Załącznik nr 1.5 do Zarządzenia Rektora UR nr 12/2019

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA *2019/20 – 2020/21*
(skrajne daty)
Rok akademicki 2019/2020 i 2020/2021

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	**Laboratorium fizyczne**
Kod przedmiotu*	
Nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Kolegium Nauk Przyrodniczych / Instytut Nauk Fizycznych
Kierunek studiów	Fizyka
Poziom studiów	Studia drugiego stopnia, po studiach inż.
Profil	Ogólnoakademicki
Forma studiów	Studia stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	Rok I, semestr 1, 2
Rodzaj przedmiotu	Podstawowy
Język wykładowy	Polski
Koordynator	**dr Piotr Potera**
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	

***** *-opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce*

1.1.Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS

Semestr (nr)	Wykł.	Ćw.	Konw.	Lab.	Sem.	ZP	Prakt.	Inne (jakie?)	**Liczba pkt. ECTS**
1				45					**7**
2				45					**6**

1.2. Sposób realizacji zajęć

☒ zajęcia w formie tradycyjnej
☐ zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość

1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku) (egzamin, zaliczenie z oceną, zaliczenie bez oceny)
ZALICZENIE Z OCENĄ (SEM. 1 I 2)

2.WYMAGANIA WSTĘPNE

Do realizowania treści przedmiotu wymagane jest wcześniejsze zaliczenie podstawowych kursów:

- Podstawy fizyki: Mechanika, Elektryczność i magnetyzm, Optyka i budowa materii;
- Statystyczne metody opracowania pomiarów lub metrologia;
- Fizyka elementarna;
- Chemia;
- Fizyka atomu i cząsteczki;
- Fizyka ciała stałego;
- Podstawy elektroniki i techniki obwodów elektrycznych.

3. CELE, EFEKTY UCZENIA SIĘ , TREŚCI PROGRAMOWE I STOSOWANE METODY DYDAKTYCZNE

3.1 Cele przedmiotu

C1	zaznajomienie się z podstawowymi metodami badań: - widm atomowych i cząsteczkowych; - struktury cząsteczek i związków organicznych; - promieniowania jonizującego; - procesów i zjawisk termodynamicznych obejmujących fizykę ciała stałego, kryształów i cienkich warstw; - fizyko – chemicznych: wody, gleby i powietrza; - obiektów i zjawisk astronomicznych; oraz poznanie zasad działania nowoczesnych przyrządów pomiarowych.
C2	opanowanie zagadnień fizyki w zakresie praw i zjawisk fizycznych oraz zasad metrologii, koniecznych do zrozumienia problemów związanych z tematyką ćwiczeń laboratoryjnych.
C3	nabycie umiejętności praktycznego posługiwania się przyrządami pomiarowymi oraz montażu stanowiska doświadczalnego do samodzielnej pracy eksperymentalnej związanej z tematyką ćwiczeń laboratoryjnych.
C4	doskonalenie umiejętności użycia komputera zarówno w układach pomiarowych jak i przy opracowywaniu wyników eksperymentu (otrzymanie pośrednich wyników pomiaru, wykresy, elementy dyskusji błędu)
C5	uświadomienie roli i praktycznego zastosowania fizyki we współczesnym świecie.

3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu	Odniesienie do efektów kierunkowych
EK_01	Absolwent zna i rozumie w pogłębionym stopniu zagadnienia z zakresu fizyki doświadczalnej, a także jej historycznego rozwoju i znaczenia dla postępu nauk ścisłych i przyrodniczych, poznania świata i rozwoju ludzkości	K_W01
EK_02	Zna i rozumie techniki doświadczalne, obserwacyjne i numeryczne oraz metody budowy modeli matematycznych właściwych dla fizyki doświadczalnej	K_W03

