

## § 34. МЕХАНІЧНА ЕНЕРГІЯ. КІНЕТИЧНА ЕНЕРГІЯ

Коли тіло (сила) виконує роботу, змінюється механічний стан тіла. Наприклад, м'яч, який падає, змінює свій стан — його висота відносно поверхні Землі зменшується; куля, вдарившись об перешкоду, зупиняється — змінюється стан її руху. З курсу фізики ви знаєте, що загальною мірою руху та взаємодії різних видів матерії є *енергія*, тому з поняттям механічної роботи нерозривно пов'язане поняття механічної енергії. Завдяки цьому параграфу ви пригадаєте поняття кінетичної енергії та отримаєте формулу для її визначення.

### У яких випадках кажуть, що тіло має енергію

Розглянемо, як можна змінити механічний стан тіла, щоб воно було здатним виконати роботу. Найпростіший пристрій, у якому можна створити «запас роботи», — механічний годинник (рис. 34.1, а). Щоб годинник ішов, його потрібно завести — закрутити пружину. Розкручуючись під дією сили пружності, пружина виконає роботу, точніше — роботу виконає сила пружності пружини.

Піднявшись на вершину гори, лижник теж створює «запас роботи» і в результаті отримує можливість скотитися вниз; при цьому роботу виконуватиме сила тяжіння (рис. 34.1, б).

Наведемо ще приклад. Нехай потрібно розбити вікно в охопленому вогнем будинку. Найпростіший спосіб — взяти камінь і кинути його у вікно. Якщо швидкість руху каменя достатня, він розіб'є вікно, іншими словами — виконає роботу.

Ці три приклади показують, що і деформована пружина, і тіло, підняте над землею, і камінь, який має швидкість, можуть виконати роботу. Якщо тіло або система тіл можуть виконати роботу, то кажуть, що вони *мають енергію* (від грец. *energeia* — діяльність).

**Механічна енергія  $W$**  — 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.*



Рис. 34.1. Деформована пружина годинника (а) і тіло, підняте над поверхнею Землі (б), можуть виконати роботу, а отже, мають енергію

## 2 Як визначити кінетичну енергію тіла

У механіці розрізняють два види енергії — *кінетичну* та *потенціальну*. Кінетична енергія пов'язана зі швидкістю руху тіла. Саме цю енергію ми мали на увазі, коли говорили про здатність каменя, що летить, розбити вікно. Вода, рухаючись, здатна обертати турбіну, молоток може забити цвях, а вітер — ламати дерева. У кожному з цих випадків виконується механічна робота за рахунок зменшення кінетичної енергії тіла. І навпаки: якщо над тілом виконується робота, то кінетична енергія тіла збільшується.

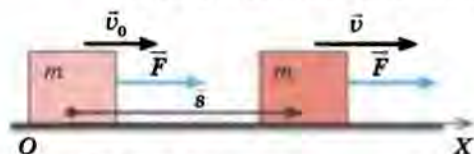


Рис. 34.2. До виведення теореми про кінетичну енергію

Розглянемо рух тіла масою  $m$ , швидкість руху якого збільшується від  $\vec{v}_0$  до  $\vec{v}$ . Нехай рівнодійна сил, прикладених до тіла, є постійною і дорівнює  $\vec{F}$  (рис. 34.2).

Визначимо роботу, яку виконує рівнодійна сила.

За означенням роботи  $A = F s \cos \alpha$ . Відповідно до другого закону Ньютона  $F = ma$ . Оскільки рівнодійна сила  $\vec{F}$  є постійною, то тіло рухається рівноприскорено прямолінійно, тому  $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ . Кут  $\alpha$  між вектором сили і вектором переміщення дорівнює нулю, отже,  $\cos \alpha = 1$ .

Підставивши вирази для  $F$ ,  $s$  і  $\cos \alpha$  у формулу роботи, маємо:

$$A = ma \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = m \frac{v^2 - v_0^2}{2}, \text{ або:}$$

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \quad (1)$$

Отже, робота сили дорівнює зміні деякої величини  $\frac{mv^2}{2}$ . Робота — міра зміни енергії тіла, тому величину  $\frac{mv^2}{2}$  називають *кінетичною енергією тіла, яке рухається поступально\** (від грец. *kinetikos* — який надає руху).

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

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

Зверніть увагу: кінетична енергія тіла залежить від швидкості його руху, отже, залежить і від вибору СВ.

\* Якщо тіло не тільки рухається поступально, але й обертається, то крім кінетичної енергії поступального руху тіло має також *кінетичну енергію обертального руху*. Якщо тіло можна вважати матеріальною точкою, то кінетичною енергією його обертального руху можна знехтувати.



Після введення поняття кінетичної енергії формулу (1) можна записати так:  $A = W_k - W_{k0} = \Delta W_k$ .

Останній вираз є *математичним записом теореми про кінетичну енергію*:

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

$$A = W_k - W_{k0} = \Delta W_k$$

Якщо в початковий момент часу тіло є нерухомим ( $v_0 = 0$ ), тобто  $W_{k0} = 0$ , то теорема про кінетичну енергію зводиться до рівності:

$$A = W_k = \frac{mv^2}{2}.$$

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

### 1 Підбиваємо підсумки

Механічна енергія  $W$  — фізична величина, яка характеризує здатність тіла виконати роботу. Одиниця енергії в СІ — джоуль (Дж).

Кінетична енергія тіла — фізична величина, яка характеризує тіло, що рухається, і дорівнює половині добутку маси тіла на квадрат швидкості його руху:  $W_k = \frac{mv^2}{2}$ .

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

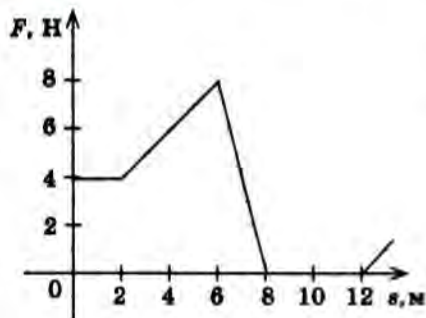
Теорема про кінетичну енергію: робота всіх сил, які діють на тіло, дорівнює зміні кінетичної енергії тіла:  $A = W_k - W_{k0} = \Delta W_k$ .

### Контрольні запитання

1. Що означає вираз «Тіло (система тіл) має (мають) енергію»? 2. Яка одиниця енергії в СІ? 3. Наведіть приклади на підтвердження того, що під час виконання роботи енергія змінюється. 4. Дайте визначення кінетичної енергії тіла. 5. Сформулюйте теорему про кінетичну енергію. 6. Чи може залишатися незмінною кінетична енергія тіла, якщо рівнодійна сил, прикладених до нього, відмінна від нуля? 7. Яким є фізичний зміст кінетичної енергії?

### Вправа № 29

- Під час міжпланетних перельотів серйозною небезпекою може стати зіткнення космічного корабля з невеликими високошвидкісними метеоритами. Визначте кінетичну енергію мікрометеорита масою 1 кг, який рухається зі швидкістю 60 км/с.
- Автомобіль масою 1 т збільшив свою швидкість від 10 до 20 м/с. Визначте роботу рівнодійної сил, які діють на автомобіль.
- Ракета, яка летить зі швидкістю  $v$ , розігнана до вдвічі більшої швидкості. У результаті згоряння палива повна маса ракети зменшилася вдвічі порівняно з її масою на початку розгону. У скільки разів змінилася при цьому кінетична енергія ракети?



4. Куля масою 10 г має швидкість руху 400 м/с. З якою швидкістю куля продовжить свій рух після пробиття дошки завтовшки 5 см, якщо середня сила опору дошки дорівнює 12 кН?

5. На тіло масою 5 кг (яке в момент початку спостереження перебувало в спокої) діє сила, напрямком якої збігається з напрямком подальшого руху тіла. Залежність цієї сили від пройденої тілом відстані подано на рисунку. Визначте кінетичну енергію тіла на відстані  $s$ , якщо: а)  $s = 2$  м; б)  $s = 5$  м; в)  $s = 10$  м.

6\*. Кулю масою 10 г випущено під певним кутом до горизонту з початковою швидкістю 600 м/с. Під яким кутом до горизонту випущено кулю, якщо її кінетична енергія у верхній точці траєкторії дорівнює 450 Дж?