

Динамика.

Законы Ньютона.

Понятие массы.

- Масса – мера инертности тела.
- $[m] = \text{кг}$

Инертность – это свойство тела, заключающееся в том, что скорость тела не может быть изменена мгновенно.

- Масса – аддитивная величина.

Аддитивности массы - это понятие, которое подразумевает то, что масса тела равна сумме масс его составляющих частей.

$$m = \sum_{i=1}^n m_i .$$

Инерциальные системы отсчета.

Инерциальная система отсчета — система отсчёта, в которой все свободные тела движутся прямолинейно и равномерно или покоятся.

Эквивалентной является следующая формулировка, удобная для использования в теоретической механике: «Инерциальной называется система отсчёта, по отношению к которой пространство является однородным и изотропным, а время — однородным».

Законы Ньютона, а также все остальные аксиомы динамики в классической механике формулируются по отношению к инерциальным системам отсчёта.

Инерциальные системы отсчета

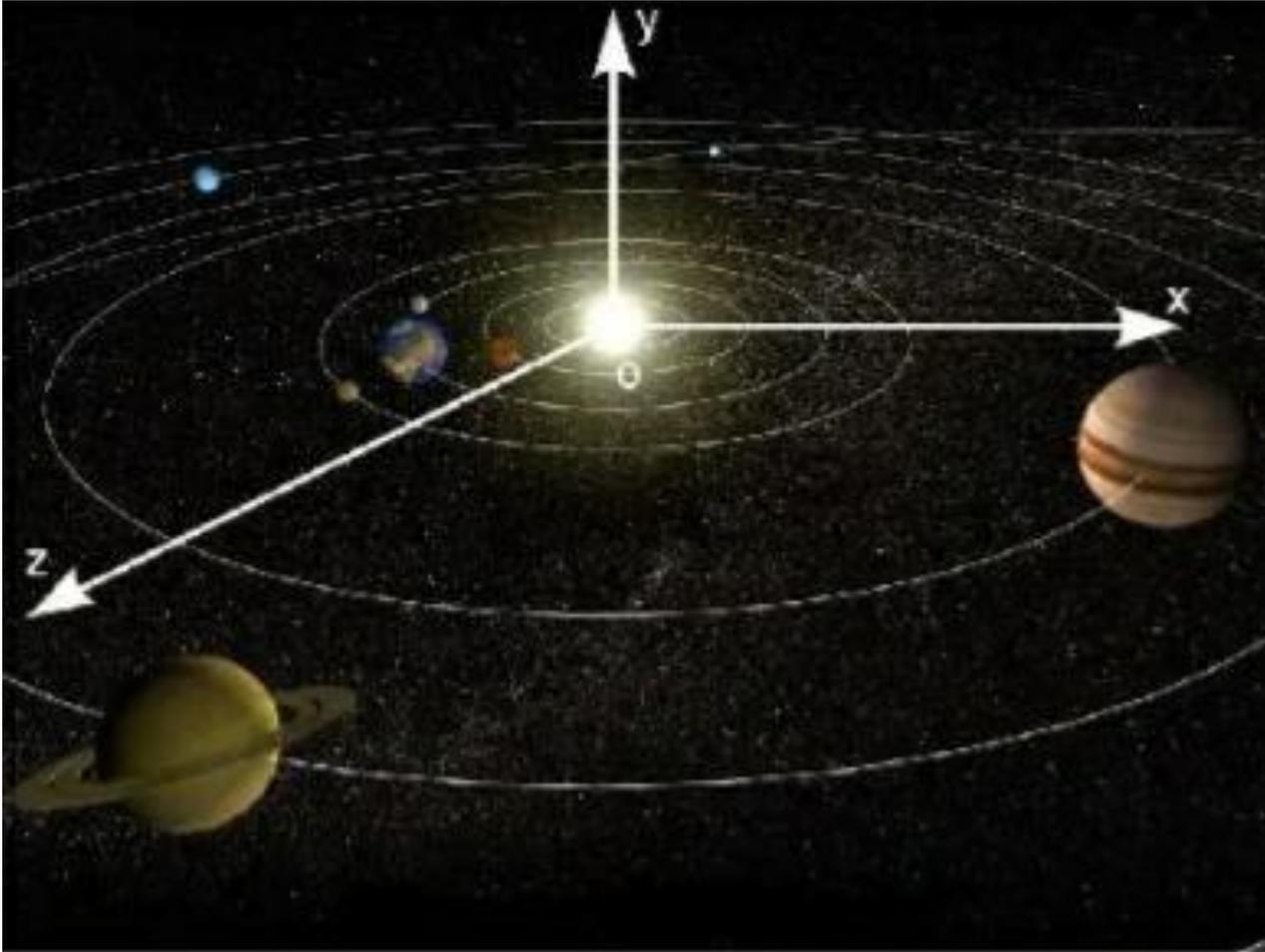
1). *Однородность времени* означает, что если в два любые момента времени все тела замкнутой системы поставить в совершенно одинаковые условия, то, начиная с этих моментов, все явления в ней будут протекать совершенно одинаково.

2). *Однородность пространства* означает, что если замкнутую систему тел перенести из одного места пространства в другое, поставив при этом все тела в ней в те же условия, в каких они находились в прежнем положении, то это не отразится на ходе всех последующих явлений.

3). *Изотропия пространства* означает то же (что в п. 2) по отношению к повороту системы на заданный угол.

Эти свойства пространства и времени – *фундаментальное обобщение опытных фактов*.

Инерциальные системы отсчета



Гелиоцентрическая система с высокой степенью точности инерциальна.

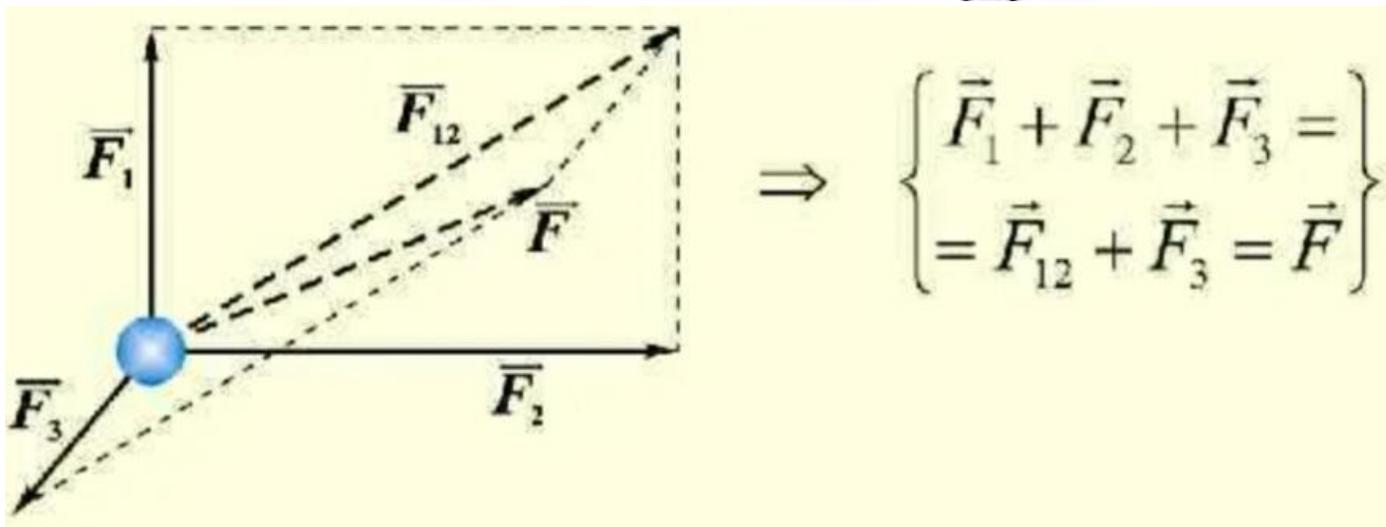
Первый закон Ньютона

- **Первый закон Ньютона (закон инерции)** формулируется следующим образом: Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока воздействие со стороны других тел не заставит его изменить это состояние.
- Первый закон Ньютона выполняется только в инерциальной системе отсчета.

Понятие силы

- Сила – векторная физическая величина, мера взаимодействия тел.
- $[F] = \text{Н}$
- Принцип суперпозиции: Если на тело действует несколько сил, то результирующая сила равна геометрической сумме действующих сил.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$



Второй закон Ньютона.

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

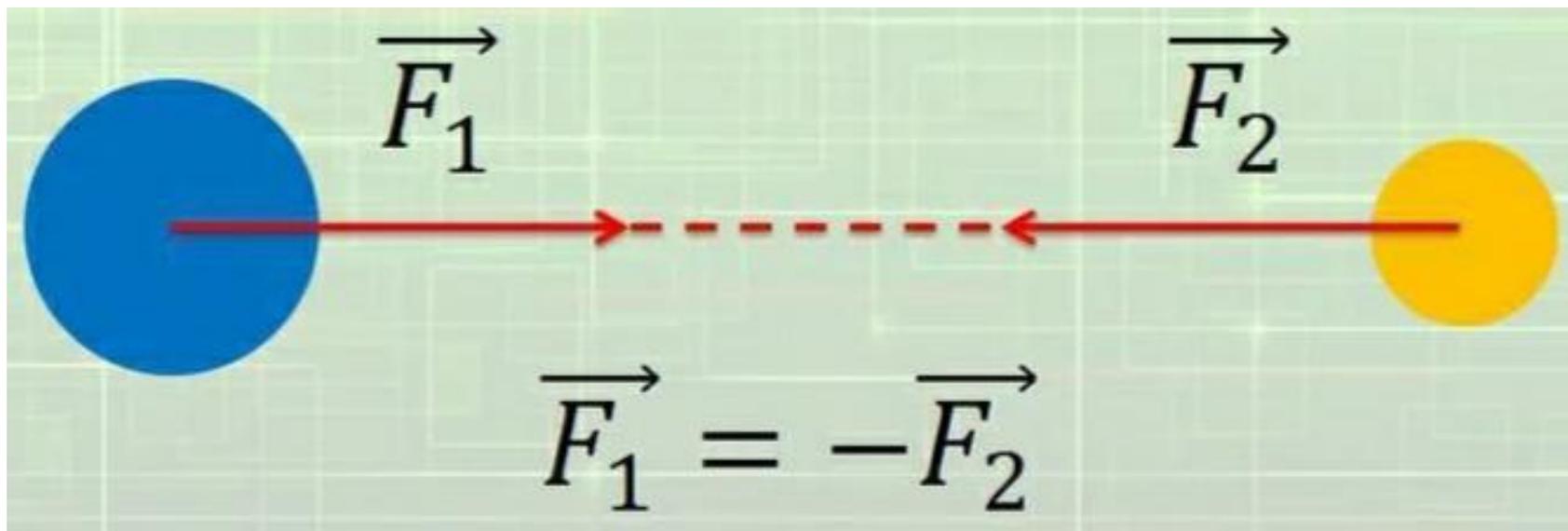
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \text{или} \quad m\vec{a} = \vec{F}$$

Второй закон Ньютона в дифференциальной форме: в инерциальных системах отсчёта производная импульса материальной точки по времени равна действующей на неё силе.

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

Третий закон Ньютона.

Силы взаимодействия двух материальных точек равны по величине, противоположно направлены, и действуют вдоль прямой, соединяющей эти материальные точки.



Виды сил в механике.

1. Сила гравитационного взаимодействия.

- 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 $6.673(10) \cdot 10^{-11}$). Знак минус означает, что сила, действующая на тело, в 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.

2. Сила упругости.

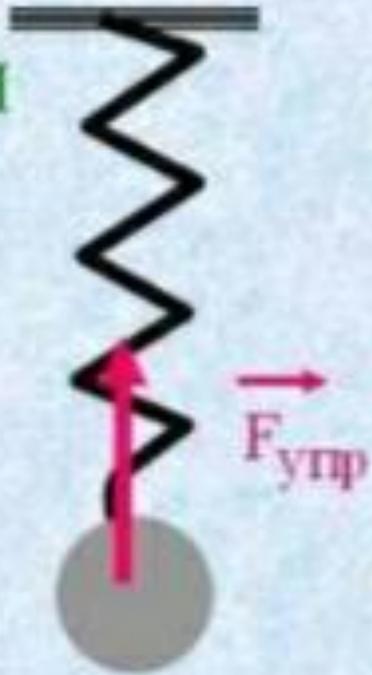
Сила упругости возникает при деформации тела.

Закон Гука: Сила упругости, возникающая при деформации, пропорциональна удлинению.

$$F_{\text{упр}} = -kx$$

k - жесткость тела

$x = l - l_0$ - удлинение тела



Сила упругости – это электромагнитная сила.

2. Сила упругости.

Закон Гука

6.avi

Для малых деформаций связь между силой упругости и величиной деформации была установлена Гуком:

”Сила упругости прямо пропорциональна величине деформации”.

$$F_{\text{упр}} = -kX$$

$F_{\text{упр}}$ - модуль силы упругости

$X = l - l_0$ - величина деформации

k - коэффициент упругости пружины

Единица измерения $[k] = \frac{H}{M}$

Коэффициент упругости зависит от геометрических размеров тела и от материала

Если ввести понятие упругого напряжения

$$\sigma = F_{\text{упр}}/S$$

где S – сечение, вдоль которого действуют упругие силы

и понятие относительного удлинения

$$\varepsilon = \Delta l / l$$

то закон Гука запишется в виде:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

где E – модуль Юнга, единица измерения $[E]$ – н/м²

Напряжение в упруго деформированном теле пропорционально его относительному удлинению

2. Сила упругости.

Кроме продольного растяжения и сжатия существуют деформации сдвига, изгиба и кручения

Эти деформации также подчиняются закону Гука, только меняется смысл входящих в него величин (например, вместо **относительного удлинения** – **относительный сдвиг**, а вместо **модуля Юнга** - **модуль сдвига**)

Существует **предельное напряжение $\sigma_{\text{пред}}$** , при котором связь между атомами нарушается и образец разрывается.

На свойства материалов влияет как механическая так и тепловая обработка. Если, например, **сталь нагреть до желтого каления, она становится пластичной**, а если **пластичный свинец охладить жидким азотом, он становится упругим**

Очень важно, чтобы материал оказывал упругое сопротивление. Если бы этого не было, мы не смогли бы, например, ходить; не могла бы работать ни одна машина: любое действие тел друг на друга приводило бы к пластическим деформациям, то есть машина теряла бы форму.

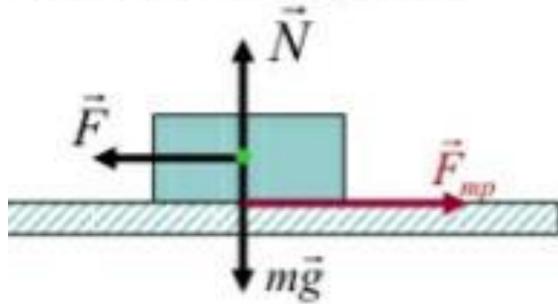
С другой стороны, при изготовлении различных деталей используют пластические деформации (ковка, штамповка, прокат и др.)

3. Сила трения.

Сила трения возникает при непосредственном соприкосновении двух тел и препятствует движению этих тел

Сила трения, подобно силе упругости, является проявлением электрического взаимодействия атомов

Сила трения покоя – это сила, которая возникает между двумя телами, неподвижными относительно друг друга и препятствует движению одного тела относительно другого



Сила трения, при которой начинается движение называется **предельной силой трения покоя**. Она зависит от упругих свойств материала, от обработки поверхностей и от того, с какой силой прижаты поверхности друг к другу, то есть от силы давления

$$\vec{F}_{тр. \max} = \mu \cdot \vec{N}$$

Французские физики Амонтон и Кулон нашли, что

где μ – коэффициент трения покоя, зависит от материала и обработки поверхностей;

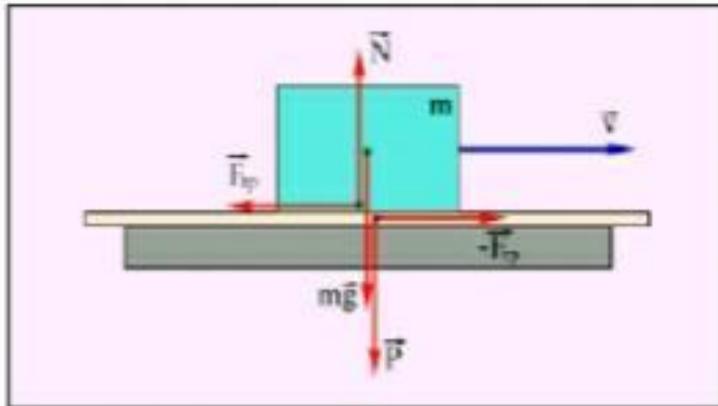
\vec{N} – сила нормального давления (действует \perp поверхности)

Если сила трения покоя лежит в пределах $0 \leq \vec{F}_{тр.л} \leq \vec{F}_{тр. \max}$, то она уравнивает внешнюю силу F , которая действует на тело

3. Сила трения.

Сила трения скольжения – это сила, которая возникает, когда одно тело скользит по поверхности другого тела.

Эта сила касательна к поверхности соприкосновения и направлена в сторону противоположную относительной скорости тел



Сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся поверхностей и в больших пределах не зависит от скорости тел.

Численно сила трения скольжения равна максимальному значению силы трения покоя

$$\vec{F}_{тр.ск.} = \vec{F}_{тр.п. max} = \mu \cdot \vec{N}$$

Как правило, трение скольжения вредное. Оно уменьшает скорость движения и приводит к потере энергии. Чтобы уменьшить трение скольжения

- подбирают материалы и шлифуют поверхности
- переходят от скольжения к качению (сила трения качения

$$\vec{F}_{тр.кач} = \mu_{кач} \cdot \frac{\vec{N}}{r}$$

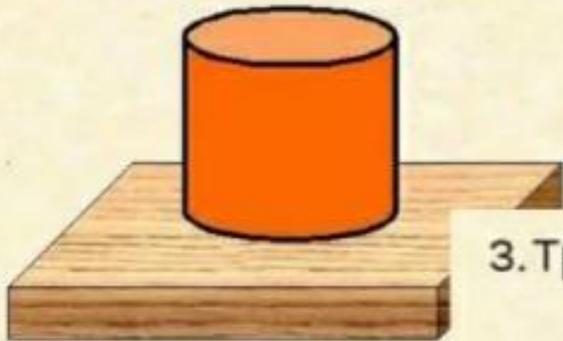
- применяют смазку, которая разделяет поверхности и поэтому трение происходит между слоями жидкости

3. Сила трения.

покоя

- сила, препятствующая возникновению движения одного тела по поверхности другого

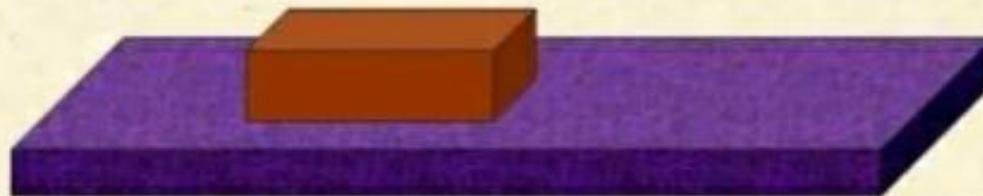
1. Трение покоя.



скольжения

- сила, препятствующая относительному перемещению тел

3. Трение скольжения.



качения

- сила, возникающая при качении тела по поверхности без проскальзывания

2. Трение качения.

