**Nazwa przedmiotu:**

Elementy fizyki statystycznej

**Koordynator przedmiotu:**

Dr hab. inż. Agata Fronczak, prof. uczelni, agata.fronczak@pw.edu.pl

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Fotonika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1050-FO000-ISP-5EFS

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

1. godziny kontaktowe – 35 h; w tym
 a) obecność na wykładach – 15 h
 b) obecność na ćwiczeniach/laboratoriach – 15 h
 d) uczestniczenie w konsultacjach (nieobowiązkowe) – 5 h
2. praca własna studenta – 15 h; w tym
 a) przygotowanie do ćwiczeń i do kolokwiów – 10 h
 b) zapoznanie się z literaturą – 5 h
Razem w semestrze 50 h, co odpowiada 2 pkt. ECTS

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

1. obecność na wykładach – 15 h
2. obecność na ćwiczeniach – 15 h
3. uczestniczenie w konsultacjach – 5 h
Razem w semestrze 35 h, co odpowiada 1,5 pkt. ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1. ćwiczenia rachunkowe – 15 h
2. przygotowanie do kolokwiów na podstawie zestawów zadań: 10 h
Razem w semestrze 25 h, co odpowiada 1 pkt. ECTS

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 15h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z podstawowymi metodami fizyki statystycznej, które mają zastosowanie w różnych zagadnieniach teoretycznych związanych z: promieniowaniem elektomagnetycznym (fizyka gazu fotonowego) i własnościami ciał statałych (fonony optyczne, aktustyczne; kryształy fotonowe).

**Treści kształcenia:**

Zagadnienia omawiane podczas wykładów:
1. Termodynamika klasyczna, gaz doskonały: 1h
(zasady termodynamiki; procesy odwracalne i nieodwracalne; klasyczny gaz doskonały jako model prototypowy układu termodynamicznego; termodynamika gazu fotonowego)
2. Entropia, potencjały termodynamiczne: 2h
(definicja entropii i przyrostu entropii, przepłw i produkcja entropii w procescha odwracalnych i nieodwacalnych; potencjały termodynamiczne)
3. Podstawowe pojęcia fizyki statystycznej: 2h
(mikrostan, makrostan, przestrzeń stanów)
4. Elementy rachunku prawdopodobienstwa i kombinatoryki w fizyce statystycznej: 2h (przestrzeń stanów, jako przestrzeń zdarzeń elementarnych)
5. Rozkład mikrokanoniczny w fizyce statystycznej, przykłady: 2h (podstawowy postulat fizyki statystycznej, hipoteza ergodyczna, entropia statystyczna, przykład gazu doskonałego, paramagnetyk)
6. Rozkład kanoniczny: 2h
(podstawowe wzory związane z zespołem kanonicznym, przykłady: ciało stałe Einsteina, fonony optyczne i akustyczne w siecia krystalicznej)
7. Rozkład wielki kanoniczny i statystyki kwantowe: 1h
(wyprowadzenie i własności rozkładów Fermiego-Diraca i Bosego-Einsteina, fotony jako bozony)
8. Funkcja gęstości stanów: 1h
(funkcja gęstości stanów – definicja i przykłady; funkcja gęstości dla cząstek klasycznych, bozonów i fermionów, fotony jako bozony bez masy spoczykowej);
9. Własności gazu fotonowego: 2h
(rozkład Plancka, prawo przesunięć Wiena, prawo Stefana-Boltzmanna, równanie stanu gazu fotonowego, ciśnienie światła)
Ćwieczenia rachunkowe nawiązują do treści omówionych na wykładzie.

**Metody oceny:**

Zasady zaliczenia przedmiotu:
1. Na koniec semestru prowadzący wystawia studentowi jedną ocenę, biorąc pod uwagę oceny uzyskane przez studenta podczas dwóch kolokwiów zorganizowanych w trakcie semestru.
2. Aby zaliczyć przedmiot student musi uzyskać pozytywną ocenę
(tj. przynajmniej ocenę 3,0) z obydwu kolokwiów.
3. Terminy kolokwiów zostaną ustalone w pierwszym tygodniu zajęć.
4. Kolokwia będą obejmowały materiał omówiony na wykładzie i na ćwiczeniach rachunkowych. Będą składały się z 5 krótkich pytań teoretycznych i zadań rachunkowych. 4 spośród tych pytań/zadań zostaną wybrane spośród pytań/zadań umieszczonych w podrozdziałach pt. Pytania kontrolne i Przykładowe zadania kończących każdy rozdział skryptu.
5. Kolokwium poprawkowe. Po zakończeniu zajęć w semestrze zostaną zorganizowane kolokwia poprawkowe. Można poprawiać jedno lub obydwa kolokwia. Podczas wystawiania oceny końcowej będzie brana pod uwagę lepsza z uzyskanych ocen.
6. System oceniania: ocena z każdego kolokwium jest przeliczana na punkty: ocena 5 – 5 pkt.; ocena 4,5 – 4,5 pkt. itd. Końcowa ocena
z przedmiotu zależy od sumy punktów uzyskanych podczas dwóch kolokwiów:
Suma punktów Końcowa ocena z przedmiotu
9,5 – 10 5
8,5 – 9 4,5
7,5 – 8 4
6,5 – 7 3,5
6 3

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Materiały do wykładu i do ćwiczeń w postaci skryptu, prezentacji
i zestawów zadań rachunkowych do realizacji podczas zajęć są dostępne na stronie przedmiotu: http://if.pw.edu.pl/~agatka/efs.html
Literatura uzupełniająca
1. K. Huang, Podstawy fizyki statystycznej, PWN
2. A. Zagórski, Fizyka statystyczna, Oficyna Wydawnicza PW
3. A. Fronczak, Zadania i problemy z rozwiązaniami z termodynamiki i fizyki statystycznej , Oficyna Wydawnicza PW
4. J. Jakubowski, R. Sztencel, Rachunek prawdopodobieństwa dla prawie każdego, Script, Warszawa 2002 (Wydanie II)

**Witryna www przedmiotu:**

http://if.pw.edu.pl/~agatka/efs.html

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt 5EFA\_W01:**

Ma podstawową wiedzę w zakresie rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej oraz wie w jaki sposób fizyka teoretyczna wykorzystuje tę wiedzę w zakresie metod fizyki kwantowej i statystycznej.

Weryfikacja:

kolokwia

**Powiązane efekty kierunkowe:** FOT\_W01

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_W02, X1A\_W03, T1A\_W01, T1A\_W07

**Efekt 5EFA\_W02:**

Ma podbudowaną teoretycznie wiedzę z zakresu metod teoretycznych fizyki i fotoniki w zakresie fizyki statystycznej. Rozumie skąd biorą się podstawowe prawa związane z termodynamiką ciała stałego i promieniowania elektromagnetycznego (gazu fotonów).

Weryfikacja:

kolokwia

**Powiązane efekty kierunkowe:** FOT\_W05

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_W01, T1A\_W02, T1A\_W03, InzA\_W02

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt 5EFA\_U01:**

Potrafi wyjaśnić, korzystając z odpowiednich metod matematycznych (m.in. statystyki matematycznej) i fizycznych, podstawowe własności materii i promieniowania EM. Rozumie podstawy teoretyczne rachunku błędów.

Weryfikacja:

kolokwia, rozwiązywanie zadań rachunkowych podczas ćwiczeń

**Powiązane efekty kierunkowe:** FOT\_U03, FOT\_U05, FOT\_U07

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_U01, T1A\_U01, T1A\_U02, T1A\_U07, InzA\_U01, X1A\_U06, X1A\_U09, T1A\_U02, T1A\_U07, T1A\_U08, X1A\_U01, T1A\_U07, T1A\_U09

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt 5EFA\_K01:**

Rozumie potrzebę ciągłego dokształcania się i konieczność rozumienia pozatechnicznych, nieinżynierskich aspektów pracy inżynierskiej fotonika.

Weryfikacja:

konsultacje z wykładowcą

**Powiązane efekty kierunkowe:** FOT\_K01

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