

Белорусский государственный университет



ФОТОНИКА БИООБЪЕКТОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 05 Физика

2019 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 05-2019 и учебных планов УВО №G31-062/уч. от 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Мартинovich Г.Г., зав. кафедрой биофизики, д.б.н., доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Лукьяненко Л.М., зам. директора ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», к.б.н.;

Черенкевич С.Н., профессор кафедры биофизики, д.б.н., академик НАН Беларуси

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биофизики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 27.05.2019 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28.06.2019 г.)

Заведующий кафедрой биофизики
д.б.н., доцент

Г.Г. Мартинovich

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование представлений о фундаментальных принципах взаимодействия света с биообъектами разной сложности организации.

Задачи учебной дисциплины:

1. Формирование представлений о структурно-функциональной организации биообъектов и их фотофизических свойствах.
2. Формирование представлений о физико-химических механизмах фотобиологических процессов.
3. Ознакомление с оптическими методами изучения структурно-функциональных свойств объектов.
4. Ознакомление с направлениями использования фотофизических свойств биоструктур в научных исследованиях и технологиях.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к модулю «Современная физика» (государственный компонент).

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Материал курса основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в следующих курсах: «Физика биосистем», «Спектры и строение молекул», «Спектроскопия наноструктур», «Нанофотоника» и др. Программа данного курса пересекается с дисциплиной «Современные проблемы фундаментальной физики».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Фотоника биообъектов» должно обеспечить формирование следующих универсальных и углубленных профессиональных компетенций.

***универсальные* компетенции:**

УК-3. Быть способным к инновационной, научно-исследовательской и научно-образовательной деятельности, к разработке новых методов исследования, изменению профиля научно-исследовательской деятельности, выдвижению самостоятельных гипотез;

углубленные профессиональные компетенции:

УПК-4. Быть способным демонстрировать знания фотофизических свойств биообъектов и применять оптические методы для изучения структурно-функциональных свойств объектов нанобиотехнологий.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: основные представления о строении и функционировании биообъектов; основные представления о фотофизических явлениях в биосистемах; физические основы фотоиндуцированных электрон-транспортных процессов в природных и искусственных биомолекулярных системах; фотофизические способы управления свойствами биосистем на молекулярном и клеточном уровне их организации;

уметь: объяснять фотофизические свойства биомакромолекул и биосистем; механизмы фотобиологических процессов; анализировать теоретические и экспериментальные результаты исследования фотофизических процессов на различных уровнях структурной организации живого;

владеть: понятийным аппаратом в области фотобиологии и биофизики; навыками анализа информации о фотофизических свойствах живых систем, .

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Фотоника биообъектов» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 90 часов, в том числе 46 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, семинарские занятия – 6 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Фотобиологические процессы в живом мире

Введение. Свет и его роль в живых системах. Круговорот веществ в биосфере. Фотобиологические процессы. Оптические методы изучения биологических молекул, клеток и тканей. Фотобиологические технологии. Фотомедицина. Фотоинженерия. Биофотоника. Биомедицинская фотоника. Оптогенетика.

Тема 2. Физические взаимодействия в биосистемах

Межмолекулярные и внутримолекулярные взаимодействия. Взаимодействия Ван-дер-Ваальса. Водородная связь. Электростатические взаимодействия. Вода и ее роль в биосистемах. Гидрофобный эффект.

Тема 3. Молекулярно-клеточные основы строения биосистем

Строение и свойства клеток. Структурная иерархия в молекулярной организации клеток. Клеточные органеллы и их функции. Важнейшие классы биомолекул. Строение, физико-химические свойства и функциональная роль липидов. Структура, свойства и функции белков. Строение, свойства и функции нуклеиновых кислот.

Тема 4. Биофизические основы функционирования клеток

Физические свойства клеток. Электродиффузия. Перенос заряда в мембранах и белках. Мембранный потенциал. Биопотенциалы. Электрические свойства клеток. Преобразование энергии в клетках. Трансдукция и запись информации в клетках.

