

中国化学学会 编



最新奥林匹克 化学竞赛题及解答

科学普及出版社

最新奥林匹克化学竞赛题及解答

中国化学会 编

科学普及出版社

.北京.

(京)新登字 026 号

图书在版编目 (CIP) 数据

最新奥林匹克化学竞赛题及解答/中国化学会编. —北京: 科学普及出版社, 1993. 8

ISBN 7-110-03086-5

I. 最…

II. 中…

III. 化学-竞赛-试题-奥林匹克

IV. G633. 8

科学普及出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码: 100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

保定市西城胶印厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 张 印张: 9.25 字数: 250 千字

1993 年 10 月第 1 版 1993 年 12 月第 2 次印刷

印数: 10 001-20 000 册 定价: 7.50 元

序

随着科学与技术的迅速发展，作为中心学科的化学将在生产和生活的各个领域里显示愈来愈重要的作用，而我国的化学教育水平与这种形势的要求有较大的差距。近年来我们致力于探索优化化学教育的途径。其中，最主要的是改进中学化学教育，而改进的最重要环节是培养学生的能力，发挥学生的潜力，因材施教，使学生达到更高的水平。我们的核心思想首先是充分估计学生的潜力，创造条件去使它发挥出来并且继续得到增长；但是，又必须充分认识学生的个体差异。所以我们试图在评价、选拔、培养这三个环节中做了一些试验。

为了这个目的，我们做了两件事，一是提出了一个辅助的教学大纲；二是利用化学冬令营活动及参加国际化学奥林匹克学生的选拔和培训试验了我们新的考试、评估、教学方法。经过几年的工作，许多地区的中学化学教学水平有了显著提高；但是，从全国来说，发展很不平衡。所以我们编了这本书以便使学生和教师能从中得到启发，了解当前国际上中学化学的教学水平，注意如何把知识学习与知识应用相结合，如何创造性地思考和解决未知的问题，按什么标准评价教学效果等等方面。

必须说明，我们所希望的不是选出少数优秀学生对他们进行特殊培养，而是通过这些活动使化学教学水平普遍提高，使多数学生都能得到充分的培养，在他们将要从的工作中发挥作用。

王夔

1992年10月

目 录

序

奥林匹克化学竞赛培训大纲	(1)
1988 年第 20 届 IChO 试题	(18)
1988 年第 20 届 IChO 试题答案	(32)
1989 年第 21 届 IChO 试题	(46)
1989 年第 21 届 IChO 试题答案	(52)
1990 年第 22 届 IChO 试题	(59)
1990 年第 22 届 IChO 试题答案	(77)
1991 年第 23 届 IChO 试题	(91)
1991 年第 23 届 IChO 试题答案	(101)
1992 年第 24 届 IChO 试题	(110)
1992 年第 24 届 IChO 试题答案	(124)
1989 年全国化学竞赛试题	(133)
1989 年全国化学竞赛试题答案	(141)
1990 年全国化学竞赛试题	(150)
1990 年全国化学竞赛试题答案	(156)
1991 年全国化学竞赛试题	(160)
1991 年全国化学竞赛试题答案	(168)
1992 年全国化学竞赛试题	(174)
1992 年全国化学竞赛试题答案	(185)

1991 年第 23 届 IChO 预备试题	(195)
1991 年第 23 届 IChO 预备试题答案	(222)
1992 年第 24 届 IChO 预备试题 (部分)	(264)

附录

国际化学奥林匹克竞赛条例	(276)
1968~1992 年国际化学奥林匹克竞赛一览表	(280)
中国队参加奥林匹克竞赛成绩	(281)
IChO 中国队名单	(281)

奥林匹克化学竞赛培训大纲

几点说明

1. 潜力 要充分估计青年人学习的潜力和创造性工作的潜力,设法引导他们发挥潜力;同时又要注意训练的层次。本大纲基于这种指导思想,既重视基础要求,又不以基础要求当作对中学生的最高要求。知识和能力的增长是相辅相成的。基础知识的要求不能以“达标”为满足,要不断地因人而异地提出新高度的要求,使其能力愈“滚”愈大。

2. 素质 没有良好的素质就不能充分发挥潜力。素质培养是教书育人的主要内容之一。一个人的素质表现在他的各个方面,是整体的表现。这包括:

- (1)灵敏性 反应(response)、鉴别、发现的敏感程度
- (2)精确性 做任何事情所能达到的精确程度
- (3)整体性 正确处理全局和局部的关系
- (4)适应性 适应变动的环境和工作对象
- (5)创造性
- (6)科学性
- (7)对实践的尊重、不空谈等等
- (8)独立工作能力和合作精神

3. 能力 能力指个体完成某种活动的本领。能力不只是解决某种专门问题的能力,而且应包括解决一般问题的能力。对于青年学生来讲,一般能力更为重要。建议注意以下能力的培养:

(1)信息加工能力。信息是指对文字、图形、直接和间接获得的各种感性的和理性的认识。

(a)寻找、选择、整理、储存信息的能力(找书、找材料、记忆、分类)。

(b)从一种描述形式转变为另一种形式的能力。

(c)针对问题,选择、重组、应用已有信息,解决新问题的能力。

(d)评价信息的能力。判断几个方法、几种说法各有什么特殊性、优缺点。例如测分子量的不同方法有的适用于气体、有的适用于小分子……

(e)利用信息做出新的预测或假说的能力(由对理想气体的偏离推测分子间作用力的存在)。

(f)从信息看出变化趋势和变化模式,并提出表示变化规律的能力(如看出气体压力随温度改变的趋势,这种变化是否线性、正比、反比,用什么表达式表达)。

(g)掌握新信息、利用新信息以更新和发展原有认识的能力(例如用质子理论发展酸和碱本质的认识)。

(2)思维能力

(a)推理和归纳能力。

(b)从一些事物获得概念并把这些概念再转用于另一些事物的能力。

(c)从一群事物(包括几个理论)的不同表现,发现它们之间内在联系的能力。

(d)通过比较,优选解决问题途径的能力。

(3)实验能力

(a)照实验步骤进行实验的能力。

(b)正确的基本操作。

(c)实验设计能力,包括方法的选择、组合、修改。

(d)观察、测量、分析、判断能力。

(e)选择仪器、试剂、技术、条件的能力。

(f)处理数据及表示结果(图、表、文字)的能力。

(g)对实验结果进行评价(如误差分析)并提出改进意见的能力。

(h)工作条件的有序性。

第一部分 化学计量学

1.1 基本物理量 区分连续和不连续物理量。测量误差和精度。精度匹配。有效数字。基本物理量的测定原则和方法(可以密度为例)。

1.2 原子和分子的相对质量 以 ^{12}C 为基准的相对原子质量、相对同位素质量、相对分子质量。注意有效数字的运用。摩尔。Avogadro 数。

相对原子质量和分子质量的测定方法。利用气体状态方程式测定气体和挥发性液体的分子量。利用凝固点下降和沸点升高测定分子量。了解两类方法的差别。

化学式和分子式。由组成写化学式或分子式。

1.3 化学反应方程式的配平 利用反应方程式的计算。利用连续几个反应时反应物间量的关系。收率计算。

第二部分 物 理 化 学

2.1 物质存在状态

2.1.1 状态间的互相转化,表示转化条件的物理量,熔点、沸点,临界温度和临界压力。

2.1.2 相和相变的条件。

2.1.3 气态。气体分子的运动规律。气体定律。(包括利用分子速度的 Boltzmann 分布的图解。) $PV=nRT$,道尔顿定律及其对理想气体的偏离。分子间作用力的本质,它们的强度及影响因素。分子体积概念。气-液、气-固转化的几个条件。液化气体。升华。

