

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра інформатики та програмної інженерії

Звіт

з лабораторної роботи № 4.1 з дисципліни
«Ігрова фізика»

„ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ ТА ЕНЕРГІЇ ПРИ УДАРІ”

Виконав(ла)

ПП-15 Мешков Андрій Ігорович

(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірив

Скирта Юрій Борисович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Київ 2022

ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ ТА ЕНЕРГІЇ ПРИ УДАРІ

Теорія методу та опис експериментальної установки

Удар – це процес короткочасної взаємодії тіл, за якого відбуваються зміни швидкості цих тіл. При центральному ударі швидкості тіл напрямлені вздовж прямої що з'єднує центри мас тіл.

Абсолютно пружний удар – зберігається механічна енергія системи тіл.

Абсолютно непружний удар – після взаємодії тіла рухаються як одне ціле.

Коефіцієнт відновлення механічної енергії K – розсіяння механічної енергії. Для абсолютно пружного удару $K = 1$, у реальних випадках $K < 1$.

$$K = \frac{E_K}{E_{\Pi}}$$

Імпульс тіла – векторна фізична величина, що рівна добутку маси тіла на його швидкість. Імпульс системи рівний векторній сумі імпульсів усіх тіл. Повний імпульс системи тіл залишається незмінним:

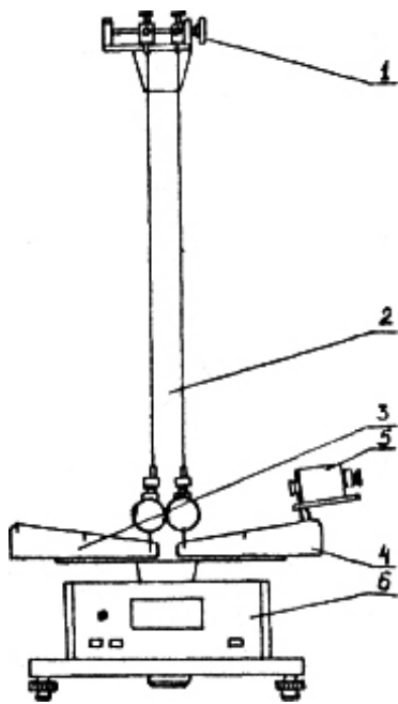
$$P = \sum_{i=1}^n m_i V_i = \text{const}$$

Закон збереження імпульсу для центрального пружного удару:

$$m_1 V_{01} + m_2 V_{02} = m_1 V_1 + m_2 V_2$$

Закон збереження імпульсу для центрального абсолютно непружного удару:

$$m_1 V_{01} + m_2 V_{02} = (m_1 + m_2) V$$



У данній роботі для дослідження центрального удару двох куль застосовується експериментальна устатковка(рис 4.1)

1. Кранштейни
2. Вертикальний стояк
3. Шкала за якою вимірюють кути відхилення від положення рівноваги.
4. Ще одна шкала
5. Електромагніт
6. Електронний секундомір

Рис. 4.1

Швидкість куль, можна обчислити через найбільшу висоту підняття кулі:

$$mgh = \frac{mV^2}{2}$$

Висота підняття кулі:

$$h = l(1 - \cos\alpha) = 2l \sin^2(\alpha/2)$$

Швидкість кулі:

$$V = \sqrt{gl} \sin(\alpha/2)$$

Вищезгадана формула може бути використана для експериментального визначення швидкостей куль до та після удару.

Завдання 1. Визначення коефіцієнта відновлення енергії при пружному ударі.

Використовуючи формулу коефіцієнта відновлення механічної енергії К:

$$K = \frac{\frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2}}{\frac{m_1 V_{01}^2}{2}}$$

Використовуючи формулу швидкості кулі, отримаємо:

$$K = \frac{m_1 \sin^2(\alpha_1/2) + m_2 \sin^2(\alpha_2/2)}{m_1 \sin^2(\alpha_0/2)}$$

α_1 та α_2 – найбільші кули відхилення ниток підвісу.

α_0 – початковий кут відхилення.

Порядок виконання роботи

1. Визначили маси $m_1=0,113\text{кг}$ та $m_2=0,177\text{кг}$ куль, після чого закріпили кулі на підвісах так, щоб праворуч знаходилась куля меншої маси. Виконати центрування куль.

2. Натиснули кнопку "Сеть". При цьому засвічуються лампочки шкали цифрової індикації часу та вмикається електромагніт. Відхилили праву кулю на кут $\alpha_0=10$ до фіксації її електромагнітом.

3. Натиснули кнопку "Сброс". При цьому на шкалі цифрової індикації часу з'явилися нульові покази.

4. Натиснули кнопку "Пуск". При цьому коло живлення електромагніта розмикається, права куля починає рухатись, відбувається удар двох куль. На індикаторі електронного секундоміра фіксується час співудару куль.

5. Виміряли кути відхилення правої α_1 та лівої α_2 кулі після їх першого співудару.

6. Повторили вимірювання за пп. 2-5 5 разів. Результати вимірювань занесли до табл.1.

Таблиця 1

| Номер досліджу | α_0 | α_1 | $\langle \alpha_1 \rangle$ | α_2 | $\langle \alpha_2 \rangle$ | K |
|----------------|------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|-------|
| 1 | 10 | 0,23 | 0,232 | 6,23 | 6,186 | 0,533 |
| | | 0,23 | | 6,2 | | |
| | | 0,23 | | 6,24 | | |
| | | 0,24 | | 6,14 | | |
| | | 0,23 | | 6,12 | | |
| 2 | 15 | 0,82 | 0,806 | 9,1 | 9,098 | 0,508 |
| | | 0,81 | | 9,16 | | |
| | | 0,8 | | 9,06 | | |
| | | 0,8 | | 9,22 | | |
| | | 0,8 | | 8,95 | | |

7. Повторили вимірювання за пп.2-6 для початкового кута відхилення правої кулі зі значенням $\alpha_0=15$.

8. Після закінчення експерименту відключили установку тумблером "Сеть".

Обробка результатів вимірювань

1. Для кожного значення початкового кута відхилення α_0 правої кулі обчислити середні значення кутів α_1 , та α_2 відхилення куль після удару.

$$\langle \alpha_1 \rangle = \frac{\sum_{i=1}^5 \alpha_1}{5}$$

$$\langle \alpha_2 \rangle = \frac{\sum_{i=1}^5 \alpha_2}{5}$$

2. За формулою обчислили значення коефіцієнта відновлення механічної енергії K під час удару для кожного значення кута α_0 .

$$K = \frac{m_1 \sin^2 \left(\frac{\alpha_1}{2} \right) + m_2 \sin^2 \left(\frac{\alpha_2}{2} \right)}{m_1 \sin^2 \left(\frac{\alpha_0}{2} \right)}$$

3. Оцінили похибку результатів вимірювання (за вказівкою викладача).

$$n = 5$$

$$S_{\langle \alpha \rangle} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} * \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \langle \alpha \rangle)^2}$$

$$t_{\alpha,n} = t_{0,9;5} = 2,13$$

$$\alpha = \langle \alpha \rangle \pm t_{\alpha,n} * S_{\langle \alpha \rangle}$$

| Номер досліджу | $\Delta \alpha_1^2$ | $S<\alpha_1>$ | $\Delta \alpha_{1\text{вип}}$ | $\Delta \alpha_2^2$ | $S<\alpha_2>$ | $\Delta \alpha_{2\text{вип}}$ |
|----------------|---------------------|---------------|-------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------|
| 1 | 0,000004 | 0,002 | 0,00426 | 0,001936 | 0,024 | 0,05112 |
| | 0,000004 | | | 0,000196 | | |
| | 0,000004 | | | 0,002916 | | |
| | 0,000064 | | | 0,002116 | | |
| | 0,000004 | | | 0,004356 | | |
| 2 | 0,000196 | 0,004 | 0,00852 | 0,000004 | 0,045869 | 0,097702 |
| | 0,000016 | | | 0,003844 | | |
| | 0,000036 | | | 0,001444 | | |
| | 0,000036 | | | 0,014884 | | |
| | 0,000036 | | | 0,021904 | | |

$$1) \alpha_1 = 0,232 \pm 0,00426$$

$$\alpha_2 = 6,186 \pm 0,05112$$

$$2) \alpha_1 = 0,806 \pm 0,00852$$

$$\alpha_2 = 9,098 \pm 0,0977$$

Контрольні запитання

1. Дати визначення імпульсу тіла і системи тіл. Сформулювати закон збереження імпульсу.

Імпульс тіла – це векторна величина, що дорівнює добутку маси тіла на його швидкість: $\vec{p} = m\vec{v}$.

Система тіл — це декілька тіл, що взаємодіють одне з одним.

Закон збереження імпульсу: У замкненій системі тіл векторна сума імпульсів тіл до взаємодії дорівнює векторній сумі імпульсів тіл після взаємодії.

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_{0i} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i$$

2. Дати визначення понять абсолютно пружного та абсолютно непружного ударів.

Абсолютно пружний удар — це зіткнення, за якого зберігається механічна енергія системи тіл. У разі абсолютно пружного удару, крім закону збереження енергії, виконується закон збереження імпульсу.

Абсолютно непружний удар — це зіткнення, за якого тіла з'єднуються одне з одним і рухаються далі як одне тіло. За абсолютно непружного удару механічна енергія не зберігається. Вона частково або повністю переходить у внутрішню енергію тіл. Закон же збереження імпульсу в цьому випадку виконується.

3. Записати закон збереження імпульсу:

а) для пружного центрального удару двох куль;

$$m_1 \bar{v}_{01} + m_2 \bar{v}_{02} = m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2$$

б) для абсолютно непружного центрального удару двох куль.

$$m_1 \bar{v}_{01} + m_2 \bar{v}_{02} = (m_1 + m_2) \bar{v}$$

4. Записати закон збереження механічної енергії для абсолютно пружного центрального удару двох куль. Як оцінити частку механічної енергії, яка переходить в інші її форми при непружному ударі двох куль?

$$\frac{m_1 v_{01}^2}{2} + m_1 g h_1 + \frac{m_2 v_{02}^2}{2} + m_2 g h_2 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + m_1 g h_1 + \frac{m_2 v_2^2}{2} + m_2 g h_2$$

Частку механічної енергії можна оцінити різницею між Енергією кулі до удару та після.

5. Дати визначення-коефіцієнта відновлення механічної енергії. Від чого залежить його значення?

Коефіцієнт відновлення механічної енергії K – розсіяння механічної енергії. Залежить від пружних властивостей взаємодіючих тіл, для абсолютно пружного удару $K = 1$, у реальних випадках $K < 1$.

$$K = \frac{E_K}{E_{\Pi}}$$

Висновок: під час виконання лабораторної роботи ми повторили закони збереження імпульсу та енергії при ударі, та на практиці отримані теоретичні знання застосували для визначення коефіцієнта відновлення енергії при пружному ударі. Провели вимірювання показників, обробили дані за допомогою формул. Оцінили результати на похибку.