



O'zbekiston Respublikasi
Maktabgacha va maktab
ta'limi vazirligi

ISSN: 2992-9008
UDK: 37

TA'LIM VA TARAQQIYOT

Ilmiy-uslubiy jurnali



2026-YIL 5-SON

www.journal.namspi.uz

Bosh muharrir: Namangan davlat pedagogika instituti rektori B.E.Xusanov

Mas'ul muharrir: Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha prorektor M.R.Qodirxonov

Mas'ul muharrir o'rinbosari: Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i J.A.Yuldashev

TAHRIR HAY'ATI

Aniq va tabiiy fanlar: k.f.d., prof. Sh.Abdullayev, f-m.f.d., dots. R.Xakimov, k.f.d., prof. N.Vohidova, k.f.d., dots. M.Qodirxonov, b.f.d., dots. A.Batashov, f-m.f.n., dots., T.Abdullayev, p.f.n., dots. M.Eshnazarova, p.f.n., dots. G'.Nafasov, p.f.n., dots. M.Boltayeva.

Texnika fanlari: t.f.d., prof. A.Umarov, t.f.d., prof. A.Qayumov, PhD, dots. Sh.Xudoyqulov, PhD, dots. Abdunazarov.

Ijtimoiy-gumanitar fanlar: s.f.d., prof. T.Fayzullayev, tar.f.d., prof. A.Rasulov. f.f.d., prof. M.Ismoilov, i.f.d., dots. N.Sotivoldiyev, t.f.n., dots. A.Isoqboyev, f.f.n., dots. O.Mamatov, t.f.n., dots. Z.Haydarov, PhD. J.Yuldashev, PhD. A.Abdullayev.

Pedagogika fanlari: p.f.d., prof. B.Xodjayev, p.f.d., prof. X.Najmiddinova, p.f.d., prof. T.Ismoilov, p.f.d., prof. S.Abdullayev. p.f.d., prof., M.Y.Sobirova, p.f.d., prof., R.Zamilova, p.f.d., prof. Sh.Xujamberdiyeva, p.f.d., dost. M.Asqarova, PhD, dots. M.Asranboyeva.

Filologiya fanlari: fil.f.d., prof. N.Uluqov, fil.f.d., prof. H.Usmanova, f.f.d., dots. X.Shokirova, p.f.n., dots. S.Misirov, p.f.n., dots. Sh.Ubaydullayev, PhD, dots. P.Lutfullayev, PhD, dots. M.Yakubbayev.

Texnik muharrir: R.Tursunov

Tahririyat manzili: Namangan shahri, Uychi ko'chasi, 316-uy.

Pochta indeksi: 160136, **Faks:** (0369) 227-27-21,

Email: Info@namspi.uz

"Ta'lim va taraqqiyot" ilmiy-uslubiy jurnali elektron to'plam sifatida O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi (AOKA)ning 2022-yil 25-oktabrdagi № 045044 raqamli guvohnomasi asosida chop etiladi. Jurnal Oliy Attestatsiya komissiyasining 2024-yil 30-noyabrdagi (№ 364/5) yig'ilishi qaroriga asosan pedagogika fanlari bo'yicha falsafa fanlari doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan. UDK: 37, Xalqaro standartlashtirish raqami (ISSN): 2992-9008.

Maqolalarning ilmiy saviyasi va keltirilgan ma'lumotlar uchun mualliflar javobgar hisoblanadi.

QATTIQ POLIMER ELEKTROLITLARDA ZARYAD TRANSPORTI VA FAZALARARO ELEKTROFIZIK JARAYONLARNI O'QITISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH

O'ktamaliyev Bekzod

Namangan davlat pedagogika instituti

uktamaliyevb@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada qattiq polimer elektrolitlarda zaryad transporti va polimer–yarimo'tkazgich fazalararo chegarasida kechadigan elektrofizik jarayonlarni oliy ta'limda o'qitish metodikasini takomillashtirish masalalari ko'rib chiqiladi. TiO_2 va ZnO nanozarralari bilan modifikatsiyalangan polimer elektrolitlar misolida "tarkib–struktura–interfeys–relaksatsiya–zaryad transporti" bog'lanishini talabalarga fizik mazmunda tushuntirishga yo'naltirilgan metodik model taklif etiladi. Impedans spektrlari, elektr o'tkazuvchanlikning chastota va haroratga bog'lanishi, dielektrik dispersiya hamda fazalararo qutblanishni grafik va eksperimental ma'lumotlar asosida tahlil qilish usullari yoritiladi. Taklif etilgan yondashuv nazariy tushunchani real tadqiqot ma'lumotlari, modellashtirish va muammoli topshiriqlar bilan bog'lab, talabalarning fizik tafakkuri, ma'lumotlarni tahlil qilish va ilmiy xulosa chiqarish ko'nikmalarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: qattiq polimer elektrolit, zaryad transporti, TiO_2 , ZnO , fazalararo chegara, ion o'tkazuvchanlik, dielektrik relaksatsiya, impedans spektroskopiyasi, fizika o'qitish metodikasi, tadqiqotga yo'naltirilgan ta'lim.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ПРОЦЕССАМ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА И МЕЖФАЗНЫМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ В ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ

Уктамалиев Бекзод

Наманганский государственный педагогический институт

Аннотация. В статье рассматривается совершенствование методики преподавания процессов переноса заряда и межфазных электрофизических явлений в твердых полимерных электролитах. На примере полимерных электролитов, модифицированных наночастицами TiO_2 и ZnO , предложена методическая модель, раскрывающая взаимосвязь «состав–структура–интерфейс–релаксация–перенос заряда». Особое внимание уделено анализу импедансных спектров, частотной и температурной зависимости проводимости, диэлектрической дисперсии и межфазной поляризации. Подход ориентирован на соединение теоретического материала с реальными исследовательскими данными и развитие у студентов навыков физического анализа и научного вывода.

Ключевые слова: твердый полимерный электролит, перенос заряда, TiO_2 , ZnO , межфазная граница, ионная проводимость, диэлектрическая релаксация, импедансная спектроскопия, методика преподавания физики.

IMPROVING THE METHODOLOGY FOR TEACHING CHARGE TRANSPORT AND INTERFACIAL ELECTROPHYSICAL PROCESSES IN SOLID POLYMER ELECTROLYTES

Oktamaliyev Bekzod

Namangan State Pedagogical Institute

Abstract. This article addresses the improvement of methods for teaching charge transport and interfacial electrophysical processes in solid polymer electrolytes. Using polymer electrolytes modified with TiO_2 and ZnO nanoparticles as an example, a methodological model is proposed to explain the composition–structure–interface–relaxation–charge transport relationship. Particular attention is paid to the educational interpretation of impedance spectra, frequency- and temperature-dependent conductivity, dielectric dispersion, and interfacial polarization. The approach integrates theoretical concepts with research data, graphical analysis, modeling, and problem-based tasks to develop students' physical reasoning, data interpretation, and scientific inquiry skills.

Keywords: solid polymer electrolyte, charge transport, TiO_2 , ZnO , interface, ionic conductivity, dielectric relaxation, impedance spectroscopy, physics teaching methodology, inquiry-based learning.

KIRISH

Zamonaviy fizika ta'limida talabanning tayyor formulani o'zlashtirishi yetarli emas; u fizik jarayonning mexanizmini tushunishi, tajriba natijalarini tahlil qilishi va nazariy model bilan eksperimental dalil o'rtasidagi bog'lanishni ko'ra olishi zarur. Nanomateriallar va energiya saqlash texnologiyalarining rivojlanishi oliy ta'lim fizika kursiga yangi mazmundagi o'quv materiallarini kiritish imkonini bermoqda. Shunday yo'nalishlardan biri qattiq polimer elektrolitlarda ion va zaryad transporti, dielektrik relaksatsiya hamda fazalararo chegarada yuz beradigan elektrofizik jarayonlardir.

Mazkur jarayonlar bir vaqtning o'zida qattiq jismlar fizikasi, yarimo'tkazgichlar fizikasi, dielektriklar fizikasi va elektrokimyo bilan bog'langan. Ayniqsa TiO_2 va ZnO kabi yarimo'tkazgich nanozarralar polimer matritsaga kiritilganda nanozarra sirt holatlari, kislorod vakansiyalari, polimer segmentlarining harakatchanligi va ionlarning

koordinatsiyasi o'zgarishi mumkin. Talabaga bu jarayonlarni faqat tavsifiy shaklda berish murakkab tushunchalarning fragmentar o'zlashtirilishiga olib keladi. Shu sababli mazmunni "fizik hodisa, tajriba ma'lumoti, grafik, model, matematik qonuniyat, fizik xulosa" ketma-ketligida tashkil etish maqsadga muvofiq [1-2].

Tadqiqotning maqsadi — qattiq polimer elektrolitlarda zaryad transporti va fazalararo elektrofizik jarayonlarni TiO_2/ZnO modifikatsiyalangan tizimlar misolida o'qitishning ilmiy-metodik modelini ishlab chiqish hamda talabalarning fizik tahlil, grafik ma'lumotlarni talqin qilish va tadqiqotchilik kompetensiyalarini rivojlantirish imkoniyatlarini asoslashdan iborat [3].

Maqolaning vazifalari: o'qitilishi zarur bo'lgan tayanch fizik tushunchalarni tizimlashtirish; zaryad transportini o'qitishda nazariya va tajribani integratsiyalash usulini taklif etish; real yoki model eksperimental ma'lumotlar asosida topshiriqlar tizimini ishlab chiqish; impedans, o'tkazuvchanlik va dielektrik spektrlarni ta'limiy tahlil qilish algoritmini shakllantirish; taklif etilgan metodikaning kutilayotgan didaktik natijalarini belgilash [4].

QATTIQ POLIMER ELEKTROLITLARDA ZARYAD TRANSPORTINI O'QITISHNING NAZARIY-METODIK ASOSLARI

Qattiq polimer elektrolitlarda elektr o'tkazuvchanlik erkin zaryad tashuvchilar soni va ularning harakatchanligi bilan belgilanadi. Ta'lim jarayonida $\sigma = nq\mu$ munosabati faqat formula sifatida emas, balki tajribada o'lchanadigan o'tkazuvchanlikning mikroskopik sabablari bilan bog'lanishi lozim. Polimer matritsada litiy tuzining dissotsiatsiyasi n kattalikka, polimer segmentlarining harakatchanligi va lokal energetik to'siqlar esa μ kattalikka ta'sir etishi tushuntiriladi.

Haroratga bog'liq transportni tahlil qilishda Arrhenius $\sigma = \sigma_0 \exp(-E_a/kBT)$ va segmental harakat muhim bo'lgan holatlarda VTF tipidagi bog'lanishlar taqqoslanadi. Talabaga modelni tayyor hukm sifatida berish o'rniga, $\ln\sigma - 1/T$ grafigining shakli,

chiziqlilikdan og'ish va aktivatsiya energiyasining fizik mazmuni asosida qaysi model ma'lumotni yaxshiroq ifodalashini aniqlash topshirig'i beriladi.

Chastotaga bog'liq o'tkazuvchanlikni o'rganishda Jonscher tipidagi $\sigma(\omega) = \sigma_{dc} + A\omega^s$ ifodasi o'quv materiali sifatida qulaydir. Past chastotadagi elektrod qutblanishi, o'rta chastotadagi dc plato va yuqori chastotadagi dispersiya alohida fizik jarayonlar sifatida ajratiladi. Natijada talaba grafikning har bir qismi ortida qanday zaryad dinamikasi mavjudligini izohlashga o'rgatiladi.

TiO₂/ZnO–POLIMER INTERFEYSINI TUSHUNTIRISHNING METODIK MODEL

TiO₂ va ZnO nanozarralari kiritilgan polimer tizimlarda fazalararo chegara alohida didaktik ahamiyatga ega. Chunki bu tushuncha orqali yarimo'tkazgich sirt holatlari, lokal energetik sathlar, qutblanish, ionlarning qayta taqsimlanishi va potensial to'siqlar kabi bir necha fizik tushuncha yagona modelda birlashtiriladi. Interfeysni o'qitishda nanozarrani shunchaki "qo'shimcha" sifatida emas, balki lokal elektr va energetik muhitni o'zgartiruvchi faol komponent sifatida ko'rsatish zarur.

Taklif etilayotgan metodik zanjir quyidagicha: nanozarra turi va konsentratsiyasi → struktura va sirt holatlari → fazalararo qutblanish → relaksatsiya parametrlari → aktivatsiya energiyasi → ion o'tkazuvchanligi. Mazkur zanjir sabab–oqibat munosabatini ko'rsatadi va talabaning alohida o'lchangan parametrlarni yagona fizik manzara sifatida talqin qilishiga yordam beradi.

1-jadval

O'quv elementi	Fizik mazmuni	Tavsiya etiladigan vosita	Talaba faoliyati
Ion o'tkazuvchanligi	$\sigma = nq\mu$; tashuvchilar soni va harakatchanlik	$\sigma(T)$, $\sigma(f)$ grafiklari	Grafikni tahlil qiladi, parametr ta'sirini izohlaydi

Interfeys	Polimer–nanozarra chegarasidagi lokal holatlar	Energetik sxema, strukturaviy model	Sabab–oqibat bog'lanishini tuzadi
Dielektrik relaksatsiya	Qutblanishning vaqt va chastota bo'yicha javobi	$\varepsilon'(f)$, $\varepsilon''(f)$, $\tan\delta(f)$	Relaksatsiya sohasini aniqlaydi
Impedans	Hajmiy va interfeys qarshiliklari	Nyquist diagrammasi	Ekvivalent sxema elementlarini fizik talqin qiladi
Harorat effekti	Aktivatsiyalangan transport va segmental dinamika	$\ln\sigma-1/T$ grafigi	E_a ni aniqlaydi va modelni tanlaydi

TADQIQOTGA YO'NALTIRILGAN O'QITISH ALGORITMI

Qattiq polimer elektrolitlarning elektrofizik xususiyatlarini o'qitishda talaba tayyor natijani qabul qiluvchi emas, balki ma'lumot asosida fizik xulosa chiqaruvchi subyekt bo'lishi kerak. Shu maqsadda quyidagi metodik ketma-ketlik taklif etiladi:

Muammo → gipoteza → fizik parametrlarni tanlash → eksperimental yoki model ma'lumotlarni olish → grafik qurish → matematik model bilan solishtirish → parametrlarni aniqlash → fizik mexanizmni izohlash → xulosa.

Masalan, "TiO₂ miqdori ortganda ion o'tkazuvchanligi nima sababdan avval ortib, keyin kamayishi mumkin?" degan muammoli savol beriladi. Talabalar dastlab gipotezalarni ilgari suradilar: amorf fazaning ortishi, tuz dissotsiatsiyasining kuchayishi, interfeyslar sonining ko'payishi, yuqori konsentratsiyada esa nanozarralar aglomeratsiyasi va transport yo'llarining murakkablashishi. Keyin ularga turli konsentratsiyalar uchun shartli yoki real σ qiymatlari berilib, σ –Cnano grafigini qurish va maksimumning fizik sababini izohlash vazifasi topshiriladi.

Bunday topshiriq bitta "to'g'ri javob"ni yodlashdan ko'ra, strukturaviy va elektrofizik parametrlar o'rtasidagi munosabatni tahlil qilishni talab qiladi. O'qituvchi esa natijani oldindan aytib beruvchi emas, balki gipotezalarni tekshirishga yo'naltiruvchi savollar beruvchi rolni bajaradi.

IMPEDANS VA DIELEKTRIK SPEKTRLARNI O'QITISHDA GRAFIK TAHLIL

Impedans spektroskopiyasi ko'p parametrlil bo'lgani sababli talabalar uchun murakkab mavzulardan biridir. Uni o'qitishda Nyquist diagrammasini birdan ekvivalent elektr sxema bilan boshlash o'rniga, Z' va Z'' ning fizik ma'nosini ajratish, so'ng yarim doira diametri orqali hajmiy qarshilikni aniqlash va nihoyat R-C yoki R-CPE elementlarining fizik mazmuniga o'tish maqsadga muvofiq.

O'tkazuvchanlikni aniqlashda $\sigma = L/(RbA)$ ifodasi namuna geometriyasi bilan bevosita bog'lanadi. Talabaga bir xil Rb qiymatiga ega, lekin qalinligi yoki yuzasi turlicha bo'lgan namunalar uchun σ ni hisoblash topshirig'i berilsa, qarshilik va solishtirma o'tkazuvchanlik tushunchalari o'rtasidagi farq aniqroq shakllanadi.

Dielektrik spektrlarni tahlil qilishda ϵ' , ϵ'' va $\tan\delta$ ni alohida grafik sifatida ko'rish bilan cheklanmasdan, ularni qutblanish va relaksatsiya jarayonlari bilan bog'lash zarur. Past chastotada katta ϵ' qiymati elektrod va fazalararo qutblanish bilan, yuqori chastotadagi kamayish esa dipol va ionlarning tez o'zgaruvchi maydonga to'liq ergasha olmasligi bilan izohlanadi. Shu orqali talaba "grafik shakli $\rightarrow$ fizik mexanizm" o'tishini o'zlashtiradi.

AMALIY TOPSHIRIQ: NANOZARRA KONSENTRATSIYASINING ION TRANSPORTIGA TA'SIRINI TAHLIL QILISH

Talabalarga bazaviy polimer elektrolit hamda TiO_2 yoki ZnO ning bir necha konsentratsiyasi uchun impedansdan aniqlangan Rb qiymatlari taqdim etiladi. Namuna qalinligi va elektrod yuzasi beriladi. Topshiriq tayyor xulosani tasdiqlash emas, balki qaysi tarkibda transport eng samarali ekanini mustaqil aniqlashga qaratiladi.

1-bosqich. Muammoni shakllantirish. Nanozarra konsentratsiyasi ion

o'tkazuvchanligiga qanday ta'sir qiladi va optimal miqdor mavjudmi?

2-bosqich. Hisoblash. Har bir namuna uchun $\sigma=L/(RbA)$ asosida ion o'tkazuvchanligi aniqlanadi.

3-bosqich. Grafik tahlil. σ -Cnano grafigi qurilib, o'sish, maksimum va kamayish sohalari ajratiladi.

4-bosqich. Fizik izoh. O'sish sohasi tuz dissotsiatsiyasi, amorflik va interfeyslarning ko'payishi bilan; pasayish sohasi esa aglomeratsiya, immobilizatsiya yoki transport yo'llarining to'silishi ehtimoli bilan muhokama qilinadi.

5-bosqich. Dalillarni tekshirish. XRD, FTIR, SEM yoki dielektrik spektr ma'lumotlari mavjud bo'lsa, ilgari surilgan mexanizm ular bilan solishtiriladi.

6-bosqich. Ilmiy xulosa. Talaba optimal tarkibni ko'rsatadi va uning ustunligini kamida ikki mustaqil fizik dalil bilan asoslaydi.

2-jadval

Baholash mezonini	Boshlang'ich daraja	Yetarli daraja	Yuqori daraja
Grafikni o'qish	Faqat qiymatlarni aytadi	Asosiy tendensiyani aniqlaydi	Tendensiyani fizik mexanizm bilan bog'laydi
Modeldan foydalanish	Formulani qo'llaydi	Parametrlarni hisoblaydi	Modelning amal qilish chegarasini baholaydi
Dalillash	Xulosani takrorlaydi	Bitta dalil keltiradi	Bir nechta mustaqil ma'lumotni integratsiyalaydi
Tadqiqotchilik	Yo'riqnomaga tayanadi	Savol va gipoteza tuzadi	Muqobil mexanizmlarni

			solishtirib tekshiradi
--	--	--	---------------------------

TAKLIF ETILGAN METODIKANING DIDAKTIK IMKONIYATLARI

Taklif etilgan metodika murakkab zamonaviy materialshunoslik mazmunini fizik tushunchalar tizimiga aylantirishga xizmat qiladi. Birinchidan, talaba ion o'tkazuvchanlik, aktivatsiya energiyasi, relaksatsiya va interfeys qutblanishini alohida mavzular sifatida emas, bir-birini shartlovchi jarayonlar sifatida ko'radi. Ikkinchidan, real tadqiqotga xos grafik va spektrlar bilan ishlash ma'lumot savodxonligini rivojlantiradi. Uchinchidan, bir xil eksperimental natija uchun bir nechta mumkin bo'lgan fizik mexanizmni muhokama qilish tanqidiy fikrlashni kuchaytiradi.

Mazkur yondashuv bakalavriatning qattiq jismlar fizikasi, yarimo'tkazgichlar fizikasi, nanofizika va maxsus kurslarida, shuningdek magistratura bosqichidagi materiallar fizikasi fanlarida moslashtirib qo'llanishi mumkin. O'quv materialining murakkabligi bosqichga qarab boshqariladi: bakalavriatda grafik va sifat tahliliga, magistraturada esa model tanlash, parametrlarni aniqlash va ilmiy dalillashga ko'proq urg'u beriladi.

XULOSA

Qattiq polimer elektrolitlarda zaryad transporti va fazalararo elektrofizik jarayonlarni o'qitishda nazariy ta'riflar, matematik modellar va real eksperimental ma'lumotlarni yagona metodik tizimda birlashtirish muhimdir. TiO_2 va ZnO nanozarralari bilan modifikatsiyalangan tizimlar "tarkib–struktura–interfeys–relaksatsiya–zaryad transporti" sababiy zanjirini o'rgatish uchun mazmunan boy model obyekt hisoblanadi.

Maqolada taklif etilgan "muammo → gipoteza → tajriba ma'lumoti → grafik → model → fizik mexanizm → ilmiy xulosa" ketma-ketligi talabaning tayyor ma'lumotni qabul qilishidan mustaqil fizik tahlilga o'tishini ta'minlashga qaratilgan. Impedans, o'tkazuvchanlik va dielektrik spektrlarni tahlil qilishga asoslangan topshiriqlar nazariy

bilimlarni zamonaviy tadqiqot amaliyoti bilan bog'laydi. Natijada talabada grafik ma'lumotlarni talqin qilish, modelning amal qilish chegarasini baholash, bir nechta fizik dalilni integratsiyalash va asoslangan ilmiy xulosa chiqarish kompetensiyalarini shakllantirish uchun metodik sharoit yaratiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Wang, X.-M., Yu, X.-H., Yu, D.-D., Hwang, G.-J., & Lan, M. (2025). Does combining real and virtual experiments improve learning achievement in physics? Evidence from a meta-analysis (2001–2021). *Educational Research Review*, 46, 100661. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100661>
2. Flegr, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2023). How to foster STEM learning during Covid-19 remote schooling: Combining virtual and video experiments. *Learning and Instruction*, 86, 101778. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2023.101778>
3. Wang, P.-H., Wu, P.-L., Yu, K.-W., & Lin, Y.-X. (2015). A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. *Computers in Human Behavior*, 49, 658–669.
4. Rugh, M. S., Beyette, D. J., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2021). Using DIME maps and STEM project-based learning to teach physics. *Interactive Technology and Smart Education*, 18(4), 553–573. <https://doi.org/10.1108/ITSE-07-2020-0109>