

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізичної хімії
Кафедра хімічного матеріалознавства

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

“ _____ ” _____ 20__ р.

Програма навчальної дисципліни

Актуальні проблеми фізичної хімії

(назва навчальної дисципліни)

напряму 040101 – «Хімія»

(шифр, назва напрямку)

спеціальність 8.04010101 – «Хімія»

(шифр, назва спеціалізації)

хімічний факультет

(назва підрозділу)

2015 / 2016 навчальний рік

Програму обговорено та рекомендовано до затвердження Вченою радою хімічного факультету
27 серпня 2015 року, протокол № 7

Зі змінами та доповненнями затверджено Вченою радою хімічного факультету
25 вересня 2015 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Мчедлов-Петросян Микола Отарович, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри
фізичної хімії

Коробов Олександр Ісаакович, д.х.н., професор кафедри хімічного матеріалознавства

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної хімії;

26 серпня 2015 року, протокол № 1

Зі змінами та доповненнями схвалено на засіданні кафедри фізичної хімії

_____ 2015 року, протокол № ____

Завідувач кафедри фізичної хімії

_____ / Мчедлов-Петросян М. О. /
(підпис)

Програму схвалено на засіданні кафедри хімічного матеріалознавства;

26 серпня 2015 року, протокол № 1

Зі змінами та доповненнями схвалено на засіданні кафедри хімічного матеріалознавства;

21 вересня 2015 року, протокол № 2

В. о. завідувача кафедри хімічного матеріалознавства

_____ /Холін Ю. В./
(підпис)

Програму погоджено методичною комісією хімічного факультету

24 вересня 2015 року, протокол № 2

Голова методичної комісії хімічного факультету

_____ /Юрченко О.І./
(підпис)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Актуальні проблеми фізичної хімії» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів; напрямку підготовки: 6.040101 – «Хімія»

Предметом вивчення навчальної дисципліни є вибрані сучасні фундаментальні напрямки фізичної хімії, стан яких значною мірою впливає на розвиток наукомістких технологій.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

1. Мета та завдання навчальної дисципліни.
2. Опис навчальної дисципліни.
3. Виклад змісту навчальної дисципліни.
4. Структура навчальної дисципліни.
5. Теми практичних занять.
6. Самостійна робота.
7. Індивідуальні завдання.
8. Методи навчання.
9. Методи контролю.
10. Розподіл балів, які отримують студенти.
11. Методичне забезпечення.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надання студентам уявлення щодо основних типів організованих систем: молекул-рецепторів та молекулярних ансамблів, рушійних сил взаємодій типу Хазяїн – Гість, термодинаміки супрамолекулярного комплексоутворення, використання організованих систем для цілеспрямованого впливу на властивості розчинених речовин та вирішення таким чином різноманітних наукових та прикладних задач. Ознайомлення з основами нанохімії, з найважливішими методами синтезу наночастинок та нанопоруватих сорбентів з заданими властивостями, з основними галузями використання наносистем у сучасній науці та технології. Надання студентам уявлення про сучасний стан низки фундаментальних проблем, які пов'язані з експериментальним та теоретичним вивченням закономірностей елементарного акту хімічних реакцій, з переходом від хімічної кінетики до хімічної динаміки. Зараз прогрес в цій галузі хімії як ніколи раніше швидко впливає на розвиток наукоємних технологій, і матеріал курсу викладається саме у такому контексті і суттєво базується на уявленнях про кінетику та механізми складних, зокрема нелінійних, хімічних реакцій, які студенти отримали раніше.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- Мотивація студентів до вивчення головних сучасних напрямків супрамолекулярної хімії та нанохімії.
- Формування уявлень щодо взаємодій «хазяїн» + «гість» та природи сил, що їх зумовлюють; знайомство з основними типами молекул-рецепторів – циклодекстринів, краун-етерів, криптантів, каліксаренів, дендримерів, тощо, включаючи різноманітні гібридні системи на їх основі.
- Знайомство з галузями застосування методів супрамолекулярної хімії, зокрема для керування хімічними процесами та в аналітичній практиці.
- Знайомство з основними підходами до синтезу наночастинок та застосуванням останніх у сучасних нанотехнологіях, медицині та інших областях.

