

Spis treści

PRZEDMOWA.....	11
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ.....	13
I. POJĘCIA PODSTAWOWE W TERMODYNAMICE.....	19
Wykład 1: WPROWADZENIE DO PRZEDMIOTU.....	19
1.1. Wstęp	19
1.2. Metody badawcze termodynamiki.....	21
1.3. Aksjomaty termodynamiki fenomenologicznej.....	22
1.4. Czynniki termodynamiczne.....	22
1.4.1. Materia i sposoby jej określania.....	22
1.4.2. Rodzaje czynnika termodynamicznego	26
1.5. Układ termodynamiczny i otoczenie	26
1.6. Uzupełnienia.....	30
Pytania sprawdzające	31
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	31
Wykład 2: IDENTYFIKACJA UKŁADU TERMODYNAMICZNEGO	33
2.1. Parametry układu.....	33
2.2. Stan układu	34
2.3. Równania stanu układu	35
2.4. Pojęcie przemiany termodynamicznej i obiegu.....	36
2.5. Równowaga termodynamiczna.....	39
2.5.1. Zerowa zasada termodynamiki a równowaga termiczna	41
2.5.2. Stan równowagowy i stan ustalony układu.....	42
2.5.3. Pojęcie przemiany równowagowej (quasistatycznej).....	44
Pytania sprawdzające	44
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	45
II. ZAGADNIENIA PIERWSZEJ ZASADY TERMODYNAMIKI.....	47
Wykład 3: ENERGIA UKŁADU I SPOSOBY JEJ ZMIANY	47
3.1. Pojęcie energii układu	47
3.1.1. Energia zewnętrzna układu.....	47
3.1.2. Energia wewnętrzna układu.....	48
3.2. Sposoby zmiany energii układu	49
3.2.1. Pojęcie i rodzaje pracy	51
3.2.2. Praca absolutna (bezwzględna)	53
3.2.3. Praca użyteczna w przemianie quasistatycznej.....	55
3.2.4. Praca w układzie z tarciem	56

3.2.5. Praca techniczna	58
3.3. Wyrażenie <i>Pfaffa</i> w równaniach termodynamiki.....	61
Pytania sprawdzające	63
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	64
Wykład 4: WZAJEMNE ZWIĄZKI ENERGII, PRACY I CIEPŁA	67
4.1. Praca w układzie adiabatycznym	67
4.2. Praca przetłaczania	68
4.3. Pojęcie entalpii	68
4.4. Pojęcie ciepła w termodynamice	70
4.5. Sformułowanie pierwszej zasady termodynamiki (I ZT).....	72
4.5.1. Równania pierwszej zasady termodynamiki	74
4.5.2. Zastosowanie pierwszej zasady termodynamiki w odniesieniu do obiegu	75
4.6. Zamiana pracy na ciepło	77
Pytania sprawdzające	78
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	79
Wykład 5: NIEKTÓRE KONSEKWENCJE PIERWSZEJ ZASADY TERMODYNAMIKI	81
5.1. Interpretacja graficzna pierwszej zasady termodynamiki	81
5.2. Bilans energii układu otwartego.....	81
5.3. Ogólne pojęcie ciepła właściwego.....	87
5.3.1. Średnie ciepło właściwe i jego interpretacje	88
5.3.2. Ciepło właściwe według pierwszej zasady termodynamiki.....	91
Pytania sprawdzające	93
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	93
III. ZAGADNIENIA DRUGIEJ ZASADY TERMODYNAMIKI.....	95
Wykład 6: WPROWADZENIE DO DRUGIEJ ZASADY TERMODYNAMIKI	95
6.1. Wstęp.....	95
6.2. Kierunkowość procesów rzeczywistych	95
6.3. Nieodwracalność przemian termodynamicznych	97
6.4. Pojęcie entropii	99
6.5. Zasada wzrostu entropii	102
6.6. Układ współrzędnych $T - S$	105
6.7. Sformułowania drugiej zasady termodynamiki (tzw. werbalne).....	106
Pytania sprawdzające	108
Wykład 7: OBIEGI W ŚWIETLE DRUGIEJ ZASADY TERMODYNAMIKI	109
7.1. Obiegi prawobieżne (silnikowe)	109

7.1.1.	Pojęcie i interpretacja pracy obiegu	110
7.1.2.	Całka <i>Clausiusa</i> dla obiegu prawobieżnego	111
7.1.3.	Sprawność obiegu silnika cieplnego	115
7.1.4.	Prawobieżny odwracalny obieg <i>Carnota</i>	117
7.2.	Obiegi lewobieżne maszyn ciepłych roboczych	119
7.2.1.	Pompa ciepła a chłodziarka	120
7.2.2.	Współczynnik wydajności cieplnej obiegu lewobieżnego	121
7.2.3.	Lewobieżny odwracalny obieg <i>Carnota</i>	123
	Pytania sprawdzające	125
	Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	125

