

Белорусский государственный университет



Прод. О.Г. Прохоренко
12 июля 2023 г.
Регистрационный № УД-11884 /уч.

БИО- И НАНОАНАЛИТИКА

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

1-31 05 02 Химия лекарственных соединений

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 02-2013 и учебного плана УВО №G 145/уч. 2013 г.

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 23.05.2023г.)

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 8 от 31.05.2023 г.)

Заведующий кафедрой _____



Заяц М.Ф.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Биоаналитика является междисциплинарной областью знаний, сформированной на стыке аналитической и биологической химии, молекулярной биологии, микробиологии и материаловедения. По сути, это новая инновационная отрасль науки, которая стремительно развивается. Биоанализ составляет огромную часть в различных разделах биотехнологии, постоянно возрастает его значение в развитии инновационной диагностики, системе мониторинга окружающей среды, контроле качества продуктов сельского хозяйства, пищевой и косметической промышленности, анализе наркотических и взрывоопасных веществ и др. Потребности практики определяют необходимость в подготовке высококвалифицированных специалистов в области биоанализа.

На современном этапе особенно возрастает роль функционального биоанализа, целью которого является исследование взаимодействий макромолекул и биологически активных соединений. Понимание основ молекулярного взаимодействия рецептор (белок, ДНК, антитело и т.д.) – лиганд (полисахарид, лекарственное соединение, антиген и т.д.) открывает перспективы в разработке новых диагностических тестов и фармацевтических препаратов.

В биоаналитике в настоящее время особую актуальность приобретают направления, связанные с созданием новых эффективных аналитических платформ на основе современных достижений в нанотехнологии, молекулярной биологии и микроэлектронике, что в целом формирует такое направление как наноаналитика. Для решения биоаналитических задач все более широкое применение находят такие микроаналитические системы как микрочипы (микрофлюидные чипы, биочипы). Наноразмерные компоненты применяются в микросистемах полного аналитического контроля, биосенсорах, преобразователях излучения. Разработка методов с использованием микро- и наносистем дает возможность точного определения ультра малых количеств веществ (вплоть до единичной молекулы) и понимание межмолекулярного взаимодействия на новом уровне. Это дает новые возможности в разработке и создании уникальных лекарственных средств, способствует замене сложных время- и трудоемких лабораторных исследований на ультрачувствительные тест-системы в клинической диагностике, а также развитию персонализированной медицины. В целом развитие методов био- и наноаналитики способствует значительному снижению затрат материальных и человеческих ресурсов в указанных областях и вносит значительный вклад в сохранение здоровья человека и окружающей среды.

Цели дисциплины специализации – дать знания о современных высоко-селективных методах анализа, базирующихся на использовании биологических молекул; методах анализа биообъектов и биологически активных веществ, включая методы, основанные на использовании биосенсоров и микроаналитических систем - биологических и микрофлюидных чипов; обеспечить формирование у студентов представлений о перспективных направлениях в области биоанализа с учетом новейших достижений и актуальных задач нано- и биотехнологий, а также достижений в области аналитической инструментальной техники. Важным

аспектом курса является формирование у будущего специалиста-химика углубленного аналитического понимания использования тандемных методов для решения задач биоанализа.

Задачи преподавания учебной дисциплины включают формирование у студентов знаний и умений о:

- теоретической и практической значимости биоаналитики;
- преаналитических этапах в биоанализе;
- основных биоаналитических методах, базирующихся на использовании биомолекул (ферменты, антитела, ДНК и биомиметических структур);
- современных технологических платформах для исследования в области генома, протеома и липидома;
- гибридных методах анализа и мульти-дименсиональной технике;
- биосенсорах, и применении в них наноразмерных компонентов;
- микроаналитических системах (микрофлюидные чипы, биологические чипы).

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Дисциплина «Био и наноаналитика» относится к циклу дисциплин специализаций компонента УВО. Содержание дисциплины «Био и наноаналитика» создает универсальную базу для углубленного изучения профессиональных специальных дисциплин, закладывает фундамент для обучения в магистратуре и аспирантуре. Она даёт представление о современных подходах и методах исследования биообъектов; новейших средствах диагностики и анализа, базирующихся на высоко-селективных биохимических реакциях и достижениях в области нанотехнологий.

Для эффективного освоения дисциплины «Био и наноаналитика» и компетентного использования полученных знаний на практике необходимо **знание следующих учебных дисциплин:** «аналитическая химия», «химия высокомолекулярных соединений», «физическая химия», «органическая химия».

Требования к компетенциям

В результате изучения учебной дисциплины «Био и наноаналитика» студент должен закрепить и развить следующие академические (АК), социально-личностные (СЛ) и профессиональные (ПК) компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования первой ступени:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Владеть навыками устной и письменной коммуникации.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

ПК-19. Работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

В результате изучения дисциплины «Био и наноаналитика» студент должен:
знать:

- основные теории, концепции и принципы в области современной биоаналитической химии;
- методологические подходы к решению биоаналитических задач;
- новейшие достижения в области биоанализа.

уметь:

- выбрать и обосновать оптимальный метод анализа веществ в различных биологических матрицах;
- разрабатывать биоаналитические методы, необходимые для решения конкретных практических задач;
- ориентироваться в современных направлениях в биоаналитике и новейших методах, в том числе основанных на применении достижений микрочиповых и нанотехнологий;
- в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики делать переоценку накопленного опыта и приобретать новые знания.

Структура учебной дисциплины

В соответствии с учебным планом учреждения высшего образования по специальности 1-31 05 02 «Химия лекарственных соединений» дисциплина изучается в 8 семестре. Форма получения высшего образования – очная. Всего на изучение учебной дисциплины «Био- и наноаналитика» отведено 68 часов, в том числе 50 аудиторных часов, общая трудоемкость 2 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости следующее:

лекции – 30 часов (включая 4 часа с применением ИКТ), семинарские занятия - 10 часов, практические занятия – 6 часов, аудиторный контроль управляемой самостоятельной работы – 4 часа.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение в биоаналитику. Преаналитика

1.1 Введение в биоаналитику (БА). Биоаналитика: ее роль в аналитике на современном этапе, понятие, предмет, методы, область применения, главные задачи. Нанобиоаналитика. Миниатюризация в биоанализе: от биосенсоров к аналитическим микрочипам (биочипы, микрофлюидные чипы) и наносенсорам. Нанообъекты для решения задач биоаналитики.

1.2 Преаналитика, цель и значение в биоанализе, преаналитические этапы.

1.3 Методы фракционирования, разделения, очистки и концентрирования компонентов из многокомпонентных систем. Препаративные техники центрифугирования. Методы разделения с использованием мембран. Методы экстракции: экстракция ультразвуком и микроволнами, экстракция твердой фазой, сверхкритическая флюидная экстракция. Методы осадительного разделения компонентов. Способы разделения и концентрирования компонентов пробы с использованием препаративной хроматографии.

Тема 2. Капиллярный электрофорез (КЭ)

2.1 Основные понятие и принцип метода. Электроосмотический поток, способы его управления. Аналитические характеристики метода.

2.2 Основные варианты КЭ (зонный, гель-КЭ, изотахофорез, изоэлектрическое фокусирование).

2.3 Капиллярный аффинный электрофорез. Мицеллярная электрокинетическая капиллярная хроматография.

2.4 Капиллярная электрохроматография (КЭХ), принцип разделения компонентов. Факторы, определяющие ЭОП в КЭХ.

Тема 3. Ферментативный анализ (ФА)

3.1 Применение ферментов в анализе, преимущества ферментов как аналитических реагентов.

3.2 Элементы кинетики ферментативных реакций, необходимые для конструирования энзимологических аналитических систем. Уравнение Михаэлиса-Ментен, методы определения его кинетических параметров.

3.3 Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций. Ферментативные эффекторы: активаторы и ингибиторы. Типы обратимого ингибирования ферментативных реакций.

3.4 Каталитическая активность и эффективность ферментов. Каталитическая константа.

3.5 Методы определения субстратов и ферментов. Метод начальных скоростей. Метод конечной точки. Сопряженные ферментные системы в анализе.

3.6 Способы измерения аналитического сигнала в ферментативных методах (инструментальные методы): оптические, электрохимические, калориметрические. Изотермическая титрационная микрокалориметрия.

3.7 Методы иммобилизации ферментов. Влияние иммобилизации на свойства ферментов и их кинетические параметры.

Тема 4. Иммуный анализ (ИА)

4.1 Введение в ИА. Свойства и структура антител. Свойства антигенов: иммуногены, гаптены. Физико-химические закономерности взаимодействия антиген-антитело: аффинность, авидность, специфичность и перекрестная реакционная способность антител. Равновесный диализ – метод определения константы аффинности антител.

4.2 Реакция иммунопреципитации. Прямые методы иммуноанализа. Иммуноэлектрофорез. Иммунотурбидиметрия и иммунонефелометрия.

4.3 Иммунохимические методы с использованием меченых реагентов. Гомогенные и гетерогенные ИА. Методы отделения реагентов в гетерогенном ИА, пути иммобилизации иммунореагентов на твердую поверхность. Неконкурентный и конкурентный форматы иммунохимического анализа.

4.4 Оценка новых тест-систем для иммунохимического определения. Контроль неспецифического связывания в ИА. Повышение чувствительности иммунологического метода.

4.5 Флуоресцентный иммуноанализ (ФИА). Методы гомогенного и гетерогенного ФИА.

4.6 Иммуноферментный анализ (ИФА). Методы гетерогенного и гомогенного ИФА.

4.7 Цифровой ИФА (одномолекулярное детектирование).

4.8 Иммунохроматографический анализ (ИХА). Принцип действия иммунохимических тест-систем. Методы ИХА. Дизайн иммунохроматографических тест-полосок.

Тема 5. Биосенсоры (БС) и микроаналитические системы анализа (биологические и микрофлюидные чипы). Наноразмерные структуры в биоанализе

5.1 Введение. «Размерные эффекты» в биоаналитике – от биосенсоров до микрочипов. Преимущества и область применения микрочиповых систем.

5.2 Биосенсоры: определение, строение, классификация и область применения. Аналитические характеристики БС. Использование безметочных БС для анализа биомолекул в режиме реального времени. Виды БС. ДНК, аптамерные и МИП-биосенсоры.

5.3 Биочипы (БЧ), основные методы изготовления, разновидности. Принцип работы планарных ДНК- и белковых чипов. Суспензионные чипы: классические, на основе наноструктур.

5.4 Микрофлюидные чипы (МФЧ) – лаборатория на чипе. Виды МФЧ. Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике (базовые теоретические принципы). Основные стадии анализа в МФЧ: загрузка, транспортировка пробы, реагентов и их смешивание, фильтрация и концентрирование пробы, химические реакции, разделение компонентов пробы, детектирование.

5.5 Тандем аналитических микрочипов и масс-спектрометрии (МС) с «мягкими» методами ионизации.

5.6. Наноматериалы: их применение в БС и микрочипах для иммобилизация биокомпонентов, в качестве сигнальных меток и транспортировщиков сигнальных меток.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

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
	БИО И НАНОБИОАНАЛИТИКА	30	6	10	-		4	
1	Введение в биоаналитику (БА). Преаналитика	6	2	2				
1.1	Предмет, объект и методы БА. Основные задачи БА. Одномолекулярное детектирование.	2						
1.2	Преаналитика, цель и значение в биоанализе.	2						
1.3	Методы фракционирования, разделения, очистки и концентрирования компонентов из многокомпонентных систем	2						
	Основные задачи биоаналитики, Одномолекулярное детектирование.			2				Устный опрос
	Методы фракционирования, разделения, очистки и концентрирования компонентов из многокомпонентных систем		2					Экспресс-опрос
2	Капиллярный электрофорез (КЭ)	4		2			2	
2.1	Основные понятие и принцип КЭ. Аналитические характеристики метода.	2						
2.2	Основные варианты КЭ.							
2.3	Капиллярный аффинный электрофорез. Мицеллярная электрокинетическая капиллярная хроматография.	2						
2.4	Капиллярная электрохроматография.							
	Основной принцип КЭ. Электроосмотический поток, способы его управления. Электрофоретическая подвижность частицы.			2				Устный опрос
	Основные варианты КЭ. Капиллярный аффинный электрофорез. Мицеллярная электрокинетическая капиллярная хроматография.						2	Письменный опрос

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Ферментативный анализ (ФА)	6	2	2	-			
3.1	Использование ферментов в качестве аналитических реагентов.	2						
3.2	Элементы кинетики ферментативных реакций. Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций.							
3.3	Каталитическая активность и эффективность ферментов. Каталитическая константа.	2						
3.4	Методы определения субстратов и ферментов.							
3.5	Методы иммобилизации ферментов. Влияние иммобилизации на свойства ферментов. Сопряженные ферментные системы в анализе.							
3.6	Способы измерения аналитического сигнала в ферментативных методах.	2 (ДО)						
3.7	Изотермическая титрационная микрокалориметрия (применение ИКТ).							
	Использование ферментов в качестве аналитических реагентов. Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций.		2					Устный опрос
	Типы обратимого ингибирования. Каталитическая активность и эффективность ферментов. Каталитическая константа. Сопряженные ферментные системы. Влияние иммобилизации на свойства ферментов.			2				Экспресс-опрос
4	Иммунный анализ (ИА)	6		2			2	
4.1	Введение в ИА. Физико-химические закономерности взаимодействия антиген-антитело.	2						
4.2	Реакция иммунопреципитации. Прямые методы иммуноанализа.							
4.3	Иммунохимические методы с использованием меченных реагентов. Гомогенный и гетерогенный ИА. Неконкурентный и конкурентный форматы ИА.							
4.4	Оценка новых тест-систем для иммунохимического определения.	2						
4.5	Флуоресцентный иммуноанализ. Методы гомогенного и гетерогенного ФИА.							
4.6	Иммуноферментный анализ, методы гетерогенного и гомогенного ИФА.	2						
4.7	Иммунохроматографический анализ, его методы.							

1	2	3	4	5	6 7	8	9
	Физико-химические закономерности взаимодействия антиген-антитело. Иммунохимические методы с использованием меченых реагентов.			2			Устный опрос
	Оценка новых тест-систем для иммунохимического определения. Методы гомогенного и гетерогенного ФИА и ИФА. Дизайн иммунохроматографических тест-полосок.					2	Контрольная работа
5	Биосенсоры (БС) и микроаналитические системы. Наноразмерные структуры в биоанализе	8	2	2	-	-	
5.1	Введение. Преимущества и область применения микрочиповых систем. Биосенсоры, принцип работы, аналитические характеристики. Наноматериалы, их применение в БС и микрочипах.	2					
5.2	Виды БС. ДНК, аптамерные и МИП-биосенсоры.						
5.3	Биологические чипы (БЧ), разновидности, принцип работы. Планарные БЧ. Суспензионные БЧ.	2					
5.4	Микрофлюидные чипы. Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике. Основные стадии анализа в МФЧ.	2					
5.5	Тандем аналитических микрочипов и масс-спектрометрии (МС) с «мягкими» методами ионизации. (применение ИКТ)	2 (ДО)					
	Биосенсоры, принцип работы, аналитические характеристики. Виды БС. ДНК и аптамерные БС.		2				Устный опрос
	Биочипы, МФЧ.			2			Контрольная работа

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. 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.
 2. 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.
 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. Арчаков, А.И. Биоинформатика, геномика и протеомика — наука о жизни XXI столетия / А.И. Арчаков // Вопросы медицинской химии. – 2000. – Т. 46, №1. – С. 3–7.
2. 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.
3. 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. 2 : / [авт.: Н. В. Алов и др.]. - Москва : Академия, 2014. - 410 с.
4. Аналитическая химия : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Химия" : в 3 т. Т. 1 : Методы идентификации и определения веществ / [авт. тома: А. А. Белюстин и др.] ; под ред. Л. Н. Москвина. - Москва : Академия, 2008. - 575 с.
5. Аналитическая химия : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Химия" : в 3 т. Т. 2 : Методы разделения веществ и гибридные методы анализа / [авт. тома: И. Г. Зенкевич и др.] ; под ред. Л. Н. Москвина. - Москва : Академия, 2008. - 300 с.

6. Аналитическая химия : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Химия" : в 3 т. Т. 3 : Химический анализ / [авт. тома : И. Г. Зенкевич и др.] ; под ред. Л. Н. Москвина. - Москва : Академия, 2010. - 365 с.
7. Беленький, Б. Г. Высокоэффективный капиллярный электрофорез / Б.Г. Беленький. – СПб. : Наука, 2009. – 320 с.
8. Боченков В.Е., Сергеев Г.Б. Наноматериалы для сенсоров / В.Е. Боченков, Г.Б. Сергеев // Успехи химии. - 2007.- Т. 76, № 11. - С. 1084-1093.
9. Варфоломеев, С. Д. Химическая энзимология : учебник для студ., обуч. по спец. 011000 "Химия" и напр. 510500 "Химия" / С. Д. Варфоломеев ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва : Академия, 2005. - 472 с.
10. Камышников, В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / В.С. Камышников – М. : МЕДпресс-информ, 2009. – 896 с.
11. Микрофлюидные системы для химического анализа / под ред. Ю. А. Золотова, В. Е. Курочкина. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 527 с.
12. Мирзабеков, А.Д. Применение матричных биочипов с иммобилизированной ДНК в биологии и в медицине / А. Д. Мирзабеков , Д. М. Прокопенко , В. Р. Четкин // Информационные медико-биологические технологии / Под ред. В.А. Князева, К.В.Судакова. - М.: ГОЭТАР-МЕД, 2000. - С. 166–198.
13. Нолтинг, Б. Новейшие методы исследования биосистем / Б. Нолтинг ; пер. с англ. Н. Н. Хромова-Борисова. - Москва : Техносфера, 2005. - 254с.
14. Остерман, Лев Абрамович. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот : электрофорез и ультрацентрифугирование : (практическое пособие) / Л. А. Остерман ; АН СССР, Ин-т молекуляр. биологии. - Москва : Наука, 1981. - 286 с.
15. Эггинс, Б. Химические и биологические сенсоры = Chemical Sensors and Biosensors / Б. Эггинс ; пер. с англ. М. А. Слинкина с доп. Т. М. Зиминой, В. В. Лучинина. - Москва : Техносфера, 2005. - 336с.
16. Беленький, Б.Г. Микрофлюидные аналитические системы. Ч. I / Б.Г. Беленький [и др.] // Научное приборостроение. – 2000. – Т. 10. – № 2. – С. 57-64.
17. Беленький, Б.Г. Микрофлюидные аналитические системы. Ч. 2 / Б.Г. Беленький [и др.] // Научное приборостроение. – 2000. – Т. 10 – № 3. – С. 3-16.
18. Гендриксон, О.Д. Молекулярно импринтированные полимеры и их применение в биохимическом анализе / О.Д. Гендриксон, А.В. Жердев, Б.Б. Дзантиев // Успехи биологической химии. – 2006. – Т. 46. – С. 149-192.
19. Говорун, В.М., Арчаков А.И. Протеомные технологии в современной медицинской науке / В.М. Говорун, А.И. Арчаков // Биохимия. – 2002. – Т. 67, вып. 10. – С. 1341 – 1359.
20. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 416 с.
21. Евсрапов, А.А. Физические методы управления движением и разделением микрочастиц в жидких средах. Ч. 1. Диэлектрофорез, фотофорез, оптофорез, оптический пинцет / А.А. Евсрапов // Научное приборостроение. – 2005. – Т. 15, №1. – С. 8-21.
22. Ермолаева, Т.Н. Пьезокварцевые иммуносенсоры. Аналитические возможности и перспективы / Т. Н. Ермолаева, Е. Н. Калмыкова // Успехи химии. - 2006. - Т. 75, N 5. - С. 445-459.
23. Заседателев, А.С. Нанобиотехнологии с макро- и микропериферией: биологические микрочипы / А.С. Заседателев // Экология - XXI век. - 2005. - N 3(27). - С.91-93.
24. Кольман, Я. Наглядная биохимия = Color Atlas of Biochemistry / Я. Кольман, К.-Г. Рём ; пер. с англ. Т. П. Мосоловой. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория Знаний, 2021. - 509 с.
25. Коничев, А.С. Молекулярная биология / А.С. Коничев, Г.А. Севостьянова. - М.: Академия, 2005. - 208 с.

