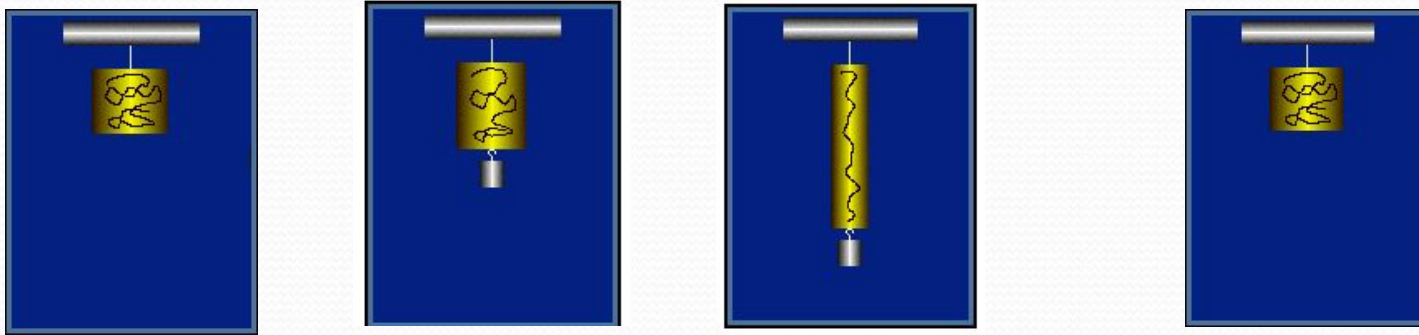




# **Физические свойства полимеров**

# Особые свойства полимеров

**эластичность** - способность к обратимым деформациям при нагрузке (каучуки).



**Гибкость** макромолекул — это их способность обратимо (без разрыва химических связей) изменять свою форму.

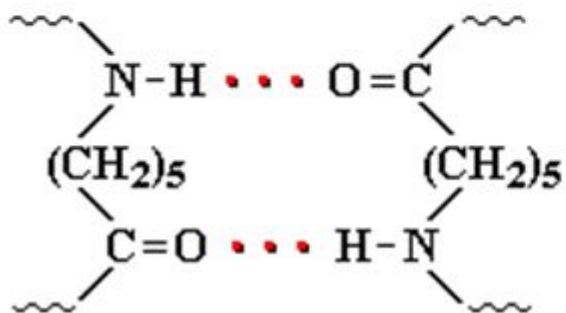
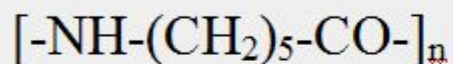
# Особые свойства полимеров



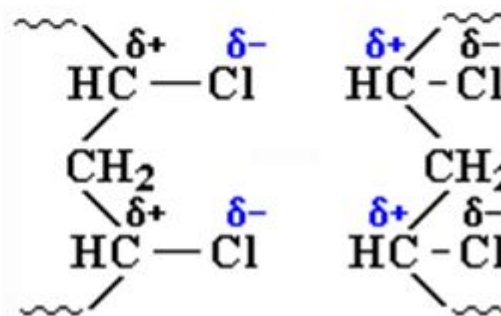
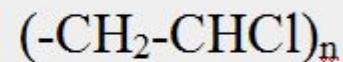
# Особые свойства полимеров

## Жесткоцепные полимеры

Межмолекулярные водородные  
связи в капроне



Взаимодействие диполей  
полярных связей C-Cl в  
поливинилхлориде



# Особые свойства полимеров

**малая хрупкость** стеклообразных и кристаллических полимеров (пластмассы, органическое стекло) по сравнению с неорганическими стёклами.

способность макромолекул к **ориентации** под действием направленного механического поля (используется при изготовлении волокон и пленок).

**кристаллизация** полимера усиливает межмолекулярные взаимодействия и его гибкость (эластичность) уменьшается. По этой причине гибкоцепной легко кристаллизующийся полиэтилен не проявляет свойств каучука.



# Особые свойства полимеров

Способность резко изменять свои физико-механические свойства под действием относительно малых количеств реагента (вулканизация каучука, дубление кож и т.п.).

**Особенности растворов полимеров:**

**высокая вязкость** раствора при малой концентрации полимера;

растворение полимера происходит через стадию **набухания**.

# Фазовые состояния

- *стеклообразное (СОС)* – твердое
- *вязкотекучее (ВТС)* – жидкое
- *высокоэластическое состояние (ВЭС)*  
- находится между СОС и ВТС.

