



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ»**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Μ2.3**

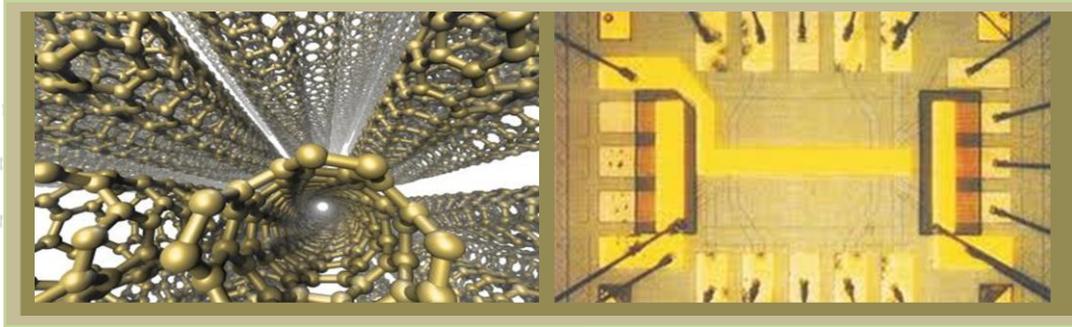
**Οδηγός Σπουδών του ΔΠΜΣ για το ακαδημαϊκό έτος 2023-24**



ΕΘΝΙΚΟ  
ΜΕΤΣΟΒΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΠΜΣ «ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ»**

# ΟΔΗΓΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ



**ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ**  
**2023 -24\***



## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δι-ιδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ»

# ΟΔΗΓΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ

Εγκρίθηκε και λειτουργεί σύμφωνα με το [ΦΕΚ, Τεύχος Β΄, αριθμ. 3587, 23/8/2018 \(Απόφαση 38915\)](#), και τον Κανονισμό Λειτουργίας [ΦΕΚ, Τεύχος Β΄, Αρ. Φύλλου 3526, 21/8/2018 \(Απόφαση 38917\)](#)

### Επισπεύδουσα Σχολή:

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

### Συνεργασία με

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»

ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ

ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΑΘΗΝΑ 2023

## Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

Νανοτεχνολογία είναι η μελέτη υλικών και συστημάτων που περιλαμβάνουν δομές και συστατικά μέρη, τα οποία εξαιτίας των νανομετρικών διαστάσεών τους επιδεικνύουν πρωτότυπες φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες ή συνεργάζονται στην υλοποίηση πρωτότυπων διαδικασιών.

Η Νανοτεχνολογία περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, ανάπτυξη, χαρακτηρισμό, και αξιοποίηση διατάξεων, συστημάτων και εξαρτημάτων δίνοντας έμφαση στον έλεγχο του σχήματος και των διαστάσεων των μερών από τα οποία αποτελούνται, στην κλίμακα των νανομέτρων.

Σε ερευνητικό και τεχνολογικό επίπεδο, η νανοτεχνολογία προσεγγίζεται από τρεις παραδοσιακές κατευθύνσεις έρευνας:

1. Την κλασική *Μικροηλεκτρονική*: Εξαιτίας της διαρκούς σμίκρυνσης των διαστάσεων των ηλεκτρονικών διατάξεων και εξαρτημάτων η τεχνολογία έχει περάσει ήδη σε κλίμακα μικρότερη από αυτή του ενός μικρού (1μm). Οι μνήμες και οι επεξεργαστές των υπολογιστικών συστημάτων σύντομα θα απαιτούν μια τεχνολογία που θα στηρίζεται σε διαστάσεις της τάξης των μερικών νανομέτρων.
2. Την *Επιστήμη Υλικών* και τη *Χημεία*: Οι γνώσεις που έχουν συσσωρευτεί επιτρέπουν την ανάπτυξη νέων υλικών επίστρωσης, μεμβρανών, αισθητήρων και καταλυτών που παρουσιάζουν πρωτότυπες και τεχνολογικά ενδιαφέρουσες ιδιότητες εξαιτίας της δυνατότητας χειρισμού των υλικών σε μοριακό και ατομικό επίπεδο.
3. Τη *Βιολογία*: Τα ζωντανά κύτταρα, τα συστατικά τους μέρη ή τα διάφορα μακρομόρια που αλληλεπιδρούν με ζωντανούς οργανισμούς, μπορούν να συνδυαστούν με υλικά νανομετρικών διαστάσεων για την δημιουργία νέων διατάξεων ή διαδικασιών.

Το Διατμηματικό Διδρυματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» παρέχει εκπαίδευση σε νέους επιστήμονες με αντικείμενο τα Μικροσυστήματα και τις Νανοδιατάξεις. Τα τελευταία χρόνια, έχει σημειωθεί ραγδαία ανάπτυξη σε αυτές τις περιοχές της επιστήμης και της τεχνολογίας, κάτι που αναμένεται να συνεχισθεί και τις επόμενες δεκαετίες.

Τα μικροσυστήματα κατασκευάζονται στο ίδιο μικροσκοπικό επίπεδο, όπως τα ολοκληρωμένα κυκλώματα, ακολουθώντας την λογική της παράλληλης κατασκευής (batch fabrication) που επέδρασε καταλυτικά στην ανάπτυξη της 'κλασικής' Μικροηλεκτρονικής. Τα πεδία εφαρμογών που δημιουργούνται από την ανάπτυξη της μελέτης των Μικροσυστημάτων, είναι ευρύτατα και περιλαμβάνουν δραστηριότητες σχετιζόμενες με την υγεία, το περιβάλλον, την εξοικονόμηση ενέργειας και τις τηλεπικοινωνίες δηλαδή με θέματα, που απασχολούν

καθημερινά τον πολίτη.

Όταν το χαρακτηριστικό μέγεθος των πάσης φύσεως διατάξεων ή μερών που περιλαμβάνει ένα μικροσύστημα είναι μικρότερο των 100 nm, κανείς οδηγείται στην περιοχή της 'Νανοτεχνολογίας'. Παρόλο που η νανοτεχνολογία αγγίζει ένα πολύ ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων η έμφαση του παρόντος μεταπτυχιακού θα είναι σε κατευθύνσεις όπου η Νανοτεχνολογία συναντάει την τεχνολογία των μικροσυστημάτων για την κατασκευή ηλεκτρονικών νανοδιατάξεων και αισθητήρων καθώς και την δημιουργία νανοδομημένων υλικών.

## **2. Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ**

Από τα μέσα της δεκαετίας του 90 η Ευρωπαϊκή Ένωση επενδύει στην έρευνα σε τομείς που εμπίπτουν στην περιοχή της νανοτεχνολογίας. Έτσι, έχει δημιουργηθεί μια σημαντική υποδομή γνώσεων στην περιοχή αυτή. Επόμενος στόχος είναι η αξιοποίηση αυτών των γνώσεων για την ανάπτυξη καινοτομικών προϊόντων και διαδικασιών παραγωγής. Στην πορεία αυτή ιδιαίτερη σημασία έχει η εκπαίδευση των νέων επιστημόνων, ερευνητών και μηχανικών παραγωγής που θα παρέχει:

- τις απαιτούμενες τεχνικές γνώσεις και ικανότητες,
- την εμπέδωση της διεπιστημονικής φύσης της έρευνας στους τομείς της νανοτεχνολογίας,
- την σύνδεση της έρευνας με εφαρμογές που καλύπτουν πραγματικές ανάγκες της κοινωνίας και

την καλλιέργεια μιας θετικής στάσης απέναντι στην ιδέα της διαρκούς εξέλιξης στην τεχνολογία και την παραγωγή.

Ο κλάδος της Νανοτεχνολογίας και των Μικροσυστημάτων αναμένεται να αποτελέσει τον κύριο τομέα απασχόλησης υψηλά ειδικευμένου προσωπικού για τα επόμενα χρόνια. Για να ανταποκριθεί η εκπαίδευση σε αυτές τις ανάγκες θα πρέπει να προετοιμάσει τους μελλοντικούς τεχνολόγους-επιστήμονες έτσι ώστε να μπορούν να παρακολουθούν την αυξανόμενη περιπλοκότητα των τεχνολογικών προβλημάτων.

## **3. ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

Οι χώρες που αναγνωρίζουν το ρόλο της νανοτεχνολογίας στην οικονομική τους ανάπτυξη, επενδύουν σημαντικά κεφάλαια στην διεξαγωγή της έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα αυτό. Ειδικά μετά το 2000 παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση επενδύσεων σε Ιαπωνία, Ηνωμένες Πολιτείες και Ευρωπαϊκή Ένωση.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάτι ανάλογο συνέβη και σε άλλες χώρες που είναι λιγότερο ανεπτυγμένες όπως η Κίνα, η Κορέα και η Ταϊβάν, όπου οι κυβερνήσεις έχουν αναγορεύσει την ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας σε εθνική πολιτική. Είναι προφανές ότι λιγότερο ανεπτυγμένες οικονομίες όπως αυτή της Ελλάδας δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τέτοιου επιπέδου επενδύσεις. Θα πρέπει όμως να υιοθετήσουν μια σαφή στρατηγική ενίσχυσής τους

Η νανοτεχνολογία βρίσκεται ακόμα στα πρώιμα στάδια της ανάπτυξής της. Οι τεχνολογίες που θα υιοθετηθούν δεν έχουν ξεκαθαριστεί ακόμα. Οι οικονομικές δυνάμεις που θα επικρατήσουν και θα βάλουν κάτω από τον έλεγχο τους ένα μεγάλο μέρος της έρευνας και των εφαρμογών δεν έχουν φανεί ακόμα στον ορίζοντα. Οι περισσότερες επιχειρήσεις που διαθέτουν στην αγορά προϊόντα που συνδέονται με την έρευνα στην περιοχή της νανοτεχνολογίας είναι ακόμα μικρές τόσο σαν οικονομικά μεγέθη όσο και σαν αριθμός ανθρώπων που απασχολούν. Σε αυτή την φάση η είσοδος μιας χώρας στην έρευνα και την εκπαίδευση για την ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας είναι ακόμα ανοικτή.

Μια εθνική στρατηγική ανάπτυξης της νανοτεχνολογίας θα πρέπει να αποσκοπεί:

1. Στην απορρόφηση των τεχνολογικών επιτευγμάτων που θα αναπτύξουν οι πιο εύρωστες οικονομικά χώρες (προσαρμογή και αξιοποίηση εισαγόμενης τεχνολογίας).
2. Στην αξιοποίηση των ευκαιριών που δημιουργούνται από την ύπαρξη κάποιων ιδιαίτερων εθνικών πόρων (π.χ. επιστημονικού δυναμικού) ή καινοτομιών (π.χ. πατέντες, τεχνικές κατασκευής υλικών, διαδικασίες κλπ)
3. Στην δημιουργία ενός κατάλληλα εκπαιδευμένου ανθρώπινου δυναμικού που θα μπορεί να φέρει σε πέρας τα παραπάνω.

Το Διατμηματικό Διδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» λειτουργεί με στόχο την ικανοποίηση αυτών των αναγκών.

## **B. Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΑ ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ**

### **1. Ο ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ**

Η έρευνα που διεξάγεται στα Πανεπιστήμια στον τομέα της νανοτεχνολογίας, κατέχει κεντρική θέση στην διαδικασία υλοποίησης καινοτομικών διατάξεων όπως αισθητήρες, μικρομηχανικά συστήματα, διατάξεις απεικόνισης, νανοδομημένα υλικά κλπ. Οι διαστάσεις των επιμέρους στοιχείων που αποτελούν τις διατάξεις αυτές είναι της τάξης των μερικών εκατοντάδων ατόμων ή και μικρότερες. Σε αυτό το επίπεδο, η κλασική εικόνα που έχουμε για τα υλικά είναι ανεπαρκής. Η νανοτεχνολογία και η μελέτη των νανο-υλικών πλησιάζουν όλο και περισσότερο σε βαθμό που η ανεξάρτητη μελέτη τους να μην έχει καν νόημα.

