

the vacuum, established by Maxwell.

Keywords: *magnetic induction, induced current, electromagnetic field, Lorentz force.*

С.А. Лукашевич, Т.П. Желонкина, Е.Б.Шершнев

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ»

В статье рассматриваются вопросы, связанные с изложением основного закона электродинамики – закона электромагнитной индукции, который входит в систему уравнений для электромагнитного поля в вакууме, установленными Максвеллом.

Ключевые слова: *магнитная индукция, индукционный ток, электромагнитное поле, сила Лоренца.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

Шершнев Евгений Борисович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой общей физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

Научные интересы: проблемы методики обучения физике.

УДК 372.853

М.Є. Каліберда, М.О. Баранник, І.П. Стороженко

Національний фармацевтичний університет

ПОСТАНОВКА ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З ФІЗИКИ «ВИЗНАЧЕННЯ ПРИРОДИ ТА ПАРАМЕТРІВ ГАЗУ МЕТОДОМ СТОЯЧИХ ХВИЛЬ»

Стаття присвячена розробці та опису віртуальної лабораторної роботи з курсів «Механічні хвилі» та «Молекулярна фізика». У статті розглянуті основні поняття та наведені основні формули за даними темами, знання і володіння якими є необхідними для розуміння і успішного виконання даної роботи. Авторами подано опис віртуальної установки та методичні вказівки до виконання запропонованої роботи.

Ключові слова: *віртуальна лабораторна робота, електронне навчання, молекулярна фізика, газу, звук, акустична хвиля.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день освітній процес майже не можливо представити без залучення інформаційно-комунікаційних технологій. Все більшої популярності набуває електронне навчання, зокрема багато вищих навчальних закладів надає послуги дистанційної освіти. Якщо проблеми отримання навчальної інформації в електронному навчанні доволі успішно розв'язані, то набуття експериментальних умінь залишається науково-методичною проблемою, яка вимагає свого розв'язання [1]. Одним з основних засобів для набуття практичних навичок і підтвердження оволодіння теоретичним матеріалом з дисципліни студентом є лабораторна робота. Тому важливою проблемою дистанційного викладання дисциплін, в тому числі фізики, є моделювання експериментів і створення віртуальних лабораторних робіт.

Аналіз актуальних досліджень. Аналіз літератури за останні декілька років свідчить про загальну тенденцію до збільшення кількості матеріалів, в тому числі віртуальних

лабораторних робіт та практикумів, для забезпечення електронного навчання. Велика кількість українських вчених працюють над проблемою впровадження інформаційно-комунікаційних технологій для виконання дослідів з фізики, наприклад, Ю. П. Бендер [2,3], В. І. Тищук [4], О. І. Денисенко [5], О. С. Мартинюк [6], Т. М. Яценко [7,8] за останні роки написали низку робіт за даною темою. Актуальність даної проблеми підтверджує велика кількість нових публікацій з даної тематики, що постійно з'являються у періодичних наукових виданнях [9].

Мета статті. Метою даної роботи є розробка віртуальної лабораторної роботи «Визначення природи та параметрів газу методом стоячих хвиль» для вивчення розділів фізики «Механічні хвилі» і «Молекулярна фізика».

Виклад основного матеріалу. *Хвилею* називається процес розповсюдження коливань у просторі. Якщо пружні продольні хвилі, що розповсюджуються у просторі, мають частоту приблизно від 20 до 20 000 Гц, то, при досягненні людського вуха, вони викликають відчуття звуку. У відповідності до цього, такі хвилі у будь-якому середовищі мають назву *звукові хвилі* або *звук* [10].

Звукова хвиля у газах може бути лише поздовжньою та складається зі стиснень та розріджень середовища, що чергуються. [10].

Головною характеристикою розповсюдження звукових хвиль в середовищі є її швидкість v [10]:

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}, \tag{1}$$

де v – коефіцієнт Пуассона; R – універсальна газова стала; M – молярна маса газу; T – температура газу.

Можна зробити висновок, що температура – один з основних термодинамічних параметрів, від якого залежить швидкість звуку в ідеальному газі.

Молекули газу беруть участь у безперервному хаотичному русі. Швидкості молекул неоднакові і змінюються при постійних зіткненнях. Максвелл отримав закон розподілу молекул за швидкостями [11]:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT} \right) \tag{2}$$

де m – маса молекули газу; k – стала Больцмана.

Графік функції $f(v)$ представлений на рис. 1.

