

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Основными характеристиками элементарных частиц являются масса, электрический заряд, спин, среднее время жизни, магнитный момент и др.

Классификация элементарных частиц:

- 1. *По времени жизни.*
- 2. *По способности участвовать в различных взаимодействиях.*
- 3. *По массе (энергии) покоя.*
- 4. *По спину (собственный момент импульса частицы) :*
частицы с полуцелым спином — фермионы (электрон, протон, нейтрон, нейтрино);
частицы с целым спином — бозоны (фотон).
- 5. *По виду взаимодействий: составные и фундаментальные (бесструктурные) частицы.*

Составные частицы:

- **адроны** — частицы, участвующие во всех видах фундаментальных взаимодействий. Они состоят из **кварков** и подразделяются, в свою очередь, на:
 - **мезоны** (адроны с целым спином, т. е. **бозоны**);
 - **барионы** (адроны с полуцелым спином, т. е. **фермионы**). К ним, в частности, относятся частицы, составляющие ядро атома, — протон и нейтрон.

Фундаментальные (бесструктурные) частицы

- **Лептоны** — имеют вид точечных частиц вплоть до масштабов порядка 10^{-18} м. Не участвуют в сильных взаимодействиях. Участие в электромагнитных взаимодействиях экспериментально наблюдалось только для заряженных лептонов (электроны, мюоны, тау-лептоны) и не наблюдалось для нейтрино. Известны 6 типов лептонов.
- **Кварки** — дробнозаряженные частицы, входящие в состав адронов. В свободном состоянии не наблюдались. Как и лептоны, делятся на 6 типов и являются бесструктурными, однако, в отличие от лептонов, участвуют в сильном взаимодействии.
- Теоретически предсказаны амер.ф.Гелл-Манном

Калибровочные бозоны — частицы, посредством обмена которыми осуществляются взаимодействия:

- **Фотон** — частица, переносящая электромагнитное взаимодействие
- **Восемь глюонов** — частиц, переносящих сильное взаимодействие;
- **Три промежуточных векторных бозона** W^+ , W^- и Z^0 , переносящие слабое взаимодействие;
- **Гравитон** — гипотетическая частица, переносящая гравитационное взаимодействие. Существование гравитонов, хотя пока не доказано экспериментально в связи со слабостью гравитационного взаимодействия, хотя считается вполне вероятным; однако гравитон не входит в Стандартную модель.

Адроны и лептоны образуют вещество.

Калибровочные бозоны — это кванты разных видов излучения.

Теория кварков – квантовая хромодинамика

- $q_e = +2/3$ $q_e = -1/3$
- U (Up - Верхний) D (Down - Нижний)
- C (Charm-Очарованный) S (Strange - Странный)
- T (True – Истинный) B (Beauty - Красивый)

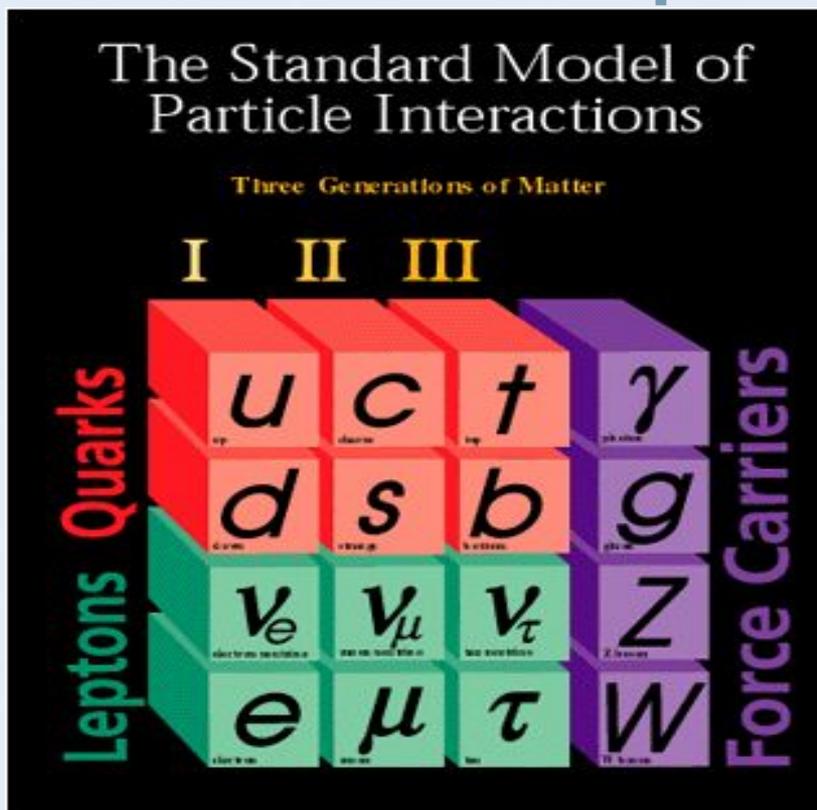
Принцип бесцветности: кварки объединяются так, чтобы возникла бесцветная (белая) комбинация, образуя адроны.

$$p = uud \quad (2 \cdot (+2/3) - 1/3) = +1$$

$$n = udd \quad (+2/3 + 2 \cdot (-1/3)) = 0$$

$$\pi^+ = ud \quad (+2/3 + (-)(-1/3) = +1, \text{ где } d - \text{антикварк}$$

Стандартная модель



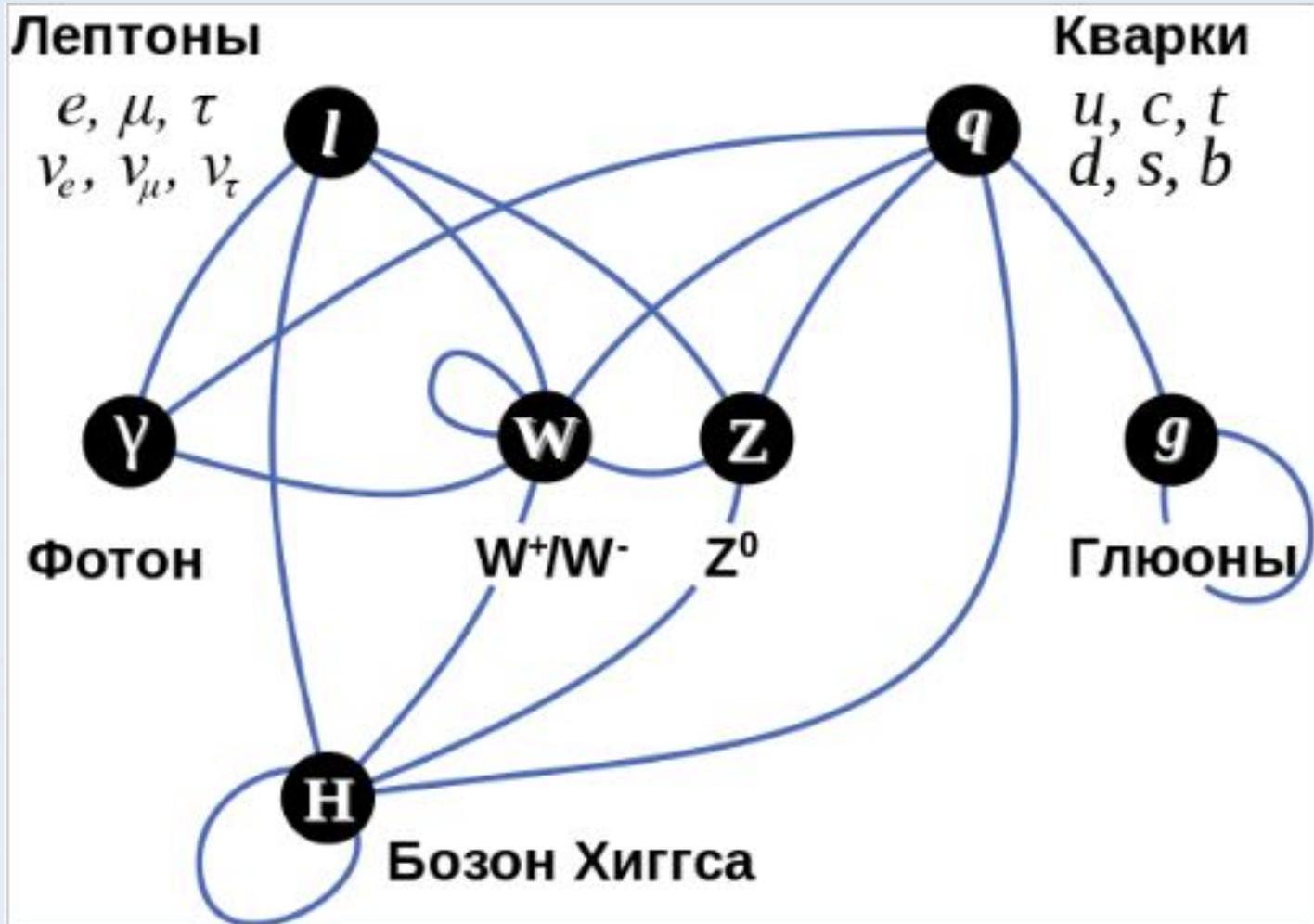
Экспериментально установлено количество «поколений» фундаментальных объектов, из которых сконструирована наша Вселенная.

Для конструирования окружающего нас мира достаточно только членов первого поколения, включающего электрон и электронное нейтрино в «лептонном секторе». Два других поколения, в составе которых мю-мезон и тау-лептон, представляют историю возникновения нашего мира.

А чего сложного то? Шесть лептонов, шесть кварков, двенадцать (восемь глюонов, фотон, Z^0 , W^- и W^+) калибровочных бозонов + бозон Хиггса H .

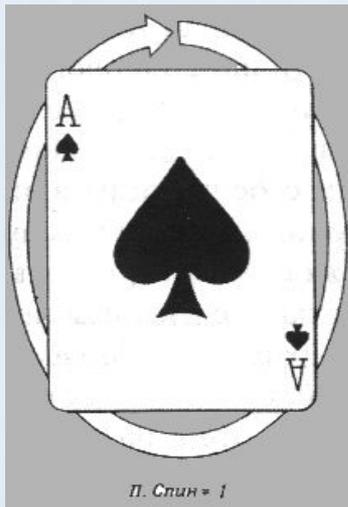
Адроны и лептоны образуют вещество. Калибровочные бозоны – это кванты разных видов излучения.

масса→	$\approx 2.3 \text{ МэВ}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ ГэВ}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ ГэВ}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ ГэВ}/c^2$
заряд→	2/3	2/3	2/3	0	0
спин→	1/2	1/2	1/2	1	0
КВАРКИ	u верхний	c очарованный	t истинный	g глюон	H бозон Хиггса
	d нижний	s странный	b прелестный	γ фотон	
	e электрон	μ мюон	τ тау	Z Z бозон	
	ν_e электронное нейтрино	ν_μ мюонное нейтрино	ν_τ тау нейтрино	W W бозон	
ЛЕПТОНЫ	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ МэВ}/c^2$	$1.777 \text{ ГэВ}/c^2$	$91.2 \text{ ГэВ}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	$< 2.2 \text{ эВ}/c^2$	$< 0.17 \text{ МэВ}/c^2$	$< 15.5 \text{ МэВ}/c^2$	$80.4 \text{ ГэВ}/c^2$	
	0	0	0	± 1	
	1/2	1/2	1/2	1	
					КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ



Взаимодействие между различными частицами в Стандартной модели

СПИН ЧАСТИЦ — это собственный момент количества движения, не связанный с перемещением частицы как целого



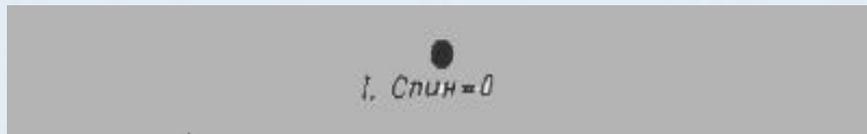
П. Спин = 1

Спин = 1



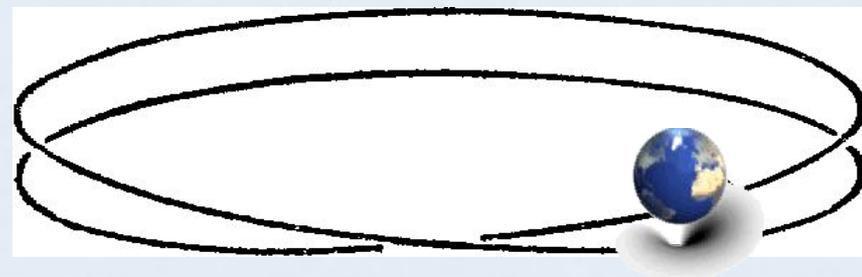
Ш. Спин = 2

Спин = 2

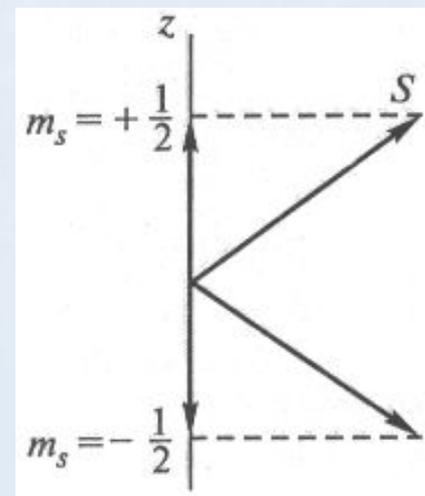


I. Спин = 0

Спин = 0



Спин = 1/2



Классификация частиц по их участию во взаимодействиях

- *гравитоны* (гравитация, силы тяготения)
- *фотоны* (электромагнитные взаимодействия)
- *адроны* (восемь глюонов переносят сильные ядерные взаимодействия, связывающие кварки)
- промежуточные векторные бозоны - переносят слабые взаимодействия, ответственные за некоторые распады
- *лептоны* – частицы, не участвующие в сильных взаимодействиях- (нейтрино, электрон, мюон, тау-лептон). Участие в электромагнитных взаимодействиях только для заряженных частиц не наблюдалось для нейтрино.

Элементарные частицы



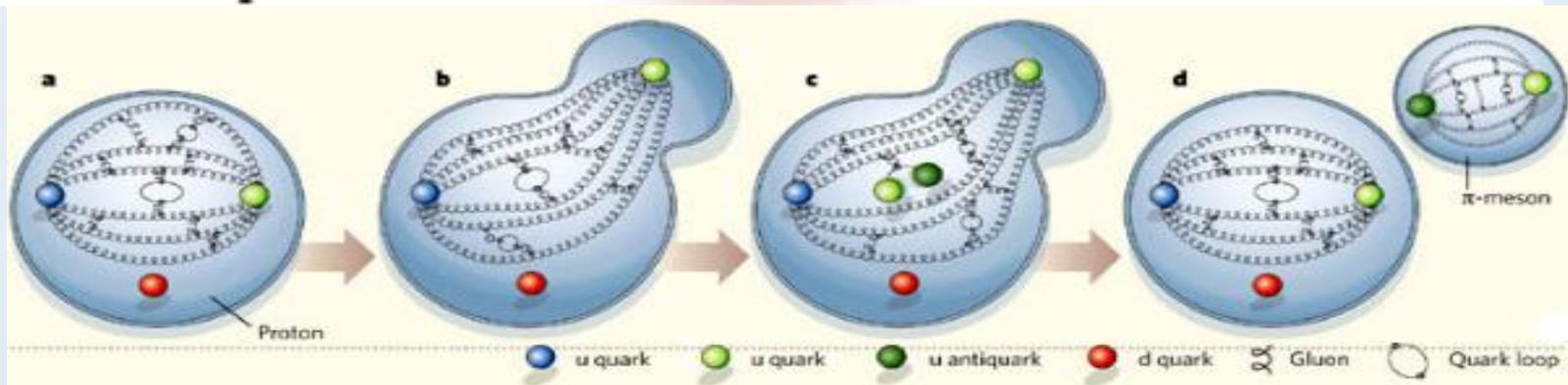
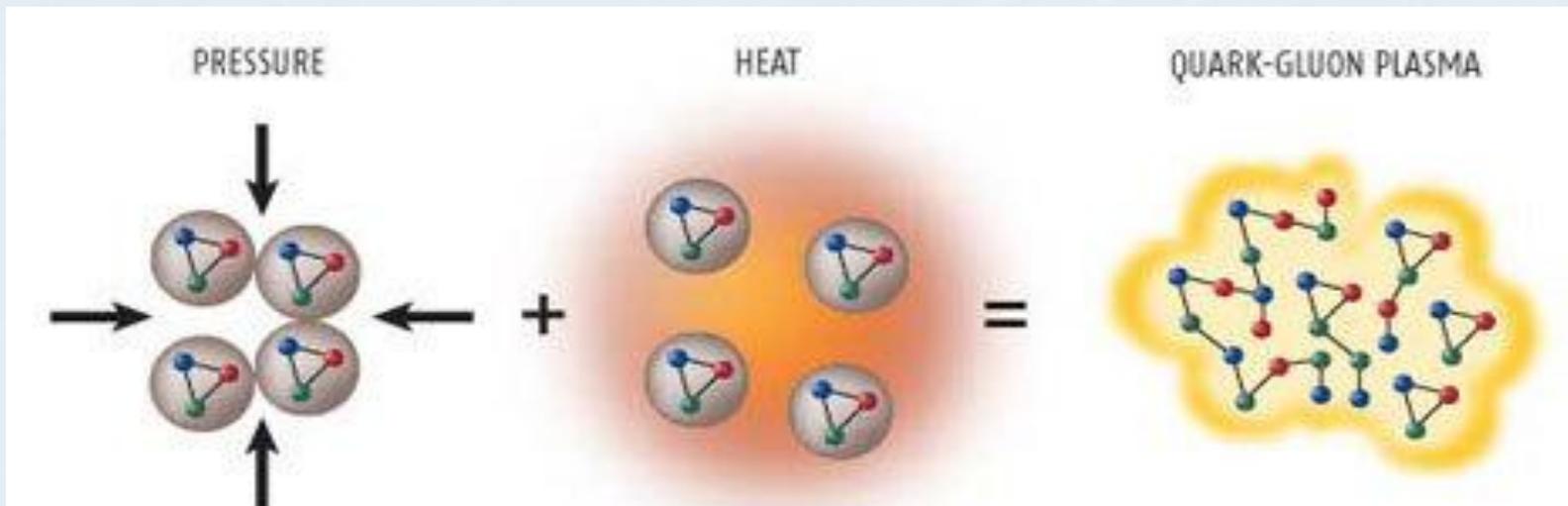
- CERN (ЦЕРН),
Швейцария –
Европейский центр
ядерных
исследований
*Большой
адронный
коллайдер (Large
Hadron Collider,
LHC) – 16 ТэВ*

США - Брукхэвенская
национальная
лаборатория
*Релятивистский
коллайдер тяжелых
ионов (США)*

- *Теватрон – 1 ТэВ*

Строящийся – ускоритель на встречных пучках
Nuclotron-Based Ion Collider Facility (NICA) –
сверхпроводящий коллайдер протонов и тяжёлых
ионов
Дубна, Россия

Сильное взаимодействие сводится к взаимодействию кварков, которые обмениваются **глюонами** (спин целочисленный, масса покоя нуль, заряд нуль). Но и у глюонов есть «цвет». Поглощая глюон, кварк меняет цвет, но не аромат (т.е. тип – u, d, c, s, t).



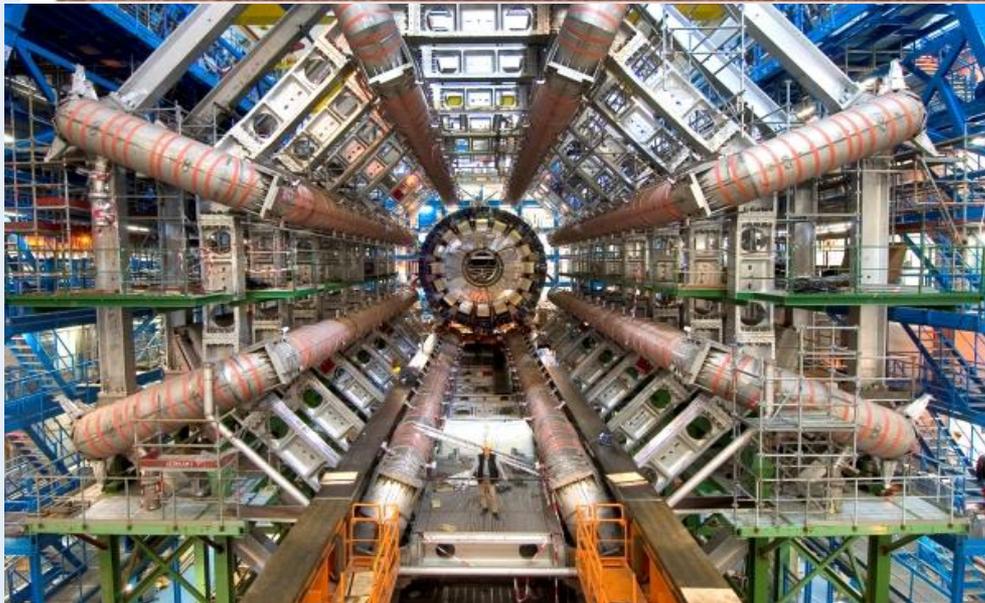
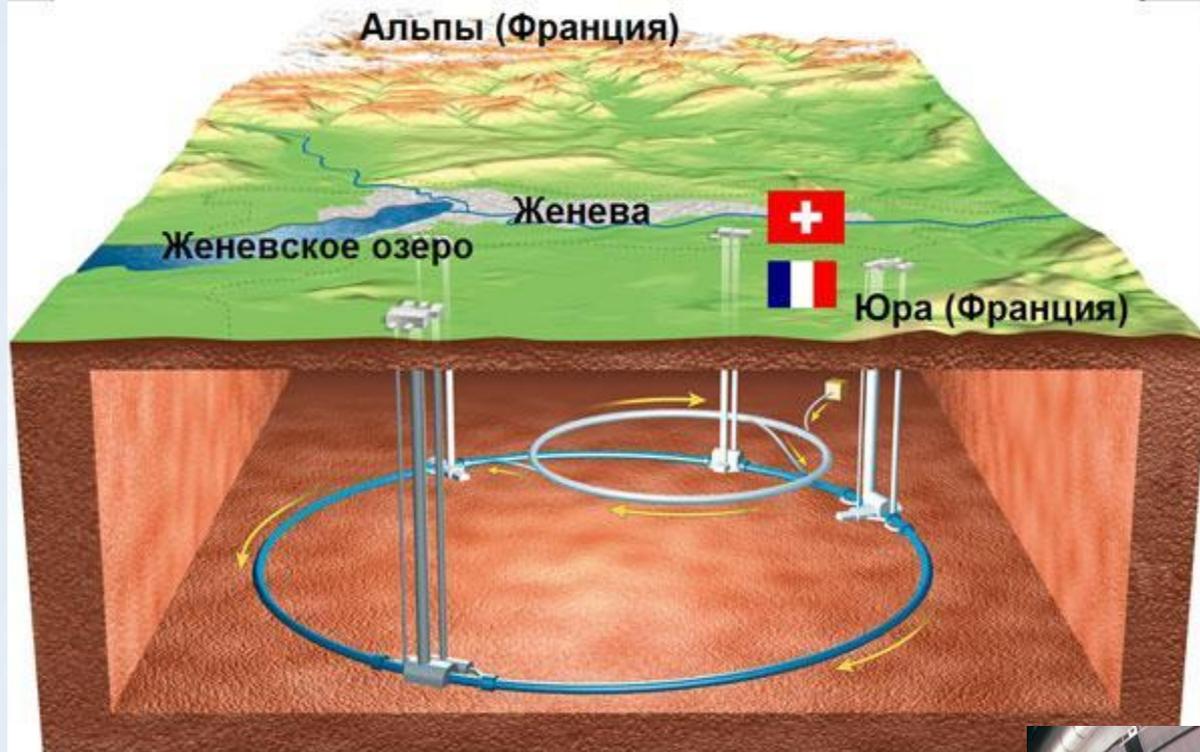
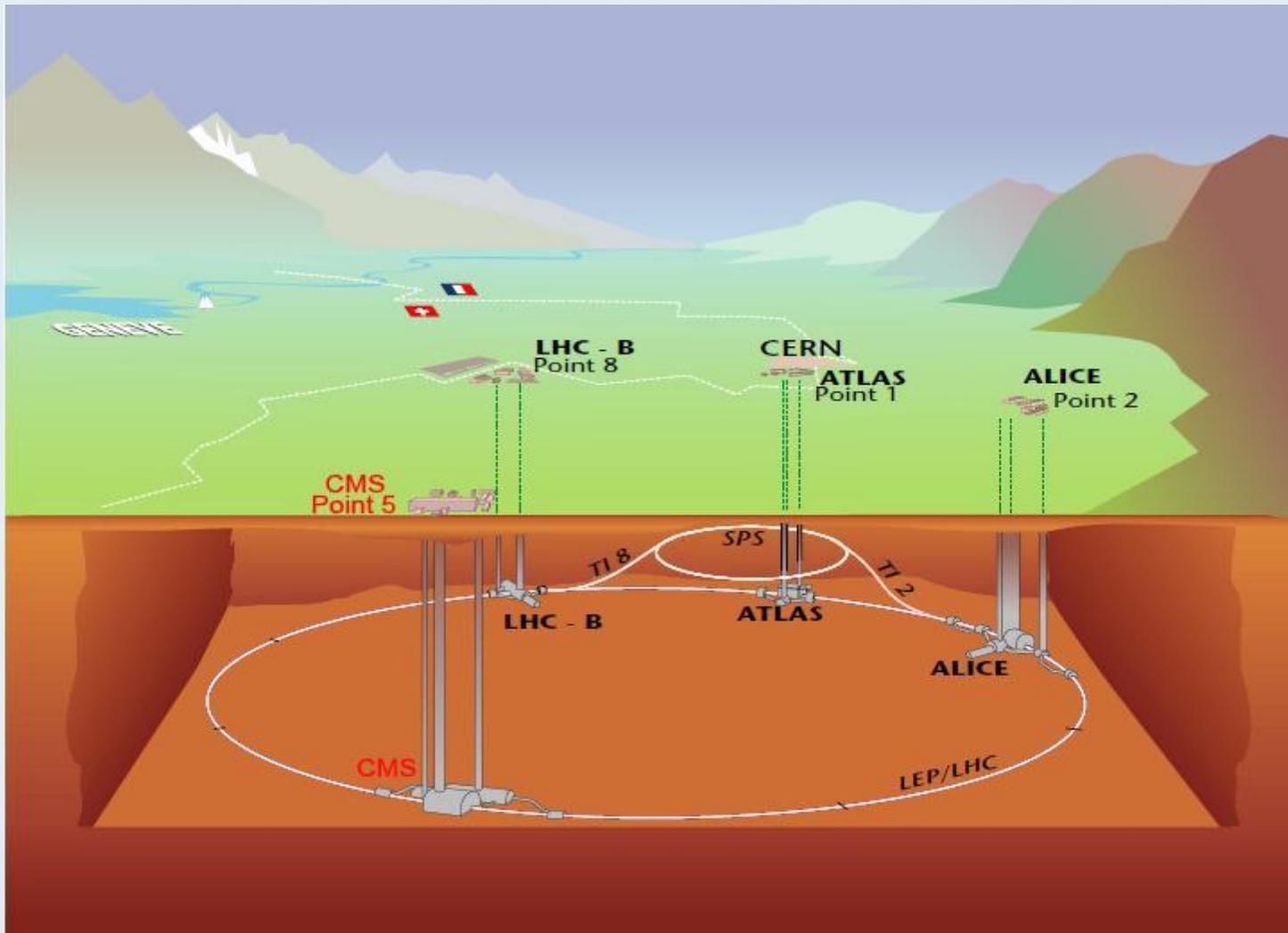
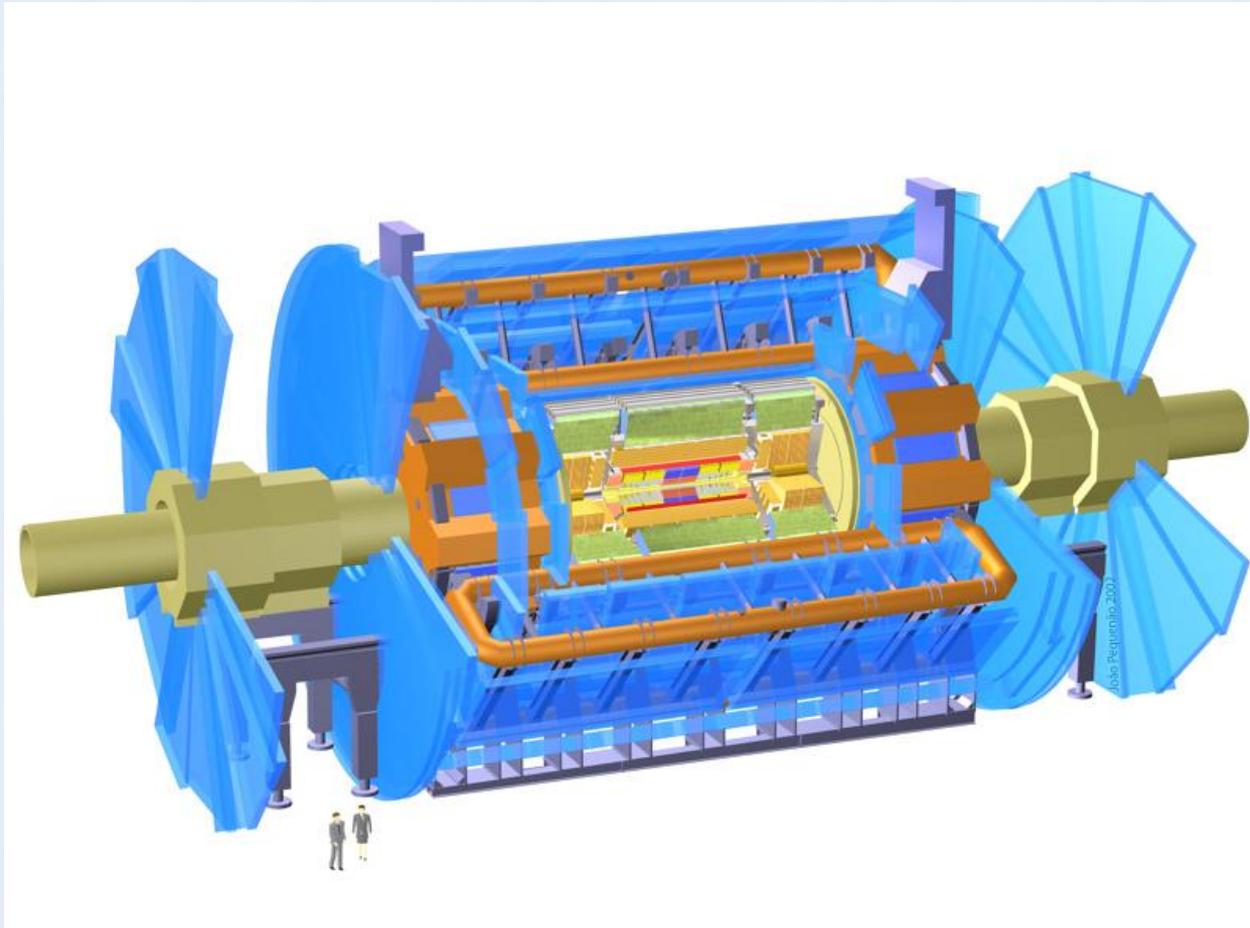


Схема коллайдера LHC

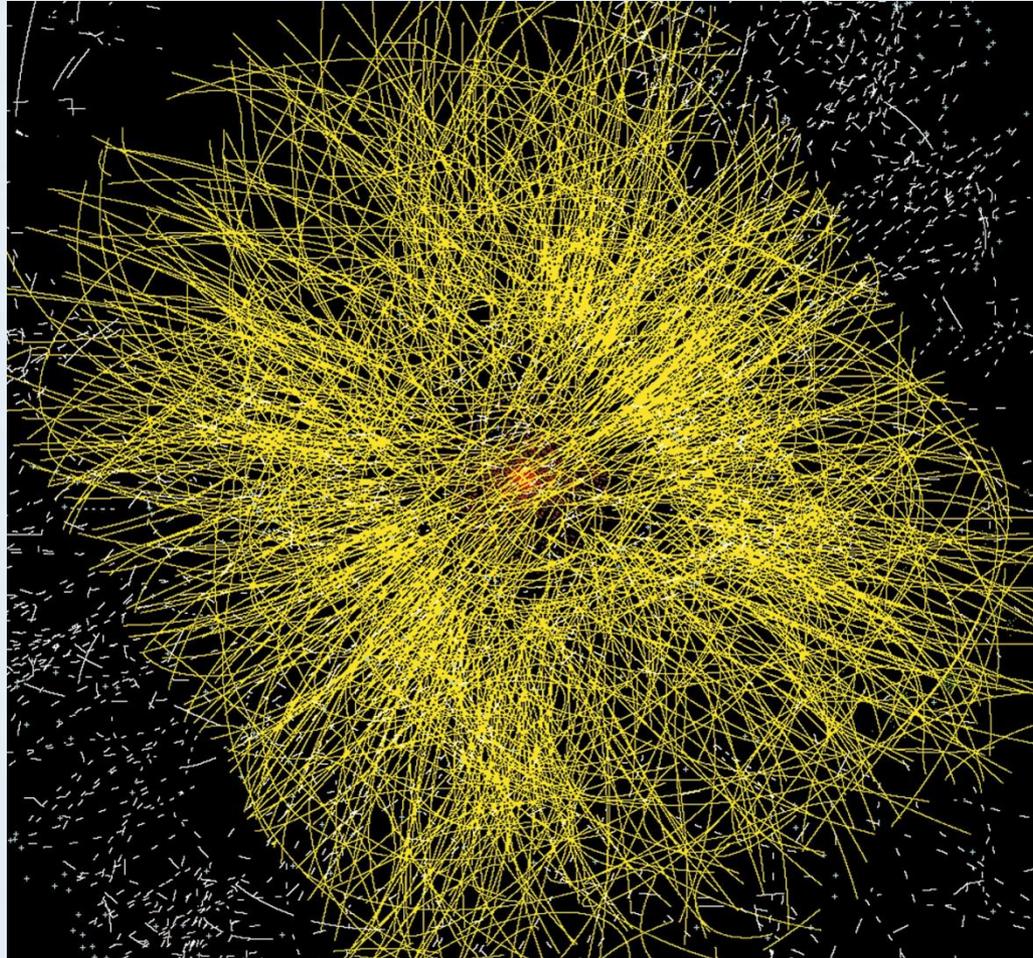




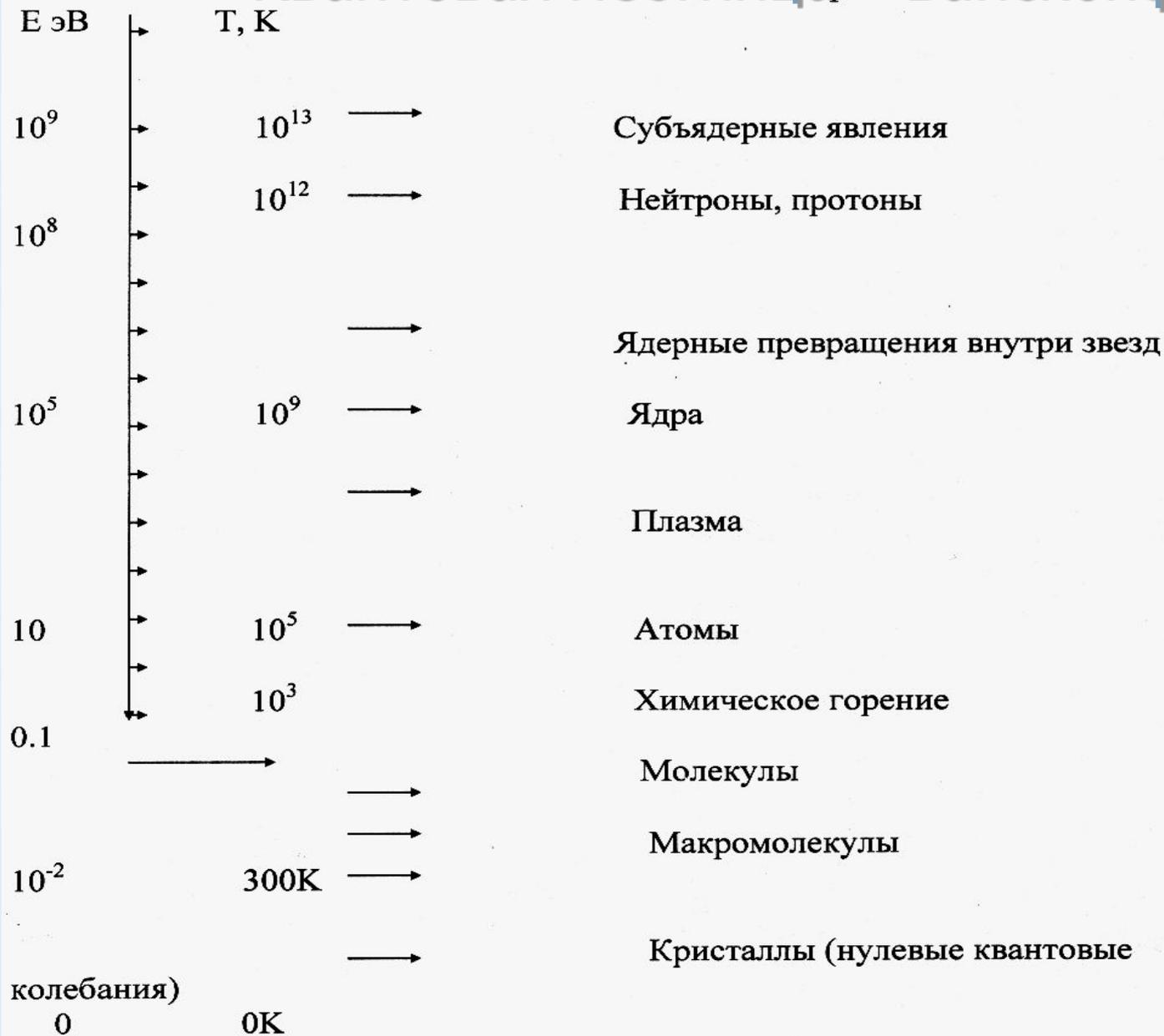
Туннель LHC



Как будет выглядеть столкновение двух ядер (Pb+Pb) в детекторе ALICE



«Квантовая лестница» Вайскопфа



Смотреть на <https://www.youtube.com>

Фундаментальные взаимодействия — Дмитрий Казаков; видео 12 мин.54 сек.

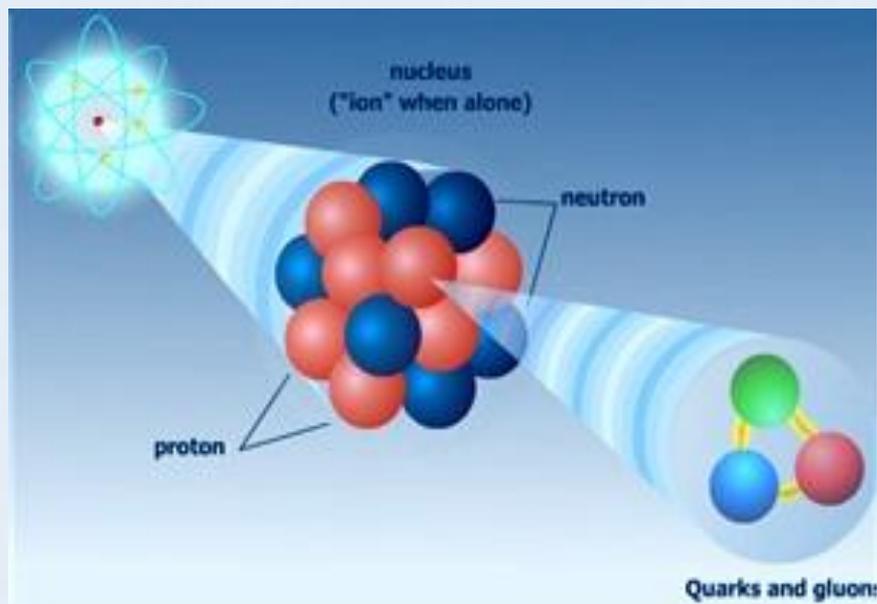
Как работает Большой Адронный Коллайдер - видео 6 мин.18 сек.

Галилео. Адронный коллайдер видео 17 мин.40 сек.

Появилось видео с Адронного КОЛЛАЙДЕРА ПОД МОСКВОЙ
видео 6 мин.49 сек.

ЧТО ТАКОЕ НАНОФИЗИКА ?

$$1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$$



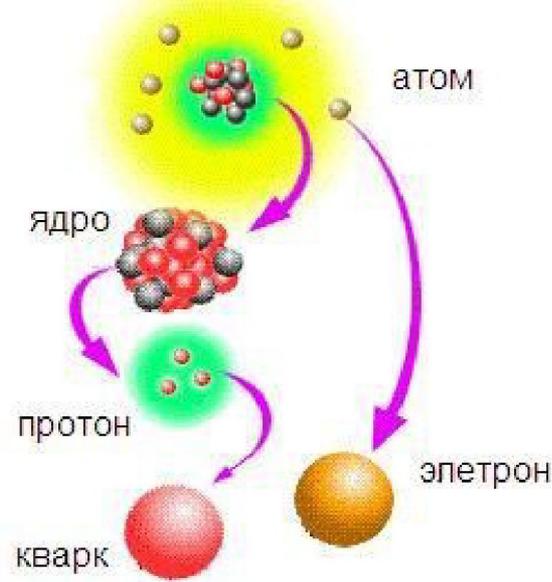
Масштаб

10^{-10} м

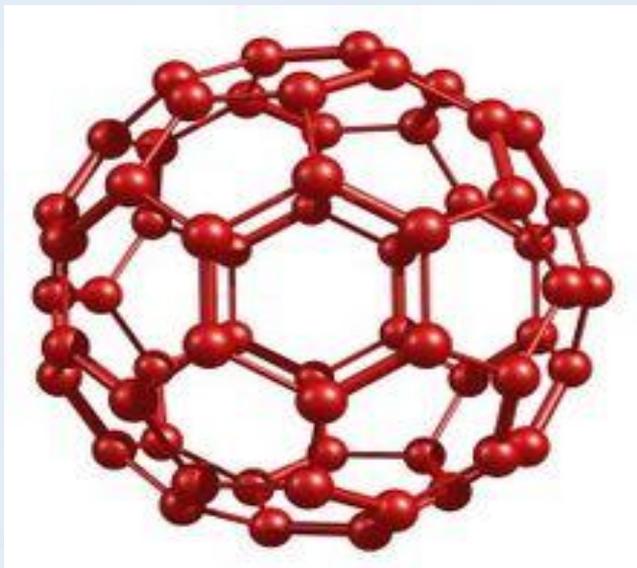
10^{-14} м

10^{-15} м

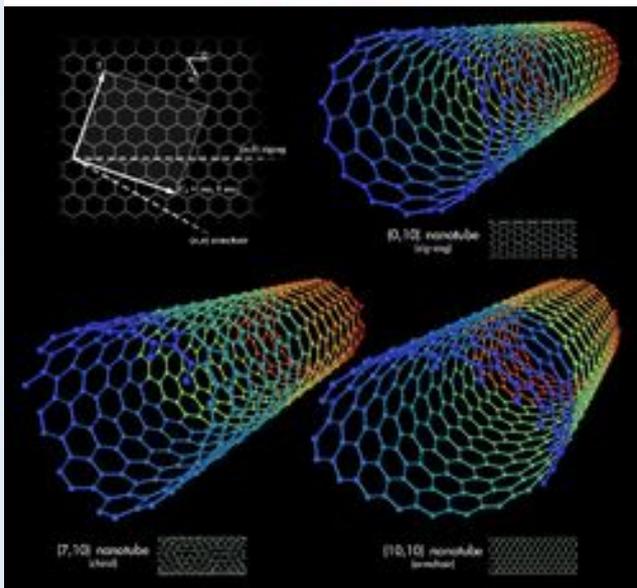
$\leq 10^{-18}$ м



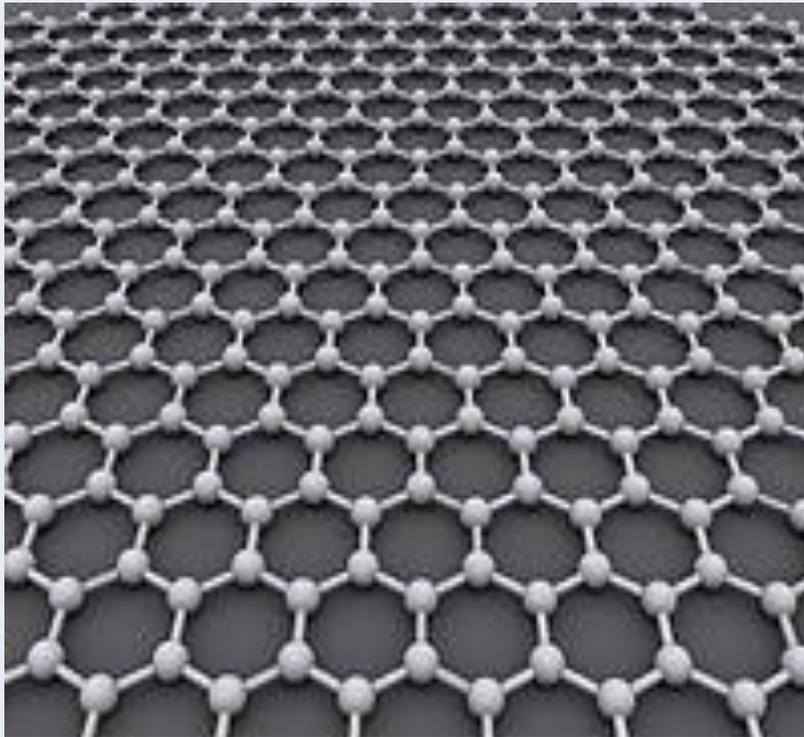
Фуллерены



- **Фуллерены** — молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода (другие — алмаз, карбон и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.



Графен — монослой атомов углерода

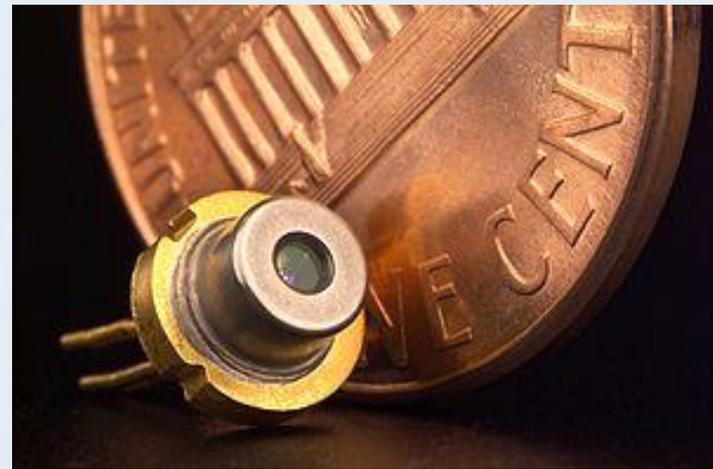


Нобелевская премия 2010 г. —
А.Гейм и К. Новоселов: за
новаторские эксперименты по
исследованию двумерного
материала графена.

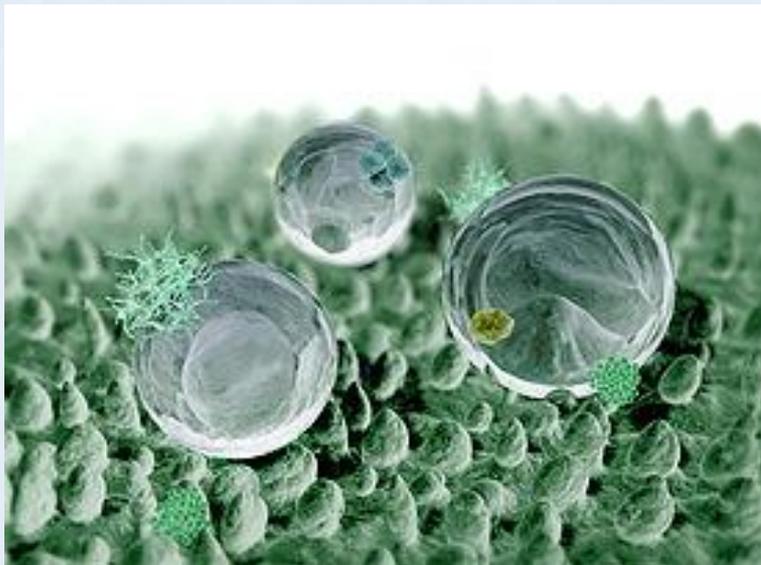
Графен как перспективный
материал, который заменит
кремний в интегральных
микросхемах.

Квантовые точки в гетероструктурах - «сэндвичах»
из двух полупроводников, например GaAs/(Ga,Al)As.
Гетероструктура это полупроводниковая структура с
несколькими контактами двух различных по химическому
составу полупроводников.

Нобелевская премия 2000 г. –
Жорес Ив.Алферов совм. с Г.
Крёмер и Дж Килби за
разработки
полупроводниковых
гетероструктур,
используемых в
высокочастотных схемах и
оптоэлектронике



Эффект лотоса — эффект крайне низкой смачиваемости поверхности



Создание так называемых супергидрофобных материалов.

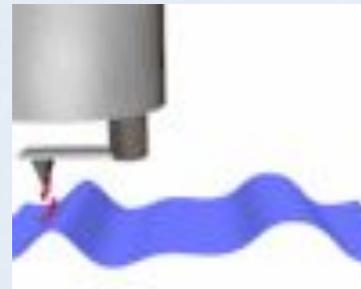
Компьютеры и микроэлектроника

Жёсткие диски — в 2007 году Питер Грюнберг и Альберт Ферт получили Нобелевскую премию по физике за открытие GMR-эффекта, позволяющего производить запись данных на жестких дисках с **атомарной** плотностью информации.

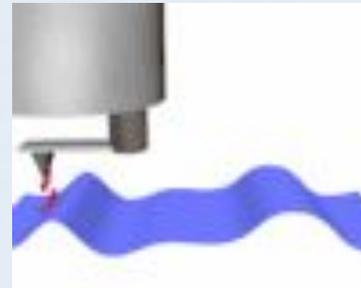
Сканирующая зондовая микроскопия

Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ)

- Одним из методов, используемых для изучения нанобъектов, является сканирующая зондовая микроскопия



Атомно-силовой микроскоп (АСМ),



Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах (англ. *European x-ray free electron laser*, **European XFEL**) — международный проект по созданию самого крупного в мире лазера на свободных электронах, предназначенного для наблюдения за ходом химических реакций. В строительстве участвуют 12 стран (основные — Германия и Россия).