PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI
ISSN: 3060-4923 Impact Factor –7,212

ORGANIK KIMYO DARSLARIDA STEM YONDASHUV: NAZARIYADAN AMALIY KO‘NIKMALARGA O‘TISH

Bo'riyev Rashidbek O'ktamjonovich
Andijon davlat universiteti kimyo kafedrasi.
Mustaqil tadqiqodchi (Phd)

Qirg'izov Shahobiddin Mirzaraimovich
K.f.d. professor

Annotatsiya: Ushbu maqolada oliy va o‘rta maxsus ta’lim tizimida organik kimyo fanini o‘qitishda STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) yondashuvini joriy etishning samaradorligi va uslubiy asoslari tahlil qilinadi. An’anaviy ta’lim tizimidagi quruq yodlash va nazariy umumiylikdan amaliy ko‘nikmalarni shakllantirishga o‘tish muammolari tadqiq etilgan. Kimyoviy jarayonlarni modellashtirish, laboratoriya eksperimentlarini muhandislik yechimlari bilan integratsiya qilish va axborot texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari aniq faktlar hamda xalqaro tajribalar asosida ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari STEM yondashuvining talabalar tahliliy fikrlashini rivojlantirish va fanga bo‘lgan motivatsiyasini oshirishdagi rolini ko‘rsatadi.
Kalit so‘zlar: STEM ta’lim, organik kimyo, metodologiya, laboratoriya integratsiyasi, modellashtirish, amaliy ko‘nikmalar, tanqidiy fikrlash, pedagogik texnologiyalar.

Аннотация: В данной статье анализируются эффективность и методические основы внедрения STEM-подхода (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) в преподавание органической химии в системе высшего и среднего специального образования. Исследуются проблемы перехода от механического заучивания и теоретических обобщений в традиционной системе образования к формированию практических навыков. На основе конкретных фактов и международного опыта рассматриваются возможности моделирования химических процессов, интеграции лабораторных экспериментов с инженерными решениями и использования информационных технологий. Результаты исследования демонстрируют роль STEM-подхода в развитии аналитического мышления студентов и повышении их мотивации к изучению предмета.
Ключевые слова: STEM-образование, органическая химия, методология, интеграция лабораторий, моделирование, практические навыки, критическое мышление, педагогические технологии.

Abstract: This article analyzes the effectiveness and methodological foundations of implementing the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach in teaching organic chemistry within the higher and secondary specialized education systems. It explores the challenges of transitioning from rote memorization and theoretical generalization in traditional education to the development of practical skills. Based on concrete facts and international experiences, the opportunities for modeling chemical processes, integrating laboratory experiments with engineering solutions, and utilizing information technologies are examined. The research findings demonstrate the role of the STEM approach in developing students' analytical thinking and increasing their motivation toward the subject.
Keywords: STEM education, organic chemistry, methodology, laboratory integration, modeling, practical skills, critical thinking, pedagogical technologies.

Kirish

Zamonaviy ta’lim tizimi oldida turgan eng muhim vazifalardan biri talabalarga faqatgina nazariy bilimlarni berish emas, balki ularda mehnat bozorida raqobatbardosh bo‘la oladigan amaliy ko‘nikmalarni shakllantirishdir. Organik kimyo fani o‘zining murakkab strukturaviy tuzilishi, reaksiyalar mexanizmlarining ko‘pligi va yuqori darajadagi mavhumlik xususiyati tufayli ko‘pincha talabalar tomonidan o‘zlashtirilishi qiyin bo‘lgan fanlardan biri hisoblanadi [1]. An’anaviy o‘qitish metodikasi asosan formulalarni yodlash va tayyor laboratoriya shablonlarini bajarishga asoslangan bo‘lib, bu yondashuv talabalarda fanlararo bog‘liqlikni ko‘rish hamda real ishlab chiqarish muammolarini hal qilish qobiliyatini cheklaydi.

