**Лекція 5. Робота сили пружності ( продовження). Робота сили тертя.**

**Закон збереження енергії. Застосування законів збереження для розв’язання задач ударної механічної взаємодії.**

Доводимо, що закон Гука в узагальненій формі: 

теж саме, що було раніше: 



**Дуже важливо:** закон Гука може буди застосовано тільки для пружних деформацій.

**Робота сили пружності.**

**Сила пружності завжди змінюється з величиною деформації. Тому розрахувати роботу перемноженням помилково.**

Тільки за загальною формулою для роботи: 

Інтегруванням: 

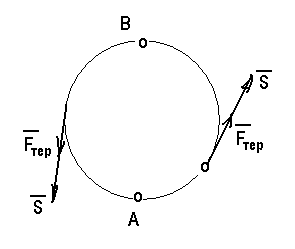
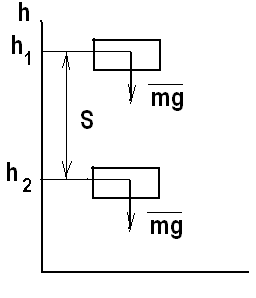


Порівняйте отриманий результат з попередніми для розрахунку роботи. Можна зробити таки ж 3 висновки.

Сили, що задовольняють таки умовам називають **консервативними**.

**Робота сила тертя.**

Розглянемо приклад руху тіла по циклу, коли діє сила тертя.

Робота сили тертя по колу не дорівнює нулю. Одна з умов не виконується – це якась нова особливість у цієї сили.

**Це неконсервативна сила.**

**Закон збереження механічної енергії**

Основні вирази цього закону можна отримати з досить простих міркувань, що основані на законах Ньютона.

Розглянемо тіло масою m , що рухаються з прискоренням **а**  під дією сил тяжіння, пружності, тертя. Якщо до зазначеною процесу застосувати другий закон Ньютона, то отримаємо:



Розрахуємо роботу цих сил. Пам’ятаємо, що робота усіх сил є сумою робот кожної сили:



Підставляємо вирази для кожної роботи, що отримали раніше:



Перетворюємо:



Згортаємо вираз:





де Т і П - кінетична і потенційна енергії системи.  
  
Повна механічна енергія системи - енергія механічного руху і взаємодії:

**Е = Т + П,** тобто дорівнює сумі кінетичної і потенційної енергій.

Тоді: **Е2 = Е1 + Атертя**  
Якщо зовні, не консервативні сили відсутні, то Aтертя = 0 і звідки

**Т + П = Е = const,**

тобто повна механічна енергія системи зберігається, тобто залишається постійною.  
Останній вираз являє собою математичний вираз, що описує закон збереження енергії в механічній системі.  
        Механічні системи, на тіла яких діють тільки консервативні сили 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.  
**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.

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.**

**1. Ударна взаємодія 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 більярдних куль) сюди можна віднести і такі, як удар людини про землю при стрибку з трамвая і т.д.

Застосуємо рівняння другого закону Ньютона до взаємодії, що триває інтервал часу

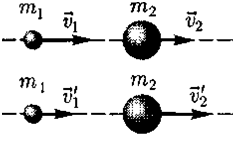


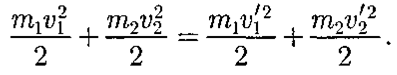
Якщо прийняти до уваги, що удар триває дуже малий інтервал часу, що відповідає

,

З останнього виразу витікає, що величина сили взаємодії стає дуже великою. Дійсно, величина чисельника в наведеному виразі є величиною скінченою, а функція передбачає необхідність її розділити на дуже малу величину. Тому результат стає дуже великим.

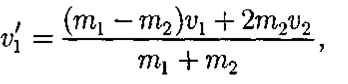
Коли сили взаємодії між тілами (ударні або миттєві сили) настільки великі, то зовнішніми силами, що діють на них, можна знехтувати. Це дозволяє систему тіл в процесі їх зіткнення наближено розглядати як замкнуту систему і застосовувати до неї закон збереження імпульсу. Іншими словами можна стверджувати,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

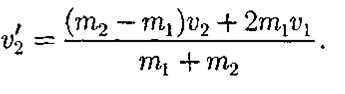






Наведена система рівнянь відносно швидкостей руху тіл може буди розв’язана відомими математичними методами, стосовно систем алгебраїчних рівнянь.

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




С точки зору фізики дуже цікаві наступні приклади.

Нехай ***V2***=О ( друге тіло знаходиться в спокої).

Проаналізуємо отримані вирази для удару двох шарів різної маси:

а) нехай *т1* = *т2. Якщо другий*  шар до удару був нерухомий *(V2* = 0) (рис.),

то після удару перший шар зупиниться *(V1=* 0), а другий буде рухатися зі той же швидкістю та в тому же напряму, що рухався перший шар до удару (***V2 = V1***);

б) m2>>m1: (наприклад шар зіткнувся зі стеною). З основних рівнянь витікає

*що V2 = -V1*

Цей ефект дуже часто зустрічається на практиці, коли , наприклад, молекула газу вдаряється о стінку сосуду и відлітає від неї.  
**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.

Якщо, коли маси шарів *т1* та *т2,* а їх швидкостідо удару *V*1та *V2,* то, використовуючи закон збереження імпульсу, можно записати:



где ***V*** *—* швидкість руху шарів після удару.

Тогді



Внаслідок деформації відбувається втрата кінетичної енергії, що переходить в тепло чи інші форми енергії. Цю втрату можна знайти як різницю кінетичної енергії тіл до та після удару:



Формула може отримати остаточний вигляд з використанням виразів для швидкостей шарів після удару:



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

Абсолютно не пружний удар — приклад того, як відбувається втрата механічної енергії під дією неконсервативних сил.

Математичні вирази для розрахунків параметрів руху тіл після не пружного удару можна знайти у навчальній або довідковій літературі.  
  
Типові контрольні питання по темі.  
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?