《聚合物合成与改性技术》（双语）课程教学大纲

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Polymer synthesis and modification | **课程代码** | CHEM1019 |
| **课程性质** | 专业选修课程 | **授课对象** | 化学工程与工艺专业 |
| **学 分** | 2.0 | **学 时** | 36 |
| **主讲教师** | 赵优良 | **修订日期** | 2021年5月30日 |
| **指定教材** | 自编讲义 | | |

**一、课程性质**

《聚合物合成与改性技术》（双语）是化学等专业英语强化班的一门专业选修课。高分子化学是研究聚合物合成和反应的一门科学，聚合物改性能为高分子材料广泛应用奠定坚实基础，二者之间关系密切。本课程主要目的是系统地向学生阐述聚合反应基本原理、聚合物结构-性能-应用之间的内在联系、聚合物改性的基本技术以及聚合物加工成型工艺。本课程能激发学生的专业意识和学习兴趣，培养学生对高分子材料分类方法、合成与改性技术、基本性能与实际应用的基本认识，培养学生严谨的科学态度和创新精神，基本完成从高分子化学与物理的基础理论到生产实践的衔接过程。通过教学环节逐步培养学生的科学素养、社会责任感和工程职业道德，学生能综合运用所学知识分析和解决高分子科学相关问题，具有一定的研发能力和就业竞争力。

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

作为一门专业选修课程，本课程旨在加强学生对聚合物分类、合成和改性方法、性能测试及加工成型等方面的框架性理解，基本了解高分子材料从合成到日常应用的全过程。总体目标是要求学生理解多种拓扑结构聚合物分类及合成方法、结构测试表征手段、大分子自组装技术、聚合物改性和加工成型等基本概念，了解聚合物分子量、分子量分布、化学组成、拓扑结构等参数的主要影响因素和控制方法；要求学生掌握自由基聚合、离子聚合、支化类聚合物合成、大分子自组装等内容，特别是跟踪活性自由基聚合技术的最新进展；要求学生掌握聚合物改性的基本原理和方法，熟悉聚合物加工成型方法、设备及工艺。在培养学习兴趣的基础上，引导学生自主学习，系统掌握化学基础理论和基础知识，提升学科认同度和就业竞争力，能够基于科学原理并采用科学方法对复杂问题进行创新研究，综合考虑经济、环境、法律、安全、健康、伦理等方面的影响因素, 具备研发、教学和管理能力，具有自主学习和终身学习的意识和能力。

（二）课程目标：

**课程目标1：**了解高分子发展简史，掌握高分子合成与结构表征等知识模块的内容、侧重点及相互关联性。能娴熟采用英文进行学习，借助课堂专题讨论和文献调研，提高学生获取本学科最新进展的能力。

**课程目标2：**能系统掌握化学基础理论和基础知识，运用高分子相关专业理论，知晓聚合物基本性能和实际应用，了解高分子材料的社会需求和发展趋势，能够根据所学科学知识和原理从事化学工程与工艺的研发及实际生产相关工作，并能够综合考虑经济、环境、法律、安全、健康、伦理等方面的影响因素。

**课程目标3：**能激发学生专业兴趣和意识，有志于从事本专业的研发工作，能够基于科学原理并采用科学方法对复杂问题进行创新研究，包括设计实验、分析与解释数据，能够进入研究生阶段学习，有承担研发任务的能力。

**课程目标4：**具有自主学习和终身学习的意识，能够与时俱进，通过不断学习来拓展自己的知识和能力。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

本课程目标主要对应于毕业要求1、3和4。具体要求及相应分解指标项如下：

**毕业要求1：**工程知识：掌握化学工程专业的基础知识、基本理论和基本技能。能够将数学、自然科学、工程基础和化工专业知识用于解决实际工程问题。

分解指标：1-2 能够运用相关的工程知识和专业知识辨别化工系统中出现的技术、工艺等问题。1-4 熟悉化工生产过程的各种工艺流程，并能够根据具体工程实践选择合适的工艺条件。

**毕业要求3：**毕业要求3：分析问题及设计/开发解决方案：能够应用数学、自然科学、工程科学及化工专业的基本知识和技能解决复杂化工系统的分析，设计，控制及优化问题。设计满足特定需求的系统、单元、工艺流程和产品，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。

