

<b>Πρόλογος</b>	<b>v</b>
<b>Περιεχόμενα</b>	<b>vii</b>
<b>1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>1</b>
1. 1 Η σχέση της μεταφοράς θερμότητας με τη θερμοδυναμική	1
1. 2 Διαστάσεις και Μονάδες	4
1. 3 Αγωγή θερμότητας	6
1.3.1 Επίπεδα τοιχώματα	8
1.3.2 Θερμική ειδική αγωγιμότητα	10
1. 4 Συναγωγή	11
1. 5 Ακτινοβολία	15
1. 6 Συστήματα συνδυασμένης μεταφοράς θερμότητας	18
1.6.1 Επίπεδα τοιχώματα εν σειρά και παράλληλα	18
1.6.2 Αντίσταση επαφής	23
1.6.3 Συναγωγή και αγωγή εν σειρά	27
1.6.4 Συναγωγή και ακτινοβολία εν παράλληλω	31
1.6.5 Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας	32
1. 7 Θερμική μόνωση	36
1. 8 Η μεταφορά θερμότητας και ο νόμος διατήρησης της ενέργειας	40
1.8.1 Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής	40
1.8.2 Η διατήρηση της ενέργειας εφαρμοζόμενη στην ανάλυση μεταφοράς θερμότητας	41
1.8.3 Συνοριακές συνθήκες	44
1. 9 Σύνοψη	46
1.9.1 Βήματα για την επίλυση προβλημάτων μεταφοράς θερμότητας	46
Αναφορές	47
Προβλήματα	47
<b>2 ΜΟΝΙΜΗ ΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>66</b>
2. 1 Εισαγωγή	66
2. 2 Η εξίσωση της αγωγής	67
2.2.1 Ορθογώνιες συντεταγμένες	68
2.2.2 Κυλινδρικές και σφαιρικές συντεταγμένες	70
2. 3 Μόνιμη αγωγή θερμότητας σε απλές γεωμετρίες	72
2.3.1 Επίπεδο τοίχωμα με και χωρίς δημιουργία θερμότητας	72
2.3.2 Κύλινδροι και σφαίρες χωρίς δημιουργία μάζας	75
2.3.3 Στερεός κύλινδρος μεγάλου μήκους με δημιουργία θερμότητας	82
2. 4 Πτερύγια και επεκταμένες επιφάνειες	85
2.4.1 Πτερύγια με ομοιόμορφη διατομή	85
2.4.2 Επιλογή και σχεδίαση πτερυγίων	89
2. 5 Πολυδιάστατη μόνιμη αγωγή	93
2.5.1 Αναλυτική λύση	94
2.5.2 Γραφικές μέθοδοι και παράγοντες σχήματος	96
2. 6 Σύνοψη	101
Αναφορές	101
Προβλήματα	102
<b>3 ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>120</b>
3. 1 Εισαγωγή	120
3. 2 Συστήματα με αμελητέα εσωτερική αντίσταση	121
3. 3 Συστήματα με χωρική κατανομή θερμοκρασίας	129
3.3.1 Αδιάστατη εξίσωση προσωρινής αγωγής	130
3.3.2 Αναλυτικές λύσεις για την άπειρη πλάκα	131
3.3.3 Σφαίρες και κύλινδροι μεγάλου μήκους	135
3.3.4 Προσεγγιστικές λύσεις σε γραφήματα για την προσωρινή αγωγή	136
3. 4 Ημίσειρο στερεό	146
3. 5 Πολυδιάστατα συστήματα	149
3. 6 Σύνοψη	152
Αναφορές	153
Προβλήματα	153
<b>4 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΗΝ ΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>163</b>
4. 1 Εισαγωγή	163

4.2	Μονοδιάστατη μόνιμη αγωγή .....	164
4.2.1	Η εξίσωση διαφορών .....	164
4.2.2	Συνοριακές συνθήκες .....	167
4.2.3	Μέθοδοι επίλυσης .....	169
4.3	Μονοδιάστατη προσωρινή αγωγή .....	173
4.3.1	Η εξίσωση διαφορών .....	173
4.3.2	Συνοριακές συνθήκες .....	178
4.3.3	Μέθοδοι επίλυσης .....	181
4.4	Δισδιάστατη μόνιμη και προσωρινή αγωγή .....	183
4.4.1	Η εξίσωση διαφορών .....	183
4.4.2	Συνοριακές συνθήκες .....	185
4.4.3	Μέθοδοι Επίλυσης .....	188
4.5	Κυλινδρικές συντεταγμένες .....	197
4.6	Ανώμαλα όρια .....	199
4.7	Σύνοψη .....	202
	Αναφορές .....	202
	Προβλήματα .....	202
<b>5</b>	<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ</b>	<b>217</b>
5.1	Εισαγωγή .....	217
5.2	Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή .....	217
5.3	Η θεμελιώδης θεωρία του οριακού στρώματος .....	219
5.4	Εξισώσεις διατήρησης για στρωτή ροή πάνω από επίπεδη πλάκα .....	221
5.5	Αδιάστατες εξισώσεις οριακού στρώματος και παράμετροι ομοιότητας .....	224
5.5.1	Συντελεστής τριβής .....	225
5.5.2	Αριθμός Nusselt .....	226
5.6	Υπολογισμός των συντελεστών μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή .....	226
5.7	Διαστατική ανάλυση .....	228
5.7.1	Κύριες διαστάσεις και διαστατικές εκφράσεις .....	228
5.7.2	Το θεώρημα $\pi$ του Buckingham .....	228
5.7.3	Προσδιορισμός των αδιάστατων ομάδων .....	229
5.7.4	Η συσχέτιση των πειραματικών δεδομένων .....	230
5.7.5	Η αρχή της ομοιότητας .....	232
5.8	Αναλυτική λύση για στρωτό οριακό στρώμα πάνω από επίπεδη πλάκα .....	233
5.8.1	Πάχος οριακού στρώματος και επιδερμική τριβή .....	234
5.8.2	Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή .....	236
5.8.3	Υπολογισμός του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή .....	238
5.8.4	Προσεγγιστική ολοκληρωτική ανάλυση οριακού στρώματος .....	240
5.8.5	Υπολογισμός του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας και του συντελεστή τριβής στη στρωτή ροή .....	242
5.9	Τυρβώδης ροή πάνω από επίπεδη επιφάνεια .....	244
5.9.1	Αναλογία μεταφοράς ορμής και θερμότητας για τυρβώδη ροή πάνω από επίπεδες επιφάνειες .....	247
5.9.2	Μικτό στρωτό / τυρβώδες οριακό στρώμα .....	249
5.10	Ειδικές οριακές συνθήκες και ροή υψηλής ταχύτητας .....	251
5.11	Σύνοψη .....	254
	Αναφορές .....	255
	Προβλήματα .....	256
<b>6</b>	<b>ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΣΥΝΑΓΩΓΗ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ</b>	<b>274</b>
6.1	Ροή πάνω από σώματα με απότομες επιφάνειες .....	274
6.2	Κύλινδροι, σφαίρες και άλλα μη αεροδυναμικά σώματα .....	276
6.2.1	Κύλινδροι μεγάλου μήκους .....	276
6.2.2	Ανεμόμετρο θερμού σύρματος (ροή πάνω από κύλινδρο) .....	284
6.2.3	Σφαίρες .....	286
6.2.4	Άλλα μη αεροδυναμικά αντικείμενα .....	288
6.3	Δέσμες σωλήνων σε εγκάρσια ροή .....	289
6.3.1	Ροές υγρών και αερίων .....	290
6.3.2	Ροές υγρών μετάλλων .....	300
6.4	Δέσμες σωλήνων με πτερύγια σε εγκάρσια ροή .....	301
6.5	Σταθερές κλίνες .....	302
6.6	Ελεύθεροι πίδακες .....	305
6.6.1	Πίδακες ελεύθερης επιφάνειας - συσχετίσεις μεταφοράς θερμότητας .....	307

6.6.2	Εμβυθισμένοι πίδακες - Συσχετίσεις μεταφοράς θερμότητας .....	311
6.7	Σύνοψη .....	314
	Αναφορές .....	317
<b>7</b>	<b>ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΣΥΝΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΩΛΗΝΩΝ ΚΑΙ ΑΓΩΓΩΝ</b>	<b>330</b>
7.1	Εισαγωγή .....	330
7.1.1	Θερμοκρασία αναφοράς ρευστού .....	331
7.1.2	Η επίδραση του αριθμού Reynolds στη μεταφορά θερμότητας και στην πτώση πίεσης σε πλήρως εγκατεστημένη ροή .....	332
7.1.3	Η επίδραση του αριθμού Prandtl .....	334
7.1.4	Οι επιδράσεις της εισόδου .....	334
7.1.5	Μεταβολή των φυσικών ιδιοτήτων .....	336
7.1.6	Θερμικές οριακές συνθήκες και οι επιδράσεις της συμπίεσότητας .....	336
7.1.7	Τα όρια της ακρίβειας όσον αφορά στις προβλεφθείσες τιμές συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή .....	337
7.2	Ανάλυση της στρωτής εξαναγκασμένης συναγωγής σε σωλήνα μεγάλου μήκους .....	337
7.2.1	Ομοιόμορφη ροή θερμότητας .....	339
7.2.2	Ομοιόμορφη θερμοκρασία επιφάνειας .....	342
7.3	Διορθώσεις για στρωτή εξαναγκασμένη συναγωγή .....	345
7.3.1	Κυκλικοί και ορθογώνιοι αγωγοί μικρού μήκους .....	345
7.3.2	Αγωγοί με μη κυκλική διατομή .....	347
7.3.3	Οι επιδράσεις των μεταβολών των ιδιοτήτων .....	349
7.3.4	Η επίδραση της φυσικής συναγωγής .....	353
7.4	Αναλογία μεταφοράς ορμής και θερμότητας στην τυρβώδη ροή .....	354
7.5	Εμπειρικές συσχετίσεις για τυρβώδη εξαναγκασμένη συναγωγή .....	355
7.5.1	Σωλήνες και αγωγοί .....	356
7.5.2	Αγωγοί μη κυκλικού σχήματος .....	360
7.5.3	Υγρά μέταλλα .....	361
7.6	Ενίσχυση μεταφοράς θερμότητας και ψύξης ηλεκτρονικών διατάξεων .....	363
7.6.1	Ενίσχυση εξαναγκασμένης συναγωγής στο εσωτερικό σωλήνων .....	363
7.6.2	Ψύξη ηλεκτρονικών διατάξεων με εξαναγκασμένη συναγωγή .....	368
7.7	Σύνοψη .....	371
	Αναφορές .....	375
<b>8</b>	<b>ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΗ</b>	<b>389</b>
8.1	Εισαγωγή .....	389
8.2	Παράμετροι ομοιότητας στη φυσική συναγωγή .....	391
8.3	Εμπειρικές συσχετίσεις για διάφορα σχήματα .....	397
8.3.1	Κατακόρυφες πλάκες και κύλινδροι .....	398
8.3.2	Οριζόντιες πλάκες .....	399
8.3.3	Κύλινδροι, σφαίρες κώνοι και άλλα τρισδιάστατα σώματα .....	401
8.3.4	Κλειστοί χώροι .....	404
8.4	Επιφάνειες με πτερύγια .....	408
8.4.1	Πτερύγια σε οριζόντιους σωλήνες .....	408
8.4.2	Οριζόντια τριγωνικά πτερύγια .....	410
8.4.3	Ορθογώνια πτερύγια σε οριζόντιες επιφάνειες .....	410
8.4.4	Ορθογώνια πτερύγια σε κατακόρυφες επιφάνειες .....	410
8.5	Περιστρεφόμενοι κύλινδροι, δίσκοι και σφαίρες .....	412
8.6	Συνδυασμένη εξαναγκασμένη και φυσική συναγωγή .....	414
8.7	Σύνοψη .....	416
	Αναφορές .....	416
	Προβλήματα .....	422
<b>9</b>	<b>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΦΑΣΗΣ</b>	<b>436</b>
9.1	Εισαγωγή στο βρασμό .....	436
9.2	Βρασμός υγρού σε δοχείο .....	437
9.2.1	Τύποι βρασμού σε δοχείο .....	437
9.2.2	Μηχανισμοί ανάπτυξης φυσαλίδων .....	438
9.2.3	Μεταφορά θερμότητας στο βρασμό σε δοχείο με πυρηνογέννεση .....	443
9.2.4	Κρίσιμη ροή θερμότητας σε βρασμό με πυρηνογέννεση εντός δοχείου .....	445
9.2.5	Βρασμός υμένα σε δοχείο .....	452
9.3	Βρασμός στην εξαναγκασμένη συναγωγή .....	453
9.3.1	Βρασμός σε εξαναγκασμένη συναγωγή με πυρηνογέννεση .....	454

9.3.2	Βρασιμός με καθαρή παραγωγή ατμού .....	455
9.3.3	Κρίσιμη ροή θερμότητας .....	457
9.3.4	Μεταφορά θερμότητας πέρα από το κρίσιμο σημείο .....	458
9.4	Συμπύκνωση .....	459
9.4.1	Συμπύκνωση σε υμένα .....	460
9.4.2	Συμπύκνωση σε σταγόνες .....	465
9.5	Σχεδίαση συμπυκνωτών .....	466
9.6	Θερμοσωλήνες ή σωλήνες θερμότητας .....	467
9.6.1	Ηχητικός περιορισμός (Σ.τ.μ.: Περιορισμός υψηλών ταχυτήτων ροής) .....	470
9.6.2	Περιορισμός λόγω παρασυρμένης ροής (Entrainment Limitation) .....	470
9.6.3	Περιορισμοί λόγω φυτλίου .....	471
9.6.4	Περιορισμοί που σχετίζονται με τον βρασιμό .....	472
9.7	Κατάψυξη και τήξη .....	473
9.8	Σύνοψη .....	476
	Αναφορές .....	477
	Προβλήματα .....	481

**10 ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ 498**

10.1	Εισαγωγή .....	498
10.2	Βασικοί τύποι εναλλακτών θερμότητας .....	499
10.3	Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας .....	506
10.3.1	Παράγοντας απόθεσης .....	507
10.4	Λογαριθμική μέση θερμοκρασιακή διαφορά .....	508
10.5	Αποτελεσματικότητα εναλλάκτη θερμότητας .....	515
10.6	Ενίσχυση μεταφοράς θερμότητας .....	523
10.6.1	Εφαρμογές .....	524
10.6.2	Ανάλυση των τεχνικών ενίσχυσης .....	526
10.6.3	Εναλλάκτες θερμότητας σε επίπεδο μικροκλίμακας .....	530
10.7	Σύνοψη .....	530
	Αναφορές .....	531
	Προβλήματα .....	533

**11 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ 548**

11.1	Θερμική ακτινοβολία .....	548
11.2	Ροή θερμότητας ακτινοβολίας .....	550
11.3	Ακτινοβολία μελανού σώματος .....	550
11.3.1	Οι νόμοι του μελανού σώματος .....	551
11.3.2	Συναρτήσεις ακτινοβολίας και εκπομπή ζώνης .....	553
11.3.3	Ένταση ακτινοβολίας .....	555
11.3.4	Η σχέση ανάμεσα στην ένταση και στην εκπεμπόμενη ισχύ .....	557
11.3.5	Ακτινοβόληση .....	558
11.4	Ιδιότητες της ακτινοβολίας .....	559
11.4.1	Ανάλυση και μεταφορά ακτινοβόλησης .....	559
11.4.2	Ιδιότητες μονοχρωματικής ακτινοβολίας και νόμος του Kirchhoff .....	560
11.4.3	Γκριζα σώματα .....	563
11.4.4	Χαρακτηριστικά πραγματικών επιφανειών .....	563
11.4.5	Ανακλαστικότητα και διαπερατότητα .....	570
11.5	Ηλιακή ακτινοβολία και υπερθέρμανση του πλανήτη .....	571
11.6	Ο παράγοντας σχήματος της ακτινοβολίας .....	574
11.7	Περιβλήματα με μελανές επιφάνειες .....	582
11.8	Περιβλήματα με γκριζες επιφάνειες .....	584
11.9	Περιβλημα με επιφάνειες που δεν είναι γκριζες .....	589
11.9.1	Περιβλήματα με απορροφητικά και διαπερατά μέσα .....	591
11.10	Ακτινοβολία συνδυασμένη με συναγωγή και αγωγή .....	592
11.11	Ιδιότητες της ακτινοβολίας για αέρια και ατμούς .....	599
11.12	Σύνοψη .....	605
	Αναφορές .....	606
	Προβλήματα .....	607

**ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ 620**

**ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 624**

<b>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΓΙΑ ΤΡΙΔΙΑΓΩΝΙΟΥΣ ΠΙΝΑΚΕΣ</b>	<b>661</b>
<b>ΚΩΔΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>666</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>667</b>
<b>Ευρετήριο</b>	<b>668</b>