

中国科学院大学硕士研究生入学考试 《高分子化学与物理》考试大纲

本《高分子化学与物理》考试大纲适用于中国科学院大学高分子化学与物理专业的硕士研究生入学考试。高分子化学与物理是化学学科的基础理论课。高分子化学内容主要包括连锁聚合反应、逐步聚合反应和聚合物的化学反应等聚合反应原理，要求考生理解相关高分子化学的基本概念，掌握常用高分子化合物的合成方法、合成机理及大分子化学反应，能够写出主要聚合物的结构式，熟悉其性能并且能够对给出的现象给以正确、合理的解释。高分子物理内容主要包括高分子的链结构与聚集态结构，聚合物的分子运动，聚合物的溶液性质以及聚合物的流变性能、力学性能、介电性能、导电性能和热性能等，要求考生理解相关高分子物理的基本概念，掌握有关聚合物的多层次结构及主要物理、机械性能的基本理论和基本研究方法。考生应具备运用高分子化学与物理的知识分析问题、解决问题的能力。

一、考试基本要求

1. 熟练掌握高分子化学与物理的基本概念和基础理论知识；
2. 能够灵活运用所学知识来分析问题、解决问题。

二、考试方式与时间

硕士研究生入学《高分子化学与物理》考试为闭卷笔试，考试时间为 180 分钟，总分 150 分。

三、考试主要内容和要求

高分子化学部分

(一) 绪论

1、考试内容

- (1) 高分子的基本概念；(2) 聚合物的命名及分类；(3) 分子量；(4) 大分子微结构；(5) 线形、支链形和体形大分子；(6) 聚合物的物理状态；(6) 聚合物材料与强度。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 基本概念：单体、聚合物、聚合反应、结构单元、重复单元、单体单元、链节、聚合度、均聚物、共聚物。(2) 加成聚合与缩合聚合；连锁聚合与逐步聚合。(3) 从不同角度对聚合物进行分类。(4) 常用聚合物的命名、来源、结构特征。(5) 线性、支链形和体形大分子。(6) 聚合物相对分子质量及其分布。(7) 大分子微结构。(8) 聚合物的物理状态和主要性能。

【理解内容】

- (1) 系统命名法。(2) 典型聚合物的名称、符号及重复单元。(3) 聚合物材料和机械强度。

【了解内容】

高分子化学发展历史。

(二) 逐步聚合反应

1、考试内容

(1) 缩聚反应；(2) 线形缩聚反应机理；(3) 线形缩聚动力学；(4) 影响线型缩聚物聚合度的因素及控制方法；(5) 分子量的分布；(6) 逐步缩合的实施方法；(7) 重要线型逐步聚合物；(8) 体型缩聚；(9) 凝胶化作用和凝胶点。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 逐步聚合的基本概念：官能团，平均官能度，线形缩聚，反应程度，当量系数，体型缩聚，无规预聚物，结构预聚物，凝胶化作用，凝胶点。(2) 缩聚反应的类型及典型聚合物的命名。(3) 逐步聚合反应的特点。(4) 逐步聚合官能团等活性理论。(5) 缩聚反应聚合物分子量的控制。(6) 典型线性和体型缩聚物的合成方法。(7) Carothers 法和统计法计算体型逐步聚合反应的凝胶点。(8) 线形逐步聚合与体型逐步聚合的比较。(9) 逐步聚合与连锁聚合的比较。

【理解内容】

(1) 线形逐步聚合动力学。(2) 缩聚物的分子量分布。(3) 影响聚合反应动力学方程的因素。

(三) 自由基聚合

1、考试内容

(1) 自由基聚合机理；(2) 链引发反应；(3) 聚合速率；(4) 分子量和链转移反应；(5) 分子量分布；(6) 阻聚与缓聚；(7) 聚合热力学；(8) 可控/活性自由基聚合。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 自由基聚合的单体。(2) 自由基基元反应每步反应特征；自由基聚合反应特征。(3) 常用引发剂的种类；引发剂分解动力学；引发剂效率；影响引发剂效率的因素；引发剂选择原则。(4) 聚合动力学研究方法；自由基聚合微观动力学方程推导；自由基聚合反应速率常数；自动加速现象。(5) 无链转移反应时的分子量；链转移反应对聚合度的影响。(6) 影响聚合反应速率和分子量的因素（温度、压力、单体、引发剂）。(7) 阻聚与缓聚。(8) 聚合热力学。

