

CENTRUM MEDYCZNE KSZTAŁCENIA PODYPLOMOWEGO



## **Program specjalizacji**

**W**

## **INŻYNIERII MEDYCZNEJ**

Program dla osób posiadających tytuł zawodowy magistra lub magistra  
inżyniera: automatyki i robotyki, elektroniki i telekomunikacji,  
mechaniki i budowy maszyn, informatyki

Warszawa 2003

## 1. ZAŁOŻENIA ORGANIZACYJNO-PROGRAMOWE

### A) Cele kształcenia

Inżynieria medyczna jest specjalnością o charakterze interdyscyplinarnym, łączącym dziedziny szczególnie szybko rozwijające się jak biologia, medycyna i technika. Jej istotą jest stosowanie środków technicznych w specyficznych warunkach kontaktu materiałów i urządzeń z żywym organizmem, w celach diagnostycznych, terapeutycznych i do wspomagania lub zastępowania funkcji narządów.

Inżynieria medyczna zajmuje się także modelowaniem procesów fizjologicznych planowaniem procedur diagnostycznych, zabiegów chirurgicznych oraz naświetlania promieniowaniem jonizującym i niejonizującym.

Celem kształcenia specjalizacyjnego 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.

Program specjalizacji obejmuje oprócz podstawowej wiedzy technicznej z zakresu mechaniki, elektroniki, automatyki, informatyki i inżynierii materiałowej, także elementy anatomii, fizjologii i biofizyki, które umożliwiają zrozumienie stosowanych w diagnostyce i terapii instrumentalnych metod pomiarowych.

### B) Czas trwania specjalizacji

Specjalizacja dla osób posiadających tytuł zawodowy magistra lub magistra inżyniera: automatyki i robotyki, elektroniki i telekomunikacji, mechaniki i budowy maszyn, informatyki trwa 2 lata. Wymiar czasu kształcenia wynosi 1700 godzin, podzielony na zajęcia teoretyczne w wymiarze 700 godzin oraz laboratoryjne w wymiarze 200 godzin i staże kierunkowe w wymiarze 800 godzin.

### C) Zakres wiedzy teoretycznej będącej przedmiotem specjalizacji

- Zarys struktury ciała człowieka; Właściwości fizyczne tkanek.
- Fizyczne 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 narządowe. Sztuczne narządy. Maszyny anestetyczologiczne. Endoskopy, fibroskopy. Urządzenia do chirurgicznych zabiegów endoskopowych. 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. Telematyka medyczna. Multimedialne systemy kształcenia ustawicznego.
- Zagrożenia wynikające ze stosowania środków techniki medycznej i zasady ich bezpiecznego użycia, w tym ochrona radiologiczna. Etyka, deontologia i prawo dotyczące praktyki medycznej.

#### **D) Wykaz umiejętności praktycznych będących przedmiotem specjalizacji**

Po ukończeniu specjalizacji inżynier medyczny powinien:

- umieć komunikować się z lekarzem i pacjentem oraz pozostałym personelem medycznym w zakresie stosowania medycznych środków technicznych,
- uczestniczyć w opracowaniu strategii postępowania diagnostycznego i terapeutycznego przy użyciu medycznych środków technicznych,
- pomagać lekarzowi w optymalnym wyborze środków technicznych na podstawie analizy efekt/koszt/odpowiedzialność,
- umieć posługiwać się skomplikowanymi urządzeniami medycznymi,
- zapewnić prawidłową instalację i sprawność urządzeń medycznych i poprawność ich działania zgodnie z warunkami atestu,
- uzyskać uprawnienia do przeprowadzania okresowych kontroli aparatury ,
- ocenić stan aparatury i planować wymianę starych wyeksploatowanych urządzeń na nowe, kierując się zasadami gospodarności,
- opracowywać procedury i standardy stosowania środków techniki medycznej,
- monitorować jakość świadczonych usług, w zakresie technologii medycznych,
- znać systemy finansowania ochrony zdrowia i umieć zarządzać powierzonymi sobie zasobami
- upowszechniać wiedzę techniczną w zakresie techniki medycznej i społecznych korzyści wynikających z jej stosowania,
- znać zasady ochrony przed wypadkami i tryb informowania odpowiednich władz o zaistniałych zdarzeniach.
- planować własną karierę zawodową, w interesie poprawy warunków funkcjonowania ochrony zdrowia,

#### **E) 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 odbywa się poprzez uczestniczenie w kursach, udział w stażach w wytypowanych instytucjach, samokształcenie drogą studiowania piśmiennictwa oraz nabywanie doświadczenia w wyniku realizacji zadań praktycznych.

