

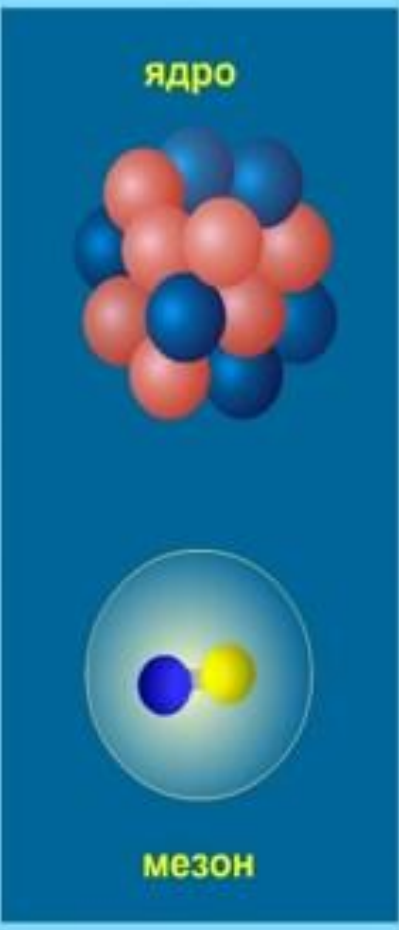
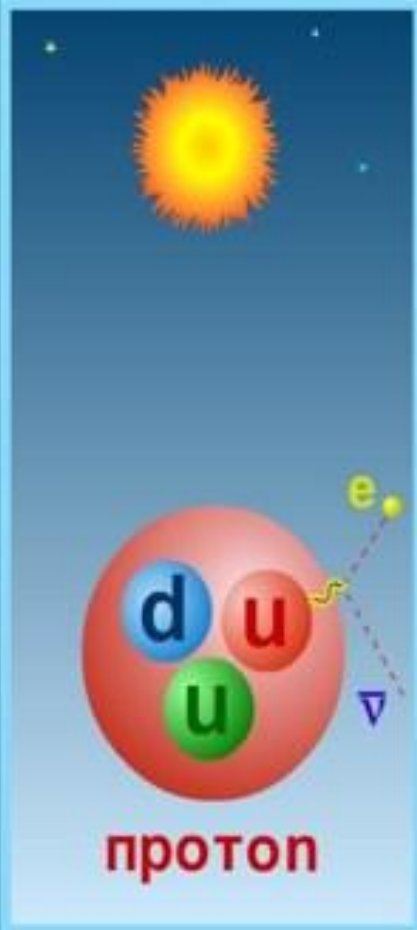


*Физическая картина*

*мира*

В природе существует 4 типа фундаментальных взаимодействий:

1	2	3	4
		<p>ядро</p>  <p>мезон</p>	 <p>протон</p>
гравитация	электромагнитные	сильные	слабые



# Взаимодействия в природе

Вид взаимодействия	Относительная сила	Заряд	Текущее описание теорией
Ядерное (сильное)	$10^{38}$	Цветной заряд	Квантовая хромодинамика
Электромагнитное	$10^{36}$	Электрический заряд	Квантовая электродинамика
Слабое	$10^{25-33}$	Слабый изоспин	Теория электрослабого взаимодействия
Гравитационное	1	Масса	Общая теория относительности



# Взаимодействия в природе

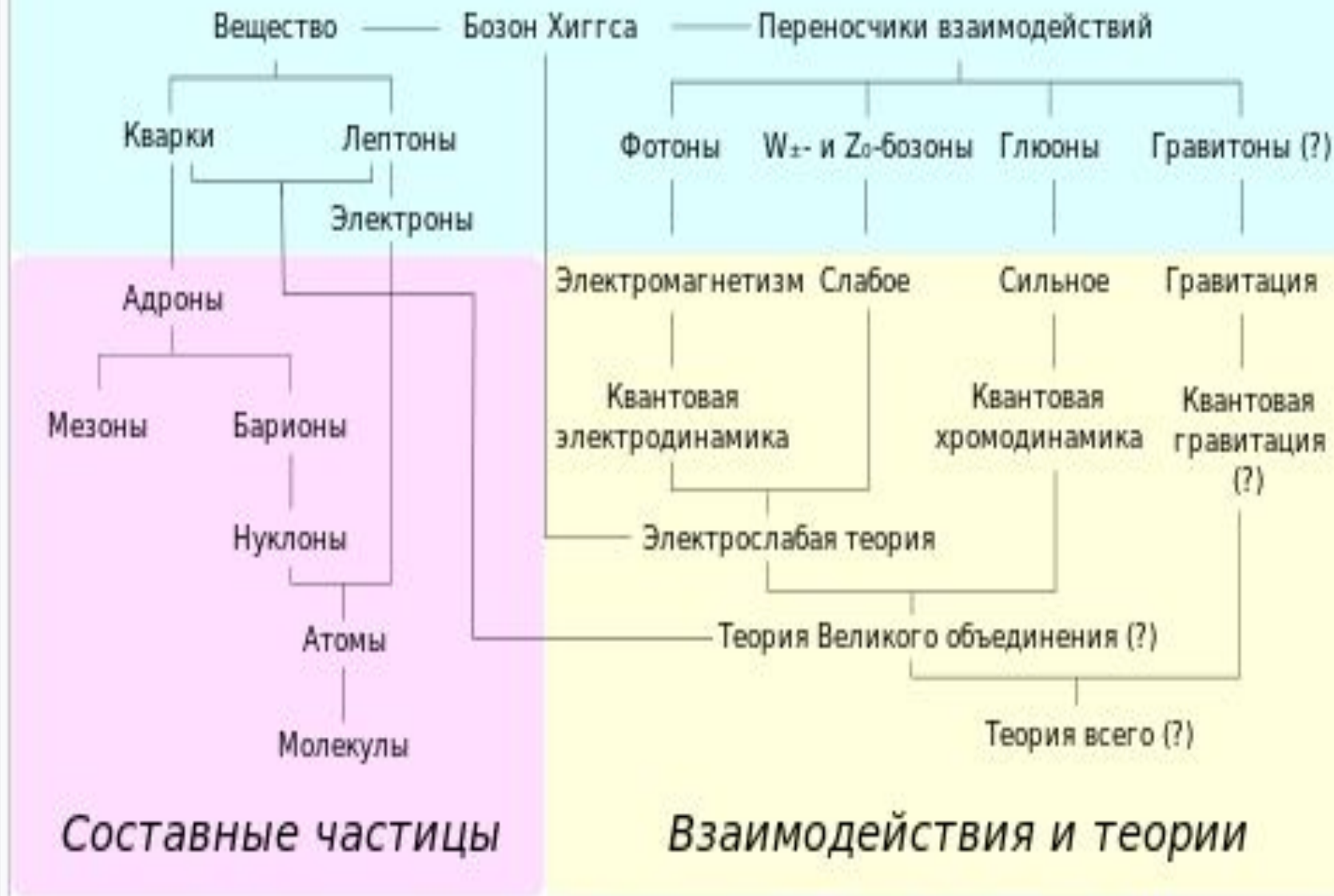
Вид взаимодействия	Заряд	Радиус действия	Время взаимодействия	Участники взаимодействия	Проявление в природе
<b>Ядерное (сильное)</b>	Глюоны	$10^{-15}$	$10^{-24}$	Тяжелые частицы (нуклоны) адроны, ядра кварки, глюоны	Устойчивость атомных ядер
<b>Электромагнитное</b>	Фотоны	$\infty$	$10^{-21}$	Заряженные частицы и фотоны	Устойчивость атомов, молекул, макротел
<b>Слабое</b>	Бозоны	$10^{-15}$	$10^{-10}$	Лептоны, адроны Кварки	Нестабильность элементарных частиц
<b>Гравитационное</b>	Гравитоны (гипотеза)	$\infty$	$\infty$	Все тела и частицы	Устойчивость звезд, планетных систем

# Материальный мир

	Пространственная протяженность	Основные структурные элементы	Преимущественный тип взаимодействия
<b>Микромир</b>	$<10^{-8}$	Молекулы Атомы Элементарные частицы	Электромагнитное Сильное Слабое
<b>Макромир</b>	$10^{-8}-10^{20}$	Тела на земле Земля и другие планеты Звезды Гравитационные и электромагнитные поля	Гравитационное Электромагнитное
<b>Мегамир</b>	$>10^{20}$	Галактики Гравитационные и электромагнитные поля	Гравитационное Электромагнитное



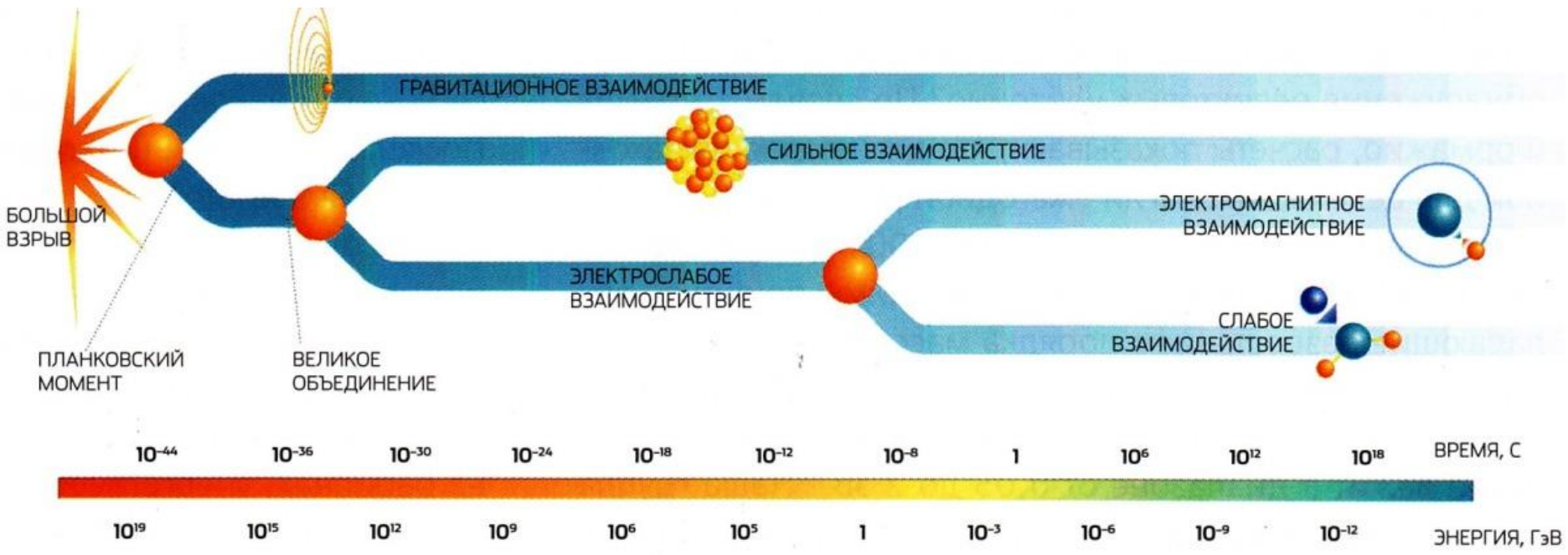
# Элементарные частицы



# Фундаментальные взаимодействия

Виды фундаментальных взаимодействий	Их роль во Вселенной
гравитационное	необходимо для возникновения звезд из газопылевых туманностей, для существования планетных систем
электро-магнитное	необходимо для существования атомов
сильное ядерное	обуславливает существование и стабильность ядер атомов
слабое ядерное	необходимо для термоядерного синтеза – источника звездной энергии







## *Эволюция взгляда на физическую картину мира*

<b>Физическая картина мира</b>	<b>Время существования</b>	<b>Ученые - основатели</b>	<b>Основные законы, теории, принципы</b>
<b>Механическая</b>	XVI-XVII	Демокрит, Галилей, Декарт, Ньютон	Принцип относительности, законы динамики, закон всемирного тяготения, законы сохранения
<b>Электродинамическая</b>	XIX-начало XX	Фарадей, Максвелл, Эйнштейн	Закон Кулона, закон электромагнитной индукции, уравнения Максвелла, СТО
<b>Квантово-полевая</b>	Начало, середина XX	Планк, Эйнштейн, Бор, Резерфорд, де Бройль, Гейзенберг, Шредингер	Гипотеза Планка, идея Эйнштейна, постулаты Бора, корпускулярно-волновой дуализм, уравнения Шредингера, неопределенности Гейзенберга

# Эмпирические и фундаментальные законы

- **Эмпирические законы** — обобщение опытных фактов  
Закон Ома, закон Кулона, закон Гука ...
- **Фундаментальный закон** — требуют выхода за рамки наблюдаемого

## Примеры:

- Законы Ньютона в механике
- Начала термодинамики
- Периодическая таблица Д.И. Менделеева

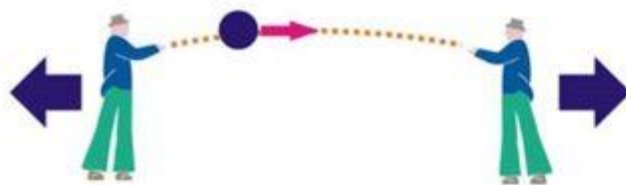


# Понятие поля

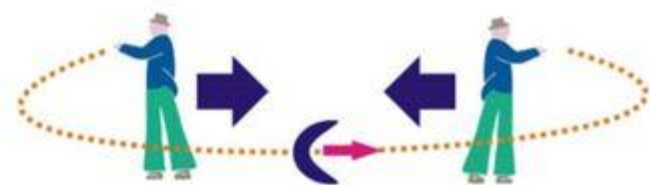
**Поле** – это некая материальная субстанция, являющаяся переносчиком физических взаимодействий

*дальнодействие* – взаимодействие мгновенно, через пустоту

*близкодействие* – взаимодействие переносит поле, с конечной скоростью



отталкивание



притяжение

MyShared

# О классификации законов

- **эмпирические и фундаментальные законы**

относятся к своей предметной области

- **принципы**

относятся ко всем формам движения материи

- **законы сохранения**

энергии, импульса, момента импульса, заряда

...



MyShared



# Эмпирические и фундаментальные законы

- **Эмпирические законы** — обобщение опытных фактов  
Закон Ома, закон Кулона, закон Гука ...
- **Фундаментальный закон** — требуют выхода за рамки наблюдаемого

## Примеры:

- Законы Ньютона в механике
- Начала термодинамики
- Периодическая таблица Д.И. Менделеева



# Фундаментальные принципы

- принцип **относительности** (А. Эйнштейн)
- принцип **суперпозиции**  
поля, создаваемые разными источниками, складываются
- принцип **наименьшего действия** (Гамильтон)  
действие минимально на истинных траекториях системы
- принцип **дополнительности** (Н. Бор)  
и принцип **неопределенности** (В. Гейзенберг)
- принцип **соответствия**



# Законы сохранения

– существует величина, которая остается неизменной во времени и при различных процессах

- **Электрический заряд** –  
два знака, изменяется дискретно  
*Есть общий заряд мира, который остается неизменным*
- **Другие заряды** – лептонный, барионный ...
- **Энергия** –  
множество видов энергии, изменяется непрерывно
- **Импульс, момент импульса ...**

**Законы сохранения выполняются во всех процессах, на всех уровнях описания**



# Симметрия

*неизменность объекта  
(процесса) при каком-либо  
преобразовании*



## Типы:

Геометрические (поворот, зеркальное отражение) и  
негеометрические (однородность пространства и времени)

