text{ L}$

D. $\frac{m+n}{a} \text{ L}$

- 解析:根据氮元素守恒, NO_2 和 NO 中的氮元素与产物 NaNO_3 、 NaNO_2 中的氮元素质量相等,再根据钠元素守恒,得 $m+n=n(\text{NaOH})$,最后计算浓度。

- 答案:D

例题 13 (2008 年广州市竞赛题)有 KCl 和 BaCl_2 的混合溶液 $a \text{ L}$,将它均分成两份。一份滴加稀硫酸,使 Ba^{2+} 完全沉淀;另一份滴加 AgNO_3 溶液,使 Cl^- 完全沉淀。反应中消耗 $x \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ 、 $y \text{ mol AgNO}_3$ 。据此得知原混合溶液中的 $c(\text{K}^+)$ 为

A. $\frac{y-2x}{a} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

B. $\frac{y-x}{a} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C. $\frac{2y-2x}{a} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. $\frac{2y-4x}{a} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

- 解析:由 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$, $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl} \downarrow$, 得 $n(\text{Ba}^{2+}) = x \text{ mol}$, 因此 $n(\text{Cl}^-) = y \text{ mol}$, $n(\text{KCl}) = (2y - 4x) \text{ mol}$, 从而求得 $c(\text{K}^+) = \frac{2y-4x}{a} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

- 答案:D

例题 14 (2005 年北京市选拔赛题)某天然碱可以看做是由 CO_2 和 NaOH 反应后的产物组成的一种物质。为了测定该物质的成分,进行如下实验:

① 称取 3.32 g 天然碱样品,加入 30 mL 过量稀盐酸,产生 672 mL CO_2 气体(标准状况)。

② 另称取 3.32 g 天然碱样品,在 300°C 下加热至分解完全,产生 112 mL CO_2 (标准状况)和 0.45 g 水。

试通过计算,确定天然碱的化学式。

- 解析:已知 CO_2 和 NaOH 反应的产物可能有 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 或二者的混合物。通过题中两次实验产生 CO_2 的体积关系,可以推知天然碱中含有 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 两种成分。

根据反应: $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

样品中 $n(\text{NaHCO}_3) = 2n(\text{CO}_2) = 2 \times 0.005 \text{ mol} = 0.01 \text{ mol}$

$n(\text{H}_2\text{O}) = 0.5 \times 0.01 \text{ mol} \times 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.09 \text{ g}$

则样品中 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.03 \text{ mol} - 0.01 \text{ mol} = 0.02 \text{ mol}$

结晶水 $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0.45 \text{ g} - 0.09 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$

所以,天然碱的化学式为 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

- 答案: $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

例题 15 (2006 年广州市竞赛题)氯化钙是用途广泛的化学试剂,可作干燥剂、冷冻剂、防冻剂等。为了测定某氯化钙样品中钙的含量,进行如下实验:

① 准确称取氯化钙样品 0.2312 g, 放入烧杯中, 加入适量 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸和适量蒸馏水使样品完全溶解, 再滴加 $35 \text{ mL } 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液, 水浴加热, 逐渐生成 CaC_2O_4 沉淀。经检验, Ca^{2+} 已沉淀完全。

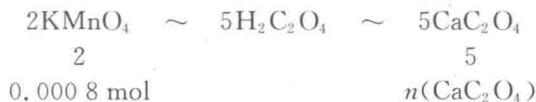
② 过滤并洗涤沉淀。

③ 加入足量 $10\% \text{ H}_2\text{SO}_4$ 和适量蒸馏水, 沉淀完全溶解, 溶液呈酸性, 加热至 75°C , 趁热加入 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KMnO}_4$ 溶液 16 mL , 恰好完全反应。

通过计算求该氯化钙样品中钙的质量分数(精确到 0.01%)。

(已知: $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$)

● 解析: $n(\text{KMnO}_4) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.016 \text{ L} = 0.0008 \text{ mol}$



$$n(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 0.002 \text{ mol}$$

$$m(\text{Ca}) = 0.002 \text{ mol} \times 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.0800 \text{ g}$$

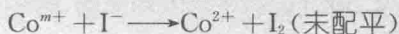
$$w(\text{Ca}) = \frac{0.0800 \text{ g}}{0.2312 \text{ g}} \times 100\% = 34.60\%$$

● 答案: 34.60%

例题 16 (2009 年黑龙江省初赛题) 钴(Co)化合物对化学键的研究起着重要的作用。为测定化合物 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_x\text{Cl}_y]\text{Cl}_z$ 的组成, 进行如下实验:

① 称取样品 0.5010 g , 加入过量的 NaOH 溶液, 煮沸, 蒸出所有的氨, 冷却, 得到 A。产生的氨用 $50.00 \text{ mL } 0.5000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸完全吸收并用蒸馏水定容至 100 mL , 得溶液 B。取 B 溶液 20.00 mL , 用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液滴定, 消耗 NaOH 溶液 30.00 mL 。

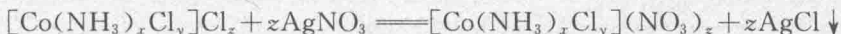
② 向 A 中加入过量 KI 固体, 振荡, 用盐酸酸化后置于暗处, 发生反应:



反应完成后, 加蒸馏水稀释, 用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定析出的 I_2 , 消耗 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 20.00 mL 。反应方程式为:



③ 另称取该物质样品 0.2505 g , 溶于水, 用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液滴定至恰好完全反应, 消耗 AgNO_3 溶液 20.00 mL 。相应的反应方程式为:



(1) 求 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_x\text{Cl}_y]\text{Cl}_z$ 中氮元素的质量分数。(结果保留四位有效数字)

(2) 写出该钴化合物的化学式。

● 解析: (1) $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$

20.00 mL B 溶液消耗 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液 30.00 mL , 20.00 mL B 溶液中过量 HCl 的物质的量为 0.0030 mol , 因此 100 mL B 溶液中过量 HCl 的物质的量为 0.0150 mol 。则与 NH_3 反应的 HCl 的物质的量为 0.0100 mol , 故 0.5010 g 样品中 $n(\text{NH}_3) = 0.0100 \text{ mol}$, $n(\text{N}) = 0.0100 \text{ mol}$ 。

$$[\text{Co}(\text{NH}_3)_x\text{Cl}_y]\text{Cl}_z \text{ 中 } w(\text{N}) = \frac{0.0100 \text{ mol} \times 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.5010 \text{ g}} \times 100\% = 27.94\%$$



因反应用去 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 20.00 mL , 因此 $n(\text{I}_2) = 0.0010 \text{ mol}$ 。

Co 与 Fe 同一族, Co^{m+} 具有较强氧化性, 故设 $m=3$ 。

则有: $2\text{Co}^{3+} + 2\text{I}^- = 2\text{Co}^{2+} + \text{I}_2$, $n(\text{Co}^{3+}) = 0.0020 \text{ mol}$ 。

0.5010 g 样品中 Cl 的总质量为:

$$m(\text{Cl}) = 0.5010 \text{ g} - 0.0020 \text{ mol} \times 59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} - 0.0100 \text{ mol} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.2130 \text{ g}$$

$$n(\text{Cl}) = 0.0060 \text{ mol}$$



将 0.2505 g 样品扩大一倍(即用 0.5010 g)推算出:

反应消耗的 $n(\text{AgNO}_3) = 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.0400 \text{ L} = 0.0040 \text{ mol}$

即发生上述反应的 $n(\text{Cl}^-) = 0.0040 \text{ mol}$

$$\begin{cases} y : z = (0.0060 \text{ mol} - 0.0040 \text{ mol}) : 0.0040 \text{ mol} = 1 : 2 \\ 1 : x : (y+z) = 0.0020 : 0.0100 : 0.0060 = 1 : 5 : 3 \end{cases}$$

解得: $x=5, y=1, z=2$

代入 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_x\text{Cl}_y]\text{Cl}_z$ 中, 求得 Co 化合价为 +3, 假设成立。

该钴化合物的化学式为 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ 。

● 答案: (1) 27.94% (2) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$

例题 17 (2005 年内蒙古自治区复赛题) 过氧化钙为安全无毒的化工原料, 通常含有部分氧化钙和结晶水。分析过氧化钙产品的实验过程如下:

① 称取 0.270 g 样品, 灼烧, 完全分解为 CaO 、 O_2 和 H_2O , 测得 O_2 体积为 33.6 mL (标准状况)。

② 另取 0.120 g 样品, 溶于稀盐酸, 生成的 H_2O_2 完全分解。然后使溶液中的 Ca^{2+} 完全转化为草酸钙沉淀, 过滤, 洗涤, 将沉淀溶于热的稀硫酸, 最后用 $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KMnO}_4$ 标准液滴定溶解液, 共用去 $31.0 \text{ mL} \text{KMnO}_4$ 标准液。

