

## СУЧАСНА ПЕДАГОГІЧНА ОСВІТА: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

УДК 378.091.33:004.77

### ВИВЧЕННЯ МЕДИЧНОЇ АПАРАТУРИ КВАНТОВО-МЕХАНІЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ Й РАДІАЦІЙНОЇ ФІЗИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІРТУАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ПРОГРАМ

Олександр Даць

*Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського*

**Анотація:**

У статті розкрито методику використання, роль і зміст роботи віртуальних навчальних тренажерів для вивчення медичного обладнання квантово-механічних методів дослідження й радіаційної фізики. Розглянуто основні медичні прилади, робота яких базується на фізичних явищах і законах, зокрема на законах теплового випромінювання, явищах люмінесценції та електронного парамагнітного резонансу. Висвітлено ключові етапи створення віртуальних навчальних тренажерів, і запропоновано покрокове опрацювання їх студентами.

**Ключові слова:**

віртуальний навчальний тренажер; радіаційна фізика; теплове випромінювання; люмінесценція; термографія.

**Аннотация:**

Даць Александр. Изучение медицинской аппаратуры квантово-механических методов исследования и радиационной физики с помощью виртуальных обучающих программ.

В статье раскрыта методика использования, роль и содержание работы виртуальных учебных тренажеров для изучения медицинского оборудования квантово-механических методов исследования и радиационной физики. Рассмотрены основные медицинские приборы, в основу работы которых положены физические явления и законы, в частности законы теплового излучения, явление люминесценции и электронного парамагнитного резонанса. Освещены ключевые этапы создания виртуальных учебных тренажеров и предложено пошаговое изучение их студентами.

**Ключевые слова:**

виртуальный учебный тренажер; радиационная физика; тепловое излучение; люминесценция; термография.

**Resume:**

**Dats' Oleksandr. Study of medical equipment for quantum-mechanical methods of investigation and radiation physics with virtual training programs.**

The article describes the method, the role and content of virtual training programs to study medical equipment for quantum-mechanical methods of investigation and radiation physics. The author studies basic medical equipment, the operation of which is assigned to physical phenomena and laws such as the law of thermal radiation, the phenomenon of luminescence and electron spin resonance. The paper deals with the key stages of virtual training simulators and incremental processing of them by students. One of the most important sections of medical and biological physics is a series of quantum-mechanical methods of investigation and radiation physics. Based on these physical phenomena and processes there is a number of medical devices needed to diagnose the human body. So, the laws of thermal radiation are the basis for medical thermography, whereby, body temperature is measured without physical contact with them and determines the temperature of its individual sections of up to a tenth degree. Quantum mechanics, in turn, describes the behavior of micro-particles and their systems that contain valuable information about the structure of organic molecules and the nature of intermolecular interactions. Quantum mechanical phenomena form the basis of modern medical facilities nuclear resonance diagnostics by which the physician receives the necessary information about the functioning of some organs and systems.

**Key words:**

virtual training program; radiation physics; thermal radiation; luminescence; thermography.

Постановка проблеми. Основою для підвищення ефективності навчального процесу з медичної та біологічної фізики є використання лікувальної та діагностичної апаратури. На сучасному етапі розвитку медицини придбання медичного обладнання з навчальною метою не завжди можливо, оскільки воно здебільшого має достатньо високу вартість і постійно оновлюється. Особливо це стосується таких приладів, як електронний мікроскоп, магнітно-резонансний томограф, флуоресцентний мікроскоп та інші. Унаслідок цього постало питання щодо впровадження в навчальний процес змін, за допомогою яких можна отримати максимально ефективний результат з вивчення медичного обладнання

квантово-механічних методів дослідження й радіаційної фізики. Розв'язанням цієї проблеми стало використання комп'ютерних технологій у навчальному процесі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Демонструвати фізичні явища й процеси найбільш практично й доцільно за допомогою комп'ютерних програм навчального призначення. Відповідно до правил використання комп'ютерних програм у навчальних закладах, комп'ютерна програма навчального призначення – це програма, яка являє собою засіб навчання, що зберігається на цифрових або аналогових носіях даних і відтворюється на електронному обладнанні [2]. Дослідженнями щодо використання

інформаційно-комунікаційних технологій у процесі вивчення медичної та біологічної фізики українськими та іноземними студентами займалися такі науковці, як Н. Стучинська, Ю. Ткаченко, Н. Тронь, Н. Лобач, О. Сілкова та інші [4; 5; 6]. Ці науковці проаналізували психолого-педагогічну, навчально-методичну літературу з проблеми; узагальнили набутий викладачами досвід роботи у вищих медичних закладах щодо організації й удосконалення освітніх технологій у сучасному навчальному процесі. Це засвідчило той факт, що впровадження новітніх технологій у навчальний процес дає змогу досягти найбільш ефективного засвоєння навчального матеріалу українськими та іноземними студентами. Виходячи з цього, можна вважати, що віртуальні навчальні програми сьогодні є найбільш запитаним компонентом формування практичних і теоретичних навичок у майбутніх лікарів для набуття ними відповідної кваліфікації.

Формулювання цілей статті. Метою статті є розроблення нової методики навчання медичної техніки квантово-механічних методів дослідження й радіаційної фізики з використанням віртуальних навчальних тренажерів. Передбачається також створення навчальних програм, які б дали можливість сформуванню фахові компетентності в галузі медичної фізики й загальні компетентності для їх подальшого використання під час вивчення професійно-орієнтованих програм, зокрема таких, як медична хімія, медична біологія, клініко-лабораторна діагностика, функціональна діагностика, радіологія.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним з найважливіших розділів медичної та біологічної фізики є цикл квантово-механічних методів дослідження й радіаційної фізики. На основі цих фізичних явищ і процесів працює ряд медичних приладів, необхідних для діагностування людського організму. Так, зокрема, закони теплового випромінювання становлять основу для медичної термографії, завдяки якій проводиться вимірювання температури тіла без фізичного контакту з ним і визначається температура окремих його ділянок з точністю до десятих градуса. Квантова механіка, своєю чергою, відображає поведінку мікрочастинок та їх систем, що містять цінну інформацію про будову органічних молекул і природу міжмолекулярних взаємодій. Квантово-механічні явища покладені в основу роботи сучасних медичних комплексів ядерно-резонансної діагностики, за допомогою яких лікар отримує необхідну інформацію про стан функціонування окремих органів і систем організму [1]. Виходячи з цього, можна визначити найнеобхідніші медичні прилади, які

є найбільш запитаними в медичній практиці. До такого обладнання належать такі апарати, як електронний мікроскоп, гамма-камера, флуоресцентний мікроскоп, позитронно-емісійний томограф, тепловізор, лінійний прискорювач, комп'ютерний томограф і магнітно-резонансний томограф. Для кожного з цих приладів було створено віртуальний навчальний тренажер, що значно підвищило рівень оволодіння основами роботи з цим обладнанням у реальності, а також цілком сприяло усвідомленню фізичних принципів, на яких базується дія цих приладів. Надалі розглянемо покрокове ознайомлення з віртуальними навчальними програмами.

Вивчення роботи перерахованих вище медичних приладів складається з певних пунктів віртуального тренажера:

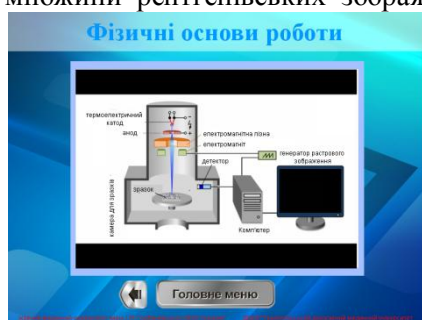
- теоретичні відомості;
- фізичні основи роботи;
- сучасні прилади;
- будова приладу;
- робота з приладом.

У пункті «**Теоретичні відомості**» студент вивчає основну інформацію про той чи інший прилад. Наприклад, що хвильові властивості електрона можна використовувати не тільки для дифракційного структурного аналізу, а й для отримання збільшених зображень предметів (електронний мікроскоп). У камері мікроскопа, що обладнана посудиною з рідким азотом, створюють високий вакуум ( $10^{-6}$  Па) для усунення взаємодії електронів з молекулами повітря. Пучок променів прискорюється різницею потенціалів порядку 200 кВ (для біологічних об'єктів), системою електромагнітних лінз скеровується на досліджуваний об'єкт. Та частина електронів, що не розсіялася, пройшовши через діафрагму, створює на екрані чи на плівці збільшене зображення предмета. Гамма-камери, наприклад, призначені для візуалізації й дослідження кінетики радіо-фармпрепаратів у внутрішніх органах і фізіологічних системах організму пацієнта для ранньої діагностики онкологічних, серцево-судинних та інших захворювань і вважаються основними інструментами радіонуклідної діагностики. Основний принцип роботи флуоресцентного мікроскопа полягає в опроміненні певного зразка смугою хвиль заданої довжини, що зумовлюють флуоресценцію. За допомогою позитронної томографії, наприклад, вдається виявляти хворобу на ранньому етапі, ще до прояву клінічних симптомів. До організму людини вводять невелику кількість радіоактивного препарату, і сканер зчитує інформацію про те, як тканини сприймають ізотоп (пухлини поглинають більше енергії, ніж здорові

