

II PRACOWNIA FIZYCZNA

Tematyka ćwiczeń i uwagi metodyczne

PODREČZNIKI
I SKRYPTY



UNIWERSYTETU
ŚLĄSKIEGO
W KATOWICACH

NR 98

Jerzy Stasz

II PRACOWNIA FIZYCZNA

Tematyka ćwiczeń i uwagi metodyczne

Wydanie drugie poprawione

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Katowice 2009

Redaktor serii: Fizyka
Władysław Borgiel

Recenzent wydania pierwszego
Henryk Szydłowski

Spis treści

I. Uwagi o ćwiczeniach laboratoryjnych w II Pracowni Fizycznej	9
Wstęp	9
Przebieg ćwiczeń w II Pracowni Fizycznej	10
Regulamin II Pracowni Fizycznej	12
Przepisy bezpieczeństwa obowiązujące w II Pracowni Fizycznej	13
II. Tematyka ćwiczeń	15
Ćwiczenie 1. Wyznaczanie stałej Verdetta cieczy	17
Ćwiczenie 2. Badanie dyfrakcji i interferencji światła w świetle spójnym	19
Ćwiczenie 3. Wyznaczanie współczynnika załamania światła za pomocą refraktometrów Rayleigha i Abbego	23
Ćwiczenie 4. Wyznaczanie długości fali światła za pomocą lusterek i bipryzmatu Fresnela oraz soczewki Billeta	27
Ćwiczenie 5. Badanie widm molekularnych w cieczach i foliach za pomocą spektrografu na podczerwień	31
Ćwiczenie 6. Wyznaczanie temperatury przejść fazowych ferroelektryków za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego	34
Ćwiczenie 7. Badanie widm emisyjnych gazów za pomocą spektrografu o wysokiej zdolności rozdzielczej	36
Ćwiczenie 8. Badanie ciał stałych za pomocą ultradźwięków	38
Ćwiczenie 9. Spektrograf pryzmatyczny — analiza jakościowa	41
Ćwiczenie 10. Badanie rezonansów magnetycznych (EPR i NMR)	44

Ćwiczenie 11. Wyznaczanie stałej sieciowej materiałów polikrystalicznych metodą Debye'a—Scherrera	46
Ćwiczenie 12. Badanie przepuszczalności roztworów za pomocą spektrofotometru	49
Ćwiczenie 13. Badanie charakterystyk elementów mikrofalowych	52
Ćwiczenie 14. Wyznaczanie stałej Plancka	54
Ćwiczenie 15. Orientowanie kryształów metodą Lauego	57
Ćwiczenie 16. Wyznaczanie ładunku elementarnego metodą Millikana	59
Ćwiczenie 17. Pomiar ładunku właściwego elektronu metodą ogniskowania torów śrubowych i efektu magnetronowego	61
Ćwiczenie 18. Doświadczenie Francka—Hertza	66
Ćwiczenie 19. Sprawdzanie prawa Stefana—Boltzmann'a	69
Ćwiczenie 20. Technika wysokiej próżni — pomiary niskich ciśnień	71
Ćwiczenie 21. Wyznaczanie przenikalności magnetycznej i temperatury Curie próbek ferromagnetycznych w słabych polach za pomocą mostka Maxwella—Wiena	74
Ćwiczenie 22. Badanie parametrów magnetycznych próbek ferromagnetycznych za pomocą galwanometru balistycznego	77
Ćwiczenie 23. Badanie parametrów magnetycznych próbek ferromagnetycznych za pomocą strumieniomierza	80
Ćwiczenie 24. Badanie parametrów magnetycznych próbek ferromagnetycznych metodą oscyloskopową	82
Ćwiczenie 25. Badanie parametrów magnetycznych próbek ferromagnetycznych za pomocą hallotronu	87
Ćwiczenie 26. Badanie przestrzennego rozkładu pola magnetycznego w szczelinie elektromagnesu za pomocą hallotronu	91
Ćwiczenie 27. Badanie efektu piezoelektrycznego	93
Ćwiczenie 28. Badanie pętli histerezy ferroelektryka	95
Ćwiczenie 29. Badanie temperaturowej zależności przenikalności elektrycznej dielektryka	97
Ćwiczenie 30. Wyznaczanie temperaturowej zależności lepkości cieczy	99
Ćwiczenie 31. Kompensator prądu stałego	102
Ćwiczenie 32. Badanie czułości fotopowielacza	104
Ćwiczenie 33. Badanie zjawiska termoemisji elektronów	108
Ćwiczenie 34. Badanie półprzewodnikowych przyrządów fotoelektrycznych	112

