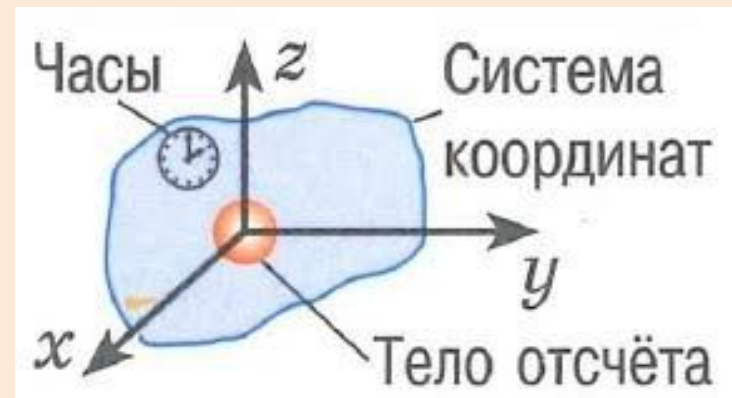


Динамика

1. Инерциальные (ИСО) и неинерциальные (НИСО) системы отсчета.
2. Преобразования Галилея. Закон инерции.
3. Масса тела. Центр масс.
4. Импульс.
5. Сила. Законы Ньютона.

Система отсчета (СО):



Инерциальные системы отсчета

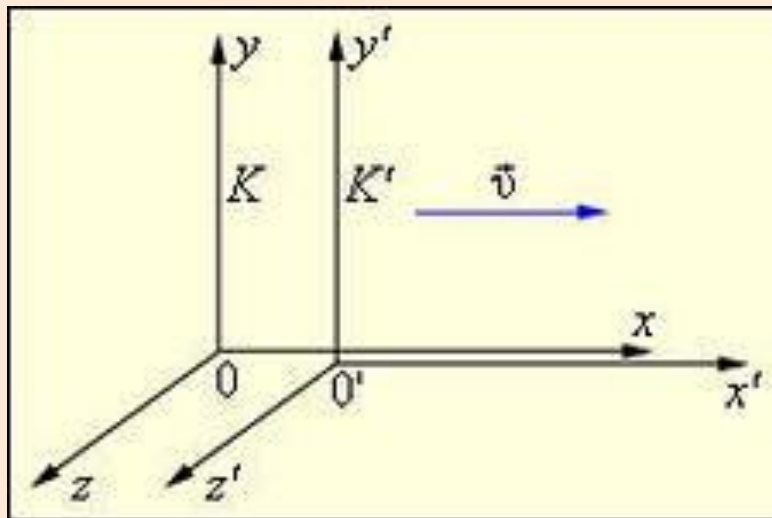
СО, в которых тела, не подверженные воздействию других тел, движутся без ускорения, т.е. прямолинейно и равномерно, называют инерциальными системами отсчета (ИСО).

Существование ИСО является законом природы.

Любая СО, движущаяся относительно какой-либо ИСО поступательно с постоянной скоростью, также является ИСО.

Гелиоцентрическая система является ИСО.

Система K' движется с постоянной скоростью v относительно системы K вдоль оси x



Преобразования Галилея

К - ИСО, **К'** - другая СО, которая движется с $V = \text{const}$ ($V \ll c$)

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{V}t'$$

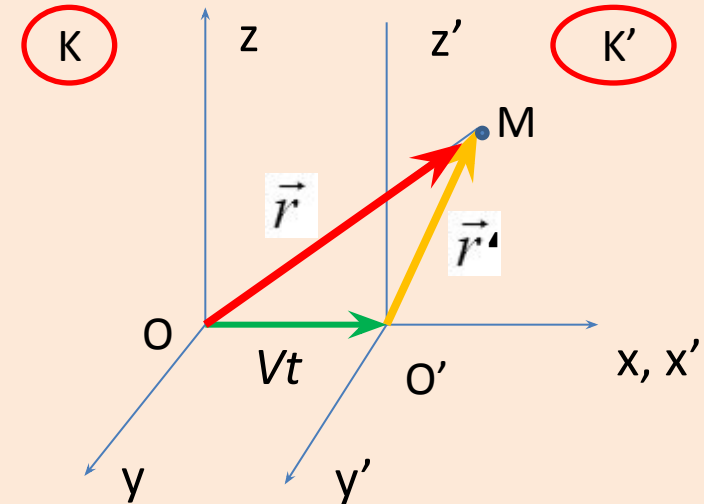
$$t = t' \Rightarrow \vec{r} = \vec{r}' + \vec{V}t$$

$$x = x' + Vt$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = t'$$



**Переход от координат
К' к координатам К
(M – материальная точка)**

Если \vec{r} продифференцировать по времени t:

$$\frac{d}{dt} | \vec{r} = \vec{r}' + \vec{V} t$$

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

$$\vec{u} = \vec{u}' + \vec{V}$$

**Закон сложения скоростей
по Галилею**

\vec{u} – скорость м.т. в системе К

\vec{u}' – скорость м.т. в системе К'

Если еще раз
продифференцировать

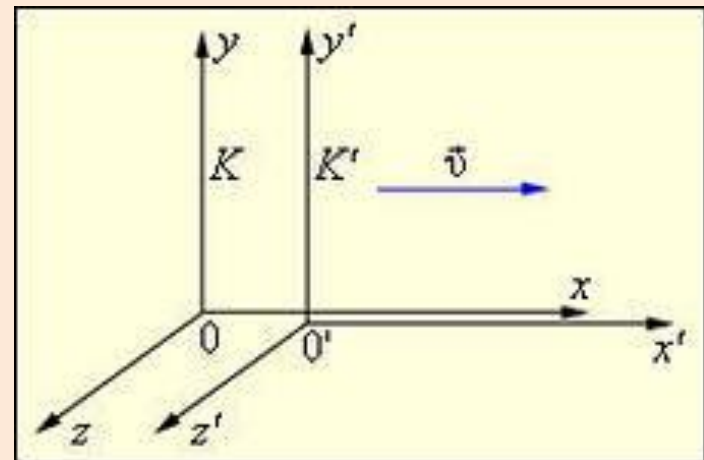
$$\vec{a}' = \vec{a}$$

Принцип относительности Галилея

Во всех ИСО механические явления протекают одинаково, т.е. уравнения механики инвариантны (не изменяются) относительно преобразований Галилея.

Это следствие равенства ускорений в разных инерциальных системах отсчета:

$$\vec{a}' = \vec{a}$$



Первый закон Ньютона – закон инерции

- **Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока воздействие со стороны других тел не заставит его изменить это состояние.**

Или:

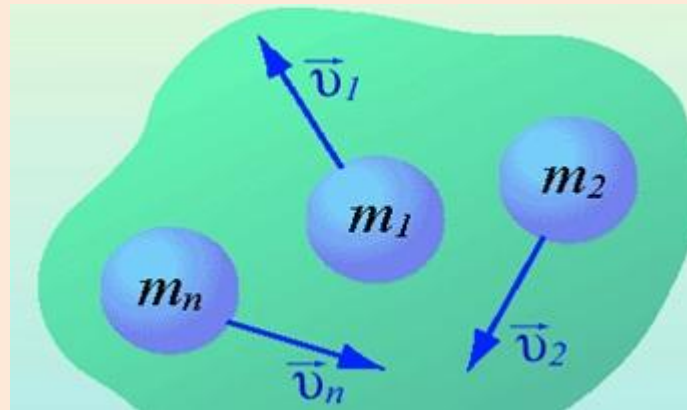
- **Тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действуют другие тела или их действие скомпенсировано.**



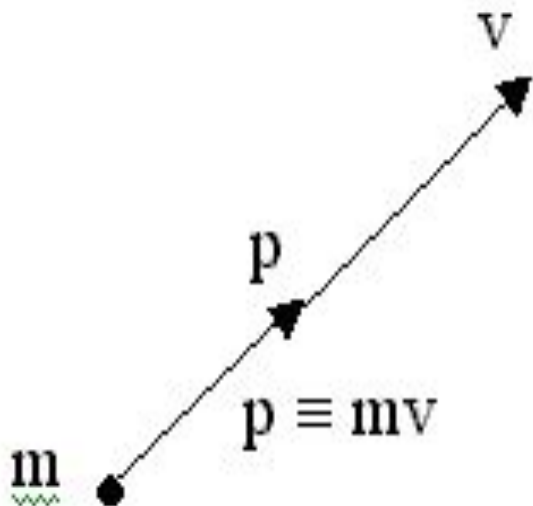
$$\vec{v} = \vec{\text{const}}$$

Масса тела

- Масса тела – мера его инертности (m , кг).
- Инертность – свойство тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, «противиться» изменению скорости под воздействием силы.
- Масса – аддитивная величина, масса системы материальных точек равна сумме масс всех точек: $m = \sum m_i$



Импульс



По определению, импульс \vec{p} материальной точки:

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

где m и \vec{v} – ее масса и скорость.

Импульс $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ – векторная величина, направление \vec{p} совпадает с направлением скорости \vec{v} .

Единица измерения импульса - кг·м/с

Запишем второй закон Ньютона: $\vec{F} = m\vec{a}$

$$m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \boxed{\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}}$$

Производная импульса материальной точки по времени равна результирующей всех сил действующих на материальную точку

Изменение импульса материальной точки $d\vec{p}$ равно импульсу силы: $F \cdot dt$

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

Это уравнение позволяет найти приращение импульса материальной точки за любой промежуток времени, если известна зависимость силы \vec{F} от времени: $\vec{F} = \vec{F}(t)$

$$\vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \int_0^t \vec{F} dt$$

Изменение импульса частицы за любой промежуток времени зависит не только от значения силы F , но и от продолжительности ее действия Δt

Материальные точки, входящие в систему могут взаимодействовать, как между собой, так и с другими телами не входящими в систему. В соответствие с этим

- ***силы взаимодействия между материальными точками системы называются **внутренними**,***
- ***силы обусловленные взаимодействием с телами, не входящими в систему, называются **внешними**.***

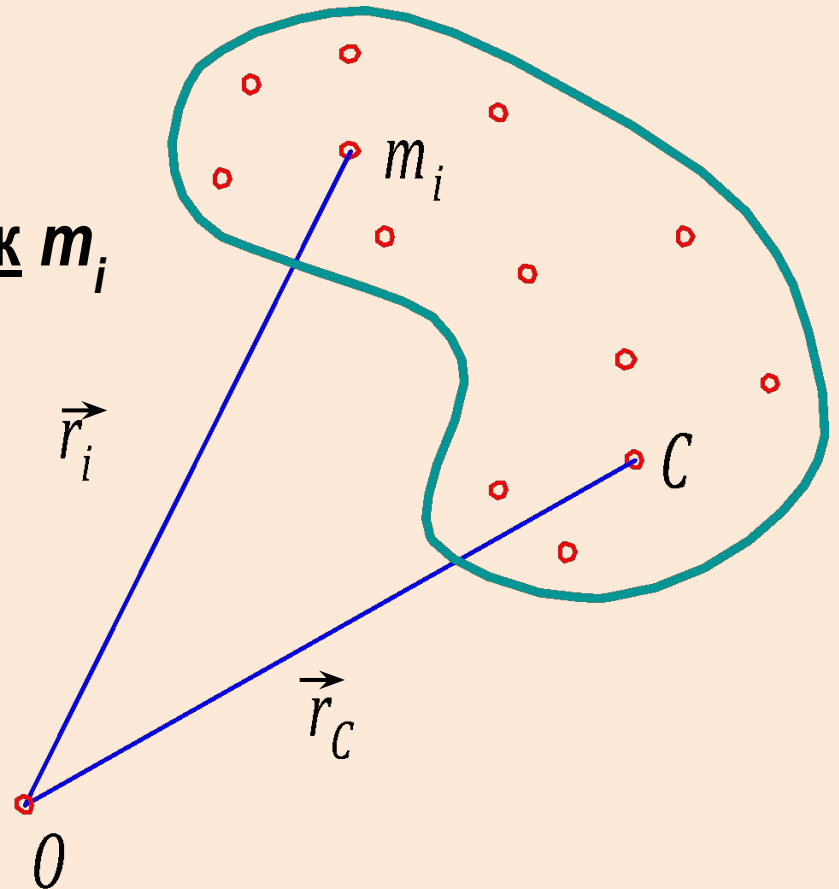
Если на систему не действуют внешние силы, она называется замкнутой.

Центр масс – центр инерции.

$$\vec{r}_c = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \dots + m_n\vec{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{1}{m} \sum m_i \vec{r}_i$$

Вектор \vec{r}_c определяет
положение центра масс C
системы материальных точек m_i

Здесь $m = \sum m_i$ -
масса системы



Дифференцируем $\vec{r}_c(t)$ по t :

$$\vec{V}_c = \frac{1}{m} \sum m_i \vec{V}_i, \text{ но } \vec{p}_i = m_i \vec{V}_i$$

$$\text{и } \vec{p} = \sum m_i \vec{V}_i \Rightarrow \vec{p} = m \vec{V}_c$$

Импульс системы материальных точек равен произведению массы системы на скорость её центра масс.

$$\vec{F}_{\text{вн}} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{V}_c}{dt}$$

Равнодействующая всех внешних сил равна производной от импульса системы по времени

$$\vec{F}_{\text{вн}} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{V}_c}{dt}$$

Значит центр масс любой системы частиц движется так, как если бы вся масса системы была сосредоточена в одной точке и к ней были приложены все внешние силы.

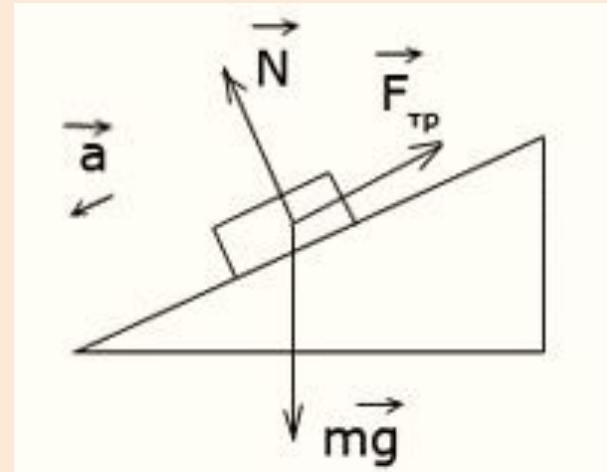
Если $\vec{F}_{\text{вн}} = 0$, то центр масс системы движется равномерно и прямолинейно или сохраняет состояние покоя.

Здесь $F_{\text{вн}}$ – равнодействующая внешних сил \Rightarrow
если $F_{\text{вн}} = 0$ то $P = \text{const}$

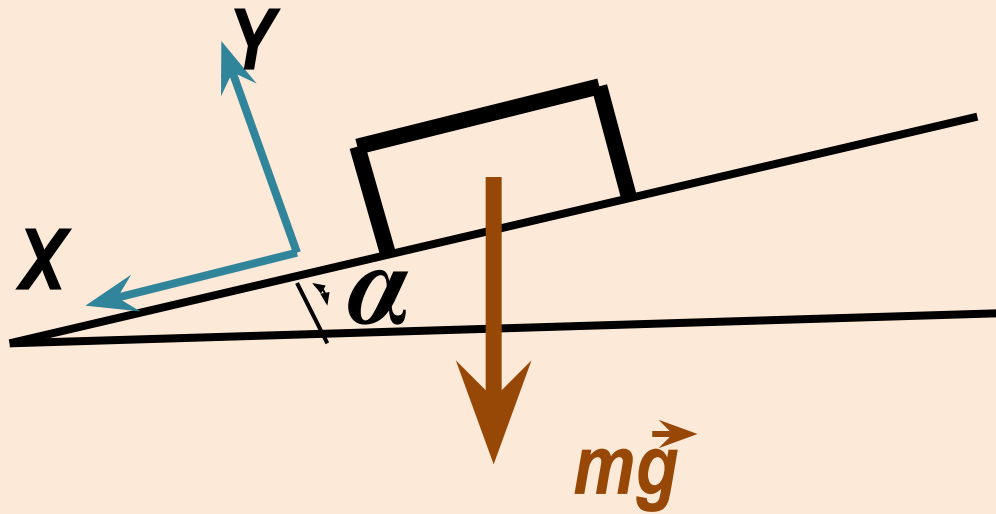
Закон сохранения импульса системы

- **Сила - векторная величина, количественная мера интенсивности взаимодействия между телами**
(*F*, 1 Ньютон, Н)
- Модуль силы определяет интенсивность воздействия, а направление совпадает с направлением ускорения, сообщаемого под действием силы: $\vec{F} = m\vec{a}$
- Если на тело действует несколько сил, то **векторная сумма сил** называется равнодействующей (силой)

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$



Разложение силы на составляющие



$$o_x: mg \cdot \sin \alpha$$

$$o_y: - mg \cdot \cos \alpha$$

II-ой закон Ньютона

Если на тело действуют несколько сил F_i , то второй закон Ньютона, который верен в инерциальных системах отсчета, имеет вид:

$$\sum \bar{F}_i = m\bar{a}$$

В левой части стоит векторная сумма сил, т.е. равнодействующая (резльтирующая) сила.

Эта сила равна произведению массы тела на приобретаемое им ускорение.

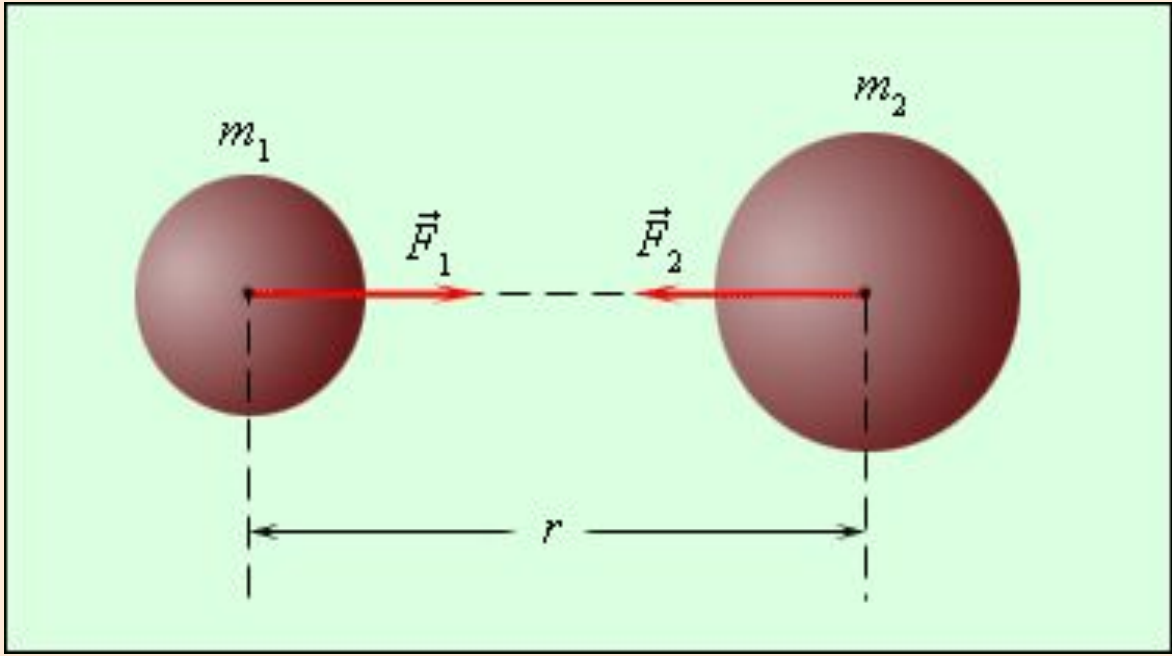
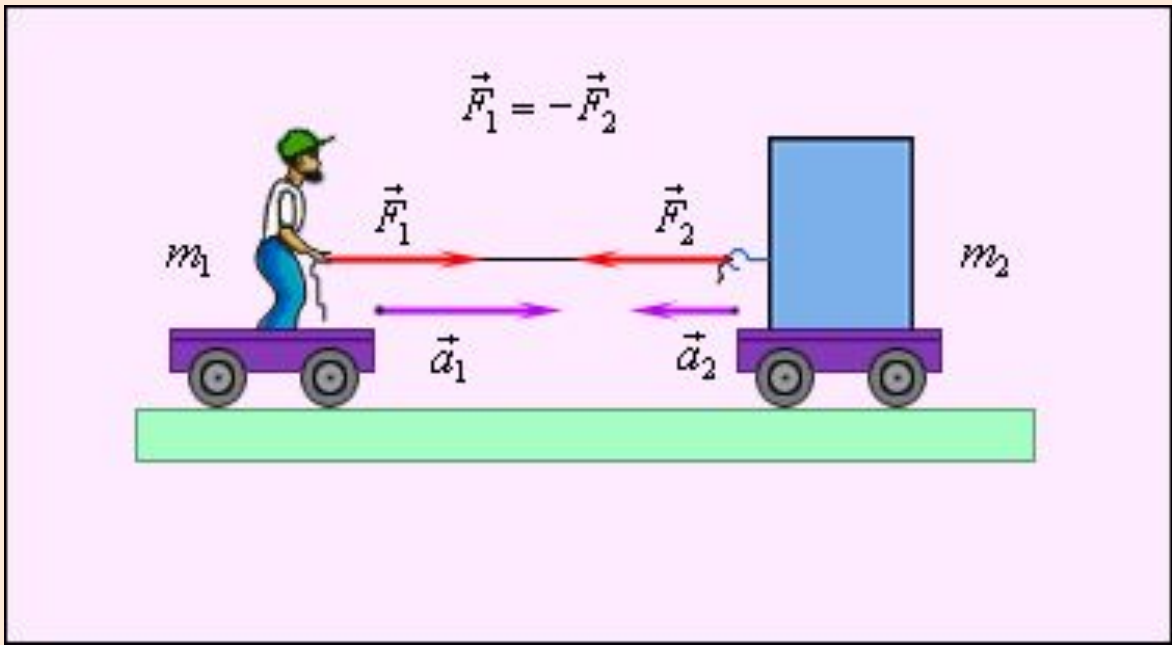
III-ий закон Ньютона

В инерциальных системах отсчета силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположены по направлению.

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

Эти силы приложены к разным телам и поэтому никогда не уравновешивают друг друга.

Эти силы взаимодействия отличаются только противоположенной направленностью.



Три закона Ньютона

I

$$\sum_{i=2}^n \vec{F}_i = 0 \quad \begin{cases} \vec{V} = 0 \\ \vec{V} = const \end{cases}$$

II

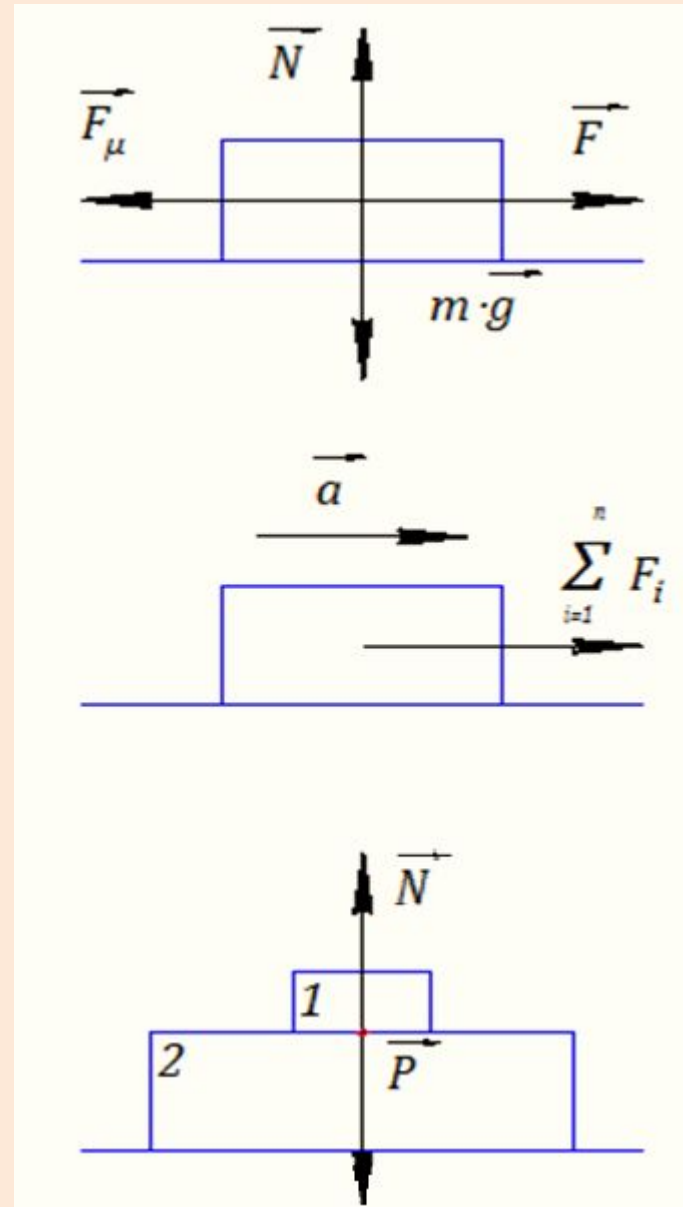
$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

III

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

$$\vec{P} = -\vec{N}$$

$$P = N$$



Сила гравитационного притяжения

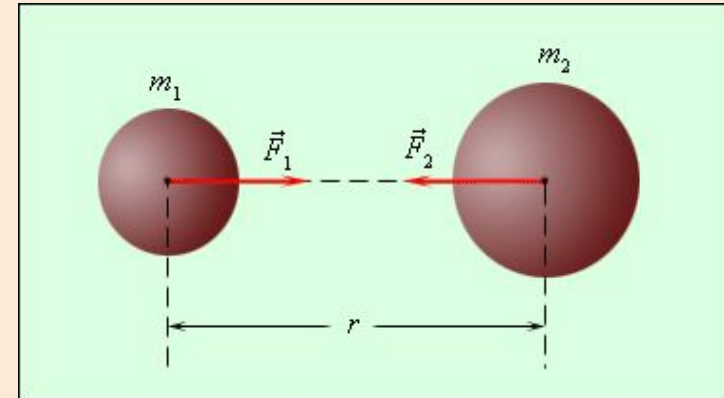
В соответствии с законом всемирного тяготения сила гравитационного притяжения между двумя материальными точками прямо пропорциональна произведению масс точек m_1 и m_2 , обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними и направлена по прямой, соединяющей эти точки:

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

G – гравитационная постоянная

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

Закон всемирного тяготения Ньютона применим к любым телам и частицам.



Сила тяжести

Любое тело на Земле испытывает действие силы гравитационного притяжения к ней – силы тяжести.

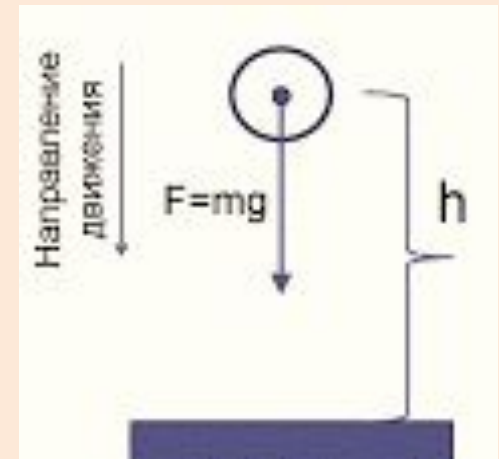
$$\vec{F} = m\vec{g}$$

Где g – ускорение свободного падения (ускорение, которое планета сообщает любым телам вблизи поверхности независимо от их массы)

$$g = G \frac{M_3}{R^2}$$

Где M_3 - масса Земли, R – радиус Земли

Сила тяжести направлена к центру Земли и действует на все тела, расположенные вблизи Земли.

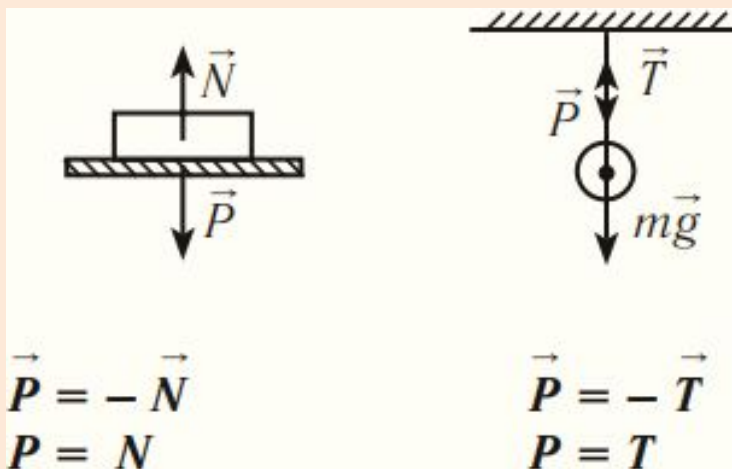


Весом тела называют силу, с которой тело, вследствие его притяжения к Земле действует на горизонтальную опору (или вертикальный подвес), неподвижную относительно данного тела.

Вес тела P приложен к опоре, а к телу приложена сила реакции опоры N , которые по третьему закону Ньютона равны по модулю.

В случае равенства ускорения тела ускорению свободного падения тело испытывает **состояние невесомости.**

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$$



$$\vec{P} = -\vec{N}$$

$$P = N$$

$$\vec{P} = -\vec{T}$$

$$P = T$$

Силы упругости

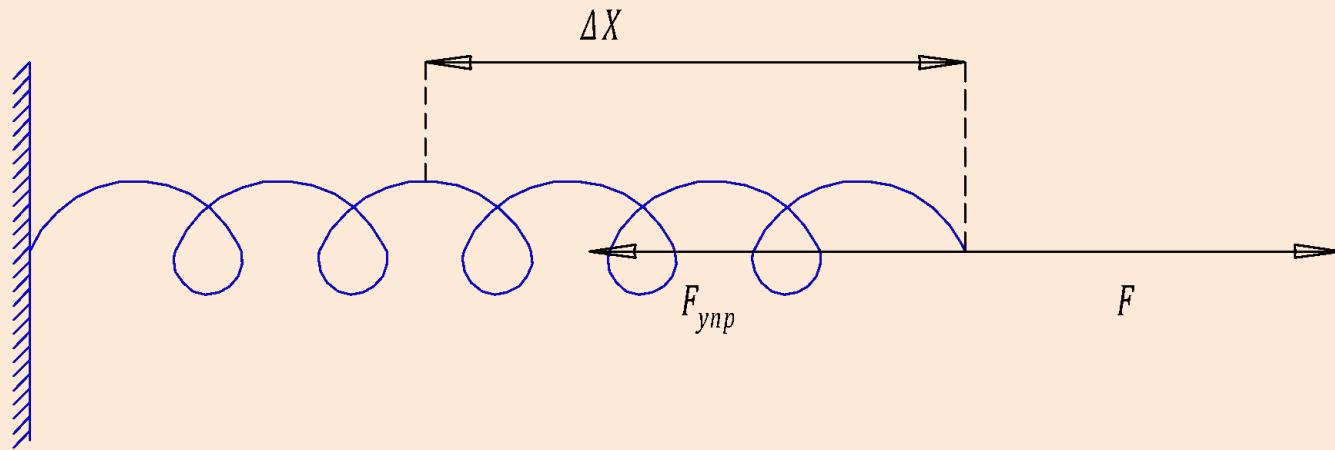
возникают при деформации тела и зависят от величины этой деформации.

Деформация – это изменение формы или объема тела.

Два вида деформации:

Упругая: если после того, как сила перестала действовать, тело принимает первоначальные размер и форму (резинка, пружина)

Пластическая: когда в результате деформации сохраняются те формы и размеры, которые тело приобрело под действием силы (пластилин)



Связь силы упругости $F_{\text{упр}}$ с величиной деформации была установлена английским физиком Р. Гуком.

Закон Гука: модуль силы упругости $F_{\text{упр}}$ прямо пропорционален изменению Δx длины тела.

