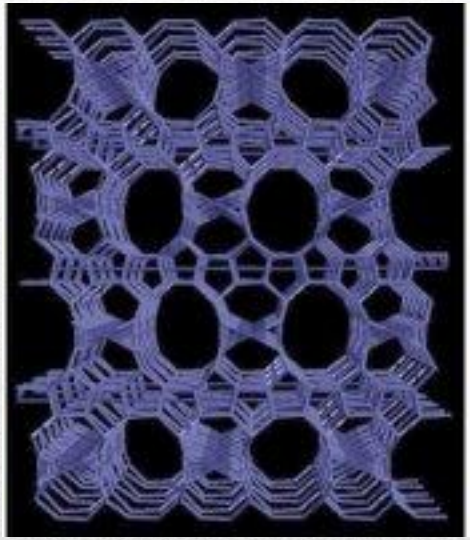
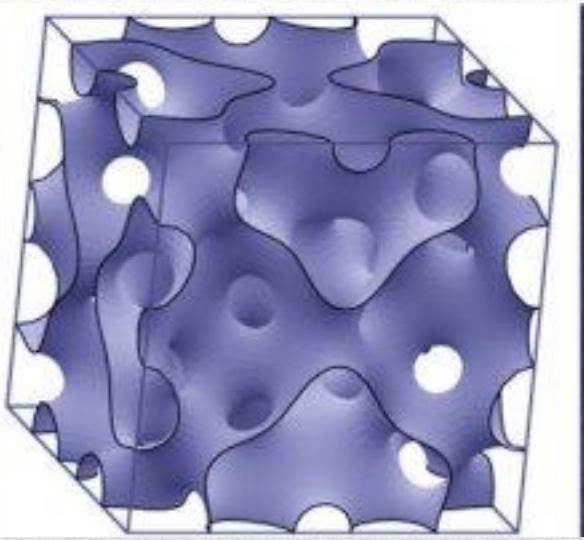
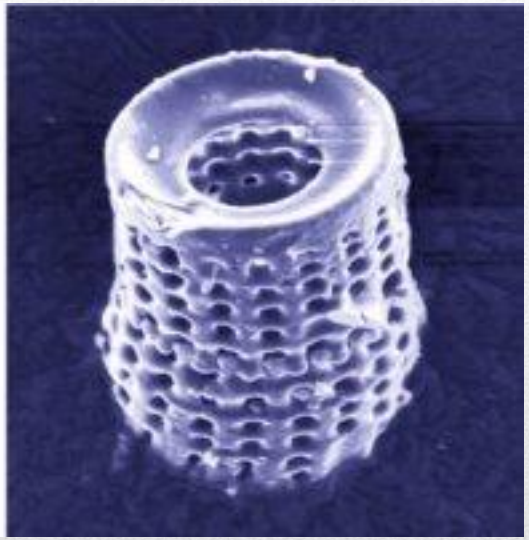
Нанопористые материалы

Выполнил: студент гр. 5310

Пипич Александра

- **Нанопористый материал** (англ. нанопористый материал (англ. nanoporous material) — материал, содержащий поры, размеры которых находятся в нанодиапазоне (~1–100 нм).
- Термин употребляется для указания на то, что специфические свойства материала (сенсорные, адсорбционные, каталитические, диффузионные и др.) связаны с наличием нанопор. К нанопористым материалам могут быть отнесены большинство известных мембран, сорбентов, катализаторов.