STEM (Fan, Texnologiya, Muhandislik va Matematika) yondashuvi ta’limni fundamental fanlar kesishmasida tashkil etish, nazariyani amaliyot va ishlab chiqarish bilan bog‘lash imkonini beruvchi samarali pedagogik vositadir [2]. Organik kimyoni STEM kontekstida o‘qitish – kimyoviy jarayonlarni matematik modellashtirish, molekulalarni 3D formatda muhandislik loyihalash va sintez jarayonlarida raqamli texnologiyalarni qo‘llash orqali amalga oshiriladi. Bu esa o‘z navbatida ta’lim oluvchilarning passiv tinglovchidan aktiv tadqiqotchiga aylanishini ta’minlaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi organik kimyo darslarida STEM yondashuvini qo‘llashning metodologik asoslarini ishlab chiqish va uning talabalarning amaliy ko‘nikmalarini shakllantirishdagi samaradorligini real pedagogik tajriba hamda statistik ma’lumotlar asosida baholashdan iborat.

Metodologiya

Tadqiqot jarayonida organik kimyo kursida STEM yondashuvini tatbiq etish samaradorligini tekshirish maqsadida pedagogik eksperiment va qiyosiy tahlil metodlaridan foydalanildi. Eksperiment OTMlarning kimyo va kimyo-texnologiya yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalar ishtirokida tashkil etildi. Talabalar ikki guruhga ajratildi:

- **Nazorat guruhi:** An’anaviy ma’ruza va klassik laboratoriya mashg‘ulotlari uslubida o‘qitildi.
- **Eksperimental guruh:** STEM modullari integratsiya qilingan dastur asosida o‘qitildi.

STEM yondashuvi doirasida o‘quv jarayoniga quyidagi pedagogik va texnologik komponentlar kiritildi:

- **Fan (Science):** Organik birikmalar sintezi, gidroliz, polimerlanish va kondensatlanish reaksiyalarining nazariy mexanizmlarini chuqur o‘rganish.
- **Texnologiya (Technology):** Reaksiya unumdorligini hisoblash va kimyoviy jarayonlarni kuzatishda zamonaviy dasturiy ta’minotlardan (ChemDraw, HyperChem) hamda virtual laboratoriya simulyatsiyalaridan (PhET virtual labs) foydalanish [3].
- **Muhandislik (Engineering):** Laboratoriya qurilmalarini mustaqil loyihalash, moddalarni tozalash (distillash, ekstraksiya) uchun optimal texnik tizimlarni yaratish vazifalari.
- **Matematika (Mathematics):** Reaksiyalar kinetikasi, termodinamik hisob-kitoblar va olingan mahsulot unumini statistik tahlil qilish (stoxastik va chiziqli tenglamalar yordamida) [4].

Eksperiment yakunida talabalarning nazariy bilim darajasi, amaliy laboratoriya ko‘nikmalari va muammoli vaziyatlarni hal qilish (Problem-solving) qobiliyatlari maxsus testlar hamda Keys-stadi (Case-study) topshiriqlari yordamida baholandi. Statistik ma’lumotlar Studentning t-meyoni yordamida tahlil qilindi.

Natijalar

O‘tkazilgan pedagogik tadqiqotlar va yakuniy nazorat natijalari shuni ko‘rsatdiki, STEM yondashuvi asosida o‘qitilgan eksperimental guruh talabalarining ko‘rsatkichlari an’anaviy guruhga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo‘ldi.

Quyidagi jadvalda ikki guruh talabalarining baholash mezonlari bo‘yicha o‘rtacha o‘zlashtirish ko‘rsatkichlari (100 ballik tizimda) keltirilgan:

Baholash mezonlari	Nazorat guruhi (An’anaviy)	Eksperimental guruh (STEM)	Farq (%)
Nazariy bilimlarni o‘zlashtirish	72.4	84.6	+12.2
Laboratoriya asboblari bilan ishlash ko‘nikmasi	65.8	89.2	+23.4
Kimyoviy jarayonlarni modellashtirish	54.2	81.5	+27.3
Muammoli vaziyatlarni yechish (Problem-solving)	58.1	86.4	+28.3
Matematik hisob-kitoblar va statistik tahlil	68.3	82.1	+13.8

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, eng katta o‘sish muammoli vaziyatlarni yechish (+28.3%) va kimyoviy jarayonlarni modellashtirish (+27.3%) yo‘nalishlarida kuzatildi. Bu bevosita STEM metodologiyasining talabalarda mustaqil loyihalash va tahlil qilish kompetensiyalarini shakllantirishga qaratilganligi bilan izohlanadi.

Shuningdek, talabalarning darslarga qatnashish va fanga bo‘lgan qiziqish motivatsiyasi darajasi anonim so‘rovnomalar orqali o‘rganilganda, eksperimental guruhda ijobiy ko‘rsatkich 92% ni, nazorat guruhida esa 64% ni tashkil etdi [5].

Tahlil va muhokama

Organik kimyo darslarida fundamental nazariyadan amaliy ko‘nikmalarga o‘tish muammosi ko‘p yillar davomida oliy ta’lim uslubiyotining eng zaif nuqtalaridan biri bo‘lib kelgan. An’anaviy pedagogik yondashuvda talabalar uglevodorodlar, funksional guruhlar va ularning reaksion qobiliyatlarini asosan yodlash sxemalari orqali o‘zlashtiradilar. Masalan, alkanlarning radikal o‘rin almashish (S_R), alkenlarning elektrofil birikish (A_E) yoki aromatik birikmalarning elektrofil o‘rin almashish (S_E) reaksiyalari mexanizmlari qog‘ozda chizib ko‘rsatilganida, ko‘p hollarda talabalar uchun statik, ya’ni harakatsiz chizmalar bo‘lib qolaveradi [1]. STEM yondashuvining bosh maqsadi esa ana shu statik jarayonlarni dinamik, ko‘p o‘lchamli va muhandislik-texnologik jarayon sifatida qayta shakllantirishdir.

Eksperimental guruhda qo‘llanilgan STEM modullarining birinchi va eng muhim bosqichi – bu kimyoviy jarayonlarni vizuallashtirish va raqamli modellashtirish texnologiyalaridir. Zamonaviy organik kimyoda submikroskopik darajani (molekula va atomlar darajasini) tushunish birinchi darajali ahamiyatga ega. Kimyoviy bog‘larning uzunligi, valent burchaklari, elektron zichlikning taqsimlanishi va molekulalararo kuchlar induktiv va mezomer effektlarni belgilab beradi. An’anaviy ta’lim olgan nazorat guruhida talabalarning faqatgina 54.2 foizi moddalarning fazoviy tuzilishini reaksion qobiliyat bilan bog‘lay olgan bo‘lsa, eksperimental guruhda bu ko‘rsatkich 81.5 foizni tashkil etdi.

Ushbu keskin farq dasturiy vositalar (ChemDraw, HyperChem, Biovia Draw) va virtual platformalardan tizimli foydalanish natijasidir [3]. Talabalar, masalan, siklogeksan molekulasining "stul" va "vanna" konformatsiyalarini shunchaki kitobda ko‘rmasdan, HyperChem dasturida ularning energetik stabilligini kvant-kimyoviy hisob-kitoblar (semi-empirik metodlar) yordamida aniqladilar. Energetik minimal holatni hisoblash jarayonida talabalar fizika (termodinamika, potensial energiya)

va matematika (matritsalar va differensial tenglamalar) fanlarining kimyoviy xossalar bilan qanchalik uzviy bog‘liqligini amalda ko‘rdilar. S_N1 va S_N2 (nukleofil o‘rin almashish) mexanizmlarini tahlil qilishda karbkationlarning stabilligi (birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi) elektron bulutlarning giperkonyugatsiyasi dastur yordamida vizuallashtirildi [6]. Bu talabalarga reaksiyaning qaysi yo‘nalishda ketishini oldindan bashorat qilish imkonini berdi.

Laboratoriya amaliyoti ta’limning ushbu modelida tubdan o‘zgardi. An’anaviy laboratoriya darslarida "retsept uslubi" ustunlik qiladi: talabaga tayyor reaktivlar, tayyor shisha idishlar va bosqichma-bosqich ko‘rsatma (masalan, 5 ml etanol va 5 ml sirka kislotasini aralashtiring, katalizator qo‘shing va qizdiring) beriladi [7]. Bunday mexanik yondashuv talabada tadqiqotchilik ko‘nikmalarini o‘stirmaydi. STEM metodologiyasida esa laboratoriya ishlari muammoli muhandislik topshiriqlari (Engineering Challenges) ko‘rinishida tashkil etildi.

Masalan, etilatsetat sintezi mavzusida talabalarga tayyor ko‘rsatma berilmasdan, unumdorlikni oshirish uchun optimal texnologik reaktor modelini loyihalash vazifasi qo‘yildi [8]. Talabalar Le Shatelye prinsipini amalda qo‘llash uchun reaksiyadan suvni uzluksiz chiqarib tashlash (Diyen-Stark apparati yordamida) yoki komponentlardan birini ortiqcha miqdorda olish zarurligini muhandislik nuqtai nazaridan asoslab berishlari kerak edi. Bu jarayonda muhandislik (Engineering) komponenti to‘liq namoyon bo‘ldi: talabalar laboratoriya qurilmasini mustaqil ravishda yig‘dilar, issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarini boshqarish uchun termostatlar va deflegmatorlarning ishlash prinsiplarini o‘rgandilar. Natijada, laboratoriya asboblari bilan ishlash ko‘nikmasi eksperimental guruhda 89.2 foizga yetdi (nazorat guruhida 65.8 foiz).

Tahlil jarayonida matematik apparatning (Mathematics) kimyoviy eksperimentlarga integratsiyasi ham alohida o‘rganildi. Kimyoviy kinetika va kimyoviy muvozanat doimiyligini hisoblash ko‘p yillar davomida talabalar uchun eng qiyin matematik to‘siqlardan biri bo‘lib kelgan [4]. STEM darslarida talabalar tajriba davomida har 10 minutda reaksiya aralashmasidan namuna olib, uning konsentratsiyasini titrlash yoki refraktometrik usulda aniqladilar. Olingan eksperimental nuqtalar asosida talabalar vaqtga bog‘liq ravishda konsentratsiya o‘zgarishi grafigini chizdilar va reaksiyaning tartibini (birinchi yoki ikkinchi tartibli) aniqlash uchun logarifmik tenglamalardan foydalan dilar [9]. Bu yondashuv matematik formulalarning shunchaki mavhum sonlar emas, balki real vaqt rejimida shisha idish ichida sodir bo‘layotgan jarayonning aniq ifodasi ekanligini anglashga yordam berdi.

Ushbu metodologiyaning amaliy samaradorligini tahlil qilish uchun "Problem-solving" (Muammoli vaziyatlarni yechish) kompetensiyasi ko‘rsatkichlariga e’tibor qaratish lozim. Nazorat guruhida bu ko‘rsatkich 58.1 foizni tashkil etgan bo‘lsa, eksperimental guruhda 86.4 foizga ko‘tarildi (eng yuqori farq: +28.3%). Bu farq bevosita Keys-stadi (Case-study) topshiriqlarining natijasidir. Talabalarga "Agar siz dori vositalari sintezi zavodida texnolog bo‘lsangiz, aspirin sintezida unum pasayib ketishining sabablarini qanday aniqlaysiz?" degan mazmundagi real ishlab chiqarish muammolari berildi [10]. STEM guruh talabalari muammoni tizimli ravishda tahlil qildilar: salitsil kislotasi va sirka angidridining tozalik darajasi (Fan), reaktor ichidagi harorat o‘zgarishi grafigi (Muhandislik), namlik miqdorini aniqlash usullari (Texnologiya) va xatoliklar hisobi (Matematika). An’anaviy guruh talabalari esa asosan faqatgina reaksiya tenglamasini yozish va undagi nazariy hisob-kitoblar bilan cheklanib qoldilar.

Biroq, eksperiment natijalarini muhokama qilish jarayonida ta’lim tizimida STEM yondashuvini keng ko‘lamda qo‘llash bilan bog‘liq bir qator ob’ektiv qiyinchiliklar va muammolar ham aniqlandi [11]. Birinchidan, ushbu metodologiya dars soatlarini taqsimlashda katta moslashuvchanlikni talab qiladi. An’anaviy 80 minutlik dars formati (para) talabaga bir vaqtning o‘zida ham nazariyani o‘rganish, ham kompyuterda modellashtirish va ham laboratoriyada muhandislik yechimini sinab ko‘rish uchun yetarli emas. STEM loyihalarini muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun blok-modulli dars tizimini (kamida 3-4 akademik soatlik uzluksiz darslar) joriy etish zarur.

Ikkinchidan, moddiy-texnika bazasining holati muhim to‘siq hisoblanadi. Kompyuter sinflarida litsenziyalangan kimyoviy-dasturiy ta’minotlarning mavjudligi va laboratoriyalarning zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil asboblari (spektrofotometrlar, gaz xromatograflari, raqamli datchiklar) bilan ta’minlanganligi xalqaro miqyosda ham eng dolzarb muammolardan biri bo‘lib qolmoqda [11]. Virtual laboratoriyalar (PhET, Labster) real asboblarning o‘rnini qisman bossa-da, talabada haqiqiy laboratoriya idishlari, zaharli moddalar va qizdirish qurilmalari bilan ishlashdagi mexanik va xavfsizlik ko‘nikmalarini to‘liq shakllantira olmaydi.

Uchinchidan, kadrlar muammosi yoki professor-o‘qituvchilarning fanlararo integratsiyaga tayyorlik darajasidir [2]. Ko‘pgina kimyo o‘qituvchilari chuqur kimyoviy bilimga ega bo‘lsalar-da, murakkab dasturlash va muhandislik asoslarini yoki oliy matematikaning zamonaviy statistik paketlarini (masalan, R yoki Python yordamida kimyoviy ma’lumotlarni tahlil qilish) yetarli darajada bilmasliklari mumkin. Aksincha, matematika yoki axborot texnologiyalari mutaxassislari organik kimyoning o‘ziga xos murakkab mexanizmlaridan uzoqdir. Shu sababli, oliy ta’lim tizimida kimyo, fizika, muhandislik va matematika kafedralari o‘rtasida "kolaborativ" (hamkorlikdagi) pedagogik jamoalarni shakllantirish zarurati tug‘iladi.

Olingan statistik natijalar talabalarning fanga bo‘lgan qiziqishi va ichki motivatsiyasi dinamikasini ham ochib berdi. So‘rovnoma natijalariga ko‘ra, STEM guruhidagi talabalarning 92 foizi ushbu uslubda o‘tilgan darslarda charchoq his qilmaganliklarini va dars vaqti qanday o‘tganini sezmay qolganliklarini ta’kidlashgan [5]. Bu holat miya faoliyatining neyropedagogik xususiyatlari bilan izohlanadi: talaba darsda faqat tinglovchi emas, balki yaratuvchi (konstruktor, loyihachi) sifatida ishtirok etganda, dopamin gormoni ajralishi va diqqatni jamlash darajasi maksimal darajaga ko‘tariladi [5].

Xalqaro tajribalar bilan qiyoslaganda, AQSh va Yevropa Ittifoqi universitetlarida organik kimyo kursining deyarli 40 foizi STEM va Project-Based Learning (Loyihaga asoslangan ta’lim) prinsiplariga o‘tkazilgan [2]. Bizning tadqiqotimiz mazkur xalqaro standartlarni milliy oliy ta’lim tizimiga moslashtirish imkoniyatlarini ko‘rsatdi. Organik kimyo ta’limini isloh qilish, nafaqat darsliklar mazmunini yangilash, balki dars berish metodologiyasini ham texnologik va muhandislik talablariga moslash demakdir.

Xulosa

Organik kimyo ta’limida STEM yondashuvini qo‘llash nazariy bilimlarni real amaliy ko‘nikmalarga aylantirishning eng samarali strategiyalaridan biridir. O‘tkazilgan pedagogik eksperiment natijalari STEM metodikasi yordamida o‘qitilgan talabalarning nafaqat kimyoviy fundamental bilimlari, balki muhandislik-konstruktorlik va matematik-tahliliy qobiliyatlari ham sezilarli darajada o‘sganligini isbotladi.

STEM yondashuvi ta’lim oluvchilarda XXI asr ko‘nikmalari hisoblangan tanqidiy fikrlash, muammolarni mustaqil hal etish va jamoada ishlash kompetensiyalarini rivojlantiradi. Kelgusida oliy ta’lim muassasalarida organik kimyo fanining o‘quv dasturlarini STEM modullari asosida qayta ko‘rib chiqish, virtual va real laboratoriyalarni integratsiyalash hamda o‘qituvchilarning ushbu yo‘nalishdagi malakasini oshirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Avvomov, N. R. Kimyo o‘qitish metodikasi va zamonaviy yondashuvlar. Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – B. 45-52.
2. Johnson, M. & Smith, K. STEM Integration in Higher Education Chemistry Courses. Journal of Chemical Education, 2019. – Vol. 96, No. 4. – P. 612-620.
3. Karimov, S. A. Organik kimyoda kompyuter modellashtirish dasturlaridan foydalanish. O‘zbekiston kimyo jurnali, 2022. – № 2. – B. 18-24.
4. Miller, T. Mathematical Modeling in Organic Reaction Kinetics. New York: Academic Press, 2020. – P. 112-130.

5. Peterson, L. Student Motivation and Critical Thinking in STEM-based Chemistry Labs. International Journal of STEM Education, 2018. – Vol. 5, Article No. 14. – P. 89-101.
6. Roberts, D. & Thomas, G. Advanced Organic Chemistry: Principles and Mechanisms. London: Pearson, 2017. – P. 304-315.
7. Toshmatov, E. O. Oliy ta’limda integratsiyalashgan ta’lim tizimini tashkil etish muammolari. Pedagogika va psixologiya tadqiqotlari, 2023. – T. 14, № 3. – B. 77-85.
8. White, B. Engineering Perspectives in Chemical Synthesis. Chemical Engineering Progress, 2021. – Vol. 117, No. 8. – P. 44-51.
9. Xalilov, M. M. Kimyoviy jarayonlar iqtisodiyoti va matematik hisob-kitoblar. O‘zbekiston iqtisodiy axborotnomasi, 2020. – № 5. – B. 63-69.
10. Zaripov, J. T. Laboratoriya mashg‘ulotlarida innovatsion texnologiyalar. Ta’lim texnologiyalari, 2022. – № 1. – B. 32-38.
11. Davis, R., & Green, S. Challenges of Implementing STEM Curriculum in Developing Countries. Journal of Science Education and Technology, 2019. – Vol. 28, No. 6. – P. 551-563.
12. Yuldashev, Q. X. Organik sintez va sanoat integratsiyasi. Toshkent: Universitet, 2024. – B. 140-155.