求: (1) 样品中 CaO_2 的质量分数。

(2) 样品中 $\text{CaO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 的 x 值。

● 解析: (1) $2\text{CaO}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{CaO} + \text{O}_2 \uparrow$

$$w(\text{CaO}_2) = \frac{\frac{33.6 \times 10^{-3} \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \times 72.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.270 \text{ g}} \times 100\% = 80\%$$

$$(2) n(\text{CaC}_2\text{O}_4) = n(\text{Ca}^{2+}) = 31.0 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.0200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{5}{2} = 0.00155 \text{ mol}$$

$$\text{CaO}_2 \text{ 所含的 } n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{0.120 \text{ g} \times 80.0\%}{72.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.00133 \text{ mol}$$

$$m(\text{CaO}) = (0.00155 \text{ mol} - 0.00133 \text{ mol}) \times 56.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.012 \text{ g}$$

$$\frac{0.120 \text{ g} \times 80.0\%}{72.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} : \frac{0.120 \text{ g} \times 20.0\% - 0.012 \text{ g}}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2 : 1$$

$$x = \frac{1}{2}$$

● 答案: (1) 80% (2) $\frac{1}{2}$

例题 18 (2004 年浙江省竞赛题) 在酸溶液中, 10.00 g Cu_2S 和 CuS 的混合物与 250.0 mL $0.7500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 MnO_4^- 反应生成了 SO_4^{2-} 、 Cu^{2+} 和 Mn^{2+} , 剩余的 MnO_4^- 恰好与 175.0 mL $1.000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Fe^{2+} 溶液反应。

(1) 写出所有反应的化学方程式并配平。

(2) 试计算原始混合物中 CuS 的质量分数。

● 解析: (1) $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$



(2) 设原始混合物中 Cu_2S 的物质的量为 $x \text{ mol}$, CuS 的物质的量为 $y \text{ mol}$ 。

$$\begin{cases} 160x + 96y = 10 \\ 2x + \frac{8}{5}y = 0.250 \times 0.7500 - \frac{1}{5} \times 1.000 \times 0.175 = 0.1525 \end{cases}$$

解得: $x = 0.02125$, $y = 0.06875$

$$w(\text{CuS}) = \frac{96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.06875 \text{ mol}}{10.00 \text{ g}} \times 100\% = 66\%$$

● 答案: (1) $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$



(2) 66%

赛题演练

A 级

1. (2006 年湖北省初赛题) 某元素一个原子的质量为 $a \text{ g}$, 一个 ^{12}C 原子的质量为 $b \text{ g}$, 阿伏加德罗常数为 N_A , 下列表示该原子相对原子质量的式子中正确的有

A. $\frac{a}{N_A}$

B. aN_A

C. $\frac{12a}{b}$

D. $\frac{12b}{a}$

2. (2004 年上海市竞赛题) 我国兰州的近代物理研究所曾经研究制出首批重氧气 ($^{18}\text{O}_2$), 其价格远远超过黄金。用 N_A 表示阿伏加德罗常数, 下列叙述中正确的是

A. 22.4 L 重氧气所含的分子数为 N_A

B. 1.8 g 重氧气的物质的量为 0.1 mol

C. 2.0 g 重(氧)水 ($^1\text{H}_2^{18}\text{O}$) 所含的中子数为 N_A

D. 18 g 重氧气所含的原子数为 $2N_A$

3. (2006 年江苏省预赛题) 阿伏加德罗常数约为 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。下列叙述正确的是

