

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΒΙΒΛΙΑ ΤΟΥ ΙΔΙΟΥ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ	I
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	VII
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	IX
ΣΥΜΒΟΛΑ / ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	XV
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ	XV
1.1 Αντικείμενο της Θερμοδυναμικής	1
1.2 Θερμοδυναμικά Συστήματα	2
1.3 Θερμοδυναμικές Ιδιότητες και Καταστάσεις	3
1.3.1 Ποσότητα.....	4
1.3.2 Πίεση	5
1.3.3 Θερμοκρασία	7
1.4 Μηδενικός Θερμοδυναμικός Νόμος	10
Ασκήσεις	12
1.1 Κλίμακες Θερμοκρασίας.....	12
1.2 Πίεση.....	12
1.3 Μέτρηση πίεσης δεξαμενών και αγωγών	15
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΜΕΣΟ.....	18
2.1 Καθαρή Ουσία.....	18
2.2 Διεργασίες Άλλαγής Φάσης	19
2.3 Διαγραμματική Απεικόνιση Διεργασιών Άλλαγής Φάσης.....	21
2.4 Το Ιδανικό (Τέλειο) Αέριο	25
2.5 Πραγματικά Αέρια	26
2.6 Εξίσωση van der Walls και Ενεργός Καταστατική Εξίσωση.....	30
2.7 Μεταβολές Ιδανικών Αερίων	31
Ασκήσεις	36
2.1 Θεωρητικές Ασκήσεις.....	36
2.2 Μεταβολές - Διεργασίες	39
2.3 Εξισώσεις Πραγματικών Αερίων.....	43
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΩΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ.....	47
3.1 Ενέργεια	47
3.2 Θερμότητα και Μηχανισμοί Μετάδοσης	49
3.3 Έργο	51
3.4 Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος για Κλειστά Συστήματα	53
3.5 Ενθαλπία	55
3.6 Ειδικές Θερμότητες Ιδανικών Αερίων	56
3.7 Ειδικές Θερμότητες Ασυμπίεστων Ουσιών.....	59
3.8 Αρχή Διατήρησης της Μάζας.....	60
3.9 Ολική Θερμοδυναμική Ενέργεια Ρέοντος Ρευστού	60
3.10 Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος για Ανοικτά Συστήματα	60
3.11 Εφαρμογή του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου στις Μεταβολές των Ιδανικών Αερίων	62
3.12 Μεταβολές Μόνιμης Ροής.....	68
3.13 Μεταβολές Μεταβατικής Ροής.....	72
3.14 Έργο Ογκομεταβολής και Τεχνικό Έργο	73
3.15 Θερμιδομετρία	74
3.15.1 Θερμιδόμετρο Οβίδας	74

