

A decorative vertical bar on the left side of the slide. It features a color gradient from blue at the bottom to yellow at the top. At the top, there are three arrows: a grey one pointing left, a red one pointing right, and a yellow one pointing up.

高分子物理

主讲：王勇



第一章 概论

1、高分子科学的诞生与发展

~19世纪中叶：高分子科学的蒙昧时期

~20世纪初期：高分子科学的萌芽时期

20世纪30年代末期，高分子学说的争鸣时期，并最终得到人们的承认。

H. Staudinger: 《论聚合》中提出高分子或聚合物的概念



高分子化合物：

由众多原子或原子团主要以**共价键**结合而成的相对分子质量在1万以上的化合物。

Polymer/Macromolecule



高分子化学：聚合基本原理、方法、性能与聚合反应条件的关系、合成或使用过程中的化学反应过程。

长春应化所、中科院化学所、北京化工、中山大学...

高分子物理：聚合物化学组成与结构、材料微观和凝聚态结构与性能之间的关系及各种特殊物理性能。

长春应化所、中科院化学所、复旦、北大、清华、上海交大...

高分子工艺与工程学：从应用的角度研究聚合物加工、合成中的工艺条件、影响因素和设备等。

中科院化学所、石油化工研究院、川大、华南理工、华东理工、东华大学...

功能高分子：研究对物质、能量、信息具有转换、传输、储存等特殊功能的高分子材料的合成及应用。

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a vertical bar with a color gradient from blue at the bottom to yellow at the top. A red arrow points to the right, and a grey arrow points upwards, both originating from the top of the bar.

2、高分子物理领域的发展及其主要内容

高分子链的构象统计及橡胶高弹性的统计理论

高分子分子量及其分布的测定

高分子溶液的热力学性质

高分子热力学和流体力学

高分子聚集态的粘弹性质

X射线研究高分子晶态结构

.....



2010.1.5: 基金委董建华处长川大报告提出:

未来十年高分子物理领域基金委资助重点:

玻璃化转变

结晶前期机制

带电聚合物体系

高分子物理中的新概念

阻塞效应与结构受挫



高分子物理的主要研究内容:

- 高分子的结构

单个分子结构、聚集态结构

- 高分子材料的性能

力学性能、热性能、粘弹性、导电、阻隔性、导磁、光学性能.....

- 高分子分子运动的统计学

通过分子运动，将微观分子结构与宏观物理性质相联系，并从本质上加以解释

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a vertical bar with a color gradient from blue at the bottom to yellow at the top. Overlaid on this bar are three arrows: a grey arrow pointing left at the top, a red arrow pointing right in the middle, and a yellow arrow pointing up at the bottom.

3、高分子材料发展大事记

1839 美国人古德伊尔(Charles Goodyear)发现天然橡胶与硫磺共热后明显地改变了性能，使它从硬度较低、遇热发粘软化、遇冷发脆断裂的不实用的性质，变为富有弹性、可塑性的材料。

1869 美国的海厄特(John Wesley Hyatt,1837-1920)把硝化纤维、樟脑和乙醇的混合物在高压下共热，制造出了第一种人工合成塑料“赛璐珞”(cellulose)。

1887 Count Hilaire de Chardonnet用硝化纤维素的溶液进行纺丝，制得了第一种人造丝。

1909 美国人贝克兰(Leo Baekeland)用苯酚与甲醛反应制造出第一种完全人工合成的塑料--酚醛树脂。

1920 施陶丁格(Hermann Staudinger)发表了"关于聚合反应"(Uber Polymerization)的论文提出：高分子物质是由具有相同化学结构的单体经过化学反应(聚合)，通过化学键连接在一起的大分子化合物，高分子或聚合物一词即源于此。

1926：聚氯乙烯（PVC），1930：聚苯乙烯（PS），

1932 施陶丁格(Hermann Staudinger)总结了自己的大分子理论，出版了划时代的巨著《高分子有机化合物》成为高分子化学作为一门新兴学科建立的标志。

1935：尼龙（聚酰胺PA66），1940：聚酯纤维（PET）



“象蛛丝一样细，象钢丝一样强，
象绢丝一样美”

1948 Paul Flory 建立了高分子长链结构的数学理论。

1950s 德国人齐格勒(Karl Ziegler)与意大利人纳塔(Giulio Natta)分别用金属络合催化剂合成了聚乙烯与聚丙烯。

1955 美国人利用齐格勒-纳塔催化剂聚合异戊二烯，首次用人工方法合成了结构与天然橡胶基本一样的合成天然橡胶。



1971 S.L Wolek 发明可耐300°C 高温的Kevlar（凯夫拉）。



4、Nobel奖与高分子科学家

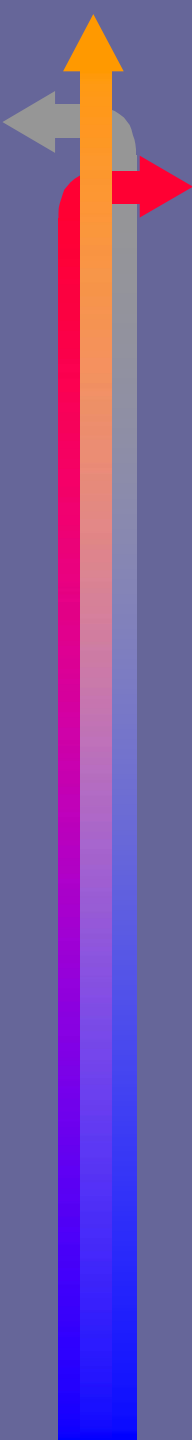
The Nobel Prize in Chemistry 1953

高分子科学的奠基人

For his discoveries in the field of
macromolecular chemistry

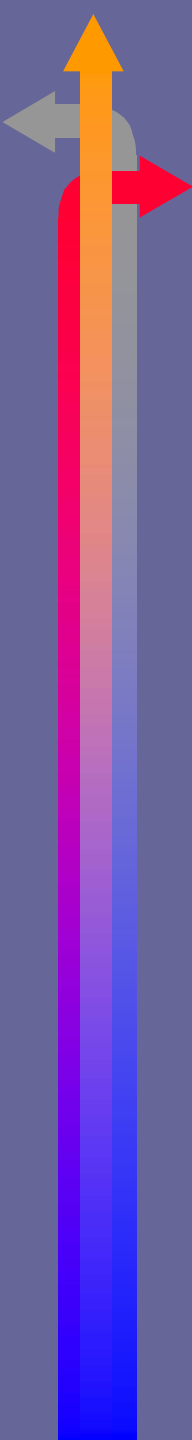


Hermann Staudinger
1881~1965



施陶丁格（H.Staudinger），德国化学家。1922年，Staudinger在《德国化学会会志》上发表了一篇划时代的论文《论聚合》，公开提出“聚合反应是大量小分子依靠化学键结合形成大分子的过程”的假说。

Staudinger也是提出高分子化合物的相对分子质量具有多分散性的第一人，他首次指出试验测定的高分子化合物的相对分子质量实际上都是一个平均值。

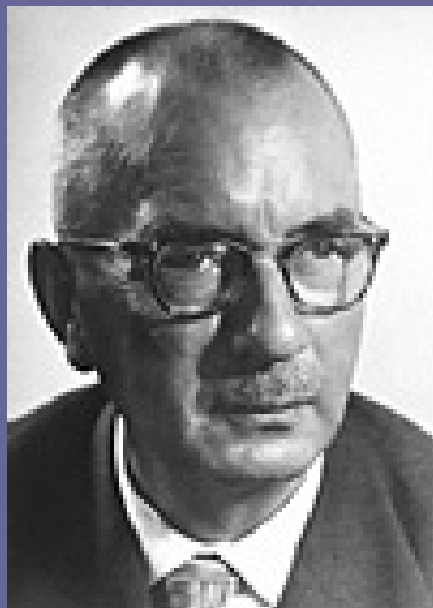


1932年他发表了专著《**高分子有机化合物**》，标志着高分子科学的正式诞生。他把“高分子”这个概念引进科学领域，并确立了高分子溶液的粘度与分子量之间的关系，创立了确定分子量的粘度的理论(后来被称为施陶丁格尔定律)。

