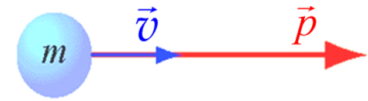


ТЕМА 3: ИМПУЛЬС. РАБОТА. МОЩНОСТЬ. КПД. ВИДЫ ЭНЕРГИИ

Импульс материальной точки

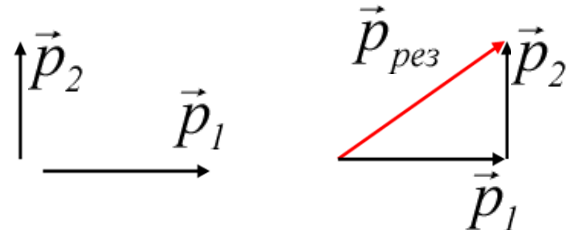
Импульсом материальной точки $\vec{p}$ (пэ) называется векторная величина, равная произведению массы m этой точки на её скорость $\vec{v}$:

$$\vec{p} = m \vec{v}, \quad [p] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \text{Н} \cdot \text{с} \text{ (Ньютон-секунда)}$$



Импульсом системы материальных точек $\vec{p}_{\text{сист.}}$ называется векторная величина, равная векторной сумме импульсов всех точек системы:

$$\vec{p}_{\text{сист.}} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \sum \vec{p}_i$$



Импульсом силы $\vec{I}$ (и) называется векторная величина, равная произведению силы $\vec{F}$ на время её действия t :

$$\vec{I} = \vec{F} t,$$

$$[\vec{I}] = \text{Н} \cdot \text{с} \text{ (Ньютон-секунда)}.$$

Механическая работа силы А

Для характеристики действия силы ввели понятие механической работы силы

Элементарной механической работой dA называется скалярная величина, равная скалярному произведению силы $\vec{F}$ на элементарное перемещение $d\vec{r}$ точки приложения силы:

$$dA = \vec{F} d\vec{r} = F dr \cos \alpha,$$

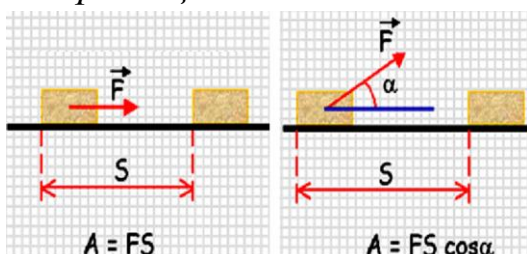
где α - угол между векторами $\vec{F}$ и $d\vec{r}$.

Механической работой А произвольной силы называется скалярная величина, равная криволинейному интегралу вида $A_{1-2} = \int_1^2 F_s ds$,

где F_s - это функция зависимости силы, действующей на тело, от пройденного им пути S .

Механической работой А(а) постоянной по величине и направлению силы называется скалярная величина, равная произведению силы F (эф) на перемещение S (эс) точки приложения силы и на косинус угла α (альфа) между векторами силы и перемещения:

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



где A – работа силы, Дж;

F – сила, Н;

S – перемещение точки приложения силы, м;

α - угол между векторами $\vec{F}$ и $\vec{S}$.

Механическая мощность силы N

Для характеристики быстроты выполнения работы ввели понятие механической мощности N .

Различают среднюю $\langle N \rangle$ и мгновенную N механическую мощность.



Средней механической мощностью силы $\langle N \rangle$ (эН) называется скалярная величина, равная отношению работы силы A за какой-то промежуток времени t , к величине этого промежутка времени:

$$\langle N \rangle = \frac{A}{t},$$

где $[N] = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$, Ватт

A - механическая работа силы, Дж;

t – время выполнения работы, с.

Мгновенной механической мощностью силы N (эН) называется скалярная величина, равная первой производной работы силы A по времени t :

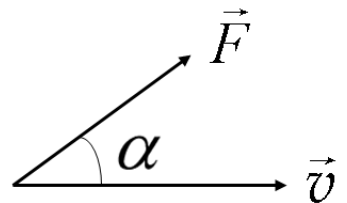
$$N = \frac{dA}{dt}.$$

Мгновенную мощность силы можно выразить через скорость движущегося под действием этой силы тела:

$$N = Fv \cos \alpha,$$

где v – это мгновенная скорость тела (т.е. скорость тела в данный момент времени), м/с;

α – угол между векторами силы $\vec{F}$ и скорости $\vec{v}$.



