

# Образовательные материалы Наноолимпиады

Семинар: Демонстрационные эксперименты



НАНОТЕХНОЛОГИИ - ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ!

[enanos.nanometer.ru](http://enanos.nanometer.ru)

Москва  
2019



# Демонстрационные эксперименты для школьников



**Е.А.Гудилин**

**[goodilin@yandex.ru](mailto:goodilin@yandex.ru)**

**Фотографии: А.А.Семенова**



- Нанохимия – самостоятельная экспериментальная наука
- В нанохимии есть много химии, но не простой, а неорганической, физической, химии твердого тела
- В простейших опытах есть глубокий смысл, если правильно понимать то, что происходит
- Все гениальное просто, даже в нанохимии

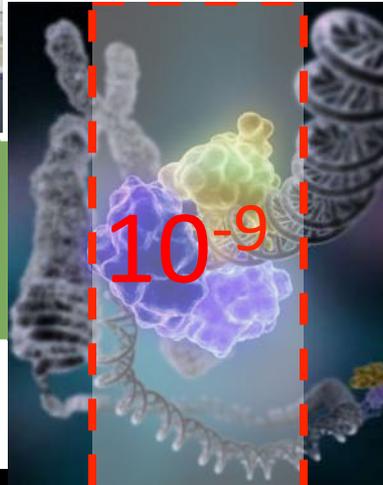
# Нанообъекты на марше

ПЭМ



1 Ангстрем  
 $10^{-10}\text{м}$

СЗМ



$10^{-9}$

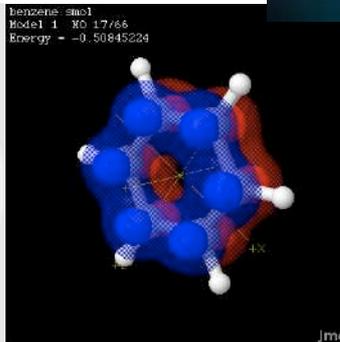
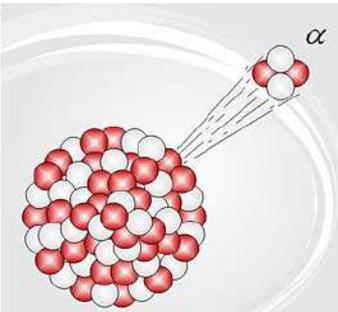
ОМ



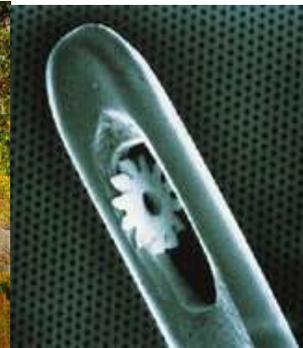
1 мкм  
 $10^{-6}\text{м}$



1 мм  
 $10^{-3}\text{м}$



?



# Можно ли все увидеть глазами?

Строение лап геккона ([K. Autumn, et al. *American Scientist*, 2006, 124] )

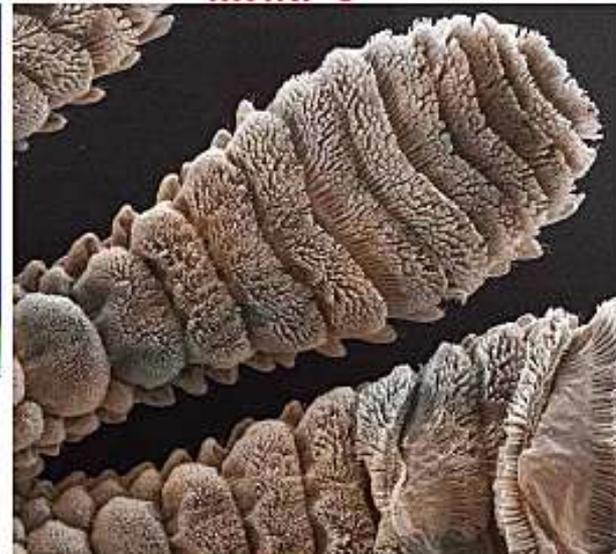
**МАКРО**



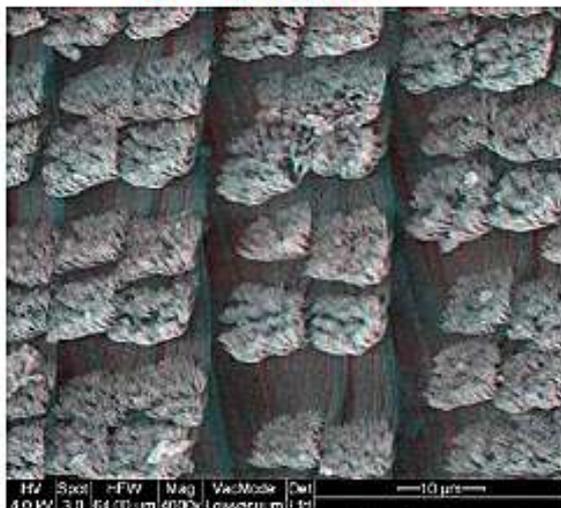
**МЕЗО**



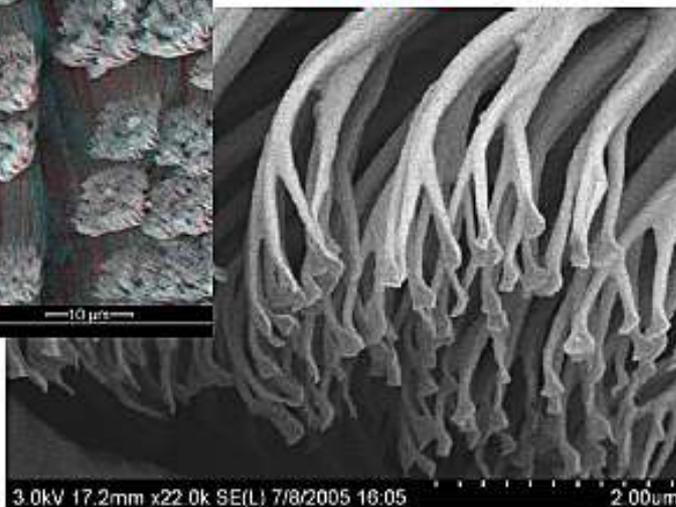
**МИКРО**



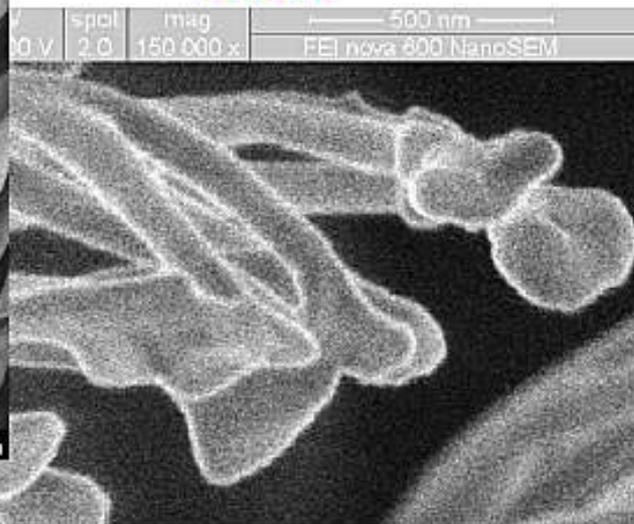
**СУБ-МИКРО**



**НАНО**



**НАНО**



# Вопросы и сомнения...



Какие типы химической связи «работают» в нанодиапазоне?  
Какие «новые» физические явления проявляются в нанодиапазоне?

# Размер имеет значение



- $2\text{KI} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = \text{PbI}_2 + 2\text{KNO}_3$
- $\text{FeC}_2\text{O}_4 = \text{Fe} + 2\text{CO}_2$ ,  $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4$
- $2\text{H}_2\text{O}_2 + (\text{MnO}_2) = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + (\text{MnO}_2)$

# Вопросы и сомнения...



Какой метод получения нанообъектов был рассмотрен?

Почему смесь пожелтела при перетирании?

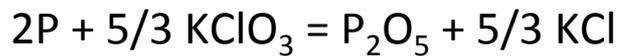
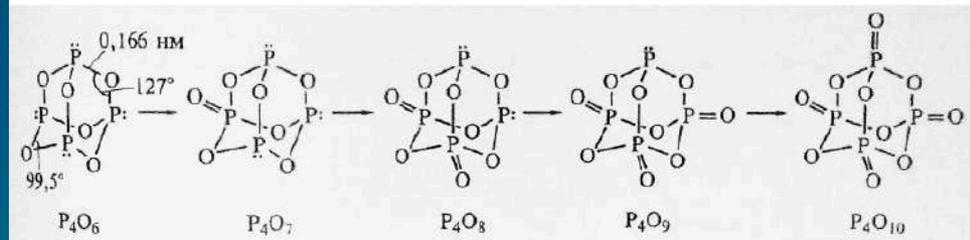
Зачем нужны разные ступки?

Почему сгорело железо?

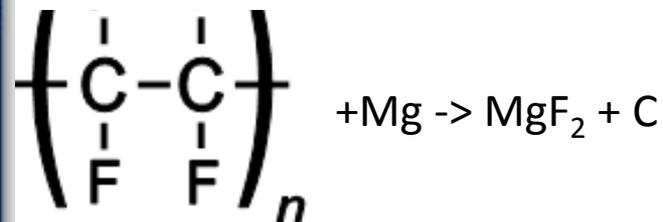
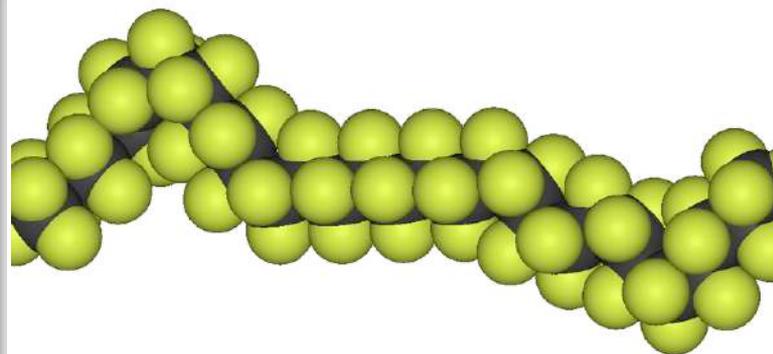
Почему разложился пероксид водорода?

# С дымом и огнем

Хемилюминесценция белого фосфора

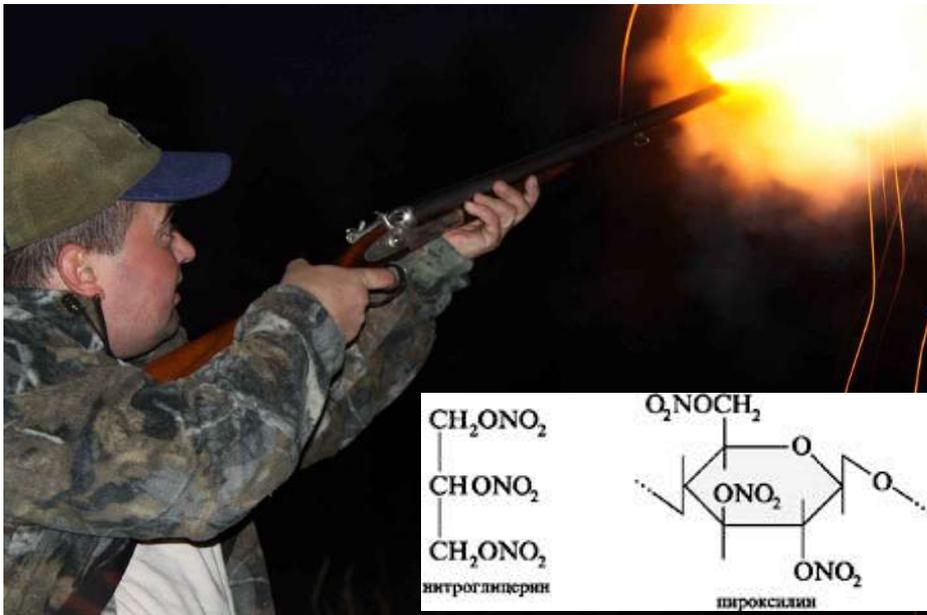


# Органическое золото «горит»!

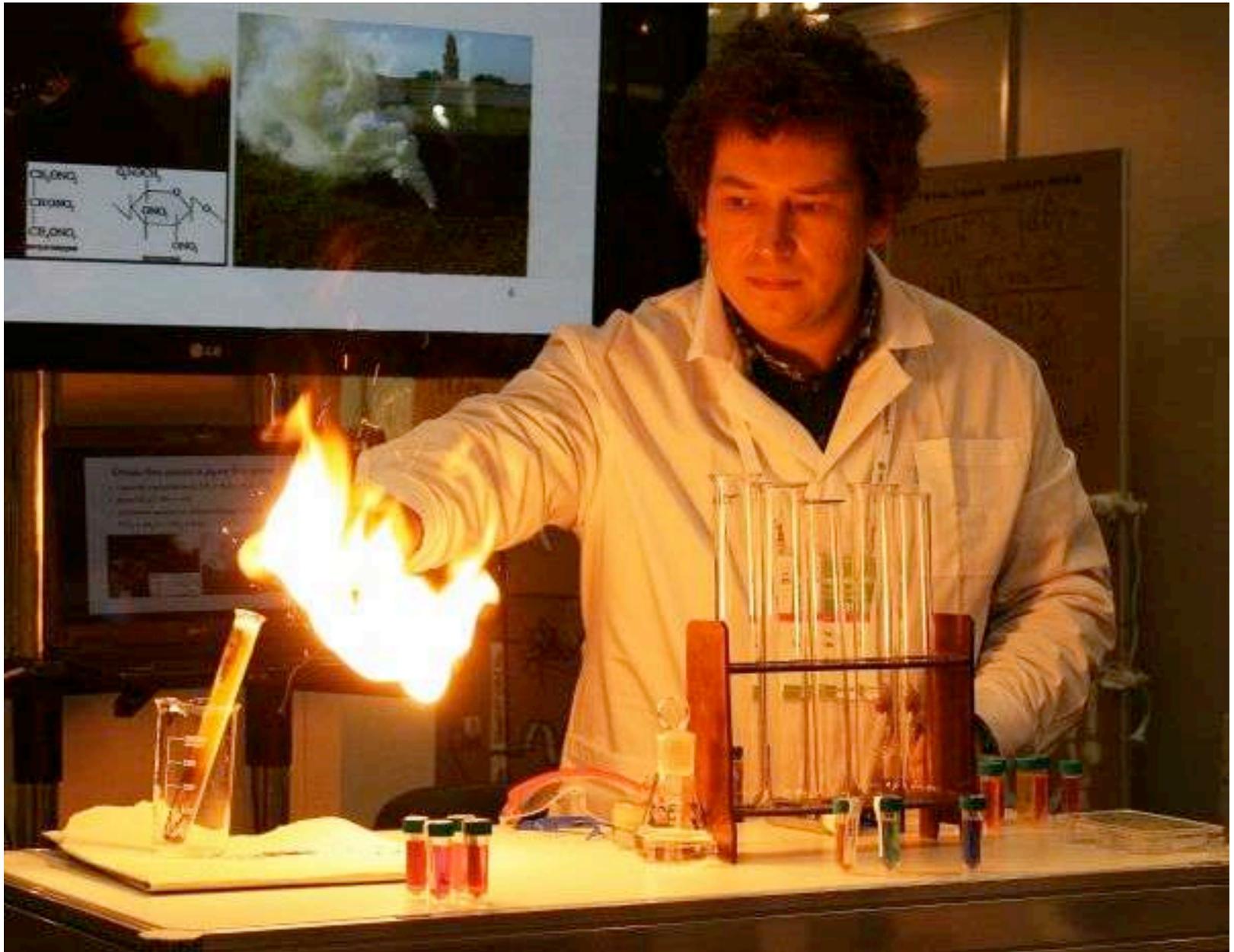


# Огонь без дыма и дым без огня

- горение пироксилина:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 +$
- дым  $\text{NH}_4\text{Cl}$ :  $\text{NH}_3 + \text{HCl}$
- Дымовая завеса из тетрахлорида титана  
 $\text{TiCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{HCl}$



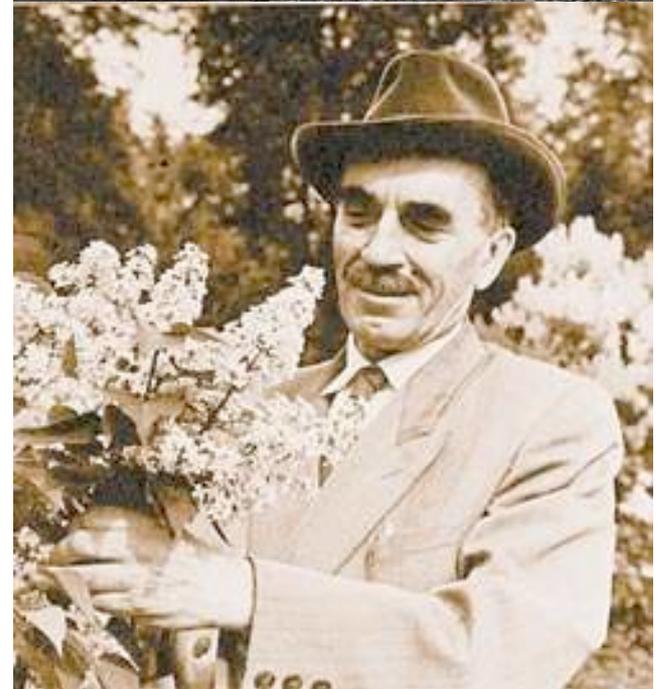
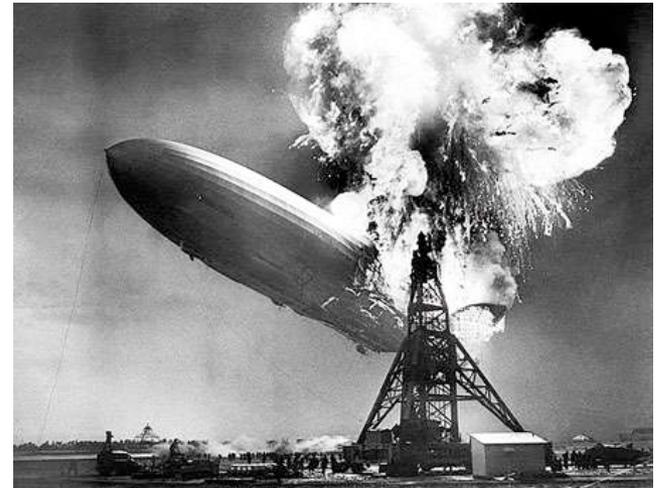
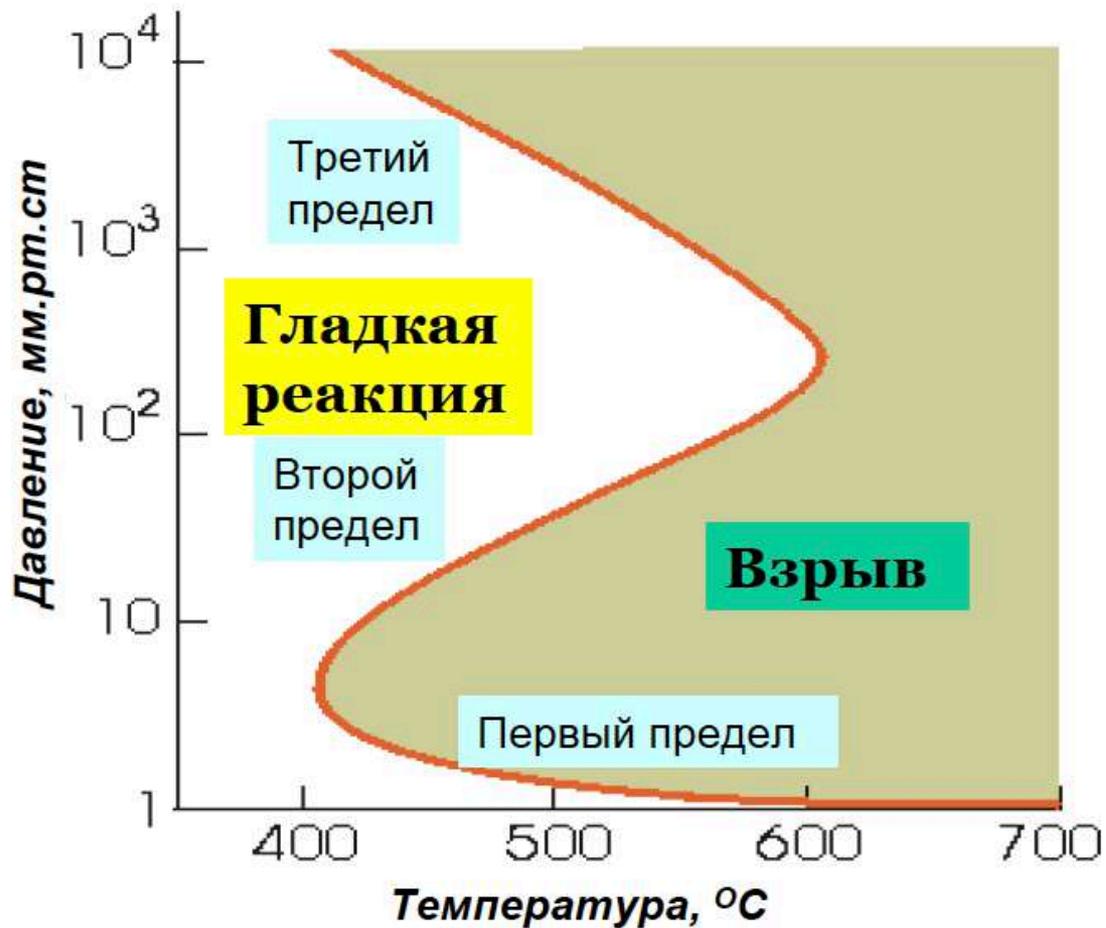




# Без дыма и без огня

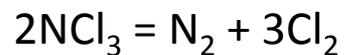
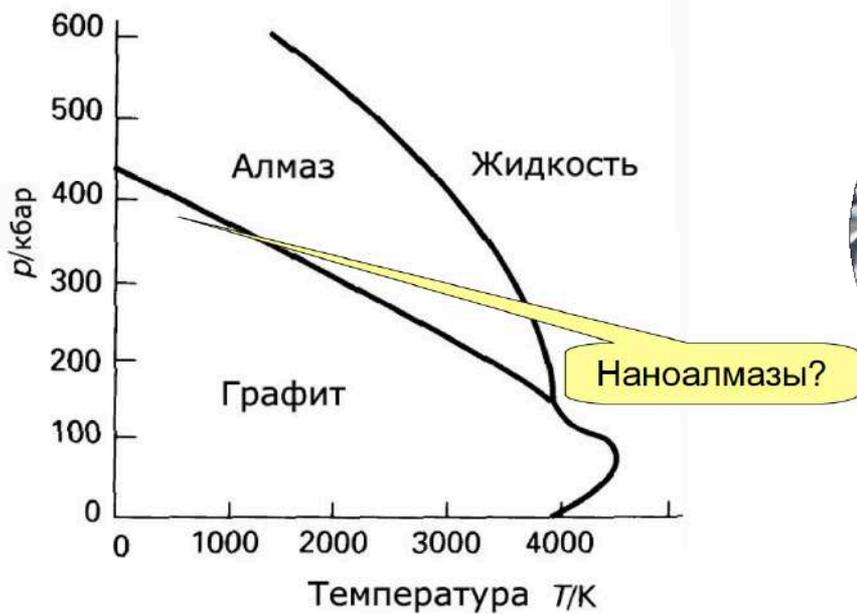
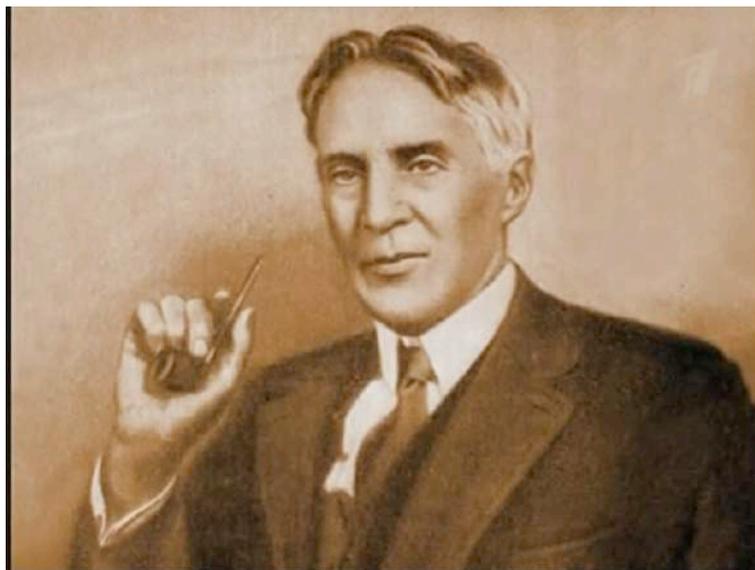
## Взрывоопасность водорода

Для реакции  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$



Академик Н.Н.Семенов

# Роберт Вуд и кошки



# Вопросы и сомнения...



Для получения каких наноматериалов используется взрыв?

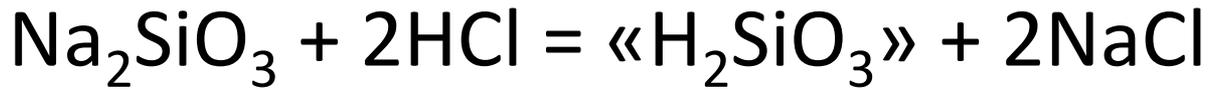
Почему при взаимодействии хлороводорода и аммиака нет огня?

Почему тетрахлорид титана «дымит» на воздухе, как называется это явление?

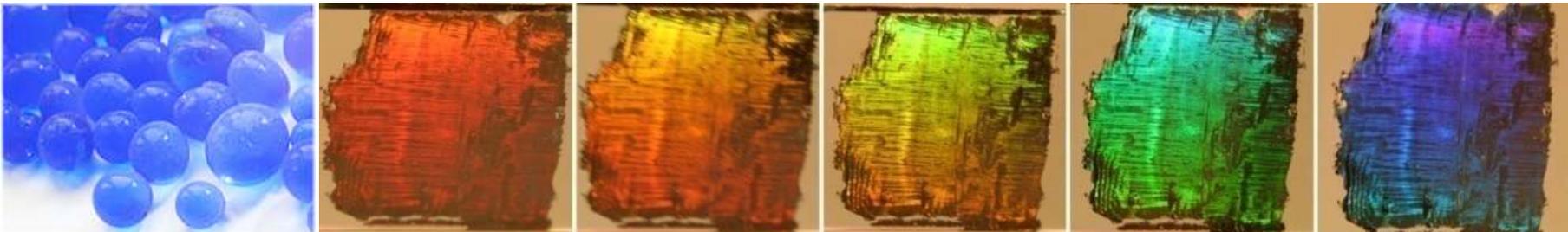
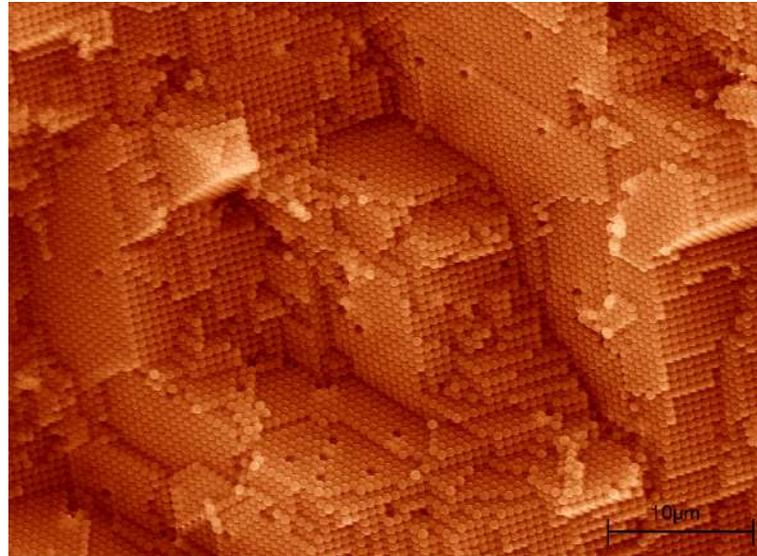
Где может применяться нанокристаллический диоксид титана?

# Золь, гель, аэрогель

- Застывание геля кремниевой кислоты



- фотонные кристаллы
- аэрогель





# Вопросы и сомнения...



Зачем котенку силикагель? Зачем и чем окрашивают силикагель в синий цвет?

Чем золь отличается от геля?

Почему фотонный кристалл радужно окрашен? Чем опал похож на фотонный кристалл?

Зачем нужна фотоника?

Почему аэрогель похож на «лунный камень»? Где используют аэрогели?

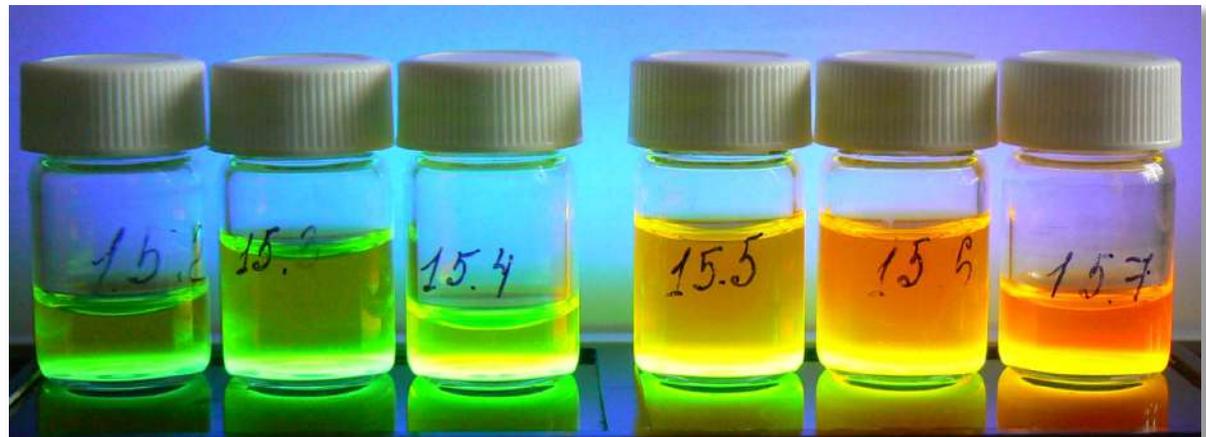
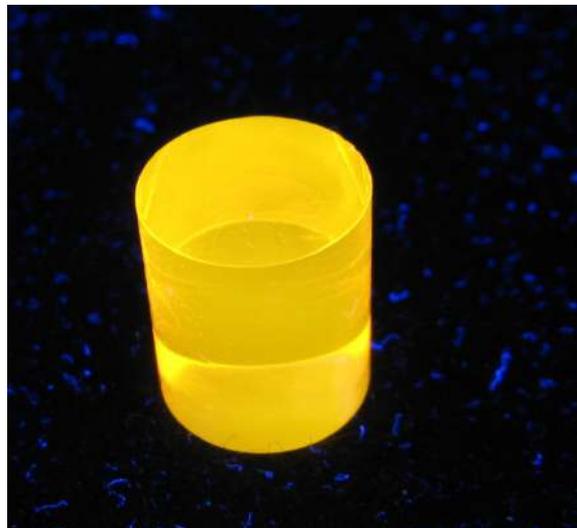
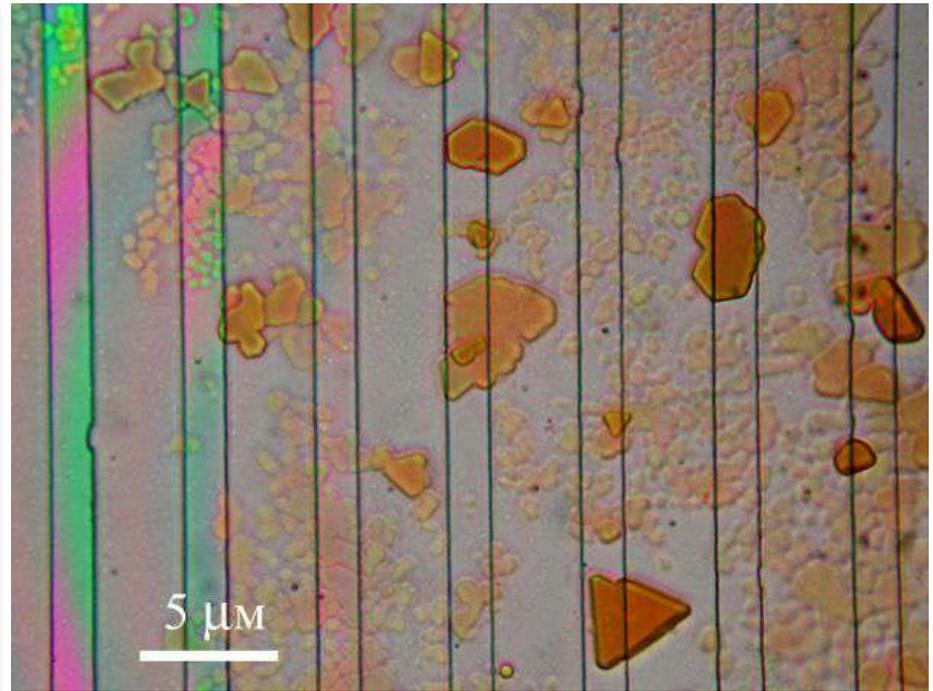
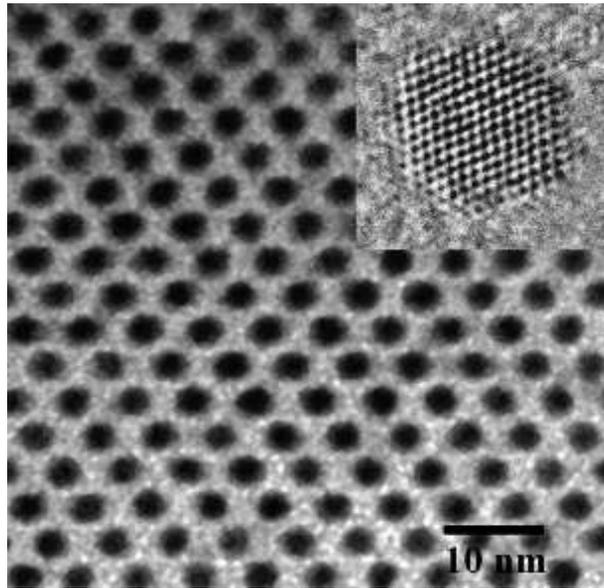


# Радуга

Физики не знают всей правды.

