

# Релятивистская механика. Принцип относительности Эйнштейна

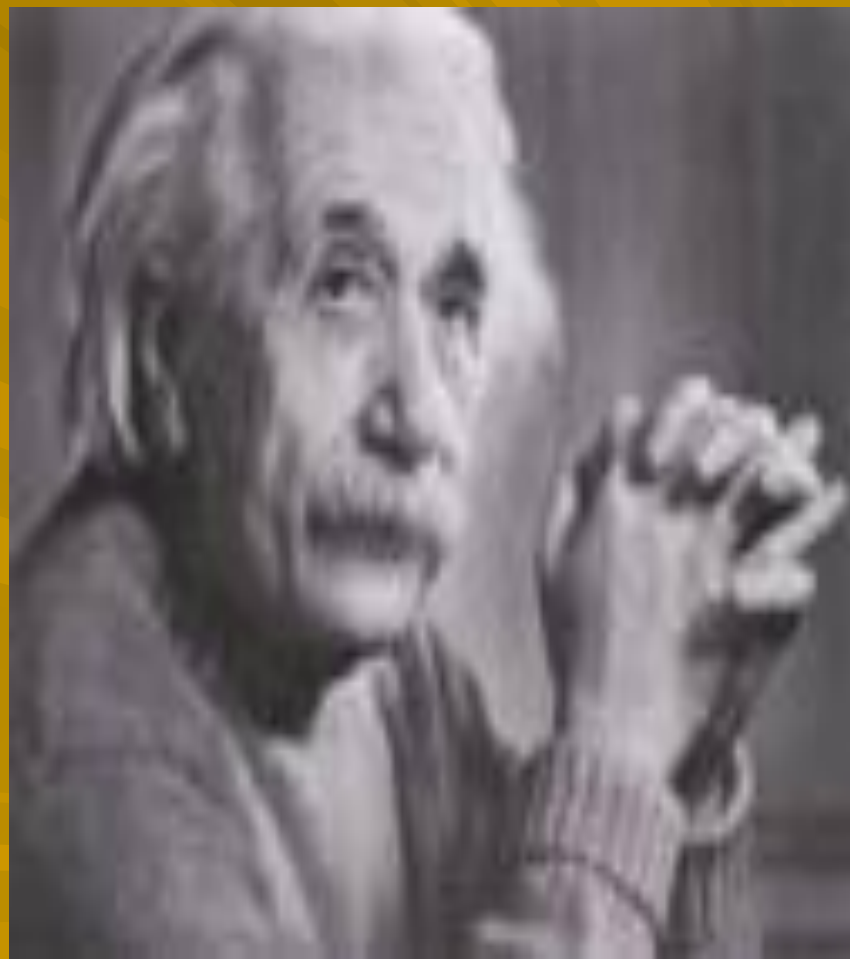
Презентация Печеркиной С.В.-учителя физики  
первой кв.категории г.Богдановича  
Свердловской области

# Повторим...

- Относительность механического движения состоит в ...
- Материальная точка – это тело...
- В систему отсчета входят...
- Скорость – это векторная физическая величина, характеризующая...
- Ускорение - это векторная физическая величина, характеризующая...
- Первый закон Ньютона гласит...
- Второй закон Ньютона гласит...

# Эйнштейн о СТО – специальной теории относительности

"С тех пор, как за теорию относительности принялись математики, я её уже сам больше не понимаю".



# Альберт Эйнштейн (1879-1955)

- Великий физик 20 века, который, в частности более 30 лет пытался создать общую теорию, которая описывала бы поведение тел, движущихся со скоростью, близкой к скорости света (теорию относительности или релятивистскую механику от англ. Relativity – относительность).



# Главный вклад Эйнштейна

- Состоит в радикальном изменении основополагающих фундаментальных представлений о пространстве, времени, веществе и движении.



**Исходные физические  
предпосылки СТО.**

**Постоянство скорости света  
и её предельное значение.**

# Классическое представление о пространстве и времени

- Наш генетический опыт утверждает, что реальный **физический мир характеризуется трёхмерным единым пространством-временем.**
- Это означает, что движение материального объекта в таком мире может быть описано в декартовой системе координат, каждая из трёх осей которой является пространственно-временной  $x, y, z \sim t = f(t)$ .
- Последнее обусловлено тем, что движения в пространстве и вне времени, равно как и движения во времени и вне пространства не бывает.

# Что мы понимаем под термином «пространство»?

- Пространство однородно и изотропно;
- Под **однородностью** подразумевается, что ни одна точка пространства ничем не отличается от другой;
- **Изотропность** – это равноправие по всем геометрическим свойствам всех направлений из одной точки.
- Как и в механике Ньютона, так и в СТО пользуются данной идеализацией – пустым однородным и изотропным пространством.



# Что мы понимаем под термином «время»?

- **Время** – способ упорядочения реальных событий и измерения относительной длительности процессов.
- Все физические процессы протекают в четырехмерном пространстве. Роль четвертого измерения (в дополнение к трем пространственным координатам  $x, y, z$  ) играет время.

# Что изучает СТО?

- **СТО** – специальная теория относительности, которая рассматривает взаимосвязь физических процессов, происходящих только в инерциальных системах отсчета.
- СТО в математической обработке Минковского имеет дело с четырёхмерным миром, в котором в дополнение к трём координатам реального пространства-времени вводится четвёртая координата –  $cit$ , где  $c$  — скорость света,  $i$  — мнимая единица. Тем самым, реальный мир наделяется ещё одним — не реальным или мнимым временем  $it$  — и преобразуется в заведомо нереальный и потому парадоксальный.

# Что изучает ОТО?

- **ОТО** – общая теория относительности, описывающая взаимосвязь физических процессов, происходящих в ускоренно движущихся друг относительно друга (неинерциальных) системах отсчета.
- **ОТО является релятивистской теорией тяготения (гравитации). Согласно этой теории физическое пространство не является пустымместилищем объектов.**

# СТО базируется на двух постулатах

- Постулат – это утверждение, лежащее в основе какой-либо теории.

# Первый постулат теории относительности

- **Все законы природы одинаковы в инерциальных системах отсчета.**
- Является обобщением классического принципа относительности Галилея на все законы природы, который означает, что закон сложения скоростей справедлив для описания распространения.
- Означает, что все инерциальные системы отсчета (ИСО) эквивалентны (равноправны)

# Второй постулат теории относительности

- **Скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчета.**
- Это означает, что скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника или скорости приёмника света.
- Постоянство скорости света – фундаментальное свойство природы.
- Материальные тела не могут иметь скорость большую, чем скорость света.
- Данный постулат СТО согласуется с результатами опыта Майкельсона – Морли.

# Опыт Майкельсона – Морли

- Проведен в 1881 г. Альбертом Майкельсоном и Эдуардом Морли.
- В опыте оценивалось влияние скорости движения Земли вокруг Солнца на скорость распространения света от источника, находящегося на Земле.
- Оказалось, что движение Земли вокруг Солнца не влияет на скорость распространения света.
- Результаты эксперимента доказали существенное расхождение классической теории с корректно поставленным физическим опытом.

# Радиус черной дыры





# Что представляет собой черная дыра?

- Самое необычное астрономическое явление;
- Образуется при гравитационном сжатии (коллапсе) массивной звезды;
- Интенсивное рентгеновское излучение звезды объясняется резким ускорением звездного вещества, втягивающегося в исключительно мощный гравитационный центр.

# Как определить радиус черной дыры?

- Согласно первому постулату СТО максимальное значение второй космической скорости  $v_{\max} = c$ ;
- **Критический радиус (радиус Шварцшильда) – критический радиус черной дыры, соответствующий скорости света**  
$$R_{\text{ш}} = 2GM/c^2$$
- Радиус черной дыры массой, равной массе Солнца ( $2 \cdot 10^{30}$  кг) равен 3 км.
- Поверхность черной дыры радиусом  $R_{\text{ш}}$  называется горизонтом событий.

# Кинематическая часть СТО

# Следствия теории относительности

- Относительность времени (одновременность событий, порядок следования событий, замедление времени, «парадокс близнецов»);
- Относительность расстояний.

# Динамическая часть СТО

# Релятивистский закон сложения скоростей

- **Предпосылки создания закона:** 1. Опыт Майкельсона – Морли показал, что скорость света в вакууме постоянна и не зависит от скорости движения источника или приёмника света; 2. Преобразования Галилея и закон сложения скоростей неверны при скорости движения, соизмеримой со скоростью света; 3. Классический закон сложения скоростей справедлив лишь в предельном случае: для скорости движения, малой по сравнению со скоростью света.
- **Релятивистский закон сложения скоростей имеет вид:**  $v_x = (v_x' + v) / (1 + v_x' * v / c^2)$ ;
- **Границы применимости закона:** справедлив при любой скорости движущихся тел.

# Закон взаимосвязи массы и энергии

- **Масса покоя – масса тела в системе отсчета, относительно которой тело покоится** (чем больше масса тела, т.е. чем более оно инертно, тем сильнее тело сопротивляется изменению движения –  $m_0$ ).
- Согласно СТО, это сопротивление растет не только при росте массы покоя, но и при увеличении скорости тела:  **$m = m_0 / (\sqrt{1 - v^2/c^2})$** .
- Согласно СТО, **энергия тела пропорциональна его массе:  $E = mc^2$** .

# Значение СТО

- СТО составляет фундамент многих современных разделов физики, в которых описывается движения и состояния объектов в пространстве и времени (электродинамика, квантовая электродинамика, ядерная физика, физика элементарных частиц).
- Важным релятивистским объектом является электромагнитное поле;
- С большой точностью измерена скорость света (для красного лазерного света получено  $c=299\,792\,462 \pm 18$  м/с)
- СТО определяется как физическая теория пространства и времени в частном случае инерциальных систем отсчета.



# Вопросы для контроля

- Что показал эксперимент Майкельсона –Морли?
- Сформулируйте первый и второй постулаты теории относительности.
- Что такое радиус Шварцшильда и горизонт событий?
- Почему, глядя на звездное небо, мы как бы зондируем прошлое?
- Почему при движении замедляется не только ход часов, но и протекание всех физических и химических процессов в человеческом организме?
- Почему нагревание образца приводит к увеличению его массы?
- Кратко сформулируйте основные результаты, полученные СТО.