e-ISSN 3060-5059
DOI: 10.67227

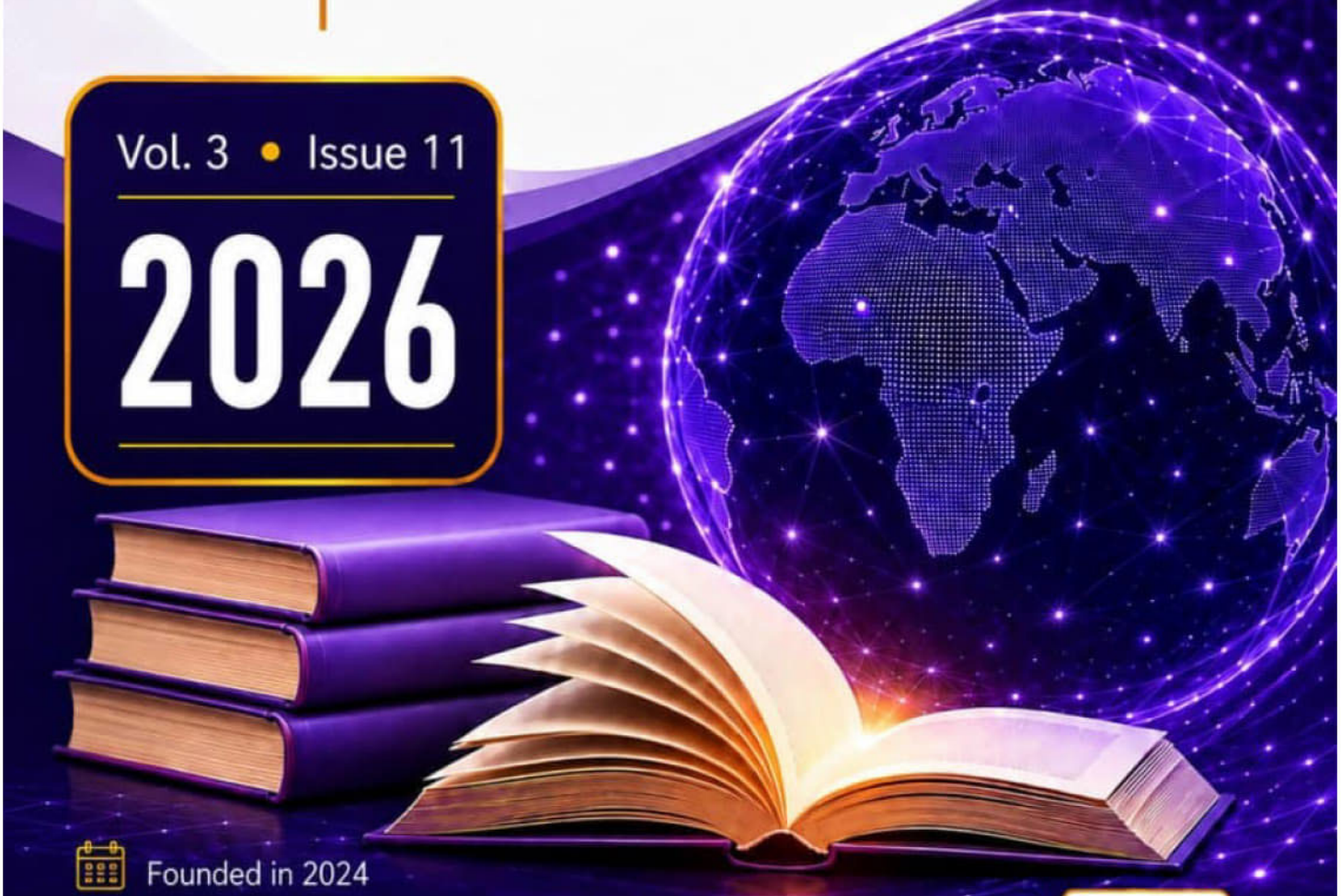
# IJTIMOIY-GUMANITAR SOHADA ILMIY-INNOVATSION TADQIQOTLAR

ILMIY METODIK JURNAL

Scientific and Innovative Research in Social and Humanitarian Studies

Vol. 3 • Issue 11

2026



Founded in 2024

publishscience.uz | publish_science_journal@mail.ru

PEER REVIEWED • OPEN ACCESS

ISSN 3060-5059 (Online)
**Article / Original paper** https://doi.org/10.67227/dg3n9440

# 10–11-SINFLARDA ORGANIK KIMYONI O‘QITISHDA OLIMPIADA TOPSHIRIQLARI VA STEAM YONDASHUVINI INTEGRATSIYALASH: USNCO TOPSHIRIQLARI KONTENT-TAHLILIGA ASOSLANGAN METODIK MODEL

**Bo‘riyev Rashidbek O‘ktamjonovich**
Andijon davlat universiteti, mustaqil izlanuvchi.
**e-mail:** zbmbuzsertifikat@gmail.com **ORCID**: https://orcid.org/0009-0000-6718-2230

**Annotatsiya.**
Maqolada 10–11-sinflarda organik kimyoni o‘qitishda olimpiada topshiriqlari va STEAM yondashuvini integratsiyalashning nazariy-metodik asoslari ishlab chiqildi. Tadqiqot materiali sifatida American Chemical Society tomonidan e’lon qilingan 2022–2025-yillardagi USNCO National Exam Part I ning “Organic/Biochemistry” blokidagi 24 ta topshiriq kontent-tahlildan o‘tkazildi. Kodlash jarayonida 19 ta (79,2 %) organik, 4 ta (16,7 %) biokimyoviy va 1 ta (4,2 %) gibrid topshiriq ajratildi. Muallif tomonidan amalga oshirilgan kodlash natijalariga ko‘ra, barcha topshiriqlar yopiq test formatida bo‘lsa-da, ulardan 22 tasi molekulyar yoki raqamli modellashtirish faoliyatiga, 17 tasi tajriba yoki virtual laboratoriya faoliyatiga, 10 tasi esa muhandislik optimallashtirish faoliyatiga aylantirish uchun mos deb baholandi. Olimpiada topshirig‘ini ochiq STEAM loyihasiga aylantirishning sakkiz bosqichli algoritmi va dastlabki 100 ballik kompetensiyaviy baholash tizimi taklif etildi. Modelni ekspertiza, pilot sinov va kvazi-eksperimental tadqiqot orqali validatsiyalash dasturi asoslandi. Tadqiqotda empirik pedagogik intervensiya natijalari taqdim etilmaydi.

**Kalit so‘zlar:** organik kimyo, kimyo olimpiadasi, STEAM ta’limi, loyiha asosida o‘qitish, organik sintez, kompetensiyaviy baholash, muhandislik loyihasi.

# ИНТЕГРАЦИЯ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ И STEAM-ПОДХОДА В ПРЕПОДАВАНИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В 10–11-Х КЛАССАХ: МЕТОДИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НА ОСНОВЕ КОНТЕНТ-АНАЛИЗА ЗАДАНИЙ USNCO

**Буриев Рашидбек Уктамжонович**
Андижанский государственный университет, независимый исследователь.

**Аннотация.**
В статье разработаны теоретико-методические основы интеграции олимпиадных заданий и STEAM-подхода в преподавание органической химии в 10–11-х классах. В качестве исследовательского материала проведён контент-анализ 24 заданий блока «Organic/Biochemistry» первой части национального экзамена USNCO (National Exam Part I) за 2022–2025 годы, опубликованных Американским химическим обществом (American Chemical Society). В процессе кодирования выделены 19 заданий (79,2 %) по органической химии, 4 задания (16,7 %) по биохимии и 1 гибридное задание (4,2 %). Согласно результатам авторского кодирования, несмотря на то что все задания представлены в формате закрытых тестов, 22 из них признаны пригодными для преобразования в деятельность по молекулярному или цифровому моделированию, 17 — в экспериментальную или виртуальную лабораторную деятельность, а 10 — в деятельность по инженерной оптимизации. Предложены восьмиэтапный алгоритм преобразования олимпиадного задания в открытый STEAM-проект и предварительная 100-балльная система компетентностного оценивания. Обоснована программа валидации модели посредством экспертной оценки, пилотного испытания и квазиэкспериментального исследования. В исследовании не представлены результаты эмпирической педагогической интервенции.

**Ключевые слова:** органическая химия, химическая олимпиада, STEAM-образование, проектное обучение, органический синтез, компетентностное оценивание, инженерный проект.

# INTEGRATING CHEMISTRY OLYMPIAD PROBLEMS AND THE STEAM APPROACH INTO ORGANIC CHEMISTRY TEACHING IN GRADES 10–11: A METHODOLOGICAL MODEL BASED ON CONTENT ANALYSIS OF USNCO PROBLEMS

**Bo‘riyev Rashidbek O‘ktamjonovich**
Andijan State University, Independent Researcher.

**Abstract.**
The article develops the theoretical and methodological foundations for

ISSN 3060-5059 (Online)

integrating Chemistry Olympiad problems and the STEAM approach into organic chemistry teaching in grades 10–11. The research material consisted of 24 problems from the “Organic/Biochemistry” section of the USNCO National Exam Part I for 2022–2025, published by the American Chemical Society, which were subjected to content analysis. The coding process identified 19 organic chemistry problems (79.2%), 4 biochemistry problems (16.7%), and 1 hybrid problem (4.2%). According to the author's coding results, although all problems were presented in a closed-ended multiple-choice format, 22 were assessed as suitable for transformation into molecular or digital modeling activities, 17 into experimental or virtual laboratory activities, and 10 into engineering optimization activities. An eight-stage algorithm for transforming Olympiad problems into open-ended STEAM projects and a preliminary 100-point competency-based assessment system were proposed. A program for validating the model through expert evaluation, pilot testing, and quasi-experimental research was substantiated. The study does not present the results of an empirical pedagogical intervention.

**Keywords:** organic chemistry, Chemistry Olympiad, STEAM education, project-based learning, organic synthesis, competency-based assessment, engineering project.

**Kirish**. Zamonaviy kimyo ta’limida o‘quvchining tayyor nazariy ma’lumotlarni eslab qolish bilan cheklanmasdan, ularni yangi va nostandart vaziyatlarda qo‘llashi, muammoni tarkibiy qismlarga ajratishi, ilmiy gipoteza ilgari surishi, yechim strategiyasini tanlashi hamda natijani dalillar asosida baholashi muhim hisoblanadi. Organik kimyoda modda tuzilishi, kimyoviy bog‘lanish, izomeriya, reaksiya mexanizmi, sintez, stexiometriya va moddalarning amaliy qo‘llanilishi o‘zaro uzviy bog‘langan. Shu sababli fanni samarali o‘qitish reproduktiv bilim bilan bir qatorda tahliliy, algoritmik, tadqiqotchilik va kreativ fikrlashni ham talab etadi [12–14].

Kimyo olimpiadasi topshiriqlari murakkab kimyoviy vaziyatni tahlil qilish, bir nechta qonuniyatni birgalikda qo‘llash, yashirin bog‘lanishlarni aniqlash va optimal yechimni asoslashga yo‘naltiriladi. Organik kimyoga oid olimpiada masalalarida molekulyar yoki strukturaviy formulani aniqlash, izomerlarni yozish, reaksiya mahsulotini bashorat qilish, ko‘p bosqichli sintez zanjirini tuzish, mexanizmni izohlash va miqdoriy hisoblashlarni bajarish talab etiladi. Xalqaro kimyo olimpiadasi tajribasida nazariy va amaliy-laboratoriya faoliyatining uyg‘unligi kimyoviy bilimni nafaqat formulalar darajasida, balki eksperimental qarorlar orqali ham namoyon etish zarurligini ko‘rsatadi [1].

An’anaviy olimpiada tayyorgarligida asosiy e’tibor ko‘pincha to‘g‘ri javob va yechim algoritmiga qaratiladi. Mazkur yondashuv fan mazmunini chuqur o‘zlashtirishga xizmat qilsa-da, o‘quvchining tajribani mustaqil loyihalashi, raqamli vositalardan foydalanishi, texnologik jarayonni optimallashtirishi, xavfsizlik va ekologik omillarni hisobga olishi hamda o‘z yechimini vizual va og‘zaki shaklda himoya qilishi kabi kompetensiyalarini to‘liq namoyon etmasligi mumkin. Shu bois olimpiada topshirig‘ining mazmuniy murakkabligini saqlagan holda uni real hayotiy muammo, tajriba, muhandislik qarori va ijodiy mahsulot bilan bog‘lash zarurati yuzaga keladi.

STEAM yondashuvi fan, texnologiya, muhandislik, san’at va matematikani yagona muammoli faoliyat doirasida birlashtiradi. Loyiha va izlanishga asoslangan ta’lim o‘quvchini tayyor ma’lumotni qabul qiluvchidan muammoni o‘rganuvchi, tajribani rejalashtiruvchi, model yaratuvchi, texnologik yechim taklif qiluvchi va natijasini himoya qiluvchi faol subyektga aylantiradi [2–10]. Biroq STEAM loyihalarida fan mazmunining yuzakilashib ketishi, san’at komponentining faqat bezakka aylanishi va fanlararo natijalarni obyektiv baholashning murakkabligi metodik muammo bo‘lib qolmoqda [6, 9–11].

Olimpiada va STEAM yondashuvlari o‘rtasida umumiy jihatlar mavjud: har ikkisi muammoli vaziyatni tahlil qilish, bilimlarni integratsiyalash, muqobil yechimlarni solishtirish, miqdoriy hisoblash, modellashtirish va asoslangan xulosa chiqarishga tayanadi. Farqi shundaki, olimpiada topshirig‘i ko‘proq individual intellektual faoliyat va fan mazmunining chuqurligini ta’minlasa, STEAM bilimni tajriba, texnologiya, muhandislik, hamkorlik va kommunikatsiya orqali amaliy mahsulotga aylantiradi. Ularning integratsiyasi olimpiadaviy fikrlashning ilmiy chuqurligi bilan STEAM faoliyatining amaliy va fanlararo xususiyatlarini birlashtirish imkonini beradi.

Bunday integratsiyada olimpiada masalasi yakuniy javob topishga yo‘naltirilgan yopiq topshiriq bo‘lib qolmaydi. U o‘quvchi reagent, tajriba sharoiti, sintez yo‘li, modellashtirish vositasi, xavfsizlik chorasi yoki yakuniy mahsulot shaklidan kamida bittasini mustaqil tanlaydigan ochiq loyiha vaziyatiga aylantiriladi. Masalan, molekulyar formulaga mos izomerlarni aniqlash topshirig‘i ularning fazoviy modellarini yaratish, fizik xossalarini solishtirish va amaliy ahamiyatini tushuntirish bilan; ko‘p bosqichli sintez masalasi esa unum, atom iqtisodiyoti, energiya sarfi, reagent xavfsizligi va chiqindi miqdorini hisobga olgan muhandislik vazifasi bilan boyitiladi [15–16].

Mahalliy pedagogik amaliyotda kimyo olimpiadasiga tayyorlash va STEAM loyihalarini tashkil etish ko‘pincha bir-biridan alohida faoliyat sifatida olib boriladi. Olimpiada mashg‘ulotlarida murakkab nazariy va hisoblash masalalari ustuvor bo‘lsa, ayrim STEAM loyihalarida kimyoviy mazmunning chuqurligi, reaksiya mexanizmi va miqdoriy dalillash yetarli namoyon bo‘lmasligi mumkin. Mazkur qarama-qarshilik olimpiada topshiriqlarining mazmuniy chuqurligini saqlaydigan hamda ularni tajriba, modellashtirish, muhandislik va kommunikatsiya faoliyati bilan bog‘laydigan yaxlit metodik modelni ishlab chiqishni talab etadi.

Tadqiqotning maqsadi — umumiy o‘rta ta’lim maktablarining 10–11-sinflarida organik kimyoni o‘qitishda olimpiada topshiriqlari va STEAM yondashuvini integratsiyalashning metodik modelini ishlab chiqish, uning tarkibiy bosqichlari, topshiriqlar tizimi, ta’lim jarayoniga joriy etish mexanizmi va kompetensiyaviy baholash mezonlarini asoslashdan iborat.

ISSN 3060-5059 (Online)

Tadqiqot maqsadiga muvofiq quyidagi vazifalar belgilandi:

1. Organik kimyo olimpiada topshiriqlarining didaktik imkoniyatlarini tahlil qilish;
2. Olimpiada ta'limi va STEAM yondashuvining umumiy hamda farqli xususiyatlarini aniqlash;
3. Olimpiada topshirig'ini ochiq STEAM loyihasiga aylantirish algoritmini ishlab chiqish;
4. Integratsiyalashgan mashg'ulot bosqichlari va o'quvchi faoliyatlarini belgilash;
5. Kompetensiyaviy baholash mezonlari va modelni validatsiyalash dasturini ishlab chiqish.

**MATERIALLAR VA METODLAR**

Tadqiqot dizayni

Tadqiqot nazariy-metodik, konstruktiv va qiyosiy dizayn asosida amalga oshirildi. Unda organik kimyo olimpiada topshiriqlariga xos masala turlari STEAM ta'limining fanlararo, loyihaviy va muhandislikka yo'naltirilgan tamoyillari bilan konseptual jihatdan qiyoslandi. Pedagogik modellashtirish orqali yakuniy javobga yo'naltirilgan masalani real muammo, tajriba, raqamli modellashtirish, muhandislik qarori va ilmiy kommunikatsiyani birlashtiruvchi ochiq loyiha topshirig'iga aylantirish mexanizmi ishlab chiqildi.

