

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра биомедицинской физики**



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

Рабочая программа дисциплины

КЛЕТОЧНАЯ РЕЦЕПЦИЯ И ТРАНСДУКЦИЯ

Направление подготовки **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения

Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	72	21	9		20	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачетных единицы -контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Клеточная рецепция и трансдукция» имеет своей целью: знакомство обучающихся с современным состоянием науки в области молекулярно-кинетических основ клеточной сигнализации (кинетики рецепции и трансдукции молекулярных сигналов биологических клеток) и применение этих знаний на практике в решении модельных задач. Это включает в себя, в частности, знакомство с общей теорией химической и биокинетики, а также основных молекулярно-кинетических схем клеточной рецепции и проведения (включая механизмы регулирования) клеточного сигнала вплоть до формирования клеточного ответа. Вырабатываемые практические навыки обучающихся включают в себя умение составлять и решать математические модели (в виде системы дифференциально-кинетических уравнений) соответствующих реакционных схем клеточной рецепции и трансдукции, и применение полученных знаний в собственной научной работе.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основные положения и молекулярно-кинетические схемы клеточной рецепции и трансдукции; законы и формулы химической кинетики, используемые для решения биокинетических задач; общие методы решения систем дифференциальных уравнений, лежащие в основе вычислительной биокинетики; источники ошибок кинетического эксперимента.</p> <p>Уметь на основе конкретной графической схемы или словесного описания конкретной последовательности молекулярных реакций клеточной сигнализации правильно составить соответствующую математическую модель процесса в виде системы кинетических дифференциальных уравнений, провести качественный анализ данной системы, предложить приближенное решение, найти лимитирующие стадии и контролирующие факторы процесса при известных значениях констант и концентраций реагентов, поставить конкретную научную задачу по возможному исследованию данного процесса. Также обучающийся должен уметь применять полученные знания для практических задач, в том числе в собственной научной работе.</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		Владеть представлениями о строении, функционировании и взаимодействии биологических клеток как в едином организме, так и в популяции микроорганизмов с точки зрения молекулярной кинетики; корректности и некорректности прямой и обратной задач в биокинетическом исследовании; современных научных достижениях и проблемах в данной области; направлении прогресса и перспективе.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Клеточная рецепция и трансдукция» читается в весеннем семестре для студентов 2 курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой биомедицинской физики.

Студенты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны иметь общую базовую подготовку, в том числе:

– В цикле математических дисциплин: знание математического анализа, линейной алгебры, основ функционального анализа, математической статистики, и векторного анализа, а также умение применять эти знания при решении задач. Знание линейной алгебры и математического анализа необходимо для решения систем дифференциальных уравнений математических моделей клеточной рецепции и трансдукции. А знание математической статистики необходимо для понимания и учета стохастического характера химических реакций, лежащих в основе молекулярной клеточной сигнализации. Знание функционального анализа необходимо при решении интегральных уравнений, связанных с обратными задачами клеточной сигнализации.

– В цикле общефизических дисциплин необходимыми предпосылками являются курсы «Введение в технику физического эксперимента» и «Электродинамика и оптика», поскольку они необходимы для понимания физических методов, используемых для исследования клеточной рецепции и трансдукции. Данные вопросы также затрагиваются в курсе «Измерения в биологии и медицине», изучаемом в бакалавриате физического факультета по специализации биомедицинской физики.

