

Przedmowa	10
1. WPROWADZENIE DO PRZEDMIOTU	11
2. PODSTAWOWE OKREŚLENIA W TERMODYNAMICE	13
2.1. Układ termodynamiczny	13
2.2. Wielkości fizyczne, układ jednostek miary	14
2.3. Stan układu termodynamicznego	15
2.4. Energia układu, energia wewnętrzna, entalpia	17
2.5. Sposoby doprowadzania i wyprowadzania energii	20
2.6. Temperatura i entropia	22
2.6.1. Temperatura	22
2.6.2. Entropia	23
Przykłady zadań z rozwiązaniami	25
Zadania do rozwiązania	28
3. ZASADA ZACHOWANIA ENERGII I PIERWSZA ZASADA TERMODYNAMIKI	29
3.1. Zasada zachowania energii	29
3.2. Bilans energii układu	29
3.3. Bilans energii układu zamkniętego	30
3.4. Bilans energii układu otwartego	32
3.5. Praca bezwzględna układu	35
3.6. Praca techniczna układu	36
3.7. Ciepło doprowadzone do układu	38
3.8. Praca użyteczna	41
Przykłady zadań z rozwiązaniami	41
Zadania do rozwiązania	48
4. WŁAŚCIWOŚCI GAZÓW I ICH PRZEMIANY TERMODYNAMICZNE	49
4.1. Gaz doskonały i półdoskonały	49
4.2. Termiczne równanie stanu gazów doskonałych i półdoskonałych	50
4.3. Energia wewnętrzna i entalpia gazu doskonałego	51
4.4. Entropia gazu doskonałego, ciał stałych i cieczy	53
4.4.1. Ciała stałe i ciecze	53
4.4.2. Gazy doskonałe	54
4.5. Mieszanina (roztwór) gazów doskonałych	55
4.5.1. Podstawowe określenia	55
4.5.2. Określanie wielkości charakterystycznych dla mieszaniny gazów	57

4.6. Przemiany charakterystyczne gazów doskonałych	59
4.6.1. Wiadomości ogólne.....	59
4.6.2. Przemiana izotermiczna.....	59
4.6.3. Przemiana izochoryczna	61
4.6.4. Przemiana izobaryczna	62
4.6.5. Przemiana izentropowa (adiabata odwracalna).....	63
4.6.6. Przemiana politropowa	65
4.7. Przemiany nieodwracalne.....	67
4.7.1. Dławienie	67
4.7.2. Adiabata nieodwracalna.....	69
4.7.3. Mieszanie gazów.....	71
Przykłady zadań z rozwiązaniami.....	72
Zadania do rozwiązania	85
5. DRUGA I TRZECIA ZASADA TERMODYNAMIKI.....	87
5.1. Nieodwracalność procesów rzeczywistych	87
5.2. Druga zasada termodynamiki	88
5.3. Statystyczna interpretacja entropii układu.....	89
5.4. Trzecia zasada termodynamiki	91
6. OBIEGI TERMODYNAMICZNE.....	92
6.1. Obiegi silników cieplnych i urządzeń chłodniczych.....	92
6.2. Konsekwencje zastosowania drugiej zasady termodynamiki do obiegów.....	95
6.2.1. Sprawdzenie możliwości przekazania energii na zasadzie przepływu ciepła ze źródła o temperaturze niższej do źródła o temperaturze wyższej.....	97
6.2.2. Analiza możliwości budowy silnika cieplnego działającego z jednym źródłem energii wewnętrznej	97
6.2.3. Obieg silnikowy Carnota	98
6.2.4. Analiza działania układu zawierającego dwa zasobniki energii wewnętrznej i silnik.....	100
6.3. Sprawność i entropia nieodwracalnego obiegu silnika cieplnego.....	101
6.4. Egzergia.....	103
Przykłady zadań z rozwiązaniami.....	105
Zadania do rozwiązania	116
7. PARA WODNA I GAZY RZECZYWISTE	118
7.1. Gazy rzeczywiste.....	118
7.1.1. Cechy gazów rzeczywistych	118
7.1.2. Termiczne równanie stanu gazów rzeczywistych	120
7.1.3. Zasada stanów odpowiednich	122
7.1.4. Równanie Clapeyrona-Clausiusa dla przemian fazowych.....	124
7.2. Para wodna nasycona i przegrzana.....	125
7.2.1. Wprowadzenie	125
7.2.2. Właściwości pary wodnej	126
7.2.3. Wykres $p-v$ dla pary wodnej.....	129
7.2.4. Energia wewnętrzna, entalpia i entropia pary wodnej	131
7.2.5. Wykres $T-s$ dla pary wodnej.....	133
7.2.6. Wykres $h-s$ dla pary wodnej	134

