

河北工业大学 2021 年硕士研究生招生考试 自命题科目考试大纲

科目代码：851

科目名称：无机化学和物理化学

适用专业：化学

一、考试要求

无机化学和物理化学适用于河北工业大学化工学院化学专业研究生招生专业课考试。本科目涵盖无机化学和物理化学相关内容。主要考察学生对于无机化学基本概念、基本理论和基础知识的掌握情况和灵活运用能力，对于物理化学的基本概念、计算方法以及一般科学方法的训练和逻辑思维能力的培养，使学生体会和掌握怎样由实验结果出发进行归纳和演绎，或由假设和模型上升为理论，并结合具体实际条件运用所学知识分析问题和解决问题的能力。

二、考试形式

试卷采用客观题型和主观题型相结合的形式，主要包括选择题、填空题、简答题、计算题、分析论述题等。考试时间为 3 小时，总分为 150 分，无机化学部分 75 分，物理化学部分 75 分。

三、考试内容

（一）无机化学部分：

无机化学考察知识点如下：

知识模块 1：化学反应中的质量关系和能量关系

主要内容：1) 物质的聚集状态和层次；2) 化学中的计量；3) 化学反应中的质量关系；4) 化学反应中的能量关系。

基本要求：1) 了解物质的等离子态。2) 熟悉体系与环境、状态函数、热、功、热力学能的概念和标准摩尔生成焓的含义。3) 理解化学计量数和反应进度的含义，熟悉热化学方程式的书写，掌握赫斯定律的应用，理解等压反应热与焓变的关系。4) 会应用热化学方程式和标准摩尔生成焓计算标准摩尔反应焓变。

知识模块 2：化学反应的方向、速率和限度

主要内容：1) 化学反应的方向和吉布斯自由能变；2) 化学反应速率；3) 化学反应的限度；4) 化学平衡的移动。

基本要求：1) 了解化学反应速率方程和以反应进度定义的反应速率的概念。2) 能用活化能和活化分子的概念解释浓度、温度、催化剂对反应速率的影响。3) 了解影响多相反应速率的因素。4) 理解熵、吉布斯自由能的概念，熟悉 $\Delta_r G_m^\ominus$ 及 $\Delta_r G_m$ 的计算，会用 $\Delta_r G_m$ 判断反应的方向，以及由标准吉布斯自由能变计算标准平衡常数。5) 深刻理解化学平衡的概念、平衡常数的意义、经验平衡常数与标准平衡常数的区别，化学平衡移动的规律及多重平衡规则，能利用平衡常数计算平衡体系各组分的浓度（或分压），以及转化率、产率等。理解在实际应用中需综合考虑反应速率和化学平衡的必要性。

知识模块 3：酸碱反应和沉淀反应

主要内容：1) 水的解离反应和溶液的酸碱性；2) 弱电解质的解离反应；3) 盐类的水解反应；4) 沉淀反应。

基本要求：1) 掌握溶液的酸碱性和 pH 值、弱电解质的解离平衡（含分级解离平衡）、解离度、稀释定律、盐的水解（含分级水解）、同离子效应、缓冲溶液、溶解-沉淀平衡、溶度积规则等内容。2) 会计算一元弱酸、一元弱碱的解离平衡组成（含同离子效应及缓冲溶液的 pH 值计算）。3) 会利用溶度积规则判断沉淀的产生、溶解、分步沉淀、沉淀的转化及有关计算。

知识模块 4：氧化还原反应与应用电化学

主要内容：1) 氧化还原反应方程式的配平；2) 电极电势；3) 氧化还原反应的方向和限度；4) 电势图及其应用；5) 实用电池；6) 电解；7) 电镀；8) 金属腐蚀与防腐。

