

# Образы физического мира

---

Вопросы:

1. Химия как наука. Химический элемент. Атом. Элементарные частицы.
2. Физика. Понятие «физическая величина». Проблема измерения.

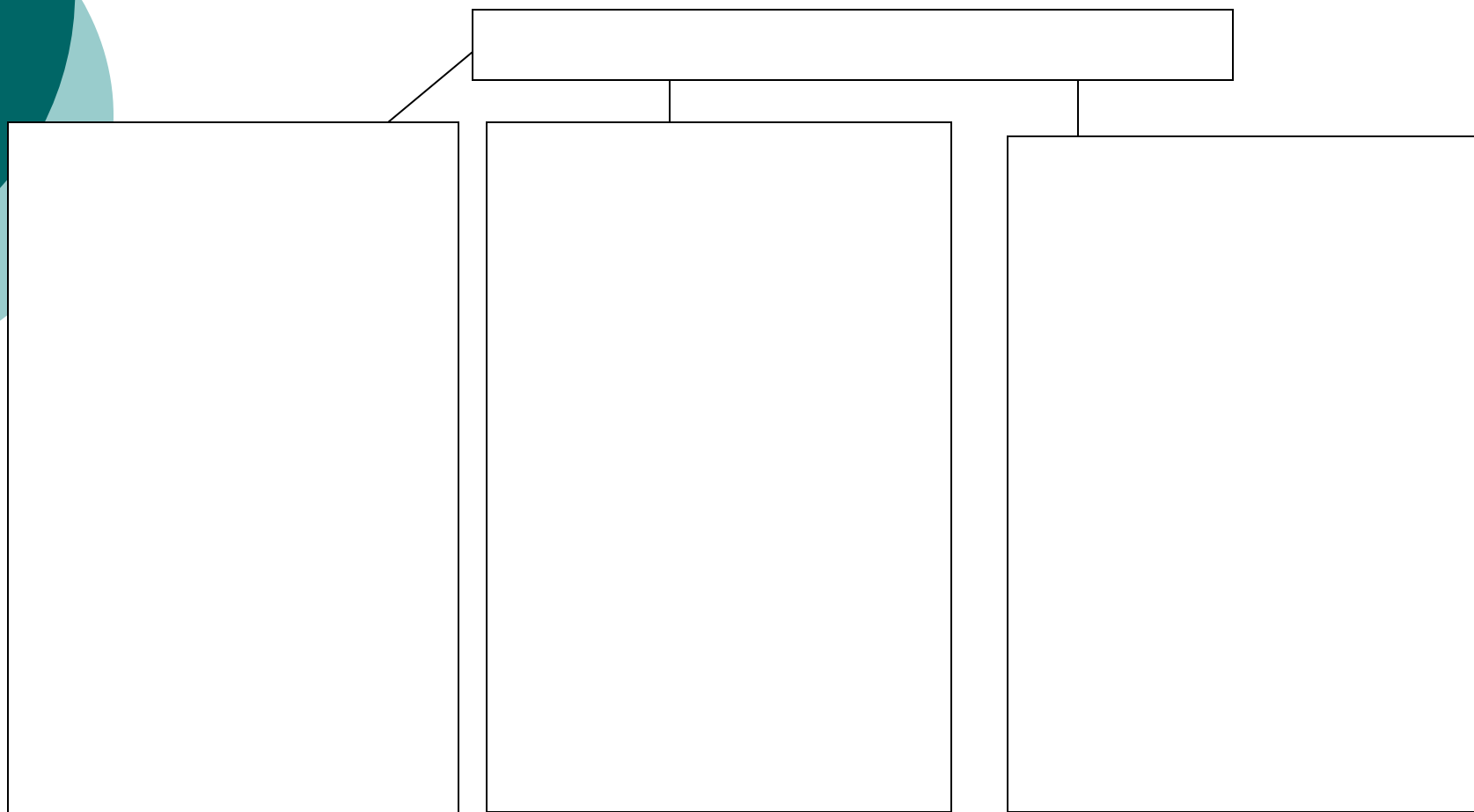
# Вещество, поле, вакуум

---

- Вещество – вид материи, обладающей массой покоя. Вещество состоит из элементарных частиц, масса покоя которых не равна нулю.
- Поле определяется через силы, действующие на некоторый пробный объект (заряд, массу), помещенный в данную точку пространства.

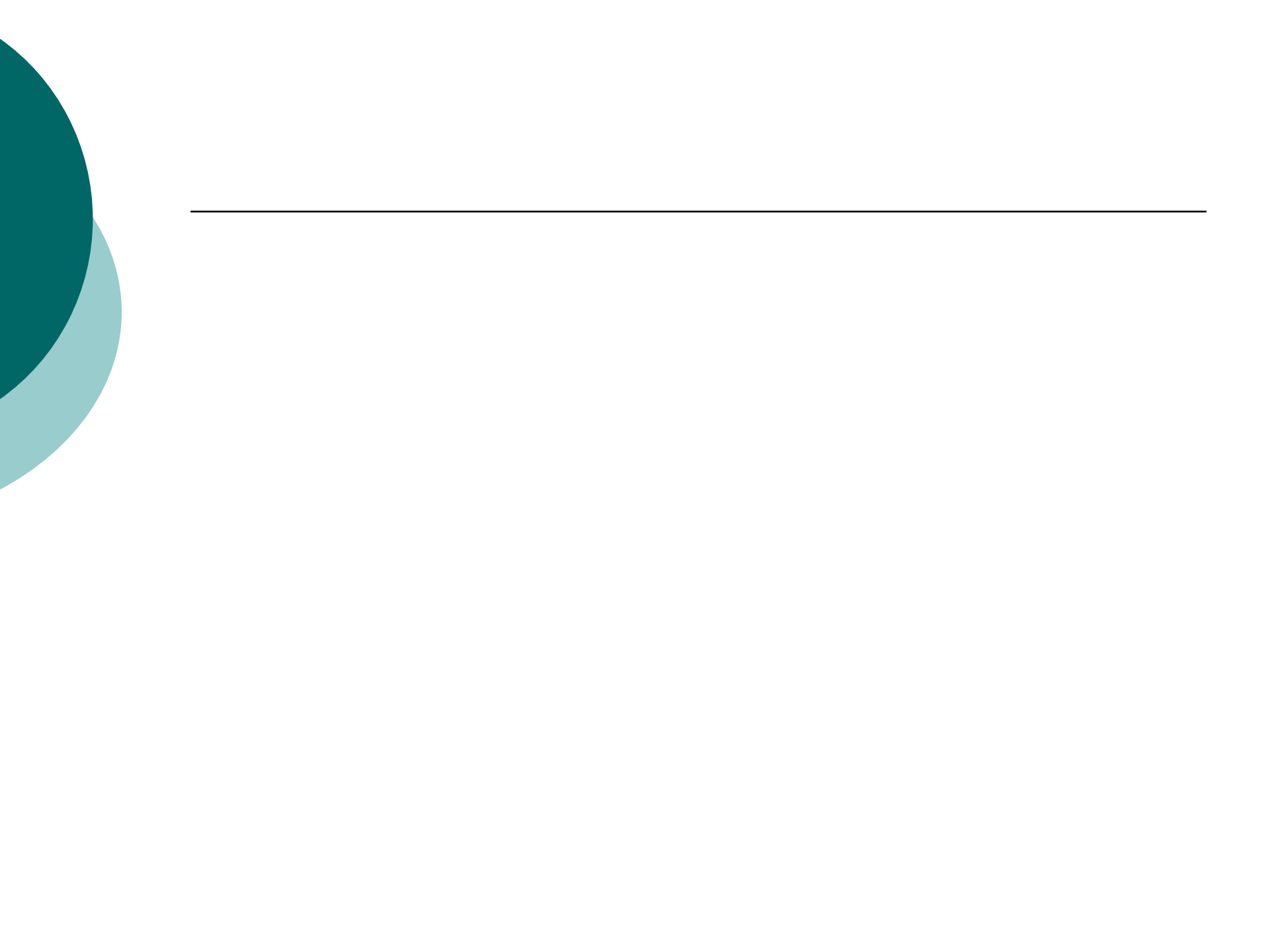
## Структурные уровни организации материи (вещество и поле)

---



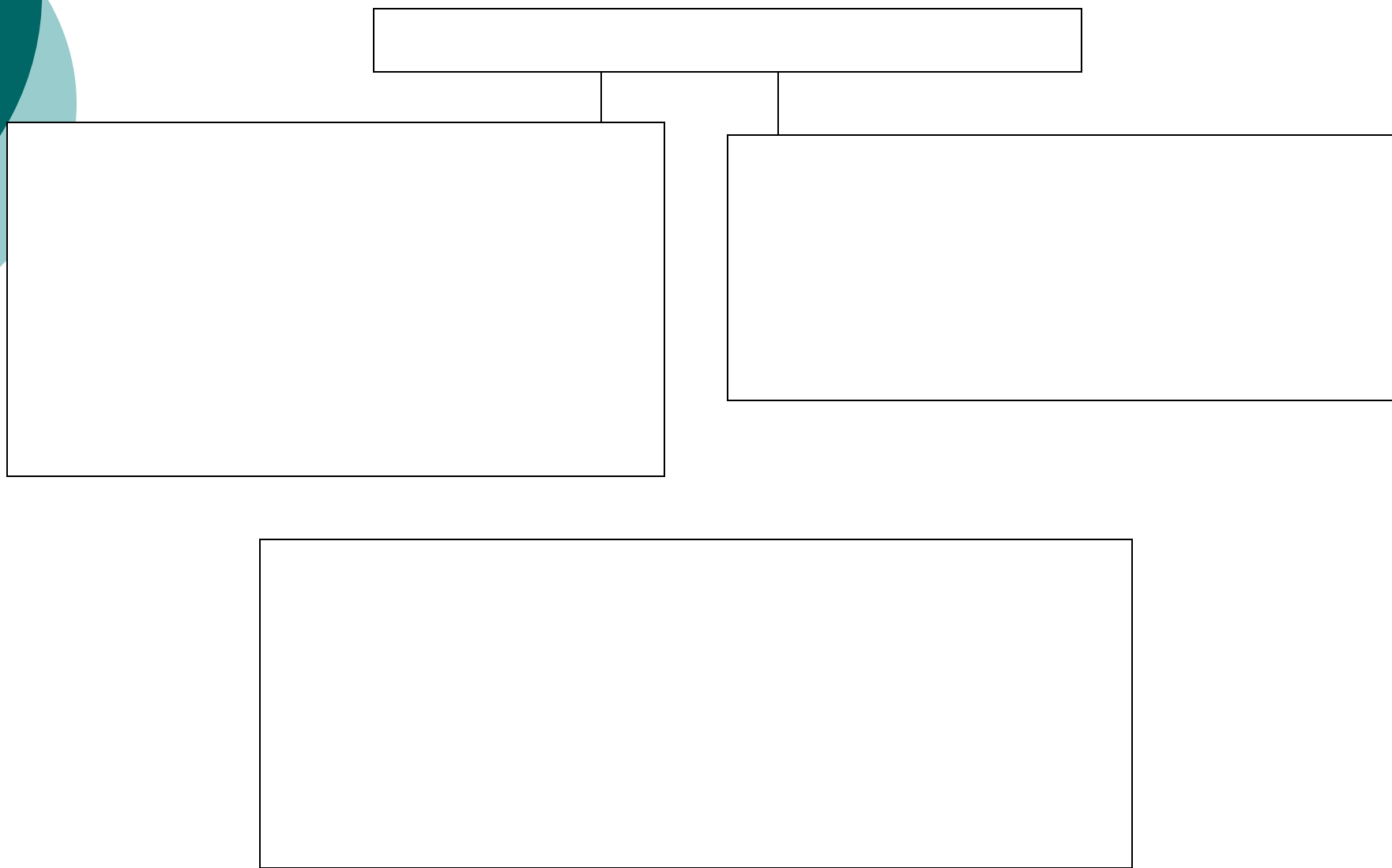
*Примечание:*

На макроскопическом уровне под полем понимается электромагнитное и гравитационное поля, а под веществом -обычные тела



## Структурные уровни организации материи (вещество и поле; продолжение)

---



# Вещество, поле, вакуум

---

- Вакуум - состояние газа, когда длина пробега молекул между последовательными столкновениями становится меньше характерных размеров сосуда, то есть, возможна передача энергии не от молекулы к молекуле, а от одной стенки сосуда к другой.

# ХИМИЯ

---

**Химия** – наука, изучающая свойства и превращения веществ, сопровождающиеся изменением их состава и строения.

Современная химия занимается получением веществ с заданными свойствами (производственная деятельность) и выявлением способов управления свойствами вещества (научно-исследовательская деятельность).

# Д.И.Менделеев. Периодический закон



- Периодический закон Д.И.Менделеева сформулирован в следующем виде: **свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов.**
- На базе современных данных о составе атомного ядра и о распределении электронов в атомах периодический закон формулируется таким образом: **свойства простых веществ, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины заряда ядра атома (порядкового номера) .**





# Химический элемент

---

- В настоящее время химическим элементом называют вещество, все атомы которого обладают одинаковым зарядом ядра, хотя и различаются по своей массе.



# Физическая картина мира

---

Общее теоретическое знание в физике, которое включает:

- основополагающие философские и физические идеи;
- фундаментальные физические теории;
- основные принципы, законы и понятия;
- принципы и методы познания.

С одной стороны, физическая картина мира есть обобщение всех ранее полученных знаний о природе и определенная ступень познания человеком материального мира и его закономерностей .

С другой стороны, физическая картина мира есть процесс введения в физику новых основополагающих идей, принципов, понятий и гипотез, которые меняют основы теоретической физики; одна физическая картина заменяется другой .

## Механистическая картина мира

Формируется на основе механики Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.), гелиоцентрической системы Н. Коперника (1473-1543 гг.), экспериментального естествознания Г. Галилея (1564-1642 гг.), законов небесной механики И. Кеплера (1571-1630 гг.), механики И. Ньютона (1643-1727 гг.)

характерные особенности

В рамках механистической картины мира сложилась дискретная (корпускулярная) модель реальности. Материя - вещественная субстанция, состоящая из атомов или корпускул. Атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, характеризуются наличием массы и веса

Концепция абсолютного пространства и времени: пространство трехмерно, постоянно и не зависит от материи; время - не зависит ни от пространства, ни от материи; пространство и время никак не связаны с движением тел, они имеют абсолютный характер

Все механические процессы подчиняются принципу детерминизма. Случайность исключается из картины мира

Движение - простое механическое перемещение. Законы движения - фундаментальные законы мироздания. Тела двигаются равномерно и прямолинейно, а отклонения от этого движения есть действие на них внешней силы (инерции). Мерой инерции является масса. Универсальным свойством тел является сила тяготения, которая является дальнедействующей

Принцип дальнего действия - взаимодействие между телами происходит мгновенно на любом расстоянии, т.е. действия могут передаваться в пустом пространстве с какой угодно скоростью

Тенденция сведения закономерностей высших форм движения материи к закономерностям простейшей его формы - механическому движению

На основе механистической картины мира в XVIII - начале XIX вв. была разработана земная, небесная и молекулярная механика. Макромир и микромир подчинялись одним и тем же механическим законам. Это привело к абсолютизации механистической картины мира. Она стала рассматриваться в качестве универсальной.

## Электромагнитная картина мира

Формируется на основе начал электромагнетизма М. Фараде\* (1791-1867 гг.), теории электромагнитного поля Д. Максвелла (1831-1879 гг.), электронной теории Г.А. Лоренца (1853-1928 гг.), постулатов теории относительности А. Эйнштейна (1879-1955 гг.)

### характерные особенности

В рамках электромагнитной картины мира сложилась полевая, континуальная (непрерывная) модель реальности. Материя -единое непрерывное поле с точечными силовыми центрами -электрическими зарядами и волновыми движениями в нем. Мир - электродинамическая система, построенная из электрически заряженных частиц, взаимодействующих посредством электромагнитного поля

В электромагнитную картину мира было введено понятие **вероятности**

Игнорирование дискретной, атомистической природы вещества приводит максвелловскую электродинамику к целому ряду противоречий, которые снимаются с созданием Г. Лоренцом электронной теории или микроскопической электродинамики. Последняя восстанавливает в своих правах дискретные электрические заряды, но она сохраняет и поле как объективную реальность

Движение - распространение колебаний в поле, которые описываются законами электродинамики

Принцип близкодействия - взаимодействия любого характера передаются полем от точки к точке непрерывно и с конечной скоростью

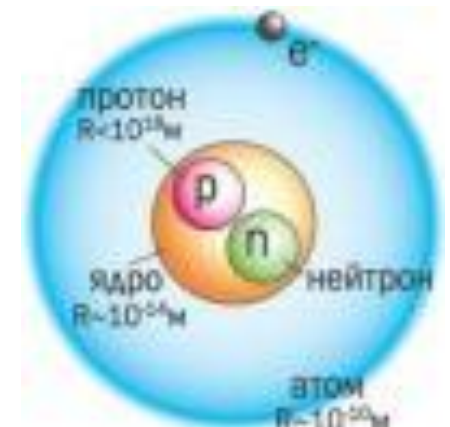
Реляционная (относительная) концепция пространства и времени: пространство и время связаны с процессами, происходящими в поле, т.е. они несамостоятельны и зависят от материи

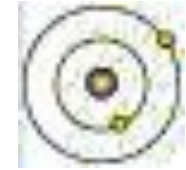
А. Эйнштейн ввел в электромагнитную картину мира идею относительности пространства и времени. Так появилась общая теория относительности, ставшая последней крупной теорией, созданной (1916 г.) в рамках электромагнитной картины мира

# АТОМ

---

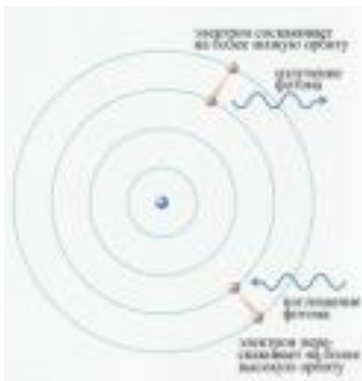
- Все разнообразие веществ возникает из сложного, но повторяющегося сочетания мельчайших составных частиц – атомов.
- Объяснения, при которых свойства сложных веществ или тел пытаются свести к свойствам более простых их элементов или составных частей, называют **редукционистскими**.





# Модели строения атома

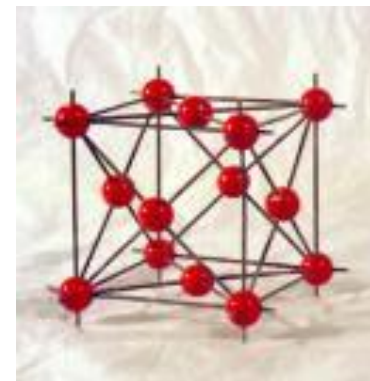
1. простейшая модель атома — **модель желе** - смешаны положительные и отрицательные заряды, и разделить их нельзя (модель Томсона, 1904).
2. "**планетарная**" модель - в центре находится положительное ядро, содержащие почти всю массу атома, а вокруг ядра — электроны, число которых равно положительному заряду ядра выраженному в электронных зарядах (модель Резерфорда, 1911 год). Впоследствии эта модель модифицирована Н. Бором - электроны не могут вращаться по любым орбитам, а только по стационарным.



# Свойства атомных систем, которые не способна описать модель Резерфорда

---

- **Устойчивость.** Атомы сохраняют свои специфические свойства, несмотря на сильные столкновения и возмущения, которым они подвергаются.
- **Тождественность.** Все атомы одного рода (с одинаковым числом электронов) обладают тождественными свойствами.
- **Воспроизводимость.** Способность возвращаться в исходное состояние.



# Переход к неклассическим представлениям

---

**Кризис в физике** в конце XIX – начале XX века – переход от старых понятий и принципов классической физики, оказавшихся неадекватными для изучения свойств материи на атомном уровне, к новым понятиям и теориям.

**Квантовая механика** ввела принципы дуализма волны и частицы, неопределенности (неточности) и дополнительности, стала широко применять статистические законы и вероятностные методы исследования.





# Квантово-полевая картина мира

Формируется на основе квантовой гипотезы М. Планка (1858-1947 гг.), волновой механики Э. Шредингера (1887-1961 гг.), квантовой механики В. Гейзенберга (1901-1976 гг.), квантовой теории атома Н. Бора (1885-1962 гг.) и т.д.

## Характерные особенности

В рамках квантово-полевой картины мира сложились квантово-полевые представления о материи. Материя обладает корпускулярными и волновыми свойствами, т.е. каждый элемент материи имеет свойства волны и частицы

Картина физической реальности в квантовой механике двупланова: с одной стороны, в нее входят характеристики исследуемого объекта; с другой стороны - условия наблюдения (метод познания), от которых зависит определенность этих характеристик

При описании объектов используется два класса понятий: пространственно-временные и энергетически-импульсные. Первые дают кинематическую картину движения, вторые - динамическую (причинную). Пространство-время и причинность относительны и зависимы

Движение - частный случай физического взаимодействия. Фундаментальные физические взаимодействия: сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное. Они описываются на основе принципа близкодействия: взаимодействия передаются соответствующими полями от точки к точке, скорость передачи взаимодействия конечна и не превышает скорости света

Спецификой квантово-полевых представлений о закономерности и причинности является то, что они вступают в вероятностной форме, в виде статистических законов

Фундаментальные положения квантовой теории: принцип неопределенности и принцип дополнительности

# Дальнейшее развитие концепции атомизма

---

**Элементарными называют такие частицы, которые не являются атомами или атомными ядрами, за исключением протона и нейтрона.**

Наиболее известными элементарными частицами являются электрон, фотон, пи-мезоны, мюоны, тяжелые лептоны и нейтрино.

Общее число элементарных частиц превышает 350.

## Основные характеристики элементарных частиц

---

**Общими для всех элементарных частиц характеристиками являются:**

- *Масса.* В зависимости от массы элементарные частицы делятся на легкие (лептоны), средние (мезоны), тяжелые (барионы).
- *Время жизни.* В зависимости от времени жизни элементарные частицы делятся на стабильные: электрон ( $t > 5 \cdot 10^{21}$  лет), протон ( $t > 5 \cdot 10^{31}$  лет), фотон и нейтрино; квазистабильные, распадающиеся при слабом и электромагнитном взаимодействиях, время их жизни  $t > 5 \cdot 10^{-20}$  сек (нейтрон  $t = 15,3$  мин); резонансы (неустойчивые короткоживущие  $10^{-22} - 10^{-24}$  сек частицы, распадающиеся за счет сильного взаимодействия).
- *Электрический заряд.* Основной единицей электрического заряда в микромире является заряд электрона,  $1,6 \cdot 10^{-19}$  кулон.
- *Спин* (англ. spin - вращение) - собственный момент импульса микрочастицы, имеющий квантовую природу, квантовая величина, отражающая вращение электрона вокруг своей оси (обозначается буквой  $s$  и может иметь только два значения:  $+1/2$  или  $-1/2$ ).

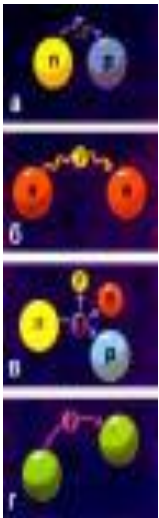
**Характеристики элементарных частиц, принимающие дискретные значения:**

- *квантовые числа* (спиновое, орбитальное, магнитное и др.)
- *внутренние квантовые числа* (лептонные и барионные заряды, четность, кварковые ароматы - характеристики, определяющие тип кварка, такие, как странность, изотопический спин, «очарование», «красота», цвет).

# Свойства элементарных частиц

---

Способность рождаться и уничтожаться, то есть испускаться и поглощаться при взаимодействии с другими частицами. Например, превращение пары электрон и позитрон в два фотона:  $e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$ .



## Структурные уровни организации материи (микромир: энергия, заряд)

---

- Материальная частица в известном смысле есть сконцентрированный и локализованный сгусток энергии. Количество энергии у покоящейся частицы пропорционально ее массе. При движении частица приобретает дополнительную энергию - кинетическую энергию. Формула Эйнштейна  $E = mc^2$  связывает массу частицы  $m$  с ее собственной энергией  $E$ . Последняя пропорциональна массе. Множитель  $c^2$  называется коэффициентом пропорциональности; он превращает единицы измерения массы в единицы измерения энергии.

- Единицей измерения энергии в микромире является *электронвольт* (электронвольт - это энергия, которую получает электрон, пройдя разность потенциалов в 1 В). Электронвольт очень маленькая величина

(1 эВ =  $1,60 \cdot 10^{-19}$  Дж). В качестве иллюстрации: электронвольт составляет одну миллионную от одной миллионной доли эрга или  $1,6 \cdot 10^{-12}$  эрг (1 эрг =  $10^{-7}$  Дж; 1 Дж = 10 эрг). К примеру, одна калория составляет около 40 млрд. эрг ( $4 \cdot 10^{10}$ ), а 1 кВт·час - почти в тысячу раз больше, т.е.  $3,6 \cdot 10^{13}$  эрг.

### **Заряд:**

- Основной единицей электрического заряда в мире элементарных частиц является заряд электрона,  $1,6 \cdot 10^{-19}$  кулон. Это меньше одной миллиардной от одной миллиардной доли кулона. Один кулон примерно соответствует количеству заряда, которое каждую секунду протекает в лампе мощностью 100 Вт. Электрические заряды частиц в микромире являются целыми кратными величины  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл (элементарного электрического заряда - заряда электрона). У известных элементарных частиц  $Q = 0, \pm 1, \pm 2$ .

## Структурные уровни организации материи (микромир: спин)

---

### Спин:

- \* В атоме электроны вращаются вокруг ядра со скоростью порядка 1-10% и более от скорости света.

Электроны вращаются и вокруг своей собственной оси подобно волчку. Это вращение (или спин) является атрибутивным свойством многих элементарных частиц. Спин элементарной частицы является неизменным свойством частицы и всегда имеет одно и то же определенное значение