Mazkur ishda yangi ishtirokchilar jalb etilgan pedagogik tajriba o'tkazilmadi. Shu sababli maqolada o'quvchilarning o'zlashtirish ko'rsatkichlari, tajriba va nazorat guruhlari natijalari yoki statistik samaradorlik haqidagi empirik da'volar keltirilmaydi. Taklif etilayotgan model nazariy-metodik konstruksiya bo'lib, uning amaliy samaradorligi keyingi ekspertiza, pilot sinov va kvazi-eksperimental tadqiqotlarda tekshirilishi ko'zda tutilgan.

**TADQIQOT MATERIALLARI VA TAHLIL BIRLIKLARI**

Tadqiqotning olimpiada topshiriqlari korpusi American Chemical Society (ACS) tomonidan rasmiy ravishda e'lon qilingan U.S. National Chemistry Olympiad (USNCO) National Exam Part I ning 2022, 2023, 2024 va 2025-yil variantlaridan shakllantirildi. ACS imtihon spetsifikatsiyasida 55–60-savollar "Organic/Biochemistry" blokiga ajratilgani sababli har bir yil uchun 6 tadan, jami 24 ta topshiriq to'liq qamrov usulida korpusga kiritildi [28]. Korpusga kiritish mezonlari: (1) materialning ACS rasmiy imtihon fayli bo'lishi; (2) 2022–2025-yillar oralig'iga tegishliligi; (3) Part I qismidagi 55–60-raqamli organik/biokimyoviy blokka kirishi. Yillar kesimidagi mazmuniy takrorlanishlar chiqarib tashlanmadi, chunki korpusda olimpiada mazmunining real xilma-xilligini saqlash ko'zda tutildi. Har bir topshiriq kimyoviy yadro, talab qilinadigan fikrlash operatsiyasi, ochiqlik darajasi, tajriba yoki raqamli modellashtirishga transformatsiya imkoniyati, muhandislik cheklovi, matematik dalillash va yakuniy mahsulot turi bo'yicha kodlandi. Ushbu 24 ta topshiriq olimpiadalar chastotasi haqida statistik xulosa chiqarish uchun emas, balki metodik model konstruksiyasini dalillash uchun kontent-tahlil korpusi sifatida qo'llandi.

**Kodlash kitobi va audit tartibi**

Har bir topshiriq oldindan tuzilgan kod kitobi asosida kodlandi. Fan sohasi uch toifada belgilandi: (1) organik kimyo — yechim organik birikmaning tuzilishi, stereokimyosi, reaktivligi yoki tahliliga tayangan topshiriqlar; (2) biokimyo — biomolekula, biopolimer yoki biologik funksiya markaziy bo'lgan topshiriqlar; (3) gibrid organik–biokimyo — organik reaksiya bilan biologik katalizator yoki biologik kontekst birgalikda hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lgan topshiriqlar. Dominant mazmun beshta o'zaro istisno qiluvchi kategoriyada, STEAM transformatsiya imkoniyatlari esa o'zaro istisno qilmaydigan to'rtta kodda — molekulyar/raqamli modellashtirish, tajriba/virtual laboratoriya, muhandislik optimallashtirish va miqdoriy yoki instrumental ma'lumotni tahlil qilish — qayd etildi. Asl topshiriqning ochiq yoki yopiq formati ham alohida kodlandi.

Birlamchi kodlash maqolaning yagona muallifi tomonidan amalga oshirildi. Ikkinchi mustaqil inson kodlovchi jalb etilmagani sababli Cohen κ yoki Krippendorff α hisoblanmadi. Ishonchlilikni kuchaytirish uchun audit tartibi qo'llandi: har bir yil–savol identifikatori rasmiy ACS PDF fayli bilan qayta solishtirildi; kategoriya ta'riflari bo'yicha barcha 24 ta yozuv to'liq qayta ko'rib chiqildi; n va foiz ko'rsatkichlari elektron jadvalda mustaqil qayta hisoblandi. Yagona kodlovchiga bog'liqlik tadqiqot cheklovi sifatida tan olindi.

Elementlar darajasidagi kodlash matritsasi (yil, savol raqami, fan sohasi, dominant mazmun va to'rtta STEAM transformatsiya kodi) alohida qo'shimcha material — S1-jadvalda taqdim etildi. Ushbu matritsa mustaqil ekspert tomonidan qayta kodlash va audit o'tkazish uchun ochiq tekshiruv izini ta'minlaydi.

**ADABIYOTLARNI TANLASH VA NARRATIV TAHLIL TARTIBI**

Mazkur ish tizimli sharh yoki bibliometrik tadqiqot sifatida rejalashtirilmagan. Narrativ qidiruv 2026-yil iyul oyida ACS, OECD, UNESCO va European Commissionning rasmiy resurslari, shuningdek, kimyo va fan ta'limiga oid nashriyot sahifalari orqali amalga oshirildi. Qidiruvda "STEAM chemistry education", "chemistry olympiad tasks", "open-ended chemistry problems", "project-based organic chemistry", "green chemistry education", "competency-based assessment" va "inter-rater reliability" kalit birikmalaridan foydalanildi. Manbalar mavzuga bevosita aloqadorlik, ilmiy yoki institutsional nashrda e'lon qilinganlik, STEAM integratsiyasi, ochiq kimyoviy muammo yechimi, loyiha faoliyati, barqarorlik, rubrika va validatsiya masalalarini yoritishi mezonlari asosida maqsadli tanlandi. Darslik va umumiy konseptual manbalar nazariy tayanch uchun, taqrizdan o'tgan maqolalar hamda xalqaro tashkilotlarning 2022–2026-yillardagi hujjatlari model komponentlari va baholash qarorlarini asoslash uchun qo'llandi [25–32]. Mavzuga bevosita aloqasi bo'lmagan, muallifligi yoki nashr holati aniq bo'lmagan materiallar tahlilga kiritilmadi.

Organik kimyo mavzulari integratsiya imkoniyatiga ko'ra quyidagi yo'nalishlarga ajratildi:

- Modda tuzilishi, kimyoviy bog'lanish va gibridlanish;
- Strukturaviy va fazoviy izomeriya;
- Organik reaksiyalar va ularning mexanizmlari;
- Organik sintez, stexiometriya va unum;

- Moddalarni aniqlash, amaliy qo‘llash, xavfsizlik va ekologik baholash.

Olimpiada topshiriqlarini tanlash mezonlari

Integratsiyalashgan faoliyat uchun topshiriqlar quyidagi mezonlar asosida tanlandi: 10–11-sinf organik kimyo mazmuniga moslik; bir nechta tushuncha yoki qonuniyatni bog‘lash zarurati; strukturaviy formula, reaksiya tenglamasi yoki miqdoriy hisobning mavjudligi; muqobil yechimlarni solishtirish imkoniyati; tajriba, modellashtirish yoki muhandislik faoliyatiga aylantirilish imkoniyati; xavfsizlik, ekologik ta’sir, resurs sarfi yoki mahsulot samaradorligini baholash; qarorni ilmiy dalillar bilan himoya qilish talabi. Faqat ta’rif yoki formulani eslashga asoslangan reproduktiv savollar mustaqil STEAM loyiha yadrosi sifatida emas, balki diagnostik va tayyorlov vazifasi sifatida ko‘rildi.

Modelni ishlab chiqish tamoyillari

1-jadval. Olimpiada–STEAM modelini ishlab chiqish tamoyillari

*Table 1. Principles for developing the Olympiad–STEAM model*

| Tamoyil | Operatsion mazmuni |
|---|---|
| Mazmuniy ustuvorlik | STEAM komponentlari organik kimyo mazmunini yuzakilashtirmasligi, har bir mahsulot kimyoviy to‘g‘rilik bilan cheklanishi. |
| Funksional integratsiya | Texnologiya, muhandislik, san’at va matematika muammoni yechishga aniq hissa qo‘shishi. |
| Ochiqlik va tanlov | O‘quvchiga reagent, usul, model, sharoit yoki mahsulot turidan kamida bittasini mustaqil tanlash imkoniyati berilishi. |
| Jarayon va mahsulot birligi | Baholash faqat yakuniy javobga emas, muammo xaritasi, hisob, model, xavfsizlik rejasi va refleksiyaga tayanishi. |
| Differensiallik | Topshiriqlarning A, B va C darajalarida reproduktiv, tahliliy va olimpiadaviy-loyihaviy murakkablikni ta’minlash. |
| Xavfsizlik va barqarorlik | Tajriba va muhandislik qarorlarida kam xavfli reagent, mikromiqyos, chiqindini boshqarish va yashil kimyo mezonlarini hisobga olish. |

**Model komponentlari, bosqichlari va vaznlarini asoslash**

Kompetensiya bloklari deduktiv yo‘l bilan uch manba kesishmasidan ajratildi: organik kimyo topshirig‘ida talab qilinadigan mazmuniy dalillar, olimpiadaviy yechimning fikrlash operatsiyalari hamda STEAM faoliyatining kuzatiladigan mahsulotlari. Model elementlarini tanlashda oltita nazariy tayanch birlashtirildi: (1) kimyoviy tushunchalarni makroskopik, submikroskopik va simvolik tasvirlarda bog‘lash [14]; (2) ochiq tipli kimyoviy muammoni yechish va muqobil strategiyalarni asoslash [12]; (3) loyiha va induktiv ta’lim sikli [4–6]; (4) STEAM komponentlarining funksional integratsiyasi [7–11]; (5) yashil kimyo va barqarorlik kompetensiyalari [16, 29]; (6) mezonli baholash, teskari aloqa va o‘lchov ishonchliligi [17–22]. Sakkiz bosqich muammoni anglashdan boshlab, kimyoviy va miqdoriy dalil yaratish, tajriba yoki model qurish, muqobil yechimlarni optimallashtirish, mahsulotni himoya qilish va refleksiyagacha bo‘lgan to‘liq faoliyat siklini qamrab olish uchun tanlandi.

