

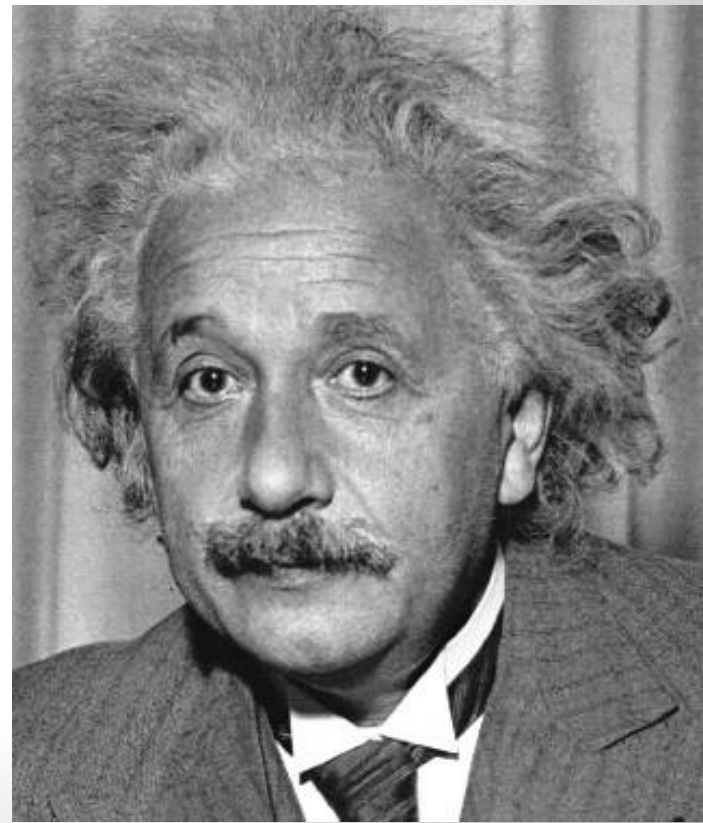
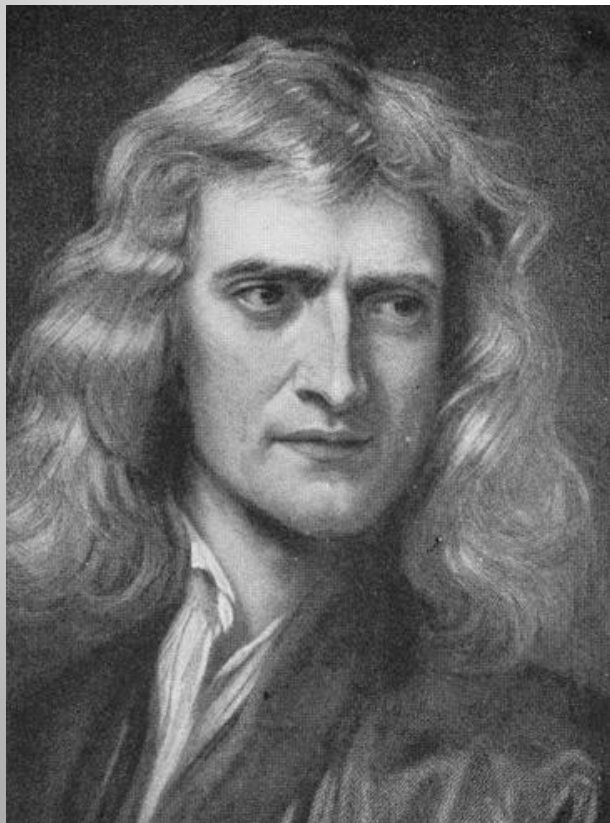
Фундаментальные поля и взаимодействия

