

КВАНТОВЫЕ ЗАКОНЫ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

**ЛЕТНЯЯ ШКОЛА УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ,
Усть-Лабинск, 03.07. 2026**



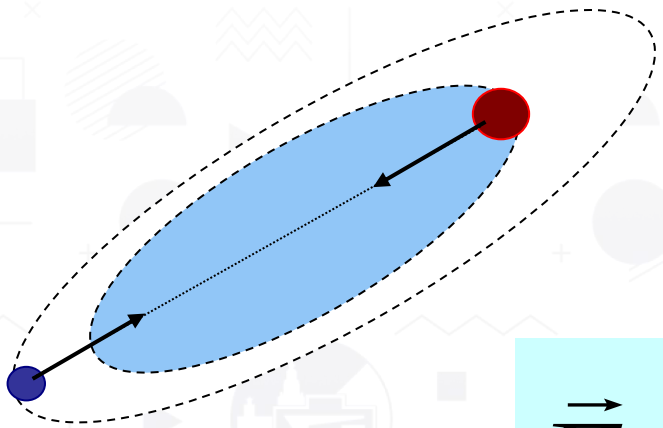
Физический факультет Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова

Самое интересное в квантовой теории – то, что можно с огромной точностью рассчитать характеристики процессов, которые ты не в состоянии себе вообразить.

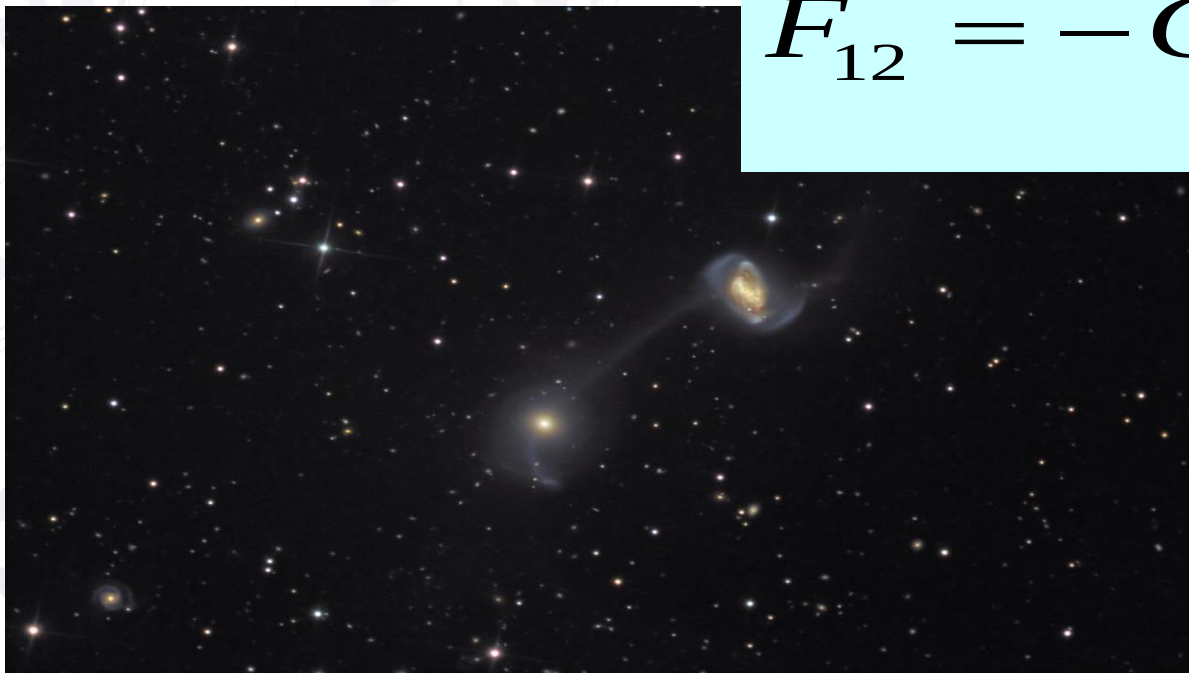
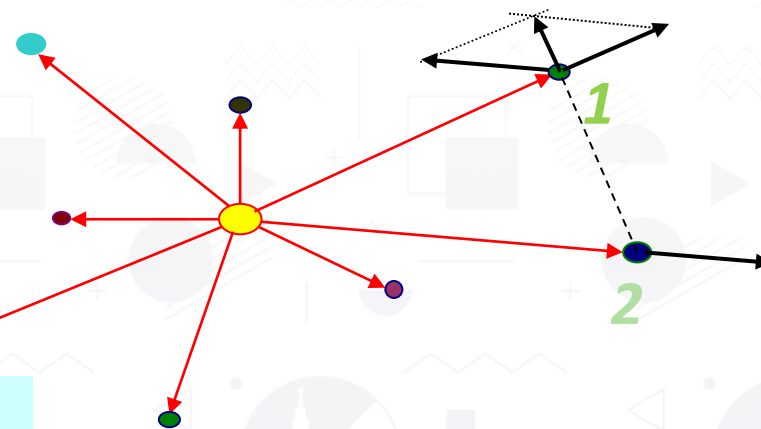
Ричард Фейнман



Классическая физика: ЧАСТИЦЫ



$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^3} \vec{r}$$



Классическая физика: ВОЛНЫ

амплитуда

фаза

$$u(t, x) = u_m \cos(\omega t - kx)$$

$$\frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{2\pi}{\lambda}$$

$$c = \lambda \cdot \nu$$



МАСШТАБЫ ЭНЕРГИЙ И РАССТОЯНИЙ В МИКРОМИРЕ

Характерные
величины

энергия

1 эВ (электронвольт):

Это энергия, которую
приобретает электрон, пройдя
между точками с разностью
потенциалов в 1 В.

расстояние

1 нм (нанометр):

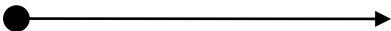
$1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$
(миллиардная доля метра)

$$h \approx 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

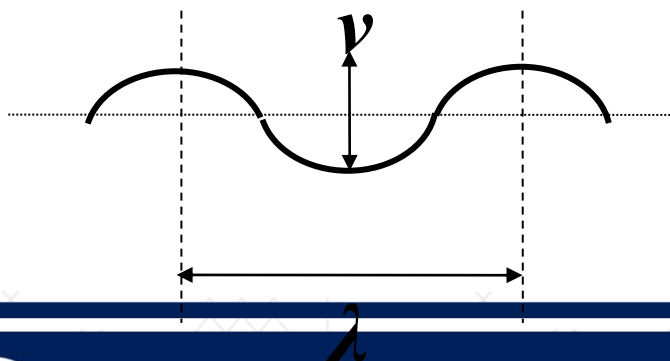


МИР
КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

частицы

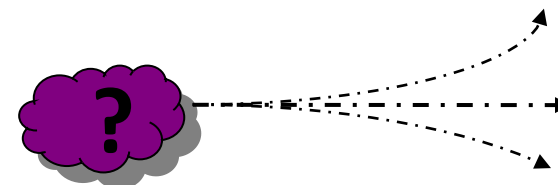
$$\vec{p} = m \cdot \vec{V}, E$$


волны



МИР
КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

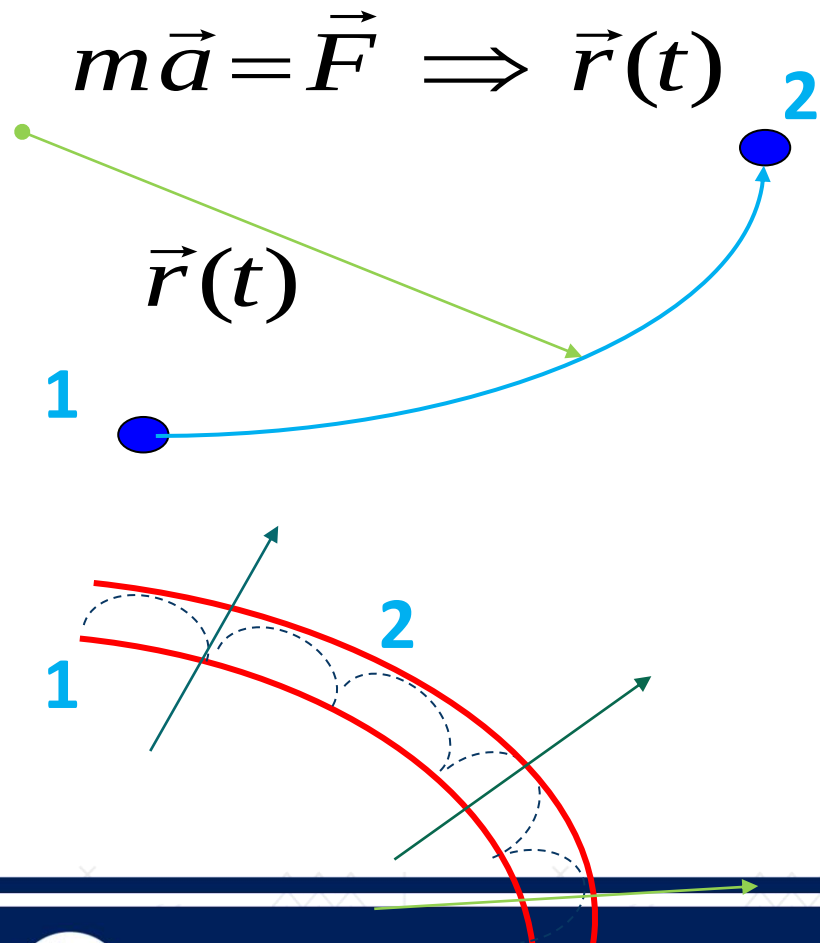
«микрообъекты»



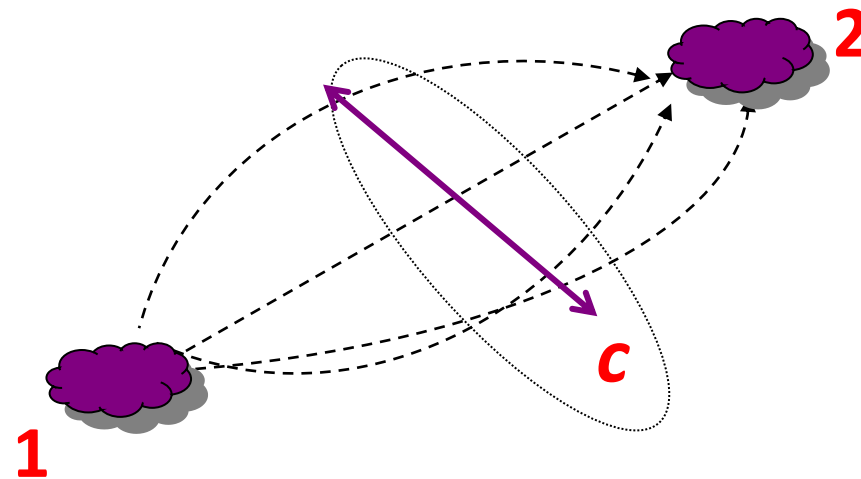
$$|\vec{p}| = \frac{h}{\lambda}, E = h\nu$$



МИР КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ



МИР КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ



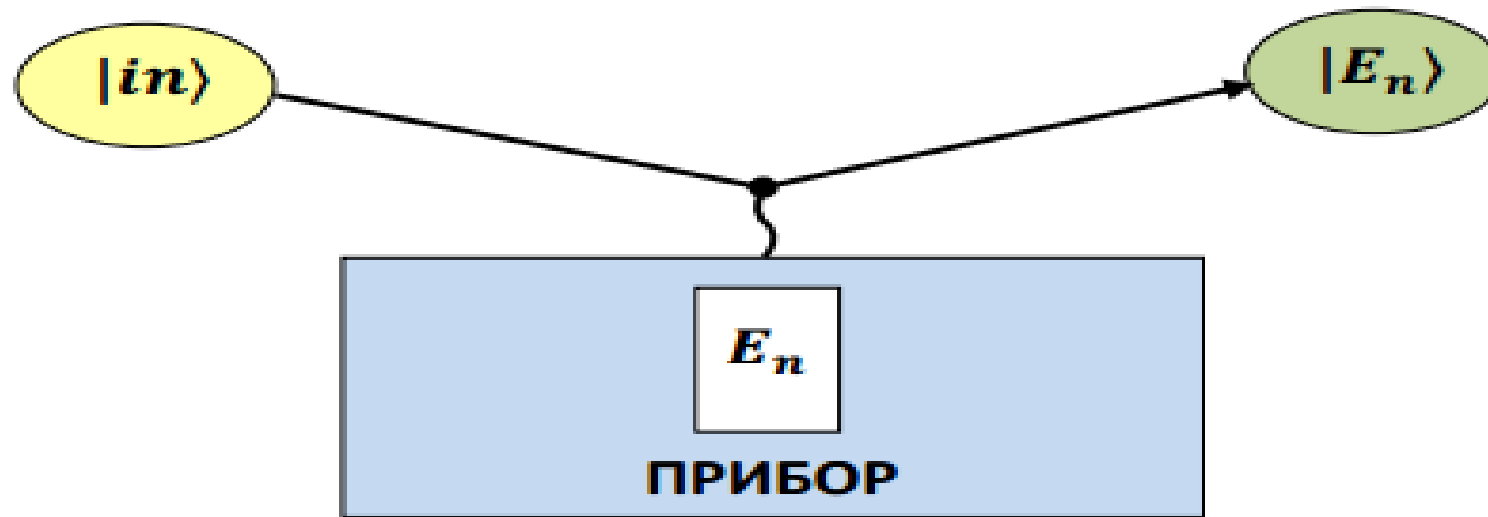
$$W(1 \rightarrow 2) = \sum_c W(1 \rightarrow c \rightarrow 2)$$



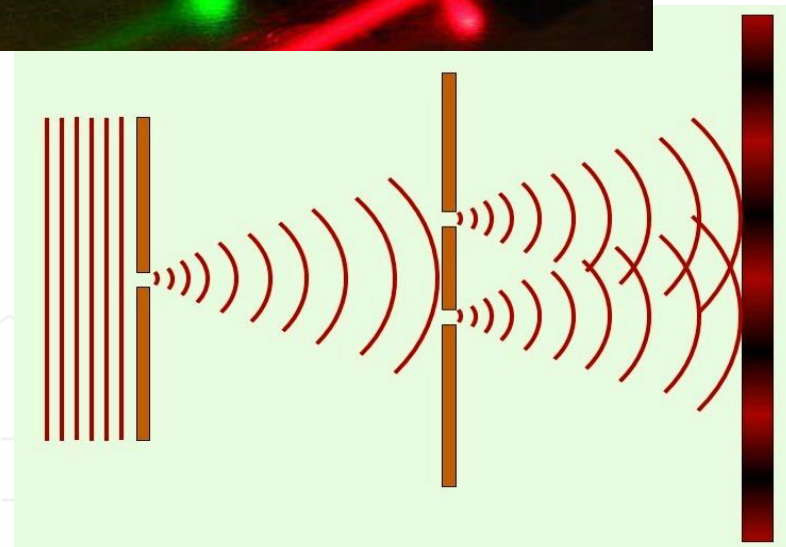
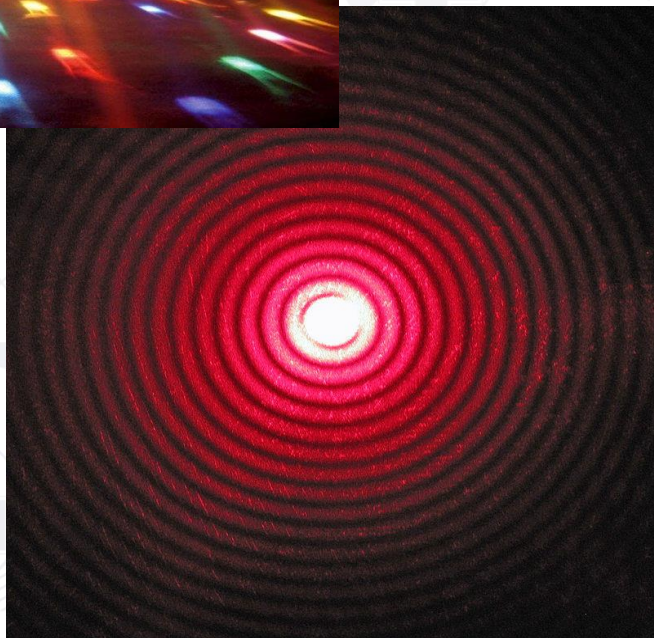
**«... И о Вашем коте, герр Шредингер: у нас
есть хорошая новость и плохая новость.»**



Измерение в микромире – это процесс взаимодействия макроскопического прибора с микрообъектом, находящимся в некотором состоянии $|in\rangle$, в результате которого прибор сообщает число E_n , принадлежащее спектру измеряемой величины, а микрообъект переходит в состояние $|E_n\rangle$ с определенным значением измеряемой величины. При этом начальное состояние микрообъекта определяет однозначно набор вероятностей w_n , с которыми может быть получено каждое из возможных значений E_n .

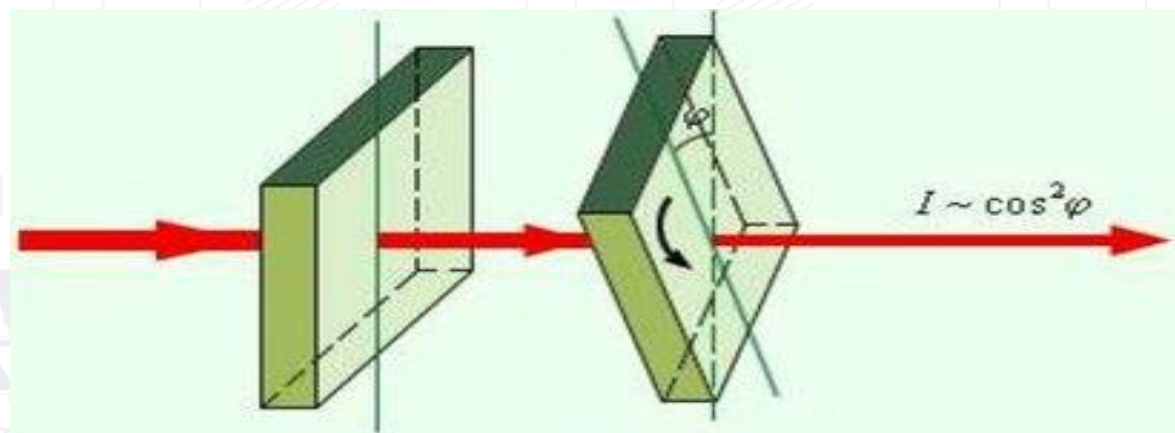
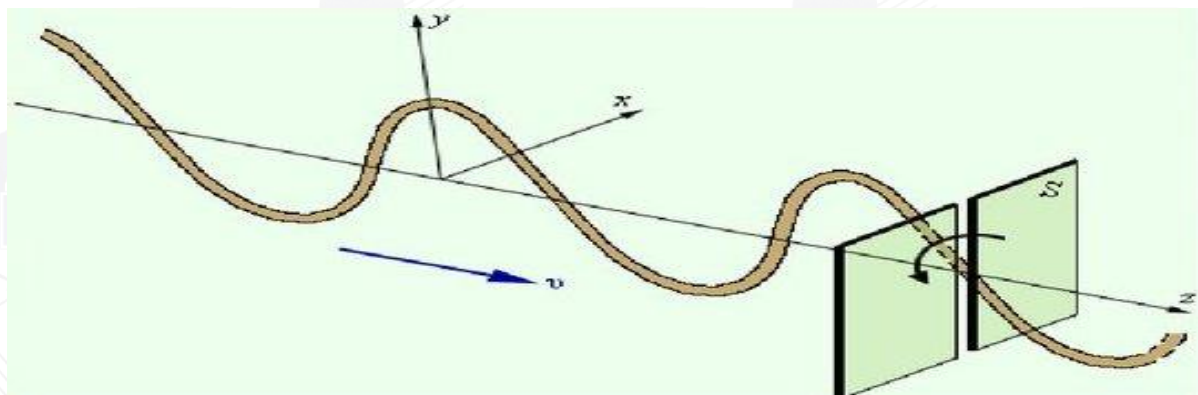


СВЕТ: ОТ ЛУЧЕЙ ДО КВАНТОВ



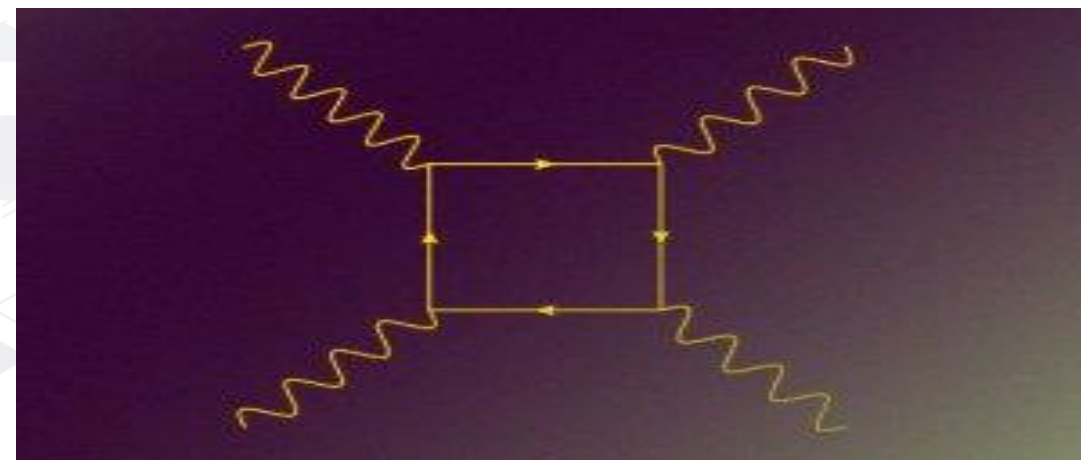
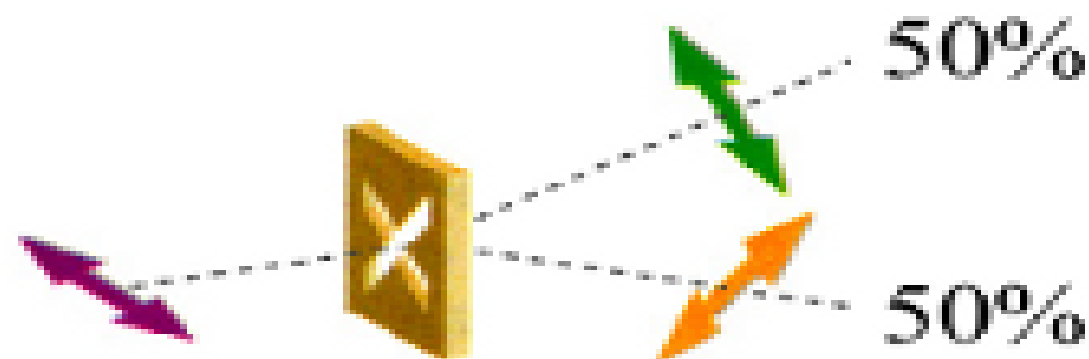
МИР
КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

поляризация волны



МИР
КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

поляризация фотона



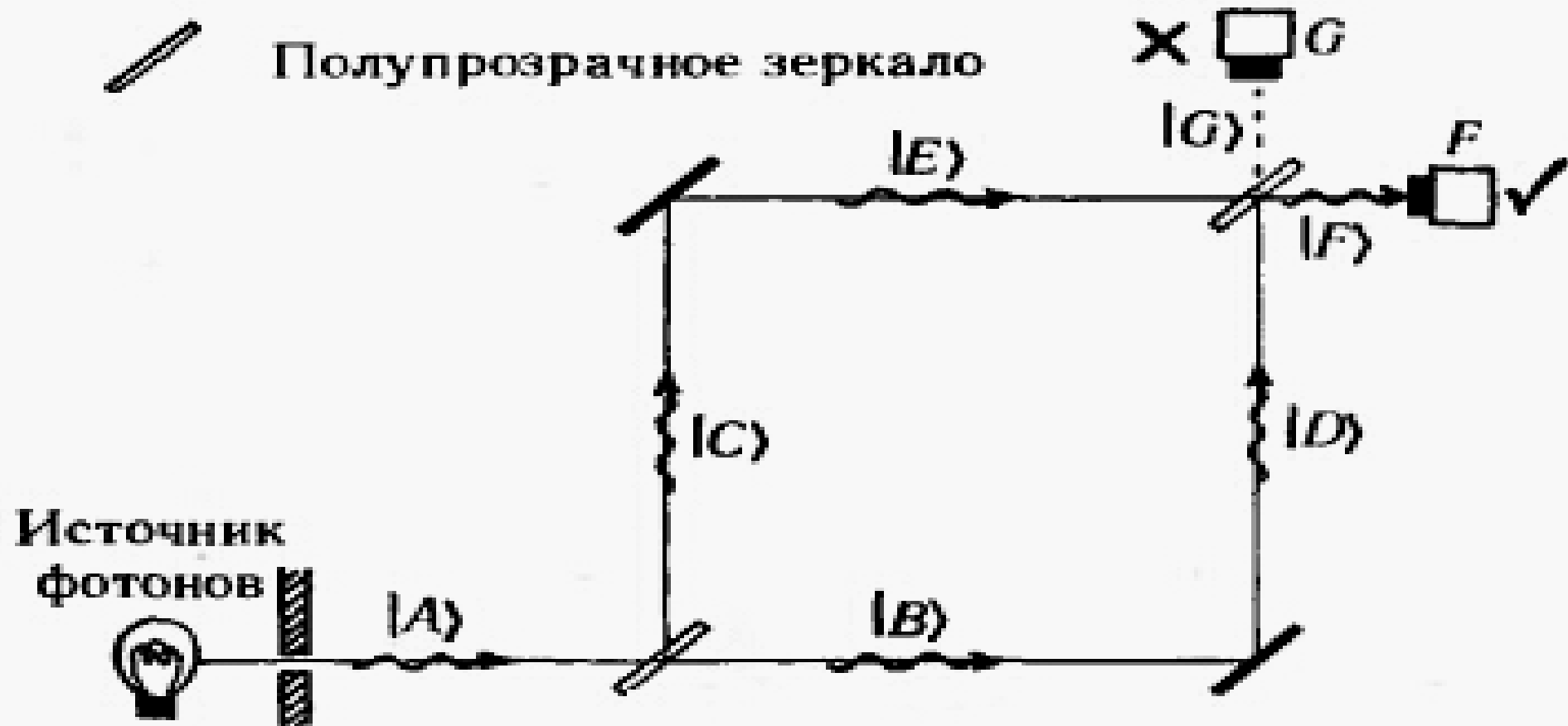
«Бомба Пенроуза»



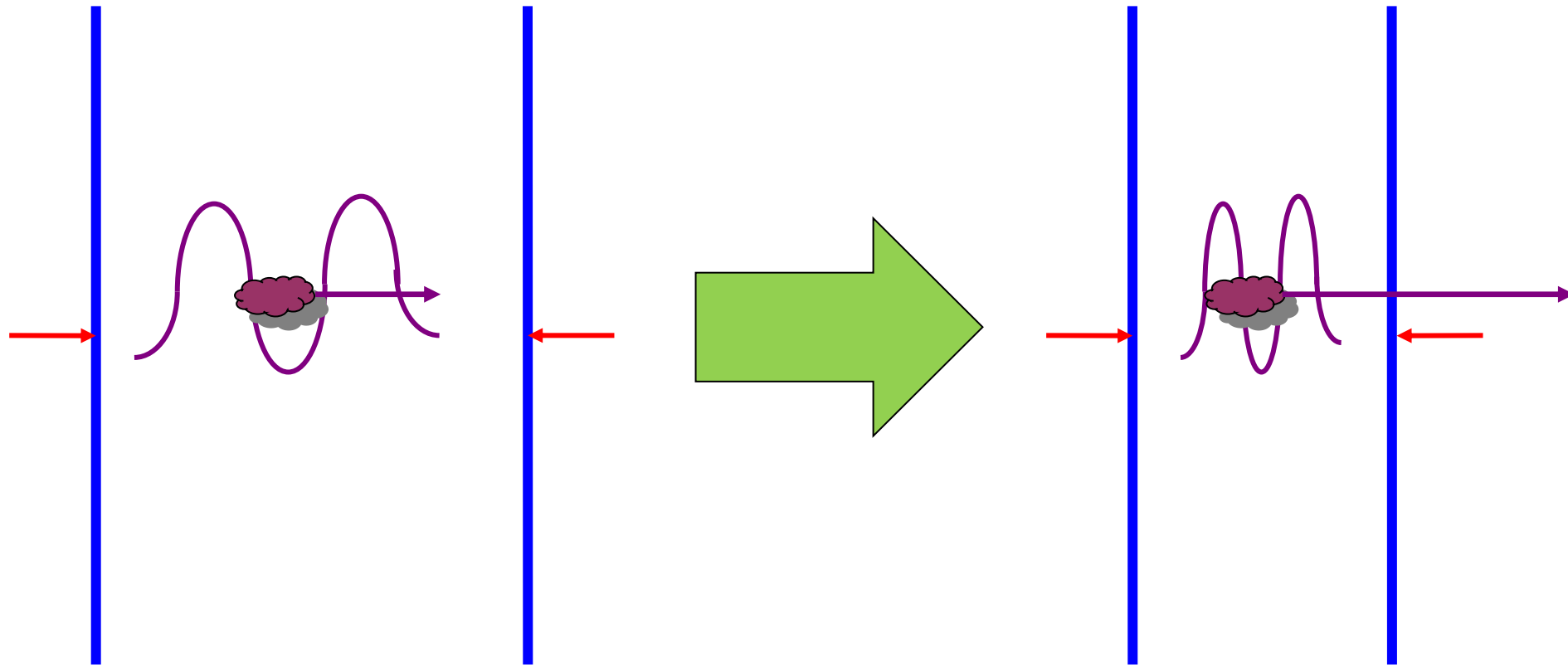
Непрозрачное зеркало



Полупрозрачное зеркало



ПОПЫТКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТЫ МИКРООБЪЕКТА: «СЖАТИЕ ВОЛНЫ»



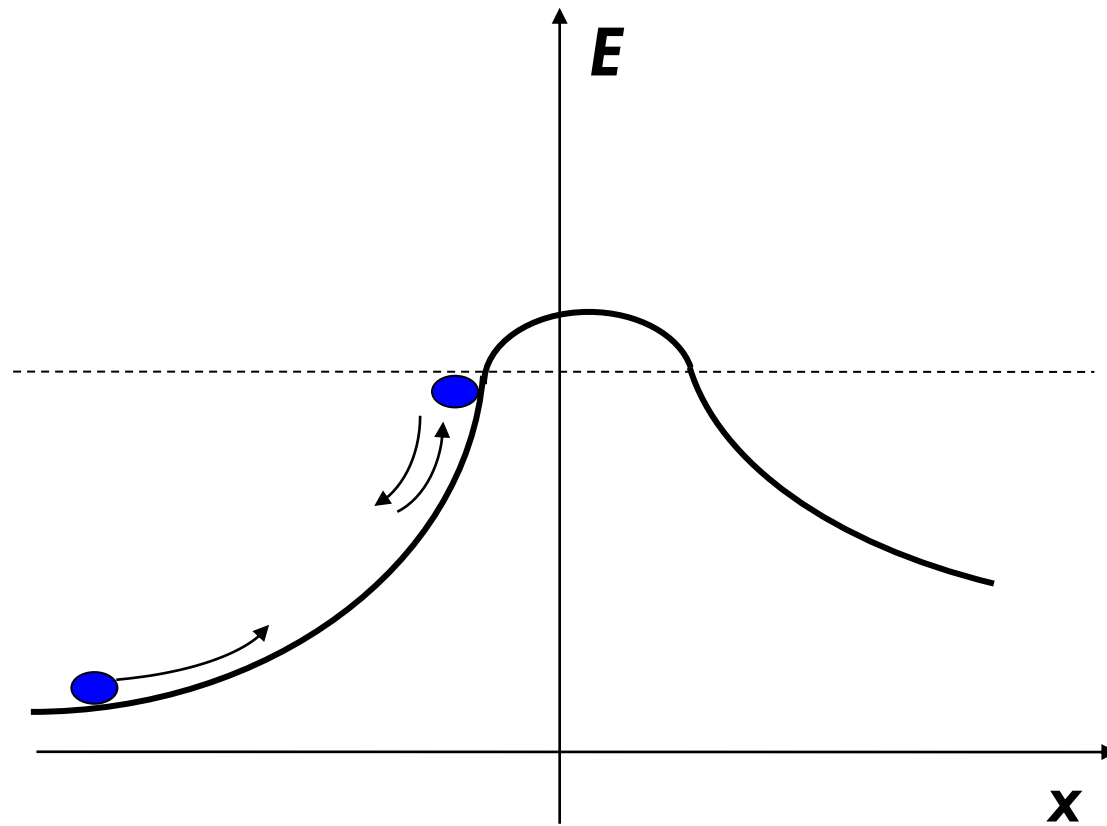
неопределенности
значений
координаты и **импульса**

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h / 4\pi$$



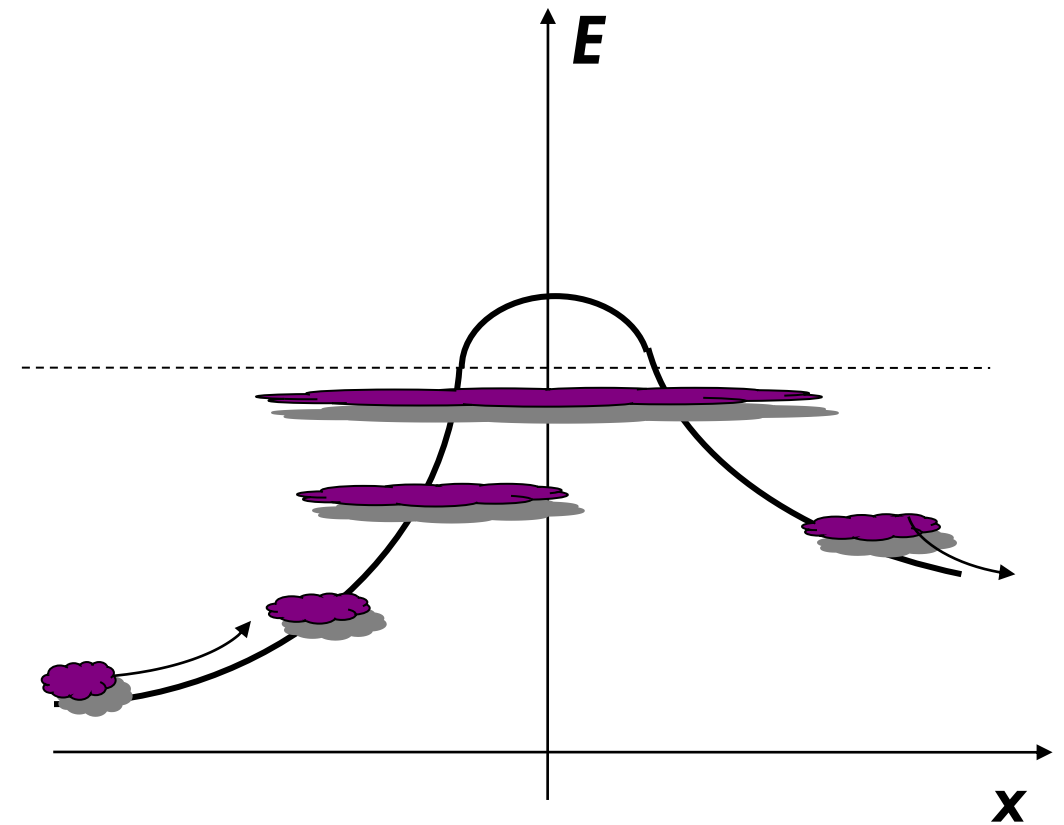
МИР
КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

отражение

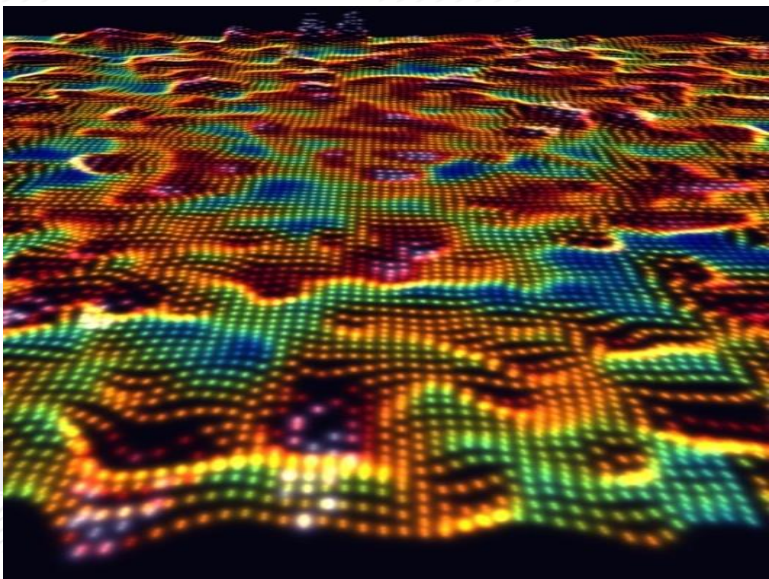
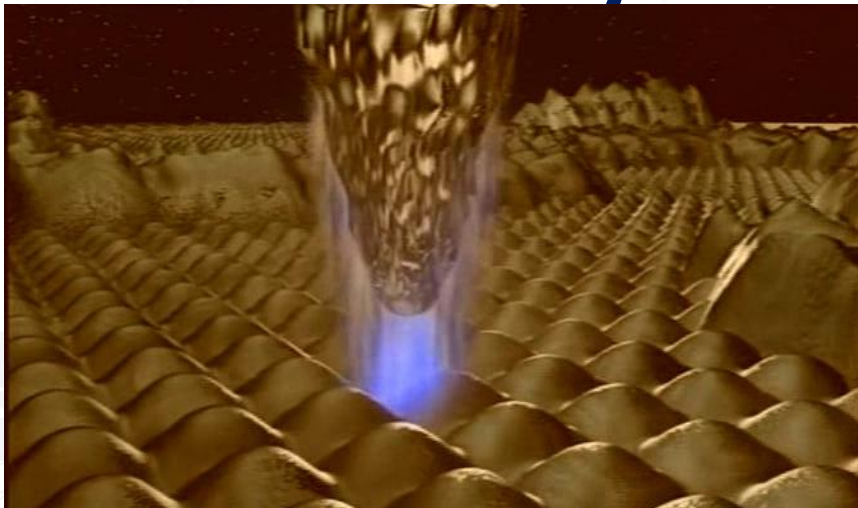


МИР
КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

туннельный эффект



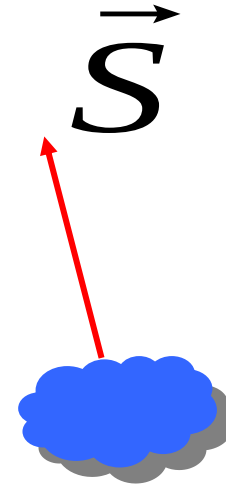
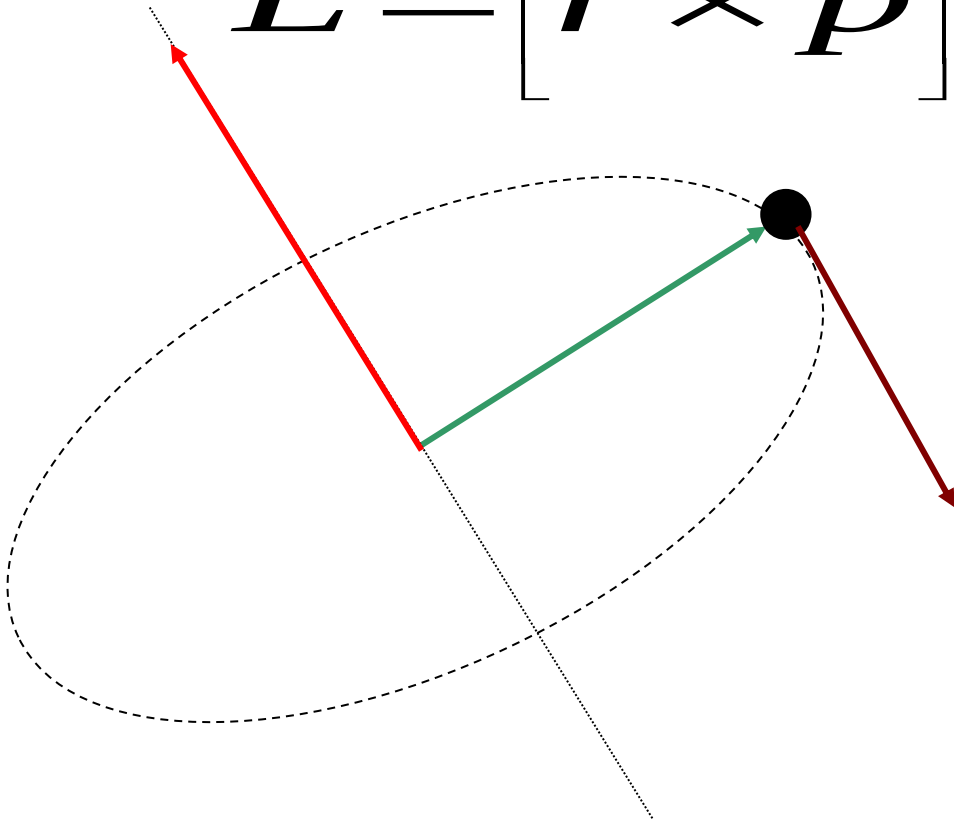
Туннельный микроскоп





**«СПИН» $\equiv$
«собственный» момент количества движения квантовой
частицы**

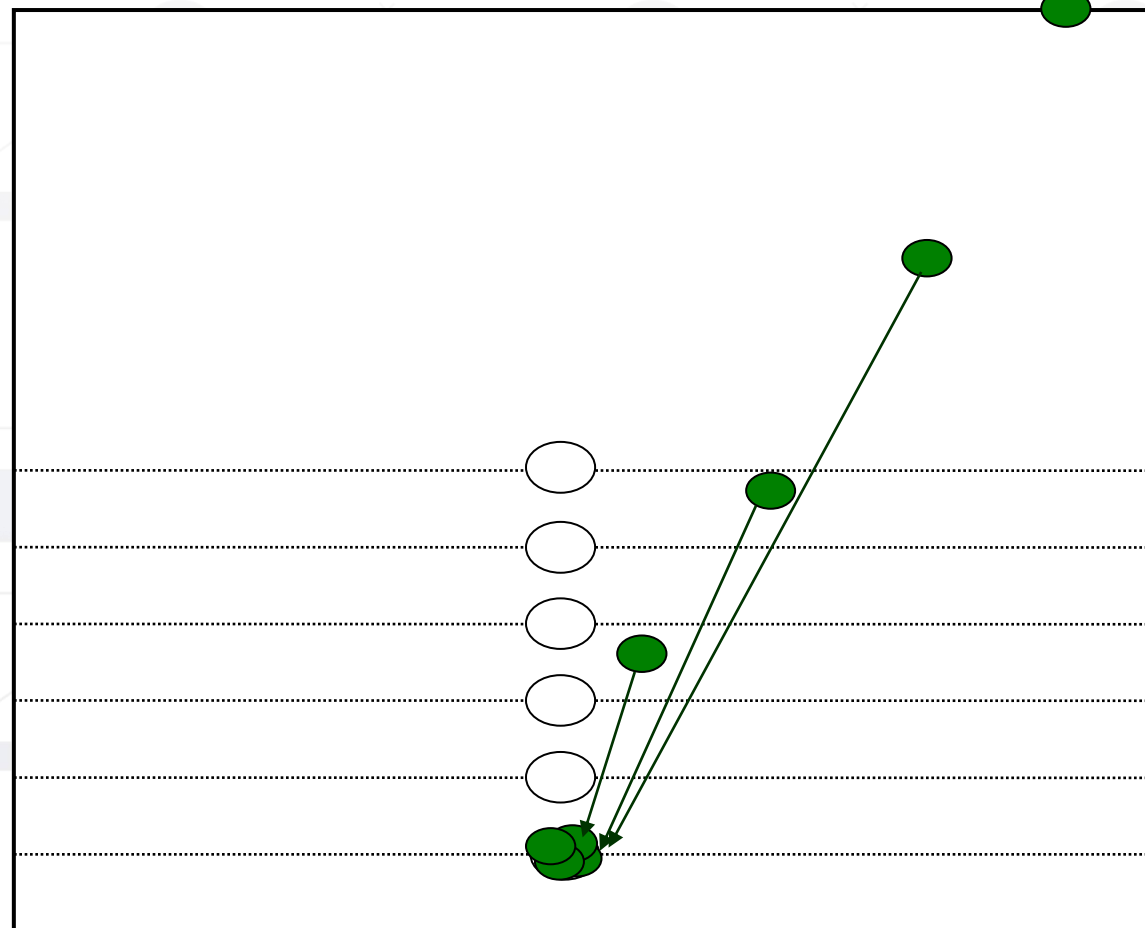
$$\vec{L} = [\vec{r} \times \vec{p}]$$



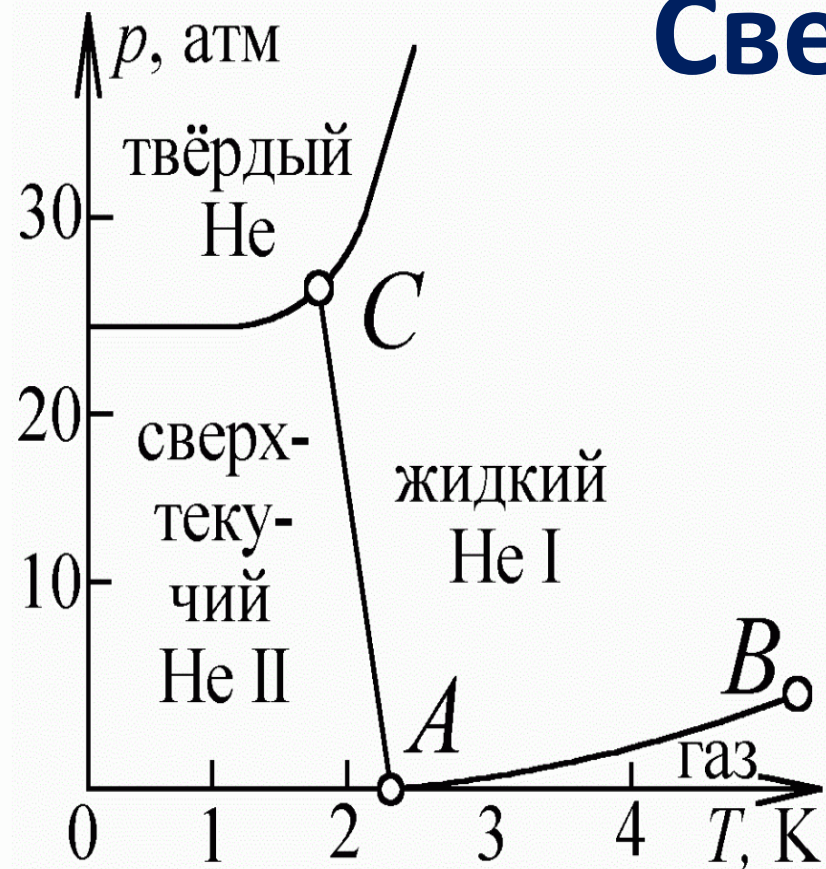
$$S_z = 0, \frac{h}{4\pi}, \frac{h}{2\pi}, \frac{3h}{4\pi}, \dots$$



$S=0,1,2 \dots$ - **бозоны**:
«любят компанию»



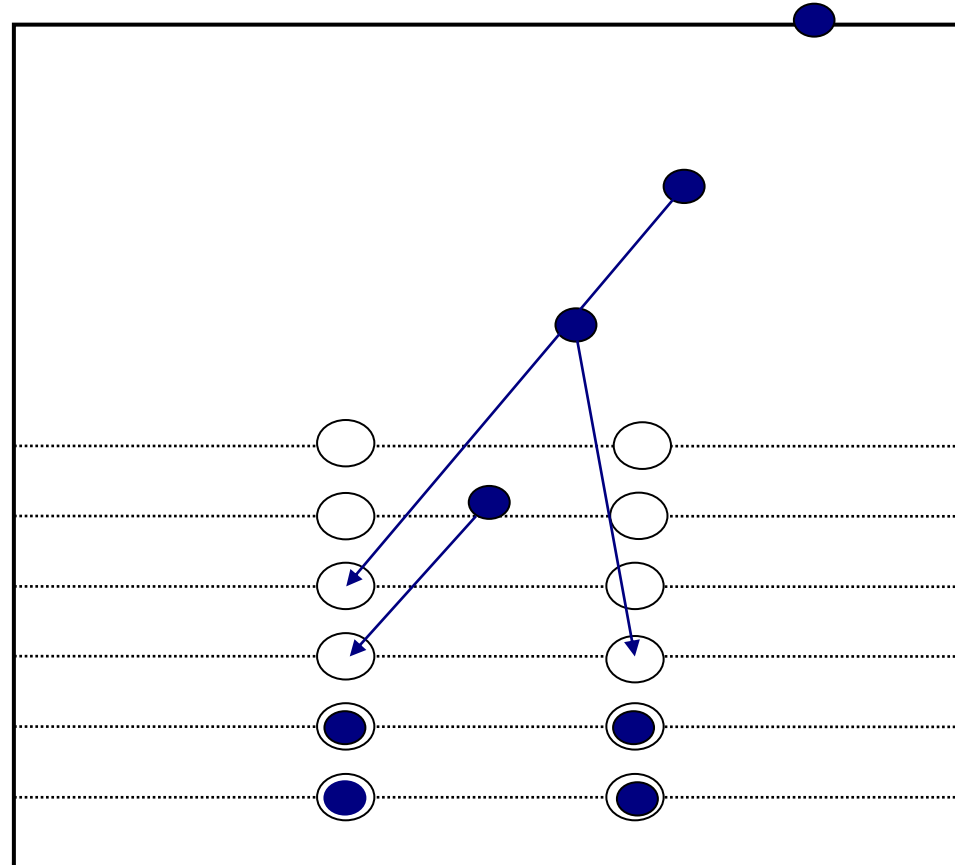
Сверхтекучесть



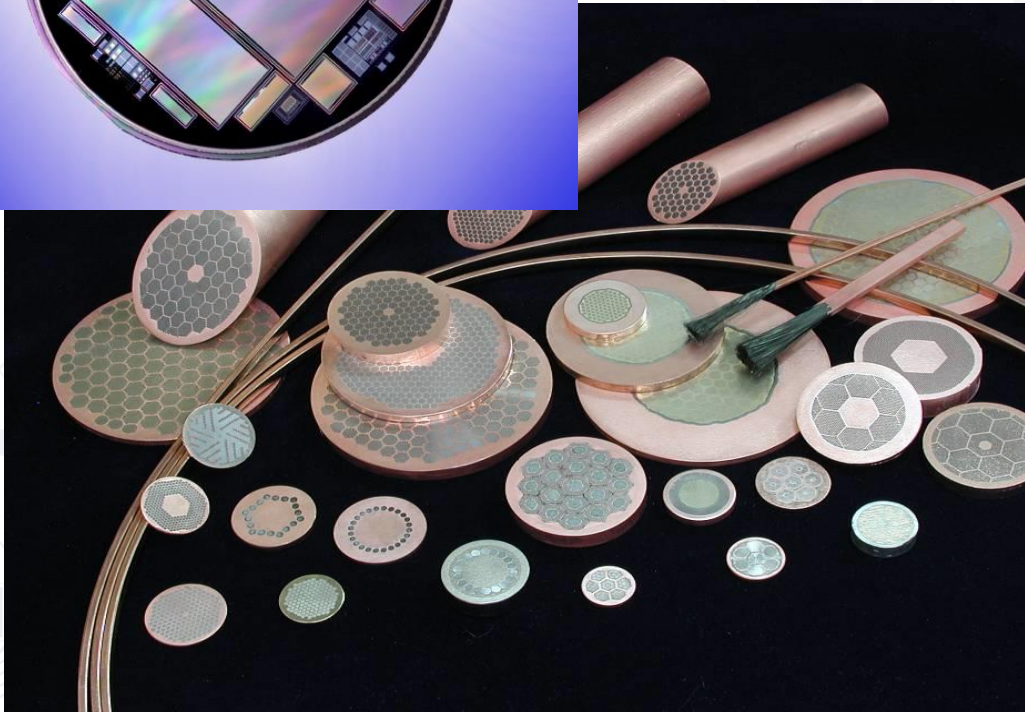
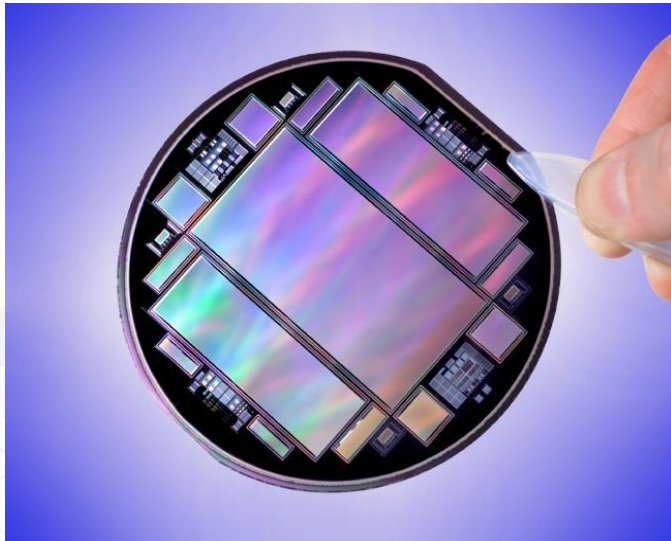
Фазовая диаграмма гелия показывает связь сверхтекучего He II с твёрдым гелием и газом.



$S = \frac{1}{2}, \frac{3}{2} \dots$ - фермионы:
«индивидуалисты»



Сверхпроводимость

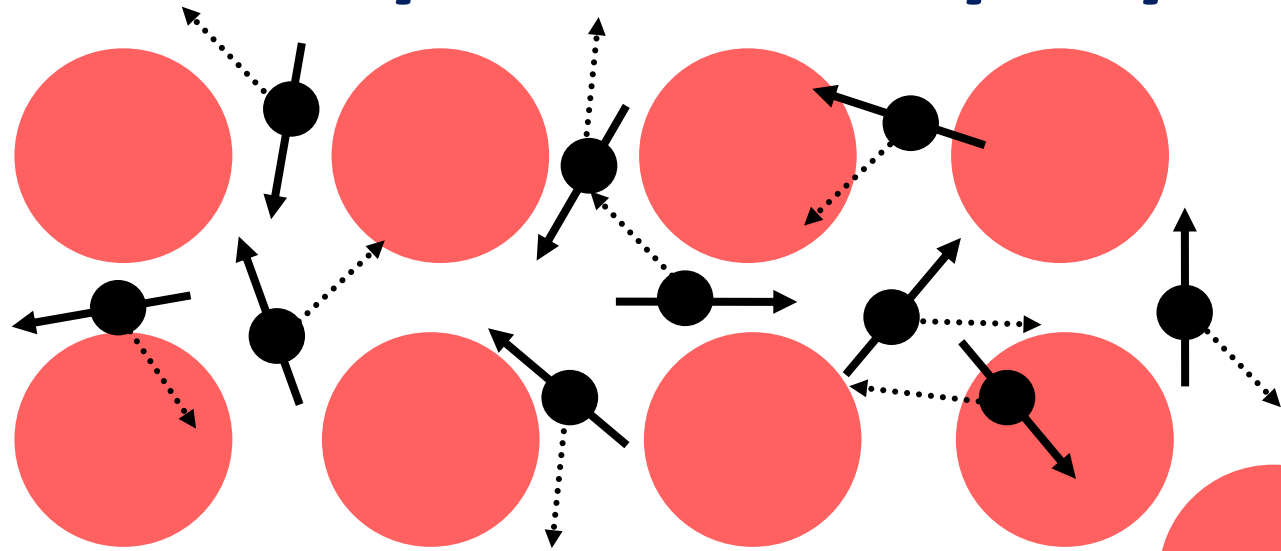


Открытия: материалы и температуры

1911	Ртуть	4,15 К
1912	Свинец	7,2 К
1960	Nb_3Sn	18 К
1987	YBaCuO	78 К
2003	HgBaCaCuO	138 К
2015	H_2S (при 100 ГПа)	203 К

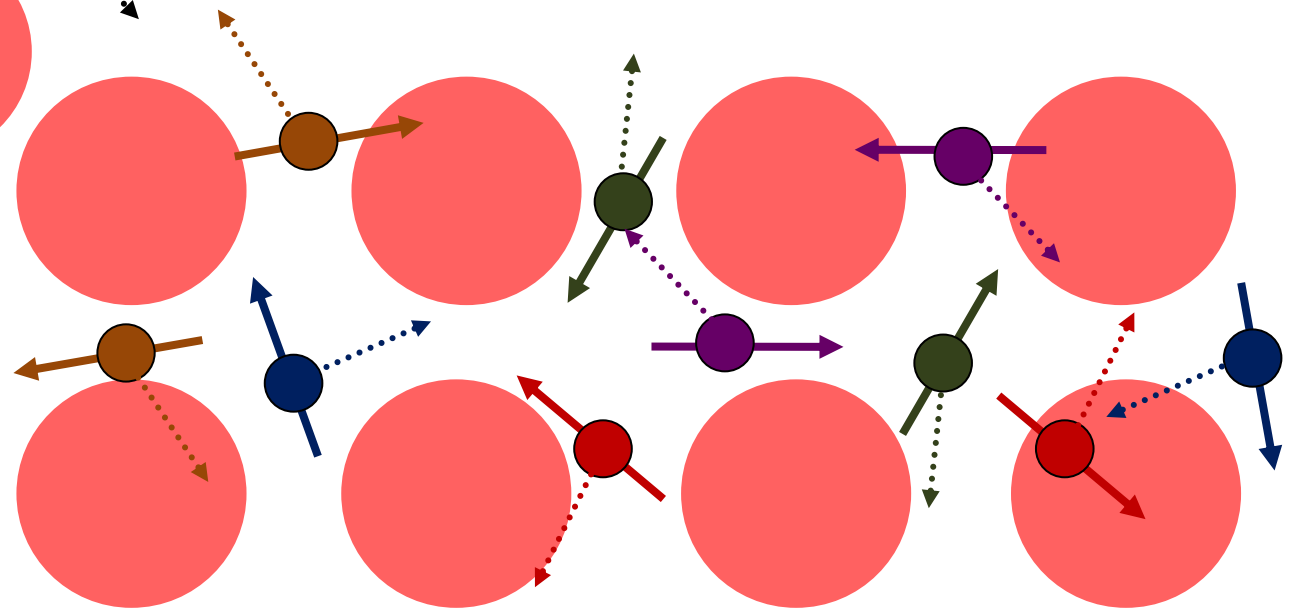


переход в сверхпроводящее состояние



$$T > T_{KP}$$

$$T < T_{KP}$$



Энергия магнитного взаимодействия электронов

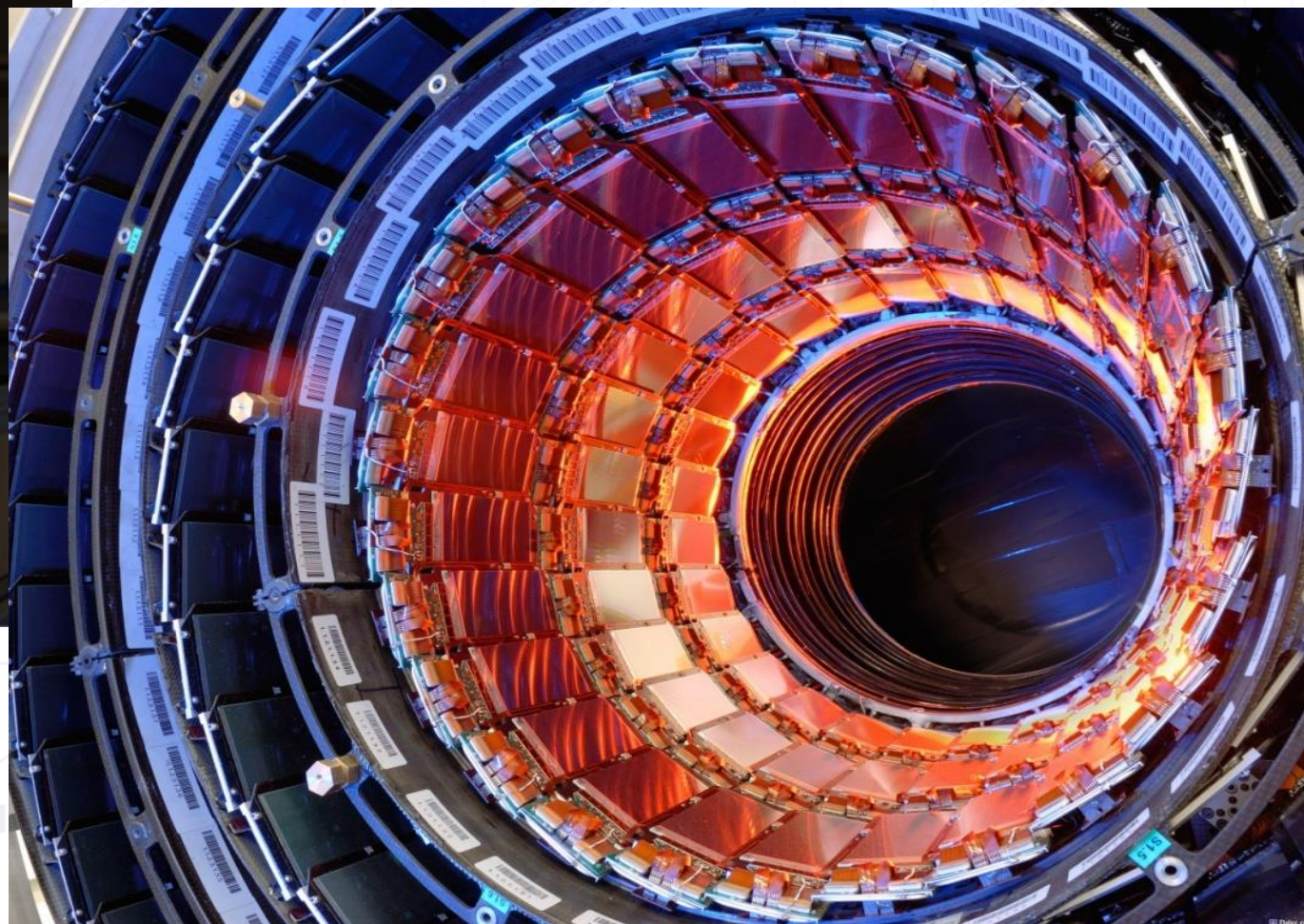
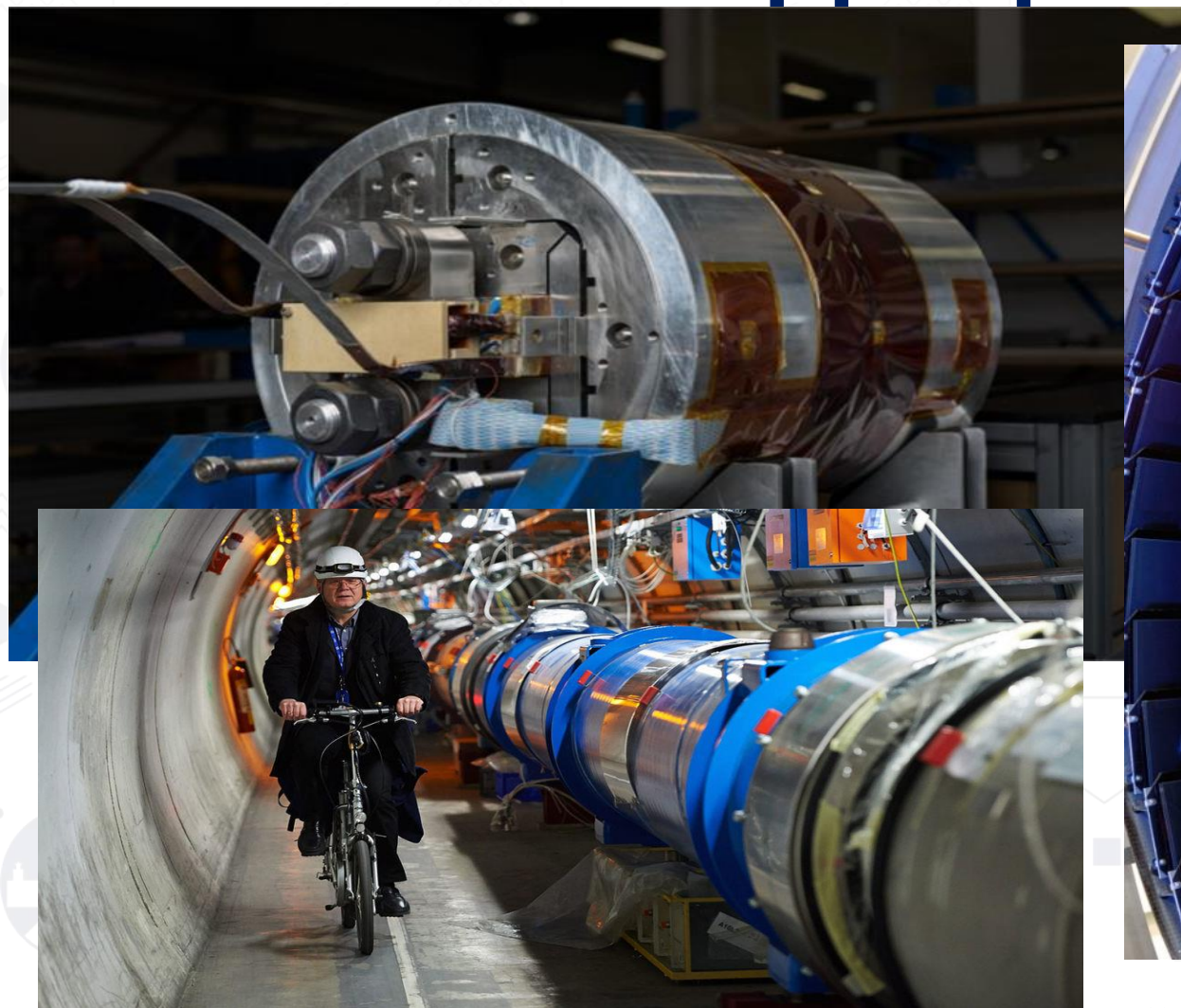
$$E_M \approx 0,1 \div 1 \text{ мЭВ}$$

$$T_{KP} \approx E_M / k \approx 1 \div 10 \text{ К}$$

$$B_{KP} \approx E_M / \mu \approx 5 \div 50 \text{ Тл}$$



СВЕРХРОВОДЯЩИЕ МАГНИТЫ



Физический факультет МГУ

МАГНИТНЫЙ ПОДВЕС

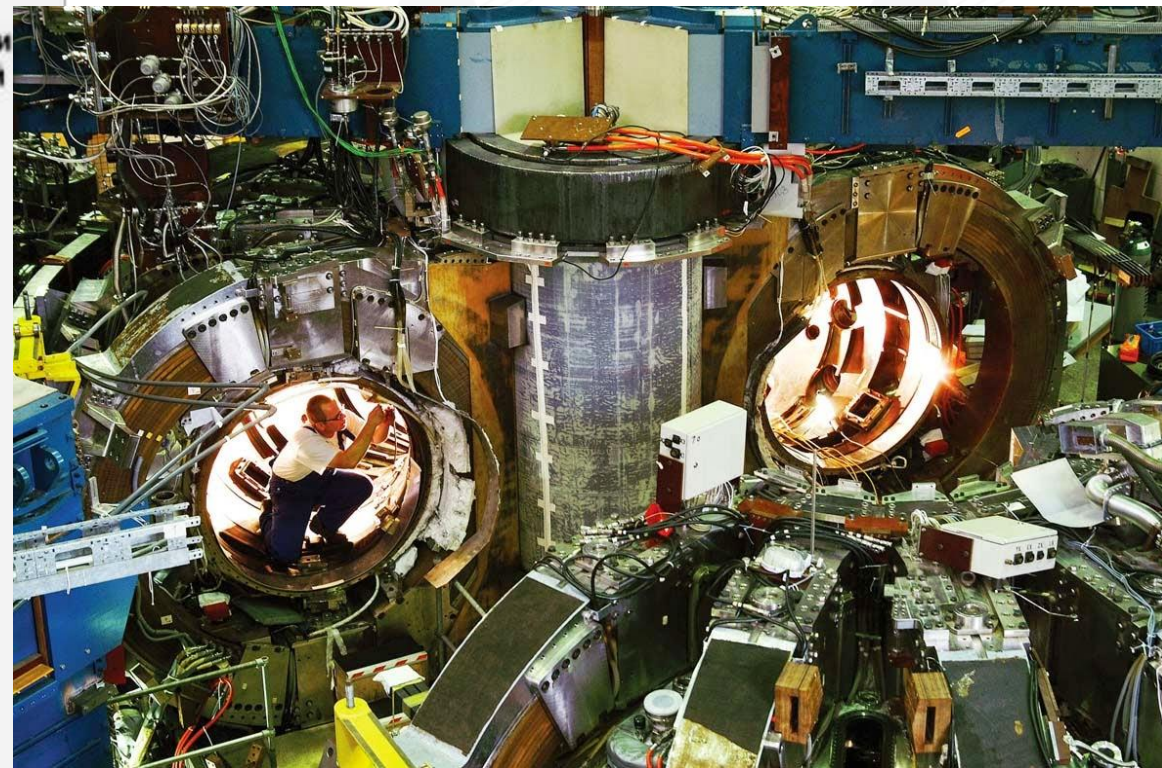
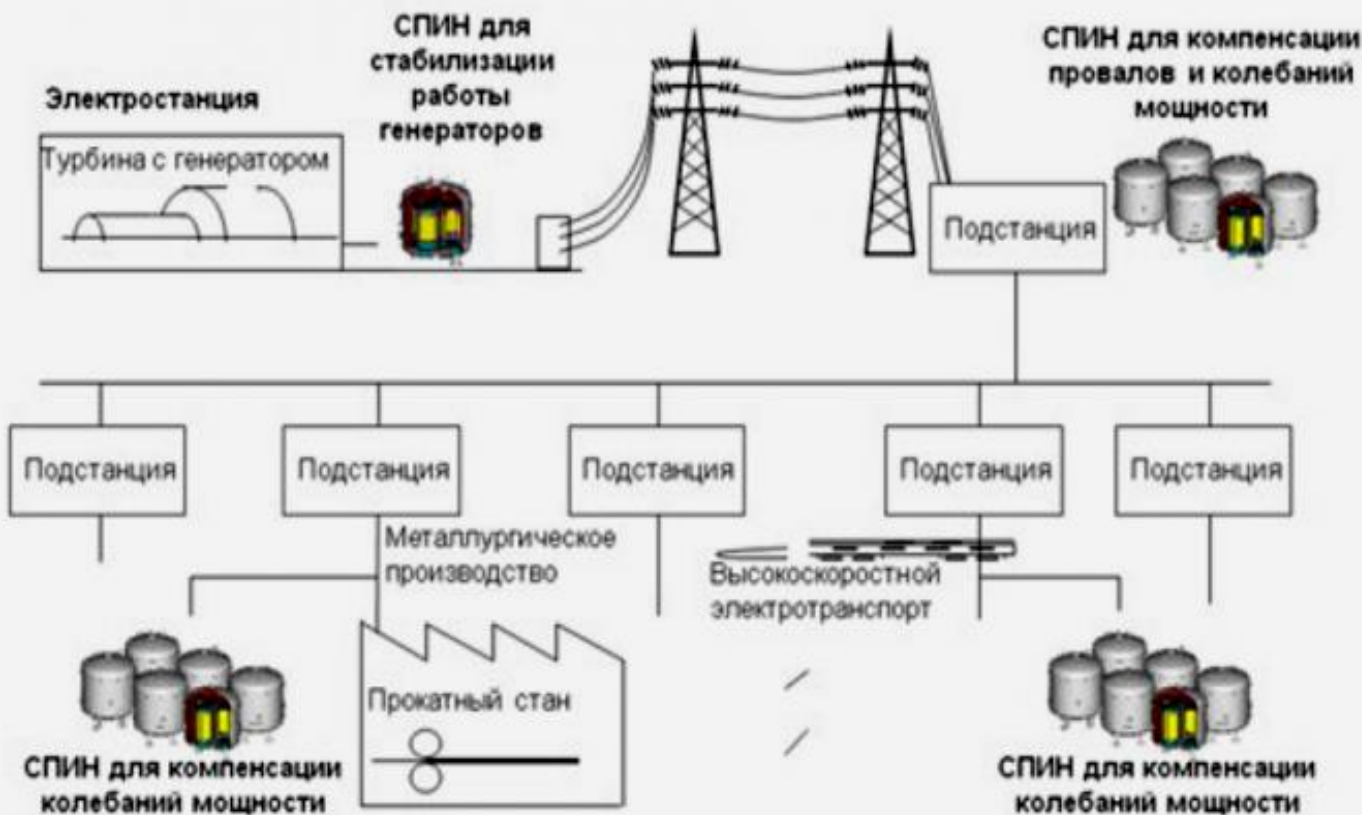
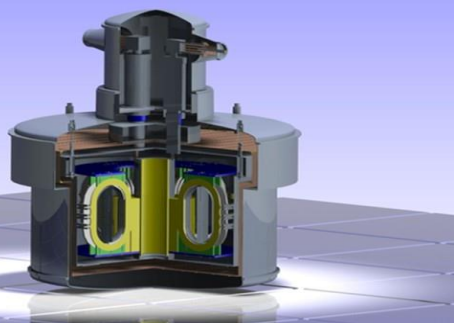


Физический факультет МГУ

СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЕ ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ



СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ



ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

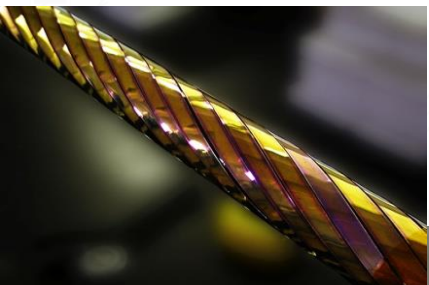
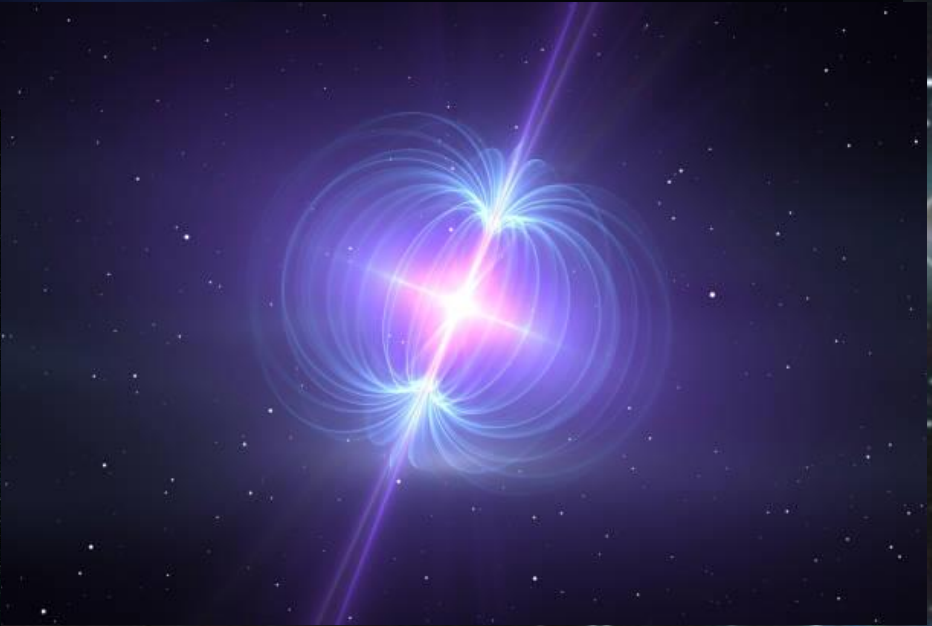
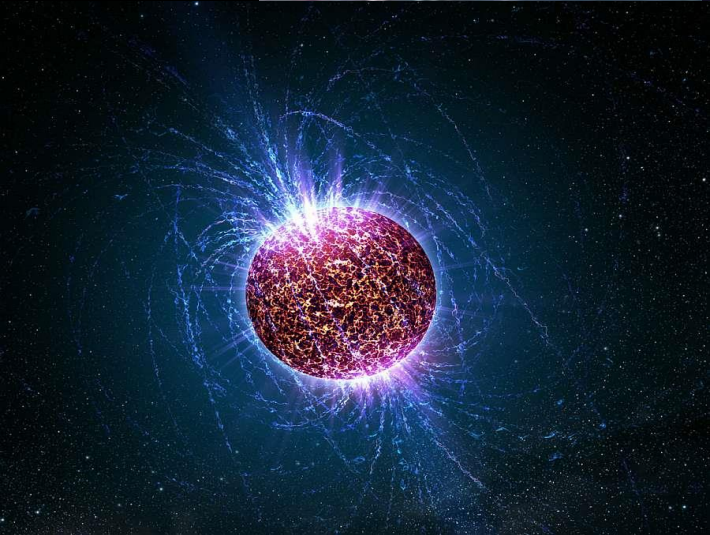
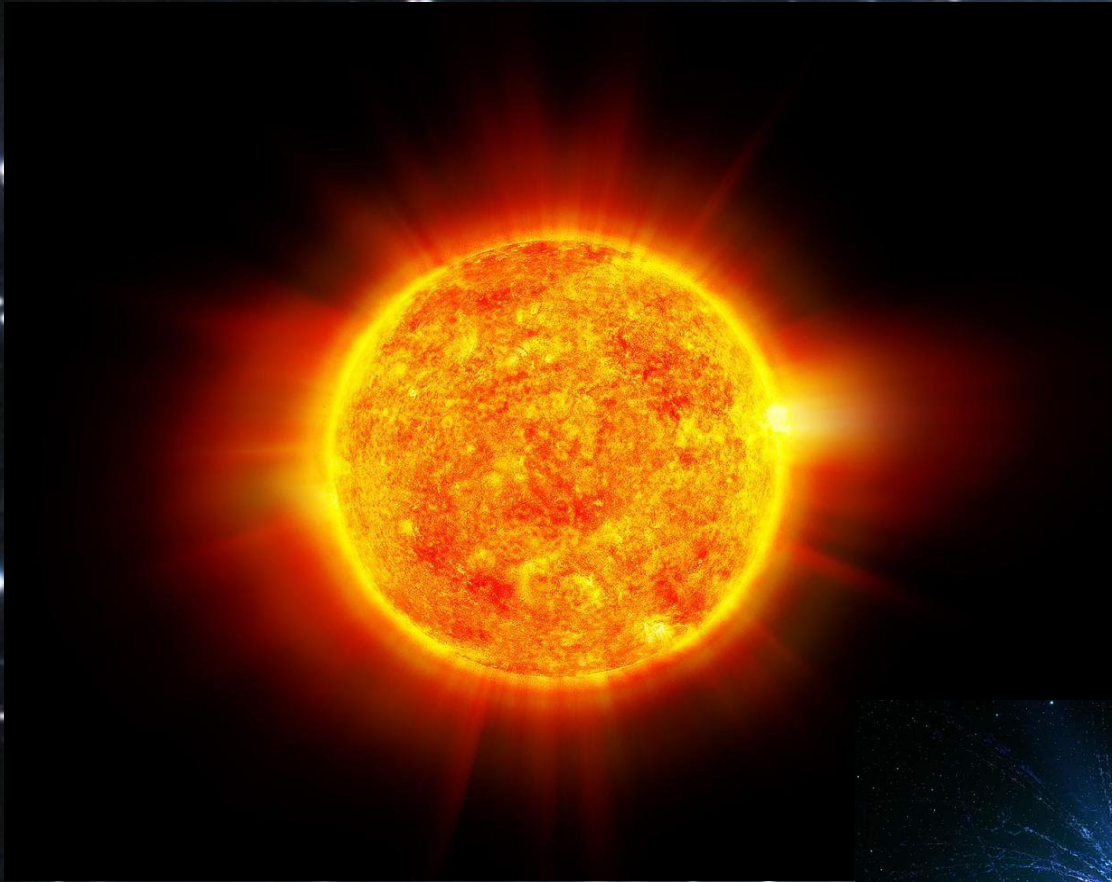


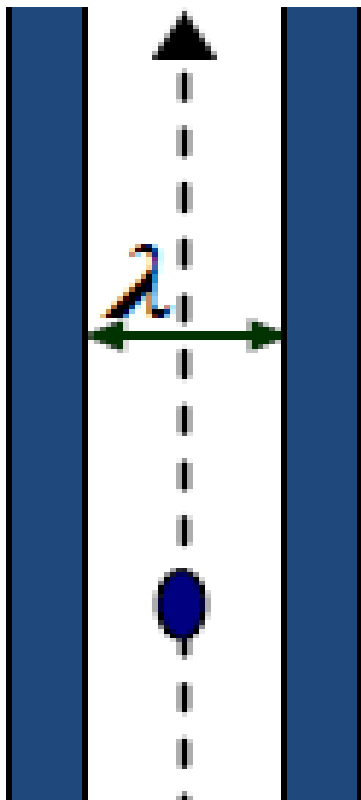
Рис. 20. Конструкция 138 кВ ВТСП кабеля Nexans по проекту LIPA



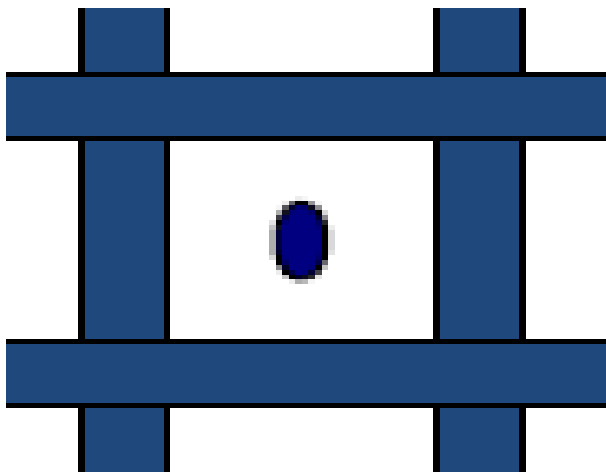
Солнце, белые карлики и нейтронные звезды



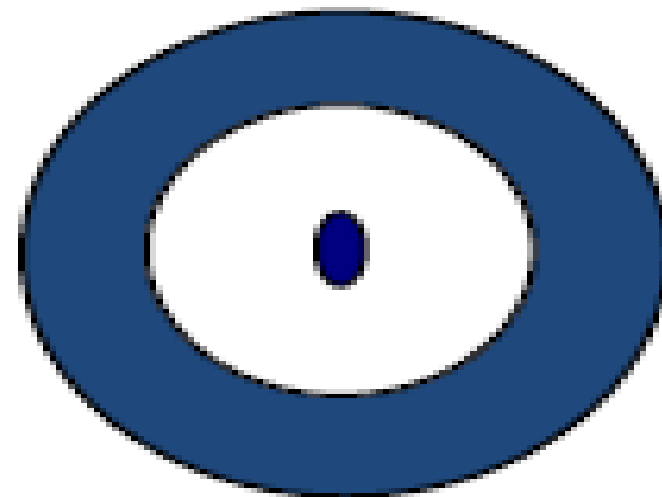
ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ



2D



1D

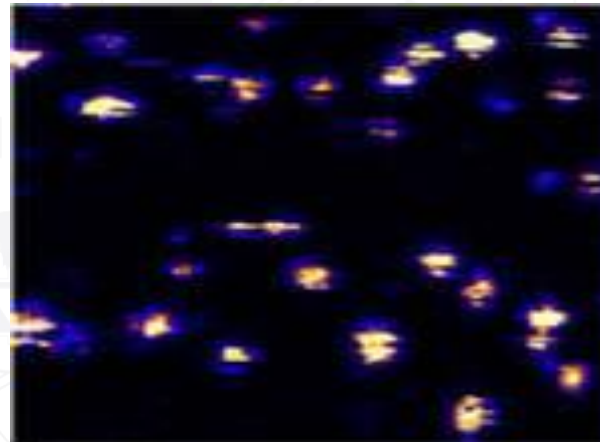
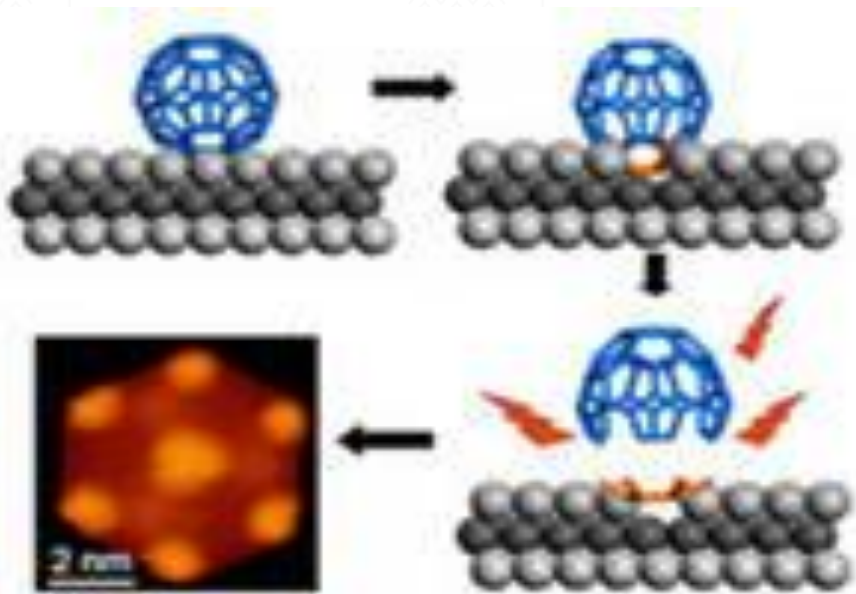


0D

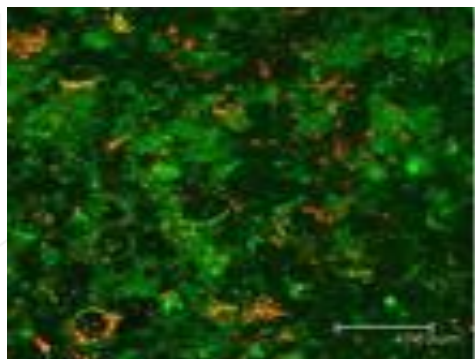
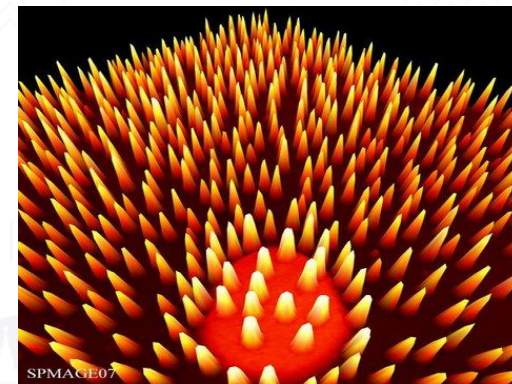


«КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ» (искусственные атомы)

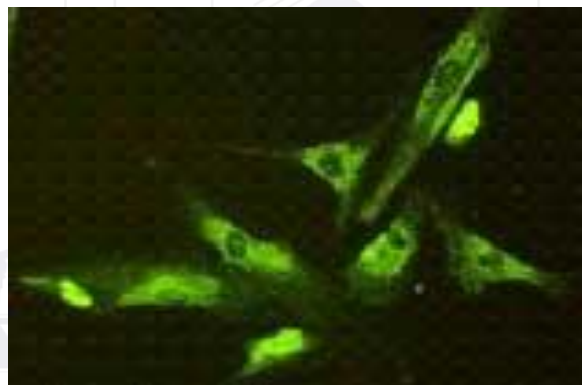
в медицине



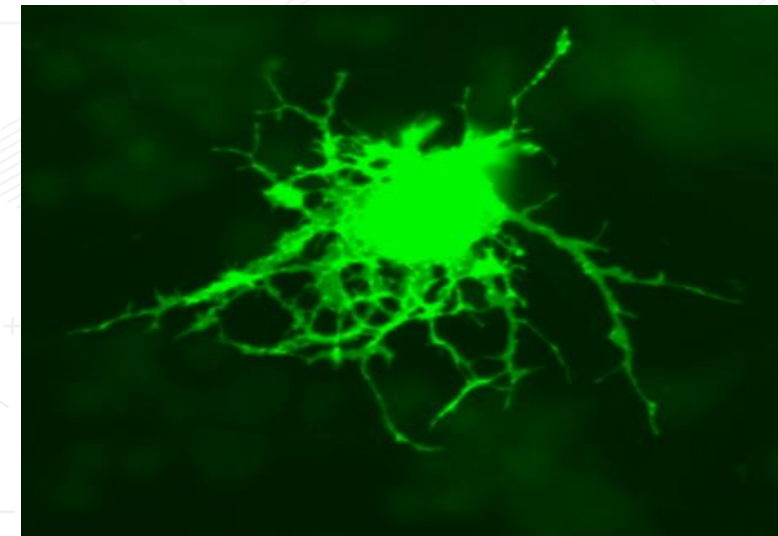
исследование кровотока



исследование тканей мозга



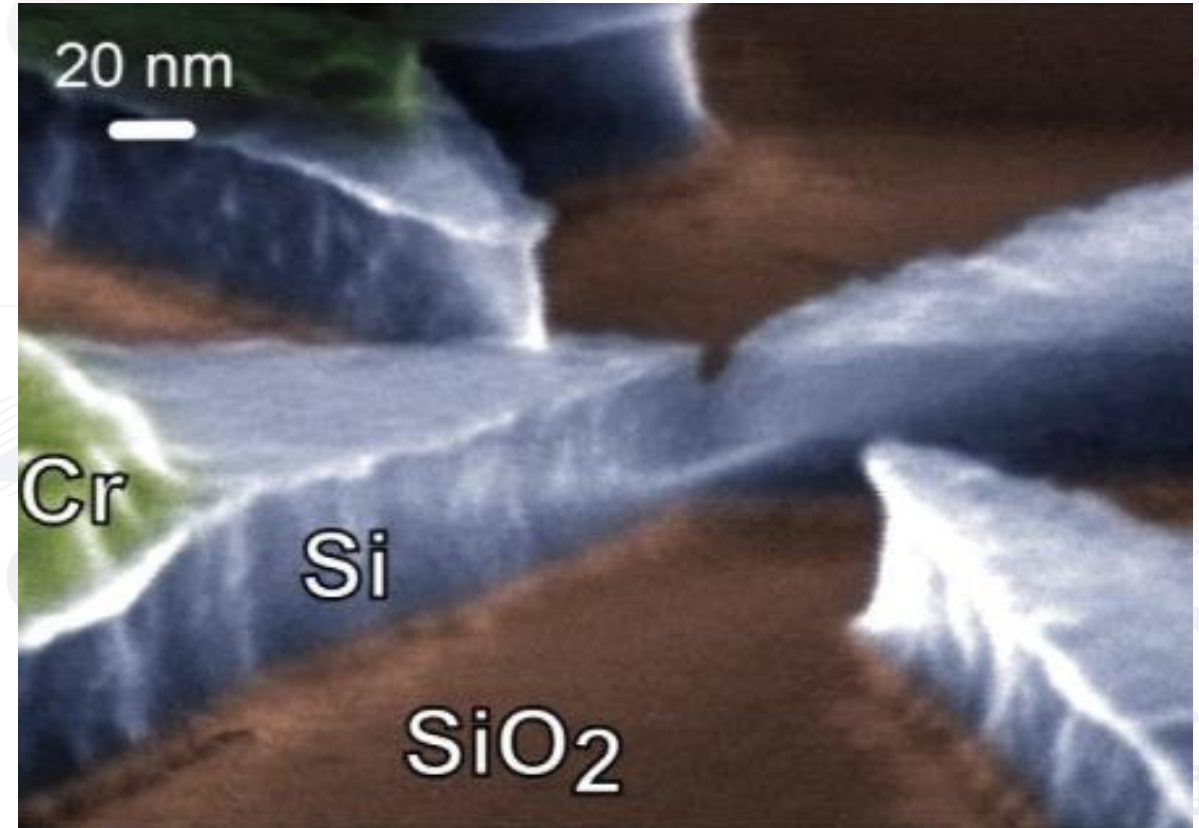
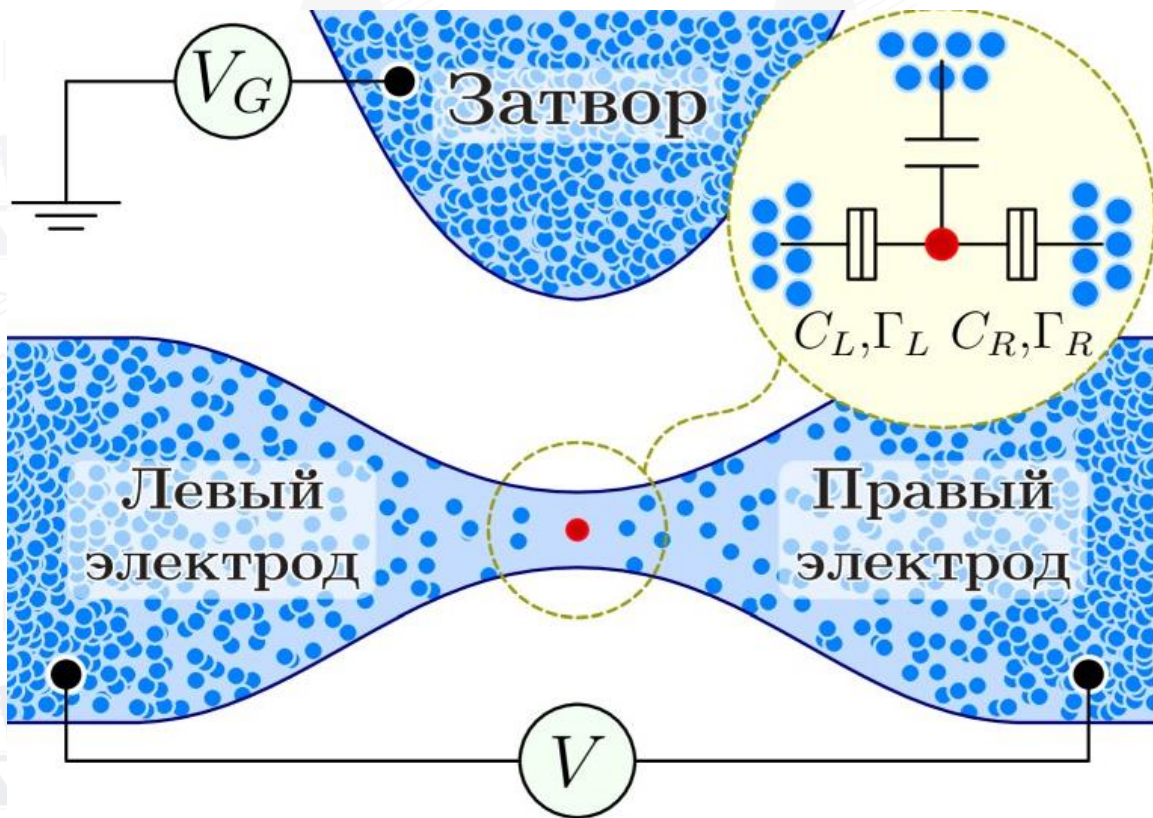
метка гена



диагностика рака

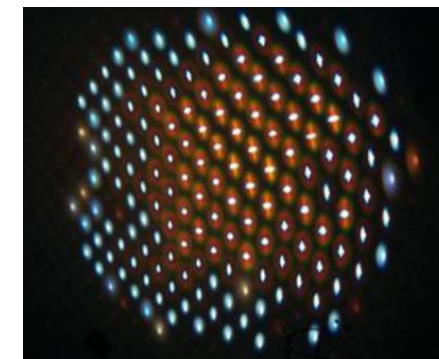
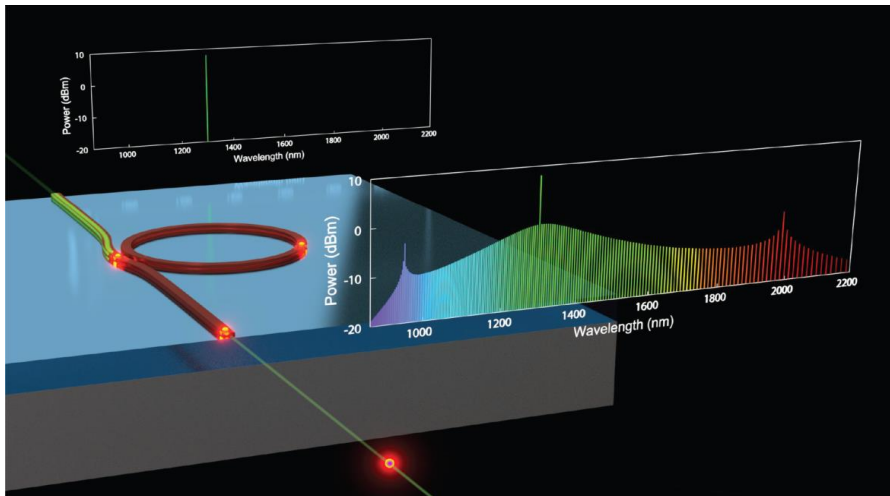


Одноатомный транзистор (лаборатория криоэлектроники, физфак МГУ)



*И тогда наверняка, после тихого щелчка
Луч осветит линзы, столики, кусачки,
С голубого ручейка начинается река,
Ну а лазер начинается с накачки!*

Студенческая песня

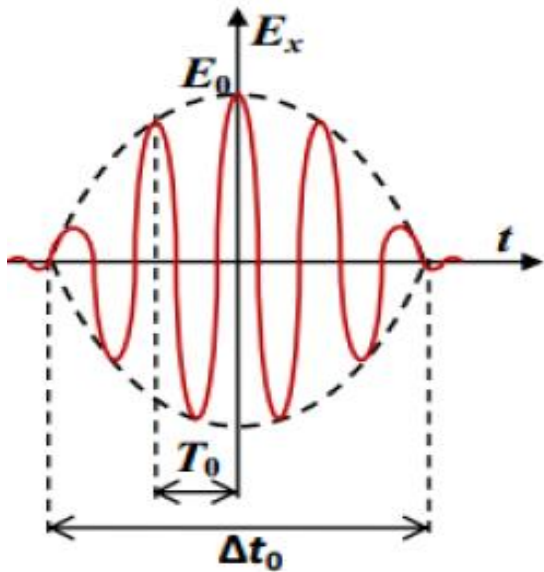


УЛЬТРАКОРОТКИЕ ИМПУЛЬСЫ И ГРЕБЕНКИ ОПТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ

**ПИКОСЕКУНДЫ:
СВЕРХИЗЛУЧЕНИЕ**

$$W_s = N \frac{\hbar \omega}{\tau}$$

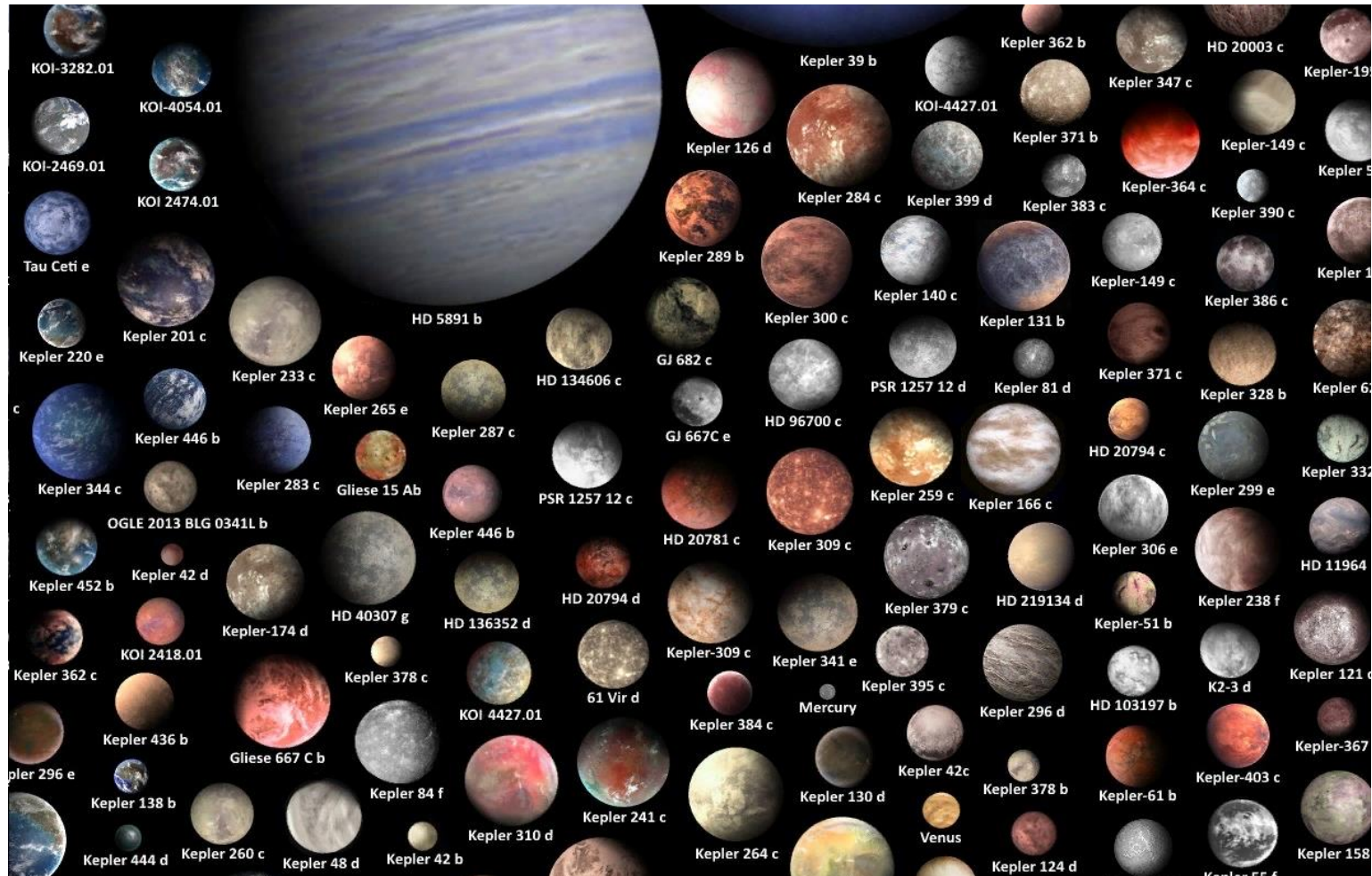
$$W_i = N^2 \frac{\hbar \omega}{\tau}$$



**ФЕМТОСЕКУНДЫ:
СЖАТИЕ
«ЧИРПИРОВАННЫХ»
ИМПУЛЬСОВ**



АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

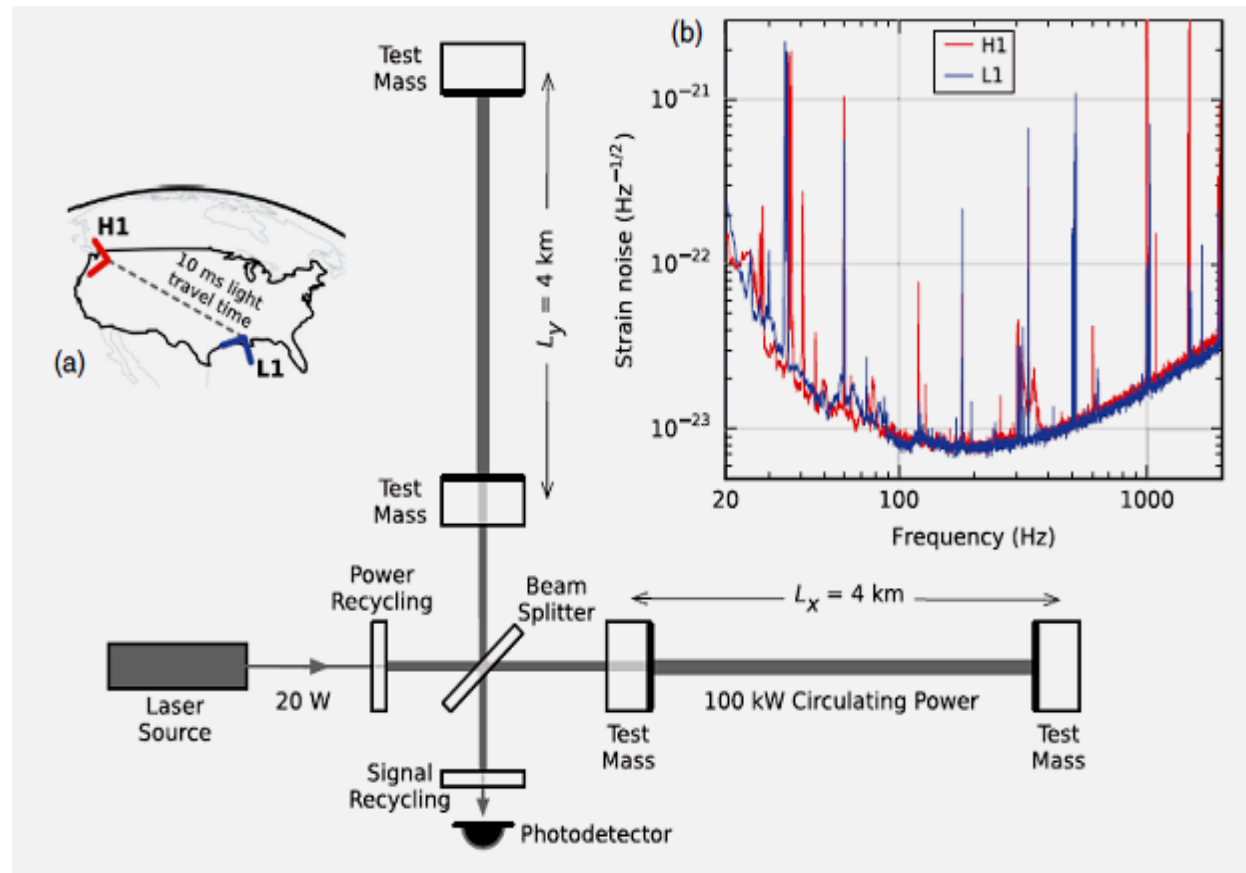


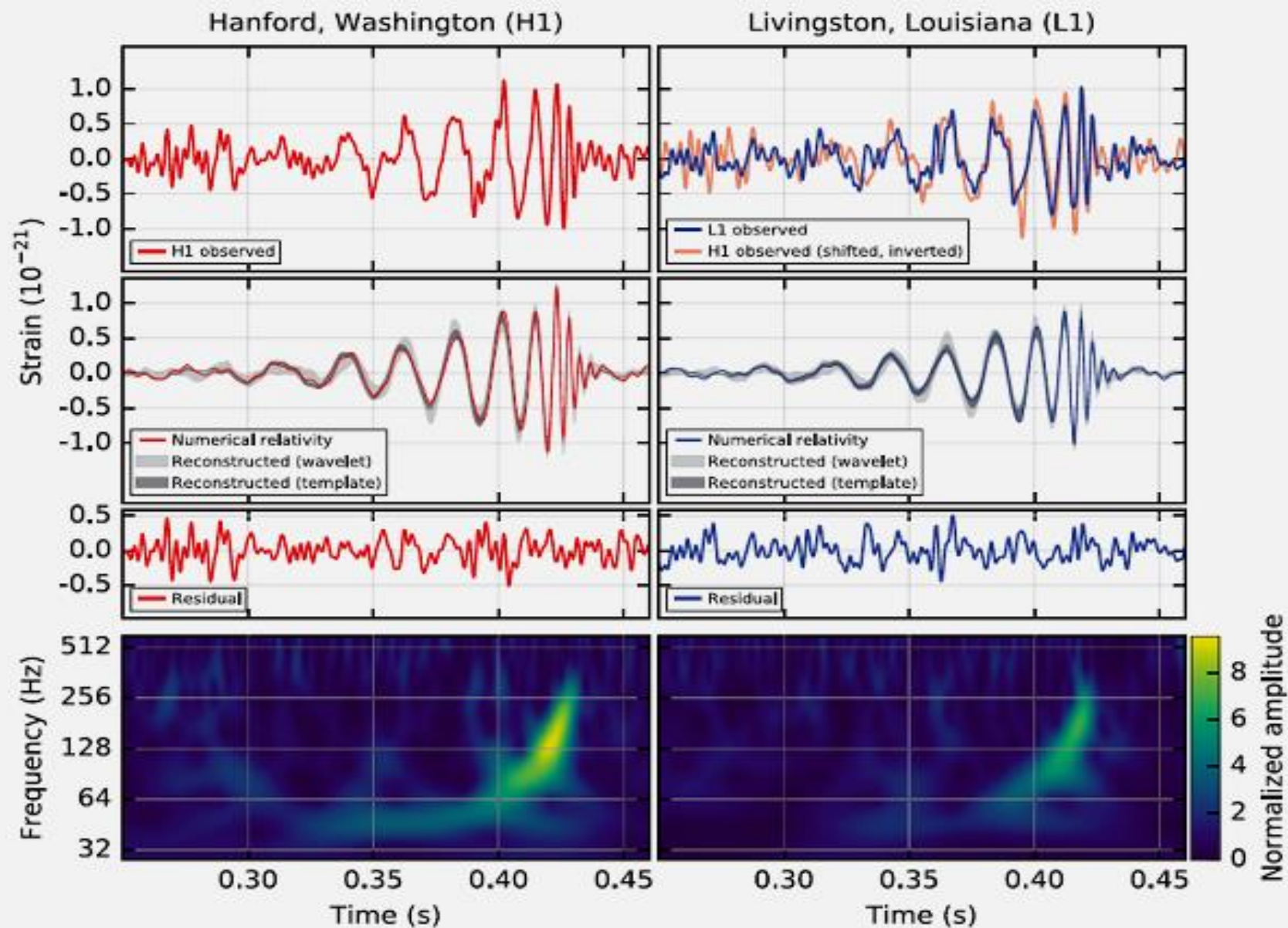
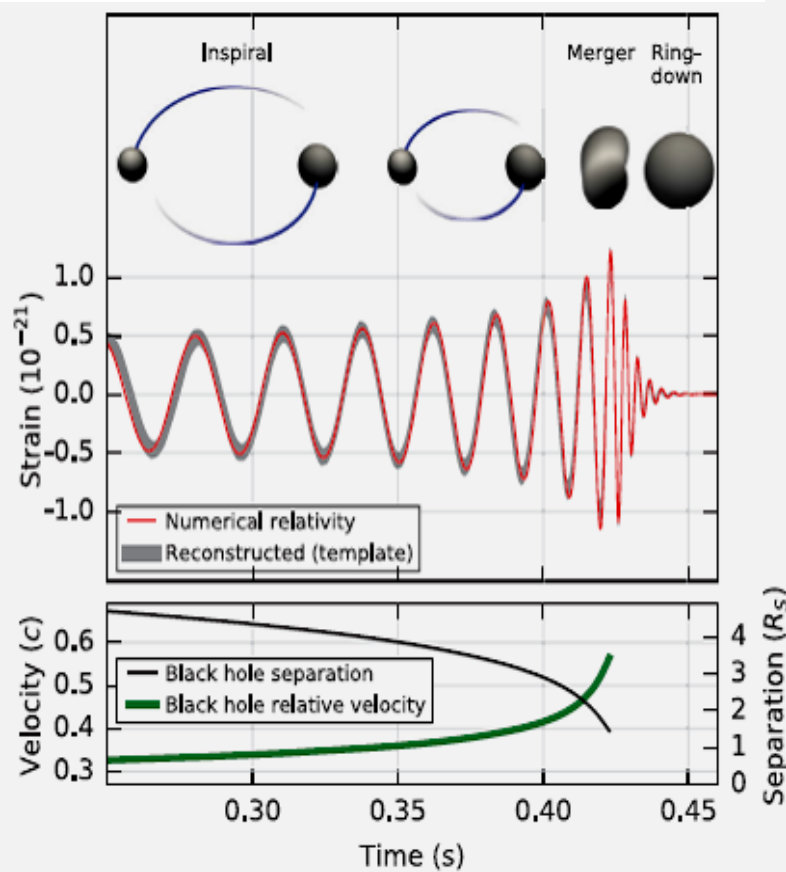
***АТТОСЕКУНДЫ:
ГЕНЕРАЦИЯ ФОТОНОВ В СОСТОЯНИИ
КВАНТОВОЙ СУПЕРПОЗИЦИИ ЧАСТОТ***

**ЛАЗЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ХИМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКОЙ
ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ АТОМНЫХ
ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕРЕХОДОВ**

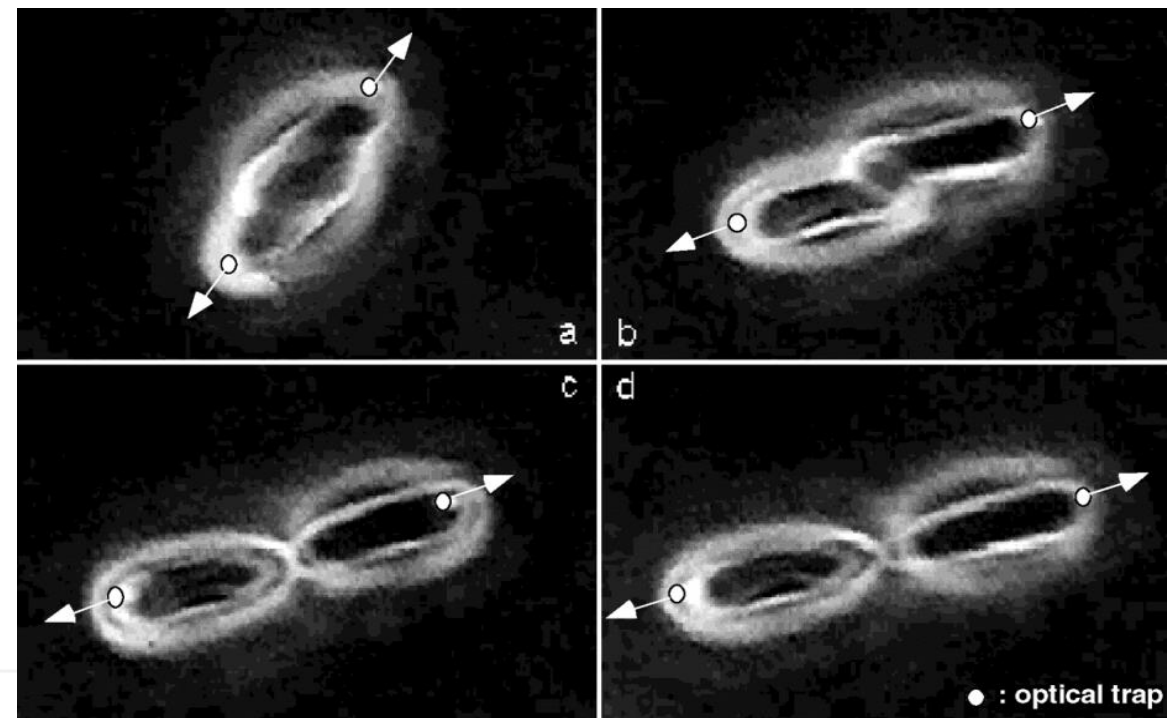
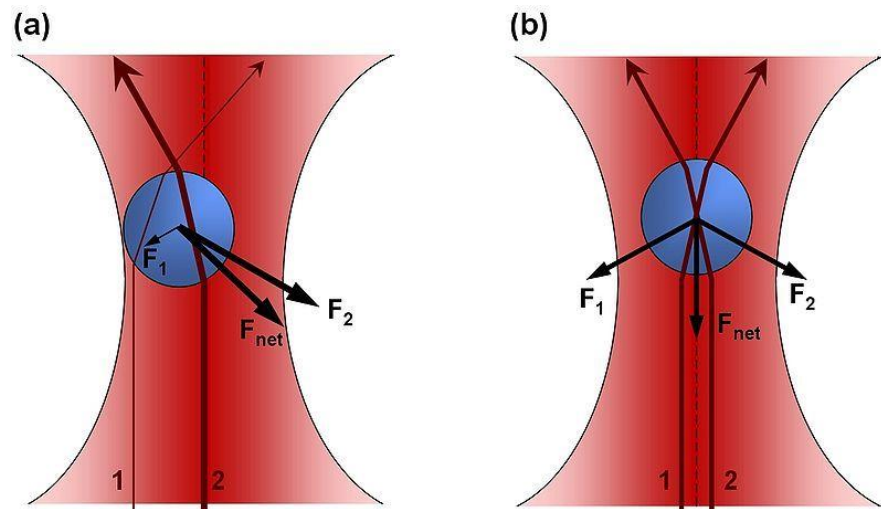


ПРОЕКТ LIGO

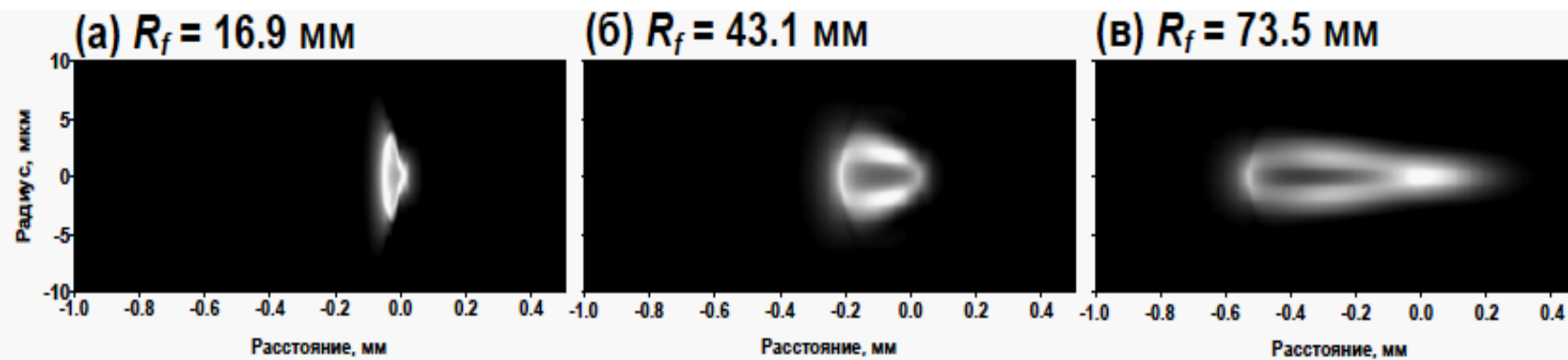
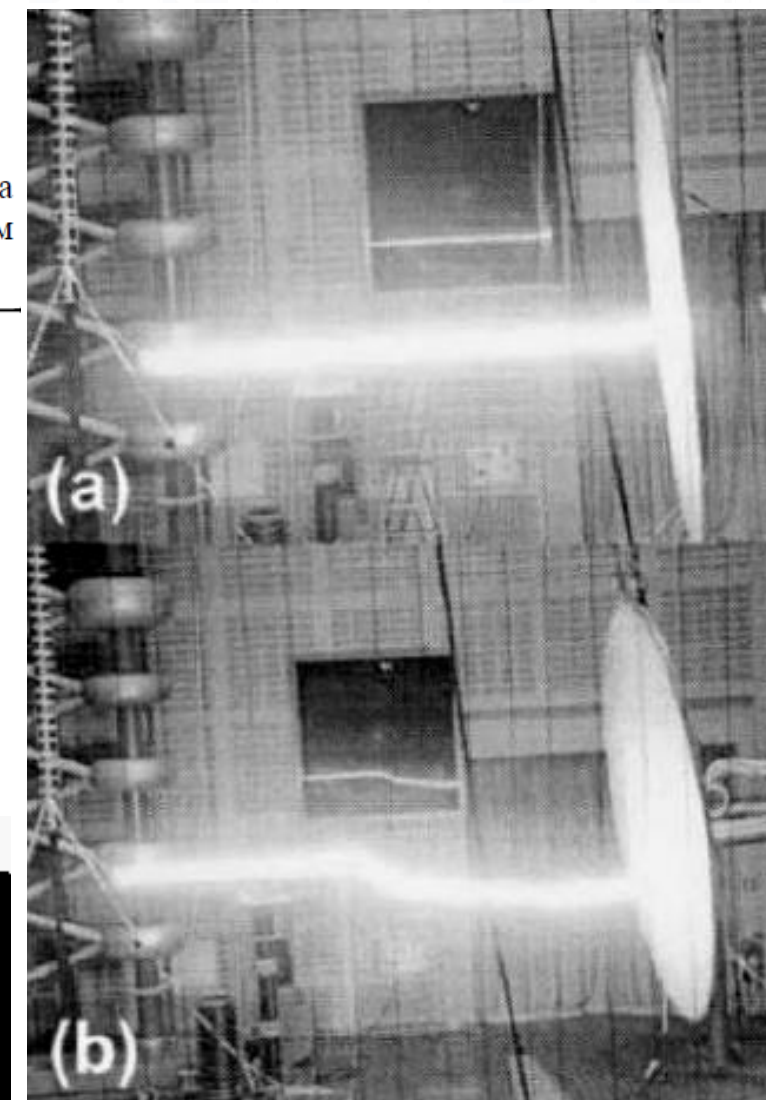
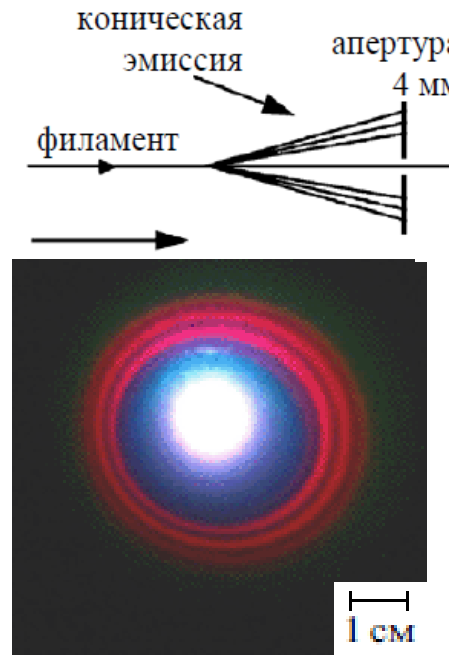
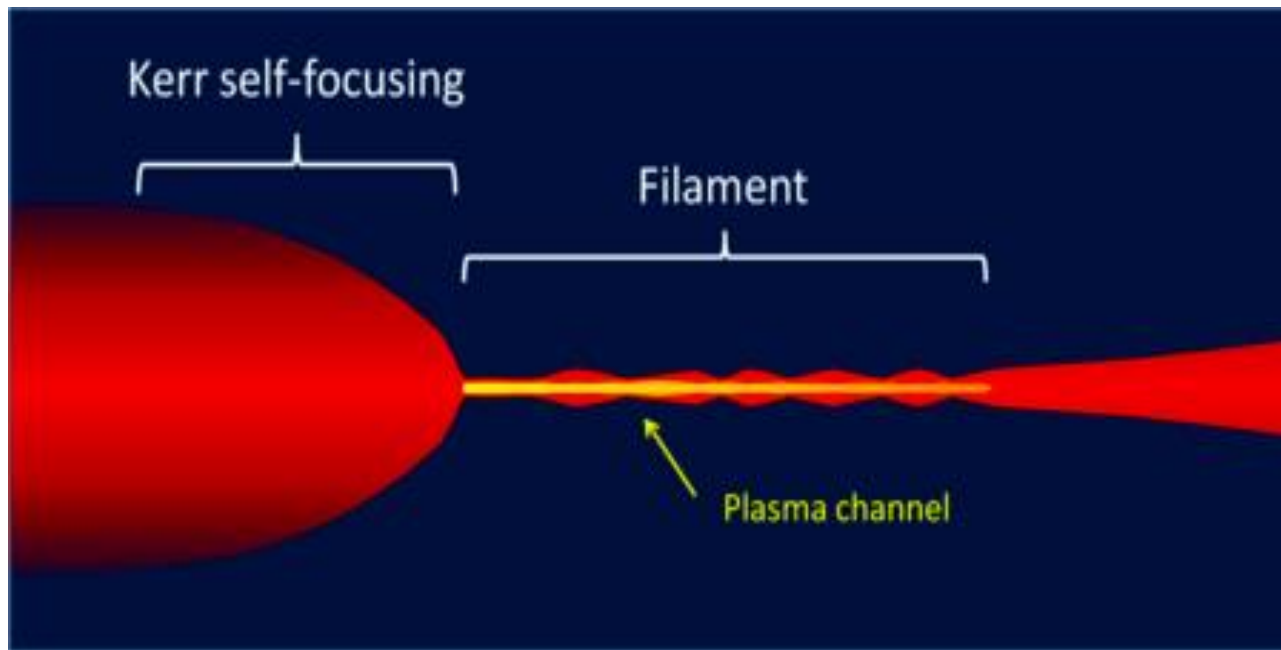




ЛАЗЕРНЫЙ ПИНЦЕТ



ЛАЗЕРНЫЕ ПУЛИ



Интеллектуальная кардиохирургическая система для трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации



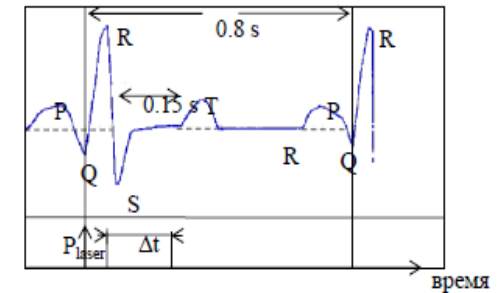
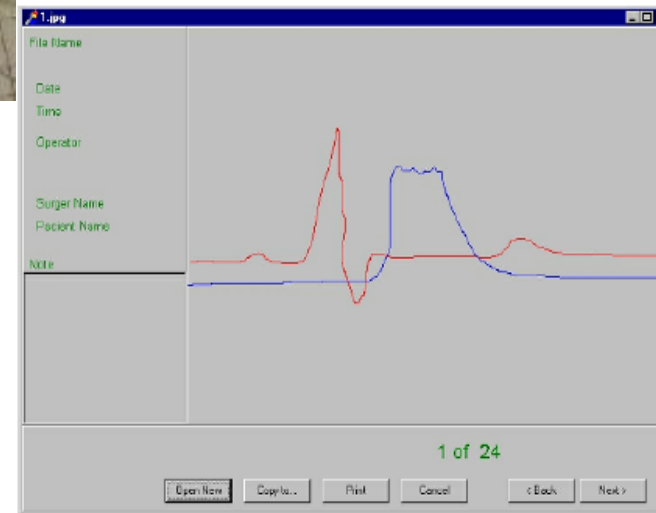
Манипулятор подводится к
открытому сердцу

Лазерный луч пробивает
сквозной канал

Быстрое закрытие каналов
коагуляцией



Специализированное программное обеспечение



Электрокардиограмма



Технологии **БИОМОДЕЛИРОВАНИЯ**
для создания биodeградируемых скаффолдов



In Vivo анализ ПЛСЛ матриц



Рентгенограммы дефекта бедренной
кости мыши спустя
4 недели после операции

А – Контрольная группа (без ПЛСЛ матрицы) – полное отсутствие восстановления дефекта.

В – Группа с имплантированной ПЛСЛ матрицей.

С – Группа с имплантированной матрицей, содержащей клетки костного мозга человека

Д - Группа с ПЛСЛ матрицей, содержащей зародышевые клетки берцовой кости человека

Восстановление целостности
кости с дефектом больше
критического размера!!!



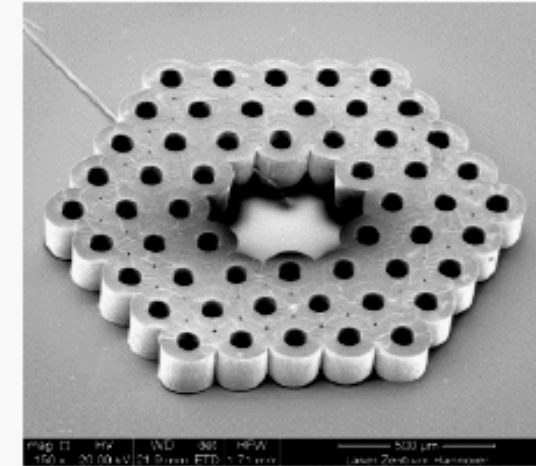
Комплекс по фемтосекундной лазерной микро-стереолитографии

Установка фемтосекундной лазерной микро-стереолитографии в ИПЛИТ РАН

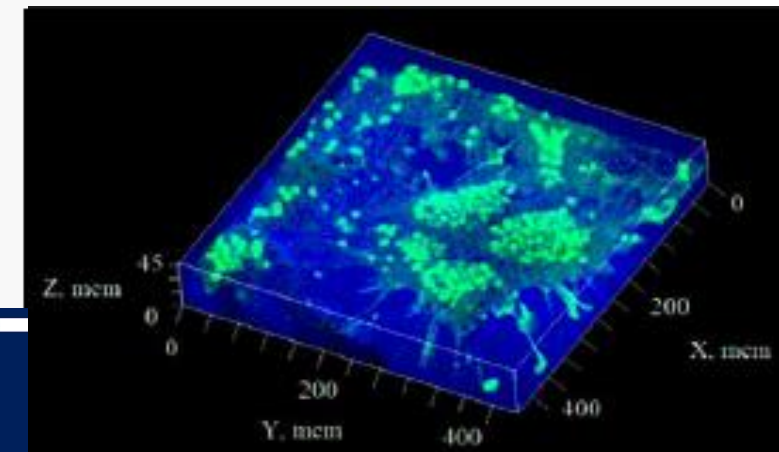


- С помощью комплекса лазерной микростерео-литографии созданы 3х мерные структуры (скаффолды) на основе новых биodeградируемых полимеров.
- Показано, что на таких структурах происходит рост 3х-мерной нейрональной сети диссоциированной культуры гиппокампа, что делает такие скаффолды перспективным материалом для нейротрансплантации.

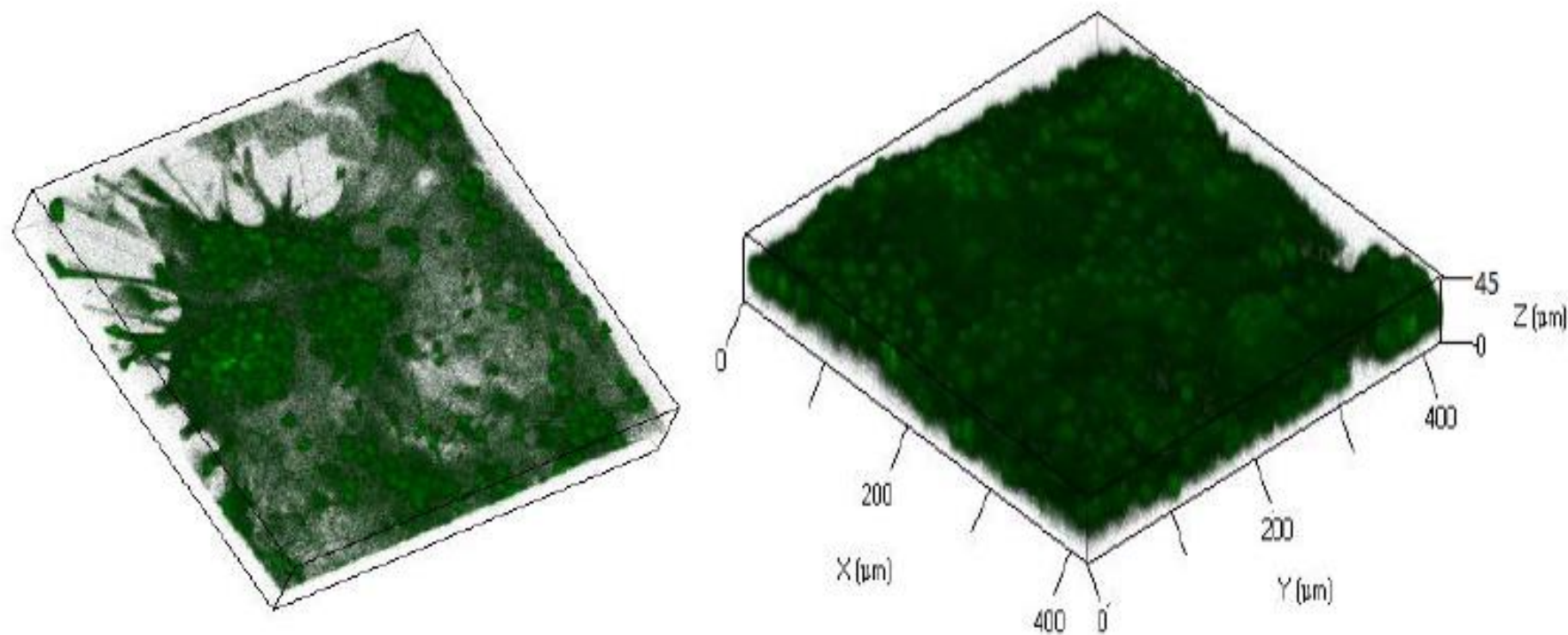
3х-мерный биodeградируемый скаффолд для нейротрансплантологии



Трехмерная реконструкция флуоресцентного имиджинга диссоциированной культуры гиппокампа на 14 день развития *in vitro*, выращенной на скаффолде

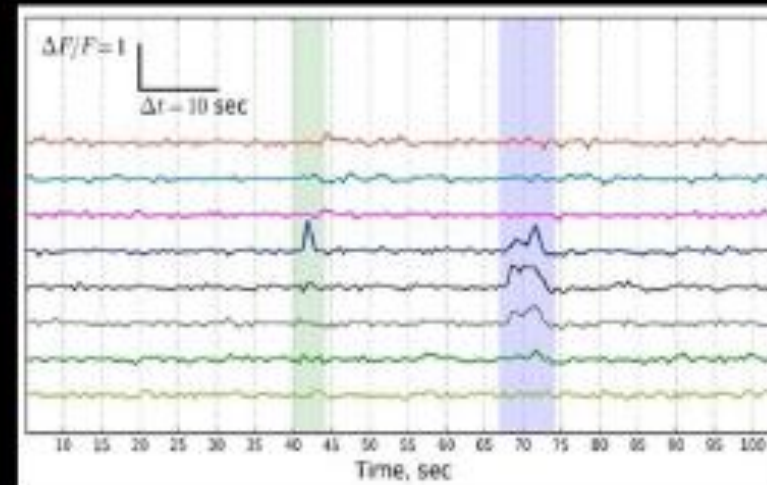
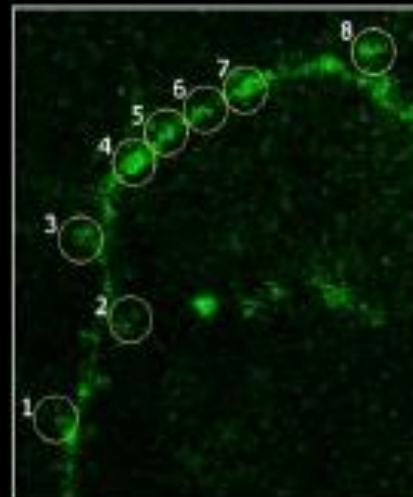
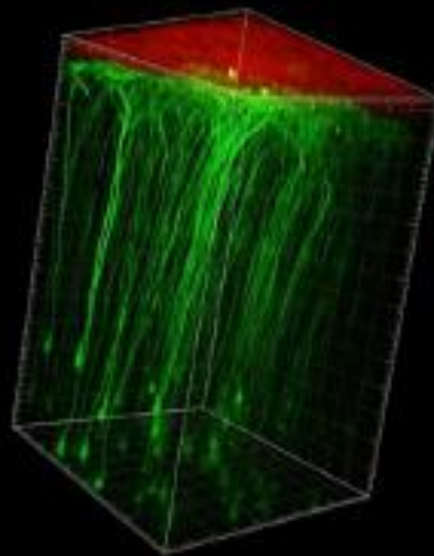
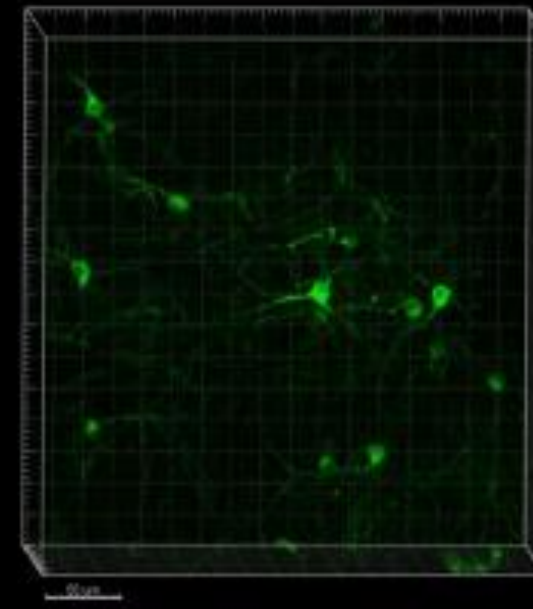
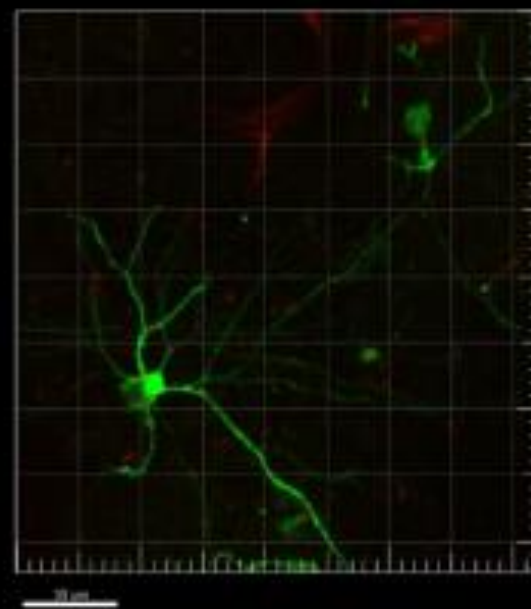
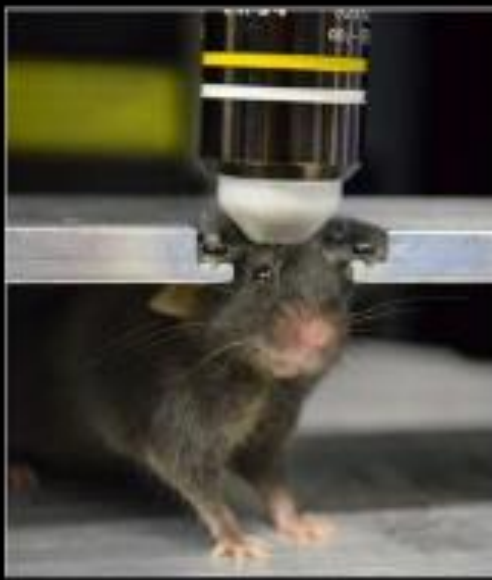


In vivo формирование нейронных сетей на матриксах имплантированных в мозг кролика



Флуоресцентный имиджинг (Z-скан) диссоциированной культуры

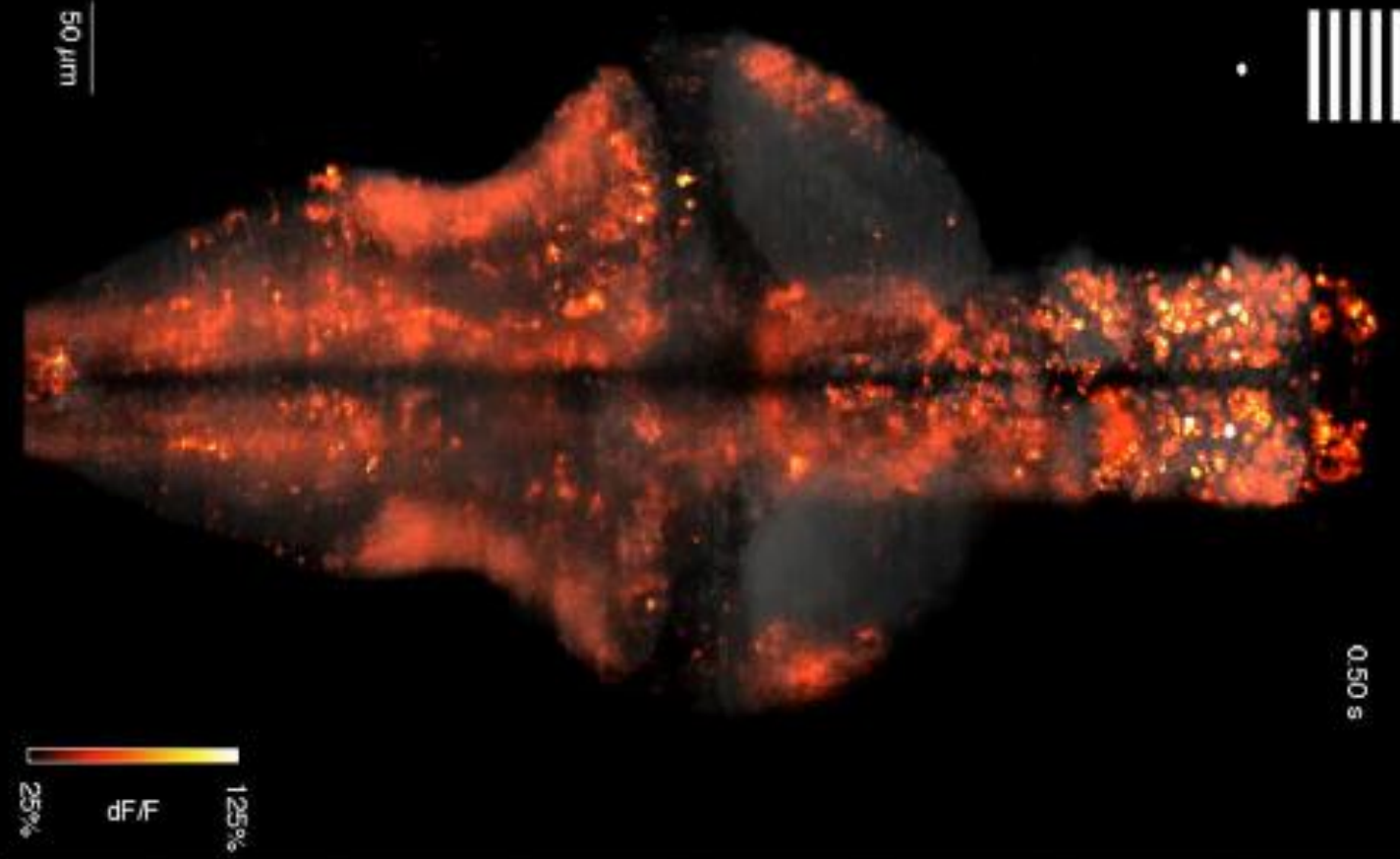




Физический факультет МГУ

Отдел нейронаук, НИЦ «Курчатовский институт»
Центр нейронаук и когнитивных наук МГУ
Институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина

Томографическая in vivo визуализация активности нейронных сетей в целом мозге с клеточным разрешением



Физический факультет МГУ

Отдел нейронаук, НИЦ «Курчатовский институт»
Центр нейронаук и когнитивных наук МГУ
Институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина

***СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!***



Физический факультет Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова