

Урок 81. Механічна робота і потужність. Закон збереження механічної енергії.

Мета. Ввести поняття енергії, потенціальної та кінетичної енергії, роботи, потужності, ККД.

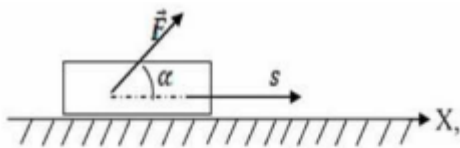
Хід уроку

1. Актуалізація опорних знань.

Аналіз виконання діагностичних завдань.

2. Вивчення нового матеріалу.

Механічна робота - це скалярна величина, що чисельно дорівнює добутку модуля сили на модуль переміщення і на косинус кута між силою та переміщенням:

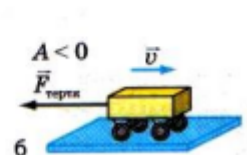
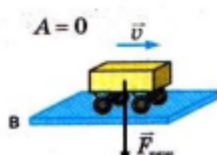
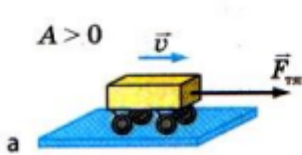


$$A = FS \cos \alpha$$

Якщо $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$, то $A > 0$;

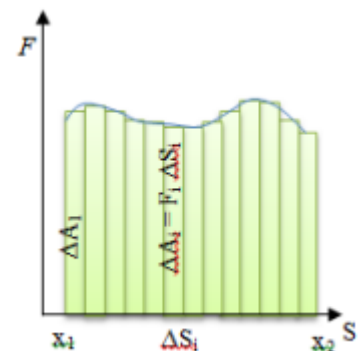
якщо $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$, то $A < 0$;

якщо $\alpha = 90^\circ$, то $A = 0$.



Одиницею вимірювання роботи в СІ є $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}$

Геометричний зміст роботи: якщо сила і переміщення співнапрямлені, то механічна робота чисельно дорівнює площі фігури, обмеженої графіком залежності $F = F(x)$, осями координат та прямою $x = S$.



Робота сили, що спричиняє зміну швидкості тіла.

$$A = FS = ma \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \Delta E_k$$

Робота сили тяжіння.

$$A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 = -\Delta E_p$$

Роботи сили пружності.

$$A = F_c(x_1 - x_2) = \frac{kx_1 + kx_2}{2}(x_1 - x_2) = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} = -\Delta E_p$$

Робота сили тяжіння та сили пружності не залежить від форми траєкторії, а визначається початковим та кінцевим станом системи. Робота цих сил по замкненій траєкторії дорівнює нулю.

Механічна потужність - скалярна величина, що дорівнює відношенню роботи до проміжку часу, за який ця робота виконувалась:

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

Потужність характеризує швидкість виконання роботи. Одиницею вимірювання потужності у СІ є 1 ват: 1Вт = 1Дж/1с.

Механічну потужність можна обчислити також за формулою:

$$P = Fv \cos \alpha$$

де α - кут між силою та швидкістю.

Для обчислення миттєвої потужності беруть швидкість тіла в дану мить.

Золоте правило механіки. Жоден з простих механізмів не дає виграшу в роботі: у скільки разів виграємо в силі, у стільки ж разів програємо у відстані.

При роботі простих механізмів унаслідок тертя частина виконаної роботи іде на збільшення внутрішньої енергії тіла. Тому корисна робота завжди менша за виконану (затрачену).

Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізму – це відношення корисної роботи (потужності) до затраченої роботи (потужності):

$$\eta = \frac{A_k}{A_z} = \frac{P_k}{P_z} < 1$$

Часто ККД виражають у відсотках:

$$\eta = \frac{A_k}{A_z} \cdot 100\% = \frac{P_k}{P_z} \cdot 100\% < 100\%$$

ККД похилої площини не залежить від маси тіла і збільшується зі збільшенням кута нахилу площини.

Механічна енергія – це фізична величина, яка характеризує механічний стан тіла і є загальною мірою різних видів механічного руху і різних взаємодій.

Кінетична енергія характеризує рухоме тіло і пов'язана зі швидкістю тіла:

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

Потенціальна енергія характеризує взаємодію тіл або його частин і визначається їхнім взаємним розташуванням. Потенціальна енергія тіла у полі тяжіння по переміщенню тіла у положення, в якому потенціальна енергія рівна нулю:

$$E_n = mg(h_1 - h_2) = mg\Delta h$$

Робота сили тяжіння не залежить від форми траєкторії, а буде визначатися тільки різницею потенціальних енергій тіла у початковому і кінцевих положеннях.

