

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Международный государственный экологический университет имени
А. Д. Сахарова»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-
воспитательной и идеологической
работе

В.И.Красовский

2015

Регистрационный № УД- 479-15/уч.



БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:

1-33 01 05 Медицинская экология

1-80 02 01 Медико-биологическое дело

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта для специальностей 1-33 01 05 Медицинская экология и 1-80 02 01 Медико-биологическое дело и учебного плана учреждения высшего образования по специальностям 1-33 01 05 Медицинская экология и 1-80 02 01 Медико-биологическое дело.

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.М.Шейко, доцент кафедры биохимии и биофизики учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», кандидат биологических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Н.В.Прокопенко, зав. кафедрой экологической медицины и радиобиологии учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова», кандидат биологических наук, доцент;

С.Б.Мельнов, профессор кафедры экологической и молекулярной генетики учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова», доктор биологических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биохимии и биофизики учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» (протокол № ____ от _____ 2015 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» (протокол № ____ от _____ 2015 г.).

1. Пояснительная записка

Дисциплина «Биологическая физика» является важной составной частью программы подготовки специалистов медико-биологического профиля. Данная дисциплина относится к циклу дисциплин по выбору, которые создают теоретическую базу и формируют практические навыки специалистов для работы в научно-исследовательских, лечебно-диагностических лабораториях медико-биологических учреждений.

Целью дисциплины «Биологическая физика» является изучение принципов функционирования живых систем и способов регистрации основных показателей их жизнедеятельности.

Задача дисциплины – сформировать представление о фундаментальных основах функционирования живого организма на молекулярном, клеточном, организменном уровнях, механизмах поддержания гомеостаза в организме как главного условия сохранения жизнеспособности, способах регистрации и анализа показателей основных функций организма человека, познакомить с устройством и принципом работы основной аппаратуры для научных исследований, дать представление об использовании в практике современных биофизических методов исследования живых систем.

В курсе «Биологическая физика» рассматриваются вопросы, связанные с изучением основных физических и физико-химических закономерностей, лежащих в основе функционирования биологических объектов, специфики структурно-функциональной организации, физических и химических процессов в живых организмах, механизмов саморегуляции и поддержания стационарности биологических систем. Изучение данной дисциплины позволяет сформировать у студентов целостность системы представлений о её роли в области естественных наук и решении практических задач.

Материал каждого из разделов подразделяется на отдельные пункты, охватывающие определенный круг взаимосвязанных вопросов. Программа курса составлена с учетом общей направленности обучения в области экологической медицины и согласована с курсами лекций, читаемых по другим предметам и в виде спецкурсов. Программа курса предполагает овладение навыками практической работы в физико-химических и медико-биологических лабораториях с использованием физических, биофизическими и биохимических методов.

В результате изучения дисциплины выпускники должны:

знать:

- законы термодинамики в применении к биологическим системам, термодинамические характеристики стационарного состояния, термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах, термодинамику транспортных процессов, нелинейную термодинамику биологических систем, связь энтропии и информации в биологических системах;
- принципы преобразования энергии в биосистемах, молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения;
- принципы пространственной регуляции и самоорганизации биологических систем, условия стабильности конфигурации макромолекул, факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран, особенности

пространственной организации белков и нуклеиновых кислот, электронные свойства биополимеров;

- молекулярную организацию биологических мембран, биофизические механизмы транспорта веществ через биомембраны, пассивный и активный транспорт, молекулярное строение и механизмы функционирования ионных каналов, механизмы биоэлектrogenеза, происхождение потенциала покоя и потенциала действия, работу АТФаз, механизмы распространения возбуждения, кодирование и передачу информации в живых организмах.
- о практическом применении биологической физики в сфере медицины, сельского хозяйства, экологии и биотехнологии.

уметь:

- использовать биофизический подход к пониманию тонких механизмов функционирования живых систем, как в нормальных, так и экстремальных (патологических) условиях;
- применять полученные знания для оценки состояния организма, причин нарушения его функционирования и возникновения заболеваний.