Симметрия	Закон сохранения
однородность времени	энергия
однородность пространства	импульс
изотропность пространства	момент импульса
калибровочная симметрия	заряд



# Развитие представлений о веществе

Две основные концепции о строении материи

- **атомизм**: существование мельчайших неделимых частиц  
античный атомизм – химические атомы –  
молекулярно-кинетическая теория
- **учение о стихиях**: вещество распределено равномерно, мельчайшей единицы нет  
аристотелевская физика – теория близкодействия  
– теория электромагнетизма



# Проблемы в классической физике конца XIX века

Середина 19 века - общеприняты идея атомов и молекулярно-кинетическая теория

- Периодический закон Менделеева (1869)
  - Дискретные спектры излучения и поглощения и Фотоэффект
  - Открытие радиоактивности (1896) и электрона 1897
- Невозможность объяснения теплового излучения тел (ультрафиолетовая катастрофа!)



# Развитие квантовой физики

- 1900** – гипотеза о квантах излучения (М. Планк)
- 1905** – объяснение фотоэффекта (А. Эйнштейн)
- 1911** – планетарная модель атома Резерфорда
- 1913** – квантовая модель атома (Н. Бор)
- 1924, 1926** – представление о волнах материи (Луи де Бройль) и уравнение для них (Э. Шредингер)
- 1925** – матричная механика (В. Гейзенберг, М. Борн)
- 1926** – принцип запрета (В. Паули)
- 1927** – «соотношение неопределенностей» (В. Гейзенберг)



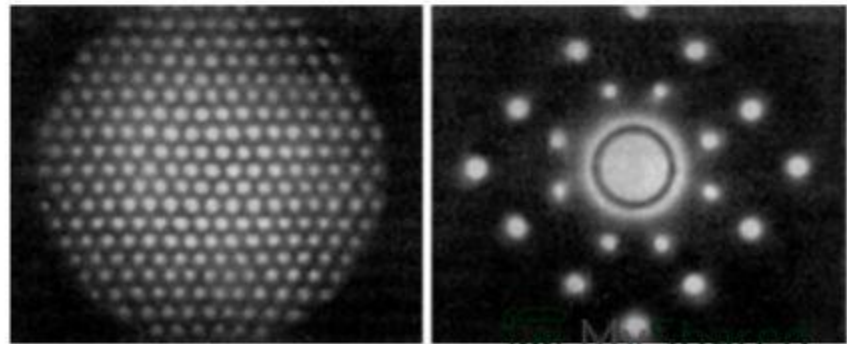
# Корпускулярно-волновой дуализм

**микрочастицы проявляют свойства частиц**

- **фотоэффект** – испускание электронов веществом под воздействием света
- **эффект Комптона** – рассеяние фотонов на электронах

**И ВОЛН**

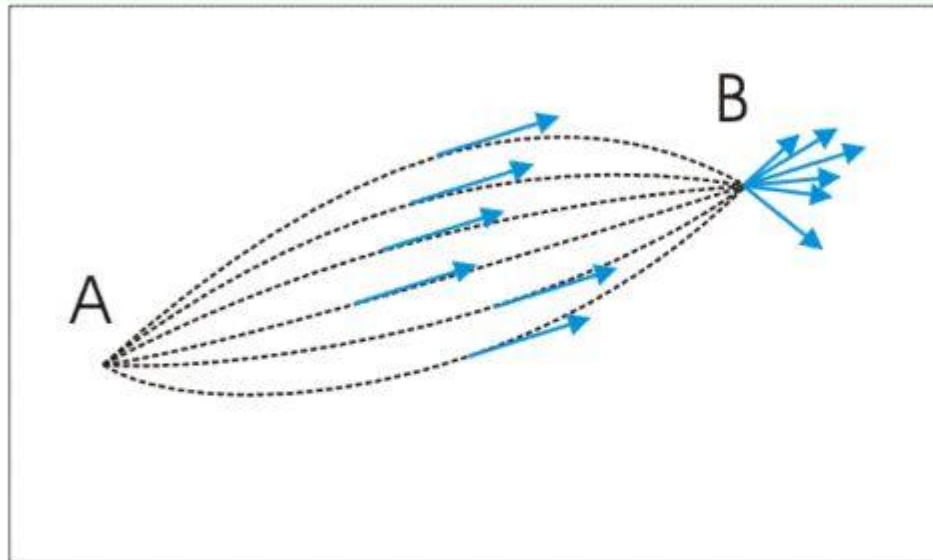
- **дифракция и интерференция**



МуЗнарс



# Принцип неопределенности



Движение квантовой частицы из А в В описывается как движение по всем возможным траекториям с разной вероятностью.

Импульс в точке В не определен, координаты частицы с данным импульсом не определены.

*(неопр. координаты) x (неопр. импульса) = константа*

# Принцип дополнительности

Все опытные данные описываются на языке  
классической физики

Поведение квантовых объектов невозможно резко  
отграничить от их взаимодействия с  
измерительными приборами

✓ В силу этого опытные данные должны  
рассматриваться как **дополнительные** –  
только совокупность разных явлений может дать  
более полное представление о свойствах объекта

**Нильс Бор**

 MyShared



# Фундаментальные идеи квантовой физики

- **дискретность (квантовость)** - микрообъекты не могут менять свое состояние *непрерывно*, только скачком (объяснение орбит электрона в атоме, решение ультрафиолетовой катастрофы) - М.Планк
- **вероятностный характер эволюции** (движения) микрообъектов - отказ от классического детерминизма - Э.Шредингер
- **корпускулярно-волновой дуализм** - частицам присущи волновые черты, волнам - корпускулярные (отказ от подхода частица или волна - дуализм) - Л.де Бройль, Н.Бор, М.Борн.
- **принцип неопределенности Гейзенберга** - невозможность получения полной и одновременно точной информации о микрообъектах, изменение представлений о самой процедуре измерения, о взаимодействии объект-субъект.
- **принцип запрета Паули** – невозможность для электронов и некоторых других частиц такого же типа занимать одно состояние (этот принцип лежит в основе объяснения периодического закона Менделеева).

# Что объяснила квантовая физика

*"Самая подтвержденная теория"*

*(Р. Фейнман)*

## Получили объяснение

строение атома, спектры, периодическая таблица, природа химической связи, строение твердых тел, магнетизм ...

## Новые явления

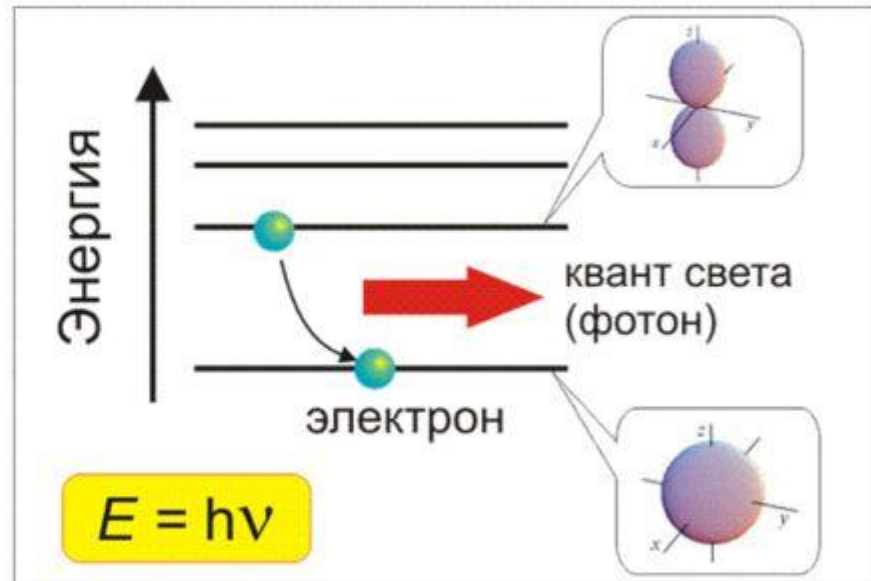
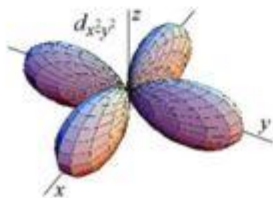
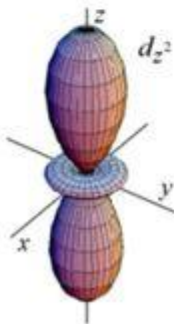
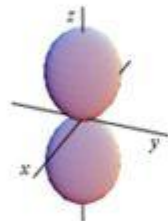
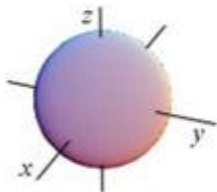
сверхпроводимость и сверхтекучесть, туннельный эффект, античастицы ...





# Строение атома и спектры

Распределение  
электронной плотности  
в атоме водорода



Квант света рождается при переходе электрона из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией.



# Применение в технологиях

- **современная электроника**
- **спектроскопия**
- **атомная энергетика**
- **лазеры**
- **голография**
- ...
- **нанотехнологии**
- **квантовые компьютеры**
- ...

# Элементарные частицы

До начала 20 века атом считался неделимым

## Открытие первых элементарных частиц

Радиоактивность – 1896 год, Беккерель

(способность некоторых атомных ядер самопроизвольно распадаться с испусканием других частиц – альфа, бета, гамма излучения)

Электрон – 1897 год, Томсон

Атомное ядро – 1911 год, Резерфорд

Нейтрон – 1932 год, Чедвик

Нейтрино – 1930 год, Паули

Позитрон – 1928 год, Дирак

**На сегодняшний день –**

**более 350**

**элементарных**

**частиц**



MyShared

# Классификация элементарных частиц

Различаются **характеристиками**:  
спин, заряды, тип, время жизни ...

- **Спин – бозоны и фермионы**

**Бозоны** – спин 0, 1, 2 ...

соответствуют классическим полям, создают силы,  
действующие между частицами вещества

**Фермионы** – спин  $1/2$ ,  $3/2$  ...

соответствуют частицам вещества, подчиняются  
принципу Паули



# Типы элементарных частиц

**Лептоны** – электрон ( $e$ ), нейтрино ( $\nu$ ), мюон ( $\mu$ )...  
не участвуют в сильном взаимодействии

**Адроны** – протон, нейтрон, **кварки**, гипероны ...  
участвуют в сильном взаимодействии

**Переносчики взаимодействий** –

- a. **фотоны** — электро-магнитное взаимодействие
- b. **векторные бозоны** — слабое взаимодействие
- c. **глюоны** — сильное взаимодействие
- d. **гипероны** — гравитационное взаимодействие  
(не обнаружены)



# Античастицы

*Пример:* **электрон** – **позитрон**

- Одинаковые массы, время жизни, спин; противоположные значения электрического, барионного и других зарядов
- При столкновении с частицами – аннигиляция, т.е. взаимоуничтожение с появлением квантов света
- Есть истинно нейтральные частицы (фотон, некоторые мезоны) они тождественны своим античастицам



# Истинно элементарные частицы

Elementary particles			
u	c	t	$\gamma$
d	s	b	g
$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$	Z
e	$\mu$	$\tau$	W

Key:

- Quarks
- Leptons
- Force Carriers

*u* - up quark  
*c* - charm quark  
*t* - top quark  
 $\gamma$  - photon  
 $\nu_e$  - electron neutrino  
 $\nu_\mu$  - muon neutrino  
 $\nu_\tau$  - tau neutrino  
*Z* - z boson  
*d* - down quark  
*s* - strange quark  
*b* - bottom quark  
*g* - gluon  
*e* - electron  
 $\mu$  - muon  
 $\tau$  - tau lepton  
*w* - w boson

+ их античастицы