

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по высшему медицинскому,
фармацевтическому образованию

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Министра
здравоохранения
Республики Беларусь,
председатель Учебно-методического
объединения по высшему
медицинскому, фармацевтическому
образованию

_____ Б.Н.Андросюк

26.05.2025

Регистрационный № УПД-091-134/пр./

ФИЗИКА МЕДИЦИНСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

7-07-0911-04 «Медико-диагностическое дело»

СОГЛАСОВАНО

Ректор учреждения образования
«Гомельский государственный
медицинский университет»

_____ И.О.Стома

_____ 2025

СОГЛАСОВАНО

Начальник главного управления
кадровой политики и
профессионального образования
Министерства здравоохранения
Республики Беларусь

_____ О.Н.Колюпанова

_____ 2025

Минск 2025

СОСТАВИТЕЛИ:

М.Н.Стародубцева, профессор кафедры медицинской и биологической физики учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет», доктор биологических наук, доцент;

И.В.Назаренко, декан медико-диагностического факультета, доцент кафедры лучевой диагностики с курсом повышения квалификации и переподготовки учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент;

С.В.Шиманец, научный сотрудник диагностической лаборатории с группой лучевой диагностики государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова», главный внештатный специалист по лучевой диагностике (резерв) Министерства здравоохранения Республики Беларусь

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра медицинской и биологической физики учреждения образования «Гродненский государственный медицинский университет»;

Г.Г.Мartiнович, заведующий кафедрой биофизики Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой медицинской и биологической физики учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» (протокол № 11 от 01.11.2024);

Кафедрой лучевой диагностики с курсом факультета повышения квалификации и переподготовки учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» (протокол № 10 от 01.11.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» (протокол № 5 от 25.02.2025);

Научно-методическим советом по медико-диагностическому делу Учебно-методического объединения по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию (протокол № 3 от 11.03.2025)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Физика медицинской визуализации» разработана в соответствии с образовательным стандартом специального высшего образования по специальности 7-07-0911-04 «Медико-диагностическое дело», утвержденным и введенным в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.09.2023 № 302/127.

Цель учебной дисциплины «Физика медицинской визуализации» – формирование базовой профессиональной компетенции для эффективного решения задач профессиональной деятельности при применении методов медицинской визуализации.

Задачи учебной дисциплины «Физика медицинской визуализации» состоят в формировании у студентов научных знаний о:

физических основах формирования изображений структур человеческого организма;

устройстве, функционировании и безопасном применении оборудования, используемого для медицинской визуализации,

умений и навыков, необходимых для критического анализа диагностических изображений, получаемых методами медицинской визуализации.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием

Учебная дисциплина «Физика медицинской визуализации» относится к модулю «Медицинская визуализация» государственного компонента примерного учебного плана по специальности 7-07-0911-04 «Медико-диагностическое дело», утвержденного первым заместителем Министра здравоохранения Республики Беларусь 24.11.2022 и первым заместителем Министра образования Республики Беларусь 20.12.2022 (регистрационный № 7-07-09-004/пр.)

Связи с другими учебными дисциплинами (модулями)

Знания, умения и навыки, полученные при изучении учебной дисциплины «Физика медицинской визуализации», необходимы для успешного изучения следующих учебных дисциплин «Основы медицинской визуализации», «Основы функциональной диагностики» и модуля субординатуры.

Студент, освоивший содержание учебного материала учебной дисциплины, должен обладать следующей базовой профессиональной **компетенцией**:

применять знания о физических и технических основах получения изображений в медицине, принципах их анализа, способах хранения и передачи при использовании различных методов медицинской визуализации.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Физика медицинской визуализации» студент должен приобрести не только теоретические знания, практические умения и навыки по специальности, но

развить свой ценностно-личностный и духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

Всего на изучение учебной дисциплины отводится 90 академических часов, из них 42 аудиторных и 48 часов самостоятельной работы студента.

Рекомендуемая форма **аттестации** студентов: зачет (6 семестр).

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Название раздела (темы)	Всего аудиторных часов	Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий	
		лекции	практические
1. Медицинская визуализация: терминология, принципы и методы	6	2	4
2. Рентгеновская диагностика	8	2	6
3. Радионуклидная диагностика	8	2	6
4. Ультразвуковая диагностика	8	2	6
5. Магнитно-резонансная томография	8	2	6
6. Оптические методы визуализации	1	-	1
7. Визуализация теплового излучения тела человека	2	-	2
8. Интервенционная радиология	1	-	1
Всего часов	42	10	32

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Медицинская визуализация: терминология, принципы и методы

Термин «медицинская визуализация». Методы медицинской визуализации. Терминология физических факторов и явлений, на которых основаны методы медицинской визуализации. Медицинское изображение. Типы и характеристики медицинских изображений (качество изображения, шум, артефакты, разрешение). Общие основы записи, обработки, воспроизведения, генерации и реконструкции медицинских изображений. Слияние изображений, полученных разными методами. Хранение и анализ медицинских изображений. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) стандарт обработки, хранения, передачи, печати и визуализации медицинских изображений. Понятие о методах компьютерной интерпретации медицинских изображений. Возможности технологий искусственного интеллекта в анализе и интерпретации изображений в медицинской визуализации.

Распознавание метода визуализации, использованного для получения конкретных диагностических изображений. Сбор и передача диагностической

информации, полученной различными методами медицинской визуализации, для ее последующего анализа.

2. Рентгеновская диагностика

Природа рентгеновского излучения и его источники. Виды, механизмы образования и спектр рентгеновского излучения рентгеновской трубки. Фильтры рентгеновского излучения. Взаимодействие рентгеновского излучения с тканями организма. Коэффициент ослабления рентгеновского излучения. Физические основы рентгеновской визуализации. Рентгеноконтрастные вещества.

Методы регистрации рентгеновского излучения: люминесцентный, фотографический, электрофотографический и ионизационный методы. Методы записи двумерного изображения. Цифровая рентгенография. Маммография. Денситометрия.

Основы записи и формирования трехмерного изображения. Единицы Хаунсфилда. Устройство компьютерного томографа и его виды. Критерии качества изображений и калибровка компьютерного томографа. Биологические эффекты рентгеновского излучения и потенциальный риск для здоровья. Меры безопасности для пациентов и персонала при проведении рентгенологических исследований. Оптимизации доз облучения пациентов в рентгенодиагностике и ядерной медицине, диагностический референтный уровень.

Распознавание метода визуализации с использованием рентгеновского излучения по медицинским изображениям. Сбор и передача диагностической информации, полученной методами рентгеновской диагностики, для ее последующего анализа. Оценка потенциального риска здоровью пациентов и персонала при применении методов медицинской визуализации с использованием рентгеновского излучения. Оценка потенциального риска возникновения опасных, нештатных и чрезвычайных ситуаций при эксплуатации оборудования, используемого в рентгеновской диагностике. Расчет толщины слоя защитного экрана, изготавливаемого из различных материалов, для обеспечения безопасной работы с диагностическим оборудованием, использующим рентгеновское излучение.

3. Радионуклидная диагностика

Радиационный распад. Радионуклиды для ядерной медицины и их производство. Радиофармацевтические препараты. Эффективное время полувыведения радиофармацевтического препарата из организма. Гамма-испускаемые радиоизотопы. Гамма-камера. Общие этапы радионуклидной медицинской визуализации. Сцинтиграфия. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография. Биологические эффекты гамма-излучения и потенциальный риск для здоровья при проведении радионуклидных исследований. Меры безопасности для пациентов и персонала при проведении радионуклидных исследований.

Позитрон-испускающие радиоизотопы. Аннигиляция и рождение пары «частица-античастица» на примере пары «электрон-позитрон». Позитронно-эмиссионная томография. Пространственное разрешение радионуклидных методов медицинской визуализации. Позитронно-эмиссионная томография,

совмещенная с компьютерной томографией или магнитно-резонансной томографией.

Распознавание метода радионуклидной визуализации по медицинским изображениям. Сбор и передача диагностической информации, полученной методами радионуклидной визуализации, для ее последующего анализа. Оценка потенциального риска здоровью пациентов и персонала при применении методов радионуклидной визуализации. Оценка потенциального риска возникновения опасных, нештатных и чрезвычайных ситуаций при проведении исследований с помощью методов радионуклидной визуализации. Расчет толщины слоя защитного экрана, изготавливаемого из различных материалов, для обеспечения безопасной работы в процессе проведения радионуклидных диагностических исследований.

4. Ультразвуковая диагностика

Характеристики ультразвуковых волн, используемых для диагностических целей в медицине. Источники и приемники ультразвука. Особенности распространения, поглощения и рассеяния ультразвуковых волн в различных средах. Акустический импеданс. Эхолокация. Определение расстояния до объекта и размеров объектов с помощью ультразвуковых волн.

Устройство ультразвукового датчика. Виды, режимы и разрешающая способность ультразвуковых датчиков. А-, В- и М-режимы ультразвуковой визуализации. Эхокардиография. Трехмерная эхография. Биологические эффекты и безопасность ультразвукового сканирования.

Эффект Доплера. Доплеровский сдвиг частоты и доплеровский угол. Понятие о спектре скоростей кровотока. Непрерывноволновой и импульсноволновой доплер. Цветовое и энергетическое доплеровское картирование. Контрастная эхография.

Механические свойства ткани как биомаркеры нормы и патологии. Термин «эластография». Ультразвуковая эластография. Определение модуля упругости ткани с помощью ультразвуковых волн. Различия модулей упругости разных тканей в норме и при патологии.

Распознавание метода ультразвуковой визуализации по медицинским изображениям. Сбор и передача диагностической информации, полученной методами ультразвуковой визуализации, для ее последующего анализа. Оценка потенциального риска здоровью пациентов и персонала при применении методов ультразвуковой визуализации. Расчет расстояния до объекта и размеров объектов с использованием ультразвуковых волн. Расчет скорости кровотока с использованием параметров падающей и отраженной от эритроцитов ультразвуковых волн.

5. Магнитно-резонансная томография

Эффект Зеемана. Ядерный магнитный резонанс. Суммарный вектор намагниченности вещества. Спин-решеточная релаксация и спин-спиновая релаксация. Параметры для картирования свойств ткани при магнитно-резонансной томографии (МРТ): времена продольной и поперечной релаксации, протонная плотность. Импульсные МРТ последовательности. Пространственное кодирование сигнала при МРТ, градиентные катушки. Типы

и характеристики магнитно-резонансных томографов. Высокочастотные и низкочастотные магнитно-резонансные томографы. Зависимость отношения сигнал/шум (SNR), восприимчивости и химического сдвига от индукции статического магнитного поля. Пространственное и спектральное разрешение МРТ изображений. Контрастные вещества в МРТ. МРТ эластография.

Потенциальный риск для здоровья и меры безопасности для пациентов и персонала при проведении МРТ.

Использование наноразмерных частиц в медицинской визуализации.

Распознавание методов МРТ по медицинским изображениям. Сбор и передача диагностической информации, полученной методами МРТ, для ее последующего анализа. Оценка потенциального риска здоровью пациентов и персонала при применении МРТ. Оценка потенциального риска возникновения опасных, нестандартных и чрезвычайных ситуаций при эксплуатации оборудования, используемого для МРТ.

6. Оптические методы визуализации

Оптическая когерентная томография. Диффузная оптическая визуализация. Спектроскопия комбинационного рассеяния света (эффект Рамана). Фотоакустическая визуализация.

Распознавание оптического метода визуализации по медицинским изображениям.

7. Визуализация теплового излучения тела человека

Природа теплового излучения. Основные характеристики теплового излучения тел. Законы теплового излучения абсолютно черного тела и серого тела. Тепловое излучение тела человека. Визуализация теплового излучения тела человека. Методы термографии. Инфракрасная и микроволновая термография.

Распознавание метода визуализации теплового излучения тела человека по медицинским изображениям.

8. Интервенционная радиология

Современные методы интервенционной радиологии. Принципы противолучевой защиты и регламентирование лучевых интервенционных исследований.

Оценка потенциального риска здоровью пациентов и персонала при применении конкретного метода визуализации при интервенционных исследованиях. Оценка потенциального риска возникновения опасных, нестандартных и чрезвычайных ситуаций при эксплуатации оборудования, используемого в интервенционной радиологии.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Литература

Основная:

1. Илясов, Л. В. Физические основы и технические средства медицинской визуализации : учеб. пособие / Л. В. Илясов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 324 с.

2. Лукашик, Е. Я. Медицинская техника : учеб.-метод. пособие / Е. Я. Лукашик, С. И. Клинецвич. – Гродно : ГрГМУ, 2023. – 115 с.

3. Лучевая диагностика : учебник / [Акиев Р. М., Алексеев К. Н., Атаев А. Г. и др.] ; под ред. Г. Е. Труфанова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. – 478 с.

Дополнительная:

4. Ермолицкий, Н. М. Основы обеспечения радиационной безопасности в лучевой диагностике : учеб.-метод. пособие / Н. М. Ермолицкий. – Гомель : ГомГМУ, 2024. – 115 с.

5. Илясова, Е. Б. Лучевая диагностика : учеб. пособие / Е. Б. Илясова, М. Л. Чехонацкая, В. Н. Приезжева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 432 с.

6. Лежнев, Д. А. Основы лучевой диагностики : учеб. пособие / Д. А. Лежнев, И. В. Иванова. – 2-е изд., доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 127 с.

7. Основы радионуклидной диагностики : учеб.-метод. пособие / С. Л. Качур [и др.]. – Минск : БГМУ, 2019. – 36 с.

8. Физические основы визуализации медицинских изображений : учеб. пособие / С. И. Хажина, В. В. Войтик, А. А. Кудрейко [и др.]. – Уфа : Башкирский ГМУ, 2022. – 142 с.

9. Черняев, А. П. Физические методы визуализации в медицинской диагностике : учеб. пособие / А. П. Черняев, Д. В. Волков, Е. Н. Лыкова. – Москва : ООП физического факультета МГУ, 2019. – 112 с.

Нормативные правовые акты:

10. Об утверждении гигиенических нормативов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. № 37 : с изм. и доп.

11. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения» и внесении дополнения в постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 г. № 213 : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31 дек. 2013 г. № 137.

12. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к радиационной безопасности» и Гигиенического норматива «Критерии оценки радиационного воздействия» : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28 дек. 2012 г. № 213 : с изм. и доп.

13. Об утверждении Санитарных правил и норм 2.6.1.8-38-2003 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» : постановление Гл. гос. санитарного врача Респ. Беларусь от 31 дек. 2003 г. № 223 : с изм. и доп.

Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Оценка результатов учебной деятельности обучающихся осуществляется с использованием фонда оценочных средств и технологий учреждения высшего образования, который включает:

типичные задания в различных формах (задачи, устные, письменные, тестовые, ситуационные, симуляционные);
тематику рефератов и презентаций.

Примерный перечень результатов обучения

В результате изучения учебной дисциплины «Физика медицинской визуализации» студент должен

знать:

физические законы, лежащие в основе методов медицинской визуализации;

физические основы записи сигналов, формирования, обработки и анализа диагностических изображений;

физические основы устройства и функционирования оборудования, используемого для медицинской визуализации;

правила техники безопасности при эксплуатации оборудования, используемого для медицинской визуализации;

возможности использования технологий искусственного интеллекта в медицинской визуализации;

уметь:

критически анализировать изображения, полученные методами визуализации на основе знаний физических принципов их формирования;

сохранять и передавать диагностическую информацию, полученную различными методами медицинской визуализации;

находить возможные решения для оптимизации, адаптации и настройки протоколов сканирования для повышения качества визуализации и снижения дозовой нагрузки;

владеть:

профессиональной терминологией, используемой в медицинской визуализации;

навыками сбора и передачи диагностической информации, полученной различными методами медицинской визуализации, для ее последующего анализа;

основными приемами защиты персонала и пациентов от вредных факторов, возникающих при использовании оборудования для медицинской визуализации.

Примерный перечень практических навыков, формируемых при изучении учебной дисциплины, в том числе с использованием симуляционных технологий обучения

1. Распознавание метода визуализации, использованного для получения конкретных диагностических изображений.
2. Сбор и передача диагностической информации, полученной различными методами медицинской визуализации, для ее последующего анализа.
3. Оценка потенциального риска здоровью пациентов и персонала при применении конкретного метода визуализации.
4. Оценка потенциального риска возникновения опасных, нештатных и чрезвычайных ситуаций при эксплуатации оборудования, используемого для медицинской визуализации.
5. Расчет толщины слоя защитного экрана, изготавливаемого из различных материалов, для обеспечения безопасной работы с диагностическим оборудованием, использующим ионизирующее излучение.
6. Расчет расстояния до объекта и размеров объектов с использованием ультразвуковых волн.
7. Расчет скорости кровотока с использованием параметров падающей и отраженной от эритроцитов ультразвуковых волн.

СОСТАВИТЕЛИ:

Профессор кафедры медицинской и биологической физики учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет», доктор биологических наук, доцент

_____ М.Н.Стародубцева

Декан медико-диагностического факультета, доцент кафедры лучевой диагностики с курсом факультета повышения квалификации и переподготовки учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент

_____ И.В.Назаренко

Научный сотрудник диагностической лаборатории с группой лучевой диагностики государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова»

_____ С.В.Шиманец

Оформление примерной учебной программы и сопроводительных документов соответствует установленным требованиям

Начальник учебно-методического отдела учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет»

_____ Е.М.Бутенкова

Заместитель начальника Центра – начальник отдела научно-методического обеспечения высшего медицинского и фармацевтического образования учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»

_____ Е.И.Калистратова