

# STUDIA I STOPNIA NA KIERUNKU ZASTOSOWANIA FIZYKI W BIOLOGII I MEDYCYNIE

## specjalność *Fizyka medyczna*

### 1. CHARAKTERYSTYKA STUDIÓW

Studia pierwszego stopnia na kierunku **Zastosowania fizyki w biologii i medycynie**, specjalność *Fizyka medyczna* na Wydziale Fizyki UW trwają trzy lata i kończą się nadaniem tytułu licencjata (licencjat akademicki).

### 2. SYLWETKA ABSOLWENTA

Absolwent kierunku **Zastosowania fizyki w biologii i medycynie**, specjalność *Fizyka medyczna* powinien:

- posiadać wiedzę w zakresie podstaw fizyki, matematyki, biologii, chemii i technologii informatycznych oraz umiejętność stosowania metod i narzędzi nauk matematyczno-przyrodniczych w problemach biofizycznych i/lub biomedycznych, ze szczególnym uwzględnieniem pracy w zespołach interdyscyplinarnych oraz komunikacji z biologami i lekarzami.
- potrafić gromadzić, przetwarzać oraz przekazywać informacje.
- znać język obcy na poziomie biegłości B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego Rady Europy oraz umieć posługiwać się językiem specjalistycznym z zakresu nauk matematyczno-przyrodniczych.
- być przygotowany do pracy w instytucjach zajmujących się badaniami biofizycznymi i/lub biomedycznymi, a więc w placówkach badawczych, badawczo-rozwojowych, kontrolnych i diagnostycznych oraz w przemyśle, administracji, placówkach ochrony przyrody, instytucjach medycznych, a także w szkolnictwie po ukończeniu specjalności nauczycielskiej (zgodnie ze standardami kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela).
- być przygotowany do obsługi aparatury badawczej, samodzielnego rozwijania umiejętności oraz podjęcia studiów II stopnia na kierunkach pokrewnych.
- posiadać obszerną wiedzę i praktykę z zakresu dozymetrii i technik obrazowania medycznego opartych na promieniowaniu, ponadto będą przygotowani do zdawania egzaminu na uprawnienia Inspektora Ochrony Radiologicznej w zakresie IOR-3.

### 3. PLAN STUDIÓW

Oznaczenia stosowane w tabelach: W – wykład, Ć – ćwiczenia, L – laboratorium, USOS – Uniwersytecki System Obsługi Studiów, ECTS - Europejski System Transferu Punktów (ang. European Credit Transfer System)

(Program pierwszych trzech semestrów wspólny ze specjalnością Neuroinformatyka.)

#### 1 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Matematyka I (180 h)	1100-1AF11	4W+8Ć	egzamin	14
Fizyka I (90 h)	1100-1B01	3W+3Ć	egzamin	8
Technologia informacyjna (75 h)	1100-1B02	2W+3Ć	egzamin	6
Podstawy chemii z elementami biochemii (30 h)	1200-1B09	2W	egzamin	2
BHP w laboratorium oraz ergonomia	1100-1#BHP 0000-BHP-OG		zaliczenie na ocenę	0,5
Podstawy oceny własności intelektualnej	1100-1#POWI		zaliczenie na ocenę	0,5
Wychowanie fizyczne (30 h)		2Ć	zaliczenie	

Warunkiem zachowania praw studenckich po I semestrze jest:

a) uzyskanie w I semestrze minimum 13 punktów ECTS

oraz

b) zaliczenie zajęć z zakresu ochrony własności intelektualnej, bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ergonomii.

#### 2 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Matematyka II (180 h)	1100-1AF22	6W+6Ć	egzamin	14
Fizyka II(75 h)	1100-1BF21	3W+2Ć	egzamin	6
Analiza niepewności pomiarowych i prac. wstępna (60 h)	1100-1AF25	20W+40L w semestrze	zaliczenie na ocenę	5
Wnioskowanie statystyczne (60 h)	1100-1BF22	2W+2Ć	egzamin	5
Wychowanie fizyczne (30 h)		2Ć		

Warunkowe zaliczenie I roku jest możliwe w przypadku uzyskania ze wszystkich zaliczonych w ciągu całego roku przedmiotów co najmniej 40 ECTS.

## 3 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Fizyka III (75 h)	1100-2BF01	3W+2Ć	egzamin	6
Podstawy fizyki kwantowej z elementami termodynamiki (60 h)	1100-2BF02	2W+2Ć	egzamin	6
Pracownia technik pomiarowych i podstaw fizyki (45 h)	1100-2BF03	3Ć	zaliczenie na ocenę	5
Biologia komórki (30 h)	1100-2BF04	2W	egzamin	2,5
Analiza sygnałów (60 h)	1100-2BF05	2W+2Ć	egzamin	6
Histologia (30 h)	1100-2BF06	1W+1Ć	egzamin	2,5
Język obcy (60 h)		4	zaliczenie na ocenę	2
Wychowanie fizyczne (30 h)		2Ć	zaliczenie	

## 4 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Pracownia fizyczna i elektroniczna (60 h)	1100-2BF21	15W+45L w semestrze	zaliczenie na ocenę	6
Bioetyka dla biologów (30 h)	1400-2BB26	2W	zaliczenie na ocenę	2,5
Podstawy anatomii i fizjologii człowieka (30 h)	1100-2BF22	1W+1Ć	egzamin	2,5
Fizyka promieniowania jonizującego (75 h)	1100-2BF23	2W+3Ć	egzamin	7
Ochrona radiologiczna 1 (30 h)	1100-2BF24	2W	egzamin	3
Pracownia promieniotwórczości (60 h)	1100-2BF25	4Ć	egzamin	5
Język obcy (60 h)		4	zaliczenie na ocenę	2
Wychowanie fizyczne (30 h)		2Ć	zaliczenie	
Egzamin certyfikacyjny z jęz. angielskiego			egzamin	2

## 5 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Obrazowanie medyczne (60 h)	1100-3BF13	4W	egzamin	5
Prawa autorskie i ochrona danych osobowych (30 h)	1100-3BB11	2W	zaliczenie na ocenę	2,5
Podstawy prezentacji naukowej (30 h)	1100-3BB12	2W	zaliczenie na ocenę	2
Psychologia kontaktów z pacjentem i pierwsza pomoc (30 h)	1100-2BO05	2W	zaliczenie na ocenę	2
Metody izotopowe i chemia radiofarmaceutyków (30 h)	1100-3BF15	2W	egzamin	3
Ochrona radiologiczna 2 (60 h)	1100-3BF16	3W+1Ć	egzamin	6
Programowanie dla Fizyków Medycznych (75 h)	1100-3BF18	5Ć	zaliczenie na ocenę	7
Pracownia ochrony radiologicznej (30 h)	1100-3BF17	2Ć	zaliczenie na ocenę	3

## 6 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Staż z technik obrazowania (150 h)	1100-3BF21	10Ć	zaliczenie na ocenę	12
Stáže z diagnostycznych metod nieradiacyjnych (60 h)	1100-3BF22	4Ć	zaliczenie na ocenę	4
Pracownia radiofarmaceutyków (60 h)	1100-3BF23	4Ć	zaliczenie na ocenę	4
Pracownia licencyjna i przygotowanie pracy licencyjnej (90 h)	1100-3BF24	6Ć	zaliczenie na ocenę	10
Egzamin na uprawnienia IOR-1				

## SYLABUSY

### Matematyka wstępna

*Treści kształcenia:* Wprowadzenie do języka matematyki (elementy logiki, liczby wymierne i niewymierne, liczby rzeczywiste). Indukcja matematyczna. Zbiory, relacje, odwzorowania, równoliczność zbiorów. Podstawowe funkcje elementarne (wielomiany). Funkcje elementarne cd. Funkcja wykładnicza i logarytmiczna. Funkcje trygonometryczne. Kresy zbiorów. Ciągi, granice ciągów. Przykłady granic. Przykłady obliczania granic. Twierdzenie o trzech ciągach. Rekurencja, dwumian Newtona. Ciąg Cauchy'ego, własności. Twierdzenie Bolzano-Weierstrassa. Zbiory otwarte i domknięte, definicje, własności. Gęstość. Zbieżność ciągu a ograniczoność. Podsumowanie własności liczb rzeczywistych.

*Program ćwiczeń:* Elementy logiki, indukcja matematyczna, dwumian Newtona. Funkcje liniowe i kwadratowe, wartość bezwzględna. Wielomiany, przekształcanie wyrażeń wymiernych. Funkcje potęgowe, wykładnicze i logarytmiczne, przekształcanie wyrażeń niewymiernych. Funkcje trygonometryczne. Planimetria, figury podobne, twierdzenie Talesa, twierdzenie Pitagorasa, pola figur płaskich, długość okręgu i łuku. Stereometria. Wielościany, bryły obrotowe. Wektory, iloczyn skalarny, długość wektora, rzutowanie. Iloczyn wektorowy. Geometria analityczna. Parametryczny opis prostej, okrąg, elipsa, hiperbola, parabola. Ciągi liczbowe, podstawowe ciągi elementarne.

### Analiza I z algebrą

*Treści kształcenia:* Funkcje ciągłe, własności, działania. Funkcje nieciągłe, przykłady. Kresy, ciągłość jednostajna funkcji. Własność Darboux, granica funkcji w punkcie. Funkcje  $\sin(x)$ ,  $\cos(x)$ . Funkcje  $\sin(x)$ ,  $\cos(x)$ ,  $\exp(x)$  – dokończenie. Rachunek różniczkowy. Def. pochodnej jako granicy ilorazu różnicowego. Własności pochodnej, pochodna superpozycji. Przykłady pochodnych. Pochodna logarytmiczna. Tw. Rolle'a, Lagrange'a, Cauchy'ego. Tw. O wartości średniej. Ciągłość i różniczkowalność a funkcja odwrotna (cztery własności). Funkcja pierwotna. Przykłady funkcji pierwotnych. Tw. Stolza. Reguły de l'Hospitala, typy i przykłady. Reguły de l'Hospitala, typy i przykłady – cd. Funkcje wypukłe, własności. Wypukłość, własności cd. Nierówność Schwartz'a i Jensena. Wzór Taylora z resztą Lagrange'a. Przykłady. Reszta postaci Cauchy, szacowanie. Ekstrema lokalne. Szeregi liczbowe. Szeregi, zbieżność, własności, szereg harmoniczny. Szeregi o wyrazach dodatnich, własności. Kryterium porównawcze, d'Alemberta, Cauchy'ego. Zbieżność a przestawienie wyrazów szeregu. Szeregi naprzemienne, przestawienie kolejności sumowania. Tw. Riemanna (o przestawianiu). Zbieżność bezwzględna. Mnożenie szeregów (przykład z  $\exp(x)$ ). Podział przedziału, średnica, podział normalny. Całka Riemanna, definicja. Własności funkcji całkowalnych. Własności funkcji całkowalnych - dodawanie, podział odcinka. Funkcje niecałkowalne - przykłady (np. 1 dla wymiernych a 0 dla niewymiernych). Podstawowe twierdzenie rachunku różniczkowego i całkowego. Całkowanie przez części. Całka z wartości bezwzględnej, tw. o wartości średniej. Zamiana zmiennych, przykłady. Całkowanie funkcji wymiernych, tw. o rozkładzie na ułamki proste. Funkcja od górnej granicy całkowania, pochodna. Techniki całkowania, rekurencja, typy całek. Liczby zespolone, płaszczyzna zespolona, podstawowe własności. Postać trygonometryczna liczby zespolonej. Pierwiastki wielomianów. Funkcje na zbiorze liczb zespolonych, interpretacja geometryczna. Zasadnicze twierdzenie algebry.

### Analiza II z algebrą

*Treści kształcenia:* Wstęp matematyczny do przedmiotu Elektryczność i magnetyzm (układy współrzędnych krzywoliniowych, operator nabla, rotacja, strumień, twierdzenie Gaussa itd.). Podstawowe struktury algebraiczne - działanie, element neutralny, element odwrotny, grupa (przykłady: grupa permutacji); wielomiany jako przykład pierścienia z jedyneką, stopień wielomianu, NWD; ciała liczb rzeczywistych i zespolonych. Przestrzenie wektorowe rzeczywiste i zespolone: Liniowa zależność i niezależność wektorów. Baza, współrzędne wektora. Układy równań liniowych. Odwzorowania liniowe, macierze i wyznacznik. Wartości i wektory własne. Funkcje od macierzy. Formy biliniowe i hermitowskie (dodatnia lub ujemna określoność formy kwadratowej, kryteria). Przestrzenie unitarne (norma, metryka). Równania różniczkowe zwyczajne: warunek Lipschitza, zasada Banacha. Twierdzenie o istnieniu rozwiązania (twierdzenie o istnieniu i jednoznaczność rozwiązania zagadnienia Cauchy, różne sposoby zadawania warunków brzegowych; przykład: struna nieskończona w jednym wymiarze). Elementarne metody rozwiązywania, metoda iteracyjna. Równania różniczkowe liniowe i układy równań liniowych: twierdzenie o istnieniu rozwiązania, baza w przestrzeni rozwiązań, problem niejednorodny, równania wyższych rzędów, uzmiennianie stałej. Równania o stałych współczynnikach, rozwiązania postaci  $x(t) = e^{A(t-t_0)} x_0$ . Wronskian; wzór Liouville'a. Rachunek różniczkowy i całkowany funkcji rzeczywistych wielu zmiennych: ciągłość funkcji wielu zmiennych; pochodne: mocna, kierunkowa, cząstkowa; pochodna funkcji złożonej, poziomicca, gradient, wzór Taylora dla funkcji wielu zmiennych. Lokalna odwracalność odwzorowań. Funkcje uwikłane (twierdzenie o funkcji uwikłanej). Ekstrema funkcji wielu zmiennych: ekstrema zwykłe, uwikłane, opis krzywej i powierzchni, zamiana zmiennych, przestrzeń styczna, jakobian. Ekstrema związane, norma operatora. Całki wielokrotne: zbiór miary Lebesgue'a zero, całka Riemanna na  $R^n$ ; funkcja

charakterystyczna zbioru; twierdzenie o zamianie zmiennych, twierdzenie Fubinięgo. Całki niewłaściwe i całki z parametrem.

## Podstawy fizyki kwantowej z elementami termodynamiki

Dualizm falowo-korpuskularny: a) **Promieniowanie ciała czarnego, teoria Rayleigha-Jeansa, wzór Plancka.** b) **Zjawisko fotoelektryczne, zjawisko Comptona.** c) **Dyfrakcja i interferencja fotonów i mikrocząstek - omówienie eksperymentów. Mikroskop elektronowy.** d) Fale materii - hipoteza de Broglie'a, prędkość fazowa i prędkość grupowa fal de Broglie'a, paczka falowa. e) Interpretacja Borna funkcji falowej. Zasada nieoznaczoności Heisenberga, zasada odpowiedniości. Równanie Schrödingera w zastosowaniach do problemów jednowymiarowych: a) Cząstka swobodna. b) Próg potencjału, bariera, efekt tunelowy, rozpad  $\alpha$ . Mikroskop tunelowy. c) Stany związane: cząstka w jednowymiarowej jamie potencjalnej, skończonej i nieskończonej. d) Deuteron. e) Poziomy energetyczne kwantowego oscylatora harmonicznego. Wartości własne dla kwadratu momentu pędu i jego rzutu. Atom wodoru: a) Poziomy energetyczne atomu wodoru. b) **Widma emisyjne i absorpcyjne, serie widmowe, energia jonizacji, Doświadczenie Francka-Hertza.** c) Porównanie modelu Bohra z modelem kwantowym. Spin cząstek: a) Doświadczenie Stern-Gerlacha, spin. b) Zakaz Pauliego. c) Atom helu (omówienie jakościowe). Struktura energetyczna jąder atomowych, cząsteczek, ciał stałych. **Kwantowy moment pędu i kwantowy moment magnetyczny. Sprzężenie spin-orbita. Atomy w zewnętrznym polu magnetycznym.**

Temperatura. Kinetyczna teoria gazów. Opis makroskopowy i mikroskopowy. Energia wewnętrzna. Równowaga termiczna. Pomiar temperatury. Skale temperatur. Rozszerzalność cieplna. Ciepło. Energia cieplna. Przewodnictwo cieplne. Ciepło właściwe. Mechaniczny równoważnik ciepła. I zasada termodynamiki. Gaz doskonały. Ciśnienie i związek z kinetyczną teorią gazów. Ruchy Browna. Rozkład prędkości w gazie doskonałym. Rozkład Boltzmanna. Procesy odwracalne i nieodwracalne. Entropia. II zasada termodynamiki.

*Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje:* Opanowanie podstaw mechaniki kwantowej i termodynamiki konieczne do zrozumienia podstaw działania aparatury radiodiagnostycznej oraz oddziaływania promieniowania z materią.

## Fizyka I

*Treści kształcenia:* Wprowadzenie do fizyki. Przedmiot badań, obserwacja, doświadczenie. Prawa fizyczne i zasady fizyczne. Wielkości fizyczne. Pomiar. Jednostki podstawowe i pochodne wielkości fizycznych. Matematyka jako narzędzie fizyki. Przypomnienie wybranych pojęć z zakresu szkoły średniej i uzupełnienie wiadomości. Układ współrzędnych prostoliniowych. Wektory i skalary. Operacje na wektorach. Pseudowektory. Wersory. Kinematyka punktu materialnego. Układ odniesienia. Ruchy prostoliniowe. Tor. Wektor położenia. Droga. Prędkość. Przyspieszenie. Rzuty poziomy i ukośny. Ruchy w dwóch i trzech wymiarach. Względność ruchu. Zasada względności Galileusza. Układ inercjalny i nieinercjalny. Zasada równoważności. Zasady dynamiki Newtona. Siły. Siły bezwładności. Równanie ruchu.

Układ obracający się. Siła odśrodkowa. Wahadło Foucaulta. Ruch harmoniczny, oscylator harmoniczny. Zasada zachowania pędu. Praca i energia: moc, energia kinetyczna, energia potencjalna, zasada zachowania energii mechanicznej dla sił zachowawczych. Układ środka masy dwóch ciał. Zderzenia. Bryła sztywne. Moment siły. Statyka bryły sztywnej. Kinematyka bryły sztywnej, ruch obrotowy jednostajny. Ruch obrotowy jednostajnie zmienny, prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe. Dynamika bryły sztywnej, moment bezwładności, moment pędu. Równania ruchu bryły sztywnej. Zasada zachowania momentu pędu.

Własności sprężyste materiałów. Prawo Hooke'a. Hydrostatyka. Prawo Archimedesesa, Pascala. Ciśnienie atmosferyczne, doświadczenie Torricellego. Dynamika cieczy i gazów. Równanie ciągłości, prawo Bernoulliego, aerodynamiczna siła nośna. Lepkość. Napięcie powierzchniowe.

## Fizyka II

*Treści kształcenia:* Ładunek elektryczny. Zasada zachowania ładunku. Prawo Coulomba. Indukcja elektryczna. Pole wielkości (skalarne, wektorowe). Linie sił pola, izopowierzchnie, pole centralne, strumień pola. Analiza pola – gradient, dywergencja, rotacja. Pole elektryczne, natężenie pola. Pole układu ładunków. Dipol. Prawo Gaussa. Potencjał (skalarne) elektryczny. Napięcie elektryczne. Przewodniki, pole w przewodniku, ładunki na powierzchni, klatka Faradaya, ostrze. Pojemność elektryczna. Kondensatory. Dielektryki. Praca w polu elektrycznym. Energia układu ładunków. Energia kondensatora. Prąd elektryczny stały. Opór elektryczny. Prawo Ohma. Prawa Kirchhoffa. Obwody. Praca prądu. Prądy w metalach, elektrolitach i gazach. Ogniwa. Pole magnetyczne. Pole magnetyczne poruszającego się

ładunku. Oddziaływanie prądów. Bezźródłowość (solenoidalność) pola magnetycznego. Siła Lorentza. Prawo Ampere'a. Prawo Biota-Savarta. Moment magnetyczny. Indukcyjność własna i wzajemna. Obwody prądu zmiennego z elementami  $R$ ,  $L$  i  $C$ . Transformator. Silnik i prądnica. Magnetyzm materii. Praca i energia w polu magnetycznym. Równania Maxwella. Drgania elektromagnetyczne. Fale elektromagnetyczne. Anteny. Pola wokół poruszających się ładunków (promieniowanie hamowania).

### Fizyka III

*Treści kształcenia:* Drgania mechaniczne. Układy drgające. Składanie drgań. Drgania gasnące i wymuszone. Rezonans. Fale w ośrodkach sprężystych. Fale mechaniczne. Fale podłużne i poprzeczne. Ruch falowy. Rozchodzenie się fal. Prędkość fali. Fala płaska. Propagacja energii. Superpozycja fal. Interferencja. Dyfrakcja. Zmiana ośrodka. Załamanie i odbicie. Polaryzacja. Dudnienia. Fala stojąca. Fala dźwiękowa. Struny, płyty, wnęki drgające. Natężenie dźwięku. Zjawisko Dopplera. Światło jako fala elektromagnetyczna. Optyka geometryczna, prawa optyki geometrycznej. Zwierciadła i soczewki, załamanie (pryzmat), aberracje. Polaryzacja światła. Dwójłomność. Aktywność optyczna. Własności sprężyste materiałów. Prawo Hooke'a. Hydrostatyka. Prawo Archimedesesa, Pascala. Ciśnienie atmosferyczne, doświadczenie Torricellego. Dynamika cieczy i gazów. Równanie ciągłości, prawo Bernoulliego, aerodynamiczna siła nośna. Lepkość. Napięcie powierzchniowe.

*Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje:* Kurs zajęć z fizyki dla Fizyki Medycznej i Neuroinformatyki (**Fizyka I, Fizyka II i Fizyka III**) zapoznaje studenta z podstawami zagadnień fizycznych, z jakimi będzie się on stykał w swojej pracy zawodowej (która obejmować może bardzo szeroki zakres tematyczny). Zapewnia szerokie tło wiadomości z różnych dziedzin fizyki, przygotowuje studenta do samodzielnej analizy problemu, zrozumienia i rozwiązania go z zastosowaniem poznanych praw fizycznych i metod obliczeniowych. Zakres materiału umożliwić ma studentowi także zrozumienie zagadnień wprowadzanych w ramach wykładów specjalistycznych oraz dać możliwość kontynuacji nauki na studiach II stopnia w ramach specjalizacji „Neuroinformatyka” i „Fizyka medyczna”.

### Fizyka promieniowania jonizującego

*Treści kształcenia:* Energie wiązania cząsteczek, atomów i jąder atomowych. Promieniowanie elektromagnetyczne atomów i jąder atomowych. **Promieniowanie X, promieniowanie charakterystyczne, widmo promieniowania hamowania.** Mechanizm wytwarzania promieniowania X. Ogólne własności jąder atomowych (masy ładunki, izotopy, izobary, izotony izomery). Rozpady promieniotwórcze (alfa, beta, gamma, rodziny promieniotwórcze). Prawa zaniku promieniotwórczego. Naturalne i sztuczne źródła promieniowania w środowisku. Reakcje jądrowe - wytwarzanie sztucznych izotopów promieniotwórczych. Podstawy fizyczne technik pozwalających wytwarzać promieniowanie jonizujące. Akceleratory do produkcji izotopów promieniotwórczych akceleratory medyczne. Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią (lekkie jony, promieniowanie beta – wiązki wysokoenergetycznych elektronów, fotony rentgenowskie i promieniowanie gamma. Rodzaje oddziaływań, pochłanianie promieniowania, osłabienie wiązek fotonowych. Promieniowanie jonizujące w diagnostyce i terapii medycznej.

*Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje:* Wiedza o zastosowaniach fizyki promieniowania jonizującego w fizyce medycznej.