Ćwiczenie 35. Wyznaczanie charakterystyk elementów nieliniowych za pomocą oscyloskopu	117
Ćwiczenie 36. Pomiar parametrów galwanometru lusterkowego	121
Ćwiczenie 37. Badanie drgań własnych i wymuszonych w obwodach RLC	124
Ćwiczenie 38. Badanie filtrów elektrycznych	128
Ćwiczenie 39. Pomiar częstotliwości i przesunięć fazowych	130
Ćwiczenie 40. Technika pomiaru oporności	133

I. UWAGI O ĆWICZENIACH LABORATORYJNYCH W II PRACOWNI FIZYCZNEJ

Wstęp

Zgodnie z pakietem ECTS II Pracownia Fizyczna A (liczba punktów ECTS: 8) jest przedmiotem obowiązkowym dla studentów fizyki magisterskiej 5-letniej; zajęcia trwają 2 semestry w wymiarze 8 godzin tygodniowo.

II Pracownia Fizyczna B (liczba punktów ECTS: 3) obowiązuje studentów: NFI (dwuprzedmiotowego kształcenia nauczycieli z zakresu fizyki i informatyki), NFCh (dwuprzedmiotowego kształcenia nauczycieli z zakresu fizyki i chemii), GM (geofizyki) i LFMed (fizyki medycznej — 3-letnie studia zawodowe). Zajęcia trwają 1 semestr.

W ramach II Pracowni Fizycznej studenci wykonują zaawansowane pomiary z różnych dziedzin fizyki, korzystając z wiedzy zdobytej w I Pracowni Fizycznej i Pracowni Elektronicznej. Tematyka ćwiczeń obejmuje: pomiary stałych fizycznych, badania ferroelektryków i ferromagnetyków, defektoskopię ultradźwiękową, rentgenografię, optykę, elektryczność.

W II Pracowni Fizycznej prowadzi się też ćwiczenia z zakresu fizyki jądrowej. Pracownia Jądrowa znajduje się w Zakładzie Fizyki Jądrowej i Jej Zastosowań. Obowiązują w niej odrębne przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy.

Charakter zajęć laboratoryjnych w II Pracowni Fizycznej (dla zaawansowanych) jest odmienny od zajęć w I Pracowni Fizycznej. Tematy eksperymentalne są bardziej skomplikowane, często wymagają posługiwania się aparaturą naukową o dużym stopniu złożoności. Student wykonuje pomiary samodzielnie (lub w zespole dwuosobowym), w stałym kontakcie z asystentem prowadzącym dane ćwiczenie. Wykonanie i opracowanie ćwiczenia, oprócz opanowania wiedzy szczegółowej z podanej literatury, wymaga korzystania z wiedzy podstawowej zdobytej na pierwszym i drugim roku studiów oraz znajomości statystycznych metod opracowywania wyników pomiarów.

Celem zajęć laboratoryjnych w II Pracowni Fizycznej jest nie tylko pogłębienie wiadomości teoretycznych i poznanie metod fizyki doświadczalnej, lecz przede wszystkim przygotowanie do samodzielnego wykonywania badań naukowych.

Przebieg ćwiczeń w II Pracowni Fizycznej

Przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia student zdaje kolokwium wstępne obejmujące:

- podstawy fizyczne badanego zjawiska,
- stosowane metody pomiarowe,
- znajomość aparatury,
- sposób planowania i wykonywania pomiarów.

W celu zapoznania się z podstawami fizycznymi i metodami pomiarowymi należy przestudiować literaturę zamieszczoną w tematyce danego ćwiczenia. Pomocne tu mogą być zagadnienia do kolokwium wstępne, podane również w *Tematyce ćwiczeń*.

Szczegółowe zapoznanie się z aparaturą umożliwiają instrukcje przyrządów dostępne w czasie zajęć na terenie II Pracowni Fizycznej. Sposób wykonania pomiarów jest podany w instrukcji ćwiczenia.

Po uzyskaniu pozytywnego wyniku kolokwium (przebieg zdawania, uwagi asystenta i ocena z kolokwium zostają wpisane do zeszytu pomiarowego studenta) i omówieniu z asystentem szczegółowego planu pracy można przystąpić do wykonywania ćwiczenia.

Większość przyrządów potrzebnych do przeprowadzenia pomiarów znajduje się na stanowisku pomiarowym. Niektóre przyrządy, jak: mierniki uniwersalne, stopery oraz niektóre próbki wypożyczają się za rewersem od laboranta. Po skończonych pomiarach wypożyczone przyrządy należy zwrócić.

W zeszycie laboratoryjnym oprócz szczegółowego planu powinny się znaleźć schematy układów pomiarowych, dane przyrządów i badanych próbek. Po sprawdzeniu obwodów elektrycznych przez asystenta można przystąpić do wykonywania pomiarów wstępnych. Wyniki tych pomiarów, sposób ich optymalizacji i dalszy plan pracy należy konsultować na bieżąco z asystentem. Uszkodzenia aparatury powstałe w czasie zajęć laboratoryjnych studenci mają obowiązek zgłaszać asystentowi i laborantowi.

Po zakończeniu pomiarów wyniki zapisane w zeszycie czy na dyskiecie w postaci tabel, lub wykresów na taśmie należy uporządkować. Stanowisko pomiarowe trzeba zostawić w stanie uporządkowanym, zeszyt laboratoryjny przedstawić do podpisu. Podpis asystenta pod wynikami pomiarów świadczy o zakończeniu ćwiczenia.

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać następujące części:

- Krótki opis teorii, zastosowane metody pomiarowe.

- Schemat aparatury, dane badanych próbek, opis przebiegu pomiarów.
- Przejrzysty przebieg obliczeń (użyte programy komputerowe).
- Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń w postaci tablic i wykresów.
- Analiza dokładności pomiarów.
- Analiza wyników.
- Literatura.

Opis teorii i metod pomiarowych opracowuje się na podstawie podanej literatury i podręczników ogólnych. Ta część sprawozdania nie powinna być zbyt obszerna. Należy zatem wybrać najważniejsze fakty, a nie przepisywać książek.

Aparaturę pomiarową stosowaną w ćwiczeniu omawia się, opisując działanie bloków aparatury i podając podstawowe dane techniczne używanych przyrządów.

Wyniki pomiarów w zasadniczy sposób zależą od rodzaju badanych próbek. W sprawozdaniu trzeba zatem umieścić informacje o sposobie przygotowania próbek, składzie chemicznym, kształcie, wymiarach itp. Opis przebiegu pomiarów powinien świadczyć o znajomości podstaw fizycznych badanego zjawiska, powinien być jasny i zrozumiały.

Obliczenia przeprowadza się na podstawie wzorów umieszczonych w części teoretycznej. Przebieg obliczeń musi być przejrzysty, możliwy do ponownego odtworzenia. Korzystając z danych tablicowych, stałych fizycznych lub stałych przyrządów, obowiązkowo należy podać odnośnik do literatury, z której korzystano.

Zestawienie wyników obliczeń przedstawia się w postaci tabel i wykresów (wyniki pomiarów w zeszycie laboratoryjnym lub na karcie pomiarowej stanowią odrębną część). W tabelach trzeba podać wielkości niepewności pomiarowych. Wykresy powinny zapewnić dobrą czytelność zaprezentowanych graficznie zależności (odpowiednio dobrane skale na osiach, starannie wykonany rysunek). Na wykresach należy zaznaczyć wielkość niepewności pomiarowych. Rysunki, schematy, zdjęcia i wykresy zamieszczone w sprawozdaniu muszą być podpisane i ponumerowane.

Przeprowadzając dyskusję dokładności pomiaru należy — na podstawie wyników pomiarów próbnych i dokonanej optymalizacji pomiarów — uzasadnić konieczność stosowania wybranej metody. Wartości niepewności przyjętych dla pojedynczych pomiarów trzeba uzasadnić.

Analiza wyników to bardzo ważna część sprawozdania. W celu przeprowadzenia weryfikacji założonych hipotez, otrzymane wyniki zestawia się z danymi teoretycznymi i tablicowymi. Na podstawie analizy wyników można ocenić przydatność użycia metody i aparatury pomiarowej. Ewentualnie zaproponować zmiany i ulepszenia.

Spis literatury wykorzystanej w opracowaniu ćwiczenia jest ostatnim punktem sprawozdania, które powinno być napisane poprawną polszczyzną. Należy unikać stosowania „żargonu naukowego”.

Zaliczenie ćwiczenia następuje po przyjęciu tekstu sprawozdania przez prowadzącego ćwiczenia. Wszelkie poprawki i uzupełnienia omawia on bezpośrednio ze studentem.

Regulamin II Pracowni Fizycznej

1. Studenci odbywający ćwiczenia są zobowiązani bezwzględnie stosować się do przepisów bezpieczeństwa pracy, obowiązujących w II Pracowni Fizycznej oraz do ostrzeżeń udzielanych przez prowadzącego ćwiczenie (w Pracowni Jądrowej obowiązują odrębne przepisy BHP).
2. Student, przystępując do ćwiczeń w II Pracowni Fizycznej, powinien się wykazać dostatecznymi wiadomościami teoretycznymi z zakresu tematu każdego wykonywanego ćwiczenia, a także zapoznać się z metodami pomiaru na podstawie wskazanej literatury. Szczególną uwagę należy zwrócić na metodę pomiaru stosowaną w danym ćwiczeniu.
3. Zestawienie aparatury pomiarowej może nastąpić po pozytywnym zaliczeniu kolokwium z teorii dotyczącej tematu ćwiczenia oraz po omówieniu z prowadzącym szczegółowego planu i wpisaniu oceny z kolokwium do zeszytu laboratoryjnego.
4. Plan pracy i pomiary należy zapisywać w zeszycie laboratoryjnym w staranny sposób, w każdej chwili umożliwiając kontrolę pracy studenta.
5. Po zakończeniu ćwiczenia wyniki pomiarów należy uporządkować i przedłożyć do podpisu prowadzącemu. Wyniki pomiarów zapisanych na dyskietkach, na taśmie, kliszach lub w zeszycie laboratoryjnym przechowuje się do czasu zaliczenia II Pracowni Fizycznej.
6. Zabrania się włączania źródeł prądu i uruchamiania aparatury bez sprawdzenia przez prowadzącego prawidłowości połączeń.
7. Bez zgody kierownika pracowni nie wolno zmieniać zestawu ćwiczeń.
8. Student jest odpowiedzialny materialnie za zniszczenie lub uszkodzenie przyrządów powierzonych mu na czas wykonania ćwiczenia (uszkodzenia powstałe z winy studenta).
9. Po skończeniu zajęć student powinien zademonstrować prowadzącemu prawidłowe działanie przyrządów użytych w ćwiczeniu.
10. Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:
 - a) krótki opis teorii i metod pomiarowych,
 - b) schemat aparatury, charakterystykę badanych próbek, szczegółowy opis przebiegu pomiarów,
 - c) przejrzysty przebieg obliczeń,

- d) zestawienie wyników obliczeń w formie tabelarycznej i na wykresach,
 - e) dyskusję dokładności pomiarów,
 - f) analizę statystyczną wyników — porównanie wyników doświadczalnych z wynikami teoretycznymi,
 - g) literaturę.
11. Student nie może wykonać ćwiczenia, jeżeli :
- a) w czasie kolokwium nie wykaże się dostateczną znajomością materiału teoretycznego,
 - b) nie wykona pomiarów samodzielnie,
 - c) spowoduje uszkodzenie aparatury pomiarowej w wyniku niedbalej i niesumiennej obsługi,
 - d) nie będzie przestrzegał przepisów BHP,
 - e) sprawozdanie z poprzednich ćwiczeń nie zostanie oddane w terminie.
12. Podstawą zaliczenia pracowni jest:
- a) obecność na ćwiczeniach,
 - b) uzyskanie w każdym semestrze odpowiedniej liczby punktów za zaliczone ćwiczenia.
13. Nieprzygotowanie się do ćwiczeń będzie traktowane jak nieobecność na zajęciach.
14. Osobom nieodbywającym ćwiczeń w danym dniu wstęp do Pracowni jest wzbroniony.
- Każde opuszczenie Pracowni przez studenta powinno być zgłoszone prowadzącemu.

Przepisy bezpieczeństwa obowiązujące w II Pracowni Fizycznej

1. Włączanie jakichkolwiek urządzeń elektrycznych do źródła napięcia może być dokonywane jedynie po sprawdzeniu obwodu przez prowadzącego i w jego obecności.
2. W czasie wykonywania ćwiczenia nie wolno pozostawiać włączonej aparatury bez nadzoru.
3. Osłony wszystkich urządzeń elektrycznych powinny być uziemione. Podczas pracy aparatury elektrycznej nie wolno dotykać nieuziemionych i nieizolowanych odcinków przewodów elektrycznych.
4. Należy zachować szczególną ostrożność i stosować się do przepisów oraz ostrzeżeń zamieszczonych przy aparaturze wysokiego napięcia.
5. Szczególną ostrożność należy zachować podczas posługiwania się odczynnikami chemicznymi: rozpuszczalnikami, kwasami, zasadami, badanymi próbkami, rtęcią (termometrami).

6. Aparatura rentgenowska może być uruchomiona wyłącznie przez osobę uprawnioną.
7. W pracowni rentgenowskiej mogą przebywać wyłącznie studenci odbywający ćwiczenie z wykorzystaniem aparatury rentgenowskiej.
8. Surowo zakazuje się przeprowadzania jakichkolwiek doświadczeń z promieniowaniem rentgenowskim i wiązką światła laserowego nieprzewidzianych programem ćwiczenia.
9. Warunkiem dopuszczenia do zajęć w Pracowni Jądrowej jest pomyślny wynik badań lekarskich i zaliczenie kolokwium ze znajomości przepisów bezpieczeństwa pracy ze źródłami promieniowania jonizującego.
10. Spożywanie posiłków i napojów może się odbywać wyłącznie na korytarzu Pracowni.
11. W razie naruszenia przepisów wymienionych w pkt. 1—10 w stosunku do naruszających będą wyciągnięte odpowiednie konsekwencje, aż do usunięcia z II Pracowni Fizycznej włącznie.
12. Wszyscy studenci odbywający ćwiczenia w II Pracowni Fizycznej potwierdzają własnoręcznym podpisem przyjęcie do wiadomości przedstawionych przepisów.

Redakcja
Grażyna Wojdała

Redakcja techniczna i projekt okładki
Małgorzata Pleśniar

Korekta
Mirosława Żłobińska

Copyright © 2009
by Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 1644-0552
ISBN 978-83-226-1841-7

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie II. Ark. druk. 8,5. Ark. wyd. 8,0. Przekazano do
łamania w sierpniu 2008 r. Podpisano do druku w stycz-
niu 2009 r. Papier offset. kl. III, 90 g

Cena 15 zł

Łamanie: Pracownia Składu Komputerowego
Wydawnictwa Uniwersytetu Śląskiego
Druk i oprawa: SOWA Sp. z o.o.
ul. Hrubieszowska 6a, 01-209 Warszawa