Коэффициент полезного действия η

Для характеристики экономичности механизмов или процессов ввели понятие коэффициента полезного действия η (эта).

Коэффициентом полезного действия η (КПД) называется скалярная величина, равная отношению полезной работы механизма $A_{\text{полезная}}$, к его затраченной работе $A_{\text{затраченная}}$:

$$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}},$$

где $A_{\text{полезная}}$ и $A_{\text{затр}}$ – это полезная и затраченная работа силы соответственно;

η (эта) - КПД, величина безразмерная.

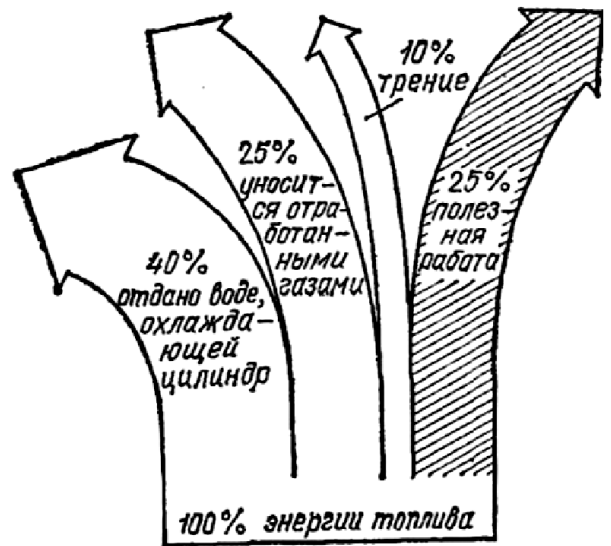
КПД не может быть больше единицы или больше 100 %.

При этом следует помнить, что **полезная работа** $A_{\text{полезная}}$ - это минимальная работа, которую необходимо совершить, чтобы выполнить необходимое задание.

Полезная работа будет минимальной, если тело перемещать равномерно по кратчайшему пути в отсутствии сил трения и сопротивления.

Затраченная работа $A_{\text{затр}}$ - это работа, которую на самом деле приходится совершить, чтобы выполнить данное задание.

Например, при подъёме тела по наклонной плоскости на высоту h , полезная работа будет совершаться против силы тяжести. При этом работа будет минимальной, если тело перемещать равномерно и силы трения будут отсутствовать. В этом случае полезная работа будет равна $A_{\text{полезная}} = mgh$, а затраченная работа $A_{\text{затр}} = FS \cos \alpha$.



Энергия

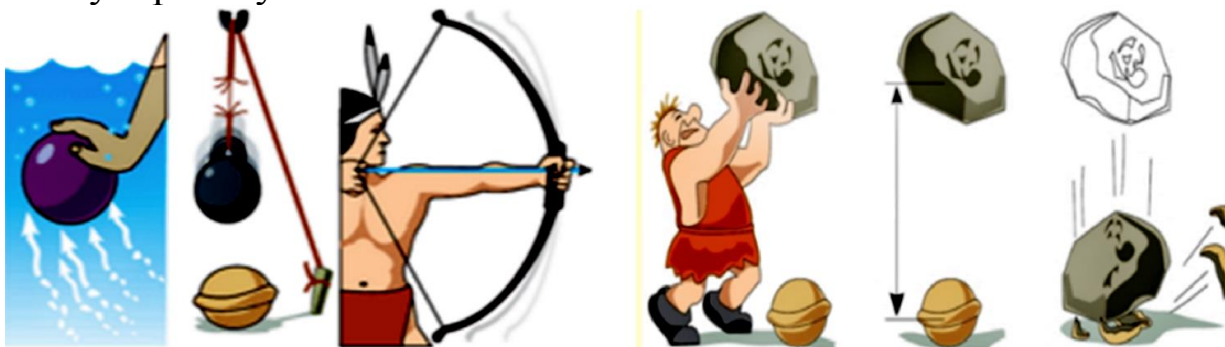
Энергией называется скалярная величина, являющаяся единой мерой различных форм движения (механического, теплового и т.п.) и взаимодействия всех видов материи (вещества и поля).

В механике энергия характеризует способность тела совершить механическую работу.

Механическая энергия физических объектов и явлений

Физический объект, явление	Энергия, Дж	Физический объект, явление	Энергия, Дж
Молекула воздуха при комнатной температуре	10^{-21}	Атомная бомба	10^{14}
Электрон в атоме	10^{-18}	Ураган	10^{15}
Деление ядра урана	10^{-11}	100 МВт-водородная бомба	10^{17}
Протон в ускорителе, прыгающая блоха	10^{-7}	Землетрясение (8 баллов по шкале Рихтера)	10^{18}
Клавиша компьютера	10^{-2}	Извержение вулкана	10^{19}
Сердцебиение	0,5	Солнечное излучение, ежегодно попадающее на Землю	10^{25}
Яблоко, падающее с высоты 1 м	1		
Горящая спичка	10^3	Вращение Земли вокруг оси	10^{29}
Стайер после часового бега, взрыв 1 кг тринитротолуола	10^6	Движение Земли вокруг Солнца	10^{33}
Сгорание 1 л бензина	10^7	Солнечное излучение за год	10^{34}
Сгорание 1 м ³ дров	10^9	Взрыв сверхновой звезды	10^{44}
Разряд молнии	10^{10}	Излучение радиогалактики	10^{55}
Космическая ракета	10^{11}	Рождение Вселенной	10^{68}

Когда говорят, что тело обладает механической энергией, то подразумевают, что оно при определённых условиях может совершить механическую работу.



Виды механической энергии

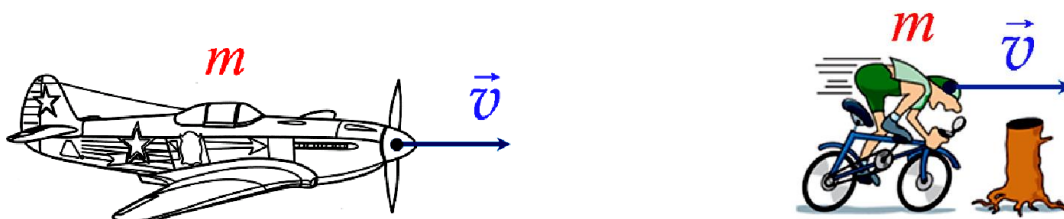
Кинетической энергией тела E_K (е ка) называется скалярная величина, равная половине произведения массы этого тела m на квадрат его скорости

$$v^2: \quad E_K = \frac{mv^2}{2},$$

где E_K - кинетическая энергия, Дж; m - масса тела, кг;

v - мгновенная скорость тела, м/с.

особенность: кинетическая энергия тела всегда величина положительная.



Виды потенциальной энергии

Потенциальной энергией поднятой над Землёй материальной точки E_{Π} (е пэ) называется скалярная величина, равная произведению массы материальной точки m на ускорение свободного падения g и на высоту h от нулевого уровня отсчёта потенциальной энергии:

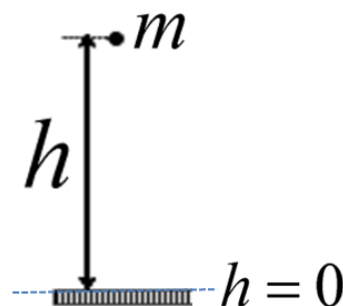
$$E_{\Pi} = mgh,$$

где E_{Π} – потенциальная энергия, Дж;

m – масса, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h – высота материальной точки над нулевым уровнем отсчёта потенциальной энергии, м.



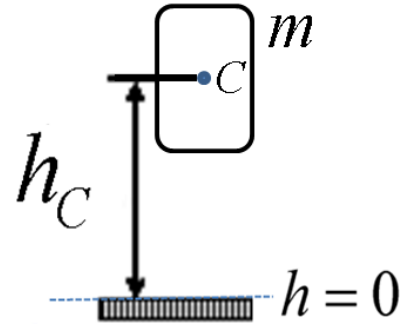
Потенциальной энергией поднятого над Землёй протяжённого тела E_{Π} (е пэ) называется скалярная величина, равная произведению массы тела m на ускорение свободного падения g и на высоту h_c центра тяжести тела от нулевого уровня отсчёта потенциальной энергии:

$$E_{\Pi} = mgh_c,$$

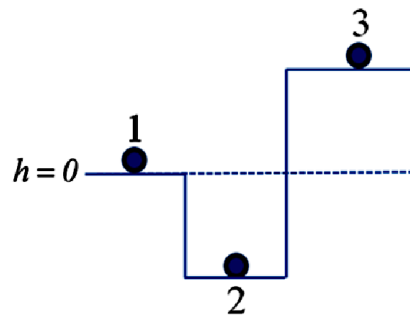
где E_{Π} - потенциальная энергия, Дж;

m (эм) - масса, кг; g (жэ) - ускорение свободного падения, м/с^2 ;

h_c (аш цэ) - высота центра тяжести тела над нулевым уровнем отсчёта потенциальной энергии, м.



