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

UMUMIY O‘RTA TA’LIM MAKTABLARIDA ORGANIK KIMYONI O‘QITISHDA STEM TEXNOLOGIYASINI JORIY ETISHNING PEDAGOGIK-PSIXOLOGIK ASOSLARI

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

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

Annotatsiya: Ushbu maqolada umumiy o‘rta ta’lim maktablarida organik kimyo kursini o‘qitishda STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) texnologiyasini joriy etishning pedagogik va psixologik asoslari tadqiq etilgan. Organik kimyo tushunchalarining mavhumlik darajasi yuqoriligi sababli, o‘quvchilarning fazoviy fikrlashi va kognitiv yuklamasini muvozanatlashda integratsiyalashgan ta’limning o‘rni tahlil qilingan. Maqolada xalqaro baholash dasturlari (PISA, TIMSS) talablari, Jan Piaje va Lev Vigotskiyning kognitiv rivojlanish nazariyalari hamda vizualizatsiya metodlarining ta’lim samaradorligiga ta’siri faktik ma’lumotlar asosida yoritilgan. STEM yondashuvining o‘quvchilar motivatsiyasini oshirish va fundamental bilimlarni amaliyotga tatbiq etishdagi pedagogik mexanizmlari asoslab berilgan.
Kalit so‘zlar: STEM ta’limi, organik kimyo, pedagogik-psixologik asoslar, kognitiv yuklama, fazoviy fikrlash, konstruktivizm, integratsiya, PISA, modellashtirish.

Аннотация: В данной статье исследованы педагогические и психологические основы внедрения технологии STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) в преподавание курса органической химии в общеобразовательных школах. В связи с высоким уровнем абстрактности понятий органической химии проанализирована роль интегрированного обучения в балансировании пространственного мышления и когнитивной нагрузки учащихся. На основе фактических данных в статье освещено влияние требований международных программ оценивания (PISA, TIMSS), теорий когнитивного развития Жана Пиаже и Льва Выготского, а также методов визуализации на эффективность обучения. Обоснованы педагогические механизмы STEM-подхода в повышении мотивации учащихся и применении фундаментальных знаний на практике.
Ключевые слова: STEM-образование, органическая химия, педагогико-психологические основы, когнитивная нагрузка, пространственное мышление, конструктивизм, интеграция, PISA, моделирование.

Abstract: This article explores the pedagogical and psychological foundations of implementing STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) technology in teaching organic chemistry in general secondary schools. Due to the high level of abstraction in organic chemistry concepts, the role of integrated education in balancing students' spatial thinking and cognitive load is analyzed. Based on factual data, the paper highlights the impact of international assessment program requirements (PISA, TIMSS), Jean Piaget's and Lev Vygotsky's theories of cognitive development, and visualization methods on educational efficiency. The pedagogical mechanisms of the STEM approach in increasing student motivation and applying fundamental knowledge in practice are substantiated.
Keywords: STEM education, organic chemistry, pedagogical-psychological foundations, cognitive load, spatial thinking, constructivism, integration, PISA, modeling.

Kirish

Zamonaviy global ta’lim tizimida fundamental fanlarni alohida, bir-biridan ajratilgan holda o‘qitish metodologiyasi o‘z o‘rnini fanlararo integratsiyalashgan yondashuvlarga bo‘shatib bermoqda. Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining kimyo kursida, xususan, organik kimyo bo‘limini o‘zlashtirishda o‘quvchilar bir qator kognitiv qiyinchiliklarga duch kelishadi. Organik birikmalarning tuzilishi, izomeriya hodisalari va reaksiyalar mexanizmlarini tasavvur qilish yuqori darajadagi fazoviy va mavhum fikrlashni talab etadi [1].

Xalqaro ta’lim standartlari va PISA (Programme for International Student Assessment) hamda TIMSS tadqiqotlari natijalari shuni ko‘rsatadiki, o‘quvchilarning tabiy-ilmiy savodxonligi faqat nazariy bilimlarni yodlash bilan emas, balki ularni real hayotiy muammolarni hal qilishda qo‘llay olish ko‘nikmasi bilan baholanadi [2]. STEM (Fan, Texnologiya, Muhandislik va Matematika) texnologiyasi aynan ushbu muammoni bartaraf etishga qaratilgan bo‘lib, kimyoviy jarayonlarni muhandislik loyihalari va matematik modellar orqali tushuntirish imkonini beradi.

Organik kimyoni STEM asosida joriy etish shunchaki o‘qitish vositalarini o‘zgartirish emas, balki ta’lim oluvchining psixologik qabul qilish kanallarini faollashtirish va fanga bo‘lgan ijobiy motivatsiyani shakllantirish demakdir. Mazkur tadqiqotning maqsadi maktab organik kimyo kursida STEM texnologiyasini qo‘llashning ilmiy-pedagogik prinsiplari va psixologik qonuniyatlarini ochib berishdan iborat.

Metodologiya

Tadqiqot jarayonida umumiy o‘rta ta’lim maktablarining 10-11-sinf organik kimyo darsliklari tarkibi va o‘quv dasturlari tahlil qilindi. Pedagogik va psixologik asoslarni aniqlash maqsadida kognitiv psixologiya, konstruktivizm ta’lim nazariyasi va kognitiv yuklama nazariyasi (Cognitive Load Theory) tamoyillariga tayanildi.

Tadqiqot doirasida empirik metodlar – pedagogik kuzatuv, o‘quvchilar o‘rtasida o‘tkazilgan psixologik testlar va kimyo fani o‘qituvchilarining STEM yondashuviga tayyorlik darajasini baholovchi so‘rovnomalar natijalari umumlashtirildi. Shuningdek, organik kimyoda molekulalarning 3D modellarini yaratish (muhandislik va texnologiya), kimyoviy kinetika va reaksiyalar unumini hisoblash (matematika) elementlarining o‘zaro integratsiyalashuv darajasi tizimli tahlil etildi.

Natijalar

Pedagogik tadqiqotlar va tajriba-sinov ishlari natijalari shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy metodda organik kimyo mavzularini (masalan, "Uglevodorodlarning gibridlanishi va fazoviy tuzilishi") o‘zlashtirish ko‘rsatkichi o‘quvchilar orasida o‘rtacha 58% ni tashkil etgan bo‘lsa, STEM texnologiyalari (molekulyar konstruktorlar va AKT modellashtirish dasturlari) qo‘llanilganda bu ko‘rsatkich 76% gacha ko‘tarilgan.

O‘quvchilarning psixologik tayyorgarligi va kognitiv jarayonlarini o‘rganish natijasida quyidagi faktik ma’lumotlar aniqlandi:

O‘rganilgan kognitiv ko‘rsatkichlar	An’anaviy metodologiya (%)	STEM asosidagi metodologiya (%)
Fazoviy tasavvur qilish qobiliyati	42%	78%
Mantiqiy xulosa chiqarish va tahlil	51%	72%
Fanga bo‘lgan ichki motivatsiya (qiziqish)	48%	85%

O‘rganilgan kognitiv ko‘rsatkichlar	An’anaviy metodologiya (%)	STEM asosidagi metodologiya (%)
Bilimlarni amaliyotda qo‘llay olish darajasi	35%	69%

Pedagogik tahlillar STEM loyihalari (masalan, bioplastiklar olish, efir moylarini ekstraksiya qilish) jarayonida o‘quvchilar nafaqat kimyoviy reaksiyani o‘rganishini, balki texnologik qurilmani loyihalash (Engineering) va iqtisodiy samaradorlikni hisoblash (Mathematics) orqali kompleks kompetensiyalarga ega bo‘lishini tasdiqladi [3].

Tahlil va muhokama

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarida organik kimyo kursini STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) texnologiyasi asosida o‘qitishning pedagogik va psixologik asoslarini chuqurroq tahlil qilish, fanning fundamental tushunchalari va o‘quvchilarning kognitiv tuzilmalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni tizimli o‘rganishni talab etadi. Organik kimyo o‘zining tabiatiga ko‘ra, noorganik kimyoga qaraganda yuqori darajadagi mavhumlik, struktura xilma-xilligi va dinamik jarayonlar (reaksiya mexanizmlari, elektron zichlikning qayta taqsimlanishi) bilan ajralib turadi. An’anaviy ta’lim tizimida ushbu tushunchalar ko‘pincha statik va ikki o‘lchovli sxemalar (tekislikdagi strukturaviy formulalar) ko‘rinishida taqdim etiladi. Bu esa o‘quvchilarning fazoviy-mantiqiy fikrlash tizimida uzilishlar yuzaga kelishiga va materialni shunchaki mexanik yodlashga (rote learning) olib keladi [1]. STEM yondashuvi esa ushbu muammoni fanlararo integratsiya va amaliy muhandislik-matematik modellashtirish orqali bartaraf etishning pedagogik mexanizmlarini taklif etadi.

Kognitiv yuklama nazariyasi va organik kimyodagi mavhumlik muammosi

Djon Sveller tomonidan ishlab chiqilgan Kognitiv yuklama nazariyasi (Cognitive Load Theory) nuqtai nazaridan yondashilsa, insonning qisqa muddatli yoki ishchi xotirasi (working memory) bir vaqtning o‘zida qayta ishlay oladigan axborot hajmi cheklangan (7±2 uniti yoki zamonaviy tadqiqotlarga ko‘ra 4 uniti) [6]. Organik kimyo darslarida o‘quvchi bir vaqtning o‘zida bir nechta murakkab vazifalarni bajarishiga to‘g‘ri keladi: moddaning trivial va xalqaro (IUPAC) nomenklaturasini eslash, uglerod atomlarining gibridlanish holatini aniqlash, σ- va π-bog‘larning fazoviy yo‘nalishini tasavvur qilish hamda elektron effektlar (induktiv va mezomer) ta’sirida reaksiya markazining shakllanishini tahlil qilish.

An’anaviy darslik matnlari va chizmalari o‘quvchida tashqi (extrinsik) kognitiv yuklamani keskin oshirib yuboradi, chunki o‘quvchi matndagi ikki o‘lchovli chizmani ongida uch o‘lchovli shaklga o‘tkazish uchun katta intellektual energiya sarflaydi [7]. STEM texnologiyasi doirasida visual va texnologik vositalarning (masalan, ChemSketch, Avogadro kabi AKT dasturlari yoki plastik molekulyar konstruktorlar) qo‘llanilishi tashqi kognitiv yuklamani minimallashtiradi. O‘quvchi diqqatni fazoviy geometriyani o‘zi chizishga emas, balki tayyor vizual model orqali bog‘ burchaklari va molekula simmetriyasini tahlil qilishga yo‘naltiradi. Bu esa ishchi xotiradagi resurslarni ichki (intrinsik) kognitiv jarayonlarga – ya’ni organik birikmaning tuzilishi va uning reaksion qobiliyati o‘rtasidagi sabab-oqibat aloqalarini tushunishga bo‘shatib beradi [3].

Konstruktivizm va fanlararo integratsiyaning pedagogik dinamikasi

Jan Piaje va Lev Vigotskiyning konstruktivistik ta’lim nazariyalari STEM yondashuvining fundamental pedagogik poydevorini tashkil etadi. Piaje konsepsiyasiga ko‘ra, bilim tashqaridan tayyor holda subyektga beriladigan ob’ekt emas, balki subyektning ob’ekt bilan faol o‘zaro ta’siri (assimilyatsiya va akkomodatsiya) natijasida quriladigan ichki kognitiv tuzilmadir [4]. Organik kimyoni an’anaviy o‘qitishda o‘quvchi passiv tinglovchi rolini bajaradi. STEM loyihalarida esa

(masalan, "Tabiiy polimerlardan biodegradatsiyalanuvchi plastiklar olish") o‘quvchi faol kashfiyotchi maqomiga o‘tadi.

Ushbu loyiha misolida Science (Kimyo), Technology (Texnologiya), Engineering (Muhandislik) va Mathematics (Matematika) komponentlarining integratsiyalashuv dinamikasini tahlil qilaylik:

- **Science (Kimyo):** O‘quvchilar kraxmal, glitserin va sirka kislotasi o‘rtasidagi kimyoviy jarayonlarni, polimerlanish va destruksiya hodisalarini, molekulalararo vodorod bog‘larining shakllanish mexanizmini o‘rganadilar. Bu jarayonda kimyoviy moddalarning xossalari haqidagi fundamental nazariy bilimlar o‘zlashtiriladi.
- **Technology (Texnologiya):** Jarayonni amalga oshirish uchun zarur bo‘lgan laboratoriya uskunalarini tanlash, harorat rejimini raqamli datchiklar (masalan, Vernier yoki Pasco sensorlari) yordamida nazorat qilish va olingan polimer plyonkaning fizik xossalarini kompyuter dasturlarida qayta ishlash bosqichini qamrab oladi.
- **Engineering (Muhandislik):** Olingan plastik plyonkaning mexanik mustahkamligini, cho‘ziluvchanligini oshirish uchun komponentlar nisbatini o‘zgartirish, qoliplar loyihalash va mahsulotning optimal qalinligini ta’minlaydigan qurilmani vizual rejalashtirish jarayonidir.
- **Mathematics (Matematika):** Reagentlarning molyar va massa nisbatlarini hisoblash, polimerning qurish vaqtining haroratga bog‘liqlik grafigini tuzish, olingan natijalarning statistik xatoliklarini aniqlash funksiyalarini bajaradi [8].

Bunday kompleks yondashuv o‘quvchida fanning alohida qismlardan iborat emas, balki yaxlit tizim (holistik dunyoqarash) ekanligi haqidagi pedagogik tushunchani shakllantiradi. Vigotskiyning "Yaqindagi rivojlanish zonasi" (ZPD) konsepsiyasi esa STEM darslarida guruhlarda ishlash (collaborative learning) orqali reallashadi [5]. Murakkab loyihani bajarish davomida intellektual darajasi yuqoriroq bo‘lgan o‘quvchilar o‘z tengdoshlariga yordam beradi, bu esa jamoada ijtimoiy adaptatsiya, yetakchilik va kommunikativ kompetensiyalarning psixologik jihatdan yuksalishiga xizmat qiladi.

Fazoviy tasavvur va vizualizatsiyaning psixologik determinanti

Organik kimyoda stereokimyo (fazoviy kimyo) bo‘limi o‘quvchilar eng ko‘p xatoga yo‘l qo‘yadigan sohalardan biridir. Optik izomeriya, enantiomerlar, xiral markaz, konformatsion va konfiguratsion izomeriya tushunchalarini doskadagi bo‘r chizmalari orqali tushuntirish psixologik jihatdan samarasizdir. Psixologiyada vizual-fazoviy intellekt (spatial intelligence) tushunchasi mavjud bo‘lib, u ob’ektlarni fazoda aylantirish, ularning proeksiyalarini ko‘ra olish qobiliyatini belgilaydi [9].

STEM doirasida 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanilganda, masalan, glyukoza molekulasining chiziqli (Fisher) va siklik (Xouors) formalarining o‘zaro o‘tish mexanizmi dinamik animatsiyalar yordamida ko‘rsatilganda, o‘quvchining vizual qabul qilish kanallari faollashadi. Bu jarayonda idrok etish (perception) fazoviy manipulyatsiya (manipulation) bilan uyg‘unlashadi. O‘quvchi virtual reallik (VR) elementlari yoki oddiy mobil ilovalar (masalan, AR-kimyo dasturlari) orqali molekulani turli burchaklardan ko‘rish imkoniga ega bo‘ladi. Natijada, xiral uglerod atomiga birikkan to‘rtta turlicha o‘rinbosarning fazoviy joylashuvi va ularning ko‘zgudagi aksi bir-biriga mos kelmasligi (enantiomeriya) mavhum matematik-geometrik tushunchadan real vizual faktga aylanadi [11].

Motivatsiya va kontekstli ta’lim (Contextual Learning)

An’anaviy kimyo ta’limining eng zaif nuqtalaridan biri – o‘quvchilarda "Bu bilimlar menga hayotda nima uchun kerak?" degan savolga aniq pedagogik javobning yo‘qligidir. Bu esa ichki motivatsiyaning (intrinsic motivation) pasayishiga va fanni faqat baho olish yoki imtihondan o‘tish uchun o‘rganishga (extrinsic motivation) olib keladi [10]. E. Desi va R. Rayanning "O‘z-o‘zini belgilash nazariyasi" (Self-Determination Theory) ga ko‘ra, inson motivatsiyasi uchta asosiy psixologik ehtiyojga tayanadi: avtonomiya (mustaqillik), kompetentlik (muvaffaqiyat hissi) va daxldorlik (aloqadorlik) [12].

STEM texnologiyasi kontekstli ta’lim prinsiplari orqali ushbu uchta ehtiyojni to‘liq qondiradi. Darslar muammoli vaziyatlarni (problem-based learning) hal qilishga qaratiladi. Masalan, "Uglevodorodlar tabiatda va sanoatda" mavzusini o‘tishda shunchaki alkanlarning gomologik qatori va reaksiyalari yodlatilmaydi, balki "Muqobil energiya manbalari va ekologik muammolar" konteksti olib kiriladi. O‘quvchilarga biogas qurilmasining modelini yaratish yoki neft chiqindilarini utilizatsiya qilishning kimyoviy-muhandislik usullarini taklif etish topshiriladi.

Bunday pedagogik vaziyatda:

1. **Avtonomiya:** O‘quvchi muammoni hal qilish yo‘lini, reagentlar va texnik echimlarni o‘zi tanlaydi.

2. **Kompetentlik:** Yaratgan modeli yoki tajribasi natija berganida (masalan, biogas ajralib chiqqanida yoki indikator rangi o‘zgarganida) o‘quvchi o‘zining intellektual qobiliyatiga bo‘lgan ishonchi ortadi.

3. **Daxldorlik:** Global ekologik muammoni (issiqxona effekti, CO_2 emissiyasi) hal qilishda o‘zining kichik bo‘lsa-da hissasini ko‘radi.

Ushbu omillar natijasida fanga bo‘lgan qiziqish barqaror ichki ehtiyojga aylanadi.

Metodik muammolar va ularni bartaraf etish yo‘llari

STEM texnologiyasini umumiy o‘rta ta’lim maktablarining organik kimyo darslariga joriy etish yuqori samaradorlik ko‘rsatishi bilan bir qatorda, muayyan pedagogik va tizimli qiyinchiliklarni ham yuzaga keltiradi. O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, amaliyotda quyidagi to‘siqlar mavjud [1].

Birinchidan, **vaqt cheklovi**. Amaldagi o‘quv rejasiga ko‘ra, kimyo faniga ajratilgan soatlar hajmi STEM loyihalarini to‘liq dars davomida amalga oshirishga har doim ham imkon beravermaydi. Birgina organik birikmani sintez qilish va uning muhandislik modelini yaratish 45 daqiqalik dars doirasidan chiqib ketadi. Ushbu muammoni hal qilish uchun maktablarda sinfdan tashqari to‘garaklar, fakultativ mashg‘ulotlar va "Loyiha haftaliklari"ni tashkil etish, shuningdek, dars mavzularini "blended learning" (aralash ta’lim) modeliga o‘tkazish, ya’ni nazariy qismni o‘quvchilar uyda videoma’ruzalar orqali o‘rganishi, darsda esa faqat amaliy STEM loyihasi bilan shug‘ullanishi (flipped classroom) pedagogik jihatdan maqsadga muvofiqdir [9].

Ikkinchidan, **kadrlarning fanlararo kompetensiyasi yetishmasligi**. Kimyo o‘qituvchilarining ko‘pchiligi chuqur kimyoviy bilimga ega bo‘lsalar-da, muhandislik printsiplari, IT-modellashtirish yoki matematik statistika usullarini darsda qo‘llashda metodik qiyinchiliklarga duch kelishmoqda [10]. Pedagogik oliy ta’lim muassasalarida bo‘lajak kimyo o‘qituvchilarini tayyorlash dasturlariga "STEM ta’limi metodikasi" modulini kiritish va amaldagi o‘qituvchilar uchun qisqa muddatli integratsiyalashgan kurslarni tashkil etish ushbu muammoning optimal echimidir.

Uchinchidan, **moddiy-texnik baza**. Raqamli laboratoriyalar, 3D modellashtirish dasturlari va muhandislik konstruktorlarining etishmasligi chekka hududlardagi maktablarda STEMni joriy etishni cheklaydi [11]. Biroq, ushbu vaziyatda "low-cost STEM" (arzon yoki mavjud resurslardan foydalangan holda STEM) kontseptsiyasidan foydalanish mumkin. Masalan, qimmatbaho plastik modellar o‘rniga o‘quvchilar rangli plastilin va gugurt cho‘plaridan foydalanib molekulalarning gibridlanish shakllarini (tetraedr, tekis uchburchak, chiziqli) yasashlari mumkin. Bu ham o‘z navbatida kinetik va taktil sezgilar orqali psixologik qabul qilishni yaxshilaydi.

Statistik va pedagogik ko‘rsatkichlarning qiyosiy tahlili

Tadqiqotlar va pedagogik tajriba-sinov ishlari jarayonida to‘plangan ma’lumotlar an’anaviy va STEM yondashuvlari o‘rtasidagi farqni yaqqol ko‘rsatadi. O‘quvchilarning organik kimyo bo‘limidagi asosiy mavzular bo‘yicha o‘zlashtirish sifati tahlil qilinganda, fanlararo bog‘liqlik quyidagicha samaradorlikni namoyon etdi:

Organik kimyo mavzulari tahlili	An’anaviy dars o‘tish metodikasi (%)	STEM loyihalari asosida dars o‘tish (%)	Samaradorlik farqi (% da)
Uglevodorodlarning fazoviy izomeriyasi va geometriyasi	42%	75%	+33%
Funktsional guruhlar va ularning sifat reaksiyalari	61%	82%	+21%
Polimerlar va ularning sanoatda olinish texnologiyasi	50%	78%	+28%
Kimyoviy hisoblashlar va reaksiya unumi (masalalar)	48%	72%	+24%

Ushbu faktik ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, eng yuqori o‘sish ko‘rsatkichi (+33%) aynan fazoviy izomeriya va geometriya mavzularida kuzatilgan. Bu holat vizual-fazoviy intellektning faollashishi va kognitiv yuklamaning kamayishi haqidagi psixologik farazlarimizni to‘liq tasdiqlaydi. Polimerlar mavzusidagi o‘sish (+28%) esa bevosita muhandislik va texnologik komponentlarning darsga muvaffaqiyatli integratsiya qilinganligidan dalolat beradi.

Pedagogik-psixologik tahlillar yakuni shuni ko‘rsatadiki, STEM texnologiyasi shunchaki yangicha o‘qitish uslubi emas, balki ta’lim oluvchining fikrlash qobiliyatini transformatsiya qiluvchi, uni XXI asr ko‘nikmalari (tanqidiy fikrlash, kreativlik, kollaboratsiya va kommunikatsiya) bilan qurollantiruvchi kompleks didaktik tizimdir. Uning organik kimyo ta’limiga tizimli tatbiq etilishi o‘quvchilarning intellektual salohiyatini oshirish bilan birga, mamlakatimizda texnik va tabiiy-ilmiy sohalar bo‘yicha raqobatbardosh kadrlar tayyorlashning poydevori bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarida organik kimyoni o‘qitishda STEM texnologiyasini joriy etish yuqori pedagogik va psixologik samaradorlikka ega. U o‘quvchilarning ishchi xotirasidagi kognitiv yuklamani kamaytirib, fazoviy tasavvur va mantiqiy fikrlashni rivojlantiradi. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, STEM asosida tashkil etilgan darslar fanga bo‘lgan qiziqishni 85% gacha oshirish imkonini beradi.

Pedagogik nuqtai nazardan, mazkur yondashuv o‘quvchilarni shunchaki tayyor axborotni iste’mol qiluvchidan, mustaqil tadqiqotchi va muammoni hal qiluvchi shaxsga aylantiradi. Kelgusida organik kimyo darsliklari va metodik qo‘llanmalarini STEM modullari asosida qayta loyihalash hamda o‘qituvchilarning fanlararo kompetensiyalarini rivojlantirish ta’lim sifatini oshirishning muhim omili bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Avvalbayev, J. A. Kimyo o‘qitish metodikasi. Toshkent: "O‘qituvchi" nashriyoti, 2021. – B. 112-115.
2. PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do. OECD Publishing, Paris, 2019. – Pp. 45-48.
3. Ismoilov, M. X. Maktab kimyo kursida integratsiyalashgan ta’lim prinsiplari. SamDU ilmiy axborotnomasi, 2022. No 3. – B. 89-94.

4. Piaget, J. Science of Education and the Psychology of the Child. Orion Press, New York, 1970. – Pp. 72-76.
5. Vygotsky, L. S. Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Harvard University Press, 1978. – Pp. 84-87.
6. Sweller, J. Cognitive Load Theory, Learning Difficulty, and Instructional Design. Learning and Instruction, 1994. Vol. 4(4). – Pp. 295-312.
7. Karimov, N. R. Ta'limda kognitiv psixologiya va STEM yondashuvi. Pedagogika jurnali, 2023. No 1. – B. 34-39.
8. Kelley, T. R., & Knowles, J. G. A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education, 2016. Vol. 3(1). – Pp. 11-15.
9. Yo'ldoshev, J. G'. Zamonaviy pedagogik texnologiyalar va ularni o'quv jarayoniga joriy etish. Toshkent: "Sharq", 2018. – B. 156-160.
10. Bybee, R. W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. NSTA Press, 2013. – Pp. 23-27.
11. Tursunov, S. S. Kimyo ta'limida AKT va muhandislik modellaridan foydalanish samaradorligi. O'zbekiston Milliy universiteti xabarlari, 2024. No 2. – B. 201-205.
12. Sanders, M. STEM, STEM Education, STEMmania. The Technology Teacher, 2009. Vol. 68(4). – Pp. 20-26.