他的科研成就对当时的塑料、合成橡胶、合成纤维等工业的蓬勃发展起了积极作用。

1953 年瑞典皇家科学院将诺贝尔化学奖正式授予了他，从而使他成为世界上获此殊荣的第一位高分子学者。

The Nobel Prize in Chemistry 1963



Karl Ziegler
1898~1973



Giulio Natta
1903~1979

For their discoveries in the field of the chemistry and technology of high polymers



Ziegler-Natta 催化剂

- 卡尔·齐格勒是德国化学家, 1953年发明了齐格勒催化剂（**三乙基铝-四氯化钛**组成的络合催化剂）使乙烯在低压下聚合成聚乙烯, 为世界塑料工业的发展起了举足轻重的作用。
- 1954~1956年意大利科学家纳塔改进了齐格勒催化剂（用**三氯化钛代替四氯化钛**），使其能适用于聚丙烯的生产，从而导致了一系列以低碳烯烃为基础的新型聚合物不断出现。并在此基础上提出了有规立构高分子的概念，被称为具有革命性的研究成果



Ziegler 催化剂：三乙基铝-四氯化钛混合物

Natta 催化剂：三氯化钛代替四氯化钛

形成假说：高分子物理性质与高分子链的立构规整性有关

提出有规立构高分子的概念，被称为具有革命性的研究成果

The Nobel Prize in Chemistry 1974



Paul J. Flory
1910~1985

高物与高化的集大成者

For his fundamental achievements,
both theoretical and experimental,
in the physical chemistry of the
macromolecules



❖ 1936年用几率方法得到缩聚产物的分子量分布(见高聚物的分子量分布)，现称**弗洛里分布**。

❖ 1942年对柔性链高分子溶液的热力学性质，提出混合熵公式，即著名的**弗洛里-哈金斯晶格理论**，由此可以说明高分子溶液的渗透压、相分离和交联高分子的溶胀现象等。

❖ 在柔性链高分子溶液方面，1949年找到了溶液中高分子形态符合高斯链形态，溶液热力学性质符合理想溶液性质的温度-溶剂条件。此温度现称**弗洛里温度或 θ -温度**，此溶剂通称 **θ -溶剂**。1951年得出著名的特性粘数方程式。



❖ 1951年得出著名的特性粘数方程式

❖ 1956年提出刚性链高分子溶液的临界轴比和临界浓度，在此浓度以上将出现线列型液晶相。

❖ 1965年他提出溶液热力学的对应态理论,可适用于从小分子溶液到高分子溶液的热力学性质。

❖ 在分子聚集态结构方面，他1953年就从理论上推断高聚物非晶态固体中柔性链高分子的形态应与 θ -溶剂中的高斯线团相同，十几年后为中子散射实验所证实。



❖ 建立了高聚物和共聚物结晶的热力学理论。

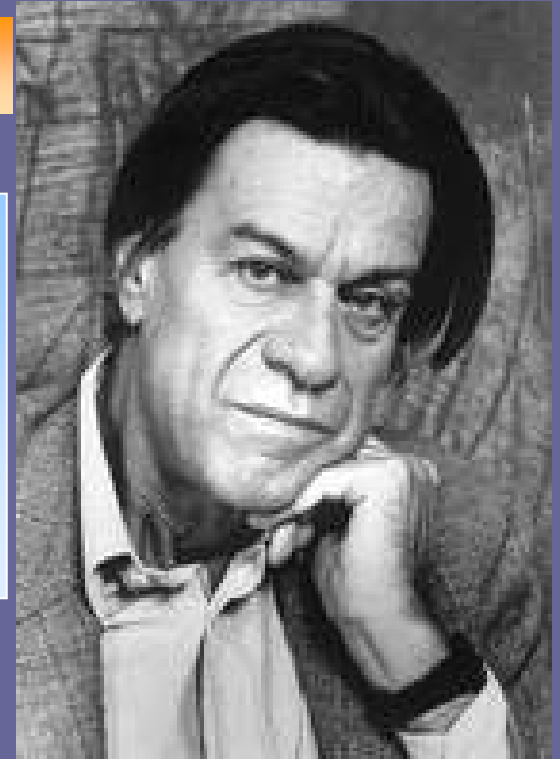
❖ 在内旋转异构体理论方面补充了近邻键内旋转的相互作用，使构象的计算达到实际应用所需的精确性，可以从分子链的化学结构定量地计算与高分子链构象统计有关的各种数值

