

**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**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в клеточную и молекулярную биологию
<b>по направлению:</b>	Биотехнология
<b>профиль подготовки:</b>	Биотехнология
	Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики
	центр образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет

2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 105 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: Г.А. Носов, phd (канд. биол. наук)

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики 22.07.2022

## Аннотация

Курс «введение в клеточную и молекулярную биологию» является ключевым компонентом образовательного процесса, поскольку в нем закладываются понятия и подходы, необходимые при освоении всех последующих биологических курсов. Более того, в процессе обучения у слушателей формируется целостное представление о функционировании биологических систем различного ранга. Более того, в курсе закладывается логика исследовательского мышления и стратегия планирования как отдельных экспериментов, так и полноценных исследований.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины являются формирование целостного представления о функционировании клеток и организмов, базовые принципы системной и синтетической биологии.

#### Задачи дисциплины

- ознакомить слушателей с современными представлениями о строении и функционировании клеток про- и эукариот;
- сформировать целостное представление о клетке, как о саморегулирующейся и самоподдерживающейся биологической системе;
- развить у слушателей исследовательское мышление, умение анализировать научную литературу, научные статьи;
- научить слушателей ставить исследовательские задачи и проектировать экспериментальную деятельность.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.5 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.7 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

строение и функции органоидов клетки, этапы клеточного деления, компоненты ЭТЦ митохондрий и хлоропластов, внутриклеточные сигнальные каскады.

уметь:

читать и анализировать научно-исследовательскую литературу по темам клеточная и молекулярная биология на английском языке. Обрабатывать результаты экспериментальных данных, полученных при исследовании клетки. Проектировать исследовательскую деятельность в области молекулярной и клеточной биологии.

владеть:

навыками исследовательской деятельности, навыками самостоятельного поиска информации по дисциплине.

#### 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	Принципы организации клетки как биологической системы. Методы и подходы клеточной биологии	6			15
2	Основные классы биомолекул. Принципы реализации генетической программы	6			15
3	Плазматическая мембрана. Физико-химические принципы организации биологических мембран. Транспорт через мембрану. Электрические явления на биологических мембранах	10			15
4	Мембранная биоэнергетика. Дыхание. Фотосинтез	8			15
5	Реализация генетической информации	6	6		9
6	Цитоскелет и транспортные системы клетки	6	6		9
7	Передача сигналов внутри клетки	6	6		9
8	Клеточный цикл. Апоптоз и онкогенез	6	6		9
9	Молекулярные и клеточные принципы организации многоклеточного организма	6	6		9
Итого часов		60	30		105
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Принципы организации клетки как биологической системы. Методы и подходы клеточной биологии

Общие представления о биологических системах. Принципы организации живого. Подверженная ошибкам репликация. Обмен веществ и энергии. Принципы устройства прокариотической клетки: генетический аппарат, аппарат биосинтеза белка, метаболический аппарат, плазматическая мембрана. Гипотезы происхождения эукариотических клеток. Симбиогенез. Гипотезы возникновения клеточного ядра. Вторичный и третичный эндосимбиоз. Посклеточные и надклеточные структуры многоклеточных организмов. Синцитии и симпласты животных. Фрагмобластема растений. Сифональные талломы фодорослей. Плазмодияльные организмы. Методы микроскопии. Светопольная, темнопольная, фазово-контрастная и другие формы оптической микроскопии. Флуоресценция. Флуоресцентная микроскопия. Флуорофоров, используемые во флуоресцентной микроскопии: органические флуорофоров, флуоресцентные белки, квантовые точки. Конфокальная и light-sheet микроскопия. Физические принципы, используемые в субдифракционной оптической микроскопии. PALM, STORM, STED, PAINT, Expansion microscopy. 3D-реконструкция при субдифракционной оптической микроскопии. Методы электронной микроскопии. TEM, SEM. Корреляция изображений электронной и оптической микроскопии. Метод клеточных культур для работы с клетками млекопитающих. Прикрепленные и суспензионные клеточные культуры. Выращивание клеток, тканей и органов человека из индуцированных плюрипотентных стволовых клеток. Мозговые органоиды. Метод поточной цитометрии.