тканини). ПЕТ передає не картину внутрішніх органів, як більшість діагностичних приладів, а хімічний вигляд організму. Тепловізор – це прилад, в основі якого – нешкідливий і неінвазивний метод променевої діагностики, що реєструє інфрачервоне (теплове) світло від поверхні тіла людини. У пункті віртуальної програми «Теоретичні відомості» міститься також опис такого приладу, як лінійний прискорювач, що являє собою пристрій для прискорення заряджених мікрочастинок, у якому траєкторія руху частинки наближається до прямої лінії й створюється іонізуюче випромінювання з високою проникаю здатністю (енергія 20MeV і більше). Що ж до комп'ютерного томографа, то в програмі йдеться про те, що за допомогою обчислювальної рентгенівської томографії можна одержати зображення поперечного шару досліджуваного об'єкта, чому сприяє математична обробка множини рентгенівських зображень, зроблених

під різними кутами. Магнітно-резонансний томограф характеризується тим, що принцип його роботи базується на методі дослідження явища ядерного магнітного резонансу, в основі якого – селективне поглинання електромагнітної енергії речовиною, зумовлене квантовими переходами атомних ядер між енергетичними станами з різними орієнтаціями спіну I (власного моменту імпульсу) атомного ядра. Уся інформація щодо особливостей медичних приладів, уміщена в пункті «Теоретичні відомості», є вибірковою та стислою.

У пункті «Фізичні основи роботи» студент має можливість спостерігати за перебігом фізичних явищ під час роботи зазначених медичних приладів. Спираючись на теоретичний матеріал, у процесі перегляду графічної анімації можна побачити дію окремих блоків визначеного пристрою, і що при цьому відбувається (рис. 1).



а) електронний мікроскоп



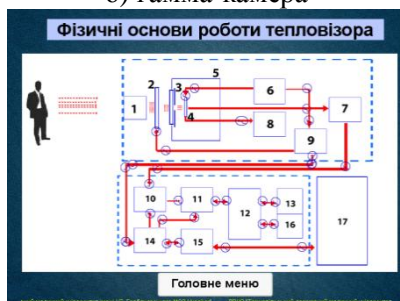
б) гамма-камера



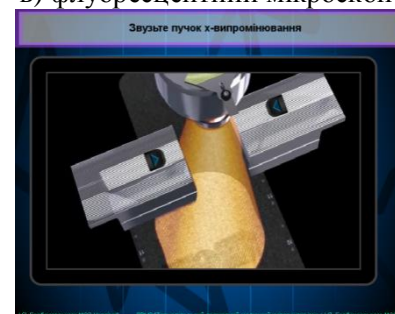
в) флуоресцентний мікроскоп



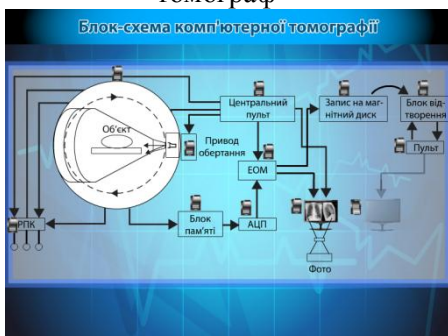
г) позитронно-емісійний томограф



д) тепловізор



е) лінійний прискорювач



є) комп'ютерний томограф



ж) МРТ

Рис. 1. Фізичні основи роботи медичних приладів квантово-механічних методів дослідження й радіаційної фізики

Пункт «Сучасні медичні прилади» характеризується графічними зображеннями новітніх апаратів, які використовуються

на території України й в інших країнах [3]. Так, для вказаних вище медичних приладів наведені відповідні новітні аналоги:

1. Електронні мікроскопи: SUPRA 50VP – виробник ZEISS (Німеччина); NEON 40 – виробник ZEISS (Німеччина); TECNAY GF30 – виробник FEI Company (США); JIB-4601F – виробник JEOL (Японія); ПЕМ-100-01 – виробник ВАТ «SELMІ» (Україна).

