

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σύντομο Βιογραφικό.....	- v -
Πρόλογος.....	- vii -
Μετατροπές Μονάδων.....	- x -
Συμβολισμοί.....	- xii -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ►

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

1.1 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	- 2 -
1.2 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	- 4 -
1.3 Ο ΠΡΩΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ	- 6 -
1.4 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	- 9 -
1.5 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	- 10 -
1.5.1 Θερμική Αγωγιμότητα	- 11 -
1.5.2 Θερμική Συναγωγιμότητα	- 14 -
1.5.3 Θερμική Ακτινοβολία.....	- 18 -
1.6 ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	- 21 -
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	- 24 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ►

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.....	- 30 -
2.1.1 Θερμοκρασιακή Διανομή και Μέθοδοι Προσδιορισμού της.....	- 30 -
2.1.2 Συστήματα Συντεταγμένων – Διαστάσεις	- 31 -
2.1.3 Χρονική Μεταβλητή	- 32 -
2.1.4 Αρχές της Θερμικής Αγωγιμότητας.....	- 33 -
2.1.5 Ισοτροπικό Στερεό Σώμα.....	- 33 -

2.2	ΕΞΙΣΩΣΗ ΡΟΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ FOURIER .	- 34 -
2.3	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	- 39 -
2.4	ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ..	- 48 -
2.4.1	Καρτεσιανές Συντεταγμένες.....	- 49 -
2.4.2	Κυλινδρικές Συντεταγμένες	- 55 -
2.4.3	Σφαιρικές Συντεταγμένες	- 58 -
2.5	ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	- 63 -
2.5.1	Σταθερή Θερμοκρασία (Συνθήκη Dirichlet).....	- 64 -
2.5.2	Σταθερή Ροή Θερμότητας (Συνθήκη Neumann)	- 65 -
	Αδιαβατική ή ιδανικά μονωμένη επιφάνεια.....	- 66 -
	Θερμική Συμμετρία	- 67 -
2.5.3	Επιφανειακή Συναγωγμότητα.....	- 67 -
2.5.4	Επιφανειακή Ακτινοβολία	- 68 -
2.5.5	Επιφάνεια Επαφής Τοιχωμάτων (Διεπιφάνεια Τοιχωμάτων)	- 70 -
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	- 75 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ►

ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗ ΚΑΙ ΜΟΝΙΜΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

3.1	ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΙΧΩΜΑ.....	- 82 -
3.1.1	Θερμοκρασιακή Διανομή.....	- 82 -
3.1.2	Ροή Θερμότητας.....	- 84 -
3.1.3	Θερμική Αντίσταση – Ηλεκτρικό Ανάλογο	- 85 -
3.1.4	Θερμικό Κύκλωμα	- 87 -
	Συνολικός Συντελεστής Μετάδοσης Θερμότητας	- 89 -
3.1.5	Πολλαπλά Τοιχώματα (Στρώματα)	- 90 -
	Τοιχώματα σε σειρά	- 90 -
	Παράλληλα Τοιχώματα.....	- 91 -
	Σύνθετα Τοιχώματα	- 93 -
3.2	ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	- 100 -
3.2.1	Θερμοκρασιακή Διανομή σε κοίλο κύλινδρο	- 101 -
3.2.2	Ροή Θερμότητας σε κοίλο κύλινδρο	- 105 -
3.2.3	Θερμική Αντίσταση	- 106 -
3.2.4	Ομόκεντροι Κύλινδροι.....	- 107 -
3.2.5	Κριτική (Κρίσιμη) Ακτίνα μόνωσης	- 112 -

