

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики
Титова Л.В.
30.06.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.02.01 Физические методы визуализации в медицинской
диагностике

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.03.02 Физика
2. Профиль подготовки/специализация: Физика наноматериалов и новых медицинских технологий
3. Квалификация выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра ядерной физики
6. Составители программы: к.ф.м.н., доцент Титова Л. В

7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета, протокол № 2 от 28.02.2020

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2023-2024

Семестр(ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины являются получение знаний об основных принципах визуализации, используемых в медицине, и их применения в медицинской диагностике, терапии и в фундаментальных исследованиях на живых системах.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Курс относится к Дисциплинам по выбору вариативной части блока Б1. Дисциплина закладывает знания для выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра и прохождения практик блока Б2.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен анализировать научно-техническую информацию физической направленности	Знать: физические основы и принципы визуализации, используемые в медицине Уметь: обосновывать применение конкретного способа визуализации в диагностических целях
ПК-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Знать: основные методы лучевой диагностики Уметь: обеспечивать безопасность персонала и пациентов при проведении медицинских исследований с ионизирующими излучениями

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 3/108.

Форма промежуточной аттестации зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	...	
Аудиторные занятия				
в том числе:	лекции			
	практические			
	лабораторные			
Самостоятельная работа				
Форма промежуточной аттестации экзамен				
Итого:				

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1	Рентгенодиагностика	-Физические механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом -Рентгеновские приборы - Методы рентгенодиагностики - Компьютерная томография	
2	Магнитно-резонансная томография	- Физические основы МРТ - Конфигурация МР-томографа - Виды и качество изображений	
3	Радионуклидная диагностика	- Физические основы радионуклидной диагностики - Однофотонная эмиссионная томография - Позитронно-эмиссионная томография - Позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с КТ или МРТ	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Рентгенодиагностика	6	-		16	22
2	Магнитно-резонансная томография	10	-		16	26
3	Радионуклидная диагностика	8	-		16	24
Итого:		24	-		36	90

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При подготовке к лекционным занятиям обучающийся может, используя рабочую программу дисциплины и конспект лекций, уяснить тему предстоящей лекции. Самостоятельная работа является обязательной для каждого обучающегося, ее объем определяется данной рабочей программой дисциплины. Главная задача самостоятельной работы – развитие самостоятельности, ответственности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня. В ходе аудиторной самостоятельной работы обучающиеся участвуют в обсуждении задач, дают ответы на вопросы к лекции, готовят доклады. Внеаудиторная самостоятельная работа включает изучение конспектов лекций, справочной литературы, учебной основной и дополнительной литературы, подготовку к собеседованию.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Ионизирующие излучения : [учебное пособие] / А.П. Черняев ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Физ. фак. — Изд. 3-е, испр. и доп. — Москва : КДУ, 2014. — 313 с.
2.	Радиационные технологии. Наука. Народное хозяйство. Медицина / А.П. Черняев ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. — Москва : Издательство Московского университета, 2019.
3.	Магнитно-резонансная томография : практическое руководство / К. Уэстбрук, К. Каут Рот, Д. Тэлбот ; пер. с 3-го англ. изд. И.В. Филипповича ; под ред. Ж.В. Шейх, С.М. Горбунова. — М. ; 2012 : Бином. Лаборатория знаний, — 448 с.

4.	Радионуклидная диагностика. Физические принципы и технологии : [учебное пособие] / В.А. Климанов .— Долгопрудный : Издательский дом Интеллект, 2014 .— 327 с.
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Б) дополнительная литература

№ п/п	Ресурс
5	А. П. Черняев Ядерно-физические методы в медицине. — КДУ, Университетская книга, Москва, 2016.
6	Черняев, Александр Петрович. Лекции по физике : курс физики для медиков / А.П. Черняев ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Физ. фак. — М. : ЛЕНАНД, 2011 .— 353, [2] с.
7	Н. В. Анисимов, С. С. Батова, Ю. А. Пирогов Магнитно-резонансная томография: управление контрастом и междисциплинарные приложения / Под ред. проф. ЮА Пирогова, Москва: МАКС Пресс, 2013
8	Компьютерная томография. Основы, техника, качество изображений и области клинического использования = Computed tomography. Fundamentals, system technology, image quality, applications / В. Календер ; пер. с англ. А.В. Кирюшина, А.Е. Соловченко ; под ред. В.Е. Сеницына .— Москва : Техносфера, 2006 .— 343 с.
9	Климанов В. А., Беляев В. Н. Физика ядерной медицины. Часть 2. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. — 248 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет) *:

№ п/п	Ресурс
10	Митракова, Н. Н. Компьютерная томография: конспект лекций : [16+] / Н. Н. Митракова, А. О. Евдокимов ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2013. – 125 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439250
11	Черняев, Александр Петрович. Лекции по физике : курс физики для медиков / А.П. Черняев ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Физ. фак. — М. : ЛЕНАНД, 2011 .— 353, [2] с.
7	Н. В. Анисимов, С. С. Батова, Ю. А. Пирогов Магнитно-резонансная томография: управление контрастом и междисциплинарные приложения / Под ред. проф. ЮА Пирогова, Москва: МАКС Пресс, 2013
8	Компьютерная томография. Основы, техника, качество изображений и области клинического использования = Computed tomography. Fundamentals, system technology, image quality, applications / В. Календер ; пер. с англ. А.В. Кирюшина, А.Е. Соловченко ; под ред. В.Е. Сеницына .— Москва : Техносфера, 2006 .— 343 с.
9	Климанов В. А., Беляев В. Н. Физика ядерной медицины. Часть 2. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. — 248 с.
10	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ
11	Митракова, Н. Н. Компьютерная томография: конспект лекций : [16+] / Н. Н. Митракова, А. О. Евдокимов ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2013. – 125 с. : схем., ил.: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439250

Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в магистратуре по направлению "Ядерная физика и технологии" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : В.М. Вахтель, Л.В. Титова ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019 .— Загл. с титул. экрана .— Режим доступа: для зарегистрированных читателей ВГУ .— Текстовый файл .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-15.pdf >.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных занятиях;

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, Adobe Reader.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Требования к аудиториям для проведения лекционных и практических занятий: наличие доски и средств письма на ней, оснащение проекционной техникой и компьютером.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция (и)	Оценочные средства
1.	Рентгенодиагностика	ПК-1	Вопросы к лекции
2.	Магнитно-резонансная томография		Вопросы к лекции
3.	Радионуклидная диагностика		Вопросы к лекции
4.	Рентгенодиагностика	ПК-5	Вопросы к лекции
5.	Магнитно-резонансная томография		Вопросы к лекции
6.	Радионуклидная диагностика		Вопросы к лекции
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен			КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к лекциям

1. Что такое диагностические изображения
2. Перечислите современные медицинские методы визуализации
3. Чем определяется ценность выбранного метода визуализации?
4. Перечислите способы представления трехмерного пространства в медицинских диагностических изображениях
5. Каким образом формируется суммационное изображение?
6. Назовите характеристики диагностических изображений
7. Дайте определение термину «пространственное разрешение», используемому в области медицинской визуализации
8. Дайте определение термину «контраст», используемому в области медицинской визуализации

