

RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA FIZIKANI VIRTUAL O'RGANISHNING KONSEPTUAL MODELI

Xoligov Qurbonboy To'ychiyevich

Samarqand davlat pedagogika instituti dotsenti,

tel: +998 (33) 017-82-30, Email: xoligov1978@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6916-7314>

Annotatsiya: Mazkur maqolada raqamli texnologiyalar asosida fizikani virtual o'rganishning konseptual modeli ishlab chiqilib, uning didaktik va metodik asoslari tizimli ravishda yoritiladi. Model ta'lim jarayonini "kirish-jarayon-natija" mantiqida tashkil etishga asoslanadi hamda talabalar xususiyatlari, fan mazmuni, ta'lim standartlari, texnik infratuzilma, raqamli texnologiyalar muhiti, pedagogik mexanizmlar, o'quv faoliyati, baholash va teskari aloqa, hamda natijalar kabi tarkibiy bloklarni qamrab oladi.

Tahlil natijalariga ko'ra, ishlab chiqilgan model fizika ta'limida abstrakt jarayonlarni vizuallashtirish, tajriba resurslari cheklangan sharoitlarda o'qitish samaradorligini oshirish hamda kompetensiyaviy yondashuvga mos natijalarni ta'minlash uchun metodik jihatdan asoslangan va tizimli konseptual yechim bo'la oladi. Model raqamli vositalarni alohida qo'shimcha sifatida emas, balki didaktik mexanizmlar va baholash-analitika bilan integratsiyalashgan boshqaruv tizimi sifatida talqin etadi.

Kalit so'zlar: virtual laboratoriya, o'quv jarayonini boshqarish tizimi, kengaytirilgan va virtual reallik, adaptiv ta'lim, izlanishga asoslangan o'qitish, muammoli o'qitish, STEAM yondashuvi, fizika ta'limi, ta'lim analitikasi.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВИРТУАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: В данной статье разработана концептуальная модель виртуального изучения физики на основе цифровых технологий и системно раскрыты её дидактические и методические основы. Модель основана на организации образовательного процесса в логике «вход – процесс – результат» и включает такие структурные блоки, как характеристики обучающихся, содержание учебной дисциплины, образовательные стандарты, техническая инфраструктура, цифровая образовательная среда, педагогические механизмы, учебная деятельность, оценивание и обратная связь, а также результаты обучения.

По результатам анализа установлено, что предложенная модель может служить методически обоснованным и системным концептуальным решением для визуализации абстрактных физических процессов, повышения эффективности обучения в условиях ограниченных лабораторных ресурсов и обеспечения результатов, соответствующих компетентностному подходу. Модель рассматривает цифровые средства не как дополнительный инструмент, а как интегрированную систему управления обучением, объединяющую дидактические механизмы и оценочно-аналитические компоненты.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, система управления обучением (LMS), дополненная и виртуальная реальность, адаптивное обучение, исследовательское обучение, проблемное обучение, STEAM-подход, обучение физике, образовательная аналитика.

CONCEPTUAL MODEL OF VIRTUAL LEARNING OF PHYSICS BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract: This article presents the development of a conceptual model for virtual physics learning based on digital technologies and systematically explains its didactic and methodological foundations. The model is structured according to the "input–process–output" logic and includes such structural components as learner characteristics, subject content, educational standards, technical infrastructure, digital learning environment, pedagogical mechanisms, learning activities, assessment and feedback, and learning outcomes.

The analysis shows that the proposed model can serve as a methodologically grounded and systematic conceptual solution for visualizing abstract physical processes, improving teaching effectiveness in resource-limited laboratory conditions, and ensuring competency-based learning outcomes. The model interprets digital tools not as isolated add-ons but as an integrated instructional management system combining didactic mechanisms with assessment and learning analytics.

Keywords: virtual laboratory, learning management system (LMS), augmented and virtual reality, adaptive learning, inquiry-based learning, problem-based learning, STEAM approach, physics education, learning analytics.

KIRISH

Fizika ta'limi tabiiy fanlar tizimida nazariy murakkabligi, matematik modellashtirishga tayanishi va eksperimental xususiyati bilan ajralib turadi. Maydonlar, elektromagnit induksiya, to'liq va optik jarayonlar, kvant hodisalari kabi mavzular abstrakt tasavvur, fazoviy fikrlash hamda dalillashni talab etadi. Biroq fizika mazmuni formulalar yig'indisi emas, balki tajriba orqali tekshiriladigan, o'lchov natijalari bilan asoslanadigan va sabab-oqibat bog'lanishlari bilan izohlanadigan ilmiy tizim bo'lgani uchun laboratoriya mashg'ulotlari nazariyani real hodisa bilan bog'lash, aniqlik va xatolikni tahlil qilish hamda ilmiy xulosa chiqarish ko'nikmalarini shakllantiruvchi ajralmas komponent hisoblanadi [5]. Amaliyotda esa ko'plab ta'lim muassasalarida laboratoriya ishlari asbob-uskunalarining yetishmasligi yoki eskirganligi, xavfsizlik cheklovlari, vaqt tanqisligi va infratuzilmaning notekisligi tufayli to'liq samarali tashkil etilmaydi; natijada talaba tajribani mustaqil bajarish o'rniga ko'pincha tayyor natijani kuzatish bilan

cheklanib, ilmiy jarayonning faol ishtirokchisi emas, passiv kuzatuvchisiga aylanadi va konseptual o'zlashtirish hamda tadqiqot ko'nikmalari yetarlicha shakllanmaydi.

Mazkur muammolarni hal qilishda raqamli texnologiyalar muhim pedagogik imkoniyatlarni yaratadi. Virtual laboratoriyalar tajribani xavfsiz, takroriy va boshqariladigan muhitda bajarish, parametrlarni mustaqil o'zgartirish, natijani darhol ko'rish va xatolar ustida ishlash imkonini yaratsa [2, 26], interaktiv simulyatsiyalar ko'zga ko'rinmas yoki murakkab jarayonlarni vizuallashtirib, ularning ichki mantiqini anglashni kuchaytiradi [5]. AR/VR fazoviy va ko'zga ko'rinmas hodisalarni immersiv idrok etishga sharoit yaratib, maydon, to'liq va mikrodunyo jarayonlarini chuqurroq tasavvur qilishga yordam beradi [18], LMS esa o'quv jarayonini rejalash va boshqarish, monitoring hamda analitika asosida tezkor teskari aloqa berish orqali uzluksiz pedagogik aloqani ta'minlaydi [7]. Biroq muammo texnologiyaning mavjudligida emas, balki uning pedagogik maqsadga muvofiq integratsiyasidadir: virtual laboratoriya yoki simulyatsiya didaktik mexanizmlar, baholash mezonlari va o'quv faoliyati bilan uyg'unlashgandagina natijaga aylanadi. Shu bois resurs cheklangan sharoitlarda raqamli vositalarni o'qituvchilik amaliyotiga moslashtirish, metodik tavsiyalar ishlab chiqish va raqamli kontentni izlanishga asoslangan hamda muammoli o'qitish yondashuvlari bilan integratsiyalash dolzarb ilmiy vazifa bo'lib qolmoqda. Mahalliy tadqiqotlarda modernizatsiya va bosqichma-bosqich integratsiya g'oyalari yoritilgan bo'lsa-da [11-15], kirish sharoitlaridan boshlab natijalargacha bo'lgan jarayonni boshqariladigan sikl sifatida birlashtiruvchi yagona tizimli modelga ehtiyoj saqlanib qolmoqda.

Mazkur konseptual yo'nalish bir nechta fundamental nazariyalar integratsiyasiga tayangan:

-tajribaviy o'rganish sikli "tajriba-refleksiya-konseptualizatsiya-qo'llash" orqali bilimning faol shakllanishini asoslab, virtual laboratoriyalar bu siklni tezkor, takroriy hamda boshqariladigan tarzda amalga oshirishga imkon beradi [16];

-kognitiv multimedia o'qitish nazariyasi vizual va verbal axborot uyg'unligi tushunishni kuchaytirishini ta'kidlab, simulyatsiyalar formula, grafik va jarayon dinamikasini bir vaqtda ko'rsatish orqali kognitiv yuklamani muvozanatlashtiradi [17].