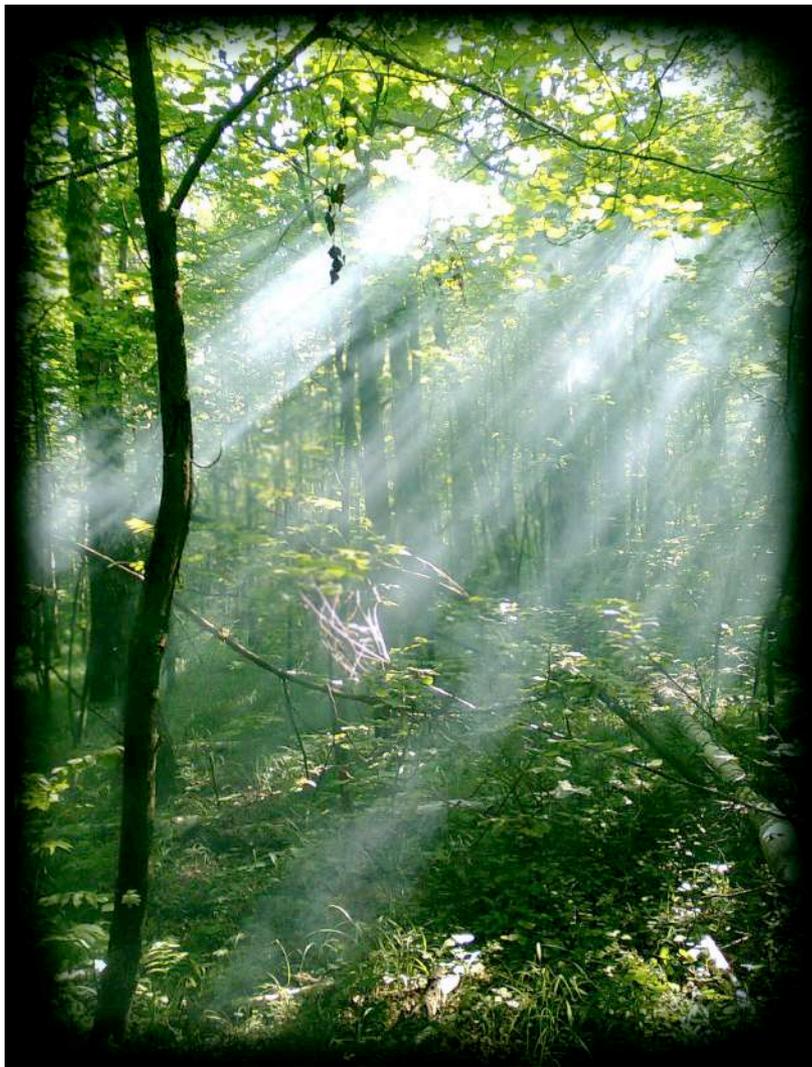


# Квантовые точки



# Радуга

- Эффект Тиндалля





# Вопросы и сомнения...



«Кусочки» какого материала представляют собой квантовые точки?

Почему квантовые точки – квантовые? Как получают квантовые точки?

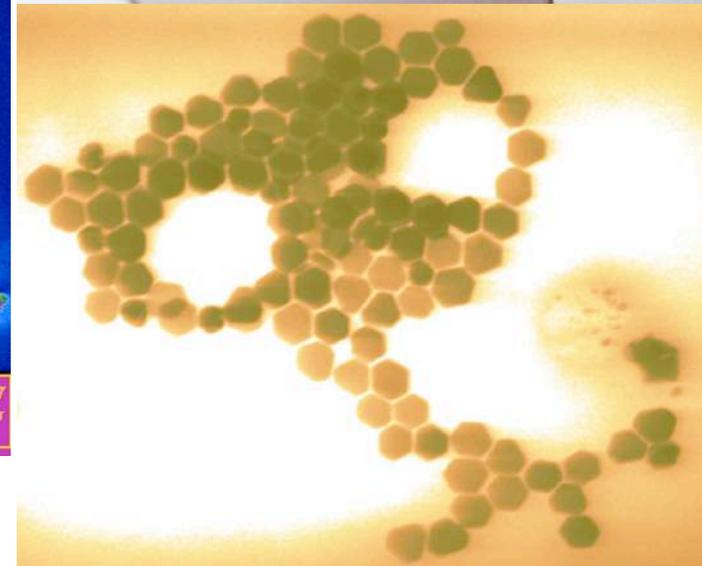
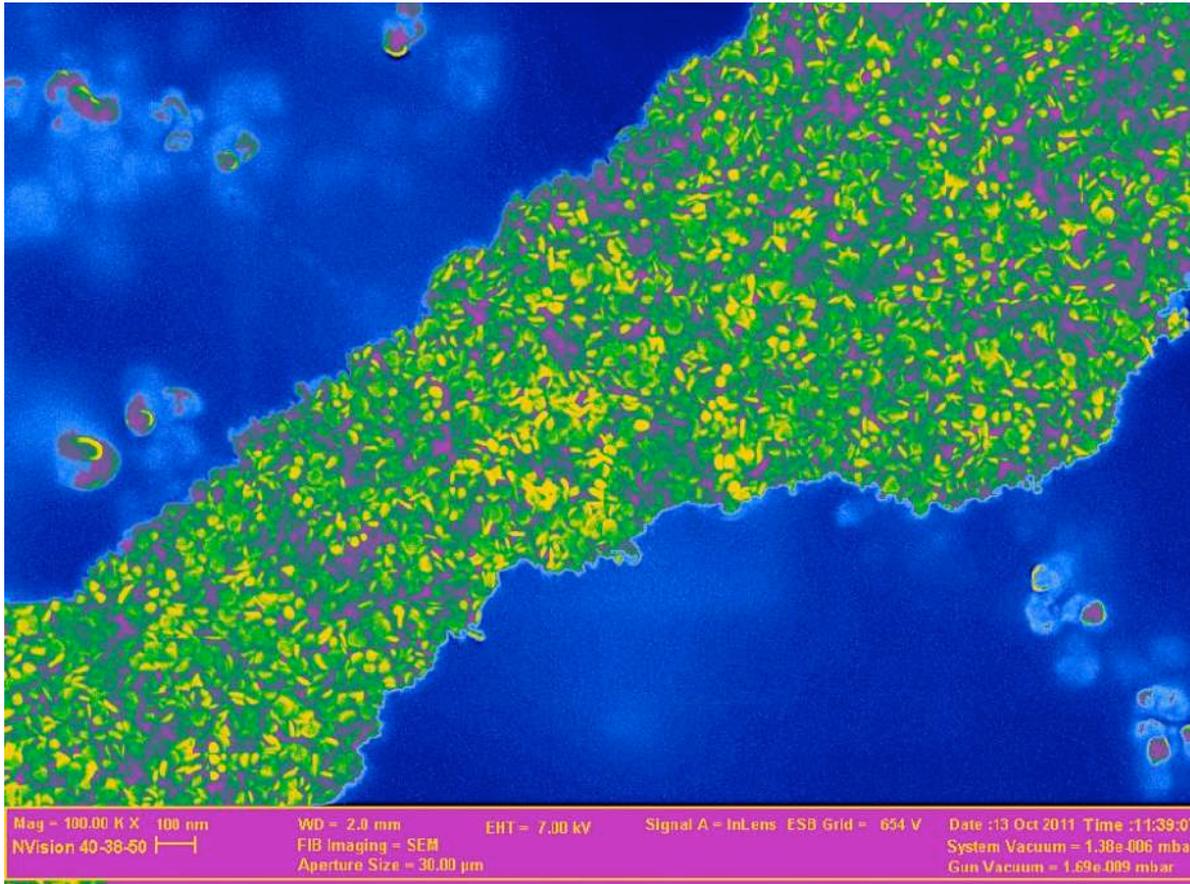
Где могут применяться квантовые точки?

Что такое эффект Тиндаля?

