

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор по образовательной деятельности  
Таюрский Д.А.  
« 16 » сентября 20 15 г.



**Программа дисциплины**

**Б1.В.ДВ.4.1 Основы позитронно-эмиссионной томографии**

Направление подготовки: 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии

Профиль подготовки: —

Квалификация выпускника: бакалавр

## **1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ**

Курс посвящен изучению фундаментальных результатов физики в применении к позитронно-эмиссионной томографии. Целями освоения дисциплины являются ознакомление обучающихся с теоретическими основами эмиссионных томографов: с физическими основами томографических методов (КТ, МРТ, ПЭТ), с методиками обработки данных, с аппаратным обеспечением современных томографических комплексов; получение навыков по выбору методики исследования, диагностике качества изображений.

Курс «Основы позитронно-эмиссионной томографии» связан со следующими дисциплинами: Компьютерная томография; Радиационная физика; Методы обработки сигналов и изображений в медицине; Физические методы визуализации.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 12.03.04 Биотехнические системы и технологии и относится к базовой части. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен знать:

- Оборудование для Центров ПЭТ диагностики, устройство и принципы работы.
- Диапазоны измерений, погрешности приборов.
- Выбор оптимальных параметров и режимов работы регистрирующей аппаратуры.
- Основные принципы и нормы радиационной безопасности пациентов и персонала.
- Нормативные документы по РБ.
- Физические основы методов диагностики.
- Аппаратное обеспечение томографов и назначение их основных блоков.
- Принципы кодирования информации в томографии.
- Физические факторы, обеспечивающие контраст и соотношение сигнал/шум изображения.
- Факторы, влияющие на точность измерений.
- Возникающие опасные и вредные факторы.

уметь:

- Проведение определенных процедур, указанных в программах качества воздействие ионизирующих излучений на человека.
- Использовать и контролировать характеристики аппаратуры.
- Обработать результаты измерений, использовать приборы.
- Использовать и осуществлять контроль характеристик аппаратуры.
- Осуществлять конкретные технологические процедуры обеспечения РБ, выбирать рациональный метод томографической диагностики.
- Формулировать требования к отдельным блокам томографических комплексов, условиям их эксплуатации.
- Оценивать качество полученных результатов.
- Выявлять причину появления артефактов изображений.
- Рассчитывать погрешность измерений.

владеть:

- Навыками работы на циклотроне, ПЭТ, радиохимическом комплексе.
- Навыками анализа качества изображений пациентов с различными заболеваниями.
- Навыками организации обеспечения качества диагностических процедур.

- Навыками по обеспечению РБ;
- демонстрировать способность и готовность:
- Применять полученные знания на практике.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-15 (профессиональные компетенции)	готовность составлять заявки на запасные детали и расходные материалы, а также на поверку и калибровку аппаратуры
ПК-17 (профессиональные компетенции)	способность владеть методами профилактики производственного травматизма, профессиональных заболеваний, предотвращения экологических нарушений

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 5 семестре.

	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	История эмиссионной томографии и этапы исследования	6	2	0	0	4
2.	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом, детектирование ионизирующих излучений.	6	2	5	0	4
3.	Оборудование для Центров ПЭТ/КТ диагностики, устройства и принципы работы.	6	2	6	0	4
4.	Артефакты изображений в ПЭТ.	6	2	6	0	4
5.	Методы получения и выделения радионуклидов.	6	2	6	0	4
6.	Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ). Возможности ОФЭКТ для диагностики различных заболеваний. Достоинства и недостатки ОФЭКТ.	6	2	6	0	4
7.	Возможности ПЭТ/КТ для диагностики различных заболеваний. Достоинства и недостатки.	6	2	6	0	4
8.	Основы индивидуальной дозиметрии и радиационной безопасности.	6	2	6	0	4
9.	Калибровка и метрологическая поверка оборудования.	6	2	4	0	4

Итоговая форма контроля	0	0	0	0	45
Итого		18	45	0	81

## 4.2 Содержание дисциплины

### **Тема 1. История эмиссионной томография и этапы исследования.**

Историческая справка. Этапы исследования позитронно-эмиссионная томографии.

### **Тема 2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом, детектирование ионизирующих излучений.**

Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Кривая Брэгга. Линейная передача энергии. Взаимодействие электронов с веществом. Взаимодействие позитронов с веществом. Тормозное излучение. Черенковское излучение. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Фотоэффект. Комптоновское рассеяние. Образование пар. Ослабление гамма-излучения разными веществами.

### **Тема 3. Оборудование для Центров ПЭТ/КТ диагностики, устройства и принципы работы.**

Производство радиофармпрепаратов (РФП): циклотрон, радиохимическая лаборатория, горячая камера, модуль синтеза РФП, фасовка РФП. Контроль качества и лаборатория контроля качества РФП. Контроль радиационной безопасности и системы мониторинга радиационной безопасности. Диагностика и обработка данных: ПЭТ или ПЭТ/КТ сканер. Рабочая станция врача.

### **Тема 4. Артефакты изображений в ПЭТ.**

Аппаратные артефакты. Артефакты сбора данных. Артефакты обработки данных.

### **Тема 5. Методы получения и выделения радионуклидов.**

Характеристики радионуклидной продукции: радионуклидная чистота, радиохимическая чистота, удельная активность. Ядерно-физический аспект производства радионуклидов. Циклотронные и реакторные нуклиды. Ускорители. Ядерные реакции. Типы ядерных реакций. Сечение реакции. Энергетика ядерной реакции. Реакции под действием заряженных частиц. Реакции под действием нейтронов. Фотоядерные реакции. Производство циклотронных радионуклидов. Расчет выхода. Принцип работы циклотрона. Получение реакторных нуклидов. Выбор оптимальных условий облучения; выход насыщения. Методы получения наиболее востребованных изотопов. Радиохимический аспект производства радионуклидов.

### **Тема 6. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ). Возможности ОФЭКТ для диагностики различных заболеваний. Достоинства и недостатки ОФЭКТ.**

Что такое ОФЭКТ и чем она отличается от ПЭТ. Преимущества метода. Показания к ОФЭКТ. Противопоказания к ОФЭКТ. Достоинства и недостатки ОФЭКТ.

### **Тема 7. Возможности ПЭТ/КТ для диагностики различных заболеваний. Достоинства и недостатки.**

Показания к ПЭТ. Противопоказания к ПЭТ. Достоинства и недостатки ПЭТ/КТ.

### **Тема 8. Основы индивидуальной дозиметрии и радиационной безопасности.**

Проведение дозиметрического контроля. Применение поверенного дозиметрического оборудования с использованием модельных источников гамма-излучения. Построение дозных полей, определение эквивалентной дозы облучения персонала и пациентов.

### **Тема 9. Калибровка и метрологическая поверка оборудования.**

Калибровка оборудования. Поверка различных приборов и контроль их работы. Калибровка гамма-спектрометра, калибровка систем контроля качества, калибровка и проверка работоспособности дозкалибратора.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

– Чтение лекций, в том числе, с использованием мультимедийных средств.

- Тестирование, разбор конкретных ситуаций.
- Подготовка реферата, презентация реферата.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Вопросы к практическим занятиям**

#### **Тема 1. История эмиссионной томография и этапы исследования.**

Практические занятия по Теме 1 отсутствуют.

#### **Тема 2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом, детектирование ионизирующих излучений.**

устный опрос, примерные вопросы:

Основные блоки сканера. Применение сцинтилляционных детекторов. Энергетический диапазон работы детектора и виды детекторов. Применение гамма-спектрометрии. Преимущества и недостатки гамма-спектрометрии. Калибровка и метрология ионизирующих излучений. Фантомные измерения.

#### **Тема 3. Оборудование для Центров ПЭТ/КТ диагностики, устройства и принципы работы.**

устный опрос, примерные вопросы:

Циклотроны, ПЭТ/КТ, радиохимический комплекс. Использование и контроль характеристик аппаратуры. Осуществление контроля и гарантии качества диагностического процесса. Проведение определенных процедур, указанных в программах качества. Использование и контроль характеристик аппаратуры. Организация обеспечения качества диагностических процедур.

#### **Тема 4. Артефакты изображений в ПЭТ.**

Коллоквиум 1.

устный опрос, примерные вопросы:

Аппаратные артефакты. Артефакты сбора данных. Артефакты обработки данных.

#### **Тема 5. Методы получения и выделения радионуклидов.**

устный опрос, примерные вопросы:

Методы выделения радионуклидов из мишеней. Изотопные генераторы. Принципы работы генераторов. Основные физико-химические и конструкционные типы генераторов. Примеры изотопных генераторов для ПЭТ (Sr-82/Rb-82, Ge-68/Ga-68).

#### **Тема 6. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ). Возможности ОФЭКТ для диагностики различных заболеваний. Достоинства и недостатки ОФЭКТ.**

устный опрос, примерные вопросы:

Показания к ОФЭКТ. Противопоказания к ОФЭКТ. Достоинства и недостатки ОФЭКТ.

#### **Тема 7. Возможности ПЭТ/КТ для диагностики различных заболеваний. Достоинства и недостатки.**

устный опрос, примерные вопросы:

Показания к ПЭТ. Противопоказания к ПЭТ. Достоинства и недостатки ПЭТ.

#### **Тема 8. Основы индивидуальной дозиметрии и радиационной безопасности.**

Коллоквиум 2.

устный опрос, примерные вопросы:

Проведение дозиметрического контроля с использованием поверенного дозиметрического оборудования и модельных источников гамма-излучения. Построение дозных полей. Определение

эквивалентной дозы облучения персонала и пациентов.

## **Тема 9. Калибровка и метрологическая поверка оборудования.**

Реферат.

устный опрос, примерные вопросы:

Калибровка оборудования. Поверка различных приборов и контроль их работы. Калибровка гамма-спектрометра, калибровка систем контроля качества, калибровка и проверка работоспособности дозкалибратора.

## **7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **7.1. Регламент дисциплины**

Суммарно по дисциплине можно получить максимум 100 баллов, из них текущий контроль в течение семестра оценивается в 50 баллов, экзамен - в 50 баллов.

Баллы за работу в течение семестра распределяются следующим образом:

**20 баллов** – коллоквиум 1.

**20 баллов** – коллоквиум 2.

**10 баллов** – реферат

**Итого:**

**20+20+10=50 баллов.**

### **7.2. Оценочные средства текущего контроля**

#### **Вопросы к коллоквиумам**

##### **Коллоквиум 1.**

1. Взаимодействие альфа-частиц с веществом.
2. Взаимодействие электронов с веществом.
3. Взаимодействие позитронов с веществом.
4. Тормозное излучение.
5. Черенковское излучение.
6. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Фотоэффект. Комптоновское рассеяние. Образование пар.
7. Производство радиофармпрепаратов: циклотрон, радиохимическая лаборатория, горячая камера, модуль синтеза радиофармпрепаратов.
8. Контроль радиационной безопасности и системы мониторинга радиационной безопасности.
9. Рабочая станция врача.
10. Аппаратные артефакты ПЭТ. Артефакты сбора данных. Артефакты обработки данных.

##### **Коллоквиум 2.**

1. Характеристики радионуклидной продукции: радионуклидная чистота, радиохимическая чистота, удельная активность.
2. Ускорители.
3. Ядерные реакции. Типы ядерных реакций. Сечение реакции. Энергетика ядерной реакции.
4. Реакции под действием заряженных частиц.
5. Реакции под действием нейтронов.
6. Фотоядерные реакции.
7. Циклотронные и реакторные нуклиды. Производство циклотронных радионуклидов.
8. Принцип работы циклотрона.
9. Методы получения наиболее востребованных изотопов.

10. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ). Достоинства и недостатки ОФЭКТ.
11. Проведение дозиметрического контроля.
12. Построение дозных полей, определение эквивалентной дозы облучения персонала и пациентов.

#### **Примерные темы рефератов.**

1. Возникновение и развитие позитронно-эмиссионной томографии.
2. Индивидуальная дозиметрия и радиационная безопасность.
3. Гамма-спектрометрия: применение, преимущества и недостатки.
4. Калибровка и метрологическая поверка оборудования ПЭТ.
5. ПЭТ/КТ и ОФЭКТ: физические принципы, достоинства и недостатки, возможности для диагностики различных заболеваний.

#### **7.3. Вопросы к экзамену**

1. Взаимодействие альфа-частиц с веществом.
2. Энергетический диапазон работы детекторов и виды детекторов гамма-излучения.
3. Взаимодействие электронов с веществом
4. Виды артефактов изображений в ПЭТ
5. Взаимодействие позитронов с веществом
6. Методы получения и выделения радионуклидов
7. Взаимодействие гамма-излучения с веществом
8. Контроль радиационной безопасности в отделениях ПЭТ
9. Оснащение центров ПЭТ/КТ диагностики, устройство оборудования и принципы работы.
10. Принципы получения изображений в ОФЭКТ. Отличия ОФЭКТ от ПЭТ.
11. Методы индивидуальной дозиметрии в отделениях ПЭТ.
12. Калибровка и метрологическая поверка оборудования в отделениях ПЭТ.
13. Планировка и эффективная организация диагностического процесса в отделениях ПЭТ.
14. Основные технологические звенья в производстве радиофармпрепаратов.
15. Контроль качества в лаборатории по производству РФП.

