

## B-5. Μικροκυματικές-Χιλιστομετροκυματικές Επικοινωνίες και Κεραίες

### 1. ΓΕΝΙΚΑ

ΣΧΟΛΗ	ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
ΤΜΗΜΑ	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	B-5	ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	B
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Μικροκυματικές-Χιλιστομετροκυματικές Επικοινωνίες και Κεραίες		
ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	
Διάφορες μορφές διδασκαλίας	5	7,5	
ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Επιστημονικής Περιοχής, Ανάπτυξης Δεξιοτήτων		
ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:	--		
ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:	Ελληνική		
ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS	Ναι		
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	<a href="https://eclass.hmu.gr/courses/EE142/">https://eclass.hmu.gr/courses/EE142/</a>		

### 2. ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα
<p>Η εκρηκτική ανάπτυξη και διαρκής εξέλιξη στην αγορά των ασύρματων και προσωπικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων δημιουργεί αυξανόμενη ζήτηση για τηλεπικοινωνιακούς μηχανικούς που να έχουν:</p> <p>(i) πολύ καλό υπόβαθρο στη θεωρία κεραιών και διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, (ii) εξοικείωση με τη μικροκυματική-χιλιστομετροκυματική θεωρία και τις εφαρμογές της, και (iii) ιδιαίτερες γνώσεις και εμπειρία σε σχέση με τα σύγχρονα συστήματα ενσύρματων και ασύρματων ζεύξεων.</p> <p>Το μάθημα αυτό προετοιμάζει κατάλληλα τους φοιτητές για μια καριέρα στην ταχύτατα εξελισσόμενη τηλεπικοινωνιακή βιομηχανία. Σκοπός του μαθήματος είναι η εξοικείωση με τις αρχές της θεωρίας των κεραιών και της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, αλλά και τη μικροκυματική τεχνολογία και τις εφαρμογές της, έτσι που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση και το σχεδιασμό ασύρματων και ενσύρματων τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων. Με την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα έχουν αποκτήσει γνώσεις και δεξιότητες, κατάλληλα εργαλεία για την αντιμετώπιση πρακτικών εφαρμογών που σχετίζονται με κεραίες και μοντέλα διάδοσης, καθώς και εμπειρία σχεδιασμού και βελτιστοποίησης πραγματικών κεραιών, ώστε:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• να επιλέγουν το καταλληλότερο μέσο διάδοσης για κάθε τηλεπικοινωνιακό σύστημα,</li><li>• να αναλύουν οποιοδήποτε μέσο διάδοσης,</li><li>• να αξιολογούν τις επιδόσεις ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος βάσει του μέσου διάδοσης που χρησιμοποιεί,</li><li>• να αναλύουν και να σχεδιάζουν ασύρματα τηλεπικοινωνιακά συστήματα σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες,</li><li>• να επιβλέπουν και να συντηρούν ασύρματα τηλεπικοινωνιακά συστήματα,</li><li>• να πραγματοποιούν μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας,</li><li>• να εκπονούν μελέτες ραδιοκάλυψης.</li></ul> <p>Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής θα είναι σε θέση:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Να περιγράφει τους βασικούς μηχανισμούς διάδοσης ραδιοκυμάτων και να αντιλαμβάνεται την αλληλεπίδραση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με το περιβάλλον.</li><li>• Να αντιλαμβάνεται με ενιαίο τρόπο τη θεωρία των κεραιών και της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, ώστε να μπορεί να τις χρησιμοποιεί στην ανάλυση και το σχεδιασμό ασύρματων τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων.</li><li>• Να υπολογίζει τις βασικές παραμέτρους μιας κεραίας (π.χ. ακτινοβόλουμη ισχύς, ένταση ακτινοβολίας, κατευθυντικότητα, αντίσταση ακτινοβολίας) και να είναι εξοικειωμένος με τον υπολογισμό του διαγράμματος ακτινοβολίας μιας κεραίας, όταν είναι γνωστή η ρευματική της κατανομή.</li><li>• Να είναι εξοικειωμένος με ποικίλες διατάξεις πρακτικών κεραιών και να συγκρίνει τα χαρακτηριστικά τους (πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα), κρίνοντας με βάση αυτά την πλέον κατάλληλη κεραία για κάθε πρακτική εφαρμογή.</li><li>• Να αξιολογεί τα μοντέλα διάδοσης και να επιλέγει το κατάλληλο για τον υπολογισμό των απωλειών σε μια τηλεπικοινωνιακή ζεύξη.</li><li>• Να μετρά τα χαρακτηριστικά μεγέθη μιας κεραίας.</li><li>• Να είναι ενημερωμένος για τις πρόσφατες εξελίξεις στο χώρο των ασύρματων και προσωπικών συστημάτων επικοινωνίας.</li><li>• Να είναι εξοικειωμένος με τα μικροκυματικά φαινόμενα.</li><li>• Να κατανοεί τη συμπεριφορά ενός κυματοδηγού και τη μεταφορά μικροκυματικής ενέργειας σε απόσταση (εκπομπή και λήψη από σημείο σε σημείο).</li><li>• Να κατανοεί τη λειτουργία των μικροκυματικών στοιχείων και διατάξεων.</li><li>• Να είναι εξοικειωμένος με τα ενεργά και παθητικά μικροκυματικά εξαρτήματα των σύγχρονων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων.</li></ul>