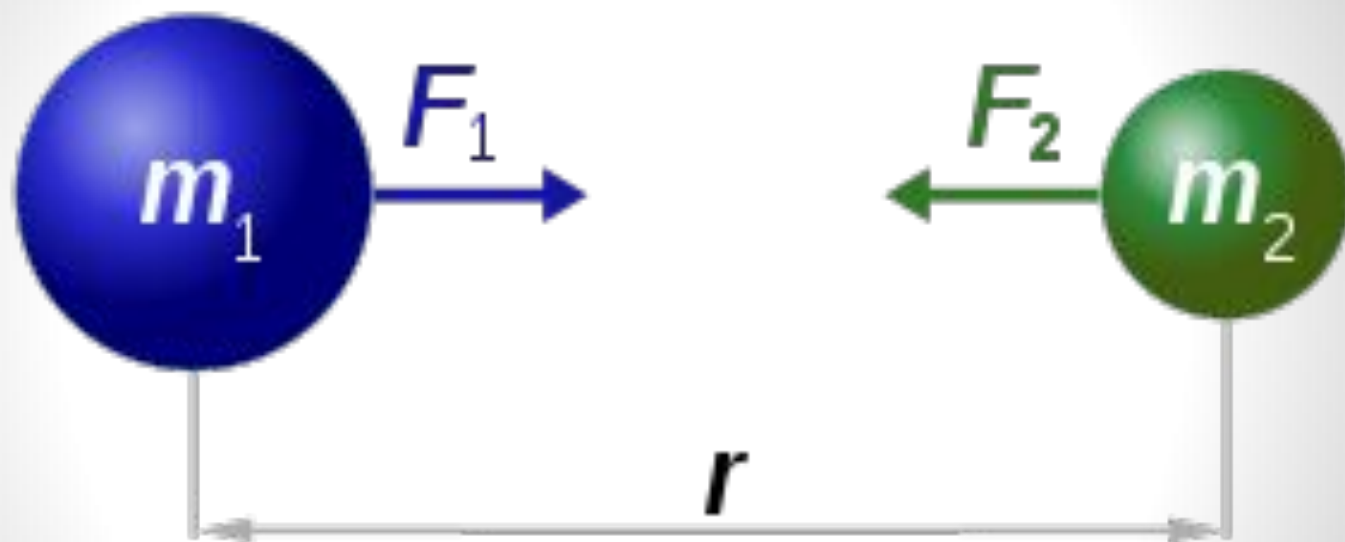
Физическим полем называют особую форму материи, связывающую частицы (объекты) вещества в единые системы и передающую с конечной скоростью действие одних частиц на другие.

Вопросы к зачёту

- 29. Фундаментальные поля как управляющие параметры открытых систем.
- 30. Понятия дальнодействия и близкодействия.
- 31. Строение атома.
- 32. Иерархия фундаментальных взаимодействий по силе взаимодействия.
- 33. Принцип соответствия Бора.

Гравитационное поле





$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

- В рамках классической механики гравитационное взаимодействие описывается **законом всемирного тяготения** Ньютона, который гласит, что сила гравитационного притяжения между двумя материальными точками массы m_1 и m_2 , разделёнными расстоянием r , пропорциональна обеим массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния — то есть

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- Здесь G — гравитационная постоянная, равная $6,6725 \cdot 10^{-11}$
- примерно $\text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$

- В рамках **НЬЮТОНОВСКОЙ МЕХАНИКИ** гравитационное взаимодействие является **дальнодействующим**. Это означает, что как бы массивное тело ни двигалось, в любой точке пространства гравитационный потенциал зависит только от положения тела в данный момент времени. То есть изменения передаются мгновенно, с бесконечно большой скоростью.
- В рамках квантово – полевой картины мира утверждается, что гравитационные взаимодействия передаются со скоростью света, т.е. является **близкодействующим**.

- **Большие космические объекты — планеты, звезды и галактики имеют огромную массу и, следовательно, создают значительные гравитационные поля.**

Область действия гравитационного поля

- Гравитация — слабейшее взаимодействие. Однако, поскольку оно действует на любых расстояниях, и все массы положительны (т.е. не наблюдается гравитационного отталкивания). В частности, электромагнитное взаимодействие между телами на космических масштабах мало, поскольку полный электрический заряд этих тел равен нулю (вещество в целом электрически нейтрально).
- Гравитация, в отличие от других взаимодействий, универсальна в действии на всю материю и энергию. Не обнаружены объекты, у которых вообще отсутствовало бы гравитационное взаимодействие.

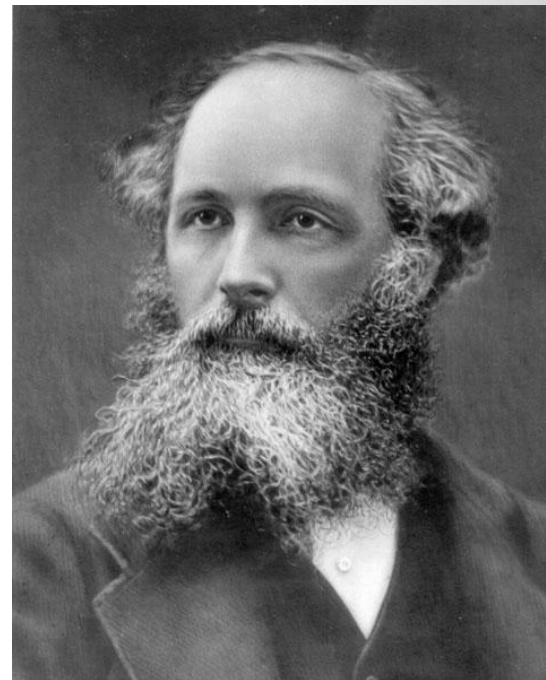
- Из-за глобального характера гравитация ответственна и за такие крупномасштабные эффекты, как структура галактик, черные дыры и расширение Вселенной, и за элементарные астрономические явления — орбиты планет, и за простое притяжение к поверхности Земли и падения тел.

**В 1915 году Альберт Эйнштейн создал
Общую теорию относительности, более
точно описывающую гравитацию в
терминах геометрии пространства-
времени.**

Электромагнитное поле

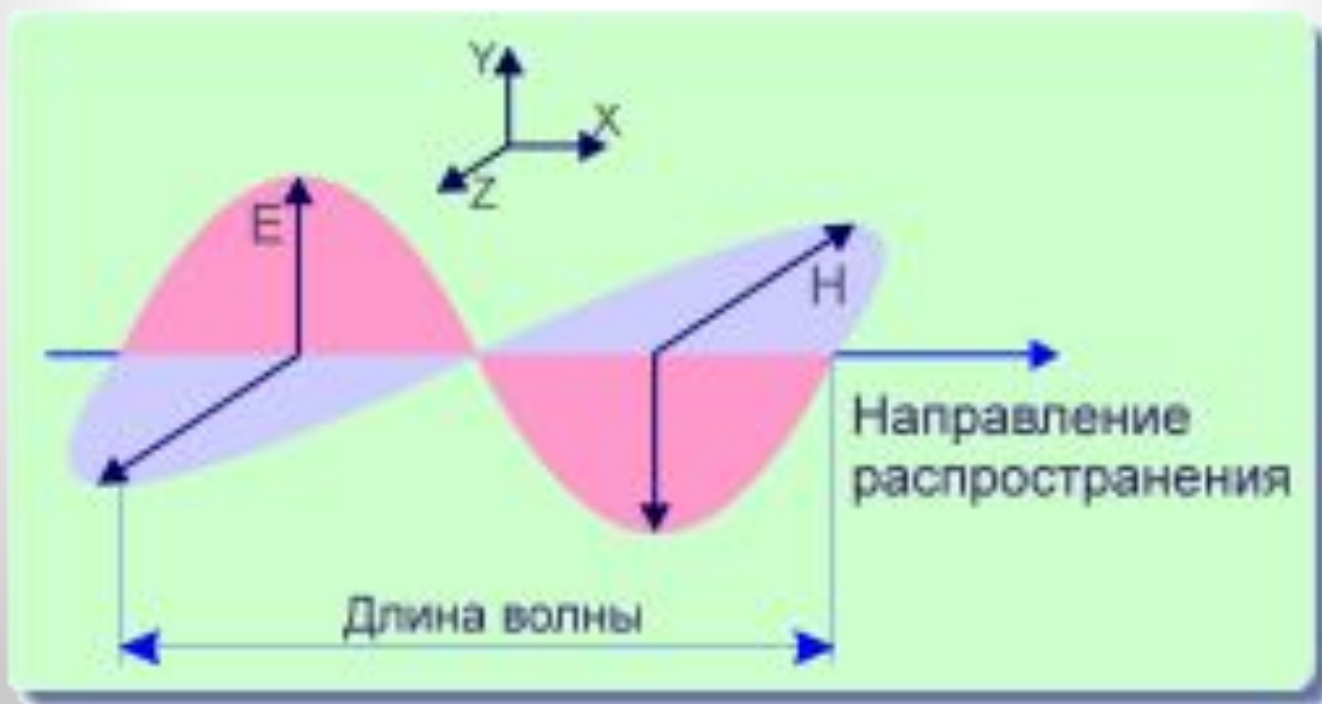
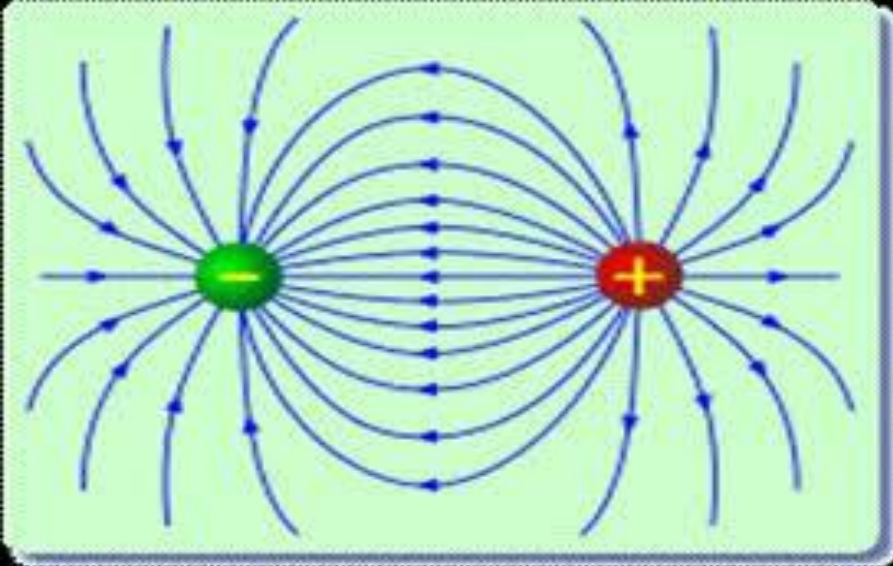


