

# 《高分子化学》教学大纲

课程名称：高分子化学

课程编号：10230023

英文课程名称：Polymer Chemistry

适用专业：材料科学与工程

总学时：45 学时

学分数：3 分

理论教学时数：45 学时

实验（实践）教学时数：0

执笔者：刘冬青

编写日期：2021.3

## 一、课程性质与任务

**课程性质：**在课程体系中，《高分子化学》属专业课程模块，为材料科学与工程的专业必修课。

**课程任务：**《高分子化学》是研究聚合物的合成原理及其化学反应的一门学科。主要任务是介绍高分子的基本概念、各类高分子物质的化学结构、聚合原理和方法、高分子反应的特征以及调控聚合产品分子量及其分布、立体结构、序列结构等要素的理念和方法，为高分子材料的合成、制备、加工和应用提供知识准备。《高分子化学》是材料科学与工程专业的专业基础理论课，以有机化学、物理化学和分析化学等为基础,为《高分子物理》、《化纤工艺学》等后续课程的学习做好理论铺垫。为学生树立专业意识，建立专业思维打下决定性基础。同时进一步培养学生分析问题，研究问题和解决问题能力，培养学生的创新精神和自学能力。结合高分子及化学、化工领域专业理论与实践知识，结合建设中国特色社会主义建设总目标，传递社会主义核心价值观；立足立德树人根本任务，结合高分子工业行业发展史、榜样专家先进事迹，讲好中国故事和奋斗目标，筑牢学生爱国主义和人文情怀，帮助学生树立社会主义理想；结合实验、实例介绍环保、绿色理念的重要性，树立学生绿色、可持续发展观，培养依法依规的执业习惯和行为。

## 二、课程教学目标

本课程面向材料科学与工程工科专业教学，贯彻落实立德树人首要目标，借

助天津工业大学特色研究学科内容的依托，教学形式内容包括课堂理论讲解、课后作业、课堂讨论、随堂测验及总结考试。

**教学目标 1：**达成毕业要求 1.4，使学生掌握《高分子化学》的基础理论，理解高分子结构、合成方法、化学性质和反应特性，解释高分子物质作为材料在制备加工和使用过程中的各种物理化学现象、特性和机制。

**教学目标 2：**达成毕业要求 2.2，使学生能运用高分子化学的科学知识，识别、表达及分析构成高分子材料的理化特性等涉及的化学问题，并得到合理的结论。

**教学目标 3：**达成毕业要求 3.2，培养学生的工程实践学习能力，使学生初步具有综合运用高分子化学的理论知识和分析手段对高聚物进行制备、选材、加工及性能评价等新材料和产品的设计与开发的能力。

**教学目标 4：**达成毕业要求 12.1，以立德树人培养社会主义接班人为首要目标，促进学生了解我国产业现状、行业发展、国家政策、行业法规和标准等；培养学生建立大局观、坚守家国观念和家国情怀，筑牢爱国主义思想、加固社会主义核心价值观、培养依法依规的执业习惯。

课程教学目标对专业毕业要求的支撑关系如下所示：

毕业要求	毕业要求指标点	课程目标 1	课程目标 2	课程目标 3	课程目标 4	对毕业要求的贡献度
1. 工程知识	1.4 掌握材料科学与工程的基础理论，理解材料的组成、结构、性能间的相互联系及其内在规律，能够解释材料制备加工和使用过程中的各种化学、物理现象和性质。	√				H
2. 问题分析	2.2 能够应用化学等自然科学知识，识别、表达及分析材料工程问题中涉及的化学问题，并得到合理的结论。		√			H

3. 设计/开发解决方案	3.2 能够集成材料工程中材料、结构、工艺、性能四方面知识，完成满足特定工程需求的新材料及产品的设计和开发。			√		M
4. 人生观培养	12.1 能够认识社会发展和科技进步对不断学习能力的要求，具备经济社会发展的认同感和竞争意识，针对个人职业发展，能够自主学习，与时俱进。能够结合产品、反应机理等，进行资料调查，阐述正确的个人人生观、价值观和世界观，自觉树立家国观念、中国特色社会主义建设责任心、使命感。				√	M

