

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Кабардин, О. Ф., Факультативный курс физики / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, А. В. Пономарева. - М.: Просвещение, 1977.-186 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Желонкина Тамара Петровна – старший преподаватель кафедры общей физики, УО «Гомельский госуниверситет им. Ф. Скорины».

Лукашевич Светлана Анатольевна – старший преподаватель кафедры теоретической физики, УО «Гомельский госуниверситет им. Ф. Скорины».

Шершнев Евгений Борисович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой общей физики, УО «Гомельский госуниверситет им. Ф. Скорины».

Круг научных интересов: современные технологии обучения в ВУЗе и средней школе.

ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ І ЛАБОРАТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПРИ ВИВЧЕННІ ХВИЛЬОВИХ ПРОЦЕСІВ

Валентина КАДЧЕНКО, Владислав НОВГОРОДСЬКИЙ

У статті запропоновано хвильову ванну нової конструкції для проведення демонстраційних дослідів та фізичного практикуму у середній школі, зокрема, для визначення швидкості поширення капілярних хвиль на поверхні води та визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини. Показано метод демонстрації стоячих хвиль у широкому діапазоні частот із застосуванням комп'ютерної техніки.

In article proposed the wave bath new construction for demonstration experiments and physics practicum in high school, in particular to determine the velocity of the capillary waves on the water surface and the definition of the surface tension of the liquid. Shown method of demonstration of standing waves in a wide frequency range with the use of computer technology.

В умовах становлення і розвитку високотехнологічного інформаційного суспільства в Україні виникає необхідність підвищення якості та пріоритетності шкільної природничо-математичної освіти. Серед природничих наук фізика є провідною як фактор розвитку різних галузей науки, техніки та виробництва. Фізика - наука експериментальна, і тому навчальний процес з її опанування буде ефективним лише за умови широкого використання фізичного експерименту.

Навчальний експеримент виступає одночасно як метод навчання, джерело знань і засіб навчання. Навчальний експеримент безпосередньо зв'язаний з науковим фізичним експериментом, під яким розуміють систему цілеспрямованого вивчення природи шляхом чітко спланованого відтворення фізичних явищ в лабораторних умовах з подальшим аналізом і узагальненням одержаних за допомогою приладів експериментальних даних.

Хвильові і коливальні процеси одні з найпоширеніших у природі. У шкільному курсі їх вивчають у механіці, електродинаміці, оптиці. Тому завжди актуальними є демонстрації механічних коливань і хвиль, на яких можна продемонструвати основні закономірності цих процесів та явища, що ними зумовлені.

Вперше учні знайомляться з механічними коливаннями у 10 класі. На рівні стандарту коливання і хвилі вивчають 8 год., на академічному рівні – протягом 22 год. За цей час

вивчається: коливальний рух, умови виникнення коливань, вільні коливання, гармонічні коливання, фаза коливань, вимушені коливання, резонанс, поширення механічних коливань у пружному середовищі, поперечні та поздовжні хвилі, швидкість поширення хвиль, додавання гармонічних коливань, затухання вільних коливань, умови виникнення резонансу, стоячі хвилі, рівняння плоскої хвилі. У 11 класі учні вивчають світлові хвилі в оптиці (38 год.). Вивчення даної теми спирається на певні аналогії з поперечними механічними хвилями. Серед нових явищ вивчаються інтерференція, дифракція світла.

На сьогодні існують досить багато засобів і методів демонстрації хвиль, які мають свої недоліки і переваги [2, 3, 5]. Зокрема, проаналізувавши можливості стандартної хвильової ванни, ми дійшли висновку, що її демонстраційний потенціал можна значно розширити, змінивши її конструкцію та спосіб створення стробоскопічного освітлення.

На рис. 1 показано зовнішній вигляд та схема живлення створеної хвильової ванни. У якості джерела збурень хвиль було використано динамік, що підключений до ГНЧ або комп'ютера з підсилювачем. До мембрани динаміка прикріпили тонкий стрижень, який коливається з заданою частотою. Замість модулятора чи стробоскопа був використаний світлодіод, який включений у схему послідовно з динаміком. Оскільки світлодіод мало інерційний, то підключення до джерела змінного струму звукової частоти призводить до його блимання з відповідною частотою, що забезпечує синхронне стробоскопічне освітлення, необхідне для спостереження нерухомої картини хвиль.

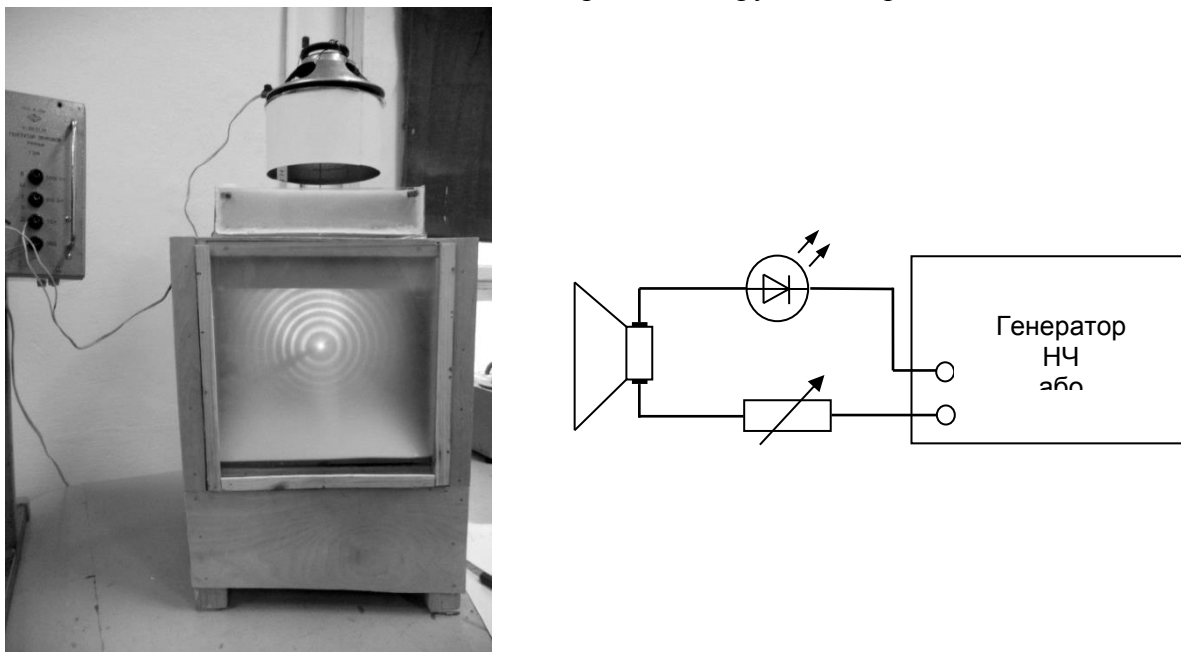


Рис. 1. Зовнішній вигляд та схема живлення демонстраційної установки «Хвильова ванна»

Світлодіод закріплений поряд зі стрижнем у центрі плоского відбивача, який прикріплений до корпусу динаміка. Вся система закріплена на штативі у вертикальному положенні над прозорим резервуаром з водою.

Проекційна частина складається з дзеркала, що розташоване під кутом 45°, та екрана з матового скла, зібраних в одному корпусі. Додатковою зручністю є те, що 1)

непотрібне затемнення; 2) частоту коливань можна змінювати; 3) на екрані можна робити помітки, які легко видаляються; 4) зображення знаходиться безпосередньо перед спостерігачем.

Запропонована установка має такі демонстраційні можливості: капілярні хвилі від точкового джерела; зв'язок між частотою коливань і довжиною хвилі; інтерференція хвиль від двох і більше точкових джерел; відбивання хвиль; дифракція хвиль на півплощині і на щілині; наочна зміна довжини хвилі при зміні коефіцієнта поверхневого натягу рідини; демонстрація дії камери-обскури.

На рис. 2 показана демонстрація хвиль від точкового джерела та інтерференції хвиль від двох точкових джерел.

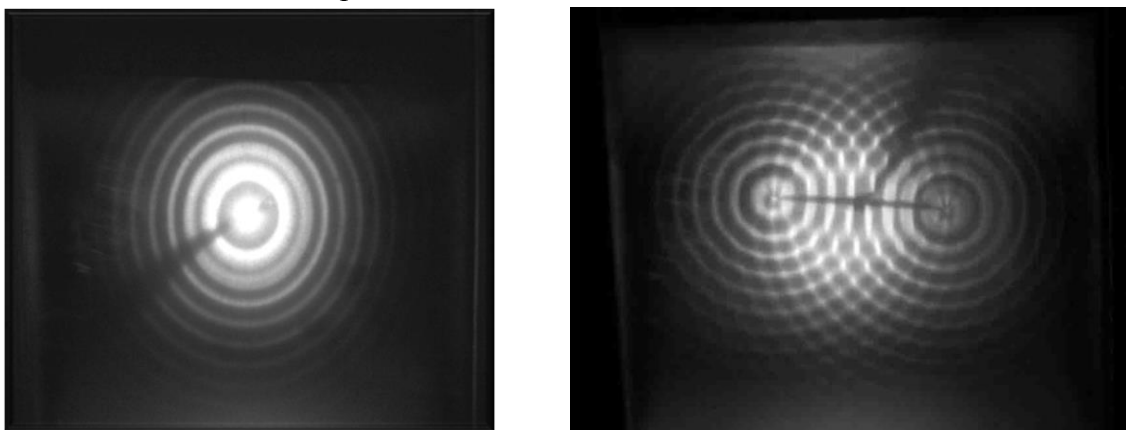


Рис. 2. Інтерференція хвиль від точкових джерел.

На наступному рис. 3 показано відбивання хвиль від перешкоди та дифракція хвиль на щілині. На фото видно фронт відбитої хвилі та її інтерференція з падаючою. Добре спостерігається дифракція на щілині. Певну трудність склав підбір матеріалу для щілини, великий вплив на якість демонстрації має змочуваність матеріалу.

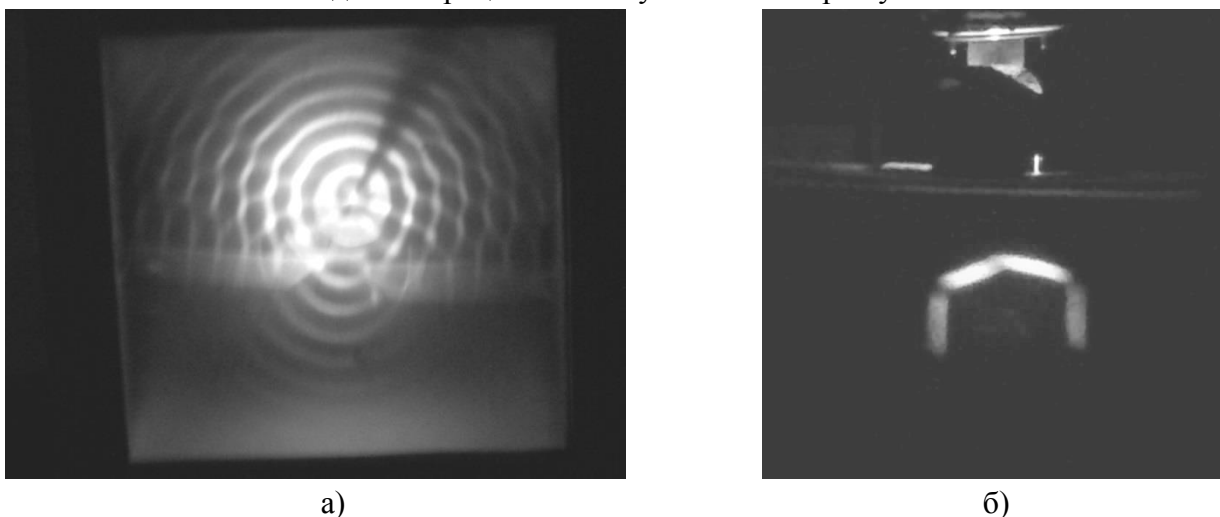


Рис. 3. а) Відбивання і дифракція хвиль. б) Зображення спіралі лампи у камері-обскури.

Рис. 3б) також демонструє дію камери-обскури. Для цього замість кювети з водою був встановлений непрозорий екран, у центрі якого кругла діафрагма була закрита шматочком фольги, де голкою зроблено отвір. Предметом слугує нитка розжарення

лампи. На екрані бачимо чітке збільшене зображення. Спостереження можна проводити і при неяскравому денному світлі.

На створеній установці можна проводити ряд лабораторних досліджень:

- перевірка умов максимуму і мінімуму інтерференції;
- вимірювання швидкості поверхневих хвиль;
- дослідження дисперсії поверхневих хвиль;
- вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу.

Експериментальна перевірка умов максимуму та мінімуму інтерференції:

$$r = r_2 - r_1 \quad r = \frac{(2k + 1)\lambda}{2} \quad \Delta r = r_2 - r_1 = k\lambda$$

$$\Delta r = (2k + 1) / (\lambda / 2).$$

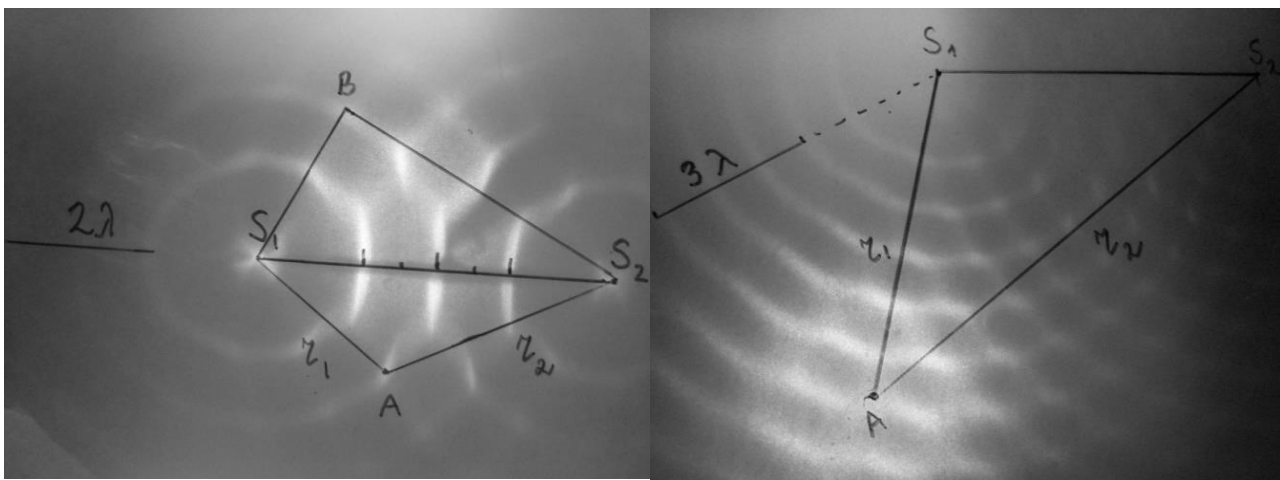


Рис. 4. Перевірка умов максимуму та мінімуму інтерференції: а) точки А і В – максимуми; б) точка А – мінімум.

