

Работа, энергия и МОЩНОСТЬ

“Практикум по решению теоретических и экспериментальных задач по физике”

Кустова Евгения Владимировна

ассистент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ
эксперт по проверке ГИА Алтайского края по физики



Физика

1. Механика (Кинематика, Статика, Динамика, Законы сохранения)
2. Молекулярная физика (Термодинамика, МКТ)
3. Электричество (Электродинамика, Электростатика, Поля)
4. Ядерная и квантовая физика



Механическая работа

Энергетические характеристики движения вводятся на основе понятия **механической работы или работы силы**. Работой, совершаемой постоянной силой F , называется физическая величина, равная произведению модулей силы и перемещения, умноженному на косинус угла между векторами силы F и перемещения S :

$$A = FS \cos \alpha$$



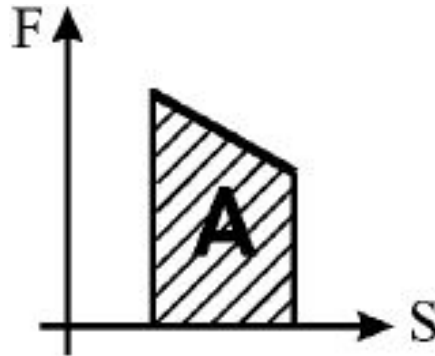
Механическая работа

Работа является скалярной величиной. Она может быть как положительна ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$), так и отрицательна ($90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$). При $\alpha = 90^\circ$ работа, совершаемая силой, равна нулю.

В системе СИ работа измеряется в **Джоулях** (Дж). Джоуль равен работе, совершаемой силой в 1 ньютон на перемещении 1 метр в направлении действия силы.

Механическая работа

Если же сила изменяется с течением времени, то для нахождения работы строят график зависимости силы от перемещения и находят площадь фигуры под графиком – это и есть работа:





Задача

Гантель массой 1 кг падает с высоты 10 метров. Какую работу совершает сила тяжести?



Задача

Гантель массой 1 кг падает с высоты 10 метров. Какую работу совершает сила тяжести?

$$F = mg$$

$$r = h$$

$$A = Fr = mgh$$

$$A = 1 \cdot 10 \cdot 10 = 100 \text{ Дж}$$



Задача

Трактор перемещает платформу со скоростью $7,2 \text{ км/ч}$, развивая тяговое усилие в 25 кН . Какую работу совершит трактор за 10 мин

Задача

Дано	СИ	$S = v \cdot t$
$v = 7,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$	$2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$A = F \cdot S = F \cdot v \cdot t =$
$F = 25 \text{ кН}$	$25\,000 \text{ Н}$	$= 25\,000 \text{ Н} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot$
$t = 10 \text{ мин}$	$10 \cdot 60 \text{ с}$	$\cdot 10 \cdot 60 =$
$A = ?$		$= 30\,000\,000 \text{ Дж} =$
		$= 30 \text{ МДж}$

Ответ: $A = 30 \text{ МДж}$.



Мощность

Работа силы, совершаемая в единицу времени, называется **МОЩНОСТЬЮ**.
Мощность ***P*** (иногда обозначают буквой ***N***) – физическая величина, равная отношению работы ***A*** к промежутку времени ***t***, в течение которого совершена эта работа:

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



Мощность

По этой формуле рассчитывается **средняя мощность**, т.е. мощность обобщенно характеризующая процесс. И так, работу можно выражать и через мощность: $A = Pt$ (если конечно известна мощность и время совершения работы).

Единица мощности называется ватт (Вт) или 1 джоуль за 1 секунду. Если движение равномерное, то:

$$N = \frac{A}{t} = Fv \cos \alpha$$



Мощность

По этой формуле мы можем рассчитать **мгновенную мощность** (мощность в данный момент времени), если вместо скорости подставим в формулу значение мгновенной скорости.

Как узнать, какую мощность считать? Если в задаче спрашивают мощность в момент времени или в какой-то точке пространства, то считается мгновенная. Если спрашивают про мощность за какой-то промежуток времени или участок пути, то ищите среднюю мощность.



Задача

С плотины высотой 30м каждую минуту падает 150 кубических метров воды. Найдите мощность потока воды.



Задача

Мощность определяется по формуле:

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

А работу можно рассчитать по формуле:

$$A = Fs.$$

В нашем случае пройденный водой путь s — это и есть высота плотины h , с которой падает вода. Вода падает под силой действия силы тяжести:

$$F = gm.$$

Задача

Рассчитаем массу падающей воды:

$$m = \rho V,$$

$$m = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 150 \text{ м}^3 = 150\,000 \text{ кг}.$$

Теперь можем рассчитать силу тяжести:

$$F = gm$$

$$F = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 150\,000 \text{ кг} = 1\,470\,000 \text{ Н}.$$

Работа, совершаемая потоком воды в минуту:

$$A = Fh,$$

$$A = 1\,470\,000 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м} = 44\,100\,000 \text{ Дж}.$$

Вычислим мощность потока:

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

$$N = \frac{44\,100\,000 \text{ Дж}}{60 \text{ с}} = 735\,000 \text{ Вт} = 735 \text{ кВт}.$$

Ответ: $N = 735 \text{ кВт}$.



Кинетическая энергия

Физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости, называется **кинетической энергией тела (энергией движения)**:

$$E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$$



Кинетическая энергия

То есть если автомобиль массой 2000 кг движется со скоростью **10 м/с**, то он обладает кинетической энергией равной **$E_k = 100 \text{ кДж}$** и способен совершить работу в 100 кДж.