## 2. Основные классы биомолекул. Принципы реализации генетической программы

Водная и неполярная фазы в клетке. Особенности молекулы воды, определяющие физические свойства растворителя. Процесс растворения неполярных, полярных и заряженных соединений. Буферные растворы, свойства буферных растворов. Буферы, используемые в живых клетках. Основные функциональные группы органических соединений. Классы соединений, синтезируемых в живых организмах. Явление оптической изомерии. R/S и L/D номенклатура. Метаболом. Первичные и вторичные метаболиты. Метаболические пути. Термодинамические принципы организации метаболических путей. «Макроэнергетические соединения». Полимеры. Классы полимеров: направленные, регулярные, нерегулярные. Нерегулярные полимеры и подверженная ошибкам репликация как способ возникновения новой информации в живых системах. Моно-, ди- и полисахариды, их разнообразие и функции. Разнообразие протеиногенных аминокислот. Эволюция генетического кода. Вторичная структура белка. Физические принципы, лежащие в основе фолдинга белковых молекул. Третичная структура. Парадокс Левинталя и его разрешение. Мультисубъединичные комплексы. Ферменты. Моторы – ферменты, осуществляющие механическую работу. Нуклеотиды, их роль в клетке. Способы соединения нуклеотидов. Нуклеозиддифосфатсахара. Нуклеиновые кислоты. Рибозимы, их разнообразие, функции и эволюция.

## 3. Плазматическая мембрана. Физико-химические принципы организации биологических мембран. Транспорт через мембрану. Электрические явления на биологических мембранах

Жидкие кристаллы. Свойства липидных мембран. Диффузия в липидной мембране и через нее. Разнообразие мембранных липидов: глицеролипиды, сфинголипиды, стероиды, липополисахариды, липиды архей. Свойства мембраны, определяемые ее липидным составом. Липидный состав различных мембран клетки. Липидные микродомены, рафты. Мембранные белки. Топология трансмембранных белков. Функции мембранных белков. Виды транспорта через мембрану. Физические принципы, ограничивающие простую диффузию соединений через липидную мембрану. Перенос ионов через неполярную фазу. Облегченная диффузия. Аквапорины. Разнообразие ионных каналов. Состояния ионного канала. Ионофоры. Переносчики на примере переносчиков глюкозы. Первично-активный транспорт. Источники энергии для первично-активного транспорта. Бактериородопсины. Электрон-транспортные цепи. Разнообразие АТФаз. Вторично-активный транспорт. Сочетание разных видов мембранного транспорта в энтероците, клетке извитого канальца, париетальной клетке желудка. Кальциевый метаболизм. Уравнение Нернста. Роль ионных каналов в генерации потенциала на мембране. Мембранный потенциал покоя. Локальные флуктуации потенциала на мембране. Постсинаптические потенциалы. Потенциал концевой пластинки. Потенциал действия на аксоне. Потенциал действия кардиомиоцита. Токсины, влияющие на электрические явления на мембранах.

## 4. Мембранная биоэнергетика. Дыхание. Фотосинтез

Хемиосмотическое сопряжение как основа биоэнергетики. Принципы устройства электрон-транспортной цепи. Градиент восстановительного потенциала различных переносчиков электрона. Никотиновые и флавиновые нуклеотиды. Хиноны. Железо-серные кластеры. Цитохромы. ЭТЦ протобиологических систем. ЭТЦ дыхания митохондрий млекопитающих. Дыхательные комплексы. Компоненты ЭТЦ – мишени токсинов. Термогенез. ЭТЦ митохондрий растений. Дыхательные ЭТЦ прокариот. Разнообразие типов дыхания прокариот: виды аэробного и анаэробного дыхания. Фотосинтетические пигменты. Фотосистемы. Антенные комплексы фотосистем. ЭТЦ фотосинтеза пурпурных бактерий. ЭТЦ фотосинтеза зеленых бактерий. ЭТЦ фотосинтеза синезеленых водорослей и хлоропластов.

