

*Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет  
Математичний факультет*

*Кафедра: Загальної та прикладної фізики*

## **Лабораторна робота №1**

з дисципліни Механіка

### **Дослідження абсолютно пружнього зіткнення кульок**

Студента (ки) \_\_\_\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Викладач доц. Світанько М. В.

\_\_\_\_\_ (оцінка, дата, підпис)

м. Запоріжжя – 20\_\_ рік

**Мета роботи:** дослідження параметрів абсолютно пружнього удару, визначення швидкості звуку в сталі.

## 1.1 Теоретичні відомості

Закон збереження імпульсу. Імпульс замкнутої системи тіл зберігається з часом. Замкнутою (або ізольованою) називається механічна система тіл, на яку не діють зовнішні сили або їх дія компенсується.

Кінетична енергія механічної системи - енергія механічного руху цієї системи

$$T = \frac{mv^2}{2}$$

Потенційна енергія - механічна енергія системи тіл, яка визначається їх взаємним розташуванням і характером сил взаємодії між ними.

$$П = mgh$$

Потенційна енергія пружньодеформованого тіла:

$$П = \frac{kx^2}{2}$$

Повна механічна енергія системи дорівнює сумі кінетичної і потенційної енергій:

$$E = T + П$$

Закон збереження механічної енергії: У замкненій системі тіл, між якими діють тільки консервативні сили, повна механічна енергія зберігається, тобто не змінюється з часом.

Абсолютно пружній удар - зіткнення двох тіл, у результаті якого в обох взаємодіючих тілах не залишається ніяких деформацій і вся кінетична енергія, яку мали тіла до удару, після удару знову перетворюється на кінетичну енергію.

Для абсолютно пружного удару виконується закон збереження імпульсу і закон збереження кінетичної енергії.

$$\vec{m}_1 v_1 + \vec{m}_2 v_2 = \vec{m}_1 v_1' + \vec{m}_2 v_2'$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$$

Абсолютно непружний удар - зіткнення двох тіл, у результаті якого тіла об'єднуються, рухаючись далі як єдине ціле.

При не пружному ударі виконується тільки закон збереження імпульсу:

$$\vec{m}_1 v_1 + \vec{m}_2 v_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$$

В процесі зіткнення куль відбувається їх деформація, яка розповсюджується в кулях із швидкістю звуку  $v_0$ .

Швидкість звуку в матеріалі (сталі):

$$V_0 = \left( \frac{5.6R}{k} \right)^{\frac{5}{4}} \quad (1.1)$$

Коефіцієнт  $k$  визначається згідно з рисунком 1.1:

$$k = \frac{\Delta \tau}{\Delta x} \quad (1.2)$$

причому величини  $\Delta \tau$  і  $\Delta x$  слід вибрати по можливості великими, щоб зменшити похибки обчислення.

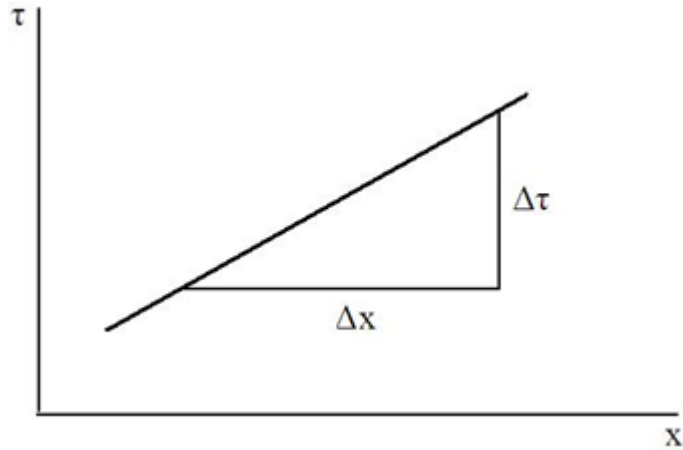


Рисунок 1.1 - Лінеаризована залежність часу зіткнення куль від  $x$

3

## 1.2 Експериментальна установка

Експериментальна установка складається з двох куль, підвішених на провідних нитках завдовжки  $l$ , і частотоміра (рисунок 1.2). Одна з куль відхиляється на кут від положення рівноваги і відпускається.

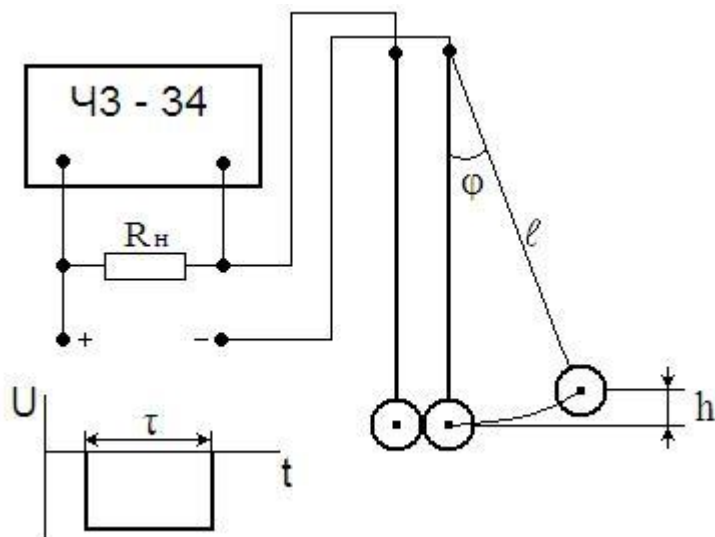


Рисунок 1.2 - Експериментальна установка

Швидкість рухомої кулі можна знайти за законом збереження енергії:

$$V = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\varphi}{2} \quad (1.3)$$

Протягом часу зіткнення кулі стикаються одна з одною. Отже, струм в електричному колі, яке замикається контактом між кулями при зіткненні, протікатиме тільки протягом часу зіткнення. Тому на опорі  $R_H$  виникає імпульс напруги, тривалість якого дорівнює  $\tau$ . Тривалість сигналу вимірює частотомір; удар - надзвичайно швидкоплинний процес, тому  $\tau$  вимірюється в мікросекундах ( $1 \text{ мкс} = 10^{-6} \text{ с}$ ).

### 1.3 Виконання роботи

1. Три рази заміряти час зіткнення, кожного разу відхиляючи одну кулю на кут  $\varphi=2^0$  (дані занести в таблицю)
2. Дослід повторювати, збільшуючи кут відхилення з кроком  $\Delta\varphi=2^0$  до максимального кута  $\varphi=10^0$  (отримані дані занести в таблицю).

Таблиця 1.1 Результати проведення експерименту

град	$\tau$ , мкс	$\tau_{\text{сер}}$ , мкс	$v$ , м/с	$x = 1/v^{1/5}$ , с/м <sup>1/5</sup>
2	930,7			
	940,1			
	958,2			
4	460,5			
	466,01			
	466,28			
6	331,5			
	331,2			
	331,02			
8	330,0			
	329,8			
	329,2			
10	290,6			
	290,02			
	290,8			
L=113 см, R=38 мм				

3. Розрахувати середній час зіткнення  $\tau$  для дослідів з однаковим кутом  $\varphi$  (отримані данні занести в таблицю).

$$\tau_{\text{сер}} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}{3}$$

4. Знайти швидкість куль  $v$  при ударі (отримані данні занести в таблицю).

$$V = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\varphi}{2}$$

5. Розрахувати для кожного досліду  $x = \frac{1}{V^5}$  (отримані дані занести в таблицю)

6. Побудувати графік залежності  $\tau$  від  $x = \frac{1}{V^5}$

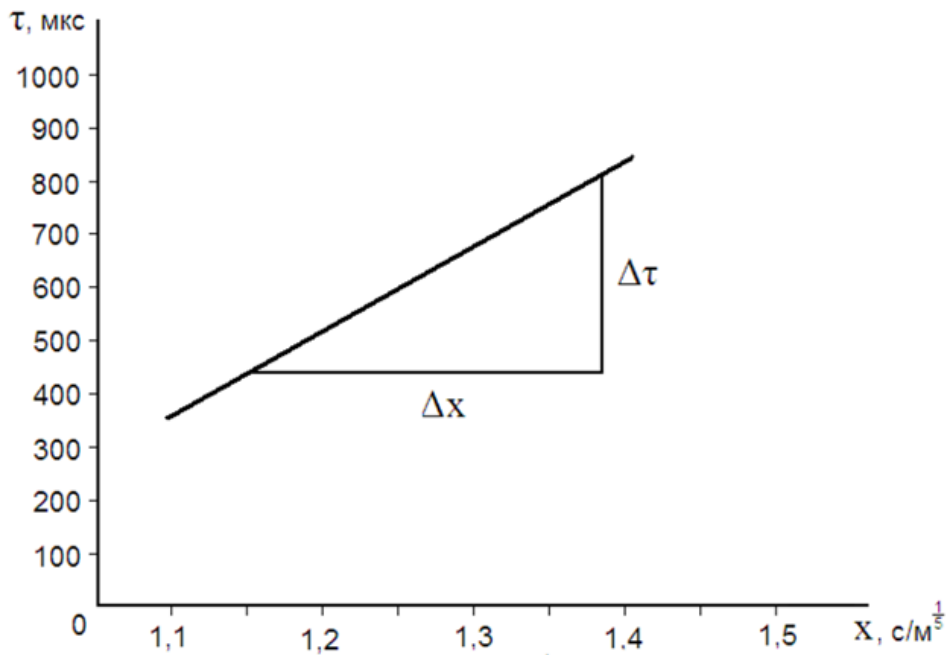


Рисунок 1.3 – Графік відношення середнього часу зіткнення від  $x$

7. Знайти кутовий коефіцієнт  $k = \frac{\Delta \tau}{\Delta x}$

8. Знайти швидкість звуку в сталі

$$V_0 = \left( \frac{5.6R}{k} \right)^{\frac{5}{4}}$$

8. Порівняти одержану і табличну величини швидкості звуку в сталі.

## Література

1. Цветкова О. В. Курс фізики у визначеннях, прикладах і задачах : навчальний посібник / О. В. Цветкова, В. Г. Єфременко. – Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2018. – 146 с.
2. Конспект з фізики для студентів скороченої форми навчання / О. Крамар. Тернопіль : Центр оперативної поліграфії, 2018. 128 с. URL : <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/27376>
3. Лисенко О. В. Розв'язування задач із фізики: електрика та магнетизм: навчальний посібник. / О. В. Лисенко, Г. А.Олексієнко. Суми, Сумський державний університет, 2017 — 287 с.
4. Фізика : підручник / Андріяшик М. В., Король А. М. К. : НУХТ, 2017. 302 с.
5. Посудін Ю. І. Фізика : Підручник для студентів вищих навчальних закладів- К. : Ліра-К, 2016. 472 с.
6. Чолпан П. П. Фізика. / Підручник / К. : Вища школа, 2004, 567 с.
7. Загальний курс фізики. Зб. задач. / Гаркуша І. П., Горбачук І. Т., Курінний В. П. та ін. За заг. ред. проф. І. П. Гаркуші / К : “Техніка”, 2003. 560с.
8. Світанько М.В. Фізика. Методичні рекомендації до лабораторних занять для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка» освітньо-професійної програми «Мікро- та наносистемна техніка». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 38 с.