Kierunek Fizyka

Tematy do egzaminu dyplomowego na studiach I stopnia, kierunek Fizyka.

Mechanika klasyczna

1. Zasady dynamiki Newtona.
2. Formalizmy Lagrange'a i Hamiltona: współrzędne i pędy uogólnione, transformata Legendre'a, opis ruchu w przestrzeni fazowej.
3. Symetrie i zasady zachowania.
4. Najważniejsze zagadnienia mechaniki punktu materialnego: ruchy ze stałym przyspieszeniem, ruch w polu grawitacyjnym, oscylator harmoniczny (swobodny i wymuszony, drgania ustalone i nieustalone, rezonans).
5. Moment pędu i dynamika bryły sztywnej.
6. Szczególna teoria względności: postulaty Einsteina, transformacje Lorentza i ich konsekwencje.

Mechanika kwantowa

1. Podstawy eksperymentalne (w ujęciu historycznym): promieniowanie równowagowe, efekt fotoelektryczny zewnętrzny, zjawisko Comptona.
2. Formalizm mechaniki kwantowej: stany, obserwable, ewolucja, pomiar. Obrazy Schrödingera i Heisenberga.
3. Zasady nieoznaczoności. Zasada nieoznaczoności Heisenberga.
4. Zagadnienie własne dla energii. Równanie Schrödingera niezależne od czasu.
5. Tunelowanie: podstawy fizyczne i zastosowania.
6. Jednowymiarowy oscylator harmoniczny w mechanice kwantowej.
7. Symetrie i zasady zachowania w mechanice kwantowej. Wielkości zachowane i „dobre” liczby kwantowe. Zupełne układy obserwabli.
8. Moment pędu w mechanice kwantowej. Stany kwantowe elektronu w polu kulombowskim (atom wodoru).
9. Spin: fakty doświadczalne i opis w formalizmie mechaniki kwantowej.
10. Układy nierozróżnialnych cząstek. Zakaz Pauliego. Atomy wieloelektronowe: rola ekranowania i reguły Hunda. Układ okresowy pierwiastków.
11. Stacjonarny rachunek zaburzeń. Przykłady zastosowania w zagadnieniach z degeneracją i bez degeneracji. Rola symetrii zaburzenia.

Termodynamika i fizyka statystyczna

1. Podstawy termodynamiki: parametry termodynamiczne intensywne i ekstensywne; funkcje stanu; równanie stanu. Potencjały termodynamiczne: interpretacja fizyczna i wzajemne związki.
2. Zasady termodynamiki. Procesy termodynamiczne. Maszyny cieplne. Odwracalność.
3. Zasada równych a priori prawdopodobieństw i zespoły kanoniczne.
4. Związek fizyki statystycznej i termodynamiki. Suma statystyczna i energia swobodna. Statystyczna interpretacja entropii.
5. Najważniejsze układy termodynamiczne: gaz klasyczny, rozkład Maxwella–Boltzmanna i zasada ekwipartycji energii; gazy kwantowe, rozkłady Bosego–Einsteina i Fermiego–Diraca.
6. Zjawiska transportu. Przewodnictwo cieplne. Dyfuzja.

Fizyka ciała stałego

1. Podstawowe empiryczne własności ciał stałych (mechaniczne, termodynamiczne, elektryczne). Natura wiązań w kryształach.
2. Struktura ciał stałych krystalicznych. Podstawowe pojęcia: symetrie, sieci Bravais'go, baza sieci, komórka elementarna, komórka prymitywna.

3. Dynamika sieci krystalicznej. Fonony akustyczne i optyczne. Model jednowymiarowy. Typowe fononowe krzywe dyspersyjne rzeczywistych kryształów (dla sieci prostych i z bazą, dla kryształów jonowych).
4. Termodynamika sieci krystalicznej. Prawo Dulonga–Petite'a, modele Einsteina i Debye'a. Prawo T3 Debye'a.
5. Elektrony swobodne: poziomy energetyczne, gęstość stanów, energia Fermiego.
6. Termodynamika gazu elektronowego: rozkład Fermiego–Diraca, pojemność cieplna, przewodnictwo cieplne i elektryczne; prawo Wiedemana–Franza.
7. Elektrony w potencjałach periodycznych. Twierdzenie Blocha. I strefa Brillouina.
8. Model elektronów swobodnych i prawie swobodnych. "Zaginanie pasm" i rozszczepienie na granicy strefy Brillouina.
9. Przypadek jednowymiarowy. Model Kroniga-Penneya.
10. Metody obliczania struktury pasmowej: metoda kp, metoda ciasnego wiązania.
11. Struktura pasmowa rzeczywistych kryształów. Struktury pasmowe najważniejszych półprzewodników (GaAs, Si, Ge).
12. Półprzewodniki. Elektrony i dziury. Funkcje rozkładu w przypadku niezdegenerowanym, koncentracja nośników samoistnych. Domieszkowanie, półprzewodniki typu n i p.
13. Struktura pasmowa najważniejszych półprzewodników (Si,Ge, GaAs). Półprzewodniki z przerwą prostą i skośną.
14. Najważniejsze przyrządy półprzewodnikowe: złącze p-n, fotodioda, dioda świecąca, tranzystor polowy i MOSFET.
15. Dielektryki. Piezo-, ferro- i piroelektryki.

Elektrodynamika i optyka

1. Pole elektromagnetyczne
2. Prawa Maxwella (w próżni) i ich interpretacja; postać różniczkowa i całkowa; prawa Gaussa, Ampère'a, Faradaya; prawa Coulomba i Biota–Savarta.
3. Potencjały elektromagnetyczne; swoboda cechowania; potencjały zadanych rozkładów ładunku i prądu. Równanie Poissona.
4. Pole elektryczne w dielektrykach: ładunki związane, momenty dipolowe i polaryzacja; wektor indukcji elektrycznej; warunki na granicy dielektryka; dielektryki liniowe, podatność i przenikalność elektryczna.
5. Pola (statyczne) w metalach (i wokół metali): brak pola elektrycznego w metalach; ładunki powierzchniowe i pole przy powierzchni metalu; związek z krzywizną.
6. Pola magnetyczne w materii: prądy związane i magnetyzacja; podatność i przenikalność magnetyczna; diamagnetyzm, paramagnetyzm, ferromagnetyzm.
7. Potencjał elektromagnetyczny jako czterowektor; tensor pola; prawa Maxwella w zapisie relatywistycznym.
8. Równanie falowe w próżni i jego rozwiązanie w postaci fal płaskich; parametry zjawisk falowych; energia i pęd fali.
9. Interferencja: podstawy fizyczne; przykłady zjawisk interferencyjnych; interferometry Younga, Michelsona, Macha–Zendera; koherencja; światło częściowo spójne.
10. Dyfrakcja: dyfrakcja Fresnela i Fraunhofera; dyfrakcja na szczelinie; siatka dyfrakcyjna.
11. Fale elektromagnetyczne w izotropowych dielektrykach liniowych: równania pola, prawa odbicia na granicy dielektryków (prawo Snella i równania Fresnela).
12. Polaryzacja światła i metody jej opisu: macierz spójności, parametry Stokesa, sfera Poincarego; światło częściowo spolaryzowane.
13. Optyka ośrodków anizotropowych; tensor przenikalności dielektrycznej, współczynniki załamania, interpretacja geometryczna; mody normalne; dwójłomność wymuszona; efekty Kerra i Faradaya; efekty elastooptyczne.
14. Fale w ośrodkach przewodzących: równania pola, absorpcja, odbicie od powierzchni przewodnika; plazmony.
15. Oddziaływanie światła z półprzewodnikiem: krawędź absorpcji i efekty ekscytonowe; polarytony.
16. Optyka geometryczna: metoda i zakres jej stosowalności; podstawowe prawa; najważniejsze elementy i przyrządy optyczne (soczewka cienka, zwierciadła, mikroskop, teleskop).
17. Promieniowanie dipolowe; rozpraszanie światła.
18. Falowody i światłowody: podstawy fizyczne i elementy techniki światłowodowej.

Elementy fizyki współczesnej

1. Fizyka jądrowa. Budowa i modele jądra atomowego. Stabilność jąder. Procesy rozpadu i reakcje jądrowe.

2. Energetyka jądrowa. Reaktory jądrowe. Synteza jądrowa. Biologiczne skutki promieniowania.
3. Magnetyczny rezonans jądrowy i jego medyczne zastosowania.
4. Cząstki elementarne i oddziaływania fundamentalne.
5. Akceleratory i detektory cząstek.
6. Model kwarkowy i ścieżka ośmiokrotna. Klasyfikacja cząstek elementarnych (hadrony: mezony i bariony; leptony). Dziwność. Zasady zachowania w fizyce jądrowej.
7. Unifikacja teorii fizycznych. Wielka Unifikacja.
8. Elementy kosmologii: Wielki Wybuch, ewolucja Wszechświata, prawo Hubble'a.

Literatura (przykładowa):

- I. V. Savelev (I. W. Sawieliew), Wykłady z fizyki;
- H. D. Young, R. A. Freedman, University Physics;
- J. R. Taylor, Mechanika klasyczna;
- R. Shankar, Mechanika kwantowa;
- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, Mecanique Quantique/Quantum Mechanics;
- D. J. Griffiths, Podstawy elektrodynamiki;
- K. Huang, Podstawy fizyki statystycznej;
- Ch. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego;
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Fizyka ciała stałego;
- B.E.A. Saleh, M.C. Teich, Fundamentals of Photonics;
- oraz notatki z poszczególnych wykładów kursowych.