



中国科学技术大学

UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA

“高分子物理”

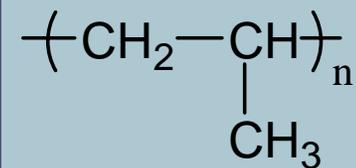
(即“高聚物的结构与性能”)

课程简介

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the USTC course page for "High Polymer Physics" (高聚物的结构与性能). The page includes a navigation menu on the left with options like "我的主页", "课程", "服务", and "院系工具". The main content area features a large image of the course title and a book cover. The browser window title is "Microsoft Academic Suite - Microsoft Internet Explorer".

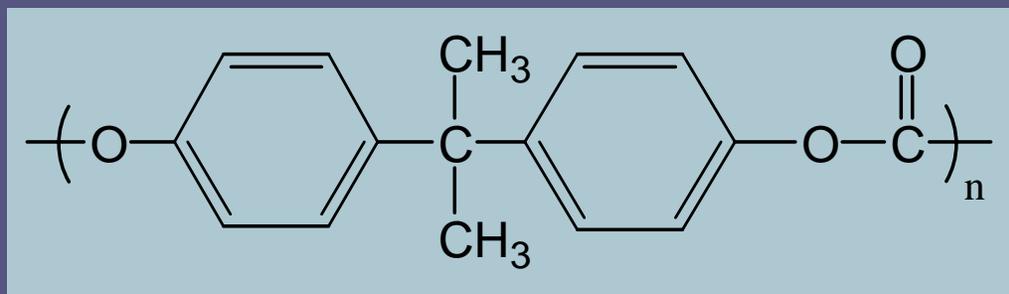
H.Staudinger (获1953年诺贝尔化学奖) :

- **高分子**是由多价原子彼此以主价键结合而成的长链状分子
- 长链中的结构单元数很大 ($10^2 \sim 10^5$) , 一个结构单元相当于一个小分子
- 高分子的分子量一般为 $10^4 \sim 10^7$



高聚物:

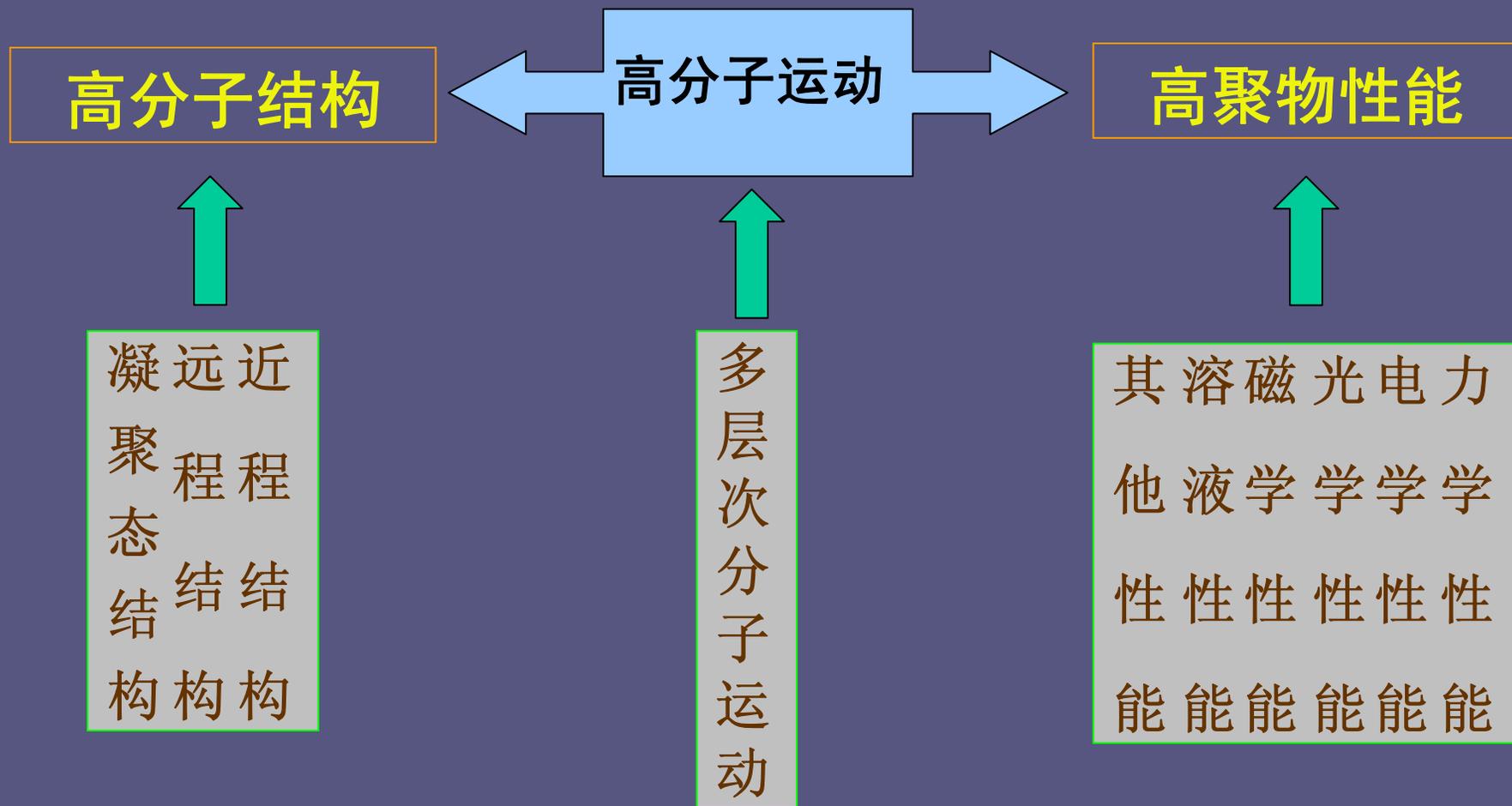
高分子的聚集体



“高分子物理”是一门包含以高聚物为对象的全部物理内容的综合学科

- 它既包含高分子科学所必需的合成化学知识
- 又涉及物理学，对数学和物理的要求高
- 然而，作为大学本科生课程，“高分子物理”课程还难以承担“包含以高聚物为对象的全部物理内容”的重任（高分子物理目前还达不到通常物理学各分支的成熟程度）

“高分子物理”课程的主要授课内容:



因此，本课程在本校一直沿用“**高聚物的结构与性能**”的教材名称和课程名称。

高聚物的多层次结构:

- 链结构
 - 近程结构（一级结构，化学结构）
 - 远程结构（二级结构，
柔性与刚性，形态和尺寸）
- 凝聚态结构（聚集态结构，三级结构，
高分子链之间排列和堆砌而成的结构）

