
Лекции по физике. Механика

Динамика. Силы

Законы Ньютона

- **Динамика** изучает движение тел в связи с вызывающими его причинами
- В основе классической механики лежат **три закона динамики**, сформулированных Ньютоном.
- **Законы Ньютона** возникли в результате обобщения большого количества опытных фактов. Их правильность подтверждается согласием с опытом вытекающих из законов Ньютона следствий

Законы Ньютона

- **Первый закон Ньютона:** Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока взаимодействие с другими телами не заставит его изменить это состояние
- Первый закон Ньютона выполняется не во всяких системах отсчёта, а только в инерциальных
- **Инерциальной** называется такая система отсчёта, в которой выполняется первый закон Ньютона

Законы Ньютона

- **Классический принцип относительности:** во всех инерциальных системах отсчёта все механические явления протекают одинаково при одинаковых начальных условиях

сохранение
равномерного
прямолинейного
движения

Законы Ньютона

- **Масса** – это мера инертности тела. Она характеризует способность тела изменять скорость под действием силы
- Масса тела зависит от его природы, размеров и формы:

$$M = \rho V$$

- ρ - **плотность вещества**, [кг/м³], V - **объём**

инертность

Законы Ньютона

- Назовём **импульсом тела** величину

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

- **Второй закон Ньютона: Скорость изменения импульса тела равна действующей на него силе:**

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad (2)$$

Законы Ньютона

- Уравнение (2) называется **уравнением движения** тела. В нерелятивистской механике оно принимает вид:

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

второй закон Ньютона

Законы Ньютона

- Экспериментально установлено, что для двух взаимодействующих тел:

$$-\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

независимо от способа и интенсивности взаимодействия

Законы Ньютона

- **Третий закон Ньютона:** Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению:

$$\vec{F}_{12} = {}^{(5)}-\vec{F}_{21}$$

- Этот закон выполняется не всегда

третий закон Ньютона

СИЛЫ

- Существуют 4 типа **фундаментальных взаимодействий**:
 - Гравитационное
 - Электромагнитное
 - Сильное (ядерное)
 - Слабое
- В механике основную роль играют гравитационное и электромагнитное взаимодействия
- Проявлением электромагнитного взаимодействия являются силы упругости и силы трения

СИЛЫ

Центральные и
нецентральные

Консервативные и
неконсервативные

← СИЛЫ →

Однородные и
неоднородные

Стационарные и
нестационарные

движение под
действием силы

Гравитационное взаимодействие

- **Гравитационное взаимодействие** описывается формулой:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

где m_1 и m_2 – массы взаимодействующих тел, r – расстояние между ними, $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – **гравитационная постоянная**

- Гравитационное взаимодействие имеет характер сил притяжения, направленных вдоль линии, соединяющей тела

Гравитационное взаимодействие

- Гравитационное взаимодействие между телом и Землёй описывается **силой тяжести**:

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

- **Вес тела** – это сила, с которой тело действует на опору или подвес:

$$\vec{G} = \vec{P}$$

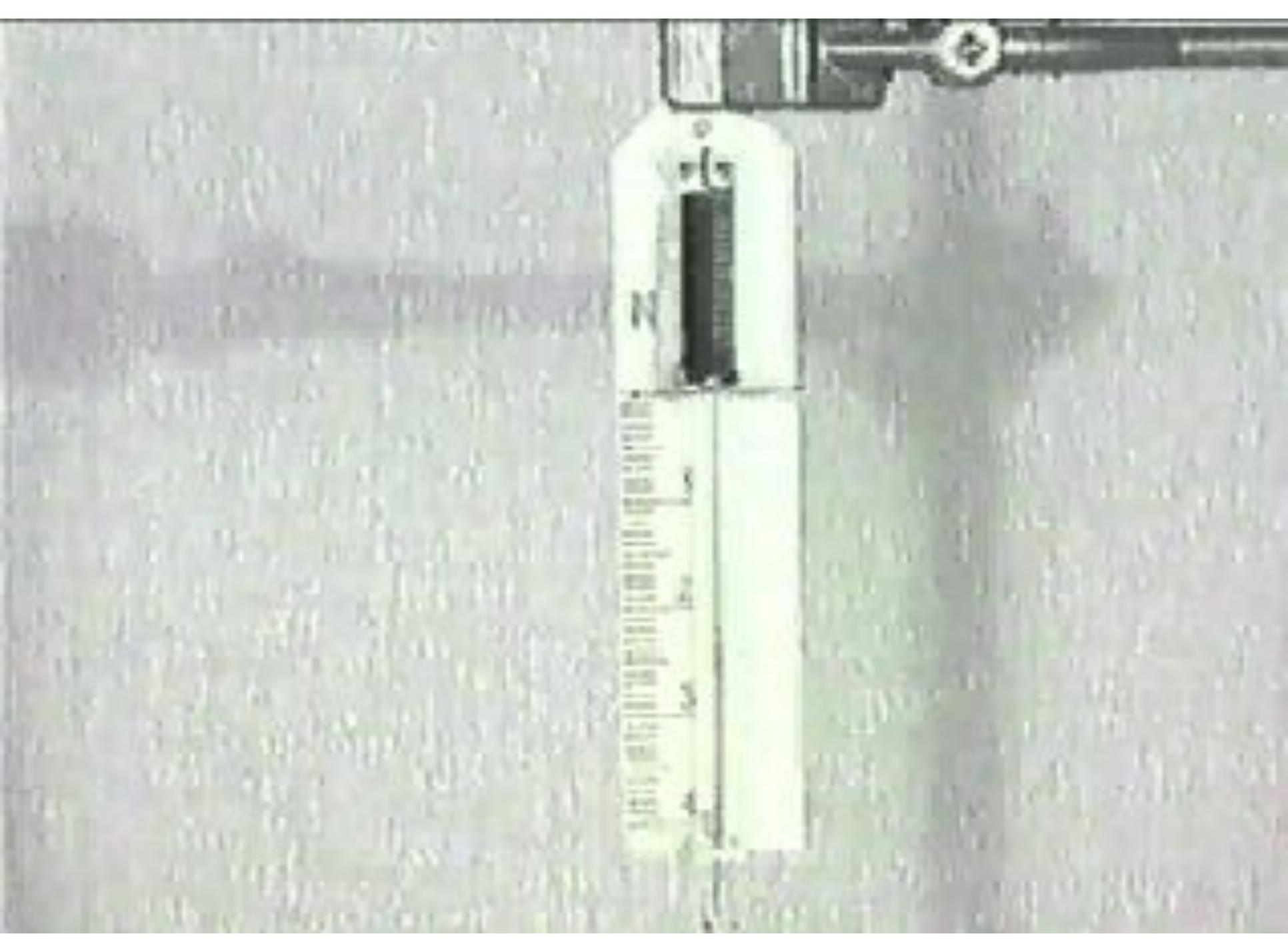
- Вес тела и сила тяжести одинаковы по модулю и направлению, но приложены к разным телам

Упругие силы

- При воздействии силы на тело происходит изменение его формы (**деформация**)
- При малых деформациях твёрдых тел выполняется **закон Гука**:

$$\vec{F} = -k\Delta\vec{x}$$

где k – **коэффициент жёсткости**, Δx – деформация, F – сила, действующая со стороны деформирующегося тела



Упругие силы

- Коэффициент упругости зависит от материала и формы тела
- В случае растяжения/сжатия можно ввести **относительное удлинение**:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

где Δl - удлинение тела, l_0 – его длина в равновесии. Тогда можно записать:

$$F = -k'\varepsilon$$

где F – проекция силы, а k' не зависит от l_0

Упругие силы

- Установлено, что:

$$\varepsilon = \alpha \frac{F}{S}$$

где α - коэффициент пропорциональности, S – площадь сечения

- Отношение F/S называют напряжением. Различают **нормальное σ** и **тангенциальное τ** напряжения

