

RENTGEN NURLARI VA ULARNING AHAMIYATI**O'roqova Mehribonu Siddiqovna***Qo'shrabot tuman 2-son texnikumi fizika fani o'qituvchisi***Abirova Gulchiroy Shoyimovna***Qo'shrabot tuman 2-son texnikumi biologiya fani o'qituvchisi***Omonova Nafosat Axatqul qizi***Qo'shrabot tuman 2-son texnikumi fizika fani o'qituvchi***MAQOLA
MALUMOTI****ANNOTATSIYA:****MAQOLA TARIXI:***Received: 04.02.2026**Revised: 05.02.2026**Accepted: 06.02.2026***KALIT SO'ZLAR:**

*rentgen nurlari,
elektromagnit nurlanish,
difraktsiya, radiologiya,
kompyuter
tomografiyasi,
diagnostika,
materialshunoslik,
ionlashtiruvchi
nurlanish, radiatsion
xavfsizlik, nondestruktiv
nazorat.*

Mazkur maqolada rentgen nurlarining fizik tabiati, hosil bo'lish mexanizmi va asosiy xossalari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Ularning modda bilan o'zaro ta'siri, yutilish va sochilish jarayonlari hamda ionlashtiruvchi xususiyati diagnostika va strukturaviy tahlildagi ahamiyatini belgilashi ko'rsatib beriladi. Tibbiyotda rentgenografiya va kompyuter tomografiyasi, sanoatda esa buzmasdan nazorat qilish hamda materialshunoslikda kristall tuzilmani aniqlashdagi qo'llanilishi yoritilgan. Shuningdek, nurlanish dozasini optimallashtirish va radiatsion xavfsizlik masalalari muhokama qilinadi. Tadqiqot natijalari rentgen nurlarining zamonaviy ilm-fan va texnologiyalardagi universal tadqiqot vositasi ekanligini ko'rsatadi.

Kirish. Zamonaviy fan va texnika taraqqiyoti natijasida modda tuzilishini chuqur o'rganish, biologik jarayonlarni aniqlash hamda sanoat jarayonlarini nazorat qilish imkonini beruvchi fizik usullar keng rivojlandi. Shunday muhim fizik hodisalardan biri

— rentgen nurlanishidir. Rentgen nurlari elektromagnit to‘lqinlar spektrining qisqa to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan, katta energiyali nurlanish turi bo‘lib, ular ko‘rinadigan yorug‘likdan farqli ravishda ko‘plab moddalar ichidan o‘tish xususiyatiga ega. Aynan shu xususiyat rentgen nurlarini ilm-fan, tibbiyot va texnika sohalarida beqiyos ahamiyatga ega vositaga aylantirdi. Rentgen nurlari 1895-yilda nemis fizigi Vilgelm Konrad Rentgen tomonidan kashf etilgan bo‘lib, ushbu kashfiyot tabiatni o‘rganish tarixida tub burilish yasadi. Ilgari yopiq jismlar ichki tuzilishini buzmasdan tekshirish imkoni bo‘lmagan bo‘lsa, rentgen nurlarining kashf etilishi bilan “nondestruktiv nazorat” davri boshlandi. Bu hodisa nafaqat fizika rivojiga, balki tibbiyot diagnostikasi, materialshunoslik, kristallografiya va hatto arxeologiya sohalariga ham kuchli turtki berdi. Ayniqsa, inson organizmini jarrohliksiz tekshirish imkoniyatining paydo bo‘lishi tibbiyot amaliyotida yangi bosqichni boshlab berdi.

Rentgen nurlarining fizik mohiyati yuqori energiyali elektronlarning keskin tormozlanishi yoki atom ichki qavatlarida elektronlarning qayta joylashishi natijasida elektromagnit nurlanish hosil bo‘lishi bilan bog‘liq. Ularning to‘lqin uzunligi taxminan 10^{-12} – 10^{-8} metr oralig‘ida bo‘lib, bu ularni ultrabinafsha va gamma nurlanish oralig‘iga joylashtiradi. Shu sababli ular modda bilan o‘zaro ta’sirlashganda ionlashtiruvchi ta’sir ko‘rsatadi. Natijada rentgen nurlari bir tomondan juda foydali ilmiy axborot manbai bo‘lsa, ikkinchi tomondan ehtiyotkorlik bilan ishlatilishi zarur bo‘lgan fizik omil hisoblanadi. Hozirgi kunda rentgen nurlaridan foydalanish ko‘lami juda kengayib ketgan. Tibbiyotda ular suyak sinishlari, o‘pka kasalliklari, stomatologik muammolar hamda ichki organlar patologiyalarini aniqlashda asosiy diagnostik vosita hisoblanadi. Kompyuter tomografiyasi (KT) texnologiyasi rentgen nurlariga asoslangan holda inson tanasining qatlamli tasvirini hosil qilib, kasalliklarni juda erta bosqichda aniqlash imkonini beradi. Bundan tashqari, rentgen nurlari yordamida qon tomirlari holatini tekshirish, onkologik kasalliklarni aniqlash va davolash jarayonlarini rejalashtirish amalga oshiriladi.

Sanoatda esa rentgen nurlari metall buyumlar va payvand choklarini buzmasdan tekshirish, ichki nuqsonlarni aniqlash hamda mahsulot sifatini nazorat qilishda qo‘llanadi. Aviatsiya, energetika va mashinasozlik kabi yuqori xavfsizlik talab qilinadigan sohalarda rentgen nazorati ishonchlilikni ta’minlovchi muhim texnologiya hisoblanadi. Kristallografiyada esa rentgen difraksiyasi usuli moddalarning atom va kristall panjara tuzilishini aniqlash imkonini beradi, bu esa zamonaviy materiallar va yarimo‘tkazgichlar

yaratishda asosiy ilmiy usullardan biri bo'lib xizmat qiladi. Shuningdek, rentgen nurlari biologiya va kimyo fanlarida ham muhim o'rin egallaydi. Oqsillar, DNK va murakkab molekulalarning fazoviy tuzilishini aniqlash rentgen strukturaviy tahlil orqali amalga oshiriladi. Bu esa farmatsevtika sanoatida yangi dori vositalarini yaratish va biologik jarayonlarni tushunishda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Arxeologiyada qadimiy buyumlarni ochmasdan o'rganish, san'atshunoslikda esa tarixiy asarlarning ichki qatlamlarini tahlil qilish imkoniyati ham aynan rentgen nurlariga asoslangan. Shu bilan birga, rentgen nurlarining ionlashtiruvchi xususiyati ularning biologik to'qimalarga zarar yetkazish ehtimolini ham yuzaga keltiradi. Shu sababli radiatsion xavfsizlik, dozani nazorat qilish va himoya vositalarini qo'llash masalalari rentgen texnologiyalaridan foydalanishda muhim ilmiy-amaliy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Zamonaviy texnologiyalar nurlanish miqdorini minimal darajaga tushirish bilan birga maksimal axborot olish imkonini berishga qaratilgan.

Yuqoridagilardan kelib chiqib aytish mumkinki, rentgen nurlari zamonaviy ilm-fan va texnikaning deyarli barcha sohalariga kirib borgan universal tadqiqot vositasidir. Ular modda tuzilishini o'rganish, kasalliklarni tashxislash, sanoat mahsulotlari sifatini nazorat qilish va yangi materiallar yaratishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Mazkur maqolada rentgen nurlarining fizik tabiati, hosil bo'lish mexanizmi, xossalari hamda amaliy qo'llanilish sohalarini ilmiy nuqtai nazardan tahlil qilinadi va ularning zamonaviy texnologiyalardagi ahamiyati yoritiladi.

Adabiyotlar tahlili. Rentgen nurlari va ularning qo'llanilishi yuzasidan ilmiy tadqiqotlar fizika, tibbiyot, materialshunoslik hamda biologiya fanlarida alohida yo'nalish sifatida shakllangan. Ilmiy manbalarning tahlili shuni ko'rsatadiki, ushbu nurlanish turi dastlab fundamental fizik hodisa sifatida o'rganilgan bo'lsa, keyinchalik uning amaliy ahamiyati ustuvor yo'nalishga aylangan. Klassik fizika adabiyotlarida rentgen nurlarining tabiati elektromagnit to'lqinlar nazariyasi asosida tushuntiriladi. A. Eynshteyn, M. Plank va boshqa olimlarning kvant nazariyasiga oid ishlari nurlanishning energiyasi diskret xarakterga ega ekanligini ko'rsatib berdi. Ayniqsa, foton energiyasi $E=h\nu$ munosabati rentgen nurlarining modda bilan o'zaro ta'sirini tushuntirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy fizika qo'llanmalarida rentgen nurlari hosil bo'lishining ikki asosiy mexanizmi — tormozlanish nurlanishi (bremsstrahlung) va xarakteristik nurlanish batafsil yoritiladi. Bu jarayonlar elektronlarning atom yadrosi maydonida

keskin tezlanishi yoki atom ichki qavatlaridagi elektronlarning o‘rin almashinuvi bilan bog‘liq ekanligi ko‘plab eksperimental tadqiqotlar orqali tasdiqlangan.

Materialshunoslikka oid ilmiy manbalarda rentgen difraksiyasi alohida o‘rin egallaydi. Bragg va Bragglar tomonidan ishlab chiqilgan difraksiya qonuni kristall panjarani o‘rganishning asosiy nazariy asosi hisoblanadi. Zamonaviy adabiyotlarda rentgen strukturaviy tahlil (XRD) metodi orqali metallar, qotishmalar, keramika materiallari va yarimo‘tkazgichlarning fazaviy tarkibini aniqlash usullari keng yoritilgan. Ko‘plab mualliflar ushbu metodning ustunligi sifatida uning buzmasdan tahlil qilish imkoniyatini va yuqori aniqligini qayd etadilar. So‘nggi yillardagi tadqiqotlarda nanomateriallar strukturasi aniqlashda rentgen nurlari asosiy instrumentlardan biri sifatida qaralmoqda. Tibbiyotga oid adabiyotlarda rentgen nurlarining ahamiyati diagnostika bilan bevosita bog‘liq holda o‘rganilgan. Radiologiya bo‘yicha ilmiy qo‘llanmalarda klassik rentgenografiya, fluoroskopiya va kompyuter tomografiyasi usullari keng tahlil qilingan. Mualliflar rentgen nurlarining biologik to‘qimalar orqali turlicha yutilishi kontrast tasvir hosil qilishini asosiy diagnostik mexanizm sifatida ko‘rsatadilar. Masalan, suyak to‘qimasi yuqori zichlikka ega bo‘lgani sababli ko‘proq nurlanishni yutadi va tasvirda aniq ko‘rinadi, yumshoq to‘qimalar esa nisbatan kamroq yutadi. Zamonaviy ilmiy ishlar raqamli rentgenografiya texnologiyalarining nurlanish dozasi kamaytirilgan holda tasvir sifatini oshirishga xizmat qilayotganini ta’kidlaydi.

Onkologiya yo‘nalishidagi manbalarda rentgen nurlari faqat diagnostika emas, balki davolash — radioterapiya vositasi sifatida ham tahlil qilinadi. Ilmiy maqolalarda ionlashtiruvchi nurlanish hujayra DNKsiga ta’sir etib, o’sma hujayralarining bo‘linishini to‘xtatishi ko‘rsatib o‘tiladi. Shu bilan birga, ko‘plab tadqiqotchilar sog‘lom to‘qimalarni himoya qilish muammosini asosiy ilmiy masalalardan biri sifatida ko‘rsatadilar. Zamonaviy adabiyotlarda modulyatsiyalangan intensivlikka ega nurlanish (IMRT) va tasvirga asoslangan radioterapiya texnologiyalari davolash samaradorligini oshirishi ilmiy asoslangan. Biologiya va biokimyo sohasidagi ilmiy manbalarda rentgen kristallografiyasi muhim o‘rin tutadi. U orqali oqsillar va nuklein kislotalarning fazoviy tuzilishini aniqlash mumkinligi ko‘rsatib berilgan. DNK spiral tuzilishining aniqlanishi ham aynan rentgen difraksiyasi natijalariga asoslanganligi ko‘plab ilmiy adabiyotlarda qayd etilgan. Zamonaviy molekulyar biologiya darsliklari yangi dori preparatlarini yaratishda molekula konfiguratsiyasini aniqlashda ushbu usul hal qiluvchi rol o‘ynashini ta’kidlaydi.