Эта энергия может превратиться в тепловую (при торможении автомобиля нагревается резина колес, дорога и тормозные диски) или может быть потрачена на деформацию автомобиля и тела, с которым автомобиль столкнулся (при аварии).

При вычислении кинетической энергии не имеет значения куда движется автомобиль, так как энергия, как и работа, величина скалярная.



Физический смысл

Физический смысл кинетической энергии: для того чтобы покоящееся тело массой m стало двигаться со скоростью v необходимо совершить работу равную полученному значению кинетической энергии. Если тело массой m движется со скоростью v , то для его остановки необходимо совершить работу равную его первоначальной кинетической энергии.

При торможении кинетическая энергия в основном (кроме случаев соударения, когда энергия идет на деформации) «забирается» силой трения.



Теорема о кинетической энергии

Работа равнодействующей силы равна изменению кинетической энергии тела:

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Теорема о кинетической энергии справедлива и в общем случае, когда тело движется под действием изменяющейся силы, направление которой не совпадает с направлением перемещения. Применять данную теорему удобно в задачах на разгон и торможение тела.



Потенциальная энергия

Потенциальная энергия определяется взаимным положением тел (например, положением тела относительно поверхности Земли). Понятие потенциальной энергии можно ввести только для сил, работа которых не зависит от траектории движения тела и определяется только начальным и конечным положениями (так называемые **консервативные силы**). Работа таких сил на замкнутой траектории равна нулю



Потенциальная энергия:

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести Земли рассчитывается по формуле:

$$E_n = mgh$$



Физический смысл

Физический смысл потенциальной энергии тела: потенциальная энергия равна работе, которую совершает сила тяжести при опускании тела на нулевой уровень (h – расстояние от центра тяжести тела до нулевого уровня).

Если тело обладает потенциальной энергией, значит оно способно совершить работу при падении этого тела с высоты h до нулевого уровня

Теорема о потенциальной энергии

Работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии тела, взятому с противоположным знаком:

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

Часто в задачах на энергию приходится находить работу по поднятию (переворачиванию, доставанию из ямы) тела. Во всех этих случаях нужно рассматривать перемещение не самого тела, а только его центра тяжести.



Потенциальная энергия

Потенциальная энергия **E_p** зависит от выбора нулевого уровня, то есть от выбора начала координат оси OY . В каждой задаче нулевой уровень выбирается из соображения удобства.

Физический смысл имеет не сама потенциальная энергия, а ее изменение при перемещении тела из одного положения в другое. Это изменение не зависит от выбора нулевого уровня.



Потенциальная энергия пружины

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$$

где: ***k*** – жесткость пружины.

Растянутая (или сжатая) пружина способна привести в движение прикрепленное к ней тело, то есть сообщить этому телу кинетическую энергию. Следовательно, такая пружина обладает запасом энергии. Растяжение или сжатие ***x*** надо рассчитывать от недеформированного состояния тела.



Теорема о потенциальной энергии пружины

Потенциальная энергия упруго деформированного тела равна работе силы упругости при переходе из данного состояния в состояние с нулевой деформацией. Если в начальном состоянии пружина уже была деформирована, а ее удлинение было равно x_1 , тогда при переходе в новое состояние с удлинением x_2 сила упругости совершит работу, равную изменению потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком (так как сила упругости всегда направлена против деформации тела):

$$A_{\text{упр}} = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$$



Задача

Найти скорость тела, если его кинетическая энергия 100 Дж, а масса 2 кг.

Задача

Дано:

$$m = 2\text{кг}$$

$$E_{\kappa} = 100\text{Дж}$$

$v = ?$

$$E_{\kappa} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_{\kappa}}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{2}} = 10\text{м/с}$$

Ответ: $v = 10\text{м/с}$



Задача

Кинетическая энергия моторной лодки массой 176 кг , движущейся со скоростью 8 м/с равна кинетической энергии радиоуправляемого квадрокоптера, который движется со скоростью 32 м/с . Вычислите массу квадрокоптера .

Задача

Дано:

$$m_{\text{л}} = 176 \text{ кг}$$

$$v_{\text{л}} = 8 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{к}} = 32 \text{ м/с}$$

$$m_{\text{к}} = ?$$

$$\frac{m_{\text{л}} v_{\text{л}}^2}{2} = \frac{m_{\text{к}} v_{\text{к}}^2}{2}$$

$$m_{\text{л}} v_{\text{л}}^2 = m_{\text{к}} v_{\text{к}}^2$$

$$m_{\text{к}} = \frac{m_{\text{л}} v_{\text{л}}^2}{v_{\text{к}}^2}$$

$$m_{\text{к}} = \frac{176 \cdot 8^2}{32^2} = 11 \text{ кг}$$

Ответ: $m_{\text{к}} = 11 \text{ кг}$



Задача

Кинетическая энергия тела 8 Дж , а импульс 4 кг·м/с. Найти скорость тела.

Задача

Дано:
 $p = 4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

$E_k = 8 \text{ Дж}$

$v = ?$

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

$$p = mv$$

разделим первое уравнение на второе:

$$\frac{E_k}{p} = \frac{mv^2}{2} : (mv)$$

$$\frac{E_k}{p} = \frac{mv^2}{2} : \frac{mv}{1}$$

$$\frac{E_k}{p} = \frac{mv^2}{2} \cdot \frac{1}{mv}$$

$$\frac{E_k}{p} = \frac{v}{2}$$

$$v = \frac{2E_k}{p}$$

$$v = \frac{2 \cdot 8}{4} = 4 \text{ м/с}$$

Ответ: $v = 4 \text{ м/с}$