

**ZARYADLANGAN ZARRACHALAR TEZLATKICHLARI VA ULARNING
TIBBIYOTDA QO'LLANILISHI**

Bozorov Erkin Xojiyevich,

Fizika-matematika fanlari doktori, professor M.Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Yadro fizikasi instituti

Mardonova Feruza Boboqulovna

"Fizika va astronomiya" kafedrası o'qituvchisi, Navoiy davlat pedagogika instituti

Annotatsiya. Maqolada tezlatgichlarning: tarixi, turlari, funksiyalari, texnologiyalari va boshqalar haqida gap boradi. Tezlatgichlarning tibbiyotda qo'llanilishi, ayniqsa eng soddada tilda va lo'nda qilib berilgan. Yaqin kelajakda har xil turdagi tezlatgichlarni ishlab chiqish ham ko'rib chiqilmoqda.

Kalit so'zlar. Tezlatgichlar, zaryadlangan zarralar, tezlatgichlar tasnifi, tibbiyot tezlatgichlari, zarrachalar energiyasi, tibbiy diagnostika, elektr maydoni.

**УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ
В МЕДИЦИНЕ**

Бозоров Эркин Хаджаевич,

доктор физико-математических наук, профессор, Национальный университет Узбекистана им. М.Улугбека Институт ядерной физики АН РУз

Мардонова Феруза Бобоқулловна

Преподаватель кафедры "Физика и астрономия" Навоийский государственный педагогический институт

Аннотация. В статье рассматриваются ускорители: история, их виды, функции, технологии и т.п. Наиболее ясно и четко приведены применения ускорителей, в особенности в медицине. Также рассматривается вопрос развития ускорителей разного вида в ближайшем будущем.

Ключевые слова. Ускорители, заряженные частицы, классификация ускорителей, медицинские ускорители, энергия частиц, медицинская диагностика, электрическое поле.

PARTICLE ACCELERATORS AND THEIR APPLICATIONS IN MEDICINE

Bozorov Erkin Xojiyevich,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor National University of Uzbekistan named after M. Ulugbek Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Mardonova Feruza Boboqulovna

*Lecturer at the Department of Physics and Astronomy
Navoi State Pedagogical Institute*

Abstract. The article deals with accelerators: history, their types, functions, technologies, etc. The applications of accelerators, especially in medicine, are given most clearly and precisely. The development of various types of accelerators in the near future is also being considered.

Keywords. Accelerators, charged particles, classification of accelerators, medical

accelerators, particle energy, medical diagnostics, electric field.

Kirish. Birinchi tezlatkichlar atom tuzilishi haqidagi ilmiy g'oyalarning shakllanishi fonida yaratilgan. 19-asrda paydo bo'lgan katodli quvurlarni ushbu turdagi qurilmalarning prototiplari deb hisoblash mumkin, ulardan biri bilan tajribalar Vilgelm Rentgenni 1895 yilda radiatsiyani kashf etishga olib keldi, bu tibbiy diagnostika va boshqa sohalardagi inqilob bo'ldi. Biroq, birinchi bunday konstruksiyalar ular tomonidan tezlashtirilgan zarrachalarni bilmasdan ixtiro qilingan: elektron va proton haqidagi zamonaviy g'oyalar faqat 20-asr boshlarida shakllangan. 1920-yillarda mikroduyoning allaqachon ma'lum bo'lgan zaryadlangan jismlarini tezlashtirish uchun ishlaydigan dizaynlar ixtiro qilindi. Avvaliga tezlatkichlar ilm-fanning ilg'or qurollari hisoblanar edi, lekin tez orada ular o'z chegaralaridan uzoqqa chiqib, ko'plab amaliy sohalarda qo'llanilishini topdi, shu bilan birga tabiat sirlarini ochishning asosiy vositalaridan biri bo'lib qoldi.

Asosiy qism. Tezlatkichlarda elektr maydoni zaryadlangan elementar zarrachalarni tezlashtirish uchun, magnit maydon esa ularning orbitasini tuzatish va nurni fokuslash uchun ishlatiladi. Ushbu umumiy tamoyillarni turli yo'llar bilan amalga oshiradigan bunday qurilmalarning bir qancha turlari mavjud. Tezlatkichlarning tipologiyasi turli mezonlarga asoslanishi mumkin, shuning uchun ularning tanloviga qarab, bir xil mashina turli guruhlarga berilishi mumkin. Masalan, tezlatkichlar chiziqli (shartli to'g'ri chiziq bo'ylab tezlashtiruvchi zarralar) va siklik yoki induksiyani (ular egri chiziqli - yopiq yoki spiral - orbitalar bo'ylab harakatlanadigan) farqlab, zarracha traektoriyasining shakli bilan ajralib turadi. Mezon, shuningdek, berilgan o'rnatishda olingan zarracha nurlarining turi bo'lishi mumkin: elektronlar, protonlar va ionlarning tezlatgichlari keng tarqalgan va ularning har biri chiziqli yoki siklik bo'lishi mumkin.

To'g'ridan-to'g'ri harakat va rezonans tezlatgichlari mavjud. To'g'ridan-to'g'ri ishlaydigan mashinalarda zarracha elektr maydonining bir ta'sirida tezlashadi - xuddi bitta portlashdan kengayib borayotgan kukun gazlari ta'sirida snaryad barreldan uchib chiqqani kabi. Rezonansli tezlatkichlarda maydon vaqti-vaqti bilan zarrachani "qamchilab", har safar bir xil (ko'pchilik siklik tezlatgichlarda) yoki har xil (rezonans tipidagi chiziqli tezlatgichlarda) bo'limlar yoki bo'shliqlarda qo'shimcha impuls beradi.

Bundan tashqari, uzluksiz nurli oqimga ega tezlatkichlar (uzluksiz tezlatkichlar) va impuls tezlatkichlari mavjud. Eng kuchli impuls tezlatgichlari qisqa muddatli (soniyaning milliondan bir qismi yoki undan kam) juda yuqori uzluksiz tezlatkichlarning ishlashidan ancha yuqori impuls kuchiga (10¹⁴ Vt ga teng) va nur oqimiga (10⁷ A ga teng) ega tezlashtirilgan zarrachalar to'plamini yaratishga qodir. Biroq, uzluksiz nurli bir qator qurilmalardan farqli o'laroq, eng kuchli impulsli mashinalarning ba'zilar uzoq vaqt davomida uzluksiz ishlay olmaydi va keyingi «voley» oldidan ko'p soatlik tayyorgarlikni talab qiladi.

Nurni ishlatish usuliga ko'ra, belgilangan maqsadlarga ega bo'lgan tezlatkichlar va to'qnashuvlar ajralib turadi - to'qnashuv yoki kesishgan nurlarda zarrachalarni to'qnashtirish uchun mo'ljallangan qurilmalar. Maqsadli tezlatkichlar (zaryadlangan zarrachalar nurlari maxsus tanlangan materiallardan tayyorlangan qurilmalarga - nishonlarga yo'naltiriladi) ham ilmiy va amaliy tadqiqotlarda, ham amaliy sohalarda keng qo'llaniladi; bir nechta tezlatkichlar tizimi bo'lgan kollayderlar tadqiqot uchun mo'ljallangan va utilitar tarzda qo'llanilmaydi.

Nihoyat, tezlatgichlar miqdoriy parametrlarga ko'ra tasniflanadi: zarracha energiya darajalari, nur oqimi va boshqalar. Bunday bo'linish shartli bo'lib, gradatsiya mezon va vazifalarga qarab tanlanadi. Masalan, barcha turdagi va maqsadli tezlatgichlarni energiya jihatidan taqqoslaganda, kam energiyali mashinalar (proton energiyasi 10 MeV gacha va elektronlar 30 MeV gacha), o'rta energiyali tezlatgichlar (protonlar uchun 10–100 MeV va Elektronlar uchun 30–100 MeV), yuqori (yuzlab MeV) va o'ta yuqori energiyalar (gigaelektronvoltlarda o'lchanadi - 10⁹ eV - yoki alohida hollarda, teraelektronvoltlar - 10¹² eV). Biroq, uchinchi toifadagi mashinalar utilitar vazifalar uchun nisbatan kam qo'llaniladi va o'ta yuqori energiyali tezlatkichlar fandan tashqarida deyarli qo'llanilmaydi. Foydali

mashinalar uchun (ilmiy tadqiqotdan tashqari foydalaniladi) tezlashtirilgan zarrachalar turiga qarab boshqa gradatsiyalar mavjud: masalan, sanoatda ishlatiladigan elektron tezlatgichlar 300 keV gacha energiyada kam energiyali deb hisoblanishi mumkin; o'рта energiya tezlatkichlari - 5 MeV gacha; yuqori energiyali qurilmalar - 10 MeV gacha.

To'g'ridan-to'g'ri ta'sirning birinchi chiziqli tezlatgichlari elektrostatik mashinalar bo'lib, ularda zaryadlangan elementar zarralar: protonlar, ionlar, elektronlar - juda yuqori potensial farqga ega (eng katta dizaynlarda 25 million volt va undan ko'p) doimiy elektr maydonida tezlashtirilgan. Bunday yuqori kuchlanishli tezlatgich birinchi marta 1929 yilda amerikalik fizik Robert Van de Graaff tomonidan o'zi taklif qilgan yuqori voltli generator asosida qurilgan bo'lib, u tasmali uzatgich yordamida elektroddan manfiy zaryadlarni mexanik ravishda olib tashlash orqali potentsiallar farqini hosil qiladi. Keyinchalik bunday tezlatgichlarning takomillashtirilgan versiyalari paydo bo'ldi. Xususan, 1960-yillarda ixtiro qilingan pelletron deb ataladigan narsada egiluvchan lenta kontaktlarning zanglashiga olib almashtirildi, bu esa sezilarli darajada yuqori zaryadni olib tashlash tezligini va shunga mos ravishda yuqori kuchlanish va oqimni ta'minladi.

Boshqa turdagi to'g'ridan-to'g'ri ta'sir qiluvchi tezlatgichlarda - birinchisi 1931 yilda britaniyalik Jon Kokkroft va Ernst Uolton tomonidan ishlab chiqilgan kaskad generatorlarida - kuchlanish ko'paytirgich yordamida past kuchlanishli o'zgaruvchan elektr tokining energiyasi potensial farqi yuz minglab va millionlab voltli elektrostatik maydonning energiyasiga aylanadi. Tandem tezlatgichlari deb ataladigan qurilmalarda zarrachalarning yuqori voltli elektrostatik maydon orqali ikki bosqichli o'tishi ta'minlanadi, buning natijasida ushbu turdagi tezlatkichlar uchun texnik jihatdan mumkin bo'lgan energiyaga erishiladi - bir necha o'nlab MeV. Keyinchalik o'sish strukturaviy elementlarning elektr quvvati chegaralari bilan to'sqinlik qiladi: o'n millionlab voltsli kuchlanishlar ko'pchilik dielektriklarning parchalanishiga olib keladi. 1932 yilda to'g'ridan-to'g'ri harakat tezlatkichlari birinchi marta sun'iy tezlashtirilgan zarralar yordamida atom yadrosini parchalash yadro reaksiyasini amalga oshirish uchun ishlatilgan: 1 MV dan kam kuchlanishli maydonda protonlarni tezlashtiradigan kaskad generatori, D. Kokkroft va E. Uolton litiy yadrosini ajratdilar.

Xuddi shu yillarda boshqa turdagi chiziqli tezlatgichlar ishlab chiqilgan - rezonansli. Bunday dizayn g'oyasi 1924 yilda shved fizigi Gustav Ising tomonidan taklif qilingan va 1928 yilda norvegiyalik Rolf Wideroe tomonidan amalga oshirilgan bo'lib, u boshqa turdagi tezlatkichlarning rivojlanishiga muhim hissa qo'shgan: R. Wideroe prototipi, taxminan bir metr uzoqlikda tezlashtirilgan kaliy ionlari 50 keV energiyaga tga. Bunday chiziqli rezonansli mashinalarda zaryadlangan zarralar bir qatorda joylashgan tezlashtiruvchi bo'shliqlar bo'ylab uchib, maydon ularga ta'sir qilmaydigan uzunlikdagi o'sish qismlari bilan almashadi (bu turdagi mashinalarda drift quvurlari deb ataladi). R. Wideroe). Bunda yuqori chastotali (radio-chastota) generator tomonidan hosil qilingan maydonning chastotasi va fazasi shunday tanlanadiki, zarralar tezlashtiruvchi bo'shliqlardan o'tganda qo'shimcha impuls oladi. Zarrachalar energiyasining umumiy o'sishi maydonning chastotasiga va tezlashtiruvchi bo'shliqlar soniga, ya'ni, oxir-oqibat, tezlatkichning uzunligiga mutanosibdir. AQSHdagi Stenford universiteti Milliy tezlatkich laboratoriyasining chiziqli kollayderining asosiga aylangan dunyodagi eng katta (u ham eng uzun - 3,2 km) chiziqli tezlatkich to'liq quvvatda ishlagan yillar davomida (1998-yilgacha) tezlashtirilgan elektronlar va pozitronlar 50 gigaelektronvolt energiyaga teng, bu chiziqli tezlatgichlar uchun rekord bo'lib qolmoqda. Turli mamlakatlar kompaniyalari ishtirokidagi Xalqaro chiziqli kollayder (ILC) loyihasi 2030-yillarga borib beta-zarrachalarni Stenfordda erishilgan energiyadan o'n baravar tezlashtiradigan va kelajakda uni 1 marta TeV gacha oshirishni ko'zda tutadi.

Chiziqli tezlatgichlar tushunchalari bilan parallel ravishda siklik tezlashtirish g'oyasi ishlab chiqildi. Siklotron deb nomlangan birinchi bunday tezlatkich 1931 yilda amerikalik fizik Ernest Lourens tomonidan yaratilgan: kaft o'lchamidagi mashina protonlarni 80 keVgacha tezlashtirdi. Klassik siklotronda zarralar doimiy magnit maydonda spiral orbita bo'ylab harakatlanadi, doimiy chastotali o'zgaruvchan elektr maydoni tomonidan tezlashadi. Bunday qurilmalarda protonlar yoki ionlar nurlari ishlab chiqariladi. Ushbu turdagi

tezlatgich darhol keng qo'llanilishini topdi (jumladan, Amerikaning Manxetten yadro quroli loyihasida) va eng keng tarqalganlaridan biri bo'lib qolmoqda: u tadqiqotda ham, amaliy sohalarida ham qo'llaniladi. Uning afzalligi dizaynning qiyosiy soddaligi bo'lib, u o'nlab megaelektronvoltgacha energiyaga ega og'ir zarrachalarni olish imkonini beradi. Biroq, an'anaviy siklotron elektronlarni tezlashtirish yoki energiyalari yuzlab MeV bo'lgan proton va ionlarni ishlab chiqarish uchun mos emas.

Ikkinchisi ushbu dizaynning yanada murakkab variantlari yordamida mumkin. Ulardan birinchisi izoxron yoki relativistik siklotron deb ataladi. Uning klassikdan asosiy farqi o'zgaruvchan nazorat magnit maydoni bo'lib, uning energiyasi klassik siklotronida olinganidan bir yoki ikki marta kattaroq bo'lgan relyativistik zarralar ma'lum bir spiral orbitada saqlanishi mumkin. 1940-yillarda ishlab chiqilgan siklotronidan olingan yana bir konstruktsiya fazotron yoki sinxrosiklotron bo'lib, unda, aksincha, magnit maydon doimiy bo'lib, zarrachalar energiyasi ortishi bilan elektr chastotasi o'zgaradi. Unda protonlar yoki ionlar ham spiraldan harakatlanadi va ularning energiyalari yuzlab megaelektronvoltlarga teng bo'lishi mumkin: masalan, 1949 yilda Dubnada 680 MeV fazotrona qurilgan.

Hozirgi vaqtda mavjud bo'lgan 17 000 ga yaqin tezlatkichlardan faqat yuzga yaqini ilmiy maqsadlarda qo'llaniladi. Qolganlari ixcham kam energiyali tezlatkichlar bo'lib, ularning yarmi tibbiyot manfaati uchun ishlaydi.

Masalan, ma'lum bir energiyaga ega bo'lgan protonlarning nurlari boshqa to'qimalarga sezilarli ta'sir qilmasdan chuqur o'smalarni millimetr aniqligi bilan yoqib yuborishga imkon beradi. Moddada sekinlashganda protonlar energiyaning asosiy qismini yo'llarining oxirgi millimetrlarida chiqaradilar. Shishning chuqurligini bilib, nurning energiyasini shunday tanlash mumkinki, bu oxirgi millimetrlar o'simta ichiga kirib boradi.

Onkologiyada tezlatgichlarning yana bir qo'llanilishi - bu neytronni tutib olish terapiyasi. Bemorning tanasiga bor-10 izotopi bo'lgan farmatsevtik preparat kiritiladi, u o'simta hujayralarida sog'lom hujayralarga qaraganda kuchliroq to'planadi. Bor-10 yadrolari o'tayotgan termal neytronlarni ushlab ehtimoli juda yuqori, shuning uchun agar bemor neytron nurlari bilan nurlantirilsa, neytronlar asosan o'simta hujayralari tomonidan so'riladi va ularni yo'q qiladi. Bu texnikaning proton terapiyasidan farqi shundaki, protonlar kasal va sog'lom hujayralarda xuddi shunday energiya chiqaradilar. Shuning uchun neytron terapiyasi yordamida alohida o'simta shaklida lokalizatsiya qilinmagan, ammo ta'sirlangan organ bo'ylab tarqalgan o'simta shakllanishiga samarali ta'sir qilish mumkin. Hozirda Novosibirsk yadro fizikasi institutida ushbu terapiyani arzon va samarali qilish uchun mo'ljallangan neytron tezlatkich ishlab chiqilmoqda.



1-rasm. Proton yordamida saratonni davolashni sozlash (chapda) va proton emissiya tomografiyasi yordamida tanani skanerlash natijasi.

Past energiyali tezlatkichlar saraton o'smalarini zararsizlantiradi va aniq ultra past izotopli konsentratsiyasi tufayli kasalliklarni xavfsiz tashxislash uchun qisqa muddatli izotoplarni yaratadi. Ko'pgina stomatologik operatsiyalarda ishlatiladigan past dozali raqamli rentgen apparatlari tezlatkichlarda ishlatiladigan foton detektorlarining avlodlaridir.

Tezlatkichlar, shuningdek, tibbiy markazda yarim yemirilish muddati taxminan bir soat bo'lgan qisqa muddatli marker yadrolarini yaratish uchun ham qo'llaniladi. Sintezdan so'ng ular darhol tanaga kiritiladi, to'qimalarga joylashadi va tez orada parchalanadi. Yuqori sezgir detektorlar parchalanish mahsulotlarini qayd qiladi va to'qimalarning aniq tasvirini beradi. Radioizotoplarning juda past konsentratsiyasi tufayli kasalliklarning bunday diagnostikasi juda xavfsizdir. Ushbu g'oyaga asoslanib, bugungi kunda dunyoning ko'plab klinikalarida pozitron emissiya tomografiyasi (PET) qo'llaniladi.

Nihoyat, ko'plab elektron tezlatkichlar sinxrotron nurlanish manbalari sifatida ishlaydi - magnit maydonda elektronlarni «porlaydigan» yorqin va tor yo'naltirilgan rentgen nurlari. Bunday nur kasalliklarni tashxislash uchun ham (masalan, kichik qon tomirlari tarmog'ining aniq tasvirlarini olish uchun) va terapevtik ta'sir uchun ishlatiladi. Aytganicha, endi rentgen nurlarini aniqlash uchun plynokalar emas, balki raqamli rentgen birliklari keng qo'llaniladi. Bu tezlatkich tajribalarida ishlatiladigan yuqori energiyali foton detektorlarining avlodlari. Ularning sezgirligi plynokadan bir necha baravar yuqori va bundan tashqari, ular juda yuqori fazoviy o'lchamlari va oddiy filmlarda mutlaqo erishib bo'lmaydigan bir qator yorqinlik gradatsiyalariga ega. Shu tufayli, xuddi shu rasmda, to'g'ri kontrastni tanlab, suyaklar va yumshoq to'qimalarning tuzilishini o'rganish mumkin.

Tibbiyotda qo'llaniladigan chiziqli zarracha tezlatkichi - bu har qanday to'qimalar va organlarning o'sma neoplazmalari uchun ko'pincha tashqi radiatsion terapiya uchun ishlatiladigan qurilma. Chiziqli tezlatkich o'simtanga yuqori energiyali rentgen nurlarini yetkazib beradi. Bunday holda, neoplazmaning hujayralari zarar ko'radi va atrofdagi sog'lom to'qimalar buzilmagan holda qoladi.



2-rasm. Tibbiyotda ishlatiladigan tezlatkichlar.

Chiziqli tezlatgich standart radioterapiya, intensivligi modulyatsiyalangan radioterapiya, tasvirga asoslangan radioterapiya, stereotaktik radiojarrohlik va ekstrakranial stereotaksik radioterapiyada qo'llaniladi.

Intraoperativ radiatsion terapiya o'simtani zamonaviy jarrohlik yo'li bilan olib tashlash uchun mukammal qo'shimcha va xavfsiz hamda samarali davolash uchun asosiy yordamchi hisoblanadi.

Amaldagi tezlatkichlarning qo'llanilishi va parametrlari

Tezlatkich turi	Zarrachalar	Energiya, MeV	Nurning o'rtacha tok qiymati	Ishlatiladigan zarrachalar	Qo'llanilishi
Chiziqli	e p	4-25 4-25 66 800 10-800	100-500 nA 20-100 mkA 30 mkA 1 mA 50-1000 mkA	e γ n π izotoplar	e -terapiya γ -terapiya n -terapiya π -terapiya diagnostika
Mikrotron, betatron	e	4-20 4-50	100-500 nA 20-150 mkA	e γ	e -terapiya γ -terapiya
Siklotron	p p,d	10-100 500-600 70-185 50-75	50-100 mkA 20-150 mkA 20-40 nA 20-30 mkA	izotoplar π p n	diagnostika π -terapiya p -terapiya n -terapiya
Sinxrotron	p ionlar	70-250 225-670 Mev/nuk	20-40 nA 10^8 - 10^9 ion/s	p ionlar	p -terapiya i -terapiya
Jamlash qurilmasi	e	2000-3000	250 mA	γ	angiografiya

Shuni ta'kidlash kerakki, eng jadal rivojlanayotgan yo'nalishlardan biri bu turli xil elementlarning izotoplari va sinxrotron nurlanishidan foydalangan holda biotibbiyot tadqiqotlari va har xil turdagi ionlashtiruvchi nurlanish bilan neoplazmalarning radiatsion terapiyasidir. Ushbu maqsadlar uchun moslashtirilgan jismoniy qurilmalarda rivojlana boshlagan yo'nalish yangi bosqichga - ixtisoslashtirilgan tibbiyot majmualariga ko'tarilmoqda. Jumladan:

1. Radiatsion diagnostikada: izotoplar va sinxrotron nurlanishi;
2. Radiatsion terapiyada: Gamma va elektron terapiya, neytron terapiyasi, proton va ion terapiyalari samarasi ko'zga ko'rinarli, salmoqli darajada oshib bormoqda.

Natijalar va muhokamalar. Tezlatkichlar va ularning tibbiyotda qo'llanilishi haqidagi yuqoridagi ma'lumotlar Navoiy davlat pedagogika instituti "Fizika va astronomiya" kafedrasida talabalari bilan birgalikda sinovdan o'tkazildi va o'qitishning turli interfaol usullaridan foydalanganda ijobiy natijaga erishilmoqda.

Bunda asosan turli interaktiv va didaktik o'yinlar, blis-so'rov, "Baliq skeleti", "Nima uchun?", "Venn diagrammasi", "BBB jadvali", "Klaster" va boshqa ko'plab metodlardan foydalanilgan.

Xulosa. Yuqoridagilarni umimlashtirgan holda, ishonch bilan aytishimiz mumkinki, yaqin kelajakda tibbiy tezlatkichlarning yanada rivojlanishi juda tez, zamonaviy, yuqori texnologiyali, tezkor va eng muhimi, o'lchash jihatidan yuqori aniqligi bilan ajralib turishi kutilmoqda. Ushbu rivojlanishning keyingi bosqichi yuqoridagi diagnostika asboblari bilan ishlaydigan yuqori malakali kadrlarni ya'ni tibbiyot fiziklarini tayyorlashdir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. A.P. Chernyaev. «Zamonaviy dunyoda tezlatgichlar». Taqdimot. Moskva davlat universiteti M.V.Lomonosov. 1-38 s.
2. A.P. Chernyaev, S.M. Varzar, P.Yu. Borshchegovskaya, A.V. Belousov. Jahon iqtisodiyotidagi akseleratorlar. Fizika va texnologiya. Moskva-2016, 1-5s.
3. D. Ro‘ziyeva, M. Usmonboeva, Z. Xoliqova. Interfaol usullar: mohiyati va qo‘llanilishi. Asboblari to‘plami. Toshkent, 2013. – 136 b.
4. O.U. Avlaev, S.N. Jo‘rayeva, Ch.R. Mirzaev. tarbiya usullari. Qo‘llanma. Toshkent: “Navro‘z” nashriyoti, 2017. -210-bet.
5. J.A. Toshxonova, X.M. Maxmudova, B. Nurillaev. Umumiy fizika kursi. Yadro fizikasi va elementar zarralar fizikasi. Kvarklar. Toshkent, “Fan” nashriyoti, 2004. -204-bet.
6. O. Ahmadjonov. Fizika kursi. Optika, atom va yadro fizikasi. Toshkent, «O‘qituvchi», -1983. - 240-bet.
7. G.A. Abdullaev. Fizika. Darslik. Toshkent, “O‘qituvchi”. - 1989 yil - 296-bet.
8. A.A. Detlaff, B.M. Yavorskiy. Fizika kursi. Moskva, «O‘rta maktab». -2002 yil. - 719-bet.

ЎҚУВ-БИЛИШ КОМПЕТЕНТЛИГИНИ МОДУЛЛИ-РЕЙТИНГ ТАЪЛИМ АСОСИДА ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Файзуллаев Рустам Хамраевич

«Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти» Миллий тадқиқот университети доценти, PhD

Аннотация. Мақолада бугунги кунда бўлажак касб таълими ўқитувчиларини тайёрлаш мазмунига муҳим ўзгартиришлар киритиш, ўқитишнинг модул-рейтинг тизимини ахборот-коммуникация технологиялари воситасида самарали жорий этиш, уларнинг ўқув-билиш компетентлигини такомиллаштириш метод ва шаклларини қайта кўриб чиқиш дорзарб педагогик муаммолари ёритиб берилган.

Калит сўзлар: модул-рейтинг тизими, ахборот-коммуникация технологиялари, ўқув-билиш компетентлиги

ПОВЫШЕНИЕ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОГО ОБУЧЕНИЯ

Рустам Файзуллаев Хамраевич

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» доцент

Аннотация. В статье освещаются важные изменения в содержании подготовки учителей будущего профессионального образования, эффективное внедрение модульно-рейтинговой системы образования с использованием информационно-коммуникационных технологий, пересмотр методов и форм повышения учебно-познавательной компетентности педагогических проблем.

Ключевые слова: модульно-рейтинговая система, информационно-коммуникационные технологии, учебно-познавательная компетентность

IMPROVEMENT OF EDUCATIONAL-COGNITIVE COMPETENCE ON THE BASIS OF MODULAR-RATING EDUCATION

Fayzullaev Rustam Xamraevich

National Research University «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Engineering» docent

Annotation. The article highlights important changes in the content of teacher training for future vocational education, the effective introduction of a modular rating system of education using information and communication technologies, the revision of methods and forms of improving educational and cognitive competence of teachers of pedagogical problems.

Keywords: modular rating system, information and communication technologies, educational and cognitive competence

Жаҳонда юз бераётган ижтимоий-маърифий ва таълимий ўзгаришлар бўлажак мутахассисларни касбий тайёрлашда ўқув-билиш компетентлиги муаммоларига жиддий эътибор қаратиш зарурлигини кўрсатмоқда. Европа иттифоқи ва ЮНЕСКО ташкилотлари томонидан қабул қилинган Сарбон декларацияси (Sorbonne Declaration), Иллинойс университети (АҚШ) “Iearn” ва “Kidlink” минтакавий таълим дастурлари мазмуни ана шундан далолат беради.

Ҳозирги замон аройтида мамлакатларнинг ривожланиш даражасини нафақат