## Семестр: 2 (Весенний)

### 5. Реализация генетической информации

ДНК как носитель генетической информации. Состав последовательностей ДНК про- и эукариот. Структура прокариотического генома. Оперонная структура гена. Катаболические и анаболические опероны. Принципы регуляции работы прокариотического генома. Структура генома эукариот. Бюрократический потолок генома. Доля интронов в генах разных организмов. С-value парадокс. Компоненты генома эукариот. Происхождение и эволюция подвижных элементов генома. РНК-полимеразы про- и эукариот. Процессинг пре-мРНК. Сплайсинг. Альтернативный сплайсинг. Перетасовка экзонов как путь создания разнообразия белков эукариот. Трансляция. Этапы трансляции. Кэп-независимая трансляция. Регуляция экспрессии белка при помощи некодирующих РНК. Биосинтез мембранных белков эукариот. 7S РНК.

### 6. Цитоскелет и транспортные системы клетки

Компоненты цитоскелета эукариот. Прокариотические белки-предшественники цитоскелета. Тубулин. Микротрубочки, дуплеты и триплеты. Динамическая нестабильность микротрубочек. Расположение и динамика микротрубочек в живой клетке. Белки, ассоциированные с микротрубочками. Моторы: динеин и кинезин. Роль динеина и кинезина в транспортных процессах в клетке. Поведение микротрубочек при клеточном делении. Строение и работа эукариотического жгутика. Разнообразие жгутиков эукариот. Другие структуры эукариотической клетки, образованные микротрубочками. Аксоподии. Токсины, действующие на микротрубочки: колхицин, таксол. Актин. Динамика актиновых филаментов. Расположение актина в клетке. Кортикальный цитоскелет, филоподии, ламеллоподии, филоподии, лобоподии, эруптивные псевдоподии. Белки, ассоциированные с актиновыми филаментами. Роль актина в позиционировании мембранных белков. Разнообразие миозинов. Принцип работы миозина. Мышечное сокращение гладких мышц. Киназа легких цепей миозина. Мышечное сокращение поперечнополосатых скелетных мышц. Тропониновый комплекс, тропомиозин. Сокращение кардиомиоцита. Токсины, действующие на актиновые филаменты: цитохалазин, латрункулин, фаллоидин. Ядерная ламина. Преобразования ядерной ламины в ходе кариокинеза. Промежуточные филаменты. Спектриновый цитоскелет. Нейрофиламенты. Созревание кератиноцита. Вакуоль. Транспорт везикул в эукариотической клетке. SNARE-белки, COPI, COPII, клатрин. Динамин. Экзо- и эндоцитоз синаптических везикул. Эндоплазматический ретикулум. Аппарат Гольджи. Ядерная оболочка. Транспорт через ядерные поры. Структура ядерного порового комплекса. Системы ядерного импорта и экспорта. NLS и NES.

### 7. Передача сигналов внутри клетки

Принципы организации сигнальных каскадов. Положительная и отрицательная обратная связь. Типы рецепторов: ионные каналы, тирозинкиназы, GPCRs. Сигналинг через GPCR. Бета-адренорецептор и сигнальный каскад в печени. Аденилатциклаза. Фосфолипаза C. Гуанилатциклазы. NO-сигналинг. Кальциевый сигналинг. MAPK-каскады. Фоторецепция. Регуляция поляризации клетки. Сигналинг стероидных гормонов.

