

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	VII
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	IX
ΣΥΜΒΟΛΑ / ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	XXIII
A. ΘΕΩΡΙΑ.....	1
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ	2
1.1 Αντικείμενο της Θερμοδυναμικής	2
1.2 Θερμοδυναμικά Συστήματα	3
1.3 Θερμοδυναμικές Ιδιότητες και Καταστάσεις	4
1.3.1 Ποσότητα.....	5
1.3.2 Πίεση.....	6
1.3.3 Θερμοκρασία	8
1.4 Μηδενικός Θερμοδυναμικός Νόμος	11
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΜΕΣΟ.....	13
2.1 Καθαρή Ουσία.....	13
2.2 Διεργασίες Αλλαγής Φάσης	14
2.3 Διαγραμματική Απεικόνιση Διεργασιών Αλλαγής Φάσης.....	16
2.4 Ιδανικό (Τέλειο) Αέριο.....	20
2.5 Πραγματικά Αέρια	20
2.6 Εξίσωση van der Waals και Ενεργός Καταστατική Εξίσωση.....	25
2.7 Μεταβολές Ιδανικών Αερίων	26
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΩΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ.....	31
3.1 Ενέργεια	31
3.2 Θερμότητα και Μηχανισμοί Μετάδοσης	33
3.3 Έργο	35
3.4 Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος για Κλειστά Συστήματα	37
3.5 Ενθαλπία	39
3.6 Ειδικές Θερμότητες Ιδανικού Αερίου	40
3.7 Ειδικές Θερμότητες Ασυμπιέστων Ουσιών.....	43
3.8 Αρχή Διατήρησης της Μάζας.....	44
3.9 Ολική Θερμοδυναμική Ενέργεια Ρέοντος Ρευστού	44
3.10 Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος για Ανοικτά Συστήματα	44
3.11 Εφαρμογή του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου στις Μεταβολές των Ιδανικών Αερίων	46
3.12 Μεταβολές Μόνιμης Ροής.....	52
3.13 Μεταβολές Μεταβατικής Ροής.....	55
3.14 Έργο Ογκομεταβολής και Τεχνικό Έργο	57
3.15 Θερμιδομετρία	57
3.15.1 Θερμιδόμετρο Οβίδας.....	57
3.15.2 Θερμιδόμετρο Ροής.....	58
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	60
4.1 Ποιοτική Διατύπωση του Δεύτερου Θερμοδυναμικού Νόμου.....	60
4.2 Θερμικές Μηχανές.....	60
4.3 Θερμοδυναμική Κλίμακα Θερμοκρασίας	62
4.4 Ιδανικός Κύκλος Παραγωγής Ψύξης Carnot.....	64
4.5 Αντιστρεπτές και Μη Αντιστρεπτές Διεργασίες.....	66

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΤΡΙΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	69
5.1 Ποσοτική Διατύπωση του Δεύτερου Θερμοδυναμικού Νόμου - Εντροπία	69
5.2 Τρίτος Θερμοδυναμικός Νόμος.....	76
5.3 Υπολογισμός της Μεταβολής της Εντροπίας στις Διεργασίες Ιδανικών Αερίων.....	78
5.4 Διαγράμματα P-V, T-s και h-s.....	80
5.5 Σχέσεις Tds ή Πρώτη και Δεύτερη Σχέση του Gibbs	83
5.6 Ισεντροπικές Διεργασίες Ιδανικών Αερίων	84
5.7 Ισεντροπικές Διεργασίες Στερεών και Υγρών.....	85
5.8 Διεργασίες Έργου	86
5.9 Απόδοση Ισεντροπικής Συμπίεσης	88
5.10 Απόδοση Ισεντροπικής Εκτόνωσης	90
5.11 Παραγωγή Εντροπίας.....	91
5.12 Θερμοδυναμικά Δυναμικά - Σχέσεις Gibbs, Maxwell, Clapeyron και Clapeyron-Clausius	94
5.13 Υπολογισμός των Μεγεθών u, h, s και των Μεγεθών c_v , c_p	98
5.14 Συντελεστής Joule-Thomson.....	101
5.15 Εφαρμογές του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου και Θερμοδυναμικά Δυναμικά.....	102
5.16 Φυσική Σημασία των Ενεργειών Helmholtz και Gibbs	105
6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ	
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΑΕΡΑ	109
6.1 Κυκλικές θερμοδυναμικές μεταβολές.....	109
6.2 Κύκλος Carnot.....	110
6.3 Κύκλος Otto	113
6.4 Κύκλος Diesel.....	116
6.5 Κύκλος Μικτός (Diesotto).....	119
6.6 Κύκλος Brayton-Joule.....	120
6.7 Κύκλος Stirling.....	124
6.8 Κύκλος Ericsson	125
7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ	
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΑΤΜΟ.....	127
7.1 Ιδανικό Υγρό και Ατμός.....	127
7.2 Ενθαλπία και Εντροπία Μίγματος Νερού/Ατμού	130
7.3 Κύκλοι Παραγωγής Ισχύος με Ατμό.....	131
7.3.1 Κύκλος Ατμού Carnot	131
7.3.2 Κύκλος Rankine.....	132
7.3.3 Διαμορφώσεις του Κύκλου Rankine	134
7.4 Βασικά Στοιχεία Λειτουργίας Συμβατικού Ατμοηλεκτρικού Εργοστασίου	142
7.5 Εργοστάσια Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος Συνδυασμένου Κύκλου	146
7.5.1 Αρχές Συνδυασμένων Κύκλων	146
7.5.2 Διαμορφώσεις Εργοστασίων Συνδυασμένου Κύκλου	148
7.5.3 Κύρια Εξαρτήματα του Συνδυασμένου Κύκλου.....	150
7.5.4 Υπολογισμός στο Σημείο Σχεδιασμού CCPP Μονής Πίεσης.....	154
7.6 Τεχνολογίες Συμπαραγωγής.....	156
7.6.1 Η Έννοια της Συμπαραγωγής	156
7.6.2 Σύγχρονες Τεχνικές Συμπαραγωγής	158
7.6.3 Τρόποι Λειτουργίας των Συστημάτων Συμπαραγωγής.....	159
7.7 Τρι-παραγωγή.....	161
7.8 Εφαρμογές Συμπαραγωγής/Τρι-παραγωγής.....	162
8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ	
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ	163
8.1 Εισαγωγή.....	163
8.2 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος Ψύξης με Συμπίεση Ατμού.....	163
8.3 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος Πολυβάθμιας Ψύξης	166
8.4 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Πολυβάθμιος Κύκλος με Θάλαμο Ανάμιξης.....	167

