

**Программа утверждена на заседании
Ученого Совета факультета
фундаментальной физико-химической
инженерии МГУ
Протокол №**

Декан факультета фундаментальной физико-
химической инженерии МГУ,
Академик РАН, профессор

С.М. Алдошин

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Наименование дисциплины (модуля): **Инженерные проблемы биомедицины**

Дисциплина предназначена для студентов 5 курса специалитета (2 курса магистратуры) факультета физико-химической инженерии МГУ имени М.В. Ломоносова, специализирующихся по профилю «Физико-химическая инженерия биосистем». В курсе рассматриваются биомедицинские основы разработки лекарственных препаратов, принципы отбора терапевтических мишеней как основы разработки терапевтических средств, принципы регуляции в биосистемах, разные сигнальные системы клетки, основы регуляции генной экспрессии на этапе транскрипции, молекулярные и клеточные механизмы деления и гибели клеток и их роль в возникновении и терапии онкологических заболеваний, принципы и этапы разработки лекарственных препаратов, принципы манипуляций с генетическим материалом, принципы создания генетических конструкций и генномодифицированных организмов, основы генной терапии.

2. Уровень высшего образования: **магистратура, специалитет.**

3. Направление подготовки: **Физико-химическая инженерия биосистем.**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД, модуль «Профессиональный».

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>С-СПК-1 Способность использовать знания об основных закономерностях функционирования и регуляции сигнальных систем клетки при решении задач профессиональной деятельности.</p>	<p>31 (С-СПК-1) ЗНАТЬ: молекулярные и биохимические особенности сигнальных систем клетки, их связь с патологиями и механизмы их регуляции. У1 (С-СПК-1) УМЕТЬ: применять знания о функционировании и регуляции сигнальных систем клетки при планировании и проведении биологических испытаний. В1 (С-СПК-1) ВЛАДЕТЬ: навыками отбора сигнальных систем клетки для проведения биологических испытаний разного уровня (молекула, клетка) и анализа результатов исследований.</p>
<p>С-СПК-2 Способность применять законы, лежащие в основе функционирования биосистем разного уровня (клетка, организм, экосистема) при решении задач профессиональной деятельности.</p>	<p>32 (С-СПК-2) ЗНАТЬ: молекулярные механизмы регуляции экспрессии генов, способы получения искусственных генетических конструкций и генномодифицированных организмов, риски при работе с генномодифицированными организмами и способы их преодоления. У2 (С-СПК-2) УМЕТЬ: применять знания о закономерностях генной регуляции при планировании и проведении экспериментальной работы. В2 (С-СПК-2) ВЛАДЕТЬ: навыками стратегического планирования генных модификаций.</p>
<p>С-СПК-3 Способность сопоставлять возможности, достоинства и недостатки различных направлений получения биологически активных химических соединений и наноразмерных систем при решении задач профессиональной деятельности.</p>	<p>33 (С-СПК-3) ЗНАТЬ: закономерности взаимодействия химических соединений и наноразмерных систем с организмом, молекулярные и биохимические основы их действия на терапевтические мишени. У3 (С-СПК-3) УМЕТЬ: применять знания о механизмах действия химических соединений и наноразмерных систем при планировании и проведении биологических испытаний. В3 (С-СПК-3) ВЛАДЕТЬ: навыками планирования разработки биологически активных субстанций.</p>

<p>С-СПК-4 Способность анализировать научную литературу, в том числе с привлечением информационных баз данных, с целью выбора методов биологических испытаний для решения конкретных задач профессиональной деятельности.</p>	<p>З4 (С-СПК-4) ЗНАТЬ: виды, объекты и способы испытаний биологической активности на разных уровнях (молекула, клетка). У4 (С-СПК-4) УМЕТЬ: планировать, проводить и обобщать результаты научных исследований. В4 (С-СПК-4) ВЛАДЕТЬ: методами и навыками планирования биологических испытаний разного уровня для оценки биологической активности потенциальных лекарственных средств.</p>
---	---

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 академических часа, из которых 52 академических часа составляет контактная работа студента с преподавателем (36 академических часов занятия лекционного типа, 8 академических часов занятия семинарского типа, 8 академических часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 20 академических часов составляют практические занятия.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Для того, чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся должен:

знать: химические основы биологических процессов, ферментативного катализа, хранения, передачи и реализации генетической информации, методы анализа биологических процессов и сферы их применения;

уметь: вести дискуссию по вопросам структуры и функций биомолекул и биополимеров разных классов, использовать информационные ресурсы и базы данных по биомолекулам и их регуляции;

владеть: навыками применения химических основ биологических процессов для анализа экспериментальных результатов.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с	Самостоятельная работа

содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).		преподавателем), часы из них					обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Раздел 1. Сигнальные системы организма, основы внутриклеточной регуляции, сигнальные и транспортные системы клетки.	14	10	2			2	14			
Раздел 2. Молекулярные и клеточные основы злокачественного роста и противоопухолевой химиотерапии. Регуляция деления и гибели клеток. Регуляция ангиогенеза. Эндокринная система и ее регуляция. Терапевтические мишени противоопухолевой терапии.	14	10	2			2	14			

Раздел 3. Основы создания противоопухолевых лекарственных средств. Разработка малых молекул и наноразмерных систем. Биологические испытания потенциальных противоопухолевых препаратов.	12	8	2			2	12			
Раздел 4. Принципы инженерии биомолекул в биотехнологии и медицине.	12	8	2			2	12			
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>										
ИТОГО	52	36	8			8	52			

Практические занятия

№	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	Инструктаж по безопасным методам работы в биологической лаборатории. Разведение культур клеток млекопитающих, постановка экспериментов по анализу жизнеспособности клеток.	4
2	Получение и анализ закономерностей «доза-эффект», определение дозы IC50 химических соединений на культуре клеток млекопитающих.	4
3	Определение профиля клеточного цикла различных клеточных культур в норме и при цитотоксических воздействиях.	4
4	Определение уровня экспрессии генов с помощью ПЦР в режиме реального времени.	4

5	Флуоресцентное окрашивание и микроскопия клеток.	4
	ИТОГО	20

9. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплины в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований.

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Список основной литературы:

1. Биохимия. Учебник для ВУЗов // Под ред. Е.С. Северина. - М.: ГЭОТАР-МЕД. - 2004.
2. Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. / Д. Нельсон, М. Кокс; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011, 2014, 2015.
3. Молекулярная биология клетки: в 3-х томах / Б. Альбертс, А. Джонсон, Д. Льюис и др. – М.-Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований, 2013.
4. Парийская Е.Н., Ерофеев Н.П. Физиология эндокринной системы : учебное пособие // под ред. Н.П. Ерофеева. СПб. : СпецЛит, 2013.
5. Фармакология // Под ред. Р.Н. Аляутдина. - М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004
6. Eukaryotic transcription factors. 5th ed. / David S. Latchman. – NY: Academic Press (Elsevier), 2008.
7. Nuclear Receptors: From Structure to the Clinic / Iain J. McEwan, Raj Kumar (eds.), NY:Springer, 2015.
8. The biology of cancer. 2nd ed. // R.A. Weinberg, NY : Garland Science, Taylor & Francis Group, LLC, 2014.
9. Microarray Technology Through Applications / F. Falciani (ed.), NY: Taylor & Francis, 2007.
10. Handbook of Drug Sreening // Ed. R. Seethala, L. Zhang. - NY : Informa Healthcare, 2009
11. Rang and Dale's Pharmacology. - NY : Elsevier, 2012.
12. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия. Учеб.-справ. пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004.
13. Льюин Б. Гены. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011
14. Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Кочиева Е.З. и др. Сельскохозяйственная биотехнология // Под ред. В.С. Шевелухи. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2008.

Список дополнительной литературы

1. Глущенко Н.Н., Плетенева Т.В., Попков В.А. Фармацевтическая химия: Учебник для студ.сред.проф.учеб.заведений // Под ред. Т.В. Плетеневой. - М. : Издательский центр "Академия", 2004.
2. Нормальная физиология: Учебник // Под ред. А.В. Завьялова, В.М. Смирнова. - М. : МЕДпресс-информ, 2009.
3. Сингер М., Берг П. Гены и геномы. М.: Мир, 1998.
4. Рис Э., Стернберг М. P54 Введение в молекулярную биологию: От клеток к атомам: Пер. с англ. - М.: Мир, 2002.
5. Тутельян В.А. Генетически модифицированные источники пищи: оценка безопасности и контроль / Под ред. В.А. Тутельяна. М.: Издательство РАМН, 2007.
6. Ребриков Д. В. ПЦР в реальном времени / Д. В. Ребриков [и др.]; под ред. Д.В. Ребрикова. - 3-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.
7. Acetylsalicylic Acid. 2nd ed. / Karsten Schrör, Weinheim: Wiley-VCH, 2016.

Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости): MS PowerPoint, MS Excel, MS Word, специализированное ПО научно-исследовательского оборудования.

Описание материально-технической базы:

- Занятия проводятся в аудиториях, оснащенных персональным компьютером и мультимедийным проектором.
- Практические занятия проводятся в лабораториях, оснащенных специализированным научно-исследовательским оборудованием.

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

1. к.б.н. Терентьев Алексей Алексеевич, alexei@icp.ac.ru
2. к.б.н. Балакина Анастасия Александровна, stasya.balakina@gmail.com

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания для дисциплин гуманитарного, математического и естественнонаучного блока, а также химических дисциплин, не относящихся к специализациям, приведены в едином Приложении к учебным программам дисциплин «Карты компетенций выпускника специалитета», «Карты компетенций выпускника магистратуры». Данное Приложение является неотъемлемой частью учебных программ дисциплин, преподаваемых в МГУ.

2. Материалы к текущей (контрольные работы, вопросы к коллоквиумам и пр.), промежуточной аттестации (вопросы к зачету)

Вопросы для тестовых опросов:

1. Методы получения новых лекарственных средств. Основные этапы разработки лекарственного препарата, их содержание. Понятие препарата, его составляющие. Источники активных веществ. Понятие терапевтической мишени. Классы терапевтических мишеней, общее описание основных классов терапевтических мишеней – классы молекул, основные заболевания.
2. Сигнальные системы организма и связь между ними. Понятие о первичных и вторичных мессенджерах. Рецепторы, связанные с тримерными G-белками (GPCR). Основные структурные особенности. Тримерные G-белки. GPCR-опосредованная активация тримерных G-белков. Вторичные мессенджеры – циклические нуклеотиды. Сигнальный путь, запускаемый через аденилатциклазу. PKA, ее структура и регуляция, якорные белки AKAP. Сигнальный механизм реакции клеток печени на адреналин. Сигнальный механизм, связанный с цГМФ. Молекулярный механизм фоторецепции и генерации зрительного сигнала. GPCR-опосредованная активация трансдуцина, фосфодиэстераза, лиганд-зависимый катионный канал.
3. Вторичные мессенджеры – производные фосфолипидов. GPCR-опосредованная активация фосфолипазы C. Вторичные мессенджеры, генерируемые фосфолипазой C (диацилглицерин, инозитолтрифосфат, Ca^{2+}). PKC, CaMK, их структура, свойства и регуляция.
4. Факторы транскрипции – общие особенности структуры, функция. ДНК-связывающие домены (спираль-поворот-спираль НТН, цинковые пальцы, β -складчатый домен, ДНК-связывающий домен p53, лейциновая молния bZIP). Механизмы активации транскрипции. Механизмы регуляции транскрипции через GPCR-связанные сигнальные системы. Факторы транскрипции - субстраты PKA, PKC и CaMK (Jun [AP-1], NF-kB, CREB), их структура и свойства.
5. Рецепторные тирозинкиназы. Структура, механизм активации. Адапторные белки (Drk, Grb2). Фактор обмена гуанинового нуклеотида (Sos). Малые G-белки (Ras). MAP-киназный каскад (Raf, Mek, MAPK [ERK, JNK, p38]). Факторы транскрипции-субстраты MAP-киназ (SRF, Fos/Jun [AP-1], p53, NF-kB), их структура, свойства и регуляция.
6. Рецептор-ассоциированные тирозинкиназы. Jak киназа, Jak-STAT сигнальные пути. Белки STAT, структура и функция. Рецепторные серин/треониновые протеинкиназы, TGF β и Smad-сигналинг. Белки Smad, структура и функции. Ядерные рецепторы. Лиганды, механизмы активации, структура и свойства факторов транскрипции – ядерных рецепторов.
7. Ферменты. Классификация. Примеры лиаз, трансфераз, гидролаз (классы ферментов, катализируемые реакции, системы передачи сигналов). Оксидоредуктазы. Циклооксигеназа как терапевтическая мишень. Процессы, в которых участвуют циклооксигеназы, механизм действия аспирина. Изомеразы. Топоизомеразы как терапевтическая мишень. Типы топоизомераз, механизмы топоизомеразной реакции, ингибиторы топоизомераз I и II типа.
8. Транспорт молекул через плазматическую мембрану. Транспортные белки: транспортеры, ионные каналы. Транспортеры. Транспорт по механизму облегченной диффузии, механизмы, отличия от диффузии. Активный транспорт, первично-активный, вторично-активный

транспорт. Источники энергии для активного транспорта. Сопряженный перенос, светозависимый перенос, АТФ-зависимый перенос. Классы АТФ-зависимых транспортеров (P-, V-, F-, ABC классы) – структура и функции. Цикл работы Ca^{2+} -АТФазы, Na^+/K^+ АТФазы, переносчиков ABC.