分解指标：3-1 能够分析化学工程应用的特定需求，确定具体的研发目标。3-2 能够根据目标进行设计相应的化工系统或产品，明确工艺流程和控制方式。

**毕业要求4：**研究：了解化学工程学科前沿方向和发展趋势，能够基于科学原理并采用科学方法对复杂问题进行创新研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。

分解指标：4-1 掌握化学工程与工艺领域的分析方法并理解其适用范围。4-2 能基于专业理论针对特定需求设计合理可行的实验方案。

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **达成途径** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1 | 课程讲授、互动讨论、作业论文 | 绪论，自由基聚合，离子聚合，树枝形聚合物和超支化聚合物 | 1-2, 3-1, 4-2 |
| 课程目标2 | 课程讲授、互动讨论、作业论文 | 聚合物结构与性能，聚合物改性技术，聚合物加工成型 | 1-2, 1-4, 3-2, 4-1, 4-2 |
| 课程目标3 | 课程讲授、互动讨论、作业论文 | 可控自由基聚合，大分子自组装 | 1-2, 3-1, 2-2, 4-1 |
| 课程目标4 | 课程讲授、互动讨论、作业论文 | 可控自由基聚合，树枝形聚合物，大分子自组装 | 1-2, 3-1, 4-2 |

**三、教学内容**

**第一章 绪论**

1. 教学目标：了解高分子科学发展简史，学习基本概念，掌握聚合物分类方法、常用聚合和测试表征方法，熟悉拓扑结构聚合物的主要种类，知晓单体和聚合物纯化过程。

2. 教学重难点：聚合物基本概念，各种大分子参数，聚合物分类和命名方法，聚合物分子量、组成和结构测试表征方法。

3. 教学内容：高分子科学发展简史；聚合物相关基本概念：聚合度(DP)，分子量(molar mass), 分子量分布指数(dispersity)，顺反异构，立构规整性，等规度，微结构，多分散性，单分散聚合物(monodisperse polymer)；聚合物主要分类方法，如线型、大环和支化聚合物等(基于拓扑结构分类)；聚合物命名原则，聚合物化学组成(均聚物，二元共聚物，多组分聚合物)；分子量测试方法，结合1H NMR分析、凝胶渗透色谱(GPC)或体积排斥色谱(SEC)曲线及测试的表观分子量和分子量分布指数等规范表述所合成聚合物；单体和聚合物精制纯化方法，沉淀和分级沉淀技术，制备级色谱。

**第二章 自由基聚合**

1. 教学目标：掌握自由基聚合的主要特征、机理、类型和反应动力学，熟悉常规聚合物的组成、命名方法和应用前景；掌握稳态假定、动力学链长等基本概念，熟悉聚合反应速率和分子量的主要影响因素及测试方法。

2. 教学重难点：聚合过程分解和剖析，聚合反应动力学，聚合反应速率方程推导，链引发速率-*R*i和引发类型的相关性，温度对聚合速率和分子量的影响。

3. 教学内容：聚合反应种类，如链式聚合vs逐步聚合，加成聚合vs缩合聚合；链式聚合主要类型：自由基聚合，阴阳(或正负)离子聚合，配位聚合等；链式聚合基元反应：链引发，链增长，链终止，链转移；典型自由基聚合产物在材料领域的应用，相应单体和重复单元；自由基聚合反应机理，自由基类型，自由基来源，自由基反应活性高低及其影响因素；自由基相关的反应类型：加成，偶合，歧化，解离，转移；单体种类和聚合类型的适配性，单、双、多取代乙烯类单体的聚合能力，不同取代基对应的位阻效应；自由基聚合的终止反应：单基和双基终止，偶合和歧化终止比例及影响因素；链转移反应种类：向单体、溶剂、链转移剂、引发剂、聚合物等进行链转移；自由基聚合基本特征及相关专业术语：引发剂(initiator)，引发(initiation)，聚合温度，聚合反应动力学(polymerization kinetics)，聚合速率(polymerization rate)，链引发速率-*R*i、链增长速率-*R*p、链终止速率-*R*t及其影响因素，基元反应(elemental reaction)，自由基寿命(radical life)，笼效应(cage effect)，自加速效应(autoacceleration)或凝胶效应(gel effect)，沉淀聚合，单体转化率(monomer conversion)，聚合度(DP)和动力学链长(kinetic chain length)的关系，副反应(side reaction)；稳态假定和聚合反应速率方程推导；室温聚合体系构建：氧化-还原引发聚合，光引发聚合，热引发聚合，它们和采用AIBN等引发剂等常规自由基聚合体系的区别和联系；阻聚和缓聚；膨胀计法测试聚合反应速率基本原理。

**第三章 “活性”/可控自由基聚合**

1. 教学目标：了解Iniferter、CCTP、NMP和ATRP等可控自由基聚合技术的方法、机理及其在大分子设计中的应用；掌握RAFT聚合的机理、单体和链转移剂的适配性，了解聚合物颜色去除和端基修饰的主要方法。

2. 教学重难点：活性聚合和可控聚合的关联性，怎样高效构建可控自由基聚合体系，聚合反应动力学，多种可控自由基聚合体系的最新进展。

3. 教学内容：活性聚合体系的基本特征；可控聚合体系的特点；活性聚合体系的主要类型：阴阳离子聚合，开环易位聚合(ROMP)，可控自由基聚合，基团转移聚合(GTP)，配位聚合等；高效构建可控自由基聚合体系的途径：活性种与休眠种之间的可逆活化，活性种与休眠种之间的可逆链转移，以及二者的有效结合；引发-转移-终止(Iniferter)聚合的发展，Iniferter试剂的种类，合成技术的发展及局限性，在合成嵌段和接枝共聚物方面的最新进展；催化链转移聚合(CCTP)的发展、聚合机理及应用；氮氧稳态自由基聚合(NMP)的发展，适用单体，聚合条件和应用；原子转移自由基聚合(ATRP)的发展，主要引发剂和催化体系种类，基本原理；可逆加成-断裂链转移(RAFT)聚合的发展，主要链转移剂类型，R基团和Z基团和单体可控聚合的适配性原则，聚合基本原理；各种方法在拓扑结构聚合物设计合成中的应用；ATRP和RAFT聚合物端基失活或消除的常用方法；多种可控自由基聚合技术的最新研究进展，如光控RAFT聚合(从紫外光到红外光，波长可变)、光致电荷/能量转移-可逆加成断裂链转移(PET-RAFT)聚合、超声介导RAFT (Sono-RAFT)聚合、RAFT聚合诱导自组装(RAFT PISA)、单电子转移活性自由基聚合(SET-LRP)、无金属催化ATRP (metal-free ATRP)和碘调控活性自由基聚合等。

**第四章 离子聚合**

1. 教学目标：熟悉阳离子聚合的主要特征、机理和应用，掌握离子对和自由离子等概念、常用单体和主要聚合条件，知晓所合成聚合物的主要类型；掌握阴离子聚合的主要特征、机理和应用，熟悉活性聚合等概念，知晓主要引发体系、单体-活性中心的适配性原则及其在复杂拓扑结构聚合物设计中的应用。

2. 教学重难点：单体种类和阴阳离子聚合的适配性，离子聚合引发剂的种类，离子聚合主要影响因素，阴离子聚合体系中单体聚合活性和聚合物碳阴离子引发活性的关系，离子聚合在大分子设计和材料领域的应用。

3. 教学内容：离子聚合的发展历程；阳离子聚合适用的单体、基元反应和反应动力学；引发体系中共价键、紧密离子对、疏松离子对和自由离子的相互转换及其对聚合反应的贡献；链转移反应、聚合温度、溶剂和反离子种类对聚合物分子量的影响；阴离子聚合体系中活性聚合概念的提出，链终止反应中引入功能端基；金属钠相关阴离子聚合反应中双头阴离子的形成机理，聚合度和动力学链长的关系；阴离子聚合在拓扑结构聚合物设计中的应用，重点介绍在SBS、SIS等三嵌段和嵌段数更高热塑性弹性体材料、接枝共聚物和多组分杂臂星形共聚物合成中的应用；以三类反应活性类似(如苯乙烯、丁二烯和异戊二烯)或显著不同(如苯乙烯、2-乙烯基吡啶和甲基丙烯酸甲酯)单体的阴离子聚合为例，列举序列加料法在嵌段共聚物合成中的有效性和局限性；以阴离子聚合物为例，简要介绍实验室和工业界在聚合物合成中的差异性；典型离子聚合产物在日常生活中的实际应用；离子聚合和自由基聚合的比较。

**第五章 树枝形聚合物和超支化聚合物**

1. 教学目标：学习支化类聚合物的设计原理，熟悉树枝形和超支化聚合物的主要合成方法，知晓支化度的计算方法；掌握树枝形和超支化聚合物的主要种类及分类方法，了解其结构、性能及其在材料领域的应用。

2. 教学重难点：支化类聚合物的分类方法，树枝形聚合物(dendrimer)的定义、主要合成方法、重复单元和聚合物简易表述方式，超支化聚合物(hyperbranched polymer)的主要合成方法，支化度的计算公式和测试方法。

