

Незнакомая революция

Валентин Иванов

ГПНТБ

12 мая 2018г.

Чем славен каждый век новейшей истории?



XVII-й – век паруса и великих географических открытий



XVIII-й – эпоха Просвещения, промышленная революция

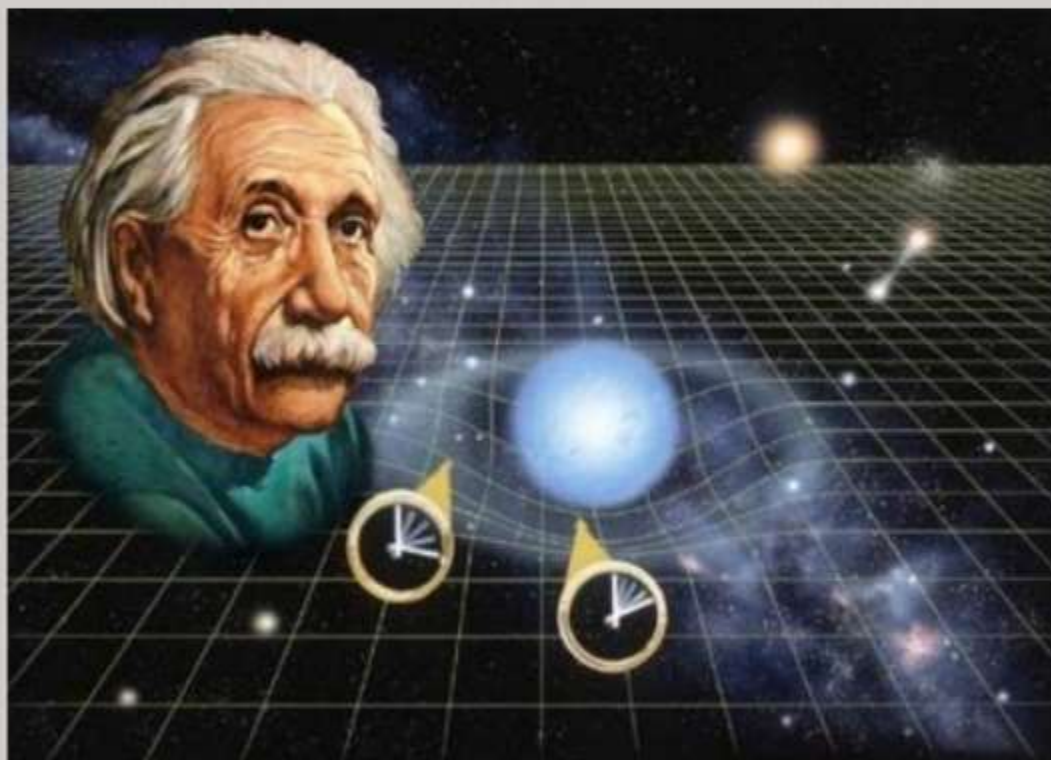


IX-й – век пара, золотой век поэзии



XX-й – век электричества, мировых войн, социальных революций, покорения атома и прорыва в космос

Теория относительности А.Эйнштейна



Предтечи



Абрахам Майкельсон – нобелевская премия по физике (1907) за прецизионные измерения скорости света (1881, 1887 совместно с Эдвардом Морли).

Герман Минковский – учитель А.Эйнштейна, автор 4-мерной модели кинематики теории относительности



Анри Пуанкаре – создатель математич. основ ТО (1898-1904). Обобщил принципы ТО на все физические явления. Впервые ввёл 4-мерное пространство-время. Нобелевский лауреат (1910)



Хендрик Лоренц – автор преобразований инерциального движения СТО (1892-1899)



Милева Марич – жена А.Эйнштейна, математическое обоснование первой публикации СТО.



Марсель Гроссман – математическое обоснование общей теории относительности



Постулаты о движении тел



Принцип относительности Галилео Галилея:

Никакими опытами внутри визуально изолированной комнаты невозможно установить, покоится ли она или движется равномерно и прямолинейно.

