Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

OLIY TA'LIMDA UMUMIY FIZIKA LABORATORIYA MASHG'ULOTLARINI RAQAMLI EGIZAK TEXNOLOGIYASI ASOSIDA TASHKIL ETISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH

Raxmanov Valijon Turdaliyevich
Guliston davlat universiteti,
Axborot texnologiyalari va
fizika-matematika fakulteti,
Fizika kafedrasi
pedagogika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD), dotsent
E-mail: valijonrahmanov4@gmail.com
Sodiqov Abdukarimxon Baxodir o'g'li
"SILVER STUDY" nodavlat ta'lim muassasasi
O'quv ishlari bo'yicha direktor o'rinbosari
E-mail: abdukarimxonsodiqov2003@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.23372861

Annotatsiya. Maqolada oliy ta'limda umumiy fizika laboratoriya mashg'ulotlarini tashkil etishda fizik qurilma, real vaqt o'lchovlari va hisoblash modelini o'zaro bog'laydigan raqamli egizak texnologiyasining didaktik imkoniyatlari tahlil qilinadi. Oddiy simulyatsiya, raqamli soya va raqamli egizak o'rtasidagi chegaralar aniqlashtiriladi. Fizik tajriba – raqamli ma'lumot – parametrlarni identifikatsiyalash – solishtirma tahlil – refleksiya sikliga asoslangan metodik model taklif etiladi. Matematik mayatnik misolida modelning parametrlari, xatolik ko'rsatkichi va tajriba natijalarini baholash yondashuvi asoslanadi. Maqola konseptual-metodik tadqiqot bo'lib, unda tajriba-sinov samaradorligi yuzasidan tasdiqlanmagan statistik natijalar keltirilmaydi.
Kalit so'zlar: raqamli egizak, umumiy fizika, laboratoriya mashg'uloti, real vaqt ma'lumotlari, fizik model, kalibrlash, metakognitiv refleksiya, metodik model.

Abstract. The paper examines the pedagogical potential of digital twins connecting physical apparatus, live measurements and computational models in undergraduate physics laboratories. It distinguishes simulation, digital shadow and digital twin and proposes a measurement–identification–comparison–reflection cycle. A simple pendulum illustrates model calibration and error evaluation. The paper is a conceptual methodological study; no unverified empirical effectiveness claims are reported.
Keywords: digital twin, general physics, laboratory instruction, sensor data, model calibration, learning analytics.

Kirish va muammoning qo'yilishi

Umumiy fizika laboratoriya mashg'ulotlarida talabalar nazariy qonuniyatni tajribada tekshirish, o'lchov noaniqligini hisoblash hamda sabab–oqibat munosabatlarini izohlash kompetensiyalarini egallashi lozim. Biroq amaliyotda asbob-uskunaning cheklanganligi, vaqt taqchilligi va tajribani qayta

takrorlash imkonining kamligi mustaqil izlanishni cheklashi mumkin. Virtual simulyator ushbu muammolarning bir qismini yengillashtiradi, ammo real qurilmadan uzluksiz yoki davriy kelayotgan ma’lumot bilan yangilanmasa, uni to‘liq raqamli egizak deyish to‘g‘ri emas [1–3].

Tadqiqotning maqsadi — fizika laboratoriyasi uchun real o‘lchash, fizik qonunlar asosidagi hisoblash modeli va pedagogik qayta aloqani birlashtiradigan metodik tuzilmani ishlab chiqish hamda uning tatbiq etilishi mumkin bo‘lgan mezonlarini belgilash. Tadqiqot usullari: ilmiy adabiyotlarni qiyosiy tahlil qilish, tizimli modellashtirish, didaktik loyihalash va nazariy umumlashtirish.

Adabiyotlar tahlili va tadqiqot bo‘shlig‘i

Grieves va Vickers [1] fizik obyekt bilan uning virtual vakili o‘rtasidagi bog‘lanishni raqamli egizak tushunchasining yadrosi sifatida izohlaydi. Fuller va hammualliflar [2] raqamli model, raqamli soya va raqamli egizakni axborot almashinuvi yo‘nalishi hamda avtomatlashtirilish darajasi orqali farqlaydi; real laboratoriya didaktikasida bu farq muhim metodologik mezondir. Chamorro-Atalaya va boshqalar [3] oliy ta’limdagi raqamli egizak tadqiqotlarining bibliometrik manzarasini taqdim etgan, biroq alohida fizik qonunlarni eksperimental o‘zlashtirish mexanizmini batafsil tavsiflash ularning asosiy vazifasi bo‘lmagan.

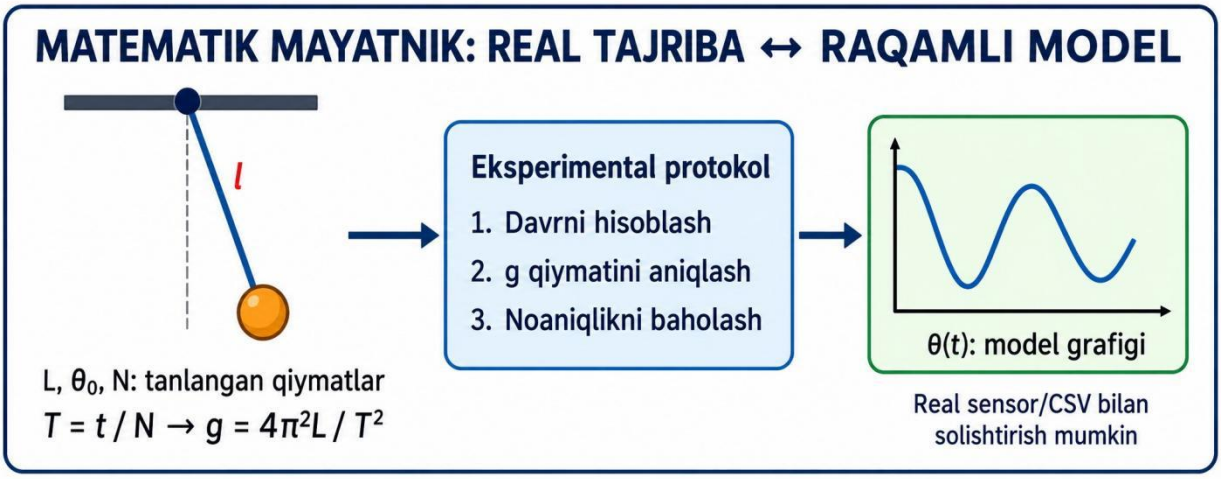
Asosiy tushunchalarni aniqlashtirish

Raqamli model — real qurilmaning ma’lumot almashinuvisiz mustaqil hisoblash tasviri; raqamli soya — real obyekt ma’lumotlari asosida yangilanadigan, ammo teskari aloqa imkoniyati cheklangan model; raqamli egizak — real tizim bilan bir yoki ikki yo‘nalishli integratsiyalashgan, yangi o‘lchovlar asosida holati yoki parametrlari yangilanadigan virtual vakil [2]. Laboratoriyada xavfsizlik sababli avtomatik fizik boshqaruv shart emas: ikki tomonlama aloqa o‘qituvchi tasdig‘i bilan amalga oshirilishi mumkin. Shunga qaramay, oddiy animatsiyani raqamli egizak deb atash ilmiy aniqlikka zid.

Taklif etilayotgan metodik yondashuv

Metodikaning asosiy g‘oyasi — «oldindan bashorat qilish → real o‘lchash → modelni kalibrlash → tafovutni tushuntirish → qayta tekshirish». Talaba tajribadan oldin gipoteza ishlab chiqadi; keyin datchik ma’lumotlari bilan ishlaydi; modellash jarayonida parametrlarni moslashtiradi; nihoyat o‘z xatosi va qabul qilgan farazlarini yozma refleksiya orqali izohlaydi.

Fizpraktikumdagi aniq laboratoriya: matematik mayatnik



1-rasm. “Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash” fizpraktikum ishining tajriba–model–tahlil sxemasi (mualliflik ishlanmasi).

Fizpraktikum mashg‘ulotida mayatnik uzunligi L, boshlang‘ich og‘ish burchagi θ_0 va N tebranish soni tanlanadi. Talaba t vaqtini qayd etib, $T = \frac{t}{N}$ bo‘yicha davrni va

$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ bo‘yicha erkin tushish tezlanishini aniqlaydi. Virtual dastur harakatni vizuallashtiradi, parametrlarni o‘zgartirish hamda nazariy natija bilan o‘lchovni qiyoslash imkonini beradi. Real qurilmadagi datchik yoki mustaqil o‘lchovlar kiritilgandagina real–virtual muvofiqlashtirish bosqichi bajariladi.

Matematik mayatnikning fizik va hisoblash asoslari

Kichik burchaklar ($\sin\theta \approx \theta$), deyarli cho‘zilmaydigan ip va kichik dissipatsiya sharoitida mayatnik harakati quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\beta\frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{L}\sin(\theta) = 0. \qquad (1)$$

Bu yerda θ — og‘ish burchagi (rad), t — vaqt (s), β — so‘nish koeffitsiyenti (s^{-1}), g — erkin tushish tezlanishi (m/s^2), L — mayatnik uzunligi (m). Ideal kichik tebranishlar uchun davr:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}; \qquad \hat{g} = \frac{4\pi^2 L}{\bar{T}^2}. \qquad (2)$$

Bu yerda $\bar{T}$ — n ta o‘lchashdan olingan davrning o‘rtacha qiymati. (2) ifoda kichik burchak, kuchsiz so‘nish va mexanik modelning mosligi shartlarida qo‘llanadi; katta amplitudada davrga tuzatish kiritish lozim. Real va raqamli natijalar orasidagi muvofiqlik, masalan, o‘rtacha kvadratik ildiz xatoligi bilan tekshiriladi:

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\theta_{r,i} - \theta_{m,i}\right)^2}. \qquad (3)$$

$\theta_{r,i}$ — datchik qayd etgan, $\theta_{m,i}$ — model hisoblagan burchak; N — sinxronlashtirilgan kuzatishlar soni. RMSE ni datchikning aniqligi, namuna olish chastotasi va tanlangan model farazlaridan ajratib talqin qilish mumkin emas. Parametrlarni optimallashtirishda L, β va boshlang‘ich shartlarni fizik jihatdan maqbul intervallar doirasida tanlash tavsiya etiladi.

Mustaqil L va T o‘lchovlarining kichik nisbiy noaniqliklari uchun birinchi tartibli tarqatish qoidasidan foydalanish mumkin:

$$\frac{u(g)}{g} \approx \sqrt{\left(\frac{u(L)}{L}\right)^2 + \left(\frac{2u(T)}{T}\right)^2}. \qquad (4)$$

Mashg‘ulotni tashkil etish algoritmi va yangi didaktik mexanizm

1. Diagnostika (8 daqiqa). Talaba mayatnik davri qaysi kattaliklarga bog‘liqligini bashorat qiladi, dastlabki konseptual javobini platformaga kiritadi.

2. Tajribani rejalash (10 daqiqa). L, boshlang‘ich og‘ish va o‘lchovlar sonini tanlaydi; kutilayotgan noaniqlikni belgilaydi.

3. Sinxron o‘lchash (17 daqiqa). Real mayatnik yoki burchak datchigidan θ(t) olinadi, vaqt belgilarining izchilligi tekshiriladi.

4. Egizakni moslashtirish (15 daqiqa). Model parametrlari fizik chegaralarda kalibrlanadi, RMSE va qoldiq xatolar dinamikasi tekshiriladi.

5. Tahlil va bahs (15 daqiqa). Guruhlar farqning ehtimoliy sabablarini model cheklanishi, o‘lchash xatosi va fizik sharoitlarga ajratadi.

6. Refleksiya (15 daqiqa). Talaba dastlabki gipoteza qanchalik o‘zgarganini izohlaydi, keyingi tajribani asoslaydi va elektron hisobot topshiradi.

80 daqiqalik ushbu stsenariy — muallif tomonidan taklif qilingan metodik loyiha; eksperimental ravishda tasdiqlangan universal vaqt me’yori emas. Jarayonda muammoli ta’lim, izlanishga asoslangan o‘qitish (inquiry-based learning), fizikaga tayangan modellashtirish va reflektiv baholash uyg‘unlashadi. Yangilik texnologiyalarni shunchaki jamlashda emas, balki o‘lchash va model o‘rtasidagi tafovutni mustaqil bilim manbaiga aylantiradigan majburiy pedagogik siklni loyihalashdadir.

Baholash mezonlari va tadqiqot dizayni

Kutilayotgan natijani asosli tekshirish uchun «fizik tushuncha», «eksperimental ko‘nikma», «ma’lumotlarni tahlil qilish», «modelni tanqidiy baholash» va «refleksiya» kabi besh mezon bo‘yicha analitik rubrika (har biri 0–4 ball) qo‘llanadi. Umumiy ball $B = \Sigma_{k=1}^{5} b_k$, $0 \le B \le 20$. Ushbu indeks baholash loyihasi bo‘lib, psixometrik validatsiyadan o‘tgan tayyor shkala emas.

Xulosa va amaliy tavsiyalar

Birinchidan, umumiy fizika laboratoriyasida raqamli egizak maqomini berish uchun real obyekt, vaqt bo‘yicha olingan ishonchli ma’lumot va shu ma’lumot asosida yangilanadigan fizik modelning mavjudligi zarur. Ikkinchidan, taklif etilgan besh komponentli arxitektura hamda oltita didaktik bosqich eksperimental ko‘nikma bilan nazariy modelni muvofiqlashtirishga qaratilgan yaxlit mashg‘ulot loyihasini ifodalaydi. Uchinchidan, RMSE va o‘lchov noaniqligi ko‘rsatkichlari pedagogik diagnostika uchun foydali, biroq talabaning bilim o‘sishini yakka o‘zi isbotlamaydi. To‘rtinchidan, metodika samaradorligini tasdiqlash uchun nazorat guruhi ishtirokidagi pedagogik tajriba-sinov va ishonchli rubrika asosida natijaviy baholash o‘tkazilishi shart.

Virtual laboratoriyaning didaktik funksiyasi va raqamli egizak chegarasi

Mazkur mavzu uchun ishlab chiqilgan HTML prototipda talaba L (0,30–2,00 m), θ₀ (2–25°) va tebranishlar sonini boshqaradi; mayatnikning harakati, nazariy davri, hisoblangan g qiymati hamda vaqtga bog‘liq burchak grafigini kuzatadi. Modellangan natija “virtual” deb aniq ko‘rsatiladi. Haqiqiy o‘lchashning T qiymatini alohida kiritish natijani solishtirishga xizmat qiladi, biroq bunday qo‘lda kiritishning o‘zi avtomatik ikki tomonlama raqamli egizak yaratilganini anglatmaydi. To‘liq raqamli egizak uchun kalibrlangan datchik, uzluksiz ma’lumot uzatish, vaqt sinxronlash va modelni yangilash zanjiri talab etiladi.

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.