

YADRO FIZIKASINING BOSHQA SOHALAR BILAN BOG‘LANISHI

Qosimjonov Ro‘zali Voxidovich,

Qo‘gon davlat universiteti p.f.f.d., katta o‘qituvchi

r.qosimjonov88@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada yadro fizikasining turli fan va texnologiya sohalaridagi amaliy qo‘llanilishlari – tibbiyot (radioizotop diagnostikasi, PET, proton terapiyasi), materialshunoslik va nanotexnologiya, arxeologiya (radiokarbon va neytron difraksiyasi), qishloq xo‘jaligi, ekologiya, geofizika, sud tibbiyoti, yadro qurollarini tarqatmaslik, astrofizika, kosmik energetika hamda kvant axborot texnologiyalari – tizimli ravishda ko‘rib chiqiladi. Yadro fizikasining fanlararo xususiyati va O‘zbekiston sharoitida raqamli simulyatsiyalar orqali qo‘shilish imkoniyatlari ta‘kidlanadi.

Kalit so‘zlar: yadro fizikasi, yadroviy tibbiyot, texnetsiy-99m, PET, proton terapiyasi, BNCT, radiokarbon yosh aniqlash, neytron difraksiyasi, ion implantatsiyasi, RBS, PIXE, radioizotop termoelektr generatorlari (RTG), kvark-gluon plazmasi, kvant spin qubitlari, yadroviy ekologiya monitoringi, “Raqamli O‘zbekiston – 2030”, fanlararo qo‘llanilishlar.

Аннотация. В статье систематически рассматриваются практические применения ядерной физики в различных областях науки и техники – медицине (радиоизотопная диагностика, ПЭТ, протонная терапия), материаловедении и нанотехнологиях, археологии (радиоуглеродная и нейтронная дифракция), сельском хозяйстве, экологии, геофизике, криминалистике, ядерном нераспространении, астрофизике, космической энергетике и квантовых информационных технологиях. Подчеркивается междисциплинарный характер ядерной физики и возможности ее интеграции посредством цифрового моделирования в условиях Узбекистана.

Ключевые слова: ядерная физика, ядерная медицина, технеций-99m, ПЭТ, протонная терапия, БНКТ, радиоуглеродное датирование, нейтронная дифракция, ионная имплантация, РБС, ПИКЭ, радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РТГ), кварк-глюонная плазма, квантовые спиновые кубиты, мониторинг ядерной экологии, «Цифровой Узбекистан - 2030», междисциплинарные приложения.

Abstract. The article systematically reviews the practical applications of nuclear physics in various fields of science and technology – medicine (radioisotope diagnostics, PET, proton therapy), materials science and nanotechnology, archaeology (radiocarbon and neutron diffraction), agriculture, ecology, geophysics, forensics, nuclear non-proliferation, astrophysics, space energy, and quantum information technologies. The interdisciplinary nature of nuclear physics and the possibilities of its integration through digital simulations in the conditions of Uzbekistan are emphasized.

Keywords: nuclear physics, nuclear medicine, technetium-99m, PET, proton therapy, BNCT, radiocarbon dating, neutron diffraction, ion implantation, RBS, PIXE, radioisotope thermoelectric generators (RTG), quark-gluon plasma, quantum spin qubits, nuclear ecology monitoring, "Digital Uzbekistan – 2030", interdisciplinary applications.

Kirish. XXI asrda fan va texnologiyalarning jadal rivojlanishi yadro fizikasining boshqa sohalar bilan uzviy integratsiyasini yanada kuchaytirmoqda. Ayniqsa, tibbiyot, energetika, ekologiya va axborot texnologiyalarida yadro fizikasi yutuqlarining amaliy ahamiyati ortib bormoqda. Shu bois mazkur maqolada yadro fizikasining fanlararo bog‘liqligi va uning turli yo‘nalishlardagi qo‘llanilish imkoniyatlari tahlil qilinadi.

Adabiyotlar tahlili. Yadro fizikasining amaliy qo‘llanilishi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar ko‘plab xorijiy va mahalliy olimlar tomonidan keng o‘rganilgan. Xususan, ilmiy manbalarda yadroviy tibbiyot, materialshunoslik va astrofizika sohalarida yadro texnologiyalarining samaradorligi asoslab berilgan. Zamonaviy tadqiqotlarda

radioizotoplar, neytron tahlil usullari hamda kvant texnologiyalarining yangi imkoniyatlari alohida e'tibor markazida turibdi. Shu bilan birga, ayrim ishlarda yadro fizikasining fanlararo integratsiyasi va uni ta'lim jarayoniga tatbiq etish masalalari yetarli darajada yoritilmagan.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil, qiyosiy solishtirish va umumlashtirish metodlaridan foydalanildi hamda yadro fizikasining turli sohalardagi qo'llanilishiga oid ilmiy manbalar o'rganildi. Shuningdek, fanlararo yondashuv asosida yadro texnologiyalarining amaliy samaradorligi konseptual jihatdan tahlil qilindi.