8.5 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος για Υγροποίηση Αερίων	168
8.6 Ιδανικός Θερμοδυναμικός Κύκλος με Αέριο	169
8.7 Συστήματα Παραγωγής Ψύξης με Απορρόφηση	169
8.8 Ψυκτικά Ρευστά.....	177

9^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΙΓΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ-ΑΤΜΩΝ179

9.1 Αέρια Μίγματα	179
9.2 Ιδιότητες Ιδανικών και Πραγματικών Μιγμάτων Αερίων.....	181
9.3 Πραγματικός Αέρας	183
9.4 Σχετική και Ειδική Υγρασία.....	184
9.5 Θερμοκρασία Δρόσου, Αδιαβατικού Κορεσμού και Υγρού Βολβού	186
9.6 Ψυχομετρία.....	188
9.7 Κλιματισμός	190
9.8 Διεργασίες Κλιματισμού	191

10^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ195

10.1 Θερμοδυναμική Ρευστών με Υψηλές Ταχύτητες, ($M > 0.3$).....	195
10.2 Φαινόμενα Συμπιεστότητας.....	197
10.3 Μονοδιάστατη Ισεντροπική Ροή.....	199
10.4 Σχέσεις μεταξύ Στατικών και Ολικών Μεγεθών Συναρτήσει του Αριθμού Mach	200
10.5 Συγκλίνων Αγωγός.....	201
10.6 Συγκλίνων-Αποκλίνων Αγωγός	204
10.7 Κρουστικά Κύματα.....	205
10.8 Ροή μέσα σε Πραγματικά Ακροφύσια και Πραγματικούς Διαχύτες.....	210
10.8.1 Θερμοδυναμικός Υπολογισμός Εισαγωγής Αεροπορικών Αεροστροβίλων	210
10.8.2 Θερμοδυναμικός Υπολογισμός Προωθητικού Ακροφύσιου Αεροπορικών Αεροστροβίλων.....	212

11^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ

ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ.....215

11.1 Χημικές αντιδράσεις - Καύση	215
11.2 Χημεία Αντίδρασης.....	217
11.3 Θερμοκρασία Δρόσου Προϊόντων Καύσης.....	219
11.4 Θερμοχημεία.....	220
11.4.1 Αδιαβατική Θερμοκρασία Φλόγας.....	224
11.4.2 Λανθάνουσα Θερμότητα Ατμοποίησης Νερού.....	229
11.4.3 Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου.....	229
11.5 Ο Δεύτερος και Τρίτος Νόμος για Συστήματα Χημικών Αντιδράσεων	231
11.6 Χημική Ισορροπία.....	232

12^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΞΕΡΓΕΙΑ.....239

12.1 Ορισμοί.....	239
12.2 Επέκταση του Δεύτερου Νόμου της Θερμοδυναμικής	240
12.3 Είδη Εξέργειας.....	242
12.4 Μεταφορά Εξέργειας	243
12.5 Ο Δεύτερος Νόμος της Θερμοδυναμικής βάσει της Εξέργειας.....	244
12.6 Εξέργεια σε Κλειστά και Ανοικτά Συστήματα	244
12.7 Δείκτες Ενεργειακής Συμπεριφοράς Συστήματος Συμπαράγωγής	246

