

# 中国化学奥林匹克基本要求

(2024 年修订版)

## 前言说明

1. 本基本要求旨在明确中国化学奥林匹克初赛及决赛试题的基本要求，并作为命题的依据。
2. 普通高中化学课程标准现行版及高考规定的内容均属中国化学奥林匹克基本要求。高中数学、物理、生物、地理与环境科学等学科的基本内容(包括与化学相关的我国基本国情、宇宙、地球的基本知识等)也是中国化学奥林匹克要求的内容。在此基础上，中国化学奥林匹克基本要求对其作适当延伸，并且是中学化学内容的自然生长点。
3. 本基本要求适用于初赛和决赛。国家代表队选手选拔赛要求包括但不限于本要求。

## 化学原理

1. 了解有效数字的概念，并在计算中合理使用有效数字。
2. 了解理想气体、理想气体的标况和标准态、气体常数  $R$ ，会利用理想气体状态方程、Dalton 分压定律进行计算；了解气体分子量测定的基本原理。
3. 了解分散相、连续相的概念；掌握溶液浓度、溶解度及其单位和换算。
4. 掌握元素周期律和元素周期系：了解 1~18 族、主族、副族、过渡元素、铂系元素、稀土元素的概念；了解同族元素、同周期元素的原子序数和性质变化之间的规律及对角规则；了解各区元素的基本化学性质。
5. 了解常见的酸碱理论，包括质子酸碱理论、Lewis 酸碱理论、软硬酸碱理论；会基于质子酸碱理论分析和处理溶液中的酸碱平衡，计算相关物种的浓度；了解缓冲溶液的概念及相关计算。
6. 了解化学反应的热效应和焓的概念，理解并掌握盖斯定律；了解熵和 Gibbs 自由能的初步概念；会利用  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  判断自发反应方向；会利用物质的标准生成热力学函数计算反应的标准热力学函数；了解化学反应的标准态下反应的 Gibbs 自由能变化值与反应标准平衡常数的关系  $\Delta_r G_m^\ominus = -RT \ln K^\ominus$ ；了解标准平衡常数与经验平衡常数的关系；了解化学中的标准态和生物

化学中的标准态。

7. 了解化学平衡和化学反应速率的概念；了解平衡常数、解离常数、溶度积、配合物的稳定常数、转化率的概念；会利用平衡常数和化学反应等温式进行基本计算；了解速率方程、反应级数、速率常数、活化能、指前因子的概念。
8. 了解氧化态、氧化还原反应、氧化还原反应方程式；了解电极、原电池、电解池的概念及其相关化学反应和符号书写；了解标准电极电势的概念及其与氧化还原反应方向之间的关系；了解 Nernst 方程，掌握基于该方程的基本计算；了解常见的化学电源。
9. 了解原子结构的基本知识，理解核外电子的运动状态，会用 s、p、d、f 等表示电子构型；了解电离能、电子亲和能、电负性的概念；了解原子半径、离子半径、共价半径的概念。
10. 了解共价键、离子键和金属键的概念；了解键长、键角、键级、键能的概念；了解键的极性和分子极性、分子偶极矩及其关系；了解价层电子对互斥理论、杂化轨道理论；了解分子轨道的概念和双原子体系的分子轨道各能级排布(不要求量子力学计算)，会书写 Lewis 结构式；了解  $\sigma$  键、 $\pi$  键、离域  $\pi$  键、等电子体等概念。
11. 了解分子间相互作用力，包括范德华力、氢键、疏水相互作用、静电力等对分子间相互作用及其对物质性质的影响，尤其对有机物质的沸点、熔点等物理性质的影响；了解溶剂类型、溶剂极性及其溶剂化作用。
12. 了解配位键和配合物的概念；了解螯合物和螯合效应；了解配合物的几何构型和异构现象；了解配合物的杂化轨道理论和晶体场理论，会用它们对配合物的颜色、磁性、稳定性进行定性解释；理解配合反应及其与酸碱、沉淀、氧化还原反应的相互影响。

### 无机和结构化学

13. 了解常见的元素化学知识，包括氢、卤素、氧、硫、氮、磷、碳、硅、锡、铅、硼、铝、碱金属、碱土金属、稀有气体；钛、钒、铬、锰、铁、钴、镍、铜、银、金、锌、汞、钼、钨等；了解氧化物、氢氧化物、无机酸碱和氢化物的基本分类和主要性质；了解常见的难溶物；了解制备单质的一般方法。

14. 了解常见的对称元素和对称操作, 包括旋转和旋转轴、反映和镜面、映轴和反轴、反演和对称中心等。
15. 了解离子晶体、原子晶体(共价晶体)、金属晶体、分子晶体的概念; 了解离子晶体晶格能的计算方法。
16. 了解等径球堆积的基本方式(简单立方、体心立方、立方密堆积和六方密堆积)与填隙类型; 了解晶格、晶格常数、晶胞、晶胞参数、点阵类型的概念; 了解原子坐标参数, 并会基本的计算。
17. 了解常见的晶体结构类型如 NaCl 型、CsCl 型、立方 ZnS 型、CaF<sub>2</sub> 型、金红石型、钙钛矿型、金刚石型等结构特点; 了解常见物质如石墨、钾、镁、铜、干冰、天然冰、二氧化硅等结构。

### 分析化学

18. 了解待测物、基准物质、标准溶液、指示剂、滴定反应等容量分析基本概念; 了解滴定曲线及其影响因素; 了解容量分析、重量分析基本原理, 会根据滴定结果进行计算, 并掌握酸碱滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定、络合滴定平衡计算。
19. 了解测量科学中的偏差、误差和数据处理; 了解分析结果的准确度和精密度。
20. 了解分光光度法和比色分析的基本原理, 会使用 Lambert-Beer 定律进行计算。

### 有机化学

21. 了解杂化轨道理论, 据此理解 sp<sup>3</sup>、sp<sup>2</sup>、sp 杂化的碳原子几何结构, 乙烷、乙烯、乙炔中碳碳和碳氢的成键方式, σ 键、π 键的特征; 了解碳杂原子单键的成键方式, 包括卤代烃、醇、酚、醚、胺等结构中杂原子的杂化方式及对几何结构的影响; 了解碳杂原子双键的成键方式, 包括醛、酮、醌、羧酸及衍生物等结构中杂原子的杂化方式及对几何结构的影响; 了解碳杂原子叁键的成键方式, 腈结构中氮原子的杂化方式及对几何结构的影响等。
22. 了解分子轨道理论, 定性了解原子轨道组成分子轨道的基本规则, 成键轨道、反键轨道、非键轨道、最高已占轨道、最低未占轨道、单电子占有轨道等含义, 碳碳单键和双键、碳杂原子单键和双键等的成键轨道和反键轨道形状和

能级等。

23. 了解有机化合物结构的表达形式, 包括 Lewis 式和 Kekule 式、Fischer 投影式和楔形式、锯架式和 Newman 投影式等, 理解八隅规则、孤对电子、形式电荷、不饱和度等概念在书写结构中的意义。
24. 了解有机化合物异构的表现形式, 包括构造异构体和立体异构体; 其中, 立体异构体包括构象、构型、顺反、对映/非对映、端基、差向、苏式/赤式、内向型/外向型等异构体、内消旋体和外消旋体等。
25. 了解互变异构现象及其影响因素, 包括羰基化合物和烯醇之间的互变异构, 亚胺与烯胺之间的互变异构; 了解互变异构对酸性的影响等。
26. 了解有机化合物的系统命名规则, Cahn-Ingold-Prelog 次序规则, 绝对构型 *R/S* 和相对构型 *D/L* 的判断等。
27. 了解有机化合物手性, 旋光度和比旋光度, 光学活性和对称元素, 手性中心、手性面、手性轴, 潜手性中心、潜手性面、潜手性轴等。
28. 了解有机化合物结构稳定性, 包括排斥力、扭转力、角张力, 邻位交叉效应、端基效应、偕二甲基效应、立体电子效应, 1,3-双直立键、偶极、氢键等。
29. 了解共振论, 离域电子和定域电子、共轭和共振与共振稳定化能、共振式和共振杂化体及共振式的相对稳定性; 共轭二烯和苯环的成键方式和分子轨道、芳香性和休克尔规则; 芳香性、反芳香性、非芳香性和同芳香性; 取代基效应包括共轭效应、诱导效应、超共轭效应, 如硅基效应等。
30. 了解有机化合物波谱鉴定方法, 包括电磁波频率、波长和能量的关系, 电磁波和波谱技术, 紫外光谱中共轭体系和最大吸收波长, 红外光谱中简单官能团的伸缩振动和弯曲振动, 氢核磁共振中化学位移、耦合常数和积分面积等 (注释: 无需记忆常见官能团的振动波数或常见  $^1\text{H}$  和  $^{13}\text{C}$  的化学位移位置)。
31. 了解有机反应本质和发生电子转移的必要条件。
32. 了解有机反应机理的描述方式(电子对和单电子转移的表现形式)和基本研究方法(中间体分离、反应动力学、动力学同位素效应等)。
33. 了解有机反应进程图, 一步或多步反应的特征, 有机物种结构和反应时间的关系, 中间体和过渡态, 反应决速步、动力学控制和热力学控制, 反应的微观可逆等。

34. 了解常见有机反应中间体结构、相对稳定性, 包括碳正离子、碳负离子、碳自由基、苯炔、卡宾等; 了解过渡态的结构及相对稳定性; 了解活性物种的结构特征及反应, 包括烯酮、烯酮亚胺、重氮化合物、芳基重氮盐、亚胺叶立德、磷叶立德、铈叶立德等。
35. 了解酸碱理论, 理解有机化合物结构和环境对相对酸碱性的影响, 判断有机化合物的相对酸性; 了解酸碱催化对有机反应速率的影响。
36. 了解有机反应种类, 包括加成、消除、取代、以及重排等; 了解反应的选择性, 包括化学选择性、区域选择性、立体选择性(对映选择性和非对映选择性)等; 了解反应的评价方法, 包括反应的原子经济性、反应的转化率和产率等。
37. 了解烷烃的自由基取代反应, 理解链式反应的特征(链引发、链增长、链终止等)、反应速率, 以及反应选择性等。
38. 了解烯烃的亲电加成(EA), 以电子转移、轨道重叠为基础的烯烃亲电加成反应机理, 底物结构对亲电加成反应速率的影响, 亲电试剂的种类和获得方法, 反应的区域选择性和立体选择性控制、环己烯亲电加成反应的立体专一性; 了解烯烃和炔烃发生亲电加成反应的相对反应性; 了解共轭二烯烃亲电加成反应的动力学控制和热力学控制等。
39. 了解邻基参与的轨道方向性, 邻基参与的基团包括杂原子的孤电子对、单键、双键、叁键和芳环等; 了解 Baldwin 规则和亲电环化反应等。
40. 了解重排反应的选择性由轨道方向性和基团迁移能力所决定; 了解亲核重排的反应机理。
41. 了解芳香烃亲电取代反应( $S_EAr$ )的机理, 底物结构对亲电取代反应的影响, 致活基和致钝基、邻对位定位基和间位定位基的概念等。
42. 了解卤代脂肪烃的双分子亲核取代反应( $S_N2$ )和单分子亲核取代反应( $S_N1$ )的动力学及立体化学特征, 底物结构、亲核试剂、离去基团和溶剂对亲核取代反应的影响、卤代环己烷的亲核取代、 $S_N2$  和  $S_N1$  的竞争等。
43. 了解卤代脂肪烃的双分子消除反应(E2)和单分子消除反应(E1)及经共轭碱中间体的消除反应(E1cb), 及其动力学及立体化学特征, 底物结构、亲核试剂、离去基团和溶剂对消除反应的影响、Cope 消除和 Hofmann 消除的特征、卤代环己烷的消除反应、E2 和 E1 的竞争、取代( $S_N$ )和消除(E)的竞争等。

44. 了解卤代芳香烃的亲核取代反应( $S_NAr$ ), 包括经过加成消除的芳香烃亲核取代反应机理( $S_NAr AE$ )、经过消除加成的芳香烃亲核取代反应机理( $S_NAr EA$ )、亲核试剂含有离去基团的间接亲核取代反应(VNS); 了解底物结构对这些芳香烃亲核取代反应的影响等。
45. 了解羰基化合物亲核加成, 底物结构、亲核试剂等对羰基亲核加成反应的影响、取代环己酮亲核加成的立体选择性等。
46. 了解羰基化合物  $\alpha$ -H 的酸性、烯醇和烯醇负离子的形成、亲核性, 及其反应。
47. 了解羧酸及羧酸衍生物, 包括酰卤、酸酐、酯、酰胺、腈和异腈等; 了解酰基亲核取代反应的特征及底物结构对相对反应性的影响; 酯水解( $B_{Ac2}$ )反应种类和特征, 包括碱催化双分子酰氧断裂酯水解、酸催化双分子酰氧断裂酯水解( $A_{Ac2}$ )等。
48. 了解磷化合物及不同氧化态、磷叶立德和羰基化合物的反应; 了解含硫化合物及不同氧化态、硫叶立德和羰基化合物的反应、Swern 氧化反应的机理; 了解含硅化合物之硅基效应等。
49. 了解有机化合物的氧化和还原, 碳的氧化态, 碳碳双键进行氧化反应的种类及特征、碳碳叁键和芳香烃的溶解金属还原、碳卤单键和还原金属的氧化加成及极性反转、羰基化合物的选择性氧化与还原、Cannizzaro 反应、羧酸及羧酸衍生物的选择性还原等。
50. 了解周环反应特点, 前线分子轨道理论和 Woodward-Hoffman 规则等; 周环反应包括电环化反应、环加成反应、 $\sigma$ -迁移反应、ene 反应等。
51. 了解有机合成初步, 逆合成思维的方法; 了解活性基团的保护和去保护, 包括(硅)醚键的形成及醇的保护和去保护、(硫)缩醛酮的形成及羰基的保护和去保护、氨基的保护和去保护、羧基的保护和去保护等;
52. 了解金属有机初级知识, 了解主族金属有机化合物, 包括 Grignard 试剂的形成和反应, 锂试剂、铜锂试剂等的形成和反应等。
53. 了解杂环化合物, 脂杂环化合物和芳香杂环化合物的特征; 脂杂环的立体构型和异头碳效应; 了解芳香杂环化合物, 包括五元杂环的吡咯、呋喃、噻吩、咪唑、吡啶、苯并咪唑、三氮唑和苯并三氮唑等, 六元杂环的吡啶、喹啉、异喹啉等; 芳香杂环化合物亲电取代反应的反应性和定位规律, 芳香杂环化

- 合物亲核取代反应的反应性等；呋喃和吡咯等的合成方法。
54. 了解单糖如甘油醛、核糖、葡萄糖、果糖、甘露糖、半乳糖等结构，单糖的 Fischer 投影式、吡喃糖和呋喃糖的形成、环状半缩醛的 Harworth 式；糖的鉴定；高碘酸氧化反应；糖的递增反应和递减反应；了解二糖如麦芽糖、纤维二糖、乳糖、蔗糖等结构，糖苷键的连接方式，还原糖、非还原糖、变旋现象和转化糖等的含义。
55. 了解氨基酸的结构、等电点；氨基酸和多肽的合成、氨基的保护与脱保护、羧基的保护与脱保护、羧基的活化等。
56. 了解合成高分子的组成与结构特点，能根据合成高分子的结构简式写出相应的重复单元和单体。
57. 了解分子识别和自组装的基本原理，了解大分子和超分子的结构特征；超分子组装过程的热力学基础。

### 化学实验基本要求与参考实验

- 总则：**掌握实验安全基本要求和安全常识，遵守安全规则。在实验室和任何实验中都必须做好安全防护。
58. 会选择合适的器皿配制溶液；使用定量仪器进行测量时，会对测量数据进行科学读取和处理；了解实验方法对有效数字的制约。
59. 了解水溶液中的常见离子的颜色、化学性质、定性检出(不包括特殊试剂)和一般分离方法。
60. 了解常见有机官能团的定性鉴定方法。
61. 了解制备与合成的基本操作流程，会通过中间过程检测(如 pH、温度、颜色等)对实验条件进行控制。
62. 掌握常见的固液分离方法，会合理选择分离方式和洗涤试剂。掌握重结晶操作，会合理选择溶剂和处理方式并估算溶质/溶剂的相对量。
63. 掌握常见的滴定基本操作。
64. 了解比色分析和分光光度法的基本操作，会使用 Lambert-Beer 定律进行计算。
65. 会正确处置废弃物，会洗涤和干燥仪器，会合理整理实验台面，会正确记录和处理原始实验数据。

66. 实验的考察指标包括实验记录、称量准确性、仪器正确操作与使用、常用酸碱、氧化还原和络合指示剂、溶液配制与逐级稀释、结果的分析、数据的正确处理、除杂原理中间控制检验法、比色法、比浊法等限量分析方法产品等级等。
67. 决赛的实验考试将选择近十年国际比赛的实验考试题目作为决赛的实验要求。
68. 具体实验和内容见附件一。

竞赛委员会



## 决赛要求

1. 了解箱中粒子模型的能量本征解的表达式，并可应用其解释分子的电子光谱等；了解分子的能级、零点能的概念。
2. 了解原子轨道的概念；了解四个量子数的物理意义及取值；会利用 Bohr 原子模型计算氢原子和类氢离子的原子轨道能量。
3. 了解配合物的分裂能、电子成对能、稳定化能。
4. 了解能量、热、功、热容等概念；了解热力学中的基本概念和热力学三大定律。了解热化学循环；了解热力学函数的变化值的计算及应用；了解规定熵、残余熵和量热熵，会使用 Kirchhoff 定律进行简单计算，会使用 van't Hoff 等温方程进行计算；了解相、相律和单组分体系相图，会使用 Clapeyron 方程进行计算。了解统计熵的 Boltzmann 公式和 Boltzmann 最概然分布公式 (不要求推导)，并会用 Boltzmann 最概然分布公式进行简单计算(不要求热力学函数的统计形式计算)。
5. 了解稀溶液的通性，包括沸点升高、凝固点降低、渗透压的依数性等；了解 Raoult 定律和 Henry 定律及其简单计算；了解相似相溶原理。
6. 了解两亲性分子的概念及其组装；了解胶体的分类、胶体的形成和破坏、胶粒的基本结构、典型胶体(胶束、二维膜、胶粒)的基本性质。
7. 会用实验数据推求反应级数；了解 Arrhenius 方程及其简单计算；了解活化能与正逆反应热的关系；了解一级反应速率方程的微分式和积分式，了解整数级数反应的速率常数和半衰期的关系；了解反应速率的影响因素。
8. 定性了解反应进程图和势能曲线(仅限二维)；定性了解碰撞理论和过渡态理论及其对活化能和指前因子的解释；了解反应机理一般概念及推求速率方程的基本方法(决速步；平衡近似和稳态近似)；了解催化剂及对反应的影响，并结合反应进程图定性说明；了解均相催化的特点及相关计算；了解酶催化反应的特点及相关计算；了解光对化学反应速率的影响。
9. 了解表面张力(不要求表面热力学)和表面吸附的基本概念；了解 Langmuir 等温吸附方程并进行简单推导和计算；了解多相催化反应的基本特点。
10. 了解电化学反应的电池电动势、Gibbs 自由能变和反应方向的关系；了解标准电池电动势、标准 Gibbs 自由能变和平衡常数的关系；基于 Nernst 方程，定

量分析 pH 对电极电势、电池的电动势以及氧化还原反应方向的影响，定量分析沉淀剂、络合剂对氧化还原反应方向的影响；了解电流密度和电化学反应速率的关系。

11. 了解过渡金属有机的常见基本反应，包括配体的结合和解离、氧化加成和还原消除、插入反应和反插入反应等；了解过渡金属络合物，包括过渡金属络合物的结构特征、过渡金属络合物的四大基元反应等。
12. 了解过渡金属配合物结构；了解中心金属的核外电子结构、中心金属氧化态、中心金属杂化类型和结构之间的关系等；了解配体的类型和 18 电子规则等。
13. 了解超分子聚合物的聚合原理和其与共价聚合物之间的区别。
14. 对超分子化学中的非共价相互作用有明确的认识，如范德华力、氢键(单重、多重)、静电力、 $\pi$ - $\pi$  堆积、配位键等。
15. 了解主客体化学的基本原理，了解冠醚、环糊精、杯芳烃、葫芦脲等主体分子以及轮烷和索烃等机械互锁结构。

## 附件一

## 具体实验和内容

实验名称	实验内容
单一物质的鉴定	结合提供试剂和所提供的信息完成操作(试剂与样品、样品间的互滴反应, 生成的沉淀或气体的进一步反应等); 观察与记录实验现象; 现象分析; 判定最终结果。
混合离子的分离、鉴定	结合所提供试剂和信息完成操作; 观察与记录实验现象; 现象分析, 推断未知成分; 判定最终结果。
有机官能团的鉴定	根据反应现象推断官能团。
系列化合物或离子的基本性质排序	结合所提供试剂和信息完成操作包括但不限于这些实验: $F^-$ 、 $SCN^-$ 、 $C_2O_4^{2-}$ 、 $CN^-$ 与 $Fe^{3+}$ 的稳定常数; $Cl^-$ 、 $Br^-$ 、 $I^-$ 、 $S^{2-}$ 的还原性; $Fe$ 、 $Cu$ 、 $Sb$ 、 $Bi$ 的氧化物、硫化物的酸碱性。
晶体结构、分子结构球棍模型的搭建	根据相关信息搭建结构模型; 找出晶体结构的典型对称元素、描述结构中配位多面体类型及其连接方式; 确定分子手性、原子的化学环境、配位构型等。
简单无机化合物的合成	无机化合物的合成和实验原理; 常规实验器材和仪器的规范使用; 反应条件如酸度、温度以及浓度的调控; 现象的观察、数据记录与数学处理(给定方法); 判定最终结果。
有机化合物的提纯	仪器和试剂的选择与使用; 操作如过滤、蒸馏、重结晶、萃取、干燥、升华、薄层色谱和柱色谱; 观察与记录实验现象; 数据处理与分析。
化合物制备过程中的除杂工艺	结合所提供试剂和信息完成操作; 包括但不限于这些实验: 除铁; 除硫酸根; 除碳酸根; 除钡等。
酸碱滴定	单一或混合酸组成及含量的测定; 单一或混合碱组成及含量的测定; 非水滴定(如滴定苯甲酸)。
配位滴定	包括但不限于这些实验: 水硬度的测定、返滴定法测定铝含量、固体指示剂检测钙含量。
氧化还原滴定	包括但不限于这些实验: 水中化学耗氧量(COD)的测定; 碘量法测定铜含量; 还原糖、维生素 C 的测定。
分光光度法	包括但不限于这些实验: 金属离子显色测定、亚硝酸盐测定、花青素的提取与含量测定、磷钼杂多酸法检测磷含量。