

BIOFIZIKA TA’LIMIDA TIBBIY DIAGNOSTIKA QURILMALARINING ISHLASH TAMOYILLARINI O’QITISHNING AHAMIYATI

Yusupov Dilmurod Abdurashidovich

Namangan davlat pedagogika instituti, dotsenti

E-mail: dilmurod.yusupov.2020@inbox.ru

Yunusova Ozoda Jamshid Qizi

Namangan davlat pedagogika instituti, magistranti

E-mail: yunusovaozoda76@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.23737375>

Annotatsiya. Tadqiqot ishida elektrokardiografiya, ultratovush, rentgen diagnostikasi va pulsoksimetriya misolida tibbiy qurilmalar ishlash prinsiplarini biofizika ta’limida o’rgatishning ilmiy-metodik asoslari yoritilgan. Manbalar qiyosiy tahlili asosida fizik hodisa, sensor, signalni qayta ishlash, talqin va xatolik tahlilini birlashtiruvchi besh bosqichli o’qitish modeli taklif qilingan.

Kalit so’zlar: biofizika, diagnostik qurilma, EKG, ultratovush, rentgen, pulsoksimetriya, simulyatsiya, fizik model.

Аннотация. В исследовании рассматриваются научно-методические основы преподавания физических принципов работы медицинских диагностических устройств в процессе обучения биофизике на примере электрокардиографии, ультразвуковой и рентгеновской диагностики, а также пульсоксиметрии. На основе сравнительного анализа научных источников предложена пятиэтапная модель обучения, объединяющая физическое явление, датчик, обработку сигналов, интерпретацию результатов и анализ погрешностей измерений.

Ключевые слова: биофизика, диагностическое устройство, ЭКГ, ультразвук, рентгеновская диагностика, пульсоксиметрия, моделирование, физическая модель.

Abstract. This study examines the scientific and methodological foundations of teaching the physical operating principles of medical diagnostic devices in biophysics education, using electrocardiography, ultrasound imaging, X-ray diagnostics, and pulse oximetry as examples. Based on a comparative analysis of scientific sources, a five-stage instructional model is proposed, integrating physical phenomena, sensors, signal processing, interpretation of results, and measurement error analysis.

Keywords: biophysics, diagnostic device, ECG, ultrasound, X-ray diagnostics, pulse oximetry, simulation, physical model.

KIRISH

Zamonaviy tibbiyotning jadal rivojlanishi, sun’iy intellekt, raqamli texnologiyalar va yuqori aniqlikdagi diagnostika tizimlarining keng joriy etilishi tibbiyot fizikasi va biofizika yo’nalishi talabalaridan chuqur fizik bilim va amaliy kompetensiyalarni talab etmoqda. Elektrokardiografiya (EKG), ultratovush diagnostikasi (UTT), magnit-rezonans tomografiya (MRT), kompyuter tomografiyasi va pulsoksimetriya kabi qurilmalarning ishlash tamoyillarini

fizik qonuniyatlar asosida tushunish diagnostik ma’lumotlarning aniqligi, ishonchliligi va xavfsizligini ta’minlashning muhim ilmiy asosidir.

Tibbiy tashxis qurilmalarining fizikasini bilish talabalarda biologik signallarni tahlil qilish, o’lchash xatoliklarini baholash, diagnostik natijalarni ilmiy talqin etish hamda zamonaviy tibbiy texnologiyalarni takomillashtirish kompetensiyalarini shakllantiradi.

Shu bois, tibbiyot fizikasi va biofizika ta’limida diagnostik qurilmalarning fizik asoslarini chuqur o’rgatish nazariy bilimlarni klinik amaliyot bilan integratsiyalash, diagnostika sifatini oshirish va innovatsion tibbiyot uchun yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashning strategik zaruratidir.

O’rganilganlik darajasi. Mavjud o’quv va metodik manbalarda EKG, ultratovush, rentgen tasvirlash va pulsoksimetriyaning alohida fizik asoslari yoritilgan [1–5]. Taqdim etilgan maqola ushbu tushunchalarni yagona didaktik zanjirga birlashtirishga qaratilgan va OTMning tibbiyot fizikasi va biofizika yo’nalishida diagnostik qurilmalarni fizik hodisa, o’lchash signali, matematik model va xatolik mezonlari bo’yicha o’qitish metodikasini taklif etilgan.