2. Гамма-камери: BrightView SPECT – виробник Philips medical system (Голландія); Symbia E – виробник Siemens (Німеччина); General Electric Infinia Hawkeye – виробник General Electric (США); Toshiba 7100 – виробник Toshiba (Японія).

3. Флуоресцентні мікроскопи: Keyence BZ-9000 – виробник Keyence (Японія); ADL-601F – виробник Bresser (Німеччина); MX 300F – виробник Microoptix (Австрія); BX 53 – виробник OLYMPUS (Японія).

4. Позитронно-емісійні томографи: GEMINI GXL – виробник Philips medical system (Голландія); GEMINI TF – виробник Philips (США).

5. Тепловізори: TI-120 – виробник ULIRvision; TBC300-мед – виробник «Силар»; ThermalCAM SC3000 – виробник FLIR systems.

6. Лінійні прискорювачі: ONCOR – виробник Siemens (Німеччина); Clinac 2100C – виробник Varian (США); Mobetron – виробник Intraop Medical (США); Synergy Platform – виробник ELEKTA Ltd (Велика Британія).

7. Комп'ютерні томографи: AQUILION Premium – виробник Toshiba (Японія); Planmed

VERITY – виробник PLANMED OY (Фінляндія); КТР – виробник Електронник ЗАО (Росія); Symbia Spect-CT – виробник Siemens AG (Німеччина).

8. Магнітно-резонансні томографи: OASIS – виробник Hitachi medical systems (Японія); Signa HDx1,5T – виробник General Electric (США); EVIDENCE 0,3 – виробник DIXION (Росія); INTERA 1,5T – виробник Philips medical systems (Нідерланди).

«Будова приладу» – це пункт віртуальної навчальної програми, у якому студент має можливість ознайомитися з основними блоками вибраного апарата. Насамперед виводиться графічне зображення приладу в розрізі з позначками на кожній деталі, які в сукупності забезпечують належну роботу того чи іншого медичного обладнання. Наступний крок полягає в закріпленні знань про апарат шляхом тестування. Перевірка знання будови або структурної схеми приладу полягає в тому, що студент, користуючись текстовими й аудіопідказками повинен власноруч позначити необхідні складники апарата (рис. 2., рис. 3.). Після проходження тесту або складання структурної схеми з'являється повідомлення про успішність проходження цього пункту й надається можливість переходу до головного меню віртуальної навчальної програми для того, щоб студент міг розпочати роботу з медичним апаратом.



Рис. 2. Зразок опрацювання будови електронного мікроскопа



Рис. 3. Складання структурної схеми магнітно-резонансного томографа

Ключовим пунктом у роботі з віртуальною навчальною програмою є «Робота з приладом». Лише після засвоєння теоретичних відомостей, фізичного змісту функціонування й будови приладу студент допускається до проведення практичної роботи з визначеним апаратом. На цьому етапі освоєння медичного обладнання формуються практичні навички, без яких неможлива повноцінна подальша робота з реальними приладами.

Підвищення рівня ефективності формування компетенцій стало можливим завдяки тому, що кожен студент, який працює з віртуальними навчальними тренажерами стає повноцінним оператором медичного приладу. Тобто за допомогою комп'ютерної миші, використовуючи аудіопідказки, можна керувати блоками апарата, встановлювати відповідні налаштування й покроково здійснювати необхідну процедуру (рис. 4).

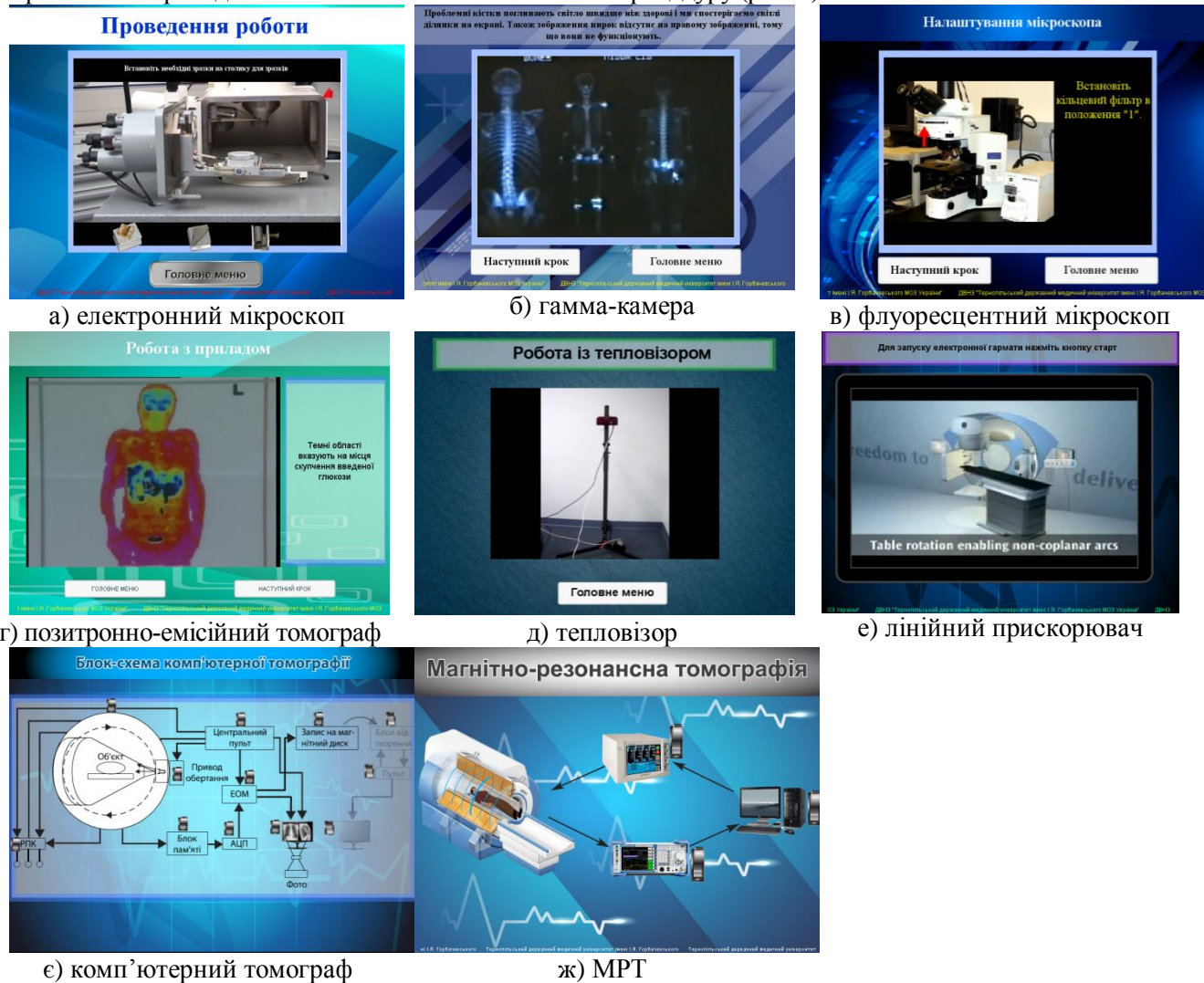


Рис. 4. Робота з приладами квантово-механічних методів дослідження й радіаційної фізики

Висновки. Завдяки наведеній вище методиці вивчення медичної техніки квантово-механічних методів дослідження стало можливим здобуття студентами-медиками необхідних теоретичних і практичних знань, формування в них фахових компетентностей у галузі медичної фізики й у роботі з медичним обладнанням для подальшого використання їх під час вивчення таких професійно-орієнтованих програм, як медична хімія, медична біологія, клініко-лабораторна діагностика, функціональна діагностика, радіологія. Вдалося реалізувати конкретні цілі й завдання методики використання віртуальних навчальних тренажерів, що передбачали зокрема таке:

- знання основних законів теплового випромінювання тіл;
- знання фізичних основ методу термографії й роботи з тепловізором;
- знання основних положень квантової механіки;
- уміння пояснити принцип роботи електронного мікроскопа;
- уміння пояснювати квантово-механічну модель атома водню (енергетичні стани, квантові числа, принцип Паулі);
- трактування основних видів, властивостей і застосування люмінесценції;
- уміння пояснити первинні механізми взаємодії рентгенівського випромінювання

з речовиною й застосування рентгенівського випромінювання в медицині;

- знання будови рентгенівського апарата;
- знання принципу роботи комп'ютерного томографа;
- знання основних видів, властивостей і доз радіоактивного випромінювання;
- знання основних квантово-механічних резонансних методів: ЕПР – електронний парамагнітний резонанс, ЯМР – ядерний магнітний резонанс;
- знання принципу магнітно-резонансної томографії;
- знання будови лінійного прискорювача та його застосування в медицині;
- уміння пояснити основні принципи функціонування медичного устаткування, що використовує  $\gamma$ -випромінювання (гамма-

установка, гамма-ніж, ПЕТ – позитронно-емісійна томографія);

- уміння пояснити основні механізми взаємодії іонізуючого випромінювання з біологічними об'єктами й знання методів захисту від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання.

