

Лабораторна робота №6 ВИВЧЕННЯ ЗІТКНЕННЯ КУЛЬ

Мета роботи – експериментально перевірити закон збереження механічної енергії та закон збереження імпульсу.

Прилади і матеріали: вимірювальна установка, набір куль, технічні ваги, прес-форма.

Теоретичні відомості

Мірою взаємодії тіл при ударі, крім ударної сили F , може бути зміна її імпульсу за час удару:

$$\int_0^t F dt = F_{\text{cp}} \cdot t, \quad (6.1)$$

де F_{cp} – середня сила удару; t – тривалість удару.

Позначивши $\Delta(mv)$ зміну імпульсу тіла за час удару, дістанемо з другого закону динаміки:

$$F_{\text{cp}} \cdot t = \Delta(mv). \quad (6.2)$$

Розсіяння механічної енергії при ударі характеризується коефіцієнтом відновлення енергії ε , що визначається як відношення сумарної кінетичної енергії E'_k тіл після удару до сумарної кінетичної енергії E_k тіл до удару:

$$\varepsilon = \frac{E'_k}{E_k}. \quad (6.3)$$

Значення коефіцієнта відновлення залежить від фізичних властивостей матеріалів, форми і маси тіл, що співударяються. Для абсолютно пружного удару $\varepsilon = 1$. У цьому випадку кінетична енергія тіл до удару дорівнює кінетичній енергії тіл після удару: $E'_k = E_k$. Якщо після удару утворюється єдине тіло, то удар називають абсолютно непружним, для нього $\varepsilon < 1$.

У даній роботі розглядається центральне зіткнення куль, підвішених у вигляді маятників, при чому одна куля до удару знаходиться в спокої ($v_2 = 0$).

Застосовуючи до тіл, що зіткнулися, закон збереження імпульсу, можна записати:

для пружного удару

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2, \quad (6.4)$$

для непружного удару

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) u, \quad (6.5)$$

де m_1, m_2 – маси куль, що зіткнулися; v_1 – швидкість першої кулі до удару; u_1, u_2 – швидкості першої та другої куль після пружного удару; u – спільна швидкість куль після непружного удару.

Швидкість кулі до і після зіткнення можна визначити, знаючи висоту, з якої тіло починає рух до удару, і висоту його підйому після удару. Без урахування втрат енергії на подолання сил опору на основі закону збереження енергії маємо:

$$v_1 = \sqrt{2gh_1}, \quad u_1 = \sqrt{2gh'_1}, \quad u_2 = \sqrt{2gh'_2},$$

де h_1 – висота падіння першої кулі; h'_1, h'_2 – висота підняття відповідно першої і другої кулі після зіткнення.

Оскільки на установці безпосередньо вимірюють кути, на які відскакують кулі після удару, і кут відхилення першої кулі, швидкості куль будемо визначати із співвідношень:

$$v = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_b}{2}, \quad u_1 = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_1}{2},$$
$$u_2 = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_2}{2}, \quad (6.6)$$

де l – відстань від точки підвісу до центра куль; α_b – кут відхилення; α_1, α_2 – кути відскоку відповідно першої і другої кулі.

Опис установки

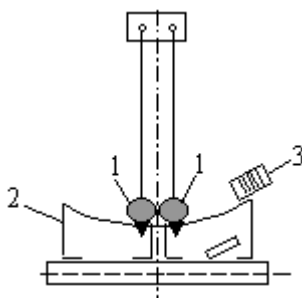


Рис. 6.1.

Дві кулі, підвішені на біфілярних підвісах, можуть коливатися вздовж проградуєваної шкали.

Перша куля може утримуватись електромагнітом, який установлюється в довільному місці правої шкали. Шкали, а також місця кріплення біфілярних підвісів можуть переміщуватись. Це необхідно для зміни міжцентрової відстані для різних куль (у спокої кулі повинні дотикатись одна до одної). Для виготовлення непружної (пластилінової) кулі є спеціальна прес-форма.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Визначити коефіцієнт відновлення енергії для пружного і для непружного ударів.

1. Перевірити горизонтальність положення основи приладу. У разі необхідності встановити його за рівнем з допомогою гвинтів.

2. На технічних терезах визначити масу куль: m_1 , m_2 (пружних) і m'_2 (непружної).

3. Використовуючи електромагніт, здійснити удар малої правої кулі з великою лівою, що знаходиться в спокої, при куті відхилення α_b , заданому викладачем, зняти відлік кутів відхилення обох куль α_1 і α_2 після удару. Оскільки одному спостерігачеві практично неможливо зняти одразу два відліки, то роблять так: спочатку беруть відлік кута відхилення однієї кулі, а потім виконують повторний удар і беруть відлік кута відхилення другої. Удар з одного положення повторити не менше 10 разів, що значить для кожної кулі дістати не менше ніж 5 значень кутів відхилення α_1 і α_2 .

4. Результати вимірювань записати в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

№ п/п	m_1 , г	m_2 , г	α , град	α_1 , град	α_2 , град	u_1 , м/с	u_2 , м/с	v , м/с	ϵ	$\Delta\epsilon$
1										
2										
3										
4										
5										

5. Зняти ліву пружну кулю і замінити її непружною пластиліною. Повторити всі операції в тій самій послідовності.

6. Результати вимірювань записати в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

№ п/п	m_1 , г	m_2 , г	α_b , град	α , град	u , м/с	v , м/с	ϵ	$\Delta\epsilon$
1								
2								
3								
4								
5								

7. Виміряти довжину підвісу куль, за формулами (6.6) розрахувати швидкості v_1 , u_1 , u_2 куль.

8. За формулою

$$\varepsilon = \frac{m_1 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} + m_2 \sin^2 \frac{\alpha_2}{2}}{m_1 \sin^2 \frac{\alpha_B}{2}}, \quad (6.7)$$

одержаною на основі (6.3) і (6.6), визначити коефіцієнти відновлення енергії для пружного і непружного ударів.

9. Визначити похибки вимірювання ε .

Завдання 2. Перевірити закон збереження імпульсу для пружного і непружного ударів. Із виразу (6.4) для пружного удару:

$$u_1 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}, \quad u_2 = \frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}, \quad (6.8)$$

а з виразу (6.5) для непружного удару:

$$u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}. \quad (6.9)$$

Закон збереження імпульсу перевіряють порівнюванням значень швидкостей u_1 , u_2 та u , знайдених за формулами (6.8) і (6.9), з їх експериментальними значеннями, знайденими за кутом відхилення (див. формули (6.6)).

При виконанні завдання 2 необхідно:

- 1) проробити всі операції, вказані в завданні 1;
- 2) визначивши швидкості u_1 , u_2 і u за формулами (6.8) і (6.9), розрахувати теоретичні значення швидкостей u_1 , u_2 і u ;
- 3) визначити швидкості u_2 і u за кутом відхилення куль (див. формули (6.6));
- 4) оцінити похибки, з якими визначити швидкості u_1 , u_2 і u , за формулою

$$\Delta u = \sqrt{\frac{l}{g} \sin \frac{\alpha}{2} \Delta g} + \sqrt{\frac{l}{g} \sin \frac{\alpha}{2} \Delta l} + \frac{1}{2} \sqrt{lg} \cos \frac{\alpha}{2} \Delta \alpha.$$

Контрольні запитання

- 1а. Які явища називають ударом? Який удар називають центральним, прямим?
- 2а. Дайте визначення абсолютно пружного і абсолютно непружного ударів.
- 3а. Запропонуйте метод визначення тривалості абсолютно пружного удару і сили взаємодії тіл.
- 1б. Як відносяться швидкості, які набуває куля, що спочатку знаходиться в спокої, при абсолютно пружному і абсолютно непружному ударі її з іншою кулею?
- 2б. На довгих нитках підвішені в ряд n однакових куль так, що вони послідовно дотикаються одна до одної. З них відхиляють k куль ($k \leq n/2$) на деякий кут і відпускають. Скільки куль відскочить після пружного удару?

[1, с. 103 – 105; 4, с. 72 – 75]