

# 课程特点及学习方法

高分子物理课程涉及到以高分子和高聚物为对象的全部物理内容，学生在学习时往往会感觉到内容多而杂，抓不住重点，在此介绍一些学习方法，供学生参考。

## 1. 抓住高分子的特点

高分子是相对分子质量达几万、几十万甚至几百万、几千万由共价键结合的长链大分子，与小分子相比，它的特点就是大，量变引起质变，因此高分子在链结构、凝聚态结构、分子运动以及高聚物在一系列物理性能上与小分子和小分子物质有着本质的区别。如：高分子链的柔性、特有的描述链段运动的 WLF 方程、聚合物独有的熵弹性、显著的粘弹性、单链凝聚态、银纹、分子量的多分散性、高分子溶液特性和高聚物熔体的弹性行为等。

## 2. 找到本课程的主线

本课程的主要内容是讨论高聚物的结构与性能之间的关系，而分子运动是联系微观结构与宏观性能的桥梁，因此本课程的主线就是用分子运动的观点理解高聚物结构与性能的内在联系和基本规律。

例如：橡胶在常温下是柔软而富有弹性的材料，但是温度降到 $-100^{\circ}\text{C}$ ，便成了像玻璃一样硬而脆的固体；常温下的橡胶轮胎在恒定外力下表现出弹性，但喷气式飞机以极快速度着落时轮胎有可能失去弹性而破裂。这两个例子中，虽然高聚物的化学结构没有变化，但是由于在不同温度或不同的外力作用时间情况下，高分子运动状态不同，使得高聚物表现出不同的力学性能。

## 3. 正确理解高分子科学中整体与局部的关系

高分子科学中整体与局部差别很大同时又相互关联，在这些复杂的关系中充分体现了高分子在形态、分子运动、凝聚态结构以及高聚物在物理力学性能等方面的突出特点，因此正确理解整体与局部的关系对掌握本课程的精髓是非常重要的。

可以从高分子中的整链柔性与局部链节刚性、整个高分子链和链段以及整体无序而局部有序等方面来理解高分子中整体与局部之间的关系。例如：（1）足够长的高分子链总是自发地呈蜷曲状，表现出柔性，但在分子链的局部，键与键之间的相对位置严格地受到各种约束，表现出刚性。（2）整个高分子链和局部链段之间有着多方面的区别，它们是高分子中两种完全不同的运动单元，尺寸不同，运动服从的规律不同，对高聚物性质的影响也完全不同，但是它们又相互关联，没有长链，就不会有链段，而没有链段的运动，就不可能有整链的

运动，等。(3) 非晶态固体中通常在一根链的空间有几十根无规线团相互穿透在一起，在高度相互穿透的线团聚集体中相同链的单元之间与不同链的单元之间相斥力相互平衡，导致非晶态高聚物固体中高分子线团是无规线团，但在小区域(1~2nm)内无规线团上的几个链单元很有可能发生局部平行排列，形成凝聚缠结点，凝聚缠结是一种局部有序，但是这种局部有序(1~2nm)的存在并不影响大尺度范围内(大于10nm)整个高分子链的形态，它们仍然是高斯线团，符合Flory的“无规行走”模型，高聚物整体仍是无序的。

#### 4. 充分认识高分子间相互作用的特点及意义

在高聚物中，分子间作用力起着特殊的重要作用，可以说，离开了高分子间的相互作用来解释高分子的凝聚状态、堆积方式以及各种物理性质是没有意义的。

高分子间的相互作用与小分子间的相互作用有着显著的区别，高分子间相互作用力非常大，它对高分子凝聚态结构和高聚物诸多性能的影响很重要，可以从高聚物不存在气态、特殊的高聚物溶解过程、马克三角形原理、特征温度的大小、特有的单链凝聚态、凝聚缠结和超分子体系来理解。

#### 5. 建立时间标度的概念

时间是影响高分子运动状态、凝聚态以及各种物理性能的最重要因素之一，因此一定要建立时间标度的概念。

高分子运动弛豫时间长是长链的显著特点，特别在 $T_g$ 附近或以下，弛豫时间以秒、分、小时计，甚至更长，所以一般来说高聚物都不是处于热力学平衡状态，而往往是被动力学因素所控制的非平衡态。

高聚物同时具有粘性和弹性，粘弹性比其它材料要显著的多，并强烈地依赖于外力作用时间的长短(或频率的高低)。如果外力作用时间很长(或频率很低)，运动单元来得及运动，产生形变，高聚物显出粘性，而当外力作用时间很短(或频率很高)，运动单元来不及运动，高聚物好像一块刚硬的普弹体，只有当外力作用时间(或频率)适中时，单元可以运动，但又跟不大上，这时的高聚物同时具有粘性和弹性。特别要指出的是，在一般的作用时间和常温下(注意：时温等效原理)，高聚物就往往能同时显示弹性和粘性。

#### 6. 准确理解基本概念

在学习中，要注重对基本概念的准确理解。如：构型与构象是不同的概念，要严格区分开，构型是指分子中由化学键所固定的原子在空间的几何排列，要改变构型必须经过化学键的断裂和重组，而构象是分子由于单键的内旋转而产生的在空间的不同形态；高分子内相互作用与高分子间相互作用虽然是两种不同的概

念，然而却是无法区分、无法分辨的，高分子内相互作用是指同一高分子链的链单元之间的相互作用，高分子间相互作用是指不同高分子链的链单元之间的相互作用，它们的本质是一样的，都是指链单元间的相互作用。

## 6. 注意基本物理量的物理意义、单位和数量级

要特别注意基本物理量的物理意义和单位，如：粘度和特性粘数是完全不同的两个概念，粘度反映液体或半流体流动难易的程度，单位是帕斯卡·秒，特性粘数则是通过测定高分子溶液的比浓粘度而得到的外推值，表征单位质量的高分子在溶液中的流体力学体积，单位是毫升/克或分升/克。

对基本物理量数量级的掌握也同样重要，如：高聚物高弹模量约为 $10^5$ 牛顿/米<sup>2</sup>（对照：一般金属的弹性模量高达 $10^{10-11}$ 牛顿/米<sup>2</sup>）；分子量在10万到100万的柔性链高分子链，其根均方半径大约是几个到几十个纳米（对照：如果链能完全伸直，其长度可达几百到几千个纳米）。