



ISSN: 3060-4613



MAKTABGACHA
VA MAKTAB
TA'LIMI VAZIRLIGI



O'zbekiston
Milliy Pedagogika
Universiteti



No6(7)
2026

- 13.00.00 Pedagogika fanlari
- 13.00.01 Pedagogika nazariyasi. Pedagogik ta'limotlar tarixi
- 13.00.02 Ta'lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi (sohalar bo'yicha)
- 13.00.03 Maxsus pedagogika
- 13.00.04 Jismoniy tarbiya va sport mashg'ulotlari nazariyasi va metodikasi
- 13.00.05 Kasb-hunar ta'limi nazariyasi va metodikasi
- 13.00.06 Elektron ta'lim nazariyasi va metodikasi (ta'lim sohaları va bosqichlari bo'yicha)
- 13.00.07 Ta'limda menejment
- 13.00.08 Maktabgacha ta'lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi
- 13.00.09 Ijtimoiy pedagogika
- 07.00.00 Tarix fanlari
- 19.00.00 Psixologiya fanlari
- 01.00.00 Fizika-matematika fanlari
- 02.00.00 Kimyo fanlari
- 03.00.00 Biologiya fanlari
- 09.00.00 Falsafa fanlari
- 10.00.00 Filologiya fanlari
- 11.00.00 Geografiya fanlari

M

AKTABGACHA VA AKTAB TA'LIMI

Pedagogika, psixologiya fanlariga ixtisoslashgan ilmiy jurnal



MAKTABGACHA VA MAKTAB TA'LIMI



Elektron nashr. 58 sahifa,
27-iyun, 2026-yil.

BOSH MUHARRIR:

Karimova E'zoza Gapijanovna – O'zbekiston Respublikasi Maktabgacha va maktab ta'limi vaziri

BOSH MUHARRIR O'RINBOSARI:

Ibragimova Gulsanam Ne'matovna – Pedagogika fanlari doktori, professor

TAHRIRIYAT KENGASHI A'ZOLARI

Ibragimov X.I. – pedagogika fanlari doktori, akademik
Shoumarov G'.B. – psixologiya fanlari doktori, akademik
Qirg'izboyev A.K. – Tarix fanlari doktori, professor
Jamoldinova O.R. – pedagogika fanlari doktori, professor
Sharipov Sh.S. – pedagogika fanlari doktori, professor
Shermuhhammadov B.Sh. – pedagogika fanlari doktori, professor
Ma'murov B.B. – pedagogika fanlari doktori, professor
Madraximova F.R. – pedagogika fanlari doktori, professor
Kalonov M.B. – iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Nabiyev D.X. – iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Qo'ldoshev Q. M. – iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Ikramxanova F.I. – filologiya fanlari doktori, professor
Ismagilova F.S. – psixologiya fanlari doktori, professor (Rossiya)
Stoyuxina N.Yu. – psixologiya fanlari nomzodi, dotsent (Rossiya)
Magauova A.S. – pedagogika fanlari doktori, professor (Qozog'iston)
Rejep O'zyurek – psixologiya fanlari doktori, professor (Turkiya)
Woogyu Cha – Koreya milliy ta'lim universiteti rektori (Koreya)
Polonnikov A.A. – psixologiya fanlari nomzodi, dotsent (Belarus)
Mizayeva F. O. – Pedagogika fanlari doktori, dotsent
Baybayeva M.X. – pedagogika fanlari doktori, professor
Muxsiyeva A.T. – pedagogika fanlari doktori, professor
Aliyev B. – falsafa fanlari doktori, professor
Abdullayeva N. Sh. – Pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
Doniyorov S. M. – “Yangi O'zbekiston” va “Pravda Vostoka” gazetalari tahririyati DM bosh muharriri, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan jurnalist, filologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
G'afurov D. O. – falsafa fanlari doktori (Phd)
Shomurodov R.T. – iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Mirzayeva F. O. – pedagogika fanlari doktori (DSc), dotsent
Jalilova S.X. – psixologiya fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Bafayev M.M. – psixologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Usmonova D.I. – Samarqand iqtisodiyot va servis institute dotsenti
Saifnazarov I. – falsafa fanlari doktori, professor
Nematov Sh.E. – pedagogika fanlari nomzodi (PhD)
Tillashayxova X.A. – psixologiya fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Yuldasheva F.I. – pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Yuldasheva D.B. – filologiya fanlari bo'yicha falsafa (PhD) doktori, dotsent
Tangriyev A. T. – Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti kafedra professori
Ashurov R. R. – psixologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Panjiyev M. A. – Qashqadaryo viloyati Maktabgacha va maktab ta'limi boshqarmasi boshlig'ining birinchi o'rinbosari
Xudayberganov N. A. – Xorazm Ma'mun akademiyasi Tabiiy fanlar bo'limining katta ilmiy xodimi, biologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Vaxobov Anvar Abdusattor o'g'li – Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Muassis: “Tadbirkor va ishbilarmon” MChJ

Hamkorlarimiz: O'zbekiston Respublikasi Maktabgacha va maktab ta'limi vazirligi, O'zbekiston milliy pedagogika universiteti

EDITOR-IN-CHIEF:

Karimova E'zoza Gapirzhanovna – Minister of Perschool and School Education of the Republic of Uzbekistan

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Ibragimova Gulsanam Ne'matovna – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

EDITORIAL BOARD MEMBERS:

Ibragimov X.I. – Doctor of Pedagogical Sciences, Academician

Shoumarov G. B. – Doctor of Psychological Sciences, Academician

Qirg'izboyev A. K. – Doctor of Historical Sciences, Professor

Jamoldinova O.R. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Sharipov Sh.S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Shermuhhammadov B.Sh. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Ma'murov B.B. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Madraximova F.R. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Kalonov M.B. – Doctor of Economic Sciences, Professor

Nabiyev D.X. – Doctor of Economic Sciences, Professor

Koldoshev K. M. – Doctor of Economic Sciences, Professor

Ikramxanova F.I. – Doctor of Philological Sciences, Professor

Ismagilova F.S. – Doctor of Psychological Sciences, Professor (Russia)

Stoyuxina N.Yu. – Candidate of Psychological Sciences (PhD), Associate Professor (Russia)

Magauova A.S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Kazakhstan)

Rejep O'zyurek – Doctor of Psychological Sciences, Professor (Turkey)

Wookyu Cha – President of the National University of Education, Korea (South Korea)

Polonnikov A.A. – Candidate of Psychological Sciences (PhD), Associate Professor (Belarus)

Mizayeva F. O. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Baybayeva M.X. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Muxsiyeva A.T. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Aliyev B. – Doctor of philosophy, professor

Abdullayeva N. Sh. – Doctor of Pedagogical Sciences (DSc), Professor

Doniyorov S. M. – Editor-in-Chief of the DM Editorial Office of the newspapers “Yangi O'zbekiston” and “Pravda Vostoka”, Honored Journalist of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Philosophy (PhD) in Philology, Associate Professor

Gafurov D. O. – Doctor of Philosophy (PhD)

Shomurodov R.T. – Candidate of Economic Sciences (PhD), Associate Professor

Mirzayeva F. O. – Doctor of Pedagogical Sciences (DSc), Associate Professor

Jalilova S.X. – Candidate of Psychological Sciences (PhD), Associate Professor

Bafayev M.M. – Doctor of Philosophy in Psychological Sciences (PhD), Associate Professor

Usmonova D.I. – Associate Professor, Samarkand Institute of Economics and Service

Saifnazarov I. – Doctor of philosophy, professor

Nematov Sh.E. – Candidate of Pedagogical Sciences (PhD)

Tillashayxova X.A. – Candidate of Psychological Sciences (PhD), Associate Professor

Yuldasheva F.I. – Doctor of Philosophy in Pedagogical Sciences (PhD), Associate Professor

Yuldasheva D.B. – Doctor of Philosophy (PhD) in Philological Sciences, Associate Professor

Tangriyev A.T. – is a professor of Tashkent State University of Economics

Ashurov R. R. – Doctor of Philosophy (PhD) in Psychology, Associate Professor

Panjiyev M. A. – First Deputy Head of the Department of Preschool and School Education of the Kashkadarya Region

Khudaiberganov N. A. – Senior Researcher of the Department of Natural Sciences of the Khorezm Mamun

Academy, Doctor of Philosophy (PhD) in Biological Sciences

Vakhobov Anvar Abdusattor oglu – Doctor of Philosophy in Pedagogical Sciences, Associate Professor

“Maktabgacha va maktab ta'limi” jurnali O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining quyidagi qarorlariga asosan pedagogika va psixologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) hamda fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiyalaridagi asosiy ilmiy natijalarni chop etish uchun milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan:

Pedagogika fanlari bo'yicha: OAK Kengashi tavsiyasi (26.08.2024-y., №11-05-4381/01) asosida:

- Ekspert kengashi (29.10.2024-y., №10)
- Rayosat qarori (31.10.2024-y., №363/5)

Psixologiya fanlari bo'yicha: Toshkent davlat pedagogika universiteti murojaatiga asosan OAK tavsiyasi (24.04.2025-y., №11-05-2566/01):

- Ekspert kengashi (25.05.2025-y., №10)
- Rayosat qarori (08.05.2025-y., №370/5)

“Maktabgacha va maktab ta'limi”
jurnali

26.09.2023-yildan

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti
Administratsiyasi huzuridagi Axborot
va ommaviy kommunikatsiyalar
agentligi tomonidan **№C-5669363**
reyestr raqami tartibi bo'yicha
ro'yxatdan o'tkazilgan.

Litsenziya raqami: **№136361**



MUNDARIJA

Muqobil energiya manbalarida yarimo'tkazgichlar fizikasi: quyosh panellarining foydali ish koeffitsiyentini oshirish muammolari	10
Abdullajonova Bashorat Olim qizi	
Xavfsizlik tuyg'usining psixologik mazmuni	13
Bahodirova Marhaboxon Tohirjon qizi	
Maktabgacha yoshdagi bolalarda muloqot madaniyatini rivojlantirishning innovatsion pedagogik texnologiyalari: kompetensiyaviy yondashuv asosida	17
Boybo'riyeva Saodat O'ralovna	
Tasviriy san'at fanlarini o'qitishda raqamli texnologiyalardan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari	21
Ergasheva Go'zal Ruzimurod qizi	
Kurash sportida innovatsion mashg'ulot texnologiyalaridan foydalanishning ilmiy-pedagogik asoslari	26
Madumarov Jahongir Urinbayevich	
O'quvchilarning texnik tafakkurini rivojlantirishda steam texnologiyalarining o'rni va roli	29
Yo'ldoshev Mirjalol Qosim o'g'li	
Sun'iy intellekt vositalarining bo'lajak o'qituvchilar diagnostik kompetentligini rivojlantirishdagi imkoniyatlari	33
Teshaboyev Akramjon Yuldashevich	
O'qituvchi va talabalar o'rtasidagi kommunikativ o'zaro ta'sir	39
Turdibekova Risolat Shermatovna	
6–7 yoshli bolalarni savodga tayyorlashda didaktik kartochkalar asosidagi leksik o'yinlarning ahamiyati	42
Tursunova Durdona	
Yengil atletika mashg'ulotlarida zamonaviy ilmiy yondashuvlar: maktab o'quvchilarining jismoniy tayyorgarligi va sport natijalari	46
Xalmirzayev Azizillo Nabijonovich	
Veb-kvest" va "Til portfeli" texnologiyalarini bir butun integrativ model asosida o'quv mashg'ulotlarida qo'llanilishi	49
Yusupova Muxabbat Anatolevna	
Содержание личностно-ориентированного образования и его роль в процессе самостоятельной подготовки студентов	53
Рысова Галия Байбулатовна	

MUQOBIL ENERGIYA MANBALARIDA YARIMO'TKAZGICHLAR FIZIKASI: QUYOSH PANELLARINING FOYDALI ISH KOEFFITSIYENTINI OSHIRISH MUAMMOLARI

Abdullajonova Bashorat Olim qizi
Chirchiq davlat pedagogika universiteti talabasi

Ilmiy rahbar: [Ernazarov Abdurazzoq Nizamiddinovich](#)
CHDPU Fizika kafedrası dotsenti

Annotatsiya: Ushbu maqola zamonaviy fotovoltaiqa sohasidagi asosiy muammo - quyosh elementlarining foydali ish koeffitsiyentini (FIK) oshirish masalasiga bag'ishlangan. Maqolada birinchi avlod kremniy elementlarining Shockley–Queisser (SQ) cheklanishi (~33%) tahlil qilinadi va bu chegarani yengishning ikki asosiy yo'li – ko'p o'tishli tandem texnologiyalari va materiallar darajasidagi optimallashtirish ko'rib chiqiladi. Perovskit-kremniy tandem elementlari eng istiqbolli yo'nalish sifatida ta'kidlanadi: nazariy chegarasi 43.2% atrofida bo'lib, sanoatda 29.2% modul FIK va 32.6% element FIK rekordlariga erishilgan.

Kalit so'zlar: quyosh elementlari, foydali ish koeffitsiyenti, Shockley–Queisser chegarasi, tandem elementlar, perovskit-fotovoltaiqa, Auger rekombinatsiyasi, sirt passivatsiyasi, materiallar degradatsiyasi, yarimo'tkazgich fizikasi.

Abstract: This article addresses the key challenge in modern photovoltaics - improving the power conversion efficiency (PCE) of solar cells. The Shockley–Queisser (SQ) limit (~33%) for first-generation silicon cells is analyzed, and two main pathways to overcome this barrier are examined: multi-junction tandem technologies and materials-level optimization. Perovskite-silicon tandem cells are highlighted as the most promising direction, with a theoretical limit of approximately 43.2% and industrial records of 29.2% module PCE and 32.6% cell PCE already achieved.

Key words: solar cells, power conversion efficiency, Shockley–Queisser limit, tandem cells, perovskite photovoltaics, Auger recombination, surface passivation, material degradation, semiconductor physics.

Аннотация: Данная статья посвящена ключевой проблеме современной фотовольтаики - повышению коэффициента полезного действия (КПД) солнечных элементов. Анализируется предел Шокли-Квайссера (SQ) для кремниевых элементов первого поколения (~33%) и рассматриваются два основных пути преодоления этого барьера: многопереходные tandemные технологии и оптимизация на уровне материалов. Перовскитно-кремниевые tandemные элементы выделены как наиболее перспективное направление: их теоретический предел составляет около 43.2%, при этом в промышленности достигнуты рекордные показатели 29.2% для модуля и 32.6% для элемента.

Ключевые слова: солнечные элементы, коэффициент полезного действия, предел Шокли-Квайссера, tandemные элементы, перовскитная фотовольтаика, Оже-рекомбинация, пассивация поверхности, деградация материалов, физика полупроводников.

KIRISH

Muqobil energiya manbalariga bo'lgan ehtiyoj ortib borayotgan bir paytda, quyosh energetikasi eng muhim yo'nalishlardan biri bo'lib qolmoqda. Ammo bugungi kunda bozordagi kremniy asosidagi quyosh panellarining foydali ish koeffitsiyenti (FIK) o'rtacha 20-24% atrofida. Bu ko'rsatkichni oshirish uchun yarimo'tkazgichlar fizikasi sohasida qizg'in izlanishlar olib borilmoqda.

Bir qarashda bu faqat muhandislik masalasi bo'lib tuyulishi mumkin, lekin aslida bu yerda fundamental fizik cheklovlar va ularni yengishning innovatsion usullari yotadi.

Ushbu maqolada quyosh panellarining FIK ni oshirish yo'lidagi asosiy fizik muammolar, jumladan Shockley–Queisser chegarasi, Auger rekombinatsiyasi, materiallar degradatsiyasi hamda tandem texnologiyalarining imkoniyatlari tahlil qilinadi. Maqsad – so'nggi ilmiy tadqiqotlar va sanoat yutuqlariga tayanib, ushbu murakkab masalaning bugungi holati va kelajak istiqbollarini yoritishdi.



MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Quyosh elementlarining foydali ish koeffitsiyentini oshirish masalasi fotovoltaika sohasidagi eng dolzarb ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. 1961-yilda Shockley va Queisser tomonidan bir o'tishli kremniy quyosh elementlari uchun nazariy FIK chegarasi ishlab chiqilgan bo'lib, mazkur model keyingi tadqiqotlar uchun asos bo'lib xizmat qilgan. So'nggi yillarda perovskit-kremniy tandem elementlari, sirt passivatsiyasi, selektiv kontaktlar hamda sun'iy intellekt yordamida yangi materiallarni izlash yo'nalishlarida muhim natijalarga erishildi. Xususan, Fraunhofer ISE, Trina Solar va boshqa ilmiy markazlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlar tandem texnologiyalarining yuqori samaradorlikka ega ekanligini hamda ularning sanoatda keng joriy etish istiqbollari mavjudligini ko'rsatmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Har qanday bir o'tishli (single-junction) quyosh elementi uchun nazariy FIK chegarasi mavjud. 1961-yilda Shockley va Queisser tomonidan hisoblangan bu chegara kremniy uchun taxminan 33% ni tashkil qiladi. Bu cheklanishning sababi oddiy: quyosh nuri turli energiyali fotonlardan iborat. Agar foton energiyasi yarimo'tkazgichning taqiqlangan zonasidan (bandgap) kichik bo'lsa, u umuman elektr tokiga aylanmaydi. Agar katta bo'lsa, ortiqcha energiya issiqlik sifatida yo'qoladi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Bu fundamental fizik qonuniyatni yengishning ikki asosiy strategiyasi mavjud:

1. Issiq zaryad tashuvchilarni (hot carriers) ular sovib ulgurmasdan "tutib olish" - bu holda ochiq zanjir kuchlanishi bandgapdan ham yuqori bo'lishi mumkin.
2. Impact ionization orqali bitta foton hisobiga bir nechta elektron-teshik jufti hosil qilish - bu tashqi kvant samaradorligini 100% dan oshirish imkonini beradi.

So'nggi yillarda bu ikkinchi yo'nalishda qiziqarli natijalarga erishildi - ultra-past haroratlarda (30-50 K) kremniy elementlarda FIK 50-60% gacha oshirilgan. Bunda foton energiyasi bandgapdan atigi ~13% katta bo'lsa ham, impact ionization ishga tushgan. Bu kashfiyot kosmik tadqiqotlar va kriogen qurilmalar uchun yangi imkoniyatlar ochadi. SQ chegarasini yengishning eng amaliy usuli - turli bandgapli yarimo'tkazgichlarni ketma-ket joylashtirish (tandem yoki multi-junction hujayra). Har bir qatlam spektrning o'z qismini yutadi va umumiy FIK oshadi.

1-jadval: Quyosh elementlari FIK bo'yicha taqqoslash (eng muhim turlari).

Element turi	Nazariy chegara	Labaratoriya rekordi	Sanoat modul FIK	Asosiy cheklov
Monokristal kremniy	33%	26.8%	22-24%	SQ chegarasiga yetgan
Prwvoskit(bir o'tishli)	33%	26.1%	19-21%	Degradatsiya [2,7]
Prevoskit-kremniy tandem	43.2%	32.6%	29.2%	Murakkab ishlab chiqarish
Kriogen kremniy	50-60%	Laboratoriyada	Sanoatda yo'q	Ultra-past harorat

Hozirgi kunda eng istiqbolli tandem arxitekturasi - perovskit-kremniy kombinatsiyasi. Perovskit yuqori bandgapga (~1.7 eV) ega va spektrning ko'k-yashil qismini yutadi, kremniy esa (~1.12 eV) infraqizil qismni o'zlashtiradi. Fraunhofer ISE va boshqa tadqiqot markazlarining simulyatsiyalari shuni ko'rsatadiki, ideal ikki terminal tandem elementning nazariy FIK chegarasi Auger rekombinatsiyasini hisobga olganda 43.2% ni tashkil qiladi (agar kremniy pastki qatlam SQ chegarasida bo'lsa, 45.2% bo'lar edi).

Sanoatda esa bu natijalar allaqachon rekord darajaga yetgan. 2026-yilda TrinaSolar kompaniyasi 210 mm kattalikdagi perovskit/kremniy tandem elementi uchun 32.6% FIK (Fraunhofer ISE CaLab sertifikat) va 3.1 m² maydondagi modul uchun 29.2% FIK (907 Vt quvvat) ko'rsatkichlarini e'lon qildi. Bu natijalar laboratoriya sinovlaridan sanoat ishlab chiqarishiga o'tishda muhim qadamdir. Yuqoridagi 43.2% nazariy chegara - bu "ideal" holat. Haqiqiy qurilmalarda yana qo'shimcha yo'qotish mexanizmlari mavjud.

Auger rekombinatsiyasi - bu kremniyning bilvosita zonali tuzilishidan kelib chiqadigan muqarrar jarayon. Bir elektron va teshik qayta birlashganda ajralgan energiya boshqa zaryad tashuvchiga (elektron yoki teshikka) beriladi va u yuqori energiyali holatga o'tadi, so'ngra bu energiya issiqlik sifatida tarqaladi. Bu jarayon kremniyda juda kuchli va FIKni pasaytiradi. Perovskit-kremniy tandemda kremniy qatlamining optimal qalinligi ~300 mikrometрни tashkil etadi - bu bir o'tishli kremniy elementga qaraganda qalinroq, chunki tandemda pastki qatlamning tok hissasi muhimroq.

Yana bir muhim fizik effekt - lyuminestsent bog'lanish (luminescent coupling) - yuqori qatlamda hosil bo'lgan fotonlar pastki qatlamga yetib borib, qo'shimcha tok hosil qilishi mumkin. Bu effekt umumiy FIKni bir oz oshiradi, lekin hisob-kitoblarda uni to'g'ri modellashtirish muhim.

Perovskit elementlar yuqori FIK va arzon ishlab chiqarishga qaramay, asosiy muammoga ega - barqarorlik. Perovskitlar namlik, kislorod, UV nurlar va ayniqsa issiqlik ta'sirida tez degradatsiyaga uchraydi. Sanoat sertifikatlash uchun elementlar 85 °C da ishlash sinovidan o'tishi kerak (ISOS-L2 protokoli, IEC 61215 standarti). Yaqinda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, 85 °C va yorug'lik ta'sirida perovskit kristall panjarasida amorf "uglerodga boy" qobiq hosil bo'ladi. Bu qobiq qarshilikni pasaytiradi va ion o'tkazuvchanligini oshiradi, natijada element FIKning pasayishiga olib keladi. Qiziq tomoni shundaki, bu jarayon vaqt o'tishi bilan panjara doimiysining o'zgarishsiz sodir bo'ladi - bu an'anaviy PbI_2 hosil bo'lishi orqali degradatsiyadan farq qiladi.

Yechim sifatida additivlar (masalan, H_3PP fosfonat) va MXene interlayerlari qo'llanmoqda. 85 °C va 1 quyosh yorug'ligida 980 soat davomida sinovda modifikatsiyalangan elementlar FIKning 87% ini saqlab qolgan. Quyosh elementi FIKi nafaqat absorpsion qatlamga, balki sirt passivatsiyasi va selektiv kontaktlarga ham bog'liq. Kremniy elementlar sirtidagi nuqsonlar zaryad tashuvchilarning rekombinatsiyasini kuchaytiradi. So'nggi yutuqlardan biri - organik asosdagi passivatsion kontaktlar. Masalan, Nafion polimeri (grafen bilan qo'shilgan holda) p-tipli kremniy elementlar uchun teshik-selektiv passivatsion kontakt sifatida ishlatilmoqda. Bu usul past haroratli ishlab chiqarish imkonini beradi va 23.67% FIKga erishilgan - bu p-tipli kremniy elementlar uchun rekord ko'rsatkich. Ikki tomonlama passivatsiya mexanizmi (kimyoviy + maydon effekti) orqali sirt rekombinatsiyasi sezilarli kamaytirilgan.

Perovskit elementlar uchun esa teshik-selektiv kontaktlar (HSC) dizayni muhim. An'anaviy usulda bu materiallar sinov-xato yo'li bilan tanlanadi. 2026-yilda chop etilgan tadqiqotda Al yordamida HSC molekularini ko'p maqsadli optimallashtirish (FIK + barqarorlik) usuli ishlab chiqilgan. Ushbu Al qidiruvi WU-1 molekulasini aniqlagan va u asosida qurilgan element 26.9% FIKga erishgan, 85 °C da 980 soat davomida 87% samaradorlikni saqlagan. Bu tajribalar molekulyar dizaynda Alning kuchini ko'rsatadi.

An'anaviy yarimo'tkazgich materiallarni (masalan, $Cu(In,Ga)Se_2$ - CIGS yoki Cu_2ZnSnS_4 - CZTS) sinovdan o'tkazish juda ko'p vaqt va resurs talab qiladi. Hozirda ma'lumotlarga asoslangan (data-driven) yondashuvlar keng joriy etilmoqda. Masalan, Purdue universiteti tadqiqotchilari 540 dan ortiq xalkogenid birikmalar uchun yuqori unumli DFT (density functional theory) hisob-kitoblarini o'tkazgan va ularni ML modellari bilan birlashtirib, 476 000 dan ortiq potensial kompozitsiyani skrining qilgan. Natijada 1200 ga yaqin barqaror va 30% dan yuqori FIK potensialiga ega materiallar aniqlangan. Bunday yondashuvlar materialshunoslikni tubdan o'zgartirmoqda.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Quyosh panellarining FIKni oshirish - bu nafaqat muhandislik, balki fundamental fizika masalasidir. Shockley-Queisser chegarasi birinchi avlod kremniy elementlarni 33% da to'xtatib tursa, tandem texnologiyalari (ayniqsa perovskit-kremniy) bu chegarani 43% gacha ko'tarish imkonini beradi. Sanoatda allaqachon 32.6% element va 29.2% modul FIK rekordlariga erishilgan.

Biroq, perovskitlarning issiqlik va namlikka chidamsizligi, Auger rekombinatsiyasi kabi fizik cheklavlar hamda interfeys muhandisligi masalalari hal qilinishi kerak. Bu yerda Al yordamida materiallar sintezini optimallashtirish, yangi passivatsion kontaktlarni ishlab chiqish va ultra-past haroratli ilovalar (kosmik texnika) uchun maxsus yechimlar istiqbolli yo'nalishlardir.

Kelgusi 5-10 yil ichida perovskit-kremniy tandem modullarning bozorga chiqishi, Al yordamida yangi materiallarning tez kashf etilishi va barqarorlik masalalarining hal bo'lishi quyosh energetikasida yangi davrni boshlab berishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Fell, A. et al. (2025). Elucidating the efficiency limit of silicon-based monolithic tandem cells through the combination of Auger and Shockley-Queisser limits. RSC Publishing.
2. Habib, H. et al. (2025). Degradation Pathways in Perovskite Solar Cells: Strategies for Enhancing Stability. Energy Technology, 13, 2500137
3. Trinasolar (2026). Trinasolar achieves 907W power output for its tandem modules, setting a new world record. Trinasolar Newsroom
4. Zhou, Z. et al. (2025). Nafion-based full-area hole-selective passivating contacts for P-type Si solar cells approaching 24.0% efficiency. ScienceDirect
5. WU-series molecules for perovskite solar cells. (2026). Al-assisted multi-objective hole-selective contact design. ScienceDirect.
6. Surpassing Shockley-Queisser Efficiency Limit in Photovoltaic Cells. (2025). Nano-Micro Letters, 17, 330.
7. Baumann, F. et al. (2025). Stabilizing perovskite solar cells at 85 °C via additive engineering and MXene interlayers. EES Solar, 1, 1061-1073.
8. Trinasolar (2026). Trinasolar Sets New Tandem Cell Efficiency and Module Power Output Record. Trinasolar AU Newsroom.
9. Rahman, M.H. & Mannodi-Kanakithodi, A. (2026). Data-driven discovery of novel chalcogenide semiconductors for solar absorption. RSC Publishing.

- 
- 13.00.00 Pedagogika fanlari
 - 13.00.01 Pedagogika nazariyasi. Pedagogik ta'limotlar tarixi
 - 13.00.02 Ta'lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi (sohalar bo'yicha)
 - 13.00.03 Maxsus pedagogika
 - 13.00.04 Jismoniy tarbiya va sport mashg'ulotlari nazariyasi va metodikasi
 - 13.00.05 Kasb-hunar ta'limi nazariyasi va metodikasi
 - 13.00.06 Elektron ta'lim nazariyasi va metodikasi (ta'lim sohaları va bosqichlari bo'yicha)
 - 13.00.07 Ta'limda menejment
 - 13.00.08 Maktabgacha ta'lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi
 - 13.00.09 Ijtimoiy pedagogika
 - 07.00.00 Tarix fanlari
 - 19.00.00 Psixologiya fanlari
 - 01.00.00 Fizika-matematika fanlari
 - 02.00.00 Kimyo fanlari
 - 03.00.00 Biologiya fanlari
 - 09.00.00 Falsafa fanlari
 - 10.00.00 Filologiya fanlari
 - 11.00.00 Geografiya fanlari



MAKTABGACHA VA MAKTAB TA'LIMI

Mas'ul muharrir: Ramzidin Ashurov

Ingliz tili muharriri: Murod Xoliyorov

Musahhih: Alibek Zokirov

Sahifalovchi va dizayner: Iskandar Islomov

2026. №6(7)

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Maktabgacha va maktab ta'limi" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Maktabgacha va maktab ta'limi" jurnali 26.09.2023-yildan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan №C-5669363 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: № 136361.

Manzirimiz: Toshkent shahar, Yunusobod tumani
19-mavze, 17-uy.