

Лекция 2. Силы и динамика движения

2.1. Законы сил

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

гравитации $F = km_1m_2/r^2$, где $m_{1,2}$ – грав. массы тел,

Кулона $F = kq_1q_2/r^2$, $q_{1,2}$ – эл. заряды тел,

упругости $F = -k\Delta r$, где Δr – 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 другом с равными, но противоположными силами – 3-й закон Ньютона.

2.4. Динамика вращательного движения

Движение относительно точки O :

$L_O = [r_O, p]$ – момент импульса тела относительно точки O .

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

Моменты системы тел аддитивны. Для системы тел

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

момент импульса *замкнутой* системы не изменяется.

Вращение относительно оси X :

$L_X = I p = m r^2 \omega$ и $\frac{d}{dt}L_X = b F = M_X$ – моменты импульса тела

и силы относительно оси X , с плечами импульса l_X и силы b_X относительно оси X , на расстоянии r от оси.

Для системы тел: $L_X = \omega_X \sum m_i r_i^2 = \omega_X I_X$,

где $I_X = \sum m_i r_i^2$ – момент инерции относительно оси X . ⇒

$I_X \beta_X = M_X$ – уравнение динамики вращения.

2.2. Уравнение динамики поступательного движения

∃ 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:

$m a = F$ – уравнение динамики, 2-й закон Ньютона. Или:

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

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

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

обусловлено фиктивной силой инерции $F_{ин} = -m a_{с.о.}$:

$m a = F_{ин}$, где $a_{с.о.}$ – ускорение с.о.

2.3. Импульс

Импульс системы тел: $p = \sum p_i$, – аддитивен.

$\frac{d}{dt}p = \sum \frac{d}{dt}p_i = \sum F_{ij} + \sum F_{i вн} = F_{вн}$ – закон динамики

системы тел, являющихся субъектами действия сил

внутренних ($F_{ij}; \sum F_{ij} = 0$) и внешних ($F_{i вн}; F_{вн} = \sum F_{i вн}$).

$p = 0$ в с.о. центра инерции системы: $r_c = \sum m_i r_i / \sum m_i$.

Закон сохранения: импульс *замкнутой* системы не изменяется. ⇒ Принцип реактивного движения тела

массы M , частично отделяющейся непрерывно с v :

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