

## 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、有机化学和物理化学的基础内容，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) 熟练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) 灵活运用杂化轨道理论，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；金属键的共性改价理论和能带理论，金属晶体；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，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) 了解反应速率理论，

(2) 掌握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  $K^\theta$  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) 了解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) 了解化学电池，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) 掌握物质显色规律以及呈色原因及影响因素。

#### 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修约规则。

- (2) 了解随机误差正态分布的特点及区间概率，
- (3) 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；
- (4) 掌握  $t$  检验、 $F$  检验和异常数据取舍的方法。
- (5) 了解误差的传递及计算。
- (6) 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  $\text{PH}$  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  $\text{KmnO}_4$  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。

## (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。

### d. 表面分析方法

- (1) 掌握电子能谱法，二次离子质谱法，电子显微镜和电子探针，扫描隧道显微镜和原子力显微镜的基本原理，
- (2) 了解其仪器结构。

## 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，
- (6) 了解气相色谱分析方法及应用。
- (7) 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。
- (8) 了解电泳法的基本原理和分类；
- (9) 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。
- (10) 了解超临界流体色谱和萃取的原理。

## 5、其他分析方法

了解热分析、流动注射分析等方法的基本原理，了解其仪器构造及应用。

### 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) b. 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、数字有机化学——能量，平衡与反应基本理论

##### (1) 有机化合物能量标度

- 了解生成热；
- 了解燃烧热；
- 理解原子化热：平均键能；
- 掌握键离解能：均裂、异裂、 $pK_a$

##### (2) 掌握化学平衡和反应速率方程

##### (3) 掌握反应过渡态理论和 Hammond 假说

##### (4) 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 $\pi$ 体系和周环反应

- (1) 共轭效应
  - 理解共轭的内涵、
  - 了解 $\pi$ -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、
  - $\sigma$ -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:  $\alpha$ -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 $\alpha$ -卤化反应、 $\alpha$ -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、物理化学部分考试内容

### (一) 考试大纲

1、热力学三大定律

2、热力学定律的应用

- (1) 多组分体系热力学及其在溶液中的应用
- (2) 相平衡
- (3) 化学平衡

3、电化学

4、化学反应动力学基础

## （二）考试要求

### 1、热力学三大定律

- (1) 明确热力学的一些基本概念，如体系、环境、功、热、状态函数、变化过程和途径等。
- (2) 掌握热力学第一定律和内能的概念。
- (3) 熟知功和热正负号的取号惯例及各种过程中功与热的计算。
- (4) 掌握  $U$  及  $H$  都是状态函数以及状态函数的特性。
- (5) 熟练应用热力学第一定律计算理想气体在等温、等压、绝热等过程中的  $\Delta U$ 、 $\Delta H$ 、 $Q$  和  $W$ 。
- (6) 熟练应用生成焓、燃烧焓来计算焓变。
- (7) 明确热力学第二定律的意义。
- (8) 理解克劳修斯不等式的重要性，掌握热力学函数  $U$ 、 $H$ 、 $S$ 、 $F$ 、 $G$  的定义，并了解其物理意义。
- (9) 明确  $\Delta G$  在特殊条件下的物理意义，会用它来判别变化的方向和平衡条件。
- (10) 熟练计算一些简单过程的  $\Delta S$ 、 $\Delta H$ 、 $\Delta A$  和  $\Delta G$ 。
- (11) 掌握各种平衡判据。
- (12) 了解热力学第三定律的内容，明确规定熵值的意义、计算及其应用。

### 2、热力学定律的应用

- (1) 熟悉多组分系统的组成表示法及其相互关系。
- (2) 掌握偏摩尔量和化学势的定义，了解二者的区别和在多组分系统中引入偏摩尔量和化学势的意义。掌握理想气体化学势的表示式及其标准态的含义。
- (3) 了解理想液态混合物的通性及化学势的表示方法。熟悉稀溶液的依数性，会用依数性计算未知物的摩尔质量。
- (4) 明确相、组分数和自由度等相平衡中的基本概念。
- (5) 熟练掌握相律在相图中的应用。在双液系相图中，了解完全互溶和部分互溶相图的特点，掌握如何利用相图进行有机物的分离提纯。
- (6) 学会用步冷曲线绘制二组分低共熔点相图，会对相图进行分析，并了解二组分低共熔相图和水盐相图在冶金、分离、提纯等方面的应用。
- (7) 了解从平衡常数导出化学反应等温式，并掌握这个公式的使用。
- (8) 了解从化学势导出标准平衡常数。
- (9) 理解  $\Delta G_m^\theta$  的意义以及标准平衡常数的关系，掌握  $\Delta G_m^\theta$  的求算和应用。
- (10) 熟悉温度、压力和惰性气体对平衡的影响。

### 3、电化学

- (1) 掌握形成可逆电池的必要条件、可逆电极的类型和电池的书面表示方法，
- (2) 能熟练、正确地写出电极反应和电池反应，
- (3) 掌握 Nernst 方程计算电极电势和电池的电动势。
- (4) 掌握热力学与电化学之间的联系，会利用电化学测定的数据计算热力学函数的变化值。

### 4、化学反应动力学基础

- (1) 掌握宏观动力学中反应速率的表示法，基元反应，非基元反应，反应级数，反应分子数，速率常数等的基本概念。
- (2) 掌握简单级数的反应如零级、一级、二级的特点，从实验数据利用各种方法判断反应级数，熟练地利用速率方程计算速率常数，半衰期等。
- (3) 掌握三种典型的复杂反应（对峙反应、平行反应和连续反应）的特点。
- (4) 掌握活化能的含义，它对反应速率的影响，以及活化能的求算方法。
- (5) 掌握碰撞理论和过渡态理论的基本概念，用这两个理论计算简单反应的速率常数，掌握活

化能、熵能和活化焓等能量之间的关系。

## 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），2016 年第六版。武汉大学主编，高等教育出版社
- 5、分析化学（下册），2018 年第六版 武汉大学主编，高等教育出版社
- 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 01 月。
- 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 【参考】
- 9、物理化学（第五版），上、下册，傅献彩、沈文霞、姚天扬、侯文华编，高等教育出版社，2005 年

## 五、说明

主要题型有：是非题、选择题、填空题、简答题、计算题、综合题等。

编制单位：中国科学院大学

日期：2023 年 6 月 26 日