2. 1. 4 液态。与气态比较,认识分子的动态,用动态解释气—液、液—固转化,蒸气压概念。

要使学生能从以下几点理解微观结构的特点:

(1) 从气态到液态到固态的变化是连续的。这种变化在宏观上的表现(流动性、可压缩性等)与微观结构〔分子(离子)间的相互作用〕有关系。化学上讲这个问题与物理学不同处就在于把分子(离子)间相互作用放进去。

(2) 分子是运动的,由气→液→固是分子运动自由度降低的结果。

(3) 把能量变化做为讨论三种状态结构和转变的基础。对固态的讨论还要引入晶格能概念。

(4) 在认识固态结构时要从密堆积观点来使学生认识到为什么不同分子和离子会构成那么多不同的晶体。举例说明立方、体心、面心晶格。

注: 2. 1 节可以放在原子和分子结构之后讨论。

2.2 溶液

2. 2. 1 溶液。相。均相和异相混合物。溶液。溶液的组成。溶质和溶剂。

2. 2. 2 溶液的形成。溶解过程。溶剂化作用。溶解时发生的物理化学变化。

2. 2. 3 溶解度。影响溶解度的因素: 温度、压力、溶剂等。相似相溶。饱和、不饱和及过饱和溶液。

针对以上概念应使学生:

(1) 对一个具体溶解过程, 写出它包含的化学反应式, 预计溶液的组成。

(2) 为溶解一种物质选择溶剂。

(3) 会配制各种溶液。会利用溶解度以重结晶、沉淀等方法分离纯化一种物质。

2. 2. 4 浓度。百分浓度。物质的量浓度。质量摩尔浓度。摩尔分数。有关计算。

2. 2. 5 稀溶液通性。用以测分子量, 盐产生的离子数 (组成), 测定物质在溶液中的状态等。

2. 3 化学平衡

2. 3. 1 可逆反应和动态平衡

要使学生理解 (1) 可逆性是指正逆反应在同条件下同时发生的; (2) 能量变化 (可给 ΔH 、 ΔG 、 ΔS 等概念) 是决定可逆反应进行趋势的基础。而可逆反应必定伴随能量变化。能量变化是反应的推动力; (3) 正、逆反应速度和净速度的关系; (4) 平衡的建立是一个过程。要有反应进行时间的概念; (5) 所有这些讨论都建立在反应过程中不再有物质或能量变化的基础上。(在讨论时, 最好让学生理解“系统”概念, 分清开放的、封闭的和隔离的系统。)

所有讨论都应联系实际。

2. 3. 2 影响化学平衡的因素——温度、压强、浓度。

吕·查德里原理。要注意: (1) 使学生理解为什么要用吕·查德里原理总结影响平衡的因素。要求学生以吕·查德里原理为指导思想分析判断各种因素的影响; (2) 使学生从实际出发理解温度、压强、浓度等因素。特别要使学生从整个系统出发来考虑问题。例如以 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 为例说明压强可以因压缩容器引起, 也可以在刚性容器中通 N_2 、通 H_2 ……引起, 但效果不同; (3) 引导学生讨论为什么这些因素影响平衡; (4) 理解用达到平衡时参与反应的物质的浓度 (气体的压强) 来表示平衡状态。平衡移动的表现上述参与平衡各物浓度的改变。

2. 3. 3 平衡常数。平衡常数的关系式及意义。如何用平衡常数定量地预测平衡位置及移动 (参与平衡各物浓度及其变化)。

要求学生 (1) 写平衡常数关系式, 并通过计算来解决平衡预测问题; (2) 理解浓度、压强及温度影响平衡及平衡常数的原理。理解 K_c 和 K_p 两种平衡常数的关系; (3) 一个复杂反应由几个可逆反应组合成时, 可以由各反应的平衡常数关系式写出总的平衡常数关系式; (4) 把 $\Delta G^\ominus$ 和 K 联系起来 (至少是定性的); (5)

利用平衡常数关系式计算。在这一方面最好引入质量平衡 (mass balance) 概念, 用它表示系统中每种组分总浓度与各种形态之间的关系。用这个关系表示各种型体的平衡浓度, 代入平衡常数关系式计算平衡浓度。

2.4 反应速度和反应机理

2.4.1 反应速度的表示方法。恒速反应和变速反应。速度的表示方法。

2.4.2 反应过程和机理。反应是怎样进行的? 一步反应和多步反应过程。基元反应的组合。限速步骤。

2.4.3 影响速度的因素

(1) 浓度。速度方程 (速度 $= k [A]^a [B]^b$ 等), 速度常数, 反应级数, 反应进程。从实验测定的反应级数, 推测反应机理。要使学生 (a) 理解速度方程是实验测出来的, 不是按反应式写出来的, 由各反应物不同浓度时的反应速度推导速度方程, 也就是确定反应级数; (2) 了解反应级数 (总级数和每种反应物浓度的级数); (3) 由上述反应级数推测反应机理。但注意所推机理从化学角度来说说是合理的。

(2) 温度。温度是通过影响速度常数影响速度的。活化能概念。活化能和反应速度的关系。温度影响速度的解释。

(3) 催化剂。反应途径。活化能降低。中间络合物。

在讨论影响反应速度的因素时, 要使学生 (a) 理解如何测出反应级数并推测反应机理; (b) 把影响平衡和影响速度的因素结合起来。比如温度升高加快了某反应的速度, 但也使平衡移动。综合两者可估计某一实际反应如何受温度影响; (c) 判断一个反应从平衡 (热力学) 角度来说是否可以实现, 从动力学角度来说是否可以实现。理解有些反应之所以表现上看不能进行, 实际上是因为速度太慢; (d) 联系生产、生活和生命现象实际讨论。如固体催化剂、酶催化等。

2.5 电离平衡

2.5.1 电离及电解质。强弱电解质。

2. 5. 2 电解质在水溶液中发生的反应。离子反应。离子反应发生的动力。简单的和复杂的离子反应。

请注意基本方法训练：写离子反应方程式。判断反应发生的可能性以及如何把一个复杂的离子反应拆成几个简单的离子反应（或反过来）并估计其反应的可能性等。

2. 5. 3 导电度。导电度和化合物组成的关系。反应中导电度及其变化。用导电度研究反应。

请注意：用实例说明在用一离子溶液去滴定与之反应的另一离子溶液时，用电导测量来监测反应。可以研究反应生成物的组成。并由此推出用类似方法（滴定法）研究反应的可能性。

2. 5. 4 酸碱反应

(1) 酸碱的电离。质子理论 (Bronsted-Lowry 理论)。电离常数 (用 K 及 pK 表示)。酸碱的元数，强弱酸碱及其与导电度关系。电离度。电离度与浓度的关系。稀释定律。影响电离度的因素：溶剂、共存电解质、同离子效应……水的离子积和 pH 值。

请注意以下基本训练：(a) K_a 和 K_b 的关系；(b) K 与 pK 的关系。用它们说出酸碱强弱；(c) 用导电度和其他类似性质（如下面的 pH）的测量研究电离程度；(d) 用 K 及 α 的计算。要求能以稀释定律预测或解释一些现象。如预测在把一个弱酸 (HA) 由无水状态用水稀释时，溶液中 $[H^+]$ 的变化；(e) 计算含酸碱溶液的氢离子浓度和其他型体的浓度。介绍质量平衡和电荷平衡的关系；(f) pH 与氢离子浓度的关系（可引入活度）；(g) 怎样测 pH 值，指示剂法和 pH 计法。

(2) 缓冲溶液。缓冲作用。缓冲溶液的组成与 pH 的关系，Henderson 方程的应用。缓冲溶液的具体配制方法。注意缓冲概念的实际应用。比如血液 pH 的维持。

(3) 中和、水解、取代等反应的本质（用质子的竞争来概括）。滴定时溶液 pH 与组成变化的关系。

(4) 弱酸碱及它们的盐在水溶液中存在的形态。型体分布与 pH 的关系。

2. 5. 5 沉淀反应 离子间形成金属氢氧化物或盐沉淀的反应, 生成条件。与非电解质的沉淀比较。溶度积原理。影响沉淀平衡的因素: pH、同离子效应等。

要注意让学生(a)了解溶度积是判断难溶化合物沉淀的依据, 它与溶解度的关系;(b)掌握从溶度积大小比较溶解度大小的方法;(c)做为双重电离平衡的例子研究难溶弱酸盐沉淀反应与pH的关系。通过举例说明双重平衡处理方法。

2. 5. 6 络合物形成反应。络合物的组成与结构。络合物的立体构型。配价键的形成。络合物的形成、解离平衡。络合物的稳定常数和不稳定常数。络合型体的分配。pH对络合平衡的影响。

注意(a)使学生把各种平衡间的共性掌握好, 力求举一反三;(b)在了解配合平衡时要特别注意逐级形成与解离, 知道如何估计各型体的浓度和浓度比;(c)在立体构型中以平面正方、四面体、八面体为例说明异构现象。

2. 5. 7 电离平衡总结。说明不同电离平衡的共性和共同的处理方法, 使学生能解决更多的类似问题。

2.6 氧化还原反应及电化学

2. 6. 1. 氧化还原反应的基本概念。氧化与还原, 氧化型与还原型, 氧化剂与还原剂, 氧化数。氧化与还原是竞争电子、发生电子转移的反应。半反应和电对。氧化还原反应的平衡位置与竞争电子能力的关系。氧化还原方程式的配平。

2. 6. 2. 氧化还原电位。原电池的组成和产生电流的原理。电动势和电极电位。标准电极电位(或氧化还原电位)和电极组成的关系。氧化、还原的两个半反应可以组成一个电池, 它们的氧化还原电位决定反应的进度。电池和电池反应的写法。

标准氧化还原电位与氧化还原电位。浓度、温度、压力等因素对电位的影响。Nernst 方程。

标准氧化还原电位顺序表。氧化还原反应进度的判断。注意让学生认识到由这个顺序表所得的结论是: 所有反应物浓度为

$1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (包括 $[\text{H}^+]$ 或 $[\text{OH}^-]$), $T=298\text{K}$ 。压强为 101325Pa 时的电位,反映此时氧化还原能力。因此改变浓度等可改变进度,有时会改变反应方向。

2. 6. 3 电解电池和原电池的区别。怎样组成电解电池。电解电池作用原理及电池反应。反应转化率与电量的关系。应注意使学生理解用电解电池可执行许多氧化还原反应以制得各种用普通反应不能合成的物质。

2. 6. 4 电池。铅蓄电池。干电池。燃料电池。

第三部分 无机化学

3. 1 元素周期律

1—36 号元素原子核外电子排布。随着原子序数增大,(二、三周期元素)原子半径、熔点、沸点、第一电离能、电负性及化合价的递变规律。二、三周期元素的(正常)氧化物、氯化物及氢化物的性质及其递变。第 I (全是金属)、第 IV (非金属向金属过渡)、第 VII (全是非金属)主族元素性质变化规律。第一过渡系元素的性质及相邻元素的相似性。

3. 2 元素性质

3. 2. 1 钠、钾、镁、钙、铝、铁、铜、银、锌等金属的物理性质及用途,它们跟氧、氮、氯、酸(氧化性酸和非氧化性酸)、碱等的反应。这些金属的氧化物(包括过氧化物)、氢氧化物、硫化物、卤化物、碳酸盐、硝酸盐、硫酸盐及某些复盐的性质和用途。铁、铜、银、锌的重要络离子。焰色反应。锰(II)、锰(IV)、锰(VI)化合物的性质。铬(III)和铬(VI)化合物的性质。

