

ORGANIK KIMYODAN O'QUVCHILARNING MUSTAQIL AMALIY FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISHGA QARATILGAN STEM ISHCHI DAFTARLARINI (WORKBOOK) YARATISH VA QO'LLASH TEXNOLOGIYASI

Bo'riyev Rashidbek O'ktamjonovich

Andijon davlat universiteti kimyo kafedrasi. Mustaqil tadqiqodchi (Phd)

Qirg'izov Shahobiddin Mirzaraimovich

K.f.d. professor

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20963035>

Annotatsiya: Ushbu tezisda zamonaviy ta'lim trendlaridan biri hisoblangan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yondashuvi asosida organik kimyo fanidan o'quvchilarning mustaqil amaliy faoliyatini rivojlantirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda mustaqil ishchi daftarlarni (Workbook) loyihalash, ularning tuzilishi va ta'lim jarayoniga tatbiq etish texnologiyasi tahlil qilingan. Amaliy tajriba-sinov ishlari natijasida STEM ishchi daftarlarining o'quvchilar passivligini kamaytirish, kimyoviy jarayonlarni modellashtirish va muhandislik ko'nikmalarini shakllantirishdagi samaradorligi statistik ma'lumotlar asosida isbotlangan.

Kalit so'zlar: STEM ta'lim, organik kimyo, ishchi daftar, Workbook, mustaqil amaliy faoliyat, integratsiya, kompetensiya, modellashtirish.

Annotatsiya Ushbu tezisda zamonaviy ta'lim trendlaridan biri hisoblangan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yondashuvi asosida organik kimyo fanidan o'quvchilarning mustaqil amaliy faoliyatini rivojlantirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda mustaqil ishchi daftarlarni (Workbook) loyihalash, ularning tuzilishi va ta'lim jarayoniga tatbiq etish texnologiyasi tahlil qilingan. Amaliy tajriba-sinov ishlari natijasida STEM ishchi daftarlarining o'quvchilar passivligini kamaytirish, kimyoviy jarayonlarni modellashtirish va muhandislik ko'nikmalarini shakllantirishdagi samaradorligi statistik ma'lumotlar asosida isbotlangan.

Kalit so'zlar: STEM ta'lim, organik kimyo, ishchi daftar, Workbook, mustaqil amaliy faoliyat, integratsiya, kompetensiya, modellashtirish.

Kirish

Zamonaviy kimyoviy ta'lim tizimida o'quvchilarning mustaqil amaliy faoliyatini tashkil etish va ularda muammoli vaziyatlarni hal qilish ko'nikmalarini shakllantirish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Organik kimyo kursi o'zining mavhumlik darajasi yuqoriligi va fazoviy tasavvurni talab etishi bilan boshqa bo'limlardan ajralib turadi [1]. Biroq, an'anaviy ta'lim metodlari ko'p hollarda tayyor ma'lumotlarni yodlashga yo'naltirilgan bo'lib, o'quvchilarning amaliy faolligini cheklab qo'yimoqda.

Xalqaro baholash dasturlari (PISA, TIMSS) natijalari shuni ko'rsatadiki, o'quvchilarda tabiiy fanlar bo'yicha nazariy bilimlar mavjud bo'lsa-da, ularni real hayotiy va muhandislik muammolarini hal qilishga tatbiq etish darajasi past [2]. Ushbu muammoni bartaraf etishda fanlararo uzviylikni ta'minlovchi STEM yondashuvi muhim o'rin tutadi. Organik kimyoni o'qitishda STEM texnologiyasiga asoslangan ishchi daftarlarni (Workbook) joriy etish o'quvchilarga kimyoviy jarayonlarni texnologik va muhandislik nuqtayi nazaridan loyihalash, matematik hisob-kitoblarni real laboratoriya natijalari bilan bog'lash imkonini beradi [3].

Metodologiya

Tadqiqot doirasida organik kimyoning "Uglevodorodlar" va "Kislorodli organik birikmalar" bo'limlari bo'yicha STEM ishchi daftarlarini loyihalash metodikasi ishlab chiqildi. Ishchi daftarining har bir moduli an'anaviy topshiriqlardan farqli ravishda 4 ta majburiy komponentni qamrab oldi:

- **S (Science):** Moddalarning tuzilishi, gomeologik qatorlari va kimyoviy xossalari nazariyasi.
- **T (Technology):** Virtual laboratoriyalar (masalan, PhET va ChemSketch dasturlari) yordamida molekullarni modellashtirish.
- **E (Engineering):** Organik moddalarni sanoatda olish qurilmalari sxemalarini loyihalash va mini-maketlarni tuzish.
- **M (Mathematics):** Reaksiya unumi, aralashmalarga oid matematik tenglamalar va kinetik hisob-kitoblar.

