

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
биологической и медицинской
физики**

Д.В. Кузьмин

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Биоорганическая химия
по направлению:	Биотехнология
профиль подготовки:	Системная и синтетическая биология Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики департамент молекулярной и биологической физики
курс:	2
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

4 (весенний) - Дифференцированный зачет

5 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 120 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 270, всего зач. ед.: 6

Количество контрольных работ, заданий: 4

Программу составил: Е.Е. Куликов, канд. биол. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании департамента молекулярной и биологической физики 04.06.2020

Аннотация

Курс биоорганической химии был разработан специально для студентов МФТИ. Он занимает 4 и 5 семестры и состоит из лекционного курса и практикума (1 семестр). Этот курс является по своей природе интегрирующим, позволяющим будущим молодым специалистам в области наук о живом воспринять химию живых систем сквозь призму фундаментальных наук – химии, биологии, физики. В данном курсе рассматриваются как классические для курса биохимии темы (ферменты, белки, биохимические циклы), так и дополнительные главы, посвящённые биохимии органов и систем, медицинской химии и пр. Полугодовой лабораторный практикум позволяет студентам освоить методы исследования биологических молекул, необходимые для последующей работы в лабораториях базовых кафедр.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение студентами основ современной биологической химии (с элементами органической химии и молекулярной биологии), подготавливающих студентов к усвоению других курсов биологического профиля.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области биологической химии;
- приобретение теоретических знаний в области изучения наиболее важных процессов биологического обмена веществ в живой клетке, координации и регуляции этого обмена, сопряжения метаболических циклов;
- оказание консультаций и помощи студентам в области тех разделов молекулярной биологии и химии живого, которые необходимы для выполнения собственной теоретической и практической работы студентов;
- формирование у студентов навыков самостоятельной работы со специальной научной литературой биологической направленности.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на математических, физических, химических, биологических законах, закономерностях и взаимосвязях	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-6 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, проектировать элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-6.1 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской техники и современного технологического оборудования для осуществления биотехнологических процессов
	ОПК-6.2 Способен к оценке, анализу и интерпретации полученных в результате биотехнологических процессов данных
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики и биологии
	ПК-1.6 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим биотехнологическим оборудованием
	ПК-1.7 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории

исследования	ПК-1.8 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории в письменной и устной форме

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной биологической химии;
- ☐ порядки численных величин, характерные для различных разделов химии живого;
- ☐ структуры и функции основных метаболитов энергетического и пластического обмена клетки;
- ☐ современные проблемы физики, химии, биологии, математики;
- ☐ современные подходы, применяемые в практической биологии (биотехнологии);
- ☐ экспериментальные основы биологической химии.

уметь:

- ☐ соотносить процессы, происходящие в живой клетке, с физическими и химическими процессами;
- ☐ ориентироваться в структурных формулах главных компонентов клетки (углеводы, в том числе полисахариды, аминокислоты, белки, нуклеотиды, нуклеозиды, нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК), липиды, витамины, стероидные гормоны);
- ☐ применять полученные теоретические знания о экспериментальных подходах в биологической химии для решения конкретных экспериментальных задач;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ производить численные оценки по порядку величины;
- ☐ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- ☐ видеть в биологических задачах физическое содержание;
- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- ☐ получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- ☐ работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования биологических задач;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.
--	---

№	Тема (раздел) дисциплины	Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Общие вопросы химии живого. Биогенные элементы и их циклы в биосфере. Жизнь на основе углерода. Альтернативные теории о возникновении жизни на Земле. История биологической химии.	2			
2	Аминокислоты и белки как компоненты биологических катализаторов.	2			
3	Ферменты.	2			
4	Методы исследования белков.	2			
5	Нуклеиновые кислоты.	2			
6	Методы исследования нуклеиновых кислот.	2			
7	Репликация нуклеиновых кислот.	2			
8	Транскрипция.	2			
9	Трансляция. Синтез белка.	2			
10	Углеводы.	2			4
11	Липиды.	2			4
12	Гликолиз и цикл трикарбоновых кислот. Биологическое окисление.	2			3
13	Метаболизм клетки. Сопряжение пластического и энергетического обмена.	3			2
14	Регуляция обменных процессов клетки. Интегративные функции метаболизма.	3			2
15	Внутриклеточная коммуникация. Гормоны. Рецепторы. Каналы.	10			6
16	Биоэлектрические сигналы.	6			6
17	Нейрохимия.	4			6
18	Избранные главы медицинской химии. Биохимические основы патогенеза некоторых заболеваний человека.	4			8
19	Метаболизм азотистых соединений.	6			4
20	Общие свойства аминокислот и белков.			18	14
21	Методы исследования белков			10	6
22	Транскрипция. Трансляция. Синтез белка.			4	6
23	Разделение белков.			10	7
24	Ферменты.			4	6
25	Методы исследования нуклеиновых кислот.			2	6
26	Углеводы.			2	6
27	Липиды.			2	6
28	Гликолиз и цикл трикарбоновых кислот. Биологическое окисление.			2	10
29	Метаболизм азотистых соединений.			6	8
Итого часов		60		60	120
Подготовка к экзамену		30 час.			

Общая трудоёмкость	270 час., 6 зач.ед.
--------------------	---------------------

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 4 (Весенний)

1. Общие вопросы химии живого. Биогенные элементы и их циклы в биосфере. Жизнь на основе углерода. Альтернативные теории о возникновении жизни на Земле. История биологической химии.

Краткий обзор существующих видов жизни на планете Земля, классифицированных по способу получения энергии для жизни (аутоотрофные и гетеротрофные организмы: фотосинтезики, хемолитотрофные микроорганизмы, и так далее). Поток вещества и энергии в живых системах. Фундаментальные структурные принципы построения живых систем на основе органических соединений углерода. «Кремниевая» версия жизни – возможно ли это? Роль биогенных элементов в химии живого. Круговороты серы, азота, углерода, фосфора. Фосфор как лимитирующий компонент. Перенос биогенных элементов в среде планеты Земля. Минерализация и органификация. Роль кислорода в поддержании жизни. Влияние воды как универсального растворителя. История возникновения биологической химии. Важнейшие открытия в области химии живого, и их непосредственные следствия.

2. Аминокислоты и белки как компоненты биологических катализаторов.

Возможность биологического катализа белками благодаря наличию упорядоченных самоорганизующихся структур и широкому выбору функциональных групп (радикалов аминокислот).

3. Ферменты.

Возможность биологического катализа белками благодаря наличию упорядоченных самоорганизующихся структур и широкому выбору функциональных групп (радикалов аминокислот). Понятие о ферменте как о катализаторе белковой природы. Основные классы ферментов и катализируемые ими реакции. Термодинамика ферментативного катализа. Кинетика ферментативных реакций, методы исследования, активаторы и ингибиторы ферментов. Молекулярный механизм действия ферментов на примере уреазы. Денатурация белка, влияние pH, ионной силы и температуры на активность и специфичность ферментативных реакций. Каталитические антитела (абзимы). Ферменты небелкового происхождения (рибозимы, теломеразы). Коферменты и витамины.

4. Методы исследования белков.

Основные методы выделения и характеристики белков и ферментов. Разделение белков по способности к обратимой агрегации под действием высокой ионной силы (высаливание). Принципы ионообменной хроматографии белков. Гель-фильтрация белков, применение исключительной хроматографии для определения олигомерного состояния белков. Денатурирующий и нативный электрофорез белков в полиакриламидном геле. Изоэлектрофокусирование. Методы протеомики (масс-спектрометрия белков, двумерный гель-электрофорез, и т. п.). Секвенирование белков и пептидов. Иммунологические методы исследования белков (вестерн-блоттинг, иммуноферментный анализ). Аффинная хроматография, хроматография по сродству фермента к субстрату и к ионам тяжёлых металлов, применение химерных доменов в белковой инженерии. Способы количественного определения белка.

5. Нуклеиновые кислоты.

История открытия нуклеиновых кислот. Основные структурные и функциональные характеристики нуклеиновых кислот. Основные классы нуклеиновых кислот, встречающихся в клетке: ДНК и РНК. Подклассы нуклеиновых кислот. Нуклеотиды и нуклеозиды. Макроэргические соединения как единая энергетическая валюта клетки. Синтез нуклеиновых кислот: фундаментальные свойства ферментов, участвующих в синтезе нуклеиновых кислот, самообеспечение процесса синтеза энергией гидролиза нуклеотидтрифосфатов. Структуры нуклеиновых кислот в клетке, и взаимодействия, их стабилизирующие (водородные связи, стэкинг-взаимодействия). Препрограммированный срок жизни РНК в клетке, отличие химической стабильности РНК и ДНК. Ферменты распада нуклеиновых кислот. Другие реакции нуклеотидов (циклизация), использование циклических форм клеткой в качестве вторичных мессенджеров.

6. Методы исследования нуклеиновых кислот.

Выделение нуклеиновых кислот из биологического материала. Особенности работы с РНК. Топология нуклеиновых кислот, и её влияние на методики работы с ними. Выделение плазмидной и геномной ДНК методом щелочного лизиса и фенольной экстракции. Осаждение ДНК спиртами. Ферментативные методы исследования ДНК: эндонуклеазы рестрикции и применение их в картировании генома. Полимеразная цепная реакция. Секвенирование ДНК по методу Сэнгера. Методы гибридизации нуклеиновых кислот и их применение для решения реальных задач. Флуоресцентная гибридизация *in situ*. Обзор методов геномики. Автоматизированная аннотация данных полногеномного секвенирования,

7. Репликация нуклеиновых кислот.

Важность для жизни существования материального носителя генетической информации. Требования, предъявляемые к такому носителю. Открытие связи структуры ДНК с механизмами её репликации. Опыты Месельсона и Сталь, эксперимент Херши и Чейза, доказавшие роль нуклеиновых кислот в наследовании признаков. Полуконсервативный процесс репликации ДНК. Репликация генетических элементов кольцевой топологии, различные варианты. Ориджин репликации и группы совместимости плазмид. Инициация репликации у различных организмов. Двухнаправленная репликация, структура репликационной вилки. Синтез ведущей и отстающей цепей, коррекция возможных ошибок репликации. Полимеразы, вытесняющие цепь, и не вытесняющие цепи. Разрешение топологических затруднений при репликации. Мультимеры реплицируемых генетических элементов. Проблема недорепликации 3'-конца линейных хромосом, и её решение посредством теломеразной реакции. Общие вопросы наследования генетического материала при делении клетки.

8. Транскрипция.

Центральная догма молекулярной биологии. Основной вектор информации, регуляция процесса экспрессии генов. Информационная РНК. Синтез и процессинг иРНК как способ регуляции количества и состава синтезируемых клеткой белков. Промоторы, механизм их действия. Модульная организация РНК-полимераз прокариот. Сигма-факторы, и другие факторы транскрипции. Аттenuируемые промоторы на примере промотора триптофанового оперона. Энхансеры транскрипции. Оперонная гипотеза Жакоба и Моно. Различия в биологии гена прокариот и эукариот. Моноцистронная и полицистронная организация. Механизм регуляции генов лактозного оперона. Антисмысловые РНК, возможность управления экспрессией генов посредством РНК-интерференции. Методы анализа экспрессии генов, транскриптомика. Создание и применение библиотек к ДНК.

9. Трансляция. Синтез белка.

Белковые молекулы как эффекторы генетической информации. Реализация трёхмерных структур по информации, кодируемой одномерными нуклеиновыми кислотами. Факторы, необходимые для синтеза белка. Транспортные РНК. Генетический код, его открытие, основные свойства, и физическая реализация декодирования триплетного кода. Рибосомы. Факторы синтеза белка. Процессинг и фолдинг белка. Модульная эволюция белков. Антибиотики, влияющие на трансляцию. Посттрансляционная модификация.

10. Углеводы.

Важнейшие представители класса углеводов (моносахариды, дисахариды). Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Кольчато-цепная таутомерия, оптическая изомерия сахаров. Полисахариды. Структурная роль углеводных компонентов клетки. Энергетические метаболиты на основе фосфорных эфиров глюкозы и фруктозы. Основные реакции углеводов: поликонденсация и гидролиз. Обзор гликолитического расщепления липидов до ацетил-КоА. Капсульные полисахариды бактерий, аминопроизводные полисахаридов. Иммунологические свойства полисахаридов. Лектины.

11. Липиды.

Липиды как важный структурный компонент клеточных мембран. Виды липидов, структура триглицеридов и липидов стероидной группы. Запасные липиды. Пигменты растений. Синтез высших жирных кислот. Генетическая взаимосвязь липидов и углеводов, отсутствие прямой роли этих классов соединений в наследовании признаков. Распад высших жирных кислот по механизму бета-окисления, органическая химия мобилизации алифатических радикалов.

12. Гликолиз и цикл трикарбоновых кислот. Биологическое окисление.

Бродильный тип метаболизма углеводов. Возможность извлечения энергии путём анаэробного метаболизма субстратов. Гликолиз как базовый путь переработки глюкозы. Типы брожения (гомоферментативное, гетероферментативное), основные метаболиты гликолитического пути. Пировиноградная кислота как донор C2-фрагмента – ацетильного производного коэнзима А. Дальнейшее расщепление ацетил-КоА по аэробному пути. Цикл трикарбоновых кислот. Промежуточные продукты ЦТК как сырьё для синтеза аминокислот. Получение АТФ клеткой при дыхании. Роль полученных в ЦТК восстановленных коферментов (NADH, NADPH, FADH₂). Цепь транспорта электронов. Превращение энергии электрохимического градиента протонов в энергию АТФ.

13. Метаболизм клетки. Сопряжение пластического и энергетического обмена.

Основные метаболические пути клетки, обеспечивающие её автономное функционирование. Понятие о канализировании метаболитов к ключевым соединениям. Связь между отдельными классами органических соединений, составляющих основу обмена веществ клетки. Общность процессов синтеза и распада в живой клетке. Способность к обмену веществ как важнейший признак жизни.

14. Регуляция обменных процессов клетки. Интегративные функции метаболизма.

Необходимость координации обменных процессов в клетке. Пути синхронизации метаболических процессов в клетках прокариот: компартментализация, каскадная организация, вторичные мессенджеры – производные ключевых клеточных метаболитов. Гормональная регуляция метаболизма.

Семестр: 5 (Осенний)

15. Внутриклеточная коммуникация. Гормоны. Рецепторы. Каналы.

Липиды, составляющие основу биологических мембран. Ганглиозиды, цереброзиды, изопреноиды, стероиды. Производные фосфатидной кислоты. Стероидные гормоны. Структура и состав мембран. Модель жидкой мозаики и её уточнение. Взаимодействие белков с мембранами. Гликопротеины. Строение бактериальной клеточной стенки. Сигналирование как метод регуляции времени жизни белка. Белки хрящевой ткани. Трансмембранные белки, их синтез, фолдинг и функции. Ковалентные взаимодействия мембранных белков с мембраной. Посттрансляционная модификация.

