**Nazwa przedmiotu:**

Fizyka kwantowa

**Koordynator przedmiotu:**

Prof. dr hab. Piotr Magierski, prof. nzw., magiersk@if.pw.edu.pl

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Fizyka Techniczna

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1050-FT000-ISP-4FKW

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

6

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. godziny kontaktowe – 107 h; w tym
 a) obecność na wykładach – 45 h
 b) obecność na ćwiczeniach/laboratoriach – 30 h
 c) obecność na egzaminie – 2 h
 d) uczestniczenie w konsultacjach – 30 h
2. praca własna studenta – 50 h; w tym
 a) przygotowanie do ćwiczeń i do kolokwiów – 15 h
 b) zapoznanie się z literaturą – 30 h
 c) przygotowanie do egzaminu – 5 h
Razem w semestrze 157 h, co odpowiada 6 pkt. ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1. obecność na wykładach – 45 h
2. obecność na ćwiczeniach – 30 h
3. obecność na laboratoriach – 0 h
4. obecność na egzaminie – 2 h
5. uczestniczenie w konsulatacjach – 30 h
Razem w semestrze 107 h, co odpowiada 4 pkt. ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

-

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 45h |
| Ćwiczenia:  | 30h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawy fizyki (1, 2), Mechanika klasyczna

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Student zapoznaje się z mechaniką kwantową dla układu jednej i dwóch oddziałujących cząstek. Uczy się mechaniki falowej opartej na równaniu Schroedingera razem z elementami bardziej abstrakcyjnego sformułowania w przestrzeni Hilberta. Celem wykładu jest nauczenie studenta rozwiązywania konkretnych problemów kwantowo-mechanicznych takich jak: obliczania energii własnych dla prostych studni potencjału, wartości własnych obserwabli, itd. Ponadto na wykładzie student zapozna się z koncepcjami tworzącymi podstawy teorii kwantów, oraz z nieoczekiwanymi, a czasem sprzecznymi z intuicją przewidywaniami mechaniki kwantowej.

**Treści kształcenia:**

1. Przegląd najważniejszych eksperymentów podważających fizykę klasyczną. Stara teoria kwantów.
2. Równanie Schroedingera. Probabilistyczna interpretacja funkcji falowej.
3. Operatory wielkości fizycznych. Funkcje własne i wartości własne.
4. Pomiar w mechanice kwantowej. Wartość oczekiwana. Twierdzenie Ehrenfesta. Zasada nieoznaczoności Heisenberga.
5. Liniowy oscylator harmoniczny. Energie i funkcje falowe stanów stacjonarnych.
6. Ruch w potencjale sferycznie symetrycznym. Operator momentu pędu.
7. Atom wodoru.
8. Abstrakcyjne sformułowanie mechaniki kwantowej. Przestrzeń Hilberta. Wektor stanu. Notacja 'bra' i 'ket' Diraca.
9. Operatory rzutowe. Ewolucja układu kwantowego jako transformacja unitarna. Iloczyn tensorowy przestrzeni Hilberta – stany splątane.
10. Operatory kreacji i anihilacji dla oscylatora harmonicznego.
11. Spinowy moment pędu. Ruch cząstki w polu magnetycznym. Zjawisko Zeemana. Równanie Pauliego.
12. Dodawanie momentu pędu w mechanice kwantowej.
13. Elementy mechaniki kwantowej wielu ciał. Nierozróżnialność cząstek. Fermiony i bozony. Zasada Pauliego.
14. Wariacyjne oszacowanie energii jonizacji atomu helu.

**Metody oceny:**

Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest zaliczenie ćwiczeń. Na ocenę z ćwiczeń składają się wyniki z kolokwiów (dwóch), ocena umiejętności rozwiązywania zadań domowych oraz aktywność na zajęciach. Szczegółowe wymagania przedstawia prowadzący ćwiczenia na pierwszych zajęciach. Ocena z przedmiotu = 1/2\*(ocena z egzaminu) + 1/2\*(ocena z ćwiczeń). Przewiduje się zwolnienie z egzaminu dla osób, które zdobędą na ćwiczeniach określoną liczbę punktów.

Regulamin ćwiczeń:
--------------------------
1) Obecność na ćwiczeniach jest obowiązkowa. W semestrze można mieć dwie nieusprawiedliwione nieobecności.
2) Na ćwiczeniach można zdobyć maksymalnie 24 punkty.
3) W semestrze odbywają się 2 kolokwia. Za jedno kolokwium można uzyskać 8 punktów. Terminy kolokwiów ustala prowadzący ćwiczenia i podaje minimum na dwa tygodnie przed terminem.
4) Pozostałych 8 punktów (tak zwane punkty za aktywność i quizy) przyznaje prowadzący na koniec semestru.
5) Udział w kolokwiach jest obowiązkowy. Nieobecność na kolokwium może być potraktowana jako usprawiedliwiona na podstawie zwolnienia lekarskiego lub w innych szczególnie istotnych okolicznościach losowych. Student posiadający takie usprawiedliwienie powinien zgłosić się do prowadzącego (nie później niż w terminie najbliższych zajęć) w celu ustalenia formy i terminu zaliczenia kolokwium - w przeciwnym przypadku prowadzący może nie zaliczyć kolokwium (wystawić 0 punktów) i uznać nieobecność na kolokwium za nieusprawiedliwioną.
6) Do zaliczenia ćwiczeń wymagane jest spełnienie następujących warunków: otrzymanie przynajmniej 5 punktów z każdego z kolokwiów, otrzymanie przynajmniej 13 punktów łącznie z kolokwiów i z aktywności, obecność na obu kolokwiach i co najwyżej dwie nieobecności nieusprawiedliwione. Punkty na ocenę przeliczane są według poniższej tabelki:
 Punkty Ocena
 0 ÷ 12 - 2.0
 13 ÷ 14 - 3.0
 15 ÷ 16 - 3.5
 17 ÷ 18 - 4.0
 19 ÷ 21 - 4.5
 22 ÷ 24 - 5.0
7) Na zakończenie semestru odbywa się poprawa, której formę ustala prowadzący.
8) Niniejszy regulamin może być w każdej chwili zmieniony przez prowadzącego na korzyść studenta. Decyzję taką każdorazowo podejmuje prowadzący.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literatura podstawowa:
1. L. Schiff, Mechanika kwantowa, PWN 1997
2. A.S. Dawydow, Mechanika kwantowa, PWN 1969
3. S. Shankar, Mechanika kwantowa, PWN 2006
4. L. Adamowicz, Mechanika kwantowa. Formalizm i zastosowania. Ofic.Wyd. PW 2005
Literatura uzupełniająca:
5. C. Cohen-Tanoudji, B.Diu, F. Laloe, Quantum Mechanics, vol. 1-2, Wiley-Interscience 2006
6. L.D. Landau, E.M. Lifszyc, Mechanika kwantowa, PWN 1979
7. I. Białynicki-Birula, M. Cieplak, Teoria kwantów, PWN 1991
8. A. Peres, Quantum Theory: Concepts and Methods, Kluwer Ac. Publ. 2002
9. R.B. Griffiths, Consistent Quantum Theory, Cambridge Univ. Press 2002
10. C. Białobrzeski, Podstawy poznawcze fizyki świata atomowego, PWN 1984

**Witryna www przedmiotu:**

http://www.if.pw.edu.pl/~magiersk/wyklady.html

**Uwagi:**

-

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt FKW\_W01:**

Student zna podstawy mechaniki kwantowej i potrafi zastosować jej metody w celu wyjaśnienia zjawisk fizycznych w mikroświecie.

Weryfikacja:

kolokwia i egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_W02

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_W01, T1A\_W01, T1A\_W03

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt FKW\_U01:**

Student potrafi zastosować metody mechaniki kwantowej do wyznaczenia własności niektórych prostych układów kwantowych

Weryfikacja:

kolokwia

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_U06

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_U01, X1A\_U02, T1A\_U07, T1A\_U09

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt FKW\_K01:**

Rozumie potrzebę kształcenia się przez całe życie

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_K01

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_K01, X1A\_K05, T1A\_K01