

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

## Лекция 1

КЛИМЕНОВ Василий Александрович,  
профессор ИШНПТ ТПУ

# Содержание курса

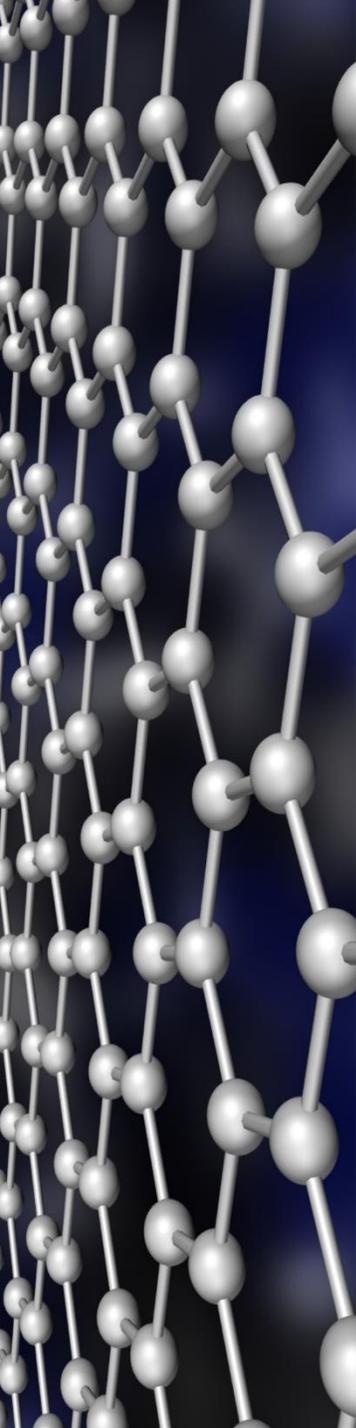
- › Введение в материаловедение
- › Строение и свойства металлов
  - Кристаллизация. Диаграммы состояния
- › Деформация металлов
  - Механические свойства
- › Металлы с повышенными свойствами
  - Цветные металлы и сплавы
- › Неметаллические материалы
  - Керамика, полимеры, композиты
- › Обработка и консолидация материалов
- › Модификация поверхности и нанесение покрытий
- › Новые материалы и материалы для аддитивных технологий

# Учебно-методическое и информационное обеспечение

- › Мельников А.Г., Хворова И.А., Чинков Е.П. Материаловедение: учеб. пособие. Томск, ТПУ, 2016, 188 с.  
› [www.lib.tpu.ru/res\\_col.html](http://www.lib.tpu.ru/res_col.html)
- › Егоров Ю.П., Лозинский Ю.М., Хворова И.А. Материаловедение: учебное пособие. 2-е изд., Томск, ТПУ, 2013.  
› [www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m025.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m025.pdf)
- › Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов. Москва, Машиностроение, 2009.  
› [www.lib.tpu.ru/res\\_col.html](http://www.lib.tpu.ru/res_col.html)
- › Дальский А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов. Москва, Машиностроение, 2005.  
› [www.lib.tpu.ru/res\\_col.html](http://www.lib.tpu.ru/res_col.html)

# Дополнительная литература

- › Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов: учебник для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов. Москва, Высшая школа, 2001.
- › [www.lib.tpu.ru/res\\_col.html](http://www.lib.tpu.ru/res_col.html)
- › Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И. и др. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. Москва, Машиностроение, 2005.
- › <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C112563>
- › Арзамасов В.Б., Черепяхин А.А. Материаловедение: машиностроение. Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Akademia, 2013.
- › [www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-05.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-05.pdf)
- › Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов. Базовый курс. Юрайт, 2014.
- › <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C168562>
- › Давыдова И.С., Максина Е.Л. Материаловедение. Учебное пособие. ВПО: Бакалавриат. РИОР, 2013.
- › [www.lib.tpu.ru/res\\_col.html](http://www.lib.tpu.ru/res_col.html)
- › Чинков Е.П., Багинский А.Г. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Томск, ТПУ, 2013.
- › [www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m018.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m018.pdf)



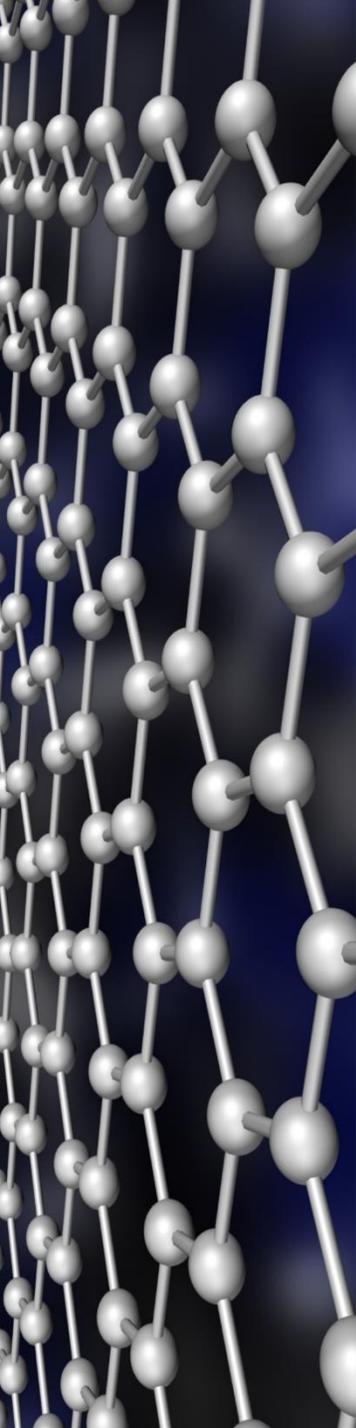
# Информационное обеспечение

**Internet-ресурсы** (в т. ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы)

- › <http://ddgg.isc.tpu.ru:8900>
- › Егоров Ю.П., Хворова И.А. Электронное учебное пособие «Материаловедение» в среде “ToolBook”, объем 250 Мб

**Научно-техническая и учебная литература**

- › <http://window.edu.ru>
- › <http://techlibrary.ru>
- › [www.materialscience.ru/subjects/materialovedenie/knigi](http://www.materialscience.ru/subjects/materialovedenie/knigi)
- › <http://nayilz.narod.ru/PorMet>
- › <http://tm.msun.ru/div/kaf/tm/books/index.html>



# Содержание лекции

- › Введение
- › Роль материалов в робототехнике и мехатронике
- › Классификация материалов
- › Структура материалов
- › Основные свойства материалов
- › Принципы и методы получения материалов и формообразования



**ВВЕДЕНИЕ**

# Введение

**Материаловедение** (материал + ведать) - междисциплинарный раздел науки, изучающий изменения свойств материалов в твердом и жидком состоянии, таких как:

- структура
- электронные
- термические
- химические
- магнитные
- оптические свойства

# Введение

## Материаловедение базируется на разделах физики и химии

- › Термодинамика
- › Термогравиметрия
- › Кинетика
- › Химия твердого тела
- › Физика твердого тела

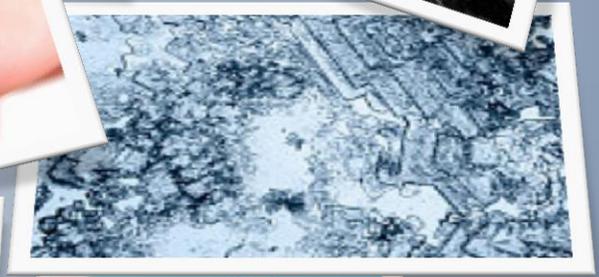
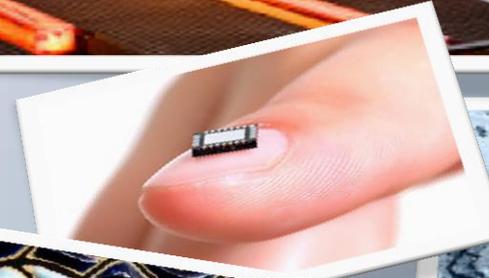


## Методы

- › Металлографический анализ
- › Электронная микроскопия
- › Сканирующая зондовая микроскопия
- › Рентгеноструктурный анализ
- › Механические испытания
- › Калориметрия
- › Ядерный магнитный резонанс
- › Шерография
- › Термография
- › Томография

## Направления исследований

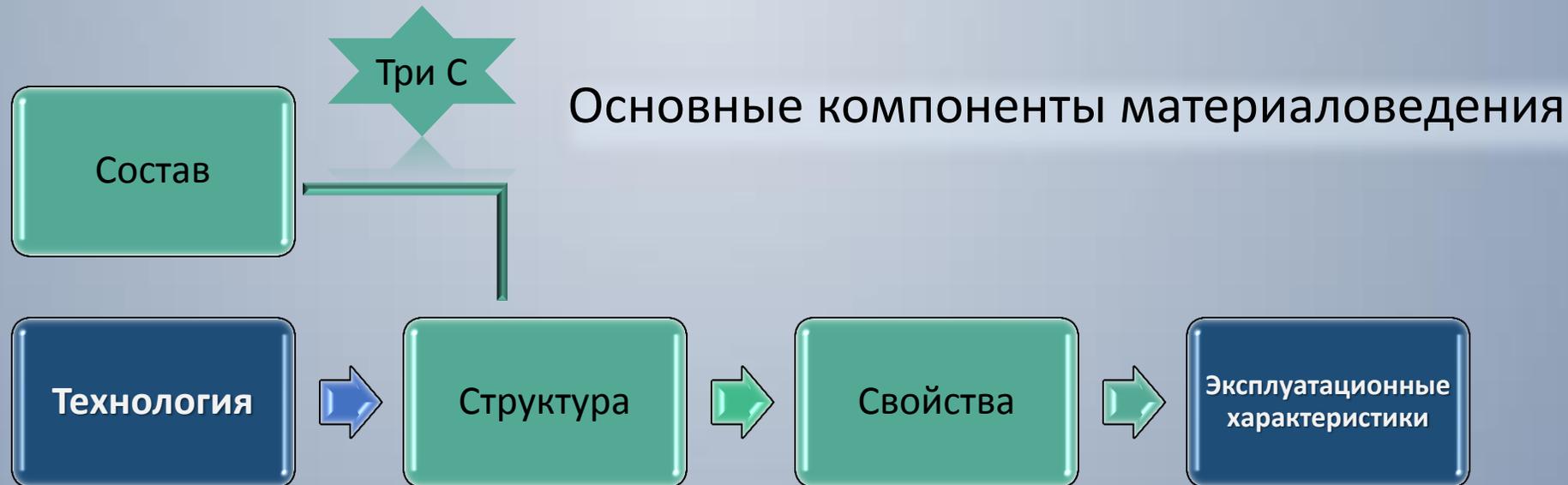
- Metallургия
- Космическое материаловедение
- Нанотехнология
- Кристаллография
  - › Дефекты кристаллов
- Керамика
  - › Электроника (полупроводники)
- Биоматериалы



**Материаловедение** – наука о структуре и свойствах материалов, их взаимосвязи и возможности изменения для рационального использования в технике

**Материал** – вещество/совокупность веществ, из которого состоит или может быть изготовлено техническое изделие, имеющее функциональное значение

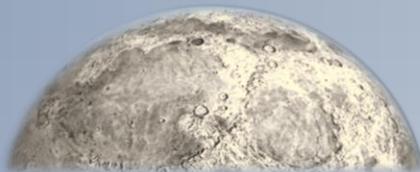
**Свойство** – количественная /качественная характеристика материала, определяющая его общность или различие с другими материалами. **Качество** материала определяется его свойствами





# РОЛЬ МАТЕРИАЛОВ В РОБОТОТЕХНИКЕ И МЕХАТРОНИКЕ

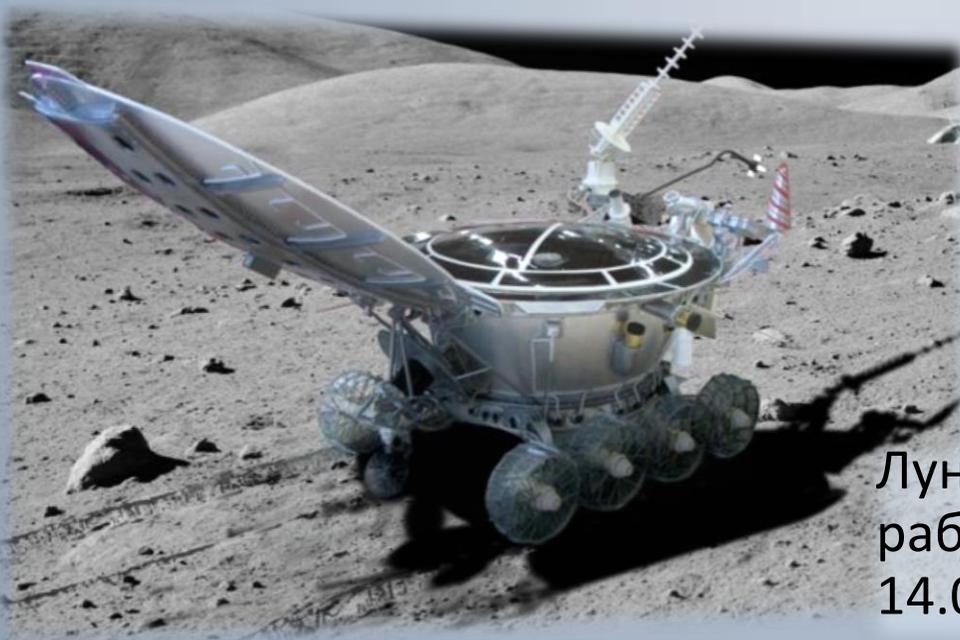
# Роботы на Луне



Температура от  $-170^{\circ}\text{C}$  до  $160^{\circ}\text{C}$

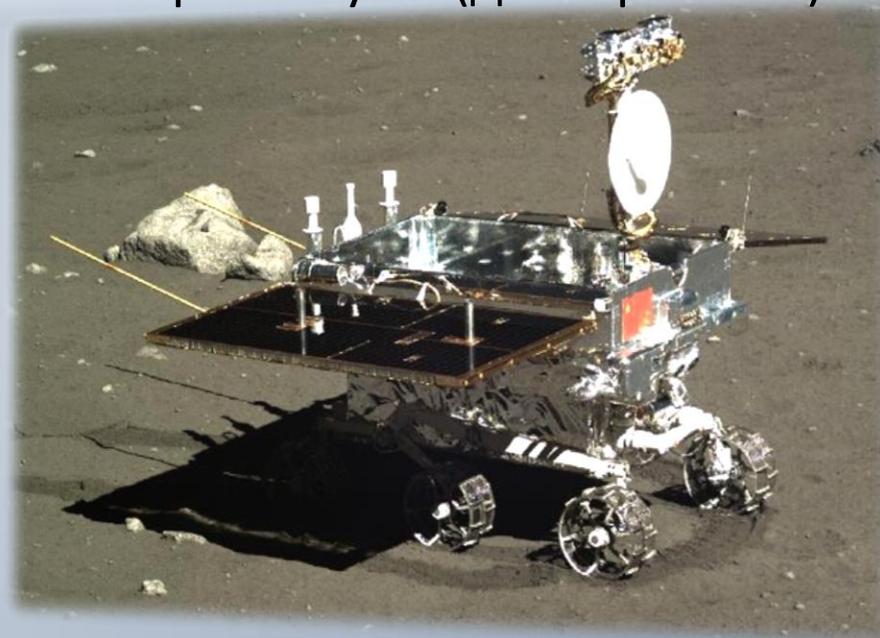
Почти полное отсутствие атмосферы

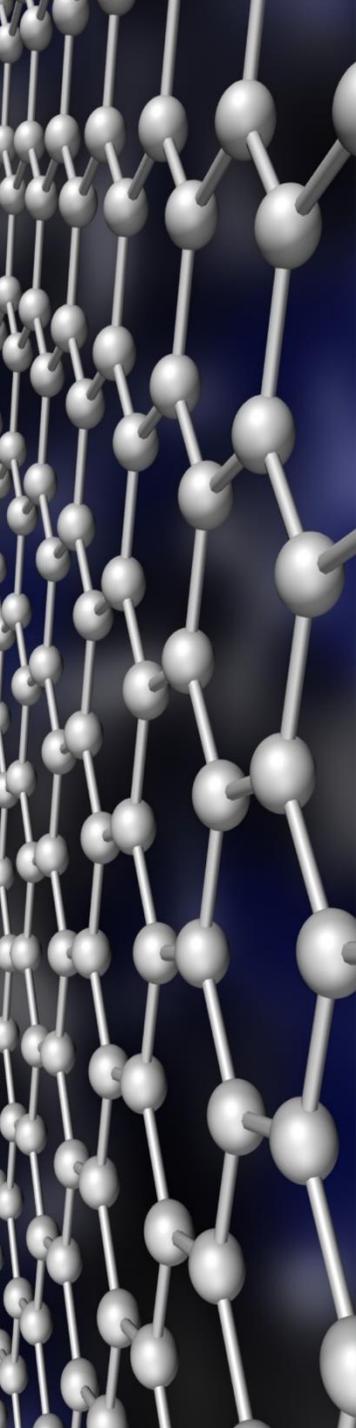
Радиация – солнечный ветер, потоки протонов и электронов, рентгеновское солнечное излучение



Луноход 1, СССР. Первый колёсный робот, работавший за пределами Земли (17.10.1970 - 14.09.1971)

Юйту-2, Китай. Первый робот, работающий на обратной стороне Луны (декабрь 2018)





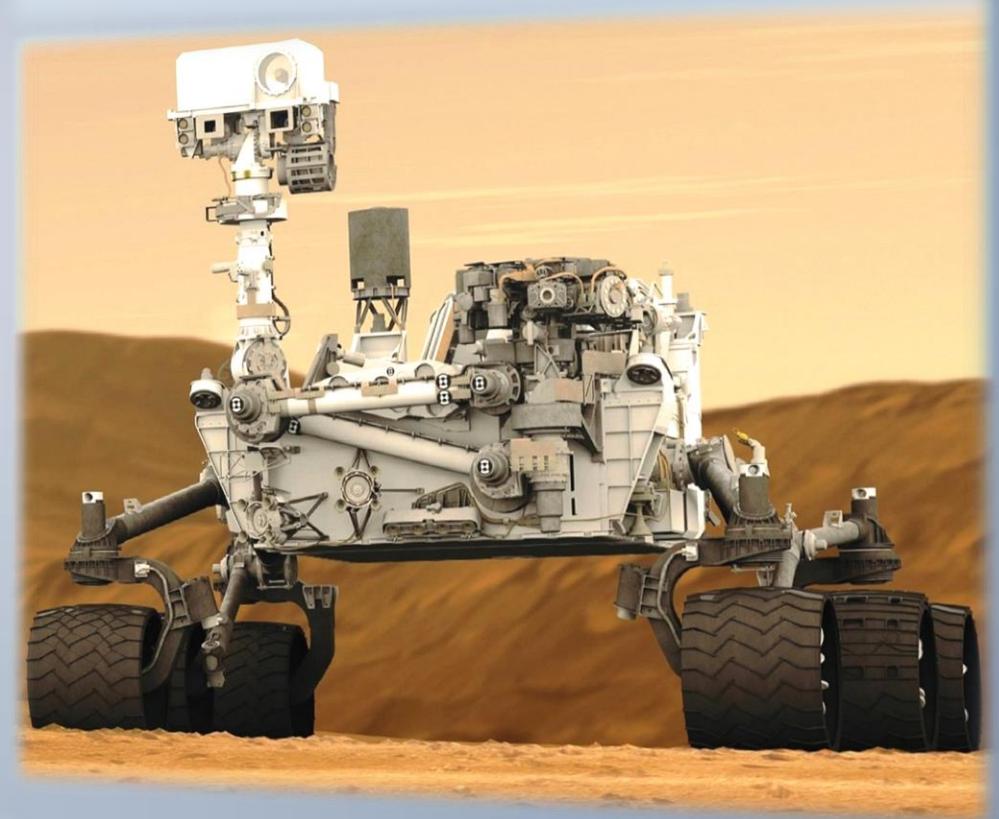
Средняя температура  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$   
Атмосфера разреженная,  $96\% \text{CO}_2$   
Радиация выше, чем на Земле



Оппортьюнити (25.01.2004 - 12.06.2018) НАСА, США

# Роботы на Марсе

Кьюриосити (6.08.2012) НАСА, США



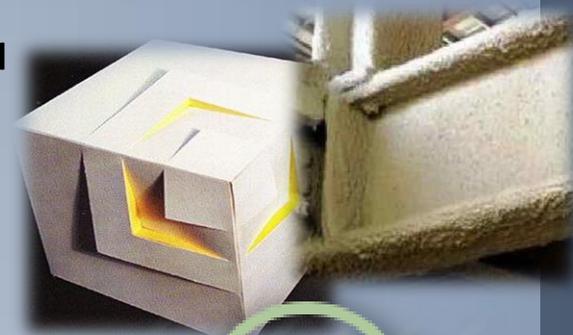
# Роботы на Земле и под водой



Подводный ♦ Квадрокоптер ♦ Промышленный ♦ Роботы-официанты

# Требования к материалам

- › Сохранение формы и целостности конструкции (прочность и устойчивость к внешним силовым воздействиям)
- › Обеспечение несущей способности (способность конструкции выдерживать нагрузку, обеспечивая нормальное функционирование изделия – узлы трения)
- › Устойчивость к внешним воздействиям окружающей среды (температура, влажность, химически агрессивная среда)
- › Осуществление различных функций (перемещение, усилия на деталь или породу) при сверлении, бурении, точности при сварке и обработке
- › Оптимальное соотношение веса и прочности (особенно для летающих роботов и космоса)
- › Эстетичный вид
- › Экологичность
- › Приемлемая стоимость





# КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ

# Классификация материалов

По свойствам



Прогрессивные материалы



Полупроводники



Биоматериалы



Умные материалы



Наноматериалы

# Конструкционные материалы

Изготовление деталей машин, конструкций,  
работающих под нагрузкой

Металлы

Неметаллы

Композиты

Черные

Стали,  
чугуны

Цветные

Титан, медь,  
никель и др.

Пластмассы,  
керамика, стекло,  
резина, дерево

На металлич.,  
керамич.,  
полимерной основе

# Инструментальные материалы

Изготовление режущего и измерительного инструмента

Инструментальные  
стали

Твердые  
сплавы

Абразивные

Сверхтвердые

Электрокорунд

Победит

Оксид циркония  
Карбид кремния

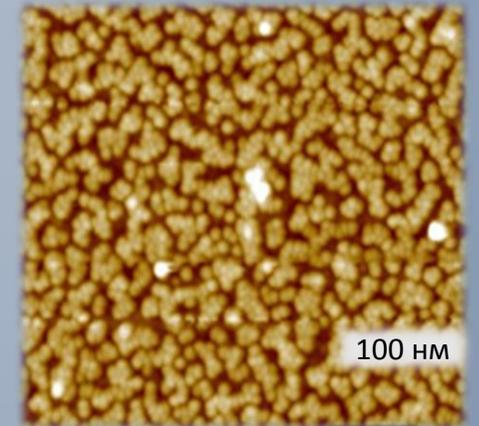
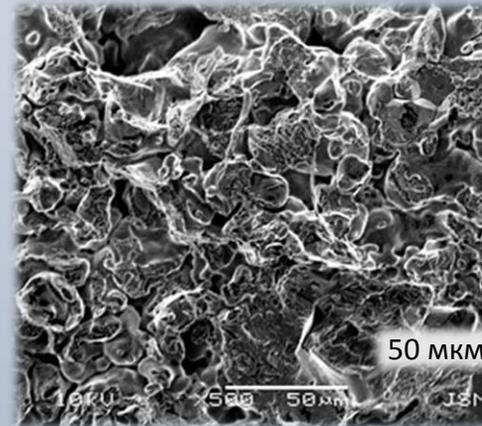
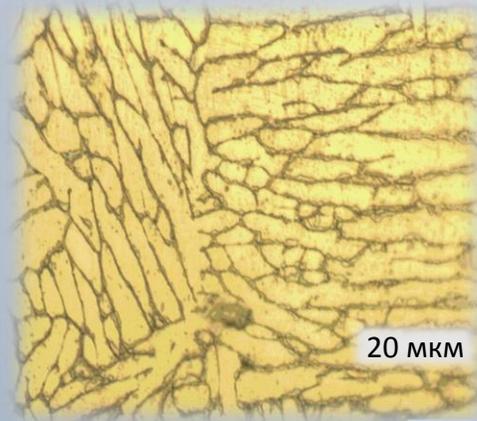
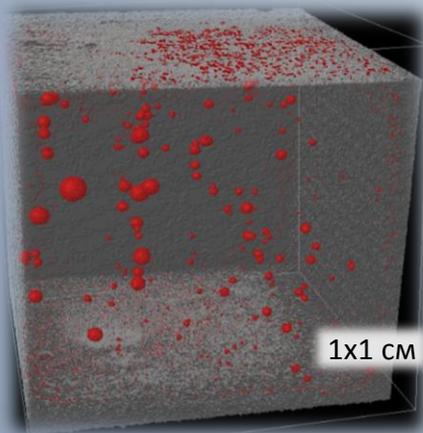
Нитрид бора

A scanning electron micrograph (SEM) of a material surface. The image shows a complex, textured surface with a prominent hexagonal lattice structure in the center. The lattice consists of interconnected, slightly raised hexagonal cells. The surrounding surface is more irregular and textured, with smaller, less defined features. The overall color is a dark, metallic blue-grey.

# СТРУКТУРА МАТЕРИАЛОВ

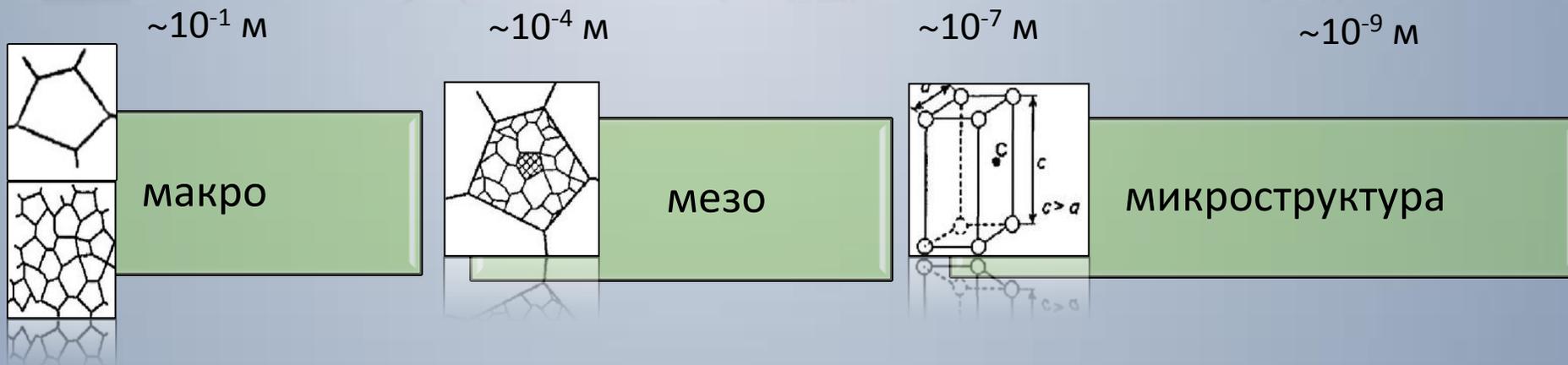
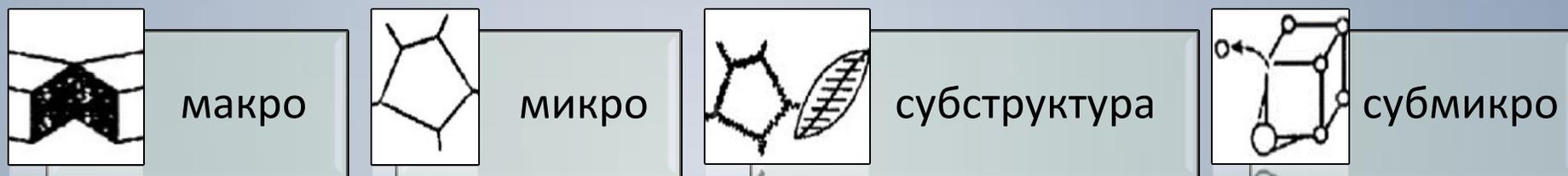
**Структура** (от лат. *structura* – строение, расположение, порядок) – пространственное расположение частиц, соединенных устойчивыми связями

Томография ♦ Металлография ♦ Сканирующая электронная ♦ Атомно-силовая

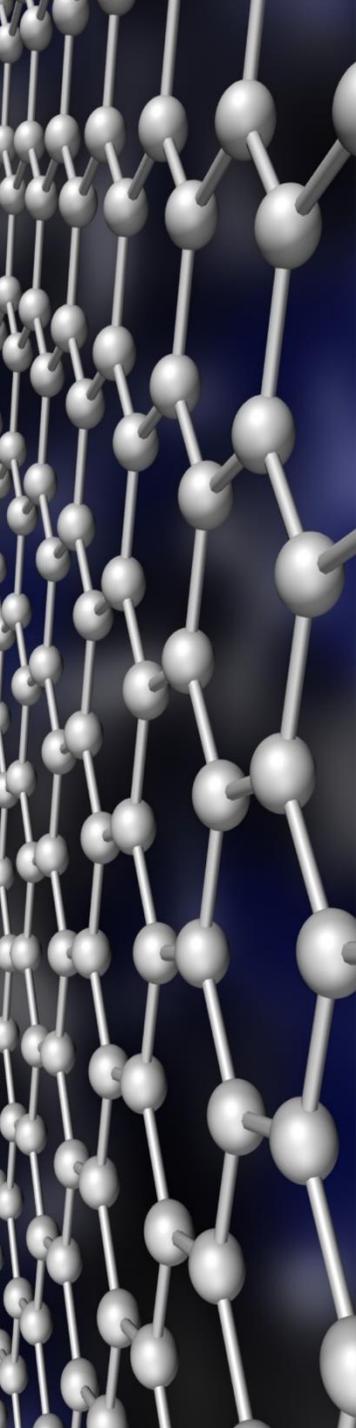


# Классификация реальных структур и их дефектов

## Традиционная классификация



## Классификация по результатам последних достижений



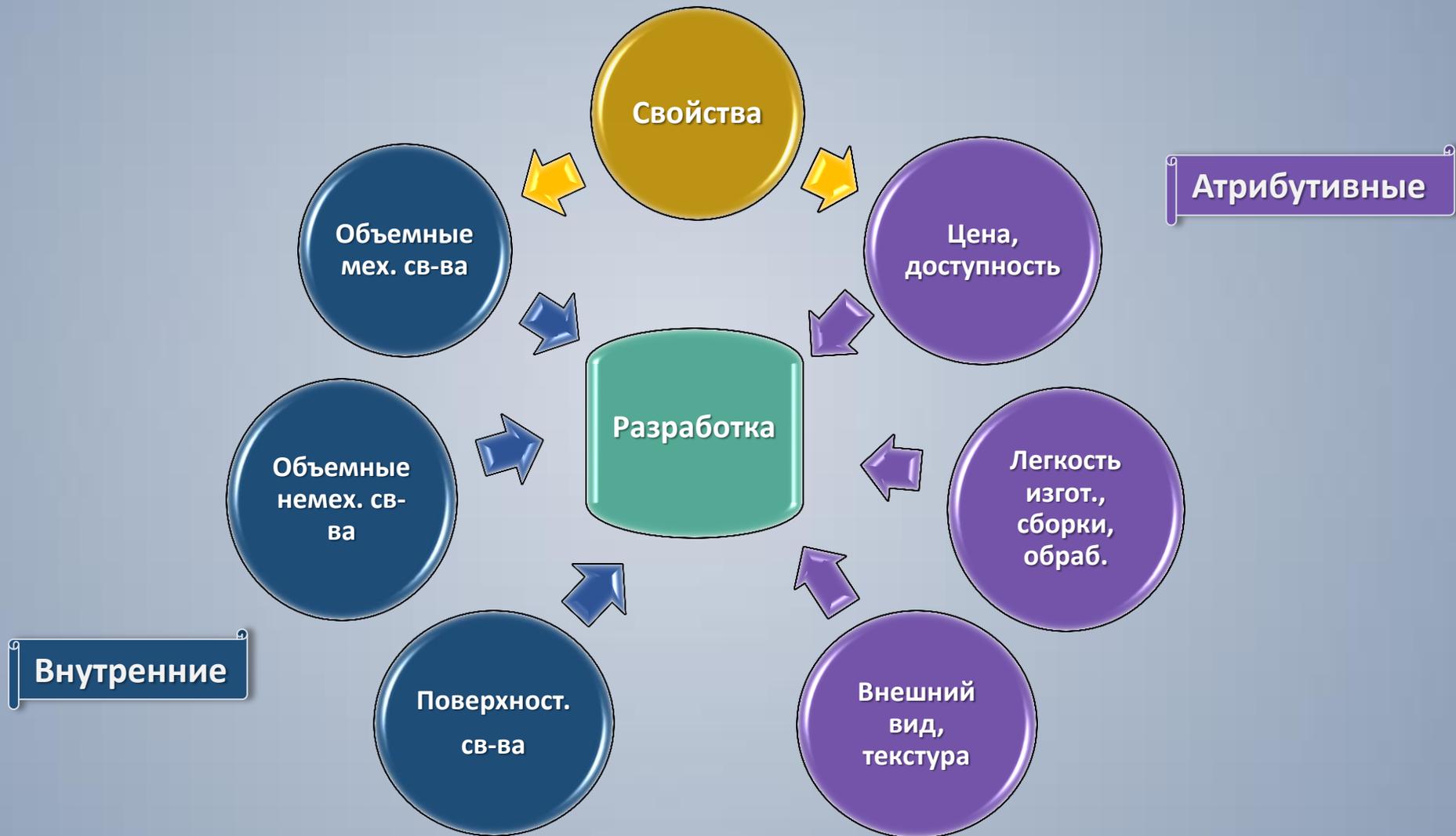
## Масштабные уровни ♦ Методы изучения структуры ♦ Степени увеличения

Масштаб	Макроуровень	Мезоуровень	Микроуровень	Наноуровень
Типичное увеличение	x1	x10 <sup>2</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>6</sup>
Метод	Визуальный осмотр	Оптическая микроскопия	Растровая и просвечивающая микроскопия	Рентгеновская дифракция
	Рентгеновская радиография	Растровая электронная микроскопия	Атомно-силовая микроскопия	Сканирующая туннельная микроскопия
	Ультразвуковая диагностика			Просвечивающая электронная микроскопия
Типичные детали структуры	Производственные дефекты	Зерна и частицы	Структура субзерен	Кристаллическая и межзеренная структура
	Поры, трещины и включения	Морфология и анизотропия фаз	Зерна и границы фаз	Точечные дефекты и кластеры дефектов
			Выпадение кристаллов	

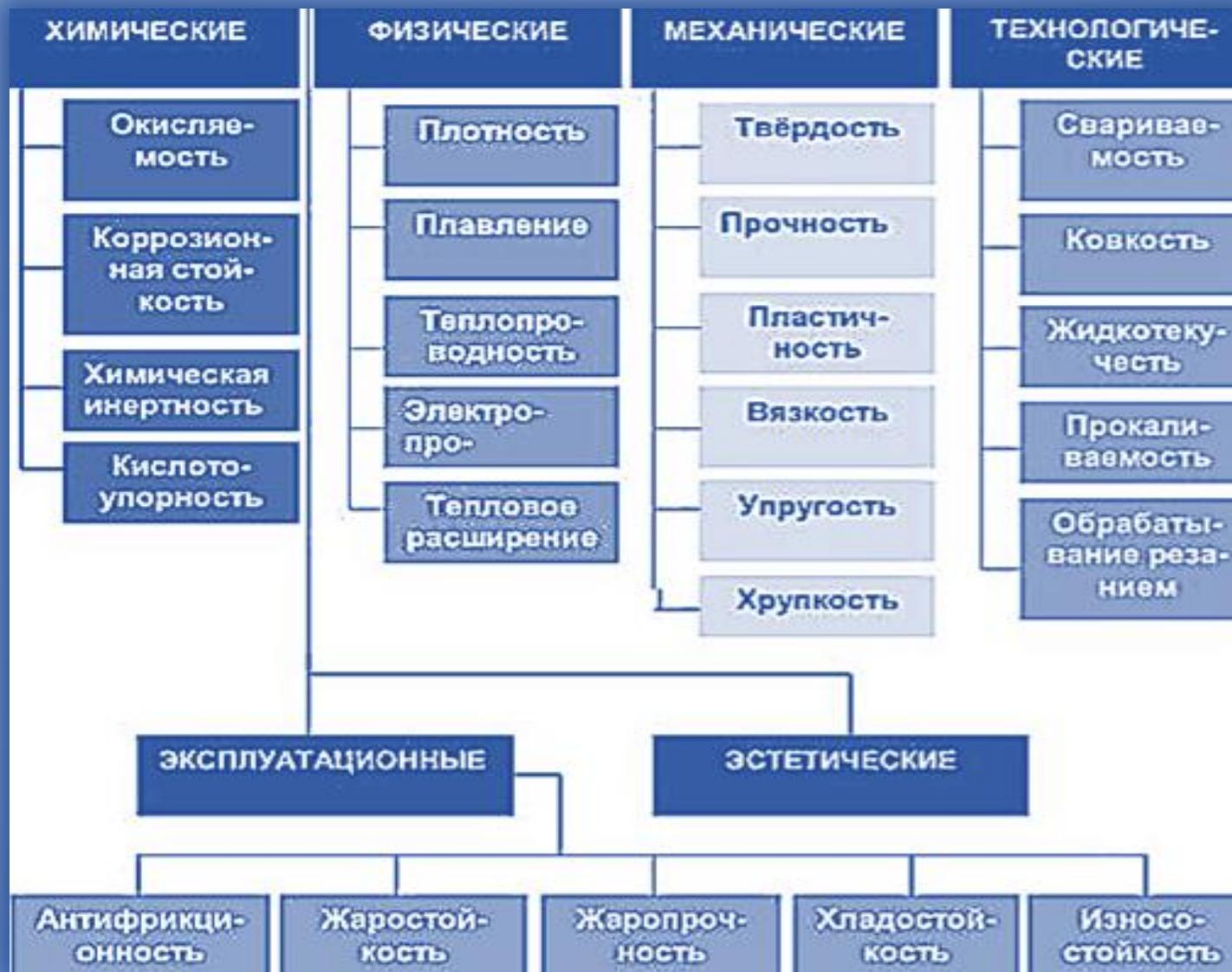


# ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

# Основные свойства



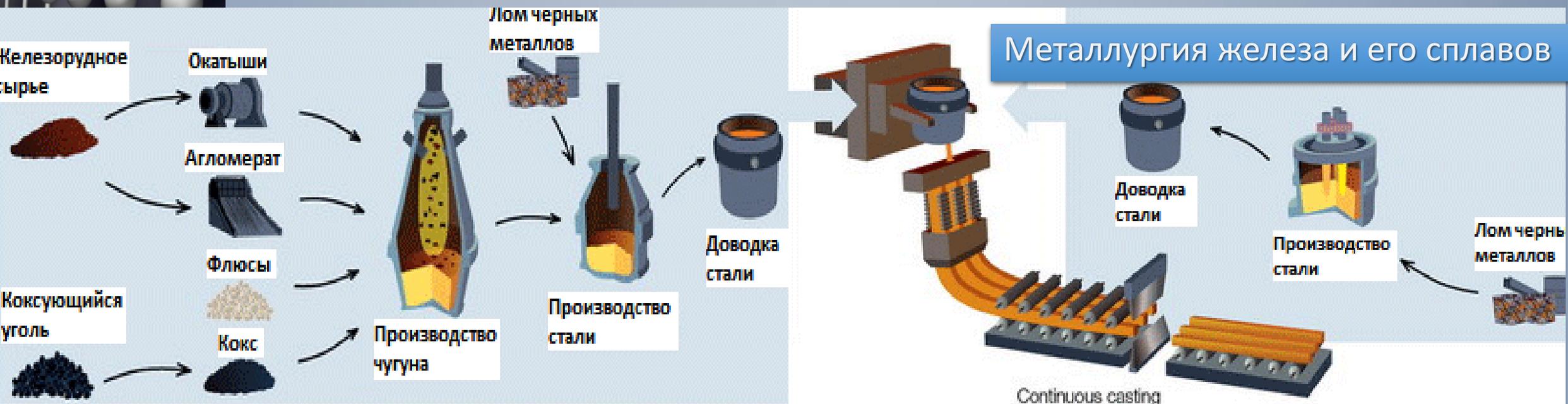
# Основные свойства металлов





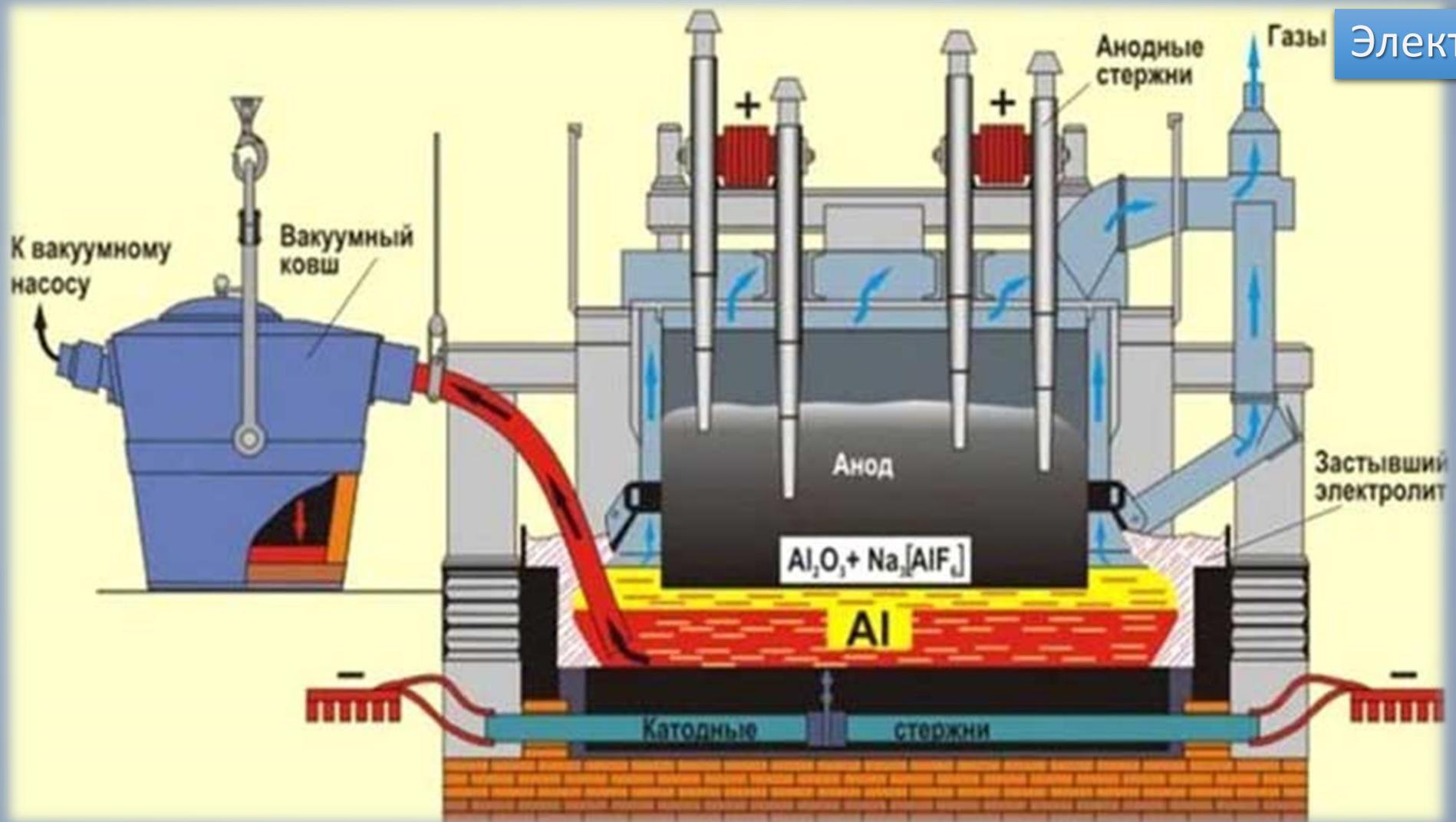
**ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ  
МАТЕРИАЛОВ И ФОРМООБРАЗОВАНИЯ**

# Получение материалов



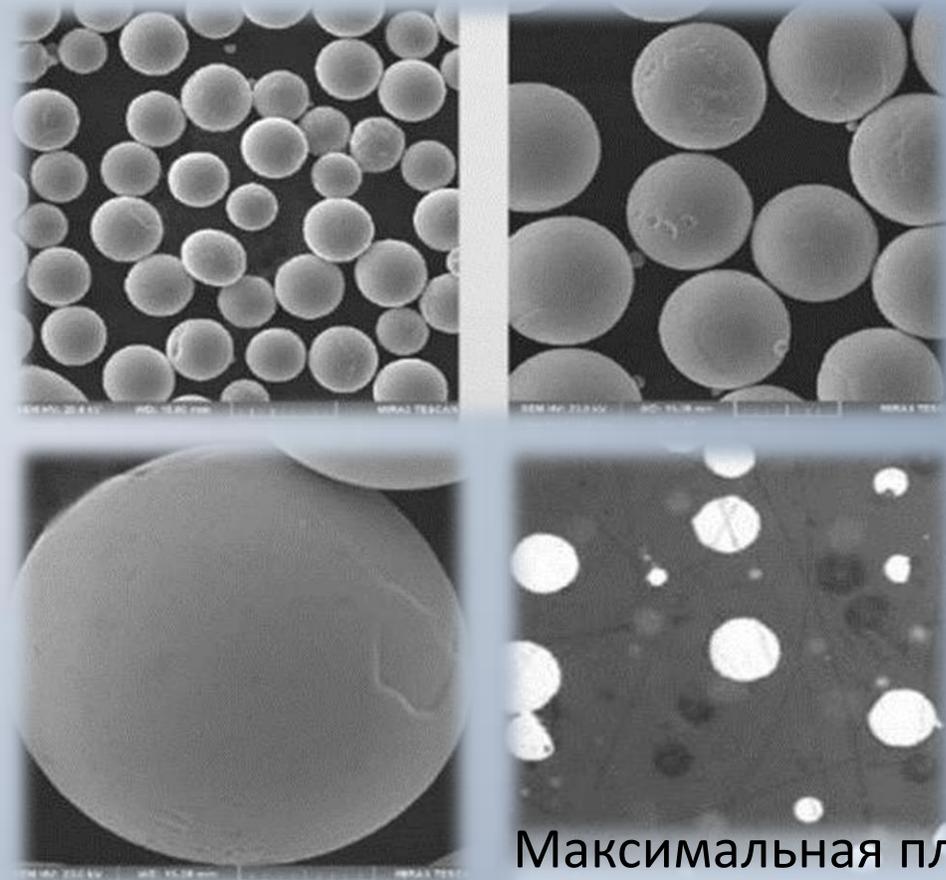
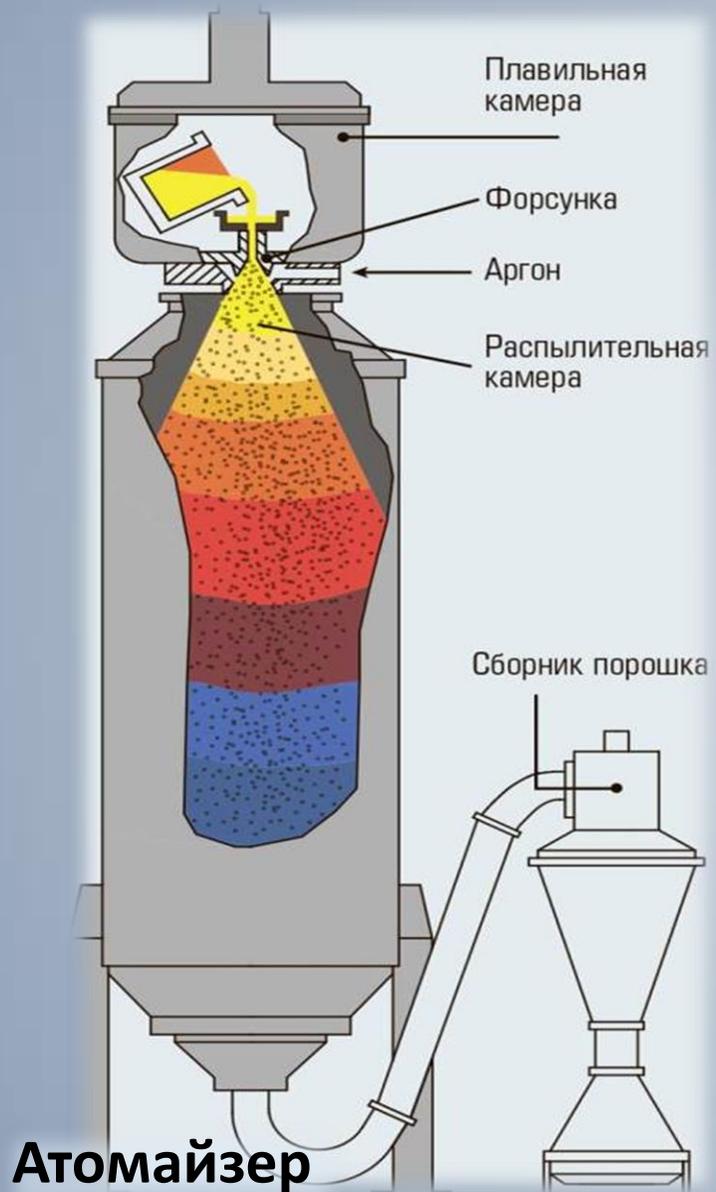
# Получение алюминия

Электролиз



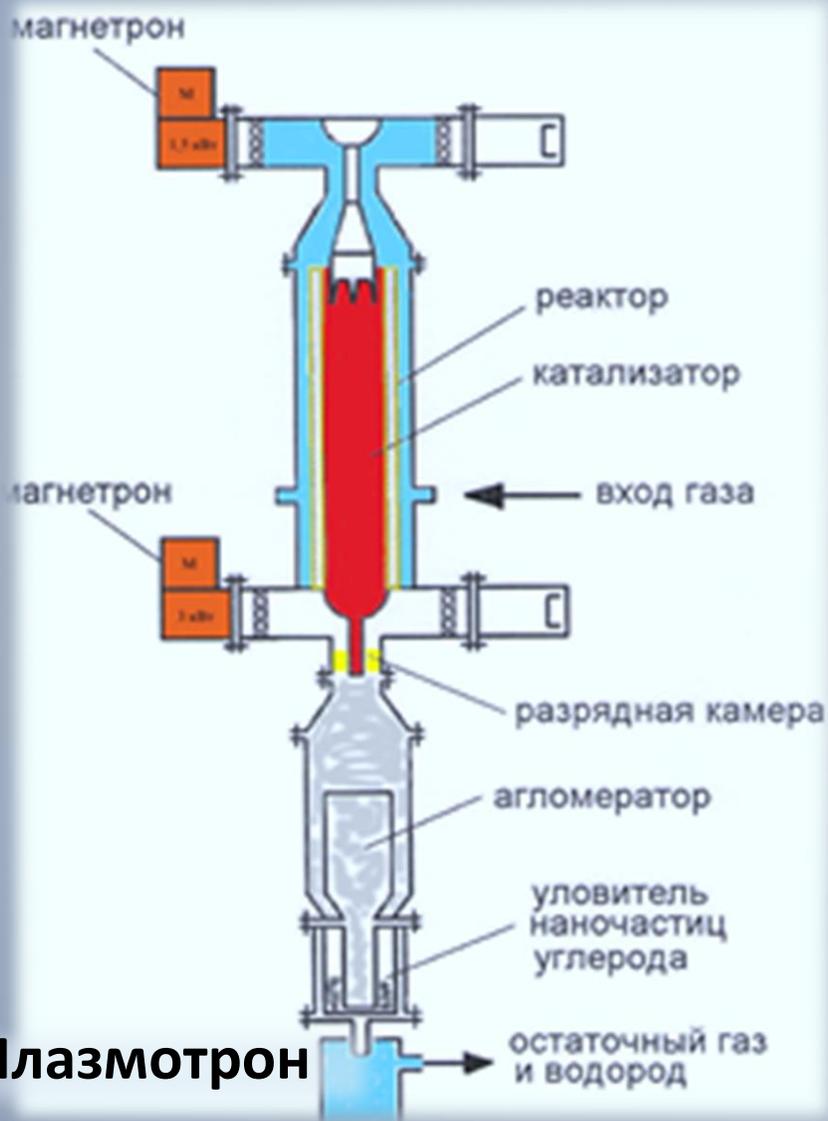
# Получение металлических порошков распылением