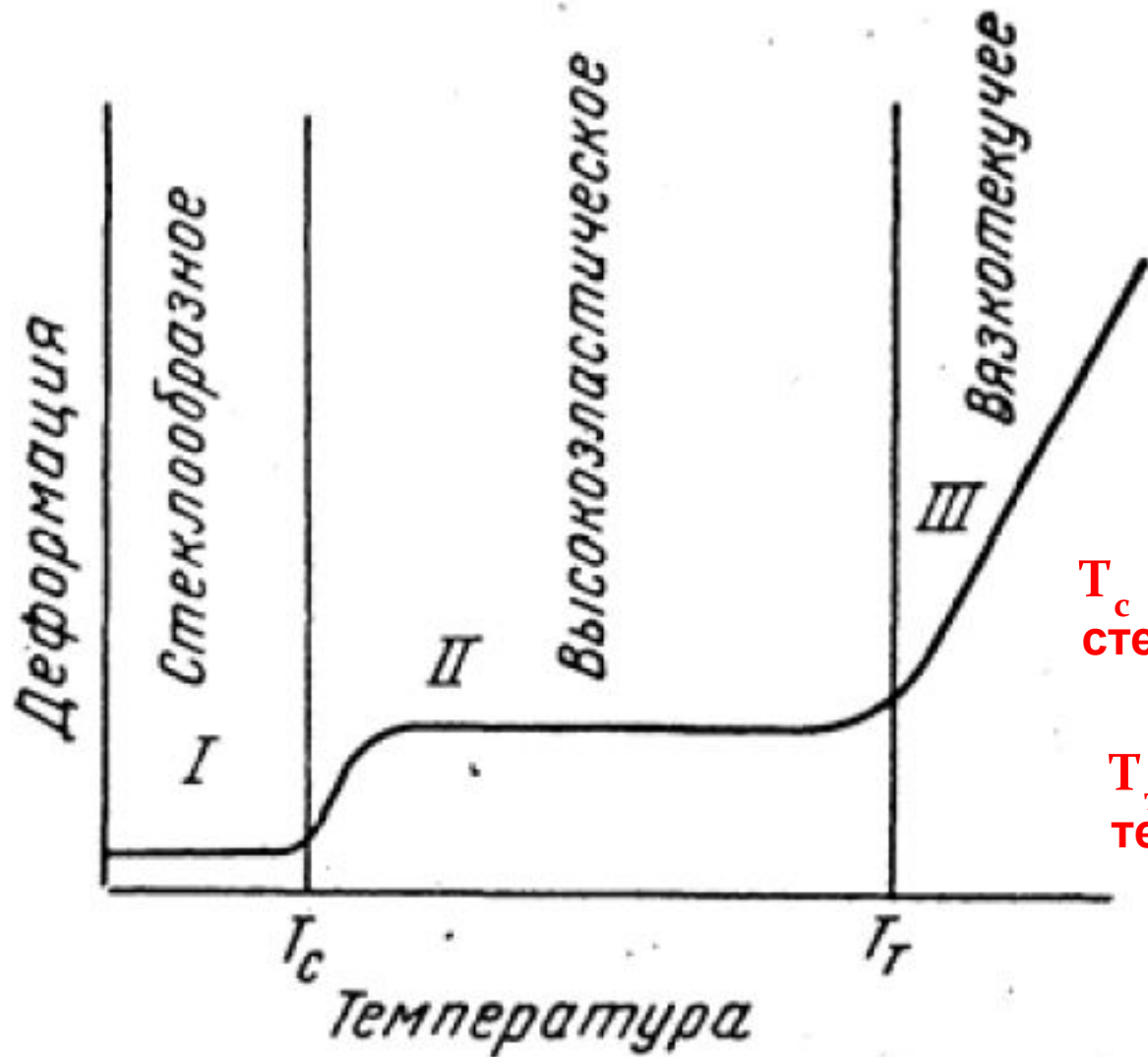
Для **ВЭС** - характерны обратимые деформации.