### Obrazowanie medyczne

*Treści kształcenia:* Problematyka fizyczna w radiodiagnostyce. Powtórzenie wiadomości z "fizyki promieniowania jonizującego" oraz elementów fizyki kwantowej (rozpad alfa, beta, gamma, mechanizm powstawania promieniowania X, oddziaływanie promieniowania jonizującego z materia, w tym m.in efekt fotoelektryczny, zjawisko Comptona, zjawisko kreacji i anihilacji par, rozpraszanie Rayleigha, rozpraszanie Thompsona, detektory promieniowania). Scyntygrafia. Klasyczna diagnostyka rentgenowska. Podstawy matematyczne tomografii komputerowej. Tomografia promieniowania X. **Precesja Larmora.** Tomografia magnetycznego rezonansu jądrowego. Pozytonowa tomografia emisyjna. Matematyczne podstawy opisu i reprezentacji obrazów. Przetwarzanie danych w diagnostyce ilościowej i prezentacja danych. Metody statystyczne w technikach obrazowania. Ocena jakości obrazów diagnostycznych.

*Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje:* Znajomość podstaw fizycznych i matematycznych współczesnych metod obrazowania stosowanych we współczesnej medycynie i badaniach biomedycznych.

### Technologie cyfrowe

*Treści kształcenia:* Zapis cyfrowy, sumy kontrolne i detekcja błędów. Program komputerowy: algorytm, kod źródłowy, program wykonywalny. Języki programowania, interpretery i kompilatory. Pakiet biurowy: edytor tekstów, arkusz kalkulacyjny i program do prezentacji. Funkcje graficzne i statystyczne w arkuszu kalkulacyjnym. System operacyjny. Obsługa urządzeń, kompatybilność, przenośność oprogramowania. Interfejs graficzny i powłoka. Klikanie ikon

i uruchamianie programów z linii poleceń. Podstawowe polecenia powłoki Uniksa. Formaty plików i znaczenie standardów. Pliki tekstowe i kodowanie polskich liter (ASCII, ISO 8859-2, UNICODE). Formaty biomedyczne (DICOM, EDF). XML i formaty przyszłości. Bity, bajty i gigabajty. Ile zajmuje na dysku zdjęcie, film, a ile książka? Kompresja bezstratna i stratna. JPEG, MP3, MPEG. Internet. Adres komputera (IP). DNS, struktura domen. URL, pakiety, droga informacji w Internecie. Dynamiczne IP, NAT. WWW, HTTP i HTML – jak to działa. Podstawy języka HTML. Email: WebMail vs. POP3. Pola adresowe do, dw, udw. Potwierdzenie dostarczenia. Jak się bronić przed spamem. Komunikatory (IM), VoIP (Skype). Wirusy komputerowe i bezpieczeństwo danych, kopie zapasowe. Administrator a „zwykły“ użytkownik. Bazy danych: indeksy i szybkość przeszukiwania. Co tak naprawdę widać w google. Publikacje naukowe w Internecie: wyszukiwarki, pubmed i dostęp do płatnych baz danych wykupiony przez Uniwersytet. Biomedyczne bazy danych. Budowa komputera PC i znaczenie podstawowych elementów (procesor, pamięć RAM etc.). Poufność komunikacji przez Internet. Podpis elektroniczny: jak to działa? Kryptografia klucza publicznego i złożoność obliczeniowa. Kryptografia kwantowa. Modelowanie matematyczne: od gry "Life" do przewidywania pogody. Czy komputer myśli? Test Turinga, generator liczb losowych, sztuczne sieci neuronowe a modelowanie działania mózgu. Komercyjne i otwarte licencje oprogramowania. GNU/Linux i GPL. Prawa autorskie, DRM. Ochrona danych osobowych.

### **Podstawy chemii z elementami biochemii**

*Treści kształcenia:* Stechiometria reakcji chemicznych oraz właściwości fazy gazowej, ciekłej i stałej. Równowaga chemiczna, prawo działania mas, stała równowagi. Równowagi jonowe w roztworach wodnych; pojęcie pH; iloczyn rozpuszczalności, stała dysocjacji kwasowej, reakcje redoks. Struktura elektronowa atomów i jej powiązanie z układem okresowym. Wiązania kowalencyjne, metaliczne i jonowe. Przewidywanie struktury geometrycznej molekuł kowalencyjnych. Podstawowe pojęcia i zasady termodynamiki; ciepło reakcji, entropia w ujęciu termodynamicznym i statystycznym. Swobodna entalpia i samorzutność reakcji; powiązanie z równowagą chemiczną. Wprowadzenie do kinetyki chemicznej. Energia aktywacji. Teoria stanu przejściowego. Katalizatory. Podstawy chemii organicznej. Klasyfikacja związków węgla, właściwości i reaktywność wybranych połączeń. Kwasy nukleinowe. Aminokwasy. Białka. Funkcje, struktura I-,II-, III- i IV-rzędowa, budowa. Wiązania i siły strukturotwórcze w białkach. Enzymy. Rola enzymu, teoria stanu przejściowego, model miejsca aktywnego. Model kinetyczny Michaelisa-Menten. Aktywacja i inhibicja enzymów (kinetyka). Metabolizm białek, węglowodanów i lipidów. Lokalizacja procesów w komórce i organizmie. Błony komórkowe i transport błonowy. Funkcje, skład chemiczny i budowa błon. Transport bierny i aktywny, mechanizmy.

### **Biologia komórki**

*Treści kształcenia:* Ogólna charakterystyka komórek (liczba, kształt, rozmiar), struktura i organelle komórki (błona kom, organelle – struktura i funkcja, cytoszkielet, jądro), molekularna biologia jądra (struktura i funkcja DNA i RNA, replikacja DNA, synteza białek), podział komórki (mejoza, mitoz), inkluzje (metabolity, pigmenty, kryształy), potencjał komórkowy, mechanizmy transportu (dyfuzja, osmoza, filtracja), przestrzenie wewnątrz i zewnątrzkomórkowe (kompozycja płynów ustrojowych, mechanizm wymiany, regulacja objętości i osmotyczności), komunikacja wewnątrz i międzykomórkowa, zaburzenia, starzenie się i śmierć komórki (różnicowanie, niedotlenienie, niedożywienie, wpływ czynników fizycznych, chemicznych, mikrobiologicznych i leków, nekroza, apoptoza, kalcyfikacja)

### **Histologia**

*Treści kształcenia:* Histologia ogólna ssaków. Budowa komórki. Sposoby kontaktu między komórkami oraz między komórkami i macierzą pozakomórkową. Polarność komórek. Przekazywanie informacji między komórkami. Powstawanie (rozwój zarodkowy) i różnicowanie komórek i tkanek. Tkanka nabłonkowa. Klasyfikacja tkanek nabłonkowych. Polarność nabłonka. Błona podstawna. Odnawianie się nabłonków. Twory nabłonka. Nabłonek wydzielniczy. Gruczoły wydzielnicze. Tkanka łączna. Rodzaje tkanki łącznej. Tkanki łączne właściwe i oporowe. Skład macierzy pozakomórkowej w różnego rodzaju tkankach łącznych. Komórki budujące tkankę łączną. Powstawanie chrząstki. Kostnienie. Budowa i funkcje skóry. Tkanka tłuszczowa i ścięgna. Tkanka mięśniowa. Mięśnie gładkie, szkieletowe, mięsień sercowy. Miogeneza. Krew. Składniki morfotyczne krwi. Szpik kostny. Grupy krwi, czynnik Rh, osocze, osmotyczność, sedymentacja, transport tlenu i dwutlenku węgla. Tkanka nerwowa. Budowa i funkcje neuronów i nerwów, receptory – zakończenia nerwowe Glej.

### **Podstawy anatomii i fizjologii człowieka**

*Treści kształcenia:* Tkanki, narządy i układy narządów: części ciała i okolice; płaszczyzny, osie i linie ciała; jamy ciała (jama klatki piersiowej, jama brzuszna, jama miednicy); powłoka wspólna: naskórek, twory naskórka (włosy, paznokcie, gruczoły potowe, gruczoły łojowe, gruczoł mlekowy), skóra właściwa, utkanie podskórne;

Układ ruchowy człowieka - charakterystyka anatomiczna i funkcjonalna a) postawa ciała i ruch - problemy związane z pionizacją b) ogólna charakterystyka mięśni: topografia, podział, mechanika pracy c) budowa anatomiczna i morfologiczna mięśni d) charakterystyka wybranych grup mięśni e) charakterystyka funkcjonalna mięśni, typy metaboliczne; związek struktury z funkcją. Układ nerwowy człowieka - budowa anatomiczna i funkcjonalna a) rozwój układu nerwowego b) podział anatomiczny i funkcjonalny układu nerwowego c) drogi dośrodkowe i odśrodkowe; zwoje, jądra nerwowe i ośrodki nerwowe d) charakterystyka anatomiczna wybranych struktur: rdzeń kręgowy, pień mózgu, międzymózgowie, jądra podstawy mózgu, kora mózgowa e) informacja i jej przetwarzanie w układzie nerwowym.

Układ krążenia: a) układ krwionośny (budowa serca i naczyń krwionośnych, krążenie ustrojowe, krążenie płucne, krążenie wieńcowe, krążenie wrotne, skład krwi, powstawanie komórek krwi w szpiku kostnym – hematopoeza) b) układ limfatyczny (budowa narządów limfatycznych i naczyń limfatycznych, narządy limfatyczne centralne i obwodowe, krążenie limfocytów w układzie limfatycznym, miejsca styku układu limfatycznego z układem krwionośnym, układ odpornościowy); c) śledziona jako narząd krwiolimfatyczny. Układ pokarmowy (budowa, narządy i gruczoły wspomagające trawienie pokarmu: wątroba, trzustka, ślinianki, tkanka limfatyczna związana z błonami śluzowymi układu pokarmowego). Układ oddechowy (budowa płuc i dróg oddechowych, wymiana gazowa w pęcherzykach płucnych, tkanka limfatyczna związana z błonami śluzowymi dróg oddechowych). Układ moczowo-płciowy (budowa układu wydalniczego i układu płciowego, tkanka limfatyczna związana z błonami śluzowymi dróg moczowo-płciowych).

### **Analiza niepewności pomiarowych i pracownia wstępna**

*Treści kształcenia:* podstawowe pojęcia rachunku prawdopodobieństwa oraz własności rozkładów prawdopodobieństwa najczęściej występujących przy analizowaniu zagadnień fizycznych, interpretacja wyników doświadczalnych i ich porównanie z modelami teoretycznymi, mediana, średnia, średnie odchylenie standardowe, statystyczna interpretacja pomiaru i jego dokładności, wpływ efektów systematycznych na dokładność pomiaru: wprowadzanie poprawek i uwzględnianie dokładności przyrządów przy wyznaczaniu niepewności pomiaru, propagacja małych błędów, metoda najmniejszych kwadratów i jej zastosowania, najczęściej stosowane metody statystycznego testowania hipotez.

### **Wnioskowanie statystyczne**

*Treści kształcenia:* Prawdopodobieństwo: zdarzenia niezależne, zmienna losowa. Gęstość prawdopodobieństwa, wartość oczekiwana, wariancja. Rozkłady: płaski, dwumianowy, Poissona, Gaussa. Centralne twierdzenie graniczne. Weryfikacja hipotez statystycznych. Test  $t$  Studenta i  $\chi^2$ . Repróbkowanie (Resampling statistics), bootstrap. Testy permutacyjne. Pobieranie próby, statystyka. Estymatory: nieobciążone i konsystentne. Metoda największej wiarygodności. Rozkład Studenta, F, dwuwymiarowy rozkład normalny. Korelacja, macierz kowariancji. Regresja liniowa. Analiza wariancji jednej (ANOVA) i wielu zmiennych (MANOVA). Twierdzenie Bayesa i bayesowska szkoła statystyki. Analiza dyskryminacyjna. Analiza składowych głównych. Analiza skupień. Testy nieparametryczne.

### **Pracownia technik pomiarowych i podstaw fizyki**

*Treści kształcenia:* Elektryczność: Generator i oscyloskop. Obwody RC i RL. Pomiar charakterystyk częstotściowych układów całkujących i różniczkujących. Przebiegi harmoniczne i przebiegi prostokątne. Obwód RLC. Pomiar charakterystyk amplitudowych i fazowych. Pomiar za pomocą oscyloskopu. Układ oscylacji tłumionych. Wyznaczanie charakterystyki statycznej diody prostowniczej, diody świecącej i diody Zenera. Pomiar charakterystyki tranzystora. Generowanie zmiennego liniowo zasilania układu elektrycznego. Badanie charakterystyk napięciowych i częstotściowych wzmacniacza tranzystorowego w układzie wspólnego emitera. Wyznaczanie punktu pracy tranzystora. Optyka: Wyznaczanie ogniskowych soczewek i układów soczewek. Doświadczenie Younga. Badanie widm próbek gazowych przy pomocy spektrometru. Interferencyjny pomiar krzywizny soczewki (pierścienie Newtona). Wyznaczenie współczynnika załamania rutilu dla promienia zwyczajnego i nadzwyczajnego metodą kąta najmniejszego odchylenia przy użyciu spektrometru. Wyznaczanie współczynnika załamania interferometrem Michelsona. Wyznaczanie długości fali w mikrofalowym interferometrze Michelsona. Drgania: Badanie wahadeł sprzężonych. Badanie drgań struny. Badanie drgań poprzecznych pręta. Wyznaczanie prędkości dźwięku w powietrzu. Ciepło: Badanie promieniowania różnych ciał w funkcji temperatury (wyznaczanie stałej Stefana Boltzmana). Wyznaczanie przewodnictwa cieplnego miedzi. Wyznaczanie ciepła topnienia lodu. Wyznaczanie ciepła właściwego ciał stałych.

### **Pracownia fizyczna i elektroniczna**

*Treści kształcenia:* Pracownia fizyczna: Wyznaczanie grubości cienkiej warstwy krzemu metodami optycznymi. Wyznaczanie przewodnictwa właściwego i stałej Halla dla półprzewodników. Wyznaczanie przerwy energetycznej InSb. Badanie skrzywienia płaszczyzny polaryzacji mikrofal o długości 3 cm pod wpływem pola magnetycznego (efekt Faradaya). Badanie polaryzacji fal elektromagnetycznych (światła i mikrofal o długości 3 cm). Mikrofalowe

doświadczenie Younga. Statystyka zliczeń promieniowania jądrowego przy pomocy licznika Geigera-Müllera. Wyznaczanie stężenia radonu w powietrzu

Pracownia Elektroniczna: Kurs jest nastawiony przede wszystkim na problemy elektroniki stosowanej w laboratoriach fizycznych (techniki poprawy stosunku sygnału do szumu, detekcja selektywna pod względem częstości, detekcja fazowa, analiza kształtu sygnału, metody elektroniki jądrowej). Program wykładu obejmuje: podstawy cyfrowych układów scalonych, zastosowania komputera w eksperymencie, analogowe układy scalone (wzmacniacze operacyjne, stabilizatory), problemy szumów i zakłóceń. Zajęcia praktyczne w części związanej z badaniami charakterystyk wzmacniacza operacyjnego wykonywane są przez studentów z użyciem systemów pomiarowych kontrolowanych przez komputer (oscylloskopy cyfrowe, cyfrowe syntezery sygnału). Ćwiczenie z komputerowym systemem kontrolno-pomiarowym pozwala zapoznać się ze standardowymi pakietami numerycznego sterowania pomiarami specjalistycznymi. W trakcie zajęć poruszane są także problemy interpretacji wyników doświadczalnych i porównania ich z przewidywaniami modelowymi.

### **Analiza sygnałów**

*Treści kształcenia:* Systemy liniowe niezmiennicze w czasie (LTI). Szereg i transformata Fouriera, twierdzenie o splocie, funkcja odpowiedzi impulsowej. Procesy stochastyczne, estymacja widma mocy. Twierdzenie Nyquista. Teoria i praktyka konstrukcji filtrów cyfrowych. Zasada nieoznaczoności w analizie sygnałów. Metody czas-częstość: transformata Wignera i problem wyrazów mieszanych (cross-terms), spektrogram, falki (wavelets), matching pursuit. Pojęcie złożoności obliczeniowej algorytmu, notacja  $O(\cdot)$ , problemy NP-trudne. Podstawowe techniki analizy obrazów.

### **Pracownia promieniotwórczości**

*Treści kształcenia:* Porównanie różnych metod pomiaru energii promieniowania  $\gamma$ . Analiza aktywacyjna. Badanie zawartości domieszek w stali metodami analizy aktywacyjnej. Badanie schematu rozpadu jądra. Pomiar widma energetycznego fragmentów rozszczepienia wywołanego neutronami termicznymi. Pomiar energii wiązania deuteronu. Pomiar zasięgu zdolności hamującej i zasięgu cząstek  $\alpha$  w powietrzu.

### **Ochrona radiologiczna 1**

*Treści kształcenia:* Biologiczne skutki promieniowania jonizującego. Podstawowe wielkości dozymetrii promieniowania jonizującego, jednostki. Przyrządy dozymetryczne i ich kalibracja. Podstawowe zasady ochrony radiologicznej, bezpieczna praca ze źródłami promieniowania, ograniczanie narażenia. Ustawa – Prawo atomowe i akty wykonawcze, podstawowe przepisy międzynarodowe dotyczące bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, w tym przepisy UE. Zezwolenia na działalność w warunkach narażenia, zgłaszanie takiej działalności, wyłączenia uprawnienia inspektorów dozoru jądrowego. Zasady bezpiecznej pracy z zamkniętymi i otwartymi źródłami promieniotwórczymi w pracowniach i poza pracowniami. Transport materiałów promieniotwórczych. Pomiary mocy dawki skażeń promieniotwórczych. Kontrola narażenia pracowników z ogółu ludności, w tym od promieniowania naturalnego. Badania szczelności zamkniętych źródeł promieniowania. Ogólne informacje o postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi. Podstawowe zasady transportu źródeł i odpadów promieniotwórczych. Zdarzenia radiacyjne – klasyfikacja, zakładowy plan postępowania awaryjnego. Organizacja ochrony radiologicznej w jednostce organizacyjnej, obowiązki i uprawnienia kierownika jednostki, inspektora ochrony radiologicznej i pracowników, prace w warunkach narażenia na wzmożone promieniowanie naturalne. Przygotowanie dokumentów w jednostce organizacyjnej: regulamin pracy, instrukcje pracy, rejestry dawek, rejestry źródeł, plan postępowania awaryjnego.

### **Ochrona radiologiczna 2**

*Treści kształcenia:* Podstawy fizyki i techniki lamp rentgenowskich i akceleratorów. Działalność zawodowa i działania interwencyjne, włącznie z promieniowaniem naturalnym, zwłaszcza radonu. Zasady bezpiecznej pracy z otwartymi źródłami promieniowania i urządzeniami wytwarzającymi promieniowanie jonizujące, w pracowniach i poza pracowniami, kontrola uwolnień, ograniczniki (limity użytkowe) dawek. Zasady pomiarów dozymetrycznych w środowisku pracy, wytyczanie granic obszarów kontrolowanych i nadzorowanych; dekontaminacja powierzchni roboczych sprzętu, skażeń osobistych, ocena narażenia osób, pojęcie grup odniesienia. Zasady bezpiecznej pracy w pracowniach rentgenowskich i akceleratorowych. Skażenia wewnętrzne. Efekty napromieniania organizmu, rodzaje uszkodzeń, skutki, napromienianie z zewnątrz i od wewnątrz, działania ograniczające skutki napromieniania. Identyfikacja substancji promieniotwórczych i materiałów jądrowych. Przykłady typowych zastosowań technik jądrowych oraz związane z nimi potencjalne zagrożenia. Podstawy wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii medycznej, rodzaje procedur w teleradioterapii i brachyterapii, potencjalne zagrożenia. Podstawowe zasady ochrony radiologicznej pacjentów. Dozymetria dawek terapeutycznych. Zadania inspektorów ochrony radiologicznej w placówkach służby zdrowia, zasady współpracy z operatorem urządzeń, fizykiem medycznym i lekarzem. Opisy znanych zdarzeń radiacyjnych przy stosowaniu urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące.

Opisy znanych zdarzeń radiacyjnych w postępowaniu medycznym z wykorzystaniem źródeł promieniowania jonizującego. Zasady bezpiecznej pracy w pracowni brachyterapii. Program bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w pracowni brachyterapii. Podstawowe wiadomości z zakresu budowy oraz zasady działania urządzeń do brachyterapii.

*Ćwiczenia:* Obliczenia zmiany aktywności w czasie. Obliczanie dawek. Obliczanie osłon. Optymalizacja warunków pracy w warunkach narażenia. Ocena dawek indywidualnych na podstawie dozymetrycznych pomiarów w środowisku pracy. Oszacowanie dopuszczalnego czasu przebywania w pomieszczeniu o podwyższonym promieniowaniu. Ocena wewnętrznego skażenia organizmu. Ocena dawki dla grupy odniesienia. Obliczanie mocy dawki i dawki, w tym od promieniowania rozproszonego. Obliczanie osłon i czasu pracy w typowych pracowniach radioterapeutycznych. Obliczanie aktywności i stężeń izotopów promieniotwórczych w organizmie i w odpadach dla typowych procedur medycyny nuklearnej.

### **Pracownia ochrony radiologicznej**

*Treści kształcenia:* Dobór parametrów przyrządu dozymetrycznego. Pomiary mocy dawki. Pomiary widma promieniowania. Pomiary strumienia neutronów. Wykreślanie izodoz. Pomiary skażeń promieniotwórczych. Pomiary aktywności i dawek przy pomocy przyrządów dozymetrycznych stosowanych w zakładach medycyny nuklearnej. Pomiary aktywności i dawek przy pomocy przyrządów dozymetrycznych stosowanych w zakładach radioterapii.

### **Metody izotopowe i chemia radiofarmaceutyków**

*Treści kształcenia:* Treści kształcenia: Historia i ewolucja metod izotopowych. Otrzymywanie radioizotopów. Radiochemia C11. Przegląd i zastosowania podstawowych radiofarmaceutyków opartych na C11. Radiochemia F18. Przegląd i zastosowania podstawowych radiofarmaceutyków opartych na F18. Izotopy długożyciowe. Zastosowanie technik izotopowych w onkologii, psychiatrii i neurologii. Podstawy technologii farmaceutycznych. Projektowanie radiofarmaceutyków. Wytwarzanie radiofarmaceutyków. Kontrola jakości i wytyczne Dobrej Praktyki Wytwarzania. Nowoczesne metody badań analitycznych i strukturalnych: chromatografia (TLC, HPLC, GC), analiza elementarna, analiza termiczna i termogravimetryczna (DTA, TG), spektroskopia (IR i Ramana, UV-VIS, NMR, EPR, MS, spektroskopia atomowa, fluorescencyjna), dyfrakcja promieni X i elektronów, modelowanie komputerowe. Regulacje prawne związane z wytwarzaniem i stosowaniem radiofarmaceutyków.

### **Pracownia radiofarmaceutyków**

*Treści kształcenia:* Otrzymywanie wybranych radioizotopów opartych na C-11. Produkcja fluorodeoxyglukozy . Kontrola jakości radiofarmaceutyków.

### **Programowanie dla fizyki medycznej**

*Treści kształcenia:* Nauka programowania w języku wysokiego poziomu; w zależności od aktualnych potrzeb i sytuacji na rynku pracy, Java lub C++. Ćwiczenia praktyczne w zakresie technik informatycznych potrzebnych dozymetrystom i Fizykom Medycznym. Wybrane aspekty obsługi i programowania pakietów do obliczania dystrybucji dawek.

### **Staż z technik obrazowania**

*Treści kształcenia:* Zasady działania i obsługa gamma-kamery, tomografu komputerowego (CT) i tomografii pozytonowej (PET).

### **Staże z diagnostycznych metod nieradiacyjnych**

*Treści kształcenia:* Zasady działania i obsługa jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR) i ultrasonografu (USG).