

## Лекция 2. Силы и динамика движения

### 2.1. Законы сил

Э всего 4 фундаментальных взаимодействия – сильное, электро-магнитное, слабое и гравитационное, – остальные – их производные. Они вызывают изменение состояния субъекта – ускорение. Их силы:

гравитации  $F = km_1 m_2 / r^2$ , где  $m_{1,2}$  – грав. массы тел,

Кулона  $F = kq_1 q_2 / r^2$ ,  $q_{1,2}$  – эл. заряды тел,

упругости  $F = -k\Delta r$ , где,  $\Delta r$  – смещение из равновесия,

трения  $F = kR_n$ , где  $R_n$  – сила нормального давления,

сопротивления  $F = -kv$ , где  $v$  – скорость (малая)

движения относительно среды.

Здесь константа  $k$  своя для каждого типа силы,

$r$  – расстояние между телами.

В механике Ньютона тела взаимодействуют друг

с друг с равными, но противоположными силами –

3-й закон Ньютона.

### 2.4. Динамика вращательного движения

Движение относительно точки О:

$L_O = [r_O \cdot p]$  – момент импульса тела относительно точки О.

$\frac{d}{dt} L_O = [r_O \cdot F] = M_O$  – момент силы и уравнение моментов.

Моменты системы тел аddитивны. Для системы тел

$M = M_{вн}$  – сумма моментов внешних сил. Закон сохранения:

момент импульса замкнутой системы не изменяется.

Вращение относительно оси X:

$L_x = I_x p = m\rho \omega_x$  и  $\frac{d}{dt} L_x = b_x F = M_x$  – моменты импульса тела

и силы относительно оси X, с плечами импульса  $I_x$  и силы  $b_x$  относительно оси X, на расстоянии  $\rho$  от оси.

Для системы тел:  $L_x = \omega_x \sum m_i \rho_i^2 = \omega_x I_x$ ,

где  $I_x = \sum m_i \rho_i^2$  – момент инерции относительно оси X.  $\Rightarrow$

$I_x \beta_x = M_x$  – уравнение динамики вращения.

### 2.2. Уравнение динамики поступательного движения

Э инерциальные системы отсчёта – закон инерции.

Галилея-Ньютона, 1-й закон Ньютона, где ин.с.о. – такая с.о., в которой ускорение тела массы  $m$  обусловлено силой:

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$   
 $m \ddot{a} = F$  – уравнение динамики, 2-й закон Ньютона. Или:

$\frac{d}{dt} p = F$  – релятивистски инвариантное уравнение  
 $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$

динамики, где  $p = \gamma m v$  – импульс тела ( $\gamma = 1$  при  $V < < c$ ).

Все ин.с.о. эквивалентны: неразличимы по свойствам пространства и времени и законам механики, – принцип относительности Галилея. И обратно, законы механики инвариантны относительно преобразований координат и времени при переходе между ин.с.о.

В неинерциальной с.о. ускорение свободного тела  
 $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$   
обусловлено фиктивной силой инерции  $F_{ин} = -m \ddot{a}_{с.о.}$ :

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$   
 $m \ddot{a} = F_{ин}$ , где  $\ddot{a}_{с.о.}$  – ускорение с.о.

### 2.3. Импульс

Импульс системы тел:  $\vec{p} = \sum \vec{p}_i$  – аddитивен.

$\frac{d}{dt} \vec{p} = \sum \frac{d}{dt} \vec{p}_i = \sum \vec{F}_{ij} + \sum \vec{F}_{i\text{вн}} = \vec{F}_{вн}$  – закон динамики

системы тел, являющихся субъектами действия сил

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$   
внутренних ( $\vec{F}_{ij}$ :  $\sum \vec{F}_{ij} = 0$ ) и внешних ( $\vec{F}_{i\text{вн}}$ :  $\vec{F}_{вн} = \sum \vec{F}_{i\text{вн}}$ ).

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$   
 $\vec{p} = 0$  в с.о. центра инерции системы:  $\vec{r}_c = \sum m_i \vec{r}_i / \sum m_i$ .

Закон сохранения: импульс замкнутой системы не изменяется.  $\Rightarrow$  Принцип реактивного движения тела

$\rightarrow$   
массы  $M$ , частично отделяющейся непрерывно с  $v$ :

$M \frac{d}{dt} \vec{V} = -v \frac{d}{dt} M$  – уравнение Мещерского.