

## ΤΟΜΟΣ II

<b>11</b>	<b>ΧΡΟΝΙΚΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΠΕΔΙΑ</b>	<b>741</b>
11.1	Διαφορική και ολοκληρωτική μορφή των εξισώσεων Maxwell – Ρεύμα μετατόπισης . . . . .	741
11.2	Οι εξισώσεις Maxwell σε μιγαδική μορφή . . . . .	746
11.3	Η εξίσωση κύματος . . . . .	751
11.3.1	Η γενική μορφή της εξίσωσης κύματος . . . . .	751
11.3.2	Η εξίσωση κύματος σ' ένα μη αγώγιμο μέσο . . . . .	752
11.3.3	Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα . . . . .	755
11.3.4	Η μονοδιάστατη εξίσωση κύματος . . . . .	756
11.3.5	Εξισώσεις Helmholtz . . . . .	760
11.4	Βαθμωτά και διανυσματικά δυναμικά . . . . .	763
11.4.1	Τα δυναμικά $\phi$ και $\mathbf{A}$ . . . . .	763
11.4.2	Μετασηματισμός βαθμίδας (gauge transformation) . . . . .	767
11.4.3	Τα δυναμικά καθυστέρησης . . . . .	768
11.4.4	Το δυναμικό Hertz . . . . .	772
11.4.5	Το βαθμωτό και διανυσματικό δυναμικό σε πεδίο με ημιτονοειδή χρονική μεταβολή . . . . .	774
11.5	Το θεώρημα του Poynting . . . . .	776
11.5.1	Το διάνυσμα Poynting . . . . .	776
11.5.2	Το μιγαδικό διάνυσμα Poynting . . . . .	780
	Προβλήματα . . . . .	784
<b>12</b>	<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ</b>	<b>793</b>
12.1	Το επίπεδο κύμα . . . . .	793
12.2	Διάδοση επίπεδου κύματος σε μη αγώγιμα μέσα . . . . .	795
12.3	Πόλωση επίπεδου κύματος . . . . .	801
12.3.1	Γραμμικά πολωμένο κύμα . . . . .	803
12.3.2	Κυκλικά πολωμένο κύμα . . . . .	804
12.3.3	Ελλειπτικά πολωμένο κύμα . . . . .	805
12.4	Διάδοση επίπεδου κύματος σε μη τέλεια μονωτικά μέσα . . . . .	807
12.5	Το πεδίο σε αγώγιμα μέσα – Εξίσωση διάχυσης . . . . .	819
12.5.1	Το πεδίο σ' ένα ημιάπειρο αγώγιμο μέσο . . . . .	821
12.5.2	Ανάπτυξη ρευμάτων σε αγώγιμη πλάκα . . . . .	827
12.5.3	Ηλεκτρικό επιδερμικό φαινόμενο σε αγώγιμη πλάκα . . . . .	833
12.5.4	Μαγνητικό επιδερμικό φαινόμενο σε αγώγιμη πλάκα . . . . .	835
12.5.5	Επιδερμικό φαινόμενο σε κυλινδρικό αγωγό . . . . .	840
12.5.6	Απώλειες γεινίασης . . . . .	846
12.6	Διάδοση επίπεδου κύματος κατά τυχούσα διεύθυνση . . . . .	849
12.7	Ταχύτητα ομάδας . . . . .	855

12.8	Το θεώρημα της αμοιβαιότητας	860
	Προβλήματα	862
<b>13</b>	<b>ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ</b>	<b>871</b>
13.1	Οι νόμοι της ανάκλασης και της διάθλασης του επίπεδου ηλεκτρομαγνητικού κύματος	871
13.1.1	Τα τρία διανύσματα $k_i$ , $k_r$ , $k_t$	872
13.1.2	Το αναλλοίωτο της συχνότητας του κύματος	873
13.1.3	Τα κοινά επίπεδα πρόσπτωσης, ανάκλασης και διάθλασης	875
13.1.4	Νόμος του Snell	876
13.1.5	Κρίσιμη γωνία	877
13.2	Εξισώσεις του Fresnel	880
13.2.1	Διάνυσμα $E$ κάθετο στο επίπεδο της πρόσπτωσης	881
13.2.2	Διάνυσμα $E$ παράλληλο προς το επίπεδο πρόσπτωσης – Γωνία Brewster	886
13.3	Ολική ανάκλαση	895
13.4	Ενεργειακοί συντελεστές ανάκλασης και διάθλασης	901
13.5	Κάθετη πρόσπτωση στην επιφάνεια ενός μέσου με απώλειες	903
13.6	Πλάγια πρόσπτωση σε μέσα με απώλειες	907
13.7	Στάσιμα κύματα – Κάθετη πρόσπτωση στην επιφάνεια τέλειου αγωγού	917
13.8	Πλάγια πρόσπτωση στην επιφάνεια τέλειου αγωγού	920
13.8.1	Διάνυσμα $E$ κάθετο στο επίπεδο της πρόσπτωσης	920
13.8.2	Διάνυσμα $E$ παράλληλο προς το επίπεδο της πρόσπτωσης	924
13.9	Πρόσπτωση σε διηλεκτρική πλάκα	927
13.10	Πίεση ακτινοβολίας	935
13.11	Σκέδαση ηλεκτρομαγνητικού κύματος	942
	Προβλήματα	943
<b>14</b>	<b>ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ</b>	<b>953</b>
14.1	Εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα ( $TEM$ )	955
14.1.1	Τύποι εγκάρσιων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων	955
14.1.2	Επίπεδα κύματα $TEM$	955
14.2	Ιδανική γραμμή δύο αγωγών	959
14.2.1	Τα δύο κύματα $V$ και $I$	959
14.2.2	Η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση γραμμής μεταφοράς ως πεδιακό πρόβλημα	961
14.2.3	Η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση ιδανικής γραμμής μεταφοράς δύο αγωγών ως συνάρτηση των παραμέτρων $L$ και $C$	963

