



# РИСКИ И ВОЗМОЖНОСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ.

Клуб инновационного развития РАН

Институт философии  
РАН

Профессор Малинецкий Г.Г.

E-mail: [gmalin@keldysh.ru](mailto:gmalin@keldysh.ru)

Тел: 250-79-16

Сайты: [www.keldysh.ru](http://www.keldysh.ru)

[www.smi-svoi.ru](http://www.smi-svoi.ru)

[nonlin.ru](http://nonlin.ru)

[spkurdyumov.narod.ru](http://spkurdyumov.narod.ru)

09.04.2009

# Нанотехнологическая программа России



Евгений Велихов

Цель России – занять к 2015 году 3% мирового рынка высокотехнологичной продукции  
За 8 лет будет потрачено 106,4 млрд. руб. бюджетных денег (20 млрд. в 2008 г.) и 300 млрд. должен дать частный бизнес.  
В 2007 г. «Роснано» получил 130 млрд. рублей

«Сегодня в сфере высоких технологий в нашей стране денег больше, чем идей» В.Зубков



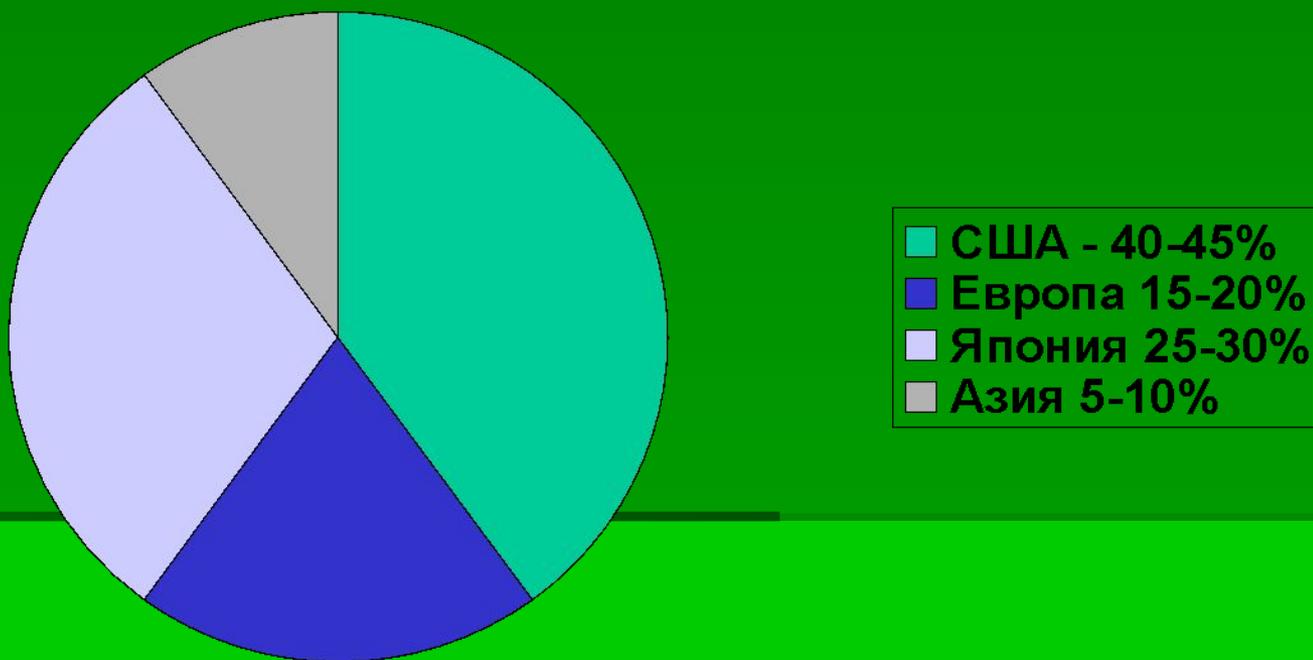
Михаил Ковальчук



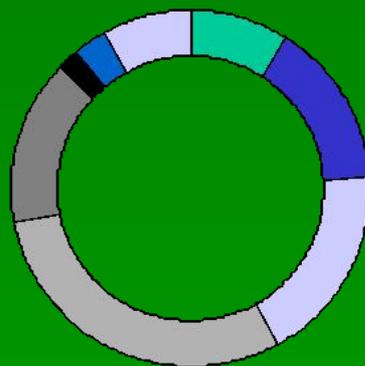
Анатолий Чубайс

# Где здесь место России?

Раздел рынка нанотехнологий

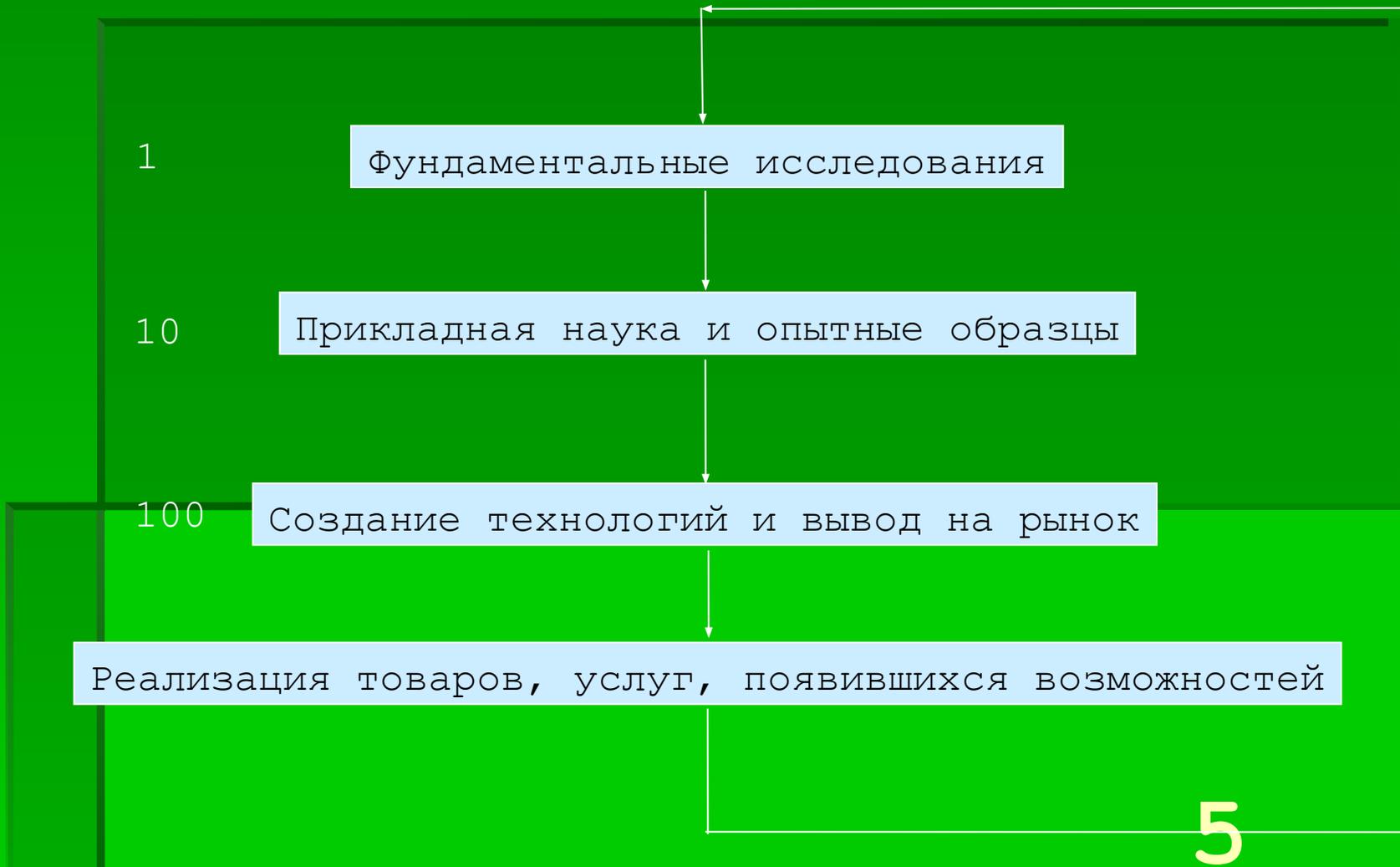


# Где здесь место России?



- Биотехнологии - 9%
- Устройства хранения данных - 15%
- Полупроводники - 18%
- Новые материалы - 30%
- Другое - 15%
- Оптика - 2%
- Электрохимия - 3%
- Полимеры - 8%

