МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

"Казанский (Приволжский) федеральный университет" Институт физики





подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Современные томографические методы Б1.В.ОД.5

Н	łаправление	подготовки:	<u>12.03.04 -</u>	<u> Биотехнические</u>	системы и	технологии
	•					

Профиль подготовки: <u>не предусмотрено</u> Квалификация выпускника: <u>бакалавр</u>

Форма обучения: <u>очное</u> Язык обучения: <u>русский</u>

Автор(ы):<u>Скирда В.Д.</u> **Рецензент(ы):**

<u>Аганов А.В., Ильясов К.А.</u>

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Скирда В. Д.	
Протокол заседания кафедры No от ""	201ı
Учебно-методическая комиссия Института физики:	
Протокол заседания УМК No от ""	_ 201г

Регистрационный No 6128618

Казань 2018

Содержание

- 1. Цели освоения дисциплины
- 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
- 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
- 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
- 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
- 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
- 7. Литература
- 8. Интернет-ресурсы
- 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Скирда В.Д. Кафедра физики молекулярных систем Отделение физики , Vladimir.Skirda@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Современные томографические методы" являются получение знаний о новых методиках магнитно-резонансной томографии, и их применения в медицинской диагностике и в фундаментальных исследованиях

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 12.03.04 Биотехнические системы и технологии и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина "Современные томографические методы" имеет как фундаментальное, так и прикладное значение в системе высшего био-технологического образования.

Эта дисциплина связана со следующими дисциплинами: Физические принципы визуализации в медицине, Методы обработки медицинских изображений и сигналов.

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.5" основной образовательной программы 12.03.04 Биотехнические системы и технологии и относится к вариативной части основных дисциплин. Осваивается на 4 курсе, 2 семестр.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции				
(профессиональные	готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации				
(профессиональные	готовность к участию в проведении медико-биологических, экологических и научно-технических исследований с применением технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов				

В результате освоения дисциплины студент:

- 1. должен знать:
- Основные импульсные методики ЯМР томографии
- Области применения ЯМР-томографии
- Возможности ЯМР-томографии в приложении к медико-биологическим задачам
- Физические принципы, лежащие в основе ключевых методик МРТ измерений.

2. должен уметь:

Интерпретировать экспериментальные результаты МРТ исследований с точки зрения физических принципов лежащих в основе метода.

3. должен владеть:



Методологией методов магнитного резонанса в применении к задачам визуализации различных анатомических структур живых организмов и изучением их функции.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

готовность к участию в проведении медико-биологических, экологических и научно-технических исследований с применением технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
	МОДУЛЯ			Лекции	Практические занятия	лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в методы томографии. Основы ЯМР-томографии	8	1-2	4	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Метод формирования изображения по линиям.	8	3-4	4	6	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Плоскостные и многоплоскостные методы интроскопии. Эхо-планарная интроскопия.	8	5-6	4	6	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Методы ускоренного получения изображений	8	7-8	4	6	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Параллельные методы получения изображений	8	9-10	4	6	0	Устный опрос Контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
	МОДУЛЯ			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Чувствительность и быстродействие различных методов ЯМР-томографии.	8	11-12	4	6	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Контрастирование изображений по временам релаксации.	8	13-14	4	6	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Эффекты самодиффузии и ЯМР-интроскопия	8	15-16	4	6	0	Устный опрос
9.	Тема 9. ЯМР томография объектов с короткими временами релаксации	8	17-18	4	3	0	Контрольная работа Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			36	45	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в методы томографии. Основы ЯМР-томографии *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Классификация методов формирования изображений. Рентген. Ультразвук. Компьютерная томография. Введение в принципы ЯМР. Классическое представление. ЯМР в неоднородном магнитном поле. Локальное возбуждение спиновой системы. Понятие селективных радиочастотных импульсов. Последовательная выборка по точкам. Метод чувствительной точки. ЯМР с фокусирующим полем и локальный ЯМР.

Тема 2. Метод формирования изображения по линиям.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Метод формирования изображения по линиям. Метод чувствительной линии (множества чувствительных точек) Линейное сканирование. (Эхо-линейное сканирование) Метод восстановления по проекциям. Двумерное обратное фурье-преобразование. Фурье-интроскопия. Основы фурье-преобразований.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Работа на учебном мини ЯМР-томографе

Тема 3. Плоскостные и многоплоскостные методы интроскопии. Эхо-планарная интроскопия.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Метод чувствительной линии (множества чувствительных точек) Линейное сканирование. (Эхо-линейное сканирование) Метод восстановления по проекциям. Двумерное обратное фурье-преобразование. Фурье-интроскопия. Основы фурье-преобразований. Двумерное фурье-преобразование. Метод "подтягивания" спинов. Эхо-планарная интроскопия.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Работа на учебном мини ЯМР-томографе

Тема 4. Методы ускоренного получения изображений

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Дилемма пространственное, временное разрешение и сигнал-шум. детальное рассмотрение быстрых импульсных последовательностей типа GRE, TRUFI, RARE. Метод фазовых графов.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Расчет параметров пространственного и временного разрешение при различных последовательностях. Оценка изменения отношения сигнала-шум при изменении параметров измерения. Моделирование импульсных последовательностей.

Тема 5. Параллельные методы получения изображений *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Принцип параллельного получения изображений. Основные методики и алгоритмы реконструкции изображений. Использование многоканальных катушек для регистрации сигнала и в качестве передающих катушек. технические аспекты реализации многоканальные систем.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Методы реконструкции при параллельном получение изображения. Сравнение этих методов и обсуждение их преимуществ и недостатков. изменения отношения сигнал-шум при параллельном получении изображения.

Тема 6. Чувствительность и быстродействие различных методов ЯМР-томографии. *пекционное занятие (4 часа(ов)):*

Сравнительный анализ чувствительности и быстродействия различных методов ЯМР-томографии. Основные принципы и методики контрастирования изображений по временам спин-решеточной и спин-спиновой релак-сации. Импульсные последовательности контрастирования изображения по временам спин-спиновой релаксации.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Работа на учебном мини ЯМР-томографе

Тема 7. Контрастирование изображений по временам релаксации.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Методики контрастирования изображений по времени спин-решеточной релаксации. Методики контрастирования изображений по времени спин-спиновой релаксации.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Методики контрастирования изображений по времени спин-спиновой релаксации.

Тема 8. Эффекты самодиффузии и ЯМР-интроскопия *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Эффекты самодиффузии на разрешающую способность ЯМР-интроскопии. Методы измерения коэффициентов самодиффузии. Контрастирование изображений по коэффициентам самодиффузии.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Работа на учебном мини ЯМР-томографе

Тема 9. ЯМР томография объектов с короткими временами релаксации *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Проблемы получения изображений в образцах с малыми временами релаксации. Методика SWIFT.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Работа на учебном мини ЯМР-томографе

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

	Ν	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
		Тема 1 Ввеление в					
Т		. Oa					

методы томографии. Основы ЯМР-томографии

8

устному опросу

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Метод формирования изображения по линиям.	8	3-4	подготовка к устному опросу	5	устный опрос
3.	Тема 3. Плоскостные и многоплоскостные методы интроскопии. Эхо-планарная интроскопия.	8	5-6	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	41, 4 1 8 1 7-8 1		подготовка к устному опросу	6	устный опрос	
5.	Тема 5. Параллельные методы получения	8	9-10	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
	изображений			подготовка к устному опросу	6	устный опрос
6.	Тема 6. Чувствительность и быстродействие различных методов ЯМР-томографии.	8	11-12	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
7.	Тема 7. Контрастирование изображений по временам релаксации.	8	13-14	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
8.	Тема 8. Эффекты самодиффузии и ЯМР-интроскопия	8	15-16	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
9.	Тема 9. ЯМР томография объектов с короткими	8	17-18	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
	временами релаксации			подготовка к устному опросу	6	устный опрос
	Итого				63	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные и практические занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию. Занятия проводятся в интерактивной форме, позволяющей студентам лучше усваивать материал. В лекциях уделено большое внимание разбору конкретных ситуаций возможных для конкретных методик МРТ. Качество обучения достигается за счет использования следующих форм учебной работы: лекции (использование проблемных ситуаций, разбор конкретных ситуаций), самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации, практические занятия с использованием мини ЯМР-томографа.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение в методы томографии. Основы ЯМР-томографии

устный опрос, примерные вопросы:

1. Классификация методов визуализации. Достоинства и недостатки различных методов. 2. Классическое представление. ЯМР в неоднородном магнитном поле. 3. Локальное возбуждение спиновой системы. Понятие селективных радиочастотных импульсов. 4. Последовательная выборка по точкам. Метод чувствительной точки. 5. ЯМР с фокусирующим полем и локальный ЯМР.

Тема 2. Метод формирования изображения по линиям.

устный опрос, примерные вопросы:

1. Методы формирования изображения по линиям. 2. Линейное сканирование. 3. Локальный ЯМР. 4. Методы чувствительной плоскости, линии, точки. 5. Прямое и обратное преобразование Фурье. 6. Двумерное прямое и обратное преобразование Фурье. 7. Фурье-интроскопия.

Тема 3. Плоскостные и многоплоскостные методы интроскопии. Эхо-планарная интроскопия.

устный опрос, примерные вопросы:

1. Метод восстановления по проекциям. 2. Метод "подтягивания" спинов. 3. Эхо-планарная интроскопия. 4. Одномерное, двумерное и трехмерное Фурье-преобразования

Тема 4. Методы ускоренного получения изображений

устный опрос, примерные вопросы:

1. Получение изображений при неполном заполнении к-пространства.

Тема 5. Параллельные методы получения изображений

контрольная работа, примерные вопросы:

Возможные вопросы на контрольной работе: 1. Классификация методов визуализации. Достоинства и недостатки различных методов. 2. Локальное возбуждение спиновой системы. Понятие селективных радиочастотных импульсов. 3. Методы формирования изображения по линиям. 4. Линейное сканирование. 5. Фурье-интроскопия. 6. Метод восстановления по проекциям. 7. Метод "подтягивания" спинов. 8. Эхо-планарная интроскопия. 9. Получение изображений при неполном заполнении к-пространства устный опрос, примерные вопросы:

1. Способы реконструкции изображений для параллельного получения изображений.

Тема 6. Чувствительность и быстродействие различных методов ЯМР-томографии. устный опрос , примерные вопросы:

1. Характеризация методик ЯМР томографии по скорости построения изображения. 2. Характеризация методик ЯМР томографии по чувствительности.

Тема 7. Контрастирование изображений по временам релаксации.

устный опрос, примерные вопросы:

1. Основные принципы и методики контрастирования изображений по временам спин-решеточной и спин-спиновой релаксации. 2. Импульсные последовательности контрастирования изображения по временам спин-спиновой релаксации.

Тема 8. Эффекты самодиффузии и ЯМР-интроскопия

устный опрос, примерные вопросы:

1. Понятие самодиффузии. 2. Механизм влияния самодиффузии на ЯМР томограмму. 3. Эффекты самодиффузии на разрешающую способность ЯМР-интроскопии. 4. Методы измерения коэффициентов самодиффузии. 5. Контрастирование изображений по коэффициентам самодиффузии.



