

## Egzamin wstępny na studia II stopnia na kierunku Energetyka i Chemia Jądrowa

Wymagania do egzaminu:

### Matematyka

**Matematyka ogólna** Definicje podstawowych funkcji zmiennej rzeczywistej (trygonometryczne, potęgowe, wykładnicze, hiperboliczne, pierwiastki), wykresy funkcji. Funkcje odwrotne. Funkcje cyklometryczne. Granice funkcji. Ciągłość: własność przyjmowania wartości pośrednich, osiąganie kresów na przedziale domkniętych. Szeregi geometryczny i arytmetyczny, szereg Taylora. Funkcja pierwotna. Wektory na płaszczyźnie i w przestrzeni, iloczyn skalarny, iloczyn wektorowy.

**Algebra z geometrią.** Podstawowe struktury algebraiczne. Liczby rzeczywiste i zespolone. Układy równań liniowych, macierze, eliminacja Gaussa. Operacje na macierzach. Macierze jako przykład algebry, macierze odwrotne. Grupa permutacji, wyznacznik macierzy. Obliczanie i własności wyznaczników macierzy. Wzory Kramera, rozwinięcie Laplace'a. Minory, rząd macierzy, odwracanie macierzy. Przestrzenie wektorowe - liniowa niezależność wektorów, bazy. Odwzorowania liniowe i ich związek z macierzami. Wartości i wektory własne macierzy. Twierdzenia Hamiltona-Cayleya. Funkcje na macierzach. Zamiana baz, niezmienniki endomorfizmów. Przestrzenie wektorowe z iloczynem skalarnym. Ortogonalizacja Grama-Schmidta. Operatory unitarne i hermitowskie. Formy kwadratowe i klasyfikacja kwadryk.

**Rachunek różniczkowy i całkowy.** Twierdzenie o dwumianie i trójkąt Pascala. Iloczyn kartezyjski zbiorów, funkcje jako relacje, relacje równoważności. Ciągi i ich granice. Zupełność zbioru liczb rzeczywistych. Różniczkowanie: Pochodna: notacja i definicja. Interpretacje geometryczna i fizyczna. Pochodne podstawowych funkcji. Pochodne wyższego rzędu i wzór Leibniza. Pochodna funkcji odwrotnej. Wzór Taylora. Maksima i minima. Badanie funkcji: monotoniczność, wypukłość i punkty przegięcia, lokalne ekstrema, znajdowanie wartości największych i najmniejszych funkcji różniczkowalnej na przedziale. Całkowanie: Antyróżniczkowanie i całka nieoznaczona. Systematyczne metody całkowania. Całki podstawowych funkcji. Całka oznaczona i całki niewłaściwe. Interpretacje geometryczna i fizyczna. Szeregi nieskończone: Szeregi liczbowe, kryteria zbieżności. Szeregi potęgowe, promień zbieżności. Wielowymiarowy rachunek różniczkowy: Różniczkowanie funkcji dwóch i trzech zmiennych. Pochodne cząstkowe. Płaszczyzna styczna i prosta normalna do powierzchni. Gradient. Pochodna w dowolnym kierunku i wzór Taylora. Maksima i minima oraz inne punkty stacjonarne. Metoda najmniejszych kwadratów. Różniczkowanie niejawne. Maksima i minima z więzami, mnożniki Lagrange'a. Równania różniczkowe zwyczajne: Równania pierwszego rzędu. Ścisłe rozwiązania pewnych typów równań. Zastosowania fizyczne i geometryczne. Równania wyższych rzędów. Układy równań różniczkowych. Całki wielokrotne: Całki podwójne. Całki

iteracyjne. Zamiana zmiennych i jacobian. Całka z funkcji Gaussa. Całki trójwymiarowe. Całki iteracyjne. Zamiana zmiennych. Współrzędne walcowe i kuliste. Zastosowania geometryczne i fizyczne. Całki niewłaściwe i całki z parametrami.

**Analiza** Lokalna i globalna aproksymacja funkcji. Równomierna zbieżność ciągów funkcji, kryteria Cauchy i Abela. Funkcje jednej zmiennej zespolonej: Odwzorowania konforemne, funkcje wieloznaczne i powierzchnia Riemanna, punkty rozgałęzienia i cięcia. Różniczkowalność w sensie zespolonym, analityczność. Pochodna funkcji zespolonej i wzory Cauchy-Riemanna, funkcje harmoniczne. Całki konturowe na płaszczyźnie zespolonej. Twierdzenia Cauchy i Morery, wzory Cauchy, lemat Jordana. Szeregi Taylora i Laurenta. Przedłużenie analityczne. Klasyfikacja punktów osobliwych. Twierdzenie o residuach i jego zastosowania Zastosowanie do obliczania całek z funkcji jednoznacznych i wieloznacznych residuum logarytmiczne i w nieskończoności, dowód podstawowego twierdzenia algebry. Wartość główna całki, związki dyspersyjne i transformata Hilberta. Funkcje Eulera gamma i beta, wzór Stirlinga. Szeregi Fouriera Szeregi funkcyjne i ich zbieżność: punktowa, jednostajna i w sensie wartości średniej. Szeregi Fouriera Lemat Riemanna, warunki i twierdzenie Dirichleta, twierdzenie Parsevala. Transformata Fouriera Prosta i odwrotna transformata Fouriera, twierdzenie Parsevala. Własności transformaty Zastosowanie do liniowych równań różniczkowych cząstkowych (np. równania dyfuzji), Elementy teorii dystrybucji, delta Diraca Dystrybucje jako granice ciągów funkcji, delta Diraca i podstawowe własności laplasjan potencjału kulombowskiego i model ładunku punktowego. Elementy teorii przestrzeni Hilberta Iloczyn skalarny, odległość i norma. Operatory normalne, hermitowskie, unitarne i rzutowe. Rozkład jedyńki. Twierdzenie spektralne i funkcja od operatora. Zagadnienie Sturm-Liouville'a Zagadnienie własne dla równań różniczkowych. Wielomiany ortogonalne jako wynik ortogonalizacji Grama-Schmidta w przestrzeni Hilberta. Definicja wielomianów ortogonalnych poprzez funkcję tworzącą i ich powiązanie z wielomianami otrzymanymi w wyniku ortogonalizacji Grama-Schmidta, Wzory Rodriguesa.

## Fizyka

**Podstawowe prawa fizyki.** Zasady względności Galileusza; układy inercjalne. Transformacja Lorentza czasu i położenia i jej konsekwencje (skrócenie Lorentza, dylatacja czasu). Transformacja Lorentza pędu i energii, masa niezmiennicza. Pęd, energia całkowita i energia wewnętrzna cząstek relatywistycznych. Zasady zachowania w fizyce.

**Mechanika** Zasady dynamiki Newtona Przykłady sił potencjalnych i niepotencjalnych. Prawo powszechnego ciążenia. Opis ruchu  $N$  oddziałujących mas, w tym zagadnienie dwóch ciał i problem Keplera (środek masy i zasada zachowania momentu pędu). Moment bezwładności i zasady dynamiki ruchu bryły sztywnej. Rodzaje położeń równowagi układów mechanicznych. Małe drgania wokół położenia równowagi trwałej.

**Elektrodynamika** Prawo Coulomba, prawo Gaussa, potencjał pola elektrycznego. Prąd elektryczny, prawo Ohma, rozkład prądu i pola elektrycznego w przewodniku. Pole magnetyczne prądu stałego, prawo Ampere'a, prawo Biot-Savarta. Siła Lorentza i ruch cząstek naładowanych w polach elektrycznym i magnetycznym. Prawo indukcji Faradaya i reguła Lenza. Obwody LC i RLC: drgania, drgania tłumione i wymuszone oraz zjawisko rezonansu. Równania Maxwella.

**Drgania i fale** Ruch okresowy (parametry); rozkład na drgania proste. Oscylator harmoniczny: drgania swobodne, tłumione i wymuszone oraz zjawisko rezonansu. Zjawisko Dopplera. Fale elektromagnetyczne. Prawa odbicia i załamania fal elektromagnetycznych; współczynnik odbicia, polaryzacja fali odbitej i załamanej (kął Brewstera). Spójność, dyfrakcja i interferencja fal: dyfrakcja na pojedynczej szczelinie, doświadczenie Younga, siatka dyfrakcyjna.

**Termodynamika** Rozkład Boltzmanna, związek temperatury z energią kinetyczną cząsteczek gazu. Równanie stanu gazu doskonałego, przemiany gazowe, molowe ciepła właściwe gazów. Przemiany fazowe I rodzaju (przykłady) i współistnienie faz; przemiany fazowe II rodzaju. Gazy rzeczywiste i ciecze: para nasycona, parowanie i wrzenie.

**Fizyka kwantowa** Doświadczenia świadczące o istnieniu atomów i cząsteczek; liczba Avogadro. Statystyki kwantowe; bozony i fermiony. Hipoteza de Broglie'a, dualizm korpuskularno-falowy. Pomiar w mechanice kwantowej (obserwable); zasada nieoznaczoności. Równanie Schrödingera, funkcja falowa i jej interpretacja. . Atom wodoru w mechanice kwantowej. Stany energetyczne atomów; absorpcja i emisja promieniowania elektromagnetycznego; emisja spontaniczna i wymuszona. Model Standardowy, oddziaływania fundamentalne, cząstki elementarne - kwarki, leptony, bozony pośredniczące, cząstki zbudowane z kwarków.

**Fizyka jądrowa** Budowa jądra atomowego. Rozpady jąder atomowych (promieniowanie alfa, beta i gamma). Model powłokowy jąder atomowych: podstawy doświadczalne, potencjał modelu powłokowego, liczby magiczne, przewidywania spinów i parzystości stanów podstawowych. Deformacja jąder atomowych, model Nilssona. Przemiany jąder atomowych: rozpad alfa, beta i gamma, energia emitowanych cząstek, reguły wyboru, prawdopodobieństwa przejść. Przejścia gamma i konwersja wewnętrzna: energia emitowanych cząstek, reguły wyboru, prawdopodobieństwa przejść, emisja neutronów opóźnionych. Oddziaływanie ciężkich cząstek naładowanych z materią. Oddziaływanie elektronów z materią. Straty energii na jonizację i zasięg cząstek naładowanych. Oddziaływanie promieniowania gamma z materią (zjawisko fotoelektryczne, efekt Comptona, kreacja par). Rozszczepienie jąder atomowych. Warunki rozszczepialności, energia wyzwolana w rozszczepieniu, rozkład masowy fragmentów rozszczepienia. Rodzaje, budowa i zasada działania reaktorów jądrowych. Wytwarzanie i spowalnianie neutronów. Oddziaływanie neutronów z materią i zastosowania neutronów. Produkcja

energii w gwiazdach. Masa nuklidu, energia wiązania jądra, energia separacji cząstki. Model kroplowy. Oddziaływanie jądro-jądro: potencjał oddziaływania, rozpraszanie Rutherforda, całkowity przekrój czynny na reakcję jądrową. Mechanizmy reakcji jądrowych: reakcje wprost i przez jądro złożone, wpływ orbitalnego momentu pędu oraz całkowitego ładunku elektrycznego jąder na dynamikę przebiegu reakcji.

## Chemia

**Chemia nieorganiczna:** Budowa i właściwości atomów, orbitale atomowe i konfiguracja elektronowa, prawo okresowości pierwiastków, najważniejsze właściwości fizyczne i chemiczne pierwiastków. Właściwości i opis wiązań chemicznych (kowalencyjnych, jonowych, metalicznych), teoria wiązań walencyjnych i orbitali molekularnych, budowa prostych cząsteczek, rodzaje oddziaływań międzycząsteczkowych, wiązania wodorowe. Związki kompleksowe, teoria pola ligandów. Struktura stałych substancji nieorganicznych, w tym budowa i właściwości metali i półprzewodników, elementy teorii pasmowej ciała stałego. Główne rodzaje reakcji chemicznych: dysocjacji, kwasowo-zasadowe, wytrącania/rozpuszczania osadów, kompleksowania, utleniania/redukcji, hydroliza; teoria Brønsteda kwasów i zasad, mocne/słabe kwasy i zasady, bufory, wskaźniki pH, czynniki decydujące o rozpuszczalności osadów, właściwości i trwałość związków kompleksowych, elementy elektrochemii. Najważniejsze wielkości opisujące reakcje chemiczne: stała równowagi, iloczyn rozpuszczalności, stała dysocjacji. Rola różnego rodzaju reakcji chemicznych w środowisku naturalnym. Ogólna charakterystyka najważniejszych związków nieorganicznych: tlenków, wodorotlenków, kwasów, wodorków, wybranych soli oraz powiązanie ich właściwości z położeniem pierwiastka w układzie okresowym. Rozpuszczalność w wodzie związków nieorganicznych, postać jonów w roztworach wodnych. Metody syntezy związków nieorganicznych. Podstawowe informacje o syntezie nanocząstek nieorganicznych. Sposoby wyrażania składu mieszaniny, ułamki molowe, stężenia. Przeliczanie stężeń. Reakcje i identyfikacja: kationów metali bloków s, d i p, anionów, soli. Właściwości spektroskopowe kompleksów, miareczkowanie kompleksometryczne

**Chemia organiczna:** Nomenklatura związków organicznych. Alkany - substytucja wolnorodnikowa; stereochemia i stereoizomery. Alkeny - struktura, otrzymywanie i reaktywność. Aromatyczność - podstawienie elektrofilowe; otrzymywanie związków aromatycznych. Halogenopochodne alkilowe - otrzymywanie; podstawienie nukleofilowe. Alkohole, fenole - otrzymanie i reakcje. Etery; kwasy karboksylowe; aldehydy i ketony; aminy - otrzymywanie i właściwości fizyczne. Związki heterocykliczne. Mechanizmy reakcji: mechanizmów reakcji: podstawienia wolnorodnikowego, addycji elektrofilowej, podstawienia nukleofilowego, eliminacji, podstawienia elektrofilowego, addycji nukleofilowej. Podstawowe techniki laboratoryjne w Chemii organicznej: krystalizacja, ekstrakcja, destylacja, destylacja pod zmniejszonym ciśnieniem, chromatografia

**Chemia Fizyczna:** Zasady termodynamiki, podstawowe funkcje termodynamiczne i ich właściwości. Opis gazu doskonałego. Zastosowanie funkcji termodynamicznych do opisu zjawisk i procesów chemicznych. Wyznaczanie funkcji termodynamicznych oraz ich zmian. Warunki równowagi w układach wielofazowych jedno- i wieloskładnikowych. Reguła faz. Interpretacja diagramów fazowych. Termodynamika fazy powierzchniowej. Mechanizmy tworzenia i rozwijania powierzchni. Zjawiska na granicy różnych faz. Napięcie powierzchniowe. Koloidy i surfaktanty - właściwości, zastosowania, procesy agregacji. Właściwości materii - polarność cząsteczek, momenty dipolowe, dielektryki. Zjawiska transportu w gazach, cieczach, ciałach stałych. Podstawy kinetyki chemicznej. Stała szybkości reakcji. Równania kinetyczne, wyznaczanie stałych szybkości i rzędu reakcji. Reakcje złożone. Teoria zderzeń aktywnych, teoria kompleksu aktywnego. Kataliza. Obliczanie kinetycznych parametrów reakcji chemicznych. Podstawy elektrochemii: jonika - aktywność a stężenie jonów w roztworze, teoria Debye'a-Hückela. Ruchliwość jonów, przewodnictwo elektrolitów. Podstawy elektrochemii: elektrodyka - opis równowag jonowych, przyczyny powstawania różnicy potencjałów na granicy faz, równanie Nernsta. Półogniwa, rodzaje i zachodzące w nich reakcje. Ogniwa galwaniczne w stanie równowagi i w czasie pracy, siła elektromotoryczna. Podstawy kinetyki elektrochemicznej. Elektroliza. Kinetyka procesów elektrodowych przebiegających w różnych warunkach fizykochemicznych. Zastosowanie podstaw fizykochemii w opisie właściwości nanomateriałów.

**Chemia analityczna:** Analiza chemiczna: analiza ilościowa i jakościowa. Klasyczne i instrumentalne metody analizy. Analit, matryca, interferent. Sygnał analityczny. Analiza głównych składników, analiza śladowa. Specjacja. Metody absolutne i porównawcze. Granica wykrywalności i granica oznaczalności. Czułość metody analitycznej. Wzorce i materiały z certyfikowaną zawartością analitów. Pobieranie i przygotowanie próbek do analizy. Błędy w oznaczeniach analitycznych. Kryteria wyboru metody analizy instrumentalnej. Metody spektroskopowe: spektroskopia UV-Vis, spektrometria atomowa absorbcyjna i emisyjna, analiza fluorescencyjna, spektrometria mas. Metody elektroanalityczne: potencjometria, techniki prądowe: chronoamperometria, chronokulometria, woltamperometria, zateżanie elektrochemiczne. Metody chromatograficzne i elektromigracyjne. Metody złożone. Miniaturowe układy do analizy instrumentalnej.

**Chemia kwantowa:** Fizyczne podstawy mechaniki kwantowej. Równanie Schrödingera. Hamiltoniany. Postulat Borna: probabilistyczna interpretacja funkcji falowej. Obserwable. Zasada nieoznaczoności. Klasyfikacja rozwiązań równania Schrödingera. Widmo dyskretne i ciągłe. Cząstka swobodna. Reprezentacja położeniowa i pędowa. Prostokątna jama potencjału. Symetrie. Obroty. Reprezentacje grup. Teoria grup a mechanika kwantowa. Oscylator harmoniczny. Moment pędu i rotator sztywny. Cząstka w polu centralnym. Atom wodoru. Spin i równanie Pauliego. Metody przybliżone mechaniki kwantowej. Metoda wariacyjna. Rachunek zaburzeń niezależny od czasu.

Rachunek zaburzeń zależny od czasu. Złota reguła Fermiego. Pęd kinetyczny i kanoniczny. Prąd. Niezmienniczość względem cechowania. Oddziaływanie układu z polem zewnętrznym. Efekt Zeemana. Efekt Starka. Emisja i absorpcja promieniowania. Podstawy teoretyczne spektroskopii optycznych. Efekt Ramana. Przybliżenie Borna-Oppenheimera. Podstawy teorii grup punktowych. Związek spinu ze statystyką. Symetria permutacyjna funkcji falowej dla układu wielu ciał. Wyznacznik Slatera. Metoda pola średniego, przybliżenie jednoelektronowe. Równania Hartree-Focka. Metoda pola samouzgodnionego. Przybliżenie Roothaana. Konfiguracje elektronowe atomów. Termy atomowe. Podstawy spektroskopii atomowej. Teoria orbitali molekularnych. Konfiguracje elektronowe cząsteczek. Istota wiązania chemicznego. Korelacja elektronowa. Kwantowy opis wzbudzeń elektronowych, drgań i rotacji cząsteczek z odniesieniem do spektroskopii rotacyjnej, oscylacyjnej i elektronowej.

**Spektroskopia:** Podstawy spektroskopii UV VIS, IR, Ramana oraz NMR. Interpretacja widm, zastosowania w chemii.

**Chemia jądrowa i radiacyjna:** Dozymetria i ochrona radiologiczna. Biologiczne skutki oddziaływania promieniowania na organizmy żywe. Dawka pochłonięta i ekspozycyjna, równoważnik dawki, moc dawki. Jednostki dawki. Osłony przed promieniowaniem. Obliczanie dawki i mocy dawki na podstawie aktywności źródła, uwzględnianie odległości i osłon. Sposoby pomiaru promieniowania: podstawowe informacje o budowie i sposobie funkcjonowania: detektorów gazowych (proporcjonalne, komora jonizacyjna, Geigera-Müllera), scyntylicyjnych, półprzewodników - rodzaje mierzonego promieniowania. Pomiary dawki.

Powstawanie pierwiastków w przyrodzie. Nukleosynteza: pierwotna nukleosynteza, procesy spalania, cykl CNO, procesy r, s i p. Najważniejsze izotopy promieniotwórcze na Ziemi pochodzące z nukleosyntezy. Promieniowanie kosmiczne. Reakcje jądrowe z udziałem promieniowania kosmicznego w atmosferze i na powierzchni Ziemi. Reakcje jądrowe w głębi Ziemi. Izotopy radiogeniczne - pochodzące z rozpadów. Najważniejsze naturalne izotopy promieniotwórcze. Izotopy antropogeniczne - najważniejsze sposoby uwalniania wytworzonych przez człowieka izotopów do środowiska.

Efekty izotopowe. Efekty izotopowe zależne od masy i niezależne od masy, przybliżenie Borna-Oppenheimera, efekt pola jądrowego (NFS). Efekty izotopowe strukturalne: wpływ podstawienia izotopowego na energetyczne poziomy oscylacyjne (oscylator harmoniczny i anharmoniczny) i rotacyjne, efekty izotopowe w cząsteczkowych. Efekty izotopowe w widmach atomowych, atomy wodoropodobne. Addytywność efektów izotopowych. Termodynamiczne efekty izotopowe, związku między zredukowaną stałą równowagi i stałą równowagi oraz ich związek z efektami izotopowymi. Wpływ temperatury na efekt izotopowy. Wpływ efektów izotopowych na równowagi fazowe dla układów rzeczywistych, dysocjację, rozpuszczalność, mieszalność cieczy. Normalny i odwrotny efekt izotopowy w równowagach fazowych.

Kinetyczne efekty izotopowe (KIE): podejście klasyczne w świetle teorii zderzeń i kompleksu aktywnego, tunelowanie. Normalny i odwrotny KIE. Wymiana izotopowa jako proces równowagowy, termodynamika wymiany izotopowej i termodynamiczna siła napędowa wymiany. Wpływ stałej siłowej wiązania na preferencyjne wbudowywanie się izotopów o różnych masach. Przykładowe mechanizmy wymiany izotopowej.

Chemia radiacyjna. Radioliza. Sposoby oddawania energii przez promieniowanie jonizujące: jonizacja, wzbudzenia. Przestrzenny rozkład produktów radiolizy w wodzie: gniazda, roje, krótkie tory, odgałęzienia porównanie dla różnych rodzajów promieniowania o różnej wartości LET. Etapy radiolizy wody: fizyczny, fizyczno-chemiczny, chemiczny. Najważniejsze produkty radiolizy wody: wolne rodniki, uwodniony elektron, produkty trwałe - ich reaktywność, właściwości utleniająco-redukujące, przykładowe reakcje. Zmiatacze wolnych rodników. Radioliza roztworów wodnych. Wydajność radiacyjna G. Chemia radiacyjna polimerów: uszkodzenia radiacyjne, sieciowanie, poprawa właściwości polimerów. Polimeryzacja indukowana promieniowaniem, wady i zalety. Chemia radiacyjna ciał stałych, uszkodzenia radiacyjne. Chemiczne efekty rozpadów promieniotwórczych i reakcji jądrowych, efekt SzilardaChalmersa, chemia „gorących” atomów. Autoradioliza.

Aktynowce. Występowanie w przyrodzie. Struktura elektronowa, efekty relatywistyczne, porównanie z lantanowcami. Kontrakcja aktynowców. Właściwości fizyczne aktynowców jako metali, reaktywność, piroforetyczność. Najważniejsze stopnie utlenienia. Rodzaje wiązań chemicznych, udział różnych orbitali w ich tworzeniu. Aktynowce w roztworach wodnych - 3 rodzaje jonów, oksokationy. Tworzenie związków koordynacyjnych. Chemia tarczy - strategie wydzielania aktynowców wytworzonych w reakcjach jądrowych z tarczy bombardowanej jądrami-pociskami. Porównanie właściwości chemicznych z lantanowcami. Zastosowania aktynowców.

Transaktynowce. Transaktynowce bloku d i p. Chemia pojedynczego atomu. Struktura elektronowa, porównanie z homologami z układu okresowego.

Inne niż aktynowce i transaktynowce pierwiastki nie posiadające trwałych izotopów Tc, Pm. Występowanie w przyrodzie, procesy ich powstawania, ogólne właściwości chemiczne i fizyczne.

Wzbogacanie/rozdzielanie izotopów. Współczynnik wzbogacenia, współczynnik rozdzielania. Najważniejsze metody rozdzielania izotopów (podstawy fizyczne i chemiczne, ogólny schemat działania, wady i zalety): metoda elektromagnetyczna, ultrawirówki, dyfuzja gazowa, termodyfuzja, metoda aerodynamiczna, separacja laserowa (LIS, MLIS, AVLIS),wymiana izotopowa. Układy kaskadowe.

Zastosowania izotopów promieniotwórczych w medycynie. Obrazowanie molekularne, podstawy PET, SPECT - wykorzystywane izotopy. Terapia z wykorzystaniem promieniowania jądrowego.

Techniki badawcze wykorzystujące promieniowanie jądrowe. Podstawy spektroskopii Mössbauera, przesunięcie chemiczne, rozszczepienia kwadrupolowe i Zeemana, informacje o próbkę uzyskiwane z analizy widm. Analiza aktywacyjna - podstawy metody, przykładowe reakcje. Dobór czasu aktywacji. Analiza opóźniona i natychmiastowa, analiza niedestrukcyjna i destrukcyjna, analiza radiochemiczna. Wykorzystywane źródła aktywujące, analiza z użyciem neutronów termicznych.

Zastosowania izotopów promieniotwórczych i trwałych. Zastosowania w przemyśle, życiu codziennym oraz nauce. Datowanie radioizotopowe, metoda radiowęglowa.

Energetyka jądrowa. Procesy rozszczepienia jąder atomowych, rozszczepienie samorzutne i wymuszone, reakcja łańcuchowa, neutrony opóźnione. Najważniejsze dla energetyki izotopy rozszczepialne. Klasyfikacja uranu: naturalny, wzbogacony, zubożony. Ogólny schemat budowy reaktora jądrowego. Najważniejsze elementy reaktora: paliwo, chłodziwo, moderator, pręty kontrolne, reflektor - rola i typowe materiały, z których są wykonane. Najważniejsze rodzaje reaktorów: PWR, BWR, AGR, MAGNOX, reaktory na neutrony szybkie, powielające. Związki chemiczne uranu ważne w energetyce jądrowej: UF<sub>6</sub>, tlenki uranu. Wypalone paliwo jądrowe. Przetwarzanie wypalonego paliwa jądrowego: metody hydrometalurgiczne - podstawy procesu PUREX, metody wysokotemperaturowe, transmutacja. 4