

УДК 534.4:004

Кривонос О. М., Новицький С. В., Зіновчук А. В.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПК

*В роботі розглядається новий метод визначення частоти та швидкості поширення звукових хвиль без використання спеціальних фізичних приладів. Запропоновані лабораторні роботи по визначенню параметрів звукових хвиль в повітрі. Роботи виконуються за допомогою комп'ютерних програм "Віртуальний осцилограф" та "Віртуальний частотомір Frequency Counter 1.01" (розробка ТОВ "ІТМ").*

**Ключові слова:** звукові коливання, швидкість звуку, комп'ютерні технології.

Фізика, як наука природнича, пов'язана зі спостереженнями за фізичними процесами, які вчитель або учні відтворюють за допомогою фізичних приладів. Однак, на сьогоднішній день, в більшості шкіл не вистачає обладнання для проведення повноцінного демонстраційного та лабораторного експерименту. Зарядити ситуації може використання комп'ютерних технологій. Звичайний комп'ютер може виступати в ролі віртуальної лабораторії з відповідним програмним забезпеченням. При цьому роль АЦП та ЦАП буде виконувати звукова карта комп'ютера. Це дасть можливість масово проводити різноманітні експерименти та дослідження не тільки в навчальних закладах, та спеціальних лабораторіях, а й в домашніх умовах. Для прикладу, учень, побачивши на уроці досліди з застосуванням складних приладів – генераторів, осцилографів і т.д., – може без проблем повторити їх в домашніх умовах, або більше того, провівши більш глибокі дослідження, досконало вивчити фізичний процес. А це і є один з напрямків передових технологій навчання. В даній роботі ми розглядаємо використання в навчальному процесі комп'ютерної програми "Віртуальний осцилограф" та "Віртуальний частотомір Frequency Counter 1.01", які розроблені ТОВ фірма "ІТМ" мультимедіа. Мета цієї роботи – розробити методичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт з визначення швидкості звуку в повітрі та дослідження залежності частоти звуку від розмірів коливної системи музичного інструмента.

“Віртуальний осцилограф” – комп’ютерний аналог традиційного електронного осцилографа. Прилад складається з двох функціональних модулів: осцилографа і генератора сигналів звукової частоти. Апаратною частиною осцилографа є звукова карта комп’ютера. За допомогою цього приладу можна вивчати електричні сигнали, отримані від зовнішніх пристроїв, генерувати електричні коливання звукової частоти, підключати їх до зовнішніх джерел коливань для вивчення їх властивостей [4]. Прилад ефективний при дослідженні властивостей звукових хвиль. Джерелом звукових хвиль є динаміки комп’ютера, а приймачем – мікрофон. Прийнятий мікрофоном звуковий сигнал після підсилення подається на вхід “У” віртуального осцилографа. Використання приладу дозволяє продемонструвати наступні властивості звукових хвиль: відбивання, заломлення, інтерференцію і дифракцію.

Frequency Counter 1.01 – цифровий частотомір, реалізований програмним шляхом. Інтерфейс цього частотоміра відрізняється приємним виглядом і невеликими розмірами. Цифри стилізовані під свідчення сегментних індикаторів, з їх великими розмірами, характерним нахилом і яскравим видом. Прилад відрізняється досить високою точністю показів, добре сприймає сигнал з імпульсами прямокутної форми, при синусоїдальній сигналі бажано щоб його амплітуда на вході була не нижче 0,5 В. Під цифровим табло знаходяться регулятори періоду перерахунку, який може змінюватися в досить-таки великих межах, і установка синхронізації, де можна вибрати автоматичний або ручний режим.

Далі наводяться методичні рекомендації по виконанню лабораторних робіт з використанням описаних вище програмних засобів.

### Лабораторна робота № 1 “Визначення швидкості звуку в повітрі”

**Програмне забезпечення та обладнання:** програми генератора звукових частот та осцилографа; комп’ютер з мультимедійним обладнанням (акустична система, мікрофон), вертикальний дерев’яний або металевий екран розміром приблизно 50x50 см, лінійка або вимірювальна стрічка.