EK_03	Zna i rozumie teoretyczne podstawy metod obliczeniowych oraz technik informatycznych stosowanych do rozwiązywania typowych problemów z zakresu fizyki doświadczalnej	K_W04
EK_04	Zna i rozumie teoretyczne podstawy funkcjonowania aparatury naukowej z zakresu fizyki doświadczalnej	K_W05
EK_05	Absolwent potrafi planować i wykonywać badania, doświadczenia lub obserwacje dotyczące treści kształcenia w ramach fizyki doświadczalnej	K_U01
EK_06	Absolwent potrafi w sposób krytyczny ocenić wyniki przeprowadzonych eksperymentów, obserwacji i obliczeń teoretycznych, a także przedyskutować błędy pomiarowe	K_U02
EK_07	Potrafi znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach	K_U03
EK_08	Potrafi przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanego sprawozdania zawierającego opis i uzasadnienie celu pracy, przyjętą metodologię, wyniki oraz ich znaczenie na tle innych podobnych badań	K_U04
EK_09	Potrafi pracować indywidualnie i w zespole	K_U08
EK_10	Absolwent jest gotów do uznania ograniczeń własnej wiedzy i potrzeby zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu z zakresu fizyki doświadczalnej	K_K02

3.3 Treści programowe

A. Problematyka ćwiczeń laboratoryjnych

Treści merytoryczne
Analiza widma wodoru i wyznaczenie stałej Rydberga w oparciu o linie serii Balmera. Kwantowa teoria budowy atomu. Widma liniowe. Widmo atomu wodoru. Przyrządy spektralne – spektrografy pryzmatowe. Parametry przyrządów spektralnych.
Badanie widm różnych źródeł światła za pomocą spektrometru siatkowego z dołączonym oprogramowaniem (np. świetlówki, żarówki LED, żarówki energooszczędnej, lampy sodowej, lampy neonowej, lampy wodorowej itp.) Atomowe i cząsteczkowe widma emisyjne. Jakościowa analiza spektralna. Krzywa dyspersji spektrometru. Identyfikacja linii widmowych w oparciu o bazę wzorców linii spektralnych NIST.
Wyznaczenie parametrów molekuły dwuatomowej metodą analizy widma oscylacyjno-rotacyjnego. Spektrogramy. Widmo absorpcyjne. Widmo elektronowo-oscylacyjno-rotacyjne. Parametry molekuły dwuatomowej. Metody wyznaczania parametrów molekularnych.
Badanie zawartości metali przejściowych metodami spektroskopii absorpcyjnej w zakresie UV/vis oraz fluorymetrii. Struktura elektronowa cząsteczek, teoria orbitali molekularnych. Przejścia elektronowe w cząsteczkach wieloatomowych: $\sigma\rightarrow\sigma^*$, $\pi\rightarrow\pi^*$, $n\rightarrow\sigma^*$ oraz przejścia d-d w atomach pierwiastków przejściowych i ich związkach. Diagram Jabłońskiego. Struktura oscylacyjna przejść elektronowych, reguła Fancka-Condona, czynniki–całki F-C. Zjawisko absorpcji promieniowania i wielkości fizyczne je charakteryzujące: transmitancja, absorbancja. Prawo Lamberta-Beera. Diagram Jabłońskiego. Procesy promieniste i bezpromieniste: fluorescencja i fosforescencja, konwersja wewnątrzsystemowa i konwersja międzysystemowa.

Czynniki wpływające na wydajność fluorescencji. Wygaszanie fluorescencji – równanie Sterna-Volmera. Kalibracja metod analitycznych.
Wykrywanie, identyfikacja i badania struktury związków organicznych metodą spektroskopii absorpcyjnej w podczerwieni. Pasma charakterystyczne grup funkcyjnych – częstości charakterystyczne. Metodyka analizy widm IR. Drgania normalne. Rodzaje drgań normalnych. Aparatura do pomiarów w podczerwieni: a) źródła promieniowania podczerwonego b) materiały przezroczyste dla promieniowania podczerwonego c) monochromatory podczerwieni d) detektory podczerwieni e) spektrofotometry podczerwieni f) spektrofotometry fourierowskie.
Badania fizyko-chemiczne wody. Pomiar pH, stężenie tlenu i zawartości soli w wodzie za pomocą uniwersalnego przyrządu pomiarowego, analiza próbek wody za pomocą testów oraz metodą fotometryczną (amoniak, fosfor, żelazo, potas)
Pomiar fizycznych własności gleb. Gęstość, wilgotność, pH, skład granulometryczny (metody sedymentacyjne), pomiary fotometryczne (amoniak, fosfor, żelazo, potas).
Analiza zanieczyszczeń powietrza za pomocą spektrometru masowego - analiza widma badanej próbki powietrza.
Określanie zanieczyszczeń powietrza w zakresie NO, CO i pyłu PM10 w korelacji do warunków pogodowych (siła i kierunek wiatru, temperatura, ciśnienie) oraz pory dnia i roku – wyznaczanie zawartości wybranych gazów na terenie Rzeszowa, w tym, w punktach najbardziej zagrożonych zanieczyszczeniami, z wykorzystaniem przenośnego czujnika gazów.
Określanie zawartości metali ciężkich w próbkach metodą rentgenowskiej spektrometrii fluorescencyjnej – wyznaczanie składu procentowego badanych próbek metodą fluorescencji rentgenowskiej (XRF).
Ocena jakości wody na podstawie obecności mikroorganizmów – wyznaczanie klas czystości wody na podstawie pobranych próbek.
Badanie zawartości radioizotopów w próbkach wody. Charakterystyka promieniowania jonizującego i jego własności. Prawo rozpadu promieniotwórczego, aktywność wielkości charakterystyczne. Radioaktywność naturalna. Metody detekcji promieniowania jonizującego. Rodzaje detektorów.
Badanie zawartości radioizotopów w próbkach gleby (ceramicznych materiałach budowlanych itp.) Rodzaje promieniowania jonizującego i jego własności. Radioaktywność naturalna. Sposoby detekcji promieniowania jonizującego. Rodzaje detektorów.
Analiza termiczna metali i stopów. Pojęcia dotyczące wykresów równowagi fazowej. Układ jako zbiór faz. Energia swobodna jako funkcją stanu układu, energia Helmholtza. Reguła faz (Gibbsa) Reguła dźwigni (reguła odcinków). Układ równowagi fazowej stopu dwuskładnikowego. Wykres fazowy dla składników o nieograniczonej rozpuszczalności składników w stanie stałym. Wykres fazowy z przemianą eutektyczną. Krzywa nagrzewania i chłodzenia dla czystego metalu a stopu.
Badanie siły termoelektrycznej półprzewodników. Transport nośników prądu w ciałach stałych. Zjawiska kontaktowe: metal-metal, metal-półprzewodnik. Zjawiska termoelektryczne. Zjawisko Seebecka. Zjawisko Peltiera. Zjawisko Thomsona. Ogniwa termoelektryczne. Termometry półprzewodnikowe. Metody i przyrządy w pomiarach cieplno-energetycznych.
Wyznaczanie współczynnika przewodnictwa cieplnego półprzewodników. Sposoby cieplnego przepływu energii. Przewodzenie ciepła. Natężenie przepływu ciepła. Współczynnik przewodzenia ciepła. Metody wyznaczania współczynnika przewodzenia ciepła wybranych materiałów. Fonony w ciałach stałych - widmo fononowe. Całkowite przewodnictwo cieplne

ciała stałego.
Pomiary właściwości galwanomagnetycznych struktur półprzewodnikowych. Klasyczny model przewodnictwa w ciałach stałych. Zależność przewodności/oporności od temperatury dla metali, półprzewodników i nadprzewodników. Transport nośników nadmiarowych w półprzewodniku - równanie ciągłości. Półprzewodniki typu n i p. Zależność koncentracji samoistnej od temperatury. Efekty galwanomagnetyczne (efekt Halla i anizotropowy magnetoopór). Ruchliwość μ, stała Halla R_H i przewodność właściwa σ półprzewodników.
Badanie fal sprężystych w półprzewodnikach za pomocą ultradźwięków. Prędkość fal w ośrodkach, które mają sprężystość. Fale poprzeczne i fale podłużne w ośrodkach. Prędkość fal podłużnych w ciałach stałych. Opis deformacji sprężystych. Typy naprężeń: rozciąganie (ściskanie), wszechstronne ściskanie, ścinanie (skręcanie). Prawo Hooke'a. Ultradźwięki w ciałach stałych. Ultradźwiękowe badanie materiałów. Defektoskopia ultradźwiękowa.
Wyznaczanie wartości optycznej przerwy wzbronionej cienkiej warstwy – metody otrzymywania cienkich warstw, zastosowania cienkich warstw, widmo transmisji, absorpcji, metoda Tauca wyznaczania przerwy wzbronionej
Wyznaczanie zależności dyspersyjnej współczynnika załamania światła cienkiej warstwy – spektrometr UV-Vis-NIR, metody wyznaczania współczynnika załamania, metoda Swanepoel'a wyznaczania współczynnika załamania warstwy
Badanie wpływu wygrzewania cienkiej warstwy na jej parametry optyczne – wpływ wygrzewania na widmo transmisji, przerwę wzbronioną, współczynnik załamania. Określenie kinetyk wygrzewania.
Wykorzystanie spektroskopii w podczerwieni w analizie tworzyw polimerowych – analiza próbek różnych polimerów, identyfikacja polimeru na podstawie uzyskanego widma
Procesy nanoszenia powłok z fazy gazowej na przykładzie PVD (fizycznego osadzania z fazy gazowej) - podstawy fizyczne, parametry procesu, aparatura do otrzymywania warstw metalicznych i tlenków metali
Transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM) jako metoda analizy struktury powierzchni - podstawy fizyczne, budowa urządzenia, detektory (BF,DF, HAADF), spektrometr EDX, podstawy obsługi urządzenia

3.4 Metody dydaktyczne

Laboratorium: wykonywanie doświadczeń, projektowanie doświadczeń

4. METODY I KRYTERIA OCENY

4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

Symbol efektu	Metody oceny efektów uczenia się (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć)	Forma zajęć dydaktycznych (w., ćw., ...)
EK_01	Kolokwium	ćw. lab.
EK_02	Kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	ćw. lab.
EK_03	Kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	ćw. lab.
EK_04	Kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	ćw. lab.
EK_05	Kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	ćw. lab.
EK_06	Kolokwium, sprawozdanie	ćw. lab.
EK_07	Obserwacja w trakcie zajęć, sprawozdanie	ćw. lab.
EK_08	Obserwacja w trakcie zajęć, sprawozdanie	ćw. lab.

EK_09	Obserwacja w trakcie zajęć, sprawozdanie	ćw. lab.
EK_10	Obserwacja w trakcie zajęć	ćw. lab.

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Warunkiem zaliczenia jest: wykonanie i zaliczenie przewidzianych planem laboratorium ćwiczeń laboratoryjnych (minimum 5-ciu w każdym semestrze) – student zalicza ćwiczenie jeżeli: zdał sprawdzian teoretyczny, zrealizował ćwiczenie praktycznie podczas zajęć oraz przedstawił odpowiednie sprawozdanie. Student otrzymuje oceny na podstawie sprawdzianów teoretycznych lub ustnych, obserwacji sprawności wykonywania przez studenta ćwiczenia i otrzymywania przez niego pomiarów oraz przedstawionych sprawozdań:

- średnia arytmetyczna ocen otrzymanych ze sprawdzianów teoretycznych stanowi 60% końcowej oceny z laboratorium,
- pozostałą część oceny stanowi średnia arytmetyczna ocen otrzymanych na podstawie obserwacji wykonania przez studenta ćwiczenia i otrzymania przez niego pomiarów oraz przedstawionych sprawozdań.

końcowa ocena z laboratorium to średnia arytmetyczna ocen (minimum 5-ciu ćwiczeń laboratoryjnych w każdym semestrze).

5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny kontaktowe wynikające z harmonogramu studiów	90
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	5
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, napisanie sprawozdania itp.)	230
SUMA GODZIN	325
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS	**13**

** Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.*

6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	n.d.
zasady i formy odbywania praktyk	n.d.

7. LITERATURA

Literatura podstawowa (w przypadku braku w bibliotece proponowane pozycje literaturowe zostaną udostępnione przez prowadzących):

1. Podręczniki uniwersyteckie – kursowe z zakresu fizyki zalecanie przez wykładowców ,
2. Z. Leś – Wstęp do spektroskopii atomowej, PWN, Warszawa 2015,
3. D.Kunisz, Fizyczne podstawy emisyjnej analizy widmowej, PWN Warszawa 1973
4. W. Kołos, J. Sadlej „Atom i cząsteczka", WNT, 2007
5. J. Sadlej „Spektroskopia molekularna", WNT, 2002
6. Z. Kęcki „Podstawy spektroskopii molekularnej", PWN, 1998
7. W. Kołos „Chemia kwantowa", PWN, 1978
8. W. Żuk, Spektrometria masowa, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1956
9. E. de Hoffman, J. Charette, V. Strofant, Spektroskopia mas, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998
10. K. Dittrich, Absorpcyjna spektrometria atomowa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1998
11. J. V. Iribarne, H.-R. Cho, Fizyka atmosfery, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998
12. J. Grzybowska, Zanieczyszczenia chemiczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1976
13. A. Strzałkowski, Wstęp do fizyki jądra atomowego, PWN, Warszawa 1978
14. A. Z. Hrynkiewicz (red.), Człowiek i promieniowanie jonizujące. PWN, Warszawa, 2003
15. J. Araminowicz: Laboratorium fizyki jądrowej, PWN, Warszawa 1984
16. J. England: Metody doświadczalne fizyki jądrowej, PWN, Warszawa 1980
17. Rybka E., Astronomia ogólna, wyd. VII, PWN, Warszawa 1983 (lub wydania późniejsze)
18. W. Iwanowska, A. Woszczyk, Metody badawcze astrofizyki obserwacyjnej, Skrypt UMK, Toruń 1987
19. J.M. Kreiner, Astronomia z astrofizyką, PWN, Warszawa 1988
20. A. Branicki, Obserwacje i pomiary astronomiczne, wyd. UW, W-wa, 2011
21. J. Dojlido, J. Zerbe, *Instrumentalne metody badania wody i ścieków*, Arkady 1997
22. W. Hermanowicz, J. Dojlido, W. Dożańska, B. Koziorowski, J. Zerbe, *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*, Arkady 1999
23. A. Ostrowska, S. Gawliński, Z. Szczubiałka, *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*, Instytut Ochrony Środowiska 1991
24. E. Pyłka-Gutowska, *Ekologia z ochroną środowiska*, Wydawnictwo Oświata, Warszawa 2004
25. Fizyka dla inżynierów. Cz. 2, Fizyka współczesna / Jerzy Massalski, Michalina Massalska. - Wyd. 4, dodr. - Warszawa : Wydawnictwo WNT, 2013
26. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki / Regina Drabent [et al.]. - Wyd. 9 zm. i poszerz., dodr. do wyd. z 2003 r. - Olsztyn : Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, cop. 2010
27. Pracownia fizyczna wspomagana komputerem / Henryk Szydłowski. - Wyd. 10 zm. - Warszawa : Wydaw. Naukowe PWN, 2003
28. Metody doświadczalne fizyki ciała stałego / Andrzej Oleś. - Wyd. 2 zm. i uzup. - Warszawa : Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1998

Literatura uzupełniająca:

1. P. W. Atkins „Chemia fizyczna", PWN, 2001
2. H. Haken, H. Ch. Wolf „Atomy i kwanty", PWN, 2002 (2 wyd.)
3. H. Haken, H. Ch. Wolf „Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej", PWN, 1998
4. A. Gołębiewski „Elementy mechaniki i chemii kwantowej", PWN, 1982
5. G. K. Woodgate „Struktura atomu", PWN, 1974
6. C. N. Banwell, Fundamentals of molecular spectroscopy, McGraw-Hill, London 1983

7. J. M. Hollas, High resolution spectroscopy, J. Wiley & sons, New York 1998
8. Sz. Szczeniowski, Fizyka doświadczalna, PWN Warszawa (1980)
9. R. A. W. Johnstone, M. E. Rose, Spektrometria mas: podręcznik dla chemików i biologów, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001
10. T. A. Lee, A beginner's guide to spectra mass spectral interpretation, John Wiley&Sons, Chichester 1998
11. R. Resnick , D. Halliday, Podstawy fizyki, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2005/2006
12. G.D. Roth (ed.), Compendium of Practical Astronomy, vol.1, Springer-Verlag 1993
13. M. Kubiak, Gwiazdy i materia międzygwiazdowa, PWN, Warszawa 1994
14. Urania-Postępy astronomii – wybrane numery dwumiesięcznika z lat 1998 – 2008
15. Portal internetowy Zooniverse (http://zooniverse.org)
16. Bazy fotografii nieba Simbad i Aladin (http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/)
17. F. Maciak, *Ochrona i rekultywacja środowiska*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1996
18. R. Gadzała-Kopciuch, B. Buszewski (red), *Fizykochemiczne metody analizy w chemii środowiska. Część I: Ćwiczenia laboratoryjne z analityki i kontroli w ochronie środowiska*, Wydawnictwo Uniwersytetu Toruńskiego, 2003
19. B. Buszewski, P. Kosobucki (red.), *Fizykochemiczne metody analizy w chemii środowiska. Część II: Ćwiczenia laboratoryjne z ochrony wód i gleb*, Wydawnictwo Uniwersytetu Toruńskiego, 2003
20. K. Wasińska, *Chemia techniczna. Ćwiczenia laboratoryjne*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Zielonej Górze, 1996.
21. Instrukcja obsługi spektrometru promieniowania γ z detektorem półprzewodnikowym HPGe - proponowana pozycja literaturowa zostanie udostępniona przez prowadzących ćwiczenie
22. Instrukcja obsługi spektrometru promieniowania γ z detektorem scyntylacyjnym NaI(Tl) - proponowana pozycja literaturowa zostanie udostępniona przez prowadzących ćwiczenie
23. Fizyka dla studentów nauk przyrodniczych i technicznych. T. 2 / D. Halliday, R. Resnick ; [z ang. tł. Wojciech Ratyński, Teresa Butler- Kaniowska] - Wyd. 4. - Warszawa : Państ. Wydaw. Naukowe, 1980
24. Introduction to solid state physics / Charles Kittel. - 8 ed. - Hoboken: John Wiley & Sons, cop. 2005
25. Wstęp do fizyki ciała stałego / Charles Kittel ; z ang. tł. Wiesława Korczak [i in.] - Warszawa : Wydaw. Naukowe PWN, 1999
26. Fizyka ciała stałego / Neil W. Ashcroft, N. David Mermin ; [z ang. tł. Jacek Maria Kowalski]. - Warszawa : Państ. Wydaw. Naukowe, 1986
27. K. Punitha, R. Sivakumar, C. Sanjeeviraja, Vasant Sathe,V. Ganesan " Physical properties of electron beam evaporated CdTe and CdTe:Cu thin films" Journal of Applied Physics 116, 213502 (2014);
28. B. D. Viezbicke, S. Patel, B. E. Davis, and D. P. Birnie " Evaluation of the Tauc method for optical absorption edge determination"
29. A. Zawadzka, Cienkie warstwy i nanostruktury cienkowarstwowe - eksperymentalne metody wytwarzania i badania właściwości, Wydawnictwo naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 2016

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej