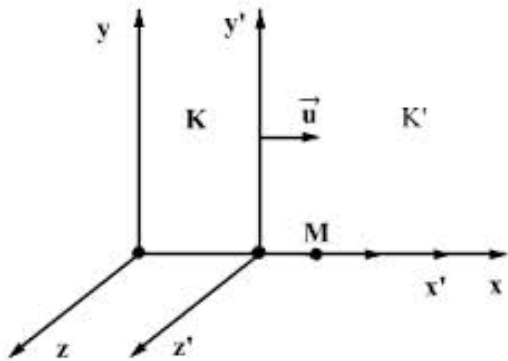


Лекция 3

СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Принцип относительности Галилея



$$t = t'$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$x = x' + ut'$$

$$\vec{V} = \vec{V}' + \vec{u}$$

Инерциальные системы отсчета равноправны в классической механике, законы механики одинаковы в таких системах.

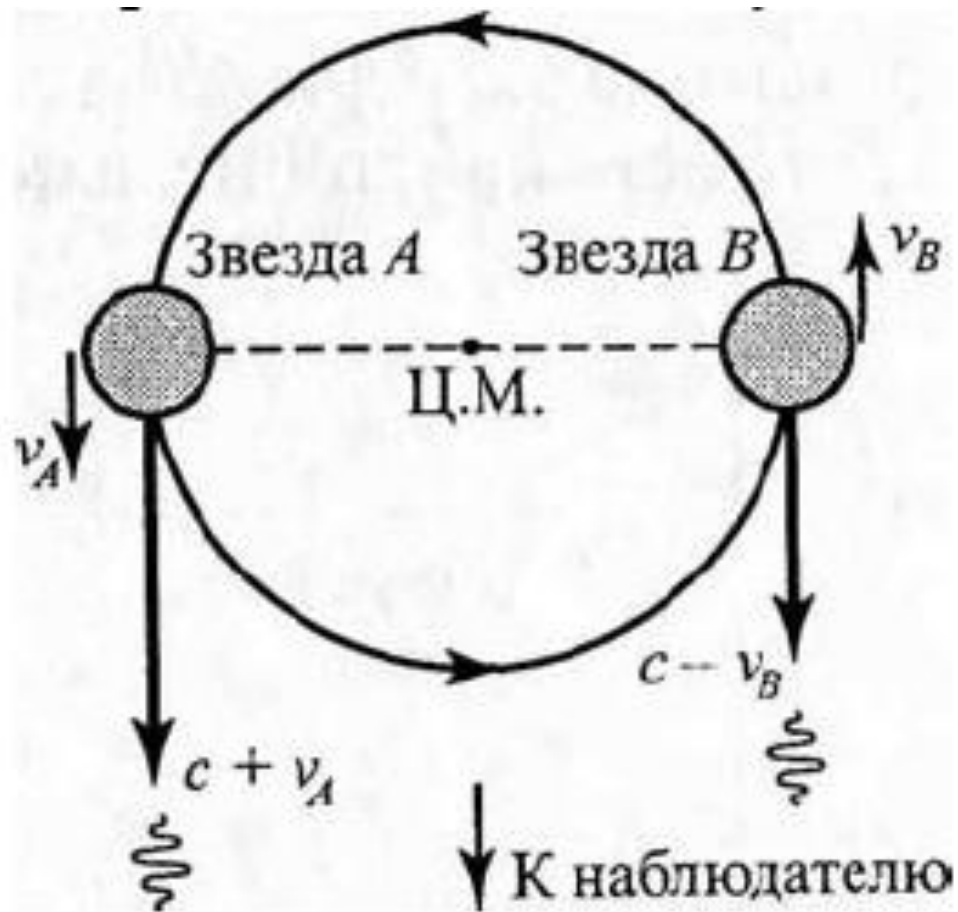
Если в двух системах, одна из которых равномерно и прямолинейно движется относительно другой, провести одинаковый механический эксперимент, результат будет одинаковым.

Находясь в инерциальной системе, невозможно определить, покоится она или движется. Законы механики инвариантны относительно преобразований Галилея.

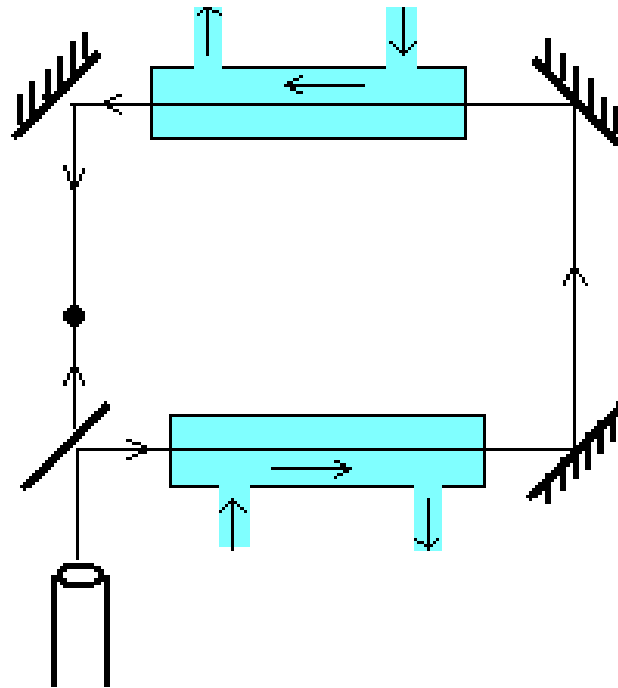
Классическая механика удовлетворяет принципу относительности Галилея. Электромагнитное поле описывается уравнениями Максвелла. Максвелл полагал, что они справедливы для специальной среды – эфира.

Опыт Майкельсона по измерению скорости Земли относительно эфира дал отрицательный результат. Движение не было обнаружено.

Двойные звезды



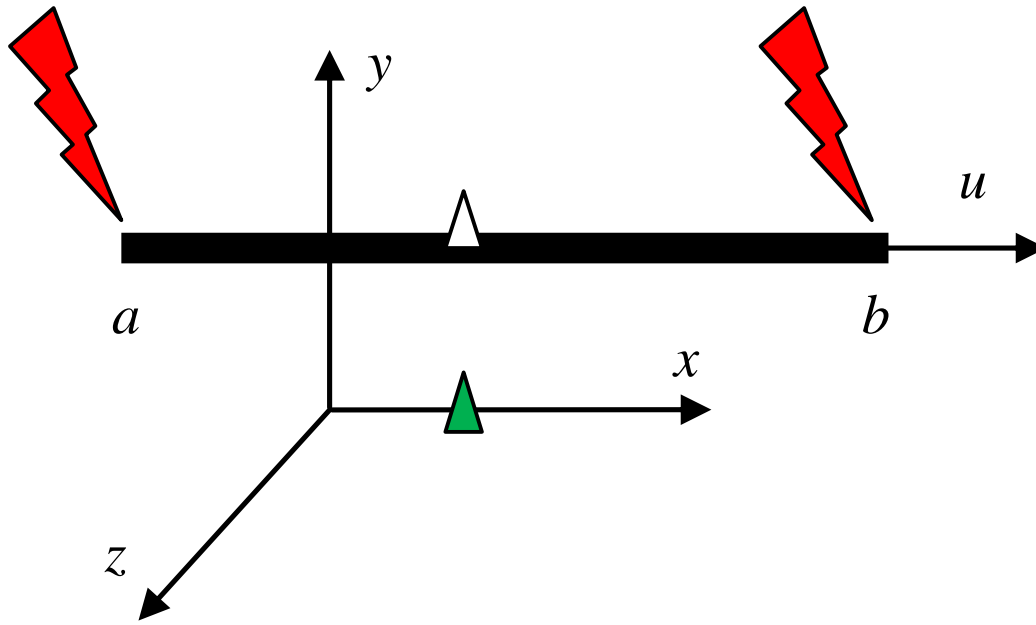
Опыт Физо



Постулаты Эйнштейна:

- Все физические явления одинаково протекают любой инерциальной системе отсчета. Законы природы инвариантны при переходе от одной инерциальной системы к другой.
- Скорость света в вакууме не зависит от движения источника и одинакова во всех инерциальных системах отсчета.