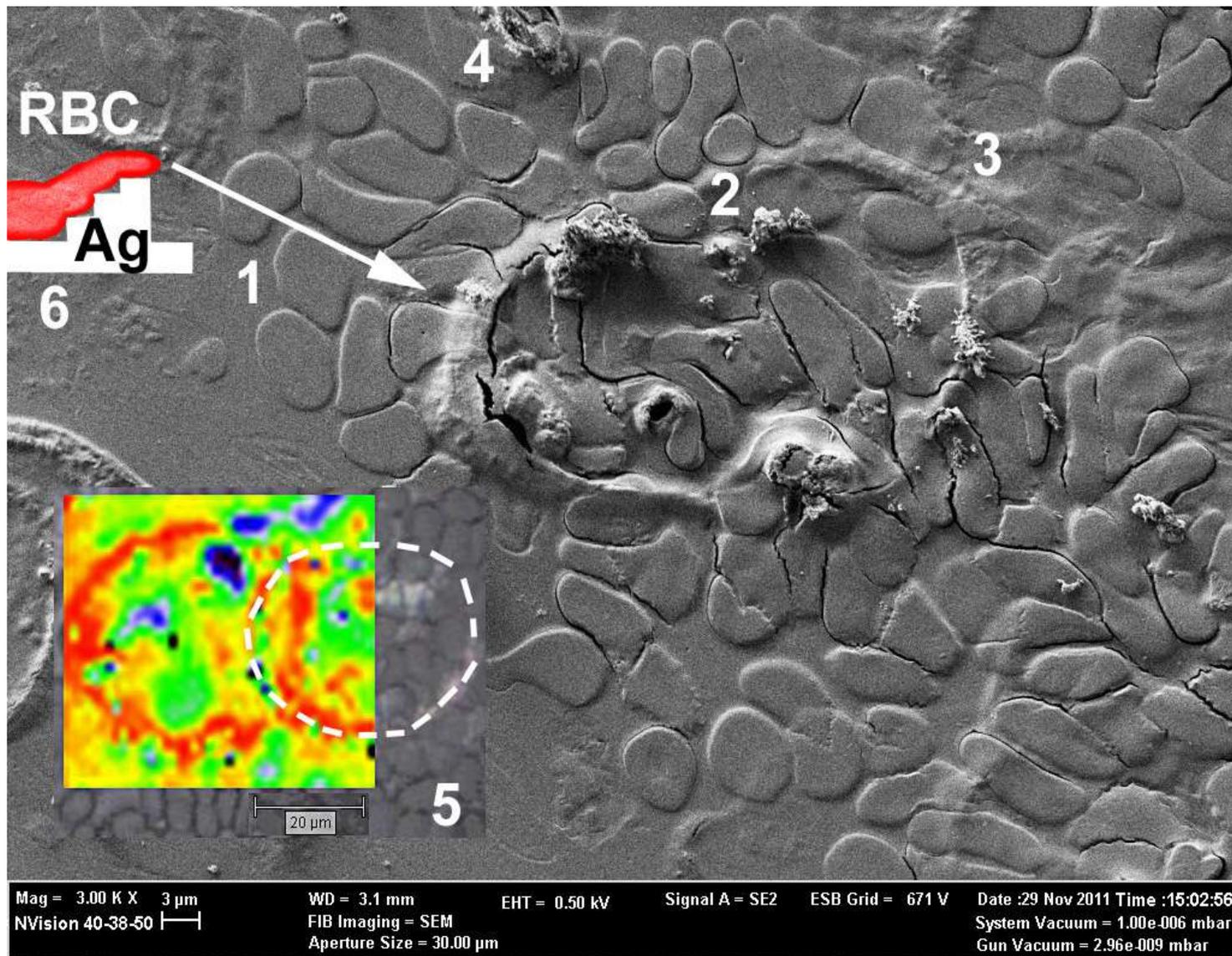
Где ярче эффект Тиндаля – для квантовых точек или наночастиц серебра и почему?

# Радуга

- Получение «наносеребра»



# Диагностика живых клеток



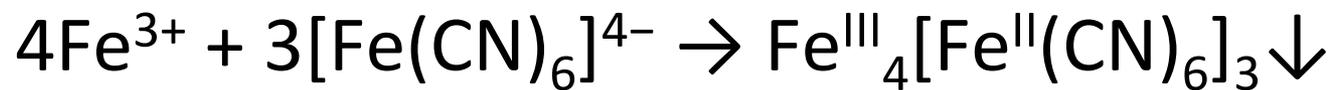
# Вопросы и сомнения...



Почему наночастицы серебра могут быть окрашены?  
Почему наночастицы серебра не падают (сразу) на дно?  
Ядовито ли «наносеребро»?  
Где применяется наносеребро?

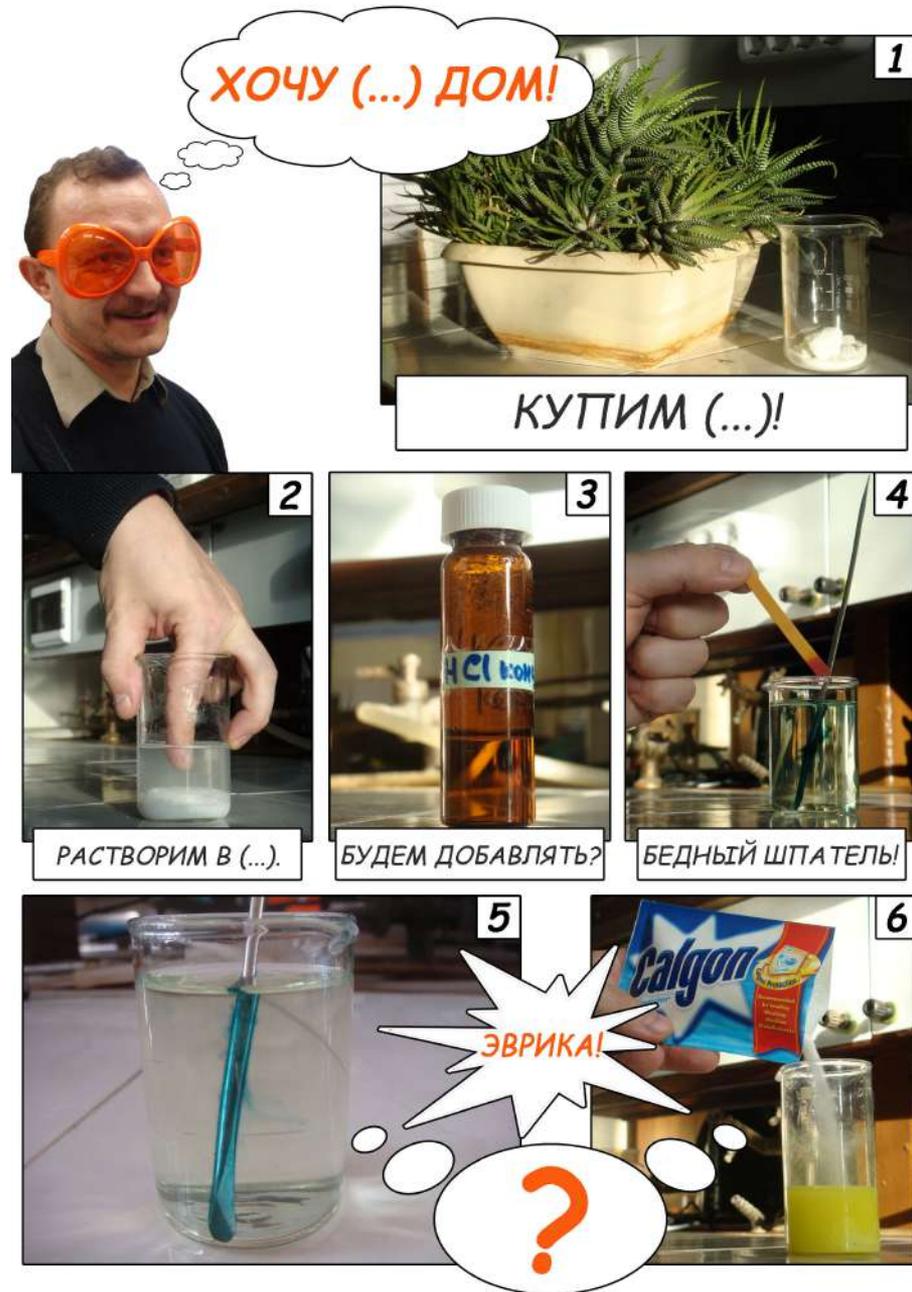
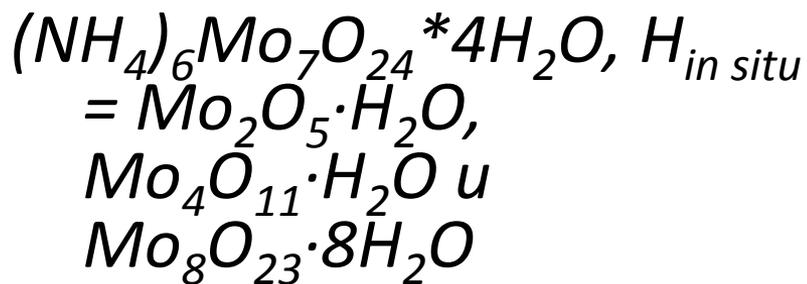
# Умные осадки

- Берлинская лазурь и сенсоры



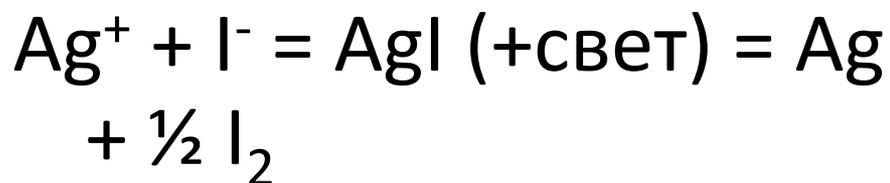
# Умные осадки

- Молибденовая синь и умные окна



# Умные осадки

- Осаждение AgI и очки – хамелеоны (а также черно – белая фотография и ионная проводимость)



# Умные осадки

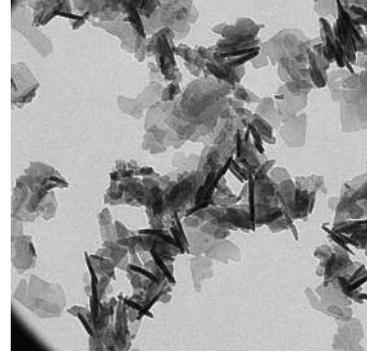
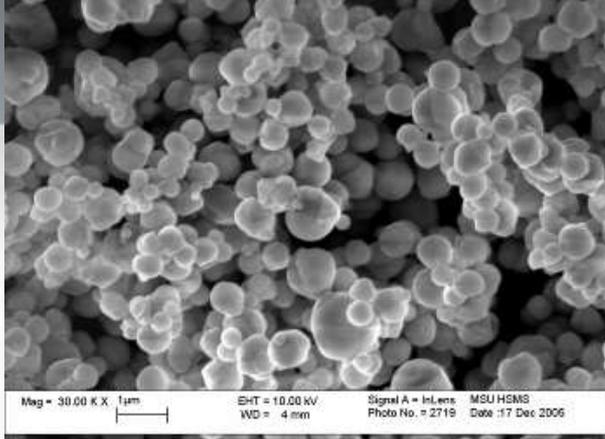
- Получение магнитного  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и наномедицина



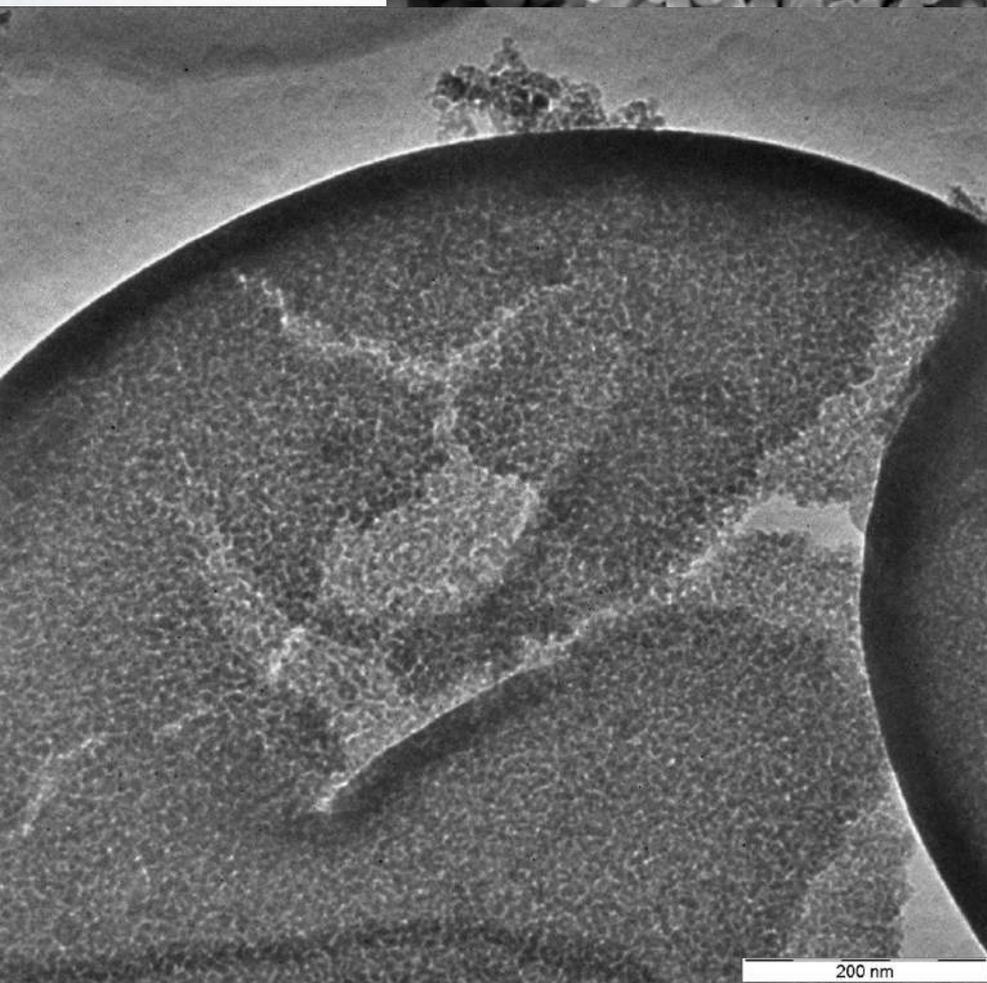
[www.ispu.ru/node/5796](http://www.ispu.ru/node/5796)



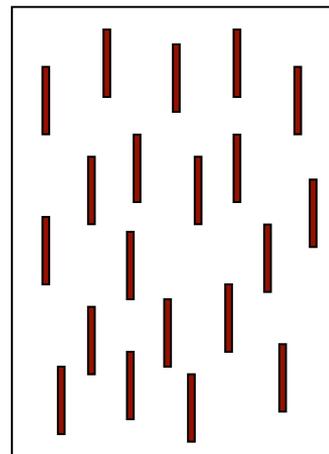
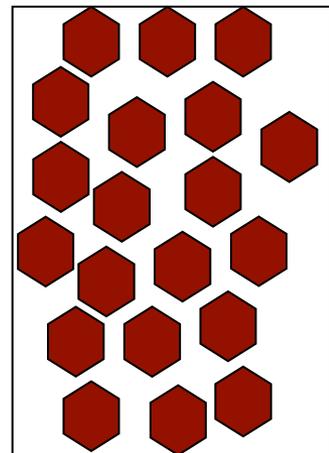
Горничко М.Е.  
[www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)



HO



H



# Умные осадки

- Золь оксида графена

*Nano reactor. max  
Kostya Minin*

12.011  
A2 hex  
4492<sup>16</sup>  
3825<sup>16</sup>  
2.25  
2.55  
[He]2s<sup>2</sup>p<sup>2</sup>  
Carbon

6  
2, 4  
**C**

## Что такое sp<sup>2</sup> углерод?

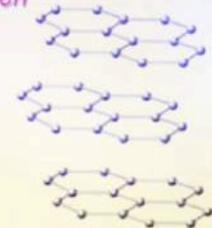
графит

алмаз



стабилен

метастабилен  
(постепенно  
превращается  
в графит)



известен < 500 лет

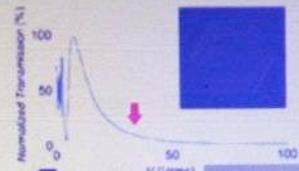
известен > 3000 лет

sp<sup>2</sup>

## Возможные приложения

Оптические приложения  
(Samsung roadmap: 2012)

Фотодетекторы



Дисплеи

Touch-screens



Тактильные дисплеи

Солнечные батареи

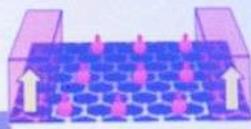
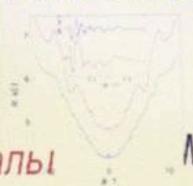
Wang Nano Lett. (2008)

Электроника

Транзисторы



Газовые датчики



Спиновые транзисторы

Варикап



Механические датчики

Композитные материалы

прочные, проводящие, оптически прозрачные



Суперконденсаторы



# Вопросы и сомнения...



Где используется берлинская лазурь?

Что такое умный дом?

Из какого стекла состоят очки – хамелеоны?

Где используются суперпарамагнитные наночастицы?

Чем «оксид графена» отличается от графена и графита?

# Чистая вода и чистый воздух

- Обесцвечивание раствора активированным углем



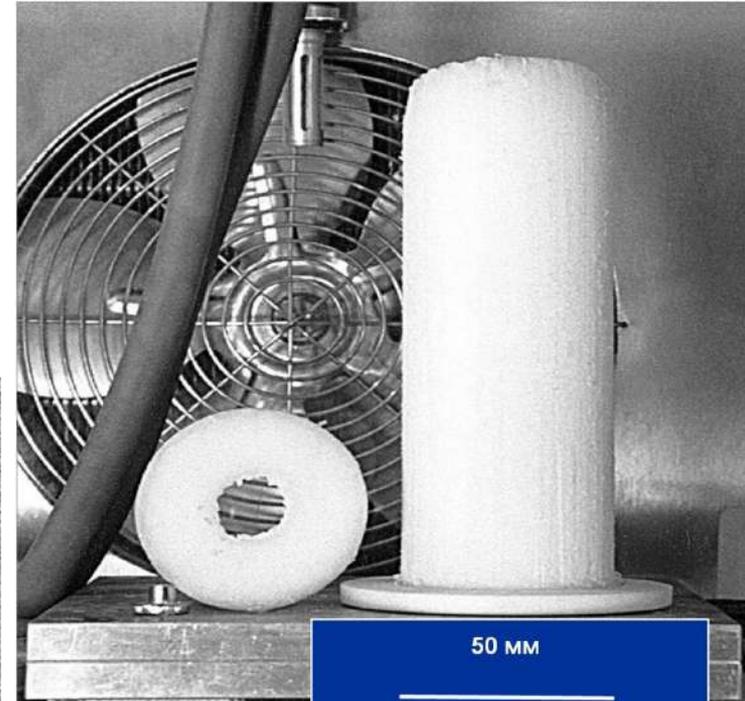
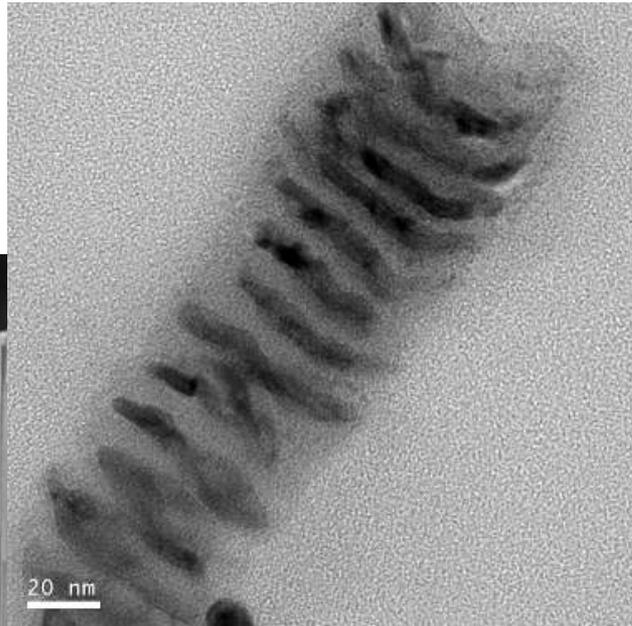
# Вопросы и сомнения...



Почему используют уголь?  
Как «активируют» уголь?  
Почему активированный уголь очищает?  
Какой академик изобрел противогаз?

# Где тонко... там не рвется

- Пористый оксид алюминия



## Микроструктура и состав ПМОА.

Состав:  $\approx \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

или  $[\text{Al}(\text{OH})_3]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Плотность:  $0,02 \div 0,04 \text{ Г/см}^3$

Удельная поверхность:  
 $\approx 300 - 800 \text{ м}^2/\text{Г}$

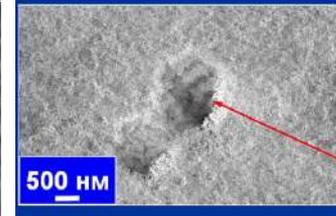
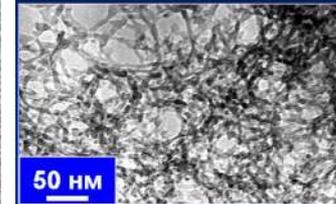
Структура: рентгеноаморфная

Микроструктура:

Фибриллы диаметром  $\sim 5 \text{ нм}$ .

Тип пористости:

микро-, мезо-, и макропоры и каналы, ориентированные в направлении роста

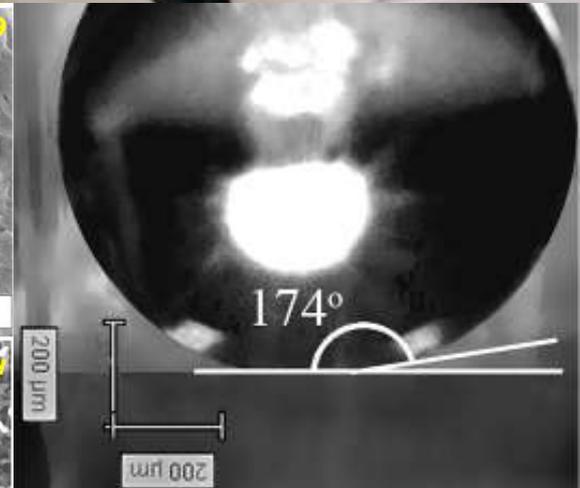
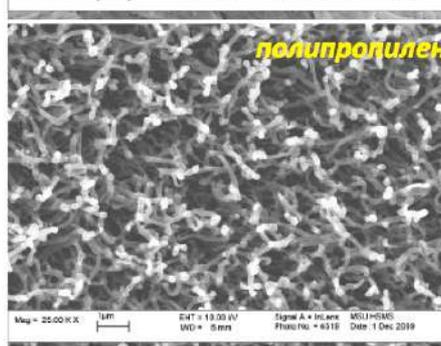
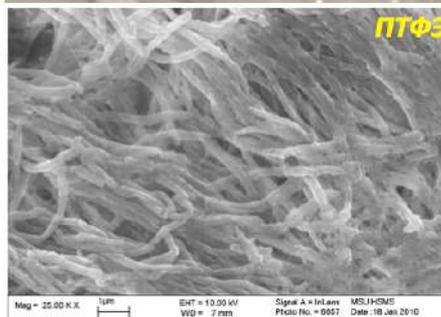
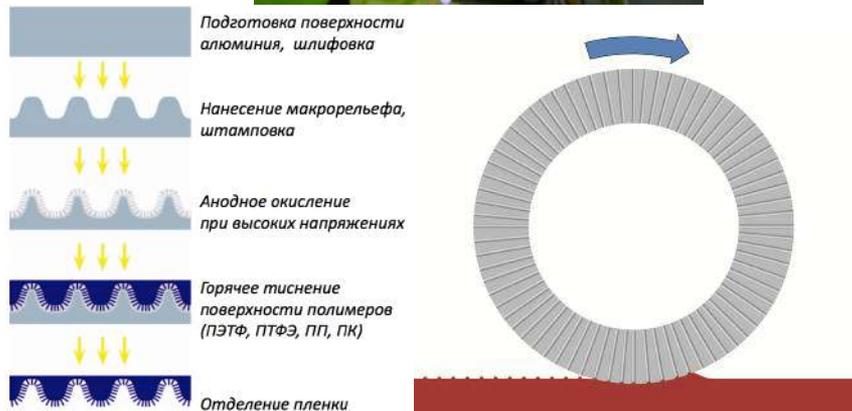
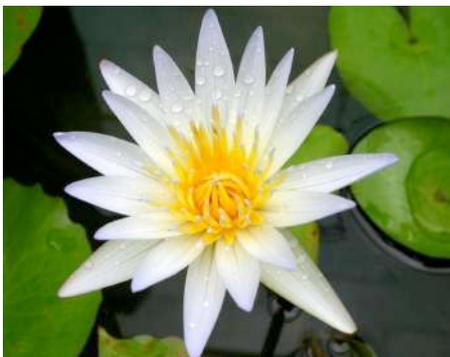


# Вопросы и сомнения...



Почему алюминий не “ржавеет”?  
В чем растворяется оксид алюминия?  
Для чего нужен пористый оксид алюминия?

# Эффект лотоса



# Вопросы и сомнения...

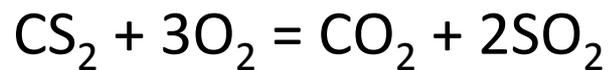


Что такое «эффект лотоса»?

Где применяется эффект лотоса (для чего нужен)?

Обладает ли эффектом лотоса тефлон?

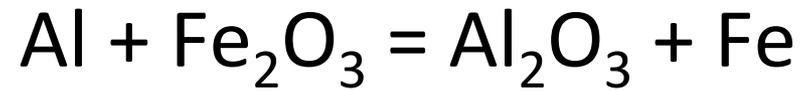
# Фараонова змея



Нитриды углерода: абразивы, электроника, носители катализаторов...

# Полезный фейерверк

- Алюмотермия

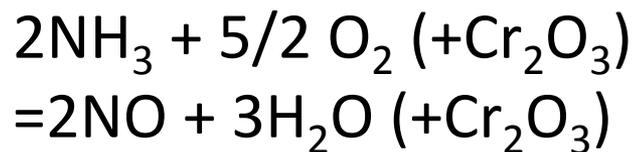


# Вулканчик и огненный дождь

- Вулканчик



Огненный дождь:



# Вопросы и сомнения...



Аморфный нитрид углерода и графен, что лучше?  
Что хорошего можно получить с использованием СВС?  
Что связывает оксид хрома (III) и обручальные кольца?  
Из чего состоит рубин?  
Зачем нужен оксид хрома (III) при окислении аммиака?



# Пожелания

- Нанохимичьте
- Не верьте сразу тому, что видите
- Думайте
- ...
- Думайте и заставляйте думать
- Делайте

<http://enanos.nanometer.ru>



НАНОТЕХНОЛОГИИ - ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ!