

### Γ-3. Οπτικά Δίκτυα και Οπτοηλεκτρονικά Συστήματα

#### 1. ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Γ-3	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Γ
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Οπτικά Δίκτυα και Οπτοηλεκτρονικά Συστήματα		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διάφορες μορφές διδασκαλίας	5	7,5	
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Επιστημονικής Περιοχής, Ανάπτυξης Δεξιοτήτων		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	--		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	Ελληνική		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	Ναι		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	<a href="https://eclass.hmu.gr/courses/EE211/">https://eclass.hmu.gr/courses/EE211/</a>		

#### 2. ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b>
<p><b>Οπτοηλεκτρονικά Συστήματα</b>          Το μάθημα καλύπτει το θεωρητικό και πρακτικό υπόβαθρο που απαιτείται για την κατανόηση της λειτουργίας βασικών οπτοηλεκτρονικών διατάξεων και διαφορετικού τύπου συσκευών laser. Παρέχει στους φοιτητές τα κατάλληλα εργαλεία για την κατανόηση και την εξειδίκευση της χρήσης των παραπάνω συσκευών.          Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής θα είναι σε θέση:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να γνωρίσει σε βάθος τις ιδιότητες του φωτός</li> <li>• Να γνωρίζει σε βάθος τις αρχές λειτουργίας οπτοηλεκτρονικών συσκευών</li> <li>• Να μπορεί να χαρακτηρίζει και χειρίζεται τέτοιου τύπου συσκευές</li> <li>• Να γνωρίζει τις πιο μοντέρνες εφαρμογές της Οπτοηλεκτρονικής και των Laser σε άλλους επιστημονικούς τομείς</li> </ul> <p><b>Οπτικά Δίκτυα</b>          Το μάθημα καλύπτει το θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται για την κατανόηση των κατάλληλων επιμέρους τεχνολογιών και της λειτουργίας των οπτικών δικτύων (δίκτυο πρόσβασης και δίκτυο κορμού), ενώ παρέχει στους φοιτητές και τα κατάλληλα εργαλεία (λογισμικό, αλγόριθμοι, μαθηματικές τεχνικές) για τον σχεδιασμό-υλοποίηση οπτικών δικτύων.          Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής θα είναι σε θέση:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να διακρίνει τις σχεδιαστικές προσεγγίσεις που ακολουθούνται κατά τον σχεδιασμό των σύμφωνων οπτικών συστημάτων επικοινωνίας και των All-optical δικτύων.</li> <li>• Να συγκρίνει τα χαρακτηριστικά (πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα) της υλοποίησης Free Space Optics (FSO) συστημάτων και της τεχνολογίας Gigabit Ethernet με οπτική μετάδοση, σε σχέση με προγενέστερες τεχνολογικές επιλογές.</li> <li>• Να υπολογίζει τα βασικά μεγέθη διαστασιολόγησης διαφόρων PON αρχιτεκτονικών και να προβαίνει στον σχετικό βέλτιστο σχεδιασμό.</li> <li>• Να αξιολογεί τους διαφόρους αλγόριθμους μεταγωγής πακέτων, καθώς και δρομολόγησης και ανάθεσης μήκους κύματος στα σύγχρονα οπτικά δίκτυα.</li> <li>• Να χρησιμοποιεί ποιοτικούς και ποσοτικούς δείκτες κατά την υλοποίηση ολοκληρωμένων δικτύων με οπτική και ασύρματη μετάδοση (FiWi δίκτυα), καθώς και οπτικών δικτύων τύπου greenfield.</li> <li>• Να αξιολογεί το ρόλο της τεχνολογίας Software Defined Networking (SDN) στην λειτουργία και διαχείριση των οπτικών δικτύων.</li> </ul>
<b>Γενικές Ικανότητες</b>
Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών Λήψη αποφάσεων Αυτόνομη εργασία Ομαδική εργασία Σχεδιασμός και διαχείριση έργων Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

#### 3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

<p><b>Οπτοηλεκτρονικά Συστήματα</b>          Κεφάλαιο 1: Θεμελιώδης Ηλεκτρομαγνητική Θεωρία          - Ο κυματοσωματιαδικός δεισιμός του φωτός</p>
--

- Επίπεδα, σφαιρικά και γκαουσιανά κύματα
- Ο ορισμός και οι ιδιότητες του φωτονίου
- Φάση και συμφωνία (χωρική και χρονική)
- Ακτίνες και γεωμετρική οπτική
- Το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης
- Ο Νόμος των Beer & Lambert
- Η οπτική πόλωση και ο νόμος του Brewster
- Διάφοροι τρόποι πόλωσης
- Γκαουσιανή οπτική

#### Κεφάλαιο 2: Θεμελιώδης Θεωρία Ημιαγωγών

- Ενδογενής και εμπλουτισμένος ημιαγωγός
- Ενεργειακές στάθμες
- Ημιαγωγοί ευθέως και μη ευθέως χάσματος
- Το εξιτόνιο
- Η επαφή pn
- Ορθή και ανάστροφη πόλωση επαφής pn

#### Κεφάλαιο 3: Φωτοανιχνευτές, Φωτοεκπέμπουσες Διόδους και Φωτοβολταικές Κυψελίδες

- The importance of photovoltaics
- Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο
- Η χαρακτηριστική λειτουργίας των φωτοβολταϊκών
- Ενεργά και παθητικά φωτοβολταϊκά
- Βασικές έννοιες των φωτοβολταϊκών: open circuit voltage, short circuit current, internal & external quantum efficiency, φασματική απόκριση
- Υλικά για φωτοβολταϊκά
- Υλικά για φωτοανιχνευτές
- Η pin φωτοδιόδος
- Η avalanche φωτοδιόδος
- Η φωτοδιόδος ετεροεπαφής
- Θόρυβος σε μια φωτοδιόδο
- Η φωτοεκπέμουςα διόδος (LED)

#### Κεφάλαιο 4: Βασικές Αρχές Λειτουργίας των Laser

- Οι συντελεστές Einstein
- Η αρχή της αναστροφής πληθυσμού
- Συστήματα 2, 3 και 4 ενεργειακών επιπέδων
- Διάφοροι τρόποι άντλησης συστημάτων laser
- Η σημασία και ο ρόλος του οπτικού ταλαντωτή
- Σταθεροί οπτικοί ταλαντωτές
- Το κέρδος σε μια συσκευή laser
- Διαμήκεις και εγκάρσιοι ρυθμοί ταλάντωσης
- Μηχανισμοί διαπλάτυνσης
- Συνεχής (CW) και παλμικός τρόπος λειτουργίας

#### Κεφάλαιο 5: Οπτικοί Διαμορφωτές

- Η έννοια του πολωτή
- Ο νόμος του Malus
- Ανισοτροπικά Υλικά
- Πλακίδια μισού και ενός τετάρτου μήκους κύματος
- Η οπτική ενεργότητα και η διπλοθλαστικότητα
- Το ηλεκτρο-οπτικό φαινόμενο
- Το μαγνητο-οπτικό φαινόμενο
- Το ακουστο-οπτικό φαινόμενο
- Ο οπτικός απομονωτής

#### Κεφάλαιο 6: Συστήματα Laser

- Ημιαγωγικά Laser
- Laser Αέριας Φάσης: HeNe, CO<sub>2</sub>, Ar – ion laser
- Laser Στερεάς Κατάστασης: Ruby, Nd:YAG, Ti:Sapphire
- Excimer Lasers
- Laser Οπτικών Ινών

#### Κεφάλαιο 7: Laser Υπερβραχέων Παλμών

- Τρόποι παραγωγής υπερβραχέων παλμών

- Μετρήσεις και χαρακτηρισμός υπερβραχέων παλμών
- Έλεγχος της διασποράς των παλμών
- Παλμοί attosecond

#### Κεφάλαιο 8: Εφαρμογές των Laser

- Ιατρικές εφαρμογές (photodynamic therapy, εφαρμογές στην οδοντιατρική, κ.α.)
- Στρατιωτικές εφαρμογές (αποστασιόμετρα – σύστημα Lantirion)
- Εφαρμογές στη βιολογία
- Εφαρμογές στη νανοΗλεκτρονική (οργανικά LED και Laser, πλασμόνια, οργανικά φωτοβολταϊκά)
- Μη γραμμική οπτική και οπτικοί παραμετρικοί ταλαντωτές
- Laser και ενέργεια - HiPer Project
- LED και φωτισμός

#### Κεφάλαιο 9: Θεμελιώδεις Αρχές των Οπτικών Ινών

- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των οπτικών ινών
- Ιστορική αναδρομή των οπτικών ινών
- Τρόποι κατασκευής των οπτικών ινών
- Απώλειες στις οπτικές ίνες, Ανίχνευση των απωλειών, OTDR system
- Το φαινόμενο της διασποράς στις οπτικές ίνες
- Τύποι οπτικών ινών
- Τρόποι σύνδεσης των οπτικών ινών
- Συνδετήρες και διακόπτες

#### Κεφάλαιο 10: Θεμελιώδεις Αρχές των Επικοινωνιών

- Αναλογικές επικοινωνίες
- Ψηφιακές επικοινωνίες
- Μετατροπή σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό και αντίστροφα
- Πολυπλεξία και αποπλεξία σήματος

#### Κεφάλαιο 11: Εφαρμογές των οπτικών ινών στις επικοινωνίες

- Τηλεφωνικές επικοινωνίες
- Δίκτυα υπολογιστών
- Καλωδιακή τηλεόραση
- Παράδειγμα οπτικού δικτύου επικοινωνιών

#### Κεφάλαιο 12: Χαρακτηρισμός Οπτικών Ινών

- Συσκευές χαρακτηρισμού οπτικών ινών
- Μέτρηση οπτικής ισχύος
- Η μέθοδος cutback
- Απώλειες εισαγωγής
- Optical Time Domain Reflectometers
- Απώλειες λόγω απορρόφησης & σκέδασης

#### Οπτικά Δίκτυα

Ιστορική εξέλιξη και μετεξέλιξη των οπτικών δικτύων σε All-optical networks.

Σύμφωνα οπτικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα (σύμφωνη ανίχνευση, σύμφωνοι οπτικοί δέκτες, ομόδυνη ανίχνευση, κλπ.).

Οπτικά δίκτυα τύπου free space (FSO).

Μοντέλο φυσικού επιπέδου για Gigabit Ethernet οπτική μετάδοση.

Οπτικά μητροπολιτικά δίκτυα: Τεχνολογίες, διαστασιολόγηση, σχεδιασμός.

Επισκόπηση των FTTH/PON αρχιτεκτονικών (EPON, GPON, P2P και PMP PON δίκτυα).

Θέματα υλοποίησης των NG-PONs (AWG-based WDM PONs, long-reach XG-PONs, OCDMA OFDMA PONs, κλπ.).

Βέλτιστος σχεδιασμός PON δικτύων πολλαπλών βαθμίδων.

Μεταγωγή πακέτων στο οπτικό πεδίο.

Αλγόριθμοι δρομολόγησης και ανάθεσης μήκους κύματος.

Θέματα υλοποίησης οπτικού δικτύου κορμού.

Εξέλιξη των δικτύων οπτικής πρόσβασης: ολοκλήρωση μεταξύ οπτικών και ασύρματων τεχνολογιών (FiWi δίκτυα) και ολοκλήρωση μεταξύ μητροπολιτικών δικτύων και δικτύων πρόσβασης.

Θέματα σχεδιασμού FTTH δικτύων για greenfield υλοποιήσεις (ποιοτικοί και ποσοτικοί δείκτες σχεδιασμού).

Software Defined Networking (SDN) και οπτικά δίκτυα.

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

<b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b>	Πρόσωπο με πρόσωπο θεωρητική διδασκαλία. Εργαστηριακή εκπαίδευση σε ομάδες φοιτητών (ανά 20). Ασκήσεις πράξης σε μικρές ομάδες φοιτητών.
<b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ</b>	Χρήση λογισμικού παρουσιάσεων διαφανειών

<b>ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b>	Χρήση οπτοηλεκτρονικών & Laser Χρήση εργαλείων χαρακτηρισμού των Laser Χρήση λογισμικού προσομοίωσης οπτικών δικτύων Χρήση οπτικών επικοινωνιακών διατάξεων για μετρήσεις μεγεθών και μέτρων απόδοσης Ηλεκτρονική επικοινωνία με τους φοιτητές Προσκεκλημένοι ομιλητές Ηλεκτρονικό βιβλίο	
<b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>
	Διαλέξεις	52
	Εργαστηριακές Ασκήσεις (υποχρεωτική παρουσία)	12
	Ασκήσεις Πράξης (υποχρεωτική παρουσία)	12
	Εκπόνηση εργαστηριακών εργασιών/τεχνικών αναφορών σε μικρές ομάδες	12
	Εκπόνηση ατομικών εργασιών εξάσκησης	18
	Ατομική Μελέτη	104
	<b>Σύνολο Μαθήματος</b>	<b>210</b>
<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b>	<b>Οπτοηλεκτρονικά Συστήματα</b> I. Γραπτή τελική εξέταση (ΓΕ) (70%) - Επίλυση προβλημάτων/υπολογισμοί - Συγκριτική αξιολόγηση στοιχείων θεωρίας II. Εργαστηριακή εξέταση (ΕΕ) (15%) - Εργαστηριακές εργασίες/τεχνικές αναφορές/μετρήσεις σε μικρές ομάδες III. Εξέταση σε ασκήσεις πράξης (ΑΠ) (15%) - Ατομικές εργασίες εξάσκησης Ο βαθμός του μαθήματος ( $ΓΕ*0,7 + ΕΕ*0,15 + ΑΠ*0,15$ ) πρέπει να είναι τουλάχιστον πέντε (5). Ο βαθμός καθενός από τα I, II, III πρέπει να είναι τουλάχιστον τρία (3). <b>Οπτικά Δίκτυα</b> I. Γραπτή τελική εξέταση (ΓΕ) (60%) - Επίλυση προβλημάτων/υπολογισμοί - Συγκριτική αξιολόγηση στοιχείων θεωρίας II. Εργαστηριακή εξέταση (ΕΕ) (20%) - Εργαστηριακές εργασίες/τεχνικές αναφορές/μετρήσεις σε μικρές ομάδες III. Εξέταση σε ασκήσεις πράξης (ΑΠ) (20%) - Ατομικές εργασίες εξάσκησης Ο βαθμός του μαθήματος ( $ΓΕ*0,7 + ΕΕ*0,15 + ΑΠ*0,15$ ) πρέπει να είναι τουλάχιστον 5. Ο βαθμός καθενός από τα I, II, III πρέπει να είναι τουλάχιστον τρία (3). Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι προσβάσιμα στους φοιτητές από την ηλεκτρονική σελίδα του μαθήματος και ανακοινώνονται στο πρώτο μάθημα.	

##### 5. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<b>Οπτοηλεκτρονικά Συστήματα</b> - Προτεινόμενη Βιβλιογραφία: - Ηλεκτρονικό διαδραστικό βιβλίο διδάσκοντα - M. Young, Οπτική & Laser - John Senior, Optical Fiber Communications - A.A. Σεραφετινίδης, Οπτοηλεκτρονική - S.O. Kasap, Optoelectronics and Photonics (Principles and Practices) - Hooker & Webb, Laser Physics - Συναφή επιστημονικά περιοδικά: - Optics Letters - Review Of Scientific Instruments - Applied Physics Letters - Applied Optics - IEEE Selected Topics of Quantum Electronics <b>Οπτικά Δίκτυα</b> - Προτεινόμενη Βιβλιογραφία: • G. Agrawal, Συστήματα επικοινωνιών με οπτικές ίνες, 4 <sup>η</sup> έκδοση, 2011, Εκδόσεις Τζιόλα. • Σημειώσεις διδάσκοντος.
---

Ξενόγλωσσα διδακτικά συγγράμματα:

- Rajiv Ramaswami, Kumar Sivarajan, Galen Sasaki, *Optical Networks: A practical perspective*, 3η έκδοση, Elsevier.
- Govind Agrawal, *Fiber-Optic Communication Systems*, 4<sup>th</sup> edition, 2011, Wiley.

- Συναφή επιστημονικά περιοδικά:

IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking.

IEEE Journal on Selected Areas in Communications.