

SPIS TREŚCI

SPIS WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	7
1. WSTĘP	9
2. UKŁAD TERMODYNAMICZNY I PARAMETRY STANU	11
2.1. Układ termodynamiczny	11
2.2. Parametry stanu czynnika termodynamicznego	12
2.3. Równowaga termodynamiczna	12
2.4. Ilość materii i jej miary	13
2.5. Temperatura i zerowa zasada termodynamiki	14
2.6. Ciśnienie	15
2.7. Pojęcia ciepła i pracy oraz ich związek z energią	16
2.8. Zasada zachowania ilości materii i podstawy bilansowania	16
2.9. Przykłady	18
3. CZYNNIKI TERMODYNAMICZNE I RÓWNANIE STANU	26
3.1. Czynniki termodynamiczne	26
3.2. Gaz doskonały	28
3.3. Równanie stanu gazu doskonałego i półdoskonałego	29
3.4. Równania stanu gazu rzeczywistego	33
3.5. Przykłady	36
4. CIEPŁO WŁAŚCIWE I POJEMNOŚĆ CIEPLNA	52
4.1. Pojęcia ciepła właściwego i pojemności cieplnej	52
4.2. Ciepło właściwe gazów doskonałych	54
4.3. Zależność ciepła właściwego od temperatury i średnie ciepło właściwe	56
4.4. Przykłady	61
5. PIERWSZA ZASADA TERMODYNAMIKI	69
5.1. Zasada zachowania energii	69
5.2. Pierwsza zasada termodynamiki, energia wewnętrzna, entalpia i praca	70
5.2.1. Energia wewnętrzna	70
5.2.2. Sformułowanie pierwszej zasady termodynamiki	72
5.2.3. Praca bezwzględna, zewnętrzna i użyteczna	73
5.2.4. Pierwsza zasada termodynamiki dla układu zamkniętego	74
5.2.5. Praca techniczna i entalpia	77
5.2.6. Pierwsza zasada termodynamiki dla układu otwartego	80

5.3. Energia wewnętrzna i entalpia jako funkcje parametrów stanu – kaloryczne parametry stanu	82
5.4. Przykłady	84
6. ROZTWORY GAZOWE (MIESZANINY)	102
6.1. Definiowanie składu roztworu	102
6.2. Roztwory gazów doskonałych	104
6.3. Termiczne równanie stanu roztworu gazów doskonałych	106
6.4. Kaloryczne parametry stanu i ciepło właściwe roztworu gazów doskonałych i półdoskonałych	107
6.5. Przykłady	109
7. PRZEMIANY TERMODYNAMICZNE	126
7.1. Przemiany charakterystyczne gazów doskonałych i półdoskonałych	127
7.1.1. Przemiana izotermiczna – izoterma	127
7.1.2. Przemiana izochoryczna – izochora	129
7.1.3. Przemiana izobaryczna – izobara	132
7.1.4. Przemiana izentropowa – izentropa (adiabata odwracalna)	134
7.1.5. Przemiana politropowa – politropa	138
7.2. Przykłady	144
8. DRUGA ZASADA TERMODYNAMIKI	170
8.1. Obiegi termodynamiczne	170
8.2. Sprawność energetyczna obiegu	173
8.3. Sformułowanie drugiej zasady termodynamiki i pojęcie entropii	176
8.4. Obliczanie entropii w przemianach gazów doskonałych i układ $T-s$	181
8.4.1. Izoterma	182
8.4.2. Izochora	183
8.4.3. Izobara	184
8.4.4. Adiabata	184
8.4.5. Politropa	185
8.5. Odwracalny obieg Carnota	186
8.6. Termodynamiczna skala temperatur	188
8.7. Przykłady	189
9. PARA NASYCONA I PRZEGRZANA	234
9.1. Stany skupienia i definicje	234
9.2. Objętość właściwa i gęstość pary	238
9.3. Parametry kaloryczne pary wodnej	246
9.4. Równanie Clapeyrona–Clausiusa	250
9.5. Przemiany termodynamiczne pary wodnej	252
9.5.1. Przemiana izochoryczna	252
9.5.2. Przemiana izobaryczna	254

9.5.3. Przemiana izotermiczna	255
9.5.4. Przemiana izentropowa	257
9.5.5. Przemiana adiabatyczna, nieodwracalna	259
9.5.6. Dławienie – rozprężanie izentalpowe	261
9.6. Przykłady	262
10. PODSTAWY USTALONEJ WYMIANY CIEPŁA	282
10.1. Pojęcia podstawowe	282
10.2. Przewodzenie ciepła	287
10.2.1. Równanie przewodzenia ciepła	288
10.2.2. Jednowymiarowe, ustalone przewodzenie ciepła	290
10.3. Konwekcja i przenikanie ciepła	295
10.3.1. Rodzaje konwekcji i współczynnik przejmowania ciepła	296
10.3.2. Przenikanie ciepła	300
10.4. Promieniowanie (radiacja)	304
10.4.1. Podstawowe prawa promieniowania	306
10.4.2. Przepływ ciepła przez promieniowanie	312
10.5. Przykłady	315
11. GAZY WILGOTNE	329
11.1. Charakterystyka gazu wilgotnego	329
11.2. Wykres $i-X$ (Molliera) dla powietrza wilgotnego	335
11.3. Izobaryczne przemiany powietrza wilgotnego	339
11.4. Przykłady	346
12. PODSTAWY PROCESÓW SPALANIA	371
12.1. Ciepło spalania i wartość opałowa paliw	372
12.1.1. Paliwa stałe i ciekłe	373
12.1.2. Paliwa gazowe	374
12.2. Stechiometria procesów spalania	376
12.2.1. Definiowanie i przeliczanie składu paliw	376
12.2.2. Zapotrzebowanie na powietrze do spalania	379
12.2.3. Ilość i skład spalin	387
12.3. Temperatura spalania	394
12.4. Przykłady	401
LITERATURA	425