

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики**

В.В. Иванов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Молекулярные основы живых систем
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: О.И. Киселева, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры химической физики 29.05.2020

Аннотация

Курс "Молекулярные основы живых систем" имеет целью познакомить студентов с основным принципам строения живой материи, дать общее представление о структуре живой материи, веществах, служащих ее основой, биополимерах, входящих в состав живых организмов и производимых ими, их структуре и функциях. Задачей курса является заинтересовать студентов работой на стыке физики-химии-биологии, научить их разбираться в литературе, посвященной таким проблемам, дать понимание единства фундаментальных законов в живой и неживой природе, расширить представления о возможности приложения знаний, полученных ими в области физики и химии

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Молекулярная логика живого, особенности строения живой материи
2. Водородные связи. Растворение солей. Шкала pH
3. Хиральность биологических молекул. Аминокислоты
4. Первичная, вторичная, третичная структура белка
5. Фибриллярные и глобулярные белки
6. Ферменты - биологические катализаторы
7. Липиды и структура мембран
8. Углеводы
9. Структурные полисахариды
10. Нуклеиновые кислоты
11. Особые структуры ДНК
12. Структура и функции РНК
13. Трансляция (биосинтез белка)
14. Методы биоинженерии
15. Внеклеточные биологические системы

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- познакомить студентов с основным принципам строения живой материи, дать общее представление о структуре живой материи, веществах, служащих ее основой, биополимерах, входящих в состав живых организмов и производимых ими, их структуре и функциях.

Задачи дисциплины

- заинтересовать студентов работой на стыке физики-химии-биологии, научить их разбираться в литературе, посвященной таким проблемам, дать понимание единства фундаментальных законов в живой и неживой природе, расширить представления о возможности приложения знаний, полученных ими в области физики и химии.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
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
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы построения и функционирования живой материи.

уметь:

- применять знания в области химической физики для решения задач, связанных с биологическими системами.

владеть:

- базовой терминологией современных наук о жизни, способностью работать с литературой на стыке физико-химических и биологических дисциплин.

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

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Молекулярная логика живого, особенности строения живой материи	2			1
2	Водородные связи. Растворение солей. Шкала pH	2			1
3	Хиральность биологических молекул. Аминокислоты	2			1
4	Первичная, вторичная, третичная структура белка	2			1
5	Фибриллярные и глобулярные белки	2			1
6	Ферменты - биологические катализаторы	2			1
7	Липиды и структура мембран	2			1
8	Углеводы	2			1
9	Структурные полисахариды	2			1
10	Нуклеиновые кислоты	2			1
11	Особые структуры ДНК	2			1
12	Структура и функции РНК	2			1
13	Трансляция (биосинтез белка)	2			1
14	Методы биоинженерии	2			1
15	Внеклеточные биологические системы	2			1
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 8 (Весенний)

1. Молекулярная логика живого, особенности строения живой материи

Молекулярная логика живого, особенности строения живой материи. Многоуровневость организации живой материи. Законы сохранения энергии в биологии.

2. Водородные связи. Растворение солей. Шкала pH

Структура воды и льда. Водородные связи. Растворение солей. Амфипатические соединения. Ионизация воды. Шкала pH. Диссоциация и титрование слабых кислот. Буферные растворы. Физиологически важные буферы.

3. Хиральность биологических молекул. Аминокислоты

Хиральность биологических молекул. Аминокислоты. Образование пептидной связи. Структура полипептидной цепи. Иерархия структуры белков. Денатурация и мисфолдинг белков.

4. Первичная, вторичная, третичная структура белка

Первичная, вторичная, третичная структура белка. Конформация полипептидной цепи, ленточная модель представления структуры белков. Четвертичная структура белка. Супервторичная структура белка. Понятие белкового домена и белковой субъединицы.

5. Фибриллярные и глобулярные белки

Фибриллярные и глобулярные белки. Принципы построения белковых волокон (молекулярные канаты). Кератин. Коллаген. Эластин. Фиброин. Гемовое железо. Миоглобин. Гемоглобин. Кривые насыщения и кооперативность в биологических системах. Эффект Бора.

6. Ферменты - биологические катализаторы

Ферменты - биологические катализаторы. Классификация ферментов. Модели работы ферментов. Кинетический барьер и скорость ферментативной реакции. Кинетика Михаэлиса-Мэнтен. Аллостерическая регуляция. Конкурентное и неконкурентное (аллостерическое) ингибирование.

7. Липиды и структура мембран

Липиды и структура мембран. Жирные кислоты. Запасные, структурные липиды. Фазовые переходы. Самоорганизация. Подвижность липидов. Динамика мембран. Липопротеины. Классификация мембранных белков.

8. Углеводы

Углеводы ($(CH_2O)_n$), сахара. Связи между сахарами. Резервные полисахариды: крахмал, амилопектин, декстраны. Утилизация и синтез резервных полисахаридов.

9. Структурные полисахариды

Структурные полисахариды: целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин. Инженерные принципы строения клеточных стенок растений и древесины. Бактериальная целлюлоза. Хитин. Хитозан. Муреиновый каркас. Строение клеточных стенок бактерий.

10. Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты. Центральная догма молекулярной биологии о потоке информации в клетке. Полинуклеотиды. Спаривание оснований. Двойная спираль ДНК. Репликация ДНК *in vitro* (полимеразная цепная реакция).

11. Особые структуры ДНК

Особые структуры ДНК. Денатурация ДНК. Суперспирализация ДНК. Репликация ДНК. ДНК в нанотехнологии, ДНК-оригами.

12. Структура и функции РНК

Структура и функции РНК. Типы РНК. Вторичная структура РНК. Транскрипция. Созревание РНК. Дополнительные информационные пути. Обратная транскрипция. Теломерные повторы и теломеразы.

13. Трансляция (биосинтез белка)

Трансляция (биосинтез белка). Генетический код. Рибосомы прокариот и эукариот. Сборка рибосом. Образование пептидной связи. Локализация процессов транскрипции и трансляции.

14. Методы биоинженерии

Методы биоинженерии. Клонирование. Получение генетически модифицированных организмов.

15. Внеклеточные биологические системы

Внеклеточные биологические системы. Вирусы, вирионы, прионы.

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

учебная аудитория, оснащенная доской, экраном и медиапроектором

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. A. Lehninger, Nelson D.L., Cox M.M. Principles of Biochemistry. Worth publishers, New York, 1993.
2. Б. Альбертс и др. Молекулярная биология клетки. Том 1. Изд. «Мир», Москва, 1994

Дополнительная литература

1. Д. Мецлер. Биохимия. Том 1. Изд. «Мир», Москва, 1994

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)

не предусмотрены.

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.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	О.И. Киселева, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
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
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Молекулярные основы живых систем» обучающийся должен:

знать:

- основные принципы построения и функционирования живой материи.

уметь:

- применять знания в области химической физики для решения задач, связанных с биологическими системами.

владеть:

- базовой терминологией современных наук о жизни, способностью работать с литературой на стыке физико-химических и биологических дисциплин.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме

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

Вопросы для дифференцированного зачета:

- Чем живые системы отличаются от неживых?
- Какие классы биополимеров существуют?
- За счет чего живые системы создают и поддерживают свою упорядоченную структуру?
- Какова роль гидрофобного эффекта в организации живой материи?
- Что такое константа равновесия для химической реакции?
- Что такое ионное произведение воды, чему оно равно?
- Напишите уравнение Хендерсона-Хассельбалха
- Каков физический смысл константы равновесия?
- Что такое буферный раствор? Приведите примеры физиологически важных буферов
- Как приготовить простейший буфер на заданный pH?
- Перечислите уровни организации белков, что определяет каждый из уровней?
- Назовите основные элементы вторичной структуры белка
- Приведите два примера фибриллярных белков, опишите их 4-ю структуру
- Какие факторы способствуют, а какие препятствуют образованию альфа-спирали?
- Что такое денатурация белка?
- Что такое белковый домен?
- Что такое белковая субъединица?
- Какие биополимеры (название) составляют основу таких важных материалов, как: древесина, хлопчатобумажная ткань, кожа, шерсть, шелк?

- Что такое степень насыщения для гемоглобина? Нарисовать примерную форму кривой зависимости от давления кислорода
- Что такое «скрученная спираль» (coiled coil)?
- Приведите пример левозакрученной спирали в белках
- Как константа скорости реакции связана с высотой активационного барьера?
- Как связаны константа равновесия и изменение свободной энергии в ходе реакции при стандартных условиях?
- Что такое активационный барьер?
- От чего зависит направление ферментативной реакции?
- От чего зависит скорость реакции при стандартных условиях?
- Каким взаимодействием стабилизирован липидный бислой? Опишите строение липидного бислоя
- Опишите план строения биологической мембраны. За счет чего интегральные белки держатся в липидном бислое?
- От чего зависит температура плавления жира?
- Чем отличается крахмал от целлюлозы по химическому строению? Нарисуйте формулы.
- С какого конца начинается расщепление резервных полисахаридов?
- Какая основная компонента сухой древесины?
- Что такое амилопектин? Как он устроен? нарисуйте общий план строения молекулы
- Что такое пектин и где он встречается? Какова его функция?
- Из чего состоит наружный скелет ракообразных, паукообразных и насекомых? К какому классу относится это соединение?
- Из чего можно получить хитозан?
- Опишите структуру клеточной стенки грам-положительных и грам-отрицательных бактерий. Сколько мембран имеют такие бактерии?
- Что такое муреиновый каркас? Опишите строение
- Где хранится ДНК в эукариотической клетке?
- Может ли ДНК возникать de novo?
- Каковы функции ДНК?
- Что понимается под денатурацией ДНК?
- Что такое «ведущая» и «отстающая» цепи при репликации ДНК? В чем «проблема» синтеза отстающей цепи?
- Что такое фрагменты Оказаки?
- С чего начинается синтез любой ДНК?
- В чем содержание центральной догмы молекулярной биологии?
- Какие структуры могут возникать в ДНК (помимо В-формы)? В какую сторону закручена спираль В-формы ДНК? Z-формы?
- В какую сторону движется репликативная вилка?
- Как обозначаются (называются) концы полипептидной цепи, полисахаридов, нуклеиновых кислот?
- Что такое суперспирализация ДНК? Какова ее роль при репликации?
- Как расшифровать ПЦР (PCR)? В чем ее суть?
- Какие типы РНК существуют? Каковы их функции?
- Какие комплементарные пары оснований встречаются в ДНК? В РНК?
- Как тРНК узнает соответствующий кодон на мРНК?
- Перечислите основные структурные отличия РНК от ДНК
- Что такое рамка считывания?
- Что такое генетический код?
- Что такое стоп-кодон?
- К какому концу присоединяются рибонуклеотиды при транскрипции?
- Что такое рибосома? Из чего она состоит?
- С какого конца начинается синтез пептидов?
- Что выступает в роли адаптера при перекодировке из нуклеотидной последовательности в аминокислотную?
- Откуда берется энергия для биосинтеза белка?

- Что происходит раньше, транскрипция или трансляция?
- Что такое клонирование?
- К какому классу относятся такие биополимеры, как хитозан, пектин, амилопектин?
- Чем гликоген отличается от амилопектина?

Критерии оценивания

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 обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать одного астрономического часа.