Майкл
Фарадей



Джеймс
Максвелл

- **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ**, один из видов поля физического.
Характеризуется напряженностями (или индукциями) электрического поля и магнитного поля.
- Переменное электромагнитное поле может распространяться в виде электромагнитных волн.
Электромагнитное поле - единый объект, но в статических случаях может быть представлено в виде двух форм (**электрического и магнитного**



Электромагнитные волны

Электромагнитные волны условно делятся на несколько диапазонов по длинам волн:

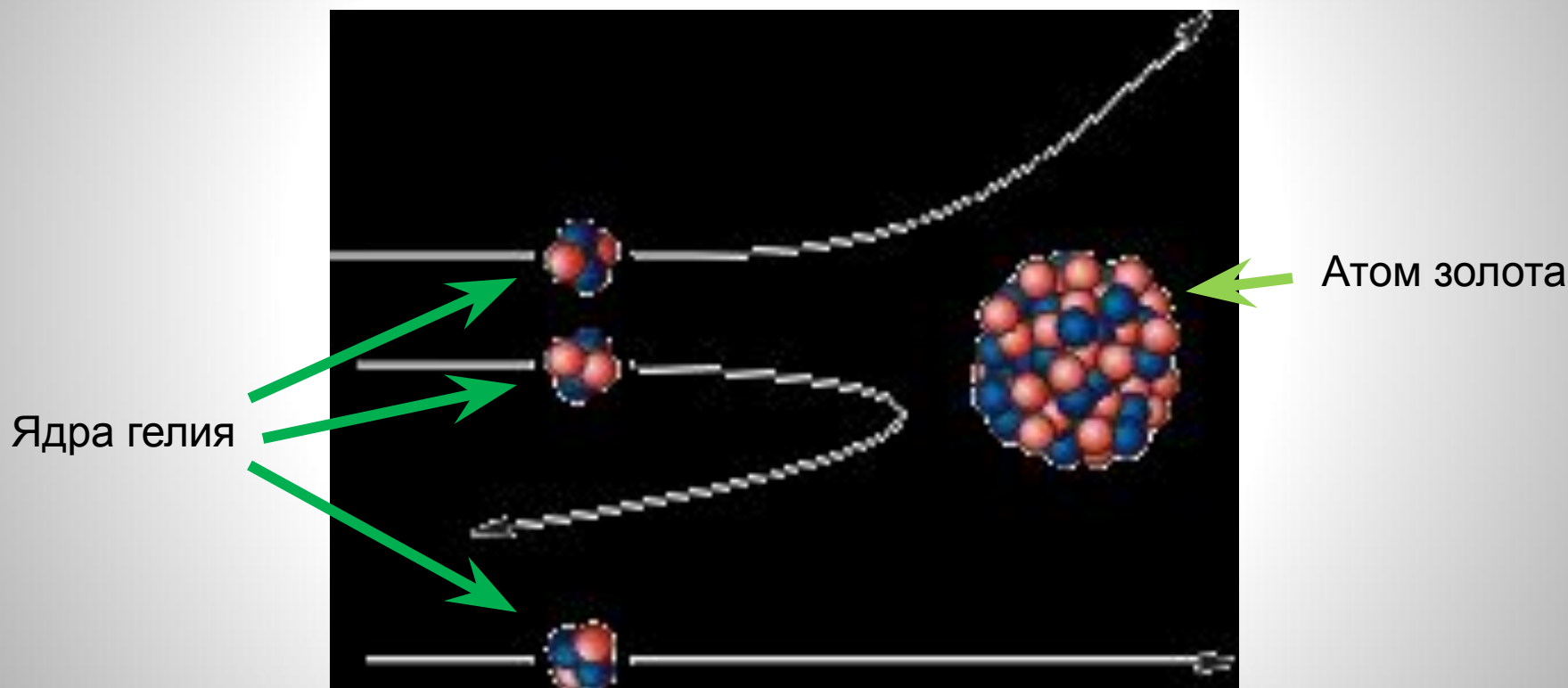
- радиоволны $10^3 - 10^{-4}$ м
- световые волны $10^{-4} - 10^{-9}$ м
- ИК $5 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-7}$ м
- видимый свет $8 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}$ м
- УФ $4 \cdot 10^{-7} - 10^{-9}$ м
- Рентген $2 \cdot 10^{-9} - 6 \cdot 10^{-12}$ м
- γ -излучение $< 6 \cdot 10^{-12}$ м

Область действия электромагнитного поля микро-, макро- и мега- миры

- **Определяет связь электронов с атомными ядрами**
- **Осуществляет химическую связь атомов в молекулах**
- **Обеспечивает существование твёрдых и жидких тел**
- **Обуславливает силы трения**
- **Является переносчиком энергии и информации**