- Να έχει εμπειρία μετρήσεων των βασικών παραμέτρων σε μικροκυματικές διατάξεις.
- Να είναι εξοικειωμένος με διάφορες διατάξεις κυματοδηγησης πρακτικού ενδιαφέροντος.
- Να είναι ενημερωμένος για τις πρόσφατες εξελίξεις στο χώρο των ενσύρματων τηλεπικοινωνιών.
- Να έχει εμπειρία στη σχεδίαση στοιχείων (γραμμών μεταφοράς, κυματοδηγών, γεννητριών ισχύος, ενισχυτών), κυκλωμάτων και συστημάτων και στην ανάλυση των μικροκυματικών δικτύων.
- Να έχει εμπειρία σχεδιασμού και βελτιστοποίησης πραγματικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση και το σχεδιασμό νέων μικροκυματικών, χιλιοστομετρικών και οπτικών συστημάτων.

#### Γενικές Ικανότητες

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών.  
Αυτόνομη εργασία.  
Ομαδική εργασία.  
Λήψη αποφάσεων  
Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής  
Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης.

### 3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

#### Κεραίες και Ασύρματες Ζεύξεις

- Ανασκόπηση στις τηλεπικοινωνίες και την ηλεκτρομαγνητική θεωρία. Ηλεκτρικό, μαγνητικό, ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Ηλεκτρικά σήματα. Τηλεπικοινωνιακά συστήματα. Ασύρματες τηλεπικοινωνίες. Φάσμα συχνοτήτων (HF, VHF, UHF, microwaves). Εξισώσεις Maxwell. Κυματικές εξισώσεις. Οριακές συνθήκες. Βαθμωτό και διανυσματικό δυναμικό. Πεδία ημιπονοειδούς χρονικής μεταβολής. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και ισχύς. Διάγραμμα Ρoynting. Επίπεδα ηλεκτρομαγνητικά κύματα [πόλωση, διάδοση επιπέδου κύματος σε αγωγίμα και μη μέσα, ταχύτητα φάσης και ομάδας, αμοιβαιότητα]. Ανάκλαση και διάθλαση επιπέδου κύματος [νόμος Snell, εξισώσεις Fresnel, συντελεστές ανάκλασης και μετάδοσης, κάθετη και πλάγια πρόσπτωση σε τέλειο διηλεκτρικό και σε μέσο με απώλειες, στάσιμα κύματα, πρόσπτωση σε διηλεκτρική πλάκα, σκέδαση].
- Γραμμές μεταφοράς [σύνθετη και χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής, ανάκλαση κύματος, μεταφερόμενη ισχύς, προσαρμογή, στάσιμο κύμα, διάγραμμα Smith]. Μικροκυματικοί κυματοδηγοί [παράλληλων πλακών, ορθογωνικής διατομής, κυκλικής διατομής, ομοαξονικός, μικροταινιακός, διηλεκτρικός]. Οπτικοί κυματοδηγοί. TE, TM και TEM ρυθμοί διάδοσης. Ισχύς και απώλειες. Ορθογωνικές και κυλινδρικές κοιλότητες Εισαγωγή στη θεωρία κεραίων. Προσαρμογή κεραίας-γραμμής μεταφοράς.
- Ανάλυση κεραίων με ρευματικές κατανομές εκ παραδοχής. Το βραχύ δίπολο του Hertz. Εφαρμογές ηλεκτρικά μικρών κεραίων.
- Γραμμική διπολική κεραία αυθαίρετου μήκους. Πεδίο γραμμικής κεραίας. Διάγραμμα ακτινοβολίας, κατευθυντικότητα, κέρδος, αντίσταση ακτινοβολίας, ενεργό ύψος κεραίας. Το δίπολο  $\lambda/2$ .
- Γραμμική κεραία οδεύοντος κύματος. Κεραία βρόχου. Κεραίες υπεράνω τέλειου εδάφους. Κατοπτρισμός και θεωρία ειδώλων. Γενική ανάλυση του πεδίου ακτινοβολίας οποιασδήποτε κεραίας. Εφαρμογές.
- Στοιχειοκεραίες. Ρομβική κεραία. Αρχές σχεδίασης στοιχειοκεραίων. Εφαρμογές.
- Γραμμικές στοιχειοκεραίες. Ομοιόμορφες γραμμικές στοιχειοκεραίες με μικρό και μεγάλο αριθμό στοιχείων. Πολυωνυμική θεωρία γραμμικών στοιχειοκεραίων. Εφαρμογές.
- Υπερκατευθυντικές κεραίες. Ανίχνευση φάσης. Μέθοδοι σύνθεσης διαγραμμάτων ακτινοβολίας. Γραμμικές στοιχειοκεραίες Dolph-Chebyshev. Σύνθεση γραμμικών στοιχειοκεραίων με αθροίσματα Fourier.
- Κεραίες ανοίγματος. Ακτινοβολία από επίπεδη επιφάνεια. Ακτινοβολία από ορθογώνια επιφάνεια. Κεραίες χοάνης. Κεραίες παραβολικού ανακλαστήρα. Κεραίες χοάνης-ανακλαστήρα. Κεραίες φακών. Επίπεδα παθητικά κάτοπτρα. Εφαρμογές.
- Αντίσταση εισόδου κεραίας. Ισοδύναμες πηγές. Μαγνητικά φορτία και ρεύματα. Πηγές τάσης και ρεύματος. Το θεώρημα της αμοιβαιότητας. Ίδια σύνθετη αντίσταση τελείως αγωγίμης κεραίας. Τάση που επάγεται ανάμεσα στους ανοικτούς ακροδέκτες κεραίας από προσπίπτον πεδίο. Μέθοδος της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης. Το εγγύς πεδίο δίπολου. Εύρος ζώνης.
- Ίδια σύνθετη αντίσταση δίπολου. Η κεραία ως τερματική σύνθετη αντίσταση. Μη συμμετρική διέγερση δίπολων. Συνθήκες προσαρμογής και μέγιστης μεταφερόμενης ισχύος. Προσαρμογή διά στελέχους. Αναδιπλωμένο δίπολο. Αμοιβαία σύνθετη αντίσταση μεταξύ δίπολων. Σύνθετη αντίσταση διέγερσης στοιχειοκεραίων. Σύνθετη αντίσταση δίπολων υπεράνω τέλειου εδάφους. Τροφοδότηση στοιχειοκεραίων με κατάλληλα ρεύματα. Στοιχειοκεραίες Yagi-Uda. Η κεραία σε δέκτης. Ισότητα αμοιβαίων σύνθετων αντιστάσεων. Ισότητα διαγραμμάτων ακτινοβολίας εκπομπής και λήψης. Ισότητα ίδιων σύνθετων αντιστάσεων εκπομπής και λήψης. Ισότητα ενεργών υψών εκπομπής και λήψης. Ενεργός επιφάνεια κεραίας. Λόγος ισχύων λήψης-εκπομπής.
- Μετάδοση κυμάτων στον ελεύθερο χώρο. Εξίσωση Friis. Απώλεια και μέγιστη απόσταση μετάδοσης. Εξίσωση radar. Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο γήινο περιβάλλον. Ανάκλαση επιπέδων κυμάτων από το έδαφος σε πλάγια πρόσπτωση με κάθετη ή παράλληλη πόλωση. Γωνία Brewster. Κύμα εδάφους. Κύμα χώρου. Κύμα επιφανείας. Ανυψωμένες κεραίες υπεράνω επιπέδου εδάφους. Προσεγγιστική σχέση για διάδοση σε πολύ υψηλές συχνότητες. Κλίση και πόλωση του κύματος επιφανείας πλησίον του εδάφους.
- Σφαιρική γη. Επίδραση της καμπυλότητας της γης. Συνθήκη οπτικής επαφής. Επίδραση των εμποδίων στη διάδοση. Ζεύξεις διά περίθλασης. Δείκτης διάθλασης τροπόσφαιρας. Τροποσφαιρική διάδοση-διάθλαση-κυματοδηγηση-σκέδαση. Ραδιοηλεκτρικός ορίζοντας. Πολλαπλές οδεύσεις. Διαλείψεις. Συστήματα διαφορικής λήψης. Εξασθένηση από την ατμόσφαιρα. Κρίσιμη συχνότητα και μεταβολές ιονόσφαιρας. Ιονοσφαιρική διάδοση-διάθλαση-ανάκλαση-σκέδαση. Εφαρμογές.
- Υπολογισμός ραδιοζεύξεων. Ζεύξη υπεράνω αιχμηρού εμποδίου. Ζεύξη οπτικής επαφής. Ζεύξη υπεράνω καλής γης. Τεχνικά χαρακτηριστικά και πρακτικές εφαρμογές ασυρμάτων ζεύξεων.

#### Μικροκυματικές-Χιλιστομετροκυματικές Επικοινωνίες

- Ανασκόπηση της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας (περιγραφή των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων, εξισώσεις Maxwell, οριακές συνθήκες, ισχύς κι ενέργεια ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, επίπεδα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, διάδοση και απόσβεση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, πόλωση). Ενσύρματες-ασύρματες επικοινωνίες.
  - Θεωρία γραμμών μεταφοράς. Εγκάρσια και μεταβαλλόμενα ημιτονικά με το χρόνο κύματα σε γραμμές μεταφοράς. Χαρακτηριστική αντίσταση και σύνθετη αντίσταση σε γραμμές μεταφοράς. Χάρτης Smith. Στάσιμα κύματα σε γραμμές μεταφοράς χωρίς απώλειες. Σταθερά διάδοσης και ταχύτητα διάδοσης σε γραμμές μεταφοράς. Προσαρμογή φορτίου σε γραμμές μεταφοράς με τη χρήση μετασχηματιστή  $l/4$ , ενός ή δύο βραχυκυκλωμένων στελεχών, ή ανομοιόμορφων γραμμών μεταφοράς. Μη περιοδικά φαινόμενα σε γραμμές μεταφοράς. Ανάλυση συζευγμένων γραμμών μεταφοράς.
  - Είδη ενσύρματων γραμμών μεταφοράς (δισύρματες ή ομοαξονικές γραμμές). Παραμόρφωση φάσης και πλάτους. Ισοσταθμισμένη και μη ισοσταθμισμένη γραμμή. Τηλεφωνικό δίκτυο. Αστάθεια φάσης, cross-talk, κρουστικός θόρυβος, δομημένη καλωδίωση.
  - Κυματοδήγηση. Οδηγούμενα κύματα και ρυθμοί κυματοδήγησης. Κυματοηγός παραλλήλων απείρων πλακών. Κυματική περιγραφή. Μέθοδος χωρισμού των μεταβλητών. Ρυθμοί TE, TM, TEM. Ακτινική περιγραφή της διάδοσης. Απώλειες κυματοδήγησης.
  - Κυματοηγός ορθογωνίας διατομής. Λύση της κυματικής εξίσωσης. Συνοριακές συνθήκες. Πεδιακές συνιστώσες σε καρτεσιανές συντεταγμένες. Ρυθμοί TM και TE. Διέγερση, χαρακτηριστική αντίσταση και απόσβεση ρυθμών ορθογωνίου κυματοηγού. Αντηχείο ορθογωνίου κυματοηγού.
  - Κυματοηγός κυκλικής διατομής. Λύση της κυματικής εξίσωσης. Συνοριακές συνθήκες. Πεδιακές συνιστώσες σε κυλινδρικές συντεταγμένες. Ρυθμοί TM, TE. Διέγερση, χαρακτηριστική αντίσταση και απόσβεση ρυθμών κυκλικού κυματοηγού. Πόλωση. Ομοαξονικός κυματοηγός. Ρυθμοί TEM, TM, TE. Αντηχείο κυκλικού κυματοηγού.
  - Μικροταινία και ταινιογραμμή. Ακτινική και πεδιακή περιγραφή σε κυματοηγό διηλεκτρικού στρώματος. Διηλεκτρικό στρώμα και διηλεκτρική λωρίδα. Λωρίδες διαβαθμισμένου δείκτη. Ομοιόμορφη και ανομοιόμορφη οπτική κυκλική ίνα. Ειδικοί τύποι κυματοηγών. Διάδοση σε γραμμές παραλλήλων αγωγών. Διέγερση ρυθμών.
  - Διηλεκτρικά και μαγνητικά υλικά. Κίνηση ηλεκτρονίων σε φερρίτες. Εξίσωση μαγνήτισης. Τανυστής μαγνητικής επιδεκτικότητας. Διάδοση κυμάτων σε φερρίτες. Στροφή Faraday. Φερριτικά μικροκυματικά στοιχεία. Γύρατρον. Απομονωτής. Κυκλοφορητής. Φίλτρο YIG. Ανάμιξη υλικών με διαφορετικά  $\epsilon$ ,  $\mu$ . Κυματοδήγηση σε ορθογώνιο κυματοηγό που περιέχει λωρίδα υλικού  $\epsilon$ ,  $\mu$ .
  - Μη ευθύγραμμοι κυματοηγοί και κυματοηγοί με ασυνέχειες [διάδοση σε κυκλικό τμήμα ορθογωνίου κυματοηγού, διάδοση σε ορθογώνιο κυματοηγό με ελικοειδή συστροφή, κυλινδρικοί στυλίσκοι με επαγωγική ή χωρητική συμπεριφορά σε ορθογώνιους κυματοηγούς, probes]. Τεχνικά χαρακτηριστικά κυματοδήγησης [μεταλλικοί κυματοηγοί, οπτικές ίνες, φλάντζες, συμπληρωματικά στοιχεία κυκλωμάτων κυματοδήγησης, διέγερση, αντηχεία, φίλτρα].
  - Ανάλυση μικροκυματικών κυκλωμάτων [παράμετροι S, ισχύς, απόδοση]. Περιγραφή σημάτων στα μικροκυματικά κυκλώματα. Μικροκυματικά πολύθυρα. Μήτρες σκέδασης. Αμφίδρομα πολύθυρα. Μαγικό T. Πολύθυρα χωρίς απώλειες. Ιδανικός κατευθυντικός συζεύκτης. Συμμετρικά πολύθυρα. Μέθοδοι ανάλυσης μικροκυματικών δικτύων. Τρίθυροι διαιρέτες ισχύος. Κατευθυντικοί συζεύκτες.
  - Μικροκυματικά συντονισμένα κυκλώματα. Μικροκυματικά φίλτρα. Ολοκληρωμένα μικροκυματικά κυκλώματα [ταινιογραμμές, μικροταινίες, σχισμογραμμές, ομοεπίπεδες γραμμές, υβριδικά MICs]. Παθητικά μικροκυματικά στοιχεία [σχεδίαση συγκεντρωμένων αντιστάσεων-χωρητικοτήτων-αυτεπαγωγών, κυκλώματα με συγκεντρωμένα φορτία]. Προσαρμογή κυματοηγών [αντίσταση κυματοηγού, μέτρηση αντίστασης γραμμής σε τυχόν σημείο, εύρεση αντίστασης φορτίου].
  - Αλληλεπίδραση δέσμης ηλεκτρονίων με ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Παραγωγή μικροκυμάτων με λυχνίες [όρια λειτουργίας κοινών λυχνιών, ενισχυτήρια λυχνία Klystron, ταλαντώτρια λυχνία Klystron ανάκλασης, λυχνία Magnetron, λυχνία οδεύοντος κύματος TWT, λυχνία νήματος].
  - Ημιαγωγικές μικροκυματικές πηγές [διπολικό τρανζίστορ, μικροκυματικό τρανζίστορ, τρανζίστορ επίδρασης πεδίου FET, ημιαγωγικοί μικροκυματικοί ταλαντωτές, ρυθμοί σε ταλαντωτές με φαινόμενα μεταφοράς ηλεκτρονίων]. Μικροκυματικές διοδοί μίξης - φώρασης. Ταλαντωτές διόδου Gunn και διόδου ipratt.
  - Μικροκυματικές τηλεπικοινωνίες [μικροκυματικά κυκλώματα, θερματικές συσκευές, φίλτρα, πομποδέκτες θερματικοί και αναμετάδοση]. Μικροκυματικές εφαρμογές [διαγνωστική και θεραπευτική ιατρική, βιομηχανικές μετρήσεις, μετρήσεις ταχύτητας, θερμικές διατάξεις]. Βιολογικές επιδράσεις των μικροκυμάτων [όρια επιτρεπτής ακτινοβολίας, βιο-φαινόμενα, ιδιότητες ανθρώπινου σώματος, ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον].
  - Επικοινωνίες χιλιστομετρικών κυμάτων και εφαρμογές.
- Στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών & Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών δύναται να γίνει η εφαρμογή του θεωρητικού μέρους με επιλεγμένες εργαστηριακές ασκήσεις.

#### 4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b>	Πρόσωπο με πρόσωπο θεωρητική διδασκαλία. Ασκήσεις πράξης σε μικρές ομάδες φοιτητών. Εργαστηριακή εκπαίδευση σε μικρές ομάδες φοιτητών. Προσεκλεημένοι ομιλητές ή/και παρακολούθηση ημερίδων.
<b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b>	Χρήση λογισμικού παρουσιάσεων διαφανειών. Χρήση λογισμικού προσομοίωσης κεραίων. Χρήση λογισμικού προσομοίωσης κυματοηγών. Χρήση αναλυτή φάσματος και αναλυτή δικτυωμάτων για μετρήσεις μεγεθών. Ηλεκτρονική επικοινωνία με τους φοιτητές.

	Ηλεκτρονικά αρχεία στην ηλεκτρονική σελίδα μαθήματος στην πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκαπαίδευσης.	
<b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>
	Διαλέξεις	65
	Εργαστηριακές Ασκήσεις	12
	Ασκήσεις Πράξης	8
	Εκπόνηση εργαστηριακών εργασιών/τεχνικών αναφορών σε μικρές ομάδες	10
	Εκπόνηση ατομικών εργασιών	35
	Ατομική Μελέτη	80
	<b>Σύνολο Μαθήματος</b>	<b>210</b>
<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b>	I. Γραπτή τελική εξέταση (60%) - Επίλυση προβλημάτων/υπολογισμοί - Συγκριτική αξιολόγηση στοιχείων θεωρίας II. Εργασίες και εξέταση σε ασκήσεις πράξης (40%) - Ατομικές εργασίες εξάσκησης Τα κριτήρια αξιολόγησης ανακοινώνονται στο πρώτο μάθημα.	

##### 5. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνικά ή μεταφρασμένα διδακτικά συγγράμματα:

- Α. Κανάτας, Φ. Κωνσταντίνου και Γ. Πάντος, *Ασύρματες Επικοινωνίες*, Εκδόσεις Α. Κανάτας, 2010.
- C.A. Balanis, *Κεραίες-Ανάλυση και Σχεδίαση*, Εκδόσεις Ίων, 2005 (1<sup>η</sup> εκδ.).
- Ι.Δ. Κανελλόπουλος, *Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων σε Γήινο Περιβάλλον*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2006.
- J.D. Kraus, *Κεραίες*, Εκδόσεις Τζιόλα, 1998 (2<sup>η</sup> εκδ.).
- Σ.Α. Πακίτης και Α.Α. Νασιόπουλος, *Εισαγωγή στη Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων*, Εκδόσεις Ίων, 2007.
- Τ. Γιούλτσης και Ε. Κριεζής, "Μικροκύματα - Θεωρία και Εφαρμογές", 1η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2016.
- Θ.Δ. Τσιμπούκης, "Ηλεκτρομαγνητικό Πεδίο – Βασική Θεωρία και Εφαρμογές", 1η Έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2014.
- Θ.Δ. Τσιμπούκης, "Εφαρμοσμένος Ηλεκτρομαγνητισμός – Συνοπτική Θεωρία και Υποδειγματικά Λυμένες Ασκήσεις", Εκδόσεις Θ.Δ. Τσιμπούκης, 2012.
- Θ.Δ. Τσιμπούκης, "Ηλεκτρομαγνητικό Πεδίο – Βασική Θεωρία και Εφαρμογές – Τόμος I: Θεμελιώδεις Έννοιες και Νόμοι του Ηλεκτρομαγνητικού Πεδίου", 1η Έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2011.
- Θ.Δ. Τσιμπούκης, "Ηλεκτρομαγνητικό Πεδίο – Βασική Θεωρία και Εφαρμογές – Τόμος II: Χρονικά Μεταβαλλόμενα Πεδία, Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων, Γραμμές Μεταφοράς, Κεραίες", 1η Έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2011.
- Ι.Λ. Τσαλαμέγκας και Ι.Α. Ρουμेलιώτης, "Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία – Τόμος Α: Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία και Κύματα", 1η Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2010.
- Ι.Α. Ρουμελιώτης και Ι.Λ. Τσαλαμέγκας, "Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία – Τόμος Β: Στατικά και Μόνιμα Πεδία", 1η Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2010.
- Ι. Βομβορίδης, "Μικροκυματικές Πηγές Ισχύος", Εκδόσεις Α. Συμεών, 2009.
- Ι.Ν. Σάχαλος, "Μικροκύματα", Εκδ. Χ.Ν.Αϊβάζης, 2008.
- Τ. Γιούλτσης και Ε. Κριεζής, "Μικροκύματα - Τόμος I & II", 1η Έκδοση, Εκδόσεις Κυριακίδη, 2008.
- Δ. Μαρκόπουλος, "Μικροκυματικά Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα II – Ραντάρ και Ραδιοβηθήματα", 1η Έκδοση, Εκδόσεις Ίων, 2008.
- Γ.Κ. Μαργκάς και Σ.Α. Πακίτης, "Τραμμές μεταφοράς υψηλών συχνοτήτων", 2η Έκδοση, Εκδόσεις Ίων, 2006.
- R.E. Collin, "Μικροκύματα", 2η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2005.
- D.M. Pozar, "Μικροκυματική Τεχνολογία", Εκδόσεις Ίων, 2004.
- Θ.Δ. Τσιμπούκης, "Ηλεκτρομαγνητισμός – Στοιχεία Θεωρίας και Ασκήσεις – Τόμος I & II", 2η Έκδοση, Εκδόσεις Θ.Δ. Τσιμπούκης, 2003.
- Κ.Θ. Λιολιούσης, "Μικροκύματα 1: Γεννήτριες, Ενισχυτές, Δίοδοι", 2η έκδοση, Εκδόσεις Ίων, 2002.
- Δ. Μαρκόπουλος και Θ. Νίκας, "Μικροκυματικά Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα II – Ραδιοδίκτυα και Δορυφορικές Ζεύξεις", 2η Έκδοση, Εκδόσεις Ίων, 2000.
- Ν. Ουζούνογλου, "Εισαγωγή στα Μικροκύματα", 2η έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1999.
- Δ. Μαρκόπουλος και Δ. Βαρούτας, "Μικροκυματικά Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα I - Στοιχεία και Κεραίες Μικροκυμάτων", 1η Έκδοση, Εκδόσεις Ίων, 1999.
- Ν. Ουζούνογλου, "Τηλεπικοινωνίες Οπτικών Ινών", 1η Έκδοση, Εκδόσεις Συμεών, 1999.
- Θ.Δ. Τσιμπούκης, "Εισαγωγή στη βασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου I – Ηλεκτροστατικό Πεδίο", Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1991.
- Θ.Δ. Τσιμπούκης, "Εισαγωγή στη βασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου II – Ηλεκτρικό Πεδίο Ροής, Μαγνητικό Πεδίο", Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1991.
- Θ.Δ. Τσιμπούκης, "Εισαγωγή στη βασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου III – Διάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος", Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1991.
- Π.Π. Μαγουλάς, "Τεχνική μικροκυμάτων I", ΟΕΔΒ, Αθήνα 1992.
- Π.Π. Μαγουλάς, "Εργαστηριακές ασκήσεις γραμμών-κεραίων I και τεχνικής μικροκυμάτων II", ΟΕΔΒ, Αθήνα 1991.
- Δ. Παρασκευόπουλος, "Βασική Ηλεκτρομαγνητική Θεωρία", Εκδ. Φοίβος, Αθήνα 1980.

- E. Τουμπακάρης, "Κυματοδηγοί – Θεωρία, Ασκήσεις", Αθήνα 1972.
- Ξενόγλωσσα διδακτικά συγγράμματα:
- S.K. Das and A. Das, *Antenna and Wave Propagation*, Tata Mc-Graw Hill Education, 2013.
- W.L. Stutzman and G.A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, Wiley, 2013 (3<sup>rd</sup> ed.).
- R.E. Collin, *Antennas and Radiowave Propagation*, Mc-Graw Hill, 1985.
- J. Volakis, *Antenna Engineering Handbook*, Mc Graw Hill, 2007 (4<sup>th</sup> ed.).
- K. Kuang and R. Sturdivant, "RF and Microwave Microelectronics Packaging II", 1st Edition, Springer, 2017.
- I. Robertson, N. Somjit and M. Chongcheawchamnan, "Microwave and Millimetre-Wave Design for Wireless Communications", 1st Edition, Wiley, 2016.
- S. Mumtaz, J. Rodriguez, and L. Dai, "mmWave Massive MIMO: A Paradigm for 5G", 1st Edition, Academic Press, 2016.
- K.-W. Yeom, "Microwave Circuit Design: A Practical Approach Using ADS", 1st Edition, Prentice Hall, 2015.
- A. Behagi, "RF and Microwave Circuit Design: A Design Approach Using ADS", Techno Search, 2015.
- T.S. Rappaport, R.W. Heath, R.C. Daniels, and J.N. Murdock, "Millimeter Wave Wireless Communications", Prentice Hall, 2014.
- R. Sturdivant, "Microwave and Millimeter-Wave Electronic Packaging", Artech House, 2014.
- C.A. Balanis, "Advanced Engineering Electromagnetics", 2nd Edition, Wiley, 2012.
- U.L. Rohde and M. Rudolph, "RF and Microwave Circuit Design for Wireless Communications", 2nd Edition, Wiley, 2012.
- J.P. Dunsmore, "Handbook of Microwave Component Measurements: With Advanced VNA Techniques", 1st Edition, Wiley, 2012.
- A. Georgiadis, H. Rogier, L. Roselli and P. Arcioni, "Microwave and Millimeter Wave Circuits and Systems: Emerging Design, Technologies and Applications", 1st Edition, Wiley, 2012.
- D.M. Pozar, "Microwave Engineering", 4th Edition, Wiley, 2011.
- K.-C. Huang and Z. Wang, "Millimeter Wave Communication Systems", Wiley-IEEE, 2011.
- M. Golio, "RF and Microwave Handbook", 2nd Edition, CRC Press, 2008.
- T.S. Laverghetta, "Microwaves and Wireless Simplified", 2nd Edition, Artech House, 2005.
- W.F. Egan, "Practical RF System Design", IEEE-Wiley, 2003.
- D.K. Misra, "Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design", Wiley, 2001.
- A.I. Kozlov, L.P. Lighthart, and A.I. Logvin, "Mathematical and Physical Modelling of Microwave Scattering and Polarimetric Remote Sensing: Monitoring the Earth's Environment Using Polarimetric Radar: Formulation and Potential Applications", Springer, 2001.
- K. Chang, "RF and Microwave Wireless Systems", Wiley, 2000.
- T.S. Laverghetta, "Microwave Materials and Fabrication Techniques", 3rd Edition, Artech House, 2000.
- B. Razavi, "RF Microelectronics", Prentice Hall, 1998.
- B.Z. Katsenelenbaum, L. Mercader del Rio, M. Pereyaslavets, M. Sorolla Ayza, and M. Thumm, "Theory of Nonuniform Waveguides – The Cross-Section Method", IEE, 1998.
- K.C. Gupta, R. Garg, I. Bahl and P. Bhartia, "Microstrip lines and slotlines", 2nd Edition, Artech House, 1996.
- P. Vizmuller, "RF Design Guide: Systems, Circuits, and Equations", Artech House, 1995.
- G. Roussy and J.A. Pearce, "Foundations and Industrial Applications of Microwaves and Radio Frequency Fields – Physical and Chemical Processes", 1st Edition, Wiley, 1995.
- ARRL, "The ARRL UHF / Microwave Projects Manual – Vol. 2", ARRL, 1994.
- R.G. Winch, "Telecommunication Transmission Systems: Microwave, Fiber Optic, Mobile Cellular Radio, Data, and Digital Multiplexing", McGraw Hill, 1993.
- G.H. Bryant, "Principles of Microwave Measurements", Revised Edition, IEEE, 1993.
- B.L. Smith and M.-H. Carpentier, Eds., "The Microwave Engineering Handbook – Vol. II: Microwave Circuits, Antennas and Propagation", Van Nostrand Reinhold, 1993.
- B.L. Smith and M.-H. Carpentier, Eds., "The Microwave Engineering Handbook – Vol. I: Microwave Components", Springer, 1992.
- R.E. Collin, "Foundations for Microwave Engineering", 2nd Edition, McGraw Hill, 1992.
- D.A. Olver, "Microwave and Optical Transmission", Wiley, 1992.
- S.F. Mahmoud, "Electromagnetic Waveguides: Theory and Applications", IEE, 1991.
- R.E. Collin, "Field Theory of Guided Waves", 2nd Edition, Wiley-IEEE Press, 1990.
- T. Itoh, "Numerical Techniques for Microwave and Millimeter-Wave Passive Structures", Wiley, 1989.
- A. Fantom, "Radio Frequency and Microwave Power Measurement", IEE, 1989.
- S. Ramo, J.R. Whinnery, and T.V. Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley, New York 1984.
- N. Marcuvitz, "Waveguide Handbook", Dover Publications, 1965.
- Συναφή επιστημονικά περιοδικά:
- IEEE Wireless Communications (IF=9.202)
- IEEE Transactions on Wireless Communications (IF=5.888)
- IEEE Transactions on Antennas and Propagation (IF=4.13)
- IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters (IF=3.448)
- IEEE Antennas and Propagation Magazine (IF=3.007)
- Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking (IF=2.407)
- IEEE Microwave and Wireless Components Letters (IF=2.169)

- IET Microwaves, Antennas and Propagation (IF=1.739)
- International Journal of Antennas and Propagation (IF=1.378)
- International Journal of Microwave and Wireless Technologies, EuMA (IF=0.745)
- IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques (IF=3.176)
- IEEE Microwave and Wireless Components Letters (IF=2.169)
- IET Microwaves, Antennas and Propagation (IF=1.739)
- Microwave and Optical Technology Letters, Wiley (IF=0.948)
- International Journal of Microwave and Wireless Technologies, EuMA (IF=0.745)
- Microwave Journal (IF=0.212)