

中国科学院大学硕士研究生入学考试

《化学专业综合》大纲

本《化学专业综合》考试大纲适用于报考中国科学院大学的硕士研究生入学考试。考试形式为闭卷笔试，考试时间 180 分钟，总分 150 分。考核内容包括无机化学、分析化学和有机化学的基础内容，这些内容分别为：

一、无机化学部分考试内容

(一)无机化学

1、物质状态

- (1) 掌握理想气体状态方程，分压定律，分体积定律，了解实际气体的 van der Waals 方程，由分子运动论推导理想气体定律；
- (2) 掌握液体的蒸发，沸点；
- (3) 了解晶体的外形与内部结构。

2、原子结构

- (1) 理解氢原子光谱和玻尔理论，波粒二象性，几率密度和电子云，波函数的空间图象，四个量子数，多电子原子的能级；
- (2) 掌握核外电子排布的原则及其与元素周期表的关系，元素基本性质的周期性。

3、化学键与分子结构

- (1) 掌握离子键的形成与特点，离子的特征，离子晶体，晶格能；
- (2) 掌握共价键的本质、原理和特点；
- (3) 能够运用杂化轨道理论，价层电子对互斥理论，分子轨道理论；
- (4) 理解键参数与分子的性质；
- (5) 理解分子晶体和原子晶体；了解金属键的共性改价理论和能带理论，金属晶体；理解极性分子和非极性分子，分子间作用力，离子的极化，氢键。

4、氢和稀有气体

了解氢的成键特征，氢的性质、制备方法，氢的化合物，稀有气体的空间结构。

5、化学热力学初步

- (1) 熟练掌握热力学基本概念，热力学第一定律，理解可逆途径；
- (2) 灵活运用化学反应的热效应，盖斯定律，生成热与燃烧热，从键能估算反应热；
- (3) 了解反应方向概念，理解反应焓变对反应方向的影响，状态函数熵和吉布斯自由能。

6、化学反应速率

- (1) 初步理解反应速率理论；
- (2) 理解反应速率的影响因素。

7、化学平衡

- (1) 掌握化学反应的可逆性和化学平衡；
- (2) 灵活运用平衡常数，标准平衡常数 K^θ 与 $\Delta_r G_m^\theta$ 的关系；
- (3) 理解化学平衡移动的影响因素。

8、溶液

- (1) 掌握溶液浓度的表示方法；
- (2) 灵活运用溶解度原理和分配定律；
- (3) 掌握非电解质稀溶液的依数性；
- (4) 了解分散体系和溶胶的制备、性质，溶胶的电泳和粒子结构，溶胶的聚沉和稳定性，高分子溶液。

9、电解质溶液

- (1) 了解酸碱理论的发展；
- (2) 理解强电解质溶液理论；
- (3) 熟练掌握并灵活运用弱酸、弱碱的解离平衡和盐的水解，难溶性强电解质的沉淀溶解平衡。

10、氧化还原反应

- (1) 熟练掌握基本概念，氧化还原反应方程式的配平，原电池和电极电势。
- (2) 灵活运用电池电动势与化学反应吉布斯自由能的关系；
- (3) 理解电极电势的影响因素；
- (4) 熟练掌握电极电势的应用，电势图解及其应用；
- (5) 理解化学电池，电解。

11、卤素

理解卤素的通性，卤素单质及其化合物，含氧酸的氧化还原性。

12、氧族元素

- (1) 理解氧族元素的通性，氧，臭氧，水，过氧化氢，硫及其化合物；
- (2) 掌握无机酸强度的变化规律。

13、氮族元素

理解氮族元素的通性，氮及其化合物，磷及其化合物，了解砷、锑、铋及其化合物，盐类的热分解。

14、碳族元素

- (1) 理解碳族元素的通性，碳族元素的单质及其化合物；
- (2) 理解无机化合物的水解性。

15、硼族元素

- (1) 了解硼族元素的通性，硼族元素的单质及其化合物；
- (2) 掌握惰性电子对效应和周期表中的斜线关系。

16、碱金属和碱土金属

- (1) 了解碱金属和碱土金属的通性；
- (2) 理解碱金属和碱土金属的单质及其化合物，离子晶体盐类的水解性。

17、铜、锌副族

- (1) 一般了解铜族元素的通性、单质及其化合物；
- (2) 理解 IB 族与 IA 族元素性质对比；
- (3) 一般了解锌族元素的通性、单质及其化合物；
- (4) 理解 IIB 族与 IIA 族元素性质对比。

18、配位化合物

- (1) 理解配位化合物的基本概念；
- (2) 熟练掌握配合物的化学键理论；
- (3) 理解并掌握配位化合物的稳定性；
- (4) 了解配位化合物的重要性。

19、过渡金属 (I)

- (1) 一般了解钛、钒、铬、锰各分族元素及其重要化合物；
- (2) 掌握物质显色规律、显色原因及影响因素。

20、过渡金属 (II)

- (1) 一般了解铁系、铂系元素及其重要化合物；
- (2) 掌握过渡元素的通性。

21、镧系及锕系元素

- (1) 一般了解各系元素的电子层结构；
- (2) 理解镧系及锕系元素通性以及重要化合物。

二、分析化学部分考试内容

(一) 化学分析

1、概论

- (1) 了解分析化学的任务和作用；
- (2) 熟悉分析方法的分类；
- (3) 掌握基准物质和标准溶液等概念、标准溶液的配制方法；
- (4) 掌握滴定分析的方式、对化学反应的要求及相关计算。

2、分析试样的采集与制备

了解分析试样的采集、制备、分解及测定前的预处理。

3、分析化学中的误差与数据处理

(1) 掌握误差、偏差、准确度及精密度的概念、相互间的关系及计算方法。掌握有效数字的概念及运算规则；

- (3) 了解随机误差正态分布的特点及区间概率；
- (4) 掌握有限数据的 t 分布，利用 t 分布计算平均值的置信区间；
- (5) 掌握 t 检验、 F 检验和异常数据取舍的方法；
- (6) 了解误差的传递及计算；
- (7) 掌握一元线性回归分析法及线性相关性的评价。

4、分析化学中的质量保证与质量控制

- (1) 了解分析全过程的质量保证与质量控制；
- (2) 掌握标准方法与标准物质；
- (3) 了解不确定度和溯源性。

5、酸碱滴定法

- (1) 了解活度的概念和计算；
- (2) 掌握酸碱质子理论和酸碱平衡理论；
- (3) 掌握组分分布分数和氢离子浓度的计算方法；
- (4) 掌握酸碱指示剂的原理、变色范围及选择原则；
- (5) 熟悉酸碱滴定曲线方程的推导和滴定误差的计算；
- (6) 熟悉各种滴定方式，并能设计常见酸、碱的滴定分析方案；
- (7) 掌握缓冲溶液的组成、性质、缓冲容量以及 PH 值的计算方法。

6、络合滴定法

- (1) 掌握络合物溶液中的离解平衡、副反应系数和条件稳定常数的概念及计算；
- (2) 掌握络合滴定法的基本原理和化学计量点时金属离子浓度的计算；
- (3) 了解金属离子指示剂的原理；
- (4) 掌握络合滴定的方式、提高选择性的方法和滴定误差的计算。

7、氧化还原滴定法

- (1) 了解氧化还原平衡及影响氧化还原反应方向的因素；
- (2) 掌握标准电极电势及条件电极电势的概念、区别及计算方法；
- (3) 了解氧化还原滴定的样品预处理、指示剂的原理、滴定曲线和滴定误差计算；
- (4) 掌握 KMnO_4 法、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ 法及碘量法的原理和操作方法。

8、沉淀滴定法

掌握沉淀滴定法原理及其应用。

9、重量分析法

- (1) 掌握沉淀的溶解度的计算及影响沉淀溶解度的因素；
- (2) 了解沉淀的形成过程及影响沉淀纯度的因素；
- (3) 掌握沉淀条件的选择和重量分析结果的计算。

10、了解吸光度法基本原理，了解分析化学中常用的分离富集方法

(二) 仪器分析

1、绪论

了解分析化学中的仪器和方法，掌握分析仪器的性能指标和计算方法。

2、光谱分析

a. 光谱分析法导论

- (1) 了解电磁辐射的性质；
- (2) 掌握电磁辐射与物质相互作用的原理；
- (3) 了解光学分析仪器的大致构造。

b. 原子光谱

- (1) 掌握原子吸收光谱、原子发射光谱、原子荧光光谱、X 射线荧光法、X 射线吸收法、X 射线衍射法的基本原理；
- (2) 了解原子化的方法、试样引入技术、原子光谱仪器基本结构及分析中的干扰效应及抑制方法。

c. 分子光谱

- (1) 掌握紫外-可见吸收、荧光/磷光/化学发光、红外吸收、激光拉曼散射等光谱学方法，核磁共振波谱法，质谱法的基本原理和重要概念；
- (2) 熟练掌握光吸收定律、化学位移、简单自旋偶合和自旋分裂等概念及应用；
- (3) 掌握质谱的离子化方法和不同质量分析器的原理；
- (4) 了解光谱分析仪器的基本构造；
- (5) 能够灵活应用各种光谱解析简单化合物的化学结构。