Молекулярно-кинетические задачи клеточной сигнализации встречаются практически в любой области биомедицинской физики. Поэтому материал, изучаемый в рамках данного курса, найдёт прямое и непосредственное применение в собственной научной работе магистрантов, а именно при прохождении научной практики в лабораториях академических институтов.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- **Текущий контроль:** опрос в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, решение задач из задания для самостоятельного решения.
- **Промежуточная аттестация:** экзамен.
Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетных единицы, **72** академических часа.
 - занятия лекционного типа – 21 час;
 - практические занятия – 9 часов;
 - самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 20 часов;
 - промежуточная аттестация (самостоятельная подготовка, консультация, экзамен)– 22 часа.
 Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, консультация, экзамен) составляет 34 часа.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	72	21	9		20	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачетных единицы -контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Клеточная рецепция и трансдукция» читается на 2 курсе магистратуры физического факультета НГУ в 4 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение	1	2	1.5	0.5		
2	Количественное описание кинетики молекулярных процессов в химии и биологии	2	3	1.5	0.5	1	
3	Общая структура сигнальных систем клетки	3	3	1.5	0.5	1	
4	Экстраклеточные сигнальные молекулы, первичные мессенджеры	4	3	1.5	0.5	1	
5	Рецепторы сопряженные с G-белками	5	3	1.5	0.5	1	

6	Рецепторы ионные каналы	6	3	1.5	0.5	1	
7	Рецепторы ассоциированные с ферментами	7–8	5	3	1	1	
8	Эффекторные белки, вторичные мессенджеры	9	3	1.5	0.5	1	
9	Схемы трансдукции, каскадная амплификация сигнала	10–11	5	3	1	1	
10	Клеточный ответ	12–13	5	3	1	1	
11	Фоторецепция	14	3	1.5	0.5	1	
12	Отчеты студентов по заданию для самостоятельного решения	15-16	12		2	10	
12	Групповая консультация		2				2
13	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		18				18
14	Экзамен		2				2
	Всего		72	21	9	20	22

Программа и основное содержание лекций (21 час)

Раздел 1. Введение (1.5 часа)

Цели и структура курса. Основные термины и понятия клеточной сигнализации. Возможности и проблемы математического моделирования биологических процессов. Прямая и обратная задачи.

Раздел 2. Количественное описание кинетики молекулярных процессов в химии и биологии (1.5 часа)

Химическая кинетика как основа биокинетики. Скорость химической реакции. Константа скорости и закон действующих масс. Ферментативная кинетика. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Ингибирование и активация ферментов. Многоферментные и многосубстратные реакции. Пинг-понг механизм и тройной комплекс. Реакции в открытых системах.

Раздел 3. Общая структура сигнальных систем клетки (1.5 часа)

Схема передачи внешнего сигнала в клетку.

Раздел 4. Экстраклеточные сигнальные молекулы, первичные мессенджеры (1.5 часа)

Гормоны, цитокины, факторы роста, нейротрансмиттеры, феромоны, пурины.

Раздел 5. Рецепторы сопряженные с G-белками (1.5 часа)

Структура и функционирование рецептора сопряженного с G белком.

Раздел 6. Рецепторы ионные каналы (1.5 часа)

Структура и функционирование рецептора-ионного канала.

Раздел 7. Рецепторы, ассоциированные с ферментами (3 часа)

Структура и функционирование рецептора, ассоциированного с рецептором.

Раздел 8. Эффекторные белки, вторичные мессенджеры (1.5 часа)

Классификация и моделирование функциональной активности вторичных мессенджеров.

Раздел 9. Схемы трансдукции, каскадная амплификация сигнала (3 часа)

Молекулярно-кинетические схемы клеточной трансдукции.

Раздел 10. Клеточный ответ (3 часа)

Математическое моделирование клеточного ответа на конкретных примерах.

Раздел 11. Фоторецепция (1.5 часа)

Кинетическое моделирование сигнального пути фоторецепции.

Программа практических занятий (9 часов)

Занятие 1. Введение (0.5 часа).

Занятие 2. 2. Количественное описание кинетики молекулярных процессов в химии и биологии (0.5 часа).

Занятие 3. Общая структура сигнальных систем клетки (0.5 часа).

Занятие 4. Экстраклеточные сигнальные молекулы, первичные мессенджеры (0.5 часа).

- Занятие 5. Рецепторы сопряженные с G-белками (0.5 часа).
 Занятие 6. Рецепторы ионные каналы (0.5 часа).
 Занятие 7. Рецепторы ассоциированные с ферментами (1 час).
 Занятие 8. Эффекторные белки, вторичные мессенджеры (0.5 часа).
 Занятие 9. Схемы трансдукции, каскадная амплификация сигнала (1 час).
 Занятие 10. Клеточный ответ (1 час).
 Занятие 11. Фоторецепция (0.5 часа).
 Занятие 12. Отчеты студентов по заданию для самостоятельного решения. (2 часа).

Самостоятельная работа студентов (38 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Выполнение задач для самостоятельного решения	10
Подготовка к опросам	8
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Фаллер Д. М., Шилдс Д. Молекулярная биология клетки. – М.: Изд-во БИНОМ, 2013., ISBN 978-5-9518-0436-5 (30 экз.)
2. Мушкамбаров Н. Н., Кузнецов С. Л. Молекулярная биология. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2005., ISBN 5-89481-140-6 (8 экз.)
3. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера: в 3 т. Т.1. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – С., ISBN 978-5-94774-364-7 (35 экз.)
4. С. Д. Варфоломеев, К. Г. Гуревич. Биокинетика: Практический курс. М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999., ISBN 5818300501 (3 экз.)
5. Рубин А. Б. Биофизика. Кн. 1, 2. М.: Высшая школа, 1999-2004: Кн.1: Теоретическая биофизика. 319 с. : ил. (2 экз), Кн.2: Биофизика клеточных процессов., 303 с. : ил.(1 экз)
- 6.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующим учебными материалами:

1. Зинченко В.П., Долгачева Л.П. Внутриклеточная сигнализация. Пушино: Аналит. микроскопия, 2003. (www.booksite.ru/localtxt/zin/chenko/zinchenko.pdf)
 2. Покровский А.А., Титова Н.М. Клеточная сигнализация. Красноярск, Сибирский федеральный университет, 2019.
 3. Максимов Г.В. Биофизика возбудимой клетки [Электронный ресурс]/ Максимов Г.В.— Электрон. текстовые данные.— Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016.— 208 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69341.html>.— ЭБС «IPRbooks»
- <http://cyto.kinetics.nsc.ru/biomed/biokinetics.html>
 - http://cyto.kinetics.nsc.ru/biomed/chem_kinetics.html
 - http://cyto.kinetics.nsc.ru/biomed/Cell_reception_and_transduction.html
 - <http://www.library.biophys.msu.ru/lectures/>
 - <http://chem21.info/map/>
 - <http://zinc.docking.org/>
 - <http://stke.sciencemag.org/cm/>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);

- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.
- закрытая образовательная группа в социальной сети «VK».

7.1. Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Клеточная рецепция и трансдукция» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1. Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра с помощью устного опроса, а также путём проверки задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области биохимии в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит во время экзамена. Экзамен проводится в конце семестра в устной форме по билетам. Билет содержит два вопроса, которые подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Ответ оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основные положения и молекулярно-кинетические схемы клеточной рецепции и трансдукции; законы и формулы химической кинетики, используемые для решения биокинетических задач; общие методы решения систем дифференциальных уравнений, лежащие в основе вычислительной биокинетики; источники ошибок кинетического эксперимента.</p>	<p>Опрос в начале каждой лекции, экзамен</p>
<p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Уметь на основе конкретной графической схемы или словесного описания конкретной последовательности молекулярных реакций клеточной сигнализации правильно составить соответствующую математическую модель процесса в виде системы кинетических дифференциальных уравнений, провести качественный анализ данной системы, предложить приближенное решение, найти лимитирующие стадии и контролирующие факторы процесса при известных значениях констант и концентраций реагентов, поставить конкретную научную задачу по возможному исследованию данного процесса. Также обучающийся должен уметь применять полученные знания для практических задач, в том числе в собственной научной работе.</p> <p>Владеть представлениями о строении, функционировании и взаимодействии биологических клеток как в едином организме, так и в популяции микроорганизмов с точки зрения молекулярной кинетики; корректности и некорректности прямой и обратной задач в биокинетическом исследовании; современных научных достижениях и проблемах в данной области; направлении прогресса и перспективе.</p>	<p>Опрос в начале каждой лекции, экзамен</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Клеточная рецепция и трансдукция».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.2	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Задание для самостоятельного решения.

Самостоятельное составление и анализ математической модели конкретной схемы сигнализации, выбранной студентом из доступных публикаций (статей журналов, учебников, интернет ресурсов). При проверке (представление курсового проекта на заключительном практическом занятии) основное внимание уделяется корректности составленных кинетических дифференциальных уравнений модели и их анализа, а также способности студента поставить возможную научную задачу по исследованию данного процесса.

Образец контрольных вопросов:

1. Запуск G-белком ферментативной наработки вторичного мессенджера.
2. Са-каналы и кальциевая сигнализация.
3. Сосудорасширяющий сигнальный путь NO.

Вопросы к экзамену.

1. Экстраклеточные сигнальные молекулы. Первичные мессенджеры.
2. Рецепторы, ассоциированные с G-белками.
3. Рецепторы – ионные каналы.
4. Рецепторы, ассоциированные с ферментативной активностью.
5. Регуляция функциональной активности белка – фосфорилирование и дефосфорилирование.
6. Сигнальные молекулы. Вторичные мессенджеры.
7. Типы G-белков.
8. Механизмы, прерывающие передачу внешнего сигнала.
9. Мобилизация кальция из внутриклеточных депо.
10. Кальмодулин. Строение и функциональная активность.
11. Схема передачи внешнего сигнала в клетку.
12. Сосудорасширяющий сигнальный путь NO.
13. Сигнальный путь фоторецепции.
14. Трансдукция светового сигнала в фоторецепторной клетке.
15. Са-каналы и кальциевая сигнализация.
16. Монооксид углерода – образование, мессенджерные функции.
17. Способы доставки сигнальных молекул к клеткам.
18. Рецепторная тирозинкиназа
19. Передача нервного сигнала в синапсе
20. Внутриклеточная активация - дезактивация рецептора, ассоциированного с G белком.
21. Рецепторное управление ионным каналом.
22. Внутриклеточный запуск транскрипции РНК.
23. Внутриклеточный запуск синтеза белка.
24. Запуск G-белком ферментативной наработки вторичного мессенджера.
25. Активация и диссоциация G-белка.
26. Передача сигнала через G-белок.
27. Управление ионным каналом через G-белок.
28. Активация протеин-киназы через G-белок.
29. Активация мембранно-связанных малых G-белков (Ras) рецепторной тирозинкиназой
30. Каскадная активация киназ Ras-белком, приводящая к клеточному ответу.
31. Действие эпинефрина (адреналина).
32. Активация ферментативной активности рецепторной тирозинкиназы.
33. Рецепция и трансдукция ядерной реакции клетки.
34. Запуск ядерной реакции клетки через рецептор, ассоциированный с G-белком.
35. Действие инозитол трифосфата IP₃ (вторичного мессенджера) на эндоплазматический ретикулум.
36. Механизм перекрестного действия.
37. Схема взаимодействия рецепторов I типа (стероиды) и III типа (эстрадиол) с сигнальной молекулой.
38. Схема открытия и закрытия катионных каналов в фоторецепторной клетке.

Пример экзаменационного билета

1. Рецепторы – ионные каналы
2. Схема взаимодействия рецепторов I типа (стероиды) и III типа (эстрадиол) с сигнальной молекулой

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке.

<i>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</i>	
<i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</i>	
<i>Физический факультет</i>	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____	
1.	
2.	
Составитель _____	/Ф.И.О. преподавателя/
	(подпись)
« ____ » _____	20 ____ г.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Клеточная рецепция и трансдукция»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного