QO‘QON DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI ILMIY XABARLARI
(2026-yil 10-son)

PEDAGOGIKA
PEDAGOGY

https://doi.org/10.70728/c.series.ped.v08.i10.205

**UO‘K 372.853:004.8**

# SUN’IY INTELLEKT VOSITALARI YORDAMIDA FIZIK SIMULYATSION ANIMATSIYA YARATISHGA ASOSLANGAN MA’RUZANING AN’ANAVIY MA’RUZAGA NISBATAN AFZALLIKLARI: QIYOSIY TAHLIL

***Meliqo‘ziyev D.J.***
*Qo‘qon davlat universiteti Fizika va astronomiya kafedrasi,*
*pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)*
*e-mail: dadaxon.xadjaev@gmail.com; ORCID: 0009-0006-2704-7134*

**Annotatsiya.** Maqolada “Fizika va astronomiya o‘qitishda axborot texnologiyalarini qo‘llash” fanining “Raqamli texnologiyalar davrida sun’iy intellektdan foydalanib fizik simulyatsion animatsiya yaratish paradigmasi” mavzusidagi kirish ma’ruzasining ikki modeli — an’anaviy (axborot beruvchi) ma’ruza va sun’iy intellekt (SI) vositalari hamda interaktiv veb-simulyatsiyalarga tayanuvchi ma’ruza qiyosiy tahlil qilinadi. SI asosidagi ma’ruza boshlang‘ich diagnostika va uch klasterli adaptiv trayektoriya, to‘rt bosqichli dars ssenariysi, sonli usullarga asoslangan jonli simulyatorlar va besh mezonli rubrika bilan tavsiflanadi. Ikki model 12 ta didaktik mezon bo‘yicha taqqoslangan. Kvazieksperimental tadqiqotda (nazorat guruhi n = 29, tajriba guruhi n = 28) tajriba guruhida tushunchaviy bilimning normallashgan o‘sishi ⟨g⟩ = 1,00, nazorat guruhida ⟨g⟩ = 0,20 ni tashkil etdi (Uelch t-mezoni t(28) = 23,6; p < 0,001); amaliy topshiriq bo‘yicha o‘rtacha ball 95 va 60 ga teng bo‘ldi. Motivatsiya bo‘yicha farq faqat “ishonch” va “qoniqish” shkalalarida aniqlandi. Natijalarda testning yuqori chegarasiga yetish (shift) effekti kuzatilgani sababli o‘lchov vositasini murakkablashtirish tavsiya etiladi.

**Kalit so‘zlar:** sun’iy intellekt, fizik simulyatsiya, interaktiv ma’ruza, adaptiv ta’lim, prompt-muhandislik, HTML5 Canvas, sonli usullar, fizika o‘qitish metodikasi.

**Аннотация.** В статье проводится сравнительный анализ двух моделей вводной лекции по теме «Парадигма создания физических симуляционных анимаций с использованием искусственного интеллекта в эпоху цифровых технологий»: традиционной (информационной) лекции и лекции, основанной на инструментах искусственного интеллекта (ИИ) и интерактивных веб-симуляциях. Модели сопоставлены по 12 дидактическим критериям. В квазиэксперименте (контрольная группа n = 29, экспериментальная n = 28) нормализованный прирост концептуальных знаний (по Хейку) составил g = 1,00 в экспериментальной и g = 0,20 в контрольной группе (критерий Уэлча t(28) = 23,6; p < 0,001); средний балл за практическое задание — 95 и 60

соответственно. Различия в мотивации выявлены только по шкалам «уверенность» и «удовлетворённость». Отмечен эффект потолка, в связи с чем рекомендуется усложнить измерительный инструмент.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, физическая симуляция, интерактивная лекция, адаптивное обучение, промпт-инжиниринг, HTML5 Canvas, методика преподавания физики.

**Abstract.** The paper compares two designs of the introductory lecture “The paradigm of creating physics simulation animations with artificial intelligence in the digital era”: a conventional transmissive lecture and a lecture built on artificial intelligence (AI) tools and interactive web simulations. The designs are compared against 12 didactic criteria. In a quasi-experiment (control group n = 29, experimental group n = 28) the normalized conceptual gain (Hake) was g = 1.00 in the experimental and g = 0.20 in the control group (Welch’s $t(28) = 23.6$, $p < 0.001$); the mean practical-task score was 95 versus 60. Motivation differed only on the confidence and satisfaction scales. A ceiling effect was observed, so a more demanding instrument is recommended.

**Keywords:** artificial intelligence, physics simulation, interactive lecture, adaptive learning, prompt engineering, HTML5 Canvas, physics education.

**Kirish**

O‘zbekiston Respublikasida ta’limni raqamlashtirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan [1]. Bu jarayonda bo‘lajak fizika o‘qituvchisining raqamli kompetensiyasi faqat tayyor dasturlardan foydalanish bilan cheklanmasligi, balki fizik jarayonning modelini tuzish, uni kompyuter algoritmiga aylantirish va natijaning ilmiy to‘g‘riligini tekshira olishni ham qamrab olishi lozim. Generativ sun’iy intellekt (SI) vositalarining — katta til modellari, tasvir va video generatorlari, nutq sintezi tizimlarining — keng tarqalishi bu vazifani yangi sharoitda qo‘ymoqda: dasturlash tajribasi kam bo‘lgan o‘qituvchi ham SI yordamida interaktiv simulyatsiya yaratishi mumkin, ammo SI “ishonchli ko‘rinadigan” noto‘g‘ri formula va kod ham yozishi mumkin [2; 3].

Fizika ta’limi bo‘yicha tadqiqotlar uzoq yillardan beri an’anaviy, axborot beruvchi ma’ruzaning cheklovlarini ko‘rsatib kelmoqda. R. Heyk 62 ta kursda 6542 nafar talaba ishtirokidagi tadqiqotda “interaktiv jalb etish” usullari qo‘llangan kurslarda o‘rtacha normallashgan o‘sish $\langle g \rangle = 0{,}48 \pm 0{,}14$, an’anaviy kurslarda esa $\langle g \rangle = 0{,}23 \pm 0{,}04$ bo‘lganini aniqlagan [4]. S. Friman va hammualliflarining 225 ta tadqiqot meta-tahlili faol o‘qitish usullarida imtihon natijalari o‘rtacha 6 foizga yuqori bo‘lishini, an’anaviy ma’ruzada esa talabalarning fanni o‘zlashtira olmaslik ehtimoli 1,5 marta yuqoriligini ko‘rsatgan [5]. Kompyuter simulyatsiyalari, xususan PhET interaktiv simulyatsiyalari, talabalarning tushunchaviy bilimini va fizikaga qiziqishini oshirishi ko‘plab tadqiqotlarda qayd etilgan [6; 7].

Shu bilan birga, SI vositalarining fizika ta’limidagi o‘rni hali to‘liq o‘rganilmagan [15]. G. Kortemeyer SI agenti kirish fizika kursini “o‘rtacha talaba” darajasida topshira olishini, ammo uning xatolari ham tizimli ekanini ko‘rsatgan [3]; G. Polverini va B. Gregorchich esa katta til

modellarining ishlash tamoyilini tushunish o‘qituvchiga ulardan ongli foydalanish imkonini berishini ta’kidlaydi [8]. E. Kasnechi va hammualliflari SI ning ta’limdagi imkoniyatlari bilan birga uning xavflarini — noto‘g‘ri ma’lumot, akademik halollik va raqamli tengsizlik muammolarini ham tahlil qilgan [2]. Texnologik-pedagogik-predmet bilimlari (TPACK) modeli [9] nuqtai nazaridan, SI asosidagi ma’ruza texnologiyani fizika mazmuni va pedagogik usul bilan birlashtirishi lozim, aks holda u faqat “yangi vosita bilan eski ma’ruza”ga aylanadi.

Mazkur maqolaning **maqsadi** — “Raqamli texnologiyalar davrida sun’iy intellektdan foydalanib fizik simulyatsion animatsiya yaratish paradigmasi” mavzusidagi kirish ma’ruzasining SI va interaktiv simulyatsiyalarga asoslangan modelini an’anaviy ma’ruza bilan qiyosiy tahlil qilish va uning afzalliklarini empirik baholash. Tadqiqotda quyidagi gipotezalar tekshiriladi:

- **H1:** SI asosidagi ma’ruza ishtirokchilarining tushunchaviy bilimdagi normallashgan o‘sishi an’anaviy ma’ruza ishtirokchilarinikidan yuqori bo‘ladi.
- **H2:** SI asosidagi ma’ruza fizik modelni simulyatsiyaga aylantirish bo‘yicha amaliy kompetensiyani (rubrika bo‘yicha) yuqoriroq darajada shakllantiradi.
- **H3:** SI asosidagi ma’ruza talabalarning o‘quv motivatsiyasini oshiradi.

**Materiallar va metodlar**

**Tadqiqot dizayni va ishtirokchilar**

Tadqiqot nazorat (NG) va tajriba (TG) guruhlari ishtirokidagi, dastlabki va yakuniy testli kvazieksperimental dizayn asosida o‘tkazildi. Ishtirokchilar — Qo‘qon davlat universiteti “Fizika va astronomiya” ta’lim yo‘nalishining 4-kurs talabalari, 2025/2026-o‘quv yili. Guruhlar mavjud akademik guruhlar asosida shakllantirildi: NG — 29 nafar, TG — 28 nafar talaba (jami $N = 57$). Ikkala guruhda ma’ruzani bir xil o‘qituvchi o‘qidi, mavzu, o‘quv soatlari (2 akademik soat) va baholash vositalari bir xil bo‘ldi. Talabalar tadqiqot maqsadi haqida xabardor qilindi, ularning roziligi olindi, ma’lumotlar anonimlashtirilgan holda tahlil qilindi.

**An’anaviy ma’ruza (nazorat guruhi)**

NG da ma’ruza an’anaviy shaklda o‘tkazildi: o‘qituvchi kompyuter modellashtirishning maqsadi, bosqichlari va dasturiy vositalarini slaydlar yordamida bayon qildi, asosiy tenglamalar (matematik mayatnik, Lorens kuchi, Doppler effekti, Yung tajribasi) doskada keltirib chiqarildi, talabalar konspekt yozdi. Ma’ruza oxirida og‘zaki savol-javob o‘tkazildi.

**Sun’iy intellekt asosidagi ma’ruza (tajriba guruhi)**

TG da ma’ruza muallif tomonidan ishlab chiqilgan interaktiv elektron darslikning 1-ma’ruzasi asosida o‘tkazildi [10]. Ma’ruza quyidagi tarkibiy qismlardan iborat:

1) **Boshlang‘ich diagnostika va adaptiv trayektoriya.** MagicSchool AI yordamida tuzilgan diagnostik test natijasiga ko‘ra talabalar uch klasterga ajratiladi: A — boshlang‘ich (tayyor kod bloklari va qadamli yordam), B — o‘rta (Eyler–Kromer usuli, ikki o‘lchovli Canvas modeli), C — ilg‘or (uch o‘lchovli WebGL, Boris va Runge–Kutta (RK4) usullari). Bu L.S. Vygotskiyning yaqin rivojlanish zonasi g‘oyasiga tayanadi [11].
2) **To‘rt bosqichli dars ssenariysi.** Gemini yoki ChatGPT ga beriladigan tizimli prompt asosida ssenariy tuziladi: (1) qiziqtiruvchi vaziyat (“Qutb yog‘dusi nega faqat qutblarda

kuzatiladi?”), (2) fundamental tenglama — Lorens kuchi (1), (3) tipik xato haqida ogohlantirish (“Magnit maydon zaryad ustida ish bajaradimi?”), (4) simulyatsiyaning texnik topshirig‘i.

3) **Multimodal vizual materiallar.** Laboratoriya jihozlari tasvirlari va qisqa kirish videolari tasvir/video generatorlari yordamida tayyorlanadi; pullik vositalar o‘rniga bepul muqobillar (Manim, Blender, OBS Studio, Microsoft Designer) taklif etiladi.
4) **Jonli simulyatorlar.** Ma’ruza davomida talabalar parametrlarni o‘zgartirib kuzatadigan to‘rtta HTML5 Canvas modeli namoyish etiladi: so‘nuvchi matematik mayatnik va uning faza portreti (RK4), magnit maydondagi zaryadning spiral harakati (Boris usuli), Doppler effekti va Max konusi, Yung interferensiyasi.
5) **Baholash va yakuniy loyiha.** Besh mezonli rubrika: ilmiy aniqlik (30 %), model va algoritm (25 %), interfeys va foydalanish qulayligi (20 %), SI dan foydalanish mahorati (15 %), portfolio (10 %). Talaba semestr oxirida GitHub Pages’da e’lon qilingan simulyatsiyani himoya qiladi.

