UO‘K 372.854

KIMYONI O‘QITISHDA MANTIQIY FIKRLASHNING IJODIY YONDASHUVLARI

O‘rinova Ozodaxon O‘ljayevna
Farg‘ona davlat universiteti dotsenti,
pedagogika fanlari falsafa doktori

Odilov Kamronbek
talaba
https://doi.org/10.5281/zenodo.23758842

Annotatsiya

Maqolada kimyo fanini o‘qitish jarayonida o‘quvchi va talabalarning mantiqiy fikrlashini ijodiy yondashuvlar orqali rivojlantirish masalalari tahlil qilinadi. Mantiqiy fikrlash (tahlil, sintez, taqqoslash, umumlashtirish, induksiya va deduksiya) bilan ijodiy fikrlash (ravonlik, moslashuvchanlik, originallik) o‘rtasidagi bog‘liqlik asoslab beriladi. Muammoli ta'lim, «Bashorat qil – kuzat – tushuntir» (POE) strategiyasi, Jonston uchburchagi asosidagi uch darajali tahlil, TRIZ (ixtirochilik masalalarini yechish nazariyasi) elementlari, keys-stadi, «kimyoviy detektiv» topshiriqlari, analogiya va virtual laboratoriyalar kabi yondashuvlarning kimyo darslaridagi qo‘llanilishi aniq misollar bilan yoritiladi. Maqola so‘ngida mazkur yondashuvlarni dars jarayoniga joriy etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar beriladi.

Kalit so‘zlar: kimyo ta'limi, mantiqiy fikrlash, ijodiy fikrlash, muammoli ta'lim, TRIZ, Jonston uchburchagi, POE strategiyasi, kreativlik, induksiya, deduksiya.

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы развития логического мышления учащихся и студентов на уроках химии посредством творческих подходов. Обосновывается взаимосвязь логического мышления (анализ, синтез, сравнение, обобщение, индукция и дедукция) и творческого мышления (беглость, гибкость, оригинальность). На конкретных примерах раскрывается применение проблемного обучения, стратегии «Предскажи – наблюдай – объясни» (POE), трёхуровневого анализа на основе треугольника Джонстона, элементов ТРИЗ, кейс-метода, заданий «химический детектив», аналогий и виртуальных лабораторий. Даны практические рекомендации по внедрению данных подходов в учебный процесс.

Ключевые слова: химическое образование, логическое мышление, творческое мышление, проблемное обучение, ТРИЗ, треугольник Джонстона, стратегия POE, креативность.

Abstract

The article examines how creative approaches can develop students' logical thinking in chemistry teaching. It substantiates the link between logical thinking (analysis, synthesis, comparison, generalisation, induction and deduction) and creative thinking (fluency, flexibility,

originality). The use of problem-based learning, the Predict–Observe–Explain (POE) strategy, three-level analysis based on Johnstone's triangle, elements of TRIZ, case studies, "chemical detective" tasks, analogies and virtual laboratories is illustrated with concrete classroom examples. Practical recommendations for introducing these approaches into the teaching process are provided.

Keywords: chemistry education, logical thinking, creative thinking, problem-based learning, TRIZ, Johnstone's triangle, POE strategy, creativity.

KIRISH

Bugungi ta'lim tizimida asosiy vazifa o‘quvchiga tayyor bilim berish emas, balki uni mustaqil, izchil va ijodiy fikrlashga o‘rgatishdir. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 12-avgustdagi PQ-4805-son «Kimyo va biologiya yo‘nalishlarida uzluksiz ta'lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi qarorida kimyo fanini o‘qitish sifatini tubdan oshirish ustuvor vazifa sifatida belgilangan [1]. Bu vazifani amalga oshirishda o‘quvchilarning mantiqiy fikrlash ko‘nikmalarini rivojlantirish markaziy o‘rin tutadi.

Kimyo – tabiiy fanlar orasida mantiqiy fikrlashni eng ko‘p talab qiladigan fanlardan biri. O‘quvchi ko‘zga ko‘rinadigan hodisani (eritma rangining o‘zgarishi, gaz ajralishi, cho‘kma tushishi) ko‘rinmaydigan zarrachalar darajasidagi jarayon bilan bog‘lashi va uni formula hamda tenglama ko‘rinishida ifodalay olishi kerak. A. Jonston bu uch darajani – makroskopik, submikroskopik va simvolik darajalarni – kimyoni o‘rganishdagi asosiy qiyinchilik manbai deb hisoblagan [5; 6]. Ushbu darajalar o‘rtasida erkin «ko‘chib yurish» mantiqiy fikrlashning o‘zginasidir.

Amaliyotda esa kimyo darslari ko‘pincha qoida, formula va tenglamalarni yodlashga asoslanadi. Natijada o‘quvchi masalani namuna bo‘yicha yecha oladi, ammo notanish vaziyatda xulosa chiqara olmaydi. Mantiqiy fikrlashni faqat qat'iy algoritmlar orqali emas, balki ijodiy yondashuvlar – muammoli vaziyat, bashorat, analogiya, ixtirochilik masalalari orqali rivojlantirish zarurati shundan kelib chiqadi.

Tadqiqot maqsadi – kimyo fanini o‘qitishda mantiqiy fikrlashni rivojlantirishga xizmat qiluvchi ijodiy yondashuvlarni ilmiy-nazariy jihatdan asoslash va ularni dars amaliyotiga joriy etish yo‘llarini ko‘rsatish.

Tadqiqot vazifalari:

1. mantiqiy va ijodiy fikrlash tushunchalarining o‘zaro bog‘liqligini kimyo ta'limi nuqtai nazaridan tahlil qilish;
2. kimyo darslarida qo‘llash mumkin bo‘lgan ijodiy yondashuvlarni tizimlashtirish;
3. har bir yondashuv uchun aniq mavzular bo‘yicha namunaviy topshiriqlar ishlab chiqish;
4. yondashuvlarni joriy etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar berish.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Mantiqiy fikrlash – bu tushunchalar, hukmlar va xulosalar orqali izchil, asosli va ziddiyatsiz mulohaza yuritish qobiliyatidir. Uning asosiy operatsiyalari tahlil, sintez, taqqoslash, tasniflash, umumlashtirish, abstraksiyalash, shuningdek induktiv va deduktiv xulosa chiqarishdan iborat. Ijodiy fikrlash esa J. Gilford konsepsiyasiga ko‘ra divergent

tafakkur bilan bog‘liq bo‘lib, ravonlik, moslashuvchanlik, originallik va puxtalik ko‘rsatkichlari orqali baholanadi [2; 3]. Bu ikki tafakkur turi bir-biriga qarama-qarshi emas: ijodiy jarayonda farazlar yaratiladi (divergent bosqich), mantiqiy jarayonda esa ular tekshiriladi va saralanadi (konvergent bosqich).

L. Anderson va D. Krathwohl tomonidan qayta ko‘rib chiqilgan Blum taksonomiyasida «tahlil qilish», «baholash» va «yaratish» yuqori darajali fikrlash bosqichlari sifatida ko‘rsatilgan [4]. Demak, o‘quvchidan faqat eslab qolish va tushunishni emas, balki yangi yechim yaratishni talab qiluvchi topshiriqlar mantiqiy va ijodiy fikrlashni birgalikda rivojlantiradi.

Kimyo ta'limi bo‘yicha xorijiy tadqiqotlarda A. Jonstonning «kimyo uchburchagi» modeli markaziy o‘rin egallaydi [5; 6]. K. Taber ushbu model kimyo ta'limida keng qabul qilinganini, biroq turli talqinlarda qayta konseptuallashtirilganini qayd etadi [7]. N. Reid esa uchburchakni kimyoni tushunishning kaliti sifatida batafsil yoritgan [13]. Muammoli ta'lim nazariyasi I.Ya. Lerner va M.I. Maxmutov ishlarida ishlab chiqilgan bo‘lib, unda bilish faoliyati muammoli vaziyatni anglash, faraz ilgari surish va uni isbotlash bosqichlari orqali tashkil etiladi [8; 9]. R. Uayt va R. Ganstoun taklif etgan «Bashorat qil – kuzat – tushuntir» (POE) strategiyasi o‘quvchining dastlabki tasavvurlarini ochib berish va ularni tajriba orqali tekshirishga yo‘naltirilgan [10]. G.S. Altshuller yaratgan TRIZ ixtirochilik masalalarini ziddiyatlarni aniqlash va hal etish orqali yechishning tizimli usulini taklif qiladi [11]. Kimyo ta'limida keng tarqalgan POGIL (jarayonga yo‘naltirilgan boshqariladigan izlanish) metodikasi esa kichik guruhlarda ma'lumotni tahlil qilib, tushunchani o‘quvchilarning o‘zlari «kashf etishiga» asoslanadi [12]. Mahalliy adabiyotlarda interfaol va innovatsion ta'lim texnologiyalari R. Ishmuhamedov va hammualliflari tomonidan tizimlashtirilgan [14].

Metodologiya. Tadqiqotda nazariy tahlil va sintez, pedagogik va metodik adabiyotlarni qiyosiy o‘rganish, kimyo darslarini kuzatish hamda ilg‘or pedagogik tajribani umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Tanlangan yondashuvlar ikki mezon bo‘yicha saralandi: (1) ular mantiqiy operatsiyalardan kamida ikkitasini faollashtirishi; (2) o‘quvchidan yangi g‘oya, faraz yoki yechim yaratishni talab qilishi.

ASOSIY QISM: MANTIQIY FIKRLASHNI RIVOJLANTIRUVCHI IJODIY YONDASHUVLAR

Tahlil natijasida kimyo darslarida mantiqiy va ijodiy fikrlashni birgalikda rivojlantirishga xizmat qiladigan sakkizta yondashuv ajratildi. Ularning har biri quyida dars amaliyotidan olingan misol bilan yoritiladi.

1. Muammoli ta'lim

Muammoli ta'limda o‘qituvchi o‘quvchining mavjud bilimi bilan yangi fakt o‘rtasida ziddiyat yaratadi. Masalan, metallarning faollik qatorini o‘rgangan o‘quvchiga quyidagi savol beriladi: «Alyuminiy temirdan faolroq metall. Nega temir buyumlar zanglab ketadi, alyuminiy idishlar esa yillar davomida o‘zgarmaydi?» O‘quvchilar farazlar ilgari suradi (alyuminiy qoplangan, havo bilan reaksiyaga kirishmaydi va h.k.), so‘ng ularni bilimlari asosida tekshiradi va alyuminiy sirtidagi zich oksid parda (Al_2O_3) metallni keyingi oksidlanishdan himoya qilishi haqidagi xulosaga keladi. Bu jarayonda farazlar yaratish ijodiy, ularni rad etish yoki tasdiqlash esa mantiqiy faoliyatdir.

2. «Bashorat qil – kuzat – tushuntir» (POE) strategiyasi

POE strategiyasi uch bosqichdan iborat [10]. **Bashorat:** «Bir xil konsentratsiyali xlorid kislota va sirka kislota eritmalariga bir xil rux bo‘lakchalari tushirilsa, qaysi probirkada gaz tezroq ajraladi va nima uchun?» O‘quvchi javobini asoslab yozadi. **Kuzatish:** tajriba o‘tkaziladi – xlorid kislotada vodorod ancha jadal ajraladi. **Tushuntirish:** o‘quvchi bashorati bilan natijani taqqoslaydi va farqni dissotsiatsiya darajasi, ya'ni eritmadagi H^+ ionlari konsentratsiyasining turlicha ekanligi bilan izohlaydi. Noto‘g‘ri bashorat bu yerda xato emas, balki tafakkurni qayta qurish uchun turtki bo‘ladi.

3. Jonston uchburchagi asosidagi uch darajali tahlil

Har bir kimyoviy hodisa uch darajada tahlil qilinadi [5; 13]. Masalan, temir mixni mis(II) sulfat eritmasiga tushirish tajribasida:

– **makroskopik daraja** – eritmaning ko‘k rangi asta-sekin xiralashadi, mix sirtida qizg‘ish qatlam paydo bo‘ladi;

– **submikroskopik daraja** – temir atomlari elektron berib Fe^{2+} ionlariga aylanadi, Cu^{2+} ionlari esa elektron qabul qilib mis atomlariga aylanadi;

– **simvolik daraja** – $Fe + CuSO_4 \rightarrow FeSO_4 + Cu$.

Ijodiy element sifatida o‘quvchilarga jarayonni zarrachalar darajasida rasm, komiks yoki qisqa animatsiya ko‘rinishida tasvirlash topshirig‘i beriladi. Bunda o‘quvchi abstrakt tushunchani o‘z modeliga aylantiradi, o‘qituvchi esa modelga qarab noto‘g‘ri tasavvurlarni aniqlaydi.

4. TRIZ elementlari

TRIZda masala texnik yoki fizik ziddiyat sifatida qo‘yiladi va «ideal yakuniy natija» izlanadi [11]. Kimyo darsiga moslashtirilgan misol: «Uyga keladigan tabiiy gaz (metan) hidsiz modda. Xavfsizlik uchun esa gaz sizib chiqqanini darhol sezish kerak. Gaz ham hidsiz, ham hidli bo‘lishi kerak – ziddiyatni qanday hal qilish mumkin?» O‘quvchilar turli g‘oyalarni taklif qiladi va oxir-oqibat gazga juda oz miqdorda kuchli hidli modda (odorant – oltingugurtli organik birikmalar) qo‘shish yechimiga keladi. Ikkinchi misol: «Temir quvur zanglamasligi kerak, lekin uni qimmat metall bilan qoplab bo‘lmaydi» – bu masala faolroq metall (rux, magniy) yordamida protektor himoya g‘oyasiga olib keladi. TRIZ topshiriqlari o‘quvchini sabab-oqibat zanjirini tuzishga va bilimni hayotiy vaziyatga ko‘chirishga o‘rgatadi.

5. Keys-stadi

Keys – real hayotiy vaziyatning tavsifi. Masalan: «Oila yangi uyga ko‘chib keldi. Bir oy ichida choynak va elektr isitgich ichida oq qattiq qatlam paydo bo‘ldi, kir yuvish vositasi kam ko‘pik bera boshladi. Sababini aniqlang va yechim taklif qiling.» O‘quvchilar guruhda belgilarni tahlil qilib, suvning vaqtinchalik qattiqligi haqida faraz tuzadi, jarayonni tenglama bilan ifodalaydi – $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$ – va yechimlarni (qaynatish, soda qo‘shish, filtr, ion almashinish) samaradorlik, narx va xavfsizlik mezonlari bo‘yicha baholaydi. Baholash bosqichi Blum taksonomiyasining eng yuqori darajalariga mos keladi [4].

6. «Kimyoviy detektiv» topshiriqlari

Bu topshiriqlarda o‘quvchi noma'lumni istisno qilish orqali aniqlaydi. Misol: «Uchta belgisiz probirkada natriy xlorid, natriy karbonat va natriy sulfat eritmalari bor. Eng kam reaktiv sarflab har birini aniqlang.» O‘quvchi reaktivlar ketma-ketligini o‘zi loyihalaydi: xlorid kislota qo‘shilganda gaz ajralgan probirkada karbonat bor; qolgan ikkitasiga bariy xlorid qo‘shilganda oq cho‘kma tushgani sulfatni ko‘rsatadi; oxirgisi xlorid ekanligi kumush nitrat bilan

tasdiqlanadi. Bu yerda deduktiv mulohaza bilan bir qatorda optimal rejani ixtiro qilish – ijodiy element mavjud.

7. Analogiya va davriy qonun asosida bashorat

D.I. Mendeleyev davriy qonun asosida hali kashf etilmagan elementlar xossalarini bashorat qilgani – mantiqiy ekstrapolyatsiyaning klassik namunasi. Darsda o‘quvchilarga litiy, natriy va kaliyning ma'lumotlari (atom radiusi, suyuqlanish harorati, suv bilan reaksiya jadalligi) beriladi va ular rubidiy hamda seziyning xossalarini bashorat qilib, «element pasporti»ni tuzadi. So‘ng bashorat ma'lumotnoma qiymatlari bilan solishtiriladi. Analogiya o‘quvchini qonuniyatni topishga (induksiya) va undan yangi xulosa chiqarishga (deduksiya) undaydi.

8. Raqamli virtual laboratoriyalar

Interaktiv simulyatsiyalar o‘quvchiga xavfsiz sharoitda o‘zgaruvchilarni erkin o‘zgartirib, gipotezani sinab ko‘rish imkonini beradi. K. Viman va hammualliflari PhET simulyatsiyalari o‘quvchilarning tushunishini chuqurlashtirishini ko‘rsatgan [15]. Masalan, «pH shkalasi» simulyatsiyasida o‘quvchi suyultirish pH qiymatiga qanday ta'sir qilishini oldindan bashorat qiladi, so‘ng tekshiradi va qonuniyatni o‘zi shakllantiradi. Laboratoriya jihozlari yetishmaydigan maktablarda bu yondashuv ayniqsa foydali.

Yuqoridagi yondashuvlarning mantiqiy va ijodiy jihatlari 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval. Ijodiy yondashuvlar va ular faollashtiradigan fikrlash operatsiyalari

Yondashuv	**Faollashadigan mantiqiy operatsiyalar**	**Ijodiy jihati**	**Namunaviy mavzu**
Muammoli ta'lim	Tahlil, faraz, isbotlash	Muammoni ko‘rish, farazlar ko‘pligi	Alyuminiyning korroziyaga chidamliligi
POE strategiyasi	Deduksiya, taqqoslash, xulosa	Bashorat qilish, tasavvurni qayta qurish	Kuchli va kuchsiz kislotalar
Jonston uchburchagi	Abstraksiyalash, modellashtirish	Hodisani zarrachalar tilida «ko‘rish»	Temirning mis(II) sulfat bilan reaksiyasi
TRIZ elementlari	Ziddiyatni aniqlash, sabab-oqibat	Ideal yakuniy natijani izlash	Metallarni korroziyadan himoyalash
Keys-stadi	Tahlil, sintez, baholash	Real vaziyatga yechim yaratish	Suvning qattiqligi
«Kimyoviy detektiv»	Induksiya, deduksiya, istisno qilish	Optimal reagentlar ketma-ketligini tuzish	Ionlarga sifat reaksiyalari
Analogiya va bashorat	Umumlashtirish, ekstrapolyatsiya	Noma'lum modda xossasini «kashf etish»	Ishqoriy metallar guruhi

Yondashuv	Faollashadigan mantiqiy operatsiyalar	Ijodiy jihati	Namunaviy mavzu
Virtual laboratoriya	Eksperimentni rejalashtirish, o‘zgaruvchilarni boshqarish	Erkin tajriba va gipoteza sinovi	pH shkalasi, tenglamalarni tenglashtirish

MUHOKAMA VA AMALIY TAVSIYALAR

Ko‘rib chiqilgan yondashuvlarning umumiy jihati shundaki, ularning barchasida o‘quvchi avval g‘oya yoki faraz yaratadi, keyin uni mantiqiy tekshiradi. Shu sababli ularni bitta dars tuzilmasiga birlashtirish maqsadga muvofiq:

1. **Motivatsiya** – hayotiy savol yoki kutilmagan tajriba (1–3 daqiqa);
2. **Muammo qo‘yish** – ziddiyatni aniq shakllantirish;
3. **Faraz va bashorat** – o‘quvchilar individual yoki guruhda g‘oya ilgari suradi;
4. **Tekshirish** – tajriba, simulyatsiya yoki hisoblash;
5. **Xulosa** – uch darajada (makro, mikro, simvolik) tushuntirish;
6. **Refleksiya** – «Bashoratim nima uchun to‘g‘ri yoki noto‘g‘ri chiqdi?» savoliga javob.

Natijalarni baholashda faqat to‘g‘ri javob emas, balki fikrlash jarayoni ham hisobga olinishi kerak. Buning uchun rubrikada quyidagi mezonlar tavsiya etiladi: farazning asoslanganligi, dalillardan foydalanish, xulosaning izchilligi, taklif etilgan yechimning originalligi. Ijodiy fikrlash ko‘rsatkichlarini o‘lchashda E. Torrens testining ravonlik, moslashuvchanlik va originallik mezonlaridan foydalanish mumkin [3].

Shu bilan birga, yondashuvlarni joriy etishda ayrim cheklovlar mavjud. Birinchidan, muammoli va keys-darslar an'anaviy darsga qaraganda ko‘proq vaqt talab qiladi, shuning uchun ularni har darsda emas, mavzuning tayanch nuqtalarida qo‘llash tavsiya etiladi. Ikkinchidan, o‘qituvchidan muammoli vaziyat yaratish va o‘quvchilarning noto‘g‘ri farazlarini sabr bilan boshqarish mahorati talab etiladi. Uchinchidan, laboratoriya jihozlari cheklangan sharoitda virtual laboratoriyalar va mikromiqyosli tajribalardan foydalanish kerak bo‘ladi.

Taklif etilgan yondashuvlarning samaradorligini aniqlash uchun keyingi bosqichda tajriba-sinov ishlarini o‘tkazish rejalashtirilgan: tajriba va nazorat guruhlarida mantiqiy topshiriqlar testi hamda ijodiy fikrlash testi o‘quv yili boshida va oxirida o‘tkazilib, natijalar statistik usullar yordamida taqqoslanadi.

XULOSA

O‘tkazilgan tahlil quyidagi xulosalarga kelish imkonini berdi:

1. kimyo ta'limida mantiqiy va ijodiy fikrlash bir-birini to‘ldiradi: ijodiy bosqichda farazlar yaratiladi, mantiqiy bosqichda ular tekshiriladi va asoslanadi;

2. muammoli ta'lim, POE strategiyasi, Jonston uchburchagi, TRIZ elementlari, keys-stadi, «kimyoviy detektiv», analogiya va virtual laboratoriyalar kimyo darslarida mantiqiy fikrlashni rivojlantirishning samarali ijodiy vositalari hisoblanadi;

3. ushbu yondashuvlar o‘quvchini tayyor bilimni yodlashdan bilimni mustaqil «kashf etish»ga o‘tkazadi va Blum taksonomiyasining yuqori darajalari – tahlil, baholash va yaratishni faollashtiradi;

4. yondashuvlarni yagona dars tuzilmasi (motivatsiya – muammo – faraz – tekshirish – xulosa – refleksiya) asosida tizimli qo‘llash hamda baholashda fikrlash jarayonini hisobga oluvchi rubrikalardan foydalanish tavsiya etiladi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda taklif etilgan yondashuvlarning samaradorligini tajriba-sinov orqali miqdoriy baholash hamda bo‘lajak kimyo o‘qituvchilarini ularni qo‘llashga tayyorlash metodikasini ishlab chiqish rejalashtirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 12-avgustdagi PQ-4805-son «Kimyo va biologiya yo‘nalishlarida uzluksiz ta'lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi qarori. – lex.uz.
2. Guilford J.P. The Nature of Human Intelligence. – New York: McGraw-Hill, 1967.
3. Torrance E.P. Torrance Tests of Creative Thinking: Norms-Technical Manual. – Lexington, MA: Personnel Press, 1974.
4. Anderson L.W., Krathwohl D.R. (eds.). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. – New York: Longman, 2001.
5. Johnstone A.H. Macro- and micro-chemistry // School Science Review. – 1982. – Vol. 64, No. 227. – P. 377–379.
6. Johnstone A.H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem // Journal of Computer Assisted Learning. – 1991. – Vol. 7, No. 2. – P. 75–83.
7. Taber K.S. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education // Chemistry Education Research and Practice. – 2013. – Vol. 14, No. 2. – P. 156–168. – DOI: 10.1039/C3RP00012E.
8. Лернер И.Я. Проблемное обучение. – М.: Знание, 1974.
9. Махмутов М.И. Организация проблемного обучения в школе. – М.: Просвещение, 1977.
10. White R., Gunstone R. Probing Understanding. – London: Falmer Press, 1992.
11. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск: Наука, 1986.
12. Moog R.S., Spencer J.N. (eds.). Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL). ACS Symposium Series 994. – Washington, DC: American Chemical Society, 2008.
13. Reid N. The Johnstone Triangle: The Key to Understanding Chemistry. – Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2021.
14. Ishmuhamedov R., Abduqodirov A., Pardayev A. Ta'limda innovatsion texnologiyalar. – Toshkent: Iste'dod, 2008.
15. Wieman C.E., Adams W.K., Perkins K.K. PhET: Simulations that enhance learning // Science. – 2008. – Vol. 322, No. 5902. – P. 682–683.