



**Barno TURSUNOVA,**  
Termiz davlat universiteti katta o'qituvchisi, PhD  
E-mail: barno.tursunova.2016@mail.ru

Termiz davlat universiteti professori, f.-m.f.d M.Mirsaburov taqrizi asosida

### KIMYO YO'NALISHI TALABALARIGA STATISTIK MODELLARNI O'QITISHNING STRUKTURALI KONSEPTUAL MODEL

Annotatsiya

Ushbu maqolada kimyo yo'nalishida statistik modellarni o'qitishning strukturali konseptual modeli va uning metodik asoslari yoritilgan. Statistik modellarni o'qitishda kimyoviy jarayonlar va ehtimollar nazariyasi tushunchalarini o'zaro bog'lash muhim didaktik tamoyil sifatida qaraladi. Taklif etilgan model kimyoviy jarayonlarga oid bir qator misollar orqali yoritilgan. Natijada statistik modellarni kimyoviy jarayonlar bilan bog'lab o'qitish talabalarda ehtimoliy tafakkurni shakllantirishga xizmat qilishi ko'rsatib berilgan.

**Kalit so'zlar:** strukturali konseptual model, statistik modellar, ehtimollik nazariyasi, kimyo ta'limi, matematik modellashtirish, ehtimoliy tafakkur, diffuziya, Puasson modeli, tasodifiy yurish modeli.

### A STRUCTURAL AND CONCEPTUAL MODEL FOR TEACHING STATISTICAL MODELING TO CHEMISTRY STUDENTS

Annotation

The article describes the structural conceptual model for teaching statistical models in chemistry education and its methodological foundations. In teaching statistical models, the integration of chemical processes with the concepts of probability theory is considered an important didactic principle. The proposed model is illustrated through several examples related to chemical processes. The results show that teaching statistical models in connection with chemical processes contributes to the development of probabilistic thinking among students.

**Keywords:** statistical models, structural conceptual model, probability theory, chemistry education, mathematical modeling, probabilistic thinking, diffusion, Poisson model, random walk model.

### СТРУКТУРНО-КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ СТУДЕНТОВ ХИМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Аннотация

В статье освещена структурная концептуальная модель обучения статистическим моделям в химическом образовании и её методические основы. При обучении статистическим моделям важным дидактическим принципом рассматривается взаимосвязь химических процессов с понятиями теории вероятностей. Предложенная модель проиллюстрирована на ряде примеров, связанных с химическими процессами. Показано, что обучение статистическим моделям в связи с химическими процессами способствует формированию вероятностного мышления у студентов.

**Ключевые слова:** статистические модели, структурная концептуальная модель, теория вероятностей, химическое образование, математическое моделирование, вероятностное мышление, диффузия, модель Пуассона, модель случайного блуждания.

**Kirish.** Kimyo yo'nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun oliy matematika fanini o'qitish jarayonida ehtimollar nazariyasi va matematik statistika fanining ayrim elementlari ham o'rganiladi. Ushbu tushunchalar molekular harakati, diffuziya jarayoni, radioaktiv parchalanish hamda energiya taqsimoti kabi ko'plab kimyoviy jarayonlarni tushuntirishda muhim nazariy asos bo'lib xizmat qiladi. Shu sababli ehtimollar nazariyasi va matematik statistika elementlarini kimyoviy jarayonlar bilan bog'lab o'qitish talabalarda statistik va ehtimoliy tafakkurni shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

**Mavzuning dolzarbligi.** Zamonaviy tabiiy fanlar ta'limida murakkab jarayonlarni tushuntirishda matematik modellashtirish muhim metodik vosita hisoblanadi. Ayniqsa, kimyo fanida ko'plab jarayonlar molekulyar darajada tasodifiy xarakterga ega bo'lib, ularni to'liq tushunish uchun ehtimollar nazariyasi va matematik statistika metodlaridan foydalanish zarur. Molekularning tasodifiy harakati, reaksiyalar tezligining fluktuatsiyasi, radioaktiv parchalanish jarayonlari hamda diffuziya hodisalari statistik qonuniyatlar asosida sodir bo'ladi.

Kimyo yo'nalishida tahsil olayotgan talabalarga bunday jarayonlarni tushuntirishda statistik modellar muhim didaktik ahamiyatga ega. Statistik modellashtirish orqali talabalar kimyoviy hodisalarning tasodifiy tabiatini anglaydi, matematik tushunchalarni real tabiiy jarayonlar bilan bog'lay oladi hamda

ilmiy tafakkuri rivojlanadi. Shu nuqtai nazardan, kimyo ta'limida statistik modellarni o'qitish jarayonini metodik jihatdan to'g'ri tashkil etish muhim masalalardan biri hisoblanadi.

Statistik modellarni o'qitish jarayonida strukturali yondashuvdan foydalanish o'quv materialini tizimli ravishda tashkil etish imkonini beradi. Bunda kimyoviy jarayonni aniqlash, uning tasodifiy xususiyatlarini ko'rsatish, mos matematik modelni tanlash va natijalarni interpretatsiya qilish bosqichlari izchil amalga oshiriladi. Bunday yondashuv talabalarda ehtimoliy tafakkurni shakllantirishga xizmat qiladi hamda statistik metodlarning kimyoviy tadqiqotlarda qo'llanishini chuqurroq anglashga yordam beradi.

Tadqiqotning uslubiy asoslari – bu malakaga asoslangan, faoliyatga asoslangan, o'qitishga professional yo'naltirilgan yondashuvlar.

**Tadqiqotning maqsadi va vazifalari.** Mazkur tadqiqotning maqsadi kimyo yo'nalishida statistik modellarni o'qitishning strukturali konseptual modelini ishlab chiqish hamda uning ta'lim jarayonidagi didaktik imkoniyatlarini asoslashdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

Kimyoviy jarayonlarning statistik tabiatini tahlil qilish;

Kimyo ta'limida qo'llaniladigan asosiy statistik modellarni aniqlash;

Statistik modellarni o'qitishning strukturali konseptual modelini ishlab chiqish.

Kimyoviy jarayonlarni statistik modellashtirish orqali talabalarda ehtimolliiy tafakkurni shakllantirish imkoniyatlarini aniqlash.

Statistik modellarni o'qitishda matematik tushunchalar va kimyoviy jarayonlar o'rtasidagi integratsiyani asoslash.

Tadqiqotning obyekt sifatida oliy ta'lim muassasalarining tabiiy ta'lim yo'nalishlariga oliy matematika fanini o'qitish jarayoni tanlandi.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi:** Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Kimyo yo'nalishida statistik modellarni o'qitishga mo'ljallangan strukturali konseptual model ishlab chiqildi, unda kimyoviy jarayon, uning tasodifiy tabiati va mos statistik model o'rtasidagi didaktik bog'lanish tizimli ravishda asoslandi.

Kimyoviy jarayonlarni o'rganishda ehtimollar nazariyasi va matematik statistika tushunchalarini integratsiyalashga asoslangan bosqichli o'qitish strukturasi taklif etildi.

Statistik modellashtirishni o'qitish jarayonida kimyoviy hodisalarni (molekulalar to'qnashuvi, diffuziya, radioaktiv parchalanish va energiya taqsimoti) matematik modellar bilan bog'lash orqali talabalarda ehtimolliiy tafakkurni shakllantirish mexanizmi asoslab berildi.

Kimyo ta'limida statistik modellarni qo'llashning didaktik imkoniyatlari aniqlanib, ularning fanlararo integratsiyani rivojlantirishdagi ahamiyati ko'rsatib berildi.

**Adabiyotlar sharhi.** Tabiiy fanlarda statistik modellashtirish metodlari keng qo'llaniladi. Ko'plab tadqiqotlarda molekulyar jarayonlar, diffuziya hodisalari hamda radioaktiv parchalanish kabi jarayonlar ehtimollar nazariyasi va matematik statistika metodlari asosida o'rganilishi ta'kidlanadi. Kimyoviy jarayonlarning statistik tabiati gaz molekularining harakati, molekularlar to'qnashuvi hamda energiya taqsimoti kabi hodisalarda yaqqol namoyon bo'ladi.

Ilmiy adabiyotlarda kimyoviy jarayonlarni modellashtirishda Puasson taqsimoti, Maksvell taqsimoti, Markov

jarayonlari hamda tasodifiy yurish modellaridan keng foydalaniladi. Ushbu modellar molekulyar jarayonlarning statistik xususiyatlarini tushuntirishda muhim nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.

Pedagogik tadqiqotlarda esa statistik modellarni o'qitish jarayonida fanlararo integratsiyaning ahamiyati alohida ta'kidlanadi. Matematik modellashtirish metodlaridan foydalanish talabalarda ilmiy tafakkurni rivojlantirishga, murakkab tabiiy jarayonlarni tushunishga hamda nazariy bilimlarni amaliy masalalar bilan bog'lashga imkon yaratadi.

Kimyo yo'nalishida statistik modellarni o'qitishning strukturali konseptual modeli.

Statistik modellarni o'qitishda asosiy g'oya shundan iboratki, kimyoviy jarayonlar ko'pincha tasodifiy xarakterga ega bo'lib, ularni tushuntirish uchun ehtimollar nazariyasi va matematik statistika metodlari qo'llaniladi. Shu sababli o'qitish jarayoni quyidagi ketma-ket strukturali bosqichlar asosida tashkil etiladi.

1-bosqich. Kimyoviy jarayonni aniqlash. Dastlab talabalar uchun real kimyoviy jarayon tanlanadi. Masalan:

- molekularlar to'qnashuvi;
- radioaktiv parchalanish;
- diffuziya jarayoni;
- gaz molekulari tezligi taqsimoti.

Bu bosqichda talabalar kimyoviy hodisaning fizik mazmunini tushunadi.

2-bosqich. Jarayonning tasodifiy tabiatini aniqlash. Keyingi bosqichda jarayonning tasodifiy komponentlari ko'rsatiladi. Masalan:

- molekular energiyasi tasodifiy o'zgaradi;
- to'qnashuvlar soni tasodifiy;
- parchalanish momenti tasodifiy.

Natijada talabalar deterministik va tasodifiy jarayonlar farqini tushuna boshlaydi.

3-bosqich. Mos statistik modelni tanlash. Kimyoviy jarayonni tavsiflash uchun matematik model tanlanadi. Masalan:

Kimyoviy jarayon	Statistik model
radioaktiv parchalanish	Puasson taqsimoti
molekulalar tezligi	Maksvell taqsimoti
Diffuziya	tasodifiy yurish modeli
reaksiyalar ketma-ketligi	Markov jarayoni

Bu bosqichda talabalar matematik model tushunchasi bilan tanishadi.

4-bosqich. Matematik tushunchalarni o'rganish. Tanlangan model asosida quyidagi matematik tushunchalar o'rganiladi:

- tasodifiy miqdor;
- ehtimollik taqsimoti;
- matematik kutilma;
- dispersiya.

Bu tushunchalar kimyoviy jarayonlar bilan bog'langan holda tushuntiriladi.

5-bosqich. Modellashtirish va interpretatsiya. So'ng talabalar:

- hisoblashlar bajaradi;
- grafiklar quradi;
- natijalarni kimyoviy ma'noda talqin qiladi.

Masalan:

- reaksiya sodir bo'lish ehtimolini hisoblash;
- molekular energiyasi taqsimotini tahlil qilish;
- Bu bosqich ehtimolliiy tafakkurni shakllantiradi.

Strukturali konseptual modelni amaliy qo'llash. Taklif etilgan strukturali konseptual model va unga mos metodik yondashuv statistik modellarni kimyoviy jarayonlar bilan

bog'langan holda o'qitishni nazarda tutadi. Ushbu yondashuv doirasida matematik tushunchalar real kimyoviy hodisalar asosida tushuntiriladi. Quyida statistik modellarni o'qitishning amaliy qo'llanishi kimyoviy jarayonlarga oid bir qator misollar asosida ko'rib chiqiladi.

1-misol. Molekulalar energiyasi taqsimoti modeli. Kimyoviy jarayon: Kimyoda reaksiya sodir bo'lishi uchun molekulaning energiyasi aktivlanish energiyasidan katta bo'lishi kerak.

Faraz qilaylik, molekular energiyasi 0 dan 500 kJ/mol gacha bo'lgan oraliqda tasodifiy taqsimlangan, aktivlanish energiyasi 300 kJ/mol

Reaksiya sodir bo'lishi ehtimoli:  $P(E > 300) = \frac{500-300}{500} = 0.4$

Demak, molekularlarning taxminan 40 % qismi reaksiyaga kirishishi mumkin.

Statistik model. Ushbu jarayon tasodifiy miqdor modeli bilan tushuntiriladi.

Tasodifiy miqdor: molekular energiyasi

Taqsimot: tekis taqsimot

Ehtimollik: aktivlanish energiyasidan katta bo'lgan qiymatlar ulushi

Talabalar shu orqali tasodifiy miqdor, ehtimollik va taqsimot tushunchalarini o'rganadi.

Pedagogik natija. Bu misol yordamida talabalar: kimyoviy reaksiyalarning statistik tabiatini tushunadi, matematik modelni real kimyoviy jarayon bilan bog'laydi, ehtimolliiy tafakkur rivojlanadi.

2-misol. Radioaktiv parchalanish jarayonining Puasson modeli. Kimyoviy jarayon. Radioaktiv moddaning atomlari tasodifiy va bog'liqsiz parchalanadi. Shu sababli ma'lum vaqt oralig'ida parchalanishlar soni ko'pincha Puasson taqsimoti bilan tavsiflanadi.

Faraz qilaylik, 1 minutda o'rtacha 3 ta parchalanish sodir bo'ladi.

Savol: 1 minutda 2 ta parchalanish sodir bo'lish ehtimoli qancha?

Statistik model. Bu jarayon Puasson taqsimoti bilan modellashiriladi:

$$P(X = k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

Masala shartidan:  $\lambda = 3$  – o'rtacha parchalanishlar soni,  $k = 2$

$$\text{Hisoblash: } P(X = 2) = \frac{3^2 e^{-3}}{2!}, P(X = 2) \approx 0.224.$$

Demak, 2 ta parchalanish sodir bo'lish ehtimoli taxminan 0.224.

Pedagogik natija. Talabalar quyidagilarni tushunadi: atom darajasidagi jarayonlar tasodifiy xarakterga ega; statistik modellarni real kimyoviy hodisalarni tavsiflay oladi; Puasson taqsimotining fizik ma'nosi.

3-misol. Diffuziya jarayonining tasodifiy yurish modeli. Kimyoviy jarayon. Gaz yoki suyuqlikda molekulalar tasodifiy harakat qiladi. Bu jarayon diffuziya deyiladi. Diffuziya jarayonida molekulalar issiqlik harakati (Brown harakati) tufayli tasodifiy yo'nalishda harakat qiladi. Molekula ko'plab boshqa molekulalar bilan to'qnashadi va natijada uning harakat yo'nalishi oldindan aniqlanmaydi. Soddalashtirilgan modelda fazo bir o'lchamli chiziq sifatida qaraladi. Molekula har bir vaqt momentida ikki yo'nalishdan birini tanlaydi: o'ng tomonga yoki chap tomonga. Agar muhit bir jinsli va izotrop bo'lsa (ya'ni barcha yo'nalishlar teng ehtimolli bo'lsa), unda:  $P(\text{o'ngga}) = P(\text{chapga})$ . Ikki mumkin bo'lgan yo'nalish mavjud bo'lgani uchun:  $P(\text{o'ngga}) = P(\text{chapga}) = \frac{1}{2} = 0.5$

Statistik model: Bu jarayon tasodifiy yurish modeli bilan tavsiflanadi.

Har bir qadam tasodifiy bo'lgani sababli molekulaning koordinatasi tasodifiy miqdor hisoblanadi. Fizik-kimyoviy ma'nosi shuki, molekulaga tashqi kuch ta'sir qilmaydi, muhit bir xil xossalarga ega va harakat yo'nalishlari teng ehtimollik bilan tanlanadi. Shuning uchun molekulaning o'rtacha siljishi nolga teng bo'ladi.

Matematik model natijasi. Agar molekula  $n$  ta qadam tashlansa o'rtacha siljish  $0$  ga teng,  $M(X) = 0$ , dispersiya qadamlar soniga bog'liq,  $D(X) = n$ .

Bu diffuziyaning asosiy statistik xususiyatini ifodalaydi.

Pedagogik natija. Talabalar tasodifiy jarayon tushunchasini, matematik kutilma va dispersiya, diffuziyaning statistik mohiyatini o'rganadi.

Diffuziya jarayonini tasodifiy yurish modeli orqali tushuntirish molekulalar harakatining statistik tabiatini ko'rsatadi. Molekulaning har bir qadamda chap yoki o'ng tomonga teng ehtimollik bilan harakat qilishi muhitning izotrop xossalari bilan bog'liq bo'lib, bu model diffuziya jarayonining statistik tavsifini soddalashtirilgan holda ifodalaydi.

4-misol. Gaz molekulalari tezligining Maksvell–Boltsman taqsimoti. Kimyoviy jarayon. Gaz molekulalari doimo tasodifiy harakat qiladi. Molekulalarning tezligi bir xil emas: ba'zilari sekin, ba'zilari o'rtacha, ba'zilari juda tez harakat qiladi. Bu tezliklar Maksvell–Boltsman taqsimoti qonuni bilan tavsiflanadi.

Statistik model. Gaz molekulalari tezligi tasodifiy miqdor sifatida qaraladi. Maksvell–Boltsman taqsimoti molekulalar tezligining ehtimollik zichligini ifodalaydi.

Natijada: eng ehtimolli tezlik va o'rtacha tezlik mavjud, yuqori energiyali molekulalar soni kamroq bo'ladi.

Modelning kimyoviy ma'nosi. Bu model orqali quyidagilar tushuntiriladi:

- temperaturaning oshishi molekulalar tezligini oshiradi;
- tez molekulalar reaksiyaga tezroq kirishadi;
- reaksiyaning sodir bo'lish ehtimoli ortadi.

Shuning uchun Maksvell–Boltsman taqsimoti kimyoviy kinetika bilan bevosita bog'liq.

Pedagogik natija. Talabalar quyidagilarni tushunadi:

- molekulalar harakati statistik xarakterga ega;
- fizik-kimyoviy jarayonlar ehtimollik qonunlari bilan tavsiflanadi;
- matematik taqsimotlar real jarayonlarni tushuntira oladi.

Natijada: ehtimolliiy tafakkur, analitik fikrlash va model orqali tushuntirish ko'nikmasi rivojlanadi.

**Xulosa.** Tadqiqot natijalariga ko'ra, statistik modellarni o'qitish jarayonini strukturali konseptual model asosida tashkil etish ta'lim samaradorligini oshiradi. Ushbu model kimyoviy jarayonni aniqlash, uning tasodifiy tabiatini tushuntirish, mos statistik modelni tanlash hamda matematik natijalarni kimyoviy jihatdan interpretatsiya qilish bosqichlarini o'z ichiga oladi. Taklif etilgan yondashuv talabalarda ehtimolliiy tafakkurni shakllantirishga, matematik tushunchalarni real kimyoviy jarayonlar bilan bog'lashga hamda fanlararo integratsiyani kuchaytirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, statistik modellashirish metodlaridan foydalanish talabalarning analitik fikrlashini rivojlantirishga va murakkab tabiiy jarayonlarni chuqurroq anglashiga yordam beradi.

Statistik modellarni kimyo ta'limida qo'llash talabalarda murakkab kimyoviy jarayonlarni tushunishda muhim metodik vosita hisoblanadi. Strukturali konseptual model asosida tashkil etilgan o'qitish jarayoni kimyoviy hodisalarni ehtimollar nazariyasi va matematik statistika yordamida izohlash imkonini beradi hamda talabalarida ehtimolliiy tafakkurni shakllantirishga xizmat qiladi.

#### ADABIYOTLAR

1. Ross S. Introduction to Probability Models. – 11th ed. – Academic Press, 2014.
2. McQuarrie D. A. Statistical Mechanics. – University Science Books, 2000.
3. Chandler D. Introduction to Modern Statistical Mechanics. – Oxford University Press, 2010.
4. Papoulis A., Pillai S. Probability, Random Variables and Stochastic Processes. – McGraw-Hill Education, 2002.
5. Van Kampen N. G. Stochastic Processes in Physics and Chemistry. – 3rd ed. – Elsevier, 2007.
6. Баврин И.И. Высшая математика для химиков, биологов и медиков: учебник и практикум для прикладного бакалавриата. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2016. - 329 с.
7. Скатецкий В.Г., Свиридов Д.В., Яшкин В.И. Математические методы в химии. - М.: "ТетраСистемс" 2006. - 368 с.
8. Еремин В.В. Теоретическая и математическая химия. - М.: МЦНМО, 2007. - 392 с.
9. Cunningham A., Whelan R. Maths for Chemists. - University of Birmingham, University of Leeds, 2014, p.119