

# Схема 99. Физическая картина Мира

## 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

Схема физической картины Мира связана со сменой представлений о материи: от атомистических, корпускулярных представлений о материи к полевым, континуальным, а затем к квантовым. Отсюда и три физические картины Мира: механистическая, электромагнитная и квантово-полевая

# Схема 100. Физическая картина Мира (механистическая)

## • **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.

# Схема 101. Физическая картина Мира (электромагнитная)

## 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



## Схема 102. Физическая картина Мира (квантово-полевая)

### 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



# Схема 103. Физическая картина Мира (общая характеристика современных представлений о мире)

## современные представления о

Формируются на основе глубокого изучения явлений природы, дифференциации и интеграции естественных наук, единстве Физического знания и т.п.

### Характерные особенности

Современные представления о строении материи предполагают в ее основе шестнадцать фундаментальных частиц и античастиц:

- четыре лептона (электрон, позитрон, электронное нейтрино и антинейтрино);
- два вида кварков с дробными электрическими зарядами ( $-1/3$ ) и ( $+2/3$ ), причем каждый вид в трех разновидностях (красный, зеленый, синий);
- соответствующие антикварки

Многообразие и единство мира основывается на взаимодействии и взаимопревращении фундаментальных частиц и античастиц

Движение есть проявление фундаментальных взаимодействий (гравитационного, электромагнитного, слабого и сильного), переносчиками которых являются фотоны, глюоны и промежуточные бозоны

Представления об основе мироздания складываются на основе разработки единой теории поля, объединяющей все фундаментальные взаимодействия (теории «Великого объединения», теории «Сверх великого объединению»)

Природа рассматривается в движения и развитии. В физике используется диалектический метод (вещество и поле, частица и волна, масса и энергия и т.п. - рассматриваются в диалектическом единстве)

Принципиальные особенности современных представлений о мире: системность, глобальный эволюционизм, самоорганизация, историчность - определяют их общий контур и способ организации научного знания

Современные представления характеризуются как научно-методологические, ибо объективная картина объекта опосредуется (измерением) методом познания субъекта

# Схема 104. Фундаментальные концепции описания Природы (фундаментальные физические теории)

## Фундаментальные физические теории

1. Классическая ньютоновская механика

2. Классическая ньютоновская гравитационная механика с ее законом всемирного тяготения, содержащая фундаментальную физическую константу - гравитационную постоянную  $G$  ( $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ )

3. Релятивистская механика (электродинамика и специальная теория относительности), содержащая фундаментальную физическую константу - скорость света  $c$  ( $c=2,998 \cdot 10^8 \text{м/с}$ )

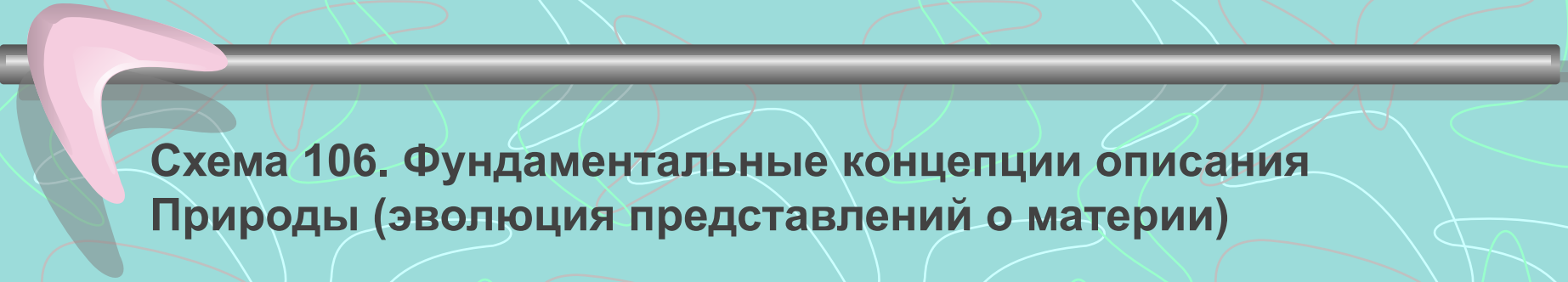
4. Квантовая механика, содержащая фундаментальную физическую константу - постоянную Планка  $h$  (квант действия) ( $h=6,626 \cdot 10^{-34} \text{Дж} \cdot \text{с}$ )

Релятивистская гравитационная механика, содержащая фундаментальные физические константы  $c$  и  $G$

Релятивистская квантовая механика, содержащая фундаментальные физические константы  $c$  и  $h$

Квантовая гравитационная механика, содержащая фундаментальные физические константы  $h$  и  $G$

Квантовая релятивистская гравитационная механика (искомая), содержащая фундаментальные физические константы  $h$ ,  $c$ ,  $G$



# Схема 106. Фундаментальные концепции описания Природы (эволюция представлений о материи)

## Натурфилософия

I. Концепция созерцательного материализма: материя есть конкретное вещество (земля, вода, воздух, огонь). Фалес (625-547 гг. до н.э.). Гераклит (540-480 гг. до н.э.) и др. II. Концепция атомистического материализма: материя состоит из атомов и пустоты. Демокрит (460-371 гг. до н.э.)

## Классическая механика

Концепция дискретного строения материи: материя есть субстанция, состоящая из отдельных частиц - атомов или корпускул. Атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, характеризуются наличием массы и веса. И. Ньютон (1643-1727 гг.)

## Электродинамика

Концепция непрерывного строения материи: материя существует в двух видах - вещество и поле. Они строго разделены и их превращение друг в друга невозможно. Главным является поле, а значит основным свойством материи является непрерывность в противовес дискретности. Д. Максвелл (1831-1879 гг.)

## Квантовая механика

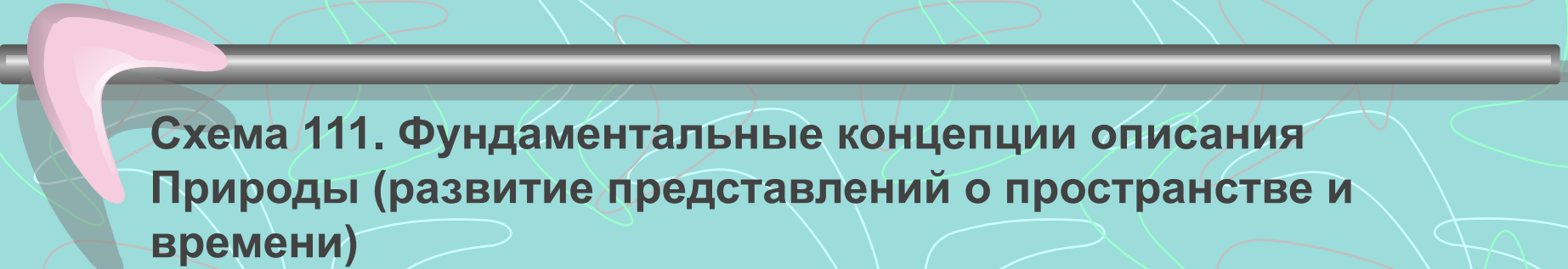
Концепция корпускулярно-волнового дуализма: материя как физическая реальность едина и нет пропасти между веществом и полем. Поле, подобно веществу, обладает корпускулярными свойствами, а частицы вещества, подобно полю, - волновыми, т.е. каждый элемент материи обладает свойствами волны и частицы. М.Планк (1858-1947 гг.) В. Гейзенберг (1901-1976 гг.) Э. Шредингер (1887-1961 гг.) Н. Бор (1885-1962 гг.)

# Схема 107. Фундаментальные концепции описания Природы (материя как физическая реальность)



Материальное единство мира





## Схема 111. Фундаментальные концепции описания Природы (развитие представлений о пространстве и времени)

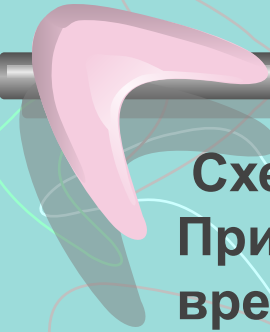
В науке исторически сложилось две концепции в понимании пространства и времени

Субстанциальная концепция

Пространство и время - нечто самостоятельно существующее наряду с материей, как ее пустые вместилища. Пространство - чистая протяженность. Время - чистая длительность, в которые как бы «погружены», «помещены» материальные объекты  
(Демокрит - И. Ньютон)

Реляционная концепция

Пространство и время не особые субстанциальные сущности, а формы существования материальных объектов. Пространство выражает сосуществование объектов. Время - последовательность их состояний (Аристотель - Г. Лейбниц)



## Схема 115. Фундаментальные концепции описания Природы (общая характеристика пространства и времени)

*Пространство и время - общие формы координации материальных объектов и их состояний*

*Пространство* - это совокупность отношений, выражающих координацию сосуществующих объектов, их расположение друг относительно друга и относительную величину (расстояние и ориентация)

### **Пространство:**

трехмерно;  
однородно (равноправие всех его точек);  
изотропно (равноправие всех его направлений)

*Время* - совокупность отношений, выражающих координацию сменяющих друг друга состояний (явлений), их последовательность и длительность

### **Время:**

одномерно;  
однородно (равноправие всех моментов времени);  
необратимо

### **Всеобщие свойства:**

- объективность пространства и времени;
- всеобщность пространства и времени

## Схема 116. Структурные уровни организации материи (структурность и системность материи)

### Структурность и системность материи

В неорганической природе в качестве *структурных уровней* организации материи выделяют:

- элементарные частицы;
- атомы;
- молекулы;
- поля;
- физический вакуум;
- макроскопические тела;
- планеты и планетные системы;
- звезды и звездные системы (галактики);
- системы галактик (Метагалактика)

Множество объектов будет *целостной системой*, если энергия связи между ними больше их суммарной кинетической энергии совместно с энергией внешних воздействий, направленных на разрушение системы. С переходом от мегосистем к макросистемам, молекулам и атомам к гравитационным силам добавляются электромагнитные, намного более мощные чем первые. В атомных ядрах действуют еще более мощные ядерные силы. Чем меньше размеры материальных систем, тем более прочно связаны между собой их элементы

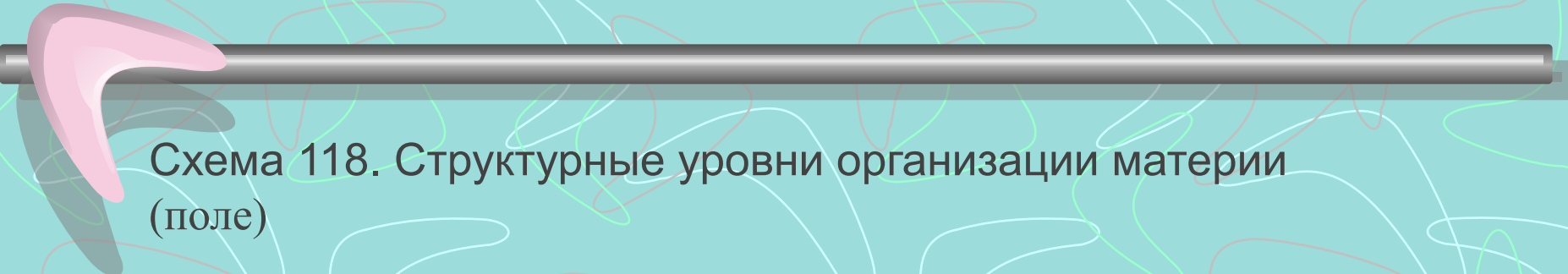
*Примечание:*

- система - совокупность элементов и связей между ними;
- структура - совокупность связей между элементами.

# Схема 117. Структурные уровни организации материи (вещество)







# Схема 118. Структурные уровни организации материи (поле)

Поле

Гравитационное (кванты - гравитоны)

Электромагнитное (кванты - фотоны)

Ядерное (кванты - мезоны)

Электронно - позитронное (квант электроны, позитроны)

# Схема 119. Структурные уровни организации материи (вещество и поле)

## Основные характеристики вещества и поля

### 1. *Вещество и поле*

*различаются по массе покоя*

Частицы вещества обладают массой покоя, электромагнитное и гравитационное поля - нет.

Однако в микромире каждому полю сопоставляется частица (квант этого поля) и каждая частица рассматривается как квант соответствующего поля.

Для ядерных полей (мезонного, нуклонного и т.д.) это различие уже неверно - кванты этих полей обладают конечной массой покоя

### 2. *Вещество и поле различаются*

*по закономерностям движения*

Скорость распространения электромагнитного и гравитационного полей всегда равна скорости света в пустоте ( $c$ ), а скорость движения частиц вещества всегда меньше  $c$ . Однако наличие ядерных полей ликвидирует и эту границу. Для квантов этих полей как раз характерна невозможность движения со скоростью, равной  $c$

### 3. *Вещество и поле*

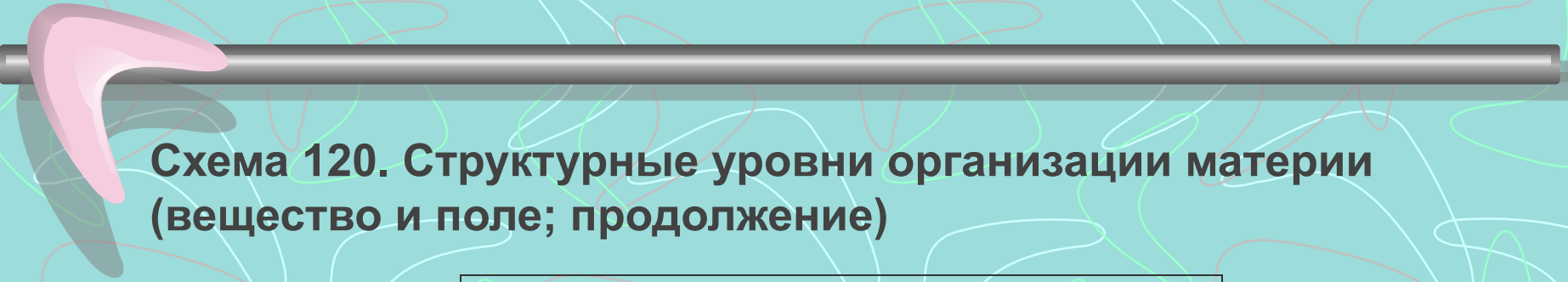
*различаются по степени, проницаемости*

Вещество мало проницаемо, электромагнитное и гравитационное поля - наоборот.

На уровне микромира и эта граница исчезнет. Для таких частиц, как нейтрино, вещество оказывается весьма проницаемым, с другой стороны, ядерные поля могут обладать очень малой проницаемостью

*Примечание:*

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



## Схема 120. Структурные уровни организации материи (вещество и поле; продолжение)

### Основные характеристики вещества и поля

#### *4. Вещество и поле различаются по степени концентрации массы и энергии*

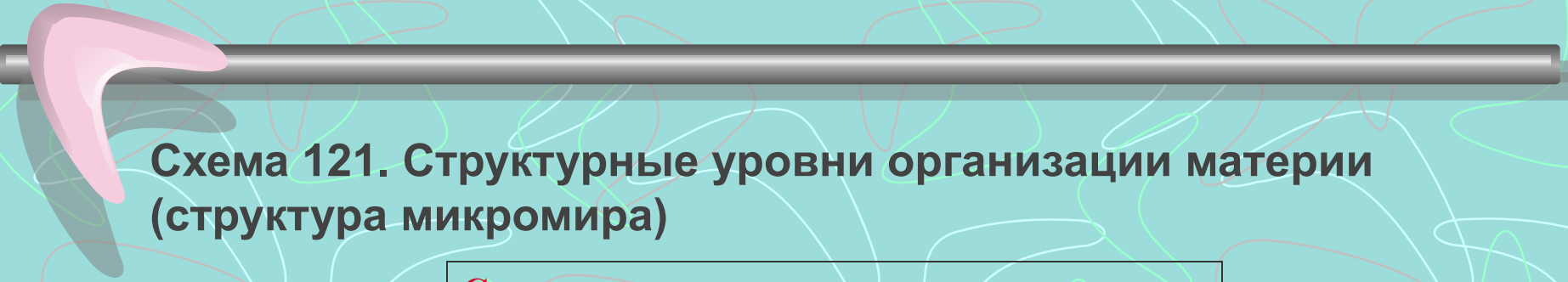
Очень большая - у частиц вещества и очень малая - у электромагнитного и гравитационного полей. В микромире и это различие стирается. Ядерные поля обладают огромной концентрацией массы и энергии, и даже кванты электромагнитного поля могут достигать концентраций энергии, значительно превосходящих таковую у частиц вещества

#### *5. Вещество и поле различаются как корпускулярная и волновая сущности*

Это различие исчезает на уровне микропроцессов. Частицы вещества обладают волновыми свойствами, а непрерывное в макроскопических процессах электромагнитное поле обнаруживает на уровне микромира свой корпускулярный аспект

#### *Общий вывод:*

Различие вещества и поля верно характеризует реальный мир в макроскопическом приближении. Это различие не является абсолютным, и при переходе к микрообъектам ярко обнаруживается его относительность. В микромире понятия «частицы» (вещество) и «волны» (поля) выступают как дополнительные характеристики, выражающие внутренне противоречивую сущность микрообъектов



## Схема 121. Структурные уровни организации материи (структура микромира)

### Структурные уровни вещества в микромире

#### Молекулярный уровень

Уровень молекулярного строения вещества.

Молекула - единая квантово-механическая система, объединяющая атомы

#### Атомный уровень

Уровень атомного строения вещества.

Атом - структурный элемент микромира, состоящий из ядра и электронной оболочки

#### Нуклонный уровень

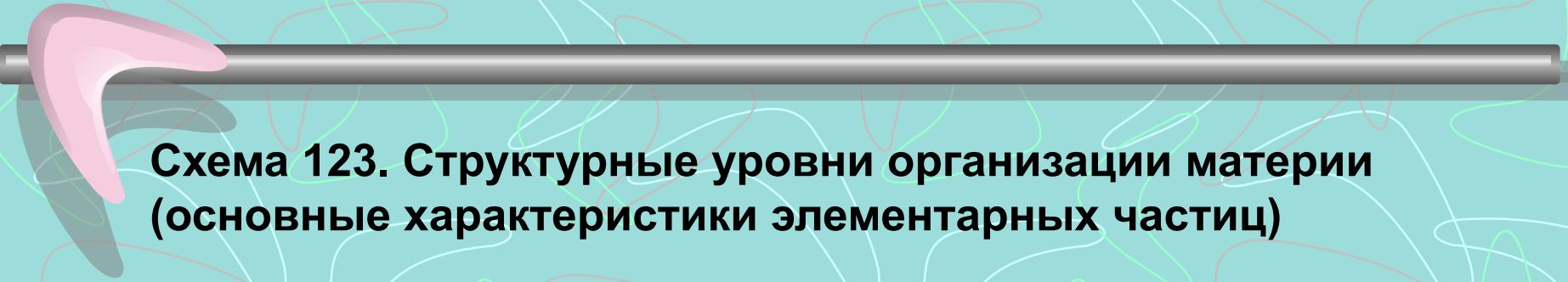
Уровень атомного ядра и составляющих его частиц.

Нуклон (лат. nucleus - ядро) - общее название протона и нейтрона, являющихся составными частями атомных ядер

#### Кварковый уровень

Уровень элементарных частиц - кварков и лептонов (эти разновидности относятся к частицам вещества)





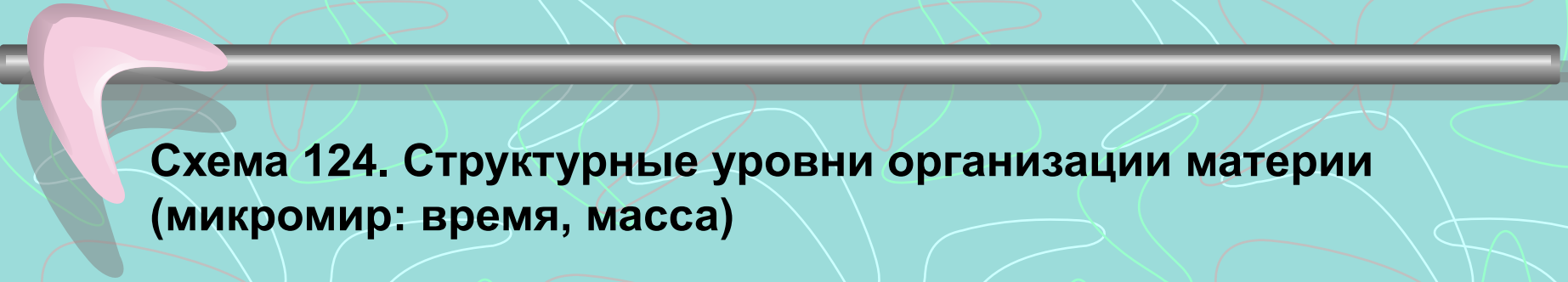
## Схема 123. Структурные уровни организации материи (основные характеристики элементарных частиц)

**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  $1 > 5 \cdot 10^{-20}$  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).



## Схема 124. Структурные уровни организации материи (микромир: время, масса)

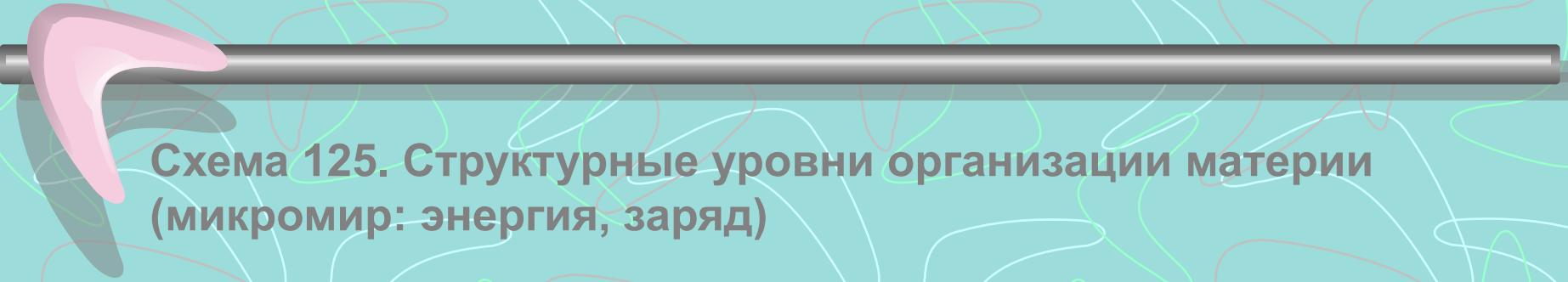
### Время:

- Естественная единица времени элементарной частицы: примерно  $10^{-23}$  сек.
- Типичное время жизни «долгоживущей» частицы: примерно  $10^{10}$  сек. Частицы, живущие  $10^{-10}$  сек, живут очень и очень долго по сравнению с частицами, живущими  $10^{-23}$  сек. За время  $10^{10}$  сек частица покрывает расстояние в один сантиметр, что более чем в миллион миллионов раз превышает ее собственные размеры.
- Мезоны (Пи и Мю -мезоны) живут соответственно  $10^{-8}$  и  $10^{-6}$  и удаляются более чем на 1 см.
- Нейтрон живет около 15 мин - по масштабам микромира практически бесконечно.
- Резонансы живут около  $10^{-22}$  - самые короткоживущие частицы. *Наглядная модель:*

Частице требуется всего  $10^{-22}$  сек для того, чтобы покрыть расстояние в десять раз превосходящее ее собственные размеры, что аналогично автомашине, проехавшей 100 м. За время  $10^{10}$  сек (время жизни «долгоживущей частицы») частица пройдет 1 см, что аналогично автомашине, проехавшей 30 млрд. км. Короткоживущие частицы, имея время жизни порядка  $10^{-20}$  сек, подобны автомашине, которая разваливается, не успев выехать за заводские ворота.