Тема 9. ЯМР томография объектов с короткими временами релаксации

контрольная работа, примерные вопросы:

Возможные вопросы на контрольной работе: 1. Основные принципы и методики контрастирования изображений по временам спин-спиновой релаксации. 2. Основные принципы и методики контрастирования изображений по временам спин-решеточной релаксации. 3. Эффекты самодиффузии на разрешающую способность ЯМР-интроскопии. 4. Методы измерения коэффициентов самодиффузии. 5. Контрастирование изображений по коэффициентам самодиффузии. 6. Методика SWIFT.

устный опрос, примерные вопросы:

1. Проблемы получения ЯМР-томограмм в объектах с малыми временами поперечной релаксации. 2. Основные известные методики ЯМР томографии для объектов с короткими временами релаксации. 3. Методика SWIFT.

Итоговая форма контроля

зачет

Примерные вопросы к зачету:

Примерные вопросы к зачету:

- 1. Классификация методов формирования изображений. Компьютерная томография.
- 2. Понятие селективных радиочастотных импульсов.
- 3. Последовательная выборка по точкам. Метод чувствительной точки.
- 4. Метод формирования изображения по линиям.
- 5. Метод восстановления по проекциям. Двумерное обратное фурье-преобразование.
- 6. Фурье-интроскопия. Одномерное фурье-преобразование.
- 7. Двумерное фурье-преобразование. Метод "подтягивания" спинов. Эхо-планарная интроскопия.
- 8. Плоскостные и многоплоскостные методы интроскопии.
- 9. Сравнительный анализ чувствительности и быстродействия различных методик ЯМР-томографии.
- 10. Методики контрастирования изображений по времени спин-решеточной релаксации.
- 11. Методики контрастирования изображений по времени спин-спиновой ре-лаксации.
- 12. Контрастирование изображений по коэффициентам самодиффузии.
- 13. Принцип параллельного получения изображений
- 14. Аппаратурные особенности при параллельном получении изображений
- 15. Использование симметрии к-пространства для ускорения получений изображений
- 16. Основные импульсные последовательности для ЯМР-томографии
- 17. Способы ускорения измерений в при получении серии изображений
- 18. ЯМР томография объектов с короткими временами релаксации.

7.1. Основная литература:

1. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса: монография / Н. А. Сергеев, Д. С.

Рябушкин. - М.: Логос, 2013. - 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5

http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=469025

2. Медицинская и биологическая физика: учебник / Ремизов А.Н. - 4-е изд., испр. и перераб. 2013. - 648 с.

http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970424841.html



3. Магнитно-резонансная томография [Электронный ресурс] : учебное пособие / Синицын В.Е., Устюжанин Д.В.

Под ред. С.К. Тернового - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. - (Серия 'Карманные атласы по лучевой диагностике').' -

http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970408353.html

7.2. Дополнительная литература:

1. Лучевая диагностика : учебное пособие. Илясова Е. Б., Чехонацкая М. Л., Приезжева В. Н. - М. :

ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 280 с.

http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970427200.html

2. Лучевая диагностика и терапия. Общая лучевая диагностика : учебник : в 2 т. / С. К. Терновой [и др.]. - М. :

ГЭОТАР-Медиа, 2014. - Т. 1. - 232 с.

http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970429891.html

7.3. Интернет-ресурсы:

NMR information server - http://spincore.com/nmrinfo/
Quality imaging and exceptional patient care - http://www.tulsamri.com/
The whole brain atlas - http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html
Основы МРТ, Джозеф П. Хорнак - http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/inside-r.htm
Основы ЯМР, Джозеф П. Хорнак. - http://www.cis.rit.edu/htbooks/nmr/inside.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Современные томографические методы" 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 оборудованием имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.



Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. 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 ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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 ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

компьютер с проектором

симуляции изображений и обработки данных магнитно-резонансной томографии при использовании среды программирования Матлаб

лабораторные установки, представляющие установки ЯМР разного уровня; лабораторная установка "специализированный учебный ЯМР томограф".

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):						
Скирда В.Д.						
""	_ 201 г.					
Рецензент(ы):						
Аганов А.В						
Ильясов К.А						
"_"	_ 201 г.					