### 三、课程教学内容、要求及学时分配

#### 第一章 绪论 （3 学时）

##### 1.教学目的与要求

要求了解聚合物的平均分子量、分子量分布、结构性能等基本概念；了解高分子材料学科及其工业发展概况；掌握高分子化合物的基本概念、命名及分类；我国高分子工业发展历史、现状和国外对比情况与高分子材料人的使命与担当。

对应课程教学目标：1，2，3，4

##### 2.教学手段和内容

手段：多媒体课件讲解与模型展示

教学内容：

聚合物基本概念、聚合物分类与命名、聚合反应、聚合物物理状态与主要性能

##### 3.重点或难点

重点：分子化合物的基本概念、命名及分类。

难点：平均分子量、分子量分布、结构性能等基本概念和大分子微观结构。

##### 4.作业量

课后思考题的一半及网络知识搜集

获得的知识和能力

获得数理工程知识，提高文献检索与分析、提出问题和解决问题。

## 第二章 逐步聚合（10 学时）

### 1.教学目的与要求

使学生了解逐步聚合与连锁聚合的区别，特别是掌握缩聚反应的机理、特点和主要控制因素。

对应课程教学目标：1，2，3，4

### 2.教学手段和内容

手段：多媒体课件讲解与模型展示

教学内容：

①逐步聚合反应类型；

②缩聚反应特征、缩聚反应单体与反应类型的关系、缩聚反应的副反应；

③反应型官能团等摩尔配比的线性缩聚产物的平均聚合度、反应程度及平衡常数的关系，缩聚反应动力学；

④线形缩聚分子量控制与计算；

⑤体型缩聚单体的官能团与官能度、平均官能度的计算、体型缩聚的特点、凝胶点的实验测定，利用 Carothers 方程计算体型缩聚产物的平均聚合度及凝胶点；

⑥了解缩聚反应的实施方法及典型产品。

⑦涤纶、锦纶等产业发展进步与改革开放政策对人民生活和国家发展带来的巨大影响；聚乳酸生产与 COVID-19 防疫相关性及其社会主义制度的优越性；芳纶等高性能纤维与我国十四五规划中提到的高端装备、新材料和绿色环保发展目标。

### 3.重点或难点

①逐步聚合与连锁聚合的区别

②线形缩聚的平均聚合度、反应程度及平衡常数的关系

③线形缩聚物分子量控制与计算；线形缩聚分子量控制与计算；

④体型缩聚凝胶点的预测；

### 4.作业量

课后思考题的 80%及计算题 60%。

## 5.获得的知识和能力

获得数理工程知识，提高文献检索与分析、提出问题、解决问题和综合分析问题能力。

## 第三章 自由基聚合（10 学时）

### 1.教学目的与要求

了解连锁聚合反应的单体，连锁聚合反应的单体结构与反应类型、聚合反应能力的关系；了解自由基聚合的聚合机理，自由基聚合的链引发、链增长、链终止、链转移基元反应；自由基聚合的反应特征，自由基聚合的引发过程及引发剂，引发剂的种类、引发过程、半衰期、引发效率、引发剂的选用原则，其它引发方式简介；自由基聚合的动力学、稳态条件下动力学速率方程的推导、自动加速现象、阻聚及缓聚作用、自由基聚合过程的反应速率变化类型；掌握自由基聚合无链转移条件下、有链转移条件下平均聚合度的计算；了解自由基聚合的聚合物动力学链长，自由基寿命的定义，单体浓度、引发剂浓度、反应温度及压力对聚合速率与产物平均聚合度的影响。

对应课程教学目标：1，2，3，4

### 2.教学手段和内容

手段：多媒体课件讲解与模型展示

教学内容：

自由基聚合基本概念、引发剂与引发反应、自由基聚合反应机理、聚合反应动力学、聚合反应热力学、自由基聚合重点产品介绍、引发剂-自由基与绿色环保理念、引发剂-安全与依法依规执业。

### 3.重点或难点

重点：要求学生掌握自由基聚合反应机理及特征、引发机理、自由基聚合低转化率动力学及影响聚合速度、分子量、分子量分布和微观结构的因素、高转化率下的自动加速现象及其产生原因、阻聚和缓聚等的基本概念。

难点：自由基聚合反应机理，自由基聚合反应动力学，自动加速现象和阻聚与缓聚剂及其作用原理。

### 4.作业量

课后思考题的 80%及计算题 60%。

#### 5.获得的知识和能力

获得数理工程知识，提高文献检索与分析、提出问题、解决问题和综合分析问题能力。

### 第四章 共聚合反应（7 学时）

#### 1.教学目的与要求

了解共聚反应的意义及目的，共聚物的分类及命名，共聚物组成的定义，瞬间共聚物组成微分方程的推导，共聚物平均组成的表达方式，竞聚率与共聚物组成的关系，掌握共聚物组成的计算，交替共聚、理想共聚、非理想共聚行为组成曲线的绘制；了解共聚物组成随转化率的变化趋势及函数关系，控制共聚物组成的方法，共聚反应竞聚率的实验测定；了解单体的结构与反应性的关系，单体与活性增长链的反应活性、单体的取代基对反应性能的影响、建立 Q-e 概念。

对应课程教学目标：1，2，3，4

#### 2.教学手段和内容

手段：多媒体课件讲解与模型展示

教学内容：

共聚物组成方程、共聚物的类型、共聚物组成与转化率的关系、共聚反应的应用、共聚物在绿色环保行业中的重要应用。

#### 3.重点或难点

重点：要求学生掌握二元共聚物瞬时组成与单体组成的关系、竞聚率的意义、典型的共聚物组成曲线类型以及共聚物组成与转化率的关系、共聚物组成均一性的控制方法、自由基及单体的活性与取代基的关系、以及对反应速率的影响

难点：二元共聚物瞬时组成与单体组成的关系、共聚物组成曲线。

#### 4.作业量

课后思考题的 70%及计算题 50%。

#### 5.获得的知识和能力

获得数理工程知识，提高文献检索与分析、提出问题、解决问题和综合分析问题能力。

### 第五章 聚合反应的实施方法（4 学时）

#### 1.教学目的与要求

掌握本体、溶液、悬浮、乳液等各种聚合方法的优缺点及其应用场合；掌握悬浮聚合机理；掌握乳液聚合机理,一般了解其动力学

对应课程教学目标：1，2，3，4

## 2.教学手段和内容

手段：多媒体课件讲解与模型展示

教学内容：

本体、悬浮、溶液聚合、乳液聚合方法、三废处理与绿色环保及依法依规执业、产品升级换代与我国行业发展和高端制造业发展。

## 3.重点或难点

重点：掌握乳液聚合机理。

难点：乳液聚合。

## 4.作业量

课后思考题的 80%。

## 5.获得的知识 and 能力

获得数理工程知识，提高文献检索与分析、提出问题、解决问题和综合分析问题能力。

## 第六章 离子聚合（4 学时）

### 1.教学目的与要求

掌握离子聚合的单体、引发剂、反应条件和影响因素；熟悉阴离子聚合和阳离子聚合的反应机理

对应课程教学目标：1，2，3，4

### 2.教学手段和内容

手段：多媒体课件讲解与模型展示

教学内容：

①阴离子聚合的单体、引发剂、聚合反应机理、活性阴离子聚合的基本特征、反应动力学、平均聚合度的计算、活性阴离子聚合的应用；

②阳离子聚合单体、引发剂、反应机理、阳离子活性聚合。

③产品开发与我国产业进步、活性聚合与人工智能创新目标推进、三废处理与绿色环保发展。

### 3.重点或难点

- ①阴离子聚合和阳离子聚合的引发剂、合适的单体；
- ②阴离子聚合和阳离子聚合引发机理、聚合机理；
- ③活性阴离子聚合的基本特征、平均聚合度计算。

### 4.作业量

课后思考题的 90%，计算题 60%。

### 5.获得的知识 and 能力

获得数理工程知识，提高文献检索与分析、提出问题、解决问题和综合分析问题能力。

## 第七章 配位聚合（4 学时）

### 1.教学目的与要求

掌握聚合物的立体异构现象，了解配位聚合的发展史，配位聚合的引发剂、单体和配位聚合的两种争论机理。

对应课程教学目标：1，2，3，4

### 2.2.教学手段和内容

手段：多媒体课件讲解与模型展示

教学内容：

聚合物的立体异构现象、定向聚合定义、配位阴离子聚合的单体和引发剂、聚合反应机理、典型定向聚合、改革开放后行业发展与国家建设、三废处理及环保、高活性试剂与行业法规。