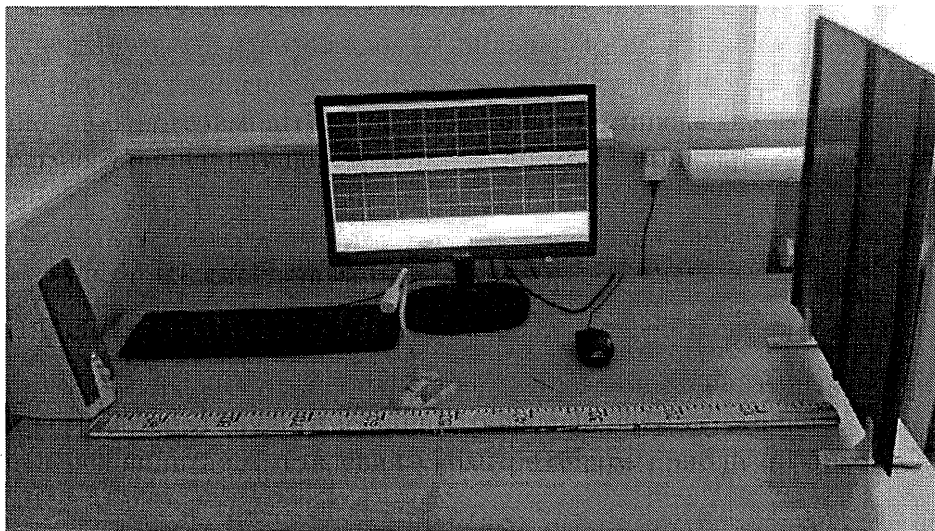


Рис. 1. Робоче місце для визначення швидкості звуку у повітрі

#### **Теоретичні відомості**

Для отримання звукової хвилі певної частоти використовуємо один динамік акустичної системи (другий відмикаємо), встановлений на демонстраційному столі. Навпроти на відстані 1-2 м встановлюємо вертикальний екран перпендикулярно до ходу звукової хвилі. Внаслідок

інтерференції падаючої і відбитої звукової хвилі виникає стояча хвиля. Вузли та пучності стоячої хвилі виявляємо, переміщуючи мікрофон по лінії, що з'єднує середину динаміка та екрана. Максимальна амплітуда коливань відповідає пучності стоячої хвилі, мінімальна амплітуда – в вузлах.

Враховуючи, що відстань між сусідніми вузлами дорівнює половині довжини хвилі, маємо:

$$l_n - l_1 = \frac{(n-1)\lambda}{2}$$

де  $l_1$  – початкова відстань між мікрофоном та екраном, при якій амплітуда коливань мінімальна. Її уточнюють, повільно переміщуючи мікрофон впередназад до одержання мінімальної амплітуди коливань.  $l_n$  – відстань між екраном і  $n$ -тим мінімумом. Вимірявши  $l_n$ , визначаємо довжину звукової хвилі:

$$\lambda = \frac{2 \cdot (l_n - l_1)}{n - 1}$$

За відомою частотою  $\nu$  та довжиною хвилі  $\lambda$  визначаємо швидкість поширення звукової хвилі в повітрі:

$$g = \lambda \nu$$

### Порядок виконання роботи

1. Запускаємо програму “Віртуальний осцилограф”. Вмикаємо генератор сигналу. На генераторі встановлюємо частоту 800 Гц.

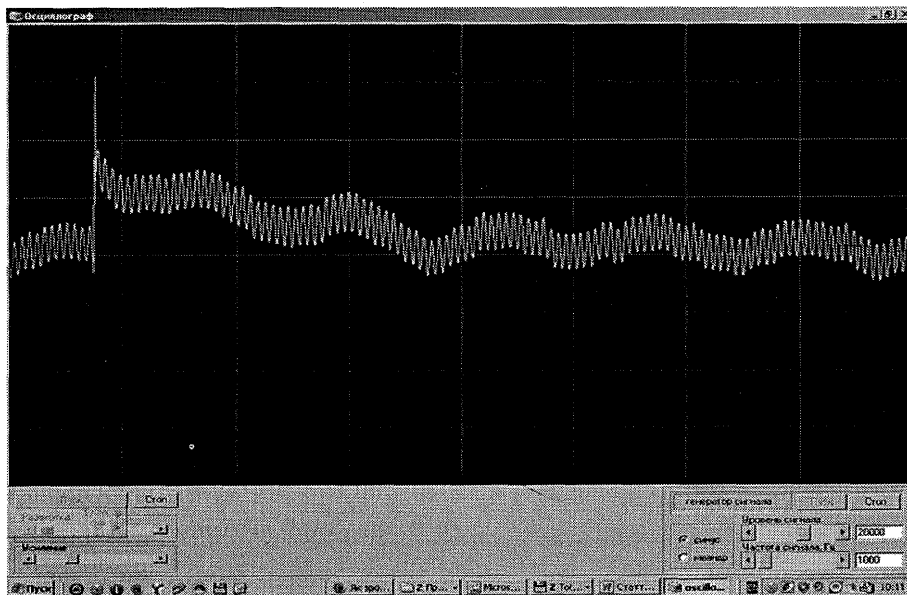


Рис. 2. Осцилограма звукових коливань

2. На одному краю стола розміщуємо динамік акустичної системи, на протилежному краю встановлюємо вертикальний екран, між ними – мікрофон. Запускаємо осцилограф. Вибираючи частоту розгортки, рівень сигналу і рівень підсилення, досягаємо чіткої осцилограми звукових коливань.

3. Переміщуючи мікрофон між динаміком і екраном, знаходимо положення першого мінімуму і лінійкою вимірюємо відстань до екрану  $l_1$ . Пересуваючи мікрофон далі,

помічаємо другий і третій мінімум. Вимірюємо відстань до екрану при третьому мінімумі  $l_3$ .

4. На генераторі встановлюємо частоту  $1000 \text{ Гц}$  і повторюємо усі операції з визначення довжин  $l'_1$  та  $l'_3$  та для цієї частоти.

5. Аналогічно виконуємо вимірювання довжин  $l''_1$  та  $l''_3$  для частоти  $1200 \text{ Гц}$ .

6. Обчислюємо довжини хвиль для першої, другої та третьої частоти:

$$\lambda_1 = l_3 - l_1; \quad \lambda_2 = l'_3 - l'_1; \quad \lambda_3 = l''_3 - l''_1$$

7. Знаходимо швидкість звуку:

$$v_1 = \lambda_1 \nu_1; \quad v_2 = \lambda_2 \nu_2; \quad v_3 = \lambda_3 \nu_3.$$

8. Визначаємо середнє значення швидкості звуку:

$$v_c = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}$$

9. Результати вимірювань і обчислень записуємо у таблиці.

№ п/п	Частота, $\nu, \text{Гц}$	$l_1, \text{м}$	$l_3, \text{м}$	$\lambda, \text{м}$	$v, \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$v_c, \frac{\text{м}}{\text{с}}$
1	800					
2	1000					
3	1200					

10. За традиційною методикою знаходимо похибки.

11. Порівнюємо отриманий результат з табличним значенням швидкості звуку при даній температурі.

#### **Контрольні запитання**

1. Який зв'язок між довжиною хвилі та швидкістю її поширення?
2. Опишіть явище інтерференції хвиль.
3. Як утворюються стоячі хвилі?
4. Як залежить довжина стоячої хвилі від довжини падаючої хвилі?
5. Які точки називаються вузлами стоячої хвилі, а які – пучностями?

**Лабораторна робота № 2.** “Дослідження залежності частоти звуку від розмірів коливної системи музичного інструмента”.

**Програмне забезпечення та обладнання:** комп'ютер з мультимедійним обладнанням (акустична система, мікрофон), програма “Віртуальний частотомір Frequency Counter 1.01”, акустична гітара, лінійка або вимірювальна стрічка.

#### **Теоретичні відомості**

Звук являє собою швидкий коливальний рух частинок повітря або іншого середовища, який сприймається вухом. Джерело звуку (струна, голосові зв'язки та ін.), приведене в коливальний рух, поширює навколо себе звукові хвилі. Останні, впливаючи на орган слуху, викликають відчуття звуку. Звуки підрозділяються на дві великі групи – музичні і немусичні (шуми). Музичні звуки – це звуки, що мають ясно виражену висоту (певну частоту коливань). Такі звуки можна проспівати і відтворити на музичному інструменті. Немусичні звуки – це звуки, висота яких виражена непевно. До останніх відносяться стукіт, шурхіт тощо.

Звук має чотири властивості – висоту, тривалість, голосність і тембр. Висота звуку залежить від частоти коливань тіла, що звучить. Чим коливання частіше, тим відтворюваний звук вищий; чим коливання рідше, тим звук нижчий. Тривалість звуку визначається тривалістю коливального руху тіла, що звучить. Голосність визначається амплітудою коливань. Тембр, або забарвлення, звуку залежить від природи і матеріальних якостей тіла, яке звучить. За тембром ми розрізняємо звуки різних інструментів, голоси людей.

Гітара – поширений музичний інструмент. Гітара має деку, яка зазвичай використовується як резонатор. Другий важливий елемент гітари – гриф, на якому затискають струни. Якщо гітарну струну відтягнути від положення рівноваги та відпустити, то струна буде коливатися. У загальному випадку на струні повинно вкладатися ціле число півперіодів просторового змінювання амплітуди коливань струни. Тому коливання струни мають відбуватися тільки так, як це показано на *рис. 3* (на цьому малюнку напрямки руху струни показаний стрілками).

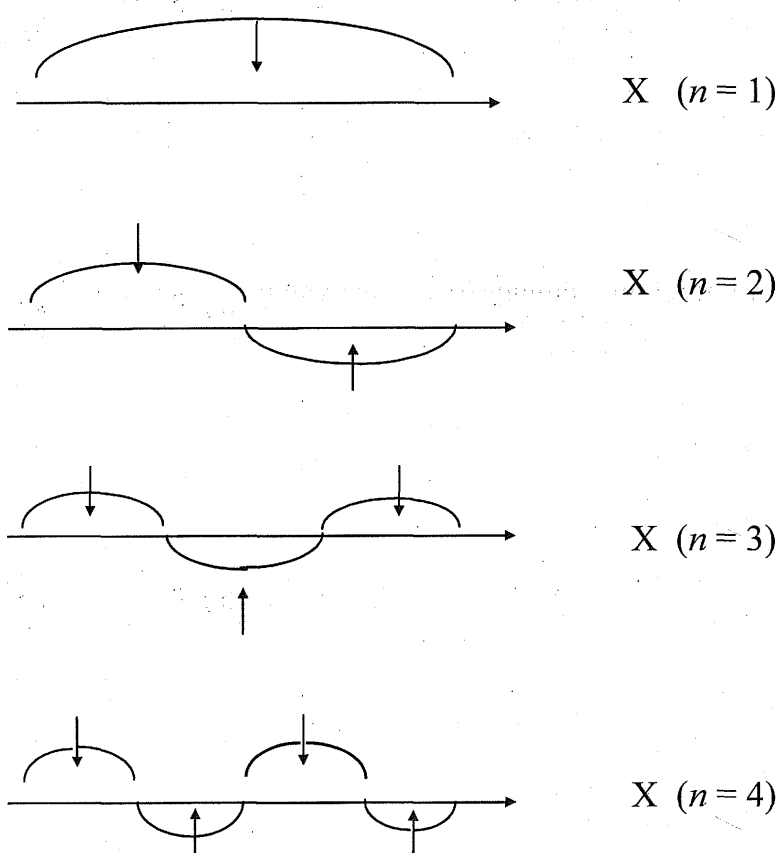


Рис. 3. Коливання струни

Значення  $n$  визначає кількість пучностей (але не вузлів) струни, яка здійснює коливання. Частоти, на яких може відбутися виникнення стоячих хвиль у струні, називаються власними частотами. Власну частоту, яка відповідає  $n=1$ , називають основним тоном; частоти відповідні  $n=2,3,4\dots$ , називають обертонами (або гармоніками). Зауважимо, що власні частоти коливань залежать тільки від сили натягу струни  $T$ , її лінійної густини  $\rho$ , довжини  $L$ , та не залежать від модуля Юнга матеріалу, з якого зроблена струна.

**Порядок виконання роботи**

1. Запускаємо програму Frequency Counter 1.01

2. Під'єднуємо до комп'ютера мікрофон, перевіряємо, чи він ввімкнений в мікшері Windows.
3. Налаштовуємо віртуальний частотомір та мікшер Windows для визначення частоти звуку гітари.
4. Вимірювальною стрічкою вимірюємо довжину активної частини струни в відкритому стані та при притисненні до одного з ладів.
5. Визначаємо частоту звукової хвилі при коливаннях струни у відкритому стані та на кожному ладі.
6. За результатами вимірювань будуємо графік залежності частоти звуку  $\nu$  від довжини активної частини струни.
7. Знаючи швидкість звуку в повітрі (при 20 °С,  $v = 343,1$  м/с ), розраховуємо довжину отриманої звукової хвилі  $\lambda$ .
8. За результатами вимірювань будуємо графік залежності довжини звукової хвилі  $\lambda$  від довжини активної частини струни.
9. Результати вимірювань і обчислень записуємо у таблиці.

Довжина струни, м																			
Частота звуку, Гц																			
Довжина звукової хвилі, м																			

### Контрольні запитання

1. Який зв'язок між довжиною хвилі та швидкістю її поширення?
2. Що ви знаєте про звук?
3. Охарактеризуйте основні властивості звуку. Від яких фізичних величин вони залежать?
4. Що є джерелом звуку в музичних інструментах? Наведіть приклади.
5. Як залежить частота та довжина звукової хвилі від розмірів коливної системи?

### Використана література:

1. Коршак Є. В. Фізика : [підручник для 11 класу (рівень стандарту)] / [Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф.]. – К. : Генеза, 2011. – 99 с.
2. Ткаченко О. К. Практикум із шкільного фізичного експерименту : навчальний посібник для фізичних спеціальностей. – Ч. I, II / О. К. Ткаченко, М. В. Федьович. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2004. – 156 с.
3. Воловик П. М. Фізика: Для університетів / П. М. Воловик. – К.; Ірпінь : Перун, 2005. – 864 с.
4. <http://www.itm.com.ua>

### References:

1. Korshak E. V. Fyzyka: [Physics] : [pidruchnik dlia 11 klasu (standard rate)] / [Korshak E. V., Lyashenko A. I., Savchenko V. F.]. – K. : Geneza, 2011. – 99 p.
2. Tkachenko O. K. Workshop of school physical experiment: A manual for physical skills – P. I and II / O. K. Tkachenko, N. V. Fedyovych. – Zhitomir : I. Franko ZDU ed., 2004. – 156 p.
3. Volovyk P. M. Fyzyka: For universities / P. M. Volovyk. – K.; Irpen : Perun, 2005. – 864 p.
4. <http://www.itm.com.ua>

**Кривонос О. Н., Новицкий С. В., Зиновчук А. В. Исследование звуковых колебаний и определение скорости звука с помощью ПК.**

На сегодняшний день, в большинстве школ не хватает оборудования для проведения полноценного демонстрационного и лабораторного эксперимента. Исправить ситуацию может использование компьютерных технологий. Обычный компьютер может выступать в роли виртуальной лаборатории. Это даст возможность проводить разные эксперименты и исследование не только в учебных заведениях, но и в домашних условиях. Ученик, увидев на уроке опыты с использованием сложных приборов (генераторов, осциллографов), может без проблем повторить их в домашних условиях и даже провести более глубокие исследования.

В данной работе, мы рассматриваем использование в учебном процессе компьютерных программ "Виртуальный осциллограф" и "Виртуальный частотомер Frequency Counter 1.01" при изучении звуковых колебаний и волн. Представлен новый метод определения частоты и скорости распространения звуковых волн без использования специальных физических приборов. Разработаны методические рекомендации к лабораторным работам по определению скорости звука в воздухе и исследованию зависимости частоты звука от параметров колебательной системы.

**Ключевые слова:** звуковые колебания, скорость звука, компьютерные технологии.

**Kryvonos O. M., Novitskii S. V., Zinovchuk A. V. Investigation of sound oscillations and determination of sound wave speed using a computer.**

In this work it is considered a new technique for the determination of the frequency and sound wave speed without using special physics equipment. It is proposed the laboratory works on the determination of the sound wave parameters in air. The works are performed using the software "Virtual oscilloscope" and virtual frequencymeter "Frequency Counter 1.01".

**Keywords:** sound oscillations, speed of sound, computer technology.