– Мотивація студентів до вивчення сучасних проблем і результатів хімічної фізики, зокрема досягнень в галузі фемто- та аттосекундної спектроскопії, шляхом докладного обговорення її місця і ролі у розумінні різноманітних біологічних процесів на клітинному рівні, у розвитку одномолекулярної хімії поверхні, тощо.

– Формування уявлень про особливості експериментального та теоретичного дослідження динаміки елементарних актів хімічних перетворень, фемтосекундну спектроскопію, поверхню потенційної енергії реагуючої системи, траєкторні розрахунки, статистичні підходи.

– Висвітлення можливого впливу тунельних та спінових ефектів на динаміку хімічних перетворень та обговорення можливостей їх застосування з метою управління хімічними перетвореннями.

– Розвиток навичок роботи з сучасною оглядовою літературою, зокрема, здатності проаналізувати і викласти обрану чи задану тему.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: найважливіші типи організованих систем, їх класифікацію за різними ознаками, найголовніші властивості та призначення, основні літературні джерела для оцінки реакційної здатності молекул-рецепторів та молекулярних ансамблів; теоретичні основи супрамолекулярної хімії та нанохімії, принципи, на яких ґрунтуються взаємодії Хазяїн – Гість, можливості міцел ПАР та споріднених систем як мікро- та нанореакторів; принципи виготовлення нанодисперсних систем, їх головні фізико-хімічні властивості, галузі використання у нанотехнології, включаючи біологічні та медичні напрямки застосування; експериментальні та теоретичні можливості сучасної хімічної кінетики; основні положення динаміки хімічних реакцій: фемтосекундна спектроскопія, можливості управління елементарним актом хімічної реакції, траєкторні розрахунки на поверхні потенційної енергії; статистичні теорії швидкості хімічних реакцій; тунельні та спінові ефекти в хімії.

вміти: довести механізм дії організованих розчинів і наносистем та сформулювати основні підходи до синтезу молекул-рецепторів та нанодисперсних частинок, знайти необхідну довідкову інформацію про структурні та фізико-хімічні властивості, реакційну здатність різноманітних організованих систем, тобто молекул-рецепторів, молекулярних ансамблів, а також нанорозмірних дисперсних систем; оптимально спланувати вибір та умови застосування відповідної системи для вирішення тієї чи іншої наукової та прикладної хімічної задачі; вільно орієнтуватися в сучасних публікаціях в галузі фізичної хімії, в першу чергу оглядових; бути здібним стисло і логічно викласти самостійно обрану чи задану тему в галузі сучасної фізичної хімії.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань (предметна область), напрям, спеціальність, рівень вищої освіти / освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань (предметна область): <u>0401 «Природничі науки»</u> Напрямок: <u>040101 «Хімія»</u>	Нормативна	
Індивідуальне науково-дослідне завдання (назва)	Спеціальність: <u>8.04010101 – «Хімія»</u>	Рік підготовки	
		5-й	5-й
Загальна кількість годин 120	Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень): <u>магістр</u>	Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання: 9 семестр: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4.1		9-й	9-й
		Лекції	
		36 год.	12 год.
		Практичні, семінарські	
		18 год.	12 год.
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
		66 год.	96 год.
	Індивідуальні завдання:		
Вид контролю:			
екзамен	екзамен		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 82%

для заочної форми навчання – 25%

2. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Основні уявлення щодо організованих систем, мікрореакторів та нанохімії.

Організовані системи в природі. Біомембрани, ДНК, РНК, ферменти, хлорофіл та гемоглобін. Клатрати. Міцелярні розчини. Молекули-рецептори та молекули-субстрати. Взаємодії типу Хазяїн + Гість (рецептор + субстрат). Відкриття краун-етерів (Ч. Педерсен), криптантів (Ж.-М. Лен) та молекул-контейнерів (Д. Крем). Циклодекстрини. Супрамолекулярні комплекси. Термодинаміка та кінетика комплексоутворення. Основні уявлення про нанохімію. Взаємовідношення колоїдної хімії та нанохімії. Квантові ефекти та квантові точки. Нові можливості, що відкриває застосування організованих розчинів, мікрореакторів та наночастинок.

Тема 2. Супрамолекулярні системи.

Класифікація та природа сил, що зумовлюють взаємодії Хазяїн + Гість. Гідрофобні взаємодії, іон-дипольні та ван-дер-Ваальсівські взаємодії, водневі зв'язки. Принцип геометричної відповідності. Молекулярне впізнавання. "Хімія за межами молекул". Молекулярні ансамблі. Плівки Ленгмюра–Блоджетт. Реагенти, прищеплені до твердої поверхні. Узагальнена класифікація за Леном.

Тема 3. Властивості та застосування краун-етерів, криптантів, каліксаренів та інших молекул-рецепторів.

Приклади найтипівіших краун-етерів та криптантів. Розміри іонів металів та порожнин макроциклічних лігандів. Стехіометрія комплексоутворення, значення констант стійкості комплексів у воді та органічних розчинниках. Комплекси краун-етерів с органічними катіонами. Комплекси криптантів з аніонами. Використання краун-етерів та криптантів. Підвищення розчинності неорганічних солей у органічних розчинниках. Екстракція. Транспорт іонів. Міжфазний катализ. Стабілізація аніонів натрію та калію, одержання електридів, ауридів, тощо. Комплексоутворення з молекулами та іонами. Водорозчинні каліксарени. Використання в аналітичній практиці, в біомедичних дослідженнях. Сферанди та інші молекули-рецептори. Гібридні супрамолекулярні системи.

Тема 4. Циклодекстрини.

Будова, класифікація та основні властивості циклодекстринів; α -, β - та γ -циклодекстрини. Гідрофільні та гідрофобні ділянки в молекулах циклодекстринів. Моделювання ферментативного каталізу. Взаємодія з молекулами та іонами, у тому числі з ПАР та барвниками. Використання циклодекстринів для здійснення цілеспрямованого зсуву рівноваги у розчині. Ковалентно-модифіковані циклодекстрини. Застосування циклодекстринів в аналітичній хімії, фармакології та інших областях.

Тема 5. Дендримери та полімерні поліелектролітні "щітки".

Структура та синтез дендримерів. Галузі використання дендримерів. Водорозчинні дендримери як мономолекулярні міцели. Їх властивості та специфіка поведінки. Сферичні поліелектролітні щітки: синтез, властивості у розчинах, використання. Сферичні поліелектролітні щітки – новий тип мікро- та нанореакторів.

Тема 6. Синтези наночастинок.

Методи синтезу наночастинок. Органозолі металів та неметалів. Синтези у мікро- та нанореакторах – прямих та обернених міцелах. Золь-гель-технології. Темплатний синтез мезопоруватих наноматеріалів та їх властивості як адсорбентів. Синтези у сферичних поліелектролітних щітках. Синтези гетеронаночастинок; core-shell-

наночастинки. Використання наночастинок в сучасних технологіях та вимоги щодо якості наночастинок. Біомаркери, молекулярні маяки.

Тема 7. Розчинні форми нанокарбону.

Галузі використання фулеренів, нанодіамантів та графену. Ковалентна модифікація фулеренів. Солюбілізація ансамблями амфіфілів та молекулами-рецепторами (каліксаренами, γ -циклодекстринами, тощо). Природа розчинів немодифікованих фулеренів. Гідрозолі та органозолі фулеренів. Колоїдні розчини нанодіамантів та графену.

Тема 8. Сучасні проблеми хімічної фізики.

Огляд сучасних проблем і результатів хімічної фізики; зокрема прогрес у розумінні різноманітних біологічних процесів та дії лікарських засобів на клітинному рівні, у розвитку одномолекулярної хімії поверхні, досягнення в галузі фемто- та аттосекундної спектроскопії.

Тема 9. Експериментальні та теоретичні можливості сучасної хімічної кінетики.

Завдання хімічної кінетики: ресурсозбереження у фундаментальних аспектах; оптимізація хіміко-технологічних процесів; управління елементарним актом; вивчення нових структур далеко від рівноваги. Експериментальні можливості хімічної кінетики. Класичний кінетичний експеримент і його обмеженість. Методи вимірювання швидкостей швидких реакцій: струєві методи, адиабатичне стиск, релаксаційний метод, імпульсний фотоліз. Метод молекулярних пучків. Розподіл продуктів реакції. Зривні і рикошетні реакції.

Тема 10. Динаміка хімічних реакцій.

Експериментальне вивчення перехідного стану. Фемтосекундна спектроскопія. Схема фемтосекундної спектроскопії. Приклад: дисоціація NaI. Цілеспрямоване управління елементарним актом хімічної реакції. Приклад: фотодисоціація HOD. Поняття механізму реакції. Динаміка молекулярних взаємодій. Поверхня потенційної енергії. Шлях реакції і координата реакції на поверхні потенційної енергії; сідлова точка; власна координата реакції. Рух зображуючої точки по поверхні потенційної енергії. Фазовий простір, траєкторії. Обмеження по симетрії. Збереження орбітальної симетрії при русі зображуючої точки по поверхні потенційної енергії. Правило неперетинання. Кореляційні діаграми. Правила Вудворда-Хофмана. Загальна схема класичного траєкторного розрахунку: запис та інтегрування рівнянь руху, дія, змінні дія-кут; перевірка точності інтегрування; аналіз продуктів реакції. Вірогідність переходів, перерізи реакцій, мікроскопічні і макроскопічні константи швидкості - на прикладі бімолекулярних реакцій. Врахування квантових ефектів в траєкторних розрахунках. Статистичні моделі. Теорія перехідного стану з погляду траєкторних розрахунків - оцінка наближеного характеру теорії. Теорія РРКМ одномолекулярних реакцій. Реакції в конденсованій фазі. Модель Крамерса; рівняння Ланжевена.

Тема 11. Тунельні ефекти в хімічній кінетиці.

Тунельні ефекти в хімії. Загальні уявлення про тунелювання. Експериментальне спостереження тунельного ефекту: кінетичний підхід, спектроскопічний підхід. Приклади тунельних переходів: інверсія аміаку, внутрішньомолекулярний тунельний перенос атому водню в малоновому альдегіді, полімеризація формальдегіду при гелієвих температурах. Низькотемпературна границя швидкості реакції; критична температура тунелювання. Кінетичний ізотопний ефект.

Тема 12. Спінові та магнітні ефекти в хімічній кінетиці.

Спінові і магнітні ефекти в хімії. Спін мікрочастинки. Реакції дисоціації і рекомбінації. Молекулярна і спінова динаміка радикальних пар. Швидкість спінової

еволюції радикальних пар; спін-решіточна і спін-спінова релаксація. Магнітний ізотопний ефект. Ефект хімічної поляризації ядер і електронів. Друга генерація магнітних ефектів. Спіновий каталіз

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Тема 1.</i> Основні уявлення щодо організованих систем, мікрореакторів та нанохімії.	6	2	1			3		1	1			6
<i>Тема 2.</i> Супрамолекулярні системи.	8	2	1			5		–	1			6
<i>Тема 3.</i> Властивості та застосування краун-етерів, криптантів, каліксаренів та інших молекул-рецепторів.	16	4	2			10		1	1			10
<i>Тема 4.</i> Циклодекстрини.	7	2	1			4		1	1			6
<i>Тема 5.</i> Дендримери та полімерні поліелектролітні “щітки”.	6	2	2			2		1	1			6
<i>Тема 6.</i> Синтези наночастинок.	10	4	1			5		1	1			8
<i>Тема 7.</i> Розчинні форми нанокорбону.	7	2	1			4		1	–			6
<i>Тема 8.</i> Сучасні проблеми хімічної фізики.	7	2	1			4	9	1	1			7
<i>Тема 9.</i> Можливості сучасної хімічної кінетики.	7	2	1			4	9	1	1			7
<i>Тема 10.</i> Динаміка хімічних реакцій.	23	7	4			12	21	2	2			17
<i>Тема 11.</i> Тунельні ефекти в хімічній кінетиці.	10	3	1			6	10	1	1			8
<i>Тема 12.</i> Спінові та магнітні ефекти в хімічній кінетиці.	13	4	2			7	11	1	1			9
Усього годин	120	36	18			66	120	12	12			96

4. Темі семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні уявлення щодо організованих систем, мікрореакторів та нанохімії.	1
2	Загальні концепції супрамолекулярної хімії. Краун-етери, криптанди та сферанди.	2
3	Циклодекстрини та каліксарени як типові молекули - рецептори	2
4	Дендримери та полімерні поліелектролітні щітки – новий тип мікро- та нанореакторів.	2
5	Наночастинки, нанореактори, розчинні форми нанокарбону	2
6	Експериментальні і теоретичні методи хімічної кінетики	1
7	Динаміка хімічних реакцій	4
8	Тунельні ефекти в хімічній кінетиці	2
9	Спінкові та магнітні ефекти в хімічній кінетиці	2

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	Організовані системи в природі. Біомембрани, ДНК, РНК, ферменти, хлорофіл та гемоглобін.	6	опитування
2	Термодинаміка та кінетика утворення супрамолекулярних комплексів.	6	опитування
3	Застосування краун-етерів у екстракції, транспорті іонів, міжфазному каталізі	6	
4	Використання циклодекстринів для здійснення цілеспрямованого зсуву рівноваги у розчині.	5	опитування
5	Синтези гетеронаночастинок; core-shell-наночастинки.	6	опитування
6	Колоїдні розчини нанодіамантів та графену.	4	опитування
7	Методи дослідження швидких реакцій.	4	опитування
8	Поверхня потенційної енергії реагуючої системи.	5	опитування
9	Траскторні розрахунки динаміки елементарного акту .	5	опитування
10	Статистичні моделі ТПС.	5	опитування
11	Тунельні ефекти в хімічній кінетиці.	7	опитування
12	Спінкові та магнітні ефекти в хімічній кінетиці.	7	опитування
	Разом	66	

6. Індивідуальні завдання

7. Методи навчання

Лекції, практичні заняття, консультації, самостійна робота.

8. Методи контролю

Опитування, контрольна робота, екзамен.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота		Разом	Екзамен	Сума
Контрольна робота	Практичні заняття			
Теми 1 – 9	Теми 1 – 10	60	40	100
30	30			

Для допуску до підсумкового семестрового контролю студент повинен написати контрольну роботу та двічі виступити на практичних заняттях.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендоване методичне забезпечення

Базова література

1. Ж.-М. Лен. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. Новосибирск: Наука, 1998. 334 с.
2. Химия комплексов "гость-хозяин", под ред. Ф.Фегтле, Э. Вебера. М.: Мир, 1988. С. 511.
3. М. Хираока. Краун-соединения. М.: Мир, 1986. 363 с.
4. С. Н. Штыков. Организованные среды – мир жидких наносистем. Природа. 2009. № 7. С. 12-20.
5. Chemical Reviews. 1998. Vol. 98. No. 5. (выпуск журнала посвященный циклодекстринам).
6. S. M. Grayson, J. M. Fréchet J. Convergent Dendrons and Dendrimers: from Synthesis to Application. Chem. Rev. 2001. V. 101. P. 3819-3867.
7. Б. Д. Сумм, Н. И. Иванова. Объекты и методы коллоидной химии в нанохимии. Успехи химии. 2000. Т. 69. № 11. С. 995-1007.
8. А. В. Логинов, В. В. Горбунова, Т. Б. Бойцова. Методы получения металлических коллоидов. Журнал общей химии. 1997. Т. 67. Вып. 2. С. 189-201.
9. Г. Б. Сергеев. Нанохимия. М.: Изд. МГУ, 2003. 299 с.
10. Семиохин И.А., Страхов Б.В., Осипов А.И. Кинетика химических реакций. Москва, МГУ, 1995
11. Воронин А.И., Ошеров В.И. Динамика молекулярных реакций. М.: Наука, 1990.

12. Уманский С.Я.. Лекции по теории элементарного акта химических превращений в газовой фазе. М.: МГУ, 2001.
13. Воробьев А.Х. Лекции по теории элементарного акта в конденсированной фазе. М.: МГУ, 2000.
14. Эйринг Г., Лин С.Г., Лин С.М. Основы химической кинетики. М.: Мир, 1983.
15. Ahmed H. Zewail. Femtochemistry: Atomic–Scale Dynamics of the Chemical Bond Using Ultrafast Lasers (Nobel Lecture) // *Angew. Chem.* – 2000. – V. 112. – P. 2688–2738; *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2000. – V. 39. – P. 2586–2631.

Допоміжна література

1. П. М. Зоркий, И. Е. Лубнина. Супрамолекулярная химия: возникновение, развитие, перспективы. Вестник МГУ. Сер. 2. Химия. 1999. Т. 40. № 5. С. 300-307.
2. С.Н. Штыков. Организованные среды как альтернатива традиционным растворителям. *Universitates.* 2003. № 2. С. 20-25.
3. В. В. Янилкин Электрохимия макроциклических соединений. Глава в коллективной монографии «Электрохимия органических соединений в начале XXI века». Под ред. В. П. Гулятя, А. Г. Кривенко, А. П. Томилова. М.: Компания Спутник. 2008. С.378-429.
4. *Encyclopedia of Supramolecular Chemistry.* Ed. J. L. Atwood, J. W. Steed. 2004.
5. N. Funasaki. Chemistry and Application of Cyclodextrin Complexes. Вестник Харьковского национального университета. 2002. № 549. Химия. Вып. 8 (31). С. 7-14.
6. M. Ballauff. Spherical polyelectrolyte brushes. *Prog. Polym. Sci.* 2007. Vol. 32. P. 1135–1151.
7. А. А. Вертегел. Первые шаги в наномире. Химия в школе. 2002. № 2. С. 7-17.
8. И. П. Суздаев. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига, 2006. 592 с.
9. Л. А. Дыкман, В.А. Богатырев. Наночастицы золота: получение, функционализация, использование в биохимии и иммунохимии. *Успехи химии.* 2007. Т. 76. № 2. С. 199-213.
10. В. А. Богатырев, Л. А. Дыкман, Н. Г. Хлебцов. Методы синтеза наночастиц с плазмонным резонансом. Саратов: Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, 2009. 35 с.
11. J. S. Beck et al. A New Family of Mesoporous Molecular Sieves Prepared with Liquid Crystal templates. *J. Amer. Chem. Soc.* 1992. Vol. 114. N. 27. P. 10834-10843.
12. М. В. Алфимов. Фотоника супрамолекулярных наноразмерных структур. *Известия АН. Сер. хим.* 2004. № 7. С. 1303.
13. Энергетические ресурсы сквозь призму фотохимии и катализа. Ред. М. Гретцель. М.: Мир, 1986. 632 с.
14. Э. Демлов, З. Демлов. Межфазный катализ. Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 485 с.
15. Н. О. Мчедлов-Петросян. Дифференцирование силы органических кислот в истинных и организованных растворах. Харьков: Изд. ХНУ, 2004. 326 с.

16. В. Н. Вережников. Организованные среды на основе коллоидных поверхностно-активных веществ. Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008. 74 с.
17. N. O. Mchedlov-Petrosyan. Fullerenes in Liquid Media: An Unsettling Intrusion into the Solution Chemistry. *Chem. Rev.* 2013. V. 113. No. 7. P. 5149-5193.
18. Yuan Tseh Lee. Molecular Beam Studies of Elementary Chemical Processes (Nobel Lecture) // *Angew. Chem.* – 1987 – V. 99. – P. 967–980; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1987. – V. 26. – P. 939–951.
19. Gerd Binnig, Heinrich Rohrer. Scanning Tunneling Microscopy—From Birth to Adolescence (Nobel Lecture) // *Angew. Chem.* – 1987. – V. 99. – P. 622–631; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1987. – V. 26. – P. 606–614.
20. Ernst Ruska. The Development of the Electron Microscope and of Electron Microscopy (Nobel Lecture) // *Angew. Chem.* 1987. – V. 99. – P. 611–621; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1987. – V. 26. – P. 595–605.
21. А. Л. Бучаченко. Новые горизонты химии: одиночные молекулы // *Успехи химии.* – 2006. – Т. 75. – С. 3.
22. А. Л. Бучаченко, В. Л. Бердинский. Спиновый катализ — новый тип катализа в химии // *Успехи химии.* – 2004. – Т. 73. – С. 1123.
23. А. Л. Бучаченко, Ф. И. Далидчик, С. А. Ковалевский, Б. Р. Шуб. Парамагнитный резонанс и детектирование единичного электронного спина // *Успехи химии.* – 2001. – Т. 70. – С. 611.
24. А.Л. Бучаченко. Химия на рубеже веков: свершения и прогнозы // *Успехи химии.* – 1999. – Т. 68. – С. 99.
25. Гольданский В.И., Трахтенберг Л.И., Флеров В.П. Туннельные явления в химической физике, М.: Наука, 1986.
26. Philip H. Bucksbaum. The Future of Attosecond Spectroscopy // *Science.* – 2007. – V. 317. – P. 766.
27. E. Goulielmakis, V. S. Yakovlev, A. L. Cavalieri, M. Uiberacker, V. Pervak, A. Apolonski. Attosecond Control and Measurement: Lightwave Electronics // *Science.* – 2007. – V. 317. – P. 769.
28. Rudolph A. Marcus. Electron Transfer Reactions in Chemistry: Theory and Experiment (Nobel Lecture) // *Angew. Chem.* – 1993. – V. 105. – P. 1161–1172; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1993. – V. 32. – P. 1111–1121.
29. Richard R. Ernst. Nuclear Magnetic Resonance Fourier Transform Spectroscopy (Nobel Lecture) // *Angew. Chem.* – 1992. – V. 104. – P. 817–836; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1992. – V. 31. – P. 805–823.
30. Dudley R. Herschbach. Molecular Dynamics of Elementary Chemical Reactions (Nobel Lecture) // *Angew. Chem.* – 1987. – V. 99. – P. 1251–1275; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1987. – V. 26. – P. 1221–1243.
31. John C. Polanyi. Some Concepts in Reaction Dynamics (Nobel Lecture) // *Angew. Chem.* – 1987. – V. 99. – P. 981–1001; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1987. – V. 26. – P. 952–971.

Інформаційні ресурси

1. Файл-сервер хімічного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна: <http://www-chemistry.univer.kharkov.ua/uk/node/424>