### Масса:

- Масса электрона -  $9 \cdot 10^{-28}$  г принимается за единицу измерения массы микромира,
  - Вселенная, по грубым оценкам, содержит около  $10^{23}$  звезд (соответствует числу молекул в 1 г воды); средняя масса звезды -  $10^{35}$  г; полная масса - около  $10^{58}$  г. Каждый грамм вещества содержит примерно  $10^{24}$  протонов,
- так что в известной части Вселенной по очень грубым оценкам содержится  $10^{24}$  протонов,  $10^{24}$  электронов,  $10^{79}$  нейтрино и бесчисленное количество фотонов и гравитонов.



## Схема 125. 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  $Q = 0, \pm 1, \pm 2$ .



## Схема 126. 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.

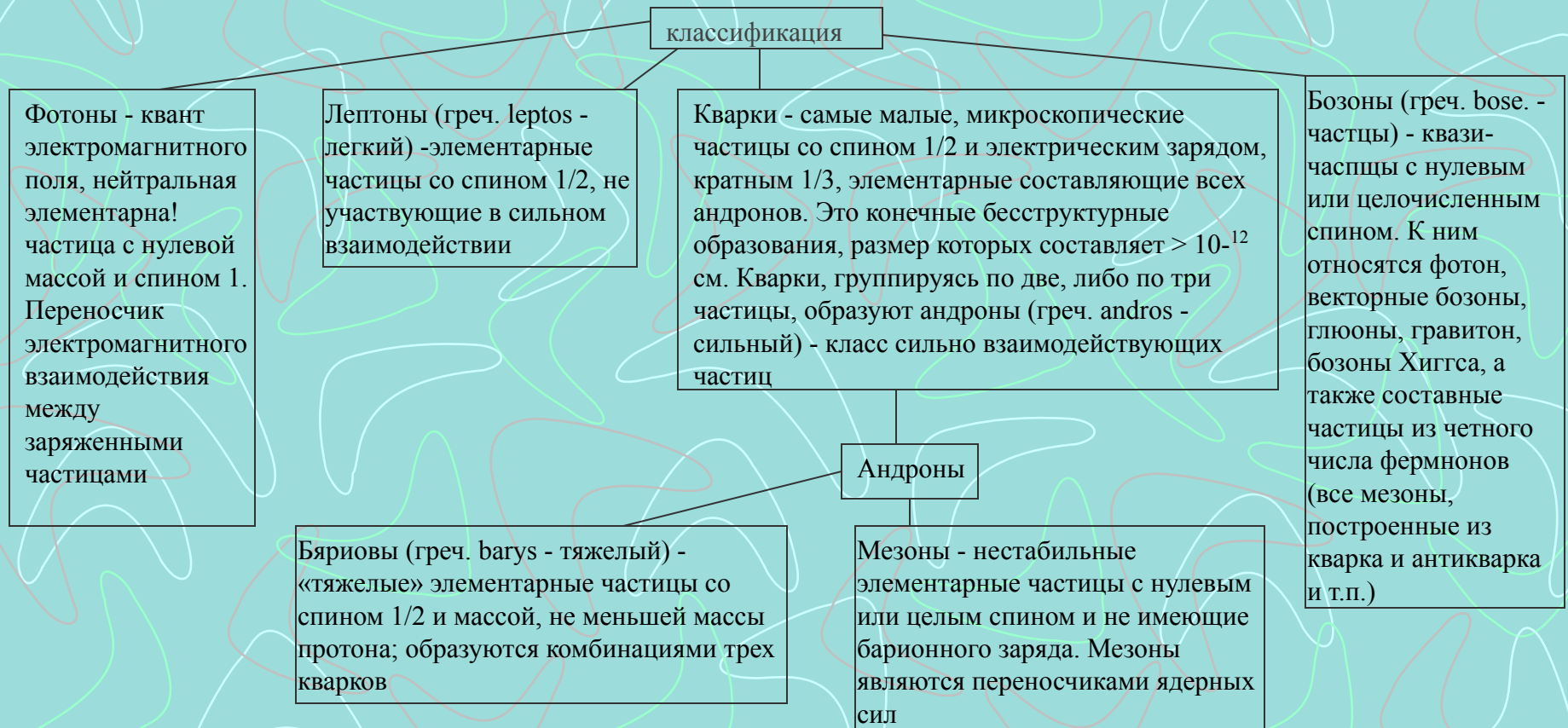
\* Спин элементарных частиц обозначается буквой  $\delta$  и измеряется в единицах равных постоянной Планка:  $h = h(2\pi c) = 1,0546 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$



# Схема 127. 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.

# Схема 128. Структурные уровни организации материи (истинно элементарные частицы)

## Фундаментальные частицы

### лептоны

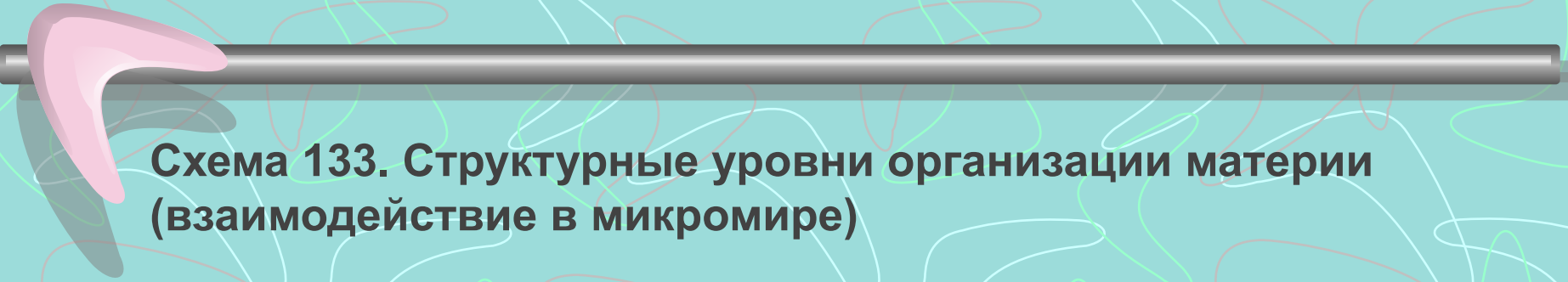
Класс лептонов включает:  
электроны; мюоны;  
тяжелый тау-лептон;  
электронное нейтрино; таонное  
нейтрино; соответствующие  
античастицы (6 видов).  
Спин-1/2

### кварки

Гипотеза кварков М. Гелл-Манн (1964 г.): Все адроны являются комбинациями кварков. Существует 6 типов кварков по аромату (квантовое число) в каждом из которых различается три цвета (еще одно квантовое число) - красный, зеленый, синий. Смесь этих цветов дает нулевой белый цвет. Объединение кварков предполагает два условия: суммарный электрический заряд кварков в адроне должен быть целочисленным; кварки, соединяющиеся в адрон, должны полностью компенсировать свои цветовые заряды и удовлетворять признаку бесцветности. Спин - 1/2

### кванты полей

Кванты полей создаются частицами вещества со спином 1 (фотоны, векторные бозоны, глюоны, гравитоны, гравитино). Фотоны - переносчики электромагнитного взаимодействия между заряженными частицами; Векторные бозоны - переносчики слабых взаимодействий между кварками и Лептонами. Глюоны - нейтральные частицы со спином 1 и нулевой массой, обладающие цветовым зарядом; являются переносчиками сильного взаимодействия между кварками и «склеивают» их в адроны. Гравитоны (спин 2) теоретически предсказанные частицы, очень слабо взаимодействуют с веществом. Н-мезоны, гравитино (частицы Хиггса) не обнаружены экспериментально, но теоретически предсказаны



## Схема 133. Структурные уровни организации материи (взаимодействие в микромире)

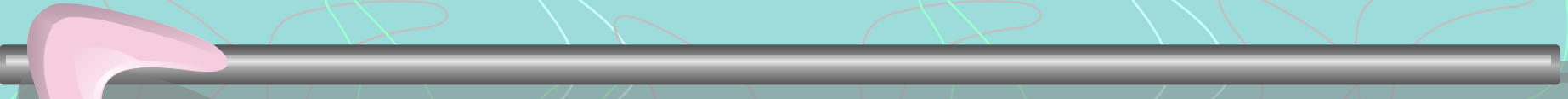
### взаимодействие в микромире

Сильное взаимодействие - обеспечивает сильную связь протонов и нейтронов в ядрах атомов, кварков в нуклонах

Электромагнитное взаимодействие - обеспечивает связь электронов с ядрами, атомов в молекулах

Слабое взаимодействие - обеспечивает переход между разными типами кварков, в частности, определяет распад нейтронов, известный также как бета-распад; вызывает взаимные переходы между различными типами лептонов. За счет слабого взаимодействия светят звезды (протон превращается в нейтрон, позитрон и нейтрино)