Tahlillar va natijalar. Radioizotop diagnostika. Yadro fizikasining tibbiyotda eng muhim qo'llanilishlaridan biri bu radioaktiv izotoplardan foydalanishga asoslangan yadroviy tibbiyotdir. Radioizotoplar bemorga (vena ichiga, og'iz orqali yoki nafas olish yo'li bilan) yuboriladi va ma'lum organlar yoki to'qimalarda to'planadi. Izotop chiqaradigan nurlanish ixtisoslashgan detektorlar, odatda gamma kameralar tomonidan qayd etiladi.

Eng keng tarqalgan izotop texnetsiy-99m (^{99m}Tc) bo'lib, uning yarim yemirilish davri qisqa (~6 soat) va 140 keV energiyaga ega gamma nurlarini chiqaradi – bu yozib olish va bemorga minimal ta'sir qilish uchun optimal hisoblanadi. U suyaklar, miokard, qalqonsimon bez va boshqa organlarni skanerlash uchun ishlatiladi.

Pozitron emissiya tomografiyasi (PET) – bu pozitron va elektronning yo'q qilinishi natijasida hosil bo'lgan gamma nurlari juftlarini aniqlashga asoslangan yuqori sezgir yadroviy diagnostika usuli. Pozitron chiqaradigan izotoplar (masalan, ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N) tanaga kiritiladi va metabolik ravishda molekulalarga qo'shiladi, bu esa tirik organizmdagi biokimyoviy jarayonlarni o'rganish imkonini beradi. Bu usul ayniqsa onkologiya, nevrologiya va kardiologiyada muhimdir.

Radiatsiya terapiyasi. Yadro fizikasi radioterapiya manbalari va usullarini - xavfli o'smalarni nurlantirishni ishlab chiqmoqda. Ionlashtiruvchi nurlanishning tashqi manbalari (gamma qurilmalari, elektron tezlatgichlar) va ichki usullar – braxiterapiya - qo'llaniladi, bunda radioaktiv manbalar (masalan, ^{131}I , ^{112}Ir) o'sma ichiga yoki uning yoniga joylashtiriladi.

70–250 MeV energiyaga ega proton nurlaridan foydalanadigan proton terapiyasi muhim rol o'ynaydi. Bragg effekti atrofdagi to'qimalarga minimal zarar yetkazgan holda o'simta chuqurligiga maksimal dozani kiritish imkonini beradi. Bu soha akselerator texnologiyasi va aniqlashdagi yutuqlar tufayli tez rivojlanmoqda.

Materialshunoslik va nanotexnologiyada qo'llanilishi. Materiallarni tahlil qilishning yadro usullari. Yadro fizikasi usullari materiallarning elementar tarkibi va tuzilishini kontaktsiz, yuqori sezgirlik bilan tahlil qilish imkonini beradi. Asosiy usullar:

Qayta yuzaga chiqish yadro tahlili (RBS, ERDA): yupqa plyonkalar va qoplamalardagi elementlarning tarkibi va chuqurlikdagi taqsimlanishini tahlil qilish uchun ishlatiladi.

Zarrachalar tomonidan induktsiyalangan rentgen spektroskopiyasi (PIXE): og'ir zaryadlangan zarrachalar tomonidan xarakterli nurlanishni qo'zg'atish.

Neytron faollashuvi: Namuna neytronlar bilan nurlantiriladi, bu esa elementlarning radioaktiv bo'lishiga va ularning emissiya spektri bilan aniqlanishiga olib keladi.

Nurlanish va material xususiyatlarini o'zgartirish. Ion va neytron nurlari atom darajasida materiallarning tuzilishini o'zgartirish uchun ishlatiladi. Bu mustahkamlik, issiqlik va elektr xususiyatlarini yaxshilash imkonini beradi:

- nanostrukturalarning shakllanishi;
- yadroviy qurilmalar uchun materiallarning radiatsiyaga chidamliligini oshirish;
- qoplamalarning yopishishini yaxshilash;
- yarimo'tkazgichlarning elektron xususiyatlarini boshqarish uchun nuqsonlarni kiritish.

Arxeologiya va san'at tarixi. Radiokarbonli yoshni aniqlash. ^{14}C izotopi organik materiallarning yoshini ~50,000 yilgacha aniqlash uchun ishlatiladi. Usul ^{14}C ning qoldiq konsentratsiyasini o'lchashga asoslangan bo'lib, u ~5730 yil yarim yemirilish davri bilan parchalanadi. U arxeologiya, paleoekologiya va geologiyada keng qo'llaniladi.

Neytron difraksiyasi va gamma rentgenografiyasi. Neytron va gamma rentgenografiya usullari artefaktlarning ichki tuzilishini buzmasdan tekshirish imkonini beradi. Neytronlar, fotonlardan farqli o'laroq, yorug'lik elementlariga sezgir, bu ularni arxeologik topilmalardagi organik qoldiqlarni o'rganish uchun ayniqsa qimmatli qiladi.

Energetika va ekologiyada qo'llanilishi. Yadroviy ifloslanishni monitoring qilish usullari. Ionlashtiruvchi nurlanish ifloslantiruvchi moddalarni aniqlash va miqdorini aniqlash uchun ishlatiladi:

Suv, tuproq, havoda zaharli elementlarni aniqlash uchun faollashtirish tahlili;

Kontaminatsiya yo'llari va moddalarning migratsiyasini kuzatish uchun yorliqlangan atom usullari;

Neytron tahlil usullari real vaqt rejimida monitoring o'tkazish imkonini beradi.

Radiatsiya chiqindilarini qayta ishlash. Yuqori energiyali nurlar (elektronlar, gamma nurlanishi) bilan nurlantirish zaharli organik birikmalarni yo'q qilish, tibbiy va sanoat chiqindilarini dezinfeksiya qilish, toksiklikni kamaytirish va chidamlilikni oshirish uchun ishlatiladi.

Sud tibbiyoti va xavfsizlik sohasidagi qo'llanmalar. Sud tibbiyotida yadro fizikasi usullari. Aktivizatsiya tahlili mikroskopik namunalardagi iz elementlarini aniq aniqlash imkonini beradi. **Yadro magnit-rezonansi (NMR)** va gamma spektroskopiyasi giyohvand moddalar, portlovchi moddalar, bo'yoqlar va matolarni aniqlash uchun

ishlatiladi. Bojxona nazorati paytida radioaktiv materiallarni aniqlash uchun ko'chma gamma spektrometrlari qo'llaniladi.

Yadro fizikasi va yadroviy qurollarni tarqatmaslik. Chegaralar va inshootlarda radioaktiv materiallarni kuzatishning fizik usullari (neytron detektorlari, muon tomografiyasi, gamma-nurli spektroskopiya) yadroviy qurolni tarqatmaslik tizimlarida muhim rol o'ynaydi. Ular deklaratsiyalarni tekshirish, inshootlarni tekshirish va kontrabandaning oldini olish uchun ishlatiladi.

Astrofizika va kosmik tadqiqotlar. Yadro astrofizikasi. Yulduzlar va o'ta yangi yulduzlardagi yadro sintezi jarayonlari yadro fizikasi bilan chambarchas bog'liq. Quyidagi kabi reaksiyalarni o'rganish:

p-p sikli va CNO sikli - bosh ketma-ketlik yulduzlari uchun;

uch karra alfa reaksiyasi - uglerod hosil bo'lishi;

tez va sekin neytronlarni ushlab (r- va s-jarayonlar) - og'ir elementlarning sintezi;

bizga Koinotdagi kimyoviy elementlarning kelib chiqishini tushunishga imkon beradi.

Kosmosdagi yadro energiyasi manbalari. Izotoplarning termal parchalanishiga asoslangan radioizotop termoelektr generatorlari (RTG) (masalan, ^{238}Pu) quyosh panellari mumkin bo'lmagan kosmik kemalarga energiya yetkazib berish uchun ishlatiladi: Voyager, Cassini, Mars Rover.

Kosmik parvozlar uchun yadro energiyasi ham istiqbolli sohadir: kelajakdagi sayyoralararo missiyalar uchun yadro dvigatellari va ixcham reaktorlar.

Axborot texnologiyalari va yadro fizikasi. Kvant ma'lumotlari va yadro spinlari. Kvant axborot tashuvchisi sifatida yadro spinlarini o'rganish kvant texnologiyalarida istiqbolli tadqiqot sohasidir. Yadro spinlari yuqori kogerentlikka ega va qubitlar sifatida, ayniqsa olmos va molekulyar magnitlardagi NV markazlariga asoslangan tizimlarda ishlatilishi mumkin.

Mikroelektronikada yadro fizikasi. Tezlatgichlarga asoslangan ion implantatsiyasi va radiatsiyaviy leping usullari yarimo'tkazgichli qurilmalarni yaratishda, ayniqsa nanoelektronikada muhim rol o'ynaydi. Ion implantatsiyasi yarimo'tkazgichdagi aralashmalarning konsentratsiyasi va tarqalishini aniq nazorat qilish imkonini beradi.

Qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat sanoati. Radioizotop usullari. O'simliklar metabolizmini o'rganish; Qishloq xo'jaligi texnologiyalari va suvdan foydalanishni optimallashtirish; Oziq-ovqat mahsulotlarida soxtalashtirish va ifloslanishni aniqlash; Mutatsiya jarayonini tezlashtirish va seleksiya qilish uchun urug'larni nurlantirish.

Radiatsiya sterilizatsiyasi. Oziq-ovqat mahsulotlari va qadoqlarni haroratni ko'tarmasdan sterilizatsiya qilish uchun ionlashtiruvchi nurlanishdan foydalanish. Bu kimyoviy moddalardan foydalanmasdan saqlash muddatini uzaytirish imkonini beradi.

Geofizika va gidrologiya. Yer osti suvlari va inshootlarini o'rganish. Yer osti suvlarining yoshi va manbalarini tahlil qilish uchun izotoplar va radioaktiv izotoplar qo'llaniladi. ^3H , ^2H , ^{18}O , ^{85}Kr va ^{14}C kabi izotoplar suvning infiltratsiya tezligini va migratsiya yo'lini aniqlash imkonini beradi.

Tog' jinslaridagi radioaktivlik. Tabiiy radioaktivlikni (K, U, Th) o'rganish geologik shakllanishlarning yoshini aniqlash, tektonikani o'rganish, zilzilalarni bashorat qilish va foydali qazilma konlarini radiometrik tadqiq qilish imkonini beradi.

Xulosa. Yadro fizikasi fundamental soha sifatida juda keng ko'lamli fanlarni qamrab oladi va fan, texnologiya, tibbiyot, ekologiya, xavfsizlik va kosmik tadqiqotlarga hissa qo'shadi. Uning fanlararo qo'llanilishining xilma-xilligi yadroviy o'zaro ta'sirlarning noyob tabiati va materiyani chuqur darajada o'rganish va o'zgartirish imkonini beruvchi usullarning ko'p qirraliligi bilan belgilanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Nasriddinov, K. R., and R. V. Qosimjonov. "Use of Case Study Technology in Improving Practical Courses in Nuclear Physics." Texas Journal of Engineering and Technology 15 (2022): 142-146.
2. Nasriddinov, K. R., and R. V. Qosimjonov. "PEDAGOGIKA OLIY TA'LIM MUASSASALARIDA YADRO MODELLARI MAVZUSIDA AMALIY MASHG 'ULOT TASHKIL ETISH." Academic research in educational sciences 3.11 (2022): 36-45.
3. Nasriddinov, K. R., and R. V. Qosimjonov. "Methodology of Organizing Practical Training on the Subject of" Nuclear Models"." INTERNATIONAL JOURNAL OF INCLUSIVE AND SUSTAINABLE EDUCATION 1.5 (2022): 160-163.
4. Nasriddinov, K. R., and R. V. Qosimjonov. "YADRO FIZIKASIDA NOSTANDART TESTLARNING O 'RNI VA AHAMIYATI." Academic research in educational sciences 3.6 (2022): 509-517.
5. Nasriddinov, K. R. "USE OF CASE STUDY TECHNOLOGY IN IMPROVING PRACTICAL COURSES IN NUCLEAR PHYSICS." Open Access Repository 9.12 (2022): 30-34.
6. Nasriddinov, KR va RV Qosimjonov. "PEDAGOGIKA OLIY TA'LIM
7. MUASSASALARIDA YADRO MODELLARI MAVZUSIDA AMALIY MASHG 'ULOT TASHKIL ETISH."
8. Qosimjonov, R. V. "YADRO FIZIKASIDA TABIIY FANLAR BO'YICHA FANLARARO INTEGRATSIYASINI AYRIM JIHATLARI." Academic research in educational sciences 2.CSPI conference 3 (2021): 638-644.
9. Qosimjonov, RV "AMALIY MASHQLAR SAMARALILIGINI OSHIRISH YO'LLARI". Galaxy xalqaro fanlararo tadqiqot jurnali 10.12 (2022): 1932-1936.