

奥林匹克教学辅导丛书

高中化学竞赛 基础教程



王后雄 覃维明 主编
王志庚 蔡崇华

GAOZHONGHÜAXUEJINGSAIJICHUJIAOCHENG

华中师范大学出版社

奥林匹克教学辅导丛书

高中化学竞赛基础教程

王后雄 覃维明

王志庚 蔡崇华

主编

华中师范大学出版社

鄂新登字11号

奥林匹克教学辅导丛书
高中化学竞赛基础教程
王后雄 蔡家驹 主编
王志庚 蔡家驹

华中师范大学出版社出版发行
(武昌桂子山)
新华书店湖北发行所经销
华容县国营印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.125 字数 211千字
1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷
ISBN 7-5622-0742-9/O·80
印数：1—16000 定价：3.30元

前 言

中学化学竞赛是促进化学教学及选拔人材的一种重要形式。目前广大师生迫切要求提供竞赛大纲、解题指南、题型训练、竞赛讲座等方面的化学竞赛基础辅导丛书。为了推动中学化学课外活动，提高化学竞赛水平，更重要的是促进中学化学的教与学，为社会主义建设事业培养人材，我们编写了这本书。

本书按照新编的中学化学教学大纲及中学化学奥林匹克竞赛大纲的要求，在介绍每一章节知识体系的基础上，安排了竞赛专题讲座、典型赛题解析、竞赛训练等内容。全书强调基础，着眼提高，力图具有训练的系统性、适用性和较强的针对性。

为了便于各地化学奥林匹克学校和化学培优生的教学，我们将全书各章都分成若干节，在每一节基本与高中化学教材内容同步的前提下加强了横向渗透，通过纵横联系的网络形式对高中化学竞赛内容和方法的较全面的覆盖。每节后我们都选编了相当数量的习题供学生练习。书中例、习题绝大多数选自国内外几年来的优秀竞赛试题。学生在理解每节内容的基础上再做后面的习题，可以获得参加各级化学竞赛所必需的化学知识、技能和方法，并使解题能力得到长足的发展。该书是中学化学竞赛辅导与训练的良好益友，对学生高考辅导与训练，也将大有裨益。

本书由全国15个省市的部分优秀化学教师和具有多年化学竞赛辅导、培训经验的知名教师分别编写了他们体会最深

的部分，可以说它是作者多年实践经验的总结，竞赛研究成果的集萃。

全书由王后雄执笔统稿，参加本书编写的教师还有傅轶生、程时华、倪志刚、宋跟行、文可法、曹洪畧、凌日传、胡列杨(以上为副主编)、吕根法、詹才书、付才旺、孙智修、吴建方、宋建东、罗永明、郭连芳、张伟东、翟继斌、师殿峰、彭鲁怀、左香华、张军、刘万军等同志；周合轩、李长法、何世焰、吴世延、王成初、庄永西、刘保维、左秋松、徐泽民、金守仁、程永焰等同志在编写过程中提供了各地优秀赛题并参与编写体例的策划。谨在此一并向关心与竭诚支持的教师们表示衷心的感谢。

编者

1991年7月

出版说明

国际数学、物理、化学、计算机奥林匹克是世界上规模和影响最大的中学生学科竞赛活动。这项活动为各国表现本民族的聪明才智提供了合适的舞台，因而，受到越来越多的国家的重视。几年来，我国中学生在这项活动中获得了优异成绩，震惊中外。为了使中小學生开阔视野、启迪思维、发展才能，进一步推动中小学奥林匹克竞赛活动的普及开展，为了促进中小学教育的深化，为我国科学技术的腾飞做好准备，我社特约请一批热心奥林匹克事业的专家教授和中小学教师编写了这套《奥林匹克教学辅导丛书》。

这套丛书包括有数学、物理、化学、计算机、外语等五门学科。其中，中小学数学奥林匹克教学辅导书5册和高中化学奥林匹克教学辅导书已经正式出版，物理、初中化学、计算机和外语等中、小学奥林匹克教学辅导书也将陆续出版。本丛书的作者都是首批《中国奥林匹克高级教练员》和湖北省奥林匹克优秀教练员，他们为我国奥林匹克事业和湖北省的竞赛活动作出了富有成效的工作，这套丛书也是他们长期辅导学生经验的总结。每册均编有各层次的奥林匹克讲座和训练，内容翔实，是一套较好的奥林匹克教学辅导书，我们希望这套丛书能成为青少年学习的良师益友。

出版这样的丛书我们还是初步尝试，为了进一步充实完善，衷心希望广大读者提出建议和意见。

内 容 提 要

本书是按照中学化学奥林匹克竞赛大纲编写的指导中学生参加各级化学竞赛的辅导书。全书分为三章：第一章“基本概念和基本理论”，第二章“元素及其化合物”，第三章“有机化学”。章节的内容与高中化学内容对应，章节的编排以基本知识、专题、例题、习题为结构体系，“基本知识”部分介绍了高中化学教材以外深化的知识；“专题”部分系统地介绍了学生获得参加各级化学竞赛所必需的化学知识、技能和方法。书中的例、习题绝大多数选自近几年来全国各地25个省、市级化学竞赛，全国化学竞赛（包括冬令营竞赛），数理化通讯赛，理科班招生试题，国内化学竞赛试题，及IChO赛题等优秀竞赛试题，既顾及了普及性竞赛的适度性，又考虑与全国化学竞赛相衔接以及反映中国化学竞赛科学及教育水平，并逐步向高水平的国际化学奥林匹克竞赛靠拢。书后附有奥林匹克化学竞赛大纲、化学竞赛模拟试题及部分省市的化学竞赛实验试题，最后附有章节习题及训练试题的答案。本书供参赛的中学生及辅导教师使用，也可作为奥林匹克学校主要参考书。此外，它对中学化学教师的教学及对学生作高考辅导也会很有帮助。

目 录

绪 言	1
第一章 基本概念和基本理论	5
§ 1.1 摩尔 反应热	5
§ 1.2 元素周期表	12
§ 1.3 物质结构	23
§ 1.4 化学反应速度和化学平衡	36
§ 1.5 电解质溶液	57
第二章 元素及其化合物	79
§ 2.1 卤 素	79
§ 2.2 氧 族	92
§ 2.3 碱金属	105
§ 2.4 氮 族	115
§ 2.5 碳 族	129
§ 2.6 镁 铝	136
§ 2.7 铁及过渡元素	146
第三章 有机化学	160
化学竞赛试题选编	187
(一) 化学竞赛试题(1)	187
(二) 化学竞赛试题(2)	197
(三) 化学竞赛试题(3)	205
(四) 1984年全国青年化学竞赛实验试题	211
(五) 1990年河南省中学化学奥林匹克竞赛实验试题	213
(六) 1990年浙江省中学化学奥林匹克竞赛实验试题	214
附录 奥林匹克化学学校化学考试大纲(中学部分)	215
部分参考答案	224

绪 言

1987年我国第一次参加第19届国际中学生奥林匹克化学竞赛 (IChO)，福建选手苏朝晖同学一举获得金牌，吹响了向奥林匹克进军的号角。次年，在第20届竞赛中，湖北选手汪深同学获金牌第一名，黄烯同学也同时获得金牌；在第21届竞赛中，周沛、陈晖、沈周新等同学则“三连冠”。在第22届竞赛中，我国选手吴颀、林傲、夏煜、王庆根四位同学分别获得金牌中的第一、第二、第四、第五名，以优异的成绩，又一次为我国争了光。诚然，他们在通向奥林匹克的道路上付出了辛勤的劳动，但毫无疑问，有良好的中学化学基础并得到科学的训练才能使他们在学习化学的征途中得以展翅高飞。

我国在国际化学竞赛中连续夺魁，大大地推动了国内化学竞赛的开展，使竞赛不断深化和不断进入新的层次。每年均以省、市、自治区的规模进行化学奥林匹克竞赛初赛，选出代表参加全国化学奥林匹克竞赛的决赛。决赛的优胜者被选为参加国际化学奥林匹克竞赛的预备队员。这些预备队员经过短期的培训，经严格的挑选，最后确定参加 IChO 竞赛的选手，形成了一套具有我国特色的化学竞赛制度，使我国化学竞赛活动取得了丰硕的成果。

竞赛自然不同于一般的考试，它的目的是从大量应考学生中逐级选拔出极少数的佼佼者。在这种严格挑选的环境中，参赛者带有强烈的竞争意识。要能够脱颖而出，除了要有坚韧不拔的毅力以外，必须有坚实的实力，即应具有渊博

的知识、很强的接受能力、自学能力、实验技能与实验操作能力，并有丰富的想象力和创造性思维的能力。只有经过长期的培养和训练，才可能具备以上能力。

由于本书在后面的章节中介绍了不少竞赛题型，在此只从命题的特点方面作一简单介绍，使参加中学培优的师生从中能初步了解竞赛试题的特点。

1. 题量大，覆盖面宽

竞赛题第一大特点就是题量大，远远超出一般考试。只有题量大，所考察的知识点才可能多，覆盖面才能拓宽。这样不仅可以全面考查学生的知识面，更重要的是可以减少机遇误差，如实地反映考生的水平，并得到公正的评价和选拔。

2. 阅读量大，考察阅读速度和分析能力

初级竞赛试题，阅读量非常大，同时对阅读能力要求非常高，一份试题，不算思考、分析所需时间，平均读写速率约为50字/分—70字/分。因此，如果考生基本知识不熟练，阅读能力不强，思维不敏捷，是决不可能取得好成绩的。

3. 试题新颖，注重考察学生的智力

化学竞赛不仅仅是知识的竞赛，也是智力的竞赛，对参赛者的知识要求并不苛刻，但对智力要求是特殊的。因此，竞赛试题的题型和材料非常新颖，一方面注重考察学生的智力；另一方面，编制出大家都不熟悉的试题作为赛题，对所有的参赛者才公平合理。

4. 联系生产实际、生活实践的内容比例较大

化学与生产、生活实际有着紧密的联系，化学联系生产、生活实际是国际化学教育发展趋势，所以在化学竞赛试题中联系生产、生活实践的内容较多，通常不少于10%。这

部分试题的引入，注重考察考生理论联系实际的能力和独立解决问题的能力。

5. 注重实际操作能力

化学是一门实验科学，因此化学竞赛对选手的实验动手能力要求是十分高的。很多重大的选拔赛和IChO，都分理论试题考试和实验试题考试。实验竞赛着重考察学生的动手能力、观察和分析能力、实验设计能力、数据处理和解释实验结果的能力。

从化学竞赛试题的特点看，要在化学竞赛中脱颖而出，除了要使考生有牢固的基础知识外，还必须训练和培养学生具备以下素质：

一是自学能力，主要包括阅读化学书籍、写读书笔记、拓宽知识面等能力。实践证明，历届竞赛的优胜者都具有很强的自学能力，自学内容包括竞赛中涉及到中学化学教材基础上需同步加深、超前学习和补充学习的知识以及通过解化学问题获得参加各级竞赛所必需的化学知识、技能和方法。

二是思维能力，例如第20届IChO理论题第1题：要求根据三维空间中原子结构规律来回答设想的“平面世界”中原子结构的情况。它要求考生想象出在三维空间中没有 z 轴时的情况，显然，没有较强的思维能力，是不可能取得优秀成绩的。

三是适应能力，例如，第20届IChO第2题：根据X射线衍射结果推断一个不常见的化合物的结构，并回答稀有气体氙的氟化物的结构和水解性质。它要求考生从阅读材料（信息给予）中学习X射线衍射的这一“陌生”知识，把所学的基本理论、基础知识应用于新的场合去解决问题。因此，考生必须具有很强的适应能力。

四是实验能力，它包括多方面能力的有机结合。(1)正确掌握基本操作的能力；(2)观察、测量、分析、判断现象的能力；(3)选择、组合、设计实验的能力；(4)选择仪器、试剂、条件、实验技术和方法的能力；(5)处理数据、表达结果的能力；(6)评价实验的能力；(7)实验的有序、同步、合理安排的能力。

五是科学的思维方法，即具有解决各类化学问题的基本解题思路、技巧和方法。实践证明，为了使化学竞赛训练富有成效，传授给学生解题的基本思考方法是必要的，学生具备这一技能，能使学生解决对他来说原来是很难解决的陌生问题。

为了培养上述素质，大多数准备参加化学竞赛的中学生主要是利用课余时间来进行化学竞赛方面的训练，为了使竞赛训练富有成效，必须保证训练的系统性，避免盲目性和随意性，因此，编写一本合适的训练教材是必不可少的。本书正是基于这一目的而编写的。我们衷心希望广大有志青少年积极加入到化学竞赛活动中来，把握机会，脱颖而出，为中华崛起作出应有的贡献。

第一章 基本概念和基本理论

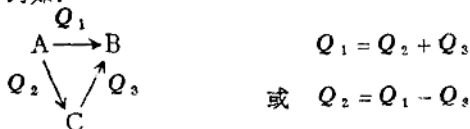
§ 1.1 摩尔 反应热

1. 基本知识

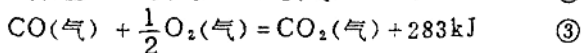
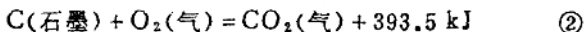
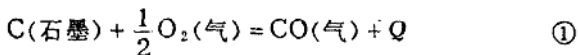
- (1) 阿佛加德罗常数的测定;
- (2) 分子量的测定(气体密度法)。