3、电分析

- (1) 了解有关电池，电极反应，电池图解式的表示规则；
- (2) 掌握标准电极电位与条件电位的概念及能斯特公式的应用；
- (3) 掌握电位分析法，伏安法和极谱法，电解和库仑分析法的基本原理；
- (4) 掌握离子选择电极的基本原理、类型及性能参数，特点及应用；
- (5) 了解电解分析方法的应用。

4、分离方法

- (1) 了解化学中分离富集的方法和基本原理；
- (2) 掌握色谱法的基本理论、色谱分析定性及定量方法；
- (3) 掌握柱效/选择性/分离度的基本概念、影响因素及计算方法；
- (4) 了解各种色谱仪基本构造；
- (5) 掌握气相色谱固定相，气相色谱分离条件及检测器的选择原则，了解气相色谱分析方法及应用；
- (6) 掌握高效液相色谱分离的基本原理、方法分类和应用对象、分离条件及检测器的选择原则；
- (7) 掌握毛细管电泳法的基本原理及基本概念，了解其仪器构造。

三、 有机化学部分考试内容

(一) 有机化学基本理论

1、键和分子结构

(1) 化学键的本质与内涵

- 了解共价键的本质（极性、键长）

- 掌握电负性
- 掌握分子偶极

(2) Lewis 电子结构

- 熟练掌握 Lewis 结构式
- 掌握共振式
- 理解形式电荷

(3) 分子结构理论

- 熟练掌握价键理论（杂化轨道）
- 掌握分子轨道理论

2、酸和碱：有机反应及其机理

(1) 酸碱理论

- 掌握 Brønsted 酸碱理论
- 熟练掌握 Lewis 酸碱理论

(2) 酸离解常数 (K_a) 和 pK_a

- 了解 pK_a 定义
- 掌握 pK_a 应用

(3) 化合物结构和酸度关系

- 熟练掌握内因（中心原子、电子效应）
- 掌握外因（介质效应）

3、烷烃和构象分析

(1) 熟练掌握有机化合物的命名

(2) 掌握分子间作用力及对应物理性质

- 偶极-偶极作用力
- 氢键
- 色散力

(3) 掌握直链及环状烷烃构象分析

- 乙烷
- 丁烷
- 环丙烷、环己烷及十氢化萘构象分析

4、立体化学：手性分子

(1) 了解手性的基本特性

- 手性定义
- 手性化合物判据

(2) 熟练掌握手性化合物立体化学

- R/S (CIP) 规则
- 多中心手性分子
- 对映体和非对映体
- 立体构型

(3) 了解手性化合物性质

- 光学性质
- 手性物质（药物）

- 手性技术（制备、检测）

5、反应基本理论

- （1）掌握反应过渡态理论和 Hammond 假说
- （2）熟练掌握有机反应主要类型及活性中间体

（二） 有机化合物和反应

6、离子型反应：烷基卤化物的亲核取代和消除反应

- （1）理解烷基卤化物的结构、性质
- （2）熟练掌握碳正离子
- （3）熟练掌握亲核取代反应
 - S_N2 反应
 - S_N1 反应
- （4）熟练掌握消除反应
 - E1, E2, E1cb

7、加成反应：烯烃和炔烃

- （1）掌握烯烃、炔烃的结构和性质
- （2）熟练掌握烯烃的加成反应及机理
 - 离子型：碳正离子、鎓盐
 - 自由基型
- （3）掌握炔烃的加成与机理
- （4）熟练掌握反应合成设计

8、有机分析化学

- （1）理解有机质谱分析：分子结构式确定
 - 质谱分析原理
 - 分子离子峰
 - 碎片峰
- （2）熟练掌握红外光谱分析：官能团鉴定
 - 波数，
 - 吸收强度及其影响因素，
 - 峰型
- （3）熟练掌握核磁共振谱：结构鉴定
 - 氢谱/碳谱：化学等价与磁等价、化学位移、积分面积、偶合

9、自由基反应

- （1）熟练掌握自由基反应及机理
 - 自由基稳定性
 - 自由基反应基本特点类型
 - 自由基的产生方式
- （2）熟练掌握重要自由基反应类型
 - 烷基卤代反应