基本要求：1) 理解氧化数的概念，能用氧化数法和离子电子法配平氧化还原反应方程式。2) 了解原电池的构成及表示方法，熟悉氧化还原平衡和电极电势的概念，能通过计算说明分压、浓度（含酸度）对电极电势的影响。3) 会用电极电势来判断氧化剂或还原剂的相对强弱，计算原电池的电动势，计算 K_i^\ominus 、 K_{sp}^\ominus ；会用 $\Delta_r G_m^\ominus$ 、 E 判断氧化还原反应进行的方向；理解 $\Delta_r G_m^\ominus$ 与平衡常数的关系并掌握有关计算。4) 熟悉元素的标准电极电势图的应用。5) 初步了解 $\Delta_r G_m^\ominus$ - N 图及其应用。6) 了解几种实用电源的原理、构造以及各自用途，一般了解电解、电镀、金属腐蚀与防腐的原理及应用。

知识模块 5：原子结构与元素周期性

主要内容：1) 原子和元素；2) 原子结构的近代概念；3) 原子中电子的分布；4) 原子性质的周期性。

基本要求：1) 了解核外电子运动的特征——波粒二象性。2) 了解原子轨道、波函数、概率、概率密度、电子云等概念。理解波函数的角度分布图和电子云的角度分布图。3) 熟悉四个量子数对核外电子运动状态的描述。理解电子层、亚层、能级、能级组的含义。4) 掌握原子核外电子排布原理、一般规律和各区元素原子电子层结构的特征。5) 熟悉原子半径、电离能、电子亲和能、电负性和主要氧化数的周期性变化。

知识模块 6：分子的结构与性质

主要内容：1) 键参数；2) 价键理论；3) 分子的几何构型；4) 分子轨道理论；5) 分子间力和氢键。

基本要求：1) 从价键理论理解共价键的形成、特性(方向性和饱和性)和类型 (σ 键、 π 键、 δ 键)。2) 熟悉杂化轨道理论，掌握分子几何构型与杂化轨道类型的对应关系。3) 了解键参数、离子键及键型过渡的概念。4)

初步熟悉分子轨道理论及应用。5) 熟悉分子间力、氢键、分子极化及其对物质性质的影响。6) 初步了解超分子的概念。

知识模块 7: 固体的结构与性质

主要内容: 1) 晶体和非晶体; 2) 离子晶体及其性质; 3) 原子晶体和分子晶体; 4) 金属晶体; 5) 混合型晶体和晶体的缺陷; 6) 离子极化对物质性质的影响; 7) 固体的物性。

基本要求: 1) 了解晶体、非晶体的特征, 一般了解晶体内部结构及实际晶体的缺陷。2) 理解不同类型晶体(离子、原子、分子、金属晶体, 混合型晶体)的结构特征及其与物质性质的关系。3) 熟悉三种最简单的离子晶体的结构类型。理解晶格能对离子化合物熔点、硬度的影响。4) 能从自由电子的概念理解金属键的形成和特性, 并用金属键的能带理论解释金属的共性(光泽、延展性、导电性和导热性)。5) 了解离子极化的概念, 并理解离子极化对物质性质的影响。

知识模块 8: 配合物的结构和性质

主要内容: 1) 配合物的基本概念; 2) 配合物的化学键理论; 3) 配合物在水溶液中的稳定性; 4) 几种典型的配合物; 5) 配位化学的应用。

基本要求: 1) 掌握配位化合物的基本概念、组成和命名。2) 熟悉配位化合物的价键理论, 并能用此来说明配位化合物的空间构型、稳定性和磁性。3) 了解晶体场理论的基本要点, 了解八面体场的强弱对 d 电子分布和配合物性质的影响。4) 掌握配位平衡、稳定常数及有关计算, 包括配位平衡与其他平衡共存时的有关计算, 能计算配体过量时配位平衡的组成。5) 了解螯合物的概念和配合物的应用。

