

Лекция 3

16 сентября 2011 года



Законы динамики материальной точки

Тема №2: Законы динамики материальной точки. Импульсно-энергетический формализм

Содержание лекции 3:

Первый закон Ньютона, Инерциальные системы отсчета.
Второй закон Ньютона. Сила как количественная мера взаимодействия тел. Масса как количественная мера инертности тела. Принцип суперпозиции сил.
Единица силы в системе СИ, ее определение.
Примеры сил: гравитационная, кулоновская, упругости, трения, натяжения нити, реакции опоры.
Третий закон Ньютона, примеры его применения.
Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея для координат и скоростей.

- **ДИНАМИКА** – раздел **МЕХАНИКИ**, посвященный изучению движения материальных тел под действием приложенных к ним сил.

3.1. Первый закон Ньютона.

Инерциальные системы

отсчета

Инерциальной СО (ИСО) называется система отсчета, по отношению к которой ***материальная точка, свободная от внешних воздействий***, покоится или движется равномерно и прямолинейно.

Принцип относительности Галилея и преобразования Галилея

Механический принцип относительности
(принцип относительности Галилея):
**законы механики одинаковы во всех
ИСО.** Т.е. в разных ИСО все механические
процессы при одних и тех же условиях
протекают одинаково.

Галилей, Галилео

(1564–1642)



Выдающийся итальянский физик, механик и астроном, один из основателей естествознания Нового времени.

Дом Галилея, Пиза, Италия

Ньютон, Исаак (Newton) (1643-1727)



Выдающийся английский математик, механик, астроном и физик. Член (1672) и президент (с 1703) Лондонского королевского общества. Фундаментальные труды «Математические начала натуральной философии» (1687) и «Оптика» (1704).

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA

Autore J. S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5, 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostant Vera-
les apud Sam. Smith ad insignia Principis Walliæ in Cœmisterio
D. Pauli, a liosq; nonnullos Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII

Титульный лист
фундаментального труда
И. Ньютона «Математические
начала натуральной
философии» (1687)



Могила Ньютона.
Вестминстерское Аббатство

Первый закон Ньютона (закон инерции)

В качестве первого закона динамики Ньютон принял закон, установленный ранее еще Галилеем:

Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока воздействие со стороны других тел не заставит его изменить это состояние.

3.2. Второй закон Ньютона

МАССА

В КлМ **массой** называется физическая (положительная скалярная) величина, одна из основных характеристик материи, определяющая ее ***инерционные*** и ***гравитационные*** свойства.

Понятие **массы** было введено в Механику Ньютоном в определении *импульса* (количества движения) тела.

m - масса тела; $[m] = \text{кг}$.

Импульс тела пропорционален скорости свободного движения тела

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

\vec{p} - импульс тела; $[p] = \text{кг}\cdot\text{м}/\text{с} = \text{Н} \cdot \text{с}$.

МЕХАНИКА

Импульс тела

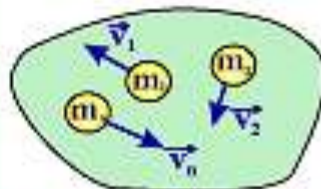
Импульс есть мера механического движения тел:

а) материальной точки



$$\vec{p} = m\vec{v}$$

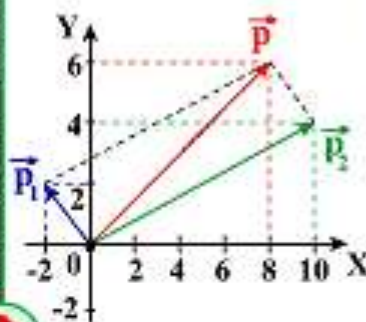
б) системы



$$\vec{p}_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n$$

Пример

Система состоит из двух тел $m_1 = 0,5 \text{ кг}$ и $m_2 = 2 \text{ кг}$, движущихся со скоростями: $\vec{v}_1 = -4\vec{i} + 4\vec{j} \text{ (м/с)}$, $\vec{v}_2 = 5\vec{i} + 2\vec{j} \text{ (м/с)}$.
Найти импульс систем, модуль импульса системы, проекцию импульса на ось x



$$\vec{p}_1 = m_1\vec{v}_1 = m_1(-4\vec{i} + 4\vec{j}) = -2\vec{i} + 2\vec{j}$$

$$\vec{p}_2 = m_2\vec{v}_2 = m_2(5\vec{i} + 2\vec{j}) = 10\vec{i} + 4\vec{j}$$

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \quad \vec{p} = 8\vec{i} + 6\vec{j}$$

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2} = 10, \quad p_x = 8 \quad \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}\right)$$

РГПУ «Рязань» Южно-Уральский государственный университет



Второй закон Ньютона (основное расчетное соотношение динамики)

Скорость изменения импульса тела равна
действующей на тело силе \vec{F} :

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad . \quad (3.3)$$

Ускорение M_T совпадает по направлению с действующей на нее силой и равно отношению этой силы к массе M_T :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (3.6)$$

Заметим, что не существует независимых способов определения величин m и F , входящих в эти уравнения.

- Согласно II закону Ньютона изменение импульса МТ равно импульсу действующей на нее силы:

$$d\vec{p} = \vec{F}dt \quad \text{и} \quad \Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt ,$$

(3.7)

где $\vec{p}_2 = \vec{p}(t_2)$ и $\vec{p}_1 = \vec{p}(t_1)$ - значения импульса МТ в конце ($t=t_2$) и в начале ($t=t_1$) рассматриваемого промежутка времени.

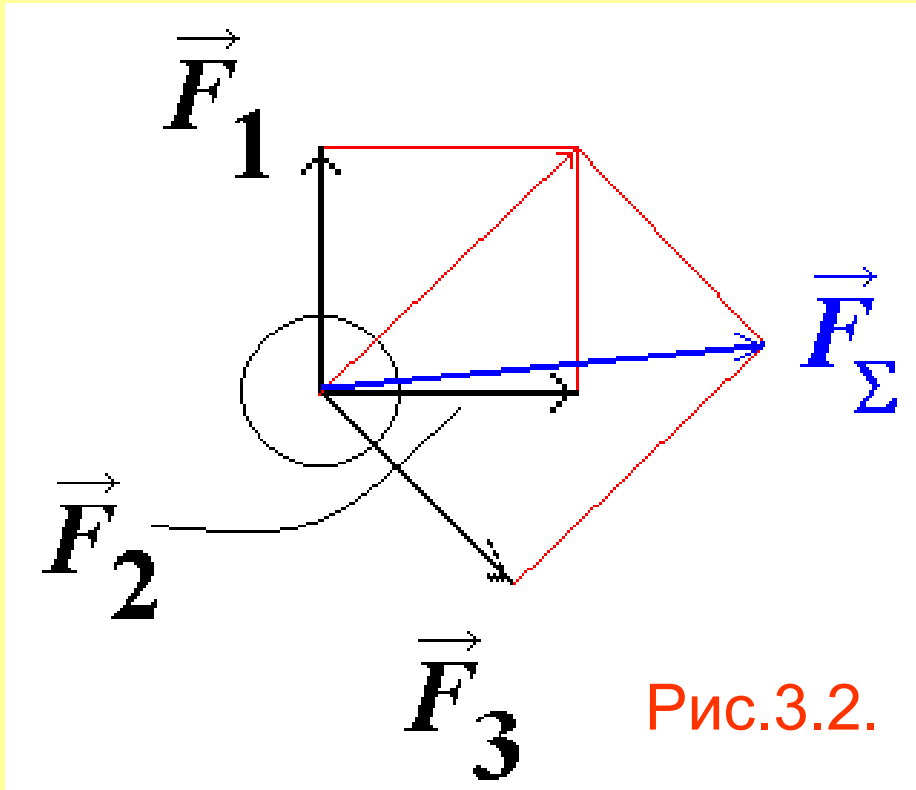
Пример

(для самостоятельного рассмотрения)

Найти изменение импульса тела, свободно брошенного под углом α к горизонту, за полное время его движения. Сопротивление воздуха не учитывать.

3.3. Принцип суперпозиции сил. Сила. Примеры сил

ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ



$$\begin{aligned}\vec{F}_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \\ &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n\end{aligned}\quad (3.8)$$

Примеры сил

- гравитационная,
- кулоновская,
- упругости,
- трения,
- натяжения нити,
- реакции опоры.

3.4. Третий закон Ньютона

Две МТ действуют друг на друга с силами, которые численно равны и направлены в противоположные стороны вдоль прямой, соединяющей эти точки:

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

(3.9)

Силы F_{12} и F_{21} приложены к разным МТ и могут взаимно уравновешиваться только в тех случаях, когда эти точки принадлежат одному и тому же АТТ.

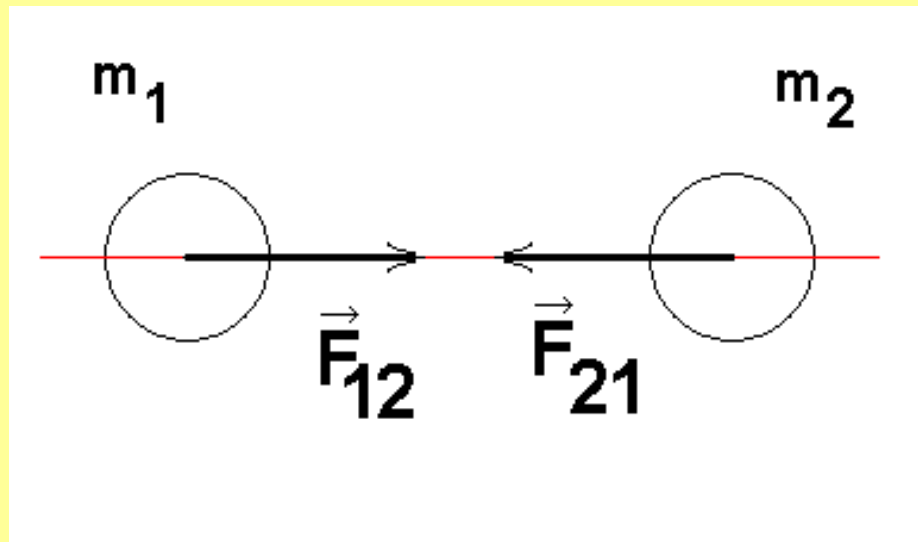
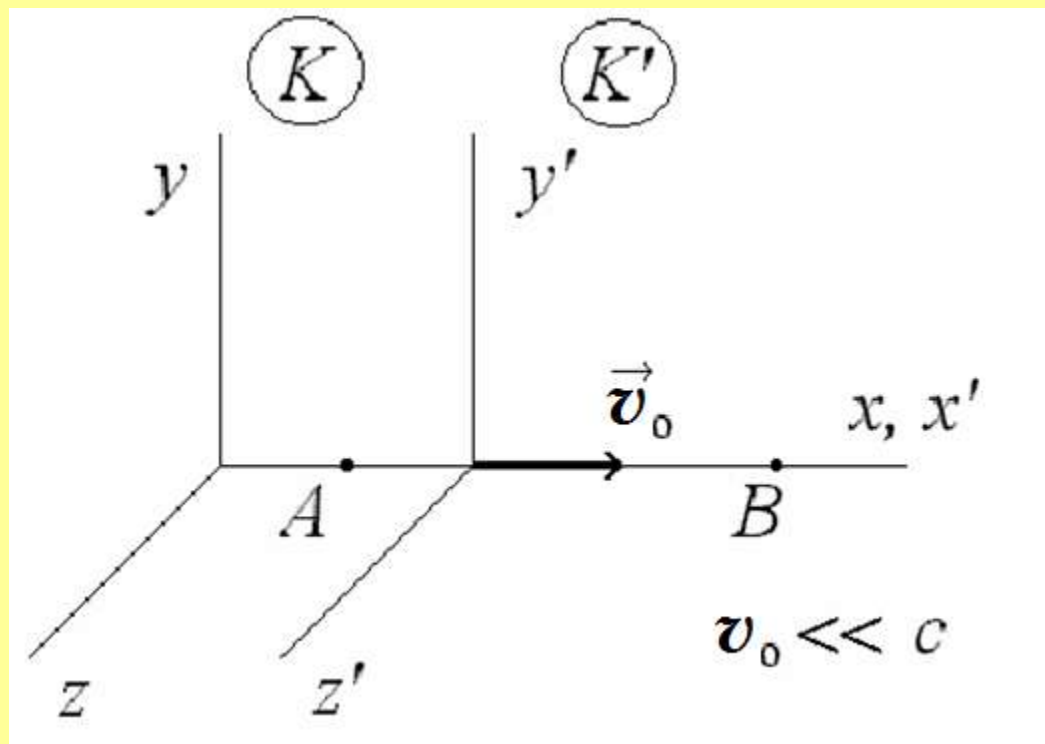


Рис.3.3.

3.5. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея

Преобразованиями Галилея

называются *преобразования координат и времени*, применяемые в КлМ при переходе от одной ИСО $K(x, y, z, t)$ к другой $K'(x', y', z', t')$, которая движется относительно первой системы отсчета поступательно с постоянной скоростью.



Принцип относительности Галилея и преобразования Галилея основываются на аксиомах об абсолютности промежутка времени и длин.

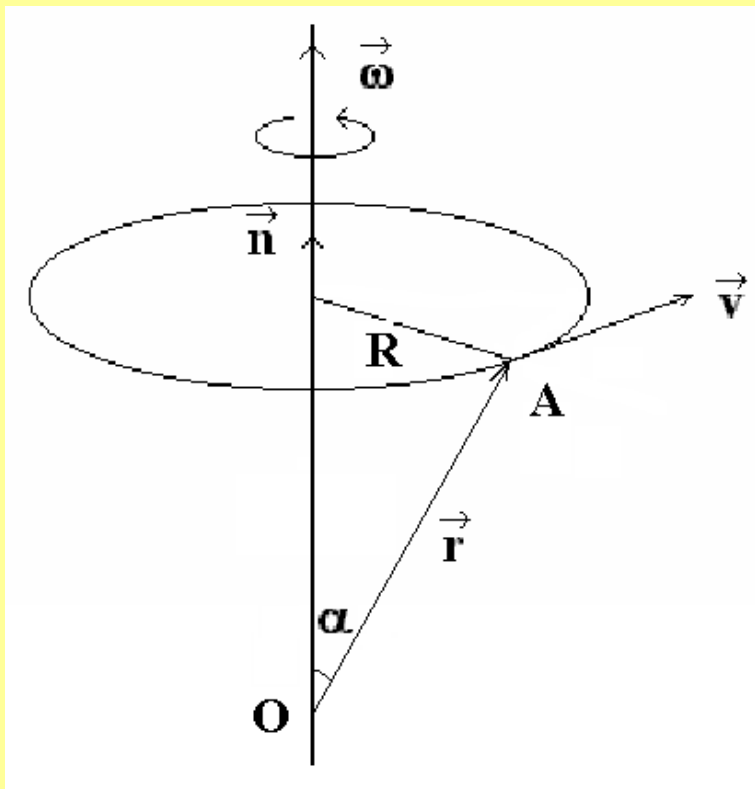
Первая аксиома утверждает, что ход времени (соответственно промежуток между двумя к.-л. событиями) одинаков во всех СО.

Согласно **второй аксиоме** размеры тела не зависят от скорости его движения относительно СО.

Преобразования Галилея ($K' \Rightarrow K$):

$$\left\{ \begin{array}{l} x = x' + v_0 t' \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{array} \right.$$

Повторение. Связь между линейной и угловой скоростью



$$\vec{v} = [\vec{r}, \vec{\omega}] \quad (*)$$

Иллюстрация к формуле (*).
Угол α - угол между первым и вторым вектором

ЛЕКЦИЯ 4

Импульс МТ. Импульс
системы МТ и АТТ

Дополнительные слайды

МЕХАНИКА

Сила тяжести. Вес тела

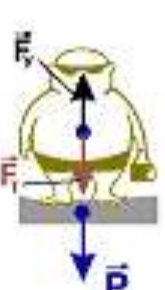
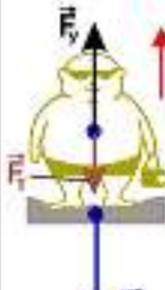
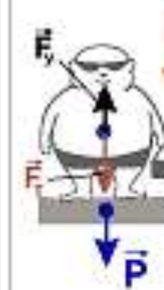
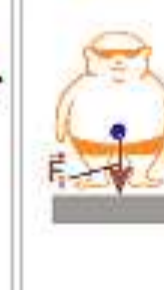
Сила тяжести сила притяжения, действующая со стороны Земли на все тела

$$\vec{F}_T = m\vec{g}$$

Вес тела (P) сила, с которой тело вследствие его притяжения к Земле действует на горизонтальную опору или подвес

\vec{F}_y

упругая сила, действующая на тело со стороны опоры (или подвеса)

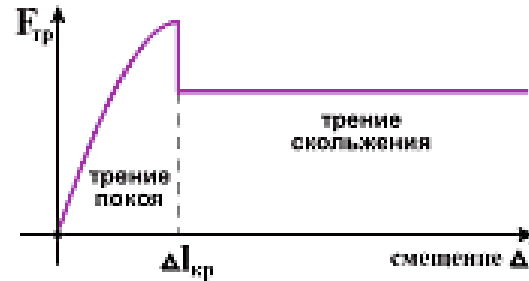
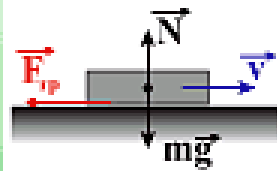
$a = 0$	$a > 0$	$0 < a < g$	$a > g$
			
$\vec{P} = -\vec{F}_y, \quad \vec{F}_y + m\vec{g} = m\vec{a}$			
$P = mg$	$P = m(g + a)$ перегрузка	$P = m(g - a)$	$P = 0$ невесомость



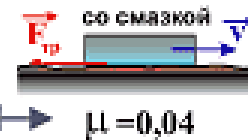
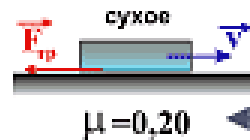
МЕХАНИКА

Сила трения

Сила трения есть сила сопротивления, возникающая в плоскости касания двух прижатых друг к другу тел при их относительном перемещении



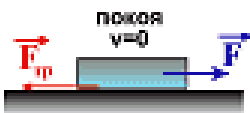
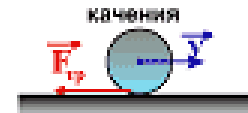
$$F_{тр} = \mu N$$



сталь по стали



$$\mu_{скольж.} > \mu_{кат.}$$



$$\mu_{покоя} > \mu_{скольж.}$$



Южно-Уральский государственный университет

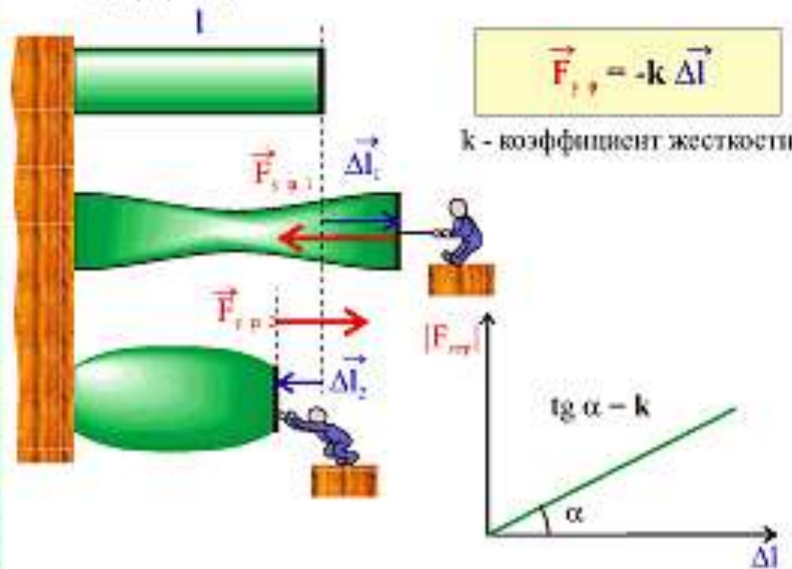
ФНПО «РесурсыРобот»



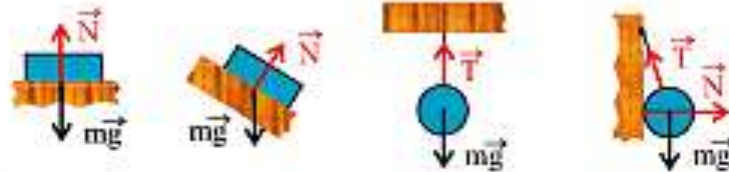
МЕХАНИКА

Упругая сила

Упругие силы - силы, возникающие при упругой деформации тел



Силу упругости, действующую на тело со стороны опоры или подвеса, называют реакцией опоры \vec{N} или натяжением подвеса \vec{T}



РФПО Рязанский государственный университет имени Уральского государственного университета



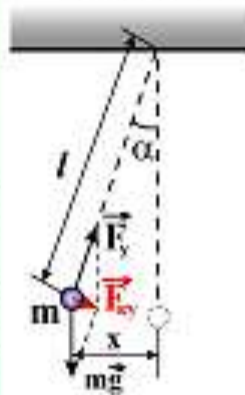
МЕХАНИКА

Квазиупругая сила

Квазиупругая сила - сила, изменяющаяся по закону упругой силы, но неупругая по своей природе

Пример 1:

сила, возвращающая маятник в положение равновесия



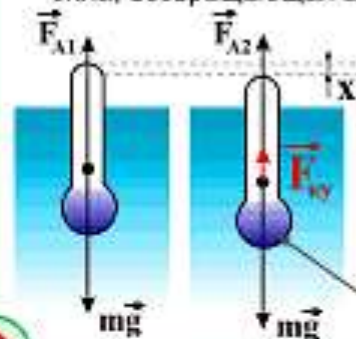
$$\vec{F}_{ky} = \vec{F}_y + m\vec{g}$$

при $x \ll l$ $F_{ky} = \frac{mg}{l}x$

$$F_{ky} = -k_1x \quad k_1 = \frac{mg}{l}$$

Пример 2:

сила, возвращающая ареометр в положение равновесия



$$\vec{F}_{A1} + m\vec{g} = 0$$

$$\vec{F}_{ky} = \vec{F}_{A2} + m\vec{g}$$

$$F_{A2} = F_{A1} + \rho gV = mg + \rho gSx$$

$$F_{ky} = -k_2x \quad k_2 = \rho gS$$

ареометр

РНИО Восточный Южно-Уральский государственный университет