- 烯丙基溴代反应
- 自由基加成

10、氧化还原和有机金属化合物

- (1) 掌握碳氧化态和氧化还原反应
- (2) 熟练掌握羰基化合物还原制备醇
- (3) 熟练掌握醇的氧化反应
- (4) 熟练掌握烯烃、炔烃的氧化
- (5) 熟练掌握金属有机化合物：C-C 键的形成及区域选择性

11、共轭 π 体系和周环反应

- (1) 共轭效应
 - 理解共轭的内涵
 - 了解 π -体系分子轨道
 - 掌握紫外光谱
- (2) 熟练掌握共轭烯烃的亲电加成反应
 - 热力学控制 vs. 动力学控制
- (3) 熟练掌握周环反应
 - 环加成反应
 - 电环化反应
 - σ -重排
- (4) 理解前线轨道理论

12、芳香性和芳香化合物

- (1) 熟练掌握芳香性
 - 芳香性的内涵
 - 共轭
 - 共振与芳香性
 - Hückle 芳香性理论
 - Möbius 芳香性
- (2) 掌握芳香化合物和芳香杂环化合物
 - 取代苯
 - 芳香杂环
 - 多环芳香化合物
- (3) 了解苯的化学简介
- (4) 熟练掌握芳香取代反应、苯还原、苄基反应

13、芳香取代反应

- (1) 熟练掌握亲电芳香取代反应
 - 反应机理
 - 取代基效应
 - 各种取代反应 (Arene C-C/C-X)
- (2) 熟练掌握亲核芳香取代反应
 - 反应机理

- 取代基效应
- (3) 掌握苯炔反应
 - 反应机理
 - 苯炔中间体

14、羰基化学 I：加成反应

- (1) 掌握醛酮的结构与性质
- (2) 熟练掌握醛酮的制备方法
- (3) 熟练掌握羰基加成反应
 - 反应机理
 - 亲核加成反应

15、羰基化学 II-羧酸及其衍生物

- (1) 掌握羧酸及其衍生物结构与反应性
- (2) 熟练掌握羧酸及其衍生物的制备方法
- (3) 熟练掌握加成-消除反应

16、羰基化学 III： α -位反应

- (1) 熟练掌握烯醇、烯醇负离子和烯胺的形成过程
- (2) 熟练掌握 α -卤化反应、 α -烷基化反应
- (3) 熟练掌握 Aldol, Mannich, Claisen 反应
- (4) 熟练掌握共轭加成反应 (Michael Addition)

17、功能性分子：胺和杂环化合物

- (1) 理解胺类化合物结构与性质
- (2) 掌握胺的制备
- (3) 熟练掌握胺的反应
- (4) 掌握氮杂环化合物的反应

(三) 生物有机化合物

18、糖类、脂类

- (1) 理解糖类知识与糖的反应
- (2) 了解脂类化合物

19、氨基酸与蛋白质

- (1) 理解氨基酸及其合成
- (2) 了解多肽与蛋白质
- (3) 了解多肽与蛋白质的一级结构、高级结构
- (4) 了解酶

20、核酸和蛋白质合成

- (1) 了解核酸、核苷与核苷酸
- (2) 了解 DNA, RNA 与蛋白质合成

以第 1 章~第 17 章为主，同时注意各种人名反应，其他章节一般了解。

四、参考书目

- 1、无机化学，第三版，曹锡章 等编著，高等教育出版社，2003 年出版。
- 2、无机化学，（修订版），张祖德 编著，中国科学技术大学出版社，2008 年出版。
- 3、基础无机化学（上、下），原著：张淑民，修订：吴集贵，王流芳，兰州大学出版社，1995（上册），1996（下册）出版。
- 4、分析化学（上册），第六版，武汉大学主编，高等教育出版社，2016 年出版。
- 5、分析化学（下册），第六版，武汉大学主编，高等教育出版社，2018 年出版。
- 6、基础有机化学（上、下册）第四版，邢其毅，裴伟伟，徐瑞秋，裴坚，北京大学出版社，2017 年出版。
- 7、T. W. Graham Solomons, Craig B. Fryhle, Scott A. Snyder: Organic Chemistry (11th Edition), 2013, John Wiley & Sons. 【参考】
- 8、K. Peter C. Volhardt 等主编《有机化学：结构与功能》（第四版），戴立信等译，化学工业出版社，2006 年出版。【参考】

五、说明

主要题型有：是非题、选择题、填空题、简答题、计算题、有机合成、立体化学及反应机理、波谱分析结构鉴定、综合题等。

编制单位：中国科学院大学
编制日期：2025 年 6 月 29 日