

*МИРЭА - Российский технический университет  
Институт тонких химических технологий  
имени М. В. Ломоносова*

**КАФЕДРА  
ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС  
И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ  
(ХТПП и ПК)**



## Бакалавриат (академический)

Направление подготовки:

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль: «Технология и переработка полимеров»

Дисциплина:

Б1.В.ДВ.10.3 «Принципы создания полимерных композиционных материалов»

Лектор:

доктор технических наук, профессор

Симонов-Емельянов Игорь Дмитриевич

**Лекция 2**  
**Полимерные композиционные  
материалы – исходные компоненты и их  
свойства**

**доктор технических наук,  
профессор  
И. Д. Симонов-Емельянов**

# Многоуровневая организация гетерогенной структуры ПКМ

Гетерогенную гетерофазную структуру ПКМ можно представить как многоуровневую единую систему, построенную на разных *иерархических уровнях*:

- **наноуровень** — наночастицы размером - 1,0 - 100нм и структура граничных (межфазных) слоев
- **микроуровень** — формирование фазовых частиц размером 0,1 –1,0мкм ( ультрадисперсные) и 1,0–10мкм (микродисперсные) и структуры граничных (межфазных) слоев
- **макроуровень** — фазовая структура с размером фазовых частиц 10-50 мкм (макродисперсные) и более 50мкм (крупные частицы)

# Основные пути создания ПКМ

- 1. Введение в полимерную матрицу компонентов (2-ая и n-фаза), относящихся к основным классам материалов (металлы, керамики, полимеры).**
- 2. Введение в полимерную матрицу компонентов (2-ая фаза и n-фаза) разного агрегатного состояния (газ, жидкость, твердое тело).**
- 3. Введение в полимерную матрицу компонентов разной выпускной формы и структуры (порошки, волокна, ткани, пленки, нетканые материалы и каркасные (объемные) системы).**
- 4. Введение в полимерную матрицу исходных компонентов (n-фаз) разных классов, агрегатного состояния и начальной структуры.**

# Исходные компоненты для создания ПКМ

## Основные классы материалов



# Основные классы материалов - МЕТАЛЛЫ

*Металлы(Me) – неорганические материалы, состоящие из атомов, соединенных между собой металлической связью и содержащие свободный электронный газ из валентных электронов в межатомном пространстве.*

Золото



Чугун



Медь



Сталь



Алюминий



Бронза



# Основные классы материалов - КЕРАМИКИ

*Керамики (К) – неорганические материалы, структура которых формируется в результате образования между атомами ионных и ковалентных связей при высокотемпературном обжиге (более  $1000^{\circ}\text{C}$ ).*





# Основные классы материалов (Металлы, Керамики)

*Металлы (Me) – неорганические материалы, состоящие из атомов, соединенных между собой металлической связью и содержащие свободный электронный газ из валентных электронов в межатомном пространстве.*

## *Металлы различают:*

- по плотности - *легкие* (до  $5 \text{ г/см}^3$ ), *тяжелые* ( $5 - 12 \text{ г/см}^3$ ) и *сверхтяжелые* (более  $12 \text{ г/см}^3$ );
- по температуре плавления - *легкоплавкие* (до  $1000^\circ\text{C}$ ) и *тугоплавкие* (более  $1500^\circ\text{C}$ );
- по эксплуатационным характеристикам - черные и цветные.

*Керамики (K) – неорганические материалы, структура которых формируется в результате образования между атомами ионных и ковалентных связей при высокотемпературном обжиге (более  $1000^\circ\text{C}$ ).*

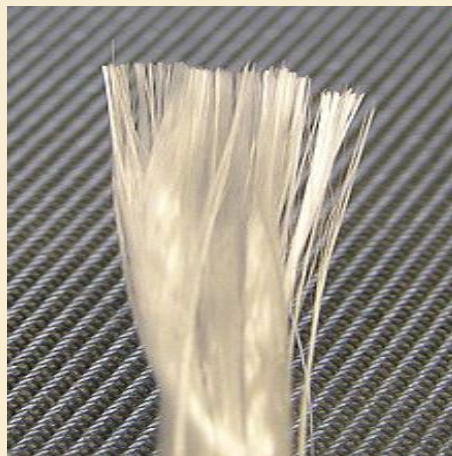
## *Керамики различают:*

- **традиционные керамики** - форфор, фаянс, глина, цемент;
- **новые керамики** - соединения Me с углеродом (**карбиды**), бором (**бориды**), азотом (**нитриды**), кислородом (**оксиды**) и кремнием (**силициды**).

***Новые керамики*** - соединения Me с углеродом (карбиды), бором (бориды), азотом (нитриды), кислородом (оксиды) и кремнием (силициды)



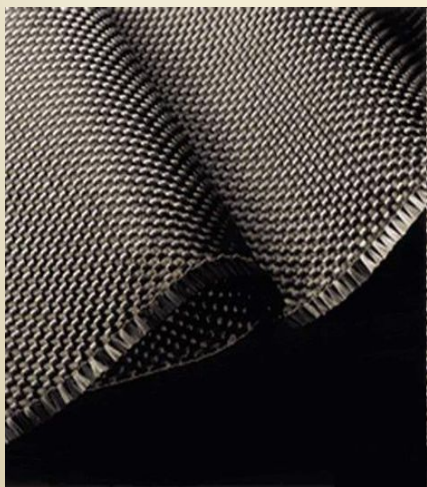
Бобина с углеродным волокном



Стекловолокно



Базальтовое волокно



Углеродная ткань



Стеклоткань объемного плетения



Бобина с базальтовым волокном

# Основные классы материалов - ПОЛИМЕРЫ

*Полимеры (II)* – органические и неорганические, аморфные и кристаллические материалы, полученные путем многократного повторения групп атомов, называемых мономерами, соединенных посредством ковалентных связей в длинные макромолекулы, связь между которыми осуществляется с помощью слабых сил Ван-дер-Ваальса (термопласты) или ковалентных связей (реактопласты).



# Основные классы материалов (Полимеры)

**Полимеры(П)** – органические и неорганические, аморфные и кристаллические материалы, полученные путем многократного повторения групп атомов, называемых мономерами, соединенных посредством ковалентных связей в длинные макромолекулы, связь между которыми осуществляется с помощью слабых сил Ван-дер-Ваальса (термопласты) или ковалентных связей (реактопласты).

## **Высокомолекулярные соединения различают:**

- **по значениям молекулярной массы (ММ)** - олигомеры (до  $10^3$ ), полимеры (от  $3 \times 10^3$  до  $5 \times 10^5$ ) и сверхвысокомолекулярные полимеры (более  $5 \times 10^5$ );
- **по строению главной цепи** на 7 основных групп:
  - **карбоцепные** (главная цепь образована атомами углерода);
  - **гетероцепные** (в главной цепи наряду с атомами углерода присутствуют атомы – -O, -N, -S, -P);
  - **полиарилены** (в главной цепи - ароматические циклы),
  - **гетероциклические** (в главной цепи – неароматические циклы);
  - **сополимеры и - блоксополимеры** (в главной цепи – два и более различных мономеров);
  - **элементоорганические** (главная цепь образована атомом Si или другими атомами);
  - **биополимеры и белки.**
- **по организации молекулярной структуры**- линейные, разветвленные, плоско-сетчатые и пространственно-сетчатые.

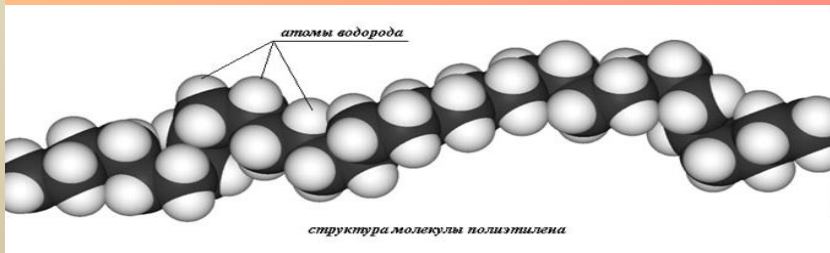
# Классификации полимеров:

• **по значениям молекулярной массы (ММ)** - олигомеры (до  $10^3$ ), полимеры (от  $3 \times 10^3$  до  $5 \times 10^5$ ) и сверхвысокомолекулярные полимеры (более  $5 \times 10^5$ );

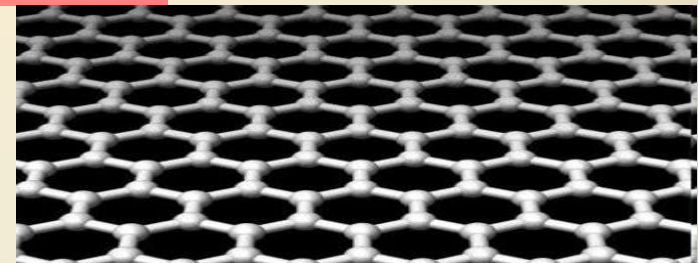
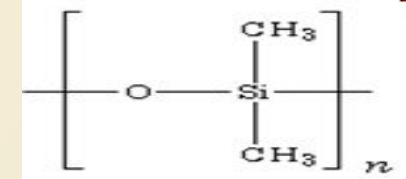
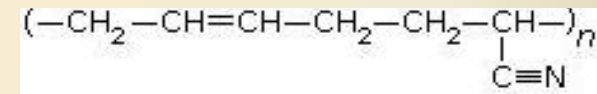
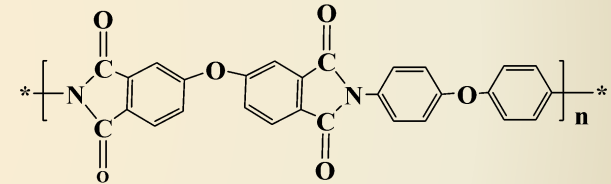
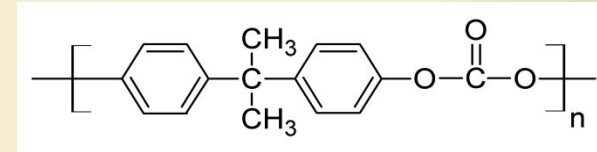
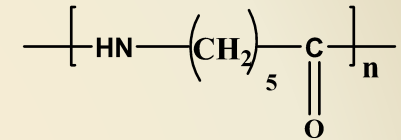
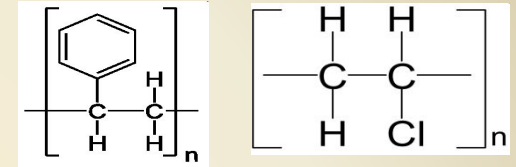
• **по строению главной цепи** на 7 основных групп:

- **карбоцепные** (главная цепь образована атомами углерода);
  - **гетероцепные** (в главной цепи наряду с атомами углерода присутствуют атомы -O, -N, -S, -P);
  - **полиарилены** (в главной цепи - ароматические циклы),
  - **гетероциклические** (в главной цепи - неароматические циклы);
  - **сополимеры и блоксополимеры** (в главной цепи - два и более различных мономеров);
  - **элементоорганические** (главная цепь образована атомом Si или другими атомами);
  - **биополимеры и белки**.

• **по организации молекулярной структуры** - линейные, разветвленные, плоско - сетчатые и пространственно - сетчатые.

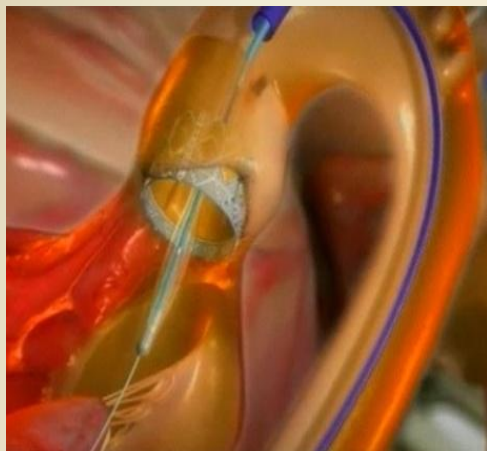


# Полимеры



# Основные классы материалов - ПОЛИМЕРЫ

## Полимеры (П) в медицине



Сердечный клапан



Сердечный клапан



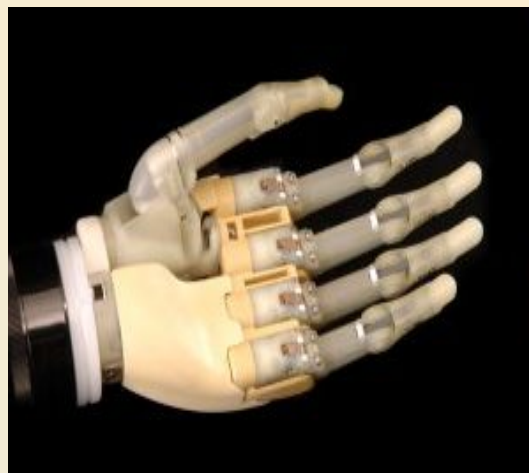
Коленный сустав



Коленный сустав



Зубные протезы



Протез кисти руки



Протез руки



Протез ноги

# Основные классы материалов - ПОЛИМЕРЫ

## *Полимеры (II) для упаковки*



# Основные классы материалов - ПОЛИМЕРЫ

## *Полимеры (П) в строительстве*





# Свойства основных классов материалов

Характеристики	Металлы	Керамики	Полимеры
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1800 (500)-22000	1750-16000	800-1500 (2200)
T <sub>пл</sub> , T <sub>разл</sub> , °C	- 70 - 3950	500-4500	50-450 (900)
Прочность, МПа	10-10 <sup>4</sup>	8-7200	10-210 (10 <sup>4</sup> )
Модуль Юнга, ГПа	1-400	1,5-890	0,05-9,0
Деформация, %	0,1 – 25 (1000)	0,1 – 5 (200)	0,5 - 1000
Коэффициент Пуассона	0,03-0,45	0,07-0,25	0,2-0,5
КЛТР x 10 <sup>-5</sup> , 1/°C	0,4-8	0,05-1,9	2-30
Теплопроводность, Вт/(м К)	1,5-390	0,5-440 (5600)	0,12-2,9
Удельное электрическое объемное сопротивление, Ом м	10 <sup>12</sup> - 10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup> -10 <sup>20</sup> (0)	10 <sup>8</sup> - 10 <sup>20</sup>
Диэлектрическая проницаемость	-	90-8000	1,9-15

Примечание: в скобках указаны значения свойств суперсовременных материалов

СПАСИБО  
ЗА  
ВНИМАНИЕ