A. 1 L $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeCl_3 溶液中, H^+ 的数目约为 6.02×10^{15}

B. 1 mol 金刚石中含有 C—C 键的数目约为 6.02×10^{23}

C. 7.8 g Na_2O_2 中含有的阴离子数目约为 6.02×10^{22}

D. 标准状况下, 1 L 甲醇完全燃烧后生成的 CO_2 分子个数约为 $\frac{1}{22.4} \times 6.02 \times 10^{22}$

4. (2007 年河北省初赛题) 设 N_A 为阿伏加德罗常数, 则下列说法正确的是

A. 1 mol SiO_2 晶体中含有 $2N_A$ 个 Si—O 键

B. 在标准状况下, 46 g NO_2 气体中含有的分子数为 N_A

C. 0.1 L $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 溶液中含有的分子数为 $0.01N_A$

D. 含 0.1 mol H_2O_2 的水溶液跟 MnO_2 充分作用, 反应过程中转移的电子总数为 $0.1N_A$

5. (2004 年江苏省预赛题) 实验室里用一氧化碳还原由氧化亚铁、氧化铁、四氧化三铁组成的混合物, 并将生成的气体通入足量的澄清石灰水中, 最后测得生成的铁和碳酸钙的质量比为 21 : 50, 则这种混合物中氧化亚铁、氧化铁、四氧化三铁的物质的量之比不可能是

A. 1 : 2 : 1

B. 3 : 2 : 1

C. 7 : 7 : 9

D. 1 : 1 : 1

6. (2004 年湖南省竞赛题) 把铝粉和某铁氧化物 $x\text{FeO} \cdot y\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粉末配成铝热剂, 分成两等份。一份在高温下恰好完全反应后, 再与足量盐酸反应; 另一份直接放入足量的烧碱溶液中充分反应。前后两种情况下生成的气体质量比是 5 : 7, 则 $x : y$ 为

A. 1 : 2

B. 1 : 1

C. 5 : 7

D. 7 : 5

7. (2005 年江苏省预赛题) 已知某饱和溶液的以下条件: ① 溶液的质量, ② 溶剂的质量, ③ 溶液的体积, ④ 溶质的摩尔质量, ⑤ 溶质的溶解度, ⑥ 溶液的密度。其中不能用来计算该饱和溶液的物质的量浓度的组合是

A. ④⑤⑥

B. ①②③④

C. ①③④

D. ①③④⑤

8. (2000 年上海市初赛题) 在 25°C 时, 有 80 g 饱和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液, 向其中加入纯 BaO 粉末 $a \text{ g}$, 反应后温度恢复到 25°C , 溶液的下列有关说法正确的是

A. 溶液中 Ba^{2+} 浓度将增大

B. 溶液的 pH 值将增大

C. 溶液中 Ba^{2+} 总数将减少

D. 溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 不变

9. (2003 年江苏省预赛题) 向 300 mL KOH 溶液中缓慢通入 2.24 L CO_2 气体 (标准状况), 充分反应后, 在减压低温下蒸发溶液, 得到 11.9 g 白色固体。则下列说法中正确的是

A. 此白色固体为 KOH 和 K_2CO_3 的混合物

B. 此白色固体中含有 K_2CO_3 6.9 g

C. 原 KOH 溶液的物质的量浓度是 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. 此白色固体为 KHCO_3

10. (2003 年江苏省预赛题) 在标准状况下, 将 $a \text{ mol H}_2\text{S}$ 和 $b \text{ mol O}_2$ 混合充分燃烧后, 两反应物都没有剩余, 得到三种产物 (S 、 SO_2 和 H_2O), 则下列判断不正确的是

A. 产生的 SO_2 为 $\left(b - \frac{1}{2}a\right) \text{ mol}$

B. 反应后生成的水质量为 $18a \text{ g}$

C. $3a > 2b > a$

D. 反应后氧化产物的质量为 $(16a - 32b) \text{ g}$

B 级

11. (2005 年湖南省竞赛题)把 100 g 密度为 $1.22 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 NaOH 溶液蒸发浓缩,当余下溶液 50 mL 时其物质的量浓度为 $8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (蒸发浓缩时无固体析出),则原溶液的浓度是

- ① $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ② $3.28 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ③ $4.88 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ④ 16%

A. ① B. ②④ C. ③④ D. ①③

12. (2007 年湖北省初赛题)阿伏加德罗常数约为 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。下列叙述中正确的是

- A. 在标准状况下,2.24 L SO_3 中所具有的氧原子数约为 1.806×10^{23}
 B. 7.8 g Na_2O_2 与足量的水反应转移的电子数为 6.02×10^{22}
 C. 具有 6.02×10^{23} 个中子的 D_2O 的质量为 2.0 g
 D. 1 L $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸钠溶液中含有钠离子和硫酸根离子总数为 2.408×10^{23}