Гравитационное взаимодействие - в микромире при расстояниях порядка  $10^{-13}$  см может не учитываться, однако при расстояниях порядка  $10^{-33}$  см начинают проявляться особые свойства физического вакуума - виртуальные сверхтяжелые частицы окружают себя гравитационным полем, искажающим геометрию пространства



## Схема 141. Физическое взаимодействие (фундаментальные взаимодействия)

- Гравитационное взаимодействие имеет универсальный характер и выступает в виде притяжения. Оно является самым слабым из всех остальных взаимодействий (сила электростатического отталкивания электронов в  $10^{40}$  раз больше силы их гравитационного притяжения). В классической физике гравитационное взаимодействие описывается законом всемирного тяготения Ньютона. В общей теории относительности гравитация - проявление кривизны пространственно-временного континуума (поле тяготения создает искривление пространства тем больше, чем больше тяготеющая масса). В квантовой теории, квантами поля тяготения являются гравитоны, которые переносят энергию, обладают импульсом и другими характеристиками

Электромагнитное взаимодействие имеет универсальный характер и может выступать в зависимости от знака заряда либо как притяжение, либо как отталкивание. Оно определяет возникновение атомов, молекул и макроскопических тел. Электромагнитное взаимодействие в 100-1000 раз слабее сильного взаимодействия. Электромагнитное взаимодействие описывается электростатикой, электродинамикой, квантовой электродинамикой

Слабое взаимодействие действует только в микромире и описывает некоторые виды ядерных процессов. Оно короткодействующее и характеризует все виды бета-превращений. Слабое взаимодействие слабее электромагнитного, но сильнее гравитационного. Слабое взаимодействие описывается теорией слабого взаимодействия, созданной в 1967 г. С. Вайнбергом и А. Саламом

Сильное взаимодействие обеспечивает связь нуклонов в ядре и определяет ядерные силы. Оно описывается теорией сильных взаимодействий (квантовой хромодинамикой)





## Схема 155. Проблемы самоорганизации материи (самоорганизация в открытых системах)

### Некоторые условия самоорганизации

Система должна быть открытой и иметь приток энергии и вещества извне

Открытая система должна находиться вдали от точки термодинамического равновесия

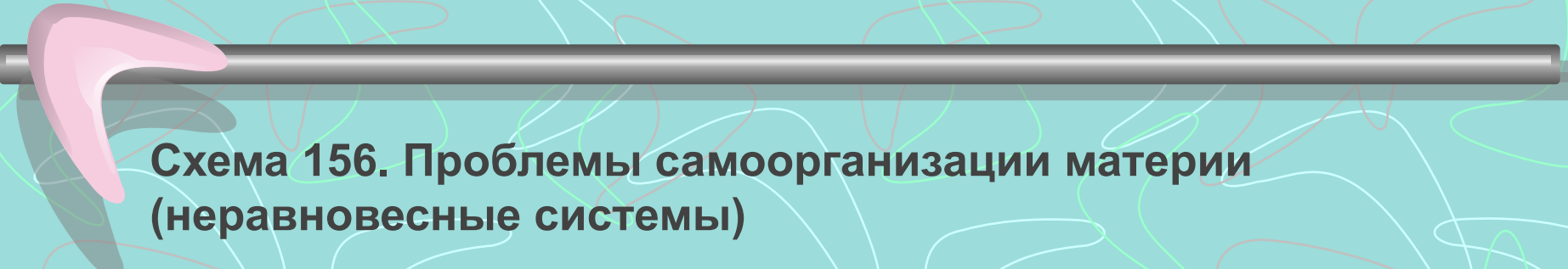
Наличие флуктуации. Процесс возникновения и усиления порядка через флуктуации характеризуют как принцип самоорганизации

Самоорганизация основывается на положительной обратной связи, в отличие от динамического равновесия систем, которое опирается на отрицательную обратную связь

Процесс самоорганизации системы возможен только при определенном, достаточном количестве взаимодействующих элементов

Процесс самоорганизации предполагает нарушение симметрии





## Схема 156. Проблемы самоорганизации материи (неравновесные системы)

### Равновесные и неравновесные состояния системы

#### Неравновесное состояние

1. Система меняет свою структуру, реагируя на внешние условия. Приток энергии создает в системе упорядоченность; энтропия уменьшается.
2. Неравновесность - причина порядка системы; ее элементы ведут себя коррелировано.
3. Множество дискретных устойчивых состояний системы.
4. Чувствительность к флуктуациям.
5. Наличие бифуркации (критическое состояние, переломная точка в развитии системы).
6. Неопределенность поведения системы

#### Равновесное состояние

1. Система меняет свою структуру только при наличии сильных возмущений.
2. Элементы системы пребывают в хаотическом движении. Энтропия возрастает.
3. Одно дискретное устойчивое состояние системы.
4. Нечувствительность к флуктуациям.
5. Поведение системы характеризуется линейными зависимостями