#### **7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств**

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Расшифровка компетенции</b>	<b>Показатель формирования компетенции для данной дисциплины</b>	<b>Оценочное средство</b>
ПК-15 (профессиональные компетенции)	готовность составлять заявки на запасные детали и расходные материалы, а также на поверку и калибровку аппаратуры	– владение знаниями о физических принципах работы и об устройстве аппаратуры ПЭТ/КТ; – владение методами калибровки и поверки аппаратуры ПЭТ/КТ;	Вопросы к Коллоквиуму 2 7, 8; Экзаменационные вопросы 9, 12; тема рефератов 4.

ПК-17 (профессиональные компетенции)	способность владеть методами профилактики производственного травматизма, профессиональных заболеваний, предотвращения экологических нарушений	– знание физических основ взаимодействия ионизирующих излучений с веществом, биологической активности различных излучений; – знание принципов радиационной безопасности при работе с радионуклеидо-содержащими препаратами, аппаратурой ПЭТ; – владение навыками дозиметрического контроля.	Вопросы к Коллоквиуму1 1-10; Вопросы к Коллоквиуму2 1-12; Экзаменационные вопросы 1-8, 10-15; Темы рефератов 1-3, 5.
---	---	---	---

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Работа на практических занятиях предполагает активное участие. Для подготовки к занятиям рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторам могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем.

Следует выделять следующие компоненты:

- варианты решения;
- аргументы в пользу тех или иных вариантов решения.

На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.

При написании рефератов в материале следует выделить небольшое количество (не более 5) заинтересовавших Вас проблем и сгруппировать материал вокруг них. Следует добиваться чёткого разграничения отдельных проблем и выделения их частных моментов.

При подготовке к устным опросам Вам может понадобиться материал, изучавшийся в курсе Общей физики, поэтому стоит обращаться к соответствующим источникам (учебникам, монографиям, статьям).

При подготовке к экзамену необходимо опираться прежде всего на лекции, а также на источники, которые разбирались на занятиях в течение семестра. В каждом билете на экзамене содержится два вопроса.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 9.1. Основная литература



1. Джойнер, М.С. Основы клинической радиобиологии [Электронный ресурс] : учебник / М.С. Джойнер, Ван дер О.Д. Когельж. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2013. — 608 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=8800](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=8800)
2. Лучевая диагностика: учебник / Под ред. Г.Е. Труфанова. 2013. - 496 с.  
<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970425152.html>
3. Радионуклидная диагностика с нейротропными радиофармпрепаратами: Монография / В.Б. Сергиенко, А.А. Аншелес. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 112 с.: 60x88 1/16. - (Научная мысль; Медицина). (обложка) ISBN 978-5-16-009170-9  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=429871>

## 9.2. Дополнительная литература

1. Л.З. Магсумова, Г.В. Ефремова, А.А. Александров РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ И МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ МЕЛАНОМЫ ХОРИОИДЕИВ РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН //Вестник Башкирского государственного медицинского университета, 2013 год, №2  
<http://e.lanbook.com/view/journal/116678/page3/>
2. Терещенко, С.А. Методы вычислительной томографии [Электронный ресурс] : монография. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2004. — 320 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59381](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59381)

## 9.3 Интернет-ресурсы

1. Сайт ГБОУ ДПО РМАПО МЗ РФ - <http://www.rmapo.ru/>
2. Сайт ГБОУ ДПО РМАПО МЗ РФ - <http://www.rmapo.ru/>
3. Сайт журнала Вестник рентгенологии и радиологии - <http://russianradiology.ru>
4. Сайт журнала Медицинская визуализация - <http://medvis.vidar.ru>
5. Сайт Российской ассоциации радиологов - <http://www.russian-radiology.ru>

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение дисциплины "Основы позитронно-эмиссионной томографии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео- и аудио-информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические

занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии.

Автор(ы): Рыжкин С.А.

Рецензент(ы): Ильясов К.А.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института физики  
« 16 » \_\_\_\_\_ сентября 20 15 г.