3. 2. 2 卤素、氧、硫、氮、磷、碳等非金属单质的性质和用途,它们跟氧、酸、碱的反应。制备卤素、硫、氢。从空气中分离氧和氮。氧、硫、磷、碳的同素异形体。卤素、氧、硫、氮、磷、碳、硅的氢化合物、氧化物、卤化物、含氧酸及其盐的性质

和用途。氧化硫、氧化氮的污染及防治。

3. 2. 3 铵盐的性质和用途。肥料。

3. 2. 4 过氧化物、硫化物和硫代酸盐。

3. 2. 5 配合物。软硬酸碱 (HSAB) 理论。

3.3 阴、阳离子的性质

常见金属离子 (包括铵) 和碱、氨水、硫化氢、硫化钠、碳酸钠、硫酸钠、磷酸钠 (后三种包括酸式盐)、卤离子的反应。卤化银和氨水、硫代硫酸钠的反应。难溶硫化物和硫化钠、多硫化钠的反应。

卤离子、硫离子、碳酸根、草酸根、亚硫酸根、硫酸根、磷酸根 (后三种包括酸式根) 和可溶性钡盐、银盐、锌盐、钙盐的反应。

还原性离子和碘、高锰酸钾、重铬酸钾、过氧化氢……等氧化剂的反应。氧化性离子和碘离子, 亚硝酸根、亚硫酸根、硫代硫酸根……等还原剂反应。

3. 4 无机物合成及提纯

3. 4. 1 常见金属含氧硫酸盐 (硫酸盐、碳酸盐、草酸盐、硝酸盐、磷酸盐……) 的合成。

3. 4. 2 重结晶、萃取、离子交换。

第四部分 分析化学

4.1 定性分析

4. 1. 1 检出可能存在的常见的阴离子和阳离子。盐类在水中的溶解度表。难溶物的溶解。

4. 1. 2 检出可能存在的下列物质: 还原剂、氧化剂、酸、碱、铵离子、碳酸根、亚硫酸根、氨、二氧化碳、硫、淀粉、碘、氯、氧、氢。

4.2 定量分析

- 4. 2. 1 滴定反应的共同特点
- 4. 2. 2 中和滴定。氧化还原滴定。直接滴定和间接滴定的特征。
- 4. 2. 3 酸碱的反应。碘量法所用的指示剂。
- 4. 2. 4 络合滴定和沉淀滴定。

第五部分 有机化学

5.1 有机化学命名 (IUPAC)

5.2 结构理论

5. 2. 1. σ 键、 π 键的概念, 分子模型的概念, 例如乙烷、乙烯和苯等。

5. 2. 2. 异构的概念。互变异构、几何异构、旋光异构及构象等立体化学等。

5. 2. 3. 化合物的结构测定。有机化合物的官能团与红外光谱的关系及其化学鉴定。

5. 2. 4. 分子结构和酸碱关系, 包括取代基对分子酸碱性的影响以及 Lewis 酸碱理论。

5.3 反应机理

5. 3. 1. 游离基反应。

5. 3. 2. 亲电性加成反应。

5. 3. 3. 亲电性取代反应, 包括诱导、共轭效应, 电子离域等概念, 有关位阻等立体效应概念。

5. 3. 4 亲核性取代反应 (S_N1 , S_N2)。

5. 3. 5 亲核性加成反应。

5. 3. 6 消除反应。

5. 3. 7 协同反应 (Diels-Alder 反应, 环合加成等)

5. 3. 8 常见的重排反应

5.4 各类官能团化合物的基本性质

5. 4. 1 烃类 烷、烯、炔和芳烃的理化性质及应用, 包括