结构:物质的组成单元（原子或分子）之间在相互吸引和排斥作用达到平衡时的空间排列。

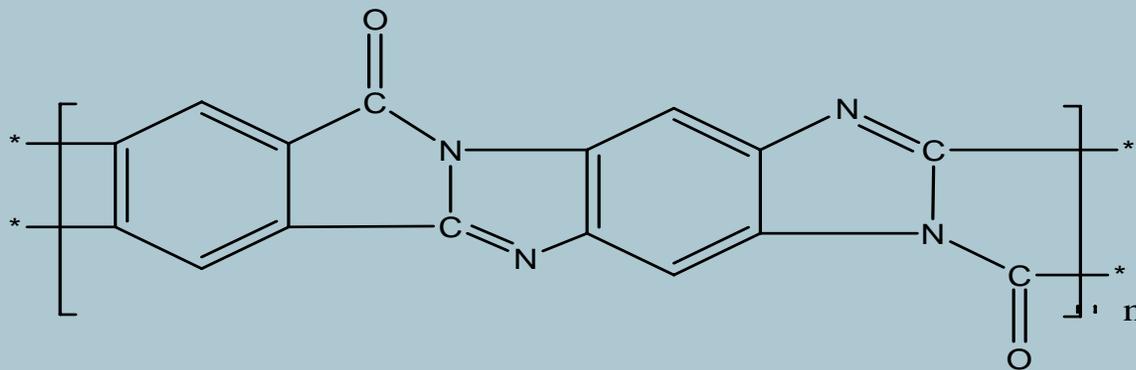
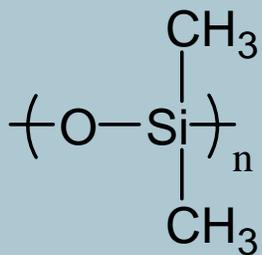
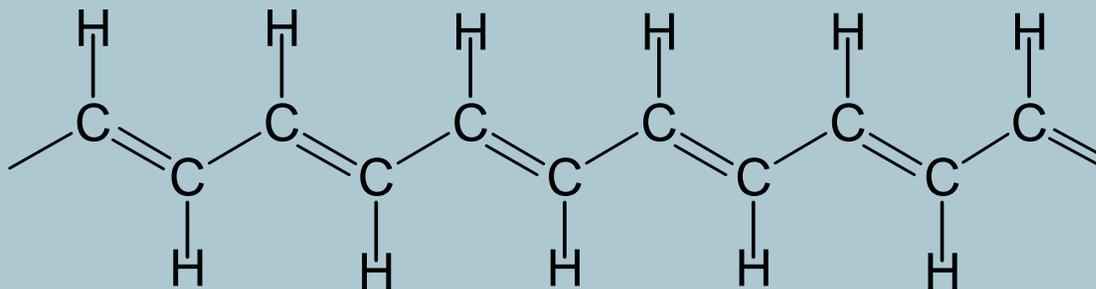
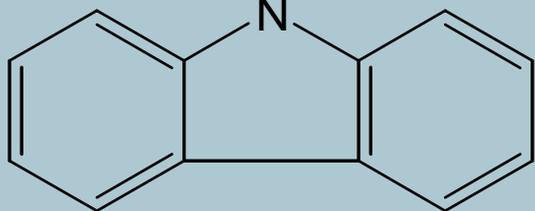
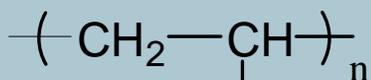
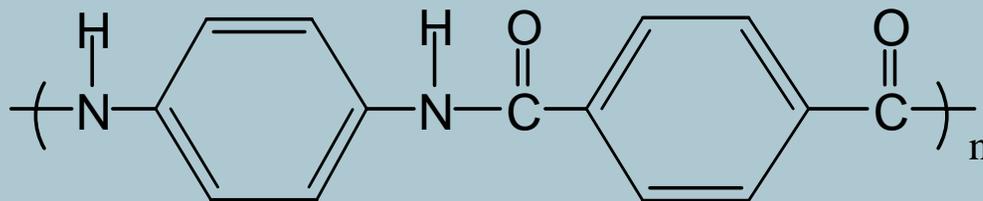
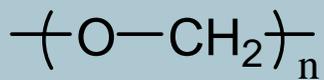
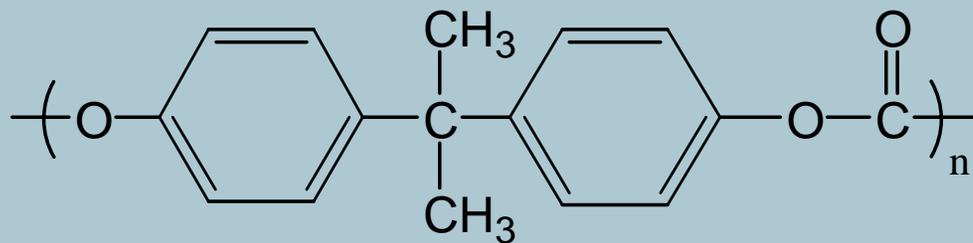
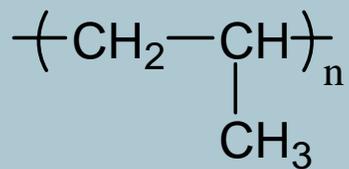
高分子链的结构

高分子链的近程结构 (一级结构)

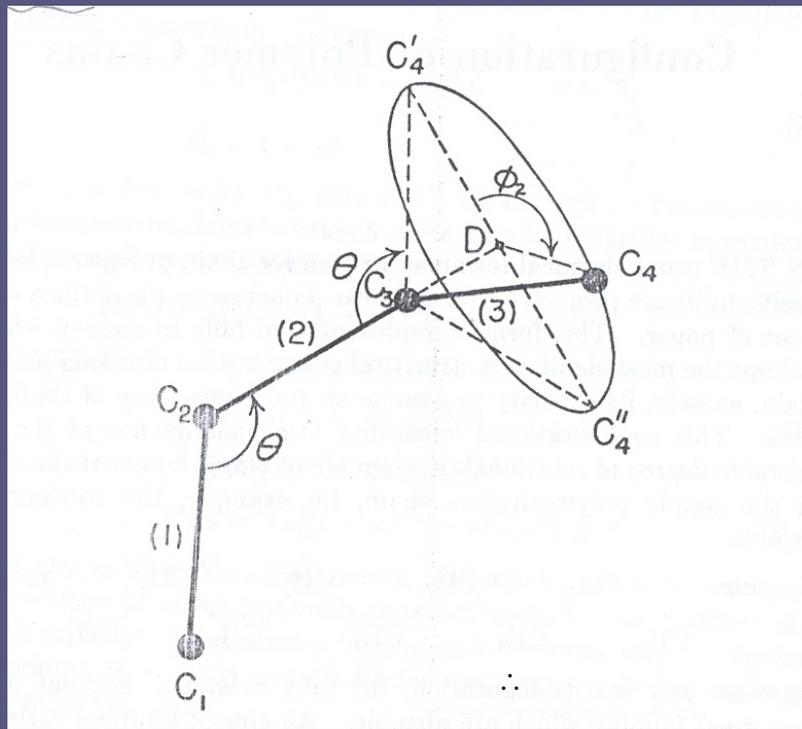
- 结构单元的化学组成
- 结构单元的键接方式
- 立体构型
- 支化和交联
- 共聚物的序列结构

高分子链的远程结构 (二级结构)

- 高分子的分子量及其分布
- 高分子的尺寸
(根均方半径、根均方末端距)
- 高分子的形态
(构象、柔性、刚性)



二级结构



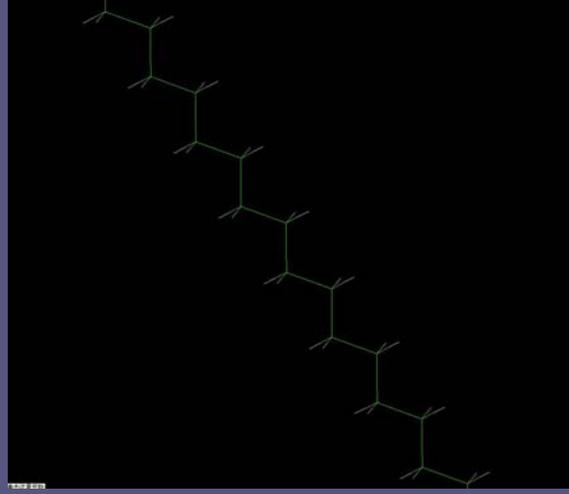
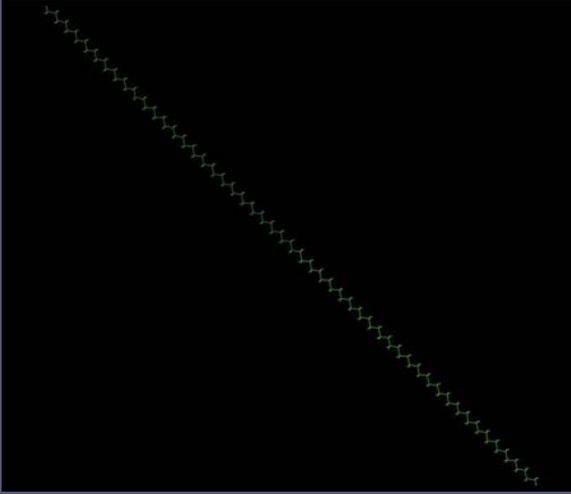
碳链高分子中
C-C单键的内旋转