Wykład 8: NIEKTÓRE KONSEKWENCJE DRUGIEJ ZASADY

	TERMODYNAMIKI	127
8.1.	Połączony zapis pierwszej i drugiej zasady termodynamiki	127
8.2.	Termodynamiczna skala temperatury.....	128
8.3.	Funkcje termodynamiczne i związki między nimi	131
8.3.1.	Energia swobodna układu.....	132
8.3.2.	Entalpia swobodna układu.....	133
8.3.3.	Podstawowe równania różniczkowe termodynamiki	134
8.4.	Kryteria równowagi termodynamicznej	137
8.5.	Pojęcie i interpretacja egzergii	139
	Pytania sprawdzające	143
	Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	143

IV. TERMODYNAMIKA GAZÓW DOSKONAŁYCH

I PÓLDOSKONAŁYCH

145

Wykład 9: RÓWNANIA STANU GAZU DOSKONAŁEGO

145

9.1.	Modele gazowych czynników termodynamicznych	145
9.2.	Termiczne równanie stanu gazu doskonałego.....	146
9.3.	Kaloryczne równania stanu gazu doskonałego i półdoskonałego.....	151
9.3.1.	Ciepło właściwe	151
9.3.2.	Energia wewnętrzna	157
9.3.3.	Entalpia.....	161
9.3.4.	Entropia	161
	Pytania sprawdzające	163
	Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	164

Wykład 10: PRZEMIANY TERMODYNAMICZNE

ODWRACALNE

167

10.1.	Wprowadzenie	167
10.2.	Uogólniona przemiana politropowa.....	167
10.3.	Szczególne przypadki przemiany politropowej.....	175
10.3.1.	Przemiana izotermiczna	176

10.3.2. Przemiany izobaryczna i izochoryczna	179
10.3.3. Przemiana adiabatyczna odwracalna (izentropowa)	182
Pytania sprawdzające	186
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	187
Wykład 11: PRZEMIANY TERMODYNAMICZNE	
NIEODWRACALNE	189
11.1. Wprowadzenie	189
11.2. Przemiana adiabatyczna nieodwracalna	189
11.3. Przemiana dławienia.....	193
11.4. Wymiana ciepła przy skończonej różnicy temperatury	196
11.5. Mieszanki (roztwory) gazów doskonałych	198
11.6. Przemiana mieszania gazów doskonałych	202
Pytania sprawdzające	205
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	205
V. ZARYS TERMODYNAMIKI GAZÓW RZECZYWISTYCH.....	207
Wykład 12: POJĘCIE GAZU RZECZYWISTEGO I OPIS	
PARAMETRÓW JEGO STANU	207
12.1. Wprowadzenie.....	207
12.2. Równanie termiczne stanu gazu rzeczywistego	209
12.3. Pojęcie fazy i przemiany fazowej	217
12.4. Pojęcie równowagi fazowej	219
12.5. Przejścia fazowe	219
Pytania sprawdzające	221
Wykład 13: WYBRANE ZAGADNIENIA TERMODYNAMIKI	
PARY WODNEJ	223
13.1. Wykres przemian fazowych dla wody	223
13.2. Izobaryczny proces wytwarzania pary wodnej	225
13.3. Parametry termiczne i kaloryczne pary nasyconej mokrej.....	227
13.4. Wykresy termodynamiczne pary wodnej	230
13.5. Podstawowe przemiany termodynamiczne pary wodnej	235
Pytania sprawdzające	242
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	243
Wykład 14: OBIEGI SIŁOWNI PAROWEJ	245
14.1. Wprowadzenie	245
14.2. Obieg porównawczy <i>Clausiusa – Rankine’a</i>	246
14.3. Metody podwyższenia sprawności termicznej siłowni parowej w obiegu <i>Clausiusa – Rankine’a</i>	252
14.3.1. Zmiana parametrów pary w kotle i skraplaczu.....	252

14.3.2. Międzystopniowy przegrzew pary	253
14.3.3. Regeneracja ciepła w siłowni parowej	255
14.3.4. Zastosowanie siłowni dwuczynnikowej (binarnej)	257
14.4. Moc i sprawność rzeczywistego obiegu siłowni parowej	259
Pytania sprawdzające	261
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	261

Wykład 15: PODSTAWY TERMODYNAMIKI POWIETRZA WILGOTNEGO	263
15.1. Wprowadzenie	263
15.2. Pojęcie powietrza wilgotnego i jego rodzaje	263
15.3. Parametry powietrza wilgotnego	264
15.4. Równanie termiczne stanu powietrza wilgotnego	270
15.5. Podstawy budowy wykresu $h - x$ <i>Molliera</i>	271
15.5.1. Wykres ciśnień cząstkowych pary wodnej w powietrzu wilgotnym.....	275
15.5.2. Podziałka kierunkowa przemian na wykresie $h - x$	276
Pytania sprawdzające	279
Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	280
BIBLIOGRAFIA	281