26. Лебедев А. Т. Масс-спектрометрия органических соединений в начале XXI века = Organic Mass Spectrometry at the Beginning of the 21st Century / А. Т. Лебедев, В. Г. Заикин // Журнал аналитической химии. - 2008. - Т. 63, N 12. - С. 1236-1264.
27. Ленинджер, А. Основы биохимии : в 3 т. Т. 1 / А. Ленинджер ; пер. с англ. В. В. Борисова [и др.] ; пер. с англ. под ред. В. А. Энгельгардта, Я. М. Варшавского. - Москва : Мир, 1985. - 367 с.
28. Ленинджер, А. Основы биохимии : в 3 т. Т. 2 / А. Ленинджер ; пер. с англ. М. Г. Дуниной, С. Н. Преображенского ; под ред. В. А. Энгельгардта, Я. М. Варшавского. - Москва : Мир, 1985. - [4], С. 376–731 : ил.
29. Ленинджер, А. Основы биохимии : в 3 т. Т. 3 / А. Ленинджер ; пер. с англ. В. Г. Горбулева, М. Д. Гроздовой, С. Н. Преображенского ; под ред. В. А. Энгельгардта, Я. М. Варшавского. - Москва : Мир, 1985. - [6], С. 743–1056 : ил.
30. Лисичкин, Г.В. Материалы с молекулярными отпечатками: синтез, свойства, применение / Г. В. Лисичкин, Ю. А. Крутяков // Успехи химии. - 2006. - Т. 75, N 10. - С. 998-1017.
31. Попечителей, Е.П. Аналитические исследования в медицине, биологии и экологии : Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направл. подготовки дипломированных спец. "Биомедицинская техника" и "Биомедицинская инженерия" / Е.П.Попечителей, О.Н.Старцева. - М. : Высшая школа, 2003. - 279с.
32. Причард Э. Контроль качества в аналитической химии / Э. Причард, В. Барвик. – СПб.:ЦОП «Профессия», 2011. – 320 с.
33. Пул, Ч. Нанотехнологии : учеб. пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Нанотехнологии" / Ч. Пул-мл., Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - Изд. 5-е, испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2010. - 330 с.
34. Сид, Дж. В. Супрамолекулярная химия : в 2 т. Т. 1 / Дж. В. Сид, Дж. Л. Этвуд ; пер. с англ. И. Г. Варшавской [и др.] ; под ред. А. Ю. Цивадзе, В. В. Арсланова, А. Д. Гарновского. - Москва : Академкнига, 2007. - 480 с. : ил.
35. Сид Дж. В. Супрамолекулярная химия : в 2 т. Т. 2 / Дж. В. Сид, Дж. Л. Этвуд ; пер. с англ. И. Г. Варшавской [и др.] ; под ред. А. Ю. Цивадзе, В. В. Арсланова, А. Д. Гарновского. - Москва : Академкнига, 2007. - С. 486-895 : ил.
36. Практикум по биохимии : учеб. пособие / под ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Из-во МГУ, 1989. – 509 с.
37. Биосенсоры: основы и приложения / Под ред. Э.Тернер, И.Карубе, Дж.Уилсон. – М.: Мир, 1992 – 614 с.
38. Имобилизованные ферменты / И.В. Березин [и др.]. – М. : Высшая школа, 1987. – 167 с.
39. Новые методы иммуноанализа : перевод с англ. / М. Тертон [и др.], под ред. А.М. Егорова. – М.: Мир, 1991. – 279 с.
40. Теория и практика иммуноферментного анализа / [Егоров А.М. и др.] - М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.
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. Journal of Analytical and Bioanalytical Techniques: <http://www.omicsonline.org/jabthome.php>
4. Analytical and Bioanalytical Chemistry: <http://www.springer.com/chemistry/analytical+chemistry/journal/216>
5. Bioanalysis: <http://www.future-science.com/loi/bio>
6. Journal of Bioanalysis and Biomedicine: <http://www.omicsonline.org/jbabmhome.php>
7. <http://biomolecula.ru>

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

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

- задания к семинарским занятиям;
- устный опрос и экспресс-опрос по разделам программы
- письменные контрольные работы по разделам программы
- доклады на семинарских занятиях по темам 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 практических занятиях – 25 %;
- ответы на семинарских занятиях – 25 %;
- выполнение контрольных работ – 25 %;
- выполнение теста – 25 %.

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 2. Капиллярный электрофорез (КЭ) (1 час)

Электроосмотический поток, способы его управления.

Капиллярный аффинный электрофорез.

Мицеллярная электрокинетическая капиллярная хроматография.

(Формы контроля – письменный опрос).

Тема 3. Ферментативный анализ (ФА) (1 час)

Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций. Ферментативные эффекторы: активаторы и ингибиторы. Типы обратимого ингибирования ферментативных реакций. Каталитическая активность и эффективность ферментов. Каталитическая константа.

Методы определения субстратов и ферментов. Сопряженные ферментные системы в анализе.

Способы измерения аналитического сигнала в ферментативных методах (инструментальные методы). Изотермическая титрационная микрокалориметрия.

Влияние иммобилизации на свойства ферментов и их кинетические параметры.

(Формы контроля – экспресс-опрос).

Тема 4. Иммуноанализ (ИА) (1 час)

Физико-химические закономерности взаимодействия антиген-антитело: аффинность, авидность, специфичность и перекрестная реакционная способность антител. Равновесный диализ – метод определения константы аффинности антител.

Иммунохимические методы с использованием меченых реагентов. Гомогенные и гетерогенные ИА. Неконкурентный и конкурентный форматы иммунохимического анализа.

Оценка новых тест-систем для иммунохимического определения.

Методы гомогенного и гетерогенного ФИА и ИФА. Дизайн иммунохроматографических тест-полосок.

(Формы контроля – контрольная работа).

Тема 5. Биосенсоры (БС) и микроаналитические системы анализа (биологические и микрофлюидные чипы). (1 час)

Биосенсоры: определение, строение, классификация, аналитические характеристики. ДНК, аптамерные и МИП-биосенсоры.

Принцип работы планарных ДНК- и белковых чипов. Суспензионные чипы: классические, на основе наноструктур (Au-наночастицы, квантовые точки).

Микрофлюидные чипы, их виды. Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике (базовые теоретические принципы). Основные стадии анализа в МФЧ: загрузка, транспортировка пробы, реагентов и их смешивание, фильтрация и концентрирование пробы, химические реакции, разделение компонентов пробы, детектирование.

Тандем аналитических микрочипов и масс-спектрометрии (МС) с «мягкими» методами ионизации.

(Формы контроля – контрольная работа).

Тематика семинарских (практических) занятий соответствует основным темам и разделам учебного курса.

Пример содержания практических занятий

Тема 1 . Преаналитика. Задача. Выделение и очистка белка (фермент пероксидаза, термостабильный) из семян сои. Пероксидаза широко применяется в ферментативном анализе. Дополнить протокол, где это требуется.

Фракция фермента	удельная активность (МЕ/мг) (проверяют чистоту фракции)
<p><i>Сначала получают сырой экстракт:</i> гомогенизируют 50 г семян сои с водой в блендере, далее следует центрифугирование гомогената (15 мин при 10000 об/мин, 4 °С), отбрасывание осадка (в результате остается супернатант)</p>	1.586
<p><i>Первая стадия очистки методом осаждения.</i> Для высаливания фермента из сырого экстракта используют твердую соль(указать какую), различные степени насыщения 30-85% достигают путем постепенного добавления рассчитанного количества соли. После каждого шага насыщения экстракт центрифугируют (15 мин при 10000 об/мин, 4 °С) и полученный осадок ресуспендируют в 0.1 М фосфатном буфере, рН 7.0. Фракцию с наибольшей активностью очищают далее.</p>	5.68
<p><i>Вторая стадия: очистка от соли и концентрирование.</i> Полученную на предыдущей стадии фракцию можно очистить одним из двух методов: 1. мембранная фильтрация (указать метод и его движущую силу), параллельно происходит смена среды (на 0.05 М фосфатный буфер, рН 7.0). 2. препаративная хроматография (указать вид).</p>	
<p><i>Третья стадия очистки.</i> С помощью препаративной хроматографии (указать вид). Выбор вида хроматографии определяется тем, что пероксидаза существует во многих изоформах (различаются по показателю рI) и большинство форм анионные (рI 3.9; 4.05; 4.78) (отделяем ненужные нейтральные и катионные формы). Связанные с неподвижной фазой белки затем элюируют («снимают») с колонки раствором соли в градиентном режиме (рН = const) (концентрация соли увеличивается или снижается в градиенте, подчеркнуть нужное).</p>	9.5

<p><i>Четвертая стадия очистки.</i></p> <p>Из полученного на предыдущем этапе раствора фермента нужно удалить соль и заменить среду на 0.05 М фосфатный буфер, рН 7.0. Для этого применяют препаративную хроматографию (<i>указать вид</i>).</p>	14.948
<p><i>Пятая стадия очистки.</i></p> <p>Используют препаративную хроматографию (<i>указать вид</i>) для получения высокоочищенного препарата.</p>	50.9

Тема 3. Задача. *Определение каталитической эффективности фермента*
 Фермент карбоангидраза катализирует гидратацию CO_2 до угольной кислоты H_2CO_3 в красных клетках крови. Для реакции при $\text{pH} = 7.1$, $T = 273.5 \text{ K}$, концентрации фермента, равной 2.3 нмоль/дм^3 , были получены следующие данные:
 $[\text{CO}_2]$ (ммоль/дм³): 1.25; 2.5; 5.0; 20.0
 V (ммоль/дм³ с): 2.78×10^{-2} ; 5.00×10^{-2} ; 8.33×10^{-2} ; 1.67×10^{-1}

Задание: рассчитать каталитическую эффективность фермента.

Дополнительная информация:

наклон прямой составляет 40.0; величина отрезка на оси y равна 4.00

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

Преподавание учебной дисциплины «Био- и наноаналитика» 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 «Био- и наноаналитика» 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 обсуждения. 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 «Био- и наноаналитика» 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 при-

менения полученных знаний. При этом сохраняется требование к освоению необходимого и достаточного объема учебного материала при освоении курса.

Примерный перечень вопросов к экзамену

ВВЕДЕНИЕ.

1. Биоаналитика: ее роль в аналитике на современном этапе, понятие, предмет, методы, область применения, главные задачи.
2. Нанобиоаналитика. Миниатюризация в биоанализе: от биосенсоров к аналитическим микрочипам (биочипы, микрофлюидные чипы) и наносенсорам. Нанообъекты для решения задач биоаналитики.

ПРЕАНАЛИТИКА

3. Преаналитика, ее цель, значение в анализе сложных биологических проб. Гомогенизация биоматериала: методы, основные требования к выбору среды и условий гомогенизации.

Методы разделения, очистки и концентрирования компонентов из многокомпонентных систем (методы обработки гомогената):

4. Препаративное центрифугирование. Дифференциальное центрифугирование. Методы центрифугирования в «градиенте плотности».
5. Методы осадительного разделения компонентов биологических проб (осаждение неорганическими солями, органическими растворителями, полиэлектролитами и полимерами, посредством изменения рН или температуры).
6. Способы разделения и концентрирования компонентов пробы с использованием мембран (диализ, электродиализ, ультрафильтрация, гиперфильтрация, диафильтрация).
7. Методы экстракции компонентов из жидких фаз, используемые на преаналитических этапах в биоанализе. Жидкость-жидкостная экстракция. Твердофазная экстракция.
8. Методы экстракции компонентов из твердых фаз, используемые на преаналитических этапах в биоанализе. Экстракция ультразвуком и микроволнами, сверхкритическая жидкостная экстракция. Преимущества данных способов экстракции в сравнении с классическими методами.
9. Препаративная хроматография. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая. Эксклюзионная и ионообменная. Хроматография гидрофобных взаимодействий, ее разновидность с индуцированием заряда. Аффинная и металл-хелатная хроматография. Мультидименсиональная хроматография.

КАПИЛЛЯРНЫЙ ЭЛЕКТРОФОРЕЗ (КЭ)

10. Капиллярный электрофорез: принцип метода, электроосмотический поток (ЭОП), скорость ЭОП в капилляре, способы управления ЭОП.
11. КЭ, преимущества метода. Электромиграция частиц в капилляре (скорость и время миграции).
12. КЭ: капилляры, методы ввода проб, методы детектирования (прямое и косвенное).
13. Аналитические характеристики КЭ: эффективность, разрешение, селективность и чувствительность метода. Факторы, влияющие на эффективность КЭ (начальная длина зоны ввода пробы, параметры рабочего буфера; адсорбция

веществ на стенках капилляра, температурные эффекты, электродисперсия, добавки в буфер). Способы повышения селективности и чувствительности КЭ. Методы концентрирования пробы в КЭ.

14. Варианты метода КЭ (зонный, гель-КЭ, изотахофорез, изоэлектрическое фокусирование). Методы мобилизации разделенных зон в капиллярном изоэлектрофокусировании. Капиллярный аффинный электрофорез. Мицеллярная электрокинетическая капиллярная хроматография.

ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ АНАЛИЗ (ФА)

15. Химическая природа и строение ферментов. Способ и механизм действия ферментов. Преимущества ферментов как аналитических реагентов.

16. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Характеристика его кинетических параметров (константа Михаэлиса, максимальная скорость ферментативной реакции). Экспериментальные методы определения кинетических параметров.

17. Ферментативные эффекторы. Активаторы. Ингибиторы (необратимые и обратимые). Кинетические типы обратимого ингибирования: конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное.

18. Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций: значение рН, ионная сила, концентрация буферных растворов, температура, концентрация субстратов и ферментов.

19. Каталитическая активность фермента. Единицы ферментативной активности. Каталитическая константа и каталитическая эффективность фермента.

20. Методы определения субстратов и ферментов. Метод начальных скоростей. Метод конечной точки. Сопряженные полиферментные системы, включая циклические.

21. Методы регистрации аналитического сигнала в ферментативных методах (инструментальные методы). Оптические (спектрофотометрия, флуориметрия), электрохимические (амперометрия, потенциометрия, кондуктометрия), калориметрические (изотермическая титрационная калориметрия).

22. Иммобилизация ферментов. Свойства носителей (матриц), используемых для иммобилизации. Методы иммобилизации: физические (адсорбция, захват, капсулирование, включение в двухфазную среду), аффинные и химические (неполимерная ковалентная иммобилизация, поперечная сшивка). Влияние иммобилизации на свойства ферментов: конформационные изменения, стерические факторы, эффект распределения субстрата и протонов (влияние на рН-оптимум), диффузионные ограничения.

ИММУНОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (ИА)

23. Иммунохимический анализ, принцип. Антитела (Ат): структура и методы получения; моно- и поликлональные анти-сыворотки. Антигены (Аг): виды, получение, классификация. Гаптены, получение специфических антител к гаптену (дизайн конъюгата гаптен-носитель).

24. Факторы, определяющие взаимодействие Ат с Аг. Аффинность и авидность антител. Равновесный диализ – метод определения константы аффинности антител. Специфичность и кросс-реактивность антител. Реакция иммунопреципитации, кривая иммунопреципитации.

25. Иммунохимические методы с использованием меченых антител или анти-

генов. Классификация данных методов. Преимущества гомогенного иммунохимического анализа. Гетерогенный ИА, способы отделения иммунокомплекса. Твердофазный гетерогенный ИА, пути иммобилизации антитела или антигена на твердую поверхность, этапы твердофазного ИА.

26. Методы по типу реагентов, используемых на первой стадии ИА: неконкурентные (прямой, непрямой, двусторонний или «сэндвич»-метод), конкурентные (прямой и ингибиторный). Обработка результатов. Системы усиления сигнала.

27. Организация и оптимизация иммунохимического анализа, основанного на использовании меченых иммунореагентов, повышение чувствительности иммунохимического метода.

28. Флуоресцентный иммуноанализ (ФИА). Виды гетерогенного ФИА: неконкурентный непрямой и двусторонний с резонансным переносом энергии. ФИА с временным разрешением. Виды гомогенного ФИА: время-разрешенный ФИА с ферстеровским резонансным переносом энергии (ФРПЭ) и флуоресцентный поляризационный анализ.

29. Иммуноферментный анализ (ИФА). Гетерогенный твердофазный иммунный анализ (англ. enzyme linked immunosorbent assay, ELISA). Гомогенный конкурентный ИФА: ферментно-мультиплицируемый иммунный тест-метод (enzyme-multiplied immunoassay technique, EMIT). Гомогенный субстрат-меченный ИФА (англ. Enzyme-release fluorescence immunoassay).

30. Иммунохроматографический анализ (ИХА): принцип и преимущества метода, схемы проведения (неконкурентный прямой двусторонний и конкурентный). Параметры иммунохроматографических тест-полосок: материал (влияние на связывающую способность и скорость потока жидкости вдоль тест-полоски), детектирующие реагенты (т.е. метки); иммунореагенты и дополнительные реагенты.

БИОСЕНСОРЫ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ МИКРОЧИПЫ. НАНОРАЗМЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ В БИОАНАЛИЗЕ

31. Биосенсоры (БС): определение, основные функциональные блоки, классификация и область применения, методы иммобилизации биологических компонентов. Аналитические характеристики БС.

32. БС (классификация по виду биоконпонента):

- ДНК-сенсоры.
- Аптамерные сенсоры – «молекулярные маяки».
- Биосенсоры на основе молекулярно-импринтированных полимеров.

33. Оптические трансдьюсеры:

- оптоволоконные на основе нарушения полного внутреннего отражения (НПВО), включая НПВО с флуоресценцией;
- на основе фотонно-кристаллических 2D (волноводы) и 1D структур;
- на основе поверхностного плазмонного резонанса.

34. Биологические чипы (БЧ).

- Планарные БЧ: основные виды, принцип работы, детектирование.
- Суспензионные биочипы на основе органических флуорофоров.

- Оптические свойства наноструктур – наночастиц благородных металлов, квантовых точек, одностенных углеродных нанотрубок, определяющие их использование в качестве спектральных маркеров в БЧ.
- Суспензионные биочипы на основе Au-наночастиц. Суспензионные биочипы на основе квантовых точек.

35. Тандем аналитических биочипов и масс-спектрометрии (МС) с «мягким» методом ионизации: масс-спектрометрия с поверхностно-усиленной лазерной десорбцией-ионизацией (ПУЛДИ МС), сущность метода.

36. Микрофлюидные чипы (МФЧ), разновидности (классические с непрерывным потоком жидкости и капельные). Факторы, определяющие процессы в микрофлюидике (базовые теоретические принципы). Способы выполнения основных стадий анализа в МФЧ: ввод пробы, смешивание реагентов, фильтрация и концентрирование пробы, детектирование. Клапаны в МФЧ для регулирования потоков жидкости. Способы транспортировки и разделения частиц в микрофлюидных чипах: диэлектрофорез, электро- и оптосмачивание на диэлектрике.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

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)
Химия высокомолекулярных соединений	Кафедра высокомолекулярных соединений	нет	Изменения не требуются протокол №13 от 23.05.2023 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИ-
ПЛИНЕ НА 2023 / 2024 УЧЕБНЫЙ ГОД**

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
аналитической химии (протокол № 13 от 23 мая 20 23 г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

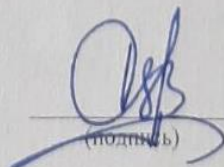
доктор химических наук, доцент
(степень, звание)


(подпись)

М.Ф. Заяц
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

кандидат химических наук, доцент
(степень, звание)


(подпись)

А.В. Зураев
(И.О.Фамилия)