构象： 有机化合物分子中，由于单键的旋转导致碳原子上结合的原子或基团相对位置发生改变，因而产生分子在空间的不同排列方式。

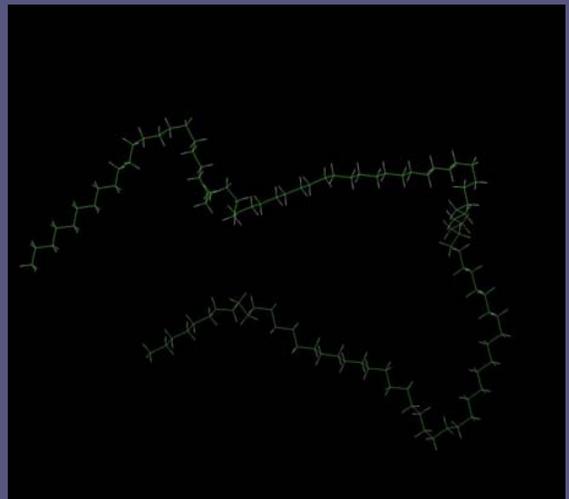
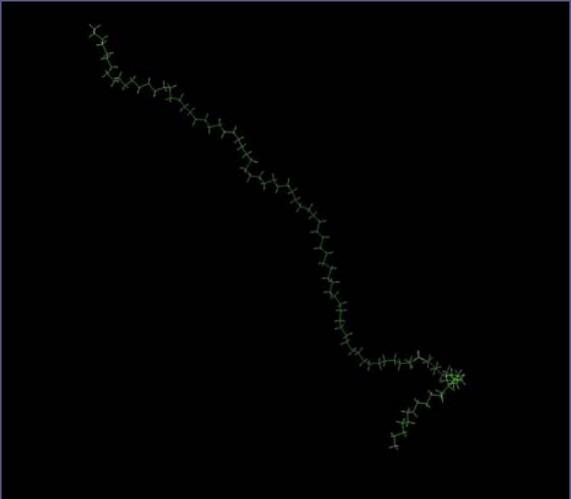
3个可能的较稳定构象（反式、左旁式、右旁式）

长链高分子，如聚乙烯分子：

➤若全取反式构象：分子链呈锯齿形的伸展链



➤若不全取反式构象：分子链发生弯曲



如，含10000个C-C单键：

$3^{10000} = 1.3 \times 10^{4770}$ 个可能的构象

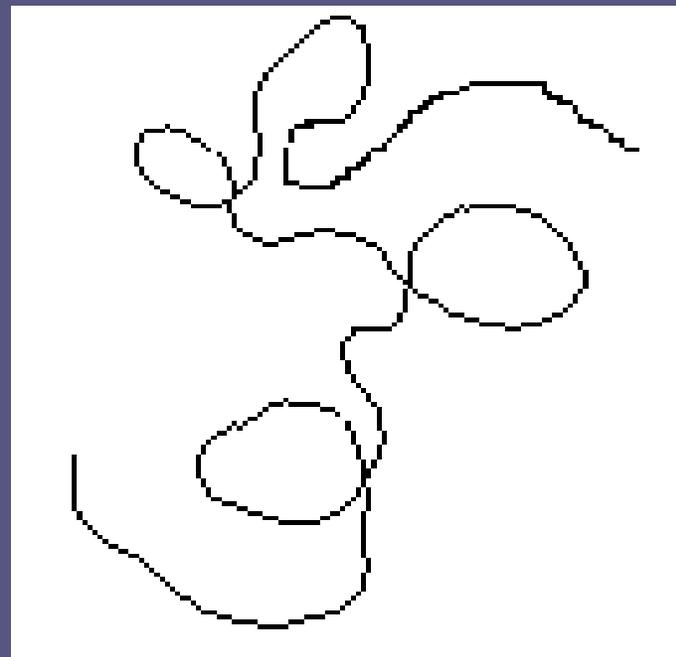
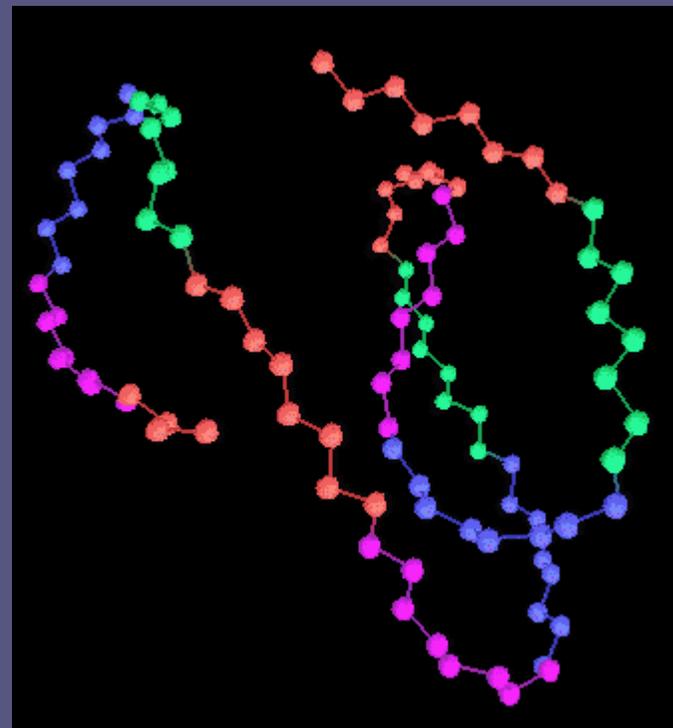
取反式、左右式能量差别不大，出现的概率差别较小

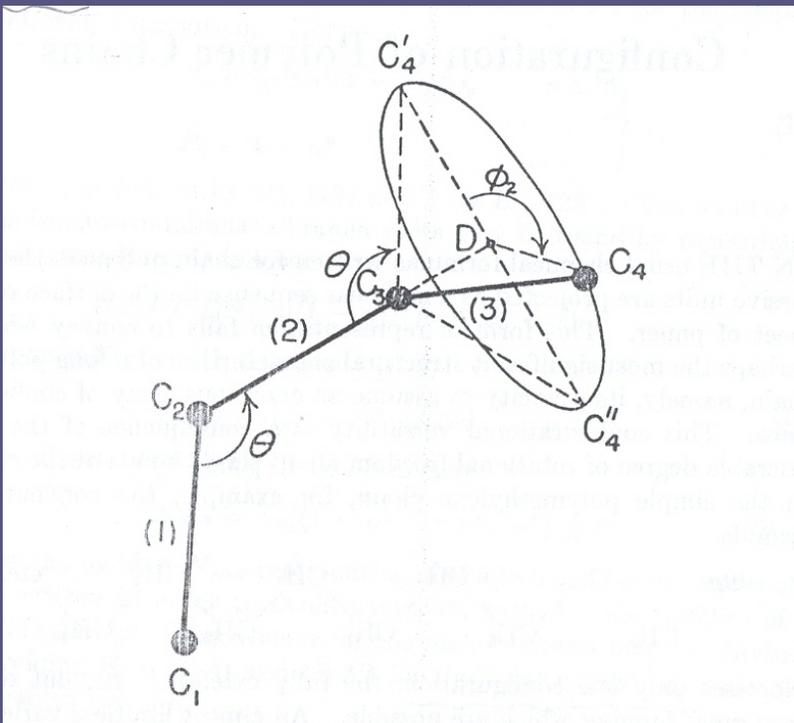
由于热运动，构象经常在改变

高分子的构象是统计性的

高分子链柔性的实质：

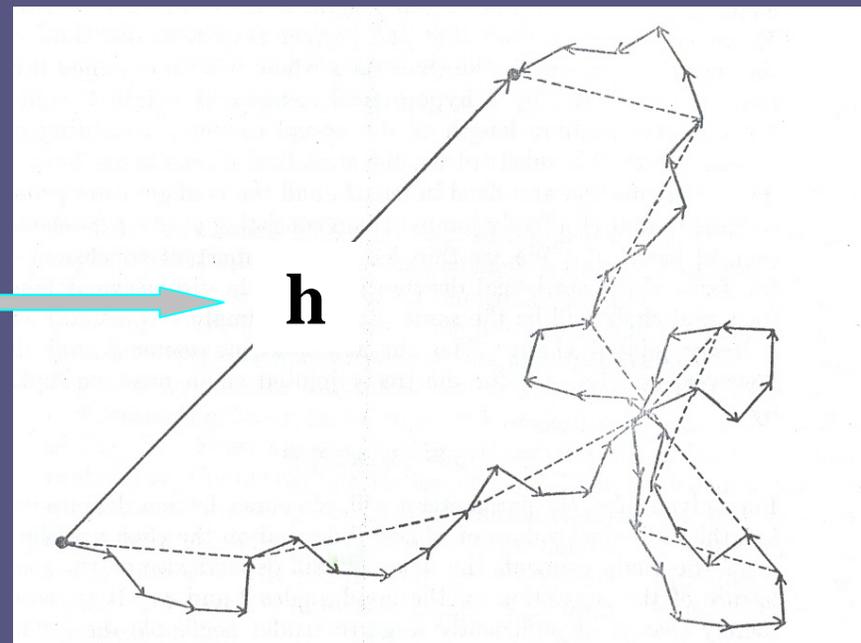
在室温下相邻键取什么构象的概率差别不大，由于热运动，构象不断在改变，高分子链无规弯曲，自发地呈蜷曲形态，使构象熵趋于最大。





线形高分子链
的局部链节

线形高分子链的末端距
(可用无规行走模型处理)



末端距 h —链的两个末端之间的距离:

完全伸直链: $h_{\text{伸直链}} \propto N$

无规弯曲链 (高斯链): $h_{\text{蜷曲链}} \propto N^{1/2}$

$$h_{\text{伸直链}} / h_{\text{蜷曲链}} \propto N^{1/2}$$

例如: $N = 10^4$

PE: $M = 2.8 \times 10^5$

$$h_{\text{伸直链}} / h_{\text{蜷曲链}} \sim 100$$

高分子凝聚态结构（三级结构）的特点：

- 高聚物无气相，也无气态
(高分子间相互作用能 > 化学键键能)
- 高聚物一般较易形成过冷液态（玻璃态）
(一般的工艺条件即可。而金属玻璃的制备： $>10^6\text{K/s}$ ，骤冷)
- 大多数高聚物具有高弹态
(高聚物特有的高弹性，本质为熵弹性)
- 大多数结晶高聚物都是半结晶的
(不可能用重结晶法提纯高聚物)
- 高聚物易形成取向态
(性能上的各向异性，如纤维、薄膜)
- 单链也能形成凝聚态
(高分子特有，由于高分子链单元间的相互吸引力)
- 黏流态下具有高弹性

高分子运动的特点:

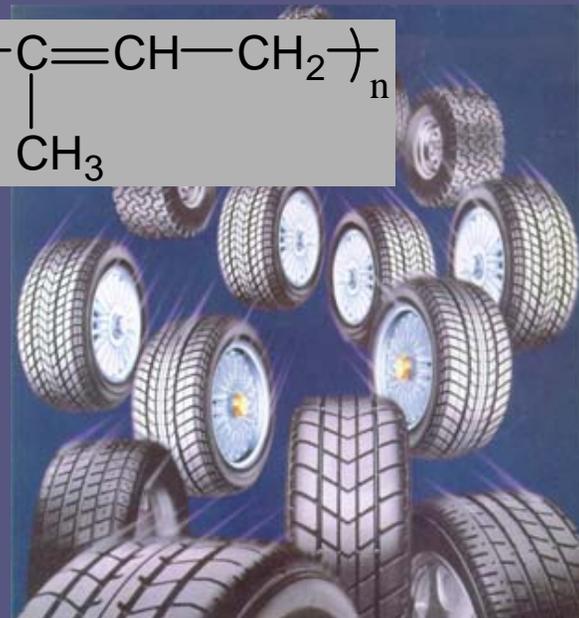
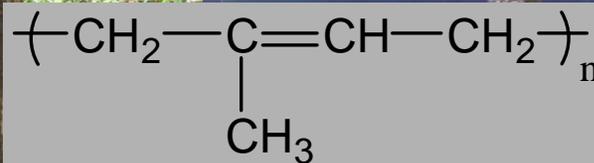
- 运动单元多重：整链、链段、侧基、支链等
- 热运动是个速度过程，具有明显的松弛（弛豫）特性
(小分子的松弛时间只有 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ 秒)
- 温度的影响很重要（2个方面）
- 服从不同的规律

高分子材料的性能:

- 不仅以力学特性为主
- 而且试图用作各种功能材料
(对电、热、化学变化等各种刺激的响应)

高分子材料的力学性能概述:

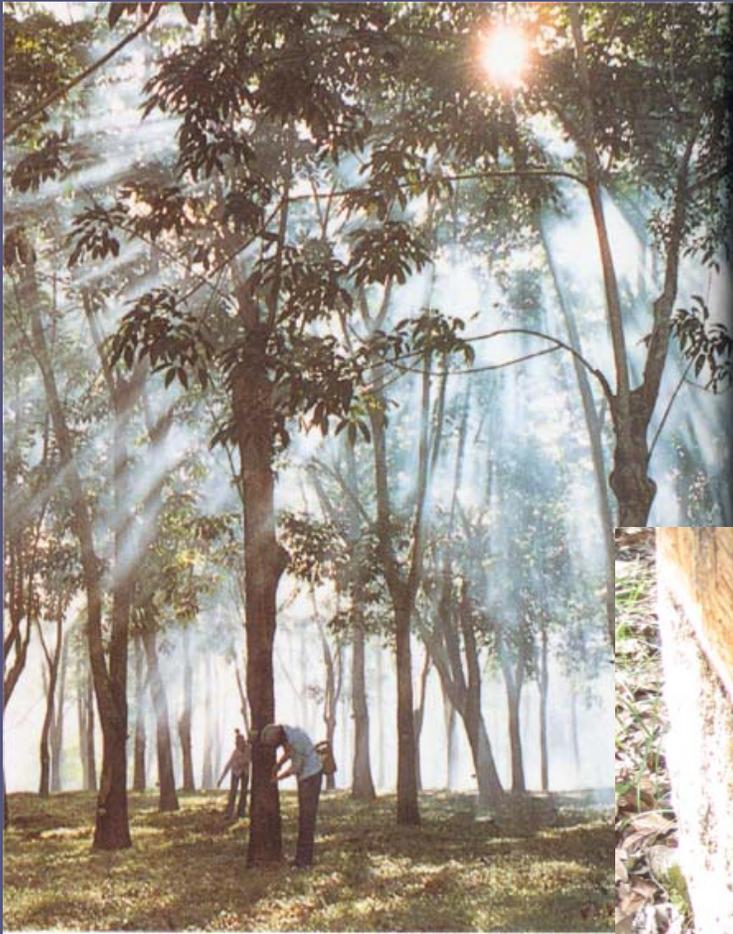
➤ 特殊的高弹性



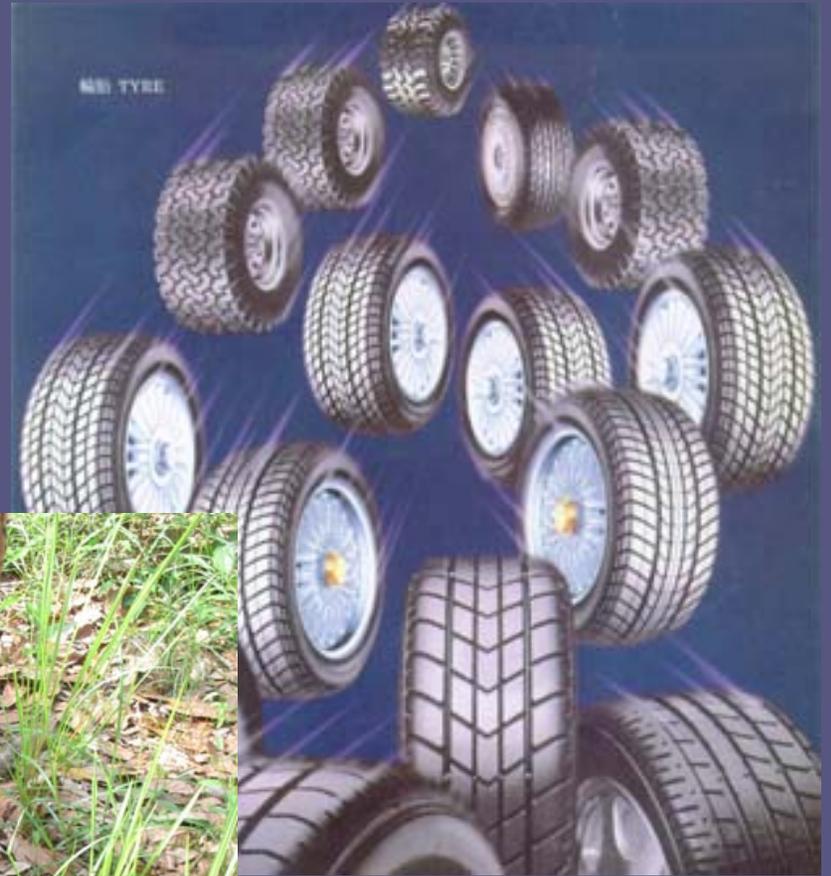
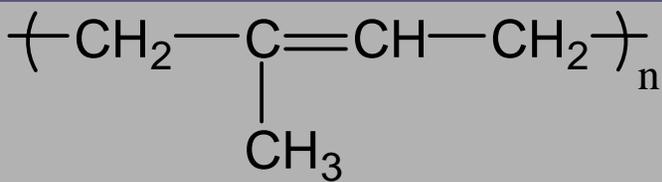
➤ 显著的黏弹性



油灰状黏性材料 (silly putty)



橡胶园



轮胎

高弹性



分子设计：（如何合成和制造具有指定结构、性能的高分子材料？）

- 需要合成具有指定结构的高分子化合物
（聚合度、支化度、序列结构、立体构型、交联结构等）
- 控制高分子结构以制造具有指定性能的高分子材料
（化学结构、凝聚态结构、通过共混形成更复杂的结构）
- 改善现有聚合物的性能

