



ЕГЭ-2025 по физике

Закон сохранения импульса

Преподаватель: Бегунов Михаил Игоревич



vk.com/ege_phys

Импульс тела

Импульс тела (или количество движения) – это ф.в., равная произведению массы тела и его скорости.

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

$$[p] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{p} \uparrow \uparrow \vec{v}$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \cdot \frac{m}{m} = \frac{m^2 \cdot v^2}{2m} = \frac{(m \cdot v)^2}{2m}$$

$$E_k = \frac{p^2}{2m}$$

Второй закон Ньютона в импульсной форме: в ИСО изменение импульса тела равно импульсу силы, вызвавшей это изменение.

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

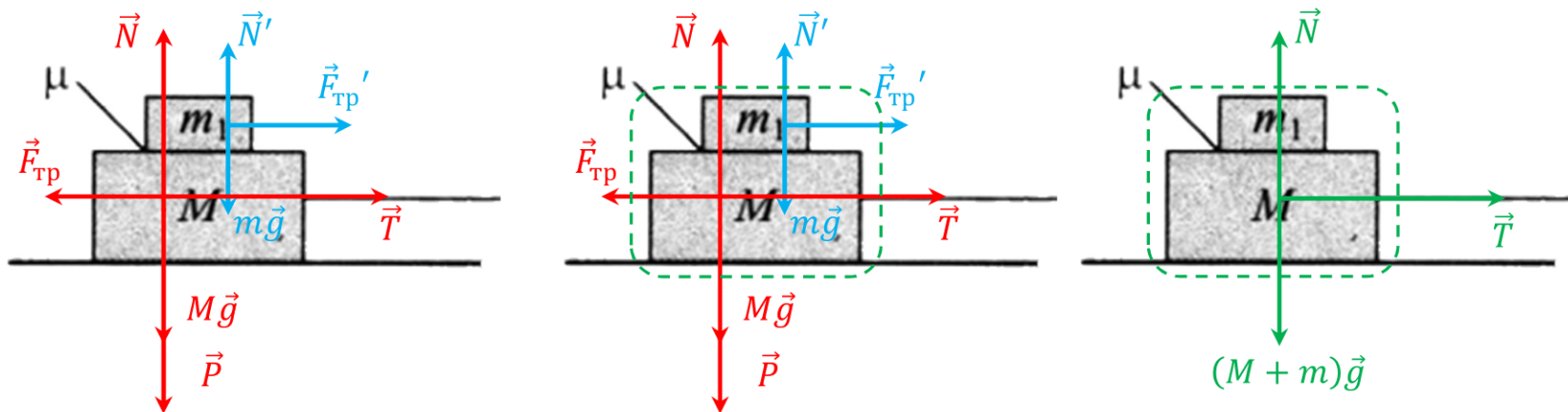
Импульс силы – это ф.в., равная произведению силы и времени ее действия.

$$[p] = \text{Н} \cdot \text{с}$$

Система тел

Система тел – это группа тел, движение которых рассматривается совместно и одновременно.

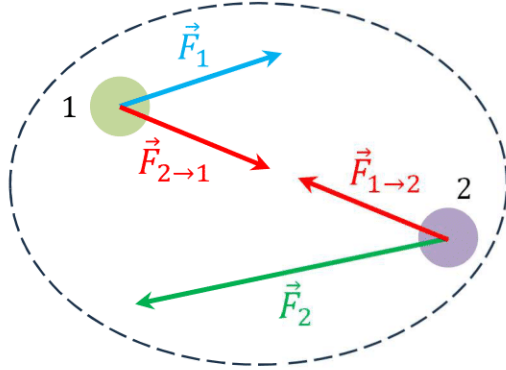
Для системы тел *внутренними* являются силы взаимодействия между телами, другие силы – *внешние*.



Замкнутая система тел – это система тел, в которой сумма внешних сил равна 0 (или их нет (*изолированная система*)).

Импульс системы тел – это суммарный импульс тел, входящих в данную систему.