Тема 5. Основные закономерности фотобиологических процессов

Основные представления о фотофизике. Классификация фотобиологических процессов. Стадии фотобиологического процесса. Общие закономерности поглощения света биологическими системами. Электронно-возбужденные состояния, их дезактивация. Люминесценция биосистем. Фотохимический спектр действия.

Основные представления о фотохимии. Законы фотохимии. Типы фотохимических реакций. Характеристики фотохимических реакций. Квантовый выход и скорость фотохимической реакции.

Фотофизика белков и нуклеиновых кислот. Теория фотоинактивации белков. Фотоповреждения нуклеиновых кислот. Флуоресцентные белки и их применение.

Тема 6. Оптические методы исследования биообъектов

Абсорбционная спектроскопия видимого и ультрафиолетового света. Флуоресцентная спектроскопия. Биопроцессы, изучаемые с помощью флуоресценции. Круговой дихроизм и дисперсия оптического вращения. ИК- и Раман-спектроскопия. Качественный и количественный спектрофотометрический анализ.

Тема 7. Механизмы переноса энергии в фотобиологических процессах

Межмолекулярный перенос энергии. Миграция энергии. Скорости дезактивации возбужденных состояний. Перенос энергии по индуктивно-резонансному механизму. Перенос энергии по обменно-резонансному механизму. Миграция экситона, полупроводниковая миграция энергии, фотопроводимость, роль ловушек. Физические методы изучения переноса энергии и их применение в биофотонике.

Тема 8. Хемилюминесценция в биологических процессах

Хемилюминесценция. Основные стадии хемилюминесцентной реакции. Количественные характеристики хемилюминесценции. Эмпирические законы хемилюминесценции и их физический смысл.

Свободные радикалы в биосистемах. Типы свободных радикалов в биосистемах. Генерация хемилюминесценции свободными радикалами. Биолуминесценция. Физико-химические механизмы биолуминесценции. Использование хемилюминесцентных методов в биологии и медицине.

Тема 9. Физика фотосинтеза

Фотосинтез. Световые и темновые стадии фотосинтеза. Строение и функции фотосинтетического аппарата. Фотосинтетические пигменты. Фотохимические реакционные центры. Фотофизические и фотохимические стадии фотосинтеза.

Фотоиндуцированное разделение зарядов. Структурно-функциональная организация фотохимических реакционных центров. Структурно-функциональная организация электрон-транспортной цепи хлоропластов. Транспорт электронов в электрон-транспортной цепи. Физические основы переноса электронов в белках. Теория Маркуса. Формула Маркуса для энергии. Формула Маркуса для константы скорости реакции.

Фотосинтетическое фотофосфорилирование. Строение и функционирование АТФ-синтазного комплекса. Молекулярные моторы.

Регуляция световых стадий фотосинтеза.

Тема 10. Фотомедицина и лазерная медицина

Фотодинамическая терапия. Фотодинамическое действие. Механизмы фотосенсибилизированных реакций в биологических системах. Фотодинамические эффекты на уровне молекул, клеток и целых организмов, роль синглетного кислорода. Фототоксические эффекты. Фотосенсибилизаторы. Наноматериалы как фотосенсибилизаторы.

Применение лазеров в медицине. Лазерная терапия. Молекулярно-клеточные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного излучения. Лазерная хирургия. Лазеры как инструмент медико-биологических исследований. Рентгеновский лазер на свободных электронах и его применение в биологии и медицине.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Фотобиологические процессы в живом мире Введение. Свет и его роль в живых системах. Круговорот веществ в биосфере. Фотобиологические процессы. Оптические методы изучения биологических молекул, клеток и тканей. Фотобиологические технологии. Фотомедицина. Фотоинженерия. Биофотоника. Биомедицинская фотоника. Оптогенетика.	4						устный опрос
2	Тема 2. Физические взаимодействия в биосистемах Межмолекулярные и внутримолекулярные взаимодействия. Взаимодействия Ван-дер-Ваальса. Водородная связь. Электростатические взаимодействия. Вода и ее роль в биосистемах.	2						устный опрос

	Гидрофобный эффект.							
3	Тема 3. Молекулярно-клеточные основы строения биосистем Строение и свойства клеток. Структурная иерархия в молекулярной организации клеток. Клеточные органеллы и их функции. Важнейшие классы биомолекул. Строение, физико-химические свойства и функциональная роль липидов. Структура, свойства и функции белков. Строение, свойства и функции нуклеиновых кислот.	4		2				презентация
4	Тема 4. Биофизические основы функционирования клеток Физические свойства клеток. Электродиффузия. Перенос заряда в мембранах и белках. Мембранный потенциал. Биопотенциалы. Электрические свойства клеток. Преобразование энергии в клетках. Трансдукция и запись информации в клетках.	2					2	контрольная работа
5	Тема 5. Основные закономерности фотобиологических процессов Основные представления о фотофизике. Классификация фотобиологических процессов. Стадии фотобиологического процесса. Общие закономерности поглощения света биологическими системами. Электронно-возбужденные состояния, их	4						

	деактивация. Люминесценция биосистем. Фотохимический спектр действия. Основные представления о фотохимии. Законы фотохимии. Типы фотохимических реакций. Характеристики фотохимических реакций. Квантовый выход и скорость фотохимической реакции. Фотофизика белков и нуклеиновых кислот. Теория фотоинактивации белков. Фотоповреждения нуклеиновых кислот. Флуоресцентные белки и их применение.							
6	Тема 6. Оптические методы исследования биообъектов Абсорбционная спектроскопия видимого и ультрафиолетового света. Флуоресцентная спектроскопия. Биопроцессы, изучаемые с помощью флуоресценции. Круговой дихроизм и дисперсия оптического вращения. ИК- и Раман-спектроскопия. Качественный и количественный спектрофотометрический анализ.	2					2	защита рефератов
7	Тема 7. Механизмы переноса энергии в фотобиологических процессах Межмолекулярный перенос энергии. Миграция энергии. Скорости деактивации возбужденных							доклад, презентация

	состояний. Перенос энергии по индуктивно-резонансному механизму. Перенос энергии по обменно-резонансному механизму. Миграция экситона, полупроводниковая миграция энергии, фотопроводимость, роль ловушек. Физические методы изучения переноса энергии и их применение в биофотонике.							
8	Тема 8. Хемилюминесценция в биологических процессах Хемилюминесценция. Основные стадии хемилюминесцентной реакции. Количественные характеристики хемилюминесценции. Эмпирические законы хемилюминесценции и их физический смысл. Свободные радикалы в биосистемах. Типы свободных радикалов в биосистемах. Генерация хемилюминесценции свободными радикалами. Биолуминесценция. Физико-химические механизмы биолуминесценции. Использование хемилюминесцентных методов в биологии и медицине.	4						
9	Тема 9. Физика фотосинтеза Фотосинтез. Световые и темновые стадии фотосинтеза. Строение и функции фотосинтетического аппарата. Фотосинтетические	6					2	контрольная работа

	пигменты. Фотохимические презентация 2реакционные центры. Фотофизические и фотохимические стадии фотосинтеза. Фотоиндуцированное разделение зарядов. Структурно-функциональная организация фотохимических реакционных центров. Структурно-функциональная организация электрон-транспортной цепи хлоропластов. Транспорт электронов в электрон-транспортной цепи. Физические основы переноса электронов в белках. Теория Маркуса. Формула Маркуса для энергии. Формула Маркуса для константы скорости реакции. Фотосинтетическое фотофосфорилирование. Строение и функционирование АТФ-синтазного комплекса. Молекулярные моторы. Регуляция световых стадий фотосинтеза.							
10	Тема 10. Фотомедицина и лазерная медицина Фотодинамическая терапия. Фотодинамическое действие. Механизмы фотосенсибилизированных реакций в биологических системах. Фотодинамические эффекты на уровне молекул, клеток и целых							доклад, презентация

	организмов, роль синглетного кислорода. Фототоксические эффекты. Фотосенсибилизаторы. Наноматериалы как фотосенсибилизаторы. Применение лазеров в медицине. Лазерная терапия. Молекулярно-клеточные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного излучения. Лазерная хирургия. Лазеры как инструмент медико-биологических исследований. Рентгеновский лазер на свободных электронах и его применение в биологии и медицине.							
	Всего часов	34		6			6	зачет

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Владимиров Ю.А., Потапенко Ф.Я. Физико-химические основы фотобиологических процессов. – М. Дрофа: 2-е изд., перераб. и доп. 2006.
2. Мартинович Г.Г., Сазанов Л.А., Черенкевич С.Н. Клеточная биоэнергетика: физико-химические и молекулярные основы – Москва: ЛЕНАНД, 2017.
3. Владимиров Ю.А., Проскурнина Е.В. Лекции по медицинской биофизике – Москва: Изд-во МГУ, 2007.
4. Генина Э.А. Методы биофотоники: Фототерапия. – Саратов: Новый ветер, 2012.
5. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Учебное пособие: В 2 томах – Долгопрудный: Издательский дом Интеллект, 2012.

Перечень дополнительной литературы

1. Конев С.В., Волотовский И.Д. Фотобиология. Учебное пособие. Мн., 1979.
2. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х книгах. Кн.2. Биофизика клеточных процессов. М.: Высшая шк. 2004.
4. Романовский Ю.М., Тихонов А.Н. Молекулярные преобразователи энергии живой клетки. Протонная АТФ-синтаза – вращающийся молекулярный мотор // Успехи физических наук. 2010. Т.180, №9, С.931-956.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устный опрос, доклады с презентациями на семинарских занятиях, контрольные работы по разделам дисциплины, а также защиту реферативных работ.

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 по каждому контрольному мероприятию выставляется по десятибалльной шкале. Оценка за ответы на семинарских (практических) занятиях учитывает полноту ответа, раскрытие физических механизмов и наличие примеров практического применения. При оценивании реферата (доклада) обращается внимание на: актуальность описываемой проблемы, содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления.

Оценка текущей успеваемости (Т) рассчитывается как среднее оценок за каждое контрольное мероприятие (доклады (Д), рефераты (Д), контрольная работа №1 (K₁), контрольная работа №2 (K₂)):

$$T = \frac{D + C + K_1 + K_2}{4}.$$

Оценка текущей успеваемости 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.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Фотоника биообъектов» учебным планом предусмотрен зачет. Студент допускается к зачету при оценке текущей успеваемости $T \geq 4$. Итоговый контроль по курсу (И) проводится в виде опроса в устной форме в соответствии со списком вопросов к зачету. При итоговой отметке $I \geq 4$ материал по курсу считается зачтенным.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

1. Тема 4 «Биофизические основы функционирования клеток» (2 ч)
(Форма контроля – письменная контрольная работа)
2. Тема 6 «Оптические методы исследования биообъектов»
(Форма контроля – реферат и его защита на семинарском занятии)
(Форма контроля – доклад с презентацией на семинарском занятии)
3. Тема 9 «Физика фотосинтеза» (2 ч)
(Форма контроля – письменная контрольная работа)

Примерная тематика семинарских занятий

Семинар № 1.

Тема 3. Молекулярно-клеточные основы строения биосистем (2 ч).
(Форма контроля – доклад с презентацией на семинарском занятии)

Семинар № 2.

Тема 7 «Механизмы переноса энергии в фотобиологических процессах» (2 ч).

(Форма контроля – доклад с презентацией на семинарском занятии)

Семинар № 3.

Тема 10 «Фотомедицина и лазерная медицина» (2 ч).

(Форма контроля – доклад с презентацией на семинарском занятии)

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

При организации образовательного процесса используется **метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)**, который предполагает:

- приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

При организации образовательного процесса также используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка и написание рефератов, докладов с презентацией на заданные темы.

Темы реферативных работ

1. Абсорбционная спектроскопия и ее применение в биологии и медицине.
2. Флуоресцентная спектроскопия и ее применение в биологии и медицине.
3. ИК-спектроскопия и ее применение в биологии и медицине.
4. Раман-спектроскопия и ее применение в биологии и медицине.
5. Качественный и количественный спектрофотометрический анализ в биологии и медицине.
6. Использование низкоинтенсивных и высокоинтенсивных лазеров и светодиодов в медицине.
7. Эндогенные и экзогенные фотосенсибилизаторы в фототерапии. Фотосенсибилизаторы нового поколения.

