**СТРОБОСКОПІЧНИЙ МЕТОД ПРИ ЕКПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ВИВЧЕННІ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ І ХВИЛЬ**

**Кадченко Валентина Миколаївна**

*кандидат фізико-математичних наук, доцент*

*Криворізький державний педагогічний університет*

[*kadch1950@gmail.com*](mailto:kadch1950@gmail.com)

**Богданова Олександра Андріївна**

*студентка магістратури*

*Криворізький державний педагогічний університет*

[*a.bogdanova9595@gmail.com*](mailto:a.bogdanova9595@gmail.com)

В статті запропоновано ряд демонстраційних дослідів та лабораторних досліджень швидкозмінних механічних рухів в шкільній лабораторії фізики з використанням стробоскопічного методу. Представлена власна розробка стробоскопа на основі світлодіодів.

*Ключові слова*: демонстраційні досліди з механіки, характеристики обертового руху, коливання струни, механічні хвилі, стробоскоп, навчальні проєкти з фізики.

Обертові та коливальні рухи є найпоширенішими рухами в природі та застосовуються у різних технологічних процесах і машинах.

**У шкільному курсі фізики періодичні обертовий і коливальний рухи вивчаються у розділі «Механіка» в 10 класі.** Із чотирьох запропонованих підручників для рівня стандарту, розділ «Механічні коливання і хвилі» є лише у авторів Бар’яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О. Для класів з поглибленим рівнем навчання рекомендуються підручники авторів Засєкіна Т. М., Засєкін Д. О., Гельфгат І. М., де зміст розділу «Механічні коливання і хвилі» відповідає програмі. Аналіз навчальної програми показує, що вивчення даних механічних явищ може супроводжуватись значною кількістю експериментів. Зокрема, рекомендованими є демонстрації коливань і резонансу маятників, стоячої хвилі на шнурі, вимірювання довжини звукової хвилі та ін. Як правило, це повільні рухи з низькою частотою обертання /коливань. На практиці частіше мають справу з високочастотним обертальним рухом чи коливаннями (турбіни, ротори, вали тощо), які потребують спеціальних методів дослідження.

У шкільній фізичній лабораторії методом експериментального дослідження школярами високочастотного обертового і коливального рухів може слугувати стробоскопічний метод [1].

Стробоскоп для навчальних потреб можуть виготовити учні на основі LED-ліхтарика, оскільки світлодіоди можуть слугувати імпульсними джерелами світла внаслідок їх односторонньої провідності і безінерційності. Для регулювання сили струму через  систему світлодіодів, необхідно включити додатковий змінний опір (рис.1). Стробоскоп приєднаний до звукового генератора ГЗ.

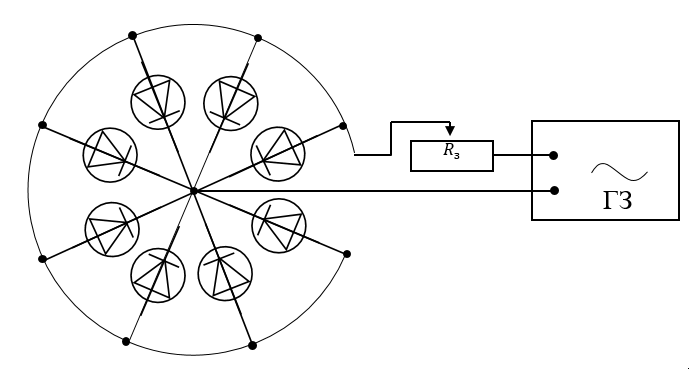
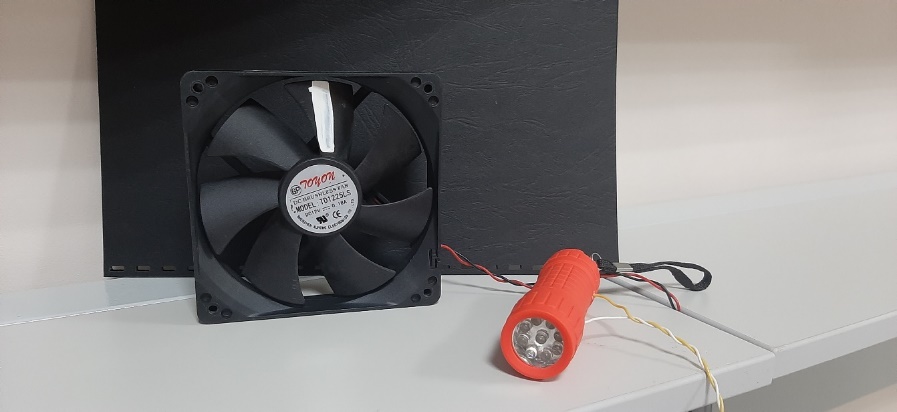


Рис. 1. Зовнішній вигляд об’єкту дослідження і стробоскопа та його схема.

За об'єкт дослідження взятий вентилятор охолодження комп’ютера. Для спрощення вимірювань на одній із лопатей була зроблена біла мітка.

Поступово збільшуючи частоту мерехтіння стробоскопа від мінімальної *20 Гц*, бачимо обертання мітки, яке вперше сповільнюється і припиняється при частоті *27 Гц*, причому видно два положення мітки. Якщо і далі збільшувати частоту, то кількість видимих положень мітки збільшується (рис. 2). Кожного разу необхідно добитися нерухомої картини, при цьому спостерігається стробоскопічний ефект, коли частота стробоскопа ***νi*** є ціле кратне частоти обертання лопаті ***ν0***. Тоді частота обертання лопатей ***ν0= νi / n***, де ***n-***кількість нерухомих положень. З експерименту маємо ***ν0= 13,5 Гц.*** Стробоскопічний ефект вдалося спостерігати до частоти *2 кГц*. Обмеження пов'язане з недостатньою частотою обертання лопатей.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |

Рис. 2. Лопать вентилятора при освітлення стробоскопом з різними частотами.

Коливання високої (звукової) частоти здійснює струна музичного інструмента. Освітлюючи струну скрипки лінійним стробоскопом бачимо, що вона коливається при проведенні по ній смичком. При частоті стробоскопа *196 Гц* струна перестає коливатись, тобто маємо основну частоту її коливань.

Збільшуючи частоту до *394 Гц* та *590 Гц* спостерігаємо, що струна не коливається, але подвоюється та потроюється. Значення частоти ***ν0= 196 Гц*** відповідає табличному значенню струни *Соль*. Дослідження можна продовжити, змінюючи силу натягу струни, виявити залежність частоти коливань від її довжини та діаметру.

Відомо, що в струні виникають також кратні гармоніки частотою 2, 3але їхні амплітуди  занадто малі і фіксувати їх за допомогою такого стробоскопа неможливо. Але можна за допомогою звукового аналізатора FTT Spectrum Analyzer (рис. 3).

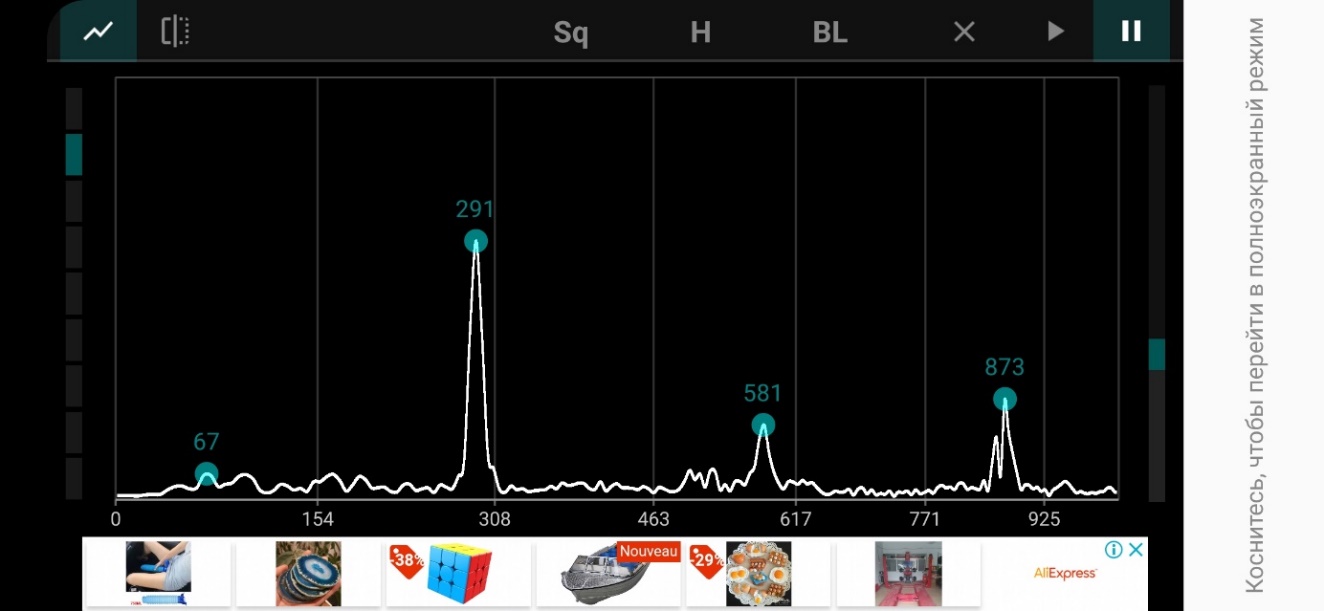


Рис.3. Кратні гармоніки струни *Ре*.

**Механічні хвилі** — це процес розповсюдження у просторі коливань частинок пружного середовища (твердого, рідкого чи газоподібного).

Стробоскопічний метод дозволяє не тільки спостерігати картину поверхневих хвиль, але й дослідити такі явища як інтерференція, дифракція, відбивання хвиль (рис.4) [1].

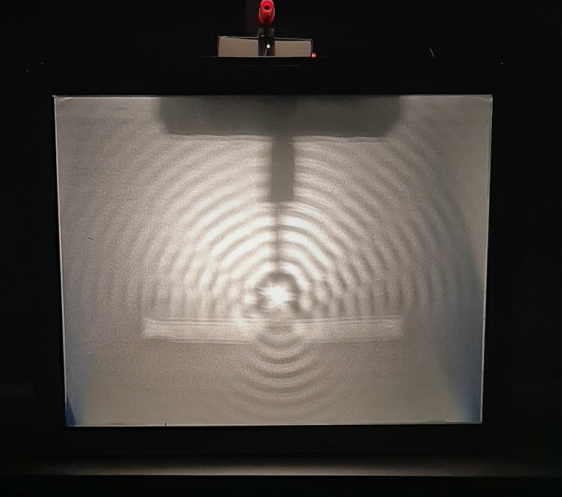
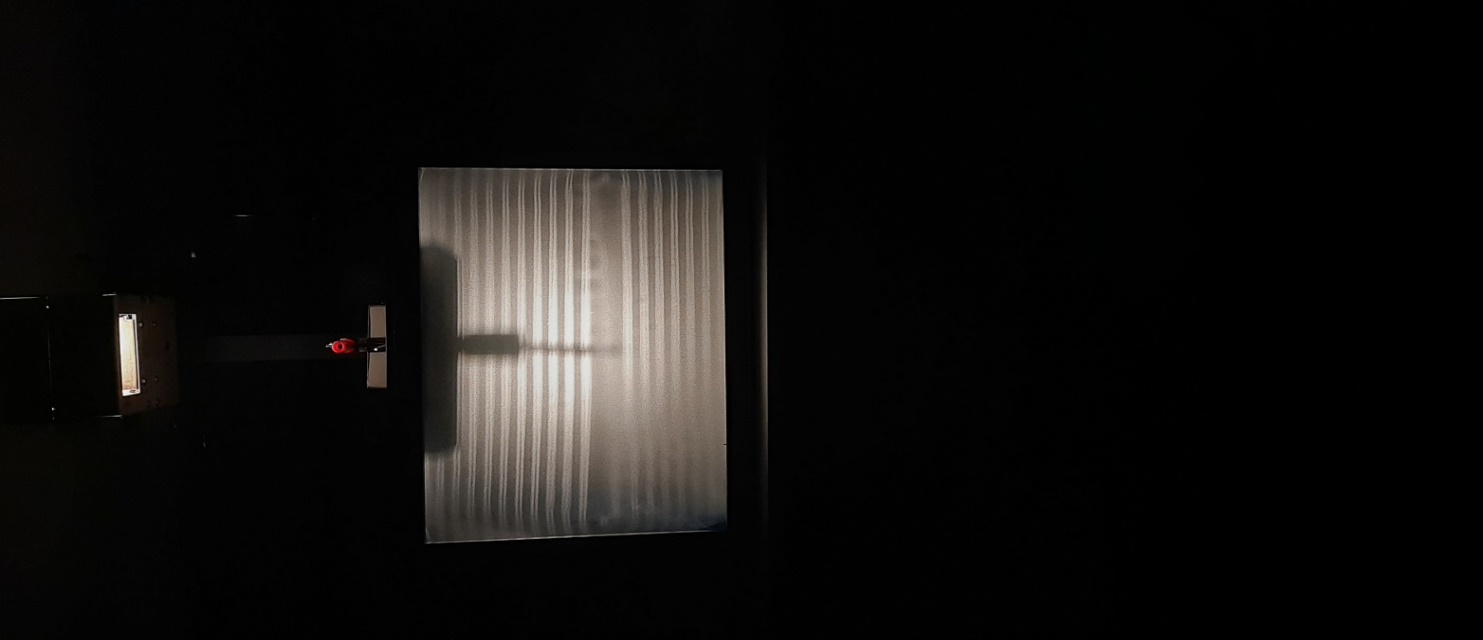
  

Рис. 4. Інтерференція, дифракція та відбивання механічних хвиль

*Вимірювання швидкості поширення хвиль на поверхні води*

Швидкість поширення хвиль визначається за формулою:

де – довжина хвилі на екрані при стробоскопічному освітленні, – частота мерехтіння стробоскопа.

Довжина хвилі λ вимірюється лінійкою як відстань між сусідніми кільцями на екрані установки, з урахуванням збільшення проекції. Збільшення установки *N = D / d* =1,76 – це відношення розміру зображення предмета до його реального лінійного розміру (рис. 5).

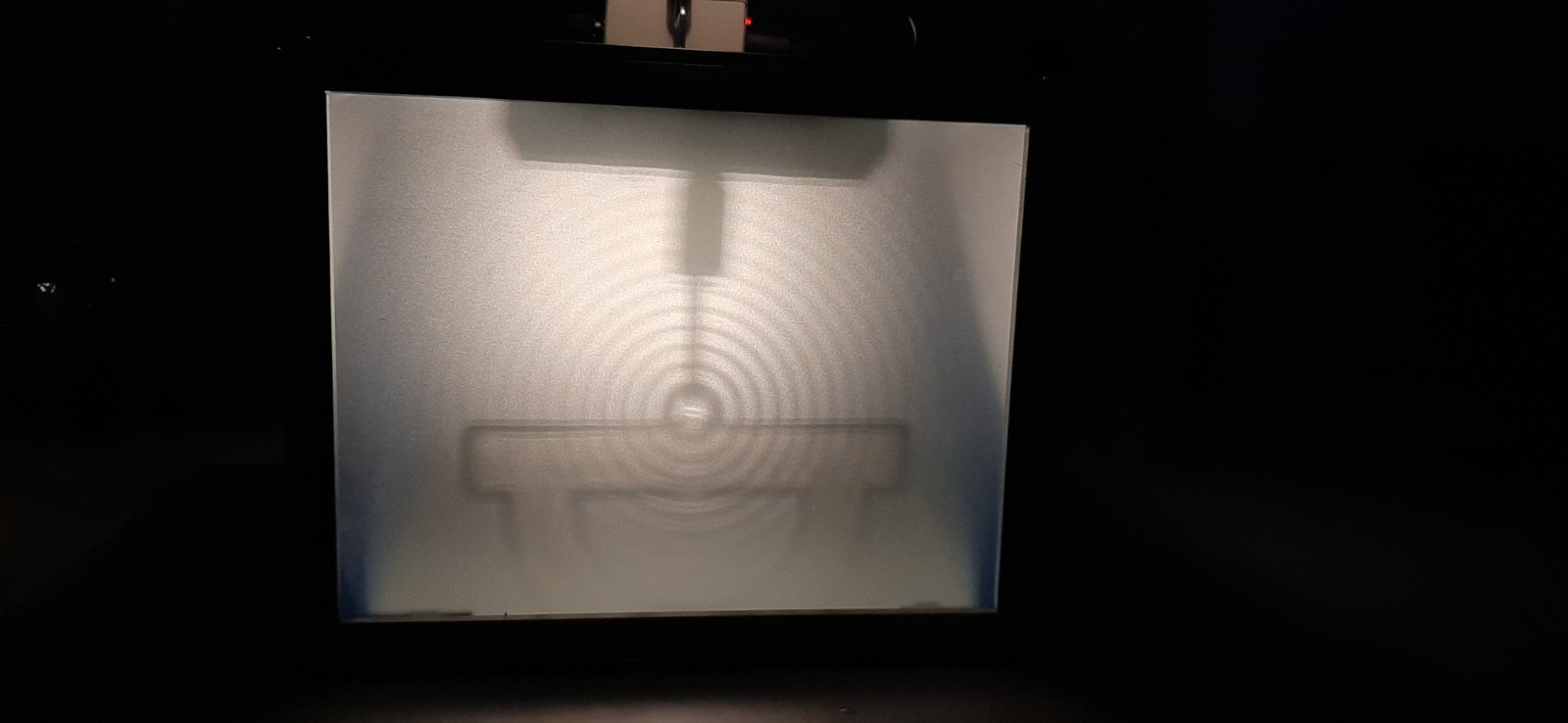


Рис. 5. Вимірювання довжини хвилі.

У дослідженні було встановлено залежність швидкості поширення хвиль від їх довжини, тобто дисперсійне співвідношення (рис. 6), яке відповідає капілярним хвилям, що утворюються у хвильовій ванні.

Рис. 6. Залежність фазової швидкості від довжини хвилі.

Описаний метод досліджень дозволить вчителеві запропонувати учням експериментальним шляхом дослідити фізичні характеристики обертового та коливального рухів при виконанні фізичного практикуму у класах профільного рівня навчання та при виконанні навчальних проєктів з фізики.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Кадченко В. М., Новгородський В.О. Демонстраційний і лабораторний експеримент при вивченні хвильових процесів. Наукові записки. – Випуск 7. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 2. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015.  – С. 156-162.
2. Орехов, В. П. Колебания и волны в курсе физики средней школы. Пособие для учителей / В. П. Орехов. – Москва : Просвещение, 1977. – 175 с.