14.2.4	Διάδοση εγκάρσιου ηλεκτρομαγνητικού κύματος σε σύστημα δύο παράλληλων αγωγίων επιπέδων . . . . .	966
14.2.5	Χαρακτηριστική αντίσταση απλών γραμμών μεταφοράς . .	970
14.3	Κυκλωματική ανάλυση γραμμής μεταφοράς . . . . .	973
14.3.1	Χαρακτηριστικές παράμετροι γραμμής μεταφοράς με απώλειες – Τηλεγραφική εξίσωση . . . . .	973
14.3.2	Διανεμημένες παράμετροι χαρακτηριστικών γραμμών μεταφοράς . . . . .	976
14.3.3	Οι εξισώσεις της γραμμής μεταφοράς στην ημιτονοειδή μόνιμη κατάσταση . . . . .	977
14.3.4	Ανάκλαση σε γραμμή μεταφοράς . . . . .	981
14.3.5	Σύνδεση γραμμής μεταφοράς με πηγή εναλλασσόμενης τάσης	985
14.3.6	Γραμμή μεταφοράς χωρίς παραμόρφωση . . . . .	989
14.4	Κυκλωματική ανάλυση ιδανικής γραμμής . . . . .	996
14.4.1	Οι εξισώσεις της ιδανικής γραμμής μεταφοράς . . . . .	996
14.4.2	Σύνθετη αντίσταση εισόδου ιδανικής γραμμής . . . . .	998
14.4.3	Λόγος στάσιμου κύματος τάσης (VSWR) . . . . .	999
14.4.4	Μεταφερόμενη ισχύς . . . . .	1005
14.4.5	Διάγραμμα Smith . . . . .	1010
14.4.6	Προσαρμογή με τη βοήθεια παράλληλων διακλαδώσεων . .	1020
14.5	Μικροταινωτές γραμμές μεταφοράς . . . . .	1027
	Προβλήματα . . . . .	1033

## 15 ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΙ

1041

15.1	Διάδοση σ' ένα σύστημα δύο παράλληλων αγωγίων επιπέδων . . . .	1042
15.1.1	Οι γενικές λύσεις των πεδιακών εξισώσεων . . . . .	1042
15.1.2	Εφαρμογή οριακών συνθηκών . . . . .	1048
15.1.3	Χαρακτηριστικά διάδοσης . . . . .	1049
15.1.4	Εγκάρσιο ηλεκτρικό πεδίο – Ρυθμοί $TE$ ( $E_z = 0$ ) . . . . .	1053
15.1.5	Εγκάρσιο μαγνητικό πεδίο – Ρυθμοί $TM$ ( $H_z = 0$ ) . . . . .	1054
15.1.6	Εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα – Ρυθμός $TEM$ ( $E_z = H_z = 0$ ) . . . . .	1055
15.1.7	Ταχύτητες διάδοσης – Προσέγγιση γεωμετρικής οπτικής . .	1058
15.2	Σωληνωτοί κυματοδηγοί σταθερής διατομής . . . . .	1063
15.2.1	Κυματοδηγοί ορθογωνικής διατομής . . . . .	1069
15.2.2	Υπολογισμός της μεταδιδόμενης ισχύος σε κυματοδηγούς ορθογωνικής διατομής . . . . .	1077
15.2.3	Απώλειες στο διηλεκτρικό και στα τοιχώματα ορθογωνικών κυματοδηγών . . . . .	1079
15.2.4	Κυλινδρικοί κυματοδηγοί . . . . .	1089
15.3	Κοιλότητες – Συντονιστές . . . . .	1099

15.3.1	Γενικά	1099
15.3.2	Ορθογωνικές κοιλότητες	1100
15.3.3	Ο ρυθμός $TE_{101}$ στην ορθογωνική κοιλότητα	1106
15.3.4	Κυλινδρικές κοιλότητες	1111
15.4	Διηλεκτρικοί κυματοδηγοί	1115
15.4.1	Διάδοση σε διηλεκτρικές πλάκες	1115
15.4.2	Διάδοση σε οπτικές ίνες	1122
	Προβλήματα	1125
<b>16</b>	<b>ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ</b>	<b>1135</b>
16.1	Περιγραφή του πεδίου μέσω των καθυστερημένων δυναμικών	1135
16.2	Το βραχύ (ή στοιχειώδες) δίπολο	1137
16.3	Ένταση ακτινοβολίας, κατευθυντικότητα, κέρδος	1145
16.4	Ακτινοβολία γραμμικής διπολικής κεραίας	1155
16.4.1	Διπολική κεραία $\lambda/2$	1161
16.5	Το πεδίο στην κοντινή ζώνη γραμμικής κεραίας	1166
16.6	Ακτινοβολία μικρού κυκλικού βρόχου (βροχοκεραία)	1170
16.7	Στοιχειοκεραίες	1176
16.7.1	Στοιχειοκεραία δύο στοιχειωδών διπόλων	1176
16.7.2	Ομοιόμορφη γραμμική στοιχειοκεραία	1180
16.7.3	Άλλοι τύποι στοιχειοκεραίων	1184
16.8	Κεραίες λήψης	1192
16.8.1	Γενικά	1192
16.8.2	Ισοδύναμα κυκλώματα	1193
16.8.3	Ενεργός επιφάνεια κεραίας	1196
16.8.4	Εξίσωση μετάδοσης του Friis	1200
16.8.5	Εξίσωση RADAR	1201
16.9	Διάδοση στο γήινο περιβάλλον	1206
16.10	Μερικοί ακόμη χαρακτηριστικοί τύποι κεραίων	1209
16.10.1	Γραμμική κεραία οδεύοντος κύματος	1209
16.10.2	Στοιχειοκεραία Yagi-Uda	1214
16.10.3	Ελικοειδής κεραία	1216
16.11	Κεραίες ευρείας ζώνης	1219
16.11.1	Εύρος ζώνης συχνότητας	1219
16.11.2	Κεραίες ανεξάρτητες της συχνότητας	1220
16.11.3	Σπειροειδείς κεραίες	1221
16.11.4	Λογαριθμικές περιοδικές κεραίες	1224
16.12	Κεραίες ανοίγματος	1228
	Προβλήματα	1230

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

<b>E</b>	<b>ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b>	<b>1241</b>
E.1	Φυσικά μεγέθη . . . . .	1241
E.2	Διανυσματική άλγεβρα . . . . .	1241
E.3	Μετασχηματισμοί διανυσμάτων και μετατροπές συντεταγμένων . . .	1246
E.4	Απειροστές ποσότητες σε καμπυλόγραμμες συντεταγμένες . . . . .	1247
E.5	Επικαμπύλια ολοκληρώματα . . . . .	1248
E.6	Επιφανειακά ολοκληρώματα και ολοκληρώματα όγκου . . . . .	1252
E.7	Ο διαφορικός διανυσματικός τελεστής $\nabla$ . . . . .	1253
E.7.1	Οι τελεστές $\nabla$ , $\nabla \cdot$ , $\nabla \times$ και $\nabla^2$ . . . . .	1253
E.7.2	Εκφράσεις των $\nabla$ , $\nabla \cdot$ , $\nabla \times$ και $\nabla^2$ σε καμπυλόγραμμα συστήματα . . . . .	1257
E.7.3	Διανυσματικές ταυτότητες με τον τελεστή $\nabla$ . . . . .	1258
E.8	Βασικά θεωρήματα της διανυσματικής ανάλυσης . . . . .	1259
E.9	Χρήσιμες ολοκληρωτικές ταυτότητες . . . . .	1261
<b>ΣΤ</b>	<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ</b>	<b>1263</b>
<b>Z</b>	<b>Η ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ DIRAC</b>	<b>1271</b>
Z.1	Η συνάρτηση δέλτα ως γενικευμένη συνάρτηση . . . . .	1271
Z.2	Χρήσιμες ιδιότητες της συνάρτησης δέλτα . . . . .	1274
Z.3	Η τριδιάστατη συνάρτηση δέλτα σε ένα σύστημα καμπυλόγραμμων συντεταγμένων $(u_1, u_2, u_3)$ . . . . .	1275
Z.4	Επίλυση της $\mathcal{L}u = f$ με χρήση συναρτήσεων δέλτα και Green . . . . .	1276
<b>Η</b>	<b>ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΤΤΗ ΑΡΙΘΜΗΣΗ</b>	<b>1279</b>
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>1290</b>
	<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΟΡΩΝ</b>	<b>1295</b>
	<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΞΕΝΩΝ ΟΝΟΜΑΤΩΝ</b>	<b>1302</b>