особенность: может быть величиной положительной, отрицательной или равной нулю, в зависимости от выбора начального уровня отсчёта потенциальной энергии.



$\Pi_1 = 0$, так как $h = 0$

$\Pi_2 < 0$, так как $h < 0$

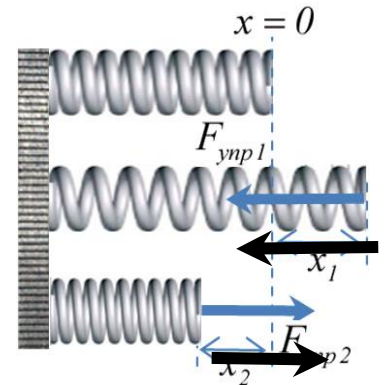
$\Pi_3 > 0$, так как $h > 0$

Потенциальной энергией деформированной пружины E_{Π} (е пэ) называется скалярная величина, равная половине произведения жёсткости пружины k на квадрат величины её деформации x^2 :

$$E_{\Pi} = \frac{kx^2}{2},$$

где k (ка) - коэффициент жёсткости пружины, $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$;

x (икс) - величина деформации пружины, м.



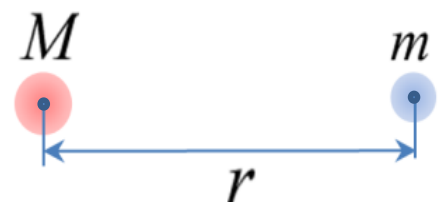
Потенциальной энергией гравитационного взаимодействия двух материальных точек E_{Π} (е пэ) называется скалярная величина, равная произведению гравитационной постоянной G на произведение масс материальных точек M и m , делённому на расстояние r между этими материальными точками:

$$E_{\Pi} = -G \frac{Mm}{r},$$

где G (жэ) - гравитационная постоянная;

M и m - массы материальных точек, кг;

r - расстояние между ними, м.



Полной механической энергией E (е) называется скалярная величина, равная сумме кинетической E_K и потенциальной E_{Π} энергий тела:

$$E = E_K + E_{\Pi}$$

$$[E] = \text{Дж}.$$

Консервативные силы

Консервативными (или **потенциальными**) называются силы, работа которых не зависит от формы траектории, по которой двигалась материальная точка, а определяется лишь начальным и конечным положением точки, и, как следствие, работа таких сил на любом замкнутом участке пути равна нулю.

К консервативным силам относятся сила гравитации $\vec{F}_{gp}$, сила тяжести $\vec{F}_{тяж}$, сила упругости $\vec{F}_{упр}$, сила Кулона $\vec{F}_{кул}$ и сила Архимеда $\vec{F}_{арх}$.

Все остальные силы являются неконсервативными.

Связь консервативной силы с её потенциальной энергией

Консервативная сила $\vec{F}$ равна градиенту $\frac{dE_{\Pi}}{d\vec{r}}$ от её потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком:

$$\vec{F} = -\frac{dE_{\Pi}}{d\vec{r}} = -\left(\frac{\partial E_{\Pi}}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial E_{\Pi}}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial E_{\Pi}}{\partial z} \vec{k} \right) = -\text{grad } E_{\Pi},$$

где $\text{grad} = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}$ - градиент (это математический оператор, равный в декартовой системе координат сумме первых частных производных какой-либо функции по координатам x, y и z).

Математический смысл градиента grad : это вектор, направленный в сторону наиболее быстрого возрастания данной функции из данной точки пространства.

Диссипативные силы

Диссипативным называются силы, работа которых на любом замкнутом участке пути всегда отрицательна.

К диссипативным силам относятся:

- сила трения скольжения,
- сила трения качения,
- сила сопротивления в жидкости или газе.