Потенціальна енергія пружно деформованого тіла обчислюється за формулою:

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$$

де k - коефіцієнт пружності тіла.

Робота рівнодійної сил, що прикладені до тіла, дорівнює зміні його кінетичної енергії (теорема про кінетичну енергію):

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

Пружно деформоване тіло при зміні деформації від x_1 до x_2 буде виконувати роботу:

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

Повна механічна енергія замкненої системи, у якій діють тільки внутрішні сили, залишається, сталою:

$$E_{\text{к1}} + E_{\text{п1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{п2}}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 + \frac{kx_2^2}{2}$$

Дане рівняння виражає закон збереження повної механічної енергії.

Якщо в системі діють не потенціальні сили (наприклад сила тертя), то механічна енергія може перетворюватися у внутрішню.

3. Вчимося розв'язувати задачі.

Задача 1. Яку роботу необхідно виконати, щоб підняти рівноприскорено вантаж вагою 30Н на висоту 10м протягом 5с? Якої потужності двигун потрібно мати для такого піднімання, якщо коефіцієнт корисної дії двигуна становить 80%?

Дано:	Розв'язання:
$P = 30 \text{ Н}$ $h = 10 \text{ м}$ $t = 5 \text{ с}$ $\eta = 80 \%$	$A = Fh$ F – сила, що потрібна для піднімання вантажу. При рівноприскореному русі, виходячи з другого закону Ньютона:
$A - ? \quad P - ?$	$F - P = ma \Rightarrow F = P + ma$ Прискорення: $a = \frac{2h}{t^2}$ Отже, $A = \left(P + m \frac{2h}{t^2}\right) h = Ph \left(1 + \frac{2h}{gt^2}\right)$

$$A = 30 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 10 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 5^2 \text{ с}}\right) = 301 \text{ Дж}$$

Потужність: $P = \frac{A_z}{t} = \frac{A_k}{\eta t}$

$$P = \frac{301 \text{ Дж}}{0,8 \cdot 5 \text{ с}} = 75,25 \text{ Вт}$$

Відповідь: $A = 301 \text{ Дж}$, $P = 75,25 \text{ Вт}$.

Задача 2. Дві кулі масами 2,5 кг, і 1,5 кг рухаються назустріч одна одній із швидкостями 6 м/с і 2 м/с . Визначити: 1) швидкість куль після удару; 2) кінетичну енергію куль до і після удару; 3) долю кінетичної енергії кулі, яка перетворилася у внутрішню енергію. Удар вважати прямим і непружним.

Дано:	Розв'язання:
$m_1 = 2,5 \text{ кг}$ $m_2 = 1,5 \text{ кг}$ $v_1 = 6 \text{ м/с}$ $v_2 = 2 \text{ м/с}$	Виходячи із закону збереження імпульсу: $m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ $v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ $E_{k1} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$ $E_{k2} = \frac{m_1 + m_2}{2} v^2$
$v - ?$ $E_{k1} - ? \quad E_{k2} - ?$ $E - ?$	

Доля кінетичної енергії, яка пішла на збільшення внутрішньої енергії:

$$E = \frac{E_{K1} - E_{K2}}{E_{K1}}$$

$$v = \frac{2,5 \text{ кг} \cdot 6 \text{ м/с} - 1,5 \text{ кг} \cdot 2 \text{ м/с}}{2,5 \text{ кг} + 1,5 \text{ кг}} = 3 \text{ м/с}$$

$$E_{K1} = \frac{2,5 \text{ кг} \cdot (6 \text{ м/с})^2}{2} + \frac{1,5 \text{ кг} \cdot (2 \text{ м/с})^2}{2} = 48 \text{ Дж}$$

$$E_{K2} = \frac{(2,5 \text{ кг} + 1,5 \text{ кг}) \cdot (3 \text{ м/с})^2}{2} = 18 \text{ Дж}$$

$$E = \frac{48 \text{ Дж} - 18 \text{ Дж}}{48 \text{ Дж}} = 0,62$$

Відповідь: $v = 3 \text{ м/с}$; $E_{K1} = 48 \text{ Дж}$; $E_{K2} = 18 \text{ Дж}$; $E = 0,62 \text{ Дж}$

4. Домашнє завдання.

Розв'язати задачі:

Задача 1. Тіло падає з однакової висоти на Землі і на Місяці. У скільки разів робота сили тяжіння на Землі більша, ніж на Місяці? Прискорення вільного падіння на Місяці у 6 разів менше, ніж на Землі.

Задача 2. Динамометр, пружина якого розтягнута на 2,5 см, показує силу 1 Н. Визначте потенціальну енергію деформованої пружини.