

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ

III науково-практичної інтернет-конференції



**РОЗВИТОК
ПРИРОДНИЧИХ НАУК
ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ
ДОСЯГНЕНЬ У
МЕДИЦИНІ**

*м. Чернівці
21 червня 2023 року*

УДК 539.12.04; 621.373.8

Чалий О.В., Марголич І.Ф., Шепетько В.А.

РОЛЬ МЕТОДІВ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ У ФАХОВІЙ ПІДГОТОВЦІ СТУДЕНТІВ-МЕДИКІВ

НМУ імені О.О.Богомольця, м. Київ

avchalyi7@gmail.com , iryna.margolych@gmail.com , nika.shepetko@gmail.com

Анотація. У статті проаналізовано та узагальнено роль сучасних методів квантової механіки у підготовці майбутніх лікарів. Розглянуто використання таких методів квантової фізики як магнітно-резонансна томографія, лазери та квантові сенсори у медицині. Описано історію використання цих методів для діагностики та терапії захворювань. Особливу роль приділено новому методу – квантовим сенсорам. Показано важливість використання цих методів для професійної підготовки студентів-медиків.

Ключові слова: магнітно-резонансна томографія, лазер, квантовий сенсор.

Сучасні дослідження квантової механіки, як частини фізики про мікросвіт, знайшли своє широке і надзвичайно інформативне впровадження та застосування в сучасній медицині. Впродовж останніх десятиліть цей процес зазнає прискорення внаслідок вивчення і поглиблення розуміння природних явищ та нових технологій у вивченні фізики живого, удосконалюючи, а часом, знаходячи нові застосування основних принципів квантової механіки.

Розвиток нових методів медицини на базі досягнень квантової фізики відображається в багатьох наукових дослідженнях, публікаціях та підручниках, зокрема, [1, 2, 6, 7, 10, 15], в яких описується їх використання в діагностичних і терапевтичних цілях.

У той же час, оскільки в основі цих методів лежить саме квантова механіка, є доцільним, на нашу думку, формування спільного підходу до загального розгляду цих методів при формуванні професійних компетентностей майбутніх фахівців у галузі охорони здоров'я. Дуже важливими серед таких методів є методи магнітно-резонансної томографії (МРТ) [1-12], використання індукованого випромінювання, а саме, лазерів у медицині [13-24] та нові цікаві дослідження з використанням квантових сенсорів при діагностиці і терапії [25-30].

Метою даного дослідження є систематизація і формування єдиного підходу до вивчення квантово-механічних методів у медицині при навчанні студентів медичних закладів вищої освіти для високої фахової компетентності майбутніх лікарів.

Одним із надзвичайно інформативних методів є метод магнітно-резонансної томографії (МРТ), в основі якого лежить явище ядерного магнітного резонансу (ЯМР), відкритого Ф.Блохом і Е.Парселлом у 1946 р. [6]. У 70-х роках XIX століття група вчених під керівництвом професора фізики Ноттінгемського університету П.Менсфілда розробила метод МРТ, розвинувши математично цей метод для отримання чіткого зображення при візуалізації внутрішніх органів і тканин з використанням ЯМР. Перед цим відкриттям методу МРТ займався професор П.Лотербур [8] на початку 70-х років. За розробку методу МРТ П.Менсфілд і П.Лотербур отримали у 2003 р. Нобелівську премію з медицини.

Основою цього потужного діагностичного методу є зображення внутрішніх органів під впливом сильного магнітного поля і електромагнітних хвиль. Завдяки насиченості тканин організму воднем, атом якого має протон з магнітним моментом, при впливі додаткових полів у сильному зовнішньому магнітному полі і радіочастотних імпульсах вдається отримати після комп'ютерної обробки чітку картину внутрішніх структур і органів організму. Вагомою перевагою даного методу діагностики є менша інвазивність (у порівнянні з рентгенівською томографією) за рахунок зменшення поглиненої та еквівалентної доз зовнішнього випромінювання. У даний час МРТ широко застосовується при проведенні діагностичних досліджень у різних галузях медицини.

Метод МРТ став незамінним інструментом діагностики не тільки опорно-рухового апарату, але і серцево-судинної системи, при дослідженнях у кардіології, неврології та інших галузях медицини. Варто також зазначити, що студенти вищих медичних закладів освіти можуть ознайомитися з цим методом при вивченні магнітно-резонансної ангиографії в діагностиці захворювань кровоносних судин [3, 4] та МР-спектроскопії для виявлення біохімічних змін тканин при захворюваннях. Надзвичайно цікавим є використання МРТ у нейрохірургії та неврології [5], виявленні ознак хвороби Паркінсона на ранніх стадіях [11]. Магнітно-резонансна томографія, яка є методом практичної реалізації досягнень у клінічній медицині, стала одним з незамінних методів у сучасній кардіології [10,12]. Застосування МРТ дає змогу проводити діагностику з контрастуванням у часі і створювати відеодані. Зокрема, МРТ є одним з найбільш точних методів виявлення аневризм серця, оцінки змін структури і функцій міокарда.

Другим надзвичайно важливим у медицині застосуванням відкриттів квантової механіки є, безумовно, використання лазерів. Дослідженню і опису використання лазерів у медицині присвячена велика кількість наукових і навчальних публікацій [13-24]. Для повноти розгляду нагадаємо найважливіші аспекти цього питання, оскільки воно відіграє досить важливу роль для формування професійних знань студентів-медиків.

Власне дія індукованого випромінювання була описана А. Ейнштейном ще у 1916р. [13]. У 1940 р. радянський фізик В.О.Фабрікант запропонував використовувати для підсилення електромагнітних хвиль індуковане випромінювання [6, с.360]. Практично реалізована ідея В.О.Фабріканта була у 1954 р. радянськими фізиками Н.Г.Басовим та А.М.Прохоровим, і незалежно – американським фізиком Ч.Г.Таунсом, які створили мазер. У 1964 р. Н.Г.Басову, А.М.Прохорову та Ч.Г.Таунсу за створення мазера було присуджено Нобелівську премію з фізики [6, с.361-362]. Перший лазер був створений Т. Мейманом у 1960 р., а перші застосування у медицині датуються початком 60-х років ХХ ст. [14, 15] в дерматології, а згодом – офтальмології [21, 22].

Справжнім проривом став лазерний скальпель, який дав змогу проводити безкровні операції. У хірургії лазери застосовують для видалення пухлин, при серцево-судинних захворюваннях, у щелепно-лицьовій хірургії, дерматології та косметології [23, 24].

Це стало можливим завдяки характеристикам вимушеного випромінювання, таким як монохроматичність, когерентність та можливості неперервного або імпульсного режимів. Для певних цілей використовуються лазери з малою або великою потужностями. Дуже важливою є можливість вибіркової дії індукованого випромінювання на різні тканини організму.

Варто зазначити, що лазери застосовуються в медицині і для діагностики, лікування та профілактики деяких захворювань.

Тому розгляд та вивчення вимушеного випромінювання і лазерів є важливим у курсі «Медичної і біологічної фізики» для студентів медичних закладів вищої освіти, а також спеціальних курсів для студентів університетів.

Особливу роль у застосуванні квантової фізики в медицині на сучасному етапі відіграють квантові сенсори [25-30]. Саме ця нова технологія почала активно вивчатись в останні роки. Такі сенсори працюють на основі квантових ефектів, які дають змогу здійснювати точний аналіз певних молекулярних структур. Надчутливі квантові сенсори почали досліджувати для діагностики SARS-CoV-2 під час пандемії Covid-19.

Метод базується на використанні дефектів у невеликих кількостях алмазу завдяки чутливим до малих збурень квантовим дефектам у кристалічній ґратці алмазу. Наноалмази покривають магнітно спорідненим матеріалом, обробленим для з'єднання з певною РНК вірусу [25-27]. Цим порушується магнітний зв'язок, який можна зафіксувати детекторами. Метод є недороговартісним, дуже швидким і з невеликою похибкою. Таким чином, квантовий сенсор може бути в перспективі використаний і для діагностики інших вірусних захворювань.

Завдяки високій чутливості квантові сенсори можуть бути застосовані також для виявлення різних захворювань на ранніх стадіях, що є важливим для успішності лікування.

Дуже перспективним виглядає використання цих сенсорів при діагностиці і терапії онкологічних захворювань [29]. Тоді використовуються мікрокапсули, наповнені лікарським препаратом, які кровоносною системою доставляють речовини. Магнітні нанокapsули можуть бути виявлені квантовими сенсорами в певних тканинах організму. Так можна не тільки діагностувати, але і лікувати онкозахворювання. Це дасть змогу уникнути негативних наслідків інших методів, зокрема, хіміотерапії та опромінення. Цікавим видається і застосування сенсорів у магнітоенцефалографії. На відміну від електроенцефалографії, цей метод дозволяє отримувати магнітний сигнал ділянки мозку без змін, яких зазнає електричний сигнал при проходженні через тканини і череп [29]. Найновіші дослідження використання квантових сенсорів присвячені нанотермометрії і діагностиці хвороби Паркінсона [30]. Правда, ці розробки поки що перебувають лише на стадії вивчення.

Квантові сенсори дають змогу проводити моніторинг біологічних процесів і всередині клітини [29]. Це стало можливим завдяки мікроскопічним розмірам таких детекторів.

Надзвичайно цікаві застосування фізичних методів у медицині, зокрема, і методів квантової механіки містяться в главі «Майбутнє медицини» книги Мічіо Кайку «Фізика майбутнього» [31].

Отже, наше дослідження, яке мало на меті об'єднати і систематизувати найновіші методи використання квантової фізики в медицині, дає змогу зробити висновки про необхідність більш широкого висвітлення новітніх досліджень при формуванні фахових знань майбутніх лікарів. Було би дуже актуальним і перспективним ширше висвітлення застосувань квантової механіки в різних галузях медицини для студентів-медиків.

Перспективами подальших розвідок у даному напрямку є моніторинг нових високо перспективних методів квантової фізики в медицині з метою удосконалення висвітлення таких досліджень і розробок при вивченні медичної і біологічної фізики, а також спеціальних курсів для майбутніх медичних працівників.

Список використаних джерел

1. Злепко С. М., Коваль Л. Г., Гаврілова Н. М., Тимчик І. С. Медична апаратура спеціального призначення. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 158 с.
2. Cheng Yu-Chung N., Haacke E. M., Thompson M. R., Venkatesan R. *Magnetic resonance imaging : physical principles and sequence design* (2nd edition). Hoboken, New Jersey. 2014. 978 p. ISBN 978-1-118-63395-3.
3. Позмогов А.И., Терновой С.К., Бабий Я.С. Томография грудной клетки. Киев : Здоровье, 1992. 287 с.
4. Lee Y.J., Laub G., Jung S. L., Yoo W.J. et al. Low-dose 3D time-resolved magnetic resonance angiography (MRA) of the supraaortic arteries: correlation with high spatial resolution 3D contrast-enhanced MRA. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2011. Vol. 33. P. 71-76. URL :DOI: 10.1002/jmri.22396.

5. Lang Qin, Jia-Hong Gao. New avenues for functional neuroimaging: ultra-high field MRI and OPM-MEG. *Psychoradiology*. 2021. Vol. 1, Issue 4. 2021, P. 165–171. URL : <https://doi.org/10.1093/psyrad/kkab014>.
6. Medical and Biological Physics : textbook for students of higher medical institutions / Chalyi A.V., Tsekhmister Ya.V., Agarov B.T. et al.; edited by A.V.Chalyi. – 4th ed. – Vinnytsia : Nova Knyha, 2020. – 480 pp.
7. Основи медичної та біологічної фізики (підручник для студентів вищих медичних закладів II – IV рівнів акредитації / Боєчко В.Ф., Григоришин П.М., Зав'яньський Л.Ю. та ін. – Чернівці: Букрек, 2005. – 228 с.
8. Lauterbur P. C. Image formation by induced local interactions: examples employing nuclear magnetic resonance. *Nature*. 1973. Vol.242. P.190-191.
9. Dewey M., Teige F., Schnapauff D., Laule M. et al. Noninvasive detection of coronary artery stenoses with multislice computed tomography or magnetic resonance imaging. *Annales of Internal Medicine*. 2006. Vol. 145. P. 407-415. URL :<https://doi.org/10.7326/0003-4819-145-6-200609190-00004>.
10. Федьків С. В. Магнітно-резонансна томографія в кардіології: інформаційно-методичний посібник / С. В. Федьків ; під ред. : В. М. Коваленка, В. М. Корнацького. Київ, 2013. 60 с.
11. Droni E., Berman S., Mezer A. A. Mapping microstructural gradients of the human striatum in normal aging and Parkinson's disease. *Science Advances*. 2022. Vol. 8, No 28. URL : <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm1971>.
12. Федьків С.В. Магнітно-резонансна томографія як сучасний метод візуалізації в кардіології. *Кардіологія. Аспекти діагностики*. http://health-ua.com/pics/pdf/ZU_2014_Cardio_1/74-76.ZU_cardio-1_2014.qxd 21.02.2014
13. Український Радянський Енциклопедичний Словник: В 3-х т. / редкол.: А. В. Кудрицький (відп. ред.) та ін. 2-ге вид. Київ : Голов. ред. УРЕ, 1986 . Т. 1. С. 286.
14. История лазера . 2015. URL : <http://scsiexplorer.com.ua/index.php/istoria-otkritiy/1869-istorija-lazera.html>. (дата доступу: 19.8.2015).
15. William T. S. Laser Fundamentals. Cambridge University Press: Science, 2004. 642 p.
16. Orazio Svelto. Principles of Lasers. Springer, fifth edition. New York, USA . 2010. P. 4-14. ISBN 978-1-4419-1301-2.
17. Safety of the use of laser devices. URL :www.rpphotonics.com. RP Photonics Encyclopedia. 2019.
18. Манічева Н., Генова К. Дослідження використання лазерів у медицині. *Сучасні технології біомедичної інженерії* : матеріали міжнародної науково-технічної конференції, м.Одеса, 25-27 травня 2022 р. Одеса, 2022. С.129-131.
19. Northwest Pa. An introduction to laser technology and it applications. Collegiate Academy 2018-2019 Science Resource Guide, USA. 95 p.
20. Nishi Shahnaj Haider, Siby Thomas. Medical Applications of Laser Instruments. *Journal of Engineering Research and Applications*. 2014. Vol. 4, No. 6. P.154-160.
21. Лазер в офтальмології . URL : <https://optimalclinic.com/uk/novini-ta-statti/lazeri-v-ofthalmologii>. (дата доступу: 18.11.2020).
22. Применение лазеров в офтальмологии учебное пособие для врачей-интернов специальности «Офтальмология» / Н. Г. Завгородня, М. Б. Безуглый, Б. С. Безуглый, Л. Э. Саржевская. Запорожье : ЗГМУ, 2015. 79 с.
23. Застосування лазера у хірургії. URL : <https://medcity.ua/ua/patient/section/primenenie-lazera-v-khirurgii/> (дата доступу: 16.08.2021).
24. Лазерная хірургія. URL : <https://centr-hirurgiispb.ru/articles/lazernaya-hirurgiya>. (дата доступу: 25.006.2021).
25. Li C., Soleyman R., Kohandel M. Et al. SARS-CoV-2 quantum sensor based on nitrogen-vacancy centers in diamond. *Nano Letters*. 2022. 22,1. P.43-49.
26. Li C., Soleyman R., Kohandel M. Et al. SARS-CoV-2 quantum sensor based on nitrogen-vacancy centers in diamond. URL : <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.1c02868>.
27. Wang G., Li C., Cappellaro P. Observation of Symmetry-Protected Selection Rules in Periodically Driven Quantum Systems. *Phys. Rev. Lett.* 127, 140604. Published 29 September 2021. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.140604>.
28. Савельєва-Кулик Н.О. Квантовий сенсор в діагностиці SARS-CoV-2. Редакція журналу «Український медичний часопис».29.12.2021. URL :<https://www.umj.com.ua/article/223958/kvantovij-sensor-v-diagnostitsi-sars-cov-2>.
29. Острась М. Чувствительный квант: как квантовые сенсоры применяют в медицине. 2023/ URL :<https://high-tech.fm/2023/03/10quantum-sensor/>.
30. Liu G.-Q., Liu R.-B., Li G. Nanothermometry with Enhanced Sensitivity and Enlarged Working Range Using Diamond Sensors. *Accounts of Chemical Research*. 2023, 56 (2). P. 95-105. URL :<https://doi.org/10.1021/acs.accounts.2c00576>.
31. Мічіо Кайку. Фізика майбутнього / Наукові редактори: Іван Вакарчук, Віктор Федоренко. Переклала з англ. Анжела Кам'янець. - Львів: Літопис, 2013.- 432 с.