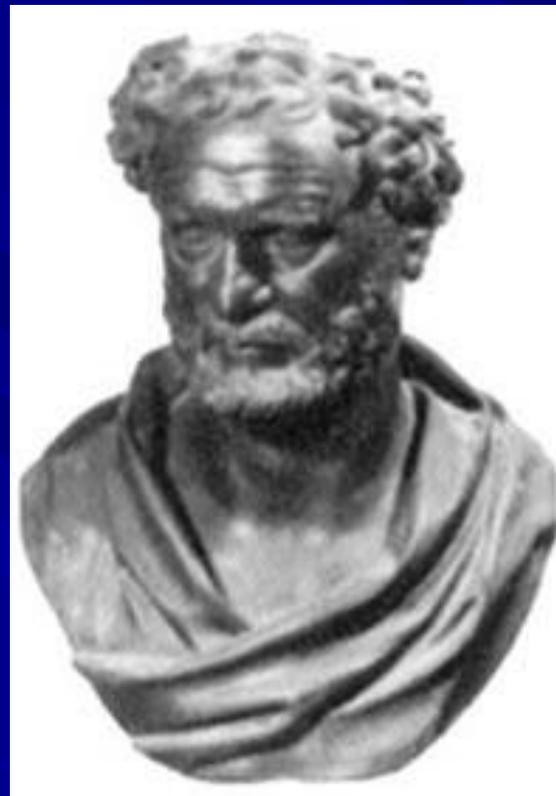


# Элементарные частицы

# АТОМ (по Демокриту) – простейшая, неделимая далее частица

- Из атомов состоят все тела
- Превращения, наблюдаемые в природе, - это простая перестановка атомов
- В мире все течет, все изменяется, только атомы остаются неизменными



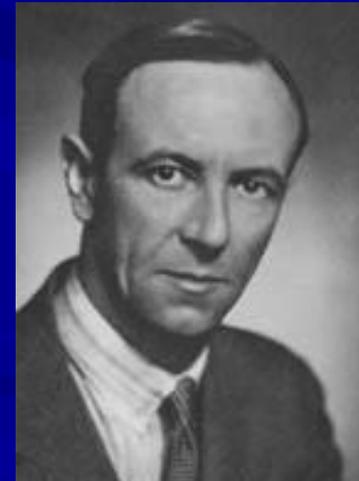
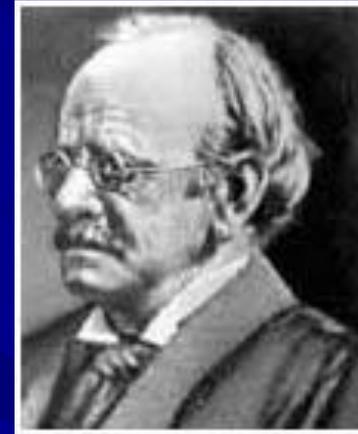
# Примеры явлений, поставивших под сомнение неизменность атомов

- Электризация тел
- Линейчатые спектры испускания и поглощения атомов
- Радиоактивность
- Электролиз
- Фотоэффект
- Термоэлектронная эмиссия
- Электрический разряд в газах

*Вывод: атомы обладают сложным внутренним строением и не являются простейшими неразрушимыми и неизменными частицами*

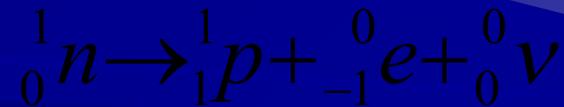
# Проблема – найти простые частицы, из которых построены все атомы

- 1897 год – открыт электрон (Джозеф Томсон)
- начало 1920-х годов – открыт протон (Резерфорд)
- 1932 год – открыт нейтрон (Джеймс Чедвик)



# Элементарные частицы (от лат. *elementarius* – первоначальный, простейший, основной)

- Частицы, из которых построены атомы считались неспособными ни к каким превращения
- Элементарными стали считать электроны, протоны и нейтроны
- Позже фотоны включили в число элементарных частиц
- Было обнаружено, что свободный нейтрон нестабилен и живет в среднем 15 минут
- Но нельзя сказать, что нейтрон состоит из этих частиц, они рождаются в момент распада



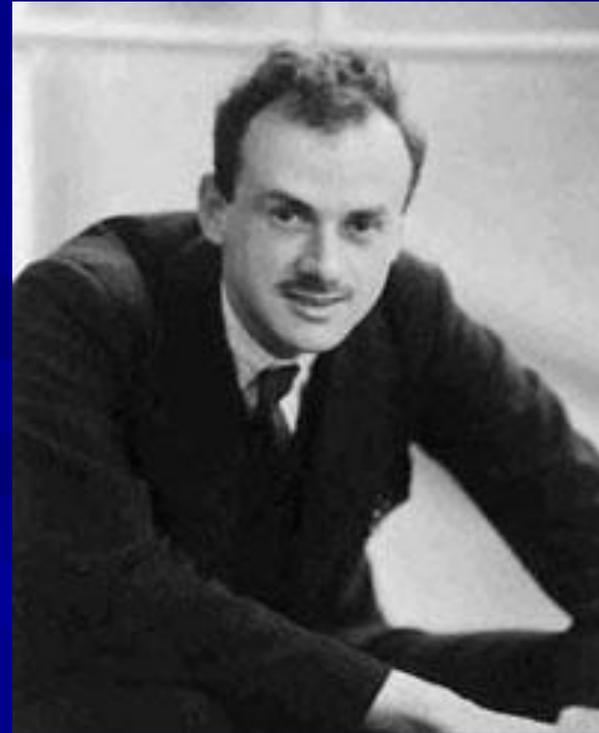
***Элементарными*** называют частицы, которые на современном уровне развития физики нельзя считать соединением других, более «простых» частиц, существующих в свободном состоянии

- Элементарная частица в процессе взаимодействия с другими частицами или полями должна вести себя как единое целое
- Все элементарные частицы превращаются друг в друга, и эти их взаимные превращения – главный факт их существования
- Неделимость элементарных частиц не означает, что у них отсутствует внутренняя структура

# АНТИЧАСТИЦЫ

В 1928 году Поль Дирак разработал теорию движения электрона в атоме, учитывающую релятивистские эффекты. Из уравнения получалось, что у электрона должен быть «двойник» - частица такой же массы, но с положительным элементарным зарядом

В 1932 году К. Андерсон экспериментально обнаружил в космическом излучении *позитроны*



# АНТИЧАСТИЦЫ

- У всех элементарных частиц есть античастицы
- Заряженные частицы существуют парами
- В 1955 году обнаружен антипротон
- В 1956 году – антинейтрон
- Существуют *истинно нейтральные частицы* – фотон, пи-нуль-мезон, эта-мезон. Они полностью совпадают со своими античастицами

# АННИГИЛЯЦИЯ

Античастицы оказались способными к особому виду взаимодействия (доказано на опыте Ф. Жолио-Кюри в 1933 г.)

Две античастицы при встрече *аннигилируют* (от лат nihil – ничто), превращаясь в два, редко в три фотона



# АННИГИЛЯЦИЯ

В том же году супруги  
Жолио-Кюри  
обнаружили обратный  
процесс – рождение  
электронно-  
позитронных пар при  
прохождении гамма-  
кванта большой энергии  
вблизи атомного ядра

$$E_{\gamma} = 2M_e c^2 \geq 1,02 \text{ МэВ}$$



# Проблема №1

Для объяснения существования ядерных сил взаимодействия между нуклонами в ядре требуется найти материальных носителей ядерного взаимодействия (согласно теории близкодействия)

# Проблема №2

Количество открытых к настоящему времени элементарных частиц исчисляется сотнями

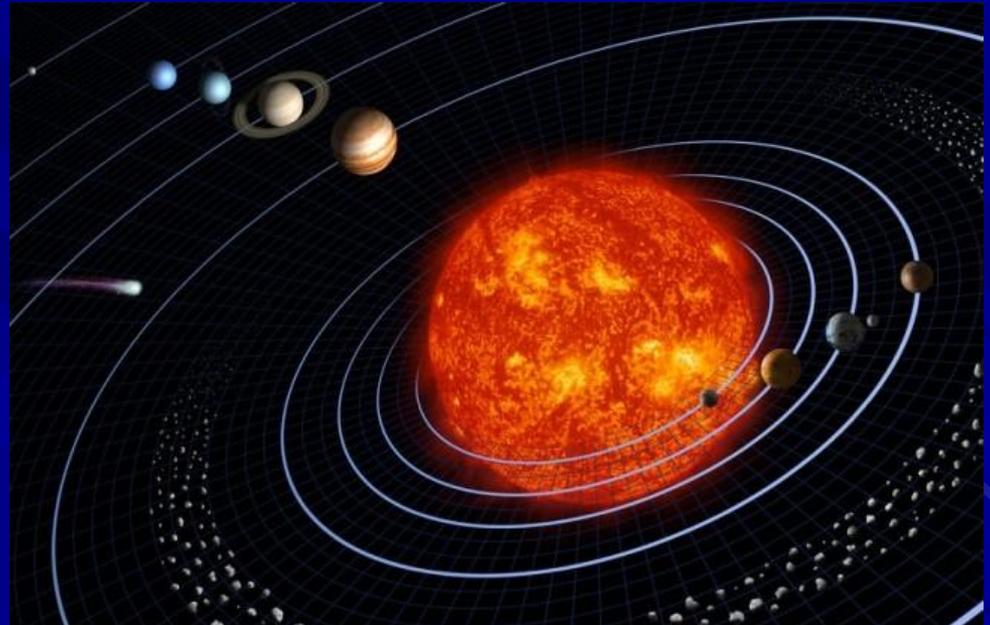
Как классифицировать элементарные частицы для выяснения их внутренней структуры и поиска «настоящих» элементарных частиц?



# Элементарные частицы разделяются на группы по их способностям к различным видам **фундаментальных взаимодействий**

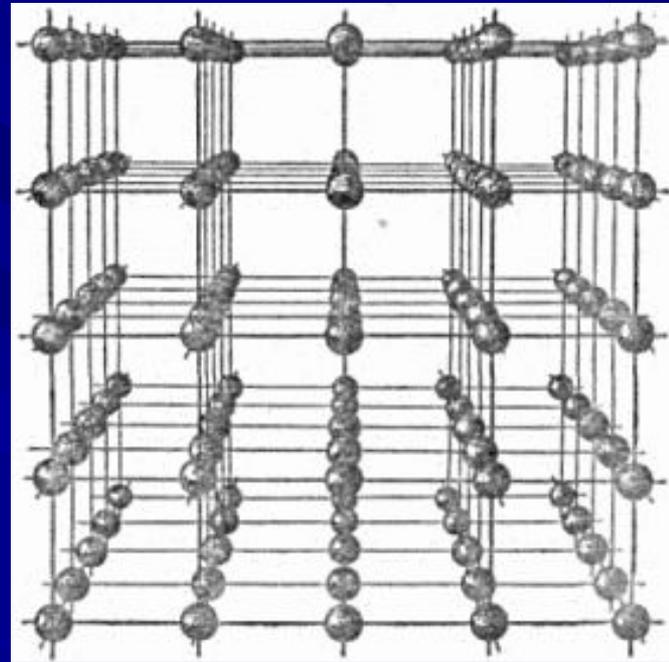
## 1. Гравитационное взаимодействие

- описывается законом всемирного тяготения
- действует между любыми телами Вселенной
- играет основную роль только для макроскопических тел больших масс
- носители – гравитоны?



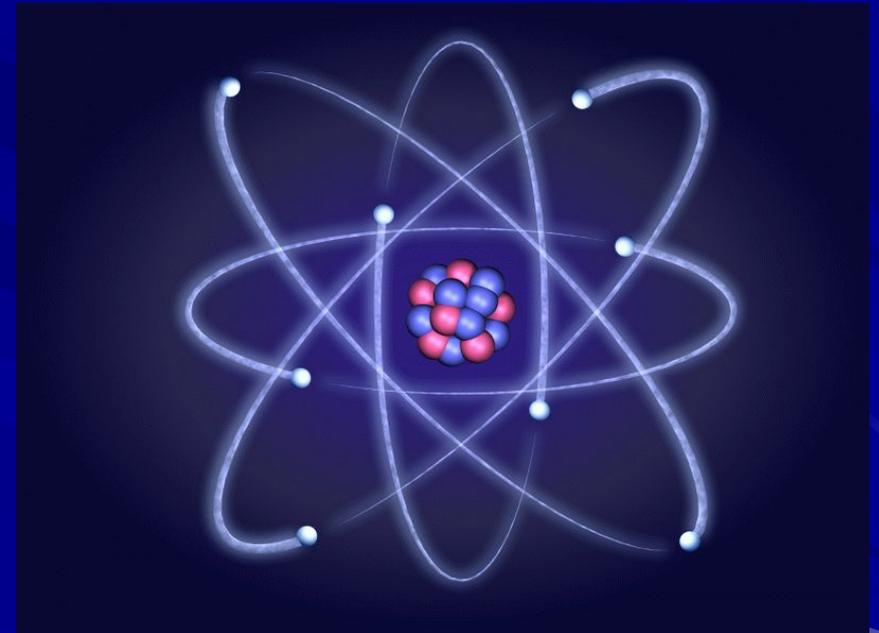
## 2. Электромагнитное взаимодействие

- действует между любыми электрически заряженными частицами и телами, а также фотонами – квантами электромагнитного поля
- обеспечивает возможность существования атомов, молекул; определяет свойства твердых тел, жидкостей, газов и плазмы
- вызывает деление тяжелых ядер; излучение и поглощение фотонов веществом
- носители - фотоны



### 3. Сильное взаимодействие

- это взаимодействие между нуклонами и другими тяжелыми частицами
- проявляется на очень коротких расстояниях  $\sim 10^{-15}$  м
- примером является взаимодействие нуклонов ядерными силами
- частицы, способные к этому взаимодействию называются *адроны*
- носители — глюоны и мезоны



## 4. Слабое взаимодействие

- в нем участвуют любые элементарные частицы, кроме фотонов
- проявляется лишь на очень малых расстояниях  $\sim 10^{-18}$  м
- примером слабого взаимодействия может служить процесс бета-распада нейтрона, распад заряженного пиона
- носители – промежуточные бозоны



# КВАРКИ

- Главная идея, высказанная впервые М. Гелл-Манном и Дж. Цвейгом, состоит в том, что все частицы, участвующие в сильных взаимодействиях, построены из более фундаментальных частиц – *кварков*. Кроме лептонов, фотонов и промежуточных бозонов, все уже открытые частицы являются составными.
- Кварки в сегодняшней Вселенной существуют **только в связанных состояниях** - только в составе адронов. Например, протон -  $uud$ , нейтрон -  $udd$ .

Кварки				
Название частицы (Аромат)	Обозначение	Цвет (голубой, зеленый, красный)	Масса покоя, МэВ	Эл. заряд
Up (Верхний)	u	$u_r$ $u_g$ $u_b$	310	+2/3
Down (Нижний)	d	$d_r$ $d_g$ $d_b$	310	-1/3
Charm (Очарованный)	c	$c_r$ $c_g$ $c_b$	1500	+2/3
Strange (Странный)	s	$s_r$ $s_g$ $s_b$	505	-1/3
Top Truth (Истинный)	t	$t_r$ $t_g$ $t_b$	(Гипотетическая)	+2/3
Bottom beauty (Красивый)	b	$b_r$ $b_g$ $b_b$	>2250 0 около 5000	-1/3

# Кварковый состав элементарных частиц

- Все частицы делятся на два класса:

**Фермионы**, которые составляют вещество;

**Бозоны**, через которые осуществляется взаимодействие.

Фермионы подразделяются на лептоны и кварки.

В настоящее время на роль истинно элементарных частиц претендуют 6 лептонов и 6 кварков

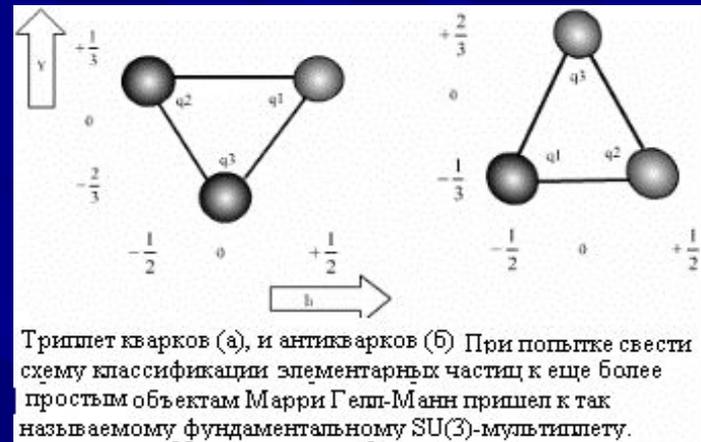
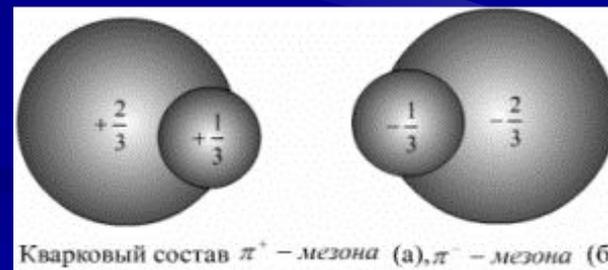
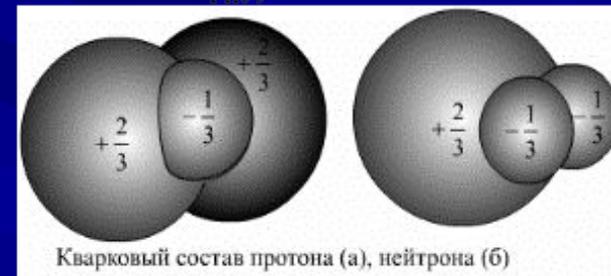


Рис. 9



## Резюме

При исследовании атомов и элементарных частиц были обнаружены явления, совершенно не подчиняющиеся законам классической физики, и это привело к созданию квантовой физики как физики явлений микромира.

Каково же соотношение между классической и квантовой физикой?

Существуют ли они как две независимые теории или квантовая физика опровергла и отменила классическую?

## Резюме

Не произошло ни первого, ни второго. Законы квантовой физики оказались универсальными законами, применимыми не только к системам из элементарных частиц, но и к любым телам макромира.

В согласии с *принципом соответствия* классическая физика оказалась частным случаем квантовой физики, применимым лишь в ограниченной области расстояний и размеров тел макромира.