Определение

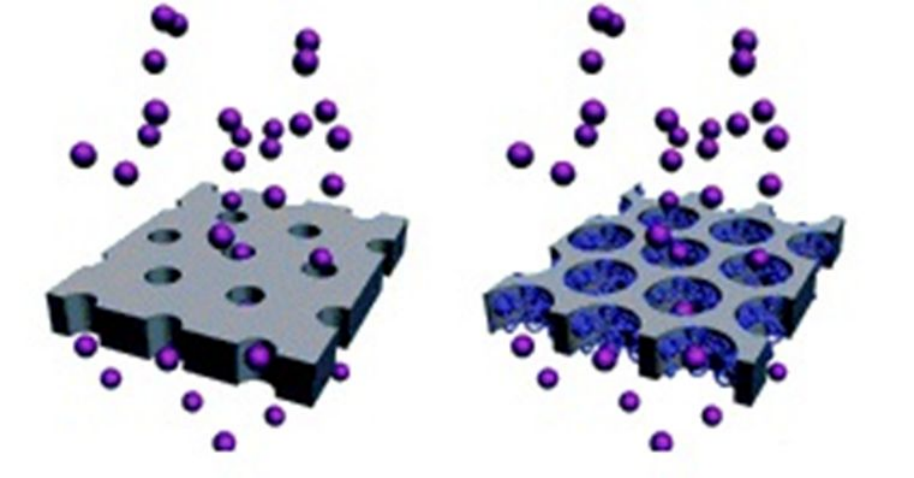
НАНОПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Объемные материалы

Мембраны

Нанопористые мембраны

- **Мембрана** (англ. membrane) — перегородка, разделяющая две жидкие или газообразные фазы, обеспечивающая под действием движущей силы селективный перенос компонентов этих фаз.
- Молекулярная фильтрация, иначе мембранная фильтрация (англ. molecular filtration) — процесс разделения различных веществ за счет молекулярно-ситового эффекта с помощью мембран, имеющих размер пор, соизмеримый с размерами молекул веществ.



- Отличительным свойством объемных нанопористых материалов является их большая площадь поверхности, что приводит к каталитическим и сорбционным свойствам. Удельная поверхность таких материалов обычно порядка сотен квадратных метров на грамм.

Объемные материалы

- Согласно номенклатуре ИЮПАК (Международного Химического Союза) все пористые материалы делятся на 3 класса.
- Нанопористые материалы

  - микропористые (R < 2 нм)
  - мезопористые (2 <R<50 нм)
  - макропористые (R > 50 нм)

Микропоры (англ. micropores) — поры диаметром менее 2 нм.

Поверхность микропористых систем огромна, она может достигать тысяч квадратных метров на грамм. К микропористым материалам относят активированные угли, силикагели, цеолиты, некоторые типы глин и др. Из-за близости стенок пор закономерности адсорбции в микропорах резко отличаются от адсорбции на плоской поверхности или в больших порах.