100 ballik modeldagi vaznlar dastlabki mezoniy-normativ taqsimot sifatida belgilandi: organik-kimyoviy to‘g‘rilik — 25 ball, olimpiadaviy fikrlash — 20 ball, tajriba yoki raqamli modellashtirish — 15 ball, muhandislik optimallashtirish — 15 ball, matematik hisoblash — 10 ball, ilmiy kommunikatsiya — 10 ball va refleksiya — 5 ball. Vaznlarni belgilashda to‘rtta qaror qoidasi qo‘llandi: birinchidan, kimyoviy xato boshqa mahsulot sifatini bekor qilishi mumkinligi sababli fan mazmuniga eng katta ulush berildi; ikkinchidan, olimpiadaviy strategiya modelning farqlovchi yadrosi bo‘lgani uchun ikkinchi eng katta ulushni oldi; uchinchidan, tajriba/modellashtirish va muhandislik qarori teng amaliy ulush bilan baholandi; to‘rtinchidan, matematika, kommunikatsiya va refleksiya yakuniy qarorni dalillovchi hamda rivojlantiruvchi komponentlar sifatida taqsimlandi. 25 + 20 + 15 + 15 + 10 + 10 + 5 tuzilmasi fan mazmuni va muammo yechimiga 45%, amaliy STEAM mahsulotlariga 30%, miqdoriy va kommunikativ dalillashga 20%, refleksiyaga 5% ulush beradi. Ushbu vaznlar empirik kalibrlangan ko‘rsatkichlar emas; ular ekspertlar tomonidan standart belgilash, pilot natijalar taqsimoti, baholovchilararo ishonchlilik va sezgirlik tahlili asosida qayta ko‘rib chiqilishi kerak.

**BAHOLASH VA VALIDATSIYA REJASINI TUZISH**

Baholash tizimi analitik rubrika tamoyiliga asoslandi [17–19]. Kompetensiya bloklari organik-kimyoviy bilim, olimpiadaviy fikrlash, matematika, tajriba va modellashtirish, muhandislik, kommunikatsiya hamda refleksiyani qamrab oldi. Modelning mazmuniy validligi ekspert bahosi va CVI ko‘rsatkichlari, baholovchilararo mosligi ICC yoki og‘irliklangan kappa, pedagogik samaradorligi esa pilot va kvazi-eksperimental sinov orqali tekshirilishi rejalashtirildi [20–22].

**ETIK TALABLAR VA SUN’IY INTELLEKTDAN FOYDALANISH**

Mazkur nazariy-metodik tadqiqotga yangi o‘quvchilar jalb etilmadi va shaxsiy ma’lumotlar yig‘ilmadi. Keyingi pilot yoki kvazi-eksperimental sinovlarda voyaga yetmagan o‘quvchilar ishtirok etsa, ta’lim muassasasi ruxsati, ota-ona yoki qonuniy vakilning yozma xabardor roziligi, ixtiyoriy ishtirok, anonimlashtirish va xavfsizlik talablari ta’minlanishi lozim. OpenAI ChatGPT vositasidan qo‘lyozma tuzilishini shakllantirish, ilmiy-uslubiy tahrir va model elementlarini tizimlashtirishda yordamchi vosita sifatida foydalanildi; generativ sun’iy intellektdan mas’uliyatli foydalanish, inson nazorati va faktlarni mustaqil tekshirish tamoyillari hisobga olindi [25–27, 32]. Barcha ilmiy qarorlar, manbalarni tekshirish va yakuniy matn uchun muallif javobgardir.

ISSN 3060-5059 (Online)

**NATIJALAR**

**USNCO KORPUSI BO‘YICHA KONTENT-TAHLIL NATIJALARI**

2022–2025-yillardagi 24 ta topshiriq fan sohasi bo‘yicha ajratilganda, 19 ta (79,2%) organik kimyo, 4 ta (16,7%) biokimyo va 1 ta (4,2%) gibrid organik–biokimyo topshirig‘i aniqlandi. Gibrid toifaga 2025-yildagi kislotali kataliz va cho‘chqa jigari esterazasi ishtirokidagi ester gidrolizi savoli kiritildi, chunki unda organik reaksiya va ferment selektivligi birgalikda markaziy ahamiyat kasb etadi.

2-jadval. USNCO “Organic/Biochemistry” blokining fan sohasi bo‘yicha taqsimoti

Table 2. Distribution of the USNCO Organic/Biochemistry section by disciplinary domain

| Yil | Organik kimyo, n (%) | Biokimyo, n (%) | Gibrid, n (%) | Jami |
|---|---|---|---|---|
| 2022 | 5 (83,3) | 1 (16,7) | 0 (0,0) | 6 |
| 2023 | 5 (83,3) | 1 (16,7) | 0 (0,0) | 6 |
| 2024 | 5 (83,3) | 1 (16,7) | 0 (0,0) | 6 |
| 2025 | 4 (66,7) | 1 (16,7) | 1 (16,7) | 6 |
| Jami | 19 (79,2) | 4 (16,7) | 1 (4,2) | 24 |

Dominant mazmun bo‘yicha reaksiya mexanizmi va reaktivlikka oid topshiriqlar eng katta ulushni egalladi (n = 7; 29,2%), undan keyin izomeriya, stereokimyo va konformatsiya (n = 6; 25,0%) keldi. Barcha 24 ta savol yopiq ko‘p variantli formatda tuzilgan. Shunga qaramay, metodik transformatsiya kodi 22 ta savolda molekulyar/raqamli model, 17 ta savolda tajriba yoki virtual laboratoriya, 10 ta savolda muhandislik optimallashtirishi va 10 ta savolda miqdoriy yoki instrumental ma’lumot tahlilini rivojlantirish imkonini ko‘rsatdi.

3-jadval. 24 ta USNCO topshirig‘ining agregat kodlash natijalari

Table 3. Aggregate coding results for the 24 USNCO questions

| Kodlash o‘lchovi | Kategoriya | n (%) |
|---|---|---|
| Fan sohasi | Organik kimyo | 19 (79,2) |
| Fan sohasi | Biokimyo | 4 (16,7) |
| Fan sohasi | Gibrid organik–biokimyo | 1 (4,2) |
| Dominant mazmun | Reaksiya mexanizmi va reaktivlik | 7 (29,2) |
| Dominant mazmun | Izomeriya, stereokimyo va konformatsiya | 6 (25,0) |
| Dominant mazmun | Instrumental tahlil va ajratish | 4 (16,7) |
| Dominant mazmun | Biomolekula tuzilishi–funksiya | 4 (16,7) |
| Dominant mazmun | Elektron tuzilish, barqarorlik va polimer | 3 (12,5) |
| Asl format | Yopiq, bitta javobli test | 24 (100,0) |
| Asl format | Ochiq topshiriq | 0 (0,0) |

3-jadval davomi. 24 ta USNCO topshirig‘ining agregat kodlash natijalari

Table 3 continued. Aggregate coding results for the 24 USNCO questions

| Kodlash o‘lchovi | Kategoriya | n (%) |
|---|---|---|
| STEAM transformatsiyasi* | Ochiq loyiha vaziyatiga aylantirish | 24 (100,0) |
| STEAM transformatsiyasi* | Molekulyar yoki raqamli modellashtirish | 22 (91,7) |
| STEAM transformatsiyasi* | Tajriba yoki virtual laboratoriya | 17 (70,8) |
| STEAM transformatsiyasi* | Muhandislik optimallashtirish | 10 (41,7) |
| STEAM transformatsiyasi* | Miqdoriy/instrumental ma’lumot tahlili | 10 (41,7) |

*Izoh: *STEAM transformatsiyasi kodlari o‘zaro istisno qilmaydi; shu sababli ushbu qatorlardagi foizlar 100 foizga yig‘ilmaydi. Foizlar 24 ta topshiriq asosida hisoblangan va bir o‘nlik belgigacha yaxlitlangan.*

*Har bir topshiriq bo‘yicha individual kodlar qo‘shimcha S1-jadvalda berilgan; agregat n va foiz ko‘rsatkichlari ushbu 24 qatorli matritsadan hisoblangan.*

**Olimpiada–STEAM integratsiyasining konseptual modeli**

Tadqiqot natijasida 10–11-sinflarda organik kimyoni o‘qitishda olimpiada topshiriqlarining mazmuniy chuqurligini tajriba, raqamli modellashtirish, muhandislik loyihalash, matematik hisoblash, ilmiy kommunikatsiya va refleksiya bilan birlashtiradigan metodik model ishlab chiqildi. Model maqsadli, mazmuniy, jarayonli, texnologik, baholash va refleksiv komponentlardan tashkil topadi.

ISSN 3060-5059 (Online)

4-jadval. Olimpiada–STEAM metodik modelining tarkibiy komponentlari
Table 4. Structural components of the Olympiad–STEAM methodological model

| Komponent | Mazmuni |
|---|---|
| Maqsadli | Organik-kimyoviy bilimni chuqurlashtirish, olimpiadaviy fikrlash, tadqiqotchilik va muhandislik kompetensiyalarini rivojlantirish. |
| Mazmuniy | Tuzilish, izomeriya, mexanizm, sintez, stexiometriya, xavfsizlik va yashil kimyo. |
| Jarayonli | Muammoni aniqlash, gipoteza, hisoblash, tajriba, modellashtirish, optimallashtirish, taqdimot va refleksiya. |
| Texnologik | Molekulyar modellashtirish, virtual laboratoriya, elektron jadval, vizualizatsiya va raqamli taqdimot. |
| Baholash | Individual olimpiada yechimi, guruh mahsuloti, og‘zaki himoya va refleksiyani analitik rubrika asosida baholash. |
| Refleksiv | Xato, cheklov, dalil sifati va keyingi takomillashtirish yo‘lini tahlil qilish. |

**Integratsiya matritsasi**

5-jadval. Olimpiada topshirig‘i va STEAM faoliyatining integratsiya matritsasi
Table 5. Integration matrix of olympiad tasks and STEAM activities

| № | Bosqich | Olimpiada faoliyati | STEAM | Dalil |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Muammoli vaziyat | Shartni tahlil qilish, noma’lumlarni aniqlash | S | Muammo xaritasi |
| 2 | Kimyoviy tahlil | Tuzilish, izomeriya, mexanizmni asoslash | S | Formula, tenglama, ilmiy izoh |
| 3 | Miqdoriy yechim | Stexiometriya, unum, konsentratsiya hisobi | M | Hisoblash varaqasi |
| 4 | Modellashtirish | Molekulyar va fazoviy tuzilishni tasvirlash | T | 2D/3D model |
| 5 | Tajriba loyihalash | Reaksiyani tekshirish usulini tanlash | S–T | Tajriba protokoli |
| 6 | Muhandislik qarori | Sintez sharoiti, jihoz va xavfsizlikni tanlash | E | Blok-sxema yoki qurilma modeli |
| 7 | Optimallashtirish | Unum, chiqindi, energiya va xarajatni solishtirish | E–M | Qaror matritsasi |
| 8 | Taqdimot va refleksiya | Yechimni himoya qilish, xato va cheklovni tahlil qilish | A–C | Poster/video va refleksiya varaqasi |

*Izoh: S — Science; T — Technology; E — Engineering; A — Art; M — Mathematics; C — Communication.*

**Olimpiada topshirig‘ini ochiq STEAM loyihasiga transformatsiya qilish algoritmi**

6-jadval. Olimpiada masalasini STEAM loyihasiga aylantirish algoritmi
Table 6. Algorithm for transforming an olympiad problem into a STEAM project

| Bosqich | Mazmuni |
|---|---|
| 1. Olimpiada yadrosini aniqlash | Topshiriqning asosiy kimyoviy mazmuni: formula, izomeriya, mexanizm, sintez yoki miqdoriy bog‘lanish aniqlanadi. |
| 2. Real kontekst yaratish | Nazariy masala laboratoriya, sanoat, tibbiyot, oziq-ovqat yoki ekologik muammo bilan bog‘lanadi. |
| 3. Ochiq tanlov kiritish | Reagent, usul, sharoit, model, qurilma yoki mahsulot shaklidan kamida bittasi o‘quvchi tanloviga beriladi. |
| 4. Majburiy dalillarni belgilash | Struktur formula, muvozanatlangan tenglama, miqdoriy hisob va sabab-oqibat izohi majburiy qilinadi. |
| 5. STEAM vazifalarini funksionallashtirish | Har bir komponent muammoni yechishga xizmat qiladi; bezak yoki formal qo‘shimcha sifatida kiritilmaydi. |
| 6. Muqobil yechimlarni solishtirish | Kamida ikki variant unum, xavfsizlik, xarajat, energiya va chiqindi mezonlari asosida tahlil qilinadi. |

ISSN 3060-5059 (Online)

| Bosqich | Mazmuni |
|---|---|
| 7. Mahsulot yaratish | Texnologik sxema, 3D model, tajriba protokoli, poster, infografika yoki video tayyorlanadi. |
| 8. Himoya va refleksiya | Qaror dalillar bilan himoya qilinadi, cheklovlar va takomillashtirish yo‘li ko‘rsatiladi. |

**Organik kimyo mavzulari bo‘yicha integratsiya namunalari**

7-jadval. Organik kimyo mavzularining olimpiada–STEAM integratsiyasi

Table 7. Olympiad–STEAM integration across organic chemistry topics

| Mavzu | Olimpiada yadrosi | STEAM faoliyati |
|---|---|---|
| Uglerod tuzilishi va gibridlanish | Molekuladagi $sp^3$, $sp^2$ va sp markazlarni, σ va π bog‘larni aniqlash | Metan, eten, etin va benzolning 3D modellarini yaratib, geometriya va bog‘ burchaklarini solishtirish. |
| Strukturaviy izomeriya | Berilgan formula uchun zanjir, holat va funksional izomerlarni yozish | Izomerlarning modellarini yaratish, qaynash harorati va eruvchanlikdagi farqlarni tuzilish bilan izohlash. |
| Fazoviy izomeriya | Cis/trans, E/Z yoki R/S konfiguratsiyani aniqlash | Fazoviy model yaratish va biologik faol moddalarda stereokimyoning rolini tushuntirish. |
| Reaksiya mexanizmi | Mahsulotni bashorat qilish va elektron ko‘chishini ko‘rsatish | Mexanizm animatsiyasi yoki interaktiv model yaratish; sharoit ta’sirini solishtirish. |
| Ko‘p bosqichli sintez | Boshlang‘ich moddadan maqsadli mahsulot olish yo‘lini tuzish | Variantlarni bosqichlar soni, unum, xavfsizlik, atom iqtisodiyoti va chiqindi bo‘yicha optimallashtirish. |
| Oksidlanish-qaytarilish | Organik molekuladagi uglerod oksidlanish darajasini aniqlash | Etanol → etanal → etan kislota jarayonini elektron balans, grafik va texnologik sxemada ifodalash. |

**Namunaviy loyiha: etil asetatni xavfsiz va kam chiqindili olish**

Namunaviy loyiha sifatida “Maktab laboratoriyasida etil asetatni xavfsiz va kam chiqindili usulda olish” vaziyati ishlab chiqildi. Muammo sharti o‘quvchidan $C_4H_8O_2$ formulali murakkab efir izomerlarini aniqlash, etil asetat sintez reaksiyasi va mexanizmini tushuntirish, nazariy va amaliy unumlarni hisoblash, muvozanatni mahsulot tomon siljitish usullarini asoslash hamda muqobil sintez yo‘llarini xavfsizlik va barqarorlik mezonlari asosida solishtirishni talab qiladi.

Loyihaning Science qismida esterifikatsiya va mexanizm; Technology qismida molekulyar model yoki virtual tajriba; Engineering qismida qurilma va jarayon blok-sxemasi; Art qismida xavfsizlik infografikasi va ilmiy poster; Mathematics qismida reagent miqdori, unum va atom iqtisodiyoti hisoblanadi. Yakuniy dalillar reaksiya sxemasi, mexanizm tasviri, stexiometrik hisob, tajriba protokoli, xavfsizlik xaritasi, ekologik baholash, poster va individual refleksiyadan iborat bo‘ladi.

**Topshiriqlarning qiyinlik darajalari**

8-jadval. Integratsiyalashgan topshiriqlarning qiyinlik darajalari

Table 8. Difficulty levels of integrated tasks

| Daraja | Kutiladigan faoliyat |
|---|---|
| A — tayanch-reproduktiv | Formula, modda sinfi, gibridlanish, bog‘ turi yoki oddiy mahsulotni aniqlash; namuna asosida model yaratish. |
| B — tahliliy-algoritmik | Izomerlarni yozish, reaksiya zanjirini tuzish, mexanizmni izohlash, stexiometrik hisob va ikki variantni solishtirish. |
| C — olimpiadaviy-loyihaviy | Noma’lum modda tuzilishini dalillash, bir nechta sintez yo‘lini taklif qilish, selektivlik, xavfsizlik, atom iqtisodiyoti va chiqindini hisobga olgan optimal qarorni himoya qilish. |

**Kompetensiyaviy baholash modeli**

9-jadval. Olimpiada–STEAM faoliyatini baholash mezonlari

Table 9. Assessment criteria for Olympiad–STEAM activities

| Kompetensiya bloki | Ball | Kuzatiladigan dalillar |
|---|---|---|
| Organik-kimyoviy bilim va ilmiy to‘g‘rilik | 25 | Tuzilish, nomenklatura, tenglama, mexanizm va sabab-oqibat izohining aniqligi. |

ISSN 3060-5059 (Online)

| Kompetensiya bloki | Ball | Kuzatiladigan dalillar |
|---|---|---|
| Olimpiadaviy fikrlash | 20 | Muammoni tahlil qilish, yashirin bog‘lanishlarni topish, strategiya tanlash va yechim izchilligi. |
| Tajriba yoki raqamli modellashtirish | 15 | Takrorlanuvchi reja, mos model, ma’lumot sifati va xavfsiz bajarish imkoniyati. |
| Muhandislik va texnologik optimallashtirish | 15 | Sharoit, jihoz, resurs, xavfsizlik, chiqindi, energiya va xarajatni asoslash. |
| Matematik hisoblash | 10 | Stexiometriya, unum, konsentratsiya, atom iqtisodiyoti, birliklar va tekshiruv. |
| Kreativ ifoda va ilmiy kommunikatsiya | 10 | Ilmiy to‘g‘ri vizual mahsulot, auditoriyaga mos taqdimot va savol-javobdagi himoya. |
| Refleksiya | 5 | Xato, cheklov, teskari aloqa va keyingi takomillashtirish rejasini tahlil qilish. |
| Jami | 100 | Jarayon, mahsulot va individual dalillarning yig‘ma bahosi. |

Har bir blok to‘rt sifat darajasida talqin qilinadi: boshlang‘ich darajada fundamental xato va dalil yetishmasligi; qoniqarli darajada asosiy g‘oya to‘g‘ri, ammo izoh parchali; yetarli darajada kimyoviy, miqdoriy va amaliy yechimlar o‘zaro muvofiq; yuqori darajada esa muqobil variantlar tanqidiy solishtirilgan, noaniqlik va cheklovlar ko‘rsatilgan hamda yechim optimallashtirilgan. Umumiy ball bilan birga kompetensiyalar profili berilishi o‘quvchining rivojlantirilishi zarur yo‘nalishlarini ko‘rsatadi.

**MODELNI TA’LIM JARAYONIGA JORIY ETISH MEXANIZMI**

Integratsiyalashgan mashg‘ulotni ikki bosqichda tashkil etish taklif etiladi. Birinchi bosqichda har bir o‘quvchi olimpiada masalasining kimyoviy va matematik qismini individual bajaradi. Ikkinchi bosqichda o‘quvchilar yechimlarni solishtirib, guruhli STEAM faoliyati orqali tajriba, model, muhandislik qarori va yakuniy mahsulotni ishlab chiqadi. Yakuniy bahoda individual yozma yechim, guruh mahsuloti, og‘zaki himoya va refleksiya alohida hisobga olinadi.

Model mavzu yakunidagi integratsiyalashgan dars, ikki-uch darslik mini-loyiha, kimyo to‘garagi, fakultativ kurs, fan oyligi, olimpiadaga tayyorlov kursi yoki sinflararo “Organic Chemistry Challenge” shaklida qo‘llanishi mumkin. To‘liq STEAM siklini har bir darsga majburan kiritish emas, yirik mavzu yoki bo‘lim yakunida maqsadli tashkil etish metodik jihatdan ma’qul.

**MODELNI VALIDATSIYALASH DASTURI**

10-jadval. Olimpiada–STEAM modelini validatsiyalash bosqichlari

Table 10. Validation stages of the Olympiad–STEAM model

| Bosqich | Ishtirokchilar | Usullar | Kutiladigan natija |
|---|---|---|---|
| Mazmuniy ekspertiza | 7–15 nafar kimyo metodikasi, olimpiada, STEAM va pedagogik o‘lchash mutaxassisi | I-CVI, S-CVI/Ave, sifatli izoh | Indikatorlarning dolzarbligi, aniqligi va to‘liqligi. |
| Pilot sinov | 25–40 nafar 10–11-sinf o‘quvchisi, 2–3 baholovchi | Bajarish vaqti, tushunarlilik, ICC/kappa, artefakt tahlili | Topshiriq va rubrikaning amaliy ishlashi, baholovchilararo moslik. |
| Kvazi-eksperiment | Tajriba va taqqoslash guruhlari | Pretest–posttest, ANCOVA yoki o‘zgarish ballari, effekt hajmi | Bilim, olimpiadaviy fikrlash, tadqiqotchilik, motivatsiya va kommunikatsiyadagi o‘zgarish. |

**MUHOKAMA**

Taklif etilgan model organik kimyoni o‘qitishda murakkab nazariy bilimlar bilan amaliy loyiha faoliyati o‘rtasidagi uzilishni kamaytirishga qaratilgan. Olimpiada yondashuvi mazmunning ilmiy chuqurligini, STEAM esa bilimning real vaziyat, texnologiya, muhandislik va kommunikatsiyadagi qo‘llanishini ta’minlaydi. Shu bilan birga, integratsiya faqat barcha harflarni topshiriqqa qo‘shish emas, balki ularning muammoni yechishdagi funksiyasini aniq belgilashni talab qiladi [6–11].

Taklif etilgan modelning mavjud yondashuvlardan farqi quyidagi qiyosiy jadvalda umumlashtirildi.

11-jadval. Mavjud yondashuvlar, ularning cheklovlari va taklif etilgan model yechimi

Table 11. Existing approaches, identified limitations, and solutions offered by the proposed model

| Mavjud yondashuv | Aniqlangan cheklov | Taklif etilgan model yechimi |
|---|---|---|
| An'anaviy olimpiada tayyorgarligi [1, 28] | Yakuniy javob va individual algoritmga kuchli urg'u; tajriba, xavfsizlik va kommunikatsiya dalillari cheklangan. | Individual olimpiada yechimini tajriba, model, muhandislik qarori, himoya va refleksiya bilan bog'laydi. |
| Umumiy STEAM loyihasi [7, 9–11] | Fan mazmunining yuzakilashishi va Art komponentining bezakka aylanish xavfi. | Har bir loyiha uchun struktur formula, tenglama, miqdoriy hisob va ilmiy izohni majburiy dalil qiladi. |
| Yakuniy mahsulotga asoslangan baholash [17–19] | Jarayon, strategiya va individual hissa ko'rinmay qoladi. | Individual yechim, loyiha jurnali, guruh mahsuloti, og'zaki himoya va refleksiyani analitik rubrikada birlashtiradi. |
| Bir xil murakkablikdagi topshiriqlar [30] | O'quvchilar tayyorgarligidagi farqlar hisobga olinmaydi. | A–B–C darajalari orqali tayanch, tahliliy va olimpiadaviy-loyihaviy murakkablikni tabaqalashtiradi. |
| Ko'rgazmali laboratoriya faoliyati [16, 29] | Xavfsizlik, chiqindi, resurs va optimallashtirish qarorlari ikkilamchi qolishi mumkin. | Mikromiqyos, kam xavfli reagent, chiqindini boshqarish va yashil kimyo mezonlarini mustaqil baholash elementi qiladi. |

Qiyoslashdan ko'rinadiki, taklif etilgan modelning farqlovchi xususiyati alohida metodlarni yonma-yon qo'llash emas, balki olimpiadaviy individual yechim, ochiq STEAM sikli, barqarorlik mezonlari va kompetensiyaviy dalillarni bitta baholash arxitekturasida birlashtirishidir. Shu sababli model mavjud STEAM yoki olimpiada yondashuvlarining oddiy kombinatsiyasi emas, ularning cheklovlariga javob beruvchi integrativ metodik konstruksiya sifatida talqin qilinadi.

Modelning o'quvchini mustaqil tanlov, dalillangan qaror va hamkorlikdagi muammo yechimiga jalb etishi OECD Learning Compass 2030 doirasidagi o'quvchi agentligi va hamkorlikdagi agentlik g'oyalari bilan uyg'unlashadi [23]. Ta'limni umumiy manfaat, hamkorlik va barqaror kelajakni birgalikda qurish jarayoni sifatida talqin qilishi esa UNESCO taklif etgan ta'lim uchun yangi ijtimoiy shartnoma konsepsiyasiga mos keladi [24].

Modelda Science komponenti mazmuniy yadro hisoblanadi. Har bir loyiha kamida strukturaviy formula, muvozanatlangan reaksiya tenglamasi, miqdoriy hisob va tuzilish–xossa–reaksiya bog'lanishining ilmiy izohini o'z ichiga olishi lozim. Bu talab vizual mahsulot yoki texnologik ko'rinishning kimyoviy to'g'rilikdan ustun kelishiga yo'l qo'ymaydi. Johnstone ta'riflagan makroskopik, submikroskopik va simvolik tasvirlarning o'zaro bog'lanishi organik kimyo modellari va mexanizmlarini tushuntirishda muhim metodik asos bo'lib xizmat qiladi [14].

Technology komponenti faqat taqdimot tayyorlash bilan cheklanmaydi. Molekulyar modellashtirish dasturi izomerlarning fazoviy farqini ko'rsatish, mexanizmni vizuallashtirish yoki gipotezani tekshirish uchun ishlatilganda didaktik qiymat kasb etadi [15]. Engineering komponenti kimyoviy bilimni amaliy qarorga aylantiradi: o'quvchi reagent, katalizator, harorat, vaqt, jihoz, ajratish usuli va chiqindini boshqarish bo'yicha real cheklovlarni hisobga oladi. Mathematics esa "eng yaxshi usul" haqidagi qarorni unum, atom iqtisodiyoti, sarf va xatolik ko'rsatkichlari bilan dalillaydi [16]. Raqamli vositaning tanlanishi pedagogik maqsad, kirish imkoniyati va o'quvchi ma'lumotlari xavfsizligi bilan muvofiqlashtirilishi lozim [31].

Art komponentini ilmiy kommunikatsiya sifatida talqin qilish integratsiyaning muhim jihatidir. Poster, infografika yoki video tashqi bezak emas, balki murakkab kimyoviy mantiqni auditoriyaga tushunarli va aniqlikni yo'qotmasdan yetkazish vositasi bo'lishi kerak. Mazkur talqin STEAMdagi "A" komponentining instrumental yoki yuzaki qo'llanishiga oid tanqidlarni hisobga oladi [9–11].

Individual olimpiada faoliyati va guruhli STEAM loyihasini uyg'unlashtirish baholashda alohida e'tibor talab qiladi. Guruh mahsuloti ayrim o'quvchilarning individual bilimini yashirishi mumkin. Shu sababli individual yozma yechim, shaxsiy og'zaki savol-javob, loyiha jurnali va refleksiya guruh balli bilan birga baholanadi. Analitik rubrika umumiy natija ortidagi kompetensiya profilini ochadi va rivojlantiruvchi teskari aloqaga xizmat qiladi [17–19].

A, B va C darajali topshiriqlar tizimi olimpiada mazmunini faqat yuqori tayyorgarlikka ega o'quvchilar bilan cheklab qo'ymasdan, differensial ta'limni tashkil etishga imkon beradi. A daraja tayanch tushuncha va modelni, B daraja tahliliy algoritm va hisobni, C daraja esa noma'lum vaziyatga transfer, muqobil yechim va optimallashtirishni talab qiladi. Darajalar o'rtasidagi farq faqat hisoblash hajmida emas, balki mustaqil tanlov, dalillash va ochiqlik darajasida ifodalanadi. Bunday tabaqalashtirish kompetensiyani real vaziyatda qo'llashga yo'naltirilgan zamonaviy baholash tamoyillari bilan uyg'unlashadi [30].

Organik kimyo tajribalarida yonuvchan, uchuvchan yoki zaharli moddalar ishlatilishi mumkinligi sababli xavfsizlik loyiha shartiga keyinchalik qo'shiladigan izoh emas, balki baholashning mustaqil mezoni bo'lishi lozim. Mikromiqyos, kam xavfli reagent, shamollatish, shaxsiy himoya vositalari, chiqindini alohida yig'ish va xavfli jarayonlarni virtual modellashtirish bilan almashtirish asosiy talablar sifatida qaraladi. Ilmiy jihatdan to'g'ri, ammo maktab sharoitida xavfsiz bajarib bo'lmaydigan yechim yuqori baholanmasligi kerak. Barqarorlikka oid bilim, ko'nikma va mas'uliyatli qarorlarni birgalikda baholash GreenComp doirasidagi kompetensiyaviy yondashuvga mos keladi [29].

Modelning kuchli tomoni olimpiadaviy fikrlash, amaliy loyiha va kompetensiyaviy baholashni yagona siklda birlashtirishidir. Biroq uning cheklovlari ham mavjud: empirik samaradorlik hali tekshirilmagan; USNCO kontent-tahlili

yagona kodlovchi tomonidan bajarilgani sababli baholovchilararo ishonchlilik koeffitsiyenti hisoblanmagan; maktablarning laboratoriya va raqamli resurslari turlicha; to‘liq rubrika o‘qituvchi yuklamasini oshiradi; guruhli faoliyat individual natijani buzishi mumkin; olimpiada murakkabligi ayrim o‘quvchilarda motivatsiya pasayishiga olib kelishi ehtimoli bor. Ushbu cheklovlar modelni sinovdan o‘tkazish, ixcham rubrika, namunaviy artefaktlar va o‘qituvchilar uchun metodik qo‘llanmalar ishlab chiqish zaruratini ko‘rsatadi.

Modelning keyingi ilmiy rivoji mazmuniy ekspertiza, pilot sinov, baholovchilararo ishonchlilik va kvazi-eksperimental tadqiqot bilan bog‘liq. Empirik tahlilda faqat p-qiymat emas, balki o‘rtacha farq, 95 foizlik ishonch oralig‘i va ta’sir hajmi; sifatli tahlilda esa o‘quvchi strategiyasi, o‘qituvchi yuklamasi, xavfsizlik va motivatsiya haqidagi fikrlar birgalikda talqin qilinishi lozim.

TADQIQOTNING ILMIY YANGILIGI

Organik kimyo olimpiada topshirig‘i yakuniy javobga yo‘naltirilgan yopiq masaladan tajriba, raqamli modellashtirish, muhandislik, matematik dalillash va ilmiy kommunikatsiyani birlashtiruvchi ochiq STEAM loyihasiga transformatsiya qilindi. Olimpiadaviy fikrlashning fan mazmunidagi chuqurligi STEAM faoliyatining amaliy va fanlararo xususiyatlari bilan uyg‘unlashtirildi; sakkiz bosqichli transformatsiya algoritmi, A–B–C darajali topshiriqlar tizimi, yetti blokli 100 ballik baholash modeli va uch bosqichli validatsiya dasturi ishlab chiqildi. 2022–2025-yillardagi 24 ta USNCO topshirig‘ining fan sohasi, dominant mazmuni va STEAM transformatsiya imkoniyatlari bo‘yicha kodlangan taqsimoti modelning daliliy asosini kuchaytirdi.

**TADQIQOTNING AMALIY AHAMIYATI**

Modeldan 10–11-sinf organik kimyo darslari, kimyo olimpiadasiga tayyorlov to‘garaklari, fakultativ kurslar, fan oyligi, mini-loyihalar, sinflararo turnirlar va pedagogika oliy ta’lim muassasalarining kimyo o‘qitish metodikasi mashg‘ulotlarida foydalanish mumkin. Transformatsiya algoritmi o‘qituvchiga mavjud olimpiada masalasini real kontekst, tajriba, hisob, raqamli model, muhandislik qarori va loyiha mahsuloti bilan tizimli boyitish imkonini beradi. Rubrika faqat yakuniy javobni emas, balki jarayon dalillari, xavfsizlik, kommunikatsiya va refleksiyani ham baholashga xizmat qiladi.

**XULOSA**

Organik kimyo olimpiada topshiriqlari o‘quvchilarning murakkab kimyoviy vaziyatlarni tahlil qilish, qonuniyatlarni bog‘lash va nostandart masalalarni yechish qobiliyatini rivojlantiradi. STEAM yondashuvi esa ushbu bilimlarni tajriba, modellashtirish, texnologik qaror, matematika va ilmiy kommunikatsiya bilan bog‘laydi. Mazkur ikki yo‘nalishning integratsiyasi organik kimyo ta’limining nazariy chuqurligi va amaliy yo‘naltirilganligini uyg‘unlashtirishga imkon beradi.

Korpus tahlilida 24 ta savolning 19 tasi (79,2%) organik kimyo, 4 tasi (16,7%) biokimyo va 1 tasi (4,2%) gibrid mazmunda ekanligi aniqlandi. Muallif tomonidan amalga oshirilgan kodlash natijasiga ko‘ra, 22 ta topshiriq modellashtirishga, 17 ta topshiriq tajriba yoki virtual laboratoriya faoliyatiga, 10 ta topshiriq esa muhandislik optimallashtirish faoliyatiga aylantirish uchun mos deb baholandi. Tadqiqot natijasida olimpiada topshirig‘ini ochiq STEAM loyihasiga aylantirishning sakkiz bosqichli algoritmi, mavzular bo‘yicha integratsiya matritsasi, A–B–C darajali topshiriqlar tizimi hamda organik-kimyoviy bilim, olimpiadaviy fikrlash, matematika, tajriba, muhandislik, kommunikatsiya va refleksiyani qamrab oluvchi 100 ballik baholash modeli ishlab chiqildi.

Modelni joriy etishda kimyoviy mazmunning ustuvorligi, STEAM komponentlarining funksional qo‘llanishi, individual va guruhli faoliyatning muvozanati, xavfsizlik, differensiallashtirilgan topshiriqlar va obyektiv baholash asosiy shartlardir. Maqolada model nazariy-metodik konstruksiya sifatida taqdim etildi; uning o‘quvchilarning bilimi, olimpiadaviy masalalarni yechishi, tadqiqotchilik kompetensiyasi va motivatsiyasiga ta’siri haqida qat’iy xulosa chiqarish uchun ekspertiza, pilot sinov va kvazi-eksperimental tekshiruv talab etiladi.

**DEKLARATSIYALAR**

Moliyalashtirish. Mazkur nazariy-metodik tadqiqotni tayyorlash uchun tashqi grant yoki maxsus moliyaviy ko‘mak olinmagan.

Manfaatlar to‘qnashuvi. Muallif mazkur maqolaning mazmuniga ta’sir ko‘rsatishi mumkin bo‘lgan manfaatlar to‘qnashuvi mavjud emasligini ma’lum qiladi.

Mualliflik hissasi. Yagona muallif tadqiqot konsepsiyasi, adabiyotlar tahlili, metodik model, transformatsiya algoritmi, baholash mezonlari, qo‘lyozmani yozish va tahrirlash ishlarini bajargan.

Ma’lumotlarning mavjudligi. Yangi ishtirokchilardan empirik ma’lumotlar yig‘ilmagan. Kontent-tahlil ACSning ochiq e’lon qilingan 2022–2025-yilgi USNCO National Exam Part I materiallariga asoslangan. Har bir topshiriqning fan sohasi, dominant mazmuni va STEAM transformatsiya kodlari qo‘shimcha S1-jadval ko‘rinishida maqola bilan birga taqdim etiladi.

Etik talablar. Tadqiqotga inson ishtirokchilari jalb etilmagan. Kelgusidagi pilot va kvazi-eksperimental sinovlar oldidan tegishli ruxsat va yozma xabardor rozilik olinishi lozim.

Sun’iy intellektdan foydalanish. OpenAI ChatGPT vositasidan matn tuzilishi, ilmiy-uslubiy tahrir va model elementlarini tizimlashtirishda yordamchi vosita sifatida foydalanildi [25–27, 32]. Barcha ilmiy qarorlar, manbalarni tekshirish va yakuniy matn uchun muallif javobgardir.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Fung F. M., Putala M., Holzhauser P., Somsook E., Hernandez C. Celebrating the Golden Jubilee of the International Chemistry Olympiad: Back to Where It All Began // Journal of Chemical Education. – 2018. – Vol. 95, № 2. – P. 193–197. – DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00603.

2. Bybee R. W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. – Arlington, VA: NSTA Press, 2013. – 116 p.

3. National Research Council. A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. – Washington, DC: The National Academies Press, 2012. – DOI: https://doi.org/10.17226/13165.
4. Krajcik J. S., Blumenfeld P. C. Project-Based Learning // The Cambridge Handbook of the Learning Sciences / ed. by R. K. Sawyer. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006. – P. 317–334.
5. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future // The Clearing House. – 2010. – Vol. 83, № 2. – P. 39–43. – DOI: https://doi.org/10.1080/00098650903505415.
6. Prince M. J., Felder R. M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases // Journal of Engineering Education. – 2006. – Vol. 95, № 2. – P. 123–138. – DOI: https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x.
7. Perignat E., Katz-Buonincontro J. STEAM in Practice and Research: An Integrative Literature Review // Thinking Skills and Creativity. – 2019. – Vol. 31. – P. 31–43. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002.
8. Henriksen D. Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices // The STEAM Journal. – 2014. – Vol. 1, № 2. – Article 15. – DOI: https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15.
9. Quigley C. F., Herro D., Jamil F. M. Developing a Conceptual Model of STEAM Teaching Practices // School Science and Mathematics. – 2017. – Vol. 117, № 1–2. – P. 1–12. – DOI: https://doi.org/10.1111/ssm.12201.
10. Conradty C., Sotiriou S. A., Bogner F. X. How Creativity in STEAM Modules Intervenes with Self-Efficacy and Motivation // Education Sciences. – 2020. – Vol. 10, № 3. – Article 70. – DOI: https://doi.org/10.3390/educsci10030070.
11. Mejias S., Thompson N., Sedas R. M., Rosin M., Soep E. The Trouble with STEAM and Why We Use It Anyway // Science Education. – 2021. – Vol. 105, № 2. – P. 209–231. – DOI: https://doi.org/10.1002/sce.21605.
12. Overton T., Potter N., Leng C. A Study of Approaches to Solving Open-Ended Problems in Chemistry // Chemistry Education Research and Practice. – 2013. – Vol. 14. – P. 468–475. – DOI: https://doi.org/10.1039/C3RP00028A.
13. Cooper M. M., Stowe R. L. Chemistry Education Research: From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice // Chemical Reviews. – 2018. – Vol. 118, № 12. – P. 6053–6087. – DOI: https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020.
14. Johnstone A. H. Why Is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem // Journal of Computer Assisted Learning. – 1991. – Vol. 7, № 2. – P. 75–83. – DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x.
15. Hanwell M. D., Curtis D. E., Lonie D. C., Vandermeersch T., Zurek E., Hutchison G. R. Avogadro: An Advanced Semantic Chemical Editor, Visualization, and Analysis Platform // Journal of Cheminformatics. – 2012. – Vol. 4. – Article 17. – DOI: https://doi.org/10.1186/1758-2946-4-17.
16. Anastas P. T., Warner J. C. Green Chemistry: Theory and Practice. – New York: Oxford University Press, 1998. – 135 p.
17. Black P., Wiliam D. Assessment and Classroom Learning // Assessment in Education: Principles, Policy and Practice. – 1998. – Vol. 5, № 1. – P. 7–74. – DOI: https://doi.org/10.1080/0969595980050102.
18. Hattie J., Timperley H. The Power of Feedback // Review of Educational Research. – 2007. – Vol. 77, № 1. – P. 81–112. – DOI: https://doi.org/10.3102/003465430298487.
19. Brookhart S. M. How to Create and Use Rubrics for Formative Assessment and Grading. – Alexandria, VA: ASCD, 2013. – 159 p.
20. Polit D. F., Beck C. T., Owen S. V. Is the CVI an Acceptable Indicator of Content Validity? Appraisal and Recommendations // Research in Nursing & Health. – 2007. – Vol. 30, № 4. – P. 459–467. – DOI: https://doi.org/10.1002/nur.20199.
21. Koo T. K., Li M. Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research // Journal of Chiropractic Medicine. – 2016. – Vol. 15, № 2. – P. 155–163. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012.
22. McHugh M. L. Interrater Reliability: The Kappa Statistic // Biochemia Medica. – 2012. – Vol. 22, № 3. – P. 276–282. – DOI: https://doi.org/10.11613/BM.2012.031.
23. OECD. OECD Learning Compass 2030. – Paris: OECD Publishing, 2019.
24. UNESCO. Reimagining Our Futures Together: A New Social Contract for Education. – Paris: UNESCO, 2021.
25. Kasneci E., Sessler K., Küchemann S., Bannert M., Dementieva D., Fischer F. et al. ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education // Learning and Individual Differences. – 2023. – Vol. 103. – Article 102274. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274.
26. Mishra P., Warr M., Islam R. TPACK in the Age of ChatGPT and Generative AI // Journal of Digital Learning in Teacher Education. – 2023. – Vol. 39, № 4. – P. 235–251. – DOI: https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2247480.
27. Milano S., McGrane J. A., Leonelli S. Large Language Models Challenge the Future of Higher Education // Nature Machine Intelligence. – 2023. – Vol. 5. – P. 333–334. – DOI: https://doi.org/10.1038/s42256-023-00644-2.
28. American Chemical Society. Prepare for Olympiad Exams: U.S. National Chemistry Olympiad National Exam Part I, 2022–2025, and Exam Information. – Washington, DC: ACS, 2026. – URL: https://www.acs.org/education/olympiad/prepare-for-exams.html (accessed: 12 July 2026).
29. Bianchi G., Pisiotis U., Cabrera Giraldez M. GreenComp: The European Sustainability Competence Framework. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. – DOI: https://doi.org/10.2760/13286.
30. OECD. PISA 2022 Assessment and Analytical Framework. – Paris: OECD Publishing, 2023.
31. UNESCO. Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education – A Tool on Whose Terms? – Paris: UNESCO, 2023.
32. UNESCO. Guidance for Generative AI in Education and Research. – Paris: UNESCO, 2023.