

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.02 Физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	3	108	15	15	0		42	0	Э
3	3	108	16	16	0		76	0	ЗО
Итого	6	216	31	31	0	0	118	0	

АННОТАЦИЯ

При изучении данной дисциплины студенты изучают технологии дозиметрического планирования облучения при лучевой терапии онкозаболеваний.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Дозиметрическое планирование лучевой терапии» являются обучение студентов методам и технологиям дозиметрического планирования облучения при лучевой терапии онкозаболеваний.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Освоение дисциплины базируется на предварительном изучении математики, анатомии и физиологии, дозиметрии, радиобиологии и теории переноса ионизирующих излучений. Студент должен иметь навыки в расчете и экспериментальном определении дозовых распределений, знать свойства элементарных частиц, быть знакомым с физикой защиты от излучений, иметь представление об инструментальных методах радиационной физики, уметь программировать.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
проектный			
Применение результатов научных исследований в инновационной деятельности, участие в формулировке новых задач и разработке новых методических подходов в научно-инновационных исследованиях,	результаты научной деятельности	ПК-2.1 [1] - Способен управлять качеством физических и технических аспектов лучевой терапии <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-2.1[1] - Знать: Основы прикладной радиационной физики, физико-технические основы радиационной терапии, клинические основы радиационной медицины, радиационно-гигиенические основы радиационной медицины, метрологические основы радиационной дозиметрии,

разработка проектной документации, а также физико-техническое обеспечение лучевой диагностики и терапии			особенности её реализации в лучевой терапии ; У-ПК-2.1[1] - Уметь: Анализировать отечественную нормативную документацию международных рекомендации по гарантии качества физических и технических аспектов лучевой терапии, проводить дозиметрический контроль и калибровку радиационных параметров облучающих установок, проводить проверки физико-технических параметров и нерадиационных характеристик оборудования, имеющих клиническую значимость, оптимизировать процесс дозиметрического планирования облучения пациентов с точки зрения максимизации терапевтического эффекта при минимизации поражающего эффекта на критические органы. ; В-ПК-2.1[1] - Владеть: Чёткими представлениями о технологической цепи лучевой терапии, навыками управления качеством физических и технических аспектов лучевой терапии
научно-исследовательский			
проведение научных исследований в рамках заданной тематики, работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий, слежение за научной периодикой, а также	Биологические объекты различной организации	ПК-2.3 [1] - Способен обеспечивать дозиметрическое сопровождение лучевой диагностики и терапии <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-2.3[1] - Знать: основы прикладной радиационной физики, клинические и физико-технические основы лучевой диагностики и терапии, метрологические основы радиационной дозиметрии, принципы и методы защиты от воздействия ионизирующего излучения;

<p>выбор технических средств и оборудования, необходимого для проведения исследования; составление рефератов, написание и оформление научных статей</p>			<p>У-ПК-2.3[1] - Уметь: проводить дозиметрические измерения с целью оценки качества рентгенодиагностического оборудования для его безопасной клинической эксплуатации, проводить дозиметрический контроль используемого оборудования и оптимизировать подходы к выполнению исследования, формировать протоколы исследований с минимальной лучевой нагрузкой и оптимальным качеством изображения ; В-ПК-2.3[1] - Владеть: навыками расчёта поглощённых доз с использованием данных, полученных при вводе оборудования в эксплуатацию, аналитических методов вычислений, измерений, проводимых на фантомах</p>
<p>Проведение научных исследований в рамках заданной тематики, работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий, слежение за научной периодикой, а также выбор технических средств и оборудования, необходимого для проведения исследования; составление рефератов, написание и оформление научных статей</p>	<p>Биологические объекты различной организации</p>	<p>ПК-1 [1] - Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-1[1] - знать методы проведения научных исследований и выполнения опытно-конструкторских работ в области физики ; У-ПК-1[1] - уметь самостоятельно формулировать цели, ставить задачи научных исследований в своей профессиональной сфере; решать физические задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта; В-ПК-1[1] - владеть навыками работы на современной аппаратуре,</p>

			оборудовании; навыками использования информационных технологий в своей профессиональной области
--	--	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-9	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
2	Второй раздел	10-15	7/7/0		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
	<i>3 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2.1,

							У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
2	Второй раздел	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	30	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	15	0
1-9	Первый раздел	8	8	0
1	Основные дозиметрические понятия, используемые при планировании лучевой терапии Цели и задачи дозиметрического планирования лучевой терапии. Планирование терапии пучками фотонов. Фантомы. Процентная глубинная доза (ПГД) и ее зависимость от параметров пучка. Соотношение между отношением воздух-вода (ОТВ) и ПГД. Зависимость ОТВ от параметров пучка. Расчет дозы при ротационной	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	терапии. Отношение рассеиватель-воздух (ОРВ). Расчет дозы для нерегулярных полей. Метод Кларксона.			
2	Системы дозиметрических расчетов в области высоких Система дозиметрических расчетов. Фактор рассеяния в коллиматоре. Фактор рассеяния в фантоме. Отношение ткань-фантом (ОТФ), отношение ткань-максимум (ОТМ) и отношение рассеиватель - максимум (ОРМ). Практические методы расчета глубинных дозовых распределений. Асимметричные поля.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Формирование дозовых полей Изодозовые карты. Параметры изодозовых кривых. Коллимация и сглаживающие фильтры. Клинья и их расчет. Комбинация радиационных полей. Изоцентрическая техника. Техника клиньев. Спецификация мишеней и опухолевой дозы для внешних пучков.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Учет нерегулярностей контура и неомогенностей тела пациента Получение данных о пациенте. Симуляция облучения. Верификация облучения. Коррекция на контур тела. Коррекция на неомогенность тела.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Трехмерное дозиметрическое планирование Особенности и методы трехмерного дозиметрического планирования. Полуэмпирические методы. Эквивалентный метод ОТВ	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Современные методы трехмерного дозиметрического планирования Метод тонкого луча, метод дифференциального тонкого луча. Метод "сжатия в конусы". Метод БФП. Применение метода Монте-Карло для расчета 3-мерных дозовых распределений в лучевой терапии.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Получение пучков с поперечной модуляцией интенсивности Особенности ЛТ с поперечной модуляцией интенсивности. Получение пучков с поперечной модуляцией интенсивности. Методы расчета доз. Обратное планирование.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	Лучевая терапия пучками электронов Особенности ЛТ пучками электронов. Фантомы. Характеристики электронных полей. Глубинные дозовые распределения. Методы расчета дозовых распределений для электронов. Формирование полей.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10-15	Второй раздел	7	7	0
10	Лучевая терапия пучками протонов и ионов Дозиметрическое планирование лучевой терапии пучками протонов. Особенности протонных облучателей. Модуляция пробегов протонов и создание широких протонных пучков. Методы расчета доз от протонов. Планирование протонного облучения. Особенности терапии пучками ионов. Сравнение ионной и протонной терапии.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Лучевая терапия пучками нейтронов	Всего аудиторных часов		

	Особенности нейтронной терапии. Терапия быстрыми нейтронами. Нейтрон-захватная терапия.	1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Брахитерапия и радионуклидная терапия Брахитерапия. Источники излучений в брахитерапии. Расчет дозовых распределений. Объемные имплантанты. Различные системы введения имплантантов. Радионуклидная терапия.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Радиохирургия и стереотактическая лучевая терапия Введение. Установки для стереотактического облучения. Планирование стереотактического облучения. Оценка плана облучения в радиохирургии и стереотактической лучевой терапии	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Оптимизация дозиметрических планов Оптимизация дозиметрического планирования лучевой терапии. Физические и биологические целевые функции оптимизации. Алгоритмы оптимизации. Техническая реализация оптимального дозиметрического плана. Использование блоков комплекующих фильтров, многолепестковых коллиматоров. Томотерапия. Планирование облучения на основе модели ВДФ и линейно-квадратичной модели	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Радионуклидная терапия Введение. Особенности радионуклидной терапии. Радионуклиды и фармпрепараты для радионуклидной терапии. Планирование, преимущества и недостатки радионуклидной терапии	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Программа гарантии качества в лучевой терапии Определения. Требования системы качества. Базис для определения толерантных пределов. Общая программа гарантии качества. Гарантия качества при разработке и вводе в эксплуатацию алгоритмов планирования облучения. Гарантия качества при планировании облучения. Система планирования облучения и гарантия качества.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>3 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Первый раздел	8	8	0
1 - 2	Лучевая терапия пучками электронов -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Лучевая терапия пучками протонов и ионов -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Лучевая терапия пучками нейтронов -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Брахитерапия -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0

		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	8	8	0
9 - 10	Радиохирургия и стереотактическая лучевая терапия -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Оптимизация лучевой терапии -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Радионуклидная терапия -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Программа гарантии качества лучевой терапии -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы «Дозиметрическое планирование лучевой терапии» используются следующие технологии:

- лекций проводятся в форме презентаций с широким применением мультимедийной техники;
- изучение каждой темы заканчивается опросом и анализом ответов на контрольные вопросы;
- часть практических занятий проводится в учебном компьютерном центре Российского онкологического научного центра им. Н.Н. Блохина, где студенты получают практические навыки дозиметрического планирования лучевой терапии на современных системах 3-мерного планирования облучения;
- по некоторым темам студенты на основе изучения литературных источников готовят индивидуальные рефераты;

- практические занятия в аудитории, сочетающиеся с обсуждением результатов работы над рефератами и решением домашних задач;
- в рамках дисциплины предусмотрено проведение части занятий известными экспертами по изучаемым темам и обсуждение нерешенных на данный момент вопросов в каждом направлении;
- рейтинговые аттестации студентов по отдельным частям дисциплины.
- общее количество времени на интерактивные занятия составляет 13 часов

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16
ПК-2.1	З-ПК-2.1	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2.1	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2.1	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16
ПК-2.3	З-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2.3	Э, КИ-8, КИ-15	ЗО, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на
75-84		C	
70-74		D	

			вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно»
60-64	3 – «удовлетворительно»	Е	выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Данная дисциплина является основополагающей для будущих специалистов в области медицинской радиационной физики и, особенно, для медицинских физиков, специализирующихся в лучевой терапии онкологических заболеваний. Дисциплина относится к циклу дисциплин специализаций. Освоение ее базируется на предварительном изучении математики, анатомии и физиологии, дозиметрии, радиобиологии и теории переноса ионизирующих излучений. Студент должен иметь навыки в расчете и экспериментальном

определении дозовых распределений, знать свойства элементарных частиц, быть знакомым с физикой защиты от излучений, иметь представление об инструментальных методах радиационной физики, уметь программировать,.

Данная дисциплина необходима для подготовки итоговой аттестационной работы. Она преподается в течении двух семестров (2 и 3).

Специфика практических занятий по курсу ДПЛТ:

1. Практические занятия составляют 65 % от общего времени аудиторных занятий
2. Каждое занятие посвящено рассмотрению определенной темы. На практических занятиях проводится краткий опрос студентов по теоретическому материалу, решаются задачи, проводится разбор нерешенных домашних задач, студенты делают краткие доклады по подготовленным ими рефератам и в заключение занятия преподаватель формулирует основные выводы.
3. Тексты задач в виде электронного варианта "Сборника задач по дозиметрическому планированию лучевой терапии" студенты получают от преподавателя в начале семестра.
4. Задачи, задаваемые на дом, имеют индивидуальный характер за счет вариации входных начальных данных.
5. На основе численных результатов решения домашних задач в определенных случаях в виде деловой игры проводится анализ зависимости дозовых и других характеристик планов облучения от различных параметров.
6. Численное решение некоторых домашних задач проводится методом Монте-Карло с использованием известного во всем мире кода EGS_NRC и его модификаций, Данный код широко применяется при проведении разнообразных научных исследований в области физики лучевой терапии. Предварительно на занятии студенты знакомятся с инструкцией по подготовке входных данных и интерфейсом кода.
7. Некоторую часть домашних задач студенты решают, используя Систему MATLAB.
8. В осеннем семестре студенты начинают проходить клиническую практику в РОНЦ им. Н.Н. Блохина. На клинической практике студентам рассказывается о применяемых в настоящее время в РОНЦ системах дозиметрического планирования и в учебном центре РОНЦ демонстрируются примеры планирования.

4. Формами текущей и промежуточной аттестации по дисциплине «Дозиметрическое планирование лучевой терапии» являются:

- 2 семестр – тест №1, 2, 3, Контрольная работа №1, Творческое задание №1, экзамен;
- 3 семестр – тест №4, Контрольная работа №2, Творческое задание №2, экзамен

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Данная дисциплина преподается в течении двух семестров (2 и 3). Она является основополагающей для магистров в области медицинской радиационной физики и, особенно, для медицинских физиков, специализирующихся в лучевой терапии онкологических заболеваний.

Студенты приступают к изучению этой дисциплины, прослушав полные общеобразовательные и общепрофессиональные циклы по физике, теоретической и ядерной физике, математики и информатики, а также курс «Введение в теорию переноса ионизирующих излучений». Перед «Дозиметрическим планированием лучевой терапии» студентам на стадии

бакалавриата студентам читаются дисциплины «Дозиметрия ионизирующего излучения» и «Физика защиты от ионизирующего излучения».

Таким образом, к началу изучения дисциплины студенты имеют разностороннюю подготовку по физико-математическому направлению. Что же касается подготовки в области медицины и наук об организме человека, то здесь она существенно более ограниченная, так как студенты к этому времени прослушивают только «Анатомию и физиологию человека» и «Биологию». Поэтому преподаватель должен учитывать этот момент и более детально при необходимости останавливаться на анатомических, физиологических и гистологических аспектах онкозаболеваний.

В первой части курса предусматриваются 1 час лекционных занятий и один час практических занятий, во второй части курса по учебному плану имеются 1 час лекционных занятий и три часа практических. На каждой занятии как в первой, так, и особенно, во второй части курса преподаватель должен находить некоторое время для контрольных вопросов студентам, задач и давать студентам домашние задания.

В первой лекции, представляющей по существу «Введение» нужно раскрыть место ЛТ в общей системе лечения онкологических заболеваний, подчеркнуть особенности планирования ЛТ в клинических условиях и обосновать требования к точности и скорости расчетов планов.

При рассмотрении второй темы курса "Основные дозиметрические понятия, используемые в лучевой терапии" особое внимание слушателей следует обратить на понятия ПГД, ОТВ и ОРВ. Следует показать, как на базе этих понятий реализуется расчет дозы в простых геометрия и, используя метод интегрирования по Кларксону, проводится расчет дозы для нерегулярных полей.

Во 3,4-лекциях "Системы дозиметрических расчетов в области высоких энергий тормозного излучения" необходимо продолжить знакомство с основными понятиями, используемыми для расчета доз в области высоких энергий фотонов, подчеркивая специфику этой области.

В 5,6,7-лекциях "Формирование дозовых полей" задачей преподавателя является раскрытие специфики анализа дозовых распределений, представленных в традиционном для врачей виде, а именно, в виде изодозовых карт. Далее следует показать, как изменяются изодозовые карты с точки зрения покрытия объема опухоли при применении комбинации пучков и формирующих приспособлений.

8,9-лекции "Учет нерегулярностей контура и неомогенностей тела пациента и определение форм поля и кожной дозы" являются наиболее сложной в физико-математическом плане. Рассматривая различные приближенные модели, применяемые для учета этих факторов, желательно более рельефно отразить физический фундамент каждого подхода и сравнить между собой достоинства и недостатки каждого метода.

Лекции 13,14 "Трехмерное дозиметрическое планирование" вводит слушателей в специфику принципиально новой парадигмы современного дозиметрического планирования. Студентам рассказываются также первые алгоритмы (в историческом плане) трехмерного планирования. Современные подходы и алгоритмы для трехмерного планирования более подробно изучаются в следующей шестой теме. Здесь преподаватель особое внимание должен уделить различным вариантам метода тонкого луча. В заключении этой темы раскрывается применение метода Монте-Карло для задач дозиметрического планирования.

Заключительные практические занятия по курсу во втором семестре целесообразно посвятить вопросам преобразования дозовых ядер, рассчитанных или измеренных для одной модели тонкого луча фотонов, к дозовым ядрам для других моделей тонкого луча.

Первую лекцию в девятом семестре (второй семестр преподавания дисциплины) нужно посвятить краткому обзору материала восьмого семестра, обращая особое внимание на основные методы расчета дозы.

Собственно учебный материал этого семестра начинается с темы "Лучевая терапия пучками электронов" (лекции 1-3). После фотонной терапии лучевая терапия пучками электронов является второй по значимости и частоте применения. Поэтому вопросы планирования электронной терапии следует рассмотреть на менее подробно, чем планирования фотонной терапии. При этом важно подчеркнуть специфику электронов как заряженных частиц, имеющих в отличие от фотонов конечный пробег в веществе и испытывающих существенно большее рассеяние.

4-лекция "Лучевая терапия пучками протонов". В настоящее время это самое перспективное направление лучевой терапии, обусловленное наличием пика Брэгга-Грея в конце пробега протонов. Студентам нужно раскрыть все те преимущества, имеющиеся у метода, и все проблемы, возникающие при получении вертикальных пучков, модуляции их интенсивности и создании конформных дозовых распределений.

5-я лекция курса "Лучевая терапия пучками нейтронов". Здесь особое внимание следует обратить на сложный характер биологического действия нейтронов на клетки биологических тканей, различные компоненты дозы, имеющие разные линейные потери энергии и соответственно разные кривые доза-эффект. Определенное время желательно выделить на раскрытие физических и биологических особенностей нейтрон-захватной терапии и необходимость микродозиметрического подхода к определению биологических последствий облучения.

6-я лекция «Поперечная модуляция интенсивности (IMRT)». Здесь нужно объяснить в чем принципиальное отличие IMRT от конформной ЛТ, в первую очередь следует обрисовать причины, по которым необходимо проводить поперечную модуляцию, и остановиться на основных принципах технической реализации модуляции.

Описать разные подходы к поперечной модуляции флюенса пучков. Раскрыть особенности и проблемы расчета дозиметрических распределений в IMRT.

7-я лекция «Стереотаксис и радиохирurgia». Это направление относится к новейшим технологиям ЛТ и следует раскрыть его преимущества и недостатки. Описать основные особенности аппаратов, которые применяются для этих способов лучевого лечения и проблемы планирования стереотаксиса

8,9,10-я лекции "Брахитерапия и радионуклидная терапия". Эти направления являются в настоящее время наиболее динамично развивающимися направлениями лучевой терапии. В обоих видах используется широкий набор радионуклидных источников. Следует отметить, что это многообразие обусловлено спецификой облучения разных локализаций опухолей. Возможность выбрать наиболее подходящий радионуклид в сочетании с существенно более сильным по сравнению с дистанционной терапией дает возможность создания высококонформных дозовых распределений и, таким образом, значительно уменьшать облучение нормальных тканей. В "Брахитерапии" нужно вместе со студентами изучить и сравнить традиционную методику расчета дозы и рекомендации рабочей группы № 43 (модульный подход)

Лекции 11, 12, 13 "Оптимизация дозиметрических планов". Данное направление в современном состоянии планирования лучевой терапии является наиболее актуальным. Раскрывая ее содержание целесообразно выделить физические и радиобиологические целевые функции, управляющие математическим процессом поиска оптимума, и способы их

формулирования. В заключении раздела следует особо остановиться на новой парадигме индивидуализации планирования лучевой терапии, основанной на последних достижениях радиобиологии и диагностики.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Дозиметрическое планирование лучевой терапии» являются:

2 семестр – тест №1, 2, 3, Контрольная работа №1, Творческое задание №1, экзамен;

3 семестр – тест №4, Контрольная работа №2, Творческое задание №2, экзамен.

Специфика практических занятий по курсу ДПЛТ:

1. Практические занятия составляют 65 % от общего времени аудиторных занятий
2. Каждое занятие посвящено рассмотрению определенной темы. На практических занятиях проводится краткий опрос студентов по теоретическому материалу, решаются задачи, проводится разбор нерешенных домашних задач, студенты делают краткие доклады по подготовленным ими рефератам и в заключение занятия преподаватель формулирует основные выводы.
3. Тексты задач в виде электронного варианта "Сборника задач по дозиметрическому планированию лучевой терапии" студенты получают от преподавателя в начале семестра.
4. Задачи, задаваемые на дом, имеют индивидуальный характер за счет вариации входных начальных данных.
5. На основе численных результатов решения домашних задач в определенных случаях в виде деловой игры проводится анализ зависимости дозовых и других характеристик планов облучения от различных параметров.
6. Численное решение некоторых домашних задач проводится методом Монте-Карло с использованием известного во всем мире кода EGS_NRC и его модификаций, Данный код широко применяется при проведении разнообразных научных исследований в области физики лучевой терапии. Предварительно на занятии студенты знакомятся с инструкцией по подготовке входных данных и интерфейсом кода.
7. Некоторую часть домашних задач студенты решают, используя Систему MATLAB.
8. В осеннем семестре студенты начинают проходить клиническую практику в РОНЦ им. Н.Н. Блохина. На клинической практике студентам рассказывается о применяемых в настоящее время в РОНЦ системах дозиметрического планирования и в учебном центре РОНЦ демонстрируются примеры планирования.

Автор(ы):

Далечина Александра Владимировна