владеть:

- наиболее распространенными современными физико-химическими, биохимическими и биофизическими методами исследования и анализа живых систем;
- математическими методами обработки результатов исследования, используя современные образовательные информационные технологии.

Контроль текущих знаний студентов предполагает выполнение тестовых заданий и заданий по карточкам. Среди эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:

технологии проблемно-модульного обучения;
технологии учебно-исследовательской деятельности;
проектные технологии;
проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;
интенсивное обучение;
моделирование проблемных ситуаций и их решение.

В целях формирования современных и социально-профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

Для организации самостоятельной работы студентов по данной дисциплине необходимо использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов и др.).

Программа рассчитана на 58 часов, в том числе 36 часов – лекционных; 12 – лабораторных занятий; 10 – практических (семинарских) занятий.

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Раздел и тема (в соответствии с учебными программами дисциплин)
1.	Общая и экологическая биохимия	Белки и аминокислоты. Ферменты. Гликолиз. Окислительное фосфорилирование.
2.	Цитология	Строение клетки, биологических мембран и клеточных органелл.
3.	Молекулярная биология клетки	Структура и свойства белков. Регуляция синтеза белка в клетке. Обмен веществ в клетке.
4.	Молекулярная физика	Законы термодинамики. Элементы термодинамики открытых систем
5.	Квантовая физика	Структура электронных энергетических уровней молекул. Электронные переходы. Теория химической связи.
6.	Оптика	Волновая и квантовая природа света. Интерференция, дифракция, поляризация света. Спектральные свойства света. Взаимодействие света с веществом

2. Содержание учебного материала

Наименование тем, содержание и объем лекций (в скобках указан объем для заочной формы обучения):

№ п/п	Наименование тем	Содержание	Объем (часы)
1.	Биофизика как междисциплинарная наука	Предмет биофизики. Биофизика в системе естественных наук. Общие принципы биофизики - молекулярная логика живого.	2 (0)
2.	Термодинамика биологических процессов	Классификация термодинамических систем, законы термодинамики. Особенности живых организмов как термодинамических систем. Термодинамические функции, применяемые при анализе биологических процессов. Энтальпия, энтропия, свободная энергия. Энтропия и информация. Первый закон термодинамики в биологии, доказательство его применимости к живым системам.	2(0,5)
3.	Термодинамика стационарных состояний и нелинейных кинетических систем	Второй закон термодинамики в открытых системах. Термодинамическая направленность процессов. Энтропия открытых систем. Термодинамические условия существования и устойчивости стационарного состояния. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний. Теорема Пригожина. Самоорганизация в неравновесных системах.	2(0,5)
4.	Биоэнергетика. Трансформация энер-	Источники энергии для биосистем. Принцип энергетического сопряжения. Мембранный электро-	2(0)

	гии в клетке	химический потенциал как унифицированная форма энергии в клетке. Энергетика фотосинтеза. Обобщенная схема трансформации энергии в клетке.	
5.	Кинетика биологических процессов	Предмет и задачи кинетики биосистем, ее особенности. Типы реакций в биосистемах. Анализ последовательных (линейных), параллельных и разветвленных реакций. Порядок реакции. Влияние температуры на скорость биологических процессов. Применимость закона Аррениуса к биосистемам. Энергия активации. Кинетическая неравновесность биосистем. Регулирование скоростей реакций в организме.	2(0)
6.	Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул	Структура электронных энергетических уровней молекул. Электронные уровни, электронные переходы в биомолекулах. Потенциал ионизации, электронное сродство. Поглощение света веществом. Законы поглощения света. Метод спектрофотометрии.	2 (0,5)
7.	Электронно-возбужденное состояние биомолекул	Синглетные и триплетные возбужденные состояния биомолекул. Пути дезактивации электронно-возбужденного состояния биомолекул. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Флуоресценция. Фосфоресценция. Квантовый выход люминесценции. Правило Стокса и Левшина. Закон Вавилова. Флуоресцентные зонды. Метод спектрофлуориметрии.	2(0,5)
8.	Перенос энергии электронного возбуждения	Миграция энергии в биосистемах. Индуктивно-резонансная миграция энергии. Триплет-триплетная миграция энергии. Миграция экситона. Перенос электрона в биоструктурах. Туннельный механизм переноса электронов по цепи электронного транспорта.	2(0,5)
9.	Биофизика фотобиологических процессов	Физико-химические основы фотобиологических процессов, фотофизическая и фотохимическая стадии. Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах Фотосинтез, зрение. Фотосенсибилизированные фотобиологические процессы. Фотодинамический эффект, применение в медицине. Спектр фотобиологического действия	2(0,5)
10.	Молекулярная биофизика. Пространственная организация биополимеров	Макромолекула как основа организации биоструктур. Динамическая структура белков: конформационная энергия и пространственная организация биополимеров. Роль конформационной лабильности в функционировании белков.	2(1)
11.	Ферменты. Термодинамика ферментативного катализа	Теории ферментативного катализа. Термодинамика ферментативного катализа. Конформационные изменения как обязательный этап ферментативно-	2 (0)

		го процесса. Кинетика ферментативного катализа. Регуляция активности ферментов. Аллостерическая регуляция ферментативного процесса	
12.	Биофизика механо-химических процессов	Биофизика мышечного сокращения. Структурные основы и энергетика мышечного сокращения. Преобразование энергии в механохимических системах, роль АТФ и Ca^{2+} . Термодинамические особенности механохимического процесса	2(0)
13.	Биофизика мембран. Мембрана как универсальный компонент биологических систем.	Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Проблема биологической упорядоченности надмолекулярных структур, термодинамический аспект. Особенности межмолекулярных взаимодействий в биомембранах. Геометрия и строение биологических мембран. Белковый цитоскелет. Липидный бислой. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Метод микрокалориметрии. Методы исследования структуры мембран.	4(1)
14.	Функции биомембран. Избирательная проницаемость биомембран	Избирательная проницаемость. Природа и механизмы. Пассивная диффузия. Транспорт неэлектролитов. Облегченная диффузия. Ионный транспорт. Ионофоры. Активный транспорт. Кинетика активного транспорта. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны.	2(1)
15.	Электрические явления в биомембранах	Ионные каналы; теория однорядного транспорта. Ионная селективность мембран. Ионные токи через возбудимую мембрану. Метод пэтч-клампа. Потенциал покоя. Потенциал действия. Роль ионов Na и K в генерации потенциала действия. Распространение потенциала действия по нервному волокну. Теория локальных токов. Синапсы. Передача возбуждения в синапсах.	2(0)
16.	Биофизика рецепции	Молекулярные механизмы рецепторных процессов. Взаимодействие эффектор-рецептор. G-белки. Регуляция рецепторных процессов. Виды внутриклеточной сигнализации.	2 (0)
17.	Биофизические механизмы преобразования информации в биосистемах.	Рецепторы сенсорных систем, классификация, регуляция биопроцессов.	2(0)
		Всего:	36(6)

Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование тем	Содержание	Объем (часы)
1.	Препаративные методы исследования. Метод седиментации.	Выделение эритроцитарных мембран методом дифференциального центрифугирования (метод Доджа).	4(0)

	Дифференциальное центрифугирование.		
2.	Спектральные методы исследования. Метод спектрофотометрии	Закономерности поглощения света веществом. Построение спектров поглощения. Изучение влияния различных агентов на структуру молекулы белка методом спектрофотометрии.	4(2)
3.	Спектральные методы исследования. Метод спектрофлуориметрии. Метод флуоресцентных зондов	Флуоресцентная спектроскопия. Флуоресценция белков и ароматических аминокислот. Изучение конформационной лабильности сывороточного альбумина методом триптофановой флуоресценции. Применение флуоресцентного зондирования в исследовании биологических мембран. Зонды 1,8-АНС и пирен.	4(2)
		Всего:	12(4)

Практические и семинарские занятия, их содержание и объем в часах

№ п/п	Наименование тем	Содержание	Объем (часы)
1	Термодинамика биологических процессов. Первый и второй законы термодинамики в биологии.	Классификация термодинамических систем, законы термодинамики. Энтальпия, энтропия, свободная энергия. Энтропия и информация. Первый закон термодинамики в биологии. Второй закон термодинамики в открытых системах. Энтропия открытых систем. Устойчивость стационарных состояний. Теорема Пригожина.	2(0)
2	Биоэнергетика. Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения	Источники энергии для биосистем. Мембранный электрохимический потенциал как унифицированная форма энергии в клетке. Энергетика фотосинтеза. Субстратное и мембранное фосфорилирование, термодинамический аспект. АТФ – энергетический донор биохимических реакций. Связь транспорта ионов и процесса переноса электрона в хлоропластах и митохондриях. Электрохимический градиент протонов.	2(1)
3.	Квантовая биофизика и фотофизика молекул	Структура электронных энергетических уровней молекул. Электронные уровни в биопомерах. Электронные переходы в биомолекулах. Синглетные и триплетные возбужденные состояния биомолекул. Схема Яблонского для сложных молекул. Законы флуоресценции. Правило Стокса и Левшина. Закон Вавилова. Флуоресцентные зонды. Метод спектрофлуориметрии, применение для медико-биологических исследований.	2(0,5)
4	Молекулярная биофизика. Белки. Простран-	Особенности пространственной организации белков. Условия стабильности конфигурации	2(0,5)

	ственная организация биополимеров	макромолекул. Переходы глобула-клубок. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса, электростатические взаимодействия. Факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран.	
5	Молекулярные механизмы рецепторных процессов	Взаимодействие эффектор-рецептор. G-белки. Трансдукция рецепторного сигнала. Первичные и вторичные мессенджеры. Регуляция рецепторных процессов. Виды внутриклеточной сигнализации.	2(0)
		Всего:	10(2)

3. Учебно-методическая карта учебной дисциплины

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма- контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоя- тельная работа	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (58 ч.)	38		10	12			
1	Биофизика как междисциплинарная наука.	2						1,2
2	Термодинамика биологических процессов.	2		2				1,3,7
3	Термодинамика стационарных состояний и нелинейных кинетических систем.	2		-				1,2
4	Биоэнергетика. Трансформация энергии в клетке	2		2				1,2
5	Аккумуляция и трансформация энергии в	2						1-3, 7

	клетке							
6	Кинетика биологических процессов.	2						2,3
7	Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул	2		2	4			2,3
8	Электронно-возбужденное состояние биомолекул	2						1-3
9	Перенос энергии электронного возбуждения	2			4			2,3
10	Свободно радикальные процессы	2						1-3
11	Биофизика фотобиологических процессов	2						1,2,7
12	Молекулярная биофизика. Пространственная организация биополимеров	2		2				1-3, 7
13	Биофизика механохимических процессов	2						1,2
14	Биофизика мембран. Мембрана как универсальный компонент биологических систем.	4			4			2, 3, 4
15	Функции биомембран. Транспортная функция биомембран	2						4,5,7
16	Электрические явления в биомембранах.	2						2,4

17	Биофизические механизмы преобразования информации в биосистемах. Биофизика рецепции.	2		2				2,3,7
----	--	---	--	---	--	--	--	-------

4. Учебно-методическая карта учебной дисциплины (по заочной форме обучения)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма-контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (58 ч.)	6		2	4			
1	Биофизика как междисциплинарная наука.							9
2	Термодинамика биологических процессов.	0,5						1,3,7
3	Термодинамика стационарных состояний и нелинейных кинетических систем.	0,5						1,2

4	Биоэнергетика. Трансформация энергии в клетке			1				1,2
5	Аккумуляция и трансформация энергии в клетке							
6	Кинетика биологических процессов.							
7	Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул	0,5		0,5	2			2,3
8	Электронно-возбужденное состояние биомолекул	0,5						1-3
9	Перенос энергии электронного возбуждения	0,5			2			2,3
10	Свободно радикальные процессы							
11	Биофизика фотобиологических процессов	0,5						1,2,7
12	Молекулярная биофизика. Пространственная организация биополимеров	1		0,5				1-3, 7
13	Биофизика механохимических процессов							
14	Биофизика мембран. Мембрана как универсальный компонент биологических систем.	1						2, 3, 4
15	Функции биомембран. Транспортная функция биомембран.	1						4,5,7

16	Электрические явления в биомембранах.							2,4
17	Биофизические механизмы преобразования информации в биосистемах. Биофизика рецепции.							2,3,7

5. Информационно-методическая часть

Основные учебно-методические материалы:

1. А.Б. Рубин. Биофизика, М., «Наука», в 2-х томах, 2004
2. В. Калоус, З. Павличек. Биофизическая химия. М. Мир, 1985
3. А.Н.Ремизов, Медицинская и биологическая физика, М, Дрофа, 2008.
4. В.О. Самойлов Медицинская биофизика – Санкт-Петербург.: Спецлит., 2007.
5. В.Уильямс, Х.Уильямс. Физическая химия для биологов. М., Мир, 1976
6. Ю.А. Владимиров и др. Биофизика, М., «Медицина», 1983
7. Л.А. Блюменфельд. Проблемы биологической физики, М., «Наука» 1974
8. М.В. Волькенштейн. Общая биофизика, М., «Наука», 1978
9. М.В.Волькенштейн. Молекулярная биофизика, М.,»Наука», 1975
- 10.С.В. Конев. Структурная лабильность биологических мембран и регуляторные процессы, Мн., Наука и техника, 1987
- 11.Ж. Гладик. Биофизика. М., Энергоатомиздат, 1983
- 12.В.П. Скулачев. Энергетика биологических мембран, М., «Наука», 1989
- 13.П.Г. Костюк, Д.М. Гродзинский, В.Л. Зима и др. Биофизика, Выща школа, Киев, 1988
- 14.В.Ф.Антонов и др. Биофизика, М, «Владос», 2000
15. В.Г.Артюхов, Т.А.Ковалева, В.П. Шмелев. Биофизика, Изд. Воронежского университета, 1994
16. В.Г.Артюхов и др. Практикум по биофизике, Воронеж, 2001
17. В.Г.Артюхов, О.В.Путинцева. Оптические методы анализа интактных и модифицированных биологических систем, Изд. Воронежского университета, 1996
- 18.Современные методы биофизических исследований, под ред А.Б.Рубина- М., Высшая школа, 1988.

Дополнительные учебно-методические материалы:

1. Cantby L.C. Structure and mechanism of the (Na,K)-ATPase. Curr. Topics Bioenerget. 11, 1981, 201-237
2. Hassebach W., Oetliker H., Energetics and electrogenicity of the sarcoplasmic reticulum calcium pump Ann. Rev. Physiol., 45, 1983, 325-339
3. West J.C. Energy coupling in secondary active transport. Biochim. Biophys. Acta, 604, 1980, 91-126
4. J. Darnell, H. Lodish, D. Baltimore Molecules Cell Biology, Scientific Am. Book., N.Y. 1986
5. Г.Р. Иваницкий Мир глазами биофизика, М. «Педагогика», 1985
6. Sixtus Hynie Membrane Receptors and Transmembrane Signalling, Praha, 1990
7. Молекулярные механизмы биологического действия оптического излучения /Под ред. А.Б. Рубина/ М., 1987
8. Г.М. Франк, Биофизика живой клетки, М. “Наука”, 1982
9. Н.И. Губанов, А.А. Утенбергенов, Медицинская биофизика М. ”Медицина”, 1978
- 10.<http://www.bio-phys.narod.ru/>
- 11.<http://www.biophys.msu.ru/>

Перечень тем рефератов

№ п.п.	Тема
1.	Использование метода математического моделирования в биофизике
2.	Сколько «стоит» биологическая упорядоченность ?
3.	Окислительное фосфорилирование. Хемиосмотический механизм сопряжения между окислением и фосфорилированием Митчела
4.	Электронно-конформационные эффекты в редокс-цепях, их локализация в мембранах.
5.	Белки. Модель гидрофильно-гидрофобной капли. Кооперативность макромолекул. Динамические свойства глобулярных белков.
6.	Колебательные процессы в химии и биологии
7.	Структурная организация миофибрилл и природа механохимического сопряжения
8.	Фотодинамические соединения и их применение в медицине
9.	Молекулярная организация биологических мембран: биомембраны как универсальные структурно-функциональные образования живых систем.
10.	Физико-химические основы фотобиологических процессов. Химия и физика загара.
11.	Свободные радикалы в биоструктурах и свободно радикальные процессы в норме и патологии. Оксидативный стресс.

Перечень методических средств (наглядных и других пособий, методических указаний, специального программного обеспечения и т.п.)

№ п.п.	Наименование или назначение	Вид
1.	«Здание Биологии». Основные общие принципы функционирования биосистем.	Схема Иллюстрация
2.	Законы термодинамики в применении к биосистемам	Иллюстрация
3.	Распределение энергии в биосистемах	Схема
4.	Стационарное состояние биосистем. Теорема Пригожина	Схема
5.	Регуляция скоростей биохимических реакций в клетке. Принцип Хиншельвуда	Схема
6.	Принцип «воронки» в биоэнергетике клетки	Иллюстрация
7.	Сопряжение реакций в клетке.	Схема
8.	Виды химических реакций в биосистемах. Молекулярность и порядок химической реакции	Схема
9.	Использование энергии АТФ в клетке	Рисунок
10.	Энергетические уровни молекулы. Вращательные и колебательные подуровни. Электронные переходы. Пути дезактивации электронно возбужденного состояния биомолекул. Схема Яблонского.	Иллюстрация Схема
11.	Устройство спектрофлуориметра	Схема
12.	Типы миграции энергии электронного возбуждения. Светособирающий пигмент-белковый комплекс хлоропластов, миграция энергии в процессе фотосинтеза.	Схема Иллюстрация

13.	Свободные радикалы органических соединений. Реакции перекисного окисления липидов. Метод ЭПР	Таблица, Схема Иллюстрация
14.	Спектральное распределение света, достигающего поверхности Земли.	Иллюстрация
15.	Z-схема фотосинтеза. ЭТЦ хлоропластов.	Схема Иллюстрация
16.	Белки. Ферменты. Механохимические процессы, сократительные белки.	Иллюстрации
17.	Строения цитоплазматической мембраны, белки, липиды, другие компоненты биомембран. Механизмы избирательной проницаемости биомембран.	Рисунок Схема
18.	Электрические явления в биомембранах. Ионные токи через возбудимую мембрану. Ионные каналы.	Иллюстрация
19.	Схема трансдукции рецепторного сигнала. Типы внутриклеточной передачи информации.	Рисунок

Формы контроля знаний:

№ п.п	Форма
1.	Выборочный контроль на лекциях
2.	Проверка конспектов лекций студентов
3.	Выполнение тестовых заданий
4.	Контрольная работа
5.	Фронтальный опрос
6.	Выполнение заданий по карточкам
7.	Собеседование во время консультаций
8.	Аттестация по подготовленным рефератам
9.	Проведение экзамена по дисциплине

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового компьютерного контроля по темам и разделам курса. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ;
- защита подготовленного студентом реферата;
- проведение коллоквиума;
- устные опросы;
- письменные контрольные работы по отдельным темам курса;
- компьютерное тестирование.

**6. Протокол согласования учебной программы
с другими дисциплинами специальности**

Название учебной- дисциплины, с которой требуется согласование	Кафедра, обеспе- чивающая изуче- ние этой дисцип- лины	Предложения об из- менениях в содержа- нии учебной програм- мы учреждения выс- шего образования по учебной дисциплине	Решение кафедры, разработавшей учеб- ную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физическая и кол- лоидная химия	Кафедра биохимии и биофизики		
Общая биохимия	Кафедра биохимии и биофизики		
Общая и экологиче- ская биохимия	Кафедра биохимии и биофизики		
Молекулярная биология	Кафедра биохимии и биофизики		

Согласовано:

Зав. кафедрой /наименование кафедры/

/подпись/

/инициалы и фамилия/

Зав. кафедрой /наименование кафедры/

/подпись/

/инициалы и фамилия/

Зав. кафедрой /наименование кафедры/

/подпись/

/инициалы и фамилия/

7. Дополнения и изменения к учебной программе
на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры биохимии и биофизики (протокол №____ от _____ 201__ г.

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)