

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
1. Wprowadzenie	11
1.1. W jaki sposób czytać tę książkę?	11
1.2. Przed przystąpieniem do badań	13
1.3. Pomiar fizyczny, wielkość fizyczna, wartość	14
1.4. Ocena niepewności pomiarów	15
1.4.1. Podstawy matematyczne	15
1.4.2. Wartość prawdziwa a niepewność bezwzględna	17
1.4.3. Niepewności i ich rodzaje	17
1.4.4. Analiza niepewności przypadkowych (typu A)	21
1.4.5. Analiza niepewności pomiarów pośrednich (złożonych)	26
1.4.6. Przykład 1	28
1.4.7. Przykład 2	34
1.5. Prezentacja wyników pomiarów	37
1.5.1. Uwagi wstępne	37
1.5.2. Formatowanie sprawozdania – wymagania	37
1.5.3. Zaokrąglanie wyników pomiarów	38
1.5.4. Graficzna prezentacja wyników pomiarów	42
1.6. Wybrane podstawy z teorii mechaniki płynów	49
1.6.1. Równanie ciągłości przepływu	49
1.6.2. Równanie Bernoulliego	53
1.6.3. Straty ciśnienia a straty energii	64
2. Przyrządy pomiarowe	73
2.1. Na co zwrócić uwagę?	73
2.2. Przyrządy do pomiaru wielkości liniowych	74
2.2.1. Linijki, taśmy, metrówki	74
2.2.2. Suwmiarka	75
2.3. Przyrządy do pomiaru temperatury	77
2.3.1. Termometr rozszerzalnościowy cieczowy	78
2.3.2. Termometr elektryczny oporowy (rezystancyjny)	80
2.3.3. Termopara	81
2.3.4. Inne rodzaje termometrów	82
2.4. Przyrządy do pomiaru ciśnienia	83
2.4.1. Manometry cieczowe, piezometr	83
2.4.2. Manometr cieczowy dwuramienny (U-rurka)	90
2.4.3. Manometr jednoramienny i z rurką pochyłą	98
2.4.4. Barometr rtęciowy	100
2.4.5. Czynniki wpływające na pomiar za pomocą manometrów cieczowych ..	101
2.4.6. Manometr sprężysty z rurką lub przeponą sprężystą	102
2.4.7. Pomiar ciśnienia w przewodach – uwagi praktyczne	105
2.4.8. Manometry elektroniczne	107
2.4.9. Inne przyrządy do pomiaru ciśnienia	109

2.5. Przyrządy do pomiaru masy	111
2.6. Przyrządy do pomiaru przepływu i prędkości płynu	112
2.6.1. Wodomierze	112
2.6.2. Parametry wpływające na pomiar wodomierzem	115
2.6.3. Rurka Prandtla, rurka Pitota, listwy i pierścienie spiętrzające	118
2.6.4. Termoanemometr	129
2.6.5. Zwężki pomiarowe: kryzy, dysze, zwężki Venturiego	132
2.6.6. Przelew pomiarowy o ostrej krawędzi	149
2.6.7. Rotametr	159
2.6.8. Anemometr skrzydełkowy	163
3. Eksperymenty	165
3.1. Uwagi ogólne	165
3.1.1. Króćce pomiarowe	165
3.1.2. Pomiar ciśnienia – ale jakiego?	167
3.1.3. Profil prędkości płynu w przewodzie. Odcinki rozbiegowe	169
3.2. Doświadczenie Reynoldsa – przepływ laminarny, turbulentny, przejściowy ..	174
3.2.1. Wprowadzenie. Liczba Reynoldsa	174
3.2.2. Cel ćwiczenia	179
3.2.3. Stanowisko pomiarowe i przebieg ćwiczenia	179
3.2.4. Opracowanie wyników	180
3.3. Pomiar poziomu cieczy w zbiorniku. Lewar. Wykorzystanie wiedzy o pod- i nadciśnieniu	180
3.3.1. Wprowadzenie	180
3.3.2. Podstawy teoretyczne działania lewara	182
3.3.3. Cel ćwiczenia	185
3.3.4. Stanowisko pomiarowe	186
3.3.5. Opracowanie wyników	188
3.4. Pomiar natężenia przepływu wody w przewodzie pod ciśnieniem	189
3.4.1. Wprowadzenie	189
3.4.2. Cel ćwiczenia	189
3.4.3. Stanowisko pomiarowe i przebieg ćwiczenia	190
3.4.4. Wyznaczanie współczynnika przepływu zwężki	198
3.4.5. Wyznaczanie współczynnika przepływu dla rurki Pitota	200
3.4.6. Koszt pomiaru – strata ciśnienia urządzenia pomiarowego	201
3.5. Pomiar strumienia powietrza i rozkład ciśnienia wzdłuż drogi przepływu ...	204
3.5.1. Wprowadzenie	204
3.5.2. Cel ćwiczenia	205
3.5.3. W którą stronę płynie powietrze?	205
3.5.4. Stanowisko pomiarowe i przebieg ćwiczenia	208
3.5.5. Zmiana ciśnienia wzdłuż drogi przepływu powietrza – linia ciśnień ...	208
3.5.6. Pomiar natężenia przepływu powietrza za pomocą zwężek	210
3.5.7. Pomiar natężenia przepływu innymi metodami	212
3.5.8. Opracowanie wyników	212
3.6. Profil prędkości w przewodzie o przekroju kołowym	213
3.6.1. Wprowadzenie	213
3.6.2. Podstawy teoretyczne	214
3.6.3. Cel ćwiczenia	219
3.6.4. Stanowisko pomiarowe i przebieg ćwiczenia	220
3.7. Pomiar liniowych strat ciśnienia	224
3.7.1. Wprowadzenie	224

3.7.2. Podstawy teoretyczne	225
3.7.3. Cel ćwiczenia	235
3.7.4. Stanowisko pomiarowe i przebieg ćwiczenia	235
3.7.5. Opracowanie wyników	237
3.8. Pomiar miejscowych strat ciśnienia	239
3.8.1. Wprowadzenie	239
3.8.2. Straty miejscowe w praktyce	244
3.8.3. Cel ćwiczenia	248
3.8.4. Schemat stanowiska	248
3.8.5. Opracowanie wyników	259
3.8.6. Katalog oporów miejscowych	259
3.9. Badanie charakterystyki przepływowej zaworu regulacyjnego	272
3.9.1. Cel ćwiczenia	272
3.9.2. Zawory odcinające i regulacyjne	272
3.9.3. Współczynnik k_v zaworu	275
3.9.4. Stanowisko pomiarowe i przebieg ćwiczenia	276
3.9.5. Opracowanie wyników	280
3.10. Badanie charakterystyki przepływowej wentylatora	280
3.10.1. Wprowadzenie	280
3.10.2. Cel ćwiczenia	287
3.10.3. Stanowisko pomiarowe	287
3.10.4. Przebieg ćwiczenia	288
3.10.5. Opracowanie wyników	289
3.11. Przepływ cieczy przez przelewy	289
3.11.1. Wprowadzenie	289
3.11.2. Cel ćwiczenia	290
3.11.3. Stanowisko pomiarowe	290
3.11.4. Opracowanie wyników	292
3.12. Własności filtracyjne ośrodka porowatego	292
3.12.1. Wprowadzenie	292
3.12.2. Podstawy teoretyczne	293
3.12.3. Cel ćwiczenia	301
3.12.4. Stanowisko pomiarowe	301
3.12.5. Opracowanie wyników	303
Literatura	305