

# Egzamin wstępny na studia drugiego stopnia **Mikro- i nanotechnologie w biofizyce**

24 maja 2021

## **1 Mechanika i fizyka statystyczna**

- Zasady dynamiki Newtona.
- Zasady zachowania pędu, energii, momentu pędu.
- Siły bezwładności w ruchu postępowym i obrotowym.
- Pole potencjalne. Pole grawitacyjne.
- Operator nabra i jego zastosowania.
- Drgania swobodne i tłumione. Rezonans amplitudy.
- Masa relatywistyczna.
- Transformacja Lorentza.
- Równanie ciągłości.
- Fizyka cieczy
- Rozkład Gaussa, zastosowanie.
- Rozkład Bernoulliego, zastosowanie.
- Rozkład Maxwella–Boltzmanna, zastosowanie..
- Zasady termodynamiki.
- Funkcja stanu. Potencjały termodynamiczne.
- Tożsamości Maxwella.
- Entropia w przemianach nierównowagowych.
- Formalizm sumy statystycznej.
- Gaz van der Waalsa.
- Zjawisko dyfuzji i jego opis teoretyczny.

## 2 Elektromagnetyzm i optyka

- Prędkość fal sprężystych.
- Pojęcia ośrodka dyspersyjnego i prędkości grupowej.
- Charakterystyka fali stojącej.
- Podstawowe zjawiska i efekty relatywistyczne.
- Pojęcia natężenia pola elektrycznego i potencjału elektrycznego.
- Prawo Gaussa i jego zastosowanie do opisu pola elektrycznego ładunków przestrzennych.
- Dielektryki i ich polaryzacja. Elektryczny moment dipolowy.
- Zasada zachowania ładunku — równanie ciągłości.
- Pole magnetyczne: prawo Ampera, siła Lorentza.
- Ruch ładunku w polu magnetycznym i elektrycznym.
- Indukcja elektromagnetyczna i prawo Faraday'a.
- Zjawisko indukcji własnej i wzajemnej.
- Impedancja w obwodach prądu przemiennego; drgania obwodu RLC i rezonans elektromagnetyczny.
- Paramagnetyki i ferromagnetyki.
- Równania Maxwella i ich fizyczna interpretacja.
- Płaska, harmoniczna fala elektromagnetyczna — opis i równanie.
- Widmo promieniowania elektromagnetycznego.
- Prawa odbicia i załamania; całkowite wewnętrzne odbicie.
- Interferencja i dyfrakcja światła.
- Polaryzacja światła.

## 3 Matematyczne metody fizyki

- Liczby zespolone:
  1. podstawowe działania: dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie,
  2. przedstawienia: algebraiczne, trygonometryczne, wykładnicze, macierzowe,
  3. potęgowanie i pierwiastkowanie liczb zespolonych,
  4. rozwiązywanie równań algebraicznych dziedzinie zespolonej.
- Struktury algebraiczne
  1. pojęcia: struktury algebraicznej, nośnika struktury algebraicznej i typu struktury algebraicznej,
  2. pojęcia wewnętrznego i zewnętrznego działania  $n$ -argumentowego,

3. fundamentalne własności działań dwuargumentowych,
  4. podstawowe struktury algebraiczne: półgrupa, monoid, grupa, pierścień, ciało,
- Macierz i wyznacznik
    1. podstawowe działania na macierzach: dodawanie, odejmowanie, mnożenie i odwracanie,
    2. pojęcia sprzężenia zespolonego, hermitowskiego, transpozycji macierzy,
    3. warunki hermitowskości, inwolucyjności, idempotentności i nilpotentności macierzy,
    4. pojęcie wyznacznika i jego podstawowe własności,
    5. zasady obliczania wyznaczników z macierzy kwadratowych dowolnego stopnia.
  - Układy równań liniowych
    1. pojęcie układu  $n$  równań liniowych o  $m$ , analiza macierzowa takiego układu równań,
    2. metody rozwiązywania układów równań liniowych,
    3. twierdzenia Cramera i Kroneckera-Cappelego wraz z wnioskami z nich wynikającymi.
  - Przestrzenie liniowe i przekształcenia liniowe
    1. podstawowe pojęcia: przestrzeń liniowa, kombinacja liniowa, liniowa zależność i niezależność wektorów,
    2. pojęcia: baza, rozkład wektora w bazie, wymiar przestrzeni
    3. macierz przekształcenia liniowego, składanie przekształceń liniowych.
  - Zagadnienie własne dla macierzy
    1. pojęcia: równanie własne, wektory i wartości własne,
    2. procedura znajdowania wartości własnych i wektorów własnych dla macierzy.
  - Przestrzenie euklidesowe
    1. ogólne pojęcie iloczynu skalarnego i jego własności,
    2. podstawowe działania na wektorach i ich interpretacja geometryczna,
    3. iloczyn wektorowy i mieszany w przestrzeni trójwymiarowej,
    4. ortogonalizacja Grama-Schmidta.

## 4 Statystyka

- Podstawy kombinatoryki: wariacje, permutacje, kombinacje.
- Własności prawdopodobieństwa.
- Prawdopodobieństwo warunkowe, całkowite.
- Twierdzenie Bayesa i analiza Bayesowska.
- Zmienna dyskretna — rozkłady i ich parametry.
- Zmienna ciągła — rozkłady i ich parametry.

- Zmienna 2D, kowariancja i korelacja.
- Estymacja parametryczna i nieparametryczna.
- Testowanie hipotez statystycznych.
- Rachunek niepewności.

## 5 Podstawy chemii

- Budowa atomu.
- Obszary orbitalne, atomy wieloelektronowe, konfiguracja elektronowa, hybrydyzacja atomu węgla.
- Układ okresowy — budowa, zależności, zmiany własności fizyko-chemicznych pierwiastków w obrębie grup i okresów.
- Jonizacja, powinowactwo elektronowe, elektroujemność.
- Wiązania chemiczne — rodzaje, tworzenie wiązań pojedynczych i wielokrotnych.
- Stan gazowy, prawa gazu doskonałego, ruch cząsteczek w gazach, prawo Grahama, prawo rozkładu prędkości Maxwella.
- Kinetyka chemiczna, szybkość reakcji, równania kinetyczne, kontrolowanie szybkości reakcji.
- Równowaga chemiczna, stała równowagi, równowagi homo- i heterogeniczne, wpływ środowiska na równowagę chemiczną.
- Związki nieorganiczne — charakterystyka grup i ich własności fizyko-chemicznych.
- Reakcje w wodnych roztworach, elektrolity mocne i słabe, dysocjacja elektrolityczna, stała dysocjacji, stopień dysocjacji, kwasy i zasady — teorie.
- Reakcje utleniania i redukcji.
- Elektrochemia — reakcje połówkowe, ogniwa, elektrody, baterie i akumulatory, elektroliza.

## 6 Wprowadzenie do biomechaniki

- Kość — budowa, rodzaje, funkcje, własności, fizjologia.
- Mięśnie — budowa, rodzaje, funkcje, własności, fizjologia.
- Stawy — budowa, rodzaje, funkcje, własności.
- Opis ruchu bryły sztywnej (dynamika i kinematyka).
- Model szkieletu, model mięśni, model kości i ich przebudowy.
- Stałe materiałowe.
- Naprężenia i odkształcenia (w reprezentacji tensorowej).
- Prawo Hooke'a (w reprezentacji tensorowej).
- Testy mechaniczne (ściskanie, rozciąganie, skręcanie, zginanie).

## 7 Wstęp do fizyki kwantowej

- Kwantyzacja ładunku elektrycznego, ładunek elementarny.
- Promieniowanie termiczne. Prawo Stefana–Boltzmana. Prawo przesunięć Wiena.
- Ciało doskonale czarne. Teoria Plancka promieniowania termicznego.
- Promieniowanie reliktowe.
- Foton — kwant energii pola elektromagnetycznego.
- Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne.
- Równoważność energii i masy. Zjawisko kreacji i anihilacji.
- Odkrycie jądra atomowego dowiadczanie Rutherforda.
- Model atomu wodoru Rutherforda i Bohra.
- Serie widmowe.
- Falowa natura cząstek. Dyfrakcja elektronów i neutronów.
- Postulaty mechaniki kwantowej.
- Równanie Schroedingera.
- Cząstka w studni energii potencjalnej.
- Równanie Schroedingera dla atomu wodoru.
- Liczby kwantowe.
- Układ okresowy pierwiastków.
- Struktura pasmowa ciał stałych.
- Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią.
- Pochodzenie pierwiastków we Wszechświecie.

## 8 Wstęp do fizyki materiałów polimerowych

- Mikrostruktura polimerów: oddziaływania międzycząsteczkowe, konformacja i konfiguracja.
- Metody polimeryzacji: stopień polimeryzacji, rozkład masy cząsteczkowej.
- Struktura polimerów w stanie skondensowanym: polimery amorficzne, krystalizacja.
- Roztwory i stopy polimerowe.
- Termiczne i mechaniczne własności polimerów.
- Elektryczne własności polimerów, polimery przewodzące.
- Polimery ciekłokrystaliczne — sieci polimerowe o zmiennej konformacji.

## 9 Wprowadzenie do elektroniki

- Prawo Ohma i prawa Kirchhoffa dla obwodów prądu stałego.
- Źródła napięciowe i prądowe, twierdzenie Thevenina–Nortona.
- Parametry sygnałów deterministycznych i stochastycznych: amplituda, wartość średnia, skuteczna.
- Relacje prądowo-napięciowe dla elementów R, L, C dla prądu zmiennego, impedancja zespolona.
- Widmo częstotliwościowe sygnału periodycznego — rozwinięcie w szereg Fouriera.
- Charakterystyka amplitudowa, fazowa i odpowiedź skokowa obwodu całkującego — filtru dolno-przepustowego R-C.
- Charakterystyka amplitudowa, fazowa i odpowiedź skokowa obwodu różniczkującego — filtru górno-przepustowego C-R.
- Schemat zastępczy i parametry idealnego wzmacniacza operacyjnego.
- Wzmacniacz odwracający zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny, wzmocnienie, rezystancja wejściowa, rezystancja wyjściowa.
- Wzmacniacz nieodwracający zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny, wzmocnienie, rezystancja wejściowa, rezystancja wyjściowa.
- Parametry rzeczywistych wzmacniaczy operacyjnych.
- Charakterystyka częstotliwościowa i pole wzmocnienia wzmacniacza operacyjnego.
- Schemat zastępczy i parametry komparatora napięciowego.
- Podstawowe bramki logiczne i ich tablice prawdy.
- Zasada działania i tablica przejść przerzutników typu zatrzask (przerzutnik D).
- Zasada działania i tablica przejść przerzutników typu flip-flop (przerzutnik JK).
- Podstawy fizyki półprzewodników.
- Tranzystor bipolarny — budowa i zastosowania.
- Tranzystor MOSFET — budowa i zastosowania.
- Budowa i zasada działania bramek logicznych CMOS.

## 10 Biofizyka

- Zasady termodynamiki: 0, I, II, III.
- Potencjały (funkcje) termodynamiczne.
- Potencjały: chemiczny i elektrochemiczny.
- Równowaga chemiczna: zasada przekory.
- Bodźce i przepływy, dyfuzja i elektrodyfuzja.

- Zasada Onsagera i Prigogina.
- Potencjał redokсовy, transport elektronów, łańcuch oddechowy.
- Równowagi heterofazowe: elektrolit, elektroda, potencjał elektrodowy, pH, potencjometria.
- Transport jonów, kanały jonowe, osmoza.
- Potencjał błonowy, równowagi membranowe.
- Kinetyka chemiczna: szybkość reakcji, stałe szybkości reakcji, postęp reakcji, powinowactwo chemiczne.
- Równanie Arrheniusa i teoria kompleksu aktywnego.
- Kinetyka enzymatyczna: równanie Michaelisa–Menten.
- Oddziaływanie receptor-ligand: układy dwustanowe, kooperatywność.
- Elementarna chemia kwantowa: opis stanów elektronów w molekułach, hybrydyzacja.
- Spin i paramagnetyzm: tlen, stany singletowe i trypletowe.
- Wolne rodniki i stress oksydacyjny.
- Podstawowe prawa fotochemii.
- Diagram Jabłońskiego.
- Prawo Lamberta–Beera. Pojęcie przekroju czynnego.
- Spektroskopia absorpcyjna i fluorescencyjna.
- Wydajność kwantowa i reakcje fotouczulane.
- Promieniowanie jonizujące: dawki, wydajność radiacyjna.
- LET i względna skuteczność biologiczna (WSB).
- Radioliza wody, kinetyka kompetycyjna, radioprotektory i radiouczulacze.
- Krzywe przeżywalności i efekt tlenowy.

## 11 Podstawy biotechnologii

- Biotechnologia tradycyjna i nowoczesna — obszar badań, przykłady procesów i zastosowań.
- Metody inżynierii genetycznej (technologia rekombinowanego DNA, wektory, PCR, qPCR RT, rodzaje hybrydyzacji kwasów nukleinowych, techniki analizy ekspresji genów, sekwencjonowanie genomów).
- Metody pozyskiwania i selekcji czystych kultur mikroorganizmów na potrzeby bioinżynierii przemysłowej.
- Etapy procesu biotechnologicznego.
- Budowa i rodzaje bioreaktorów.
- Kontrola procesów biotechnologicznych (wielkości fizyczne i chemiczne mierzone w czasie pracy bioreaktora).

- Rodzaje i charakterystyka procesów upstream processing i downstream processing.
- Rodzaje procesów biotechnologicznych (biosynteza, biodegradacja, biotransformacja).
- Rodzaje fermentacji i ich charakterystyka (fermentacja alkoholowa, metanowa, mlekowa).
- Immobilizacja biokatalizatorów (rodzaje i zastosowanie).
- Procesy fizyczne wykorzystywane w izolacji i oczyszczaniu produktów procesu biotechnologicznego.
- Znaczenie enzymów w procesach fermentacyjnych.
- Przykłady procesów biotechnologicznych w przemyśle.
- Rodzaje substancji farmaceutycznych pozyskiwanych na metodami biotechnologicznymi.
- Obszar badań nanobiotechnologii.

## 12 Wstęp do cyfrowego przetwarzania sygnałów

- Sygnały dyskretne w czasie.
- Okresowe próbkowanie sygnałów.
- Przetwarzanie analogowo-cyfrowe ADC i cyfrowo-analogowe DAC.
- Architektury przetworników DAC i ADC.
- Transformata Z.
- Dyskretna transformata Fouriera DFT, efekt upływu DFT i metoda okien.
- Liniowe filtry cyfrowe.
- Filtry o skończonej odpowiedzi impulsowej FIR.
- Filtry o nieskończonej odpowiedzi impulsowej IIR.
- Metody projektowania filtrów FIR.
- Metody projektowania filtrów IIR.

## 13 Wprowadzenie do nanotechnologii

- Klasyfikacja ciał stałych ze względu na wykazywane symetrie.
- Sieci Bravais'go, rodzaje i własności komórek elementarnych.
- Dyfrakcja na sieci krystalicznej w ujęciu Bragga.
- Wskaźniki Millera.
- Czynniki struktury i jego wpływ na widma dyfrakcyjne.
- Dynamika sieci krystalicznej w ujęciu Einsteina i Debye'a.
- Efekty związane z anharmonicznością drgań sieci krystalicznej.



- Elektrony swobodne w metalu — model Sommerfelda i Blocha.
- Rozkład Fermiego–Diraca, kula Fermiego i gęstość stanów.
- Gęstość stanów elektronowych w układach niskowymiarowych.
- Oporność właściwa metali w funkcji temperatury.
- Efekt Halla, magnetoopór.
- Nadprzewodnictwo, model BCS, podstawowe właściwości nadprzewodników.
- Magnetyzm — podatność magnetyczna, model średniego pola.
- Ferromagnetyki i antyferromagnetyki.
- Pochodzenie właściwości magnetycznych — reguły Hunda.
- Materiały nanostrukturalne — charakteryzacja, wytwarzanie, zastosowania.
- Grafen i nanostruktury węglowe — podstawowe właściwości i zastosowania.
- Materiały mikroporowate w tym metaloorganiczne (MOF) — budowa i właściwości.

## 14 Mikrotomografia

- Promieniowanie rentgenowskie.
- Lampa rentgenowska.
- Oddziaływanie promieniowania rentgenowskiego z materią.
- Rozdzielczość, kontrast, stosunek sygnału do szumu.
- Transformata Radona.
- Metody rekonstrukcji obrazu tomograficznego.
- Geometria pomiaru tomograficznego.
- Parametry pomiaru tomograficznego.
- Kalibracja tomografu przed pomiarem.
- Segmentacja i progowanie.
- Parametry morfometryczne struktur porowatych.
- Analiza cząstek w 2D i 3D.
- Artefakty pomiarowe.
- Systemy CT i ucT.

## 15 Bioenergetyka i bionika

- Białka — struktura, ich własności i funkcje.
- Reakcje enzymatyczne (kompetencyjne, niekompetencyjne, allosteryczne).
- Błony biologiczne (funkcje, budowa, kanały jonowe i wodne).
- Transport elektronów w układach biologicznych.
- Transport energii w układach biologicznych (promienisty i bezpromienisty).
- Przejścia fazowe w układach biologicznych (tworzenie się uporządkowanych struktur białkowych).
- Stres tlenowy, mechanizmy ochronne.
- Fotosynteza i jej zastosowania.
- Bionika (ogniwa paliwowe, nanomaszyny).