

## ЛЕКЦИЯ № 2

### 2. Законы динамики частицы

1687 г. – закон инерции Галилея:

– если на тело не действуют другие тела (свободное тело), то оно находится в покое или равномерно прямолинейно движется (по инерции).

Инерция – явление сохранения скорости телом после прекращения действия на него других тел.

Система отсчета, связанная со свободными телами, называется инерциальной (ИСО).

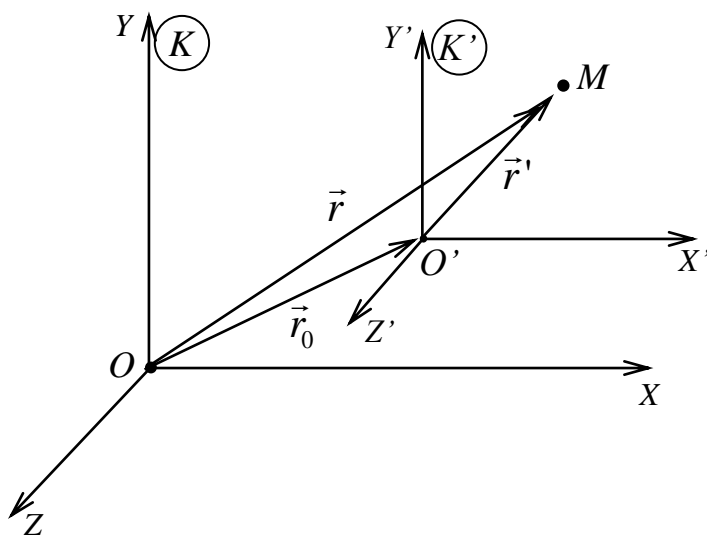
СО, связанная с Землей, – практически инерциальная.

Как выбрать удобную ИСО?

- 1) путем изменения начала отсчета времени (однородность времени);
- 2) путем параллельного переноса СО (однородность пространства);
- 3) путем изменения ориентации (поворота) координатных осей (изотропность пространства);
- 4) путем перехода к СО, движущейся с постоянной скоростью относительно ИСО ( $\vec{u} = const$ ).

Первые три способа выбора ИСО очевидны и следуют из однородности времени, однородности и изотропности пространства. А вот четвертый способ не очевиден...

Рассмотрим ИСО  $K$  и СО  $K'$ , движущуюся с  $\vec{u} = const$  относительно ИСО  $K$ .



Радиус-вектор частицы, находящейся в точке  $M$ , в СО  $K$  и  $K'$  связаны соотношением:

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{r}_0 \quad (2-1)$$

– преобразование Галилея.

В проекциях на координатные оси:

$$\begin{cases} x = x' + x_0 \\ y = y' + y_0 \\ z = z' + z_0 \\ t = t' \end{cases} \quad (2-1a)$$

Продифференцировав (2-1) по времени, получим:

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}}, \quad (2-2)$$

где  $\vec{v}$  – скорость частицы относительно ИСО  $K$ ;

$\vec{v}'$  – скорость той же частицы относительно СО  $K'$ ;

$\vec{u}$  – скорость движущейся СО  $K'$  относительно ИСО  $K$ .

(2-2) – теорема сложения скоростей в классической механике.

В проекциях на координатные оси уравнение (2-2) имеет вид:

$$Ox: v_x = v'_x + u_x.$$

Продифференцировав (2-2) по времени, получим:

$$\vec{a} = \vec{a}';$$

т. е., если в ИСО  $K$  частица покоится ( $\vec{a} = 0$ ), то и в СО  $K'$  она тоже будет покоиться ( $\vec{a}' = 0$ ), значит, система  $K'$  – ИСО!

$$m\vec{a} = m\vec{a}'.$$

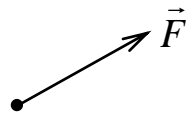
**Механический принцип относительности** Галилея: в любых ИСО все законы механики имеют одинаковый вид (в любой ИСО никакими опытами невозможно установить – ИСО покоится или движется по инерции...).

**Первый закон Ньютона** ( $\equiv$  закон инерции Галилея):

– в ИСО частица, на которую не действуют другие частицы или если их действия скомпенсированы, либо покоится, либо движется равномерно и прямолинейно, т. е. по инерции.

$$\text{Если } \vec{F} = 0 \text{ или } \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0, \text{ то} \\ \vec{v} = 0 \text{ или } \vec{v} = \text{const}, \vec{a} = 0.$$

**Сила**  $\vec{F}$  – количественная мера действия одной частицы на другую.



$$[F] = \text{Н (ньютон)}.$$

**Масса**  $m$  – количественная мера инертности частицы – **инертная масса**; и количественная мера гравитационного взаимодействия тел – **гравитационная масса**.

$$[m] = \text{кг}.$$

**Инертность** – свойство тел препятствовать изменению состояния движения при внешнем воздействии.

**Второй закон Ньютона:**

– в ИСО частица, на которую действует другая частица, движется с ускорением, прямо пропорциональным действующей силе и обратно пропорциональным массе (инертной) частицы:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (2-3)$$

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt},$$

т. к. в классической механике  $m = \text{const}$ ,

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}.$$

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (2-4)$$

– импульс (количество движения) частицы.

Тогда  $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad d\vec{p} = \vec{F}dt$

$\vec{F}dt$  – импульс силы.

Демонстрации: №1. Обрыв нити.

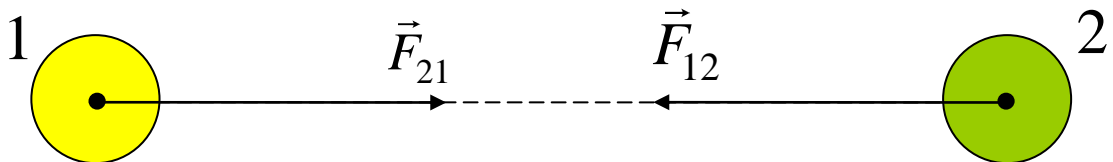
№2. Выбивание картонки.

№3. Емкость с водой.

**Третий закон Ньютона:**

– в ИСО сила, действующая со стороны одной частицы на другую, равна по величине и противоположна по направлению силе, с которой вторая частица действует на первую:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



$\vec{F}_{12}$  – сила, с которой частица 1 действует на частицу 2

$\vec{F}_{21}$  – сила, с которой частица 2 действует на частицу 1