

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

**Кафедра медицинской биологии
(МБ_ИФББ)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

**Кафедра медицинской биологии
(МБ_ИФББ)**

наименование кафедры

Е.И. Шишцакая

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ТРАЕКТОРИЯ № 2 "БИОХИМИЯ"
КЛЕТОЧНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ**

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.02.07 ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ТРАЕКТОРИЯ № 2 "БИОХИМИЯ"
Клеточная сигнализация

Направление подготовки /
специальность _____

Направленность
(профиль) _____

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

060000 «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

06.03.01 Биология

Программу
составили

кандидат биологических наук, доцент, Покровский
Артемий Александрович

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью освоения дисциплины Б1.В.ДВ.07.02.07 «Клеточная сигнализация» является формирование у студентов представлений об основных системах сигнализации, управляющих метаболизмом клетки.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В задачи изучения дисциплины входит:

- знакомство студентов с современными представлениями о структуре и функционировании систем передачи сигналов в клетке;
- формирование представлений об основных сигнальных системах, регулирующих активность белков;
- изучение основных сигнальных систем, регулирующих экспрессию генов;
- характеристика взаимного влияния рецепторов и различных сигнальных путей.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

УК-1:Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК-1.1:Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие
УК-1.2:Находит и критически анализирует необходимую информацию
УК-1.3:Критически рассматривает возможные варианты решения задачи
УК-1.4:Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
УК-1.5:Определяет и оценивает последствия возможных решений задачи
ПК-1:Способен использовать информационные ресурсы и осуществлять обработку и анализ научно-технической информации в области биофизики, биохимии, биоэкологии, биоинженерии и биотехнологии
ПК-1.1:Знает основы поиска, анализа и обработки научно-технической информации в области биологии
ПК-1.2:Умеет использовать информационные ресурсы для поиска информации в области биофизики, биохимии, биоэкологии, биоинженерии и биотехнологии
ПК-1.3:Владеет методами обработки, анализа и обобщения научно-технической информации в области биологии
ПК-2:Способен выполнять теоретические, полевые и экспериментальные научные исследования, осуществлять обработку и оформление результатов исследований в рамках выбранной научной тематики в области биологии
ПК-2.1:Знает теоретические основы биофизики, биохимии, биоэкологии, биоинженерии и биотехнологии
ПК-2.2:Умеет планировать и выполнять теоретические, полевые и

экспериментальные исследования, осуществлять обработку и оформление результатов исследований в рамках выбранной научной тематики

ПК-2.3: Владеет методами обработки и оформления результатов теоретических и экспериментальных научных исследований в области биологии

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.07.02.07 – дисциплины по выбору (4 курс, 8 семестр). Для успешного освоения предлагаемого курса в полном объеме необходимо предварительное изучение курсов «Химия», «Общая биология», «Физика», «Биохимия и молекулярная биология», «Цитология с основами гистологии», «Физиология человека и животных с основами высшей нервной деятельности», «Энзимология». Курс «Клеточная сигнализация» необходим для освоения студентами таких дисциплин как «Молекулярные механизмы гормональной регуляции», «Молекулярная биология», «Медицинская биохимия», «Медицинская иммунология».

Освоение модулей курса «Клеточная сигнализация» будет способствовать формированию у студентов-бакалавров целостного естественнонаучного мировоззрения, темы курса дополняют изучение базовых дисциплин профессионального цикла: модуль «Науки о биологическом многообразии», модуль «Биология клетки», а также дисциплин по выбору: «Патофизиология», «Биохимические механизмы адаптации» и др.

1.5 Особенности реализации дисциплины
Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		8
Общая трудоемкость дисциплины	4 (144)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	1,94 (70)	1,94 (70)
занятия лекционного типа		
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	1,94 (70)	1,94 (70)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся:	1,06 (38)	1,06 (38)
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Экзамен)	1 (36)	1 (36)

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Общая структура сигнальных систем клетки	0	24	0	10	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3 УК-1.4 УК-1.5
2	Система первичных и вторичных мессенджеров	0	18	0	10	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3 УК-1.4 УК-1.5
3	Сигнальные механизмы, регулирующие активность белков и экспрессию генов	0	28	0	18	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3 УК-1.4 УК-1.5
Всего		0	70	0	38	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в академических часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