3. 教学内容：支化聚合物的发展历程；支化类聚合物的主要类型：树枝形聚合物及基本构筑基元-树状基元，超支化聚合物，树状接枝聚合物，树枝化聚合物和树状-线型嵌段共聚物等；树枝形聚合物的定义、代数、主要类型和合成方法(发散法，收敛法，组合法，加速合成策略特别是正交合成)；主要树枝形聚合物(聚酰胺-胺、聚芳醚、聚丙烯亚胺、聚乙烯亚胺、聚双羟甲基丙酸等类型)的重复单元；树枝形聚合物的表面官能团数目(*f*)和核官能度、代数之间的关系，*f* = *f*core × 2n (*f*core表示内核官能度，n表示代数)；树状接枝、树枝化、超支化聚合物的主要合成方法；正交合成、点击反应在dendrimer合成中的应用；采用单体引发剂或单体链转移剂(inimer)，基于自缩合乙烯基聚合(self-condensing vinyl polymerization，简称SCVP)的可控自由基聚合技术(如NMP、ATRP和RAFT聚合)实现超支化聚合物的可控合成；各种支化类聚合物在材料领域的应用进展。

**第六章 大分子自组装**

1. 教学目标：学习大分子自组装的原理和主要驱动力，了解大分子、两亲性小分子自组装之间的区别和联系；掌握聚集体纳米结构的主要类型，熟悉形貌调控因素及其在功能材料领域的应用前景。

2. 教学重难点：自组装种类和驱动力，聚集体中聚合物链的堆砌行为，聚集体形貌的主要调控因素，聚集体稳定性，不同纳米结构之间的相互转换。

3. 教学内容：超分子化学，自组装类型和主要驱动力；表面活性剂(surfactant)和两亲性分子(amphiphile)自组装；聚合物本体、溶液和界面组装方法；堆积参数和聚集体形貌之间的内在关联；蜂窝状纳米结构制备技术；含Y结构筑基元形成多孔胶束；0D-3D纳米结构的主要形貌；星形胶束和平头胶束；核-壳结构胶束的制备及其在纳米笼形成中的应用，主要途径为先交联壳层再降解内核；从微观到宏观组装的发展历程；聚集体形貌和聚合物浓度之间的关系；典型亲水性和疏水性聚合物的实例；主要自组装方法：传统自组装，多级自组装，刺激诱导自组装，结晶驱动自组装，反应或聚合诱导自组装；大分子自组装在材料领域的应用介绍。

**第七章 聚合物结构与性能**

1. 教学目标：掌握聚合物材料性能时温等效原理，了解聚合物的基本物理性能，知晓结构-性能之间的构效关系。

2. 教学重难点：链结构和聚集体结构，结构和性能之间的构效关系，时温等效原理，聚合物粘弹性，热固性树脂、热塑性树脂及其性能组合(vitrimer材料)。

3. 教学内容：聚合物链堆砌主要表述方式；大分子形状，流体力学半径，均方旋转半径；线型、环状和支化结构；大分子链构象和构型，等规、无规、间规，或顺反异构；高分子熔融和结晶行为及其影响因素；典型液体高分子、无定形和半结晶高分子；热塑性、热固性和类玻璃高分子(vitrimer)，热塑性弹性体材料；玻璃态，高弹态，粘流态；聚合物形变，拉伸时应力-应变曲线；时温等效原理及其在材料领域中的应用；聚合物粘弹性，玻璃化转变温度，结晶度，相应物理性能及主要影响因素。

**第八章 聚合物改性技术**

1. 教学目标：掌握聚合物改性原理，熟悉共混改性的分类方法，了解共混改性工艺及其对材料性能的影响；学习聚合物材料中化学、表面、填充和复合改性等改性技术，了解其特点、主要途径和适用范围。

2. 教学重难点：常见聚合工艺及应用范畴，各种改性技术的基本原理、分类方法及适用对象，典型改性技术和常用设备。

3. 教学内容：典型聚合技术，本体、溶液、分散和乳液聚合等；不常用聚合技术，固相、气相和等离子体聚合；聚乙烯分类方法及聚合工艺；聚合物性能优缺点，改性研究的必要性和重要性；主要改性方法：共混改性，填充改性，复合改性，化学改性，表面改性；共混、共聚体系中的相容与不相容性，相行为；塑料增强增韧改性，互穿聚合物网络改性；各种改性方法的原理和主要设备；化学改性的常用方法，如表面接枝、刻蚀、水解、氧化、光照、交联等；表面改性的常用方法，如表面处理、电晕处理、燃烧、离子束和等离子体处理等；不同改性方法在材料领域中的应用。

**第九章 聚合物加工成型**

1. 教学目标：学习挤出和吹塑成型等方法，了解主要设备、生产流程及适用对象；学习反应注射成型等工艺，掌握注射、压延和热压成型等方法，了解主要设备、生产流程及适用对象。

2. 教学重难点：聚合物的种类和加成成型工艺的适配性，主要加工成型方法的类型、设备和工艺，常见聚合物的典型模塑方法。

3. 教学内容：主要聚合物加工成型技术及其市场占比；聚合物的主要分类法，热固性和热塑性聚合物的主要种类；挤出成型的原理、工艺和设备；常规注射成型和反应注射成型的原理、工艺和设备；压延成型、吹塑成型和热压成型等其他加工成型的类型及应用；各种加工成型技术的主要影响因素；高分子材料的回收和循环利用。

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 教学内容 | 学时分配 |
| 第一章 | 绪论 | 4 |
| 第二章 | 自由基聚合 | 4 |
| 第三章 | “活性”/可控自由基聚合 | 4 |
| 第四章 | 离子聚合 | 4 |
| 第五章 | 树枝形和超支化聚合物 | 4 |
| 第六章 | 大分子自组装 | 4 |
| 第七章 | 聚合物结构与性能 | 4 |
| 第八章 | 聚合物改性技术 | 4 |
| 第九章 | 聚合物加工成型 | 4 |
| 合计 | | 36 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **周次** | **教 学 内 容** | **教时 分配** | **目的要求** | **备注** |
| 1 | 第一章 绪论 | 2 | 了解高分子科学发展简史，学习基本概念，掌握聚合物分类方法、常用聚合和测试表征方法，熟悉拓扑结构聚合物的主要种类，知晓单体和聚合物纯化过程 |  |
| 2 | 第二章 自由基聚合 | 2 | 掌握自由基聚合的主要特征、机理、类型和反应动力学，熟悉常规聚合物的组成、命名方法和应用前景 |  |
| 3 | 第二章 自由基聚合 | 2 | 掌握稳态假定、动力学链长等基本概念，熟悉聚合反应速率和分子量的主要影响因素及测量方法 |  |
| 4 | 第三章“活性”/可控自由基聚合 | 2 | 了解Iniferter、CCTP、NMP和ATRP等可控自由基聚合技术的方法、机理及其在大分子设计中的应用 |  |
| 5 | 第三章“活性”/可控自由基聚合 | 2 | 掌握RAFT聚合的机理、单体和链转移剂的适配性，了解聚合物颜色去除和端基修饰的主要方法 |  |
| 6 | 第四章 离子聚合 | 2 | 熟悉阳离子聚合的主要特征、机理和应用，掌握离子对和自由离子等概念、常用单体和主要聚合条件，知晓所合成聚合物的主要类型 |  |
| 7 | 第四章 离子聚合 | 2 | 掌握阴离子聚合的主要特征、机理和应用，熟悉活性聚合等概念，知晓主要引发体系、单体-活性中心的适配性原则及其在复杂拓扑结构聚合物设计中的应用 |  |
| 8 | 第五章 树枝形和超支化聚合物 | 2 | 学习支化类聚合物的设计原理，熟悉树枝形和超支化聚合物的主要合成方法及支化度的计算方法 |  |
| 9 | 第五章 树枝形和超支化聚合物 | 2 | 掌握树枝形和超支化聚合物的主要种类及分类方法，了解其结构、性能及其在材料领域的应用 |  |
| 10 | 第六章 大分子自组装 | 2 | 学习大分子自组装的原理和主要驱动力，了解大分子、两亲性小分子自组装之间的区别和联系 |  |
| 11 | 第六章 大分子自组装 | 2 | 掌握聚集体纳米结构的主要类型，熟悉形貌调控因素及其在功能材料领域的应用前景 |  |
| 12 | 第七章 聚合物结构与性能简介 | 2 | 掌握聚合物材料性能时温等效原理，了解聚合物的基本物理性能，知晓结构-性能之间的构效关系 |  |
| 13 | 专题讨论课 | 2 | 对聚合物工程技术、后聚合修饰和特种结构高分子材料等专题进行讨论 |  |
| 14 | 第八章 聚合物改性 | 2 | 掌握聚合物改性原理，熟悉共混改性的分类方法，了解共混改性工艺及其对材料性能的影响 |  |
| 15 | 第八章 聚合物改性 | 2 | 学习聚合物材料中化学、表面、填充和复合改性等改性技术，了解其特点、主要途径和适用范围 |  |
| 16 | 第九章 聚合物加工成型 | 2 | 学习挤出和吹塑成型等方法，了解主要设备、生产流程及适用对象 |  |
| 17 | 第九章 聚合物加工成型 | 2 | 学习反应注射成型等工艺，掌握注射、压延和热压成型等方法，了解主要设备、生产流程及适用对象 |  |