知识模块 9: 氢和稀有气体

主要内容: 1) 元素概述; 2) 氢; 3) 稀有气体。

基本要求: 1) 了解元素的分类、存在形态和我国元素的自然资源。2) 熟悉单质的制备方法。3) 掌握氢气的制备、性质和用途。4) 了解稀有气体的性质和用途。

知识模块 10: 碱金属和碱土金属

主要内容: 1) s 区元素概述; 2) 碱金属和碱土金属的性质; 3) 氢化物; 4) 氧化物; 5) 氢氧化物; 6) 盐类; 7) 配合物。

基本要求: 1) 了解碱金属和碱土金属元素的通性及重要反应。2) 熟悉碱金属和碱土金属元素的氧化物、氢化物的类型和性质。3) 熟悉碱金属和碱土金属元素的氢氧化物的性质及其递变规律、R-O-H 规则。4) 了解碱金属和碱土金属盐类的热稳定性及溶解性, 熟悉几种重要盐类的性质及用途。5) 了解锂和铍的特殊性。6) 熟悉 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 的鉴定。

知识模块 11: 卤素和氧族元素

主要内容: 1) p 区元素概述; 2) 卤族元素; 3) 氧族元素。

基本要求: 1) 熟悉卤素的通性和氟的特殊性, 卤素单质的制备和性质, 卤素单质的氧化性和卤素离子的还原性的递变规律。2) 掌握卤化氢的制备和性质(还原性、热稳定性, 氢卤酸的酸性)。3) 了解卤化物物性变化规律及一般制备方法。4) 掌握氯的含氧酸(次氯酸、氯酸、高氯酸)及其盐(NaClO 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 、 KClO_3 、 KClO_4)的性质及递变规律和制备方法。溴和碘的含氧酸及其盐性质的递变规律。5) 熟悉 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的鉴定。6) 了解氧族元素的通性。7) 掌握氧气和臭氧的分子结构和性质。8) 了解水的净化和硬水的软化方法。9) 掌握过氧化氢的性质、制备和用途, 并了解过氧化氢的分子结构。10) 熟悉硫化氢和多硫化物的性质。11) 熟悉金属硫化物在水中的溶解情况及其分类。12) 掌握硫的含氧酸(亚硫酸、硫酸、焦硫酸、硫代硫酸、过硫酸)及其盐的性质和用途, 了解硫酸、硫酸根的结构。13) 熟悉 S^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 SO_4^{2-} 的鉴定。

知识模块 12: 氮族、碳族和硼族元素

主要内容: 1) 氮族元素; 2) 碳族元素; 3) 硼族元素; 4) 对角关系。

基本要求: 1) 了解氮族元素的通性及惰性电子对效应。2) 熟悉氨和铵盐的性质。3) 掌握硝酸、亚硝酸及其盐的性质, 了解硝酸和硝酸根的

结构。4) 了解磷的含氧酸的类型, 熟悉卤化磷和磷酸及其盐的性质。5) 熟悉砷、锑、铋的氧化物及其水合物的酸碱性和氧化还原性及其变化规律。6) 熟悉砷、锑、铋的硫化物, 了解砷、锑的硫代酸盐及其性质。7) 熟悉 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 Bi^{3+} 的鉴定。8) 了解碳族元素的通性及碳单质的结构和性质。9) 掌握碳、硅的氧化物、含氧酸及其盐的性质。10) 了解单质硅、硅烷、卤化硅, 硅酸盐的结构单元——硅氧四面体。11) 了解铝、锡、铅的氧化物及其水合物的酸碱性及变化规律。12) 掌握 Sn(II) 的还原性和 Pb(IV) 的氧化性。13) 熟悉锡、铅的硫化物, 了解锡的硫代酸盐的性质。14) 熟悉乙硼烷的结构和性质。15) 熟悉三氯化铝的结构和性质、铝盐的性质, 了解矾的概念。16) 了解对角线规则。17) 熟悉 CO_3^{2-} 、 SiO_3^{2-} 、 Sn^{2+} 、 Pb^{2+} 的鉴定。

知识模块 13: 过渡元素(一)

主要内容: 1) 过渡元素概述; 2) 钛族、钒族元素; 3) 铬族元素; 4) 锰族元素; 5) 铁系和铂系元素。

基本要求: 1) 了解过渡元素的通性。2) 熟悉钛金属的性质、用途, 了解钛、钒重要化合物的性质。3) 了解铬族元素单质的性质, 熟悉 Cr(III) 和 Cr(VI) 重要化合物的性质, 其中重点要掌握 Cr(III) 化合物的还原性、 Cr(VI) 化合物的氧化性、重金属铬酸盐的难溶性、 CrO_4^{2-} 和 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的相互转变, 了解典型的多酸和多酸盐。4) 了解金属锰的性质及用途、锰的重要化合物的性质, 其中重点要掌握 Mn(II) 、 Mn(IV) 、 Mn(VI) 、 Mn(VII) 重要化合物的化学性质和各氧化态之间的相互转化关系。5) 掌握铁、钴、镍的+2、+3 氧化态化合物的稳定性变化规律以及这些化合物性质的差异, 熟悉铁、钴、镍的重要配合物。6) 熟悉 CrO_4^{2-} 、 Cr^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 的鉴定。

知识模块 14: 过渡元素(二)

主要内容: 1) 铜族元素; 2) 锌族元素; 3) 镧系和铜系元素概述; 4) 镧系元素的重要化合物; 5) 稀土元素; 6) 钍和铀的重要化合物; 7) 核

反应和超铀元素的合成。

基本要求：1) 了解铜族元素和锌族元素的通性，能从结构角度说明 ds 区元素和 s 区元素性质上的差异，了解铜、银、金、锌、汞的性质及用途。2) 熟悉铜和银的重要化合物的性质，其中要重点掌握卤化银的难溶性、感光性，硝酸银的不稳定性，银镜反应，Cu(II)和 Cu(I)的相互转化，Cu(II)、Cu(I)和 Ag(I)的配位性。3) 熟悉锌、汞的重要化合物的性质，Hg(II)和 Hg(I)的相互转化，Zn(II)和 Hg(II)的配位性。4) 熟悉 Cu^{2+} 、 Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 的鉴定。5) 了解镧系元素的通性，尤其是镧系收缩现象。6) 了解镧系元素重要化合物的性质。7) 熟悉稀土元素的资源、提取及应用。8) 了解钍、铀重要化合物的性质及用途。

知识模块 15：元素化学综述

主要内容：1) 单质的晶体结构和性质；2) 二元化合物；3) 氢氧化物和含氧酸；4) 含氧酸盐的某些性质；5) 缩合酸。

基本要求：1) 熟悉元素单质和氢化物、卤化物、硫化物、氧化物、氢氧化物、含氧酸及其盐的性质及其变化规律。2) 了解氮化物、碳化物、硼化物的性质。3) 掌握综合、对比、分析、归纳等逻辑思维方法，培养自学和研究能力。

(二) 物理化学部分：

物理化学考察知识点如下：

知识模块 1：气体的 pVT 性质

主要内容：1) 理想气体的状态方程及微观模型、道尔顿定律及阿马格定律；2) 实际气体 PVT 性质、范德华方程、饱和蒸汽压概念、实际气体的液化与临界性质、对应状态原理与压缩因子图。

基本要求：1) 掌握理想气体状态方程、分压、分体积概念；2) 了解真实气体与理想气体的偏差；能用范德华方程对中压实际气体进行计算；3) 会用压缩因子图对高压实际气体进行简单计算。

知识模块 2：热力学第一定律

主要内容：1) 热力学基本概念：平衡态、状态函数、可逆过程、热力学能和体积功；2) 热力学第一定律；3) 恒容热、恒压热及焓，摩尔热容，相变焓，标准摩尔生成焓、标准摩尔燃烧焓及标准摩尔反应焓；4) 绝热可逆过程；5) 焦耳-汤姆生效应。

基本要求：1) 掌握热力学第一定律文字表述及数学表达式；2) 理解掌握热力学第一定律在理想气体 p - V - T 变化、相变化和化学变化中的应用；3) 会计算各种过程中的功、热、内能变和焓变。

知识模块 3：热力学第二定律

主要内容：1) 卡诺循环，热力学第二定律和过程的不可逆性，热力学第二定律的数学表达式及熵判据，熵变的计算；2) 热力学第三定律及化学反应的熵变，亥姆霍兹函数及吉布斯函数；3) 热力学基本方程及麦克斯韦关系式；4) 热力学第二定律应用举例-克拉贝龙方程。

基本要求：1) 掌握热力学第二定律的文字表述及数学表达式，熵增原理，熵判据、亥姆霍兹函数判据和吉布斯函数判据；2) 掌握物质 p - V - T 变化、相变化及化学变化过程熵变、亥姆霍兹函数变与吉布斯函数变的计算的计算；3) 克拉佩龙方程和克劳修斯-克拉佩龙方程并掌握其有关计算。

知识模块 4：多组分系统热力学

主要内容：1) 拉乌尔定律、亨利定律、偏摩尔量、化学势；2) 理想液态混合物、理想稀溶液、稀溶液的依数性；3) 逸度和逸度系数，活度和活度系数。

基本要求：1) 理解偏摩尔量与化学势的概念及应用；2) 掌握理想气体、理想液态混合物、理想稀溶液中各组分化学势的表达式；3) 掌握拉乌尔定律与亨利定律及其计算；4) 了解真实气体中逸度与逸度因子的概念、真实液态混合物和真实溶液的中活度与活度因子的概念。

知识模块 5：化学平衡

主要内容：1) 理想气体等温方程及标准平衡常数、平衡组成的计算；2) 温度对标准平衡常数的影响；3) 影响理想气体反应平衡的因素。

基本要求：1) 理解标准平衡常数的定义。掌握用热力学数据计算平衡常数及平衡组成的方法；2) 能判断一定条件下化学反应可能进行的方向；3) 会分析温度、压力、组成等因素对平衡的影响。

知识模块 6：相平衡

主要内容：1) 相律；2) 单组分系统的相图；3) 二组分气-液平衡相图及液-固平衡相图。

基本要求：1) 理解相律的意义，掌握其应用；2) 能够绘制及分析单组分系统及二组分系统典型相图并熟练应用；3) 能用杠杆规则进行分析和计算；会绘制步冷曲线及分析对应状态。

知识模块 7：统计热力学初步

主要内容：1) 粒子各运动形式的能级及能级的统计权重，能级分布的微态数及系统的总微态数；2) 最概然分布与平衡分布，玻尔兹曼分布；3) 粒子配分函数的计算，系统的热力学能、热容及熵与配分函数的关系，其它热力学函数与配分函数的关系；4) 理想气体反应的标准平衡常数。

基本要求：1) 了解统计热力学的研究对象、方法和目的；2) 掌握粒子各运动形式的能级及能级的简并度；定域子和离域子系统能级分布微态数的计算以及系统的总微态数计算；3) 熟悉粒子配分函数的计算及热力学性质与配分函数间的关系；4) 了解理想气体反应标准平衡常数与配分函数间的关系

知识模块 8：电化学

主要内容：1) 电解质溶液：电解质溶液的导电机理及法拉第定律，离子的迁移数，电导率和摩尔电导率，离子独立运动定律，离子的摩尔电导率与离子的电迁移率，电导测定的应用，电解质的平均离子活度因子及德拜-休克尔极限公式；2) 原电池：原电池热力学，原电池的基本方程-能斯特方程，电极电势和液体接界电势，电极的种类，原电池的设计，可

逆电池及电动势的测定；3) 电解与极化：分解电压，极化作用，电解时的电极反应。

基本要求：1) 明确电化学中常用的基本概念和术语，电导的测定方法及应用，可逆电池形成条件及研究意义；2) 熟悉离子独立移动定律以及德拜-休克尔极限公式的使用，可逆电池形成的条件，电池电动势的测定方法；3) 掌握原电池热力学相关计算，原电池电动势及电极电势的能斯特方程，原电池的设计及应用，掌握极化类型及电解时电极反应及应用。

知识模块 9：界面现象

主要内容：1) 界面张力：界面现象的本质，液体的表面张力、表面功及表面吉布斯函数，界面张力及其影响因素；2) 弯曲表面下的附加压力及其后果：Young-Laplace 方程，Kelvin 公式及相应的说明，对弯曲液面上一些现象的解释；3) 物理吸附和化学吸附，吸附量与温度、压力的关系，吸附等温式及其应用；4) 固-液界面：沾湿功、浸湿功及铺展系数，三种润湿的比较，接触角与杨氏方程；5) 溶液表面的吸附现象，表面过剩浓度与 Gibbs 吸附等温式，表面活性物质的分类及其应用。

基本要求：1) 了解弯曲液面对热力学性质的影响，理解表面张力和表面吉布斯函数的概念及其与润湿角、润湿铺展的关系；2) 熟悉固体表面和溶液表面的吸附现象及其应用；3) 能使用开尔文公式解释常见的亚稳状态；4) 掌握 Laplace 方程、Kelvin 方程、Langmuir 吸附等温式、Gibbs 吸附等温式、以及 Young 方程和润湿公式的相关计算及应用。

知识模块 10：化学动力学

主要内容：1) 宏观动力学：化学反应速率及速率方程，速率方程的积分形式，速率方程的确定，温度对反应速率的影响，活化能，典型复合反应，复合反应速率的近似处理法，链反应；2) 微观动力学部分：气体反应的碰撞理论，势能面与过渡状态理论，溶液中反应，光化学基本概念及定律，光化反应，催化作用的通性，多相催化反应。

基本要求：1) 明确基元反应、反应分子数及反应级数的概念；2) 掌

握简单级数反应速率方程的表达式及计算应用；3) 掌握阿仑尼乌斯方程及其应用；4) 掌握平行、对行、连串等复合反应的特征及会用复合反应速率方程的近似处理法推导、分析化学反应机理；5) 了解有效碰撞理论和过渡状态理论的有关概念，熟悉光化学第一、二定律，明确光化反应的机理，会计算量子效率；6) 掌握催化剂的特征，催化反应的一般机理。

知识模块 11：胶体化学

主要内容：1) 溶胶的制备及胶团结构；2) 溶胶的光学性质：丁达尔效应，雷利公式，溶胶的动力学性质：布朗运动，扩散，沉降，沉降平衡，溶胶的电学性质：电动现象(电泳，电渗，流动电势，沉降电势)，扩散双电层理论；3) 溶胶的稳定性与聚沉：憎液溶胶的经典稳定理论；憎液溶胶的聚沉；4) 高分子化合物的渗透压和黏度：渗透压，唐南平衡。

基本要求：1) 了解分散系统的分类，溶胶的制备及净化方法；2) 熟悉分散系统分类；高度分布定律；斐克第一定律；Einstein-Brown 位移方程；双电层；Donnan 平衡；3) 掌握憎液溶胶的特性，胶团的结构，铎尔现象、Brown 运动以及胶粒带电的本质和电动现象，理解胶体稳定与破坏的因素，会比较聚沉能力。

四、参考书目

(一) 无机化学参考书目：

[1]《无机化学(第五版)》，天津大学无机化学教研室编，王建辉，崔建中，王兴尧，秦学修订，高等教育出版社：2018。

[2]《无机化学(第四版)》(上、下册)，宋天佑，程鹏，徐家宁，张丽荣编，高等教育出版社：2019。

(二) 物理化学参考书目：

[1]《物理化学(第六版)》(上、下册)，主编：天津大学物理化学教研室，高等教育出版社。

[2]《物理化学》，主编：肖衍繁、李文斌，天津大学出版社。

[3]《物理化学(第五版)》(上、下册)，主编：傅献彩、沈文霞、姚

天扬，高等教育出版社。

[4]《物理化学》(上、下册)，主编：胡英，高等教育出版社。

其他注意事项：考生需要携带无编程无存储无记忆功能的计算器、直尺。