

## СЪДЪРЖАНИЕ

<b>1. Въведение</b>	
<b>1.1. Наименование на специалността</b> .....	2
<b>1.2. Продължителност на обучението</b> .....	2
<b>1.3. Изисквано базово образование за допускане до обучение по специалността</b> .....	2
<b>1.4. Дефиниция на специалността</b> .....	2
<b>2. Цел на обучението</b> .....	2
<b>3. Знания, умения и компетентности, които специализантът следва да придобие</b> .....	2
<b>4. Обучение</b> .....	3
<b>4.1. Учебен план (наименование на модулите и тяхната продължителност)</b> .....	3
<b>4.2. Учебна програма</b> .....	4
<b>Теоретична и практическа част (състои се от обща и специална част)</b>	
<b>ОБЩА ЧАСТ</b> .....	6
O1. Основни въпроси по биология, анатомия и физиология на човека.....	6
O2. Взаимодействие на йонизиращите лъчения с веществото.....	6
O3. Йонизиращи лъчения, използвани в медицинската радиология.....	7
O4. Основни въпроси от общата и клиничната радиобиология.....	8
O5. Компютърни симулации и модели в медицинската физика.....	9
<b>СПЕЦИАЛНА ЧАСТ</b> .....	10
C1. Радиометрия и дозиметрия на йонизиращите лъчения.....	10
C2. Радиационна защита.....	12
C3. Образна диагностика.....	14
C4. Нуклеарна медицина .....	16
C5. Лъчелечение.....	17
<b>4.3. Задължителни колоквиуми и срокове за полагането им</b> .....	21
<b>5. Конспект за държавен изпит за специалност „Медицинска радиологична физика“</b> .....	21

## **1. Въведение**

**1.1.** наименование на специалността: **Медицинска радиологична физика**

**1.2.** продължителност на обучението: **3 (три) години**

**1.3.** изисквано базово образование за допускане до обучение по специалността: завършено висше образование и придобита професионална квалификация в областта на физическите и инженерните науки

**1.4.** дефиниция на специалността: Медицинската радиологична физика е област от приложната физика за използването на йонизиращите лъчения в медицинската радиология – образната диагностика, нуклеарната медицина, лъчелечението, радиобиологията и радиационната защита.

## **2. Цел на обучението**

Следдипломното обучение (СДО) по Медицинска радиологична физика е предназначено за лица с придобита професионална квалификация в областта на физическите и инженерните науки, работещи в системата на здравеопазването в звената за образна диагностика, нуклеарна медицина, лъчелечение, радиобиология и радиационна защита. Целта на СДО е да осигури на специализантите задълбочени знания и практически умения, необходими за самостоятелна професионална дейност в медицинската радиология. Следдипломното обучение разширява и уеднаквява теоретичните знания на специализантите, получени в университетското обучение, и осигурява нужната теоретична база за тяхната професионална реализация.

Специализантите усвояват практически умения за самостоятелна работа в поне една от основните области на медицинската радиологична физика и достатъчни практически умения в останалите области, което гарантира определена поливалентност за работа в областта на медицинската радиологична физика.

## **3. Знания, умения и компетентности, които специализантът следва да придобие:**

Специалистът по Медицинска радиологична физика трябва да:

- ✓ има задълбочени познания по теоретичните основи на специалността;
- ✓ прилага теоретичните знания с разбиране и творчество за решаване на практически задачи;
- ✓ работи самостоятелно, като поема отговорност при решаване на сложни задачи от клиничната практика, включително в нестандартни и в непознати условия;
- ✓ представя резултати от измервания и оценки разбираемо и с необходимата точност, да открива и оценява грешки и да предприема адекватни мерки за тяхното коригиране;
- ✓ познава и спазва нормативните документи, регламентиращи медицинските дейности;
- ✓ познава и спазва нормативните документи за безопасно използване на източниците на йонизиращи лъчения;
- ✓ прилага основните принципи и методи на радиационната защита на персонала и на пациентите и да поема отговорност за това, съответстваща на заеманата от него длъжност;
- ✓ си сътрудничи компетентно с всички групи медицински и немедицински специалисти.

Завършилите успешно специализацията Медицинска радиологична физика получават право за самостоятелна работа като медицински физици в медицинската радиология.

Съгласно изискванията на Наредба № 30 от 31.10.2005г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване, издадена от министъра на здравеопазването, специалистът по медицинска радиологична физика продължава своята

квалификация във формите на продължаващо обучение с цел получаването на квалификацията медицински физик-експерт в една от трите области – образна диагностика, нуклеарна медицина и лъчелечение.

Нито една учебна база у нас не разполага с лъчеви източници и със специалисти с призната специалност по Медицинска радиологична физика от целия спектър на специалността и не може да провежда самостоятелно обучението по Медицинска радиологична физика. Затова обучението се провежда с обединяване на усилията на учебните бази. Учебни бази могат да бъдат лечебни заведения, получили положителна акредитационна оценка за обучение на студенти и специализанти по Закона за лечебните заведения, Националният център по радиобиология и радиационна защита, получил акредитация по реда на Закона за висшето образование.

**Координатор** на обучението по Медицинска радиологична физика е председателят на Държавната изпитна комисия по специалността.

Специализантът се зачислява за обучение в една от учебните бази. Ръководителят на учебната база определя за **ръководител на специализанта** лице с призната специалност Медицинска радиологична физика и с трудов стаж по нея не по-малко от 5 години. Ръководителят на специализанта изработва индивидуален план за неговото обучение, участва в обучението и в провеждането на колоквиумите, контролира и съдейства за изпълнението на практическата подготовка и изготвя атестат за изпълнението на индивидуалния учебен план и за нивото на практическата подготовка. Изборът на учебна база и на ръководител на специализанта се съобразява с конкретната област от Медицинската радиологична физика, в която специализантът работи или желае да се профилира.

Индивидуалният учебен план трябва да се съобрази с базовото образование на специализанта и с конкретната област от Медицинската радиологична физика, в която той работи или желае да се профилира.

#### 4. Обучение

##### 4.1. Учебен план (наименование на модулите и тяхната продължителност)

Продължителността на обучението по модулите от общата и специалната част е представена в следната таблица:

Модули от тематичната учебна програма		Продължителност на обучението
<b>ОБЩА ЧАСТ:</b>		
O1.	Основни въпроси от биологията, анатомията и физиологията на човека	1 месец
O2.	Взаимодействие на йонизиращите лъчения с веществото	1 месец
O3.	Йонизиращи лъчения, използвани в медицинската радиология	1 месец
O4.	Основни въпроси от общата и клиничната радиобиология	1 месец
O5.	Компютърни симулации и модели	1 месец
<b>СПЕЦИАЛНА ЧАСТ:</b>		
C1.	Радиометрия и дозиметрия на йонизиращите лъчения	5 месеца

C2.	Радиационна защита	5 месеца
C3.	Образна диагностика	6 месеца
C4.	Нуклеарна медицина	5 месеца
C5.	Лъчелечение	10 месеца

Освен задължителните модули, специализантът може да изучава самостоятелно и допълнителни въпроси от радиологичната физика по индивидуална програма, съобразена с неговата професионална дейност и лични интереси.

#### 4.2. Учебна програма

Обучението е теоретично и практическо.

**Теоретичното обучение** се провежда по програма, съдържаща обща и специална част.

**Общата част** на програмата включва пет модула:

- Основни въпроси от биологията, анатомията и физиологията на човека.
- Взаимодействие на йонизиращите лъчения с веществото.
- Йонизиращи лъчения, използвани в медицинската радиология.
- Основни въпроси от общата и клиничната радиобиология.
- Компютърни симулации и модели в медицинската физика.

Обучението по всеки от модулите се организира от координатора на обучението едновременно за всички учебни бази по една и съща програма. Теоретичното обучение се провежда в две форми: лекционни курсове с продължителност най-малко 30 учебни часа или дистанционно. То се провежда от лектори – хабилитирани лица и специалисти от страната и от чужбина.

Проверката на знанията се извършва от лекторите чрез тестове или устно препитване. Фрагменти от общата част на учебната програма се включват и в колоквиумите по специалната част.

**Специалната част** включва пет модула:

- Радиометрия и дозиметрия на йонизиращите лъчения.
- Радиационна защита.
- Образна диагностика.
- Нуклеарна медицина.
- Лъчелечение.

Обучението по специалната част за всички учебни бази се организира от координатора на обучението чрез лекционни курсове с продължителност най-малко 30 учебни часа за всеки от модулите. То се провежда от лектори – хабилитирани лица и специалисти от страната и от чужбина.

**Практическото обучение** се провежда в две форми – чрез индивидуално обучение в бази за практическо обучение, профилирани за петте модула от специалната част на учебната програма, и по местоработата на специализантите. Ръководителят на специализанта определя в неговия индивидуален план за обучение базите и **консултантите** в тях за практическото обучение по всеки от модулите. Консултантът е специалист с над 3 години практически опит в

съответната област, а за модулите Образна диагностика, Нуклеарна медицина и Лъчелечение – медицински физик-експерт в съответната област, съгласно изискванията на Наредба № 30 от 31.10.2005г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване.

Консултантите отговарят за изпълнението на програмата за практическото обучение по съответния модул, съгласно учебната програма. В рамките на обучението по всеки модул на специалната част специализантът трябва да премине задължително индивидуално практическо обучение в съответната база с продължителност най-малко един месец. **Базата за практическо обучение** по съответния модул трябва да разполага с лъчевите източници, включени в програмата за практическото обучение, както и с нужната апаратура за дозиметрия и контрол на качеството. В рамките на един модул се допуска практическо обучение в повече от една база, респективно с повече от един консултант, ако това е необходимо за изпълнение на пълния обем на практическата подготовка, съгласно учебния план. След приключването на практическото обучение в базата специализантът изпълнява самостоятелно по месторабота индивидуално задание, съставено от консултанта по съответния модул. Обемът на индивидуалното задание се съобразява с профила на работа на специализанта.

Специализантът води **дневник за практическите занимания** в базите за обучение и за задачите от самостоятелното задание. Дневникът съдържа протоколите от проведените измервания, пресмятания, анализи, изготвените индивидуални планове за лъчелечение, разработени или въведени компютърни програми и др. Протоколите се разписват от консултанта в базата за практическа подготовка.

Проверката на знанията и практическите умения по разделите в специалната част на програмата се извършва чрез колоквиум по всеки от модулите. **Колоквиумът** се провежда след приключване на индивидуалното обучение и практическите занимания на специализанта по съответния модул от програмата. На колоквиума специализантът представя дневника за практическите занимания по съответния модул, подписан от консултанта (консултантите). Колоквиумът се провежда от тричленна комисия, в която задължително участва ръководителят на специализанта и консултантът (консултантите) по съответния модул.

Обучението за придобиване на специалност „Медицинска радиологична физика” завършва с **държавен изпит за придобиване на специалност**. Изпитът протича в два последователни дни – практически през първия и теоретичен през втория ден. На практическия изпит специализантът представя дневниците за практическите занимания по всички модули. По време на изпита се задават въпроси и задачи от практиката по петте модула. Комисията допуска до теоретичен изпит само специализантите, издържали практическия изпит.

Теоретичният изпит се провежда по един от следните два начина:

- писмено по три въпроса от специалната част на учебната програма за теоретично обучение, определени по жребий от полагащия изпита;
- писмено чрез отговор на голям брой въпроси в тест.

И при двата начина изпитът завършва с устно обсъждане по избраните въпроси и по отговорите в теста. Писмената част е с продължителност не повече от четири часа, а дискусиата се провежда същия ден след проверката на писмената работа.

Завършилите успешно следдипломното обучение получават свидетелство за призната специалност и права на специалист по Медицинска радиологична физика.

**Теоретична и практическа част (състои се от обща и специална част)**

## ОБЩА ЧАСТ

### О1. Основни въпроси от биологията, анатомията и физиологията на човека

1. Медицинска терминология:
  - 1.1. Езици, терминологични особености
  - 1.2. Понятие за ориентиране на човешкото тяло
  - 1.3. Основни части и области на човешкото тяло
2. Структура и организация на човешкото тяло – особености, свързани с изправения стоеж
3. Основна анатомия – структура, позиция и номенклатура:
  - 3.1. Опорно-двигателна система
  - 3.2. Съдове, нерви, спомагателни тъкани
  - 3.3. Вътрешни органи
  - 3.4. Понятие за топографска анатомия
  - 3.5. Номенклатура
4. Елементи на физиологията
5. Човешки органи и системи:
  - 5.1. Опорно-двигателна
  - 5.2. Нервна и ендокринна (регулация)
  - 5.3. Дихателна
  - 5.4. Храносмилателна
  - 5.5. Кръвоносна
  - 5.6. Отделителна
  - 5.7. Полова
6. Определяне на анатомични структури в диагностични образи
7. Понятие за болестна промяна при заболявания и травми
8. Принципи за функционален преглед на органи и системи.

#### *Литература:*

1. Балтаджиев Г. Анатомия на човека. Медицинско издателство “Райков”, Пловдив, 2007.
2. Ванков В., К. Ичев. Топографска анатомия, 1995.
3. Пирьова Б., С. Евтимова. Анатомия и физиология на човека. Арсо. София, 1995.
4. Чакъргов Е., Ч. Начев, Ц. Такева, М. Кильовска. Атлас – органи и системи. Просвета, 2007.
5. Цветен атлас по анатомия в 3 тома: Том 1: Двигателен апарат – В. Платцер; Том 2: Вътрешни органи – Х. Фрич, В. Кюнел; Том 3: Нервна система и сетивни органи – В. Кале, М. Фрочер. Летера, 2006.

### О2. Взаимодействие на йонизиращите лъчения с веществото

1. Взаимодействие на заредени частици с веществото. Загуби на енергия на заредените частици. Йонизационни и радиационни загуби на енергия. Линейна йонизация и пробег на заредените частици. Пълна линейна спираща способност, пълна масова спираща способност, линейно предаване на енергия, зависимост от вида и енергията на частиците и от веществото. Средна енергия за създаване на една йонна двойка в газ.

2. Разсейване на моноенергиен сноп електрони. Спектър на електроните в дълбочина. Пробег и практически пробег.

3. Взаимодействие на фотонни йонизиращи лъчения с веществото: фотоелектрично поглъщане, Комптънов ефект, образуване на двойка електрон-позитрон, фотоядрени реакции.

4. Коефициенти на взаимодействие на фотонните йонизиращи лъчения: линейен коефициент на отслабване, масов коефициент на отслабване, сечения. Масов коефициент на предаване на енергия, масов коефициент на поглъщане.

5. Отслабване на тесен сноп фотонно йонизиращо лъчение. Закон за отслабване на тесен сноп с дебелината на преминатия слой вещество. Слой на полуотслабване. Отслабване на

широк сноп фотонно лъчение, фактор на натрупване. Закон за отслабване с отдалечаване от източника на фотонно йонизиращо лъчение.

6. Зависимост на коефициентите на взаимодействие за фотони от енергията на лъчението и от атомния номер на веществото. Еквивалентно вещество, еквивалентна среда, ефективен атомен номер.

7. Взаимодействие на неутрони с веществото: еластично разсейване, неутронно залавяне, квазиеластично и нееластично разсейване, ядрено разцепване. Зависимост на сеченията от енергията на неутроните. Отслабване във веществото на моноенергиен поток неутрони.

### **Литература:**

1. Попиц Р. и др. Йонизиращи лъчения и лъчезащита. Наука и изкуство, София, 1976.
2. Мухин К. Экспериментальная ядерная физика, том I. Энергоатомиздат, Москва, 1983.
3. Тодоров В. Медицинска физика, второ преработено издание, София, 2002.
4. Attix F. et al. Topics in Radiation Dosimetry - 2<sup>nd</sup> ed, vol 1. New York, San Francisco, London, Academic Press, 1969.
5. Greening J. Fundamentals of Radiation Dosimetry – 2<sup>nd</sup> ed. (Medical Physics Handbooks). Bristol and Boston, Page Bros, 1985.
6. ICRU Report 60. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. 1998.
7. Johns H., J. Cunningham. The Physics of Radiology – 4th ed., Springfield, Charles Thomas, 1983.
8. Khan F. The Physics of Radiation Therapy – 2nd ed. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams & Wilkins, 1994.
9. Podgorsak E B. Radiation Oncology Physics. A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005.

### **ОЗ. Йонизиращи лъчения, използвани в медицинската радиология**

1. Рентгенови лъчи. Характеристично и спирачно рентгеново лъчение, спектри. Общ интензитет на рентгеновите лъчи, зависимост от анодното напрежение, от анодния ток и от атомния номер на веществото на мишената. Филтриране на рентгеновите лъчи.

2. Рентгенова тръба и рентгенова уредба. Диагностични рентгенови уредби. Терапевтични рентгенови уредби.

3. Линейни ускорители за лъчелечение. Принцип на ускоряване на електроните. Получаване на високоенергийно спирачно лъчение.

4. Протонни генератори. Генератори на тежки йони. Източници на неутрони.

5. Закрити радиоактивни източници. Бета- и гама-радиоактивни източници. Неутронни източници. Закрити радиоактивни източници за телегаматерапевтични уредби, използвани радионуклиди. Източници за вътретъканна, вътрекухинна и повърхностна брахитерапия, използвани радионуклиди. Източници и уредби за брахитерапия с дистанционно посленатоварване.

6. Открити радиоактивни източници. Радиофармацевтици за радионуклидна диагностика и за метаболитна брахитерапия, използвани радионуклиди. Методи за получаване на радиофармацевтиците.

7. Величини и единици, характеризиращи радиоактивните източници и радионуклидите, използвани в тях: активност, константа на радиоактивното превръщане, период на полуразпадане, йонизационна константа, константа на мощността на въздушната керма.

### **Литература:**

1. Основи на нуклеарната медицина. Под ред. на И. Костадинова. Медицина и физкултура, София, 2006.
2. Попиц Р., В. Пенчев, Б. Константинов. Йонизиращи лъчения и лъчезащита. Наука и изкуство, София, 1976.
3. Тодоров В. Медицинска физика, второ издание, София, 2002.
4. Тодоров В. Записки по клинична дозиметрия, 2012.

5. Тюбиана М. Физические основы лучевой терапии и радиобиологии. Медицина, Москва, 1969.
6. Curry T, Dowdey J, Murry R. Christensen's Physics of Diagnostic Radiology. 4<sup>th</sup> edition, Philadelphia, 1990.
7. Huda W and R. Slone. Review of Radiologic Physics. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams & Wilkins, 1995.
8. ICRU Report 60. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. 1998.
9. ICRU Report 85a-Revised. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. 2013.
10. Khan F. The Physics of Radiation Therapy – 2<sup>nd</sup> ed. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams & Wilkins, 1994.
11. Podgorsak E B. Radiation Oncology Physics. A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005.

#### **О4. Основни въпроси от общата и клиничната радиобиология**

1. Обща схема и етапи при действието на йонизиращите лъчения върху биологични обекти. Хипотези за първичните механизми на радиационното въздействие.
2. Действие на йонизиращите лъчения върху клетката. Лъчечувствителност на клетката в зависимост от стадия на клетъчния цикъл и метаболитното ѝ състояние. Механизми на клетъчна смърт. Хромозомни аберации. Лъчерезистентност.
3. Криви на клетъчна преживяемост. Клетъчна преживяемост при нормални и при неопластични клетки.
4. Отговор на нормалните и неопластичните тъкани на радиационното въздействие. Криви доза-ефект. Лъчечувствителност на нормални тъкани. Толерантна доза. Терапевтична доза и вероятност за туморен контрол.
5. Кислороден ефект – природа и механизъм. Приложение в лъчелечението. Физични и биологични методи за реоксигенация.
6. Физични фактори, определящи биологичното действие на йонизиращите лъчения. Линеино предаване на енергия (ЛПЕ) и относителна биологична ефективност (ОБЕ). ОБЕ и фракциониране на дозата, връзка с ЛПЕ. Кислороден ефект и ЛПЕ. Мощност на дозата и фракциониране. Хиперфракционирано и ускорено лъчелечение.
7. Лъчечувствителност на организма. Лъчеви ефекти – ранни и късни. Детерминирани и стохастични ефекти. Лъчечувствителност в зависимост от пол, възраст, наследственост и др. биологични фактори.
8. Остри лъчеви ефекти. Прагови дози. Летална доза. Синдроми на лъчевата болест. Първа помощ и възможности за лечение на пострадали при радиационен инцидент.
9. Модифициране на радиационните ефекти. Средства за повишаване на лъчечувствителността (сенсibiliзатори). Радиопротектори.
10. Стохастични радиационни ефекти. Канцерогенеза – методи за прогнозиране. Радиационно-индуцирани наследствени ефекти.
11. Радиационни ефекти върху ембриона и фетуса. Данни при хора, облъчени in utero в Хирошима и Нагасаки, при медицински процедури и при професионално облъчване на бременни жени. Рак при деца, облъчени in utero.

#### **Литература:**

1. Белов А. Д. и др. Радиобиология. Колос, Москва, 1999.
2. Василев Г. Основи на радиационната защита. Тита Консулт ЕООД, 2002.
3. Hall E. J. Radiobiology for the radiologist, 5<sup>th</sup> edition, Lippincott Williams&Wilkins, 2000.
4. Nias A. An introduction to radiobiology. Second edition. John Wiley & Sons, 1998.
5. Podgorsak E B. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005.
6. Steel G G. Basic clinical radiobiology. 3<sup>rd</sup> Edition, Arnold, London, 2002.
7. Tubiana M, Dutreix J, Wambersie A. Introduction to radiobiology. London, New York, 1990.



## 05. Компютърни симулации и модели

1. Въведение в метода Монте Карло: история, приложения, дефиниции. Основни компоненти. Генератор на случайни числа и интегриране чрез Монте Карло.
2. Транспорт на елементарните частици по метода Монте Карло. Моделиране на траекторията на йонизираща частица във веществото. Моделиране на взаимодействията на фотони и електрони с веществото. Симулация на транспорт на йонизиращи частици в биологични тъкани чрез Монте Карло.
3. Софтуерни пакети, използвани за Монте Карло транспорт на частиците, за упражнения, проекти, научни изследвания.
4. Приложения на метода Монте Карло в медицинската физика: образна диагностика; лъчелечение; нуклеарна медицина, радиометрия и дозиметрия, радиационна защита.
5. Съпоставка на метода Монте Карло с детерминистичните методи. Предимства и недостатъци на метода Монте Карло.
6. Виртуални фантоми. Класификация – физически и софтуерни фантоми; приложение за оценка на производителността, доказване на хипотези, нови открития, образователни цели, прогнози.
7. Основни компоненти на виртуалните фантоми. Създаване на виртуални фантоми от формулирането на задачата до валидирането. Оценка с помощта на виртуални фантоми на нови протоколи за диагностика и лечение преди прилагането им за клинични цели.
8. Приложение на виртуалните фантоми в образната диагностика за оценка на нов протокол/метод, оптимизиране на съществуващ метод. Фантоми на млечна жлеза и мозък.
9. Приложение на виртуални фантоми за оценка на нови и съществуващи методи и техники за обработка на диагностични образи.
10. Приложение на виртуалните фантоми в лъчелечението.
11. Предимства, недостатъци и критерии за избор на проучване чрез компютърни симулации или реални измервания.

### *Литература:*

1. Agostinelli S. et al. Geant4—a simulation toolkit. Nucl Instr Meth Phys Res 2003: A 506: 250–303.
2. Andreo P. Monte Carlo techniques in medical radiation physics, PMB 1991: 36 (7), 861-920.
3. Berger M. et al. XCOM: Photon Cross Section Database (version 1.3), NIST, Gaithersburg, MD, 2005 <http://physics.nist.gov/xcom>.
4. Bielajew A. Chapter 5 The Monte Carlo Simulation of Radiation Transport in Mayles et al. Handbook of Radiotherapy Physics, 2010.
5. Estar: Stopping-power and range tables for electrons. NIST, Gaithersburg MD. <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/ESTAR.html>
6. Kawrakow I. and Rogers D. The EGSnrc Code System: Monte Carlo Simulation of Electron and Rogers D. Fifty years of Monte Carlo simulations for medical physics. PMB 2006: 51 R287
7. NRCC. Photon Transport. NRCC Report PIRS-701, 2006.
8. Rogers D. et al. BEAM: A Monte Carlo code to simulate radiotherapy treatment units. Med Phys, 1995: 22 (5) 503.
9. EGSnrc : [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/egsnrc\\_index.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/egsnrc_index.html)
10. MCNP <http://mcnp.lanl.gov/>
11. Penelope <http://www.mcnpvised.com/visedtraining/penelope/penelope0.pdf>
12. Fluka <http://www.fluka.org/fluka.php>
13. GEANT4 <http://geant4.cern.ch/>

The consortium of computational human phantoms  
<http://www.virtualphantoms.org/phantoms.htm>

1. Aubert-Broche B. et al, A new improved version of the realistic digital brain phantom, Neuroimage 2006: 32(1), 138–145.

2. Bliznakova K. et al, A 3D breast software phantom for mammography simulation Phys. Med. Biol. 2003: 48(22), 3699-3721.
3. Caon M, Voxel-based computational models of real human anatomy: a review. Radiat Environ Biophys 2004: 42(4), 229-235.
4. Zaidi H. and Tsui B, Review of Computational Anthropomorphic Anatomical and Physiological Models, Proceedings of the IEEE, 2009: 97 (12), 1938 – 1953.

## СПЕЦИАЛНА ЧАСТ

### **C1. Радиометрия и дозиметрия на йонизиращите лъчения**

1. Радиометрични величини и единици, характеризиращи поток йонизиращи частици: брой частици, поток частици, пренос на частици, мощност на преноса частици. Радиометрични величини и единици, характеризиращи енергийно поле: лъчиста енергия, енергиен поток, енергиен пренос, мощност на енергийния пренос (интензитет).
2. Дозиметрични величини и единици: предадена енергия, средна предадена енергия, погълната доза, мощност на погълнатата доза, керма, мощност на кермата, експозиция, мощност на експозицията. Връзки между дозиметричните величини. Връзки между дозиметричните и радиометричните величини.
3. Детектори на йонизиращи лъчения. Чувствителност и ефективност. Зависимост на показанията от вида и енергията на лъчението. Енергийна разделителна способност.
4. Газови детектори. Пропорционални броячи. Гайгер-мюлерови броячи, времеви характеристики. Коронни броячи. Устройства за обработване и регистриране на сигнала.
5. Йонизационни камери. Влияние на рекомбинацията при постоянна, импулсна и колонна йонизация. Йонизационни камери за измерване на  $\alpha$ - и  $\beta$ -частици, на  $\gamma$ -лъчи и на неутрони. Йонизационни камери под налягане. Кондензаторни йонизационни камери. Йонизационни радиометри и дозиметри.
6. Полупроводникови детектори: принцип на действие, характеристики, типове. Устройства за обработване и регистриране на сигнала.
7. Термолуминесцентни и фотолуминесцентни детектори: принцип на действие, характеристики, типове. Устройства за регистриране и обработване на информацията.
8. Сцинтилационни детектори. Газови, течни и твърди сцинтилатори. Устройства за регистриране и обработване на информацията.
9. Калориметрични детектори, адиабатни и изотермни. Абсолютно измерване на енергийния пренос и на погълнатата доза.
10. Химични детектори. Феросулфатен (Фрике), хлор-бензолов и аланинов дозиметър.
11. Фотографски детектори: принцип на действие и характеристики. Химично регистриране и обработване на информацията.
12. Калибриране на детекторите в единици за радиометричните величини. Калибриране на детекторите в единици за дозиметричните величини.
13. Дозиметрия на фотонни йонизиращи лъчения с йонизационна камера. Измерване на експозицията и на въздушната керма. Електронно равновесие. Теория на кухината.
14. Дозиметрия на заредени частици. Дозиметрия на ускорени електрони и на високоенергийно спирачно лъчение.
15. Дозиметрия на неутрони и на смесени  $n$ - $\gamma$ -лъчения.
16. Радиометрия и дозиметрия при закрити и открити радиоактивни източници. Методи за определяне на активността. Връзка на дозиметричните величини с величините, характеризиращи радиоактивните източници.
17. Принципи на дозиметрията на инкорпорирани радиоактивни източници. Кинетика на източниците в живи организми. Основни математични модели за определяне на дозата – камерен анализ. Директни и индиректни методи за определяне на дозата.
18. Метрологични характеристики на радиометрите и дозиметрите. Осигуряване на проследимост на измерванията: еталони, йерархични схеми, средства за измерване. Калибриране. Метрологичен контрол. Осигуряване на качеството на измерванията чрез

използване на контролни източници.

19. Неопределеност в радиометрията и дозиметрията. Неопределеност тип А и тип Б. Основни източници на неопределеност в дозиметрията. Оценяване и изразяване на неопределеност на резултата от измерването.

20. Статистически методи за анализ на експериментални данни. Закони на разпределение: Гаусово (нормално), биномно, Поасоново, равномерно (правоъгълно), логаритмично-нормално,  $\chi^2$ -разпределение, F-разпределение, t-разпределение на Стюдънт. Основни параметри на разпределенията.

21. Регресионен анализ. Апроксимиране по метода на най-малките квадрати. Линеен регресионен анализ. Проверка на правилността на регресионния модел:  $\chi^2$ - и F-критерии.

### **Литература:**

1. БДС EN ISO 80000-10: 2013. Величини и единици. Част 10: Атомна и ядрена физика.
2. Ванков И. Ядрена електроника, част I-II. Издателство "Глаукс", Шумен, 2002.
3. Василева Ж. Радиационни величини и единици в медицинската радиология. Национален курс "Радиационна защита в диагностичната радиология", София, 2003.
4. Голубев Б. Дозиметрия и защита от йонизирующих излучений, изд. второе. Атомиздат, Москва, 1971.
5. Караджов А. Дозиметрични величини в лъчезащитата при външно облъчване. Курс "Специфични изисквания при измерване и провеждане на дозиметричен контрол". Съюз на метролозите в България, София, 2012.
6. Манушев Б. Практическа метрология на ядрените лъчения. Тита консулт, София, 2001.
7. Попиц Р., В. Пенчев, Б. Константинов. Йонизиращи лъчения и лъчезащита. Наука и изкуство, София, 1976.
8. Радев Х., В. Богев. Неопределеност на резултата от измерването. София, 2001.
9. Тодоров В. Медицинска физика, второ издание. София, 2002.
10. Greening J. Fundamentals of Radiation Dosimetry. – 2<sup>nd</sup> ed. (Medical Physics Handbooks). Bristol and Boston, 1985.
11. Guide to the expression of uncertainty in measurements (GUM). BIPM, IFCC, ISO, IUPAC, OIML, 1<sup>st</sup> edition, 1995.
12. ICRU Report 51. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry. ICRU, 1993.
13. ICRU Report 60. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. 1998.
14. ICRU Report 69. Direct Determination of the Body Content of Radionuclides. Journal of the ICRU, vol 3, № 1, 2003.
15. ICRU Report 85a-Revised. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. 2013.
16. Khan F. The Physics of Radiation Therapy – 2<sup>nd</sup> ed. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams & Wilkins, 1994.
17. Podgorsak E B. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005.

### **Практическа подготовка:**

*Практическата подготовка по този модул се провежда в акредитирани дозиметрични лаборатории и включва:*

1. Решаване на задачи за връзка между радиометричните и дозиметричните величини.
2. Решаване на задачи за връзка между дозиметричните величини.
3. Работа с радиометри и дозиметри от различен тип. Избор на дозиметър по вид и чувствителност според практическата задача.
4. Калибриране и метрологичен контрол на дозиметри (практика във Вторичната стандартна дозиметрична лаборатория).
5. Методи за индивидуална дозиметрия – филмови, термолуминисцентни, електронни. Калибриране, приложимост, ограничения (практика в акредитирана лаборатория за индивидуална дозиметрия при външно облъчване).
6. Методи за измерване на активността на човешкото тяло при вътрешно облъчване

(практика в лаборатория за дозиметрия на вътрешно облъчване).

7. Обработване на резултати от измервания. Оценка на неопределеността.
8. Оформяне на резултати от измервания и съставяне на протокол.
9. Изисквания за акредитация на лаборатория съгласно ISO.

## **C2. Радиационна защита**

1. Основни величини за оценка на радиационния риск и за ограничаване на облъчването: органна (тъканна) доза, еквивалентна доза, ефективна доза.

2. Оперативни величини в радиационната защита: амбиентен дозов еквивалент, насочен дозов еквивалент, персонален дозов еквивалент.

3. Облъчване на човека от природните източници на йонизиращи лъчения. Природен радиационен фон, компоненти. Радиоактивни редове. Разпространение на естествените радионуклиди във въздуха, почвата, водата, храната, в тялото на животните и на хората. Оценка на външното и на вътрешното облъчване на човека от природния радиационен фон.

4. Облъчване на човека от техногенните източници на йонизиращи лъчения. Оценка на облъчването от източниците на йонизиращи лъчения, използвани в медицината, индустрията, енергетиката, селското стопанство. Делът на природните и на техногенните източници в общото облъчване на човека.

5. Радиационен риск и нормиране на облъчването за работещите в сферата на йонизиращите лъчения и за населението.

6. Нормиране на облъчването на персонала и на населението. Основни норми за радиационна защита. Нормативни документи за работа с източници на йонизиращи лъчения.

7. Методи за определяне на външното и на вътрешното облъчване на човека.

8. Радиационна защита при работа със закрити радиоактивни източници. Принципи, методи, защитни средства и материали. Проверка за херметичност на източниците. Контрол на движението на радиоактивните източници.

9. Радиационна защита при работа с открити радиоактивни източници. Клас лаборатории за работа с открити радиоактивни източници. Изисквания към помещенията и обзавеждането, контролирани и надзиравани зони. Индивидуални лъчезащитни средства. Радиационен контрол и деконтаминация. Контрол на движението на радиоактивните източници.

10. Радиационна защита на персонала при лъчелечение. Контролирани и надзиравани зони. Лъчезащитни изисквания към помещенията, обзавеждането и инструмента-риума. Изчисления на лъчезащитни прегради при лъчетерапевтични уредби.

11. Радиационна защита на персонала в рентгеновата диагностика. Контролирани и надзиравани зони. Изчисления на лъчезащитни прегради при рентгенови уредби. Индивидуални лъчезащитни средства. Правила за работа с рентгенови диагностични уредби.

12. Радиационна защита на персонала в нуклеарната медицина. Контролирани и надзиравани зони. Планиране на помещенията. Правила за работа с радиофармацевтици.

13. Нормативни изисквания за радиационна защита при медицинско облъчване. Обосноваване и оптимизация. Отговорности на медицинския персонал. Задачи на медицинския физик.

14. Радиационна защита на пациентите при лъчелечение. Аварии, инциденти и други събития в лъчелечението – класификация, анализ на известни събития в света. Действия за предотвратяване на непланирано облъчване. Регистриране и намеса при събития.

15. Радиационна защита на пациентите в рентгеновата диагностика. Методи и средства за намаляване на лъчевото натоварване. Диагностични референтни нива и типични дози.

16. Радиационна защита на пациентите в нуклеарната медицина. Методи за намаляване на лъчевото натоварване. Референтни диагностични нива на активността на въвежданите радиофармацевтици.

17. Радиационна защита при метаболитна брахитерапия. Радиационна защита след изписване на пациент с въведен радиофармацевтик или с имплантирани радиоактивни източници.

18. Радиационна защита при бременност на лица от персонала. Радиационна защита при бременност на пациенти.

19. Дозиметричен контрол. Дозиметричен контрол на работните места. Индивидуален дозиметричен контрол. Дозиметричен контрол на околната среда.

20. Радиационни проблеми при експлоатацията на ЯЕЦ. Видове ядрени реактори. Принципи на радиационната защита при ЯЕЦ. Защита при аварии. Извеждане на реакторите от експлоатация.

### ***Литература:***

1. Василев Г. Основи на радиационната защита. Тита консулт, София, 2002.

2. Василева Ж. Радиационна хигиена и радиационна защита. Глава в Хигиена, хранене и професионални болести - учебник за студенти по медицина и общопрактикуващи лекари. 257-283. София, 2009.

3. Караджов А. Дозиметрични величини в лъчезащитата при външно облъчване. Курс "Специфични изисквания при измерване и провеждане на дозиметричен контрол". Съюз на метролозите в България, София, 2012.

4. Наредба за основните норми за радиационна защита. Приета с ПМС № 229 от 25.09.2012 г., обн. ДВ. бр.76 от 5.10.2012г.

5. Попиц Р. и В. Пенчев. Живот с радиация – дози, риск, защита, второ издание. Лодос, София, 2003.

6. IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards - Interim Edition. General Safety Requirements Part 3. IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim), 2011.

7. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann. ICRP 37 (2-4), 2007

8. ICRP Publication 105. Radiological Protection in Medicine. Ann. ICRP 2007; 37 (6).

9. ICRU Report 39. Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources. 1985.

10. ICRU Report 47. Measurement of Dose Equivalents from External Radiation and Electron Radiations. 1992.

11. ICRU Report 48. Phantoms and Computational Models in Therapy, Diagnostics and Protection. ICRU, 1992.

12. ICRU Report 51. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry. 1993.

13. ICRU Report 60. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. 1998.

14. Martin C, Sutton D. Practical Radiation Protection in Healthcare. 2002.

### **Практическа подготовка:**

*Провежда се в Националния център по радиобиология и радиационна защита.*

*Обучението включва:*

1. Запознаване с изискванията за лицензиране на обект с източници на йонизиращи лъчения. Етапи на лицензионния процес.

2. Подготовка на документация за лицензиране на източници на йонизиращи лъчения за медицински цели. Изготвяне на аварийен план, програма за осигуряване на качеството и други документи за конкретен обект.

3. Оценка на риска и избор на контролирана и надзиравана зона в конкретен обект.

4. Изготвяне на лъчезащитен проект по задание на ръководителя на практическото обучение.

5. Индивидуална дозиметрия на персонала в рентгеновата диагностика, нуклеарната медицина и лъчелечението – анализ на резултатите и нива на намеса.

6. Избор на средства за индивидуална защита на персонала.

7. Радиационен контрол. Провеждане на радиационен контрол в обекти от рентгеновата диагностика, нуклеарната медицина и лъчелечението. Особенности на контролните измервания. Подготовка и оформяне на протокол и анализ на резултатите.

*В дневника за практическо обучение се прилагат писмени протоколи за направените измервания, пресмятания, анализи и оценки.*

### **С3. Образна диагностика**

1. Компоненти на системата за получаване на образа. Качество на образа. Физични параметри на качеството на образа – контраст, нерязкост, шум и връзката между тях. Модулационна предавателна функция, спектър на шума, отношение сигнал-шум. Квантова ефективност на детектиране.

2. Рентгенови диагностични тръби – конструкция, видове, характеристики. Лъчезащитен кожух. Собствена и допълнителна филтрация. Блендиращи устройства.

3. Високоволтови генератори – видове и характеристики. Блок за управление и контрол на рентгенова уредба. Избор на данните за получаване на образа.

4. Средства и методи за намаляване на влиянието на разсеяното лъчение върху образа. Противодифузионни решетки – принцип, характеристики.

5. Получаване на образа при рентгеновата графия. Рентгенов филм, усилващи фолии, филм-фолийни комбинации, сенситометрични характеристики.

6. Мамография. Клинични изисквания към качеството на образа при мамография. Компоненти на системата за получаване на образа.

7. Получаване на образа при рентгеновата скопия. Екранни фолии. Рентгенови електронно-оптични преобразуватели – устройство, характеристики, видове. Рентгенова телевизия. Устройства за записване на образа. Автоматичен контрол на яркостта. Режими на рентгеноскопия.

8. Цифрови преобразуватели на рентгеновия образ. Компютърна рентгенография със запаметяващи фолии. Директна дигитална рентгенография; детектори с директна и индиректна конверсия. Дигитална рентгеноскопия.

9. Структура на цифровия образ. Допълнително обработване и подобряване на образа. Дигитална субстракционна ангиография. Архивиране на образа. Предаване на образа на разстояние.

10. Класическа рентгенова томография. Рентгенова компютърна томография (КТ). Принцип на получаване на образа. Скала на плътността (Хаунсфийлдови единици).

11. Реконструиране на образа при рентгеновата компютърна томография. Методи за допълнителна обработка на образа. Поколения рентгенови компютър-томографи. Основни компоненти на КТ-уредба.

12. Томосинтез. Получаване на образа. Приложения.

13. Осигуряване на качеството в рентгеновата диагностика. Контрол на качеството на рентгеновите уредби за графия, скопия и мамография, на КТ и на денталните рентгенови уредби.

14. Дозиметрия в рентгенологията. Величини за оценка на лъчевото натоварване на пациента: входяща въздушна керма, входяща повърхностна доза, произведение керма-площ, произведение доза-площ, компютър-томографски дозов индекс. Методи за определяне на величините. Диагностични референтни нива.

15. Оптимизация на радиационната защита и на качеството на образа при рентгенова графия и рентгенова скопия.

16. Методи за намаляване на облъчването на пациента и на персонала в интервенционната рентгенология.

17. Оптимизация на компютър-томографските изследвания.

18. Физични основи на ултразвуковата диагностика (ехографията). Акустичен контраст. Ултразвукови преобразуватели (трансдюсери).

19. Методи за скениране в US диагностика. Разделителна способност. Доплерова US диагностика.

20. Физични основи на термографията. Температурен контраст. CCD камери.

21. Физични основи на магнитно-резонансната томография (MRI). Получаване на образа

при MRI. Надлъжно и напречно време за релаксация. Пулсови серии (секвенции) – спин-ехо, инверсия-възстановяване, градиент-ехо.

22. Принципно устройство на MRI-уредба. Основни параметри на постоянното магнитно поле, на високочестотното и на градиентните магнитни полета.

23. Качество на образа при MRI – контраст, отношение сигнал-шум, разделителна способност, определящи фактори. Контрастни вещества.

24. Физиологични и физични основи на васкуларната магнитно-резонансна образна диагностика (MRI ангиография). Физиологични и физични основи на функционалната магнитно-резонансна образна диагностика.

25. Риск от увреждания при MRI. Биологични ефекти от въздействието на физичните фактори върху човека и нормиране.

26. Параметри на методите за образна диагностика: диагностична информативност, технологичност, риск от увреждания, цена на изследването.

27. Информационни системи в образната диагностика. DICOM стандарт. Информационни болнични системи – RIS и HIS. Системи за обработване, предаване и архивиране на дигитални образи – PACS-технологии.

### **Литература:**

1. Василева Ж. Качество на образа и лъчево натоварване на пациентите при рентгенографски изследвания. Дисертация, 2002.

2. Тодоров В. Медицинска физика, второ издание. София, 2002.

3. Bushberg J. et al. The Essential Physics of Medical Imaging. Second edition. Williams and Wilkins, 2002.

4. Curry T, Dowdey J, Murry R. Christensen's Physics of Diagnostic Radiology. 4<sup>th</sup> edition, Philadelphia, 1990.

5. Dowsett D, Kenny PA, Johnston E. The Physics of Diagnostic Imaging Second Edition. CRC Press, 2006.

6. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, EUR 16260. Luxembourg: 1996.

7. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Pediatrics, EUR 16261. CEC, 1996.

8. European Commission. Multilingual Glossary of Terms relating to Quality Assurance and Radiation Protection in Diagnostic Radiology. EUR 17538. EC, 1999.

9. European Commission. Radiation Protection 109: Guidance in Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures. Luxembourg: 1999.

10. European Commission. Radiation Protection 162: Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, 2012.

11. IAEA. Dosimetry in Diagnostic Radiology. An International Code of Practice. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2007.

12. ICRP Publication 105. Radiological Protection in Medicine. Ann. ICRP 2007; 37 (6).

13. ICRU Report 54: Medical Imaging - the Assessment of Image Quality. ICRU, 1996.

14. ICRU Report 74. Patient Dosimetry for X-Rays used in Medical Imaging. ICRU, 2005.

15. Institute of Physics and Engineering in Medicine. Report 91: Recommended Standards for the routine Performance Testing of diagnostic X-ray Imaging Systems. IPeM, 2005.

16. Spawls P. Physical Principles of Medical Imaging, 1993.

17. Spawls P. Magnetic Resonance Imaging. Medical Physics Publishing. Madison, Wisconsin, 2000.

18. The Physics of Medical Imaging. Edited by S. Webb. IOP Publishing, 1996.

### **Практическа подготовка:**

*Провежда се в лечебно или здравно заведение със сектор по контрол на качеството и дозиметрия, под ръководството на медицински физик-експерт в областта на рентгеновата диагностика. Обучението включва:*

1. Контрол на качеството – измервания, обработване и анализ на резултатите от измерванията, оформяне на протокол. Дневникът на специалистта трябва да съдържа негови самостоятелни измервания, проведени под контрола на консултанта, за най-малко:

- две уредби за рентгенова графия;
- две уредби за рентгенова скопия;
- две мамографски уредби;
- две дентални уредби за секторни снимки и една уредба за панорамни снимки;
- една СТ- уредба;
- една тъмна стая с машина за проявяване;
- пет негативоскопа.

2. Контрол на качеството на проявителния процес. Анализ на данните от периодичния контрол на една машина. Оптимизиране на режима на проявяване.

3. Контрол на качеството при рентгенови системи с цифрови детектори (CR, DR). Контрол на мониторите.

4. Измерване на дозата на облъчване на пациента при рентгенова графия, рентгенова скопия, мамография, компютърна томография, дентална графия. Особенности при интервенционалните рентгенови процедури – протоколи от собствени измервания и оценки.

5. Пресмятане на органните дози и ефективната доза при рентгенови изследвания и оценка на риска; пресмятане на дозата на ембриона и фетуса и оценка на риска – работа по задание на ръководителя на практиката.

6. Определяне на типични дози и сравняване с референтните нива за най-малко една рентгенова уредба. Изследване на качеството на образа. Оптимизация на рентгеновите изследвания.

#### **С4. Нуклеарна медицина**

1. Физични основи на нуклеарната медицина. Възникване и развитие. Радионуклиди в нуклеарната медицина – критерии за избор. Радиофармацевтици в радионуклидната диагностика *in vivo*. Контрол на качеството на радиофармацевтиците.

2. Детектори на йонизиращи лъчения в радионуклидната диагностика. Йонизационна камера и сцинтилационен детектор.

3. Радиометрична система със сцинтилационен детектор. Характеристики и настройка на радиометрична система. Функционални изследвания в нуклеарната медицина.

4. Линеен скенер – конструкция и принцип на действие.

5. Радионуклидна диагностика *in vitro* – принципи. Апаратура – конструкции. Обработване на данните. Контрол на качеството.

6. Планарна гама-камера. Конструкция и принцип на действие. Получаване на образа – зависимост на качеството от броя на регистрираните събития. Статистика на дигиталния образ. Превръщане на аналогов в дигитален образ. Оценка на характеристики на гама-камера. Централно и използваемо поле на детектора (CFOV и UFOV).

7. Средства и методи за намаляване на влиянието на разсеяното лъчение върху качеството на образа – вид на колиматора, режима на АА, разстояние обект-детектор . Оптимизиране на условията за подобряване на качеството на образа – големина на матрицата.

8. Планарна гама-камера. Системи за корекции. Настройка на детектора. Модулационна предавателна функция. Качество на образа.

9. Планарна гама-камера. Методи за обработка на образа. Обработка на данни от статични изследвания. Обработка на данни от динамични изследвания. Функционални (параметрични) образи.

10. Контрол на качеството на планарна гама-камера.

11. Томографска (СПЕКТ) гама-камера. Конструкция и принцип на действие. Принцип на получаване на образа в СПЕКТ. Разделителна способност – трансверзална и аксиална. Обработка на данните. Корекции на данните.



12. Контрол на качеството на томографска гама-камера – томографски контраст, хомогенност и отслабване на лъчението.
13. СПЕКТ/КТ – условия за съвместно използване на образите (сливане).
14. Позитронно-емисионна томография (ПЕТ). Радионуклиди – получаване. Конструкция и принцип на действие на ПЕТ. Технологично развитие. ПЕТ/КТ. Контрол на качеството.
15. Дозиметрична апаратура в нуклеарната медицина. Активиметри.
16. Статистика в радионуклидната диагностика.
17. Радиофармацевтици за метаболитна брахитерапия. Контрол на качеството при радиофармацевтиците. Клинична дозиметрия в метаболитната брахитерапия.

### **Литература:**

1. Манушев Б. Практическа метрология на ядрените лъчения. Тита-Консулт ООД, София, 2001.
2. Основи на нуклеарната медицина. Под ред. на И. Костадинова. Медицина и физкултура, София, 2006.
3. Триндев П. Апаратура в нуклеарната медицина – поглед отвътре. София, 2008.
4. Годоров В. Медицинска физика, второ издание. София, 2002.
5. Bushberg J, J.Seibert et al The Essential Physics of Medical Imaging, Williams &Wilkins, Baltimore, 1998.
6. Chandra R. Nuclear Medicine Physics: The Basics, 5<sup>th</sup> Ed., Williams &Wilkins, Baltimore, 1998.
7. Early P.J. and Soddee, D.B. Principles and Practice of Nuclear Medicine, 2nd Edition, Mosby, St.Louis, U.S.A. 1995.
8. Hamilton D. Diagnostic Nuclear Medicine: A Physics Perspective. Springer, 2004.
9. Sprawls P. Physical Principles of Medical Imaging, 2<sup>nd</sup> Ed., Medical Physics Publishing, Wisconsin,USA, 1995.
10. Sharp P.F. et al. Practical Nuclear Medicine. Oxford University Press, Oxford, 1998.
11. The Physics of Medical Imaging. Eddited by S. Webb, IOP Publishing, 1996.

### **Практическа подготовка:**

*Провежда се в лечебно заведение със сектор по нуклеарна медицина, под ръководството на медицински физик-експерт в областта на нуклеарната медицина. Обучението включва:*

1. Контрол на качеството на радиофармацевтиците – измерване, обработване, анализ на резултатите и оформяне на протокол. Дневникът на специализанта трябва да съдържа негови самостоятелни измервания, проведени под контрола на консултанта.
2. Настройка на радиометрична система (РМС) и получаване на енергиен спектър. Определяне на енергийната разделителна способност на РМС за <sup>99m</sup>Tc.
3. Измерване с активиметър. Проверка за молибденов пробив на Mo-Tc радионуклиден генератор. Контрол на качеството на активиметър – проверка за точност и повторя-емост на резултатите от измерването.
4. Контрол на качеството на планарна гама-камера – измерване, обработване, анализ на резултатите и оформяне на протокол. Дневникът на специализанта трябва да съдържа негови самостоятелни измервания, проведени под контрола на консултанта.
5. Контрол на качеството на СПЕКТ гама-камера – измерване, обработване, анализ на резултатите и оформяне на протокол. Дневникът на специализанта трябва да съдържа негови самостоятелни измервания, проведени под контрола на консултанта.
6. Изчисляване на активността на радиофармацевтик с NaI за радикална метаболитна брахитерапия на рака на щитовидната жлеза.

### **С5. Лъчелечение**

1. Място на лъчелечението в комплексната терапия на рака.
2. Рентгенови терапевтични уредби: устройство, класификация по енергия, основни части и принадлежности, сигнални и осигурителни системи.

3. Телегаматерапевтични уредби: устройство, основни части и принадлежности, сигнални и осигурителни системи. Системи за верификация и регистрация на условията на облъчването.
4. Медицински ускорители на електрони – циклични и линейни: устройство, основни части и принадлежности, сигнални и осигурителни системи. Системи за верификация и регистрация на условията на облъчването.
5. Лъчелечение с тежки заредени частици. Протонни генератори. Неутронни източници.
6. Закрити радиоактивни източници за брахитерапия. Контрол на качеството.
7. Разпределение на дозата от точков гама-радиоактивен източник. Алгоритъм на AAPM TG 43 и други изчислителни методи. Разпределение на дозата от линеен източник.
8. Уредби за брахитерапия с дистанционно посленатоварване: принцип на работа, класификация по мощност на дозата, основни части и принадлежности, сигнални и осигурителни системи. Системи за регистрация на условията на облъчването.
9. Принципно устройство на рентгенови симулатори и компютър-томографски симулатори.
10. Геометрични параметри на лъчев сноп при дистанционното лъчелечение: геометрични граници на снопа, геометрични размери на лъчевото поле, геометрична полусянка. Ос на лъчевия сноп (централен лъч), посока на снопа. Разстояние източник-повърхност (фокусно разстояние) (PIП, SSD), ефективно (виртуално) фокусно разстояние, разстояние източник-бленда, разстояние източник-ос на въртене (PIO, SID).
11. Физични параметри на лъчев сноп при дистанционното лъчелечение. Вид и енергия на йонизиращото лъчение. Качество на лъчението, индекси: слой на полуотслабване, степен на хомогенност,  $TPR_{10}^{20}$ ,  $R_{50}$  и  $R_p$ . Определяне на индексите.
12. Дозно поле от единичен лъчев сноп. Геометрични и физични размери на полето. Процентна дълбока доза (PDD,  $P$ ). BSF, PSF и фактор на изграждане. Разпределение на дозата по централния лъч.  $TPR$ ,  $TMR$ ,  $TAR$  и  $SAR$ . Профили на дозно поле, симетрия и изравненост.
13. Дозно поле от единичен сноп рентгенови, гама- и X-лъчи. Зависимост на процентната дълбока доза от качеството на лъчението и от геометричните параметри на лъчевия сноп. Еквивалентни полета, фактор на полето. Декремент на дозата. Изодозна повърхнина, изодозна крива и изодозна карта.
14. Дозно поле от единичен сноп ускорени електрони. Зависимост на процентната дълбока доза от енергията на електроните, от геометричните условия на облъчването и от начина за разширяване на лъчевия сноп.
15. Методи за модифициране и формиране на лъчеви снопове: клиновидни филтри, виртуален (динамичен) клин, компенсационни филтри, защитни блокове. Лъчеви полета с неправилна форма, метод на Кларксон, еквивалентни полета.
16. Дозиметрично калибриране на рентгенови терапевтични уредби с йонизационна камера, калибрирана в единици за керма във въздух (въздушна керма) или за погълната доза във вода.
17. Дозиметрично калибриране на телегаматерапевтични уредби и на ускорители за X-лъчи с йонизационна камера, калибрирана в единици за въздушна керма за  $^{60}\text{Co}$  гама-лъчи (по TRS 277 и TRS 381) или за погълната доза във вода (по TRS 398).
18. Дозиметрично калибриране на медицински ускорители за ускорени електрони с йонизационна камера, калибрирана в единици за въздушна керма за  $^{60}\text{Co}$  (по TRS 381) и за погълната доза във вода за  $^{60}\text{Co}$  гама-лъчи (по TRS 398).
19. Дозиметрично калибриране на уредби за брахитерапия с дистанционно посленатоварване.
20. Определяне на характеристиките на дозно поле от гама- и X-лъчи и от ускорени електрони – йонизационен и фотографски метод.
21. Етапи при планирането и провеждането на лъчелечението: клиничко-биологичен, анатомино-топографски, дозиметрично планиране, изпълнение на облъчването, проследяване на лечебните резултати и на лъчевите реакции. Цел и задачи на отделните етапи.
22. Определяне на мишенния обем в лъчелечението: туморен обем, клиничен мишенен

обем, планиран мишенен обем, критични органи и тъкани. Препоръки на ICRU в Доклад 50 и Доклад 62 за нормиране на дозата и за оценка на дозното разпределение.

23. Образни методи, използвани при планиране на лъчелечението. Избор на начало на пациентната координатна система. Методи и устройства за имобилизация на пациента.

24. Техника на дозиметричното планиране на статично многополево дистанционно облъчване: суперпозиране на изодозни карти на единични лъчеви снопове, съобразяване с третия размер на мишенния обем. Методи за отчитане влиянието на неравностите на входната повърхнина и на тъканните нехомогенности.

25. Дозиметрично планиране при дистанционното облъчване. Изоцентрична техника (РИО) и техника при постоянно РИП. Ротационно облъчване. Нормиране на дозното разпределение и пресмятане на времето за облъчване или на мониторните единици.

26. Планиращи системи за перкутанно лъчелечение – структура и конфигурация. Изчислителни алгоритми. Условия за клинично използване и контрол на качеството. Сравняване на компютърното с “ръчно” определените стойности на процентната дълбока доза.

27. Оптимизиране на плана за лъчелечение. Хистограми доза-обем.

28. Клинична дозиметрия при специални техники за дистанционно облъчване: лъчелечение с модулиране на интензитета (IMRT), радиохирургия, гама-нож.

29. Клинична дозиметрия при цялостно облъчване с фотонно лъчение и с ускорени електрони.

30. Симулация на плана за лъчелечение. Определяне на връзката между апаратната и пациентната координатна система.

31. Верификация на плана за лъчелечение. Техники и устройства за портално изобразяване. Дозиметрична проверка на плана за лъчелечение: измервания на дозата в антропоморфни фантоми и *in vivo* дозиметрия. Критерии за намеса и препланиране на лъчелечението.

32. Дозиметрично планиране при интерстициална брахитерапия. Система на Патерсон и Паркер и Парижка система.

33. Дозиметрично планиране при интракавитарна брахитерапия на рака на шийката на матката и на ендометриума. Видове източници и видове апликатори. Нормиране на дозата.

34. Планиращи системи за брахитерапия. Начини и процедури за реконструкция на положението на източника или източниците.

35. Осигуряване на качеството при лъчелечението. Физико-технически контрол на качеството на уредбите: приемни, пускови и последващи изпитвания. Нива за намеса и нива за спиране на уредбите.

### **Литература:**

1. БДС 7338-84. Уредби – телегаматерапевтични, статични и ротационни.
2. БДС В.206-77. Уреди с йонизационни камери за измерване на експозиция и/или мощност на експозицията от рентгеново и гама-лъчение – работни дозиметри. Методи за проверка.
3. Онкология 2001. Под ред. на И. Черноземски и Т. Шишков. Ciela, София, 2000.
4. Попиц Р. и др. Йонизиращи лъчения и лъчезащита. Наука и изкуство, София, 1976.
5. Тодоров В. Записки по клинична дозиметрия. 2012.
6. Тюбиана М. Физическите основи лъчевой терапии и радиобиологии. Медицина, Москва, 1969.
7. Bentel, G. Radiation Therapy Planning. – 2<sup>nd</sup> edition. New York, Bogota, Caracas, London, Madrid, Sydney, Tokyo, Toronto, McGraw-Hill, 1996.
8. Central Axis Depth Dose Data for use in Radiotherapy. British Journal of Radiology, Supp. 25. London 1996.
9. Dobbs Jane, Ann Barrett, Dan Ash. Practical Radiotherapy Planning – 3<sup>rd</sup> edition. Distributed in the USA by Oxford University Press Inc., 1999.
10. Huda W. and R. Slone. Review of Radiologic Physics. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams & Wilkins, 1995.
11. IAEA, Technical Report Series 277: Absorbed Dose Determination in Photon and Electron

Beams. IAEA, Vienna, 1987.

12. IAEA, Technical Report Series 381: The Use of plane parallel Ionization Chambers in High Energy Electron and Photon Beams. IAEA, Vienna, 1997.

13. IAEA, Technical Report Series 398: Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy. An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water. IAEA, Vienna, 2000. [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS398\\_scr.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS398_scr.pdf)

14. IAEA, Technical Report Series 430: Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer. IAEA, Vienna, 2004. [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS430\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS430_web.pdf)

15. ICRU Report 24: Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams in Radiotherapy Procedures. Washington, Int. Com. Radiat. Units, 1976.

16. ICRU Report 42: Use of Computers in External Beam Radiotherapy Procedures with High-Energy Photons and Electrons. IAEA, 1998.

17. ICRU Report 48: Phantoms and Computational Models in Therapy, Diagnostics and Protection. ICRU, 1992.

18. ICRU Report 62: Prescribing and Recording Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50). ICRU, Bethesda, 1999.

19. IPEM, Physics Aspects of Quality Control in Radiotherapy, part I, II, III. (ISBN 0 904181 X), York, 1999.

20. Khan F. The Physics of Radiation Therapy. – 2th edition. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams and Wilkins, 1994.

21. Mijnheer B. et al. Monitor Units Calculation for High Energy Photon Beams – Practical Examples. ESTRO, Brussels, 2001.

22. Podgorsak E. B. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA Vienna 2005.

23. Van Dam J. and G. Marinello. Methods for In vivo Dosimetry in External Radiotherapy. Garant, Leuven-Apeldorn, Second edition, 2006.

24. Webb S. The Physics of Conformal Radiotherapy. Advances in Technology. IOP Publishing, 1996.

### **Практическа подготовка:**

*Провежда се в лечебно заведение/заведения със сектор по лъчелечение, под ръководството на медицински физик-експерт в съответната област. В края на практическото обучение по този модул специалистът трябва да представи:*

1. Протоколи, подписани от консултанта, за:
  - Дозиметрично калибриране на рентгенова терапевтична уредба, както за повърхностна, така и за дълбока рентгенова терапия. Протоколът трябва да включва и определяне на качеството на лъчението.
  - Дозиметрично калибриране на телегаматерапевтична уредба.
  - Дозиметрично калибриране на ускорител за високо енергийно спирано лъчение. Протоколът трябва да включва и определяне на качеството на лъчението.
  - Дозиметрично калибриране на ускорител за високоенергиен сноп електрони. Протоколът трябва да включва и определяне на качеството на лъчението.
  - Калибриране на уредба за брахитерапия с дистанционно посленатоварване.
  
2. Дозиметрични планове за лъчелечение:
  - за малък таз – box техника.
  - за тумори на мозъка.
  - за тумори на глава и шия.
  - за тумори на белия дроб.
  - с големи фигурни полета.
  - за брахитерапия с използването на един апликатор.

Дозиметричните планове трябва да съдържат анализ за начина на нормиране на дозното разпределение и очакваната доза в критичните органи.

#### **4.3. Задължителни колоквиуми и срокове за полагането им**

Подготовката на специализанта се контролира чрез 5 колоквиума по следните раздели от програмата за обучение:

1. Радиометрия и дозиметрия на йонизиращите лъчения, вкл. взаимодействие на йонизиращите лъчения с веществото.
2. Радиационна защита, вкл. фрагменти от общата радиобиология.
3. Образна диагностика.
4. Нуклеарна медицина.
5. Лъчелечение, вкл. фрагменти от клиничната радиобиология.

Колоквиумите се провеждат непосредствено след изучаването на съответния раздел и се приемат за успешно положени при оценка, не по-ниска от добър (4).

#### **5. Конспект за държавен изпит за специалност „Медицинска радиологична физика“**

1. Радиометрични и дозиметрични величини и единици. Връзки между дозиметричните величини. Връзки между дозиметричните и радиометричните величини.
2. Дозиметрия на фотонни йонизиращи лъчения с йонизационна камера. Измерване на експозицията и на въздушната керма. Електронно равновесие. Теория на Браг и Грей.
3. Дозиметрия на заредени частици. Дозиметрия на ускорени електрони и на високоенергийно спирачно лъчение.
4. Радиометрия и дозиметрия при закрити и открити радиоактивни източници. Методи за определяне на активността. Връзка на дозиметричните величини с величините, характеризиращи радиоактивните източници.
5. Метрологични характеристики на радиометрите и дозиметрите. Осигуряване на проследимост на измерванията: еталони, йерархични схеми, средства за измерване. Калибриране. Метрологичен контрол. Осигуряване на качеството на измерванията чрез използване на контролни източници.
6. Основни величини за оценка на радиационния риск и за ограничаване на облъчването: органна (тъканна) доза, еквивалентна доза, ефективна доза. Операционни величини в радиационната защита: амбиентна (обкръжаваща) еквивалентна доза, насочена еквивалентна доза, индивидуална еквивалентна доза (проникваща, повърхностна).
7. Облъчване на човека от природните източници на йонизиращи лъчения. Природен радиационен фон, компоненти. Оценка на външното и на вътрешното облъчване на човека от природния радиационен фон.
8. Облъчване на човека от техногенните източници на йонизиращи лъчения. Оценка на облъчването от източниците на йонизиращи лъчения, използвани в медицината, индустрията, енергетиката, селското стопанство. Делът на природните и на техногенните източници в общото облъчване на човека.
9. Радиационна защита на персонала и на пациентите в рентгеновата диагностика. Методи и средства за намаляване на лъчевото натоварване. Референтни нива.
10. Радиационна защита при работа със закрити радиоактивни източници. Радиационна защита при работа с открити радиоактивни източници. Контролирани и надзиравани зони. Индивидуални лъчезащитни средства. Радиационен контрол и деконтаминация. Контрол на движението на радиоактивните източници.
11. Радиационна защита на пациентите в нуклеарната медицина. Методи за намаляване на лъчевото натоварване. Референтни нива на активността на въвежданите радиофармацевтици.
12. Нормиране на облъчването на персонала и на населението. Основни норми за радиационна защита. Нормативни документи за работа с източници на йонизиращи лъчения.
13. Качество на рентгеновия образ. Физични параметри на качеството на образа.

Контраст, нерязкост, шум и връзката между тях. Модулационна предавателна функция, спектър на шума, отношение сигнал-шум. Квантова ефективност на детектиране.

14. Рентгенови диагностични тръби – конструкция, видове, характеристики. Собствена и допълнителна филтрация. Блендиращи устройства. Високоволтови генератори – видове и характеристики. Блок за управление и контрол на рентгенова уредба.

15. Получаване на образа при рентгеновата графия. Рентгенов филм, усилващи фолии, филм-фолийни комбинации, сенситометрични характеристики. Мамография.

16. Получаване на образа при рентгеновата скопия. Екранни фолии. Рентгенови електронно-оптични преобразуватели – устройство, характеристики, видове. Рентгенова телевизия. Устройства за записване на образа. Флуорография.

17. Цифрови преобразуватели на рентгеновия образ. Компютърна рентгенография със запаметяващи фолии. Директна дигитална рентгенография, детектори с директна и с индиректна конверсия. Дигитална рентгеноскопия. Структура на цифровия образ. Допълнително обработване и подобряване на образа. Дигитална субстракционна ангиография. Архивиране на образа. Предаване на образи на разстояние.

18. Рентгенова компютърна томография (СТ). Принцип на получаване на образа. Скала на плътността (Хаунсфийлдови единици). Реконструиране на образа при рентгеновата компютърна томография. Методи за допълнителна обработка на образа. Поколения рентгенови компютър-томографи. Основни компоненти на СТ-уредба.

19. Дозиметрия в рентгенологията. Величини за оценка на лъчевото натоварване на пациента: входяща въздушна керма, входяща повърхностна доза, произведение керма-площ, произведение доза-площ, компютър-томографски дозов индекс. Методи за определяне на величините. Референтни нива.

20. Физични основи на нуклеарната медицина. Възникване и развитие. Радионуклиди в нуклеарната медицина. Радиофармацевтици в радионуклидната диагностика *in vivo*. Контрол на качеството на радиофармацевтиците.

21. Радионуклидна диагностика *in vitro* – принципи. Апаратура – конструкции. Обработване на данните. Контрол на качеството.

22. Планарна гама-камера. Конструкция и принцип на действие. Регистриране на данни. Оценка на характеристики на гама-камера. Качество на образа. Методи за обработване на образа.

23. Томографска (СПЕКТ) гама-камера. Конструкция и принцип на действие. Обработване на данните. Корекции на данните.

24. Позитронно-емисионна томография (ПЕТ). Конструкция и принцип на действие. Технологично развитие.

25. Радиофармацевтици за метаболитна брахитерапия. Контрол на качеството при радио-фармацевтиците. Клинична дозиметрия в метаболитната брахитерапия.

26. Геометрични параметри на лъчев сноп при дистанционното лъчелечение: геометрични граници на снопа, геометрични размери на лъчевото поле, геометрична полусянка. Ос на лъчевия сноп (централен лъч), посока на снопа. Разстояние източник-повърхност (фокусно разстояние) (РИП, SSD), ефективно (виртуално) фокусно разстояние, разстояние източник-бленда, разстояние източник-ос на въртене (РИО, SID).

27. Физични параметри на лъчев сноп при перкутанното лъчелечение. Вид и енергия на йонизиращото лъчение. Качество на лъчението, индекси: слой на полуотслабване, степен на хомогенност,  $TPR_{10}^{20}$ ,  $R_{50}$  и  $R_p$ . Определяне на индексите.

28. Дозно поле от единичен лъчев сноп. Геометрични и физични размери на полето. Процентна дълбока доза (PDD,  $P$ ). BSF, PSF и фактор на изграждане. Разпределение на дозата по централния лъч.  $TPR$ ,  $TMR$ ,  $TAR$  и  $SAR$ . Профили на дозно поле, симетрия и изравненост.

29. Дозно поле от единичен сноп рентгенови, гама- и X-лъчи. Зависимост на процентната дълбока доза от качеството на лъчението и от геометричните параметри на лъчевия сноп. Еквивалентни полета, фактор на полето. Декремент на дозата. Изодозна повърхнина, изодозна крива и изодозна карта.

30. Дозно поле от единичен сноп ускорени електрони. Зависимост на процентната дълбока доза от енергията на електроните, от геометричните условия на облъчването и от начина за разширяване на лъчевия сноп.

31. Дозиметрично калибриране на рентгенови терапевтични уредби с йонизационна камера, калибрирана в единици за керма във въздух (въздушна керма) или за погълната доза във вода.

32. Дозиметрично калибриране на телегаматерапевтични уредби и на ускорители за Х-лъчи с йонизационна камера, калибрирана в единици за въздушна керма за  $^{60}\text{Co}$  гама-лъчи (по TRS 277 и TRS 381) или за погълната доза във вода (по TRS 398).

33. Дозиметрично калибриране на медицински ускорители за ускорени електрони с йонизационна камера, калибрирана в единици за въздушна керма за  $^{60}\text{Co}$  (по TRS 381) и за погълната доза във вода за  $^{60}\text{Co}$  гама-лъчи (по TRS 398).

34. Дозиметрично планиране при дистанционното облъчване. Изоцентрична техника и техника при постоянно РИП. Ротационно облъчване. Нормиране на дозното разпределение и пресмятане на времето или на мониторните единици за облъчване.

35. Етапи при планирането и провеждането на лъчелечението: клинико-биологичен, анатомио-топографски, дозиметрично планиране, изпълнение на облъчването, проследяване на лечебните резултати и на лъчевите реакции. Определяне на мишенния обем в лъчелечението: туморен обем, клиничен мишенен обем, планиран мишенен обем, критични органи и тъкани. Препоръки на ICRU в Доклад 50 и на Доклад 62 за нормиране на дозата и за оценка на дозното разпределение.

\* \* \*