**5.1 作业基本要求**

1、对于高分子合成、性能、改性及加工成型等方面的基础知识，能规范、精炼、准确地表达相应知识点，体现出自己的见解。2、掌握聚合机理，熟悉聚合物的结构式，能规范画出典型单体、聚合物的化学结构式，并进行分类和命名。3、针对聚合物合成、改性和加工，能进行合理的合成路线设计，熟悉改性和加工成型技术，识别所涉及工程问题，并提出可能的解决方案。4、论证逻辑性强，分析具体、清晰、准确，对自己的专业学习做出规划，培养较好的专业素养。5、能自主运用文献检索工具，检索相关学科领域和研究热点的最新进展，组织和参与专题讨论，撰写能体现前沿进展和发展趋势的小论文，学以致用，为后续深造和就业奠定基础。

* 1. **主要作业和思考题**

**第一章 绪论**

1 高分子科学已走过100周年，请结合课程学习或日常应用，简述高分子学科发展的重要性及趋势。

2 Notions: molar mass (分子量), dispersity (分子量分布指数或多分散性), degree of polymerization (聚合度), end group (端基), functionality (官能度), rod polymer (刚性高分子), coil polymer (柔性高分子), monodisperse polymer (单分散聚合物).

3 Please list main classification methods of polymers (简述聚合物的主要分类方法).

4 Please list main methods to measure molar mass of polymers (简述聚合物分子量的主要测试方法).

5 How to purify styrene, methyl methacrylate, *tert*-butyl acrylate and *N*-isopropylacrylamide? (怎样精制纯化苯乙烯、甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸叔丁酯和*N*-异丙基丙烯酰胺).

6 How to purify AIBN and BPO? (怎样纯化偶氮二异丁腈和过氧化苯甲酰).

7 After radical polymerization, how to purify solid, viscous and liquid polymers? (自由基聚合结束后，怎样纯化固体、粘性和液体聚合物？)

8 Please list ten kinds of different topological polymers (列举10类拓扑结构聚合物).

9 Please list main types of binary copolymers (简述二元共聚物的种类).

**第二章 自由基聚合**

1 What are molar mass and dispersity of polymers? (简述聚合物分子量和分散度的概念)

2 Please list the repeating unit of the following polymers and monomers to synthesize them (请罗列下述聚合物的单体及重复单元): PSt, PMMA, PAA, PVA, PIP, PTFE.

3 Please list the resources to generate free radicals (请列举自由基的主要来源).

4 Please list main reactions of radicals (请列举自由基相关的主要反应).

5 Please list three monomers which can be polymerized via all the radical, ionic and coordination polymerizations (请列举三种同时能够进行自由基、离子和配位三类聚合反应的单体).

6 Can 1,1-diphenylethylene be subjected to polymerization? Why?

7 Please draw chemical structures of poly(styrene-*alt*-maleic anhydride).

8 Please list elemental reactions of chain polymerization.

9 Please list the types of microstructures for monosubstituted vinyl monomers.

10 Please list the types of chain transfer reaction in free radical polymerization and give two examples of chain transfer agents.

11 What are the characteristics of radical polymerization?

12 Notions: efficiency of initiation (引发效率), kinetic chain length (动力学链长), autoacceleration (gel effect, 自加速效应或凝胶效应), radical life (自由基寿命), polymerization rate (聚合速率), inhibition (阻聚), retardation (缓聚).

13 Chemical structures: AIBN, BPO, KPS, cumyl hydroperoxide.

14 Please list the relationship between degree of polymerization and kinetic chain length of polymers in the absence of chain transfer reaction (在不存在链转移反应时，简述聚合物的聚合度和动力学链长之间的关系).

15 Please explain basic principles of dilatometer method (简述膨胀计法的基本原理).

**第三章 活性/可控自由基聚合**

1 What are basic features of living polymerization systems?

2 Please list the main types of “living”/controlled radical polymerization.

3 Please list the basic mechanism and application of ATRP.

4 Please list the basic mechanism and application of RAFT polymerization, and describe the primary roles of Z and R groups of RAFT agent.

5 What are typical initiators used in conventional free radical polymerization, cationic polymerization, anionic polymerization, and controlled radical polymerization (i.e., iniferter polymerization, NMP, ATRP and RAFT polymerization), and give at least one example of typical initiators in each method (各种聚合方法中典型引发剂及举例).

6 基本概念：lower critical solution temperature (LCST)，upper critical solution temperature (UCST)，rod-coil polymer举例，well/ill-defined polymer，收缩因子*g*’。

**第四章 离子聚合**

1 简述阴离子聚合特点，并说明为什么能从阴离子聚合发展活性聚合体系？(Please describe main features of anionic polymerization and give the reason of living polymerization system based on LAP)

2 简述阴离子聚合在拓扑结构聚合物设计合成中的应用，并画出主要拓扑聚合物的示意图(Please describe main applications of anionic polymerization in design of topological polymers and give the illustrations of main architectural polymers).

3 以苯乙烯（a）、2-乙烯基吡啶（b）、甲基丙烯酸甲酯（c）的分步阴离子聚合为例，说明单体和聚合物阴离子反应活性的顺序，并简述能否成功合成ABC、ACB、BAC三嵌段共聚物 (Take St (a), 2VP (b) and MMA (c) for example. Please describe the order of reactivity of monomer and polymer anion, and discuss the possibility to generate ABC, ACB and BAC triblock copolymers via sequential anionic polymerization).

4 简述接枝聚合物和星形聚合物的主要合成方法 (Please describe main synthetic methods to prepare graft polymer and star polymer).

**第五章 树枝形聚合物和超支化聚合物**

1 简述Dendritic polymer所包括聚合物的主要类型 (Please describe main members of dendritic polymer).

2简述树枝形聚合物的概念与主要应用。(What is dendrimer? How about its main applications?)

3请画出Tomalia型PAMAM dendrimer、Fréchet型poly(arylether) dendrimer和poly(bis-MPA) dendrimer的重复单元 (Please draw the repeating units of Tomalia-type PAMAM dendrimer, Fréchet-type poly(arylether) dendrimer and poly(bis-MPA) dendrimer).

4 简述树枝形聚合物和超支化聚合物的主要合成方法 (Please describe main synthetic methods of dendrimer and hyperbranched polymer).

5 简述树枝形聚合物和超支化聚合物的区别和联系 (Please describe the connection and differences between dendrimer and hyperbranched polymer).

6 简述点击反应的主要类型，并画出反应示意图 (Please list main types of click reactions and draw illustrations on various click reactions).

7计算第n代树枝形聚合物的表面官能度，已知核官能度为m，每个支化点含3个键接位点(By assuming the core functionality is m, and each branching point has three linking positions, please calculate the surface functionality of dendrimer with generation n).

8简述正交法合成树枝形聚合物的优势 (Please describe the advantage of synthesis of dendrimers via orthogonal strategy).

9对于树枝形聚合物和超支化聚合物，怎样计算支化度？(As for dendrimer and hyperbranched polymer, how to calculate the degree of branching?)

10 撰写关于支化聚合物合成及应用最新进展的小论文。

**第六章 大分子自组装**

1 Please list four types of morphologies of diblock copolymers via self-assembly in bulk (列出两嵌段共聚物本体自组装的四种形貌).

2 Please list three types of morphologies observed in polymer aggregates (列出三种高聚物聚集体的形貌).

3 Please describe the main driving forces of self-assembly (简述自组装的主要驱动力).

4 Please describe the differences between hairy micelle and crew cut micelle (简述星形胶束和平头胶束的区别).

5 Please list four individual examples of hydrophobic and hydrophilic polymers at ambient temperature (对于室温下亲水和疏水的聚合物，请各举4个例子).

6 Please briefly describe the latest progress in polymerization-induced self-assembly (简述聚合诱导自组装的最新进展).

7 撰写关于大分子自组装最新进展的小论文。

**第七章 聚合物结构与性能**

1 At room temperature, which types of polymers will act as glassy polymers, rubbery or leathery polymers, and liquid polymers? Please give two individual examples of these polymers. (室温下，哪些聚合物为玻璃态聚合物、橡胶或皮革态聚合物和液体聚合物？各举两例。)

2 Please list three polymers which can crystallize (列举三例能结晶的聚合物).

3 Please describe the main factors to affect the crystallizability of polymers (简述影响聚合物结晶能力的主要因素).

4 Notions: glass transition temperature (玻璃化转变温度), melting temperature (熔融温度), thermoplastic elastomer (热塑性弹性体), thermoplastic polymer (热塑性聚合物), thermosetting polymer (热固性聚合物).

5撰写关于类玻璃聚合物(vitrimer)合成及应用最新进展的小论文。

**第八章 聚合物改性技术**

1列出聚乙烯的主要类型 (Please list main types of polyethylene).

2 Notions: blending modification (共混改性)，filling modification (填充改性), surface modification (表面改性), chemical modification (化学改性)

3简述溶液共混的概念和特征。(What is solution blending? What are the features of solution blending?)

