



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Fizyczne podstawy nanotechnologii, PG_00020922						
Kierunek studiów	Nanotechnologia						
Data rozpoczęcia studiów	październik 2020 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu			2022/2023		
Poziom kształcenia	I stopnia - inżynierskie	Grupa zajęć			Grupa zajęć obowiązkowych z zakresu kierunku studiów Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnokademicki		
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji			na uczelni		
Rok studiów	3	Język wykładowy			polski		
Semestr studiów	6	Liczba punktów ECTS			4.0		
Profil kształcenia	ogólnokademicki	Forma zaliczenia			egzamin		
Jednostka prowadząca	Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej -> Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej -> Zakład fizyki nanomateriałów						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	odpowiedzialny za przedmiot	prof. dr hab. inż. Barbara Kościelska					
	prowadzący zajęcia z przedmiotu	prof. dr hab. inż. Barbara Kościelska					
Formy zajęć i metody nauczania	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	30.0	0.0	0.0	0.0	15.0	45
	W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0						
Aktywność studenta i liczba godzin pracy	Aktywność studenta	Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów	Udział w konsultacjach	Praca własna studenta	RAZEM		
	Liczba godzin pracy studenta	45	5.0	50.0	100		
Cel przedmiotu	Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z fizycznymi podstawami nanotechnologii						
Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy		Efekt z przedmiotu		Sposób weryfikacji i oceny efektu		
	[K6_W06] Ma podstawową wiedzę w zakresie nauki o materiałach (struktura ciał krystalicznych i amorficznych, wiązania krystaliczne, defekty strukturalne i ich wpływ na właściwości materiałów, drgania sieci i właściwości cieplne materiałów, struktura elektronowa, wybrane zjawiska transportu).		Wiedza w zakresie nauki o materiałach oraz wpływie rozmiaru na ich właściwości.		[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej		
	[K6_U11] Posiada umiejętność przygotowywania prac i opracowań pisemnych oraz wystąpień ustnych, w językach polskim i angielskim, dotyczących zagadnień szczegółowych z zakresu fizyki oraz pokrewnych dziedzin i dyscyplin nauki.		Umiejętność pisania prac pisemnych w języku polskim oraz umiejętność wystąpień ustnych w języku polskim z zakresu fizycznych podstaw nanotechnologii.		[SU1] Ocena realizacji zadania [SU5] Ocena umiejętności zaprezentowania wyników realizacji zadania		
	[K6_W07] Ma systematyczną wiedzę w zakresie fizycznych i chemicznych podstaw nanotechnologii (metody otrzymywania nanostruktur, rodzaje nanostruktur, ich właściwości, podstawowe metody badawcze).		Usystematyzowana wiedza w zakresie fizycznych podstaw nanotechnologii.		[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej		

1. Wstęp

1.1. Ogólne pojęcia związane z nanotechnologią.

1.2. Elementy fizyko-chemii powierzchni.

1.3. Wiązania w ciałach stałych: jonowe, kowalencyjne, metaliczne i van der Waalsa.

1.4. Struktura krystaliczna ciał stałych.

1.5. Struktura pasmowa ciał stałych: model elektronów swobodnych, quasi-swobodnych i silnie związanych.

1.6. Gęstość stanów w materiałach 0D, 1D, 2D i 3D.

2. Kwantowa natura nano-świata.

2.1. Dualizm korpuskularno-falowy oraz zasada nieoznaczoności Heisenberga.

2.2. Równanie Schrödingera, stany i energie kwantowe, efekt tunelowy.

2.3. Częstka uwięziona w pułapce 1D, 2D and 3D.

2.4. Studnie kwantowe.

2.5. Lasery na studniach kwantowych.

3. Właściwości transportu elektronowego.

3.1. Dyfuzyjny i balistyczny transport ładunku.

3.2. Elementy teorii Landauera.

3.3. Transport balistyczny w nanodrutach i przez kontakt punktowy.

3.4. Blokada kulombowska i tranzystor jednoelektronowy. 3.5. Kwantowy efekt Halla.

3.6. Efekt Aharonowa Bohma.

4. Właściwości termiczne.

4.1. Fonony.

4.2. Ciepło właściwe ciał stałych: modele Einsteina i Debye'a

4.3. Przewodnictwo cieplne.

	<p>4.4. Nanomateriały termoelektryczne.</p> <p>5. Właściwości magnetyczne i transport spinowy.</p> <p>5.1. Sprzężenie spin-orbita.</p> <p>5.2. Magnetyzm i materiały magnetyczne: dia-, para- i ferromagnetyzm, superparamagnetyzm.</p> <p>5.3. Spinowy efekt Halla.</p> <p>5.4. Efekt Kondo.</p> <p>5.5. Nanomateriały magnetyczne.</p> <p>5.6. Gigantyczny magnetoopór (GMR) i tunelowy magnetoopór (TMR).</p> <p>5.7. Zawory spinowe.</p> <p>6. Materiały fotoniczne.</p> <p>6.1. Dielektryki i mieszane ośrodki dielektryczne.</p> <p>6.2. Kryształy fotoniczne 1D, 2D i 3D.</p> <p>6.3. Przerwa fotoniczna.</p> <p>6.4. Metamateriały.</p> <p>7. Właściwości fizyczne nanorurek węglowych i grafenu.</p> <p>8. Metody wytwarzania i metody badań nanostruktur.</p>											
Wymagania wstępne i dodatkowe	Ukończony kurs fizyki doświadczalnej. Znajomość podstaw mechaniki kwantowej.											
Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sposób oceniania (składowe)</th> <th>Próg zaliczeniowy</th> <th>Składowa ocena końcowej</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Seminarium: wykonanie prezentacji i jej przedstawienie oraz napisanie streszczenia</td> <td>50.0%</td> <td>33.0%</td> </tr> <tr> <td>Egzamin pisany.</td> <td>50.0%</td> <td>67.0%</td> </tr> </tbody> </table>			Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa ocena końcowej	Seminarium: wykonanie prezentacji i jej przedstawienie oraz napisanie streszczenia	50.0%	33.0%	Egzamin pisany.	50.0%	67.0%
Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa ocena końcowej										
Seminarium: wykonanie prezentacji i jej przedstawienie oraz napisanie streszczenia	50.0%	33.0%										
Egzamin pisany.	50.0%	67.0%										
Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	<p>1. Nanotechnologie. Red. Nauk. R.W.Kelsall i in. PWN 2008.</p> <p>2. The Physics and Chemistry of Materials. J.I.Gersten, F.W.Smith, Wiley 2001.</p> <p>3. Introduction to nanotechnology. Ch.P.Poole Jr, F.J.Owens. Wiley 2003</p>										

	Uzupełniająca lista lektur	1 Fulereny i nanorurki. W.Przygocki i A. Łochowicz, NT 2001. 2. Nanoelectronics and Information Technology. Rainer Waser. Wiley-VCH 2003.
	Adresy eZasobów	Adresy na platformie eNauczanie: Fizyczne podstawy nanotechnologii - Moodle ID: 29241 https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=29241

Przykładowe zagadnienia/
przykładowe pytania/
realizowane zadania

1. Wymień i omów rodzaje występujących w ciele stałym wiązań.
2. Co to jest gęstość stanów? Omów gęstość stanów $g(E)$ w układzie 0D, 1D, 2D i 3D.
3. Struktura pasmowa kryształu: jak powstają pasma energetyczne i jaki mają wpływ na właściwości kryształu.
4. Masa efektywna.
5. Elektron w pułapce jedno, dwu i trójwymiarowej.
6. Cząstka w studni potencjału oraz efekt tunelowy .
7. Omów zasadę działania lasera na studniach kwantowych oraz na kropkach kwantowych.
8. Zdefiniuj napięcie powierzchniowe i energię powierzchniową i omów ich znaczenie w układach nanostrukturalnych.
9. Omów zjawiska mogące zmieniać energię powierzchniową.
10. Omów elektronowe ciepło właściwe i przewodnictwo cieplne. Jaki jest wpływ rozmiaru struktury na powyższe zjawiska?
11. Omów sieciowe ciepło właściwe i przewodnictwo cieplne. Jaki jest wpływ rozmiaru struktury na powyższe zjawiska?
12. Chłodzenie termoelektryczne w układach 3D i w układach nanorozmiarowych.
13. Kwantowanie przewodności - teoria Landauera. Przewodnictwo elektryczne przez złącze jednowymiarowe.
14. Trójwymiarowy i dwuwymiarowy gaz elektronów w zewnętrznym prostopadłym polu magnetycznym.
15. Kwantowy efekt Halla i efekt Shubnikova de Hassa.
16. Omów zjawisko blokady kulombowskiej i powstawanie tzw. diamentów Coulomba.
17. Omów zjawisko polaryzacji dielektryków.
18. Rozchodzenie się światła w kryształach. Równania Maxwella
19. Co to są struktury foniczne i w jaki sposób można je wytworzyć.
20. Co to jest i jak powstaje przerwa foniczna.
21. Na czym polega sprzężenie spin-orbita (zarówno w atomie jak w gazie elektronów 2D)?
22. Zastosowania magnetycznych nanodrutów.
23. Spinowy efekt Halla.
24. Efekt Kondo.

	<p>25. Zjawisko gigantycznego magnetooporu i magnetyczne złącze tunelowe. Tranzystor spinowy i zawór spinowy.</p> <p>26. Wymień i omów właściwości fizyczne grafenu i nanorurek.</p>
Praktyki zawodowe w ramach przedmiotu	Nie dotyczy