

Лекция 2

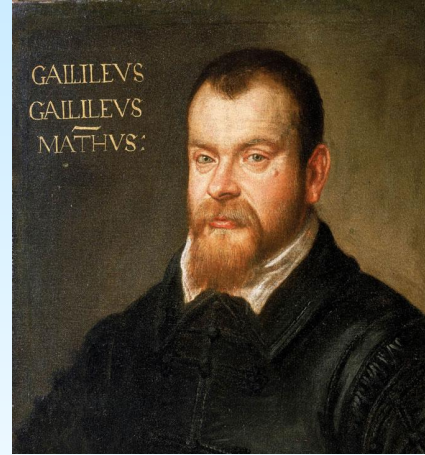
1. Механика

1.2. Динамика

Динамика поступательного движения. Инерциальные системы отсчета и первый закон Ньютона. Второй закон Ньютона. Масса, импульс, сила. Уравнение движения материальной точки. Третий закон Ньютона и закон сохранения импульса. Закон всемирного тяготения. Силы упругости и трения.

Взаимодействие тел

Взаимодействием тел называется такое воздействие (влияние) тел друг на друга, в результате которого происходит изменение либо скорости тела, либо его формы и размера.



Галилео
ди Винченцо
Бонайути
де Галилей
1564-1642

Свободно движущееся тело

Свободно движущимся называется тело, не взаимодействующее с другими телами.

Инерциальная система отсчета

Системы отсчета, связанные со свободно двигающимися телами, называются инерциальными.

Любая система отсчета, двигающаяся равномерно и прямолинейно относительно инерциальной, сама также является инерциальной.

Принцип относительности Галилея

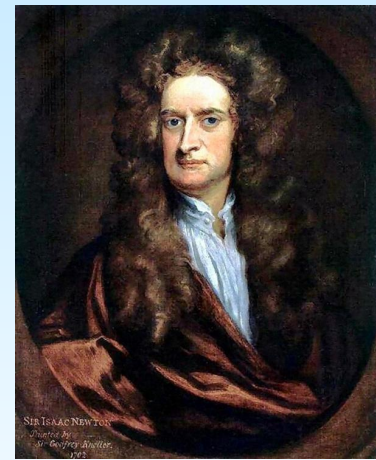
Во всех инерциальных системах отсчета все физические явления протекают одинаково.

Первый закон Ньютона (закон инерции)

В инерциальной системе отсчета всякое свободное тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока внешнее воздействие со стороны других тел не заставит его изменить это состояние.

Инерция тела

Способность свободного тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется инерцией.



Исаак
Ньютон
1642-1727

Сила

Силой называют векторную физическую величину, характеризующую воздействие одного тела на другое, в результате которого тело деформируется или приобретает ускорение.

Сила характеризуется тремя признаками: 1) величиной; 2) направлением; 3) точкой приложения силы.



Инертность тела

Способность тела приобретать ускорение под действием приложенной к нему силы называется инертностью.

Масса тела

Массой называют скалярную физическую величину, характеризующую инертность тела, т.е. его способность приобретает ускорение под воздействием силы.



Равнодействующая сил

Сумма (векторная) всех сил, действующих на тело, называется равнодействующей сил.

Второй закон Ньютона (закон инертности)

Ускорение, приобретаемое телом относительно инерциальной системы отсчета, прямо пропорционально результирующей всех сил, действующих на тело, направлено в ее сторону, и обратно пропорционально массе тела.

Это основное уравнение динамики
поступательного движения.

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

Импульс тела (количество движения)

Импульсом тела называется векторная физическая величина, характеризующая способность механического движения передаваться от одного тела к другому, численно равная произведению массы на его скорость и совпадающая по направлению с направлением скорости.

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

Единицы силы и импульса

За единицу силы 1 Н в системе СИ принимают ньютон — такую силу, под воздействием которой тело массой 1 кг приобретает ускорение 1 м/сек².

За единицу импульса тела 1 (кг · м/сек) принят импульс тела массой 1 кг, движущегося со скоростью 1 м/сек.

Общая формулировка 2 закона Ньютона

Скорость изменения импульса тела по величине и направлению равна равнодействующей всех сил, действующих на тело.

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Импульс силы

Импульсом силы называется векторная физическая величина, численно равная произведению силы на время ее действия и совпадающая по направлению с направлением силы.

$$\vec{F} \cdot dt = d(m \cdot \vec{v})$$

Другая общая формулировка 2 закона Ньютона

Изменение импульса тела равно импульсу действующей на него силы.

Сила

Силой называют векторную физическую величину, характеризующую процесс передачи механического движения от одного тела к другому, и численно равную импульсу, передаваемому в единицу времени.

Третий закон Ньютона

Силы, с которыми взаимодействуют два тела, равны по величине и противоположны по направлению.

Действие равно противодействию.

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

$$m_1 \cdot \vec{a}_1 = -m_2 \cdot \vec{a}_2$$

Взаимодействие двух тел

Ускорения взаимодействующих тел обратно пропорциональны их массам и направлены в разные стороны.

Замкнутая система тел

Замкнутой называется система, на которую не действуют внешние силы. Замкнутая система — это совокупность тел, взаимодействующих между собой, но не взаимодействующих с другими телами.

Закон сохранения импульса

Импульс (количество движения) в замкнутой системе тел есть величина постоянная.

$$d\vec{p} = \vec{F} \cdot dt$$

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

Геометрическая сумма импульсов всех тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых движениях и взаимодействиях тел внутри системы.

Реактивное движение

Ракете достанется такое же количество движения (импульс), как и то, что унесут с собой вырвавшиеся из сопла газы.

$$M \cdot \vec{v} = m \cdot \vec{u} \qquad \vec{v} = \frac{m}{M} \vec{u} \qquad \vec{F}_p = -\vec{u} \frac{dm}{dt}$$

Удар

Ударом называется кратковременное взаимодействие двух тел.

Абсолютно упругий удар

Удар называется абсолютно упругим, если тела после соударения двигаются каждый сами по себе с произвольными скоростями.

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{u}_1 + m_2 \cdot \vec{u}_2$$

Абсолютно неупругий удар

Удар называется абсолютно неупругим, если тела после соударения двигаются вместе с одной скоростью.

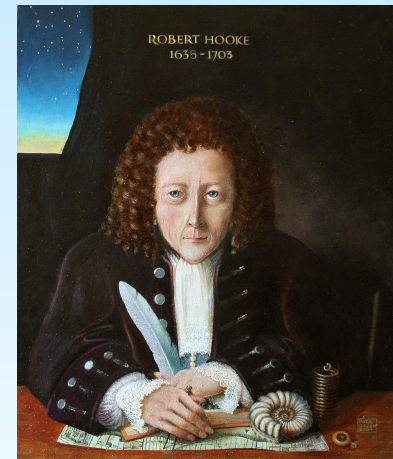
$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{u}$$

Виды сил

I. Упругая сила

Упругой называется сила, возникающая в теле при деформации (изменении формы или объема), обусловленной действием внешних сил.

Если после прекращения воздействия силы форма восстанавливается, то деформация называется упругой, в противном случае — пластической.



Роберт Гук
1635-1703

Закон Гука

Упругая сила, возникающая при деформации (сжатии или растяжении), пропорциональна величине этой деформации.

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

$$F_x = -k \cdot \Delta x$$

Жесткость тела

Коэффициент упругости, зависящий от вещества, формы и размеров тела, называется жесткостью тела (пружины и пр.).

Физический смысл жесткости тела: это сила, необходимая для того чтобы деформировать тело на 1 м.

Единица жесткости тела 1 (Н/м) — жесткость такого тела, деформация которого (удлинение нити, например) под действием силы 1 Н составит 1 м.

2. Сила тяготения

Закон всемирного тяготения Ньютона

Все тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

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

Гравитационная постоянная

Гравитационная постоянная численно равна силе, с которой притягиваются два тела массой 1 кг на расстоянии 1 м.

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

Сила тяжести

Сила притяжения к Земле, действующая на тело и направленная к центру Земли, называется силой тяжести.

$$F_T = \gamma \frac{M_3 \cdot m}{R_3^2} = g \cdot m$$

Ускорение свободного падения

Ускорение, которое приобретает тело массой 1 кг под действием силы тяжести вблизи поверхности Земли на широте 45.

$$g = 9,81 \text{ м/сек}^2$$

Вес тела

Сила, с которой тело, вследствие притяжения к Земле, действует на горизонтальную опору или натягивает вертикальный подвес, называется весом тела.

- 1) Может отличаться от силы тяжести по величине;
- 2) по своей природе сила упругая, а не гравитационная;
- 3) приложена к опоре, а не к телу.

И только если тело и опора покоятся относительно Земли, то вес тела численно равен силе тяжести.

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

Взвешивание

$$g = \frac{P}{m} \rightarrow \frac{P_1}{m_1} = \frac{P_2}{m_2}$$

Сила реакции опоры

Упругая сила, действующая на тело в направлении перпендикулярном плоскости соприкосновения (или вдоль подвеса) и равная составляющей силы тяжести в этом направлении, называется силой реакции опоры.

$$\vec{F}_T = -\vec{N}$$

3. Сила трения

Сила трения скольжения

Сила трения скольжения двух соприкасающихся тел тангенциальна, т.е. направлена по касательной к плоскости соприкосновения тел в сторону, противоположную движению, и пропорциональна силе, с которой прижимаются друг к другу эти две поверхности.

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$$

Коэффициент трения

Коэффициент пропорциональности зависит от рода этих поверхностей (материала и чистоты обработки, т.е. их гладкости/шероховатости) и определяется экспериментально для каждой пары поверхностей.

Металл по металлу — 0,15-0,25; сталь по льду — 0,02; кирпич по кирпичу — 0,65 и т.д.

Трение покоя

Существует между неподвижными телами, когда внешняя сила недостаточна чтобы вызвать его скольжение.