Ma’ruzaning fizik mazmuni quyidagi tenglamalarga tayanadi. Elektromagnit maydonda harakatlanayotgan $q$ zaryadga ta’sir etuvchi Lorens kuchi:

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad (1)$$

Sof magnit maydonda ($\vec{E} = 0$) kuch tezlikka perpendikulyar bo‘lgani uchun u ish bajarmaydi va kinetik energiya saqlanadi:

$$\delta A = \vec{F} \cdot \vec{v}\, dt = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \cdot \vec{v}\, dt = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{mv^2}{2} = \text{const} \qquad (2)$$

So‘nuvchi matematik mayatnik ($l$ — ip uzunligi, $g_0$ — erkin tushish tezlanishi, $\gamma$ — so‘nish koeffitsiyenti) tenglamasi va uning to‘liq mexanik energiyasi:

$$\ddot{\theta} + \gamma\,\dot{\theta} + \frac{g_0}{l}\sin\theta = 0, \qquad E = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2 + mg_0 l(1 - \cos\theta) \qquad (3)$$

Ma’ruzada sonli usullarning farqi ataylab ko‘rsatiladi. Oddiy (oshkor) Eyler va Eyler–Kromer sxemalari ($\omega = \dot{\theta}$, $\Delta t$ — integrallash qadami):

$$\text{Eyler:} \quad \begin{cases} \omega_{n+1} = \omega_n - \left(\frac{g_0}{l}\sin\theta_n + \gamma\,\omega_n\right)\Delta t, \\ \theta_{n+1} = \theta_n + \omega_n\,\Delta t; \end{cases} \qquad \text{Eyler–Kromer:} \quad \theta_{n+1} = \theta_n + \omega_{n+1}\,\Delta t \qquad (4)$$

So‘nish bo‘lmaganda ($\gamma = 0$) oshkor Eyler usulida to‘liq energiya har qadamda ortib boradi (garmonik yaqinlashishda $E_{n+1} = E_n(1 + \omega_0^2\Delta t^2)$, $\omega_0^2 = g_0/l$), Eyler–Kromer usuli esa simplektik bo‘lib, energiyani uzoq vaqt chegaralangan holda saqlaydi. Shu tariqa talaba SI yozgan kodni fizik qonun bilan tekshirishga o‘rganadi va SI ni “javob beruvchi” emas, tekshirilishi shart bo‘lgan hamkor sifatida qabul qiladi.

**O‘lchov vositalari**

- **Tushunchaviy bilim testi** — 10 ta yopiq savol (har biri 1 ball, $S_{\max} = 10$): modellashtirish bosqichlari, sonli usullar (Eyler, Eyler–Kromer, RK4) xatoliklari, Lorens kuchi, Doppler effekti va interferensiya bo‘yicha tipik noto‘g‘ri tasavvurlarni aniqlashga mo‘ljallangan; savollar Force Concept Inventory uslubida tuzilgan [12].

- **Amaliy topshiriq** — berilgan fizik jarayon uchun matematik model, algoritm va SI yordamida ishlaydigan veb-simulyatsiya tayyorlash; besh mezonli rubrika bo‘yicha 100 ballik shkalada ikki mustaqil ekspert tomonidan baholandi. Ekspertlar kelishuvi Koen kappa koeffitsiyenti bilan baholandi ($p_o$ — kuzatilgan, $p_e$ — tasodifiy kelishuv ulushi):

$$\kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} = 0{,}95 \qquad (5)$$

- **Motivatsiya so‘rovnomasi** — Keller ARCS modeli asosidagi o‘quv materiali motivatsiyasi so‘rovnomasi (IMMS) [13] qisqartirilgan varianti, 5 ballik Likert shkalasi: diqqat, ahamiyatlilik, ishonch, qoniqish.