Pedagogik tajriba-sinov ishlari 2025–2026-o'quv yillarida umumiy o'rta ta'lim maktablarining yuqori sinf o'quvchilari ishtirokida tashkil etildi. Tajriba guruhi ($n=64$) mashg'ulotlarida ishlab chiqilgan STEM ishchi daftarlaridan foydalanilgan bo'lsa, nazorat guruhi ($n=62$) an'anaviy darsliklar va metodik qo'llanmalar asosida ta'lim oldi. O'quvchilarning mustaqil amaliy faoliyat darajasi maxsus ishlab chiqilgan 3 ta mezon (kognitiv, amaliy-texnologik, ijodiy-loyiha) bo'yicha va test topshiriqlari yordamida baholandi [4].

Natijalar

Tadqiqot yakunida olingan yakuniy nazorat ishlari natijalari tajriba guruhida o'quvchilarning o'zlashtirish koeffitsiyenti nazorat guruhiga nisbatan sezilarli darajada yuqori ekanligini ko'rsatdi. An'anaviy tizimda o'quvchilarning mustaqil ishlashga ajratgan vaqti dars davomida o'rtacha 12–15 foizni tashkil etgan bo'lsa, STEM ishchi daftarlari qo'llanilganda bu ko'rsatkich 42 foizga yetdi [5].

Guruhlar kesimida bilimlarni o'zlashtirish darajasining qiyosiy ko'rsatkichlari (foiz hisobida) quyidagi jadvalda aks ettirilgan:

Guruhlar	O'quvchilar soni	Quyidagi daraja (%)	O'rta daraja (%)	Yuqori (ijodiy) daraja (%)
Nazorat guruhi	62	24,2	56,5	19,3
Tajriba guruhi	64	7,8	43,7	48,5

Statistik tahlillar shuni ko'rsatdiki, tajriba guruhida yuqori amaliy va ijodiy darajani namoyon qilgan o'quvchilar ulushi nazorat guruhidagiga qaraganda 29,2% ga ko'p bo'ldi. Ayniqsa, molekullarning fazoviy tuzilishini modellashtirish va sanoat sintezi sxemalarini chizish topshiriqlarida samaradorlik yuqori bo'ldi [6]

Tahlil va muhokama

Organik kimyodan o'quvchilarning mustaqil amaliy faoliyatini rivojlantirishga qaratilgan STEM ishchi daftarlarini (Workbook) amaliyotga joriy etish jarayonida olingan natijalar an'anaviy ta'lim metodikasiga qaraganda bir qator tizimli afzalliklarni va pedagogik qonuniyatlarni namoyon etdi. Ushbu bo'limda tajriba va nazorat guruhlaridan olingan miqdoriy va sifat

ko'rsatkichlari, o'quvchilarning komponentlar bo'yicha kompetensiyalari o'sishi dinamikasi hamda fanlararo integratsiyaning funksional mexanizmlari batafsil tahlil qilinadi.

STEM komponentlarining funksional va tarkibiy tahlili

Ishchi daftarda qo'llanilgan fanlararo modellar o'quvchilarning organik kimyo faniga bo'lgan yondashuvini tubdan o'zgartirdi. An'anaviy ta'lim tizimida organik birikmalarning tuzilishi va xossalari faqatgina statik formulalar hamda yodlashga asoslangan reaksiyalar ko'rinishida o'zlashtirilgan edi. Bu esa o'quvchilarda mavhum tushunchalarning (masalan, uglerod atomining gibridlanish holatlari, σ - va π -bog'larning fazoviy yo'nalishi, konformatsion izomeriya) yetarli darajada shakllanmasligiga olib kelgan [7]. STEM ishchi daftaridagi **Science (Fan)** bloki o'quvchining mazkur nazariy tushunchalarni mustaqil ravishda tadqiq etishiga zamin yaratdi. O'quvchilar darslikdagi tayyor matnni o'qish o'rniga, berilgan muammoli savol va tajriba ko'rsatmalari asosida organik moddalarning funksional guruhlari va ularning reaksiyaga kirishish qobiliyati o'rtasidagi sabab-oqibat bog'lanishlarini mustaqil modellashtirdilar.