3.2.6	Ακτίνα Διασταύρωσης	- 114 -
3.3	ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	- 122 -
3.3.1	Θερμοκρασιακή Διανομή σε κοίλη σφαίρα	- 122 -
3.3.2	Ροή Θερμότητας σε κοίλη σφαίρα	- 124 -
3.3.3	Θερμική Αντίσταση.....	- 125 -
3.3.4	Ομόκεντρες Σφαίρες	- 126 -
3.3.5	Κριτική (Κρίσιμη) Ακτίνα μόνωσης.....	- 133 -
3.3.6	Ακτίνα Διασταύρωσης	- 135 -
3.4	ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	- 138 -
3.4.1	Μοντέλα Ενσωματωμένων Σφαιρικών Ασυνεχειών.....	- 139 -
	Μοντέλο Maxwell	- 140 -
	Μοντέλο Rayleigh	- 140 -
3.4.2	Μοντέλα Ενσωματωμένων Κυλινδρικών Ασυνεχειών	- 141 -
3.4.3	Μοντέλα Ενσωματωμένων Ασυνεχειών Ακανόνιστης Γεωμετρίας.....	- 142 -
3.4.4	Μοντέλα Ενσωματωμένων Ασυνεχειών με Αεροθύλακες.....	- 143 -
3.4.5	Μοντέλα Κυλινδρικών Αγωγών, Πληρωμένων με Κοκκώδη Υλικά και Εσωτερική Ροή Ρευστών	- 143 -
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	- 145 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ►

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

4.1	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ	- 158 -
4.2	ΟΡΙΑΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ	- 160 -
4.2.1	Υδροδυναμικό Οριακό Στρώμα σε Επίπεδη Πλάκα	- 160 -
	Στρωτή – Τυρβώδης Ροή.....	- 161 -
	Πάχος Οριακού Στρώματος.....	- 164 -
	Διατμητική Τάση.....	- 165 -
	Συντελεστής Τριβής - Αντίστασης.....	- 165 -
4.2.2	Θερμικό Οριακό Στρώμα σε Επίπεδη Πλάκα.....	- 168 -
4.2.3	Υδροδυναμικό Οριακό Στρώμα σε Αγωγό.....	- 171 -
	Διατμητική Τάση – Πτώση Πίεσης	- 174 -
4.2.4	Θερμικό Οριακό Στρώμα σε Αγωγό	- 176 -

4.3 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΜΑΖΑΣ, ΟΡΜΗΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	- 180 -
4.3.1 Εξίσωση Διατήρησης της Μάζας.....	- 181 -
4.3.3 Εξίσωση Διατήρησης της Ενέργειας	- 184 -
4.4 ΒΑΣΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	- 186 -
4.5 ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ NUSSELT	- 190 -
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	- 194 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ►

ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΡΟΕΣ

5.1 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	- 200 -
5.2 ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΡΟΗ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΗ ΠΛΑΚΑ	- 203 -
5.2.1 Στρωτή Ροή	- 204 -
5.2.2 Τυρβώδης Ροή	- 206 -
5.2.3 Μικτές Συνθήκες Ροής.....	- 206 -
5.2.4 Μη Θερμαινόμενο Αρχικό Μήκος	- 208 -
5.2.5 Ομοιόμορφη Ροή Θερμότητας	- 209 -
5.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	- 211 -
5.4 ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΡΟΕΣ	- 216 -
5.4.1 Κυλινδρικό και μη Κυλινδρικό Σώμα	- 216 -
Στρωτή - Τυρβώδης ροή	- 217 -
Συντελεστής Οπισθέλκουσας	- 219 -
Συντελεστής Θερμικής Συναγωγιμότητας	- 220 -
5.4.2 Σφαίρα.....	- 228 -
5.4.3 Δέσμη Αγωγών.....	- 231 -
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	- 247 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ►

ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΡΟΕΣ

6.1	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ	264 -
6.1.1	Ροή Μάζας.....	264 -
6.1.2	Υδραυλική Διάμετρος	267 -
6.2	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΓΩΓΟ	268 -
6.2.1	Μέση Θερμοκρασία.....	268 -
6.2.2	Ροή Θερμότητας	269 -
6.2.3	Συντελεστής Θερμικής Συναγωγιμότητας	270 -
6.3	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	271 -
6.3.1	Σταθερή Επιφανειακή Ροή Θερμότητας ($\dot{Q}_s'' = ct$)	271 -
6.3.2	Σταθερή Επιφανειακή Θερμοκρασία ($T_s = ct$)	273 -
6.4	ΣΤΡΩΤΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	279 -
6.4.1	Πλήρως (Υδροδυναμικά και Θερμικά) Ανεπτυγμένη Ροή.....	279 -
6.4.2	Περιοχή Υδροδυναμικής/Θερμικής Εισόδου	281 -
6.5	ΤΥΡΒΩΔΗΣ ΡΟΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ...	287 -
6.6	ΡΟΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΜΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	292 -
6.7	ΡΟΗ ΣΕ ΔΑΚΤΥΛΙΟΕΙΔΕΙΣ ΚΟΙΛΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ	294 -
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	298 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ►

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

7.1	ΦΥΣΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ	308 -
7.2	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ GRASHOF .	310 -
7.3	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	315 -
7.3.1	Επίπεδη Πλάκα	316 -
	Κατακόρυφο επίπεδο.....	317 -
	Οριζόντιο επίπεδο.....	319 -

Κεκλιμένο επίπεδο	- 321 -
7.3.2 Κυλινδρικό Σώμα.....	- 328 -
7.3.3 Σφαιρικό Σώμα.....	- 331 -
7.4 ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΚΑΝΑΛΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΠΛΑΚΩΝ	- 335 -
7.4.1 Κατακόρυφο Κανάλι.....	- 336 -
7.4.2 Κεκλιμένο Κανάλι	- 341 -
7.5 ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.....	- 343 -
7.5.1 Ορθογώνιος Κλειστός Χώρος.....	- 343 -
Οριζόντιο επίπεδο	- 343 -
Κατακόρυφο επίπεδο	- 345 -
Κεκλιμένο επίπεδο	- 347 -
7.5.2 Κοίλος κύλινδρος.....	- 349 -
7.5.3 Κοίλη Σφαίρα	- 351 -
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	- 354 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ►

ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

8.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	- 364 -
8.1.1 Μορφή Συναλλαγής Θερμότητας	- 364 -
8.1.2 Διεύθυνση Ροής	- 366 -
Παράλληλης Ροής	- 366 -
Διασταυρούμενης ροής	- 367 -
8.1.3 Γεωμετρία	- 369 -
Διπλού αγωγού ή ομόκεντρων σωλήνων	- 369 -
Τύπου κελύφους - αυλών	- 369 -
Τύπου πλακών	- 374 -
Συμπαγής.....	- 375 -
8.2 ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	- 377 -
8.2.1 Συντελεστής Ρυπαρότητας	- 380 -
8.2.2 Συνολικός Συντελεστής Επιφανειακής Απόδοσης.....	- 384 -
8.2.3 Ενεργός Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας	- 385 -
8.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	- 390 -

8.4 ΜΕΣΗ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ	
ΔΙΑΦΟΡΑ (LMTD)	- 393 -
8.4.1 Εναλλάκτες Θερμότητας Ομορροής	- 394 -
8.4.2 Εναλλάκτες Θερμότητας Αντιρροής.....	- 397 -
8.4.3 Εναλλάκτες Θερμότητας Διασταυρούμενης Ροής και Κελύφους Αυλών – Συντελεστής Διόρθωσης.....	- 399 -
8.4.4 Ειδικές συνθήκες λειτουργίας εναλλακτών θερμότητας.....	- 403 -
Εναλλάκτες διεργασίας συμπύκνωσης	- 403 -
Εναλλάκτες διεργασίας ατμοποίησης.....	- 404 -
Ειδική διεργασία εναλλακτών θερμότητας αντιρροής	- 405 -
8.4.5 Διαδικασία επίλυσης εφαρμογών μέσω LMTD	- 406 -
8.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΑΡΙΘΜΟΥ	
ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	- 418 -
8.5.1 Αποτελεσματικότητα – ϵ	- 419 -
8.5.2 Αριθμός Μονάδων Μεταφοράς – NTU.....	- 421 -
8.5.3 Σχέσεις Αποτελεσματικότητας – NTU.....	- 422 -
8.5.4 Ειδικές συνθήκες λειτουργίας Εναλλακτών Θερμότητας.....	- 425 -
Εναλλάκτες διεργασίας συμπύκνωσης ή ατμοποίησης	- 425 -
Ειδική διεργασία Εναλλακτών Θερμότητας Ομορροής – Αντιρροής .	- 426 -
8.5.5 Διαδικασία επίλυσης εφαρμογών μέσω ϵ -NTU.....	- 426 -
8.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΤΑΛΗΣΗΣ	- 437 -
8.7 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	- 438 -
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	- 440 -
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΠΙΝΑΚΕΣ.....	- 449 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	- 475 -
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ.....	- 479 -