

Spis treści

Wstęp	9
Ważniejsze oznaczenia	11
1. Pomiar współczynnika przewodzenia ciepła aparatem płytyowym	13
1.1. Przewodność cieplna. Prawo Fouriera	13
1.2. Przewodność cieplna ciał stałych	16
1.3. Równanie przewodnictwa	19
1.4. Warunki graniczne	22
1.5. Pomiar przewodności cieplnej	25
1.5.1. Aparat Poensgena	25
1.5.2. Uproszczony jednopłytyowy aparat Poensgena	27
Literatura	32
2. Pomiar współczynnika przewodzenia ciepła ciał stałych aparatem rurowym	33
2.1. Przewodność cieplna materiałów izolacyjnych	33
2.2. Podstawowe zależności dotyczące przewodzenia ciepła przez ściankę walcową jedno- i wielowarstwową	36
2.3. Przewodzenie ciepła przez ściankę kulistą	39
2.4. Pomiar współczynnika przewodzenia ciepła	41
Literatura	44
3. Wyznaczanie dyfuzyjności cieplnej metodą stanu uporządkowanego	45
3.1. Nieustalone przewodzenie ciepła	45
3.1.1. Równanie nieustalonego przewodzenia ciepła	45
3.1.2. Nieustalone przewodzenie ciepła w kuli	46
3.2. Stan uporządkowany	51
3.2.1. Wprowadzenie teoretyczne	51
3.2.2. Wejście ciała w stan uporządkowany	52
3.2.3. Zastosowanie teorii stanu uporządkowanego	54
3.3. Wyznaczanie dyfuzyjności cieplnej metodą chłodzenia kuli	56
3.3.1. Stanowisko pomiarowe	56
3.3.2. Wykonanie pomiaru	56

3.3.3. Opracowanie wyników	57
3.3.4. Dane materiałowe	58
Literatura	59
4. Pomiar współczynnika przejmowania ciepła w warunkach konwekcji swobodnej	61
4.1. Rodzaje konwekcji	61
4.2. Siła wyporu	61
4.3. Ruch płynu w warunkach konwekcji swobodnej	62
4.4. Równania opisujące konwekcję swobodną	65
4.5. Doświadczalne metody wyznaczania współczynnika przejmowania ciepła	66
4.5.1. Metoda ustalonego strumienia cieplnego	66
4.5.2. Metoda stanu uporządkowanego	69
4.5.3. Metoda smugowa i interferencyjna	73
4.5.4. Metoda termografii ciekłokrystalicznej	75
4.6. Doświadczalne wyznaczanie średniego współczynnika przejmowania ciepła na rurze poziomej	76
4.6.1. Stanowisko pomiarowe	76
4.6.2. Opracowanie wyników	78
4.7. Doświadczalne wyznaczanie współczynnika przejmowania ciepła metodą stanu uporządkowanego	79
4.7.1. Stanowisko pomiarowe	79
4.7.2. Opracowanie wyników	80
Literatura	80
5. Wyznaczanie współczynnika przejmowania ciepła w warunkach konwekcji wymuszonej techniką elektrolityczną	81
5.1. Wstęp	81
5.2. Istota badań modelowych wymiany ciepła	81
5.3. Analogia wymiany masy i ciepła w warunkach konwekcji wymuszonej	83
5.4. Technika elektrolityczna pomiaru współczynnika wymiany masy	86
5.4.1. Zasada pomiaru współczynnika wymiany masy	86
5.4.2. Własności układu zastosowanego do realizacji elektrolizy	88
5.5. Stanowisko pomiarowe	90
5.5.1. Układ z elektrolitem	91
5.5.2. Układ z azotem	91
5.5.3. Układ z wodą chłodzącą elektrolit	91
5.5.4. Układ elektryczny	92
5.6. Szczegóły sekcji pomiarowej, wykorzystywanej w celach dydaktycznych	92

5.7. Przebieg pomiaru	94
5.8. Opracowanie wyników pomiaru	96
Literatura	98
6. Wyznaczanie współczynnika przejmowania ciepła w warunkach konwekcji wymuszonej techniką sublimacji	99
6.1. Wstęp	99
6.1.1. Warunki stosowalności techniki sublimacji naftalenu	101
6.1.2. Charakterystyka techniki sublimacji naftalenu	102
6.2. Zasada pomiaru współczynnika wymiany masy	102
6.2.1. Czas trwania testu	103
6.2.2. Określanie ubytku naftalenu	103
6.2.3. Gęstość par naftalenu w powietrzu	108
6.2.4. Gęstość par naftalenu przy powierzchni naftalenu	109
6.3. Własności układu dyfuzyjnego naftalen-powietrze	115
6.4. Wytwarzanie modeli naftalenowych	115
6.5. Stanowisko pomiarowe	118
6.5.1. Układ do odlewania modeli naftalenowych	118
6.5.2. Układ stabilizacji temperatury	120
6.5.3. Tunel aerodynamiczny do badania przepływów wewnątrzkanalowych	121
6.5.4. Sekcja pomiarowa	122
6.5.5. Układ do pomiaru parametrów testu	126
6.5.6. Układ do pomiaru profilu powierzchni modeli naftalenowych	132
6.6. Opracowanie wyników pomiarów	138
6.7. Przebieg pomiaru	140
Literatura	143
7. Modelowanie pola temperatury na analogu elektrycznym	145
7.1. Modele analogowe pól temperatury	145
7.2. Równania opisujące ustalone przewodzenie ciepła	146
7.3. Dyskretnie modelowanie pól temperatury	147
7.3.1. Ustalone pola temperatury we współrzędnych prostokątnych	148
7.4. Modelowanie ustalonych pól temperatury na papierze przewodzącym	153
7.5. Modelowanie pól temperatury w wannie elektrolitycznej	154
7.6. Ćwiczenie laboratoryjne	155
7.6.1. Przebieg prac przygotowawczych	156
7.6.2. Przebieg pomiaru i opracowanie wyników	158
Literatura	159
8. Numeryczne modelowanie pól temperatury	161
8.1. Metody analizy pól temperatury w ciałach stałych	161

8.2. Numeryczne metody modelowania pól temperatury	161
8.3. Warunki brzegowe	167
8.3.1. Warunki brzegowe I rodzaju	167
8.3.2. Warunki brzegowe II i III rodzaju	168
8.3.3. Warunek brzegowy IV rodzaju	170
8.4. Zastosowanie metody różnic skończonych do ustalonego, dwuwymiarowego przewodzenia ciepła	172
8.5. Przykład	172
Literatura	177
9. Badanie rurowego wymiennika ciepła	179
9.1. Wiadomości wstępne	179
9.2. Istota zjawiska ustalonego przenikania ciepła	181
9.3. Bilans cieplny wymiennika	183
9.4. Stanowisko pomiarowe	184
9.5. Przebieg pomiaru	186
9.6. Opracowanie wyników pomiaru	187
Literatura	189