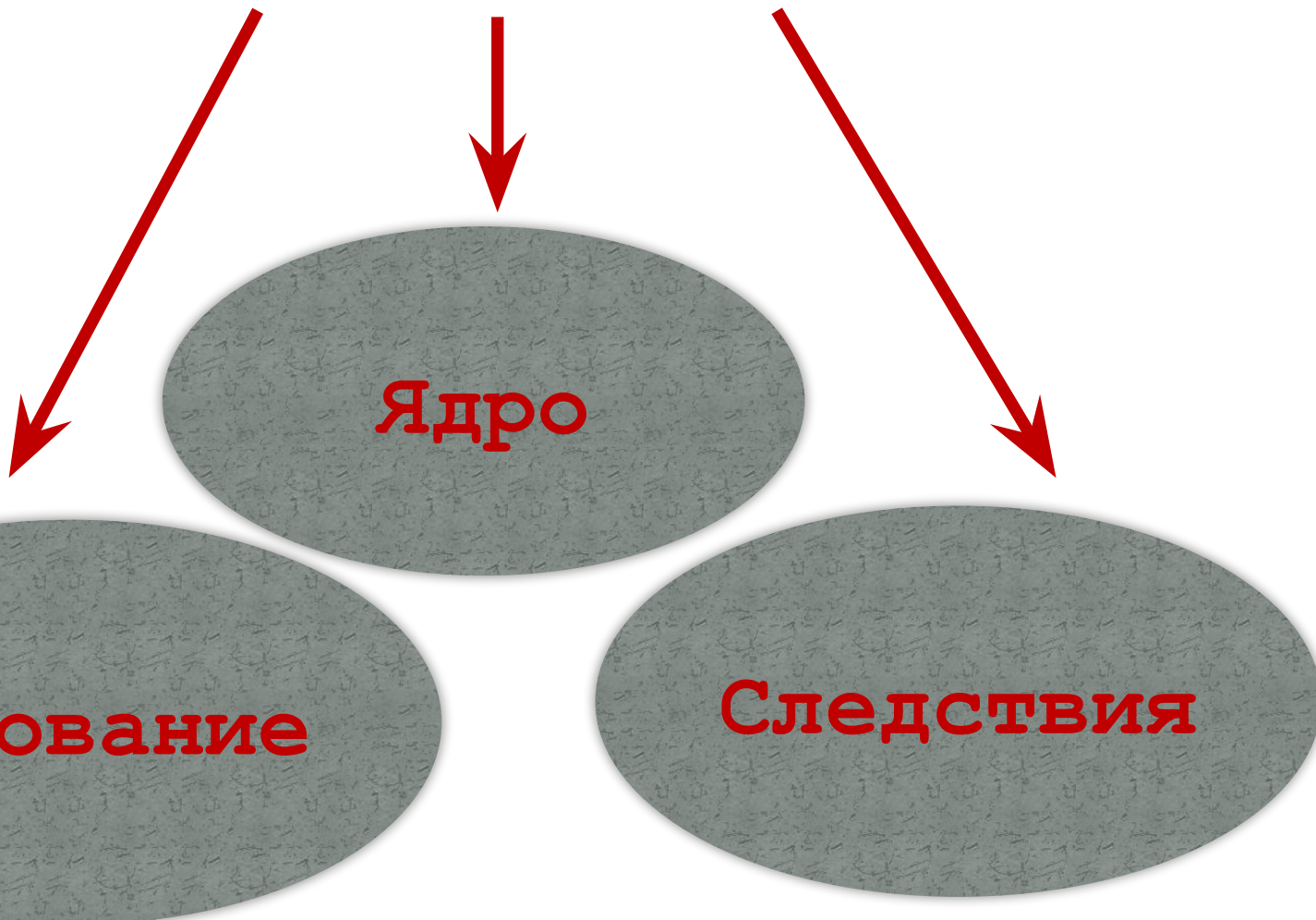


**Элементы  
специальной  
теории  
относительности**

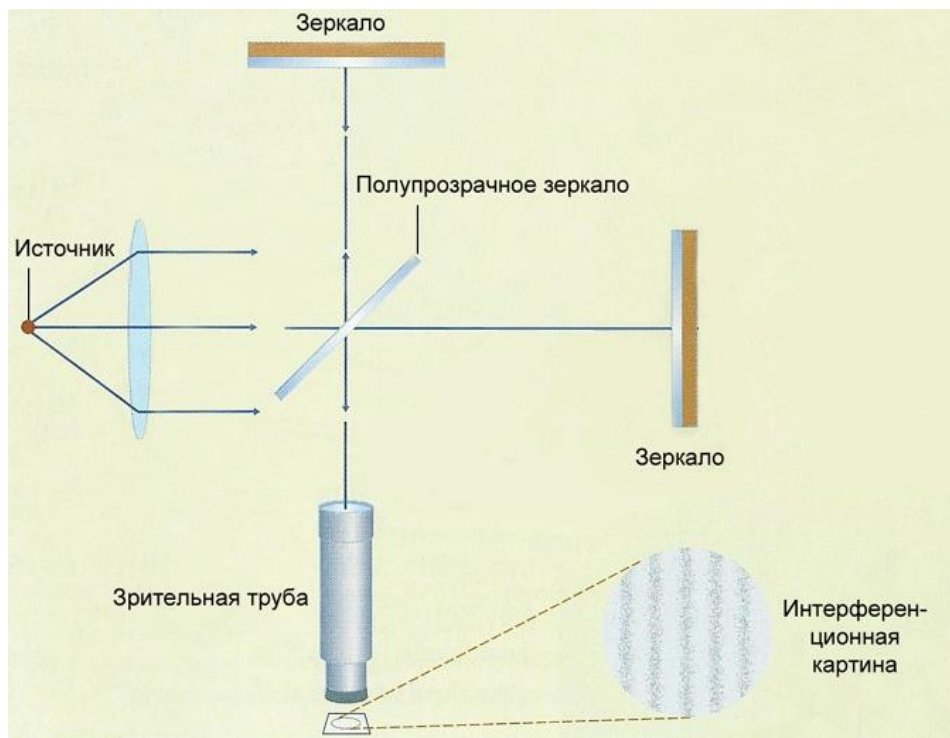


# Физическая теория



# Основание СТО

- Опыт Майкельсона – Морли (1881 г.)



- Вывод: скорость света – постоянная величина, не