# Цикл воспроизводства инноваций



# Анализ стратегических рисков с позиции теории сложности



Н.Д. Кондратьев  
(4.03.1892-17.09.1938)

Уравнение А. Акаева:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} - \left[ \sigma_0 - \frac{4}{3} \kappa \lambda v^3 \left( \frac{dy}{dt} \right)^2 \right] \frac{dy}{dt} + \omega_0^2 \left[ 1 - \frac{s(1-s)}{\kappa} i \right] y = \varphi(t).$$

Институт сложности в Санта-Фе

Теория инновационного развития Брайана

Артура

Теория техноциноза Л.Г. Бадалян, В.Ф.

Криворотова

Структурно-демографические модели П.В.

Турчина

Большие волны

Смена технологических укладов

Шестой технологический уклад –

биотехнологии, проектирование

живого, высокие медицинские

технологии

# Кризисный оптимизм



**Рис. 3. Диффузия инноваций вдоль подъёмов циклов экономической активности Кондратьева**

# Технологические уклады



О. Тоффлер (1928)  
«Футурошок»



## VI технологический уклад

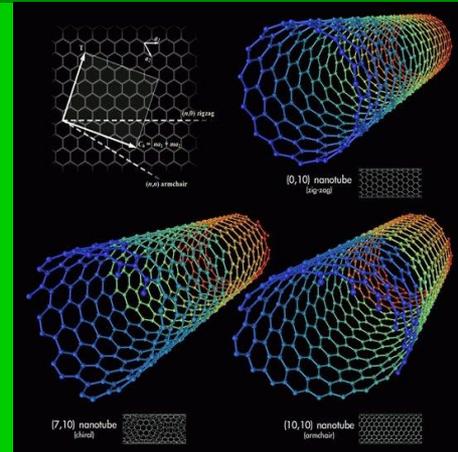
- Биотехнологии
- Нанотехнологии
- Вложения в человека
- Новое природопользование
- Новая медицина

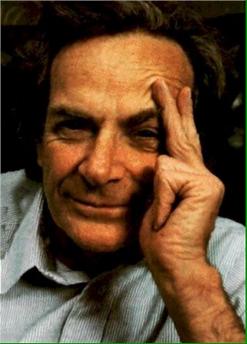
## V технологический уклад

- Компьютеры
- Малотоннажная химия
- Телекоммуникации
- Электроника
- Интернет

## IV технологический уклад

- Массовое производство
  - Автомобили
  - Самолеты
- Тяжелое машиностроение
  - Большая химия

