

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 №1 з
дисципліни «Ігрова фізика»

«Вивчення законів збереження
імпульсу та енергії при ударі»

Виконав студент ІП-13, Замковий Дмитро Володимирович

(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірів Скирта Юрій Борисович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Лабораторна робота 1

Вивчення законів збереження імпульсу та енергії при ударі

Мета заняття: Вивчити закони збереження імпульсу та енергії при ударі. Дослідження проводити на імітаторі.

Теорія:

Удар — подія, при якій фізичні тіла взаємодіють між собою зі значними силами впродовж відносно короткого проміжку часу.

Розрізняють пружні удари і непружні удари. При пружному ударі виконується закон збереження механічної енергії — сума потенціальних і кінетичних енергій механічного руху тіл зберігається. При непружному ударі частина енергії перетворюється в тепло і механічна система втрачає енергію.

Абсолютно непружним ударом називають такий удар, при якому вся енергія відносного руху тіл переходить у тепло і тіла злипаються. При ударі виконується закон збереження імпульсу. Втрата механічної енергії при пружному ударі тіл описується коефіцієнтом відновлення механічної енергії K , який визначається як відношення сумарної кінетичної енергії системи після удару до сумарної кінетичної тіл до удару.

$$K = \frac{E_k}{E_n}, \text{ де}$$

K — лежить у межах 0-1;

E_k — кінетична енергія тіла;

E_n — потенціальна енергія тіла;

В загальному випадку закон збереження тіл має вигляд:

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

В нашому випадку закон збереження імпульсу має вигляд:

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

Коефіцієнт відновлення енергії пружного удару визначимо за формулою:

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

Де α_1, α_2 - кути відхилення куль після удару, та α_0 кут відведення кулі від центру штативу.

Хід роботи:

1. Відкрити імітатор, записати встановлену масу куль в ньому для розрахунків.
2. Встановити початкове відхилення правої кулі α_0 у відповідне поле та записати його у таблицю 4.1.
3. Натиснути кнопку "Розрахунок" та записати отримані кути відхилення двох куль таблицю α_1, α_2 . Повторити 5 разів.
4. Повторити вимірювання за пп. 2-3 для іншого початкового значення кута α_0 . Результати вимірювань занести до табл. 4.1.

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.
2. За формулою обчислити значення коефіцієнта відновлення механічної енергії K під час удару для кожного значення кута α_0 .
3. Оцінити похибку результатів вимірювання (за вказівкою викладача).

Розрахунки:

Таблиця 4.1

| Номер досліджу | α_0 | α_1 | $\langle \alpha_1 \rangle$ | α_2 | $\langle \alpha_2 \rangle$ | K |
|----------------|------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|-------|
| 1 | 10° | 0.24 | 0.232 | 6.35 | 6.220 | 0,402 |
| | | 0.23 | | 6.13 | | |
| | | 0.23 | | 6.27 | | |
| | | 0.23 | | 6.22 | | |
| | | 0.23 | | 6.13 | | |
| 2 | 15° | 0.79 | 0.806 | 9.02 | 9.040 | 0,380 |
| | | 0.81 | | 8.90 | | |
| | | 0.82 | | 9.06 | | |
| | | 0.80 | | 9.02 | | |
| | | 0.81 | | 9.20 | | |

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \frac{0,113 * \sin^2 \left(\frac{0,232}{2}^\circ \right) + 0,177 * \sin^2 \left(\frac{6,22}{2}^\circ \right)}{0,113 * \sin^2 \left(\frac{10}{2}^\circ \right)} \\
 &= \frac{0,113 * \sin^2(0,116^\circ) + 0,177 * \sin^2(3,11^\circ)}{0,113 * \sin^2(5^\circ)} \\
 &= \frac{0,113 * 4,09893 * 10^{-6} + 0,177 * 0,0029434}{0,113 * 75,9 * 10^{-4}} \approx 0,402
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_2 &= \frac{0,113 * \sin^2 \left(\frac{0,806}{2}^\circ \right) + 0,177 * \sin^2 \left(\frac{9,04}{2}^\circ \right)}{0,113 * \sin^2 \left(\frac{15}{2}^\circ \right)} \\
 &= \frac{0,113 * \sin^2(0,403^\circ) + 0,177 * \sin^2(4,52^\circ)}{0,113 * \sin^2(7,5^\circ)} \\
 &= \frac{0,113 * 4,9718 * 10^{-5} + 0,177 * 0,00621056}{0,113 * 0,0170371} \approx 0,38
 \end{aligned}$$

Розрахунок похибки:

$$\Delta\alpha_{11} = \alpha_{11} - \langle \alpha_1 \rangle = 0.24 - 0.232 = 0,008$$

$$\Delta\alpha_{12} = 0.23 - 0.232 = -0,002$$

$$\Delta\alpha_{13} = 0.23 - 0.232 = -0,002$$

$$\Delta\alpha_{14} = 0.23 - 0.232 = -0,002$$

$$\Delta\alpha_{15} = 0.23 - 0.232 = -0,002$$

$$\Delta\alpha_{21} = \alpha_{21} - \langle \alpha_2 \rangle = 6.35 - 6,22 = 0,13$$

$$\Delta\alpha_{22} = 6.13 - 6,22 = -0,09$$

$$\Delta\alpha_{23} = 6,27 - 6,22 = 0,05$$

$$\Delta\alpha_{24} = 6,22 - 6,22 = 0$$

$$\Delta\alpha_{25} = 6,13 - 6,22 = -0,09$$

Середня квадратична похибка:

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

$$S_{\langle \alpha_1 \rangle}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{5 * 4} * ((0,008)^2 + (-0,002)^2 + (-0,002)^2 + (-0,002)^2 + (-0,002)^2)} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{20} * 0,00008} = \sqrt{0,000004} \approx 0,002$$

$$S_{\langle \alpha_2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{5 * 4} * ((0,13)^2 + (-0,09)^2 + (0,05)^2 + (0)^2 + (-0,09)^2)} =$$

$$\sqrt{\frac{1}{20} * 0,0356} = \sqrt{0,00178} \approx 0,04219$$

Імовірність довіри у нашому досліді складає 0,9, а кількість вимірів дорівнює 5., звідси ми отримуємо табличне значення коефіцієнту Стюдента – 2.13. Отже маючи всі потрібні розрахунки, можемо записати кінцеві результати вимірювань враховуючи похибку:

Для першого досліді:

$$\alpha_1 = 0.232 \pm 2.13 * 0.002 = 0.232 \pm 0,00426$$

$$\alpha_2 = 6,220 \pm 2.13 * 0,042 = 6,220 \pm 0,08946$$

Для другого досліді:

$$\alpha_1 = 0.806 \pm 2.13 * 0,005 = 0.806 \pm 0,01065$$

$$\alpha_2 = 9,040 \pm 2.13 * 0.048 = 9,040 \pm 0,10224$$

Висновок:

В ході даної лабораторної роботи я дослідив дію законів збереження імпульсу та енергії при ударі двох об'єктів. Предметом нашої лабораторної був закон збереження імпульсу, а головним завданням було визначення коефіцієнт відновлення енергії. Також в лабораторній роботі було використано імітатор пружного удару двох куль, який дозволяв визначити кути відхилення куль, на основі яких ми обраховували коефіцієнт. Також був проведений розрахунок похибки вимірювання для того щоб наблизити результати до реальних.

Відповіді на контрольні запитання:

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

Абсолютно пружним називають удар, при якому сума потенціальних і кінетичних енергій системи тіл зберігається.

Абсолютно непружний називають удар, при якому вся енергія відносного руху тіл переходить у тепло і тіла злипаються.

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

Імпульс тіла – векторна величина, що дорівнює добутку маси тіла на його швидкість.

Імпульс системи тіл – це векторна сума імпульсів усіх тіл, що входять у систему.

Закон збереження імпульсу говорить, що у замкненій системі тіл, на яку не діють зовнішні сили, сумарний імпульс всіх тіл не змінюється.

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

Коефіцієнт відновлення механічної енергії показує втрату механічної енергії при пружному ударі тіл. Значення цього коефіцієнту залежить від пружних властивостей взаємодіючих тіл.

4. Як експериментальне перевірити закон збереження імпульсу при пружному та непружному ударах?

Аби довести збереження імпульсу при пружному ударі достатньо взяти дві кульки однакової маси і направити їх центрами один до одного але з різними швидкостями. Після удару кулька, яка рухалася повільно, далі буде рухатися повільніше, але в іншу сторону, відносно кульки яка рухалася швидше. Для непружного удару можна зробити ті самі дії, але направити кульки з однаковою швидкістю один до одного. Після зіткнення ми побачимо, що кульки зупиняться, адже до зіткнення векторна сума імпульсів двох тіл дорівнювала 0 за рахунок того, що 2 однакових імпульси були різнонаправлені.

5. Записати закон збереження імпульсу:

$m_1V_{01} + m_2V_{02} = m_1V_1 + m_2V_2$ – для абсолютно пружного

$m_1V_{01} + m_2V_{02} = (m_1 + m_2)V$ – для абсолютно непружного

а. Для абсолютно пружного центрального удару двох куль

$$m_1V_{01} + m_2V_{02} = m_1V_1 + m_2V_2$$

б. Для абсолютно непружного центрального удару двох куль.

$$m_1V_{01} + m_2V_{02} = (m_1 + m_2)V$$