Bu asoslar faol o'qitish yondashuvi bilan uyg'unlashib, talabani bilimni passiv qabul qiluvchi emas, balki gipoteza ilgari suruvchi, tekshiruvchi va tahlil qiluvchi subyektga aylantiradi [6]; muammoli ta'lim bilimni real vaziyatlar yechimi orqali shakllantirib, fizik mazmunni amaliy kontekst bilan bog'laydi [9]. STEAM yondashuvi fanlararo integratsiya va loyiha faoliyati orqali ushbu jarayonni boyitadi [3], AR/VR fazoviy idrokni kuchaytiradi [18, 22], ta'lim analitikasi esa o'quv faoliyati "raqamli izi"ni tahlil qilib, individual yondashuv va doimiy takomillashuvni ma'lumotlarga tayangan holda boshqarish imkonini beradi [7]. Natijaviy yo'nalish kompetensiyaviy yondashuv bilan belgilanib, ta'limni faqat bilim bilan emas, balki ilmiy fikrlash, tanqidiy tahlil, raqamli savodxonlik va mustaqil o'rganish kabi ko'p o'lchovli natijalar bilan baholashni talab etadi.

METODLAR

Tadqiqot loyihasi: konseptual modellashirish va tizimli tahlil. Mazkur tadqiqotning metodik yondashuvi fizika ta'limini raqamli muhitda tashkil etishga oid konseptual modelni ishlab chiqish va uni ilmiy-metodik jihatdan asoslashga qaratildi. Tadqiqot markazida "qaysi texnologiya samarali?" degan savoldan ko'ra, "texnologiya qanday didaktik mexanizm orqali natijaga aylantiriladi?" degan savol turdi. Shu bois texnologiya mustaqil vosita emas, balki pedagogik tizim ichida maqsadga yo'naltirilgan mexanizm sifatida talqin qilindi.

Metodik asos sifatida "kirish-jarayon-chiqish" mantiqi qabul qilindi. Kirish bosqichida talabaning bilim darajasi, motivatsiyasi va raqamli savodxonligi, fizika mazmunining xususiyatlari, ta'lim standartlari hamda texnik infratuzilma barqarorligi tahlil qilindi. Jarayon bosqichida virtual laboratoriyalar, interaktiv simulyatsiyalar, LMS, sun'iy intellekt va AR/VR texnologiyalari didaktik yondashuvlar bilan integratsiyalashgan holda ko'rib chiqildi. Chiqish bosqichida esa konseptual bilim, amaliy-tadqiqot ko'nikmalari, ilmiy fikrlash, raqamli kompetensiya va mustaqil o'rganish qobiliyati o'lchanadigan natijalar sifatida talqin qilindi. Shu tariqa model ta'limni alohida darslar yig'indisi emas, balki boshqariladigan va takomillashadigan tizim sifatida ko'rsatadi.

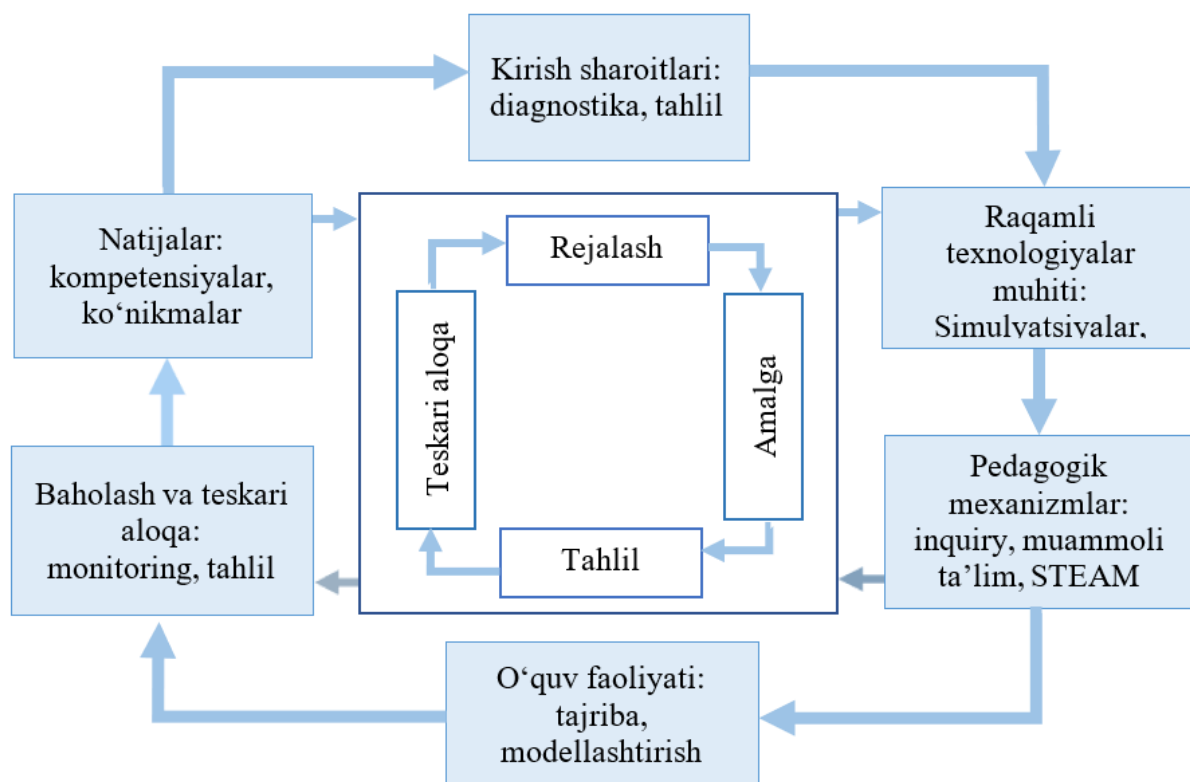
Amaliy modellashirish uchun "rejalash→bajarish→tahlil→teskari aloqa→takomillashtirish" sikli metodik asos sifatida tanlandi. Raqamli platformalar talaba

faoliyatini izchil qayd etish imkonini beradi: topshiriq bajarish vaqti, qayta urinishlar, xatolar dinamikasi kabi ko'rsatkichlar tahlil qilinadi. Bu o'qituvchiga jarayon davomidayoq pedagogik tuzatish kiritish imkonini beradi [7], teskari aloqaning samaradorligi esa meta-tahlillarda tasdiqlangan [8].

Metodologik yondashuv uch yo'nalishga tayandi. *Birinchidan*, tizimli tahlil orqali kirish sharoitlari va ularning o'zaro ta'siri aniqlashtirildi; masalan, raqamli savodxonlik past bo'lsa, kognitiv yuklama ortishi va konseptual natija pasayishi mumkin. *Ikkinchidan*, konseptual modellashtirish asosida har bir texnologiyaning funksiyasi aniq belgilandi: virtual laboratoriya - tajribaviy o'rganish vositasi, simulyatsiya-vizualizatsiya mexanizmi, LMS-boshqaruv va monitoring platformasi, sun'iy intellekt-adaptiv moslashtirish vositasi, AR/VR-fazoviy idrokni kuchaytiruvchi komponent sifatida talqin qilindi. Uchinchidan, modelning ichki izchilligi "rejalash-bajarish-tahlil-takomillashtirish" sikli orqali dinamik tizim sifatida asoslandi.

Shuningdek, modelda axborot, faoliyat va baholash oqimlari o'zaro bog'langan tizim sifatida ko'rib chiqildi. Faoliyat natijalari analitika blokiga o'tadi, u yerda tahlil qilinib, teskari aloqa orqali ssenariy qayta sozlanadi [7]. "O'quv faoliyati - baholash - natija mosligi" prinsipi asosida har bir faoliyat turiga mos indikatorlar va baholash vositalari belgilandi, bu esa raqamli muhitni o'lchashga yaroqli ekotizimga aylantiradi [15, 8].

"Konseptual model" tuzilmasi. Ishlab chiqilgan konseptual model oltita asosiy blokdan iborat bo'lib, ular chiziqli ketma-ketlikda emas, balki o'zaro bog'langan va teskari aloqa orqali doimiy takomillashib boruvchi siklik tizim sifatida talqin qilinadi. Model "bir bosqichdan keyingisiga o'tish" tamoyiliga emas, balki "rejalash-amalga oshirish-tahlil qilish-teskari aloqa - takomillashtirish" mantiqiga asoslanadi. Shu yondashuv raqamli muhit sharoitida ta'lim jarayonini boshqariladigan pedagogik tizimga aylantiradi.



1-rasm. Raqamli texnologiyalar asosida fizikani virtual o'rganishning konseptual modeli

Birinchi blok-kirish sharoitlari-ta'lim jarayonining boshlang'ich parametrlarini belgilaydi. Bu bosqichda talabanning tayyorgarlik darajasi, motivatsiyasi va raqamli savodxonligi, o'qitiladigan mavzuning murakkabligi, ta'lim standartlari hamda texnik infratuzilma holati baholanadi. Diagnostik baholash aynan shu bosqichda amalga oshirilib, keyingi jarayonni asosli rejalashtirishga xizmat qiladi [7]. Demak, kirish bosqichi modelning strategik tayanch nuqtasi hisoblanadi.

Ikkinchi blok-raqamli texnologiyalar muhiti-virtual laboratoriyalar, interaktiv simulyatsiyalar, LMS, sun'iy intellekt elementlari hamda AR/VR vositalarini birlashtiradi. Biroq bu blok kontent ombori emas, balki o'quv faoliyatini tashkil etuvchi faol platforma sifatida talqin qilinadi. Masalan, simulyatsiya animatsiya ko'rsatish bilan cheklanmay, parametrlarni boshqarish, gipotezani tekshirish va natijani tahlil qilish imkonini beradi [2, 5].

Uchinchi blok-pedagogik mexanizmlar-raqamli muhitni aniq didaktik maqsad bilan bog'laydi. Bu yerda izlanishga asoslangan o'qitish, muammoli ta'lim, STEAM yondashuvi va adaptiv o'qitish mexanizmlari integratsiyalanadi. Mazkur blok texnologiyani mazmun bilan bog'laydigan ko'prik vazifasini bajaradi: agar metodik yo'nalish bo'lmasa, raqamli vosita samaradorligini yo'qotadi [9, 21].

To'rtinchi blok-o'quv faoliyati-modelning markaziy dinamik qismi hisoblanadi. Bu bosqichda talaba virtual tajriba bajaradi, modellashtiradi, natijani grafik va jadvalda tahlil qiladi, muhokamada qatnashadi va refleksiya amalga oshiradi. Talaba faol subyekt sifatida ishtirok etadi, bu esa STEM sohasida faol o'qitish samaradorligi haqidagi empirik dalillar bilan ham tasdiqlangan [6].

Beshinchi blok - baholash va teskari aloqa - modelni boshqariladigan tizimga aylantiradi. Diagnostik, formativ va summativ baholash usullari ta'lim analitikasi bilan uyg'unlashtiriladi. Baholash natijalari keyingi o'qitish strategiyasini qayta sozlash, topshiriqlar murakkabligini moslashtirish va individual yordam ko'rsatish uchun asos bo'ladi [8]. LMS analitikasi jarayon ma'lumotini taqdim etsa, rubrikalar mazmuniy sifatni baholashga xizmat qiladi [7, 2].

Oltinchi blok - natijalar - kompetensiyaviy yondashuvga mos yakuniy ko'rsatkichlarni ifodalaydi: fizik tushunchalarning konseptual o'zlashtirilishi, amaliy-tadqiqot ko'nikmalari, tanqidiy va ilmiy fikrlash, raqamli kompetensiya hamda mustaqil o'rganish qobiliyati.

Model tuzilmasi raqamli ta'limni "texnologiya+kontent" emas, balki "tizim+pedagogik mexanizm+o'lchash+teskari aloqa" integratsiyasi sifatida talqin qiladi. Aynan shu tizimli yondashuv texnologiyani joriy etib, natijani o'lchamaslik yoki metodik tuzatish kiritmaslik kabi amaliy xatolarni kamaytirishga xizmat qiladi [8, 24]. Natijada model raqamli vositalarni samarali pedagogik boshqaruv tizimiga aylantiruvchi konseptual asosni taqdim etadi.

NATIJALAR

Kirish sharoitlari: ta'lim sifatini belgilovchi omillar. Konseptual modelning "kirish sharoitlari" bloki raqamli va virtual ta'lim samaradorligini belgilovchi determinantlarni yagona tizimda birlashtiradi. Asosiy g'oya shundan iboratki, ta'lim natijasi texnologiyaning o'ziga emas, balki u faoliyat yuritadigan pedagogik-ekologik

muhitga bog'liq. Virtual laboratoriya yoki simulyatsiya faqat talaba, mazmun, standart va infratuzilma bilan uyg'unlashgandagina real pedagogik natijaga aylanadi.

Birinchi omil - talaba xususiyatlari. Bilim darajasi, ichki motivatsiya va raqamli savodxonlik raqamli muhitda o'qitish samaradorligining markaziy omili hisoblanadi. Virtual ta'limda talaba passiv tinglovchi emas, balki faol ishtirokchi bo'lib, parametrlarni boshqaradi, tajribani takrorlaydi va natijani tahlil qiladi. Jalb etilganlik darajasi o'zlashtirish sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatishi tadqiqotlarda qayd etilgan. Agar simulyatsiya ilmiy izlanish vositasi sifatida emas, shunchaki interaktiv vosita sifatida qabul qilinsa, konseptual natija yuzaga kelmaydi. Shu bois kirish bosqichida diagnostik baholash orqali konseptual xatolar, tajriba algoritmini tushunish darajasi va raqamli ko'nikmalar aniqlanadi hamda jarayon moslashtiriladi.

Ikkinchi omil - fizika mazmuni. Model "har bir mavzuga bir xil texnologiya" yondashuvini rad etadi va "mavzuga mos raqamli mexanizm" tamoyilini ilgari suradi. Ko'p parametrlil va sabab-oqibat bog'lanishlari murakkab bo'lgan bo'limlarda vizuallashtirish va modellashtirish tushunchaviy anglashni kuchaytiradi [26, 29]. Simulyatsiyalar tipik konseptual xatolarni kamaytirishga yo'naltirilgan ssenariy asosida tanlanadi. Natijada raqamli vosita mazmunni chuqurlashtiruvchi didaktik instrumentga aylanadi.

Uchinchi omil - ta'lim standartlari va kompetensiyalar. Zamonaviy yondashuvda natija faqat faktik bilim bilan emas, balki amaliy-tadqiqot ko'nikmalari, ilmiy fikrlash va raqamli kompetensiya bilan ham o'lchanadi [19, 20]. Shuning uchun kirish bosqichida qaysi kompetensiya qaysi faoliyat orqali shakllanishi va qanday indikatorlar bilan baholanishi aniqlashtiriladi. Bu yondashuv virtual muhitni ko'rgazmali vositadan kompetensiya shakllantiruvchi tizimga aylantiradi.

To'rtinchi omil - texnik infratuzilma. Internet barqarorligi, qurilmalar mavjudligi va platforma ishlash sifati o'quv jarayonining uzluksizligiga ta'sir ko'rsatadi. Model infratuzilmani faqat mavjudlik bilan emas, balki barqarorlik darajasi va qo'llash ssenariylari asosida baholaydi. Offline simulyatsiyalar, mobilga

mos kontent va yengil LMS tuzilmalari notekis sharoitda samaradorlikni ta'minlaydi [12].

Aslida kirish sharoitlari bloki modelning poydevorini tashkil etadi. Talaba tayyorgarligi, mazmun xususiyati, kompetensiyaviy talablar va infratuzilma imkoniyatlari birgalikda tahlil qilingandagina raqamli texnologiyalar real pedagogik natijaga aylanadi. Aynan shu bosqich keyingi jarayonlarning mantiqiy va metodik asosini belgilaydi.

Raqamli texnologiyalar muhiti: integratsiyalashgan ekotizim. Modelning "raqamli texnologiyalar muhiti" bloki alohida vositalar ro'yxati sifatida emas, balki o'zaro bog'langan va bir-birini to'ldiruvchi integratsiyalashgan ekotizim sifatida talqin qilinadi. Bu yondashuvga ko'ra, virtual laboratoriyalar, interaktiv simulyatsiyalar, LMS platformalari, sun'iy intellekt elementlari hamda AR/VR texnologiyalari bir xil vazifani takrorlamaydi, balki yagona pedagogik tizim ichida turli funksiyalarni bajaradi. Natijada raqamli muhit "kontent jamlanmasi" emas, balki o'quv faoliyati, baholash va teskari aloqa bilan boshqariladigan yaxlit tizimga aylanadi.

MUHOKAMA

Modelning ustunliklari. Taqdim etilgan konseptual modelning *asosiy ustunligi* shundaki, u raqamli texnologiyalarni alohida vosita sifatida emas, balki "texnologiya - didaktika - baholash" integratsiyalashgan tizimi sifatida talqin qiladi. Amaliyotda ko'pincha simulyatsiya yoki LMS joriy etiladi, biroq ular aniq pedagogik mexanizm va o'lchash tizimi bilan bog'lanmagani sababli ko'rgazmali resurs darajasida qoladi [4, 20]. Mazkur model esa har bir raqamli komponentni muayyan didaktik vazifa va baholash mexanizmi bilan uyg'unlashtiradi, natijada ta'lim jarayoni boshqariladigan va monitoring qilinadigan tizimga aylanadi.

Modelning *ikkinchi ustunligi* - *resurs cheklangan sharoitlarga moslashuvchanligidir.* Virtual laboratoriyalar xavfsiz va takroriy tajriba imkonini berib, jihoz yetishmovchiligi muammosini yumshatadi [2]. Mahalliy tadqiqotlarda ham bunday sharoitlar uchun metodik moslashuv zarurligi ta'kidlangan [11]. Model "minimal resurs - maksimal pedagogik natija" tamoyiliga tayangan holda offline simulyatsiyalar va mobilga mos kontentni qo'llashni tavsiya etadi.

Uchinchi ustunlik - faol o'qitish mexanizmlarining raqamli muhit bilan uyg'unligidir. Izlanishga asoslangan va muammoli o'qitish simulyatsiya bilan integratsiyalanganda talaba faol tadqiqotchiga aylanadi. Faol o'qitishning STEM fanlarida samaradorligi empirik tadqiqotlarda isbotlangan [6, 5].

To'rtinchi ustunlik - baholash va analitikaning integratsiyasi. Diagnostika, formatif baholash, rubrika va LMS analitikasi birgalikda qo'llanganda pedagogik qarorlar ma'lumotlarga asoslanadi [7, 8]. Natijada baholash yakuniy nazorat emas, balki jarayonni boshqaruvchi mexanizmga aylanadi.

Cheklovlar va xavflar. Modelni joriy etishda bir qator cheklovlar yuzaga kelishi mumkin. Eng avvalo, *infratuzilma barqarorligi - internet tezligi, qurilmalar yetarliligi va texnik xizmat sifati - raqamli vositalarning uzluksiz ishlashini belgilaydi.* Tadqiqotlarda infratuzilma yetishmovchiligi raqamli transformatsiyaning zaif bo'g'ini sifatida qayd etilgan [12]. Shu bois model moslashuvchan qo'llash, aralash ta'lim va offline resurslardan foydalanishni taklif etadi.

Ikkinchi xavf - o'qituvchining raqamli-metodik kompetensiyasi yetarli bo'lmasligi. Texnologiya samaradorligi uning pedagogik loyihalash darajasiga bog'liq [4; 17]. Agar didaktik ssenariy aniq bo'lmasa, vosita faqat "vizual effekt" sifatida qolishi mumkin.

Uchinchi xavf - baholashning faqat testga tayanib qolishi. Test yuqori darajadagi tahlil va tadqiqot ko'nikmalarini to'liq o'lchay olmaydi. Shu sababli formatif baholash, rubrika va analitika kombinatsiyasi zarur [8; 7].

Kelgusi tadqiqot yo'nalishlari va xulosa. Mazkur model konseptual asosda ishlab chiqilgan bo'lib, uning amaliy samaradorligini aniqlash uchun keng qamrovli empirik tadqiqotlar zarur. Keyingi bosqichda nazorat va tajriba guruhlarida asosida kvazi-eksperimental dizaynni qo'llash maqsadga muvofiq. Boshlang'ich va yakuniy test natijalari, amaliy topshiriqlar bajarilishi, loyiha ishlari hamda LMS analitikasi ko'rsatkichlari o'zaro taqqoslanishi lozim [2, 6]. Statistik tahlilda nafaqat o'rtacha ball farqi, balki effekt o'lchami ham hisoblanib, kompetensiyaviy natijalar indikatorlari - ilmiy fikrlash, tadqiqot ko'nikmalari, raqamli savodxonlik - aniq mezonlar asosida baholanishi zarur.

XULOSA

Ishlab chiqilgan konseptual model kirish sharoitlaridan boshlab natijalargacha bo'lgan jarayonni tizimli va boshqariladigan shaklda tashkil etishga qaratilgan. Uning asosiy kuchi - virtual laboratoriya va interaktiv simulyatsiyalarni izlanishga asoslangan o'qitish, muammoli ta'lim, STEAM yondashuvi hamda adaptiv mexanizmlar bilan integratsiyalash, shuningdek baholash va analitikani teskari aloqa orqali doimiy takomillashuv sikliga ulashidadir [5, 7,11].

Natijada fizika ta'limi nazariy bilim berish bilan cheklanmay, amaliy-tadqiqot ko'nikmalari, ilmiy va tanqidiy fikrlash, raqamli kompetensiya hamda mustaqil o'rganish qobiliyatini shakllantiruvchi ko'p o'lchovli tizimga aylanadi [20, 21]. Mahalliy tadqiqotlar ham virtual laboratoriyalar va gibrid modellar istiqbolini tasdiqlab, pedagogik mexanizmlarning metodik ahamiyatini ko'rsatmoqda [15, 22].

Shu tariqa, taqdim etilgan model raqamli transformatsiya sharoitida fizika ta'limini modernizatsiya qilish, resurs cheklangan muhitlarda ham sifatli o'qitishni ta'minlash va kompetensiyaviy natijalarga erishish uchun mustahkam ilmiy-metodik asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2009). Applying Kolb's experiential learning cycle for laboratory education. *Journal of Engineering Education*, 98(3), 283-294. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2009.tb01025.x>
2. Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218-237. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>
3. Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
4. Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction* (4th ed.). Wiley.
5. de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
6. Freeman, S., et al. (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>
7. Gamage, D., Perera, I., & Fernando, S. (2020). Moodle and LMS-based learning analytics: A systematic review. *IEEE Access*, 8, 141568-141592. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3012012>
8. Hattie, J. (2009). *Visible learning*. Routledge.

9. Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
10. Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
11. Kholikov, K. T. (2025a). Enhancing physics education through virtual laboratories: Recommendations for teachers in resource-limited settings. *American Journal of Open University Education*, 2(3), 105-112. <https://scientificbulletin.com/index.php/AJOUP/article/view/774>
12. Kholikov, K. T. (2025c). The current state of digitalization content in physics education at pedagogical higher education institutions. *American Journal of Open University Education*, 2(3), 122-128. <https://scientificbulletin.com/index.php/AJOUP/article/view/776>
13. Kholikov, K. T. (2025h). The concept of individualizing education in a virtual learning environment. *International Journal of European Research Output*, 4(6), 508-516. <http://ijero.co.uk/index.php/ijero/article/view/1007/894>
14. Kholikov, K. T., Ernazarov, A. N., Astanova, D. O., Tojiboeva, G. R., Mamajonov, K. A., Karimova, K. A., & Yuldasheva, T. A. (2025). Developing students' physical and technical abilities through the STEAM approach: Methodology and implementation. *ASEAN Journal of Physical Education and Sport Science*, 4(1), 17-24. <https://ejournal.bumipublikasinusantara.id/index.php/ajert/article/viewFile/749/592>
15. Kholikov, K. T., & Urinova, N. O. (2025). Reimagining physics laboratories in the digital age: A comprehensive conceptual review of virtual, immersive, and data-driven ecosystems in STEM education. *Journal of Multidisciplinary Sciences and Innovations*, 4(11), 2069-2077. <https://ijmri.de/index.php/jmsi/article/view/3873/3758>
16. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning*. Prentice Hall.
17. Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
18. Merchant, Z., et al. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction. *Computers & Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
19. National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education*. National Academies Press.
20. OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing.
21. Prince, M. (2004). Does active learning work? *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231.
22. Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>