# OLIY TA’LIMDA UMUMIY FIZIKA LABORATORIYA MASHG‘ULOTLARINI RAQAMLI EGIZAK TEXNOLOGIYASI ASOSIDA TASHKIL ETISHNING DIDAKTIK MODELI

**Rahmanov Valijon Turdaliyevich**
dotsent, p.f.b. PhD Guliston davlat universiteti,
valijonrahmanov4@gmail.com .
**Sodiqov Abdukarimxon Baxodir o‘g‘li**
“SILVER STUDY” nodavlat ta’lim muassasasi O‘quv ishlari bo‘yicha direktor o‘rinbosari
abdukarimxonsodiqov2003@gmail.com .

**Annotatsiya.** Maqolada oliy ta’limda umumiy fizika laboratoriya mashg‘ulotlarini raqamli egizak (digital twin) texnologiyasi asosida tashkil etishning didaktik modeli asoslangan. To‘rt texnik va bitta pedagogik qatlamdan iborat arxitektura hamda modelni real tajriba bilan sinxronlash mezonlari taklif etilgan. So‘nuvchi tebranishlar misolidagi illyustrativ hisoblashda parametrlar identifikatsiyasi o‘rtacha kvadratik xatolikni 2,04 sm dan 0,31 sm gacha kamaytirishi ko‘rsatilgan.

**Kalit so‘zlar:** raqamli egizak, umumiy fizika, laboratoriya mashg‘uloti, virtual laboratoriya, sinxronlash, oliy ta’lim.

**Аннотация.** В статье обосновывается дидактическая модель организации лабораторных занятий по общей физике в вузе на основе технологии цифрового двойника. Предложены архитектура из четырёх технических и одного педагогического уровня и критерии синхронизации модели с реальным экспериментом. В иллюстративном расчёте для затухающих колебаний показано, что идентификация параметров снижает среднеквадратичную ошибку с 2,04 до 0,31 см.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, общая физика, лабораторное занятие, виртуальная лаборатория, синхронизация, высшее образование.

**Abstract.** The paper substantiates a didactic model for organizing general physics laboratory classes in higher education based on digital twin technology. An architecture of four technical layers and one pedagogical layer is proposed, together with criteria for synchronizing the model with the physical experiment. An illustrative damped-oscillation computation shows that parameter identification reduces the RMS error from 2.04 cm to 0.31 cm.

**Keywords:** digital twin, general physics, laboratory class, virtual laboratory, synchronization, higher education.

## KIRISH

O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasi [1] va «O‘zbekiston — 2030» strategiyasi [2] ta’lim sifatini oshirish va ta’lim jarayoniga zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etishni ustuvor vazifa sifatida belgilaydi. Fizika ta’limida bu vazifaning markazida umumiy fizika laboratoriya praktikumi turadi: aynan shu yerda talaba nazariy qonuniyatni o‘lchov, xatolik va model bilan bog‘lashni o‘rganadi.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

**Mavzuning dolzarbligi** amaliyotdagi qator qarama-qarshiliklar bilan belgilanadi: talabalar soni ko‘p, qurilmalar yetarli emas yoki eskirgan, mashg‘ulot vaqti cheklangan, talaba ko‘pincha tayyor ko‘rsatma bo‘yicha mexanik ishlaydi, parametrlarni erkin o‘zgartirib ko‘rish esa xavfsizlik va vaqt tufayli qiyin. Hake tomonidan 6542 talabani qamragan tahlilda an’anaviy, passiv usullarda o‘rtacha normallashgan o‘sish 0,23 ni, interaktiv usullarda 0,48 ni tashkil etgani aniqlangan [3].

Raqamli egizak tushunchasi Grieves tomonidan fizik mahsulotning virtual ekvivalenti sifatida kiritilgan [4]; Tao va hammualliflar uning asosiy belgisi kiber va fizik makonlarning uzluksiz integratsiyasi ekanini ta’kidlaydi [5]. Ta’limga oid 26 ta tadqiqotni tahlil qilgan CDIO sharhida egizaklarning kognitiv natijalarga ta’siri istiqbolli, affektiv natijalarga ta’siri esa kam o‘rganilgani qayd etilgan [6]; ASEE sharhida egizak qo‘shimcha uskunasiz laboratoriya variantlarini ko‘paytirishi mumkinligi ta’kidlanadi [7]. Shunga qaramay, umumiy fizika praktikumini raqamli egizak asosida tashkil etishning O‘zbekiston oliy ta’limi sharoitiga moslangan didaktik modeli ilmiy adabiyotda yetarlicha yoritilmagan.

**Tadqiqot maqsadi** — umumiy fizika laboratoriyasini raqamli egizak asosida tashkil etishning didaktik modelini va uni amalga oshirishning texnik-metodik shartlarini asoslash.

**ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR**

Laboratoriya amaliyoti uchun raqamli egizakni quyidagicha ta’riflaymiz: bu talaba o‘lchayotgan fizik qurilma, sensor oqimi, matematik model $M(t;\theta)$ va model parametrlari $\theta$ ni o‘lchovlar asosida yangilab turuvchi sinxronlash algoritmining birligidir. Misol sifatida kichik so‘nishli mayatnik tebranishi olinadi; egizak modeli quyidagi tenglamadan iborat:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \qquad (1)$$

Uning yechimi:

$$x(t) = Ae^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi), \quad \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \qquad (2)$$

Egizak parametrlari $\theta = (A, \beta, \omega_0, \varphi)$ o‘lchov ma’lumotlaridan eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanadi:

$$\theta^* = \arg\min \sum_{i=1}^{N} [x_i - x_M(t_i;\theta)]^2 \qquad (3)$$

Sinxronlash sifati o‘rtacha kvadratik xatolik bilan baholanadi; $\varepsilon_{rms} \le \varepsilon_0$ bo‘lsa, egizak tajribaga sinxron hisoblanadi ($\varepsilon_0$ sensorning instrumental xatoligidan kelib chiqib tanlanadi):

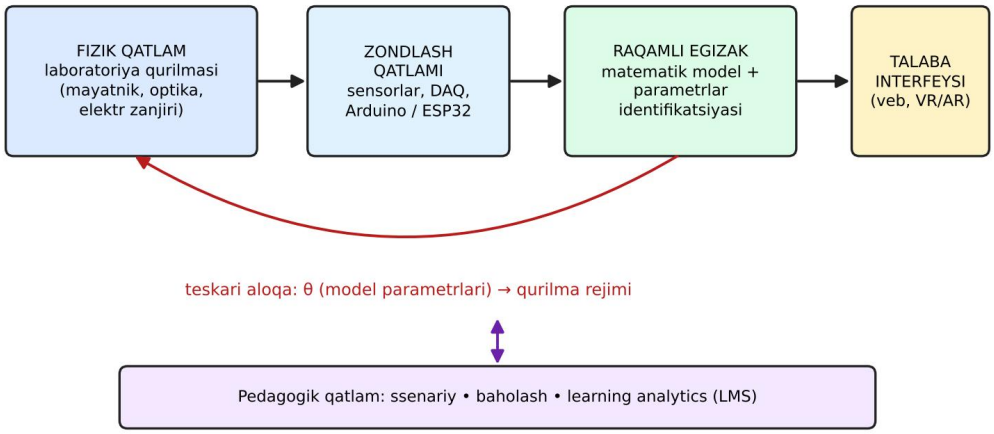
$$\varepsilon_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} [x_i - x_M(t_i;\theta^*)]^2} \qquad (4)$$

**NATIJALAR VA MUHOKAMA**

Taklif etilgan didaktik model 1-rasmda keltirilgan. Fizik qatlam — laboratoriya qurilmasi; zondlash qatlami — sensorlar va ma’lumot yig‘ish moduli (masalan, Arduino yoki ESP32 asosidagi arzon to‘plam); egizak qatlami — model va parametrlar identifikatsiyasi; talaba interfeysi — veb-ilova orqali kirish; pedagogik qatlam — ssenariy, baholash va o‘quv boshqaruv tizimi (LMS). Teskari aloqa model parametrlarini qurilma rejimiga qaytaradi.

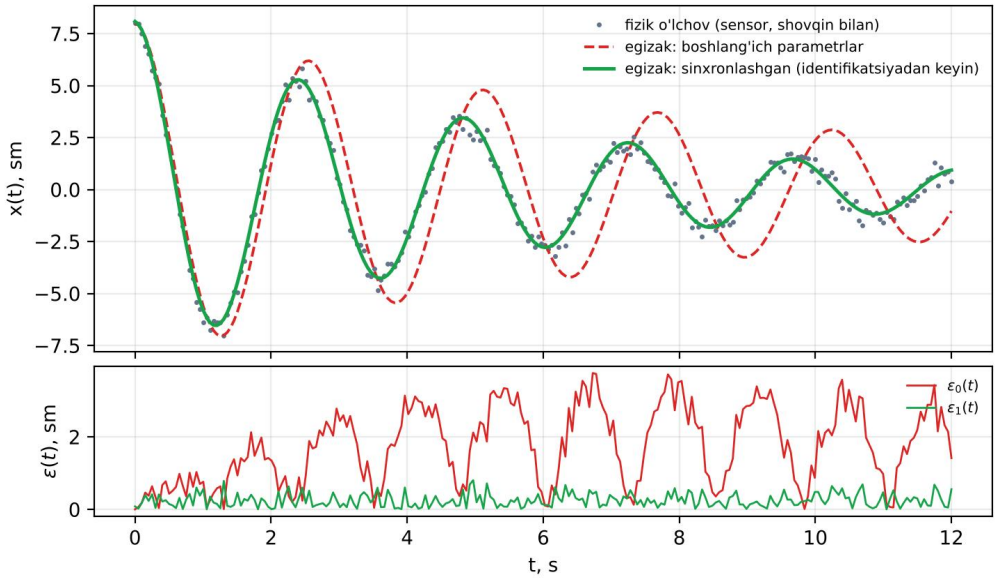


© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.




**1-rasm. Laboratoriya raqamli egizagining arxitekturasi**

Usulning ishlashi 2-rasmda illyustrativ hisoblash bilan ko‘rsatilgan: A = 8 sm, β = 0,18 $s^{-1}$, $\omega_0$ = 2,6 $s^{-1}$ parametrli so‘nuvchi tebranishga normal shovqin (σ = 0,35 sm) qo‘shib «o‘lchov» modellashtirildi. Egizakning boshlang‘ich parametrlarida (β = 0,10 $s^{-1}$, $\omega_0$ = 2,45 $s^{-1}$) o‘rtacha kvadratik xatolik 2,04 sm ni, (3) ifoda bo‘yicha identifikatsiyadan keyin (A ≈ 8,08 sm, β ≈ 0,176 $s^{-1}$, $\omega_0$ ≈ 2,60 $s^{-1}$) 0,31 sm ni tashkil etdi, ya’ni taxminan 6,5 marta kamaydi. Bu real eksperiment emas, usulni tushuntirish uchun yaratilgan sintetik ma’lumotlardir.




**2-rasm. So‘nuvchi tebranishlarda egizak va tajribaning sinxronlashuvi (illyustrativ hisoblash)**

Didaktik jihatdan egizak mashg‘ulotni uch bosqichga ajratadi: (a) tajribadan oldin — parametrlarni bashorat qilish va xavfsiz «sinov»; (b) tajriba paytida — o‘lchovni modeldan real vaqtda taqqoslash; (c) tajribadan keyin — «nima bo‘ladi, agar…» savollari bo‘yicha virtual tadqiqot. PhET kabi simulyatsiyalar [8] real qurilmadan mustaqil ishlaydi, egizak esa aynan talaba o‘lchagan qurilma bilan sinxron bo‘lgani uchun model va tajriba farqini tahlil qilish imkonini beradi. De Jong va hammualliflar virtual va fizik tadqiqotlarni uyg‘unlashtirish fan ta’limini kuchaytirishini tavsiya qiladi [9]. Amaliy joriy etishda boshlang‘ich xarajat, sensor infratuzilmasi va o‘qituvchining raqamli malakasi asosiy cheklovlar bo‘lib qoladi.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

**XULOSA**

Umumiy fizika laboratoriyasini raqamli egizak asosida tashkil etish talabaga o‘lchov, xatolik va modelni yagona jarayonda bog‘lash imkonini beradi. Taklif etilgan arxitektura va (1)–(4) ifodalar egizakni qurish hamda uni real tajriba bilan sinxronlash mezonini beradi. Modelning ta’lim natijalariga ta’siri pedagogik tajriba-sinovda alohida tekshirilishi lozim.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Rahmanov V.T. Umumiy o‘rta ta’lim maktablari o‘quv jarayonining samaradorligini oshirishda fizika fanining namoyish tajribalarini zamonaviy qurilmalar yordamida o‘qitish. Scientific Bulletin of NamSU – NamDU ilmiy axborotnomasi. 2022, 4-son, 725–728-b.
2. Rahmanov V.T. Umumiy o‘rta ta’lim maktablarida fizik namoyish tajribalari, uning vazifalari va tizimi. Scientific Bulletin of NamSU – NamDU ilmiy axborotnomasi. 2022, 1-son, 699–704-b.
3. Rahmanov V.T. Umumiy o‘rta ta’lim maktablari o‘quv jarayonining samaradorligini oshirishda fizika fanining namoyish tajribalarini zamonaviy qurilmalar yordamida o‘qitish. Scientific Bulletin of NamSU – NamDU ilmiy axborotnomasi. 2022, 4-son, 725–728-b.
4. Rahmanov V.T. Umumiy o‘rta ta’lim maktablarida fizik namoyish tajribalari, uning vazifalari va tizimi. Scientific Bulletin of NamSU – NamDU ilmiy axborotnomasi. 2022, 1-son, 699–704-b.
5. Raxmanov V.T. Oliy ta’limda, fizika fani laboratoriya mashg‘ulotlarini olib borishda innovatsion ta’lim metodlarini qo‘llash. Ta’lim, fan va innovatsiya. 2024, 1-son, 289–293-b.
6. Raxmanov V.T. Fizikadan namoyish tajribalarni ko‘rsatish jarayonida zamonaviy ta’lim texnologiyalari asosida o‘quvchilarning intellektual qobiliyatlarini rivojlantirish. Kasb-hunar ta’limi. 2024, 9-son.
7. Raxmanov V.T., Topiboldiyev J.A., Shukullayeva Z.M. Talabalarga fiziktaktikum fanini o‘qitish metodikasi (mexanika bo‘limi misolida). 7. BİLSEL International World Scientific and Research Congress, 30–31 March 2025, Istanbul/Türkiye.
8. Rakhmanov V.T. The Importance of Advanced Pedagogical Innovative Technologies in Teaching Physics in Higher Education. International Journal of Pedagogics. 2025, Vol. 5, Issue 6, 65–67. DOI: 10.37547/ijp/Volume05Issue06-19.
9. Raxmanov V.T., O‘razaliyev A.X. Fizika darslarida zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish. Maktabgacha va maktab ta’limi. 2025, noyabr, 11-son, 129-b.
10. Raxmanov V.T., O‘razaliyev A.X. Axborot texnologiyalarini fizika darslarida qo‘llash. Maktabgacha va maktab ta’limi. 2025, noyabr, 11-son.
11. Raxmanov V.T., Topiboldiyev J.A., Raxmatullayev M.M., Ortiqboyev S.M. Umumta’lim maktablarda “STEM”-ta’lim sharoitida o‘quvchilarda tadqiqotchilik ko‘nikmalarini shakllantirish (fizika fani misolida). Kasb-hunar ta’limi. 2025, 9-son.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.