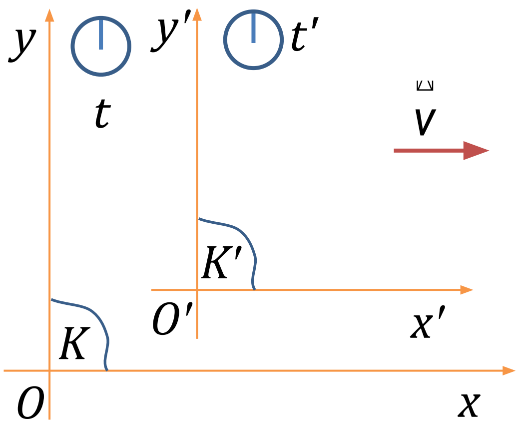
ГЛАВА I. МЕХАНИКА
§11. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея

О. И. Лубенченко
НИУ МЭИ
Кафедра физики им. В. А. Фабриканта
2020

§11. Преобразования Галилея

Принцип относительности Галилея (принцип эквивалентности): все инерциальные системы отсчёта эквивалентны. Никакими опытами, поставленными внутри ИСО, нельзя определить, движется ли она или покоится.

I. Преобразования Галилея



Время во всех системах отсчёта течёт одинаково.

Преобразования Галилея

$K' \rightarrow K$	$K \rightarrow K'$
$x = x' + vt'$	$x' = x - vt$
$y = y'$	$y' = y$
$z = z'$	$z' = z$
$t = t'$	$t' = t$

§11. Преобразования Галилея

II. Следствия из преобразований Галилея

Инвариант преобразований — ФВ, которая не изменяется при переходе из одной системы отсчёта к другой, т. е. величина, значения которой одинаковы во всех системах отсчёта.

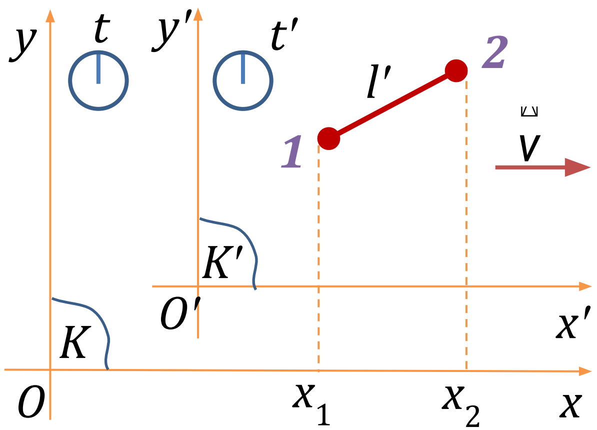
1. Абсолютность одновременности

События, одновременные в одной системе отсчёта, одновременны и в другой:

$$t_1' = t_2' \Longrightarrow t_1 = t_2$$

Это следует из того, что время является инвариантом преобразований Галилея.

2. Инвариантность длины отрезка



Отрезок ***1-2*** покоится относительно системы отсчёта K'. Его длина в этой системе отсчёта:

$$l' = \sqrt{(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2}$$

§11. Преобразования Галилея

Свяжем координаты концов стержня в системе отсчёта K' с координатами в системе отсчёта K через преобразования Галилея:

$$l' = \sqrt{\left(x_2 - \cancel{v}t - x_1 + \cancel{v}t\right)^2 + \left(y_2 - y_1\right)^2} = \sqrt{\left(x_2 - x_1\right)^2 + \left(y_2 - y_1\right)^2} = l$$

l — длина отрезка в системе отсчёта K. Измерение координат концов отрезка происходит в один и тот же момент времени t.

$$\boxed{l = l' = \mathrm{inv}}$$

3. Инвариантность интервала времени

Интервал времени между двумя событиями ***1*** и ***2*** в системе отсчёта K':

$$\Delta t' = t_2' - t_1'$$

Интервал времени между теми же событиями в системе отсчёта K: $\Delta t = t_2 - t_1$

$$t_1 = t_1', \quad t_2 = t_2' \quad \longrightarrow \quad \boxed{\Delta t = \Delta t' = \mathrm{inv}}$$

4. Классический закон сложения скоростей

МТ движется со скоростью $\vec{u}'$ относительно системы отсчёта K'. Её скорость в системе отсчёта K

$$\boxed{\vec{u} = \vec{u}' + \vec{v}}$$

§11. Преобразования Галилея

Доказательство

$$u_x = \frac{dx}{dt} \qquad u'_{x'} = \frac{dx'}{dt'}$$

Выразим u_x через координату и время в системе отсчёта K':

$$u_x = \frac{dx' + v\,dt'}{dt'} = \frac{dx'}{dt'} + v = u'_{x'} + v$$

Аналогично получим

$$u_y = \frac{dy}{dt}, \quad u'_{y'} = \frac{dy'}{dt'} \Rightarrow u_y = u'_{y'} \qquad u_z = u'_{z'}$$

5. Инвариантность ускорения

$$\vec{a}' = \frac{d\vec{u}'}{dt'} \qquad \vec{a} = \frac{d\vec{u}}{dt}$$

По классическому закону сложения скоростей $\vec{u}' = \vec{u} - \vec{v}$

$$\vec{a}' = \frac{d\left(\vec{u} - \vec{v}\right)}{dt} = \frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{a} \qquad \boxed{\vec{a} = \vec{a}' = \mathrm{inv}}$$

6. Инвариантность массы и силы

Постулируется: $\boxed{m = m' = \mathrm{inv}}$ $\boxed{\vec{F} = \vec{F}' = \mathrm{inv}}$

II закон Ньютона инвариантен относительно преобразований Галилея:

$$\vec{F}' = m'\vec{a}' \Longrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$