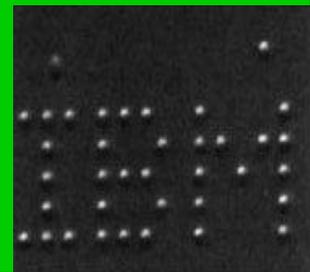
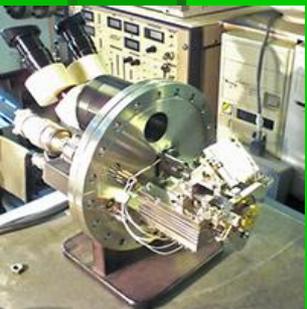


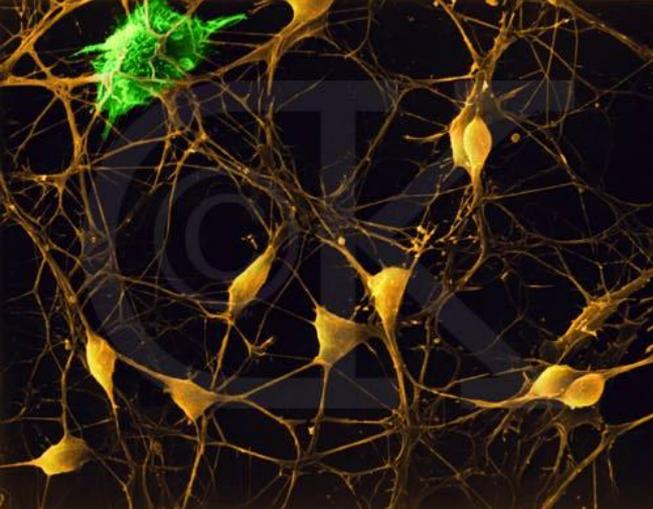


# Основная идея нанотехнологий

Ричард  
Фейнман

- Р.Фейнман : «Внизу полным-полно места». Лекция в Калтехе, канун 1960г.
- Р. Фейнман предлагал идти «сверху ВНИЗ»
- Туннельный микроскоп сделал эту надежду реальностью.

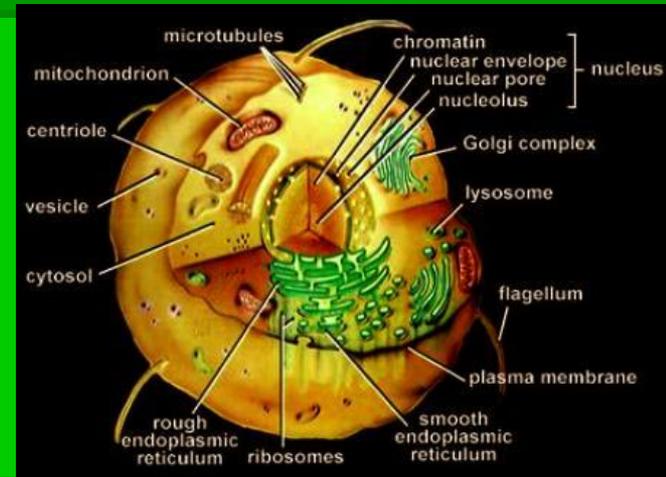
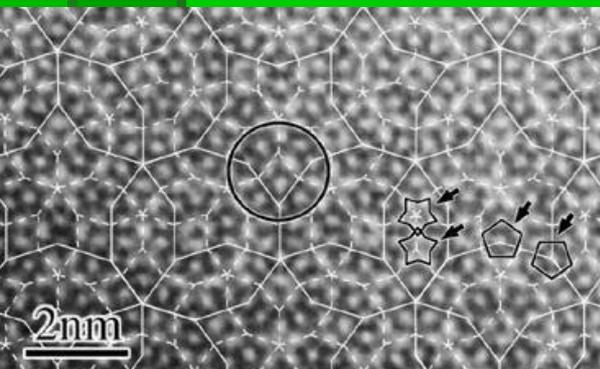




# Шкала масштабов

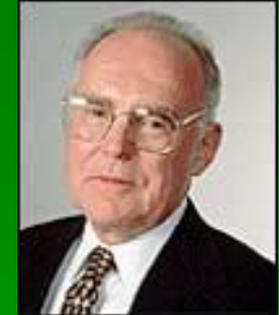
1 нм =  $10^{-9}$  м  
 1 мкм =  $10^{-6}$  м

Атомное ядро	1-7 ф м
Атом кремния (в кристаллической решетке)	0,24 нм
Молекула воды	0,37 нм
Углеродная нанотрубка	0,7 – 3 нм
ДНК	2 нм
Транзистор	100 нм
Клетка	2 – 20 мкм
Волос	5 – 100 мкм





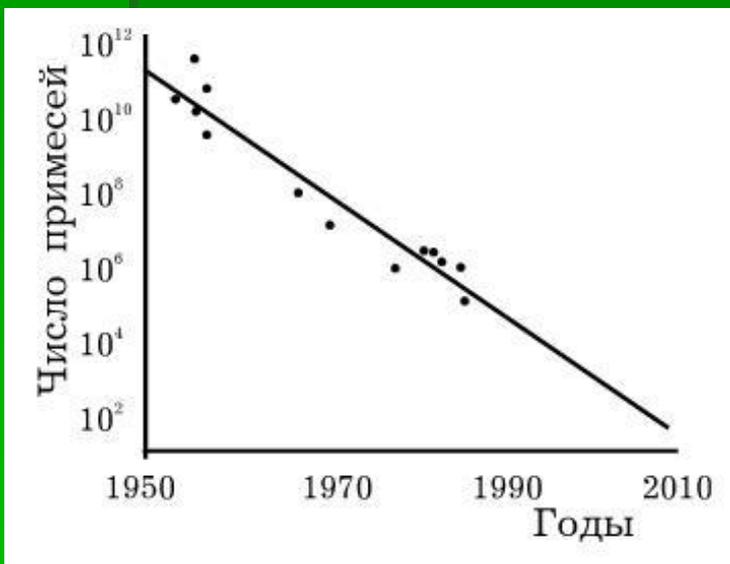
# Пределы роста



Gordon Moore  
Intel co-founder

BlueGene/L

- 32768 процессоров
- $R_{\text{peak}} = 91750 \text{ GFlops}$
- $R_{\text{max}} = 70720 \text{ GFlops}$



Число электронов для хранения 1 бита

- Задачи экспоненциальной сложности.
- 30 нм – технологический предел размера элемента чипа (7–8 лет).
- Оценка числа примесей в основаниях транзисторов.
- Мы не умеем решать задач, которые успешно решаются системами обработки информации в клетках.



Время поиска новой парадигмы  
вычислений

11

# Синергетика – теория самоорганизации



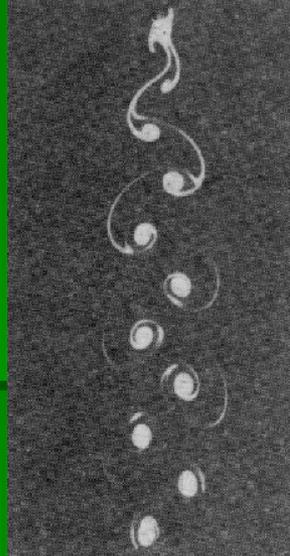
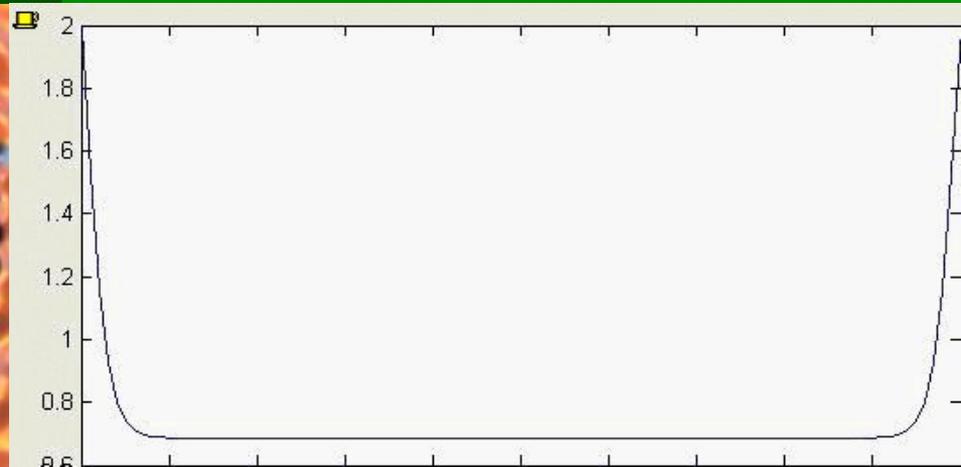
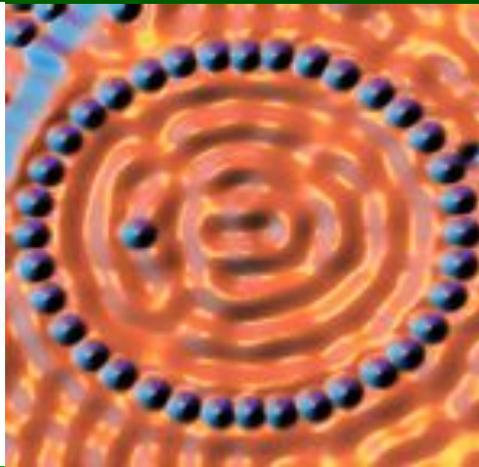
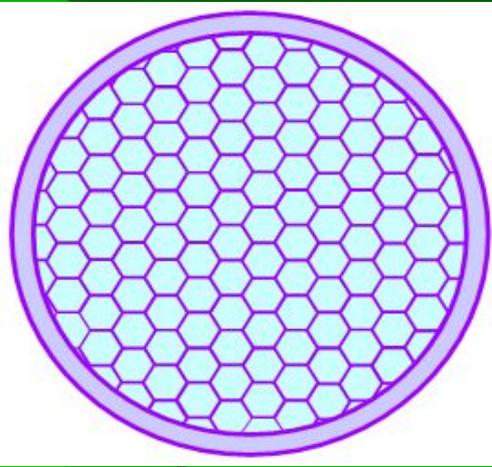
И. Р. Пригожин  
Нобелевская  
премия  
1977 года



М. Эйген  
Нобелевская  
премия  
1967 года

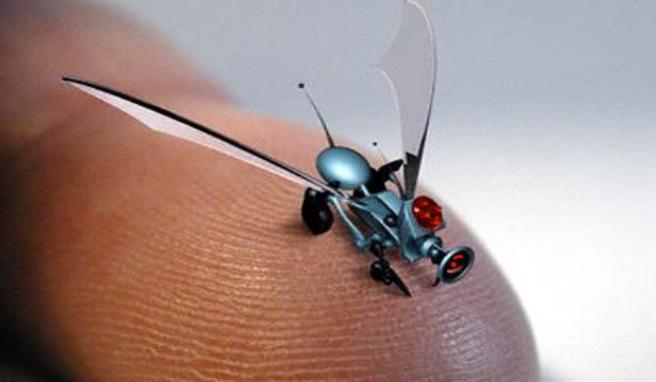
- Парадигмы синергетики
  - Диссипативные структуры
  - Динамический хаос.
  - Сложность