【熟练掌握内容】

(1) 热聚合、光引发聚合、辐射聚合、等离子体引发聚合、微波引发聚合。(2) 聚合过程中速率变化的类型。(3) 自由基聚合的相对分子质量分布。(4) 反应速率常数的测定。

【了解内容】

热引发和光引发动力学。

(四) 自由基共聚合

1、考试内容

(1) 共聚物的类型和命名；(2) 二元共聚物的组成；(3) 竞聚率的测定和影响因素；(4) 单体和自由基的活性；(5) Q-e 概念。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 共聚合基本概念：无规共聚物，接枝共聚物，交替共聚物，嵌段共聚物，竞聚率，恒比点。(2) 共聚物的分类和命名。(3) 二元共聚组成微分方程推导。(4) 理想共聚、交替共聚、非理想共聚(有或无恒比点)的定义，根据竞聚率值判断两单体对的共聚类型及共聚组成曲线类型。(5) 共聚物组成控制方法。(6) 共聚物微观结构与链段分布。(7) 单体和自由基活性的表示方法，取代基的共轭效应、极性效应及位阻效应对单体和自由基活性的影响。(8) $Q-e$ 值的物理意义，如何通过 Q 、 e 值判断两单体的共聚情况， $Q-e$ 方程的优点与不足。

【理解内容】

(1) 共聚合的意义及典型共聚物。(2) 影响竞聚率的因素和竞聚率测定方法。(3) 共聚物的组成与转化率的关系。(4) 多元共聚。(5) 共聚合速率。

(五) 聚合方法

1、考试内容

(1) 本体聚合；(2) 溶液聚合；(3) 悬浮聚合；(4) 乳液聚合。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 四种聚合实施方法的基本组成及优缺点。(2) 悬浮聚合与乳液聚合的机理及动力学。

【了解内容】

(1) 典型聚合物的聚合实施方法。(2) 聚合方法的选择。

(六) 阴离子聚合

1、考试内容

(1) 阴离子聚合的单体；(2) 阴离子引发体系和引发；(3) 阴离子聚合引发剂和单体的匹配；(4) 活性阴离子聚合；(5) 丁基锂的缔合现象和定向聚合作用。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 阴离子聚合常见单体与引发剂。(2) 阴离子聚合机理,聚合速率及聚合度。(3) 影响阴离子聚合因素。(4) 活性阴离子聚合原理、特点及应用。(5) 阳离子聚合、阴离子聚合、自由基聚合的比较。(6) 离子共聚。

(七) 阳离子聚合

1、考试内容

(1) 阳离子聚合的单体；(2) 阳离子引发体系；(3) 阳离子聚合机理；(4) 影响阳离子聚合的因素；(5) 聚异丁烯和丁基橡胶。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 阳离子聚合常见单体与引发剂。(2) 阳离子聚合机理。(3) 影响阳离子聚合因素。(4) 异丁烯的聚合和丁基橡胶。

【熟悉内容】

阳离子聚合反应动力学。

(八) 配位聚合

1、考试内容

(1) 聚合物的立体异构现象；(2) 配位聚合的基本概念；(3) Ziegler-Natta 引发剂；(4) 丙烯的配位聚合；(5) 乙烯的配位聚合；(6) 极性单体的配位聚合；(6) 茂金属引发剂；(7) 共轭二烯烃的配位聚合。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 配位聚合基本概念：配位聚合，有规立构聚合，定向聚合，立构规整聚合物，立构规整度，等规度。(2) Ziegler-Natta 催化剂的组成及性质。(3) α -烯烃配位聚合机理（单金属机理，双金属机理，终止反应）。(4) 二烯烃的配位聚合（丁二烯，异戊二烯）。(5) 茂金属催化剂的特点。(6) 配位聚合催化剂的发展。

【了解内容】

(1) 影响 Ziegler-Natta 催化剂活性的因素；(2) 配位聚合的应用。

(九) 开环聚合

1、考试内容

(1) 环烷烃开环聚合热力学；(2) 杂环开环聚合机理和动力学特征；(3) 环氧化物的阴离子开环聚合；(4) 其他环醚的阳离子开环聚合；(5) 三聚甲醛（三氧六环）的阳离子开环聚合；(6) 环酰胺开环聚合；(7) 环硅氧烷的开环聚合；(8) 聚磷氮烯；(9) 羰基化合物的聚合。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 环烷烃开环聚合热力学；(2) 环氧化物、环醚、三聚甲醛（三氧六环）、环酰胺、环硅氧烷的开环聚合，聚磷氮烯的合成方法。

【了解内容】

(1) 聚合单体特征及动力学；(2) 羰基化合物的聚合。

(十) 聚合物的化学反应

1、考试内容

(1) 聚合物的基团反应；(2) 接枝聚合反应和嵌段聚合反应；(3) 聚合物的降解与交联；(4) 聚合物的老化与防老化。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 聚合物化学反应的基本概念：几率效应，邻近基团效应。(2) 聚合物与小分子反应活性的比较及影响因素。(3) 典型的聚合物的化学反应。(4) 聚乙酸乙酯的反应。(5) 芳香烃的取代反应。(6) 制备嵌段聚合物及接枝聚合物常用的方法。(7) 聚合物交联反应：橡胶的硫化、聚烯烃的过氧化物交联。(8) 典型聚合物的热降解反应。

【了解内容】

(1) 纤维素的反应。(2) 光致交联固化。(3) 氧化降解、光降解和光氧化降解、聚合物老化机理及老化的防止与利用。(4) 功能高分子的定义及主要种类。

高分子物理部分

(一) 高分子的链结构

1、考试内容

(1) 高分子链的构型；(2) 高分子链的内旋转和高分子链的柔顺性；(3) 分子链的构象统计；(4) 高分子晶格中链的构象；(5) 蠕虫状链。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 化学组成：基团（极性与非极性），单体单元（均聚与共聚）及末端基。(2) 键接结构：头—头（尾—尾）及头—尾结构。(3) 构型（旋光异构，几何异构）。(4) 高分子链的支化与交联。(5) 基本概念：均方末端距，高斯链，构象。(6) 高分子链长、末端距的计算方法；高分子链的柔顺性及本质。

【了解内容】

(1) 高分子链构型的测定方法。(2) 高分子链的旋转及构象统计。

(二) 高分子溶液

1、考试内容

(1) 聚合物的溶解；(2) 柔性高分子溶液热力学性质；(3) 高分子溶液的相平衡；(4) 聚电解质溶液；(5) 聚合物的浓溶液。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 基本概念：溶度参数，Huggins 参数， θ 温度，第二维利系数 A_2 ，聚合物增塑，凝胶，冻胶。(2) 高分子的溶解过程；溶剂对聚合物溶解能力判定原则；高分子溶液与理想溶液的偏差；Flory-Huggins 高分子溶液理论；Flory-Krigbaum 稀溶液理论。(3) Huggins 参数、 θ 温度及第二维利系数 A_2 之间的关系； θ 溶液与理想溶液。(4) 高分子浓溶液及应用。

【了解内容】

(1) Flory-Huggins 晶格理论的假定条件及局限性。(2) 第二维利系数的测定。

(三) 高分子的分子量和分子量分布

1、考试内容

(1) 聚合物分子量的统计意义；(2) 聚合物分子量的测定方法；(3) 聚合物分子量分布及测定方法。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 基本概念： 相对黏度，增比黏度，比浓黏度，比浓对数黏度，特性黏度，数均分子量、重均分子量、粘均分子量、Z 均分子量。(2) 聚合物分子量的统计意义；常用的统计平均相对摩尔质量。(3) 相对摩尔质量分布宽度及表示方法。(4) 聚合物分子量的测定原理；不同测定方法的适用范围。(5) 特性黏度和相对摩尔质量的关系。(6) 高分子的分级方法。

【理解内容】

(1) Ubbelohde (乌氏黏度计) 的原理。(2) Flory 黏度理论。

(四) 高分子的聚集态结构

1、考试内容

(1) 聚合物的非晶态；(2) 聚合物的结晶态；(3) 聚合物的取向结构；(4) 高分子液晶；(5) 高分子的多组份体系。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 基本概念： 单晶，片晶，球晶，纤维状晶，串晶，伸直链晶体；结晶度，取向，取向度；内聚能密度，相容性。(2) Keller 折叠链模型；无规线团模型；局部有序模型。(3) 高分子链结晶动力学。(4) 液晶的化学结构及晶型；向列型高分子液晶的流动特征。(5) 结晶度及取向度的测定方法，液晶的表征。(6) 高分子的多组份体系。

【理解内容】

(1) 不同晶型的形成条件。(2) 取向对聚合物材料的影响。

(五) 聚合物的分子运动

1、考试内容

(1) 聚合物的分子运动的特点；(2) 聚合物的玻璃化转变；(3) 玻璃化温度与链结构的关系及其调节途径；(4) 牛顿流体和非牛顿流体；(5) 聚合物熔体的剪切黏度；(6) 聚合物熔体的弹性表现；(7) 拉伸黏度；(8) 聚合物分子运动的研究方法。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 聚合物分子运动的特点。(2) 玻璃化转变、粘弹转变、熔点。(3) 玻璃化转变温度与链结构的关系。(4) 基本概念： 牛顿流体，非牛顿流体，表观黏度，零剪切黏度，剪切变稀(增稠)，熔融指数，挤出胀大，熔体破裂，法向应力效应，黏度与频率依赖性。(5) 聚合物熔体黏度测定方法。(6) 聚合物熔体流动特性与分子结构关系。

【了解内容】

Rouse 模型，管子模型及蛇行理论。

(六) 聚合物的力学性能

1、考试内容

(1) 玻璃态和结晶态聚合物的力学性质；(2) 高弹态；(3) 粘弹态；(4) 聚合物的塑性和屈服；(5) 聚合物的断裂和强度。

2、考试要求

一、高弹性

【掌握内容】

(1) 基本概念：杨氏模量，切变模量，本体模量，熵弹性。(2) 橡胶高弹形变的特点与本质。

【了解内容】

(1) 橡胶弹性动力学分析及统计理论。(2) 典型的热塑性弹性体。

二、聚合物的粘弹性

【掌握内容】

(1) 基本概念：蠕变，应力松弛，动态粘弹性，滞后与阻尼，Boltzmann 叠加原理，时-温等效原理，松弛(迟后)时间及其松弛(迟后)时间谱。(2) 高分子材料(包括高分子固体，熔体及浓溶液)的力学行为特性，粘弹性本质。(3) 描述聚合物粘弹性的力学模型及所描述的聚合物的力学过程。

【理解内容】

(1) Maxwell 模型与 Voigt(或 Kelvin)模型的数学推导。(2) WLF 方程及应用。(3) 粘弹性的研究方法。

三、聚合物的屈服和断裂

【掌握内容】

(1) 基本概念：屈服应力，断裂应力，冲击强度，疲劳，银纹，剪切带，脆性断裂，韧性断裂，应力集中。(2) 晶态、非晶态及取向聚合物应力-应变特点。(3) 聚合物的屈服与增韧机理。(4) 影响聚合物强度的因素与增强途径、机理。

【理解内容】

断裂理论。

(七) 聚合物的电学性质

1、考试内容

(1) 聚合物的极化及介电松弛行为；(2) 聚合物的压电极化和焦电极化；(3) 聚合物的驻极体及热释电；(4) 聚合物的电击穿；(5) 聚合物的静电现象；(6) 聚合物的导电率；(7) 有机导体及其结构化学；(8) 离子导电；(9) 聚合物的光导性。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 基本概念：介电极化，介电松弛，掺杂，压电系数，焦电系数，聚合物压电体。(2) 聚合物的导电率、导电聚合物的结构与导电性。

【了解内容】

(1) 聚合物的电击穿。(2) 高分子的静电现象。

(八) 聚合物的热性能、光学性能

1、考试内容

(1) 聚合物的热稳定性和耐高温的聚合物材料；(2) 聚合物的热膨胀；(3) 聚合物的热传导；聚合物的光学性能。

2、考试要求

【掌握内容】

(1) 聚合物的热稳定性、热膨胀、热传导，热变形温度。(2) 折光指数，透明度，雾度，双折射，散射。

四、试卷结构

试题类型主要有：名词解释、判断题、填空题、选择题、计算题、简答题(包括写反应式、叙述反应原理、聚合物特性、聚合方法等)，综合论述题。

五、参考教材

- (1) 潘祖仁主编，《高分子化学》（第五版），化学工业出版社，2011。
- (2) 何曼君等编，《高分子物理》（第三版），复旦大学出版社，2007。
- (3) 符若文, 李谷, 冯开才编，《高分子物理》，化学工业出版社，2005。

编制单位：中国科学院大学
编制日期：2025 年 6 月 29 日