

Билет 11. Механическая работа и ее свойства. Мощность. КПД.

Под действием постоянной силы \vec{F} тело перемещается на $\Delta \vec{r}$.

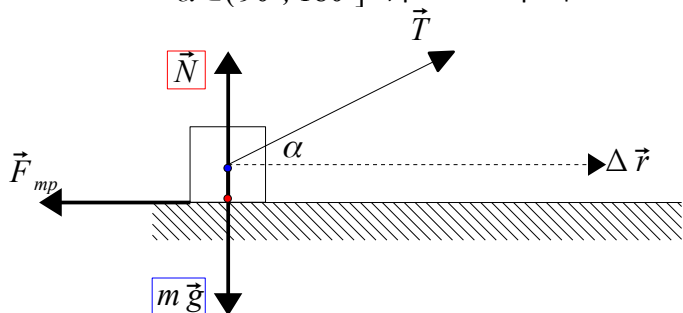
Механическая работа — скалярная физическая величина, равная скалярному произведению вектора скорости и вектора перемещения.

$$A = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = |\vec{F}| \cdot |\Delta \vec{r}| \cdot \cos \alpha \quad [A] = \text{Дж} = \text{Н} \cdot \text{м} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$$

Если $\alpha \in [0^\circ; 90^\circ)$, работа положительная.

Если $\alpha = 90^\circ$, $A = 0$.

Если $\alpha \in (90^\circ; 180^\circ]$, работа отрицательная.



Пусть брусок тянут по горизонтальной поверхности с помощью нити, натянутой под углом α к горизонту. Тогда работа силы реакции нити \vec{T} положительная, работа силы тяжести $m\vec{g}$ и силы реакции опоры \vec{N} равны 0, работа силы трения \vec{F}_{mp} отрицательная.

Чтобы вычислить работу силы, которая **меняется за время перемещения и траектория тела криволинейна**, разобьем всю траекторию на малые участки, которые можно считать прямолинейными, сила и угол между силой и перемещением на них приблизительно постоянные.

Элементарное перемещение — вектор, длина которого равна длине некоторого участка траектории и направление совпадает с направлением движения тела.

Элементарная работа — работа на элементарном перемещении. $\Delta A_i = F_i \cdot \Delta r_i \cdot \cos \alpha = (\vec{F}_i \cdot \Delta \vec{r}_i)$

Работа на всем пути:

$$A = \lim_{\Delta \vec{r} \rightarrow 0} \sum \Delta A_i \approx \sum \Delta A_i = \sum \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{r}_i$$

Мощность — характеризует быстроту совершения работы.

Средняя мощность — физическая величина, равная отношению работы ко времени ее совершения.

$$N_{cp} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

Мгновенная мощность — физическая величина, равная пределу отношения работы к промежутку времени, в течение которого она была совершена, при условии, что этот промежуток времени стремиться к нулю.

$$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$$[N] = \text{Вт} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3}$$

Подставим формулу работы в формулу средней мощности:

$$N_{cp} = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{\vec{F} \cdot \Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \vec{v}_{cp} = F \cdot v_{cp} \cos(\vec{F}; \vec{v}_{cp})$$

Средняя мощность равна скалярному произведению вектора силы на вектор средней скорости движения тела.

Подставим формулу работы в формулу мгновенной мощности:

$$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{F} \Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{F} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

Мгновенная мощность равна скалярному произведению вектора силы на вектор мгновенной скорости движения тела.

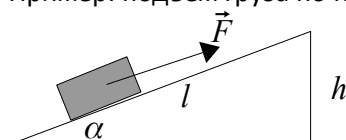
КПД

Коэффициент полезного действия (КПД, η) — физическая величина, равная отношению «полезной» работы к «совершенной» работе.

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{соверш}}}$$

КПД машины равно отношению совершенной механической работы к затраченной энергии.

Пример: подъем груза по наклонной плоскости



$$A_{\text{пол}} = mgh \quad A_{\text{соверш}} = Fl \quad \eta = \frac{mgh}{Fl}$$

Если трения нет, то КПД=100% и при малом угле «выигрыш» в силе $\frac{1}{\sin \alpha}$

Решим задачу

Тело массой $m = 30$ кг передвинули на $l=1$ м. Найти совершенную работу, если $\eta=0,75$, а $\mu=0,25$.

По II закону Ньютона: $N = mg$. $F_{mp} = \mu N = \mu mg \rightarrow A_{теор} = F_{mp} l = \mu mgl \rightarrow$

$$A_{сов} = \frac{A_{теор}}{\eta} = \frac{\mu mgl}{\eta} = \frac{0,25 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 1}{0,75} \text{ Дж} = 100 \text{ Дж}$$