

《高分子物理》教学大纲

课程性质：学科基础课

课程代码：050007

学时：56（讲课学时：56 实验学时：课内实践学时： ）

学分：3.5

适用专业：高分子材料与工程

一、课程教学基本要求

本课程从高分子的结构、分子运动和性质方面介绍高分子科学领域的基本概念和基础理论，阐述高分子材料结构和性能之间的关系，通过本课程的学习，使学生达到如下要求：

1. 掌握聚合物的链结构和凝聚态结构及高分子溶液的基本知识。
2. 运用分子运动的观点和理论解释高分子科学领域的现象并指导实际应用。
3. 掌握高分子特殊的长链结构造成高分子特殊的高弹特性和粘弹特性及其他的电、光、磁等物理机械性质。
4. 独立阅读其他高分子物理教材和参考书及高分子物理的相关资料，理解主要内容。
5. 基本掌握高分子的微观结构和宏观性能之间的内在联系与规律，深入了解常用高分子材料的结构与性能特征。
6. 根据需求和实际条件，运用高分子物理的基本理论、观点和方法分析、研究论文和科研项目中遇到的高分子物理问题，并为后续高分子成型加工等课程打下理论基础。

二、课程教学大纲说明

1. 本门课程的研究对象、性质、发展前景及开设本门课程的意义和教学指导思想

高分子物理是研究聚合物的长链结构和长链结构特殊的运动规律的一门学科，其主要内容是阐述高分子材料结构和性能之间的关系，与高分子材料的设计、合成、改性、成型加工和实际应用密切相关，是高分子材料和工程专业的重要专业基础课程。对于高分子材料的研究人员，高分子物理的主要使命是揭示高分子材料中存在的各种物理现象及其与性能的关系，解决高分子材料在实际应用中的具体问题，提出解决方案，更好地为高分子材料的合理、优化和高效使用服务；对于高分子的合成者来说，掌握高分子物理的知识可使高分子的合成更有明确的目标和方向。高分子物理为高分子的合成及工艺、性能和应用提供理论基础，为培养多样化高分子人才，保证人才培养质量，全方位满足社会需求提供必要保障。

2. 本门课程在专业教学计划中的地位与其它理论课程的关系

高分子物理是高分子材料与工程专业基础课之一，以高等数学，物理学，物理化学，有机化学，高分子化学、材料力学、生物工程等为基础，又是高分子材料、高聚物流变学、高分子成型加工、功能高分子材料等课程的基础理论课程。

3. 本门课程的教学目的、任务及基本教学方法

高分子物理课程的教学目的是使学生在掌握高分子特殊的长链结构和其分子运动规律的基础上，掌握高分子材料的结构和性能之间的内在联系及其规律，为后续的高分子成型加工等课程打下理论基础。课程的主要任务是系统介绍高分子的各层次结构（包括高分子溶液）、分子运动规律和橡胶弹性、粘弹性、流变性和电性能。教学方法以板书和多媒体方式进行讲授，学生参与课堂讨论，配合课内外作业和阅读相关高分子物理书籍，附加相关论文和总结。同时利用多媒体播放相关学术讲座等视频材料。

三、各章教学结构及具体要求

第一章 绪论

1. 教学目的和要求

了解高分子物理学的研究对象、核心内容及学术地位；掌握高分子长链结构的特殊性，初步了解本科程的学习方法。

2. 教学内容和要点

1.1 高分子物理研究的核心内容及学术地位

1.2 高分子长链结构的特殊性

1.3 高分子物理学发展史

1.4 课程学习方法建议

1.5 课程考核要求

3. 重点和难点

高分子长链结构的特殊性。

第二章 高分子链的结构

1. 教学目的和要求

了解单个高分子链的基本化学结构、构造、构型；理解高分子链的化学组成、构型、构造、序列结构不同时对高分子材料的影响；掌握高分子链构型、构象、柔顺性、均方末端距和旋转半径的概念，以及柔顺性的影响因素；理解并掌握高分子链的构象统计意义。

2. 教学内容和要点

2.1 单个高分子链的结构

2.1.1 结构单元的化学组成

2.1.2 高分子链的构型

2.1.3 分子构造

2.1.4 共聚物序列结构

2.2 高分子链的构象

2.2.1 高分子链的柔顺性

2.2.2 高分子链的构象统计

2.2.3 晶体、熔体和溶液中的分子构象

3. 重点和难点

高分子的构型和构象的区别；高分子链的柔顺性；高分子的构象统计。

第三章 高分子的凝聚态结构

1. 教学目的和要求

了解内聚能密度、晶态结构的基本概念；掌握聚合物晶态和非晶态结构特征，取向的概念及对性能的影响；了解结晶度的概念和测定方法及晶态和非晶态结构模型；了解液晶的分类、性质及应用。

