

SUN'IY INTELLEKT BILAN BOYITILGAN RAQAMLI MODELLASHTIRISH ASOSIDA TALABALARNING FIZIK HODISALARNI TADQIQ ETISH KOMPETENSIYASINI RIVOJLANTIRISH METODIKASI

МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ СТУДЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, ОБОГАЩЁННОГО ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

METHODOLOGY FOR DEVELOPING STUDENTS' COMPETENCE IN RESEARCHING PHYSICAL PHENOMENA THROUGH AI-ENHANCED DIGITAL MODELLING

Shodiyev Bahrom Shavkatovich

Samarqand iqtisodiyot va servis instituti,

baxromshodiyev265@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada oliy ta'limda talabalarning fizik hodisalarni raqamli modellashtirish kompetensiyasini sun'iy intellekt (SI) vositalari yordamida rivojlantirishga yo'naltirilgan metodika nazariy va amaliy-didaktik jihatdan asoslanadi. Tadqiqotda fizik modelning konseptual, matematik, hisoblash, verifikatsiya va refleksiv komponentlarini birlashtiruvchi besh bosqichli o'quv sikli taklif etiladi. SI yordamidan gipoteza ishlab chiqish, model parametrlarini tanlash, koddagi xatolarni izohlash va adaptiv teskari aloqa olishda foydalanish nazarda tutiladi; yakuniy xulosalarning fizik asoslanganligi esa talaba va pedagog tomonidan tekshiriladi. Metodikaning ishlash mexanizmi tekis tezlanuvchan harakatni Eyler usulida modellashtirish misolida namoyish qilinadi. Kompetensiyani baholash uchun besh mezonli analitik rubrika, raqamli izlar portfeli va oldingi–keyingi diagnostika dizayni ishlab chiqilgan.

Аннотация. В статье теоретически обоснована методика развития у студентов компетенции цифрового моделирования физических явлений с применением инструментов искусственного интеллекта. Предложен пятиэтапный учебный цикл, объединяющий постановку физической задачи, математическую формализацию, вычислительный эксперимент, проверку модели и рефлексию. На примере равноускоренного движения показаны аналитическое решение и численное моделирование методом Эйлера. Разработаны критерии оценивания и схема будущей эмпирической проверки.

Abstract. This paper proposes a theoretically grounded teaching methodology for developing university students' competence in digitally modelling physical phenomena with AI-assisted scaffolding. A five-stage learning cycle integrates physical problem framing, mathematical formalization, computational

experimentation, verification, and reflective interpretation. Constant-acceleration motion is used to demonstrate the relation between analytical solutions and Euler integration. An analytic assessment rubric and a feasible pre/post evaluation design are presented.

Kalit soʻzlar: sunʼiy intellekt, raqamli modellashtirish, fizik hodisa, fizik kompetensiya, adaptiv taʼlim, hisoblash eksperimenti, verifikatsiya, refleksiya, baholash rubrikasi.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровое моделирование, физические явления, компетенция, вычислительный эксперимент, верификация, адаптивная обратная связь.

Keywords: artificial intelligence, digital modelling, physical phenomena, computational experiment, model verification, adaptive feedback, physics education.

KIRISH (INTRODUCTION)

Oliy taʼlimda fizika fanini oʻqitishning ustuvor vazifalaridan biri talabanning formulalarni takrorlashi emas, balki hodisani tushuntiruvchi modelni mustaqil qurishi, taxminlarini oshkor etishi, model natijasini kuzatuv yoki nazariy yechim bilan solishtirishi va uning qoʻllanish chegarasini belgilashidir. Raqamli modellashtirish real obyekt parametrlarini boshqarish, ularning oʻzaro bogʻlanishini koʻrish va murakkab dinamikani hisoblash imkonini beradi. Biroq simulyatorni ishga tushirishning oʻzi modellashtirish kompetensiyasi shakllanganini bildirmaydi: grafikning fizik maʼnosi, birliklar mosligi, sonli usul xatoligi va parametr sezgirligi ham izohlanishi zarur. Fan taʼlimida ilmiy-amaliy faoliyatning muhim tarkibiy qismlari sifatida modelni yaratish va undan foydalanish, matematik hamda hisoblash tafakkuri, dalillarga tayangan bahs-munozara va maʼlumotlarni talqin qilish alohida koʻrsatiladi [1]. PhET simulyatsiyalariga oid ishlar interaktiv tajribalarning faol izlanishga xizmat qilishini koʻrsatgan [2]. Generativ SI esa model tuzish jarayonida tushuntirish, dasturlash va shaxsiylashtirilgan tavsiya berishga koʻmaklashishi mumkin, ammo uning javoblari notoʻgʻri yoki tekshirilmagan boʻlishi ehtimoli sababli inson nazorati muhim [3]. Muammo shundan iboratki, fizikani raqamli oʻqitishda “simulyatsiyani kuzatish – natijani qayd etish” amaliyoti koʻpincha “faraz qilish – modellashtirish – verifikatsiya – asoslab xulosa chiqarish” sikli bilan izchil bogʻlanmaydi. SI vositalari joriy etilganda esa tayyor kod va avtomatik izohga haddan tashqari tayanish talabanning mustaqil ilmiy mulohazasini cheklashi mumkin. Shu sababli SI ni javobni almashtiruvchi emas, balki boshqariladigan didaktik yordamchi sifatida integratsiya qilish ilmiy-metodik ahamiyatga ega.

Tadqiqotning maqsadi — SI bilan boyitilgan raqamli modellashtirish muhitida talabalarning fizik hodisalarni tadqiq etish kompetensiyasini rivojlantirishga xizmat qiluvchi oʻquv sikli, topshiriqlar konstruksiyasi va baholash mexanizmini asoslash. Tadqiqot savoli: SI tomonidan berilgan adaptiv koʻmakni qaysi didaktik ketma-ketlik

va tekshiruv mexanizmlari orqali talabanning mustaqil fizik modellashirish faoliyatiga aylantirish mumkin?

MATERIALLAR VA METODLAR (MATERIALS AND METHODS)

Tadqiqot nazariy-metodik loyihalash xarakteriga ega. Unda (a) fizika ta'limi va simulyatsiyalarga oid adabiyotlarni qiyosiy tahlil qilish; (b) modellashirish faoliyatini bosqichlarga ajratish; (c) kompetensiya indikatorlarini operatsionallashtirish; (d) analitik va sonli yechimlar asosida namunaviy hisoblash eksperimentini ishlab chiqish; (e) keyingi empirik sinov uchun baholash dizaynini loyihalash usullari qo'llanildi. Ishtirokchilar bilan o'tkazilgan real pedagogik tajriba hamda statistik taqqoslashlar mazkur ish doirasiga kirmaydi.

Kompetensiyaning operatsion modeli

Fizik hodisalarni raqamli modellashirish kompetensiyasi talabanning fizik vaziyatni idealizatsiyalash, kattaliklar orasidagi matematik bog'lanishni ifodalash, algoritm yaratish, modelni tekshirish va natijalarni dalil asosida himoya qilish qobiliyatlari integratsiyasi sifatida talqin qilindi. Mazkur ta'rif o'lchanadigan besh mezonga ajratildi (1-jadval). Har mezon 0–4 ball oralig'ida baholanadi; umumiy ko'rsatkich 20 ballni tashkil etadi. Har bir indikator alohida dalil (gipoteza varaqasi, kod, grafik, tekshiruv protokoli va refleksiya) bilan tasdiqlanadi.

1-jadval.

Raqamli fizik modellashirish kompetensiyasining mezon va dalillari

Mezon	Kuzatiladigan indikator	Dalil
Konseptual	Fizik tizim chegaralari, farazlar va ta'sir etuvchi omillarni izohlaydi	Vaziyat modeli va gipoteza
Matematik	Tenglamalar, boshlang'ich shartlar va birliklarni to'g'ri belgilaydi	Tenglamalar varaqasi
Algoritmik	Hisoblash sxemasi va parametrlarni mustaqil sozlaydi	Kod yoki blok-sxema
Verifikatsion	Analitik yechim, qadam va xatolikni qiyoslaydi	Xatolik jadvali, grafik
Refleksiv	Natija cheklovlari va SI tavsiyasining ishonchliligini izohlaydi	Dalillangan xulosa va SI jurnali

Besh bosqichli didaktik sikl

Taklif etilayotgan metodika “muammo → fizik model → hisoblash tajribasi → verifikatsiya → refleksiya” sikliga asoslanadi. Birinchi bosqichda talaba muammoli vaziyatni ko‘rib, faraz va mustaqil prognoz beradi; SI esa faqat aniqlashtiruvchi savollar tavsiya etadi. Ikkinchi bosqichda idealizatsiya, kattaliklar va tenglamalar tanlanadi. Uchinchi bosqichda model PhET, Python, GeoGebra yoki shunga o‘xshash vositada amalga oshiriladi; SI sintaktik xatoni tushuntirishi mumkin, ammo tayyor natijani talaba nomidan tasdiqlamaydi. To‘rtinchi bosqichda sonli yechim analitik hisob bilan tekshiriladi, vaqt qadami va parametrlar o‘zgartiriladi. Beshinchi bosqichda talaba xulosani himoya qiladi, cheklovlarni ochiq bayon etadi va SI chiqishidagi kamchiliklarni qayd etadi. Moslashuvchan ko‘mak uch darajada tashkil etiladi: A — yo‘naltiruvchi savol (“Qaysi kuchlar hisobga olingan?”); B — qisman ishora (“Boshlang‘ich shartni tenglamaga kiriting”); C — xato joyini ko‘rsatuvchi texnik yordam (“Vaqt qadami siklda yangilanmagan”). Ko‘mak darajasi diagnostika natijalari va avvalgi mustaqil urinishdan kelib chiqib belgilanadi. Har bir SI javobidan keyin “fizik qonunga mosmi?”, “o‘lchov birligi to‘g‘rimi?”, “boshqa usul bilan tekshirdimmi?” savollari majburiy qoladi.

2-jadval.

Metodikaning o‘quv jarayonida qo‘llanish matriksasi

Bosqich	Talabaning mustaqil mahsuli	SI yordamining maqbul turi	O‘qituvchi nazorati
1. Muammo	Gipoteza va kutiladigan grafik	Savollar va qarama-qarshi ssenariylar	Gipoteza muallifligi
2. Formalizatsiya	Faraz, tenglama va birliklar	Tenglama mazmunini savol bilan ochish	Fizik to‘g‘rilik
3. Simulyatsiya	Algoritm, kod va parametrlar	Kod sintaksisini tahlil qilish	Ishga tushish va qayta tiklanish
4. Verifikatsiya	Qadamga sezgirlik, xato grafigi	Taqqoslash usulini tavsiya qilish	Mustaqil qayta hisob
5. Refleksiya	Dalilli xulosa, cheklov va kundalik	Xulosa bo‘yicha tanqidiy savollar	Og‘zaki himoya

Baholash va ehtimoliy empirik tekshirish protokoli

Besh mezonning har biri quyidagi umumiy daraja tavsifi asosida ballanadi: 0 — dalil mavjud emas; 1 — faqat ko'rsatma asosida bajarilgan; 2 — asosiy qism bajarilgan, lekin izoh yoki tekshiruv yetarli emas; 3 — mustaqil va to'g'ri bajarilgan; 4 — mustaqil bajarilgan, muqobil tekshiruv va tanqidiy izoh bilan asoslangan. Rubrika o'qituvchining subyektivligini kamaytirish uchun ikki baholovchi tomonidan pilot tekshiruvdan o'tkazilishi, baholar kelishuvi esa vaznli kappa yoki intraklass korrelyatsiya orqali baholanishi kerak. Keyingi pedagogik tajriba uchun oldingi-keyingi testli, taqqoslash guruhiga ega kvazi-eksperimental dizayn taklif etiladi. Ikkala guruhda bir xil mavzular, o'qitish vaqti va yakuniy masalalar saqlanadi; tajriba guruhida besh bosqichli SI-ko'makli sikl, taqqoslash guruhida odatiy raqamli topshiriqlar qo'llanadi. Asosiy natija — rubrika bo'yicha umumiy ball, ikkilamchi natijalar — modelni transfer vaziyatiga qo'llash va SIga tayanganlik darajasi. Dastlabki ball farqlarini hisobga olish uchun kovariatsion tahlil (ANCOVA) yoki mos keluvchi aralash effektli model ishlatilishi mumkin. Mualliflik, shaxsiy ma'lumotlar himoyasi va ta'limiy rozilik masalalari tajribadan oldin tartibga solinadi.

NATIJALAR (RESULTS)

Natija sifatida bir-biriga bog'langan uchta metodik mahsulot olindi: (1) besh bosqichli didaktik sikl; (2) indikator–dalil–baholash uchligini birlashtiruvchi 20 balli rubrika; (3) analitik yechimga nisbatan tekshiriladigan hisoblash topshirig'i. Quyidagi raqamlar pedagogik tajriba statistikasi emas, balki ishlab chiqilgan o'quv topshirig'ining deterministik hisoblash natijalaridir. Tekis tezlanuvchan harakat misolida hisoblash tajribasi bo'yicha Jism to'g'ri chiziq bo'ylab boshlang'ich koordinata $x_0 = 0$ m, boshlang'ich tezlik $v_0 = 2$ m/s va doimiy tezlanish $a = 1,5$ m/s² bilan harakatlanadi. $T = 4$ s vaqtdagi koordinatani aniqlash, shu natijani sodda sonli algoritm bilan qayta olish va vaqt qadamiga bog'liq xatoni o'rganish talab etiladi. Analitik model: $v(t) = v_0 + at$; $x(t) = x_0 + v_0t + at^2/2$. Natijada $x(4) = 0 + 2 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4^2/2 = 20$ m. Oldinga Eyler usuli uchun quyidagi rekurrent munosabatlar qabul qilinadi: $v_{n+1} = v_n + a\Delta t$; $x_{n+1} = x_n + v_n\Delta t$. $N = T/\Delta t$ butun son bo'lgan sharoitda shu sxema koordinata uchun $x_N = x_0 + v_0T + (a/2)(T^2 - T\Delta t)$ ifodani beradi. Shunday qilib, analitik va sonli natijalar orasidagi absolyut farq $|x(T) - x_N| = aT\Delta t/2 = 3\Delta t$ (m) ga teng.

3-jadval.

Oldinga Eyler usulida vaqt qadamining natijaga ta'siri (hisoblangan misol)

Δt , s	Qadamlar soni N	Sonli koordinata, m	Analitikd an farq, m	Nisbiy xato, %
0,50	8	18,50	1,50	7,50
0,25	16	19,25	0,75	3,75
0,125	32	19,625	0,375	1,875
Analitik	—	20,00	0,00	0,00

Jadvaldan ko‘rinadiki, Δt ikki marta kamaytirilganda koordinatadagi absolyut xato ham ikki marta kamayadi. Bu hodisa aynan tanlangan Eyler sxemasining birinchi tartibli aniqligi bilan izohlanadi; boshqa integratsiya algoritmlarida bog‘lanish boshqacha bo‘lishi mumkin. Talabaga faqat 20 m natijani olish emas, balki nima uchun 18,50 m ham chiqishi mumkinligini fizik va sonli nuqtayi nazardan tushuntirish topshiriladi. SIga beriladigan konstruktiv so‘rov namunasi: “Quyidagi Eyler algoritmda koordinata nima sababdan analitik natijadan farq qilayotganini tayyor javobni bermasdan, tekshiruv savollari yordamida tushuntir. Avval vaqt qadami, keyin algoritm tartibi va birliklar mosligini tekshirtir”. Bu yondashuv SI yordamini mustaqil fikr yuritishga xizmat qildiradi. Talaba har qanday avtomatik kod yoki tavsiyani qayta ishga tushirib, hisoblash protokolida qayd etishi shart.

Metodikaning o‘lchanadigan natijalari

Pedagogik sinovda “kompetensiya rivojlandi” degan xulosani faqat yakuniy ball oshganiga asoslash yetarli bo‘lmaydi. O‘zgarish model sifati, algoritmni boshqa fizik vaziyatga ko‘chira olish va mustaqil tekshirish dalillari bilan birgalikda talqin qilinishi zarur. Shuning uchun qaydlar uch manbadan olinadi: baholash rubrikasi, raqamli portfel (kod versiyalari, parametrlar, grafiklar) va og‘zaki himoya protokoli. Mazkur ishda sinovdan olingan empirik qiymatlar taqdim etilmaydi.

MUHOKAMA (DISCUSSION)

Taklifning metodik ahamiyati SI, matematik model va fizik eksperimentni bitta topshiriqqa jamlashning o‘zida emas, balki ularning vazifasini aniq ajratishidadir. Fizik modelning mazmuni va farazlari talabaning ilmiy mas‘uliyati bo‘lib qoladi; SI kognitiv ko‘mak beradi; sonli dastur hisoblashni bajaradi; o‘qituvchi esa dalillarning yetarliligi va kompetensiya o‘shirishini baholaydi. Shu tarzda “tayyor javobni olish” vazifasi “tekshiriladigan da’vo qurish” faoliyatiga aylantiriladi. Interaktiv simulyatsiyalarning tadqiqotga yo‘naltirilgan ta’limdagi o‘rni avvalgi ishlarda yoritilgan [2]. Taklif etilayotgan model bu yondashuvni SI asosidagi differensial ko‘mak va majburiy verifikatsiya bilan boyitadi. Bunda SI javobining ishonitiruvchi uslubi uning ilmiy to‘g‘riligiga kafolat bermaydi. UNESCO tavsiyalariga mos ravishda inson agentligi, oshkoralik, ma’lumotlarni himoya qilish va pedagogik moslik saqlanishi zarur [3]. Metodikaning cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, barcha talabalar kodlashga bir xil tayyor emas; natija dasturlash ko‘nikmasi bilan fizik tushuncha o‘rtasida chalkashishi mumkin. Ikkinchidan, ayrim SI tizimlari mos kelmaydigan birliklarni yoki fizik jihatdan asossiz farazlarni e’tibordan chetda qoldiradi. Uchinchidan, tayyor kodga tayanish tashqi ko‘makka qaramlikni oshirishi ehtimoli bor. To‘rtinchidan, laboratoriya o‘lchovi mavjud bo‘lmagan topshiriqlarda verifikatsiya faqat analitik qiyoslash bilan cheklanib qoladi. Shu bois keyingi ishlar real o‘lchov ma’lumotlari, transfer masalalari, SI yordamining kamaytirib borilishi va turli boshlang‘ich tayyorgarlik darajalarini o‘z ichiga olishi maqsadga muvofiq. Ilmiy yangilik sifatida

metodik taklifning quyidagi jihatlari ajratiladi: fizik modelga oid mustaqil qarorlar bilan SI ko‘magining chegarasi belgilandi; verifikatsiya alohida baholanadigan kompetensiya sifatida kiritildi; har bosqich uchun raqamli dalil va baholash mezonlari moslashtirildi; vaqt qadami orqali sonli xato tahlili bilish faoliyatining markaziga qo‘yildi. Ushbu yangiliklar nazariy-metodik xarakterda bo‘lib, ularning ta‘lim samaradorligiga ta‘siri kelgusida eksperimental tasdiqlanishi kerak.

XULOSA (CONCLUSION)

Sun‘iy intellekt bilan boyitilgan raqamli modellashtirishning didaktik samaradorligi SI vositasining mavjudligi bilan emas, talabaning modelni asoslash, algoritmini nazorat qilish va xulosasini mustaqil tekshirishiga qo‘yilgan talab bilan belgilanadi. Ishlab chiqilgan besh bosqichli sikl fizik hodisani konseptuallashtirishdan tortib natijani refleksiv himoya qilishgacha bo‘lgan yagona o‘quv jarayonini ifodalaydi. Besh mezonli rubrika ushbu faoliyatni kuzatiladigan dalillar asosida baholashga yo‘naltirilgan. Tekis tezlanuvchan harakat misolida analitik natija bilan Eyler usulining farqi hisoblandi va vaqt qadami orqali verifikatsiya topshirig‘i qurildi. Mazkur namuna talabaning “algoritm ishladi” degan xulosadan “algoritmning xatosi nimaga bog‘liq?” degan ilmiy savolga o‘tishini ta‘minlashga qaratilgan. Navbatdagi tadqiqot yo‘nalishi — metodikani bir necha oliy ta‘lim guruhida qo‘llab, oldingi–keyingi baholash, mustaqil transfer vazifalari va baholovchilar kelishuvi asosida empirik tekshirishdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (REFERENCES)

1. National Research Council. A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: National Academies Press, 2012. DOI: 10.17226/13165.
2. Wieman C. E., Adams W. K., Perkins K. K. PhET: Simulations That Enhance Learning // Science. 2008. Vol. 322, No. 5902. P. 682–683. DOI: 10.1126/science.1161948.
3. Miao F., Holmes W. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
4. Hestenes D. Toward a Modeling Theory of Physics Instruction // American Journal of Physics. 1987. Vol. 55, No. 5. P. 440–454. DOI: 10.1119/1.15129.
5. Redish E. F. Teaching Physics with the Physics Suite. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003.
6. Mayer R. E. Multimedia Learning. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. DOI: 10.1017/9781316941355.

7. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.
8. UNESCO. AI Competency Framework for Teachers. Paris: UNESCO, 2024. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>

