

**МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТЬ  
З МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ ТА БІОФІЗИКИ, ЩО ЗАСНОВАНА  
НА КОГНІТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ НАВЧАННЯ (НА ПРИКЛАДІ  
ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕРНЕТ-БАЗОВАНИХ ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ  
МАТЕМАТИКИ І МОДЕЛЮВАННЯ)**

*З метою оптимізації аудиторного навчального процесу, з курсу “Медична фізика і біофізика” подано методику впровадження сучасних інтернет-базованих демонстраційних технологій. На прикладі застосування інтернет-базованих Вольфрам демонстрацій проаналізовано прийоми й методи обчислювальної математики та комп'ютерного моделювання. Зроблено висновок, що використання сучасних інтерактивних презентацій і демонстрацій здатне поліпшити якість та ефективність сприйняття й засвоєння навчальної інформації; використання комп'ютерних демонстрацій допомагає оптимізувати процес навчання з погляду подання інформації та оперування нею. Запропоновано приклад використання методів комп'ютерної математики, що може оптимізувати навчальний процес загалом та в подальшому сприяти впровадженню системи дистанційного навчання.*

**Ключові слова:** *технології навчання, когнітивні методи навчання, комп'ютерна математика, математичне моделювання, медична освіта, медична фізика й біофізика.*

Сучасна методика викладання має на меті отримання відповідей на головні запитання: що й для чого вивчати та як навчати? Відповідь на останнє запитання формує методику як наукову дисципліну. Підґрунтям для впровадження когнітивних навчальних технологій є створення умов для оптимального та ефективного сприйняття навчальної та наукової інформації. Зосередимо увагу на актуальності проблеми застосування інтернет-базованих методів викладання дисципліни “Медична фізика та біофізика” та методичних можливостях сучасних комп'ютерних демонстрацій при організації і проведенні занять з медичної фізики та біофізики (на прикладі навчальної теми “Акустика: Ультразвук та його застосування в медицині”) з метою вирішення проблеми оптимізації аудиторного навчального процесу.

Публікація має методичний, рекомендаційний характер та спрямована на сприяння впровадженню й використанню допоміжних навчальних засобів, які ґрунтуються на сучасних інформаційних технологіях та технологічних рішеннях.

**Метою статті** є аналіз можливостей елементів когнітивних технологій, базованих на використанні інтерактивних комп'ютерних засобів візуалізації та математичного моделювання.

Аудиторні демонстрації або експерименти відображають важливий, але лише окремий елемент у структурі навчального заняття. Цей елемент має бути динамічно змінюваним, надлишковим, оптимальним і результа-

тивним. Очікуваним результатом упровадження інтерактивних демонстрацій можуть бути:

- спрощення подання навчальної інформації та її ефективного засвоєння, у тому числі за рахунок трансформування й моделювання;
- розуміння фізичних процесів, явищ, законів на рівні математичних відносин і моделей;
- формування аналогій і, як наслідок, нових знань.

Так, результатом застосування засобів подання інформації та знань може бути нова проблема, гіпотеза, ідея.

Враховуючи актуальність і значення демонстраційного аудиторного експерименту, для оптимізації навчального процесу загалом пропонуємо використовувати засоби комп'ютерної математики від Вольфрам корпорації (Wolfram Mathematica) та супровідні інтернет-базовані демонстраційні математичні моделі, ідеться про всесвітньо відомий проект демонстрацій ([demonstration.wolfram.com](http://demonstration.wolfram.com)), що на сьогодні містить понад 10 тис. демонстрацій, які мають стосунок практично до всіх галузей знань. Проект є відкритим для користувачів і розробників, більшість яких є інтернаціональними представниками академічної та університетської науки. Проект від Вольфрам математики являє собою своєрідний результат, що поєднує:

- ініціативу й прагнення розробника-користувача;
- інформаційні інтернет-базовані технології;
- універсальні програмні засоби подання, візуалізації, математичного моделювання.

Проект від корпорації Вольфрам має чітку освітньо-навчальну націленість та явно доводить існування для освіти третього шляху – концепція науки нового типу, так звана “A New Kind of Science”, – шлях ініціативного й активного пізнання й результативного навчання, що ґрунтується на методах оптимізації та ефективного подання інформації [16]. Загалом усе це визначає як загальну актуальність, так і методичну проблемність практичного застосування, яке залежить від ініціативи викладача та студента [14; 15].

Прикладом щодо впровадження інтерактивних демонстрацій обрано тему з курсу медичної фізики “Акустика. Ультразвук та його застосування в медицині”. Відібрано демонстрації, які використовують з різною метою та відповідно до рівня підготовки студентів, для простої ілюстрації й підвищення навчальної мотивації; виявлення аналогії та внутрішніх зв'язків; практичного використання й математичного висвітлення фізичних залежностей. Для кожної моделі розроблені демонстраційні практичні завдання і проблемні питання, які є підґрунтям для індивідуальної аудиторної роботи студентів.

Розглянемо одну з пропонованих демонстрацій (рівень ілюстрації) “Синтез і прослуховування простих тонів акустичних хвиль, аналіз спектрограм” [4; 13]. Демонстраційні завдання можуть мати при цьому такий вигляд: змінюючи частоту, зробити висновок про результат генерації акус-

тичних хвиль; знайти визначення терміна “спектрограма” й “моделююча частота”; з’ясувати, чим визначається поняття “спектрограма”, у чому відмінність між спектрограмою та акустичним спектром; зробити узагальнений висновок.

Методичну цінність можуть мати не лише демонстрації, а й завдання, сформовані навколо них. Питання-завдання можуть бути використані для контролю знань студентів, формування другорядних проблем і завдань, визначення параметрів моделей тощо. Наступні дві подані демонстрації доповнюють першу й також віднесені до ілюстрацій – прослуховування “простих тонів” акустичних хвиль, аналіз спектрограм [8; 10] та порівняльний аналіз біоакустичних сигналів [1; 2; 11].

Демонстраційні завдання розглядають як динамічний, змінливий компонент пропонованої методики: проаналізувати зразки акустичних хвиль; порівняти й знайти, чим різняться на діаграмі зразки акустичних хвиль (ключові слова: енергія звукової хвилі, інтенсивність, частота, амплітуда, спектрограма, акустичний спектр); проаналізувати надані зразки біоакустичних сигналів; порівняти й надати опис спектрограм, порівняти відповідні частоти й форму спектрограм. Кожна із демонстрацій має власний рівень складності, значущості або корисності (визначається суб’єктивно або відповідно до вимог навчальної програми). Так, розгляд питання щодо застосування ультразвукових коливань (хвиль) у медичній діагностичній практиці неможливий, на думку автора, без розгляду:

- проблеми відбиття звукових коливань – демонстрація “Відбиття акустичних хвиль, проходження звукової хвилі в середовище” [5];
- Фур’є аналізу і Фур’є генерації акустичних хвиль [10; 11; 12] та сигналів складної форми;
- Допплер ефекту [7].

Відомо, що моделювання Допплер ефекту, Фур’є генерації та Фур’є аналізу акустичних хвиль є найскладнішим і водночас найактуальнішим питанням для прикладної медичної фізики. Інтерактивні демонстраційні завдання-моделі дають змогу: охарактеризувати ситуацію проходження акустичної хвилі через розподіл двох середовищ; виявити залежність проходження енергії акустичної хвилі або її частки від густини, співвідношення густин та швидкостей у двох акустичних середовищах.

Пропоновані демонстрації певною мірою розглядають як демонстраційний стенд, який дає змогу вирішувати прикладні розрахункові завдання. Як приклад розрахункового завдання можна розглянути такі: фіксуючи момент часу й змінюючи співвідношення густин, проаналізувати зміни й залежність амплітуди (енергії) – функція співвідношення енергії й густини акустичного середовища. Знайти кількість енергії за умов, коли співвідношення густин двох середовищ становить, наприклад, 1,5 та співвідношення швидкостей хвилі в різних середовищах – 0,34; прослідкувати етапи проходження хвилі через розподіл двох середовищ; проаналізувати значення

коефіцієнта Релея; визначити за допомогою демонстраційного стенду (моделі) значення коефіцієнта.

Демонстрація “Фур’є генерація акустичних хвиль” [10; 11; 12] дає змогу виконати й проаналізувати такі завдання: надати опис можливостей створення акустичної хвилі як результату суперпозицій  $N$  синусоїдальних хвиль; змінюючи частоту кожного компонента (синусоїди), зробити висновок про результат Фур’є генерації за частотою та “формою” акустичних хвиль; зробити висновок про можливість розподілення складової хвилі на елементарні (гармонічні) синусоїдальні компоненти.

При демонстрації Допплер ефекту завдання можуть мати такий вигляд: проаналізувати зміну частоти акустичних хвиль відповідно до швидкості джерела коливань та/або швидкості спостерігача і його розташування відносно джерела; занотувати кількісні характеристики руху – частоту хвиль, що випромінюються, і частоту, яку відчуває спостерігач; побудувати графік змін вказаних величин; зробити загальний висновок про ефект Допплера та можливості його застосування в медичній практиці.

Демонстраціями запропонованої теми можуть бути такі: суперпозиція двох синусоїдальних хвиль [3]; суперпозиція двох звукових хвиль [6]; прослуховування “простих тонів” акустичних хвиль, аналіз спектрограм [9]; отримання та аналіз акустичного спектру [10]. Вказані демонстрації дають змогу візуально подати такі складні поняття, як складний тон та обертон, спектр, акустичний спектр, спектрограма.

Таким чином, інтерактивні демонстрації, які створені на базі комп’ютерної математики, є не лише такими, що ілюструють фізичні залежності, явища, процеси, закони, вони відтворюють та моделюють останні.

Демонстрації-моделі мають допоміжний характер і дають змогу, наприклад, викладачеві на основі ілюстрації фізичних процесів та явищ створювати навчальні проблемні ситуації, організувати ситуаційне обговорення результатів моделювання, розв’язувати розрахункові задачі.

Деякі методичні ознаки й переваги використання математичних демонстраційних моделей є такими:

- різний рівень подання інформації від простої графічної ілюстрації до інтерактивної математичної моделі, яку розглядають як інструментарій пізнання;
- технічна універсальність і можливість демонструвати найскладніші явища й залежності засобами сучасної комп’ютерної математики;
- можливість будувати елементи дистанційних навчальних систем;
- альтернативність вибору за рахунок існування великої кількості демонстрацій за аналогією (надмірність проекту Вольфрам демонстрацій);
- освітня спрямованість проекту, який містить як суто наукові демонстрації, так і адаптовані демонстрації до шкільного рівня та рівня університету;
- існування всебічної інтернет-базованої підтримки користувачів і розробників проекту;

– вільний доступ до ресурсів проекту Вольфрам демонстрацій та існування універсального засобу для перегляду інтерактивних демонстрацій та їх включення до Web сторінок;

– існування спеціального файлового формату, що дає змогу включати в публікації інтерактивні матеріали.

**Висновки.** На основі проведеного аналізу результатів практичного застосування можна зробити висновок про те, що використання допоміжних засобів візуального й інтерактивного подання інформації здатне підвищити якість сприйняття та ефективність засвоєння навчальної інформації. Використання на практичних (семінарських) заняттях комп'ютерних різномірних демонстрацій-моделей оптимізує візуальне подання навчальної інформації на стадії ілюстрації явищ, відносин, законів, формування навчальних гіпотез і їх перевірки, моделювання та прогнозування; сприяє адаптації навчальної інформації й мотивації сприйняття та пізнавальних активних дій; спонукає до розвитку аналітичних здібностей і самовдосконалення; вносить елемент сучасної технічної оптимізації навчального процесу; несе елементи індивідуалізації та потенційні можливості щодо впровадження дистанційного навчання. Запропонований приклад використання комп'ютерних математичних демонстрацій-моделей дає змогу оптимізувати навчальний процес щодо подання інформації, разом із збереженням індивідуального характеру навчання.

#### **Список використаної літератури**

1. Abbasi Nasser M. Power Content of Frequency Modulation and Phase Modulation [Electronic resource] / Abbasi Nasser M. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/PowerContentOfFrequencyModulationAndPhaseModulation/>.

2. Bishop Marilyn Sounds of Waveforms [Electronic resource] / Marilyn Bishop. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/SoundsOfWaveforms/>.

3. Bryant Jeff Superposition of Waves [Electronic resource] / Jeff Bryant. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/SuperpositionOfWaves/>.

4. Christiano Paul. Sounds from Amplitude and Frequency [Electronic resource] / Paul Christiano. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/SoundsFromAmplitudeAndFrequency/>.

5. Gómez-Muñoz José Luis Properties of Acoustic Plane Waves [Electronic resource] / José Luis Gómez-Muñoz. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/PropertiesOfAcousticPlaneWaves/>.

6. Joyce Alan. Superposition of Sound Waves [Electronic resource] / Alan Joyce. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/SuperpositionOfSoundWaves/>.

7. Joyce Alan The Doppler Effect [Electronic resource] / Alan Joyce. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/TheDopplerEffect/>.

8. Nussey Abigail The Sound of Sine Waves [Electronic resource] / Nussey Abigail. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/TheSoundOfSineWaves/>.

9. Reiss Charles Waveforms and Spectrograms [Electronic resource] / Charles Reiss. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/WaveformsAndSpectrograms/>.

10. Schreiber Michael Sound Examples [Electronic resource] / Michael Schreiber. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/SoundExamples/>.

11. Schreiber Michael Fourier Sound Synthesis [Electronic resource] / Michael Schreiber. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/FourierSoundSynthesis/>.

12. Wolfram Stephan Basic FM Synthesis of Sounds [Electronic resource] / Stephan Wolfram. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/BasicFMSynthesisOfSounds/>.
13. Wolfram Stephan Pure Tones with Sample Rate [Electronic resource] / Stephan Wolfram. – Mode of access: <http://demonstrations.wolfram.com/PureTonesWithSampleRate/>.
14. Weiss T. F. Software for teaching physiology and biophysics / T. F. Weiss, G. Trevisan, E. B. Doering, D. M. Shah, D. Huang, S. I. Berkenblit. – J. Sci. Ed. Tech., 1992. – P. 259–274.
15. Wilson J. M. Using computers in teaching physics / J. M. Wilson, E. F. Redish // Physics Today. – 1989. – P. 34–41.
16. Wolfram S. A New Kind of Science / S. Wolfram. – Wolfram Media, Inc., 2002. – 1192 p.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2015.

---

**Прокопченко А. Е. Методика организации и проведения занятий по медицинской физике и биофизике, основанная на когнитивных технологиях обучения (на примере внедрения интернет-базируемых демонстрационных технологий и использования средств компьютерной математики и моделирования)**

*С целью оптимизации аудиторного учебного процесса по курсу “Медицинская физика и биофизика” представлена методика внедрения современных интернет-базируемых демонстрационных технологий. На примере использования интернет-базируемых Вольфрам демонстраций проанализированы приемы и методы вычислительной математики и компьютерного моделирования. Сделан вывод, что: использование современных интерактивных презентаций и демонстраций способно улучшить качество и эффективность восприятия и усвоения учебной информации; использование компьютерных демонстраций помогает оптимизировать процесс обучения как с точки зрения представления информации, так и оперирования ею. Предложен пример использования методов компьютерной математики, позволяющий оптимизировать учебный процесс и способствовать в дальнейшем внедрению системы дистанционного обучения.*

**Ключевые слова:** технологии обучения, когнитивные методы и технологии, компьютерная математика, математическое моделирование, медицинское образование, медицинская физика и биофизика.

**Prokopchenko O. Methods of Organizing and Conducting Classes on Medical Physics and Biophysics Based on Cognitive Learning Technologies (at Example of Introduction of Internet-Based Technology of Demonstrations and Use of Computer Mathematics and Simulations)**

*The article indicated by the essence of the concept of “cognitive education” at example of study medical physics and biophysics. The course syllabus of medical physics for Medical University includes basics of physics of sound, radiation physics, imaging techniques using ionizing or non-ionizing radiation, and external and internal radiation therapy etc.*

*Visualization and imaging of knowledge are perhaps the most actual and difficult problem in modern education. This article discusses some examples (“Acoustics and Application of Ultrasounds in Medicine”) and mathematical models (simulations). Proposed visualization methods are considered by us as additional.*

*The paper discusses factors important for modern learning & e-learning to be successful. Considered in the article methodology of training in medical physics, and-or didactic training for medical physicists, - is related to Internet based learning. The article includes Internet-based techniques and methods of computer mathematics and simulations.*

*The paper presents the results of the use in the educational process of mathematical demonstrations, which are based on computer mathematics. And the article used the demonstration from Wolfram demonstrations project. Technique of modern Internet-based technolo-*

*gies and computer mathematics may help to optimize the educational process (on example of Medical physics and Biophysics & Wolfram Mathematica demonstration project). Proposed in the article an example of using the methods of computer mathematics may to optimize the learning (educational) process & distance learning system too.*

*The article discusses examples of the use of Wolfram demonstrations. From the above analysis it can be concluded that the use of interactive presentations & demonstrations can improve the quality of perception and assimilation efficiency of educational information.*

*Using mathematical demonstrations of computer educational models we can to optimize the learning process in terms of presenting information. And we can optimize & illustrate the relations, principles, and laws of science. In our opinion, some of the proposed mathematical model of the most effective and efficient manner. Effectiveness depends on the difficulty level of educational material. In addition to visualization, the proposed mathematical models allow you to create and solve problems.*

**Key words:** *technology training, cognitive methods and technologies, computer mathematics, mathematical modeling, medical education, medical physics and biophysics.*