

## Тема 12. Механічна робота. Енергія.

**Механічна робота (робота сили)  $A$**  – це фізична величина, яка дорівнює добутку модуля сили  $F$  на модуль переміщення  $s$ , що його здійснює тіло під дією цієї сили, і на косинус кута  $\alpha$  між вектором сили і вектором переміщення:

$$A = Fs \cos \alpha$$

*Одиниця роботи в СІ – джоуль (Дж). 1 Дж дорівнює механічній роботі, яку виконує сила 1 Н, переміщуючи тіло на 1 м у напрямку дії цієї сили (1 Дж = 1 Н · м).*

Робота сили, що діє на тіло, є величиною скалярною, але вона може бути додатною, від'ємною або дорівнювати нулю – залежно від того, куди напрямлена сила відносно напрямку руху самого тіла.

Якщо під час руху тіла кут між вектором сили і вектором переміщення змінюється, то повна робота сили дорівнює сумі робіт на кожній із ділянок такого руху.

### Механічна енергія

**Механічна енергія  $E$**  – це фізична величина, яка характеризує здатність тіла (системи тіл) виконати роботу.

*Одиниця енергії в СІ (як і роботи) – джоуль (Дж).*

Під час виконання механічної роботи енергія тіла змінюється – *механічна робота є мірою зміни енергії тіла.*

У механіці розрізняють два види енергії – *кінетичну та потенціальну.*

**Кінетична енергія  $E_k$**  – це фізична величина, яка характеризує тіло, що рухається, і дорівнює половині добутку маси  $m$  тіла на квадрат швидкості  $v$  його руху:

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

Робота рівнодійної всіх сил, які діють на тіло, дорівнює зміні кінетичної енергії тіла:

$$A = E_k - E_{k0} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \Delta E_k,$$

де  $m$  – маса тіла,  $v_0$  – початкова швидкість тіла,  $v$  – кінцева швидкість тіла.

Останній вираз є *математичним записом теорема про кінетичну енергію тіла*.

Якщо в початковий момент часу тіло є нерухомим ( $v_0 = 0$ ), тобто  $E_{к0} = 0$ , то теорема про кінетичну енергію зводиться до рівності:

$$A = E_{к} = \frac{mv^2}{2}.$$

*Кінетична енергія тіла, що рухається зі швидкістю  $v$ , дорівнює роботі, яку виконує сила для того, щоб надати нерухомому тілу даної швидкості.*

**Потенціальна енергія  $E_{п}$**  – це енергія, яку має тіло внаслідок взаємодії з іншими тілами або внаслідок взаємодії частин тіла між собою.

*Потенціальна енергія тіла масою  $m$ , піднятого на висоту  $h$  поблизу поверхні Землі:*

$$E_{п} = mgh.$$

***Робота сили тяжіння дорівнює зміні потенціальної енергії тіла, взятій з протилежним знаком:***

$$A = -(mgh - mgh_0) = -(E_{п} - E_{п0}) = -\Delta E_{п}.$$

*Потенціальна енергія піднятого тіла залежить від вибору нульового рівня, від якого буде відлічуватись висота. Нульовий рівень слід вибирати з міркувань зручності.*

Зміна потенціальної енергії, а отже і робота сили тяжіння від вибору нульового рівня не залежать.

Якщо тіло під дією сили тяжіння перемістилося на нульовий рівень ( $h=0$ ), то  $A = mgh_0 = E_{п0}$ .

*Потенціальна енергія піднятого тіла дорівнює роботі, яку виконує сила тяжіння в результаті переміщення тіла на нульовий рівень.*

*Потенціальна енергія пружно деформованого тіла:*

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2},$$

де  $x$  – видовження тіла,  $k$  – коефіцієнт пружності.

***Робота сили пружності дорівнює зміні потенціальної енергії тіла, взятій з протилежним знаком:***

$$A = -\left(\frac{kx^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2}\right) = -(E_{\text{п}} - E_{\text{п}0}) = -\Delta E_{\text{п}}.$$

Якщо сила пружності, виконуючи роботу, повернула тіло в недеформований стан, то  $x = 0$ , тоді  $A = \frac{kx_0^2}{2} = E_{\text{п}0}$ .

*Потенціальна енергія пружно деформованого тіла дорівнює роботі, яку виконає сила пружності, повертаючи тіло в недеформований стан.*

Робота потенціальних сил, які діють на тіло, дорівнює зміні потенціальної енергії тіла, взятій з протилежним знаком:

$$A = -(E_{\text{п}} - E_{\text{п}0}) = -\Delta E_{\text{п}}.$$

Даний вираз є *математичним записом теорема про потенціальну енергію*.

**Принцип мінімуму потенціальної енергії:**

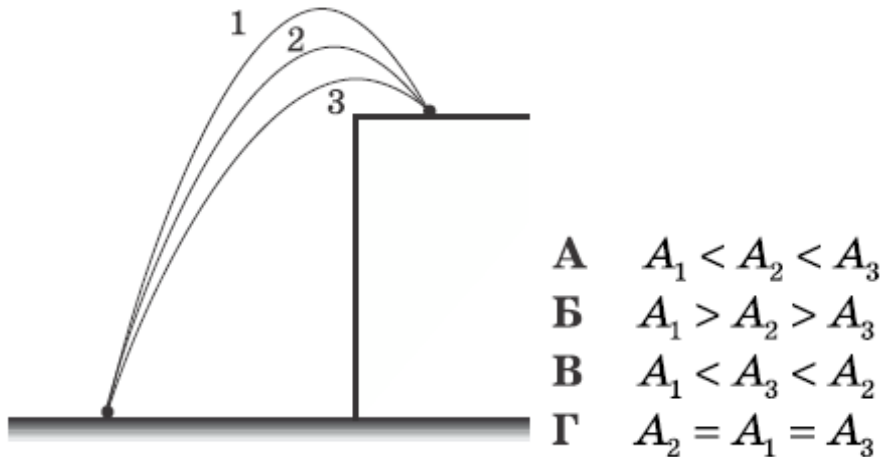
Стан із меншою потенціальною енергією є енергетично вигідним. Будь-яка замкнена система прагне перейти в такий стан, в якому її потенціальна енергія є мінімальною.

**Приклад 1.** У якому випадку сила виконує додатну роботу?



**Відповідь: 3.**

**Приклад 2.** Хлопчик закинув з поверхні землі на дах будинку три однакові м'ячі за трьома траєкторіями (див. рисунок). Порівняйте роботу, яку виконала сила тяжіння під час руху м'яча за кожною з траєкторій.



**Відповідь: Г.**

**Приклад 3.** Яку мінімальну роботу потрібно виконати, щоб пересунути брусок масою 4 кг по столу на 1,5 м? Коефіцієнт тертя між столом та бруском становить 0,25. Вважайте, що  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Робота мінімальна тоді, коли брусок рухається рівномірно ( $a=0$ ). Тоді  $F=F_{\text{тертя}}$ ,  $A=-A_{\text{тертя}}=F_{\text{тертя}} * s = 0,25 * 4 * 10 * 1,5 = 15 \text{ (Дж)}$ .

