

Egzamin wstępny na studia drugiego stopnia —  
**Fizyka medyczna**

7 czerwca 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 nabla 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–Boltzmana, 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

- Ładunek elektryczny, prawo Coulomba i prawo Gaussa.
- Kondensator i pojemność elektryczna.
- Prąd, opór elektryczny i opór elektryczny właściwy.
- Prawo Ohma i prawa Kirchoffa.
- Pole magnetyczne, siła Lorentza.
- Ruch cząstki naładowanej w skrzyżowanych polach  $\vec{E}$  i  $\vec{B}$ .
- Prawo Biot–Savarta i prawo Ampera.
- Solenoid i prawo indukcji Faradaya.
- Rodzaje materiałów magnetycznych.
- Prawa Maxwella.
- Obwody RL, RC, LC i RLC.
- Równanie falowe oraz parametry opisujące falę oraz związki między nimi.
- Zjawiska falowe: superpozycja, interferencja, fale stojące, dudnienia, zjawisko Dopplera.
- Zasady Hughensa i Fermata.
- Widmo fal elektromagnetycznych i widmo światła. Rozszczepienie, dyspersja.
- Zjawisko odbicia, załamania i całkowitego wewnętrznego odbicia (w tym kąt Brewstera).
- Rodzaje i wady soczewek.
- Umiejętność rysowania biegu promieni świetlnych przez dowolny układ dwóch soczewek.
- Przyrządy optyczne (oko, lupa, mikroskop, luneta Keplera, luneta Galileusza, aparat foto).
- Zwierciadła i umiejętność rysowania biegu promieni w zwierciadle.
- Doświadczenie Younga (w tym definicja światła spójnego).
- Dyfrakcja na pojedynczej i na podwójnej szczelinie, siatki dyfrakcyjne.

### 3 Wstęp do fizyki atomowej i kwantowej

- Promieniowanie termiczne, ciało doskonale czarne.
- Prawo Stefana, prawo przesunięć Wiena.
- Teoria Rayleigha–Jeansa: katastrofa w nadfiolecie.
- Teoria Plancka promieniowania termicznego.
- Teoria Bohra układów wodoropodobnych, serie widmowe.
- Doświadczenie Francka–Hertza.
- Zjawisko fotoelektryczne, częstość progowa.
- Opis Einsteina zjawiska fotoelektrycznego.
- Zjawiska Thomsona i Comptona.
- Wytwarzanie promieniowania rentgenowskiego.
- Widmo liniowe i ciągłe promieniowania rentgenowskiego.
- Prawo Moseley’a.
- Krecja i anihilacja par.
- Fale materii — hipoteza de Broglie’a.
- Doświadczenie Davissona–Germera.
- Mechanika falowa Schrodingera (postulaty), równanie własne operatora.
- Równanie Schrodingera zależne i niezależne od czasu.
- Wartości własne operatora energii dla oscylatora harmonicznego.
- Zasada nieoznaczoności Heisenberga.
- Równanie Schrodingera dla atomu wodoru — liczby kwantowe.
- Stopień degeneracji poziomów energetycznych.
- Orbitalny i spinowy magnetyczny moment dipolowy.
- Doświadczenie Sterna–Gerlacha.
- Oddziaływanie spin-orbita; sprzężenia:  $L - S$  i  $j - j$ .
- Czynniki Landego.
- Efekt Zeemana, efekt Starka.
- Konfiguracje elektronów w atomie, układ okresowy pierwiastków.
- Stany wieloelektronowe — termy spektralne.
- Emisja spontaniczna i wymuszona, inwersja obsadzeń.
- Reguły Hunda.
- Reguły wyboru.
- Szerokość linii widmowych.

## 4 Biochemia

- Podstawowe informacje o budowie białek, kwasów nukleinowych, lipidów i węglowodanów z uwzględnieniem glikoprotein.
- Hemoglobina jako białko allosteryczne.
- Charakterystyka enzymów Michaelisa–Menten i enzymów allosterycznych.
- Metody służące identyfikacji białek.
- DNA jako przenośnik informacji genetycznej.
- Przepływ informacji w komórce.
- Procesy zachodzące z udziałem kwasów nukleinowych.

## 5 Podstawy fizyki i techniki jądrowej

- Własności fizyczne jąder. Masa i rozmiary jąder atomowych. Siły jądrowe.
- Energia wiązania jądra i defekt masy. Ścieżka stabilności jąder.
- Modele budowy jąder atomowych.
- Prawo rozpadu promieniotwórczego, aktywność źródła.
- Przekrój czynny.
- Przemiany jądrowe. Rozpad  $\alpha$ ,  $\beta$ , emisja kwantów gamma i neutronów. Promieniowanie wtórne.
- Wymuszone przemiany jąder atomowych. Reakcje rozszczepienia i syntezy.
- Zjawiska atomowe towarzyszące przemianom jądrowym.
- Oddziaływanie promieniowania z materią, prawo absorpcji promieniowania.
- Metody detekcji promieniowania.
- Naturalne szeregi promieniotwórcze. Izotopy naturalne i produkowane sztucznie.
- Rentgenowska analiza fluorescencyjna.
- Neutronowa analiza aktywacyjna.
- Zastosowanie promieniowania do celów datowania, kontrolno-pomiarowych i medycznych. Produkcja izotopów.
- Podstawy energetyki jądrowej.

## 6 Radiochemia

- Równowagi promieniotwórcze.
- Trwałość jąder i ich występowanie w przyrodzie.
- Radioizotopy naturalne, lekkie — T,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{40}\text{K}$ .
- Rodziny promieniotwórcze.
- Właściwości chemiczne pierwiastków szeregów promieniotwórczych.
- Właściwości chemiczne i jądrowe toru i uranu i ich zastosowania.
- Metody wydzielania mikro-ilości pierwiastków.
- Przeróbka wypalonego paliwa reaktorowego.
- Metody otrzymywania izotopów promieniotwórczych.
- Pierwiastki transuranowe.
- Efekty izotopowe.
- Wymiana izotopowa — mechanizmy wymiany.
- Kinetyka jednorodnej wymiany izotopowej.
- Metody rozdzielania izotopów.
- Wskaźniki promieniotwórcze.
- Zastosowania metody wskaźnikowej.
- Metoda rozcieńczenia izotopowego.
- Efekt Szilarda-Chalmersa.

## 7 Chemia radiacyjna

- Procesy pierwotne w chemii radiacyjnej.
- Tworzenie się i dezaktywacja cząstek wzbudzonych.
- Tworzenie się par jonowych.
- Reakcje powstałych elektronów i jonów.
- Wolne rodniki.
- Rodzaje reakcji rodnikowych.
- Przenoszenie energii wzbudzenia i ładunku dodatniego.
- Reakcje jonowo cząsteczkowe.
- Optyczne metody pomiarowe w chemii radiacyjnej.
- Radioluminescencja.

- EPR-zastosowania w chemii radiacyjnej.
- Zastosowanie spektrometrii masowej w chemii radiacyjnej.
- Radioliza wody-wydajność radiacyjna.
- Radioliza związków biochemicznych.
- Oddziaływanie promieniowania jonizującego na komórki i organizmy żywe: utrwalanie żywności, sterylizacja utensyliów lekarskich.
- Metoda aktywacji neutronowej.
- Metoda fluorescencji rentgenowskiej.

## 8 Podstawy fizyki medycznej

- Regulacje prawne dotyczące zawodu fizyka medycznego.
- Podstawy fizyczne rentgenowskiej tomografii komputerowej (CT).
- Dozymetria promieniowania jonizującego (np. dawki i wielkości robocze).
- Szacowanie dawki w CT.
- Podstawy fizyczne PET oraz SPECT (np. metody kolimacji).
- Testy kontroli jakości aparatów PET oraz SPECT z uwzględnieniem wykorzystywanych fantomów.
- Podstawy fizyczne radioterapii (np. źródła promieniowania, teleradioterapia i brachyterapia).
- Techniki radioterapeutyczne (np. 3DCRT, IMRT, VMAT).
- Planowanie leczenia w radioterapii (np. wprost i odwrotne).
- Podstawy fizyczne MRI (np. impulsy RF, obrazowanie T1 i T2 zależne).
- Podstawy fizyczne ultrasonografii (np. impedancja akustyczna).
- Metody rekonstrukcji obrazów medycznych.
- Podstawy fizyczne terapii fotodynamicznej (PDT).
- Podstawy fizyczne tomografii optycznej.
- EKG i EEG jako sygnały biomedyczne (np. wartości potencjału).
- Podstawy fizyczne działania AED.
- Podstawy fizyczne działania kardiostymulatora.
- Skutki biologiczne ekspozycji na promieniowanie jonizujące i niejonizujące.
- Radiofarmaceutyki i radioizotopy wykorzystywane w SPECT i PET (np. własności, otrzymywanie).

## 9 Podstawy 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.
- Charakterystyki Bodego
- Parametry linii transmisyjnej: impedancja charakterystyczna i czas opóźnienia, dopasowanie linii.
- 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.
- Wzmacniacz transrezystancyjny zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny.
- Parametry rzeczywistych wzmacniaczy operacyjnych.
- Charakterystyka częstotliwościowa i pole wzmocnienia wzmacniacza operacyjnego.
- Schemat zastępczy i parametry komparatora napięciowego.
- Podstawowe bramki logiczne i ich tablice prawdy.
- Metody minimalizacji funkcji logicznych.
- Zasada działania i tablica przejść przerzutników typu zatrzask (przerzutnik D).
- Zasada działania i tablica przejść przerzutników typu flip-flop (przerzutnik JK).

## 10 Statystyka inżynierska

- 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.

## 11 Dozymetria promieniowania jonizującego

- Pojęcie dawki pochłoniętej, promieniowanie jonizujące bezpośrednio i pośrednio, dla jakiego promieniowania dawka ma zastosowanie.
- Pojęcie kermy, dla jakiego promieniowania ma zastosowanie, kerma zderzeniowa i radiacyjna dla fotonów oraz neutronów.
- Dawka równoważna i dawka skuteczna, czynniki wagowe promieniowania i narządów.
- Główne źródła ekspozycji człowieka na promieniowanie jonizujące (udział procentowy).
- Dawki graniczne dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące oraz ogółu ludności.
- Równowaga przejściowa cząstek naładowanych (TCPE) dla promieniowania jonizującego pośrednio ze źródła zewnętrznego, relacja między dawką i kermą zderzeniową.
- Równowaga cząstek naładowanych (CPE), przyczyny braku CPE dla promieniowania jonizującego pośrednio ze źródła zewnętrznego.
- Oddziaływanie promieniowania fotonowego z materią, podział zjawisk ze względu na zajście lub brak przekazu energii.
- Efekt Comptona, zależności kinematyczne, zależność  $E$  fotonu rozproszonego od  $E$  fotonu pierwotnego i kąta rozproszenia (wykresy), prawdopodobieństwo zajścia zjawiska w zależności od  $E$  fotonu i  $Z$  ośrodka.
- Oddziaływanie cząstek naładowanych z materią, relacja pomiędzy promieniem atomu i klasycznym parametrem oddziaływania.



- Masowa zderzeniowa zdolność hamowania dla ciężkich cząstek naładowanych, parametry, od których zależy.
- Dozymetry absolutne.
- Detektory gazowe, parametry możliwe do określenia przy ich użyciu.
- Budowa, własności i zastosowanie komór wolnopowietrznych o zmiennej długości.
- Konstrukcje komór jonizacyjnych, komory stosowane do pomiarów rozkładów głębokościowych dawki.
- Metody wytwarzania i forma detektorów termoluminescencyjnych.
- Wady i zalety detektorów termoluminescencyjnych.
- Dozymetry kalorymetryczne, parametry wpływające na wzrost temperatury w objętości czynnej dozymetru.
- Dozymetry chemiczne, dozymetr Frickego.
- Podział neutronów ze względu na energię, reakcje zachodzące w organizmie z udziałem neutronów o różnych energiach oraz ich wkład do dawki.

## 12 Ochrona radiologiczna

- Wielkości i jednostki stosowane w ochronie radiologicznej: dawka pochłonięta, dawka równoważna, dawka skuteczna, dawka obciążająca. Zależność pomiędzy różnymi jednostkami aktywności.
- Obliczenia mocy dawki pochłoniętej od punktowego źródła promieniowania gamma. Przeliczenie cGy w powietrzu na mSv.
- Obliczenia skutecznej dawki obciążającej związanej z wchłonięciem do organizmu, drogą pokarmową/oddechową danej aktywności radionuklidu.
- Materiały stosowane w konstrukcji osłon przed poszczególnymi rodzajami promieniowania.
- Naturalne radionuklidy obecne w środowisku. Izotopy radonu i źródła radonu w środowisku.
- Dawka skuteczna otrzymywana rocznie przez statystycznego mieszkańca Polski. Udział dawek od podstawowych źródeł promieniowania w tej dawce.
- Podział biologicznych skutków promieniowania na stochastyczne i niestochastyczne. Podstawowe grupy skutków stochastycznych i niestochastycznych.
- Choroba popromienna — lista postaci, dawka progowa.
- Definicja dawki granicznej. Wielkości, w jakich wyrażane są dawki graniczne.
- Graniczna dawka skuteczna dla pracowników i dla ogółu ludności.

- Typy uprawnień inspektora ochrony radiologicznej i odpowiadające im ogólne rodzaje działalności związanej z narażeniem.
- Struktura przepisów Prawa Atomowego w Polsce. Rodzaje reglamentacji działalności związanej ze stosowaniem źródeł promieniowania (zezwoleń i inne...).
- Rodzaje pracowni, w których odbywa się praca ze źródłami promieniowania jonizującego.
- Kategoryzacja pracowników pracujących w narażeniu na promieniowanie jonizujące. Definicja terenu nadzorowanego i kontrolowanego.
- Lista obowiązków instytucji stosującej źródła promieniotwórcze, związanych z ewidencją i coroczną kontrolą źródeł.
- Klasyfikację odpadów promieniotwórczych.
- Kryteria objęcia pracowników danym rodzajem kontroli dozymetrycznej.
- Podział zdarzeń radiacyjnych z punktu widzenia ich zasięgu. Działy, na które dzieli się Zakładowy plan postępowania awaryjnego.
- Działania interwencyjne, wprowadzane w przypadku możliwości przekroczenia poziomów interwencyjnych.
- Umowa ADR. Podział sztuk przesyłki, wielkości decydujące o kwalifikacji sztuki przesyłki do kategorii w transporcie drogowym materiałów promieniotwórczych.

## 13 Patologia komórki

- Uszkodzenia odwracalne i nieodwracalne komórek i tkanek.
- Rodzaje śmierci komórki (porównanie: apoptoza, nekroza).
- Rodzaje martwicy (martwica skrzepowa / martwica rozplywna).
- Zmiany adaptacyjne, zaburzenia rogowacenia i typy wapnienia obcosiedliskowego.
- Pojęcia: przekrwienie, obrzęk, krwotok, niedokrwienie, zakrzep, skrzep, zator, wstrząs.
- Miażdżycy i jej powikłania (zawał serca).
- Zapalenia (ostre, przewlekłe, uszkodzające, wysiękowe, wytwórcze).
- Zapalenia ziarniniakowe: gruźlica, kiła, sarkoidoza.
- AIDS.
- Pojęcia: nowotwór łagodny, miejscowo złośliwy, złośliwy, rak, chłoniak, mięsak. Złośliwość kliniczna nowotworu. Zespoły paranowotworowe. Stopień zróżnicowania i zaawansowania nowotworu.

- Raki skóry (podstawnokomórkowy i kolczystokomórkowy), rak piersi, rak przełyku, rak żołądka, rak jelita grubego, rak wątroby.
- Znamiona barwnikowe. Czerniak skóry.
- Mukowiscydoza.

## 14 Podstawy radiofarmakologii i medycyny nuklearnej

- Radiofarmaceutyki. Radioimmunologia.
- Medycyna nuklearna — procesy fizyczne. Ochrona radiologiczna pacjentów, personelu oraz ogółu ludności.
- Metody rekonstrukcji obrazów w medycynie nuklearnej.
- Teoretyczny wstęp do oceny narażenia wewnętrznego pacjenta.
- Wstęp do pozytonowej tomografii emisyjnej (PET), zastosowanie systemów hybrydowych PET/CT.
- Przydatność badań PET/CT w onkologii ze szczególnym uwzględnieniem pulmonologii, hematologii, obrazowania np. przewodu pokarmowego, neurologii, nowotworów głowy i szyi oraz do planowania radioterapii.
- Scyntygrafia układu kostnego i moczowego.
- Przydatność scyntygrafii w diagnostyce endokrynologicznej.
- Scyntygrafia perfuzyjna mięśnia sercowego.
- Scyntygrafia ośrodkowego układu nerwowego.
- Zastosowanie terapii izotopowej w endokrynologii, onkologii i reumatologii.

## 15 Biofizyka

- Zasady termodynamiki: 0, I, II, III.
- Potencjały (funkcje) termodynamiczne.
- Potencjały: chemiczny i elektrochemiczny.
- Równowaga chemiczna: zasada przekory.
- Bódźce i przepływy, dyfuzja i elektrodyfuzja.
- Zasada Onsagera i Prigogina.
- Potencjał redoksowy, 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.