Относительность одновременности

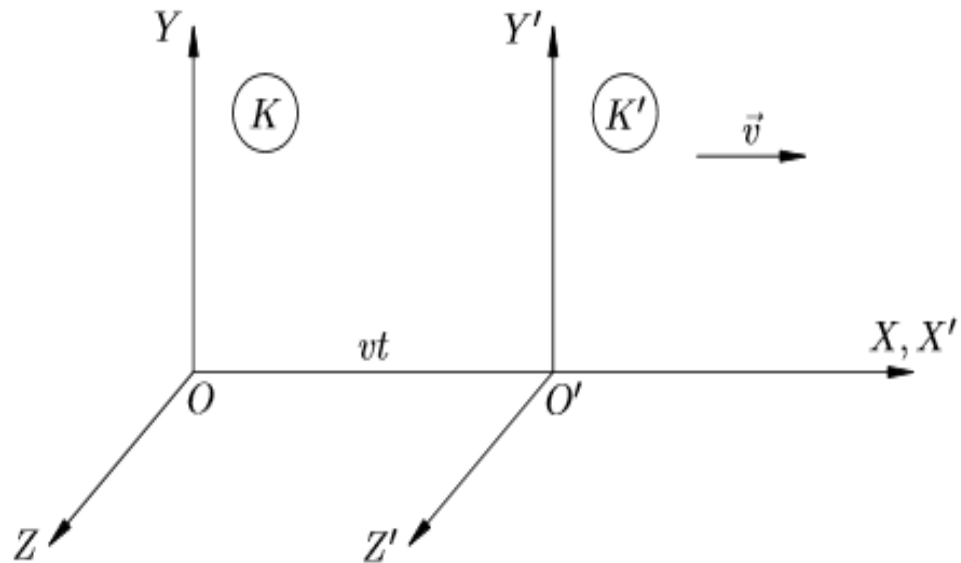


$$K \quad t_a = L/(2c) \quad t_b = L/(2c) \quad \Delta t = t_b - t_a = 0$$

$$K' \quad t'_a = (L-l)/(2c) \quad t'_b = (L+l)/(2c) \quad \Delta t' = t'_b - t'_a = l/c \neq 0$$

События могут быть одновременными, происходить раньше и позже в разных инерциальных системах. За исключением причинно-связанных.

Преобразования Лоренца



$$\beta = u/c$$

$$x = \frac{x' + ut'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$y = y'$$

$$t = \frac{t' + x'u/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Принцип соответствия

При малых скоростях преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея.

$$u \ll c$$

$$\beta \ll 1$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \approx 1 + \frac{\beta^2}{2}$$

Закон сложения скоростей

$$V'_x = \frac{V_x - u}{1 - (u/c^2)V_x}$$

Релятивистский закон сложения скоростей переходит в классическое выражение

$$u \ll c$$

$$V'_x = V_x - u$$

Вдоль оси x движется тело со скоростью c . В системе отсчета K' его скорость также будет равняться c .

$$V'_x = \frac{c - u}{1 - (u/c^2)c} = c \frac{c - u}{c - u} = c$$

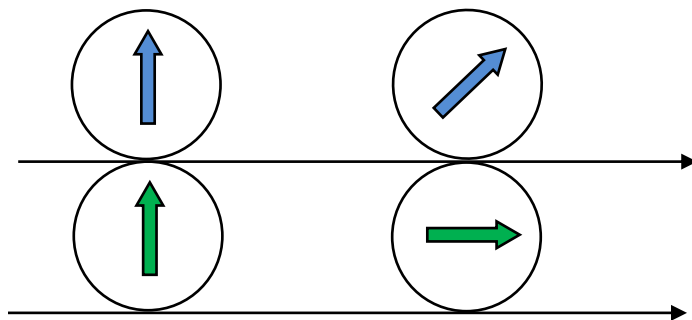
Лоренцовское сокращение длины

$$L = L_0 \sqrt{1 - \beta^2}$$

Лоренцовское замедление времени

$$\Delta t' = \Delta t / \sqrt{1 - \beta^2}$$

Движущиеся часы идут медленнее покоящихся

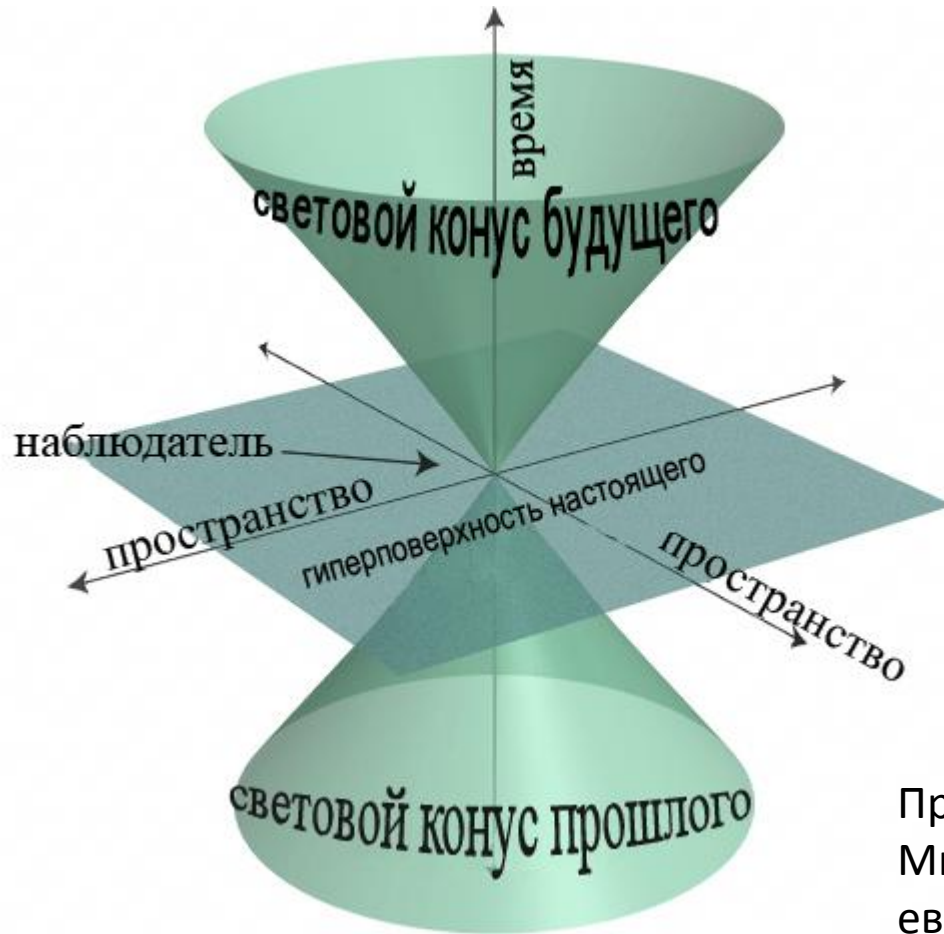


Среднее время жизни покоящегося мюона 10^{-6} с. Даже двигаясь со скоростью света, мюон может пролететь всего 300 м. Образываясь в верхних слоях атмосферы, мюоны, тем не менее, достигают поверхности земли, пролетая не менее 20 км.

Для земного наблюдателя бортовые атомные часы на спутниках GPS запаздывают примерно на 7 микросекунд в день. Для правильной работы систем навигации часы подвергаются специальной калибровке.

Мир (пространство) Минковского

Пространство Минковского — четырёхмерное пространство, предложенное в качестве геометрической интерпретации пространства-времени специальной теории относительности.



Мировая точка (x, y, z, ict)

Мировая линия

Световой конус

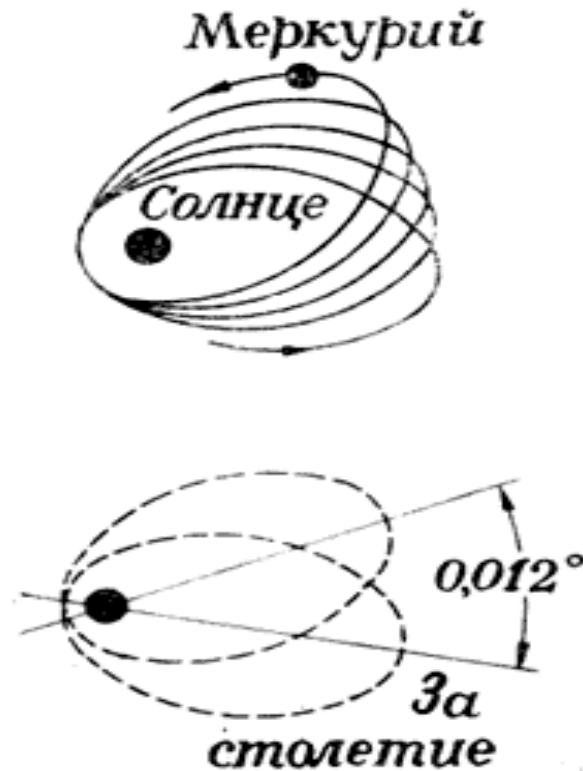
Преобразования Лоренца в пространстве Минковского аналогичны вращениям в евклидовом пространстве.

• ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

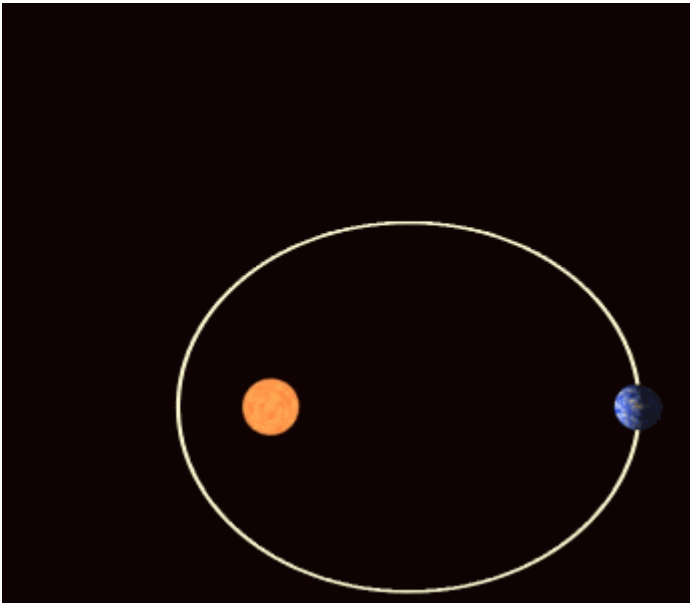
Принцип эквивалентности:

➤ *не существует эксперимента, с помощью которого можно было бы отличить действие гравитационного поля от действия ускоренного движения по отношению к «неподвижным» звездам*

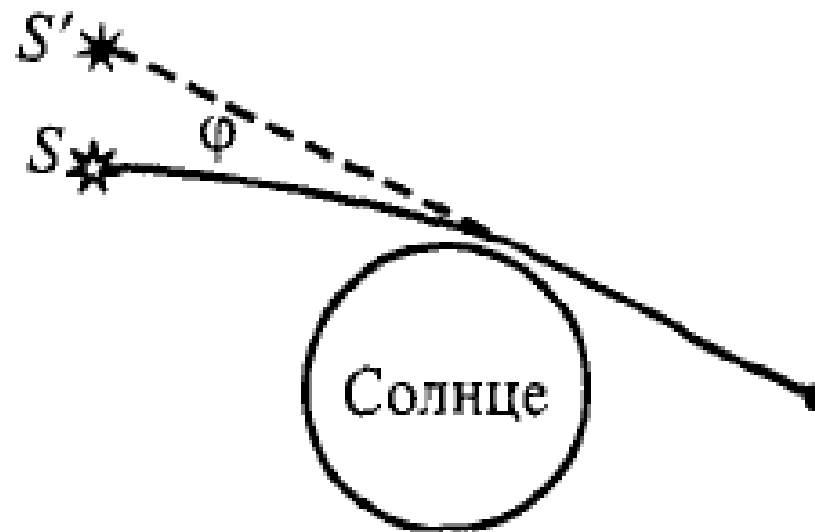
Прецессия перигелия орбиты Меркурия



Перигелий - ближайшая точка орбиты планеты от Солнца



Искривление световых лучей вблизи Солнца



Образование черных дыр

- *Замедление хода времени в гравитационном поле;*
- *Гравитационные волны.*