

**Tursunova Barno Abdiyevna,**

fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori  
(PhD), Termiz davlat universiteti "Matematik analiz"  
kafedrası katta o'qituvchisi

## KIMYO TA'LIMIDA OLIY MATEMATIKA: MAZMUNI VA FANLARARO INTEGRATSIYANING XALQARO TAJRIBASI

UO'K 378

[HTTPS://DOI.ORG/10.34920/SO/VOL\\_2026\\_ISSUE\\_7\\_3](https://doi.org/10.34920/so/vol_2026_issue_7_3)

---

### **TURSUNOVA B.A. KIMYO TA'LIMIDA OLIY MATEMATIKA: MAZMUNI VA FANLARARO INTEGRATSIYANING XALQARO TAJRIBASI**

Maqolada yetakchi jahon universitetlarida kimyo ta'lim yo'nalishi talabalariga o'qitiladigan oliy matematika fanining mazmuni va uni kimyo fanlari bilan integratsiyalashuvi qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqotda matematik fanlarning mazmuni, o'qitilish ketma-ketligi va fanlararo aloqalariga alohida e'tibor qaratilgan. Natijalar xalqaro tajribada matematik tayyorgarlikning kasbiy yo'naltirilishi, matematik modellashtirish va kimyoviy jarayonlarni miqdoriy tahlil qilish bilan uzviy bog'lanishini ko'rsatdi. Tadqiqot asosida kimyo ta'limida oliy matematika fanining mazmunini takomillashtirish va fanlararo integratsiyani kuchaytirishga doir metodik yondashuvlar taklif etildi.

Tayanch so'z va tushunchalar: oliy matematika, kimyo ta'limi, matematik tayyorgarlik, fanlararo integratsiya, matematik modellashtirish, kasbiy yo'naltirilgan ta'lim, xalqaro tajriba.

---

### **ТУРСУНОВА Б.А. ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В ХИМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ: СОДЕРЖАНИЕ И МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ**

В статье представлен сравнительный анализ содержания курсов высшей математики для студентов-химиков в ведущих университетах мира и опыта интеграции этой дисциплины с химическими предметами. Особое внимание уделено содержанию математических дисциплин, последовательности обучения и междисциплинарным связям. Результаты исследования показывают, что в международной практике акцент делается на профессиональной направленности математической подготовки и ее неразрывной связи с математическим моделированием и количественным анализом химических процессов. На основе проведенного анализа предложены методические подходы к совершенствованию содержания курсов высшей математики и усилению междисциплинарной интеграции в системе химического образования.

Ключевые слова и понятия: высшая математика, химическое образование, математическая подготовка, междисциплинарная интеграция, математическое моделирование, профессионально-ориентированное обучение, международный опыт.

**TURSUNOVA B.A. HIGHER MATHEMATICS IN CHEMISTRY EDUCATION: CONTENT AND INTERNATIONAL EXPERIENCE OF INTERDISCIPLINARY INTEGRATION**

The article presents a comparative analysis of higher mathematics course curricula for chemistry students at leading universities worldwide, as well as the experience of integrating this discipline with chemistry subjects. Particular attention is paid to the content of mathematics courses, the sequence of instruction, and interdisciplinary connections. Research findings indicate that international practice emphasizes the professional orientation of mathematical training and its inextricable link to mathematical modeling and the quantitative analysis of chemical processes. Based on this analysis, the study proposes methodological approaches for enhancing the content of higher mathematics courses and strengthening interdisciplinary integration within the chemical education system.

Keywords and concepts: advanced mathematics, chemical education, mathematical training, interdisciplinary integration, mathematical modeling, professionally oriented instruction, international experience.

**Tadqiqotning maqsadi** yetakchi jahon universitetlarida kimyo ta'lim yo'nalishi talabalariga o'qitiladigan oliy matematika fanining mazmunini aniqlash, matematik tayyorgarlikning tarkibiy qismlari va o'qitilish ketma-ketligini tahlil qilish hamda matematik bilimlarning kimyo fanlari bilan fanlararo integratsiyasi qanday amalga oshirilayotganini qiyosiy o'rganishdan iborat. Mazkur maqsadga erishish uchun yetakchi jahon universitetlaridagi ta'lim tizimiga oid quyidagi savollarga javob izlandi:

1. Yetakchi jahon universitetlarida kimyo ta'limi yo'nalishi talabalariga qanday matematik fanlar o'qitiladi?

2. Mazkur matematik fanlarning mazmuni qanday matematik tushuncha, mavzu va usullarni qamrab oladi?

3. Matematik fanlar kimyo ta'lim dasturida qanday ketma-ketlikda va ta'limning qaysi bosqichlarida o'qitiladi?

4. Matematik bilim va ko'nikmalar kimyo fanlari bilan qanday fanlararo integratsiya qilinadi?

5. Yetakchi jahon universitetlarining kimyo ta'limida oliy matematikani o'qitish mazmuni va fanlararo integratsiyasida qanday umumiylik va farqlar mavjud?

**Tadqiqot metodologiyasi.**

Mazkur tadqiqot qiyosiy tahlil va o'quv dasturlarini hujjatli tahlil qilish yondashuvlariga asoslandi. Tadqiqot manbalari sifatida yetakchi jahon universitetlarining kimyo bakalavriat dasturlari, rasmiy o'quv rejalari, fan kataloglari, kurs tavsiflari va tegishli akademik materiallar tanlandi. Tahlil uchun Massachusetts texnologiya

instituti (Massachusetts Institute of Technology-MIT), Stenford universiteti (Stanford University), Garvard universiteti (Harvard University), Oksford universiteti (University of Oxford) va Kembrij universiteti (University of Cambridge) kabi jahonning eng yetakchi universitetlari olindi. Universitetlarni tanlashda avvalo ularning xalqaro akademik nufuzi, kimyo bo'yicha bakalavriat dasturlarining mavjudligi hamda matematik fanlar mazmuniga oid rasmiy va ochiq ma'lumotlarning mavjudligi asosiy mezonlar sifatida belgilandi.

Yig'ilgan ma'lumotlar quyidagi mezonlar asosida tizimlashtirildi: (1) kimyo talabalari uchun o'qitiladigan matematik fanlar; (2) ularning mazmuni; (3) o'qitilish ketma-ketligi va ta'lim bosqichi; (4) matematika va kimyo fanlari o'rtasidagi fanlararo integratsiya shakllari; (5) universitetlar tajribasidagi umumiylik va farqlar.

Tahlil jarayonida matematik fanlarning faqat nomi va mavjudligi emas, balki ularning kimyo ta'limidagi funksional o'rni, kasbiy yo'naltirilganligi va amaliy qo'llanilishi ham hisobga olindi. Fanlararo integratsiyani baholashda matematik tushunchalarning kimyoviy jarayonlarni tavsiflash, modellashtirish, miqdoriy tahlil qilish va olingan natijalarni talqin etishdagi qo'llanilishiga e'tibor qaratildi.

**Kimyo ta'limi yo'nalishi talabalariga o'qitiladigan matematik fanlar.**

Yetakchi jahon universitetlarining kimyo bo'yicha bakalavriat dasturlarini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, kimyo talabalarining matematik tayyorgarligi alohida bir xil nomdagi "Oliy matematika" fani orqali emas, balki turli

matematik fanlar majmuasi orqali shakllantiriladi. Jumladan, Calculus, Multivariable Calculus, Linear Algebra, Differential Equations kabi fanlar kimyo ta'limining matematik asosini tashkil etadi. Biroq ushbu fanlarning o'quv dasturidagi o'rni, majburiylik darajasi va kimyo fanlari bilan bog'lanish shakllari universitetlarga ko'ra farqlanadi.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

1. Yetakchi jahon universitetlarida kimyo ta'limi yo'nalishi talabalari uchun matematik tayyorgarlikning mazmuni, o'qitilish ketma-ketligi va fanlararo aloqalarini kompleks qiyosiy tahlil qilish yondashuvi taklif etildi. Bunda matematik tayyorgarlik alohida fanlar majmuasi sifatida emas, balki "mazmun — ketma-ketlik — fanlararo integratsiya — metodik mexanizm" birligi asosida ko'rib chiqildi.

2. Yetakchi universitetlar tajribasidagi matematik tayyorgarlikni tashkil etish yondashuvlari tizimlashtirildi hamda ularning o'ziga xos xususiyatlari fundamental, parallel, moslashuvchan va kontekstual integratsiya shakllari orqali umumlashtirildi.

3. Matematika va kimyo fanlari o'rtasidagi fanlararo integratsiyaning konseptual modeli taklif etildi. U "matematik tushuncha → kimyoviy muammo → matematik model → matematik yechim → kimyoviy interpretatsiya" ketma-ketligiga asoslanadi. Mazkur yondashuv matematik bilimlarni kimyo ta'limida shunchaki qo'llash emas, balki ularni kimyoviy hodisa va jarayonlarni modellashtirish, miqdoriy tahlil qilish va ilmiy talqin etish vositasiga aylantirishni nazarda tutadi.

4. Kimyo ta'limida matematik tayyorgarlikni tashkil etishning metodik tamoyillari — kasbiy yo'naltirilganlik, izchillik, kontekstlashtirish, matematik modellashtirish, real ma'lumotlar bilan ishlash va hisoblash vositalaridan foydalanish — xalqaro tajriba asosida ajratib ko'rsatildi.

**Massachusetts texnologiya institute(MIT)** ning kimyo (Chemistry (Course 5)) bakalavriat dasturida matematika kimyo yo'nalishining umumiy institutsional talablari tarkibida shakllantiriladi. Ya'ni matematika alohida kimyoviy fanlari qatorida emas, balki barcha bakalavrlar uchun belgilangan Institutning umumiy ta'lim talablari (General Institute Requirements — GIRs) doirasida beriladi. Shu bilan birga, kimyo dasturida

matematik tayyorgarlikka tayangan holda Thermodynamics I, Thermodynamics II and Kinetics, Introduction to Spectroscopy hamda Electronic Structure of Molecules kabi fanlar o'qitiladi.

Shunday qilib, MIT tajribasida kimyo talabalarining matematik tayyorgarligi, avvalo, Calculus va Multivariable Calculus kabi fundamental matematik fanlar orqali ta'minlanib, keyinchalik ushbu bilimlar fizik kimyo, termodinamika, spektroskopiya va molekularning elektron tuzilishini o'rganishda qo'llaniladi.

**Stenford universitetining** kimyo dasturida matematik fanlar kimyo ta'limi bilan ancha yaqin va parallel tarzda joylashtirilgan. An'anaviy kimyo ta'lim yo'nalishi (Chemistry pathway) bo'yicha talaba birinchi kurs davomida ketma-ket MATH19 Calculus, MATH20 Calculus va MATH21 Calculus fanlarini o'rganadi. Ikkinchi kursning qishki choragida esa MATH51 — Linear Algebra, Multivariable Calculus and Modern Applications fani o'qitiladi. E'tiborlisi, bu matematik fanlar kimyo fanlari bilan bir vaqtda olib boriladi: masalan, birinchi kursda Calculus kimyoviy prinsiplar va organik molekularning tuzilishi bilan bog'liq kurslar bilan parallel joylashgan; ikkinchi kursda MATH51 Inorganic Chemistry I va boshqa tabiiy fanlar bilan birgalikda o'qitiladi.

**Garvard universitetining** kimyo bo'yicha ixtisoslashuv dasturi (Chemistry concentration) talabalari uchun matematika talabi kamida MATH 21A yoki unga tenglashtirilgan kurs orqali bajariladi. Shu bilan birga, MATH 21B kuchli tavsiya qilinadi. Dastur matematik tayyorgarlikning muqobil yo'llarini ham nazarda tutadi. Masalan, ayrim talabalar uchun MATH 19A kabi modellashtirish va differensial tenglamalarga yo'naltirilgan kurslar matematik talabni qondirishi mumkin. Bu yondashuv matematik tayyorgarlikni talabaning akademik yo'nalishi va ehtiyojlariga moslashtirish imkonini beradi.

**Oksford universitetining** kimyo (Chemistry) bakalavriat dasturida matematik tayyorgarlik boshqa universitetlarga nisbatan yanada bevosita kimyo kontekstida tashkil etilgan. Birinchi kurs dasturida "Mathematics for Chemistry" alohida o'quv komponenti sifatida beriladi. Ushbu tayyorgarlik keyingi kimyo kurslarida foydalaniladigan fundamental matematik analiz va chiziqli algebra bilimlarini shakllantirishga xizmat qiladi. Demak, Oksford tajribasida matematika umumiy tayanch fan sifatida emas, balki bevosita kimyo-

oni o'rganish uchun zarur matematik vositalar sifatida kontekstlashtirilgan.

**Kembrij universitetining** birinchi yil kimyo (Chemistry) dasturida matematik tayyorgarlik kimyo fanlarini o'zlashtirish uchun zarur fundamental bilim sifatida qaraladi. Dasturda elementar matematika (elementary calculus) talab qilinadi. Matematik tayyorgarligi yetarli bo'lmagan talabalar uchun esa zarur matematik ko'nikmalarni shakllantirishga qaratilgan qo'shimcha Biologlar uchun elementar matematika (Elementary Mathematics for Biologists) kursi mavjud. Universitet kimyo ta'limini davom ettirish uchun matematik tayyorgarlikning ahamiyatini alohida ta'kidlaydi.

Shunday qilib, xalqaro universitetlarda qanday matematik fanlar o'qitilishi bo'yicha asosiy xulosa shundan iboratki, yetakchi universitetlarda kimyo talabalari uchun matematik tayyorgarlik asosan Calculusdan boshlanadi va ta'lim dasturining ehtiyojiga qarab Multivariable Calculus, Linear Algebra, Differential Equations va matematik modellashirish yo'nalishlari bilan kengayadi. Biroq matematik fanlarning nomi va o'quv dasturidagi maqomi turlicha bo'lib, bu holat fanlararo integratsiyaning turli modellari shakllantiradi.

### Matematik fanlarning mazmuni.

Tahlil qilingan yetakchi jahon universitetlarining o'quv dasturlari shuni ko'rsatadiki, kimyo ta'limi yo'nalishidagi matematik tayyorgarlik, avvalo, matematik analizning fundamental tushunchalariga asoslanadi. Biroq matematik tayyorgarlik faqat differensial va integral hisob bilan chegaralanmaydi. Ta'lim dasturining mazmuniga ko'ra, u ko'p o'zgaruvchili analiz, chiziqli algebra, differensial tenglamalar, matematik modellashirish, qatorlar va ayrim hollarda hisoblash usullarini ham qamrab oladi.

**MIT tajribasi.** MITda Calculus I (18.01) bir o'zgaruvchili funksiyalarni differentsiallashtirish va integrallashtirish, limit va uzluksizlik, hosilaning qo'llanilishi, ekstremum masalalari, L'opital qoidasi, qutb koordinatalari, aniqmas va aniq integrallar, integrallashtirish usullari, xosmas integrallar, oddiy differensial tenglamalar hamda cheksiz va darajali qatorlarni o'z ichiga oladi. Calculus II (18.02) mazmuni esa ko'p o'zgaruvchili analizga kengayadi. Unda uch o'lchamli vektorlar, determinant va matritsalar, vektor-funksiyalar,

xususiy hosilalar, gradient, optimallashtirish, ikki va uch karrali integrallar, chiziqli va sirt integral-lari, konservativ maydonlar, Grin, Divergence va Stoks teoremlari o'rganiladi. MITning rasmiy talablari bu ikki calculus bosqichini barcha talabalar uchun fundamental matematik tayyorgarlik sifatida belgilaydi. Bundan tashqari, MITning 18.03 Differential Equations kursida fizik tizimlarni modellashirish, birinchi tartibli differensial tenglamalarni analitik, grafik va sonli usullarda yechish, o'zgarmas koeffitsiyentli chiziqli differensial tenglamalar, tebranishlar, so'nish va rezonans, Fur'ye qatorlari, matritsalar, xos qiymatlar va xos vektorlar, shuningdek issiqlik va to'liq integrallarni o'rganiladi.

**Stenford tajribasi.** Stenfordning MATH 19–21 ketma-ketligi matematik analizning bosqichma-bosqich rivojlanishini ko'rsatadi. MATH 19 da limit, uzluksizlik, hosila, trigonometrik, eksponensial va logarifmik funksiyalar, optimallashtirish va egri chiziqlarni tahlil qilish o'rganiladi. MATH 20 da aniqmas va aniq integrallar, yuza, hajm va yoy uzunligi, shuningdek eksponensial o'sish (kamayish) va ajraluvchi differensial tenglamalarning boshlang'ich tushunchalari beriladi. MATH 21 esa cheksizdagi limitlar, cheksiz qatorlar, yaqinlashish mezonlari, darajali va Teylor qatorlarini qamrab oladi. Keyingi bosqichdagi MATH 51 kursi Linear Algebra, Multivariable Calculus and Modern Applications yo'nalishlarini birlashtiradi. Shu sababli Stenford modelida matematik tayyorgarlik bir o'zgaruvchili analizdan ko'p o'zgaruvchili analiz va chiziqli algebra tomon izchil kengayadi. MATH 51 uchun MATH 21 oldindan talab qilinishi ham ushbu mazmuniy ketma-ketlikni ko'rsatadi.

**Garvard tajribasi.** Garvard Chemistry concentration dasturida kamida MATH 21A yoki unga tenglashtirilgan matematik kurs talab qilinadi, MATH 21B esa kuchli tavsiya etiladi. Shu bilan birga, universitet turli matematik tayyorgarlik yo'llarini, jumladan MATH 19A kabi modellashirish va differensial tenglamalarga yo'naltirilgan kurslarni ham tan oladi.

**Oksford tajribasi** esa mazmunni kimyo bilan bevosita bog'lash nuqtayi nazaridan alohida e'tiborga loyiq. Birinchi yil o'quv dasturida "Mathematics for Chemistry" fani mavjud bo'lib, unda keyingi kimyo kurslari uchun zarur bo'lgan fundamental matematik analiz va chiz-

iqli algebra o'rgatiladi. Shu yilning o'zida fizik va biologik mazmunlar ham kimyoviy kontekstda beriladi; amaliy mashg'ulotlarda esa molekulyar modellashtirish va kompyuter kodlash kabi hisoblash vositalari ham qo'llanadi.

**Kembrij tajribasida** birinchi yil kimyo kursini o'zlashtirish uchun elementar matematika bilimlari talab qilinadi. Matematik tayyorgarligi yetarli bo'lmagan talabalar uchun qo'shimcha Elementary Mathematics for Biologists kursi orqali zarur ko'nikmalarni shakllantirish imkoniyati mavjud. Bu esa matematik mazmunning kimyo fanlarini keyingi bosqichlarda o'zlashtirish uchun fundamental tayanch sifatida qaralishini ko'rsatadi.

Demak, jahon yetakchi universitetlarda o'qitiladigan matematik fanlarning mazmuni haqidagi asosiy natija shundan iboratki, kimyo talabalari uchun matematik tayyorgarlikning yadrosini differensial va integral hisob tashkil etadi. Unga bosqichma-bosqich ko'p o'zgaruvchili analiz, chiziqli algebra, differensial tenglamalar, qatorlar va hisoblash va modelashtirish elementlari qo'shiladi. Eng muhim jihat shundaki, matematik mazmun keyingi bosqichlarda kimyoning fizik, nazariy, analitik va hisoblash yo'nalishlari uchun matematik vosita sifatida xizmat qiladi.

### **Matematik fanlarning o'qitilish ketma-ketligi va ta'lim bosqichlari.**

Kimyo ta'limi yo'nalishidagi matematik tayyorgarlikning samaradorligini baholashda faqat o'qitiladigan matematik fanlar va ularning mazmunini aniqlash yetarli emas. Matematik fanlarning o'quv dasturida qaysi bosqichda, qanday ketma-ketlikda va kimyo fanlari bilan qanday vaqt-mantiqiy bog'liqlikda joylashtirilgani ham muhim ahamiyatga ega. Shu nuqtayi nazardan, yetakchi jahon universitetlari tajribasi matematik tayyorgarlikni tashkil etishning bir nechta o'ziga xos modellarini namoyon etadi.

Massachusettsda kimyo bakalavriat dasturida matematika institutning umumiy ta'lim talabalari tarkibidagi fundamental tayyorgarlikning bir qismi sifatida qaraladi. Kimyo dasturining asosiy kurslari qatorida 5.03 Principles of Inorganic Chemistry I, 5.12–5.13 Organic Chemistry, 5.601–5.602 Thermodynamics and Kinetics, 5.611–5.612 Spectroscopy and Electronic Structure kabi fanlar mavjud. Bunday tuzilishda matematik tayyorgarlik kimyo fanlarining o'ziga

bevosita biriktirilgan alohida kurslar ketma-ketligi emas, balki keyingi tabiiy-ilmiy fanlarni o'zlashtirish uchun oldindan shakllantiriladigan fundamental vosita vazifasini bajaradi. Ayniqsa, termodinamika, kinetika, spektroskopiya va molekullarning elektron tuzilishi kabi mavzular matematik tayyorgarlikdan foydalanadigan keyingi bosqichlarni tashkil etadi. Shunday qilib, MIT tajribasida "fundamental matematika → tabiiy-ilmiy tayyorgarlik → matematikaga tay-anuvchi kimyo" tamoyiliga asoslangan vertikal integratsiya modeli kuzatiladi. Bunda muhim metodik jihat shundan iboratki, MITning Chemistry roadmap'ida matematik kurslarning kimyo kurslari kabi aniq semestrlik taqsimoti berilmagan. Shu sababli matematik fanlarni ma'lum bir semestrta sun'iy ravishda biriktirish emas, balki ularning kimyo dasturidagi fundamental tayanch sifatidagi o'rnini qayd etish ilmiy jihatdan to'g'riroqdir.

Stenford universiteti tajribasi matematik va kimyoviy tayyorgarlikning vaqt jihatidan ancha yaqin va parallel tashkil etilishi bilan ajralib turadi. Universitetning Chemistry major uchun tavsiya etilgan Traditional Chemistry Pathway dasturida birinchi kursning kuzgi choragida CHEM31A Chemical Principles I bilan birgalikda MATH19 Calculus, qishki choragida CHEM31B bilan MATH20 Calculus, bahorgi choragida esa CHEM33 Structure and Reactivity of Organic Molecules bilan MATH21 Calculus o'qitiladi. Ikkinchi kursning qishki choragida esa MATH51 — Linear Algebra, Multivariable Calculus, and Modern Applications fani Inorganic Chemistry I bilan parallel ravishda joylashtirilgan. Bu ketma-ketlik juda muhim metodik xususiyatni ko'rsatadi. Talaba dastlab bir o'zgaruvchili matematik analizni bosqichma-bosqich o'rganadi:

MATH19 → MATH20 → MATH21, undan keyin esa:

MATH51 → chiziqli algebra + ko'p o'zgaruvchili analiz yo'nalishiga o'tadi.

Bunda matematik tayyorgarlik kimyo fanlaridan ajratib qo'yilmagan. Aksincha, ularning ikkalasi bir xil o'quv davrida parallel ravishda rivojlanadi. Masalan, birinchi kursda calculus kurslari Chemical Principles va Organic Chemistry bilan, ikkinchi kursda esa MATH51 Inorganic Chemistry bilan bir davrda o'qitiladi. Shuningdek, Stenfordda umumiy kimyo kurslariga kirishda

talabalar uchun algebraik ifodalar, darajalar va logarifmlar, funksiyalar va grafiklar hamda o'lchov birliklari bilan ishlash kabi matematik tayyorgarlikni muhim deb hisoblaydi. Universitet Chem 31A ga kiruvchi talabalar uchun MATH19 ga tayyor bo'lishni tavsiya qiladi. Demak, Stenford modeli "matematika  $\rightarrow$  kimyo" tarzidagi bir tomonlama bog'lanishdan ko'ra, "matematika  $\leftrightarrow$  kimyo" ko'rinishidagi parallel rivojlanishga yaqin. Shu sababli uni parallel integratsiya modeli sifatida tavsiflash mumkin.

Garvard universitetida matematik tayyorgarlikning tashkil etilishi Stenforddagi qat'iy ketma-ketlikdan farq qiladi. Chemistry concentration talablarida talaba kamida MATH 21A yoki unga tenglashtirilgan bitta matematik kursni o'zlashtirishi kerak; MATH 21B esa kuchli tavsiya qilinadi. Shu bilan birga, universitet bir nechta muqobil matematik kurslarni ham tan oladi. Bu holat matematik tayyorgarlikning bitta qat'iy yo'nalish orqali emas, balki talabaning tayyorgarligi va akademik ehtiyojlariga mos ravishda shakllanishiga imkon beradi.

Garvard dasturining yana bir muhim jihati — matematik tayyorgarlikni boshqa yaqin fanlar bilan bog'lash imkoniyatining mavjudligidir. Chemistry concentration doirasida matematikadan tashqari amaliy matematika, statistika, kompyuter bilimlari va boshqa tegishli yo'nalishlarning kurslari ham ayrim holatlarda dastur tarkibiga kiritilishi mumkin. Shu sababli Garvard tajribasini moslashuvchan yoki individuallashtirilgan integratsiya modeli sifatida tavsiflash mumkin.

Oksford tajribasi mazkur tadqiqot nuqtayi nazaridan alohida ahamiyatga ega. Chunki bu yerda matematika umumiy tayanch fan sifatida emas, balki "Mathematics for Chemistry" nomi va mazmuni orqali bevosita kimyo ta'limining tarkibiga kiritilgan. Oksford kimyo dasturining birinchi yilida talabalar noorganik, organik va fizik kimyo bilan bir qatorda kimyo uchun matematika komponentini ham o'rganadilar. Universitet ma'lumotlariga ko'ra, fundamental matematik analiz va chiziqli algebra keyingi kimyo kurslarida qo'llaniladi. Shu bilan birga, dasturda biologiya va fizika ham kimyoviy kontekstda o'rganiladi, amaliy mashg'ulotlarda esa kompyuter ilovalari, molekulyar modellash-tirish va kodlash elementlaridan foydalaniladi. Bu modelda matematik bilimning qachon beri-

lishi bilan birga, nima uchun berilayotgani ham o'quv mazmunining o'zida ko'rsatiladi. Ya'ni talaba matematik tushunchani avval abstrakt shaklda o'zlashtirib, keyinchalik uning kimyodagi qo'llanishini izlashdan ko'ra, matematika bilan kimyo o'rtasidagi aloqa dastlabki bosqichning o'zidayoq ko'rsatiladi. Shu jihatdan Oksford tajribasi kontekstual integratsiya modeli uchun yorqin namuna hisoblanadi.

Kembrijning kimyo dasturida matematik tayyorgarlik birinchi bosqichdanoq kimyoni chuqur o'zlashtirish uchun zarur asos sifatida qaraladi. Birinchi yil kimyo kursini o'zlashtirish uchun elementar matematika bilimlari talab qilinadi. Matematik tayyorgarligi yetarli bo'lmagan talabalar uchun esa biologlar uchun elementar matematika kursi orqali zarur matematik ko'nikmalarni shakllantirish imkoniyati yaratilgan. Bu yondashuv ikki muhim jihatni ko'rsatadi. Birinchidan, matematika kimyo ta'limining keyingi bosqichlari uchun kirish kompetensiyasi sifatida qaraladi. Ikkinchidan, talabalar matematik tayyorgarligi bo'yicha bir xil boshlang'ich darajaga ega bo'lmasligi mumkinligi hisobga olinadi va zarur hollarda qo'shimcha tayyorlov mexanizmi taklif etiladi. Demak, Cambridge tajribasini fundamental va qo'llab-quvvatlovchi integratsiya modeli sifatida tavsiflash mumkin.

### **Matematika va kimyo fanlarining fanlararo integratsiyasi hamda uni amalga oshirish metodikasi.**

Yetakchi jahon universitetlari tajribasi matematika va kimyo fanlarining o'zaro aloqasi faqat matematik bilimlarni keyinchalik kimyoviy masalalarda qo'llash bilan cheklanmasligini ko'rsatadi. Matematik tushuncha va usullar kimyoviy jarayonlarni miqdoriy tavsiflash, model-lashtirish, tahlil qilish va prognozlash vositasi sifatida o'quv jarayoniga integratsiya qilinadi. Bunda integratsiyaning mazmuni universitetning ta'lim dasturi va kimyoning tegishli yo'nalishiga qarab farqlanadi.

Matematik analizning asosiy tushunchalari kimyoviy jarayonlarning o'zgarishini tavsiflashda qo'llaniladi. Xususan, hosila reaksiya tezligi va boshqa dinamik jarayonlarni ifodalashda, integral esa ma'lum vaqt yoki fazoda yig'iluvchi kattaliklarni aniqlashda muhim vosita hisoblanadi. Xususiylar hosilalar va ko'p o'zgaruvchili funksiyalar termodinamik kattaliklar o'rtasidagi bog'lanishlarni ifodalashda, differensial teng-

lamalar esa kimyoviy kinetika, diffuziya va boshqa vaqt bo'yicha o'zgaruvchi jarayonlarni matematik modellashtirishda qo'llaniladi. Chiziqli algebra molekulyar va kvant-kimyoviy modellarni matematik ifodalashda, statistik va sonli usullar esa eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash hamda hisoblash tajribalarini amalga oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Fanlararo integratsiyaning metodik jihatidan shundan iboratki, talaba matematik formulani tayyor holda qo'llash bilan cheklanmay, kimyoviy muammoni aniqlash, uni matematik modelga keltirish, matematik usul yordamida yechish va olingan natijani kimyoviy mazmun asosida talqin qilish bosqichlaridan o'tadi. Shu sababli muammoli ta'lim, kontekstga asoslangan topshiriqlar, matematik modellashtirish, amaliy masalalar, real eksperimental ma'lumotlar bilan ishlash va hisoblash texnologiyalaridan foydalanish fanlararo integratsiyaning amalga oshirishning samarali vositalari sifatida namoyon bo'ladi. Masalan, kimyoviy kinetikadagi konsentratsiyaning vaqt bo'yicha o'zgarishi differensial tenglama orqali ifodalanib, uning yechimi asosida reaksiya jarayonining borishi tahlil qilinishi mumkin.

Tahlil qilingan universitetlar tajribasida integratsiyaning turli shakllari kuzatiladi. **MIT**da fundamental matematik tayyorgarlik keyingi termodinamika, kinetika va spektroskopiya kabi fanlarni o'zlashtirish uchun matematik asos vazifasini bajaradi. **Stenford**da matematika va kimyoviy fanlar parallel ravishda o'qitilib, ularning mazmuniy va vaqt jihatdan yaqinligi ta'minlanadi. **Garvard**da matematik tayyorgarlikning moslashuvchan yo'llari va modellashtirishga yo'naltirilgan kurslar mavjud. **Oksford**da esa matematika bevosita kimyo uchun matematika shaklida kimyo kontekstiga kiritilgan bo'lib, fundamental calculus va linear algebra keyingi kimyo kurslari bilan bog'lanadi. **Kembrij**da matematik tayyorgarlik kimyoni o'zlashtirishning fundamental sharti sifatida qaraladi va zarur hollarda qo'shimcha matematik tayyorgarlik bilan ta'minlanadi.

Demak, fanlararo integratsiyaning umumiy metodik mantig'i **"matematik tushuncha → kimyoviy muammo → matematik model → matematik yechim → kimyoviy talqin"** ketma-ketligida namoyon bo'ladi. Farq esa ushbu jarayonning o'quv dasturiga qanchalik erta kiritilishi, matematikaning kimyo kontekstida yoki alohida

fundamental fan sifatida berilishi hamda model-lashtirish va hisoblash vositalaridan foydalanish darajasida kuzatiladi.

Shunday qilib, yetakchi jahon universitetlarida matematika va kimyo integratsiyasi matematik bilimlarni shunchaki qo'llash emas, balki ularni kimyoviy hodisalarni tushuntirish, modellashtirish va miqdoriy tahlil qilish vositasiga aylantirish orqali amalga oshiriladi.

### **Yetakchi jahon universitetlari tajribasining qiyosiy tahlili.**

Tadqiqotda ko'rib chiqilgan MIT, Stenford, Garvard, Oksford va Kembrig universitetlarining kimyo ta'limi dasturlarini qiyosiy tahlil qilish natijasida matematik tayyorgarlikning mazmuni va uni kimyo fanlari bilan integratsiyalashuvida bir qator umumiy va farqli jihatlar aniqlandi.

Umumiy jihat sifatida, barcha universitetlarda matematika kimyo mutaxassisining tayyorgarligida muhim fundamental komponent sifatida qaralishi kuzatiladi. Matematik tayyorgarlikning asosini, avvalo, differensial va integral hisob tashkil etadi. Ta'lim dasturining xususiyatiga ko'ra, mazkur tayyorgarlik ko'p o'zgaruvchili analiz, chiziqli algebra, differensial tenglamalar, matematik modellashtirish, statistik va hisoblash usullari bilan kengaytiriladi. Shu bilan birga, matematik bilimlar keyingi bosqichlarda termodinamika, kimyoviy kinetika, spektroskopiya, kvant kimyosi va boshqa fizik-kimyoviy yo'nalishlarni o'zlashtirish uchun xizmat qiladi. Universitetlar o'rtasidagi asosiy farq esa matematik tayyorgarlikning o'quv dasturidagi o'rni, o'qitilish ketma-ketligi va kimyo bilan integratsiya darajasida namoyon bo'ladi. MITda matematika umumiy fundamental tayyorgarlik tarkibida shakllanib, keyingi kimyo fanlari uchun tayanch vazifasini bajaradi. Stenfordda matematik fanlar kimyo fanlari bilan parallel ravishda o'qitiladi. Garvard da matematik tayyorgarlikning muqobil va moslashuvchan yo'llari mavjud. Oksfordda matematika bevosita **Mathematics for Chemistry** shaklida kimyo kontekstiga kiritilgan. Cambridge tajribasida esa elementar matematika kimyo ta'limini o'zlashtirish uchun zarur fundamental tayyorgarlik sifatida qaraladi.

Shuningdek, integratsiyaning metodik shakllarida ham muayyan farqlar mavjud. Ayrim dasturlarda matematika avvalo fundamental nazariy tayyorgarlik sifatida berilib, uning kimyodagi qo'llanilishi keyingi kurslarda namoyon bo'ladi.

Boshqa hollarda esa matematik tushunchalar dastlabki bosqichning o'zidayoq kimyoviy masalalar, modellashtirish, eksperimental ma'lumotlar va hisoblash faoliyati bilan bog'lanadi. Natijada matematik tayyorgarlikning umumiy mazmuni o'xshash bo'lsa-da, uning **pedagogik tashkil etilishi va fanlararo qo'llanish mexanizmlari** turlicha shakllangan.

Qiyosiy tahlil asosida yetakchi universitetlarning yondashuvlarini shartli ravishda quyidagi modellar bilan tavsiflash mumkin: **MIT — fundamental (vertikal) integratsiya; Stenford — parallel integratsiya; Garvard — moslashuvchan integratsiya; Oksford — kontekstual integratsiya; Kembrij — fundamental va qo'llab-quvvatlovchi integratsiya.** Ushbu tasnif universitetlarning rasmiy o'quv dasturlaridagi matematik fanlarning o'rni, ketma-ketligi va kimyo fanlari bilan aloqalarini umumlashtirish asosida ishlab chiqilgan.

Shunday qilib, qiyosiy tahlil matematik tayyorgarlikni kimyo ta'limiga integratsiyalashning yagona universal modeli mavjud emasligini, balki universitetlarning ta'lim falsafasi, o'quv dasturi va mutaxassislikka qo'yiladigan talablarga mos ravishda turli modellar shakllanganini ko'rsatadi. Biroq ushbu modellarning umumiy maqsadi bir xil — matematik bilimlarni kimyoviy hodisa va jarayonlarni miqdoriy tushuntirish, modellashtirish, tahlil qilish va prognozlash imkonini beruvchi kasbiy vositaga aylantirish. Yetakchi jahon universitetlarida kimyo ta'limi uchun matematik tayyorgarlikning mazmuniy yadrosi o'xshash bo'lsa-da, uning o'quv dasturidagi o'rni va fanlararo integratsiya metodikasi sezilarli darajada farqlanadi. Eng samarali yondashuvlarda matematika mustaqil nazariy fan sifatida emas, balki kimyoviy muammolarni tushunish, matematik modellashtirish, hisoblash va ilmiy xulosa chiqarish vositasi sifatida namoyon bo'ladi.

### Xulosalar.

Mazkur tadqiqotda yetakchi jahon universitetlarining kimyo ta'limi dasturlarida matematik tayyorgarlikning mazmuni, o'quv jarayonidagi o'rni va kimyo fanlari bilan integratsiyalashuv xususiyatlari qiyosiy tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari matematik tayyorgarlikni kimyo mutaxassisining kasbiy tayyorgarligidan

ajratilgan umumta'limiy komponent sifatida emas, balki kimyoviy hodisa va jarayonlarning miqdoriy tabiatini anglashni ta'minlovchi kasbiy-metodik vosita sifatida qarash zarurligini ko'rsatdi. Tahlil asosida kimyo ta'limida matematik tayyorgarlikning samaradorligi uchta o'zaro bog'liq shart bilan belgilanadi: matematik mazmunning kasbiy ehtiyojlarga mosligi, uning kimyo fanlari bilan mazmunivagt jihatdan muvofiqligi hamda matematik bilimlarning amaliy va modellashtirish faoliyatida qo'llanilishi. Shu nuqtayi nazardan, matematik tayyorgarlikning natijasi faqat matematik tushuncha va algoritmlarni egallash bilan emas, balki ularni kimyoviy muammolarni ifodalash, yechish va ilmiy talqin qilishda mustaqil qo'llay olish bilan belgilanadi.

### Amaliy takliflar.

Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, kimyo ta'limi yo'nalishlari uchun oliy matematika mazmunini takomillashtirishda quyidagi yo'nalishlarni tavsiya etish mumkin:

- oliy matematika kurslari mazmunini kimyo mutaxassisligining real kasbiy ehtiyojlari bilan muvofiqlashtirish;
- matematik mavzularning o'qitilish ketma-ketligini kimyo fanlarining mazmuniy ketma-ketligi bilan uyg'unlashtirish;
- an'anaviy matematik masalalar bilan bir qatorda kimyoviy mazmundagi amaliy va modellashtirish topshiriqlarini tizimli joriy etish;
- differensial tenglamalar, statistik tahlil, sonli usullar va matematik modellashtirish kabi yo'nalishlarni kimyoning tegishli bo'limlari bilan bog'lash;
- eksperimental ma'lumotlar, grafiklar va hisoblash vositalaridan foydalanish orqali matematikaning amaliy-funksional qiymatini ochib berish;
- matematika va kimyo o'qituvchilari hamkorligida fanlararo topshiriqlar, modulli kurslar va integratsiyalashgan o'quv materiallarini ishlab chiqish.

Shuningdek, oliy matematika fanining natijaviyligini baholashda faqat matematik bilimlarni o'zlashtirish darajasini emas, balki talabaning kimyoviy jarayonni matematik modelga aylantira olishi, tegishli matematik usulni tanlashi, hisoblash natijasini tahlil qilishi va uni

kimyoviy mazmun bilan izohlashi kabi integrativ kompetensiyalarini ham hisobga olish maqsadga muvofiq.

Umuman, yetakchi jahon universitetlari tajribasi kimyo ta'limida matematik tayyorgarlikni takomillashtirishning asosiy yo'nalishi matematik fanlar hajmini shunchaki kengaytirish emas, balki mavjud matematik mazmunning kasbiy yo'naltirilganligi va fanlararo funksionalligini

kuchaytirish ekanini ko'rsatadi. Shu bois xalqaro tajribadan foydalanishda tayyor o'quv dasturini mexanik ravishda ko'chirishdan ko'ra, uning asosida shakllangan integratsion tamoyillarni milliy oliy ta'lim sharoitiga moslashtirish ilmiy va amaliy jihatdan maqbul yondashuv hisoblanadi.

---

#### Foydalanilgan manbalar ro'yxati:

1. Massachusetts Institute of Technology. General Institute Requirements (GIRs) [Elektron manba]. — URL: <https://catalog.mit.edu/mit/undergraduate-education/general-institute-requirements/>
2. Stanford University, Department of Chemistry. Choosing a Major Timeline [Elektron manba]. — URL: <https://chemistry.stanford.edu/academics/undergraduate-program/choosing-major-timeline> (murojaat qilingan sana: 06.09.2026).
3. Harvard University, Department of Chemistry and Chemical Biology. Chemistry Concentration [Elektron manba]. — URL: <https://www.chemistry.harvard.edu/undergraduate-programs/concentration> (murojaat qilingan sana: 06.09.2026).
4. University of Oxford. Chemistry [Elektron manba]. — URL: <https://www.ox.ac.uk/admissions/undergraduate/courses/course-listing/chemistry> (murojaat qilingan sana: 06.09.2026).
5. University of Oxford, Department of Chemistry. Weekly Undergraduate Timetable [Elektron manba]. — URL: <https://web.chem.ox.ac.uk/timetableweek.asp> (murojaat qilingan sana: 06.09.2026).
6. University of Cambridge, Department of Chemistry. First Year Course in Chemistry [Elektron manba]. — URL: <https://teaching.ch.cam.ac.uk/first-year-course-chemistry> (murojaat qilingan sana: 06.09.2026).
7. University of Cambridge. Natural Sciences, BA (Hons) and MSci [Elektron manba]. — URL: <https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/courses/natural-sciences-ba-hons-msci> (murojaat qilingan sana: 06.09.2026).