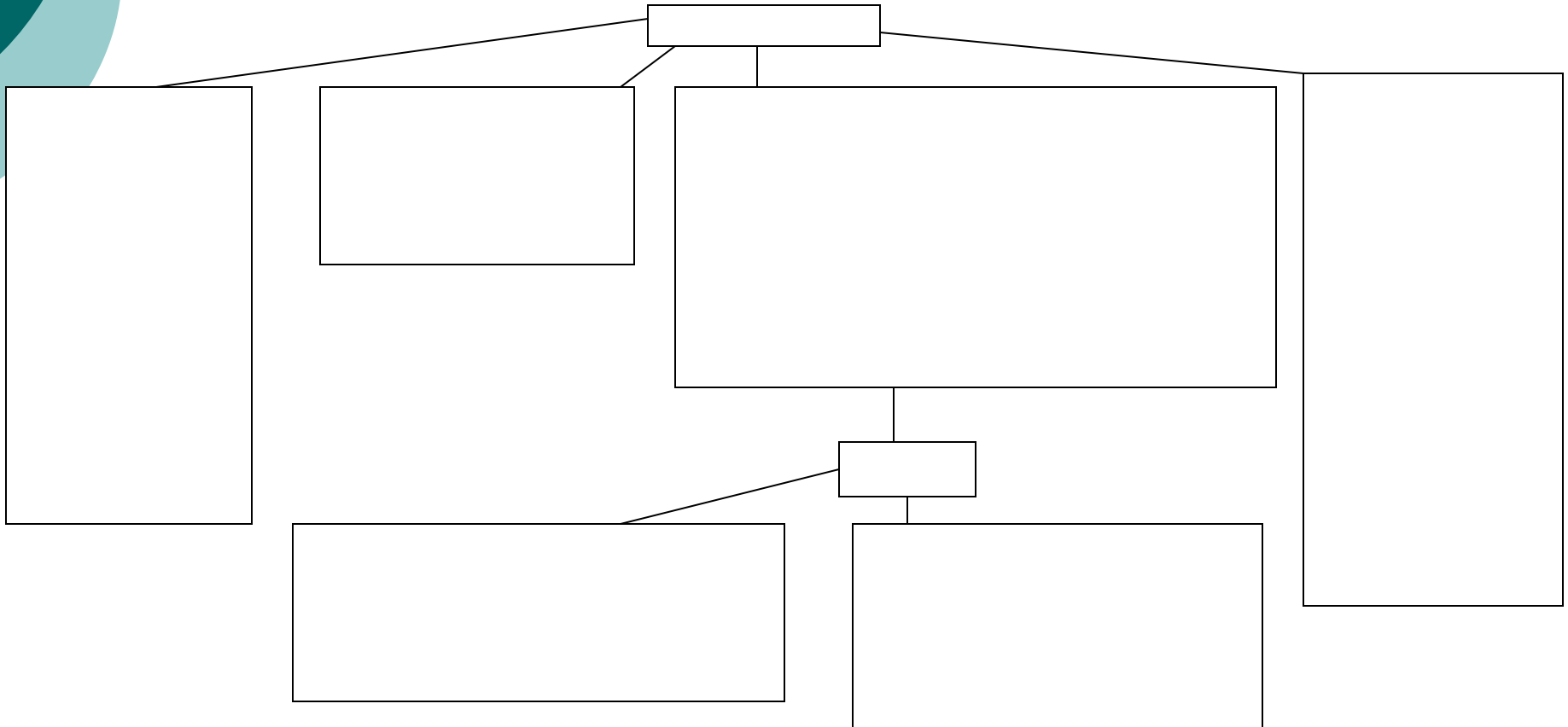
- \* Спин измеряется в терминах момента движения, который служит одновременно мерой массы, размера и скорости вращения. В отличие от классического момента количества движения, который может в непрерывной последовательности принимать любые значения, спин принимает только положительные дискретные значения, пропорциональные постоянной Планка ( $h$ ). Коэффициент пропорциональности называется спиновым квантовым числом ( $\delta$ ). Значение  $\delta$ -основных элементарных частиц могут быть целыми (0, 1, 2 ...) или полуцелыми (1/2, 3/2 ...). В этих единицах все лептоны и барионы имеют спин, равный 1/2, спин фотона равен 1, а спин гравитона равен 2.

- \* Спин элементарных частиц обозначается буквой  $\delta$  и измеряется в единицах равных постоянной Планка:  $h = h(2\pi c) = 1,0546 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$

# Структурные уровни организации материи (общая классификация элементарных частиц)

## Элементарные частицы

*Микрочастицы* - это неразложимые частицы, внутренняя структура которых не является объединением других свободных частиц; они не являются атомами или атомными ядрами, за исключением протона

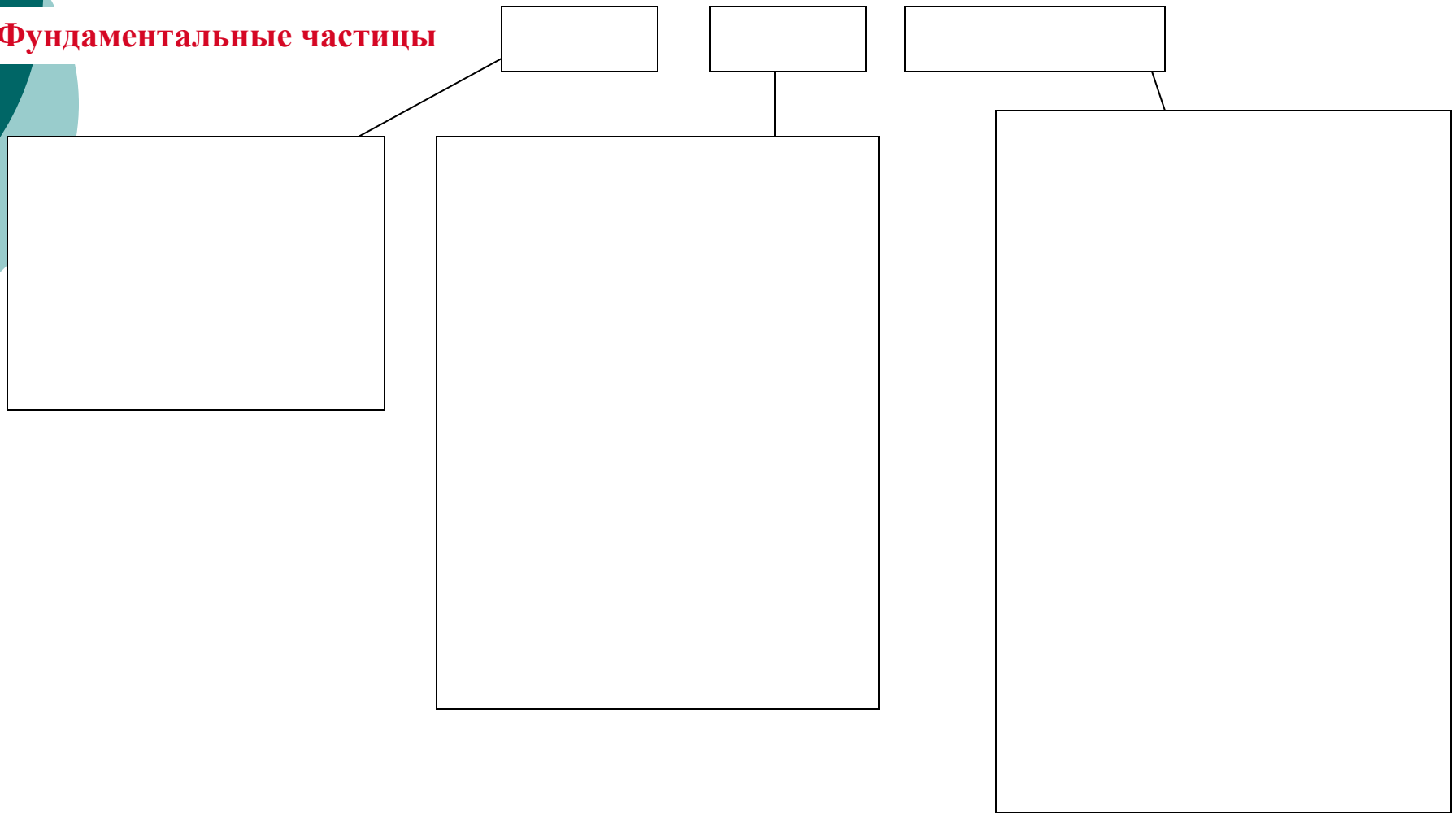


*Примечание:* У каждой частицы имеется античастица. У частицы и античастицы одинаковы массы покоя, спин и время жизни.

# Структурные уровни организации материи (истинно элементарные частицы)

---

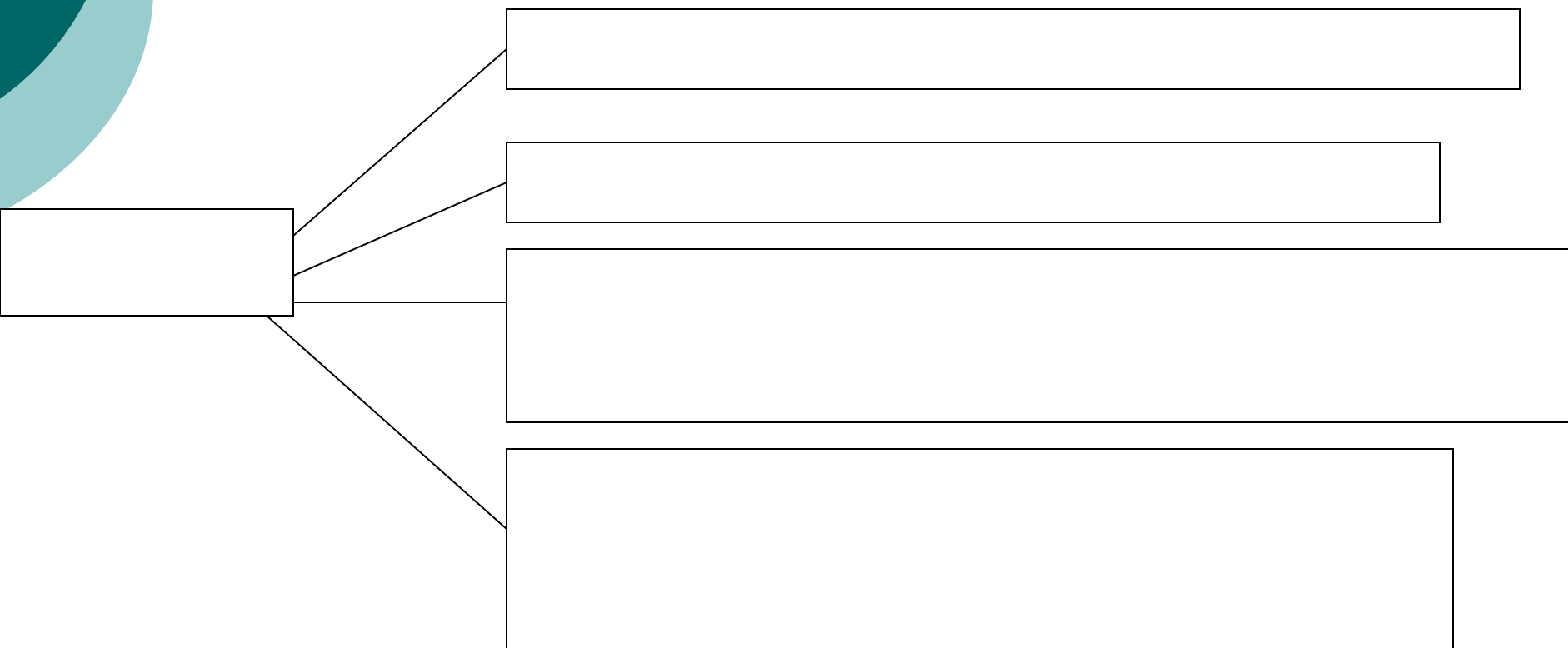
**Фундаментальные частицы**





## Структурные уровни организации материи (взаимодействие в микромире)

---



# Взаимодействия между элементарными частицами по интенсивности

Тип взаимодействия	Источник взаимодействия	Относительная интенсивность взаимодействия	Радиус действия силы
Гравитационное	масса	$\sim 10^{-38}$	сколь угодно далеко
Слабое	все элементарные частицы	$\sim 10^{-15}$	$< 10^{-18}$ м
Электромагнитное	электрические заряды	$\sim 10^{-2}$	сколь угодно далеко
Ядерное (сильное)	адроны (протоны, нейтроны, мезоны)	1	$\sim 10^{-15}$ м

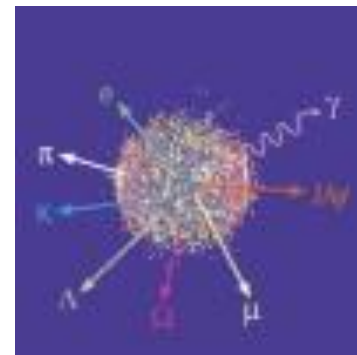
# Кварки – мельчайшие частицы вещества

---

Все адроны (**частицы, участвующие в сильном взаимодействии**) являются комбинациями **кварков**.

**Кварки – гипотетические материальные объекты, из которых состоят все адроны.**

Мезоны состоят из кварка и антикварка, барионы (тяжелые частицы, такие как протон, нейтрон и им подобные) – из трех кварков.



# Молекулярная структура вещества

---



## **Развитие представлений о структуре молекулы:**

Й. Берцелиус - структура молекулы возникает благодаря взаимодействию разноименно заряженных атомов или атомных групп



Ш. Жерар - атомы не просто взаимодействуют, преобразуют друг друга, в результате возникает определенная целостность или система.



Ф. Кекуле связал структуру с понятием валентности элемента из числа единиц его сродства.



А.М. Бутлеров обращал особое внимание на степень напряжения или энергии.

# Условия протекания химических процессов

---

- термодинамические факторы, характеризующие зависимость реакций от температуры, давления и некоторых других условий.
- кинетические факторы, которые определяются наличием катализаторов и других добавок к реагентам, а также влиянием растворителей, стенок реактора и иных условий.

# Концептуальные уровни химии

---

- **Первый концептуальный уровень** химических исследований – исследование различных свойств веществ в зависимости от их химического состава, определяемого их элементами.
- **Второй концептуальный уровень** – исследование **структуры**, то есть способа взаимодействия элементов веществ.
- **Третий концептуальный уровень** – исследование внутренних механизмов и условий протекания химических процессов.
- **Четвертый концептуальный уровень** – изучение природы реагентов, участвующих в химических реакциях, применения катализаторов, значительно ускоряющих скорость протекания.

# Физика

---

**Физическая величина** – особенность, свойство, общее в качественном отношении многим физическим явлениям, объектам, физическим системам, их состояниям и т.п., но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.

# Физика

---

**измерение** – последовательность экспериментальных и вычислительных операций, осуществляемая с целью нахождения значения физической величины, как характеристика некоторого объекта или явления.

**Измерение включает несколько элементов:**

- собственно физический объект (явление);
- единица этой величины; технические средства измерений, градуированные в этих единицах;
- метод измерения;
- наблюдатель (регистрирующее устройство), воспринимающий результат измерений.



# Единицы измерения: длина

---

## Метр – единица длины

1. определен через расстояние от Северного полюса до экватора по меридиану, проходившему через Париж (около 10000 км).
2. В 1889 году за международный эталон метра приняли расстояние между двумя штрихами на стрелке из платино-иридиевого сплава. Сравнение длины с эталонным метром проводили при помощи микроскопа с точностью до  $2 \cdot 10^{-7}$ .
3. В 1961 году в качестве эталона метра принята длина волны оранжевого света, испускаемого изотопом криптона ( $^{86}\text{Kr}$ ). Один метр составляет 1 650 763,73 длины волны этого излучения.
4. В 1983 году принято новое определение метра: "метр – это длина пути, проходимого светом в вакууме за  $1/2999792458$  долю секунды".



# Реперная точка

<b>Реперная точка</b>	<b>Температурная шкала Цельсия, °C</b>	<b>Температурная шкала Фаренгейта, °F</b>	<b>Абсолютная шкала температур, К</b>
<b>Тройная точка воды (равновесие льда, воды и водяного пара при нормальном давлении 760 мм рт.ст)</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>273,15</b>
<b>Температура кипения воды</b>	<b>100</b>	<b>212</b>	<b>373,15</b>
<b>Абсолютный нуль температуры</b>	<b>-273,15</b>	<b>-459</b>	<b>0</b>

# Предел точности измерений

---

В 1927 году В. Гейзенберг (1901 – 1976) сформулировал **принцип неопределенности**, утверждающий, что любая физическая система не может находиться в состояниях, в которых координаты ее центра масс и скорости (или импульс – произведение скорости на массу) принимают одновременно вполне определенные точные значения.



# Отличия классической и неклассической науки

---

## Классическая наука

- признание абсолютно достоверных истин и абсолютно достоверного знания
- любая теория исчерпывающим образом описывает свойства реальности на базе строго однозначных законов (принципы лапласовского детерминизма)
- использование математических методов моделирования реальности и эксперимента как основных способов научного познания
- описываются свойства объектов вне их отношения к тем приборам, с помощью которых обнаруживаются эти свойства

## Неклассическая наука

- признание того, что истинность теорий относительна
- признается равноправие нескольких различающихся теоретических подходов к описанию одного и того же круга физических явлений;
- в квантовой механике учет условий наблюдения неотъемлем от самой теоретической постановки проблемы;
- принципиально вероятностный характер квантовой механики;
- отказ от наглядности;
- усложнение языка теории и все более высокая математизация физической теории.