

§ 30 ПЕРЕТВОРЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

?!

Напевне, багато хто з вас «стріляв» із трубочки, видувачи з неї з певною швидкістю невеличкі кульки. Згадайте: кульки злітають догори, а потім падають. Добре помітно, що, коли кульки летять догори, швидкість їхнього руху зменшується, — адже для того, щоб упасти, вони мають зупинитися на певній висоті і почати рухатися вниз. Кінетична енергія кульок під час руху вгору теж зменшується. Чи безслідно вона зникає?

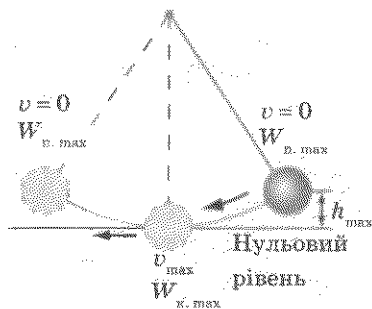


Рис. 30.1. Під час коливання нитяного маятника відбувається постійне перетворення потенціальної енергії кульки на її кінетичну енергію і навпаки

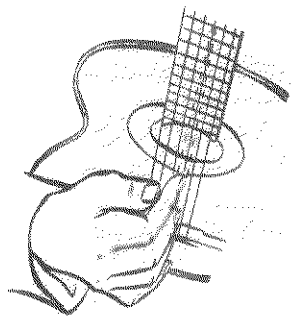


Рис. 30.2. Взаємне перетворення потенціальної і кінетичної енергій триватиме доти, доки струна коливатиметься

1 Спостерігаємо перетворення потенціальної енергії на кінетичну та навпаки

Розглянемо перетворення потенціальної енергії на кінетичну і навпаки під час вільних коливань маятника. За нульовий рівень виберемо найнижче положення кульки (положення рівноваги) (рис 30.1).

У правому крайньому положенні кулька перебуває на висоті h_{max} відносно нульового рівня, отже, має найбільшу потенціальну енергію ($W_{\text{п. max}} = mgh_{\text{max}}$). У цьому положенні кулька не рухається, тому її кінетична енергія дорівнює нулю. Коли кулька починає рухатися, швидкість її руху поступово збільшується, відповідно зростає й кінетична енергія кульки.

Коли кулька опускається до точки свого найнижчого положення, її потенціальна енергія зменшується до нуля. Саме у цей момент швидкість руху кульки є найбільшою і найбільшою є її кінетична енергія ($W_{\text{к. max}} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$).

За рахунок запасу кінетичної енергії кулька продовжує рухатися вліво, піднімаючись усе вище, внаслідок чого зростає її потенціальна енергія. Натомість швидкість руху кульки зменшується, відповідно зменшується її кінетична енергія. Таким чином, один вид енергії переходить в інший: кінетична енергія перетворюється на потенціальну, і навпаки.

Такі самі перетворення механічної енергії спостерігаються під час коливання натягнутої струни (рис. 30.2). Відтягнемо струну вбік — у цей момент деформована струна має тільки потенціальну енергію: вона деформована, але не рухається. Якщо відпустити струну, вона почне

рухатись і її кінетична енергія зростатиме. При цьому деформація струни зменшується і відповідно зменшується її потенціальна енергія. Найбільшого значення кінетична енергія набуває в момент, коли струна проходить положення рівноваги, — у цей момент її швидкість максимальна, а деформація відсутня. Далі струна продовжує рух, її кінетична енергія зменшується, а потенціальна — збільшується.

2 Відкриваємо закон збереження механічної енергії

Наведемо ще один приклад — рух металевої кульки, яку кинуте вгору. Оскільки висота кульки відносно поверхні Землі зростає, то зростає і потенціальна енергія кульки. Швидкість руху кульки зменшується, відповідно зменшується її кінетична енергія (рис. 30.3). Досліди свідчать, що *за умови відсутності сили опору повітря кінетична енергія кульки зменшується на стільки, на скільки збільшується її потенціальна енергія, і навпаки, тобто повна механічна енергія не змінюється*. Те саме можна сказати і про енергії маятника та струни під час їхніх коливань: за відсутності сил тертя їх повна механічна енергія залишається незмінною.

Теоретичні та експериментальні дослідження дозволили сформулювати **закон збереження механічної енергії**:

У системі тіл, які взаємодіють тільки одні з одними і тільки силами пружності й силами тяжіння, повна механічна енергія не змінюється.

Слід ще раз наголосити, що закон збереження механічної енергії справджується лише в тому випадку, коли немає втрат механічної енергії, зокрема за умови відсутності сили тертя. Якщо тертя враховувати, то *повна механічна енергія з часом зменшується*. Відбувається перетворення механічної енергії на інші види енергії. Прикладом такого перетворення може бути всім відоме нагрівання тіл унаслідок тертя: механічна енергія перетворюється на теплову.

3 Учимося розв'язувати задачі

Задача 1. Тіло масою 1 кг без початкової швидкості падає на поверхню Землі з висоти 20 м. На якій висоті кінетична енергія тіла дорівнюватиме 100 Дж? Опором повітря знехтувати.

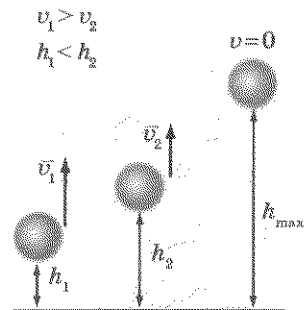


Рис. 30.3. У міру того як кулька піднімається, її потенціальна енергія збільшується, а кінетична — зменшується

Дано:

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 0$$

$$h_0 = 20 \text{ м}$$

$$W_k = 100 \text{ Дж}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$h = ?$

Аналіз фізичної проблеми

Оскільки опір повітря відсутній, то виконується закон збереження механічної енергії: повна механічна енергія тіла не змінюється. Виберемо за нульовий рівень поверхню Землі (див. рис. 30.4).

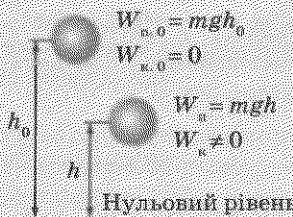


Рис. 30.4

Пошук математичної моделі, розв'язання

На висоті h_0 повна механічна енергія тіла: $W_{п.0} + W_{к.0}$, на шуканій висоті h : $W_{п} + W_{к}$. За законом збереження механічної енергії: $W_{п.0} + W_{к.0} = W_{п} + W_{к}$.

На висоті (перед початком падіння): $W_{п.0} = mgh_0$; $W_{к.0} = 0$ (адже $v_0 = 0$). На висоті h (під час падіння): $W_{п} = mgh$; $W_{к} \neq 0$ (адже тіло рухається). Тоді $mgh_0 + 0 = mgh + W_{к}$. Звідси $mgh = mgh_0 - W_{к} \Rightarrow h = h_0 - \frac{W_{к}}{mg}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$[h] = m - \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Н}}{\frac{\text{кг}}{\text{кг}}}} = m - \frac{\text{Дж}}{\text{Н}} = m - \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = \text{м};$$

$$\{h\} = 20 - \frac{100}{10} = 20 - 10 = 10; h = 10 \text{ м.}$$

Відповідь: кінетична енергія тіла дорівнюватиме 100 Дж на висоті 10 м.

Задача 2. Тіло кидають вертикально вгору зі швидкістю 20 м/с. На якій висоті потенціальна енергія тіла зрівняється з його кінетичною енергією? Опором повітря знехтувати.

Дано:

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$W_{п} = W_{к}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h_0 = 0$$

$h = ?$

Аналіз фізичної проблеми

Оскільки опір повітря відсутній, то виконується закон збереження механічної енергії: повна механічна енергія тіла не змінюється. Виберемо за нульовий рівень потенціальної енергії рівень, з якого кидають тіло.

Пошук математичної моделі, розв'язання

За законом збереження механічної енергії

$$W_{п.0} + W_{к.0} = W_{п} + W_{к}.$$

* Оскільки $W_{к} = mv^2/2$, то між одиницями енергії є таке співвідношення: $\text{Дж} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2 \Rightarrow \text{Н/кг} = \text{м/с}^2$. Детальніше про це йтиметься в 10-му класі.

Оскільки $h_0 = 0$, то $W_{n,0} = 0$. За умовою задачі $W_n = W_k$. Тому $W_{k,0} = W_n + W_n$, тобто $W_{k,0} = 2W_n$. Враховуючи, що потенціальна енергія тіла на шуканій висоті $W_n = mgh$, а початкова кінетична енергія $W_{k,0} = \frac{mv_0^2}{2}$, остаточно отримуємо:

$$2mgh = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{4g}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$[h] = \frac{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{с}^2}{\text{м}} = \text{м}; \quad \{h\} = \frac{20^2}{4 \cdot 10} = \frac{400}{40} = 10; \quad h = 10 \text{ м}.$$

Відповідь: потенціальна енергія тіла дорівнюватиме його кінетичній енергії на висоті 10 м.

Підбиваємо підсумки

Потенціальна енергія тіла (системи тіл) може перетворюватися на кінетичну енергію і навпаки.

Закон збереження механічної енергії: у системі тіл, які взаємодіють тільки одні з одними і тільки силами пружності й силами тяжіння, повна механічна енергія не змінюється. Вона лише перетворюється з кінетичної енергії на потенціальну, і навпаки.

Контрольні запитання

1. Наведіть приклади перетворення потенціальної енергії тіла на кінетичну та навпаки. 2. Сформулюйте закон збереження механічної енергії. 3. За яких умов виконується закон збереження механічної енергії? 4. Наведіть приклади, коли повна механічна енергія не зберігається.

Вправа № 30

1. Пружинний пістолет заряджають кулькою і стріляють угору. Які перетворення енергії відбуваються при цьому?
2. Шайба скочується з льодової гірки на асфальт і зупиняється. Чи виконується в цьому випадку закон збереження механічної енергії?
3. Початкова потенціальна енергія тіла, яке перебуває в стані спокою на певній висоті, дорівнює 400 Дж. Тіло відпускають. Якою буде кінетична енергія тіла в момент, коли потенціальна енергія становитиме 150 Дж? Опором повітря знехтувати.
4. Тіло кидають угору, надаючи йому кінетичну енергію 300 Дж. На певній висоті його кінетична енергія зменшиться до 120 Дж. Якою буде потенціальна енергія тіла на цій висоті? Опором повітря знехтувати.
5. Тіло, що перебувало в стані спокою, падає з висоти 20 м. На якій висоті швидкість його руху дорівнюватиме 10 м/с? Опором повітря знехтувати.

Експериментальне завдання

Підкиньте вгору якесь невеличке тіло, наприклад сірникову коробку. Виміряйте або оцініть на око висоту, на яку піднялася коробка. Нехтуючи опором повітря, визначте початкову швидкість коробки.