

e-ISSN 3060-5059

DOI: 10.67227



IJTIMOYIY-GUMANITAR SOHADA ILMIY-INNOVATSION TADQIQOTLAR

ILMIY METODIK JURNAL

Scientific and Innovative Research in
Social and Humanitarian Studies

Vol. 3 • Issue 9

2026



Founded in 2024



publishscience.uz



publish_science_journal@mail.ru



PEER REVIEWED • OPEN ACCESS

KIMYO DARSLARIDA RAQAMLI TA'LIM VOSITALARI ASOSIDA MUSTAQIL TA'LIM FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISH

Sherova Sayohat Xudoybergan qizi

Xorazm viloyati Urganch shahridagi 8-sonli umumiy o'rta ta'lim maktabi, o'qituvchi.

e-mail: sherovasayohat022@gmail.com **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0003-8789-1837>

Annotatsiya.

Mazkur maqolada kimyo darslarida raqamli ta'lim vositalaridan foydalanish asosida o'quvchilarning mustaqil ta'lim faoliyatini rivojlantirish masalasi yoritilgan. Tadqiqotda mustaqil ta'lim faoliyati rejalashtirish, axborot izlash, topshiriqlarni boshqarish, o'z-o'zini nazorat qilish va refleksiya kabi besh mezon asosida baholangan. Tajriba-sinov ishlari Xorazm viloyati Urganch shahridagi 8-sonli umumiy o'rta ta'lim maktabining 7-8-sinflarida tahsil olayotgan 37 nafar o'quvchi ishtirokida tashkil etilgan. Kimyo mashg'ulotlarida interaktiv topshiriqlar, virtual tajriba elementlari, elektron testlar va raqamli axborot manbalaridan foydalanilgan. Tadqiqot natijalari raqamli ta'lim vositalarini maqsadli va metodik jihatdan asoslangan tarzda qo'llash o'quvchilarning mustaqil o'quv faoliyatini tashkil etish, o'z bilimlarini nazorat qilish va o'quv natijalarini tahlil qilish ko'nikmalarini rivojlantirishga xizmat qilishini ko'rsatadi. Shuningdek, raqamli vositalarning samaradorligi ularni aniq didaktik maqsadlar, topshiriqlar tizimi va reflektiv faoliyat bilan integratsiyalashga bog'liqligi asoslangan.

Kalit so'zlar: kimyo ta'limi, raqamli ta'lim vositalari, mustaqil ta'lim, virtual laboratoriya, interaktiv topshiriq, o'z-o'zini nazorat qilish, refleksiya, raqamli kompetensiya.

РАЗВИТИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УРОКАХ ХИМИИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Шерова Саёхат Худойберган кизи

Общеобразовательная школа № 8 города Ургенча Хорезмской области, учитель.

Аннотация.

В статье рассматривается развитие самостоятельной учебной деятельности учащихся на уроках химии посредством использования цифровых образовательных средств. Самостоятельная учебная деятельность оценивалась на основе пяти критериев: планирование, поиск информации, управление выполнением заданий, самоконтроль и рефлексия. Опытнo-экспериментальная работа была организована с участием 37 учащихся 7-8-х классов общеобразовательной школы № 8 города Ургенча Хорезмской области. На занятиях по химии использовались интерактивные задания, элементы виртуального эксперимента, электронные тесты и цифровые информационные ресурсы. Результаты исследования показывают, что целенаправленное и методически обоснованное применение цифровых образовательных средств способствует развитию у учащихся навыков организации самостоятельной учебной деятельности, контроля собственных знаний и анализа результатов обучения. Кроме того, обосновано, что эффективность цифровых средств зависит от их интеграции с конкретными дидактическими целями, системой заданий и рефлексивной деятельностью.

Ключевые слова: обучение химии, цифровые образовательные средства, самостоятельное обучение, виртуальная лаборатория, интерактивное задание, самоконтроль, рефлексия, цифровая компетентность.

DEVELOPING INDEPENDENT LEARNING ACTIVITIES IN CHEMISTRY LESSONS THROUGH DIGITAL EDUCATIONAL TOOLS

Sherova Sayohat Xudoybergan qizi

General Education School No. 8, Urgench, Khorezm Region, Teacher.

Abstract.

This article examines the development of students' independent learning activities in chemistry lessons through the use of digital educational tools. Independent learning activity was assessed according to five criteria: planning, information searching, task management, self-monitoring, and reflection. The pedagogical experiment involved 37 students in grades 7-8 at General Education School No. 8 in Urgench, Khorezm Region. Interactive tasks, virtual experiment elements, electronic tests, and digital information

resources were used in chemistry lessons. The findings indicate that the purposeful and methodologically grounded use of digital educational tools contributes to the development of students' skills in organizing independent learning, monitoring their own knowledge, and analyzing learning outcomes. The study also demonstrates that the effectiveness of digital tools depends on their integration with clearly defined didactic objectives, a structured system of tasks, and reflective activities.

Keywords: chemistry education, digital educational tools, independent learning, virtual laboratory, interactive task, self-monitoring, reflection, digital competence.

Kirish. Zamonaviy ta'lim tizimida raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi o'quv jarayonini tashkil etish shakllari, metodlari va vositalarini qayta ko'rib chiqishni taqozo etmoqda. Ayniqsa, tabiiy fanlar, jumladan, kimyo ta'limida raqamli resurslardan foydalanish o'quv materialini ko'rgazmali, interaktiv va tushunarli shaklda taqdim etish bilan bir qatorda, o'quvchilarning mustaqil bilim olish faoliyatini samarali tashkil etish imkonini beradi. Kimyoviy jarayonlarning ko'pchiligi mikrodarajada kechishi, ayrim tajribalarni real laboratoriya sharoitida o'tkazishning murakkabligi, xavfsizlik talablari hamda moddiy-texnik imkoniyatlarning cheklanganligi raqamli ta'lim vositalarining mazkur fan uchun alohida ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

Bugungi kunda elektron ta'lim platformalari, virtual laboratoriyalar, interaktiv simulyatsiyalar, multimedia resurslari, raqamli test tizimlari, videodarslar, mobil ilovalar va masofaviy ta'lim muhitlari kimyoni o'qitish jarayonining muhim tarkibiy qismiga aylanib bormoqda. Bunday vositalar yordamida o'quvchi kimyoviy moddalarning tuzilishini modellashtirishi, reaksiyalar mexanizmini kuzatishi, tajribalarni virtual muhitda takrorlashi, topshiriqlarni individual sur'atda bajarishi hamda o'zlashtirish natijalarini mustaqil nazorat qilishi mumkin. Natijada o'quvchining faqat tayyor bilimni o'zlashtiruvchi emas, balki axborotni izlovchi, tahlil qiluvchi, solishtiruvchi va yangi bilimni mustaqil shakllantiruvchi faol subyekt sifatidagi roli kuchayadi.

Mustaqil ta'lim faoliyati ta'lim sifatini belgilovchi muhim omillardan biridir. Ushbu faoliyat o'quvchidan o'quv maqsadini mustaqil belgilash, zarur axborot manbalarini tanlash, vaqtni rejalashtirish, muammoli vaziyatlarni hal qilish, o'z faoliyatini nazorat qilish va natijalarni baholash kabi ko'nikmalarni talab etadi. Kimyo fanining nazariy hamda eksperimental xususiyati esa mustaqil ta'limni oddiy matnli topshiriqlar bilan cheklab qo'ymasdan, raqamli modellar, interaktiv masalalar, virtual tajribalar va elektron topshiriqlar bilan boyitishni zarur qiladi.

Raqamli vositalardan foydalanish o'quvchilarning individual ta'lim trayektoriyasini shakllantirishga ham xizmat qiladi. O'quvchi o'z bilim darajasi va ehtiyojidan kelib chiqib, mavzuni qayta o'rganish, murakkab tushunchalarni vizual modellar orqali anglash, laboratoriya jarayonlarini takrorlash va o'z natijalarini tezkor tahlil qilish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bu jarayon o'z-o'zini nazorat qilish, refleksiya, mas'uliyat, axborot bilan ishlash va mustaqil qaror qabul qilish ko'nikmalarining rivojlanishiga yordam beradi.

Biroq kimyo ta'limida raqamli vositalardan foydalanishning o'zi mustaqil ta'lim samaradorligini avtomatik ravishda ta'minlamaydi. Elektron resurslarning didaktik maqsadga muvofiq tanlanishi, topshiriqlarning murakkablik darajasi, nazariy va amaliy faoliyatning o'zaro uyg'unligi, teskari aloqa mexanizmlari, mustaqil ishni baholash mezonlari va o'quvchining raqamli kompetensiyasi mazkur jarayon samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi kimyo darslarida raqamli ta'lim vositalaridan foydalanish asosida o'quvchilarning mustaqil ta'lim faoliyatini rivojlantirishning pedagogik va metodik imkoniyatlarini aniqlash hamda ushbu jarayonni samarali tashkil etish yo'llarini asoslashdan iborat.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI

Kimyo ta'limini raqamlashtirish masalasi so'nggi yillarda fan ta'limi metodikasining muhim tadqiqot yo'nalishlaridan biriga aylandi. Raqamli texnologiyalar kimyoviy tushunchalarni shunchaki elektron shaklda taqdim etish vositasi bo'lib qolmasdan, o'quvchining axborotni mustaqil izlash, modellashtirish, tajriba natijalarini kuzatish, bilimni tekshirish va o'z ta'lim faoliyatini boshqarishiga imkon beruvchi didaktik muhit sifatida qaralmoqda. Bellou, Papachristos va Mikropoulos kimyo ta'limida raqamli texnologiyalardan foydalanishga bag'ishlangan tadqiqotlarni tizimli ko'rib chiqib, multimedia, simulyatsiya va modellashtirish vositalari kimyoviy hodisalarning mikro- va makrodarajadagi bog'liqligini tushuntirishda alohida ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatgan [1].

Kimyo fanidagi raqamli ta'lim vositalari orasida virtual laboratoriyalar alohida o'rin egallaydi. N. Ali tomonidan Journal of Chemical Education jurnalida e'lon qilingan tadqiqotda mavjud virtual kimyo laboratoriyalari qiyosiy tahlil qilinib, ular o'quvchilarga laboratoriya ishlarini real tajribadan avval mustaqil ravishda mashq qilish, tajriba algoritmini o'rganish va amaliy faoliyatga tayyorgarlik ko'rish imkonini berishi ko'rsatilgan [2].

Virtual laboratoriyalar samaradorligi Chan, Van Gerven, Dubois va Bernaertsning tizimli adabiyotlar sharhida yanada kengroq o'rganilgan [3]. Mualliflar virtual kimyo laboratoriyalari an'anaviy passiv o'qitish vositalariga nisbatan kognitiv natijalarni yaxshilashi mumkinligini qayd etganlar. Eng samarali model virtual va real laboratoriya faoliyatining o'zaro uyg'unlashtirilishi bilan bog'liq ekanligi ta'kidlangan.

Raqamli laboratoriya resurslarining mustaqil o'rganishga ta'siri kimyoning alohida mavzulari misolida ham o'rganilgan. Journal of Chemical Education jurnalida chop etilgan tadqiqotda interaktiv virtual modullar o'quvchilarning kimyoviy tushunchalarni mustahkamlashi va real laboratoriya mashg'ulotlariga oldindan tayyorlanishiga ijobiy ta'sir qilishi ko'rsatilgan [4].

Raqamli vositalarning mustaqil ta'lim faoliyatiga ta'sirini tushuntirishda self-regulated learning, ya'ni o'z-o'zini boshqarib o'rganish konsepsiyasi muhim nazariy asos bo'lib xizmat qiladi. Seibert va hammualliflar interaktiv elektron eksperiment ko'rsatmalaridan foydalanish kimyo laboratoriyasidagi murakkab inquiry-based faoliyatni

individuallashtirish hamda o'quvchilarning o'z faoliyatini tartibga solishini qo'llab-quvvatlashini ta'kidlaydilar [5].

Bergander, Riemer va Hermanns tomonidan ishlab chiqilgan interaktiv raqamli ta'lim muhiti modulli mazmun, turli o'qitish usullari, o'zini baholash vositalari hamda olingan bilimlarni umumlashtirib qo'llashga yo'naltirilgan topshiriqlarni birlashtiradi [6]. Ushbu yondashuv mustaqil ta'limni tashkil etishda tanlov imkoniyati, metodlar xilma-xilligi va self-assessment vositalarining muhimligini ko'rsatadi.

Wohlfart, Wagner va Wagner kimyo ta'limida simulyatsiyalar, animatsiyalar, raqamli platformalar, molekulyar modellashtirish dasturlari va videolarning murakkab kimyoviy jarayonlarni tushuntirishdagi imkoniyatlarini yoritganlar [7]. Mualliflar texnologiyaning mavjudligi o'z-o'zidan pedagogik samaradorlikni ta'minlamasligini, uning mazmun va topshiriqlar bilan didaktik integratsiyasi zarurligini ta'kidlaydilar.

Adabiyotlar tahlili mavjud tadqiqotlarning katta qismi raqamli vositalarning kimyoviy bilimlarni o'zlashtirish, vizualizatsiya va laboratoriya mashg'ulotlariga tayyorgarlik ko'rishga ta'sirini o'rganganini ko'rsatadi. Biroq raqamli vositalar yordamida aynan rejalashtirish, axborotni mustaqil izlash va tanlash, topshiriqlarni bajarishni boshqarish, o'z-o'zini nazorat qilish hamda refleksiya kabi mustaqil ta'lim ko'nikmalarini kompleks rivojlantirish masalasi alohida metodik yondashuvni talab qiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda kimyo darslarida raqamli ta'lim vositalaridan foydalanish asosida o'quvchilarning mustaqil ta'lim faoliyatini rivojlantirish darajasini aniqlash uchun mezonli pedagogik diagnostika metodi asosiy metod sifatida tanlandi. Ushbu metod mustaqil ta'lim faoliyatini yagona umumiy ko'rsatkich sifatida emas, balki uning tarkibiy komponentlarini alohida mezonlar asosida baholash imkonini beradi.

Tadqiqot doirasida mustaqil ta'lim faoliyati besh mezon asosida baholandi: rejalashtirish, axborot izlash, topshiriqni boshqarish, o'z-o'zini nazorat qilish va refleksiya. Rejalashtirish mezoni o'quv maqsadini belgilash, vaqtni taqsimlash va faoliyat ketma-ketligini tuzishni; axborot izlash mezoni zarur ma'lumotni elektron manbalardan topish, saralash va tanlashni; topshiriqni boshqarish mezoni raqamli muhitdagi nazariy va amaliy topshiriqlarni mustaqil bajarishni; o'z-o'zini nazorat qilish mezoni natijalarni tekshirish va xatolarni tuzatishni; refleksiya mezoni esa o'z faoliyati natijalarini tahlil qilish va xulosa chiqarishni ifodalaydi.

Har bir mezon 3 ballik shkala asosida baholandi: 3 ball — yuqori daraja, 2 ball — o'rta daraja, 1 ball — past daraja. Har bir respondent bo'yicha maksimal natija 15 ball, minimal natija 5 ballni tashkil etdi. Umumiy natijalar 13–15 ball — yuqori, 9–12 ball — o'rta, 5–8 ball — past daraja sifatida talqin qilindi.

Diagnostika jarayonida o'quvchilarga elektron o'quv materiallarini o'rganish, ishonchli ma'lumot manbalarini topish, virtual laboratoriyada tajriba bajarish, kimyoviy jarayonlarni simulyatsiya qilish, interaktiv testlardan foydalanish hamda bajarilgan faoliyat yuzasidan qisqa reflektiv xulosa yozish topshiriqlari berildi.

Raqamli ta'lim vositalarining samaradorligini aniqlash uchun diagnostika ikki bosqichda — dastlabki va yakuniy baholash shaklida amalga oshirildi. Olingan natijalar har bir mezon bo'yicha o'rtacha ball, foiz ko'rsatkichi va umumiy dinamika asosida tahlil qilindi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Tajriba-sinov ishlari Xorazm viloyati Urganch shahridagi 8-son umumiy o'rta ta'lim maktabining 7–8-sinflarida tahsil olayotgan jami 37 nafar o'quvchi ishtirokida tashkil etildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi kimyo darslarida raqamli ta'lim vositalaridan tizimli foydalanish o'quvchilarning mustaqil ta'lim faoliyatiga qanday ta'sir ko'rsatishini aniqlashdan iborat bo'ldi.

Tajriba jarayonida o'quvchilarga kimyoviy jarayonlarni vizuallashtirishga mo'ljallangan raqamli materiallar, interaktiv topshiriqlar, virtual tajriba elementlari, elektron testlar hamda mustaqil axborot izlashga yo'naltirilgan topshiriqlar berildi. Mustaqil ta'lim faoliyatining rivojlanish holati besh mezon bo'yicha dastlabki va yakuniy diagnostika orqali baholandi.

Har bir mezon 1 balldan 3 ballgacha baholanib, o'rtacha natijalar maksimal 3 ballga nisbatan foiz ko'rinishiga keltirildi. Foiz ko'rsatkichi = $(\text{o'rtacha ball} / 3) \times 100$.

1-jadval. O'quvchilarning mustaqil ta'lim faoliyati bo'yicha dastlabki va yakuniy natijalar

№	Baholash mezon	Pre-test o'rtacha ball	Pre-test, %	Post-test o'rtacha ball	Post-test, %	O'sish, foiz punkt
1	Rejalashtirish	1,76	58,7	2,49	83,0	+24,3
2	Axborot izlash	1,68	56,0	2,38	79,3	+23,3
3	Topshiriqni boshqarish	1,81	60,3	2,54	84,7	+24,4
4	O'z-o'zini nazorat qilish	1,65	55,0	2,43	81,0	+26,0
5	Refleksiya	1,59	53,0	2,32	77,3	+24,3
	Umumiy o'rtacha	1,70	56,6	2,43	81,1	+24,5

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinadiki, dastlabki diagnostika bosqichida o'quvchilarning mustaqil ta'lim faoliyati bo'yicha umumiy o'rtacha natijasi 1,70 ball, ya'ni maksimal ko'rsatkichning 56,6 foizini tashkil etdi. Yakuniy diagnostikada esa ushbu ko'rsatkich 2,43 ball yoki 81,1 foizga yetdi. Shunday qilib, umumiy o'sish 24,5 foiz punktini

tashkil etdi.

Dastlabki bosqichda nisbatan yuqori ko'rsatkich topshiriqni boshqarish mezonida qayd etilib, o'rtacha natija 1,81 ball yoki 60,3 foizni tashkil etdi. Eng past natija refleksiya mezonida kuzatildi — 1,59 ball yoki 53,0 foiz.

Raqamli ta'lim vositalari bilan tashkil etilgan mashg'ulotlardan so'ng barcha mezonlarda ijobiy dinamika kuzatildi. Rejalashtirish mezonini bo'yicha ko'rsatkich 58,7 foizdan 83,0 foizga, axborot izlash mezonini 56,0 foizdan 79,3 foizga, topshiriqni boshqarish mezonini 60,3 foizdan 84,7 foizga ko'tarildi.

Eng katta o'sish o'z-o'zini nazorat qilish mezonida qayd etildi. Mazkur ko'rsatkich 55,0 foizdan 81,0 foizga ko'tarilib, farq 26,0 foiz punktini tashkil etdi. Elektron testlarning tezkor natija berishi, avtomatik teskari aloqa, javobni qayta tekshirish imkoniyati va xatolar bo'yicha ko'rsatmalardan foydalanish o'quvchilarning o'z bilimlarini mustaqil nazorat qilish faoliyatini faollashtirdi.

Refleksiya mezonida ham sezilarli o'zgarish kuzatildi. Dastlabki 53,0 foizlik ko'rsatkich tajriba yakunida 77,3 foizga yetdi. Har bir raqamli topshiriqdan keyin reflektiv savollarning berilishi o'quvchilarning o'z faoliyatiga tanqidiy munosabatini kuchaytirishga xizmat qildi.

Tahlil natijalari raqamli vositalarning mustaqil ta'limga ta'siri faqat o'quv materialini elektron shaklda taqdim etish bilan chegaralanmasligini ko'rsatadi. Ularning metodik jihatdan maqsadli qo'llanilishi o'quvchiga faoliyatini rejalashtirish, ma'lumot izlash, bajarilayotgan vazifani boshqarish, o'z natijasini tekshirish va yakuniy xulosa chiqarish imkoniyatini yaratadi.

XULOSA

Olib borilgan tadqiqot kimyo darslarida raqamli ta'lim vositalaridan maqsadli va tizimli foydalanish o'quvchilarning mustaqil ta'lim faoliyatini rivojlantirishda muhim didaktik imkoniyatlarga ega ekanligini ko'rsatdi. Xorazm viloyati Urganch shahridagi 8-son umumiy o'rta ta'lim maktabining 7–8-sinflarida tahsil olayotgan 37 nafar o'quvchi ishtirokida tashkil etilgan tajriba-sinov ishlari natijalari asosida quyidagi xulosalarga kelindi.

Birinchidan, raqamli ta'lim vositalari kimyo fanidagi murakkab tushuncha va jarayonlarni ko'rgazmali, interaktiv hamda bosqichma-bosqich o'zlashtirish imkonini yaratib, o'quvchilarning mustaqil faoliyatga jalb etilish darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Ikkinchidan, mustaqil ta'lim faoliyatini rejalashtirish, axborot izlash, topshiriqni boshqarish, o'z-o'zini nazorat qilish va refleksiya mezonlari asosida baholash o'quvchilarning mazkur faoliyatidagi o'zgarishlarni kompleks tarzda aniqlash imkonini berdi. Tajriba yakunida barcha besh mezon bo'yicha ijobiy dinamika qayd etildi.

Uchinchidan, eng sezilarli o'zgarish o'z-o'zini nazorat qilish mezonida kuzatildi. Raqamli testlar, avtomatik teskari aloqa va natijalarni qayta tekshirish imkoniyati o'quvchilarda o'z bilim va faoliyatini mustaqil nazorat qilish ko'nikmasining rivojlanishiga yordam berdi.

To'rtinchidan, raqamli vositalarning samaradorligi ularning mavjudligi bilan emas, balki metodik jihatdan qanday tashkil etilishi bilan belgilanadi. Raqamli resurslar aniq o'quv maqsadi, topshiriqlar ketma-ketligi, nazorat va refleksiya elementlari bilan uyg'unlashtirilgandagina mustaqil ta'lim faoliyatini rivojlantirishga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Beshinchidan, refleksiya mezonini bo'yicha o'sish qayd etilgan bo'lsa-da, u boshqa ayrim mezonlarga nisbatan pastroq darajada qolgan. Bu holat o'quvchilarda o'z faoliyati natijalarini tahlil qilish, xatolar sababini anglash va keyingi o'quv strategiyasini belgilash ko'nikmalarini shakllantirish uzoqroq muddat va maxsus reflektiv topshiriqlarni talab qilishini ko'rsatadi.

Umuman olganda, kimyo darslarida raqamli ta'lim vositalaridan foydalanish o'quvchilarning faqat fan bo'yicha bilimlarini mustahkamlashga emas, balki ularning mustaqil o'qish, o'z faoliyatini rejalashtirish, ma'lumot izlash, vazifalarni boshqarish, o'z-o'zini nazorat qilish va reflektiv fikrlash ko'nikmalarini rivojlantirishga ham xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bellou I., Papachristos N. M., Mikropoulos T. A. Digital Learning Technologies in Chemistry Education: A Review // *Digital Technologies: Sustainable Innovations for Improving Teaching and Learning*. – Springer International Publishing, 2018. – P. 57–80. – DOI: [10.1007/978-3-319-73417-0_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73417-0_4)
2. Ali N. Review to Analyze and Compare Virtual Chemistry Laboratories for Their Use in Education // *Journal of Chemical Education*. – 2020. – Vol. 97, No. 10. – P. 3563–3574. – DOI: [10.1021/acs.jchemed.0c00185](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00185)
3. Chan P., Van Gerven T., Dubois J.-L., Bernaerts K. Virtual Chemical Laboratories: A Systematic Literature Review of Research, Technologies and Instructional Design // *Computers and Education Open*. – 2021. – Vol. 2. – Article 100053. – DOI: [10.1016/j.caeo.2021.100053](https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053)
4. Exploring the Viability and Role of Virtual Laboratories in Chemistry Education Using Two Original Modules // *Journal of Chemical Education*. – 2022. – Vol. 99, No. 4. – P. 1596–1603. – DOI: [10.1021/acs.jchemed.1c00892](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00892)
5. Seibert J. et al. Multitouch Experiment Instructions to Promote Self-Regulation in Inquiry-Based Learning in School Laboratories // *Journal of Chemical Education*. – 2021. – Vol. 98, No. 5. – P. 1602–1609. – DOI: [10.1021/acs.jchemed.0c01177](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01177)
6. Bergander N., Riemer N., Hermanns J. Designing a Digital Learning Environment to Support Self-Regulated Learning // *Journal of Chemical Education*. – 2026. – DOI: [10.1021/acs.jchemed.5c01164](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c01164)
7. Wohlfart O., Wagner A. L., Wagner I. Digital Tools in Secondary Chemistry Education – Added Value or Modern Gimmicks? // *Frontiers in Education*. – 2023. – Vol. 8. – Article 1197296. – DOI: [10.3389/educ.2023.1197296](https://doi.org/10.3389/educ.2023.1197296)