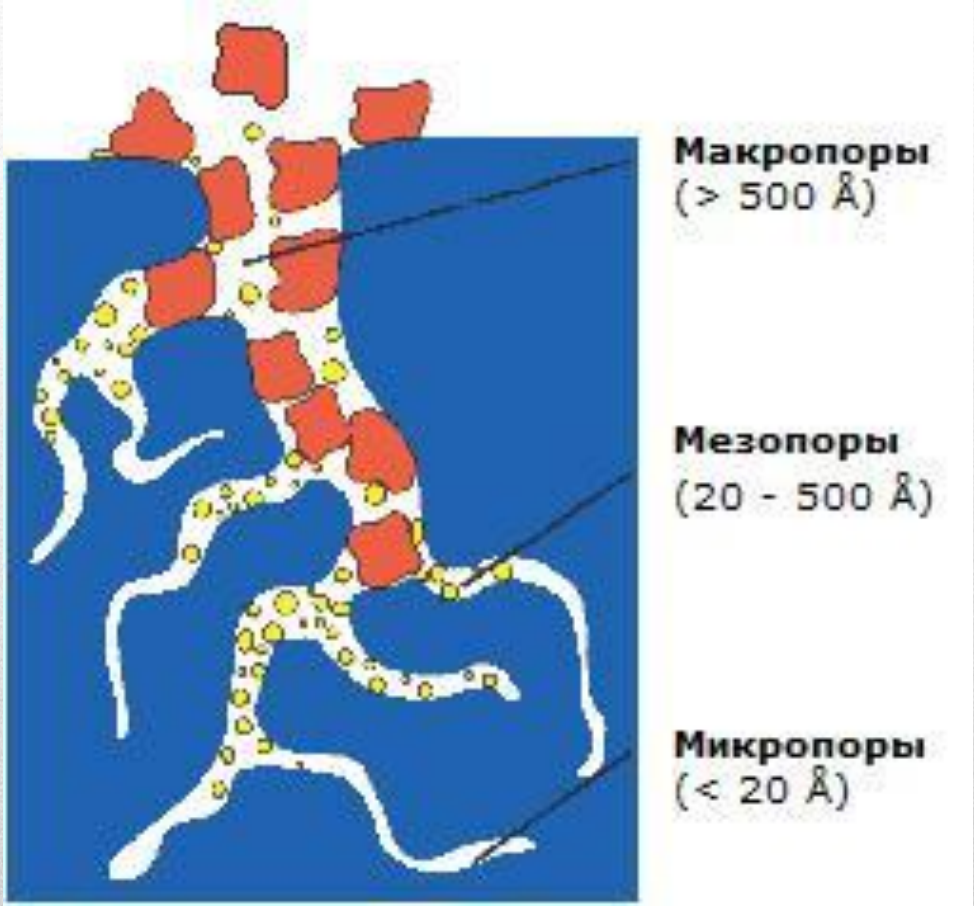
Микропоры

- Мезопоры (англ. mesopores) — поры размером от 2 до 50 нм.
- Выделение этой области пор в отдельную группу основано на том, что именно в порах такого размера происходит и может быть измерена капиллярная конденсация (конденсация при парциальном давлении ниже давления насыщенного пара). Мезопоры могут содержать оксиды кремния, алюминия, циркония, углеродные материалы, алюмосиликаты и др. Мезопористые материалы представляют большой практический интерес как сорбенты и носители для катализаторов.

Мезопоры

Макропоры

- Макропоры (англ. macropores) — поры диаметром более 50 нм.
- В отличие от более мелких мезопор, в макропорах не происходит капиллярной конденсации, а на изотермах адсорбции макропористых систем отсутствует гистерезис. Удельная площадь поверхности макропористых материалов мала и составляет до нескольких квадратных метров на грамм образца. Они играют роль транспортных каналов, обеспечивающих свободное движение адсорбата или реагентов (продуктов реакции) внутри пористого тела.

