

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

KARTA PRZEDMIOTUNazwa w języku polskim: **Fizyka 2.9**Nazwa w języku angielskim: **Physics 2.9**Kierunek studiów: **Energetyka, Mechanika i Budowa Maszyn**Stopień studiów i forma: **I stopień, stacjonarna**Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy / ogólnouczeniowy**Kod przedmiotu: **FZP002123**Grupa kursów: **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		30		
Forma zaliczenia	Egzamin		Zaliczenie na ocenę		
Liczba punktów ECTS	3		1		
Liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0		1		
Liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1,5		0,75		

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Kompetencje w zakresie kursów: Analizy matematycznej, Algebry, Fizyki 1.6

CELE PRZEDMIOTU

C1. Nabycie podstawowej wiedzy, uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne, z następujących działów elektrodynamiki klasycznej:

- C1.1. Elektrostatyka
- C1.2. Magnetostatyka
- C1.3. Indukcja elektromagnetyczna
- C1.4. Równania Maxwella
- C1.5. Fale elektromagnetyczne
- C1.6. Optyka geometryczna i falowa.

C2. Nabycie podstawowej wiedzy, uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne, z następujących działów fizyki współczesnej:

- C2.1. Szczególna teoria względności
- C2.2. Optyka kwantowa
- C2.3. Fizyka kwantowa
- C2.4. Podstawy fizyki ciała stałego
- C2.5. Fizyka jądra atomowego

C3. Poznanie podstawowych technik i metod pomiarowych wybranych wielkości fizycznych

C4. Zdobycie umiejętności:

- C4.1. Planowania i wykonywania doświadczeń w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) polegających na doświadczalnej weryfikacji wybranych praw/zasad fizyki i mierzeniu wielkości fizycznych
- C4.2. Opracowania wyników pomiarów
- C4.3. Szacowania niepewności pomiarowych
- C4.4. Opracowania pisemnego raportu z przeprowadzonych pomiarów z wykorzystaniem

oprogramowania użytkowego.

C5. Rozwijanie i utrwalanie kompetencji społecznych w tym zrozumienie potrzeby ciągłego kształcenia się oraz umiejętności: (a) inspirowania i organizowania procesu kształcenia się innych, (b) pracy w grupie, (c) myślenia i postępowania w sposób kreatywny, (d) jasnego określania priorytetów prowadzących do realizacji zadań.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

I. W zakresie wiedzy:

Po zaliczeniu przedmiotu student:

PEK_W01 – ma ugruntowaną wiedzę z zakresu elektrostatyki oraz zna przykłady zastosowań w praktyce inżynierskiej praw elektrostatyki w tym prawa Coulomba i prawa Gaussa.

PEK_W02 – ma wiedzę z zakresu fizyki prądu stałego i jego zastosowań, a w szczególności zna i rozumie pojęcia natężenia prądu elektrycznego, oporu elektrycznego, SEM, pracy i mocy prądu elektrycznego, prawo Ohma oraz prawa Kirchhoffa.

PEK_W03 – ma ugruntowaną wiedzę z zakresu magnetostatyki i zjawiska indukcji elektromagnetycznej oraz zna przykłady zastosowań w praktyce inżynierskiej praw magnetostatyki, praw: Biota-Savarta, Faradaya i Ampera.

PEK_W04 – zna i rozumie sens fizyczny układu równań Maxwella i równań materiałowych. Zna właściwości fal elektromagnetycznych i ich znaczenie w życiu i działalności człowieka.

PEK_W05 – ma podstawową wiedzę dotyczącą pojęć i praw optyki geometrycznej, zna zasadę działania i budowę podstawowych przyrządów optycznych.

PEK_W06 – ma podstawową wiedzę z zakresu optyki falowej i jej zastosowań, w szczególności pojęć interferencji, dyfrakcji i polaryzacji światła oraz podstaw holografii.

PEK_W07 – ma podstawową wiedzę z zakresu radiometrii i fotometrii, a w szczególności zna definicje podstawowych wielkości radio- i fotometrycznych, ich jednostki i podstawowe prawa fotometrii.

PEK_W08 – ma podstawową wiedzę z zakresu szczególnej teorii względności i jej zastosowań; w szczególności zna i rozumie: postulaty Einsteina, transformacje Lorentza oraz wynikające z nich konsekwencje (dylatacja czasu, skrócenie długości, czasoprzestrzeń Minkowskiego).

