

CENTRUM MEDYCZNE KSZTAŁCENIA PODYPLOMOWEGO



## Program specjalizacji

w dziedzinie

## FIZYKI MEDYCZNEJ

Program dla osób posiadających tytuł zawodowy magistra uzyskany na kierunku studiów w zakresie fizyki, fizyki medycznej, fizyki technicznej, biofizyki, inżynierii biomedycznej

*Zatwierdzenie*  
21-03-2019

Z upoważnienia  
MINISTRA ZDROWIA  
SEKRETARZ STANU  
*Józefa Szczurek-Żelazko*

Warszawa 2018

## **Program szkolenia specjalizacyjnego opracował zespół ekspertów:**

---

- 1) Prof. dr hab. Julian Malicki – konsultant krajowy w dziedzinie fizyki medycznej Przewodniczący Zespołu;
  - 2) Prof. dr hab. Janusz Braziewicz – przedstawiciel konsultanta krajowego;
  - 3) Dr n. med. Grzegorz Zwierzchowski – przedstawiciel konsultanta krajowego;
  - 4) Dr n. med. Anna Zawadzka – przedstawiciel Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej;
  - 5) Mgr Ryszard Kowski – przedstawiciel CMKP.
- 

## **I. PROGRAM SZKOLENIA SPECJALIZACYJNEGO**

---

### **1. ZAŁOŻENIA ORGANIZACYJNO - PROGRAMOWE**

#### **A. Cele kształcenia specjalizacyjnego**

Najważniejszym celem kształcenia specjalizacyjnego w dziedzinie fizyki medycznej jest przygotowanie specjalistycznej kadry fizyków do pracy w jednostkach ochrony zdrowia, w różnych dziedzinach medycyny. Ukończenie szkolenia specjalizacyjnego powinno przygotować fizyków do samodzielnego wdrażania osiągnięć fizyki w terapii i diagnostyce medycznej. Specjalista fizyki medycznej powinien być przygotowany do współpracy z lekarzami i średnim personelem medycznym. Cele kształcenia obejmują również przygotowanie fizyków medycznych do prowadzenia prac badawczych, w których istotną rolę odgrywają osiągnięcia fizyki.

#### **B. Uzyskane kompetencje zawodowe**

Ukończenie szkolenia specjalizacyjnego w dziedzinie fizyki medycznej i uzyskanie tytułu specjalisty umożliwia:

- 1) wykonywanie pomiarów i sprawdzanie fizycznych parametrów aparatury medycznej;
- 2) optymalizację układów wiązek terapeutycznych promieniowania jonizującego w celu uzyskania zaplanowanej dawki terapeutycznej oraz odpowiedniego ograniczenia dawek w narządach zdrowych;
- 3) wykonywanie obliczeń rozkładów dawek w terapii promieniowaniem jonizującym oraz ocenę obliczonych dawek przy pomocy różnych algorytmów;
- 4) optymalizację dawek promieniowania jonizującego w diagnostyce w celu uzyskania wiarygodnej i dokładnej informacji diagnostycznej przy jak najmniejszej dawce, m.in. poprzez optymalizację parametrów związanych z ekspozycją i warunkami w jakich wykonywane jest badanie diagnostyczne;
- 5) konfigurację algorytmów programów komputerowych dedykowanych do diagnostyki i terapii;
- 6) weryfikację warunków prowadzonej diagnostyki i terapii, w tym wykonywanie pomiarów sprawdzających otrzymane dawki promieniowania jonizującego przez pacjentów podczas procedur diagnostycznych i terapeutycznych;
- 7) przeprowadzanie audytów klinicznych związanych z diagnostyką i terapią;
- 8) współdziałanie z personelem medycznym (lekarzami, elektroradiologami) w zakresie diagnostyki i terapii;
- 9) współdziałanie z inspektorami ochrony radiologicznej w zakresie ochrony przed promieniowaniem jonizującym;

- 10) współdziałanie z producentami aparatury medycznej oraz specjalistami z innych dziedzin w zakresie szacowania ryzyka zdarzeń niepożądanych związanych z ekspozycją na promieniowanie jonizujące;
- 11) współdziałanie z informatykami w zakresie konfiguracji systemów informatycznych związanych z przepływem informacji obrazowej w szpitalu (jednostce medycznej);
- 12) doradztwo w zakresie wyposażenia jednostki w aparaturę diagnostyczną, terapeutyczną, dozymetryczną oraz sprzęt informatyczny;
- 13) wykonywanie ekspertyz;
- 14) kształcenie specjalistów;
- 15) prowadzenie zajęć dydaktycznych oraz prac badawczych.

Kandydat po ukończeniu specjalizacji w dziedzinie fizyki medycznej i otrzymaniu tytułu specjalisty uzyska szczególne kwalifikacje umożliwiające:

- 1) zajmowania stanowiska kierownika zakładu (pracowni) fizyki medycznej, pracowni produkującej radiofarmaceutyki;
- 2) pełnienia funkcji kierownika specjalizacji;
- 3) pełnienia funkcji konsultanta wojewódzkiego lub krajowego;
- 4) reprezentowania środowiska fizyków medycznych w organizacjach naukowych krajowych i zagranicznych.

### C. Sposób organizacji szkolenia specjalizacyjnego

Kształcenie specjalizacyjne prowadzone jest zgodnie z programem specjalizacji i kończy się egzaminem. Kierownik specjalizacji na podstawie programu przygotowuje indywidualny plan specjalizacji określający warunki i przebieg specjalizacji zapewniający opanowanie wiadomości i nabycie umiejętności praktycznych określonych w programie specjalizacji. Kształcenie specjalizacyjne realizowane jest w ramach modułów specjalizacji z wykorzystaniem form i metod kształcenia przewidzianych dla tych modułów. Odbywa się poprzez uczestniczenie w kursach specjalizacyjnych, udział w stażach kierunkowych w wytypowanych instytucjach, samokształcenie drogą studiowania piśmiennictwa, przygotowanie pracy pogłądowej lub oryginalnej, i uczestniczenie w innych formach kształcenia zalecanych przez kierownika specjalizacji. oraz nabywanie doświadczenia w wyniku realizacji zadań praktycznych w ramach stażu podstawowego w miejscu pracy.

Plan kształcenia Moduły, kursy specjalizacyjne, staże	Liczba dni	Liczba godzin lekcyj.	Liczba godzin
<b>MODUŁ I</b>			
<b>Moduł ogólny</b>			
<b>Kursy specjalizacyjne*:</b>			
1. Podstawy anatomii i fizjologii człowieka	3	24	18
2. Podstawy radiobiologii	2	16	12
3. Wybrane zagadnienia fizyki promieniowania	4	32	24
4. Metody detekcji i dozymetrii promieniowania	3	24	18
5. Ochrona radiologiczna oraz zagadnienia prawno-administracyjne	4	32	24
6. Terapia promieniowaniem niejonizującym	1	8	6
7. Metrologia i metody analizy statystycznej	4	32	24
8. Wybrane zagadnienia informatyki medycznej	2	16	12
<b>Razem czas szkolenia w ramach modułu</b>	<b>23</b>		<b>138</b>

<b>MODUŁ II</b>			
<b>Radioterapia</b>			
<b>Kursy specjalizacyjne*:</b>			
1. Teleradioterapia: charakterystyka wiązek terapeutycznych. Przygotowanie systemów planowania leczenia do użytku klinicznego.	3	24	18
2. Teleradioterapia: planowanie leczenia techniką konformalną 3D i techniką dynamiczną	5	40	30
3. Teleradioterapia: techniki stereotaktyczne i specjalne	2	16	12
4. Teleradioterapia: dozymetria i kontrola jakości	5	40	30
5. Teleradioterapia: protonoterapia i radioterapia jonowa	1	8	6
6. Brachyterapia: planowanie leczenia	3	24	18
7. Brachyterapia: dozymetria i kontrola jakości	3	24	18
<b>Staż kierunkowe**:</b>			
1. Teleradioterapia	50		400
2. Brachyterapia	20		160
<b>Razem czas szkolenia w ramach modułu</b>	<b>92</b>		<b>692</b>
<b>MODUŁ III</b>			
<b>Diagnostyka obrazowa</b>			
<b>Kursy specjalizacyjne*:</b>			
1. Diagnostyka obrazowa: podstawy obrazowania medycznego	2	16	12
2. Diagnostyka obrazowa: diagnostyka rentgenowska	4	32	24
3. Diagnostyka obrazowa: rezonans magnetyczny	3	24	18
4. Diagnostyka obrazowa: medyczne wykorzystanie ultradźwięków, mikrofal i światła	3	24	18
5. Diagnostyka obrazowa: bioelektryczność i biomagnetyzm w medycynie	2	16	12
<b>Staż kierunkowe**:</b>			
1. Diagnostyka rentgenowska i ultrasonograficzna	15		120
2. Rezonans magnetyczny	5		40
<b>Razem czas szkolenia w ramach modułu</b>	<b>34</b>		<b>244</b>
<b>MODUŁ IV</b>			
<b>Medycyna Nuklearna</b>			
<b>Kursy specjalizacyjne*:</b>			
1. Medycyna nuklearna: diagnostyka radioizotopowa	5	40	30
2. Medycyna nuklearna: terapia radioizotopowa	3	24	18
<b>Staż kierunkowy**:</b>			
1. Medycyna nuklearna	20		160
<b>Razem czas szkolenia w ramach modułu</b>	<b>28</b>		<b>208</b>
<b>KURS JEDNOLITY</b>			
Prawo medyczne	2	16	12
<b>Podsumowanie czasu szkolenia wszystkich modułów</b>	<b>179</b>		<b>1294</b>
Podstawowy staż specjalizacyjny	<b>580</b>		<b>4640</b>
Samokształcenie	<b>18</b>		<b>144</b>
<b>Ogółem czas trwania szkolenia</b>	<b>777</b>		<b>6078</b>

Urlopy wypoczynkowe	91		
Dni ustawowo wolne od pracy	45		
<b>Ogółem</b>	<b>913</b>		

\*8 godzin lekcyjnych (po 45 min) = 1 dzień

\*\*8 godzin zegarowych (po 60 min) = 1 dzień

## 2. OKRES SZKOLENIA SPECJALIZACYJNEGO

Szkolenie specjalizacyjne trwa 3 lata i 6 miesięcy (42 miesiące) i obejmuje kształcenie teoretyczne (kursy specjalizacyjne) w wymiarze 402 godzin (536 godzin lekcyjnych) oraz kształcenie praktyczne (staże kierunkowe) w wymiarze 880 godzin. W trakcie specjalizacji kandydat powinien odbyć staż podstawowy w wymiarze 580 dni wykonywania czynności zawodowych w miejscu pracy zgodnych z programem specjalizacji (staż podstawowy wynika z zatrudnienia osoby realizującej program specjalizacji).

## 3. SZCZEGÓŁOWY ZAKRES WYMAGANEJ WIEDZY TEORETYCZNEJ I WYKAZ UMIEJĘTNOŚCI PRAKTYCZNYCH

### A. Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej będącej przedmiotem szkolenia specjalizacyjnego

*Oczekuje się, że po ukończeniu szkolenia specjalizacyjnego fizyk medyczny wykaże się przedstawiona poniżej wiedzą dotyczącą:*

- 1) zjawisk fizycznych opisujących oddziaływanie promieniowania jonizującego oraz niejonizującego z materią oraz materiałem biologicznym ze szczególnym uwzględnieniem zakresów energetycznych i rodzajów promieniowania stosowanego w medycynie;
- 2) zakresu budowy materii jej korpuskularno-falowej i promieniotwórczej natury;
- 3) budowy i działania aparatury i związanych z nią technik stosowanych w medycynie;
- 4) dziedziny detekcji i dozymetrii promieniowania;
- 5) metod obrazowania, medycyny nuklearnej i elektromedycyny (w szczególności testów dotyczących kontroli jakości: podstawowych, specjalistycznych i in.);
- 6) metod badań fizycznych parametrów związanych z bezpieczeństwem i prawidłowym funkcjonowaniem specjalistycznej aparatury z zakresu: terapii i diagnostyki;
- 7) budowy i zasad działania urządzeń wykorzystujących promieniowanie niejonizujące;
- 8) metod rejestracji i przetwarzania danych oraz modelowania matematycznego;
- 9) podstaw anatomii i fizjologii człowieka;
- 10) podstaw radiobiologii;
- 11) metod analizy statycznej;
- 12) metod zabezpieczenia przed ewentualnymi zagrożeniami związanymi z niektórymi technikami stosowanymi w medycynie;
- 13) ochrony radiologicznej pacjenta i personelu;
- 14) wybranych zagadnień prawno-administracyjnych.

## **B. Wykaz wymaganych umiejętności praktycznych będących przedmiotem szkolenia specjalizacyjnego**

*Oczekuje się, że po ukończeniu szkolenia specjalizacyjnego fizyk medyczny wykaże się umiejętnościami praktycznymi w zakresie:*

- 1) stosowania w praktyce aparatu pojęciowego, właściwej metodyki i wykorzystania aparatury (terapeutycznej, diagnostycznej, pomiarowej) w różnych działach medycyny i ochrony zdrowia w zakresie fizyki medycznej;
- 2) prowadzenia pomiarów parametrów zjawisk fizycznych (sygnałów) pochodzących od pacjenta, aparatury w celu uzyskania informacji diagnostycznych;
- 3) prowadzenia pomiarów parametrów zjawisk fizycznych umożliwiających kontrolę dawek (aktywności) podczas procesu terapii;
- 4) określania wielkości dawki (lub aktywności) i jej rozkładu (z pomocą systemów komputerowych) w ciele pacjenta;
- 5) optymalizacji obliczonych rozkładów dawek w ciele pacjenta połączonej z umiejętnością krytycznej oceny dawek otrzymanych w wyniku stosowania różnych metod frakcjonowania;
- 6) wykonywania i interpretacji testów podstawowych i specjalistycznych dotyczących bezpieczeństwa i jakości w funkcjonowaniu specjalistycznej aparatury z zakresu radioterapii, metod obrazowania, medycyny nuklearnej i elektromedycyny;
- 7) konfigurowania algorytmów programów komputerowych dedykowanych do diagnostyki i terapii;
- 8) analizy biologicznych skutków dawek z uwzględnieniem modeli oddziaływań radiobiologicznych;
- 9) analizy dawek w ciele pacjenta związanych z technikami radioterapeutycznymi, metodami obrazowania i medycyny nuklearnej pod kątem narażenia pacjenta z uwzględnieniem aspektów populacyjnych;
- 10) ochrony przed szkodliwymi czynnikami w medycynie, w szczególności przed niepożądanym działaniem promieniowania jonizującego;
- 11) wprowadzania elementów systemu zapewnienia jakości, zarządzania ryzykiem, zapobiegania i analizy zdarzeń niepożądanych;
- 12) przygotowania zakładów fizyki medycznej, laboratoriów badawczych lub pomiarowych do certyfikacji lub akredytacji;
- 13) przygotowania i udziału w audytach klinicznych;
- 14) przygotowania ekspertyz;
- 15) nadzoru nad szkoleniem podyplomowym w dziedzinie fizyki medycznej;
- 16) planowania i realizacji eksperymentów.

## **4. MODUŁY SZKOLENIA SPECJALIZACYJNEGO ORAZ FORMY I METODY KSZTAŁCENIA STOSOWANE W RAMACH MODUŁÓW**

### **MODUŁ I**

#### **Moduł ogólny**

##### **Cele modułu:**

Celem kształcenia specjalizacyjnego w ramach „Modułu ogólnego” jest przygotowanie specjalistycznej kadry fizyków do pracy w jednostkach ochrony zdrowia. Celem jest przekazanie wiedzy z zakresu anatomii i fizjologii człowieka, radiobiologii, fizyki promieniowania, metod detekcji i dozymetrii promieniowania, ochrony radiologicznej, zagadnień prawn-administracyjnych, metrologii i metod analizy statystycznej

oraz wybranych zagadnień informatyki medycznej. W wyniku kształcenia specjalizacyjnego fizycy medyczni zatrudnieni w jednostkach ochrony zdrowia winni być przygotowani do pełnienia roli partnerów kadry medycznej posiadać informacje na temat wpływu promieniowania jonizującego na organizm pacjenta i rozumieć zagrożenia wynikające z jego stosowania. Pozyskana wiedza powinna umożliwić osobom specjalizującym się w dziedzinie fizyki medycznej pracę w jednostkach ochrony zdrowia realizujących procedury diagnostyczne i terapeutyczne.

Moduł realizowany jest w formie ośmiu kursów specjalizacyjnych.

## 1. Kurs specjalizacyjny: „Podstawy anatomii i fizjologii człowieka”

### Cel kursu:

Celem kursu „Podstawy anatomii i fizjologii człowieka” jest uporządkowanie i uzupełnienie wiedzy osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w zakresie podstaw anatomii i fizjologii człowieka. Fizyk medyczny powinien być przygotowany do posługiwania się prawidłową terminologią i posiadać wiedzę z zakresu topografii anatomicznej celem rozpoznawania struktur na obrazach tomograficznych i rozumieć procesy fizjologiczne i patofizjologiczne zachodzące w organizmie człowieka w zakresie niezbędnym w procesie diagnostyki i terapii. Pozyskana wiedza umożliwi fizykom medycznym posługiwanie się terminologią umożliwiającą kontakt z kadrą medyczną, zwłaszcza lekarzami.

### Zakres wiedzy teoretycznej:

Cele kursu „Podstawy anatomii i fizjologii człowieka” realizowane są poprzez następujące wykłady:

- 1) Podstawy biologii komórki i organizmów wyższych. (2 godz.).

*Komórka –podstawowa jednostka strukturalna i funkcjonalna organizmu, charakterystyka organelli komórkowych. Tkanka -od tkanki do organizmu, budowa i funkcje tkanek człowieka. Narządy i układy narządów. Części ciała i okolice. Płaszczyzny, osie i linie ciała ludzkiego. Organizm człowieka jako system biologiczny zintegrowanych strukturalnie i czynnościowo narządów i ich układów. Krew.*

- 2) Podstawy anatomii, fizjologii i patofizjologii poszczególnych układów człowieka:

- a) Układ nerwowy. (2 godz.),

*Tkanka nerwowa. Budowa i czynność neuronu. Definicja i rodzaje dróg nerwowych. Układ nerwowy ośrodkowy (mózgowie i rdzeń kręgowy) i obwodowy (nerwy czaszkowe i rdzeniowe). Czynnościowa klasyfikacja neuronów. Podział rozwojowy i topograficzny układu nerwowego. Nerwy czaszkowe i nerwy rdzeniowe. Ruch – ośrodki mózgowie, drogi nerwowe i włókna somatyczne. Odruchy mięśniowe i ruchy dowolne. Czucie i percepcja – czucie somatyczne (receptory skórne i mięśniowe), czucie głębokie, telerecepcja, narządy zmysłów (oko, ucho, węch, smak, równowaga). Budowa i czynność układu autonomicznego – układ współczulny i przywspółczulny, integracja nerwowo-hormonalna. Podstawy anatomii: ośrodkowego układu nerwowego.*

- b) Układ krwionośny i oddechowy. (2 godz.),

*Serce i naczynia krwionośne, krążenie ustrojowe, krążenie płucne, krążenie wieńcowe, krążenie wrotne, skład krwi. Drogi oddechowe i płuca, oddychanie płucne, oddychanie tkankowe, mechanizm oddychania, wymiana i transport gazów. Podstawy anatomii klatki piersiowej (płuca, przetyk, serce i duże naczynia).*

- c) Układ limfatyczny. (2 godz.),  
*Centralne i obwodowe narządy limfatyczne (szpik kostny, grasica, węzły chłonne, grudki chłonne, śledziona), naczynia limfatyczne, skład limfy, tkanka limfatyczna błon śluzowych. Podstawy anatomii układu naczyniowego i chłonnego.*
  - d) Układ pokarmowy. (1 godz.),  
*Przewód pokarmowy i wyspecjalizowane narządy trawienne (gruczoły ślinowe, wątroba, trzustka), trawienie pokarmu, przemiana materii i energii. Podstawy anatomii przewodu pokarmowego (żołądek, dwunastnica, wątroba, drogi żółciowe, trzustka, jelita).*
  - e) Układ moczowy. (2 godz.),  
*Rozwój narządów moczowych, narządy moczowe: nerki, drogi wyprowadzające mocz. Podstawy anatomii układu moczowego.*
  - f) Układ płciowy. (1 godz.),  
*Rozwój narządów płciowych; narządy płciowe męskie, narządy płciowe żeńskie. Podstawy anatomii układu żeńskich i męskich narządów płciowych.*
  - g) Układ kostno-mięśniowy i skórny. (2 godz.),  
*Szkielet człowieka – funkcja. Podział i budowa kości; Szkielet osiowy: kręgosłup, czaszka, klatka piersiowa, kończyna górna, kończyna dolna, miednica (różnice w budowie u kobiet i mężczyzn). Budowa i podział połączeń kości, więzadła. Układ mięśniowy i skóra anatomia i funkcja: naskórek i twory naskórka, skóra właściwa, utkanie podskórne. Tkanki łączne: właściwa, kostna, chrzęstna, tłuszczowa. Podstawy anatomii układu kostno-mięśniowego.*
- 3) Specyfika anatomii dzieci. (1 godz.).  
*Anatomia, fizjologia i patofizjologia układów u dzieci.*
  - 4) Anatomia radiologiczna w obrazowaniu medycznym. (4 godz.).  
*Układ nerwowy, region głowy i szyi, klatki piersiowej, gruczołów piersiowych, przewodu pokarmowego, układu moczowego, żeńskich i męskich narządów płciowych, układ: kostno-mięśniowy, naczyniowy i chłonny.*
  - 5) Choroby nowotworowe. (3 godz.).  
*Przyczyny, objawy i leczenie: białaczek, chłoniaków, czerniaków, szpiczaka, mięsaków, nowotwory nabłonkowe narządów głowy i szyi, nowotwory ośrodkowego układu nerwowego, nowotwory złośliwe płuca i opłucnej, nowotwory układu pokarmowego, rak piersi, nowotwory kobiecego układu płciowego, nowotwory układu moczowo-płciowego, nowotwory układu wewnątrzwydzielniczego, przerzutów nowotworowych.*
  - 6) Zaliczenie kursu. (2 godz.).  
*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Podstawy anatomii i fizjologii człowieka” obejmującego głównie wiadomości teoretyczne, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) posiadać wiedzę w zakresie podstaw anatomii poszczególnych układów człowieka;
- 2) posiadać wiedzę i rozumieć procesy fizjologiczne i patofizjologiczne zachodzące w organizmie człowieka;
- 3) posiadać wiedzę na temat specyfiki anatomii u dzieci;
- 4) rozpoznawać struktury anatomiczne na obrazach tomograficznych;
- 5) posiadać wiedzę na temat przyczyn, objawów i leczenia chorób nowotworowych.

### **Czas trwania kursu:**

24 godziny lekcyjne = 18 godzin (3 dni).



### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## **2. Kurs specjalizacyjny: „Podstawy radiobiologii”**

### **Cel kursu:**

Celem kursu „Podstawy radiobiologii” jest uporządkowanie i uzupełnienie wiedzy osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w zakresie podstaw radiobiologii. Podstawowym celem kursu jest zapoznanie uczestnika z oddziaływaniem promieniowania jonizującego na organizmy żywe na poziomie makroskopowym (odpowiedź narządów i tkanek) i molekularnym (uszkodzenia DNA).

Kształcenie w ramach kursu „Podstawy radiobiologii” zaleca się rozpocząć po zaliczeniu kursu „Podstawy anatomii i fizjologii człowieka”, w szczególności wykładu: Podstawy biologii komórki i organizmów wyższych.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Podstawy radiobiologii” realizowane są poprzez następujące wykłady:

- 1) Oddziaływanie promieniowania jonizującego na organizmy żywe. (2 godz.).  
*Promieniowrażliwość w cyklu komórkowym. Rodzaje śmierci komórkowej ze szczególnym uwzględnieniem katastrofy mitotycznej. Typy uszkodzeń DNA. Ogólne informacje dotyczące mechanizmów naprawy DNA.*
- 2) Modele wzrostu guza nowotworowego i odpowiedź na promieniowanie jonizujące. (1 godz.).  
*Pojęcie przeżywalności komórek – test klonogeny. Pomiary rozmiaru i tempa wzrostu guza. Wzrost wykładniczy i niewykładniczy. Frakcja komórek proliferujących i czas trwania cyklu komórkowego komórek w guzie. Potencjalny czas podwojenia i utrata komórek. Czynniki wpływające na lokalną kontrolę nowotworu: naprawa, redystrybucja, repopulacja, reoksygenacja. Regresja i opóźnienie wzrostu guza. Objętość guza.*
- 3) Odpowiedź na promieniowanie jonizujące w tkankach prawidłowych – wpływ czynnika czasu. (2 godz.).  
*Zależność od budowy tkanek – tkanki elastyczne i hierarchiczne. Wczesne efekty radioterapii: zmiana funkcjonalności i deplecja komórek. Efekty chroniczne związane z uszkodzeniem naczyń krwionośnych, komórek endotelialnych, fibroblastów. Utrata asymetryczności. Komórki macierzyste. Nieudane podziały. Regulacja repopulacji a efekty późne.*
- 4) Liniowy współczynnik przekazywania energii (ang. linear energy transfer, LET). Czynniki wpływające na skuteczność biologiczną promieniowania jonizującego. (2 godz.).  
*Mikrodozymetria. Względna skuteczność biologiczna. Efekt tlenowy. Mikrośrodowisko nowotworu. Hipoksja a heterogenność guza. Reoksygenacja a efektywność radioterapii. Radiouczulacze. Radioprotektory. Podstawy radiochemioterapii z uwzględnieniem zwiększonej toksyczności leczenia kombinowanego.*
- 5) Modele matematyczne opisujące oddziaływanie promieniowania jonizującego na komórki ze szczególnym uwzględnieniem modelu liniowo – kwadratowego. (3 godz.).  
*Zależność odpowiedzi od dawki. Pojęcie izoejektu. Okienko terapeutyczne. Model NTCP (prawdopodobieństwo powikłań w tkankach prawidłowych). Wprowadzenie do modelu liniowo-kwadratowego. Przeżywalność komórek w oparciu o model liniowo-kwadratowy. Wielkość  $\alpha/\beta$ . Hipo- i hiperfrakcjonowanie. Pojęcie EQD<sub>2</sub>. Niecałkowita naprawa. Czynniki czasu we frakcjonowanej radioterapii – kompensacja przerw*

w leczeniu. Ograniczenie obliczeń radiobiologicznych w praktyce klinicznej. Korekta błędów.

- 6) Dozymetria biologiczna. (1 godz.).

*Definicja. Charakterystyka stosowanych metod i ich znaczenie praktyczne: test chromosomów dicentrycznych, test mikrojądrowy, test ognisk histony  $\gamma$ H2AX, analiza translokacji, przedwczesna kondensacja chromosomów (PCC), molekularne biomarkery napromienienia. Biodozymetria medyczna w oparciu o objawy kliniczne.*

- 7) Biologiczne efekty niskich dawek promieniowania jonizującego. (1 godz.).

*Niskie dawki promieniowania – definicja, stosowanie. Mechanizm odpowiadający za efekt mocy dawki. Wpływ mocy dawki na przeżywalność komórek. Efekt mocy dawki w tkankach prawidłowych. Porównanie efektu radioterapii frakcjonowanej i „ciągłej” radioterapią niską mocą dawki (tzw. inverse dose-rate effect). Radiobiologiczne podstawy brachyterapii.*

- 8) Czynniki molekularne wzmacniające odpowiedź nowotworu na promieniowanie jonizujące oraz modyfikujące reakcję tkanek zdrowych. (2 godz.).

*Wskazania do stosowania radioimmunoterapii. Metody oceny przydatności leków celowanych w radioterapii. Terapie celowane i przerzuty odległe. Efekt abskopalny. Inhibitory białek punktu kontrolnego cyklu komórkowego. Czynniki zmieniające poziom utlenowania tkanek prawidłowych. Zastosowanie czynników wzrostu. Leczenie przeciwzapalne. Modulowanie aktywności makrofagów. Terapia za pomocą komórek macierzystych.*

- 9) Biologiczne podstawy terapii promieniowaniem o wysokim liniowym współczynniku przekazywania energii (ang. linear energy transfer, LET) (1 godz.).

*Charakterystyka biologiczna promieniowania o wysokim LET. Radiobiologia protonoterapii i terapii ciężkimi jonami.*

- 10) Zaliczenie kursu. (1 godz.).

*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Podstawy radiobiologii” obejmującego głównie wiadomości teoretyczne, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) posiadać podstawowe wiadomości z zakresu wpływu promieniowania jonizującego na organizm żywy;
- 2) umieć stosować wiedzę na temat dozymetrii biologicznej i znać jej ograniczenia;
- 3) posiadać umiejętność posługiwania się modelem liniowo-kwadratowym w radioterapii, znać jego ograniczenia;
- 4) być przygotowanym do włączenia się w badania prowadzone z wykorzystaniem promieniowania jonizującego.

### **Czas trwania kursu:**

16 godzin lekcyjnych = 12 godzin (2 dni).

### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## **3. Kurs specjalizacyjny: „Wybrane zagadnienia fizyki promieniowania”**

### **Cel kursu:**

Celem kursu „Wybrane zagadnienia fizyki promieniowania” jest uporządkowanie i uzupełnienie wiedzy na temat fizyki promieniowania. Celem jest zbudowanie wiedzy osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z zakresu budowy materii, jej korpuskularno-falowej i promieniotwórczej natury. Osoba realizująca szkolenie

specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej powinna posiadać bogatą wiedzę nt. fizyki promieniowania, budowy materii, umieć wykonywać obliczenia osłabienia promieniowania w różnych materiałach. Znakomicie orientować się w pojęciach rozpadów i promieniotwórczości. Być ekspertem z zakresu mikro materii. Znać fizyczne podstawy ochrony przed promieniowaniem, zarówno wiązek pierwotnych jak i rozproszonych, wygenerowanych neutronów. Absolwent kursu powinien mieć wysoką świadomość nt. oddziaływań promieniowania z materią. Pozyskana wiedza z zakresu podstaw fizyki ma umożliwić fizykom medycznym posługiwanie się prawidłową terminologią i pełne zrozumienie zjawisk fizycznych na wszystkich etapach realizacji procedur diagnostycznych i terapeutycznych.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Wybrane zagadnienia fizyki promieniowania” realizowane są poprzez następujące wykłady:

- 1) Wybrane zagadnienia analizy matematycznej. (4 godz.).  
*Podstawy rachunku różniczkowego, pojęcie, równań różniczkowych. Analiza zmienności funkcji. Podstawy całkowania.*
- 2) Budowa materii. (4 godz.).  
*Atomy, cząsteczki, cząstki elementarne. Rodzaje oddziaływań i klasy cząstek elementarnych. Cząstki i antycząstki. Izospin. Cząstki dziwne. Niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych. Neutrino. Systematyka cząstek elementarnych. Kwarki. Metody rejestracji cząstek elementarnych. Promieniowanie kosmiczne.*
- 3) Jądro atomowe. (3 godz.).  
*Rys historyczny odkryć. Skład i charakterystyka jądra atomowego. Masa i energia wiązania jądra. Obliczenia energii wiązania. Modele jądra atomowego, rozmiary micromaterii. Siły jądrowe.*
- 4) Promieniotwórczość. Reakcje jądrowe. (3 godz.).  
*Rozszczepienie jąder. Reakcje termojądrowe. Naturalna i sztuczna promieniotwórczość. Izotopy, izobary. Charakterystyka izotopów stosowanych w medycynie. Schematyczne zapisy reakcji jądrowych. Zasada zachowania liczby barionowej. Produkcja sztucznych izotopów stosowanych w medycynie.*
- 5) Rozpad promieniotwórczy. (3 godz.).  
*Rys historyczny odkryć. Wielkości fizyczne i ich jednostki. Pojęcie aktywności, kermy, obliczenia z krzywej rozpadu. Rodziny promieniotwórcze, reakcje alfa beta w szeregach promieniotwórczych.*
- 6) Dualizm korpuskularno-falowy. (3 godz.).  
*Hipoteza de Broglie'a. Falowe własności materii. Niezwykłe własności mikrocząstek. Zasada nieoznaczoności. Równanie Schrödingera. Sens fizyczny funkcji falowej. Kwantowanie energii.*
- 7) Fotony- Rentgenowskie promieniowanie hamowania. (3 godz.).  
*Rys historyczny. Natura powstawania promieniowania z hamowanych cząstek, matematyczny zapis zjawiska. Oddziaływanie promieniowania hamowania z materią - efekt fotoelektryczny jego zastosowanie w relacji do prom RTG.*
- 8) Oddziaływanie promieniowania z ośrodkiem. (4 godz.).  
*Transport, rozpraszanie, pochłanianie. Zjawisko fotoelektryczne. Zjawisko Comptona. Kreacja par. Oddziaływania w ośrodkach w zależności od różnego składu materiału oraz w zależności od energii.*
- 9) Techniczne podstawy aparatury wytwarzającej promieniowanie jonizujące. (4 godz.).  
*Zjawiska fizyczne odpowiadające za wprowadzane rozwiązania techniczne w budowie akceleratorów, aparat RTG, urządzeń do brachyterapii, urządzeń wspomagających miernictwo dozymetryczne, zasady działania w relacji do zjawisk fizycznych.*

*Zalecenia formalne kontroli urzędów.*

10) Zaliczenie kursu. (1 godz.).

*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Wybrane zagadnienia fizyki promieniowania” obejmującego głównie wiadomości teoretyczne, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) znać strukturę materii, jej korpuskularność i falowość;
- 2) znać budowę jądra atomowego;
- 3) potrafić obliczać energię wiązania;
- 4) znać rodzaje izotopów;
- 5) sprawnie posługiwać się prawem rozpadu promieniotwórczego;
- 6) znać metody transportu dawki w środowisku pochłaniającym rozpraszającym;
- 7) orientować się w rozwiązaniach inżyniersko-konstrukcyjnych aparatury medycznej,
- 8) znać aktualne zalecenia dotyczące kontroli jakości w pracy z promieniowaniem;
- 9) pełnić rolę ekspertów w zakresie fizyki promieniowania w jednostce leczniczej.

Osoba specjalizująca się powinna potrafić wskazać jakie efekty fizyczne występują w rozwiązaniach techniczno- konstrukcyjnych aparatury medycznej.

#### **Czas trwania kursu:**

32 godziny lekcyjne = 24 godziny (4 dni).

#### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego lub dwóch zjazdów.

### **4. Kurs specjalizacyjny: „Metody detekcji i dozymetrii promieniowania”**

#### **Cel kursu:**

Celem kursu „Metody detekcji i dozymetrii promieniowania” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z podstawową wiedzą dotyczącą metod detekcji i dozymetrii promieniowania jonizującego.

#### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Metody detekcji i dozymetrii promieniowania” realizowane są poprzez następujące wykłady i ćwiczenia rachunkowe:

- 1) Opis wiązki promieniowania jonizującego: widmo promieniowania; fluencja i fluencja planarna; fluencja energii. (2 godz.).  
*Pojęcie energii promieniowania jonizującego i jednostek używanych do określania energii promieniowania jonizującego. Sposoby wytwarzania promieniowania jonizującego. Widmo liniowe i widmo ciągłe. Pojęcie fluencji i fluencji planarnej oraz fluencji energii.*
- 2) Podstawowe pojęcia używane w dozymetrii i detekcji promieniowania jonizującego. (2 godz.).  
*Omówienie pojęć: kermy, dawki, ekspozycji. Jednostki stosowane do opisu tych wielkości. Zależności pomiędzy poszczególnymi wielkościami.*
- 3) Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. (2 godz.).  
*Oddziaływania promieniowania X: efekt fotoelektryczny, efekt Comptona, efekt tworzenia par. Oddziaływanie cząstek naładowanych z materią, jonizacja i wzbudzenie atomu. Oddziaływanie neutronów z materią.*

- 4) Transport energii promieniowania jonizującego w materii. (6 godz.: wykład 3 godz., ćwiczenia.).  
*Omówienie następujących pojęć i ich jednostek: osłabienie promieniowania, teoria skalowania, równowaga elektronowa, kerma, ekspozycja, zdolność hamowania, dawka. Zdobycie umiejętności korzystania z danych liczbowych umożliwiających wykonywanie prostych obliczeń: osłabienie strumienia w funkcji odległości, obliczanie współczynników osłabienia, obliczanie osłabienia dla promieniowania o widmie liniowym i ciągłym.*
- 5) Ogólne cechy detektora promieniowania. (3 godz.).  
*Zapoznanie uczestników z pożądanymi cechami detektora i ich omówienie: odpowiedź w funkcji energii, liniowość, powtarzalność, rozdzielczość przestrzenna, rozdzielczość czasowa, inne cechy. Przedstawienie metod badania przydatności detektorów do zastosowań pomiarowych. Jak wyrażamy poszczególne cechy detektorów?*
- 6) Wzorcowanie i sprawdzanie układu pomiarowego (spójność pomiarowa). (3 godz.).  
*Zapoznanie z wzorcowaniem i sprawdzaniem układu pomiarowego. Miary niepewności pomiaru. Błąd A i B. Zapoznanie z pojęciem spójności pomiarowej. Laboratoria wzorcujące. Wymaganie stawiane laboratoriom wzorcującym. Świadectwa wzorcowania. Systemy zarządzania jakością.*
- 7) Ogólne informacje o podstawowych metodach pomiarowych. (3 godz.).  
*Ogólne omówienie podstawowych metod pomiarowych: jonizacyjnych, filmowych, scyntylacyjnych, termoluminescencyjnych, półprzewodnikowych, kalorymetrycznych, chemicznych, optycznie stymulowanej luminescencji. Zalety i wady wymienionych metod. Detektory punktowe, dwuwymiarowe i przestrzenne.*
- 8) Zaliczenie kursu. (3 godz.).  
*Forma pisemna. 1 godz. test, 2 godz. ćwiczenia rachunkowe.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Metody detekcji i dozymetrii promieniowania” obejmującego głównie wiadomości teoretyczne, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna znać:*

- 1) charakterystykę pola promieniowania jonizującego;
- 2) podstawowe pojęcia używane w dziedzinie detekcji i dozymetrii promieniowania jonizującego: kermy, dawki, ekspozycji, osłabienia promieniowania, zderzeniowej zdolności hamowania, transportu energii;
- 3) współczesne metody detekcji promieniowania;
- 4) charakterystyki stosowanych detektorów;
- 5) najważniejsze metody pomiarów dawki: jonizacyjnej, filmowej, luminescencyjnej i termoluminescencyjnej;
- 6) podział detektorów ze względu na zakres przestrzenny pomiaru;
- 7) zasady zapewnienia spójności pomiarowej.

*W wyniku realizacji programu kursu obejmującego umiejętności praktyczne uczestnik kursu powinien:*

- 1) posiadać umiejętność obliczania zadań rachunkowych z osłabienia strumienia w funkcji odległości, obliczania współczynników osłabienia, obliczania osłabienia dla promieniowania o widmie liniowym i ciągłym.

#### **Czas trwania kursu:**

24 godziny lekcyjne = 18 godzin (3 dni).

#### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## 5. Kurs specjalizacyjny: „Ochrona radiologiczna oraz zagadnienia prawno-administracyjne”

### Cel kursu:

Celem kursu „Ochrona radiologiczna oraz zagadnienia prawno-administracyjne” jest uporządkowanie i uzupełnienie wiedzy osób realizujących szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w zakresie ochrony radiologicznej oraz zagadnień prawno-organizacyjnych, audytów klinicznych, analizy ryzyka i rejestracja zdarzeń niepożądanych oraz zamówień publicznych aparatury wraz z nabyciem umiejętności opiniowania aparatury i opracowywania ekspertyz. W wyniku kształcenia specjalizacyjnego fizycy medyczni zatrudnieni w jednostkach medycznych powinni posiadać podstawowe informacje na temat ochrony radiologicznej pacjenta i personelu, posługując się odpowiednią wiedzą o regulacjach prawno-organizacyjnych wynikających z aktualnych aktów prawnych. Fizycy medyczni powinni posiadać wiedzę nt. realizacji audytów klinicznych w jednostkach medycznych. Być ekspertem z zakresu postępowania z zdarzeniami niepożądanymi i posiadać wiedzę z zakresu analizy ryzyka celem zapewniania jakości na wszystkich etapach realizacji procedur diagnostycznych i terapeutycznych. Pozyskana wiedza w temacie zamówień publicznych umożliwi fizykom medycznym przygotowanie opinii o aparaturze i opracowywanie ekspertyz.

### Zakres wiedzy teoretycznej:

Cele kursu „Ochrona radiologiczna oraz zagadnienia prawno-administracyjne” realizowane są poprzez następujące wykłady wraz z ćwiczenia praktycznymi:

- 1) Krótki zarys historyczny. (1 godz.).  
*Co to jest promieniowanie jonizujące i ochrona radiologiczna, historia, odkrycia, wykorzystywanie, ICRP, hipoteza liniowa, hormeza radiacyjna.*
- 2) Promieniowanie jonizujące. Wielkości dozymetryczne stosowane w ochronie radiologicznej i ich jednostki. (1 godz.).  
*Rodzaje promieniowania jonizującego – charakterystyka każdego oraz podziały, oddziaływanie promieniowania z materią, jonizacja, wzbudzenie, dawka pochłonięta, dawka równoważna, dawka skuteczna, współczynnik wagowy promieniowania, kerma, LET-Linear Energy transfer, negatywny i pozytywny wpływ promieniowania.*
- 3) Osłony w narażeniu na promieniowanie jonizujące - w radioterapii (teleterapii i brachyterapii), medycynie nuklearnej, radiologii zabiegowej i rentgenodiagnostyce. (1 godz.).  
*Charakterystyka i rodzaje osłon np. stałe, ruchome, indywidualne; czego dotyczą projekty osłon stałych i biologicznych - zasady opiniowania, jakie uwzględnia się parametry, normy i wymogi prawne, kto je opiniuje.*
- 4) Przyrządy dozymetryczne stosowane w ochronie radiologicznej. (1 godz.).  
*Detektory promieniowania jonizującego, komora jonizacyjna, licznik Geigera-Mullera, licznik scyntylicyjny, detektory – sondy scyntylicyjne, i aktualnie obowiązujące.*
- 5) Podstawowe zasady ochrony radiologicznej personelu i pacjentów. (2 godz.).  
*Systemy ochrony radiologicznej, licencjonowanie, nadzór, ograniczenie dawek, uzasadnianie, optymalizacja – zasada ALARA, ograniczanie narażenia, różnice płynące z specyfiki pracy i procedur (dotyczące pacjenta) w medycynie nuklearnej, radioterapii, radiologii zabiegowej oraz rentgenodiagnostyki; wymóg badań lekarskich personelu pracującego w narażeniu na promieniowanie jonizujące.*
- 6) Kategorie narażenia pracowników. Dawki graniczne promieniowania jonizującego. (1 godz.).

*Pracowników, osób z ogółu ludności; limity użytkowe dawek - zgodnie z aktualnymi wymogami prawnymi, narządy krytyczne - współczynnik wagowy narządu lub tkanki, kobiety w ciąży i karmiące – zasady pracy, kategorie pracowników - aktualne obowiązujące zgodnie Ustawą Prawo atomowe.*

- 7) Kontrola personelu i środowiska. Rodzaje dozymetrii indywidualnej i środowiskowej. Tereny nadzorowane i kontrolowane. (2 godz.).  
*Termoluminescencyjne (TLD), fotometryczne, elektroniczne i aktualnie obowiązujące, monitorowanie narażenia – personelu oraz kontrola środowiska pracy; tereny nadzorowane i kontrolowane – podział, charakterystyka, granice, znaki ostrzegawcze, tablice informacyjne, dostęp, pomiary środowiska pracy na terenach – zgodnie z aktualnymi wymogami prawnym.*
- 8) Zasady bezpiecznej pracy ze źródłami (otwartymi i zamkniętymi) promieniowania jonizującego i urządzeniami wytwarzającymi promieniowanie jonizujące w pracowniach i poza pracowniami. (1 godz.).  
*Opisać zasady/procedury jakie należy spełnić w takcie pracy ze źródłami otwartymi i zamkniętymi oraz urządzeniami wytwarzającymi promieniowanie jonizujące.*
- 9) Sytuacje awaryjne i wypadki radiacyjne. Zakładowy Plan Postępowania Awaryjnego. Skażenia wewnętrzne i zewnętrzne. (2 godz.).  
*Strefa awaryjna, opis przykładowych potencjalnych sytuacji awaryjnych, przykłady wypadków radiacyjnych, omówienie dokumentu Zakładowy Plan Postępowania Awaryjnego – zgodnie z aktualnymi zapisem prawnym; na czym polega skażenie wewnętrzne i zewnętrzne.*
- 10) Rodzaje szkoleń obowiązujących dla pracowników pracujących w narażeniu na promieniowanie jonizujące. (1 godz.).  
*Szkolenia wstępne, okresowe, szkolenie Ochrona radiologiczna Pacjenta, szkolenia na operatorów stosowanych do celów medycznych oraz urządzeń do teleradioterapii, operatorów urządzeń do brachyterapii z zainstalowanymi źródłami promieniotwórczymi - aktualne obowiązujące zgodnie wymogiem prawnym.*
- 11) Proces uzyskiwania zezwoleń/zgód. (1 godz.).  
*Wszystkie pracownie, sprzęt/aparaty oraz źródła, dotyczące prowadzenia procedur z wykorzystaniem promieniowania - zgodnie z aktualnymi wymogami prawnymi; rodzaje dokumentów i wniosków.*
- 12) Prawo Międzynarodowe Polski system prawny. Harmonizacja polskiego prawa z prawem Unii Europejskiej w zakresie bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego. Status fizyka medycznego. (2 godz.).  
*Prawo europejskie - Dyrektywy Europejskie, prawo krajowe - Ustawa Prawo atomowe i Rozporządzenia wykonawcze; umowy międzynarodowe w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, status fizyka medycznego - sytuacja w Polsce - regulacje prawne oraz system szkoleń, specjalizacji.*
- 13) Regulacje prawne dotyczące stosowania w medycynie promieniowania jonizujące. (3 godz.).  
*Aktualne i obecnie obowiązujące rozporządzenia Rady Ministrów oraz Ministra Zdrowia dotyczące stosowania promieniowania jonizującego.*
- 14) Regulacje prawne dotyczące procedur medycznych. (1 godz.).  
*Aktualne rozporządzenia Ministra Zdrowia dotyczące wzorcowych procedur radiologicznych z zakresu radiologii – diagnostyki obrazowej i radiologii zabiegowej, z zakresu medycyny nuklearnej, z zakresu radioterapii onkologicznej.*
- 15) Audyty kliniczne. (4 godz.).  
*Systemy audytów klinicznych. Podmioty zaangażowane w proces audytu klinicznego. Cel, zakres i podstawowe założenia audytu klinicznego (wewnętrznego*

*i zewnętrznego). Podstawowe zasady audytowania. Skład zespołu audytorskiego. Odpowiedzialności i role podczas audytu. Dokumentacja audytu klinicznego. Procedura audytu klinicznego: cel procedury, podmioty objęte procedurą, terminologia, kwalifikacja, przebieg realizacji. Działania zapobiegawcze, korekcyjne i korygujące. Kryteria oceny audytu klinicznego w poszczególnych jednostkach medycznych obejmujących diagnostykę i terapię. Harmonogram audytów klinicznych. Nabycie umiejętności praktycznej realizacji audytu klinicznego poprzez przygotowanie dokumentacji audytowej.*

- 16) Analiza ryzyka. (4 godz.: wykład 2 godz., ćwiczenia 2 godz.).  
*Obecnie obowiązujące regulacje i normy prawne krajowe i międzynarodowe dotyczące zarządzania ryzykiem. Zarządzanie ryzykiem: definicje, terminologia, zadania i cele zarządzania ryzykiem. Metody oceny ryzyka i narzędzia analizy ryzyka. Proaktywna ocena ryzyka jej założenia wraz z omówieniem dedykowanych narzędzi do analizy ryzyka. Reaktywna analiza zdarzeń jej założenia wraz z omówieniem dedykowanych narzędzi do analizy ryzyka. Zalecenia dotyczące oceny ryzyka dla jednostek medycznych. Nabycie umiejętności praktycznego wykorzystania narzędzi do analizy ryzyka: Analiza rodzajów i skutków możliwych błędów, Macierz Ryzyka, Drzewo zdarzeń, Drzewo błędów, Analiza 5 Why, i innych dedykowanych narzędzi.*
- 17) Rejestracji zdarzeń niepożądanych. (2 godz.).  
*Obecnie obowiązujące regulacje i normy prawne krajowe i międzynarodowe dotyczące rejestracji zdarzeń niepożądanych. Definicja zdarzeń niepożądanych i stosowana terminologia. Klasyfikacja i raportowanie zdarzeń niepożądanych. Omówienie europejskich systemów rejestracji zdarzeń niepożądanych: ROSIS, SAFRON, PRISMA i obecnie funkcjonujących. Zalecenia i nauka na przyszłość wypływająca z wykorzystania systemów rejestracji zdarzeń niepożądanych. Nabycie umiejętności praktycznego wykorzystania systemów rejestracji zdarzeń niepożądanych oraz klasyfikacji zdarzeń niepożądanych.*
- 18) Zamówienia publiczne aparatury oraz opiniowanie aparatury, opracowywanie ekspertyzy. (1 godz.).  
*Regulacje prawne dotyczące zamówień publicznych, zasady przygotowywania parametrów technicznych wnioskowanej aparatury, zasady i wytyczne opiniowania aparatury, przygotowywania ekspertyz, praktyczna realizacja procesu przygotowania dokumentacji.*
- 19) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Ochrona radiologiczna oraz zagadnienia prawno-administracyjne” obejmującego głównie wiadomości teoretyczne, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) posiadać podstawowy zasób wiadomości z zakresu ochrony radiologicznej;
- 2) znać, rozumieć i stosować wszystkie zasady dotyczące ochrony radiologicznej dla pracowników i pacjentów;
- 3) znać zagrożenia płynące ze stosowania promieniowania jonizującego w medycynie;
- 4) znać najpoważniejsze wypadki radiacyjne i wyciągać na ich podstawie lekcje na przyszłość;
- 5) posiadać wiedzę i umiejętności postępowania w przypadkach zdarzeń radiacyjnych;
- 6) posiadać wiedzę na temat pracy ze źródłami promieniowania jonizującego i urządzeniami wytwarzającymi promieniowanie jonizujące;
- 7) rozumieć istotę dawek granicznych;



- 8) posiadać wiedzę i praktyczne umiejętności postępowania w przypadku skażeń zewnętrznych i wewnętrznych;
- 9) znać akty prawne dotyczące bezpiecznego stosowania czynników fizycznych, w szczególności promieniowania jonizującego w medycynie;
- 10) znać akty prawne dotyczące statusu, obowiązków i uprawnień fizyków medycznych;
- 11) umieć przygotowywać schematy organizacyjne, regulaminy pracy, technologiczne instrukcje pracy, protokoły itp.;
- 12) być przygotowanym realizacji i opracowywania audytu klinicznego;
- 13) być przygotowanym do opracowania i pracy z narzędziami oceny ryzyka w jednostkach medycznych;
- 14) umieć przeprowadzić analizę i ocenę ryzyka i posługiwać się odpowiedni narzędziami analizy ryzyka,
- 15) znać systemy rejestracji zdarzeń niepożądanych;
- 16) posiadać umiejętność przygotowania dokumentacji dotyczącej zamówień publicznych aparatury medycznej wykorzystywanej w diagnostyce i terapii oraz opiniować aparaturę i przygotowywać ekspertyzy.

**Czas trwania kursu:**

32 godziny lekcyjne = 24 godziny (4 dni).

**Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego zaliczany w trakcie jednego lub dwóch zjazdów.

## **6. Kurs specjalizacyjny: „Terapia promieniowaniem niejonizującym”**

**Cel kursu:**

Celem kursu „Terapia promieniowaniem niejonizującym” jest uporządkowanie i uzupełnienie wiedzy osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w zakresie terapii promieniowaniem niejonizującym. Fizyk medyczny powinien być przygotowany do posługiwania się ogólnymi zagadnieniami związanymi z promieniowaniem niejonizującym i z jego klinicznym zastosowaniem. Powinien posiadać wiedzę nt. budowy i zasad działania urządzeń terapeutycznych wykorzystujących promieniowanie niejonizujące i oddziaływań bezpośrednich i pośrednich promieniowania z tkanką żywą. Kurs umożliwi zdobycie umiejętności realizacji dozymetrii terapii promieniowaniem niejonizującym i wykonywania pomiarów wielkości związanych z kontrolą jakości oraz nadzorem nad wyposażeniem kontrolno-pomiarowym. Fizyk medyczny powinien znać obowiązujące regulacje prawne dotyczące stosowania promieniowania niejonizującego.

**Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Terapia promieniowaniem niejonizującym” realizowane są poprzez następujące wykłady połączone z pokazami:

- 1) Światłolecznictwo. (1 godz.):
  - a) Promieniowanie nadfioletowe – UV (ultra-violet).  
*Skład promieniowania nadfioletowego, sztuczne źródła promieniowania UV, działanie biologiczne UV, wskazania i przeciwwskazania.*
  - b) Promieniowanie podczerwone – IR (infra-red, infra-rouge).  
*Skład promieniowania podczerwonego, sztuczne źródła promieniowania IR, filtry, lampy i urządzenia do naświetlań, działanie biologiczne IR, naświetlanie miejscowe, naświetlanie ogólne, wskazania i przeciwwskazania.*

- c) Światło spolaryzowane i fototerapia.  
*Działanie lecznicze, przeciwwskazania.*
- 2) Laseroterapia (1 godz.).  
*Rodzaje laserów medycznych i ich budowa, cechy promieniowania laserowego, zastosowanie laserów w terapii, dawkowanie energii, techniki wykonywania laseroterapii przezskórnej, działanie biologiczne, ogólne zalecenia do stosowania laseroterapii, wskazania i przeciwwskazania.*
- 3) Prądy. (2 godz.):
  - a) Podstawy fizyczne elektryzacji.  
*Prąd elektryczny, prąd stały (galwaniczny), procesy elektrochemiczne, procesy elektrokinetyczne i elektrotermiczne, wpływ prądu stałego na nerwy, mięśnie i naczynia krwionośne, prąd zmienny (przemienny, podstawy elektrostymulacji, charakterystyka impulsów, ogólne zasady elektrostymulacji.*
  - b) Prądy małej częstotliwości do 1000 Hz.  
*Prądy diadynamiczne Bernarda (DD), rodzaje prądów DD, działanie lecznicze prądów DD, wykonanie zabiegów diadynamicznych, wskazania i przeciwwskazania, prąd neofaradyczny, prąd impulsowy, prąd wysokonapięciowy (HVS), elektrostymulacja czynnościowa (FES, przezskórna stymulacja elektryczna nerwów TENS, prąd mikroamperowy (MES), działanie biologiczne, elektrostymulacja prądem mikroamperowy, wskazania i przeciwwskazania.*
  - c) Prądy średniej częstotliwości od 1000 Hz do 10000 Hz.  
*Prądy interferencyjne Nemeca, prądy stereointerferencyjne, prądy Kotza, terapia wysokotonowa, terapia energotonów.*
  - d) Prądy wielkiej częstotliwości 300 kHz - 5000 MHz.  
*Powstawanie ciepła pod wpływem fal elektromagnetycznych wielkiej częstotliwości, diatermia krótkofalowa, diatermia impulsowa, diatermia mikrofalowa.*
- 4) Lecznicze zastosowanie pól magnetycznych (1 godz.).  
*Magnetyzm, działanie biologiczne pola magnetycznego, stałe pole magnetyczne, magnetoterapia, działanie lecznicze, podstawowe parametry zabiegowe, magnetostymulacja, wskazania i przeciwwskazania do leczenia polem magnetycznym.*
- 5) Ultradźwięki. (0,5 godz.).  
*Właściwości fizyczne ultradźwięków, wytwarzanie ultradźwięków, działanie biologiczne ultradźwięków, zastosowanie lecznicze ultradźwięków, wskazania i przeciwwskazania, ultrafonoforeza.*
- 6) Hipertermia i zastosowanie niskich temperatur w terapii. (1 godz.).  
*Odczuwalność temperatury, termoregulacja fizyczna, wpływ zabiegów cieplnych na tkanki i narządy również podczas radioterapii, przewodnictwo cieplne tkanek, wskazania i przeciwwskazania.*
- 7) Regulacje prawne dotyczące wykorzystania promieniowania niejonizującego i aparatury emitującej promieniowanie niejonizujące w lecznictwie. (0,5 godz.).  
*Omówienie stosowanej aparatury emitującej promieniowanie niejonizujące, sposobów kontroli poprawności działania, obowiązujące akty prawne regulujące bezpieczne stosowanie promieniowanie niejonizującego w terapii.*
- 8) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Terapia promieniowaniem niejonizującym” obejmującego głównie wiadomości teoretyczne, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:

- 1) znać podstawy fizyczne i biologiczne oddziaływania poszczególnych zakresów widma promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego z organizmem żywym;
- 2) znać możliwości wykorzystania promieniowania niejonizującego w terapii.

### **Czas trwania kursu:**

8 godzin lekcyjnych = 6 godzin (1 dzień).

### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## **7. Kurs specjalizacyjny: „Metrologia i metody analizy statystycznej”**

### **Cel kursu:**

Celem kształcenia specjalizacyjnego w ramach kursu „Metrologia i metody analizy statystycznej” jest uporządkowanie i uzupełnienie wiedzy osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w zakresie metrologii i metod analizy statystycznej. Fizyk medyczny powinien być przegotowany do opracowywania danych pomiarowych, modelowania danych statystycznych i podejmowania decyzji z uwzględnieniem narzędzi statystycznych. Kurs umożliwi zdobycie umiejętności analizy krzywych przeżywalności, przygotowywania i czytania publikacji.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Metrologia i metody analizy statystycznej” realizowane są poprzez następujące wykłady:

- 1) Elementy rachunku prawdopodobieństwa. (2 godz.).  
*Kombinatoryka. Klasyczna definicja prawdopodobieństwa. Prawdopodobieństwo warunkowe i niezależność zdarzeń. Prawdopodobieństwo całkowite i twierdzenie Bayesa.*
- 2) Rozkłady zmiennych losowych. (2 godz.).  
*Definicja zmiennej losowej. Zmienne losowe dyskretne i ciągłe. Funkcje zmiennej losowej: wartość oczekiwana, wariancja, momenty zmiennej losowej, gęstość zmiennej losowej, dystrybuanta zmiennej losowej.*
- 3) Populacja generalna i próba. (2 godz.).  
*Definicja populacji generalnej i próby. Losowanie próby. Generowanie liczb losowych. Twierdzenie graniczne.*
- 4) Podstawowe rozkłady zmiennej losowej. (2 godz.).  
*Rozkład normalny, dwumianowy, Poissona, jednostajny.*
- 5) Estymacja statystyczna i rozkład z próby. (4 godz.).  
*Estymacja punktowa, rozkład  $\chi^2$ , Studenta, Snedecora. Estymacja przedziałowa wartości oczekiwanej, wariancji i odchylenia standardowego.*
- 6) Wprowadzenie do teorii testów (1 godz.).  
*Hipoteza statystyczna, testy parametryczne i nieparametryczne.*
- 7) Weryfikacja parametrycznych hipotez statystycznych. (5 godz.).  
*Wnioskowanie dotyczące wartości oczekiwanej, wariancji i odchylenia standardowego, różnicy wartości oczekiwanych. Frakcja jako przedmiot statystyki matematycznej.*
- 8) Testy normalności. (2 godz.).

*Ważność rozkładu normalnego. Test Kołmogorowa-Smirnowa, Shapiro-Wilka.*

- 9) Testy zgodności. (1 godz.).  
*Weryfikacja hipotez dotyczących typu rozkładu (test  $\chi^2$ ).*
- 10) Przygotowanie eksperymentu naukowego związanego z elementami pomiarowymi. (1 godz.).  
*Obiektywność, powtarzalność oraz optymalizacja pomiarów. Wrażliwość metody badawczej, precyzja, rzetelność, obiektywność. Przygotowanie pomiarów wielkości mierzonych bezpośrednio.*
- 11) Analiza danych pomiarowych (5 godz.).  
*Przygotowanie i prezentacja danych. Rachunek błędów. Analiza wariancji.*
- 12) Dopasowanie funkcji do danych pomiarowych. (2 godz.).  
*Metoda najmniejszych kwadratów. Analiza korelacji i regresji.*
- 13) Elementy statystyki w medycynie. (2 godz.).  
*Krzywe przeżywalności, analiza Kaplana-Meiera.*
- 14) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Metrologia i metody analizy statystycznej” obejmującego wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna wykazać się umiejętnościami:

- 1) wykonywania podstawowych testów parametrycznych i nieparametrycznych;
- 2) prawidłowego przygotowania eksperymentu pomiarowego;
- 3) wyznaczania niepewności pomiarowej;
- 4) dopasowania funkcji do danych pomiarowych;
- 5) wykreślenia krzywej przeżywalności;
- 6) prezentowania wyników pomiarów.

### **Czas trwania kursu:**

32 godziny lekcyjne = 24 godziny (4 dni).

### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego lub dwóch zjazdów.

## **8. Kurs specjalizacyjny: „Wybrane zagadnienia informatyki medycznej”**

### **Cel kursu:**

Celem kursu „Wybrane zagadnienia informatyki medycznej” jest uporządkowanie i uzupełnienie wiedzy osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w zakresie wybranych zagadnień informatyki medycznej. W wyniku kształcenia specjalizacyjnego fizycy medyczni zatrudnieni w jednostkach medycznych winni posiadać wiedzę z zakresu informatyki medycznej. Pozyskana wiedza powinna umożliwić bezpieczną pracę z danymi medycznymi w jednostkach medycznych obejmujących diagnostykę i terapię.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele modułu kursu „Wybrane zagadnienia informatyki medycznej” realizowane są poprzez następujące wykłady połączone z pokazami i ćwiczeniami praktycznymi:

- 1) Standardy elektronicznej komunikacji (np. DICOM, DICOM-RT, Ethernet, FTP, HL7). (1 godz.).  
*Standard DICOM: opis, rodzaje standardów, struktura, typy danych, lista tagów, zawartość informacyjna pliku, transmisja oraz jej rodzaje, archiwizacja obrazów medycznych.*

- 2) Szpitalne systemy informatyczne. (2 godz.).  
*HIS/RIS/PACS: przechowywanie oraz udostępnianie danych, ruch chorych w szpitalu, elektroniczna historia choroby pacjenta, kodowani pacjentów, serwery oraz dedykowane pomieszczenia (serwerownie).*
- 3) Systemy bazodanowe i administracyjne w radioterapii. (2 godz.).  
*Systemy wykorzystywane w radioterapii do zarządzania leczeniem radioterapeutycznym.*
- 4) Bezpieczeństwo systemów informatycznych. (2 godz.).  
*Oprogramowanie antywirusowe w medycynie, ochrona danych osobowych, ochrona wizerunku pacjenta, rozporządzenie o ochronie danych osobowych - RODO w służbie zdrowia.*
- 5) Kopie bezpieczeństwa w medycynie. (1 godz.).  
*Kopia zapasowa: rodzaje kopii zapasowych, kopia pełna, kopia różnicowa, kopia przyrostowa, metody tworzenia kopii zapasowych oraz przywracania danych.*
- 6) Telemedycyna. (1 godz.).  
*Medycyna na odległość: historia, zastosowanie, wady zalety, przykłady zastosowania.*
- 7) Międzynarodowa klasyfikacja chorób nowotworowych. (1 godz.).  
*Omówienie standardu ICD 10.*
- 8) Nowe rozwiązania informatyczne w medycynie. (2 godz.).  
*Wirtualizacja systemów informatycznych, zdalny dostęp, VPN, wydajne serwery obliczeniowe, technologia GPU.*
- 9) Systemy automatycznego wspomaganie procesu terapii i diagnozowania. (3 godz.).  
*Automatyzacja w procesie radioterapii: automatyczne konturowanie pacjenta, automatyczne planowanie leczenia, jednoczasowa optymalizacja dla różnych parametrów planu leczenia, sztuczne sieci neuronowe.*
- 10) Zaliczenie kursu (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Wybrane zagadnienia informatyki medycznej” obejmującego głównie wiadomości teoretyczne, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:

- 1) posiadać i umieć się posługiwać podstawową wiedzą z zakresu informatyki medycznej;
- 2) uzyskać wiedzę o konfigurowaniu i obsłudze szpitalnych systemów informatycznych, systemów bazodanowych w jednostkach medycznych obejmujący diagnostykę i terapię;
- 3) posiadać i umieć zastosować informacje o nowych, bezpiecznych możliwościach przechowywania i udostępniania medycznych danych obrazowych;
- 4) przeprowadzać transmisję danych medycznych (w tym identyfikować serwery i konta nadawcy i odbiorcy danych);
- 5) znać międzynarodową klasyfikację chorób nowotworowych;
- 6) uzyskać ogólną wiedzę o aktualnie dostępnych rozwiązaniach informatycznych w medycynie;
- 7) znać systemy automatycznego wspomaganie procesu terapii i diagnozowania.

#### **Czas trwania kursu:**

16 godzin lekcyjnych = 12 godzin (2 dni).

#### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

**Forma zaliczenia modułu:**

Zaliczenie modułu „Modułu ogólnego” następuje w formie kolokwium z zakresu wiedzy teoretycznej i sprawdzianu umiejętności praktycznych obejmującego treści wszystkich kursów wchodzących w skład „Modułu ogólnego”.

## **MODUŁ II Radioterapia**

**Cele modułu:**

Celem kształcenia specjalizacyjnego w ramach modułu „Radioterapia” jest przygotowanie specjalistycznej kadry fizyków do pracy w jednostkach ochrony zdrowia realizujących teleradioterapię i brachyterapię. W wyniku kształcenia specjalizacyjnego fizycy medyczni powinni być przygotowani do sprawowania kontroli nad urządzeniami radioterapeutycznymi i systemami planowania leczenia tak, aby zapewnić bezpieczeństwo i wysoką jakość realizowanych procedur radioterapeutycznych. Umieć przygotować i nadzorować proces planowania leczenia z uwzględnieniem wszystkich niedokładności realizacji radioterapii. Posiadać umiejętność bezpiecznego wdrażania nowych technik oraz rozwiązywania problemów związanych z realizacją już wdrożonych. Stanować merytoryczne wsparcie w aspektach fizycznych dla kadry medycznej oraz być w stanie podejmować różnorodne decyzje dotyczące fizycznych aspektów planowania i realizacji leczenia w radioterapii. Pozyskana wiedza powinna umożliwić osobom realizującym szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej pracę w jednostkach ochrony zdrowia realizujących procedury terapeutyczne.

Moduł realizowany jest w formie siedmiu kursów specjalizacyjnych oraz dwóch staży kierunkowych.

### **1. Kurs specjalizacyjny: „Teleradioterapia: charakterystyka wiązek terapeutycznych. Przygotowanie systemów planowania leczenia do użytku klinicznego”**

**Cel kursu:**

Celem kursu „Teleradioterapia: charakterystyka wiązek terapeutycznych. Przygotowanie systemów planowania leczenia do użytku klinicznego” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z budową urządzeń terapeutycznych oraz charakterystyką wiązek promieniowania stosowanych w teleradioterapii. Przekazanie wiedzy w zakresie przygotowania systemu planowania leczenia do użytku klinicznego zarówno dla technik statycznych jak i dynamicznych oraz zrozumienia ograniczeń poszczególnych algorytmów obliczeniowych rozkładu dawki. Przekazanie umiejętności ręcznego obliczenia liczby jednostek monitorowych, pokazanie możliwości niezależnego sprawdzenia obliczeń systemu planowania leczenia. Przekazanie podstawowej wiedzy dotyczącej symulacji metodami Monte Carlo w radioterapii.

**Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Teleradioterapia: charakterystyka wiązek terapeutycznych. Przygotowanie systemów planowania leczenia do użytku klinicznego” realizowane są poprzez następujące wykłady oraz zajęcia praktyczne:

- 1) Urządzenia do wytwarzania wiązek terapeutycznych fotonów i elektronów. (2 godz.).  
*Zasada działania: aparatu kobaltowego z uwzględnieniem współczesnego zastosowania klinicznego, akceleratorów liniowych. Zasada działania magnetronu*

- i klistronu. Powstawanie wiązek fotonów (w tym, przy użyciu lub z pominięciem filtra stożkowego), wiązek elektronowych. Omówienie budowy, elementów głowicy przyspieszacza liniowego z uwzględnieniem różnych systemów kolimujących, takich jak: kolimator wielolistkowy, binarny kolimator wielolistkowy, kolimatory kołowe.*
- 2) Budowa urządzeń obrazujących w teleradioterapii. (1 godz.).  
*Omówienie dostępnych urządzeń wykorzystywanych do obrazowania z zastosowaniem promieniowania kilowoltowego i megawoltowego. Omówienie systemów obrazowania 2D i 3D. Kontrola jakości obrazu oraz geometrycznej dokładności systemów obrazujących. Dawki otrzymaniwane w radioterapii w wyniku obrazowania.*
  - 3) Charakterystyka wiązek fotonowych i elektronowych. (2 godz.).  
*Procentowa dawka głęboka (PDG), jej obszary oraz fizyczne podstawy ich powstawania. Zależność od energii, wielkości pola i odległości pomiędzy źródłem promieniowania, a powierzchnią napromienianego obiektu (SSD). Profil wiązki, jego obszary oraz fizyczne postawy ich powstawania. Rodzaje półcienia i jego zmiana z głębokością, energią i SSD. Moc dawki. Izodozy.*
  - 4) Modyfikatory rozkładu dawki i kształtu pola oraz ich wpływ na jakość wiązki promieniowania. (1 godz.).  
*Oslony, kolimator wielolistkowy, kolimator kołowy, filtr klinowy: mechaniczny, dynamiczny i efektywny, bolus, kompensator. Wpływ na procentową dawkę głęboką i profil wiązki.*
  - 5) Współczynniki rozpraszania TAR i TPR oraz współczynniki korekcji. (1 godz.)  
*TAR definicja i związek z PDG, TPR definicja i związek z PDG. Nieregularny kształt pola, ukośne wejście wiązki, odległość SSD, obecność osłon.*
  - 6) Algorytmy obliczeniowe w systemach planowania leczenia. (2 godz.).  
*Korekcje na niejednorodność ośrodka: metoda TAR, metoda Batho, metoda przesunięcia izodoz. Algorytmy obliczeniowe: Pencil Beam Convolution, Collapsed Cone Convolution, Anisotropic Analytical Algorithm, Monte Carlo i nowsze dostępne. Rozkład dawki na granicy ośrodków o różnej gęstości. Wielkość półcienia w zależności od energii promieniowania i gęstości ośrodka.*
  - 7) Ćwiczenia z obliczenia liczby jednostek monitorowych dla wiązek fotonowych i elektronowych w prostych sytuacjach geometrycznych i z nieregularnymi polami. (4 godz.).
  - 8) Ćwiczenia z obliczenia poprawki na niejednorodność ośrodka dla wiązek fotonów. (2 godz.).
  - 9) Przygotowanie i kontrola jakości modelu obliczeniowego w systemie planowania leczenia w technikach 3D konformalnych. Przygotowanie systemu planowania leczenia do napromieniania technikami dynamicznymi. (4 godz.).  
*Podstawowe dane wprowadzane do systemu planowania leczenia dla wiązki fotonowej i elektronowej. Testy krzywej konwersji. Metody weryfikacji wprowadzonych danych. Testy dokładności obliczeń. Ewaluacja metodą gamma (ang. gamma evaluation). Zakresy tolerancji w ośrodku jednorodnym i niejednorodnym w różnych obszarach dawki. Modelowanie wielkości źródła. Omówienie wpływu parametrów systemów kolimujących, na obliczenia rozkładu dawki w systemie planowania leczenia w technikach statycznych i dynamicznych. Metody ich pomiaru oraz weryfikacja obliczeń.*
  - 10) Niezależna weryfikacja obliczenia jednostek monitorowych. (1 godz.).  
*Przegląd stosowanych rozwiązań i systemów dla technik statycznych i dynamicznych. Zakresy tolerancji.*
  - 11) Podstawy symulacji Monte Carlo. (2 godz.).  
*Fizyczne podstawy transportu cząstek. Prezentacja prostej symulacji dla*

*promieniowania fotonowego, elektronowego. Konstrukcja kodu. Optymalizacja czasu obliczeń. Ogólne zastosowania metod Monte Carlo.*

- 12) Procedury postępowania dla systemów planowania leczenia, w których modele obliczeniowe zaimplementowane są przez producenta (Systemy „factory based”). (1 godz.).

*Metody weryfikacji zgodności obliczeń z pomiarami dozymetrycznymi. Nadpisywanie modeli obliczeniowych zaimplementowanych przez producenta.*

- 13) Zaliczenie kursu. (1 godz.).

*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Teleradioterapia: charakterystyka wiązek terapeutycznych. Przygotowanie systemów planowania leczenia do użytku klinicznego”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) znać budowę i zasady działania aparatu kobaltowego, akceleratora liniowego;
- 2) znać budowę i zasady działania systemów służących do obrazowania, zintegrowanych z aparatem terapeutycznym;
- 3) znać podstawowe charakterystyki wiązek terapeutycznych fotonowych i elektronowych; kształt oraz obszary procentowej dawki głębokiej i profilu wiązki; fizyczne podstawy ich powstawania; zależność od energii, wielkości pola, odległości od źródła promieniowania;
- 4) znać modyfikatory rozkładu dawki i kształtu pola, ich parametry, wpływ na jakość wiązki i rozkład dawki w pacjencie;
- 5) posiadać praktyczne umiejętności obliczenia liczby jednostek monitorowych dla wiązki fotonowej i elektronowej;
- 6) znać podstawowe algorytmy obliczeniowe trójwymiarowego rozkładu dawki stosowane w teleradioterapii;
- 7) znać podstawowe metody korekcji na niejednorodność stosowane w obliczeniu rozkładu dawki w systemach planowania leczenia;
- 8) umieć wyjaśnić, co to jest krzywa konwersji oraz w jaki sposób należy ją weryfikować;
- 9) znać metody pomiaru parametrów dynamicznych oraz ich wpływ na obliczenia w systemie planowania leczenia istotne z punktu modelowania rozkładu dawki w technikach dynamicznych;
- 10) znać podstawy symulacji technikami Monte Carlo.

### **Czas trwania kursu:**

24 godziny lekcyjne = 18 godzin (3 dni).

### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## **2. Kurs specjalizacyjny: „Teleradioterapia: planowanie leczenia techniką konformalną 3D i techniką dynamiczną”**

### **Cel kursu:**

Celem kursu „Teleradioterapia: planowanie leczenia techniką konformalną 3D i techniką dynamiczną” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne do samodzielnego wykonania planu leczenia konformalnego 3D statycznego i dynamicznego dla najczęściej występujących lokalizacji nowotworów. Przekazanie wiedzy i umiejętności umożliwiających minimalizację niedokładności w teleradioterapii wynikających między innymi z fuzji obrazów, ruchomości obszarów napromieniania czy niedokładności realizacji



napromieniania. Przekazana wiedza powinna również umożliwić podnoszenia jakości leczenia poprzez uwzględnienie sytuacji niestandardowych czy umiejętne wdrażanie nowych technik leczenia, w tym technik adaptacyjnych.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Teleradioterapia: planowanie leczenia techniką konformalną 3D i techniką dynamiczną” realizowane są poprzez następujące wykłady oraz zajęcia praktyczne:

- 1) Przygotowanie danych do planowania leczenia. (1 godz.).  
*Przedstawienie kolejnych etapów realizacji leczenia wiązkami zewnętrznymi: modelarnia (metody stabilizacji pozycji chorego w zależności od leczonego obszaru), tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny, pozytonowa tomografia emisyjna, wyznaczenie konturów objętości do leczenia i narządów krytycznych, sposoby specyfikowania dawki, planowanie leczenia, realizacja napromieniania, weryfikacja ułożenia pacjenta. Źródła niepewności deponowanej dawki w teleradioterapii. Minimalne wymagania dotyczące dokumentacji medycznej (karty napromieniania) zgodne z obowiązującym prawem.*
- 2) Zastosowanie obrazowania rezonansu magnetycznego i pozytonowej tomografii emisyjnej w planowaniu leczenia teleradioterapią. (1 godz.).  
*Omówienie specyficzności i czułości badań w poszczególnych lokalizacjach. Stosowane typy badań bez i z użyciem kontrastu.*
- 3) Międzynarodowe rekomendacje w planowaniu leczenia wiązkami fotonowymi i elektronowymi. (2 godz.).  
*Raporty ICRU 50, 62, 71, 83 i nowsze, związane z teleradioterapią.*
- 4) Rekomendacje dotyczące statycznych, konformalnych planów leczenia 3D dla wiązek fotonowych. (1 godz.).  
*Podstawowe zasady planowania leczenia. Dobór energii. Akcesoria: kliny, bolus, kolimator wielolistkowy, osłony. Metody optymalizacja rozkładu dawki. Metody i narzędzia oceny planu leczenia.*
- 5) Techniki dynamiczne – optymalizacja rozkładu dawki i klasyfikacja technik. (2 godz.).  
*Planowanie leczenia w przód i odwrotne (ang. forward i invers planning) – porównanie. Algorytmy optymalizacyjne: metody deterministyczne i stochastyczne. Funkcja celu. Sposoby realizacji i klasyfikacja technik dynamicznych na podstawie raportu ICRU 83.: sliding window, step-and-shoot, kolimatory binarne, kolimatory kołowe, metody nieizocentryczne. Technika IMRT i IMAT. Aperture-Based Optimization. Beamlet optimization. Błąd konwergencji (ang. convergence error). Dobór energii i rodzaju wiązki fotonowej (z i bez stożka spłaszczającego)*
- 6) Techniki leczenia z zastosowaniem wiązek elektronowych. (1 godz.).  
*Dobór energii i wielkości pola. Korekcja na przestrzenie powietrzne i ukośne wejście. Zastosowanie bolusów. Łączenie wiązek.*
- 7) Planowanie leczenia kobiet w ciąży, pacjentów z implantami, protezami, stymulatorami i rozrusznikami. (2 godz.).  
*Zasady planowania leczenia dla kobiet w ciąży i dla pacjentów z implantami (protezy, rozrusznik serca, stymulator, implanty piersi itp.). Wytyczne dotyczące konturowania. Przygotowanie krzywej konwersji uwzględniającej materiały o wysokiej gęstości. Rekomendacje dotyczące zakresu dawek.*
- 8) Metody wyznaczenia marginesów do planowania leczenia – ćwiczenia. (2 godz.).  
*Wyznaczenie marginesów dla objętości leczonych i narządów krytycznych (dla dwóch wybranych lokalizacji guza o małej i dużej ruchomości). Wyznaczenie błędów przypadkowych i systematycznych. Ocena wpływu błędów na rozkłady dawek.*
- 9) Planowania leczenia z uwzględnieniem ruchomości oddechowej pacjenta. (2 godz.).

*Tomografia komputerowa skorelowana z oddechem. Strategie tworzenia PTV – Internal Target Volume, pozycja wagowana czasem (wybór fazy oddechowej do planowania i realizacji terapii, zalety i ograniczenia tej techniki leczenia) Metody bramkowania oparte na markerach zewnętrznych i wewnętrznych, wydychanym powietrzu, powierzchni ciała pacjenta. Realizacja leczenia z bramkowaniem oddechu. Technika napromieniania na wstrzymanym wdechu.*

- 10) Fuzja obrazu. Kontrola jakości fuzji obrazów. (1 godz.).  
*Fuzja obrazu elastyczna i nieelastyczna. Potencjalne błędy i ich źródła. Kontrola jakości narzędzi do wykonywania fuzji obrazów.*
- 11) Planowanie leczenia – nowotwór w obszarze głowy i szyi. (2 godz.).  
*Wskazania do teleradioterapii. Anatomia. Przygotowanie danych do planowania leczenia. Standardowe schematy frakcjonowania. Narządy krytyczne i ich dawki tolerancji ze szczególnym uwzględnieniem dawek granicznych w funkcji sposobu frakcjonowania dawki - biologiczne modelowanie odpowiedzi dla narządów krytycznych. Wpływ metody normalizacji dawki na jej rozkład i wartość bezwzględna. Realizacja leczenia i weryfikacja ułożenia pacjenta. Przypadki kliniczne.*
- 12) Planowanie leczenia – nowotwór płuca. (2 godz.).  
*Wskazania do teleradioterapii. Anatomia. Przygotowanie danych do planowania leczenia. Ruchomość oddechowa – uwzględnienie w realizacji leczenia i potencjalne błędy. Standardowe schematy frakcjonowania i techniki napromieniania. Narządy krytyczne i ich dawki tolerancji z uwzględnieniem sposobu frakcjonowania dawki. Wpływ metody normalizacji dawki na jej rozkład i wartość bezwzględna. Realizacja leczenia i weryfikacja ułożenia pacjenta. Przypadki kliniczne.*
- 13) Planowanie leczenia – nowotwór gruczołu krokowego. (2 godz.).  
*Wskazania do teleradioterapii. Anatomia. Przygotowanie danych do planowania leczenia. Standardowe schematy frakcjonowania i techniki napromieniania. Narządy krytyczne i ich dawki tolerancji. Wpływ ruchomości gruczołu krokowego na realizację leczenia. Wpływ metody normalizacji dawki na jej rozkład i wartość bezwzględna. Realizacja leczenia i weryfikacja ułożenia pacjenta. Przypadki kliniczne.*
- 14) Planowanie leczenia – nowotwór ginekologiczny. (2 godz.).  
*Wskazania teleradioterapii. Anatomia. Przygotowanie danych do planowania leczenia. Standardowe schematy frakcjonowania i techniki napromieniania. Narządy krytyczne i ich dawki tolerancji. Wpływ wypełnienia pęcherza i odbytnicy na realizację leczenia. Realizacja leczenia i weryfikacja ułożenia pacjenta. Przypadki kliniczne.*
- 15) Planowanie leczenia – przewód pokarmowy. (2 godz.).  
*Wskazania do teleradioterapii. Anatomia. Techniki planowania leczenia dla nowotworu zlokalizowanego w przełyku, żołądku, trzustce i wątrobie. Przygotowanie danych do planowania leczenia. Standardowe schematy frakcjonowania i techniki napromieniania. Ucisk brzuszny. Narządy krytyczne i ich dawki tolerancji. Realizacja leczenia i weryfikacja ułożenia pacjenta. Przypadki kliniczne.*
- 16) Planowanie leczenia – nowotwór piersi po operacji oszczędzającej i mastektomii. (2 godz.).  
*Wskazania do teleradioterapii. Anatomia. Przygotowanie danych do planowania leczenia. Standardowe schematy frakcjonowania i techniki napromieniania. Narządy krytyczne i ich dawki tolerancji. Technika napromieniania na wstrzymanym wdechu. Realizacja leczenia i weryfikacja ułożenia pacjenta. Przypadki kliniczne.*
- 17) Planowanie leczenia dla innych lokalizacji. (2 godz.).  
*Omówienie zasad planowania leczenia dla osi mózgowo-rdzeniowej, nowotworów tkanek miękkich i kości i innych niewymienionych lokalizacji nowotworów. Przypadki kliniczne.*

- 18) Metody weryfikacji ułożenia pacjenta w teleradioterapii. (2 godz.).  
*W oparciu o struktury kostne i tkanki miękkie. Obrazy 2D i 3D. Techniki powierzchniowe. Zastosowanie obrazowania kV i MV. Znaczniki wewnętrzne i metody ich śledzenia. Metoda NAL i eNAL.*
- 19) Radioterapia adaptacyjna, łączenie różnych technik napromieniania. (2 godz.).  
*Omówienie schematów postępowania w teleradioterapii adaptacyjnej dla wybranych lokalizacji, w tym: głowy i szyi, ginekologii, pęcherza, gruczołu krokowego. Dokładności i ograniczenia technik adaptacyjnych. Szacowanie dawki w oparciu o obrazy CBCT. Zarządzanie danymi obrazowymi i dotyczącymi rozkładów dawek z perspektywy procesu decyzyjnego w teleradioterapii adaptacyjnej. Łączenie leczenia teleradioterapią i brachyterapią.*
- 20) Ćwiczenia praktyczne – komputerowe obliczenie rozkładu dawki. (6 godz.).  
*Ćwiczeń powinny odbywać się przy systemie planowania leczenia w grupach nie większych niż 3 osoby. Należy wykonać i ocenić plan leczenia w technice 3D konformalnej statycznej dla co najmniej jednej z wybranych lokalizacji: pacjenta z nowotworem piersi, gruczołu krokowego i płuc. Wykonać i ocenić plan leczenia w technice dynamicznej dla pacjenta z nowotworem gruczołu krokowego.*
- 21) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Teleradioterapia: planowanie leczenia techniką konformalną 3D i techniką dynamiczną”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) umieć przedstawić wszystkie etapy przygotowania pacjenta i realizacji teleradioterapii;
- 2) znać treść podstawowych raportów obowiązujących w teleradioterapii;
- 3) wiedzieć, jakie są podstawowe zasady planowania leczenia z zastosowaniem wiązek fotonowych i elektronowych;
- 4) umieć wyznaczyć margines do planowania leczenia (wyznaczyć strukturę PTV);
- 5) umieć omówić techniki planowania leczenia z uwzględnieniem ruchomości oddechowej pacjenta;
- 6) znać podstawy nieelastycznej i elastycznej fuzji obrazów tomografii komputerowej, rezonansu magnetycznego i pozytonowej tomografii emisyjnej oraz podstawy kontroli jakości fuzji obrazu;
- 7) znać zasady postępowania przy napromienianiu kobiet w ciąży i pacjentów z implantami;
- 8) umieć omówić techniki weryfikacji ułożenia pacjenta oraz ich wpływ na marginesy zastosowane w planowaniu leczenia;
- 9) przedstawić standardowe techniki napromieniania dla pacjenta z nowotworem gruczołu krokowego, ginekologicznego, piersi po operacji oszczędzającej, głowy i szyi oraz płuc;
- 10) umieć przygotować plan leczenia w technice statycznej dla wybranej lokalizacji nowotworu;
- 11) wiedzieć co to jest technika adaptacyjna, jakie są jej sposoby realizacji oraz w jakich lokalizacjach ma ona zastosowanie.

#### **Czas trwania kursu:**

40 godzin lekcyjnych = 30 godzin (5 dni).

**Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego lub dwóch zjazdów.

**3. Kurs specjalizacyjny: „Teleradioterapia: techniki stereotaktyczne i specjalne”**

**Cel kursu:**

Celem kursu „Teleradioterapia: techniki stereotaktyczne i specjalne” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z technikami stereotaktycznymi, realizowanymi na różnych urządzeniach terapeutycznych. Celem kursu jest również zaprezentowanie technik wymagających niestandardowej realizacji leczenia oraz nowych kierunków rozwoju teleradioterapii. Przekazanie wiedzy w zakresie powtórnego napromieniania, tak by osoba realizująca szkolenie specjalizacyjne mogła w przyszłości stanowić merytoryczne wsparcie dla pozostałego personelu medycznego.

**Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Teleradioterapia: techniki stereotaktyczne i specjalne” realizowane są poprzez następujące wykłady oraz zajęcia praktyczne:

- 1) Zastosowanie metod stereotaktycznych w teleradioterapii. (1 godz.).  
*Ogólne wytyczne dotyczące kryteriów kwalifikacji chorych. Korzyści kliniczne wynikające z zastosowanie technik stereotaktycznych.*
- 2) Schematy frakcjonowania oraz dawki tolerancji w teleradioterapii stereotaktycznej. (1 godz.).  
*Schematy frakcjonowania i dawki tolerancji dla narządów krytycznych w leczeniu stereotaktycznym, w tym: płuc, wątroby, przerzutów do kości i mózgu.*
- 3) Przepisywanie, zapisywanie i raportowanie leczenia stereotaktycznego z zastosowaniem małych pól. (1 godz.).  
*Przedstawienie raportu ICRU 91.*
- 4) Planowanie leczenia i kontrola jakości w leczeniu stereotaktycznym źródłami kobaltowymi. (1 godz.).  
*Kwalifikacja chorych. Przygotowanie pacjenta do teleradioterapii. Przygotowanie planu leczenia. Weryfikacja ułożenia pacjenta. Kontrola dozymetryczna planu leczenia. Kontrola jakości urządzenia. Przypadki kliniczne.*
- 5) Planowanie leczenia i kontrola jakości w technikach stereotaktycznych z zastosowaniem dedykowanych zrobotyzowanych nieizocentrycznych przyspieszaczy liniowych. (2 godz.).  
*Kwalifikacja chorych. Przygotowanie pacjenta do teleradioterapii. Przygotowanie planu leczenia. Weryfikacja ułożenia pacjenta. Kontrola dozymetryczna planu leczenia. Kontrola jakości urządzenia. Przypadki kliniczne.*
- 6) Planowanie leczenia i kontrola jakości w technikach stereotaktycznych z zastosowaniem dedykowanych konwencjonalnych przyspieszaczy liniowych. (2 godz.).  
*Kwalifikacja chorych. Przygotowanie pacjenta do teleradioterapii. Przygotowanie planu leczenia. Weryfikacja ułożenia pacjenta. Wielolukowe niekoplanarne techniki dynamiczne. Kolimatory kołowe, kolimator wielolistkowy. Kontrola dozymetryczna planu leczenia. Kontrola jakości urządzenia. Przypadki kliniczne.*
- 7) Planowanie leczenia i kontrola jakości w spiralnych technikach dynamicznych. (1 godz.).  
*Kwalifikacja chorych. Przygotowanie pacjenta do teleradioterapii. Przygotowanie planu leczenia. Weryfikacja ułożenia pacjenta. Kontrola dozymetryczna planu*

*leczenia. Kontrola jakości urządzenia. Przypadki kliniczne.*

- 8) Napromienianie całego ciała. (1 godz.)  
*Kwalifikacja chorych. Pozycja terapeutyczna. Zebranie danych i przygotowanie leczenia. Pomiary weryfikacyjne. Łączenie pól. Techniki dynamiczne. Weryfikacja ułożenia pacjenta.*
- 9) Napromienianie całej skóry. (1 godz.).  
*Kwalifikacja chorych. Pozycja terapeutyczna. Zebranie danych i przygotowanie leczenia. Pomiary weryfikacyjne. Łączenie pól. Weryfikacja ułożenia pacjenta.*
- 10) Napromienianie szpiku kostnego. (1 godz.).  
*Kwalifikacja chorych. Pozycja terapeutyczna. Zebranie danych i przygotowanie leczenia. Pomiary weryfikacyjne. Łączenie pól. Techniki dynamiczne. Weryfikacja ułożenia pacjenta.*
- 11) Radioterapia śródoperacyjna. (1 godz.)  
*Urządzenia do radioterapii śródoperacyjnej. Kwalifikacja chorych. Przebieg napromieniania. Metody obliczenia rozkładu dawki. Prezentacja przypadków klinicznych.*
- 12) Zastosowanie urządzeń hybrydowych w teleradioterapii. (1 godz.).  
*Ogólna budowa urządzeń hybrydowych: hybryd MR i przyspieszacza liniowego, hybryd MR i aparatu kobaltowego. Rozkład dawki w fantomie wodnym. Planowanie leczenia. Napromienianie i weryfikacja ułożenia pacjenta.*
- 13) Ponowne napromienianie. (1 godz.).  
*Schematy postępowania w przypadku powtórnego leczenia z uwzględnieniem modelowania radiobiologicznego. Fuzje obrazów i dawek z perspektywy procesu decyzyjnego w powtórnym napromienianiu pacjenta. Potencjalne korzyści i ograniczenia. Przegląd literatury. Prezentacja przypadków klinicznych.*
- 14) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Teleradioterapia: techniki stereotaktyczne i specjalne”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) znać podstawowe schematy frakcjonowania oraz sposoby specyfikacji dawki w leczeniu stereotaktycznym;
- 2) znać podstawowe narzędzia do realizacji napromieniania stereotaktycznego, ich zalety i ograniczenia oraz różnice pomiędzy nimi;
- 3) znać techniki weryfikacji ułożenia pacjenta podczas realizacji terapii stereotaktycznej;
- 4) znać podstawy realizacji napromieniania całego ciała;
- 5) znać podstawy realizacji napromieniania całej skóry;
- 6) znać podstawy realizacji napromieniania szpiku kostnego;
- 7) znać podstawy realizacji radioterapii śródoperacyjnej;
- 8) znać podstawy zastosowania urządzeń hybrydowych: hybryd MR i przyspieszacza liniowego oraz hybryd MR i aparatu kobaltowego;
- 9) umieć opisać możliwe sposoby postępowania w powtórnym napromienianiu pacjenta.

#### **Czas trwania kursu:**

16 godzin lekcyjnych = 12 godzin (2 dni).

#### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego lub dwóch zjazdów.

#### 4. Kurs specjalizacyjny: „Teleradioterapia: dozymetria i kontrola jakości”

##### Cel kursu:

Celem kursu „Teleradioterapia: dozymetria i kontrola jakości” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej do samodzielnego przeprowadzania wszystkich podstawowych pomiarów dozymetrycznych oraz procedur kontroli jakości: akceleratorów, systemów planowania leczenia oraz planów leczenia. Przekazanie wiedzy i umiejętności w zakresie podstaw fizycznych dozymetrii promieniowania jonizującego oraz procedur stosowanych obecnie w dozymetrii w obszarze teleradioterapii. Kurs „Teleradioterapia: dozymetria i kontrola jakości” jest realizowany w trakcie jednego lub dwóch zjazdów, bądź w formie cyklu wykładów.

##### Zakres wiedzy teoretycznej:

Cele kursu „Teleradioterapia: dozymetria i kontrola jakości” realizowane są poprzez następujące wykłady połączone z pokazami:

- 1) Podstawy teorii detektora. (3 godz.).

*Ustalenie związku dawki z fluencją fotonów w warunkach równowagi elektronowej oraz związku dawki z fluencją elektronów w warunkach braku równowagi elektronowej. Omówienie przykładów sytuacji braku bocznej równowagi elektronowej (np. dawki pod małymi osłonami, wąska wiązka w płucach, wydajności małych pól). Rozróżnienie mały/duży detektor i związek dawki w ośrodku i detektorze w obu tych sytuacjach. Teoria Bragg'a- Gray'a i Spancer'a-Attix'a.*

- 2) Pomiar dawki pochłoniętej przy użyciu komory jonizacyjnej. (1 godz.).

*Wyjaśnienie jaka jest droga od pomiaru ładunku do wyznaczenia dawki pochłoniętej. Szczegółowe omówienie podstawowego równania:  $D=Q/m*W/e*s_{w,air}*p_Q$ .*

- 3) Wzorcowanie komór jonizacyjnych. (3 godz.).

*Schemat organizacyjny wzorcowania -zapewnienie spójności pomiarowej, omówienie wzorców dawki pochłoniętej stosowanych w laboratoriach wzorca pierwotnego, dawny schemat wzorcowania w kategoriach kermy w powietrzu (Raport 277 IAEA), wzorcowanie zgodne z Raportem 398 IAEA w kategoriach dawki pochłoniętej w wodzie, sens fizyczny współczynników:  $N_K$ ,  $N_{D,air}$ ,  $N_{D,w}$ , wzorcowanie komór płaskich w wiązce kobaltowej i w wiązce elektronowej, wyznaczenie współczynnika  $N_{D,w,Q}$  dla komory płaskiej wzorcowanej w wiązce elektronów o innej jakości  $Q_0$ , wzorcowanie przyrządów stosowanych w diagnostyce i w ochronie radiologicznej. Analiza informacji znajdujących się w świadectwie wzorcowania.*

- 4) Zasady wyznaczania dawki zgodnie z Raportem 398 IAEA. (4 godz.).

*Omówienie schematu wyznaczania dawki w poprzednio obowiązujących raportach: (277 i 381 IAEA). Podstawowy czynnik korekcyjny do odczytu dawkomierza  $k_Q$  – sens fizyczny tego współczynnika sposoby jego wyznaczania. Parametr jakości dla wiązek fotonowych i elektronowych – sposób jego wyznaczania, rozróżnienie krzywa jonizacji/krzywa dawki dla wiązek fotonów i elektronów. Jakie zmiany obserwujemy przy przejściu od krzywej jonizacji do dawki. Głębokość referencyjna dla pomiaru w wiązce elektronów – jak ją wyznaczamy, przejście od pomiaru na głębokości referencyjnej do wydajności (na  $d_{max}$ ). Pozostałe czynniki korekcyjne do odczytu dawkomierza:  $k_{pT}$ ,  $k_{SE}$ ,  $k_{pol}$  sens fizyczny każdego z nich, od czego zależą, metody wyznaczania. Diagram Jaffe. Omówienie sytuacji w których  $k_{SE}$  może być mniejsze od 1.0. Czynniki perturbacyjne:  $p_{wall}$ , poprawka gradientowa – sposoby jej uwzględniania w wiązce fotonów i elektronów, poprawka fluencyjna, poprawka na centralną elektrodę. Szczegółowe omówienie kolejnych kroków jakie należy wykonać chcąc wyznaczyć dawkę absolutną w wiązce fotonów i elektronów.*

- 5) Ćwiczenia rachunkowe z wykorzystania Raportu 398 IAEA. (2 godz.).

- 6) Pomiary podstawowych charakterystyk dozymetrycznych pola promieniowania. (2 godz.).  
*Pomiar wydajności względnych dla wiązek fotonów, (dlaczego przy pomiarze komorą jonizacyjną stosunek sygnałów dawkomierza jest równy wydajności). Pomiar wydajności dla wiązek klinowanych. Pomiar wydajności względnych dla wiązek elektronów (aplikatory z wylewkami), problem zmiany głębokości  $d_{max}$  i zmiany  $s_{w,air}$ , jak praktycznie mierzyć te wydajności. Pomiary PDG i profili – wybór detektora, jego wpływ na mierzone krzywe. Pomiary w build-up – wyznaczanie dawki powierzchniowej. Pomiary funkcji head-scatter (zasady wyboru nakładki build-up). Zastosowanie komór płaskich (znaczenie guard-ring, efektywny punkt pomiarowy, w jakich pomiarach znajdują zastosowanie).*
- 7) Pomiary w małych polach fotonowych. (2 godz.).  
*Podstawowe problemy fizyczne w małych polach: wzrost średniej energii wiązki, brak równowagi elektronowej (perturbacje), zakrywanie peryferiów źródła przez układ kolimujący, uśrednianie sygnału w objętości detektora. Znajomość Raportu 483 IAEA. Field output correctio factor – sens fizyczny. Jak obecnie najlepiej wyznaczać wydajność małych pól fotonowych. Problem perturbacji w detektorach półprzewodnikowych.*
- 8) Specyficzne problemy dozymetrii wiązek FFF. (1godz.).  
*Wyznaczanie współczynnika  $k_Q$  dla wiązek FFF zgodnie z Raportem 483 (korekcja na  $s_{w,air}$  w funkcji  $TPR_{20,10}$  oraz korekcja na uśrednienie sygnału po objętości detektora). Problem rekombinacji. Porównanie funkcji phantom-scatter i head-scatter dla wiązek z filtrem i bez filtra.*
- 9) Specyficzne problemy pomiarów dozymetrycznych w przypadku: aparatów helikalnych, zrobotyzowanych nieizocentrycznych przyspieszaczy liniowych, stereotaktycznych aparatów ze źródłami kobaltu, hybrydy MR i przyspieszacza liniowego, hybrydy MR i Co-60. (1 godz.).
- 10) Testy akceptacyjne oraz eksploatacyjne akceleratorów medycznych. (2 godz.).  
*Omówić znaczenie oraz przykładowe testy akceptacyjne. Omówić wszystkie testy okresowe akceleratora zgodnie z załącznikiem do Rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej. W szczególności omówić stałość kształtu profilu jako parametr kontrolujący stabilność energii wiązki fotonowej, test Winston'a-Lutz'a, testy MLC. Zwrócić uwagę na różne definicje symetrii i jednorodności używane w oprogramowaniu analizatorów pola, wpływ wyboru obszaru płaskości na wynik pomiaru. Testy akceleratorów pod kątem realizacji technik lukowych (IMAT).*
- 11) Procedury kontroli jakości systemów planowania leczenia. (2 godz.).  
*Kontrola systemów planowania leczenia 3D, testy systemów planowania leczenia pod kątem realizacji technik dynamicznych.*
- 12) Przygotowanie danych dozymetrycznych w technikach specjalnych. (1 godz.).  
*Przygotowanie danych dozymetrycznych do obliczania czasów napromieniania w technikach Napromieniania Całej Skóry Elektronami, Radioterapii Śródoperacyjnej oraz Napromienienia Całego Ciała Fotonami.*
- 13) Procedury kontroli jakości planów leczenia. (2 godz.).  
*Ogólne zasady kontroli planów leczenia przed rozpoczęciem radioterapii. Kontrola dozymetryczna planów dynamicznych - pomiary planów weryfikacyjnych. Omówienie dostępnych metod weryfikacji 2D/3D. Przypadek planów zawierających więcej niż jedno izocentrum. Metody porównywania rozkładów dawki (analiza gamma – omówienie kryteriów i tolerancji, różnice w podejściu lokalnym i globalnym, analiza sumaryczna i pole po polu, confidence limit).*

- 14) Wykorzystanie filmów Gafchromic w dozymetrii. (2 godz.).  
*Metody kalibracji filmów. Korekcja boczna sygnałów skanera. Metoda korekcji trójkanałowej (korekcja na niejednorodności warstwy aktywnej).*
- 15) Zaburzenia dawki przy przejściu przez protezy metalowe. (1 godz.).  
*Oslabienie wiązki poza protezę. Zjawiska zaburzenia dawki na powierzchni wejściowej i wyjściowej z protezy oraz zależność tych zaburzeń od energii wiązki. Wnioski dotyczące planowania leczenia.*
- 16) Dozymetria in-vivo. (2 godz.).  
*Wykorzystanie diód, mosfetów, filmów Gafchromic. Zasady kalibracji detektorów do dozymetrii in-vivo. Techniki dozymetrii in-vivo wykorzystujące EPID (transit dosimetry).*
- 17) Dozymetria żelowa. (1 godz.).  
*Fantomy pomiarowe, metoda detekcji sygnałów, przykłady zastosowań.*
- 18) Procedury kontroli jakości urządzeń do obrazowania ułożenia pacjenta w trakcie radioterapii. (1 godz.).  
*Testy izocentrum obrazowania, jakości obrazu, optymalizacja dawek, wyznaczenie krzywej zależności gęstości elektronowej od jednostek Hounsfield.*
- 19) Ćwiczenia praktyczne – prezentacja podstawowych pomiarów dozymetrycznych dla wiązki fotonów i elektronów. (5 godz.).  
*Pokaz powinien być przeprowadzony w grupach nie większych niż 4 osoby. Należy wyznaczyć jakość wiązek oraz ich wydajności w warunkach referencyjnych. Przeprowadzić pomiar korekty na niepełne nasycenie. Zaprezentować realizację wybranych testów parametrów mechanicznych.*
- 20) Zaliczenie kursu. (2 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Teleradioterapia: dozymetria i kontrola jakości”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:

- 1) rozumieć podstawy fizyczne procedur wyznaczania dawki;
- 2) znać i umieć praktycznie stosować obowiązujące raporty dozymetryczne;
- 3) być przygotowanym do przeprowadzania obowiązujących fizyka medycznego pomiarów dozymetrycznych i testów kontroli jakości urządzeń stosowanych w teleradioterapii.

#### **Czas trwania kursu:**

40 godzin lekcyjnych = 30 godzin (5 dni).

#### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego lub dwóch zjazdów.

### **5. Kurs specjalizacyjny: „Teleradioterapia: protonoterapia i radioterapia jonowa”**

#### **Cel kursu:**

Celem kursu „Teleradioterapia: protonoterapia i radioterapia jonowa” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z urządzeniami i technikami realizacji protonoterapii i radioterapii jonowej. Przekazanie wiedzy w zakresie danych dozymetrycznych wymaganych do konfiguracji i sprawdzenia poprawności obliczeń modelu obliczeniowego oraz podstaw przygotowania planu leczenia i koniecznych do uwzględnienia niepewności. Przekazanie wiedzy i umiejętności w zakresie podstaw



fizycznych dozymetrii promieniowania jonizującego oraz procedur stosowanych obecnie w dozymetrii w obszarze terapii protonowej i terapii jonowej.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Teleradioterapia: protonoterapia i radioterapia jonowa” realizowane są poprzez następujące wykłady oraz zajęcia praktyczne:

- 1) Urządzenia do wytwarzania i dostarczania na stanowisko terapeutyczne wiązek terapeutycznych. (1 godz.).  
*Zasada działania cyklotronu, synchrotronu. System transportu wiązki na stanowisko terapeutyczne. Metody formowania wiązki w radioterapii jonowej (metoda pasywnego rozpraszania, skanująca wiązka ołówkowa), metody uzyskiwania tzw. „poszerzonego obszaru pików Bragga” (ang. Spread out Bragg Peak, SOBP).*
- 2) Charakterystyka wiązek jonowych. (1 godz.).  
*Oddziaływanie jonów z materią. Procentowa dawka głęboka PDG – jej obszary oraz fizyczne podstawy ich powstawania. Profil wiązki – jego obszary oraz fizyczne podstawy ich powstawania. Zależność wielkości półcienia od energii i odległościowe. Wpływ wielkości plamki (ang. spot) w technice skanującej wiązki ołówkowej na półcień.*
- 3) Algorytmy obliczeniowe w systemach planowania leczenia dla wiązek jonowych. (0,5 godz.).  
*Zapoznanie się z systemami planowania leczenia oraz stosowanymi algorytmami.*
- 4) Przygotowanie i kontrola jakości modelu obliczeniowego w systemie planowania leczenia. (1 godz.).  
*Specyficzne problemy pomiarów dozymetrycznych skanującej wiązki protonowej. Pomiar zasięgu, położenia, wielkości i kształtu plamki (ang. spot) – narzędzia pomiarowe. Rola metod Monte Carlo w konfiguracji systemu planowania leczenia.*
- 5) Testy eksploatacyjne na stanowisku radioterapii jonowej i weryfikacja dozymetryczna planów leczenia. (1 godz.).  
*Specyficzne problemy pomiarów dozymetrycznych. Dozymetria referencyjna. Stosowane przyrządy dozymetryczne. Pomiar symetrii i pozycji wiązki. Pomiar piku Bragga. Narzędzia, zasady i sposoby wykonywania weryfikacji dozymetrycznej planu leczenia.*
- 6) Przebieg leczenia z zastosowaniem radioterapii jonowej. (1 godz.).  
*Metody unieruchamiania chorego w zależności od leczonego obszaru. Stosowane techniki obrazowania (tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny, pozytonowa tomografia emisyjna) w planowaniu leczenia. Wyznaczenie obszarów napromieniania, definiowanie marginesów i dawek dla objętości leczonych i narządów krytycznych. Planowanie leczenia, realizacja leczenia, radioterapia adaptacyjna.*
- 7) Podstawy planowania leczenia z zastosowaniem wiązek jonowych. (1 godz.).  
*Korzyści wynikające z zastosowania wiązki jonowej. Techniki realizacji leczenia (Single scattering, double scattering, pencil beam scanning; techniki SFUD (ang. Single Field Uniform Dose), IMPT (ang. Intensity Modulated Proton Therapy). Stanowiska z wiązka horyzontalną/wertykalną vs. gantry. Podstawowe zasady przygotowania planu leczenia. Niepewności fizyczne i biologiczne: marginesy na niepewność zasięgu, dobór najbezpieczniejszego kierunku wiązek, optymalizacja planu ze względu na niepewności systematyczne i losowe.*
- 8) Planowanie leczenia w warunkach specjalnych. (0,5 godz.).
- 9) *Zasady planowania leczenia dla kobiet w ciąży i dla pacjentów z implantami (protezy i stabilizatory metalowe, rozrusznik serca, stymulator, implanty piersi itp.).*
- 10) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „*Teleradioterapia: protonoterapia i radioterapia jonowa*”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:

- 1) znać budowę i zasadę działania urządzeń do wytwarzania, przyspieszania i dostarczania wiązki protonowej i jonowej;
- 2) znać metody klinicznego zastosowania piku Bragga;
- 3) potrafić omówić metody oddziaływania hadronów z materią,
- 4) potrafić omówić cechy charakterystyczne wiązek protonowych i jonowych;
- 5) znać podstawowe zasady działania algorytmów obliczeniowych wykorzystywanych w radioterapii jonowej;
- 6) potrafić omówić proces zbierania danych dozymetrycznych i kontroli jakości dla modelu obliczeniowego;
- 7) znać i potrafi omówić testy eksploatacyjne przeprowadzane na stanowisku radioterapii jonowej;
- 8) potrafić omówić poszczególne etapy przygotowania i przeprowadzenia radioterapii protonowej i jonowej;
- 9) znać podstawowe zasady przygotowania planu leczenia z wykorzystaniem wiązki protonowej i jonowej;
- 10) znać podstawowe metody weryfikacji dozymetrycznej planu leczenia.

### **Czas trwania kursu:**

8 godzin lekcyjnych = 6 godzin (1 dzień).

### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## **6. Kurs specjalizacyjny: „Brachyterapia: planowanie leczenia”**

### **Cel kursu:**

Celem kursu „Brachyterapia: planowanie leczenia” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej do pełnienia roli osoby odpowiedzialnej za przygotowanie planów leczenia i optymalizację indywidualnych rozkładów dawek dla pacjentów leczonych techniką brachyterapii. Przekazanie wiedzy i umiejętności w zakresie procedur decyzyjnych w brachyterapii oraz wspomagania personelu medycznego w optymalizacji procedur medycznych.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele modułu „Brachyterapia: planowanie leczenia” realizowane są poprzez następujące wykłady połączone z pokazami:

- 1) Fizyczne podstawy brachyterapii. (2 godz.).  
*Krótki rys historyczny, wykorzystywane źródła promieniotwórcze, techniki ładowania źródeł, podstawowe typy aplikatorów, historyczne i obecnie stosowane algorytmy obliczeniowe w brachyterapii.*
- 2) Podstawowe metody specyfikacji dawek w brachyterapii LDR, PDR i HDR. (2 godz.).  
*Metoda punktów dawki (dose points), systemy brachyterapii ginekologicznej, systemy brachyterapii śródkankowej - system paryski, zaawansowane metody specyfikacji dawki z uwzględnieniem indywidualnych warunków klinicznych.*
- 3) Zaawansowane metody obrazowania w brachyterapii. (2 godz.).  
*Metody rekonstrukcji geometrii aplikacji, wykorzystanie rentgenowskich projekcji dwuwymiarowych, metody tomograficzne w planowaniu leczenia w brachyterapii i ich ograniczenia, artefakty wynikające z wykorzystania aplikatorów, metody fuzji obrazów wykorzystywane w brachyterapii, obrazowanie ultrasonograficzne w brachyterapii.*

- 4) Zaawansowane metody optymalizacji i oceny rozkładów dawek. (3 godz.).  
*Optymalizacja ręczna/manualna, metoda punktów dawki i jej warianty, optymalizacja geometryczna, optymalizacja graficzna, optymalizacja odwrotna oparta na anatomii, optymalizacja wielokryterialna, wyjaśnić pojęcie funkcji celu, algorytmy wspomagania procesu decyzyjnego (front Pareto), parametry oceny rozkładu dawki (parametry histogramowe, COIN).*
- 5) Brachyterapia ginekologiczna. (3 godz.).  
*Historyczne systemy i standardy brachyterapii ginekologicznej, system manchesterski, planowanie z wykorzystaniem trójwymiarowej rekonstrukcji geometrii aplikacji, wykorzystanie fuzji obrazów tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego, komponenta śródtkankowa w planowaniu dojamowej brachyterapii ginekologicznej, specyfika planowania leczenia dla pacjentek pooperacyjnych, zalecenia towarzystw naukowych (ABS, GEC-ESTRO i ICRU dotyczące planowania i raportowania rozkładów dawek w brachyterapii ginekologicznej, zajęcia praktyczne.*
- 6) Brachyterapia prostaty z wykorzystaniem implantów stałych. (2 godz.).  
*Specyfika procedury zabiegowej realizowanej w czasie rzeczywistym, metody akwizycji obrazów, specyficzne aspekty ręcznej optymalizacji rozkładów dawek i ręcznego ładowania źródeł promieniotwórczych, ocena rozkładów dawek i kontrola jakości dotycząca przygotowanego implantu w odniesieniu do specyfiki procedury zabiegowej, zalecenia towarzystw naukowych (ABS, ESTRO) dotyczące planowania i raportowania rozkładów dawek.*
- 7) Brachyterapia HDR nowotworów prostaty. (3 godz.).  
*Specyfika procedury zabiegowej realizowanej w czasie rzeczywistym, metody akwizycji obrazów, specyficzne aspekty optymalizacji rozkładów dawek w czasie rzeczywistym, ocena rozkładów dawek i wprowadzenie zaawansowanych procedur decyzyjnych, realizacja leczenia, zalecenia towarzystw naukowych (ABS, ESTRO) dotyczące planowania i raportowania rozkładów dawek, zajęcia praktyczne.*
- 8) Brachyterapia nowotworów piersi. (3 godz.).  
*Specyfika procedury zabiegowej dla brachyterapii śródtkankowej, optymalizacja położenia aplikatorów, aplikatory dla technik specjalnych, wspomagające metody obrazowania, rekonstrukcja geometrii aplikacji, wykorzystanie struktur pomocniczych w planowaniu rozkładów dawek, optymalizacja rozkładów dawek, ocena planu leczenia, proces decyzyjny, realizacja leczenia, zalecenia towarzystw naukowych (ABS, ESTRO) dotyczące planowania i raportowania rozkładów dawek, zajęcia praktyczne.*
- 9) Brachyterapia okulistyczna, nowotworów skóry, płuc, przełyku, głowy i szyi i inne lokalizacje. (3 godz.).  
*Szczegółowe zagadnienia dotyczące planowania leczenia dla wymienionych lokalizacji, ich specyfika, stosowane aplikatory, ograniczenia i optymalizacja rozkładów dawek dla indywidualnych przypadków klinicznych, zajęcia praktyczne.*
- 10) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Brachyterapia: planowanie leczenia”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna znać:

- 1) fizyczne podstawy i specyfikę wykorzystania źródeł promieniotwórczych w brachyterapii;
- 2) budowę aplikatorów do brachyterapii i zasady ich wykorzystywania w zależności od lokalizacji;
- 3) metody specyfikacji rozkładów dawek w brachyterapii dla różnych lokalizacji

- klinicznych i technik leczenia;
- 4) techniki rejestracji obrazów ich przetwarzania dla potrzeb planowania leczenia w brachyterapii, ich ograniczenia i możliwości redukcji artefaktów;
  - 5) metody optymalizacji rozkładów dawek i metody ich oceny i weryfikacji, metody wspomagania procesu decyzyjnego;
  - 6) systemy i standardy planowania leczenia w brachyterapii ginekologicznej, międzynarodowe zalecenia dotyczące brachyterapii ginekologicznej, wykorzystanie w praktyce posiadanej wiedzy w celu przygotowania indywidualnego planu leczenia dla konkretnego przypadku klinicznego;
  - 7) specyfikę brachyterapii z wykorzystaniem technik czasu rzeczywistego, przygotowanie indywidualnego planu leczenia dla konkretnego przypadku klinicznego;
  - 8) procedury związane z przygotowaniem implantu w brachyterapii śródtkankowej nowotworów piersi dla różnych schematów leczenia, przygotowanie i ocena planu leczenia dla konkretnego przypadku klinicznego;
  - 9) metody planowania leczenia dla brachyterapii okulistycznej, nowotworów przełyku, płuc, skóry oraz rejonu głowy i szyi;
  - 10) aktualne zalecenia dotyczące planowania brachyterapii w poszczególnych lokalizacjach oraz ich zastosowanie w praktyce klinicznej.

**Czas trwania kursu:**

24 godziny lekcyjne = 18 godzin (3 dni).

**Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## **7. Kurs specjalizacyjny: „Brachyterapia: dozymetria i kontrola jakości”**

**Cel kursu:**

Celem kursu „Brachyterapia: dozymetria i kontrola jakości” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej do pełnienia roli osoby odpowiedzialnej za prawidłowe działanie aparatury do brachyterapii oraz prawidłowe działanie systemów planowania rozkładów dawek w brachyterapii. Przekazanie wiedzy i umiejętności w zakresie procedur związanych z kontrolą jakości w brachyterapii oraz obowiązujących wymagań ustawowych dotyczących dozymetrii i kontroli jakości w brachyterapii.

**Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Brachyterapia: dozymetria i kontrola jakości” realizowane są poprzez następujące wykłady połączone z pokazami:

- 1) Właściwości fizyczne i dostępne rozwiązania komercyjne dla źródeł promieniotwórczych wykorzystywanych w brachyterapii. (2 godz.).  
*Pierwiastki promieniotwórcze wykorzystywane w brachyterapii-charakterystyka fizyczna, rodzaje i budowa źródeł promieniotwórczych, budowa i działanie aparatów zdalnie sterujących źródłem promieniotwórczym.*
- 2) Źródła błędów i niepewności w planowaniu i realizacji brachyterapii. (2 godz.).  
*Geneza błędów w procesie planowania i realizacji leczenia w brachyterapii, analiza potencjalnych zagrożeń i metody ich minimalizacji, systemy i standardy raportowania występujących błędów, analiza wybranych sytuacji niepożądanych.]*
- 3) Pomiary parametrów fizycznych źródeł wykorzystywanych w brachyterapii. (5 godz.).  
*Zasady pomiarów parametrów fizycznych źródeł promieniotwórczych wykorzystywanych w brachyterapii, praktyczna realizacja pomiarów mocy kermu źródła promieniotwórczego warunkach szpitalnych, zajęcia praktyczne.*

- 4) Testy kontroli jakości w brachyterapii – omówienie obowiązujących wymagań ustawodawcy oraz możliwości ich realizacji. (5 godz.).  
*Podstawowe testy kontroli jakości, zaawansowane testy aparatury do realizacji procedur brachyterapii, weryfikacja algorytmów obliczeniowych dla systemów planowania leczenia, wymagania ustawowe, zajęcia praktyczne.*
- 5) Systemy zarządzania jakością w brachyterapii. (1 godz.).  
*Zasady dobrej praktyki medycznej, wymagania i szczegółowe zasady realizacji systemu zarządzania jakością w, brachyterapii, awaria aparatu, protokół dopuszczenia, rola audytów klinicznych, procedury wzorcowe, procedury robocze, procedura informowania pacjenta, procedura prowadzenia dokumentacji pacjenta, udział osób w procedurze brachyterapii i ich zakres zadań.*
- 6) Metody obliczania rozkładów dawek w brachyterapii: formalizm TG-43, TG- 186. (3 godz.).  
*Istota i ograniczenia formalizmu TG-43, istota i zmiany wprowadzone przez formalizm TG-186, praktyczne rozwiązania systemów obliczeniowych wykorzystujących korekcję rozkładów dawek z uwzględnieniem niejednorodności ośrodka.*
- 7) Dozymetria in-vivo w brachyterapii. (2 godz.).  
*Ograniczenia i cele stosowania pomiarów in- vivo w brachyterapii, przegląd detektorów i rozwiązań systemów pomiarowych, pomiary dawek w czasie rzeczywistym.*
- 8) Zaawansowane metody dozymetryczne w brachyterapii. (3 godz.).  
*Pomiary wielowymiarowe w brachyterapii, gradienty dawek, wysokorozdzielcze detektory promieniowania, dozymetria filmami radiochromowymi, współczynnik Gamma, przegląd rozwiązań komercyjnych, zajęcia praktyczne.*
- 9) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Brachyterapia: dozymetria i kontrola jakości”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:

- 1) znać właściwości fizyczne źródeł stosowanych w brachyterapii;
- 2) znać przyczyny i metody minimalizowania błędów i niepewności możliwych w procesie planowania i realizacji brachyterapii;
- 3) znać metody pomiaru aktywności źródeł promieniotwórczych wykorzystywanych w brachyterapii;
- 4) znać zakres i umieć zrealizować testy kontroli jakości w brachyterapii;
- 5) znać zasady obliczeń rozkładów dawek i właściwie wykorzystywać dostępne algorytmy;
- 6) rozumieć istotę i ograniczenia pomiarów dawek in-vivo w brachyterapii;
- 7) znać metody przestrzennych pomiarów rozkładów dawek i rozumieć ich zastosowanie w procedurach kontroli jakości związanych z brachyterapią;
- 8) znać aktualne zalecenia dotyczące kontroli jakości w planowaniu i realizacji leczenia metodą brachyterapii;
- 9) pełnić rolę eksperta w zakresie systemów zarządzania jakością w dziedzinach związanych z brachyterapią;
- 10) umieć przygotować laboratoria i pracownie do certyfikacji i akredytacji.

#### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

#### **Czas trwania kursu:**

24 godziny lekcyjne = 18 godzin (3 dni).

## **1. Staż kierunkowy: „Teleradioterapia”**

### **Cel stażu:**

Celem stażu „Teleradioterapia” realizowanego w ramach modułu „Radioterapia” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej do samodzielnej pracy w Zakładzie Radioterapii w zakresie podstawowych prac kontroli sprzętu terapeutycznego i przygotowania planowania leczenia.

### **Zakres oczekiwanych umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne w trakcie trwania stażu wykona poniższe czynności:*

- 1) co najmniej trzykrotny udział w tygodniowych testach eksploatacyjnych akceleratora;
- 2) co najmniej jednokrotny udział w testach akceleratora wykonywanych raz na cztery miesiące;
- 3) udział w procedurze weryfikacji dozymetrycznej planów IMRT/IMAT;
- 4) samodzielnie (pod nadzorem fizyka medycznego) przeprowadzi procedury wyznaczenia wydajności dla wybranej wiązki fotonowej i elektronowej w warunkach referencyjnych (przygotowanie fantomu, określenie jakości wiązki, wyznaczenie kQ, pomiar czynnika korekcyjnego na niepełne nasycenie, określenie wydajności wiązki);
- 5) weźmie udział w: pomiarach in-vivo i pomiarach przy użyciu filmów Gafchromic;
- 6) weźmie udział w testach kontroli jakości CBCT;
- 7) wykona samodzielnie plan leczenia techniką 3D konformalną dla pacjenta z nowotworem zlokalizowanym w rejonie miednicy, klatki piersiowej, głowy i szyi;
- 8) wykona samodzielnie plany leczenia techniką dynamiczną dla wybranych lokalizacji;
- 9) weźmie udział w przygotowaniu planu leczenia techniką stereotaktyczną w szczególności dla regionów mózgowia i klatki piersiowej;
- 10) weźmie udział we wszystkich etapach przygotowania pacjenta do radioterapii (leczenie radykalne i paliatywne);
- 11) weźmie udział w weryfikacji ułożenia pacjenta w oparciu o obrazowanie 2D i 3D.

### **Miejsce stażu:**

Staż należy odbywać w co najmniej dwóch jednostkach ochrony zdrowia realizujących procedury teleradioterapii. Jedną z nich może być macierzysta jednostka osoby, w której odbywa ona szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej. Jedną z placówek musi być placówką wyspecjalizowaną. Część stażu należy odbyć w placówce, w której może zapoznać z technikami planowania 3D konformalnymi statycznymi i dynamicznymi, metodami leczenia z uwzględnieniem ruchomości oddechowej, metodami weryfikacji dozymetrycznej technik dynamicznych oraz technikami stereotaktycznymi.

### **Czas trwania stażu:**

400 godzin (50 dni roboczych).

Obligatoryjnie w co najmniej dwóch jednostkach ochrony zdrowia; w każdej nie krócej niż 10 dni roboczych. Czas spędzony w jednostce macierzystej, w której osoba odbywa specjalizację może wynosić maksymalnie połowę czasu stażu (25 dni).

### **Forma zaliczenia stażu kierunkowego:**

Zaliczenie stażu odbywa się na podstawie sprawdzianu, przeprowadzonego przez opiekuna stażu.

## **2. Staż kierunkowy: „Brachyterapia”**

### **Cel stażu:**

Celem stażu „Brachyterapia” realizowanego w ramach modułu „Radioterapia” jest nabycie umiejętności praktycznych związanych z planowaniem leczenia oraz dozymetrią i kontrolą jakości w brachyterapii.

### **Zakres oczekiwanych umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne po zakończeniu stażu „Brachyterapia” wykaże się następującymi umiejętnościami praktycznymi:*

- 1) przygotowania danych obrazowych wymaganych w procesie planowania leczenia w brachyterapii;
- 2) przygotowania i optymalizacji planu leczenia dla brachyterapii nowotworów płuc, przełyku i skóry;
- 3) przygotowania i optymalizacji planu leczenia dla brachyterapii nowotworów prostaty;
- 4) przygotowania i optymalizacji planu leczenia dla brachyterapii ginekologicznej;
- 5) przygotowania i optymalizacji planu leczenia dla brachyterapii nowotworów piersi i pozostałych lokalizacji, gdzie wykorzystywana jest brachyterapia śródtkankowa;
- 6) wykonywania pomiarów aktywności źródeł promieniotwórczych stosowanych w brachyterapii;
- 7) wykonywania testów kontroli jakości w brachyterapii wymaganych przez ustawodawcę;
- 8) zaplanowania i realizacji pomiarów dawek in-vivo.

### **Miejsce stażu:**

Staż należy odbywać w co najmniej dwóch jednostkach ochrony zdrowia realizujących procedury brachyterapii. Jedną z nich może być macierzysta jednostka osoby, w która odbywa ona szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej. Jedną z placówek musi być placówką wyspecjalizowaną.

### **Czas trwania stażu:**

160 godzin (20 dni roboczych).

Obligatoryjnie w co najmniej dwóch jednostkach ochrony zdrowia; w każdej nie krócej niż 10 dni roboczych.

### **Forma zaliczenia stażu:**

Zaliczenie stażu odbywa się na podstawie sprawdzianu, przeprowadzonego przez opiekuna stażu.

### **Forma zaliczenia modułu:**

Zaliczenie modułu „Radioterapia” następuje w formie kolokwium z zakresu wiedzy teoretycznej i sprawdzianu umiejętności praktycznych obejmującego treści wszystkich kursów wchodzących w skład modułu „Radioterapia”.

## **MODUŁ III**

### **Diagnostyka obrazowa**

#### **Cele modułu:**

Celem kształcenia specjalizacyjnego w ramach modułu „Diagnostyka obrazowa” jest przygotowanie specjalistycznej kadry fizyków do pracy w jednostkach ochrony zdrowia,

w zakładach i pracowniach diagnostycznych oraz zabiegowych, wykorzystujących zarówno obrazowanie medyczne, jak i metody bioelektryczne, biomagnetyczne i pochodne. Celem jest przekazanie wiedzy i nabycie umiejętności praktycznych z zakresu organizacji wyposażenia pracowni diagnostycznych. Począwszy od doboru adekwatnego sprzętu diagnostycznego do stawianych problemów klinicznych, poprzez nadzór nad jakością jego pracy po współpracę z serwisem i służbami technicznymi jednostek ochrony zdrowia oraz przy tworzeniu specyfikacji zamówień. Cele modułu w zakresie kwalifikacji personelu medycznego obejmują wiedzę z zakresu szkoleń i pomocy w obsłudze sprzętu diagnostycznego, opracowywaniu, wykonywaniu i nadzorowaniu wykonywania testów kontroli jakości, udziału w procesach tworzenia i optymalizacji procedur (szczególnie związanych z wykorzystaniem czynników potencjalnie szkodliwych). W wyniku kształcenia specjalizacyjnego fizycy medyczni zatrudnieni w jednostkach ochrony zdrowia realizujących diagnostykę obrazową powinni być przygotowani do tworzenia i wdrażania systemów zarządzania, udziału w analizie procedur niezgodnych z założeniami, czynny udział w przygotowaniu i przebiegu audytów klinicznych, umiejętności określenia przyczyn dysfunkcji systemu oraz określenia metod eliminacji tych dysfunkcji. Pozyskana wiedza powinna umożliwić osobą specjalizującym się w dziedzinie fizyki medycznej pracę w jednostkach ochrony zdrowia realizujących procedury diagnostyczne.

Moduł realizowany jest w formie pięciu kursów specjalizacyjnych oraz dwóch staży kierunkowych.

## **1. Kurs specjalizacyjny: „Diagnostyka obrazowa: podstawy obrazowania medycznego”**

### **Cel kursu:**

Celem kursu „Diagnostyka obrazowa: podstawy obrazowania medycznego” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z ogólnymi zagadnieniami związanymi z obrazowaniem medycznym, metodami analizy i przekształcania obrazu medycznego i zasadami nadzoru nad wyposażeniem do prezentacji obrazów medycznych. Fizyk medyczny powinien być przygotowany do posługiwania się formatami danych medycznych, bazami danych tekstowych, obrazowych, ich integracją oraz programami wspomagającymi diagnozę i chirurgię. Pozyskana wiedza umożliwi fizykom medycznym zapoznanie się z zasadami zapewnienia bezpieczeństwa i integralności danych oraz tworzenia i stosowania systemów zarządzania jakością i zarządzania ryzykiem.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Diagnostyka obrazowa: podstawy obrazowania medycznego” realizowane są poprzez następujące wykłady:

- 1) Metrologia i rachunek niepewności. (2 godz.).  
*Wymagania metrologiczne i budowa budżetu niepewności w odniesieniu do wielkości i testów odpowiednich do poszczególnych metod obrazowania.*
- 2) Formaty i standardy obrazów medycznych. (1 godz.).  
*DICOM: typy danych, lista tagów, zawartość informacyjna pliku DICOM, DICOM Dir, akwizycja, przekazywanie i archiwizacja obrazów medycznych.*
- 3) Metody przetwarzania i analizy obrazu. (2 godz.).  
*Obraz nieprzetworzony i przetworzony, metody rekonstrukcji obrazów w technikach tomograficznych: rekonstrukcje MPR (multi-planar reconstruction), MIP (maximum intensity projection), DRR (digitally reconstructed radiograph), segmentacja obrazu, tworzenie tensora; fuzja obrazów sztywne (w badaniach hybrydowych), deformacyjna.*
- 4) Ocena jakości i klinicznej przydatności obrazu. (2 godz.).



*Rozdzielczość przestrzenna wysokokontrastowa, kontrast obrazu i jego źródła w różnych technikach obrazowania, szum, stosunek sygnału do szumu, widoczność struktur niskokontrastowych. MTF, NPS. DQE w obrazowaniu rentgenowskim; czułość, swoistość, krzywa ROC, wartość predykcyjna dodatnia.*

- 5) Wyposażenie i programy do prezentacji i analizy obrazów medycznych. (2 godz.).  
*Typy monitorów, podstawowe definicje pojęć, podział ze względu na rodzaj wykorzystania obrazów, podział ze względu na warunki oświetlenia, testy narzędzi do prezentacji obrazu – TG 18, krzywa DICOM, obrazy testowe, GSDF.*
- 6) Systemy i bazy danych oraz archiwa medyczne. (2 godz.).  
*Typy i rodzaje systemów i baz informacji medycznych (HIS/RIS/PACS oraz IHE); formaty cyfrowej postaci danych medycznych (HL7, HL7 XDS, DICOM), integracja systemów i baz danych w jednostkach ochrony zdrowia.*
- 7) Komputerowe wspomaganie obrazowej diagnostyki medycznej i chirurgii. (1 godz.).  
*CAR, CADe, CADx, CAS, ocena kształtu, struktury, tekstury, planowanie zabiegów rekonstrukcyjnych.*
- 8) Systemy zarządzania jakością i zarządzanie ryzykiem. (3 godz.).  
*Wymagania prawne dotyczące systemów zarządzania jakością w medycynie, systemy akredytacji w medycynie, nadzór nad pacjentem, nadzór nad dokumentacją, nadzór nad wyposażeniem, analiza procedur niezgodnych z założeniami, optymalizacja; zdarzenia niepożądane (rejestracja i skutek), ocena ryzyka – obszary i narzędzia oceny (pacjent, personel, wyposażenie), profilowanie i rejestracja ryzyka (obszary, poziomy, monitorowanie), kontrola ryzyka (strategie, przepisy, zasady, procedury i systemy).*
- 9) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Diagnostyka obrazowa: podstawy obrazowania medycznego”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) umieć zastosować rachunek niepewności w odniesieniu do testów urządzeń medycznych;
- 2) znać parametry stosowane do oceny jakości obrazu w testach kontroli aparatury do prezentacji obrazów medycznych;
- 3) znać standard DICOM i sposób działania systemów PACS oraz innych baz danych medycznych;
- 4) znać parametry stosowane do oceny klinicznej przydatności informacyjnej zawartości obrazu;
- 5) umieć określić podstawowe obszary i poziomy ryzyka.

### **Czas trwania kursu:**

16 godzin lekcyjnych = 12 godzin (2 dni).

### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## **2. Kurs specjalizacyjny: „Diagnostyka obrazowa: diagnostyka rentgenowska”**

### **Cel kursu:**

Celem kursu „Diagnostyka obrazowa: diagnostyka rentgenowska” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z budową i zasadą działania urządzeń obrazujących wykorzystujących promieniowanie rentgenowskie oraz zasadami dozymetrii w diagnostyce i zabiegach rentgenowskich. Fizyk medyczny powinien znać metody obrazowania: radiografii (zdjęcia), fluoroskopii (prześwietlenie) i tomografii

(rekonstrukcja struktury przestrzennej) oraz metody akwizycji obrazu: analogowej, cyfrowej pośredniej (CR: płyty fotostymulowane), cyfrowej bezpośredniej (panele DR/DDR i licznik fotonów). Celem kursu jest zapoznanie uczestnika z poszczególnymi zakresami zastosowań klinicznych: stomatologia (zdjęcia punktowe, pantomografia, tomografia CBCT); diagnostyka ogólna (zdjęcia, w tym mammografia); prześwietlenia diagnostyczne, tomografia; radiologia zabiegowa, w tym procedury naczyniowe z wykorzystaniem środków kontrastujących. Pozyskana wiedza umożliwi fizykom medycznym wykonywanie testów podstawowych i specjalistycznych urządzeń radiologicznych oraz nadzór nad wyposażeniem kontrolno – pomiarowym

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Diagnostyka obrazowa: diagnostyka rentgenowska” realizowane są poprzez następujące wykłady:

- 1) Wytwarzanie promieniowania rentgenowskiego. (2 godz.).  
*Budowa i rodzaje rentgenowskich zasilaczy wysokiego napięcia, budowa i rodzaje lamp rentgenowskich, rodzaje i budowa anody, rodzaje ognisk, charakterystyka cieplna, filtracja własna.*
- 2) Widmo promieniowania. (1 godz.).  
*Promieniowanie hamowania, emisja promieniowania hamowania i promieniowania charakterystycznego, filtracja promieniowania własna i całkowita – filtr absorbcyjny, charakterystyczny i kompensacyjny, warstwa półchlonna.*
- 3) Metody akwizycji obrazu. (3 godz.).  
*Analogowa – błona rentgenowska, układ kaseta /błona /folia wzmacniająca, procesy fotochemiczne, urządzenia wywołujące, parametry obrazu analogowego; cyfrowa pośrednia – budowa i charakterystyka stymulowanych płyt pamięciowych, czytniki płyt; cyfrowa bezpośrednia - budowa panelu DDR/DR, charakterystyka absorpcyjna, liczniki fotonów, matryce akwizycyjne w tomografii; sterowanie jakością obrazu.*
- 4) Dozymetria w diagnostyce rentgenowskiej. (4 godz.).  
*Dawka wejściowa na skórę ESD, dawka wejściowa powierzchniowa, dawka gruczołowa, CTDI, DLP, DAP, BSR/BSF, SSDE pomiar wielkości dozymetrycznych zgodnie z prawodawstwem polskim i zaleceniami międzynarodowymi – na przykład IAEA TRS 457.*
- 5) Wpływ parametrów ekspozycyjnych na zawartość informacyjną obrazu rentgenowskiego. (2 godz.).  
*Wysokie napięcie, czas ekspozycji, ognisko, odległość, filtracja, kratka przeciwrozproszeniowa, kolimacja, grubość warstwy kolimowanej i rekonstruowanej, systemy automatyki ekspozycji.*
- 6) Budowa i zasada działania aparatów rentgenowskich stosowanych w radiografii (zdjęciach). (2 godz.).  
*Radiologia ogólna, mammografia, stomatologia – specyfika lampy, filtracji, kolimacji, kratki przeciwrozproszeniowej, FFD, ogniska, automatyki ekspozycji, badania wieloenergetyczne, rodzaje detektorów, zakresy zastosowań klinicznych.*
- 7) Budowa i zasada działania aparatów rentgenowskich stosowanych we fluoroskopii (prześwietleniach). (2 godz.).  
*Fluoroscopia diagnostyczna, fluoroscopia w radiologii zabiegowej (w tym angiografia) – specyfika lampy, filtracji, kolimacji, kratki przeciwrozproszeniowej, FFD, ogniska, automatyki ekspozycji, rodzaje detektorów, stosowane konstrukcje i programy specjalne (DSA, road mapping), zakresy zastosowań klinicznych.*
- 8) Budowa i zasada działania aparatów rentgenowskich stosowanych w tomografii. (3,5 godz.).  
*Tomografia konwencjonalna/tomosynteza, pantomografia, tomografia komputerowa,*

*tomografia wiązki stożkowej - specyfika lampy, specyfika filtracji, specyfika kolimacji, transformata Radona, algorytmy rekonstrukcyjne, metody matematyczne i algebraiczne, metody iteracyjne, obraz tomograficzny, skala Hounsfielda, metody redukcji artefaktów i dawki, zakresy zastosowań klinicznych.*

- 9) Budowa i zasada działania aparatów rentgenowskich do densytometrii kostnej oraz innych nietypowych urządzeń. (0,5 godz.).
- 10) Wyposażenie kontrolno – pomiarowe i nadzór. (3 godz.).  
*Rodzaje mierników – zasada działania, metody wzorcowania i sprawdzania, świadectwa kalibracji i spójność pomiarowa, badania bieguści, badania porównawcze, fantomy do kontroli jakości obrazowania, protokoły pomiarowe, budżet niepewności.*
- 11) Testy kontroli jakości wyposażenia. (4 godz.).  
*Metodologia i zakresy testów dla poszczególnych rodzajów urządzeń radiologicznych oraz wyposażenia pomocniczego - testy monitorów, drukarek itp.; wyposażenie kontrolno-pomiarowe do testów dla poszczególnych grup urządzeń, testy wymagane przepisami prawa, testy normatywne i inne.*
- 12) Zagrożenia związane ze stosowaniem promieniowania rentgenowskiego w diagnostyce rentgenowskiej. (2 godz.).  
*Poziomy referencyjne, dawki narządowe, systemy i programy służące do nadzoru nad dawkami i ich optymalizacji.*
- 13) Audyty kliniczne w radiologii i aktualne przepisy prawne. (2 godz.).  
*Audyty wewnętrzne i zewnętrzne, system audytów klinicznych w Polsce, zakresy i metodyka audytów, podstawowe cele audytów klinicznych, dokumentacja audytów klinicznych, działania zapobiegawcze i korygujące.*
- 14) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanych umiejętności praktycznych i wiedzy teoretycznej:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Diagnostyka obrazowa: diagnostyka rentgenowska”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) znać fizyczne podstawy diagnostyki rentgenowskiej;
- 2) znać budowę i zasady działania aparatów rentgenowskich stosowanych w radiografii, fluoroskopii, tomografii i densytometrii kostnej, z uwzględnieniem konstrukcji i roli poszczególnych elementów tych urządzeń;
- 3) rozumieć sposób tworzenia obrazu na podstawie informacji rejestrowanych przez detektory;
- 4) znać podstawowe zastosowania kliniczne w/w aparatów rentgenowskich;
- 5) rozumieć zależności między parametrami aparatury i parametrami badania a charakterystyką obrazu;
- 6) znać metodologię pomiaru wielkości dozymetrycznych stosowanych w diagnostyce rentgenowskiej zgodnie z polskim prawodawstwem i zaleceniami międzynarodowymi (np. raportem IAEA TRS 457), zasady wyznaczania i stosowania poziomów referencyjnych;
- 7) znać wymagania prawne dotyczące diagnostyki obrazowej, w tym wymagania dotyczące testów urządzeń radiologicznych;
- 8) znać zasady prowadzenia wewnętrznych audytów klinicznych w radiologii.

#### **Czas trwania kursu:**

32 godziny lekcyjne = 24 godziny (4 dni).

#### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego lub dwóch zjazdów.

### 3. Kurs specjalizacyjny: „Diagnostyka obrazowa: rezonans magnetyczny”

#### Cel kursu:

Celem kursu „Diagnostyka obrazowa: rezonans magnetyczny” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z budową i zasadą działania urządzeń obrazujących, wykorzystujących zjawisko magnetycznego rezonansu jądrowego. Fizyk medyczny powinien znać metody obrazowania statycznego, dynamicznego, funkcjonalnego oraz spektroskopii. Celem kursu jest zapoznanie uczestnika z zasadami i zakresami zastosowania klinicznego diagnostyki topograficznej i czynnościowej oraz nadzór obrazowy nad procedurami zabiegowymi. Pozyskana wiedza umożliwi fizykom medycznym wykonywanie pomiarów wielkości związanych z kontrolą jakości wyposażenia oraz nadzorem nad wyposażeniem kontrolno – pomiarowym.

#### Zakres wiedzy teoretycznej:

Cele kursu „Diagnostyka obrazowa: rezonans magnetyczny” realizowane są poprzez następujące wykłady:

1) Podstawy fizyczne. (4 godz.).

*Magnetyczne własności materii, spin i moment magnetyczny, precesja spinu, częstość Larmora, magnetyczne własności jąder, zjawisko Zeemana, magnetyzacja, istota zjawiska NMR, sygnał FID, procesy relaksacji, sprzężenia spinowo-spinowe, relaksacja spin-sieć, spin-spin, parametry T1 i T2, transfer magnetyzacji, sekwencje pomiarowe, parametry sekwencji – TR i TE, kontrast T1, T2, gęstości protonowej.*

2) Podstawy techniczne – wyposażenie. (4 godz.).

*Budowa aparatury MRI/NMR; elementy składowe systemu, magnesy nadprzewodzące, systemy chłodzenia, system gradientowy, parametry, amplituda i prędkość narastania gradientów pola magnetycznego, system RF, typy cewek RF, cewka nadawczo-odbiorcza, system RF umożliwiający wykonywanie badań MR na pierwiastkach innych, niż wodór, osłony magnetyczne, klatka Faradaya, system komputerowy, konsola operatorska, system rekonstrukcji obrazu.*

3) Zasady i zakresy nadzoru nad wyposażeniem. (3 godz.).

*Testy kontroli jakości, fantomy i aparatura pomiarowa, procedury i testy zalecane przez producentów i towarzystwa naukowe, parametry mierzone i oceniane: SNR, częstotliwość rezonansowa, napięcie na cewce RF, zniekształcenia geometryczne, artefakty, rozdzielczość przestrzenna, próg detekcji kontrastu, grubość i położenie warstwy.*

4) Kliniczny zakres zastosowań. (4 godz.).

*Definicje pojęć, krytyczne parametry obrazowania: sekwencje impulsowe, grubość warstwy, pole widzenia (FOV), macierz danych, liczba akwizycji a jakość obrazu, echo spinowe, sekwencja odwrócenia i powrotu, techniki echa gradientowego i swobodnej precesji; obrazowanie podatności magnetycznej, perfuzja, dyfuzja, fMRI, angiografia, spektroskopia, specyfika kardiologii, podstawowe zasady stosowania środków kontrastujących, klasyfikacja środków kontrastujących, biodystrybucja środków kontrastujących, angiografia MR z użyciem środków kontrastujących.*

5) Zagrożenia dla pacjenta i personelu. (3 godz.).

*Wpływ stałych i zmiennych pól magnetycznych na organizm człowieka, zagrożenia (SAR, oparzenia, implanty i ciała obce, kompatybilność materiałów medycznych ze środowiskiem MRI, zagrożenia magnetomechaniczne, zagrożenie słuchu pacjenta), organizacja pracowni MR (strefy dostępu, nadzór nad ruchem personelu i pacjentów, detekcja materiałów ferromagnetycznych), inne kliniczne (cechy osobnicze – klaustrofobia, działanie środków farmakologicznych).*

- 6) Tworzenie obrazu, wpływ parametrów na obraz; artefakty. (3 godz.).  
*Kodowanie obrazu, wybór warstwy, kodowanie fazy i kodowanie częstotliwości – powstawanie obrazu MR, rola gradientów, przestrzeń k, zasady lokalizacji sekwencji, parametry impulsów NMR, parametry akwizycji wpływające na jakość obrazów MR i widma NMR, obrazy T1-zależne, T2-zależne i PD, jakość obrazu MR: kontrast, rozdzielczość przestrzenna i stosunek sygnału do szumu, artefakty – źródła i metody minimalizacji, zniekształcenia sygnału cyfrowego, techniki rekonstrukcji obrazów (dyskretna transformacja Fouriera 2D i 3D, inne metody rekonstrukcji, segmentacja obrazu), podstawowe sekwencje impulsowe w spektroskopii MR, rodzaje sekwencji.*
- 7) Przepisy prawne. (2 godz.).  
*Aktualne przepisy krajowe, unijne i międzynarodowe, aktualne wymagania ICNIRP, zalecenia towarzystw naukowych.*
- 8) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanych umiejętności praktycznych i wiedzy teoretycznej:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Diagnostyka obrazowa: rezonans magnetyczny”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) znać fizyczne podstawy tworzenia obrazu przy pomocy zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego;
- 2) znać budowę i zasady działania tomografu MR, z uwzględnieniem konstrukcji i roli poszczególnych elementów tych urządzeń;
- 3) rozumieć i potrafić przeciwdziałać zagrożeniom związanym z tą metodą obrazowania dotyczących pacjentów i personelu;
- 4) rozumieć zasady nadzoru nad wyposażeniem do obrazowania metodą magnetycznego rezonansu jądrowego, zinterpretować wyniki testów;
- 5) znać podstawowe zastosowania kliniczne, w tym spektroskopię i obrazowanie funkcjonalne.

#### **Czas trwania kursu:**

24 godziny lekcyjne = 18 godzin (3 dni).

#### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

### **4. Kurs specjalizacyjny: „Diagnostyka obrazowa: medyczne wykorzystanie ultradźwięków, mikrofal i światła”**

#### **Cel kursu:**

Celem kursu „Diagnostyka obrazowa: medyczne wykorzystanie ultradźwięków, mikrofal i światła” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z budową i zasadą działania urządzeń medycznych wykorzystujących jako nośnik energii lub informacji mechaniczną falę dźwiękową oraz z budową i zasadami działania urządzeń medycznych wykorzystujących jako nośnik energii lub informacji falę elektromagnetyczną w zakresie mikrofal albo światła (podczerwień, światło widzialne, nadfiolet). Fizyk medyczny powinien znać wielkości opisujące narażenie pacjenta na czynniki potencjalnie szkodliwe oraz zalecenia dotyczące testów poszczególnych grup wyposażenia medycznego. Celem kursu jest zapoznanie uczestnika z metodami obrazowania oraz oddziaływań bezpośrednich i pośrednich z tkanką żywą. Pozyskana wiedza umożliwi fizykom medycznym wykonywanie pomiarów wielkości związanych z kontrolą jakości wyposażenia medycznego oraz nadzorem nad wyposażeniem kontrolno – pomiarowym.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Diagnostyka obrazowa: medyczne wykorzystanie ultradźwięków, mikrofal i światła” realizowane są poprzez następujące wykłady:

- 1) Ultrasonografia – tworzenie i propagacja fali ultradźwiękowej. (2 godz.).  
*Efekt piezoelektryczny, szybkość fali w różnych ośrodkach, impedancja akustyczna, odbicie i załamanie, współczynnik odbicia i transmisji, osłabienie i jego zależność od częstotliwości ultradźwięków, rozproszenie, strefy wiązki ultradźwiękowej.*
- 2) Ultrasonografia - konstrukcja i działanie ultrasonografu oraz kontrola jakości. (2 godz.).  
*Budowa głowicy liniowej, konweksowej, sektorowej, endokawitarnej, mechaniczne i elektroniczne skanowanie wiązką, ogniskowanie elektroniczne, rodzaje prezentacji obrazu (A, B, M, 3D, 4D), obrazowanie dopplerowskie z ciągłą i impulsową emisją fali, obrazowanie harmoniczne, materiały stosowane do konstrukcji fantomów, wybrane testy: głębokość martwej strefy, rozdzielczość przestrzenna w kierunku poprzecznym i podłużnym, dokładność pomiaru odległości, głębokość penetracji, widoczność struktur bezechowych.*
- 3) Ultrasonografia - wpływ parametrów na obraz, zagrożenia związane ze stosowaniem fali ultradźwiękowej. (1 godz.).  
*Zależność między częstotliwością i długością fali a głębokością penetracji i rozdzielczością obrazu, zastosowania kliniczne a konstrukcja głowicy i częstotliwość ultradźwięków, moc fali, wzmocnienie sygnału, zakres dynamiki, ogniskowanie, artefakty (wielokrotne odbicia, różnice w osłabieniu, załamania, różnice prędkości), efekty termiczne i mechaniczne, wielkości opisujące narażenie: indeks termiczny TI, indeks mechaniczny MI, ciepło deponowane w tkankach, mechaniczne działanie fali ultradźwiękowej.*
- 4) Ultrasonografia – kliniczny zakres zastosowań. (2 godz.).  
*Badania jamy brzusznej i narządów powierzchniowych, badania położnicze, rola pomiarów odległości, badania przepływów, badania okulistyczne, echokardiografia, badania przezprzełykowe i wewnątrznaczyniowe, elastografia, wirtualna endoskopia, badania z zastosowaniem środków kontrastujących, terapia: litotrypsja, HIFU.*
- 5) Mikrofałe – fizyka i technika, działanie. (2 godz.).  
*Zakresy częstotliwości wykorzystywane w medycynie; oddziaływanie z materią: straty dielektryczne, przewodnictwo jonowe; wielkości: moc tracona, głębokość wnikania, rozkład pola; sterowanie rozkładem pola; wytwarzanie i przesyłanie mikrofal; narzędzia do sterowania emisją; propagacja w tkankach; oddziaływanie z tkanką żywą.*
- 6) Mikrofałe – zastosowania kliniczne, zagrożenia, nadzór (1 godz.).  
*[ciepłolecznictwo, termoablacja, diatermia, hipertermia, elektrochirurgia; dozymetria promieniowania elektromagnetycznego deponowanego w tkance: SAR, ocena przewodności cieplnej tkanek, pojęcie Hot Spot]*
- 7) Podczerwień – fizyka i technika. (2 godz.).  
*Zakresy długości fal; powstawanie promieniowania podczerwonego; prawa opisujące promieniowanie ciała czarnego: prawo Plancka i Stefana Boltzmanna; pojęcie absorpcji i emisyjności oraz znaczenie parametrów w diagnostyce i terapii; temperatura i jej pomiar, podstawy detekcji promieniowania podczerwonego oraz wykorzystywane detektory, podstawy fizyczne aktywnej termografii dynamicznej IRNDT; teletermografia i termografia ciekłokrystaliczna; matryce FPA, UFPA; układy optyczne wykorzystywane w kamerach termowizyjnych, kontrola jakości w detekcji promieniowania podczerwonego.*
- 8) Podczerwień – zastosowania kliniczne i specyfika tworzenia obrazu. (1 godz.).

*Diagnostyka: termograficzna w medycynie fizykalnej, onkologii, chirurgii plastycznej, diagnozowaniu oparzeń, ocenie unaczynienia, ocenie zmian skórnych; biofluorescencja w bliskiej podczerwieni z oceną składu chemicznego tkanek i płynów ustrojowych; diagnostyka stanów zapalnych w ortopedii; termometria; leczenie (bezpośrednie i pośrednie przez nadzór obrazowy): fizykoterapia; monitorowanie zabiegów (naczyniowych, kardiologicznych i neuroplastycznych), termoablacja; tomografia termiczna.*

- 9) Lasery – fizyka i technika. (2 godz.).

*Podstawy fizyczne; pojęcia: inwersja obsadzeń, pompowanie, emisja spontaniczna i wymuszona; podstawowe rodzaje i podział; podstawowe parametry fizyczne opisujące promieniowanie laserowe wykorzystywane w medycynie: gęstość mocy, czas emisji, długość fali; efekty fizyczne oddziaływania promieniowania laserowego z tkanką: fotojonizacja, efekt fotochemiczny; efekt fototermiczny.*

- 10) Lasery – zastosowania kliniczne i zagrożenia. (2 godz.).

*Obrazowanie: koherentna tomografia optyczna, fotoluminescencja, pobudzenie światłem laserowym w diagnostyce; leczenie: celowana chemoterapia, stymulacja lub blokowanie naczyń, chirurgia, stomatologia, kosmetologia, fizykoterapia, terapia fotodynamiczna PDT; główne obszary uszkodzeń: skóra i oko; pojęcia: energia, dawki, powierzchniowa gęstość mocy, średnia moc promieniowania, molowy współczynnik absorpcji promieniowania laserowego o różnej długości fali, okno terapeutyczne, przekrój czynny na absorpcję, Numerical Colour Value.*

- 11) Światło widzialne – fizyka, technika i nadzór nad wyposażeniem. (1 godz.).

*Widmo, polaryzacja, pojęcie temperatury barwowej; źródła światła, kamery CID, CTD, CCD, CMOS, układy optyczne: soczewki, filtry, urządzenia wykorzystujące VIS w medycynie; czystość układu optycznego, sprawność mechaniczna elementów fiberoskopu i drożność kanałów.*

- 12) Światło widzialne – zastosowania kliniczne i specyfika tworzenia obrazu; pomiary w świetle odbitym i przechodzącym. (2 godz.).

*Obrazowanie: endoscopia, diafanoscopia, obrazowanie molekularne, sonoluminescencja, angiografia fluoresceinowa; leczenie: fototerapia, utleniane fotodynamiczne, fizykoterapia; fotostymulacja, dobór temperatury barwowej oświetlenia do problemu klinicznego, widmo detektora obrazu), pomiary nieobrazowe: potencjały wywołane, fotopletyzmografia, pulsoksymetria, pomiar ciśnienia metodą Penaza (Finapres), migotanie przedsionków.*

- 13) Nadfiolet – fizyka, technika i nadzór nad wyposażeniem. (1 godz.).

*Widmo, pasma, filtracja; oddziaływanie z materią i z tkanką; źródła światła nadfioletowego.*

- 14) Nadfiolet – zastosowania kliniczne i specyfika oddziaływań i zagrożenia. (1 godz.).

*Obrazowanie: testy materiału biologicznego; leczenie: fotostymulacja, sterylizacja, fizykoterapia, stomatologia, fotochemoterapia, kosmetologia, laseroterapia; zależność bioaktywności od pasma i cech osobniczych; efekty wczesne („progowe”) i późne („stochastyczne”).*

- 15) Przepisy prawne. (1 godz.).

*Polskie i międzynarodowe przepisy dotyczą dopuszczalnych poziomów czynników szkodliwych, zalecenia towarzystw naukowych.*

- 16) Zaliczenie kursu. (1 godz.).

*Forma pisemna.*

#### **Wykaz oczekiwanych umiejętności praktycznych i wiedzy teoretycznej:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Diagnostyka obrazowa: medyczne wykorzystanie ultradźwięków, mikrofal i światła”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:*

- 1) znać fizyczne podstawy działania aparatury do ultrasonografii, a także wyposażenia medycznego wykorzystującego mikrofałę oraz światło;
- 2) znać budowę, zasady działania i zastosowania kliniczne aparatury do ultrasonografii, laserów oraz innych urządzeń medycznych wykorzystujących mikrofałę oraz światło;
- 3) rozumieć zależności między parametrami aparatury i parametrami badania a charakterystyką obrazu lub efektem terapeutycznym;
- 4) znać wielkości opisujące narażenie pacjenta;
- 5) znać zalecenia dotyczące nadzoru nad wyposażeniem medycznym wykorzystującym ultradźwięki, mikrofałę oraz światło.

**Czas trwania kursu:**

24 godziny lekcyjne = 18 godzin (3 dni).

**Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

**5. Kurs specjalizacyjny: „Diagnostyka obrazowa: bioelektryczność i biomagnetyzm w medycynie”**

**Cel kursu:**

Celem kursu „Bioelektryczność i biomagnetyzm w medycynie” jest zapoznanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej z podstawami fizycznymi zjawisk elektrycznych i magnetycznych w organizmach żywych na poziomie błony biologicznej, komórki, tkanki i narządu oraz sposobem wykorzystania zjawisk elektrycznych do regulacji działania organizmu żywego. Fizyk medyczny powinien znać metody pomiarowe dla zjawisk elektrycznych, od podstaw fizycznych pomiaru elektrycznego, przez konstrukcję sprzętu pomiarowego i przetwarzanie sygnału do interpretacji klinicznych, ze szczególnym uwzględnieniem EKG, EEG, EMG, potencjałów wywołanych, mikroneurografii, elektrookulografii, neurologicznych, optycznych, słuchowych, czuciowych i miograficznych oraz z metodami pomiarowymi dla zjawisk magnetycznych. Celem kursu jest zapoznanie uczestnika z metodami pomiarowymi do oceny zjawisk regulacji, w tym metodami akwizycji przy pomocy rejestratorów mobilnych (rejestratory EKG i rytmu serca, stymulatory i ICD) oraz z metodami i modelami badania stanu funkcjonalnego organizmu żywego. Pozyskana wiedza umożliwi fizykom medycznym wykonywanie pomiarów wykorzystujących inne zjawiska fizyczne (pletyzmografia, tonometria aplanacyjna, sejsmokardiografia).

**Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Bioelektryczność i biomagnetyzm w medycynie” realizowane są poprzez następujące wykłady:

- 1) Podstawy biofizyczne i elektrochemiczne zjawiska. (2,5 godz.).  
*Rola elektrolitu, dyfuzji i ciśnienia osmotycznego w zjawiskach przewodnictwa, budowa błony lipidowo-białkowej, prawo Nernsta, Donnana i Goldmana-Hodgkina-Katza, model Hodgkina Huxleya, teoria selektywności kanału wg Mc Clintocka.*
- 2) Zmiany potencjału czynnościowego i jego propagacja w ośrodkach aktywnych. (1,5 godz.).  
*Cykl zmian potencjału czynnościowego w kardiomiocytach i neuronach, czynność skurczowa, aktywność mięśni szkieletowych, aktywność receptorów, aktywność elektryczna mięśniówki gładkiej i śródbłonna naczyniowego oraz aktywność neurohormonalna, postulowana rola zjawisk elektrycznych w rozwoju miażdżycy; tkanka mięśniowa i nerwowa, arytmia, fale epilepsji, czynność elektryczna jelit*



- i innych mięśni gładkich, skurcze naczyń, propagacja w zwojach nerwowych, dynamika nieliniowa ośrodka oddechowego.*
- 3) Modele propagacji biopotencjałów. (1 godz.).  
*Powstawanie sygnału EKG: istniejące koncepcje i rzeczywistość kliniczna, model linii długiej, model jedno i dwudomenowy, modele FEM i BEM, zagadnienie odwrotne w EKG i EEG, modele elektrodyfuzyjne i jonowe, elektrody bipolarne i unipolarne.*
  - 4) Techniki pomiaru wielkości elektrycznych. (3 godz.).  
*EKG, EMG, EEG, EOG, potencjały wywołane, mikroneurografia, elektrookulografia, neurologiczne, optyczne, słuchowe, czuciowe i miograficzne potencjały wywołane, teoria elektrody Ag/AgCl, potencjał połówkowy elektrody i energia aktywacji, własności prostownicze; izolacja optyczna, CMRR, częstość próbkowania, rozdzielczość przetwornika, pływająca masa, sprzężenia z siecią 50 Hz, przyczyny zakłóceń, własności przewodzące skóry i ich zmienność osobnicza, pomiary mikrowoltowe, pomiary składowej pojemnościowej, systemy wieloelektrodowe, pomiary wielodobowe, zalecenia pomiarów w obecności sprzętu elektronicznego.*
  - 5) Elektrodiagnostyka i elektroterapia przy użyciu urządzeń wszczepialnych. (1 godz.).  
*Zakresy klinicznych zastosowań stymulatorów w kardiologii, neurologii, psychiatrii protetyce, implantowane kardiowetery – defibrylatory (ICD), telemedycyna, zdalna rehabilitacja kardiologiczna, pomiary nieinwazyjne.*
  - 6) Budowa i zasada działania aparatów pomiarach magnetycznych. (2 godz.).  
*Zasada działania miernika SQUID, układy cewek pomiarowych, fizyka pomiaru biopotencjałów: pomiary magnetyczne a elektryczne (problem długości odstepu QT magnetycznego i elektrycznego, rodzaje głowic pomiarowych, zakresy zastosowań klinicznych.*
  - 7) Pomiary nieinwazyjne jako pomiary pośrednie, na przykładzie dynamiki układu krążenia. (1 godz.).  
*Stratyfikacja ryzyka śmiertelności ogólnej przez ocenę aktywności autonomicznej w kardiologii, okresie pooperacyjnym, depresji i innych schorzeniach psychiatrycznych, stanach zapalnych, w tym po radioterapii, metody i modele zmienności rytmu serca i innych wielkości nieinwazyjnych, możliwości stosowania oscylacji w diagnostyce, zakresy zastosowań klinicznych.*
  - 8) Wymagania jakim podlega sprzęt do pomiarów elektrycznych i magnetycznych oraz zasady dobrej praktyki medycznej. (1 godz.).  
*Metody kalibracji pomiarów oraz skuteczności detekcji, wymagania dla sprzętu diagnostyki EKG protokoły pomiarowe.*
  - 9) Stosowanie pól elektrycznych i magnetycznych w rehabilitacji i fizykoterapii. (2 godz.).  
*Zakresy częstotliwościowe, energetyczne i czasowe oraz kształty impulsów, absorpcja energii w tkankach, prądy wysokiej częstotliwości, magnetoterapia, magnetostymulacja, interferencja, galwanizacja, jonoforeza, elektrostymulacja określanie progów efekt – brak efektu – uszkodzenie, analiza sprawności wyposażenia, analiza stanu elementów czynnych, biostymulacja, relaksacja, wprowadzanie leków, ochrona personelu – strefy poziomów bezpieczeństwa.*
  - 10) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
Forma pisemna.

### **Wykaz oczekiwanych umiejętności praktycznych i wiedzy teoretycznej:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Bioelektryczność i biomagnetyzm w medycynie”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne powinna:

- 1) znać własności fizyczne pól elektrycznego i magnetycznego oraz wielkości określające ich parametry;

- 2) znać budowę i własności bioelektryczne i biomagnetyczne komórek, tkanek i narządów;
- 3) znać budowę, zasady działania i zastosowania kliniczne wyposażenia do wykonywania pomiarów w zakresie bioelektryczności i biomagnetyzm;
- 4) znać budowę, zasady działania i zastosowania kliniczne wyposażenia stosowanego w rehabilitacji i fizykoterapii;
- 5) znać potencjalne zagrożenia dotyczące pacjenta i personelu;
- 6) znać zalecenia i metody dotyczące nadzoru nad wyposażeniem medycznym stosowanym w biopomiarach i fizykoterapii.

**Czas trwania kursu:**

16 godzin lekcyjnych = 12 godzin (2 dni).

**Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

**1. Staż kierunkowy: „Diagnostyka rentgenowska i ultrasonograficzna”**

**Cel stażu:**

Celem stażu „Diagnostyka rentgenowska i ultrasonograficzna” realizowanego w ramach modułu „Diagnostyka obrazowa” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej do samodzielnej pracy w jednostkach ochrony zdrowia stosujących promieniowanie rentgenowskie w celach diagnostycznych oraz ultradźwięki, w zakresie nadzoru nad prawidłowym funkcjonowaniem wyposażenia medycznego, w zakresie wdrażania i wykonywania odbiorczych, podstawowych i specjalistycznych testów kontroli jakości oraz optymalizacji dawek i jakości obrazu w trakcie stosowania urządzeń rentgenowskich, ultrasonografów i wyposażenia pomocniczego.

**Zakres wymaganych umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że osoba realizująca szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w trakcie stażu „Diagnostyka rentgenowska i ultrasonograficzna” wykona poniższe czynności:*

- 1) weźmie bierny udział w medycznych procedurach radiologicznych wykonywanych z zastosowaniem wyposażenia rentgenowskiego do radiografii (w tym również mammografii), fluoroskopii (w tym zabiegowej), tomografii komputerowej;
- 2) co najmniej raz weźmie czynny udział w wykonywaniu testów i pomiarów w zakresie określonym przez obowiązujące przepisy prawne oraz zalecanym przez towarzystwa naukowe (w tym również testów specjalistycznych) dla wyposażenia rentgenowskiego do co najmniej radiografii (w tym również do mammografii), fluoroskopii (w tym zabiegowej), tomografii komputerowej oraz do ultrasonografii;
- 3) zapozna się z dokumentacją zawierającą wyniki testów specjalistycznych;
- 4) samodzielnie (pod nadzorem specjalisty fizyka medycznego) przeprowadzi wybrane testy specjalistyczne co najmniej trzech z spośród wymienionych urządzeń: aparat ogólnodiagnostyczny, fluoroskopowy lub angiograficzny, mammograf, tomograf komputerowy;
- 5) weźmie udział w wykonaniu co najmniej 3 sprawozdań z wybranych testów specjalistycznych;
- 6) samodzielnie (pod nadzorem specjalisty fizyka medycznego) przeprowadzi testy specjalistyczne monitora opisowego lub monitora przeglądowego;

- 7) zapozna się z przepisami dotyczącymi testów specjalistycznych urządzeń radiologicznych stosowanych w stomatologii;
- 8) zapozna się z zasadami testów odbiorczych urządzeń radiologicznych stosowanych w diagnostyce obrazowej;
- 9) zapozna się z zasadami wykonywania testów podstawowych urządzeń radiologicznych z zakresu diagnostyki obrazowej;
- 10) zapozna się z działaniem wyposażenia pomiarowego używanego do wykonywania testów specjalistycznych i testów podstawowych, obejmujących pomiar fizycznych parametrów urządzeń radiologicznych stosowanych w diagnostyce obrazowej oraz urządzeń z nim współpracujących (m.in. monitorów);
- 11) zapozna się ze świadectwami wzorcowania wyposażenia pomiarowego używanego do wykonywania testów specjalistycznych i testów podstawowych;
- 12) zapozna się z zasadami optymalizacji obrazu i dawek;
- 13) weźmie bierny udział w co najmniej jednej sesji analizy procedur niezgodnych z założonymi kryteriami;
- 14) wykona obrazowanie fantomów umożliwiające ocenę obecności artefaktów;
- 15) weźmie bierny udział w procedurach medycznych realizowanych na aparacie ultrasonograficznym z co najmniej dwoma rodzajami głowic;
- 16) zapozna się z fantomami do kontroli obrazowania w ultrasonografii oraz możliwymi sposobami wykonywania tej kontroli.

#### **Miejsce stażu:**

Staż należy odbywać w co najmniej dwóch jednostkach ochrony zdrowia realizujących procedury diagnostyczne wyposażone komplementarnie w aparaturę rentgenowską w zakresie co najmniej: radiografii ogólnej, mammografii, fluoroskopii, tomografii komputerowej, ultrasonografii oraz w kompletne wyposażenie kontrolno – pomiarowe zapewniające możliwość wykonania dla tych urządzeń testów zalecanych prawnie. Jedną z nich może być macierzysta jednostka osoby, w której odbywa ona szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej.

#### **Czas trwania stażu:**

120 godzin (15 dni roboczych). Staż w jednostce macierzystej nie może trwać dłużej niż 50% czasu całego stażu.

#### **Forma zaliczenia stażu:**

Zaliczenie stażu odbywa się na podstawie sprawdzianu, przeprowadzonego przez opiekuna stażu.

## **2. Staż kierunkowy: „Rezonans magnetyczny”**

#### **Cel stażu:**

Celem stażu „Rezonans magnetyczny” realizowanego w ramach modułu „Diagnostyka obrazowa” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej do samodzielnej pracy w jednostkach ochrony zdrowia stosujących techniki rezonansu magnetycznego w celach diagnostycznych, w zakresie wdrażania i wykonywania testów kontroli jakości (odbiorczych oraz okresowych), doboru i optymalizacji parametrów stosowanych sekwencji impulsowych, nadzoru nad jakością obrazu oraz nad prawidłowym funkcjonowaniem urządzeń radiologicznych i urządzeń z nimi współpracujących.

#### **Zakres wymaganych umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że osoba realizująca szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w trakcie stażu „Rezonans magnetyczny” wykona poniższe czynności:*

- 1) zapozna się z topografią pracowni rezonansu magnetycznego (zwanej dalej pracownią MR), zasadami jej pracy oraz ruchu pacjentów w strefach zagrożenia;
- 2) zapozna się z obowiązującym w pracowni MR systemem nadzoru nad bezpieczeństwem badań pacjentów i pracy personelu;
- 3) pod kontrolą personelu pracowni MR pozna podstawowe elementy konstrukcyjne tomografu MRI i jego wyposażenie, w tym typy cewek RF i fantomy pomiarowe;
- 4) przeprowadzi pod nadzorem personelu podłączenie nadawczo-odbiorczej cewki RF i weźmie udział w procedurach kalibracji cewki;
- 5) weźmie co najmniej jednokrotny udział w przeprowadzanych przez personel testach kontroli jakości, w tym w pomiarach wartości współczynnika stosunku sygnału do szumu SNR (Signal-to-Noise-Ratio), kontroli częstotliwości rezonansowej oraz napięcia na cewce nadawczej RF, analizie zniekształceń geometrycznych, kontroli jednolitości intensywności obrazu, teście obecności cieni dodatkowych (tzw. pomiar „efektu ducha”, ang. ghost effect) na obrazach, analizie rozdzielczości przestrzennej przy wysokim kontraście, testach wykrywania obiektów o niskim kontraście, kontroli grubości warstwy i położenia warstwy;
- 6) przeprowadzi test działania stołu MR oraz test poprawności działania lasera centrującego;
- 7) samodzielnie (pod nadzorem specjalisty fizyka medycznego) przeprowadzi testy specjalistyczne monitora opisowego lub monitora przeglądowego;
- 8) zapozna się z dokumentacją zawierającą wyniki testów kontroli jakości;
- 9) we współpracy z osobami z personelu pracowni MR zaznajomi się z zasadami lokalizacji sekwencji impulsowej i definiowania jej parametrów (tj. grubość warstwy, pole widzenia, macierz danych, liczba akwizycji);
- 10) korzystając z fantomu zarejestruje obrazy MR przy użyciu przynajmniej sekwencji echa spinowego, sekwencji odwrócenia i powrotu, echa gradientowego; przeprowadzi rejestrację widma  $^1\text{H MRS}$ ;
- 11) zapozna się z przebiegiem badania diagnostycznego wykonywanego z zastosowaniem tomografu rezonansu magnetycznego i weźmie bierny udział w procedurach diagnostycznych realizowanych na aparacie MRI przy zastosowaniu co najmniej metod obrazowania statycznego, dynamicznego i spektroskopii;
- 12) pozna podstawowe zasady stosowania środków kontrastujących i weźmie bierny udział w procedurach diagnostycznych, w których zastosowany będzie środek kontrastujący.

#### **Miejsce stażu:**

Staż należy odbywać w co najmniej dwóch jednostkach ochrony zdrowia realizujących procedury diagnostyczne wyposażone w urządzenia MR. Jedną z nich może być macierzysta jednostka osoby, w której odbywa ona szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej.

#### **Czas trwania stażu:**

40 godzin (5 dni roboczych). Staż w jednostce macierzystej nie może trwać dłużej niż 50% czasu całego stażu.

#### **Forma zaliczenia stażu:**

Zaliczenie stażu odbywa się na podstawie sprawdzianu, przeprowadzonego przez opiekuna stażu.

#### **Forma zaliczenia modułu:**

Zaliczenie modułu „Diagnostyka obrazowa” następuje w formie kolokwium z zakresu wiedzy teoretycznej i sprawdzianu umiejętności praktycznych obejmującego treści wszystkich kursów wchodzących w skład modułu „Diagnostyka obrazowa”.

## MODUŁ IV

### Medycyna nuklearna

#### Cele modułu:

Celem kształcenia specjalizacyjnego w ramach modułu „Medycyna nuklearna” jest przygotowanie specjalistycznej kadry fizyków medycznych do pracy w placówkach medycyny nuklearnej jednostek ochrony zdrowia. W wyniku kształcenia specjalizacyjnego fizycy medyczni zatrudnieni w placówkach medycyny nuklearnej winni być przygotowani do pełnienia roli partnerów kadry medycznej oraz być w stanie podejmować różnorodne decyzje dotyczące fizycznych aspektów medycyny. W wyniku kształcenia powinni umieć nadzorować jakość realizowanych procedur medycznych i jakość pracy sprzętu wykorzystywanego na dowolnym etapie realizacji procedur diagnostycznych i terapeutycznych.

Moduł realizowany jest w formie dwóch kursów specjalizacyjnych oraz jednego stażu kierunkowego.

#### 1. Kurs specjalizacyjny: „Medycyna nuklearna: diagnostyka radioizotopowa”

##### Cel kursu:

Celem kursu „Medycyna nuklearna: diagnostyka radioizotopowa” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej do sprawowania pełnej kontroli nad sprzętem wykorzystywanym w diagnostyce radioizotopowej na dowolnym etapie realizacji procedur medycznych. Celem kursu jest przekazanie wiedzy i umiejętności w zakresie szacowania dawek dla pacjentów od stosowanych radiofarmaceutyków diagnostycznych oraz wspomaganie personelu medycznego w planowaniu i optymalizacji procedur medycznych.

##### Zakres wiedzy teoretycznej:

Cele kursu „Medycyna Nuklearna: diagnostyka radioizotopowa” realizowane są poprzez następujące wykłady połączone z pokazami:

- 1) Techniki i metody obrazowania radioizotopowego. (1 godz.).  
*Rys historyczny. Podstawy obrazowania radioizotopowego. Obrazowanie funkcjonalne i jego różnice w stosunku do obrazowania strukturalnego. Techniki planarne i tomograficzne. Metody scyntygrafii planarnej i tomografii emisyjnej pojedynczego fotonu (SPECT). Metoda pozytonowej tomografii emisyjnej PET. Metody radioizotopowego obrazowania śródoperacyjnego.*
- 2) Radioizotopy i radiofarmaceutyki wykorzystywane do obrazowania medycznego. (4 godz.).  
*Podstawowe własności izotopów promieniotwórczych wykorzystywanych do diagnostyki (pożądane i realne). Metody produkcji radioizotopów stosowanych w diagnostycznej medycynie nuklearnej (generatorowe, reaktorowe i akceleratorowe). Lista radioizotopów dla klasycznej medycyny nuklearnej i techniki PET. Najważniejsze radiofarmaceutyki stosowane w diagnostyce radioizotopowej (badania serca, kości, nerek, tarczycy, płuc, mózgu, badania onkologiczne). Metody kontroli jakości radioizotopów i radiofarmaceutyków (podstawowy sprzęt do prowadzenia kontroli jakości: jego budowa i zasady działania.*
- 3) Gamma kamera: budowa i działanie. (4 godz.).  
*Rys historyczny. Typy stosowanych gamma kamer, ich budowa i zasady działania. Rodzaje i typy stosowanych kolimatorów: ich własności i parametry. Oddziaływanie promieniowania gamma z pacjentem i z detektorami stosowanymi w medycynie*

- nuklearnej. Parametry gamma kamery determinujące jakość uzyskiwanych obrazów, a tym samym jakość otrzymywanej informacji diagnostycznej (zdolność rozdzielcza przestrzenna i energetyczna, rozmiar matrycy akwizycyjnej, rodzaj kolimatora, czułość). Artefakty techniczne i wywoływane przez pacjenta. Rodzaje stosowanych korekcji na etapie akwizycji danych. Typowe rodzaje akwizycji z wykorzystaniem gamma kamer. Cyfryzacja zapisu detekcji promieniowania.*
- 4) Skaner PET: budowa i działanie. (4 godz.).  
*Rys historyczny. Typy stosowanych skanerów, ich budowa i zasady działania. Parametry skanera PET i ich wpływ na jakość obrazowania. Przestrzenna zdolność rozdzielcza i jej zależność od fizycznych i technicznych parametrów urządzenia. Typy i rodzaje stosowanych korekcji w detekcji danych. Rozwiązanie ToF. Rozwiązania typu flow motion. Cyfryzacja zapisu detekcji danych.*
  - 5) Diagnostyczne urządzenia hybrydowe medycyny nuklearnej. (2 godz.).  
*Budowa i działanie SPECT/CT. Budowa i działanie PET/CT. Budowa i działanie PET/MRI (ucieczka od klasycznego sposobu detekcji scyntylator fotopowielacz na rzecz diod światłowodowych).*
  - 6) Specjalne urządzenia diagnostyczne medycyny nuklearnej. (3 godz.).  
*Półprzewodnikowe kamery dedykowane do badań kardiologicznych. Śródoperacyjne gamma kamery i sondy. Mammograf PET. Cyfryzacja skanerów medycyny nuklearnej.*
  - 7) Urządzenia wspomagające pracę w zakładzie medycyny nuklearnej. (2 godz.).  
*Mierniki aktywności. Przyrządy do pomiaru i monitorowania narażenia radiacyjnego pracowników zakładów medycyny nuklearnej (radiometry, dozymetry osobiste, dozymetry pierścionkowe).*
  - 8) Metody rekonstrukcji obrazów tomograficznych. (5 godz.).  
*Metody analityczne. Metody iteracyjne. Metody przetwarzania obrazów tomograficznych (filtracja). Parametry obrazów tomograficznych (kontrast, liczba zliczeń, szum w obrazie, rozdzielczość). Rodzaje korekt danych na etapie rekonstrukcji obrazów (korekta ruchu pacjenta, korekta udziału promieniowania rozproszonego, korekta pochłaniania, korekta zmiennej zdolności rozdzielczej kolimatorów). Półilościowa i ilościowa informacja w obrazach SPECT i PET i jej zależność od parametrów akwizycji oraz metod rekonstrukcji.*
  - 9) Przykłady najważniejszych badań diagnostycznych w scyntygrafii planarnej i tomografii SPECT. (1 godz.).  
*Badania: serca (bramkowane sygnałem EKG i niebramkowane), kości, nerek, tarczycy, płuc, mózgu, badania onkologiczne.*
  - 10) Przykłady najważniejszych badań PET. (1 godz.).  
*Badania: onkologiczne całego ciała, serca (bramkowane sygnałem EKG i niebramkowane), mózgu.*
  - 11) Procedury kontroli jakości w medycynie nuklearnej. (7 godz.).  
*Aspekty prawne. Procedury QC gamma kamer i skanerów SPECT i SPECT/CT (procedury codzienne i okresowe, wartości graniczne parametrów – kryteria dopuszczenia urządzeń do pracy. Niezbędny sprzęt i wyposażenie, automatyzacja wykonywania procedur). Procedury QC skanerów PET/CT i PET/MRI (procedury codzienne i okresowe, parametry graniczne, niezbędny sprzęt i wyposażenie, automatyzacja wykonywania procedur). Przykładowe wyniki spełniające i niespełniające kryteriów dopuszczenia do pracy. Procedury QC sprzętu dodatkowego.*
  - 12) Narażenie radiacyjne pacjentów w trakcie procedur diagnostycznych medycyny nuklearnej. (3 godz.).  
*Podstawy ochrony radiologicznej w „Module Ogólnym, Kurs Ochrona*

*radiologiczna”. Metody szacowania dawek. Metody redukcji dawek w badaniach diagnostycznych medycyny nuklearnej. Cięża a badania radioizotopowe. Karmienie piersią a badania radioizotopowe. Zalecenia dla pacjentów opuszczających placówkę medycyny nuklearnej. Narażenie osób z otoczenia pacjenta.*

- 13) Ochrona radiologiczna w badaniach radioizotopowych. (2 godz.).

*Podstawy ochrony radiologicznej w „Module Ogólnym, Kurs Ochrona radiologiczna”. Ogólne zasady bezpiecznej pracy z radioizotopami. Zasady ochrony radiologicznej personelu w ośrodkach medycyny nuklearnej.*

- 14) Zaliczenie kursu. (1 godz.).

*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

*Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Medycyna nuklearna: diagnostyka radioizotopowa”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej powinna:*

- 1) opanować teoretyczne podstawy fizycznych metod diagnostyki radioizotopowej;
- 2) znać fizyczne i biologiczne podstawy obrazowania za pomocą radioizotopów;
- 3) znać rodzaje i charakterystykę radioznaczników i radiofarmaceutyków stosowanych w diagnostyce klasycznej oraz diagnostyce metodą PET;
- 4) znać budowę i zasady działania gamma kamer oraz skanerów PET;
- 5) znać techniki rejestracji i przetwarzania danych scyntygraficznych, prezentacji wyników oraz ich oceny;
- 6) znać podstawowe metody rekonstrukcji obrazów tomograficznych w medycynie nuklearnej jak również korekcji danych wywoływanych przez różnorodne efekty fizyczne i techniczne;
- 7) rozpoznawać typowe obrazy otrzymywane w najczęściej stosowanych badaniach radioizotopowych;
- 8) orientować się w metodach analizy obrazów w najczęściej stosowanych badaniach radioizotopowych;
- 9) znać aktualne zalecenia dotyczące kontroli jakości w diagnostyce izotopowej obowiązujące fizyka medycznego;
- 10) umieć przygotować laboratoria i pracownie do certyfikacji i akredytacji;
- 11) umieć obliczyć dawki, na jakie narażeni są pacjenci w trakcie diagnostyki radioizotopowej (w razie potrzeby umieć oszacować narażenie płodu).

### **Czas trwania kursu:**

40 godzin lekcyjnych = 30 godzin (5 dni).

### **Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego lub dwóch zjazdów.

## **2. Kurs specjalizacyjny „Medycyna nuklearna: terapia radioizotopowa”**

### **Cel kursu:**

Celem kursu „Medycyna nuklearna: terapia radioizotopowa” jest przygotowanie osoby realizującej szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej do ścisłego zaangażowania w procedury terapeutyczne oraz sprawowanie merytorycznej kontroli nad dawkami promieniowania aplikowanego pacjentom w celach terapeutycznych, prowadzącej do ich optymalizacji.

### **Zakres wiedzy teoretycznej:**

Cele kursu „Medycyna nuklearna: terapia radioizotopowa” realizowane są poprzez następujące wykłady połączone z pokazami:

- 1) Podstawy terapii radioizotopowej. (1 godz.).  
*Rys historyczny. Idea terapii radioizotopowej. Celowana indywidualna terapia radioizotopowa.*
- 2) Stosowane terapie radioizotopowe. (3 godz.).  
*Leczenie radiojodem. Leczenie guzów neuroendokrynych, w tym peptydowa receptorowa terapia radioizotopowa PRRT. Radioimmunoterapia RIT. Synowiektoomia radioizotopowa. Leczenie przerzutów raka prostaty. Leczenie przeciwbólowe. Radioembolizacja guzów wątroby SIRT.*
- 3) Realizacja terapii radioizotopowej. (3 godz.).  
*Współczesne metody planowania terapii. Stosowane radioizotopy. Mechanizmy działania radiofarmaceutyków (biodystrybucja). Techniki aplikacji radiofarmaceutyków. Perspektywy terapii radioizotopowej.*
- 4) Pomiar aktywności radiofarmaceutyków ze szczególnym uwzględnieniem wpływu geometrii pomiaru na wyniki (fiolka, strzykawka). (2 godz.).  
*Obliczanie aktywności radiofarmaceutyku na dany dzień i godzinę na podstawie atestu. Zalecane zajęcia praktyczne.*
- 5) Metody oceny dawek przy napromienianiu wewnętrznym. (4 godz.).  
*Modele narządowe – organ level, modele voxelowe – voxel level, symulacja Monte Carlo stosowane do estymacji dawki (dedykowane programy komputerowe estymacji dawek terapeutycznych). Metody kalibracji zliczeń (przeliczania zliczeń na aktywność.*
- 6) Wstęp do planowania indywidualnej aktywności terapeutycznej dla pacjenta na podstawie ilościowej analizy komputerowej jego diagnostycznych obrazów scyntygraficznych przy pomocy specjalistycznego oprogramowania, z uwzględnieniem ograniczeń wynikających z dawek dopuszczalnych dla narządów krytycznych. (7 godz.).  
*Zalecane zajęcia praktyczne.*
- 7) Kontrola jakości w terapii radioizotopowej. (1 godz.).
- 8) Ochrona radiologiczna personelu i pacjentów poddawanych terapii radioizotopowej (2 godz.).  
*Ciąża a terapia radioizotopowa. Zalecenia dla pacjentów opuszczających placówkę medycyny nuklearnej. Narażenie osób z otoczenia pacjenta. Wymagania formalno-prawne dotyczące dopuszczalnej aktywności radioizotopu pozwalającej na zwolnienie pacjenta do domu.*
- 9) Zaliczenie kursu. (1 godz.).  
*Forma pisemna.*

### **Wykaz oczekiwanej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że w wyniku realizacji programu kursu „Medycyna nuklearna: terapia radioizotopowa”, osoba odbywająca szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej powinna:

- 1) opanować teoretyczne podstawy fizycznych metod terapii radioizotopowej;
- 2) znać rodzaje radioznaczników (i ich aktywności) i radiofarmaceutyków stosowanych w terapii radioizotopowej;
- 3) umieć oszacować dawki promieniowania otrzymane przez poszczególne narządy;
- 4) znać współczesne metody dozymetrii klinicznej stosowane w dedykowanych programach estymacji dawek terapeutycznych;
- 5) znać aktualne zalecenia dotyczące kontroli jakości w terapii radioizotopowej obowiązujące fizyka medycznego;



- 6) wykazywać praktyczne umiejętności w dozymetrii stosowanej w ochronie radiologicznej.

**Czas trwania kursu:**

24 godziny lekcyjne = 18 godzin (3 dni).

**Forma zaliczenia kursu:**

Zaliczenie kursu odbywa się w formie sprawdzianu pisemnego w trakcie jednego zjazdu.

## 1. Staż kierunkowy „Medycyna nuklearna”

**Cel stażu:**

Celem stażu „Medycyna nuklearna” realizowanego w ramach modułu „Medycyna nuklearna” jest przyswojenie przez osobę realizującą szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej wiedzy z zakresu medycyny nuklearnej oraz nabycie umiejętności praktycznych dotyczących realizacji badania lub leczenia.

**Zakres wiedzy teoretycznej:**

*Oczekuje się, że osoba realizująca szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej w trakcie stażu „Medycyna nuklearna” zapozna się praktycznie z następującymi zagadnieniami:*

- 1) Miejsce stażu z gamma kamerami (w tym z urządzeniem SPECT/CT).  
*Zasady obsługi gamma kamer, wprowadzania danych i tworzenia automatycznych aplikacji pomiarowych. Pomiar tła w pracowni. Pomiar jednorodności wewnętrznej systemu z wykorzystaniem źródła punktowego i źródła płaskiego. Kontrola położenia okna energetycznego. Pomiar rozdzielczości przestrzennej kamery planarnej i tomograficznej (SPECT), test liniowości i rozdzielczości kamery planarnej przy użyciu bar fantomu, pomiar czułości detektorów, test położenia środka obrotu dwugłowicowej kamery rotacyjnej (SPECT) przy konfiguracjach detektorów H-mode i L-mode. Test kamery SPECT z wykorzystaniem fantomu Jaszczaka. Test kamery SPECT/CT (korejstracja danych – z wykorzystaniem dedykowanego fantomu).*
- 2) Miejsce stażu ze skanerem PET.  
*Zasady wykonania kalibracji lampy rtg w powietrzu i standardowej kalibracja CT na fantomie wodnym. Pomiar czułości i jednorodności skanera PET z wykorzystaniem fantomu cylindrycznego. Pomiar rozdzielczości przestrzennej skanera PET (bez i z korekcją na atenuację) z wykorzystaniem fantomu Triple Line i fantomu cylindrycznego. Pomiar frakcji promieniowania rozproszonego, strat zliczeń oraz koincydencji przypadkowych. Pomiar dokładności korekcji koincydencji przypadkowych oraz strat sygnału wynikających z czasu martwego systemu. Pomiar jakości obrazu wraz z dokładnością korekcji osłabienia oraz rozproszenia promieniowania z wykorzystaniem dedykowanego fantomu.*
- 3) Podstawowe pomiary.  
*Kontrola miernika aktywności: pomiar tła, badanie precyzji urządzenia, badanie dokładności pomiaru, sprawdzanie liniowości urządzenia, wyznaczanie czasu połowicznego zaniku.*
- 4) Miejsce stażu z zakresu terapii radioizotopowej.  
*Kontrola jakości zestawów do pomiaru jodochwytności. Wprowadzenie do indywidualnej dozymetrii terapeutycznej - planowania indywidualnej aktywności terapeutycznej dla pacjenta na podstawie ilościowej analizy jego diagnostycznych obrazów scyntygraficznych.*

### **Zakres wymaganych umiejętności praktycznych:**

Oczekuje się, że osoba po zakończeniu stażu „Medycyna nuklearna” wykaże się następującymi umiejętnościami praktycznymi:

- 1) zna możliwości i ograniczenia technik scyntygraficznych;
- 2) zna zasady obsługi gamma kamer i skanerów PET/CT;
- 3) zna sposób przeprowadzania scyntygraficznych badań pacjenta,
- 4) posiada umiejętności kalkulacji aktywności radiofarmaceutyków podawanych pacjentowi;
- 5) umie oszacować dawki promieniowania pochłaniane przez poszczególne narządy oraz dawkę efektywną dla całego ciała w diagnostycznych procedurach izotopowych;
- 6) zna współczesne metody dozymetrii stosowane w terapii radioizotopowej;
- 7) umie zidentyfikować istotne błędy w zmierzonych danych wymagające powtórzenia badania lub kontroli stanu technicznego aparatury;
- 8) posiada umiejętności przeprowadzenia pomiarów dotyczących kontroli jakości w diagnostyce i terapii izotopowej, obowiązujących fizyka medycznego;
- 9) posiada przygotowanie do prowadzenia szkolenia dla fizyków w zakresie fizycznych podstaw medycyny nuklearnej;
- 10) zna zagrożenia występujące w medycynie nuklearnej i umie im przeciwdziałać.

### **Miejsce stażu:**

Staż należy odbywać w co najmniej dwóch jednostkach ochrony zdrowia realizujących procedury medycyny nuklearnej. Jedną z nich może być macierzysta jednostka osoby, w której odbywa ona szkolenie specjalizacyjne w dziedzinie fizyki medycznej. Część stażu należy odbyć w jednostce, w której osoba odbywająca specjalizację może zapoznać z terapią radioizotopową, a część stażu w jednostce stosującej techniki scyntygraficzne oraz technikę PET.

### **Czas trwania stażu:**

160 godzin (20 dni roboczych), staż w każdej jednostce nie może być krótszy niż 5 dni.

### **Forma zaliczenia stażu:**

Zaliczenie stażu odbywa się na podstawie sprawdzianu, przeprowadzonego przez opiekuna stażu.

### **Forma zaliczenia modułu:**

Zaliczenie modułu „Medycyna nuklearna” następuje w formie kolokwium z zakresu wiedzy teoretycznej i sprawdzianu umiejętności praktycznych obejmującego treści wszystkich kursów wchodzących w skład modułu „Medycyna nuklearna”.

## **Kurs jednolity**

### **Kurs specjalizacyjny: „Prawo medyczne”**

#### **Cel kursu:**

Oczekuje się, że po ukończeniu kursu uczestnik wykaże się znajomością podstawowych przepisów prawa w zakresie wykonywania obowiązków specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej oraz odpowiedzialności.

#### **Zakres wymaganej wiedzy:**

- 1) zasady sprawowania opieki zdrowotnej w świetle Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej;
- 2) zasady wykonywania działalności leczniczej:
  - a) świadczenia zdrowotne,
  - b) podmioty lecznicze – rejestracja, zasady działania, szpitale kliniczne, nadzór,

- c) nadzór specjalistyczny i kontrole;
- 3) zasady wykonywania zawodu w dziedzinie fizyki medycznej:
  - a) definicja zawodu fizyka medycznego,
  - b) prawo wykonywania zawodu w dziedzinie fizyki medycznej,
  - c) uprawnienia i obowiązki zawodowe specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej,
  - d) kwalifikacje zawodowe,
  - e) eksperyment medyczny,
  - f) zasady prowadzenia badań klinicznych,
  - g) dokumentacja medyczna,
  - h) prawa pacjenta a powinności specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej;
- 4) zasady powszechnego ubezpieczenia zdrowotnego:
  - a) prawa i obowiązki osoby ubezpieczonej i lekarza ubezpieczenia zdrowotnego,
  - b) organizacja udzielania i zakres świadczeń z tytułu ubezpieczenia zdrowotnego,
  - c) dokumentacja związana z udzielaniem świadczeń z tytułu ubezpieczenia;
- 5) zasady działania samorządu zawodowego pracowników ochrony zdrowia:
  - a) prawa i obowiązki członków samorządu,
  - b) odpowiedzialność zawodowa specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej – postępowanie wyjaśniające przed rzecznikiem odpowiedzialności zawodowej, postępowanie przed sądem;
- 6) odpowiedzialność prawna specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej – karna, cywilna:
  - a) odpowiedzialność karna (nieudzielenie pomocy, działanie bez zgody, naruszenie tajemnicy),
  - b) odpowiedzialność cywilna (ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej).

**Czas trwania kursu:**

16 godzin (2 dni).

**Forma zaliczenia kursu:**

Sprawdzian z zakresu wiedzy objętej programem kursu, przeprowadzane przez kierownika naukowego kursu.

## **5. FORMY I METODY SAMOKSZTAŁCENIA**

### **A. Przygotowanie pracy pogładowej lub oryginalnej**

Osoba realizująca szkolenie specjalizacyjne zobowiązana jest do przygotowania pod kierunkiem kierownika specjalizacji pracy pogładowej lub pracy oryginalnej z dziedziny fizyki medycznej.

### **B. Studiowanie piśmiennictwa**

Osoba realizująca szkolenie specjalizacyjne w toku całego procesu specjalizacyjnego jest zobowiązana pogłębiać wiedzę przez stałe śledzenie i studiowanie literatury fachowej polskiej i obcojęzycznej dotyczącej fizyki medycznej. Zalecane piśmiennictwo podane jest w załączniku do programu specjalizacji. Piśmiennictwo będzie okresowo aktualizowane.

## **6. METODY OCENY WIEDZY TEORETYCZNEJ I NABYTYCH UMIEJĘTNOŚCI PRAKTYCZNYCH**

### **A. Kolokwia i sprawdziany umiejętności praktycznych**

Osoba realizująca szkolenie specjalizacyjne zdaje kolokwia i sprawdziany:

- 1) na zakończenie kursu specjalizacyjnego sprawdzian z zakresu wiedzy teoretycznej objętej programem danego kursu u kierownika naukowego kursu;

- 2) na zakończenie stażu kierunkowego kolokwium z zakresu wiedzy teoretycznej i sprawdzian umiejętności praktycznych objętych programem stażu kierunkowego u opiekuna stażu;
- 3) na zakończenie modułu kolokwium zaliczające treści teoretyczne modułu u kierownika specjalizacji.

Zaliczanie poszczególnych modułów: formę zaliczenia modułów określa prowadzący zajęcia w porozumieniu z kierownikiem specjalizacji. Zaliczenie może być realizowane w postaci kolokwium, testu, pracy tematycznej, wykonania zadanych obliczeń, wykazania się umiejętnościami praktycznymi.

### **B. Ocena pracy pogłądowej lub oryginalnej**

Oceny i zaliczenia przygotowanej pracy pogłądowej lub oryginalnej dokonuje kierownik specjalizacji.

### **C. Ocena znajomości piśmiennictwa**

Osoba realizująca szkolenie specjalizacyjne przedstawia sprawozdanie z przeglądu piśmiennictwa fachowego - jeden raz w roku. Oceny dokonuje kierownik specjalizacji.

---

## **II. STANDARDY KSZTAŁCENIA W SZKOLENIU SPECJALIZACYJNYM**

---

### **1. Liczba i kwalifikacje kadry dydaktycznej**

- 1) Jednostka szkoląca zapewnia kadrę dydaktyczną, posiadającą merytoryczną wiedzę i umiejętności praktyczne w dziedzinach związanych z realizowanym programem specjalizacji, zapewniającą wysoki poziom szkolenia specjalizacyjnego – odpowiednio wykwalifikowane osoby, które będą realizować zajęcia dydaktyczne przewidziane w programie kursów i staży kierunkowych, posiadające wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne związane z realizowanym programem kursu lub stażu.
- 2) Jednostka szkoląca zapewnia odpowiednią liczbę specjalistów, którzy mogą pełnić rolę kierownika specjalizacji lub ma zawarte umowy o pełnienie roli kierownika specjalizacji z innymi specjalistami spoza jednostki,
- 3) Jednostka szkoląca posiada w swojej dokumentacji imienną listę osób prowadzących zajęcia w ramach poszczególnych modułów nauczania.
- 4) Kierownikiem specjalizacji może być osoba posiadająca tytuł specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej lub dziedzinie pokrewnej albo osoba, posiadająca decyzję ministra właściwego do spraw zdrowia o uznaniu dotychczasowego doświadczenia zawodowego lub dorobku naukowego za równoważny ze zrealizowaniem programu szkolenia specjalizacyjnego w dziedzinie fizyki medycznej, albo osoba, której minister właściwy do spraw zdrowia powierzył, w drodze decyzji, obowiązki specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej.
- 5) Opiekunem stażu kierunkowego może być osoba posiadająca tytuł specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej lub dziedzinie pokrewnej albo osoba posiadająca decyzję ministra właściwego do spraw zdrowia o uznaniu dotychczasowego doświadczenia zawodowego lub dorobku naukowego za równoważny ze zrealizowaniem programu szkolenia specjalizacyjnego w dziedzinie fizyki medycznej albo osoba, której minister właściwy do spraw zdrowia powierzył, w drodze decyzji, obowiązki specjalisty w dziedzinie fizyki medycznej.

## **2. Baza dydaktyczna do prowadzenia szkolenia specjalizacyjnego**

- 1) Szkolenie specjalizacyjne może być prowadzone przez jednostkę szkolącą, która prowadzi działalność odpowiadającą profilowi szkolenia specjalizacyjnego w dziedzinie fizyki medycznej i została wpisana na listę jednostek posiadających akredytację.
- 2) Baza dydaktyczna do prowadzenia kursów specjalizacyjnych i staży kierunkowych powinna być dostosowana do liczby osób realizujących szkolenie specjalizacyjne. Jednostka szkoląca zapewnia odpowiednie miejsca realizacji kursów specjalizacyjnych i staży kierunkowych, wyposażone w sprzęt niezbędny do nabywania wiedzy i kształcenia umiejętności praktycznych objętych programem specjalizacji:
  - a) sale seminaryjno-wykładowe wyposażone w sprzęt audiowizualny,
  - b) pracownie wyposażone w sprzęt i aparaturę niezbędne do realizacji programu kursu specjalizacyjnego,
  - c) bibliotekę posiadającą zalecane w programie specjalizacji piśmiennictwo, dostęp do Internetu,
- 3) Kursy specjalizacyjne i staże kierunkowe objęte programem specjalizacji może realizować jednostka szkoląca w ramach swojej struktury organizacyjnej lub mogą realizować inne podmioty, z którymi jednostka szkoląca zawarła porozumienie na realizację określonych kursów specjalizacyjnych lub staży kierunkowych.
- 4) Miejszem podstawowego stażu specjalizacyjnego (miejszem zdobywania niezbędnego doświadczenia zawodowego) jest miejsce pracy.

## **3. Sposób realizacji programu szkolenia specjalizacyjnego**

- 1) Jednostka szkoląca zapewnia sprawną organizację procesu dydaktycznego oraz prowadzi w sposób ciągły wewnętrzny system oceny jakości szkolenia specjalizacyjnego.
- 2) Realizacja programu specjalizacji uwzględnia aktualną wiedzę, osiągnięcia teorii i praktyki oraz wyniki badań naukowych istotnych dla szkolenia specjalizacyjnego w dziedzinie fizyki medycznej.
- 3) Metody kształcenia są właściwie dobrane do przedmiotu oraz realizowanych celów kształcenia.
- 4) Realizacja programu specjalizacji odbywa się na podstawie harmonogramu zajęć opracowanego w formie pisemnej.
- 5) Ocena wiedzy i nabytych umiejętności uwzględnia formy oceny wiedzy i umiejętności praktycznych określonych w programie specjalizacji.
- 6) Jednostka szkoląca prowadzi dokumentację przebiegu szkolenia specjalizacyjnego.
- 7) Kształcenie specjalizacyjne realizowane jest w ramach 4 modułów specjalizacji z wykorzystaniem form i metod kształcenia przewidzianych dla tych modułów. Odbywa się poprzez uczestniczenie w 23 kursach specjalizacyjnych, udział w 5 stażach kierunkowych w wytypowanych instytucjach, samokształcenie drogą studiowania piśmiennictwa, przygotowanie pracy poglądowej oraz nabywanie doświadczenia w wyniku realizacji zadań praktycznych w czasie stażu podstawowego.

## **4. Wewnętrzny system oceny jakości kształcenia**

Dla właściwego przebiegu procesu kształcenia osoby realizujące szkolenie specjalizacyjne będą objęte sondażem (drogą anonimowej ankiety) dotyczącym jakości kształcenia.

Przedmiotem oceny jakości szkolenia specjalizacyjnego będzie w szczególności:

- 1) realizacja programu specjalizacji, organizacja i przebieg szkolenia specjalizacyjnego, harmonogram kursów specjalizacyjnych staży kierunkowych i innych form kształcenia, sposób oceniania wiedzy i umiejętności praktycznych;
- 2) stopień przydatności przekazywanej wiedzy oraz umiejętności praktycznych;
- 3) sposób prowadzenia zajęć, stosowane metody kształcenia i pomoce dydaktyczne.

W wyniku tej analizy w miarę potrzeby korygowany i doskonalony będzie proces szkolenia specjalizacyjnego w szczególności tematyka zajęć i sposoby ich prezentacji.