

**RESEARCH BODY MOTION ALONG AN INCLINED PLANE IN HIGH SCHOOL**

*Variantness and integratness implementations of practical part of the program on physics in middle general educational establishments - one of ways of providing of the system and functionality of knowledge of students on physics. In the article the renewed going offer near realization of physical practical work in a 10 class on academic and profile levels on themes "Research of rectilinear equal speed-up motion", "Measuring of coefficient of friction".*

*Key words: variant laboratory works, equal speed-up motion, coefficient of friction.*

**УДК 372.853**

**Кадченко В.М., Новгородський В.О.**

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ХВИЛЬ  
У ШКІЛЬНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ**

*Запропоновано хвильову ванну нової конструкції для проведення демонстраційних дослідів та фізичного практикуму у середній школі, зокрема для визначення залежності швидкості поширення капілярних хвиль на поверхні води від довжини хвилі та визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини.*

*Ключові слова: демонстраційні досліди, фізичний практикум, хвильова ванна, дисперсія поверхневих хвиль.*

В умовах становлення і розвитку високотехнологічного суспільства в Україні виникає необхідність підвищення якості та пріоритетності шкільної природничо-математичної освіти.

Як навчальна дисципліна, в основу вивчення якої покладено систему дослідів і спостережень, шкільний курс фізики вирішує освітні, виховні, розвивальні і практичні цілі й одночасно з цим розв'язує дуже важливі функції формування особистості школяра, здатного до цілеспрямованого сприйняття оточуючої природи і формування сучасних наукових уявлень про навколишній світ [2, с. 296].

У сьогоденній методиці навчання фізики накопичено певний досвід у галузі розширення дидактичних функцій навчального фізичного експерименту, зокрема: розробка нових демонстраційних дослідів на основі сучасних матеріалів і приладів, формування дослідницьких навичок у учнів при виконанні лабораторних робіт, використання електронно-обчислювальної техніки в лабораторному практикумі для обробки результатів експерименту. Сформовані уміння в ході проведення експериментів є важливим аспектом для позитивної мотивації учнів на дослідницьку діяльність [2 - 5].

Навчальний експеримент виступає одночасно як метод навчання, джерело знань і засіб навчання. Виконання експерименту в навчальному процесі з фізики дозволяє показати явища, що вивчаються, в педагогічно трансформованому вигляді і тим самим створити необхідну базу для їх вивчення; проілюструвати встановлені в науці закони і закономірності в доступному для учнів вигляді і зробити їх зміст зрозумілим для учнів; підвищити наочність викладання; ознайомити учнів з експериментальним методом дослідження фізичних явищ; посилити інтерес учнів до вивчення фізики; формувати політехнічні та дослідницько-експериментаторські навички.

Шкільна фізична демонстрація й експеримент є необхідними елементами формування основних фізичних понять у школярів при вивченні коливального і хвильового руху (частота і період коливань, хвиля, повздовжні і поперечні хвилі, довжина хвилі, швидкість поширення хвилі, фронт хвилі, джерело хвиль, накладання хвиль, незалежне поширення хвиль від різних джерел, принцип Гюйгенса, інтерференція і дифракція хвиль).

Навчальна програма з фізики передбачає вивчення розділу "Коливання і хвилі" на рівні стандарту у 11 класі та у 10 класі на академічному рівні (8 год.). За цей час вивчаються основні поняття та закономірності: коливальний рух, умови виникнення коливань, вільні коливання, гармонічні коливання, фаза коливань, вимушені коливання, резонанс, поширення механічних коливань у пружному середовищі, поперечні та повздовжні хвилі, швидкість поширення хвиль.

Програмою рекомендований перелік демонстрацій та лабораторних робіт, переважно для вивчення коливань: виготовлення маятника й визначення періоду його коливань; вільні коливання вантажу на нитці та вантажу на пружині; вимушені коливання; резонанс; коливання тіл як джерел звуку; роль пружного середовища у передачі звукових коливань; залежність гучності звуку від амплітуди коливань; залежність висоти тону від частоти коливань; відбивання звукових хвиль; застосування ультразвуку; вільні електромагнітні коливання низької частоти в коливальному контурі та залежність їхньої частоти від електроємності та індуктивності контуру; випромінювання й приймання електромагнітних хвиль. У фізичному практикумі пропонуються роботи: дослідження нитяного маятника; вимірювання прискорення вільного падіння; дослідження коливань тіла на пружині; визначення довжини світлової хвилі; визначення прискорення вільного падіння за допомогою маятника.

Незначна кількість годин, відведена на вивчення коливань і хвиль, підвищує роль демонстраційного експерименту для повного розуміння цієї важливої теми, яка, окрім самостійного значення, є базовою при вивченні електродинаміки та хвильової оптики.

Для демонстрації механічних хвиль створені навчальні прилади – хвильова машина та хвильова ванна [6]. Остання призначена для демонстрації хвиль на поверхні води, їх інтерференції та дифракції, тут збурення хвиль відбувається за допомогою пружного важеля, а статична картина хвиль досягається підбором частоти випромінювання стробоскопа і проектується на екран або стелю. Для таких демонстрацій потрібне затемнення класної кімнати.

Метою даної роботи було створення хвильової ванни нової конструкції, яка б давала можливість демонструвати хвильові явища у звичайному класному приміщенні та проводити навчальний експеримент під час фізичного практикуму.

При створенні удосконаленої хвильової ванни ми відмовились від складного передаточного механізму збурення хвиль. Як інструмент збурення хвиль було використано звуковий динамік. До його мембрани прилаштований легкий стрижень, кінець якого торкається поверхні рідини. Рух мембрани динаміка приводить до коливань стрижня із заданою частотою. В якості генератора змінних частот виступає шкільний звуковий генератор ГЗ 118. Для отримання нерухомого зображення хвиль замість модулятора чи стробоскопа ми використали світловий діод, що під'єднаний до генератора послідовно з динаміком. Світловий діод розташований у центрі плоского відбивача, який у свою чергу прикріплений до корпусу динаміка і має отвір для стрижня. Ця система закріплена на штативі над прозорим резервуаром з водою. Проекційна частина установки складається з дзеркала, що розташоване під кутом  $45^\circ$  та екрану з матового скла. Вся установка розташовується на столі перед експериментатором, який може проводити вимірювання безпосередньо на екрані [7, с.26].

Схема установки та її елементи наведені на рис.1. Для демонстрації відбивання і дифракції хвиль використовуються перешкоди у вигляді брусочків з прозорого пластика такої товщини, щоб їх поверхня знаходилася над водою у хвильовій ванні (  $5-7$  мм), це забезпечує їх гарну видимість на екрані. (рис.1б)).

Світловий діод є практично точковим джерелом світла, тому дає розбіжний пучок променів. Такий характер джерела світла зумовлює збільшене зображення хвильової картини на матовому екрані. Для демонстраційних дослідів, а також для дослідження коротких хвиль з довжиною хвилі  $\lambda = 1-2$  мм це є перевагою. Під час вимірювання довжини хвилі на поверхні води необхідно врахувати це збільшення: воно дорівнює

відношенню розміру зображення перешкоди на екрані (вимірюється лінійкою – рис.1в)) до дійсного розміру перешкоди. Оптимальний діапазон частот коливань складає  $30\text{-}200$  Гц, що зумовлено розмірами установки та звуковим генератором.

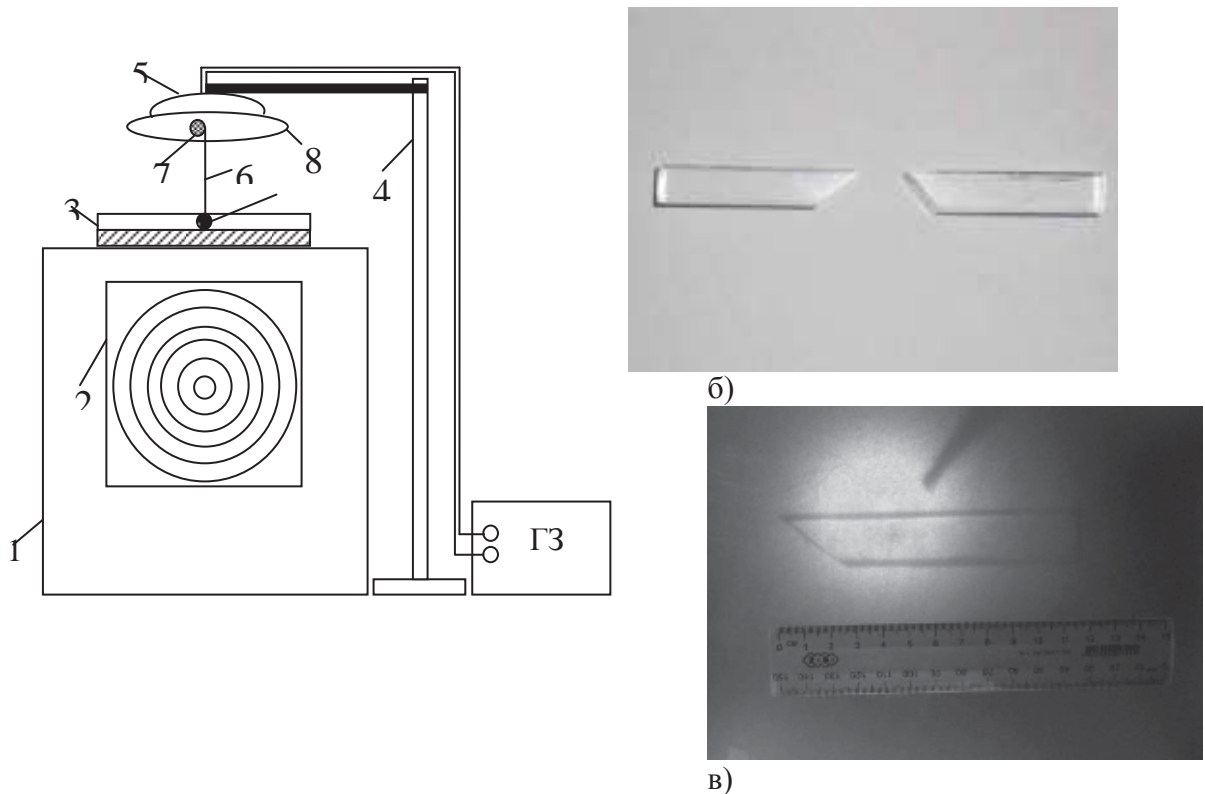


Рис.1. а) Схема установки для вивчення поверхневих хвиль: 1 – корпус; 2 – екран; 3 – ванна з водою; 4 – штатив; 5 – динамік; 6 – стрижень; 7 – світловий діод, 8 – відбивач; б) перешкоди для спостереження дифракції; в) вимірювання збільшення проекційної системи.

Серед переваг створеної установки можна назвати можливість використання без затемнення аудиторії, відсутність рухомих механічних частин (крім мембрани динаміка), можливість створити коливання певної частоти, простота отримання синхронного стробоскопічного освітлення світлодіодом, можливість проводити не лише демонстраційні досліди, а й експериментальні дослідження поверхневих хвиль.

#### Демонстраційні можливості хвильової ванни.

Створена установка гарно ілюструє хвилі на поверхні води. Світлі і темні кільця на екрані утворюються внаслідок викривлення поверхні води при коливанні, що перетворює поверхню у послідовність збиральних і розсіювальних лінз, які фокусують світло певним чином. Можна стверджувати, що одне коло відповідає певному стану поверхні води у цьому місці (фазі коливань), тому відстань між сусідніми однаковими колами дорівнює довжині хвилі – відстані між точками хвилі, що коливаються в однаковій фазі. Для проведення демонстрацій таких пояснень достатньо.

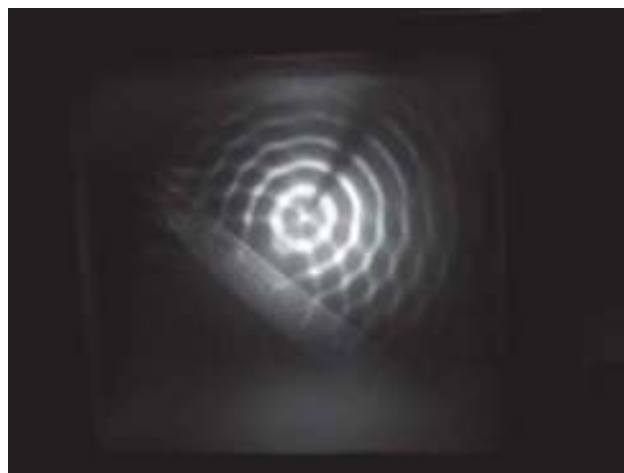
На рис. 2 показані хвилі від точкового джерела коливань з частотою коливань  $80$  Гц та картина відбивання хвиль від плоскої перешкоди та інтерференція хвиль від реального і уявного (відбитого) джерела.

Дифракцію хвиль на щілині можна продемонструвати з використанням двох перешкод, які утворюють щілину (рис. 3). Ширину щілини треба обирати  $5\text{-}7$  мм, тобто порядку довжини хвилі. Щоб картина була чіткою, треба домогтися однакового змочування (краще незмочування) перешкод.

Для отримання інтерференційної картини від двох точкових джерел збурень використана спеціальна насадка на стрижень. На екрані утворюється інтерференційна картина (рис. 3б)), де в області між джерелами спостерігаються паралельні світлі і темні смуги, що демонструють інтерференцію хвиль від двох точкових когерентних джерел.



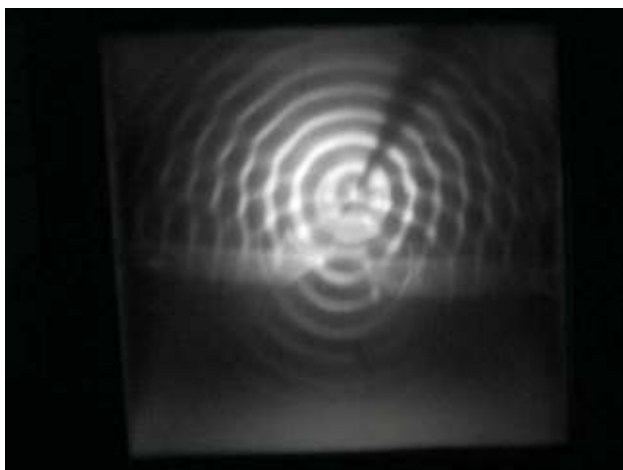
а)



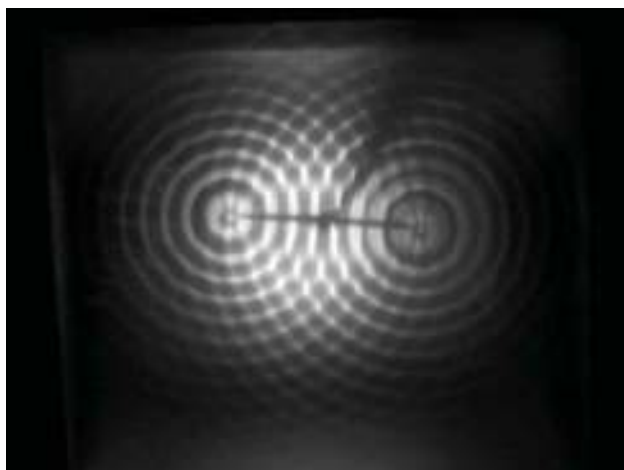
б)

Рис. 2. а) Хвилі від точкового джерела коливань з частотою коливань  $80 \text{ Гц}$ ;

б) Відбивання хвиль від плоскої перешкоди та інтерференція хвиль від реального і уявного (відбитого) джерела.



а)



б)

Рис. 3. а) Дифракція хвиль на щілині (також видна інтерференція падаючої і відбитої хвиль); б) Інтерференційна картина від двох точкових джерел збурень.

Такий набір демонстрацій стосується типових хвильових процесів і показує, що дану установку можна з успіхом використовувати у шкільному демонстраційному експерименті.

#### Експерименти з хвильовою ванною

1. Вивчення умов максимуму і мінімуму інтерференції.

Проведемо експериментальну перевірку умов максимуму та мінімуму інтерференції. Учням відомі умова максимуму та умова мінімуму:

$$\Delta r = k\lambda,$$

$$\Delta r = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

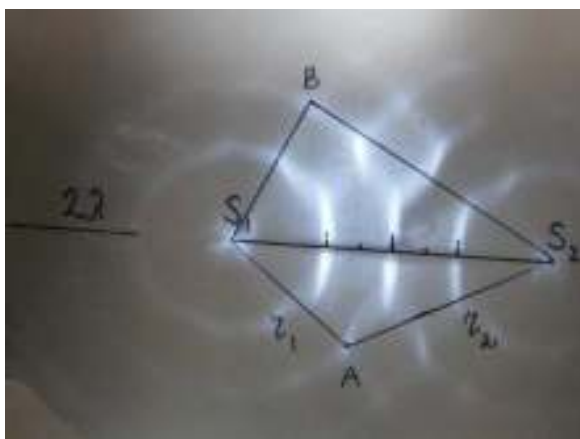
Використовуючи хвильову ванну, з'ясуємо, чи виконуються ці умови на досліді. На рис. 4а) показані  $S_1$  і  $S_2$  – два точкових джерела хвиль, максимуми – світлі лінії – на прямій  $S_1S_2$  та точки максимумів  $A$  і  $B$ . Користуючись маркером і лінійкою, наносимо на

скляному екрані відстані  $r_1$  і  $r_2$  – до відповідних точкових джерел і вимірюємо їх лінійкою. Знайдемо різницю ходу

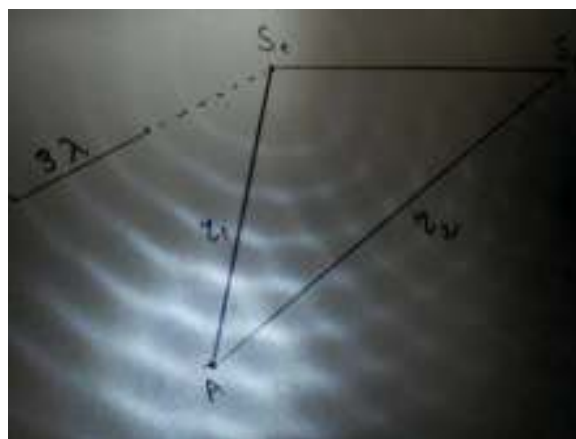
$$\Delta r = r_2 - r_1$$

Для визначення довжини хвилі  $\lambda$  знайдемо довжину відрізка  $l$ , на якому поміщаються  $n$  (2 або 3) хвилі, це збільшить точність вимірювань. Тоді довжина хвилі дорівнює  $\lambda = l / n$ . Формула для розрахунку порядку максимуму або мінімуму матиме вигляд

$$k = \frac{r_2 - r_1}{l / n}$$



а)



б)

Рис. 4. Експериментальна перевірка умов максимуму (а) і мінімуму (б).

Оскільки у даній задачі необхідно знайти відношення відрізків на екрані, то збільшення проєкційної системи можна не враховувати.

Для точок на прямій  $S_1S_2$  отримуємо значення  $k = 2; 0; 2$ . Для точок максимумів  $A$  і  $B$ :  $k = 1; 2$  відповідно.

Аналогічні вимірювання для різних мінімумів (точка  $A$  та інші на рис.4б)) дають значення  $k = 4,5; 3,5; 5,5$ . Або ж згідно теорії  $k = 9/2; 7/2; 11/2$ .

Отже, дану установку можна використовувати не лише для спостереження інтерференції, а й для практичного знаходження точок інтерференційного максимуму та мінімуму.

## 2. Дослідження дисперсії поверхневих хвиль.

На початку роботи учням необхідно пояснити, що коливання поверхні рідини можуть здійснюватись під дією двох сил: поверхневого натягу та сили тяжіння. Внесок кожної з них залежить від частоти коливань та товщини шару рідини (глибини). При високій частоті (короткі хвилі) переважний внесок дають сили поверхневого натягу (це капілярні хвилі), з ростом довжини хвилі переважають сили тяжіння (гравітаційні хвилі). Швидкість поширення капілярних хвиль спадає, а гравітаційних наростає зі збільшенням довжини хвилі. Залежність швидкості хвиль від довжини хвилі  $V(\lambda)$  називають дисперсією хвиль. Для глибокої води дисперсія визначається формулою

$$V = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} + \frac{2\pi\sigma}{\lambda\rho}}$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\lambda$  – довжина хвилі,  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу,  $\rho$  – густина води. Крива дисперсії хвиль на поверхні води має вид, що зображений на рис. 5. Як видно, в області коротких хвиль (менше 1 см) переважно формуються капілярні хвилі поверхневого натягу.

У шкільному фізичному практикумі в 11 класі можна виконати лабораторну роботу "Вивчення залежності швидкості поверхневих хвиль від довжини хвилі  $V(\lambda)$ ". Для цього скористаємося методом незалежного вимірювання частоти коливань  $\nu$  та довжини хвилі  $\lambda$ . Тоді швидкість поширення хвилі визначається відомим співвідношенням:  $V = \nu \cdot \lambda$

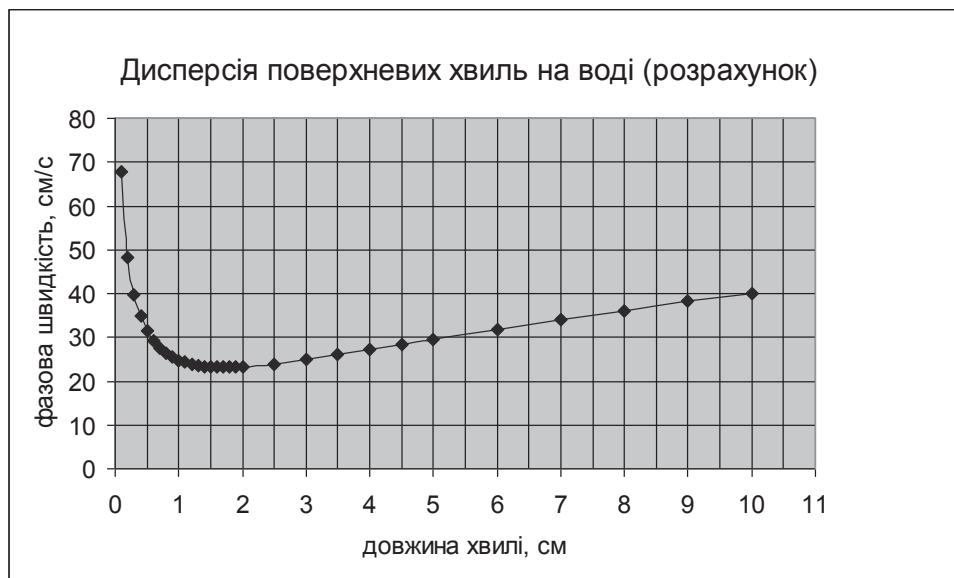


Рис. 5. Дисперсія поверхневих хвиль на воді.

Частоту коливань джерела збурень (стрижня) задаємо звуковим генератором в межах  $\nu = 20 \div 200 \text{Гц}$ . Довжину хвилі вимірюємо на екрані хвильової ванни так само, як у досліді 1:

$$\lambda_0 = \frac{l}{n}$$

Для визначення дійсної довжини хвилі  $\lambda$  необхідно врахувати збільшення проекційної системи. Для цього на дно ванни кладемо перешкоду певної довжини, проекцію якої видно на екрані (рис. 1в)). Вимірюємо реальну довжину "у" та розмір її проекції на екрані "х". Збільшення буде рівним  $N=x/y$ , а  $\lambda = \lambda_0 / N$ .

Обчислюємо швидкість поширення хвиль за формулою  $V = \nu \cdot \lambda$ .

Отримавши набір даних, бажано зробити розрахунки в електронних таблицях EXCEL і за допомогою діаграм побудувати залежність  $V(\lambda)$ . На рис. 6 показано розраховану та виміряну швидкість капілярних хвиль, які досить гарно співпадають. Це дозволяє використовувати створену установку не лише для демонстрацій, але й у лабораторному практикумі.

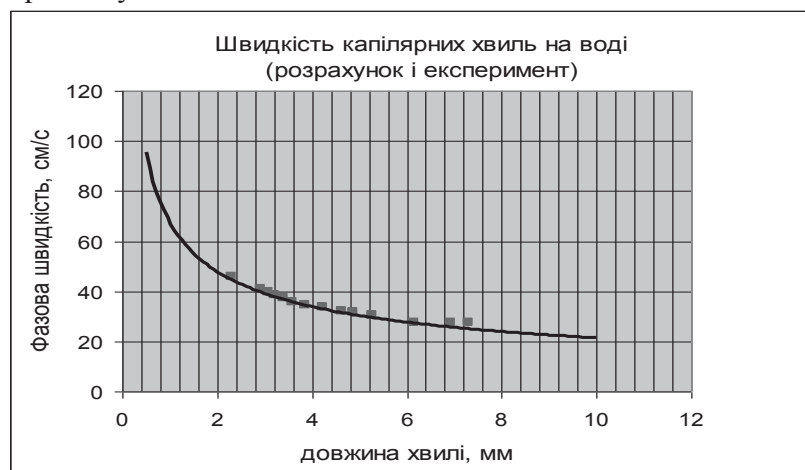


Рис. 6. Залежність швидкості поширення хвилі від її довжини (крива – розрахунок, точки – експеримент).



3. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу води.

Отримані у попередній лабораторній роботі дані по швидкості капілярних хвиль можна використати для обчислення коефіцієнта поверхневого натягу води. Для капілярних хвиль

$$V = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\lambda\rho}},$$

звідки

$$\sigma = \frac{V^2\lambda\rho}{2\pi}.$$

З таблиць даних вибираємо значення  $\lambda < 5$  мм і відповідні  $V$ . Саме у цьому діапазоні хвилі мають суто капілярний характер. За допомогою електронних таблиць EXCEL обчислюємо значення коефіцієнта поверхневого натягу  $\sigma$  та похибку обчислень. Отримане значення  $\sigma = (76 \pm 4)$  мН/м,  $\varepsilon = 5\%$  є цілком прийнятним у шкільній лабораторії.

У даній роботі показано, як можна створити хвильову ванну удосконаленої конструкції на основі стандартного обладнання шкільного фізичного кабінету та використовувати її для дослідження хвиль на поверхні води, а також демонстрації хвильових процесів при вивченні механічних коливань, інтерференції та дифракції хвиль. Корисним буде також використання установки при вивченні інтерференції і дифракції світлових хвиль в оптиці, спираючись на механічні аналогії.