Tadqiqot metodologiyasi - ilmiy manbalarni qiyosiy-tahliliy o’rganish, fizik modellashtirish, tizimli tasniflash hamda kompetensiyaga yo’naltirilgan didaktik loyihalashdan iborat bo’lib, na’munaviy tenglamalar fundamental fizik qonuniyatlarni ifodalaydi; ular klinik qurilmalarning barcha konstruktiv va kalibrlash tafsilotlarini hamda ishchi tamoyilini fizik asoslarini tushuntirishga qaratiladi.

ASOSIY QISM

Tibbiy diagnostika inson organizmiga ta’sir natijasida olinadigan elektr, akustik, optik yoki ionlashtiruvchi nurlanish signallarini o’lchashga asoslanadi. Talaba qurilmaning nomi va vazifasini bilish bilan cheklanib qolsa, natijaning shakllanish mexanizmi hamda xatolik manbalarini yetarlicha anglamasligi mumkin. Shu sababli fizik qonuniyatni texnik o’lchash zanjiri va klinik talqin bilan bog’lash zarur [1–5].

Zamonaviy tibbiyotda diagnostik qurilmalar foydalaniladigan fizik hodisa, o’lchanadigan biologik kattalik, signalni qayd etish usuli va diagnostik vazifasi asosida guruhlariga ajratiladi. Shu bois talabalar uchun ularni quyidagi yetti guruhda o’rganish maqsadga muvofiq.

1. Bioelektrik diagnostika qurilmalari.

Ushbu qurilmalar organizmda yuzaga keladigan elektr potentsiallari va bioelektrik signallarni qayd etadi va ularning elektrokardiograf (EKG), elektroensefalograf (EEG), elektromiograf (EMG) kabi turlari mavjuddir. Ularning ishlash tamoyilining fizik asosi, elektr potentsiallar farqi, ionlarning membrana orqali harakati, signallarni kuchaytirish va filtrlashga asoslanadi.

Elektrokardiografiyada elektrodlar yurakning elektr faolligi bilan bog’liq tana yuzasidagi potentsiallar farqini qayd etadi. Signal kuchaytiriladi, filtrlanadi va vaqt funksiyasi sifatida tasvirlanadi. EKG mexanik qisqarishni bevosita o’lchamaydi; elektrod kontakti, mushak faolligi va elektr shovqinlari natijaga ta’sir etadi [1].

$$U(t) = \varphi_1(t) - \varphi_2(t)$$

Bu yerda $U(t)$ — elektrodlar orasidagi kuchlanish, φ_1 va φ_2 — o’lchash nuqtalaridagi potentsiallar. Formulani o’qitishda potentsiallar farqi, kuchaytirish va filtrlarning signal shakliga ta’siri muhokama qilinadi.

2. Akustik va ultratovush diagnostika qurilmalari

Ushbu qurilmalar inson organizmi to‘qimalarida mexanik to‘lqinlarning tarqalishi, qaytishi va sochilishi asosida ishlaydi va ularning ultratovush diagnostikasi (UTT), Doppler ultratovush apparati, elastografiya tizimlari kabi turlari mavjuddir. Ularning ishlash tamoyilining fizik asosi piezoelektrik effekt, akustik impedans, aks-sado va Doppler efektiga asoslanadi.

Ultratovush transduseri piezoelektrik hodisa yordamida elektr impulsini mexanik to‘lqinga aylantiradi. To‘qima chegaralaridan qaytgan aks-sado yana elektr signalga o‘tkaziladi. Qaytish vaqti va amplitudasi bo‘yicha chuqurlik hamda tasvir xususiyatlari baholanadi [2; 3].

$$d = c \cdot \Delta t / 2$$

Bu yerda d – qaytaruvchi chegara chuqurligi, c – muhitdagi tovush tezligi, Δt – impulsning borib-qaytish vaqti. Chastota oshishi tasvir aniqligini yaxshilashi mumkin, biroq chuqur qatlamlarga kirish imkonini kamaytiradi.

3. Rentgen va ionlashtiruvchi nurlanishga asoslangan qurilmalar

Ushbu qurilmalar yuqori energiyali fotonlarning biologik to‘qimalar bilan o‘zaro ta’siri asosida ishlaydi va ularning rentgen apparati, kompyuter tomografi (KT), mammograf, PET va SPECT tizimlari kabi turlari mavjuddir. Ularning ishlash tamoyilining fizik asosi fotoelektrik effekt, Kompton sochilishi, nurlanishning susayishi, radioaktiv yemirilish va gamma-kvantlarni deteksiyalashga asoslanadi.

Rentgen tasvirlashda ionlashtiruvchi nurlanishning bir qismi biologik muhitda yutiladi va sochiladi, qolgan qismi detektorga yetadi. Turli to‘qimalardagi susayish farqi tasvir kontrastini belgilaydi. Soddashtirilgan bir jinsli muhit uchun Buger–Lambert qonuni qo‘llanadi [4; 8].

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

I_0 – boshlang‘ich intensivlik, I_x – x qalinlikdan keyingi intensivlik, μ – chiziqli susayish koeffitsiyenti. Real klinik tasvirda spektr, sochilish va to‘qimalar tarkibi hisobga olinishi lozim.

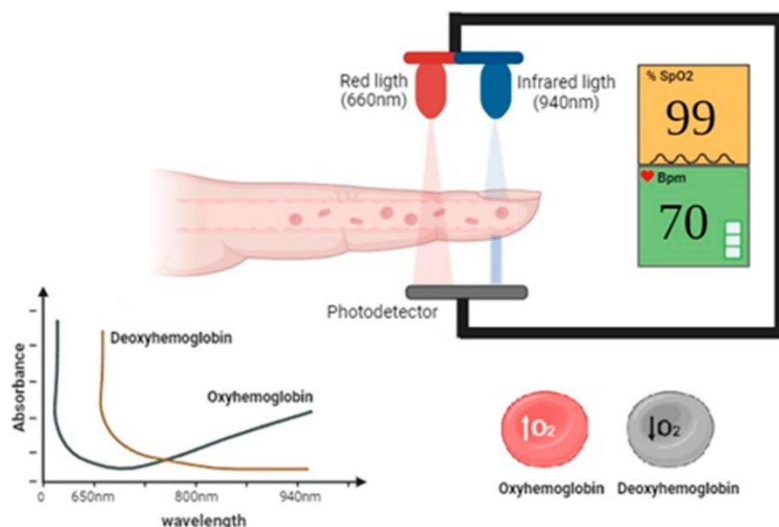
4. Magnit-rezonans diagnostika qurilmalari

Ushbu qurilmalar atom yadrolarining magnit maydon va radiochastotali impuls bilan o‘zaro ta’siriga asosida ishlaydi va ularning Magnit-rezonans tomograf (MRT), funksional MRT, magnit-rezonans spektroskopiya kabi turlari mavjuddir. Ularning ishlash tamoyilining fizik asosi yadro magnit rezonansi, Larmor pretsessiyasi, spin relaksatsiyasi va radiochastotali signallarga asoslanadi.

5. Optik va fotometrik diagnostika qurilmalari

Ushbu qurilmalar yorug‘likning biologik muhitda yutilishi, qaytishi va sochilishini o‘lchash asosida ishlaydi va ularning pulsoksimetr, spektrofotometr, optik kogerent tomograf (OCT), endoskopik tasvirlash tizimlari kabi turlari mavjuddir. Ularning ishlash tamoyilining fizik asosi Buger–Lambert–Ber qonuni, optik absorbsiya, interferensiya va yorug‘likning sochilishiga asoslanadi.

Pulsoksimetr – inson arterial qonidagi gemoglobinning kislorod bilan to‘yinganlik darajasini (SpO_2) noinvaziv, ya’ni qon olmasdan baholaydigan optik diagnostik qurilma.



Pulsoksimetr qizil va infraqizil yorug‘likning oksigemoglobin hamda dezoksigemoglobin tomonidan turlicha yutilishiga asoslanadi. Qurilma pulsatsiyalanuvchi va doimiy optik komponentlar nisbatidan foydalanib, kalibrlangan algoritm bilan SpO_2 ni taxminiy baholaydi [5; 9].

$$R = \frac{AC_{qizil}/DC_{qizil}}{AC_{IQ}/DC_{IQ}}$$

R – ikki spektral kanalning normallashtirilgan pulsatsion komponentlari nisbati. SpO_2 bilan bog‘lanish qurilma kalibrovkasiga bog‘liq; oddiy universal chiziqli tenglama sifatida talqin qilinmaydi. Past perfuziya, harakat, teri pigmentatsiyasi va tirnoq bo‘yog‘i aniqlikka ta’sir etishi mumkin.

6. Issiqlik va termografik diagnostika qurilmalari

Mazkur qurilmalar inson organizmining haroratini hamda tana yuzasidan tarqalayotgan infraqizil elektromagnit nurlanishni qayd etish orqali uning issiqlik holatini baholashga xizmat qiladi.

Organizmning harorati va undan chiqayotgan infraqizil nurlanishni qayd etish asosida ishlaydi va ularning infraqizil termograf, termovizor, kontaktsiz tibbiy termometr kabi turlari mavjuddir. Ularning ishlash tamoyilining fizik asosi issiqlik nurlanishi qonunlariga asoslanadi.

7. Mexanik va gidrodinamik diagnostika qurilmalari

Mazkur qurilmalari inson organizmidagi bosim, kuch, deformatsiya, suyuqlik va gazlarning oqim tezligi hamda hajm o‘zgarishlarini o‘lchashga asoslangan tibbiy asboblardir. Ularning ishlashi klassik mexanika, suyuqliklar va gazlar mexanikasi, elastiklik nazariyasi, gidrostatika va gidrodinamika qonuniyatlariga asoslanadi va organizmda bosim, oqim, hajm va mexanik deformatsiyalarni o‘lchash asosida ishlaydi va ularning spirometr, tonometr, pletizmograf, qon oqimini o‘lchovchi tizimlar kabi turlari mavjud. Ularning ishlash tamoyilining fizik asosi suyuqlik va gazlar mexanikasi, bosim, oqim qarshiligi, elastiklik va hajm o‘zgarishiga asoslanadi.

MUHOKAMA VA METODIK NATIJA

Taklif etilgan yettita guruhli tasnif turli qurilmalar orasidagi umumiylikni ochib beradi: biologik muhitdagi fizik jarayon datchik orqali elektr signaliga, so‘ng raqamli ishlov va talqinga o‘tadi. Biroq signallar tabiati va xatolik manbalari turlicha: EKGda elektr shovqini, UTTda akustik

soʻnish, rentgenda nurlanish dozasini optimallashtirish, pulsoksimetriyada perfuziya va harakat artefaktlari, termografiyada emissivlik, spirometriyada esa bemorning bajarish texnikasi muhim. Shu sababli bir xil didaktik sxema har bir qurilma uchun alohida fizik shartlar bilan toʻldirilishi lozim.

Xulosa oʻrnida shuni aytamizki OTMning tibbiyot fizikasi va biofizika yoʻnalishida taxsil oluvchi talabalarida diagnostik qurilmalarni yetti fizik guruhda oʻrganish tibbiyot fizikasi va biofizika kurslarida tushunchalarni tizimlashtirishga yordam beradi. Fizik hodisa-datchik-signal-talqin-xatolik zanjiri nazariy formulalarni real oʻlchash jarayonlari bilan bogʻlash imkonini berib, qiyosiy tahlilda qurilmalarning oʻlchash cheklovlarini alohida koʻrsatish notoʻgʻri umumlashtirishning oldini oladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Noble R. J., Hillis J. S., Rothbaum D. A. Electrocardiography. Clinical Methods. 3rd ed. 1990. NCBI Bookshelf: NBK354.
2. Grogan S. P., Mount C. A. Ultrasound Physics and Instrumentation. StatPearls, 2023. NCBI Bookshelf: NBK570593.
3. Wan Y.-L. Ultrasound Education for Medical Students: Principles, Training Approaches, and Current Controversies. Advances in Medical Education and Practice, 2026. DOI: 10.2147/AMEP.S602944.
4. National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. Medical X-rays. NIH, 2025.
5. U.S. Food and Drug Administration. Pulse Oximeters. FDA, 2024 (yangilangan maʼlumot).
6. University of Southern Denmark. The IMRaD Structure. Akademik yozuv boʻyicha metodik manba.
7. Kulyabov D. S., Sevastianov L. A. IMRAD structure. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science, 2024, 32(4), 355–361.
8. Mamatkarimov O.O., Qoʻchqarov X.O., Yusupov D.A., Adashaliyev A.U. Radionuklidlar va ekologiya. NamDU ilmiy axborotnomasi. Namangan, 2020. 47-51 b.
9. National Institute of Standards and Technology. How Do You Measure Blood Oxygen Levels? NIST, 2025.
10. Yusupov D.A. Benefits of improved teaching methodology for teaching nuclear physics sections in universities based on innovative technologies // World Bulletin of Social Sciences (WBSS). Year: 2023, Issue: 2, Volume: 19 – P. 86-91
10. D.A.Yusupov Oʻquvchilarda radioaktiv nurlanish, yadro energetikasi va ekologik xavfsizlik masalalariga adekvat munosabatni shakllantirish metodikasi. E Conference Zone. 2022/4/18. p. 138-139