4.1.3 Вивчення пружного та непружного ударів кульок

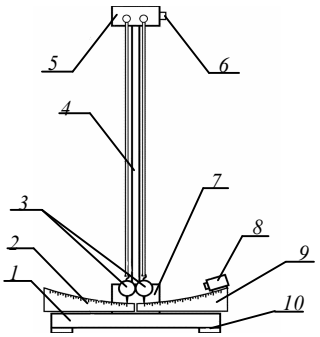

Рисунок 5

Детальний опис роботи подано в [1, (робота 3); 8, (робота М-3)].

Метою роботи є вивчення пружного та непружного ударів кульок, перевірка закону збереження імпульсу для пружного та непружного ударів.

Експериментальну установку зображено на рис. 5. Ціна поділки шкали на косинцях 9 дорівнює 15´, масу кульок зазвичай вказує викладач, вона коливається від 180 г до 260 г.

Робочими формулами розглядуваної роботи, які мають виконуватися через дію законів збереження енергії та імпульсу, є співвідношення

$$m_1 \sin\frac{\alpha_0}{2} = m_2 \sin\frac{\beta}{2} - m_1 \sin\frac{\alpha}{2} \qquad (1.3.1)$$

$$m_1 \sin\frac{\alpha_0}{2} = (m_1 + m_2)\sin\frac{\gamma}{2} \qquad (1.3.2)$$

де α_0 – кут початкового відхилення правої кульки до точки її утримання електромагнітом 8 (рис. 5), α та β – кути відхилення металевих кульок після пружного удару, γ – кут відхилення центру мас системи з двох «злиплих» кульок (правої металевої та лівої пластилінової) після непружного удару.

Уведемо позначення

$$A = m_1 \sin\frac{\alpha_0}{2}, \qquad (1.3.3)$$

$$B = m_2 \sin\frac{\beta}{2} - m_1 \sin\frac{\alpha}{2}, \qquad (1.3.4)$$

$$C = (m_1 + m_2)\sin\frac{\gamma}{2}. \qquad (1.3.5)$$

Тоді *розрахункові формули* лабораторної роботи (рівності, які слід перевірити) наберуть вигляду:

$$A = B, \qquad (1.3.6)$$

$$A = C. \qquad (1.3.7)$$

Перевірку цих рівностей маємо провести щонайменше за трьох значень кута початкового відхилення α_0 для кожного типу удару. Через наявність істотних похибок при вимірюванні кутів відхилення потрібно кожне таке вимірювання проводити щонайменше n = 5 разів. Тоді рекомендована *таблиця вимірювань* набере такого вигляду.

α_0, °	α , °	$\overline{\alpha}$, °	β, °	$\overline{\beta}$, °	γ_1 , °	γ_2 , °	γ , °	$\overline{\gamma}$, °
1	2	3	4	5	6	7	8	9
…	… … … … …	…	… … … … …	…	… … … … …	… … … … …	… … … … …	…

Стовпчик 1 є спільним для обох дослідів, стовпчики 2 й 4 заповнюються при перевірці законів пружного удару, а стовпчики 6 і 7 – при перевірці непружного удару.

Увага! Для коректного вимірювання кута відхилення γ *центру мас* системи з двох кульок слід зафіксувати кут відхилення γ_1 пластилінової кульки та кут відхилення γ_2 кульки металевої. Шуканий кут γ дорівнює

$$\gamma = (\gamma_1 m_1 + \gamma_2 m_2)/(m_1 + m_2).$$

У стовпчики 3, 5 та 7 слід записати середні (за відповідною серією вимірювань) значення кутів α, β, γ. Наприклад, $\overline{\alpha} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_i$ тощо.

Для подальшого треба мати на увазі таке.

- Для перевірки рівностей (1.3.6) і (1.3.7) використовуватимо алгоритм поданий у п. 2.4 Вступу.
- Похибки у вимірюванні кутів ($\Delta\alpha_0 = \Delta\alpha = \Delta\beta = \Delta\gamma \approx 20$) мають істотно більший вплив на результовну похибку вимірювань аніж похибка у вимірюванні маси ($\Delta m \approx 2$ г).
- Дуже істотний вплив на результат досліду має налагодження установки перед дослідом. Слід звернути особливу увагу на те, щоб удар кульок був центральним, а траєкторії їхніх рухів до та після зіткнення лежали в однаковій площині. За невиконання цієї умови рівності (1.3.6) та (1.3.7) виконуватися НЕ МОЖУТЬ.

Алгоритм опрацювання результатів експерименту

А) Пружний удар

1. Використовуючи дані стовпчиків 1, 3, 5 таблиці вимірювань та надані викладачем або позначені на установці відомості про маси кульок, розрахувати середні значення величин $\overline{A}$ та $\overline{B}$.

2. Уважаючи похибку маси знехтувально малою, відшукати межі довірчих інтервалів для величин A і B з допомогою співвідношень:

$$\Delta A = \frac{m_1 \Delta\alpha_0}{2} \cos\frac{\alpha_0}{2} \qquad (1.3.8)$$

$$\Delta B = \sqrt{\left(\frac{m_2 \Delta\beta}{2} \cos\frac{\beta}{2}\right)^2 + \left(\frac{m_1 \Delta\alpha}{2} \cos\frac{\alpha}{2}\right)^2} \qquad (1.3.9)$$

3. Послідовно виконати всі дії, зазначені в п. 2.4 Вступу та вирахувати «ступінь нерітельності» δ.
4. Повторити дії п. п. 1 - 3 ще для двох значень кута початкового відхилення правої кульки α_0.
5. Якщо δ = 100%, дослід слід виконати знову.

Б) Опрацювання результатів експерименту для непружного удару виконується практично за таким самим алгоритмом. Відмінність полягає лише в тому, що перевірці підлягає рівність (1.3.7).

Отже для розрахунків використовують дані стовпчиків 1 та 9, а замість похибки ΔB, слід брати до уваги похибку ΔC:

$$\Delta C = \frac{(m_1 + m_1)\Delta\gamma}{2} \cos\frac{\gamma}{2}. \qquad (1.3.10)$$