Выводы:

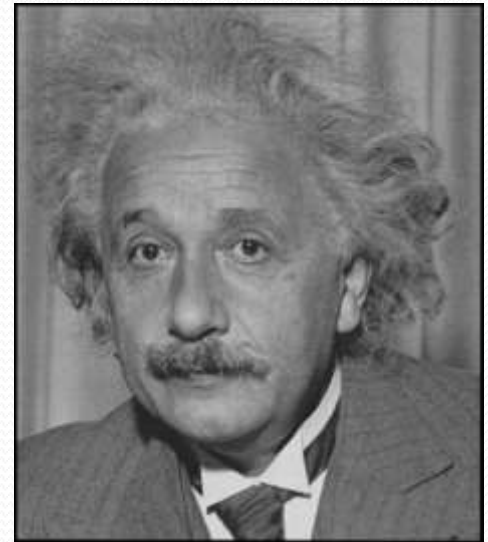
- 1) О движении физического тела можно говорить, только указав относительно какого другого тела рассматривается это движение;
- 2) В природе существует особый вид движения, равномерное и прямолинейное, которое не требует существования причины движения.

Постулаты специальной теории относительности Эйнштейна:

- 1) Все законы природы выполняются одинаково во всех инерциальных системах отсчёта;
- 2) Скорость света одинакова во всех системах отсчёта.

Выводы:

- 1) Координаты и время при переходе из одной инерциальной системы в другую преобразуются как компоненты 4-вектора;
- 2) В рассмотрении эфира, как начала отсчёта, нет необходимости.



Эволюция представлений о пространстве

Ньютоновская физика	Новая физика
Непрерывное	Возможно, дискретное
Однородное	Неоднородное вблизи массивных тел
Изотропное	Не изотропное
Стационарное (не зависит от времени)	Преобразуется по формулам Лоренца
Не зависит от наличия материи	Порождается материей
Не зависит от присутствия движения	Растягивается-сжимается при движении
Трёхмерное	Минимум четырёхмерное

Со времён Евклида и Аристотеля пространство полагалось геометрическим местом, вместалищем тел, не имеющим материальных атрибутов – абсолютное пространство.

В теории относительности пространство – атрибут материи. Наличие материи порождает пространство и все его свойства.



Эволюция представлений о времени

С древности до начала XX века время понималось как нечто неизменное, данное нам извне (судьба, карма), свойства которого никто и ничто не может изменить – абсолютное время.

В теории относительности время – атрибут материи, порождается ею.

Ньютоновская физика	Новая физика
Непрерывное	Возможно, дискретное
Однородное	Неоднородное вблизи массивных тел
Не зависит от свойств пространства	Преобразуется по формулам Лоренца
Не зависит от наличия материи	Порождается материей
Не зависит от присутствия движения	Растягивается-сжимается при движении
Одномерное	Возм., многомерное в мультивселенных
Одновременные события везде одновременны	Одновременность событий относительны, определяются движением



