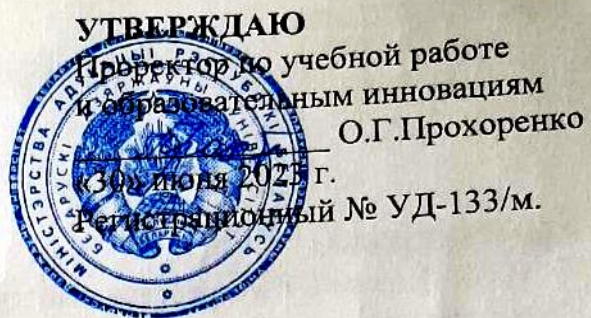


Белорусский государственный университет



СОВРЕМЕННАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
7-06-0531-01 Химия
профилизация Химический дизайн новых материалов**

2023 г.

Учебная программа составлена на основе примерного учебного плана 7-06-05-001/пр. от 17.11.2022 г. и учебного плана № М44-5.5-04/уч. от 29.12.2022

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.Л. Юркова, профессор кафедры аналитической химии, доктор химических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.Л. Козлова-Козыревская, заведующий кафедрой химии Белорусского государственного педагогического университета имени М.Танка, кандидат химических наук, доцент;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой аналитической химии Белорусского государственного университета (протокол №13 от 23.05.2023 г.

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 29.06.2023 г.)

Зав. кафедрой,
д.х.н., доцент



Заяц М.Ф.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

На рубеже XX-XXI веков аналитическая химия претерпевает кардинальные изменения. Наряду с появлением принципиально новых методов и объектов химического анализа, произошло смещение приоритетных областей от неорганических материалов к биологическим и медицинским объектам и приложениям. Современная аналитическая химия стала междисциплинарной наукой, аналитикой. Важную часть современной аналитики стала составлять биоаналитика, которая охватывает всю совокупность методов для анализа биологических молекул и биологически активных веществ, а также методы, базирующиеся на применении биомолекул (антитела, ферменты, ДНК, их биомиметикт) для анализа различных объектов.

На современном этапе биоанализ составляет основную часть в различных разделах биотехнологии, постоянно возрастает его значение в развитии инновационной клинической диагностики, системе мониторинга окружающей среды, контроле качества пищевых, сельскохозяйственных и косметических продуктов, наркотических и психотропных средств, криминалистике, в системе безопасности и фармацевтике.

В настоящее время в биоаналитике особую актуальность приобретают направления, связанные с созданием аналитических систем, основанных на современных достижениях нанотехнологии, молекулярной биологии и микроэлектроники. Миниатюризация аналитических систем и мультиплексирование стали основными технологическими платформами для решения биоаналитических задач. Это определяется необходимостью быстрого анализа большого числа чрезвычайно комплексных проб в очень низких объемах с ультранизкой концентрацией компонентов. Современный высокоселективный и ультрачувствительный анализ базируется на использовании биосенсоров, биологических чипов, микрофлюидных чипов и наносенсоров.

Современные достижения в области спектроскопии, микроскопии наряду с развитием микро/наноаналитических систем сделали возможным анализ единичных молекул в естественных условиях, что представляет конечную цель в аналитической химии. Такой анализ открывает новые перспективы в фундаментальном понимании физики, химии и биологии материи.

Основной акцент в развитии анализа делается на разработку недеструктивных методов анализа материалов и биообъектов в режиме реального времени. Особое место в этой области занимает масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации и ее тандемы с аналитическими чипами. Развитие такого метода как визуализирующая масс-спектрометрия открыло новую веху в анализе объектов, позволяя получить их уникальные химические молекулярные карты.

Цель данной учебной дисциплины – дать знания о современных высокоселективных ультрачувствительных методах анализа, базирующихся на использовании микро- и наноаналитических систем, наноразмерных материалов; дать студентам целостное представление о ключевых и перспективных направлениях в области современной аналитической химии с учетом новейших достижений и

актуальных задач нано- и биотехнологий, а также достижений в области аналитической инструментальной техники.

Задачи данной учебной дисциплины – познакомить студентов с новейшими достижениями в области аналитической химии, сформировать у них знания и умения о:

- биосенсорах, и использовании в них наноразмерных материалов;
- матричных и суспензионных биочипах;
- микрофлюидных чипах - классе новых устройств с новыми функциональными, пользовательскими, аналитическими характеристиками;
- одномолекулярном детектировании;
- тандемных методах, сочетающих в себе масс-спектрометрию с «мягкими» методами ионизации, ВЭТСХ и аналитические чипы, а также о визуализирующей масс-спектрометрии.

Дисциплина «Современная аналитическая химия» относится к **модулю «Современная аналитическая химия»** (Компонента учреждения высшего образования). Содержание дисциплины «Современная аналитическая химия» даёт представление о современных подходах и методах исследования объектов; новейших средствах диагностики и анализа, базирующихся на высокоселективных биохимических реакциях, достижениях в области микро- и нанотехнологий и приборной техники.

Для эффективного освоения дисциплины «Современная аналитическая химия» и компетентного использования полученных знаний на практике необходимо иметь **высшее образование первой ступени по специальности «Химия»**.

Формирование компетенций

В результате изучения учебной дисциплины «Современная аналитическая химия» студент должен обладать следующим:

СК-6 Разбираться в современных направлениях и методах аналитической химии, в том числе методах, основанных на применении биосенсоров, аналитических микро- и наночипов.

В результате изучения дисциплины «Современная аналитическая химия» студент должен:

знать:

- основные теории, концепции и принципы в области современной аналитической химии; иметь представление об исторических этапах развития аналитики, важнейших открытиях отечественных ученых;
- методологические подходы к решению аналитических задач, требующих определения ультранизких количеств вещества, вплоть до анализа единичных молекул;
- новейшие достижения в области современного анализа.

уметь:

- выбрать и обосновать оптимальный метод анализа комплексных проб в очень низких объемах с ультранизкой концентрацией искомых компонентов;
- разрабатывать недеструктивные методы анализа проб в режиме реального времени, необходимые для решения конкретных практических задач;
- ориентироваться в современных направлениях в аналитике и новейших методах, основанных на применении достижений микрочиповых и нанотехнологий;
- в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики делать переоценку накопленного опыта и приобретать новые знания.

владеть:

- междисциплинарным подходом к решению сложных задач фундаментального и прикладного характера в области биоаналитики

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен также развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

Структура содержания учебной дисциплины

В соответствии с учебным планом учреждения высшего образования по специальности 7-06-0531-01 Химия (профилизация Химический дизайн новых материалов) дисциплина изучается в 1 семестре первого года обучения. Форма получения высшего образования – очная. Всего на изучение учебной дисциплины «Современная аналитическая химия» отведено 102 часа, в том числе 52 аудиторных часа, общая трудоемкость 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости следующее:
лекции – 36 часов (включая 12 часов с применением ИКТ), семинарские занятия - 10 часов, аудиторный контроль управляемой самостоятельной работы – 6 часов.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение. Наноразмерные структуры в биоанализе. Биосенсоры.

1.1 Введение. Современные тенденции в развитии аналитической химии. Миниатюризация в биоанализе: от биосенсоров (БС) к микрочипам и наносенсорам. Наноразмерные компоненты в биоанализе. Анализ единичных молекул в водных системах.

1.2 Биосенсоры: определение, строение, область применения. Аналитические характеристики. Классификация БС. Аптамерные и МИП-сенсоры

1.3 Методы иммобилизации биораспознающих систем в БС. Физические методы. Химические методы. Аффинная иммобилизация. Метод самособирающихся монослоев. Иммобилизация на магнитных частицах. Основные требования, недостатки и преимущества каждого метода иммобилизации.

1.4 Типы трансдюсеров. Прямые и непрямые трансдюсеры. Применение БС с прямыми трансдюсерами для анализа в режиме реального времени. Электрохимические трансдюсеры. Амперометрические ферментные биосенсоры. Калориметрические трансдюсеры. Масс-чувствительные трансдюсеры: на основе пьезоматериалов; кантилеверные.

1.5 Оптические трансдюсеры: Оптоволоконные или волоконно-оптические; на основе эвансцентных волн; поверхностного плазмонного резонанса; фотонно-кристаллических структур; интерферометрии.

Тема 2. Матричные и суспензионные биочипы.

2.1 Биочипы (БЧ). Матричные (планарные) БЧ: понятие, принцип действия, детектирование, основные методы производства.

2.2 Разновидности чипов по молекулярному зонду. Химические чипы. ДНК-чипы. Белковые (иммунологические) чипы, форматы анализа.

2.3 Суспензионные или жидкие биочипы. Классические суспензионные БЧ на основе органических флуорофоров.

2.4. Применение наноразмерных структур в биочипах. Оптические свойства наночастиц благородных металлов, обусловленные эффектом локализованного плазмонного резонанса.

2.5 Суспензионные биочипы на основе наночастиц золота, их преимущества в сравнении с классическими, разновидности.

2.6 Флуоресцентные свойства полупроводниковых нанокристаллов и одностенных углеродных нанотрубок.

2.7 Суспензионные биочипы на основе квантовых точек.

Тема 3. Микрофлюидные чипы.

3.1 Микрофлюидные чипы (МФЧ): определение, основные методы изготовления. Использование наноразмерных компонентов в МФЧ. Основные виды: плоские прямоугольные и радиальные; капельные с закрытыми каналами и с генерацией капель на поверхности (цифровые МФЧ).

3.2 Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике (базовые теоретические принципы). Ламинарность микрофлюидного потока, роль диффузии. Параметры, используемые для характеристики движения жидкости в МФЧ: числа Рейнольдса, Пекле, Вебера, капиллярное. Эффект поверхности в МФЧ.

3.3 Основные стадии анализа в МФЧ. Ввод проб, способы. Перемешивание реагентов: пассивное и активное. Экстракция, фильтрация и концентрирование проб. Микрофлюидные системы для проведения химического анализа. Методы детектирование аналитов в МКФ-чипах.

3.4 Методы транспортировки проб, реагентов и разделение компонентов. Электрокинетические (электрофорез, электроосмотический поток, диэлектрофорез). Капиллярные явления для перемещения жидкости и частиц в МФЧ.

3.5 Транспорт жидкости в капельной микрофлюидике. Электросмачивание на диэлектрике. Оптоэлектросмачивание на диэлектрике. Транспортировка частиц с помощью поверхностных ультразвуковых волн.

Тема 4. Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации и ее тандемы с ТСХ и аналитическими микрочипами. Визуализирующая масс-спектрометрия.

4.1 Масс-спектрометрия с лазерной десорбцией/ионизацией пробы при содействии матрицы (МАЛДИ МС). Основной принцип, метод ионизации. Масс-анализатор, используемые для анализа ионов, в МАЛДИ МС (времяпролетный). Использование МФЧ на стадии пробоподготовки в МАЛДИ МС.

4.2 Тандем МАЛДИ и ВЭТСХ.

4.3 Визуализирующая МАЛДИ МС.

4.4. Тандем аналитических биочипов и МАЛДИ МС. Метод масс-спектрометрии с поверхностно-усиленной лазерной десорбцией/ионизацией пробы (ПУЛДИ МС).

4.5 Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации, используемая в анализе без применения вещества-матрицы. Поверхностно-активируемая лазерная десорбция/ионизация масс-спектрометрия (ПАЛДИ МС). Наноструктурно-инициаторная масс-спектрометрия.

4.6 Масс-спектрометрия с ионизацией электроспреем (или электрораспылением) (ИЭР МС). Метод ионизации электроспреем. Масс-анализаторы, используемые для анализа ионов, в ИЭР МС: квадрупольный, ионная ловушка. Использование микрофлюидных чипов на стадии пробоподготовки в масс-спектрометрии с электроспреем.

4.7 Масс-спектрометрия с ионизацией при атмосферном давлении. Масс-спектрометрия с десорбционно-электроспрейной ионизацией (ДЭСИ МС).

4.8 Тандемная или многомерная масс-спектрометрия.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДО)

Номер тем и подтем	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	СОВРЕМЕННАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	36	-	10	-		6	
1	Введение. Наноразмерные структуры в биоанализе. Биосенсоры.	10		2			2	
1.1	Введение. Современные тенденции в развитии аналитической химии. Миниатюризация в биоанализе. Анализ единичных молекул в водных системах.	2						
1.2	Биосенсоры: определение, строение, область применения; аналитические характеристики; классификация.							
1.3	Аптамерные и МИП-сенсоры. Методы иммобилизации биораспознающих систем в биосенсорах.	2						
1.4	Типы трансдюсеров. Электрохимические. Калориметрические. Массчувствительные трансдюсеры.	2						
1.5	Оптические трансдюсеры	2						
	Современные тенденции в развитии аналитической химии. Биосенсоры; аналитические характеристики; классификация; методы иммобилизации биораспознающих систем.			2				Устный опрос
	Типы трансдюсеров.						2	Контрольная работа
2	Матричные и суспензионные биочипы	8		2			2	
2.1 - 2.2	Матричные биочипы (БЧ). ДНК-чипы. Белковые (иммунологические) чипы.	2						

2.3	Классические суспензионные БЧ на основе органических флуорофоров.	2						
1	2	3	4	5	6 7	8	9	
2.4 – 2.5	Применение наноразмерных структур в биочипах. Оптические свойства наночастиц благородных металлов. Суспензионные биочипы на основе наночастиц золота, их преимущества в сравнении с классическими, разновидности.	2						
2.6 – 2.7	Флуоресцентные свойства полупроводниковых нанокристаллов и одностенных углеродных нанотрубок. Суспензионные биочипы на основе квантовых точек.	2						
	ДНК-чипы. Белковые (иммунологические) чипы, форматы анализа. Классические суспензионные БЧ на основе органических флуорофоров.			2				фронтальный опрос
	Суспензионные биочипы на основе наночастиц золота и квантовых точек.					2		Письменный опрос
3	Микрофлюидные чипы (МФЧ)	8	-	2	-	2		
3.1 – 3.2	Микрофлюидные чипы: определение, методы изготовления, основные виды. Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике.	2						
3.3	Основные стадии анализа в МФЧ. Ввод проб. Перемешивание реагентов. Экстракция, фильтрация и концентрирование проб.	2						
3.4	Методы детектирование аналитов в МКФ-чипах. Методы транспортировки проб. Электрокинетические.	2 (ДО)						
3.5	Капиллярные явления для перемещения жидкости и частиц в МФЧ. Транспорт жидкости в капельной микрофлюидике.	2						
	Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике. Ввод проб. Перемешивание реагентов. Экстракция, фильтрация и концентрирование проб. Методы детектирование аналитов в МКФ-чипах.			2				Письменный опрос
	Методы транспортировки проб, реа-					2		Кон-

	гентов и разделение компонентов в классических и капельных МФЧ.							трольная работа
1	2	3	4	5	6 7	8	9	
4	Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации и ее тандемы с ТСХ и аналитическими микро-чипами. Визуализирующая масс-спектрометрия <i>Использование ИКТ для проведения лекций</i>	10		4				
4.1	Масс-спектрометрия с лазерной десорбцией/ионизацией пробы при содействии матрицы (МАЛДИ МС).	2 (ДО)						
4.2 - 4.3	Тандем МАЛДИ и ТСХ. Визуализирующая МАЛДИ МС.	2 (ДО)						
4.4 - 4.5	Метод масс-спектрометрии с поверхностно-усиленной лазерной десорбцией/ионизацией пробы (ПУЛДИ МС) Поверхностно-активируемая лазерная десорбция/ионизация масс-спектрометрия (ПАЛДИ МС). Наноструктурно-инициаторная масс-спектрометрия.	2 (ДО)						тест для контроля
4.6	Масс-спектрометрия с ионизацией электроспреем (ИЭР МС).	2 (ДО)						
4.7 - 4.8	Масс-спектрометрия с десорбционно-электроспрейной ионизацией (ДЭСИ МС). Тандемная или многомерная масс-спектрометрия.	2 (ДО)						тест для контроля
	МАЛДИ МС. Тандем МАЛДИ и ТСХ. Визуализирующая МАЛДИ МС.			2				Экспресс-опрос
	ИЭР МС. ДЭСИ МС. Тандемная или многомерная масс-спектрометрия.			2				Контрольный опрос

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Юркова, Ирина Леонидовна. Нанобиоаналитика : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по спец. "Фундаментальная химия", "Химия лекарственных соединений", "Химия (научно-производственная деятельность)", "Химия (фармацевтическая деятельность)" / И. Л. Юркова ; БГУ. - Минск : БГУ, 2019. - 195 с.
 2. Юркова, Ирина Леонидовна. Биоаналитика : пособие для студ. учреждений высш. образования, обуч. по спец. 1-31 05 01 "Химия (по напр.)", напр. спец. 1-31 05 01-01 "Химия (науч.-производ. деятельность)" и 1-31 05 01-03 "Химия (фармацевтическая деятельность)", 1-31 05 02 "Химия лекарственных соединений" / И. Л. Юркова ; БГУ. - Минск : БГУ, 2017. - 359 с.
 3. Аналитическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химико-технологическим направлениям и специальностям : в 3 т. / под ред. А. А. Ищенко. - Москва : Физматлит, 2019 – 2020. - Т. 1 : Химические методы анализа / [авт. коллектив: А. В. Гармаш и др.]. - 2019. - 455 с.
 4. Аналитическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химико-технологическим направлениям и специальностям : в 3 т. / под ред. А. А. Ищенко. - Москва : Физматлит, 2019 – 2020. - Т. 2 : Инструментальные методы анализа, ч. 1 / [авт. коллектив: Н. В. Алов и др.]. - 2020. - 469 с.
 5. Аналитическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химико-технологическим направлениям и специальностям : в 3 т. / под ред. А. А. Ищенко. - Москва : Физматлит, 2019 – 2020. - Т. 3 : Инструментальные методы анализа, ч. 2 / [авт. коллектив: С. В. Баландин и др.]. - 2020. - 501 с.
-

Перечень дополнительной литературы

1. Основы аналитической химии : учебник для студ. вузов, обуч. по хим. направлениям : в 2 т. / под ред. Ю. А. Золотова. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Академия, 2014. Т. 1 : / [авт.: Т. А. Большова и др.]. - Москва : Академия, 2014. - 391 с. : ил. ; 24x17 см. - Библиогр. в конце гл. Т. 2 : / [авт.: Н. В. Алов и др.]. - Москва : Академия, 2014. - 410 с.
6. Боченков В.Е., Сергеев Г.Б. Наноматериалы для сенсоров. *Успехи химии*. 2007. Т. 76, № 11. С. 1084-1093.
7. Микрофлюидные системы для химического анализа / под ред. Ю.А. Золотова, В.Е. Курочкина М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 528 с.
8. Мирзабеков А.Д., Прокопенко Д.М., Четкин В.Р. Применение матричных биочипов с иммобилизированной ДНК в биологии и в медицине // Информационные медико-биологические технологии /Под ред. В.А. Князева, К.В.Судакова. М.: ГОЭТАР-МЕД, 2000. С. 166–198.
9. Нолтинг Б. Новейшие методы исследования биосистем. – М. : Техносфера, 2005. – 256 с.
10. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. М.: Техносфера, 2005. - 335 с.
11. Арчаков А.И. Биоинформатика, геномика и протеомика — наука о жизни XXI столетия. // *Вопр. мед. химии*. 2000. Т. 46, №1. С. 3–7.
12. Власов Ю.Г., Легин А.В., Рудницкая А.М. Мультисенсорные системы типа электронный язык – новые возможности создания и применения химических сенсоров. *Успехи химии*. 2006. Т. 75, № 2. С. 141-150.
13. Гендриксон О.Д., Жердев А.В., Дзантиев Б.Б. Молекулярно импринтированные полимеры и их применение в биохимическом анализе. // *Успехи биологической химии*. 2006. Т. 46. С. 149-192.
14. Говорун В.М., Арчаков А.И. Протеомные технологии в современной медицинской науке. // *Биохимия*. 2002. Т. 67, вып. 10. С. 1341 – 1359.

15. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2005. 416 с.
16. Евстрапов А.А. Физические методы управления движением и разделением микрочастиц в жидких средах. Часть 1. Диэлектрофорез, фотофорез, оптофорез, оптический пинцет // *Научное приборостроение*. 2005. Т. 15, №1. с. 8-21.
17. Ермолаева Т.Н., Калмыкова Е.Н. Пьезокварцевые иммуносенсоры. Аналитические возможности и перспективы. *Успехи химии*. 2006. Т. 75, N 5.
18. Заседателев А.С. Нанобиотехнологии с макро- и микропериферией: биологические микрочипы // *Экология - XXI век*. - 2005. - N 3(27). - С.91-93.
19. Кольман Я., Рем К.-Г. Наглядная биохимия. М.: Мир, 2000.- 469 с.
20. Лебедев А. Т., Заикин В. Г. Масс-спектрометрия органических соединений в начале XXI века. // *Журнал аналитической химии*. 2008. Т. 63, N 12. С. 1236-1264.
21. Лисичкин Г.В., Крутяков Ю.А. Материалы с молекулярными отпечатками: синтез, свойства, применение. // *Успехи химии*. 2006. Т.75, № 10. С. 998-1017.
22. Мажуль, В.М. Развитие исследований в области протеомики в Республике Беларусь: фундаментальные и прикладные аспекты. // *Наука и инновации*. 2005. Т. 29, № 7. С. 42 – 51.
23. Нартова Ю.В., Еремин С.А., Ермолаева Т.Н. Массочувствительные иммуносенсоры для определения хлорацетанилидных гербицидов. *Журнал аналитической химии*. 2008. Т. 63, N 12. С. 1302-1310.
24. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера. 2006. 336 с.
25. Сид Дж. В., Этвуд Дж. Л., Супрамолекулярная химия. Т. 1, 2. - Москва: Академкнига, 2007.
26. Биосенсоры: основы и приложения / Под ред. Э.Тернер, И.Карубе, Дж.Уилсон. М.: Мир, 1992 – 614 с.
27. Михайлов, А.Т. Методы иммунохимического анализа в биологии развития (практическое руководство) / А.Т. Михайлов, В.Н. Мирский. – М. : Наука, 1991. – 288 с.
28. Новые методы иммуноанализа : перевод с англ. / М. Тертон [и др.], под ред. А.М. Егорова. – М.: Мир, 1991. – 279 с.
29. Теория и практика иммуноферментного анализа / [Егоров А.М. и др.] - М.: Высшая школа, 1991. – 228 с.
30. 1. Mikkelsen S.R., Corto'n E. Bioanalytical chemistry. / Published by John Wiley & Sons. New Jersey: Inc. Hoboken, 2004. - 361 p.

Адреса веб-сайтов:

1. Журнал «Биотехнология»: www.genetika.ru/journal/
2. Журнал «Вестник биотехнологии»: www.biorosinfo.ru
3. Analytical and Bioanalytical Chemistry:
<http://www.springer.com/chemistry/analytical+chemistry/journal/216>
4. Bioanalysis: <http://www.future-science.com/loi/bio>
5. Journal of Bioanalysis and Biomedicine:
<http://www.omicsonline.org/jbabmhome.php>
6. <http://biomolecula.ru>
7. <http://biochip.ru/>
8. Biosensors and Bioelectronics <https://www.journals.elsevier.com/biosensors-and-bioelectronics>
9. Trends in Analytical Chemistry <https://www.journals.elsevier.com/trends-in-analytical-chemistry>
10. Lab on a Chip <http://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/lab-on-a-chip/>

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности и методика формирования итоговой отметки

В перечень средств диагностики результатов учебной деятельности по учебной дисциплине входят:

- устный опрос и экспресс-опрос по разделам программы
- контрольный опрос по разделам программы
- экзамен.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Составляющие рейтинговой отметки:

- плановые контрольные работы, завершающие темы – 30 баллов за одну работу;
- обобщающая контрольная работа по пройденному материалу в семестре – 30 баллов;
- тесты – по 15 баллов по теме;
- активное участие в практических занятиях – от 1 до 5 баллов по теме;
- участие в семинарах – 50 баллов.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в итоговую отметку:

Формирование отметки за текущую успеваемость:

- ответы на семинарских занятиях – 30 %;
- выполнение контрольных работ – 40 %;
- выполнение теста – 30 %.

Максимальная рейтинговая отметка в баллах за семестр переводится в 10-балльную оценку. Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Весовой коэффициент отметки по текущей успеваемости составляет 0.3, экзаменационной отметки – 0.7.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 1. Биосенсоры. (1 час)

Анализ единичных молекул в водных системах. Цифровой иммуноферментный анализ – одномолекулярное детектирование в клинической диагностике.

Классификация БС. Аптамерные и МИП-сенсоры

Методы иммобилизации биораспознающих систем в БС. Физические методы. Химические методы. Аффинная иммобилизация. Метод самособирающихся монослоев. Иммобилизация на магнитных частицах. Основные требования, недостатки и преимущества каждого метода иммобилизации.

Оптические трансдьюсеры: оптоволоконные или волоконно-оптические; на основе эвансцентных волн; поверхностного плазмонного резонанса; фотонно-кристаллических структур; интерферометрии.

(Формы контроля – контрольная работа).

Тема 2. Матричные и суспензионные биочипы. (2 час)

Матричные (планарные) биочипы: понятие, принцип действия, детектирование. Разновидности чипов по молекулярному зонду. Химические чипы. ДНК-чипы. Белковые (иммунологические) чипы, форматы анализа.

Суспензионные или жидкие биочипы. Классические суспензионные БЧ на основе органических флуорофоров.

Суспензионные биочипы на основе наночастиц золота, их преимущества в сравнении с классическими, разновидности.

Суспензионные биочипы на основе квантовых точек.

(Формы контроля – контрольная работа).

Тема 3. Микрофлюидные чипы (МФЧ). (1 час)

Основные виды МФЧ: плоские прямоугольные и радиальные; капельные с закрытыми каналами и с генерацией капель на поверхности.

Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике (базовые теоретические принципы).

Основные стадии анализа в МФЧ. Ввод проб, способы. Перемешивание реагентов: пассивное и активное. Экстракция, фильтрация и концентрирование проб. Методы детектирование аналитов в МФЧ-чипах.

Методы транспортировки проб, реагентов и разделение компонентов.

(Формы контроля – контрольная работа).

Тема 4. Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации и ее тандемы с ТСХ и аналитическими микрочипами. Визуализирующая масс-спектрометрия. (2 час)

Масс-спектрометрия с лазерной десорбцией/ионизацией пробы при содействии матрицы (МАЛДИ МС). Использование МФЧ на стадии пробоподготовки в МАЛДИ МС. Тандем МАЛДИ и ВЭТСХ.

Визуализирующая МАЛДИ МС.

Тандем аналитических биочипов и МАЛДИ МС (ПУЛДИ МС).

Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации, используемая в анализе без применения вещества-матрицы. Поверхностно-активируемая лазерная десорбция/ионизация масс-спектрометрия (ПАЛДИ МС). Наноструктурно-инициаторная масс-спектрометрия.

Масс-спектрометрия с ионизацией при атмосферном давлении. Масс-спектрометрия с десорбционно-электроспрейной ионизацией (ДЭСИ МС).

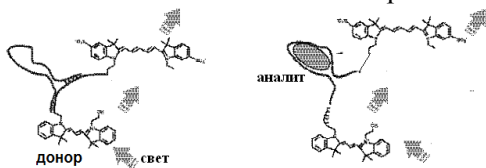
Тандемная или многомерная масс-спектрометрия.

(Формы контроля – контрольная работа).

Тематика семинарских занятий соответствует основным темам и разделам учебного курса.

Пример содержания практических занятий

Тема 1. Биосенсоры. Задача. I. Для анализа используют сенсор «молекулярный маяк» (ММ), меченый ФРПЭ-парой. Донор: $\lambda_{\text{возб.}}$ 540 нм, $\lambda_{\text{эмисс.}}$ 565 нм; акцептор: $\lambda_{\text{возб.}}$ (дополнить), $\lambda_{\text{эмисс.}}$ 650 нм. Укажите на приведенном рис. λ флуоресценции, при которых регистрируют отсутствие или наличие аналита в пробе и зачеркните лишнюю стрелку, обозначающую флуоресценцию.



II. Есть два сенсора ММ1 и ММ2, которые в отличие от классического ММ с парой флуорофорушителей содержат только один флуорофор. Укажите, как в каждом из этих сенсоров реализуется принцип: в отсутствие аналита маяк «выключен» (можно изобразить схематично).

а) ММ1

б) ММ2

Тема 2. Матричные и суспензионные биочипы. I. (а) Какое явление лежит в основе оптических свойств Au-наночастиц, и назовите его два важнейших свойства (с точки зрения анализа), позволяющих с помощью биоконъюгатов AuНЧ детектировать единичные молекулы в сложной многокомпонентной пробе. (б) Какой тип чипа на основе AuНЧ подходит лучше для мультиплексного анализа, а какой для экспресс-анализа.

II. В чем принципиальное преимущество анализа с помощью суспензионного чипа на основе биоконъюгатов Au-наночастиц в сравнении с классическим на основе микросфер «Luminex».

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

Преподавание учебной дисциплины «Современная аналитическая химия» предусматривает проведение лекций, семинарских и практических занятий, которые должны быть обеспечены методическими пособиями и техническими средствами обучения. На лекциях освещаются теоретические вопросы учебной дисциплины. На семинарских занятиях рассматриваются основные понятия и закономерности, а также сложные или недостаточно освещенные в учебной литературе вопросы программы. На практических занятиях теоретические вопросы подтверждаются решением расчетных задач и упражнений. Самостоятельная работа вне аудитории предполагает работу с учебной литературой и выполнение домашних заданий.

Организация учебного процесса по дисциплине «Современная аналитическая химия» предусматривает использованием ряда **инновационных подходов и методов: обучающе-исследовательского, эвристического, практико-ориентированного, развития критического мышления, метода анализа конкретных ситуаций (кейс-метод).**

Учебный процесс, организованный на основе **обучающе-исследовательского принципа**, призван формировать у студентов исследовательские умения, аналитический характер мышления, творческий подход к решению разнообразных задач, умение работать в коллективе в процессе изучения программного материала.

При проведении семинарских и практических занятий студенты обеспечиваются не просто планом занятия, а перечнем вопросов и упражнений, либо творческими проблемными заданиями, которые и станут предметом обсужде-

ния. Желательно использовать проблемные ситуации не на низком, рецептивном уровне, когда преподаватель сам формулирует и разрешает проблему, а на более высоких – репродуктивно-продуктивном и **эвристическом** уровнях. Решение отдельных практических задач предполагает самостоятельную разработку плана проведения полного анализа, включая преаналитическую и аналитическую стадии, что требует от студента не только применения полученных знаний, но также проведения научного поиска.

При проведении практических занятий также используется **кейс-метод**, который предполагает анализ конкретных ситуаций из практики и нахождения оптимального решения на основе информации преподавателя и литературных источников, собственного опыта.

При выполнении заданий на семинарских и практических занятиях осуществляется творческая самореализация обучающихся в процессе создания образовательных продуктов, студенты имеют возможность проявить и усовершенствовать аналитические и оценочные навыки и находить наиболее рациональное решение поставленной проблемы. В итоге обучающийся получает не только определенные знания, но и навыки профессиональной деятельности (**практико-ориентированный подход**), а конечный результат обучения направлен преимущественно не на овладение готовым знанием, а на его выработку. Одновременно развиваются навыки **критического мышления**, связанные с пониманием научной информации и способами ее трансформации.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Современная аналитическая химия» наряду с традиционными источниками информации (учебники и учебные пособия, в том числе и подготовленные преподавателями БГУ) используются и современные информационные ресурсы. На образовательном портале educhem.bsu размещены учебно-программные материалы, видео-презентации, дополнительный иллюстративный материал по темам курса, задания для самостоятельной подготовки к семинарским и практическим занятиям, вопросы для подготовки к экзаменам, список рекомендуемой литературы. При выполнении ряда заданий требуется также осуществлять поиск и критический анализ учебной информации на химических сайтах в сети Интернет.

Задания УСР по учебной дисциплине составляются с учетом индивидуальной подготовки студентов и могут быть представлены на разном уровне: от заданий, формирующих достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания, к заданиям, формирующим компетенции на уровне воспроизведения, и далее к заданиям, формирующим компетенции на уровне применения полученных знаний. При этом сохраняется требование к освоению необходимого и достаточного объема учебного материала при освоении курса.

Примерный перечень вопросов к экзамену

ВВЕДЕНИЕ

1. Аналитическая химия, определение, ее роль в различных сферах науки и практики. Современные тенденции в развитии аналитической химии, ее эволюция в междисциплинарную науку (аналитика).

Роль биоаналитики в аналитике на современном этапе, ее главные задачи. Миниатюризация в биоанализе: от биосенсоров к аналитическим микрочипам (биочипы, микрофлюидные чипы) и наносенсорам. Нанобиоаналитика. Нано-объекты для решения задач биоаналитики.

Одномолекулярное детектирование в биоанализе.

Биосенсоры

2. Биосенсоры (БС): определение, основные функциональные блоки, преимущества, область применения. Классификация БС.

3. Аналитические характеристики биосенсоров: рабочий и линейный диапазон, чувствительность, селективность, предел обнаружения и предел количественного определения, временные параметры.

4. Ферментные биосенсоры (классификация по биокомпоненту).

5. ДНК-сенсоры, иммунные биосенсоры (классификация по биокомпоненту).

6. Аптамерные биосенсоры, ДНК-аптамерные сенсоры – «молекулярные маяки».

7. Биосенсоры на основе молекулярно-импринтированных полимеров.

8. Иммобилизация биологических компонентов, основные требования к методам, преимущества и недостатки.

9. Физические методы иммобилизации: адсорбция из раствора, включение в матрицу и капсулирование.

10. Химические методы иммобилизации. Ковалентное связывание: общие требования, стратегия химической пришивки биомолекул.

11. Ориентированная ковалентная иммобилизация. Метод самоорганизующихся монослоев.

12. Аффинные методы иммобилизации.

13. Амперометрические ферментные биосенсоры, основные принципы, первое второе и третье поколение.

14. Амперометрические ферментные биосенсоры с электродами, модифицированными наноматериалами.

15. Вольтамперометрические ДНК-сенсоры

16. Гравиметрические трансдюсеры: кварцевый микробаланс, трансдюсер на основе поверхностных акустических волн.

17. Гравиметрический трансдюсер: кантилеверный сенсор.

18. Оптические биосенсоры, принцип действия. Оптоволоконные сенсоры.

19. Оптические биосенсоры на основе фотонно-кристаллических волноводов и планарных фотонно-кристаллических структур.

20. Оптические биосенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса.

21. Интерференционные биосенсоры на основе оптических волноводов.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МИКРОЧИПЫ. НАНОРАЗМЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ В БИОАНАЛИЗЕ

22. Биологически чипы (БЧ) планарные: принцип работы, производство, детектирование, преимущества.
23. ДНК-чипы, белковые чипы.
24. Классические суспензионные биочипы.
25. Суспензионные биочипы на основе Au-наночастиц. Локализованный плазмонный резонанс металлических наночастиц.
26. Суспензионные биочипы на основе квантовых точек (КТ), преимущества КТ как флуорофоров в сравнении с классическими органическими флуорофорами.
27. Микрофлюидные чипы (МФЧ): принцип действия, виды, преимущества.
28. Базовые теоретические принципы микрофлюидики, лежащие в основе работы микрофлюидных чипов.
29. Вод пробы и перемешивание реагентов в микрофлюидных чипах.
30. Экстракция, фильтрация и концентрирование в микрофлюидных чипах.
31. Транспортировка жидкости в МФ-чипах, электрокинетические методы.
32. Транспортировка жидкости в МФ-чипах, базирующаяся на капиллярных эффектах и поверхностных ультразвуковых волнах.
33. Транспортировка жидкости в цифровых МФ-чипах: электро- и оптосмачивание на диэлектрике.

Масс-спектрометрия с «мягкими» методами ионизации, ее тандемы.

34. Масс-спектрометрия с лазерной десорбцией/ионизацией пробы при содействии матрицы (МАЛДИ МС): принцип, важнейшие параметры, роль матрицы, пробоподготовка, процессы в ионизационной камере. Времяпролетный масс-анализатор.
35. Тандемный метод ВЭТСХ-МАЛДИ МС.
36. Визуализирующая МАЛДИ МС.
37. Масс-спектрометрия с поверхностно-активируемой лазерной десорбцией/ионизацией (ПАЛДИ МС). Наноструктурно-инициаторная масс-спектрометрия.
38. Тандем МАЛДИ и биочипов. Масс-спектрометрии с поверхностно-усиленной лазерной десорбцией-ионизацией (ПУЛДИ МС).
39. Масс-спектрометрия с ионизацией электроспреем (ИЭР МС), принцип ионизации. Квадрупольный масс-анализатор.
40. Масс-спектрометрия с десорбционно-электроспрейной ионизацией (ДЭСИ МС).
41. Тандемная масс-спектрометрия (МС-МС или МСⁿ).

**ПРОТОКОЛ
СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ НА 2023 / 2024 УЧЕБНЫЙ ГОД**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Инновационная деятельность в прикладной аналитической химии	Кафедра аналитической химии	нет	Изменения не требуются протокол №13 от 23.05.2023 г.


ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИ-
ПЛИНЕ НА 20___ / 20___ УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
аналитической химии (протокол № ___ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

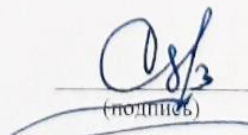
доктор химических наук, доцент
(степень, звание)


(подпись)

М.Ф. Заяц
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

кандидат химических наук, доцент
(степень, звание)


(подпись)

А.В. Зураев
(И.О.Фамилия)