2. 盖斯定律

(1) 盖斯定律 盖斯发现, 一个化学反应无论是一步完成还是分步完成, 其总的热效应是相等的, 这个规律称为盖斯定律。例如:



1 摩尔物质与氧气反应, 完全燃烧生成稳定产物的热效应, 称为该物质的燃烧热。已知C(石墨)的燃烧热为 $+393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (放热), CO (气)的燃烧热为 $+283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (放热)。根据盖斯定律和上述数据, 便可计算下列反应热效应 Q 值:



$$\text{①} = \text{②} - \text{③}, \text{ 故 } Q = 393.5 - 283 = +110.5 \text{ (kJ)}$$

(2) 气态方程 如果气体的物质的量为 n 摩, 压强为 p 帕斯卡, 温度为 T K ($T = 273 + t$ °C), 体积为 V m³, 它们之间的函数关系式是: $pV = nRT$, 式中 $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$, 上式称为气态方程。

科学家亨利发现, 在中等压强范围内, 气体的溶解度与溶液上面气相中该气体的压力成正比。现已知气压为 101.325 kPa 和体温 37 °C 时, 空气在血液中的溶解度为 $6.6 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, 如果有人在水下呼吸了 1013.25 kPa 的压缩空气, 当他返回地面时, 血液将要释放多少摩尔的气体, 这些气体在 101.325 kPa, 37 °C 时体积是多少 dm³? (假定人体血液总量为 5 dm³) (1990 年广东省高一化学竞赛试题)

$$\text{解} \quad c_2/c_1 = p_2/p_1$$

$$\begin{aligned} \therefore c_2 &= c_1 \cdot \frac{p_2}{p_1} = 6.6 \times 10^{-4} \times \frac{1013.25}{101.325} \\ &= 6.6 \times 10^{-3} (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}) \end{aligned}$$

\therefore 每升血液放出空气

$$6.6 \times 10^{-3} - 6.6 \times 10^{-4} = 5.94 \times 10^{-3} (\text{mol})$$

\therefore 人体放出空气 $5 \times 5.94 \times 10^{-3} = 2.97 \times 10^{-2} (\text{mol})$

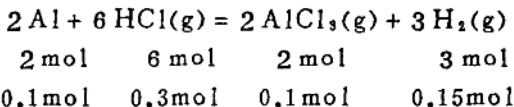
$$\begin{aligned} V &= nRT/p = 2.97 \times 10^{-2} \times 8.314 \times 310 / 101325 \\ &= 7.55 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 0.755 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

3. 例题

【例 1】无水氯化铝可用干燥的氯化氢气体与铝加热制得, 今以 2.7 克铝与标态下 7.84 升 HCl 作用, 然后在 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 546 K 下 (此时氯化铝也为气体), 测得气体总体积为 11.2 升。试通过计算写出气态氯化铝的分子式。

(1989 年安徽省化学竞赛试题)

解 设 AlCl_3 为气态氯化铝的分子式



由此可知 HCl 过量 0.05mol

$$[7.84/22.4 - 0.3 = 0.05(\text{mol})]$$

反应完成后物质的量应是 $0.1 + 0.15 + 0.05 = 0.3(\text{mol})$

容积中物质的量实际为 $\frac{11.2 \times 273}{546 \times 22.4} = 0.25(\text{mol})$

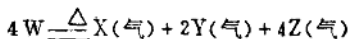
所以气体氯化铝只可能有 0.05mol , 其分子式应是 $(\text{AlCl}_3)_2$ 。

4. 习题

一、选择题

- 同条件下, 1 体积氮气和 3 体积氢气化合, 可生成 2 体积氨气, 能据此说明氢气和氮气都是双原子分子的是()。
(A) 勒沙特列原理 (B) 质量守恒定律
(C) 能量最低原理 (D) 阿佛加德罗定律
- 假如把质量数为 12 的碳原子 (^{12}C) 的原子量定为 24, 并用以确定原子量, 以 $0.024\text{kg}^{12}\text{C}$ 所含的碳原子数为阿佛加德罗常数, 下列数值肯定不变的是()。
① 浓 H_2SO_4 摩尔浓度 ② 氧气的溶解度 ③ 气体常数 R
④ 气体摩尔体积 ⑤ 阿佛加德罗常数 ⑥ 氧元素的原子量
(A) ①② (B) ③④ (C) ⑤⑥ (D) ②
- 已知下列热化学方程式: $\text{Zn} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{ZnO} + 351.1\text{kJ}$, $\text{Hg} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{HgO} + 90.7\text{kJ}$, 由此可知 $\text{Zn} + \text{HgO} = \text{ZnO} + \text{Hg} + Q$, 其中 Q 值是()。
(A) 441.8kJ (B) 254.98kJ (C) 438.9kJ (D) 260.4kJ

4. 一定温度下, 某物质W分解其反应式为:



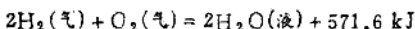
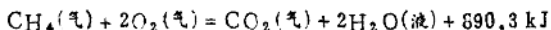
测得由生成物组成的混合气体对氢气的相对密度为18, 则W的分子量为()。

- (A)63 (B)18 (C)36 (D)126

5. 10克某金属混合物与500毫升2mol/L H_2SO_4 反应逸出的 H_2 在标准状况下为8.4升, 这种金属混合物可能的组成是()。

- (A)Mg和Cu (B)Mg, Fe和Zn
(C)Fe和Zn (D)Zn, Fe和Cu

6. 已知下列热化学方程式:

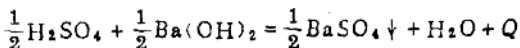


现有氢气跟甲烷的混合气体5摩尔, 测知其完全燃烧共放出3242.5 kJ热量, 可知原气体中甲烷跟氢气体积比是()。

- (A)1:3 (B)2:3 (C)3:2 (D)1:1

二、填空

7. 在温度360K和压力96000 Pa时, 0.000744 kg的某物质的蒸气, 占有0.400 dm^3 体积, 则其分子量为_____。
8. 电解法生产铝的反应式为 $2Al_2O_3 \xrightarrow{\text{电解}} 4Al + 3O_2$ 。阳极材料是碳, 实际生产中, 每电解得1.0吨铝, 阳极损耗0.60吨碳。从阳极释放出的气体是CO和 CO_2 , CO所占体积百分比是_____。
(1988年理科试验班复试题)
9. Ca^{2+} 和 CO_3^{2-} 各1摩结合放出的热量为 Q_1 , Ca^{2+} 和 CO_3^{2-} 各1摩分别水合放出总能量为 Q_2 , Q_1 和 Q_2 大小关系是_____。
10. 盐酸、硝酸、氢氧化钠、氢氧化钾它们的稀溶液, 当酸液跟碱液混合生成1摩尔水时都放出57.27 kJ的热量, 从下面反应:



我们可以推断Q的数值_____千焦。

11. 已知1摩尔白磷变成1摩尔红磷放出18.39 kJ的热量, 下面反

应:



我们可以深信 Q_1 _____ Q_2 (<、>、=)。

(9—11题均为湖北省1988—1990年化学竞赛试题)

12. 已知 $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + 57.3\text{kJ}$, 而 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{溶液}) + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 130.3\text{kJ}$, 导致 $130.3 \neq 2 \times 57.3$ 的因素是 _____。

13. 称取等质量(a 克)胆矾两份。把一份溶于 b 克水中, 测知溶解时吸收 $q_1\text{J}$ 热量。把另一份胆矾加热脱去结晶水, 冷却后溶于 b 克水中, 溶解时释放 $q_2\text{J}$ 热量。

(1) 胆矾溶解热为 _____ J/mol , 是 _____ 热过程。

(2) 无水物溶解热为 _____ J/mol , 是 _____ 热过程。

(3) 从以上数据可知 _____ 焦耳/摩, 是 _____ 热过程。

(12、13题均为1988年全国高二化学竞赛试题)

三、关于二氧化氯、三氧化氯某些事实如下:

1797年Hoyle在用浓 H_2SO_4 和氯酸钾反应时得出具有爆炸性的黄色气体。

1815年Davy使2体积(这种)黄色气体完全分解, 产物为3体积气体, 其中氧和氯之比为2:1。表明黄色气体是氯的氧化物(当时氧、氯分子式尚未被公认)。

1882年Pebal测得黄色气体密度, 确定其组成为 ClO_2 。

干燥氯气和热(约 90°C)氯酸银反应可制得纯 ClO_2 。

ClO_2 和 O_3 反应得三氧化氯, 后者在强碱性溶液中发生自氧化还原反应。

1. 分别写出浓硫酸和氯酸钾、干氯和热氯酸银反应的方程式。
2. 写出二氧化氯和臭氧反应的方程式。
3. 写出三氧化氯在强碱溶液中自氧化还原的方程式。
4. 二氧化氯在强碱溶液中可能发生什么反应? 写出反应式。
5. 如果1815年时, 氧、氯分子式已被公认为 O_2 、 Cl_2 , Davy的实