

Белорусский государственный университет



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Л. Толстик

06 _____ 2017

Регистрационный № УД- 4009 /уч.

КЛЕТОЧНАЯ ИНФОРМАТИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям),
направление специальности
1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 01-2013 и учебных планов УВО №G31-163/уч. от 30.05.2013 г., №G31-174/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Г.Г. Мартинович – профессор кафедры биофизики Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биофизики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 15 от 02.06.2017);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 08.06. 2017 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Клеточная информатика» разработана для специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность) (специализация «Биофизика»).

Цель учебной дисциплины – ознакомление студентов с физико-химическими и молекулярными механизмами обработки информации на клеточном уровне функционирования живых систем. *Основная задача учебной дисциплины* – сформировать представление о молекулярных, физико-химических и физических механизмах, лежащих в основе процессов внутриклеточной обработки информации.

Одним из основных свойств живых систем является их способность получать, обрабатывать и передавать информацию. Фундаментальные принципы и механизмы рецепции, обработки, хранения и передачи информации на клеточном уровне составляют основу курса лекций по клеточной информатике. Глубокое понимание принципов и механизмов обработки информации является необходимой основой изучения процессов жизнедеятельности. В связи с этим, курс лекций по клеточной информатике является важной составляющей подготовки специалиста физика специализации «Биофизика».

Материал курса основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в следующих курсах: «Молекулярная биофизика», «Физика мембранных систем», «Биофизика клетки» и др. Программа данного курса может пересекаться с дисциплинами «Биофизика сложных систем» и «Биофизика клетки», с которыми необходимо согласование.

В результате изучения дисциплины «Клеточная информатика» студент должен:

знать:

- основные представления о строении и функционировании внутриклеточных компонентов, участвующих в процессинге информации;
- физические основы процессов рецепции и трансдукции информации в клетках;
- основные представления о типах сигнальных систем в клетках;
- физико-химические способы регуляции трансдукции сигналов в клетках;

уметь:

- осуществлять подбор методов и технологий для решения актуальных задач в области клеточной информатики;
- осуществлять подбор методов для изучения и управления внутриклеточными информационными процессами;

владеть:

- терминологией клеточной информатики;
- базовыми принципами внутриклеточной сигнализации.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций.

Академические компетенции:

1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения практических задач.
2. Владеть системным и сравнительным анализом.
3. Владеть исследовательскими навыками.
4. Уметь работать самостоятельно.
5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

1. Быть способным к социальному взаимодействию.
2. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
3. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
4. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин.
2. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
3. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.
4. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.
5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской работы.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины – 78, из них количество аудиторных часов – 26.

Форма получения высшего образования – очная, дневная,

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и аудиторного контроля управляемой самостоятельной работы (УСР) студентов. На проведение лекционных занятий отводится 22 часа, на УСР – 4 часа.

Занятия проводятся на 5-м курсе в 9-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение

Информационные процессы в биосистемах. Обработка информации в одноклеточных и многоклеточных организмах. Структуры записи и хранения информации в клетках. Белки как вычислительные элементы. Кратковременная и долговременная форма записи информации. Трансдукция сигналов в клетках. Концепция первичных и вторичных мессенджеров. Классификация первичных мессенджеров. Примеры вторичных мессенджеров. Клеточные мессенджеры. Редокс-мессенджеры. Базовые молекулярные участники трансдукции сигналов в клетках (рецепторы, преобразователи, усилители, эффекторы).

Тема 2. Рецепция информации в клетках

Молекулярное узнавание, аффинность и термодинамика взаимодействия биомолекулярных структур. Основные типы рецепторов. Рецепторы, сопряженные с G-белками. Рецепторы-ионные каналы. Рецепторы с собственной ферментативной активностью. Лиганд-рецепторное взаимодействие. Физико-химические основы лиганд-рецепторного взаимодействия. Константа связывания и диссоциации. Закон действующих масс. Модель простого рецепторного связывания. Способы определения константы связывания и общего числа рецепторов. Модель Кларка. Механизмы регуляции рецепции информации.

Тема 3. Молекулярные переключатели

Молекулярные переключатели в регуляции клеточных процессов. Гетеротримерные и мономерные ГТФ-азы. Циклический механизм функционирования ГТФ-аз. Гетеротримерные G-белки: строение и принципы функционирования. Эффекторные системы G-белков. Мономерные Ras-подобные ГТФ-азы. Механизмы регуляции активности ГТФ-аз. Мономерные ГТФ-азы и везикулярный транспорт.

Тема 4. Трансдукция сигналов в клетках

Основные этапы трансдукции сигнала в клетках. Принципы организации и функционирования внутриклеточных сигнальных систем. Универсальные типы внутриклеточных сигнальных систем.

цАМФ-зависимая система передачи сигнала: основные компоненты и принципы функционирования. Аденилатциклаза: строение и функционирование. цАМФ-зависимые эффекторы. Протеинкиназа А. Гуанилатциклаза и цГМФ. цАМФ, цГМФ и фосфодиэстеразы.

Фосфатидил-инозитольная система передачи сигнала: основные компоненты и принципы функционирования. Типы фосфолипазы С и механизмы их активации. Протеинкиназа С. Кальциевая сигнализация как компонент фосфатидил-инозитольной системы.

Материальные носители кратковременной формы записи информации в клетке. Регуляция активности белков путем фосфорилирования. Протеинкина-

зы и фосфатазы. Ферментативный каскад. Тиразинкиназы и тиразинфосфатазы. Тирозин-киназный каскад. Митоген-активируемые протеинкиназы.

Редокс-активные соединения в биологических системах. Редокс-регуляция и редокс-сигнализация в биологических системах. Редокс-регуляция активности белков. Сигнальные механизмы стрессовой адаптации. Редокс-зависимая сигнальная система Keap1/Nrf2/ARE и механизмы ее регуляции.

Специфический и комплексный информационный ответ клеток.

Тема 5. Кальциевая сигнализация в биологических системах

Ионная регуляция активности белков. Передача внеклеточной информации с участием ионов Ca^{2+} . Ca^{2+} как вторичный мессенджер. Ca^{2+} -связывающие белки и мишени Ca^{2+} -сигнализации. Основные участники регуляции Ca^{2+} -гомеостаза клеток. Потенциал-управляемые Ca^{2+} -каналы. Лиганд-управляемые Ca^{2+} -каналы. Ca^{2+} -каналы, управляемые вторичными мессенджерами. Ca^{2+} -каналы внутриклеточных депо и механизмы их регуляции. Кальциевые насосы плазматической и внутренних мембран. Энергетика транспорта ионов Ca^{2+} . «Емкостная» модель входа ионов Ca^{2+} в клетку.

Тема 6. Физические основы кодирования информации в клетках

Основные факторы, определяющие специфичность клеточного ответа. Пространственно-временная организация информационных процессов. Потенциалы действия и волны вторичных мессенджеров. Механизм генерации волны вторичных мессенджеров. Модель волны вторичного мессенджера. Паттерны кальциевых волн и регуляция экспрессии генов (кальциневрин, CaMK, CREB). Внутриклеточная компартментализация участников информационных процессов.

Тема 7. Глобальные регуляторные программы. Апоптоз

Основные регуляторные программы. Информационно-программируемая гибель клеток. Морфологические и биохимические характеристики апоптоза. Основные стадии апоптоза. Молекулярные основы апоптоза. Рецепторы смерти. Иницирующие и эффекторные каспазы. Механизм активации каспаз. Апоптосомы. Рецептор-зависимый сигнальный путь апоптоза. Митохондриально-опосредованный сигнальный путь апоптоза. Поры высокой проводимости. Редокс-регуляция апоптоза клеток. Редокс-зависимый механизм активации апоптоза.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1	Предмет и задачи клеточной инженерии	2						[1–3]	
2	Принципы обработки информации в клетке	2						[1–3]	
3	Рецепция информации	2						[1–3]	
4	Физика лиганд-рецепторного взаимодействия	2						[1–3]	
5	Молекулярные переключатели	2					2	[1–3]	Контрольная работа
6	Сигнальные системы клетки	2						[1–3]	
7	Ферментативные каскады	2						[1–3]	
8	Редокс-сигнализация	2						[2, 4]	
9	Кальциевая сигнализация	2						[5, 6]	
10	Физические основы кодирования информации клеткой	2					2	[1, 7]	Контрольная работа
11	Программа клеточной гибели	2						[2, 4]	
	Всего часов	22					4		экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Черенкевич С.Н., Мартинович Г.Г., Хмельницкий А.И.. Биологические мембраны. Минск: БГУ, 2009.
2. Berridge M.J. Cell Signalling Biology. Portland Press Limited, 2014. doi:10.1042/csb0001002.
3. Gomperts B.D. Kramer I.M., Tatham P. Signal transduction. Elsevier Science. 2003.
4. Мартинович Г.Г., Сазанов Л.А., Черенкевич С.Н. Клеточная биоэнергетика: Физико-химические и молекулярные основы: Учебное пособие. М.: ЛЕНАНД, 2017.
5. Зинченко В.П., Долгачева Л.П. Внутриклеточная сигнализация. 2003. Пушино. Электронное издание «Аналитическая микроскопия». <http://cam.psn.ru>
6. Крутецкая З.И., Лебедев О.Е., Курилова Л.С. Механизмы внутриклеточной сигнализации. Санкт-Петербург. Изд-во С. Петер. Ун-та. 2003.
7. Варфоломеев С. Д., Гуревич К. Г. Биокинетика. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.

Дополнительная

1. Артюхов В.Г., Наквасина М.А. Биологические мембраны. – Воронеж. ВГУ. 2000.
2. Черенкевич С.Н., Мартинович Г.Г. Регуляция роста нейритов. //Успехи физиологических наук. 2001. Том 32. №3. С.23-39.
3. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки: В 3-х т., 2-е изд., пер. и доп. Пер. с англ. – М.: Мир, 1994.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольные работы по разделам дисциплины

Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине

Рекомендуемые темы для составления тестовых и контрольных заданий по учебной дисциплине

1. Физико-химические основы молекулярного узнавания.
2. Физико-химические основы трансдукции сигнала в клетках.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые и контрольные задания по разделам дисциплины. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Оценка каждой из контрольных работ должна быть не ниже 4 баллов, оценка ниже 4 баллов считается неудовлетворительной. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольные мероприятия проводятся в письменной форме. Каждая из контрольных работ включает тестовые задания и контрольные вопросы. На выполнение контрольной работы отводится 90 мин. Оценка каждой контрольной проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждую из письменных контрольных работ.

Текущий контроль по дисциплине (Т, максимум 10 баллов) включает 2 промежуточные письменные контрольные работы по различным темам раздела (K_1 , K_2 , максимум 10 баллов по каждой).

$$\text{Оценка текущего контроля} \quad T = \frac{K_1 + K_2}{2}$$

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости – 0,3; для экзаменационной оценки – 0,7.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Биофизика сложных систем	Кафедра биофизики	Замечаний нет	Изменение не требуется протокол №15 от 02.06.2017 г.
Биофизика клетки	Кафедра биофизики	Замечаний нет	Изменение не требуется протокол №15 от 02.06.2017 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на ____/____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
биофизики
академик, профессор

_____ С.Н. Черенкевич

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.М. Анищик