У вищих медичних навчальних закладах України навчаються також студенти з інших країн, зокрема з Польщі, США, Гани, Пакистану, Нігерії, Марокко, Іраку, Єгипту, Ізраїлю тощо. Навчання відбувається англійською мовою, тому в перспективі планується переклад і озвучування віртуальних навчальних тренажерів для того, щоб не тільки українські студенти мали можливість вивчати медичну техніку й фізичний зміст роботи обладнання, а й студенти-іноземці.

#### Список використаних джерел

1. Дідух В. Д. Фізичні основи функціонування медичного обладнання / Дідух В. Д., Рудяк Ю. А., Ладика Р. Б., Багрій-Заяць О. А., Горкуненко А. Б. та ін. – Тернопіль : ТДМУ, 2015. – 281 с.
2. Про затвердження Правил використання комп'ютерних програм у навчальних закладах [Електронний ресурс] // Наказ Міністерства освіти і науки України від 02. 12. 2004 р. № 903 / Зареєстровано в Мін'юсті України 17 січня 2005 р., № 44/10324. – Режим доступу : <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z0044-05>.
3. Стеценко Г. С. Медична техніка: посібник / Стеценко Г. С., Пенішкевич Я. І., Гриценко В. І., Голяченко О. М., Компанець В. С., Тарасюк В. С.; за заг. ред. Г. С. Стеценка. – Луцьк : Надстир'я, 2002. – 288 с.
4. Стучинська Н. В. Інформаційно-комп'ютерні технології як засіб підвищення ефективності навчально-пізнавальної діяльності студентів / Н. В. Стучинська, Ю.П. Ткаченко // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. – Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 20: збірник наукових праць. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2009. – 187 с. – С. 137–143.
5. Ткаченко Ю. Використання інформаційно-комунікаційних технологій у вищих медичних навчальних закладах / Ю. Ткаченко, Н. Стучинська // Наукові записки. – Випуск 82. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2009. – Частина 1. – 328 с. – С. 109–114.
6. Тронь Н. В. Дидактичні умови впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в процес навчання медичної та біологічної фізики іноземних студентів / Тронь Н. В., Лобач Н. В., Ткаченко Ю. П., Сілкова О. В. // Світ медицини та біології. – 2013. – № 2. – С. 182–183.

Рецензент: Функтікова О.О. – д.пед.н., професор

#### Відомості про автора:

Даць Олександр Володимирович  
hrybkoffo@gmail.com

Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського  
майдан Волі, 1, м. Тернопіль, 46001, Україна  
doi: <http://dx.doi.org/10.7905/nvmdpu.v0i16.1401>

Матеріал надійшов до редакції 08. 04. 2016 р.

Прийнято до друку 11.05.2016 р.

#### References

1. Didukh, V. D. (2015). *Physical principles of operation of medical equipment*. Ternopil : – Ternopil State Medical University. [in Ukrainian]
2. *On approval of rules of computer programs in educational institution*. In : Order of Ministry of Education and Science of Ukraine on 02.12.2004 No 903. Retrieved from : <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z0044-05>. [in Ukrainian]
3. Stetsenko, H. S. (2002). *Medical equipment: manual*. Lutsk : Nadstyr'ya. [in Ukrainian]
4. Stuchyns'ka, N. V. (2009). Information and computer technology as a means of improving the teaching and learning of students. *Scientific journal of National Pedagogical Dragomanov University*. Series №5. Pedagogical sciences: reality and prospects. Issue 20: collection of scientific works. Kyiv : NPDU Publishing, 137 – 143. [in Ukrainian]
5. Tkachenko, Yu. (2009). Use of ICT in higher education. *Naukovi zapysky*. Issue 82. Vol.1. Series: Pedagogical Sciences. Kirovohrad : RIO KSPU named after Vynnychenko, 109 – 114. [in Ukrainian]
6. Tron', N. V. (2013). Didactic conditions of introduction of ICT in the learning process of Medical and Biological Physics for foreign students. *Svit medytsyny ta biolohii*, 2, 182-183. [in Ukrainian]