

**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**



Рабочая программа дисциплины

БИОКИНЕТИКА

Направление подготовки **03.03.02 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
7	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы -контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

С.В.Цыбуля

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	3
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.	4
5. Перечень учебной литературы.	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	7

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

Курс «Биокинетика» предназначен для обучения студентов-физиков основам современных представлений и методических подходов в исследованиях биологических объектов.

Основной целью освоения курса является ознакомление с: 1) ферментативным катализом; 2) основными понятиями молекулярной рецепции; 3) базовыми моделями клеточного роста; 4) особенностями мембранного транспорта через биологические мембраны; 5) современными математическими моделями клетки на частных примерах.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Знать терминологию и основы биокинетики с точки зрения химической кинетики и термодинамики, основы ферментативного катализа в биологических объектах, основные факторы, влияющие на процессы молекулярной рецепции, особенности протекания клеточного роста и межпопуляционного взаимодействия.</p> <p>Уметь выполнить моделирование кинетической схемы, на основании схемы биохимических реакций, выбрать адекватный метод решения обратной задачи при обработке экспериментальных с использованием математического моделирования.</p> <p>Владеть навыками анализа сложных кинетических схем, возникающих при описании реальных биологических объектов, программными пакетами для обработки данных в стационарном и кинетическом эксперименте.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Биокинетика» читается в осеннем семестре для студентов 4 курса, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой биомедицинской физики. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по молекулярной физике, физике сплошных сред, механике, а также по математике (дифференциальное и интегральное исчисления, численные методы решения систем линейных уравнений и др.). Курс должен предшествовать прохождению производственной практики (НИР) и выполнению квалификационной работы бакалавра, т.к. дает необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения биофизических исследований, необходимых

для проведения экспериментальной работы, связанной с изучением структуры и функций биологических объектов.

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

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
7	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы										
-контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

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, контрольные работы, устный опрос, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: контрольные работы, устный опрос.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации (консультации, экзамен) – 22 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, консультации, экзамен) составляет 36 часов.

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

Дисциплина «Биокинетика» читается на 4 курсе физического факультета НГУ в 7 семестре. Общая трудоёмкость 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 в биокинетику.	1-2	12	3	3	3	
2	Ферментативный катализ.	3-5	12	3	2	3	
3	Молекулярная рецепция.	6-9	12	2	3	3	
4	Клеточный рост.	10-11	12	3	3	3	
5	Мембранный транспорт.	12-13	11	2	3	3	
6	Математическая модель клетки.	14-16	11	3	2	3	
7	Консультация		2				2
8	Самостоятельная подготовка студентов к экзамену		18				18
9	Экзамен		2				2
	Всего		72	16	16	18	2

Программа и основное содержание лекций (20 часов)

Раздел 1. Введение в биокинетику (3 часа)

Предмет изучения биокинетики. Химическая кинетика как основа биокинетики: стехиометрическое уравнение, элементарные и сложные реакции, определении скорости химической реакции, закон действующих масс, константа скорости реакции. Влияние температуры и pH на скорость реакций. Метод графов при анализе кинетических схем. Лимитирующая стадия сложной реакции.

Раздел 2. Ферментативный катализ (3 часа)

Фермент-субстратный комплекс. Механизм Михаэлиса-Ментен. Ингибирование и активация избытком субстрата. Многосубстратные реакции. Нестационарная и релаксационная кинетика ферментативных реакций. Ингибирование ферментативных реакций. Инактивация ферментов. Полиферментные системы и сопряженные ферментные реакции. Кинетика действий ферментов в открытых системах.

Раздел 3. Молекулярная рецепция (2 часа)

Рецепторы и лиганды. Агонисты и антагонисты. Принцип структурной комплиментарности. Специфическое и неспецифическое связывание. Кинетика лиганд-рецепторного взаимодействия: ассоциация и диссоциация. Кооперативное лиганд-рецепторное взаимодействие. Конкурентное и неконкурентное связывание лигандов. Влияние температуры и pH на рецепторное связывание. Учет функции распределения клеток по количеству рецепторов.

Раздел 4. Клеточный рост (3 часа)

Клеточный цикл. Фазы роста клеточных культур. Ингибирование и активация клеточного роста. Влияние pH на кинетику клеточного роста. Период индукции. Остановка роста, апоптоз и гибель клеток. Популяции, взаимодействующие по принципу "хищник-жертва". Ассоциации микроорганизмов.

Раздел 5. Мембранный транспорт (2 часа)

Механизмы мембранного транспорта: пассивная диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт, транслокация групп. Кинетика транспорта ионов и Доннано-равновесие. Механизмы и кинетические модели эндоцитоза.

Раздел 6. Математическая модель клетки (3 часа)

Модель гемолиза эритроцита в изотоническом хлориде аммония.

Программа практических занятий (16 часов)

Занятие 1. Химическая кинетика как основа биокинетики (1 час).

Занятие 2. Лимитирующая стадия сложной реакции (2 часа).

Занятие 3. Уравнение Михаэлиса-Ментен (2 часа).

Занятие 4. Кинетика лиганд-рецепторного взаимодействия: ассоциация и диссоциация (2 часа).

Занятие 5. Полиферментные системы и сопряженные ферментные реакции (1 час).

Занятие 6. Популяции, взаимодействующие по принципу “хищник-жертва” (2 часа).

Занятие 7. Математическое описание роста ассоциаций микроорганизмов (1 час).

Занятие 8. Механизмы мембранного транспорта (2 часа).

Занятие 9. Механизмы и кинетические модели эндоцитоза (1 час).

Занятие 10. Модель гемолиза эритроцита (2 часа).

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям	6
Выполнение контрольных работ	6
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	6
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

- С. Д. Варфоломеев, К. Г. Гуревич. Биокинетика: Практический курс. М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.
- М. В. Волькенштейн. Общая биофизика. М.: Наука, 1978.
- Э. Доис. Количественные проблемы биохимии. М.: Мир, 1983.
- Ю. А. Ершов, Н. Н. Мушкамбаров. Кинетика и термодинамика биохимических и биофизических процессов. М.: Медицина, 1990.

5.2. Дополнительная литература

- Р. К. Салаяев, А. С. Романенко. Эндоцитоз. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1979.
- Y. J. Schneider, P. Tulkens, C. Duve, A. Trouet. Fate of plasma membrane during endocytosis. J. Cell Biology 82 (1979) 449-465.

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

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующим учебными материалами:

1. С. Д. Варфоломеев, К. Г. Гуревич. Биокинетика: Практический курс. М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.
2. М. В. Волькенштейн. Общая биофизика. М.: Наука, 1978.
3. Э. Доис. Количественные проблемы биохимии. М.: Мир, 1983.
4. Ю. А. Ершов, Н. Н. Мушкамбаров. Кинетика и термодинамика биохимических и биофизических процессов. М.: Медицина, 1990.

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 «Биокинетика» 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 путем оценки активности на практических занятиях, а также с помощью контрольных работ, которые обучающиеся выполняют во время самостоятельной работы.

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 биокинетики в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит во время экзамена. Экзамен проводится в конце семестра в устной форме. Студент получает 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
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	Знать терминологию и основы биокинетики с точки зрения химической кинетики и термодинамики, основы ферментативного катализа в биологических объектах, основные факторы, влияющие на процессы молекулярной рецепции, особенности протекания клеточного роста и межпопуляционного взаимодействия.	Проведение контрольных работ, экзамен.
ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	Уметь выполнить моделирование кинетической схемы, на основании схемы биохимических реакций, выбрать адекватный метод решения обратной задачи при обработке экспериментальных с использованием математического моделирования.	Проведение контрольных работ, экзамен.
ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	Владеть навыками анализа сложных кинетических схем, возникающих при описании реальных биологических объектов, программными пакетами для обработки данных в стационарном и кинетическом эксперименте.	Проведение контрольных работ, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Биокинетика».

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 1.3	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.

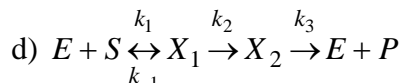
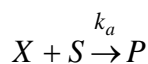
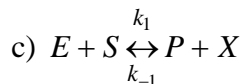
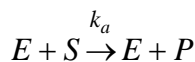
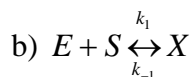
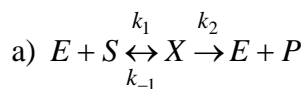
10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы контрольных вопросов и задач

Вопросы:

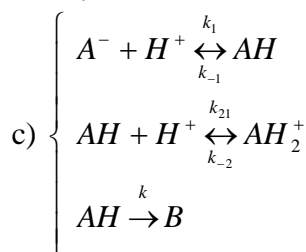
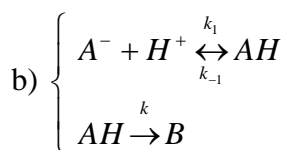
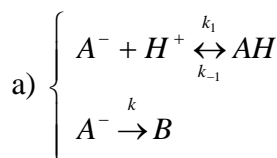
1. Химическая кинетика как основа биокинетики.
2. Ферментативный катализ и фермент-субстратный комплекс.
3. Основные причины инактивации ферментов и ингибирования ферментативных реакций.
4. Принцип структурной комплиментарности для молекулярной рецепции.
5. Учет неоднородности биологических объектов по параметрам.
6. Фазы роста клеточных культур.
7. Межпопуляционные взаимодействия - симбиоз, паразитизм и хищничество.
8. Типы мембранного транспорта – пассивный, облегченный, активный.
9. Этапы гемолиза эритроцита.

Задача 1. Какие из предложенных ниже схем можно представить в виде эквивалентного уравнения Михаэлиса?



где X – промежуточное вещество, P – продукт, E – фермент, S – субстрат

Задача 2. Даны три механизма, способные объяснить влияние pH на скорость протекания химических реакций. Для каждого из них найти соотношения между эффективной (кажущейся) константой $k_{\text{эфф}}$ и настоящей k по формуле $W = k_{\text{эфф}} A$ (W - скорость реакции)



Задача 3. Для модели Вольтера-Лоттки ‘хищник-жертва’ найти период малых колебаний в зависимости от параметров системы:

$$\frac{dN_1}{dt} = aN_1 - bN_1N_2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = cN_1N_2 - \lambda N_2$$

Вопросы к экзамену

Тема №1 «Введение в биокинетику»

- 1.1. Предмет изучения биокинетики.
- 1.2. Химическая кинетика как основа биокинетики: стехиометрическое уравнение, элементарные и сложные реакции, определении скорости химической реакции, закон действующих масс, константа скорости реакции.
- 1.3. Влияние температуры и pH на скорость реакций.

1.4. Лимитирующая стадия сложной реакции.

Тема №2 «Ферментативный катализ»

- 2.1. Фермент-субстратный комплекс.
- 2.2. Механизм Михаэлиса-Ментен.
- 2.3. Ингибирование и активация избытком субстрата.
- 2.4. Многосубстратные реакции.
- 2.5. Кинетика действий ферментов в открытых системах.

Тема №3 «Молекулярная рецепция»

- 3.1. Рецепторы и лиганды. Агонисты и антагонисты.
- 3.2. Принцип структурной комплиментарности.
- 3.3. Кинетика лиганд-рецепторного взаимодействия: ассоциация и диссоциация.
- 3.4. Кооперативное лиганд-рецепторное взаимодействие.
- 3.5. Влияние температуры и pH на рецепторное связывание.

Тема №4 «Клеточный рост»

- 4.1. Клеточный цикл. Фазы роста клеточных культур.
- 4.2. Ингибирование и активация клеточного роста.
- 4.3. Влияние pH на кинетику клеточного роста.
- 4.4. Остановка роста, апоптоз и гибель клеток.
- 4.5. Популяции, взаимодействующие по принципу “хищник-жертва”. Ассоциации микроорганизмов.

Тема №5 «Мембранный транспорт»

- 5.1. Пассивная диффузия.
- 5.2. Облегченная диффузия.
- 5.3. Активный транспорт.
- 5.4. Кинетика транспорта ионов и Доннано-равновесие.

Тема №6 «Математическая модель клетки»

- 6.1. Модель гемолиза эритроцита в изотоническом хлориде аммония.
- 6.2. Основные этапы и ограничения модели гемолиза эритроцитов.

Пример экзаменационного билета

1. Механизм Михаэлиса-Ментен.
2. Основные этапы и ограничения модели гемолиза эритроцитов.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

<p><i>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</i></p> <p><i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</i></p> <p><i>Физический факультет</i></p>

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 «Биокинетика»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

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