### 8. Клеточный цикл. Апоптоз и онкогенез

Типы митоза эукариот. Поведение цитоскелета в различных типах митоза. Поведение хромосом в ходе митоза. Регуляция клеточного цикла. Система циклин-CDK. Механизмы цитокинеза. Эндомиоз. Политенные хромосомы. Возникновение мейоза в эволюции: гипотезы и предпосылки. Положение мейоза в жизненном цикле различных организмов. Генетическая рекомбинация при мейозе. Роль некодирующих РНК в подавлении подвижных генетических элементов при мейозе. Типы клеточной гибели. Механизмы запуска апоптоза. Каспазы и прокаспазы. Апоптосома. Белок p53. Неканонические формы клеточной гибели. Онкогенез. Протоонкогены и онкосупрессоры. Этапы опухолевой трансформации.

#### 9. Молекулярные и клеточные принципы организации многоклеточного организма

Адгезивные белки. Кадгерины. Интегрины – строение, разнообразие и происхождение. Белки плотных контактов. Синаптические адгезивные белки: нейрексин и нейролиггин. Белки клеточного матрикса: коллагены, эластины, ламинины. Созревание коллагенов. Строение базальной пластинки. Фибронектин. Типы клеточных контактов. Адгезивные контакты, плотные контакты, десмосомы, полудесмосомы, фокальные контакты, нексусы. Химический синапс. Иммунологический синапс. Гормональная регуляция. Тканевая организация губок и трихоплакса. Основные типы тканей у Metazoa. Тканевая инженерия.

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

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного / семинарского типа;
- аудитории, оснащенные компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет»;
- компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система),
- индивидуальные вычислительные средства студентов (персональные компьютеры) для выполнения домашних заданий.

### 6. Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

Литература предоставляется базовой кафедрой:

1. Б.Албертс и др «Молекулярная биология клетки», издательство «Мир» Москва, 1998 (2007 – предпочтительно).
2. Ю.И.Афанасьев, Н.А.Юрина «Гистология, цитология и эмбриология», издание 5, 2002, Москва «Медицина».
3. Клетки по Льюину / Л. Кассимерис [и др.] ; пер. 2-го англ. изд. — М. : Лаборатория знаний, 2016. — 1056 с. : цв. ил.

#### Дополнительная литература

Литература предоставляется базовой кафедрой:

1. В.Л.Быков «Цитология и общая гистология. Функциональная морфология клеток и тканей человека», СОТИС Санкт-Петербург.
2. К.Свенсон, П.Уэбстер «Клетка», - «Мир», Москва, 1980.
3. А. Ройт, Дж. Бростофф, Д. Мейл «Иммунология» - «Мир», Москва, 2000.
4. Г.-Р. Бурместер, А. Пецутто «Наглядная иммунология» 3-е изд. БИНОМ, 2014.

### 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)

Google Drive для доступа к материалам курса. Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

## 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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Биотехнология
<b>профиль подготовки:</b>	Биотехнология Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики центр образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	Г.А. Носов, phd (канд. биол. наук)



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.5 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.7 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в клеточную и молекулярную биологию» обучающийся должен:

### знать:

строение и функции органоидов клетки, этапы клеточного деления, компоненты ЭТЦ митохондрий и хлоропластов, внутриклеточные сигнальные каскады.

### уметь:

читать и анализировать научно-исследовательскую литературу по темам клеточная и молекулярная биология на английском языке. Обработать результаты экспериментальных данных, полученных при исследовании клетки. Проектировать исследовательскую деятельность в области молекулярной и клеточной биологии.

### владеть:

навыками исследовательской деятельности, навыками самостоятельного поиска информации по дисциплине.

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

1 семестр.

1 часть. Клетка – общие представления.

1.1. Какие постклеточные структуры встречаются в многоклеточных организмах? Как они возникают, как устроены и какие функции выполняют?

1.2. Как матричный биосинтез, в сочетании с случайными ошибками и естественным отбором, приводят к эволюции биологических систем. Приведите примеры матричного биосинтеза. В каких случаях ошибки, возникающие при матричном биосинтезе, могут закрепиться и передаваться потомкам, а в каких случаях – нет?

