

Лекция 2.

Ньютоновская концепция абсолютности пространства и времени. Классический детерминизм

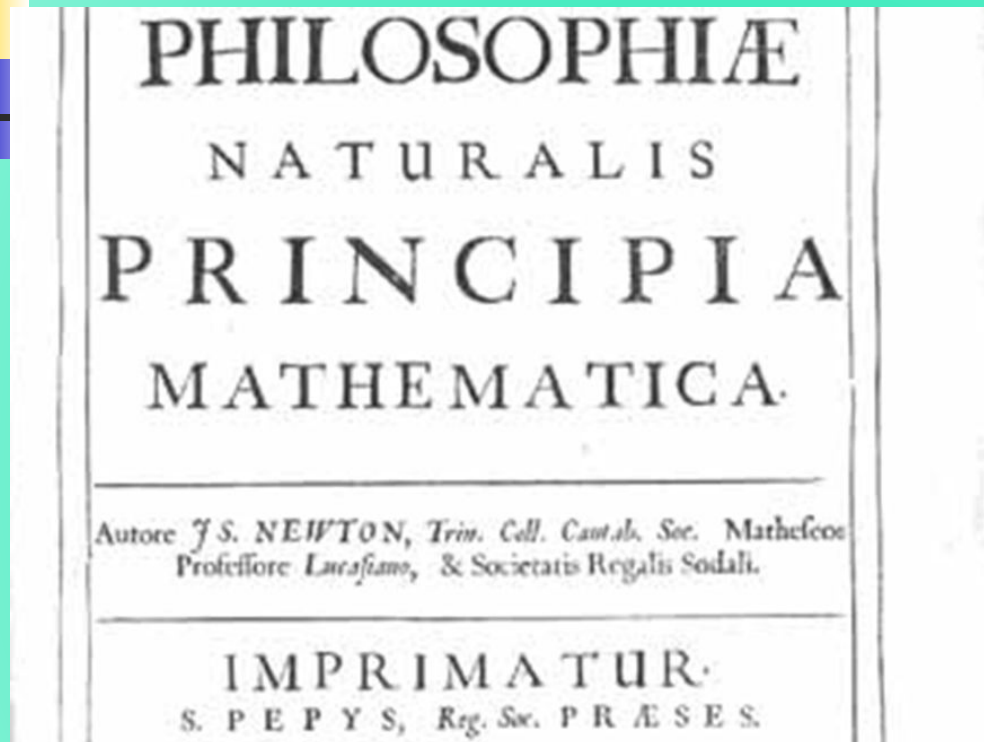
План лекции

1. Механика Ньютона. Механистический детерминизм.
2. Принципы симметрии и законы сохранения.
3. Физическое поле.
4. Концепции дальногодействия и близкодействия.
5. Корпускулярные и континуальные концепции в естествознании.

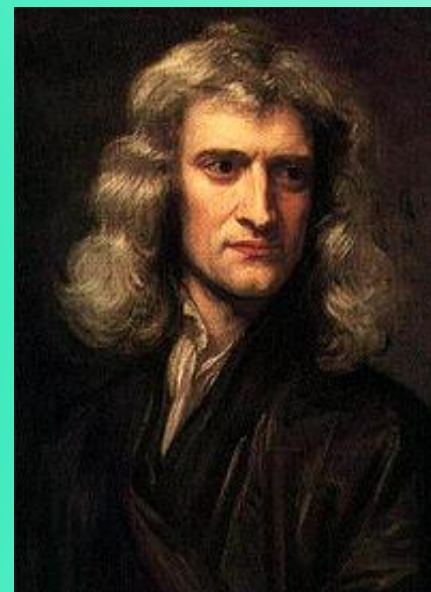


1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм



Математические начала
натуральной философии
1687



Сэр Исаа́к Ньюто́н
(1643–1727) —
английский физик,
математик и астроном

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм

Законы Ньютона для движения тел

1. Закон инерции

(= принцип инерции Галилея)

$$2. \quad F = \frac{d(mv)}{dt} = ma$$

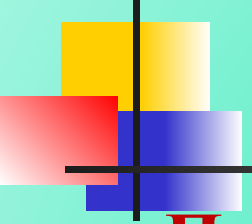
$$3. \quad F_{12} = -F_{21}$$



$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм

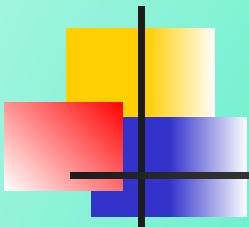


Природа тяготения

Ньютон был первым, кто предположил, что сила, заставляющая тела падать на Землю, и сила, управляющая движением планет, — одна и та же

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм.



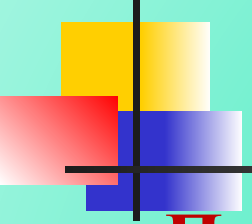
Закон всемирного тяготения

$$F = G \cdot \frac{Mm}{r^2}$$

$$G = 6,6742 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$$

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм.

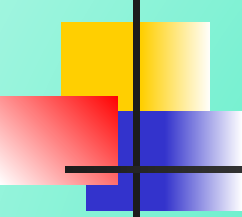


Природа тяготения

Ньютон был первым, кто предположил, что сила, заставляющая тела падать на Землю и сила, управляющая движением планет — одна и та же.

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм



$$F = G \cdot \frac{Mm}{r^2}$$

гравитационная
масса

$$F = ma$$

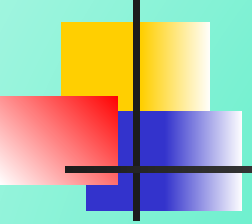
инерционная
масса

Р А В Н Ы,

что нетривиально

1. Механика Ньютона.

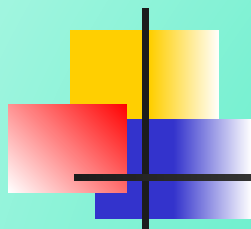
Механистический детерминизм



ПРИНЦИПЫ механической картины мира

- Принцип **относительности** и вытекающие из него свойства пространства и времени.
- Принцип **дальнодействия**.
- Принципы **причинности** и **детерминированности**.

1. Механика Ньютона. Механистический детерминизм



**В науке исторически сложились
две концепции в понимании
пространства и времени**

**Субстанциональная
концепция**

Пространство и время — нечто самостоятельно существующее наряду с материей как ее пустые вместилища.

**Демокрит,
И. Ньютон**

**Реляционная
концепция**

Пространство и время — не особые субстанциональные сущности, а формы существования материальных объектов.

**Аристотель,
Г. Лейбниц,
А. Эйнштейн**

1. Механика Ньютона. Механистический детерминизм

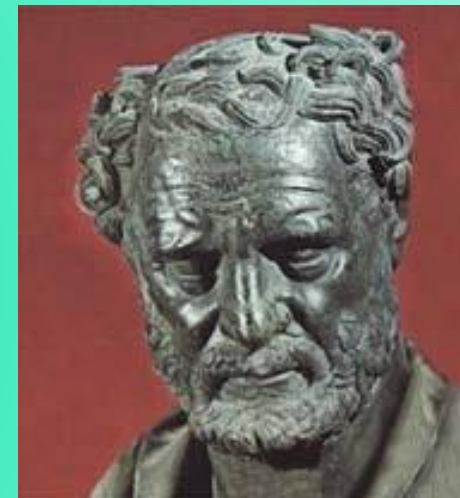
Субстанциональная концепция

Пространство ассоциируется с пустотой, в которой происходит вечное движение атомов, т. е. пространство — это **«вместилище» тел.**

Основным методологическим принципом атомистов был принцип **ИЗНОМИИ** (одинаковости действия законов или равенство всех перед законом):

все направления и все точки в Великой Пустоте равноправны

равноправны все моменты **времени**



Демокрит Абдерский
(ок. 460 – ок. 370 до н. э.)

1. Механика Ньютона. Механистический детерминизм

Реляционная концепция

Пространство – это совокупность мест, занимаемых телами; понятия «предыдущее» и «последующее» являются выражением изменения движения.



Аристотель (384–322 до н. э.)

пространство

определяется местом
расположения тел

время

есть мера движения

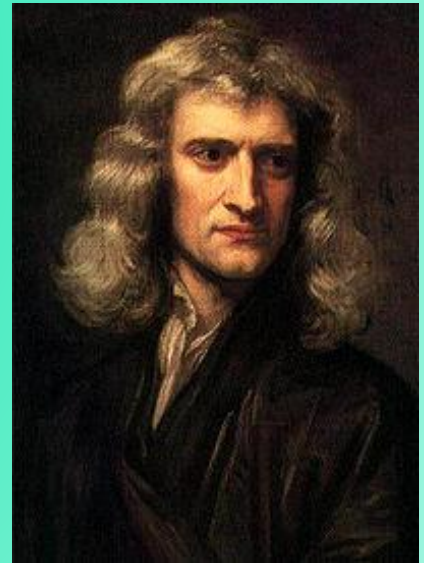
1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм

Пространство и время в механике Ньютона

Субстанциональная концепция

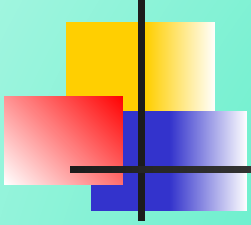
Раскрывая сущность **времени** и **пространства**, Ньютон характеризует их как "вместилища самих себя и всего существующего. Во времени все располагается в смысле порядка последовательности, в пространстве — в смысле порядка положения".



Свойство вытекает из галилеевского принципа относительности — отсутствия выделенной СО

1. Механика Ньютона.

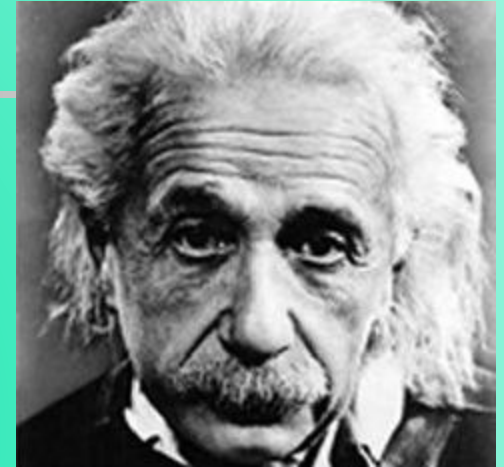
Механистический детерминизм



Раньше считали, что если бы каким-то чудом все материальные вещи вдруг исчезли, то пространство и время бы остались.

Согласно же теории относительности, вместе с вещами исчезло бы и пространство, и время...

Эйнштейн



Альберт Эйнштейн (1879–1955) — один из основателей современной теоретической физики

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм

Субстанциональная концепция

Следствия из ньютоновских представлений о пространстве и времени:

Пространство **однородно**,
изотропно,
непрерывно,
трехмерно,
евклидово

Время **однородно**,
непрерывно,
обратимо,
одномерно



1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм

Принципы взаимодействия тел

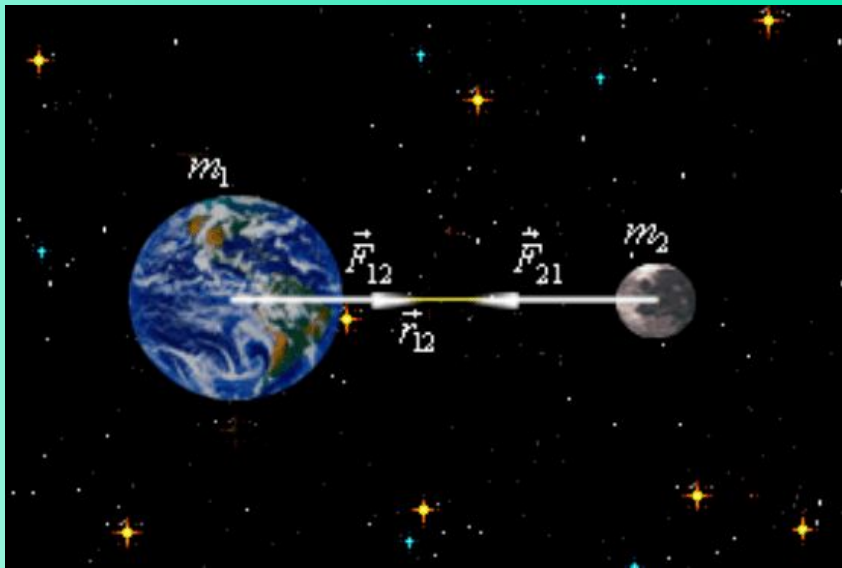
- принцип **дальнодействия** — взаимодействия между телами на расстоянии передаются через пустоту с бесконечно большой скоростью
- принцип **причинности** — каждое явление имеет причину и само является причиной следующих явлений
- Таким образом, все события — это цепочки причин-следствий: **детерминизм**

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм

Основной вид взаимодействия в механической картине мира – гравитационное

Концепция дальнего действия:



взаимодействие материальных тел **не требует материального посредника** (может передаваться через пустоту); взаимодействие передается **мгновенно**.

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм

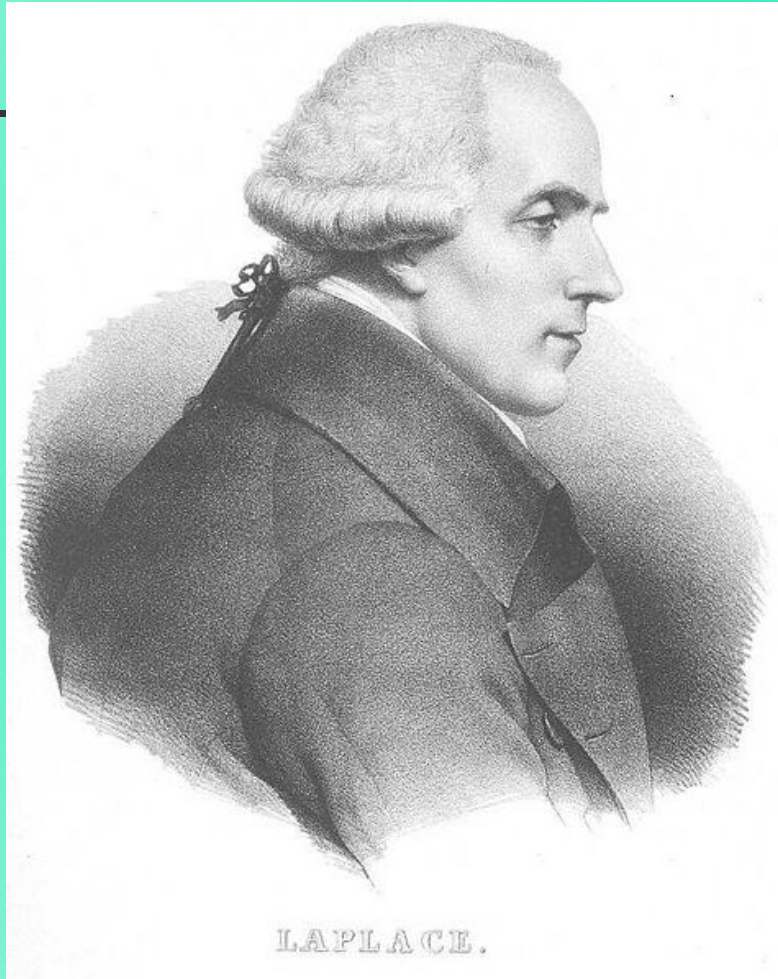
Детерминизм Ньютона

Начальное состояние механической системы
(совокупность положений и скоростей имеющих
неизменные массы материальных точек)
однозначно определяет всё движение.

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм

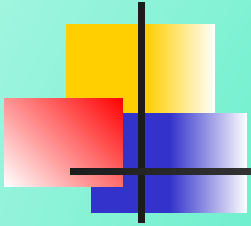


В историю науки детерминизм вошел в формулировке Лапласа, данной через 100 лет после Ньютона.

Пьер-Симон Лаплас
1749–1827

1. Механика Ньютона.

Механистический детерминизм



Демон Лапласа

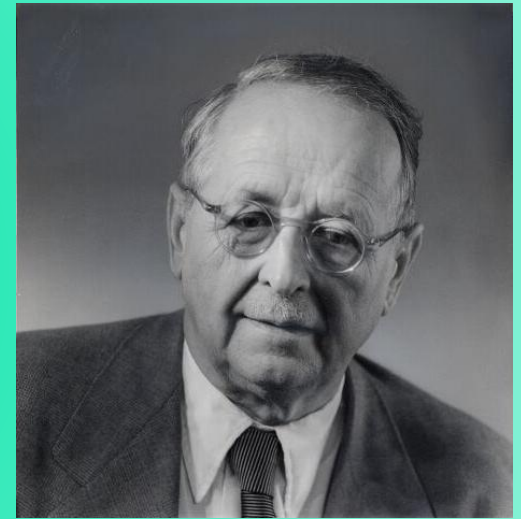
Интеллект, который в данное мгновение знал бы все силы, действующие в природе, и положение всех вещей, из которых состоит мир, – будь он настолько огромным, чтобы подвергнуть все эти данные анализу, одной формулой охватил бы движения как самых больших тел Вселенной, так и самых крошечных атомов: для него не было бы ничего неопределенного, а будущее, равно как и прошлое, предстояло бы пред его глазами.

2. Принципы симметрии и законы сохранения

Законы сохранения

В XIX веке было показано, что однородность и изотропность пространства и однородность времени обеспечивают сохранение некоторых физических величин в любых процессах. Это явление называется **симметрией** физических законов.

Симметричным, по определению Германа Вейля, является такой предмет, который можно как-то изменять, *получая в результате то же, с чего вы начали.*



Герман Вейль
(1885–1955) —
немецкий математик
и физик-теоретик

2. Принципы симметрии и законы сохранения

Законы сохранения

Фундаментальная теорема
Амалии Нётер (1918 г.)

Если какое-то свойство системы не меняется при каких-либо преобразованиях переменных, то ему соответствует некоторый закон сохранения.



Ама́лия Э́мми
Нётер (1882–1935) –
выдающийся немецкий
математик

2. Принципы симметрии и законы сохранения

Свойства пространства и времени и законы сохранения

однородность
времени

закон сохранения
энергии

однородность
пространства

закон сохранения
импульса

изотропность
пространства

закон сохранения
момента импульса

3. Физическое поле

Изучение второго фундаментального взаимодействия – **электромагнитного** – началось ~ через 100 лет после Ньютона.

Электрические и магнитные силы известны с античности:

Электрон – янтарь (греч.)

*Магnezия – греческий город, где
имелись залежи*

магнитного железняка.

Они рассматривались как два разных явления.



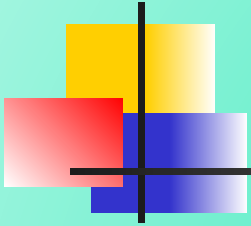
Компас древних мореплавателей известен в Европе с XI века

3. Физическое поле



О том, что это тоже электричество , не догадывались вплоть до Максвелла.

3. Физическое поле.



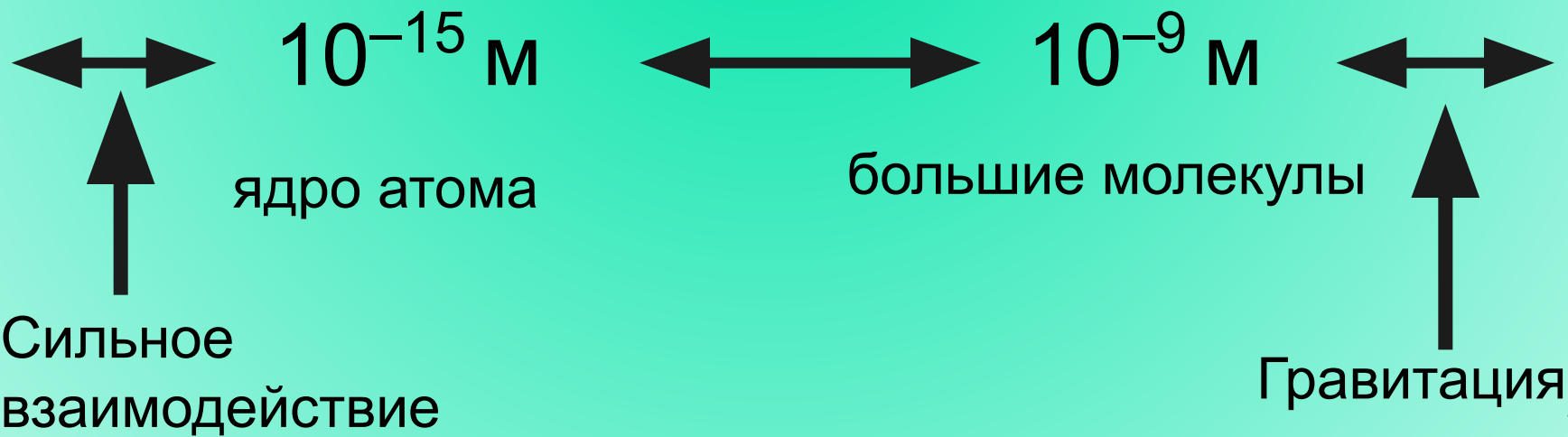
- С середины **XVIII века** начались научные исследования электричества.
- Было обнаружено, что заряды бывают (+) и (–).
- Закон сохранения электрического заряда:
 - В замкнутой системе суммарный заряд сохраняется.
- Закон Кулона – 1785 г.

3. Физическое поле

Закон Кулона

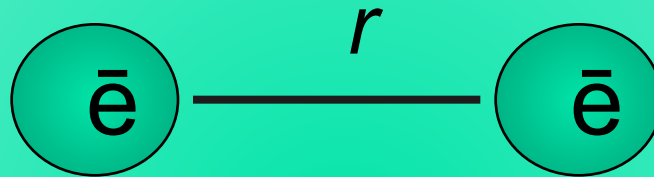
$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Силы Кулона существенны на расстояниях



3. Физическое поле

На малых расстояниях электрические силы
намного сильнее гравитационных

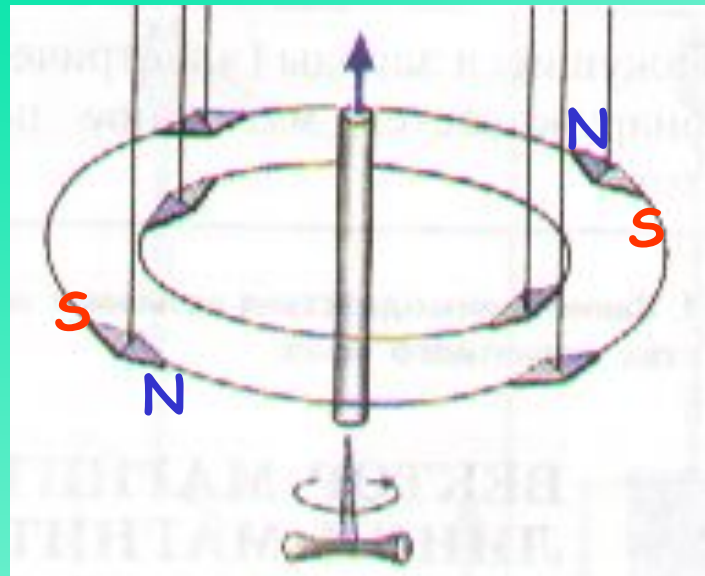


$$\frac{\text{сила тяготения}}{\text{электрическое отталкивание}} = \frac{1}{4,17 \cdot 10^{42}}$$

10^{42} – отношение диаметра Вселенной к диаметру протона

3. Физическое поле.

- 1820 – Ханс Эрстед случайно открывает, что:
 - Электрический ток создает магнитное поле;
 - Считавшиеся раньше различными явления взаимосвязаны.



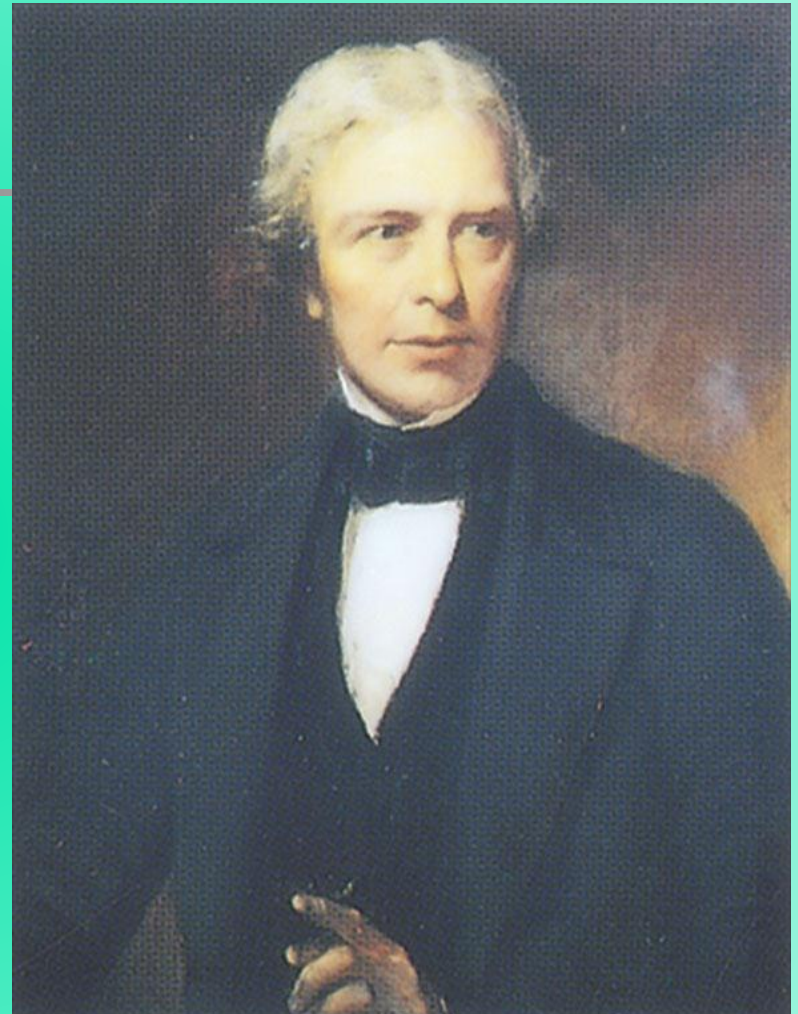
3. Физическое поле

Начало XIX века
– понятие поля

**Закон электромагнитной
индукции** – переменные
поля способны
распространяться в
пространстве, порождая
«бестелесную»
электромагнитную волну.