Al порошок класса 23, фракция 45-100 мкм

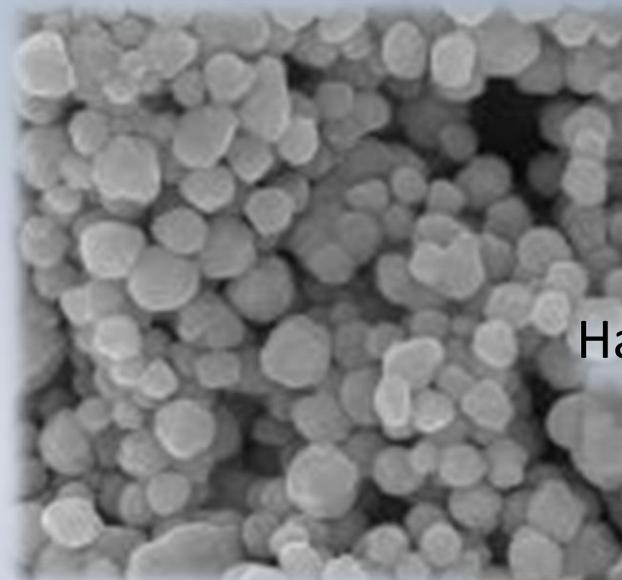


Максимальная плотность  
частицы, без пористости

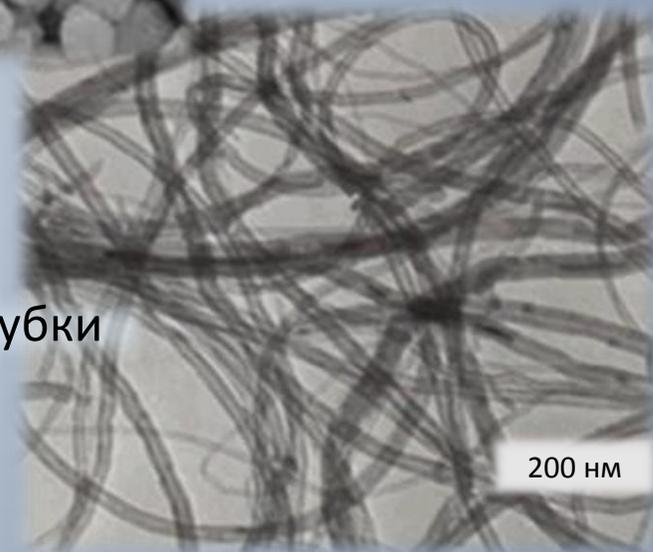
# Плазмохимическое получение материалов



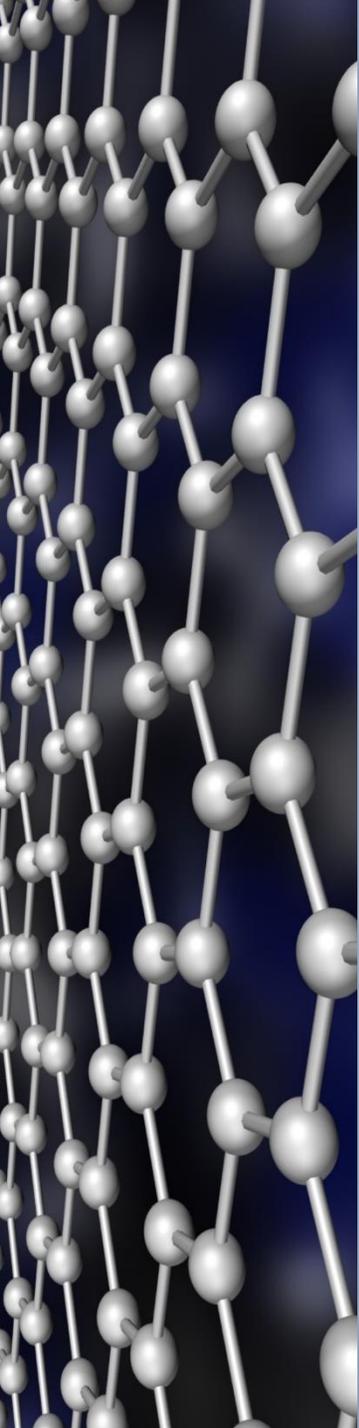
Плазмотрон



Нанопорошок серебра

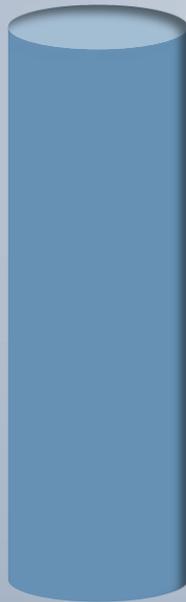


Углеродные нанотрубки



# Получение полимеров

## Получение полипропилена



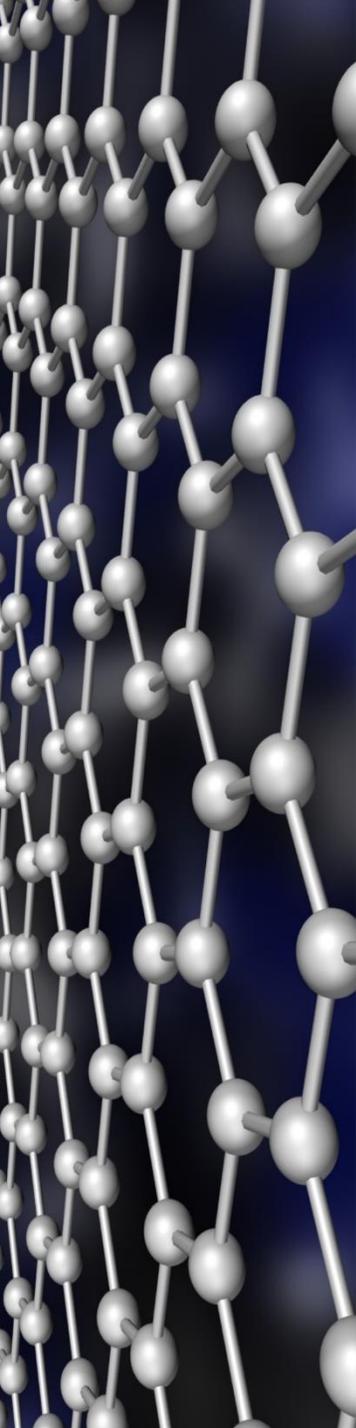
Полимеризационная колонна

## Получение полиэтилена высокой плотности ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ



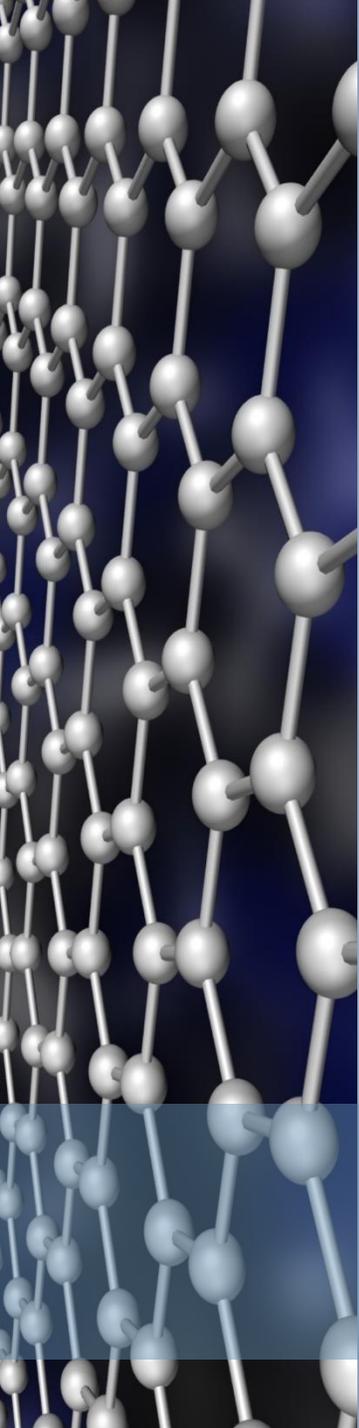
# Формообразование





# Вопросы, на которые надо ответить

- › Материаловедение (определения, предмет и методы исследований)
- › Основные компоненты, характеризующие материаловедение
- › Требования к материалам. Из чего они складываются
- › Классификация материалов. Перспективные материалы
- › Структура материалов. Методы исследования
- › Основные свойства материалов. Классификация для металлов
- › Основные принципы и методы получения материалов
- › Основные методы формообразования



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**