

Spis treści

WSTĘP	7
1. OCENA NIEPEWNOŚCI WYNIKU POMIARU	9
1.1. Pojęcia podstawowe	9
1.1.1. Definicje wybranych ogólnych terminów metrologicznych	9
1.1.2. Wybrane podstawowe terminy i pojęcia statystyczne	12
1.2. Pomiar, wynik pomiaru i jego niepewności	16
1.3. Obliczanie niepewności pomiarów bezpośrednich	18
1.3.1. Obliczanie niepewności standardowej – metoda typu A	18
1.3.2. Obliczanie niepewności standardowej – metoda typu B	19
1.4. Obliczanie złożonych niepewności standardowych	20
1.5. Określanie niepewności rozszerzonej	22
1.6. Przedstawienie wyników i ich niepewności	22
1.7. Zaokrąglenia	24
1.8. Wskazówki praktyczne do obliczania składowych niepewności	24
1.9. Metoda najmniejszych kwadratów	28
2. OPISY PRZYRZĄDÓW	31
2.1. Suwmiarka	31
2.2. Mikromierz	32
2.3. Czujnik	33
2.4. Barometr	34
2.5. Kalorymetr	37
2.6. Termostat	38
2.7. Termometry	39
2.8. Areometr	39
2.9. Piknometr	40
2.10. Stoper	41
2.11. Waga	41
2.11.1. Poprawka na nierówność ramion	42
2.11.2. Redukcja ważenia do próżni	43
2.11.3. Zależność czułości wagi od obciążenia	44
2.11.4. Przepisy dotyczące ważenia na wadze laboratoryjnej	45
3. MECHANIKA	47
3.1. Gęstość i ciężar właściwy	47
3.1.1. Pomiar gęstości metodą hydrostatycznego ważenia	48
3.1.2. Pomiar gęstości cieczy za pomocą wagi Mohra-Westphala	51
3.1.3. Pomiar gęstości cieczy i ciał stałych za pomocą piknometru	55
3.2. Siły tarcia	57
3.2.1. Wyznaczanie współczynnika tarcia statycznego	60
3.2.2. Wyznaczanie współczynnika tarcia tocznego	62
3.3. Ruch drgający	65
3.3.1. Wyznaczanie logarytmicznego dekrementu tłumienia	73
3.3.2. Wyznaczania przyspieszenia ziemskiego metodą wahadła matematycznego	76

3.3.3.	Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła rewersyjnego (opr. Mirosław Alchimowicz)	83
3.3.4.	Wyznaczanie momentu bezwładności metodą dynamiczną	88
3.3.5.	Wyznaczanie momentu bezwładności metodą koincydencji drgań wahadeł – fizycznego i matematycznego	94
3.3.6.	Wyznaczanie momentu bezwładności żyroskopu (opr. Mirosław Alchimowicz)	101
3.4.	Ruch falowy	104
3.4.1.	Pomiar prędkości głosu i modułu Younga metodą Kundta	112
3.4.2.	Wyznaczanie prędkości głosu w powietrzu metodą rezonansu	115
3.4.3.	Wyznaczanie częstotliwości drgań generatora akustycznego metodą rezonansu	119
3.5.	Odształcenia sprężyste ciał	121
3.5.1.	Wyznaczanie modułu Younga metodą wydłużeń i metodą strzałki ugięcia	124
3.5.2.	Wyznaczanie modułu sztywności metodą dynamiczną	127
3.6.	Zjawisko lepkości	132
3.6.1.	Wyznaczanie bezwzględnego współczynnika lepkości metodą Stokesa	135
3.6.2.	Pomiar współczynnika lepkości za pomocą wiskozymetru Happlera	139
3.6.3.	Pomiar współczynnika lepkości za pomocą wiskozymetru Ostwalda	141
3.6.4.	Wyznaczanie zależności współczynnika lepkości wody od temperatury za pomocą wiskozymetru Arheniusa	143
3.6.5.	Wyznaczanie granicznej wartości liczby Reynoldsa (opr. Barbara Siódmiak)	145
4.	FIZYKA CZĄSTECZKOWA I TERMODYNAMIKA	155
4.1.	Metody pomiaru współczynnika napięcia powierzchniowego	155
4.1.1.	Pomiar współczynnika napięcia powierzchniowego metodą rurek włoskowatych	160
4.1.2.	Pomiar współczynnika napięcia powierzchniowego za pomocą stalagmometru	161
4.2.	Wilgotność powietrza	163
4.2.1.	Pomiar wilgotności powietrza za pomocą psychrometru	165
4.2.2.	Pomiar wilgotności powietrza za pomocą higrometru	167
4.3.	Wstęp do ćwiczeń z termodynamiki	169
4.3.1.	Wyznaczanie ciepła właściwego ciał stałych metodą kalorymetru wodnego	172
4.3.2.	Wyznaczanie ciepła parowania wody	175
4.3.3.	Wyznaczanie ciepła topnienia lodu	177
4.3.4.	Wyznaczanie zmiany entropii układu	179
4.3.5.	Wyznaczanie stosunku ciepła właściwego gazu przy stałym ciśnieniu do ciepła właściwego przy stałej objętości (C_p/C_v)	183
4.3.6.	Wyznaczanie współczynnika przewodnictwa cieplnego	191
4.3.7.	Wyznaczanie współczynnika rozszerzalności objętościowej cieczy	197
5.	ELEKTRYCZNOŚĆ	200
5.1.	Wstęp do ćwiczeń z elektryczności	200
5.1.1.	Pomiar oporu elektrycznego metodą techniczną	208
5.1.2.	Pomiar oporu metodą mostka Wheatstone'a	212

5.1.3.	Wyznaczanie zależności oporności elektrycznej przewodnika od temperatury	215
5.1.4.	Pomiar siły elektromotorycznej metodą kompensacji	217
5.1.5.	Wyznaczanie ciepła właściwego cieczy metodą elektryczną	221
5.1.6.	Wyznaczanie składowej poziomej natężenia ziemskiego pola magnetycznego	223
5.1.7.	Wyznaczanie równoważnika elektrochemicznego miedzi	228
5.2.	Prąd przemienny	233
5.2.1.	Wyznaczanie pojemności kondensatorów	233
5.2.2.	Wpływ dielektryka na pojemność elektryczną kondensatora	239
5.2.3.	Wpływ oporu, indukcyjności i pojemności na natężenie prądu zmiennego	245
5.3.	Półprzewodniki. Wstęp do ćwiczeń	255
5.3.1.	Wyznaczanie charakterystyki diody półprzewodnikowej	263
5.3.2.	Wyznaczanie charakterystyk statycznych tranzystora	264
5.3.3.	Wyznaczanie charakterystyki pracy elementu optoelektronicznego (fototranzystora)	267
5.4.	Metody pomiaru temperatury	272
5.4.1.	Wyznaczanie zależności oporu półprzewodnika od temperatury	275
5.4.2.	Cechowanie termoogniwa i wyznaczanie za jego pomocą temperatury	280
6.	PROMIENIOWANIE ELEKTROMAGNETYCZNE	288
6.1.	Optyka. Wstęp do ćwiczeń	288
6.2.	Wyznaczanie parametrów optycznych mikroskopu	292
6.2.1.	Wyznaczanie apertury i zdolności rozdzielczej mikroskopu	292
6.2.2.	Zestawienie modelu mikroskopu i pomiar jego powiększenia	296
6.3.	Pomiar współczynnika załamania światła oraz wyznaczanie stężenia roztworów metodą refraktometryczną	298
6.3.1.	Pomiar współczynnika załamania metodą graficzną	300
6.3.2.	Wyznaczanie stężenia roztworów metodą refraktometryczną	302
6.4.	Absorpcyjna analiza spektralna	306
6.4.1.	Pomiar widma absorpcji barwników w roztworach za pomocą spektrofotometru	313
6.4.2.	Wyznaczanie stężeń substancji w roztworach metodą kolorymetryczną	316
6.4.3.	Wyznaczanie stałej równowagi kwasowo-zasadowej metodą spektrofotometryczną	320
6.4.4.	Zastosowanie widm absorpcji w podczerwieni do badania polimerów	322
6.5.	Emisyjna analiza spektralna	328
6.5.1.	Oznaczanie pierwiastków za pomocą emisyjnego widma liniowego	328
6.5.2.	Wyznaczanie stężeń substancji w roztworze metodą fluorescencyjną	331
6.6.	Wyznaczanie stężenia roztworów substancji optycznie czynnych za pomocą polarymetru	339
6.7.	Wyznaczanie stężenia roztworów koloidalnych metodą nefelometryczną	346
6.8.	Porównywanie „światłości” dwóch źródeł światła	351
6.9.	Wyznaczanie długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej	358
6.10.	Promieniowanie jonizujące (opr. Barbara Siódmiak)	362

6.10.1. Wstęp do ćwiczeń	362
6.10.2. Wyznaczanie współczynnika pochłaniania promieniowania γ dla różnych materiałów	372
7. MIĘDZYNARODOWY UKŁAD JEDNOSTEK MIAR SI	376
7.1. Wybrane elementy systemu SI o znaczeniu ogólnym i podstawowym	376
7.2. Definicje bazowych jednostek miar układu SI (tab.1)	380
7.3. Nazwy jednostek miar	382
7.4. Zapis dużych liczb	382
ANEKS	387