Markaziy Osiyo Integrativ Innovatsiya Jurnali
ISSN 3143-0546 | Vol. 1, No. 4, 2026

O‘zgarmas elektr toki qonunlarini o‘qitishda STEAM yondashuvining didaktik imkoniyatlari

Samiyeva Sitora Abduroziq qizi
Samarqand davlat pedagogika instituti

Kelib tushgan: 2026-11-09 | Qabul qilingan: 2026-11-09

Annotatsiya

Ushbu metodik taklif umumta’lim maktablarining 8-sinfida o‘zgarmas elektr toki zanjirlarini o‘qitish uchun uchta STEAM loyihasini taqdim etadi. Maqsad Om qonuni, ketma-ket va parallel ulanish, elektr quvvati va energiyasini hisob-kitob hamda fizik tushuntirishni talab qiluvchi loyihalash topshiriqlari bilan bog‘lashdan iborat. Yondashuv integratsiyalashgan STEM/STEAM ta’limi, loyihaviy o‘qitish va elektr zanjirlariga oid tushunchalarni o‘zlashtirish bo‘yicha adabiyotlarning maqsadli narrativ tahlili, pedagogik loyihalash hamda nazariy hisoblarni birlashtiradi. Natijada qo‘lda boshqariladigan yorug‘lik diodli svetofor modeli, past kuchlanishli xona yoritish modeli va maishiy yoritish energiya sarfini taqqoslash loyihasi, ularni tashkil etish bosqichlari hamda mezonli baholash rubrikasi ishlab chiqildi. Namunaviy hisobda 4,5 V manba, 2,0 V diod kuchlanishi va 150 Ω ketma-ket rezistor taxminan 16,7 mA tok beradi. Yorug‘lik oqimi taqqoslanadigan 60 W va 9 W lampalar 150 soat ishlaganda hisobiy sarf 9,00 va 1,35 kWh bo‘lib, farq 7,65 kWh ni tashkil etadi. Bu qiymatlar nazariy model hisoblaridir. O‘quvchilar jalb qilinmagan va o‘quv natijalari o‘lchanmagan. Taklifni darsga moslashtirish mumkin; uning amalga oshirilishi, baholash ishonchliligi va ta’limiy samarasi keyingi empirik tekshiruvni talab qiladi.

Kalit so‘zlar: STEAM ta’limi; o‘zgarmas tok zanjirlari; loyihaviy o‘qitish; fizika ta’limi; 8-sinf; umumta’lim maktabi

1 Kirish

Elektr zanjirlari mavzusini o‘rganishda formuladan foydalanish bilan zanjirning ishlashini tushuntirish o‘rtasida farq mavjud. Elektr toki, kuchlanish va qarshilik haqidagi noto‘g‘ri tasavvurlarni aniqlash ushbu bo‘limni o‘qitishning muhim vazifalaridan biridir (McDermott & Shaffer, 1992; Engelhardt & Beichner, 2004). Shu sababli o‘quv topshirig‘i hisoblashni oldindan taxmin qilish, sxema tuzish va natijani izohlash bilan bog‘lashi kerak.

Integratsiyalashgan STEM ta’limi real muammoni ilmiy izlanish, muhandislik loyihalash va matematik tahlil bilan bog‘laydi (Bybee, 2013; Kelley & Knowles, 2016). STEAM doirasida san’at va dizaynning vazifasini ham o‘quv maqsadiga mos belgilash zarur (Yakman, 2008; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Loyihaviy o‘qitish bo‘yicha ishlarda mahsulot yaratish bilan birga izlanish savoli, o‘quvchi faoliyati va izohlashga e’tibor qaratiladi (Thomas, 2000; Krajcik & Blumenfeld, 2006).

Fizika ta’limini rivojlantirish bo‘yicha milliy hujjat laboratoriya bazasi va o‘qitish usullarini takomillashtirish vazifalarini belgilaydi (O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, 2021). Mahalliy metodik adabiyotlar fizik eksperiment va mashg‘ulotlarni tashkil etish masalalarini yoritadi (Sadriddinov et al., 2005); yaqindagi ishda STEAM fizikaning dinamika bo‘limi bilan bog‘langan (Qayumova et al., 2026). Ushbu maqola esa o‘zgarmas tok zanjirlari uchun hisoblar, ulash ko‘rsatmalari va baholash mezonlarini birlashtiruvchi metodik taklifni ishlab chiqadi.

Maqsad — 8-sinf fizika mashg‘ulotlari uchun STEAM komponentlari aniq faoliyatlarda namoyon bo‘ladigan uchta loyiha yaratish. Ish ikki savolga qaratilgan: o‘zgarmas tok qonunlarini loyihalash vazifalariga qanday bog‘lash mumkin va o‘quvchining hisoblash hamda fizik tushuntirishini qanday mezonlar bilan baholash mumkin?

2 Metodika

Ish nazariy-metodik loyihalashga asoslangan. Adabiyotlar maqsadli narrativ tahlil qilinib, uch yo‘nalishga guruhlandi: integratsiyalashgan STEM/STEAM va loyihaviy o‘qitish; elektr zanjirlariga oid tushunchalar va diagnostika; laboratoriya faoliyati va raqamli simulyatsiyalar. Manbalarni muhokamaga kiritish mezoni ularning mazkur yo‘nalishlardan biriga aloqasi va loyiha yoki baholash qarorini asoslashga xizmat qilishidir. Bu sharh adabiyotlarning to‘liq qamrovini ta’minlovchi tizimli sharh sifatida taqdim etilmaydi.

Loyihalar quyidagi mezonlar bilan tuzildi: o‘quv dasturidagi elektr toki qonuniga tayanish; 6 V dan oshmaydigan manbada yig‘ish yoki energiya sarfini ma’lumot asosida hisoblash; hisobni tekshirish imkoniyati; o‘quvchi tanlovi va tushuntirishini talab qilish; ko‘rgazmali mahsulot yaratish. Har bir loyiha uchun berilgan kattaliklar, qo‘llanadigan formula, kutiladigan hisobiy qiymat va modelning cheklovi ajratildi. Sonlar hisoblash namunasi sifatida tanlangan; ular qurilmada o‘lchangan natijalar emas.

Pedagogik loyihalash ilmiy tushuncha → muhandislik vazifasi → hisoblash → tekshirish → taqdimot ketma-ketligida bajarildi. Baholash rubrikasi aynan shu faoliyatlarning kuzatiladigan belgilariga mos tuzildi. Inson ishtirokchilari, sinflar yoki tajriba guruhlari jalb qilinmadi; bilim o‘sishi, motivatsiya yoki boshqa ta’limiy ta’sir bo‘yicha empirik ma’lumot to‘planmadi.

3 Metodik ishlanma va hisobiy natijalar

3.1 STEAM komponentlarini o‘quv faoliyatiga bog‘lash

1-jadval komponentlarning darsdagi vazifasini ko‘rsatadi. Jadvaldagi ko‘nikmalar erishilgan natija emas, loyiha orqali rivojlantirish ko‘zlangan o‘quv maqsadlaridir. San’at komponentida bezakdan tashqari sxema va infografikaning o‘qilishi, ranglarning ma’nosi hamda foydalanuvchiga tushunarli taqdimot talab qilinadi.

1-jadval. STEAM komponentlari va ko‘zlangan o‘quv faoliyati

Komponent	Loyihadagi faoliyat	Ko‘zlangan o‘quv maqsadi
S — fan	Om qonuni, ulanish va energiya qonunlarini zanjirga tatbiq etish	Tok, kuchlanish va qarshilikni farqlab tushuntirish

Komponent	Loyihadagi faoliyat	Ko‘zlangan o‘quv maqsadi
T — texnologiya	Multimetr, montaj platasi yoki PhET bilan ishlash	O‘lchash rejimi va vositasini asosli tanlash
E — muhandislik	Tarmoq, rezistor va boshqaruv usulini loyihalash	Parametr tanlash, tekshirish va kamchilikni tuzatish
A — san’at	Signal maketi, o‘qiladigan sxema va infografika yaratish	Rang, shakl va taqdimotni mazmunga xizmat qildirish
M — matematika	Tenglama, birlik, nisbat va sarfni hisoblash	Hisob shartlari va model chegaralarini izohlash

Izoh. Jadval muallifning metodik tizimlashtirishini aks ettiradi; undagi maqsadlarning erishilganligi tajribada tekshirilmagan.

Hisoblarda I — tok kuchi (A), U — kuchlanish (V), R — qarshilik (Ω), P — quvvat (W), Q — ajralgan issiqlik (J), E — elektr energiyasi va t — vaqt. O‘zgarmas qarshilik modeli uchun $I = U/R$, $P = UI = I^2R$ va $Q = I^2Rt$ qo‘llanadi. Doimiy o‘rtacha quvvatda $E = Pt$; P kilovattda, t soatda berilsa, E kilovatt-soatda olinadi. Yorug‘lik diodli tarmoqda manba kuchlanishi bilan rezistordagi kuchlanish farqlanadi.

3.2 Yorug‘lik diodli svetofor modeli

Jihozlar: 4,5 V manba, qizil, sariq va yashil LED, har biri uchun alohida rezistor va o‘chirgich, montaj platasi, ulash simlari hamda multimetr. Uchta tarmoq manbaga parallel ulanadi; har bir tarmoqda o‘chirgich, rezistor va LED ketma-ket joylashadi (1-rasm, a). O‘quvchi o‘chirgichlar bilan ranglarni navbatma-navbat yoqadi. Bu variant qo‘lda boshqariladi; avtomatik vaqt boshqaruvi ushbu loyihaga kiritilmagan.

LEDning oldinga yo‘nalishdagi kuchlanishi U_F va ruxsat etilgan toki uning texnik pasportidan olinadi. Namunada qizil LED uchun $U_F = 2{,}0$ V va maqsadli tok $I = 0{,}020$ A deb qabul qilinadi. Rezistordagi kuchlanish $U_R = U_S - U_F = 4{,}5 - 2{,}0 = 2{,}5$ V. Shundan:

$$R = \frac{U_S - U_F}{I} = \frac{4{,}5\ \text{V} - 2{,}0\ \text{V}}{0{,}020\ \text{A}} = 125\ \Omega$$

Ushbu misolda E12 nominal qatoridan 150 Ω rezistor tanlanadi (Vishay Dale, 2006). Bunda hisobiy tok quyidagicha bo‘ladi:

$$I = \frac{4{,}5\ \text{V} - 2{,}0\ \text{V}}{150\ \Omega} \approx 0{,}0167\ \text{A} = 16{,}7\ \text{mA}$$

Rezistor quvvati $P_R = I^2R \approx 0{,}0417$ W; mazkur hisobiy ish rejimida 0,25 W rezistor quvvat jihatidan yetarli. Tanlashda manbaning haqiqiy kuchlanishi, rezistor tolerantligi va LED pasportidagi chegaralar tekshiriladi. 2-jadval uch rang uchun shartli hisoblash misolini beradi. Jadvaldagi U_F qiymatlari tanlangan haqiqiy LEDning pasport ma’lumotlari bilan almashtiriladi; bir xil rangdagi barcha LEDlarda bu qiymatlar bir xil deb olinmaydi.

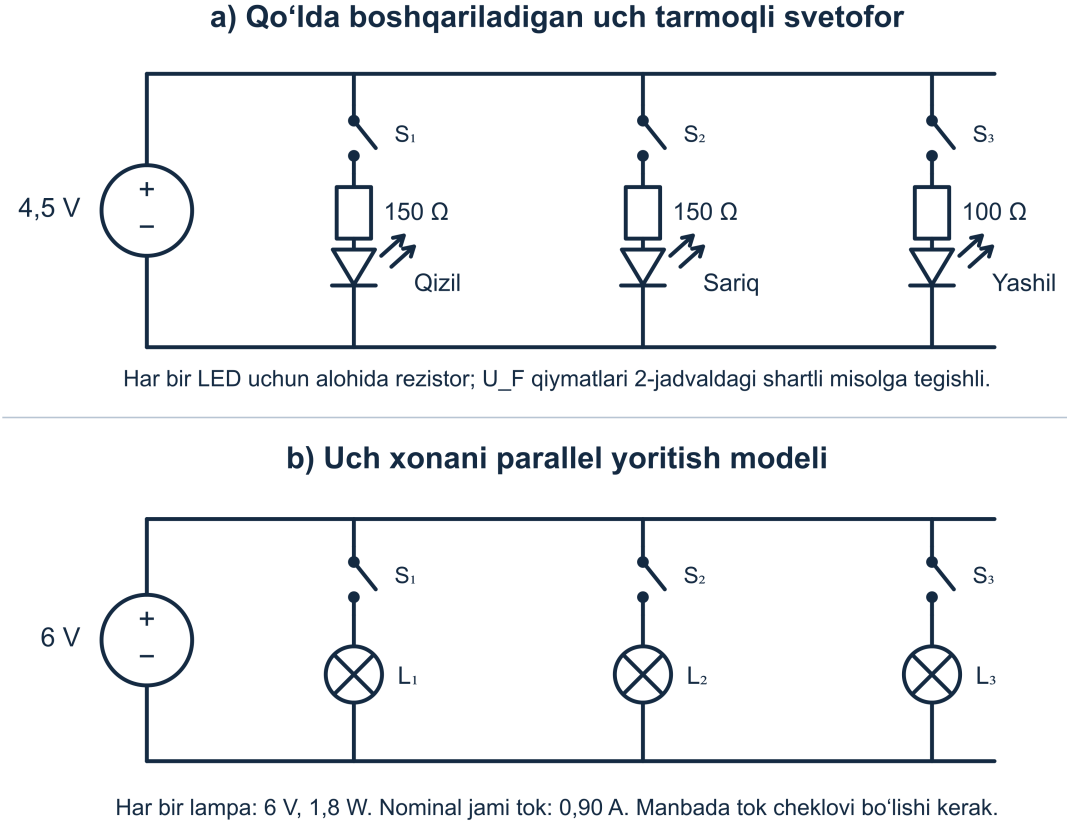
2-jadval. 4,5 V manba uchun shartli LED tarmoqlari hisobi

LED rangi	Qabul qilingan U_F, V	Hisobiy R_{min}, Ω	Tanlangan R, Ω	Hisobiy I, mA
Qizil	2,0	125	150	16,7

LED rangi	Qabul qilingan U_F, V	Hisobiy R_{min}, Ω	Tanlangan R, Ω	Hisobiy I, mA
Sariq	2,1	120	150	16,0
Yashil	3,0	75	100	15,0

Izoh. $R_{min} = (U_S - U_F)/0{,}020$ A. Parametrlar o‘quv misoli uchun qabul qilingan; haqiqiy montajda LED pasporti va komponent tolerantliklari tekshiriladi. Har bir LEDga alohida rezistor ulanadi.

Montajdan oldin LED qutblanishi tekshiriladi. Tok ampermetrni tarmoqqa ketma-ket ulab, rezistordagi yoki LEDdagi kuchlanish esa voltmetrni tegishli elementga parallel ulab o‘lchanadi. Tarmoqlar birma-bir tekshiriladi. O‘quvchi hisob va o‘lchov orasidagi farqni izohlaydi; farqning o‘zi o‘lchov xatosi deb avtomatik baholanmaydi. Maketda rang va yozuvlar yo‘l harakati signalining ma’nosini aniq ifodalashi kerak.



1-rasm. Uch tarmoqli svetofor va parallel yoritish modelining elektr sxemalari

Izoh. S_1–S_3 — o‘chirgichlar; L_1–L_3 — lampalar. Sxemalar ushbu metodik taklif uchun tuzilgan. Himoya va tok cheklovi o‘quv manbasining texnik shartlariga muvofiq ta’minlanadi.

3.3 Xona yoritish tizimi modeli

Jihozlar: 6 V tok cheklovi mavjud o‘quv manbasi, bir xil nominaldagi uchta 6 V, 1,8 W cho‘g‘lanma lampa, uchta o‘chirgich, simlar va multimetr. Nominal ish rejimida bitta lampa toki $I_N = P_N/U_N = 1{,}8/6 = 0{,}30$ A, shu rejimdagi qarshiligi $R_N = U_N^2/P_N = 20$ Ω. Parallel ulanishda har bir lampaga 6 V tushadi; uchalasi yoqilganda hisobiy jami tok

0,90 A, quvvat 5,40 W bo‘ladi (1-rasm, b).

Taqqoslash uchun R = 20 Ω o‘zgarmas deb olinadigan soddalashtirilgan modelda uchta ketma-ket lampa qarshiligi 60 Ω, tok 0,10 A va har bir lampadagi kuchlanish 2 V bo‘ladi. Haqiqiy cho‘g‘lanma lampaning qarshiligi tola haroratiga bog‘liq: 20 Ω nominal qizigan rejimga tegishli, shuning uchun ketma-ket ulangan haqiqiy lampalarda tokning aynan 0,10 A chiqishi kutilmaydi. Hisob va kuzatuvning ushbu farqi model taxminini muhokama qilish uchun ishlatiladi.

O‘quvchi bir lampani o‘chirish qolgan parallel tarmoqlarga qanday ta’sir qilishini oldindan izohlaydi, so‘ng past kuchlanishli modelda tekshiradi. Ta’minot va himoya vositalarini o‘qituvchi tanlaydi: saqlagich nominalini aniqlashda 0,90 A ish toki bilan birga ishga tushish toki, vaqt–tok xarakteristikasi, simlar va manbaning texnik shartlari hisobga olinadi (Littelfuse, 2014). Aniq saqlagich komponentlar pasporti va zanjirning ish rejimiga muvofiq tanlanadi.

3.4 Maishiy yoritish energiya sarfini taqqoslash

Bu topshiriqda uy elektr tarmog‘iga ulash bajarilmaydi. O‘quvchilar lampa yorlig‘i yoki texnik pasportidan quvvat va yorug‘lik oqimini qayd etadi. Taqqoslashda yorug‘lik oqimi yaqin bo‘lishi kerak; 60 W va 9 W qiymatlari shunday shart bilan berilgan hisoblash misolidir. Kuniga 5 soatdan 30 kun ishlash t = 150 h ga teng:

$$E_1 = 0{,}060\ \text{kW} \times 150\ \text{h} = 9{,}00\ \text{kWh}; \quad E_2 = 0{,}009\ \text{kW} \times 150\ \text{h} = 1{,}35\ \text{kWh}$$

Hisobiy tejam $\Delta E = 9{,}00 - 1{,}35 = 7{,}65$ kWh/oy, ya’ni mazkur sharoitda 85 %. Bir xil qo‘llanadigan tarif τ bo‘lsa, hisobiy mablag‘ farqi $7{,}65\tau$ ga teng. Pog‘onali tarifda haqiqiy sarf tegishli oraliqlar bo‘yicha alohida hisoblanadi. Tarif qiymati va uning amal qilish sanasini o‘quvchi tekshiradi. Natija yorug‘lik oqimi, ishlash vaqti va quvvat taxminlari ko‘rsatilgan infografika shaklida taqdim etiladi. $E = Pt$ energiya hisobi turli ta’minotlarda qo‘llanishi mumkin; mazkur misol o‘zgarmas tok zanjirini amalda yig‘ish vazifasidan alohida energiya hisobi sifatida beriladi.

3.5 Mashg‘ulotlarni tashkil etish

Loyiha jarayoni muammo qo‘yish, nazariy tayyorgarlik, sxema tuzish, yig‘ish, tekshirish, takomillashtirish va taqdimot bosqichlaridan iborat. Bu tuzilma integratsiyalashgan STEM modeliga mos metodik tashkil etish variantidir (Kelley & Knowles, 2016). O‘qituvchi, masalan, 3–4 kishilik guruhlar uchun to‘rtta 45 daqiqalik mashg‘ulotni rejalashtirishi mumkin: birinchisida muammo va hisoblar, ikkinchisida svetofor, uchinchisida yoritish modeli va energiya hisobi, to‘rtinchisida taqdimot va baholash. Bu vaqt taqsimoti sinovdan o‘tgan me’yor emas; jihozlar va tayyorgarlikka qarab moslashtiriladi.

Zanjirlar faqat o‘qituvchi nazoratida, 6 V dan oshmaydigan past kuchlanishli manbada yig‘iladi. Ulashni o‘zgartirishdan oldin manba uziladi; qisqa tutashuv va qizish nazorat qilinadi. Multimetrning ulanishi hamda o‘lchash rejimini o‘qituvchi tekshiradi. 220 V maishiy tarmoqda tajriba bajarilmaydi. Jihoz yetishmasa, PhET simulyatsiyasi sxema va taxminlarni tekshirish uchun qo‘llanishi mumkin (Perkins et al., 2006). Simulyatsiya natijasi haqiqiy qurilmaning o‘lchovi sifatida taqdim etilmaydi.

3.6 Baholash rubrikasi

3-jadvaldagi rubrika o‘quvchining hisoblash, tekshirish va tushuntirish faoliyatini 10 ball bilan baholash uchun taklif etiladi. Taqdimotdan oldin mezonlar o‘quvchilarga beriladi. Guruh mahsuloti bilan birga har bir o‘quvchining qisqa hisob varag‘i va og‘zaki izohi ko‘riladi. Energiya hisobi loyihasida o‘lchov mezoni pasport ma’lumotlari, birliklar va hisob shartlarini tekshirishga tatbiq etiladi. Qurilma xavfsizligi buzilsa, faoliyat to‘xtatiladi va tuzatiladi; umumiy ball xavfsizlikka ruxsat vazifasini bajarmaydi.

3-jadval. Loyiha faoliyatini baholash uchun taklif etilgan rubrika

Mezon	Ball qo‘yish tavsifi	Ball
Fizik hisob va birliklar	0 — hisob yo‘q; 1 — formula yoki birlikda muhim xato; 2 — usul to‘g‘ri, kichik hisob xatosi bor; 3 — hisob, birlik va qabul qilingan shartlar to‘g‘ri.	3
Tekshirish va izohlash	0 — tekshirish yo‘q; 1 — o‘lchov yoki pasport ma’lumoti qayd etilgan; 2 — ma’lumot hisob bilan taqqoslangan, farq yoki cheklov izohlangan.	2
Loyihani bajarish	0 — model ishlamaydi yoki xavfsizlik sharti buzilgan; 1 — qisman bajarilgan, tuzatish talab etadi; 2 — sxema va ish tartibi to‘g‘ri, belgilangan xavfsizlik shartlari bajarilgan.	2
Dizayn va o‘qilish	0 — taqdimot tushunarsiz; 1 — rang, shakl va yozuvlar loyiha ma’nosini aniq ifodalaydi.	1
Taqdimot va fizik tushuntirish	0 — fizik izoh yo‘q yoki asosiy tushuncha noto‘g‘ri; 1 — qisman tushuntiradi; 2 — loyiha qonuniyatini, tanlovini va cheklovini izchil tushuntiradi.	2
Jami	Rubrika hali empirik tekshiruvdan o‘tmagan.	10

Izoh. Energiya sarfi topshirig‘ida “loyihani bajarish” mezoni hisob modeli va ma’lumot bilan ishlash tartibiga mos qo‘llanadi. Baholovchilararo kelishuv keyingi sinovda tekshiriladi.

4 Muhokama va cheklovlar

Taklifning asosiy mahsuloti — aniq kattaliklar bilan hisoblash, sxemani asoslash va natijani izohlashni birlashtirgan o‘quv materiallari. Laboratoriya mashg‘ulotida faqat qurilmani yig‘ish emas, dalil va tushuntirishni muhokama qilish ham muhimdir (Hofstein & Lunetta, 2004; Holmes & Wieman, 2018). Simulyatsiyalar haqidagi tadqiqotlar ularni ayrim o‘quv vazifalarida qo‘llash uchun asos beradi, ammo natijalar muayyan kurs va sharoitlarga tegishli (Finkelstein et al., 2005).

Freeman et al. (2014) faol o‘qitish bo‘yicha oliy ta’limdagi STEM kurslarini tahlil qilgan. Ushbu dalil faol o‘quv faoliyatiga umumiy asos bo‘lsa-da, mazkur 8-sinf loyihalarining samaradorligini bevosita tasdiqlamaydi. Xuddi shuningdek, STEAM komponentlarini jadvalda bog‘lash ijodkorlik yoki motivatsiya oshganini ko‘rsatmaydi. O‘quvchining tanlovi, dizayn qarori va fizik izohini kuzatish uchun alohida empirik tekshiruv talab qilinadi.

Ishning cheklovlari: adabiyotlar tahlili maqsadli va narrativ; loyihalar sinfda tekshirilmagan; lampalar va LEDlar uchun soddalashtirilgan parametrlar ishlatilgan;

rubrikaning baholovchilararo ishonchliligi o‘lchanmagan. Kelgusi sinovda o‘quv dasturiga moslik, jihozlarga kirish, bajarish vaqti va o‘qituvchi fikri qayd etilishi kerak. DIRECT vositasidan foydalanilsa, 8-sinf mavzulari va tiliga moslashtirish, savollarni tushunish hamda natijalarni talqin qilish alohida tekshiriladi (Engelhardt & Beichner, 2004). O‘quvchilar ishtirokidagi kelgusi tadqiqot tegishli etik ruxsat va xabardor rozilik asosida rejalashtiriladi.

5 Xulosa

O‘zgarmas tok qonunlari uchun uchta metodik loyiha ishlab chiqildi: qo‘lda boshqariladigan svetofor, past kuchlanishli xona yoritish modeli va maishiy yoritish energiya hisobi. Ular hisoblash, sxema tuzish, parametr tanlash va tushuntirishni STEAM faoliyatiga bog‘laydi. Namunaviy LED hisobida 150 Ω rezistor uchun 16,7 mA, energiya taqqoslashida esa oyiga 7,65 kWh farq olindi. Bu qiymatlar belgilangan shartlardagi nazariy hisob natijalaridir.

Loyihalarni o‘qituvchi jihozlar va o‘quv dasturiga moslashtirib qo‘llash uchun ko‘rib chiqishi mumkin. Ularning o‘quv natijalariga ta’siri, amaliy bajarilishi va taklif etilgan rubrikaning ishonchliligi empirik tadqiqot orqali baholanishi kerak.

Deklaratsiyalar

Muallif hissasi. Muallif tadqiqot g‘oyasini shakllantirish, adabiyotlarni tahlil qilish, STEAM loyihalarini ishlab chiqish, hisob-kitoblarni bajarish va maqolani tayyorlashda ishtirok etdi.

Moliyalashtirish. Tadqiqot tashqi moliyaviy yordamsiz bajarildi.

Manfaatlar to‘qnashuvi. Muallif manfaatlar to‘qnashuvi mavjud emasligini bildiradi.

Ma’lumotlar mavjudligi. Inson ishtirokchilariga oid yoki yangi eksperimental ma’lumotlar to‘planmagan. Hisob shartlari, formulalar, loyiha sxemalari va baholash mezonlari maqolada keltirilgan.

Etik masalalar. Mazkur ishda inson ishtirokidagi tadqiqot o‘tkazilmagan. Kelgusi pedagogik tajriba-sinov uchun etik talablar alohida bajariladi.

Generativ sun’iy intellekt yordami. Maqolani tayyorlash va tahrirlashda generativ sun’iy intellekt vositalaridan foydalanilgan. Yakuniy tahrirda ChatGPT (OpenAI) tuzilma va tilni tahrirlash, hisoblarni tekshirish, sxemalar va baholash mezonlarini aniqlashtirish hamda rasmiylashtirishda qo‘llanildi. Yakuniy matn, manbalar va texnik mazmunni tekshirish hamda tasdiqlash uchun muallif mas’uldir.

Foydalanilgan adabiyotlar

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Engelhardt, P. V., & Beichner, R. J. (2004). Students’ understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics, 72*(1), 98–115. https://doi.org/10.1119/1.1614813

Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N.

S., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 1*(1), 010103. https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88*(1), 28–54. https://doi.org/10.1002/sce.10106

Holmes, N. G., & Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: We can do better. *Physics Today, 71*(1), 38–45. https://doi.org/10.1063/PT.3.3816

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*, Article 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–334). Cambridge University Press.

Littelfuse. (2014). *Fuseology selection guide*. https://www.littelfuse.com/assetdocs/fuseology-selection-guide?assetguid=fa4aa360-f6c4-4eec-88a6-3d7ec3fe57d5

McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics, 60*(11), 994–1003. https://doi.org/10.1119/1.17003

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2021). *Fizika sohasidagi ta’lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida* (PQ-5032-son qaror). https://lex.uz/docs/5338558

Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity, 31*, 31–43. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002

Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., & LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher, 44*(1), 18–23. https://doi.org/10.1119/1.2150754

Qayumova, K. A., Turniyazov, R. Q., Xolov, K. N., & Ajabov, A. Q. (2026). “STEAM” yondashuvning afzalliklari hamda fizikaning “Dinamika” bo‘limini STEAM ta’limi asosida o‘qitish. *International Journal of Science, 4*(2). https://worldlyjournals.com/index.php/IJS/article/view/24342

Sadriddinov, N., Rahimov, A., Mamadaliyev, A., & Jamolova, Z. (2005). *Fizika o‘qitish uslubi asoslari*. O‘zbekiston.

Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. The Autodesk

Foundation.

Vishay Dale. (2006). *Standard electronic decade value tables* (Document No. 31001). https://www.vishay.com/doc/?31001=

Yakman, G. (2008). *STEAM education: An overview of creating a model of integrative education*. Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference.

Iqtibos uchun: Samiyeva Sitora Abduroziq qizi. (2026). O'zgarmas elektr toki qonunlarini o'qitishda STEAM yondashuvining didaktik imkoniyatlari. Markaziy Osiyo Integrativ Innovatsiya Jurnali, Vol. 1, No. 4, 2026, 1-9.
© 2026 · https://creativecommons.org/licenses/by/4.0