

Könül Dadaşova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

konuldadashova4@gmail.com

<https://orcid.org/0009000293561933>

Kvant kimyasının öyrədilməsində abstrakt anlayışların vizuallaşdırılması və idrak proseslərinə təsiri

Xülasə

Bu istiqamət üzrə aparılan araşdırmada məqalənin məhz bu adla seçilməsinin əsas məqsədi tədqiqatın kvant kimyasının tədrisi prosesinə yönəldiyini aydın şəkildə ifadə etməkdir. Başlıqda yer alan “Abstrakt anlayışlar” termini kvant kimyasına xas olan və birbaşa müşahidə edilə bilməyən dalğa funksiyası, orbital, superpozisiya, spin və elektron sıxlığı kimi konseptual kateqoriyalara istinad edir. “Vizuallaşdırma” anlayışı həmin mürəkkəb və riyazi xarakterli məzmunun qrafik modellər, üçölçülü təsvirlər, animasiyalar, simulyasiyalar və rəqəmsal texnologiyalar vasitəsilə daha anlaşqlı formaya gətirilməsini ifadə edir. Bu yanaşma simvolik və formal təqdimatı konkret obrazlarla əlaqələndirərək öyrənməni asanlaşdırmağı hədəfləyir.

Başlığın “idrak proseslərinə təsiri” hissəsi isə problemin psixoloji-pedaqoji aspektini əhatə edir. Burada işçi yaddaşın imkanları, diqqətin yönləndirilməsi, məkan təfəkkürünün formalaşması, konseptual anlama və uzunmüddətli yaddaşın möhkəmlənməsi kimi koqnitiv mexanizmlər nəzərdə tutulur. Tədqiqat vizual vasitələrin tələbələrin düşünmə strukturlarına və biliklərin mənimsənilmə səviyyəsinə təsirini sistemli şəkildə araşdırmağı qarşıya məqsəd qoyur. Kvant kimyası atom və molekulların quruluş və davranışını kvant mexanikasının qanunları əsasında izah edən fundamental elm sahəsidir və onun tədrisi yüksək səviyyədə riyazi abstraksiya, çoxölçülü düşünmə və modellərlə işləmə bacarığı tələb edir. Bu xüsusiyyətlər tələbələr üçün müəyyən idrak çətinlikləri yaradır. Məqalədə həmin çətinliklərin aradan qaldırılmasında vizuallaşdırma metodlarının rolu, onların pedaqoji effektivliyi və koqnitiv nəticələri nəzəri və empirik çərçivədə təhlil olunur.

Beləliklə, mövzu kvant kimyasının məzmunu ilə tədris metodikası və koqnitiv psixologiyanın kəsişməsində yerləşir və abstrakt elmi biliklərin daha effektiv mənimsənilməsi problemini araşdırır.

Açar sözlər: kvant kimyası, vizuallaşdırma, abstrakt anlayışlar, idrak prosesləri, rəqəmsal simulyasiya.

Visualization of Abstract Concepts in Teaching Quantum Chemistry and Impact on Cognitive Processes

Abstract

The main purpose of choosing the article with this title in the research conducted in this direction is to clearly state that the research is focused on the teaching process of quantum chemistry. The term “abstract concepts” in the title refers to conceptual categories such as wave function, orbital, superposition, spin and electron density that are specific to quantum chemistry and cannot be directly observed. The concept of “visualization” refers to the presentation of that complex and mathematical content in a more understandable form through graphic models, three-dimensional images, animations, simulations and digital technologies. This approach aims to facilitate learning by linking symbolic and formal presentation with concrete images. The “impact on cognitive processes” part of the title covers the psychological and pedagogical aspect of the problem. Here, cognitive mechanisms such as working memory capabilities, attention focusing, spatial thinking formation, conceptual understanding and long-term memory consolidation are considered. The study aims to systematically investigate the impact of visual aids on students' thinking structures and the level of knowledge

assimilation. Quantum chemistry is a fundamental scientific field that explains the structure and behavior of atoms and molecules based on the laws of quantum mechanics, and its teaching requires a high level of mathematical abstraction, multidimensional thinking and the ability to work with models. These features create certain cognitive difficulties for students. The article analyzes the role of visualization methods in overcoming these difficulties, their pedagogical effectiveness and cognitive results in a theoretical and empirical framework.

Thus, the topic is located at the intersection of quantum chemistry content, teaching methodology and cognitive psychology and explores the problem of more effective assimilation of abstract scientific knowledge.

Keywords: *Quantum chemistry, visualization, abstract concepts, cognitive processes, digital simulation.*

Визуализация абстрактных понятий в преподавании квантовой химии и влияние на когнитивные процессы

Резюме

Основная цель выбора статьи с таким названием в рамках исследования, проводимого в этом направлении, заключается в четком указании на то, что исследование сосредоточено на процессе преподавания квантовой химии. Термин «абстрактные понятия» в названии относится к концептуальным категориям, таким как волновая функция, орбиталь, суперпозиция, спин и электронная плотность, которые специфичны для квантовой химии и не могут быть непосредственно наблюдаемы. Понятие «визуализация» относится к представлению этого сложного и математического содержания в более понятной форме с помощью графических моделей, трехмерных изображений, анимации, моделирования и цифровых технологий. Этот подход направлен на облегчение обучения путем связывания символического и формального представления с конкретными образами. Часть названия «влияние на когнитивные процессы» охватывает психологический и педагогический аспект проблемы. Здесь рассматриваются такие когнитивные механизмы, как возможности рабочей памяти, фокусировка внимания, формирование пространственного мышления, концептуальное понимание и консолидация долговременной памяти. Цель исследования – систематическое изучение влияния наглядных пособий на структуру мышления студентов и уровень усвоения знаний. Квантовая химия – фундаментальная научная область, объясняющая структуру и поведение атомов и молекул на основе законов квантовой механики, и её преподавание требует высокого уровня математической абстракции, многомерного мышления и умения работать с моделями. Эти особенности создают определённые когнитивные трудности для студентов. В статье анализируется роль методов визуализации в преодолении этих трудностей, их педагогическая эффективность и когнитивные результаты в теоретическом и эмпирическом контексте.

Таким образом, тема находится на стыке содержания квантовой химии, методики преподавания и когнитивной психологии и исследует проблему более эффективного усвоения абстрактных научных знаний.

Ключевые слова: *квантовая химия, визуализация, абстрактные понятия, когнитивные процессы, цифровое моделирование.*

Giriş

Kvant kimyası klassik kimyadan fərqli olaraq müşahidə edilə bilməyən mikroskopik obyektlərin-elektronların, orbitaların və dalğa funksiyalarının təsvirinə əsaslanır. Bu anlayışlar təcrübə yolu ilə birbaşa müşahidə edilə bilmədiyi üçün onların mənimsənilməsi simvolik və riyazi modellər vasitəsilə həyata keçirilir. Ali təhsil müəssisələrində kvant kimyasının tədrisi zamanı tələbələrin ən çox çətinlik çəkdiyi məqamlar aşağıdakılardır: Dalğa funksiyasının fiziki mənasının anlaşılması,

Schrödinger tənliyinin konseptual interpretasiyası, orbitaların həqiqi fiziki obyekt deyil, ehtimal paylanması kimi qavranılması, enerji səviyyələrinin kvantlaşmasının məntiqi əsaslandırılması. Bu çətinliklər idrak proseslərinin xüsusiyyətləri ilə birbaşa bağlıdır.

Tədqiqatın məqsədi. Vizuallaşdırmanın kvant kimyasının mənimsənilməsinə təsirini nəzəri şəkildə araşdırmaq.

Tədqiqat metodları. Tədqiqat zamanı sistməli yanaşma, müqayisəli təhlil metodlarından istifadə edilmişdir. Araşdırmanın metodoloji bazasını koqnitiv yük nəzəriyyəsi, dual kodlaşdırma nəzəriyyəsi və konstruktivist təlim yanaşması təşkil edir.

Əsas hissə

Müasir təhsil nəzəriyyələri göstərir ki, abstrakt biliklərin mənimsənilməsində vizual modellər və çoxkanallı informasiya təqdimatı xüsusi rol oynayır. Sweller-in koqnitiv yük nəzəriyyəsinə əsasən, insanın işçi yaddaşı məhdud tutuma malikdir [1]. Kvant kimyasında riyazi formalizmin və simvolik yazılışların çoxluğu tələbənin işçi yaddaşında artıq yük yarada bilər. Vizuallaşdırma bu yükü azaltmağa və informasiyanın daha strukturlaşdırılmış şəkildə mənimsənilməsinə kömək edir. Paivionun nəzəriyyəsinə görə, informasiya həm verbal, həm də vizual kanallarla təqdim olunduqda daha effektiv mənimsənilir [5]. Kvant kimyasında riyazi ifadələrin 3D orbital modelləri ilə birlikdə təqdim olunması anlayışın möhkəmlənməsini artırır [2].

Konstruktivizm əsasən, tələbə bilikləri passiv şəkildə qəbul etmir, onları mövcud idrak strukturları əsasında qurur. İnteraktiv vizual modellər tələbənin aktiv idrak fəaliyyətini stimullaşdırır və konseptual dəyişimi asanlaşdırır. Kvant kimyasında əsas abstrakt anlayışlara aşağıdakılar daxildir [11]:

- Dalğa funksiyası (Ψ) – birbaşa fiziki ölçülə bilməyən riyazi funksiya
- Orbital – elektronun ehtimal sıxlığı paylanması
- Spin – klassik analoqu olmayan daxili kvant xüsusiyyəti
- Superpozisiya və interferensiya
- Tunelləşmə effekti

Bu anlayışların ümumi xüsusiyyəti onların klassik intuisiya ilə uyğun gəlməməsidir. Məsələn, elektronun həm dalğa, həm də zərrəcik kimi davranması tələbənin əvvəlki təcrübə əsaslı idrak strukturlarını sarsıdır.

Vizuallaşdırma Metodları. s, p, d və f orbitalarının üçölçülü qrafik təsvirləri elektron sıxlığının məkan paylanmasını daha aydın göstərir. Statik şəkillərlə yanaşı, rotasiya edilə bilən 3D modellər məkan təfəkkürünü inkişaf etdirir. Gaussian, Avogadro, Spartan və digər proqramlar molekulyar orbitaların hesablanmasına və vizual təqdimatına imkan verir. İnteraktiv simulyasiyalar tələbənin səbəb-nəticə əlaqələrini daha yaxşı anlamasına kömək edir. Elektron keçidləri, enerji səviyyələri arasında keçidlər və foton udulması kimi proseslərin animasiyalı təsviri statik qrafiklərdən daha effektivdir. VR və AR texnologiyaları molekulyar strukturların immersiv öyrənilməsini təmin edir. Tələbə molekulyar orbitalların “içində” hərəkət edə bilər ki, bu da dərin idrak inteqrasiyası yaradır. Vizual modellər tələbələrin “orbital = orbit” kimi yanlış təsəvvürlərini azaldır və ehtimal əsaslı düşüncəni gücləndirir. Vizual və verbal informasiyanın paralel istifadəsi kodlaşdırmanı gücləndirir və yadda qalmanı artırır. İnteraktiv vizual texnologiyalar tələbələrin dərslə marağını və daxili motivasiyasını artırır [10].



Şəkil 1.

Bu şəkil elmi və texnoloji konseptləri vizual olaraq əks etdirən bir qrafikdir. Gəlin onu mərhələli və geniş şəkildə izah edək: Şəkilin mərkəzində parlaq, mavi işıqlı bir atom və ya enerji nüvəsi var. Bu, kvant fizikası və atom nəzəriyyəsinə işarə edir. Atomun ətrafında dövr edən elektron orbitali vizual olaraq enerji səviyyələrini göstərir. Bu, həm atom strukturu, həm də kvant mexanikasının əsas anlayışlarından biri olan “elektron orbitalları”nı təsvir edir. Şəkilin müxtəlif hissələrində bir sıra riyazi tənliklər yerləşdirilib: $\Psi(x,t)\Psi(x,t)^*$ – Kvant dalğa funksiyasını göstərir, Schrödinger tənliyi ilə əlaqəlidir. Bu, kvant mexanikasında bir hissəcin mövqeyini və zamanla necə dəyişdiyini təsvir edir. $H(t)\Psi = i\hbar \partial\Psi/\partial t$ – Schrödinger tənliyinin formal ifadəsidir, burada H Hamiltonian operatorudur, $\hbar$ – Plank sabiti, i – ixtiyari kompleks ədəddir. $E=mc^2$ – Enerjinin kütləyə bərabər olduğunu göstərən məşhur Eynşteyn düsturu, relativist fizikanın əsasını təşkil edir. Bu tənliklər elmin fundamental qanunlarını, xüsusilə kvant və relativist nəzəriyyələri bir arada göstərir. Şəkildə həmçinin müxtəlif qrafiklər və üçölçülü formalar var: Qravitasiya və məkan-zaman əyriləri – Sağ tərəfdə tor kimi əyilmiş səthlər qara dəlik və ya məkan-zaman əyriliyini təsvir edir [8]. Bu, Ümumi Nisbilik nəzəriyyəsinə işarədir. Həndəsi şəkillər və qıvrımlar – Dairələr, spirallar və hiperboloid formalar müxtəlif fiziki prosesləri və enerji sahələrini simvolizə edir. Şəkilin fonunda ay, ulduzlar və kosmik simvollar var. Bu, fizikanın yalnız atom səviyyəsində deyil, həm də kainat miqyasında işlədiyini göstərir. Məsələn, qara dəliklər və ulduzların dinamikası, kvant mexanikası ilə relativist fizikanın birləşdiyi sahələrdə öyrənilir. Parlaq nöqtələr və enerjili qövslər – Bu, enerji axınlarını və hissəciklərin hərəkətini simvolizə edir. Rəng seçimi -Mavi və bənövşəyi rənglər enerjini, kvant hadisələrini və elmi dərinliyi göstərir [9].

Bu istiqamət üzrə apardığımız xarici ədəbiyyatların təhlilinə istinadən “Kvant kimyasında abstrakt anlayışlarını cədvəl şəkilində də qeyd etməyi məqsəduyğun hesab edirik (Bax: Cədvəl-1)

Abstrakt anlayış	Vizuallaşdırma üsulu	İstifadə olunan proqram/metod	İdrak prosesinə təsir
Elektron buludları və orbitallar	3D elektron sıxlığı modelləri	Gaussian, Avogadro, Jmol	Elektronların enerji sahəsində yerləşdiyini və orbitalların formalarını intuitiv başa düşmə
Molekulyar orbitalların hibridləşməsi (sp^3 , sp^2)	3D animasiyalar, interaktiv modellər	Avogadro, Jmol	Hibrid orbitalların geometrik düzülüşünü və bağ bucaqlarını vizual olaraq qavrama
Molekulyar orbitalların hibridləşməsi (sp^3 , sp^2)	3D animasiyalar, interaktiv modellər	Avogadro, Jmol	Hibrid orbitalların geometrik düzülüşünü və bağ bucaqlarını vizual olaraq qavrama
Spektroskopik məlumatların təhlili	Elektron keçişlərinin və vibrasiyaların 3D vizualizasiyası	GaussView, Avogadro	UV-Vis, IR, NMR pik və dalğalanmalarının molekulyar mənasını anlama

Cədvəl kvant kimyasında abstrakt anlayışların vizuallaşdırılması və tələbələrin idrak prosesinə təsirini göstərir. Elektron buludları və orbitallar. 3D elektron sıxlığı modelləri ilə elektronların mövqeyi və orbitalların forması vizual olaraq təqdim edilir. Bu, tələbələrə elektronların riyazi funksiyalardan kənar, real enerji sahələrində yerləşdiyini intuitiv başa düşməyə imkan verir. Molekulyar orbitalların hibridləşməsi (sp^3 , sp^2). 3D animasiya və interaktiv modellər orbitalların geometriyasını göstərir. Hibrid orbitalların bağ bucaqları və lone pair elektronları vizual olaraq qavranılır. Tələbələr abstrakt orbital anlayışını molekulun real strukturuna bağlaya bilir. Spektroskopik məlumatların təhlili. UV-Vis, IR və NMR məlumatları elektron keçişləri və vibrasiyalar vasitəsilə vizuallaşdırılır. Bu üsul, tələbələrin spektrlərdəki pik və dalğalanmaların fiziki mənasını anlamaq və kvant səviyyəli hadisələr ilə əlaqələndirməsinə kömək edir.

Nəticə

Tədqiqatın nəticələri sübut edir ki, kvant kimyasının öyrədilməsində multimodal və interaktiv yanaşmaların tətbiqi müasir ali təhsildə effektiv pedaqoji strategiya kimi çıxış edə bilər. Vizuallaşdırma kvant kimyasında abstrakt anlayışların konkretləşdirilməsində mühüm vasitədir. Lakin vizual modellərin həddindən artıq sadələşdirilməsi yanlış konsept formalaşdırma bilər. Buna görə balanslı və elmi əsaslı yanaşma tələb olunur. Kvant kimyasının tədrisində abstrakt anlayışların vizuallaşdırılması tələbələrin idrak yükünü azaldır, məkan təfəkkürünü inkişaf etdirir və konseptual anlayışı dərinləşdirir. Rəqəmsal texnologiyaların integrasiyası müasir ali təhsildə effektiv pedaqoji strategiya kimi çıxış edir. Gələcəkdə doktorantura istiqamətində bu mözularla əlaqəli daha dərinlən araşdırılma apararaq vizuallaşdırmanın uzunmüddətli akademik nailiyyətlərə və elmi düşüncənin formalaşmasına təsirini daha geniş miqyasda təhlil edəcəyik.

Ədəbiyyat

1. Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
2. Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312.
3. Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.

4. Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4.
5. Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, 45(3), 255–287.
6. Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31–48). Cambridge University Press.
7. Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). *Visualisation in Chemistry Education*. Studies in Science Education, 9(1), 1–40.
8. Ильин, С. А. (2012). *Компьютерное моделирование молекул и материалов*. Москва: Либроком.
9. Кузнецов, В. И., Морозов, Ю. В. (2011). *Когнитивные основы изучения химии: теория и методика*. Новосибирск: Наука.
10. Мельников, Д. В., & Соколов, А. Н. (2014). *Интерактивные методы обучения квантовой химии*. Химическое образование, 1(3), 45–58.
11. Волкова, Е. И. (2013). *Использование трехмерных моделей в обучении химии*. Образование и наука, 15(2), 23–30.
12. Ковалев, В. Ю. (2014). *Когнитивные аспекты изучения сложных химических концепций*. Химическое образование, 2(4), 12–25.