无论是在高分子物理还是高分子化学，无论是在理论还是实验方面都做出了巨大的贡献，堪称高分子史上迄今为止除施陶丁格之外的第一人。

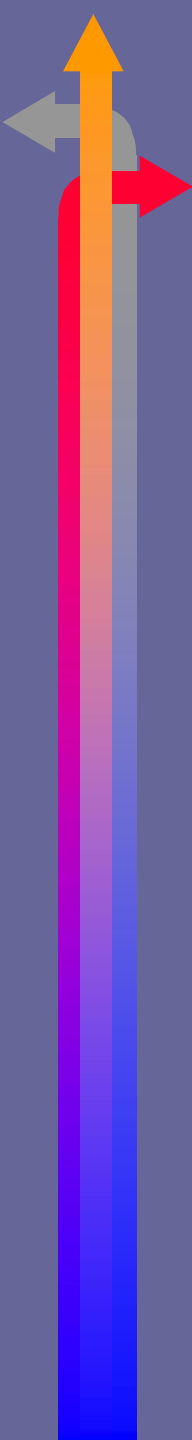
The Nobel Prize in Physics 1991

被誉为“当代牛顿”的诺贝尔物理奖获得者

For discovering that the methods developed for studying order phenomena in simple systems can be generalized to more complex forms of matter, in particular to liquid crystals and polymers



P. G. de Gennes
1932~



德热纳经过多年的潜心研究发现，用来研究简单系统的有序现象还可以用来研究较为复杂的物质形态，尤其是液晶和聚合物。他用数学形式描述了雌性偶子、共分子和分子链如何在一定条件下组合成有序状态，以及当它们从有序状态转变为无序状态的结果。

首次说明了从向列型液晶散射出的异常光现象，他提出的聚合物排列的无序中的有序和一磁矩系统从有序转向无序时，适合条件之间的相似程序理论，比迄今人们猜测的更胜一筹。

1974年他写出《**液晶物理**》，是该领域的权威著作。

由于他研究理论的重要建树，被誉为“**当代牛顿**”，并为液晶和聚合物这类物质的技术发展奠定了较坚实的基础。



The Nobel Prize in Chemistry 2000



Alan J. Heeger
1936~




Alan G. MacDiarmid
1927~



Hideki Shirakawa
1936~

For the discovery and development of conductive polymers



美国科学家艾伦-J-黑格(Alan J. Heeger)，现为加利福尼亚大学的固体聚合物和有机物研究所所长，是一名物理学教授。他是半导体聚合物和金属聚合物研究领域的先锋，目前主攻能够用作发光材料的半导体聚合物，包括光致发光、发光二极管、发光电气化学电池以及激光等等。这些产品一旦研制成功，将可以广泛应用在高亮度彩色液晶显示器等许多领域。

美国科学家艾伦·G·麦克迪尔米德 (Alan G. MacDiarmid)，他是最早从事研究和开发导体塑料的科学家之一。他从1973年就开始研究能够使聚合材料能够象金属一样导电的技术，并最终研究出了有机聚合导体技术。这种技术的发明对于使物理学研究和化学研究具有重大意义，其应用前景非常广泛。他曾发表过六百多篇学术论文，并拥有二十项专利技术。

日本科学家白川英树(Hideki Shirakawa)，现在是日本筑波大学名誉教授。他对“发现导电聚合物”的主要贡献在于他首次合成出了高性能的膜状聚乙炔。

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a vertical bar with a color gradient from blue at the bottom to yellow at the top. Overlaid on this bar are three arrows: a grey arrow pointing left at the top, a red arrow pointing right in the middle, and a yellow arrow pointing up at the bottom.

