



Пространство и время. Симметрия в физике

Юдин Леонид, к.ф.-м.н.

Проект «От науки к искусству: туда и обратно»
Куратор проекта: Дарья Астапченко

Структура лекции

- О лекторе и о проблеме пространства и времени
- Ранние представления о пространстве и времени
- Классические пространство и время
- Релятивистский подход
- Гравитационные волны
- Интерстеллар
- Ответы на вопросы

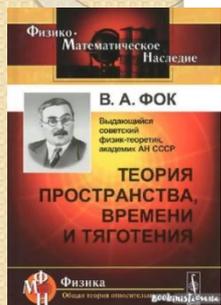
О лекторе

Юдин Леонид Юрьевич – физик-теоретик,
преподаватель физики

- 2008 г – ВГУ, каф. Теоретической физики, магистр, «Генерация высших гармоник атомами в сильном эллиптически поляризованном поле»
- 2012 г – ВГТИ, каф. Физики конденсированного состояния, к.ф.-м.н., «Механизмы ускорения перестройки атомных структур под действием света»
- Взаимодействие света с веществом

О проблеме пространства и времени

- Междисциплинарность
- Фундаментальность
- Актуальность



Ранние представление о пространстве

- Конечность
- Ассиметричность (выделение места: центр-край, верх-низ)
- Слоистость, региональность (выделение слоев и регионов: сфера звезд, подземный и земной мир)



Ранние представления о времени

- Цикличность
- Стадиальность (рождение, юность, смерть)
- Событийность (время- число событий)



Концепции пространства и времени

- Субстанциальная (Демокрит, И. Ньютон): время и пространство абсолютны и независимы, вместителище всего (нет вещей – есть пространство)
- Атрибутивная, реляционная (Аристотель, Г. В. Лейбниц): пространство и время – соотношения вещей и событий (нет вещей -нет пространства)



Классические пространство и время (1687 г)

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$



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

И. Ньютон, Г. Галилей

Классическое пространство и время

- Однородность
- Изотропность
- Относительность
- Протяженность
- Пространство евклидово и 3-х мерно, время 1 мерно
- Непрерывность
- Бесконечность
- Время необратимо
- Концепция дальнего действия
- Субстанциональная концепция

Классическое пространство и время

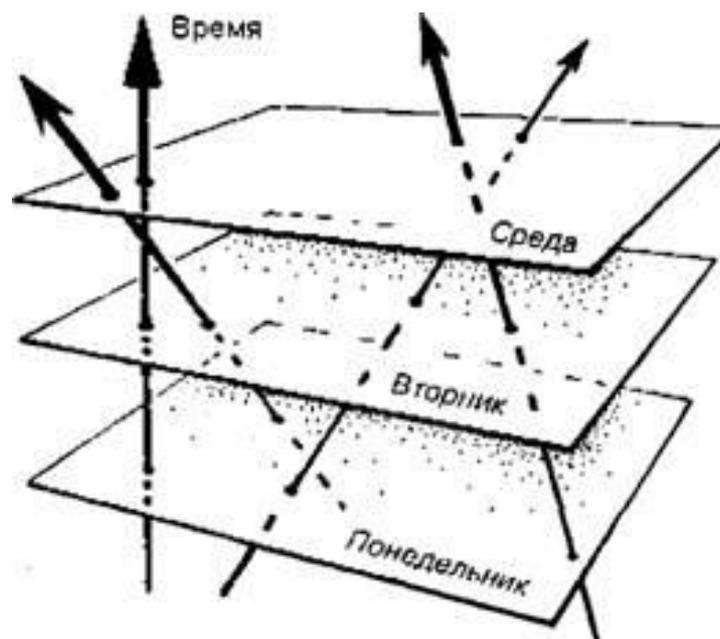


Рис. 35

Релятивистский подход (1905)

$E = h\nu$ - энергия фотона. h - постоянная Планка

$$h\nu = A_{\text{вык}} + \frac{mv^2}{2} \quad \text{- фотозффект}$$

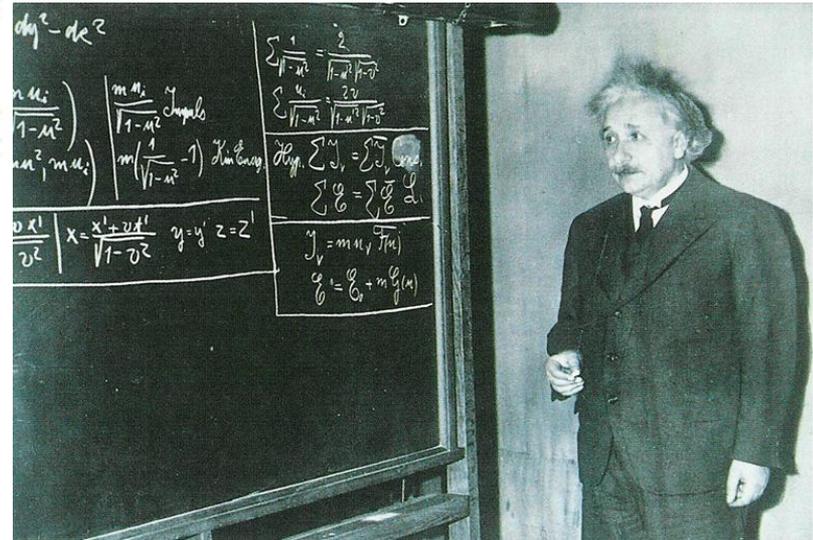
$$E = m_0c^2 + \frac{mv^2}{2} \quad \text{- полная энергия.}$$

$$m = m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$t' = t / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$S^2 = c^2t^2 - l^2 = \text{inv}$$

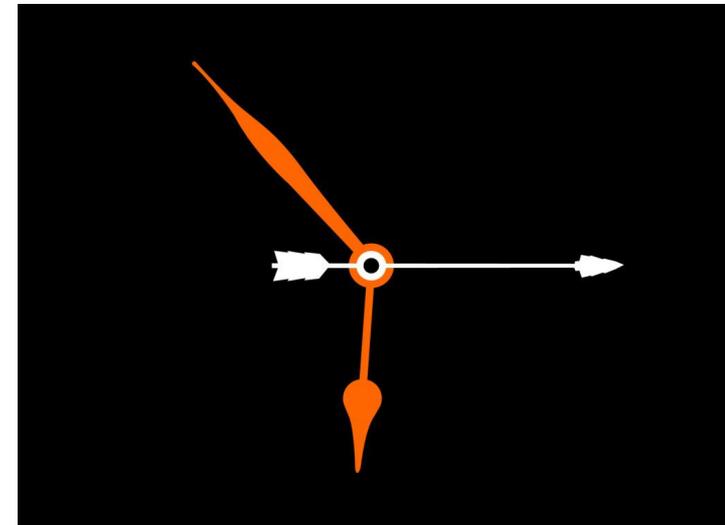


1) **законы физики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета**

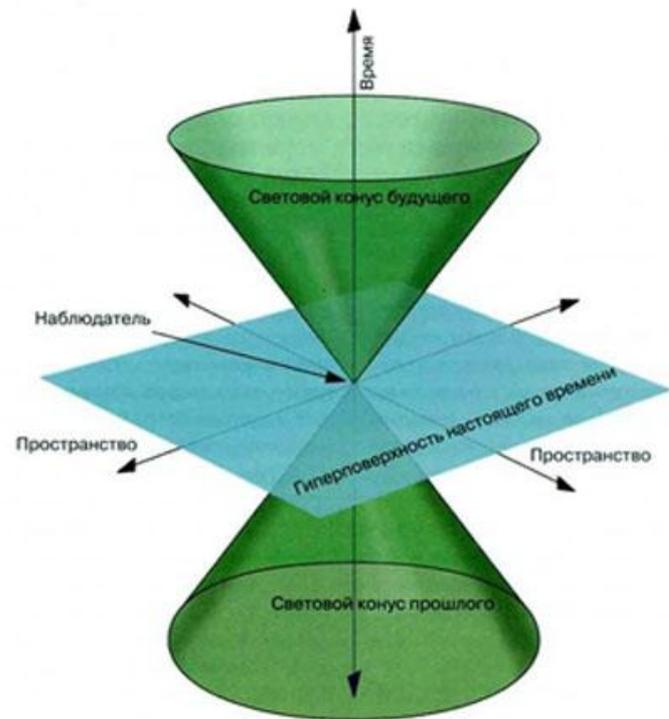
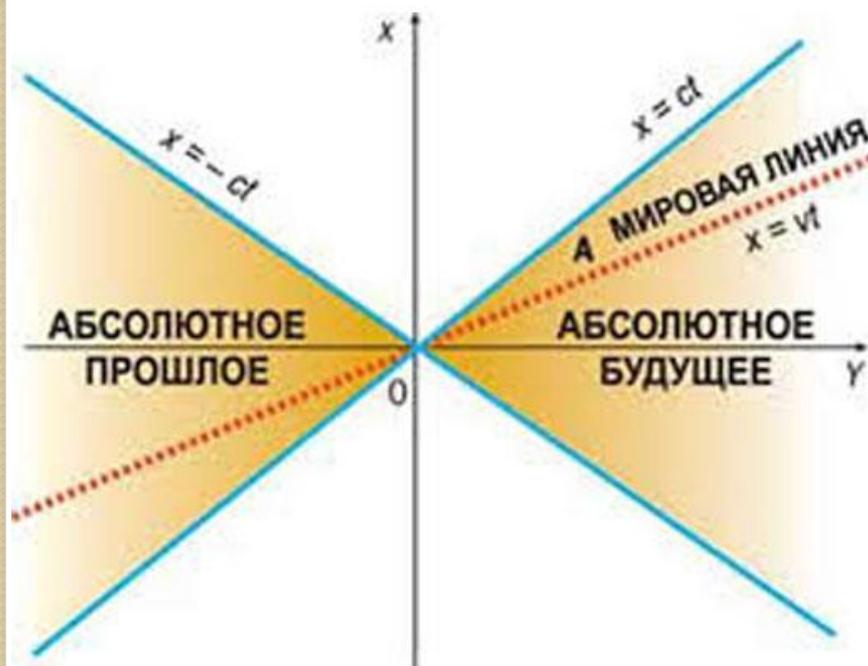
2) **свет распространяется в вакууме с определенной скоростью c , не зависящей от скорости источника или наблюдателя**

Релятивистские пространство и время

- Концепция 4-х мерного пространства-времени
- Зависимость свойств пространства и времени от скорости движения
- Описана процедура измерения длин пространства и времени
- Однородность
- Изотропность
- Относительность
- Протяженность
- Время обратимо
- Концепция близкодействия
- Парадокс близнецов
- Атрибутивная концепция



Релятивистские пространство и время



Экспериментальные подтверждения

- Аномальный магнитный момент электрона
- Расчет ускорителей частиц
- Поправки в системах навигации (GPS, ГЛОНАСС)
- Замедление времени жизни мюонов
- Эксперимент Хафеле-Китинга (1971)



Общая теория относительности (1908-1916)

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \left(\frac{8\pi G}{c^4}\right)T_{\mu\nu},$$

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

- 1) инвариантность(неизменность) законов природы в любых системах отсчета
постоянство скорости света
- 2) *Эквивалентность инертной и гравитационной масс*

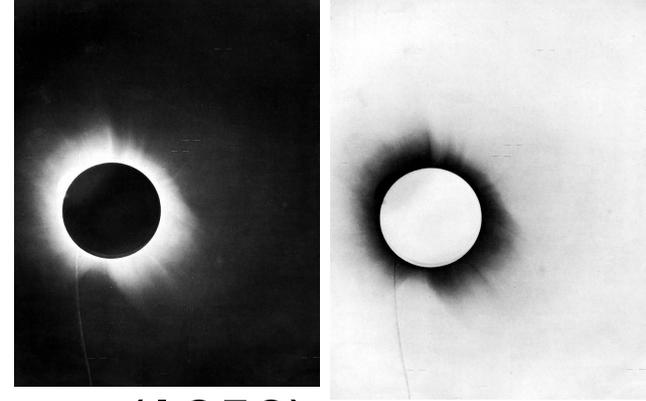
Пространство-время в ОТО

- Тензор пространства-времени
- Искривление пространства вблизи тяготеющих масс
- Замедление времени вблизи тяготеющих масс
- Атрибутивная концепция