Микрофизика мембран: вязкость, текучесть, асимметрия листочков. Флиппазы и скрамблазы. Мембранные рафты. Индуцированный рецепторами и спонтанный эндоцитоз. Молекулы клеточной адгезии. NO как медиатор. Диффузия через мембраны: пассивная, облегчённая, энергозависимая. Ионные каналы. Натрий-калиевая АТФаза и возникновение трансмембранных ионных потенциалов. Белки-транспортёры. Модели работы каналов.

Гормоны и их синтез. Классы гормонов. Сигнальные каскады. Виды клеточных рецепторов, их классификация и механизмы действия. Мультидоменная архитектура рецепторных белков. Атриальный натриуретический пептид как модельный объект. Тирозинкиназы и их роль в передаче сигнала, растворимая протеинкиназа вируса саркомы Рауса. Гуанилатциклазная реакция. G-белки. Ras-белки и MAP-киназы. Мембраны как источник фосфат-содержащих вторичных мессенджеров. Протеинкиназа А. Регуляция G-зависимого ответа.

16. Биоэлектрические сигналы.

Возникновение биоэлектрических сигналов. Передача биоэлектрических сигналов.

17. Нейрохимия.

Потенциал действия, его возникновение и аттенюация. Передача нервного импульса. Строение нервной ткани. Синапсы, нейромедиаторы, обмен нейромедиаторов. Моноаминоксидаза. Нейротропные лекарственные препараты.

18. Избранные главы медицинской химии. Биохимические основы патогенеза некоторых заболеваний человека.

Строение и функции сократительных белков мускулатуры. Гладкая и поперечно-полосатая мускулатура, её локализация. Эффекторы гладкой мускулатуры. Актин-миозиновый комплекс. Дистрофин, взаимодействие цитоскелета клетки и сократимых элементов. Миодистрофия Дюшенна и её причины. Модели мышечного сокращения.

Строение и функции выделительной системы. Нефрон, его тонкая структура. Карбонат-бикарбонатная система и градиент ионов натрия, белки-переносчики. Транспорт азота в виде глутамина. Выделение аммиака. Первичная и вторичная моча, механизмы фильтрации и селективной концентрации. Вазопрессин, механизмы его действия. Ренин-ангиотензиновая система.

Сопряжение обменов и специализация органов. Сопряжение анаболизма и катаболизма через АТФ и НАДН. Термодинамика метаболизма, стехиометрия синтеза АТФ. АТФ в клетке как источник энергии и как регулятор. Потенциал фосфорилирования, АМРК-киназа. Различные предпочитаемые органами источники энергии и материи. Печень как ключевой для метаболизма орган. Регулировка пищевого поведения. Алкоголь и биохимия последствий алкоголизма.

19. Метаболизм азотистых соединений.

Биогенный цикл азота. Азотфиксация. Нитрогеназная реакция. Синтез аминокислот. Амфиболический обмен аминокислот, переаминирование. Реакции, катализируемые ферментами с тетрагидроfolатом. Сульфаниламидные антибиотики. Аминокислоты как нутриенты. Катаболизм азота и углеродного скелета аминокислот. Синтез пуринов и пиримидинов. Синтез нуклеотидов. Рибонуклеотидредуктазная реакция. Катаболизм нуклеотидов. Производные аминокислот: креатинин, эпинефрин, нейромедиаторы. Сопряжение обменов азотсодержащих соединений и магистрального метаболизма (ЦТК).

20. Общие свойства аминокислот и белков.

Лабораторная работа по теме "Общие свойства аминокислот и белков".

21. Методы исследования белков

Лабораторная работа по теме "Методы исследования белков".

22. Транскрипция. Трансляция. Синтез белка.

Лабораторная работа по теме "Разделение белков".

23. Разделение белков.

Лабораторная работа по теме "Разделение белков".

24. Ферменты.

Лабораторная работа по теме "Ферменты".

25. Методы исследования нуклеиновых кислот.

Лабораторная работа по теме "Методы исследования нуклеиновых кислот".

26. Углеводы.

Лабораторная работа по теме "Углеводы".

27. Липиды.

Лабораторная работа по теме "Липиды".

28. Гликолиз и цикл трикарбоновых кислот. Биологическое окисление.

Лабораторная работа по теме "Гликолиз и цикл трикарбоновых кислот. Биологическое окисление."

29. Метаболизм азотистых соединений.

Лабораторная работа по теме "Метаболизм азотистых соединений".

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций: аудитория, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

Помещение, специально оборудованное для проведения лабораторного практикума по биохимии с необходимыми реагентами и оборудованием: спектрофотометры, установки для гель-электрофореза, центрифуги, pH-метры.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Основы биохимии Ленинджера [Текст]. В 3 т. Т. 2. Биоэнергетика и метаболизм, [учеб. пособие для вузов] /Д. Нельсон, М. Кокс ; пер. с англ. Т. П. Мосоловой [и др.] ; под ред. А. А. Богданова, С. Н. Кочеткова%Leninger Principles of Biochemistry. М., Лаборатория знаний, 2020
2. Основы биохимии Ленинджера. В 3 томах. Том 3 = Lehninger Principles of Biochemistry /Д. Нельсон, М. Кокс ; перевод с английского Т. П. Мосоловой, О. В. Ефременковой ; под редакцией А. А. Богданова, С. Н. Кочеткова%iПути передачи информации, [учебное пособие]. Москва, Лаборатория знаний, 2017
3. Кольман Я., Рём К.-Г. Наглядная биохимия. М.: Лаборатория знаний, 2018. - 509 с.

Дополнительная литература

Рекомендованная литература для самостоятельного изучения:

Биохимия: учебник для студентов мед. вузов / под ред. Е. С. Северина. М.: ГЭОТАР - Медиа, 2013, 2015. 768 с.

Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. - М.: Просвещение, 1987.

Калоус В., Павличек З. Биофизическая химия; пер. с чеш. А. П. Сергеева. М. : Мир, 1985. 446 с.

Мецлер Д. Биохимия : Химические реакции в живой клетке. в 3 т. М.: Мир, 1980. Т. 1. 1980. 408 с.

Мусил Я., Новакова О., Кунц К. Современная биохимия в схемах. 2-е изд. М.: Мир, 1984. 215 с.

Филиппович Ю.Б. и др. Биохимические основы жизнедеятельности человека. М. : ВЛАДОС, 2005. 407 с.

Дутта А. Практикум по биологии. Долгопрудный: Интеллект, 2015. 400 с.

Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки: в 3 т. Molecular Biology of the Cell. М.; Ижевск : Ин-т компьютер. исследований, 2013 .М.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

При подготовке и чтении лекций может потребоваться следующее программное обеспечение: MS Word, MS Power Point, MS Visio. При самостоятельном изучении учебного материала необходимо наличие установленных: Acrobat Reader, DJVU Reader.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

Дополнительная литература, рекомендуемая для самостоятельного изучения:

1. Наглядная биохимия. Кольман Я., Рём К.-Г. М.: Мир, 2000. - 469 с.
2. Ленинджер А. Биохимия: Молекулярные основы структуры и функций клетки: Пер. с англ. - М.: Мир, 1974, 1976.
3. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. - М.: Просвещение, 1987.
4. Основы биохимии / А. Уайт, Ф. Хендлер, Э. Смит и др.: В 3-х т.: Пер. с англ. - М.: Мир, 1981.
5. Дюга Г., Пенни К. Биоорганическая химия: Пер. с англ. - М.: Мир, 1983.
6. Льюин Б. Гены: Пер. с англ. - М.: Мир, 1987.
7. Проблемы белка: Химическое строение белка / Попов Е.М., Решетов П.Д., Липкин В.М. и др. - М.: Наука, 1995. Белки и пептиды / Отв. ред. В.Т. Иванов, В.М. Липкин. - М.: Наука, 1995.
9. Практическая химия белка: Пер. с англ. / Под ред. А. Дарбре. - М.: Мир, 1989.
10. Авдонин П.В., Ткачук В.А. Рецепторы и внутриклеточный кальций, - М: Наука, 1994.
11. Биохимия мозга: Уч. пособие / Под ред. И.П. Ашмарина, П.Д. Стукалова, С.Д. Ещенко. - С.-П.: Изд-во С-ПГУ, 1999.
12. Ролан Ж -К., Селоши А., Селоши Д. Атлас по биологии клетки: Пер. с франц. - М.: Мир, 1978.
12. Геннис Р. Биомембраны: Молекулярная структура и функции: Пер. с англ. - М.: Мир, 1997.
13. Справочник биохимика / Досон Р., Эллиот Д., Эллиот У., Джонс К.: Пер. с англ. - М.: Мир, 1991.
14. Проблема белка: Пространственное строение белка / Попов Е.М., Демин В.В. и др., отв. ред. В.Т. Иванов, ред. Т.Н. Соркина. - М.: Наука, 1996.
16. Проблема белка: Структурная организация белка / Попов Е.М., отв. ред. В.Т. Иванов, ред. Т.И. Соркина. - М.: Наука, 1997.
17. Albert B., Lewis R., Watson H. Molekularbiologie der Zelle, Verlag Chemie, Weinheim, 3. Aufl. 1995.
18. Buddecke E. Grundriss der Biochemie, Verlag Walter de Gruyter, Berlin, 9. Aufl., 1994
19. Karlson P., Doenecke D., Koolman J. Kurzes Lehrbuch der Biochemie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 14 Aufl., 1993.
20. Löffler G., Petrides P.E. Physiologische Chemie, Springer-Verlag, Berlin, 5. Aufl., 1997
21. Murray R.R., Granner D.K., Mayers P.A., Podwell V.W. Harpers Biochemistry, Prentice Hall International, London, 24 ed., 1996.
22. Rawn J.D. Biochemistry, Neil Patterson Publishers, Burlington, 1989.
23. Stryer L. Biochemie, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, Heidelberg, 4. Aufl., 1996.
24. Voet D., Voet J.G. Biochemie, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1992

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Биотехнология
профиль подготовки:	Системная и синтетическая биология Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики департамент молекулярной и биологической физики
курс:	2
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 4 (весенний) - Дифференцированный зачет
- 5 (осенний) - Экзамен

Разработчик: Е.Е. Куликов, канд. биол. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на математических, физических, химических, биологических законах, закономерностях и взаимосвязях	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-6 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, проектировать элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-6.1 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской техники и современного технологического оборудования для осуществления биотехнологических процессов
	ОПК-6.2 Способен к оценке, анализу и интерпретации полученных в результате биотехнологических процессов данных
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики и биологии
	ПК-1.6 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим биотехнологическим оборудованием
	ПК-1.7 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.8 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории в письменной и устной форме

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Биоорганическая химия» обучающийся должен:

знать:

- ☐ фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной биологической химии;
- ☐ порядки численных величин, характерные для различных разделов химии живого;
- ☐ структуры и функции основных метаболитов энергетического и пластического обмена клетки;
- ☐ современные проблемы физики, химии, биологии, математики;
- ☐ современные подходы, применяемые в практической биологии (биотехнологии);
- ☐ экспериментальные основы биологической химии.

уметь:

- ☐ соотносить процессы, происходящие в живой клетке, с физическими и химическими процессами;
- ☐ ориентироваться в структурных формулах главных компонентов клетки (углеводы, в том числе полисахариды, аминокислоты, белки, нуклеотиды, нуклеозиды, нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК), липиды, витамины, стероидные гормоны);
- ☐ применять полученные теоретические знания о экспериментальных подходах в биологической химии для решения конкретных экспериментальных задач;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ производить численные оценки по порядку величины;
- ☐ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- ☐ видеть в биологических задачах физическое содержание;
- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- ☐ получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- ☐ работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования биологических задач;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль успеваемости осуществляется по результатам выполнения и сдачи лабораторных работ и ответов на контрольные вопросы по лекционному материалу.

Примеры контрольных вопросов:

1. Какие практические применения находят ферменты в практике науки и в быту? Является ли ферментативный катализ обратимым процессом?
2. Какие количественные параметры характеризуют ферментативный катализ? Что такое ингибиторы и активаторы ферментов? Расскажите об известных Вам вариантах кинетики ферментативных реакций?
3. Опишите известные Вам классы нуклеиновых кислот. Какова, на Ваш взгляд, очередность возникновения этих классов в ходе эволюции живого? В чём состоят принципиальная разница биологической химии этих классов?
4. Расскажите об известных Вам мономерах нуклеиновых кислот, путях синтеза и разнообразии форм нуклеиновых кислот в клетке. В каких биологических процессах преимущественно участвуют те или иные формы нуклеиновых кислот?
5. Какова роль нуклеиновых кислот? Способны ли они к катализу биологических реакций (если да, приведите, примеры)? Расскажите о бактериофагах, профагах и плаزمиде.
6. Расскажите о производных нуклеотидов, служащих универсальными энергетическими метаболитами клетки. Что такое макроэргические соединения? Как происходит запасание энергии в нуклеотидтрифосфатах? Что такое перефосфорилирование?
7. Расскажите об основных методах выделения и исследования нуклеиновых кислот. Какую биологическую информацию можно получать этими методами?
8. Опишите основные методы генной инженерии, Вам известные. Что такое эндонуклеазы рестрикции? Какие ферменты обмена нуклеиновых кислот применяются в генной инженерии?
9. Расскажите об основных закономерностях, определяющих процесс репликации ДНК. Зачем нужна репликация? Как происходит «контроль качества» при репликации? Опишите основные стадии репликации генома прокариот.
10. Расскажите о классификации ферментов согласно выполняемым ими функциям. Как именно происходит ферментативный катализ (на примере уреазы или другого белка)?

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень типовых контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 4 семестре:

1. Дайте определение жизни. Ограничивается ли жизнь клеточными формами? Какие формы жизни Вам известны? Для чего важно изучать химию живых систем?
2. Что такое биогенные элементы? Какими общими свойствами обладают биогенные элементы? Приведите примеры биогеохимических циклов, и важность их отдельных стадий.
3. Расскажите о наиболее масштабных открытиях в биологической химии. Какова роль биохимии в структуре современного знания?
4. Расскажите о принципах классификации аминокислот. Что такое стереоспецифичность? Почему именно аминокислоты наиболее подходят для создания биологических катализаторов? Какие именно реакции наиболее характерны для аминокислот?
5. Опишите основные свойства пептидной связи. Какие уровни организации структуры белка Вам известны? В чём состоит преимущество полипептидных цепей как строительного модуля?
6. Расскажите об основных вариантах классификации белков. Как может происходить возникновение новых вариантов белков? Возможна ли абиогенная эволюция?
7. Опишите известные Вам методы исследования белков. Какие именно биологические задачи можно решать этими методами?
8. Какими методами можно выделять и разделять белки? Расскажите о хроматографических и электрофоретических методах работы с белками.
9. Что такое протеомика? Какие принципиально новые биологические данные можно получить её методами?
10. Расскажите о классификации ферментов согласно выполняемым ими функциям. Как именно происходит ферментативный катализ (на примере уреазы или другого белка)?
11. Какие практические применения находятся для ферментов в практике науки и в быту? Является ли ферментативный катализ обратимым процессом?
12. Какие количественные параметры характеризуют ферментативный катализ? Что такое ингибиторы и активаторы ферментов? Расскажите об известных Вам вариантах кинетики ферментативных реакций?
13. Опишите известные Вам классы нуклеиновых кислот. Какова, на Ваш взгляд, очерёдность возникновения этих классов в ходе эволюции живого? В чём состоят принципиальная разница биологической химии этих классов?
14. Расскажите об известных Вам мономерах нуклеиновых кислот, путях синтеза и разнообразии форм нуклеиновых кислот в клетке. В каких биологических процессах преимущественно участвуют те или иные формы нуклеиновых кислот?
15. Какова роль нуклеиновых кислот? Способны ли они к катализу биологических реакций (если да, приведите, примеры)? Расскажите о бактериофагах, профагах и плаزمидях.
16. Расскажите о производных нуклеотидов, служащих универсальными энергетическими метаболитами клетки. Что такое макроэргические соединения? Как происходит запасание энергии в нуклеотидтрифосфатах? Что такое перефосфорилирование?
17. Расскажите об основных методах выделения и исследования нуклеиновых кислот. Какую биологическую информацию можно получать этими методами?
18. Опишите основные методы геномной инженерии, Вам известные. Что такое эндонуклеазы рестрикции? Какие ферменты обмена нуклеиновых кислот применяются в геномной инженерии?
19. Расскажите, что такое геномика, и что входит в компетенцию этой науки. Что такое биоинформатика? Какие биологические задачи можно решать методами геномики и биоинформатики?
20. Расскажите об основных закономерностях, определяющих процесс репликации ДНК. Зачем нужна репликация? Как происходит «контроль качества» при репликации? Опишите основные стадии репликации генома прокариот.
21. Какие механизмы репликации генома Вам известны? Одинаковы ли они для геномов различной топологии? Как происходит репликация одноцепочечных геномов (например, вирусных)?
22. Расскажите об основных ферментах, участвующих в репликации ДНК. Какова функция каждого из них?

23. В чём смысл явления транскрипции нуклеиновых кислот? Зачем нужен посредник между геномом и синтезом белка? Опишите основные события при транскрипции.
24. Как организована регуляция транскрипции у прокариот? Что такое промотор? Каковы основные отличия биологии гена у прокариот и эукариот?
25. Какие ферменты и белковые факторы участвуют в транскрипции? Что такое аттенуация промотора? Опишите основные принципы оперонной концепции, предложенной Жакобом и Моно (на примере регуляции транскрипции генов лактозного оперона).
26. Что такое центральная догма молекулярной биологии? В чём смысл векторности потока информации и материи в клетке? Как происходит реализация трёхмерных структур на основании одномерной генетической информации?
27. Что такое трансляция? Расскажите об основных механизмах трансляции у прокариот. Какие макромолекулы, комплексы молекул и низкомолекулярные вещества участвуют в трансляции? Как происходит декодирование триплетного кода?
28. Что такое генетический код? Является ли он общим для всех живых организмов? Каковы материальные основы молекулярной машины, декодирующей генетический код? Какова роль отдельных классов нуклеиновых кислот в трансляции?
29. Опишите известные Вам механизмы посттрансляционной модификации и фолдинга белка. В чём состоит их биологический смысл?
30. Расскажите об известных Вам соединениях класса углеводов. Какие функции и в каких отделах клетки они выполняют? Какова роль углеводов в обеспечении межклеточного взаимодействия и узнавания?
31. Опишите основные полисахариды клетки, известные Вам. В чём заключается главное отличие между базовыми метаболизмом углеводов у животных и растений? Какие приобретения и какие упущения получаются в каждом случае? Как углеводы химически связаны с другими классами соединений, важных для жизни клетки? Какие реакции наиболее характерны для углеводов?
32. Расскажите о роли липидов в обеспечении жизни клетки. Какие классы липидов Вам известны? Что служит субстратом, из которого синтезируются липиды? Опишите главные свойства и реакции липидов.
33. Как липиды участвуют в создании пространственной структуры живой клетки? Что такое компартментализация? Какие виды самоорганизации липидов в водных гетерофазных системах Вам известны?
34. Как происходит синтез и распад высших жирных кислот? Каковы основные реакции соединений класса липидов? Как липиды генетически связаны с другими классами биологически значимых соединений клетки?
35. Расскажите об основных реакциях, обеспечивающих живую клетку энергией. Что такое гликолитическое расщепление глюкозы? Что является главными продуктами гликолиза? Какие основные варианты броидильного (анаэробного) метаболизма Вам известны? Приведите примеры гомо- и гетерофемментативных брожений. Как способность некоторых микроорганизмов к брожению используется на практике?
36. Что такое окислительное фосфорилирование? Как достигается более полная утилизация клеткой питательных веществ за счёт окисления кислородом? Что такое цикл трикарбоновых кислот?
37. Роль цикла трикарбоновых кислот в жизни клетки. Материальный баланс цикла трикарбоновых кислот. Создание градиента концентрации протонов, и использование его энергии на синтез АТФ. Основные и побочные реакции цепи транспорта электронов.
38. Как в живой клетке осуществляется взаимодействие пластического и энергетического обменов? Какие виды запасных веществ Вам известны?
39. Что такое гормоны? Какие виды гормонов Вам известны? Какие примеры гормонально регулируемых процессов Вы можете привести?
40. Что такое вторичные мессенджеры? Для чего они используются? Как Вы считаете, в чём преимущества каскадной организации некоторых биохимических процессов?

Перечень типовых контрольных вопросов для сдачи экзамена в 5 семестре:

1. Биогенный цикл азота. Азотфиксация и редукция окисленных форм азота.

2. Связь между аминокислотами и кетокислотами. Реакции переаминирования. Пиридоксаль-зависимые ферменты.
3. Цикл мочевины и его связь с циклом трикарбоновых кислот.
4. Обмен пуринов и пиримидинов.
5. Синтез нуклеотидов. Структурные аналоги нуклеотидов как средства антиметаболической терапии.
6. Обмен глутамина и глутамата как ключевых компонентов азотистого обмена.
7. Основные компоненты биологических мембран. Липиды, их классы.
8. Фосфолипиды, производные стерина, сфинголипиды, цереброзиды, ганглиозиды, изопреноиды.
9. Биологически активные производные стерина. Стероидные гормоны, желчные кислоты.
10. Виды клеточных мембран и их липидный состав. Ультраструктура мембраны.
11. Мембранные белки и их модификации.
12. Структура клеточной стенки бактерий.
13. Гликопротеины и их биологические функции.
14. Гликопротеины как молекулы биологической специфичности. Группы крови. Структура хрящевой ткани.
15. Интегральные и поверхностные мембранные белки. Механизмы ассоциации белков с мембранами. Ковалентные и нековалентные взаимодействия белков и модификаторов. Основные структуры мембранных белков.
16. Липопротеины. Посттрансляционные модификации на примере фарнезилирования белка Ras.
17. Физика биологических мембран. Асимметрия липидного состава и её биологический смысл. Ассоциация мембранных структур, мембранные рафты.
18. Взаимодействие мембран и цитоскелета. Эндоцитоз, его механизмы.
19. Молекулы клеточной адгезии. Селектины, галектины.
20. Облегчённая диффузия и активный транспорт через мембраны.
21. Ионные каналы, их строение и функции.
22. Основные механизмы транспорта через мембраны: симпорт, антипорт, унипорт.
23. Натрий-калиевый насос: строение и биологический смысл.
24. ABC-транспортёры и транспорт различных групп веществ в клетки и наружу.
25. Гормоны: классификация, синтез, механизмы действия. Пептидные и стероидные гормоны, каскады MAP-киназ и непосредственное влияние на экспрессию генов.
26. Мембранные рецепторы. Основные структуры и механизмы действия.
27. Фосфорилирование/дефосфорилирование белков как метод регуляции обмена. Сигнальные протеинкиназы и протеинфосфатазы.
28. Механизм передачи и усиления сигнала через сопряжение рецептора с G-белком. Циклические нуклеотиды как вторичные мессенджеры.
29. Сопряжение белков в каскады на примере белка Ras. Роль сигналинга в онкогенезе.
30. Мембраны как источник вторичных мессенджеров.
31. Протеинкиназа A, её роль в клетке.
32. Возникновение биоэлектричества.
33. Структура и функции синапсов. Синтез и обратный захват нейромедиаторов, их основные классы и группы по активности.
34. Передача нервного импульса.
35. Структура мышечной клетки. Мышечное сокращение. Актин-миозиновый комплекс и его ферментативная активность.
36. Строение и функции выделительной системы. Структура нефрона.
37. Механизмы концентрации мочи и выведения/выделения продуктов обмена.
38. Сопряжение обменных процессов. Система АТФ и термодинамика метаболизма.
39. Потенциал фосфорилирования и его практический смысл.
40. Биохимия питания и пищеварения.

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач..

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении дифференцированного зачета студенты случайным образом выбирают два вопроса из приведённого выше списка для 4 семестр.

При проведении экзамена студенты случайным образом выбирают три вопроса из списка, предоставляемого им заранее (типичные вопросы приведены выше в перечне типовых контрольных вопросов для сдачи экзамена в 5 семестре). Студенты, прошедшие промежуточные аттестации с отличными отметками, освобождаются от одного из этих вопросов.