4什么是共混改性？简述共混改性的特点、分类方法和实施工艺。(What is blending modification? Please describe its features, classifications and techniques)

5简述聚合物改性的主要方法及其原理 (Please describe main methods and principles of polymer modification).

6撰写关于聚合物改性最新进展的小论文。

**第九章 聚合物加工成型**

1简述高分子加工成型的主要方法。(Please describe main polymer processing methods)

2简述挤出成型的概念、特点和应用。(What is extrusion molding? How about its features and applications?)

3什么是注射成型？简述其特点和应用。(What is injection molding? How about its features and applications?)

4什么是反应注射成型，简述其特点和应用。(What is reaction injection molding? How about its features and applications?)

5撰写关于聚合物加工成型最新进展(如3D打印)的小论文。

**六、教材及参考书目**

[1] Polymer Science and Technology，J. R. Fried，化学工业出版社，2005.

[2] 当代聚合物化学，[美] H. R. Allcock, F. W. Lampe, J. E. Mark，化学工业出版社，2006.

[3] 高分子化学原理，[美] A. Ravve，化学工业出版社，2008.

[4] 高分子化学(第五版)，潘祖仁，教材及教案(<https://max.book118.com/html/2018/0415/> 161612855.shtm).

[5] 高分子材料改性(第二版)，戚亚光，薛叙明，化学工业出版社，2010.

[6] 聚合物改性(第二版)，王国全，王秀芬，中国轻工业出版社，2008.

[7] 高聚物合成工艺学(第二版)，宁春花，左明明，左晓兵，化学工业出版社，2020.

[8] 聚合物结构与性能(性能篇)，马德柱，科学出版社，2020.

[9] 聚合物改性方法与技术，王琛，严玉蓉，中国纺织出版社有限公司，2020.

[10] 聚合物成型加工基础，杨鸣波，化学工业出版社，2009.

[11] 聚合物加工成型原理(第二版)，Z.塔德莫尔，化学工业出版社，2009.

[12] 通过Wiley官网(<https://onlinelibrary.wiley.com>)调研Advanced Materials、Advanced Functional Materials和Journal of Polymer Science等刊物最新文献。

[13] 通过American Chemical Society官网(<https://pubs.acs.org>)调研Chemical Reviews、ACS Macro Letters、Macromolecules和Biomacromolecules等刊物最新文献。

[14] 通过Elsevier官网(<https://www.sciencedirect.com>)调研Progress in Polymer Science和Polymer等刊物最新文献。

[15] 通过RSC官网(<https://www.rsc.org>)调研Chemical Society Reviews、Chemical Science、Polymer Chemistry和Soft Matter等刊物最新文献。

**七、教学方法**

本课程主要采用讲授法和讨论法两种模式进行。要求学生在课前进行预习，并完成相应的问题思考。课堂教学以教师讲授为主、专题研讨和学生答问为辅的教学活动。

1. 按照“高分子发展简史→高分子合成等专业知识框架→高分子材料结构与性能→高分子改性技术-高分子加工成型工艺”的主线开展教学活动。对课程内容的讲授突出基础，强调重点，在参考国内外相关教科书的基础上，跟踪相关学科领域的最新进展。

2. 课程采用多媒体课件，配合图片、动画、视频等进行教学。在教学过程中通过提问、随堂互动等方式进行案例分析，强调理论与工程实践的结合，知识掌握和能力提高并重。

3. 通过分析高分子材料合成-性能-改性-加工等常见问题，提高学生综合运用知识分析和解决问题的能力，提升学生解决工程问题的能力。

**八、考核方式及评定方法**

本课程采取专题汇报、撰写小论文和开卷考试等方式进行考核。考核成绩 = 平时成绩（40%）+ 期末开卷考试或小论文成绩（60%）。其中，平时成绩由平时作业、专题讨论、课堂考勤、随堂测验和课堂答问等组成，期末考核按照开卷考试或撰写小论文进行，考试主要题型为选择题、化学结构式和聚合物命名、名词解释、简答题和英译汉。

**表4：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **考核占比**  **课程目标** | **平时** | **期中** | **期末** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 30% | 30% | 30% | 分目标达成度={0.3×平时分目标成绩+0.2×期中分目标成绩+0.5×期末分目标成绩}/分目标总分 |
| 课程目标2 | 30% | 30% | 30% |
| 课程目标3 | 25% | 25% | 25% |
| 课程目标4 | 15% | 15% | 15% |

执笔人：赵优良

2021年5月30日