

Лекция 2

**Классическая механика.
Кинематика и динамика.
Законы сохранения.**

Механика макроскопических тел,
движущихся со скоростями, много
меньшими скорости света, называется
классической.

Пространство

носит абсолютный характер, являясь совершенно пустымместилищем физических тел, являясь мировой сценой, на которой разыгрываются физические процессы

- однородно — нет выделенных точек пространства;
- изотропно — в пространстве нет выделенных направлений;
- непрерывно — между двумя различными точками в пространстве, как близко бы они не находились, всегда есть третья;
- трехмерно — каждая точка пространства однозначно определяется набором трех действительных чисел — координат;

Время

Классическая механика рассматривает время - как нечто универсальное, независимое, то, относительно чего отсчитывают события и с помощью чего измеряют интервалы между событиями.

- абсолютно;
- непрерывно;
- равномерно.

Модели механики

✓ **Материальная точка** — обладающее массой тело, размерами, формой, вращением и внутренней структурой которого можно пренебречь в условиях исследуемой задачи.

✓ **Система материальных точек** — совокупность материальных точек, положения и движения которых взаимосвязаны

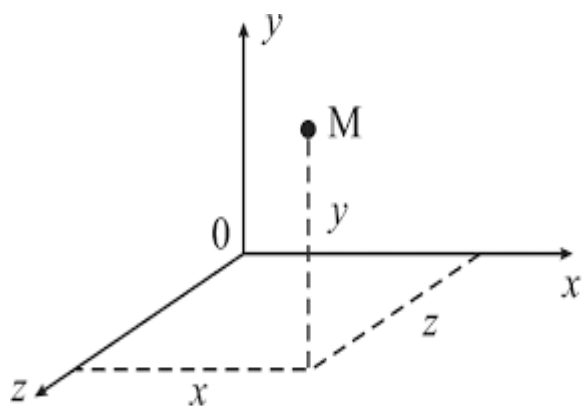
✓ **Абсолютно твёрдое тело** — совокупность точек, расстояния между которыми не изменяются, каким бы воздействиям данное тело в процессе движения ни подвергалось.

✓ **Сплошная среда** — среда, которую можно рассматривать как непрерывную, пренебрегая её дискретным атомно - молекулярным строением.

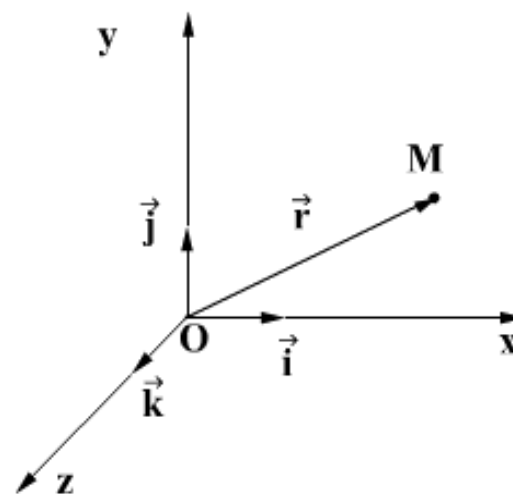
Кинематика материальной точки

Кинематика — раздел механики, изучающий движения идеализированных тел, без рассмотрения причин движения.

Пространство описывается геометрией Евклида.



$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$



$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

$$z = z(x, y)$$

Траектория — линия в пространстве, вдоль которой движется тело.

Скорость — векторная величина, характеризующая быстроту перемещения и направление движения материальной точки в пространстве относительно выбранной системы отсчёта.

Ускорение — векторная величина, показывающая, насколько изменяется вектор скорости точки (тела) при её движении за единицу времени.

Мгновенная скорость, мгновенное ускорение.

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}$$

Нормальное и тангенциальное ускорение

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

$$a_\tau = \frac{dV}{dt}$$

$$a_n = \frac{V^2}{R}$$

Виды движения

Прямолинейное равномерное

$$a_n = a_\tau = 0$$



$$V = const$$

$$x = Vt$$

Прямолинейное равнопеременное

$$a_n = 0 \quad a_\tau = a = const$$



$$V = V_0 + at$$

$$x = x_0 + V_0t + \frac{at^2}{2}$$

Равномерное движение по окружности

$$a_n = a = const$$

$$a_\tau = 0$$



$$V = const$$

$$R = const$$

Динамика материальной точки

Динамика — раздел механики, в котором изучаются причины возникновения механического движения.

Инерциальная система отсчета

Пусть материальная точка не взаимодействует с другими телами. Если относительно некой системы отсчета она движется прямолинейно и равномерно (по инерции), то такую систему называют инерциальной.

Первый закон Ньютона (закон инерции)

Существуют инерциальные системы отсчета, относительно которых материальная точка движется прямолинейно и равномерно или находится в состоянии покоя, до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние.

Масса – это физическая константа объекта (материальной точки или тела), которая является мерой его инертных и/или гравитационных свойств.

Свойства:

- ✓ масса аддитивна;
- ✓ масса не изменяется при движении;
- ✓ инертная масса тождественна гравитационной;

Сила - векторная мера механического взаимодействия тел, приводящего к изменению скорости и/или деформации тел.

Второй закон Ньютона (закон динамики)

В инерциальных системах ускорение, приобретаемое материальной точкой, прямо пропорционально вызывающей его силе, совпадает с ней по направлению и обратно пропорционально массе материальной точки.

$$\vec{a} = \vec{F} / m$$

Импульс (количество движения) — мера механического движения, представляет собой векторную величину, равную произведению массы материальной точки на её скорость и направленную так же, как вектор скорости.

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

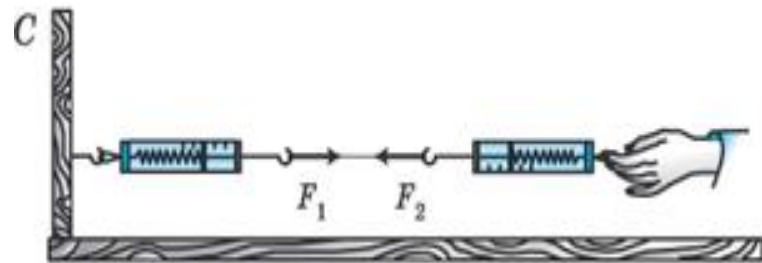
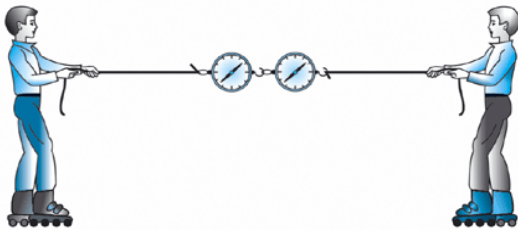
$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

Начальные условия

$$\vec{r}(0) = \vec{r}_0 \quad \vec{V}(0) = \vec{V}_0$$

Третий закон Ньютона

Силы, с которыми материальные точки взаимодействуют друг с другом, направлены вдоль прямой, соединяющей эти точки, равны по модулю и противоположны по направлению. Эти силы являются силами одной природы.



Принцип независимости действия сил

Если на материальную точку действует несколько сил, то каждая из этих сил сообщает материальной точке ускорение согласно второму закону Ньютона, как будто другие силы отсутствуют. Векторная сумма этих ускорений есть ускорение, с которым движется материальная точка.

Виды сил

✓ Сила тяжести

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

✓ Силу упругости

$$F = -kx$$

✓ Сила трения скольжения

$$F = \mu N$$

✓ Сила трения качения

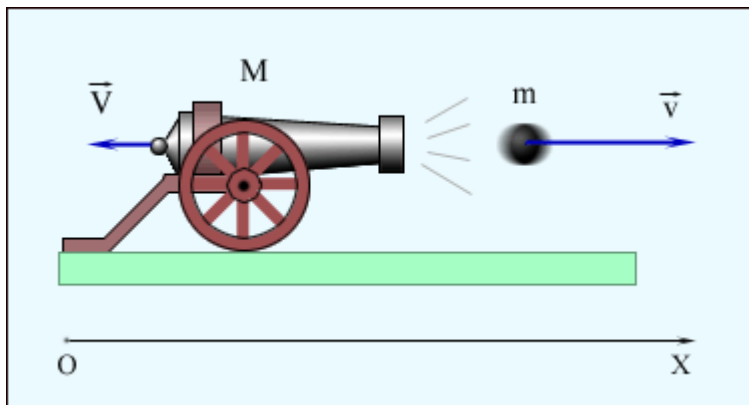
$$F = \mu_k N/r$$

✓ Сила сопротивления

$$F = -kv$$

Закон сохранения импульса

Если векторная сумма внешних сил, действующих на систему, равна нулю, то импульс системы не меняется со временем.



$$\vec{P} = \sum_{i=1}^N m_i \vec{V}_i$$

$$\vec{P} = \text{const}$$

Закон сохранения импульса соответствует однородности пространства

Центр масс (инерции)

$$\vec{r}_c = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i}{m} \qquad m = \sum_{i=1}^N m_i$$

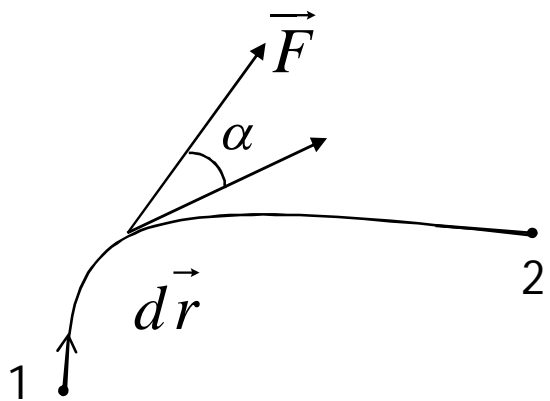
Система центра инерции

Центр инерции (масс) движется как материальная точка, в которой сосредоточена вся масса системы

$$m \frac{d\vec{V}_c}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

Если система замкнута, то полный импульс системы центра инерции всегда равен нулю.

Работа силы



$$dA = (\vec{F}, d\vec{r}) \quad \text{элементарная работа}$$

$$A = \int_1^2 (\vec{F}, d\vec{r})$$

Мощность – скорость совершения работы

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{(\vec{F}, d\vec{r})}{dt} = \left(\vec{F}, \frac{d\vec{r}}{dt} \right) = (\vec{F}, \vec{V})$$

Кинетическая энергия

Кинетическая энергия – энергия механического движения

$$T = \frac{mV^2}{2}$$

$$T > 0$$

Силовые поля

Если на частицу в каждой точке пространства действует сила, то можно ввести в рассмотрение понятие поле силы

$$\vec{F} = \vec{F}(\vec{r}, t)$$

Стационарное поле

$$\vec{F} = \vec{F}(\vec{r})$$

Однородное поле

$$\vec{F} = \vec{F}(\vec{r}) = \text{const}$$

Поля, в которых работа силы не зависит от траектории, называются потенциальными.

В потенциальных полях работа сил на любом замкнутом контуре равна нулю

$$\oint dA = 0$$

Силы, поля которых потенциальны, называются консервативными. В противном случае силы называются диссипативными.

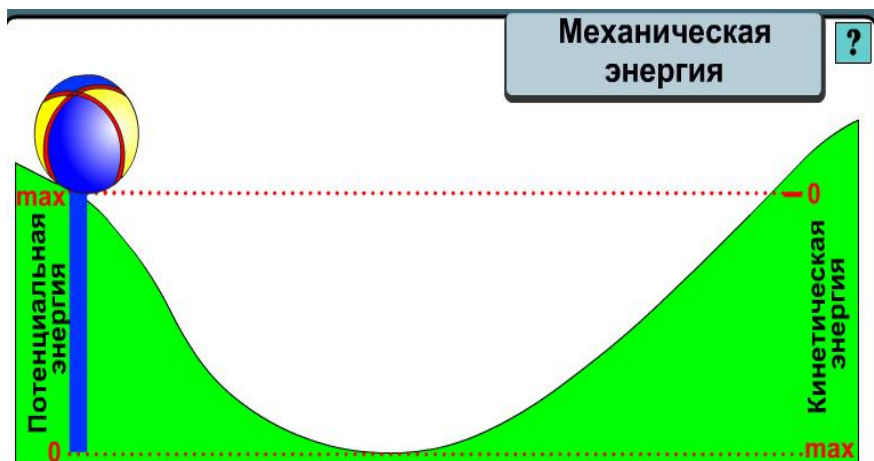
Потенциальная энергия

Потенциальная энергия - механическая энергия системы тел, которая определяется характером сил взаимодействия между ними и их взаимным расположением.

$$U = -\int dA = -\int (\vec{F}, d\vec{r})$$

Работа сил поля при перемещении частицы равна убыли потенциальной энергии.

Закон сохранения энергии



Полная механическая энергия консервативной системы остаётся постоянной.

$$T + U = const$$

Закон сохранения энергии — в изолированной физической системе энергия сохраняется с течением времени.

С фундаментальной точки зрения, закон сохранения энергии является следствием однородности времени.

Удар

взаимодействие движущихся тел, временем которого можно пренебречь.

- ✓ абсолютно упругий;
- ✓ неупругий;
- ✓ абсолютно неупругий.

Абсолютно упругий удар – столкновение двух тел, в результате которого во взаимодействующих телах не остается деформаций, а суммарная кинетическая энергия не меняется.

Выполняется закон сохранения энергии и импульса.

Абсолютно неупругий удар – столкновение двух тел, после которого они движутся совместно.

Выполняется закон сохранения импульса.