Technology (Texnologiya) komponentining integratsiyalashuvi o'quvchilarning raqamli savodxonligi va kimyoviy jarayonlarni vizuallashtirish ko'nikmalarini yangi bosqichga olib chiqdi. Ishchi daftarga maxsus QR-kodlar orqali joylashtirilgan *PhET* interaktiv simulyatsiyalari va *ChemSketch* molekulyar redaktorlari bilan ishlash topshiriqlari o'quvchilarning mustaqil faoliyatini faollashtirdi. Tajriba guruhida o'tkazilgan kuzatuvlar shuni ko'rsatdiki, an'anaviy laboratoriya sharoitida moddalarning tanqisligi yoki xavfsizlik choralarining yuqoriligi sababli o'quvchilar ko'pincha passiv kuzatuvchi rolda qolayotgan edi. Raqamli platformalar esa har bir o'quvchiga cheklanmagan miqdorda virtual tajribalar o'tkazish, reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasi yoki haroratini o'zgartirish orqali yakuniy mahsulot unumini dinamik tarzda kuzatish imkonini berdi [6]. Masalan, metanning xlordanish reaksiyasi zanjir mexanizmini virtual simulyatsiyada bosqichma-bosqich boshqarish orqali o'quvchilar radikallarning hosil bo'lishi va kinetik jarayonlarni real vaqt rejimida tahlil qildilar.

Engineering (Muhandislik) komponenti doirasida talabalarga berilgan loyiha topshiriqlari eng yuqori ko'rsatkichlarni ko'rsatdi. Organik kimyoda sanoat sintezi (masalan, etilenni gidratatsiyalash orqali etanol olish yoki neft mahsulotlarini krekninglash qurilmalari) mavzulari odatda sxemalarni shunchaki yodlab olish bilan yakunlanadi. STEM ishchi daftarida esa o'quvchilarga "Muhandis-konstruktor" roli yuklatildi. Ular xavfsiz materiallar yoki qog'oz elementlar yordamida fraksiyalash ustunlari yoki reaktorlarning 3D modellarini, maketlarini chizdilar va yasadilar [3]. Bu jarayon o'quvchilarda nafaqat kimyoviy bilimni, balki texnologik operatsiyalarni ketma-ketlikda rejalashtirish, chizmachilik va tizimli fikrlash kabi muhandislik ko'nikmalarini ham rivojlantirdi.

Mathematics (Matematika) komponenti esa kimyoviy hisob-kitoblarning amaliy ahamiyatini ko'rsatishga xizmat qildi. Ko'p hollarda o'quvchilar kimyodan masalalar yechishda faqat matematik proporsiyadan mexanik tarzda foydalanishadi va reaksiyaning real mohiyatini anglashmaydi. Workbook tarkibidagi matematik modellashtirish bo'limida o'quvchilar murakkab organik birikmalar tarkibidagi elementlarning massa ulushlarini topish, aralashmalarining unumdorligini hisoblash, kimyoviy kinetika tenglamalarini tuzish va ularni grafiklar ko'rinishida ifodalash topshiriqlarini bajardilar [9]. Matematik analiz usullarini kimyoviy muammolarga tatbiq etish orqali o'quvchilarda mavhum hisob-kitoblar aniq miqdoriy ko'rsatkichlarga va real tahlillarga aylandi.

Kognitiv va amaliy kompetensiyalarning rivojlanish dinamikasi

Tajriba va nazorat guruhlarida o'tkazilgan test sinovlari va amaliy topshiriqlar natijalari o'quvchilarning uchta asosiy mezon: kognitiv (bilish), amaliy-texnologik va ijodiy-loyiha ko'nikmalari bo'yicha qiyosiy baholash imkonini berdi.

Kognitiv mezon bo'yicha olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, organik kimyodagi asosiy qonuniyatlar (masalan, Markovnikov qoidasi, Zaysev qoidasi, elektron effektlar – induktiv va mezomer effektlar) tajriba guruhida 84,3% aniqlik bilan o'zlashtirilgan. Nazorat guruhida esa bu ko'rsatkich 62,1% ni tashkil etdi. Ushbu farqning asosiy sababi – tajriba guruhidagi o'quvchilarning qoidalarni shunchaki matn sifatida yodlamasdan, STEM ishchi daftaridagi elektron zichlikning siljishini vizuallashtiruvchi topshiriqlar orqali mohiyatni anglab yetganliklaridir.

Amaliy-texnologik mezon bo'yicha farq yanada yaqqol ko'zga tashlanadi. Tajriba guruhida o'quvchilarning 76,5% i virtual laboratoriya vositalaridan erkin foydalanish, kimyoviy idishlar va qurilmalarni to'g'ri tanlash hamda tajriba natijalarini jadval shaklida rasmiylashtirish ko'nikmalarini namoyish etdi [4]. Nazorat guruhida esa darslikdan tashqari mustaqil amaliy manbalarning yo'qligi sababli o'quvchilarning atigi 41,2% i amaliy topshiriqlarni mustaqil bajara olishdi. Bu holat an'anaviy ta'lim uslubining amaliy ko'nikmalarni shakllantirishdagi sustligini va o'quvchilarda "harakatsiz bilim" (inert knowledge) hosil qilayotganini tasdiqlaydi.

Ijodiy-loyiha mezoni doirasida o'quvchilarning kutilmagan, muammoli vaziyatlarda qaror qabul qilish va nostandart kimyoviy masalalarni yechish qobiliyati sinab ko'rildi. Masalan, ularga "Sanoat chiqindilaridan polimer materiallar olishning eng tejamkor va ekologik xavfsiz usulini loyihalash" kabi ochiq turdagi topshiriqlar berildi. Tajriba guruhidagi o'quvchilar guruhlariga bo'lingan holda ishchi daftardagi yo'riqnomalar asosida masalaga kompleks yondashdilar: kimyoviy reaksiyalar zanjirini tuzishdi (Science), ekologik monitoring texnologiyasini tanlashdi (Technology), zavod maketi sxemasini chizishdi (Engineering) va xomashyo sarfini iqtisodiy jihatdan hisoblashdi (Mathematics). Natijada, tajriba guruhining 48,5% o'quvchilari yuqori ijodiy darajani ko'rsatdi. Nazorat guruhida esa bunday integratsiyalashgan topshiriqlar bilan ishlash tajribasi bo'lmagani sababli, loyiha darajasi atigi 19,3% ni tashkil etdi [5].

Pedagogik shart-sharoitlar va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan cheklovlar muhokamasi

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyatini to'liq baholash uchun STEM ishchi daftarlarini qo'llash jarayonida yuzaga keladigan pedagogik shart-sharoitlar va cheklovlarni ham obyektiv muhokama qilish lozim.

Birinchi, STEM yondashuviga asoslangan Workbook materiallari o'quvchidan yuqori darajadagi ichki motivatsiya va mustaqillikni talab qiladi. An'anaviy darslarda o'qituvchining doimiy yo'naltirishi va tayyor axborot berishiga o'rgangan passiv o'quvchilar dastlabki bosqichlarda ishchi daftardagi ochiq va muammoli topshiriqlarni bajarishda ma'lum qiyinchiliklarga va psixologik to'siqlarga duch keldilar [12]. Bu muammoni bartaraf etish uchun o'qituvchining roli "axborot uzatuvchi" funksiyasidan "fasilitator" (yo'naltiruvchi, maslahatchi) funksiyasiga o'zgarishi lozim. O'qituvchi o'quvchiga tayyor javobni aytmasdan, uni ishchi daftardagi kerakli ma'lumotlar blokiga yoki raqamli manbaga yo'naltirishi kerak.

Ikkinchi, metodikaning muvaffaqiyati maktablarning moddiy-technologik bazasi va o'quvchilarning AKT vositalaridan foydalanish imkoniyatlari bilan ham uzviy bog'liqdir. Workbook tarkibidagi virtual laboratoriya va AR (kengaytirilgan borliq) elementlaridan foydalanish uchun sinf xonalarida kompyuter, planshet yoki o'quvchilarda smartfonlar mavjud

bo'lishi zarur [6]. Respublikamizning chekka hududlaridagi maktablarda internet tezligi yoki texnik jihozlarning yetishmasligi mazkur texnologiyaning to'liq quvvat bilan ishlashiga to'sqinlik qilishi mumkin. Ushbu cheklovni yumshatish maqsadida biz loyihalashtirgan STEM ishchi daftarida "oflayn muqobil" prinsipi joriy etildi. Ya'ni, raqamli simulyatsiyalarni bajarish imkoniyati bo'lmagan taqdirda, o'quvchilar xuddi shu muammoni oddiy qog'ozli modellar, qo'lbola laboratoriya jihozlari va maxsus grafik topshiriqlar yordamida hal qilishlari uchun muqobil variantlar ishlab chiqildi [8].

Uchinchi, o'qituvchilarning kasbiy kompetensiyasi masalasi ham muhim muhokama nuqtalaridan biridir. Ko'pgina kimyo o'qituvchilari oliy ta'lim muassasalarida an'anaviy metodika asosida tayyorlangani sababli, ularga kimyoviy muammolarni muhandislik yoki dasturlash elementlari bilan bog'lab tushuntirish qiyinchilik tug'diradi. Masalan, etanning gorelka alangasida yonishini matematik funksiya ko'rinishida ifodalash yoki sanoat qurilmasining gidrodinamik xossalarini tushuntirish o'qituvchidan qo'shimcha fanlararo bilimlarni talab etadi [10]. Shuning uchun, STEM ishchi daftarlarini keng ko'lamda amaliyotga joriy etishdan oldin o'qituvchilar uchun qisqa muddatli malaka oshirish kurslari va uslubiy qo'llanmalarni ishlab chiqish tizimli zaruriyat hisoblanadi.

Mualliflik yondashuvining boshqa tadqiqotlar bilan qiyosiy tahlili

Xalqaro va mahalliy pedagogik tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, STEM ta'limini kimyo faniga integratsiya qilish bo'yicha qator ishlar amalga oshirilgan. Biroq, aksariyat tadqiqotlarda STEM yondashuvi faqat darsdan tashqari to'garak ishlari yoki alohida qisqa muddatli loyihalar (Project-Based Learning) ko'rinishida tashkil etilgan [11]. Bizning tadqiqotimizning o'ziga xosligi va ilmiy yangiligi shundaki, STEM komponentlari bevosita Davlat ta'lim standartlari (DTS) va amaldagi o'quv dasturiga moslashtirilgan holda, har darslik tizimiga uzviy kiritiladigan kundalik ishchi daftar (Workbook) shakliga keltirildi.

Xalqaro olimlarning (masalan, Johnson va Smith) tadqiqotlarida kimyo darslarida muhandislik elementlarini qo'llash o'quvchilarning fazoviy fikrlashini 18-22% ga oshirishi isbotlangan [3]. Biz o'tkazgan tadqiqot natijalari ham ushbu ilmiy xulosalarni to'liq qo'llab-quvvatlaydi. Bizning eksperimentimizda tajriba guruhining fazoviy-konstruktorlik ko'nikmalari an'anaviy guruhga nisbatan 29,2% ga yuqoriligi aniqlandi. Bu esa ishchi daftardagi izchil tizimlilik (har bir mavzuda Science-Technology-Engineering-Mathematics zanjirining takrorlanishi) va o'quvchining har darsda amaliy faoliyat bilan band bo'lishi samaradorlikni yanada oshirishini ko'rsatadi.

Bundan tashqari, mahalliy tadqiqotchilar tomonidan kimyoviy ta'limda mustaqil ishlarni tashkil etish masalalari o'rganilgan bo'lsa-da, ularda fanlararo aloqadorlik asosan faqat biologiya yoki fizika fanlari doirasidagi nazariy ma'lumotlar bilan cheklangan [4]. Ushbu tadqiqotda qo'llanilgan STEM Workbook texnologiyasi esa kimyoni aniq va texnik fanlar (matematika, muhandislik loyihalash, AKT) bilan bog'lash orqali ta'limning amaliy, amaliy-tatbiqiy (applied science) xarakterini kuchaytirishga xizmat qildi.

Statistik ishonchlilik va yakuniy xulosalar tahlili

Pedagogik tajriba-sinov ishlari natijalarining tasodifiy emasligini va ishlab chiqilgan STEM ishchi daftarlarining samaradorligini matematik-statistik jihatdan isbotlash maqsadida Studentning t -meyonidan foydalanildi. Ikki guruh (tajriba va nazorat guruhlari) o'rtasidagi farqning ishonchlilik darajasi $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasida tekshirildi.

Statistik hisob-kitoblar shuni ko'rsatdiki, tajriba guruhi uchun hisoblangan t_{hisob} qiymati kritik qiymatdan (t_{krit}) sezilarli darajada yuqori bo'ldi ($t_{\text{hisob}} > t_{\text{krit}}$). Bu esa tajriba va nazorat guruhlaridagi o'zlashtirish va amaliy faollik ko'rsatkichlari o'rtasidagi farq tasodifiy xarakterga ega emasligini, balki bevosita o'quv jarayoniga joriy etilgan STEM ishchi daftarlari (Workbook) texnologiyasining samarasi ekanligini to'liq ilmiy jihatdan tasdiqlaydi [9].

Shunday qilib, tahlillar natijasida quyidagi qonuniyatlar aniqlandi:

1. STEM ishchi daftarlari organik kimyoning mavhum tushunchalarini vizuallashtirish orqali kognitiv o'zlashtirish darajasini oshiradi.
2. An'anaviy daftarlardan farqli o'laroq, Workbook formati dars vaqtida o'quvchilarning faol amaliy ish ko'rsatkichini 3 barobarga (12% dan 42% gacha) oshirish imkonini beradi.
3. Fanlararo integratsiya o'quvchilarda kelajakda yuqori texnologiyali ishlab chiqarish sohalarida ishlash uchun zarur bo'lgan universal (soft va hard skills) kompetensiyalarni, tizimli va tanqidiy fikrlashni shakllantiradi.

Olingan ijobiy dinamika va ilmiy-statistik asoslar organik kimyo kursida STEM ishchi daftarlarini yaratish va qo'llash metodikasini zamonaviy ta'lim tizimiga keng joriy etish zarurligini ko'rsatadi.

Xulosa

Organik kimyo darslarida STEM asosidagi ishchi daftarlarni qo'llash o'quvchilarning mustaqil amaliy faoliyatini tizimli rivojlantirishning samarali vositasi hisoblanadi. Mazkur texnologiya ta'lim oluvchilarda faqat akademik bilimlarni emas, balki muhandislik-konstruktorlik va funksional savodxonlikni shakllantiradi. Tajriba-sinov natijalari ushbu metodikaning an'anaviy dars o'tish shakllaridan ko'ra samaraliroq ekanligini va o'quvchilarning fan bo'yicha amaliy kompetensiyalarini o'rtacha 25–30% ga oshirishini ko'rsatdi. Ishlab chiqilgan metodik tavsiyalar o'rta maktablar va ixtisoslashtirilgan kimyo maktablari amaliyotida keng qo'llanilishi tavsiya etiladi.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Azizov, A. A. Kimyo o'qitish metodikasi. Toshkent: Universitet nashriyoti, 2021. – B. 45-48.
2. Ismoilov, A. X. Xalqaro dasturlar (PISA, TIMSS) va tabiiy fanlar savodxonligi. Toshkent: Sharq, 2022. – B. 112-115.
3. Johnson, R., & Smith, K. STEM Integration in High School Chemistry. New York: Academic Press, 2020. – P. 89-94.
4. Karimov, N. R. Organik kimyodan mustaqil ishlarni tashkil etish mexanizmlari // Pedagogik mahorat. – Buxoro, 2024. – № 3. – B. 76-81.
5. Miller, T. The Role of Workbooks in Autonomous Learning // Journal of Chemical Education. – 2023. – Vol. 98, No. 4. – P. 312-318.
6. Nurmatov, S. S. Kimyo ta'limida raqamli texnologiyalar va virtual laboratoriyalar // Maktab va hayot. – Toshkent, 2025. – № 2. – B. 14-17.
7. Peters, M. Engineering Practices in Secondary Science Classrooms. London: Routledge, 2021. – P. 201-205.
8. Raxmatov, U. E. Kimyoviy jarayonlarni modellashtirish usullari. Samarqand: SamDU nashriyoti, 2023. – B. 58-62.

9. Roberts, J., & Thomas, L. Mathematical Modeling in Organic Chemistry Tasks // Science & Education Review. – 2022. – Vol. 41, No. 2. – P. 145-151.
10. Tursunov, Q. M. Tabiiy fanlarni integratsiyalashgan holda o'qitish muammolari. Farg'ona: Delta, 2024. – B. 93-97.
11. White, D. STEM Project-Based Learning: An Integrated Approach. Chicago: University Press, 2020. – P. 170-176.
12. Yo'ldoshev, J. G'. Zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida darslik va qo'llanmalar yaratish metodikasi. Toshkent: O'qituvchi, 2022. – B. 124-129.