зависящая от выбора инерциальной системы отсчёта.

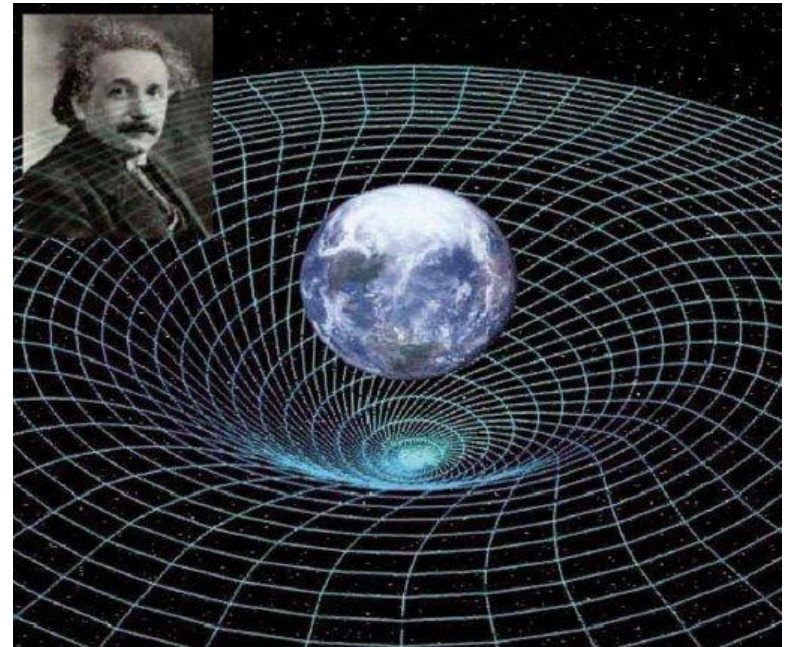
# Ядро СТО

Постулаты  
Эйнштейна

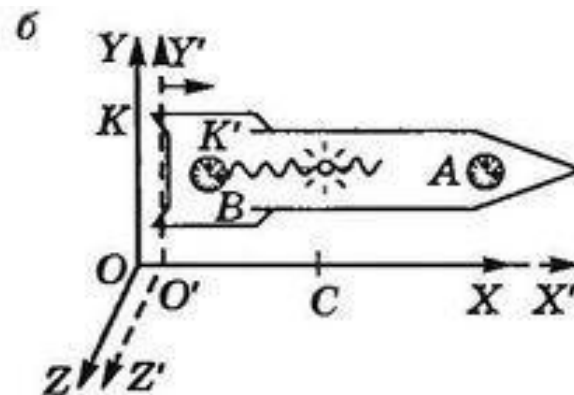
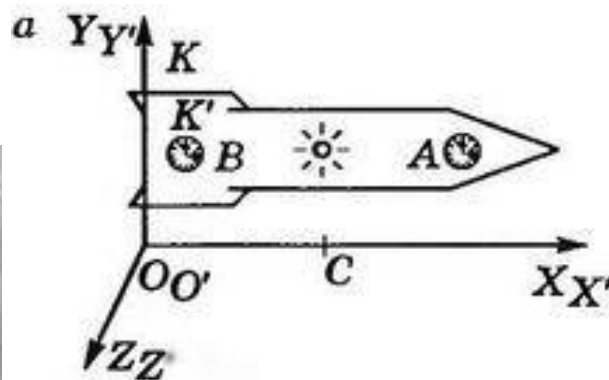
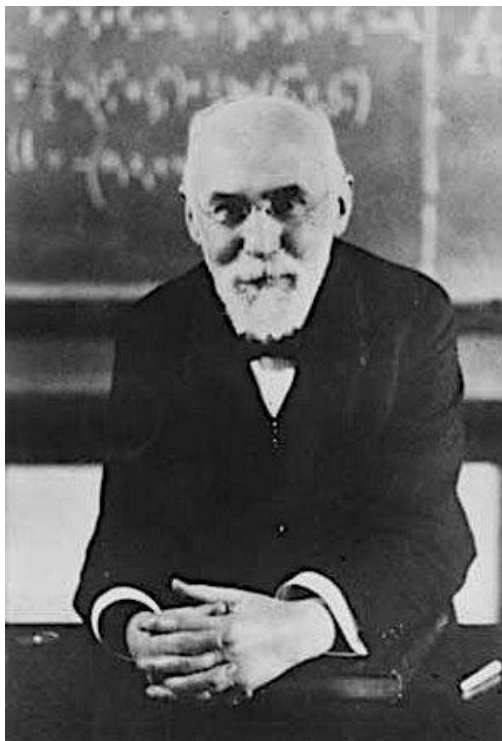
Преобразования  
Лоренца

