

ZAGADNIENIA DO EGZAMINU Z FIZYKI DLA EiT oraz ELEKTRONIKI

Semestr letni 2015/2016

Oscylator harmoniczny

Własności sprężyste ciał stałych. Odształcenie i naprężenie. Rodzaje odkształceń. Prawo Hooke'a. Definicja siły harmonicznej. Ogólne, różniczkowe równanie oscylatora harmonicznego – wyprowadzenie z zasad dynamiki, częstość drgań. Od czego zależy częstość drgań? Rozwiązanie równania prostego oscylatora harmonicznego. Wielkości charakterystyczne występujące w rozwiązaniu oscylatora harmonicznego i związki między nimi: amplituda, częstość, częstotliwość, okres drgań, faza, faza początkowa. Prędkość i przyspieszenie w ruchu harmonicznym. Energia w ruchu harmonicznym. Praktyczna umiejętność analizy zależności wielkości opisujących oscylator harmoniczny od czasu i położenia. Przykłady oscylatorów harmonicznych i konstrukcja równań ruchu (od czego zależy częstość, do czego służy wahadło?): wahadło torsyjne, wahadło matematyczne i wahadło fizyczne (zredukowana długość wahadła, środek wahań). Oscylator harmoniczny tłumiony (równanie ogólne, rozwiązanie periodyczne i parametry charakteryzujące tłumienie: współczynnik tłumienia, czas relaksacji). Od czego zależy amplituda i częstość oscylatora tłumionego? Logarytmiczny dekrement tłumienia. Przypadek krytyczny i przypadek dużego tłumienia (drżania aperiodyczne). Straty mocy a współczynnik dobroci. Ogólne równanie różniczkowe oscylatora tłumionego z wymuszeniem. Analiza częstości, amplitudy i fazy dla oscylatora z wymuszeniem. Dwa rodzaje rezonansu – praktyczna umiejętność znajdowania maksimum amplitudy wychylenia z położenia równowagi i maksimum amplitudy prędkości. Dwa rodzaje warunków rezonansowych. Umiejętność rysowania i analizy krzywych rezonansowych. Analogia do obwodów RLC. Składanie drgań harmonicznych: w tym samym kierunku (interferencja, dudnienia) i we wzajemnie prostopadłych kierunkach (krzywe Lissajous). Praktyczna umiejętność znajdowania wyniku złożenia dowolnych drgań harmonicznych.

Fale

W jaki sposób z równań Maxwella wynika istnienie fali elektromagnetycznej? Wyprowadzenie równania fali elektromagnetycznej w próżni. Jak należy rozumieć pojęcie próżni? Propagacja fali elektromagnetycznej. Metody eksperymentalne wyznaczania prędkości światła. Fala a zaburzenie, rodzaje fal. Jak powstają fale mechaniczne, elektromagnetyczne? W jakich ośrodkach się rozchodzą? Co rozumiemy pod pojęciem fali podłużnej, fali poprzecznej? Matematyczny opis zaburzenia w jednym i trzech wymiarach. Definicje: amplitudy, fazy, częstości, liczby falowej, długości fali. Praktyczna umiejętność posługiwania się tym opisem. **Związek pomiędzy liczbą falową a długością fali.** Czoło fali i promień fali. Podział fal ze względu na kształt czoła fali. Prędkość fazowa, jej związek z częstością lub długością fali (wyprowadzenie) Od czego zależy prędkość fazowa dla:
a) fali mechanicznej w strunie

b) fali mechanicznej w pręcie metalowym

c) fali akustycznej w kolumnie gazu

d) fali elektromagnetycznej w próżni i w ośrodku materialnym np. szkło

Ogólne różniczkowe równanie fali w jednym i trzech wymiarach. Operator Laplace'a we współrzędnych kartezjańskich. Jaka jest ogólna postać rozwiązania równania falowego? Praktyczna umiejętność sprawdzania czy dana funkcja jest rozwiązaniem równania falowego Gęstość energii i natężenie fali, wektor Poyntinga, natężenie fali elektromagnetycznej

Charakterystyka fal elektromagnetycznych (widmo częstości, zakres widzialny -światło, sposób wytwarzania fal radiowych)

Superpozycja fal (w tym metoda wektora wirującego - metoda wskazów)

(a) interferencja (konstruktywna i destruktywna na przykładzie fal w strunie)

(b) dudnienia

(c) fala stojąca i rezonans

(d) interferencja na przykładzie światła (doświadczenie Younga, obraz interferencyjny, zależność opisująca rozkład natężenia światła na ekranie i jej interpretacja, warunki powstawania maksimów i minimów w obrazie interferencyjnym)

(e) znaczenie różnicy faz dla interferencji, przyczyny powstawania różnicy faz

Dyfrakcja na przykładzie fal elektromagnetycznych (obraz dyfrakcyjny pojedynczej szczeliny, siatka dyfrakcyjna, analiza warunków powstawania maksimów i minimów w obrazie dyfrakcyjnym).

Polaryzacja na przykładzie fal elektromagnetycznych (metody wytwarzania światła spolaryzowanego, kąt Brewstera, podwójne załamanie, prawo Malusa, rodzaje polaryzacji). Odbicie i załamanie światła – zasada Fermata. Definicja współczynnika załamania, prawo Snella, całkowite wewnętrzne odbicie, światłowód. Dyspersja i rozszczepienie światła białego.

Fizyka relatywistyczna

Założenia mechaniki klasycznej, transformacja Galileusza (wyprowadzenie, konsekwencje), składanie prędkości – przykłady, niezmienniczość Galileusza, stosowalność transformacji Galileusza.

Transformacja Lorentza, wyprowadzenie, postulaty i konsekwencje (jednoczesność zdarzeń, skrócenie długości, dylatacja czasu, dodawanie prędkości)

Dynamika relatywistyczna, energia spoczynkowa, energia relatywistyczna, związki pomiędzy nimi, masa relatywistyczna, pęd relatywistyczny

0. Początki fizyki współczesnej

Promieniowanie ciała doskonale czarnego, funkcja Kirchhoffa, prawo przesunięć Wien'a, prawo Boltzmanna, założenia modelu i interpretacja wzoru Plancka, udział Einsteina w opisie promieniowania ciała doskonale czarnego, pojęcie kwantu promieniowania, pęd i energia fotonu, dualizm korpuskularno-falowy, efekt fotoelektryczny, efekt Comptona

1. Fale materii

Hipoteza de Broglie'a, doświadczenie Davissona-Germera, zasada komplementarności Bohra, bieżąca fala materii - analogia do fali elektromagnetycznej, zasada nieoznaczoności Heisenberga, mikroskop Heisenberga, interpretacja eksperymentu interferencyjnego z dwoma szczelinami, nieoznaczoność czasu i energii wraz z konsekwencjami

2. Równanie Schrödingera

Założenia mechaniki kwantowej prowadzące do równania Schrödingera, własności funkcji falowej, opis interferencji fal materii, zależne od czasu równanie Schrödingera w jednym i trzech wymiarach, probabilistyczna interpretacja funkcji falowej, stacjonarne (niezależne od czasu) równanie Schrödingera, separacja zmiennych w równaniu Schrödingera, interpretacja stałej separacji, **problem własny** – wartości własne i funkcje własne operatora, Hamiltonian, rozwiązanie równania Schrödingera dla cząstki swobodnej (fala płaska) oraz dla nieskończonej studni potencjału (fale

stojące), warunki brzegowe, kwantyzacja energii, relacja dyspersji dla swobodnego elektronu i elektronu związanego w studni nieskończonego potencjału

3. Studnie i bariery

Skończona prostokątna bariera potencjału, rozwiązanie równania Schrödingera, funkcje falowe, warunki ciągłości funkcji falowych i ich pochodnych, tunelowanie, przykłady tunelowania: rozpad alfa, synteza jądrowa, skaningowy mikroskop tunelowy STM, studnia skończonego potencjału – stany związane, pułapki elektronowe: nanokrystaliny, kropki kwantowe, kwantowe zagrody, uogólnienie na 2 i 3 wymiary przestrzeni, stany zdegenerowane

4. Struktura energetyczna ciał stałych

Opis struktury krystalicznej przy pomocy wektorów translacji, sieć+baza, komórka prosta, komórka elementarna, pięć dwuwymiarowych sieci Bravais'go, czternaście rodzajów sieci krystalicznych w trzech wymiarach, energia potencjalna elektronu w kryształach, pasmowy model ciała stałego: model Kröniga-Penneya, struktura energetyczna metali, półprzewodników, izolatorów, pasmo przewodnictwa, pasmo walencyjne, przerwa energetyczna, funkcje Blocha, warunki brzegowe ciągłości i okresowości funkcji falowych i ich pierwszych pochodnych, relacja dyspersji dla elektronu w modelu Kröniga-Penneya, wyjaśnienie występowania przerwy energetycznej, analiza skrajnych przypadków w modelu Kröniga-Penneya, strefy Brillouina, masa efektywna elektronu w kryształach

5. Wczesne modele atomu

Koncepcje atomu (Demokryt, Thomson, model planetarny-problem stabilności atomu), eksperyment Rutherforda, model Bohra dla atomu wodoru, postulaty Bohra, kwantyzacja momentu pędu, skwantowane poziomy energetyczne, interpretacja widm emisyjnych i absorpcyjnych atomów, energia jonizacji, stała Rydberga, kwantyzacja promienia orbity i prędkości elektronu na orbicie, zalety i wady modelu Bohra

6. Atom wodoru w mechanice kwantowej

Rozwiązanie równania Schrödingera dla elektronu w centralnym polu potencjału kulombowskiego, przypomnienie zasady zachowania pędu, separacja równania Schrödingera we współrzędnych sferycznych, radialne funkcje falowe atomu wodoru, harmoniki sferyczne, liczby kwantowe, wartości własne energii dla atomu wodoru, degeneracja, powłoki i podpowłoki, operator pędu i momentu pędu w mechanice kwantowej, kwantyzacja kwadratu momentu pędu i jego składowej z-owej, orbitalny dipolowy moment magnetyczny, spin elektronu, magnetyczny rezonans jądrowy NMR

7. Statystyki kwantowe i klasyczne

Problem wielu cząstek, elementy fizyki statystycznej, obliczanie wartości średnich, funkcja gęstości prawdopodobieństwa, klasyczne rozkłady: rozkład Maxwella prędkości cząsteczek w gazie, rozkład Boltzmanna, statystyki kwantowe: Fermiego-Diraca i Bosego-Einsteina, nierozróżnialność cząstek w mechanice kwantowej, symetryczne i antysymetryczne funkcje falowe, bozony i fermiony, zakaz Pauliego i jego konsekwencje, przykłady materii zdegenerowanej w przyrodzie, pojęcie energii Fermiego, wyprowadzenie zależności energii Fermiego od koncentracji elektronów w jednym i trzech wymiarach, kula Fermiego, zastosowania teorii: elektronowe ciepło właściwe w metalach, kondensacja Bosego-Einsteina, ciekły hel i nadciekłość

8. Przewodnictwo elektryczne ciał stałych –półprzewodniki i urządzenia półprzewodnikowe

Uporządkowanie pierwiastków, prosty model cząsteczki H_2 , energia wiązania, wiązania chemiczne, kryształy jonowe, wiązanie kowalencyjne, wiązanie metaliczne, oddziaływanie van der Waalsa,

wiązania wodorowe, poziomy wibracyjne i rotacyjne, charakterystyka izolatorów, metali i półprzewodników, struktura pasmowa ciał stałych, nie-domieszkowane i domieszkowane półprzewodniki, temperaturowa zależność przewodnictwa elektrycznego, definicja ruchliwości nośników, mechanizm rozpraszania nośników w półprzewodnikach, reguła Matthiessen'a, złącze p-n, większościowe i mniejszościowe nośniki ładunku, prąd dyfuzji i unoszenia (dryfu), wybrane zastosowania półprzewodników – urządzenia półprzewodnikowe: złącze prostujące, dioda świecąca - LED, fotodioda, laser złączowy, tranzystor polowy FET

Obowiązuje również: **Rachunek niepewności pomiaru**

W jaki sposób podajemy wynik pomiaru? Co jest źródłem rozbieżności pomiędzy wartością uzyskiwaną w eksperymencie a wartością rzeczywistą?

Niepewność a błąd pomiaru, niepewność względna i bezwzględna, niepewność standardowa i maksymalna, rozkład błędów i podział błędów według ich rozkładu, charakterystyka błędów grubych, systematycznych i przypadkowych (w tym źródła błędów i sposób postępowania), typy oceny niepewności według Międzynarodowej Normy Oceny Niepewności Pomiaru, opracowanie serii pomiarów bezpośrednich dużej próby (wartość średnia, wariancja rozkładu, odchylenie standardowe, histogram, praktyczna umiejętność opracowania zadanej serii pomiarów).

Rozkład normalny Gaussa (wzór matematyczny, wykres, interpretacja)

Metody określania niepewności wielkości złożonej – prawo przenoszenia błędu (przykłady). Praktyczna umiejętność korzystania z metody różniczki zupełnej i prawa przenoszenia niepewności. Kiedy stosuje się te metody?