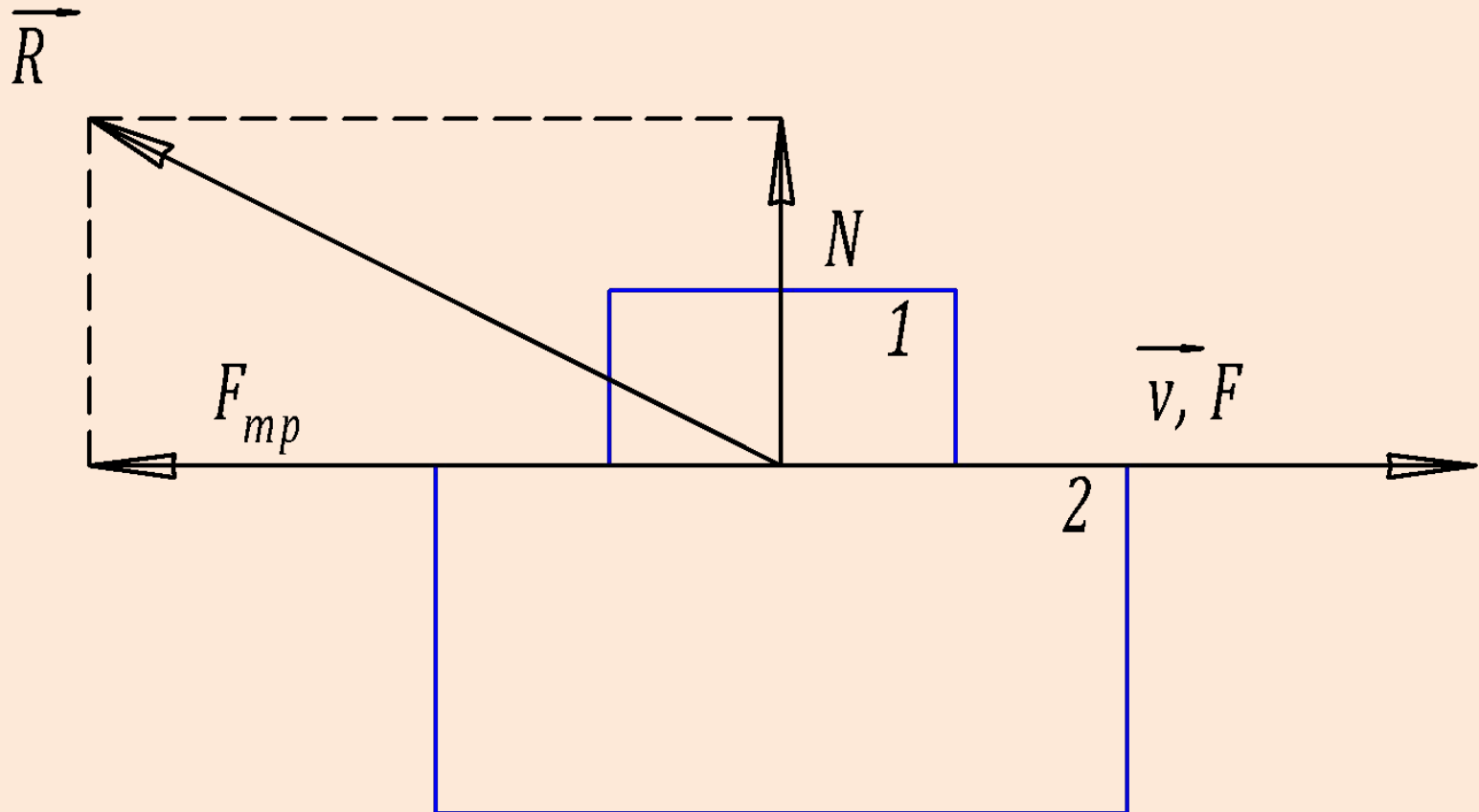
$$F_{\text{упр}} = -k\Delta x$$

Где k – коэффициент упругости или **жесткость**, зависящая от материала, размеров и формы тела. Направление силы $F_{\text{упр}}$ противоположно направлению деформации.

Закон Гука строго выполняется при небольших по величине деформациях.

Сила трения

Пусть тело 1 прижато и движется (скользит) с некоторой скоростью \bar{V} относительно тела 2



Результирующая сила \bar{R} является векторной суммой двух сил:
силы \bar{N} - нормальной реакции опоры, направленной перпендикулярно к поверхности контакта и
силы трения $\bar{F}_{\text{тр}}$ скольжения, направленной по касательной к поверхности контакта.

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

Положительный безразмерный коэффициент трения μ зависит от рода соприкасающихся поверхностей.

Контрольные вопросы

1. **Определение инерциальных систем отсчета**
2. **Преобразования Галилея**
3. **Центр масс тела**
4. **Законы Ньютона**
5. **Масса тела**
6. **Сила, равнодействующая, виды сил**
7. **Замкнутая система**
8. **Импульс тела, импульс системы тел**
9. **Закон сохранения импульса**
10. **Вес тела, невесомость**

Задачи по динамике поступательного движения

1. По наклонной плоскости с углом α наклона к горизонту, равным 30° , скользит тело. Определить скорость тела в конце второй секунды от начала скольжения, если коэффициент трения $\mu = 0,15$. [7,26 м/с]
2. К нити подвешен груз массой $m = 500$ г. Определить силу натяжения нити, если нить с грузом; 1) поднимать с ускорением 2 м/с^2 ; 2) опускать с ускорением 2 м/с^2 [1) 5,9 Н, 2) 3,9 Н]

Задачи по динамике поступательного движения

3. Тело массой $m = 2$ кг падает вертикально с ускорением $a = 5$ м/с². Определить силу сопротивления при движении этого тела.
[9,62 Н]
4. Снаряд массой $m = 5$ кг, вылетевший из орудия, в верхней точке траектории имеет скорость $v = 300$ м/с. В этой точке он разорвался на два осколка, причем больший осколок массой $m_1 = 3$ кг полетел

Основная литература

- Трофимова Т.И. «Курс физики». – Учебное пособие. – М.: Академия, 2008 г.
- Детлаф А.А., Яворский Б.М., «Курс физики».– Учебное пособие для вузов. т.т. 1, 2, 3.– М.: Высшая школа, 2002 г.

Дополнительная литература

- Савельев И.В. «Курс общей физики». – Учебное пособие. – т.т. 1, 2, 3. – СПб.: Лань, 2006 г.