


**УТВЪРДИЛ:**

 Невалиден подпис

**X** Д-р Асен Меджидиев

---

Подписано от: Asen Georgiev Medzhidiev

**Д-Р АСЕН МЕДЖИДИЕВ**

**МИНИСТЪР НА ЗДРАВЕОПАЗВАНЕТО**

# **УЧЕБНА ПРОГРАМА**

**ЗА СПЕЦИАЛНОСТ**

**МЕДИЦИНСКА**

**РАДИОЛОГИЧНА**

**ФИЗИКА**

**(ЗА ЛИЦА С КВАЛИФИКАЦИЯ В ОБЛАСТТА НА  
ФИЗИЧЕСКИТЕ И ИНЖЕНЕРНИТЕ НАУКИ)**

**2022г.**

## **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 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 образната диагностика, нуклеарната медицина и лъчелечението.

## **2. Цел на обучението**

Обучението по клиничната специалност Медицинска радиологична физика е предназначено за лица с квалификация в областта на физическите и инженерните науки, които да работят в звена за образна диагностика, нуклеарна медицина и лъчелечение в системата на здравеопазването или да извършват дейности по изпитване качеството на медицинска радиологична апаратура по реда на чл. 65а от Закона за здравето на основание на договори с лечебни заведения.

Целта на обучението е да осигури на специализантите задълбочени знания, практически умения и компетентности, необходими за самостоятелна професионална клинична дейност в образната диагностика, нуклеарната медицина или лъчелечението, както и да ги подготви за самостоятелно изпълнение на функции и задължения, определени от съответните медицински стандарти, както и от наредбата, издадена на основание чл. 65, ал. 1, т. 2 от Закона за здравето.

## **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, открива и оценява грешки и 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 поема отговорност за това, в съответствие на заеманата от него длъжност;
- си сътрудничи компетентно и активно с всички групи медицински и немедицински

специалисти;

- спазва правилата за добра медицинска практика в областта, в която работи;
- спазва етични правила на професионално поведение по отношение на пациентите и колегите си, както и в научната и учебна дейности, в които участва;
- поддържа и разширява знанията, уменията и компетентността си.

Следдипломното обучение разширява и уеднаквява теоретичните знания на специализантите, получени по време на университетското обучение, и осигурява нужната теоретична база за тяхната професионална реализация. Специализантите усвояват задълбочени практически умения и придобиват компетентности за самостоятелна работа в поне една от основните области на медицинската радиологична физика, както и достатъчни практически умения в останалите области, което гарантира определена поливалентност за работа в областта на медицинската радиологична физика.

Завършилият успешно специализацията Медицинска радиологична физика получава право за самостоятелна клинична работа като медицински физик в образната диагностика, нуклеарната медицина или лъчелечението.

## 4. Обучение

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

Обучението включва обща и специална част.

**Общата част** има за цел да припомни, разшири и уеднакви теоретичните знания на специализантите, получени по време на университетското обучение, и да осигури нужната теоретична база за усвояване на знанията от специалната част. Общата част включва следните модули:

- О1. Радиометрия и дозиметрия на йонизиращите лъчения.
- О2. Общи въпроси на радиационната защита.
- О3. Основни въпроси от биологията, анатомията и физиологията на човека.
- О4. Обща и клинична радиобиология.
- О5. Компютърни симулации и модели в медицинската физика.
- О6. Медицинска статистика.

**Специалната част** включва следните модули:

- С1. Физика в образната диагностика.
- С2. Физика в нуклеарната медицина.
- С3. Физика в лъчелечението.

Общата продължителност на обучението по модулите от общата и специалната част, продължителността на теоретичното обучение (провеждано присъствено или дистанционно) и продължителността на присъственото практическо обучение в база за обучение е както следва:

Модули/Раздели	Продължителност на обучението
----------------	-------------------------------

<p><b>ОБЩА ЧАСТ</b>, включваща:</p> <p><b>Модул 1:</b>  О1. Радиометрия и дозиметрия на йонизиращите лъчения  О2. Общи въпроси на радиационната защита  Теоретичен курс по модул 1</p> <p><b>Модул 2:</b>  О3. Основни въпроси от биологията, анатомията и физиологията на човека  О4. Обща и клинична радиобиология  Теоретичен курс по модул 2</p> <p><b>Модул 3:</b>  О5. Компютърни симулации и модели в медицинската физика  О6. Медицинска статистика  Теоретичен курс по модул 3</p>	<p><b>6 месеца, от които:</b>  <b>2 месеца, от които:</b>  1 месец  25 календарни дни  5 работни дни (40 академични часа)</p> <p><b>2 месеца, от които:</b>  25 календарни дни  1 месец  5 работни дни (40 академични часа)</p> <p><b>2 месеца, от които:</b>  1 месец  25 календарни дни  5 работни дни (40 академични часа)</p>
<p><b>СПЕЦИАЛНА ЧАСТ</b>, включваща:</p> <p><b>Модул 4:</b>  С1. Физика в образната диагностика  Теоретичен курс по модул 4</p> <p><b>Модул 5:</b>  С2. Физика в нуклеарната медицина  Теоретичен курс по модул 5</p> <p><b>Модул 6:</b>  С3. Физика в лъчелечението  Теоретичен курс по модул 6</p>	<p><b>30 месеца, от които:</b>  <b>10 месеца, от които</b>  9,5 месеца практическо обучение  0,5 месец (80 академични часа)</p> <p><b>8 месеца, от които</b>  7,5 месеца практическо обучение  0,5 месец (80 академични часа)</p> <p><b>12 месеца, от които</b>  11,5 месеца практическо обучение  0,5 месец (80 академични часа)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Общо:</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>36 месеца</b></p>

Координацията на теоретичното обучение се осъществява от координатор на обучението – председателят на държавната изпитна комисия по специалността, определен със заповед на министъра на здравеопазването. Той трябва да е хабилитирано лице със специалност по Медицинска радиологична физика. Теоретичното обучение се организира едновременно за специализантите от всички бази и се провежда от лектори – хабилитирани лица и специалисти от страната и от чужбина.

В рамките на един модул от практическото обучение се допуска обучение в повече от една база за обучение, ако това е необходимо за изпълнение на пълния обем на практическата подготовка по съответния модул. Всяка приемаща база за обучение определя консултант, който отговаря за изпълнението на практическото обучение в нея по съответния модул. По преценка на консултанта специализантът може да изпълнява самостоятелно в основната си база за обучение индивидуално задание, съставено от консултанта. Изпълнението на практическите задачи по време на обучението по съответния модул се

оформя в протоколи, заверени от ръководителя на специализанта в основната база за обучение или от консултанта в приемащата база за обучение.

Специализантът води протоколна папка за практическите занимания в базите за обучение и за изпълнение на задачите от индивидуалното задание. Папката съдържа протоколите от проведените измервания, пресмятания, анализи, изготвените индивидуални планове за лъчелечение, разработени или въведени компютърни програми и др. Протоколите се проверяват и разписват от ръководителя на специализанта в основната база за обучение или от консултанта в приемащата база за обучение.

## **4.2. Учебна програма**

### **4.2.1. Теоретична част**

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

1. 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.

2. 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. Средна енергия за създаване на една йонна двойка в газ.

3. Взаимодействие на протони и тежки йони с веществото. Сечение на взаимодействието. Предаване на енергия, крива на Бряг, пробег във веществото. Пълна линейна спираща способност, пълна масова спираща способност, линейно предаване на енергия, зависимост от вида и енергията на частиците и от веществото.

4. Взаимодействие на електроните с веществото. Взаимодействие с орбиталните електрони и с ядрата. Спираща способност. Разсейване на моноенергиен сноп електрони. Спектър на електроните в дълбочина. Пробег и практически пробег.

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

6. 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.

7. 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.

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

9. 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.

10. 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).

11. 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.

12. Детектори на йонизиращи лъчения. Чувствителност и ефективност. Зависимост на показанията от вида и енергията на лъчението. Енергийна разделителна способност.

13. Газови детектори. Пропорционални броячи. Гайгер-мюлерови броячи, времеви характеристики. Коронни броячи. Устройства за обработване и регистриране на сигнала.

14. 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. Устройства за обработване и регистриране на сигнала.

15. Полупроводникови детектори: принцип на действие, характеристики, типове. Устройства за обработване и регистриране на сигнала.

16. Термолуминесцентни и фотолуминесцентни детектори: принцип на действие, характеристики, типове. Устройства за регистриране и обработване на информацията.

17. Сцинтилационни детектори. Газови, течни и твърди сцинтилатори. Устройства за регистриране и обработване на информацията.

18. Калориметрични детектори, адиабатни и изотермни. Абсолютно измерване на енергийния пренос и на погълнатата доза.

19. Химични детектори. Феросулфатен (Фрике), хлор-бензол и аланинов дозиметър.

20. Фотографски детектори: принцип на действие и характеристики. Химично регистриране и обработване на информацията.

21. Калибриране на детекторите в единици за радиометричните величини. Калибриране на детекторите в единици за дозиметричните величини.

22. Дозиметрия на фотонни йонизиращи лъчения с йонизационна камера. Измерване на експозицията и на въздушната керма. Електронно равновесие. Теория на кушината.

23. Дозиметрия на заредени частици. Дозиметрия на ускорени електрони и на високоенергийно спиращо лъчение.

24. Дозиметрия на неутрони и на смесени  $n$ - $\gamma$ -лъчения.

25. Радиометрия и дозиметрия при закрити и открити радиоактивни източници. Методи за определяне на активността. Връзка на дозиметричните величини с величините, характеризиращи радиоактивните източници.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

### *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 йонизирующ излъчвания, 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. Пресиянов Д. Увод в дозиметрията на йонизиращите лъчения, Тита консулт; 2014 г.
9. Радев Х., В. Богев. Неопределеност на резултата от измерването. София, 2001.
10. Тодоров В. Медицинска физика, второ издание. София, 2002.
11. American Association of Physicists in Medicine. AAPM TG 191 Clinical Use of Luminescent Dosimeters: TLDs and OSLDs, 2019.
12. Greening J. Fundamentals of Radiation Dosimetry. – 2nd ed. (Medical Physics Handbooks). Bristol and Boston, 1985.
13. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008, [https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf)
14. European accreditation. Expression of the uncertainty of measurement in calibration EA-4/02, European cooperation for accreditation, 2013. <https://european-accreditation.org/wp-content/uploads/2018/10/ea-4-02-m-rev01-september-2013.pdf>
15. Hubbell J., S. Seltzer. Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients from 1 keV to 20 MeV for Elements Z = 1 to 92 and 48. Additional Substances of Dosimetric Interest, <http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/index.cfm>.
16. Hubbell, J. H. Photon mass attenuation and energy absorption coefficients from 1 keV to 20 MeV, Int. J. Appl. Radiat. Isotopes, vol. 33, p. 1269, 1982.
17. International Atomic Energy Agency. Calibration of radiation protection monitoring instruments, Safety report series. 2000, No. 16. [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P074\\_scr.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P074_scr.pdf).
18. International Atomic Energy Agency. Calibration system for kilovoltage X ray dosimetry at

- the SSDL level. Calibration system for kilovoltage X ray dosimetry at the SSDL level, COS9008 - X ray calibration system for SSDLs. 2015.
19. International Atomic Energy Agency. Measurement uncertainty a practical guide for SSDL, IAEA-TECDOC No. 1585. 2008, Vienna, Austria. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1585\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1585_web.pdf)
  20. International Commission on Radiation Units & Measurements. Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement, ICRU Report 44, Bethesda, MD, 1989. <http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab2.html>.
  21. International Commission on Radiation Units & Measurements. Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations. ICRU Report 47, Bethesda, 1992.
  22. International Commission on Radiation Units & Measurements. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry. ICRU Report 51, Bethesda, 1993a.
  23. International Commission on Radiation Units & Measurements. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation (ICRU Report 85a-Revised), Journal of the ICRU 2011, 1 (1), Oxford University Press.
  24. International Commission on Radiological Protection. Adult Reference Computational Phantoms. ICRP Publication 110, Ann. ICRP 39 (2), 2009, Elsevier. Khan F. The Physics of Radiation Therapy – 2nd ed. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams & Wilkins, 1994.
  25. Podgorsak E B. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005. <https://www.iaea.org/publications/7086/radiation-oncology-physics> (достъпна и на български език: <https://roentgen-bg.org/bg/polezno/za-radiologiat/>)

## **O2. Общи въпроси на радиационната 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. Модели за оценка на риска. Линейна безпрагова концепция.
6. Система за радиационна защита. Основни принципи на радиационната защита: обосноваване, оптимизация, ограничаване на дозите.
7. Групи облъчвани лица и видове облъчване: професионално, медицинско, на населението. Ситуации на облъчване: планирано, съществуващо, аварийно.
8. Нормиране на професионалното облъчване и облъчването на населението. Граници на дозите. Гранични дози.
9. Радиационна защита при професионално облъчване. Организация на работните



места. Контролорани и надзиравани зони. Категоризация на лица при професионално облъчване. Медицинско наблюдение на лицата при професионално облъчване.

10. 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.

11. 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.

12. Радиационна защита при бременност на лица от персонала.

13. Индивидуален дозиметричен контрол. Програми за радиационен мониторинг. Документиране и докладване на резултатите от радиационния мониторинг и индивидуалния дозиметричен контрол. Аварийно професионално облъчване.

14. Радиационна защита на населението при ситуации на планирано и аварийно облъчване.

15. Радиационна защита при ситуации на съществуващо облъчване.

16. Национални нормативни документи за работа с източници на йонизиращи лъчения.

17. Нормативни изисквания за радиационна защита при медицинско облъчване. Обосноваване и оптимизация. Отговорности на лицензианта и на медицинския персонал. Отговорности и задължения на експерта по медицинска физика и на медицинския физик.

18. Изисквания за лицензиране на обекти с източници на йонизиращи лъчения. Етапи на лицензионния процес и документация.

### ***Литература:***

1. Василев Г. Основи на радиационната защита. Титаконсулт, 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. Закон за безопасно използване на ядрената енергия, Обн. ДВ, бр. 63 от 28.06.2002 г., последващи изменения.
5. Закон за здравето, в сила от 01.01.2005 г., Обн. ДВ. бр.70 от 10 Август 2004г., последващи изменения.
6. Наредба за радиационна защита приета с ПМС № 20 от 14.02.2018 г., обн., ДВ, бр. 16 от 20.02.2018 г., в сила от 20.02.2018 г.
7. Наредба за условията и реда за уведомяване на Агенцията за ядрено регулиране за събития в ядрени съоръжения, в обекти и при дейности с източници на йонизиращи лъчения и при превоз на радиоактивни вещества изм. и доп., бр. 11 от 31.01.2017 г.
8. Наредба за условията и реда за придобиване на професионална квалификация и за реда за издаване на лицензии за специализирано обучение и на удостоверения за правоспособност за използване на ядрената енергия (обн., ДВ, бр. 74 от 2004 г., посл. изм. и доп. бр. 53 от 5.07.2019 г.).
9. Наредба за аварийно планиране и аварийна готовност при ядрена и радиационна

- авария от 29.11.2011 г., обн., ДВ, бр. 94 от 29.11.2011 г., изм., бр. 57 от 28.07.2015 г., в сила от 28.07.2015 г., бр. 55 от 7.07.2017 г., в сила от 7.07.2017 г.
10. Наредба за условията и реда за извършване на превоз на радиоактивни вещества от 22.07.2005 г., изм. и доп. ДВ, бр.13 от 14.02.2014г.
  11. Наредба за безопасност при управление на радиоактивните отпадъци, от 23.08.2013 г., обн., ДВ, бр. 76 от 30.08.2013 г., изм., бр. 4 от 9.01.2018 г., в сила от 9.01.2018 г., бр. 37 от 4.05.2018 г.
  12. Наредба за условията и реда за предаване на радиоактивни отпадъци на Държавно предприятие “Радиоактивни отпадъци” приета с ПМС № 35 от 20.02.2015 г., обн., ДВ, бр. 16 от 27.02.2015 г.
  13. Наредба №2 на МЗ от 5 февруари 2018 г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване., обн., ДВ, бр. 13 от 9.02.2018г.
  14. Попиц Р. и В. Пенчев. Живот с радиация – дози, риск, защита, второ издание. Лодос, София, 2003.
  15. European Union. Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Official Journal of the European Union, L 13/1, 17.1.2014. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:EN:PDF>
  16. IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements Part 3. IAEA Safety Standards Series GSR Part 3, 2014. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578\\_web-57265295.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf).
  17. IAEA. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. SSG-46, 2018. <https://www.iaea.org/publications/11102/radiation-protection-and-safety-in-medical-uses-of-ionizing-radiation>.
  18. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann. ICRP 37 (2-4), 2007. [https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103%20\(Users%20Edition\)](https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103%20(Users%20Edition))
  19. ICRP Publication 105. Radiological Protection in Medicine. Ann. ICRP 2007; 37 (6). <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20105>
  20. ICRP Publication 138. Ethical foundations of the system of radiological protection. Ann. ICRP 47(1), 2018. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20138>
  21. ICRU Report 39. Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources. 1985.
  22. ICRU Report 47. Measurement of Dose Equivalents from External Radiation and Electron Radiations. 1992.
  23. ICRU Report 48. Phantoms and Computational Models in Therapy, Diagnostics and Protection. ICRU, 1992.
  24. ICRU Report 51. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry. 1993.
  25. Martin C, Sutton D. Practical Radiation Protection in Healthcare. 2002.

### **О3. Основни въпроси от биологията, анатомията и физиологията на човека**

1. Медицинска терминология: Езици, терминологични особености. Понятие за ориентиране на човешкото тяло. 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. Опорно-двигателна

система. Съдове, нерви, спомагателни тъкани. Вътрешни органи. Понятие за топографска анатомия. Номенклатура.

4. Елементи на физиологията.
5. Човешки органи и системи: опорно-двигателна; нервна и ендокринна (регулация); дихателна; храносмилателна; кръвоносна; отделителна; 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. Чакъров 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.

#### **04. Обща и клинична радиобиология**

1. Взаимодействие на йонизиращите лъчения с биологичните системи – физична, физико-химична, биологична фази. ДНК – основна мишена на лъчевото въздействие, лъчеви увреждания.

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. Отговор на нормалните и неопластичните тъкани на радиационното въздействие. Криви доза-ефект, терапевтичен интервал. Методи за прогнозиране на туморния отговор.

4. 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 преодоляване на хипоксичните клетки.

6. Физични фактори, определящи биологичното действие на йонизиращите лъчения. Линейно предаване на енергия (ЛПЕ) и относителна биологична ефективност (ОБЕ).

7. Мощност на дозата в перкутанното лъчелечение и брахитерапията. Приложение на лъчения с високо ЛПЕ.

8. Факторът време в перкутанното лъчелечение. Фракциониране на дозата. Модели при оценка на различните режими на фракциониране. Предимства и недостатъци за приложение в практиката.

9. Ранни и късни лъчеви реакции на кожата, лигавиците, кръвотворната система. Лъчеви реакции при полу- и целотелесно облъчване. Фактори, влияещи върху лъчевата патология. Системи за отчитане на лъчевите реакции.

10. Биология на туморите. Лъчечувствителност. Соматични ефекти върху гонадите и плода. Стохастични радиационни ефекти. Канцерогенеза и генетични ефекти.
11. Лъчечувствителност на организма. Лъчечувствителност в зависимост от пол, възраст, наследственост и др. биологични фактори.
12. Остри лъчеви ефекти. Прагови дози. Летална доза. Синдроми на лъчевата болест. Първа помощ и възможности за лечение на пострадали при радиационен инцидент.
13. Модифициране на радиационните ефекти. Средства за повишаване на лъчечувствителността (сенсibiliзатори). Радиопротектори.
14. Радиационни ефекти върху ембриона и фетуса при облъчване in utero. Зависимост от стадия на бременността и дозата.

#### ***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. National Research Council. 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11340>.
5. Nias A. An introduction to radiobiology. Second edition. John Wiley & Sons, 1998.
6. Podgorsak E B. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005. <https://www.iaea.org/publications/7086/radiation-oncology-physics> (достъпна и на български език: <https://roentgen-bg.org/bg/polezno/za-radiologjata/>)
7. Steel G G. Basic clinical radiobiology. 3<sup>rd</sup> Edition, Arnold, London, 2002.
8. Tubiana M, Dutreix J, Wambersie A. Introduction to radiobiology. London, New York, 1990.
9. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). UNSCEAR 2012 Report: "Sources, effects and risks of ionizing radiation". UNSCEAR, 2012. <https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2012.html>.
10. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly, with scientific annexes, Annex B: Effects of radiation exposure of children, [https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013\\_2.html](https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013_2.html).

#### **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 частиците 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/>
14. The consortium of computational human phantoms <http://www.virtualphantoms.org/phantoms.htm>
15. Aubert-Broche B. et al, A new improved version of the realistic digital brain phantom, Neuroimage 2006: 32(1), 138–145.
16. Bliznakova K. et al, A 3D breast software phantom for mammography simulation Phys. Med. Biol. 2003: 48(22), 3699-3721.

17. Caon M, Voxel-based computational models of real human anatomy: a review. *Radiat Environ Biophys* 2004; 42(4), 229-235.
18. Zaidi H. and Tsui B, Review of Computational Anthropomorphic Anatomical and Physiological Models, *Proceedings of the IEEE*, 2009: 97 (12), 1938 – 1953.

### **Об. Медицинска статистика**

1. Основни понятия. Генерална съвкупност. Извадка – изисквания и свойства. Начини на отбор. Белези, класификация на белезите. Представяне на данните.
2. Разпределение на честотите. Групиране на първичните данни: значение; статистически редове. Вариационни редове – видове, алгоритми. Хистограма, полигон на честотите, кумулативна крива. Графично представяне на данни. Приложение на статистически софтуер.
3. Дескриптивна статистика. Показатели на извадката. Средни величини. Показатели на вариация. Графично представяне. Приложение на статистически софтуер.
4. Статистически методи за анализ на експериментални данни. Закони на разпределение: Гаусово (нормално), биномно, Пуасоново, равномерно (правоъгълно), логаритмично-нормално,  $\chi^2$ -разпределение, F-разпределение, t-разпределение на Student. Основни параметри на разпределенията. Приложение на статистически софтуер.
5. Тестове за различие. Нулева хипотеза, проверка. Ниво на значимост, праг на вероятност, сила на теста. Достоверни и недостоверни различия. Параметрични и непараметрични тестове. t-тест на Student, чифтен тест на Student, тест на Fisher, тест на Mann-Whitney, тест на Wilcoxon. Приложение на статистически софтуер.
6. Анализ на честотите. Тест на Колмогоров-Смирнов. Хи-квадрат. Приложение на статистически софтуер.
7. Дисперсионен анализ. Основни понятия, приложение. Еднофакторен и двуфакторен дисперсионен анализ. Рангов анализ – тест на Kruskal-Wallis. Приложение на статистически софтуер.
8. Регресионен анализ. Регресия и корелация. Линейна регресия. Коефициент на регресия, уравнения и линии на регресия. Метод на най-малките квадрати. Нелинейна зависимост. Графично представяне. Приложение на статистически софтуер.
9. Анализ на преживяемостта. Криви на преживяемостта по Kaplan Meyer, моделите на Cox, Log-rank test. Приложение на статистически софтуер.

### ***Литература:***

1. Петрова Н. Медицинска статистика. Медицинско издателство „Райков“, 2013.
2. Радев Х., В. Богев. Неопределеност на резултата от измерването. София, 2001.
3. Lane D, editor. *Introduction to Statistics*, Minneapolis, 2003, available online: <https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/introduction-to-statistics>.
4. Nickoloff E. *Applications of Statistics to Medicine and Medical Physics*. Medical Physics Publishing, Madison, WI, 2011.
5. Samuels, M., J. Witmer. 2003. *Statistics for the life sciences*. 3rd ed., Prentice Hall.

6. Labby Z. Analysis of Dependent Variables: Correlation and Simple Regression. 2016  
AAPM Annual Meeting - Session: Practical Statistics for Medical Physicists:  
<https://www.aapm.org/education/VL/vl.asp?id=11390>

### **C1. Физика в образната 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 (MTF), спектър на шума (NPS), отношение сигнал-шум (SNR), отношение контраст-шум (CNR). Квантова ефективност на детектиране (DQE).

2. Характеристики на зрителното възприятие. Психофизични (полуобективни) методи за оценка на качеството на образа. Клинични (субективни) методи за оценка на качеството на образа: методи чрез детектиране на известен сигнал (ROC-методи), оценка по анатомични критерии (анализ чрез визуално степенуване). Математични модели на наблюдателя (model observers).

3. Рентгенови лъчи. Характеристично и спирачно рентгеново лъчение, спектри. Общ интензитет на рентгеновите лъчи. Качествени и количествени характеристики. Зависимост от анодното напрежение, от анодния ток и от атомния номер на веществото на мишената. Филтрация на рентгеновите лъчи.

4. Рентгенови диагностични тръби и високоволтови генератори – конструкция, видове, характеристики. Собствена и допълнителна филтрация. Блендиращи устройства. Блок за управление и контрол на рентгенова уредба. Избор на данните за получаване на образа.

5. Получаване на образа при рентгеновата графия. Рентгенов филм и филм-фолийни комбинации. Цифрови преобразуватели на рентгеновия образ. Компютърна рентгенография със запаметяващи фолии. Директна дигитална рентгенография; детектори с директна и индиректна конверсия. Характеристики на преобразувателите на образа.

6. Мамография. Клинични изисквания към качеството на образа при мамография. Компоненти и параметри на системата за получаване на образа. Фактори, определящи качеството на образа и дозата на пациента.

7. Усилена с контраст спектрална мамография (CESM).

8. Получаване на образа при рентгенова скопия. Рентгенови електронно-оптични преобразуватели. Детектори за дигитална рентгеноскопия. Устройства за записване на образа. Автоматичен контрол на яркостта при рентгеноскопия. Режими на рентгеноскопия. Параметри на скопичните уредби и тяхното влияние върху качеството на образа и дозата на пациента.

9. Допълнително обработване и подобряване на образа при графия и скопия. Дигитална субтракционна ангиография. Компютърна томография с конусовиден сноп (СВСТ) с плосък панелен детектор.

10. Рентгенова компютърна томография (КТ). Принцип на получаване на образа. Скала на плътността (Хаунсфийлдови единици). Реконструиране на образа при рентгеновата компютърна томография. Методи за допълнителна обработка на образа. Артефакти.

11. Поколения рентгенови компютър-томографи. Основни компоненти на КТ-уредба. Основни параметри при получаването на КТ образа и тяхното влияние върху качеството на

образа и дозата на пациента.

12. Дигитален томосинтез. Получаване на образа. Приложения.

13. Дентална рентгенология. Интраорална, панорамна и цефалометрична рентгенова графия. Компютърна томография с конусовиден сноп (СВСТ).в денталната рентгенология. Получаване на образа при всеки от методите, основни параметри и тяхното влияние върху качеството на образа и дозата на пациента.

14. Методи за изследване на костната плътност (остеоденситометрия). Двуетергийна рентгенова абсорбциометрия (DXA), количествена ултразвукова диагностика (QUS), количествена КТ и други методи.

15. Измерими величини за оценка на лъчевото натоварване на пациента: падаща и входяща въздушна керма, произведение керма-площ, компютър-томографски индекс на въздушната керма, произведение керма-дължина и техни варианти и производни. Кумулативна въздушна керма в референтната точка в интервенционалната рентгенология. SSDE при КТ.

16. Методи и средства за измерване и определяне на дозиметричните величини в рентгеновата диагностика. Избор и изисквания към детекторите и дозиметрите, метрологични характеристики, метрологичен контрол. Верифициране на показанията на средствата за измерване, вградени в рентгеновите уредби или на софтуерно определяните величини.

17. Мониторинг на дозите на пациентите. Методи за регистриране на дозиметричните параметри от различните видове уредби. Отчети за дозата в стандарта DICOM: Radiation Dose Structured Report (RDSR), Patient Dose Structured Report (PDSR).

18. Автоматични системи за проследяване на дозиметричните величини, компоненти и софтуерни решения. Контрол на качеството на автоматичните системи за мониторинг на дозите.

19. Оценка на органните дози и ефективната доза на пациента при различните методи за рентгенова диагностика. Методи за пресмятане и свързаните с тях неопределености. Софтуерни продукти.

20. Контрол на качеството на рентгеновите уредби за графия, скопия и мамография, на КТ и на денталните рентгенови уредби. Приемни, пускови и периодични изпитвания.

21. Програма за осигуряване на качеството и контрол на качеството в рентгеновата диагностика. Съдържание, роли и отговорности. Клиничен одит – цел и организация.

22. Радиационна защита на пациентите в рентгеновата диагностика. Обосноваване и оптимизация – отговорности и подходи.

23. Диагностични референтни нива и типични дози като средство за оптимизацията на радиационната защита на пациента. Роля и отговорности на медицинския физик.

24. Фактори, влияещи върху качеството на образа и дозата. Алгоритъм за оптимизация.

25. Оптимизация при рентгенова графия.

26. Оптимизация при рентгенова скопия.

27. Оптимизация при компютърна томография.

28. Оптимизация при мамография.



29. Оптимизация при рентгенови изследвания на деца.
30. Методи за намаляване на облъчването на пациента при интервенционални процедури. Критерии за проследяване на пациентите с риск за получаване на тъканни кожни реакции.
31. Методи за намаляване на облъчването на персонала при провеждане на интервенционални процедури под рентгенов контрол. Намаляване облъчването на очната леща.
32. Оценка на дозата на ембриона и фетуса и оценка на риска при рентгеново изследване при бременност.
33. Радиационна защита на персонала в рентгеновата диагностика. Контролирани и надзиравани зони. Правила за работа с рентгенови диагностични уредби. Индивидуални лъчезащитни средства.
34. Изчисления на лъчезащитни прегради при рентгенови уредби. Планиране на кабинет и отделение с рентгенови източници.
35. Нормативни изисквания за лицензиране на отделение или кабинет с рентгенов източник. Етапи на лицензионния процес и документация.
36. Дозиметричен и радиометричен мониторинг в рентгеновата диагностика. Избор на средства за измерване, провеждане на измерването и представяне на резултата. Избор на средства за индивидуален дозиметричен мониторинг на персонала.
37. Физични основи на магнитно-резонансната образна диагностика (MRI). Получаване на образа при MRI – пространствено кодиране на сигнала, реконструкция на образа, трансформация и равнина на Фурие (k-пространство).
38. Надлъжно и напречно време за релаксация (T1 и T2). Понятие за протонна плътност (PD) и T2\*. Основни радиочестотни последователности (секвенции) и техни производни – спин-ехо, инверсия-възстановяване, градиент-ехо.
39. Устройство и компоненти на MRI-уредба: основен магнит, градиентни бобини, антени и др. части на апарата. Практически подходи при МР изследвания.
40. Фактори, определящи качеството на образа и времетраенето в МР образна диагностика. Критерии за качество на образа – съотношение сигнал/шум, контраст, пространствена и времева разделителна способност. Зависещи и независещи от оператора параметри. Видове артефакти.
41. Контрастни вещества. Физиологични и физични основи на васкуларната магнитно-резонансна образна диагностика (MRI ангиография) с и без аплициране на контрастно вещество. Физиологични и физични основи на функционалната магнитно-резонансна образна диагностика (fMRI) – BOLD техника.
42. Риск от увреждания при MRI. Биологични ефекти от въздействието на физичните фактори върху човека и нормиране - специфична погълната мощност (SAR).
43. Контрол на качеството на уредбите за MRI. Видове фантоми за проверка на отделни бобини/антени.
44. Физични основи на ултразвуковата диагностика (US, ехографията). Акустичен контраст. Ултразвукови преобразуватели (трансдюзери).

45. Методи за скениране в US диагностика. Разделителна способност. Доплерова US диагностика.
46. Физични основи на термографията. Температурен контраст. CCD камери.
47. Параметри на методите за образна диагностика: диагностична информативност, технологичност, риск от увреждания, цена на изследването.
48. Информационни системи в образната диагностика. DICOM стандарт.
49. Системи за обработване, предаване и архивиране на дигитални образи – PACS-технологии. Информационни болнични системи – RIS и HIS.
50. Същност, роля и перспективи за използването на методите на изкуствения интелект в образната диагностика. Машинно обучение, дълбоко обучение и невронни мрежи.
51. Роля, функции и отговорности на медицинския физик и експерта по медицинска физика в областта на образната диагностика. Работа в екип и комуникация.

#### *Литература:*

1. Аврамова-Чолакова. Качество на образа и доза на пациента при рентгеновата маммография. Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор“, 2009.
2. Василева Ж. Качество на образа и лъчево натоварване на пациентите при рентгенографски изследвания. Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор“, 2002.
3. Василева Ж, Ингилизова К, Димов А, Караджов А, Аврамова-Чолакова С, Борисова Р, Стоянов Д, Стоянова Т, Христова-Попова Ю, Костова-Лефтерова Д, Дяков И, Ганчева М, Тасева Д. Национални проучвания за дозите на пациентите в рентгенологията и нуклеарната медицина, НЦРРЗ, София, 2013.
4. Георгиев Е. Оптимизация на клинични протоколи при компютърната томография. Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор“, 2019.
5. Дяков И. Осигуряване на диагностично качество и минимални дози на пациентите в компютърната томография. Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор“, 2018.
6. Загорска А. Дозиметрия на очна леща на персонала, работещ в интервенционалната рентгенология и кардиология. Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор“, 2017.
7. Кастлер Б.. Физични принципи на магнитнорезонансната образна диагностика, Медицина и физкултура, София, 2005.
8. Костова-Лефтерова Д. Оптимизация на рентгенови изследвания в педиатрията. Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор“, 2015.
9. Министерство на здравеопазването Методическо указание за контрол на качеството на апаратите за остеодензитометрия. София, 2009.
10. Министерство на здравеопазването. Наредба №2 на МЗ от 5 февруари 2018 г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване., обн., ДВ, бр. 13 от 9.02.2018г.
11. Национален Център по радиобиология и радиационна защита. Национално проучване и диагностични референтни нива, <http://www.ncrrp.org/new/bg/DRL2016-c437>
12. Незадължително ръководство за добри практики при прилагане на Директива 2013/35/ЕС за електромагнитните полета: Том 1: Практическо ръководство.
13. Симеонов Ф. Автоматизирана система за национални проучвания на дозите на пациентите. Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор“, 2020.

14. Тодоров В. Медицинска физика, второ издание. София, 2002.
15. AAPM. Assessment of Display Performance for Medical Imaging Systems, 2015.
16. AAPM. Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Systems, 2006.
17. AAPM. The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT, 2008.
18. AAPM. An Exposure Indicator for Digital Radiography, 2009.
19. AAPM. Acceptance Testing and Quality Assurance Procedures for Magnetic Resonance Imaging Facilities, 2010.
20. AAPM. Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations, 2011.
21. AAPM. Functionality and Operation of Fluoroscopic Automatic Brightness Control/Automatic Dose Rate Control Logic in Modern Cardiovascular and Interventional Angiography Systems, 2012.
22. AAPM. Radiation dosimetry in digital breast tomosynthesis: Report of AAPM Tomosynthesis Subcommittee Task Group 223, 2014.
23. AAPM. Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in CT, 2014.
24. AAPM. Parallel Imaging in MRI: Technology, Applications, and Quality Control, 2015.
25. AAPM. Ongoing Quality Control in Digital Radiography: The Report of AAPM Imaging Physics Committee Task Group 151, 2015.
26. AAPM. Acceptance Testing and Quality Control of Dental Imaging Equipment, 2016.
27. AAPM. Estimating Patient Organ Dose with Computed Tomography: A Review of Present Methodology and Required DICOM Information, 2019.
28. AAPM. Performance Evaluation of Computed Tomography Systems - The Report of AAPM Task Group 233, 2019.
29. AAPM. Size Specific Dose Estimate (SSDE) for Head CT. The Report of AAPM Task Group 293, 2019.
30. Bushberg J. et al. The Essential Physics of Medical Imaging. Second edition. Williams and Wilkins, 2002.
31. Curry T, Dowdey J, Murry R. Christensen's Physics of Diagnostic Radiology. 4th edition, Philadelphia, 1990.
32. Dowsett D, Kenny PA, Johnston E. The Physics of Diagnostic Imaging Second Edition. CRC Press, 2006.
33. Elster A. D. Questions and answers in MRI. (<https://mriquestions.com/index.html>)
34. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, EUR 16260. Luxembourg: 1996.
35. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Pediatrics, EUR 16261. CEC, 1996.
36. European Commission. Multilingual Glossary of Terms relating to Quality Assurance and Radiation Protection in Diagnostic Radiology. EUR 17538. EC, 1999.
37. European Commission. Radiation Protection 109: Guidance in Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures. Luxembourg: 1999.
38. European Commission. Radiation Protection 162: Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, 2012.
39. European Commission. European Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Mammography Screening, included in the 4th edition of the "European Guidelines for Quality Assurance in Breast Cancer Screening and Diagnosis, EC, 2006,

<https://www.euref.org/downloads>.

40. European Commission. European protocol for the quality control of the physical and technical aspects of mammography screening. Supplement. In: Perry N, Broeders M, de Wolf C, Tornberg S, Holland R, von Karsa L, editors. European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. Supplements, Luxembourg: European Commission; 2013, p. 5-54. <https://www.euref.org/downloads>
41. European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services. Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis systems, version 1.03, EUREF, 2018, <https://www.euref.org/downloads>.
42. Hugo de las Heras Gala, Alberto Torresin, Alexandru Dasu, Osvaldo Rampado, Harry Delis, Irene Hernández Girón, Chrysoula Theodorakou, Jonas Andersson, John Holroyd, Mats Nilsson, Sue Edyvean, Vesna Gershan, Lama Hadid-Beurrier, Christopher Hoog, Gregory Delpon, Ismael Sancho Kolster, Primož Peterlin, Julia Garayoa Roca, Paola Caprile, Costas Zervides. Quality control in cone-beam computed tomography (CBCT) EFOMP-ESTRO-IAEA protocol, EFOMP, 2017, [https://www.efomp.org/uploads/2017-06-02-CBCT\\_EFOMP-ESTRO-IAEA\\_protocol.pdf](https://www.efomp.org/uploads/2017-06-02-CBCT_EFOMP-ESTRO-IAEA_protocol.pdf).
43. IAEA. Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2014. <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1564webNew-74666420.pdf>
44. IAEA. Dosimetry in Diagnostic Radiology. An International Code of Practice. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2007.
45. IAEA. Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography, 2009.
46. IAEA. Comprehensive Clinical Audits of Diagnostic Radiology Practices: A Tool for Quality Improvement, 2010.
47. IAEA. Quality Assurance Programme for Digital Mammography, 2011.
48. IAEA. Dosimetry in Diagnostic Radiology for Paediatric Patients, 2013.
49. IAEA. Diagnostic Radiology Physics. A Handbook for Teachers and Students, 2014.
50. IAEA. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, SSG-46, 2018.
51. IAEA. Safety in Radiological Procedures (SAFRAD), <https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/databases-and-learning-systems/safrad>
52. ICRP Publication 105. Radiological Protection in Medicine. Ann. ICRP 2007; 37 (6).
53. ICRU Report 54: Medical Imaging - the Assessment of Image Quality. ICRU, 1996.
54. ICRU Report 74. Patient Dosimetry for X-Rays used in Medical Imaging. ICRU, 2005.
55. ICRU Report 79: Receiver Operating Characteristic Analysis in Medical Imaging. ICRU, 2008
56. ICRP, 2000. Pregnancy and Medical Radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1)
57. ICRP, 2000. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30 (2).
58. ICRP, 2000. Managing Patient Dose in Computed Tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30 (4).
59. ICRP, 2004. Managing Patient Dose in Digital Radiology. ICRP Publication 93. Ann. ICRP 34 (1).
60. ICRP, 2007. Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT). ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37 (1).
61. ICRP, 2010. Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures outside the Imaging Department. ICRP Publication 117, Ann. ICRP 40(6).
62. ICRP, 2013. Radiological protection in cardiology. ICRP Publication 120. Ann. ICRP 42(1).

63. ICRP, 2013. Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. ICRP Publication 121. Ann. ICRP 42(2).
64. ICRP, 2015. Radiological Protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT). ICRP Publication 129. Ann. ICRP 44(1).
65. ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).
66. ICRP, 2018. Occupational radiological protection in interventional procedures. ICRP Publication 139. Ann. ICRP 47(2).
67. Institute of Physics and Engineering in Medicine. Report 91: Recommended Standards for the routine Performance Testing of diagnostic X-ray Imaging Systems. IPEM, 2005.
68. G. Gennaro, S. Avramova-Cholakova, A. Azzalini, M.L. Chapel, M. Chevalier, O. Ciraj, H. de las Heras, V. Gershan, B. Hemdal, E. Keavey, N. Lanconelli, S. Menhart, M.J. Fartaria, A. Pascoal, K. Pedersen, S. Rivetti, A. Roda, V. Rossetti, F. Semturs, P. Sharp, A. Torresin. Quality Controls in Digital Mammography. Protocol of the EFOMP Mammo Working Group. EFOMP, 2015. <https://www.efomp.org/index.php?r=fc&id=protocols>.
69. Martin CJ, Vassileva J, Vano E, Mahesh M, Ebdon-Jackson S, Ng KH, Frush DP, Loose R, Damilakis J. Unintended and accidental medical radiation exposures in radiology: guidelines on investigation and prevention. J Radiol Prot. 2017 Jan;37(4)
70. Schild H. H. MRI made easy. Schering, 1990.
71. Sprawls P. Physical Principles of Medical Imaging, 1993.
72. Sprawls P. Magnetic Resonance Imaging. Medical Physics Publishing. Madison, Wisconsin, 2000.

## **C2. Физика в нуклеарната медицина**

1. Физични основи на нуклеарната медицина. Възникване и развитие. Радионуклиди в нуклеарната медицина – критерии за избор. Радиофармацевтици в радионуклидната диагностика *in vivo*.
2. Получаване на радионуклиди и радиофармацевтици. Контрол на качеството на радиофармацевтиците.
3. Детектори на йонизиращи лъчения в радионуклидната диагностика. Конструкция на йонизационна камера и сцинтилационен детектор. Енергиен спектър.
4. Радиометрична система със сцинтилационен детектор. Блокова схема - предусилвател, захранване с високо и ниско напрежение, линеен усилвател, амплитуден анализатор, преброител, таймер, аналогов интензиметър. Характеристики и настройка на радиометрична система.
5. Измерване на биологични проби - кладенчев брояч. Влияние на обем и място на пробата.
6. Функционални изследвания в нуклеарната медицина. Изглаждащ цифров филтър на графика от функционално изследване.
7. Дозиметрична апаратура в нуклеарната медицина. Видове дозиметри. Приложение.
8. Активиметри. Устройство и принцип на действие. Мо-Тс радионуклиден генератор. Молибденов пробив. Контрол на качеството на работа.
9. Закон за радиоактивното разпадане. Пресмятане на активност – проспективно и ретроспективно.

10. Планарна гама-камера. Конструкция и принцип на действие на детектора. Ангер - position logic. Видове колиматори – критерии за избор.
11. Характеристики на планарна гама-камера. Разделителна способност по място, време (мъртво време) и енергия, централно и използваемо поле на детектора (CFOV и UFOV), Zoom.
12. Регистриране и представяне за диагностична оценка на данните (образите) от гама камера – основен проблем на ранната нуклеарна медицина.
13. Принцип на превръщане на аналогов в дигитален образ. Характеристики на дигиталния образ – шум и разделителна способност.
14. Методи за подобряване на качеството на дигиталния образ - брой регистрирани събития и големината на матрицата - статистическа оценка. От аналогова към дигитална гама камера - етапи.
15. Конструкция на дигитален (CZT) детектор. Предимства и недостатъци.
16. Средства и методи за намаляване на влиянието на разсеяното лъчение върху качеството на образа – вид на колиматора, режим на амплитудния анализатор (AA), разстояние обект-детектор.
17. Коригиращи системи на детектора на гама камерата – по енергия, линейност, хомогенност.
18. Допълнителна обработка на диагн. образи – алгебра на образи - клинично приложение. Видове филтри.
19. Запис на данни при статични изследвания. Отстраняване на фон. Алгебра на образи. Оптимизиране на параметрите за запис. Методи за обработка.
20. Запис на данни при динамични изследвания – режим matrix и режим list. Извеждане на графика на изследваната функция. Фази на изследване. Оптимизиране на параметрите за запис. Видове динамични изследвания. Методи за обработка.
21. Запис на данни, синхронизирани по физиологичен сигнал - ЕКГ и дишане. Отбор на приемливите цикли. Методи за обработка.
22. Функционални (параметрични) образи. Полярни карти.
23. Целотелесно сканиране. Електронно и механично сканиране. Разделителна способност.
24. Контрол на качеството на планарна гама-камера. Видове фантоми – начин на работа.
25. Томографска (СПЕКТ) гама-камера. Принцип на действие. Видове механични конструкции. Параметри на регистрирането - големина на матрицата, ъгъл на ротация, време за регистриране на една проекция, колиматори. Движение на детектора: кръгово, елиптично, по контура на тялото, на 180о или 360о.
26. Получаване (реконструиране) на томографски образ - обратна проекция и итеративна реконструкция.
27. Филтрирана обратна проекция – изглаждащи и възстановяващи филтри. Права и обратна трансформация на Фурие. Модулационна предавателна функция (MTF).
28. Характеристики на СПЕКТ гама камера - пространствена разделителна способност – трансверзална и аксиална. Обработка на данните.

29. Корекции на данните от СПЕКТ относно: разпадане на радионуклида, отслабване на лъчението в обекта, разсеяно лъчение, движение на пациента по време на изследване.
30. Количествена оценка на разпределението на РФ в пациента – от cnts/ml към kBq/ml.
31. Контрол на качеството на томографска гама-камера – център на ротация, синограма, линограма, томографски контраст, томографска хомогенност, отслабване на лъчението.
32. Методи за корекция на отслабването на лъчението в обекта – аналитични и трансмисионни методи. Компютър томограф (КТ) – условия за сливане на образите (fusion) от СПЕКТ и КТ. Съответствие на томографска плоскост (равнина) – контрол на качеството.
33. Позитронно-емисионна томография (ПЕТ). Позитронни източници – принцип на детектиране. Истински (реални), разсеяни и случайни събития. Видове сцинтилатори. Конструкция и технологично развитие на ПЕТ. ПЕТ радионуклиди .
34. Реконструиране на ПЕТ образ – метод на филтрирана обратна проекция (ФОП) и итеративен метод. Синограма.
35. Качество на образа – методи за филтриране, елиминиране (отсяване, отстраняване) на разсеяните и случайните събития..
36. Принцип на time of flight (TOF) метод на детектиране. Предимства и технологични възможности за практическо приложение.
37. Корекции в ПЕТ детектора. Дигитален ПЕТ детектор.
38. ПЕТ/КТ - условия за сливане на образите (fusion) от ПЕТ и КТ.
39. ПЕТ/ЯМР – Предимства и технологични възможности за практическо приложение..
40. Комбинирани (позитронни) гама камери – конструктивни проблеми, техн. характеристики.
41. Статистика в радионуклидната диагностика.
42. Радиофармацевтици за радионуклидна терапия.
43. Радиационна защита при радионуклидна терапия. Радиационна защита след изписване на пациент с въведен радиофармацевтик. Инструкция за пациентите.
44. Клинична дозиметрия в радионуклидната терапия. Практически аспекти.
45. Програма за осигуряване на качеството и контрол на качеството в нуклеарната медицина. Роли и отговорности. Клиничен одит – цел и организация.
46. Нормативни изисквания за лицензиране на отделение по нуклеарна медицина. Етапи на лицензионния процес и документация.
47. Радиационна защита на персонала в нуклеарната медицина. Контролирани и надзиравани зони. Планиране на помещенията. Правила за работа с радиофармацевтици. Три принципа на лъчезащита.
48. Радиоактивни отпадъци в нуклеарната медицина – планиране и третиране.
49. Дозиметричен и радиометричен мониторинг в нуклеарната медицина. Избор на средства на измерване, провеждане на измерването и представяне на резултата. Избор на средства за индивидуален дозиметричен мониторинг.
50. Радиационна защита на пациентите в нуклеарната медицина. Методи за намаляване на лъчевото натоварване. Диагностични референтни нива на активността на въвежданите радиофармацевтици. Диагностични референтни нива при хибридните методи.

51. Радиационна защита на пациентите при бременност. Оценка на дозата на плода и фетуса - методи и софтуерни продукти.

52. Радиационна защита на пациентите и персонала при кърмене. Препоръки за прекъсване на кърмене след нуклеарно медицинско изследване или терапия.

53. Предотвратяване на аварийни ситуации. Действия при възникване на аварийна ситуация. Дезактивация. Докладване на аварийни събития.

54. Роля, функции и отговорности на медицинския физик и експерта по медицинска физика в областта на нуклеарната медицина. Работа в екип и комуникация.

### *Литература:*

1. Манушев Б. Практическа метрология на ядрените лъчения. Тита-Консулт ООД, София, 2001
2. Наредба за радиационна защита, приета с ПМС № 20 от 14.02.2018 г., обн., ДВ, бр. 16 от 20.02.2018 г.
3. Наредба №2 на МЗ от 5 февруари 2018 г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване., обн., ДВ, бр. 13 от 9.02.2018г.
4. Основи на нуклеарната медицина. Под ред. на И. Костадинова. Медицина и физкултура, София, 2006.
5. Триндев П. Апаратура в нуклеарната медицина – поглед отвътре. София, 2008
6. Тодоров В. Медицинска физика, второ издание. София, 2002.
7. AAPM. AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements, 2006.
8. AAPM. The Selection, Use, Calibration, and Quality Assurance of Radionuclide Calibrators Used in Nuclear Medicine, 2012.
9. AAPM. PET/CT Acceptance Testing and Quality Assurance, 2019.
10. AAPM. Acceptance Testing and Annual Physics Survey Recommendations for Gamma Camera, SPECT, and SPECT/CT Systems, 2019.
11. Avramova-Cholakova, S., M. Dimcheva, E. Petrova, M. Garcheva, M. Dimitrova, Y. Palashev and J. Vassileva. Patient doses from hybrid SPECT-CT procedures. Rad. Prot. Dosim., 2015, doi:10.1093/rpd/ncv130.
12. Avramova-Cholakova, S., S. Ivanova, E. Petrova, M. Garcheva and J. Vassileva. Patient doses from PET-CT procedures. Rad. Prot. Dosim., 2015, doi:10.1093/rpd/ncv128.
13. Bushberg J, J.Seibert et al The Essential Physics of Medical Imaging, Williams &Wilkins, Baltimore, 1998
14. Chandra R. Nuclear Medicine Physics: The Basics, 5th Ed., Williams &Wilkins, Baltimore, 1998.
15. Early P.J. and Soddee, D.B. Principles and Practice of Nuclear Medicine, 2nd Edition, Mosby, St.Louis, U.S.A. 1995.
16. Hamilton D. Diagnostic Nuclear Medicine: A Physics Perspective. Springer, 2004.
17. International Atomic Energy Agency. Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students., Vienna, 2014.
18. IAEA. Quality Assurance for Radioactive Measurement in Nuclear Medicine, 2006.
19. IAEA. Cyclotron Produced Radionuclides: Principles and Practice, 2008.
20. IAEA. Quality Assurance for SPECT Systems, 2009.
21. IAEA. Cyclotron Produced Radionuclides: Guidelines for Setting up a Facility, 2009.
22. IAEA. Cyclotron Produced Radionuclides: Physical Characteristics and Production Methods, 2009.
23. IAEA. Quality Assurance for PET and PET/CT Systems, 2009.



24. IAEA. Release of Patients After Radionuclide Therapy, 2009.
25. IAEA. Planning a Clinical PET Centre, 2010.
26. IAEA. Management of Discharge of Low Level Liquid Radioactive Waste Generated in Medical, Educational, Research and Industrial Facilities, 2013.
27. IAEA. PET/CT Atlas on Quality Control and Image Artefacts, 2014.
28. IAEA. Quantitative Nuclear Medicine Imaging: Concepts, Requirements and Methods, 2014.
29. IAEA. Quality Management Audits in Nuclear Medicine Practices, Second Edition, 2015.
30. IAEA. Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students. 2015.
31. IAEA. Yttrium-90 and Rhenium-188 Radiopharmaceuticals for Radionuclide Therapy, 2015.
32. IAEA. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, SSG-46, 2018.
33. Martin CJ, Marengo M, Vassileva J, Giammarile F, Poli GL, Marks P. Guidance on prevention of unintended and accidental radiation exposures in nuclear medicine. J Radiol Prot. 2019 Sep;39(3):665-695.
34. Sprawls P. Physical Principles of Medical Imaging, 2nd Ed., Medical Physics Publishing, Wisconsin, USA, 1995
35. Sharp P.F. et al. Practical Nuclear Medicine. Oxford University Press, Oxford, 1998.

### **С3. Физика в лъчелечението**

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. Уредби за специални процедури и техники при перкутанното лъчелечение – Кибер нож, Гама нож, Уредба за хеликална терапия, МРТ – линеен ускорител.
6. Устройство на уредби за лъчелечение с тежки заредени частици и неутрони.
7. Принципно устройство на рентгенови симулатори и компютър-томографски симулатори.
8. Закрити радиоактивни източници за брахитерапия. Контрол на качеството.
9. Разпределение на дозата от точков гама-радиоактивен източник. Алгоритъм на ААРМ TG 43 и други изчислителни методи. Разпределение на дозата от линеен източник.
10. 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.
11. Уредби за интраоперативно лъчелечение и електронна брахитерапия.
12. 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).

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Детектори на йонизиращи лъчения и дозиметрични системи, подходящи за калибриране на уредбите в лъчелечението. Избор и изисквания към детекторите и дозиметрите, предимства и недостатъци. Метрология на йонизиращите лъчения и метрологичен контрол.

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

20. 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).

21. 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).

22. Дозиметрично калибриране на уредби за брахитерапия с дистанционно посленатоварване.

23. Определяне на характеристиките на дозно поле от гама- и X-лъчи и от ускорени електрони – йонизационен и фотографски метод.

24. Етапи при планирането и провеждането на лъчелечението: клиничко-биологичен, анатомо-топографски, дозиметрично планиране, изпълнение на облъчването, проследяване на лечебните резултати и на лъчевите реакции. Цел и задачи на отделните етапи.

25. 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.
26. Количествен анализ на ефектите на здравите органи и тъкани при перкутанно лъчелечение. Балансиране на риска между вероятността за туморен контрол и вероятността за компликация на здравите органи и тъкани. (QUANTEC)
  27. Образни методи, използвани при планиране на лъчелечението. Избор на начало на пациентната координатна система. Методи и устройства за имобилизация на пациента.
  28. Техника на 2D дозиметричното планиране при 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.
  29. 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 мониторинните единици.
  30. 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.
  31. Триизмерно конформно дозиметрично планиране. BEV. Хистограми доза-обем.
  32. Принципи на модулирано по интензитет ЛЛ, методи на оптимизация, дозиметрично планиране. IMRT и VMAT ICRU 83
  33. Хипофракционирано ЛЛ – специфика на дозиметричното планиране на интра и екстра краниална радиохирургия.
  34. Клинична дозиметрия при целотелесно облъчване и други специални техники.
  35. Симулация на плана за лъчелечение. Определяне на връзката между апаратната и пациентната координатна система. Верификация на позиционирането на пациента. Техники и устройства за портално изобразяване.
  36. Верификация (дозиметрична проверка) на плана за лъчелечение. Антропоморфни и хомогенни фантоми. Видове дозиметрични устройства и конфигурации, предимства и недостатъци. Гама индекс. Критерии за намеса и препланиране на лъчелечението.
  37. „In vivo“ дозиметрия. Видове дозиметрични устройства и конфигурации, предимства и недостатъци.
  38. Образно-асистирано ЛЛ - видове и начини за провеждане.
  39. Адаптирано лъчелечение – видове и начини за провеждане.
  40. Дозиметрично планиране при интерстициална брахитерапия. Система на Патерсон и Паркер и Парижка система.
  41. Дозиметрично планиране при интракавитарна брахитерапия на рака на шийката на матката и на ендометриума. Видове източници и видове апликатори. Нормиране на дозата. ICRU 89.
  42. Планиращи системи за брахитерапия. Начини и процедури за реконструкция на

положението на източника или източниците. Методи за нормиране и оптимизиране на дозата.

43. Дозиметрично планиране при интраоперативно лъчелечение.

44. Осигуряване на качеството, контрол на качеството, управление на качеството. Клиничен одит – цел и организация. Дозиметричен одит в лъчелечението.

45. Физико-технически контрол на качеството на уредбите: приемни, пускови и последващи изпитвания. Механични, дозиметрични, MLC тестове, тестове на изобразяващите системи. Нива за намеса и нива за спиране на уредбите.

46. Запознаване с изискванията за лицензиране на отделение по лъчелечение. Етапи на лицензионния процес.

47. Радиационна защита на персонала при лъчелечение. Контролирани и надзиравани зони. Лъчезащитни изисквания към помещенията, обзавеждането и инструмента-риума.

48. Дозиметричен и радиометричен мониторинг в лъчелечението. Избор на средства на измерване и провеждане на измерването. Избор на средства за индивидуален дозиметричен мониторинг.

49. Проектиране на отделение или сектор за лъчелечение и изчисления на лъчезащитни прегради при лъчетерапевтични уредби.

50. Радиационна защита на пациентите при лъчелечение. Аварии, инциденти и други събития в лъчелечението – класификация, анализ на известни събития в света.

51. Действия за предотвратяване на непланирано облъчване, проспективен анализ. Регистриране и намеса при събития. Докладване и анализ на грешки, събития и инциденти.

52. Роля, функции и отговорности на медицинския физик и експерта по медицинска физика в областта на лъчелечението. Работа в екип и комуникация.

### *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. Гилдия на лъчетерапевтите в България, Национален стандарт за кранилна и екстракранилна радиохирургия, Е. Енчева, З. Захариев, И. Михайлова, Ил.Колева, Р.Лазаров, Н.Гешева, М.Янева, Т.Хаджиева, (2017), <http://g-l-bg.org/bg/standarts-bg-m/50-kranialna-i-ekstrakranialna-radiohirurgiya>;
4. Наредба за радиационна защита, приета с ПМС № 20 от 14.02.2018 г., обн., ДВ, бр. 16 от 20.02.2018 г.
5. Наредба №2 на МЗ от 5 февруари 2018 г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване., обн., ДВ, бр. 13 от 9.02.2018г.
6. Онкология 2001. Под ред. на И. Черноземски и Т. Шишков. Ciela, София, 2000.
7. Попиц Р. и др. Йонизиращи лъчения и лъчезащита. Наука и изкуство, София, 1976.
8. Тодоров В. Записки по клинична дозиметрия. 2012.
9. Тюбиана М. Физические основы лучевой терапии и радиобиологии. Медицина, Москва, 1969.
10. AAPM. The Role of In-Room kV X-Ray Imaging for Patient Setup and Target Localization, 2009.
11. AAPM. Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101, 2010.

12. AAPM. QA for helical tomotherapy: Report of the AAPM Task Group 148, 2010.
13. AAPM. Quality assurance for image-guided radiation therapy utilizing CT-based technologies: A report of the AAPM TG-179, 2012.
14. AAPM. The report of Task Group 100 of the AAPM: Application of risk analysis methods to radiation therapy quality management, 2016.
15. AAPM. Use of image registration and fusion algorithms and techniques in radiotherapy: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 132, 2017.
16. AAPM TG 158: Measurement and calculation of doses outside the treated volume from external-beam radiation therapy, 2017.
17. AAPM. Dosimetry of small static fields used in external photon beam radiotherapy: Summary of TRS-483, the IAEA-AAPM international Code of Practice for reference and relative dose determination, 2018.
18. AAPM. Image Guidance Doses Delivered During Radiotherapy: Quantification, Management, and Reduction, 2018.
19. Bentel, G. Radiation Therapy Planning. – 2<sup>nd</sup> edition. New York, Bogota, Caracas, London, Madrid, Sydney, Tokyo, Toronto, McGraw-Hill, 1996.
20. Central Axis Depth Dose Data for use in Radiotherapy. British Journal of Radiology, Supp. 25. London 1996.
21. Dobbs Jane, Ann Barrett, Dan Ash. Practical Radiotherapy Planning – 3<sup>rd</sup> edition. Distributed in the USA by Oxford University Press Inc., 1999.
22. Goitein M., Radiation Oncology: A Physicist's – Eye View, Springer, 2015 <https://physusdb.files.wordpress.com/2013/03/radiation-oncology-a-physicists-eye-view.pdf>
23. Huda W. and R. Slone. Review of Radiologic Physics. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams & Wilkins, 1995.
24. IAEA, Technical Report Series 277: Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams. IAEA, Vienna, 1987.
25. IAEA, Technical Report Series 381: The Use of plane parallel Ionization Chambers in High Energy Electron and Photon Beams. IAEA, Vienna, 1997.
26. 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)
27. 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)
28. IAEA, Technical Report Series 483: Dosimetry of Small Static Fields used in External Beam Radiotherapy. IAEA, Vienna, 2017 <https://www.iaea.org/publications/11075/dosimetry-of-small-static-fields-used-in-external-beam-radiotherapy>
29. IAEA. Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, 2000.
30. IAEA. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, SSG-46, 2018.
31. IAEA. Safety in Radiation Oncology (SAFRON). <https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/databases-and-learning-systems/safron>
32. ICRU Report 24: Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams in Radiotherapy Procedures. Washington, Int. Com. Radiat. Units, 1976.
33. ICRU Report 42: Use of Computers in External Beam Radiotherapy Procedures with High-Energy Photons and Electrons. IAEA, 1998.
34. ICRU Report 48: Phantoms and Computational Models in Therapy, Diagnostics and Protection.
35. ICRU Report 50, Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy, ICRU,

- Bethesda, 1993.
36. ICRU Report 58, Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy, ICRU, Bethesda, 1997
  37. ICRU Report 62: Prescribing and Recording Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50). ICRU, Bethesda, 1999.
  38. ICRU Report 78, Prescribing, Recording, and Reporting Proton-Beam Therapy, Journal of the ICRU, Volume 7 No 2 2007, Oxford University Press, Oxford (2007)
  39. ICRU Report 83, Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT), Journal of the ICRU Volume 10 No 1 2010, Oxford University Press, Oxford (2010).
  40. ICRU Report 89, and Reporting Brachytherapy for Cancer of the Cervix, Journal of the ICRU Volume 13 No 1–2 2013 Published by Oxford University Press, Oxford (2016)
  41. ICRU Report 91, Prescribing, Recording, and Reporting of Stereotactic Treatments with Small Photon Beams, ICRU Report 91, Journal of the ICRU Volume 14, No 2 2014, Oxford University Press, Oxford. (2017)
  42. IPEM, Physics Aspects of Quality Control in Radiotherapy, part I, II, III. (ISBN 0 904181 X), York, 1999.
  43. Khan F. The Physics of Radiation Therapy. – 2th edition. Baltimor, London, Munich, Sydney, Tokyo, Williams and Wilkins, 1994.
  44. Mijnheer B. et al. Monitor Units Calculation for High Energy Photon Beams – Practical Examples. ESTRO, Brussels, 2001.
  45. Podgorsak E B. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005.  
<https://www.iaea.org/publications/7086/radiation-oncology-physics> (достъпна и на български език: <https://roentgen-bg.org/bg/polezno/za-radiologiat/>)
  46. Rajni A. Sethi, Igor J. Barani, David A. Larson, Mask Roach, III Editors. “Handbook of Evidence-Based Stereotactic Radiosurgery and Stereotactic Body Radiotherapy”, Springer International Publishing, Switzerland 2016.
  47. The Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC), Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 76, No. 3, Supplement, Elsevier Inc.(2010)
  48. Van Dam J. and G. Marinello. Methods for In vivo Dosimetry in External Radiotherapy. Garant, Leuven-Apeldorn, Second edition, 2006.
  49. Webb S. The Physics of Conformal Radiotherapy. Advances in Technology. IOP Publishing, 1996.

#### 4.2.1. Практическа част

Практическата подготовка по **модулите от общата част** се провежда в основната база за обучение, където е приет специализантът.

Практическата подготовка по **Модул С1. Физика в образната диагностика** се провежда в лечебно заведение със сектор по образна диагностика, под ръководството на експерт по медицинска физика в областта на рентгеновата диагностика. Обучението включва:

1. Контрол на качеството – измервания, обработване и анализ на резултатите от измерванията, оформяне на протокол. Дневникът на специализанта 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 СТ- уредби.
- ✓ две мамографски уредби и една уредба за мамографски томосинтез;
- ✓ две дентални уредби за секторни снимки, една уредба за панорамни снимки и една СВСТ уредба.

Измерванията трябва да включват пълния контрол на качеството на уредбите, включително тръба и генератор, преобразувател на образа, качество на образа със съответни тестови обекти и фантоми, дозиметрични параметри, монитори, условия за наблюдение.

2. Измерване на дозиметричните параметри при рентгенова графия, рентгенова скопия, мамография, компютърна томография, дентална графия и сравняване с показваните стойности от вградените дисплеи на уредбите. Особенности при интервенционалните рентгенови процедури. Протоколи от собствени измервания и оценки.

3. Участие в клинични изследвания по всеки от основните методи за рентгенова диагностика и регистриране на основните параметри за оценка на типичните дози от следващата точка (т. 4). Обсъждане на качеството на образите със специалист по образна диагностика.

4. Определяне на типични дози, сравняване с диагностичните референтни нива и анализ на потенциала за оптимизация на рентгеновите изследвания за най-малко:

- ✓ една уредба за рентгенова графия;
- ✓ една уредба за рентгенова скопия;
- ✓ една ангиографска уредба;
- ✓ една мамографска уредба;
- ✓ една СТ уредба;
- ✓ една дентална СВСТ уредба.

Пресмятанията, оценките и заключенията трябва да са оформени в протоколи.

Преглед и предложение за оптимизация на клиничните протоколи за съответните изследвания.

5. Пресмятане на органните дози и ефективната доза при рентгенови изследвания и оценка на риска за най-малко:

- ✓ една уредби за рентгенова графия;
- ✓ една уредби за рентгенова скопия;
- ✓ една мамографска уредба;
- ✓ една СТ- уредба.

6. Пресмятане на дозата на ембриона и фетуса и оценка на риска – работа по задание на ръководителя на практиката.

7. Подготовка на документация за лицензиране на обект с източници на рентгеново лъчение. Изготвяне на аварийен план, програма за осигуряване на качеството и други документи за конкретен обект.

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

9. Радиационен контрол. Провеждане на радиационен контрол в обекти от рентгеновата диагностика. Особенности на контролните измервания. Подготовка и оформяне

на протокол и анализ на резултатите.

10. Участие в клинични изследвания по всеки от методите за образна диагностика с нейонизиращи лъчения и регистриране на основните параметри за провеждане на изследванията. Обсъждане на качеството на образите със специалист по образна диагностика. Анализ за наличието на артефакти.

11. Контрол на качеството на МР уредба чрез ACR\* фантом (по възможност):

- ✓ оценка на геометрична точност
- ✓ висококонтрастна и нискоконтрастна разделителна способност
- ✓ дебелина и позициониране на среза
- ✓ хомогенност и сигнален интензитет на образа
- ✓ проверка за „призрачни“ сигнали и наличие на артефакти в образа
- ✓ обработка и анализ на получените резултатите

\*ACR-American College of Radiology

Изготвяне на спецификация за нова уредба за образна диагностика – отчитане на влияещи фактори и избор на важни параметри. Окомплектовка, съответствие с индустриални стандарти и стандарти за безопасност.

Практическата подготовка по **Модул С2. Физика в нуклеарната медицина** се провежда в лечебно заведение със сектор по нуклеарна медицина, под ръководството на експерт по медицинска физика 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  $^{99m}\text{Tc}$ .

3. Измерване с активиметър. Проверка за молибденов пробив на Mo-Tc радионуклиден генератор. Контрол на качеството на активиметър – проверка за точност и повтаряемост 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. Контрол на качеството на ПЕТ/КТ – измерване, обработване, анализ на резултатите и оформяне на протокол. Дневникът на специализанта трябва да съдържа негови самостоятелни измервания, проведени под контрола на консултанта.

7. Изчисляване на активността на радиофармацевтик с NaI за радикална метаболитна брахитерапия на рака на щитовидната жлеза. Лъчезащитни измервания преди изписване на пациента. Инструкция за поведение на пациента след изписването.

8. Участие в клинични изследвания по всеки от методите за нуклеарно-медицинска диагностика и регистриране на основните параметри за провеждане на изследванията.



Обсъждане на качеството на образите със специалист по образна диагностика.

9. Пресмятане на органните дози и ефективната доза при нуклеарно-медицински изследвания и оценка на риска

10. Пресмятане на дозата на ембриона и фетуса и оценка на риска – работа по задание на ръководителя на практиката.

11. Подготовка на документация за лицензиране на обект с източници на йонизиращи лъчения за нуклеарна медицина. Изготвяне на аварийен план, програма за осигуряване на качеството и други документи за конкретен обект.

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

13. Радиационен контрол. Провеждане на радиационен контрол в отделение по нуклеарна медицина. Особености на контролните измервания. Подготовка и оформяне на протокол и анализ на резултатите.

14. Предотвратяване на нежелано облъчване на пациента в нуклеарната медицина.

15. Предотвратяване на аварийни ситуации. Действия при възникване на аварийна ситуация. Дезактивация.

16. Докладване на аварийни събития.

17. Изготвяне на спецификация за нова уредба за нуклеарно-медицинска диагностика – отчитане на влияещи фактори и избор на важни параметри. Окомплектовка, съответствие с индустриални стандарти и стандарти за безопасност.

Практическата подготовка по **Модул С3. Физика в лъчелечението** се провежда 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 специализантът трябва да представи:

1. Протоколи от контрол на качеството, включително механични и дозиметрични измервания и дозиметрично калибриране, за:

✓ Рентгенова терапевтична уредба, както за повърхностна, така и за дълбока рентгенова терапия;

✓ Телегаматерапевтична уредба;

✓ Ускорител за високо енергийно спирачно лъчение и за високоенергиен сноп електрони;

✓ Уредба за брахитерапия с дистанционно посленатоварване.

2. Протоколи от контрол на качеството на помощните диагностични уредби и устройства както следва:

✓ КТ симулатор;

✓ KV устройство за изобразяване;

✓ MV устройство за изобразяване.

3. Участие при анатомопографско планиране на пациенти за вай-малко 5 анатомични области.

4. Протоколи от дозиметрично планиране за различни локализации:

✓ малък таз – vox техника и IMRT техника;

- ✓ гърда – 3D CRT и IMRT техника;
- ✓ тумори на мозъка;
- ✓ тумори на глава и шия - IMRT техника;
- ✓ тумори на белия дроб - 3D CRT и IMRT техника;
- ✓ интра или екстра краниална радиохирургия;
- ✓ интерстициална и интракавитарна брахитерапия.

Протоколите трябва да съдържат оценка на плана, както за планирания мишенен обем, така и за критичните органи.

5. Протоколи от дозиметрична верификация и анализ на резултата за изготвените IMRT планове.

6. Участие при облъчването на пациенти за всички изброени по-горе локализации, включително във верификацията на позиционирането на пациента.

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

8. Оценка на риска и избор на контролирана и надзиравана зона. Изготвяне на лъчезащитен проект по задание на ръководителя на практическото обучение.

9. Радиационен контрол. Провеждане на радиационен контрол в отделение по нуклеарна медицина. Особености на контролните измервания. Подготовка и оформяне на протокол и анализ на резултатите.

10. Изготвяне на спецификация за нова уредба за лъчелечение – отчитане на влияещи фактори и избор на важни параметри. Окомплектовка, съответствие с индустриални стандарти и стандарти за безопасност. Изготвяне на спецификации за необходимото дозиметрично оборудване и имобилизационни устройства.

#### **4.3. Задължителни колоквиуми**

Проверката на придобитите знания и практически умения се извършва чрез следните **три колоквиума**, съответно по всеки модул от специалната част:

**Колоквиум 1:** Физика в образната диагностика

**Колоквиум 2:** Физика в нуклеарната медицина

**Колоквиум 3:** Физика в лъчелечението

Колоквиумът се провежда след преминаване през теоретичното обучение по модула и след приключване на индивидуалното обучение и на практическите занимания на специализанта по съответния модул.

На колоквиума специализантът задължително представя протоколната си папка с протоколите от практическите занимания по съответния модул, подписани от консултанта (консултантите)/ръководителя на специализанта, както и атестат от ръководителя на специализанта/съответния консултант, че специализантът е изпълнил пълния обем от задачите по съответния модул от учебната програма и е усвоил необходимите умения. Колоквиумът включва проверка на знанията чрез тест и/или усен изпит, както и на практическите умения

чрез изпълнение на практически задачи.

## **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. Дозиметрия на заредени частици. Дозиметрия на ускорени електрони и на високоенергийно спирачно лъчение.

3. Радиометрия и дозиметрия при закрити и открити радиоактивни източници. Методи за определяне на активността. Връзка на дозиметричните величини с величините, характеризиращи радиоактивните източници.

4. 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.

5. Основни величини за оценка на радиационния риск и за ограничаване на облъчването: органна (тъканна) доза, еквивалентна доза, ефективна доза. Операционни величини в радиационната защита.

6. Лъчечувствителност на организма. Видове ефекти. Прагови дози. Радиационни ефекти върху ембриона и фетуса при облъчване *in utero*. Зависимост от стадия на бременността и дозата.

7. Принципи на радиационната защита: обосноваване, оптимизация, ограничаване на дозите. Групи облъчвани лица и видове облъчване: професионално, медицинско, на населението. Ситуации на облъчване: планирано, съществуващо, аварийно. Граници на дозите. Гранични дози.

8. Нормативни изисквания за радиационна защита при медицинско облъчване. Обосноваване и оптимизация. Отговорности на лицензианта и на медицинския персонал.

9. Компоненти на системата за получаване на образа. Качество на образа. Физични параметри на качеството на образа – контраст, нерязкост, шум и връзката между тях.

10. Получаване на образа при рентгенова графия, мамография, рентгенова скопия, компютърна томография (КТ), дигитален томосинтез, дентална рентгенология, ДХА. Устройство и основни параметри на уредбите.

11. Измерими величини за оценка на лъчевото натоварване на пациента, методи и средства за тяхното измерване и определяне. Методи за регистриране на дозиметричните параметри от различните видове уредби. Отчети за дозата в стандарта DICOM.

12. Оценка на органните дози и ефективната доза на пациента при различните методи за рентгенова диагностика. Методи за пресмятане и свързаните с тях неопределености.

13. Контрол на качеството на рентгеновите уредби за графия, скопия и мамография, на КТ и на денталните рентгенови уредби. Приемни, пускови и периодични изпитвания.

14. Диагностични референтни нива и типични дози като средство за оптимизацията на радиационната защита на пациента.

15. Фактори, влияещи върху качеството на образа и дозата. Оптимизация при рентгенова

графия, рентгенова скопия, компютърна томография, мамография. Оптимизация при рентгенови изследвания на деца.

16. Методи за намаляване на облъчването на пациента и персонала при интервенционални процедури.

17. Радиационна защита на персонала в рентгеновата диагностика. Контролирани и надзиравани зони. Правила за работа с рентгенови диагностични уредби. Индивидуални лъчезащитни средства. Изчисления на лъчезащитни прегради при рентгенови уредби. Нормативни изисквания за лицензиране на отделение или кабинет с рентгенов източник.

18. Получаване на образа при MRI. Основни радиочестотни последователности (секвенции) и техни производни. Устройство и компоненти на MRI-уредба.

19. Фактори, определящи качеството на образа и времетраенето в МР образна диагностика. Критерии за качество на образа. Зависещи и независещи от оператора параметри. Видове артефакти. Контрастни вещества.

20. Риск от увреждания при MRI. Биологични ефекти от въздействието на физичните фактори върху човека и нормиране - специфична погълната мощност (SAR). Контрол на качеството на уредбите за MRI.

21. Физични основи на ултразвуковата диагностика (US, ехографията). Акустичен контраст. Ултразвукови преобразуватели (трансдюзери). Доплерова US диагностика.

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

23. Радионуклиди в нуклеарната медицина – критерии за избор. Радиофармацевтици в радионуклидната диагностика *in vivo*. Получаване на радионуклиди и радиофармацевтици. Контрол на качеството на радиофармацевтиците.

24. Радиометрична система със сцинтилационен детектор, блокова схема. Характеристики и настройка на радиометрична система.

25. Планарна гама-камера. Характеристики на планарна гама-камера. Разделителна способност по място, време (мъртво време) и енергия, централно и използваемо поле

26. Принцип на превръщане на аналогов в дигитален образ. Характеристики на дигиталния образ – шум и разделителна способност. Методи за подобряване на качеството на дигиталния образ.

27. Средства и методи за намаляване на влиянието на разсеяното лъчение върху качеството на образа – вид на колиматора, режим на амплитудния анализатор (AA), разстояние обект-детектор.

28. Коригиращи системи на детектора на гама камерата – по енергия, линейност, хомогенност. Допълнителна обработка на диагностични образи. Видове филтри.

29. Запис на данни при статични изследвания. Отстраняване на фон. Алгебра на образи. Оптимизиране на параметрите за запис. Методи за обработка.

30. Запис на данни при динамични изследвания – режим *matrix* и режим *list*. Извеждане на графика на изследваната функция. Фази на изследване. Оптимизиране на параметрите за запис. Видове динамични изследвания. Методи за обработка.

31. Запис на данни, синхронизирани по физиологичен сигнал - ЕКГ и дишане. Отбор на приемливите цикли. Методи за обработка. Функционални (параметрични) образи. Полярни карти.

32. Целотелесно сканиране. Електронно и механично сканиране. Разделителна способност.

33. Томографска (СПЕКТ) гама-камера. Принцип на действие. Видове механични конструкции. Параметри на регистрирането. Получаване (реконструиране) на томографски образ. Модулационна предавателна функция (МТФ).

34. Характеристики на СПЕКТ гама камера. Корекции на данните от СПЕКТ относно: разпадане на радионуклида, отслабване на лъчението в обекта, разсеяно лъчение, движение на пациента по време на изследване. Количествена оценка на разпределението на РФ в пациента.

35. Контрол на качеството на планарна гама-камера. Видове фантоми – начин на работа. Контрол на качеството на томографска гама-камера – център на ротация, синограма, линограма, томографски контраст, томографска хомогенност, отслабване на лъчението.

36. Методи за корекция на отслабването на лъчението в обекта – аналитични и трансмисионни методи. Условия за сливане на образите от СПЕКТ и КТ. Съответствие на томографска плоскост (равнина) – контрол на качеството.

37. Позитронно-емисионна томография (ПЕТ). Позитронни източници – принцип на детектиране. ПЕТ радионуклиди. Реконструиране на ПЕТ образ. Качество на образа. Принцип на time of flight (TOF) метод на детектиране. ю

38. Корекции в ПЕТ детектора. Дигитален ПЕТ детектор. ПЕТ/КТ - условия за сливане на образитеот ПЕТ и КТ.

39. ПЕТ/ЯМР – Предимства и технологични възможности за практическо приложение. Комбинирани (позитронни) гама камери – конструктивни проблеми, техн. характеристики.

40. Радиационна защита при радионуклидна терапия. Клинична дозиметрия в радионуклидната терапия. Практически аспекти.

41. Нормативни изисквания за лицензиране на отделение по нуклеарна медицина. Етапи на лицензионния процес и документация. Дозиметричен и радиометричен мониторинг.

42. Радиационна защита на персонала в нуклеарната медицина. Контролирани и надзиравани зони. за работа с радиофармацевтици. Радиоактивни отпадъци в нуклеарната медицина – планиране и третиране.

43. Радиационна защита на пациентите в нуклеарната медицина. Методи за намаляване на лъчевото натоварване. Диагностични референтни нива. Радиационна защита на пациентите при бременност. Оценка на дозата на плода и фетуса. Радиационна защита на пациентите и персонала при кърмене.

44. Предотвратяване на аварийни ситуации в нуклеарната медицина. Действия при възникване на аварийна ситуация. Дезактивация. Докладване на аварийни събития.

45. Рентгенови терапевтични уредби, телегаматерапевтични уредби, медицински ускорители на електрони – основни части и принадлежности, сигнални и осигурителни системи. Системи за верификация и регистрация на условията на облъчването.

46. Уредби за специални процедури и техники при перкутанното лъчелечение – Кибер

- нож, Гама нож, Уредба за хеликална терапия, МРТ – линеен ускорител. Устройство на уредби за лъчелечение с тежки заредени частици и неутрони.
47. Закрити радиоактивни източници за брахитерапия. Контрол на качеството. Разпределение на дозата от точков гама-радиоактивен източник. Разпределение на дозата от линеен източник.
48. 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.
49. Уредби за интраоперативно лъчелечение и електронна брахитерапия.
50. Геометрични и физични параметри на лъчев сноп при дистанционното лъчелечение. Вид и енергия на йонизиращото лъчение. Качество на лъчението, индекси.
51. 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.
52. 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.
53. 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.
54. Детектори на йонизиращи лъчения и дозиметрични системи, подходящи за калибриране на уредбите в лъчелечението. Избор и изисквания към детекторите и дозиметрите, предимства и недостатъци. Метрология на йонизиращите лъчения и метрологичен контрол.
55. Дозиметрично калибриране на рентгенови терапевтични уредби с йонизационна камера, калибрирана в единици за керма във въздух (въздушна керма) или за погълната доза във вода.
56. Дозиметрично калибриране на телегаматерапевтични уредби и на ускорители за X-лъчи и за електрони с йонизационна камера, калибрирана в единици за въздушна керма за  $^{60}\text{Co}$  гама-лъчи или за погълната доза във вода.
57. Дозиметрично калибриране на уредби за брахитерапия с дистанционно посленатоварване.
58. Определяне на характеристиките на дозно поле от гама- и X-лъчи и от ускорени електрони – йонизационен и фотографски метод.
59. Етапи при планирането и провеждането на лъчелечението: клиничко-биологичен, анатомо-топографски, дозиметрично планиране, изпълнение на облъчването, проследяване на лечебните резултати и на лъчевите реакции. Цел и задачи на отделните етапи.
60. 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.

61. Количествен анализ на ефектите на здравите органи и тъкани при перкутанно лъчелечение. Балансиране на риска между вероятността за туморен контрол и вероятността за компликация на здравите органи и тъкани. (QUANTEC)

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

63. Техника на 2D дозиметричното планиране при 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.

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

65. 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.

66. Триизмерно конформно дозиметрично планиране. BEV. Хистограми доза-обем.

67. Принципи на модулирано по интензитет ЛЛ, методи на оптимизация, дозиметрично планиране. IMRT и VMAT ICRU 83

68. Хипофракционирано ЛЛ – специфика на дозиметричното планиране на интра и екстра краниална радиохирургия.

69. Клинична дозиметрия при целотелесно облъчване и други специални техники.

70. Симулация на плана за лъчелечение. Определяне на връзката между апаратната и пациентната координатна система. Верификация на позиционирането на пациента. Техники и устройства за портално изобразяване.

71. Верификация (дозиметрична проверка) на плана за лъчелечение. Антропоморфни и хомогенни фантоми. Видове дозиметрични устройства и конфигурации, предимства и недостатъци. Гама индекс. Критерии за намеса и препланиране на лъчелечението.

72. „In vivo“ дозиметрия. Видове дозиметрични устройства и конфигурации, предимства и недостатъци.

73. Образно-асистирано ЛЛ. Адаптирано лъчелечение – видове и начини за провеждане.

74. Дозиметрично планиране при интерстициална брахитерапия. Система на Патерсон и Паркер и Парижка система. Дозиметрично планиране при интракавитарна брахитерапия на рака на шийката на матката и на ендометриума. Видове източници и видове апликатори.

75. Планиращи системи за брахитерапия. Начини и процедури за реконструкция на положението на източника или източниците. Методи за нормиране и оптимизиране на дозата.

76. Дозиметрично планиране при интраоперативно лъчелечение.

77. Физико-технически контрол на качеството на уредбите: приемни, пускови и последващи изпитвания. Механични, дозиметрични, MLC тестове, тестове на изобразяващите системи. Нива за намеса и нива за спиране на уредбите.

78. Проектиране на отделение или сектор за лъчелечение и изчисления на лъчезащитни прегради при лъчетерапевтични уредби.

79. Радиационна защита на персонала при лъчелечение. Контролирани и надзиравани зони. Лъчезащитни изисквания към помещенията, обзавеждането и инструмента-риума. Дозиметричен и радиометричен мониторинг в лъчелечението.

80. 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, проспективен анализ. Регистриране и намеса при събития. Докладване и анализ на грешки, събития и инциденти.

На практическия изпит специализантът представя протоколните папки по всички модули от специалната част. По време на изпита се решават практически задачи и се задават въпроси от практиката по модулите от специалната част.

Теоретичният изпит се провежда в две части: писмена и устна. Писменият изпит се провежда под формата на тест с въпроси от всички части на общата и специалната част на програмата. Кандидатът се допуска до устната част от изпита при 80% и повече правилни отговори на теста. Устната част на изпита се състои в обсъждане по отговорите в теста и допълнителни въпроси по програмата.