Импульс системы тел



$$\Delta \vec{p} = (\vec{F}_1 + \underbrace{\vec{F}_{2 \rightarrow 1} + \vec{F}_{1 \rightarrow 2}}_0 + \vec{F}_2) \cdot \Delta t$$

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1} \Rightarrow \vec{F}_{1 \rightarrow 2} + \vec{F}_{2 \rightarrow 1} = 0$$

$$\Delta \vec{p} = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2) \cdot \Delta t$$

Вывод: изменение импульса системы тел происходит из-за действия только внешних сил

Закон сохранения импульса: в изолированной (или замкнутой) системе суммарный импульс всех тел с течением времени не изменяется при любых их взаимодействиях.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_N = \overrightarrow{\text{const}}$$

$$\vec{p}_{\text{до}} = \vec{p}_{\text{после}}$$

Применение ЗСИ в незамкнутых системах

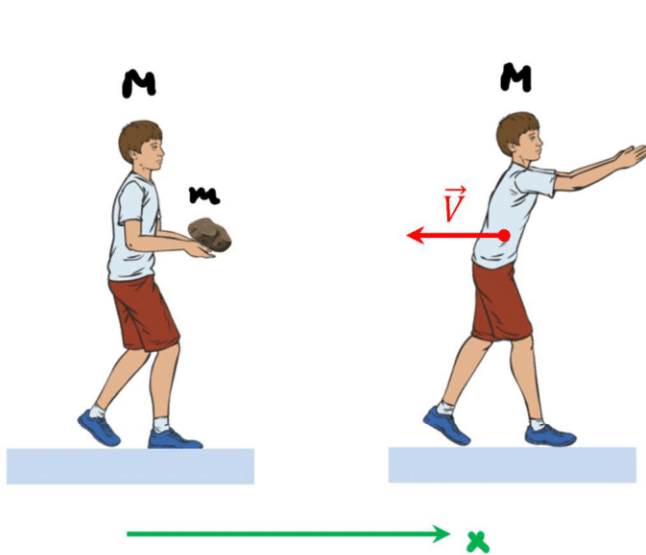
Случай 1. Изменение импульса в определенном направлении

$$\Delta \vec{p} = \vec{F}_{\text{вн}} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta p_x = F_{\text{вн}x} \cdot \Delta t, \text{ если } F_{\text{вн}x} = 0, \text{ то}$$

$$\Delta p_x = 0 \Rightarrow p_x = \text{const}$$

1

Мальчик массой 50 кг, стоя на очень гладком льду, бросает груз массой 8 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 5 м/с. Какую скорость приобретает мальчик?



$$\vec{p}_{\text{до}} \neq \vec{p}_{\text{после}}$$

$$\underline{Ox}: 0 = m \cdot v_x + M \cdot V_x$$

$$v_x = v \cdot \cos \alpha, \quad V_x = -V$$

$$0 = m \cdot v \cdot \cos \alpha - M \cdot V$$

$$MV = m \cdot v \cdot \cos \alpha$$

$$V = \frac{m v \cdot \cos \alpha}{M} = \frac{8 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2}}{50} = \underline{\underline{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}}$$

Применение ЗСИ в незамкнутых системах

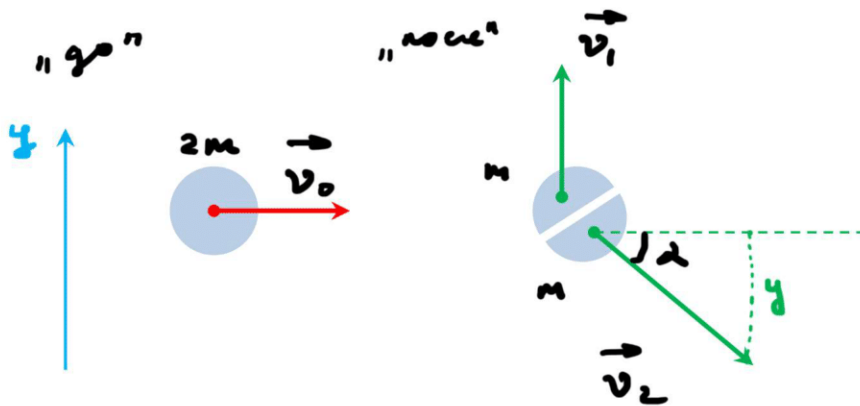
Случай 2. Быстро протекающие процессы (взрывы, выстрелы, соударения)

$$\Delta \vec{p} = \vec{F}_{\text{вн}} \cdot \Delta t ; \Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow F_{\text{вн}} \ll F_{\text{внут}} \Rightarrow F_{\text{вн}} \approx 0 \Rightarrow \Delta p = 0$$

Т.к. время удара мало, то действием внешних силы можно пренебречь, т.к. они гораздо меньше внутренних.

2

Летающий снаряд разрывается на два одинаковых осколка. По отношению к направлению движения снаряда первый осколок летит под углом 90° со скоростью 50 м/с , а второй — под углом 30° . Найдите скорость второго осколка.



$$\underline{\text{ЗСИ}} : 2m\vec{v}_0 = m\cdot\vec{v}_1 + m\cdot\vec{v}_2 \quad | : m$$

$$2\vec{v}_0 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$\underline{Oy} : 0 = v_1 - v_2 \cdot \sin \alpha$$

$$v_1 = v_2 \cdot \sin \alpha$$

$$v_2 = \frac{v_1}{\sin \alpha} = \frac{50}{\frac{1}{2}} = \underline{100 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

Абсолютно неупругий удар

Абсолютно неупругий удар – это соударение, при котором тела после взаимодействия движутся как единое целое.

! При абсолютно неупругом ударе часть механической энергии системы тел переходит во внутреннюю.

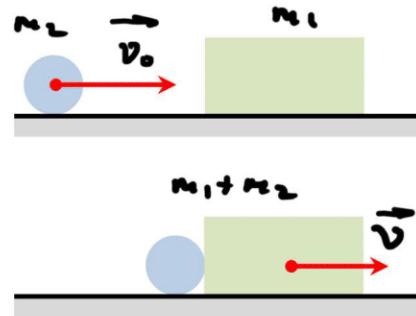
3

Деревянный брусок массой $m_1 = 1000$ г покоится на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой $m_2 = 200$ г, скользящий по поверхности со скоростью 3 м/с. В результате тела слипаются и движутся как единое целое.

Выберите **все** верные утверждения о результатах этого опыта.

- ☒ 1) Скорость тел после соударения равна 0,5 м/с.
- ☒ 2) В результате соударения выделилось количество теплоты, равное 0,75 Дж.
- ☒ Кинетическая энергия деревянного бруска после соударения равна 0,25 Дж.
- ☒ Суммарный импульс тел после удара равен 3 кг · м/с.
- ☒ Общая кинетическая энергия системы тел «брусок + шарик» при ударе не изменилась.

Ответ: 12.



$$\text{ЗСИ: } m_2 \cdot v_0 = (m_1 + m_2) \cdot v \Rightarrow v = \frac{m_2 v_0}{m_1 + m_2} = \frac{200 \cdot 3}{1200} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

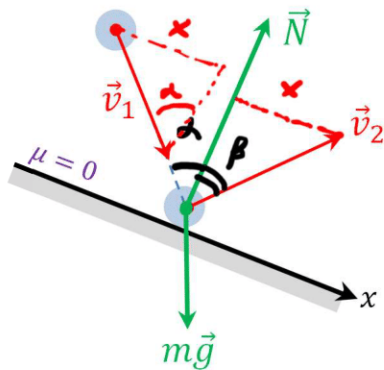
$$2) E_{\text{до}} = \frac{m_2 v_0^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 3^2}{2} = 0,9 \text{ Дж}$$

$$E_{\text{п}} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,5^2}{2} = 0,15 \text{ Дж}$$

$$Q = E_{\text{до}} - E_{\text{п}} = 0,9 - 0,15 = 0,75 \text{ Дж}$$

Абсолютно упругий удар

Абсолютно упругий удар – это соударение, при котором сохраняется полная кинетическая энергия системы тел.



Т.е. удар абс. упругий, но $E_{c1} = E_{c2}$:

$$\frac{m \cdot v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} \Rightarrow \underline{v_1 = v_2}$$

$$\Delta \vec{p} = (m \vec{g} + \vec{N}) \cdot \Delta t; \text{ т.ч. } \Delta t \rightarrow 0 \text{ (мало)},$$

$$\text{но } N \gg mg \Rightarrow m \vec{g} + \vec{N} \approx \vec{N} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta \vec{p} = \vec{N} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta p_x = \underbrace{N_x}_{0} \cdot \Delta t = 0 \Rightarrow \Delta p_x = 0 \Rightarrow$$

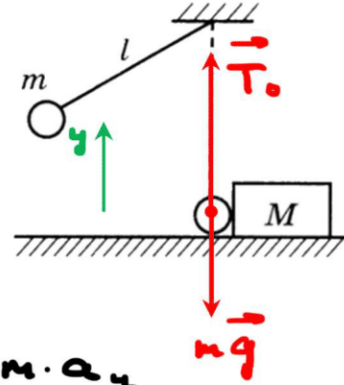
$$\Rightarrow p_x = \text{const}: m \cdot v_1 \cdot \sin \alpha = m \cdot v_2 \cdot \sin \beta \quad | : (m \cdot v) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \sin \beta \Rightarrow \underline{\alpha = \beta}$$

При абсолютно упругом ударе тела о гладкую поверхность модуль скорости не изменяется, а угол падения равен углу отражения (угол между вектором скорости и перпендикуляром, опущенным в точку падения к поверхности).

4

Маленький шарик массой $m = 0,25 \text{ кг}$ подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,8 \text{ м}$, которая разрывается при некоторой силе натяжения T_0 . Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 2,75 \text{ кг}$, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Скорость бруска после удара $u = 0,4 \text{ м/с}$. Определите величину силы T_0 . Считать, что брусок после удара движется поступательно.



Дано: Решение:

$$m = 0,25 \text{ кг} \quad 1) \quad m\vec{g} + \vec{T}_0 = m \cdot \vec{a}, \quad \underline{\text{ОУ}}: -mg + T_0 = m \cdot a_y$$

$$l = 0,8 \text{ м} \quad a_y = \frac{v^2}{R}, \quad R = l \Rightarrow T_0 = mg + m \cdot \frac{v^2}{l}$$

$$M = 2,75 \text{ кг} \quad T_0 = m \cdot \left(g + \frac{v^2}{l} \right) \quad (*)$$

$$u = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad 2) \quad \underline{\text{ЗУИ}}: m \cdot v = (m + M) \cdot u \Rightarrow v = \frac{(m + M)u}{m}$$

$T_0 - ?$

$$v = \left(1 + \frac{M}{m} \right) \cdot u \rightarrow (*):$$

$$T_0 = m \cdot \left(g + \left(1 + \frac{M}{m} \right)^2 \cdot \frac{u^2}{l} \right)$$

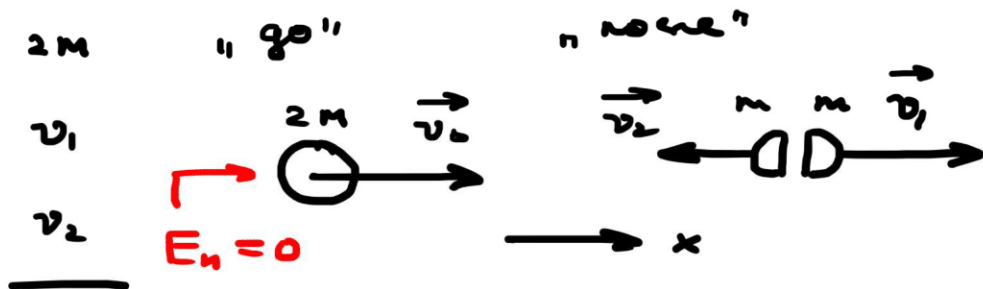
$$T_0 = 0,25 \cdot \left(10 + \left(1 + \frac{2,75}{0,25} \right)^2 \cdot \frac{0,4^2}{0,8} \right) = 9,7 \text{ Н}$$

Ответ: 9,7 Н

5

Снаряд массой $2m$ разрывается в полете на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счет энергии взрыва на величину ΔE . Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен v_1 , а модуль скорости второго осколка равен v_2 . Найдите ΔE .

