

Лекція 4. (продовження) Закон збереження енергії. Застосування законів збереження для розв'язання задач механічної взаємодії.

1. Закон збереження механічної енергії

Закон збереження енергії - результат узагальнення численних досвідних даних. Ідея цього закону належить М. В. Ломоносову (1711 - 1765).

Розглянемо систему матеріальних точок масами m_1, m_2, \dots, m_n , що рухаються зі швидкостями v_1, v_2, \dots, v_n . Нехай F_1, F_2, \dots, F_n – внутрішні консервативні сили, що діють на кожну з цих точок, а F_1, F_2, \dots, F_n – рівнодіючі зовнішніх сил, які також будемо вважати консервативними. Крім того, будемо вважати, що на матеріальні точки діють ще й зовнішні неконсервативні сили. Якщо до зазначеною процесу застосувати другий закон Ньютона, а потім скалярно помножити ці рівняння на вектор переміщення, то можна прийти до наступного виразу, що зв'язує роботу зовнішніх неконсервативних сил, що діють на систему, зі зміною її енергії :

$$d(T + \Pi) = dA, \text{ де } T \text{ і } \Pi - \text{кінетична і потенційна енергії системи.}$$

Повна механічна енергія системи - енергія механічного руху і взаємодії: $E = T + \Pi$, т. Е. Дорівнює сумі кінетичної і потенційної енергій. Тоді: $dE = dA$

Якщо зовні не консервативні сили відсутні, то $dA = 0$ і звідки $T + \Pi = E = \text{const}$, тобто повна механічна енергія системи зберігається постійною.

Останній вираз являє собою математичний вираз, що описує закон збереження енергії в механічній системі.

Наведемо кілька формулювань шуканого закону збереження:

1. Зміна повної механічної енергії системи при переході з одного стану в інший дорівнює роботі, що виконано при цьому зовнішніми, не консервативними силами.

2. У системі тіл, між якими діють лише консервативні сили, повна механічна енергія зберігається, тобто не змінюється з часом.

Механічні системи, на тіла яких діють тільки консервативні сили (внутрішні та зовнішні), називаються консервативними системами.

Закон збереження механічної енергії можна сформулювати і так: у консервативних системах повна механічна енергія зберігається.

Можуть відбуватися лише перетворення кінетичної енергії в

потенційну і назад в еквівалентних кількостях так, що повна енергія залишається незмінною.

Цей закон не є просто закон кількісного збереження енергії, а закон збереження і перетворення енергії, що виражає і якісну сторону взаємного перетворення різних форм руху один в одного. Закон збереження і перетворення енергії - фундаментальний закон природи, Закон збереження механічної енергії пов'язаний з однорідністю часу. Однорідність часу проявляється в тому, що фізичні закони інваріантні щодо вибору початку відліку часу.

В системі, в якій діють також неконсервативні сили, наприклад сили тертя, повна механічна енергія системи не зберігається. Отже, в цих випадках закон збереження механічної енергії несправедливий. Однак при зникненні механічної енергії завжди виникає еквівалентна кількість енергії іншого виду. Таким чином, енергія ніколи не зникає і не з'являється знову, вона лише перетворюється з одного виду в інший. В цьому і полягає фізична сутність закону збереження і перетворення енергії в незнищеності матерії і її руху.

Покажемо ефективності застосування законів збереження до опису процесів в механіці.

2. Удар абсолютно пружних і не пружних тіл

Удар (або зіткнення) - це зіткнення двох або більше тіл, при якому взаємодія триває дуже короткий час. Крім ударів в прямому сенсі цього слова (зіткнення атомів або бильярдних куль) сюди можна віднести і такі, як удар людини про землю при стрибку з трамвая і т.д.

Сили взаємодії між стикаються тілами (ударні або миттєві сили) настільки великі, що зовнішніми силами, що діють на них, можна знехтувати. Це дозволяє систему тіл в процесі їх зіткнення наближено розглядати як замкнуту систему і застосовувати до неї закон збереження імпульсу. Іншими словами можна стверджувати, що для всіх видів ударів закон збереження імпульсу може бути застосовано. З точки зору застосування закону збереження енергії розрізняють два типи ударів.

Абсолютно пружний удар - зіткнення двох тіл, в результаті якого в обох взаємодіючих тілах не залишається ніяких деформацій і вся кінетична енергія, якою володіли тіла до удару, після удару знову перетворюється в кінетичну енергію (підкреслимо, що це ідеалізований випадок).

Для абсолютно пружного удару виконуються закон збереження імпульса і закон збереження кінетичної енергії.

Математичні вирази для розрахунків параметрів руху тіл після пружного удару можна знайти у навчальній або довідковій літературі.

3. Не пружний удар відбувається, коли при взаємодії тіл не відбувається повне відновлення їх деформацій. Це означає, що для опису такого типу ударів можливо застосовувати тільки закон збереження імпульсу. При цьому закон збереження повної механічної енергії не виконується.

Абсолютно не пружних удар - зіткнення двох тіл, в результаті якого тіла об'єднуються та рухаються далі сумісно.

Продемонструвати абсолютно непружних удар можна за допомогою розгляду взаємодії куль з пластиліну (глини), що рухаються назустріч один одному.

Математичні вирази для розрахунків параметрів руху тіл після непружного удару можна знайти у навчальній або довідковій літературі.

Типові контрольні питання по темі.

1. У чому відмінність між поняттями енергії і роботи?
2. Як знайти роботу змінної сили?
3. Яку роботу виконує рівнодіюча всіх сил, прикладених до тіла, що рівномірно рухається по колу?
4. Що таке потужність? Виведіть її формулу.
5. Дайте визначення і виведіть формули для відомих видів механічної енергії.
6. Чи необхідно умова замкнутості системи для виконання закону збереження механічної енергії?
7. У чому полягає закон збереження механічної енергії? Для яких систем він виконується?
8. У чому фізична сутність закону збереження і перетворення енергії? Чому він є фундаментальним законом природи?
9. Чим відрізняється пружний удар від абсолютно не пружного?
10. Як визначити швидкості тіл після центрального абсолютно пружного удару? Наслідком яких законів є ці вирази?