3.15.2 Θερμιδόμετρο Ροής.....	75
Ασκήσεις.....	77
3.1 Μεταβολές - Διεργασίες.....	77
3.2 Κλειστά Συστήματα: Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος.....	83
3.3 Νόμος Συνέχειας.....	106
3.4 Ειδικές Θερμότητες	107
3.5 Ανοικτά Συστήματα: Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος.....	108
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	152
4.1 Ποιοτική Διατύπωση του Δεύτερου Θερμοδυναμικού Νόμου.....	152
4.2 Θερμικές Μηχανές.....	152
4.3 Θερμοδυναμική Κλίμακα Θερμοκρασίας	154
4.4 Ιδανικός Κύκλος Παραγωγής Ψύξης Carnot.....	156
4.5 Αντιστρεπτές και Μη Αντιστρεπτές Διεργασίες.....	158
Ασκήσεις.....	161
4.1 Βαθμός Απόδοσης Θερμικών Μηχανών.....	161
4.2 Βαθμός Απόδοσης Ψυκτικών Μηχανών	164
4.2.1 Ψυγείο - Καταγύκτης.....	164
4.2.2 Κλιματιστικό.....	170
4.2.3 Αντλία Θερμότητας.....	172
5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΤΡΙΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	175
5.1 Ποσοτική Διατύπωση του Δεύτερου Θερμοδυναμικού Νόμου – Εντροπία.....	175
5.2 Τρίτος Θερμοδυναμικός Νόμος.....	182
5.3 Υπολογισμός της Μεταβολής της Εντροπίας στις Διεργασίες Ιδανικών Αερίων.....	183
5.4 Διαγράμματα P-V, T-s και h-s.....	186
5.5 Σχέσεις Tds ή Πρώτη και Δεύτερη Σχέση του Gibbs	189
5.6 Ισεντροπικές Διεργασίες Ιδανικών Αερίων	190
5.7 Ισεντροπικές Διεργασίες Στερεών και Υγρών.....	191
5.8 Διεργασίες Έργου	191
5.9 Απόδοση Ισεντροπικής Συμπίεσης	194
5.10 Απόδοση Ισεντροπικής Εκτόνωσης.....	196
5.11 Παραγωγή Εντροπίας	197
5.12 Θερμοδυναμικά Δυναμικά - Σχέσεις Gibbs, Maxwell, Clapeyron και Clapeyron-Clausius	200
5.13 Υπολογισμός των Μεγεθών u, h, s και των Μεγεθών cv, cp	204
5.14 Συντελεστής Joule-Thomson	207
5.15 Εφαρμογές του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου και Θερμοδυναμικά Δυναμικά.....	208
5.16 Φυσική Σημασία των Ενεργειών Helmholtz και Gibbs	211
Ασκήσεις.....	215
5.1 Θεωρητικές Εντροπίας	215
5.2 Μεταβολή Εντροπίας	222
5.3 Παραγωγή και Κατανάλωση Έργου	234
5.4 Παραγωγή Εντροπίας	239
5.5 Εξισώσεις της Θερμοδυναμικής	261
5.5.1 Ιδανικό Αέριο.....	261
5.5.2 Καταστατικές εξισώσεις.....	266
5.5.3 Συντελεστής θερμικής διαστολής και ισόθερμης συμπιεστότητας	271
5.5.4 Μεταβολές	273
5.5.5 Θερμοδυναμικά Δυναμικά	276
5.5.6 Συντελεστής Joule-Thompson	285
5.5.7 Παράγοντας Συμπιεστότητας	285
5.5.8 Σχέση του Clapeyron	286

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ:**ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΑΕΡΑ287**

6.1 Κυκλικές θερμοδυναμικές μεταβολές	287
6.2 Κύκλος Carnot	288
6.3 Κύκλος Otto	291
6.4 Κύκλος Diesel	294
6.5 Κύκλος Μικτός (Diesotto)	297
6.6 Κύκλος Brayton-Joule	298
6.7 Κύκλος Stirling	302
6.8 Κύκλος Ericsson	303
 Ασκήσεις	305
6.1 Κυκλικές Μεταβολές	305
6.2 Θερμοδυναμικός Κύκλος Carnot	315
6.3 Θερμοδυναμικός Κύκλος Otto	322
6.4 Θερμοδυναμικός Κύκλος Diesel	330
6.5 Θερμοδυναμικός Κύκλος Brayton	336
6.5.1 Βιομηχανικοί Αεριοστρόβιλοι	336
6.5.2 Αεροπορικοί Αεριοστρόβιλοι	344
6.6 Θερμοδυναμικός Κύκλος Stirling	354
6.7 Θερμοδυναμικός Κύκλος Ericsson	355

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ:**ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΑΤΜΟ357**

7.1 Ιδανικό Υγρό και Ατμός	357
7.2 Ενθαλπία και Εντροπία Μίγματος Νερού/Ατμού	360
7.3 Κύκλοι Παραγωγής Ισχύος με Ατμό	361
7.3.1 Κύκλος Ατμού Carnot	361
7.3.2 Κύκλος Rankine	362
7.3.3 Διαμορφώσεις του Κύκλου Rankine	364
7.4 Βασικά Στοιχεία Λειτουργίας Συμβατικού Ατμοηλεκτρικού Εργοστασίου	372
7.5 Εργοστάσια Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος Συνδυασμένου Κύκλου	376
7.5.1 Αρχές Συνδυασμένων Κύκλων	376
7.5.2 Διαμορφώσεις Εργοστασίων Συνδυασμένου Κύκλου	378
7.5.3 Κύρια Εξαρτήματα του Συνδυασμένου Κύκλου	380
7.5.4 Υπολογισμός στο Σημείο Σχεδιασμού CCPP Μονής Πίεσης	384
7.6 Τεχνολογίες Συμπαραγωγής	386
7.6.1 Η Έννοια της Συμπαραγωγής	386
7.6.2 Σύγχρονες Τεχνικές Συμπαραγωγής	388
7.6.3 Τρόποι Λειτουργίας των Συστημάτων Συμπαραγωγής	389
7.7 Τρι-παραγωγή	391
7.8 Εφαρμογές Συμπαραγωγής/Τρι-παραγωγής	392
 Ασκήσεις	393
7.1 Ατμός	393
7.2 Κύκλος Rankine	407
7.3 Συνδυασμένος Κύκλος	446
7.4 Συμπαραγωγή	453

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ ...457

8.1 Εισαγωγή	457
8.2 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος Ψύξης με Συμπίεση Ατμού	457
8.3 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος Πολυβάθμιας Ψύξης	460
8.4 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Πολυβάθμιος Κύκλος με Θάλαμο Ανάμιξης	461
8.5 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος για Υγροποίηση Αερίων	462
8.6 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος με Αέριο	463
8.7 Συστήματα Παραγωγής Ψύξης με Απορρόφηση	463

8.8 Ψυκτικά Ρευστά.....	471
Ασκήσεις.....	473
9^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΙΓΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ-ΑΤΜΩΝ	486
9.1 Αέρια Μίγματα	486
9.2 Ιδιότητες Ιδανικών και Πραγματικών Μιγμάτων Αερίων.....	488
9.3 Πραγματικός Αέρας	490
9.4 Σχετική και Ειδική Υγρασία.....	491
9.5 Θερμοκρασία Δρόσου, Αδιαβατικού Κορεσμού και Υγρού Βολβού	493
9.6 Ψυχρομετρία.....	495
9.7 Κλιματισμός	497
9.8 Διεργασίες Κλιματισμού	498
Ασκήσεις.....	502
9.1 Σύσταση Μίγματος	502
9.2 Ιδιότητες Μιγμάτων	504
9.3 Μίγματα και Εντροπία	508
9.4 Υγρασία, Θερμοκρασία Δρόσου και Υγρού Βολβού	512
9.5 Ψυχρομετρικός Χάρτης.....	517
9.6 Διεργασίες Κλιματισμού	518
10^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	529
10.1 Θερμοδυναμική Ρευστών με Υψηλές Ταχύτητες, ($M > 0.3$).....	529
10.2 Φαινόμενα Συμπιεστότητας.....	531
10.3 Μονοδιάστατη Ισεντροπική Ροή	533
10.4 Σχέσεις μεταξύ Στατικών και Ολικών Μεγεθών Συναρτήσει του Αριθμού Mach	534
10.5 Συγκλίνων Αγωγός.....	535
10.6 Συγκλίνων-Αποκλίνων Αγωγός	538
10.7 Κρουστικά Κύματα.....	539
10.8 Ροή μέσα σε Πραγματικά Ακροφύσια και Πραγματικούς Διαχύτες.....	544
10.8.1 Θερμοδυναμικός Υπολογισμός Εισαγωγής Αεροπορικών Αεριοστρόβιλων	544
10.8.2 Θερμοδυναμικός Υπολογισμός Προωθητικού Ακροφύσιου Αεροπορικών Αεριοστρόβιλων.....	546
Ασκήσεις.....	549
10.1 Ολικά μεγέθη - Ταχύτητα ήχου	549
10.2 Ακροφύσια - Διαχύτες.....	554
10.3 Συμπιεστές - Στρόβιλοι	563
11^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ:	
ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ.....	565
11.1 Χημικές αντιδράσεις - Καύση	565
11.2 Χημεία Αντίδρασης	567
11.3 Θερμοκρασία Δρόσου Προϊόντων Καύσης.....	569
11.4 Θερμοχημεία.....	570
11.4.1 Αδιαβατική Θερμοκρασία Φλόγας.....	574
11.4.2 Λανθάνουσα Θερμότητα Ατμοποίησης Νερού.....	579
11.4.3 Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου.....	579
11.5 Ο Δεύτερος και Τρίτος Νόμος για Συστήματα Χημικών Αντιδράσεων	581
11.6 Χημική Ισορροπία.....	582
Ασκήσεις.....	589
11.1 Χημεία Αντίδρασης	589
11.2 Θερμοχημεία.....	602
11.3 Χημική Ισορροπία.....	611
12^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΞΕΡΓΕΙΑ	627
12.1 Ορισμοί	627

12.2 Επέκταση του Δεύτερου Νόμου της Θερμοδυναμικής	628
12.3 Είδη Εξέργειας.....	630
12.4 Μεταφορά Εξέργειας	631
12.5 Ο Δεύτερος Νόμος της Θερμοδυναμικής βάσει της Εξέργειας.....	632
12.6 Εξέργεια σε Κλειστά και Ανοικτά Συστήματα.....	633
12.7 Δείκτες Ενεργειακής Συμπεριφοράς Συστήματος Συμπαραγωγής.....	634
Ασκήσεις.....	638
12.1 Εφαρμογές Ορισμών	638
12.2 Κλειστά Συστήματα	640
12.3 Ανοικτά Συστήματα	648
13^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΟΥΣΙΩΝ.....	660
13.1 Εισαγωγή	660
13.2 Χημικό Δυναμικό.....	661
13.3 Ισορροπία Φάσεων.....	663
13.4 Κανόνας των Φάσεων του Gibbs	665
13.5 Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Σταθερότητα των Φάσεων	666
Ασκήσεις.....	671
13.1 Ισορροπία Φάσεων.....	671
14^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.....	673
14.1 Ιδανικά Διαλύματα.....	673
14.2 Ελάχιστο Έργο Διαχωρισμού Διαλυμάτων	674
14.3 Αντιστρεπτές Διεργασίες Ανάμιξης και Διαχωρισμού.....	676
14.4 Πραγματικά Διαλύματα.....	678
14.5 Αθροιστικές Ιδιότητες	680
Ασκήσεις.....	682
14.1 Ανάμιξη.....	682
14.2 Διαχωρισμός	683
14.3 Αφαλάτωση	684
15^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	688
15.1 Εισαγωγή	688
15.2 Θερμοδυναμική και Στατιστική Μηχανική	689
15.3 Κινητική Θεωρία των Αερίων	691
15.3.1 Ιδανικό Αέριο σε Μικροσκοπική Βάση.....	692
15.3.2 Υπολογισμός της Πίεσης και της Θερμοκρασίας	692
15.3.3 Θεώρημα Ισοκατανομής της Ενέργειας	696
15.3.4 Εσωτερική Ενέργεια και Ειδικές Θερμότητες	699
15.3.5 Στατιστική Ισορροπία	701
15.3.6 Κατανομή των Μοριακών Ταχυτήτων	702
15.3.7 Μέση Ελεύθερη Διαδρομή	708
15.3.8 Κίνηση Brown.....	709
15.4 Αξιώματα Στατιστικής Θερμοδυναμικής	710
Ασκήσεις.....	712
15.1 Πιθανή, Μέση και Ενεργός Ταχύτητα	712
15.2 Εσωτερική Ενέργεια	713
15.3 Μέση Ελεύθερη Διαδρομή	716
15.4 Ειδική Θερμότητα	717
15.5 Κατανομή Maxwell - Boltzmann.....	719
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	721
Α. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Πίνακες Νερού/Ατμού.....	721
Β. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ιδιότητες Αερίων	730

Γ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Γενικευμένο Διάγραμμα Συμπιεστότητας Nelson-Obert	731
Δ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Συνοπτικοί Πίνακες Μεταβολών.....	732
Δ.1 Ισόθερμη Μεταβολή-Διεργασία	732
Δ.2 Ισοβαρής Μεταβολή-Διεργασία	732
Δ.3 Ισόχωρη Μεταβολή-Διεργασία	733
Δ.4 Ισεντροπική (=Αδιαβατική + Αντιστρεπτή) Μεταβολή-Διεργασία	733
Δ.5 Πολυτροπική Μεταβολή-Διεργασία.....	734
Ε. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ιδιότητες Αέρα (ιδανικό αέριο)	735
ΣΤ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Πίνακες Ψυκτικού R-134a.....	737
Ζ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ιδιότητες Διαλύματος LiBr/Water	742
Η. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Μαθηματικά.....	744
Η.1 Τριγωνομετρικές Συναρτήσεις.....	744
Η.2 Παραγοντικό	748
Η.3 Διανυσματική Ανάλυση	748
Η.4 Διαφορικός Λογισμός.....	750
Η.5 Ολοκληρωτικός Λογισμός.....	756
Θ. Μονάδες Μεγεθών - Μετατροπές Μονάδων - Κλίμακες.....	763
Θ.1 Μονάδες Μέτρησης Μεγεθών - Μετατροπές	763
Θ.2 Πολλαπλάσια και Υποπολλαπλάσια Προθέματα Μονάδων.....	767
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	768
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΑΓΓΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΡΩΝ	769