Можна прямо на екрані (рис. 4) вибрати максимум інтерференції та виміряти відстань від нього до 1 і 2 джерел хвиль. На екрані можна робити помітки для вимірювання довжини хвилі λ і різниці ходу $\Delta r = r_2 - r_1$, які потім легко видаляються. Порядок максимуму або мінімуму легко розрахувати:

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

де n – кількість хвиль на довжині L . З результатів вимірювань число k виявляється цілим або напівцілим, що підтверджує справедливості умов.

Такий спосіб дозволяє простим шляхом перевірити умови інтерференції у шкільній лабораторії або під час демонстраційного дослідження.

Більш складне дослідження можна провести у рамках шкільного фізичного практикуму – це «Експериментальне визначення залежності швидкості поширення хвилі від її довжини $V(\lambda)$ », тобто вивчення дисперсії поверхневих хвиль.

Для цього треба збуджувати у хвильовій ванні коливання різної частоти у інтервалі $30 \div 300$ Гц, та для кожної визначити довжину хвилі λ безпосередньо на екрані як відстань між світлими або темними кільцями. Далі враховуємо збільшення оптичної системи (2,6 разів), і знаходимо фазову швидкість хвилі по поверхні води зі співвідношення: $V = \lambda \cdot \nu$,

де ν – частота коливань стрижня. Результати вимірювань зручно подати графічно з використанням електронних таблиць Excel (рис. 5). На рис. 5а) показана теоретична залежність $V(\lambda)$, яка описується формулою

$$V = \sqrt{\left(\frac{g}{k} + \frac{\sigma k}{\rho}\right)} \cdot \text{tg}(kH) \tag{1}$$

де k – хвильовий вектор, g – прискорення вільного падіння, H , ρ , σ – глибина, густина і коефіцієнт поверхневого натягу рідини; на рис. 5б) – $V(\lambda)$ в області капілярних хвиль.

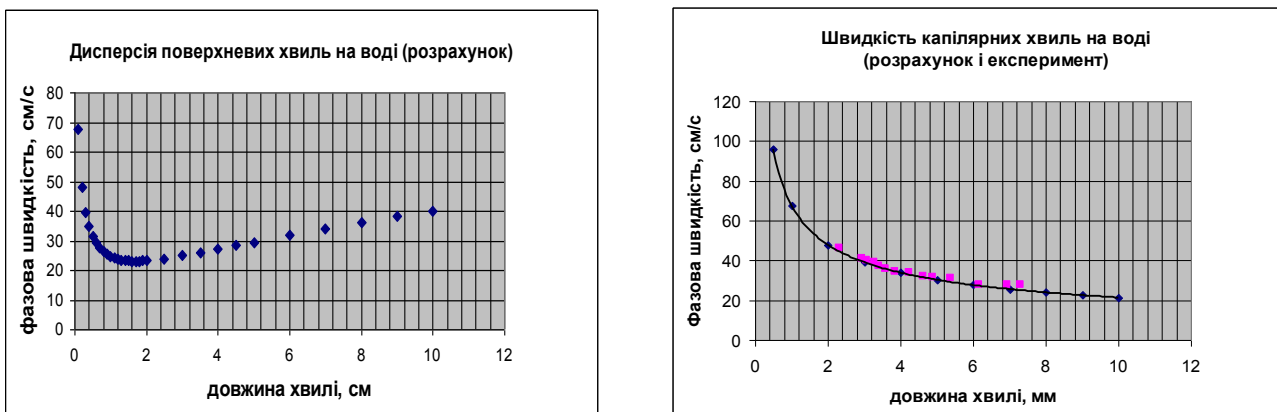


Рис. 5. Швидкість поверхневих хвиль на воді: а) капілярно-гравітаційних (розрахунок); б) капілярних (експеримент і розрахунок для тонкого шару води).

У дослідженому діапазоні частот спостерігаються так звані капілярні хвилі, що дає змогу перейти до вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу.

Вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу (КПН) рідин

Запропонований пристрій дає змогу легко у динаміці продемонструвати зміну довжини хвилі при зміні КПН. Отримавши зображення хвиль у чистій воді, треба додати до води мильного розчину або спирту, при цьому радіус концентричних кілець значно зменшується.

Формула (1) для малих глибин H і коротких хвиль $\lambda < 0,5\text{см}$ описує швидкість капілярних хвиль:

$$V = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}}, \text{ з іншого боку } V = \lambda \cdot \nu$$

Тоді формула КПН має наступний вид:

$$\sigma = \frac{\rho\lambda^3\nu^2}{2\pi} \tag{2}$$

де ρ – задано, λ – вимірюється на екрані, ν – частота генератора. З (2) видно, що $\sigma \sim \lambda^3$ і при зменшенні КПН розчину радіус кілець зменшиться. Це можна використати для демонстрації впливу КПН на швидкість поверхневих хвиль та визначення значень КПН різних рідин у шкільному фізичному практикумі як прямим способом з формули (2), так і

через порівняння стандартної рідини з розчином:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^3$$

Вимірювання для дистильованої води і розчину миючого засобу дають для КПН такі результати: вода – $\sigma = (71 \pm 2) \text{ мН/м}$, розчин – $\sigma = (32 \pm 1) \text{ мН/м}$.

Стоячі хвилі можна продемонструвати на прикладі звукових хвиль. Для проведення даного експерименту потрібні: скляна труба з водою і з краном у нижній частині, динамік, звуковий генератор, лінійка (рис. 6).

Труба розташовується вертикально на штативі і заповнюється водою, динамік розташовується над відкритим кінцем труби. Вибравши частоту близько 300 Гц і мінімальну чутну гучність звуку, треба відкрити кран. Експериментатор повинен уважно слухати підсилення звуку і у моменти з найбільшою інтенсивністю робити помітку на трубці.

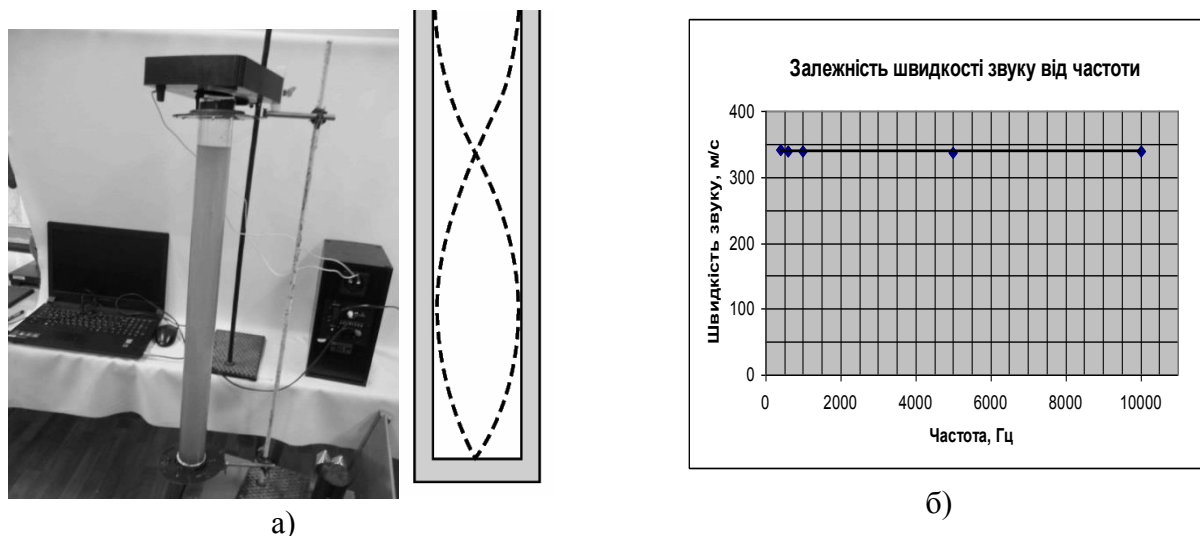


Рис. 6. а) Демонстрація стоячих звукових хвиль та вимірювання довжини звукової хвилі; б) вимірювання швидкості звуку та її залежності від частоти.

Відстань між двома помітками – це половина довжина хвилі. Звідси визначають λ та швидкість звуку у повітрі $V = \lambda \cdot \nu$. Підсилення звуку відбувається через те, що звукова хвиля інтерферує з відбитою від поверхні води у момент, коли на поверхні води знаходиться область максимального тиску (вузол хвилі). Амплітуда звукової хвилі подвоюється, а гучність зростає учетверо.

Цю ж установку можна використати як лабораторну роботу по знаходженню швидкості поширення звуку різної частоти у повітрі. Використання відкритого програмного продукту – генератора сигналів VB_Generator_Standalone дозволяє провести вимірювання у широкому інтервалі частот $300 \text{ Гц} \div 10 \text{ кГц}$ і показати, що для звукових хвиль відсутня дисперсія– швидкість хвиль однакова у доступному діапазоні (рис. 7).

У наших вимірюваннях отримане значення швидкості звуку $V = (340 \pm 2) \text{ м/с}$.

Завершуючи, можна зауважити, що саме демонстрація механічних хвиль є найбільш доступною і переконливою у шкільній аудиторії, а зроблені висновки можна поширювати на коливання різної природи. Також застосування комп'ютера як вимірювального приладу дозволяє частково компенсувати відсутність сучасних приладів у школі.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Атаманчук П.С. Мендерецький В.В. Формування експериментаторських професійних якостей учителя фізики засобами цілеорієнтовань / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький // Вісник

Чернігівського державного педагогічного університету. - Серія "Педагогічні науки". – Вип. 30. – Чернігів : ЧДПУ 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. Марголіс А. Парфентьева Н. Иванова Л. Практикум по школьному физическому эксперименту / А. Марголіс. – М. : Просвещение, 1977. – 300 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кадченко Валентина Миколаївна – канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики та методики її навчання Криворізького педагогічного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Коло наукових інтересів: методика навчання фізики у вищій школі та загальноосвітніх навчальних закладах.

Новгородський Владислав Олександрович – студент магістратури Криворізького педагогічного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Коло наукових інтересів: методика демонстраційного та лабораторного фізичного експерименту в загальноосвітніх навчальних закладах.

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО НАВЧАЛЬНОГО МОДУЛЯ «КУЛЬКА-01» ПРИ ВИВЧЕННІ МЕХАНІКИ В КУРСІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Олеся КОВАЛЬОВА, Степан ВЕЛИЧКО

В статті описано новий навчальний модуль «Кулька-01» та можливості його впровадження у навчальний процес під час вивчення розділу «Механіка» в курсі загальної фізики вищого навчального закладу. Навчальний модуль «Кулька -01» відноситься до засобів навчання, які передбачають широке впровадження та реалізацію засобів інформаційно-комунікативних технологій, що дозволяє при вивченні розділу «Механіка» виконувати низку оригінальних навчальних дослідів та експериментальних дослідницьких завдань, характерних проведенням досить вагомого якісного та кількісного аналізу траєкторії і параметрів руху досліджуваних об'єктів (кульок). Окреслено перспективи використання створеного модуля під час вивчення розділу «Механіка» за програмами курсу загальної фізики для вищих навчальних закладів.

In the article the new training module "ball-01" and features its implementation of the learning process in the study section "Mechanics" in the course of general physics in high school. The training module "Ball -01" refers to the learning tools that are implemented ICT-based and allows the study section "Mechanics" to perform a number of original academic research and experiments, characterized by qualitative and quantitative analysis of trajectories and motion parameters of the objects (balls).

Постановка проблеми. Розвиток сучасних технологій, і зокрема у тісному поєднанні з комп'ютерною технікою вносить вагомі і відчутні елементи новизни у керування та управління різними сферами народного господарства. При цьому не виключенням є і навчальний процес з курсу загальної фізики у вищих навчальних