

# Zakres tematyczny egzaminu inżynierskiego oraz egzaminu wstępnego na studia IIgo stopnia na kierunku FIZYKA MEDYCZNA.

## Mechanika i fizyka statystyczna

- Fizyka jako dyscyplina naukowa. Wektory. Składowe siły. Układ współrzędnych
- Zasady dynamiki Newtona. Równanie ruchu
- Nieinercjalne układy współrzędnych. Siła bezwładności, Coriolisa i dośrodkowa
- Operator nabra: grad, div, rot.
- Grawitacja: potencjał. Pole potencjalne. Zasada zachowania energii. Praca w polu sił – całka po torze.
- Zasada zachowania pędu. Układ CM i LAB.
- Prawa Keplera. Zasada zachowania momentu pędu. Momenty bezwładności brył. Całka po objętości. Układ sferyczny
- Tensory. Równanie własne
- Odkształcenie sprężyste. Prawo Hooke'a. Stałe elastyczne
- Drgania swobodne i tłumione. Składanie drgań
- Drgania z siłą wymuszającą. Rezonans amplitudy i mocy
- Nieliniowe równania ruchu. Chaos deterministyczny
- Ciecz nielepka. Równanie ciągłości
- Ciecz lepka. Tarcie.
- Elementy rachunku prawdopodobieństwa. Rozkłady Bernoulliego i Poissona. Błędy pomiaru
- Formalizm funkcji charakterystycznych
- Zasada ekwipartycji energii. Rozkład Maxwella-Boltzmann. Energia wewnętrzna
- Rozkłady kanoniczne
- Statystyczna interpretacja entropii. Paradoks Gibbsa
- II zasada termodynamiki – fenomenologicznie. Warunki zachodzenia procesu
- Pochodna substancjalna. Równanie Boltzmann. Twierdzenie H
- Przemiany gazowe. Technika adiabatycznego ochładzania
- Silniki cieplne. Cykl Carnota
- Błądzenie przypadkowe. Równanie dyfuzji
- Przejście fazowe ciec-z-gaz. Gaz Van der Waalsa
- Przejście fazowe porządek-nieporządek. Wskaźniki krytyczne. Teoria średniego pola
- Równania fundamentalne. Modelowanie reakcji chemicznych

- Metoda macierzy przejścia. Przykłady: bakterie, efekt Schlogla

## Elektromagnetyzm i optyka

- Szczególna Teoria Względności (STW)
- Prędkość światła, dylatacja czasu i transformacje Lorentza
- Pojęcie jednoczesności, koncepcja czasoprzestrzeni
- Diagramy Minkowskiego
- Prędkość, pęd i energia w STW
- Równoważność masy i energii
- Najważniejsze idee Ogólnej Teorii Względności
- Paradoksy teorii względności
- Konsekwencje pozafizyczne STW i OTW
- Ładunki elektryczne i ich wzajemne oddziaływanie
- Pole elektrostatyczne i wielkości je charakteryzujące
- Pojemność elektryczna
- Elektryczny moment dipolowy i jego zachowanie w polu elektrostatycznym
- Dielektryki. Zjawisko polaryzacji. Wektory E, D i P. Ferroelektryki.
- Prąd elektryczny: natężenie i gęstość prądu
- Prawo ciągłości klasyczna teoria przewodnictwa
- Oporność, przewodnictwo i nadprzewodnictwo
- Praca i moc prądu
- Napięcia kontaktowe, siła elektromotoryczna
- Ładunki elektryczne w ruchu – ujęcie relatywistyczne
- Pole magnetyczne: siły działające na ładunki w polu magnetycznym – siła Lorentza
- Wektor indukcji magnetycznej, siły elektrodynamiczne, cyklotron, efekt Halla
- Magnetyczny moment dipolowy i jego zachowanie w polu magnetycznym
- Indukcja elektromagnetyczna: prawo indukcji Faradaya
- Indukcja wzajemna i własna, prądy wirowe
- Transformator, betatron
- Prawo Ampera: wytwarzanie pola magnetycznego
- Własności pola magnetycznego, prąd przesunięcia
- Równania Maxwella w ujęciu różniczkowym i całkowym
- Pole elektromagnetyczne i jego własności
- Równanie falowe. Najprostsze rozwiązanie równania falowego
- Rodzaje fal i ich źródła:
  - fale mechaniczne i ich widmo
  - fale elektromagnetyczne i ich widmo
  - fale podłużne
  - fale poprzeczne
  - fale powierzchniowe
  - inne rodzaje fal
- Mechanizm rozchodzenia się fal:
  - mechanicznych
  - elektromagnetycznych

- Równanie falowe w przypadku fal:
  - mechanicznych
  - elektromagnetycznych
- Inne rozwiązania równania falowego. Paczki falowe. Solitony.
- Prędkość rozchodzenia się fali. Prędkość grupowa i prędkość fazowa. Dyspersja.
- Transport energii. Falowód. Światłowód.
- Dyfrakcja i interferencja (zasada Hughensa, zasada Fresnela) w przypadku fal:
  - mechanicznych
  - elektromagnetycznych
- Spójność fal świetlnych. Doświadczenie Younga. Strefy Fresnela.
- Dyfrakcja i interferencja na wielu szczelinach. Siatka dyfrakcyjna, interferometry i ich zastosowania.
- Fale stojące i dudnienia.
- Efekt Dopplera w przypadku fal:
  - mechanicznych (klasyczny i relatywistyczny)
  - elektromagnetycznych (optyczny – przesunięcie ku czerwieni)
- Prędkość fal dźwiękowych
- Rozchodzenie się fal akustycznych
- Prawo Webera-Fechnera
- Źródła dźwięków
- Narząd słuchu
- Instrumenty muzyczne
- Fale uderzeniowe
- Optyka falowa i optyka geometryczna
- Załamanie światła i kąt graniczny. Światłowody.
- Dyspersja światła i rozszczepienie
- Przyrządy optyczne. Wady soczewek.
- Narząd wzroku
- Podstawy teorii barw
- Polaryzacja światła: polaryzacja liniowa, polaryzacja kołowa i eliptyczna
- Wytwarzania światła spolaryzowanego
- Interferencja w świetle spolaryzowanym
- Światło spójne. Laser.
- Fotometria

## Wstęp do fizyki atomowej i kwantowej

- Promieniowanie cieplne
  - emisja i absorpcja promieniowania
  - prawo Stefana-Boltzmana
  - ciało doskonale czarne (CDC)
  - rozkład widmowy dla CDC
  - prawo przesunięć Wiena
  - klasyczne teorie promieniowania
  - teoria Plancka promieniowania
- Elektrony i kwanty
  - promienie katodowe
  - doświadczenie Thompsona

- doświadczenie Millikana
- kwantowanie ładunku
- efekt fotoelektryczny (EF)
- teoria Einsteina EF
- efekt Comptona
- Jądro atomowe
  - model atomu Thomsona
  - cząstka alfa
  - model atomu Rutherforda
  - jądro atomowe
- Model Bohra budowy atomu
  - widma atomowe i ich rodzaje
  - widmo wodoru – seria Balmera
  - wzór Rydberga i serie widmowe
  - termy i zasada kombinacji Rydberga-Ritza
  - postulaty Bohra i ich zastosowanie do wyjaśnienia struktury widma
  - doświadczenie Francka-Hertza
- Teoria Sommerfelda
  - reguły kwantowania Wilsona-Sommerfelda
  - struktura subtelna linii widmowych i jej wyjaśnienie
  - zasada odpowiedniości
- Falowy charakter cząstek
  - postulat de Broglie'a (fale materii)
  - doświadczenie Davissona-Germera
  - interpretacja II. postulatu Bohra (fala stojąca)
  - zasada nieoznaczoności Heisenberga i jej konsekwencje
- Kręt orbitalny i orbitalny moment magnetyczny elektronu
  - kręt orbitalny elektronu i jego kwantowanie przestrzenne
  - orbitalny moment magnetyczny elektronu i precesja Larmora
  - energia elektronów na orbitach przestrzennie zorientowanych
  - degeneracja stanów energetycznych atomu
- Mechanika kwantowa
  - operacje obserwacji
  - stan kwantowy układu fizycznego
  - operatory i równanie własne
  - funkcje i wartości własne oraz ich interpretacja
  - konstrukcja operatorów – reguły Jordana
- Równanie Schrödingera
  - zależne od czasu
  - niezależne od czasu
  - przykłady rozwiązań i ich omówienie
  - warunki regularności funkcji własnych
  - operatorowa postać r. Schrodingera
  - operator Hamiltona
  - wartości własne i funkcje własne krętu
  - wartości własne i funkcje własne kwadratu krętu
- Pakiet falowy
  - problem z funkcją falową cząstki swobodnej
  - konstrukcja i własności pakietu falowego
  - prędkość grupowa a prędkość cząstki

- Atom wodoropodobny
  - równanie Schrodingera i jego rozwiązanie
  - kwantowo-mechaniczny obraz atomu wodoropodobnego
- Spin i spinowy moment magnetyczny elektronu
  - hipoteza Goudsmita – Uhlenbecka
  - kwantowanie spinu
  - spinowy moment magnetyczny
  - stosunek żyromagnetyczny dla spinu i krętu
  - czynnik Landego
  - funkcja falowa elektronu ze spinem
- Atomy wieloelektronowe
  - równanie Schredingera
  - stosowane przybliżenia jego rozwiązania
  - konfiguracje elektronowe
  - kręty wypadkowe: orbitalny, spinowy i całkowity
  - sprzężenie Russela-Saundersa
  - sprzężenie j-j
  - oddziaływanie spin-orbita
  - termy spektralne i ich symbole
  - subtelna struktura termów
  - reguły Hundta i Landego
  - multiplety regularne i odwrócone
- Fermiony
  - zakaz (zasada) Pauli’ego
  - degeneracja wymienna
  - funkcje symetryczne i asymetryczne
  - gaz i statystyka Fermi’ego
  - zamknięte powłoki elektronowe

## Podstawy fizyki i techniki jądrowej

- Odkrycie promieniotwórczości
- Odkrycie jądra atomowego
- Odkrycie neutronu
- Odkrycie zjawiska rozszczepienia jąder atomowych.
- Własności jąder atomowych: skład, ładunek, momenty elektromagnetyczne, rozmiary, masa, siły jądrowe, energia wiązania, stabilność jąder, stany wzbudzone jąder.
- Spontaniczne przemiany jąder atomowych : rozpady alfa i beta, emisja promieniowania gamma, konwersja wewnętrzna, spontaniczne rozszczepienie; zjawiska atomowe następujące po przemianach jądrowych, statystyczne prawo rozpadu promieniotwórczego, rozpady sukcesywne, promieniotwórczość naturalna.
- Wymuszone przemiany jąder atomowych: przekrój czynny, zasady zachowania w reakcjach jądrowych, przegląd typów reakcji jądrowych.
- Źródła promieniowania X, gamma i neutronów: izotopowe i akceleratorowe źródła promieniowania X i gamma, izotopowe i akceleratorowe źródła neutronów.
- Oddziaływanie cząstek naładowanych z materią.

- Oddziaływanie promieniowania X i gamma z materią.
- Oddziaływanie neutronów z materią, transport neutronów .
- Detektory i spektrometria promieniowania X i gamma .
- Detektory i spektrometria neutronów.
- Jądrowe metody pomiarowe oraz ich zastosowania w różnych obszarach działalności człowieka: rentgenowska analiza fluorescencyjna, techniki pomiarowe oparte oddziaływaniu promieniowania gamma i X z materią, podstawy tomografii komputerowej, techniki analityczne oparte na oddziaływaniu neutronów z materią.
- Znaczniki promieniotwórcze w diagnostyce medycznej: techniki SPECT i PET.
- Podstawy fizyczne radioterapii opartej na użyciu promieniowania gamma, podstawy fizyczne radioterapii hadronowej.

## Biochemia

- Podstawowe grupy związków: kwasy nukleinowe, białka, cukry i lipidy. Budowa komórek, tkanek i organizmów.
- Aminokwasy jako podstawowe elementy budulcowe peptydów i białek.
- Wiązanie peptydowe, peptydy terapeutyczne. Białka proste i złożone – struktura I-IV-rzędowa, zależność pomiędzy strukturą i funkcją.
- Hemoglobina – allosteria, hemoglobiny patologiczne, mutacje genów a patofizjologia.
- Enzymy i inhibitory enzymów – mechanizm działania oraz ich inhibitory jako leki.
- Węglowodany. Monosacharydy i disacharydy – właściwości fizykochemiczne i znaczenie biologiczne. Polisacharydy – struktura a własności, choroby spichrzeniowe, cukrzyca.
- Lipidy. Podział lipidów. Błony biologiczne – struktura i znaczenie, trawy lipidowe. Rola lipidów w organizmie – podstawowe przemiany. Defekty przemian lipidów – lipidozy, lipidemie.
- Przemiany energetyczne w komórkach zwierzęcych i roślinnych.
- Techniki biochemiczne: ekstrakcja, homogenizacja, dializa, chromatografia (HPLC), elektroforeza, ultrawirowanie, spektrometria mas, metody obrazowania, zintegrowane systemy analityczne, mikro-TAS).

## Biofizyka

- Skład, architektura i funkcje komórki, najważniejsze biomolekuły –struktura chemiczna, reguły organizacji systemów biologicznych.
- Elementy biotermodynamiki równowagowej. Mikroskopowy i makroskopowy opis układu, zasady termodynamiki, temperatura, entropia, potencjały

termodynamiczne, elementy termodynamiki chemicznej: potencjał chemiczny, równowaga chemiczna.

- Woda jako podstawowe środowisko procesów życiowych. Oddziaływania międzymolekularne, budowa cząsteczki wody, wiązanie wodorowe, własności ciekłej wody, roztwory wodne molekuł, hydratacja.
- Elementy bioelektrochemii. Budowa błony biologicznej, wodne roztwory elektrolitów, równowagi heterofazowe, potencjał elektrochemiczny, ogniowo elektrochemiczne i potencjał elektrodowy, pH, potencjał redoksy, biologiczne utleniacze i reduktory, równowagi membranowe-potencjał Donnana, osmoza, metody elektrochemiczne w biofizyce – sensory.
- Elementy biotermodynamiki procesów nierównowagowych – bioenergetyka. Nierównowagowa termodynamika liniowa – bodźce i przepływy, zasada Onsagera, dyfuzja i elektrodyfuzja, stany stacjonarne, zasada Prigogine’a, transport elektronów i łańcuch oddechowy, transport przez membrany: dyfuzja, dyfuzja ułatwiona i kanały jonowe, reakcje sprzężone, elementy teorii chemiosmotycznej Mitchella.
- Biokinetyka. Elementarna kinetyka chemiczna, zastosowania kinetyki chemicznej do systemów biologicznych: enzymy i kinetyka Michaelisa-Menten, wiązanie ligandów do makromolekuł – kooperatywność, wiązanie tlenu do hemoglobiny, elementy biofizyki systemów – złożone schematy kinetyczne.
- Elementy elektrofizjologii. Potencjał błonowy, potencjały czynnościowe i ich propagacja, metody diagnostyczne-elektrokardiografia i elektroencefalografia, własności dielektryczne komórek i tkanek, wpływ zmiennych pól elektromagnetycznych na komórki i tkanki, elektroporacja.
- Elementy bioakustyki. Fale akustyczne w cieczech, ucho – budowa i funkcje, audiologia, charakterystyka ultradźwiękowa wody i tkanek, ultradźwięki ich zastosowanie w biomedycynie: efekt Dopplera, ultrasonografia, kavitacja.
- Biomagnetyzm. Elementarna chemia kwantowa: koncepcja funkcji falowej, równanie Schrödingera, opis stanów elektronów w molekułach, hybrydyzacja, spin i paramagnetyzm, wolne rodniki i ich rola biologiczna, stany wzbudzone: singletowy i trypletowy, tlen molekularny i stres oksydacyjny, antoksydanty, spektroskopia EPR.
- Elementy fotobiofizyki. Światło: fale i fotony, detekcja światła – wielkości radiometryczne i fotometryczne, budowa i funkcje oka, oddziaływanie promieniowania UV-VIS z materią (diagram Jabłońskiego), podstawowe prawa fotochemii i elementy kinetyki fotochemicznej, pojęcie przekroju czynnego, wydajności kwantowe, spektroskopia absorpcyjna i fluorescencyjna w biofizyce, reakcje fotouczulane, terapia fotodynamiczna nowotworów, bioluminescencja, fotosynteza.
- Elementy biofizyki radiacyjnej. Charakterystyka fizyczna promieniowania jonizującego, podstawowe sposoby oddziaływania promieniowania jonizującego z materią, dawki i jednostki, LET i względna skuteczność biologiczna, radioliza wody i rola wolnych rodników w uszkodzeniach radiacyjnych- wydajność

radiacyjna, kinetyka kompetycyjna radioprotektory i radiouczulacze, radiobiologia komórkowa – rozkład Poissona, krzywe przeżywalności i efekt tlenowy, radioterapia kontrola prawdopodobieństwa zniszczenia nowotworu.

## Podstawy elektroniki

- Sygnały w elektronice. Sygnały analogowe, cyfrowe, periodyczne, stochastyczne. Wartość średnia i skuteczna sygnału. Widmo częstotliwościowe sygnału periodycznego – rozwinięcie w szereg Fouriera, widmo częstotliwościowe pojedynczego impulsu, widmowa gęstość mocy.
- Obwody elektryczne prądu stałego. Analiza obwodów elektrycznych prądu stałego: prawo Ohma, prawa Kirchhoffa, tw. Thevenina/Nortona, zasada superpozycji. Metoda potencjałów węzłowych.
- Obwody prądu zmiennego. Związki prądowo-napięciowe dla elementów L i C, transformata Laplace'a. analiza obwodów prądu zmiennego przy pomocy transformaty Laplace'a, impedancja zespolona, uogólnione prawo Ohma i prawa Kirchhoffa dla obwodów prądu zmiennego.
- Charakterystyka amplitudowa i fazowa czwórników. Filtr dolnoprzepustowy – charakterystyka częstotliwościowa i odpowiedź skokowa. Filtr górnoprzepustowy – charakterystyka częstotliwościowa i odpowiedź skokowa.. Filtr pasmowo-przepustowy. Charakterystyki Bodego
- Linie transmisyjne. Schemat zastępczy i równania dla linii bezstratnej i stratnej. Parametry linii transmisyjnej: impedancja charakterystyczna i czas opóźnienia. Dopasowanie linii transmisyjnej. Współczynnik odbicia.
- Ogólny schemat zastępczy wzmacniacza. Podstawowe konfiguracje i parametry wzmacniaczy: wzmacniacz napięciowy, prądowy, transrezystancyjny, transkonduktancyjny
- Idealny wzmacniacz operacyjny. Schemat zastępczy i parametry idealnego wzmacniacza operacyjnego. Podstawowe układy oparte na wzmacniaczach operacyjnych: wzmacniacz nieodwracający, odwracający, wtórnik napięciowy,
- Zastosowania wzmacniaczy operacyjnych. Wzmacniacz sumujący, wzmacniacz odejmujący, wzmacniacz transrezystancyjny, wzmacniacz ładunkowy
- Rzeczywiste wzmacniacze operacyjne. Parametry i schematy zastępcze rzeczywistych wzmacniaczy operacyjnych. Współczynnik tłumienia sygnału wspólnego. Napięcia i prądy niezrównoważenia.
- Elementarna teoria sprzężenia zwrotnego. Odpowiedź częstotliwościowa wzmacniacza operacyjnego. Pole wzmocnienia. Elementarna teoria sprzężenia zwrotnego i zastosowanie do układów opartych na wzmacniaczach operacyjnych.
- Stabilność częstotliwościowa układów ze sprzężeniem zwrotnym. Kryteria stabilności. Margines fazy. Dodatnie sprzężenie zwrotne. Generatory przebiegów sinusoidalnych
- Komparatory napięcia. Schemat zastępczy i parametry komparatora napięcia. Dyskryminator progowy. Dyskryminator z histerezą. Zastosowania komparatorów.
- Układy logiki kombinacyjnej. Tablica prawdy. Systemy kodowania. Podstawowe reguły algebry Boole'a. Podstawowe bramki logiczne.
- Projektowanie prostych układów kombinacyjnych. Metoda tablic Karnaugh
- Układy logiki sekwencyjnej. Przerzutniki typu zatrask (RS, D). Przerzutniki typu flip-flop (JK). Rejestry przesuwne. Liczniki.



## Przyrządy i układy półprzewodnikowe

- Podstawy fizyki półprzewodników. Półprzewodniki samoistne, półprzewodniki domieszkowane, równowagowe koncentracje nośników.
- Transport nośników w półprzewodnikach. Dryf i dyfuzja nośników ładunku, procesy generacyjno-rekombinacyjne w półprzewodnikach, czas życia nośników mniejszościowych.
- Złącze półprzewodnikowe p-n. Polaryzacja diody w kierunku przewodzenia i zaporowym, charakterystyka prądowo-napięciowa diody, pojemność złączowa.
- Elektryczny schemat zastępczy diody. Wielkosygnalowy i małosygnalowy elektryczny schemat zastępczy diody. Zastosowanie diod w prostownikach napięcia.
- Przyrządy optoelektroniczne oparte na złączu półprzewodnikowym. Fotodiody, fotodiody lawinowe, diody elektroluminescencyjne, laser półprzewodnikowy.
- Tranzystor bipolarny. Budowa i zasada działania tranzystora, charakterystyki stałoprądowe, małosygnalowy schemat zastępczy, współczynniki wzmocnienia prądowego  $\alpha$  i  $\beta$ .
- Tranzystor bipolarny jako wzmacniacz. Podstawowe konfiguracje pracy tranzystora bipolarnego: wspólny emiter, wspólna baza, wspólny kolektor, polaryzacja stałoprądowa, małosygnalowe schematy zastępcze i parametry małosygnalowe.
- Tranzystor polowy MOSFET. Budowa i zasada działania tranzystora polowego, charakterystyki stałoprądowe, skalowanie charakterystyk stałoprądowych, obszary pracy tranzystora polowego MOS: podprogowy, słabej inwersji, silnej inwersji.
- Tranzystor polowy MOSFET jako wzmacniacz. Podstawowe konfiguracje pracy tranzystora polowego MOS: wspólne źródło, wspólna bramka, wspólny dren, polaryzacja stałoprądowa, małosygnalowe schematy zastępcze i parametry małosygnalowe.
- Lustro prądowe. Zasada działania i właściwości lustra prądowego zbudowanego na tranzystorach bipolarnych, zasada działania i właściwości lustra prądowego zbudowanego na tranzystorach MOSFET, zastosowanie luster prądowych w obwodach elektronicznych: wzmacniacz prądowy, obciążenie aktywne.
- Parametry i charakterystyki tranzystorów w zakresie wysokich częstotliwości. Wysokoczęstotliwościowy schemat zastępczy tranzystora bipolarnego, wysokoczęstotliwościowy schemat zastępczy tranzystora polowego MOSFET, wzmacniacz kaskodowy.
- Wzmacniacz różnicowy na tranzystorach bipolarnych. Budowa, charakterystyki wielkosygnalowe, małosygnalowy schemat zastępczy, wzmocnienie różnicowe, wzmocnienie wspólne, współczynnik tłumienia sygnału wspólnego
- Wzmacniacz różnicowy na tranzystorach polowych MOSFET. Budowa, zasada działania, charakterystyki wielkosygnalowe, małosygnalowy schemat zastępczy, wzmocnienie różnicowe, wzmocnienie wspólne, współczynnik tłumienia sygnału wspólnego
- Podstawy technologii CMOS. Struktura fizyczna układów scalonych CMOS i podstawowe etapy procesu technologicznego, zasady skalowania w technologiach CMOS

- Budowa i właściwości podstawowych bramek logicznych w technologii CMOS. Charakterystyki stałoprądowe i dynamiczne inwertera, budowa i charakterystyki bramek NAND i NOR w technologii CMOS

## Wybrane zagadnienia elektroniki medycznej

- Wzmacniacze pomiarowe. Budowa i parametry wzmacniaczy pomiarowych, źródła napięć i prądów niezrównoważenia we wzmacniaczach różnicowych, dopasowanie elementów, współczynnik tłumienia sygnału wspólnego.
- Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Twierdzenie o próbkowaniu, układy próbkująco-pamiętające, przetworniki analogowo-cyfrowe, przetworniki cyfrowo-analogowe.
- Szumy w przyrządach półprzewodnikowych i wzmacniaczach. Źródła szumów w przyrządach półprzewodnikowych, metody opisu szumów. szumowe schematy zastępcze tranzystorów i wzmacniaczy.
- Układy elektroniki front-end. Systemy odbioru sygnału z detektorów promieniowania, przedwzmacniacz napięciowy, prądowy, ładunkowy.
- Filtracja szumów i kształtowanie sygnałów. Pojęcie ekwiwalentnego ładunku szumów. optymalizacja stosunku sygnału do szumu przy pomiarach amplitudowych, optymalizacja stosunku sygnału do szumu przy pomiarach czasowych.
- Binarne systemy odczytu detektorów promieniowania. Pomiar i analiza szumów w binarnych systemach odczytu detektorów. twierdzenie Rice'a, metody parametryzacji układów front-end w binarnych systemach odczytu.
- Metody odczytu detektorów pozycjoczułych. Odczyt za pomocą indywidualnych kanałów odczytu, odczyt z wykorzystaniem podziału ładunku, odczyt z wykorzystaniem linii opóźniającej.
- Zakłócenia elektromagnetyczne w układach elektronicznych. Charakterystyki i metody opisu zakłóceń elektromagnetycznych, schematy zastępcze dla sprzężeń pojemnościowych i indukcyjnych, techniki ekranowania i uziemiania w aparaturze elektronicznej.

## Biocybernetyka

- Omówienie systemu nerwowego człowieka.
- Sposoby przetwarzania sygnałów biologicznych.
- Modelowanie cybernetyczne – cele i metody.
- Opis przykładowych modeli systemów biologicznych: układu krwionośnego, komórki nerwowej, układu oddychania, chodzenia itp.
- Omówienie procesów informacyjnych w systemach: hormonalnym i immunologicznym.
- Procesy uczenia się i adaptacji zachodzące w układzie nerwowym.
- Sztuczne sieci neuronowe – budowa, rodzaje, sposoby uczenia.

## Bioenergetyka

- Białka – mechanizmy regulujące ich konformacje, allosteryczność, priony
- Błony biologiczne, kanały wodne i jonowe, selektywność kanałów jonowych, toksyczność, farmaceutyki
- Dyfuzja i transport aktywny
- Reakcje enzymatyczne, model Michaelisa-Mentena, hamowanie reakcji enzymatycznych, model jednoprzęściowy
- Siły mezoskopowe – siły Van der Waals'a, wiązania wodorowe, oddziaływania elektrostatyczne i hydrodynamiczne, fluktuacje
- Transport elektronów (ładunków) w układach biologicznych – efekt tunelowy, teorie Hopfielda, klasyczna teoria Marcusa, model superwymiany
- Transport energii: model Dextera i Förstera
- Fotosynteza tlenowa i beztlenowa, rozwój życia na Ziemi, wydajność transportu energii elektronów na różnych etapach procesu fotosyntezy
- Zastosowania mechanizmów fotosyntezy w medycynie, farmacji bioenergetyce i elektronice, sztuczne pompy jonowe
- Paradoks stresu tlenowego, wolne rodniki, prenyllipidy i chlorofile w zastosowaniu medycznym i biotechnologicznym; implanty siatkówki
- Przejścia fazowe pierwszego, drugiego i nieskończonego rzędu, przykłady ich występowania, krystalizacja, separacja fazowa.
- Nieliniowość procesów w przyrodzie, chaos, zastosowania w medycynie

## Dozymetria promieniowania jądrowego

- Wielkości opisujące oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią, jednostki używane w dozymetrii. Kerma, fluencja, składniki kermy, dawka zaabsorbowana.
- Porównanie pojęcia energii wniesionej, energii przekazanej, energii przekazanej netto.
- Ekspozycja, wielkości i jednostki używane ochronie radiologicznej
- Równowaga cząstek naładowanych (CPE)
- Definicja CPE, CPE w pomiarach ekspozycji, związek dawki zaabsorbowanej z ekspozycją, równowaga przejściowa (TCPE)
- Przekaz energii w oddziaływaniach promieniowania gamma i X z materią
- Zależności energetyczne w efekcie Comptona, efekcie fotoelektrycznym, tworzeniu par oraz deekscytacji wzbudzonych atomów
- Całkowity współczynnik osłabienia, współczynnik przekazu energii do cząstek naładowanych, współczynnik absorpcji energii
- Dozymetria cząstek naładowanych
- Rodzaje oddziaływań cząstek naładowanych, zdolność hamowania, zasięg cząstek naładowanych.
- Obliczenia dawki zaabsorbowanej dla ciężkich cząstek naładowanych i elektronów
- Dawka w cienkich warstwach, poprawki na promieniowanie  $\delta$ , poprawki na rozproszenie cząstek naładowanych.
- Dawki w warstwach o pośredniej grubości, dawki w warstwach większych od zasięgu cząstek naładowanych, głębokościowy rozkład dawki dla cząstek naładowanych.

- Teoria „wnęki”
- Teoria Bragga-Grey’a, teoria Burlina.
- Obliczanie dawek w ośrodkach na bazie wskazań dozymetrów
- Podstawy dozymetrii
- Definicje dozymetrii radiacyjnej.
- Interpretacja pomiarów dozymetrycznych dla fotonów i neutronów.
- Interpretacja pomiarów dozymetrycznych dla cząstek naładowanych.
- Podstawowe charakterystyki dozymetrów.
- Komora jonizacyjna
- Komora wolno powietrzna, komora wnękowa, kalibracja komór dla fotonów i elektronów
- Dozymetry całkujące
- Podstawy fizyczne działania dozymetrów, dozymetry termoluminescencyjna, dozymetry scyntylacyjne, dozymetry fotograficzne, dozymetry chemiczne, dozymetry kalorymetryczny, wady i zalety dozymetrów
- Dozymetria neutronów
- Oddziaływanie neutronów z tkanką, przekaz energii w zderzeniach i reakcjach jądrowych, dozymetria mieszanych neutronowych i fotonowych pól radiacji.

## **Radiochemia i chemia radiacyjna**

- Naturalne pierwiastki promieniotwórcze  $^{40}\text{K}$ ,  $^3\text{T}$ ,  $^{14}\text{C}$ . Otrzymywanie, właściwości, zastosowanie
- Pierwiastki szeregów promieniotwórczych.
- Właściwości chemiczne i jądrowe toru i uranu i ich zastosowania.
- Technologia otrzymywania tlenku uranu.
- Technologia otrzymywania uranu metalicznego.
- Aktynowce
- Metody wydzielania mikro-ilości pierwiastków.
- Współstrącanie.
- Ekstrakcja.
- Chromatografia
- Metody otrzymywania i właściwości transuranowców.
- Odpady promieniotwórcze.
- Otrzymywanie izotopów promieniotwórczych. Produkcja sztucznych radioizotopów i związków znaczonych.
- Przeróbka wypalonego paliwa jądrowego. Napromienianie tarcz w reaktorze. Napromienianie tarcz w cyklotronie. Przeróbka paliwa z reaktora krótko pracującego tzw. „świeżego paliwa”
- Efekty izotopowe. Fizyczny. Chemiczny. W kinetyce chemicznej – równowagowy
- Reakcje wymiany izotopowej. Kinetyka jednorodnej wymiany izotopowej
- Metody rozdzielania izotopów. Absolutne. Statystyczne. Metoda destylacji frakcjonalnej. Metoda elektrolityczna. Metoda dyfuzyjna. Termodyfuzja. Metody wymiany izotopowej. Metoda elektromagnetyczna. Metoda odwirowania
- Zastosowanie izotopów promieniotwórczych jako wskaźników w badaniach procesów chemicznych, biochemicznych, technicznych i w medycynie
- Metoda rozcieńczenia izotopowego
- Efekt Szilarda-Chalmersa

- Podstawowe procesy radiacyjne. Procesy pierwotne w chemii radiacyjnej. Tworzenie się i dezaktywacja cząsteczek wzbudzonych. Tworzenie się par jonowych – pierwotne procesy jonowe. Reakcje powstałych elektronów i jonów. Wolne rodniki. Reakcje jonowo-cząsteczkowe
- Metody pomiarowe w chemii radiacyjnej. Optyczne metody pomiarowe w chemii radiacyjnej.
- Radioluminescencja. EPR – zastosowania w chemii radiacyjnej.
- Radioliza wody i roztworów wodnych. Wydajność radiacyjna.
- Radioliza węglowodorów nasyconych i nienasyconych.
- Polimeryzacja radiacyjna i działanie promieniowania jonizującego na polimery.
- Chemia radiacyjna związków biologicznych.
- Efekty radiacyjne w nieorganicznych ciałach stałych. Efekty radiacyjne w kryształach jonowych. Defekty ciała krystalicznego. Efekty radiacyjne w metalach i stopach.
- Zastosowania radiacyjnej techniki utrwalania żywności. Utrwalanie żywności. Sterylizacja utensyliów medycznych. Przedłużanie świeżości ziemniaków i cebuli .
- Rentgenowska analiza fluorescencyjna
- Analiza aktywacyjna.

## Ochrona radiologiczna

- Wielkości i jednostki stosowane w ochronie radiologicznej
- Charakterystyka naturalnych źródeł promieniowania jonizującego
- Charakterystyka sztucznych źródeł promieniowania jonizującego
- Biologiczne skutki oddziaływania promieniowania jonizującego na organizm
- Ogólna koncepcja ochrony radiologicznej
- Prawo Atomowe i system zapewniający bezpieczeństwo jądrowe i ochronę radiologiczną w Polsce
- Inspektor ochrony radiologicznej
- Dawki graniczne Kontrola dawek
- Zasady bezpiecznej pracy ze źródłami promieniotwórczymi
- Ewidencja i kontrola źródeł promieniotwórczych
- Odpady promieniotwórcze
- Materiały jądrowe
- Postępowanie awaryjne
- Transport materiałów promieniotwórczych