

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.07.2026 12:58:09  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) "Физико-химические методы в биологии" по специальности 06.05.01 "Биоинженерия и биоинформатика" специализации Биоинженерия и биоинформатика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) "Физико-химические методы в биологии" по специальности 06.05.01 "Биоинженерия и биоинформатика" специализации Биоинженерия и биоинформатика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Стр. 1

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине  
(модулю)

**Физико-химические методы в биологии**

Специальность

**06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика**

Специализация

**Биоинженерия и биоинформатика**

Присваиваемая квалификация  
**Биоинженер и биоинформатик**

Форма обучения  
**очная**

**Год набора 2026**

Челябинск 2025 г.



## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**Специальность:** 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика.

**Специализация:** Биоинженерия и биоинформатика.

**Дисциплина:** Физико-химические методы в биологии.

**Семестр изучения:** 1.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержания компетенций согласно ФГОС	Коды и содержания индикаторов	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОПК-2</b>	Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)	ОПК-2.2 использует навыки лабораторной работы и методы математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин	Для достижения ОПК-2.2 знать: основные нормативные документы, регламентирующие организацию проведения научно-исследовательских и производственно-технологических биологических работ.
			Для достижения ОПК-2.2 уметь: работать с лабораторным оборудованием при выполнении биохимических, микробиологических, молекулярно-биотехнологических исследований, ДНК-анализа; применять методы биохимических, микробиологических, молекулярно-биотехнологических исследований, ДНК-анализа для поставленной задачи.



			Для достижения ОПК-2.2 владеть: навыками работы с микробиологическими культурами и другими объектами биотехнологического производства; навыками анализа и контроля микробиологических культур и других объектов биотехнологического производства.
<b>ОПК-3</b>	Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико- химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований	ОПК-3.1. проводит экспериментальную работу с организмами и клетками	Для достижения ОПК-3.1 знать: требования, предъявляемые к векторным молекулам; синтез и клонирование кДНК; методы введения ДНК в клетки бактерий, дрожжей, растений и животных; методы получения трансгенных организмов; расширенные знания по молекулярной генетике, генетической инженерии, о геномных и клеточных технологиях
			Для достижения ОПК-3.1 владеть: методами введения генетического материала в клетки.
		ОПК-3.2. использует физико-химические методы исследования макромолекул	Для достижения ОПК-3.2 уметь: применять методы отбора и анализа рекомбинантных молекул ДНК; провести лабораторный эксперимент по биотехнологии; организовать лабораторный эксперимент с



			использованием знаний фундаментальных и прикладных разделов биотехнологии.
		ОПК-3.3 применяет методы математического моделирования и математической статистики для обработки результатов биологических исследований	Для достижения ОПК-3.3 знать: методы ДНК-анализа, протеомики, компьютерные технологии биоинформатики пути применения методов биохимических, микробиологических, молекулярно-биотехнологических исследований, ДНК-анализа и использования методов биоинформатики.
			Для достижения ОПК-3.3 владеть: навыками практического применения биоинформационных технологий; навыками постановки эксперимента и анализа полученных данных с помощью биоинформационных технологий
<b>ПК-1</b>	Способен применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов в области биоинженерии и биоинформатики	ПК-1.2 Анализирует нормативные документы, регламентирующие организацию и методику проведения научно-исследовательских и производственно-технологических работ в области биоинженерии биоинформатики	Для достижения ПК-1.2 знать: базовые понятия биотехнологии, а также научные и правовые основы обеспечения биобезопасности; термины и понятия генетической инженерии; ферменты, используемые в молекулярном клонировании; векторы клонирования в бактериях; об успехах и возможностях генной инженерии в создании рекомбинантных вакцин и белков; о проблемах



			безопасности при работе с рекомбинантными ДНК.
			Для достижения ПК-1.2 уметь: находить и применять основные нормативные документы, регламентирующие организацию проведения научно-исследовательских и производственно-технологических биологических работ; искать и анализировать литературные источники по теме, работать в биотехнологической лаборатории
			Для достижения ПК-1.2 владеть: навыками, позволяющими с высокой степенью самостоятельности работать с нормативными документами по профилю работы
		ПК-1.3 Планирует организацию и проведение научных исследований по актуальным биомедицинским проблемам	Для достижения ПК-1.3 знать: детальное описание методов биотехнологии и микробиологии, пути создания генетически модифицированных организмов основные методы биохимических, микробиологических, молекулярно-биотехнологических исследований
			Для достижения ПК-1.3 уметь: применять методы определения первичной структуры ДНК по Сэнгеру; спланировать и поставить эксперимент в лаборатории с применением методов



			<p>биохимических, микробиологических, молекулярно-биотехнологических исследований, ДНК-анализа, а также проанализировать полученные результаты с помощью биоинформационных методов.</p> <p>Для достижения ПК-1.3 владеть: основами проведения ПЦР и секвенирования; навыками анализа и контроля микробиологических культур и других объектов биотехнологического производства; навыками работы с лабораторным оборудованием при осуществлении биохимических, микробиологических, молекулярно-биотехнологических исследований, ДНК-анализа методической базой для осуществления биохимических, микробиологических, молекулярно-биотехнологических исследований, ДНК-анализа.</p>
--	--	--	---



### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства для промежуточной аттестации
ОПК-2	Раздел 1. Методы разделения и концентрирования веществ Раздел 2. Спектральные и электрохимические методы анализа Раздел 3. Хроматографические методы анализа	реферат	Вопросы к зачету
ОПК-3			
ПК-1			

Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе по дисциплине. Полные комплекты оценочных средств контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре и являются учебно-методическими материалами ограниченного (конфиденциального) пользования.

#### 3.2 Содержание оценочных средств

##### 3.2.1. Перечень теоретических вопросов к зачету по дисциплине

Оптические методы анализа. Люминесценция.	<b>Введение в оптические методы анализа</b> определение и общая характеристика; место люминесценции в системе оптических методов; основные области применения. <b>Понятие люминесценции</b> определение явления; отличие от других видов свечения (теплового, рассеяния света); условие возникновения (поглощение энергии и её последующее излучение). <b>Физико-химические основы люминесценции</b> электронные переходы в атомах/молекулах; энергетические уровни и стадии процесса;
--	--



	<p>время жизни возбуждённого состояния.</p> <p><b>Виды люминесценции</b> (классификация по разным признакам) по способу возбуждения (фотолюминесценция, катодолюминесценция, электролюминесценция и др.); по длительности свечения (флуоресценция, фосфоресценция); по природе излучающей системы (атомная, молекулярная, кристаллическая).</p> <p><b>Основные характеристики люминесцентного излучения</b> спектр люминесценции; квантовый выход; интенсивность; поляризация; зависимость от внешних факторов (температура, концентрация, среда).</p> <p><b>Принципы люминесцентного анализа</b> качественная идентификация веществ; количественный анализ (закон Вавилова, градуировочные зависимости); влияние тушителей и других помех.</p> <p><b>Аппаратурное обеспечение</b> источники возбуждения (лампы, лазеры); монохроматоры и фильтры; детекторы излучения; схемы измерений.</p> <p><b>Области применения люминесценции</b> аналитическая химия (определение микроэлементов, органических соединений); биохимия и медицина (меченые соединения, диагностика); материаловедение (контроль качества, дефектоскопия); экология (мониторинг загрязнений).</p> <p><b>Преимущества и ограничения метода</b> чувствительность и селективность; требования к пробоподготовке; возможные источники погрешностей.</p> <p><b>Современные тенденции развития</b> использование наноструктур и квантовых точек; комбинированные методы (люминесценция + хроматография); миниатюризация приборов и полевые анализаторы.</p>
Диализ, электродиализ, ультрафильтрация.	<p><b>Введение: общая характеристика методов</b> определение мембранной сепарации как основы процессов; ключевые отличия от других методов разделения (осаждение, экстракция и т. п.); общие области применения (очистка растворов, концентрирование, разделение компонентов).</p>



### **Диализ**

принцип действия (диффузия через полупроницаемую мембрану);

движущая сила процесса (градиент концентрации);

устройство диализатора (мембрана, камеры для исходного и приёмного растворов);

факторы, влияющие на скорость диализа (толщина мембраны, площадь, температура, разность концентраций);

примеры применения (очистка коллоидных растворов, медицина — гемодиализ).

### **Электродиализ**

суть метода (диализ под действием электрического поля);

конструкция электродиализатора (ионоселективные мембраны, электроды, камеры);

механизм переноса ионов (миграция под действием тока, селективность мембран);

параметры процесса (напряжение, сила тока, электропроводность раствора);

сферы использования (обессоливание воды, выделение кислот/щёлочей, переработка сточных вод).

### **Ультрафильтрация**

принцип разделения (фильтрация через мембрану с заданными размерами пор);

движущая сила (перепад давления);

типы мембран (по материалу, структуре, размеру пор);

отличительные черты по сравнению с микрофильтрацией и обратным осмосом;

основные параметры (производительность, селективность, фугование);

области применения (концентрирование белков, очистка фармацевтических растворов, молочная промышленность).

### **Сравнительный анализ методов**

критерии сравнения: движущая сила, тип мембран, размер разделяемых частиц, энергозатраты;

преимущества и ограничения каждого метода;

выбор метода в зависимости от задачи (состав смеси, требуемая степень очистки, масштаб процесса).

### **Современные тенденции и перспективы**

разработка новых мембранных материалов (нанокомпозиты, керамические мембраны);

гибридные процессы (сочетание диализа/электродиализа с ультрафильтрацией);

энергоэффективность и устойчивость процессов.

### **Заключение**

значение методов для промышленности и медицины;



	ключевые тренды развития мембранных технологий.
Электрофорез.	<p><b>Введение: суть и значение метода</b> определение электрофореза как физико-химического метода разделения; принципиальное отличие от других методов анализа и разделения; ключевые области применения (биохимия, медицина, молекулярная биология, фармацевтика).</p> <p><b>Физико-химические основы процесса</b> природа движения заряженных частиц в электрическом поле; факторы, определяющие скорость миграции (заряд, размер, форма частицы; напряжённость поля; вязкость среды); понятие электрофоретической подвижности.</p> <p><b>Основные компоненты системы для электрофореза</b> источник постоянного тока и электроды; буферный раствор (роль, требования к составу и pH); поддерживающая среда (бумага, гель — агарозный, полиакриламидный и др.); камера для проведения электрофореза.</p> <p><b>Виды электрофореза</b> (краткая характеристика каждого) зональный электрофорез; изоэлектрическое фокусирование; капиллярный электрофорез; электрофорез в свободном потоке; двумерный электрофорез.</p> <p><b>Электрофорез нуклеиновых кислот</b> особенности разделения ДНК/РНК; использование агарозных гелей; маркеры молекулярного веса; визуализация результатов (бромистый этидий, другие красители).</p> <p><b>Электрофорез белков</b> денатурирующие и нативные условия (SDS-PAGE); влияние заряда и молекулярной массы; окрашивание гелей (Кумасси, серебро и др.); анализ изоформ и посттрансляционных модификаций.</p> <p><b>Методика проведения и интерпретация результатов</b> подготовка образца и буфера; нанесение проб и запуск процесса; фиксация и окрашивание; анализ полос/зон (определение молекулярной массы, чистоты, количества).</p> <p><b>Преимущества и ограничения метода</b> высокая разрешающая способность и чувствительность;</p>



	<p>требования к оборудованию и реагентам; время анализа и сложность интерпретации; возможные артефакты и источники ошибок.</p> <p><b>Современные модификации и применения</b> автоматизация и миниатюризация (микрочипы, капиллярные системы); сочетание с масс-спектрометрией и другими методами; клиническая диагностика (электрофорез гемоглобина, сывороточных белков); контроль качества биофармацевтических препаратов.</p> <p><b>Заключение</b> роль электрофореза в современных исследованиях и диагностике; перспективы развития метода.</p>
<p>Фракционирования белков в агарозе и ПААГ.</p>	<p><b>Введение: суть фракционирования белков</b> определение фракционирования как метода разделения белковых смесей; значение разделения белков по физико-химическим свойствам (размер, заряд, форма); общие принципы электрофоретического фракционирования.</p> <p><b>Основы метода: общие положения</b> роль электрического поля в миграции белков; функция буферных систем (поддержание pH, проводимость); понятие подвижности и её зависимость от параметров белка и среды.</p> <p><b>Агарозный гель: особенности и применение</b> структура и свойства агарозы как матрикса; диапазон разделяемых молекул (преимущественно крупные нуклеиновые кислоты и некоторые белки); преимущества: низкая адсорбция, простота приготовления, прозрачность; ограничения: невысокая разрешающая способность для мелких белков; типичные области применения (иммуноэлектрофорез, разделение крупных белковых комплексов).</p> <p><b>Полиакриламидный гель (ПААГ): особенности и применение</b> структура ПААГ и механизм порообразования; варьирование размера пор (концентрация акриламида); высокая разрешающая способность для белков разного размера; варианты: нативный ПААГ и денатурирующий (SDS-PAGE); преимущества: точность разделения, возможность анализа субъединиц; недостатки: токсичность мономеров, сложность приготовления.</p>



	<p><b>Сравнительный анализ агарозного и ПААГ-гелей</b> критерии сравнения: размер пор, разрешающая способность, область применения; выбор геля в зависимости от задачи (размер белков, требуемая детализация); совместимость с различными методами детекции. <b>Методика фракционирования: ключевые этапы</b> подготовка гелей (заливка, полимеризация); буферизация и сборка камеры; нанесение образцов (объём, концентрация); проведение электрофореза (напряжение, время); фиксация и окрашивание белков (Кумасси, серебро, флуоресцентные красители). <b>Анализ результатов</b> визуализация белковых полос; определение молекулярной массы (с использованием маркеров); количественная оценка (денситометрия); интерпретация паттернов разделения (чистота, гомогенность, олигомеризация). <b>Типичные приложения методов</b> очистка и характеристика рекомбинантных белков; анализ посттрансляционных модификаций; изучение белковых взаимодействий; диагностика заболеваний (электрофорез сывороточных белков). <b>Ограничения и источники ошибок</b> неспецифическая адсорбция; перегрев геля и электрофоретические артефакты; влияние примесей в образце; вариабельность полимеризации гелей. <b>Современные тенденции</b> автоматизация гель-электрофореза; сочетание с масс-спектрометрией и вестерн-блоттингом; альтернативные матрицы и микрофлюидные системы.</p>
<p>Основные методы разделения и концентрирования</p>	<p><b>Введение: понятия и цели</b> определение разделения и концентрирования как этапов пробоподготовки; значение методов в аналитической химии, биотехнологии, экологии, фармацевтике; общие критерии выбора метода (селективность, степень извлечения, стоимость, время). <b>Классификация методов</b> по принципу действия (физические, физико-химические, химические); по масштабу (лабораторные, промышленные);</p>



по фазе системы (жидкость–жидкость, жидкость–твёрдое, газ–жидкость и др.).

**Физические методы разделения**

фильтрация (мембранная, вакуумная, ультрафильтрация);  
центрифугирование (дифференциальное, зональное);  
седиментация и отстаивание;  
дистилляция и перегонка (простая, вакуумная, фракционная);  
кристаллизация и перекристаллизация.

**Физико-химические методы разделения**

экстракция (жидкостная, твёрдофазная, сверхкритическая);  
хроматография (газовая, жидкостная, ионообменная, эксклюзионная);  
электрофорез (капиллярный, гель-электрофорез);  
электрохимические методы (электролиз, электроосаждение);  
сорбция и десорбция (активированный уголь, цеолиты, ионообменники).

**Химические методы разделения**

осаждение и соосаждение;  
комплексообразование с селективными реагентами;  
окислительно-восстановительные реакции с разделением фаз;  
гидролиз и другие реакции, приводящие к фазовому разделению.

**Методы концентрирования**

упаривание и выпаривание (под вакуумом, ротационные испарители);  
вымораживание и сублимационная сушка;  
обратный осмос и нанофильтрация;  
экстракция с последующим удалением растворителя;  
сорбционное концентрирование (твёрдофазная экстракция, концентрирование на смолах).

**Комбинированные и гибридные методы**

экстракция + хроматография;  
мембранные процессы с предварительной сорбцией;  
двухстадийные схемы (разделение → концентрирование).

**Критерии выбора метода для конкретной задачи**

природа аналита (размер, заряд, растворимость, термостабильность);  
состав матрицы и мешающие компоненты;  
требуемая степень извлечения и чистота продукта;  
доступность оборудования и реагентов;  
экономические и экологические аспекты.

**Примеры применения в разных областях**

очистка воды (удаление тяжёлых металлов, органики);  
биотехнология (выделение ферментов, антител);  
фармацевтика (очистка активных субстанций);



	<p>пищевая промышленность (концентрирование сока, отделение жиров); экологический мониторинг (концентрирование микропримесей). <b>Современные тенденции и перспективы</b> миниатюризация и микрофлюидика; «зелёные» методы (безвредные растворители, энергосбережение); автоматизация и онлайн-контроль процессов; использование наноструктурированных материалов (наномембраны, сорбенты).</p>
Экстракция. Сорбция	<p><b>Введение: общие положения</b> определение экстракции и сорбции как методов разделения и концентрирования; роль в аналитической химии, химической технологии, экологии, биотехнологии; принципиальное различие: экстракция — перенос между фазами, сорбция — поглощение поверхностью/объёмом. <b>Экстракция: основы метода</b> суть процесса: избирательное распределение вещества между двумя несмешивающимися фазами; основные фазы: органическая и водная; закон распределения (закон Нернста–Шилова), коэффициент распределения; факторы, влияющие на эффективность (рН, температура, природа растворителя). <b>Виды экстракции</b> жидкостно-жидкостная (классическая экстракция в делительной воронке); твёрдофазная экстракция (ТФЭ); сверхкритическая флюидная экстракция; микроволновая и ультразвуковая ассистированная экстракция; экстракция с использованием ионных жидкостей. <b>Аппаратурное оформление экстракции</b> простые устройства (делительные воронки); экстракторы непрерывного действия (колонные, центробежные); автоматизированные системы ТФЭ. <b>Применение экстракции</b> извлечение металлов из руд и растворов; очистка сточных вод; выделение биологически активных веществ из растительного сырья; пробоподготовка в хроматографическом анализе. <b>Сорбция: основы метода</b></p>



	<p>определение сорбции, десорбции; типы сорбционных процессов: адсорбция (на поверхности), абсорбция (в объёме), хемосорбция; механизмы взаимодействия (физическая адсорбция, химическая связь).</p> <p><b>Виды сорбентов</b> активированные угли; силикагели и цеолиты; ионообменные смолы (катиониты, аниониты); полимерные сорбенты; наноструктурированные материалы (графен, МОФ-материалы).</p> <p><b>Параметры сорбционного процесса</b> ёмкость сорбента; изотермы сорбции (Ленгмюра, Фрейндлиха); кинетика сорбции; селективность и аффинность.</p> <p><b>Аппаратурное оформление сорбции</b> статические системы (контакт в ёмкости); динамические системы (колонки, фильтры); непрерывные сорбционные установки.</p> <p><b>Применение сорбции</b> очистка газов и жидкостей от примесей; концентрирование микропримесей для анализа; водоподготовка и очистка сточных вод; хроматография (как основа метода); доставка лекарственных веществ (в фармацевтике).</p> <p><b>Сравнение и взаимосвязь экстракции и сорбции</b> общие цели (разделение, концентрирование); различия в механизмах и аппаратурном оформлении; комбинированные схемы (например, экстракция → сорбционное концентрирование).</p> <p><b>Современные тенденции</b> разработка высокоселективных сорбентов и экстрагентов; «зелёные» растворители и сорбенты; миниатюризация и автоматизация процессов; использование компьютерных моделей для прогнозирования эффективности.</p>
<p>Газовая хроматография. Газо-адсорбционная и газо-жидкостная хроматография.</p>	<p><b>Введение: суть газовой хроматографии (ГХ)</b> определение ГХ как метода разделения летучих веществ; принцип действия: распределение компонентов между подвижной газовой фазой и неподвижной фазой; основные преимущества (высокая разрешающая способность, чувствительность, экспрессность);</p>



области применения (анализ нефтепродуктов, экологических проб, фармацевтических субстанций, пищевых ароматизаторов).

#### **Общая схема газового хроматографа**

источник газа-носителя (подвижной фазы);  
система ввода пробы и испаритель;  
хроматографическая колонка (насадочная/капиллярная);  
термостат колонок;  
детекторы (ПИД, ДТП, ЭЗД, МС и др.);  
система сбора и обработки данных.

#### **Классификация методов газовой хроматографии**

газо-адсорбционная хроматография (ГАХ);  
газо-жидкостная хроматография (ГЖХ);  
критерии выбора типа хроматографии в зависимости от аналитов.

#### **Газо-адсорбционная хроматография (ГАХ)**

механизм разделения: адсорбция на поверхности твёрдого сорбента;  
типы адсорбентов (активированные угли, силикагели, цеолиты, пористые полимеры);  
особенности удерживания веществ (зависимость от площади поверхности, пористой структуры, химической природы адсорбента);  
достоинства и ограничения метода;  
типичные области применения (анализ газов, лёгких углеводородов, изомеров).

#### **Газо-жидкостная хроматография (ГЖХ)**

механизм разделения: распределение между газом-носителем и жидкой неподвижной фазой, нанесённой на твёрдый носитель;  
требования к неподвижным жидким фазам (термостабильность, низкая летучесть, селективность);  
типы жидких фаз (неполярные, слабополярные, полярные);  
твёрдые носители (диатомитовые земли, стеклянные шарики, полимерные материалы);  
способы нанесения жидкой фазы (импрегнирование, химическое связывание);  
преимущества ГЖХ перед ГАХ (большая гибкость в подборе селективности, меньшее искажение пиков).

#### **Сравнительный анализ ГАХ и ГЖХ**

различия в механизмах разделения;  
диапазон применимых веществ (летучесть, термостабильность, полярность);  
эффективность и разрешающая способность;  
стабильность работы и срок службы колонок.

#### **Типы хроматографических колонок**

насадочные (набивные) колонки;



	<p>капиллярные колонки (WCOT, SCOT, PLOT); материалы и размеры колонок; влияние геометрии колонки на эффективность разделения. <b>Параметры разделения и оптимизация условий анализа</b> время удерживания и исправленное время удерживания; фактор ёмкости и селективность; число теоретических тарелок и высота, эквивалентная теоретической тарелке; влияние температуры, скорости газа-носителя, градиентного элюирования; выбор оптимальных условий для конкретного анализа. <b>Детектирование в газовой хроматографии</b> принципы работы основных детекторов (ПИД, ДТП, ЭЗД, ФИД, МС); чувствительность и селективность детекторов; совместимость детекторов с ГАХ и ГЖХ. <b>Практические аспекты и современные тенденции</b> подготовка проб (derivatизация, концентрирование); калибровка и количественный анализ; автоматизация ввода проб (автосамплеры); гибридные методы (ГХ-МС, ГХ-ИК); миниатюризация (микро-ГХ) и портативные приборы</p>
Жидкостная хроматография.	<p><b>Введение: суть и значение метода</b> определение жидкостной хроматографии (ЖХ) как метода разделения веществ в жидкой подвижной фазе; принципиальное отличие от газовой хроматографии; ключевые преимущества (работа с нелетучими, термически нестабильными соединениями); основные области применения (фармацевтика, биохимия, экология, пищевая промышленность). <b>Принцип разделения в ЖХ</b> механизм распределения компонентов между подвижной жидкой фазой и неподвижной фазой; факторы, влияющие на разделение (полярность фаз, рН, температура, скорость потока); понятие удерживания и селективности. <b>Классификация методов жидкостной хроматографии</b> по механизму разделения: адсорбционная, распределительная, ионообменная, эксклюзионная, аффинная; по технике выполнения: колоночная, плоскостная (бумажная, тонкослойная); по давлению: низкоэффективная (НЖХ), высокоэффективная (ВЭЖХ), ультравысокоэффективная (УВЭЖХ). <b>Основные компоненты хроматографической системы</b></p>



насос для подачи подвижной фазы;  
система ввода пробы (ручной/автоматический инжектор);  
хроматографическая колонка и её характеристики;  
термостат колонок;  
детекторы (УФ-видимый, рефрактометрический, масс-спектрометрический и др.);  
система сбора и обработки данных.

**Типы колонок и сорбентов**  
материалы колонок (сталь, стекло, полимер);  
размер и форма частиц сорбента;  
химическое модифицирование сорбентов (C18, C8, amino-, цианогруппы);  
монолитные колонки;  
предколонок и защитные колонки.

**Подвижная фаза и её оптимизация**  
выбор растворителей (метанол, ацетонитрил, вода, буферные растворы);  
градиентное и изократическое элюирование;  
регулировка pH и ионной силы;  
дегазация и фильтрация подвижной фазы.

**Основные разновидности ЖХ по механизму разделения**  
**адсорбционная ЖХ:** разделение за счёт различной адсорбции на твёрдой поверхности;  
**распределительная ЖХ** (в т. ч. обращённо-фазовая):  
распределение между двумя жидкими фазами;  
**ионообменная ЖХ:** обмен ионов между подвижной фазой и ионообменником;  
**эксклюзионная ЖХ** (гель-проникающая): разделение по размеру молекул;  
**аффинная ЖХ:** специфическое взаимодействие «лиганд–рецептор».

**Детектирование в жидкостной хроматографии**  
УФ-видимый детектор (диодная матрица);  
рефрактометрический детектор;  
флуориметрический детектор;  
электрохимический детектор;  
масс-спектрометрический детектор (ЖХ-МС);  
критерии выбора детектора.

**Параметры разделения и их оптимизация**  
время удерживания и фактор удерживания;  
разрешение пиков;  
эффективность колонки (число теоретических тарелок);  
асимметрия пиков;  
влияние скорости потока, температуры, состава подвижной фазы.



	<p><b>Практическое применение и современные тенденции</b> анализ лекарственных средств и метаболитов; исследование белков, пептидов, нуклеиновых кислот; контроль качества пищевых продуктов и напитков; экологический мониторинг (пестициды, ПАУ, тяжёлые металлы); развитие микроколоночной и капиллярной ЖХ; автоматизация и роботизация пробоподготовки; гипербрайдная хроматография (сочетание механизмов разделения).</p>
Бумажная хроматография.	<p><b>Введение: суть газовой хроматографии (ГХ)</b> определение ГХ как метода разделения летучих веществ; принцип действия: распределение компонентов между подвижной газовой фазой и неподвижной фазой; основные преимущества (высокая разрешающая способность, чувствительность, экспрессность); области применения (анализ нефтепродуктов, экологических проб, фармацевтических субстанций, пищевых ароматизаторов). <b>Общая схема газового хроматографа</b> источник газа-носителя (подвижной фазы); система ввода пробы и испаритель; хроматографическая колонка (насадочная/капиллярная); термостат колонок; детекторы (ПИД, ДТП, ЭЗД, МС и др.); система сбора и обработки данных. <b>Классификация методов газовой хроматографии</b> газо-адсорбционная хроматография (ГАХ); газо-жидкостная хроматография (ГЖХ); критерии выбора типа хроматографии в зависимости от аналитов. <b>Газо-адсорбционная хроматография (ГАХ)</b> механизм разделения: адсорбция на поверхности твёрдого сорбента; типы адсорбентов (активированные угли, силикагели, цеолиты, пористые полимеры); особенности удерживания веществ (зависимость от площади поверхности, пористой структуры, химической природы адсорбента); достоинства и ограничения метода; типичные области применения (анализ газов, лёгких углеводов, изомеров). <b>Газо-жидкостная хроматография (ГЖХ)</b> механизм разделения: распределение между газом-носителем и жидкой неподвижной фазой, нанесённой на твёрдый носитель;</p>



	<p>требования к неподвижным жидким фазам (термостабильность, низкая летучесть, селективность); типы жидких фаз (неполярные, слабополярные, полярные); твёрдые носители (диатомитовые земли, стеклянные шарики, полимерные материалы); способы нанесения жидкой фазы (импрегнирование, химическое связывание); преимущества ГЖХ перед ГАХ (большая гибкость в подборе селективности, меньшее искажение пиков). <b>Сравнительный анализ ГАХ и ГЖХ</b> различия в механизмах разделения; диапазон применимых веществ (летучесть, термостабильность, полярность); эффективность и разрешающая способность; стабильность работы и срок службы колонок. <b>Типы хроматографических колонок</b> насадочные (набивные) колонки; капиллярные колонки (WCOT, SCOT, PLOT); материалы и размеры колонок; влияние геометрии колонки на эффективность разделения. <b>Параметры разделения и оптимизация условий анализа</b> время удерживания и исправленное время удерживания; фактор ёмкости и селективность; число теоретических тарелок и высота, эквивалентная теоретической тарелке; влияние температуры, скорости газа-носителя, градиентного элюирования; выбор оптимальных условий для конкретного анализа. <b>Детектирование в газовой хроматографии</b> принципы работы основных детекторов (ПИД, ДТП, ЭЗД, ФИД, МС); чувствительность и селективность детекторов; совместимость детекторов с ГАХ и ГЖХ. <b>Практические аспекты и современные тенденции</b> подготовка проб (дериватизация, концентрирование); калибровка и количественный анализ; автоматизация ввода проб (автосамплеры); гибридные методы (ГХ-МС, ГХ-ИК); миниатюризация (микро-ГХ) и портативные приборы.</p>
Ионообменная хроматография.	Ионообменная хроматография — метод разделения и анализа ионов, основанный на их обратимом обмене с ионообменником (смолой). <b>Принцип работы:</b>



	<ul style="list-style-type: none"><li>• неподвижная фаза — ионообменная смола с фиксированными заряженными группами;</li><li>• подвижная фаза — раствор электролита;</li><li>• разделяемые ионы конкурируют с противоионами смолы за места связывания;</li><li>• разные ионы имеют разную аффинность к ионообменнику, поэтому движутся с разной скоростью.</li></ul> <p><b>Ключевые параметры:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ёмкость ионообменника;</li><li>• рН подвижной фазы;</li><li>• концентрация и состав элюента;</li><li>• температура.</li></ul> <p><b>Применение:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• определение катионов и анионов в воде;</li><li>• очистка и концентрирование ионов;</li><li>• разделение белков, нуклеотидов;</li><li>• контроль качества фармацевтических препаратов.</li></ul> <p><b>Преимущества:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• высокая селективность;</li><li>• возможность работы с разбавленными растворами;</li><li>• совместимость с различными детекторами (кондуктометрическим, спектрофотометрическим).</li></ul>
<p>Основные понятия и методы хроматографии.</p>	<p><b>Введение в хроматографию</b> определение хроматографии как физико-химического метода разделения смесей; краткая историческая справка (открытие М. С. Цветом); принципиальная суть метода (разделение за счёт разного распределения компонентов между двумя фазами).</p> <p><b>Основные понятия и термины</b> подвижная фаза (элюент) и неподвижная фаза; хроматографическая колонка; элюция и элюат; время удерживания (); фактор удерживания (); селективность хроматографической системы; разрешение пиков (); эффективность колонки (число теоретических тарелок, ).</p> <p><b>Принцип разделения компонентов</b> механизмы взаимодействия веществ с фазами (адсорбция, распределение, ионный обмен и др.); зависимость удерживания от физико-химических свойств веществ.</p> <p><b>Классификация методов хроматографии</b></p>



	<p>по агрегатному состоянию фаз (газовая, жидкостная, сверхкритическая флюидная); по механизму разделения (адсорбционная, распределительная, ионообменная, эксклюзионная, аффинная и др.); по технике выполнения (колоночная, плоскостная — бумажная, тонкослойная); по цели анализа (аналитическая, препаративная, промышленная).</p> <p><b>Основные методы и их особенности</b> газовая хроматография (ГХ): принцип, области применения, детектирование; жидкостная хроматография (ЖХ), в т. ч. ВЭЖХ: принцип, преимущества, детектирование; тонкослойная хроматография (ТСХ): простота, визуализация, количественная оценка; ионообменная хроматография: разделение ионов, применение в водоподготовке и анализе; эксклюзионная (гель-проникающая) хроматография: разделение по размеру молекул.</p> <p><b>Оборудование и детектирование</b> основные узлы хроматографической системы (насос, инжектор, колонка, детектор, регистратор); типы детекторов (УФ, рефрактометрический, масс-спектрометрический, пламенно-ионизационный и др.).</p> <p><b>Области применения хроматографии</b> анализ пищевых продуктов и фармацевтических препаратов; экологический мониторинг (загрязнители воздуха, воды, почвы); биохимия и медицина (анализ белков, метаболитов, наркотиков); нефтехимия и материаловедение.</p> <p><b>Преимущества и ограничения метода</b> высокая разрешающая способность и чувствительность; возможность анализа сложных смесей; требования к оборудованию и квалификации персонала; длительность анализа в некоторых вариантах.</p>
<p>Кондуктометрия. Потенциометрия. Вольтамперометрия.</p>	<p>Определение электрохимических методов анализа. Общая классификация (прямые и косвенные методы, методы с наложением потенциала и без). Значение в аналитической химии (контроль качества, экологический мониторинг, биомедицинские исследования).</p> <p><b>Кондуктометрия</b> Суть метода: измерение электрической проводимости растворов.</p>



Физико-химические основы (подвижность ионов, зависимость от концентрации, температуры).  
Виды кондуктометрии:  
прямая кондуктометрия;  
кондуктометрическое титрование.  
Аппаратура (кондуктометрические ячейки, мосты переменного тока).  
Области применения (контроль минерализации воды, определение ККМ ПАВ, анализ промышленных стоков).  
**Потенциометрия**  
Суть метода: измерение электродного потенциала в условиях равновесия.  
Физико-химические основы (уравнение Нернста, электродные системы).  
Типы электродов:  
индикаторные (ионоселективные, стеклянные, металлические);  
электроды сравнения (каломельный, хлорсеребряный).  
Виды потенциометрии:  
прямая потенциометрия (ионометрия);  
потенциометрическое титрование.  
Практическое применение (определение pH, анализ ионов F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, экологический контроль).  
**Вольтамперометрия**  
Суть метода: изучение зависимости тока от приложенного потенциала.  
Физико-химические основы (диффузия, кинетика электродных реакций).  
Основные разновидности:  
полярография (капающий ртутный электрод);  
циклическая вольтамперометрия;  
импульсные методы (дифференциально-импульсная, квадратно-волновая).  
Аппаратура (трёхэлектродная ячейка, потенциостат).  
Применение (определение тяжёлых металлов, органических соединений, фармацевтический анализ).  
**Сравнительный анализ методов**  
Чувствительность и пределы обнаружения.  
Селективность и мешающие факторы.  
Требования к пробоподготовке.  
Скорость анализа и стоимость оборудования.  
**Заключение**  
Ключевые преимущества каждого метода.  
Тенденции развития (миниатюризация, сенсоры, автоматизация).



	Важность комплексного использования методов в аналитической практике.
Нефелометрия. Турбидиметрия. Рефрактометрия.	<p>Общая характеристика оптических методов анализа. Принципы взаимодействия света с веществом (рассеяние, поглощение, преломление). Место нефелометрии, турбидиметрии и рефрактометрии в аналитической практике.</p> <p><b>Нефелометрия</b> Суть метода: измерение интенсивности рассеянного света взвешенными частицами. Физико-химические основы: теория рассеяния света (Рэля, Ми); зависимость сигнала от размера и концентрации частиц. Аппаратура: нефелометры (конструкция, источники света, детекторы); геометрия измерений (угол детектирования). Практическое применение: анализ коллоидных систем; определение содержания взвешенных веществ в воде; биохимические исследования (иммунонефелометрия).</p> <p><b>Турбидиметрия</b> Суть метода: измерение ослабления проходящего света из-за рассеяния взвешенными частицами. Физико-химические основы: закон Бугера-Ламберта-Бера для мутных сред; влияние размера и формы частиц. Аппаратура: турбидиметры и спектрофотометры; кюветы для мутных растворов. Практическое применение: контроль качества суспензий и эмульсий; мониторинг сточных вод; фармацевтический анализ (стабильность препаратов).</p> <p><b>Рефрактометрия</b> Суть метода: измерение показателя преломления вещества. Физико-химические основы: закон преломления света (Снеллиуса); зависимость показателя преломления от состава, концентрации, температуры. Аппаратура: рефрактометры (Аббе, цифровые); призменные системы и детекторы. Практическое применение: определение концентрации растворов (сахарометрия);</p>



	<p>идентификация веществ; контроль качества пищевых продуктов и фармацевтических препаратов.</p> <p><b>Сравнительный анализ методов</b> Диапазон определяемых концентраций. Точность и воспроизводимость. Требования к пробоподготовке. Скорость анализа и стоимость оборудования. Типичные ограничения и источники погрешностей.</p> <p><b>Заключение</b> Ключевые преимущества каждого метода. Взаимодополняемость методов в аналитическом контроле. Перспективы развития (автоматизация, комбинированные системы, микрофлюидика).</p>
<p>Взаимодействие света со взвешенными частицами. Закон Рэлея.</p>	<p>Значение изучения взаимодействия света с дисперсными системами. Основные процессы при прохождении света через среду со взвешенными частицами (рассеяние, поглощение, преломление). Краткий обзор областей применения (атмосферная оптика, коллоидная химия, биофизика).</p> <p><b>Механизмы взаимодействия света со взвешенными частицами</b> Рассеяние света: упругое (без изменения длины волны) и неупругое. Поглощение света частицами и его влияние на интенсивность проходящего излучения. Преломление и отражение на границе раздела фаз. Зависимость процессов от размера частиц, длины волны и оптических свойств среды.</p> <p><b>Условия применимости закона Рэлея</b> Размер частиц значительно меньше длины волны света (<math>\lambda</math>). Частицы оптически изотропны и не поглощают свет. Низкая концентрация частиц (отсутствие многократного рассеяния). Однородная среда без крупных неоднородностей.</p> <p><b>Формулировка закона Рэлея</b> Математическое выражение: интенсивность рассеянного света <math>I</math>, где: — интенсивность падающего света; — диаметр частицы; — длина волны света; — расстояние до точки наблюдения.</p>



	<p>Физический смысл пропорциональности (синее небо, красное закатное солнце).</p> <p>Угловая зависимость рассеяния (симметрия относительно направления падающего света).</p> <p><b>Выводы из закона Рэля и их следствия</b></p> <p>Сильная зависимость от длины волны (коротковолновый свет рассеивается интенсивнее).</p> <p>Резкая зависимость от размера частиц (<math>\lambda</math>).</p> <p>Объяснение природных явлений (цвет неба, опалесценция коллоидов).</p> <p>Ограничения применимости для крупных частиц (переход к теории Ми).</p> <p><b>Экспериментальные подтверждения закона Рэля</b></p> <p>Наблюдение рассеяния в коллоидных растворах.</p> <p>Измерение спектров рассеяния в атмосферных условиях.</p> <p>Лабораторные опыты с контролируруемыми дисперсными системами.</p> <p><b>Практическое применение закона Рэля</b></p> <p>Определение размеров наночастиц и коллоидных частиц.</p> <p>Анализ аэрозолей и дымов.</p> <p>Оптическая диагностика биологических сред.</p> <p>Атмосферные исследования (мониторинг загрязнения воздуха).</p> <p><b>Заключение</b></p> <p>Краткое резюме основных положений.</p> <p>Значение закона Рэля в оптике и смежных областях.</p> <p>Перспективы использования в современных технологиях (нанодиагностика, биосенсоры).</p>
<p>Факторы, влияющие на аналитический сигнал.</p>	<p>Определение аналитического сигнала (физическая величина, функционально связанная с содержанием определяемого компонента).</p> <p>Роль аналитического сигнала в количественном анализе.</p> <p>Основные типы сигналов (оптические, электрохимические, масс-спектрометрические и др.).</p> <p><b>Классификация факторов влияния</b></p> <p>По природе воздействия: физико-химические, инструментальные, операционные.</p> <p>По характеру влияния: систематические, случайные, грубые ошибки.</p> <p>По стадии анализа: пробоотбор, подготовка пробы, измерение, обработка данных.</p> <p><b>Физико-химические факторы</b></p> <p>Концентрация определяемого вещества.</p> <p>Влияние матрицы образца (мешающие компоненты, солевой эффект).</p>



pH среды и его влияние на формы существования аналита.  
Температура и её воздействие на кинетику реакций и равновесие.  
Давление (для газофазных методов).  
Присутствие катализаторов/ингибиторов.

**Инструментальные факторы**  
Стабильность источника излучения/тока/напряжения.  
Чувствительность и линейность детектора.  
Разрешение прибора.  
Дрейф нуля и фоновые шумы.  
Калибровка и точность измерительных систем.  
Оптимизация параметров метода (длина волны, потенциал, скорость сканирования).

**Факторы пробоподготовки**  
Полнота извлечения аналита (эффективность экстракции, растворения).  
Потеря вещества при концентрировании/разбавлении.  
Загрязнение пробы от реактивов и посуды.  
Время хранения пробы и её стабильность.  
Гомогенность образца.

**Операционные (человеческие) факторы**  
Точность дозирования реагентов и пробы.  
Соблюдение временных интервалов реакций.  
Ошибки при приготовлении стандартных растворов.  
Интерпретация результатов (визуальные оценки, выбор базовой линии).

**Внешние условия**  
Температура и влажность лаборатории.  
Электромагнитные помехи.  
Вибрации и механические воздействия.  
Качество газов-носителей (для хроматографии).  
Чистота воды и реактивов.

**Статистическая обработка и учёт факторов**  
Оценка погрешности измерений.  
Методы минимизации влияния мешающих факторов (внутренний стандарт, матричная калибровка).  
Повторные измерения и контроль качества.  
Использование контрольных образцов.

**Заключение**  
Важность учёта всех факторов для обеспечения точности анализа.  
Необходимость валидации методики.  
Перспективы автоматизации для снижения влияния субъективных факторов.



## 4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.1 Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Промежуточная аттестация может быть выставлена по итогам текущей успеваемости при следующих условиях:

- выполнение всех заданий текущей аттестации с оценкой не ниже хор.;
- посещение не менее чем 80% всех занятий.

Оценочные средства для промежуточной аттестации представлены перечнем теоретических вопросов к зачету. На итоговом занятии студент отвечает на два теоретических вопроса в билете.

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации.

### 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств.

Отлично/ зачтено	Хорошо/ зачтено	Удовлетворительно/ зачтено	Неудовлетворительно/ незачтено
Высокий уровень освоения проверяемых компетенций	Средний уровень освоения проверяемых компетенций	Базовый уровень освоения проверяемых компетенций	Недостаточный уровень освоения проверяемых компетенций
Ответ полный и правильный, материал изложен в определенной логической последовательности, химически грамотным языком. Студент полностью ответил на два вопроса, поставленных в билете в соответствии с программой. Студент владеет химической терминологией и номенклатурой, умеет применять важнейшие законы и понятия химии для объяснения конкретных химических явлений, умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать факты.	Ответ полный и правильный, но допущены несущественные ошибки в алгоритмах методов, исправленные по требованию преподавателя.	Студент ответил на все теоретические вопросы, но при этом допущена существенная ошибка или ответ не полный.	Студент не ответил на оба теоретических вопроса, не владеет химической терминологией и номенклатурой, допускает грубые ошибки в истолковании и употреблении химических понятий.



### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке **зачтено**:

предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности: формируются навыки составления информационных обзоров по физико-химическим методам в биологии, навыки систематизации данных, необходимых для составления алгоритма проведения методики;

студент способен аргументировать собственную точку зрения по дискуссионным вопросам дисциплины, критически оценивать информацию о состоянии и проблемах развития исследований в области физико-химических методов в биологии.

Средний уровень соответствует оценке **зачтено**:

предполагает формирование компетенций на более высоком уровне: формируется комплексное знание особенностей применения и понимания физико-химических методов, умение сбора, анализа и обработки данных, необходимых в дальнейшей профессиональной деятельности для решения ситуаций в процессе работы;

Базовый уровень соответствует оценке **зачтено**:

предполагает формирование компетенций на начальном уровне: знание основных физико-химических методов;

студент способен отвечать на дополнительные вопросы по основным разделам курса.

Низкий уровень соответствует оценке **незачтено**.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) "Физико-химические методы в биологии" по специальности 06.05.01 "Биоинженерия и биоинформатика" специализации Биоинженерия и биоинформатика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Стр. 30

**06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика, специализация «Биоинженерия и биоинформатика», фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Физико-химические методы в биологии», год набора 2026, очная форма обучения**

Проректор по учебной работе утверждено 27.02.2026

А. А.Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 8 от 27.02.2026

Председатель Ученого совета  
биологического факультета

согласовано

Д.С. Сташкевич

**Заседанием кафедры химии твердого тела и нанопроцессов**

Протокол заседания № 8 от 25.02.2026

Заведующий кафедрой

согласовано

Е.А. Белая

Автор (составитель)

Е.О. Макаркина

**Структура фонда оценочных средств соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО от 27.09.2022 № 573-1 «Об утверждении положения ФОС по ОП ВО в ФГБОУ ВО ЧелГУ»**