

28.09.2026

TALABALARNING KASBIY KOMPETENSIYALARINI SHAKLLANTIRISHDA RAQAMLI VA REAL LABORATORIYALARNING KOGNITIV MUTANOSIBLIGI.

X.M.Rajabov

Abu Rayhon Beruniy nomidagi UrDU “Kimyo” kafedrası dotsenti, p.f.f.d (PhD)

N.Q.Xo‘janazarova

Xonqa tumani 38-sonli umumiy o‘rta talim maktabi o‘qituvchisi,

B.I.Avazova

Urganch shahri Unione international school maktabi o‘qituvchisi

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.23186334>

ANNOTATSIYA. Ushbu maqolada yuqori molekulyar birikmalar kimyosini o‘qitishda raqamli va real laboratoriya mashg‘ulotlarini kognitiv jihatdan uyg‘unlashtirishning metodik imkoniyatlari yoritilgan. Raqamli laboratoriyalardan foydalanish orqali murakkab molekulyar jarayonlarni vizual modellashirish, talabalarning kognitiv yuklamasini kamaytirish va real tajribaga dastlabki tayyorgarligini shakllantirish imkoniyatlari tahlil qilingan. Real laboratoriya mashg‘ulotlari esa kimyoviy moddalar va jihozlar bilan ishlash, xavfsizlik qoidalariga rioya qilish hamda eksperimental ko‘nikmalarni rivojlantirishga xizmat qiladi. Maqolada laboratoriya mashg‘ulotlarini tayyorgarlik, eksperimental va tahliliy bosqichlarda tashkil etish modeli taklif etilgan. Shuningdek, ChemDraw, PhET, Origin, Excel va boshqa raqamli vositalardan foydalanish orqali polimerlanish kinetikasi, viskozimetriya va molekulyar massa bilan bog‘liq jarayonlarni o‘rganish imkoniyatlari ko‘rsatilgan. Mazkur integratsion yondashuv talabalarda gnostik-tahliliy, eksperimental-texnologik va raqamli-metodik kompetensiyalarni izchil shakllantirishga xizmat qiladi.

KALIT SO‘ZLAR: Yuqori molekulyar birikmalar, raqamli laboratoriya, real laboratoriya, virtual laboratoriya, kognitiv mutanosiblik, kognitiv yuklama, aralash ta‘lim, kasbiy kompetensiya, polimerlanish, molekulyar massa, viskozimetriya, raqamli texnologiyalar, ChemDraw, PhET, Excel.

АННОТАЦИЯ. В данной статье освещены методические возможности когнитивной интеграции цифровых и реальных лабораторных занятий при обучении химии высокомолекулярных соединений. Проанализированы возможности визуального моделирования сложных молекулярных процессов, снижения когнитивной нагрузки студентов и формирования их начальной готовности к реальному эксперименту посредством использования цифровых лабораторий. Реальные же лабораторные занятия служат для работы с химическими веществами и оборудованием, соблюдения правил техники безопасности и развития экспериментальных навыков. В статье предложена модель организации лабораторных занятий по подготовительному, экспериментальному и аналитическому этапам. Также показаны возможности изучения процессов, связанных с кинетикой полимеризации, вискозиметрией и молекулярной массой, с использованием таких цифровых инструментов, как ChemDraw, PhET, Origin, Excel и других. Данный интеграционный подход служит последовательному формированию у студентов гностико-аналитических, экспериментально-технологических и цифро-методических компетенций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: высокомолекулярные соединения, цифровая лаборатория, реальная лаборатория, виртуальная лаборатория, когнитивная соразмерность,

когнитивная нагрузка, смешанное обучение, профессиональная компетенция, полимеризация, молекулярная масса, вискозиметрия, цифровые технологии, ChemDraw, PhET, Excel.

ABSTRACT. This article highlights the methodological possibilities of cognitively integrating digital and real laboratory sessions in teaching the chemistry of high-molecular compounds. It analyzes the potential of using digital laboratories for visual modeling of complex molecular processes, reducing students' cognitive load, and forming their initial readiness for real experiments. Real laboratory sessions, in turn, serve to develop skills in working with chemical substances and equipment, complying with safety regulations, and developing experimental skills. The article proposes a model for organizing laboratory sessions across preparatory, experimental, and analytical stages. It also demonstrates the possibilities of studying processes related to polymerization kinetics, viscometry, and molecular mass using digital tools such as ChemDraw, PhET, Origin, Excel, and others. This integrative approach serves the consistent formation of gnostic-analytical, experimental-technological, and digital-methodological competencies in students.

KEYWORDS: high-molecular compounds, digital laboratory, real laboratory, virtual laboratory, cognitive proportionality, cognitive load, blended learning, professional competence, polymerization, molecular mass, viscometry, digital technologies, ChemDraw, PhET, Excel.

Bugungi kunda oliy ta’lim tizimida raqamli texnologiyalardan samarali foydalanish ta’lim sifatini oshirish va o’quv jarayonining natijadorligini ta’minlashning asosiy yo’nalishlaridan biriga aylanib bormoqda. Ayniqsa, yuqori molekulyar birikmalar (YMB) kimyosini o’qitishda raqamli vositalarning imkoniyatlaridan foydalanish alohida ahamiyat kasb etadi. Chunki mazkur fan makromolekulalarning tuzilishi, zanjirlarning turli konformatsiyalari hamda supermolekulyar strukturalar kabi bevosita kuzatish va tasavvur qilish murakkab bo’lgan obyektlarni o’rganishni nazarda tutadi[12,13]. Shu sababli YMB kimyosini faqat nazariy materiallar va imkoniyati cheklangan an’anaviy laboratoriya mashg’ulotlari asosida tashkil etish talabalarning mavzularni chuqur anglashlari, nazariy bilimlarini amaliyot bilan bog’lashlari va zarur amaliy kompetensiyalarni shakllantirishida muayyan qiyinchiliklarni yuzaga keltirishi mumkin.

An’anaviy laboratoriya mashg’ulotlari talabalarga kimyoviy moddalar va laboratoriya jihozlari bilan bevosita ishlash, tajriba jarayonini amaliy jihatdan his etish hamda xavfsizlik qoidalariga rioya qilish bo’yicha zarur ko’nikmalarni shakllantirish imkonini beradi. Shu bilan birga, reaktivlarning qimmatligi, mashg’ulotlar uchun ajratilgan vaqtning cheklanganligi, polimerlarning sintez jarayonlari nisbatan uzoq davom etishi va xavfsizlik texnikasi bilan bog’liq talablarning mavjudligi murakkab tajribalarni to’liq va chuqur o’rganishga ma’lum darajada to’sqinlik qiladi. Shu nuqtai nazardan, ta’lim jarayonini faqat virtual laboratoriya muhitiga asoslash ham yetarli natija bermasligi mumkin. Bunday yondashuv talabalarning real laboratoriya sharoitida tajriba o’tkazish, asbob-uskunalaridan foydalanish va eksperimental jarayon uchun mas’uliyatni his etish kabi amaliy kompetensiyalarining yetarli darajada rivojlanmasligiga olib kelishi ehtimoli mavjud. Demak, real va virtual laboratoriya mashg’ulotlarini o’zaro uyg’unlashtirish YMB kimyosini o’qitishda nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan samarali bog’lash imkonini beradi[7,8,11,14].

Shu jihatlarni hisobga olgan holda, mazkur maqolada raqamli hamda an’anaviy laboratoriya mashg’ulotlarini o‘zaro uyg’unlashtirish, ya’ni ularning kognitiv jihatdan optimal nisbatini ta’minlash asosiy metodik yondashuv sifatida qaraladi. Bunday integratsiya orqali bo‘lajak kimyogarlar va kimyo fani o‘qituvchilarida nazariy bilim, amaliy tajriba hamda kasbiy kompetensiyalarni izchil va tizimli ravishda rivojlantirish ko‘zda tutiladi.

Kognitiv mutanosiblik yondashuvi J. Sveller tomonidan ishlab chiqilgan Kognitiv yuklama nazariyasi hamda Aralash ta’lim konsepsiyasining asosiy tamoyillariga tayanadi[1,2,3]. Yuqori molekulyar birikmalar kimyosini o‘zlashtirish jarayonida talaba bir vaqtning o‘zida turli darajadagi, o‘zaro bog‘liq bo‘lgan ma’lumotlarni anglab yetishi talab etiladi.

Jumladan:

- polimerlarning tashqi ko‘rinishi, elastikligi, qovushqoqligi, eruvchanligi va boshqa fizik-kimyoviy xususiyatlarini kuzatish va tahlil qilish;

- makromolekulyar zanjirlarning monomer birliklaridan hosil bo‘lishi, radikal va ion mexanizmlar asosidagi polimerlanish jarayonlari, molyar massa taqsimoti hamda zanjirlarning tarmoqlanish qonuniyatlarini tushunish.

Agar talaba murakkab polimerlanish tajribasiga dastlabki tayyorgarliksiz, to‘g‘ridan-to‘g‘ri real laboratoriya sharoitida kirishsa, bir vaqtning o‘zida asboblarni yig‘ish, reaktivlardan foydalanish, xavfsizlik talablariga rioya qilish va kimyoviy jarayonni nazorat qilish kabi bir nechta vazifani bajarishiga to‘g‘ri keladi. Bu esa uning kognitiv yuklamasini oshirib, asosiy e’tiborini polimerlanish mexanizmini anglashdan chalg‘itishi mumkin. Shu bois kognitiv mutanosiblik modelida nazariy bilimlarni bosqichma-bosqich amaliy faoliyat bilan bog‘lash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Ushbu yondashuv asosida o‘quv jarayonini uchta izchil bosqichda tashkil etish taklif etiladi:

1. Tayyorgarlik bosqichi. Unda ChemDraw 3D va PhET dasturlari yordamida polimerlanish jarayonlari 3D simulyatsiya qilinib, molekulyar jarayonlarni tushunish osonlashtiriladi, kognitiv yuklama kamaytiriladi va reaktivlar sarfi oldindan rejalashtiriladi[9,10].

2. Eksperimental bosqich. Ushbu bosqichda real laboratoriyada PMMA yoki polistirol sintezini amalga oshirish, viskozimetrik va termik tahlillar orqali talabalarda amaliy hamda kinestetik ko‘nikmalar shakllantiriladi.

3. Raqamli tahlil bosqichi. Oxirgi bosqich real tajriba natijalarini Origin va Excel dasturlarida qayta ishlash, molekulyar massa taqsimotini modellashtirish va ilmiy xulosalar chiqarishdan iborat.

YMB kimyosida raqamli va real laboratoriyalar integratsiyasiga aniq misollar sifatida quyidagilarni keltirish mumkin.

Radikal polimerlanish kinetikasini o‘rganish. Metilmetakrilatning blokli polimerlanish jarayonida raqamli laboratoriya imkoniyatlaridan foydalanib, radikallarning hosil bo‘lishi, polimer zanjirining o‘sishi va zanjir uzilishi bilan bog‘liq tezlik konstantalarining reaksiyaning borishiga ta’siri modellashtiriladi. Talaba simulyatsiya jarayonida harorat va initsiator konsentratsiyasi kabi asosiy parametrlarni mustaqil ravishda o‘zgartirib, ularning polimerlanish kinetikasi va reaksiya dinamikasiga ta’sirini real vaqt rejimida kuzatadi. Mazkur bosqichdan so‘ng belgilangan harorat rejimi asosida real laboratoriya sharoitida metilmetakrilat sintezi amalga oshiriladi. Bunday ketma-ketlik talabalarga tajribani boshlashdan avval asosiy parametrlarning o‘zgarishi qanday natijalarga olib kelishini tushunish va taxmin qilish imkonini

beradi. Natijada talabada tajriba jarayoniga nisbatan kognitiv tayyorgarlik shakllanib, nazariy bilimlarni real eksperimental faoliyat bilan bog‘lash ko‘nikmasi rivojlanadi.

Polimer eritmalarining vizkozimetriya va molekulyar massasini aniqlash. Real laboratoriya mashg‘ulotlarida talabalar Ostvald yoki Ubbelode viskozimetrlari yordamida polimer eritmasining oqish vaqtini aniqlab, uning xarakteristik qovushqoqligini hisoblaydilar. Keyingi raqamli bosqichda esa Mark–Xuvink tenglamasi ($[\eta] = K \cdot M^a$) asosida turli erituvchilar va polimer konformatsiyalarida molekulyar massa o‘zgarishlari kompyuter modellash tirish orqali tezkor tahlil qilinadi[4,5,6]. Ushbu yondashuv talabaning faqat miqdoriy natijalarni olishiga emas, balki makromolekulyar zanjirning eritmadagi coil shakli va uning xatti-harakatini yaxshiroq tasavvur qilishiga ham yordam beradi.

Raqamli hamda real laboratoriya mashg‘ulotlarini kognitiv jihatdan uyg‘unlashtirish natijasida talabalarining quyidagi kasbiy kompetensiyalarini izchil shakllantirish va rivojlantirish imkoniyati yaratiladi:

a) Gnostik-tahliliy kompetensiya. Ushbu kompetentlikga ega talabalar polimerlarning tuzilishi va xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni anglash, molekulyar darajadagi jarayonlarni makroskopik natijalar bilan izohlashni uddalay oladilar.

b) Eksperimental-texnologik kompetensiya. Bunday kompetentlikga ega talabalar laboratoriya jihozlaridan xavfsiz va aniq foydalanish, polimer sintezi hamda tahlil jarayonlarini belgilangan metodika asosida to‘g‘ri bajarishlari mumkin.

c) Raqamli-metodik kompetensiya. Talabalarining raqamli-metodik kompetentligi ularning ChemDraw, Labster, Python va Excel kabi zamonaviy dasturiy vositalardan foydalanib, ilmiy ma’lumotlarni tahlil qilish hamda kimyo ta’limiga oid amaliy masalalarni samarali hal etishlari bilan bog‘liq.

Xulosa sifatida aytadigan bo‘lsak yuqori molekulyar birikmalar kimyosini o‘qitishda raqamli va real laboratoriya mashg‘ulotlarini o‘zaro uyg‘unlashtirish talabalarining nazariy bilimlarini amaliy faoliyat bilan bog‘lash uchun samarali metodik yondashuv hisoblanadi. Raqamli laboratoriya vositalari yordamida murakkab molekulyar jarayonlarni oldindan modellash tirish va vizual tasavvur qilish talabaning kognitiv yuklamasini kamaytirib, real tajribaga tayyorgarligini oshiradi.

Tadqiqotda taklif etilgan tayyorgarlik-eksperimental-tahliliy ketma-ketlik asosida tashkil etilgan laboratoriya mashg‘ulotlari talabalarining o‘quv faoliyatini izchil tashkil etish imkonini beradi. Ayniqsa, polimerlanish kinetikasini modellash tirish, polimer eritmalarining viskozimetriyasini o‘rganish va molekulyar massani aniqlash kabi jarayonlarda raqamli vositalardan foydalanish nazariy tushunchalarni chuqurroq anglashga imkoniyat yaratadi. Natijada talabalarda polimerlarning tuzilishi va xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilishga yo‘naltirilgan gnostik-tahliliy, laboratoriya jihozlaridan to‘g‘ri va xavfsiz foydalanishga qaratilgan eksperimental-texnologik hamda zamonaviy dasturiy vositalardan foydalanishni nazarda tutuvchi raqamli-metodik kompetensiyalarni shakllantirish uchun shart-sharoit yaratiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning // Cognitive Science. – 1988. – Vol. 12, № 2. – P. 257–285.
2. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design // Learning and Instruction. – 1994. – Vol. 4, № 4. – P. 295–312.

3. Sweller J., van Merriënboer J.J.G., Paas F. Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later // Educational Psychology Review. – 2019. – Vol. 31, № 2. – P. 261–292.
4. Graham C.R. Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions // Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs / Ed. by C.J. Bonk, C.R. Graham. – San Francisco: Pfeiffer Publishing, 2006. – P. 3–21.
5. Тареп А.А. Физикохимия полимеров. – М.: Научный мир, 2007. – 384 с.
6. Schneider J., Felkai C., Munro I. A Comparison of Real and Virtual Laboratories for Pharmacy Teaching // Pharmacy. – 2022. – Vol. 10, № 5. – Art. 133.
7. Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design // Computers & Education. – 2021 (ScienceDirect nashri).
8. Ningrum S.A., Rohman I., Gumilar G.G., Mudzakir A., Hana M.N., Nais M.K. Effectiveness of PhET Simulations on Learning Outcomes in Science and Chemistry Education: A Systematic Review // Multimodal Technologies and Interaction. – 2026. – Vol. 10, № 7. – Art. 69.
9. PhET Interactive Simulations: Transformative Tools for Teaching Chemistry // Research Gate / Journal of Chemical Education materiallari asosida.
10. The Effect of Virtual Laboratories on the Academic Achievement of Undergraduate Chemistry Students: Quasi-Experimental Study // JMIR Formative Research. – 2024. – Vol. 8. – Art. E 64476.
11. Raxmatullayev N.G., Omonov X.T., Mirkomilov Sh.M. Kimyo o'qitish metodikasi. – Toshkent: "O'qituvchi" nashriyoti, 2013 y.
12. Askarov I.R., Isaev Yu.T., Maxsumov A.G., Qirg'izov Sh. Organik kimyo. – Toshkent: G'ofur G'ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2012y.
13. G'opporov A.R., Saidov D.X., Saidov Yo'.X. Virtual o'quv muhitidan foydalangan holda kimyo fanini o'rgatish va o'rganish. Maktabda virtual laboratoriyalardan va kompyuter dasturlaridan foydalanib o'qitishning ahamiyati // Innovative Development in Educational Activities jurnali. – 2023 y. – T. 2, №8. – B. 642–648.