# Постулаты Эйнштейна

- **I постулат:** Все законы природы одинаковы в инерциальных системах отсчёта (все ИСО эквивалентны)
- **II постулат:** Скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчёта



# Преобразования Лоренца



$$x = \frac{(x' + vt')}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = \frac{t' + \frac{v}{c^2} \cdot x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

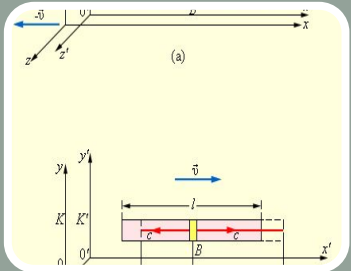
$$z' = z$$

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

# Следствия СТО



Относительность  
времени

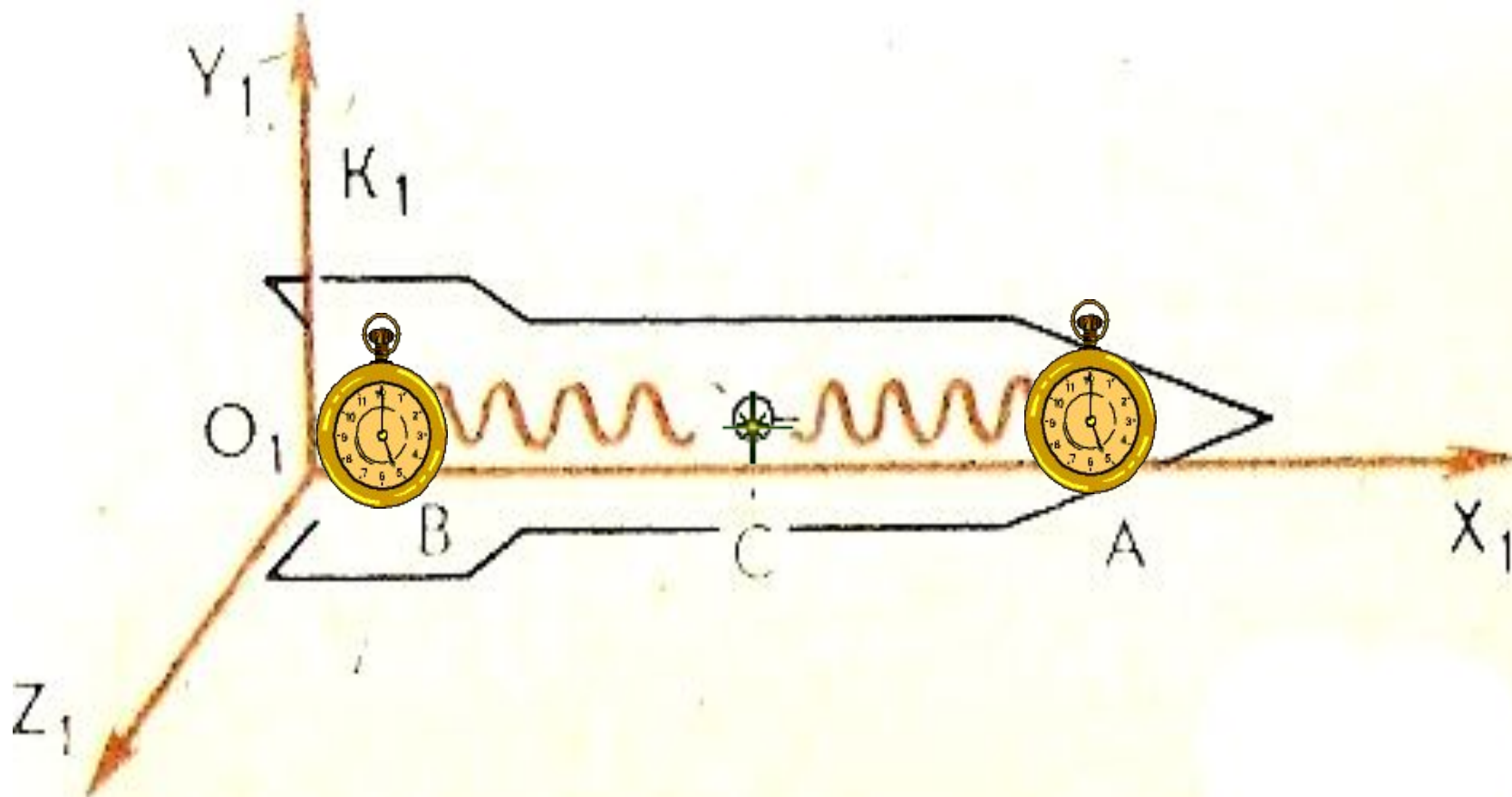


Относительность  
длины



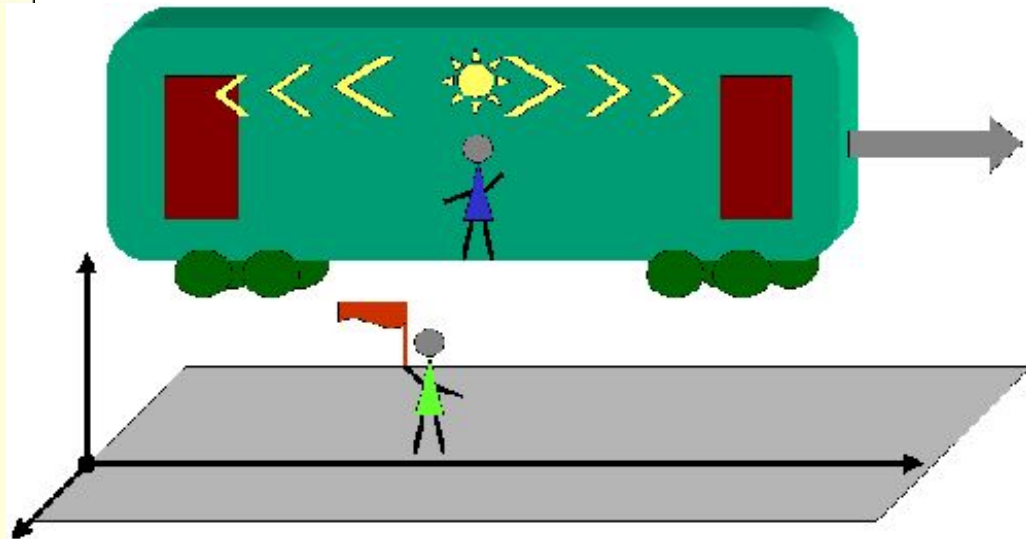
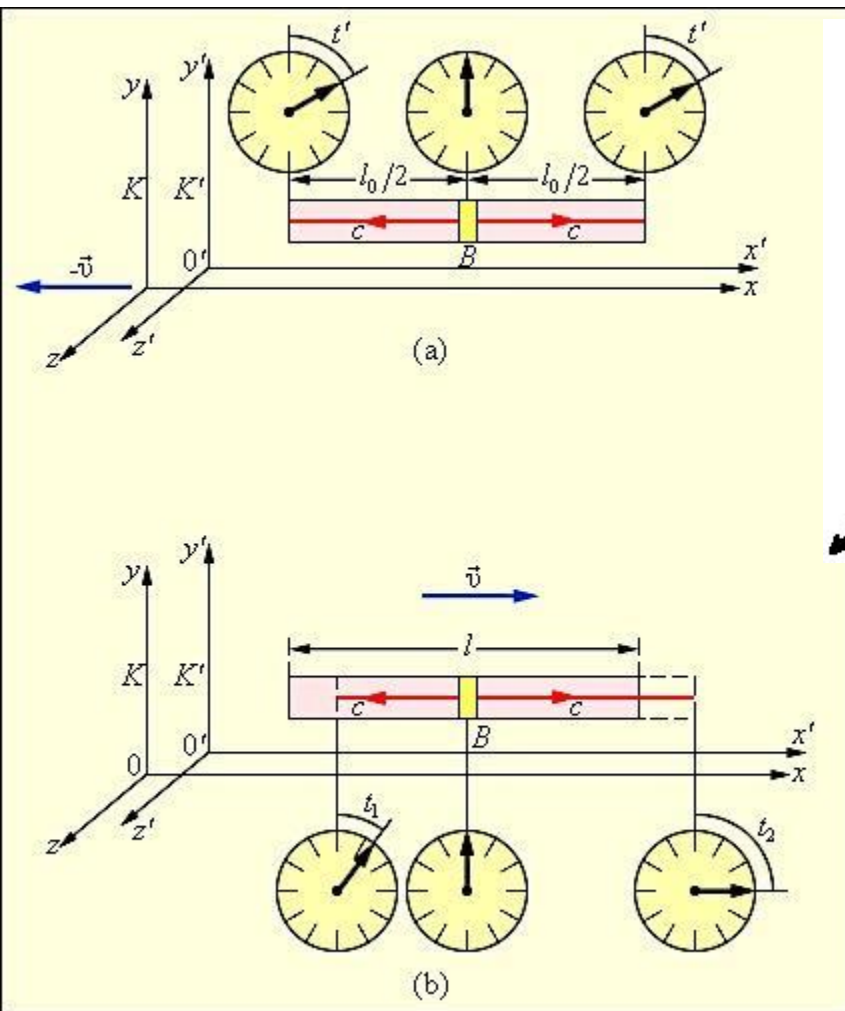
Относительность  
скорости

# Относительность одновременности



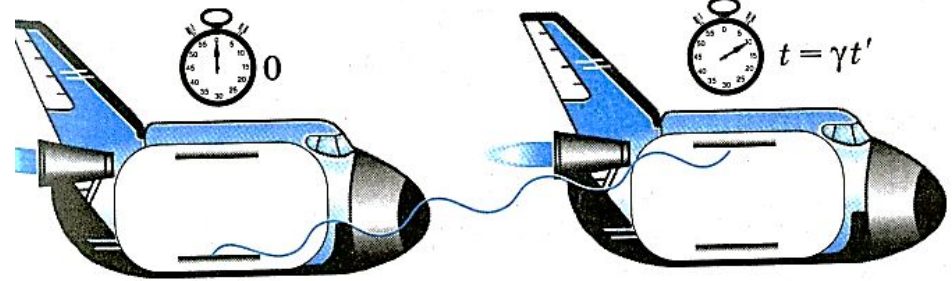
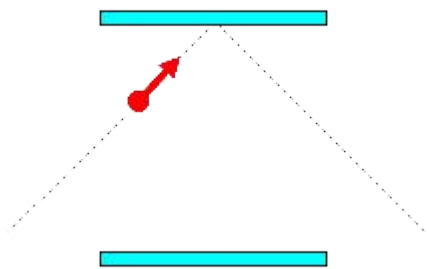
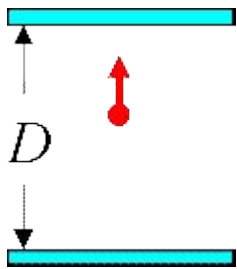


# Относительность одновременности

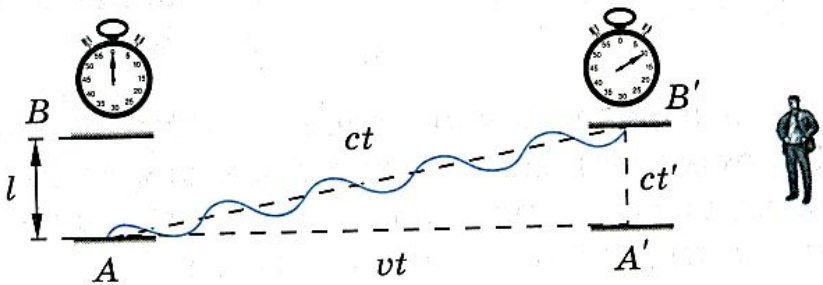


Два события ,  
одновременные в одной  
ИСО , не являются  
одновременными в другой  
ИСО

# Замедление времени



## Световые часы



- $t'$  – собственное время

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

# Парадокс близнецов

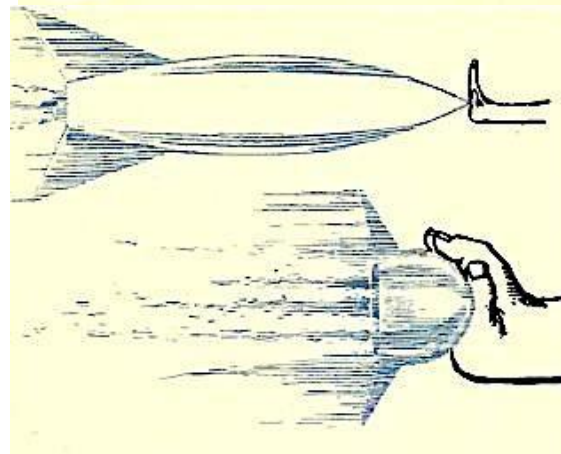
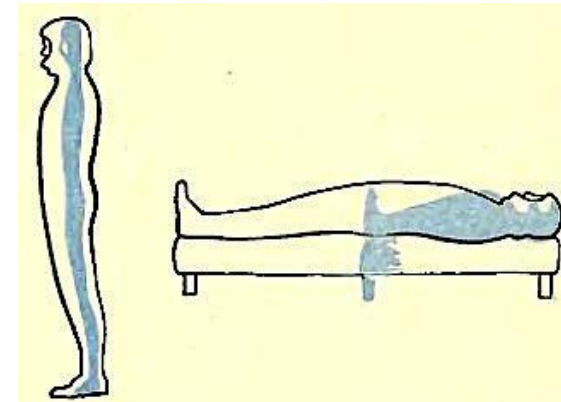
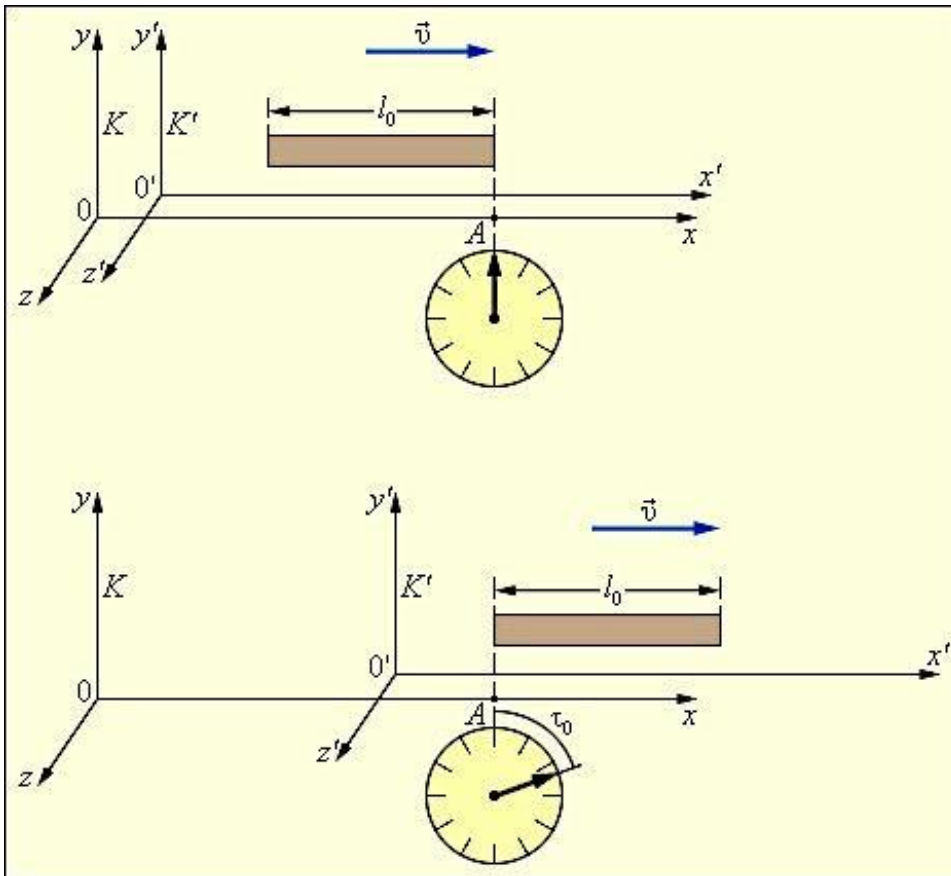
- $L=40$  св. лет;  $v=0.99c$
- По часам на Земле пройдёт 80,8 лет
- Собственное время

$$t' = \frac{80,8}{\sqrt{1 - \frac{(0,99c)^2}{c^2}}} = \frac{80,8}{7,09} = 11,4$$



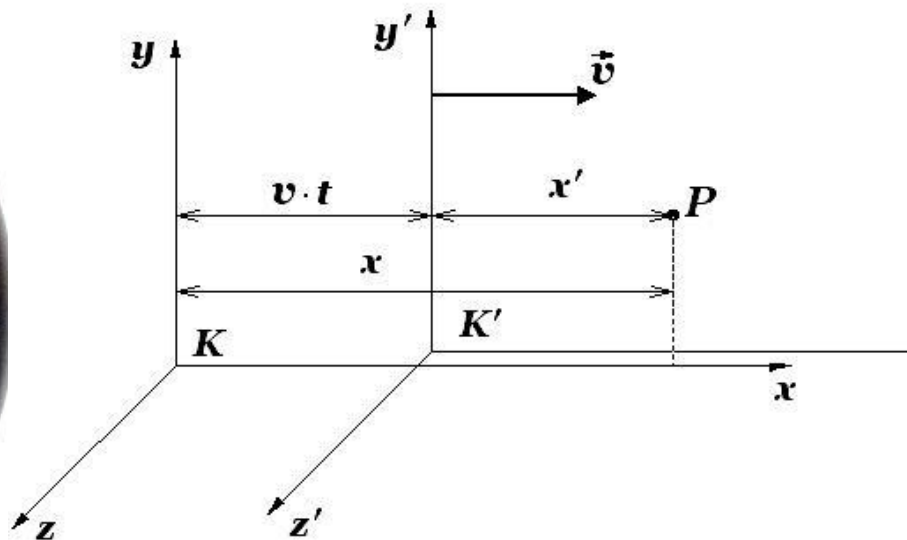
# Сокращение длины

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

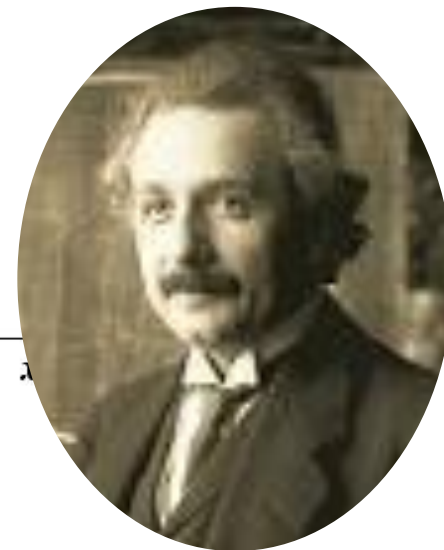


# Закон сложения скоростей

Галилея



Эйнштейна



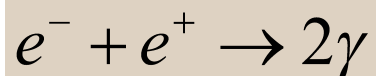
$$U_x = U_{x'} + U$$

$$U_x = \frac{U_{x'} + U}{1 + \frac{U_{x'} \cdot U}{c^2}}$$

# Взаимосвязь энергии и массы

■ 1905 г. А. Эйнштейн  $E_0 = mc^2$

■ 1933 г. Ф. Жолио-Кюри открыл явление аннигиляции:

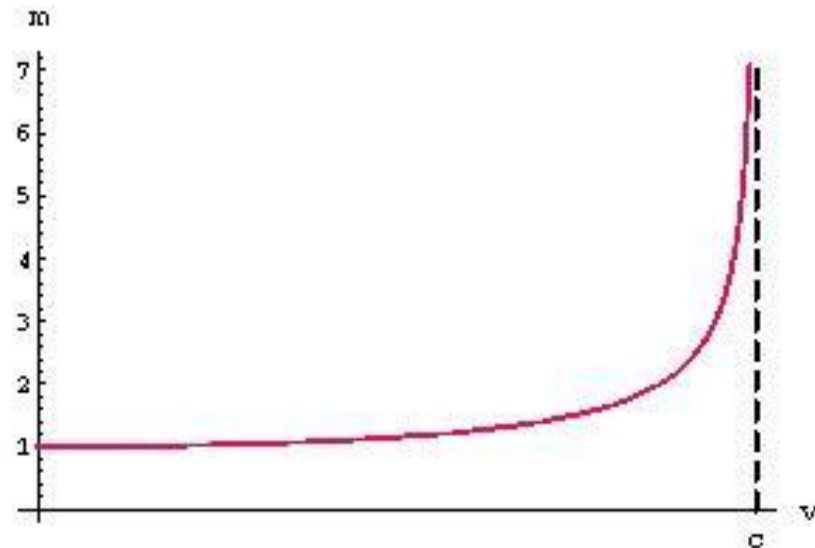


■ Если  $v \ll c$ , то  $E = mc^2 + \frac{mv^2}{2}$

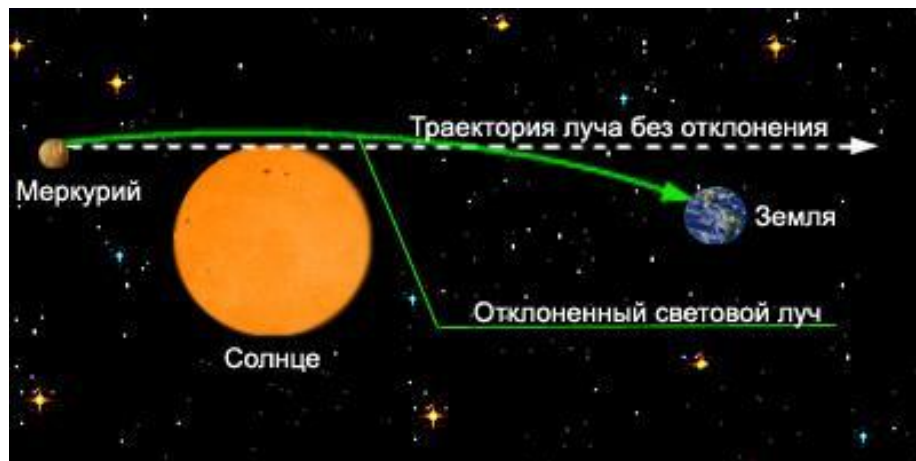
■ Если  $v \approx c$ , то  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$



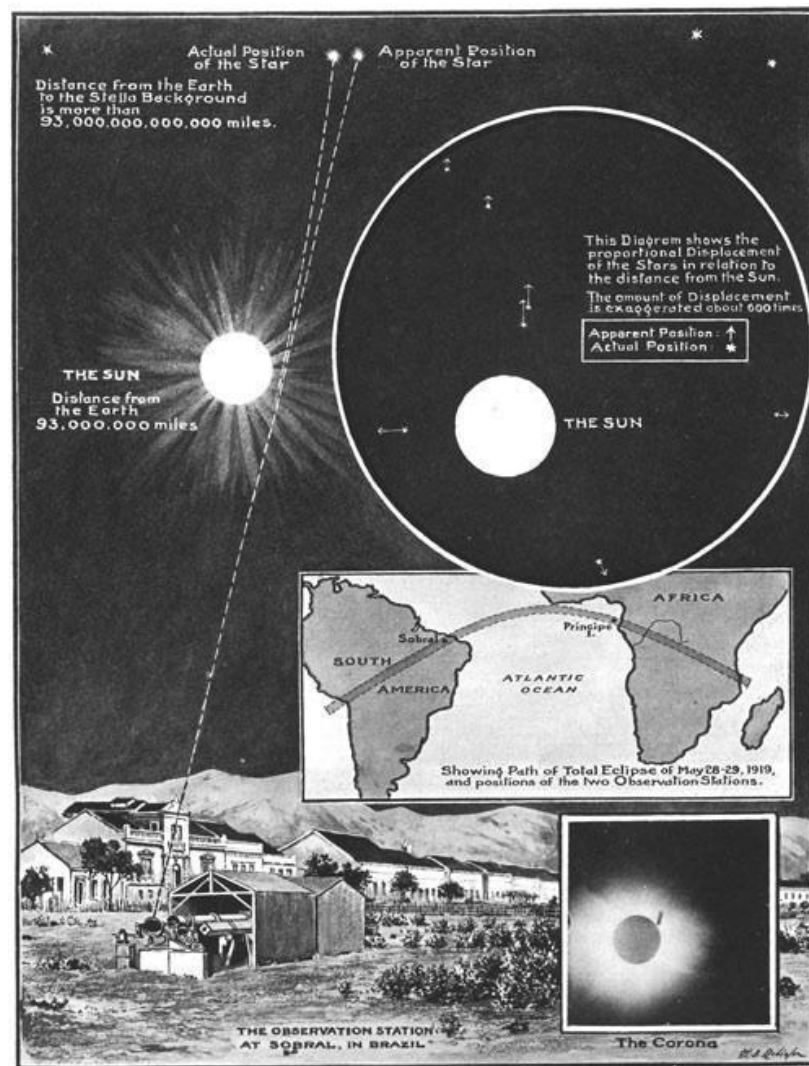
$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



# Отклонение световых лучей в гравитационном поле



**А. Эддингтон,  
1919г.  
Во время  
полного  
солнечного  
затмения**



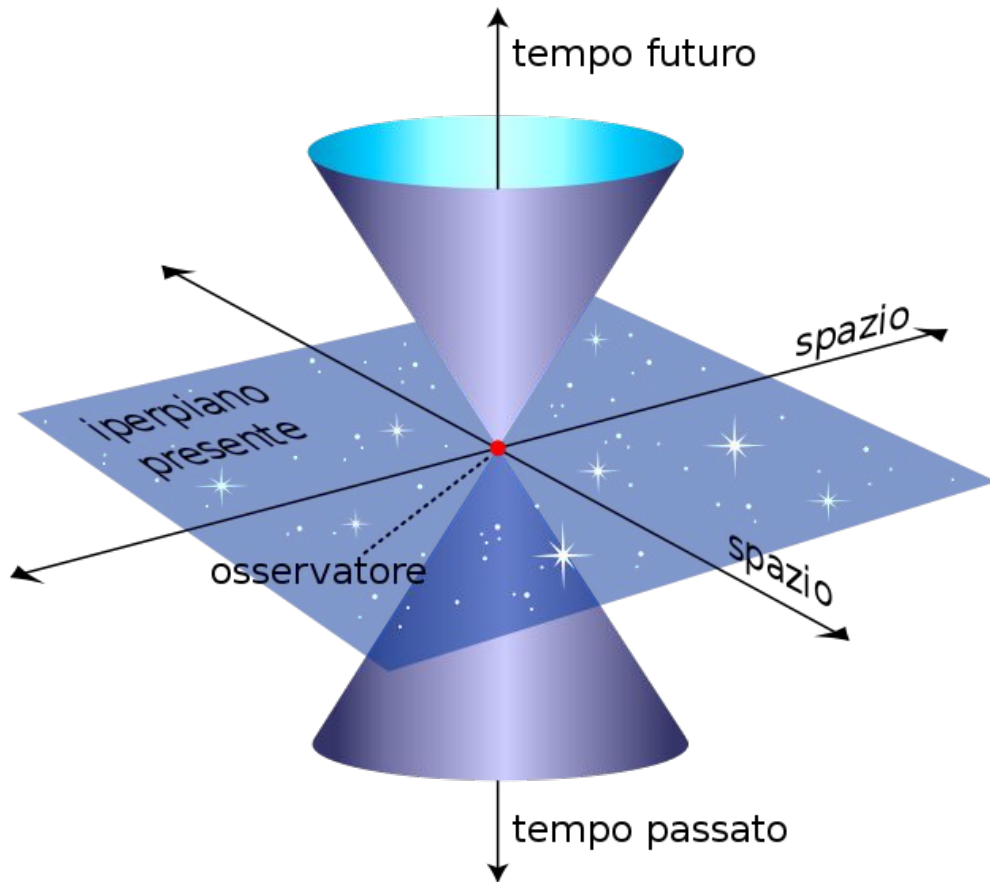
# Абсолютные и относительные величины в различных ИСО

|                                    | <b>Инварианты</b>                     | <b>Изменяемые понятия</b>  |
|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| <b>КЛАССИЧЕСКАЯ<br/>МЕХАНИКА</b>   | Пространство, время                   | Траектория,<br>координата  |
|                                    | Масса                                 | Путь, перемещение          |
|                                    | <b>Ускорение</b>                      | Скорость                   |
| <b>РЕЛЯТИВИСТСКАЯ<br/>МЕХАНИКА</b> | Скорость света                        | <b>Пространство, время</b> |
|                                    | Собственное время                     | <b>Масса</b>               |
|                                    | Пространственно<br>временной интервал | Путь, перемещение          |
|                                    |                                       | Скорость                   |



# Пространство МИНКОВСКОГО

Пространственно временной интервал



$$\Delta s = \sqrt{c^2 t^2 - l^2}$$



# Источники

1. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Профильный уровень
2. Степанова Г.Н. Физика. 11 класс.
3. [http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/431902/Skazka\\_o\\_mirnom\\_rytsare\\_Eddingtona\\_uznavshem\\_glavnuyu\\_taynu\\_zvyozd](http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431902/Skazka_o_mirnom_rytsare_Eddingtona_uznavshem_glavnuyu_taynu_zvyozd)
4. <https://habrahabr.ru/post/169347/>
5. <http://lightcone.ru/relativity-3/>
6. [http://elementy.ru/trefil/21167/Opyt\\_MaykelsonaMorli](http://elementy.ru/trefil/21167/Opyt_MaykelsonaMorli)
7. [http://online.mephi.ru/courses/physics/osnovi\\_mehaniki/data/lecture/6/p10.html](http://online.mephi.ru/courses/physics/osnovi_mehaniki/data/lecture/6/p10.html)