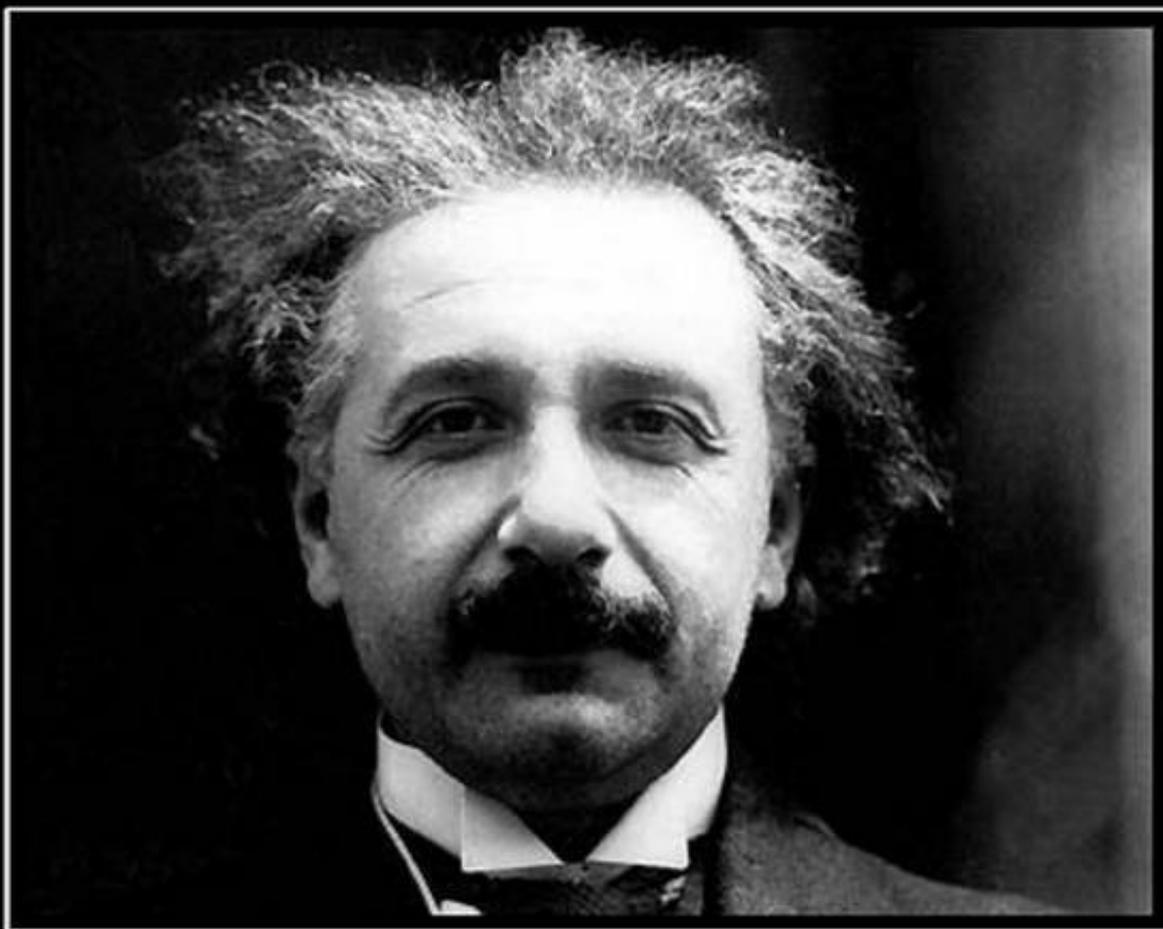
Пространство-время в ОТО



Экспериментальные подтверждения



- объяснении аномальной прецессии перигелия Меркурия (1859)
- наблюдении отклонения света вблизи Солнца в момент полного солнечного затмения (А. Эддингтон, 1919)
- гравитационное замедление времени
- гравитационное красное смещение (эксперимент Паунда и Ребки, 1960)
- существования чёрных дыр
- эффектом Шапиро (гравитационная задержка сигнала)

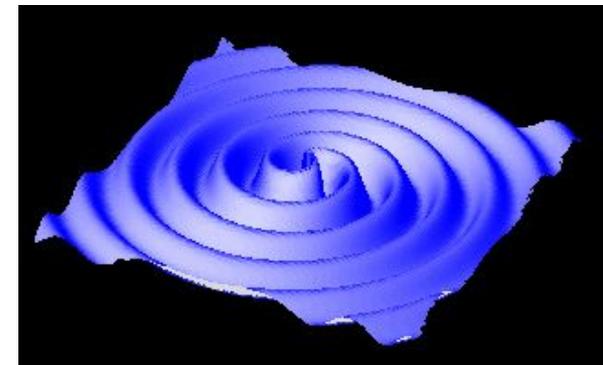


Эй Ньютон

Я твой пространственно-временной континуум
искривлял

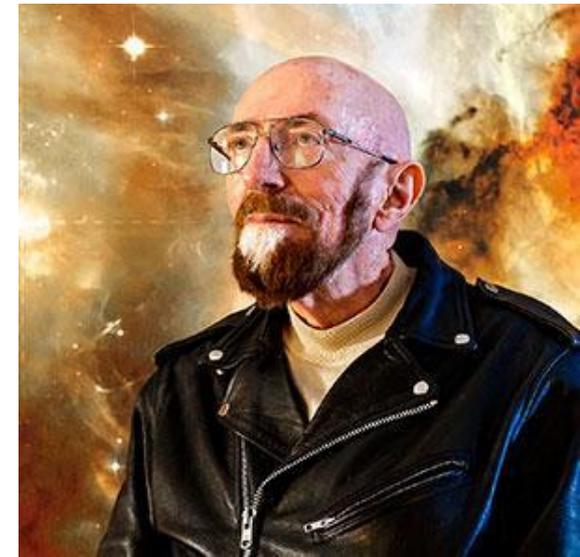
Гравитационные волны

- Возмущение метрики пространства и времени
- Двигутся со скоростью света
- Являются решением уравнения Эйнштейна волнового типа
- Поперечная волна, имеет два направления поляризации

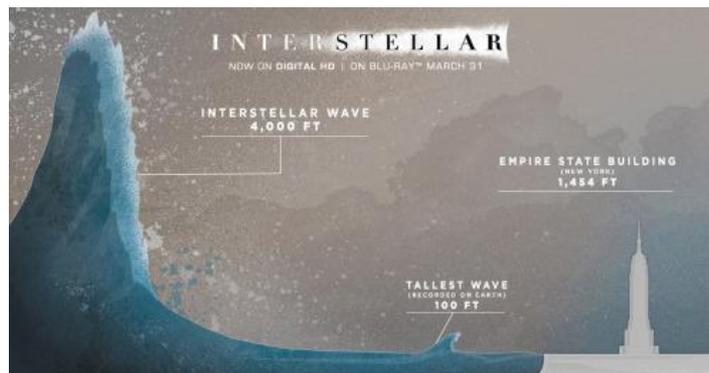
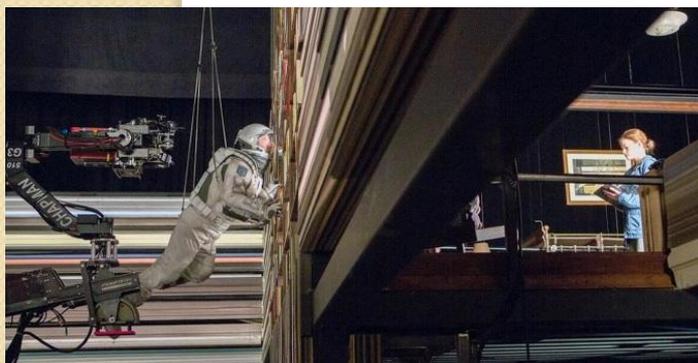


Экспериментальные данные

- Двойные пульсары и их коллапс (Р. Халлсу, Дж. Тейлор, 1993)
- Детекторы LIGO и VIRGO (Б. Бэрриш, Р. Вайсс, К. Торн, 2015)



Интерстеллар (К. Нолан, 2014)





Ваши вопросы

Научно-популярная литература

- А. Эйнштейн, «Эволюция физики»
- А. Эйнштейн «Мир, каким я его вижу»
- Р. Фейнман, «Характер физических законов»
- С. Хокинг, «Три книги о пространстве и времени»
- М. Гарднер «Теория относительности для миллионов»



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!