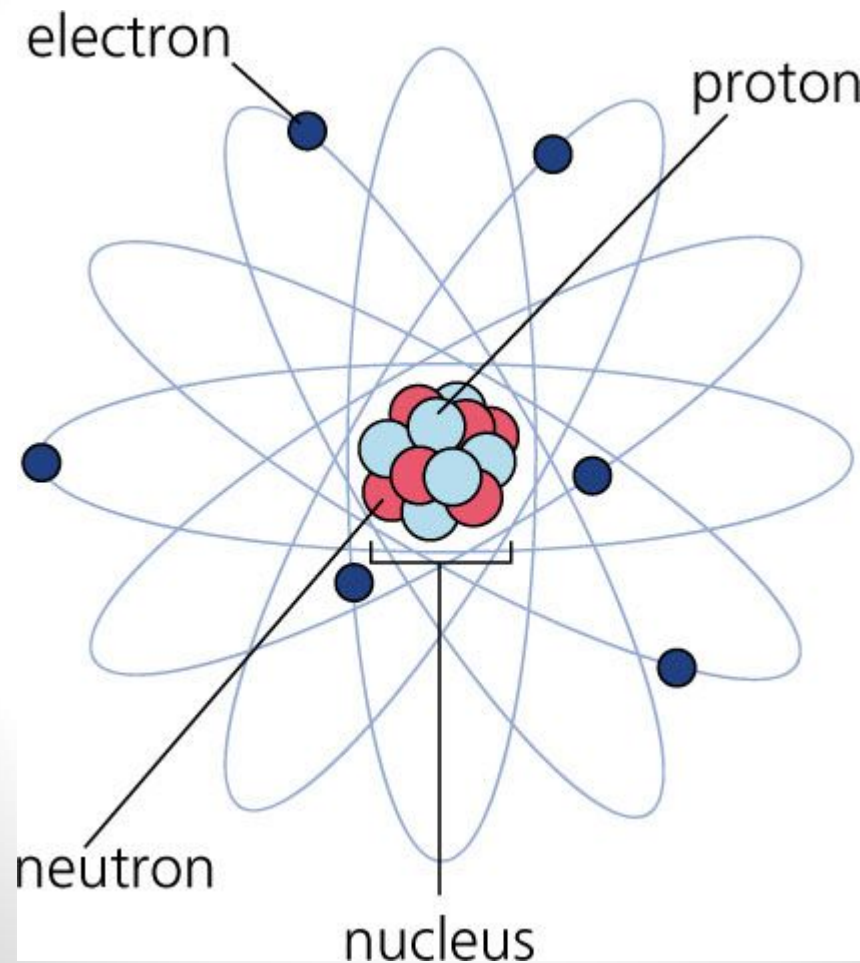
Строение атома

Опыты Резерфорда

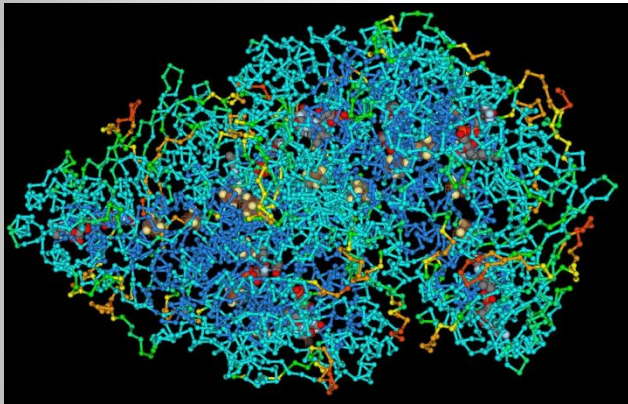


Строение атома

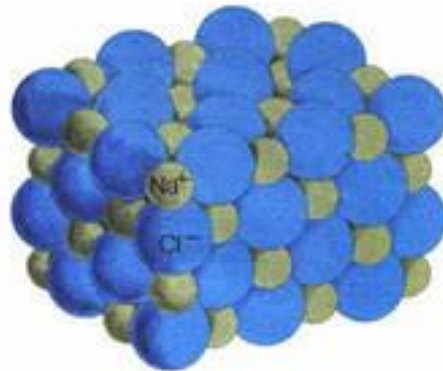
Опыты Резерфорда



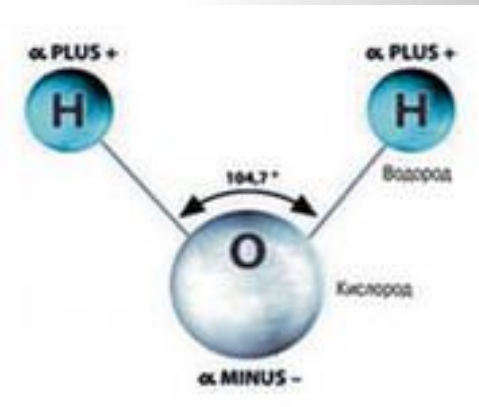
Строение молекул



Молекула полимера



Поваренная соль NaCl



Вода H₂O

D₂O - дейтериевая вода

T₂O - тритиевая вода

Поле слабого взаимодействия



Энрико Ферми

Область действия: атомное ядро

- Слабое взаимодействие является короткодействующим — оно проявляется на расстояниях, значительно меньших размера атомного ядра (характерный радиус взаимодействия 10^{-18} м).

Свойства слабого взаимодействия

- В слабом взаимодействии участвуют все фундаментальные фермионы В слабом взаимодействии участвуют все фундаментальные фермионы (лептоны В слабом взаимодействии участвуют все фундаментальные фермионы (лептоны и кварки В слабом взаимодействии участвуют все фундаментальные фермионы (лептоны и кварки). Это взаимодействие, в котором участвуют нейтрино, частицы, имеющие колоссальную проникающую способность.

Слабый распад

Процесс распада более массивной частицы на более легкие вследствие слабого взаимодействия называется слабым распадом. Типичным примером слабого распада является бета-распад нейтрона - превращение нейтрона в протон с испусканием электрона и антинейтрино



Взаимодействие называется слабым из-за малой скорости распада. Время жизни свободного нейтрона порядка 10 мин. Интересно, что при слабых взаимодействиях, как и при электромагнитных, реакции идут с рождением новых частиц, т.е. число частиц не сохраняется. Ни в коем случае нельзя считать, что нейтрино и электрон «сидят» в нейтроне. Частицы действительно рождаются, и этот процесс, скорее всего, можно отнести к **самоорганизации**.

Электрослабое взаимодействие

- В физике элементарных частиц электрослабое взаимодействие является общим описанием двух из четырёх фундаментальных взаимодействий: слабо -го взаимодействия и электромагнитного взаимодействия. Хотя эти два взаимодействия очень различа -ются на обычных низких энергиях, в теории они представляются как два разных проявления одного взаимодействия. При энергиях выше энергии объединения (порядка 10^2 ГэВ) они соединяются в единое электрослабое

**Теория электрослабого взаимодействия
представляет собой созданную в конце 60-х
годов 20-го века**

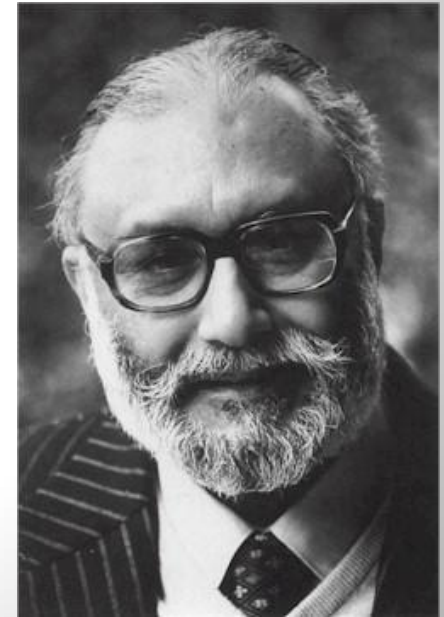
**С. Вайнбергом, Ш. Глэшоу, А. Саламом единую
(объединённую) теорию слабого и
электромагнитного взаимодействий**



Ш. Глэшоу



С. Вайнберг



, А. Салам

Поле сильного взаимодействия



Хидеки
Юкава

Область действия: атомное ядро

Необходимость введения понятия сильных взаимо-действий возникла в 1930-х годах, когда стало ясно, что ни явление гравитационного, ни явление электромагнитного взаимодействия не могли ответить на вопрос, что связывает нуклоны в ядрах. В 1935 году японский физик Х. Юкава построил первую количественную теорию взаимодействия нуклонов, происходящего посредством обмена новыми частицами, которые сейчас известны как пи-мезоны (или пионы). Пионы были впоследствии открыты экспериментально в 1947 году.

Иерархия фундаментальных взаимодействий

По увеличению силы взаимодействия:

Гравитационное (10^{-40}),

слабое (10^{-5}),

Электромагнитное ($1/137 = 7 \cdot 10^{-3}$),

Сильное (14)

Иерархия фундаментальных взаимодействий

По отношению к материи:

- гравитационное – участвуют все виды материи, включая поля;
- слабое – участвуют все частицы;
- электромагнитное – участвуют только заряженные частицы;
- сильное – участвуют только так называемые «сильновзаимодействующие» частицы.

Т.о. чем «универсальнее» силы, тем они слабее

Адронный коллайдер



Самоорганизация в микромире

Адронный коллайдер

- Физики, работающие на Большом адронном коллайдере, впервые после его запуска обнаружили принципиально новый эффект, не предсказанный существующей теорией - среди сотен частиц, рождающихся при столкновениях протонов, были обнаружены пары, движения которых по неизвестной причине связаны друг с другом - двухчастичные корреляции. Это можно считать ещё одним примером самоорганизации материи.

Процессы в микромире

Принцип соответствия

Принцип соответствия Бора

- **Законы, открытые в новой области знания, при переходе в прежнюю область подтверждают справедливость действующих там старых законов.**

Принцип соответствия Бора

Макро Микро

1. Механика Ньютона

Релятивистская

2. Частицы и волны
волны

1.

механика;

2. Частицы-

Волны Луи де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{P}$$

- $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с - постоянная Планка
- $P = m \cdot v$ - импульс частицы