**Statistik tahlil**

Bilim o‘sishi Heykning normallashgan o‘sishi bilan baholandi [4]; u guruhning o‘rtacha ballari bo‘yicha hisoblanadi va mumkin bo‘lgan maksimal o‘sishning qancha qismi amalga oshganini ko‘rsatadi, shuning uchun $\langle g \rangle \leq 1$:

$$\langle g \rangle = \frac{\langle S_{\text{post}} \rangle - \langle S_{\text{pre}} \rangle}{S_{\max} - \langle S_{\text{pre}} \rangle} \qquad (6)$$

Guruhlar orasidagi farqning amaliy ahamiyati Koen effekt kattaligi bilan baholandi:

$$d = \frac{M_{\text{TG}} - M_{\text{NG}}}{s_p}, \qquad s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad (7)$$

Guruhlar dispersiyalari teng bo‘lmagani uchun o‘rtacha qiymatlar Uelch t-mezoni bilan taqqoslandi; erkinlik darajalari soni Uelch–Satterthwaite formulasi bilan hisoblandi:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}, \qquad \nu = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}} \qquad (8)$$

Taqsimotning normalligi Shapiro–Uilk mezoni bilan tekshirildi; normal taqsimotdan chetlanishda (xususan, shift effektida) Mann–Uitni $U$-mezoni qo‘llandi. Ahamiyatlilik darajasi $\alpha_{\text{st}} = 0{,}05$. Hisoblashlar Python (SciPy) dasturida bajarildi.

**Natijalar**

**Ma’ruza modellarining didaktik mezonlar bo‘yicha qiyosi**

Ikki ma’ruza modeli 12 ta didaktik mezon bo‘yicha taqqoslandi (1-jadval). Jadval ma’ruzalarning tuzilishi va o‘quv materiallari tahliliga asoslangan.

**1-jadval. An’anaviy va SI asosidagi ma’ruzaning qiyosiy tavsifi**

| № | Mezon | An’anaviy ma’ruza | SI asosidagi ma’ruza |
|---|---|---|---|
| 1 | Boshlang‘ich diagnostika | Odatda o‘tkazilmaydi yoki og‘zaki savol bilan cheklanadi | Diagnostik test, talabalar uch klasterga (A, B, C) ajratiladi |
| 2 | O‘qitish sur’ati | Barcha uchun yagona | Klasterga mos individual trayektoriya |
| 3 | Nazariyani bayon qilish | Chiziqli: slayd va doska | To‘rt bosqichli ssenariy: qiziqtiruvchi vaziyat → tenglama → tipik xato → simulyatsiya topshirig‘i |

| № | Mezon | An’anaviy ma’ruza | SI asosidagi ma’ruza |
|---|---|---|---|
| 4 | Vizualizatsiya | Statik rasm va sxemalar | Parametrlari boshqariladigan jonli simulyatsiyalar (RK4, Boris usuli) |
| 5 | Noto‘g‘ri tasavvurlar bilan ishlash | Tasodifiy, nazorat ishida aniqlanadi | Ataylab qo‘yiladi va simulyatsiyada tekshiriladi |
| 6 | Talabaning roli | Tinglovchi, konspekt yozuvchi | Loyihachi: model → algoritm → kod → tekshiruv |
| 7 | Teskari aloqa | Kechikkan (nazorat ishidan keyin) | Darhol: interaktiv test, simulyator ko‘rsatkichlari |
| 8 | Baholash | Og‘zaki yoki yozma so‘rov | Besh mezonli rubrika va portfolio |
| 9 | Ta’lim mahsuli | Konspekt | Ishlaydigan veb-simulyatsiya va ochiq portfolio |
| 10 | Raqamli va SI savodxonlik | Shakllanmaydi | Prompt-muhandislik, SI natijasini tekshirish, promptlar jurnali |
| 11 | Resurs talabi | Kam: auditoriya, proyektor | Kompyuter va internet; pullik vositalarning bepul muqobillari mavjud |
| 12 | Asosiy xavflar | Passivlik, yuzaki o‘zlashtirish | SI gallyutsinatsiyasi, akademik halollik — jurnal va tekshiruv orqali boshqariladi |

1-jadvaldan ko‘rinadiki, SI asosidagi ma’ruza an’anaviy ma’ruzadan uch jihatdan tubdan farq qiladi: (1) o‘qitish talabaning boshlang‘ich darajasiga moslashtiriladi; (2) talaba bilimni passiv qabul qilmay, uni simulyatsiyada sinaydi; (3) ta’lim natijasi o‘lchanadigan mahsulot — ishlaydigan simulyatsiya ko‘rinishida bo‘ladi.

**Tushunchaviy bilim natijalari**

Dastlabki testda guruhlar orasida statistik ahamiyatli farq kuzatilmadi: $t(51{,}7) = 0{,}83$; $p = 0{,}41$. Demak, guruhlarning boshlang‘ich tayyorgarligi teng. Natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

**2-jadval. Tushunchaviy bilim testi natijalari (ball, $S_{\max} = 10$; $M \pm SD$)**

| Guruh | Dastlabki test | Yakuniy test | $\langle g \rangle$ (6) |
|---|---|---|---|
| NG ($n = 29$) | 5,6 ± 0,4 | 6,5 ± 0,8 | 0,20 |
| TG ($n = 28$) | 5,5 ± 0,5 | 10,0 ± 0,0 | 1,00 |
| Farq: Uelch t-mezoni (8) | $t(51{,}7) = 0{,}83$; $p = 0{,}41$ | $t(28) = 23{,}6$; $p < 0{,}001$ | — |
| Effekt kattaligi (7) | — | $d = 6{,}13$ | — |

Normallashgan o‘sish (6) formula bo‘yicha: NG da $\langle g \rangle = (6{,}5 - 5{,}6)/(10 - 5{,}6) = 0{,}20$, TG da $\langle g \rangle = (10{,}0 - 5{,}5)/(10 - 5{,}5) = 1{,}00$. Yakuniy testda TG ning natijasi NG nikidan statistik ahamiyatli darajada yuqori ($t(28) = 23{,}6$; $p < 0{,}001$), effekt kattaligi $d = (10{,}0 - 6{,}5)/0{,}571 = 6{,}13$. TG ning barcha 28 nafar talabasi yakuniy testda maksimal ball oldi ($10{,}0 \pm 0{,}0$), ya’ni test TG uchun yuqori chegaraga yetdi (shift effekti). Shu sababli TG ballarining dispersiyasi nolga teng bo‘lib, Uelch mezonida erkinlik darajalari soni $\nu = n_{\text{NG}} - 1 = 28$ ga teng bo‘ladi, $d$ qiymati esa haqiqiy farqni oshirib ko‘rsatadi. Eng katta farq sonli usullar xatoliklari bo‘yicha savollarda kuzatildi.

**Amaliy kompetensiya natijalari**

**3-jadval. Amaliy topshiriqni rubrika mezonlari bo‘yicha baholash (o‘rtacha ball)**

| Mezon | Maks. ball | NG | TG | NG, maks. dan % | TG, maks. dan % |
|---|---|---|---|---|---|
| Ilmiy aniqlik | 30 | 18 | 27 | 60 | 90 |
| Model va algoritm | 25 | 16 | 24 | 64 | 96 |
| Interfeys va foydalanish qulayligi | 20 | 12 | 20 | 60 | 100 |
| SI dan foydalanish mahorati | 15 | 8 | 15 | 53 | 100 |
| Portfolio | 10 | 6 | 9 | 60 | 90 |
| **Jami** | **100** | **60** | **95** | **60** | **95** |

TG ning jami bali NG nikidan 35 ballga yuqori; eng katta nisbiy farq “SI dan foydalanish mahorati” (53 % ga qarshi 100 %) va “Interfeys va foydalanish qulayligi” (60 % ga qarshi 100 %) mezonlarida kuzatildi. Rubrika mezonlari bo‘yicha standart chetlanishlar qayd etilmagani sababli bu jadvaldagi farqlar tavsifiy taqqoslandi; ularning statistik ahamiyatliligi tekshirilmadi.

**Motivatsiya natijalari**

**4-jadval. O‘quv motivatsiyasi (IMMS, 1–5 ball, $M \pm SD$)**

| Shkala | NG | TG | $t$ (Uelch) | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| Diqqat | 5,0 ± 0,0 | 5,0 ± 0,0 | — | — |
| Ahamiyatlilik | 4,0 ± 0,7 | 4,0 ± 0,2 | $t(32{,}7) = 0{,}00$ | 1,00 |
| Ishonch | 3,0 ± 0,4 | 5,0 ± 0,0 | $t(28) = 26{,}9$ | < 0,001 |
| Qoniqish | 3,0 ± 0,5 | 5,0 ± 0,0 | $t(28) = 21{,}5$ | < 0,001 |

“Diqqat” shkalasida ikkala guruhning barcha talabalari maksimal ball (5) qo‘ygan, shuning uchun farq yo‘q va t-mezonini hisoblashning ma’nosi yo‘q. “Ahamiyatlilik” shkalasida o‘rtacha qiymatlar teng ($p = 1{,}00$). Statistik ahamiyatli farq faqat “ishonch” va “qoniqish” shkalalarida aniqlandi ($p < 0{,}001$); TG da bu shkalalar bo‘yicha ham barcha javoblar maksimal (5) bo‘lgan.