### **Postępowanie kwalifikacyjne**

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 postępowaniu kwalifikacyjnym, należy kierować się następującymi zasadami:

- a) należy kwalifikować przedstawicieli z różnych ośrodków,
- b) należy kwalifikować osoby o dłuższym stażu pracy w charakterze inżyniera medycznego.

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 dziedzinie inżynierii medycznej oraz wyłonienie kandydatów rokujących pomyślne ukończenie specjalizacji. Rozmowa powinna dotyczyć zarówno motywacji do podjęcia specjalizacji jak treści merytorycznych przede wszystkim związanych z zastosowaniem nowoczesnych urządzeń diagnostycznych i terapeutycznych w medycynie.

Zakres rozmowy kwalifikacyjnej obejmuje następujące elementy:

- a) motywacja kandydata do rozpoczęcia specjalizacji,
- 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 oceniany jest wg wybranej skali punktowej odrębnie i niezależnie przez każdego członka komisji. Oceny poszczególnych członków komisji dodaje się i uzyskana w ten sposób suma jest ostatecznym wynikiem rozmowy kwalifikacyjnej osiągniętym przez kandydata. Na podstawie wszystkich wyników ustala się listę rankingową kandydatów. Do specjalizacji zakwalifikowani zostają kandydaci z najlepszymi wynikami. W przypadku identycznej punktacji osób ubiegających się o jedno miejsce głos rozstrzygający ma przewodniczący komisji kwalifikacyjnej.

## II. PLAN NAUCZANIA

### A) Moduły nauczania oraz ich czas trwania

Kształcenie teoretyczne

L p	Moduł	Liczba godzin
1.	Podstawy fizjologiczne inżynierii medycznej	90
2.	Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna	60
3.	Podstawy elektroniki medycznej	60
4.	Radiologia, generatory promieniowania jonizującego i ochrona radiologiczna	90
5.	Automatyka, robotyka i telematyka medyczna	45
6.	Teoria i przetwarzanie sygnałów; informatyka medyczna	90
7.	Urządzenia diagnostyki elektrograficznej i systemy intensywnego nadzoru, aparatura laboratoryjna	90
8.	Urządzenia diagnostyki elektromedycznej	90
9.	Sztuczne narządy, inżynieria materiałowa	45
10.	Inżynieria kliniczna i zagadnienia prawno-organizacyjne	40
	Razem	700

### B) Staże kierunkowe oraz ich czas trwania

Kształcenie teoretyczne i praktyczne

Staż kierunkowy	Liczba godzin
1. Urządzenia i systemy diagnostyki obrazowej,	150
2. Urządzenia i systemy diagnostyki serca i układu krążenia,	150
3. Urządzenia wyposażenia bloku operacyjnego i systemy intensywnego nadzoru w stanach zagrożenia życia,	100
4. Urządzenia diagnostyki laboratoryjnej i stacji dializ,	80
5. Urządzenia endoskopowe chirurgiczne do zabiegów o małej inwazyjności,	80
6. Urządzenia do fizjoterapii i rehabilitacji	80
7. Aparatura do diagnostyki neurologicznej i narządów zmysłów.	80
8. Urządzenia i systemy kardiologii interwencyjnej	80
Razem	800

### **III. PROGRAM NAUCZANIA MODUŁÓW SPECJALIZACJI**

#### **Moduł 1. Podstawy fizjologiczne inżynierii medycznej**

##### **Cele kształcenia**

Celem modułu jest zdobycie podstawowej wiedzy z zakresu: struktury ciała człowieka oraz czynności tkanek i narządów, podstaw biologii komórkowej, propedeutyki nauk medycznych.

##### **Treści kształcenia**

- 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.

##### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

W wyniku nauczania inżynier medyczny powinien:

- 1) uzyskać podstawową wiedzę z anatomii, fizjologii, biologii i propedeutyki medycyny, umożliwiającą 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.

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

Wymiar godzin: 90

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia, prosektorium

Forma zaliczenia: 3 kolokwia

Wykładowcy: lekarz, fizjolog

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

Środki audiowizualne, tablica, rzutnik foliogramów, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.

## **Piśmiennictwo**

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. Sylwanowicz i inni: Anatomia i fizjologia człowieka PZWL Warszawa 1985.
4. Pawlicki G.: Podstawy Inżynierii Medycznej, Wyd. P. W. Warszawa 1997.
5. Hrynkiewicz A., Rokita E., red.: Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska. PWN Warszawa 1999 r.

## **Moduł 2. Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna**

### **Cele kształcenia**

Wprowadzenie do biomechaniki struktury i czynności mechanicznych ciała i narządów, a w szczególności opisu układów: mięśniowo-szkieletowego, sercowo-naczyniowego i oddechowego.

### **Treści kształcenia**

- 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, ortozy, wózki.

### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

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.

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

Wymiar godzin: 60

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia audytoryjne i laboratoryjne

Forma zaliczenia: 2 kolokwia

Wykładowcy: fizyk, biomechanik

## **Piśmiennictwo**

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 monografi Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000 (red. Nałęcz), Akademicka Oficyna Wyd. Exit, Warszawa 2003

### **Moduł 3. Podstawy elektroniki medycznej**

#### **Cele kształcenia**

Przedstawienie wiedzy podstawowej w zakresie elektronicznych układów analogowych i cyfrowych stosowanych w aparaturze medycznej.

#### **Treści kształcenia**

- 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.

#### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

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 dalszego kształcenia w zakresie aparaturowym.

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

Wymiar godzin: 60

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia audytoryjne i laboratoryjne, praca projektowa

Forma zaliczenia: 2 kolokwia cząstkowe

Wykładowcy: elektronik, informatyk

#### **Piśmiennictwo**

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



## **Moduł 4. Radiologia, generatory promieniowania jonizującego, ochrona radiologiczna**

### **Cele kształcenia**

Zaznajomienie z właściwościami promieniowania jonizującego (rentgenowskiego i jądrowego), sposobami generacji promieniowania i pomiarów parametrów z punktu widzenia zastosowań medycznych, zwłaszcza w diagnostyce i terapii.

### **Treści kształcenia**

- 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) Produkcja i medyczne zastosowania izotopów promieniotwórczych.
- 4) Detektory promieniowania, spektrometria promieniowania. Miernictwo radiologiczne, dawka, współczynnik jakości promieniowania, równoważniki dawki; zasady ochrony pacjenta i personelu medycznego; podstawowe przepisy ochrony radiologicznej.

### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

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.

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

Wymiar godzin: 60

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia audytoryjne, laboratorium, seminarium

Forma zaliczenia: 3 kolokwia cząstkowe, praca projektowa

Wykładowcy: fizyk, radiolog

### **Piśmiennictwo**

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 5. Automatyka, robotyka i telematyka medyczna**

### **Cele kształcenia**

Przedstawienie roli i zakresu zastosowania systemów informatycznych do działań na odległość w medycynie i opiece zdrowotnej (przesyłanie danych medycznych, telekonsultacje, zabiegi operacyjne, stały nadzór nad pacjentem w stanie zagrożenia utratą życia, opieka domowa nad chorymi i niepełnosprawnymi, promocja zdrowia).

### **Treść kształcenia**

- 1) Telematyka medyczna 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.
- 2) Możliwości i zagrożenia dla sieciowego systemu informacyjnego w zakresie ochrony zdrowia.

### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

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.

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

Wymiar godzin: 45

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia audytoryjne i laboratorium

Forma zaliczenia: 2 kolokwia cząstkowe

Wykładowcy: informatyk, elektronik medyczny

### **Piśmiennictwo**

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. Żelazny M.: Podstawy automatyki. WNT, Warszawa 1973.
4. Morecki i inni: Podstawy robotyki. WNT, Warszawa 1993.
5. Pong M.W., Witdiatagar M.: Dynamiki i sterowania robotów. WNT, Warszawa 1997.
6. Olszewski i inni: Manipulatory i roboty przemysłowe WNT II wyd., Warszawa 1992.
7. Haykin S.: Systemy telekomunikacyjne. t. 1, WKiŁ 1998.

## **Moduł 6. Sygnały biomedyczne ich odbiór, przetwarzanie i analiza; informatyka medyczna**

### **Cele kształcenia**

Zapoznanie z istotą i właściwościami sygnałów biologicznych i wartością diagnostyczną generowanych przez organizm człowieka oraz przedstawienie metod ich odbioru, przetwarzania i analizy. Przedstawienie elementów programowania, systemów informatycznych w tym z sieci komputerowych, relacyjnych baz danych, systemów ekspertowych i aspektów bezpieczeństwa i ochrony danych.

### **Treści kształcenia**

- 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 eng, 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.

### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

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.

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

Wymiar godzin: 90

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia audytoryjne, laboratorium, seminarium

Forma zaliczenia: 3 kolokwia cząstkowe, praca projektowa, program komputerowy

Wykładowcy: informatyk, elektronik medyczny

### **Piśmiennictwo:**

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, 1998 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. Ullman J., Systemy baz danych, WNT, Warszawa 1988.
8. Shortliffe i inni. Medical Informatics. Springer Verlag, New York, 2001.

## **Moduł 7. Urządzenia diagnostyki elektromedycznej, w tym systemy intensywnego nadzoru i aparatura laboratoryjna**

### **Cele kształcenia**

Zapoznanie z budową i działaniem elektronicznych urządzeń medycznych stosowanych w rutynowej diagnostyce i terapii.

### **Treści kształcenia**

- 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 i urządzenia intensywnej opieki medycznej pacjenta w stanie zagrożenia utratą życia
- 4) Laboratoryjna aparatura do badań analitycznych, mikrobiologicznych, cytologicznych. Wyposażenie aparaturowe laboratoriów medycyny nuklearnej.

### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

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

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

Wymiar godzin: 90

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia audytoryjne, laboratorium

Forma zaliczenia: 3 kolokwia cząstkowe

Wykładowcy: elektronik, analityk medyczny

### **Piśmiennictwo**

1. Torbicz W., i inni (red.): 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 8. Urządzenia diagnostyki obrazowej**

### **Cele kształcenia**

Zapoznanie z zasadami fizycznymi obrazowania medycznego struktury i czynności organizmu oraz metodami przetwarzania i analizy obrazów.

### **Treści kształcenia**

- 1) Ultrasonografia; propagacja fal ultradźwiękowych, impedancja akustyczna; przetworniki 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 promieniowania; 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.

- 6) Scyntygrafia, sposób planarnego obrazowania struktury i czynności niektórych narządów za pomocą izotopów promieniotwórczych wprowadzanych do organizmu bezpośrednio; budowa i zasada działania gammakamery.
- 7) Tomografia izotopowa jednofotonowa (SPECT), podstawowe zasady działania tomografu i zastosowania.

### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

W wyniku kształcenia inżynier medyczny powinien:

- 1) umieć wykorzystać podstawowe algorytmy przetwarzania obrazu w celu wydobycia z obrazu informacji klinicznie ważnej.
- 2) rozumieć zasady tworzenia obrazu, dotyczące zarówno podstaw fizycznych jak i rozwiązań inżynierskich w celu poznania źródeł błędów, możliwości technicznych oraz ograniczeń powszechnie stosowanych systemów obrazowania.

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

Wymiar godzin: 90

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia, laboratorium, seminarium

Forma zaliczenia: 3 kolokwia cząstkowe

Wykładowcy: informatyk, specjalista ds. obrazowania (pozyskiwanie i przetwarzanie sygnałów)

### **Piśmiennictwo**

1. 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.Nałęczą, 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 9. Sztuczne narządy, inżynieria materiałowa**

### **Cele kształcenia**

Celem modułu jest dostarczenie podstawowych informacji na temat właściwości i produkcji tworzyw sztucznych; przedstawienie mechanicznych właściwości tkanek z którymi współdziałają lub je zastępują; wyjaśnienie oddziaływania pomiędzy tkanką i materiałami sztucznymi w aspekcie biokompatybilności.

### **Treści kształcenia**

- 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 żylny- limfatycznego; 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) Biomateriały. Metale, materiały ceramiczne, kompozyty; deformacje sprężyste i plastyczne; polimery, struktura i właściwości; szkliwa i gumy. Materiały biologiczne: krew, tkanka łączna, kość. Biomateriały wykorzystywane do sztucznych narządów; oddziaływanie materiał-tkanka, sposób oceny reakcji biologicznej, modyfikacja biomateriału w celu zwiększenia kompatybilności.

### **Oczekiwane wyniki kształcenia**

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.

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

Wymiar godzin: 60

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia

Forma zaliczenia: 2 kolokwia cząstkowe

Wykładowcy: lekarz, specjalista inżynierii materiałowej w zakresie biomateriałów

### **Piśmiennictwo:**

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

## **Moduł 10. Inżynieria kliniczna i zagadnienia prawno-organizacyjne**

### **Cele kształcenia**

Dostarczenie niezbędnej wiedzy umożliwiającej swobodne posługiwanie się urządzeniami medycznymi (aparaturą) w środowisku szpitalnym.

## Treści kształcenia

- 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)

## Oczekiwane wyniki kształcenia

W wyniku kształcenia osoba specjalizująca się uzyska wiedzę i umiejętności pozwalające na swobodne posługiwanie się urządzeniami medycznymi w środowisku szpitalnym.

## Wskazówki metodyczne dotyczące realizacji programu modułu

Wymiar godzin: 50

Forma zajęć: wykłady, ćwiczenia

Forma zaliczenia: 2 kolokwia cząstkowe

Wykładowcy: ekonomista, prawnik, inspektor BHP

## Piśmiennictwo:

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.

## IV. STANDARDY KSZTAŁCENIA

### 1. Kadra dydaktyczna

Kierownikiem specjalizacji powinna być osoba z wyższym wykształceniem technicznym; zalecane jest, aby w początkowym okresie kierownikiem specjalizacji była osoba z tytułem profesora, a następnie z tytułem specjalisty.

Kadra wykładowców powinna rekrutować się ze środowisk technicznych, medycznych i pokrewnych związanych z kształceniem lekarzy i inżynierów a także ekonomistów i prawników.

Osoby koordynujące staże kierunkowe powinny mieć wykształcenie odpowiadające ich tematyce. Liczba osób prowadzących zajęcia dydaktyczne i staże kierunkowe powinna być dostosowana do liczby specjalizujących się.



### **Osoby realizujące poszczególne moduły kształcenia**

- Moduł 1 – Wykładowcy: lekarz, fizjolog,
- Moduł 2 – Wykładowcy: fizyk, biomechanik,
- Moduł 3 – Wykładowcy: elektronik, informatyk,
- Moduł 4 - Wykładowcy: fizyk, radiolog,
- Moduł 5 - Wykładowcy: informatyk, elektronik medyczny,
- Moduł 6 – Wykładowcy: informatyk, elektronik medyczny,
- Moduł 7 – Wykładowcy: elektronik medyczny,
- Moduł 8 – Wykładowcy: informatyk, specjalista ds. obrazowania (pozyskiwanie i przetwarzanie sygnałów biologicznych),
- Moduł 9 – Wykładowcy: lekarz, specjalista inżynierii materiałowej w zakresie biomateriałów,
- Moduł 10 – Wykładowcy: ekonomista, prawnik, inspektor BHP.

### **2. Baza dydaktyczna do zajęć i staży kierunkowych**

Kształcenie specjalizacyjne powinno odbywać się na poziomie akademickim w uczelniach wyższych lub instytutach naukowych, spełniających wymagania kadrowe uprawniające do kształcenia co najmniej na poziomie magisterskim i stosownie do tego wyposażane aparaturowo (sale wykładowe i ćwiczeniowe, laboratoria, sprzęt audiowizualny i komputerowy, oprogramowanie, aparatura pomiarowa i diagnostyczna – właściwa do treści omawianych w poszczególnych modułach etc.).

### **Wykaz niezbędnych pomocy dydaktycznych wymaganych do realizacji poszczególnych modułów nauczania**

- Moduł 1 środki audiowizualne, tablica, rzutnik foliogramów, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 2 laboratorium do ćwiczeń z biomechaniki, środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 3 pracownia elektroniki medycznej, środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 4 pracownia do ćwiczeń z radiologii, środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 5 pracownia informatyki medycznej, środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 6 pracownia informatyki medycznej, środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 7 urządzenia diagnostyki elektrograficznej, laboratoryjna aparatura do badań analitycznych, mikrobiologicznych, cytologicznych, środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 8 urządzenia diagnostyki obrazowej, środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 9 pracownia inżynierii materiałowej do ćwiczeń z biomateriałami, środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.
- Moduł 10 środki audiowizualne, rzutnik foliogramów, tablica, komputerowy sprzęt do prezentacji multimedialnych.

Praktyki i staże powinny się odbywać w klinikach i szpitalach dysponujących kadrami o głębokiej wiedzy w zakresie praktyki oraz dysponujących nowoczesną aparaturą medyczną. W uzasadnionych przypadkach część praktyk może się odbywać w ośrodkach pozaszpitalnych, współpracujących z jednostkami ochrony zdrowia.

### **3. Sposób realizacji programu specjalizacji, w tym ewaluacji uzyskanych w czasie specjalizacji wiedzy i umiejętności.**

Poszczególne etapy realizacji programu specjalizacji w dziedzinie inżynierii medycznej związane są z kolejnymi modułami nauczania (10 modułów) i stażami kierunkowymi (5 działów tematycznych). Zajęcia związane z modułami to: wykłady, ćwiczenia, ćwiczenia audytoryjne, laboratorium, prosektorium (moduł 1), seminarium (moduły 4, 6, 8), przygotowanie pracy projektowej (np. moduł 3).

Forma zaliczenia w danym module to kolokwium, praca projektowa (moduły 4, 6) i program komputerowy (moduł 6).

W toku realizacji programu specjalizacji przewiduje się następujące formy sprawdzania efektów nauczania:

a) Ocena bieżąca – zaliczanie poszczególnych modułów i staży kierunkowych; formę zaliczenia modułów określa prowadzący zajęcia w porozumieniu z kierownikiem specjalizacji. Zaliczenie może być realizowane w postaci kolokwium, egzaminu, testu, wykazania się umiejętnościami praktycznymi lub też poprzez wykonanie określonej pracy. O sposobie i formie sprawdzania wiedzy i umiejętności zdobytych podczas stażu kierunkowego – decyduje kierownik stażu w porozumieniu z kierownikiem specjalizacji.

b) Ocena końcowa - egzamin kończący specjalizację 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. Wymagania będące podstawą egzaminu ustala Centrum Egzaminów Medycznych.

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

Dla właściwego przebiegu procesu kształcenia w poszczególnych jednostkach kształcących dokonywana będzie analiza i ocena zdobywanych umiejętności i wiadomości na podstawie informacji zbieranych od specjalizujących się i od kadry prowadzącej zajęcia. Informacje zbierane będą za pomocą ankiety lub innego narzędzia. W porozumieniu z CMKP, które koordynuje i nadzoruje proces kształcenia jednostki szkolące mogą dokonywać ewentualnych korekt w przebiegu zajęć i sposobie ich prowadzenia oraz proponować niezbędne zmiany i uzupełnienia w programie specjalizacji.