Texnik diagnostika va sanoat nazoratiga bag'ishlangan adabiyotlarda rentgen nurlarining defektoskopiya jarayonidagi ahamiyati keng o'rganilgan. Payvand choklari, quyma detallar va kompozit materiallarda ichki yoriqlarni aniqlashda rentgenografiya eng ishonchli usullardan biri sifatida ko'rsatiladi. Ayrim manbalarda ultratovush nazorati bilan solishtirma tahlillar keltirilib, murakkab geometriyali buyumlarda rentgen usulining afzalligi qayd etilgan. Radiatsion xavfsizlik bo'yicha ilmiy ishlar rentgen nurlarining biologik ta'sirini chuqur o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqotchilar ionlashtiruvchi nurlanish hujayra mutatsiyalariga olib kelishi mumkinligini ko'rsatganlar. Shu sababli zamonaviy standartlarda maksimal ruxsat etilgan doza tushunchasi kiritilgan. So'nggi yillardagi ilmiy maqolalarda past dozali diagnostika usullarini ishlab chiqish ustuvor yo'nalish sifatida qaralmoqda. Rentgen nurlari dastlab fizik hodisa sifatida o'rganilgan bo'lsa-da, hozirgi kunda u ko'p tarmoqli ilmiy platformaga aylangan. Fizika, tibbiyot, biologiya va texnika fanlari kesishgan nuqtada rentgen texnologiyalari zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning ajralmas qismi sifatida shakllangan. Shu bois rentgen nurlarini kompleks yondashuv asosida o'rganish ularning imkoniyatlarini yanada kengaytirish va xavfsiz qo'llash uchun muhim ilmiy vazifa hisoblanadi.

Tadqiqot muhokama. Rentgen nurlarining fizik xossalari va amaliy qo'llanilish sohalarini o'rganish natijalari shuni ko'rsatdiki, ushbu nurlanish turi modda bilan o'zaro ta'sir jarayonida bir nechta fizik mexanizmlar orqali axborot tashuvchi vosita sifatida namoyon bo'ladi. Tadqiqot davomida nurlanishning yutilishi, sochilishi va ionlashtiruvchi ta'siri asosiy axborot manbai ekanligi aniqlanib, aynan shu omillar tasvir hosil qilish va strukturani aniqlash jarayonlarining fizik asosini tashkil etishi asoslab berildi. Olingan natijalar rentgen nurlarining modda zichligiga sezgirligi diagnostika aniqligini belgilovchi asosiy omil ekanligini ko'rsatadi. Zichligi yuqori bo'lgan muhitlarda nurlanish kuchliroq yutiladi, past zichlikli muhitlarda esa nurlanishning o'tuvchanligi ortadi. Shu sababli turli to'qimalar yoki material qatlamlari orasidagi kontrast tabiiy ravishda shakllanadi. Tadqiqotda aynan shu hodisa tibbiy tasvirlashda suyak va yumshoq to'qimalarni ajratib ko'rsatish, sanoatda esa nuqsonlarni aniqlash imkonini berishi muhokama qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, kontrast darajasi nurlanish energiyasini to'g'ri tanlash bilan boshqarilishi mumkin.

Rentgen nurlari energiyasining oshishi ularning kirib borish chuqurligini oshiradi, biroq kontrast sezgirligini kamaytiradi. Past energiyali nurlanish yuqori kontrast beradi, ammo qalin jismlarni tekshirishda yetarli chuqurlikka yetib bormaydi. Demak, optimal

diagnostika yoki nazorat jarayoni uchun energiya diapazonini tanlash muhim texnologik parametrlar hisoblanadi. Tadqiqot natijalari ko'rsatdiki, turli obyektlar uchun universal energiya qiymati mavjud emas va har bir holatda material tarkibi, qalinligi hamda kerakli aniqlik darajasi hisobga olinishi zarur. Strukturaviy tahlil jarayonida rentgen nurlarining difraksiya hodisasi orqali kristall panjara parametrlarini aniqlash mumkinligi tasdiqlandi. Olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, difraksiya burchagi va to'lqin uzunligi o'rtasidagi bog'liqlik moddaning atomlararo masofasini aniqlash imkonini beradi. Bu natija materialshunoslikda faza tarkibini aniqlash va yangi materiallarni tadqiq qilishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Muhokama davomida rentgen difraksiyasining elektron mikroskopiyaga nisbatan afzalligi — katta hajmdagi namunani o'rtacha strukturasi bo'yicha baholash imkoniyati borligi qayd etildi.

Biologik obyektlar bilan o'zaro ta'sirni tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, rentgen nurlarining ionlashtiruvchi xususiyati foydali diagnostik axborot bilan bir qatorda ma'lum xavf ham tug'diradi. Hujayra darajasida DNK molekulalarining shikastlanishi ehtimoli mavjudligi sababli nurlanish dozasini minimallashtirish zarurligi asoslandi. Tadqiqot natijalari zamonaviy apparatlarda yuqori sezgir detektorlar qo'llanishi nurlanish miqdorini kamaytirgan holda tasvir sifatini saqlab qolishga imkon berishini ko'rsatdi. Bu esa texnologik rivojlanishning asosiy yo'nalishi — maksimal axborot, minimal doza tamoyiliga mos keladi. Sanoat diagnostikasiga oid muhokamada rentgen nazoratining ultratovush va magnit usullariga nisbatan ustun tomonlari tahlil qilindi. Murakkab shaklli va ko'p qatlamli materiallarda ichki nuqsonlar aniq ko'rinishi rentgen metodining asosiy afzalligi sifatida qayd etildi. Biroq metall qalinligi ortishi bilan tasvir sifati pasayishi aniqlanib, yuqori energiyali manbalardan foydalanish zarurligi asoslandi. Shu bilan birga energiya oshishi xavfsizlik talablarini kuchaytirishini ham ko'rsatdi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari rentgen nurlarining universalligi ularning fizik tabiatiga — modda bilan turli mexanizmlar orqali o'zaro ta'sir qilishiga bog'liqligini ko'rsatadi. Diagnostika, strukturaviy tahlil va texnik nazorat bir xil fizik hodisaga asoslangan bo'lsa ham, amaliy jihatdan turli parametrlarni optimallashtirishni talab qiladi. Shu sababli rentgen texnologiyalarining samaradorligi apparat konstruksiyasi, detektor sezgirligi va nurlanish energiyasini to'g'ri tanlash bilan belgilanadi.

Xulosa. Rentgen nurlari qisqa to'lqin uzunligiga ega bo'lgan yuqori energiyali elektromagnit nurlanish turi sifatida zamonaviy ilm-fan va texnikaning muhim tadqiqot vositasiga aylangan. Ularning modda ichiga chuqur kirib borish hamda zichlik farqlariga

sezgirlik xususiyati tibbiyot diagnostikasi, sanoat nazorati va materiallar strukturaviy tahlilida keng qo'llanishini ta'minlaydi. Tadqiqot natijalari rentgen nurlarining tasvir hosil qilish, kristall panjara parametrlarini aniqlash va ichki nuqsonlarni topishdagi yuqori aniqligini tasdiqladi. Shu bilan birga, nurlanishning ionlashtiruvchi ta'siri biologik xavf tug'dirishi mumkinligi sababli dozani optimallashtirish va himoya choralarini qo'llash zarur. Zamonaviy texnologiyalar minimal nurlanish bilan maksimal axborot olish imkonini bermoqda. Demak, rentgen nurlari nafaqat fundamental fizik hodisa, balki tibbiyot, sanoat va ilmiy tadqiqotlarning ajralmas va istiqbolli vositasi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2012). The essential physics of medical imaging (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
2. Cullity, B. D., & Stock, S. R. (2014). Elements of X-ray diffraction (3rd ed.). Pearson.
3. Hendee, W. R., & Ritenour, E. R. (2002). Medical imaging physics (4th ed.). Wiley-Liss.
4. Jenkins, R., Snyder, R. L., & Guggenheim, S. (1996). Introduction to X-ray powder diffractometry. Wiley-Interscience.
5. Knoll, G. F. (2010). Radiation detection and measurement (4th ed.). John Wiley & Sons.
6. Sprawls, P. (1995). Physical principles of medical imaging (2nd ed.). Aspen Publishers.
7. Attix, F. H. (2004). Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. Wiley-VCH.
8. Brown, M. A., & Semelka, R. C. (2011). MRI: Basic principles and applications (4th ed.). Wiley-Blackwell.
9. Hall, E. J., & Giaccia, A. J. (2018). Radiobiology for the radiologist (8th ed.). Wolters Kluwer.
10. Als-Nielsen, J., & McMorrow, D. (2011). Elements of modern X-ray physics (2nd ed.). Wiley.