13^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΟΥΣΙΩΝ.....249

13.1 Εισαγωγή.....	249
13.2 Χημικό Δυναμικό.....	250
13.3 Ισορροπία Φάσεων.....	252
13.4 Κανόνας των Φάσεων του Gibbs.....	254
13.5 Παράγοντες που Επηρεάζουν τη σταθερότητα των Φάσεων	255

14^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.....259

14.1 Ιδανικά Διαλύματα	259
------------------------------	-----

14.2 Ελάχιστο Έργο Διαχωρισμού Διαλυμάτων	260
14.3 Αντιστρεπτές Διεργασίες Ανάμιξης και Διαχωρισμού	262
14.4 Πραγματικά Διαλύματα.....	264
14.5 Αθροιστικές Ιδιότητες.....	266

15^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ..... 267

15.1 Εισαγωγή.....	267
15.2 Θερμοδυναμική και Στατιστική Μηχανική	268
15.3 Κινητική Θεωρία των Αερίων	270
15.3.1 Ιδανικό Αέριο σε Μικροσκοπική Βάση.....	271
15.3.2 Υπολογισμός της Πίεσης και της Θερμοκρασίας	271
15.3.3 Θεώρημα Ισοκατανομής της Ενέργειας	275
15.3.4 Εσωτερική Ενέργεια και Ειδικές Θερμότητες	278
15.3.5 Στατιστική Ισορροπία.....	280
15.3.6 Κατανομή των Μοριακών Ταχυτήτων	281
15.3.7 Μέση Ελεύθερη Διαδρομή	287
15.3.8 Κίνηση Brown.....	288
15.4 Αξιώματα Στατιστικής Θερμοδυναμικής	289

B. ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ..... 290

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ..... 291

1.1 Κλίμακες Θερμοκρασίας.....	291
Άσκηση 1.1.1 *.....	291
Άσκηση 1.1.2 **.....	291
1.2 Πίεση.....	291
Άσκηση 1.2.1 *.....	291
Άσκηση 1.2.2 **.....	292
Άσκηση 1.2.3 *.....	293
Άσκηση 1.2.4 *.....	293
Άσκηση 1.2.5 **.....	293
1.3 Μέτρηση Πίεσης Δεξαμενών και Αγωγών.....	294
Άσκηση 1.3.1 *.....	294
Άσκηση 1.3.2 **.....	294
Άσκηση 1.3.3 **.....	295
Άσκηση 1.3.4 *.....	295
Άσκηση 1.3.5 **.....	296

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΜΕΣΟ..... 297

2.1 Θεωρητικές Ασκήσεις.....	297
Άσκηση 2.1.1 *.....	297
Άσκηση 2.1.2 *.....	297
Άσκηση 2.1.3 *.....	297
Άσκηση 2.1.4 **.....	298
Άσκηση 2.1.5 **.....	299
Άσκηση 2.1.6 **.....	299
2.2 Μεταβολές - Διεργασίες.....	300
Άσκηση 2.2.1 ***.....	300
Άσκηση 2.2.2 ***.....	300
Άσκηση 2.2.3 **.....	301
Άσκηση 2.2.4 **.....	302
Άσκηση 2.2.5 **.....	303
2.3 Εξισώσεις Πραγματικών Αερίων.....	304
Άσκηση 2.3.1 *.....	304
Άσκηση 2.3.2 **.....	304
Άσκηση 2.3.3 **.....	305

Άσκηση 2.3.4 **	306
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΩΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	308
3.1 Μεταβολές -Διεργασίες	308
Άσκηση 3.1.1 **	308
Άσκηση 3.1.2 *	309
Άσκηση 3.1.3 ***	309
Άσκηση 3.1.4 *	310
Άσκηση 3.1.5 *	311
Άσκηση 3.1.6 ***	311
Άσκηση 3.1.7**	312
Άσκηση 3.1.8 **	313
Άσκηση 3.1.9 *	313
3.2 Κλειστά Συστήματα: Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος	313
3.2.1 Θεωρητικές	313
Άσκηση 3.2.1.1 *	313
Άσκηση 3.2.1.2 ***	314
Άσκηση 3.2.1.3 ***	315
Άσκηση 3.2.1.4 ***	316
3.2.2 Πειραματικές Διατάξεις	318
Άσκηση 3.2.2.1 *	318
Άσκηση 3.2.2.2 *	318
3.2.3 Κύλινδρος - Έμβολο	319
Άσκηση 3.2.3.1 **	319
Άσκηση 3.2.3.2 *	320
Άσκηση 3.2.3.3 **	321
Άσκηση 3.2.3.4 **	322
Άσκηση 3.2.3.5 *	323
Άσκηση 3.2.3.6 ***	323
Άσκηση 3.2.3.7 **	325
Άσκηση 3.2.3.8 ***	326
Άσκηση 3.2.3.9 **	327
Άσκηση 3.2.3.10 **	328
Άσκηση 3.2.3.11 **	328
3.2.4 Ελαστικό Αυτοκινήτου	329
Άσκηση 3.2.4.1 **	329
3.2.5 Θέρμανση - Αερισμός Χώρου	330
Άσκηση 3.2.5.1 ***	330
Άσκηση 3.2.5.2 **	331
Άσκηση 3.2.5.3 **	332
Άσκηση 3.2.5.4 *	332
3.2.6 Εμβάπτιση	333
Άσκηση 3.2.6.1 **	333
Άσκηση 3.2.6.2 **	334
Άσκηση 3.2.6.3 *	334
3.2.7 Ανάμιξη	334
Άσκηση 3.2.7.1 ***	334
Άσκηση 3.2.7.2 *	335
Άσκηση 3.2.7.3 *	337
3.3 Νόμος Συνέχειας	337
Άσκηση 3.3.1 *	337
Άσκηση 3.3.2 *	337
3.4 Ειδικές Θερμότητες	338
Άσκηση 3.4.1 ***	338
Άσκηση 3.4.2 *	339
3.5 Ανοικτά Συστήματα: Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος	339
3.5.1 Μόνιμη ροή	339

Άσκηση 3.5.1.1 **	339
Άσκηση 3.5.1.2 **	340
Άσκηση 3.5.1.3 ***	341
Άσκηση 3.5.1.4 **	342
Άσκηση 3.5.1.5 ***	343
3.5.2 Στρόβιλος	344
Άσκηση 3.5.2.1 ***	344
Άσκηση 3.5.2.2 ***	345
3.5.3 Ατμοστρόβιλος	345
Άσκηση 3.5.3.1 **	345
Άσκηση 3.5.3.2 **	346
3.5.4 Συμπιεστής	347
Άσκηση 3.5.4.1 **	347
Άσκηση 3.5.4.2 *	348
Άσκηση 3.5.4.3 **	348
Άσκηση 3.5.4.4 *	349
3.5.5 Ανεμογεννήτρια - Ανεμιστήρας	350
Άσκηση 3.5.5.1 *	350
Άσκηση 3.5.5.2 **	351
Άσκηση 3.5.5.3 **	352
Άσκηση 3.5.5.4 ***	353
Άσκηση 3.5.5.5 **	354
Άσκηση 3.5.5.6 ***	355
Άσκηση 3.5.5.7 **	356
3.5.6 Ακροφύσιο	357
Άσκηση 3.5.6.1 ***	357
Άσκηση 3.5.6.2 **	358
Άσκηση 3.5.6.3 **	359
3.5.7 Διαχύτης	360
Άσκηση 3.5.7.1 **	360
Άσκηση 3.5.7.2 **	361
3.5.8 Στραγγαλιστική Βαλβίδα	362
Άσκηση 3.5.8.1 **	362
Άσκηση 3.5.8.2 *	362
3.5.9 Ανάμιξη	363
Άσκηση 3.5.9.1 **	363
Άσκηση 3.5.9.2 **	363
Άσκηση 3.5.9.3 ***	364
Άσκηση 3.5.9.4 ***	365
Άσκηση 3.5.9.5 **	366
Άσκηση 3.5.9.6 *	368
Άσκηση 3.5.9.7 **	368
3.5.10 Εναλλάκτης	369
Άσκηση 3.5.10.1 **	369
Άσκηση 3.5.10.2 ***	370
Άσκηση 3.5.10.3 ***	370
Άσκηση 3.5.10.4 ***	372
3.5.11 Συμπυκνωτής	373
Άσκηση 3.5.11.1 ***	373
3.5.12 Μεταβατική Ροή	374
Άσκηση 3.5.12.1 ***	374
Άσκηση 3.5.12.2 ***	375
Άσκηση 3.5.12.3 ***	376
Άσκηση 3.5.12.4 *	377
Άσκηση 3.5.12.5 ***	378
Άσκηση 3.5.12.6 ***	379
Άσκηση 3.5.12.7 **	380

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	382
4.1 Βαθμός Απόδοσης Θερμικών Μηχανών	382
Άσκηση 4.1.1 **	382
Άσκηση 4.1.2 *	383
Άσκηση 4.1.3 *	383
Άσκηση 4.1.4 *	383
Άσκηση 4.1.5 *	384
4.2 Βαθμός Απόδοσης Ψυκτικών Μηχανών	385
4.2.1 Ψυγείο - Καταψύκτης	385
Άσκηση 4.2.1.1 **	385
Άσκηση 4.2.1.2 ***	385
Άσκηση 4.2.1.3 **	386
Άσκηση 4.2.1.4 *	387
Άσκηση 4.2.1.5 ***	387
Άσκηση 4.2.1.6 **	388
Άσκηση 4.2.1.7 **	389
Άσκηση 4.2.1.8 ***	389
4.2.2 Κλιματιστικό	391
Άσκηση 4.2.2.1 *	391
Άσκηση 4.2.2.2 **	391
Άσκηση 4.2.2.3 *	391
Άσκηση 4.2.2.4 **	392
Άσκηση 4.2.2.5 **	392
Άσκηση 4.2.2.6 *	393
4.2.3 Αντλία θερμότητας	393
Άσκηση 4.2.3.1 *	393
Άσκηση 4.2.3.2 *	394
Άσκηση 4.2.3.3 **	394
Άσκηση 4.2.3.4 **	394
5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΤΡΙΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	396
5.1 Θεωρητικές Εντροπίας	396
Άσκηση 5.1.1 *	396
Άσκηση 5.1.2 *	396
Άσκηση 5.1.3 *	396
Άσκηση 5.1.4 *	396
Άσκηση 5.1.5 ***	397
Άσκηση 5.1.6 **	397
Άσκηση 5.1.7 **	398
Άσκηση 5.1.8 **	398
Άσκηση 5.1.9 *	399
Άσκηση 5.1.10 **	399
Άσκηση 5.1.11 **	400
Άσκηση 5.1.12 ***	400
Άσκηση 5.1.13 ***	401
5.2 Μεταβολή Εντροπίας	403
Άσκηση 5.2.1 **	403
Άσκηση 5.2.2 *	404
Άσκηση 5.2.3 **	405
Άσκηση 5.2.4 *	405
Άσκηση 5.2.5 ***	406
Άσκηση 5.2.6 **	407
Άσκηση 5.2.7 ***	408
Άσκηση 5.2.8 ***	409
Άσκηση 5.2.9 **	410
Άσκηση 5.2.10 **	410
Άσκηση 5.2.11 ***	411

Άσκηση 5.2.12 ***	411
Άσκηση 5.2.13 **	412
Άσκηση 5.2.14 *	412
Άσκηση 5.2.15 **	413
Άσκηση 5.2.16 ***	414
5.3 Παραγωγή και Κατανάλωση Έργου	415
Άσκηση 5.3.1 *	415
Άσκηση 5.3.2 *	415
Άσκηση 5.3.3 ***	413
Άσκηση 5.3.4 **	417
Άσκηση 5.3.5 **	418
Άσκηση 5.3.6 ***	418
5.4 Παραγωγή Εντροπίας	420
Άσκηση 5.4.1 **	420
Άσκηση 5.4.2 ***	421
Άσκηση 5.4.3 ***	421
Άσκηση 5.4.4 ***	422
Άσκηση 5.4.5 **	424
Άσκηση 5.4.6 ***	425
Άσκηση 5.4.7 *	426
Άσκηση 5.4.8 ***	427
Άσκηση 5.4.9 **	428
Άσκηση 5.4.10 **	429
Άσκηση 5.4.11 **	431
Άσκηση 5.4.12 ***	432
Άσκηση 5.4.13 ****	434
Άσκηση 5.4.14 *	435
Άσκηση 5.4.15 **	435
Άσκηση 5.4.16 ***	436
Άσκηση 5.4.17 ***	437
Άσκηση 5.4.18 **	440
Άσκηση 5.4.19 **	440
Άσκηση 5.4.20 *	441
5.5 Εξισώσεις της Θερμοδυναμικής	441
5.5.1 Ιδανικό Αέριο	441
Άσκηση 5.5.1.1 ***	441
Άσκηση 5.5.1.2 **	442
Άσκηση 5.5.1.3 *	443
Άσκηση 5.5.1.4 ***	443
Άσκηση 5.5.1.5 **	446
Άσκηση 5.5.1.6 **	446
5.5.2 Καταστατικές Εξισώσεις	447
Άσκηση 5.5.2.1 *	447
Άσκηση 5.5.2.2 ***	448
Άσκηση 5.5.2.3 **	449
Άσκηση 5.5.2.4 *	450
Άσκηση 5.5.2.5 *	450
Άσκηση 5.5.2.6 **	450
5.5.3 Συντελεστής Θερμικής Διαστολής και Ισόθερμης Συμπιεστότητας	451
Άσκηση 5.5.3.1 **	451
Άσκηση 5.5.3.2 **	452
Άσκηση 5.5.3.3 ***	452
5.5.4 Μεταβολές	453
Άσκηση 5.5.4.1 ***	453
Άσκηση 5.5.4.2 *	454
Άσκηση 5.5.4.3 ***	455
Άσκηση 5.5.4.4 *	455

5.5.5 Θερμοδυναμικά Δυναμικά.....	456
Άσκηση 5.5.5.1 **	456
Άσκηση 5.5.5.2 *	456
Άσκηση 5.5.5.3 **	457
Άσκηση 5.5.5.4 **	457
Άσκηση 5.5.5.5 ***	457
Άσκηση 5.5.5.6 *	458
Άσκηση 5.5.5.7 *	458
Άσκηση 5.5.5.8 **	459
Άσκηση 5.5.5.9 ***	459
Άσκηση 5.5.5.10 **	460
Άσκηση 5.5.5.11 **	460
Άσκηση 5.5.5.12 ***	460
Άσκηση 5.5.5.13 *	463
Άσκηση 5.5.5.14 *	463
5.5.6 Συντελεστής Joule-Thompson	464
Άσκηση 5.5.6.1 **	464
5.5.7 Παράγοντας Συμπιεστότητας.....	465
Άσκηση 5.5.7.1 *	465
5.5.8 Σχέση του Clapeyron.....	466
Άσκηση 5.5.8.1 **	466
Άσκηση 5.5.8.2 *	466

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΑΕΡΑ.....

467

6.1 Κυκλικές Μεταβολές	467
Άσκηση 6.1.1 ***	467
Άσκηση 6.1.2 **	468
Άσκηση 6.1.3 ***	469
Άσκηση 6.1.4 ***	470
Άσκηση 6.1.5 **	472
Άσκηση 6.1.6 ***	473
Άσκηση 6.1.7 ***	474
Άσκηση 6.1.8 ***	475
6.2 Θερμοδυναμικός Κύκλος Carnot	477
Άσκηση 6.2.1 **	477
Άσκηση 6.2.2 **	478
Άσκηση 6.2.3 ***	479
Άσκηση 6.2.4 ***	480
Άσκηση 6.2.5 **	482
Άσκηση 6.2.6 **	483
6.3 Θερμοδυναμικός Κύκλος Otto.....	484
Άσκηση 6.3.1 ***	484
Άσκηση 6.3.2 ***	485
Άσκηση 6.3.3 ***	487
Άσκηση 6.3.4 ***	488
Άσκηση 6.3.5 ***	489
Άσκηση 6.3.6 **	491
6.4 Θερμοδυναμικός Κύκλος Diesel.....	492
Άσκηση 6.4.1 ***	492
Άσκηση 6.4.2 **	493
Άσκηση 6.4.3 ***	494
Άσκηση 6.4.4 ***	495
Άσκηση 6.4.5 **	497
6.5 Θερμοδυναμικός Κύκλος Brayton	498
6.5.1 Βιομηχανικοί Αεριοστρόβιλοι	498
Άσκηση 6.5.1.1 *	498

Άσκηση 6.5.1.2 ***	499
Άσκηση 6.5.1.3 ***	501
Άσκηση 6.5.1.4 **	502
Άσκηση 6.5.1.5 **	504
6.5.2 Αεροπορικοί Αεριοστρόβιλοι	505
Άσκηση 6.5.2.1 ***	505
Άσκηση 6.5.2.2 ***	507
Άσκηση 6.5.2.3 ***	510
Άσκηση 6.5.2.4 ***	512
Άσκηση 6.5.2.5 ***	514
6.6 Θερμοδυναμικός Κύκλος Stirling	515
Άσκηση 6.6.1 **	515
6.7 Θερμοδυναμικός Κύκλος Ericsson	517
Άσκηση 6.7.1 **	517

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΑΤΜΟ.....

	518
7.1 Ατμός	518
Άσκηση 7.1.1 *	518
Άσκηση 7.1.2 **	518
Άσκηση 7.1.3 **	519
Άσκηση 7.1.4 *	521
Άσκηση 7.1.5 **	521
Άσκηση 7.1.6 *	522
Άσκηση 7.1.7 ***	523
Άσκηση 7.1.8 *	524
Άσκηση 7.1.9 **	525
Άσκηση 7.1.10 ***	526
Άσκηση 7.1.11 *	526
Άσκηση 7.1.12 ***	528
Άσκηση 7.1.13 ***	529
Άσκηση 7.1.14 **	530
Άσκηση 7.1.15 ***	531
Άσκηση 7.1.16 **	532
Άσκηση 7.1.17 **	533
7.2 Κύκλος Rankine	534
Άσκηση 7.2.1 ***	534
Άσκηση 7.2.2 ***	535
Άσκηση 7.2.3 ***	537
Άσκηση 7.2.4 ***	539
Άσκηση 7.2.5 ***	542
Άσκηση 7.2.6 **	543
Άσκηση 7.2.7 *	545
Άσκηση 7.2.8 **	546
Άσκηση 7.2.9 *	547
Άσκηση 7.2.10 ***	549
Άσκηση 7.2.11 **	550
Άσκηση 7.2.12 ***	552
Άσκηση 7.2.13 **	554
Άσκηση 7.2.14 ***	556
Άσκηση 7.2.15 ***	558
Άσκηση 7.2.16 **	561
Άσκηση 7.2.17 ***	561
Άσκηση 7.2.18 ***	563
Άσκηση 7.2.19 *	564
Άσκηση 7.2.20 ***	565
Άσκηση 7.2.21 ***	567