2. 教学内容和要点

3.1 晶态聚合物

3.1.1 基本概念

3.1.2 聚合物晶体结构

3.1.3 聚合物结晶形态

3.1.4 晶态聚合物的结构模型

3.1.5 结晶度

3.2 非晶态结构

3.2.1 概述

3.2.2 非晶态结构模型

3.2.3 问题和讨论

3.3 高分子液晶

3.3.1 液晶分类

3.3.2 高分子结构对液晶行为的影响

3.3.3 聚合物液晶的性质及应用

3.4 聚合物的取向结构

3.4.1 取向及取向机理

3.4.2 取向度及应用

3. 重点和难点

聚合物晶态和非晶态结构特征；取向结构及应用；液晶分类及应用。

第四章 高分子溶液

1. 教学目的和要求

了解不同类别聚合物溶解过程差异；掌握溶度参数概念和溶剂选择的原则；掌握从 Flory-Huggins 格子模型理论出发，推导出混合熵、混合热、混合自由能和化学位与小分子理想溶液的差别及原因；理解 Θ 溶液的含义，相分离及机理；掌握分子量及分布的概念和重要测定方法（包括渗透压、光散射、粘度法和 GPC）。

2. 教学内容和要点

4.1 聚合物的溶解

4.1.1 溶解过程的特点

4.1.2 溶解过程热力学分析

4.1.3 溶剂的选择

4.2 柔性链高分子溶液的热力学性质

4.2.1 Flory-Huggins 格子模型理论

4.2.2 Flory-Krigbaum 稀溶液理论

4.3 高分子溶液的相平衡

4.3.1 渗透压

4.3.2 相分离

4.4 共混聚合物相容性的热力学

4.4.1 相分离的热力学

4.4.2 相分离的动力学

4.5 聚合物的分子量和分子量分布

4.5.1 分子量和分子量的基本概念

4.5.2 分子量和分子量分布的主要测定方法

3. 重点和难点

溶度参数概念及溶剂选择的原则，Flory-Huggins 格子模型理论和 Flory-Krigbaum 稀溶液理论的基本公式；分子量和分布的表达方法及 GPC 测定原理和方法。

第五章 聚合物的分子运动和转变

1. 教学目的和要求

了解聚合物分子运动的特点；理解模量（或形变）-温度曲线各力学状态和转变对应的分子运动情况；掌握玻璃化转变的现象、自由体积理论和动力学理论，以及影响因素和测定方法；理解聚合物分子结构和结晶能力和结晶速率的关系、等温结晶动力学、结晶聚合物熔融过程的特点和熔点的影响因素。

2. 教学内容和要点

5.1 聚合物分子热运动的特点

- 5.2 粘弹行为的五个区域
- 5.3 玻璃-橡胶转变行为
 - 5.3.1 玻璃化转变温度的测定
 - 5.3.2 玻璃化转变理论
 - 5.3.3 影响玻璃化转变温度的因素
 - 5.3.4 玻璃化转变以下的次级松弛
- 5.4 结晶行为和结晶动力学
- 5.5 熔融热力学
 - 5.5.1 熔融过程和熔点
 - 5.5.2 熔点的影响因素
- 3. 重点和难点

玻璃化转变的本质；玻璃化转变的自由体积理论和动力学理论；玻璃化转变温度的影响因素和调节方法；分子结构和结晶能力和结晶速率的关系；分子结构和熔点的关系。

第六章 橡胶弹性

1. 教学目的和要求

了解构成橡胶结构的必要条件和橡胶弹性的特点；掌握橡胶弹性的本质及在受力状态下应力、应变、温度和分子结构之间的关系—橡胶状态方程；了解橡胶弹性的唯象理论和分子理论。

2. 教学内容和要点

- 6.1 形变类型及描述力学行为的基本物理量
- 6.2 橡胶弹性的热力学方程
- 6.3 橡胶弹性统计理论
 - 6.3.1 状态方程
 - 6.3.2 一般修正
- 6.4 橡胶弹性的唯象理论
- 6.5 橡胶弹性的影响因素
 - 6.5.1 交联和缠结效应
 - 6.5.2 溶胀效应

3. 重点和难点

橡胶弹性的本质；在受力状态下应力、应变、温度和分子结构之间的关系；橡胶弹性影响因素的溶胀效应。

第七章 聚合物的粘弹性

1. 教学目的和要求

掌握聚合物粘弹性现象和分子机理；了解粘弹性力学模型理论和分子理论；掌握时温等效原理（WLF 方程）及应用；理解储能模量、损耗模量、损耗角正切、对数减量之间的关系。

2. 教学内容和要点

- 7.1 聚合物的力学松弛现象
 - 7.2 粘弹性的数学描述
 - 7.2.1 力学模型
 - 7.2.2 Boltzmann 的叠加原理
 - 7.2.3 分子理论
 - 7.3 时温等效和叠加原理
- ### 3. 重点和难点

聚合物材料在受力情况下产生的各种粘弹性现象、分子运动机理、力学模型及数学描述；时温等效原理（WLF 方程）及应用。

第八章 聚合物的屈服和断裂

1. 教学目的和要求

掌握聚合物应力-应变曲线、从该曲线所能获得的重要信息，以及各种各种因素对应力-应变曲线的影响；理解屈服现象和机理、银纹和剪切带的概念，了解屈服判据；掌握韧性和强度的影响因素及增韧、增强方法和机理。

