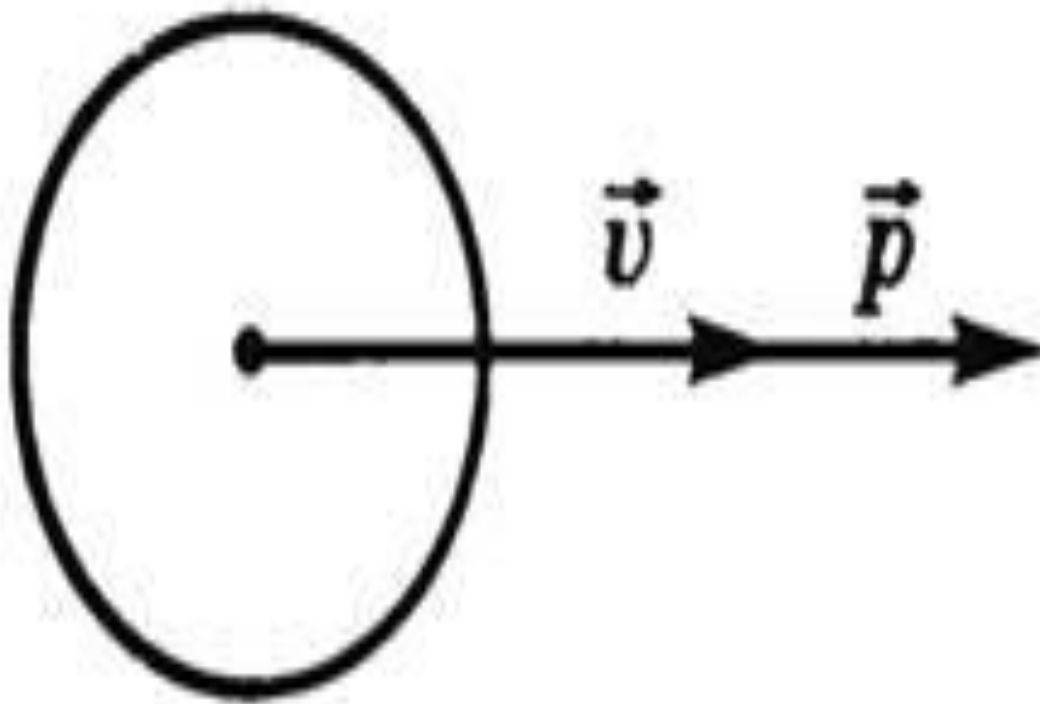


Законы сохранения в механике

план

1. Импульс тела.
2. Закон сохранения импульса.
3. Реактивное движение.
4. Механическая работа.
5. Мощность.
6. Кинетическая энергия тела.
7. Потенциальная энергия тела.
8. Работа:
 - силы тяжести
 - силы упругости
 - силы трения.
9. Закон сохранения механической энергии.
10. КПД.
11. Домашнее задание.

Импульс тела



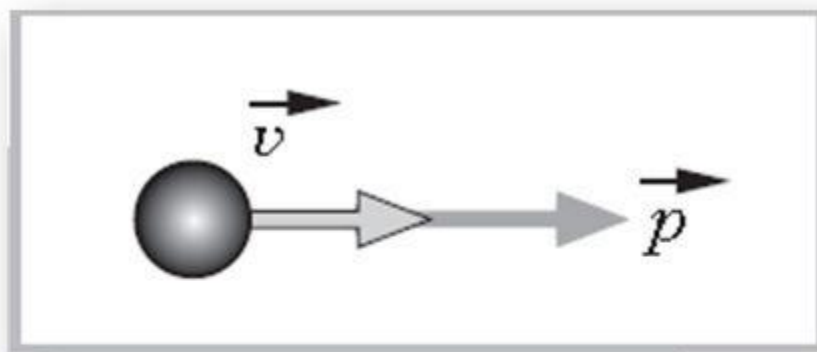
$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}, \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t},$$

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0,$$

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

где $\vec{F}\Delta t$ — импульс силы, $\Delta\vec{p}$ — изменение импульса тела.



Из формулы определения импульса видно, что импульс тела – векторная величина.

Так как $m > 0$, то импульс имеет то же направление, что и скорость.

Наименование единицы импульса следует из определения этой величины: единица импульса в СИ это $1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

$$[p] = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

Второй закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$$

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

Импульс силы равен изменению импульса тела.

Импульс силы равен изменению импульса тела.

– **импульс силы** – временная характеристика действия силы.

$\vec{F}\Delta t$ – **импульс силы** – временная характеристика действия силы.

$$[\vec{F}\Delta t] = [\text{Н} \cdot \text{м}] = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right]$$

Импульс силы – это произведение силы на время её действия.

$$\vec{F} \cdot t = m \cdot \vec{v} - m \cdot \vec{v}_0 = \Delta \vec{p}$$

$$\vec{F} \cdot t$$

$$\vec{F}$$

$$F \cdot t \text{ [1Н} \cdot \text{с]}$$

Импульс силы равен изменению импульса тела.

Закон сохранения импульса

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



До взаимодействия



После взаимодействия

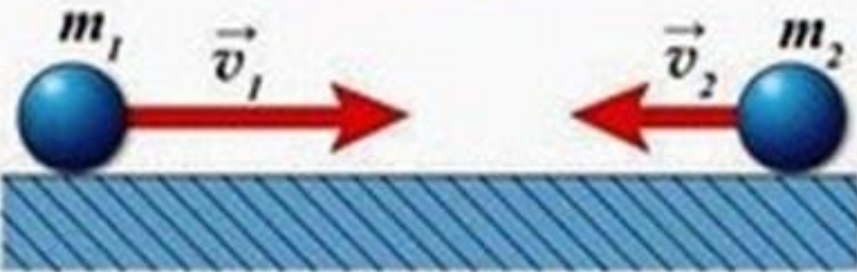
Справедлив:

1. Для двух или более тел
2. Только в инерциальной системе отсчета
3. Только в замкнутой системе тел

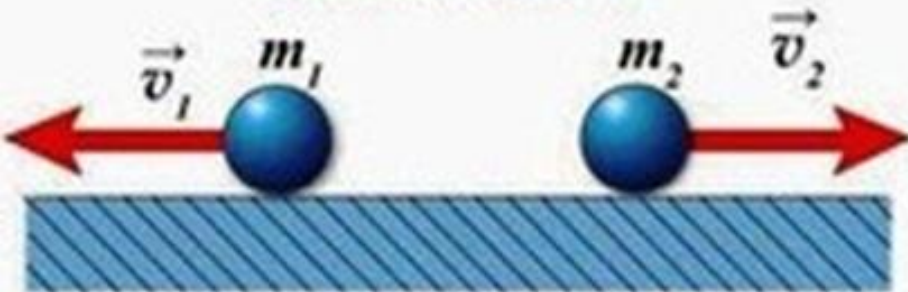
$$m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$\vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 = \vec{p}' + \vec{p}'$$

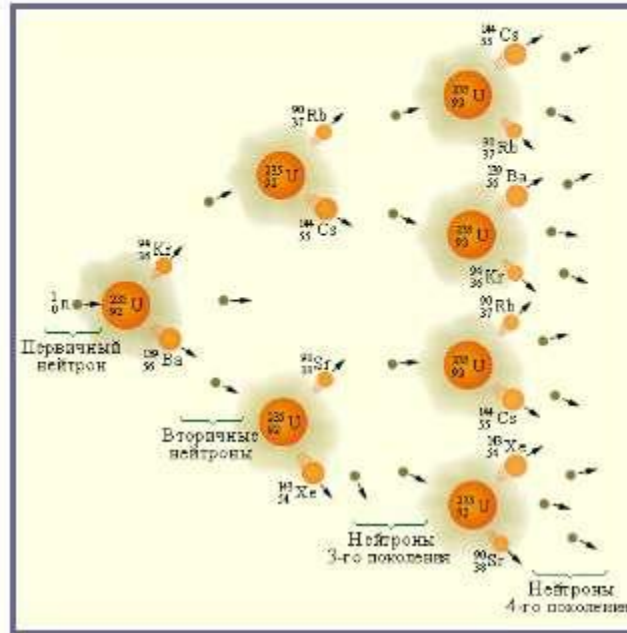
ДО СОУДАРЕНИЯ



ПОСЛЕ СОУДАРЕНИЯ



Значение импульса



Взрывы

Все столкновения
атомных ядер,
ядерные реакции



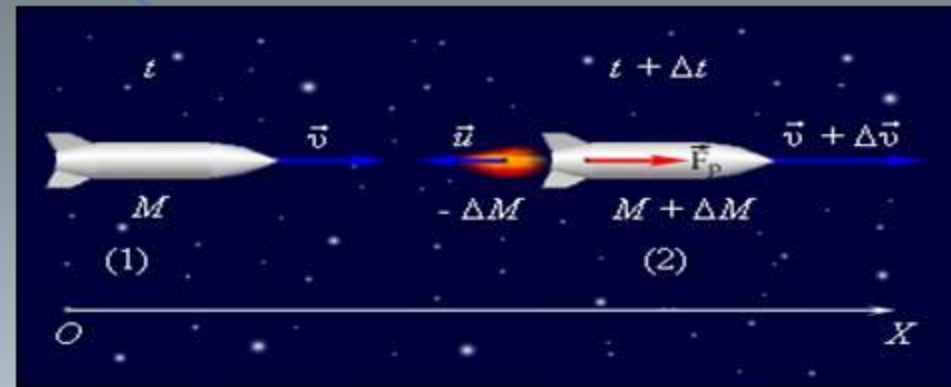
Реактивное оружие

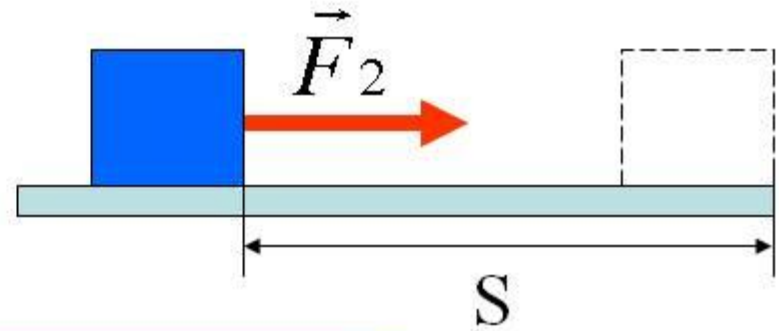
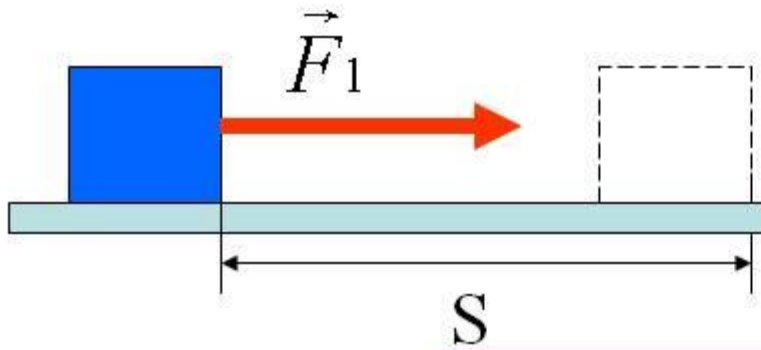


Удары при авариях

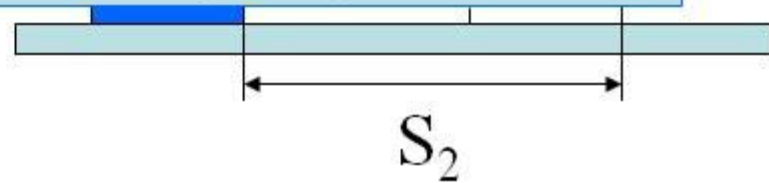
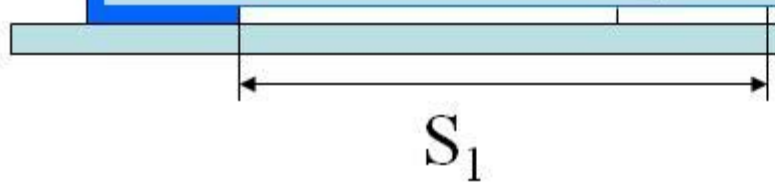
Применение, проявление

- Ракеты, реактивные двигатели в авиации, космонавтике
- Водометные катера.
- Движение живых существ: кальмаров, каракатиц, осьминогов





Механическая работа прямо пропорциональна приложенной силе и пройденному пути.

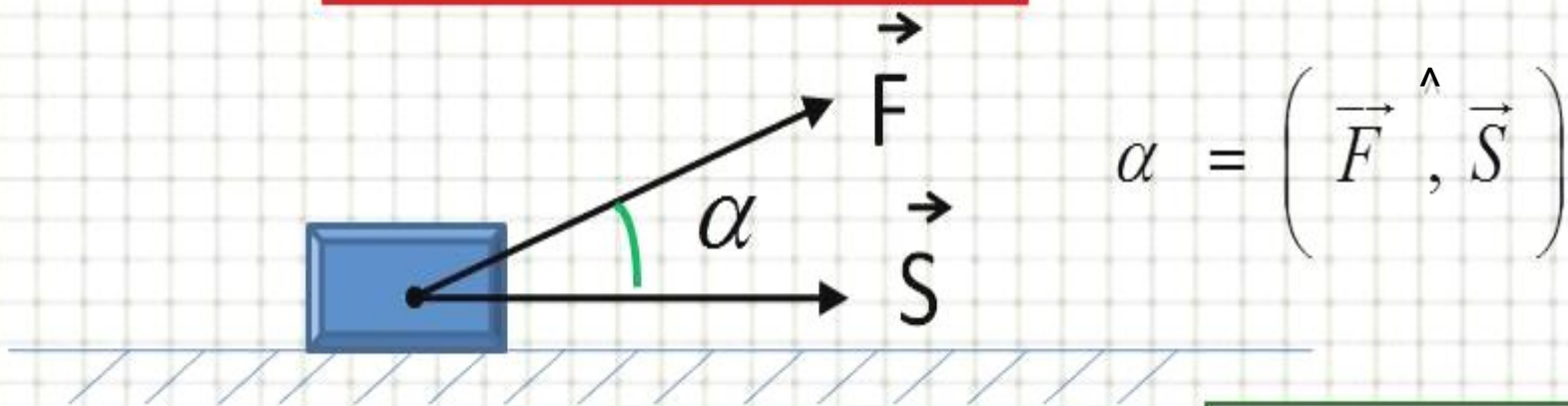


$S_1 > S_2$, значит $A_1 > A_2$

Механическая работа:

- процесс перемещения тела под действием силы
- мера изменения энергии в различных процессах
- скалярная физ. величина, равная произведению силы, перемещения и \cos угла между ними.

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

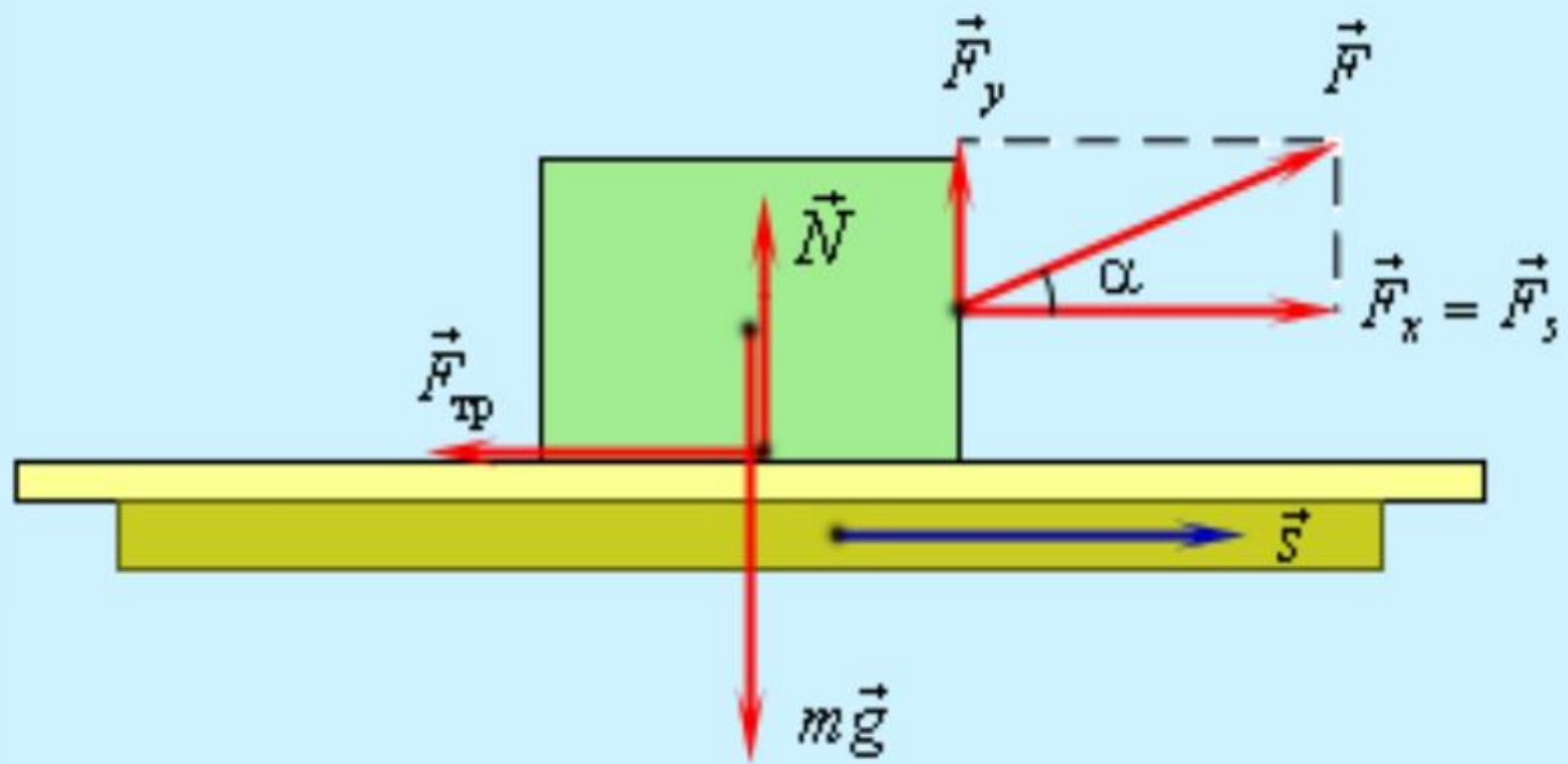


Единицы измерения:

$$[A] = H \cdot m = Дж$$

$$1 кДж = 1 \cdot 10^3 Дж$$

$$1 МДж = 1 \cdot 10^6 Дж$$



Единицы работы

За единицу работы принимают работу, совершаемую силой в 1 Н, на пути, равном 1 м.