7.3. Czynniki chłodnicze	135
7.3.1. Właściwości czynników chłodniczych	135
7.3.2. Wykres lg $p-h$ dla czynników chłodniczych	136
7.4. Przemiany charakterystyczne pary nasyconej i przegrzanej	137
7.4.1. Wprowadzenie	137
7.4.2. Przemiana izochoryczna	138
7.4.3. Przemiana izobaryczna	138
7.4.4. Przemiana izentropowa	139
7.4.5. Przemiana adiabatyczna nieodwracalna	140
7.4.6. Dławienie izentalpowe	141
Przykłady zadań z rozwiązaniami	143
Zadania do rozwiązania	151
8. POWIETRZE WILGOTNE	153
8.1. Podstawowe określenia	153
8.2. Termiczne równanie stanu powietrza wilgotnego	155
8.3. Entalpia i energia wewnętrzna powietrza wilgotnego	157
8.4. Wykres $h-X$ dla powietrza wilgotnego	158
8.5. Przemiany powietrza wilgotnego	161
8.5.1. Osuszanie powietrza	161
8.5.2. Mieszanie strumieni powietrza wilgotnego	162
8.5.3. Mieszanie powietrza wilgotnego z wodą ciekłą i parą wodną	164
8.6. Psychrometr Augusta	166
8.7. Proces suszenia	166
Przykłady zadań z rozwiązaniami	168
Zadania do rozwiązania	184
9. SPALANIE PALIW	188
9.1. Paliwa i ich spalanie	188
9.1.1. Charakterystyka paliw	188
9.1.2. Reakcje spalania	189
9.1.3. Ciepło spalania i wartość opałowa	191
9.2. Zależności stechiometryczne przy spalaniu paliw	192
9.2.1. Paliwa stałe i ciekłe	193
9.2.2. Paliwa gazowe	194
9.2.3. Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza do spalania	195
9.2.4. Obliczanie ilości i składu spalin	197
9.3. Określanie współczynnika nadmiaru powietrza w spalinach	199
9.4. Temperatura spalania	201
Przykłady zadań z rozwiązaniami	202
Zadania do rozwiązania	212
10. PROCESY SPRĘŻANIA I OBIEGI SPRĘŻAREK	214
10.1. Urządzenia do sprężania gazów i ich poddział	214
10.2. Termodynamika procesów sprężania	219
Przykłady zadań z rozwiązaniami	225
Zadania do rozwiązania	229
11. OBIEGI SILNIKÓW I SIŁOWNI CIEPLNYCH	230
11.1. Silniki cieplne spalinowe	230
11.1.1. Zasada działania	230
11.1.2. Obiegi porównawcze silników spalinowych	232

11.2. Obiegi porównawcze silników turbinowych	236
11.2.1. Obieg Braytona	236
11.2.2. Obieg Clausiusa-Rankine'a siłowni parowej.....	239
Przykłady zadań z rozwiązaniami	243
Zadania do rozwiązania	252
12. OBIEGI CHŁODZIAREK I POMP CIEPLNYCH.....	254
12.1. Obiegi porównawcze urządzeń chłodniczych i pomp ciepłych.....	254
12.2. Obieg chłodniczy Joule'a.....	254
12.3. Obieg chłodniczy Lindego	256
12.4. Pompy ciepła (cieplne)	260
Przykłady zadań z rozwiązaniami	262
Zadania do rozwiązania	267
13. ZASADY PRZEPLYWU CIEPŁA	268
13.1. Wstęp	268
13.2. Przewodzenie ciepła.....	269
13.2.1. Prawo Fouriera	269
13.2.2. Równanie przewodnictwa cieplnego	272
13.2.3. Przegroda płaska jednowarstwowa	273
13.2.4. Przegroda płaska wielowarstwowa	275
13.2.5. Przegroda walcowa	277
13.2.6. Przegroda kulista.....	279
13.3. Konwekcja	281
13.3.1. Istota konwekcji.....	281
13.3.2. Współczynnik przejmowania ciepła	283
13.3.3. Zastosowanie teorii podobieństwa.....	285
13.3.4. Analiza wymiarowa	286
13.3.5. Konwekcja wymuszona burzliwa	288
13.3.6. Konwekcja swobodna	289
13.3.7. Przejmowanie ciepła przy wrzeniu i kondensacji	291
13.4. Promieniowanie cieplne.....	294
13.4.1. Istota promieniowania cieplnego	294
13.4.2. Podstawowe definicje i prawa promieniowania cieplnego	296
13.4.3. Strumień energii wymienianej między powierzchniami równoległymi	301
13.4.4. Strumień energii wymienianej między powierzchnią niewklęsłą a powierzchnią otaczającą	302
13.4.5. Przepływ ciepła przez konwekcję i promieniowanie	304
13.4.6. Wpływ ekranu na strumień wymienianej energii	305
13.4.7. Promieniowanie cieplne gazów	306
Przykłady zadań z rozwiązaniami	310
Zadania do rozwiązania	322
14. PRZENIKANIE CIEPŁA I WYMIENNIKI	324
14.1. Przenikanie ciepła	324
14.1.1. Przegroda płaska	324
14.1.2. Przegroda walcowa	326
14.1.3. Przegroda kulista.....	328

14.2. Szczególne przypadki przepływu ciepła.....	329
14.2.1. Przenikanie ciepła z uwzględnieniem wpływu oporu zanieczyszczenia powierzchni	329
14.2.2. Przepływ ciepła przez zamkniętą warstwę płynu	330
14.2.3. Zwiększanie intensywności przenikania ciepła	332
14.3. Przeponowe konwekcyjne wymienniki ciepła.....	334
14.3.1. Rodzaje wymienników ciepła	334
14.3.2. Bilans cieplny wymiennika.....	336
14.3.3. Rozkład temperatury czynników w wymienniku	337
Przykłady zadań z rozwiązaniami.....	342
Zadania do rozwiązania	353
Bibliografia	355
Dodatki	357