**Відповідь: 15 Дж.**

**Приклад 4.** Тіло масою 200 г знаходиться на висоті 40 м над поверхнею землі. Обчисліть потенціальну енергію тіла відносно поверхні землі. Вважайте, що  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

$$E_{\text{п}} = mgh = 0,2 * 10 * 40 = 80 \text{ Дж.}$$

**Відповідь: 80 Дж.**

**Приклад 5.** Пружину жорсткістю 200 Н/м розтягнули з недеформованого стану на 4 см. Обчисліть потенціальну енергію деформованої пружини.

$$E_{\text{п}} = kx^2/2 = 200 \cdot (0,04)^2/2 = 0,16 \text{ Дж.}$$

**Відповідь:** 0,16 Дж.

**Приклад 6.** До пружини жорсткістю 1 кН/м підвісили тіло масою 10 кг. Визначте потенціальну енергію пружно деформованої пружини. Вважайте, що  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

$$F_{\text{пруж}} = F_{\text{тяж}}, \quad kx = mg, \quad x = mg/k = 10 \cdot 10/1000 = 0,1 \text{ (м)}$$

$$E_{\text{п}} = kx^2/2 = 1000 \cdot (0,1)^2/2 = 5 \text{ (Дж)}$$

**Відповідь:** 5 Дж.

**Приклад 7.** Яку кінетичну енергію має тіло масою 20 кг, якщо воно рухається зі швидкістю 18 км/год?

$$E_{\text{к}} = 20 \cdot 5^2/2 = 250.$$

**Відповідь:** 250 Дж.

**Приклад 8.** За допомогою важеля піднімають вантаж. До короткого плеча важеля прикладена сила, яка виконує роботу 2 кДж. Якою є маса вантажу, якщо його було піднято на 50 см? Тертя відсутнє, вагою важеля знехтуйте. Вважайте, що  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

$$A_1 = A_2 = 2000 \text{ Дж}, \quad A = E_{\text{п}} = mgh = 2000, \quad m \cdot 10 \cdot 0,5 = 2000, \quad m = 400 \text{ кг}$$

**Відповідь:** 400 кг.

**Приклад 9.** Установіть відповідність між прикладами руху тіл та тим, як змінюються енергії тіл.

1 Брусок, який спочатку рухався по гладенькій горизонтальній поверхні, в'їжджає на шорстку ділянку	А Потенціальна енергія бруска зменшується
2 Брусок рівномірно зісковзує по похилій площині	Б Потенціальна енергія бруска збільшується
3 Брусок рівномірно тягнуть по горизонтальному столу	В Кінетична енергія бруска зменшується
4 Брусок рівномірно тягнуть вгору по похилій площині	Г Кінетична енергія бруска збільшується
	Д Потенціальна та кінетична енергії бруска не змінюються

**Відповідь:** 1 – В, 2 – А, 3 – Д, 4 – Б.

**Приклад 10.** Установіть відповідність між прикладами руху тіл за знаками роботи, яку виконують сили, що діють на тіла, або перетвореннями енергії тіл.

1 Ракета злітає з космодрому	А Сила тяжіння виконує від'ємну роботу
2 Кулька вільно падає	Б Сила пружності виконує додатну роботу
3 Стиснута попередньо пружина закриває вхідні двері	В Потенціальна енергія перетворюється на кінетичну
4 Автомобіль розганяється без проковзування шин по дорозі	Г Кінетична енергія перетворюється на потенціальну
	Д Сила тертя спокою виконує додатну роботу

**Відповідь:** 1 – А, 2 – В, 3 – Б, 4 – Д.

**Приклад 11.** Установіть відповідність між зміною потенціальної й кінетичної енергії та прикладами руху тіл.

1 Потенціальна та кінетична енергія тіла не змінюються	А Старт автомобіля на перегонах на горизонтальній ділянці дороги
2 Потенціальна енергія тіла зростає, кінетична — не змінюється	Б Бурулька падає з даху будинку
3 Кінетична енергія тіла зростає, потенціальна — не змінюється	В Рух супутника Землі по коловій траєкторії
4 Потенціальна енергія тіла зменшується, кінетична — зростає	Г Літак сідає на аеродром
	Д Спортсмен натягує тятиву лука

**Відповідь:** 1 – В, 2 – Д, 3 – А, 4 – Б.

**Домашнє завдання:** №№ 102, 106, 107, 120, 121, 129, 133, 138, 139, 140.