

# Введение

- **Мельчайшие частицы материи слепляются в результате сильнейшего притяжения, образуя частицы большего размера, но уже менее склонные к притяжению; многие из этих частиц могут опять слепляться, образуя ещё большие частицы с ещё большими частицами с ещё меньшим притяжением друг к другу и так далее в разных последовательностях, пока эта прогрессия не закончится на самых больших частицах, от которых зависят уже и химические реакции и цвет естественных тел, и, которые образуют, наконец, тела ощутимых размеров. Если так, то в природе должны существовать посредники, помогающие частицам вещества близко слепляться друг с другом за счет сильного притяжения. Обнаружение этих посредников и есть задача экспериментальной философии.**

**И. Ньютон (1643 – 1727)**

# Элементарные частицы

## Аристотель (384 – 322 до н.э.)



**всё делится на:**

- **вещество: воздух, вода, земля, огонь,**
- **взаимодействия: лёгкость и тяжесть**

- **Поиск элементарных составляющих, из которых образована вся окружающая материя.**
- **Изучение сил, связывающих элементарные составляющие материи.**
- **Описание движения частиц под действием известных сил.**

**Древние греки:**

- **Есть мельчайшие неделимые частицы – атомы;**
- **Вещество можно делить бесконечно!**

**Теория ядра не существует!**

**Осторожно, лженауки!**

# **Новая физика на рубеже веков - теория относительности, квантовая теория**

- **1897 год, Дж. Томсон, открытие электрона;**
- **1905 год, А. Эйнштейн, теория относительности;**
- **Квантовая теория.**

# Теория относительности

- **Равномерное и прямолинейное движение тел не влияет на происходящие в них процессы.**
- **Существует предельная скорость распространения взаимодействия - скорость света в пустоте.**
- **Преобразование Лоренца.**

# Квантовая теория

- 1900 г., работа М. Планка по проблемам теплового излучения, постоянная Планка.
- Фотоэффект,
- Рассеяние фотонов на электронах,
- 1924 г. Луи-де-Бройль, корпускулярно-волновой дуализм,
- 1927 г. В. Гейзенберг, принцип неопределенности.

# Открытие атомного ядра

- 1904 г. Дж. Томсон, атом - нейтральная система - из заряженного шара с зарядом  $+Ze$ , внутри  $Z$  отрицательно заряженных электронов. Размер атома  $\sim 10^{-8}$  см.
- 1911 г. Э. Резерфорд, положительно заряженное атомное ядро с радиусом  $< 10^{-12}$  см и электронная оболочка с радиусом  $\sim 10^{-8}$  см. 99.98% массы в ядре.

## **Нерелятивистская квантовая теория**

- **1913 г., Н. Бор, квантовая теория орбит.**
- **1926 г. уравнение Шредингера.**
- **Вероятностный характер микромира.**



# Радиоактивность

- **1898 г. А. Беккерель, открытие радиоактивности – испускание:**  
нейтрально заряженных частиц – фотонов,  
отрицательно заряженных частиц- электронов,  
положительно заряженных частиц.
- **1919 г., первый масс-спектрограф Ф. Астона.**
- **Измерение масс ядер, открытие  $\alpha$ -частиц.**

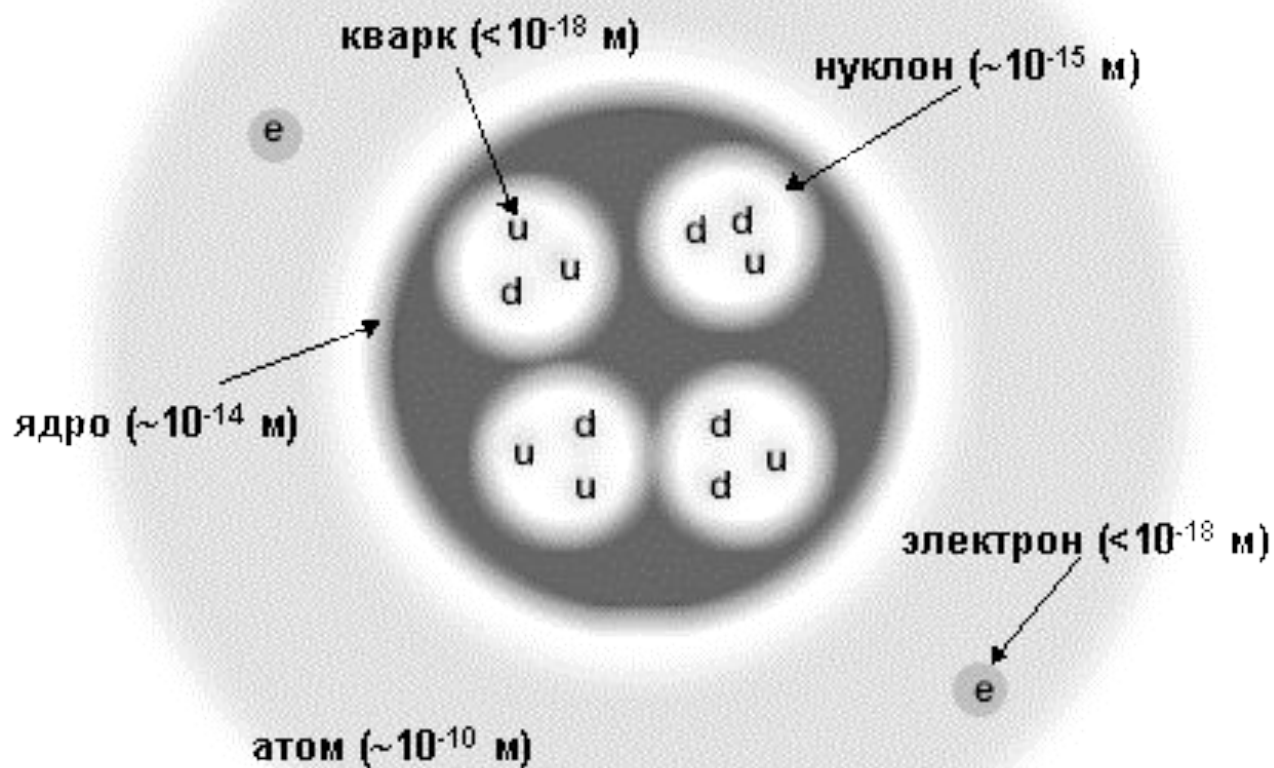
# Первая ядерная реакция и строение ядра

- 1919 г. Э. Резерфорд  
 $^{14}\text{N} + \alpha \rightarrow ^{17}\text{O} + \text{p}$
- Открытие протона.
- До 1932 г., Протон-электронная модель.
- 1928 г., Г. Гамов, модель  $\alpha$ -распада.
- 1932 г., Д. Чедвик, открытие нейтрона.
- Нейтрон-протонная модель ядра.
- Открытие изотопов.
- Открытие ядерных сил.

# Размеры ядер

- Плотность ядерной материи в центре ядра приблизительно одинакова у всех ядер и составляет  $\sim 0.17$  нукл./Фм<sup>3</sup>.
- Толщина поверхностного слоя (спад плотности от 0.9 до 0.1) у всех ядер примерно одинакова  $d = 2.4 \cdot \text{Фм}$ .
- Величина радиуса ядра определяется числом нуклонов,  
 $R = 1.3A^{1/3} \text{ Фм}$ .
- $1 \text{ Фм} = 10^{-13} \text{ см}$ .
- Единица энергии – электрон-вольт (эВ)

# Размеры ядра

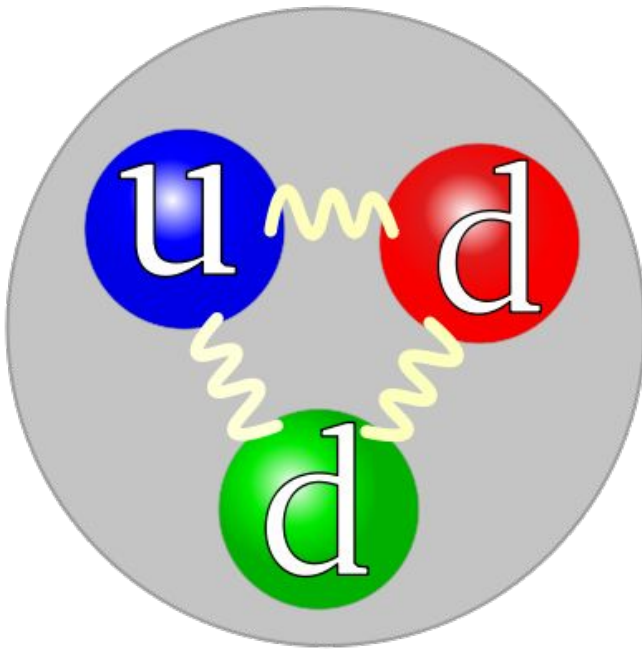


# Фундаментальные взаимодействия

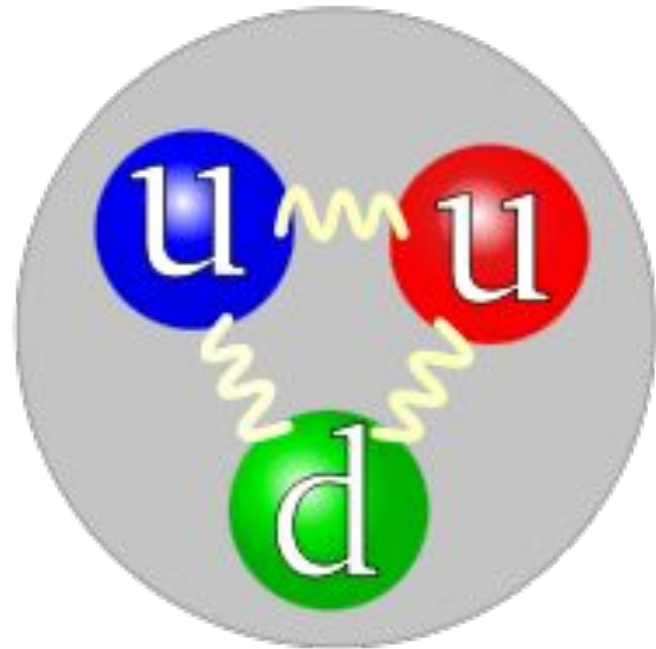
<b>Взаимодействие</b>	<b>Характерная константа</b>
<b>Сильное</b>	<b>1</b>
<b>Электромагнитное</b>	<b><math>10^{-2}</math></b>
<b>Слабое</b>	<b><math>10^{-6}</math></b>
<b>Гравитационное</b>	<b><math>10^{-38}</math></b>

# Кварки, 1963 г.

М. Гелл-Манн и Г. Цвейг предложили кварковую модель адронов. Барионы “конструировались” из трёх кварков, мезоны – из кварка и антикварка.



нейтрон: 1up 2down



протон: 2up 1down

Нобелевская премия 1969 г.

# Фундаментальные частицы Стандартной Модели

$e^-$        $\mu^-$        $\tau^-$

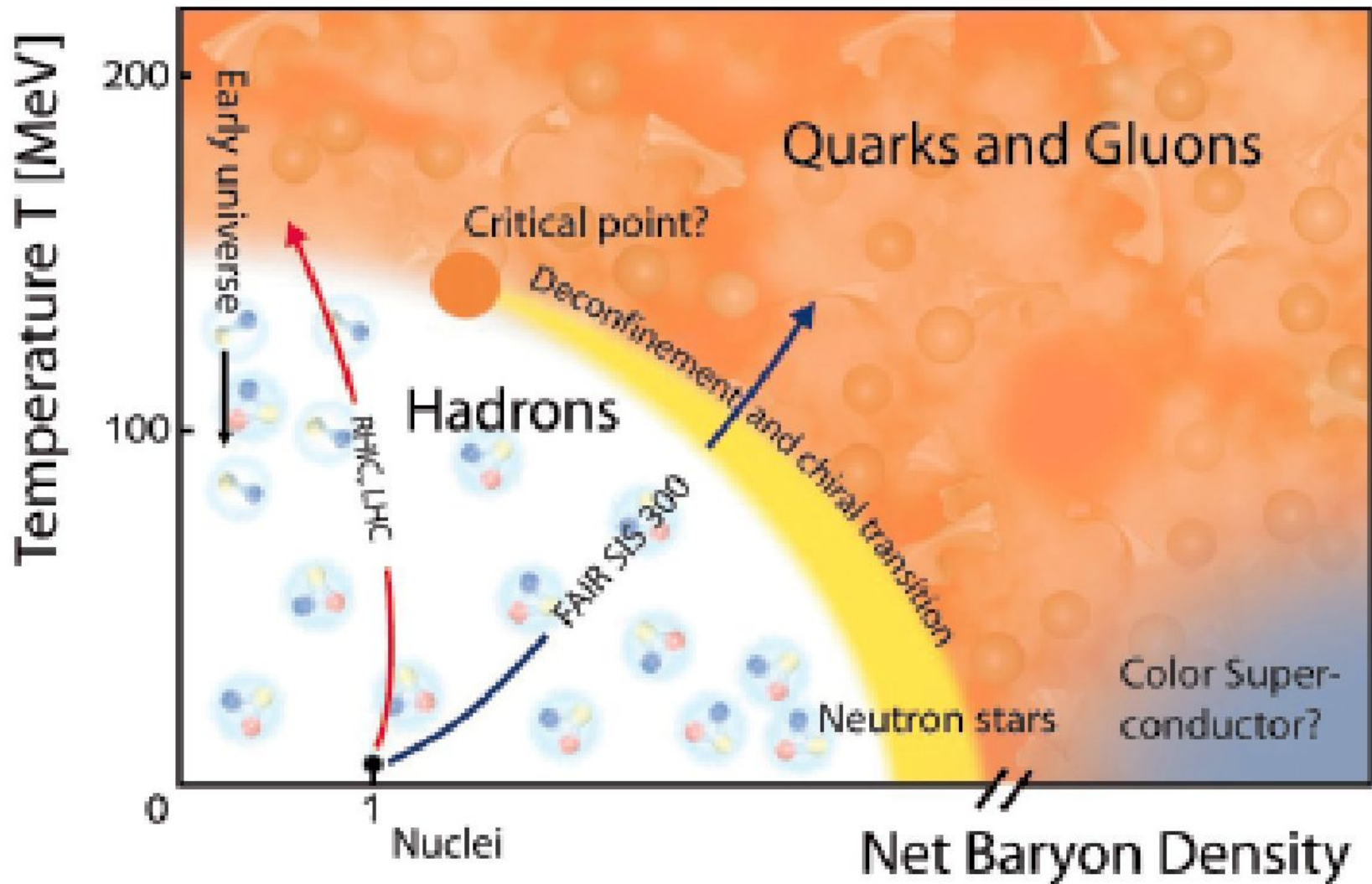
$\nu_e$        $\nu_\mu$        $\nu_\tau$

$u$        $c$        $t$

$d$        $s$        $b$

$8g, \gamma, W^+, W^-, Z$

# Диаграмма состояния ядерной материи





# Тёмная материя

## 1933 г. Ф. Цвики

- Тёмная материя — вещество неизвестной природы, которое взаимодействует с обычными веществами посредством сил тяготения.
- Оно не излучает свет.
- Движение галактик в скоплениях можно описать, если предположить, что суммарная масса скопления в 10 раз больше суммарной массы составляющих его галактик.
- Устойчивое вращение звезд по орбитам в рукавах спиральных галактик требует большей массы галактик.
- Для описания температуры межгалактического газа требуется гравитационный потенциал и, следовательно, масса галактик гораздо больше наблюдаемой оптическими методами.
- Микролинзирование удаленных галактик позволяет оценить распределение вещества в галактиках и их скоплениях. Его также оказывается на порядок больше наблюдаемого.



galaxy cluster CL0024+17

# Тёмная энергия

- В начале 1998 г. было сделано открытие. Оказалось, что последние  $5 \cdot 10^9$  лет расширение Вселенной не замедлялось, как следует из модели Большого Взрыва, а ускорялось.
- Этот вывод получен в результате анализа спектров излучения взрывающихся Сверхновых, расположенных от Земли на расстоянии 5-10 млрд световых лет.
- Таким образом было доказано наличие в космосе гравитационного отталкивания, присущего физическому вакууму.
- 2008 – тёмный поток.

# Характеристики Вселенной

<b>БАРИОНЫ</b>		0.02-0.05
в том числе:	- звёзды	0.002-0.003
<b>ФОТОНЫ</b>		$4.9 \cdot 10^{-5}$
<b>НЕЙТРИНО</b>		$3.3 \cdot 10^{-5}$
<b>ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ</b>		0.96
в том числе:	- неизвестные массивные частицы (не барионы)	0.2-0.4
	- вакуум	0.6-0.8
<b>ПОЛНАЯ ПЛОТНОСТЬ ВЕЩЕСТВА-ЭНЕРГИИ</b>		$1.02 \pm 0.02$