13. (2004 年湖南省竞赛题)设 N_A 代表阿伏加德罗常数,下列说法中正确的是

- ① 常温常压下,17 g 甲基($-\text{CH}_3$)所含的中子数为 $9N_A$
 ② 常温常压下,22.4 L NO 气体的分子数小于 N_A
 ③ 64 g 铜发生氧化还原反应,一定失去 $2N_A$ 个电子
 ④ 常温常压下,100 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的乙酸溶液中,乙酸的分子数目小于 $0.05N_A$
 ⑤ 标准状况下,22.4 L 二氯甲烷所含有的分子数为 $4N_A$
 ⑥ 常温常压下,1 mol 氦气含有的核外电子数为 $4N_A$

A. ①② B. ③④ C. ②④ D. ⑤⑥

14. (2002 年浙江省预赛题)在由 Fe、FeO 与 Fe_2O_3 组成的混合物中加入 100 mL $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸恰好使混合物完全溶解,并放出 224 mL 气体(标准状况),此时向溶液中加入 KI 溶液,无颜色变化。则下列判断正确的是

- A. 混合物中三种物质反应时消耗盐酸的物质的量之比为 1:1:3
 B. 反应后溶液中 Fe^{2+} 与 Cl^- 的物质的量之比为 1:2
 C. 混合物中 FeO 的物质的量无法确定,但 Fe 与 Fe_2O_3 的物质的量之比为 1:2
 D. 混合物中 Fe_2O_3 的物质的量无法确定,但 Fe 与 FeO 的物质的量之比为 1:2

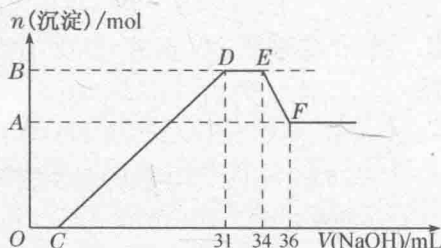
15. (2007 年江苏省预赛题)某学生用 NaHCO_3 和 KHCO_3 组成的某混合物进行实验,测得如下数据(盐酸的物质的量浓度相等)。则下列分析推断中不正确的是

	50 mL 盐酸	50 mL 盐酸	50 mL 盐酸
$m(\text{混合物})/\text{g}$	9.2	15.7	27.6
$V(\text{CO}_2)(\text{标准状况})/\text{L}$	2.24	3.36	3.36

- A. 盐酸的物质的量浓度为 $3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 B. 根据表中数据不能计算出混合物中 NaHCO_3 的质量分数
 C. 加入混合物 9.2 g 时盐酸过量
 D. 15.7 g 混合物恰好与盐酸完全反应

16. (2005 年山东省预赛题) 将 K_2SO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NH_4HCO_3 的固体混合物若干克加入到 100 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中, 共热使之充分反应, 生成沉淀 8.6 g。向所得固液混合物中加入 100 mL $0.9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸, 沉淀部分溶解, 同时生成 448 mL CO_2 气体(标准状况), 剩余盐酸用 50 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液恰好中和。求原混合物的总质量。(结果保留三位有效数字)

17. (2004 年上海市竞赛题) 现有一定量的铝粉和铁粉的混合物与一定量稀 HNO_3 充分反应, 反应过程中无任何气体放出。向反应结束后的溶液中, 逐渐加入 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液, 所加 NaOH 溶液的体积(mL)与产生沉淀的物质的量(mol)的关系如图所示。求:



(1) A 的数值: _____ mol;

(2) B 的数值: _____ mol;

(3) C 的数值: _____ mL。

18. (2007 年陕西省初赛题) 标准状况下, 5.6 L CO 、 CO_2 、 HCHO 组成的混合气体的质量为 7.5 g。将该混合气体依次通过足量灼热的 CuO 、浓硫酸和碱石灰, 使反应充分。

(1) 已知 HCHO 与灼热 CuO 反应生成 Cu 、 CO_2 和 H_2O , 试写出该反应的化学方程式: _____。

(2) 原混合气体中, CO 、 CO_2 、 HCHO 的体积比可能为 _____ (填字母代号)。

A. 1 : 1 : 1

B. 7 : 1 : 8

C. 14 : 2 : 9

D. 7 : 11 : 18

(3) 欲进一步确定混合气体中各组分的体积分数, 只需确定下列数据中的一项就能达到目的, 这些数据是 _____ (填字母代号)。

A. 混合气体的密度 $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

B. 浓硫酸的增重 $m_1 \text{ g}$

C. 碱石灰的增重 $m_2 \text{ g}$

D. CuO 质量的减少 $m_3 \text{ g}$

19. (2006 年浙江省竞赛题) Cu 、 Cu_2O 和 CuO 组成的混合物, 加入 100 mL $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HNO_3 溶液恰好使混合物溶解, 同时收集到 224 mL NO 气体(标准状况)。

(1) 写出 Cu_2O 跟稀硝酸反应的化学方程式: _____。

(2) 产物中硝酸铜的物质的量为 _____ mol。

(3) 如混合物中含 0.01 mol Cu , 则其中 Cu_2O 、 CuO 的物质的量分别是 _____ mol、_____ mol。

(4) 如混合物中 Cu 的物质的量为 $x \text{ mol}$, 求其中 Cu_2O 、 CuO 的物质的量及 x 的取值范围: _____。

20. (2005 年湖南省竞赛题) 现有 Fe 、 Cu 组成的合金, 其中 Fe 、 Cu 总的物质的量为 $a \text{ mol}$, Cu 的物质的量分数为 x 。将合金研成粉末后, 全部投入含 $b \text{ mol}$ HNO_3 的稀溶液中, 微热使其充分反应, 且硝酸的还原产物只有 NO 。试回答下列问题: (已知: $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$)

(1) 随 HNO_3 用量的增加,溶液中的金属离子和残留固体的成分依次有 6 种情况,请用粒子符号填写下列空白:

	①	②	③	④	⑤	⑥
溶液中的金属离子		Fe^{2+}		Fe^{2+} 、 Cu^{2+}		Cu^{2+} 、 Fe^{3+}
残留固体成分	Fe 、 Cu		Cu	/	/	/

(2) 当溶液中金属离子只有 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 时,求 b 的取值范围。

(3) 当 $x=0.5$ 且溶液中 Fe^{3+} 与 Fe^{2+} 的物质的量相等时,在标准状况下共产生 672 mL 气体,求 a 、 b 的值。

关键点拨

该专题在整个化学中应用广泛,所占比重较大,要解答好该专题的考题,同学们特别要掌握好以下知识和一些常用的解题方法和技巧。

1. 把握物质的量、摩尔质量、气体摩尔体积、阿伏加德罗常数、物质的量浓度的概念,熟练应用它们的转化关系。

2. 对于阿伏加德罗常数的计算型选择题,主要是理解物质中的组成、结构,分析微粒间的关系。

3. 正确应用阿伏加德罗定律及其推论:

(1) 阿伏加德罗定律:同温同压下,同体积的任何气体都含有相同的分子数。

(2) 推论 1:同温同压下,气体的体积之比等于物质的量之比,等于分子数之比。

(3) 推论 2:同温同体积下,气体的压强之比等于物质的量之比,等于分子数之比。

(4) 推论 3:同温同压下,气体的密度之比等于摩尔质量之比。

(5) 推论 4:同温同压同体积下,气体的质量之比等于摩尔质量之比。

(6) 推论 5:同温同压同质量下,气体的体积之比等于摩尔质量之反比。

4. 熟练应用几个计算公式:

(1) 平均相对分子质量的计算: $\overline{M} = \frac{m_{\text{总}}}{n_{\text{总}}}$ 或 $\overline{M} = \text{各组分的摩尔质量与各组分的物质的量分数的积之和}$ 。

(2) 溶液稀释定律: $c_{\text{浓}} V_{\text{浓}} = c_{\text{稀}} V_{\text{稀}}$ 。

(3) 物质的量浓度与溶液质量分数的换算:

$$c(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) = 1000(\text{mL}) \times \rho(\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}) \times \omega \div \text{溶质摩尔质量} \div 1 \text{ L 溶液}$$

(4) 气体溶解:在标准状况下,1 L 水中溶解某气体 $V \text{ L}$,所得溶液的密度为 ρ ,则 $c = \frac{1000\rho V}{22400 + MV}$ 。

5. 应用物质的量进行方程式的有关计算,综合分析题意,找出物质间的量的关系,列数学关系。特别要应用元素守恒、电子得失守恒等守恒定律。要善于应用计算题中常见的解题方法,如概念解析法、原理解析法、巧解法(如十字交叉法、差量法、守恒法、极值法、估算法等)。

6. 分类讨论: