

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДВНЗ "ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.Я. ГОРБАЧЕВСЬКОГО МОЗ УКРАЇНИ"
УПРАВЛІННЯ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ
ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ**

Науково-практична конференція

**«НОВІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ
МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ»**

*(присвячена 60-річчю ТДМУ та кафедри фізики
й 230 річчю відкриття Луїджі Гальвані)
20-21 червня 2017 року*

Тернопіль
ТДМУ
«Укрмедкнига»
2017

УДК 616-71:53:378.14

Редакційна колегія: доцент, доктор технічних наук Рудяк Ю. А.; доцент, кандидат фізико-математичних наук Дідух В. Д.; доцент, кандидат фізико-математичних наук Ладика Р. Б.; доцент, кандидат технічних наук Горкуненко А. Б.

Нові підходи до викладання медичної фізики (присвячена 60-річчю ТДМУ та кафедри фізики і 230 річчю відкриття Луїіджі Гальвані): наук.-практ. конф., 20–21 квітн. 2017 р. – Тернопіль : ТДМУ, 2017. – 54 с.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, даних, відповідної галузевої термінології, власних імен та відомостей.

Матеріали надруковано в авторській редакції.

ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ

ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ

Дідух В. Д, Рудяк Ю. А.

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Медична фізика – це сучасний напрямок науки і техніки, який має на меті вирішення медичних завдань, пов'язаних із розробкою та впровадженням у медицину фізичних основ методів діагностики, лікування та створення на їхній основі медичного устаткування.

Фізика і медицина – могутні гілки дерева філософії, коріння якого сягає правікових часів. В історії науки шляхи розвитку медицини і фізики і збігалися, і перетиналися. Відкриття у медицині породжували нові фізичні ідеї, а досягнення фізики сприяли новітнім медичним дослідженням.

На взаємозв'язок медицини і фізики свого часу вказував Михайло Ломоносов: «Медицина є одне із найскладніших і найвищих проявів фізики».

Медична фізика від античних часів до сьогодення пройшла великий шлях становлення і розвитку. Від примітивних методів лікування до застосування лазерів, комп'ютерних томографів, магнітно-резонансних томографів... Дорога пошуків і пізнання безконечна. Відкриття у фізиці, зростаючі темпи розвитку новітніх технологій, швидкість, з якою змінюються покоління медичної апаратури, породжують нові ідеї, нові винаходи, які відкривають нові сторінки історії медичної фізики [1].

Основу медичної фізики становлять медична радіаційна фізика, клінічна фізика, онкологічна фізика, терапевтична і діагностична фізика, становлення і розвиток яких почалися у другій половині ХХ ст. Цьому сприяла розробка і широке практичне застосування у медицині радіонуклідних гамма-препаратів, електронних і протонних

прискорювачів, радіодіагностичних гамма-камер, рентгенівських комп'ютерних томографів, магнітно-резонансних томографів, лазерних, ультразвукових та інших медико-фізичних установок.

Американський фізик Річард Фейнман, лауреат Нобелівської премії з фізики (1865 р.) сказав: «Якщо б у результаті якої небудь світової катастрофи всі накопичені наукові знання виявилися б знищеними і до прийдешнього покоління прийшла лише одна фраза, то яке ствердження, складене із найменшої кількості слів, принесло б найбільшу інформацію? Я вважаю, що це атомна гіпотеза – всі тіла складаються із атомів – маленьких тілець, які знаходяться у безперервному русі, притягуються на невеликих відстанях, але відштовхуються, якщо одне із них наближається до іншого.»

Література

1. Дідух В. Д. Медична фізика. Становлення та розвиток. – Тернопіль, 2016, 118 с.

ІСТОРІЯ КАФЕДРИ: ВІД ФІЗИКИ ДО МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ

Дідух В. Д., Рудяк Ю. А., Москаль Д.М., Ладика Р.Б.

ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України»

Витоки кафедри медичної фізики діагностичного та лікувального устаткування починаються із кафедри фізики, яка була заснована у липні 1957 року.

Першим завідувачем кафедри був доцент (у майбутньому професор) Семен Михайлович Шамраєвський, який став співавтором 6 патентів: „Биактивный электрод – пинцет”, „Электрохирургический инструмент для биактивной диатермокоагуляции”, „Электрохирургический инструмент для биактивной диатермокоагуляции”, „Биполярные биактивные ножницы”, „Биактивный электрохирургический инструмент”, „Биактивный электрохирургический инструмент для полостных операций без контроля зрения”.

На монографію С.М. Шамраєвського „Современные проблемы электрохирургии (принцип биактивности)”. М. Медгиз, 1950, 221с.,

посилаються і досі. Про що засвідчують і автореферати докторських дисертацій Юшкіна С.М. „Физические способы диссекции и коагуляции тканей в абдоминальной хирургии и особенности морфологических изменений в области их воздействия”, Санкт-Петербург, 2003 і Белова С.В. „Исследование принципов электрохирургических воздействий и разработка научных основ проектирования аппаратов и устройств для высокочастотной электрохирургии”, Москва, 2004.

У 60-80-х роках минулого століття велику роботу на підготовчому відділенні проводили викладачі М.М. Гліцька, М.А. Жак. Ефективність лабораторного практикума забезпечували ст. викладач Ю.Н. Ліпов, старший лаборант К.О. Кудіна; лаборанти П. Лучко, М. Щербак, Я. Баліцький, Е. Айрапетова, Л. Бабич, Р. Квік, В. Воронін, А. Вороненко, Р. Купцевич, І. Вальків, І. Кульчицький. Серед наукових тем того часу слід відзначити такі: „Використання біактивних електродів в електрохірургії” (проф.С.М. Шамраєвський, М.А. Жак, 1960-1964), „Вплив електромагнітних коливань (УВЧ) на нервово-м'язовий апарат” (Г.Н. Ліпов, 1962), „Вимірювання кров'яного тиску у піддослідних тварин фотоелектричним методом” (Г.Н. Ліпов, 1964), „Вплив рентгенівських променів на фізичні та хімічні показники жовчі” (Г.Н. Ліпов, О.Л. Бившук, 1972-1975), „Вплив магнітних полів на біологічні об'єкти” (Я.І. Корнатовський, М.П. Ямко, 1970-1975) та ін. Їх виконання завершилося рядом впроваджень у навчальний процес і практику охорони здоров'я: біактивний метод хірургії (1960-1970), установка для магнітотерапії (1974).

Теоретичні дослідження фізичних, інструментальних та експертних систем В.Д.Дідуха, Р. Б. Ладики, О. Я Ковальчук, Н. О. Кравець, Д. В. Вакулєнко, А. С. Сверстюка, А. В. Семенця, О. А. Багрій-Засць, А. В. Горкунєнка, Б. М. Паласюка, лягли в основу кандидатських дисертацій, а завідуючих кафедрою: С. М. Шамраєвського, А. А. Гудими, В. П. Марценюка, Ю.А.Рудяка – докторських.

СУЧАСНІ ДОСЯГНЕННЯ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ

УДК 539.375:519.6

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ НОВИХ ОПТИЧНИХ МЕТОДІВ МЕХАНІКИ

Рудяк Ю.А., Підгурський М.І., Войтович Л.В., Кушак О.М.

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського МОЗ України»*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана
Пулюя*

*Національний університет водного господарства та
природокористування (м. Рівне)*

*Технічний коледж Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
yurii.rudiak@gmail.com*

Широке використання неметалів у якості конструкційних матеріалів актуалізує проблему створення нових ефективних експериментальних методів визначення їх напружено-деформованого (НДС) та граничного станів. Для дослідження таких прозорих діелектриків як органічне та неорганічне скло, епоксидні смоли різного складу та таких конструкційних елементів машин як гомогенні та гетерогенні триплекси, з об'ємним та без, доцільно застосувати оптичні методи. Але існуючі, включаючи такий потужний як поляризаційно-оптичний (фотопружність), не завжди дозволяють одержати шукані результати для натурних елементів машин, без застосування моделювання. Адже відомо, що інтерференційні методи механіки, безпосередньо, без додаткових експериментів і обчислень, дозволяють визначити не окремо величини квазіголовних напружень та деформацій, а лише їх лінійні комбінації.

З метою розширення функціональних можливостей оптичних експериментальних методів механіки твердого тіла, запропоновано створення нових методів, які базуються на інших фізичних ефектах

взаємодії світла з досліджуваними об'єктами, ніж існуючі. Це метод поглинання, який використовує ефект поглинаючого середовища і дія якого базується на аналізі зміни уявної частини компонент тензора діелектричної проникності. Також розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення НДС, який використовує ефект дифузного поверхневого розсіювання. Дія методу базується на перерозподілі інтенсивностей дзеркальної та дифузних складових розсіяного поверхнею об'єкта світлового потоку при локальній зміні його кривизни. Крім того, створено та реалізовано моделі оптичних датчиків поверхні, дія який базується на ефекті дифузного поверхневого розсіювання.

Запропоновані нові оптичні методи дозволяються підвищити ефективність експрес-аналізу НДС деталей машин та конструкцій, виготовлених із прозорих діелектриків, включаючи деформації поверхні.

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ МЕДИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

ОСОБЛИВОСТІ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ ДЛЯ ВИХОДЖУВАННЯ НЕДОНОШЕНИХ ТОДКЛ ТА ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

**Стеценко В. В., Бліхар Т. В., Дідух З. Б., Сотник А.В.,
Керничнна З. І., Кульчик О.О., Рудяк Ю.А.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського МОЗ України»*

*Тернопільська обласна державна клінічна лікарня
yurii.rudiak@gmail.com*

Серед інших відділень дитячої обласної клінічної лікарні відділення для виходжування недоношених немовлят займає особливе місце. Адже недоношені діти різного ступеня недоношеності та оцінки за шкалою Апгар складають групу ризиків і потребують особливо кваліфікованої та фахової допомоги, часто з використання спеціалізованого апаратного забезпечення. Особливе місце серед медичного обладнання та устаткування, яке використовується в даному відділенні займає інкубатор для виходжування новонароджених (кювез). Це дуже складний апаратний комплекс, який можна порівняти із скафандром космонавта. Адже, як у випадку кювеза, так і у випадку скафандра, стоїть, принципово те саме завдання: забезпечити життєдіяльність людського організму при повній ізоляції від зовнішнього простору. Це досягається, як у першому, так і у другому випадках, завдяки підтриманню строго визначених величин певних фізичних параметрів: температури, вологості, відсоткового складу дихальної суміші. З точки зору фізики – це дуже складна комплексна задача забезпечення стабільності та надійності основних параметрів життєдіяльності. Дисципліна «медична фізика діагностичного та лікувального обладнання» створена саме з метою надання студен-

там-медикам можливості вивчення фізичних основ функціонування медичного, діагностичного та лікувального обладнання. Тематичні цикли об'єднують медичну апаратуру за фізичними принципами її роботи (біомеханічне медичне обладнання, електромагнітна апаратура, оптико-медичне обладнання, радіаційне медичне обладнання, медичне обладнання комплексу фізичних явищ). Інкубатор для виходжування новонароджених відноситься до апаратури комплексу фізичних явищ. Адже, крім температурної задачі підтримання на дуже високому рівні стабільності термокомплексу, існують складні фізико-технічні проблеми забезпечення високо стабілізованих вологісних характеристик та складу дихальної суміші. Крім цього, треба забезпечити оптимальність механічного функціонування кювезу, ергономічні характеристики його роботи. Включення до системи вивчення фізичних основ функціонування інкубатора для виходжування недоношених дітей навчальних відеофільмів та спеціально розробленого віртуального навчального тренажера створює сприятливі умови для більш глибокого розуміння студентами суті та механізмів його роботи.

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ В СИСТЕМІ ХОДЖКІНА-ХАКСЛІ

В. П. Марценюк, З. В. Майхрук

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Розглядається модель електричної активності гігантського аксона кальмара, запропонована в роботі [1]. У моделі кожен компонент збудливої клітини розглядається як електричний елемент. Ліпідний шар представляється як ємність C_m . Іонні канали представлені електричною провідністю g_i , де i – специфічний іонний канал, яка залежить як від напруги, так і часу. Іонні насоси представлені джерелом струму I_{app} . Позначимо через V різницю між мембранним потенціалом та залишковим потенціалом.

Струм через біліпідний шар становитиме:

$$I_c = C_m \frac{dV}{dt}.$$

Струм через заданий іонний канал буде:

$$I_i = g_i(V - V_i),$$

де V_i – рівноважний потенціал i -го іонного каналу.

Для клітини з калієвими, натрієвими та хлорними каналами загальний струм через мембрану I становитиме:

$$I = I_c + I_K + I_{Na} + I_L.$$

Остаточно типова модель Ходжкіна-Хакслі має вигляд:

$$\frac{dV}{dt} = -g_K n^4 (V - V_K) - g_{Na} m^3 h (V - V_{Na}) - g_L (V - V_L) + I_{app}, \quad (1)$$

$$\frac{dm}{dt} = (1 - m) * 0.1 * \frac{25 - V}{\exp \frac{10}{10} - 1} - m * 4 * \exp \frac{-V}{18}, \quad (2)$$

$$\frac{dn}{dt} = (1 - n) * 0.1 * \frac{10 - V}{\exp \frac{10}{10} - 1} - n * 0.125 * \exp \frac{V}{80}, \quad (3)$$

$$\frac{dh}{dt} = 0.07 * \exp \frac{V}{20} * (1 - h) - \frac{h}{1 + \exp \frac{30 - V}{10}}. \quad (4)$$

З математичної точки зору властивості векторного поля динаміки моделі Ходжкіна-Хакслі вивчалися в роботах [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. У той же час ми все ще залишаємося далекими від повного розуміння динаміки, породженої даним векторним полем. Це вже стало традиційним, що вивчення якісних властивостей моделі Ходжкіна-Хакслі зводиться до двовимірного потоку моделі Фітцх'ю-Нагумо [9] Rinzel та Miller [7] першими обґрунтували, що такий перехід не завжди є коректним.

Hassard [2] та Labouriau [6] також встановили, що біфуркація Хопфа відіграє важливу роль у визначенні областей стійкості в моделі

Ходжкіна-Хакслі. В роботах [7, 8] автори запропонували і програмно реалізували метод оптимального керування такою біфуркацією. Doi та Kusagai [14] показали існування хаотичних атракторів у дещо модифікованій моделі Ходжкіна-Хакслі. При цьому вони розвинули дослідження Rinzel та Miller, які продемонстрували існування хаотичних розв'язків у моделі Ходжкіна-Хакслі із стандартними параметрами, що використовували Ходжкін і Хакслі.

Для відкриття хаосу в багатьох фізичних та біологічних системах, включно з нервовими, були докладені значні зусилля [9]. Було знайдено хаотичні розв'язки рівнянь Ходжкіна-Хакслі з періодичним прикладеним струмом [10] і змінними параметрами [11]. Але це було зроблено не для оригінальної моделі Ходжкіна-Хакслі з оригінальними параметрами. Хаотичні розв'язки є вкрай нестійкими. Зауважимо, що результати носять лише чисельний характер і все ще немає строгого обґрунтування існування хаосу.

Біологічне значення хаосу в системі Ходжкіна-Хакслі пов'язане з характером порогу, що розділяє стани, що ведуть до «повторних спалахів», від станів, що ведуть до стійких станів спокою.

Література

1. L. Hodgkin and A. F. Huxley, A quantitative description of membrane current and its applications to conduction and excitation in nerve, *J. Physiol. (Lond.)*, 116 (1952), pp. 500 – 544.
2. B. Hassard, Bifurcation of periodic solutions of the Hodgkin-Huxley model for the squid giant axon, *J. Theoret. Biol.*, 71 (1978), pp. 401 – 420.
3. H. Fukai, T. Nomura, S. Doi, and S. Sato, Hopf bifurcations in multiple-parameter space of the Hodgkin-Huxley equations, I, II, *Biol. Cybern.*, 82 (2000), pp. 215 – 222; 223 – 229.
4. J. Guckenheimer and I. S. Labouriau, *Bifurcation of the Hodgkin-Huxley equations: A new twist*, *Bull. Math. Biol.*, 55 (1993), pp. 937 – 952.
5. B. Hassard and L.-J. Shiu, A special point of Z^2 -codimension three Hopf bifurcation in the Hodgkin-Huxley model, *Appl. Math. Lett.*, 9 (1996), pp. 31 – 34.
6. S. Labouriau, *Degenerate Hopf bifurcation and nerve impulse II*, *SIAM J. Math. Anal.*, 20 (1989), pp. 1 – 12.

7. З. В. Майхрук, "Програмна реалізація чисельного методу оптимального керування біфуркацією в моделі Ходжкіна-Хакслі", *Вісник. Сер.: технічні науки, Хмельницьк, №1, с. 186 – 194, 2014.*

8. В. П. Марценюк та З. В. Майхрук, "Побудова оптимального керування біфуркацією в моделі Ходжкіна-Хакслі на основі принципу максимуму", *Математичне та комп'ютерне моделювання. Сер.: технічні науки, Кам'янець-Подільськ, №9, с. 78 – 90, 2013.*

9. D. Campbell and H. Rose, eds., *Order in chaos*, Phys. D, 7 (1983), pp. 1 – 362.

10. J. R. Clay, *Excitability of the squid giant axon revisited*, J. Neurophysiol., 80 (1998), pp. 903 – 913.

11. K. Aihara and G. Matsumoto, *Chaotic oscillations and bifurcations in squid giant axons*, in *Chaos*, A. Holden, ed., Manchester University Press, Manchester, UK, 1986, pp. 257 – 269.

12. S. Doi and S. Kumagai, *Nonlinear dynamics of small-scale biophysical neural networks*, in *Biophysical Neural Networks*, R. R. Poznanski, ed., Mary Ann Liebert, Inc., Larchmont, NY, 2001, pp. 261 – 301.

13. Wolf A., Swift BJ, Swinney HL, Vastano JA *Determining lyapunov exponents from a time series*. Physica D: Nonlinear Phenomena. Volume 16 Issue 3, July 1985, p. 285 – 317.

14. Benettin G., Galgani L., Giorgilli A., Strelcyn J.-M. *Lyapunov Characteristic Exponents for Smooth Dynamical Systems and for Hamiltonian Systems. A Method for Computing All of Them*, Meccanica 15 (1980).

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ЕКСПОНЕНТ ЛЯПУНОВА

Майхрук З. В. , Гвоздецька І. С.

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Програмне середовище, запропоноване в даній роботі, реалізоване у вигляді пакету Java-класів. В нього входять такі пакети і класи.

Пакет `fde` призначений для отримання чисельного розв'язку диференціальних рівнянь. Пакет `graph` містить класи, які призначені для графічної візуалізації розв'язків рівнянь. В пакеті `Hodgkin_huxley` містяться класи з описом модесодержатся классы с описай Ходжкіна-Хакслі і алгоритмом розрахунку експонент Ляпунова. Сюди входять класи:

- `Hodgkin_HuxleyLiapunovExponentsSystem` – описує праві частини диференціальних рівнянь моделі Ходжкіна-Хакслі і алгоритм розрахунку експонент Ляпунова;
- `Hodgkin_HuxleyLiapunovExponentsSystemGraph` – використовується для побудови графіків розв'язків рівнянь;
- `Hodgkin_HuxleyLiapunovExponentsSystemGraphMenu` – клас, який описує головне меню програми;
- `Hodgkin_HuxleyLiapunovExponentsSystemInputDataFrame` – клас-фрейм для вводу початкових параметрів моделі.

Експоненти Ляпунова розраховуються в ході виконання циклу `for (double i = x0; i <= x1; i += hmax) {...}`

Тут i – лічильник цикла, x_0 – початок інтервалу інтегрування, x_1 – кінець інтервалу інтегрування.

На кожній ітерації відбувається побудова отронормованого базису методом Грама-Шмідта. Для цього здійснюється побудова і нормалізація першого вектору базиса:

```
znorm [1] = 0.;
for (int j = 1; j <= n_nonlinear_system; j ++ )
{znorm[1] = znorm [1] + Math.pow (y [n_nonlinear_system * j +1], 2);}
znorm [1] = Math.sqrt (znorm [1]);
for (int j = 1; j <= n_nonlinear_system; j ++ )
{y[n_nonlinear_system * j +1] = y [n_nonlinear_system * j +1] /
znorm[1];}
```

І на його основі побудова решти векторів базису, яка здійснюється під час виконання цикла:

```
for (int j = 2; j <= n_nonlinear_system; j ++ ) {...}
```

На кожній ітерації відбуваються такі дії:

- Визначення коефіцієнтів ренормалізації Грама-Шмідта `for (int k = 1; k <= j-1; k ++)`
`{gsc[k] = 0.;`

- ```

for (int l = 1; l <= n_nonlinear_system; l ++)
{gsc[k] = gsc [k] + y [n_nonlinear_system * l + j]
* y [n_nonlinear_system * l +k]; }}

```
- побудова вектора

```

for (int k = 1; k <= n_nonlinear_system; k ++)
{for(int l = 1; l <= j-1; l ++) {
y[n_nonlinear_system*k+j]=y[n_nonlinear_system*k+j]-
gsc[l]*y[n_nonlinear_system*k+l]; }}

```
  - визначення норми вектора

```

znorm [j] = 0.;
for (int k = 1; k <= n_nonlinear_system; k ++) {
znorm[j]=znorm[j]+Math.pow(y[n_nonlinear_system*k+j],2); }
znorm[j]=Math.sqrt(znorm[j]);

```
  - нормалізація вектора

```

for (int k = 1; k <= n_nonlinear_system; k ++)
{if(znorm [j]! = 0.)
{y[n_nonlinear_system * k + j] =
y [n_nonlinear_system * k + j] / znorm [j];}
else System.out.println («Null exception»);}}

```

На наступному кроці виконання алгоритма відбувається побудова експонент Ляпунова:

- ```

for (int k = 1; k <= n_nonlinear_system; k ++ )
{cum[k] = cum [ k] + Math.log (znorm [k]) / Math.log (2.);}

```
- їх нормалізація і виведення на кожній ітерації:
- ```

if ((Math.round (i / hmax))% io == 0)
{for(int k = 1; k <= n_nonlinear_system; k ++)
{System.out.println («x => + x + «,
Liapunov exponent => + cum [k] / x);}}}

```

Опис правих частин диференціальних рівнянь моделі Ходжкіна-Хакслі і правих частин лінеаризованих диференціальних рівнянь моделі Ходжкіна-Хакслі відбувається у функції fcn ().

# **МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ, В ОСНОВУ ЯКОГО ПОКЛАДЕНО ДІЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ, З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРІВ**

**Даць О. В., Паласюк Б.М.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Медичне обладнання, в основу якого покладено дію електричного струму на організм людини, відноситься до фізіотерапевтичного та використовується при проведенні процедур електротерапії. Такі прилади як: апарат для гальванізації та лікувального електрофорезу, апарат для електросон терапії, апарат для дарсонвалізації та інші є фундаментальними для опанування майбутніми лікарями і дають змогу сформувати ті компетентності та практичні навички у студентів, які вкрай необхідні для кваліфікованого медичного працівника.

Використання відеоматеріалів та комп'ютерних презентацій лекцій стало кроком до вдосконалення навчального процесу, але не вирішило посталу проблему загалом [1].

Комп'ютерні тренажери – це складні програмно-апаратні комплекси та інтегровані системи моделювання. У сучасних віртуальних комп'ютерних тренажерах закладаються принципи розвитку практичних навичок з одночасною теоретичною підготовкою. Реалізація такого підходу можлива у зв'язку з розвитком і здешевленням електронно-обчислювальної техніки, а також прогресом у галузі створення віртуальної реальності[2].

Наявність сучасних медичних приладів на теоретичних кафедрах, само по собі не забезпечує належного рівня опанування студентами відповідних діагностичних методик [3]. Студенту потрібна дидактично обґрунтована система, спрямована на розкриття фізичної суті явищ та процесів, що відбуваються у людському організмі.

При створенні віртуального тренажера того чи іншого медичного приладу розробник спирається на знання фізичних процесів, які відбуваються у живому організмі, можливості дослідження цих процесів фізичними методами, сучасні технічні розробки в окресленій галузі. Сценарій до віртуального навчального тренажера створюють-

ся спільно викладачем, який спеціалізується у даній тематиці та фахівцем у галузі комп'ютерних технологій. На завершальному етапі сценарій та сам тренажер проходить рецензування лікарями-практиками, та викладачами клінічних кафедр.

В даній роботі розглянуто три віртуальні навчальні тренажери:

- «Апарат для для гальванізації та лікувального електрофорезу»;
- «Електросон»;
- «Апарат для дарсонвалізації Корона».

За структурою дані віртуальні навчальні тренажери складаються з п'яти основних частин, що в комплексі дають можливість в повній мірі опанувати фізичний зміст роботи, послідовність проведення процедури, ознайомлення з сучасними аналогами, та вивчення структурної схеми прилада.

Розроблені віртуальні навчальні тренажери «Апарат для для гальванізації та лікувального електрофорезу», «Електросон», «Апарат для дарсонвалізації Корона», впровадження яких у навчальний процес, розширює можливості для реалізації компетентісного та діяльнісного підходу при вивченні медичної техніки. Ефективність розробленої навчальної методики базується на посиленні ролі активності, практичної спрямованості, наочності та індивідуалізації навчання.

### **Література**

1. Ткаченко Ю. Використання інформаційно-комунікаційних технологій вищих медичних навчальних закладах / Ю. Ткаченко, Н. Стучинська // Наукові записки. – Випуск 82. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. Винниченка. – 2009. – Частина 1. – 328 с. – С. 109 – 114.

2. Про затвердження Правил використання комп'ютерних програм у навчальних закладах [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства освіти і науки України 02.12.2004 № 903 / Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 17 січня 2005 р. за № 44/10324. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z0044-05>.

3. Стеценко Г.С. Медична техніка: посібник / Пенішкевич Я.І., Гриценко В.І., Голяченко О.М., Компанець В.С., Тарасюк В.С. – Луцьк: Надстир'я, – 2002. – 288с.



**СУМІСНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ  
ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ ТА КРИВОЇ АРТЕРІАЛЬНОГО  
ТИСКУ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ВЕКТОРА ЦИКЛІЧНИХ  
РИТМІЧНО ПОВ'ЯЗАНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ**

**Горкуненко А. Б., Сверстюк А. С.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Методика біфункціонального добового моніторування артеріального тиску (АТ) та холтер-реєстратора електрокардіограми (ЕКГ) є важливим засобом діагностування хвороб організму, таких як аритмія, артеріальна гіпертензія та ін.

Питанням сумісного аналізу АТ та ЕКГ присвячено велику кількість наукових праць [1], але завдання підвищення точності досліджень є актуальним, оскільки це є показником якості роботи сукупності кардіодіагностичних систем медичних приладів та спеціалізованого програмного забезпечення.

У роботі [2] вперше було використано модель у вигляді вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів, та показано ефективність застосування даної моделі до кардіосигналів. Використання моделі до сумісного аналізу АТ та ЕКГ у вигляді вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів дозволить розширити ряд діагностичних ознак за рахунок врахування спільної функції ритму та їх математичних оцінок.

**Література**

1. Шульгин В. И. Измерение артериального давления на основе совместной обработки набора физиологических показателей / В. И. Шульгин, А. Джадуей, Д. И. Шульга, К. В. Наседкин, В. В. Федотенко // Клиническая информатика и телемедицина. - 2012. - Т. 8, вып. 9. - С. 38-44.

2. Лупенко С. А. Статистичний сумісний аналіз кардіосигналів на основі вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів / С. А. Лупенко, Я. В. Литвиненко, А. С. Сверстюк // Електроніка та системи управління. Національний авіаційний університет. – 2008. – № 4 (18). – С. 22–29.

# АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПОНЕНТ ЛЯПУНОВА ДЛЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

Марценюк В. П., Майхрук З. В.

ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»

Дві траєкторії у фазовому просторі  $x(t) = f'(x_0)$  і  $x(t) + \delta x(t) = f'(x_0 + \delta x_0)$ , які розташовані дуже близько, віддаляються одна від одної експоненціально з часом. Середня швидкість розходження цих траєкторій називається експонентом Ляпунова  $\lambda$  і

визначається із співвідношення  $\|\delta x(t)\| \approx e^{\lambda t} \|\delta x_0\|$  як

$$\lambda = \lim_{\substack{t \rightarrow \infty \\ \|\delta x_0\| \rightarrow 0}} \frac{1}{t} \ln \frac{\|\delta x(t)\|}{\|\delta x_0\|} \quad (1)$$

Визначення експонент Ляпунова системи диференціальних рівнянь в даній роботі ґрунтується на методиці, запропонованій в роботах [1 - 3].

Експоненти Ляпунова визначаються переходом вздовж головної осі з центру нескінченно малої сфери. Центр сфери отримується на основі нелінійних диференціальних рівнянь при певних початкових умовах. Траєкторії точок на поверхні сфери визначаються на основі лінеаризованих диференціальних рівнянь в точках нескінченно мало віддалених від центра сфери. Головна вісь визначається лінеаризованими рівняннями і набором ортонормованих векторів, прикріплених до центру сфери. Для побудови ортонормованого базису використовується метод Грама-Шмідта.

Лінеаризацію системи нелінійних диференціальних рівнянь -(4) здійснено в околі стаціонарного певного стану  $(V^*, m^*, n^*, h^*)$ .

## Література

1. Wolf A., Swift BJ, Swinney HL, Vastano JA Determining lyapunov exponents from a time series. Physica D: Nonlinear Phenomena. Volume 16 Issue 3, July 1985, p. 285-317.

2. Benettin G., Galgani L., Giorgilli A., Strelcyn J.-M. Lyapunov Characteristic Exponents for Smooth Dynamical Systems and for

Hamiltonian Systems. A Method for Computing All of Them, Meccanica 15 (1980).

3. Shimada I. and Nagashima T., A Numerical Approach to Ergodic Problem of Dissipative Dynamical Systems, Prog. Theor. Phys. 61 (1979) 1605.

УДК 536.2

## **СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ РІДИН**

**Ладика Р. Б., Яцишин Х.Р.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
E-mail: Laduka\_r@mail.ru*

Коефіцієнт теплопровідності рідин визначається законом Фур'є, який пов'язує густину теплового потоку  $q$  з градієнтом температури  $\nabla T$

$$q = -\chi \nabla T, \quad (1)$$

де  $\chi$  – коефіцієнт теплопровідності.

Нами запропонована установка, яка дозволяє визначати коефіцієнт теплопровідності біологічних рідин. Установка працює за принципом теплового моста. Потік тепла створюється нагрівником і одночасно поширюється через датчики теплового потоку і кювети з досліджуваною та еталонною рідиною до термостатів, які мають однакову температуру. Датчики теплового потоку повинні мати однакові коефіцієнти теплопровідності, що забезпечує рівність температур на поверхнях датчиків повернутих до нагрівника. Якщо геометричні розміри датчиків і кювет в обох ділянках однакові, то на ділянках моста, які містять датчик-кювету з досліджуваною рідиною, термостат і датчик-кювету з еталонною рідиною-термостат, встановлюється однаковий градієнт температури. При рівності градієнтів температури, як впливає з формули (1), коефіцієнт теплопровідності досліджуваної рідини знаходять за формулою

$$x_q = \frac{q_q x_e}{q_e}, \quad (2)$$

де  $x_q$  і  $x_e$ -відповідно коефіцієнт теплопровідності досліджуваної і еталонної рідини,  $q_q$  і  $q_e$ -відповідно густини теплового потоку через кювети з досліджуваною та еталонною рідиною.

УДК 001.124

## ДОСЛІДИ ЛУЇДЖІ ГАЛЬВАНІ ТА ВІДКРИТТЯ КОНТАКТНОЇ РІЗНИЦІ ПОТЕНЦІАЛІВ

**Ладика Р. Б.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
E-mail: Laduka\_r@mail.ru*

У 1794 р., в книзі Маріо Глоззі «Storia della Fisica» вперше була представлена робота А. Вольта, в якій він описував, як брав дві склянки з водою, і між ними розміщував препаровану жабу, яка слугувала індикатором слабких електричних сигналів. Після розігрівання одного кінця залізної дуги у киплячій воді та наступного занурення кінців дуги у дві склянки, він побачив, що жаба почала смикатися. Вольта записав: « Я побачив, що жаба скорочується доти, поки температура на кінцях дуги не вирівняється.» При цьому ним було зроблено висновок про проходження струму. Більше того, він помічає ще більш тонке явище: « Іноді я бачив, як навіть без розігріву жаба скорочувалася. Я зрозумів, що мав неоднорідне залізо – перша частина чимось відрізнялась від другої...»

Аналізуючи цю роботу академік Л. Анатичук зробив висновок, що саме А. Вольта є першовідкривачем контактної різниці потенціалів. Насправді описані вище досліді А. Вольта були не чим іншим, як перевіркою дослідів Л. Гальвані.

Результати дослідів Л. Гальвані виклав у знаменитому «Трактаті про електричні сили при м'язевому русі», який побачив світ у 1791 році. Прочитавши трактат, А. Вольта припустив, що причиною явища, яке спостерігав Гальвані, служила присутність двох різних

металів. Керуючись цією думкою, він поставив багато дослідів і, на-  
решті, зробив важливе відкриття, про що і повідомив у 1800 році  
Лондонському королівському товариству. Вольта писав, що він знай-  
шов нове джерело електрики, яке діє подібно до батареї слабо заря-  
джених «лейденських банок» - знаменитий «вольтів стовп».

УДК 532.783

## **АКТИВНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ОПТИЧНОГО СЕНСОРА ХОЛЕСТЕРИНУ**

**Вісьтак М. В., Дмитрах В. Є.**

*Львівський національний медичний університет ім.Данила  
Галицького ,  
E-mail:vistak\_maria @ ukr.net*

У роботі розглянуто спектральні характеристики чутливого еле-  
мента оптичного сенсора холестерину, який сформовано на основі  
холестерико-нематичної суміші.

Підвищення концентрації холестерину в крові, або гіперхолесте-  
ринемія, є однією з важливих причин зростання серцево-судинних  
захворювань у всьому світі. Тому контроль рівня холестерину в біо-  
логічних об'єктах є актуальною проблемою.

Ми пропонуємо створити активне середовище на основі холесте-  
рико-нематичних сумішей та використати його в оптичних сенсорах  
холестерину.

Проведено дослідження залежності зміни спектрів пропускання  
сумішей холестеричного рідкого кристала BLO-61 та нематичного  
рідкого кристала 5CB від концентрації холестерину в діапазоні 250–  
800 нм.

Властивості нанокompозитів оцінювали за допомогою коефіцієн-  
та спектральної чутливості  $S$ . Для чистого BLO-61 коефіцієнт спек-  
тральної чутливості становить 4,2 нм/ваг.%. Для суміші цей коефі-  
цієнт збільшується, причому, чим більша концентрація нематичного  
рідкого кристала в ХНС, тим більший коефіцієнт спектральної чут-  
ливості, а при концентрації 40 ваг. % 5CB він становить 20,4 н

Встановлено, що взаємодіючи з холестерином, ХНС змінює свої спектральні характеристики, а саме, відбувається зсув довжини хвилі мінімуму пропускання в довгохвильову область.

Проаналізовано механізм взаємодії ХНС з холестерином і показано, що внаслідок взаємодії нематичних молекул із холестерином утворюється комплекс, який і приводить до збільшення кроку спіралі суміші.

# ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

## ПЕДІАТРИЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ ДІАГНОСТИЧНОГО ТА ЛІКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Стеценко В. В., Волянська Л. А., Воронцова Т. О., Кубей І. В.,  
Мудрик У. М., Синицька В. О., Рудяк Ю. А.

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет  
імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
[yurii.rudiak@gmail.com](mailto:yurii.rudiak@gmail.com)*

Медична фізика діагностичного та лікувального обладнання як принципово новий напрямок у підготовці студентів медичних та фармацевтичних вузів III та IV рівнів акредитації створювались з метою наближення одержаних знань до практичних потреб клінічної медицини. Базовою ідеєю нової дисципліни було вивчення фізичних засад функціонування сучасного медичного обладнання. Цим ця дисципліна відрізняється від предмету «медична та біологічна фізика», який у значній мірі повторює шкільну фізику (з певним акцентом на вивчення біологічних тканин) та дуже фрагментарно (та за надзвичайно малий термін навчання) шкільну математику. Згідно логіки нової дисципліни, вона, у тій чи іншій мірі, пов'язана з різними клінічними предметами. Але, на нашу думку, педіатрія займає особливе місце, оскільки об'єднує цілий комплекс клінічних аспектів. Адже лікування дітей, починаючи від їх народження, включає багатовекторні напрямки застосування медичних протоколів та відповідного апаратного забезпечення. Тому саме діагностичне та лікувальне обладнання, яке застосовується у педіатрії, широко представлене у різних тематичних циклах нової дисципліни. Це і УЗД-дослідження (включаючи доплерівську апаратуру), ЕКГ та інші методики (та відповідне устаткування) вимірювання біопотенціалів, застосування лазерної терапії та хірургії, МРТ та рентгенапарати. Крім цього, у пе-

діатрії для аналізу та моніторингу життєвих функцій дитячого організму, застосовують пульсоксиметри, холтер-монітори. У реанімації апарати штучної вентиляції легень, дефібрилятори, гідродіалізатори. Все наведене вище медичне обладнання, актуальне для педіатрії, вивчається із включенням до традиційних методик навчальних відеофільмів та віртуальних навчальних тренажерів.

Таким чином, запропонований підхід дозволяє з високою ефективністю реалізувати, так звану, Z-систему неперервності навчання у напрямку: медична фізика діагностичного та лікувального обладнання – педіатричні науки.

## **НАВЧАННЯ ОСНОВАМ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ У СИСТЕМІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ЛІКАРІВ**

**Даць О. В.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

На сьогоднішній день в Україні однією із актуальних проблем є підготовка лікарів, які повинні бути спеціалістами в галузі використання сучасної електронної медичної техніки для діагностики та терапії. Провідні фахівці своєї справи це ті, які не лише уміють користуватись сучасним медичним обладнанням, а й розуміють фізичну суть процесів, що відбуваються у живому організмі та принцип функціонування приладів для їхнього дослідження. Вищі медичні навчальні заклади у більшості не готують таких спеціалістів. У навчальних планах немає спеціальної дисципліни орієнтованої на вивчення сучасної медичної техніки. Тільки з курсу «Медична та біологічна фізика» студенти частково знайомляться з принципами роботи медапаратури, та по можливості вчать з нею працювати.

Узагальнюючи досвід застосування електроніки в медицині [1-2], можна сказати, що вона, в основному, використовується для розв'язання таких задач:

- отримання первинної медичної інформації;



- опрацювання та автоматичного аналізу отриманої первинної інформації;
- генерація фізичних чинників різної природи (електричної, електро-магнітної, механічної, теплової тощо) для дії на організм з діагностичною та лікувальною метою;
- моделювання процесів, які відбуваються в організмі;
- автоматичне управління органами і системами.

Основним призначенням діагностичної медичної апаратури є вимірювання фізіологічних параметрів, які, як правило, змінюються з часом і викликані процесами, що протікають в живих тканинах і органах. Вимірювання фізіологічних показників необхідне як при діагностиці захворювання, так і при спостереженні за динамікою лікувального процесу. Це все свідчить про те, що вивчення медичного обладнання студентами-медиками на заняттях з медичної та біологічної фізики відіграє надзвичайно важливу роль у формуванні навичок майбутніх компетентних лікарів.

Досягнення фізики минулого століття мали великий вплив на розвиток медицини та медичної техніки зокрема. Проаналізувавши розвиток медичної фізики як дисципліни та медичного обладнання, можна зробити висновок стосовно зростання ролі цієї складової в курсі навчальної дисципліни, випереджувальний характер її розвитку, розширення сфер використання медичної техніки та стрімке підвищення якісних параметрів медичних приладів та вимог до методик конструювання медичних апаратів.

Вивчення основ функціонування медичної техніки майбутніми лікарями здійснюється в рамках навчальної дисципліни «Медична фізика діагностичного та лікувального обладнання» на першому та другому (нормативний термін навчання) курсі, де задіяно особливі дидактичні підходи та навчальні технології.

Медичне приладобудування – наукова галузь, яка впродовж останніх десятиліть розвивається найбільш швидкими темпами і наукові та технічні інновації мають знаходити адекватне відображення у змісті медичної освіти, засвоєння навчального матеріалу з основ медичної техніки потребує міцних знань фізики, розуміння основ математики, фізіології, біохімії, електротехніки,

Особистісно орієнтована освіта передбачає наявність середовища, в якому особистість могла б розвиватись. Характерною прикметою сучасного освітнього процесу є використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Ці інновації, спираючись на інформаційну інфраструктуру, змінюють характер, методіку, а подекуди й зміст навчальної дисципліни. Ефективність використання комп'ютерних технологій прямо залежить від рівня ІКТ-компетентності викладача та студента і є незамінним в сучасних умовах педагогічним інструментом [3,4].

Аналіз ролі курсу основ функціонування медичної техніки свідчить про необхідність впровадження інноваційної дидактично обгрунтованої методіки навчання за допомогою віртуальних навчальних тренажерів. Саме такий підхід дасть змогу сформуванню уявлення про сучасну медичну техніку, види медичного обладнання, та фізичні принципи функціонування.

### **Література**

1. Злепко С.М. Біотехнічні системи медичного призначення : навч. посіб. Ч. 1. Біологічні та біохімічні системи як об'єкт дослідження / С. М. Злепко, М. М. Данильчук, Л. В. Загоруйко; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця, 2008. - 95 с. - Бібліогр.: с. 78-82. - укр.

2. Злепко С.М. Медична апаратура спеціального призначення : навч. посіб. / С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, Н. М. Гаврілова, І. С. Тимчик; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця, 2010. - 159 с. - Бібліогр.: 20 назв - укр.

3. Сергієнко В. П., Шут М. І. Теоретико-методичні особливості використання сучасних комп'ютерно орієнтованих засобів навчання загальної фізики. – Режим доступу: [http:// www.ime.edu-ua.net/em1/content/04svptgp.html](http://www.ime.edu-ua.net/em1/content/04svptgp.html).

4. Сіденко О.М. Застосування сучасних ІКТ під час проведення фізичного практикуму. Використання прикладного програмного забезпечення на уроках фізики з метою підвищення рівня навчання. // Фізика в школах України. – Основа, 2008, №4, 32ст.

**МЕДИЧНА ФІЗИКА ДІАГНОСТИЧНОГО ТА  
ЛІКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ – НОВИЙ НАПРЯМОК  
ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ВИЩИХ МЕДИЧНИХ  
НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ**

**Рудяк Ю. А., Дідух В. Д., Ладика Р. Б., Паласюк Б.М.,  
Гвоздецька І. С., Горкуненко А. Б., Майхрук З. В., Даць ОВ.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
[yurii.rudiak@gmail.com](mailto:yurii.rudiak@gmail.com)*

Традиційно, у медичних вишах різних країн, включаючи Україну, вивчають предмет «медична та біологічна фізика», який при деяких відмінностях його назви для різних спеціальностей, фактично, є повторним курсом шкільної фізики (з певною деталізацією вивчення фізики біологічних тканин) та експрес-повтором вибраних розділів математики. Без сумніву, ця дисципліна має свій позитив і ми не будемо у даній роботі аналізувати її ефективність.

Нами запропоновано принципово новий напрямок підготовки студентів медиків. У його основу покладено вивчення фізичних принципів функціонування медичного, діагностичного та лікувального обладнання. Ідея такого підходу належить, на превеликий жаль, покійному члену-кореспонденту НАМН України професору Л.Я. Ковальчуку, який у 2013р. (рік створення кафедри та експериментальної програми нової дисципліни) був ректором ТДМУ ім. І.Я. Горбачевського.

Стояло завдання від загальноприйнятого вивчення фізики у медичних та фармацевтичних вузах перейти до дисципліни, яка б максимально наближувала одержувані студентами знання до практичних потреб роботи з високотехнологічним сучасним медичним обладнанням та устаткуванням. Цей новий напрямок можна, у певній мірі, порівняти з такою загальноінженерною дисципліною, яка вивчається у всіх технічних вузах як «опір матеріалів». «Опір матеріалів» базується на знанні фізики та математики, але давно став самостійною дисципліною, без якої неможливо уявити підготовку сучасного інженера. Для досягнення поставленої мети, все базове

медичне обладнання було згруповано за фізичними принципами його роботи. Відповідно, у програмі дисципліни було виділено 6 циклів. Це біомеханічне медичне обладнання, електромагнітне, оптико-медичне устаткування, апаратні комплекси квантової оптики, включаючи обладнання офтальмологічних клінік, медична апаратура квантово-механічних методів дослідження та радіаційної фізики і медична апаратура, в основу роботи якої покладено комплекс фізичних явищ. Викладачами кафедри та співробітниками відділу віртуальних програм університету було створено 55 навчальних віртуальних тренажерів. У 6-ти навчально-тематичних аудиторіях (кожна з яких базова для відповідного циклу) було облаштовано комп'ютерні класи (комп'ютер викладача – сервер та «тіньові» комп'ютери студентів). У трьох з них інтерактивні дошки, у трьох інших – плазмові монітори. Фізичні ефекти на заняттях демонструються за допомогою, так званих, столів для демонстрації фізичних явищ. У навчальний процес активно включені, також, навчальні відеофільми, методичне забезпечення, а також посібники на українській та англійській мовах, видані колективом кафедри з грифом МОЗ України.

Таким чином, створена нова дисципліна «медична фізика діагностичного та лікувального обладнання» займає особливе місце у ефективній підготовці сучасних спеціалістів медичного та фармацевтичного профілів.

УДК 004.4

## **ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ**

**Яцишин В. В.<sup>1</sup>, Ладика Р. Б.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*<sup>2</sup>ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені*

*І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

*E-mail: yatcyshyn\_v@ukr.net*

Важливість одержання якісних знань на сьогодні є не тільки фактором успішного становлення фахівця, а й вимогою часу. Особливо критично якість підготовки фахівців відчуваються у сферах охоро-

ни здоров'я, проектування та обслуговування критичних систем реального часу (системи управління польотами, керування атомними станціями, управління безпілотними апаратами й засобами і т.д.). Враховуючи сучасні тенденції стрімкого розвитку ІТ галузі, якісна підготовка спеціаліста, особливо лікаря, неможлива без використання засобів дистанційного навчання. Одним із фундаментів підготовки фахівців у сфері медицини, є вивчення фізики та біофізики, як природничих наук про закони природи, структуру матерії та її рух. Тому при виборі систем дистанційного навчання необхідно враховувати наявність та можливості інтеграції засобів імітаційного моделювання процесів, які протікають в тому чи іншому об'єкті, візуалізації та аналізу даних, а також можливість використання навчальних ресурсів та перевірки знань.

Міжнародний стандарт IEEE P1484.1 визначає, що компонентами системи повинні бути особа, яка навчається, викладач, навчальні матеріали, система доставки матеріалів, система оцінювання результатів навчання, модель особи, що навчається. Однак, стандарт не визначає типи і якість навчальних матеріалів.

УДК: 37.012.8

## **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ МЕДИЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ У МЕДИЧНИХ ВНЗ**

**Мацегора Ю. С.**

*ДЗ «Луганський державний медичний університет»*

*yliya.matsegora@gmail.com*

В даний час все частіше виникає питання про те, чи варто викладати фізику майбутнім лікарям. Безумовно, фізика, як найважливіша область науки, необхідна майбутнім лікарям для формування базових уявлень про функціонування основних систем організму людини і для осмисленого застосування цих уявлень у майбутній лікарській діяльності.

Метою роботи є розгляд основних, найбільш загальних проблем, які виникають у процесі викладання дисципліни «Медична і біологічна фізика».

Перша, і одна з головних проблем – не достатня підготовка майбутніх студентів в процесі отримання базової середньої освіти. Звідси, викладач змушений витратити додатковий час на викладання студентам базового курсу фізики.

Друга, і доволі серйозна проблема, яка стосується більшою мірою ВНЗ тимчасово переміщених з окупованих територій, полягає у недостатній забезпеченості приладами для проведення лабораторних та практичних занять, підручниками, навчальними посібниками.

Ще одна проблема полягає у специфіці викладання фізики саме у медичних ВНЗ. Викладач повинен мати достатній рівень знань у сфері медицини.

Отже, вирішення проблеми бачиться таким: по-перше все необхідно звернути пильну увагу на якість викладання фізики у школі; по-друге, підтримувати зв'язок з суміжними кафедрами інших ВНЗ, ділитися та обмінюватися досвідом викладання медичної фізики; по-третє, викладачі повинні постійно самоудосконалюватися, проходити курси підвищення кваліфікації, відвідувати курси тематичного удосконалення, брати участь у наукових заходах різних рівнів тощо.

УДК 614.23:378(07)

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ПРОБЛЕМНОГО НАВЧАННЯ НА ПРАКТИЧНИ ЗАНЯТТЯХ З БІОФІЗИКИ**

**Паласюк Б. М.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
palasyukbm@tdmu.edu.ua*

Сучасна парадигма вищої освіти орієнтована на розвиток особистості, її самореалізацію, успішну адаптацію молоді до вимог інформаційного суспільства. Перед освітянами постає проблема не просто механічної передачі певного обсягу знань, а формування особистісних якостей і творчих здібностей студентів, умінь самостійно здобувати нові знання та розв'язувати проблеми. Реалізувати її можна через впровадження нових методів та технологій навчання, пріоритетне місце серед яких належить проблемному навчанню.

Проблемне навчання, за визначенням М. Фіцули [1], це така організація навчального процесу, яка передбачає створення у свідомості студентів під керівництвом викладача проблемних ситуацій і організацію активної самостійної діяльності їх розв'язання, в результаті чого і відбувається творче оволодіння знаннями, уміннями і навичками та розвиток розумових здібностей.

Проблемне навчання базується на створенні особливого виду мотивації – проблемної, тому потребує адекватного конструювання дидактичного змісту навчального матеріалу у вигляді ланцюжка проблемних ситуацій. Проблемні методи передбачають активну пізнавальну діяльність студентів, яка полягає у пошуку та вирішенні складних питань, що вимагають актуалізації знань, аналізу, уміння бачити за окремими фактами і явищами їх суть та закономірності.

Процес навчання у вищій школі реалізують у межах різноманітної цілісної системи організаційних форм і методів навчання, провідним серед яких залишається практичне заняття. На нашу думку, саме проблемне навчання у поєднанні з мультимедійними технологіями сприяє досягненню на практичному занятті максимального навчального ефекту, тому активно застосовуємо його при викладанні медичної фізики.

Проблемна ситуація здебільшого пропонується студентам перед поясненням навчального матеріалу. Отримавши комплексне завдання, студенти аналізують проблему, висувають гіпотези і припущення з її вирішення; визначають, яких знань їм не вистачає, щоб вирішити проблему. Використавши різні джерела інформації, застосовують здобуті знання для розв'язання проблеми. Нестандартна постановка комплексного завдання вимагає креативного мислення і спонукає членів групи обмінюватись думками, дискутувати, використовувати творчий потенціал кожного і шукати необхідну інформацію, прислухатись до думки колег, формуючи спільне рішення з розв'язання поставленого завдання.

Якщо на традиційному занятті викладач спрямовує свою роботу на досягнення навчальної мети, то на проблемному при збереженні кінцевої мети й основного змісту навчальної роботи зусилля викладача спрямовані на управління гностичним компонентом діяльності.

### **Література:**

1. Фіцула М. М. Педагогіка : навч. посібн. / М. М. Фіцула. — К. : Академія, 2001. — 528 с.

**ПРОБЛЕМИ І ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ МЕДИЧНОЇ  
ФІЗИКИ ІНОЗЕМНИМ СТУДЕНТАМ У ВИЩИХ  
МЕДИЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ**

**Паласюк Б. М.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
palasyukbm@tdmu.edu.ua*

Сьогодні тенденції розвитку вищої школи України спрямовуються у європейський освітній простір, це стосується, зокрема, навчання та обміну студентів в університетах.

Підготовка іноземних студентів у ТДМУ імені І.Я. Горбачевського здійснюється англійською мовою. Викладання медичної фізики для англомовних студентів-іноземців має ряд специфічних методичних особливостей, які необхідно враховувати в навчальній діяльності та при підготовці дидактичних матеріалів. Найважливіша проблема, яка виникає під час вивчення медичної фізики, а також інших предметів на першому курсі, пов'язана з психофізичною специфікою студентів з інших країн, які перебувають у незнайомому соціокультурному середовищі.

При вивченні медичної фізики у першокурсників виникають проблеми з вимовою нових слів, їх написанням та відтворенням. Студенти запам'ятовують лише назви понять без означень, формули без назв фізичних величин та їх одиниць вимірювання тощо, а тому без достатнього словникового запасу нової термінології у них виникають труднощі при поясненні фізичних явищ та процесів, методів застосування знань у медицині.

Ще однією проблемою є різнорівневий стан знань з шкільної фізики та математики, набуті навички виконання самостійної роботи, перешкоди при спілкуванні через недостатній словниковий запас англійської мови і діалектичні забарвлення вимови.

З метою вирішення вищезгаданих проблем викладачами кафедри розроблено комплекс навчально-методичних матеріалів, розрахований на аудиторну та позааудиторну діяльність. Видано підручник з



медичної фізики англійською мовою, у якому навчальний матеріал адаптований для кращого його засвоєння іноземними студентами.

У розроблених навчально-методичних розробках формуємо навчальний матеріал для англомовних студентів з додатковими підказками: з транскрипцією вимови нових елементів знань, синонімами до деяких слів, наведенням прикладів завдань, тестів та розв'язання задач. Виокремлюємо інформацію про практичне застосування теоретичних знань для посилення взаємозв'язку фундаментальності й фахової спрямованості предмету. Розширюємо моделювання змісту об'єктів вивчення за допомогою мультимедійних технологій. Широко застосовуємо наочні та інструментальні засоби навчання – віртуальні навчальні тренажери. Впроваджуємо творчі завдання для розвитку логічного мислення, зацікавлення і активності студентів-іноземців (технологія проблемного навчання, особистісно-орієнтоване навчання, технологія розвитку критичного мислення, проектне навчання тощо).

Удосконалення методики викладання медичної біофізики на основі впровадження інноваційних методів та дидактичних засобів навчання дозволяє адаптувати навчальний процес до вимог формування якісних знань та умінь англомовних іноземних студентів вищих навчальних медичних закладів.

## **ІНТЕГРОВАНЕ НАВЧАННЯ – МОДЕЛЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ВИВЧЕННІ ОСНОВ БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ ТА МЕДИЧНОЇ АПАРАТУРИ**

**Мазур П. Є., Шумбар О. В.**

*Кременецьке медичне училище імені Арсена Річинського*

Процеси глобалізації, інтеграції та інформатизації суспільства в Україні зумовили нові вимоги до професійної підготовки медичних працівників, тому важливо, щоб під час навчання студенти-медики не просто отримували знання з окремих дисциплін, а здобували комплекс знань. Впровадження інтеграції у навчально-виховний процес училища сприяє розв'язанню ряду проблем: усунення інформа-

ційної перевантаженості процесу навчання, ущільнення, згортання і концентрації знань, націлення на формування самостійності і творчості у студентів та раціонального використання засвоєних знань.

Інтегроване навчання є діючою моделлю активізації інтелектуальної діяльності та розвиваючих прийомів навчання. Воно зобов'язує до різноманітних форм викладання, що має великий вплив на ефективність сприйняття студентами навчального матеріалу.

**Мета дослідження:** використання форм інтегрованого навчання під час проведення занять з основ біологічної фізики та медичної апаратури та аналіз їх впливу на рівень знань та вмінь студентів.

Дослідження проводилося серед студентів другого курсу відділення «Сестринська справа» Кременецького медичного училища імені Арсена Річинського. Інтегровані заняття по темі «Основні поняття біореології та гемодинаміки» дали змогу об'єднати блоки знань із фізики «Ньютонівські і неньютонівські рідини», «Ламінарний та турбулентний плин в'язких рідин», «Методи визначення коефіцієнта в'язкості», «Рух рідин по трубках із пружними стінками», анатомії та фізіології людини «Кров та її властивості», «Поняття про кола кровообігу», «Рух крові по судинах», «Фізіологія кровоносних судин» і т.д. Теми різних навчальних предметів навколо однієї проблеми збагатили інформаційне та емоційне сприймання, мислення, почуття студента і дали змогу пізнавати певне явище різнобічно, досягати цілісності знань. Заняття-лекція сформувало у студентів цілісну систему уявлень про плинність біологічних рідин та рух крові в судинній системі, поглибило та розширило уже набуті знання студентів.

Проблему із застосування отриманих знань студентами у практичній діяльності вирішували на практичному занятті у формі гри «Самий розумний», сценарій якої створено і спільно проведено викладачами із вищенаведених предметів. Студенту буває важко встановити зв'язки між науковим поняттям і відповідним предметом, а присутність на занятті декількох викладачів одночасно дало можливість зацікавити учасників до пошуку рішень, сконцентрувати увагу навколо проблемної теми, активізувати їх розумову діяльність.

«Основи біологічної фізики та медична апаратура» - інтегрований курс, в якому синтезовані знання з фізики, хімії, біології, математики, анатомії та фізіології, тому деякі інтегровані заняття будувалися

в межах лише даного предмета (внутрішньопредметна інтеграція) внаслідок інтегрованого змісту кількох навчальних дисциплін. Результат залежав від уміння здійснити це інтегрування науково і методично правильно.

Аналізуючи показники якості знань студентів по предмету, виявилось, що студенти краще засвоїли знання і отримали кращі оцінки із тем, які розглядалися на заняттях, проведених у формі інтегрованого навчання.

**Висновок.** Інтегровані заняття мають ту особливість, що на них у максимально можливій мірі можна реалізувати міжпредметні зв'язки, які впливають на відбір і структуру навчального матеріалу цілого ряду предметів. Це засіб для досягнення тієї атмосфери в аудиторії, яка найкраще сприяє співробітництву, порозумінню й доброзичливості, надає можливості дійсно реалізувати особистісно-орієнтоване навчання, суть якого полягає у тому, що навчальний процес відбувається за умови постійної, активної взаємодії всіх студентів. Найбільша складність в проведенні таких занять – організація, компонування змісту й визначення важливості того чи іншого аспекту. Інтегроване навчання ефективно сприяє зростанню інтересу до предмету та формуванню вмій і навичок студентів.

# **ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ЗАГАЛЬНОЇ, МЕДИЧНОЇ І БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ**

УДК 614.23:378(07)

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ПРИ ВИКЛАДАННІ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ МЕДСЕСТРАМ-БАКАЛАВРАМ**

**Паласюк Б. М.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
palasyukbm@tdmu.edu.ua*

Сучасні тенденції розвитку медицини висувають нові вимоги до якості професійної підготовки медичних сестер і результативності їх діяльності. Сьогодні професійна підготовка фахівця набуває нових рис та напрямків, одним із яких є інформатизація освіти, основною метою якої є створення інформаційного простору, що виконує навчальні функції. Поряд із традиційними формами навчання у підготовці майбутніх медичних сестер широко використовується дистанційне навчання, яке здійснюється на основі новітніх інформаційних та комунікаційних технологій.

Для дистанційної форми навчання характерною є самостійна робота студентів з наданням їм доступу до інформації, передбаченої програмою навчального курсу. Підґрунтям для дистанційної форми навчання виступають традиційні дидактичні принципи освіти, однак вони доповнюються новими умовами і критеріями нового учбового середовища. Дослідники [1, с.30] відмічають, що перевагами дистанційного навчання є можливість встановити власний індивідуальний темп опрацювання навчального матеріалу; самостійний вибір місця та часу навчання; рівні можливості одержання освіти незалежно від місця проживання, стану здоров'я і соціального статусу; можливість спілкування студента із викладачем синхронним (відеоконференції)

та асинхронним (електронна пошта) способом; значне вивільнення аудиторного фонду тощо.

Дистанційна форма навчання використовується у ТДМУ імені І.Я. Горбачевського у професійній підготовці іноземних студентів, які опановують професію медичної сестри-бакалавра. При викладанні медичної фізики медсестрам-бакалаврам найчастіше використовуємо кейс-технології, за допомогою яких надсилаємо студентам пакет навчальних матеріалів або так званий кейс для самостійного опрацювання. У кейсі подаємо аудіо- та відеоматеріали, комп'ютерні віртуальні програми, які дають змогу ефективніше засвоїти навчальний матеріал. Перевірку виконання завдань здійснюємо в основному за допомогою електронної пошти. Застосовуємо також й інші дистанційні технології, зокрема, Інтернет-технології, які дозволяють здійснювати «віртуальне спілкування» між викладачем і студентом, встановити індивідуальний темп навчання та опрацювання навчального матеріалу.

Досвід викладання медичної фізики у дистанційній формі свідчить, що ця форма навчання є досить ефективною для забезпечення отримання якісної професійної підготовки

#### **Література:**

1. Толочко В.М. Проблемні аспекти дистанційної форми освіти та можливості її використання в Україні / В.М. Толочко, Ю.П. Медведєва, М.В. Зарічкова // Провізор. – 2009. – №11. – С.29-31.

## **ВІРТУАЛЬНІ НАВЧАЛЬНІ ТРЕНАЖЕРИ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ОСНОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Даць О.В.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Раціональне та ефективне використання медичного обладнання залежить від технічних характеристик приладів та кваліфікації медичного персоналу [1]. Наявність медичних приладів на теоретич-

них кафедрах, само по собі не забезпечує належного рівня опанування студентами.

Метою роботи є розроблення та впровадження в навчальний процес інноваційної методики навчання лікувального та діагностичного обладнання.

Вивчення основ функціонування медичної техніки, з допомогою віртуальних навчальних тренажерів, здійснюється в рамках навчальної дисципліни «Медична фізика діагностичного та лікувального обладнання». Успішне засвоєння матеріалу потребує міцних знань фізики. Віртуальні тренажери дають змогу студенту, не тільки опрацювати теорію, а й побачити, і в повній мірі освоїти фізичний зміст роботи медичного приладу. Завдяки комп'ютерному моделюванню стало можливим графічне відображення, анімація фізичного явища [2,3], яке проходить протягом роботи того чи іншого лікувального або діагностичного обладнання, а також голосовий супровід. Це значною мірою підвищило зацікавленість студентів, адже робота з навчальними тренажерами найбільш наближена до реальності і задіює не тільки слух та зір, а й дає можливість власноруч керувати віртуальним приладом за допомогою комп'ютерної миші.

Дана методика навчання знайшла своє місце на кафедрі медичної фізики діагностичного та лікувального обладнання Тернопільського державного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського. На сьогоднішній день використовується 55 віртуальних навчальних тренажерів. Використання цієї методики значною мірою стимулювало студентів до вивчення основ функціонування медичного обладнання. За цим прикладом послідувало багато теоретичних та лікувальних кафедр ВУЗу, виходячи із своїх потреб, створили ряд віртуальних тренажерів, які активно використовуються у навчальному процесі. Використання вище описаних комп'ютерно-орієнтованих програм дало змогу підняти рівень кваліфікації майбутніх лікарів та медичного персоналу загалом.

### **Література**

1. Стеценко Г.С. Медична техніка: посібник / Пенішкевич Я.І., Гриценко В.І., Голяченко О.М., Компанець В.С., Тарасюк В.С. – Луцьк: Надстир'я, – 2002. – 288с.

2. Про затвердження Правил використання комп'ютерних програм у навчальних закладах [Електронний ресурс] : Наказ Міністер-

ства освіти і науки України 02.12.2004 № 903 / Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 17 січня 2005 р. за № 44/10324. – Режим доступу : <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z0044-05>.

3. Матлин А.О. Интерактивные средства обучения в образовательном процессе. // Фоменков С.А. В межвузовском сб. научных статей «Известия Волгоградского государственного технического университета. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. Вып.8». - Волгоград: ВолГТУ, 2010, №6(66), с. 110-111.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕХНІЧНИХ ТА ГУМАНІТАРНИХ ДИСЦИПЛІН НА ПРИКЛАДІ UNIVERSITY OF BIELSKO BIALA**

**Гвоздецька І. С., Христенко О. М.,**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

В умовах глобалізації та динамічного розвитку модерної освіти обмін досвідом у сфері викладацької та наукової роботи служить необхідним підґрунтям для постійного вдосконалення та відповідних ефективних інновацій. Програма вивчення особливостей освітнього процесу в University of Bielsko Biala (Республіка Польща) зосереджувалася на трьох основних напрямках: організація навчального процесу із використанням інноваційних інформаційних засобів, проектний підхід у навчальній та науковій роботі та впровадження інклюзивної освіти в європейських університетах.

У контексті вивчення методики застосування інноваційних інформаційних технологій у навчальному процесі університету, з'ясовано, що студенти формують свою готовність створювати інтерактивний контент у програмі «Unity», освоюють основи графіки й мультимедіа та цікаву навчальну дисципліну «Система і методи прийняття рішень». Власне, актуальним є досвід формування таких загальних компетентностей студентів усіх спеціальностей як здатність створювати інформаційний продукт за допомогою комп'ютерних інформа-

ційних засобів (відеоролики, презентації). Для майбутніх медичних працівників це, зокрема, означає готовність до здійснення профілактичної просвітницької роботи серед населення.

Також у ході дослідження визначено особливості фахової підготовки студентів з педагогіки здоров'я та впровадження інклюзивної освіти. Так, навчальна та наукова діяльність колективу цього європейського університету спрямована на розв'язання сучасних проблем дитини, сім'ї та суспільства в контексті мультидисциплінарного підходу (філософія освіти, психологія, кафедри педагогіки зосереджуються на таких проблемах: організація навчально-виховної роботи з дітьми з особливими потребами, способи життєдіяльності дитини в умовах постмодерну і з точки зору впливу нових медіа на її розвиток, різні аспекти здоров'я дітей, роль педагога у діагностиці і профілактиці ризиків для здоров'я дітей, дослідження сучасної сім'ї, її зміни і загрози з метою протидії соціальній маргіналізації).

Дана тематика є актуальною, зокрема, в межах підготовки фахівців із спеціальності «Фізична реабілітація», а також інших спеціальностей, дотичних до проблем педагогіки здоров'я та формування фахових компетентностей лікаря як педагога-психолога-соціального працівника.

З метою упровадження інклюзивної освіти в польському університеті майбутні фахівці з педагогіки здоров'я вивчають особливості роботи з неповносправними дітьми, забезпечення організаційно-педагогічних умов для функціонування інклюзивних класів (груп) тощо.

Водночас, провідною тенденцією діяльності University of Bielsko Biala є широке застосування проектного підходу. Це сприяє розвитку дослідницьких, пошукових, креативних компетентностей студентів усіх спеціальностей, підвищенню якості освіти та реалізації принципів академічної доброчесності. Наукова робота викладачів польського університету передбачає активну участь у розробці та реалізації проектів суспільно корисного значення, кращі з яких фінансуються профільним міністерством.

Отже, здобутий досвід можна використовувати у навчально-методичній роботі:

а) підготовка навчальних завдань для семінарських і практичних завдань із застосуванням інформаційних технологій – відеоролики, презентації;



б) розширення змісту навчальної дисципліни «Педагогіка» для студентів спеціальності «Фізична реабілітація» інформацією про результати сучасних наукових досліджень з проблем педагогіки здоров'я та інклюзивної освіти;

в) підготовка навчальних завдань для семінарських і практичних завдань дослідницького (проектного) характеру) з метою реалізації принципів академічної доброчесності в університеті;

та в науковій роботі:

а) підготовка наукових праць із урахуванням європейських тенденцій розвитку педагогічної науки, а саме здійснення досліджень суспільно корисного спрямування (педагогіка здоров'я, методика впровадження інклюзивної освіти в Україні тощо);

б) участь у спільних наукових проектах з польськими колегами (конференції, наукові публікації та ін.).

## **РОЗРОБКА СЦЕНАРІЮ ВІРТУАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ТЕРМОЦИКЛЮЮЧА СИСТЕМА ROTOR-GENE 6000 ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОЛІМЕРАЗНО-ЛАНЦЮГОВОЇ РЕАКЦІЇ**

**Сверстюк А. С., Горкуненко А. Б., Гвоздецька І. С.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Відомо, що полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) – експериментальний метод молекулярної біології, спосіб значного збільшення малих концентрацій бажаних фрагментів дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) в біологічному матеріалі (пробі). ПЛР дозволяє проводити безліч інших маніпуляцій з генетичним матеріалом (введення мутацій, зрощення фрагментів ДНК), і широко використовується в біологічній і медичній практиці, наприклад для клонування генів, введення мутацій, виділення нових генів, секвенування, для створення і визначення генетично модифікованих організмів, діагностики захворювань (спадкових, інфекційних), ідентифікації малих кількостей ДНК, встановлення батьківства [1].

При проведенні ПЛР виконується 20-35 циклів, кожен з яких складається з трьох стадій: денатурація, відпал [2], елонгація [3].

Враховуючи те, що усі наведені дослідження проводять в стерильних умовах, а інколи в закритих боксах, то актуальність створення даної віртуальної програми полягає в можливості ознайомлення з будовою та принципом роботи термоциклюючої системи для ПЛР.

Згідно сценарію віртуальної програми студенти спочатку знайомляться з теоретичними відомостями та сучасними системами для ПЛР. Потім з принципом роботи та будовою термоциклюючої системи Rotor-Gene 6000 (рис. 1).

Роторна будова реакційного модуля в Rotor-Gene 6000 забезпечує високу точність одержуваних даних за рахунок максимальної рівномірності температури для всіх зразків, що є ключовим моментом при проведенні ПЛР-аналізу.

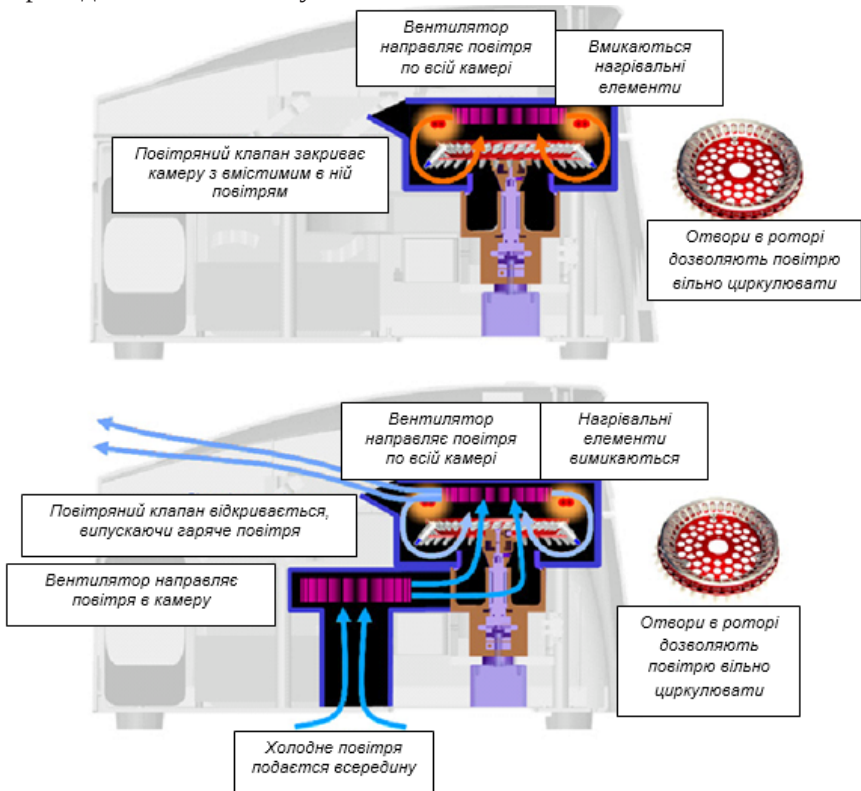


Рис. 1. Складові вузли з поясненням роботи системи нагрівання-охолодження реакційного модуля Rotor-Gene 6000.

Ротор із зразками постійно обертається під час аналізу зі швидкістю 400 обертів за хвилину. Таке центрифугування не створює градієнта концентрацій, не заважає протіканню реакції, при цьому перешкоджає утворенню конденсату на кришках пробірок і усуває пухирці повітря, що потрапили в розчин. Таким чином, пробірки перед постановкою в прилад немає необхідності центрифугувати.

Зразки нагріваються і охолоджуються в потоці повітря, створюваного повітряним вентилятором. Нагрівання повітря забезпечується за допомогою нікель-хромового елемента в кришці приладу. Охолодження реакційної камери здійснюється шляхом обдування повітрям, що забирається зовні знизу приладу, при цьому повітря знаходився до цього в камері видувається назовні через отвори у верхній частині приладу.

Студентам пропонується розмістити органи управління, відповідні блоки з поясненням роботи системи нагрівання-охолодження згідно рис. 1.

Після завершення виконання заданої програми термоциклювання прилад виконує охолодження зразків і камери до безпечної (кімнатної) температури.

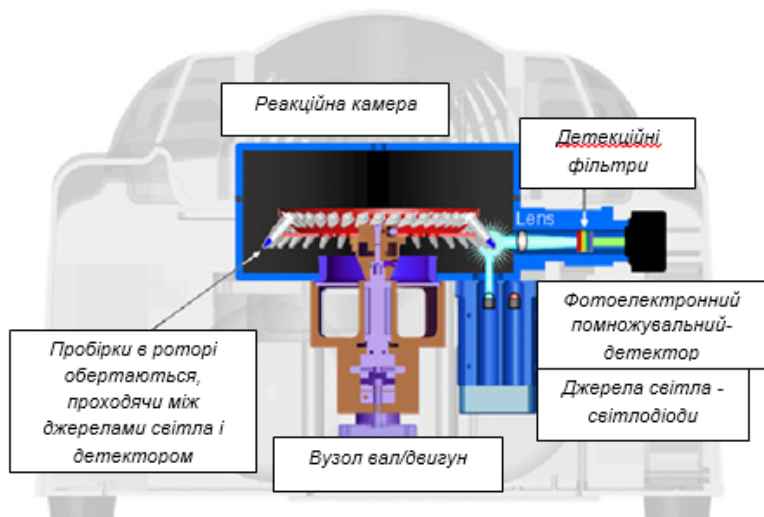


Рис. 2. Оптична система мультиканальної детекції термоциклюючої системи Rotor-Gene 6000.

флуорофорів, надаючи широкі можливості для проведення мультиплексних реакцій. Постійна довжина оптичного шляху при детекції всіх зразків забезпечує максимальну відтворюваність і точність детекції флуоресцентного сигналу кожного із зразків. Оптична система Rotor-Gene 6000 не вимагає ні проведення калібрування, ні компенсації спотворень при вимірюванні, що використовуються в інших системах.

Коли пробірки з досліджуваними зразками в ході обертання проходять перед модулем детекції, світлодіод з високою енергією освітлює зразок для збудження флуоресценції в реакційній суміші, і фотоелектронний помножувач, що знаходиться збоку, детектує енергію флуоресцентного випромінювання, що проходить через відповідний світлофільтр. При цьому випромінювання проходить через тонкі стінки пробірки в нижній її частині. Ці дані пересилаються на персональний комп'ютер, який усереднює сигнал для кожного зразка, який вимірюється за кожен з обертів ротора. Ці дані виводяться на екран в режимі реального часу в формі графіка залежності флуоресценції від номера циклу ПЛР або від температури. Постійна довжина оптичного шляху в ході вимірювання для кожного з аналізованих зразків забезпечує максимальну точність і відтворюваність вимірювання незалежно від положення зразка в роторі. При цьому абсолютно не потрібно використовувати пасивний барвник (флуорофор) для нормалізації даних.

Студентам пропонується розмістити органи управління, відповідні блоки з поясненням роботи оптичної системи термоциклюючої системи Rotor-Gene 6000 для проведення ПЛР згідно рис. 2.

Використовуючи наведений сценарій, пропонуємо розробити віртуальну програму, яку можна буде використовувати на заняттях з дисципліни «Медична фізика діагностичного та лікувального обладнання», тема «Клінічні аналізатори комплексу явищ».

### **Література**

1. Путинцева Г.Й. Медична генетика: підручник. К., 2008, 392 с.
2. Марценюк В.П. Задача оптимального керування стадією відпалу полімеразно-ланцюгової реакції / В.П. Марценюк, А.С. Сверстюк, О.М. Кучвара // Клиническая информатика и телемедицина. – 2015.-№ 12. – С.47-51.

3. Марценюк В.П. Задача оптимального керування стадією елонгації полімеразно-ланцюгової реакції / В.П. Марценюк, А.С. Сверстюк, І.С. Гвоздецька // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2015.-№ 4. – С.75-82.

## **ВІРТУАЛЬНА ПРОГРАМА ТЕЛЕМЕДИЧНІ СИСТЕМИ**

**Вакуленко Д. В., Сверстюк А. С., Семенець А. В., Климук Н. Я.,  
Кравець Н. О., Кучвара О. М.**

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені  
І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Відомо, що телемедицина є напрямком медицини, що використовує телекомунікаційні та електронні інформаційні (комп'ютерні) технології для надання медичної допомоги й послуг у сфері охорони здоров'я.

Актуальність створення даної віртуальної програми полягає в можливості ознайомлення з будовою та принципом роботи телемедичних систем, які забезпечують надання будь-якій людині, незалежно від її місцезнаходження, медичної допомоги в необхідному обсязі та в короткий термін.

Згідно сценарію віртуальної програми студенти спочатку знайомляться з теоретичними відомостями та сучасними мобільними телемедичними комплексами та системами дистанційного біомоніторингу (цифровий спірометр із телемедичними функціями, вимірювач артеріального тиску ВАТ 41-2, відеокольпоскоп КН 2200А, портативний повнофункціональний електрокардіограф ЮКАРД-100).

Розглянуто принцип телеконсультування та телеметричний кардіологічний комплекс «UNET», який забезпечує висококваліфіковану діагностику роботи серця кардіологом-консультантом незалежно від місця знаходження пацієнта і лікаря, а також проведення масових обстежень населення та інших заходів, спрямованих на своєчасне виявлення серцево-судинних патологій.

Розглянуто принцип роботи портативного повнофункціонального електрокардіографа ЮКАРД-100 з функцією телеметрії, який

використовується для реєстрації ЕКГ. Записана 12-канальна ЕКГ аналізується на місці за допомогою вбудованої в електрокардіограф системи автоматичного аналізу. Ідентифікаційні дані пацієнта заносяться за допомогою компактною клавіатури, зберігаються в незалежній пам'яті приладу разом з ЕКГ. При необхідності ЕКГ може бути роздрукована на термопринтері разом з ідентифікацією пацієнта та даними обробки. ЕКГ і дані автоматичного аналізу можуть бути використані фахівцем на місці для постановки діагнозу, призначення лікування та рекомендації подальших дій для пацієнта.

При необхідності отримання кваліфікованої консультації кардіолога ЕКГ відправляється в автоматичному режимі по цифровому каналу зв'язку (проводовому або бездротовому) в телемедичний кардіологічний центр (ТКЦ). При встановленій системі ведення електронних баз медичних записів така процедура виконується в усіх випадках реєстрації ЕКГ. У ТКЦ, оснащеному телеметричним кардіологічним комплексом «UNET», проводиться автоматичний прийом ЕКГ разом з ідентифікацією пацієнта і часом реєстрації, а також даними медпрацівника, який реєстрував ЕКГ. Прийнята ЕКГ додається в електронну карту пацієнта або створюється нова карта у разі першого звернення пацієнта. Кардіолог ТКЦ аналізує прийняту ЕКГ, порівнюючи динаміку змін до раніше зареєстрованими ЕКГ з електронної карти пацієнта. Кардіолог може зв'язатися з медпрацівником на місці, зателефонувавши на вбудований в електрокардіограф GSM-модуль, або на мобільний телефон, і уточнити клінічну картину. Після уточнення всіх даних кардіолог формує остаточний висновок і дає рекомендації про подальші дії медпрацівникові на місці (невідкладні заходи, госпіталізація, ін.). Висновок і рекомендації заносяться в електронну картку пацієнта і будуть доступні через Інтернет при подальшому лікуванні пацієнта в спеціалізованих медичних установах за їх запитами.

У віртуальній програмі студентам також пропонується скласти задані загальні схеми телемедичних систем віддаленого консультування та діагностики.

Пропонуємо використовувати розроблену віртуальну програму на заняттях з дисципліни «Медична фізика діагностичного та лікувального обладнання», тема «Фізичні основи електрографії».

## **РОЛЬ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ЗАСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ОРГАНІЗАЦІЇ КУРСУ ФІЗИКИ**

**Скоренький Ю. Л., Крамар О. І., Ковалюк Б. П.,  
Нікіфоров Ю. М., Сіткар О. А., Рокіцький О. М.,  
Кульчицький В. І., Дідух Л. Д.**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана  
Пулюя  
kaffiz@tu.edu.te.ua*

Мультимедійна підтримка освітнього процесу включає в себе відеолекції, навчальні фільми й анімації, аудіо-книги, інтерактивні елементи навчання (симуляції). У курсах фізики, які читаються в ТНТУ ім. Івана Пулюя, в тому числі для студентів-іноземців, лекції та презентації з навчальними анімаціями використовуються близько десяти років, відеолекції та симуляції – понад три, тому сьогодні ми маємо певний досвід і відповідну технічну базу [1, 2, 3]. Мультимедійні засоби органічно поєднуються з дистанційними технологіями, що дозволяє збагачувати спектр навчальних впливів та підвищувати їх дієвість.

В доповіді висвітлено досвід кафедри фізики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя у впровадженні інформаційних технологій для ефективного викладання курсу фізики.

### **Література**

1. Дідух Л.Д. та ін. Методика викладання фізики. Публікації викладачів кафедри фізики ТНТУ – Тернопіль, ТНТУ, 2015. Режим доступу <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/8384.2>.
2. Скоренький Ю., Крамар О. До питання підвищення якості знань студентів з фізики / Ю. Скоренький, // Матеріали XVIII наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 29-30 жовтня 2014 року – Т. : ТНТУ, 2014 – С. 169-170. – Режим доступу <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/7476>
3. Скоренький Ю. Л. Відкриті дистанційні курси природничо-математичного і технічного спрямування // Збірник праць. Т.9: Сучасні

проблеми техніки і технології / Тернопільський осередок НТШ – Тернопіль : Астон, 2014. – Том 9. – С. 202-212. Режим доступу <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5116>.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ТВЕРДИХ БІОТКАНИН ПРИ МЕХАНІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФІЧНОЇ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ**

**Жук І. Ю.<sup>1</sup>, Яремчук О. М.<sup>1</sup>, Січко В. М.<sup>2</sup>, Журавльова С. А.<sup>2</sup>,  
Пригода О. П.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Черноморський національний університет імені Петра Могили,  
м. Миколаїв,*

*<sup>2</sup>Миколаївський національний університет  
імені В.О. Сухомлинського, м. Миколаїв.*

Актуальність проблеми. Сучасні методи протезування та внутрішньокісткова імплантація пов'язані із актуальною проблемою біомеханіки по визначенню напружено-деформованого стану (НДС) в приконтактних з протезом зонах кісткових та хрящових тканин. Відсутність відновлення хірургічно видалених тканинних структур спричиняє локальні деформації під впливом механічних навантажень. Проблеми також виникають при розробці нових матеріалів та допоміжних пристроїв.

Метою даного дослідження є розробка методики визначення НДС кісткової тканини та залишкових деформацій в штучній еластичній вставці імплантанта після циклічного навантаження. Ефективним для вирішення експериментальних задач біомеханіки є метод голографічної інтерферометрії (ГІ)[1], який забезпечує безконтактне вимірювання малих переміщень в твердих біотканинах та моделюючих матеріалах.

Результати дослідження. Голографічний інтерферометр згідно  $K \cdot U = N \cdot \lambda$  (1) дає можливість в кожній точці досліджуваної поверхні визначити проекцію вектора  $U$ -переміщення на напрямок вектора  $K$ -чутливості по відомому порядку  $N$ -інтерференційної смуги та довжині хвилі  $\lambda$  випромінювання лазера. Повне визначення вектора



U-переміщення отримаєм за рахунок поєднання метода ГІ з методом відновлення опорної хвилі [2].

Досліджувана модель представляє собою еластичну вставку, що розміщена між двома кістковими фрагментами, які зафіксовані в навантажувальному пристрої з електромагнітним приводом. Даний пристрій забезпечує циклічне квазістатичне навантаження з періодом від 2 до 10 с.

Оптична схема інтерферометра утворюється двома колімованими світловими пучками, які після розділення по фронту дзеркалами утворюють два предметних освітлюючі пучки I і II, симетричних відносно осі об'єктива, якій фокусує зображення досліджуваної поверхні на площину фотопластинки ПФГ-01. Голограми записуються на фотопластинках плоскою опорною хвилею. При проведенні експерименту на фотопластину послідовно експонують дві «опорні» голограми сфокусованого зображення незавантаженої моделі: одна – при освітленні пучками I, друга – при освітленні пучками II. Всі інтерферограми спостерігаються в реальному часі та фотографуються цифровою фотокамерою.

Розв'язування системи рівнянь (1) при обраній оптичній схемі можливе методом найменших квадратів відносно невідомих компонент деформаційних переміщень  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U_z$  для кожного з вузлів розмітаної сітки, нанесеної на поверхню досліджуваного об'єкта. Обчислення компонентів деформацій виконується згідно формул Коші.

Висновки. Отримані результати підтверджують ефективність використання даного підходу до визначення деформацій твердих біотканин під дією механічних навантажень. Для удосконалення методики досліджень планується створення модуля, що дозволить проводити дослідження деформованого стану об'єкта на будь-якій проміжній стадії його навантаження.

### **Список літератури.**

1. Ч. Вест. Голографическая интерферометрия. - М. Мир, 1982.
2. Григоренко А.Я., Золотой Ю.Г., Сичко В.М. Голографическое исследование напряженно-деформированного состояния костной ткани челюстей при протезировании на внутрикостных имплантатах. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» Николаев, 2005.

## ЗМІСТ

### **ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ**

ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ  
Дідух В. Д., Рудяк Ю. А. .... 3

ІСТОРІЯ КАФЕДРИ: ВІД ФІЗИКИ ДО МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ  
Дідух В. Д., Рудяк Ю. А., Москаль Д. М., Ладика Р. Б. .... 4

### **СУЧАСНІ ДОСЯГНЕННЯ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ**

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ НОВИХ ОПТИЧНИХ МЕТОДІВ МЕХАНІКИ  
Рудяк Ю.А., Підгурський М.І., Войтович Л.В., Куцак О.М. .... 6

### **ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ МЕДИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ**

ОСОБЛИВОСТІ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ  
ДЛЯ ВИХОДЖУВАННЯ НЕДОНОШЕНИХ ТОДКЛ ТА ФІЗИЧНІ  
ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ  
Стеценко В. В., Бліхар Т. В., Дідух З. Б., Сотник А.В.,  
Кернична З. І., Кульчик О.О., Рудяк Ю.А. .... 8

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ В СИСТЕМІ  
ХОДЖКІНА-ХАКСЛІ  
В. П. Марценюк, З. В. Майхрук..... 9

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ  
ЕКСПОНЕНТ ЛЯПУНОВА  
Майхрук З. В. , Гвоздецька І. С. .... 12

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ, В  
ОСНОВУ ЯКОГО ПОКЛАДЕНО ДІЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО  
СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ, З ВИКОРИСТАННЯМ  
ВІРТУАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРІВ..... 15  
Даць О. В., Паласюк Б.М.

СУМІСНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ  
ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ ТА КРИВОЇ АРТЕРІАЛЬНОГО  
ТИСКУ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ВЕКТОРА ЦИКЛІЧНИХ  
РИТМІЧНО ПОВ'ЯЗАНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ  
Горкуненко А. Б., Сверстюк А. С. .... 17

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПОНЕНТ ЛЯПУНОВА ДЛЯ<br>ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ                                                                   |    |
| Марценюк В. П., Майхрук З. В. ....                                                                                                      | 18 |
| СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ<br>БІОЛОГІЧНИХ РІДИН                                                                     |    |
| Ладика Р. Б., Яцишин Х.Р. ....                                                                                                          | 19 |
| ДОСЛІДИ ЛУЇДЖІ ГАЛЬВАНИ ТА ВІДКРИТТЯ КОНТАКТНОЇ<br>РІЗНИЦІ ПОТЕНЦІАЛІВ                                                                  |    |
| Ладика Р. Б. ....                                                                                                                       | 20 |
| АКТИВНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ОПТИЧНОГО СЕНСОРА<br>ХОЛЕСТЕРИНУ                                                                                     |    |
| Вісьтак М. В., Дмитрах В. Є. ....                                                                                                       | 21 |
| <b>ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ</b>                                                                                          |    |
| ПЕДІАТРИЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ПРИ<br>ВИВЧЕННІ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ ДІАГНОСТИЧНОГО ТА<br>ЛІКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ                   |    |
| Стеценко В. В., Волянська Л. А., Воронцова Т. О., Кубей І. В.,<br>Мудрик У. М., Синицька В. О., Рудяк Ю. А. ....                        | 23 |
| НАВЧАННЯ ОСНОВАМ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕДИЧНОЇ<br>ТЕХНІКИ У СИСТЕМІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ<br>ЛІКАРІВ                                   |    |
| Даць О. В. ....                                                                                                                         | 24 |
| МЕДИЧНА ФІЗИКА ДІАГНОСТИЧНОГО ТА ЛІКУВАЛЬНОГО<br>ОБЛАДНАННЯ – НОВИЙ НАПРЯМОК ПІДГОТОВКИ<br>СТУДЕНТІВ ВИЩИХ МЕДИЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ |    |
| Рудяк Ю. А., Дідух В. Д., Ладика Р. Б., Паласюк Б.М., Гвоздецька<br>І. С., Горкуненко А. Б., Майхрук З. В., Даць О.В. ....              | 27 |
| ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ<br>ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ                                                                       |    |
| Яцишин В. В., Ладика Р. Б. ....                                                                                                         | 28 |
| АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ МЕДИЧНОЇ ТА<br>БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ У МЕДИЧНИХ ВНЗ                                                          |    |
| Мацегора Ю. С. ....                                                                                                                     | 29 |

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ПРОБЛЕМНОГО НАВЧАННЯ НА ПРАКТИЧНИ ЗАНЯТТЯХ З БІОФІЗИКИ                                                 |    |
| Паласюк Б. М.....                                                                                                           | 30 |
| ПРОБЛЕМИ І ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ ІНОЗЕМНИМ СТУДЕНТАМ У ВИЩИХ МЕДИЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ                  |    |
| Паласюк Б. М.....                                                                                                           | 32 |
| ІНТЕГРОВАНЕ НАВЧАННЯ – МОДЕЛЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ВИВЧЕННІ ОСНОВ БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ ТА МЕДИЧНОЇ АПАРАТУРИ |    |
| Мазур П. Є., Шумбар О. В. ....                                                                                              | 34 |
| <b>ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ЗАГАЛЬНОЇ, МЕДИЧНОЇ І БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ</b>                           |    |
| ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ПРИ ВИКЛАДАННІ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ МЕДСЕСТРАМ-БАКАЛАВРАМ                         |    |
| Паласюк Б. М. ....                                                                                                          | 36 |
| ВІРТУАЛЬНІ НАВЧАЛЬНІ ТРЕНАЖЕРИ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ОСНОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ                                 |    |
| Даць О.В. ....                                                                                                              | 37 |
| ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ТЕХНІЧНИХ ТА ГУМАНІТАРНИХ ДИСЦИПЛІН НА ПРИКЛАДІ UNIVERSITY OF VIELSKO BIALA                          |    |
| Гвоздецька І. С., Христенко О. М.,.....                                                                                     | 39 |
| РОЗРОБКА СЦЕНАРІЮ ВІРТУАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ТЕРМОЦИКЛЮЮЧА СИСТЕМА ROTOR-GENE 6000 ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОЛІМЕРАЗНО-ЛАНЦЮГОВОЇ РЕАКЦІЇ  |    |
| Сверстюк А. С., Горкуненко А. Б., Гвоздецька І. С. ....                                                                     | 41 |
| ВІРТУАЛЬНА ПРОГРАМА ТЕЛЕМЕДИЧНІ СИСТЕМИ                                                                                     |    |
| Вакуленко Д. В., Сверстюк А. С., Семенець А. В., Климук Н. Я., Кравець Н. О., Кучвара О. М. ....                            | 45 |

РОЛЬ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ЗАСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ОРГАНІЗАЦІЇ КУРСУ  
ФІЗИКИ

Скоренький Ю. Л., Крамар О. І., Ковалюк Б. П., Нікіфоров Ю. М.,  
Сіткар О. А., Рокіцький О. М., Кульчицький В. І., Дідух Л. Д. ... 47

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ТВЕРДИХ БІОТКАНИН  
ПРИ МЕХАНІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ МЕТОДОМ  
ГОЛОГРАФІЧНОЇ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ

Жук І. Ю., Яремчук О. М., Січко В. М., Журавльова С. А.,  
Пригода О. П. .... 48

Підписано до друку . Формат 60x84/16.  
Гарнітура Noto Serif. Друк офсетний. Папір офсетний № 1.  
Ум. др. арк. . Обл.-вид. арк. .  
Наклад прим. Зам. № .

Видавець і виготівник  
ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет  
імені І. Я. Горбачевського МОЗ України».  
Майдан Волі, 1, м. Тернопіль, 46001, Україна.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 2215 від 16.06.2005 р.