●我校开设“高聚物的结构与性能”有50年的历史

●2003年被评为校级重点课程

●2005年被评为国家级精品课程

此外：

●何平笙老师、朱平平老师受邀为长春应用化学研究所研究生开“高分子物理”课

●何平笙老师受邀为安徽建筑工业学院、安徽理工大学本科生开课

教材:

1. 何平笙，新编高聚物的结构与性能，
北京：科学出版社，2009

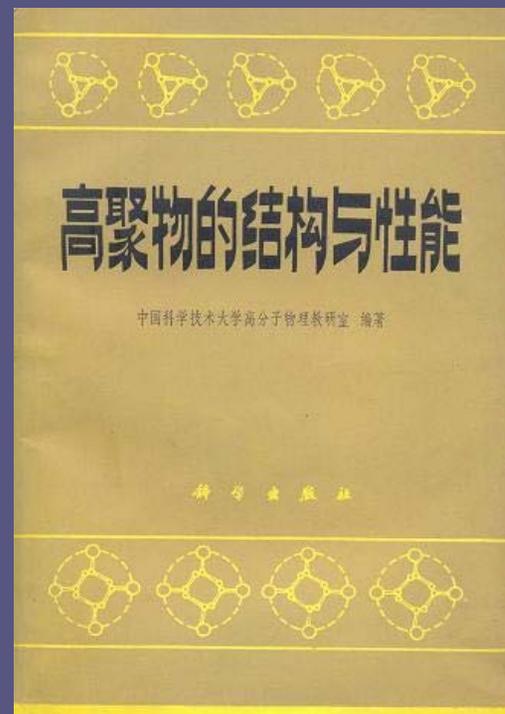


2009年

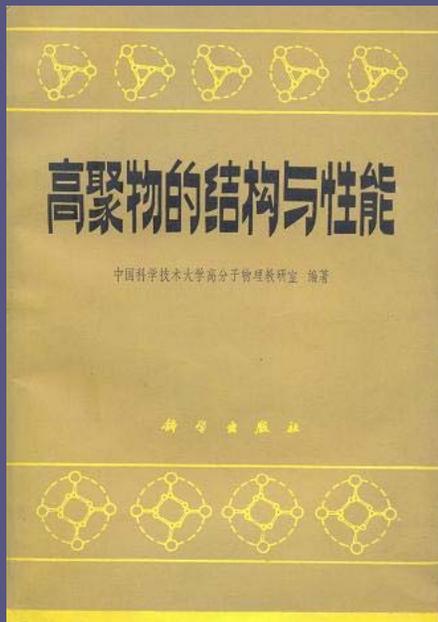
2. 马德柱，何平笙，徐种德，周漪琴，高聚物的结构与性能，第二版，北京：科学出版社，1995
3. 中国科学技术大学高分子物理教研室，高聚物的结构与性能，北京：科学出版社，1981



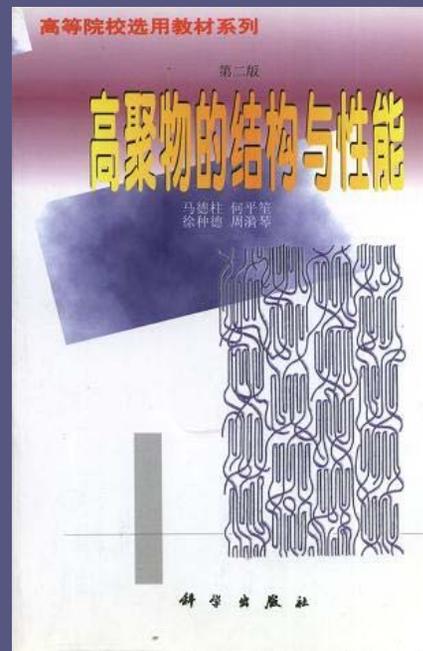
1995年



1981年

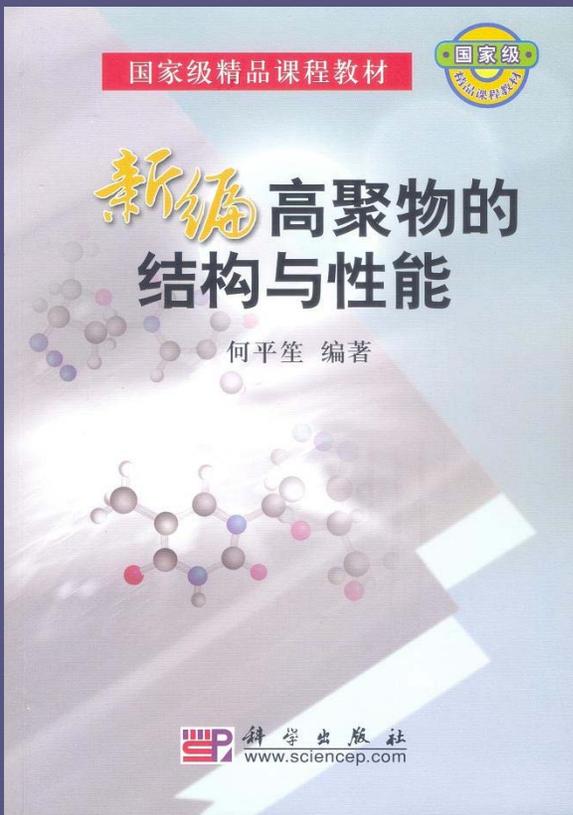


第一版，1981



第二版，1995

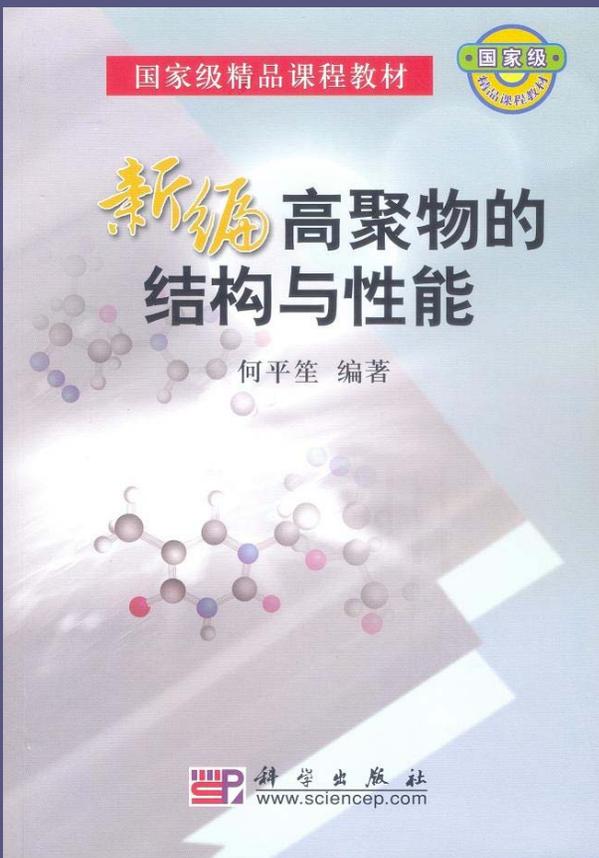
- 根据钱人元院士在我校讲授“高分子物理化学”课程的笔记，并在钱人元院士指导下整理、补充和修改而成的
- 曾被许多大学选为教材和教学参考书
- 中国科学院多个研究所研究生考试指导用书



2009年

●共分十章，约75万字

●全面、系统、深入地讲述了高聚物的近程、远程和凝聚态结构，以及高聚物的力学、电学、光学、磁学、热学、流变和溶液性能，通过分子运动揭示“分子结构与材料性能”之间的内在联系及基本规律，更进一步提出包括“凝聚态结构与制品性能”关系和“电子态结构与材料功能”关系在内的三个层次的结构与性能关系的理念，以期对高聚物材料的合成、加工、测试、选材、使用和开发提供理论依据。



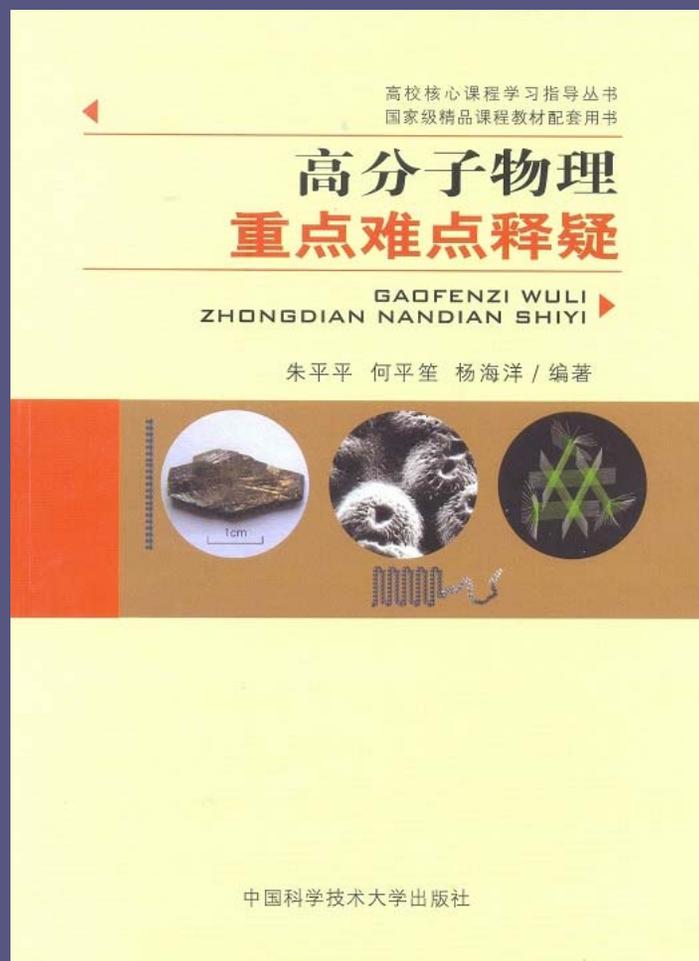
2009

- 本书是**国家级教学成果二等奖**（全面提升高分子物理重点课程的教学质量）内容的全面体现
- 重点介绍了我国学者在**高分子凝聚态基本物理问题**研究中取得的若干国际前沿性的**研究成果**
- 融入了作者**多年教学研究的心得**以及对已有体系、知识点的新理解、新认识

指导用书：

朱平平，何平笙，杨海洋．高分子物理重点难点释疑

合肥：中国科学技术大学出版社，2011



参考资料:

1. 参考书

2. 教学研究论文

详见:

课程教学平台

《新编高聚物的结构与性能》附录

(p.582~593)

普通高等教育“十一五”国家重点规划教材
“十一五”国家重点图书
中国科学院—中国科学技术大学
精品教材

高分子物理实验

第2版

杨海洋 朱平平 何平笙 编著

GAO FENZI WULI SHIYAN

高分子物理实验

何平笙 杨海洋 朱平平 翟保均 编

中国科学院—中国科学技术大学
精品教材

中国科学技术大学研究生教材

高分子链构象统计学

彭建邦 何平笙 编著

GAOFENZI LIAN GOUXIANG TONGJUI XUE

中国科学技术大学出版社

中国科学院—中国科学技术大学
精品教材

高聚物的力学性能

第2版

何平笙 编著

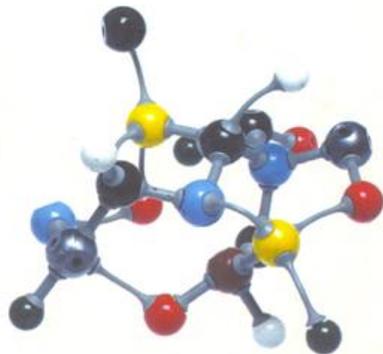
高聚物的力学性能

何平笙 编著

中国科学院—中国科学技术大学

硕士研究生入学考试 化学类科目考试纲要

中国科学院研究生考试中心
中国科学技术大学研究生招生办 编



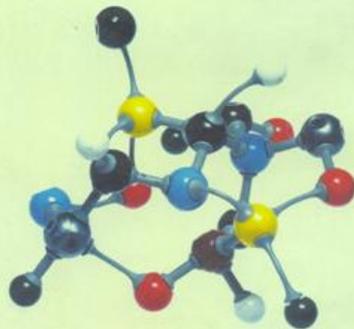
中国科学技术大学出版社

第二版

中国科学院—中国科学技术大学

硕士研究生入学考试 化学类科目考试纲要

中国科学院研究生考试中心
中国科学技术大学研究生招生办 编



中国科学技术大学出版社

中国科学技术大学出版社

部分
参考书

研究生规划教材

高分子物理教程

柯扬船 何平笙 主编

化学工业出版社
教材出版中心

二维状态下的聚合

单分子膜和 Langmuir-Blodgett 膜的聚合

Polymerization in Two-dimensional State

Polymerization in Monolayer and Langmuir-Blodgett Films



何平笙 著
中国科学技术大学出版社

“十一五”国家重点图书
材料科学与工程研究所学位论文

高分子结构与性能

夏良明 朱平平 徐世豪 编著

暨南大学出版社

部分参考书

教学内容：

- 通过讲授高分子的结构、分子运动以及高聚物的一系列物理性能，使学生了解**高分子结构与高聚物性能之间的内在联系及其基本规律**，辩证理解**高分子与小分子的本质不同**，以期对高分子材料的合成、加工、测试以及选材提供一定的理论依据
- 既包含高分子科学所必需的合成化学知识，又涉及物理学知识

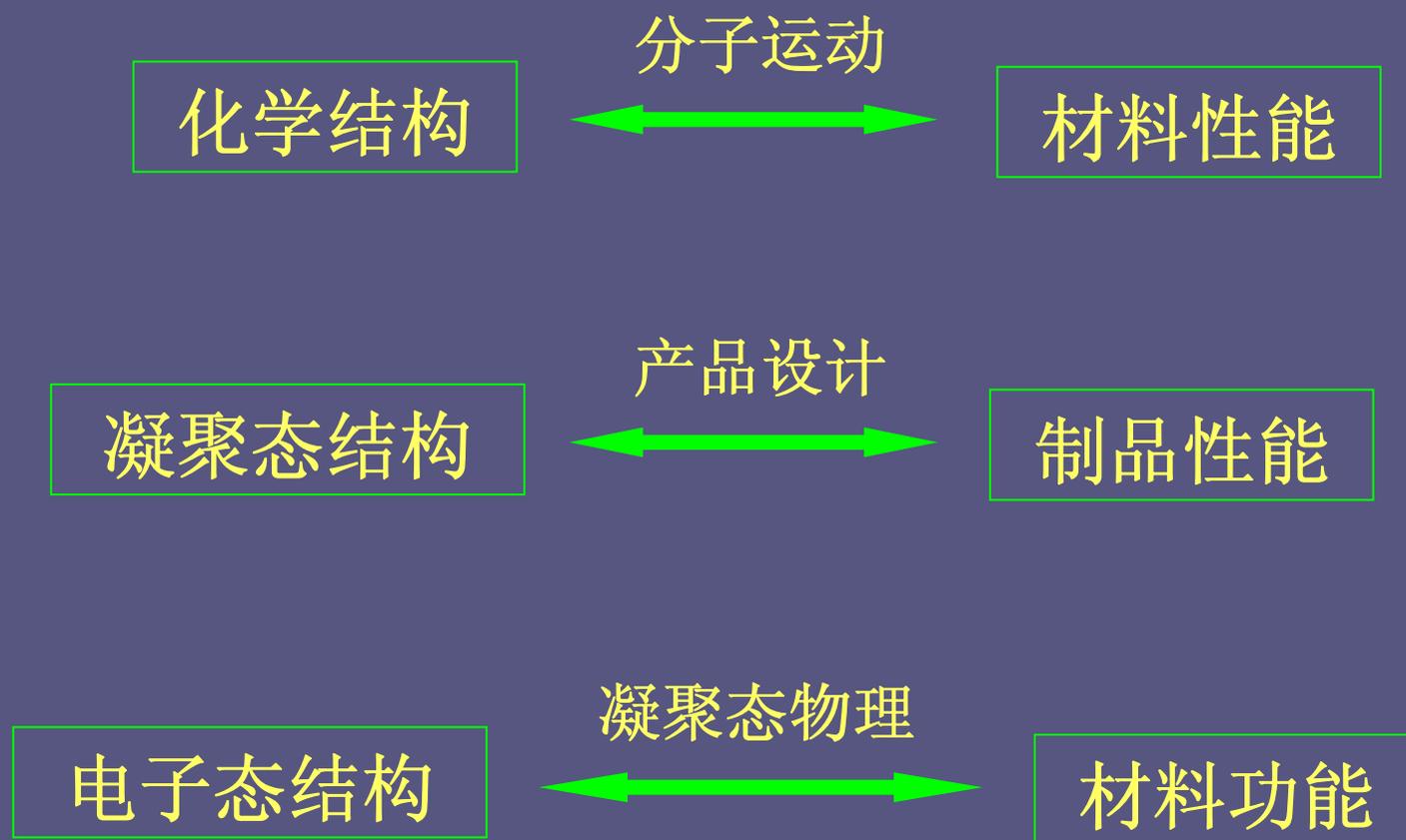
- 如何把高分子的特点理解透彻？
- 高分子，与小分子相比有什么本质不同（结构、性能、服从规律等）？
- 教学主线？
- 重点？ 难点？

- 高分子物理是凝聚态物理中最有可能获得突破的领域之一
- 特别是近二十多年来我国学者在 高分子凝聚态基本物理问题的研究 领域取得了显著的研究成果，提出了一些新的看法、新的概念
- 需要把这些新概念及研究成果都及时地充实到教学内容中

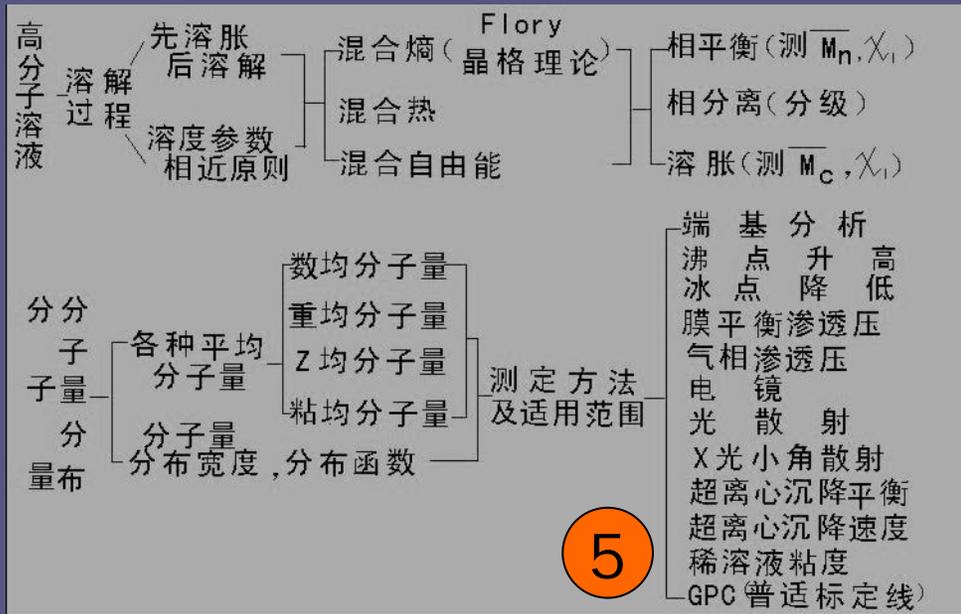
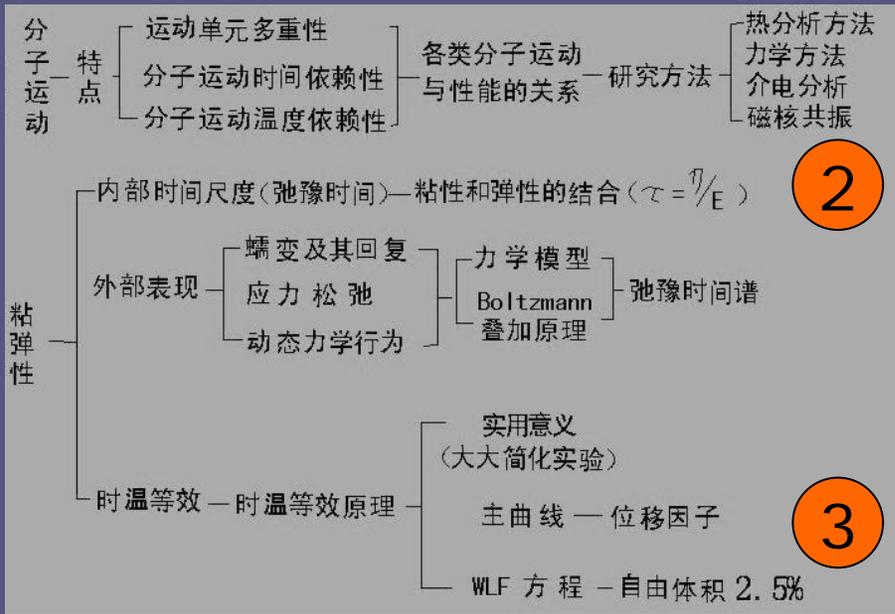
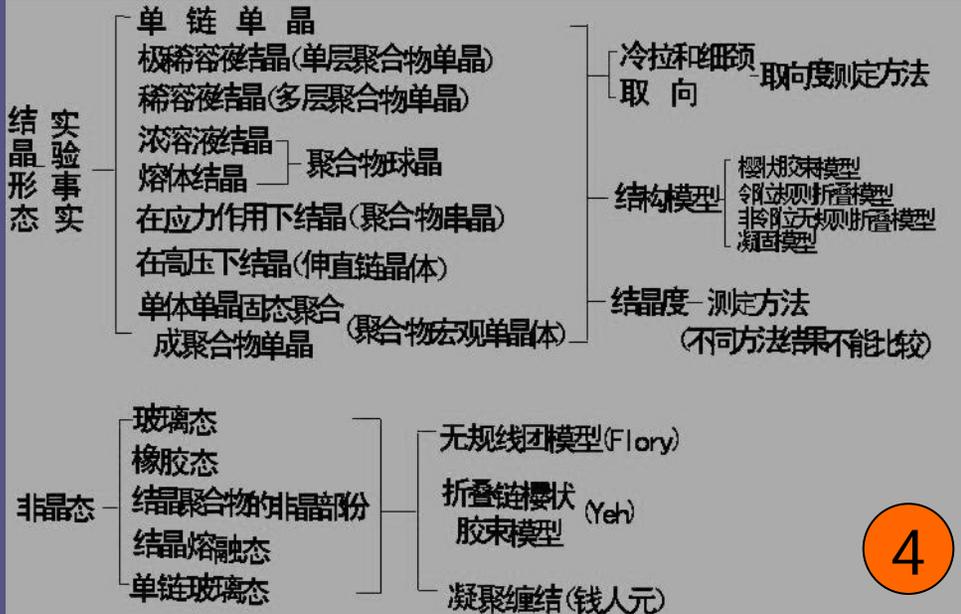
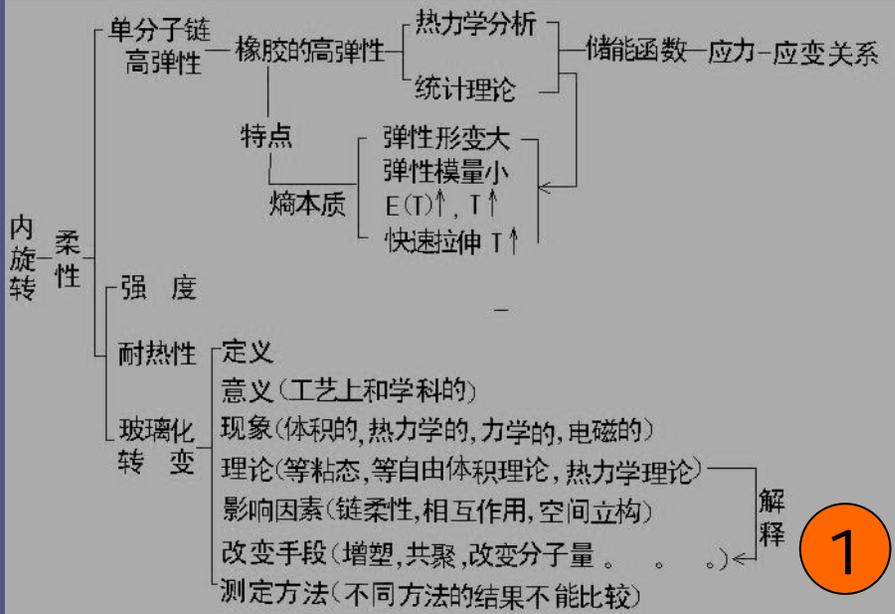
教学中引入新理念、新观点：

- 结构与性能关系三层次
- 教学内容多条主线
- 开设高分子物理实验四原则
- 其他新观点...

结构与性能关系三层次：



教学内容五主线:



选用教学实验四原则：

1. 教学实验应该充分揭示聚合物和小分子化合物在结构与性能上的显著差别
(溶胀平衡, 膨胀计法测 T_g , 银纹, 开发的计算机实验, 等)
2. 教学实验应以自己动手搭配装置为原则
(形变-温度曲线仪, 银纹测定仪, 树脂固化仪)
3. 教学实验应及时反映高分子物理的研究成果
(树脂固化仪, 稀溶液粘度法的一系列改进)
4. 把计算机技术引入到实验教学中去, 达到了实体分子模型不可能达到的效果
(目前已有5个高分子物理的计算机实验, 开创了实验教学的新模式, 在国内多所高校得到应用。)

引入新概念

极稀溶液、动态接触浓度

链内凝聚和链间凝聚

单链凝聚态和多链凝聚态

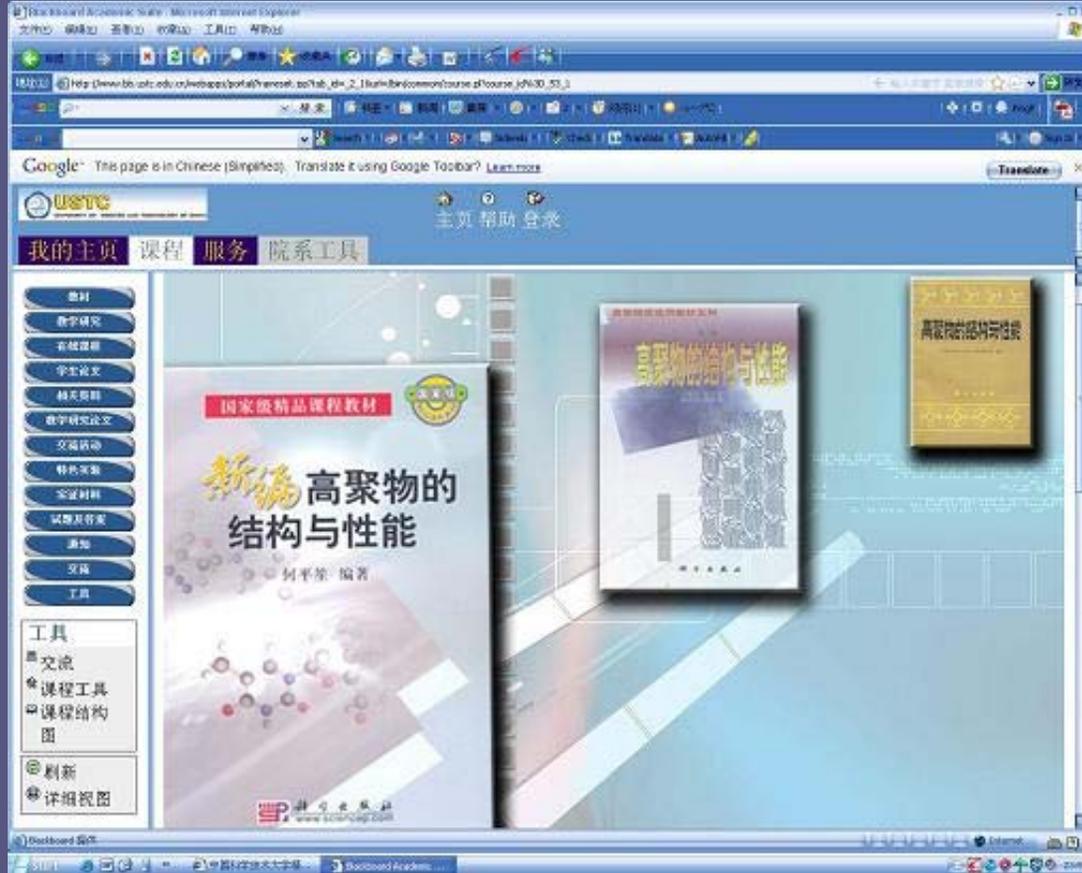
凝聚缠结（不同于拓扑缠结）

高聚物的亚稳态

新型液晶、超分子液晶

等

课程教学平台——高聚物的结构与性能:



- http://www.bb.ustc.edu.cn/jpkc/guo_jia_ji.html
- 学校主页 — 本科生教育 — 精品课程 — 国家级精品课程 — 2005 — 高聚物的结构与性能

教学平台

教材&指导用书

在线课堂

教学录像

习题&解析

相关资料

教学研究

教师队伍

教学研究论文

学生论文

特色实验

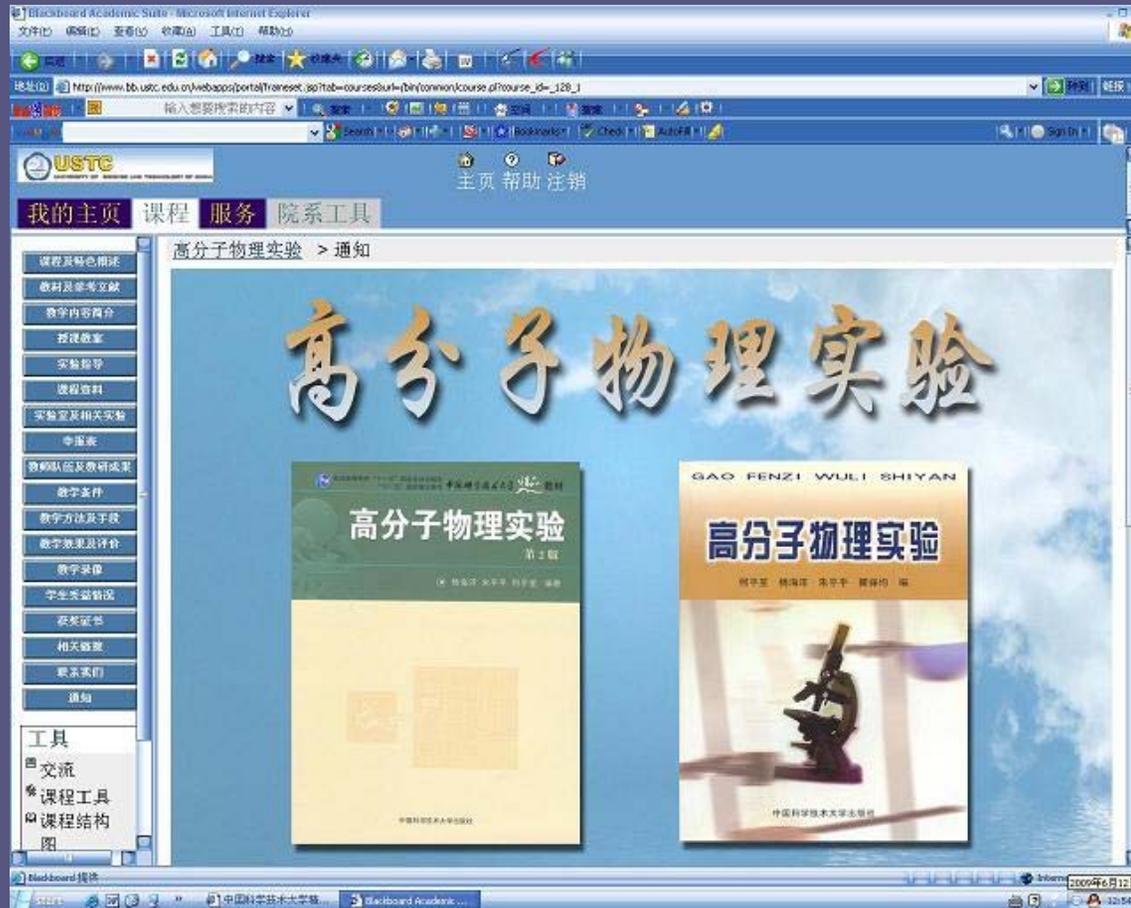
交流活动

实证材料

通知

依据自己的教学思路、教学研究
研究成果构建
特色鲜明

实验课程教学平台——高分子物理实验：



- http://www.bb.ustc.edu.cn/jpkc/sheng_ji.html
- 学校主页—本科生教育—精品课程—省级精品课程—2006—高分子物理实验

高分子物理实验

(2006安徽省精品课程)

教学平台

课程及特色概述

教材及参考文献

教学内容简介

授课教案

实验指导

课程资料

实验室及相关实验

申报表

教师队伍及教研成果

教学条件

教学方法及手段

教学效果及评价

教学录像

学生受益情况

实证材料

相关链接

考核方式：

1. 上课
2. 作业（5~6次，占总成绩20%~30%）
3. 期末考试（闭卷）
4. 小论文（1篇）

教师联系方式

朱平平:

- 办公室: 化学楼-225室 (或环境与资源楼5楼X室)
- 电话: 3601117(o), 18919693369
- zhupp@ustc.edu.cn

田姣:

- 电话: 13605605671
- tianjiao@mail.ustc.edu.cn

谢谢！