

CENTRUM MEDYCZNE KSZTAŁCENIA PODYPLOMOWEGO



## **Program specjalizacji**

**W**

## **INŻYNIERII MEDYCZNEJ**

Program podstawowy dla osób posiadających tytuł zawodowy magistra lub magistra inżyniera na kierunku kształcenia inżynieria medyczna, automatyka i robotyka, elektronika i telekomunikacja, mechanika i budowa maszyn, informatyka.

Warszawa 2010

## **PROGRAM PRZYGOTOWAŁ ZESPÓŁ EKSPERTÓW:**

Prof. dr hab. inż. lek. med. Grzegorz Pawlicki – konsultant krajowy w dziedzinie: inżynieria medyczna

Prof. dr hab. inż. Antoni Nowakowski – przedstawiciel konsultanta krajowego

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Kochanek – przedstawiciel konsultanta krajowego

Prof. dr hab. inż. Roman Maniewski – przedstawiciel Towarzystwa Inżynierii Biomedycznej

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Pałko – przedstawiciel Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Komitet Inżynierii Biomedycznej

### **I. ZAŁOŻENIA ORGANIZACYJNO-PROGRAMOWE**

#### **A) Cele kształcenia i uzyskane kompetencje zawodowe**

Celem kształcenia specjalizacyjnego w dziedzinie inżynieria medyczna jest przygotowanie inżynierów medycznych do pracy w środowisku szpitalnym w zakresie szeroko pojętej techniki medycznej obejmującej metody i układy pomiarowe wielkości fizjologicznych, budowę urządzeń diagnostycznych i terapeutycznych, w tym wspomagających utracone lub upośledzone czynności narządów (krążenie krwi, dializę, oddychanie itp.).

Istotą kształcenia specjalizacyjnego jest przygotowanie wykwalifikowanej kadry inżynierów medycznych do sprawowania roli nadzoru nad środkami technicznymi w procesie ich stosowania w praktyce klinicznej w diagnostyce i terapii oraz wspomagania lekarza w zakresie właściwego (technicznego i ekonomicznego) ich wykorzystania, tj. zapewnienie, właściwego, bezpiecznego, niezawodnego i skutecznego działania urządzeń. Ukończenie kształcenia powinno umożliwić kandydatowi uzyskanie certyfikatu inspektora ochrony radiologicznej i przeciw promieniowaniu niejonizującemu.

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

Absolwent studiów specjalizacyjnych w dziedzinie inżynierii medycznej uzyska szczególne kwalifikacje umożliwiające:

1. współpracę z pacjentem i lekarzem oraz pozostałym personelem medycznym w zakresie stosowania medycznych środków technicznych,
2. uczestnictwo w opracowaniu strategii postępowania diagnostycznego i terapeutycznego przy użyciu medycznych środków technicznych,
3. pomoc lekarzowi w optymalnym wyborze środków technicznych na podstawie analizy efekt/koszt/odpowiedzialność,
4. posługiwanie się skomplikowanymi urządzeniami medycznymi,
5. zapewnienie prawidłowej instalacji i sprawności urządzeń medycznych oraz poprawności ich działania zgodnie z warunkami atestu,
6. nabycie uprawnień do przeprowadzania okresowych kontroli aparatury ,
7. ocenę stanu aparatury i planową wymianę starych wyeksploatowanych urządzeń na nowe, zgodnie z zasadami gospodarności,
8. opracowywanie procedury i standardów stosowania środków techniki medycznej,
9. monitorowanie jakości świadczonych usług, w zakresie technologii medycznych,
10. zarządzanie powierzonymi sobie zasobami zgodnie z systemami finansowania ochrony zdrowia

11. upowszechnianie wiedzy technicznej w zakresie techniki medycznej i społecznych korzyści wynikających z jej stosowania,
12. ochronę przed wypadkami i znajomość trybu informowania odpowiednich władz o zaistniałych zdarzeniach.
13. planowanie własnej kariery zawodowej, w interesie poprawy warunków funkcjonowania ochrony zdrowia,

Ponadto specjalista w dziedzinie inżynieria medyczna będzie posiadać kompetencje do

- nadzoru jakości stosowanej aparatury i poprawności procedur techniczno – eksploatacyjnych.
- dopuszczania do praktyki medycznej skontrolowanej aparatury.

### **B) Czas trwania specjalizacji**

Specjalizacja trwa 2 lata i obejmuje kształcenie teoretyczne w wymiarze 700 godzin oraz praktyczne - staże kierunkowe - w wymiarze 23 tygodni.

W trakcie specjalizacji kandydat powinien odbyć staż podstawowy w wymiarze 800 godzin, w zakresie wykonywania czynności zawodowych zgodnych z programem specjalizacji. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się skrócenie czasu kształcenia do 1,5 roku.

### **C) Sposób organizacji specjalizacji**

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, udział w stażach w wytypowanych instytucjach, samokształcenie drogą studiowania piśmiennictwa, przygotowanie pracy pogładowej oraz nabywanie doświadczenia w wyniku realizacji zadań praktycznych.

Tryb i warunki zaliczenia poszczególnych elementów kształcenia teoretycznego i praktycznego omówione są przy każdym module specjalizacyjnym.

### **Postępowanie kwalifikacyjne**

Do specjalizacji może przystąpić osoba z tytułem zawodowym magistra lub magistra inżyniera inżynierii biomedycznej, automatyki i robotyki, elektroniki i telekomunikacji, mechaniki i budowy maszyn, informatyki, wykonująca czynności zawodowe zgodne z programem specjalizacji.

Postępowanie kwalifikacyjne do specjalizacji odbywa się na podstawie formalnej oceny wniosku kandydata. O zakwalifikowaniu kandydata do specjalizacji w dziedzinie inżynierii medycznej decyduje komisja kwalifikacyjna powołana przez kierownika jednostki kształcącej.

W przypadku, gdy liczba kandydatów przekroczy liczbę wolnych miejsc dodatkowo przeprowadzona będzie z kandydatami rozmowa kwalifikacyjna.

Celem rozmowy kwalifikacyjnej jest określenie przydatności kandydata do rozpoczęcia specjalizacji w inżynierii medycznej oraz wyłonienie najlepszych kandydatów rokujących pomyślne ukończenie specjalizacji.

Rozmowa powinna przede wszystkim dotyczyć motywacji kandydata do podjęcia specjalizacji, ale także treści merytorycznych związanych z zastosowaniem dziedziny specjalizacji w medycynie.

Zakres rozmowy kwalifikacyjnej powinien obejmować następujące elementy:

- a) motywacja kandydata,
- b) dotychczasowe doświadczenie zawodowe kandydata (osiągnięcia, staż pracy, dorobek naukowy),
- c) dotychczas ukończone kształcenie podyplomowe (kursy, staże, inne szkolenia) w szczególności tematycznie związane z przedmiotem specjalizacji,
- d) znajomość języków obcych.

Każdy z elementów rozmowy kwalifikacyjnej powinien być oceniany odrębnie i niezależnie przez każdego z członków komisji, według wybranej skali punktowej, a sumaryczna ocena punktowa stanowi ostateczny wynik rozmowy kwalifikacyjnej. Na podstawie ostatecznego wyniku punktowego ustalana jest lista rankingowa kandydatów. W przypadku identycznej punktacji osób ubiegających się o jedno miejsce głos rozstrzygający ma przewodniczący komisji kwalifikacyjnej.

## **D) Zakres specjalizacji – wymagana wiedza teoretyczna i umiejętności praktyczne**

### **1. Szczegółowy zakres wymaganej wiedzy teoretycznej:**

- Zarys struktury ciała człowieka; Właściwości fizyczne tkanek.
- Fizyczne i fizjologiczne podstawy czynności narządów.
- Techniczne środki medyczne stosowane w diagnostyce, terapii, profilaktyce i rehabilitacji.
- Sygnały biologiczne; sensory i przetworniki sygnałów, ich przetwarzanie i analiza.
- Podstawy budowy elektronicznych urządzeń medycznych.
- Urządzenia do wizualizacji struktury i czynności narządów wewnętrznych. Aparatura elektrograficzna do badania czynności narządowych na podstawie czynnych i biernych właściwości elektrycznych tkanek. Urządzenia do badania narządów zmysłów i układu oddechowego. Urządzenia do diagnostyki laboratoryjnej.
- Urządzenia terapeutyczne, w tym wspomagające funkcje narządów. Sztuczne narządy. Maszyny anestezyjologiczne. Endoskopy, fibroskopy. Urządzenia do chirurgicznych zabiegów endoskopowych, roboty chirurgiczne. Pompy infuzyjne. Systemy monitorujące stosowane w stanach zagrożenia życia (intensywnej opiece medycznej). Urządzenia do fizjoterapii.
- Informatyka medyczna. Systemy telemedyczne. Archiwizacja danych, bazy danych medycznych. Systemy ekspertowe. Multimedialne systemy kształcenia ustawicznego.
- Zagrożenia wynikające ze stosowania środków techniki medycznej i zasady ich bezpiecznego użycia, w tym ochrona przed promieniowaniem jonizującym (radiologiczna) i niejonizującym, elektryczna, mechaniczna oraz chemiczna.
- Etyka, deontologia i prawo dotyczące praktyki medycznej.

### **2. Wykaz umiejętności praktycznych będących przedmiotem specjalizacji:**

Po ukończeniu szkolenia inżynier medyczny powinien nabyć umiejętności praktyczne (zgodne z kompetencjami I. A), a w szczególności:

- rozumienie znaczenia wyników badań otrzymywanych metodą diagnostyki i terapii instrumentalnej oraz skutków działania czynników fizycznych i chemicznych stosowanych w tych metodach (prąd elektryczny, promieniowanie, środki cieniujące w badaniach obrazowych);

- znajomość głównych cech układów elektronicznych urządzeń elektromedycznych, ich działania oraz umiejętność ich uruchomienia i bezpiecznego użycia;
- znajomość głównych cech układów elektrycznych i mechanicznych urządzeń radiologicznych, ich działania oraz umiejętność ich uruchomienia i bezpiecznego użycia;
- umiejętność oceny warunków bezpieczeństwa elektrycznego, radiacyjnego, chemicznego i mechanicznego aparatury stosowanej w diagnostyce obrazowej;
- umiejętność testowania aparatury medycznej pod względem jej sprawności (dokładności uzyskiwanych danych pomiarowych i bezpieczeństwa pacjenta i personelu);
- umiejętność posługiwania się siecią informatyczną do celów telemedycznych;
- umiejętność pomiaru podstawowych parametrów siły mięśni i ruchu kończyn;
- znajomość podstawowych aktów prawnych regulujących zasady użycia aparatury medycznej.

## II. PLAN KSZTAŁCENIA

### A. Moduły specjalizacji – kursy teoretyczne i staże kierunkowe

L.p.	Moduł (realizowany w ramach kursu teoretycznego o tym samym tytule)	Teoria Liczba godzin	Staż kierunkowy odpowiadający danemu modułowi	
			Placówka	Czas trwania
I	Podstawy anatomiczno-fizjologiczne inżynierii medycznej	90	-	-
II	Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna	60	Centrum Rehabilitacyjne im. Prof. M. Weissa w Konstancinie „STOCER” lub inne Zakłady Rehabilitacyjne	1 tydz.
III	Podstawy elektroniki medycznej	60		
IV	Radiologia, generatory promieniowania jonizującego (w tym generatory liniowe) i ochrona radiologiczna	90	UM - CSK Zakład Radiologii Zakład Radioterapii	2 tyg. 2 tyg.
V	Automatyka, robotyka i telematyka medyczna	30	-	-
VI	Sygnały biomedyczne; teoria przetwarzania sygnałów; informatyka medyczna	90		brak
VII	Wybrane Urządzenia diagnostyki medycznej i systemy diagnostyczno-terapeutyczne	60	Klinika Kardiologii w tym OIOM, Oddziały Kardiologii Interwencyjnej, Klinika Neurologii Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej	2 tyg. 1 tydz. 1 tydz. 1 tydz.

VIII	Urządzenia diagnostyki obrazowej (radiografia, TK, MRI, PET, SPECT, USG),	90	Zakłady Diagnostyki Obrazowej Zakłady Medycyny Nuklearnej	4 tyg. 2 tyg.
IX	Aparatura bloku operacyjnego; Systemy intensywnego nadzoru w stanach zagrożenie życia	45	Szpital kliniczny klinika chirurgii w tym OIOM	3 tyg.
X	Sztuczne narządy; materiały medyczne	45	Instytut Protez Serca w Zabrze w tym Stacja Dializ	3 tyg.
XI	Inżynieria kliniczna - zagadnienia prawno-organizacyjne, testowanie i bezpieczeństwo pracy	40	Państwowe Centrum Badań i Certyfikacji (PCBC) albo inne Zakłady Inżynierii Klinicznej w szpitalach	1 tydz.

## B. Formy i metody samokształcenia

**Samokształcenie** obejmuje studiowanie piśmiennictwa oraz nabywanie doświadczenia w wyniku realizacji zadań praktycznych a także przygotowanie opracowań teoretycznych, pracy pogładowej lub pracy oryginalnej. Praca pogładowa zostaje przedłożona kierownikowi specjalizacji do zaliczenia na 2 miesiące przed egzaminem specjalizacyjnym.

## C. Metody oceny wiedzy teoretycznej i nabytych umiejętności praktycznych

- Ocena wiedzy i umiejętności objętych programem danego modułu
  - kolokwia
  - sprawdziany
  - ocena złożonych opracowań teoretycznych, pracy pogładowej lub pracy oryginalnej
- Metody oceny znajomości języków obcych
  - rozumienie tekstu pisanego, w szczególności literatury fachowej
  - porozumiewanie się z pacjentami i przedstawicielami innych zawodów.

## D. Wykaz literatury obowiązkowej

- Traczyk W., Trzebski A.: Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej, PZWL Warszawa 2001.
- Pawlicki G.: Podstawy Inżynierii Medycznej, Wyd. P. W. Warszawa 1997.
- Webster J.G. (editor): Medical Instrumentation. Application and Design. John Wiley&Sons, Inc. New York, 2010.
- Red. Pawlicki G., Pałko T., Golnik N., Gwiazdowska B., Królicki L., red.: Fizyka medyczna, 9 tom Wyd. Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000 pod red. M.Nałęcza, Akad.Ofic.Wyd. EXIT, Warszawa 2002.
- Bronzino J. D.: The Biomedical Engineering. CRC Press IEEE Press Biomedical, London 1995.
- Polska Norma. Medyczne Urządzenia Elektryczne. Ogólne wymagania bezpieczeństwa. PN-IEC 601-1+A1

## **E. Zakres egzaminu**

Egzamin kończący specjalizację: Państwowy Egzamin Specjalizacyjny (PES) to egzamin dwuczęściowy, składający się z egzaminu praktycznego i egzaminu teoretycznego. Jako pierwszy przeprowadza się egzamin praktyczny, którego pozytywny wynik dopuszcza do egzaminu teoretycznego. Egzamin teoretyczny może być w formie ustnej lub testowej. W formie testowej, gdy do PES w danej dziedzinie zostanie dopuszczonych, co najmniej 50 osób lub w formie egzaminu ustnego, gdy kandydatów w danej sesji jest mniej. Egzamin teoretyczny jest przeprowadzany zgodnie z ramowym programem specjalizacji. Pytania i zadania egzaminacyjne odnoszą się bezpośrednio do treści omawianych w poszczególnych modułach kształcenia. Zadania egzaminacyjne dla PES opracowuje i ustala Centrum Egzaminów Medycznych (CEM) w porozumieniu z konsultantem krajowym w dziedzinie inżynierii medycznej odrębnie na każdą sesję egzaminacyjną.

## **III. Program nauczania poszczególnych modułów.**

### **Moduł I: Anatomiczno - fizjologiczne podstawy inżynierii medycznej**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu

#### **A. Kurs: „Anatomiczno - fizjologiczne podstawy inżynierii medycznej”**

##### **Treści nauczania**

1. Zarys budowy szkieletu kostnego, stawów, więzadeł i układu mięśniowego.
2. Zarys anatomii i czynności wybranych narządów i układów narządów: serce, płuca, mózg, nerki, gruczoły wydzielania zewnętrznego i dokrewnego, narządy zmysłów, układ krążenia, układ oddechowy, układ pokarmowy, układ nerwowy ośrodkowy i obwodowy, układ moczowy.
3. Elementy histologii i biologii komórkowej; zarys histopatologii i patologii.
4. Zdrowie, choroba; procedury diagnostyczne, badanie podmiotowe, przedmiotowe (fizykalne i dodatkowe); procedury terapeutyczne, leczenie internistyczne i chirurgiczne; operacje endoskopowe; specjalności medyczne; techniczne środki medyczne.

##### **Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych**

W wyniku nauczania inżynier medyczny powinien:

- 1) uzyskać podstawową wiedzę z anatomii, fizjologii, biologii i propedeutyki medycyny, umożliwiającej poznanie struktury ciała i czynności narządowych oraz fizycznych, chemicznych, biologicznych właściwości ciała ludzkiego będącego źródłem sygnałów w postępowaniu diagnostycznym i obiektem działania czynników fizycznych w terapii.
- 2) poznać elementarną terminologię medyczną, umożliwiającą porozumienie z personelem lekarskim,
- 3) rozumieć znaczenie wyników badań otrzymywanych metodami diagnostyki instrumentalnej oraz skutków działania czynników fizycznych używanych w terapii.

#### **C. Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 90 godz.

**Formy zajęć:** wykłady (60 godz.), ćwiczenia (15), prosektorium (15godz)

**Sposób zaliczenia:**

**Część teoretyczna:** kolokwium; ćwiczenia i prosektorium zaliczane na podstawie sprawdzianu z przygotowania do poszczególnych ćwiczeń audytoryjnych i prosektoryjnych.

**Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Podręczniki z podstaw anatomii i fizjologii, atlasy i plansze, wyposażenie dydaktyczne podstawowe Zakładów Anatomii i Fizjologii.

### **Literatura**

1. Sobota: Atlas anatomii, CD-ROM. Urban i Partner Wrocław 2001.
2. Traczyk W., Trzebski A.: Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej, PZWL Warszawa 2001.
3. Pawlicki G.: Podstawy Inżynierii Medycznej, Wyd. P. W. Warszawa 1997.

## **Moduł II: Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu i tygodniowy staż kierunkowy w zakładzie rehabilitacyjnym

### **A. Kurs: „Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna”**

#### **Treści nauczania**

1. Właściwości mechaniczne kości, stawów, mięśni i więzadeł. Kinematyka układu mięśniowo-szkieletowego, analiza chodu, pomiar siły i ruchu.
2. Właściwości mechaniczne serca i naczyń; mikrokążenie tętniczo - żyłne. Cykl serca, generacja ciśnienia, moc serca. Pulsujący przepływ krwi, profile prędkości.
3. Wspomaganie funkcji mechanicznych organizmu człowieka; protezy, ortezy, wózki.

#### **Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych**

W wyniku kształcenia inżynier medyczny powinien:

- 1) rozumieć znaczenie ścisłego sposobu opisu zjawisk biomechanicznych w postaci równań, umieć się posługiwać ich uproszczoną postacią do rozwiązywania zagadnień prawidłowej i patologicznej czynności układu szkieletowo- mięśniowego oraz krążenia.
- 2) rozumieć działanie sił i odkształceń powstających w układzie w celu określenia stopnia przemieszczenia poszczególnych składników układu.

### **B. Staż: Urządzenia rehabilitacyjne**

#### **Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym dziennym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Zakładzie Rehabilitacji jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu metod, procedur i urządzeń rehabilitacyjnych oraz nabywa umiejętności praktyczne dotyczące oceny sprawności urządzeń rehabilitacyjnych.

**Czas trwania:** 1 tydzień

**Miejsce stażu:** zakład rehabilitacyjny, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.



### **Zakres wymaganych umiejętności praktycznych**

Umiejętność pomiaru podstawowych parametrów siły mięśni i parametrów ruchu kończyn. Ocena chodu i manipulacji pacjenta.

### **C. Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 60 godzin zajęć teoretycznych wykłady i ćwiczeń laboratoryjnych w ramach kursu: „Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna” oraz 1 tydzień stażu kierunkowego

**Formy zajęć:** wykłady (30godz.), ćwiczenia audytoryjne (15godz.) i laboratoryjne (15godz.)

**Sposób zaliczenia:**

**Część teoretyczna** –kolokwium, z wiedzy teoretycznej objętej programem wykładów, ćwiczenia zaliczane na podstawie sprawdzianu podczas zajęć

**Staż** – u kierownika stażu;

- z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących sposobów oceny sprawności urządzeń rehabilitacyjnych i bezpieczeństwa pacjenta i personelu podczas zabiegów rehabilitacyjnych.

**Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Czujniki tensometryczne, stanowiska pomiarowe, systemy rejestracji wyników.

### **Literatura**

1. Nigg B.M., Herzog W.: Biomechanics of the muscle of sceletal system. John Wiley and Sons. Chichester 1994.
2. Paśniczek R.: Wybrane urządzenia wspomagające i fizykoterapeutyczne w rehabilitacji ośrodkowego układu nerwowego i amputacjach kończyn, Ofic.Wyd. PW, 1997.
3. Będziński R. I inni red.: Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna, tom 5 monografii Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000 (red. Nałęcz), Akademicka Oficyna Wyd. Exit, Warszawa 2003

## **Moduł III: Podstawy elektroniki medycznej**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu

### **A. Kurs: „Podstawy elektroniki medycznej”**

#### **Treści nauczania**

1. Elektryczność, cechy fizyczne, wielkości elektryczne; zależności napięciowo prądowe w obwodach elektrycznych. Podstawowe układy analogowe i cyfrowe. Wzmacniacze sygnałów biologicznych; wzmacniacze z barierą izolacyjną.
2. Filtry, aktywne cyfrowe; generatory, generatory funkcyjne; regulatory elektroniczne.
3. Zasilacze, przetwornice tranzystorowe i tyrystorowe DC - DC. Falowniki i przemienniki częstotliwości. Stabilizatory napięcia przemiennego. Modulacja impulsowa, modulacja i demodulacja amplitudy, szerokości i położenia impulsów.

### **Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych**

W wyniku kształcenia inżynier medyczny powinien:

- 1) wykazać się znajomością głównych cech układów elektronicznych i zasad projektowania i eksploataowania tych układów oraz funkcjonowania urządzeń elektromedycznych,
- 2) być przygotowany do pracy w warunkach klinicznych, a także do dalszego kształcenia w zakresie elektronicznej aparatury medycznej.

**C: Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 60 godz.

**Formy zajęć:** wykłady (30godz.), ćwiczenia audytoryjne (15) i laboratoria (15),

**Sposoby zaliczenia:**

**Część teoretyczna** – kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem wykładu, ćwiczenia i laboratorium na podstawie sprawdzianów cząstkowych podczas zajęć

**Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Podręczniki, plansze i stanowiska laboratoryjne z podstawowych układów elektronicznych.

**Literatura**

1. Horowitz P., Hill W.: Sztuka elektroniki, WKiŁ, 1997.
2. Tietze U., Sherik Ch.: Układy półprzewodnikowe, WNT 1997.
3. Filipkowski A.: Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe, WNT, Warszawa 1993.
4. Wilson B.: Układy cyfrowe, WKiŁ, 2000.

**Moduł IV: Radiologia, generatory promieniowania jonizującego (w tym akceleratory liniowe), ochrona radiologiczna**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu i dwa staże kierunkowe (łącznie 4 tygodnie) w zakładach radiologii i radioterapii

**A. Kurs: „Radiologia, generatory promieniowania jonizującego (w tym akceleratory liniowe), ochrona radiologiczna”.**

**Treści nauczania**

1. Budowa atomu, jądra atomowego, nukleony; reakcje jądrowe, rozszczepienie jądra; promieniotwórczość naturalna i sztuczna; promieniowanie rentgenowskie.
2. Oddziaływanie z materią promieniowania fotonowego i cząstek elementarnych. Promieniowanie rozproszone. Generowanie promieniowania rtg, lampa rtg, akcelerator liniowy; akceleratory cząstek.
3. Podstawy radiografii; rejestracja obrazów radiograficznych; wzmacniacz elektroniczny obrazu; przetwarzanie obrazu.
4. Urządzenia radiograficzne podstawowe i specjalizowane (angioradiografia, mammografia).
5. Radiografia cyfrowa (subtrakcyjna).
6. Produkcja i medyczne zastosowania izotopów promieniotwórczych.
7. Detektory promieniowania, spektrometria promieniowania. Miernictwo radiologiczne, dawka, współczynnik jakości promieniowania, równoważniki dawki; zasady ochrony pacjenta i personelu medycznego; podstawowe przepisy ochrony radiologicznej.

**Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych**

Uzyskana wiedza umożliwi inżynierowi medycznemu:

- 1) zrozumienie charakteru i skutków oddziaływania promieniowania jonizującego z ciałem człowieka,
- 2) poznanie zasad funkcjonowania urządzeń radiologicznych i ochrony radiologicznej.

**B. Staż:** (4 tyg.) podzielony na dwie części:

**- Część 1: Urządzenia radiograficzne ( 3 tyg.)**

**Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym dziennym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Zakładzie Radiologii jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu eksploatacji RTG urządzeń diagnostycznych w szczególności angiograficznych.

**Czas trwania stażu:** 3 tygodnie.

**Miejsce stażu:** Zakład Radiologii, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

**Zakres wymaganych umiejętności praktycznych**

- umiejętność testowania rtg aparatury diagnostycznej pod względem jakości promieniowania i jakości obrazowania.
- nabycie umiejętności pomiaru dawki promieniowania jonizującego i zasad ochrony pacjenta i personelu przed promieniowaniem rozproszonym.

**Sposób zaliczenia:** u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących sposobów testowania sprawności diagnostycznych urządzeń radiologicznych, bezpieczeństwa pacjenta i personelu podczas badań diagnostycznych.

**- Część 2: Urządzenia radioterapeutyczne (1 tydz.):**

**Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Zakładzie Radioterapii jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu eksploatacji urządzeń i radioterapeutycznych (zwłaszcza akceleratorów liniowych) oraz nabywa umiejętności praktyczne dotyczące oceny stosowanych tu urządzeń.

**Czas trwania:** 1 tydzień

**Miejsce stażu:** Zakład Radioterapii, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

**Zakres wymaganych umiejętności praktycznych**

- umiejętność kształtowania wiązki promieniowania terapeutycznego pod względem koncentrowania dawki w obszarze guza
- nabycie umiejętności pomiaru dawki promieniowania jonizującego i zasad ochrony radiologicznej pacjenta i personelu.

**Sposób zaliczenia:** u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących sposobów testowania sprawności urządzeń radioterapeutycznych, bezpieczeństwa pacjenta i personelu podczas radioterapii.

### C. Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu

**Czas realizacji:** 90 godz.

**Formy zajęć:** wykłady(30godz.), ćwiczenia (15godz.), laboratorium (15godz.), seminarium (30godz).

**Sposoby zaliczenia:**

**Część teoretyczna** – kolokwium z zakresu wiedzy teoretycznej objętej programem wykładów; sprawdziany cząstkowe na podstawie aktywności podczas zajęć na ćwiczeniach i seminarium.

**Staże** – u kierowników stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących sposobów testowania sprawności technicznej urządzeń RTG i systemów ochrony pacjenta przed promieniowaniem rozproszonym oraz metod pomiaru dawek promieniowania, zróżnicowany, w zależności od rodzaju stażu (patrz wyżej).

**Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Podstawowe urządzenia radiograficzne i radioterapeutyczne oraz dozymetry promieniowania.

### Literatura

1. Dekady P.P., Heaton B.: Physics for diagnostic radiology. Inst. of Phys. Publ., Londyn 1999.
2. Pawlicki G., Pałko T., Golnik N., Królicki L.: Fizyka Medyczna, tom 9, monografia Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna, red. Nałęcz M., Oficyna Wydawnicza Exit 2002.
3. Gostkowska B., Rosiński S.: Ochrona Radiologiczna, CLOR W-wa 2001.
4. Hrynkiewicz A.: Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego. Państwowa Agencja Atomistyki JFJ 1993 r.
5. Hrynkiewicz A.: Człowiek i promieniowanie jonizujące, PWN 2001, W-wa.

## Moduł V: Automatyka, robotyka, telematyka medyczna (telemedycyna)

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu

### A. Kurs: „Automatyka, robotyka, telematyka medyczna”

**Treści nauczania**

1. Podstawy automatyki stosowanej w urządzeniach i aparaturze medycznej, regulacja automatyczna,
2. Urządzenia medyczne diagnostyczne i terapeutyczne sterowane programowo, bez udziału człowieka lub z jego ograniczonym udziałem,
3. Roboty medyczne stosowane w chirurgii,
4. Wspomaganie zdalne utraconych lub upośledzonych funkcji narządów człowieka,

5. Telematyka medyczna (telemedycyna) jako efekt rozwoju informatyki medycznej, automatyki i robotyki; elektroniczna historia choroby, bazy danych medycznych, regionalne sieci ochrony zdrowia, bezpieczeństwo danych, komunikatywność niezawodność; technologie telemedyczne, transmisja danych; zdalne systemy nadzoru nad pacjentem, zdalne systemy sterowania urządzeniami medycznymi; teleoperacje.
6. Opieka domowa nad osobami niepełnosprawnymi.
7. Możliwości i zagrożenia dla sieciowego systemu informacyjnego w zakresie ochrony zdrowia

### **Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych**

Uzyskana wiedza umożliwi zrozumienie roli i przydatności informatycznych systemów przetwarzania danych w środowisku lokalnym (szpital, przychodnia), regionalnym i ponadregionalnym (światowym) oraz ułatwi ich implementację w praktyce.

### **C: Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 30 godz.

**Formy zajęć:** wykłady (15godz.), laboratorium (15godz)

**Sposoby zaliczenia:**

**Część teoretyczna** – kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem wykładu; laboratorium, sprawdzian bieżący podczas zajęć z aktywności na zajęciach

### **Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Stanowiska pomiarowo – kontrolne układów automatyki, elementy automatyki, modele robotów.

### **Literatura**

1. Gessing R.: Podstawy automatyki. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
2. Mazurek J., Vogt H. i Żydanowicz W.: Podstawy automatyki. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa, 2002.
3. Morecki i inni: Podstawy robotyki. WNT, Warszawa 1993.
4. Pong M.W., Witdiatagar M.: Dynamiki i sterowania robotów. WNT, Warszawa 1997.
5. Olszewski i inni: Manipulatory i roboty przemysłowe WNT II wyd., Warszawa 1992.
6. Haykin S.: Systemy telekomunikacyjne. t. 1, WKiŁ 1998.

## **Moduł VI: Sygnały biomedyczne; teoria przetwarzania sygnałów, informatyka medyczna**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu

### **A. Kurs: „Sygnały biomedyczne; teoria przetwarzania sygnałów, informatyka medyczna”**

#### **Treści nauczania**

1. Wprowadzenie, sygnały zdeterminowane (okresowe, przejściowe) i losowe, modele ciągów czasowych, stacjonarność, ergodyczność, przestrzenna reprezentacja sygnałów.

2. Klasyfikacja sygnałów biomedycznych; elektryczne (serca EKG, mięśni szkieletowych EMG, mózgu EEG, nerwów obwodowych EMG, potencjały wywołane wzrokowe, słuchowe, czuciowe), mechaniczne (tony serca, ciśnienie krwi, przepływ gazów oddechowych, siła mięśni), chemiczne.
3. Elektrody, czujniki i przetworniki sygnałów. Podstawowe zasady przetwarzania sygnału: próbkowanie, filtrowanie, uśrednianie, wizualizacja przebiegów czasowych i obrazów, rozpoznawanie, klasyfikacja i kwantyfikacja (wyznaczanie wartości) sygnałów. Powiększanie stosunku sygnału do szumu (wzmacnianie sygnału i redukcja szumów). Przetwarzanie sygnałów biomedycznych.
4. Metody analizy sygnałów deterministycznych - analiza widmowa (szeregi Fouriera, przekształcenie Fouriera i Hilberta, elementy analizy korelacyjnej, twierdzenie o próbkowaniu. Metody analizy sygnałów stochastycznych - analiza korelacyjna i widmowa.
5. Podstawy technicznej realizacji cyfrowej analizy sygnałów. Karty procesowe, przetworniki a/c i c/a, we-, wy- binarne, system przerwań, procesory sygnałowe w zadaniach czasu rzeczywistego.
6. Podstawy sieci komputerowych. Transmisja danych. Topologia sieci. Architektura sieci LAN. Model odniesienia OSI. Standard TCP/IP. Serwery DNS, DHCP. Pliki HTML. Tworzenie stron WWW. Przykłady zastosowań sieci i baz danych w medycynie. Definiowanie baz danych tabel i indeksów; normalizacja danych; relacyjne języki zapytań. Programowanie zorientowane programowo. Współbieżne operacje na bazach danych. Poufność i ochrona danych – środowisko programowe VISUAL FOXPRO.

### **Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych**

W wyniku kształcenia inżynier medyczny powinien:

1. rozumieć istotę i sposób generowania sygnałów biologicznych oraz sposób ich odbioru z organizmu i wstępnego ich przetwarzania wraz z oceną źródeł zakłóceń i błędów,
2. poznać podstawowe cechy sygnałów cyfrowych i analogowych, zależności pomiędzy domenami czasu i częstotliwości oraz nabyć umiejętność projektowania podstawowych filtrów cyfrowych a także zastosowania właściwych algorytmów przetwarzania sygnału w celu wydobycia z sygnału biologicznego istotnych klinicznie informacji;
3. wybrać i zastosować metodę redukcji artefaktów pomiarowych, takich jak dryft linii zerowej, szumy, nakładające się niepożądane źródła sygnałów itp.
4. nabyć umiejętność projektowania prostych układów w torze przetwarzania i analizy cyfrowej sygnałów biomedycznych, tworzenia cyfrowych baz danych i projektowania lokalnych sieci informatycznych.

### **C: Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 90 godz.

**Formy zajęć:** wykłady (45godz.), laboratorium (15godz.), seminarium (30godz.)

**Sposoby zaliczenia:**

**Część teoretyczna** – wykład - kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem modułu, laboratorium i seminarium - sprawdziany bieżące podczas zajęć.

**Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Czujniki sygnałów biomedycznych, interfejsy pomiarowe, analizatory sygnałów.

### **Literatura**

1. Malmivuo J., Plonsey R.: Bioelectromagnetism. Oxford University Press., New York, 1995.
2. Dabrowski A. (red.): Przetwarzanie sygnałów przy użyciu procesorów sygnałowych. Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2010 r.
3. Białasewicz J.T.: Falki i aproksymacja, WNT 2000.
4. Szabatin M.: Podstawy teorii sygnałów W.K i L 2000.
5. Zieliński T.P.: Od teorii do cyfrowego przetwarzania sygnałów, AGH 2002.
6. Zydorowicz T., PC i sieci komputerowe, PLJ, Warszawa 1993.
7. Shortliffe i inni. Medical Informatics. Springer Verlag, New York, 2001.

## **Moduł VII: Wybrane urządzenia diagnostyki medycznej i systemy diagnostyczno – terapeutyczne.**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu i 3 staże kierunkowe (łącznie 5 tygodni) w Klinice Kardiologicznej w tym: na OIOM'ie Oddziale Kardiologii Interwencyjnej (2 tygodnie), w Klinice Neurologicznej (2 tygodnie.), w Zakładzie Diagnostyki Laboratoryjnej (1 tydzień).

### **A. Kurs: „Wybrane urządzenia diagnostyki medycznej i systemy diagnostyczno – terapeutyczne”**

#### **Treści nauczania**

1. Klasyfikacja urządzeń diagnostyki elektrograficznej. Ogólne cechy konstrukcyjne i użytkowe urządzeń. Elektrody i układy pomiarowe (odprowadzenia).
2. Rodzaje odprowadzeń. Układy wejściowe, główne bloki funkcjonalne. Przetwarzanie, analiza i prezentacja sygnałów bioelektrycznych. Układy wyjściowe, sposoby rejestracji przebiegów. Charakterystyka urządzeń rejestrujących. Elektrokardiografy, elektromiografy, elektroencefalografy, elektroneurografy. Urządzenia do rejestracji potencjałów wywołanych.
3. Systemy stymulacji elektrycznej tkanek mięśniowych i nerwowych.
4. Aparatura diagnostyki laboratoryjnej.

Uzyskana wiedza umożliwi właściwy dobór aparatury (jej cech) oraz udział w planowaniu procedur medycznych z użyciem tej aparatury i realizacji zabiegów medycznych, diagnostycznych i terapeutycznych.

### **B. Staż: (5 tyg.) podzielony na 3 części:**

#### **Część 1: Urządzenia i systemy diagnostyki serca i układu krążenia oraz kardiologii interwencyjnej, (2tyg.)**

##### **Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Klinice Kardiologicznej, jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu eksploatacji diagnostycznych urządzeń elektrograficznych, elektrostymulacyjnych (defibrylator, stymulator serca) i do katetyzacji serca. W trakcie stażu nabywa umiejętności praktyczne dotyczące oceny stanu i poprawności działania stosowanych tu urządzeń.

### **Zakres wymaganych umiejętności praktycznych**

Wykonanie badań elektrograficznych (EKG) i wykonanie kardiowersji elektrycznej lub defibrylacji.

**Czas trwania:** 2 tyg.

**Miejsce stażu:** Klinika Kardiologiczna w tym OIOM i Oddział Kardiologii Interwencyjnej, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

**Sposób zaliczenia:** u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących sposobów testowania sprawności urządzeń elektrokardiograficznych i elektrostymulacyjnych oraz oceny bezpieczeństwa pacjenta i personelu podczas badań diagnostycznych i elektroterapeutycznych.

### **Część 2: Urządzenia do badania czynności elektrycznej układu nerwowego; elektrostymulacja, (2tyg.)**

#### **Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Klinice Neurologicznej jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu eksploatacji diagnostycznych urządzeń elektrograficznych, elektrostymulacyjnych (EEG, EMG, stymulacja mięśni i nerwów). W trakcie stażu nabywa umiejętności praktyczne dotyczące oceny stanu i poprawności działania stosowanych tu urządzeń.

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

Wykonanie badań elektrograficznych (EEG, EMG) oraz wykonanie zabiegu elektrostymulacji mięśni i nerwów.

**Czas trwania:** 2 tyg.

**Miejsce stażu:** Klinika Neurologiczna, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

**Sposób zaliczenia:** u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących sposobów testowania sprawności urządzeń elektrokardiograficznych i elektrostymulacyjnych oraz oceny bezpieczeństwa pacjenta i personelu podczas badań diagnostycznych i elektroterapeutycznych.

### **Część 3: Urządzenia diagnostyki laboratoryjnej (1tydz.)**

#### **Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Laboratorium Analitycznym jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu funkcjonowania wybranych urządzeń diagnostyki laboratoryjnej. W trakcie stażu nabywa umiejętności praktyczne dotyczące oceny stanu i poprawności działania aparatury stosowanej i bezpieczeństwa pracy w laboratorium analitycznym.

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

Testowanie wybranego urządzenia diagnostyki laboratoryjnej w celu określenia jego sprawności i bezpieczeństwa obsługi.



**Czas trwania:** 1 tydz..

**Miejsce stażu:** Laboratorium Analityczne,, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

**Sposób zaliczenia:** u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących sposobów testowania sprawności wybranych urządzeń diagnostyki laboratoryjnej.

### **C. Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 60 godz.

**Formy zajęć:** wykłady (30godz.), ćwiczenia (15godz.), laboratoria (15godz),

**Sposoby zaliczenia:**

**Część teoretyczna** – wykład, kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem modułu, ćwiczenia na podstawie sprawdzianu podczas zajęć.

**Sposób zaliczenia:** u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych zróżnicowany, zależy od rodzaju stażu (patrz wyżej) w ogólności dotyczy obsługi i sprawdzenia jakości urządzeń stosowanych w wymienionych jednostkach szpitalnych, a w szczególności: testowania aparatury do elektrografii i stymulacji mięśni lub defibrylacji serca a także aparatury do diagnostyki laboratoryjnej.

#### **Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Podstawowe urządzenia elektrograficzne (EKG, EMG, EEG), wybrane urządzenia diagnostyki laboratoryjnej oraz dokumentacja techniczna i instrukcje obsługi stosowanych urządzeń.

#### **Literatura**

1. Torbicz W., i inni (red.): Biopomiary, T. 2 monografii Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000 (red. M. Nałęcz). Akademicka Oficyna Wydawnicza Elit, Warszawa, 2001.
2. Webster J.G. (editor): Medical Instrumentation. Application and Design. John Wiley&Sons, Inc. New York, 1998.
3. Pawlicki G.: Podstawy Inżynierii Biomedycznej, Oficyna Wydawnicza PW, 1995.

### **Moduł VIII: Urządzenia diagnostyki obrazowej (radiografia, TK, MRI, PET, SPECT, USG)**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu i 2 staże kierunkowe (łącznie 6 tygodni) w Zakładzie Diagnostyki Obrazowej (4 tygodnie) i Zakładzie Medycyny Nuklearnej (2 tygodnie).

#### **A. Kurs: „Urządzenia diagnostyki obrazowej (radiografia, TK, MRI, PET, SPECT, USG)”**

##### **Treści nauczania**

1. Ultrasonografia; propagacja fal ultradźwiękowych, impedancja akustyczna; przetwor-niki UD; generatory UD; głowice UD. Metody obrazowania UD struktury ciała; metody obrazowania czynności narządowych.
2. Rentgenowskie obrazowanie planarne. Radioskopia i radiografia cyfrowa. Składowe urządzeń Rtg.
3. Tomografia komputerowa (TK), zasady fizyczne tworzenia obrazu, źródło promienio-wania; rekonstrukcja obrazu dwuwymiarowa i trójwymiarowa; cechy charakterystyczne obrazu, zdolność rozdzielcza; budowa, działanie tomografu i zakres zastosowań. Zasady ochrony pacjenta i personelu przed promieniowaniem.
4. Tomografia rezonansu magnetycznego (MR), zasady fizyczne tworzenia obrazu, generacja pól magnetycznych; rekonstrukcja dwu i trójwymiarowa obrazu; wizualizacja czynności narządów; cechy charakterystyczne obrazu, zdolność rozdzielcza, środki cieniujące; budowa, działanie i zakres zastosowań tomografii MR. Spektrometria MR.
5. Tomografia emisyjna pozytonowa (PET) jako metoda obrazowania czynności narządowych (metabolizmu), zasady fizyczne tworzenia obrazu, rekonstrukcja obrazu dwu i trójwymiarowa; cechy charakterystyczne obrazu, zdolność rozdzielcza; budowa, działanie i zakres zastosowań tomografii PET. Scyntygrafia, sposób planarnego obrazowania struktury i czynności niektórych narządów za pomocą izotopów promieniotwórczych wprowadzanych do organizmu bezpośrednio; budowa i zasada działania gammakamery.
6. Tomografia izotopowa jednofotonowa (SPECT), podstawowe zasady działania tomografu i zastosowania.

**B. Staż.** (6 tyg.) podzielony na dwie części:

**Część 1: Urządzenia diagnostyki obrazowej planarnej (radioskopia, radiografia cyfrowa) i tomograficznej (CT, MRI, USG).**

**Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym dziennym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu procedur i urządzeń diagnostyki obrazowej planarnej i tomograficznej oraz nabywa umiejętności praktyczne dotyczące oceny sprawności działania urządzeń do obrazowania i jakości obrazów.

**Czas trwania:** 4 tyg.

**Miejsce:** Zakład Diagnostyki Obrazowej albo Zakład Radiologii, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

**Zakres wymaganych umiejętności praktycznych**

Umiejętność oceny jakości obrazów planarnych i tomograficznych, wpływów różnych czynników na jakość obrazów, poznanie cech techniczno-eksploatacyjnych (nastawy) różnych sposobów obrazowania. Sprawdzenie gotowości do użycia urządzeń, sprawdzenie warunków bezpieczeństwa elektrycznego, radiacyjnego i mechanicznego

## **Część 2: Urządzenia tomografii emisyjnej, nuklearnej (SPECT, PET).**

### **Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym dziennym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu procedur i urządzeń diagnostyki obrazowej nuklearnej oraz nabywa umiejętności praktyczne dotyczące oceny sprawności działania urządzeń do obrazowania i jakości obrazów.

**Czas trwania:** 2 tyg.

**Miejsce:** Zakład Medycyny Nuklearnej

podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

### **Zakres wymaganych umiejętności praktycznych**

Umiejętność oceny jakości obrazów tomograficznych, uzyskiwanych metodą tomografii emisyjnej, wpływów różnych czynników na jakość obrazów, poznanie cech techniczno-eksploatacyjnych (nastawy) różnych sposobów obrazowania. Sprawdzenie gotowości do użycia urządzeń, sprawdzenie warunków bezpieczeństwa elektrycznego, radiacyjnego i mechanicznego

## **C. Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 90 godz.

**Formy zajęć:** wykłady (60 godz), laboratorium (15 godz), seminarium (15 godz)

**Sposoby zaliczenia:**

**Część teoretyczna** – wykłady - 3 kolokwia cząstkowe z wiedzy teoretycznej dotyczącej diagnostyki obrazowej 2D i 3D objętej programem obejmującej CT, MRI, PET, SPECT oraz USG; laboratorium i seminarium, na podstawie bieżącego sprawdzianu podczas zajęć.

**Staż** - u kierownika stażu:

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu,
- sprawdzianu umiejętności praktycznych dotyczących testowania sprawności urządzeń diagnostyki obrazowej w zakresie urządzeń tomograficznych objętych danym stażem (patrz wyżej).

**Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

pełne wyposażenie zakładu diagnostyki obrazowej (CT, MRI, USG) i medycyny nuklearnej (PET, SPECT).

## **Literatura**

1. Red. Pawlicki G., Pałko T., Gołnik N., Gwiazdowska B., Królicki L., red.: Fizyka medyczna, 9 tom Wyd. Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000 pod red. M. Nałęcz, Akad.Ofic.Wyd. EXIT, Warszawa 2002.
2. Pruszyński B., red.: Diagnostyka obrazowa, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2000.
3. Walecki J., Ziemiański A., red.: Rezonans magnetyczny i tomografia komputerowa w praktyce klinicznej. Springer PWN. Warszawa 1998.
4. Obrazowanie medyczne. T. 8 serii Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000 (red. M. Nałęcz) Exit, Warszawa 2003.
5. Cho Z.: Foundations of Medical Imaging. John Wiley&Sons, 1993.

## **Moduł IX: Aparatura bloku operacyjnego; systemy intensywnego nadzoru w stanach zagrożenia życia.**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu i trzytygodniowy staż kierunkowy w Klinice Chirurgii w tym w Ośrodku Intensywnej Opieki Medycznej.

### **A. Kurs: „Aparatura bloku operacyjnego; systemy intensywnego nadzoru w stanach zagrożenia życia”**

#### **Treści nauczania**

1. Podstawowe procedury i wyposażenie aparaturowe i narzędziowe.
2. Urządzenia do chirurgii laparoskopowej, roboty chirurgiczne.
3. Aparatura do znieczulania ogólnego. Urządzenia monitorujące.
4. Angiografia RTG w zastosowaniu w chirurgii naczyniowej i radiologii interwencyjnej.
5. Urządzenia do krążenia pozaustrojowego, oksygenatory.
6. Systemy opieki śród i operacyjnej oraz systemy do intensywnej opieki medycznej.
7. Systemy wspomaganie czynności narządów.

#### **Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych**

Zrozumienie zasad funkcjonowania urządzeń monitorujących i wspomagających czynności narządów w warunkach zagrożenia życia, w warunkach sali operacyjnej i nadzorze pooperacyjnym.

### **B. Staż: (3 tyg.)**

#### **Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym dziennym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Klinice Chirurgii jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu działania urządzeń monitorujących i podtrzymujących podstawowe funkcje życiowe (krążenie, oddychanie, utlenianie krwi, poziom elektrolitów) oraz nabywa umiejętności praktyczne dotyczące sprawdzenia sprawności działania aparatury.

**Czas trwania:** 3 tygodnie

**Miejsce stażu:** Klinika Chirurgiczna, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

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

Umiejętność testowania aparatury monitorującej i wspomagającej funkcje życiowe. Znajomość procedur i umiejętność aplikacji wybranych urządzeń.

### **C. Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 45 godz.

**Formy zajęć:** wykłady (30godz.), seminaria (15godz.)

#### **Sposoby zaliczenia**

**Część teoretyczna** – kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem; seminarium, na podstawie sprawdzianu aktywności w czasie zajęć

**Staż** – u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu

- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących znajomości procedur i oceny skuteczności działania aparatury bloku operacyjnego.

### **Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych**

Wyposażenie nowoczesnej sali operacyjnej i oddziałów intensywnej opieki medycznej. Urządzenia i narzędzia wykorzystywane podczas zabiegów operacyjnych; systemy intensywnej opieki medycznej w stanach zagrożenia życia.

### **Literatura**

1. Roentgen L., Ulrich B., Nowe metody i Techniki w chirurgii. PZWL Warszawa 1996.

## **Moduł X: Sztuczne narządy, materiały medyczne**

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu staż kierunkowy w Instytucie Protez Serca (2 tygodnie) oraz w Stacji Dializ (1 tydzień), łącznie 3 tygodnie.

### **A. Kurs: „Sztuczne narządy, materiały medyczne”**

#### **Treści nauczania**

1. Sztuczna nerka. Hemodializa, dializa otrzewnowa; technologia membran kapilarnych i sorbentów, konstrukcje filtrów, separacja i frakcjonowanie osocza krwi;
2. Sztuczna wątroba, detoksykacja krwi za pomocą sorbentów.
3. Sztuczne serce. Wspomaganie czynności układu krążenia; balon wewnątrzaoortalny; sztuczne komory serca; wspomaganie układu żylnolimfatycznego; kontrapulsacja.
4. Sztuczna trzustka. Trzustka „mechaniczna” z otwartą i zamkniętą pętlą sterowania; biologiczna i biochemiczna sztuczna trzustka.
5. Respiratory; sztuczna wentylacja płuc; modelowanie sztucznej wentylacji; identyfikacja parametrów płuc. Oksygenatory.
6. Laboratoryjna aparatura do badań analitycznych, mikrobiologicznych, cytologicznych. Wyposażenie aparaturowe laboratoriów medycyny nuklearnej.
7. Biomateriały – materiały medyczne. Biogodność materiałów. Rodzaje stosowanych materiałów: metale, materiały ceramiczne, kompozyty, polimery; szkliwa i gumi. Struktura, i właściwości sprężyste i plastyczne materiałów medycznych. Materiały biologiczne: krew, tkanka łączna, kość. Oddziaływanie materiał-tkanka, sposób oceny reakcji biologicznej, modyfikacja biomateriału w celu zwiększenia kompatybilności.

### **Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych**

W wyniku kształcenia inżynier medyczny powinien:

1. znać fizyczne właściwości materiałów syntetycznych w zakresie zastosowań biomedycznych;
2. rozumieć opis techniczny materiału syntetycznego i przeprowadzić stosowny test mechaniczny;
3. znać mechaniczne właściwości tkanek które materiał syntetyczny zastępuje lub pozostaje w kontakcie;
4. rozumieć skutki oddziaływania materiałów biomedycznych z żywą tkanką.

**B. Staż:** (3 tyg.) podzielony na dwie części:

**Część 1: Sztuczne serce i wspomaganie oddechu (respirator)**

**Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym dziennym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Instytucie Protez Serca, jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu środków technicznych i procedur wspomaganie serca, a także oddychania oraz nabywa umiejętności praktyczne dotyczące testowania urządzeń do wspomaganie czynności serca i układu oddechowego.

**Czas trwania:** 2 tyg.

**Miejsce stażu:** Instytut Protez Serca w Zabrze, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienie.

**Zakres wymaganych umiejętności praktycznych:**

Identyfikacja rodzajów protez serca i zastawek oraz innych wybranych sztucznych wszczepów;

**Część 2: Sztuczna nerka**

**Program stażu**

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym dziennym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Stacji Dializ, jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu środków technicznych i procedur wspomaganie czynności nerek, oraz nabywa umiejętności praktyczne dotyczące testowania urządzeń do wspomaganie czynności nerek w tym wymiany hemodializatora i płynu dializacyjnego.

**Czas trwania:** 1 tydz.

**Miejsce stażu:** Stacja Dializ, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienie.

**Zakres wymaganych umiejętności praktycznych:**

- Umiejętność testowania sprawności sztucznej nerki i określenia stanu bezpieczeństwa pacjenta i obsługi.
- Umiejętność wymiany hemodializatora i płynu dializacyjnego

**C. Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 45 godz.

**Formy zajęć:** wykłady

**Sposoby zaliczenia:**

**Część teoretyczna** –kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem wykładu;

**Staż:** u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących sposobów badania urządzeń do wspomaganie czynności narządów (serce, płuca, nerka).

**Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Wyposażenie nowoczesnych ośrodków intensywnej opieki medycznej w urządzenia do wspomaganie czynności narządów i sztuczna nerka.

## Literatura

Darowski M., i inni (red.): Sztuczne Narządy tom 3 monografii Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000. (red. M. Nałęcz). Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2001.

## Moduł XI: Inżynieria medyczna (kliniczna) – zagadnienia prawno organizacyjne

Moduł realizowany jest poprzez jeden kurs teoretyczny jednoimienny z tytułem modułu i tygodniowy staż kierunkowy w Państwowym Centrum Badań i Certyfikacji (PCBC). (do chwili powstania Zakładów Inżynierii Klinicznej w szpitalach)

### A. Kurs: „Inżynieria medyczna (kliniczna) – zagadnienia prawno-organizacyjne”

#### Treści nauczania

1. Zasady i sposoby wykorzystywane w technice medycznej obejmujące metody zarządzania, zagadnienia kosztów, sprawdzanie przyjmowanej aparatury, szkolenie personelu, przestrzeganie bezpieczeństwa, standardów i zapewnienia jakości.
2. Zagadnienia ryzyka elektrycznego, mechanicznego i radiacyjnego. Regulacje prawne i dyrektywy dotyczące urządzeń medycznych. Wprowadzenie do standardów ISO 9000. Zapewnienie jakości w inżynierii klinicznej. Zagadnienia etyczne.
3. Systemy ochrony zdrowia; okresowe oceny środków technicznych, funkcjonowania kliniki oraz budynków i innych wykorzystywanych środków. Zakupy wyposażenia, planowanie, analiza kosztów.
4. Systemy kontroli jakości, atestacja urządzeń medycznych i akredytacja laboratoriów (pracowni)

#### Zakres wymaganej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych

W wyniku kształcenia osoba specjalizująca się uzyska wiedzę i umiejętności pozwalające na:

1. prowadzenie okresowych kontroli i testowania rzetelności wskazań i właściwego działania aparatury,
2. zapewnienie warunków bezpiecznego działania urządzeń medycznych,
3. swobodne posługiwanie się urządzeniami medycznymi w środowisku szpitalnym.

### B. Staż: (1 tydz.)

#### Program stażu

Specjalizujący się odbywa staż w pełnym dziennym wymiarze godzin pracy. W czasie stażu uczestniczy w podstawowych czynnościach wykonywanych w Państwowym Centrum Badań i Certyfikacji (PCBC) lub w Zakładzie Inżynierii Klinicznej (w przyszłości) jako członek zespołu. Podczas stażu specjalizujący się przyswaja wiedzę z zakresu podstawowych metod i procedur stosowania aparatury medycznej w warunkach klinicznych oraz nabywa umiejętności praktyczne dotyczące sposobów sprawdzania jakości i bezpieczeństwa aparatury medycznej.

**Czas trwania:** 1 tydzień

**Miejsce stażu:** Centrum Badań i Certyfikacji albo Zakład Inżynierii Klinicznej, podmiot spełniający standardy kształcenia, którego merytoryczna działalność

odpowiada programowi stażu, a jednostka szkoląca zawarła z nim stosowne porozumienia.

**Zakres wymaganych umiejętności praktycznych:**

znajomość podstawowych aktów prawnych regulujących działanie zdrowotnej opieki szpitalnej

**C. Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu**

**Czas realizacji:** 40 godz.

**Formy zajęć:** wykłady (20godz.), laboratorium (20godz.)

**Sposoby zaliczenia:**

**Część teoretyczna** – kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem wykładu; laboratorium na podstawie sprawdzianu bieżącego podczas zajęć

**Staż** : u kierownika stażu

- kolokwium z wiedzy teoretycznej objętej programem stażu
- sprawdzian umiejętności praktycznych dotyczących znajomości przepisów i sposobów testowania aparatury medycznej w warunkach klinicznych, pod względem jakości i bezpieczeństwa elektrycznego.

**Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych:**

Wyposażenie do testowania aparatury elektromedycznej. Dokumentacja procedur testowania.

**Literatura**

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo Atomowe (Dz. U. z 2001 r., Nr 3, poz. 18, Nr 100, poz. 1085 i Nr 154, poz. 1800 z 2002 r. Nr 47, poz. 676, Nr 135, poz. 1145)
2. Ustawa o wyrobach medycznych (Dz. U. z 2001 r. Nr 154, poz. 1801)
3. Polska Norma Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących. PN-EN ISO/IEC 17025.
4. Bronzino J. D.: The Biomedical Engineering. CRC Press IEEE Press Biomedical, London 1995.

**Literatura uzupełniająca:**

1. Sensors in medicine and health care / ed. by P. Ake Oberg, T. Togawa, F. A. Spelman.,2004 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
2. Bioinstrumentation / John G. Webster – editor – in chief/ John Willey and Sons, 2004
3. Khandpur RS. Biomedical instrumentation. Technology and applications. McGraw-Hill,
4. Medical Devices and Systems, Edited by Joseph D. Bronzino, CRC Press 2006,
5. The measurement, instrumentation and sensors (John G. Webster – editor – in chief). CRC Press, USA 1999.
6. Medical Devices. Use and Safety. Bertil Jacobson and Alan Murray, Churchill Livingstone, 2007, ISBN: 978-0-443-10259-2
7. Biomedical Instrumentation Systems, International Edition, Shakti Chatterjee, Delmar Cengage Learning ISBN: 9781435486133, 2010
8. Będziński R. Biomechanika Inżynierska – wybrane zagadnienia. O. W. Polit. Wrocł., 1997.
9. Rutkowski L. Metody i techniki sztucznej inteligencji PWN, 2005.



## **IV. STANDARDY KSZTAŁCENIA W SPECJALIZACJI INŻYNIERIA MEDYCZNA**

### **1. Kadra i baza dydaktyczna do zajęć i staży kierunkowych.**

Kształcenie specjalizacyjne powinno odbywać się na poziomie akademickim i może być prowadzona przez instytucję, która spełnia następujące warunki:

- posiada odpowiednie sale wykładowe stosownie wyposażone w konieczne do przeprowadzania zajęć pomoce dydaktyczne,
- prowadzi działalność umożliwiającą odbywanie staży specjalistycznych przewidzianych w programie specjalizacji lub ma zawarte umowy z innymi placówkami opieki zdrowotnej umożliwiające prowadzenie takich staży,
- zatrudnia przynajmniej jednego specjalistę ( lub osobę p.o. specjalisty - z uprawnieniami inżyniera medycznego nadanego przez Ministra Zdrowia), który może pełnić rolę kierownika specjalizacji. Ponadto musi posiadać odpowiednich specjalistów mogących realizować niniejszy program kształcenia lub ma zawarte umowy z innymi specjalistami spoza jednostki,
- zatrudnia inne odpowiednio wykwalifikowane osoby - między innymi lekarzy, biologów, specjalistów z administracji zarządzania, które będą realizować zajęcia dydaktyczne przewidziane w programie specjalizacji lub ma zawarte odpowiednie umowy z innymi instytucjami na realizację takich zadań,

Wykaz niezbędnych (we wszystkich modułach specjalizacji) środków dydaktycznych: podręczniki, tablice, pisaki, rzutnik multimedialny, komputer, dostęp do Internetu.

### **2. Sposób realizacji programu specjalizacji, w tym ewaluacji uzyskanych w czasie specjalizacji umiejętności.**

Poszczególne etapy realizacji programu specjalizacji w dziedzinie inżynierii medycznej związane są z kolejnymi modułami nauczania w tym z kursami i stażami kierunkowymi.

W planie nauczania przewiduje się 11 modułów tematycznych 700 godz. i 11 staży kierunkowych ( 23 tygodnie).

#### **Metody oceny wiedzy teoretycznej i nabytych umiejętności praktycznych:**

- kolokwium z zakresu wiedzy teoretycznej objętej programem danego kursu zaliczające treści teoretyczne modułu u kierownika kursu - sprawdzian pisemny,
- kolokwium z zakresu wiedzy teoretycznej i sprawdzian umiejętności praktycznych objętych programem stażu kierunkowego u kierownika stażu – rozmowy potwierdzającej praktyczne umiejętności przeprowadzenia odpowiednich procedur i obsługi aparatury medycznej.
- ocena złożonych opracowań teoretycznych, pracy pogładowej, lub pracy oryginalnej u kierownika specjalizacji.

**Samokształcenie** - obejmuje studiowanie piśmiennictwa oraz nabywanie doświadczenia w wyniku realizacji zadań praktycznych a także przygotowanie opracowań teoretycznych, pracy pogładowej lub pracy oryginalnej. Praca pogładowa zostaje przedłożona kierownikowi specjalizacji do zaliczenia 2 miesiące przed egzaminem specjalizacyjnym.

#### **Znajomość języków obcych:**

Po zakończeniu szkolenia specjalizacyjnego osoba specjalizująca się ma obowiązek wykazania się znajomością jednego z następujących języków obcych: angielskiego, francuskiego, niemieckiego, hiszpańskiego, lub rosyjskiego i złożenia egzaminu w uczelni medycznej, sprawdzającego rozumienie tekstu pisanego, w szczególności literatury fachowej,

porozumiewanie się z pacjentami i przedstawicielami innych zawodów medycznych. Wynik egzaminu z języka obcego jest dołączony do wszystkich dokumentów składanych przed przystąpieniem do egzaminu kończącego specjalizację. Podstawą zaliczenia znajomości języka obcego może być przedłożenie stosownego certyfikatu studium języków obcych wyższej uczelni medycznej.

**Egzamin końcowy:**

Egzamin kończący specjalizację: Państwowy Egzamin Specjalizacyjny (PESoz) to egzamin dwuczęściowy, składający się z egzaminu praktycznego i egzaminu teoretycznego. Jako pierwszy przeprowadza się egzamin praktyczny, którego pozytywny wynik dopuszcza do egzaminu teoretycznego. Egzamin teoretyczny może być w formie ustnej i testowej. W formie testowej, gdy do PESoz w danej dziedzinie zostanie dopuszczonych, co najmniej 50 osób i w formie egzaminu ustnego, gdy kandydatów w danej sesji jest mniej. Egzamin teoretyczny jest przeprowadzany zgodnie z ramowym programem specjalizacji. Zadania egzaminacyjne dla PESoz opracowuje i ustala CEM w porozumieniu z **konsultantem krajowym w dziedzinie inżynierii medycznej** odrębnie na każdą sesję egzaminacyjną.

**3. Wewnętrzny system oceny jakości kształcenia.**

Dla właściwego przebiegu procesu kształcenia poszczególne jednostki kształcące dokonują analizy i oceny zdobywanych umiejętności i wiadomości na podstawie informacji zbieranych od specjalizujących się i od kadry np. z wykorzystaniem ankiety. W porozumieniu z CMKP, które koordynuje i nadzoruje proces kształcenia jednostki kształcące mogą dokonywać ewentualnych korekt w przebiegu zajęć i sposobie ich prowadzenia.