

Pytania egzaminacyjne ze Wstępu do Optyki i Fizyki Materii Skondensowanej

2013/14

Część 1. Optyka

1. Podstawowe własności fal elektromagnetycznych, gęstość energii fali, wektor Poyntinga, natężenie światła, polaryzacja światła.
2. Promieniowanie ciała doskonale czarnego, prawa: Plancka, Stefana-Boltzmana, przesunięcie Wiena.
3. Współczynniki Einsteina, interpretacja i relacje między nimi, procesy absorpcji, emisji spontanicznej i wymuszonej, prawo Lamberta-Beera.
4. Widmo światła a transformata Fouriera, amplituda i natężenie spektralne fali elektromagnetycznej.
5. Spektroskopia emisyjna i absorpcyjna: idea, charakter widm emisyjnych i absorpcyjnych, zastosowania, jednostki używane w spektroskopii.
6. Przyrządy spektralne, konstrukcja spektrometru, zasada działania siatki dyfrakcyjnej (wzór siatkowy) i pryzmatu (dyspersja materiałowa).
7. Kształty linii widmowych: naturalny, poszerzony zderzeniowo i dopplerowsko, profil Voigta, poszerzenie jednorodne i niejednorodne.
8. Przykładowe metody spektroskopii subdopplerowskiej – techniki doświadczalne, uzyskiwane wyniki i zastosowania.
9. Spektroskopia strat we wnęce optycznej: układ pomiarowy, zasada działania, zastosowania, porównanie z klasyczną spektroskopią absorpcyjną.
10. Struktura energetyczna atomu wodoru i atomów wodoropodobnych, degeneracja poziomów, główne przejścia optyczne w atomach wodoropodobnych.
11. Moment magnetyczny elektronu w atomie, sprzężenie spin-orbita w atomie jednoelektronowym (rozszczipienie poziomów w atomie wodoru) i w atomach wieloelektronowych (sprzężenie LS i jj), termy atomowe, przejścia optyczne.
12. Wpływ jądra atomowego na energie elektronu w atomie, spin jądrowy, struktura nadsubtelna.
13. Atom w polu magnetycznym, sprzężenie momentu magnetycznego z polem, energia oddziaływania w słabym i silnym polu, widma w polu magnetycznym.
14. Atom w polu elektrycznym, opis klasyczny oraz kwantowy dla stanów zdegenerowanych i niezdegenerowanych, liniowy i kwadratowy efekt Starka.
15. Laserowe spowalnianie atomów, spowalnicz zeemanowski, melasa optyczna, chłodzenie dopplerowskie i subdopplerowskie.
16. Pułapkowanie atomów, pułapka magnetoptyczna, pułapka dipolowa, sieci optyczne, kondensat Bosego-Einsteina.
17. Klasyczny model współczynnika załamania, podatność rzeczywista i urojona, współczynnik załamania i współczynnik absorpcji, dyspersja normalna i anomalna.
18. Fale elektromagnetyczne w plazmie, względna przenikalność dielektryczna, częstość plazmowa, odbicie fal elektromagnetycznych od metali, propagacja fal radiowych w jonosferze

19. Rozpraszanie światła: Rayleigha i Mie, zależność kątowna i od długości fali, rozpraszanie światła spolaryzowanego i niespolaryzowanego, polaryzacja światła przez rozpraszanie, barwa nieba, lidar.
20. Wzmocnienie światła, inwersja obsadzeń, typy ośrodków wzmacniających, metody pompowania ośrodków wzmacniających.
21. Rezonatory optyczne, mody rezonatora (podłużne i poprzeczne), odległość modów, typy rezonatorów.
22. Laser: warunek progowy akcji laserowej, nasycenie wzmocnienia, mody lasera, widmo emisji laserowej, lasery jednomodowe a wielomodowe, dudnienia międzymodowe.
23. Lasery impulsowe, przełączanie dobroci rezonatora, synchronizacja modów, widmo lasera impulsowego, wzmacnianie impulsów femtosekundowych, własności impulsów wzmocnionych.
24. Optyka nieliniowa: nieliniowa polaryzacja, generacja drugiej harmonicznej, procesy parametryczne, dopasowanie fazowe, generacja światła białego, optyczny efekt Kerra.
25. Energia elektronu w cząsteczce, metoda pola samouzgodnionego, jednoelektronowe równanie Shroedingera, metoda orbitali molekularnych.
26. Konstrukcja orbitali molekularnych z orbitali atomowych, orbital wiążący i antywiązący, konfiguracje elektronowe cząsteczek homojądrowych, elektronowe stany wzbudzone cząsteczek.
27. Symetria orbitali, nakładanie orbitali typu s i p, orbitale molekularne σ i π , hybrydyzacja, wiązania w cząsteczce benzenu.
28. Energia ruchu jąder w cząsteczkach, potencjał dla ruchu jąder, jądrowe równanie Schroedingera, przybliżenie Borna-Oppenheimera.
29. Rozkład energii ruchu jąder, energia oscylacji i rotacji w potencjale harmonicznym, wpływ anharmoniczności na energie stanów oscylacyjnych, struktura energetyczna cząsteczek.
30. Widma małych cząsteczek w różnych zakresach widmowych, rodzaje przejść w cząsteczkach, reguły wyboru, zasada Francka-Conzona.
31. Widma dużych cząsteczek w roztworach, wpływ otoczenia na strukturę widm, diagram Jabłońskiego, procesy promieniste i bezpromieniste w dużych cząsteczkach.

Część 2. Fizyka Materii Skondensowanej

1. Symetrie układów periodycznych. Struktury periodyczne - sieci Bravais`go. Układy krystalograficzne. Struktury krystaliczne – pojęcie bazy, komórka elementarna i komórka prosta. Przykłady struktur krystalicznych, ciekłe kryształy.
2. Oddziaływanie materii z promieniowaniem roentgenowskim - dyfrakcja promieni na gazie atomowym. Atomowy czynnik struktury. Wskaźniki Millera (hkl) płaszczyzn krystalograficznych. Dyfrakcja na strukturach periodycznych (fotony, elektrony,

neutrony, atomy helu). Prawo Bragga, warunki Lauego i sieć odwrotna, pojęcie strefy Brillouina, konstrukcja Ewalda.

3. Dyfrakcja promieni X: metoda Lauego, metoda Metoda Debye'a – Scherera, metody uniwersalne. Geometryczny czynnik struktury.
4. Metody mikroskopowe w badaniach materii skondensowanej: skaningowa mikroskopia elektronowa, transmisyjna mikroskopia elektronowa, mikroskop tunelowy, mikroskop sił atomowych.
5. Rodzaje wiązań chemicznych występujących w kryształach. Typowe właściwości kryształów o wiązaniach kowalencyjnych, jonowych, metalicznych oraz van der Waalsa.
6. Opis elektronów w kryształach. Funkcje Blocha. Model elektronów prawie swobodnych. Metoda ciasnego wiązania. Struktura pasmowa kryształów – przykłady: metale, półprzewodniki i izolatory.
7. Elektrony jako kwazicząstka w ciele stałym. Prędkość grupowa elektronu. Pasma paraboliczne, pojęcie masy efektywnej (typowe półprzewodniki, grafen...)
8. Gęstość stanów w przestrzeni odwrotnej i jej związek z gęstością stanów w przestrzeni energii dla systemów o różnej wymiarowości oraz różnej zależności energii od kwazipędu. (przykłady: półprzewodnik 3D z paraboliczną dyspersją, grafen)
9. Dziura – kwazicząstka w ciele stałym.
10. Wyznaczanie masy efektywnej elektronów i dziur – rezonans cyklotronowy.
11. Model Drudego przewodnictwa. Pojęcie ruchliwości nośników. Efekt Halla jako metoda wyznaczania koncentracji i ruchliwości nośników.
12. Rozkład Fermiego-Diraca i jego związek z obsadzeniem stanów elektronowych i dziurowych w kryształach. Półprzewodniki samoistne. Półprzewodniki domieszkowe. Donory, akceptory – model wodoropodobny. Półprzewodniki zdegenerowane - przejście Motta.
13. Przewodnictwo elektryczne metali i półprzewodników – zależność od temperatury.
14. Własności optyczne metali, półprzewodników i izolatorów. Przejścia między pasmowe. Przejścia optyczne z udziałem domieszek (donory, akceptory – widma w podczerwieni, domieszki głębokie np. Cr w Al₂O₃ – rubin). Doświadczalne metody wyznaczania przerwy energetycznej półprzewodników: absorpcja, luminescencja,....
15. Przejścia międzypasmowe. Półprzewodniki z przerwą prostą i skośną. Typowe zależności współczynnika absorpcji od energii. Ekscytony i ich wpływ na własności optyczne półprzewodników.
16. Fonony – akustyczne i optyczne. Rola fononów w procesach wymiany energii w kryształach.
17. Model Einsteina i Debaya ciepła właściwego ciał stałych – główne założenia i przydatność do opisu zachowania ciepła właściwego w niskich i wysokich temperaturach.
18. Kwantowe efekty rozmiarowe – warunki występowania, na przykładzie studni kwantowych i innych obiektów o obniżonej wymiarowości (nanodruty, kropki kwantowe).