诺贝尔评奖委员会的公告

塑料本来是不导电的绝缘体。他们合成了具有共轭链的聚乙炔，用掺杂的方式使塑料出现与金属一样的导电性。导电高分子已经成为化学及物理学研究的重要领域。不仅将导电聚合物用于聚合物电池的设想正在逐步实用化，而且发光二极管、移动电话显示屏以及将来的分子电路也有可能用导电高分子作为关键材料。



5、中国的高分子先驱

中国高分子科学研究起于上世纪50年代，著名代表人物包括

高分子化学领域：唐敖庆（中国理论化学研究的开拓者）、王葆仁、冯新德、钱人元、何炳林、钱保功等

高分子物理领域：钱人元（创建者）、钱保功等

高分子材料（包括成型加工）领域：徐僖



6、中国高分子工业技术现状

- 2004年底，中国五大合成树脂（聚乙烯PE、聚丙烯PP、聚苯乙烯PS、聚氯乙烯PVC、ABS）当年产量达1790万吨，居世界第二，国内消费量达3125万吨。
- 主要单体乙烯产量为627万吨，居世界第三。
- 五大合成纤维（涤纶PET、腈纶PAN、锦纶PA6、丙纶PP、维纶（聚乙烯醇缩甲醛PVFM）产量达1314万吨，居世界第一，国内消费达1481万吨。
- 合成橡胶产量达148万吨，居世界第三，国内消费量达258万吨。

- 中国是世界上最大的**聚酯**生产国，2004年聚酯产能达1450万吨/年（产量1046万吨），占当年世界聚酯产能4700万吨/年的31%。



玻璃啤酒瓶



PET啤酒瓶

最新资料显示，2007年中国聚酯产量达到**1900.6**万吨，预计2008年将达到世界产量的**40%**。



初步预测：

2010年中国乙烯当量需求约为**2360**万吨，五大合成树脂需求量为**3980**万吨，合成橡胶需求量为**140**万吨，合成纤维需求量为**1300**万吨。乙烯生产能力将达到**1000**万吨/年，但仍不能满足需求，合成树脂、合成橡胶、合成纤维三大合成材料仍需大量进口（目前进口量约**50%**）

高分子材料在建筑装饰领域的应用



PPR管



PVC管



各种工程塑料管件

建筑外墙用材料 的发展过程





瓷砖外墙



涂料外墙



PVC外墙挂板
装饰别墅

高分子材料在日常生活领域的应用

www.2688.com



保鲜盒



保鲜膜



各种塑料餐具



电饭煲



电扇



冰箱



彩电



电脑及其附件等

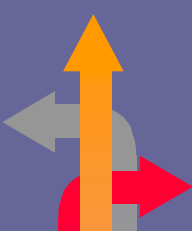


洗衣机

高分子材料在汽车工业的应用举例

汽车自身重量每减少**10%**，燃油消耗减少**6~8%**。

汽车重量与过去相比减少了**20~26%**，预计未来几年将继续减少**20%**。



保险杠、仪表板、车门、中控台，车灯、燃油箱.....



中国汽车工业领域，塑料件重量约占整车质量的**7~10%**，发达国家为**20%**甚至更高。

预计到**2009**年，我国轿车塑料用量需求**141.4**万吨，年均增长**15.4%**，国内产量达到**50**万吨，进口**90**余万吨。



以奇瑞一款车型为例,其材料大致构成见图1。

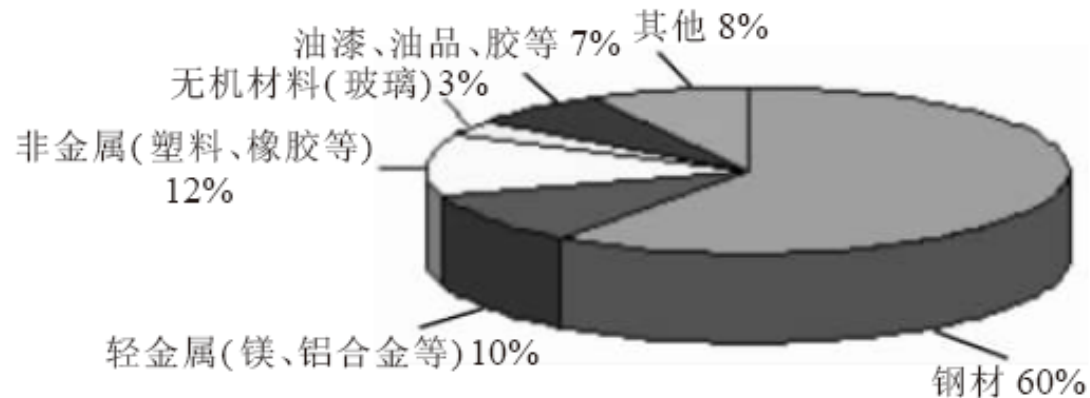


图1 奇瑞公司车型用材分布概况

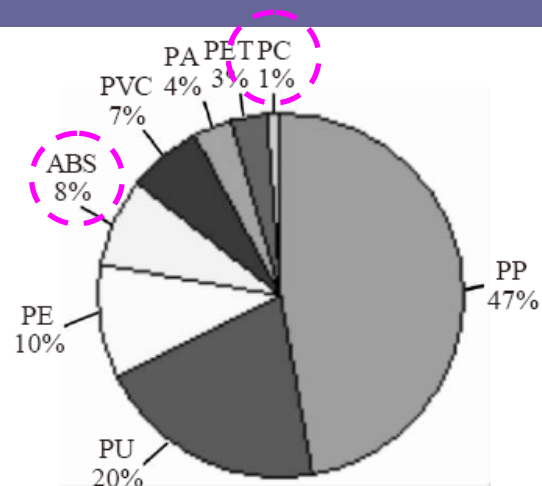


图2 小型车主要塑料的应用

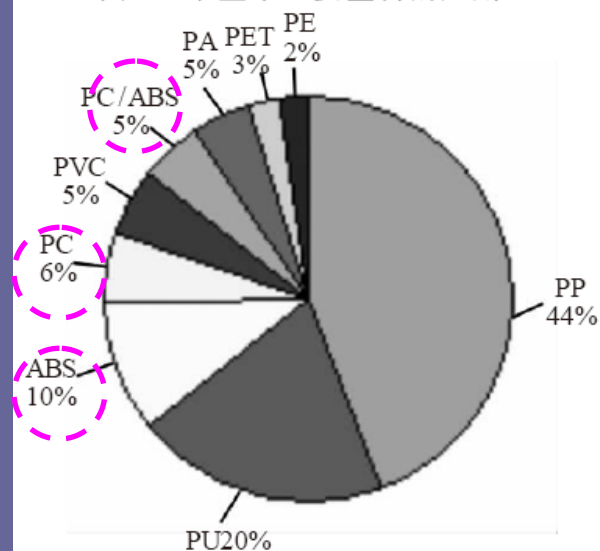


图3 中型车主要塑料的应用



2008 3 25

高分子材料在航空、航天、船舶等领域的应用举例



PET纤维作为导火索在飞船返回舱降落地面时点火制动



洲际导弹耐烧蚀材料保护弹头

我国研制的“飞天”舱外航天服



王东明 林汉志 编制 新华社发

神七舱外航天服涉及大量的橡胶颗粒、涤纶等高分子材料



客机座舱内饰涉及
大量的高分子材料



舰船防腐涂料的大量应用

高分子材料在生物医用领域的应用



一次性注射器



医用导管



医用手套



人造血管



输液袋



日新月异的高分子材料！！！！

橡胶、塑料、涂料、纤维、特种功能高分子材料、
生物医用高分子材料...

无处不在的高分子材料！！！！

日用品、家电、汽车、微电子、机械、航空航天、船舶....

高品质生活的象征：高分子材料！！！！

21世纪是高分子材料的世纪！



2009.2.19，国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议，审议并原则通过轻工业和石化产业调整振兴规划：

要加快技术进步。重点推进装备自主化和关键技术产业化，加快造纸、家电、**塑料**等行业的技术改造。建立产业退出机制，推进节能减排和**环境保护**。

要统筹重大项目布局，大力推进技术改造。抓紧组织实施在建炼油、**乙烯**重大项目，增强产业发展后劲。推广资源综合利用和**废弃物资源化**技术。发展循环经济。

一个不得不提的问题：——“白色污染”？

印度



西班牙



中国



英国



对高分子材料，特别是塑料的高度误解！！！！

委 屈

青铜、铁... 几千年而不腐，这才是真正的污染！



说明了对高分子材料的极大依赖！

高分子材料人的选择：可降解高分子材料研制



alibaba.com.cn



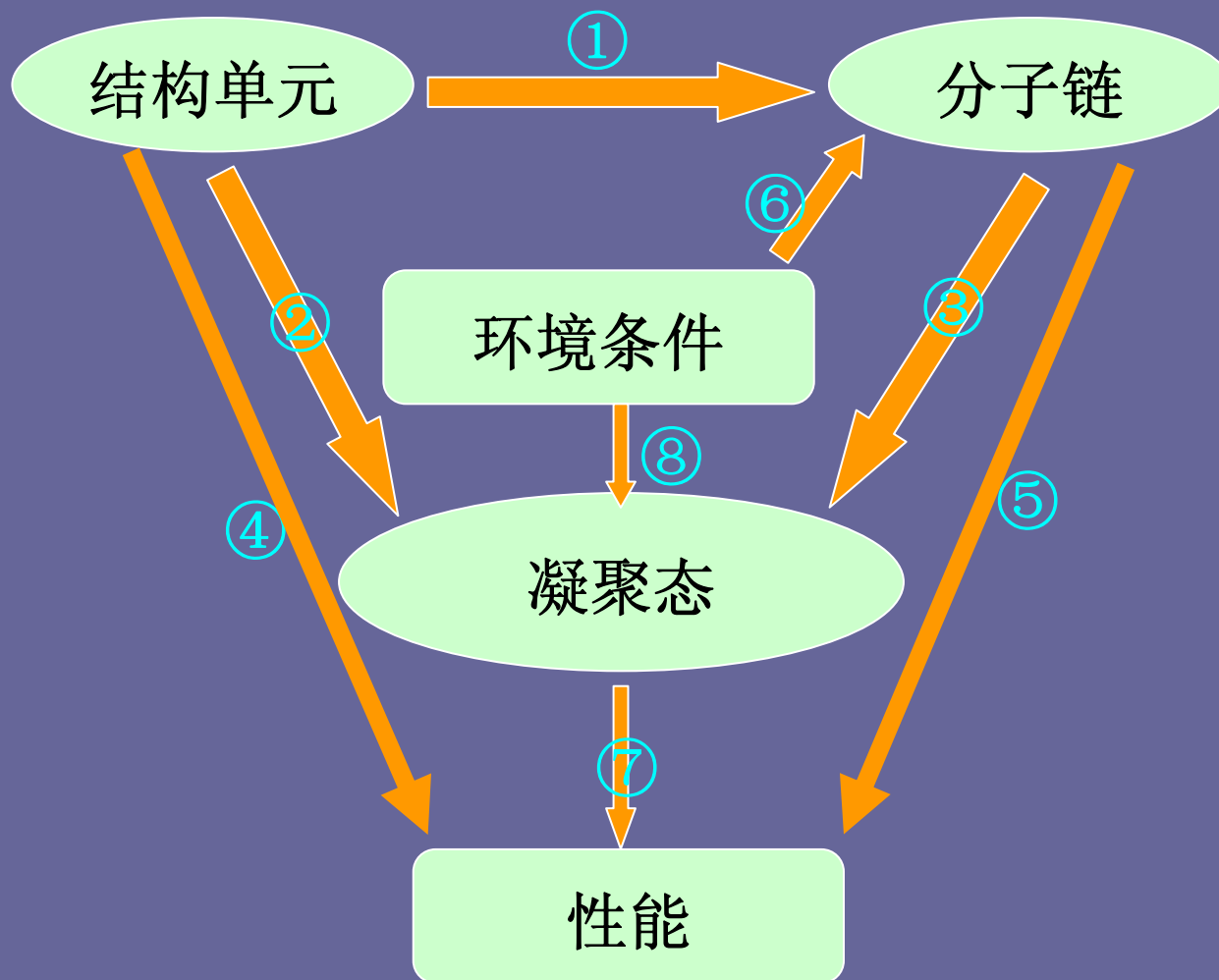
无论如何，**高分子材料**在社会发展过程中起到越来越重要的作用。

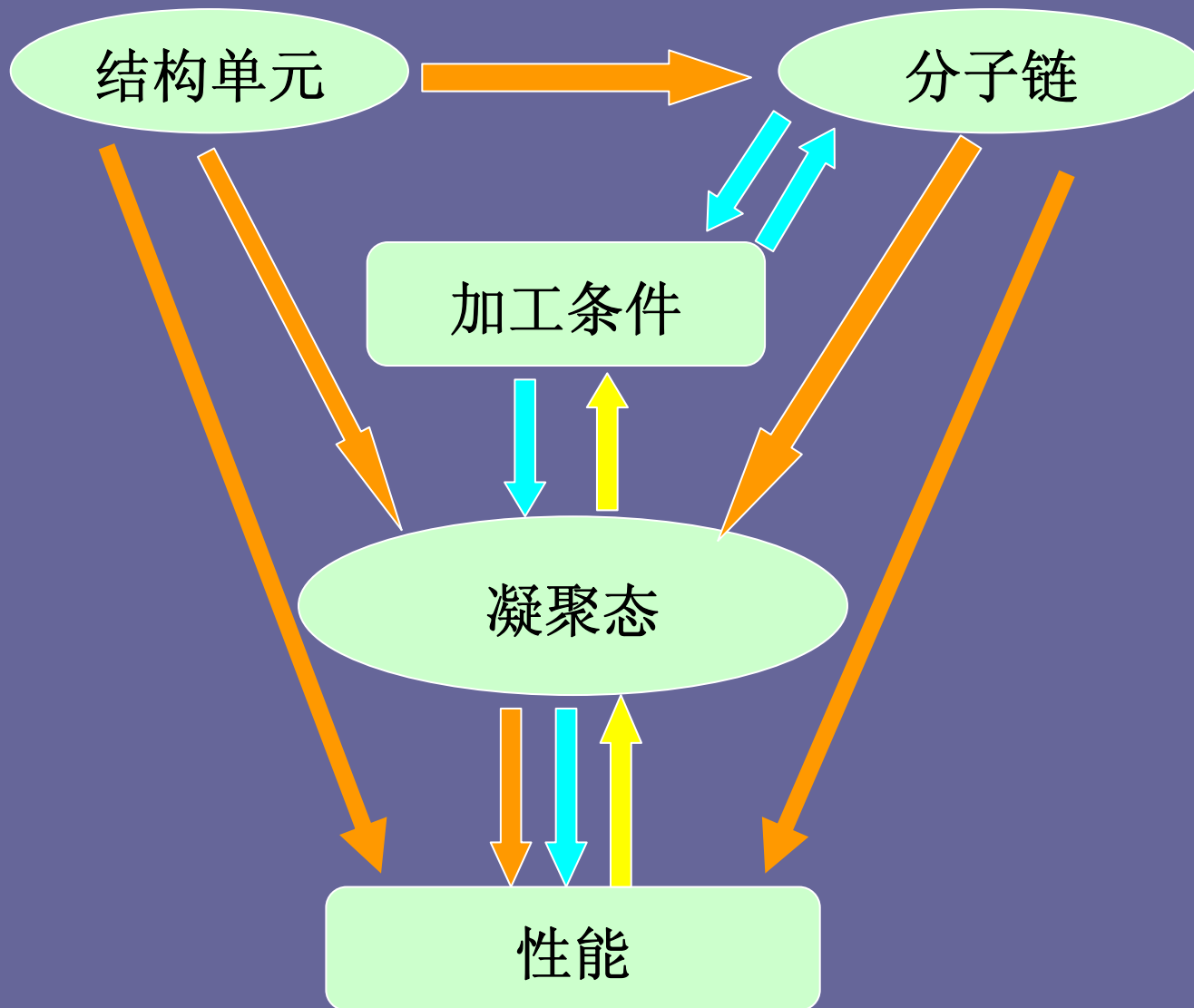
高分子材料的发展，需要更多有志之士投入其中。

高分子物理是高分子化学与高分子加工之间的联系和纽带。

学好**高分子物理**是从事高分子材料研究和开发的最基本要求。

如何学好高分子物理？





成型加工—结构—性能