9. Ионные каналы, их свойства и типы. Механизм селективности ионных каналов. Мембранный потенциал и его образование, электрохимический градиент. Потенциалзависимые ионные каналы, формирование и распространение потенциала действия. Структура нервного окончания (синапса). Нейротрансмиттеры, лиганд-зависимые ионные каналы.
10. Клеточный цикл. Фазы клеточного цикла. Интерфаза, митоз, фазы G_1 , S, G_2 , M. Циклины и циклин-зависимые протеинкиназы (Cdk), циклическая смена комплексов циклин/Cdk. Контрольные точки клеточного цикла. Белок pRB и его регуляция, связь с факторами транскрипции E2F. Контроль клеточного цикла. Блокировка клеточного цикла при повреждениях ДНК. Опухолевый супрессор p53, механизм его активации, механизм p53-зависимой остановки клеточного цикла. Изучение клеточного цикла. Принцип метода проточной цитофлуориметрии. Связь процесса клеточного деления с возникновением рака.
11. Клеточная гибель. Два основных пути клеточной гибели – некроз и апоптоз, их морфологические различия. Функции апоптотической гибели клеток в развитии организма, тканевом гомеостазе, работе иммунной системы. Каспазы: структура, механизм активации, функции, инициаторные (8, 10, 9) и эффекторные (3, 7) каспазы. Внешний (рецепторный) путь апоптоза. Активация каспаз 8 и 10 через рецепторы смерти. Внутренний (митохондриальный) путь апоптоза: белки семейства Bcl2, их структурные особенности и участие в индукции апоптоза. Каскад формирования апоптосомы и активации каспазы-9. Роль белков IAP и Anti-IAP в индукции апоптоза. Факторы выживания и ингибирование апоптоза. Методы изучения процесса апоптотической гибели: определение межнуклеосомной фрагментации ДНК, метод TUNEL, иммунодетекция (экстернализация фосфатидилсерина, выход цитохрома с из митохондрий, каспазозависимая фрагментация белков), проточная цитофлуориметрия. Связь процесса клеточной гибели с возникновением рака.
12. Процесс ангиогенеза, участие в процессе транскрипционного фактора HIF1 α и ростовых факторов VEGF и PDGF. Различия сосудистой сети в опухоли и в нормальной ткани: структура капилляров, структура капиллярной сети. Связь развития опухоли с васкуляризацией, ангиогенное переключение. Механизм действия VEGF, рецептор VEGF, сигнальные пути и процессы, которые активирует VEGF. Мишень-ориентированные (таргетные) препараты для подавления ангиогенеза. Препарат на основе антител Авастин (Бевацизумаб), гибридомный метод получения моноклональных антител, гуманизация антител. Малые молекулы – ингибиторы тирозинкиназ. Конкурентные ингибиторы киназ в активном состоянии (тип I - Сунитиниб, Пазопаниб, Вандетаниб), неконкурентные ингибиторы киназ в неактивном состоянии (тип II – Сорафениб, Акситиниб) и аллостерические ингибиторы (тип III и IV).
13. Эндокринная система, основные железы внутренней секреции, принцип эндокринной регуляции, отличие от паракринной и аутокринной регуляции, экзокринных желез.
14. Основные классы гормонов. Гипоталамо-гипофизарная система, аденогипофиз, нейрогипофиз, отличия в регуляции гипоталамическими ядрами и в способах секреции гормонов. Принцип работы гормонального каскада, релизинг-факторы, тропные гормоны, гормоны периферических эндокринных желез. Класс стероидных гормонов. Путь синтеза стероидных гормонов до кортикостероидов и половых

гормонов. Система регуляции менструального цикла, источник эстрогенов у женщин. Система регуляции синтеза андрогенов, источник тестостерона у мужчин.

15. Механизм действия стероидных гормонов: ядерные рецепторы. Типы рака молочной железы. Гормональная терапия гормонозависимых типов рака молочной железы. Хирургическое лечение. Гормонотерапия: ингибиторы синтеза эстрогенов, лекарства SERM-типа, ингибиторы релизинг-факторов.
16. Наночастицы как средства адресной доставки лекарств (АДЛ). Типы наночастиц, используемых для АДЛ. Проникновение наночастиц в организм. Факторы, определяющие распределение наночастиц в органах: кровеносная система, ретикуло-эндотелиальная система, размерность частиц, модификация поверхности. Пассивный и активный таргетинг наночастиц в опухоли. Средства нацеливания наночастиц в клетки опухолей: антитела, метаболиты, аптамеры. Проникновение наночастиц в клетку, влияние размера наночастиц на эффективность интернализации. Принципы спонтанного высвобождения активного вещества наночастицами. Принципы индуцируемого терапевтического эффекта.
17. Разработка лекарственного средства «от мишени». Идентификация мишени. Технология микрочипов. Микрочипы кДНК, технология приготовления, принцип проведения анализа. Микрочипы олигонуклеотидов (Affymetrix), технология приготовления, принцип проведения анализа. Валидация мишени, основные подходы.
18. Системы высокопродуктивного скрининга. Агонисты и антагонисты рецепторов. Радиоактивные фильтрационные методы связывания лиганда. Функциональный анализ рецептор-опосредованной сигнальной системы. Принцип скрининга активации тримерных G-белков. Флуоресцентные методы скрининга активности аденилатциклазы. Методы анализа сближения. Принцип SPA-систем скрининга активности аденилатциклазы. Принцип метода ALPHA-Screen. Скрининг высвобождения Ca^{2+} из внутриклеточных депо. FLIRP-скрининг. Люминисцентный промотерно-репортерный анализ. Методы рекомбинантных флуоресцентных белков. Промоторно-репортерный анализ. Химерные белки. Принцип МТТ-метода оценки цитотоксичности. Терапевтический индекс, терапевтическое окно.
19. Оптимизация лидера. Взаимосвязь биологических и физико-химических свойств вещества. Липофильность: метод определения, связь с биологическими свойствами. Оптимизация липофильности, пределы оптимизации. Молекулярная масса как критерий оптимума лекарственного вещества. Правила «пяти» Липницкого.
20. Конструирование рекомбинантных ДНК и их использование в генной инженерии. Ферменты генетической инженерии нуклеазы, лигазы, полимеразы. Свойства рестриктаз различных классов и их применение в генной инженерии. Соединение фрагментов с «липкими» и «тупыми» концами. Векторные молекулы. Классификация и свойства векторов. Репортерные гены. Компетентность, трансформация и трансфекция клеток. Способы введения молекул ДНК в клетки: электропорация, агробактериальная трансформация, микроинъекции ДНК, биобаллистическая трансформация, упаковка ДНК в липосомы.
21. Инструменты генной инженерии. Векторная система бактерий *Escherichia coli*. Использование бактериальных плазмид в качестве векторов. Структура вектора. Создание рекомбинантных плазмид, отбор клеток, несущих рекомбинантные плазмиды. Повышение эффективности экспрессии клонируемых в бактериях генов.

22. Полимеразная цепная реакция. Определение, область применения и компоненты реакции. Этапы амплификации. Детектирование продуктов реакции: «классическая» ПЦР и ПЦР в режиме реального времени. Использование флуоресцентных красителей в ПЦР: детекция в фазу отжига, элонгации, детекция по FRET-методу, мультиплексная ПЦР. Определение эффективности ПЦР-реакции. Определение уровня экспрессии генов с помощью ПЦР.
23. Секвенирование нуклеиновых кислот. Задачи генетического анализа. Методы создания генетических библиотек. Химическое секвенирование. Метод Сенгера. Автоматическое секвенирование. Использование флуоресцентных красителей в секвенировании. Секвенирование нового поколения: пиросеквенирование, «секвенирование путем синтеза», технология «454 Life Sciences». Практическое применение метода. Проекты по секвенированию геномов. «Золотой стандарт», ресеквенирование. Персональная медицина. Фармакогеномика.
24. Создание и использование генетически модифицированных организмов. Создание генетически модифицированных растений. Использование методики клонального микроразмножения растений *in vitro* в генной инженерии. Тотипотентность растительных клеток. Агробактериальная трансформация. Компоненты Ti-плазмиды. Структура векторов на основе Ti-плазмид. Бинарная векторная система. Прямой метод введения трансгена в растения. Использование ГМ растений: научные исследования, синтез чужеродных белков медицинского назначения, создание новых сортов сельскохозяйственных культур. Методы контроля за пищевой продукцией, имеющей ГМО-аналоги.
25. Генная инженерия животных. Культура клеток млекопитающих. Методы селекции трансформированных клеток. Векторные системы на основе вирусов животных. Введение молекул ДНК в клетки млекопитающих. Трансгенные животные в фундаментальных исследованиях: создание нокаутных мышей. Получение ГМ животных методом микроинъекции ооцитов. Использование трансгенных животных в биотехнологии.
26. Генная терапия. Регуляция экспрессии трансгенов. Строение генов про- и эукариот. Гены «домашнего хозяйства», регуляторные гены. Регуляция генов эукариот: цис-регуляторы, транс-регуляторы. Регуляторная часть гена: промоторы, энхансеры, инсуляторы, сайленсеры. Тканеспецифичная экспрессия генов. Специфичная и неспецифичная регуляция генной активности. Сайленсинг генов.
27. Современные методы генной терапии. Понятие генотерапии. Основная концепция генной терапии. Фетальная и соматическая генотерапия. Генетическая коррекция. Практические проблемы генной терапии. Векторы для генной терапии. Использование антисмысловых олигонуклеотидов. Понятие и механизм РНК-интерференции. Системы редактирования геномов. Методы манипулирования генетическим материалом, основанные на применении систем CRISPR-Cas. Этические аспекты редактирования геномов.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛИТЕТА МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

С-СПК-1: Способность использовать знания об основных закономерностях функционирования и регуляции сигнальных систем клетки при решении задач профессиональной деятельности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Специализированная компетенция выпускника программы специалитета (магистратуры) по направлению подготовки 00.00.00 Физико-химическая инженерия биосистем.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы специалитета (магистратуры), должен:

- **ЗНАТЬ:** химические основы биологических процессов, ферментативного катализа и реализации генетической информации, методы анализа биологических процессов и сферы их применения.
- **УМЕТЬ:** применять информационные и компьютерные технологии при написании рефератов и подготовке презентаций по химическим реакциям, происходящим в живых системах, ориентироваться в различных аспектах применения результатов биологического эксперимента, вести дискуссию по вопросам химических процессов в клетке.
- **ВЛАДЕТЬ:**

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ:	Отсутств	Фрагментарны	Общие, но не	Сформирован	Сформированн	Все	Тест

<p>молекулярные и биохимические особенности сигнальных систем клетки, их связь с патологиями и механизмы их регуляции. Код 31 (С-СПК-1)</p>	<p>ие знаний .</p>	<p>е знания о молекулярных и биохимических особенностях сигнальных систем клетки, их связи с патологиями и о механизмах их регуляции.</p>	<p>структурированные знания о молекулярных и биохимических особенностях сигнальных систем клетки, их связи с патологиями и о механизмах их регуляции.</p>	<p>ные, но содержащие отдельные пробелы знания о молекулярных и биохимических особенностях сигнальных систем клетки, их связи с патологиями и о механизмах их регуляции.</p>	<p>ые систематические знания о молекулярных и биохимических особенностях сигнальных систем клетки, их связи с патологиями и о механизмах их регуляции.</p>	<p>дисциплины и практики</p>	
<p>УМЕТЬ: применять знания о функционировании и регуляции сигнальных систем клетки при планировании и проведении биологических испытаний. Код У1(С-СПК-1)</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Частично освоенное умение применять знания о функционировании и регуляции сигнальных систем клетки при планировании и проведении биологических испытаний.</p>	<p>В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение применять знания о функционировании и регуляции сигнальных систем клетки при планировании</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания о функционировании и регуляции сигнальных систем клетки при планировании и</p>	<p>Сформированное умение применять знания о функционировании и регуляции сигнальных систем клетки при планировании и проведении биологических испытаний.</p>	<p>НИР</p>	<p>Подготовка и проведение бесед, дискуссий</p>

			и и проведении биологическ их испытаний.	проведении биологическ их испытаний.			
ВЛАДЕТЬ: навыками отбора сигнальных систем клетки для проведения биологических испытаний разного уровня (молекула, клетка) и анализа результатов исследований. Код В1 (С-СПК-1)	Отсутств ие навыков	Фрагментарно е применение навыков отбора сигнальных систем клетки для проведения биологических испытаний разного уровня (молекула, клетка) и анализа результатов исследований.	В целом успешное, но не систематичес кое применение навыков отбора сигнальных систем клетки для проведения биологическ их испытаний разного уровня (молекула, клетка) и анализа результатов исследовани й.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков владения формами и методами научного познания применитель но к методам химического анализа.	Успешное и систематическ ое применение отбора сигнальных систем клетки для проведения биологических испытаний разного уровня (молекула, клетка) и анализа результатов исследований.	Все дисциплины и практики	Реферат и его защита

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – государственный экзамен

Промежуточная аттестация (зачет) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛИТЕТА МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

С-СПК-2: Способность применять законы, лежащие в основе функционирования биосистем разного уровня (клетка, организм, экосистема) при решении задач профессиональной деятельности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Специализированная компетенция выпускника программы специалитета по направлению подготовки 00.00.00 Физико-химическая инженерия биосистем.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** основы хранения, передачи и реализации генетической информации.
- **УМЕТЬ:** составлять схемы транслируемых, транскрибируемых и регуляторных участков нуклеиновых кислот.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками анализа и изложения регуляторных схем генетической регуляции, в том числе с привлечением информационных баз данных.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: молекулярные механизмы регуляции экспрессии генов, способы получения	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о молекулярных механизмах	Общие, но не структурированные знания о молекулярных механизмах	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированные систематические знания о молекулярных	Все дисциплины и практики	Тест

<p>искусственных генетических конструкций и генномодифицированных организмов, риски при работе с генномодифицированными организмами и способы их преодоления. Код 32 (С-СПК-2)</p>		<p>регуляции экспрессии генов, способах получения искусственных генетических конструкций и генномодифицированных организмов, рисков при работе с генномодифицированными организмами и способах их преодоления.</p>	<p>регуляции экспрессии генов, способах получения искусственных генетических конструкций и генномодифицированных организмов, рисков при работе с генномодифицированными организмами и способах их преодоления.</p>	<p>знания о молекулярных механизмах регуляции экспрессии генов, способах получения искусственных генетических конструкций и генномодифицированных организмов, рисков при работе с генномодифицированными организмами и способах их преодоления.</p>	<p>х механизмах регуляции экспрессии генов, способах получения искусственных генетических конструкций и генномодифицированных организмов, рисков при работе с генномодифицированным и организмами и способах их преодоления.</p>		
<p>УМЕТЬ: применять знания о закономерностях генной регуляции при планировании и проведении экспериментальной работы. Код У2 (С-СПК-2)</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Частично освоенное умение применять знания о закономерностях генной регуляции при планировании и проведении экспериментальной работы.</p>	<p>В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение применять знания о закономерностях генной регуляции при</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания о закономерностях генной регуляции при планировании</p>	<p>Сформированное умение применять знания о закономерностях генной регуляции при планировании и проведении эксперимент</p>	<p>НИР</p>	<p>Реферат</p>

			планировании и проведении экспериментальной работы.	и проведении экспериментальной работы.	альной работы.		
ВЛАДЕТЬ: навыками стратегического планирования генных модификаций. Код В2 (С-СПК-2)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков стратегического планирования генных модификаций.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков стратегического планирования генных модификаций.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков стратегического планирования генных модификаций.	Успешное и систематическое применение навыков стратегического планирования генных модификаций.	Все дисциплины и практики	Реферат и его защита

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – государственный экзамен;

Промежуточная аттестация (зачет) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛИТЕТА МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

С-СПК-3: Способность сопоставлять возможности, достоинства и недостатки различных направлений получения биологически активных химических соединений и наноразмерных систем при решении задач профессиональной деятельности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Специализированная компетенция выпускника программы специалитета по направлению подготовки 00.00.00 Физико-химическая инженерия биосистем.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- **ЗНАТЬ:** органическую химию, химические основы биологических процессов, ферментативного катализа.
- **УМЕТЬ:** анализировать и представлять схемы и механизмы химических превращений органических соединений, механизмы ферментативных реакций.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками применения основных законов химии при планировании и анализе результатов экспериментов, в том числе с привлечением информационных баз данных.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элементы (элементы) образовательной программы, формирующие	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		

						результат обучения	
<p>ЗНАТЬ: закономерности взаимодействия химических соединений и наноразмерных систем с организмом, молекулярные и бмохимические основы их действия на терапевтические мишени. Код 33 (С-СПК-3)</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о закономерностях взаимодействия химических соединений и наноразмерных систем с организмом, молекулярных и бмохимических основах их действия на терапевтические мишени.	Общие, но не структурированные о закономерностях взаимодействия химических соединений и наноразмерных систем с организмом, молекулярных и бмохимических основах их действия на терапевтические мишени.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о закономерностях взаимодействия химических соединений и наноразмерных систем с организмом, молекулярных и бмохимических основах их действия на терапевтические мишени.	Сформированные систематические знания о закономерностях взаимодействия химических соединений и наноразмерных систем с организмом, молекулярных и бмохимических основах их действия на терапевтические мишени.	Все дисциплины и практики	Тест
<p>УМЕТЬ: применять знания о механизмах действия химических соединений и наноразмерных систем при планировании и проведении биологических испытаний. Код У3 (С-СПК-3)</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение применять знания о механизмах действия химических соединений и наноразмерных систем при планировании	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания о механизмах действия химических	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применять знания о механизмах действия химических соединений и наноразмерных	Сформированное умение применять знания о механизмах действия химических соединений и наноразмерных систем при планировании и проведении биологических	НИР	Подготовка и проведение бесед, дискуссий

		и проведении биологических испытаний.	соединений и наноразмерных систем при планировании и проведении биологических испытаний.	систем при планировании и проведении биологических испытаний.	испытаний.		
ВЛАДЕТЬ: навыками планирования разработки биологически активных субстанций. Код ВЗ (С-СПК-3)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков планирования разработки биологически активных субстанций.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков планирования разработки биологически активных субстанций.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков планирования разработки биологически активных субстанций.	Успешное и систематическое применение навыков планирования разработки биологически активных субстанций.	Все дисциплины и практики	Реферат и его защита

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – государственный экзамен

Промежуточная аттестация (зачет) согласно учебному плану

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛИТЕТА МГУ

Код и название КОМПЕТЕНЦИИ:

С-СПК-4: Способность анализировать научную литературу, в том числе с привлечением информационных баз данных, с целью выбора методов биологических испытаний для решения конкретных задач профессиональной деятельности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Специализированная компетенция выпускника программы специалитета по направлению подготовки 00.00.00 Физико-химическая инженерия биосистем.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- ЗНАТЬ: основные поисковые системы, базы данных и ведущие периодические издания по биологическим испытаниям.
- УМЕТЬ: анализировать научную литературу по биологическим испытаниям.
- ВЛАДЕТЬ: навыками анализа и интерпретации результатов исследований, основываясь на современной литературе.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения					Элемент (элементы) образовательной программы, формирующие результат обучения	Оценочные средства
	1	2	3	4	5		
ЗНАТЬ: виды, объекты и способы испытаний биологической	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о видах, объектах	Общие, но не структурированные	Сформированные, но содержащие	Сформированные систематиче	НИР (в т.ч., курсовые работы)	Тест

активности на разных уровнях (молекула, клетка). Код 34 (С-СПК-4)		и способах испытаний биологической активности на разных уровнях (молекула, клетка).	знания о видах, объектах и способах испытаний биологической активности на разных уровнях (молекула, клетка).	отдельные пробелы знания о видах, объектах и способах испытаний биологической активности на разных уровнях (молекула, клетка).	ские знания о видах, объектах и способах испытаний биологической активности на разных уровнях (молекула, клетка).		
УМЕТЬ: планировать, проводить и обобщать результаты научных исследований. Код У4 (С-СПК-4)	Отсутствие умений	Частично освоенное умение планировать, проводить и обобщать результаты научных исследований.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение планировать, проводить и обобщать результаты научных исследований.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение планировать, проводить и обобщать результаты научных исследований.	Сформированное умение планировать, проводить и обобщать результаты научных исследований.	НИР (в т.ч., курсовые работы)	Библиографический обзор по теме
ВЛАДЕТЬ: методами и навыками планирования биологических испытаний разного уровня для оценки биологической активности потенциальных лекарственных средств. Код: В4 (С-СПК-4)	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов и навыков планирования биологических испытаний разного уровня	В целом успешное, но не систематическое применение методов и навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов и навыков	Успешное и систематическое применение методов и навыков планирования	НИР (в т.ч., курсовые работы)	Реферат и его защита

		для оценки биологической активности потенциальных лекарственных средств.	планирования биологических испытаний разного уровня для оценки биологической активности потенциальных лекарственных средств.	планирования биологических испытаний разного уровня для оценки биологической активности потенциальных лекарственных средств.	биологических испытаний разного уровня для оценки биологической активности потенциальных лекарственных средств.		
--	--	--	--	--	---	--	--

ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Итоговый контроль сформированности компетенции – государственный экзамен

Промежуточная аттестация (зачет) согласно учебному плану