В умовах недостатнього матеріально-технічного забезпечення фізичних кабінетів шкіл, показано можливість на існуючій базі створювати нові демонстраційні прилади та проводити на них певні фізичні дослідження. Це розширює можливості пошукової і дослідницької роботи учителя разом з учнями.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Атаманчук П. С. Мендерецький В. В. Формування експериментаторських професійних якостей учителя фізики засобами цілеорієнтувань / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. – Серія "Педагогічні науки". – Вип. 30. – Чернігів : ЧДПК ім. Т. Г. Шевченка, – 2005. – С. 6-10.
2. Величко С. Сучасне навчальне обладнання для шкільного фізичного експерименту за профільними програмами / С. Величко // Наук. записки. – Серія "Педагогічні науки". – Вип. 98. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. Винниченка, – 2011. – С. 296-299.
3. Здешиц В.М., Кадченко В.М., Коновал О.А., Ржепецький В.П. Мініатюрні багатофункціональні дослідницькі установки для проведення фронтальних лабораторних робіт з фізики / В.М. Здешиц, В. М. Кадченко, О. А. Коновал, В. П. Ржепецький // Фізика та астрономія в сучасній школі. – К., 2012. – Вип. 1. – С. 25-30.
4. Лазарчук В. Розвиток творчих здібностей на уроках фізики за допомогою фундаментальних дослідів / В. Лазарчук // Наук. записки. – Серія "Педагогічні науки". – Вип. 98. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. Винниченка, – 2011. – С. 331 – 335.
5. Желконкіна Т. Лукашевич С. Шолох В. Самостоятельный эксперимент учащихся в структуре урока / Т. Желконкіна С. Лукашевич В. Шолох // Наук. записки. – Серія "Педагогічні науки". – Вип. 98. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. Винниченка. – 2011. – С. 312 – 314.
6. Марголис А. Парфентьева Н. Иванова Л. Практикум по школьному физическому эксперименту / А. Марголис. – М. : Просвещение, 1977. – 300 с.
7. Новгородський В.О. Удосконалення методики демонстраційних дослідів з поверхневими хвилями / Збірник матеріалів Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції, – Херсон : Освіта, – 2014. – С. 26-28.

Кадченко В.М., Новгородский В.А.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН В ШКОЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

*Предложена волновая ванна новой конструкции для проведения демонстрационных опытов и физического практикума в средней школе, в частности для определения*

зависимости скорости распространения капиллярных волн на поверхности воды от длины волны и определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

Ключевые слова: демонстрационный эксперимент, физический практикум, волновая ванна, дисперсия поверхностных волн.

Kadchenko V.M, Novhorodsky V.O.

#### *EXPERIMENTAL STUDY OF SURFACE WAVES IN THE SCHOOL LABORATORY*

*Proposed wave bath new construction for demonstration experiments and physics practicum in high school, in particular to determine the dependence of the velocity of the capillary waves on the water surface of the wavelength and the definition of the surface tension of the liquid.*

*Key words: demonstration experiment, physics practicum, wave bath, dispersion of surface waves.*

УДК 372.853

Куриленко Н.В.

### **МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ**

*У статті розглянуто методичну систему формування екологічної компетентності учнів основної школи у процесі навчання фізики. Визначено її структуру та основні компоненти .*

*Ключові слова: екологічна компетентність, основна школа, навчальний процес, методична система.*

У "Концепції екологічної освіти України" (Рішення Колегії МОН України N13/6-19 від 20.12.2001) зазначається, що сьогодні, як ніколи, перед людством стоїть питання про необхідність зміни свого ставлення до природи і забезпечення відповідного виховання і освіти нового покоління. Згідно цього документу основне місце у процесі екологічної освіти населення належить школі. Перехід школи на нові показники освіти (Наказ МОН України №371 від 05.05.2008 р.) зумовив необхідність з'ясування відмінностей навчального процесу, орієнтованого на формування в учнів компетентностей (однією із яких є екологічна). У зв'язку з цим серед основних завдань розвитку освіти пріоритетного значення набувають напрямки оновлення цілей і змісту освіти на основі компетентнісного, особистісного та діяльнісного підходів, урахування світового досвіду та принципів сталого розвитку.

Основою забезпечення успішного формування та розвитку екологічної компетентності школярів є створення та реалізація у навчальному процесі її методичної системи.

Метою нашого дослідження є розробка та обґрунтування методичної системи формування екологічної компетентності учнів основної школи у процесі навчання фізики.

Вирішення даної проблеми передбачало розв'язання наступних завдань:

- аналіз методичної літератури з позицій визначення поняття "методична система" та її компонентного складу;

- обґрунтувати та розробити методичну систему формування екологічної компетентності учнів основної школи у процесі навчання фізики.

Вивченню педагогічних об'єктів, таких як методична система присвячено праці вітчизняних та зарубіжних науковців (Ю. Бабанський, В. Безпалько, С. Гончаренко,