1.3. Какие силы принимают участие в сворачивании белковой молекулы? Почему в растворах с высокой концентрацией солей или детергентов (поверхностно-активных веществ) многие белки денатурируют? В чем состоит парадокс Левинталя и как он разрешается?

1.4. Шапероны – кто они? И зачем они нужны, если фолдинг – самопроизвольный процесс?! И почему сворачивание белка с участием шаперонов (опять же, самопроизвольный процесс!!!) требует затрат АТФ?!

1.5. Что такое генетический код и как он отличается у разных организмов? Каким образом (квази)универсальность генетического кода может использоваться учеными при создании трансгенных организмов? Почему иногда все же приходится менять кодоны при переносе генов из одного организма в другой хотя генетические коды могут полностью совпадать? – вопрос со звездочкой\*

1.6. Чем транскрипция отличается от репликации? А что у них общего? В какие процессы может быть вовлечена РНК в клетке эукариот, после того, как ее транскрипция завершена? Как эукариоты «умудряются» кодировать несколько белков на одном гене?

1.7. Какие методы световой микроскопии Вам известны? Чем световая микроскопия отличается от электронной? Вы изучаете микроскопического рачка-циклопа. Вам нужно выполнить следующие наблюдения: (А) посмотреть, как живой рачок плавает в капле воды (Б) изучить внешнее строение компонентов ротового аппарата рачка (В) посмотреть расположение мышц внутри рачка (Г) измерить размер митохондрий в мышцах рачка. Какие методы микроскопии Вы бы использовали? Примем, что рачок прозрачен и слишком мал, чтобы его препарировать – можно или смотреть на него целого, или изготавливать тонкие срезы.

1.8. Что такое дифракционный предел разрешения? Какие ограничения он создает для микроскопии? Какие физические принципы применяются в микроскопии сверхвысокого разрешения для преодоления дифракционного барьера?

1.9. Флуоресценция – в чем физический принцип? Какие флуоресцентные молекулы можно использовать для визуализации внутриклеточных структур? Как ими можно метить те самые внутриклеточные структуры? Как устроен флуоресцентный микроскоп, позволяющий давать многоцветные картинки?

1.10. Метод клеточных культур. В чем же он состоит? Как и для каких целей выращивают клетки многоклеточных животных вне организма? Какие условия необходимо создать для поддержания их жизнеспособности?

2 часть. Плазматическая мембрана: транспорт, клеточные контакты.

2.1. Какие поверхностные структуры могут присутствовать на клетках бактерий, грибов, растений, животных и простейших? Чем они отличаются? Почему у одних клеток присутствует плотная клеточная стенка, а у других ее нет? Как это связано с водным балансом?

2.2. Какие компоненты присутствуют в плазматической мембране? Почему мы называем мембрану «жидким кристаллом»? В чем особенность мембран архей, бактерий, эукариот? Какими способами белки могут крепиться к плазматической мембране?

2.3. Какие функции выполняют мембранные белки? Приведите примеры мембранных белков, выполняющих разные функции. Чем отличаются белки-каналы, белки-переносчики и белки-насосы? Приведите пример процесса, в который вовлечены все три типа транспортных белков.

2.4. Какие соединения переносятся через плазматическую мембрану без участия переносчиков и почему? Почему вода, хотя она и полярна, может проходить мембрану без участия переносчиков? Почему в некоторых клетках, эти переносчики для воды все же присутствуют? Почему натрий переносит мембрану только путем облегченной диффузии, а вот ион I<sup>3-</sup> может пересекать мембрану простой диффузией?!

2.5. Соотношение первично-активного и вторично-активного транспорта через мембрану. Какие белки отвечают за создание разности концентраций ионов по обе стороны плазматической мембраны: животной клетки? Растительной клетки? Клетки аэробной бактерии? Клетки бактерии-броидильщика?

2.6. Кальций. Какие транспортные системы вовлечены в транспорт кальция через мембраны клетки. В каких внутриклеточных процессах участвует кальций? Приведите примеры этих процессов.

2.7. Мембранный потенциал. Как он формируется? Как рассчитать равновесные потенциалы для ионов на мембране? Как, зная равновесные концентрации ионов рассчитать мембранный потенциал? Какие ионы наиболее важны для формирования мембранного потенциала обычной животной клетки? Роль каких возрастает при потенциале действия нейрона? Кардиомиоцита?

2.8. Потенциал действия нервной клетки и кардиомиоцита. Из каких фаз состоит потенциал действия и какие механизмы его обеспечивают? Чем потенциал действия отличается от потенциала покоя? Как электрические свойства мембраны обеспечивают пейсмейкерную деятельность сердца?

2.9. Какие клеточные контакты присутствуют в эпителиальной клетке? Опишите их. Чем они отличаются от контактов мигрирующего фибробласта? Какие из этих контактов являются кальций-зависимыми, а какие-нет?

2.10. Синапс. Опишите строение синапса. В чем структурные и функциональные отличия электрических и химических синапсов? В чем различия синапса центральной нервной системы и нервно-мышечного синапса? Опишите основные процессы, протекающие при передаче возбуждения от пресинапса к постсинапсу.

3 часть. Цитоскелет.

3.1. Микротрубочки: строение и расположение внутри клетки. Структуры, образуемые микротрубочками. Какие белки-моторы связаны с микротрубочками и как они функционируют.

3.2. На чем основана динамика микротрубочек? В каких процессах в клетке она может проявлять себя? Какие яды влияют на динамику микротрубочек в клетке?

3.3. Микрофиламенты: строение и расположение внутри клетки. Структуры, образуемые микрофиламентами. Какие белки, связываясь с микрофиламентами, определяют их стабильность и скрепление друг с другом и другими внутриклеточными компонентами?

3.4. Амебоидное движение vs жгутики: различия и механизмы. Чем различаются разные варианты амебоидного движения?

3.5. Миозины: разнообразие и механизм работы. Чем отличаются процессивные миозины от непроцессивных? Миозин V как пример процессивного миозина.

3.6. Мышечное сокращение. Строение миозина II. Как непроцессивный миозин может участвовать в мышечном сокращении? Какие белки участвуют в регуляции сокращения гладкой мышцы и поперечно-полосатой. Как возникает трупное окоченение?

2 семестр.

4 часть. Биоэнергетика.

4.1. Дыхательная цепь митохондрий Животных. Сравнительная характеристика дыхательной цепи митохондрий животных и дыхательной цепи митохондрий растений.

4.2. Сравнительная характеристика дыхательной цепи митохондрий животных и дыхательной цепи аэробных бактерий.

4.3. Аэробное и анаэробное дыхание. Отличия дыхания от брожения.

4.4. Фотосинтетическая ЭТЦ - нециклический перенос электронов.

4.5. Фотосинтетическая ЭТЦ - циклический перенос электронов.

4.6. Сравнительная характеристика фотосинтетической и дыхательной ЭТЦ.

5 часть. Генетические компоненты

5.1. Транскрипция про- и эукариот: сходства и различия

5.2. Организация хроматина в клеточном ядре.

5.3. Особенности организации ядра динофитовых водорослей

5.4. Особенности организации ядра сперматозоидов

5.5. Ядерный дуализм у инфузорий: что это и зачем

5.6. Митоз и мейоз: сравнительная характеристика.

5.7. Судьба хромосом в ходе митоза и мейоза.

5.8. Судьба цитоскелета в ходе митоза и мейоза.

5.9. Позиция мейоза в жизненном цикле разных организмов.

5.10. Возникновение и роль полового процесса у эукариот.

5.11. Сравнительная характеристика сперматогенеза и оогенеза у млекопитающих.

6 Часть. Основы науки о тканях

6.1. Ткани. Разнообразие эпителиальных тканей.

6.2. Структурные компоненты межклеточного матрикса.

6.3. Распределение различных типов эпителиев в организме человека.

6.4. Типы секреции в железах.

- 6.5. Разнообразие соединительных тканей.
- 6.6. Строение и распределение скелетных тканей в организме человека.
- 6.7. Мышечная ткань: различия организации сократительного аппарата и регуляция сокращения в разных типах мышц.
- 6.8. Мышечная ткань: строение и локализация в организме.
- 6.9. Глиальные клетки: разнообразие и функции.
- 6.10. Гематоэнцефалический барьер.
- 6.11. Разнообразие синапсов. Принципы передачи информации в синапсе.
- 6.12. Раковая трансформация клеток: основные генетические маркеры.
- 6.13. Раковая трансформация клеток: подходы к терапии.
- 6.14. Заболевания, связанные с нарушением межклеточных контактов эпителиальных тканей: причины и подходы к терапии.
- 6.15. Заболевания, связанные с нарушением межклеточных контактов нервной и мышечной ткани: причины и подходы к терапии.
- 6.16. Заболевания, связанные с нарушением межклеточного матрикса: причины и подходы к терапии.
- 6.17. Формы клеточной смерти: апоптоз, некроз и прочие варианты.
- 6.18. Механизмы запуска апоптоза. Роль апоптоза в развитии многоклеточного организма.
- 6.19. Каспазы: типы и механизмы действия. Апоптосома.

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

1 семестр.

1. Бактерия содержит одну копию кольцевой геномной ДНК размером  $4 \times 10^6$  пар оснований. Используйте величины  $6 \times 10^{23}$  для числа Авогадро и 660 для молекулярной массы 1 пары оснований ДНК. Длина 10 пар оснований в линейной ДНК составляет 3,4 нм.
  - a. Если диаметр этой сферической клетки 1  $\mu\text{m}$ , то какой будет молярная концентрация ДНК в этой клетке?
  - b. Если предположить, что конформация ДНК соответствует предложенной Уотсоном и Криком, то какой будет длина бактериальной ДНК?
  - c. Сколько бактериальных клеток необходимо для получения 1 мг ДНК?
2. Клетка кишечной палочки имеет форму цилиндра длиной 2  $\mu\text{m}$  и шириной 1  $\mu\text{m}$ . Внутриклеточный pH составляет 7.6. Какое количество протонов (в штуках) содержится внутри клетки бактерии.
3. Предположим, что усреднённая клетка паренхимы клубня картофеля имеет кубическую форму с ребром 50  $\mu\text{m}$ . Сколько клеток содержится в одном клубне картофеля диаметром 6 см. (форму клубня примем за сферу).
4. В недалеком будущем при исследовании отдаленных участков Солнечной системы (например, спутников Юпитера) человечество может столкнуться с новыми одноклеточными формами жизни. Несмотря на конвергенцию общих принципов устройства клеток и метаболизма, они могут значительно отличаться от земных форм жизни. Представьте себе, что при анализе «евробов» (микроорганизмов, найденных на Европе) выяснилось, что они имеют белки, в целом весьма похожие на белки земных микроорганизмов, но значительно отличающиеся нуклеиновые кислоты, у которых в состав сахарофосфатного остова вместо рибозы и дезоксирибозы входит сахар аллоза, а вместо азотистых оснований – шесть производных ароматического углеводорода азулена. Формулы аллозы, азулена и его производных показаны на рисунке ниже.

2 семестр.

1. Укажите, какие три комплементарные пары могут образовывать указанные аналоги азотистых оснований (геометрия взаимодействий колец в паре показана на рисунке). Запишите пары в формате «A+B-» (A – номер основания, взаимодействующего своим тропилиевым кольцом, B – номер основания, взаимодействующего своим циклопентадиеновым кольцом, плюс и минус – заряды на кольцах).
2. Кратко объясните, в чем будут заключаться отличия стабилизации структуры двойной спирали «ДНК» евробов (она антипараллельна, на виток приходится примерно 9 пар оснований), и в чем будут различия во взаимодействии с такой «ДНК» белков.

Благодаря приоритету отечественных ученых в изучении евробов, их нуклеотиды при сокращении названий получили международные обозначения кириллическими буквами «Б», «Щ», «Ф», «Я», «Й», а также «Ю». Для расшифровки генетического кода евробов были получены искусственные полимеры этих нуклеотидов, с которых далее в лизате клеток проводилась трансляция *in vitro* с последующим определением аминокислотного состава синтезированных пептидов. Результаты этих экспериментов приведены в таблице далее.

3. Дуплетным, триплетным или тетраплетным является генетический код евробов (код считайте неперекрывающимся и непрерывным)? Обоснуйте свой ответ.
4. Обладает ли код евробов свойством вырожденности? Приведите пример двух и более кодонов, кодирующих одну аминокислоту.
5. Какой кодон у евробов однозначно является стоп-кодоном?
6. Какие протеиногенные аминокислоты земных микроорганизмов не используются евробами?
7. Перечислите все кодоны евробов, кодирующие метионин, аспарагиновую кислоту и тирозин.
8. Укажите при помощи горизонтальных линий над кодонами рамку считывания в следующей кодирующей последовательности, подпишите под кодонами, какие аминокислоты закодированы: Б Б Б Й Б Я Ф Я Б Й Ю Щ.

1 семестр.

Билет №1.

1. Бактерия содержит одну копию кольцевой геномной ДНК размером  $4 \times 10^6$  пар оснований. Используйте величины  $6 \times 10^{23}$  для числа Авогадро и 660 для молекулярной массы 1 пары оснований ДНК. Длина 10 пар оснований в линейной ДНК составляет 3,4 нм.
  - а) Если диаметр этой сферической клетки 1  $\mu\text{м}$ , то какой будет молярная концентрация ДНК в этой клетке?
2. Предположим, что усреднённая клетка паренхимы клубня картофеля имеет кубическую форму с ребром 50  $\mu\text{м}$ . Сколько клеток содержится в одном клубне картофеля диаметром 6 см. (форму клубня примем за сферу).

Билет №4.

1. Бактерия содержит одну копию кольцевой геномной ДНК размером  $4 \times 10^6$  пар оснований. Используйте величины  $6 \times 10^{23}$  для числа Авогадро и 660 для молекулярной массы 1 пары оснований ДНК. Длина 10 пар оснований в линейной ДНК составляет 3,4 нм.
  - в) Сколько бактериальных клеток необходимо для получения 1 мг ДНК?
2. Клетка кишечной палочки имеет форму цилиндра длиной 2  $\mu\text{м}$  и шириной 1  $\mu\text{м}$ . Внутриклеточный pH составляет 7.6. Какое количество протонов (в штуках) содержится внутри клетки бактерии.

2 семестр.

Билет №2.

1. Кратко объясните, в чем будут заключаться отличия стабилизации структуры двойной спирали «ДНК» евробов (она антипараллельна, на виток приходится примерно 9 пар оснований), и в чем будут различия во взаимодействии с такой «ДНК» белков.
2. Какие протеиногенные аминокислоты земных микроорганизмов не используются евробами?

Билет №7.

1. Какой кодон у евробов однозначно является стоп-кодоном?
2. Укажите при помощи горизонтальных линий над кодонами рамку считывания в следующей кодирующей последовательности, подпишите под кодонами, какие аминокислоты закодированы: Б Б Б Й Б Я Ф Я Б Й Ю Щ.

#### 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 балла) - 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 балла) - 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 балла) - 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 балл) - 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 в 1 семестре обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по вопросу на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.

При проведении устного экзамена во 2 семестре обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по вопросу на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.