3.3 Занятия семинарского типа

			Объем в академических часах		

			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Семинарские занятия 1, 2. Предмет, методы и задачи курса «Клеточная сигнализация». Основные сигнальные системы клетки. История развития представлений о клеточной сигнализации. Пионерские работы Сазерленда. Ковалентная модификация белков – эффективный способ регуляции их биологической активности. Основной способ ковалентной модификации белков – фосфорилирование – дефосфорилирование. Структурно-функциональная организация клеточных сигнальных систем.	4	0	0
2	1	Семинарские занятия 3, 4. Основные компоненты сигнальных путей: эффекторные ферменты. Аденилатциклаза – структура, механизм действия, изоформы. Активаторы и ингибиторы аденилатциклазы. Химизм реакции, катализируемой аденилатциклазой: образование сАМР. Структура и функции фосфолипазы С, типы фермента (ФЛС α , ФЛС β и ФЛС γ). Образование вторичных мессенджеров – инозитол-1,4,5 – трифосфата и диацилглицерола.	6	0	0

3	1	<p>Семинарские занятия 5, 6. Рецепторы – классификация, номенклатура, структура. Рецепторы плазматических мембран (по-верхностные рецепторы), цитозольные и ядерные рецепторы (внутриклеточные рецепторы). Взаимодействие рецепторов с лигандами, аффинность. Константа диссоциации комплекса рецептор-лиганд. Рецепторы, ассоциированные с G-белками – классификация. Рецепторы – ионные каналы. Рецепторы, обладающие собственной энзиматической активностью. Рецепторы – «якори». Кавеолы, кавеолин. Липидные рафты.</p>	4	0	0
---	---	---	---	---	---

4	1	<p>Семинарские занятия 7, 8. Основные ком-поненты сигнальных путей: протеин-киназы и протеинфосфатазы. Кином – совокупность клеточных протеин-киназ. Протеинкиназы, типы. Субстраты протеинкиназ: ферменты, ионные каналы, транскрипционные факторы, белковые факторы трансляции, структурные и регуляторные белки. Протеинкиназа А, сАМР-зависимая протеинкиназа (Ser/Thr-протеинкиназа), механизм активации сАМР, специфичность. Протеинкиназа С: классические, новые и атипичные формы. Ca²⁺-кальмодулинзависимая протеинкиназа. Фосфорилирование клеточных белков протеинкиназой С, специфика. Обратимость процесса ковалентной модификации белков. Протеинфосфатазы. Регуляция активности киназ и фосфатаз с помощью белок-белковых взаимодействий (присоединение или отщепление регуляторных субъединиц или белков-регуляторов).</p>	6	0	0
---	---	--	---	---	---

5	1	<p>Семинарские занятия 9, 10. Эффекторные молекулы в системах клеточной трансдукции.</p> <p>Эффекторные молекулы (аденилатциклаза, гуанилатциклаза, фосфолипаза С и др). Образование вторичные мессенджеров – сАМР, сGMP, инозитол-1,4,5-трифосфата, диацилглицерола. Эффекторные молекулы – интегральные белки плазматических мембран, строение, активаторы и ингибиторы.</p>	4	0	0
6	2	<p>Семинарские занятия 11, 12. Внутриклеточная кальций-зависимая система протеаз.</p> <p>Протеолитическая кальпаиновая система клетки - высоко селективная и жестко регулируемая система.</p> <p>Представители кальпаинов: μ- и m-кальпаины – доменная организация, биохимические свойства и регуляция активности, тканевая локализация.</p> <p>Кальпа-статин – белковый ингибитор кальпаинов, изоформы.</p> <p>Физиологические функции кальпаиновой системы.</p> <p>Участие в сигнальной трансдукции.</p>	4	0	0

7	2	<p>Семинарские занятия 13, 14. Первичные мессенджеры: гормоны, гистогормоны, нейромедиаторы. Гормоны – классификация, физико-химические свойства. Основные варианты действия гормонов (эндокринный, аутокрин-ный, паракринный, юкстакринный). Биосинтез, секреция и транспорт гормонов. Иерархия основных эндокринных систем и их тканевых мишеней. Типы гормонпродуцирующих структур: центральные эндокринные железы, периферические эндокринные железы, органы, объединяющие эндокринные и неэндокринные функции, одиночные гормонпродуцирующие клетки в разных отделах нервной, пищеварительной и дыхательной систем. Гистогормоны: классификация и номенклатура, механизмы действия на клетки-мишени. Цитокины (интерлейкины, фактор некроза опухолей, интерфероны, малые цитокины, колониестимулирующие факторы). Факторы роста (эпидермальный фактор роста, тромбоцитарный фактор роста, фактор роста нервных клеток, инсулиноподобные факторы роста, фактор роста фибробластов, трансформирующий фактор роста). Нейромедиаторы – ацетилхолин, аминокислоты и их производные, производные пуриновых оснований (аденозин, AMP, ADP), пептидные</p>	4	0	0
---	---	---	---	---	---

8	2	<p>Семинарские занятия 15, 16. Активные формы кислорода – вторичные мессенд-жеры. Активные формы кислорода (АФК): супероксидный анион-радикал, пероксид водорода, гидроксильный радикал, синглетный кисло-род. Механизмы образования и детоксика-ции. АФК как вторичные мессенджеры: регуляция обмена кальция, состояния кальциевых каналов, фосфорилирования белков, регуляция активности протеинфосфатаз. Регулирующая роль активных форм кислорода в процессах роста клеток, апоптозе, клеточной адгезии, свертывания крови и т.д. Негативные эффекты активных форм кислорода – окислительная модификация белков, липи-дов, нуклеиновых кислот.</p>	4	0	0
---	---	--	---	---	---

9	2	<p>Семинарские занятия 17, 18. Вторичные мессенджеры. Вторичные мессенджеры: циклические нук-леотиды (сАМР, сGMP), строение, физико-химические свойства. Фосфоинозитол-4,5-бисфосфаты – компоненты плазматической мембраны и субстраты фосфолипазы С. Об-разование вторичных мессенджеров – инози-тол-1,4,5 – трифосфата и диацилглицерола. Кальций как вторичный мессенджер. Са²⁺-связывающие белки. Кальмодулин, строение, свойства. Монооксид углерода, образование при участии гемм-оксигеназы. Оксид азота – газообразная радикальная молекула. Синтез оксида азота из аргинина. Строение синтазы оксида азота (NO-синтаза, NOS): оксигеназный и редуктазный домены. Типы и характеристика NO-синтаз – эндотелиальной, нейрональной, индуцибельной. Механизм действия NO-синтазы. Молекулярные мишени для оксида азота и пути проведения сигнала. Физиологические функции оксида азота. Цитотоксические свойства оксида азота.</p>	6	0	0
---	---	--	---	---	---

10	3	<p>Семинарские занятия 19, 20. Аденилат-циклазный и Ca^{2+}-зависимый фосфоино-зитидный мессенджерные каскады. сАМР-зависимый путь передачи информации в клетку. Трансдукция сигнала в системе: последовательность событий. Классификация, структура, свойства, типы G-белков. Фосфодиэстеразы – ферменты, участвующие в регуляции внутриклеточного уровня сАМР, классификация, структура, свойства. Примеры метаболических путей, регулируемых через сАМР-аденилатциклазную систему. Механизм действия холерного и коклюшного токсинов. ADP-рибозилирование. Прекращение передачи сигнала в аденилатциклазной мессенджерной системе – механизмы. Ca^{2+}-зависимая фосфоинозитидная мессенджерная система. Рецепторы и G-белки. Ино-зитолирифосфат и мобилизация кальция из внутриклеточных депо. Роль ионов Ca^{2+}, диацилглицерола и фосфатидилсерина в активации протеинкиназы С. Пути прекращения передачи сигнала в Ca^{2+}-фосфоинозитидной системе: инактивация вторичных мессенджеров, дефосфорилирование адресных белков. Сходства и различия</p>	6	0	0
----	---	--	---	---	---

11	3	<p>Семинарские занятия 21, 22. Аденилат-циклазный и Ca²⁺-зависимый фосфоино-зитидный мессенджерные каскады. сАМР-зависимый путь передачи информации в клетку. Трансдукция сигнала в системе: последовательность событий. Амплификация сигнала в каскаде. Гетеротримерные G-белки (GTP-связывающие белки) – классификация, структура, свойства. Типы G-белков, посттрансляционная модификация, связь с мембраной. Цикл G-белка, роль GAP и GEP белков. Фосфодиэстеразы – ферменты, участвующие в регуляции внутриклеточного уровня сАМР, классификация, структура, свойства. Примеры метаболических путей, регулируемых через сАМР-аденилатциклазную систему. Механизм действия холерного и коклюшного токсинов. ADP-рибозилирование. Прекращение передачи сигнала в аденилатциклазной мессенджерной системе – механизмы. Ca²⁺-зависимая фосфоинозитидная мессенджерная система. Рецепторы и G-белки. Инозитолтрифосфат и мобилизация кальция из внутриклеточных депо. Роль ионов Ca²⁺, диацилглицерола и фосфатидилсерина в активации протеинкиназы С. Транслокация протеинкиназы С к плазматической мембране, элементам цитоскелета, ядру. Пути прекращения передачи сигнала в Ca²⁺-фосфоинозитидной</p>	6	0	0
----	---	---	---	---	---

12	3	<p>Семинарские занятия 23, 24. Фоторецепторная сигнальная система. Фоторецепция – процесс, регулируемый гуанилатцикласной мессенджерной системой. Два типа гуанилатциклаз: мембранносвязанная и цитозольная (растворимая). Протеинкиназа G. Структура фоторецепторных клеток – палочек и колбочек. Рецепторный белок родопсин. Трансдуцин (GαT). Зрительный цикл: последовательность событий при восприятии фотона света палочками. Конформационная перестройка родопсина при восприятии света. Трансформация ретиналя. Активация субъединицей GαT фосфодиэстеразы cGMP. Гидролиз cGMP, закрытие Na-каналов. Строение cGMP-зависимой фосфодиэстеразы. Выключение родопсина путем множественного фосфорилирования родопсинкиназой.</p>	4	0	0
----	---	---	---	---	---

13	3	<p>Семинарские занятия 25, 26. Мессенджер-ные пути, опосредованные липидами. Сфингофосфолипиды плазмалеммы. Сфингомиелин – структура, свойства. Образование из сфингомиелина вторичных месенджеров: церамида, сфингозина и сфингозин-1-фосфата. Ферменты, участвующие в образовании мессенджеров – сфингомиелиназа, церамидаза, сфингозинкиназа. Церамид и сфингозин – эффекты (угнетение пролиферации, стимуляция дифференцировки, участие в ре-цепторзависимом апоптозе); сфингозин-1-фосфат – усиление пролиферации, ингибирование апоптоза.</p>	4	0	0
----	---	---	---	---	---

14	3	<p>Семинарские занятия 27, 28. Сигнальные пути, регулирующие экспрессию генов.</p> <p>Клеточная сигнализация, опосредованная Ras-белками. Суперсемейство Ras-белков – мономерных GTP-связывающих белков, про-дуктов онкогенов.</p> <p>Структура, мембранная локализация. Образование активного ком-плекса Ras-GTP: роль гуанин-нуклеотид об-менивающего фактора (GEF) и белка, активирующего GTP-азную активность (GAP).</p> <p>Посттрансляционная модификация Ras-белков. MAP-киназный сигнальный каскад. Компоненты MAP-киназного пути. Сигнальные молекулы и субстраты MAP-киназного пути.</p> <p>Адапторные белки: роль SH2 и SH3 доменов.</p> <p>Центральная функция пути – активи-вация экспрессии генов, опосредованная фосфорилированием транскрипционных факторов. Jak-Stat сигнальный путь.</p> <p>Структура и типы Jak-киназ (Janus kinases). Семейство Jak: Jak1, Jak2, Jak3 и Тук2, взаимодействующих со специфическими цитокиновыми рецепторами. Олигомеризация и реориентация рецеп-торов.</p> <p>Семейство регуляторных белков Stat (signal transducer and activator of transcription) – структура, типы. Латентная форма Stat бел-ков, механизм активации. Образование гомо-димерных или гетеродимерных комплексов фосфорилированных Stat белков. транспорт в ядро</p>	4	0	0
----	---	---	---	---	---

15	3	Семинарские занятия 29, 30. Передача пролиферативного сигнала в клетку. Компоненты Ras/MAPK сигнального пути. Белок Ras, молекулярная структура, изоформы. Компартиментализация Ras белка. Мито-ген-активируемые протеинкиназы (MAPK). Grb2/ SOS комплекс. Белок Raf, изоформы – А, В и С. Каскад последовательной активации протеинкиназ путем фосфорилирования.	4	0	0
Всего			70	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Ковалевская Н. И., Филиппович Ю. Б., Севастьянова Г. А., Клунова С. М., Егорова Т. А.	Биологическая химия: учебное пособие для вузов по специальности 032400 "Биология"	Москва: Академия, 2008
Л1.2	Березов Т. Т., Коровкин Б. Ф.	Биологическая химия: учебник для студентов медицинских вузов	Москва: Медицина, 2007

Л1.3	Льюин Б., Кассимерис Л., Лингаппа В. П., Плоппер Д., Филиппович И. В., Ченцов Ю. С.	Клетки: [учебник]	Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011
------	--	-------------------	--

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

Э1	Nelson D.L., Cox M.M. Leninger Principles of Biochemistry (Fourth Edition). Электронный ресурс	www.Molbiol.ru
Э2	Зинченко, В.П., Долгачева Л.П. Внутриклеточная сигнализация. – Пушино: электронное изд-во «Аналитическая микроскопия», 2003.	http://cam.psn.ru .
Э3		www.virginia.edu .
Э4		www.ncbi.nlm.nih.gov .
Э5		www.molbiol.ru .
Э6		www. high.stanford.edu .
Э7		www.wikipedia.org .
Э8		www. ximuk.ru/encyklopedia

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Самостоятельная работа по курсу «Клеточная сигнализация» включает самостоятельное изучение теоретического материала, написание реферата. Трудоемкость самостоятельного изучения теоретического материала составляет 28 часов, написание реферата – 12 часов. В целом, трудоемкость самостоятельной работы составляет 40 часов.

Самостоятельное изучение теоретического материала планируется по каждому модулю дисциплины:

- 1 Общая структура сигнальных систем клетки
 - 1.1. Фосфодиэстеразы (2 ч.).
 - 1.2. Кавеолы и липидные рафты – структура, роль в клеточной сигнализации (2 ч.).
 - 1.3. Строение, механизм действия и биологическая роль протеинкиназ и протеинфос-фатаз (4 ч.).
- 2 Система первичных и вторичных мессенджеров
 - 2.1. Гормоны, ростовые факторы, нейромедиаторы, нейромодуляторы (3 ч.).
 - 2.2. Оксид азота – образование, свойства, биологические функции (2 ч.).
 - 2.3. Биоактивные липиды как сигнальные молекулы (3 ч.).
- 3 Сигнальные механизмы, регулирующие активность белков и экспрессию генов
 - 3.1. СТАТ-ЯК- сигнальный путь (2 ч.)
 - 3.2. Каскад арахидоновой кислоты (4 ч.).
 - 3.3. Метаболические процессы, регулируемые инсулином (2 ч.).
 - 3.4. Апоптоз – функциональная роль и механизмы (4 ч.)

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	1. Microsoft Power Point
9.1.2	2. Microsoft Word
9.1.3	3. Adobe Acrobat Reader
9.1.4	4. Интернет

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	1.	BOOKS	http://ibooks.ru/ :
9.2.2	2.	World Scientific	http://www.worldscientific.com/
9.2.3	3.	Springer, Kluwer	http://www.springerlink.com/
9.2.4	4.	Science (AAAS)	http://www.sciencemag.org/
9.2.5	5.	Scopus	http://www.scopus.com/
9.2.6	6.	Oxford University Press (Oxford Journals)	http://www.oxfordjournals.org/
9.2.7	7.	JSTOR	http://www.jstor.org/
9.2.8	8.	ISI: Web of Science	http://isiknowledge.com/
9.2.9	9.	Elsevier (журналы открытого доступа)	http://sciencedirect.com/
9.2.1 0	10.	Cambridge University Press	http://www.journals.cambridge.org/
9.2.1 1	11.	Blackwell	http://www.blackwell-synergy.com/
9.2.1 2	12.	Annual Reviews	http://www.annualreviews.org/ebvc
9.2.1 3	13.	Научная электронная библиотека	(eLIBRARY.RU) http://elibrary.ru
9.2.1 4	14.	ЭБД РГБ (БД диссертаций)	http://diss.rsl.ru
9.2.1 5	15.	ЭБС "Университетская библио-тека онлайн"	http://www.biblioclub.ru/

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Процесс изложения материала сопровождается показом презентации. Слайды подготовлены в Power Point для демонстрации всего курса по темам модулей (от 20 слайдов на семинарское занятие):

Модуль 1. Общая структура сигнальных систем клетки

Модуль 2. Система первичных и вторичных мессенджеров

Модуль 3. Сигнальные механизмы, регулирующие активность белков и экспрессию генов

Презентационные материалы представляют на современных технических средствах обучения, таких как доски прямой и обратной проекции (SMART Board). Это позволяет осуществлять пояснение при помощи специальных световых маркеров непосредственно на самой презентации и тут же, в случае необходимости, использовать через сети Интернет информационные ресурсы и электронные образовательные ресурсы.