**Muhokama**

Olingan natijalar H1 gipotezani tasdiqlaydi; H2 gipoteza tavsifiy ma’lumotlar bilan qo‘llab-quvvatlanadi (statistik tekshiruv rubrika bo‘yicha SD qayd etilmagani sababli o‘tkazilmadi); H3 gipoteza qisman tasdiqlanadi: motivatsiyaning “ishonch” va “qoniqish” tarkibiy qismlari oshgan, “diqqat” va “ahamiyatlilik” bo‘yicha farq aniqlanmagan. NG dagi normallashgan o‘sish ($\langle g \rangle = 0{,}20$) Heyk an’anaviy kurslar uchun aniqlagan qiymatga ($0{,}23 \pm 0{,}04$) yaqin [4]. TG ko‘rsatkichi ($\langle g \rangle = 1{,}00$) esa interaktiv jalb etish kurslari oralig‘idan ($0{,}48 \pm 0{,}14$) ancha yuqori. Bu natija faol o‘qitish samaradorligi haqidagi meta-tahlil xulosalari bilan bir yo‘nalishda [5], ammo uning kattaligi ehtiyotkorlik bilan talqin qilinishi lozim: $\langle g \rangle = 1{,}00$ va $d = 6{,}13$ qiymatlari ta’lim tadqiqotlarida odatda kuzatiladigan effektlardan (Koen $d \approx 0{,}2$–$0{,}8$) bir necha barobar katta va asosan testning shift effekti bilan bog‘liq: 10 ta savoldan iborat test TG talabalarining haqiqiy o‘sishini to‘liq o‘lchay olmagan.

SI asosidagi ma’ruzaning afzalligini uchta mexanizm bilan izohlash mumkin. Birinchidan, simulyatsiyada parametrni o‘zgartirib natijani darhol ko‘rish talabaga gipotezani o‘zi sinash imkonini beradi; bu kompyuter simulyatsiyalarining ta’sirini o‘rgangan tadqiqotlar xulosalariga mos [6; 7]. Ikkinchidan, noto‘g‘ri tasavvurlar ma’ruzaning ataylab qo‘yilgan bosqichi bo‘lib, ular simulyatsiyada “ko‘zga ko‘rinadigan” qarama-qarshilik orqali bartaraf etiladi: masalan,

oshkor Eyler usulida mayatnik energiyasining sun’iy o‘sishi (4) talabani sonli usul tanlashning ahamiyatini anglashga undaydi. Bu tushunchaviy test bo‘yicha eng katta farq aynan sonli usullar savollarida kuzatilgani bilan mos keladi. Uchinchidan, boshlang‘ich diagnostika va klasterli trayektoriya kognitiv yuklamani talaba darajasiga moslashtiradi, bu esa geterogen auditoriyada muhim [11; 14].

“SI dan foydalanish mahorati” mezoni bo‘yicha natija alohida e’tiborga loyiq (53 % ga qarshi 100 %): SI promptlar jurnali va natijani fizik qonunlar bilan tekshirish talabi talabalarda SI ga tanqidiy munosabatni shakllantiradi. Bu SI ning ta’limdagi xavflarini kamaytirish bo‘yicha tavsiyalarga mos [2; 8].

**Tadqiqotning cheklovlari.** Birinchidan, tadqiqot bitta oliy ta’lim muassasasida va kichik tanlamada ($N = 57$) o‘tkazildi. Ikkinchidan, guruhlar tasodifiy taqsimlanmagan (kvazieksperiment). Uchinchidan, tushunchaviy test atigi 10 ta savoldan iborat bo‘lib, TG da shift effekti kuzatildi; keyingi tadqiqotlarda savollar sonini oshirish va qiyinlik darajasini kengaytirish zarur. Testning ichki ishonchliligi (Kronbax α) ushbu tadqiqotda hisoblanmadi, rubrika mezonlari bo‘yicha esa standart chetlanishlar qayd etilmadi; bular keyingi bosqichda birlamchi ma’lumotlar asosida aniqlanishi lozim. To‘rtinchidan, yangi texnologiyaning o‘zi talabalar qiziqishini vaqtincha oshirishi (yangilik effekti) mumkin, shu sababli kechiktirilgan (2–3 oydan keyingi) test o‘tkazish maqsadga muvofiq. Beshinchidan, ayrim SI vositalari pullik yoki hududiy cheklangan; bu muammo darslikda har bir vosita uchun bepul muqobil ko‘rsatish orqali hal qilinadi, ammo internetga barqaror ulanish talabi saqlanib qoladi.

**Xulosa**

1. “Raqamli texnologiyalar davrida sun’iy intellektdan foydalanib fizik simulyatsion animatsiya yaratish paradigmasi” mavzusidagi ma’ruzaning SI va interaktiv simulyatsiyalarga asoslangan modeli an’anaviy ma’ruzadan diagnostika va adaptivlik, nazariyani bayon qilish ssenariysi, vizualizatsiya, noto‘g‘ri tasavvurlar bilan ishlash, talabaning roli, teskari aloqa va baholash kabi 12 ta mezon bo‘yicha farq qiladi.

2. Tajriba natijalari SI asosidagi ma’ruzaning tushunchaviy bilim o‘sishi (TG da $\langle g \rangle = 1{,}00$, NG da $\langle g \rangle = 0{,}20$; $p < 0{,}001$) va amaliy kompetensiya (95 va 60 ball) bo‘yicha afzalligini ko‘rsatdi. Motivatsiya bo‘yicha farq faqat “ishonch” va “qoniqish” shkalalarida aniqlandi.

3. SI asosidagi ma’ruzaning samaradorligi texnologiyaning o‘zidan emas, uning pedagogik tashkil etilishidan kelib chiqadi: SI natijasini fizik qonunlar bilan majburiy tekshirish, promptlar jurnali va rubrikali baholash talabani SI ga tanqidiy munosabatda bo‘lishga o‘rgatadi.

4. Ishlab chiqilgan interaktiv elektron darslik [10] boshqa oliy ta’lim muassasalarida fizika o‘qituvchilarini tayyorlash va malaka oshirish kurslarida qo‘llanishi mumkin. Keyingi tadqiqotlar kengaytirilgan o‘lchov vositasi bilan ko‘p muassasali tanlamada uzoq muddatli ta’sirni o‘rganishga qaratiladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR


1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son “«Raqamli O‘zbekiston — 2030» strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Farmoni.
2. Kasneci E., Seßler K., Küchemann S. et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education // Learning and Individual Differences. — 2023. — Vol. 103. — 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274
3. Kortemeyer G. Could an artificial-intelligence agent pass an introductory physics course? // Physical Review Physics Education Research. — 2023. — Vol. 19. — 010132. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010132
4. Freeman S., Eddy S.L., McDonough M. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics // Proceedings of the National Academy of Sciences. — 2014. — Vol. 111, No. 23. — P. 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111
5. Wieman C.E., Adams W.K., Perkins K.K. PhET: Simulations that enhance learning // Science. — 2008. — Vol. 322, No. 5902. — P. 682–683. https://doi.org/10.1126/science.1161948
6. Rutten N., van Joolingen W.R., van der Veen J.T. The learning effects of computer simulations in science education // Computers & Education. — 2012. — Vol. 58, No. 1. — P. 136–153. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017
7. Polverini G., Gregorcic B. How understanding large language models can inform the use of ChatGPT in physics education // European Journal of Physics. — 2024. — Vol. 45, No. 2. — 025701. https://doi.org/10.1088/1361-6404/ad1420
8. Mishra P., Koehler M.J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge // Teachers College Record. — 2006. — Vol. 108, No. 6. — P. 1017–1054.
9. Hestenes D., Wells M., Swackhamer G. Force Concept Inventory // The Physics Teacher. — 1992. — Vol. 30, No. 3. — P. 141–158. https://doi.org/10.1119/1.2343497
10. Keller J.M. Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach. — New York: Springer, 2010. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3
11. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning // Cognitive Science. — 1988. — Vol. 12, No. 2. — P. 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
12. Zawacki-Richter O., Marín V.I., Bond M., Gouverneur F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education — where are the educators? // International Journal of Educational Technology in Higher Education. — 2019. — Vol. 16. — Article 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0