

ЛЕКЦИЯ 2+.

Кинематика

А.И. Валишев, В.Г. Сербо.

3. Инерциальные системы отсчета.

3.1.1. Фундаментальные свойства пространства – времени.

- а) **Однородность.** (равноправность всех пространственных точек, → трансляционная, сдвиговая симметрия).
- б) **Изотропность.** (равноправность всех направлений в пространстве, → симметрия относительно поворотов).
- с) **Однородность времени.** (равноправность всех временных точек отсчета, сдвиговая, временная симметрия).

Следствие **Относительность движения, покоя.**

Инерциальная система отсчета

3.1.2. **Df.** Свободная, невзаимодействующая частица.

3.1.3. **Df.** Инерциальная система отсчета.

Принцип относительности.

(Галилей, Пуанкаре, Эйнштейн)

«Все инерциальные системы отсчета равноправны».

≡ «Законы физики имеют одинаковый вид (ковариантны относительно перехода) во всех инерциальных системах отсчета».

3. Инерциальные системы отсчета.

«Законы физики имеют одинаковый вид во всех инерциальных системах отсчета.

Законы физики ковариантны относительно перехода из одной инерциальной системы отсчета в другую». Ковариантность означает одинаковое аналитическое выражение.

3.1.4. Закон инерции Галилея.

Обобщение опытных фактов.

«Свободное тело в инерциальной системе отчета движется равномерно и прямолинейно».

Движение тела в инерциальной системе отсчета подчиняется:

3.1.5. Первый закон Ньютона

– тело движется с постоянной скоростью (без ускорения) в отсутствии внешних сил, т.е. в отсутствии взаимодействия.

3.2. Преобразования системы отсчета-переход из одной системы отсчета в другую.

3.2.1. Преобразование трансляции системы отсчета.

Сдвиг начала отсчета на произвольный вектор $\mathbf{a}$.

Преобразование координат вида $\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{a}$ не изменяет вида законов механики вследствие однородности пространства.

3.2.2. Преобразование поворота относительно некоторой оси.

Поворот системы координат на произвольный угол φ не изменяет вида законов механики вследствие изотропности пространства.

3.2.3. Преобразование сдвига начала отсчета времени.

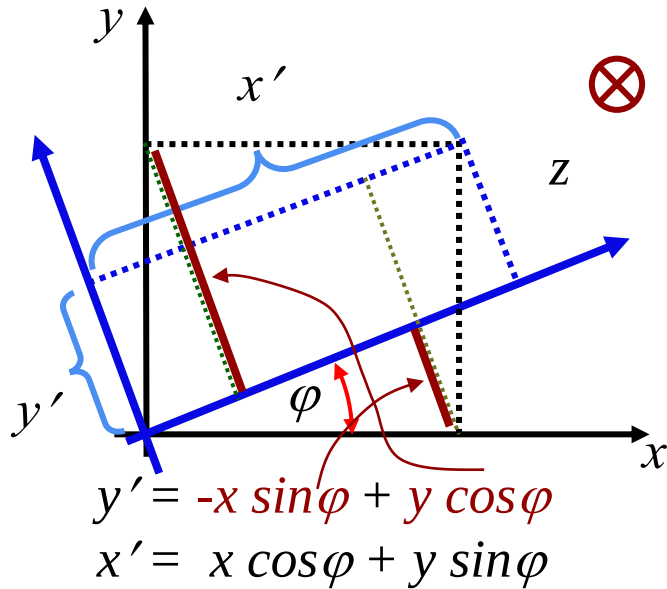
Законы механики ковариантны относительно преобразования вида: $\mathbf{r} = \mathbf{r}'$, $t = t' + \tau$. Вследствие однородности времени.

«Законы механики не изменяются при переходе из одной инерциальной системы S в другую S' движущуюся поступательно относительно S с постоянной скоростью V .»

3.2.2. Преобразование поворота относительно некоторой оси.

Поворот системы координат на произвольный угол φ не изменяет вида законов механики. Следствие изотропности пространства.

Пример. Преобразование координат при повороте системы координат относительно оси z на угол φ .



Законы механики не изменяются при переходе из одной инерциальной системы S в другую S' движущуюся поступательно относительно S с постоянной скоростью V .

4. Преобразования Галилея.

Основания нерелятивистской ($v \ll c$) кинематики.

1. Выполняется принцип относительности.
2. Ход часов не изменяется при переходе из одной инерциальной системы S в другую S' . Время абсолютно. $t = t'_1$

3. Продольные размеры тела не изменяются. Размер?

Для тела, покоящегося в собственной системе отсчета S' , продольный размер $l'_{12} = x'_1 - x'_2$. Измерение размеров движущегося тела $x_1(t)$, $x_2(t)$ - производится в один момент времени.

Следовательно:

$$x'_1 - x'_2 = x_1(t) - x_2(t)$$

Следствия 1-3.

- Одновременность событий в инерциальных системах S , S' . Два события одновременные в S одновременны и в S' . Одновременность абсолютна.
- Неизменность поперечных размеров движущегося тела.
Эксперимент с кольцами равных радиусов в собственной системе отсчета.
- Соотношение продольных координат.
Различие x , x' на величину пройденного системой S' пути. $t = t'_1$

$$x = x' + V \cdot t = x' + V \cdot t'$$

4.1 Преобразования Галилея координат.

Формальная запись. Переход $S' \rightarrow S$. $\{r', t'\} \in S' ; \{r, t\} \in S$.

$$r = r' + V \cdot t', t = t' ;$$

$$x = x' + V \cdot t', y = y', z = z', t = t' ;$$

Обратные преобразования. Переход $S \rightarrow S'$.

Замена $r \leftrightarrow r', t \leftrightarrow t', V \rightarrow -V$.

$$r' = r - V \cdot t, t' = t ;$$

$$x' = x - V \cdot t, y' = y, z' = z, t' = t ;$$

4.2 Преобразования Галилея скоростей.

Df. Скорость частицы в системе S : $v = dr / dt$;

В системе S' : $v' = dr' / dt'$.

Дифференцирование по времени $d / dt = d / dt'$.

Следовательно:

$$v_x = v'_x + V ; \quad v_y = v'_y ; \quad v_z = v'_z ; \quad V \parallel x .$$

В общем случае, при произвольном векторе V :

$$v = v' + V, \quad V = (V_x, V_y, V_z).$$

Обратные преобразования $S \rightarrow S'$ очевидны. Следует поменять знак скорости $V \rightarrow -V$, тогда: $v' = v - V$

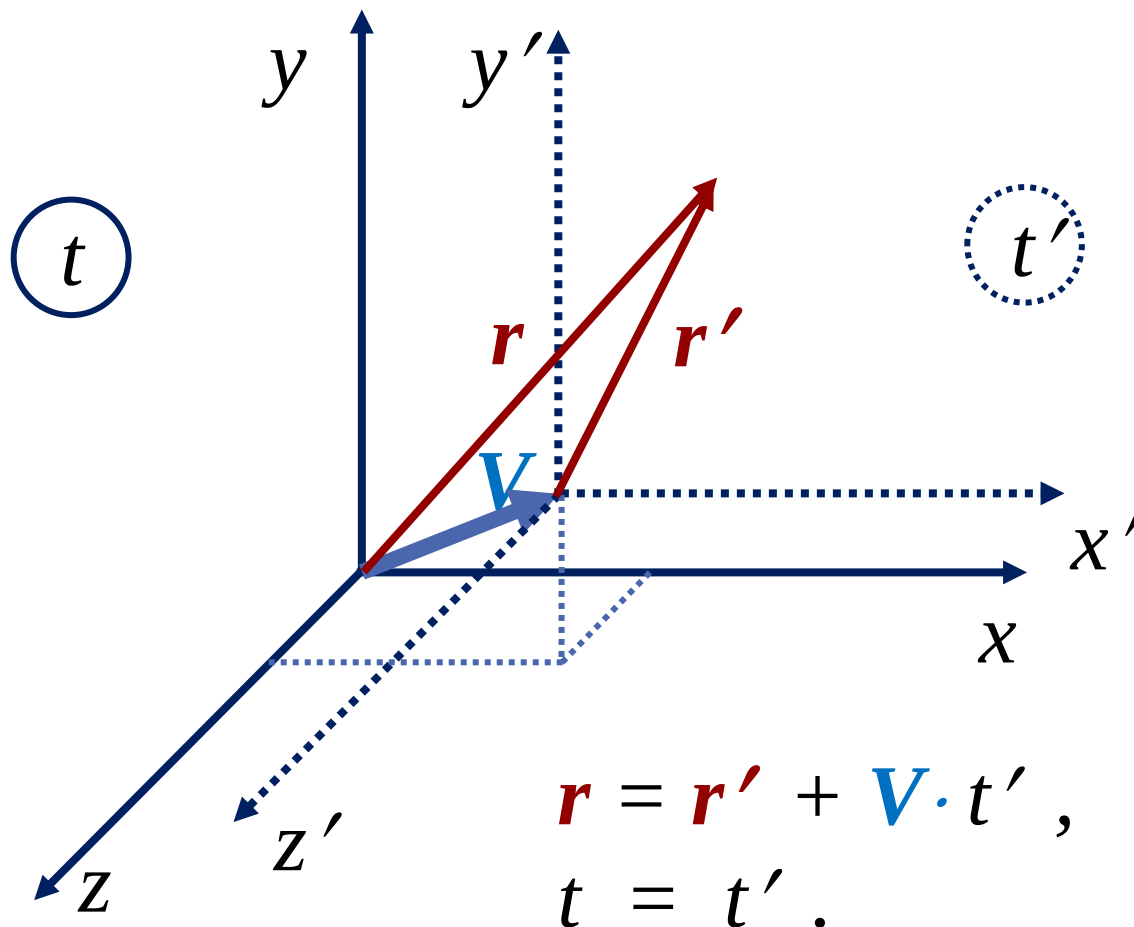
4.3 Преобразования Галилея ускорений.

Df. Ускорение частицы $\mathbf{a} = d\mathbf{v} / dt$; в системе S' : $\mathbf{a}' = d\mathbf{v}' / dt'$.

Учитывая $d / dt = d / dt'$ и постоянство вектора $\mathbf{V} = \text{const}$ получаем:

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}' . \quad (!)$$

Ускорение тела одинаково в любой инерциальной системе отсчета!



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

<http://phys.nsu.ru/fit>

<http://el.nsu.ru>