

## 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