

**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ  
ФАКУЛТЕТ ПО МЕДИЦИНА**

**ПРОГРАМА**

**ПО**

**ФИЗИКА**

**Приета на Катедрен съвет № 81 на 1 .07. 2020г.**

**Утвърдена от Факултетен съвет с Протокол №5 от 08.07. 2020г.**

# ФИЗИКА

## УЧЕБЕН ПЛАН

Дисциплина	Изпит в семестър	Часове				Часове по години и семестър	
		Всичко	Лекции	Упражнения	Кредит	I сем.	II сем.
Медицинска Физика	Първи семестър	90	45	45	6,9	90	-

**Наименование на дисциплината:** Физика

**Вид на дисциплината, съгласно ЕДИ:** задължителна

**Ниво на обучение:** Магистър /М/

**Форми на обучение:** лекции, упражнения, самоподготовка

**Курс на обучение:** I курс

**Продължителност на обучението:** един семестър (I курс, зимен семестър)

**Хорариум:** 90 часа (45 часа лекции, 45 часа упражнения)

**Помощни средства за преподаване:** мултимедийни презентации, лабораторни учебни експерименти, решаване на тестови задачи, дискусии

**Форми на оценяване:** писмен изпит и устно събеседване при необходимост за уточняване на оценката

**Формирането на оценката:** коловкиум, участия в упражнения и писмен изпит

**Аспекти при формиране на оценката:** участие в дискусии и решване на тестове

**Семестриален изпит:** да (писмен)

**Държавен изпит:** няма

**Водещ преподавател:**

Хабилитиран преподавател от катедра „Медицинска физика и Биофизика“

**Катедра:** „Медицинска физика и биофизика“

## **АНОТАЦИЯ**

Медицинската физика е една от фундаменталните дисциплини при обучение на студенти по медицина и дентална медицина. В голяма степен достиженията на съвременната медицина и дентална медицина в областта на диагностиката и терапията са следствие с развитие на различни физични науки. Физиката предлага мощен апарат от експериментални методи, технически средства и теории за изследване и изясняване на физиологични и патофизиологични процеси в организма. Тука спадат лазери, оптични и електронни микроскопи, методи и апарати на образната диагностика, преобразуватели на неелектрични в електрични величини, усилватели и др.

В курса по медицинска физика студентите получават съвременни знания относно физичната същност на явления и закономерности, използвани при диагностика и лечение. Включени са и въпроси от акустика, оптика, рентгенова физика и др.

## **ОСНОВНИ ЗАДАЧИ НА УЧЕБНАТА ПРОГРАМА**

Придобиване на знания от студентите относно физични принципи върху които почиват основни диагностични и терапевтични медицински методи. Изучаване на физични явления и процеси, позволяващи научно обяснение и осмисляне на тези принципи. Запознаване на студентите с редица външни фактори светлина, ултразвук, йонизираща радиация, инфачервени и ултравиолетови лъчи и физичните процеси на влиянието им върху организма. Усвояване на основни физични принципи и закономерности, използвани в образната диагностика, лабораторната дейност, терапията и защитата от вредните фактори на околната среда.

## **ОЧАКВАНИ РЕЗУЛТАТИ**

След приключване на обучението по биофизика и успешно полагане на изпит студентите трябва да са притежават следните компетенции:

- ✓ В областта на теоретичните знания - основни физични величини и единици; аналитичен израз и графичен дизайн на физичен закон; основни параметри, закони и закономерности за използване на механични и електромагнитни вълни в диагностика и терапия; постоянни и променливотокови импулси за диагностика и терапия; оптика и основни оптични медицински прибори; йонизиращи лъчения с вълнов и курпускулярен характер за диагностика, терапия и лъчезащита.
- ✓ В областта на практическите умения - провеждане на експериментални измервания и тяхната обработка – таблична, графична, статистическа; измерване на кръвно налягане; скорост на кръвен поток (Доплерова ехография); снемане праг на чуване; получаване на калибровъчна крива, физични основи на хемодиализата (хемодиализатор), отчитане и пресмятане на параметрите на устройство за активна

електродиагностика, терапия, мониторинг; основни понятия и работа с оптични лещи и микроскоп; оптични корекции на окото; измерване и пресмятане на параметрите на радионуклид за диагностика; определяне на дозата при лъчелечение.

## ПРОГРАМА НА ЛЕКЦИОННИЯ КУРС

### ЛЕКЦИИ – ТЕЗИСИ

#### *Лекция № 1 – 3 часа*

#### ***I тема*** ФИЗИЧНИ ОСТОВИ НА ХЕМОДИНАМИКАТА. ХЕМОДИНАМИЧНИ ВЕЛИЧИНИ И ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ТЯХ

1. Строеж на сърдечно – съдовата система.
2. Класификация на кръвоносните съдове според тяхните функции.
3. Разлики в лумена на видовете кръвоносни съдове и тотално сечение на сърдечно – съдовата система на различните нива.
4. Хемодинамични величини.
  - 4.1. кръвно налягане
  - 4.2. линейна скорост на кръвта
  - 4.3. обемна скорост на кръвта
  - 4.4. вискозитет на кръвта
5. Зависимости между хемодинамичните величини.

#### ***II тема*** ПОМПЕНА ФУНКЦИЯ НА СЪРЦЕТО. РАБОТА НА СЪРЦЕТО. ПУЛСОВА ВЪЛНА. ЛАМИНАРНО И ТУРБОЛЕНТНО ДВИЖЕНИЕ НА КРЪВТА В СЪРДЕЧНО-СЪДОВАТА СИСТЕМА

1. Сърцето като двойна сгъстителна – разреждателна помпа.
2. Механична работа на сърцето.
3. Величини, характеризиращи работата на сърцето. Единици.
  - 3.1. ударен обем на сърцето
  - 3.2. минутен обем на сърцето
  - 3.3. честота на сърдечната дейност / пулс/
4. Характер на движението на кръвта в сърдечно – съдовата система.
  - 4.1. ламинарно
  - 4.2. турболентно
5. Особенности на движението на кръвта в отделните нива на ССС.

#### ***III тема*** КРЪВНО НАЛЯГАНЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ. ОСОБЕНОСТИ НА КРЪВНОТО НАЛЯГАНЕ В РАЗЛИЧНИТЕ ОТДЕЛИ НА СЪРДЕЧНО – СЪДОВАТА СИСТЕМА. ИЗМЕРВАНЕ НА КРЪВНО НАЛЯГАНЕ

1. Определение за кръвно налягане.

2. Понятие за градиент.
3. Особенности на кръвното налягане в различните нива на сърдечно – съдовата система.
  - 3.1. систолично налягане
  - 3.2. диастолично налягане, Формули за изчисляването му.
  - 3.3. средно артериално налягане
4. Измерване на артериално кръвно налягане.
  - 4.1. директни методи
  - 4.2. индиректни методи

### ***Лекция № 2 – 3 часа***

#### ***IV тема*** ГЕНЕРИРАНЕ НА ТОПЛИНА И ТЕРМОРЕГУЛАЦИЯ В ОРГАНИЗМА. ПРОЦЕСИ НА ТЕРМОРЕГУЛАЦИЯ. УРАВНЕНИЕ НА ТОПЛИННИЯ БАЛАНС

1. Уравнение на енергетичния баланс на организма.
2. Процеси, генериращи топлина в организма.
  - 2.1. биохимични реакции – първична топлина
  - 2.2. съкращение на мускулите – вторична топлина
3. Процеси, осъществяващи обмен на топлина между организма и околната среда.
  - 3.1. топлообмен;
  - 3.2. конвекция;
  - 3.3. излъчване;
  - 3.4. изпарение.

#### ***V тема*** ЕНЕРГЕТИЧНИ ПРЕДПОСТАВКИ НА ФИЗИЧНИ ПРОЦЕСИ, ОСЪЩЕСТВЯВАЩИ ТРАНСПОРТ НА ВЕЩЕСТВА В ОРГАНИЗМА. ВИДОВЕ ТРАНСПОРТНИ ПРОЦЕСИ: ДИФУЗИЯ, ДИФУЗИЯ ПРЕЗ МЕМБРАНА, ОСМОЗА, ФИЛТРАЦИЯ, РЕАБСОРБЦИЯ

1. Видове градиенти, имащи отношение към транспортни процеси на веществата в организма.
2. Физични процеси, осигуряващи транспорта на веществата в организма.
  - 2.1. дифузия. Закон на Фик.
  - 2.2. трансфузия
  - 2.3. осмоза. Осмотично налягане.
  - 2.4. филтрация и реабсорбция. Хидростатично и онкотично налягане.

#### ***VI тема*** ФИЗИЧНИ ПРИНЦИПИ НА ХЕМОДИАЛИЗАТА. ХЕМОДИАЛИЗАТОР

1. Определение на диализа. Фактори, влияещи върху скоростта на диализата.
  - 1.1. градиент на диализиращите се молекули
  - 1.2. диализно повърхност
2. Хемодиализата основен метод за почистване на кръвта от нискомолекулни токсини.
3. Хемодиализатор – устройство и принцип на работа.
4. Блок – схема на хемодиализатор.

### **Лекция № 3 – 3 часа**

#### **VII тема КАПИЛЯРНИ ЯВЛЕНИЯ НА ГРАНИЦАТА НА ТЕЧНОСТ – ГАЗ. ПОВЪРХНОСТНО НАПРЕЖЕНИЕ. ДОПЪЛНИТЕЛНО НАЛЯГАНЕ. ГАЗОВА И ВЪЗДУШНА ЕМБОЛИЯ**

1. Сили на повърхностно напрежение, възникващи на границата между течност и газ.
2. Мокрещи и немокрещи течности. Понятие за вдлъбнал и изпъкнал мениск.
3. Възникване на сили на допълнително налягане при наличие на мениск.
4. Обяснение механизма на възникване на газовата и въздушната емболия.

#### **VIII тема ДВИЖЕНИЕ НА ГАЗОВЕ ВЪВ ВЪЗДУХОНОСНИТЕ ПЪТИЩА СЪПРОТИВЛЕНИЕ И ПРОХОДИМОСТ. МЕХАНИКА НА ДИШАНЕТО. ЕЛАСТИЧНОСТ И ЕЛАСТИЧНА ТЯГА НА БЕЛИТЕ ДРОБОВЕ.**

1. Въздухоносни пътища – определение и строеж.
2. Индивидуално и тотално сечение на въздухоносните пътища.
3. Характер на движението на въздуха във въздухоносните пътища.
  - 3.1. Проводяща зона – постъпателно: турбулентно и ламинарно.
  - 3.2. Дихателна зона – дифузия на газовите молекули.
4. Съпротивление и проходимост на въздухоносните пътища.
5. Фактори, влияещи върху съпротивлението и проходимостта на въздухоносните пътища.
6. Понятие за еластичност на белите дробове. Зависимост на  $V=V(p)$ .
7. Фактори, определящи еластичността на белите дробове.
  - 7.1. еластични и колагенови влакна
  - 7.2. алвеоларно повърхностно напрежение
8. Роля на сърфактанта за осигуряване стабилността на белите дробове.
9. Влияние върху алвеоларното допълнително налягане.
10. Изменение на налягането в хода на дихателния процес.

#### **XI тема ФИЗИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗВУКА: НАЛЯГАНЕ, ИНТЕНЗИТЕТ, ДЪЛЖИНА НА ВЪЛНАТА, СКОРОСТ НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕ, ИМПЕДАНС, АКУСТИЧЕН СПЕКТЪР**

1. Определения за звук. Видове звукови вълни.
2. Величини, характеризиращи звука като физичен процес. Определение и единици за измерване.
  - 2.1. интензитет
  - 2.2. честота
  - 2.3. звуково налягане
  - 2.4. скорост
3. Тон и шум. Шумозащита.
4. Физични основи на звуковите методи на диагностика и терапия в медицината.
  - 4.1. аускултация
  - 4.2. перкусия
  - 4.3. фонокардиография
  - 4.4. електроанарпорална литотропия

## **Лекция № 4 – 3 часа**

### **X тема ПСИХОФИЗИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗВУКА: ОТНОСИТЕЛНО НИВО НА ИНТЕНЗИТЕТ И ГРЪМКОСТ, ВИСОЧИНА, ТЕМБЪР. ОБЛАСТ НА ЧУВАНЕ**

1. Възприемане на звука от ухото. Субективност на усещането за звук.
2. Характеристики на субективното усещане за звук.
  - 2.1. октава
  - 2.2. тембър
  - 2.3. гръмкост. Закон на Вебер – Фехнер.
3. Връзка между психофизиологичните характеристики на слуховото усещане и характеристика на звука като физичен процес.
4. Праг на чуване и предел на чуване. Параметри на звука.

### **XI тема ИНФРАЗВУК И УЛТРАЗВУК. ПОЛУЧАВАНЕ. РАЗПРОСТРАНЕНИЕ, АКУСТИЧНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ И ОТРАЖЕНИЕ НА УЛТРАЗВУК. ДЕЙСТВИЯ ВЪРХУ ЧОВЕШКИЯ ОРГАНИЗЪМ**

1. Определение на инфразвук. Източници на инфразвук.
  - 1.1. физични характеристики
  - 1.2. физиологично действие върху човешкия организъм
2. Определение за ултразвук. Пиезоелектричен метод за получаване на ултразвук.
3. Акустично съпротивление. Определение.
4. Отражение на ултразвука. Коефициент на отражение.
5. Действие на ултразвук върху човешкия организъм.
  - 5.1. механично действие – кавитация, фонтан
  - 5.2. термично действие
  - 5.3. биохимично действие

### **XII тема ФИЗИЧНИ ПРИНЦИПИ НА КОНВЕНЦИОНАЛНА ОБРАЗНА ДИАГНОСТИКА С УЛТРАЗВУК. ТЕРАПИЯ С УЛТРАЗВУК**

1. Конвенционална ехография. Принципи. Ехографски методи.
  - 1.1. А – методи /едномерен/
  - 1.2. В – методи /двумерен/
  - 1.3. М – метод
2. Съображения при използване на конвенционалната ехография.
  - 2.1. коефициент на отражение на ултразвука на границата въздух човешка кожа. Контактен гел.
  - 2.2. разделителна способност на ултразвукови вълни. Зависимост от честотата на ултразвукови вълни.
  - 2.3. проникваща способност на ултразвуковите вълни. Зависимост от честотата на ултразвукови вълни.
3. Принципно устройство и действие на конвенционален ехограф.

### **Лекция № 5 – 3 часа**

#### **XIII тема ДОПЛЕРОВ ЕФЕКТ ПРИ УЛТРАЗВУКА. ДОПЛЕРОВА ЕХОГРАФИЯ – ФИЗИЧНИ ПРИНЦИПИ**

1. Същност на ефекта на Доплер при ултразвукови вълни.
2. Доплерова ехография. Приложение.
3. Доплеров ехограф.
  - 3.1. принципна схема.
  - 3.2. начин на функциониране.
4. Определяне скоростта на движение на кръвта.

#### **XIV тема ЕЛЕКТРИЧЕН ТОК. ЕЛЕКТРОПРОВОДИМОСТ НА ТВЪРДИ ВЕЩЕСТВА. ЕНЕРГЕТИЧНИ НИВА И ЗОНИ В ПРОВОДНИЦИ, ПОЛУПРОВОДНИЦИ И ИЗОЛАТОРИ. ВИДОВЕ ТОКОНОСИТЕЛИ**

1. Основни понятия и величини, характеризиращи протичането на ел. ток. Определение за ел. ток.
  - 1.1. свободни електрични товари
  - 1.2. проводяща среда
  - 1.3. сила на ток
  - 1.4. ел. напрежение
  - 1.5. ел. съпротивление
2. Теория за електропроводимостта на материалите
  - 2.1. проводници
  - 2.2. изолатори /диелектрици/

#### **XV тема ПРИМЕСНА ПРОВОДИМОСТ НА ПОЛУПРОВОДНИЦИТЕ: n – тип и p – тип ПОЛУПРОВОДНИЦИ**

1. Понятие за примесна проводимост. Основни и неосновни токоносители.
  - 1.1. донори – p- тип проводимост
  - 1.2. акцептори – n – тип проводимост
2. Промяна на големината на забранената зона в полупроводниковите материали.
  - 2.1. при p – тип проводимост
  - 2.2. при n – тип проводимост

### **Лекция № 6 – 3 часа**

#### **XVI тема ПРОМЕНЛИВ, ПУЛСИРАЩ И ПОСТОЯНЕН ТОК. ЗАКОН НА ОМ. ВИДОВЕ СЪПРОТИВЛЕНИЯ: R, X<sub>L</sub>, X<sub>C</sub>. ЕЛЕКТРИЧЕН ИМПЕДАНС. ПРИЛОЖЕНИЕ.**

1. Променлив ток.
2. Пулсиращ ток.
3. Постоянен ток.
3. Закон на ом.



4. Видове съпротивления:  $r$ ,  $x_1$ ,  $x_c$ .
5. Електричен импеданс.
6. Приложение.

**XVII тема** ФИЗИЧНИ ОСНОВИ НА ЕЛЕКТРОДИАГНОСТИКАТА. ПАСИВНА И АКТИВНА ЕЛЕКТРОДИАГНОСТИКА. ЕЛЕМЕНТИ НА: ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ, ПРЕДУСИЛВАТЕЛ, УСИЛВАТЕЛ, СИСТЕМИ ЗА ЗАПИС И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ.

1. Електродиагностика
  - 1.1 пасивна
  - 1.2 активна
- 1.Определение за усилвател на електрични сигнали. Блок-схема.Изискване към усилвателите при усилването на биологични ел. сигнали.
- 2.Коефициент на усилване.
- 3.Стъпални усилватели. Блок-схема.
- 4.Видове усилватели според вида на усилваната величина.
  - 4.1. – по ток
  - 4.2. - по напрежение
  - 4.3. – по мощност
- 5.Видове усилватели според характера на ел.ток.
  - 5.1.постоянно токови
  - 5.2.нискофреотни
  - 5.3.високофреотни
  - 5.4.импулсивни
  - 5.5.избирателни.

**XVIII тема** ФИЗИЧНИ ОСНОВИ НА ЕЛЕКТРОЛЕЧЕНИЕТО. ВИДОВЕ ЕЛЕКТРОЛЕЧЕНИЕ С ПОСТОЯНЕН И ПРОМЕНЛИВ ТОК С РАЗЛИЧНА ЧЕСТОТА

- 1.Действие на правия ток върху човешкия организъм.
  - 1.1.токове с постоянна сила
  - 1.2.импулсни токове
- 2.Механизъм на електрическото дразнене на тъканите
  - 2.1.коефициент на дразнене
- 3.Действие на променливите токове върху човешкия организъм.
  - 3.1.нискофреотни токове
  - 3.2.високофреотни токове
  - 3.3.реография
- 4.Физични основи на дразнещото и затоплящо действие на променливите токове.
- 5.Характер на нискофреотните импулси, използвани за терапия.
- 6.Високофреотна терапия.
  - 6.1.диатермия
  - 6.2.ултратермия
  - 6.3.високофреотна терапия
  - 6.4.свръхвисокофреотна терапия
- 7.Интерферентни токове.

## **Лекция № 7 – 3 часа**

### **XIX тема** ЕЛЕКТРОПРОВОДИМОСТ НА ЕЛЕКТРОЛИТИ И ГАЗОВЕ. ЛЕЧЕБНА ЕЛЕКТРОФОРЕЗА И ЙОНОФОРЕЗА. АЕРОЙОНОТЕРАПИЯ И АЕРОЗОЛОТЕРАПИЯ

1. Електропроводимост на електролити и газове.
2. Електрофореза.
  - 2.1. определение
  - 2.2. теория на електрофорезата
  - 2.3. видове електрофореза
  - 2.4. лекарствена йонофреза
3. Аеройонотерапия и аерозолотерапия.

### **XX тема** МАГНИТНО ПОЛЕ: ИНТЕНЗИТЕТ НА МАГНИТНО ПОЛЕ, МАГНИТНА ИНДУКЦИЯ. МАГНИТНИ СВОЙСТВА НА ВЕЩЕСТВАТА – ДИА-, ПАРА- И ФЕРОМАГНИТИ. ХИСТЕРЕЗИСНА КРИВА

1. Интензитет на магнитно поле.
2. Магнитна индукция.
3. Магнитни свойства на веществата
  - 3.1. диамагнити,
  - 3.2. парамагнити,
  - 3.3. феромагнити.
4. Хистерезисна крива.

### **XXI тема** ЯДРЕН МАГНИТЕН РЕЗОНАНС. ФИЗИЧНА СЪЩНОСТ НА ЯВЛЕНИЕТО. ПРИЛОЖЕНИЕ В ОБРАЗНАТА ДИАГНОСТИКА. ПАРАМЕТРИ, ФОРМИРАЩИ КОНТРАСТА НА ИЗОБРАЖЕНИЕ: $\rho$ , $T_1$ , $T_2$ .

1. Физична същност на явлението.
2. Условие за резонанс.
3. Основни параметри формиращи контраста на изображение:  $\rho$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ .
4. Приложение в образната диагностика.

## **Лекция № 8 – 3 часа**

### **XXII тема** ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ЛЪЧЕНИЯ – СЪЩНОСТ, СПЕКТЪР, ХАРАКТЕРИСТИКИ. СВЕТЛИНА

1. Електромагнитна вълна.
  - 1.1. определение
  - 1.2. връзка между енергията на електромагнитния квант, честота и дължината на вълната и скоростта ѝ на разпространение.
2. Електромагнитен спектър.
3. Компоненти на бялата светлина.
4. Спектрална чувствителност на човешкото око.

**XXIII тема** ЕЛЕМЕНТИ ОТ ГЕОМЕТРИЧНАТА ОПТИКА. ОТРАЖЕНИЕ, ПРЕЧУПВАНЕ И ПЪЛНО ВЪТРЕШНО ОТРАЖЕНИЕ НА СВЕТЛИНАТА. ЕНДОСКОП И ОФТАЛМОСКОП

1. Пречупване и отражение на светлината на границата на две среди с различна оптична плътност.
  - 1.1. определение
  - 1.2. закон
2. Пълно вътрешно отражение – ендоскопия.
3. Поглъщане на светлината от веществото.
  - 3.1. механизъм на поглъщане
  - 3.2. закон на поглъщането
  - 3.3. спектрофотометрични методи за диагностика

**XXIV тема** ОПТИЧЕН МИКРОСКОП – ОПТИЧНА СХЕМА, РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ И УВЕЛИЧЕНИЕ. ТЕХНИКИ ЗА НАБЛЮДЕНИЕ С МИКРОСКОПИ В КЛИНИЧНАТА

1. Устройство на оптичния микроскоп.
  - 1.1. механична част
  - 1.2. оптична част
2. Получаване на образ при микроскопа.
3. Увеличение на обектива, окуляра и целия микроскоп.
4. Разделителна способност на микроскопа.
5. Методи за наблюдение с оптичен микроскоп:
  - 5.1. в светло поле
  - 5.2. в тъмно поле
  - 5.3. фазово контрастен метод
  - 5.4. люминесцентни методи

**Лекция № 9 – 3 часа**

**XXV тема** ОПТИЧНА СИСТЕМА НА ОКОТО: ФОКУСИРАЩИ ЕЛЕМЕНТИ, ОПТИЧНИ НЕДОСТАТЪЦИ И КОРЕКЦИИ. ВЪЗПРИЕМАЩА СИСТЕМА НА ОКОТО – СПЕКТРАЛНА ЧУВСТВИТЕЛНОСТ

1. Оптична схема на око.
2. Оптична сила на окото.
3. Недостатъци на окото
4. Оптична корекция.
5. Рецепторна система на окото.
6. Спектрална чувствителност.

**XXVI тема** ПОГЛЪЩАНЕ И РАЗСЕЙВАНЕ НА СВЕТЛИНАТА. ЗАКОНИ. ПРИЛОЖЕНИЕ В МЕДИЦИНАТА

1. Закони за отражението на светлината.
2. Видове отражения.

3. Закони за пречупване на светлината.
4. Пълно вътрешно отражение.
5. Приложение в медицината. Ендоскоп. Световод. Офталмоскоп.

**XXVII тема** ИНФРАЧЕРВЕНО И УЛТРАВИОЛЕТОВО ЛЪЧЕНИЕ. ПАРАМЕТРИ, ЗОНИ, ИЗТОЧНИЦИ. ПРИЛОЖЕНИЕ В ОБРАЗНАТА ДИАГНОСТИКА (ТЕРМОВИЗИЯ). ЗАЩИТА

1. Инфрачервени лъчи.
2. Спектрални зони:
  - 2.1. близка
  - 2.2. средна
  - 2.3. далечна
3. Основни свойства на инфрачервените лъчи.
4. Източници на инфрачервените лъчи.
5. Тетрмография.
6. Ултравioletови лъчи – определение.
7. Зони в ултравioletовата област:
  - 7.1. луминесцентна
  - 7.2. еритемна
  - 7.3. антирахитна
  - 7.4. бактерицидна
8. Източници на УВ - радиация.

**Лекция № 10 – 3 часа**

**XXVIII тема** ЛУМИНЕСЦЕНЦИЯ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ВИДОВЕ. ФОТОЛУМИНЕСЦЕНЦИЯ. ХАРАКТЕРИСТИКА И ЗАКОНИ. ЛУМИНЕСЦЕНТЕН АНАЛИЗ. ПРИЛОЖЕНИЕ В ДИАГНОСТИКАТА

1. Луминесценция:
  - 1.1. флуоресценция
  - 1.2. фосфоресценция
2. Видове луминесценция:
  - 2.1. фотолуминесценция
  - 2.2. рентгенова луминесценция
  - 2.3. радио луминесценция
  - 2.4. катодо луминесценция
  - 2.5. електро луминесценция
  - 2.6. хеми луминесценция
3. Закон на Стокс. Същност на Стоксовата луминесценция.
4. Антистоксова луминесценция.
5. Закон на Вавилов.
6. Луминесцентен анализ в медицината.

**XXIX тема** ЛАЗЕР. НОРМАЛНА И ИНВЕРСНА НАСЕЛЕНОСТ, СПОНТАННО И ПРИНУДЕНО ИЗЛЪЧВАНЕ. ПРИНЦИПНА СХЕМА. ПАРАМЕТРИ НА ЛАЗЕРНОТО

## ЛЪЧЕНИЕ. ВИДОВЕ ЛАЗЕРИ. ПРИЛОЖЕНИЕ ЗА ТЕРАПЕВТИЧНИ ЦЕЛИ- ФИЗИЧНИ ПРИНЦИПИ НА ФОТОДИНАМИЧНАТА ТЕРАПИЯ

- 1.Определение на лазер.
- 2.Блок-схема и принцип на излъчване на лазерното лъчение.
- 3.Характеристики на лазерното лъчение.
- 4.Биологично действие на лазерното лъчение.
- 5.Приложение на лазерното лъчение в медицината.

## **XXX тема** АТОМНИ ЯДРА. ЯДРЕНИ СИЛИ. МАСОВ ДЕФЕКТ. ЕНЕРГИЯ НА ВРЪЗКАТА

- 1.Строеж на атомното ядро.
- 2.Видове елементарни частици, изграждащи ядрото.
- 3.Характеристики на протони и неутрони.
- 4.Видове атомни ядра:
  - 4.1.изотопи
  - 4.2.изотони
  - 4.3.изобари
- 5.Ядрени сили. Характер и особености.
- 6.Масов дефект при ядрата.
- 7.Енергия на връзката. Специфична енергия на свързване.

### **Лекция № 11 – 3 часа**

## **XXXI тема** РАДИОАКТИВНОСТ. АЛФА И БЕТА РАДИОАКТИВНО ПРЕВРЪЩАНЕ, ИЗОМЕРЕН ПРЕХОД. ОСНОВЕН ЗАКОН. АКТИВНОСТ. ПЕРИОД НА ПОЛУРАЗПАДАНЕ

- 1.Определение на радиоактивност.
- 2.Основен закон при радиоактивността.
  - 2.1.период на полуразпадане
  - 2.2.константа на радиоактивното разпадане
- 3.Стабилни и нестабилни атомни ядра.

## **XXXII** ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ЙОНОЗИРАЩИ ЛЪЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОТО: КОХЕРЕНТНО РАЗСЕЙВАНЕ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНО ПОГЛЪЩАНЕ, КОМПТЪНОВ ЕФЕКТ, РАЖДАНЕ НА ДВОЙКА В ЕЛЕКТРОН-ПОЗИТРОН. ОБЩ ЛИНЕЕН КОЕФИЦИЕНТ НА ОТСЛАБВАНЕ

- 1.Класификация на йонизиращите лъчения според природата им
  - 1.1.вълнови
  - 1.2.корпускулярни
    - 1.2.1. – с електричен товар
    - 1.2.2. – без електричен товар, неутрони

2. Взаимодействие на алфа – лъчите с веществото
  - 2.1. фотоелектричен ефект
  - 2.2. ефект на Комптън
  - 2.3. раждане на двойка електрон – позитрон
3. Взаимодействие на корпускулярните лъчения с електричен товар.
4. Класификация на неутроните, според тяхната енергия.
5. Взаимодействие на неутроните с веществото.

### **Лекция № 12 – 3 часа**

#### **XXXIII тема РЕНТГЕНОВО ЛЪЧЕНИЕ – ЕСТЕСТВО. РЕНТГЕНОВА ТРЪБА – УСТРОЙСТВО. ВИДОВЕ РЕНТГЕНОВИ ЛЪЧИ. ПОЛУЧАВАНЕ – ЛИНЕЕН И НЕПРЕКЪСНАТ СПЕКТЪР**

1. Определение за  $R_o''$  – лъчи.
2. Получаване на  $R_o''$  – лъчи.
  - 2.1. принципно устройство на  $R_o''$  – тръба
  - 2.2. процеси, протичащи в  $R_o''$  – тръба
3. Характеристично  $R_o''$  – лъчение.
  - 3.1. механизъм на получаване
  - 3.2. характер на  $R_o''$  – спектър
4. Спирачно  $R_o''$  – лъчение.
  - 4.1. механизъм на получаване
  - 4.2. характер на  $R_o''$  – спектър

#### **XXXIV тема ОБРАЗНА ДИАГНОСТИКА С РЕНТГЕНОВИ ЛЪЧИ. ФАКТОРИ, МОДИФИЦИРАЩИ РЕНТГЕНОВИЯ СНОП В КЛИНИЧНАТА ПРАКТИКА. КОНВЕНЦИОНАЛНА РЕНТГЕНОГРАФИЯ И СКОПИЯ, МАМОГРАФИЯ, ДЕНСИТОМЕТРИЯ**

1. Твърди и меки  $R_o''$ - лъчи.
2. Модификация на спектъра на спирачното  $R_o''$ - лъчение чрез промяна на напрежението на  $R_o''$ - тръба.
3. Модифициране на спектъра на спирачното  $R_o''$ - лъчение чрез промяна на електронния ток в  $R_o''$ - тръба.
4. Отражение на модификацията на  $R_o''$ - спектри върху качеството на  $R_o''$ - снимки.
5. Различната проницаемост на тъканите за  $R_o''$ - лъчи – предпоставка за  $R_o''$ - диагностика.
  - 5.1. ефективен пореден атомен номер на сложно вещество.
  - 5.2. различия в ефективния пореден атомен номер на тъканите.
6. Методи на  $R_o''$ - диагностика. Физични принципи.
  - 6.1.  $R_o''$ - скопия
  - 6.2.  $R_o''$ - графия
  - 6.3. Контрастни  $R_o''$ - методи
7.  $R_o''$ - терапия. Класификация на видовете  $R_o''$ - терапия
8. Мамография.
9. Денситометрия.

**Лекция № 13 – 3 часа**

**XXXV тема** КОМПЮТЪРЕН ТОМОГРАФ (КОНВЕНЦИОНАЛЕН И СПИРАЛЕН). ПАРАМЕТРИ, ФОРМИРАЩИ ИЗОБРАЖЕНИЕТО.

1. Рентгенов компютърен томограф (СТ)
2. Принцип на формиране на образа в СТ
3. СТ-числа (единици на Хаунсфийлд)
4. Рентгенографска плътност
5. Спирален скенер

**XXXVI тема** ГАМА – КАМЕРА. СПЕСТ ТОМОГРАФИЯ. ПЕТ СКЕНЕР. РАДИОНУКЛИДЕН ГЕНЕРАТОР

1. Устройство и принцип на работа на гама – камера.
2. СПЕСТ томография.
3. PET скенер.
4. Радионуклиден генератор.

**Лекция № 14 – 3 часа**

**XXXVII тема** ДОЗИМЕТРИЯ НА ЙОНИЗИРАЩИТЕ ЛЪЧЕНИЯ. ВЕЛИЧИНИ, ЕДИНИЦИ. РАДИАЦИОНЕН И ТЕГЛОВЕН КОЕФИЦИЕНТ

1. Дозиметрия на йонизиращите лъчения.
2. Величини- погълната доза, експозиция, еквивалентна доза, ефективна доза.
3. Мерни единици.
4. Радиационен и тегловен коефициент.

**XXXVIII тема** ДОЗИМЕТРИ И РАДИОМЕТРИ: ЙОНИЗАЦИОННА КАМЕРА, ГАЙГЕР – МЮЛЕРОВ И СЦИНТИЛАЦИОНЕН БРОЯЧ. ФИЛМОВ И ТЕРМОЛУМИНЕСЦЕНТЕН ДОЗИМЕТЪР

1. Дозиметри и радиометри:
  - 1.1. йонизационна камера,
  - 1.2. гайгер – мюлеров брояч,
  - 1.3. сцинтилационен брояч,
  - 1.4. филмов и термолуминесцентен дозиметър.

**Лекция № 15 – 3 часа**

**XXXIX тема** ФИЗИЧНИ ПРИНЦИПИ НА ТЕРАПИЯТА С ЙОНИЗИРАЩИ ЛЪЧЕНИЯ: РЕНТГЕНОВИ И ГАМА – ЛЪЧИ. LINAC, ГАМА- И КИБЕРНОЖ. БРАХИТЕРАПИЯ. БОР – НЕУТРОННО ЗАХВАТНА

1. Физични принципи на терапията с йонизиращи лъчения:
2. Рентгенови и гама – лъчи.
3. LINAC.
4. Гама- и кибернож.

- 5.Брахитерапия.
- 6.Бор – неутронно захватна.

## ***XL тема*** ВЪНШНО И ВЪТРЕШНО ОБЛЪЧВАНЕ. ЗАЩИТА НА ПЕРСОНАЛА И ПАЦИЕНТИТЕ ОТ ЙОНИЗИРАЩИ ЛЪЧЕНИЯ.

- 1.Защита от йонизиращи лъчения. Физични принципи на защитата.
  - 1.1.защитни съоръжения на Ro”- апарат
  - 1.2.индивидуални средства за защита
  - 1.3.защита чрез начина на работа с йонизиращи лъчения
    - 1.3.1.защита чрез време
    - 1.3.2.защита чрез разстояние.

### **УПРАЖНЕНИЯ - ТЕЗИСИ**

***УПРАЖНЕНИЕ №1 – 3 часа: Определяне на грешките при експериментални изследвания. Интерполация.***

- ✓ работа с таблични данни в програмата Excel;
- ✓ изчисляване на средноаритметична стойност;
- ✓ изчисляване на средноаритметична грешка на средния резултат;
- ✓ определяне на доверителен интервал при различна доверителна вероятност;

***УПРАЖНЕНИЕ №2 – 3 часа: Сравнение на стойностите на кръвното налягане, измерено по два метода-сфигмометричен и осцилонометричен.***

- ✓ измерване на сърдечния пулс чрез палпация;
- ✓ определяне на зоната за измерване на кръвното налягане;
- ✓ поставяне на гумения маншет, повишаване на налягането в него с помпата. Възприемане на шумовите ефекти от движението на кръвта;
- ✓ определяне на систоличното и диастоличното налягане чрез промяната на интензитета на тоновете на Коротков;
- ✓ подготовка и настройка на цифров уред за измерване на кръвно налягане.

***УПРАЖНЕНИЕ №3 – 3 часа: Физични принципи на хемодиализата. Хемодиализатор.***

- ✓ приготвяне на стандартни разтвори на урея с позната концентрация;
- ✓ избор на работна дължина на вълната за снемане на абсорбционните характеристики на разтвора;
- ✓ измерване на оптичната плътност на пробите, съдържащи урея с известна концентрация;
- ✓ построяване на калибровъчната права;
- ✓ намиране на концентрацията на уреята в диализираната течност (след приключване на диализата) чрез графична интерполация.



**УПРАЖНЕНИЕ №4 – 3 часа: Аудиометрия – метод за диагностика на слуховия апарат.**

- ✓ построяване на измервателна верига: тонгенератор, осцилоскоп, миливолтметър, генератор на шум, слушалки;
- ✓ измерване на интензитетите за определени честоти без шум и с наличие на бял шум, произведен от външен генератор;
- ✓ отчитане на стойностите на интензитета чрез миливолтметър или с помощта на осцилоскоп;
- ✓ построяване на графика за прага на чуване в логаритмичен мащаб.

**УПРАЖНЕНИЕ №5 – 3 часа: Физични принципи на Доплеровата ехография. Работа с доплеров ехограф. Измерване на линейната скорост на кръвта.**

- ✓ настройка на ехографски апарат;
- ✓ поставяне на гел върху изследваното място и избор на ъгъл за насочване на трансдучера;
- ✓ получаване на максимална яркост и контраст на образа върху монитора;
- ✓ пресмятане на линейната скорост на кръвта след направените измервания .
- ✓ настройка на ехографа за получаване на А-скен и В-скен метод на сканиране на обектите.
- ✓ определяне на посоката на измерване за венозен дял и артериален дял.

**УПРАЖНЕНИЕ №6 – 3 часа: Токоизправители. Определяне на параметрите на нискочестотни променливи токови импулси.**

- ✓ определяне чувствителността на електронния лъч на осцилографа във вертикално и хоризонтално направление;
- ✓ определяне на стойността на едно деление от екрана в Y- и в X –направление;
- ✓ получаване на импулси от електрическо напрежение с правоъгълна форма, полусинусоидална форма, еднопътно изправено и двупътено изправено напрежение;
- ✓ получаване на синусоидално напрежение с тонгенератор;
- ✓ измерване на продължителност, период на повторение и честота на повторение на електричните импулси;
- ✓ начертаване на правоъгълен импулс върху координатна система.

**УПРАЖНЕНИЕ №7 – 3 часа: Преобразуватели на неелектрични величини. Градуиране на полупроводников термометър и фотоелемент.**

- ✓ работа с живачен термометър;
- ✓ измерване с електронен омметър;
- ✓ измерване с волтметър;

- ✓ работа с метрични скали и превръщания: от сантиметри в метри; от миливолт във волт; от килоом в ом;
- ✓ чертане на графични зависимости и намиране на най-подходящия мащаб.

**УПРАЖНЕНИЕ №8 – 3 часа: Генератори на високочестотни електромагнитни вълни. Честотни обхвати, прилагани във физиотерапията. Индуктивни и капацитивни методи. Определяне мощността на излъчвателя. Техника на безопасност.**

- ✓ измерване на температура с точност до  $0,5^0$  C;
- ✓ определяне на специфичен топлинен капацитет на веществата, изграждащи калориметричната система;
- ✓ определяне масата на телата от калориметричната система с везна;
- ✓ изчисляване мощността на излъчвателя;
- ✓ определяне честотата на излъчвателя с осцилограф.

**УПРАЖНЕНИЕ №9 – 3 часа: Оптични образи – формиране, особености. Наблюдения на микрообекти с микроскоп. Пресмятане на увеличението и разделителната способност на оптичен микроскоп и избор на техника за наблюдение.**

- ✓ подбор на подходящо съчетание обектив – окуляр с оглед характера и големината на наблюдавания обект;
- ✓ осигуряване необходимата интензивност на осветяване, фокусиране, ориентация на окулярните скала и мрежа;
- ✓ работа с микроскоп;
- ✓ определяне линейни размери и площи на напознати микрообекти и техните морфологични елементи.
- ✓ избор на метод на наблюдение;
- ✓ комбиниране необходимите елементи, осигуряващи наблюдението – позиция на кондензора, бленди, подходящ обектив.

**УПРАЖНЕНИЕ №10 – 3 часа: Възможности за корекция на миопия, хиперметропия, астигматизъм и страбизъм с оптични лещи.**

- ✓ избор на лещи, корегирани астигматизъм, хиперметропия, миопия;
- ✓ мануална детекция на работните повърхности на подбраните лещи;
- ✓ комбиниране на необходимите елементи, осигуряващи демонстрация на съответното заболяване на окото и неговата корекция;
- ✓ наслагване на образи с цел определяне на оптична сила;
- ✓ усъвършенстване способностите за центриране на оптични системи с разнообразни диоптрални лещи;
- ✓ фокусиране на оптикомеханичният модел.

**УПРАЖНЕНИЕ №11 – 3 часа: Определяне на разходимост и мощност на He-Ne лазер.**

- ✓ демонстрации с лабораторен He-Ne лазер;
- ✓ оптични влакна и елементи за трансмисия на лазерното лъчение;
- ✓ измерване на мощност;
- ✓ изследване поляризацията на лазерното лъчение.

**УПРАЖНЕНИЕ №12 – 3 часа: Практически задачи, свързани с вида и количеството радионуклид, използван в нуклеарната медицина.**

- ✓ принцип на получаване на  $^{99m}\text{Tc}$  - елюат от радионуклиден генератор;
- ✓ работа със сертификат на радионуклиден източник за медицински цели;
- ✓ пресмятане на  $A_t$  по дадени данни за  $A_0$  и  $T_{1/2}$ ;
- ✓ пресмятане на необходимото за апликация количество радионуклид, (за конкретно диагностично изследване);
- ✓ пресмятане на масата на въведения в пациента радионуклид при провеждане на изследването.

**УПРАЖНЕНИЕ №13 – 3 часа: Определяне на местоположението и ширината на енергийния прозорец на уредба за радионуклидна диагностика.**

- ✓ интегрален и диференциален режим на работа на сцинтилационен детектор;
- ✓ построяване на сцинтилационния гама-спектър на моделен радионуклид;
- ✓ определяне *прозореца* на детектора за радионуклида.

**УПРАЖНЕНИЕ №14 – 3 часа: Определяне на продължителността на облъчването или на мониторните единици при лъчелечението с високоенергийни йонизиращи лъчения.**

- ✓ рентгенография на млечна жлеза;
- ✓ изготвяне на анатомичен ескиз;
- ✓ определяне посоката на облъчване;
- ✓ подбор на изодозисна карта;
- ✓ пресмятане на времето на облъчване по процентна дълбока доза.

**УПРАЖНЕНИЕ №15 – 3 часа: Семинар**

Форма на интерактивна среща, при която се реализира практическо занимание със студенти под ръководството на преподавател, по избрана от студентите тема по медицинска физика с приложен характер..

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тодоров В. Медицинска физика, София, 2001 год.
2. Маринов М. Физика – учебник за студенти по фармация, София, 2002 год.
3. Основи на медицинската физика с елементи на биофизика (под редакция на проф. Кръстев), Пловдив, 2009 год.
4. Иванов И. Медицинска физика и биофизика, Стара Загора, 2000 год.
5. Работна тетрадка по медицинска физика (под редакция на проф. Кръстев), МУ – Пловдив, 2005 год.

## КОНСПЕКТ

### *ПЪРВА ЧАСТ. Механични процеси и явления в човешкото тяло и медицинската практика*

1. Физични основи на хемодинамиката. Хемодинамични величини и зависимости между тях.
2. Помпена функция на сърцето. Работа на сърцето. Пулсова вълна. Ламинарно и турбулентно движение на кръвта в сърдечно-съдовата система.
3. Кръвно налягане. Определение. Особенности на кръвното налягане в различните отдели на сърдечно-съдовата система. Измерване на кръвно налягане.
4. Генериране на топлина и терморегулация в организма. Процеси на терморегулация. Уравнение на топлинния баланс.
5. Енергетични предпоставки на физични процеси, осъществяващи транспорта на вещества в организма. Видове транспортни процеси: дифузия, дифузия през мембрана, осмоза, филтрация, реабсорбция.
6. Физични принципи на хемодиализата. Хемодиализатор.
7. Капилярни явления на границата течност - газ. Повърхностно напрежение. Допълнително налягане. Газова и въздушна емболия.
8. Движение на газове във въздухоносните пътища съпротивление и проходимост. Механика на дишането. Еластичност и еластична тяга на белите дробове.
9. Физични характеристики на звука: налягане, интензитет, дължина на вълната, скорост на разпространение, импеданс, акустичен спектър.

10. Психофизични характеристики на звука: относително ниво на интензитет и гръмкостта, височина, тембър. Област на чуване.

11. Инфразвук и ултразвук. Получаване. Разпространение, акустично съпротивление и отражение на ултразвук. Действие върху човешкия организъм

12. Физични принципи на конвенционална образна диагностика с ултразвук. Терапия с ултразвук.

13. Доплеров ефект при ултразвука. Доплерова ехография – физични принципи.

### ***ВТОРА ЧАСТ. Електричество и магнетизъм. Нейонизиращи електромагнитни лъчения***

14. Електричен ток. Електропроводимост на твърди вещества. Енергетични нива и зони в проводници, полупроводници и изолатори. Видове токоносители

15. Примесна проводимост на полупроводниците: n – тип и p – тип полупроводници

16. Променлив, пулсиращ и постоянен ток. Закон на Ом. Видове съпротивления: R, X<sub>L</sub>, X<sub>C</sub>. Електричен импеданс. Приложение.

17. Физични основи на електродиагностиката. Пасивна и активна електродиагностика. Елементи на: преобразовател, предусилвател, усилвател, системи за запис и визуализация.

18. Физични основи на електролечението. Видове електролечение с постоянен и променлив ток с различна честота.

19. Електропроводимост на електролити и газове. Лечебна електрофореза и йонофореза. Аеройнотерапия и аерозолотерапия.

20. Магнитно поле: интензитет на магнитно поле, магнитна индукция. Магнитни свойства на веществата – диа-, пара- и феромагнити. Хистерезисна крива.

21. Ядрен магнитен резонанс. Физична същност на явлениято. Приложение в образната диагностика. Параметри, формиращи контраста на изображение:  $\rho$ , T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>.

22. Електромагнитни лъчения – същност, спектър, характеристики. Светлина

23. Елементи на геометричната оптика. Отражение, пречупване и пълно вътрешно отражение на светлината. Ендоскоп. Офталмоскоп.

24. Оптичен микроскоп – оптична схема, разделителна способност и увеличение. Техники за наблюдение с микроскоп в клиничната практика.

25. Оптична система на окото: фокусиращи елементи, оптични недостатъци и корекции. Възприемаща система на окото – спектрална чувствителност.

26. Поглъщане и разсейване на светлината. Закони. Приложение в медицината

27. Инфрочервено и ултравиолетово лъчение. Параметри, зони, източници. Приложение в образната диагностика (термовизия). Защита.

28. Луминесценция – определение и видове. Фотолуминесценция. Характеристика и закони. Луминесцентен анализ. Приложение в диагностиката

29. Лазер. Нормална и инверсна населеност; спонтанно и принудено излъчване. Принципно схема. Параметри на лазерното лъчение. Видове лазери. Приложение за терапевтични цели- физични принципи на фотодинамичната терапия.

### ***ТРЕТА ЧАСТ: Йонизиращи лъчения***

30. Атомни ядра. Ядрени сили. Масов дефект. Енергия на връзката.

31. Радиоактивност. Алфа и бета радиоактивно превръщане, изомерен преход. Основен закон. Активност. Период на полуразпадане.

32. Взаимодействие на йонизиращи лъчения с веществото: кохерентно разсейване, фотоелектрично поглъщане, комптънов ефект, раждане на двойка в електрон-позитрон. Общ линеен коефициент на отслабване.

33. Рентгеново лъчение – естество. Рентгенова тръба – устройство. Видове рентгенови лъчи. Получаване – линеен и непрекъснат спектър.

34. Образна диагностика с рентгенови лъчи. Фактори, модифициращи рентгеновия сноп в клиничната практика. Конвенционална рентгенография и скопия, мамография, денситометрия.

35. Компютърен томограф (конвенционален и спирален). Параметри, формиращи изображението.

36. Гама – камера. SPECT томография. PET скенер. Радионуклиден генератор

37. Дозиметрия на йонизиращите лъчения. Величини, единици. Радиационен и тегловен коефициент.

38. Дозиметри и радиометри: йонизационна камера, Гайгер – Мюлеров и сцинтилационен брояч. Филмов и термолуминесцентен дозиметър.

39. Физични принципи на терапията с йонизиращи лъчения: рентгенови и гама – лъчи. LINAC, гама- и кибернож. Брахитерапия. Бор – неутронно захватна терапия.

40. Външно и вътрешно облъчване. Защита на персонала и пациентите от йонизиращи лъчения.