# Фазовые состояния





# Фазовые состояния



$T_c$  - температура стеклования

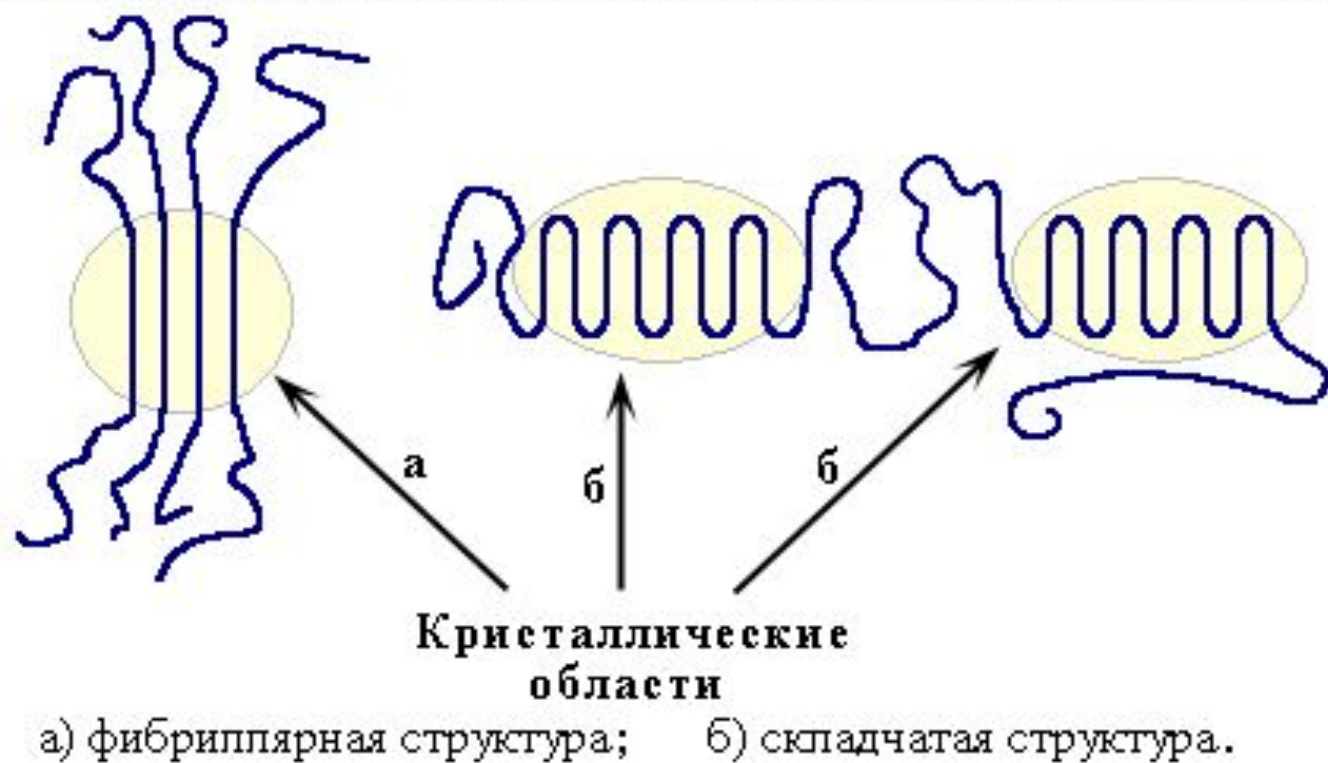
$T_T$  - температура текучести

Практическое применение полимеров определяется фазовым состоянием при температуре его использования.

- Для стеклообразных полимеров характерны относительно небольшие упругие (обратимые) деформации (1-10%). Полимеры в стеклообразном состоянии применяют в производстве пластмасс.
- Высокоэластические полимеры способны обратимо деформироваться на сотни процентов. В высокоэластическом состоянии в условиях эксплуатации находятся все каучуки. Это состояние характерно лишь для полимеров.
- В вязкотекучем состоянии полимер используется для переработки в изделия.

# Фазовые состояния

кристалличность полимеров - упорядоченное расположение некоторых отдельных участков цепных макромолекул



# Механические свойства полимеров

**Прóчность** – свойство полимера (материала) сопротивляться разрушению под действием внешних сил. Зависит от степени полимеризации. Заметная механическая прочность полимеров наблюдается уже при СП 50-100 и достигает максимума при СП выше 1000.

**Твёрдость** – свойство материала сопротивляться внедрению в него другого, более твёрдого тела. Твёрдость определяется как отношение величины нагрузки к площади поверхности. Чем выше степень кристалличности полимера, тем тверже продукт.

# Свойства полимеров

Для полимеров характерна более резко выраженная температурная зависимость механических свойств по сравнению с металлами.



# Температура стеклования $T_{ст}$ и температура текучести $T_T$ некоторых пластических полимерных материалов

Полимер	$T_{ст}, ^\circ\text{C}$	$T_T, ^\circ\text{C}$
Полиэтилен	-80	135
Полипропилен	-10	180
Полистирол	100	-
Поливинилхлорид	80	270
Поливинилиденхлорид	-20	190
Полиметилметакрилат	105	-
Полиакрилонитрил	105	310
Найлон-6 (капрон)	50	223
Найлон-6,6	57	270
Полиэтилентерефталат	69	265
Полиформальдегид (полиоксиметилен, параформ)	-85	180
Полиэтиленоксид		

# ПЛАСТМАССЫ

сохраняют твердое состояние в интервале температур эксплуатации, а в процессе переработки находятся в высокоэластическом или вязкотекучем состоянии.

## термопластичные

при изменении температуры свойства меняются обратимо: при нагревании они размягчаются, а при охлаждении вновь затвердевают (полиакрилаты, полистирол, целлулоид и др.).

## термореактивные

Свойства термореактивных ВМС (реактопластов) при изменении температуры меняются необратимо: при нагревании эти ВМС переходят в неплавкое, твёрдое и нерастворимое состояние (фенолоальдегидные полимеры – полиамиды, полиуретаны, бутилкаучук и др.).

# Эластомеры (каучуки, резины)

Полимеры, которые в широком интервале температур соответствующих условиям эксплуатации, обладают *высокоэластическими свойствами*, то есть под воздействием небольших внешних сил они подвергаются значительным необратимым или обратимым деформациям. Сырые каучуки обладают *пластичностью*. Резина - *эластичностью*.



# *Оптические свойства*

Все аморфные полимеры прозрачны, тогда как в частично-кристаллических полимерах появляется некоторая мутность из-за различий в показателях преломления кристаллических и аморфных областей.

# Электрические свойства полимеров

- Большинство полимеров относится к **диэлектрикам**. Наличие полярных групп в макромолекулах ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{COOH}^-$ , и т.п.), ухудшает их диэлектрические свойства. Увеличение молекулярной массы улучшает диэлектрические свойства.
- Некоторые полимеры обладают **полупроводниковыми свойствами**. К этому классу относятся полимеры с сопряженными двойными связями, например: полиацетилен  $(-\text{CH}=\text{CH}-)_n$ .

# Истинные и коллоидные растворы полимеров

Первой стадией растворения любого полимера является его набухание.

**Набухание** – это процесс поглощения (сорбции) полимером низкомолекулярной жидкости, сопровождающийся увеличением объема полимера и изменением конформаций его макромолекул.

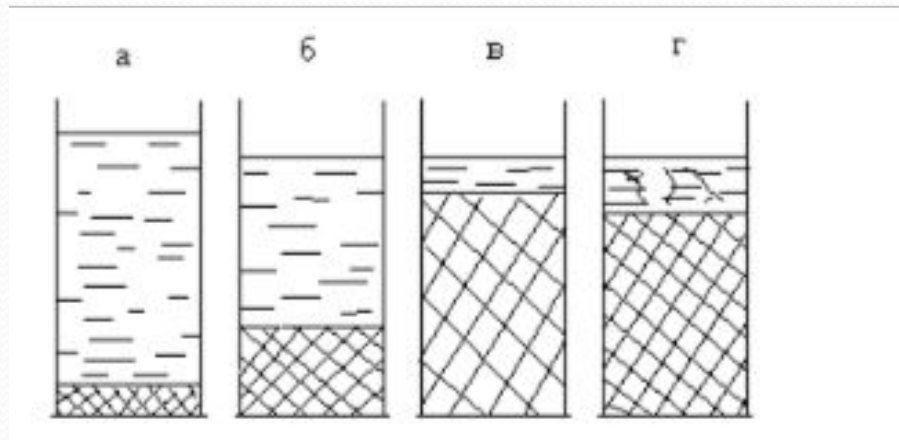
основные стадии набухания:

низкомолекулярный растворитель, диффундируя в высокомолекулярное вещество, сольватирует его макромолекулы

# Основные стадии набухания

- низкомолекулярный растворитель, диффундируя в высокомолекулярное вещество, сольватирует его макромолекулы
- низкомолекулярный растворитель диффундирует в полимер и происходит смешивание больших и гибких макромолекул с молекулами растворителя (осмотическая стадия)
- происходит переход некоторого числа макромолекул в низкомолекулярный растворитель. Ограниченное набухание заканчивается на второй стадии, неограниченное набухание приводит к растворению полимера.

# Основные стадии набухания



Стадии ограниченного набухания: а – система полимер-растворитель до набухания; б – первая стадия набухания; в – вторая стадия набухания; г – вторая стадия набухания с частичным растворением полимера.

# Контрольные вопросы

1. Какие механические свойства отличают полимеры от низкомолекулярных соединений?
2. Что такое эластичность?
3. Какие особенности строения макромолекул полимеров объясняют их высокую гибкость и эластичность?
4. В каких физических состояниях существуют полимеры? Как влияет температура на эти состояния?
5. Что понимают под кристалличностью полимеров?
6. Почему у полимеров более резко выражена температурная зависимость механических свойств по сравнению с металлами?
7. Чем отличаются термопласты от реактопластов?
8. Какими электрическими свойствами обладают в основном полимеры?
9. С чем связан температурный интервал эксплуатации изделий из полимеров?
10. Какой полимер сохраняет свои механические свойства в наибольшем температурном интервале (практически от  $-100$  до  $+300$  °С).
11. Какие полимеры прозрачны, кристаллические или аморфные?