

## FOTOVOLTAİK TIZIMLAR TAXLILI

*Qurbanova Barno Qurbon qizi<sup>1</sup>, Qurbanov Abror Abdinasir o‘g‘li<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Jizzax davlat pedagogika universiteti, Jizzax sh.*

<sup>2</sup> *Jizzax politexnika instituti, Jizzax sh.*

*e-mail:barnoqurbanova6644@gmail.com*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada quyosh energiyasidan elektronika elementlari yordamidan foydalanib elektr energiya olish, qolaversa elektronika elementlarining hususiyatlari keltirib o‘tilgan. Quyosh energiyani fotoelektr o‘zgartirgichlar sohasidagi nazariy tadqiqot va amaliy ishlanmalar fotoelektr o‘zgartirgichlarda nurlanish energiyani o‘zgartirishda yuqori FIK bilan amalga oshirish mumkimligini tasdiqlanadi va bu maqsadga erishish uchun asosiy yo‘nalishlar belgilanadi.

**Kalit so‘zlar:** fotoelektr o‘zgartirgichlar, elektronvolt, erkin elektron, n-p-o‘tishlar, yoritilganlik.

**Аннотация.** В данной статье описано, как получить электричество из солнечной энергии с помощью электронных компонентов, а также особенности электронных компонентов. Теоретические исследования и практические разработки в области фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии подтверждают возможность высокой ФИК при преобразовании энергии излучения в фотоэлектрических преобразователях и определяются основные направления достижения этой цели.

**Ключевые слова:** фотоэлектрические преобразователи, электронвольт, свободный электрон, n-p-переходы, освещение.

**Annotation.** This article describes how to obtain electricity from solar energy with the help of electronic components, as well as the features of electronic components. Theoretical research and practical developments in the field of solar energy photoelectric converters confirm the possibility of high FIK in the conversion of radiation energy in photoelectric converters, and the main directions for achieving this goal are determined.

**Kalit so‘zlar:** photoelectric converters, electronvolt, free electron, n-p-junctions, illumination.

Fotoelektr o‘zgartirgichlar (FEO‘) uchun o‘ziga xos taxminan 300-350 K muvozanat va quyosh  $T \approx 6000$  K temperaturalarda ularning nazariy FIKning chegarasi 90% bo‘ladi. Bu esa, energiyaning qaytmas yo‘qotishlarni kamaytirishga yo‘naltirilgan o‘zgartirgichlarning tuzilma va ko‘rsatkichlarni maqbullashtirish oqibatda amalda haqiqiy FIKni 50% gacha va undan ortiqcha ko‘tarish mumkinligini

kursatadi (laboratoriyalarda hozir FIK 40% gacha erishgan).

FEO'larning birjinsli bo'lmagan yarimo'tkazgichli tuzilmalarga quyosh nurlanish ta'sir etganda, hosil bo'ladigan energiyaning o'zgartirishi fotoelektr effektiga asoslangan.

$\lambda$  uzunlikdagi to'lqinlar nurlanishda fotonlar energiyasi (eV) quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{1,24}{\lambda};$$

bu yerda  $h = 6,626 \times 10^{-34}$  J×s – Plank doimiysi;  $c = 2,997925 \times 10^8$  m/s – yorug'lik tezligi;  $\lambda$  – to'lqin uzunligi, mkm.

Elektronvolt – potentsiallar farqi 1 V bo'lgan ikkita nuqtalar orasida elektronni ko'chirish uchun zarur bo'lgan energiyadir.

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

$\lambda_g$  chegara to'lqin uzunligidan boshlab quyosh fotoelementning materialda fotonlar yutiladi:

$$\lambda_g = 1,24 / \Delta YE;$$

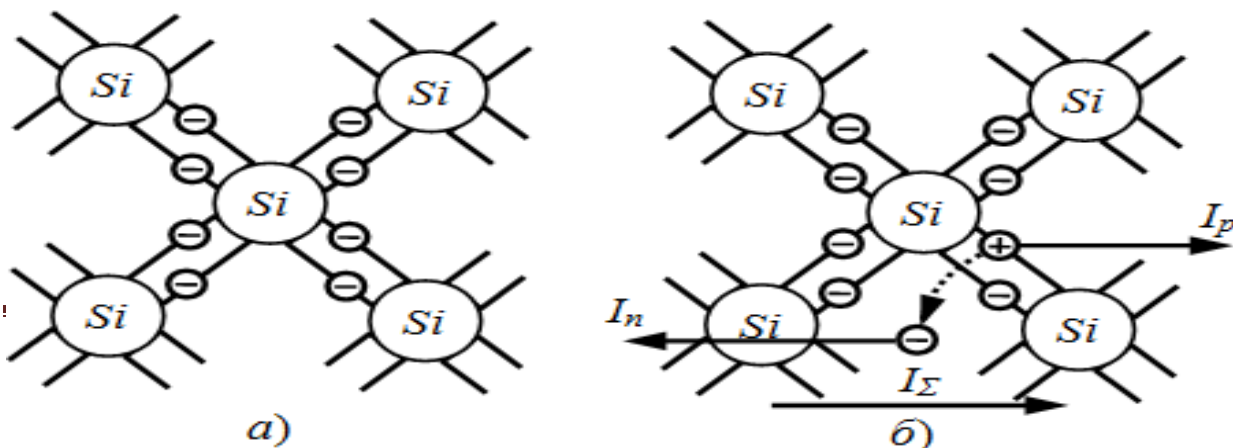
bu yerda  $\Delta YE$  – taqiqlangan soha, sathlarning yo'qligi bilan tavsiflanadi, uni bo'yicha turli xil materiallar uchun har xil bo'ladi,

$$\Delta YE \approx (1...2) \text{ eV}.$$

Bundan ortiqroq uzun to'lqinli nurlanishlar yarimo'tkazgichlarda yutilmaydi, demak, fotoelektr o'zgartirish nuqtai nazardan foydasiz bo'ladi.

Quyosh nurlanish energiyani elektr energiyaga o'zgartirish uchun yarimo'tkazgichli qurilmalar quyosh fotoelementlar (QFE) deb nomlanadi.

Yarim o'tkazgichli materiallardan germaniy *Ge* va kremniy *Si* eng muhim hisoblanadi. Kremniy D. I. Mendeleyev Davriy tizimida IV guruhdagi elementlarga kiradi, uning valentligi 4 ga teng. Kremniy atomlar tashqi elektron qobiqda 4 ta elektronlarga ega [1].



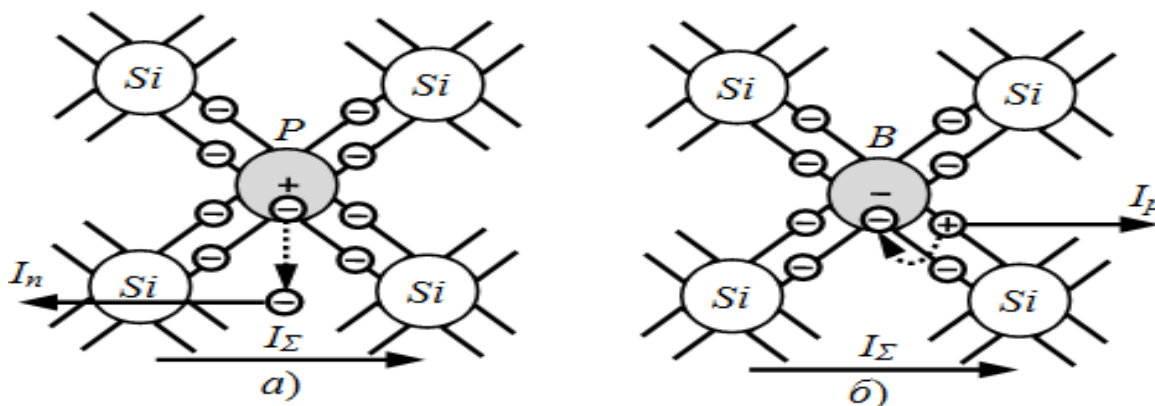
1-rasm: Toza kremniyning kristallik panjara

Energiya (issiqlik yoki yorug‘lik) keltirilganda panjarada atomlararo bog‘lanishlar elektronlarni yo‘qotadi, bunda musbat zaryadlar hosil bo‘ladi. Panjaradagi elektron bo‘lmagan joyga “teshik” deb ataladi. “Teshik” – bu elektronni yo‘qotgan atom, bu esa elektronlarning teshikdan teshikka o‘tish bilan teshiklarning “harakati” vujudga keladi (“teshiklar” o‘zi esa harakatlanmaydi) [2].

Agarda yarimo‘tkazgichga tashqi elektr maydoni ta’sir etmasa, teshik va erkin elektronlar tartibsiz harakatlanadi. Agarda yarimo‘tkazgichni elektr maydonga joylashtirsa, teshik va elektronlarning harakati tartibli yo‘nalgan bo‘ladi. Teshiklarning bir atomdan boshqa atomga o‘tish harakatining yo‘nalishi yarimo‘tkazgich orqali tokning o‘tish yo‘nalishiga mos keladi. Teshiklar harakati bilan hosil bo‘lgan o‘tkazuvchiligiga teshikli yoki  $r$ -turidagi o‘tkazuvchanlik (lotin. *positive*-musbat) deb ataladi. Elektronlar harakati bilan hosil bo‘lgan o‘tkazuvchiligiga esa elektron yoki  $p$ -turidagi o‘tkazuvchanlik (lotin. *negativt*-manfiy) deb ataladi. Shunday qilib, yarimo‘tkazgichning o‘tkazuvchanligi elektronlarning o‘tkazuvchanlik sohasidagi hamda elektronlarning valentlik sohasidagi harakati bilan belgilanadi. Lekin valentlik sohasida elektronlar emas balki teshiklar harakatlanadi deb qabul qilingan. Valentlik bog‘lanishlar bo‘zilishi oqibatda hosil bo‘ladigan yarimo‘tkazgichning o‘tkazuvchanligiga xususiy o‘tkazuvchanlik deb ataladi [3].

To‘rt atomli  $Si$  kremniyni besh valentli  $P$  fosfor bilan legirlanganda aralashmaning atom joyning o‘rniga ortiqcha elektron vujudga keladi (2 a - rasm).

2-rasm. Legirlangan kremniyning kristallik panjarasi:



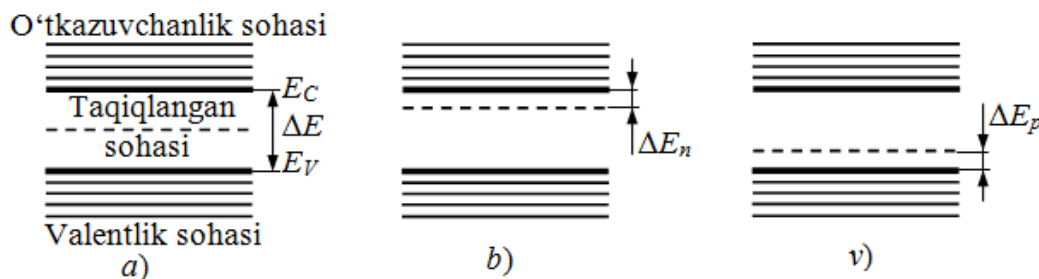
$a$  – fosfor bilan;  $b$  – bor bilan

Erkin elektronlarni vujudga keltiruvchi aralashmalarga donorli (lotin. *donore*-hadya qilmoq) deb ataladi. Bu holda kremniy elektron o‘tkazuvchanli yarimo‘tkazgich yoki  $p$ -turidagi yarimo‘tkazgich deb nomlanadi.  $p$ -turidagi

yarimo‘tkazgichda o‘tkazuvchanlik faqat elektronlar bilan hosil qilinadi [4].

To‘rt atomli *Si* kremniyni uch valentli *V* bor bilan legirlanganda aralashmaning atom joyning o‘rniga ortiqcha teshik vujudga keladi (2 *b*- rasm). Erkin elektronlarni kamaytiruvchi aralashmalarga akseptorli (lotin. *acceptor*-qabul qilmoq) deb ataladi. Bu holda kremniy teshik o‘tkazuvchanli yarimo‘tkazgich yoki *r*-turidagi yarimo‘tkazgich deb nomlanadi. *r*-turidagi yarimo‘tkazgichda o‘tkazuvchanlik faqat teshiklar bilan hosil qilinadi [5-8].

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlardan kelib chiqib biz *p*-turidagi yarimo‘tkazgichlarning o‘tkazuvchanligi xususiy o‘tkazuvchanligiga ega bo‘lgan materiallarning o‘tkazuvchanligiga qaraganda ancha katta bo‘ladi deb hisoblaymiz, chunki donorlarni ionlash energiyasi taqiqlangan sohaning enidan kichik va elektrolarni qo‘zg‘atilganda ular o‘tkazuvchanlik sohaga yengil o‘tadi. Xuddi shunday, *r*- turidagi materiallarda teshiklar valentlik sohaga yengil o‘tadi. Bu hodisani tushintirish uchun Fermi sathi degan tushuncha kiritilgan. Fermi sathi taqiqlangan sohadagi energiyaning shartli sathini ifodalaydi (3-rasm), bundan asosiy tashuvchilar qo‘zg‘atiladi (elektronlar *p*-turidagi materiallarda va teshiklar *r*-turidagi materiallarda).



3-rasm: Yarimo‘tkazgichlardagi Fermi sathi (punktir): *a* – aralashmasiz yarimo‘tkazgich, *b*

– *p*-turidagi aralashma, *v* – *r*-turidagi aralashma Qo‘zg‘atilish ehtimoli quyidagiga proporsional:

$$\exp[-e\Delta E_i/(kT)] ;$$

bu yerda  $y_e = 1,6 \times 10^{-19}$  Kl – elektron va teshikning zaryadi;

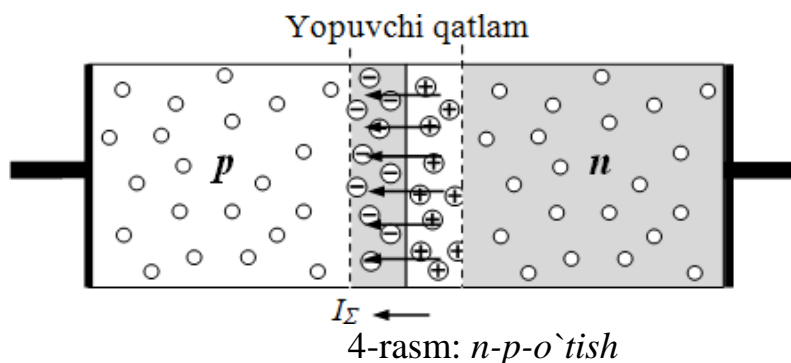
$\Delta Y_{ei}$  – Fermi sathi bilan valentlik sohasi ( $\Delta Y_{er}$ ) yoki o‘tkazuvchanlik sohasi ( $\Delta Y_{ec}$ ) orasidagi potentsiallar farqi, J;

$k = 1,38 \times 10^{-23}$  Dj/K – Bolsman doimiysi;

$T$  – yarimo‘tkazgichning temperaturasi, K.

Bitta monokristallda *p*- va *n*-turidagi yarimo‘tkazgichlarni birlashtirilganda *n*-turidagi yarimo‘tkazgichdan *r*-turidagi yarimo‘tkazgichga elektronlarning diffuzion

oqimi vujudga keladi, va teskari,  $r$ -turidagi yarimo‘tkazgichdan  $n$ -turidagi yarimo‘tkazgichga teshklar oqimi hosil bo‘ladi. Bunday jarayonning oqibatda  $n$ - $r$  o‘tishga tutushgan  $r$ -turidagi yarimo‘tkazgichning qismi manfiy zaryadlanadi,  $n$ - $r$  o‘tishga tutushgan  $n$ -turidagi yarimo‘tkazgichning qismi, teskari, musbat zaryadga ega bo‘ladi (4-rasm).



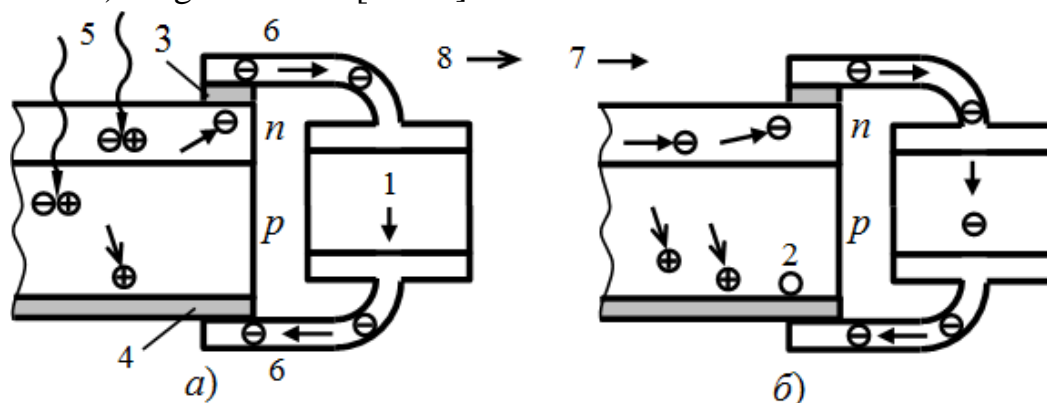
Shunday qilib,  $n$ - $r$  o‘tishning yaqin joyda, elektron va teshiklarning diffuziya jarayonga qarshi ta’sir etadigan, ko‘p zaradlangan qatlam hosil bo‘ladi [9].

Diffuziya  $n$ -sohasidan  $p$ -sohasiga elektronlar oqimini yaratishga intiladi, zaryadlangan qatlamning maydoni esa, teskari,  $n$ -sohasiga elektronlarni qaytarishga harakat qiladi. Shunga o‘xshash ravishda,  $n$ - $p$  o‘tishdagi maydoni  $p$ -dan  $n$ -sohasiga teshiklarning diffuziyaga qarshi ta’sir etadi. Ma’lum vaqtdan keyin muvozanat hosil bo‘ladi. Zaryadlar to‘planish natijada, o‘tishning ikkala tomonidan, hosil bo‘lgan qarama-qarshi ishorali elektr maydon, erkin elektron va teshiklar konsentratsiyaning farqi oqibatda vujudga kelgan, diffuziyani muvozanatlashtiradi. Natijada Fermi sathi doimiy potentsiali ostida bo‘ladi. Taqiqlangan sohasi  $\Delta YE$  butun materialida mavjud va o‘tkazuvchanlik sohasining hamda valentli sohasining energiyalar orasida potentsiallar sakrashi hosil bo‘ladi [10].

O‘tish joyida hosil bo‘lgan kontaktli potentsiallar farqi asosiy zaryadlar tashuvchilarning o‘tishiga qarshilik ko‘rsatadi, ya’ni  $r$ -qatlam tomonidan elektronlar o‘tishiga, ammo asosiy bo‘lmagan tashuvchilarni qarama-qarshi yo‘nalishda qarshisiz o‘tkazadi [11].

$n$ - $p$ -o‘tishlarning bu xususiyati, FEO‘ni quyosh yorug‘lik bilan nurlantirilganda, fotoelektr yurituvchi kuchni (fotoEYUK) hosil qilish imkoniyatini yaratadi. FEO‘ning ikkala qatlamlarda yorug‘lik bilan hosil bo‘lgan elektron-teshik juftlar  $n$ - $p$ -o‘tishda bo‘linadi: asosiy bo‘lmagan tashuvchilar (elektronlar) erkinlik bilan o‘tish orqali o‘tadi, asosiy tashuvchilar (teshiklar) esa tutib qoladi. Shunday

qilib, quyosh nurlanish ta’sirida  $n-p$ -o’tishda ikkala yo’nalishda nomuvozanatli asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilar (FEO‘ ishlash uchun zarur bo‘lgan fotoelektron va fototeshiklar) ning tok o‘tadi [12-18].



5-rasm. QFEda elektr tokning generatsiyasi:

1- yuklama; 2-rekombinatsiyalangan «teshik» 3-yuqori kontakt; 4-qo‘yi kontakt; 5-fotonlar;6- o‘tkazgich; 7-elektronning harakati; 8-teshikning ko‘chishi

a) Fotonlar (5) elektron-teshik juftlarni hosil qiladi. Oldingi foton bilan hosil bo‘lgan elektron va teshik QFE kontaktlar (3 va 4) ga harakatlanadi. Elektronlar tashqi (6-1-6) zanjir orqali ko‘chadi, elektr tokni hosil qiladi.

b) Foton (5) bilan hosil bo‘lgan teshik  $n-p$ -o’tish orqali o‘tadi va musbat kontakt (4) ga harakatlanadi. Foton bilan hosil bo‘lgan elektron ham  $n-p$ -o’tishdan o‘tib, mafiy kontakt (3) ga harakatlanadi. Elektron  $n$ -yarimo‘tkazgichdan o‘tkazgich (6) ga o‘tadi. Elektron  $r$ -yarimo‘tkazgichga o‘tib, teshik (2) bilan rekombinatsiyalanadi.

QFE orqali  $I_{\Sigma}$  tokning zichligi,  $n-p$ -o’tishda hosil bo‘lgan elektron-teshik juftlar hisobidan hamda  $p$ - va  $n$ -sohalarga muvofiq bo‘lgan,

elektronlar  $I_n$  tok va teshiklar  $I_r$  toklarning yig‘indisidan iborat:

$$I_{\Sigma} = I_n + I_p - eg ; \quad (4.5)$$

bu yerda  $g$  –  $n-p$ -o’tishda yuza birligi hisobidan vaqt birligida hosil bo‘lgan elektron-teshik juftlarning miqdori.

Yorug‘lik intensivligi turli xil bo‘lsa foto EYUK ham har xil hosil bo‘ladi. Yoritilganlikning keng diapazonda foto EYUK kattaligi yorug‘lik intensivligining logarifmga proporsional bo‘lib o‘sadi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abror Q. Research and Analysis of Ferromagnetic Circuits of a Special Purpose Transformer //Fazliddin, A., Tuymurod, S., & Nosirovich, OO (2020). Use of Recovery Boilers At Gas-Turbine Installations Of Compressor Stations And Thyristor Controls. The American Journal of Applied sciences. – 2020. – Т. 2. – №. 09. – С. 46-50.
2. Abror Q. Development of Magnetic Characteristics of Power Transformers //Fazliddin, A., Tuymurod, S., & Nosirovich, OO (2020). Use Of Recovery Boilers At Gas-Turbine Installations Of Compressor Stations And Thyristor Controls. The American Journal of Applied sciences. – 2020. – Т. 2. – №. 09. – С. 46-50.
3. Qurbonov A., Qurbonov A. Кўп функцияли токни кучланишга ўзгарткичларнинг ишончилилик кўрсаткичлари ва иш қобилияти эҳтимоллигини тадқиқ этиш //Физико-технологического образование. – 2021. – №. 2.
4. Abdinasir o‘g‘li Q. A. et al. SANOAT KORXONALARI ELEKTR TA’MINOTI TIZIMINI YAXSHILASH MAQSADIDA O‘RNATILADIGAN TRANSFORMATORLAR TANLOVI //E Conference Zone. – 2022. – С. 13-15.
5. Razzaqovich Q. A. et al. SANOAT KORXONALARI ELEKTR TA’MINOTIDA ELEKTR YUKLAMALARI KARTOGRAMMASINI QURISH VA BPP NING O‘RNATILISH JOYINI ANIQLASH //E Conference Zone. – 2022. – С. 358-361.
6. Qurbonov A. et al. “ZARBDOR TEXTILE” MCHJNING SAMARADORLIK KO‘RSATKICHINI OSHIRISH MAQSADIDA O‘RNATILADIGAN TRANSFORMATORLARNING SONI VA QUVVATINI HISOBLASH //Физико-технологического образование. – 2022. – №. 2.
7. Курбанов А. Интеллектуал kompetensiyaning tarkibiy tuzilishi //Общество и инновации. – 2022. – Т. 3. – №. 1/S. – С. 268-277.
8. Kurbanov A., Kurbanova B., Kurbanov A. COMPOSITION OF STUDENTS'INTELLECTUAL COMPETENCES //INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE" SCIENTIFIC ADVANCES AND INNOVATIVE APPROACHES". – 2023. – Т. 1. – №. 4. – С. 33-40.
9. Kurbanov A. STRUCTURE OF DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL COMPETENCE OF THE STUDENTS //Science and innovation. – 2023. – Т. 2. – №. B3. – С. 236-243.

10. Qurbonov A., Qurbonova B. RADIATSIYANING ODAMLARGA TA’SIRI //Физико-технологического образование. – 2022. – №. 5.
11. Qurbonov A., Qurbonova B., Abdurashidova D. Inson tanasidagi radioaktivlik //Физико-технологического образование. – 2021. – Т. 5. – №. 5.
12. Qurbonov A., Qurbonova B. INSON VA UNING HAYOTIDA RADIATSIYANING TUTGAN O’RNI //Физико-технологического образование. – 2021. – Т. 4. – №. 4.
13. Razzoqovich Q. A. et al. YADRO FIZIKASI NURLANISHLARINING MEDITSINADA QO’LLANILISHI //E Conference Zone. – 2022. – С. 25-26.
14. Qurbonov A. DAVOLASHDA PROTON VA IONLARNING QO’LLANILISHI //Физико-технологического образование. – 2023. – Т. 1. – №. 1.
15. Qurbonov A. NEYTRON VA NEYTRON TUTIB OLIH TERAPIYASINING UMUMIY JIHATLARI //Физико-технологического образование. – 2022. – №. 5.
16. Barno K. ELECTRONIC ELEMENTS IN THE USE OF SOLAR ENERGY //International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING. – 2024. – Т. 5. – №. 2. – С. 343-347.
17. Barno K. ANALYSIS OF SOLAR THERMAL AND PHOTOVOLTAIC SYSTEMS //Yangi O'zbekiston taraqqiyotida tadqiqotlarni o'rni va rivojlanish omillari. – 2024. – Т. 7. – №. 3. – С. 249-258.
18. Durdon A., Barno K., Abror K. REDUCTION OF POWER WASTE IN ELECTRICAL NETWORKS THROUGH REACTIVE POWER COMPENSATION //International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING. – 2024. – Т. 5. – №. 2. – С. 563-567.