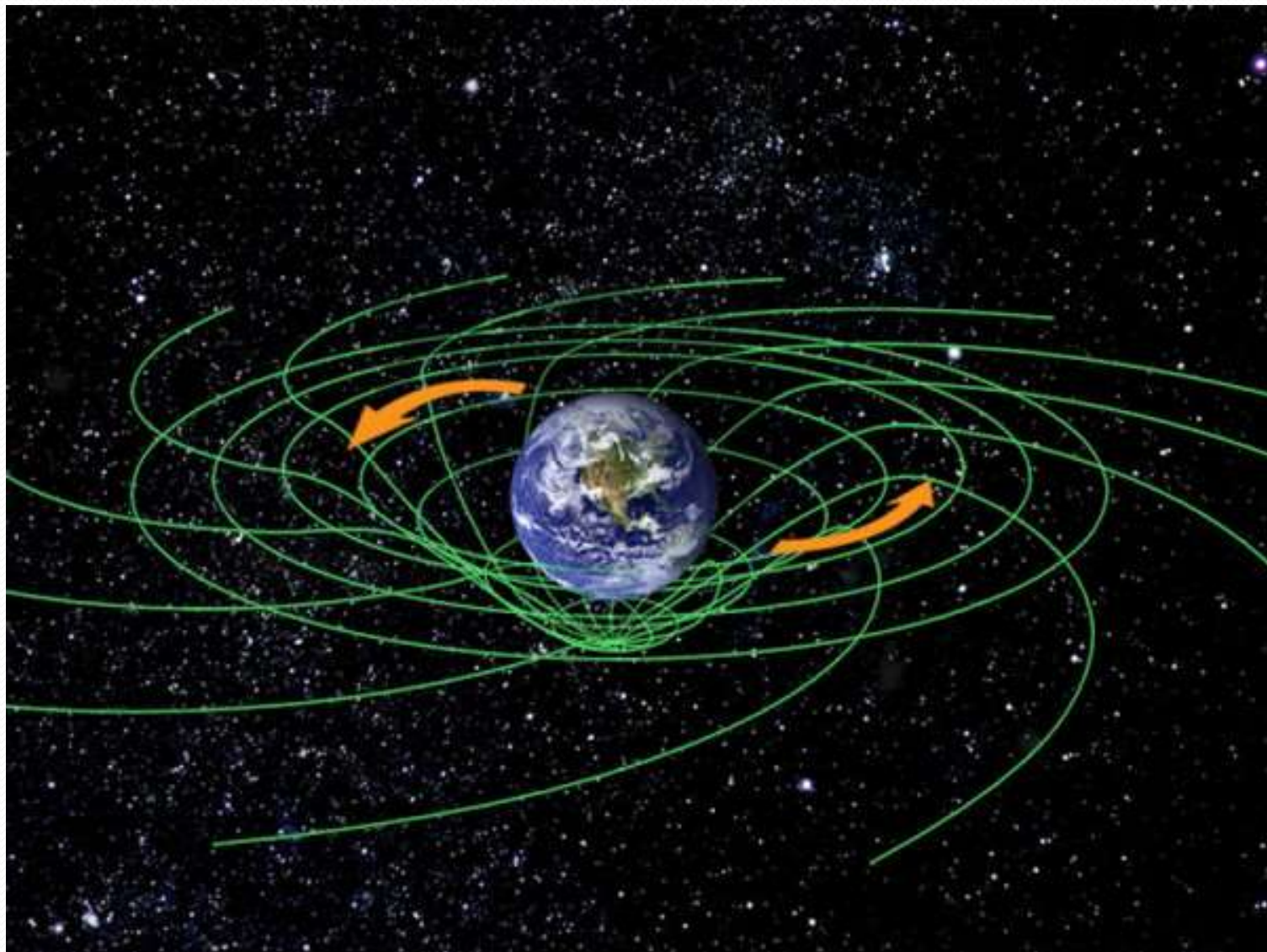
Эволюция представлений о движении

«Движенья нет, - сказал мудрец брадатый...», но Галилей отмерил точно, когда оно есть, а Эйнштейн объяснил, как и отчего изменяются его свойства.

При любом движении существуют неизменные величины, называемые **инвариантами движения**. В инерциальном движении у Галилея таких независимых величин две: расстояния между точками движущегося тела (или углы между прямыми их соединяющими в евклидовом пространстве) и интервалы времени между событиями. В теории относительности это одна величина 4-мерный пространственно-временной интервал $dS^2 = dx^2 - (i c dt)^2$ в пространстве Минковского. Инерциальное движение - это поворот в 4-мерном пространстве.

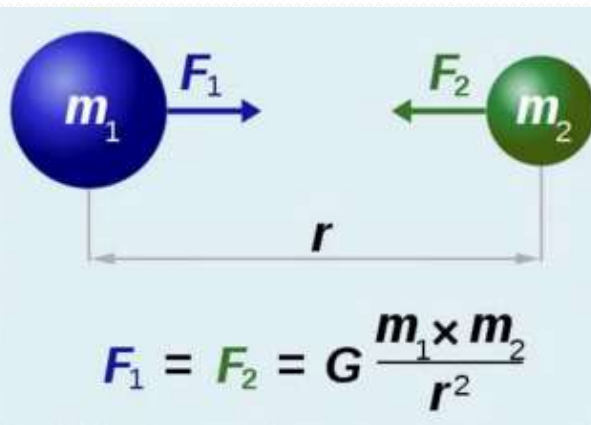
Ньютоновская физика	Новая физика
Непрерывное	Дискретное
Понимается как перемещение в пространстве	Понимается как любое изменение
Описывается траекторией тела	Траекторий в микромире не существует
Принцип относительности Галилея	Принцип относительности Эйнштейна
Кинематика преобразований Галилея	Кинематика преобразований Лоренца
Динамика уравнений Ньютона	Динамика уравнений Лагранжа, Гамильтона
Силы определяют характер движения, но не эквивалентны ему	Принцип эквивалентности ускорения локальному полю гравитации

Общая теория относительности



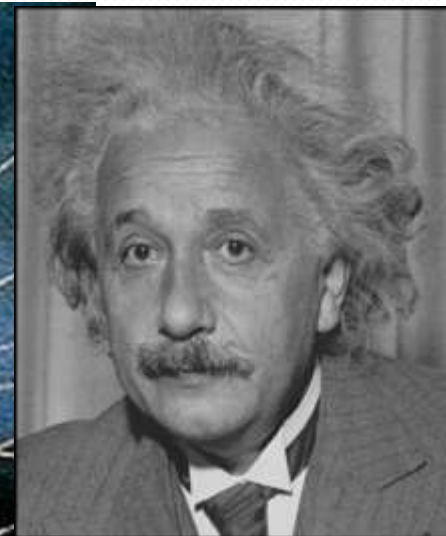
Добавление гравитации к кинематике неинерциальных движений

Закон всемирного тяготения Ньютона



Уравнение гравитационного поля теории относительности:

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu},$$



Постулаты ОТО

1. **Расширенный принцип относительности:** все законы природы инвариантны в любых системах отсчета, как инерциальных, так и неинерциальных, движущихся с ускорением или замедлением.
2. **Принцип постоянства скорости света:** скорость света не зависит от скорости источника или приемника и ее направления.
3. **Принцип эквивалентности:** действие гравитационного поля локально эквивалентно движению с ускорением. Движение в гравитационном поле эквивалентно движению в искривлённом пространстве (геометродинамика, существование «чёрных дыр»).



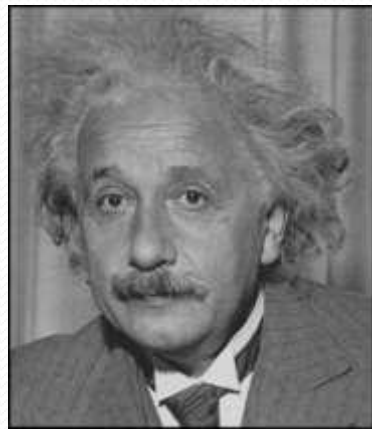
Квантовая механика



Отцы-основатели



М.Планк. Введение понятия квантов



А.Эйнштейн. Теория фотоэффекта. Бозоны



Э.Резерфорд. Планетарная классическая модель атома



Н.Бор. Квантовая модель атома



В.Паули. Принцип запрета. Фермионы



В.Гейзенберг. Матричная механика. Соотношение неопределённости.



Э.Шредингер. Волновая механика



П.Дирак. Волны материи. Античастицы

Постулаты квантовой механики

Философскую основу копенгагенской интерпретации составляют :

1. **принцип наблюдаемости** (исключение, насколько возможно, из физической теории утверждений, которые не могут быть проверены непосредственным наблюдением),
2. **принцип дополнительности** (волновое и корпускулярное описание микрообъектов являются дополнительными друг к другу),
3. **принцип неопределённости** (координата и импульс микрообъектов не могут быть определены независимо друг от друга и с абсолютной точностью),
4. **принцип статистического детерминизма** (данное состояние замкнутой физической системы определяет её последующее состояние не однозначно, а лишь с определённой вероятностью, описывающей меру возможности осуществления заложенных в прошлом тенденций изменения),
5. **принцип соответствия** (законы квантовой механики переходят в законы классической, когда можно пренебречь величиной кванта действия).

Два способа описания физической реальности

Волновая механика Э.Шредингера, 1926.



Уравнения Гамильтона

$$\begin{aligned}\dot{p}_j &= -\frac{\partial H}{\partial q_j}, \\ \dot{q}_j &= \frac{\partial H}{\partial p_j},\end{aligned}$$

Матричная механика В.Гейзенберга, 1925.



Пример зависящего от времени уравнения Шредингера

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, t) = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\vec{r}, t) \right] \Psi(\vec{r}, t).$$

Уравнение Гейзенберга

$$\frac{d}{dt} A = \frac{i}{\hbar} [H, A] + \frac{\partial A}{\partial t}$$

В данном примере гамильтониан $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\vec{r}, t)$.

Фундаментальность понятия измерение

Классическая механика	Квантовая механика	
<p>КОНТИНУАЛЬНОСТЬ (допустимы любые результаты измерений)</p> <p>ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ результатов измерений</p> <p>Предсказуемый результат измерения — конкретное число</p> $A = a$	<p>ДИСКРЕТНОСТЬ (допустимы не любые результаты измерений)</p> <p>НЕВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ результатов измерений</p> <p>Предсказуемый результат измерения — функция распределения</p> $A = \left\{ \begin{array}{cccc} a_1 & a_2 & a_3 & \dots \\ p_1 & p_2 & p_3 & \dots \end{array} \right\}$	<h2>Измерения в квантовой механике</h2> <p>Измерение в квантовой механике как результат взаимодействия микрообъекта с макроприбором</p> <p>Невозможность невозмущающих измерений</p> <p>Неотделимость наблюдателя — наблюдаемого объекта</p>

Как устроен атом



«Папа» планетерной модели
Э. Резерфорд



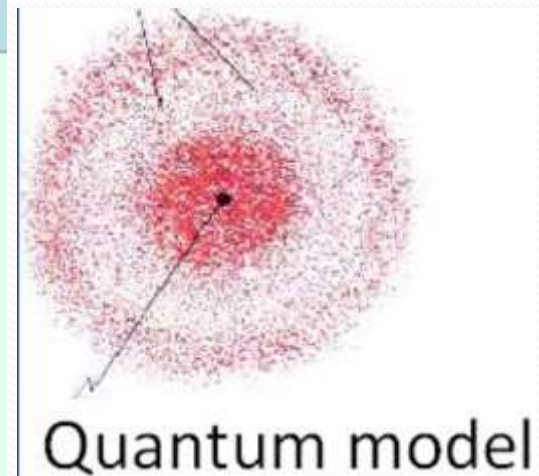
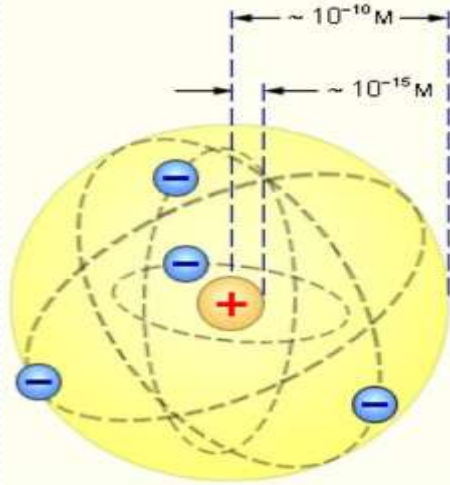
Н. Бор – круговые орбиты



А. Зоммерфельд – эллиптические орбиты



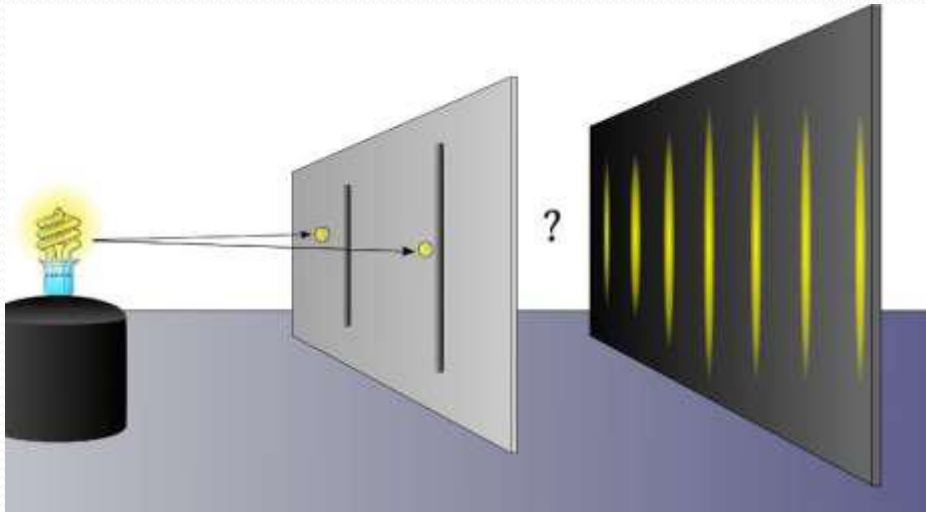
П. Дирак – волны материи



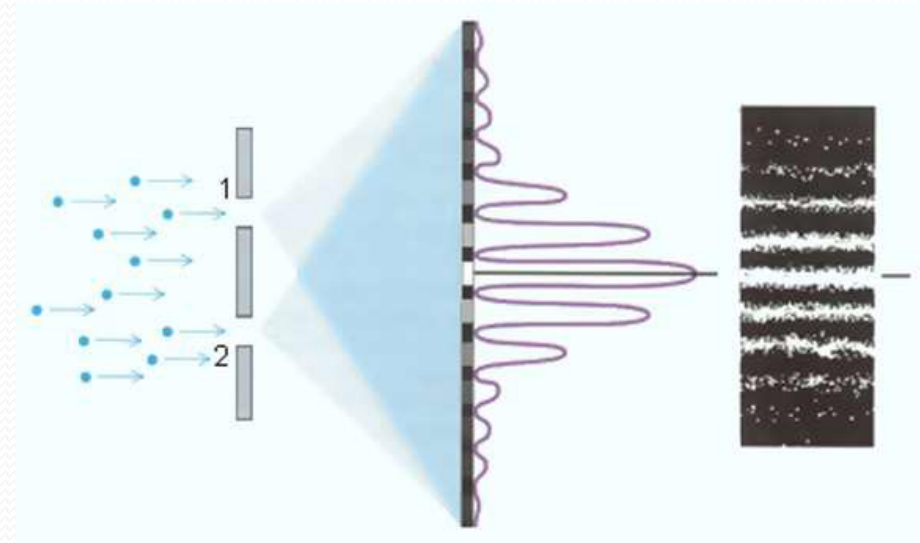
Опыт К.Йенсона со щелями

«Никто в мире не понимает квантовую механику — это главное, что нужно о ней знать»

Ричард Фейнман



Опыт Томаса Юнга - дифракция света,
(1802)



Опыт Клауса Йенсона – дифракция
электронов, (1961)