PEK_W09 – ma wiedzę związaną z podstawami fizyki kwantowej i jej wybranymi zastosowaniami; ma szczegółową wiedzę dotyczącą: a) praw promieniowania ciała doskonale czarnego, b) modelu Bohra atomu wodoru, c) zjawiska fotoelektrycznego i Comptona d) dualizmu korpuskularno-falowego światła i cząsteczek elementarnych (hipoteza de Broglie'a), e) zasad nieoznaczoności Heisenberga, f) funkcji falowej i jej interpretacji, g) równania Schrödingera h) zakazu Pauliego.

PEK_W10 – posiada wiedzę z podstaw fizyki ciała stałego i jej wybranych zastosowań, w szczególności ma wiedzę dotyczącą: a) rodzajów wiązań chemicznych, b) modelu pasmowego ciał stałych, d) półprzewodników samoistnych i domieszkowanych, e) przewodnictwa elektrycznego metali i półprzewodników, f) fizyki wybranych urządzeń półprzewodnikowych (złącze p-n, dioda, LED, tranzystor, MOSFET).

PEK_W11 – ma wiedzę z podstaw fizyki jądra atomowego oraz jej zastosowań, a w szczególności zna wielkości charakteryzujące jądro, jego izotopy i siły jądrowe.

PEK_W12 – zna zasady BHP obowiązujące w Laboratorium Podstaw Fizyki.

PEK_W13 – zna metody wykonywania prostych i złożonych pomiarów wielkości fizycznych.

PEK_W14 – zna metody opracowania wyników pomiarów, szacowania niepewności prostych i złożonych pomiarów oraz zasady wykonywania pisemnych sprawozdań wspomaganych użytkowym oprogramowaniem (np. edytory tekstów, programy graficzne, języki programowania).

II. W zakresie umiejętności:

Po zaliczeniu przedmiotu student:

PEK_U01 – potrafi samodzielnie pisemnie lub w wypowiedzi ustnej poprawnie i zwięźle przedstawić zagadnienia będące treścią przedmiotowych efektów kształcenia PEK_W01-PEK_W11.

PEK_U02 – umie ilościowo charakteryzować właściwości skalarne i wektorowe pól elektrostatycznych oraz analizować i rozwiązywać zagadnienia dotyczące elektrostatyki i stałego prądu

elektrycznego.

PEK_U03 – potrafi zastosować wiedzę z zakresu magnetostatyki i fenomenu indukcji elektromagnetycznej do jakościowego i ilościowego scharakteryzowania/wyjaśnienia wybranych zjawisk elektromagnetycznych.

PEK_U04 – potrafi zwięźle i poprawnie wyjaśnić sens fizyczny układu równań Maxwella, scharakteryzować właściwości fizyczne fal elektromagnetycznych.

PEK_U05 – potrafi zastosować wiedzę z zakresu fizyki fal elektromagnetycznych i optyki (prawa optyki geometrycznej) do wyjaśniania prostych zjawisk optycznych.

PEK_U06 – potrafi zastosować wiedzę z optyki falowej do wyjaśniania zjawisk optycznych: interferencji i dyfrakcji światła, polaryzacji światła.

PEK_U07 – potrafi zastosować wiedzę dotyczącą szczególnej teorii względności do interpretacji wybranych efektów i zjawisk relatywistycznych.

PEK_U08 – ma umiejętności stosowania wiedzy o fizyce współczesnej (fizyka kwantowa, fizyka atomu, fizyka ciała stałego) do: a) jakościowej i ilościowej interpretacji wybranych zjawisk i efektów fizyki atomów i FCS, które zachodzą w mikroskopowych i nanoskopowych skalach odległości, b) wyjaśniania fizycznych zasad działania wybranych urządzeń półprzewodnikowych.

PEK_U09 – potrafi scharakteryzować i przedstawić zwięźle podstawowe zjawiska i prawa fizyki jądrowej oraz przedstawić standardowy model cząstek elementarnych.

PEK_U10 – potrafi: a) wykonać, używając do tego celu stosowne przyrządy i metody, proste i złożone pomiary wielkości fizycznych, przestrzegając zasad bezpieczeństwa pracy, b) opracować wyniki pomiarów, przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych oraz zredagować sprawozdanie/raport z wykonanych pomiarów w LPF z wykorzystaniem wiedzy PEK_W12-14 i stosownego oprogramowania użytkowego.

III. W zakresie kompetencji społecznych:

Po zaliczeniu przedmiotu student:

PEK_K01 – rozumie: a) potrzebę uczenia się przez całe życie i doskonalenia umiejętności poszerzania/pozyskiwania wiedzy, b) wpływ odkryć i osiągnięć fizyki na rozwój cywilizacyjny; potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób.

PEK_K02 – potrafi: a) współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role, także kierownicze, b) zastosować własne umiejętności do pracy w grupie lub indywidualnie.

PEK_K03 – potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny oraz określać priorytety służące realizacji określonego zadania.

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Sprawy organizacyjne. Elektrostatyka (ładunek elektryczny, siła Coulomba, pole elektryczne, pojęcie dipola).	2
Wy2	Elektrostatyka (prawo Gaussa, pojęcie energii potencjalnej, potencjału, pojemności elektrycznej, kondensatora).	2
Wy3	Prąd elektryczny (natężenie, gęstość prądu, prędkość unoszenia elektronów, pojęcie oporu elektrycznego, prawo Ohma, moc w obwodach prądu elektrycznego, prawa Kirchhoffa, pojęcie siły elektromotorycznej, zasada działania amperomierza i woltomierza, obwody RC).	2
Wy4	Magnetostatyka (pojęcie pola magnetycznego, siła Lorentza, ruch elektronów w polu magnetycznym i elektrycznym, cyklotrony, pole magnetyczne płynącego prądu, prawo Ampere’a, reguła Lenza).	2
Wy5	Indukcja elektromagnetyczna (prawo Faradaya, samoindukcja cewki, obwody RL, energia pola magnetycznego, obwody RLC, prąd zmienny, transformatory).	2
Wy6	Magnetyzm (magnetyzm ziemski i elektronu, prawo Gaussa dla magnetyzmu, materiały magnetyczne: dia-, para- i ferromagnetyki, rozszerzone prawo Ampere’a).	2

	Fale elektromagnetyczne (równania Maxwella, równanie falowe, wektor Poyntinga, pęd i ciśnienie fali, widmo promieniowania elektromagnetycznego).	
Wy7	Optyka geometryczna (definicja współczynnika załamania, dyspersji, oddziaływanie fal elektromagnetycznych z materią, propagacja fal em – prawa Sneliusa, zasada Fermata, zasada Huygensa-Fresnela, wzory Fresnela, podstawowe pojęcia optyki geometrycznej, przyrządy: zwierciadło, soczewka, pryzmat).	2
Wy8	Optyka falowa (interferencja, warunki interferencji, doświadczenie Younga, interferometry, siatka dyfrakcyjna, dyfrakcja, polaryzacja: definicja, parametry, sposoby polaryzacji światła).	2
Wy9	Optyka – uzupełnienia: a) Podstawy fizyczne holografii; b) Przyrządy optyczne: lupa, luneta, mikroskop; c) Podstawy radio- i fotometrii.	2
Wy10	Elementy szczególnej teorii względności (transformacje Lorentza, dylatacja czasu i długości, jednoczesność, interwał czasoprzestrzenny, prędkość, pęd, masa i energia relatywistyczna, równoważność masy i energii).	2
Wy11	Optyka kwantowa (prawa promieniowania cieplnego, teoria Rayleigha-Jeansa, rozkład Plancka, zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne i wewnętrzne, zjawisko Comptona, dualizm cząsteczkowo-falowy światła i materii, pojęcie funkcji falowej).	2
Wy12	Podstawy mechaniki kwantowej (hipoteza de Broglie’a, równanie Schrödingera, pojęcie paczki falowej, zasada Heisenberga). Rozwiązanie równania Schrödingera dla wybranych, prostych postaci potencjału. Bohra model atomu wodoru. Atom wodoru – rozwiązanie ściśle z wykorzystaniem równania Schrödingera; widmo atomu wodoru.	2
Wy13	Fizyka atomowa (zasada Pauliego, liczby kwantowe, momenty magnetyczne elektronu, doświadczenie Sterna-Gerlacha, rezonans magnetyczny, układ okresowy pierwiastków, zasada działania lasera).	2
Wy14	Elementy fizyki ciała stałego (własności elektryczne ciał stałych, wiązania cząsteczkowe, pasmowa teoria ciał stałych, półprzewodniki, zasada działania złącza p-n, diody, tranzystory, układy scalone).	2
Wy15	Wybrane zagadnienia fizyki cząstek elementarnych i astrofizyki.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć – laboratorium 30h		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie do LPF: sprawy organizacji i przebiegu zajęć, zapoznanie studentów: a) z zasadami bezpiecznego wykonywania pomiarów (krótkie szkolenie z zakresu BHP), b) z zasadami pisemnego opracowania sprawozdań/raportów, c) z podstawami analizy niepewności pomiarowych. Wykonanie prostych pomiarów.	1
La2	Wykonanie pomiarów za pomocą mierników analogowych i cyfrowych układu elektrycznego. Statystyczne opracowanie otrzymanych wyników pomiarów prostych i złożonych, szacowanie niepewności pomiarów prostych i złożonych, graficzna prezentacja rezultatów pomiarów i niepewności pomiarowych, opracowanie sprawozdania.	2
La3	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości mechanicznych, opracowanie pisemnego sprawozdania	2

La4	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości termodynamicznych, opracowanie sprawozdania	2
La5	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości elektromagnetycznych, opracowanie sprawozdania	2
La6	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości optycznych, opracowanie sprawozdania	2
La7	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości kwantowych, opracowanie sprawozdania	2
La8	Zajęcia uzupełniające i zaliczenia	2
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji, slajdów, demonstracji i pokazów praw/zjawisk fizycznych – http://www.if.pwr.edu.pl/~wozniak/fizyka2.html
N2. Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych
N3. Ćwiczenia laboratoryjne – dyskusja sposobów wykonania pomiarów, opracowania wyników oraz szacowania niepewności pomiarowych, ocena sprawozdań/raportów
N4. Ćwiczenia laboratoryjne – kilkuminutowe sprawdziany pisemne poprzedzające pomiary
N5. Praca własna – samodzielne wykonanie pomiarów
N6. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu
N7. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny: F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_U03÷PEK_U17; PEK_K01÷PEK_K06, PEK_K08	Odpowiedzi ustne, dyskusje, pisemne sprawdziany, ocena każdego sprawozdania
P	PEK_W01÷PEK_W14 PEK_U01÷PEK_U14, PEK_U17 PEK_K01, PEK_K03÷PEK_K06, PEK_K08	Egzamin pisemno-ustny

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki*, tomy 1÷5., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003; J. Walker, *Podstawy fizyki. Zbiór zadań*, PWN, Warszawa 2005.
- [2] I. W. Savieliev, *Wykłady z fizyki*, tom 1. i 2., Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, 2003.
- [3] R. Poprawski, W. Salejda, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Cz. I-IV, Oficyna Wydawnicza PWr; wersja elektroniczna 5. wydania cz. 1. dostępna po kliknięciu nazwy [Zasady opracowania wyników pomiarów](#) z witryny [Dolnośląskiej Biblioteki Cyfrowej](#); wersje elektroniczne pozostałych części podręcznika dostępne na stronie internetowej LPF pod adresem <http://www.if.pwr.wroc.pl/LPF>, gdzie znajdują się: regulamin LPF i regulamin BHP, spis ćwiczeń, opisy ćwiczeń, instrukcje robocze, przykładowe sprawozdania i pomoce dydaktyczne.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JĘZYKU POLSKIM

- [1] J. Massalski, M. Massalska, *Fizyka dla inżynierów*, cz. 1. i 2., WNT, Warszawa 2008.
- [2] J. Orear, *Fizyka*, tom 1. 2., WNT, Warszawa 2008.
- [3] Z. Kleszczewski, *Fizyka klasyczna*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.

- [4] K. Sierański, K. Jeziński, B. Kołodka, *Wzory i prawa z objaśnieniami*, cz. 1. i 2., Oficyna Wydawnicza SCRIPTA, Wrocław 2005; K. Sierański, J. Szatkowski, *Wzory i prawa z objaśnieniami*, cz. 3., Oficyna Wydawnicza SCRIPTA, Wrocław 2008.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JĘZYKU ANGIELSKIM

- [1] H. D. Young, R. A. Freedman, *Sear's and Zemansky's university physics with modern physics*, Addison-Wesley Publishing Company, wyd. 10, 2000; wyd. 12. z roku 2007; podgląd do wydania 12. z roku 2008.
- [2] D. C. Giancoli, *Physics Principles with Applications*, 6th Ed., Addison-Wesley, 2005; *Physics: Principles with Applications with MasteringPhysics*, 6th Ed., Addison-Wesley 2009.
- [3] R. A. Serway, *Physics for Scientists and Engineers*, 8th Ed., Brooks/Cole, Belmont 2009; *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, 8th Ed., Brooks/Cole, Belmont 2009.
- [4] P. A. Tipler, G. Mosca, *Physics for Scientists and Engineers*, Extended Version, W. H. Freeman 2007.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr hab. inż. Władysław A. Woźniak, wladyslaw.wozniak@pwr.edu.pl

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU
FIZYKA 2.9
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU:
ENERGETYKA, MECHANIKA I BUDOWA MASZYN

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności	Cele przedmiotu	Treści programowe	Numer narzędzia dydaktycznego
Wiedza				
PEK_W01	K1ENG_W03 K1MBM_W03	C1.1	Wy1, Wy2	1,6,7
PEK_W02		C1.1	Wy3	1,6,7
PEK_W03		C1.2 C1.3	Wy4, Wy5, Wy6	1,6,7
PEK_W04		C1.4 C1.5	Wy6	1,6,7
PEK_W05		C1.6	Wy7, Wy9	1,6,7
PEK_W06		C1.6	Wy8, Wy9	1,6,7
PEK_W07		C1.4 C1.6	Wy9	1,6,7
PEK_W08		C2.1	Wy10	1,6,7
PEK_W09		C2.2 C2.3	Wy11, Wy12	1,6,7
PEK_W10		C2.4	Wy13, Wy14	1,6,7
PEK_W11		C2.5	Wy15	1,6,7
PEK_W12		C3	La1÷La8	1,6,7
PEK_W13		C3 C4.1	La1÷La8	1,6,7
PEK_W14		C4.2 C4.3 C4.4	La1÷La8	1,6,7
Umiejętności				
PEK_U01÷PEK_U10	K1ENG_U09 K1MBM_U09	C3, C4.1÷C4.4, C5	La1÷La8	1-7

Spis ćwiczeń w Laboratorium Podstaw Fizyki Politechniki Wrocławskiej

Mechanika

1. Wyznaczenie momentu bezwładności ciał metodą wahadła fizycznego grawitacyjnego i sprawdzenie twierdzenia Steinera.
2. Sprawdzenie prawa Hooke'a; wyznaczenie modułu Younga.
3. Wyznaczenie modułu sztywności metodą dynamiczną.
4. Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła rewersyjnego.
5. Wyznaczanie współczynnika lepkości cieczy na podstawie prawa Stokesa.
6. Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego.
7. Badanie wahadła fizycznego.

Termodynamika

8. Skalowanie termopary i wyznaczenie temperatury krzepnięcia stopu.
9. Pomiar ciepła właściwego ciał stałych metodą Nernsta.
10. Pomiar przewodności cieplnej izolatorów.
11. Wyznaczanie współczynnika rozszerzalności cieplnej metodą elektryczną.
12. Pomiar napięcia powierzchniowego.

A – metodą odrywania,

B - " kapilary,

C - " stalagmometru,

D - " pęcherzykową,

E - " odrywania metodą Du Nouy'a.

13. Pomiar przewodności cieplnej i elektrycznej metali

Elektryczność i magnetyzm

14. Pomiar zależności oporności metali i półprzewodników od temperatury.
15. Pomiar rezystancji (części A i B)
16. Pomiary oscyloskopowe.
17. Prawo Ohma dla prądu zmiennego.
18. Badanie zjawiska rezonansu elektrycznego.
19. Badanie efektu Halla.
20. Wyznaczanie składowej poziomej natężenia ziemskiego pola magnetycznego.
21. Badanie procesów ładowania i rozładowania kondensatora.
22. Sprawdzenie prawa indukcji Faraday'a.
23. Zależność przewodnictwa elektrycznego elektrolitów od temperatury; sprawdzenie reguły Waldena.
24. Wyznaczanie ładunku właściwego elektronu (metodą Thomsona i metodą podłużną).

Optyka

25. Pomiary fotometryczne.
26. Wyznaczanie długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej.
27. Badanie zewnętrznego zjawiska fotoelektrycznego. (część A i B)
28. Wyznaczanie współczynnika załamania metodą refraktometru i za pomocą mikroskopu.
29. Wyznaczanie promienia krzywizny soczewki i długości fali świetlnej za pomocą pierścieni Newtona.
30. Pomiary naturalnej aktywności optycznej.
31. Pomiary wymuszonej aktywności optycznej.
32. Pomiar odległości ogniskowych soczewek cienkich.
33. Wyznaczanie współczynnika załamania szkła za pomocą spektrometru.
34. Analiza spektralna i pomiary spektrofotometryczne.

Fizyka współczesna

35. Pomiar temperatury pirometrem.
36. Sprawdzenie prawa Stefana-Boltzmann'a.
37. Wyznaczanie stałej Stefana-Boltzmann'a.
38. Wyznaczanie stałej Plancka na podstawie charakterystyk diod elektroluminescencyjnych.
39. Wyznaczanie podstawowych parametrów ferromagnetyków.
40. Wyznaczanie stałej Plancka na podstawie prawa Plancka promieniowania ciała doskonale czarnego.