7.3 Συνδυασμένος Κύκλος	570
Άσκηση 7.3.1 ***	570
Άσκηση 7.3.2 **	573
7.4 Συμπαράγωγή	577
Άσκηση 7.4.1 **	577
Άσκηση 7.4.2 ***	579

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ -ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

581

Άσκηση 8.1 **	581
Άσκηση 8.2 *	582
Άσκηση 8.3 ***	583
Άσκηση 8.4 ***	585
Άσκηση 8.5 *	586
Άσκηση 8.6 ***	587
Άσκηση 8.7 **	589
Άσκηση 8.8 ***	590
Άσκηση 8.9 **	592
Άσκηση 8.10 *	593

9^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΙΓΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ-ΑΤΜΩΝ

594

9.1 Σύσταση μίγματος	594
Άσκηση 9.1.1 *	594
Άσκηση 9.1.2 *	594
Άσκηση 9.1.3 *	595
9.2 Ιδιότητες μιγμάτων	596
Άσκηση 9.2.1 *	596
Άσκηση 9.2.2 *	596
Άσκηση 9.2.3 *	597
Άσκηση 9.2.4 **	598
Άσκηση 9.2.5 *	599
9.3 Μίγματα και εντροπία	600
Άσκηση 9.3.1 ***	600
Άσκηση 9.3.2 **	601
Άσκηση 9.3.3 **	602
9.4 Υγρασία, Θερμοκρασία Δρόσου και Υγρού Βολβού	604
Άσκηση 9.4.1 **	604
Άσκηση 9.4.2 **	605
Άσκηση 9.4.3 *	605
Άσκηση 9.4.4 *	606
Άσκηση 9.4.5 **	607
Άσκηση 9.4.6 ***	607
Άσκηση 9.4.7 ***	608
9.5 Ψυχομετρικός Χάρτης	609
Άσκηση 9.5.1 *	609
9.6 Διεργασίες Κλιματισμού	609
Άσκηση 9.6.1 ***	609
Άσκηση 9.6.2 **	611
Άσκηση 9.6.3 *	612
Άσκηση 9.6.4 ***	613
Άσκηση 9.6.5 ***	614
Άσκηση 9.6.6 **	615
Άσκηση 9.6.7 ***	617
Άσκηση 9.6.8 ***	618

10^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

620

10.1 Ολικά Μεγέθη -Ταχύτητα Ήχου	620
--	-----

Άσκηση 10.1.1 *	620
Άσκηση 10.1.2 *	620
Άσκηση 10.1.3 **	621
Άσκηση 10.1.4 *	621
Άσκηση 10.1.5 *	622
Άσκηση 10.1.6 **	622
Άσκηση 10.1.7 *	623
Άσκηση 10.1.8 ***	624
10.2 Ακροφύσια - Διαχύτες	625
Άσκηση 10.2.1 *	625
Άσκηση 10.2.2 **	626
Άσκηση 10.2.3 ***	627
Άσκηση 10.2.4 **	628
Άσκηση 10.2.5 ***	630
Άσκηση 10.2.6 ***	631
10.3 Συμπιεστές - Στρόβιλοι	634
Άσκηση 10.3.1 *	634
Άσκηση 10.3.2 **	634

11^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ 636

11.1 Χημεία Αντίδρασης	636
Άσκηση 11.1.1 ***	636
Άσκηση 11.1.2 ***	637
Άσκηση 11.1.3 ***	638
Άσκηση 11.1.4 ***	640
Άσκηση 11.1.5 **	641
Άσκηση 11.1.6 **	642
Άσκηση 11.1.7 **	643
Άσκηση 11.1.8 *	644
Άσκηση 11.1.9 ***	645
Άσκηση 11.1.10 *	646
Άσκηση 11.1.11 ***	646
Άσκηση 11.1.12 ***	647
11.2 Θερμοχημεία	649
Άσκηση 11.2.1 *	649
Άσκηση 11.2.2 **	649
Άσκηση 11.2.3 ***	650
Άσκηση 11.2.4 **	652
Άσκηση 11.2.5 **	652
Άσκηση 11.2.6 **	654
Άσκηση 11.2.7 ***	657
11.3 Χημική Ισορροπία	658
Άσκηση 11.3.1 ***	658
Άσκηση 11.3.2 ***	661
Άσκηση 11.3.3 ***	664
Άσκηση 11.3.4 ***	667
Άσκηση 11.3.5 **	668
Άσκηση 11.3.6 *	669
Άσκηση 11.3.7 **	671

12^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΞΕΡΓΕΙΑ 674

12.1 Εφαρμογές Ορισμών	674
Άσκηση 12.1.1 *	674
Άσκηση 12.1.2 *	674
Άσκηση 12.1.3 *	674
Άσκηση 12.1.4 **	675
Άσκηση 12.1.5 *	675

Άσκηση 12.1.6 **	676
12.2 Κλειστά Συστήματα	676
Άσκηση 12.2.1 ***	676
Άσκηση 12.2.2 **	677
Άσκηση 12.2.3 ***	678
Άσκηση 12.2.4 ***	680
Άσκηση 12.2.5 ***	681
Άσκηση 12.2.6 **	682
Άσκηση 12.2.7 *	683
12.3 Ανοικτά Συστήματα	684
Άσκηση 12.3.1 **	684
Άσκηση 12.3.2 ***	685
Άσκηση 12.3.3 ***	687
Άσκηση 12.3.4 ***	688
Άσκηση 12.3.5 ***	689
Άσκηση 12.3.6 *	690
Άσκηση 12.3.7 ***	691
Άσκηση 12.3.8 ***	693
13^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΟΥΣΙΩΝ.....	696
13.1 Ισορροπία Φάσεων.....	696
Άσκηση 13.1.1 **	696
Άσκηση 13.1.2 **	696
Άσκηση 12.1.3 *	697
Άσκηση 13.1.4 *	697
14^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.....	698
14.1 Ανάμιξη.....	698
Άσκηση 14.1.1 *	698
Άσκηση 14.1.2 ***	698
Άσκηση 14.1.3 *	699
Άσκηση 14.1.4 *	699
14.2 Διαχωρισμός.....	699
Άσκηση 14.2.1 *	699
Άσκηση 14.2.2 **	699
14.3 Αφαλάτωση.....	700
Άσκηση 14.3.1 *	700
Άσκηση 14.3.2 ***	700
Άσκηση 14.3.3 ***	701
Άσκηση 14.3.4 ***	702
15^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ.....	704
15.1 Πιθανή, Μέση και Ενεργός Ταχύτητα.....	704
Άσκηση 15.1.1 **	704
Άσκηση 15.1.2 *	704
Άσκηση 15.1.3 **	705
15.2 Εσωτερική Ενέργεια.....	706
Άσκηση 15.2.1 *	706
Άσκηση 15.2.2 *	706
Άσκηση 15.2.3 **	707
Άσκηση 15.2.4 *	708
15.3 Μέση Ελεύθερη Διαδρομή.....	708
Άσκηση 15.3.1 **	708
15.4 Ειδική Θερμότητα.....	709
Άσκηση 15.4.1 **	709
Άσκηση 15.4.2 **	710
15.5 Κατανομή Maxwell - Boltzmann.....	711

Άσκηση 15.5.1 ***	711
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	713
A. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Πίνακες Νερού/Ατμού.....	715
B. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ιδιότητες αερίων.....	723
Γ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Γενικευμένο Διάγραμμα Συμπίεστότητας Nelson-Obert.....	724
Δ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Συνοπτικοί Πίνακες Μεταβολών.....	725
Δ.1 Ισόθερμη Μεταβολή - Διεργασία.....	725
Δ.2 Ισοβαρής Μεταβολή - Διεργασία.....	725
Δ.3 Ισόχωρη Μεταβολή - Διεργασία.....	726
Δ.4 Ισεντροπική (= Αδιαβατική Αντιστρεπτή) Μεταβολή - Διεργασία.....	726
Δ.5 Πολυτροπική Μεταβολή-Διεργασία.....	727
E. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ιδιότητες Δέρα (ιδανικό αέριο).....	728
ΣΤ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Πίνακες Ψυκτικού R-134a.....	730
Z. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ιδιότητες Διαλύματος LiBr/Water.....	735
Z.1 Ειδική ενθαλπία διαλύματος LiBr/Water.....	735
Z.2 Υπολογισμός της πυκνότητας διαλύματος LiBr/Water.....	736
Z.3 Υπολογισμός της θερμοκρασίας διαλύματος LiBr/Water.....	736
H. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Μαθηματικά.....	737
H.1 Τριγωνομετρικές Συναρτήσεις.....	737
H.2 Παραγοντικό.....	741
H.3 Διανυσματική Ανάλυση.....	741
H.4 Διαφορικός Λογισμός.....	743
H.5 Ολοκληρωτικός Λογισμός.....	749
Θ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Μονάδες Μεγεθών – Μετατροπές Μονάδων – Κλίμακες.....	756
Θ.1 Μονάδες Μέτρησης Μεγεθών – Μετατροπές.....	756
Θ.2 Πολλαπλάσια και Υποπολλαπλάσια Προθέματα Μονάδων.....	760
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	761
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΑΓΓΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΡΩΝ	762