8. Успехи и проблемы современной фотомедицины.
9. Нанотехнологии в фотомедицине.
10. Что такое загар? Польза и вред искусственного загара.
11. Фототоксические и фотоаллергические эффекты в организме.
12. Защитные реакции организма на УФ излучение.
13. Фототерапия рака.
14. Биолюминисценция. Физико-химические механизмы биолюминесценции.
15. Использование хемилюминесцентных методов в биологии и медицине.
16. Рентгеновский лазер на свободных электронах и его применение в биологии и медицине.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Основные направления практического использования фотобиологических процессов в современном мире.
2. Основы клеточного строения живых систем. Клеточные органеллы и их функции.
3. Строение, физико-химические свойства и функциональная роль липидов.
4. Структура и функции белков, их фотофизические свойства.
5. Строение и функции нуклеиновых кислот, их фотофизические свойства.
6. Физические свойства клеток.
7. Преобразование энергии в клетках.
8. Классификация фотобиологических процессов. Стадии фотобиологического процесса.
9. Общие закономерности поглощения света биологическими системами. Электронно-возбужденные состояния, их дезактивация.
10. Люминесценция биосистем. Фотохимический спектр действия.
11. Законы фотохимии. Типы фотохимических реакций. Характеристики фотохимических реакций.
12. Теория фотоинактивации белков.
13. Фотоповреждения нуклеиновых кислот.
14. Флуоресцентные белки и их применение.
15. Флуоресцентная спектроскопия и ее применение в биологии и медицине.
16. Межмолекулярный перенос энергии. Скорости дезактивации возбужденных состояний.
17. Перенос энергии по индуктивно-резонансному механизму.
18. Перенос энергии по обменно-резонансному механизму.
19. Экситонная миграция энергии.
20. Физические методы изучения переноса энергии и их применение в биофотонике.

- 21.Хемилюминесценция. Основные стадии хемилюминесцентной реакции. Количественные характеристики хемилюминесценции.
- 22.Эмпирические законы хемилюминесценции и их физический смысл.
- 23.Свободные радикалы в биосистемах. Типы свободных радикалов в биосистемах. Генерация хемилюминесценции свободными радикалами.
- 24.Биолуминисценция. Физико-химические механизмы биолуминесценции.
- 25.Использование хемилюминесцентных методов в биологии и медицине.
- 26.Фотосинтез. Световые и темновые стадии фотосинтеза. Строение и функции фотосинтетического аппарата.
- 27.Фотосинтетические пигменты. Фотохимические реакционные центры. Фотофизические и фотохимические стадии фотосинтеза.
- 28.Структурно-функциональная организация фотохимических реакционных центров. Фотоиндуцированное разделение зарядов.
- 29.Структурно-функциональная организация электрон-транспортной цепи хлоропластов. Транспорт электронов в электрон-транспортной цепи.
- 30.Физические основы переноса электронов в белках. Теория Маркуса. Формула Маркуса.
- 31.Фотосинтетическое фотофосфорилирование. Строение и функционирование АТФ-синтазного комплекса.
- 32.Фотодинамическая терапия. Фотодинамическое действие. Типы фотосенсибилизированных реакций.
- 33.Понятие фотосенсибилизатора. Эндогенные и экзогенные фотосенсибилизаторы.
- 34.Механизмы фотосенсибилизированных реакций в биологических системах.
- 35.Фотодинамические эффекты на уровне молекул, клеток и целых организмов, роль синглетного кислорода.
- 36.Фототоксические эффекты. Наноматериалы как фотосенсибилизаторы.
- 37.Применение лазеров в медицине. Лазерная терапия.
- 38.Молекулярно-клеточные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного излучения.
- 39.Лазеры как инструмент медико-биологических исследований.

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)
Современные проблемы фундаментальной физики	Кафедра биофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Изменение не требуется протокол № 10 от 27.05.2019

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
