



UCHWAŁA Nr 88/2009
Rady Wydziału Fizyki i Astronomii
Uniwersytetu Wrocławskiego
podjęta w dniu
27.10.2009 r.

Rada Wydziału podjęła uchwałę o przyjęciu zasad rekrutacji na studia doktoranckie fizyki na rok akademicki 2010/2011.

Warunki rekrutacji na Studia Doktoranckie Fizyki w roku ak. 2010/11

Forma studiów:
stacjonarne

Kierownik Studium Doktoranckiego :
dr hab. Zbigniew Jaskólski tel.071 375-92-72
e-mail: jask@ift.uni.wroc.pl

Termin egzaminu kwalifikacyjnego:
10 września 2010 r. o godz. 10

Miejsce egzaminu kwalifikacyjnego:
sala 320 (IFD)
sala 422 (IFT)
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław

Termin składania dokumentów:
Do 8 września 2010 r.

Miejsce składania dokumentów:
Biblioteka Instytutów Fizyki UW.,
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław

Dokumenty niezbędne przy ubieganiu się obywateli Polski o przyjęcie na studia doktoranckie:

- podanie
- informacja o zamiarze ubiegania się o stypendium doktoranckie
- kwestionariusz osobowy (wzór nr 1),
- kserokopia dowodu osobistego
- trzy fotografie legitymacyjne,
- odpis dyplomu ukończenia szkoły wyższej,
- zaświadczenie o średniej ze studiów, co najmniej 4,0 lub dwa listy polecające od pracowników naukowych,
- opinia opiekuna naukowego, zawierająca zgodę na opiekę naukową nad kandydatem,

Dokumenty niezbędne przy ubieganiu się obcokrajowców o przyjęcie na studia doktoranckie:

- podanie
- CV
- kwestionariusz osobowy (wzór nr 1),
- dyplom ukończenia studiów II stopnia lub jednolitych studiów magisterskich uzyskany w Polsce lub opatrzony apostille dyplom lub inny dokument ukończenia studiów za granicą (oryginał wraz z tłumaczeniem dokonany przez tłumacza przysięgłego), uznany zgodnie z przepisami w sprawie nostryfikacji dyplomów ukończenia studiów wyższych uzyskanych za granicą lub na podstawie umowy międzynarodowej, za równorzędny z polskim dyplomem ukończenia studiów drugiego stopnia lub jednolitych studiów magisterskich

- zaświadczenie o średniej ze studiów, co najmniej 4,0 (jeśli kandydat ukończył studia na polskiej uczelni) lub dwa listy rekomendacyjne od pracowników naukowych,
- opinia opiekuna naukowego, zawierająca zgodę na opiekę naukową nad kandydatem,
- dokument potwierdzający biegłą znajomość języka angielskiego,
- kserokopia strony paszportu ze zdjęciem,
- kopia wizy lub karty pobytu albo innego dokumentu uprawniającego do pobytu na terytorium RP
- zaświadczenie lekarskie wystawione w języku polskim lub wystawione w języku obcym wraz z tłumaczeniem na język polski dokonane przez tłumacza przysięgłego, stwierdzające brak przeciwwskazań do podjęcia studiów,
- polisa ubezpieczeniowa na wypadek choroby lub następstw nieszczęśliwych wypadków na okres kształcenia w Polsce lub Europejską Kartę Ubezpieczenia Zdrowotnego lub pisemne zobowiązanie przystąpienia do ubezpieczenia zdrowotnego w NFZ po rozpoczęciu kształcenia,
- trzy fotografie legitymacyjne,
- informacja o zamiarze ubiegania się o stypendium doktoranckie (dotyczy tylko obywateli Unii Europejskiej)

Zasady przyjęć:

O przyjęcie na studia może ubiegać się osoba, która spełnia łącznie następujące warunki:

- a) posiada tytuł zawodowy magistra, magistra inżyniera lub inny równorzędny w dziedzinie związanej z wybranym kierunkiem studiów doktoranckich,
- b) ma średnią ze studiów nie mniejszą niż 4,0 lub przedłożyła listy polecające od dwóch pracowników naukowych,
- c) uzyskała zgodę samodzielnego pracownika IFD lub IFT na opiekę naukową w czasie studiów doktoranckich,
- d) zdała egzamin kwalifikacyjny na studia doktoranckie.

Przyjęcie na studia następuje na podstawie listy rankingowej punktów uzyskanych przez kandydatów podczas egzaminu wstępnego organizowanego odrębnie dla kandydatów w dziedzinie fizyki doświadczalnej i fizyki teoretycznej. Listę rankingową sporządza się wg liczby punktów określonych wzorem:

**średnia z ocen uzyskanych na egzaminie wstępnym razy 100,
z zaokrągleniem do liczby całkowitej.**

Decyzję o przyjęciu na studia kandydatów z Polski i Unii Europejskiej podejmuje Wydziałowa Komisja Rekrutacyjna. Decyzję o przyjęciu na studia obcokrajowców spoza Unii Europejskiej podejmuje Rektor.

UWAGA ! Opiekunem naukowym może być każdy samodzielny pracownik naukowy Instytutu Fizyki Doświadczalnej lub Instytutu Fizyki Teoretycznej w zależności od wybranej dziedziny badań.

Zakres egzaminu wstępnego na studia doktoranckie

Instytut Fizyki Doświadczalnej

Zagadnienia egzaminacyjne dla kandydatów na studia doktoranckie w Instytucie Fizyki Doświadczalnej:

1. Wiązania chemiczne w kryształach.
2. Sieć krystalograficzna (translacje, symetrie, sieci Bravais'go, ważniejsze struktury krystalograficzne).
3. Sieć odwrotna, strefy Brillouina.
4. Elektrony swobodne w metalu (model Sommerfelda, rozkład Fermiego).
5. Równanie Schrödingera dla trzech wymiarów, okresowe warunki brzegowe.
6. Model elektronów prawie swobodnych.
7. Przybliżenie adiabatyczne i jednoelektronowe.
8. Metoda Liniowej Kombinacji Orbitali Atomowych (LCAO) i model ciasnego wiązania dla struktury elektronowej.
9. Drgania cieplne łańcucha atomów i trójwymiarowego kryształu. Równania, zależności dyspersyjne, natura drgań opisanych poszczególnymi gałęziami.
10. Ciepło właściwe ciał stałych. Zależności doświadczalne, modele Einsteina i Debye'a.
11. Gęstość stanów elektronowych w kryształach.

12. Gęstość stanów wibracyjnych w kryształach.
13. Elektronowe ciepło właściwe, przewodnictwo elektryczne i związek między nimi.
14. Model pasmowy półprzewodnika samoistnego.
15. Półprzewodniki domieszkowane.
16. Złącze p-n i mechanizm formowania bariery potencjału na tym złączu.
17. Dioda półprzewodnikowa, fotodioda, dioda luminescencyjna.
18. Laser półprzewodnikowy, budowa i działanie.
19. Praca wyjścia.
20. Emisja elektronowa z metali.
21. Zjawisko tunelowania.
22. Wybrane metody doświadczalne fizyki powierzchni:
 - o fotoemisja
 - o spektroskopia fotoelektronów
 - o LEED
 - o emisja polowa i jonowa
 - o STM
 - o AFM
23. Nadprzewodniki – podstawowe pojęcia, efekt Meisnera.
24. Równanie Londonów.
25. Podstawy teorii BCS.
26. Nadprzewodniki wysokotemperaturowe.
27. Defekty punktowe w kryształach.
28. Dyfuzja w kryształach.
29. Stopy (uporządkowane i nieuporządkowane, wykresy fazowe, parametry uporządkowania, przejście porządek-nieporządek).
30. Przejścia fazowe – definicja i przykłady przejść pierwszego i drugiego rodzaju.

Sugerowana literatura

H. Ibach, H. Lüth: *Fizyka ciała stałego*
 C. Kittel: *Wstęp do fizyki ciała stałego*
 A. Oleś: *Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego*

Instytut Fizyki Teoretycznej

Każdego kandydata obowiązuje znajomość podstaw mechaniki kwantowej. Oprócz tego kandydaci wybierają jedną z pięciu grup zagadnień bardziej szczegółowych:

1. teoria pola i cząstek elementarnych;
2. teoria fazy skondensowanej;
3. fizyka matematyczna;
4. teoria układów złożonych;
5. metody komputerowe fizyki.

Podstawy mechaniki kwantowej

1. Stany i obserwabla w mechanice kwantowej.
 - o Przestrzeń stanów.
 - o Zasada odpowiedniości i związki komutacyjne dla operatorów reprezentujących wielkości fizyczne.
 - o Widmo i stany własne operatorów pędu i położenia.
 - o Widmo i stany własne operatora energii oscylatora harmonicznego.
 - o Zupełny zbiór obserwabli i reprezentacje. Pojęcie funkcji falowej.
2. Fizyczna interpretacja formalizmu mechaniki kwantowej.
 - o Możliwe wyniki pomiarów wielkości fizycznych.
 - o Prawdopodobieństwo uzyskania w pomiarze wielkości fizycznej określonych wartości (obserwabla z widmem dyskretnym i ciągłym).
 - o Wpływ pomiaru na stan układu.

- Statystyczne charakterystyki stanów i obserwabli: wartość średnia i nieoznaczoność.
- Zasada nieoznaczoności Heisenberga.
- 3. Rozwój czasowy układów kwantowych.
 - Równania ruchu w mechanice kwantowej.
 - Obraz Schrödingera i równanie Schrödingera z czasem, stany stacjonarne.
 - Obraz Heisenberga i równanie Heisenberga.
 - Równanie Ehrenfesta.
 - Prąd prawdopodobieństwa.
 - Ruch cząstki swobodnej, rozptywanie się paczek falowych.
 - Stany związane i rozproszeniowe.
 - Sformułowanie zagadnienia rozpraszania w jednym wymiarze.
- 4. Potencjały schodkowe w jednym wymiarze.
 - Skończona studnia potencjału.
 - Próg i bariera potencjału, zjawisko tunelowania.
- 5. Moment pędu
 - Podstawowe własności operatorów składowych i operatora kwadratu momentu pędu.
 - Widmo operatorów składowych i operatora kwadratu momentu pędu, orbitalna i magnetyczna liczba kwantowa.
 - Funkcje własne operatorów składowych i operatora kwadratu momentu pędu,
 - Moment pędu i energia kinetyczna, ruch w polu sił centralnych.
- 6. Symetrie w mechanice kwantowej.
 - Unitarne operatory przesunięcia i obrotu.
 - Prawa zachowania pędu i momentu pędu.
- 7. Atomu wodoru bez spinu.
 - Sprowadzenie do zagadnienia ruchu względnego.
 - Widmo operatora energii ruchu względnego, liczby kwantowe, degeneracja.
 - Interpretacja fizyczna i potwierdzenia doświadczalne.
- 8. Naładowana cząstka w zewnętrznym polu elektromagnetycznym.
 - Hamiltonian oddziaływania cząstki naładowanej z zewnętrznym polem elektromagnetycznym, przekształcenia cechowania.
 - Atom wodoru w zewnętrznym polu magnetycznym, normalne zjawisko Zeemana.
 - Atom wodoru w zewnętrznym polu elektrycznym, liniowe zjawisko Starka.
- 9. Spin
 - Podstawy doświadczalne (anomalne zjawisko Zeemana, struktura subtelna atomu wodoru, doświadczenie Sterna-Gerlacha, zakaz Pauliego i budowa układu okresowego pierwiastków).
 - Opis spinowych stopni swobody, przestrzeń stanów i operatory składowych spinu.
 - Spinowe stopnie swobody układu dwóch cząstek ze spinem.
 - Oddziaływanie cząstki ze spinem $\frac{1}{2}$ z zewnętrznym polem elektromagnetycznym, równanie Pauliego.
 - Cząstki identyczne, symetria funkcji falowych układu wielu cząstek.
 - Zakaz Pauliego i związek spinu ze statystyką.

Literatura:

- R.L. Liboff, *Introductory Quantum Mechanics*
- L.I.Schiff, *Quantum Mechanics*,
- A.S. Dawydow, *Quantum Mechanics*
- L.D. Landau, L.L. Lifshits, *Quantum Mechanics. Non-Relativistic Theory*

Zagadnienia szczegółowe

1. Teoria pola i cząstek elementarnych

- Relatywistyczna mechanika kwantowa (równanie Diraca)
 - Wyprowadzenie równania Diraca.
 - Rozwiązania dla cząstki swobodnej (spin, pęd).
 - Własności transformacyjne względem grupy Lorentza.
 - Sprzężenie ładunkowe, antycząstki.

Literatura: J.D. Bjorken, B. Drell, *Relativistic Quantum Mechanics*.

- Podstawowa wiedza o cząstkach elementarnych i oddziaływaniach.
 - Klasyfikacja cząstek i oddziaływań elementarnych.
 - Prawa zachowania (ładunek, liczba barionowa, liczba leptonowa, dziwność, ...) w oddziaływaniach cząstek elementarnych.
 - Elementy modelu kwarkowego (grupa SU(3), multiplety barionów i mezonów).
 - Budowa najważniejszych cząstek z punktu widzenia modelu kwarkowego.
 - Konstrukcja modelu Weinberga-Salama (podstawowe motywacje, pola lewo- i prawoskrętne, mechanizm Higgsa).

Literatura: D.H. Perkins, *Introduction to High Energy Physics*,

- Podstawowa wiedza z teorii pola.
 - Formalizm lagranżowski, twierdzenie Noether, własności transformacyjne pól (pole skalarne, pole Maxwella).
 - Kwantowanie pola swobodnego, operatory kreacji anihilacji, przestrzeń Focka.
 - Teoria oddziałująca, obraz oddziaływania, rachunek zaburzeń, diagramy Feynmana.

Literatura: J.D. Bjorken, B. Drell, *Relativistic Quantum Mechanics*, M.E. Peskin, D.V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory*

2. Teoria materii skondensowanej i fizyka statystyczna.

- Sieci i struktury krystaliczne: sieć prosta, sieć odwrotna, klasyfikacja sieci.
- Cząstka kwantowa (elektron) w zewnętrznym potencjale okresowym (teoria pasmowa), przybliżenie silnego wiązania.
- Klasyczna i kwantowa teoria drgań sieci krystalicznej w przybliżeniu harmonicznym.
- Magnetyzm: diamagnetyzm, paramagnetyzm i ferromagnetyzm, model Heisenberga, model Hubbarda.
- Formalizm drugiego kwantowania.
- Mechanika statystyczna i termodynamika idealnych gazów kwantowych.
- Zjawiska kolektywne – przemiany fazowe w gazach i kryształach.

Literatura: N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, *Solid State Physics*, Holt, Rinehart and Winston 1976 (*Fizyka ciała stałego*, PWN, Warszawa 1986), G.H. Wannier, *Elements of Solid State Theory*, Cambridge 1959 (*Podstawy teorii ciała stałego*, PWN 1962), S.R.A. Salinas, *Introduction to Statistical Physics*, Springer 2001, P.A. Martin, F. Rothen, *Many-Body Problems and Quantum Field Theory*, Springer 2002

3. Fizyka matematyczna

- Dystrybucje i przekształcenia Fouriera
 - Przestrzeń S funkcji próbnych (funkcji gładkich na \mathbb{R}^n i szybko malejących w nieskończoności).
 - Dystrybucje temperowane S' .
 - Operacje na dystrybucjach (mnożenie przez funkcję, różniczkowanie).
 - Transformata Fouriera funkcji całkowalnych na \mathbb{R}^n .
 - Transformaty Fouriera na S i na S' .
- Przestrzeń Hilberta i operatory liniowe.
 - Baza, dopełnienie ortogonalne w przestrzeni Hilberta.
 - Operacje nad prz. Hilberta (suma prosta, iloczyn tensorowy).
 - Operatory ograniczone, norma operatora, operatory unitarne, hermitowskie, macierze gęstości.
 - Operatory nieograniczone, obserwable.

Literatura: M. Reed, B. Simon, *Methods of Modern Mathematical Physics*, vol. 1 chapters II, VI, VIII 1-2, vol. 2 chapter IX 1-4.

4. Teoria układów złożonych

- Podstawy mechaniki statystycznej układów równowagowych.
 - Funkcje stanu. Entropia. Związki między funkcjami stanu (przekształcenie Legendre'a).
 - Warunki równowagi i stabilności układów termodynamicznych.
 - Zespół statystyczny, jego związek z wielkościami termodynamicznymi i rola granicy termodynamicznej.
 - Klasyczne zespoły statystyczne (mikrokanoniczny, kanoniczny i wielki kanoniczny) i ich związki z termodynamiką.

- Kwantowe zespoły statystyczne (swobodny gaz fermionowy i jego własności termodynamiczne, swobodny gaz bozonowy i jego własności termodynamiczne).
- Elementy teorii przejść fazowych.
 - Współczesna klasyfikacja przejść fazowych.
 - Różnice między ciągłymi i nieciągłymi przejściami fazowymi z punktu widzenia teorii i doświadczenia (przykłady konkretnych przejść fazowych).
 - Opis ciągłych przejść fazowych w ramach teorii Landaua.
 - Wykładniki krytyczne i klasy uniwersalności.
 - Metoda pola efektywnego na przykładzie modelu Isinga, porównanie z wynikami ścisłymi.
 - Algorytm Metropolis dla modelu Isinga.

Literatura: S. Salinas, Introduction to Statistical Physics, K. Huang, *Introduction to Statistical Physics*, M. Plischke, B. Bergersen, *Equilibrium Statistical Physics*, J. J. Binney, N. J. Dowrick, A. J. Fisher, M. E. J. Newman *The Theory of Critical Phenomena: An Introduction to the Renormalization Group*.

5. Metody komputerowe fizyki

- Metody numeryczne.
 - Metody rozwiązywania układów równań liniowych.
 - Interpolacja, aproksymacja, ekstrapolacja.
 - Całkowanie i różniczkowanie numeryczne.
 - Charakterystyczne cechy arytmetyki komputerowej: całkowitej (w re-prezentacji kodu uzupełnień do dwóch) i zmiennopozycyjnej (IEEE 754).
 - Powstawanie i propagacja błędów numerycznych.

Literatura: G. Dalhquist & A. Björck, *Numerical Methods*, Dover Publications, 2003. J. Stoer, R. Bulirsch, *Introduction to Numerical Analysis*, Springer, 2002.

- Metody symulacji komputerowych
 - Rodzaje generatorów liczb losowych i ich właściwości.
 - Metody generowania dyskretnych i ciągłych zmiennych losowych.
 - Symulacje Monte Carlo, próbkowanie proste, przykłady zastosowań w fizyce.
 - Całkowanie metodą Monte Carlo.
 - Algorytm Metropolis, termalizacja, błędy statystyczne.
 - Symulacje ze zmienną liczbą cząstek.
 - Zależność wyników symulacji od rozmiarów układu, skalowanie.
 - Metoda kinetycznego Monte Carlo.

Literatura: David P. Landau, *A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics*, K. Binder & D.W. Heermann, *Monte Carlo Simulations in Statistical Physics*.