Главная современная проблема – выяснение законов самоорганизации на наномасштабах



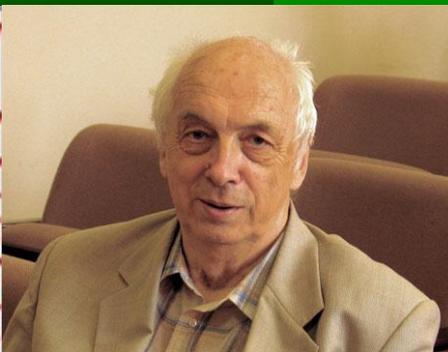
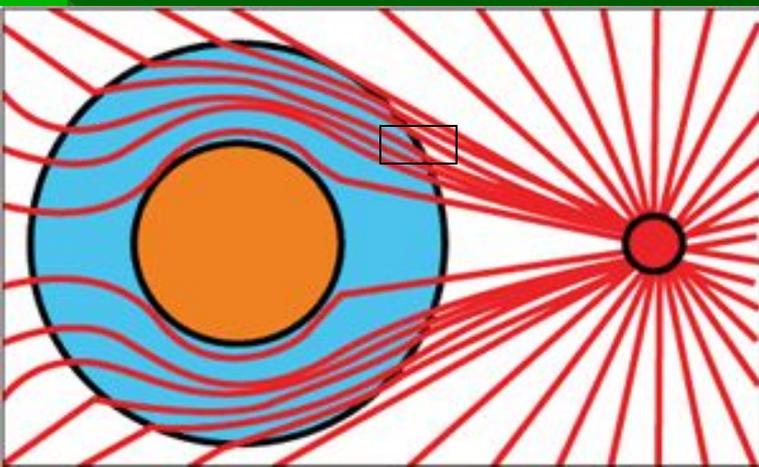
# Главная надежда нанотехнологий

- Выращивать наноструктуры, наноматериалы, нанообъекты «снизу вверх».
- Первый ключ к нанотехнологиям:
  - самоорганизация
  - самоформирование
  - самосборка
- Второй ключ – междисциплинарность
- Третий ключ - активный мониторинг и сопровождение



# Принципиальная роль междисциплинарности

- «Эльфийский плащ».
- Линза Веселаго-Пендри.
- Проблема коллективных действий роботов



В.Г.Веселаго

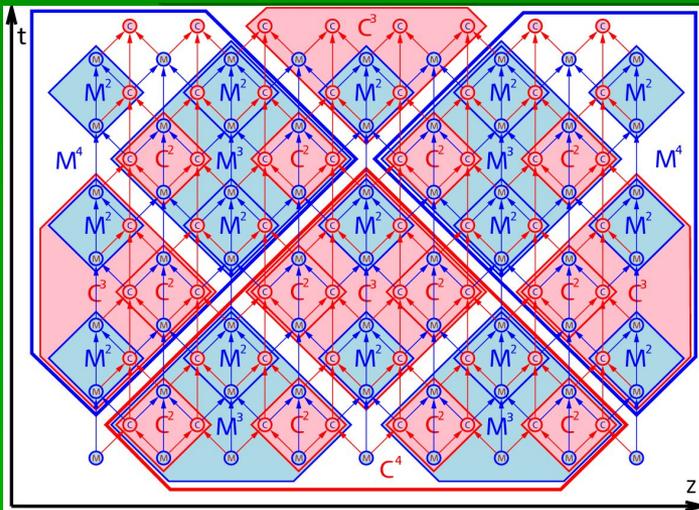


Сверхзвуковой бомбардировщик В-2

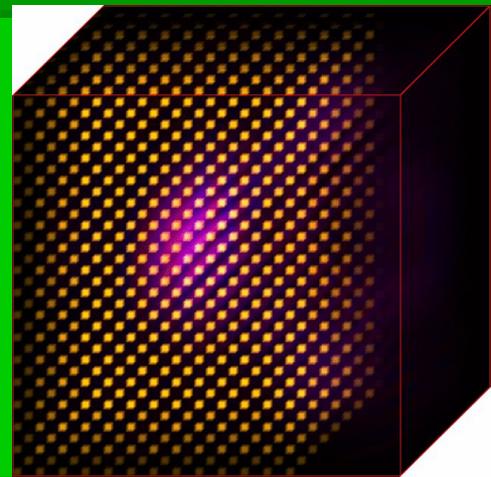
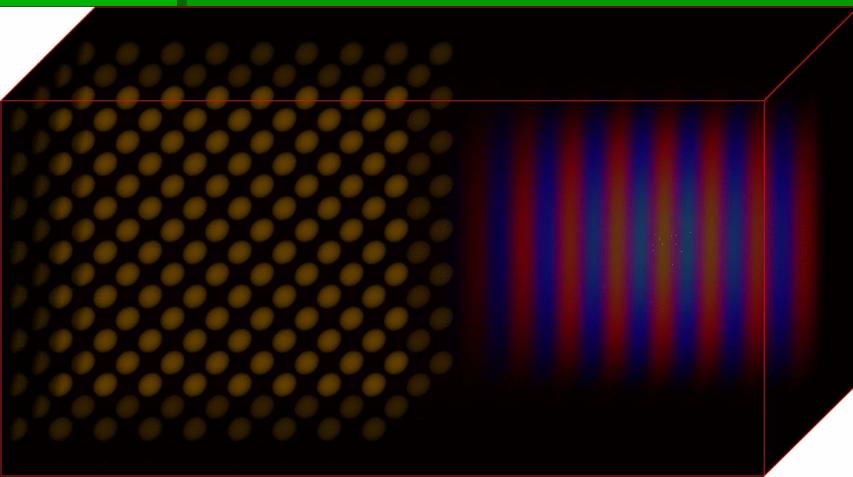
# Расчет прохождения света через фотонный кристалл