*«Это был ум, который никогда
не погрязал в формулах».*

Эйнштейн



Майкл Фарадей

1791–1867

3. Физическое поле



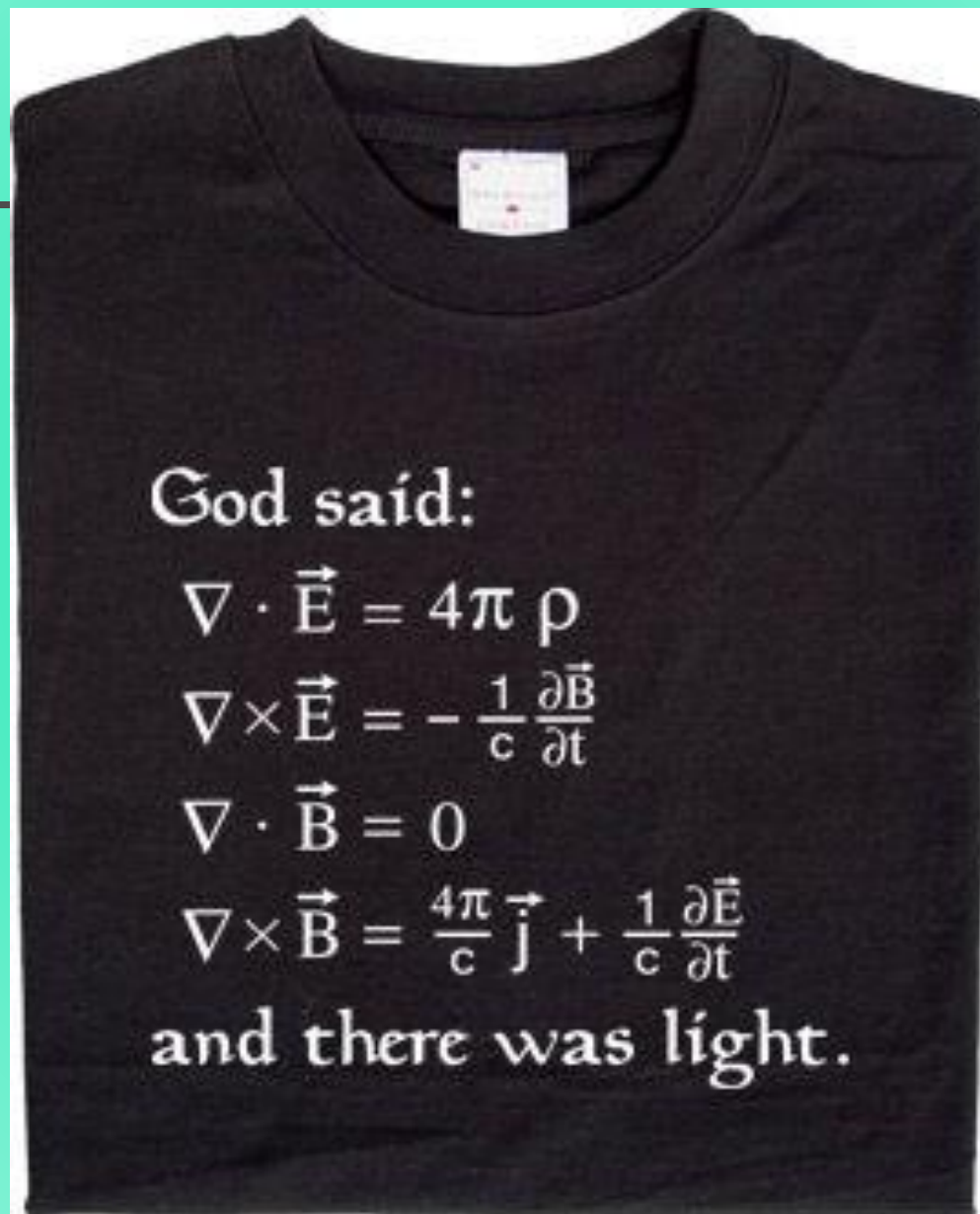
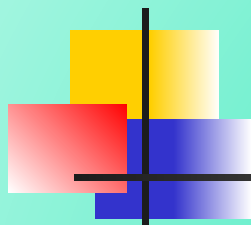
Джеймс Максвелл
1831–1879

1860-е. Максвелл

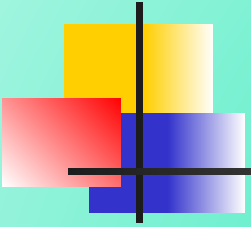
Максвелл построил математически строгую теорию, которая давала теоретическое обоснование открытым Фарадеем законам.

Электромагнитное **поле**, распространяющееся в вакууме, стало **новой физической реальностью**.

3. Физическое поле



3. Физическое поле



Следствие из уравнений Максвелла

Изменяющееся со временем **электрическое поле** должно порождать **магнитное поле**.

А это переменное **магнитное поле**, в свою очередь, должно порождать **электрическое поле**.

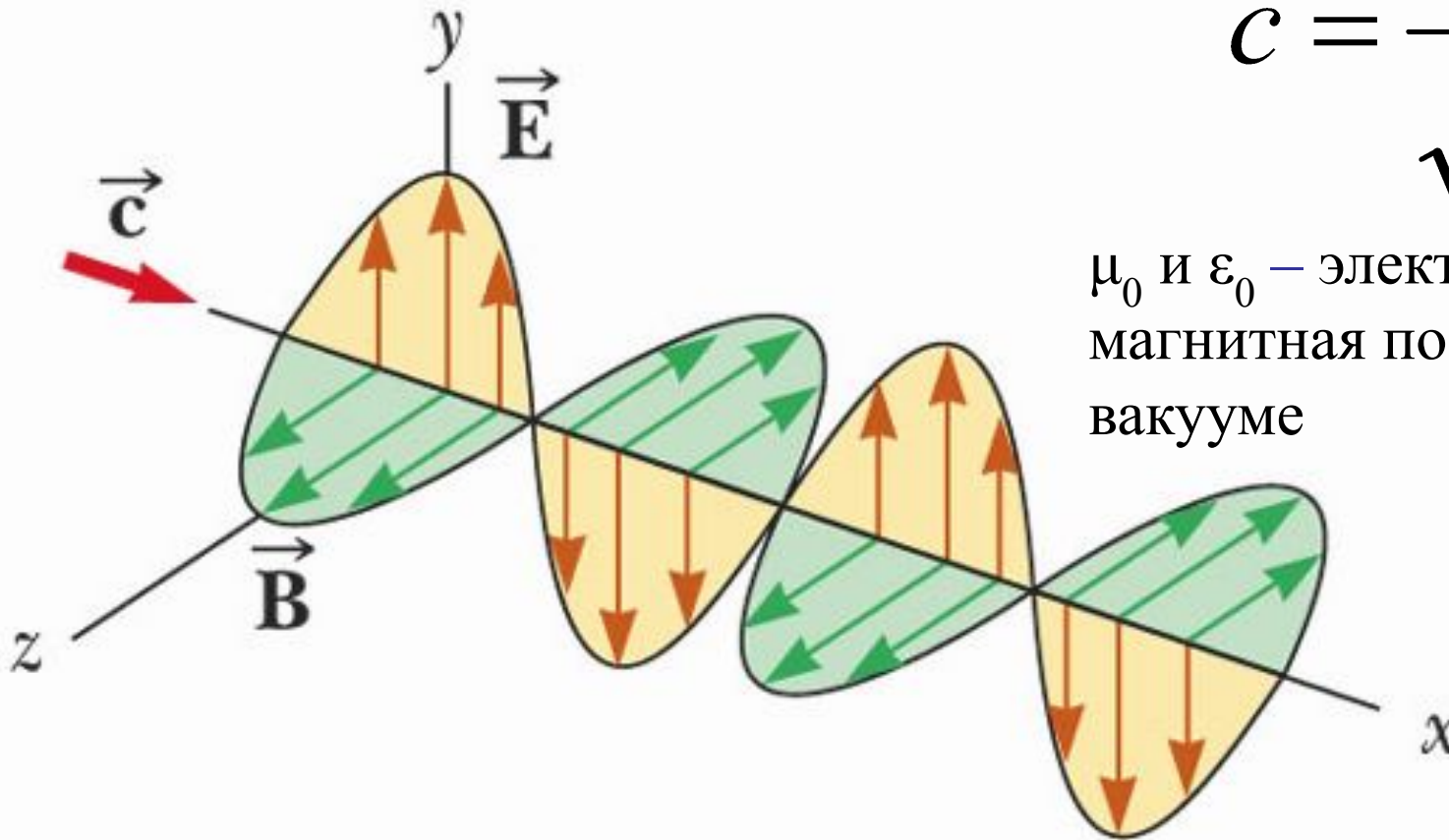
Таким образом, электрическое и магнитное поля как бы «проталкивают» друг друга **через пустое пространство**.

3. Физическое поле.

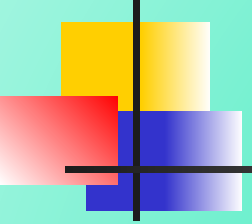
Скорость распространения
электромагнитной волны

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

μ_0 и ϵ_0 — электрическая и
магнитная постоянные в
вакууме



3. Физическое поле.



Вычисленная таким образом скорость
распространения электромагнитной волны
совпала со скоростью света

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

Вывод:

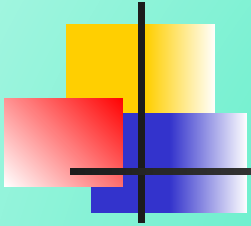
Свет — это электромагнитные волны.

4. Концепции дальнего действия и ближнего действия

В электродинамике Максвелла впервые возникло представление о **поле**вом механизме взаимодействия:

- полевой механизм передачи взаимодействия заключается в том, что если заряд создает соответствующее поле, то именно оно и действует на другие заряды;
- колеблющиеся электрические заряды порождают электромагнитные волны, в которых происходит периодическая «перекачка» электрического поля в магнитное и обратно.

4. Концепции дальнего действия и ближнего действия.



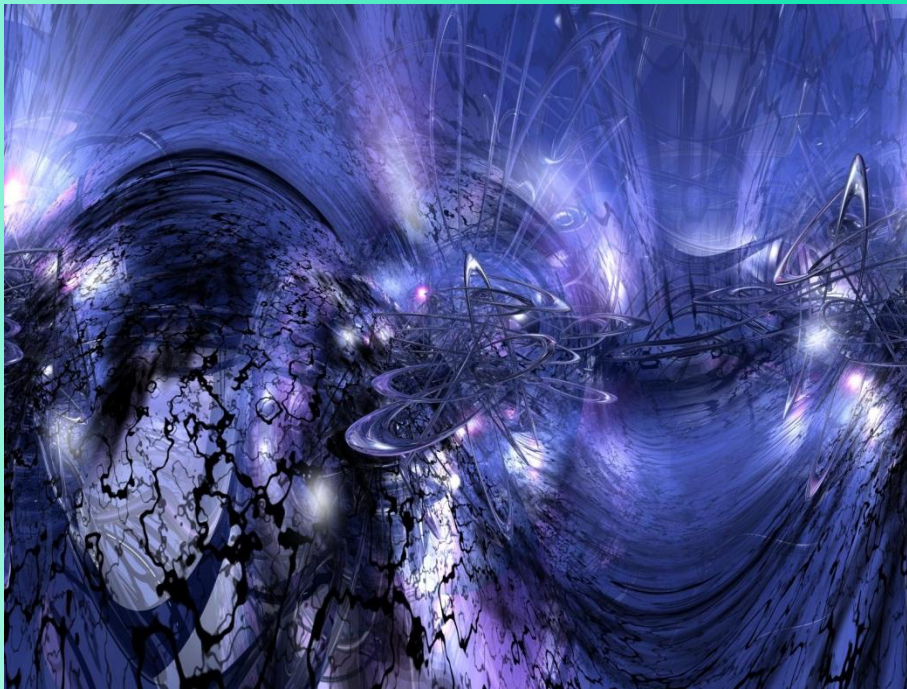
В электродинамике Максвелла утвердилась **концепция ближнего действия**:

- каждое действие на расстоянии должно происходить через материальных посредников;

- скорость передачи воздействия ограничена.

4. Концепции дальнего действия и ближнего действия

Концепция ближнего действия:



взаимодействие между любыми объектами осуществляется посредством тех или иных полей, которые распространяются в пространстве с конечной скоростью.

Скорость распространения электромагнитного поля равна скорости света:

$$c = 299792458 \pm 1,2 \text{ м/с.}$$

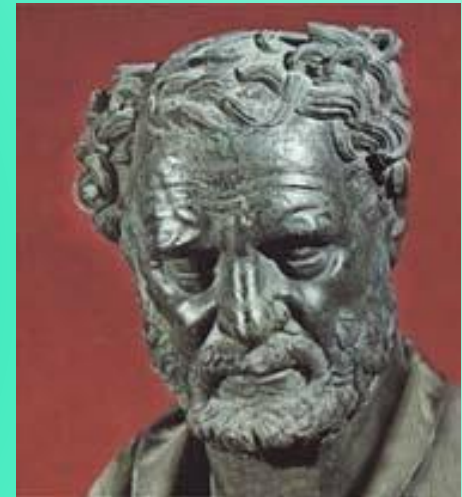
5. Корпускулярные и континуальные концепции в естествознании

Атомистическая (корпускулярная) концепция



Левкипп
(V век до н. э.)

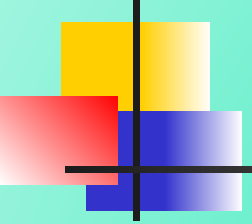
Основателями **атомистики** в Древней Греции считаются Левкипп и его знаменитый ученик Демокрит.



Демокрит Абдерский
(ок. 460 – ок. 370 до н.э.)

Концепция атомизма — концепция **дискретного квантового строения материи**. Это одна из самых эвристичных, плодотворных и перспективных научно-исследовательских программ в истории науки.

5. Корпускулярные и континуальные концепции в естествознании



Атомистическая концепция

Основные положения:

- В мире есть два начала: **пустота** (небытие) и **атомы** (бытие).
- В абсолютной пустоте окружающего пространства существует бесконечное число мельчайших **неделимых** атомов, которые имеют разнообразную форму и движутся в пустоте беспорядочно, иногда сталкиваются и отталкиваются друг от друга, но иногда сцепляются в разных положениях и сочетаниях, что означает образование вещей с разным качеством (даже таких, как Земля и звезды).
- Атомы никогда не возникают и никогда не погибают (т. е. вечны).
- Атомы наделены свойством тяжести.
- Атомы бывают самой разнообразной формы и различны по размерам, но все они столь малы, что невидимы.
- Не допускается беспредельная делимость материи.

5. Корпускулярные и континуальные концепции в естествознании

Континуальная концепция

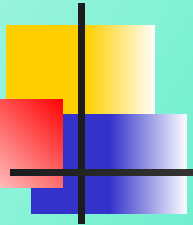
Континуальную концепцию выдвинул древнегреческий мыслитель Аристотель (384–322 до н.э.). Она заключается в том, что **вещество делится на более мелкие частицы, и нет предела его делимости.** По существу, эта гипотеза означает **непрерывность вещества.** Она на долгие столетия вытеснила атомистическую концепцию Левкиппа – Демокрита.



Аристотель
(384–322 до н. э.)

«Природа не терпит пустоты» — принцип отсутствия пустоты в природе (Аристотель).

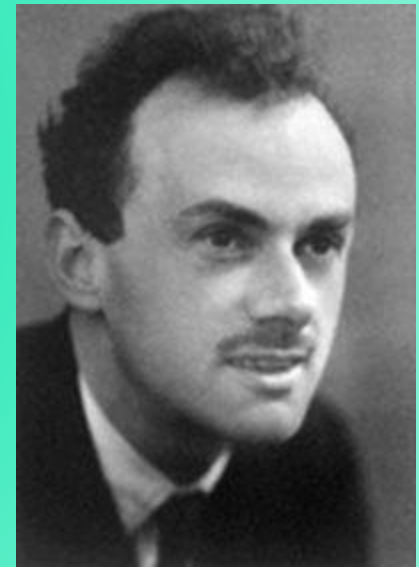
5. Корпускулярные и континуальные концепции в естествознании



В современной квантовой теории это единство противоположностей дискретного и непрерывного нашло более глубокое физико-математическое обоснование в концепции **корпускулярно-волнового дуализма**.

Следующим этапом развития квантовой теории стало появление **квантовой теории поля**.

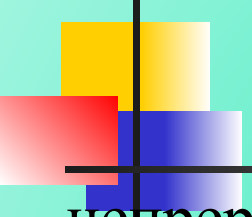
Квантовая теория поля (КТП) — раздел физики, изучающий поведение квантовых систем с бесконечно большим числом степеней свободы — квантовых (или квантованных) полей; является теоретической основой описания микрочастиц, их взаимодействий и превращений.



Поль Адриен Морис Дира́к (1902–1984) – английский физик-теоретик, один из создателей квантовой механики и квантовой теории поля.

5. Корпускулярные и континуальные концепции в естествознании

Квантовая теория поля

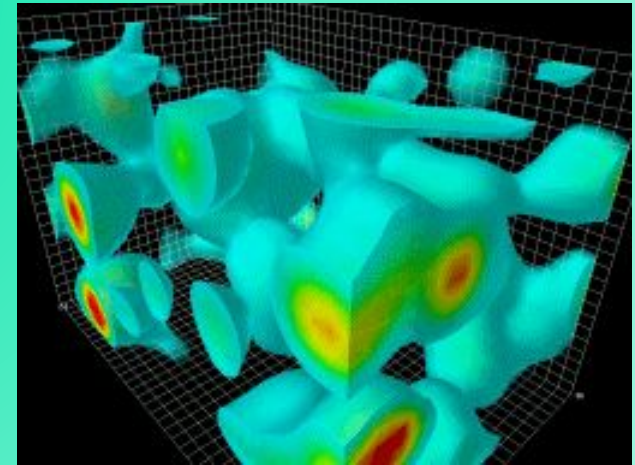


Согласно данной теории, любое поле не является непрерывным, а имеет дискретную структуру. Участвующие во взаимодействии частицы создают в каждой точке окружающего их пространства особое состояние — поле сил, проявляющееся в силовом воздействии на другие частицы, помещенные в какую-либо точку данного пространства. Теория относительности придала фундаментальный смысл понятию поля как **первичной физической реальности**.

Современная квантовая физика предполагает существование в природе особой среды — **физического вакуума**.

5. Корпускулярные и континуальные концепции в естествознании

Под *физическим вакуумом* в квантовой физике понимают низшее (основное) энергетическое состояние квантованного поля, обладающее нулевыми импульсом, моментом импульса и другими квантовыми числами. Среднее число частиц – квантов поля – в вакууме равно нулю, однако в нем могут рождаться частицы в промежуточных состояниях, существующих короткое время.



5. Корпускулярные и континуальные концепции в естествознании

Современная физика определяет существование трех различных видов материи:

- **вещество,**
- **поле,**
- **физический вакуум.**