2. 教学内容和要点

8.1 聚合物的塑形和屈服

8.1.1 聚合物的应力和应变行为

8.1.2 屈服和冷拉机理

8.1.3 屈服判据

8.1.4 剪切带的结构和应力分析

8.1.5 银纹现象

8.2 聚合物的断裂和强度

8.2.1 脆性断裂和韧性断裂

8.2.2 聚合物的强度

8.2.3 断裂理论

8.2.4 聚合物的增强

8.2.5 聚合物的耐冲击性

3. 重点和难点

聚合物应力-应变曲线；聚合物断裂现象、韧性和强度的影响因素及增韧、增强方法和机理。

第九章 聚合物的流变性

1. 教学目的和要求

了解聚合物粘性流动的特点；理解牛顿流体的概念和种类及产生的原因；掌握影响聚合物熔体剪切粘度的因素，聚合物熔体的弹性现象和原因。

2. 教学内容和要点

9.1 牛顿流体和非牛顿流体

9.2 聚合物熔体的切粘度

9.3 聚合物熔体的弹性效应

9.3.1 可回复的且应变

9.3.2 动态粘度

9.3.3 法向应力效应

9.3.4 挤出物膨胀

9.3.5 不稳定流动

3. 重点和难点

聚合物长链分子所带来的流动特性与小分子的差异；粘度的影响因素及改善加工流动性的方法。

第十章 聚合物的电学性能、热性能和光学性能

1. 教学目的和要求

了解聚合物的导电性能，聚合物的介电性能与导电性能的应用；掌握导电聚合物的结构和性能之间的关系。了解聚合物的热性能和光学性能。

2. 教学内容和要点

- 10.1 聚合物的介电性能
- 10.2 聚合物的导电性能
- 10.3 聚合物的热性能
- 10.4 聚合物的光学性能

3. 重点和难点

聚合物介电性能和导电性能广泛应用的原因。

四、各教学环节学时分配表

理论教学学时分配表

章 序	讲授题目	学时	主要内容	学时分配	备 注
第一章	绪论	2	1.1 高分子物理研究的核心内容及学术地位 1.2 高分子长链结构的特殊性 1.3 高分子物理学发展史 1.4 课程学习方法建议 1.5 课程考核要求	2	
第二章	高分子链的结构	4	2.1 单个高分子链的结构	2	
			2.2 高分子链的构象	2	
第三章	高分子的凝聚态结构	4	3.1 晶态聚合物	2	
			3.2 非晶态结构		
			3.3 高分子液晶	2	
			3.4 聚合物的取向结构		
第四章	高分子溶液	10	4.1 聚合物的溶解	2	
			4.2 柔性链高分子溶液的热力学性质	2	
			4.3 高分子溶液的相平衡	2	
			4.4 共混聚合物相容性的热力学	2	
			4.5 聚合物的分子量和分子量分布	2	
第五章	聚合物的分子运动和转变	6	5.1 聚合物分子热运动的特点	2	
			5.2 粘弹行为的五个区域		
			5.3 玻璃-橡胶转变行为	2	
			5.4 结晶行为和结晶动力学		
			5.5 熔融热力学		
	阶段考试	2			
第六章	橡胶弹性	4	6.1 形变类型及描述力学行为的基本物理量	2	
			6.2 橡胶弹性的热力学方程		
			6.3 橡胶弹性统计理论	2	
			6.4 橡胶弹性的唯象理论		
			6.5 橡胶弹性的影响因素		
第七章	聚合物的粘弹性	6	7.1 聚合物的力学松弛现象	2	
			7.2 粘弹性的数学描述	2	
			7.3 时温等效和叠加原理	2	

第八章	聚合物的屈服和断裂	4	8.1 聚合物的塑形和屈服	2	
			8.2 聚合物的断裂和强度	2	
第九章	聚合物的流变性	4	9.1 牛顿流体和非牛顿流体	2	
			9.2 聚合物熔体的切粘度	2	
			9.3 聚合物熔体的弹性效应		
第十章	聚合物的电学性能、热性能和光学性能	2	10.1 聚合物的电学性能	1	
			10.2 聚合物的热性能和光学性能	1	

五、教材及主要参考书

- [1] 金日光, 华幼卿. 高分子物理. 第四版(教材). 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [2] 励杭泉, 张晨, 张帆. 高分子物理. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
- [3] 吴其晔, 张萍, 杨文君, 林润雄. 高分子物理学. 北京: 化学工业出版社, 2011,12-14.
- [4] 何曼君, 陈维孝, 董西侠. 高分子物理. 修订版. 北京: 复旦大学出版社, 2006
- [5] 何平笙. 新编高聚物的结构和性能. 北京: 科学出版社, 2009
- [6] Michael Rubinstein, Ralph H. Collby. Polymer Physics. Oxford University Press, 2003.

大纲撰写人: 刘旸
 课程组负责人: 刘旸
 大纲审核人: 邸明伟
 撰写日期: 2013.5.18