

# Лекция 4

1. Динамика поступательного движения.  
Критерии:  $S$ ,  $V$ ,  $a$ ,  $t$ ,  $m$ ,  $p$  (импульс),  $F$ .
2. Закон сохранения импульса. Основной закон динамики поступательного движения.
3. Законы Ньютона – Частные случаи закона сохранения импульса.
4. Виды сил в механике: гравитационные силы (сила всемирного тяготения, вес тела, сила тяжести), силы трения (сила трения покоя, скольжения, качения, силы сопротивления при движении в жидкостях и газах)
5. Законы сохранения импульса и энергии.  
Основные законы механики

- 1. **Динамика** – изучение движения с выяснением его причин.

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

- импульс (количество движения) материальной точки (частицы),  $m$  – масса частицы,  $v$  – скорость частицы.

Масса – мера инертности тела.

- 2. **Закон сохранения импульса:** в замкнутой системе суммарный импульс – величина постоянная.

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$$

закон сохранения импульса для замкнутой системы, где  $n$  – число частиц (или тел), входящих в систему.

- Формулы на основе закона сохранения импульса:

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}, \quad y_c = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}, \quad z_c = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i}$$

координаты центра масс системы частиц, где  $m_i$  – масса  $i$ -ой частицы,  $x_i, y_i, z_i$  – ее координаты.

$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{F}_p$$

- уравнение движения тела переменной массы (уравнение Мещерского), где реактивная сила

$$\vec{F}_p = -\vec{u} \frac{dm}{dt}$$

$m$  – масса ракеты.

$$v = u \ln \frac{m_0}{m}$$

- формула Циолковского для определения скорости ракеты,  $m_0$  – начальная массы ракеты.

- **Первый закон Ньютона** гласит, что **замкнутая система** *продолжает оставаться в состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения*. По сути, этот закон постулирует инертность тел. Это может казаться очевидным сейчас, но это не было очевидно на заре исследований природы. Так, например, Аристотель утверждал, что причиной всякого движения является сила, т. е. у него не было движения по инерции.
- На что на самом деле влияет сила, диктует **второй закон Ньютона**: *сила, действующая на систему извне, приводит к ускорению системы*  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ . Заметим, что если система замкнута, то на неё не действует никаких сил, следовательно, по второму закону Ньютона, её ускорение нуль, а значит, она может двигаться только с постоянной скоростью. Таким образом, первый закон Ньютона является частным случаем второго.

- **Третий закон Ньютона** объясняет, что происходит с двумя взаимодействующими телами. Возьмём для примера замкнутую систему, состоящую из двух тел. Первое тело может действовать на второе с некоторой силой  $\mathbf{F}_{12}$ , а второе — на первое с силой  $\mathbf{F}_{21}$ . Как соотносятся силы? Третий закон Ньютона утверждает: сила действия равна по модулю и противоположна по направлению силе противодействия,  $\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12}$ . Подчеркнём, что эти силы приложены к разным системам, а потому вовсе не компенсируются.
- Из законов Ньютона сразу же следуют некоторые интересные выводы. Так, третий закон Ньютона говорит, что как бы тела ни взаимодействовали, они не могут изменить свой суммарный импульс: возникает **закон сохранения импульса**. Далее, оказывается, что многие силы вокруг нас (в частности, поле сил гравитации) обладают свойством потенциальности: работа внешних сил по переносу тела из одной точки в другую не зависит от конкретного пути (на языке математики: ротор силового поля тождественно равен нулю). В этом случае силу (векторную величину) можно представить как градиент некоторой скалярной величины — **потенциала**. Для того чтобы третий закон Ньютона автоматически выполнялся, надо потребовать, чтобы потенциал взаимодействия двух тел зависел только от модуля разности координат этих тел  $U(|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|)$ . Тогда возникает **закон сохранения суммарной механической энергии** взаимодействующих тел:

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + U(|r_1 - r_2|) = const.$$

# Гравитационное взаимодействие

- Гравитационное взаимодействие — одно из четырёх фундаментальных взаимодействий в нашем мире. В рамках классической механики гравитационное взаимодействие описывается **законом всемирного тяготения** Ньютона, который гласит, что сила гравитационного притяжения между двумя телами массы  $m_1$  и  $m_2$ , разделённых расстоянием  $R$  есть

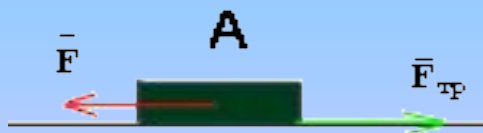
$$F = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

- Здесь  $G$  — гравитационная постоянная, равная  $6.673(10) \cdot 10^{-11} \text{ с}^2$ ). Знак минус означает, что сила, действующая на тело, всегда противоположна по направлению радиус-вектору, направленному на тело, т. е. гравитационное взаимодействие приводит всегда к притяжению любых тел.
- Сила тяжести - сила, с которой тело притягивается к Земле. По закону всемирного тяготения на поверхности Земли на тело массой  $m$  действует сила тяжести, равная

$$F = G \frac{M m}{R^2}$$

- где  $M$  - масса земли,  
 $R$  - радиус Земли.

- Силы трения возникают в плоскости соприкосновения тел и препятствуют их относительному движению. Причинами сил трения являются неровности поверхности и силы межмолекулярного взаимодействия. Трение играет как полезную, так и вредную роль.
- Трение покоя возникает при попытках вызвать движение одного тела по поверхности другого. Пусть на некое тело **A**, находящееся на поверхности, действует внешняя сила **F**, направленная параллельно плоскости соприкосновения. Сила **F** такова, что не может привести тело в движение. Следовательно, на тело действует равная ей по величине и противоположная по направлению сила трения покоя. Если возрастает внешняя сила **F**, то возрастает и сила трения покоя. Всегда  $F_{\text{тр. покоя}} = -F$ , но имеет предельное максимальное значение, равное  $F_{\text{тр. макс}} = \mu \cdot N$  (скалярное равенство), где  $\mu$  - коэффициент трения, зависящий от материала и состояния поверхностей, **N** - сила нормального давления тела на опору, равная силе реакции опоры.





- Трение скольжения возникает при скольжении одного тела по поверхности другого. Сила трения скольжения равна максимальной силе трения покоя  $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$ . Она всегда направлена параллельно плоскости соприкосновения тел в сторону, противоположную возможному относительному перемещению тел.

- Сила трения качения

Сила трения качения - сила трения, возникающая при качении одного тела по поверхности другого тела.

- Сила Архимеда

На тело погруженное в жидкость или газ действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости

- $$F_A = m_{\text{ж}} \cdot g = \rho_{\text{ж}} \cdot V_{\text{ж}} \cdot g$$
где  $\rho_{\text{ж}}$  - плотность жидкости,

- $V_{\text{ж}}$  - объем вытесненной жидкости (который равен объему погруженной части тела),  
 $g$  - ускорение свободного падения
- Архимедова сила направлена противоположно силе тяжести, поэтому вес тела в жидкости или газе оказывается меньше веса, измеренного в вакууме.

- Условия плавания тел:
- Если модуль силы тяжести равен модулю силы Архимеда, то тело плавает на любой глубине.
- Если сила тяжести по модулю больше силы Архимеда, то тело тонет.
- Если сила тяжести по модулю меньше силы Архимеда, то тело всплывает.