### 3.重点或难点

- ①聚合物的立体异构，定向聚合定义
- ②Ziegler-Natta 催化剂的构成以及各自催化的反应

### 4.作业量

课后思考题的 70%。

### 5.获得的知识 and 能力

获得数理工程知识，提高文献检索与分析、提出问题、解决问题和综合分析问题能力。

## 第八章 聚合物的化学反应（2 学时）



### 1.教学目的与要求

使学生掌握聚合物的能够参加的主要反应,并了解反应对聚合物分子量的影响。

对应课程教学目标: 1, 2, 3, 4

### 2.教学手段和内容

手段: 多媒体课件讲解与模型展示

教学内容:

聚合物的主链反应、侧基反应、交联反应、接枝反应、聚合物的降解反应老化及防老化、古代的高分子材料应用及人文历史、碳纤维与高端制造业、苯乙烯的化学反应-离子交换树脂与环保。

### 3. 重点或难点

对聚合物的分子量没有影响的反应、使分子量变大的反应、使分子量变小的反应。

### 4.作业量

课后思考题的 85%。

### 5.获得的知识 and 能力

获得数理工程知识,提高文献检索与分析、提出问题、解决问题和综合分析问题能力。

## 四、教学方法

### 1. 教学方法建议

(1) 作为材料科学与工程专业的专业基础课,使之更加适合我校纤维材料、膜材料、高分子复合材料和生物材料等专业及方向。同时注重夯实基础理论知识,强调培养学生运用所学知识分析和解决实际问题的能力。

(2) 结合《高分子化学》(第五版,潘祖仁主编)等优秀教材和网络资源,精心组织理论教学。

(3) 注重培养学生实践能力。培养学生掌握高分子物质的化学结构和性质、合成机理和聚合物的化学反应特性,能初步设计聚合物合成反应制备聚合物,以及聚合物的简单化学改性。

(4) 逐步改进考核方法。重视教学过程，检验学生平时的学习情况，考核取平时和期末考试的总评结果。

#### (5) 课堂教学

精选教学内容，使用板书及丰富的多媒体教学，通过课堂教学、课堂讨论、随堂测验及讨论等形式，讲授理论知识，回答学生的问题，同时引导和启发学生理论联系实际，对生活生产现象进行思考。

#### (6) 讨论课

多次探讨，引入情景教学模式，提出讨论主题，让学生分组讨论，在课堂呈现讨论结果，学生主导问题解决，教师辅助、指导。

#### (7) 习题课和课外习题

习题课以选择题、填空题、分析题、判断题、计算题等为习题呈现形式，题目要有一定难度和代表性，注重实用性。

课外习题以教材中习题为主，可补充参考书中的习题或试题，以作业形式安排。及时批改学生的作业，并反馈作业情况，根据作业情况获知学生对所讲内容的理解程度。

(8) 设计综合性题目，鼓励学生查阅资料，结合课堂知识，提出设计方案，并对设计方案根据可行性、合理性、经济性等方面进行评价。培养学生科学的思维方法，了解高分子结构为其性能带来的特征性影响，提高学生的创新能力。

(9) 结合资料查阅就一种聚合机理或材料，联系建设有中国特色社会主义的目标撰写 200 字论述，谈谈自己对行业发展与国家建设、个人发展、创新创造、可持续发展等的看法认识。