Схема В.Д.Левченко



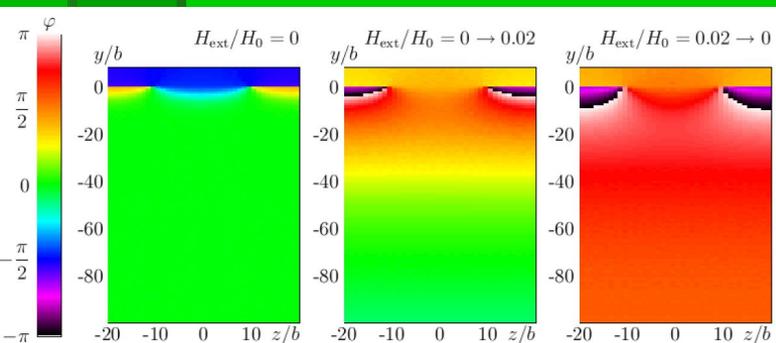
Проблема состоит в том, что размер неоднородностей, необходимых для «эльфийского плаща» или управления излучением должен быть сравним с длиной волны.



# Основные направления работ по нанотехнологиям в ИПМ РАН



- Вычислительная нанофизика
- Моделирование
  - нанооптика;
  - магнитные наноструктуры;
  - наноструктурирование поверхностей;
  - плазменные источники излучения для наноэлектроники;
  - спинтроника;
- Супервычисления для технологического расчета наноструктур



Научный семинар «Математическое моделирование нанопроцессов и нанотехнологии»  
(руководитель чл.-корр. РАН Ю.П.Попов)

# Междисциплинарность – от сложного к простому (мозг -> клетка -> структуры)

NanoBioInfoCognito – США, 3

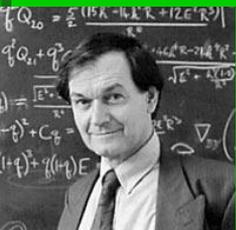
конференции в год



Дж. фон Нейман –  
самовоспроизводящиеся  
автоматы.



А. Тьюринг. Вычислительная сложность.

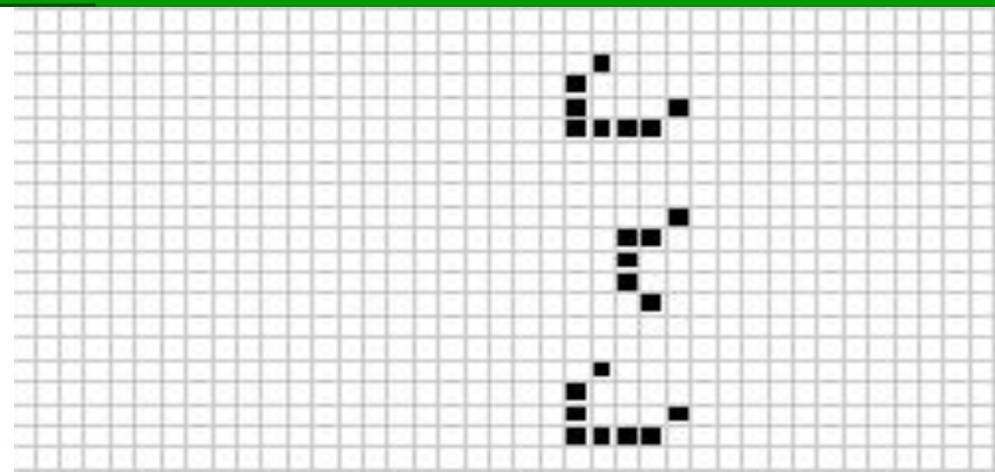
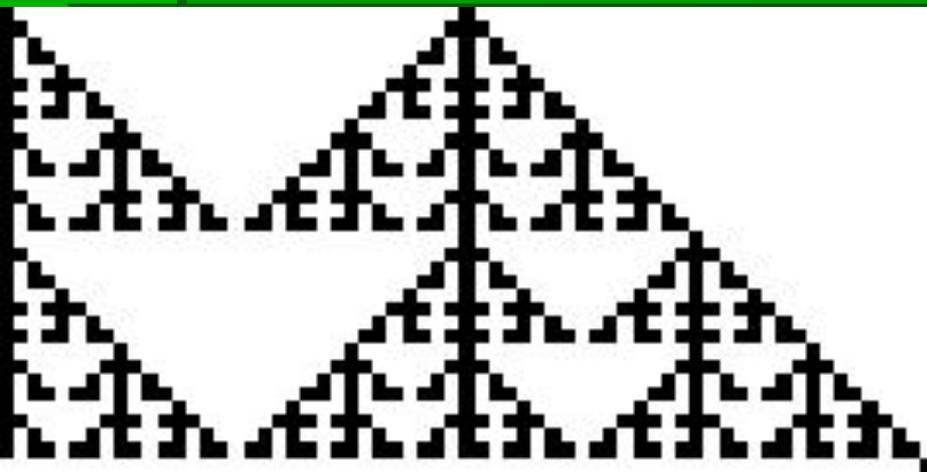
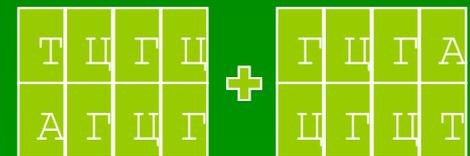
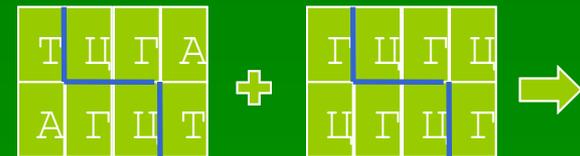


Р. Пенроуз. Тени разума.

# Биовычисления, нейронаука

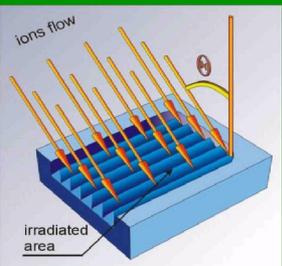


- Многоагентные системы
- ДНК-вычисления
- Нейронные сети
- Генетические алгоритмы
- Клеточные автоматы
- Иммунные сети



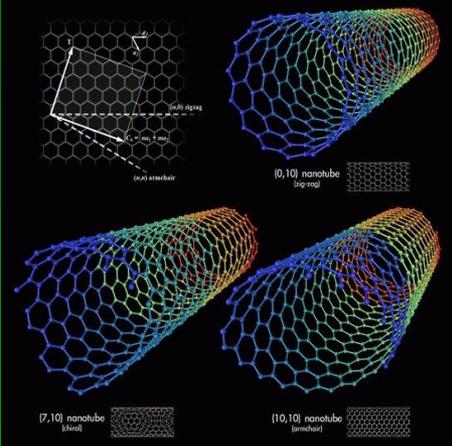


Пример: прототипы для промышленного внедрения, созданные в ЯрГУ им П.Г.Демидова



1. Полевой транзистор с поперечным легированием канала
2. Сверхтонкие палладиевые мембраны с поддерживающей системой для водородной энергетики
3. Кремниевые фотоэлементы (солнечные батареи)
4. Наноструктурированные стекла (медицина)
5. Решетчатый поляризатор ( $D < 25$  нм)
6. Защита драгоценных камней маркерами  $1\text{мкм} \times 1\text{мкм}$

# Нанотрубки

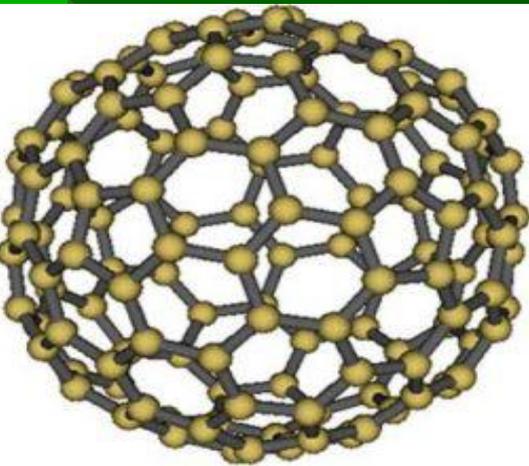


## Возможности

- В 100 раз прочнее стали и в 6 раз легче её
- Броня, бронежилеты, системы защиты
- Космический лифт: 36 000 км геостационарная орбита, канат - 100 000 км.

## Риски

- Утилизация «абсолютных» материалов
- Загрязнение ближнего космоса
- Новый виток гонки вооружений
- Формирование нового технологического уклада нанонеравенства



Фуллерен

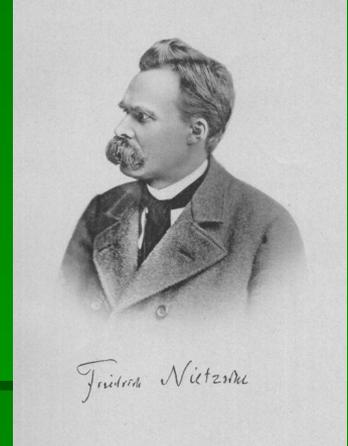
С



2



# Модификация человека

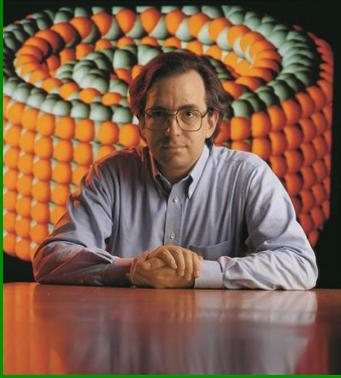


## Риски

- новое неравенство (короткоживущие против долгоживущих – И.Ефремов)
- проклятие вечности – людей нечем занять (гражданин России 3ч 40 мин у телевизора ежедневно)
- распад человечества на несколько рас (Стругацкие «Волны гасят ветер»)
- неясная взаимосвязь различных способностей человека (проклятие Люцифера)

## Возможности

- продление жизни 1844 – 1900 (120–150 лет)
- радикальное продление жизни (300–500 лет)
- нанороботы, чистящие кровеносную систему
- респироциты, переносящие в 20 раз больше кислорода
- укрепление костей и зубов с помощью алмазов
- индивидуальные лекарства
- изменение механизма биосинтеза
- наделение сверхспособностями
- новые органы чувств



# Революция в военном деле

- Прогноз Дрекслера: машины уничтожения
- Наноассемблеры – путь к принципиально новым системам вооружений
- Системы искусственного интеллекта, угроза появления «серой слизи»
- Микробиологические войны
- Сценарий Джеремиа 1995 г.
- Микродатчики, имплантируемые в организм структуры, роботы – андройды



# Революция в военном деле

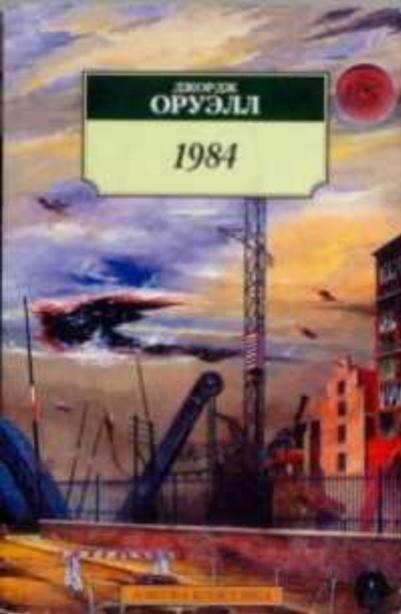
- Прогноз Л.Хэмли: мокрые и сухие нанотехнологии – военное применение через 20 лет
- Биологическое оружие триггерного действия
- Проект «наблюдающей пыли»
- Боевые насекомые
- Прогноз Б.Джоя – 2000 г. «Почему будущее не нуждается в нас?»
- Генетика + нанотехнологии + робототехника (JNR)
- Вероятность выживания человечества - 30%



# Революция в военном деле

- Прогноз С. Мецца – 2000 г.: микросистемные технологии + нанотехнологии (МЦТ)
  - Создание клопов-роботов
  - Создание наноспутников и наступление эпохи сетевых войн
  - «Битвы огненных муравьев»

Боевые животные после имплантации в их организмы датчиков и управляющих систем



# Системы тотального контроля и наблюдения

## Возможности

- Контроль за инфраструктурой (мониторинг целостности)
- Контроль за передвижениями
- Контроль за состоянием организма
- Контроль за психикой и сознанием
- Контроль общества в целом
- Радикальное повышение безопасности
- Многократное повышение наблюдаемости и управляемости социальных процессов

## Риски

- Злоупотребление информацией
- Манипулирование обществом в личных целях
- Новые виды преступлений
- Деградация социальных структур
- Сверхзависимость от программных средств. Возможность перехода от сообщества людей к сообществу программ (С.З. Любимский)
- Оруэлл «1984»
- «Война – это мир, свобода – это рабство, незнание – сила»
- Замятин «Мы»



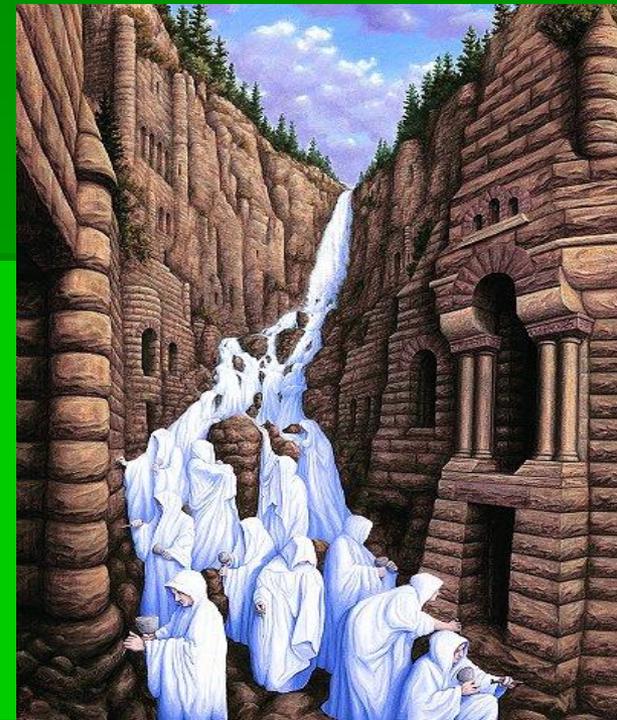
# Двухнедельная технологическая революция

- Принципиально новые устройства могут быть созданы в маленькой лаборатории. Стоимость новых форм живого – 200 тыс. \$
- Возможность редактировать геном (евгеника)
- Наноассемблеры позволяют производить все желательные вещества очень быстро
- Плотность записи информации  $10^{15}$  /  $\text{см}^2$  (сейчас  $10^8/\text{см}^2$ )
- Принципиально новые растения, животные, другие формы жизни (Пущинский центр – суперсосна)
- Универсальные анализаторы. Постоянный мониторинг состояния организма
- Распад цивилизаций (все можно произвести на месте)



# Наномечты

- Мобильные нанороботы
- Универсальные молекулярные ассемблеры
- Самовоспроизводящиеся структуры
- Модификация биохимии
- Искусственные органы
- Предотвращение старения
- Компьютерное бессмертие
- Имплантация в мозг
- Работа в космосе



# Главная опасность для России и человечества

- Вывод гонки вооружений на наноуровень. (Договоры о запрещении нановооружений нужно начинать сейчас).
- Биороботы в оборонной сфере представляются сейчас более значимыми, чем ядерный или космический проект.



«Философы лишь различным образом объясняли мир,  
а дело заключается в том, чтобы изменить его» К. Маркс, 19в.  
... чтобы сохранить его, 21 в.