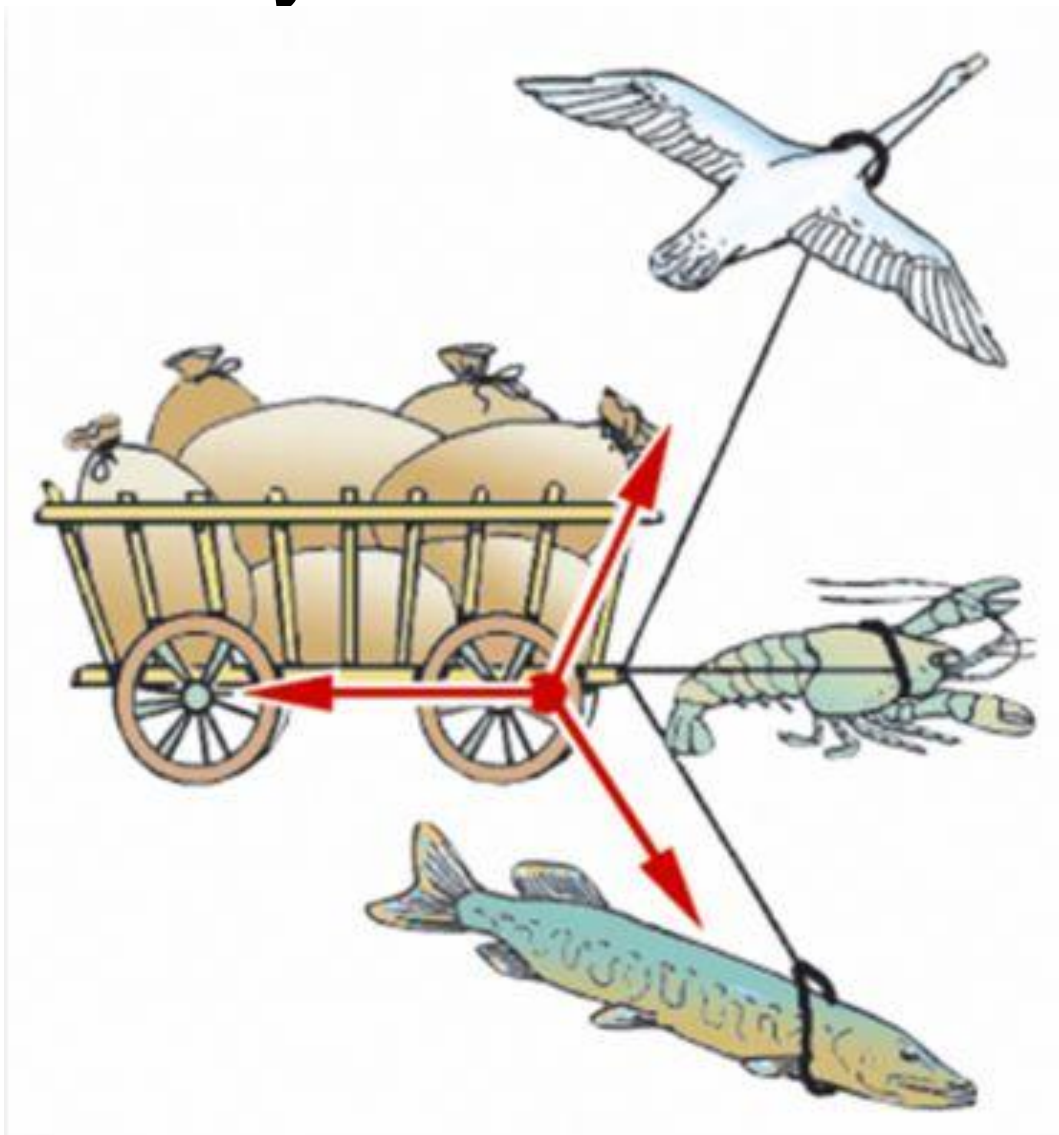
Единица работы – джоуль (Дж)

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}$$

$$1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ МДж} = 1\,000\,000 \text{ Дж}$$

Так почему же воз и ныне там?



МЕХАНИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ

Мощность (N) – физическая величина, равная отношению работы A к промежутку времени t, в течение которого совершена эта работа.



Уатт Джеймс

$$N = \frac{A}{t} \Rightarrow A = N \cdot t$$

За единицу мощности, принята такая мощность, при которой за 1 с совершается работа в 1 Дж.

$$\text{СИ: } [N] = \text{Дж} / \text{с} = \text{Вт}$$

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ с}$$

Мощность. Единицы мощности.

$$\text{мощность} = \frac{\text{работа}}{\text{время}}$$

$$A = Nt$$

$$N = \frac{A}{t}$$

$$A = Fs$$

$$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}}$$

$$N = \frac{Fs}{t} = Fv$$

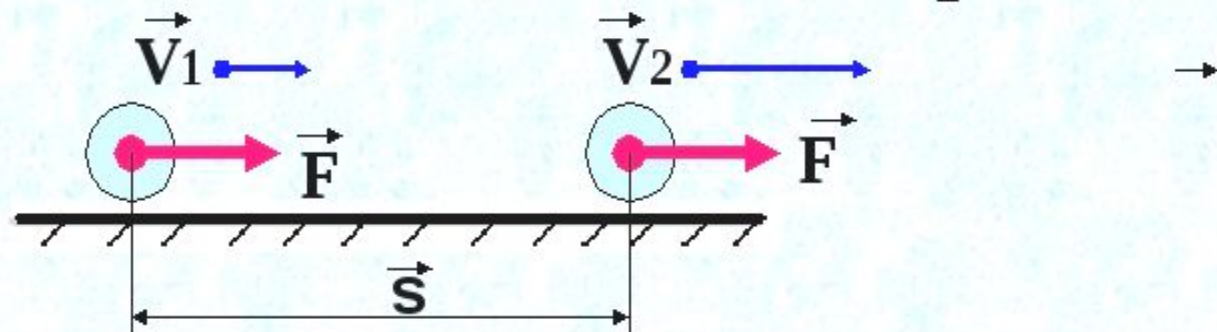
Кинетическая энергия

Энергия, которой обладает тело вследствие своего движения

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Чем больше масса тела и скорость, с которой оно движется, тем больше его кинетическая энергия.

Теорема о кинетической энергии



$$\left. \begin{array}{l} A = F s \\ F = m a \\ s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} \end{array} \right\} \Rightarrow A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$A = \Delta E_k$$

$$A > 0$$

$$E_k \uparrow$$

$$\Delta E_k > 0$$

$$[A] = 1 \text{ Дж}$$

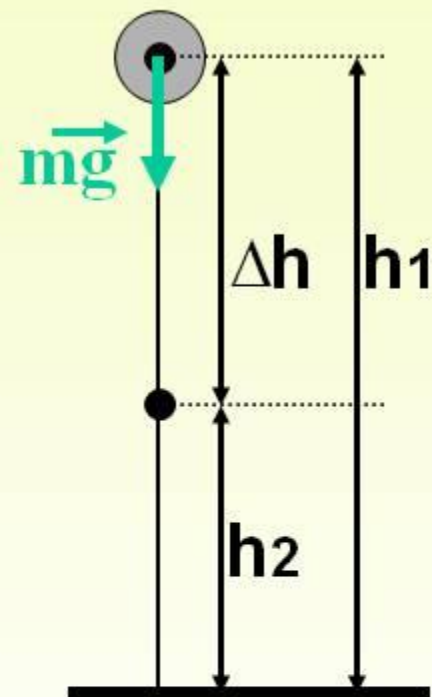
$$[E_k] = 1 \text{ Дж}$$

$$A < 0$$

$$E_k \downarrow$$

$$\Delta E_k < 0$$

Потенциальная энергия



$$A = FS \cos \alpha$$

$$F = mg$$

$$S = \Delta h = h_1 - h_2$$

$$\cos \alpha = 1$$

$$A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2$$

$$A = E_{n1} - E_{n2} = -(E_{n2} - E_{n1})$$

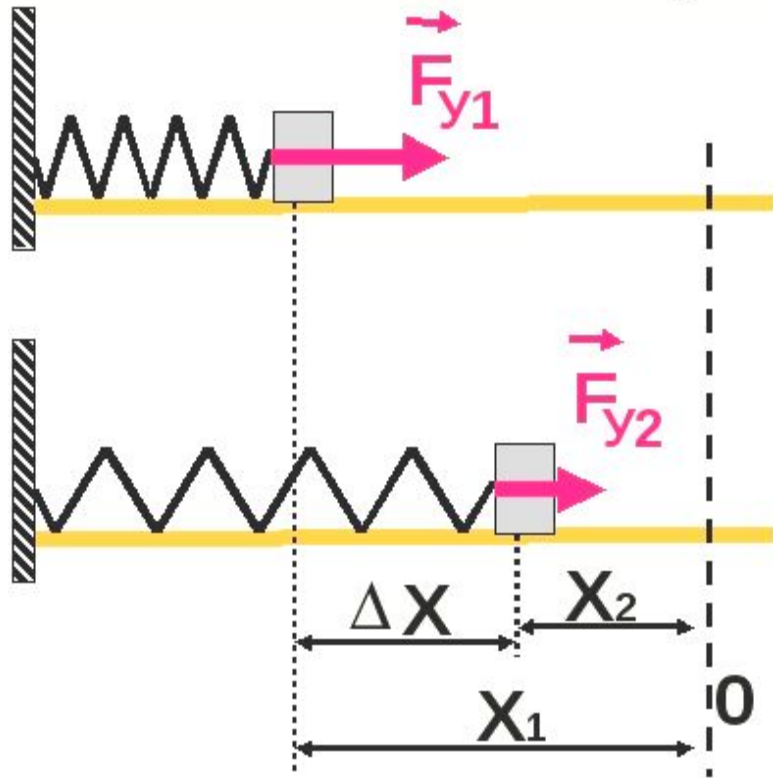
$$A = -\Delta E_n$$

Потенциальная энергия.

Потенциальная энергия тела в данной точке – скалярная физическая величина, равная работе, совершаемой потенциальной силой при перемещении тела из этой точки в точку, принятую за нуль отсчёта потенциальной энергии.

$$E_p = mgh$$

Потенциальная энергия



$$F_{cp} = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{k(x_1 + x_2)}{2}$$

$$A = \frac{k(x_1 + x_2)}{2} (x_1 - x_2)$$

$$A = \frac{k(x_1^2 - x_2^2)}{2} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$$

$$A = E_{n1} - E_{n2} = -(E_{n2} - E_{n1})$$

$$A = -\Delta E_n$$

$$A = FS \cos \alpha$$

$$F = kx$$

$$S = \Delta x = x_1 - x_2$$

$$\cos \alpha = 1$$



- Потенциальная энергия тела поднятого над Землей на высоту **h**:

$$E_p = mgh.$$

- Потенциальная энергия деформированного тела

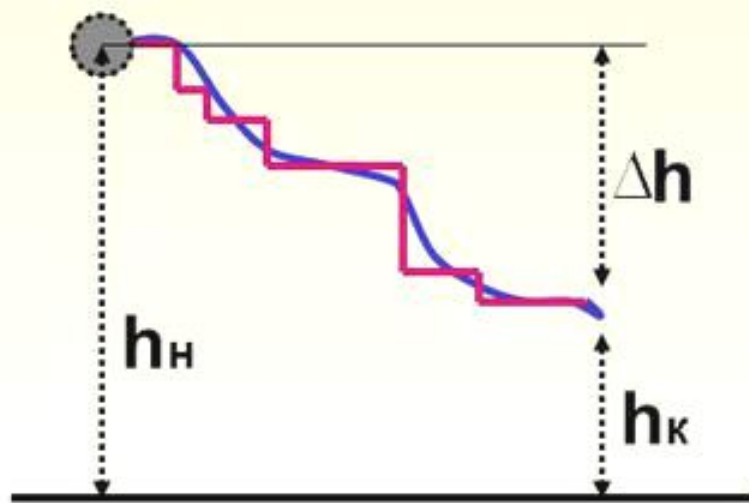
$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

x – удлинение

k - жесткость

Работа силы тяжести

Работа силы тяжести не зависит от траектории движения тела, а только от начального и конечного положения тела.