9. Существуют ли различия в определении контраста на рентгеновском и ультразвуковом снимках?
10. Что является основными характеристиками диагностических изображений?
11. В чем заключается основное и принципиальное различие рентгенограммы от томограммы?
12. Дайте определение термину «изображение»
13. Сформулируйте свойства, которым должно отвечать изображение
14. Перечислите основные виды обработки изображений
15. Что понимают под реконструкцией изображений
16. Что такое «артефакты изображения»?
17. Опишите двухступенчатый методы формирования изображений.
18. В чем заключается основная задача медицинской компьютерной томографии?
19. Чем определяются диагностические возможности современных рентгенографических методов?
20. Каковы перспективы медицинской визуализации?
21. Что является объектом компьютерной томографии? Какова его специфика при медицинской диагностике?
22. Какие ограничения накладываются на использование различных физических полей и частиц для решения основной задачи компьютерной томографии?
23. В чем заключается основная задача компьютерной томографии?
24. Какие виды воздействия на живой организм применяются в настоящее время для восстановления его внутренней структуры?
25. Каков основной недостаток изображения рентгенограммы?
26. Кто является основоположником метода современной вычислительной томографии?
27. С именами каких нобелевских лауреатов связано развитие компьютерной томографии?
28. Что называется областью реконструкции?
29. В каких единицах измеряется линейный коэффициент ослабления рентгеновского излучения?
30. Дайте определение термину «объем элемента»
31. Что можно измерить при помощи чисел Хаунсфилда?
32. В чем заключается различие терминов «элоб» и «элиз»?
33. Перечислите требования, которые предъявляют к современному томографу.
34. Кратко охарактеризуйте типы рентгеновских компьютерных томографов.
35. Дайте определение термину «проекция» в трансмиссионной вычислительной томографии
36. Сформулируйте основную задачу трансмиссионной вычислительной томографии
37. Что такое круговая геометрия измерений?
38. Запишите и поясните преобразование Радона двумерной функции
39. Перечислите методы обращения интегрального преобразования Радона
40. В чем суть метода р-филтрации?
41. Перечислите последовательность действий, которые необходимо выполнить при реализации метода Фурье синтеза
42. Что представляет собой обратная проекция?
43. Каковы достоинства и недостатки метода, предложенного Аланом Кормаком?
44. В чем заключается различие эмиссионной и трансэмиссионной вычислительной томографии?
45. Какие факторы необходимо учесть для вывода основного уравнения эмиссионной вычислительной томографии?
46. Запишите и поясните экспоненциальное преобразование Радона.
47. Что является целью коррекции ослабления излучения при решении задач эмиссионной томографии?
48. Перечислите методы обращения экспоненциального преобразования Радона (приближенные методы коррекции ослабления излучения)
49. Охарактеризуйте метод одномерной филтрации
50. Что представляет собой аппаратная функция?
51. Что представляет собой апподизирующая функция?
52. Поясните принцип действия электронной 4D-томографии
53. Каковы диагностические возможности 4d-томографии?

54. Как можно получить трехмерное изображение изучаемого объекта?
55. С какими сложностями столкнулись ученые при интегрировании в электронную компьютерную томографию 4-го измерения?
56. Почему для реализации принципов 4D-томографии требуются значительные вычислительные ресурсы?
57. Почему при КТ-исследованиях важно соблюдать требования безопасности? Какими документами они регламентируются?
58. Как можно классифицировать способы снижения доз облучения при КТ?
59. С помощью чего могут быть снижены дозовые нагрузки производителями КТ-оборудования?
60. Что такое концепция диагностических контрольных уровней (ДКУ)?
61. Какое биологическое действие на организм оказывают МР-томографы?
Описание технологии проведения

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к лекциям, решение задач

Задача 1. В гамма-камере для диагностики используется изотоп $^{43}_{99}\text{Tc}$, который испускает фотоны с энергией $E_\gamma = 140.5$ кэВ (98.6%). Толщина человеческого тела в среднем составляет 25 см. Во время процедуры технеций вводится в кровь, и после его распределения по телу регистрируются вылетающие из тела фотоны. Во сколько раз уменьшится интенсивность пучка фотонов, которые регистрируются детектором? Насколько еще уменьшится интенсивность фотонов, если учесть, что расстояние по воздуху от тела человека до детектора 50 см?

Задача 2. Оценить пространственное разрешение гамма — камеры, имеющей отверстия коллиматора диаметром $d = 0.01$ мм с длиной $L = 5$ мм, если исследуемый орган располагается на расстоянии 50 см от коллиматора. Каким образом легче всего улучшить разрешение гамма-камеры?

Задача 3. В ПЭТ применяются позитрон-излучающие изотопы элементов ^{11}C , ^{13}N , ^{17}O и ^{18}F , которые в результате β^+ -распада испускают позитроны. Используя эмпирическую формулу расчета пробега электронов с энергией $E_e > 0.8$ МэВ в алюминии: $R = 0.542E_e - 0.133$ (г/см²), оценить пробеги позитронов в теле человека и, следовательно, разрешение томографов.

Задача 4. На какую частоту радиоволн настроен медицинский МР-томограф, использующего магнитное поле 3 Тл, используются для сканирования объекта? Указать ответ в МГц. Почему наиболее распространены исследовательские МР-томографы с полями 4.7 и 9.4 Тл?

Задача 5. Сернокислый барий часто используется для рентгенологического обследования желудочно-кишечного тракта. Во сколько раз в этом случае увеличится ослабление, если энергия рентгеновских лучей 100 кэВ?

Задача 6. При проведении ПЭТ/КТ пациентам вводится радиофармпрепарат из расчета 5 МБк/кг. Какую активность нужно наработать выходе циклотрона, чтобы ввести требуемую дозу пациенту весом 75 кг? Время наработки до введения 2 часа.

Задача 7. Во сколько раз максимальная энергия кванта рентгеновского тормозного излучения, возникающего при напряжении на трубке 80 кВ, больше энергии фотона, соответствующего зеленому свету с длиной волны 500 нм?

Перечень вопросов к экзамену:

1. Виды электромагнитных колебаний, применяемых в лучевой диагностике
2. Устройство и принцип работы рентгеновской трубки.
3. Основные свойства рентгеновского излучения.
4. Основные и специальные методы исследования.
5. Физические принципы рентгеноскопии, рентгенографии, флюорографии.

6. Механизм возникновения тормозного рентгеновского излучения.
7. Спектры теплового излучения и тормозного рентгеновского излучения. В чем их сходство и различия?
8. Выведите формулу для минимальной длины волны непрерывного рентгеновского спектра.
10. Зависимость коэффициента ослабления рентгеновского излучения в веществе от энергии фотона
12. Какой из методов флюорография или рентгенография имеет лучше чувствительность по разрешению? Каким органам соответствуют затемнения на рентгенограмме, а каким просветления?
13. Рассчитать средний градиент рентгеновской пленки
14. Эволюция КТ-сканеров.
15. Основные блоки КТ-сканера. Типичные напряжения на рентгеновских трубках в КТ-сканерах.
16. Преобразование Радона. Запишите преобразование Радона и приведите поясняющий рисунок.
17. Числа Хаунсфилда
 18. Отличие конусно-лучевой КТ от мультиспиральной
 19. Основные причины появления артефактов на КТ изображении
 20. Ядерный магнитный резонанс
 21. Уравнения, которыми описывается изменение намагниченности в образце после приложения поля В1.
 22. От чего зависит время релаксации T₂*?
 23. Шиммирующие катушки и их назначение
 24. Какими параметрами определяется резонансная частота РЧ катушки?
 25. Сбор данных в МР-томографии
 26. Основные принципы ангиографии
 27. Преимущества и ограничения МРТ.
 28. Регистрация изотопов методами ПЭТ, сцинтиграфии, ОФЭКТ
 29. Особенности ПЭТ и ОФЭКТ, их принципиальные отличия от КТ
 30. Новые возможности объединения в одной установке ПЭТ и КТ

Описание технологии проведения

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Отлично	Знание основных принципов визуализации с применением ионизирующих излучений. Умение выбирать оптимальный метод визуализации для диагностики заболеваний
Хорошо	Знание основных понятий основных принципов визуализации с применением ионизирующих излучений.
Удовлетворительно	Неполное знание основных принципов визуализации с применением ионизирующих излучений.
Не удовлетворительно	Отсутствие вышеназванных знаний и умений.

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе, текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса, а также выполнения докладов по предложенным темам. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.