

Załącznik 2

PYTANIA SPECJALISTYCZNE

Pytania z fizyki ciała stałego

Blok A: półprzewodniki, metale i spektroskopia rentgenowska w badaniach ciał stałych

1. Struktura krystaliczna i wiązania chemiczne w ciałach stałych.
2. Struktura pasmowa ciał stałych – model ciasnego wiązania i model elektronów kwazi-swobodnych; twierdzenie Blocha; gęstość stanów elektronowych.
3. Doswiadczalne metody badania struktury pasmowej ciał stałych (optyczne, fotoemisyjne, elektryczne).
4. Dynamika elektronów w kryształach; relacja dyspersji energii; masa efektywna.
5. Defekty w kryształach; domieszki wodoropodobne w półprzewodnikach.
6. Drgania sieci krystalicznej: fonony; ciepło właściwe ciał stałych.
7. Przewodnictwo elektryczne metali i półprzewodników: nośniki ładunku, ruchliwość, mechanizmy rozpraszania; model Drudego, równanie Boltzmanna.
8. Struktura elektronowa ciał stałych w polu magnetycznym: kwantowanie Landaua, magneto-przewodnictwo, oscylacje kwantowe.
9. Absorpcja i odbicie promieniowania elektromagnetycznego oraz fotoluminescencja w ciałach stałych.
10. Złącza p-n; detektory promieniowania; ogniwa fotowoltaiczne; lasery półprzewodnikowe.
11. Struktura elektronowa nanostruktur półprzewodnikowych: studnie, druty i kropki kwantowe.
12. Efekt Halla: normalny, anomalny, kwantowy.
13. Procesy towarzyszące przechodzeniu promieniowania rentgenowskiego przez materię (oddziaływania elastyczne i nieelastyczne – dyfrakcja i spektroskopia).
14. Fluorescencja rentgenowska i jej zastosowanie w praktyce.
15. Oddziaływanie wiązek elektronów, protonów, neutronów i promieniowania rentgenowskiego z materią – porównanie.

Blok B: magnetyzm i nadprzewodnictwo

1. Pojęcie momentu magnetycznego, źródła jego powstawania, wypadkowy moment magnetyczny jonów (reguły Hunda, różne grupy pierwiastków).

2. Wpływ otoczenia niemagnetycznego na jon (tw. Kramersa, tw. Jahna-Tellera, pole krystaliczne, zjawisko anizotropii magnetycznej i magnetostrykcji).
3. Oddziaływania wymiany – ich natura i rodzaje (wymiana bezpośrednia i oddziaływania pośrednie: nadwymiana, wymiana podwójna, oddziaływania RKKY i Działoszyńskiego-Moriyi).
4. Różne rodzaje uporządkowania magnetycznego (ferro-, antyferro-, ferrimagnetyki, superparamagnetyki i szkła spinowe).
5. Podstawowe modele stosowane do opisu układów uporządkowanych magnetycznie (model pola molekularnego, model Isinga, model Heisenberga)
6. Procesy magnesowania różnych materiałów (para-, dia-, ferri- i ferromagnetyków), podatność magnetyczna i jej zależność od temperatury.
7. Oddziaływania magnetostatyczne pomiędzy jonowymi momentami magnetycznymi, pojęcie pola odmagnesowania, struktura domenowa w ferromagnetykach, zjawisko histerezy magnetycznej.
8. Magnetyzm wędrowny (podstawy modeli: Pauliego, Stonera, Hubbarda).
9. Przejścia fazowe (klasyfikacja, zjawiska krytyczne, teoria Landaua).
10. Nadprzewodnictwo – podstawowe cechy stanu nadprzewodzącego, parametry charakteryzujące nadprzewodniki (głębokość wnikania, długość koherencji), dwa rodzaje nadprzewodników, wpływ pola magnetycznego i temperatury na nadprzewodnik.
11. Materiały wykazujących nadprzewodnictwo (BCS, HTC).
12. Teoria Ginzburga-Landaua - stan mieszany w nadprzewodnikach drugiego rodzaju, kwantowanie strumienia magnetycznego i efekt Josephaona.
13. Rozwój opisu teoretycznego nadprzewodników: równanie Londonów, teoria Ginzburga-Landaua, podstawy teorii BCS.
14. Metody rezonansowe w badaniach magnetyków – w szczególności jądrowy rezonans magnetyczny i jego zastosowania w medycynie
15. Spintronika i nanomagnetyzm (gigantyczny, kolosalny i tunelowy magnetoopór, superparamagnetyzm nanoobjektów).

Pytania z fizyki atomu i cząsteczki

Blok A: fizyka atomu

1. Struktura energetyczna atomu wodoru, struktura subtelna, nadsubtelna, przesunięcie Lamba.
2. Struktura atomów wieloelektronowych, powłoki energetyczne, sprzężenie spin-orbita. Relacja z periodycznym układem pierwiastków.
3. Przejścia promieniste, elementy macierzowe przejść, współczynniki Einsteina, reguły wyboru. Emisja spontaniczna i wymuszona.
4. Atom w polu elektrycznym i magnetycznym, efekty Starka i Zeemana.
5. Zegar atomowy.
6. Pułapkowanie i chłodzenie atomów.
7. Zjawiska koherentne, oscylacje Rabięgo, fluorescencja rezonansowa.
8. Fotony, stany pola elektromagnetycznego, stany ściśnięte.
9. Oddziaływanie pojedynczych fotonów z atomami, model Jaynsa – Cummingsa.
10. Oddziaływanie silnego promieniowania laserowego z atomami, zjawiska wielofotonowe.
11. Nierówności Bella, testy mechaniki kwantowej, efekt Honga – Ou – Mandla.
12. Stany splątane i ich właściwości.
13. Podstawowe właściwości kondensatów: spójność, interferencja, nadciekłość, pozadiagonalny porządek.
14. Opis średniopoloowy układów wielu słabo oddziałujących cząstek (bozonów, fermionów).
15. Układy ultrazimnych atomów w sieciach periodycznych.

Blok B: fizyka cząsteczki

1. Profile energii potencjalnej w cząsteczkach: konformery, bariery, tunelowanie.
2. Metody wyznaczania geometrii cząsteczek.
3. Elektryczny moment dipolowy cząsteczek w fazie ciekłej i gazowej.
4. Metody obliczeniowe ab initio i DFT w wyznaczaniu własności cząsteczkowych.
5. Identyfikacja cząsteczek w warunkach astrofizycznych: metody i obiekty.
6. Podstawy i zastosowania spektroskopii rotacyjnej.
7. Oddziaływania międzycząsteczkowe.
8. Analiza drgań normalnych a symetria cząsteczki, metody pomiaru.
9. Struktura rotacyjna w widmie oscylacyjnym cząsteczek dwu i trójatomowych.
10. Reguła Franka-Conдона; złamanie przybliżenia adiabatyicznego, warunki i następstwa.

11. Przejścia wewnątrzcząsteczkowe: ogólne warunki występowania i reguły wyboru.
12. Mechanizmy bezpromienistego przenoszenia energii elektronowej (Förster i Dexter).
13. Metody spektroskopii molekularnej wykorzystujące transformację Fouriera.
14. Lasery, z uwzględnieniem wykorzystania przejść cząsteczkowych.
15. Stany elektronowe: diagram Jabłońskiego, fluorescencja i fosforescencja.

Pytania z fizyki biologicznej

Blok A: wiedza o biomolekułach i metodach badawczych biofizyki molekularnej

1. NMR i EPR w badaniach strukturalnych makrocząsteczek biologicznych.
2. Metody rentgenowskie w badaniach strukturalnych makrocząsteczek biologicznych (dyfrakcja, SAXS), krystalizacja białek.
3. Spektroskopia UV/VIS i IR w badaniach makrocząsteczek biologicznych.
4. Diagram Jabłońskiego, reguła Franka-Conzona, efekt Stokesa, mechanizmy bezpromienistego przenoszenia energii elektronowej (Förster i Dexter).
5. Metody mikroskopii konfokalnej i TIRF.
6. cryoEM w badaniach makrocząsteczek biologicznych.
7. Metody biofizyki molekularnej w oparciu o zjawiska obserwowane dla pojedynczych cząsteczek.
8. Metody symulacji wieloatomowych układów molekularnych: Monte Carlo i dynamika molekularna.
9. Kinetyka chemiczna i enzymatyczna, prawo działania mas, reakcje odwracalne i nieodwracalne, Kooperatywność, allosteria, współczynnik Hilla.
10. Równowaga termodynamiczna w roztworze: oddziaływania międzycząsteczkowe i zmiany konformacyjne.
11. Oddziaływania niekowalencyjne: ich natura, energie w próżni i w wodzie.
12. Struktura i konformacja biopolimerów: białek, kwasów nukleinowych, polisacharydów.
13. Białka nieuporządkowane.
14. Zwijanie, denaturacja i agregacja białek.
15. Błony fosfolipidowe: budowa i energetyka, transport aktywny i pasywny przez błony.

Blok B: wiedza o nanomateriałach w zastosowaniach biologicznych

1. Rodzaje nanomateriałów nieorganicznych (rola wymiarowości), wpływ zmiany skali (z makroskopowej na nanoskopową) na właściwości fizykochemiczne materiałów.
2. Przykłady metod wytwarzania nanomateriałów (np. „bottom up” i „top down”). Wytwarzanie i stabilizacja struktur typu rdzeń/powłoka.
3. Rodzaje nanomateriałów ze związków organicznych (np. nanocząstki polimerowe, liposomy, dendrymery, fulereny, rurki węglowe).
4. Agregacja nanocząstek i sposoby jej zapobiegania.
5. Techniki eksperymentalne pozwalające na badanie struktur nanocząstek ze szczególnym uwzględnieniem technik obrazowania.
6. Techniki eksperymentalne pozwalające na badanie składu chemicznego nanocząstek.

7. Zastosowanie nanomateriałów w diagnostyce medycznej (np. metody obrazowania optycznego, nanocząstki jako kontrast magnetyczny).
8. Zastosowanie nanomateriałów i nanocząstek w terapiach medycznych (np. w terapii genowej, w celowanym dostarczaniu leków).
9. Wykorzystanie nanomateriałów w „lab on a chip”.
10. Niebezpieczeństwa związane ze stosowaniem nanomateriałów (w szczególności w medycynie).
11. Sposoby przyłączania molekuł biologicznie aktywnych do nanocząstek nieorganicznych.
12. Metody transportu nanocząstek do wnętrza komórek biologicznych.