$$A = A_{\text{гор}} + A_{\text{верт}}$$

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$$A_{\text{гор}} = mg \Delta x \cdot 0 = 0$$

$$A_{\text{верт}} = mg \cdot (h_1 + h_2 + \dots + h_n) \cdot 1$$

$$A_{\text{верт}} = mg \Delta h \quad \Delta h = h_1 + h_2 + \dots$$

Работа силы тяжести составляет:

$$A_g = mgl \cos(90-a) = mgl \sin a = mgH.$$

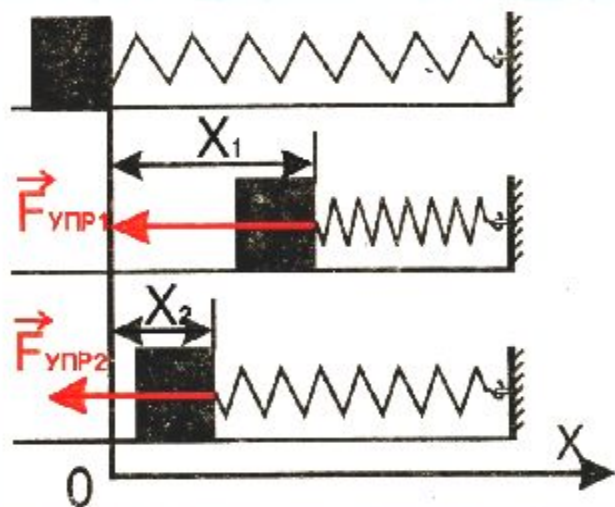
Отсюда видно, что работа силы тяжести зависит от высоты плоскости и не зависит от угла наклона плоскости.

Тело массой m можно равномерно поднять на высоту H , совершив одну и ту же работу двумя способами:

1 приложив силу по вертикали;

2 приложив меньшую силу вдоль наклонной плоскости

Работа силы упругости и потенциальная энергия



$$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} \longrightarrow \text{НЕ ЗАВИСИТ ОТ МАССЫ ТЕЛА}$$

$$A = E_{p1} - E_{p2} = -(E_{p2} - E_{p1})$$

$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

$$[A] = 1 \text{ Дж}$$
$$[E_k] = 1 \text{ Дж}$$

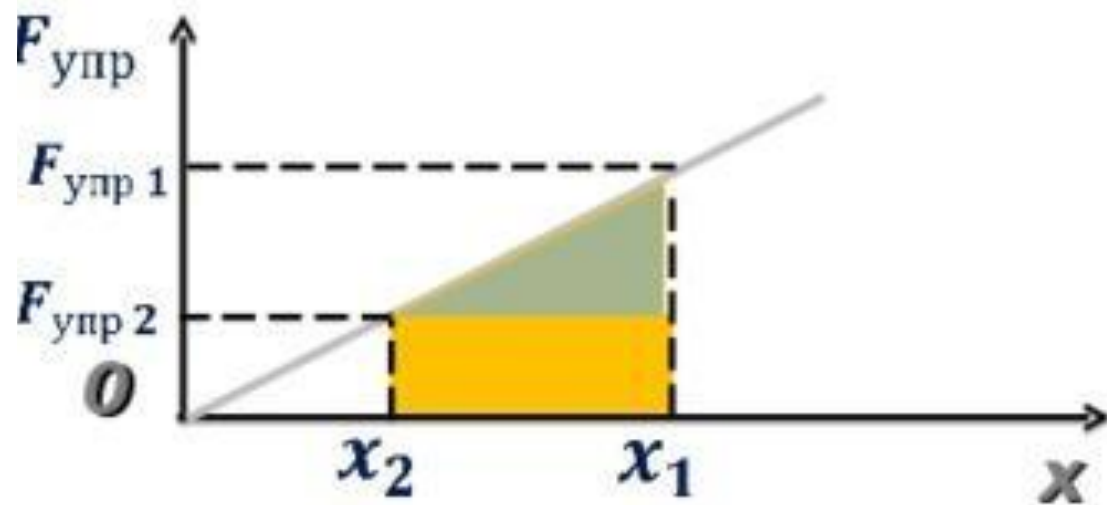
$$A = -\Delta E_p$$

$$A > 0;$$
$$E_p \downarrow$$

$$A > 0;$$
$$E_p \uparrow$$

Работа силы упругости на замкнутой траектории равна 0

Закон Гука: $F_{\text{упр}} = k \cdot |\Delta x|$



$$\begin{aligned} A &= \frac{F_{\text{упр} 1} + F_{\text{упр} 2}}{2} \cdot (x_1 - x_2) = \\ &= \frac{k \cdot x_1 + k \cdot x_2}{2} \cdot (x_1 - x_2) = \frac{k \cdot x_1^2}{2} - \frac{k \cdot x_2^2}{2} \end{aligned}$$



**Сила трения
направлена против
движения тела =>
работа силы трения
всегда отрицательна**

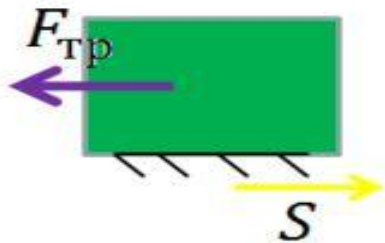
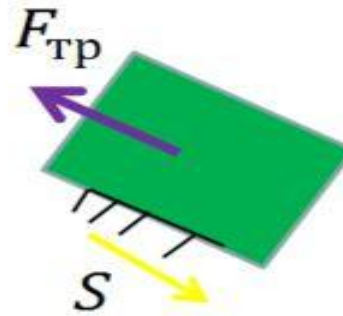
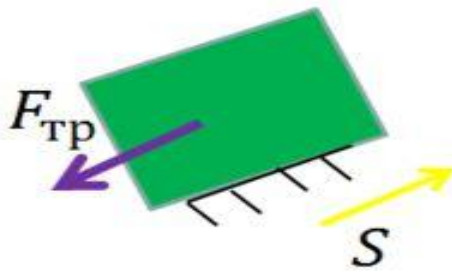
$$A = - F_{\text{тр}} \cdot S$$



ФОРМУЛА СИЛЫ ТРЕНИЯ



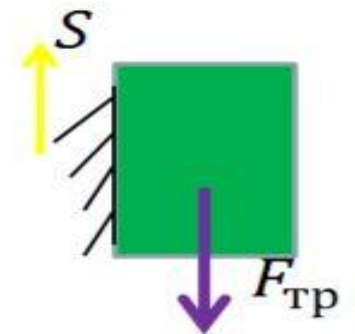
Работа силы трения



$$A = FS \cdot \cos\alpha$$

$$F = F_{\text{тр}}$$

$$\cos\alpha = -1 (\alpha = 180^\circ)$$



Энергия E , Дж

кинетическая

потенциальная

характеризует
энергию движущегося
тела

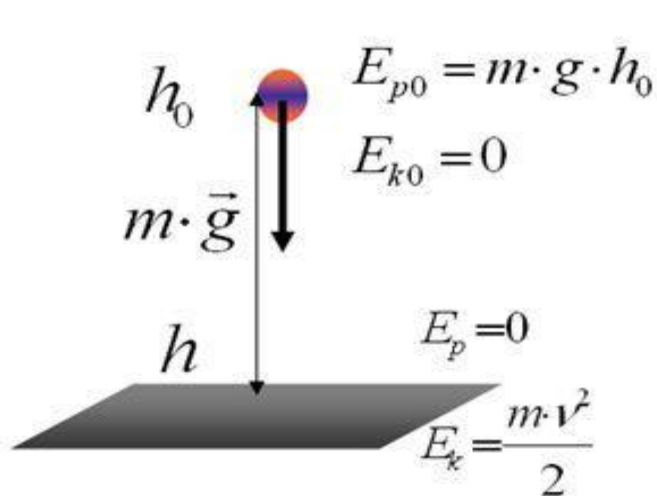
характеризует энергию
взаимодействующих
тел

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = mgh$$

Механическая
 $E = E_k + E_p$

Закон сохранения полной механической энергии



$$A = -(E_p - E_{p0}) \quad (1)$$

$$A = E_k - E_{k0} \quad (2)$$

$$(1) = (2)$$

$$E_{k0} + E_{p0} = E_k + E_p$$

$$E_k + E_p = E$$

- полная механическая энергия

$$E = E_k + E_p = \text{const}$$

математическая запись закона сохранения полной механической энергии.

Формулировка закона:

Полная механическая энергия замкнутой, или изолированной, системы при всех изменениях в системе сохраняется.

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

Коэффициент полезного действия (КПД)

Отношение полезной работы к полной работе называется коэффициентом полезного действия механизма

$$\text{КПД} = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}}$$



$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100 \%$$



«Эта»

Коэффициент полезного действия не может быть больше 1 (или 100 %), т.к. на практике всегда действуют силы сопротивления.

Механический коэффициент полезного действия

η

Физическая величина, характеризующая соотношение между полезной и затраченной частью механической работы, энергии или мощности.

$$\eta = \frac{W_{\text{ПОЛ}}}{W_{\text{ЗАТ}}}$$

$$\eta = \frac{E_{\text{ПОЛ}}}{E_{\text{ЗАТ}}}$$

$$W_{\text{ПОЛ}} < A_{\text{ЗАТ}}$$

$$\eta < 1$$

$$\eta = \frac{P_{\text{ПОЛ}}}{P_{\text{ЗАТ}}}$$

$W_{\text{ПОЛ}}$ – полезная работа,

$P_{\text{ПОЛ}}$ – полезная мощность

$E_{\text{ПОЛ}}$ – полезная энергия

$W_{\text{ЗАТ}}$ – затраченная энергия

$P_{\text{ЗАТ}}$ – затраченная мощность

$E_{\text{ЗАТ}}$ – затраченная энергия

Домашнее задание

1. Привести пример тела, которое обладает только кинетической энергией.
2. С какой скоростью должен двигаться автомобиль массой 7,2 т, чтобы обладать кинетической энергией 8,1 кДж?
3. Определите, какой кинетической энергией будет обладать пуля, вылетевшая из винтовки. Скорость пули при вылете равна 500 м/с, масса – 7 г.
4. На какую высоту нужно поднять тело массой 5 кг, чтобы его потенциальная энергия увеличилась на 40 Дж?