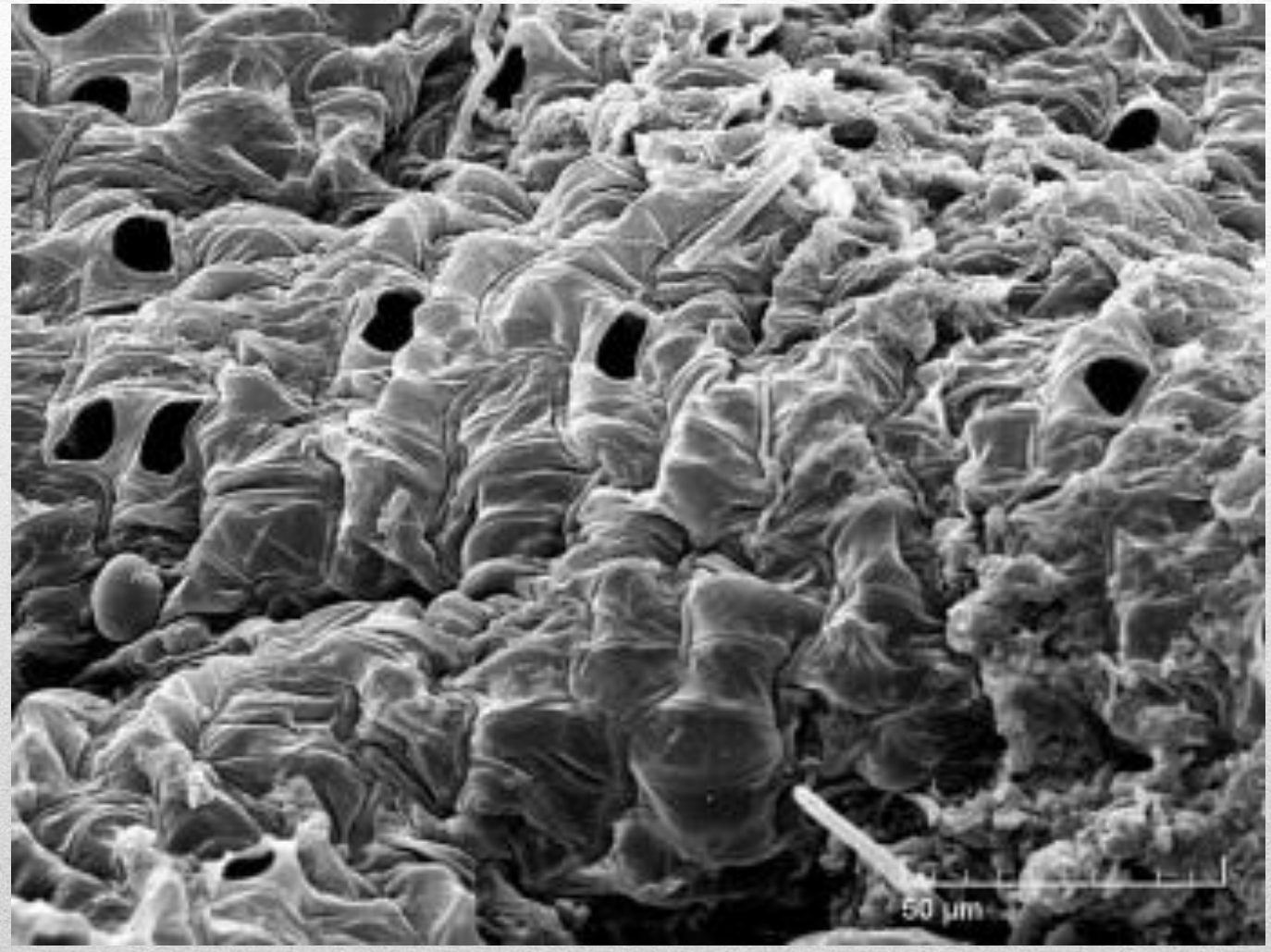

Макропоры
(> 500 Å)
Мезопоры
(20 - 500 Å)
Микропоры
(< 20 Å)

- Нанопористые материалы предназначены как для диффузионного разделения газовых смесей, так и для размещения и стабилизации наночастиц функционального назначения (подложки для катализа, эмиттеры, датчики и др.) Они используются для создания мембран, фильтров, молекулярных сит, как сорбенты.

Применение

- Сорбент — твердое тело или жидкость, избирательно поглощающие (сорбирующие) из окружающей среды газы, пары или растворенные вещества.
- В зависимости от характера сорбции различают абсорбенты — тела, образующие с поглощенным веществом твердый или жидкий раствор; адсорбенты — тела, концентрирующие вещество на своей поверхности, и химические поглотители, которые связывают поглощаемое вещество, вступая с ним в химическое взаимодействие. Важнейшие твердые сорбенты — активированные угли, силикагели, окись алюминия, цеолиты, ионообменные смолы. Как правило, для эффективной адсорбции твердые адсорбенты должны обладать высокими значениями удельной поверхности, для чего структура сорбента должна содержать микро- и мезопоры. Помимо высокого сродства к компоненту смеси, селективность адсорбции из смесей различных веществ может обеспечиваться также молекулярно-ситовым эффектом.

Сорбенты


50 µm

Молекулярно-ситовой эффект

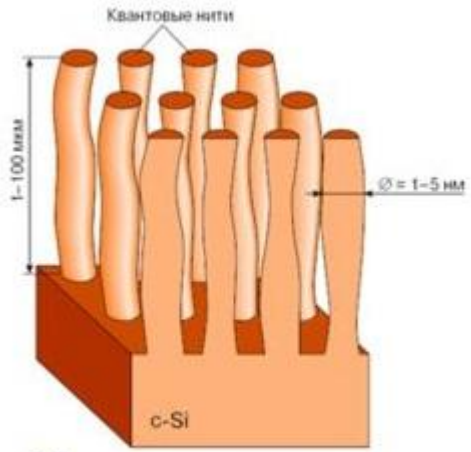
- Эффект, молекулярно-ситовой— эффект, состоящий в различной доступности внутреннего пространства пористых материалов для молекул, отличающихся по размерам.
- Молекулярно-ситовой эффект наблюдается для пористых материалов с размерами пор, сопоставимыми с размером молекул. Выделяют несколько видов молекулярно-ситового эффекта. Если различие скоростей диффузии разных молекул внутри пор обусловлены, в основном, различием в размерах этих молекул, говорят о том, что молекулярно-ситовой эффект заключается в селективном массопереносе. Другим случаем молекулярно-ситового эффекта является селективность по форме, проявление которой заключается в том, что внутри пор в ходе химических реакций могут образовываться лишь те молекулы, для которых размер переходного комплекса меньше размера пор. На молекулярно-ситовом эффекте основан ряд процессов селективной адсорбции, катализа, мембранного разделения и др.

- Технологические приемы получения нанопористых материалов весьма разнообразны: гидротермальный синтез, золь-гель-процессы, электрохимические методы, обработка хлором карбидных материалов и др. Различные сотовые структуры создаются комбинацией приемов стандартной литографии (нанесение рисунка будущей решетки), щелочного травления, анодного растворения, окисления-восстановления и т. д.
- При обработке полимеров, диэлектриков и полупроводников высокоэнергетическими ионами образуются так называемые ионные треки нанометрового размера, которые могут быть использованы для создания нанофильтров.

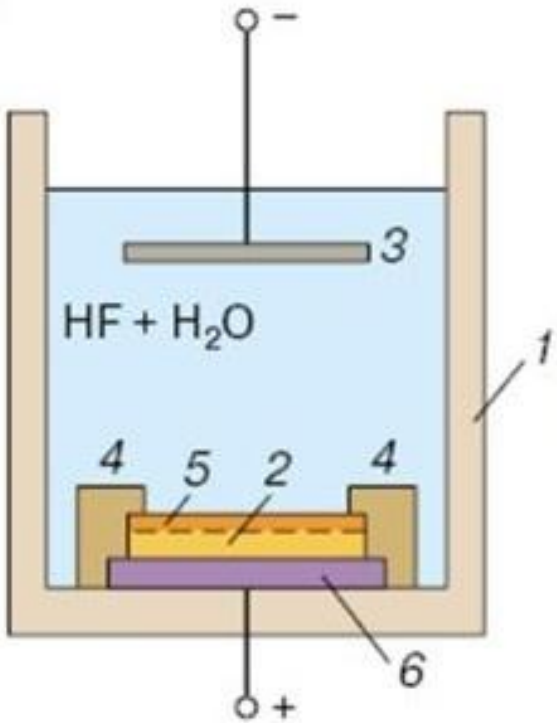
Получение

Получение пористого кремния

- Традиционным способом получения пористого кремния является электрохимическое травление пластин монокристаллического кремния (c-Si) в этаноловом растворе плавиковой кислоты HF. При положительном потенциале на кремниевом электроде (аноде) протекают многоступенчатые реакции растворения и восстановления кремния. Вторым электродом (катодом) обычно служит платиновая пластина. При подходящем выборе плотности электрического тока на поверхности c-Si происходит формирование пористого слоя.
- Поверхность Si при контакте с водными растворами HF насыщается водородом и становится химически инертной по отношению к электролиту. Если на электроды подать разность потенциалов, то дырки в кремниевой пластине начинают мигрировать к поверхности раздела кремний-электролит. При этом атомы Si освобождаются от блокирующего их водорода, начинают взаимодействовать с ионами и молекулами электролита и переходят в раствор.



Модельное представление пористого кремния



Анодное получение пористого кремния 1-корпус, 2-пластина кремния, 3-катод, 4-изолятор, 5 –растущий пористый слой, 6-анод

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!

- Словарь нанотехнологических терминов Роснано
- Nanoporous materials, Technology white papers №5, 2003