Упругие силы

- С учётом введённых обозначений закон Гука можно записать в виде:

$$\varepsilon = (8) \frac{\sigma}{E}$$

где **модуль Юнга** E ($\text{Па}=\text{Н}/\text{м}^2$) характеризует упругие свойства материала. Формула (8) является более универсальной, чем (9)

Упругие силы

- В случае однородного стержня величины k и E связаны соотношением:

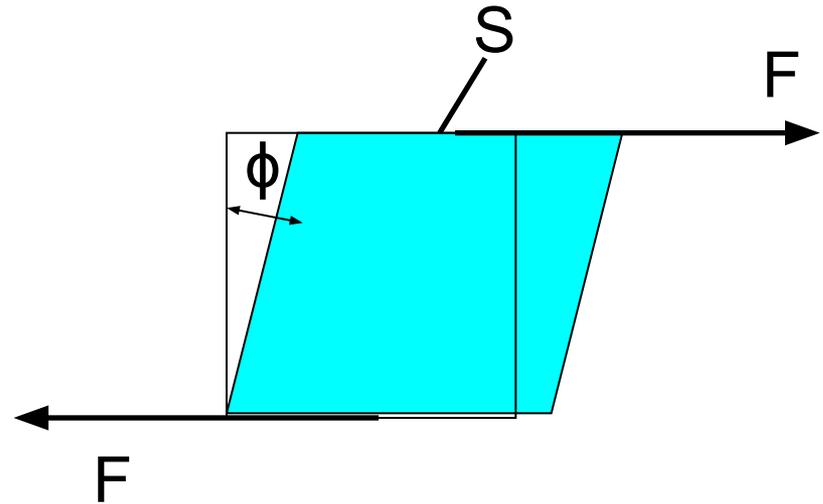
$$k = \frac{ES}{l_0}$$

Упругие силы

- Характеристикой деформации сдвига является тангенс угла сдвига $\gamma = \text{tg}\phi$
- В этом случае закон Гука принимает вид:

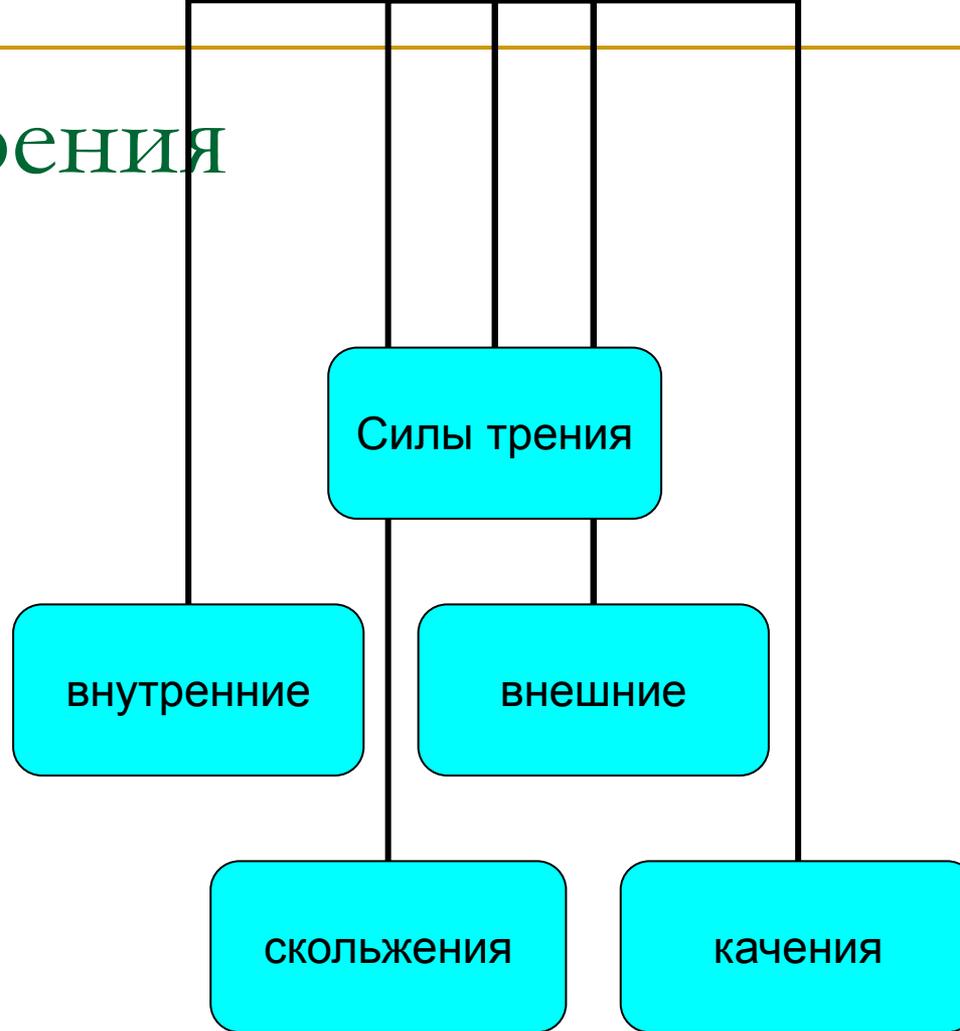
$$\gamma = \frac{1}{G} \tau$$

где G – **модуль сдвига** зависит от материала



деформации

Силы трения



Силы трения

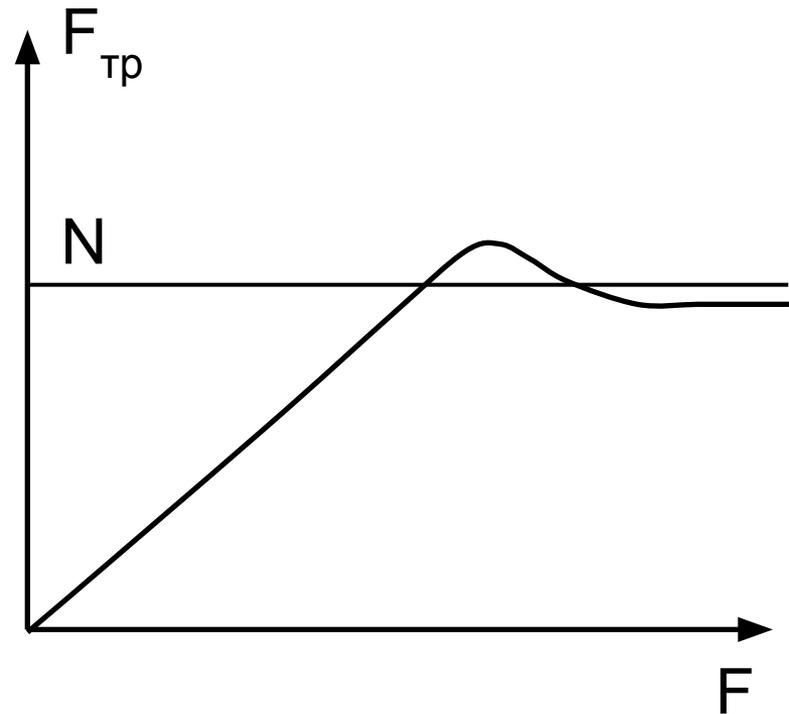
- Сила **вязкого трения** зависит от скорости движения. Кроме неё есть ещё **сила сопротивления среды**. Их можно представить как одну силу (трения). При малых скоростях движения она пропорциональна скорости движения
- **Сила трения покоя** равна действующей силе

Силы трения

- **Сила трения скольжения** зависит от скорости движения

$$F_{\text{тр. макс.}} = kN$$

где k – коэффициент трения (покоя/скольжения), N – сила нормального давления



силы трения

КОНЕЦ ЛЕКЦИИ