### 2. 学生学习建议

(1) 重点学习高分子化学的基本概念、原理、方法；注意聚合方式与聚合物性能间关系，聚合物结构与性能间关系，注重理论与实际相联系。

(2) 要借助网络资源进行自主学习，加深和拓展对课堂知识的认识。

(3) 注意课前自主学习，积极提出问题。

(4) 要认真听课，积极参与课堂讨论。

(5) 加强课后的复习，按时完成测验、作业等。

(6) 要积极参与小组学习，相互协作、相互配合、相互帮助，积极承担个人责任，同时发挥团队精神，及时、有效完成小组讨论课题。

## 五、考核方式

1. 考核方式：闭卷考试，试题类型一般为名词解释、填空题、简答题、选择题和综合计算题等。

2. 成绩记入：平时成绩比例为 30%，期末考试成绩比例为 70%。

3. 平时成绩考查形式：平时成绩通过课外作业、测验、随堂互动、出勤情况记录、认识论述等方式考查。

总成绩为 60 分以上为及格，满分为 100 分。

## 六、培养要求达成度评价

1. 课程目标、考核内容与达成途径、评价依据、评价方式对应关系表。

课程目标	考核内容	占比 (%)	达成途径、评价依据、评价方式
1. 通过本课程的学习，使学生掌握《高分子化学》的基础理论，理解高分子结构、合成方法、化学性质和反应特性，解释高分子物质作为材料在制备加工和使用过程中的各种化学现象和机制。	1. 高分子概念、结构、形状、化学特征； 2. 聚合反应机理、方法及聚合方法与聚合物结构性质的关系； 3. 聚合物的化学性质、反应性质和特征。	34	<b>达成途径：</b> 通过讲授高分子化学的基本理论和概念，使学生掌握高分子的基本特征和理论，熟悉聚合机理和方法，了解聚合物的化学反应和性质。 <b>评价依据：</b> 课堂讨论、作业、期末考试。 <b>评价方式：</b> 评估学生对反应机理、聚合方式、代表性反应、代表性聚合物结构特征的认知辨析和运用。
2. 通过本课程的学习，使学生能够应用化学等自然科学知识，识别、表达及分析材料工程问题中涉及的化学问题，并得到合理的结论。	1. 聚合物的分子结构、颜色、理化状态、强度、基本应用范围； 2. 聚合物化学改性方法和特征	44	<b>达成途径：</b> 通过讲授和学生自主调研，了解重要的橡胶、塑料、合成纤维及其他重要聚合物的分子结构、颜色、理化状态、强度、基本应用范围及其化学反应方程和操作条件。 <b>评价依据：</b> 课堂讨论、作业、期末考试。 <b>评价方式：</b> 评估学生掌握特定聚合物材料分子结构、颜色、理化状态及化学反应方程式。

3.培养学生的工程实践学习能力,使学生初步具有综合运用高分子化学的理论知识和分析手段对高聚物进行制备、选材、加工、性能评价等新材料及产品的设计与开发的能力。	1.特定聚合物结构的合成反应的具体操作细节; 2.特定高分子材料的制备; 3.生活、生产时间中的高分子材料的制备、改性中应用的化学反应。	20	<b>达成途径:</b> 通过讲授和学生自主调研,了解重要的橡胶、塑料、合成纤维及其他重要聚合物的合成方式方法及工程操作要点。 <b>评价依据:</b> 课堂讨论、作业、期末考试。 <b>评价方式:</b> 评估学生掌握特定聚合物材料的实际合成要素的掌握程度。
4.能够认识社会发展和科技进步对不断学习能力的要求,具备经济社会发展的认同感和竞争意识,针对个人职业发展,能够自主学习,与时俱进。能够结合产品、反应机理等,进行资料调查,阐述正确的个人人生观、价值观和世界观,自觉树立家国观念、中国特色社会主义建设责任心、使命感。	1.结合机理介绍我国行业、产业发展及现状,结合国家发展指导方向引出社会主义理想树立; 2.结合产品和试剂的使用,介绍安全操作、依法依规执业、高分子在传统技艺传承中的高分子化学; 3.结合合成机理、三废处理等介绍绿色环保发展理念。	20%	<b>达成途径:</b> 通过讲授和学生自主调研,了解高分子工业在国家发展中的地位、贡献、与社会主义建设目标点关系;了解行业法规、绿色环保理念和传统技艺传承中的高分子化学。 <b>评价依据:</b> 课堂讨论、撰写论述作业。 <b>评价方式:</b> 评估学生学习态度、价值观的阐述及思政相关内容的观点论述。

## 2.计分方法与对应的课程目标对应表。

序号	项目	比例 (%)	对应课程目标
1	课堂表现	10	1, 2, 3
2	作业和在线测试	13	1, 2, 3, 4
3	测验	5	1, 2, 3
4	论述	2	4
5	期末考试	70	1, 2, 3

## 3.评分标准

### (1) 课堂表现评分标准

课堂表现	得分
出勤率 100%, 认真听讲、做笔记; 基本概念清晰, 积极参与课堂讨论, 能准确回答教师或小组同学的问题; 能主动提出问题, 有条理地表达自己的观点。	9-10
出勤率高于 95%, 认真听讲、做笔记; 基本概念较清晰, 能参与课堂讨论,	7-8

比较准确回答教师或小组同学的问题；能尝试提出问题，表达观点。	
出勤率~90%，能较认真听讲、做笔记；基本概念较清晰，能参与课堂讨论，比较准确回答教师或小组同学的问题；在教师引导下，能提出问题，表达观点。	5-6
出勤率~85%，在教师提醒下能较认真听讲、做笔记；能理解基本概念，参与课堂讨论，回答教师或小组同学的问题。	3-4
出勤率低于 80%，在教师提醒下能较认真听讲、做笔记；基本概念不清晰，参与课堂讨论、回答问题的主动性差。	1-2

## (2) 作业和在线测试评分标准

依据习题库，安排 10 套作业题，每套满分 100 分，总计 1000 分，折算平时成绩 13 分；依据一种聚合物或聚合机理理论结合社会主义核心价值观论述自己世界观、人生观和价值观以及职业规划等，200 字以上，以作业形式提交，折合平时成绩 2 分。

## (3) 测验评分标准

测验题依据当时教学内容进行命题，满分 100 分，折算折算平时成绩 5 分。

## (4) 期终考试

考核内容要求		考试内容全面考察学生对高分子化学课程中基本概念、聚合机理的理解和掌握程度，考察依据聚合机理对聚合度的预判，对聚合反应机理的理解；几种重要聚合物化学修饰产品的制备反应及产品特征。
考试形式		采用笔试（闭卷）形式，卷面成绩 100 分，卷面成绩乘以 0.7 计入总成绩。
命题及批改		由课程教研组按教考分离原则命题，试卷采用流水作业统一批改。
试卷结构		试卷结构应为 60%的基本题、30%的综合题、10%的难题，难度程度适中，并体现出课程的重点和难点。
课程目标对应试题占比及题型	课程目标 1	试题占 30%~45%，题型为填空、简答、选择、名词解释、计算。
	课程目标 2	试题占 35%~45%，题型为填空、简答、选择、名词解释为主。
	课程目标 3	试题占 15%~30%，题型以填空、简答、选择、名词解释为主。

## 七、本课程与其它课程的联系和分工

本课程在学习之前需进行先修课：《无机化学》《有机化学》、《物理化学》、《分析化学》的学习。

本课程是《高分子物理》、《高分子材料加工工艺》、《化学纤维原理》、《聚合反应工程》、《高分子合成工艺学》、《高分子材料助剂》、《膜科学与技术》、《功能高分子》和《高分子材料改性》等专业课程的先修课程，为高分子材料科学与工程专业的多门课程的学习提供基本知识储备。

## 八、教材及教学参考书

### 教材：

《高分子化学》，潘祖仁，化学工业出版社，2011，第五版。

《Principle of Polymerization》George Odian, A John Wiley & Sons, Inc, Publicaion, Fourth Edition.

### 教学参考书：

- 1、《高分子化学》，王槐三，科学出版社，2011，第三版。
- 2、《高分子化学原理(Principles of polymer chemistry)》美 A. Ravva 著，张超灿译，化学工业出版社，2007，第二版。
- 3、《高分子化学学习指导》，何旭敏/董炎明，科学出版社，2007，第三版。
- 4、《高分子化学（第四版）--导读与题解》贾红兵，化学工业出版社，2009，第一版。
- 5、《习近平谈治国理政第一卷》，习近平，外文出版社，2018.1，第二版。
- 6、《习近平谈治国理政第二卷》，习近平，外文出版社，2017.11，第一版。
- 7、《习近平谈治国理政第三卷》，习近平，外文出版社，2020.6，第一版。