Дано: Решение:



$$1) \text{ ЗСИ: } 2m\vec{v}_0 = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2$$

$$2\vec{v}_0 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$\text{Ox: } 2v_0 = v_1 - v_2$$

$$v_0 = \frac{v_1 - v_2}{2}$$

$$\Delta E - ? \quad 2) \text{ ЗСЭ: } \frac{2m \cdot v_0^2}{2} + \Delta E = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$$

$$\Delta E = \frac{m}{2} (v_1^2 + v_2^2 - 2v_0^2), \quad \Delta E = \frac{m}{2} \cdot \left(v_1^2 + v_2^2 - 2 \cdot \frac{(v_1 - v_2)^2}{4} \right)$$

$$\Delta E = \frac{m}{2} \cdot \left(v_1^2 + v_2^2 - \frac{v_1^2 - 2v_1v_2 + v_2^2}{2} \right)$$

$$\Delta E = \frac{m}{2} \cdot \frac{2v_1^2 + 2v_2^2 - v_1^2 + 2v_1v_2 - v_2^2}{2} = \frac{m}{2} \cdot \frac{v_1^2 + 2v_1v_2 + v_2^2}{2}$$

Ответ:

$$\Delta E = \frac{m \cdot (v_1 + v_2)^2}{4}$$

6

На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой $M = 2$ кг. По доске скользит шайба массой m . Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,2$. В начальный момент времени скорость шайбы $v_0 = 2$ м/с, а доска покоится. В момент $\tau = 0,8$ с шайба перестаёт скользить по доске. Чему равна масса шайбы m ?

Дано:

Решение:

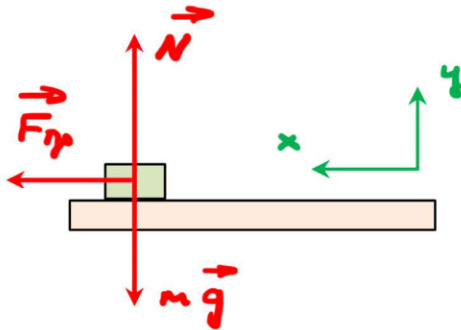
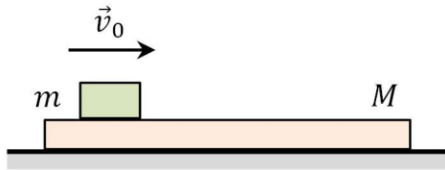
$$M = 2 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,2$$

$$v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\tau = 0,8 \text{ с}$$

$$m = ?$$



$$1) \text{ ЗИ: } m \cdot v_0 = (m + M) \cdot v$$

$$m v_0 = m \cdot v + M \cdot v$$

$$m \cdot (v_0 - v) = M \cdot v \Rightarrow m = M \cdot \frac{v}{v_0 - v}$$

$$2) \quad m \vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{Ох: } F_{\text{тр}} = m \cdot a$$

$$\text{Оу: } -mg + N = 0 \Rightarrow N = mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N = \mu mg$$

$$\mu mg = ma \quad | : m \Rightarrow a = \mu g, \quad a = \frac{v_0 - v}{\tau}$$

$$\mu g = \frac{v_0 - v}{\tau}, \quad v_0 - v = \mu g \tau, \quad v = v_0 - \mu g \tau$$

$$m = M \cdot \frac{v_0 - \mu g \tau}{\mu g \tau},$$

$$m = M \cdot \left(\frac{v_0}{\mu g \tau} - 1 \right)$$

$$m = 2 \cdot \left(\frac{2}{0,2 \cdot 10 \cdot 0,8} - 1 \right) = \underline{0,5 \text{ кг}}$$

Ответ: 0,5 кг.