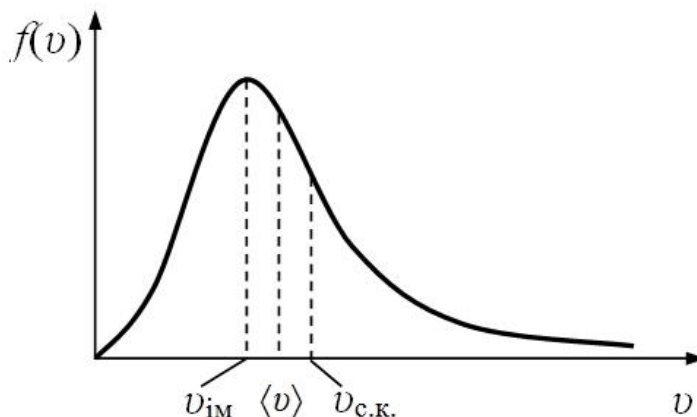


Рис. 1. Функція щільності розподілу молекул газу за швидкостями

На рис. 1 використано наступні позначення: v_{im} — найбільш ймовірна швидкість; $\langle v \rangle$ - середня арифметична швидкість, $v_{кв}$ – середня квадратична швидкість молекули.

Максимуму функції $f(v)$ відповідає найбільш ймовірна швидкість:

$$v_{im} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}. \quad (3)$$

Асиметрія розподілу Максвелла призводить до того, що найбільш ймовірна швидкість не дорівнює середній арифметичній швидкості, яка визначається наступним співвідношенням:

$$v = \int_0^{\infty} v f(v) dv = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}. \quad (4)$$

Середня квадратична

швидкість молекули обчислюється за наступною формулою:

$$v_{кв} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \quad (5)$$

Швидкість звуку у лабораторній роботі визначається за допомогою методу акустичних (стоячих) хвиль. Стояча хвиля – це коливальний процес, що виникає в результаті інтерференції двох зустрічних плоских хвиль з однаковою амплітудою. Практично, стоячі хвилі виникають при відбитті хвиль від перешкод. Хвиля, що падає на перешкоду, та відбита хвиля, що біжить їй назустріч, при накладенні одна на одну дають стоячу хвилю [10].

Згідно [10] рівняння двох плоских хвиль, що розповсюджуються у протилежних напрямках, мають вигляд:

$$y_1 = A \cos(\omega t - kx); \quad (6)$$

$$y_2 = A \cos(\omega t + kx); \quad (7)$$

де A – амплітуда даної хвилі; ω – кругова частота; k – хвильове число; що обчислюється за формулою: $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; x – відстань частинки середовища від джерела звукових коливань.

Складаючи обидва рівняння та перетворюючи результат за формулою для суми косинусів:

$$y = 2A \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda}\right) \cos \omega t. \quad (8)$$

Рівняння (8) має назву рівняння стоячої хвилі [10]. Вираз $2A \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda}\right)$ – це амплітуда коливання стоячої хвилі. З нього видно, що в точках, де виконується співвідношення

$$2\pi \frac{x}{\lambda} = n\pi, \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (9)$$

амплітуда коливання досягає максимального значення $2A$. Ці точки називають пучностями стоячої хвилі. Координати пучностей:

$$x_n = n \frac{\lambda}{2}, \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (10)$$

Точки, де амплітуда коливання перетворюється на нуль, називаються вузлами стоячої хвилі. Координати вузлів:

$$x_{\text{вуз.}} = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad (n=0, 1, 2, \dots) \quad (11)$$

З формул (10) та (11) випливає, що відстань між двома сусідніми вузлами (пучностями) стоячої хвилі дорівнює $\lambda/2$. Ця обставина використовується для вимірювання довжини звукової хвилі. Знаючи частоту звуку ν можна визначити швидкість звуку v :

$$v = \lambda \nu \quad (12)$$

Опис лабораторної роботи. Для створення лабораторної роботи було використано програму C++ Builder. Віртуальна лабораторна робота складається з трьох вікон. У першому необхідно ввести ім'я та групу студента. У другому вікні наведено анімовані зображення хвилі, що біжить та падає на границі відбиття, хвилі, що відбивається від поверхні та їх суперпозиція (стояча хвиля) червоного, зеленого та синього кольорів відповідно. Щоб перейти безпосередньо до виконання лабораторної роботи необхідно натиснути кнопку «Продовжити». Головне вікно складається з трьох вкладок. Перша вкладка «Вимірювання» (рис. 2) містить: зображення хвилі та лінійку, за допомогою якої на рисунку можна виміряти довжину хвилі; циферблат, на якому можна змінювати частоту хвилі, та термометр для варіювання температури. При зміні параметрів процесу (температури та частоти) автоматично змінюється зображення стоячої хвилі відповідно до формул (1), (8) та (12). Також тут наведена таблиця 1, до якої необхідно заносити відповідні значення фізичних величин. При натисканні кнопки «Побудувати» комп'ютерна програма побудує відповідні графіки.

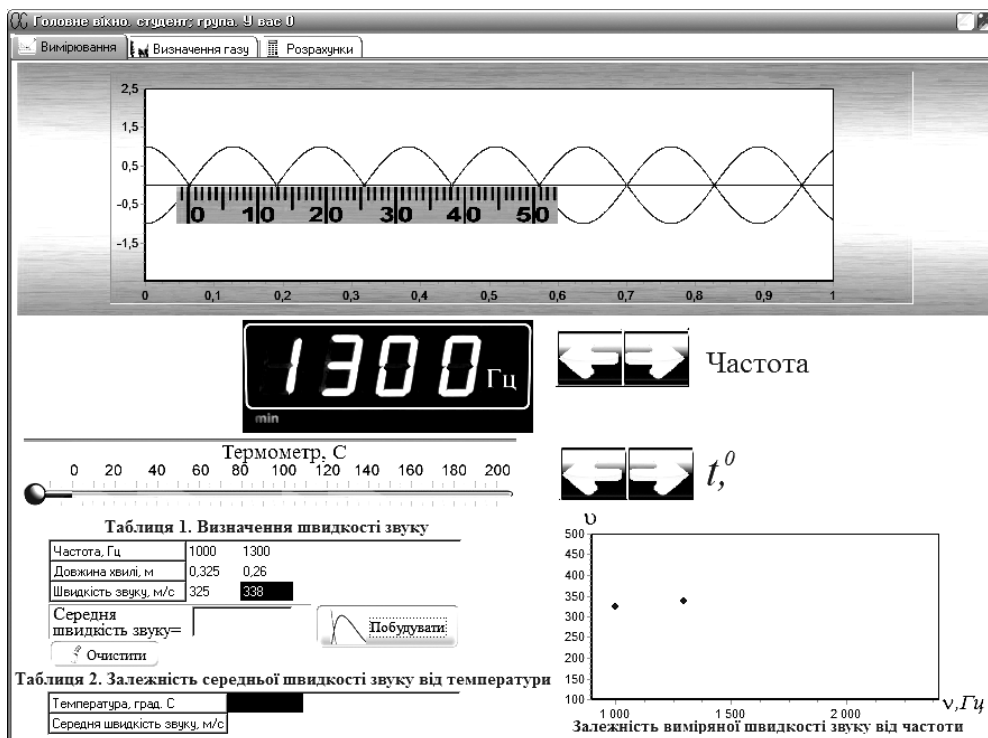


Рис. 2

На наступній вкладці «Визначення газу» (рис. 3) розташована таблиця залежності середньої швидкості звуку від температури, яку необхідно заповнити, і за результатами якої програма буде відповідний графік.

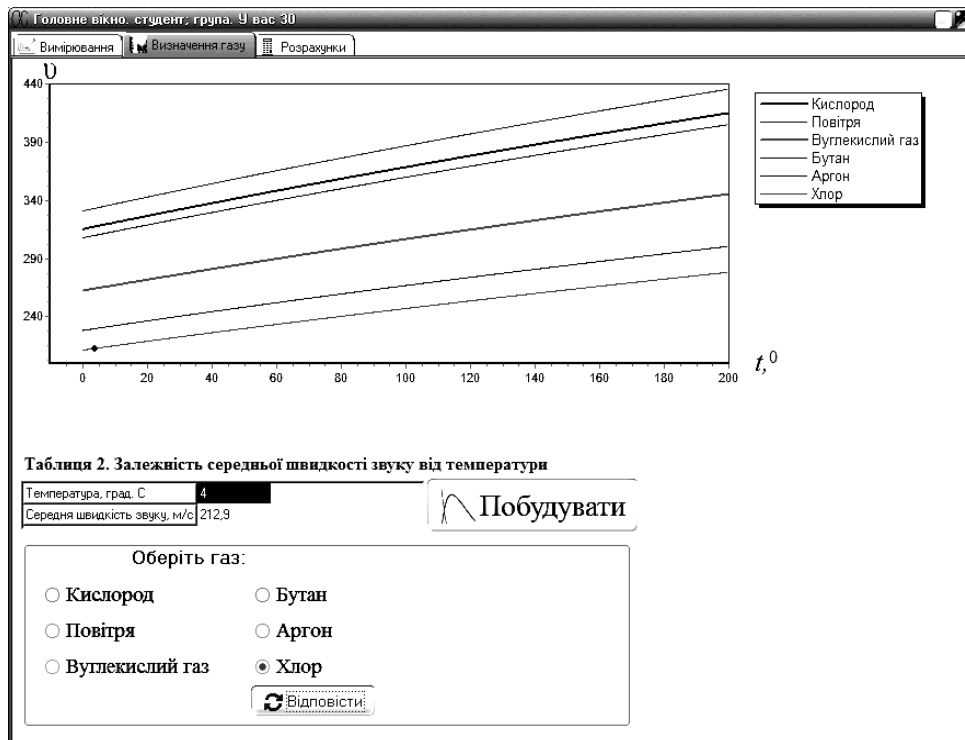


Рис. 3

При цьому автоматично різними кольорами побудуються графіки залежності швидкості від температури для різних реальних газів. За відповідності побудованого графіка одному з наведених графіків реальних газів необхідно визначити газ, у якому розповсюджувались звукові хвилі. При виборі газу, програма автоматично дасть відповідь: «Вірно» або «Не вірно» визначена природа газу.

Остання (третя) вкладка називається «Розрахунки» (рис. 4). Тут необхідно розрахувати параметри газу за формулами (3), (4) та (5) при температурі 0°C. Після занесення відповідей програма автоматично визначить правильність розрахунків надписом «Вірно» або «Не вірно».

The figure shows the "Розрахунки" (Calculations) tab of the software. It contains four input fields, each with a "0" value and a "Відповісти:" button to its right:

- Середня квадратична швидкість молекул: 0 Відповісти:
- Найбільш імовірна швидкість молекул: 0 Відповісти:
- Середня арифметична швидкість молекул: 0 Відповісти:
- Середня швидкість молекул: 0 Відповісти:

Рис. 4

Висновки та перспективи подальших наукових досліджень. Дана лабораторна робота успішно апробована в навчальному курсі “Біофізика, фізичні методи аналізу” Національного фармацевтичного університету. Наступним кроком планується статистична обробка результатів успішності засвоєння навчального матеріалу за допомогою віртуальних лабораторних робіт.

Лабораторна робота є важливою складовою для здобуття знань, практичних навичок і умінь з більшості фундаментальних дисциплін, до яких відноситься і фізика. Створення віртуальних лабораторних робіт наразі набуває безсумнівної актуальності у світлі розвитку концепцій дистанційного навчання та групової роботи. Наявність такого типу лабораторних практикумів надає можливість вивчення дисципліни в умовах, що не потребують спеціального обладнання та ресурсів, окрім комп'ютеру, що є великою перевагою для навчальних закладів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жарких Ю.С. Комп'ютерні технології в освіті / Ю.С. Жарких, С.В. Лисоченко, Б.Б. Сусь, О.В. Третяк. – К.: Видавництво “Київський університет”. – 2012. – 239 с.
2. Бендес Ю.П. Лабораторний практикум з фізики з використанням персонального комп'ютера [Текст]: [навчальний посібник] / Ю. П. Бендер // Полтавський військовий ін-т зв'язку. – Полтава: Оріяна. – 2007. – 164 с.
3. Бендес Ю.П. Використання інформаційних технологій у процесі навчання фізики в технічних навчальних закладах [Текст]: монографія / Ю. П. Бендер // Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К.; Полтава: Шевченко Р.В. – 2011. – 357 с.
4. Тищук В.І. Сучасна електронно-обчислювальна техніка в шкільному фізичному експерименті: навч.-метод. посіб. / В.І.Тищук, О.М.Желюк // – Рівне: РВВ РДГУ. – 2006. – 248 с.
5. Денисенко О.І. Застосування комп'ютерної техніки при викладанні фізики / О.І. Денисенко // Теорія і методика навчання математики, фізики, інформатики : зб. наук. праць, Вип. 3, Т. 2: Теорія і методика навчання фізики. – Кривий Ріг: вид. відділ НметАУ. – 2003. — С. 108-110.
6. Мартинюк О.С. Інформаційно-комунікаційні технології в процесі підготовки майбутніх учителів фізики / О. С. Мартинюк // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, серія педагогічна. – 2009.– Вип. 15. –С. 79 – 81.
7. Яценко Т.М. Навчання фізики на рівні стандарту засобами нових інформаційних технологій. / Т.М. Яценко, Ю.С. Швець // Збірник наукових праць студентів і молодих науковців: Фізика. Нові технології навчання; Кіровоград: Ексклюзив-Систем. – 2012. – Випуск 10. – С. 215-219.
8. Яценко Т.М. Методика вивчення механічних коливань в 10 класі засобами інформаційно-комунікаційних технологій / Т.М. Яценко, О.С. Салтиков // Збірник наукових праць студентів і молодих науковців: Фізика. Нові технології навчання; Кіровоград: Ексклюзив-Систем. – 2013. – Випуск 11. – С. 204-208.
9. Дима Я.Ю. Методика застосування комп'ютерних вимірювальних комплексів під час проведення лабораторних робіт з фізики / Я.Ю. Дима // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, серія педагогічна. – 2010. – В.16. – с.147-150.
10. Савельєв І.В. Курс фізики, том 1. Механіка. Молекулярна фізика // І.В. Савельєв. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. —352 с.
11. Тиманюк В.А. Биофизика: Учебник для студентов вузов / В.А.Тиманюк, Е.Н. Животова. — Х.: Изд-во НФАУ; Золотые страницы. – 2003. – 704 с.

Kaliberda M. E., Barannyk M. O., Storozhenko I. P.

National University of Pharmacy

DEVELOPMENT OF VIRTUAL LABORATORY WORK IN PHYSICS

"DETERMINATION OF NATURE AND PARAMETERS OF GAS BY THE METHOD OF STANDING WAVES"

The article is devoted to developing and description the virtual lab of the courses "Mechanical waves" and "Molecular Physics". The article deals with the basic concepts and lists all basic formulas on given parts of physics, the knowledge and the possession of which is necessary to understand and successful implementation of this work. The authors describe the virtual installation and methodical instructions to fulfill of the proposed work.

Key words: *virtual laboratory work, e-learning, molecular physics, gases, sound, acoustic wave.*

Калиберда М. Е., Баранник М. А., Стороженко И. П.

Национальный фармацевтический университет

**ПОСТАНОВКА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИРОДЫ И ПАРАМЕТРОВ ГАЗА МЕТОДОМ СТОЯЩИХ ВОЛН»**

Статья посвящена разработке и описанию виртуальной лабораторной работы по курсам «Механические волны» и «Молекулярная физика». В статье рассмотрены основные понятия и приведены основные формулы по данным темам, знание и владение которыми необходимы для понимания и успешного выполнения данной работы. Авторами дано описание виртуальной установки и методические указания к выполнению предложенной работы.

Ключевые слова: виртуальная лабораторная работа, электронное обучение, молекулярная физика, газы, звук, акустическая волна.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Калиберда Мстислав Євгенович – кандидат фізико-математичних наук, викладач кафедри фізики Національного фармацевтичного університету, доцент кафедри фізики НВЧ факультету РБЕКС Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

Коло наукових інтересів: моделювання фізичних процесів.

Баранник Мар'яна Олександрівна – кандидат фізико-математичних наук, викладач кафедри фізики Національного фармацевтичного університету.

Коло наукових інтересів: міжклітинна адгезія; мембранна та клітинна біофізика; кріобіофізика; сучасні проблеми методики викладання фізико-математичних дисциплін.

Стороженко Ігор Петрович – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедрою фізики Національного фармацевтичного університету, проблематика сучасного дистанційного навчання.

Коло наукових інтересів: фізика приладів мікро- і нанометрових розмірів; розробка і моделювання приладів електромагнітних хвиль надвисокочастотного діапазону; математичне моделювання біологічних об'єктів; проблематика сучасного дистанційного навчання.

УДК 53(077)

С.А. Лукашевич, Т.П. Желонкина, Ю.В. Никитюк

Гомельський державний університет імені Франціска Скорини

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

В работе изучается метод исследования температурной зависимости теплопроводности металлов в интервале температур от 25 оС до 150 оС. В данном интервале температуры изменяется и теплоемность металла. Передача тепла осуществляется шляхом теплообмена.

Ключові слова: теплопровідність, температура, теплоємність, тепловий потік, кінетична енергія.

Постановка проблемы. Если в одной области газа средняя кинетическая энергия молекул больше, чем в другой, то с течением времени вследствие постоянных столкновений молекул происходит процесс выравнивания средних кинетических энергий молекул, т.е. иными словами, выравнивание температур.

Опытным путём установлено, что в случае, если в какой-либо среде вдоль некоторого направления x температура не остаётся постоянной, то вдоль этого направления устанавливается поток тепла, подчиняющийся закону Фурье:

$$q = -\kappa \frac{dT}{dx} S, \quad (1)$$

где q – количество тепла, протекающее за единицу времени через площадку S ,