Η ανάπτυξη του βαθμού ολοκλήρωσης των διατάξεων, επιβάλλει τον αποτελεσματικό συντονισμό διαφορετικών δραστηριοτήτων όπως της έρευνας της αγοράς, του σχεδιασμού, της κατασκευής των ηλεκτρονικών μονάδων χειρισμού και μετάδοσης του σήματος, την ανάπτυξη διατάξεων αίσθησης και απεικόνισης, την κατανόηση της λειτουργίας των νανο-υλικών κλπ. Αυτές οι απαιτήσεις φέρνουν στην επιφάνεια την ανάγκη:

- ανάπτυξης της βασικής έρευνας
- εντοπισμού των αναδυόμενων τεχνολογιών,
- επινόησης αποτελεσματικών σχημάτων συνεργασίας και

εκπόνησης προγραμμάτων σπουδών που θα αποβλέπουν στην δημιουργία ενός νέου προφίλ επιστήμονα-τεχνολόγου. Στην κατεύθυνση αυτή είναι απαραίτητη η υιοθέτηση μιας διεπιστημονικής προσέγγισης στην εκπαίδευση των νέων επιστημόνων.

## **2. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΠΤΥΧΙΟΥΧΩΝ**

Το Διατμηματικό Διδρυματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» απευθύνεται σε φοιτητές που έχουν ολοκληρώσει τις προπτυχιακές σπουδές τους στις φυσικές επιστήμες, ή σε απόφοιτους μηχανικούς και γενικότερα σε αποφοίτους Σχολών Θετικής Κατεύθυνσης. Το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελεί μια γέφυρα ανάμεσα στις προπτυχιακές σπουδές και την απασχόληση σε κλάδους τεχνολογίας αιχμής ή την συνέχιση των σπουδών για την απόκτηση διδακτορικού τίτλου.

Η ανάπτυξη του κλάδου των μικροσυστημάτων και της νανοτεχνολογίας, απαιτεί την ύπαρξη υψηλά ειδικευμένου τεχνικού δυναμικού. Εκτιμάται λ.χ. πως οι ημιαγωγοί και οι σχετιζόμενοι κλάδοι στηρίζουν την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα σε όλους τους σημαντικούς τομείς της οικονομίας. Στην Ευρώπη, το οικοσύστημα ημιαγωγών απασχολεί άμεσα περίπου 250.000 άτομα. Περισσότεροι από 800.000 άνθρωποι εργάζονται για την ενσωμάτωση στοιχείων σε συστήματα, εφαρμογές και υπηρεσίες σε όλη την Ευρώπη. Συνολικά, τα μικρο- και νανο-ηλεκτρονικά εξαρτήματα και συστήματα επιτρέπουν τη δημιουργία τουλάχιστον 10% του ΑΕΠ στην Ευρώπη και τον κόσμο.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η χρηματοδότηση της έρευνας για τις νανοτεχνολογίες αυξάνεται με

σχεδόν εκθετικό ρυθμό, με τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αντιπροσωπεύουν σχεδόν το ένα τέταρτο των συνολικών επενδύσεων στην έρευνα. Υπάρχουν περισσότερες από 4000 εταιρείες νανοτεχνολογίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και ερευνητικά κέντρα σε κάθε χώρα σε όλη την ήπειρο.

Με βάση τις πρωτοβουλίες της ΕΕ για την αύξηση της συμμετοχής της Ευρώπης από 10% (2020) στο 20% (2030) στην παγκόσμια παραγωγή μικροηλεκτρονικών κυκλωμάτων, την ραγδαία αύξηση της χρήσης νανουλικών για την παραγωγή καταναλωτικών αγαθών και τις επαγόμενες ανάγκες σε προσωπικό υψηλής εξειδίκευσης στην αντίστοιχη τεχνολογία αλλά κι έρευνα, εκτιμάται ότι ένα μεταπτυχιακό πρόγραμμα με τα χαρακτηριστικά του ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» είναι προσαρμοσμένο σε αυτή τη ζήτηση.

### 3. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

**Σκοπός** του προγράμματος είναι να προσφέρει εκπαίδευση υψηλού επιπέδου στα μικροσυστήματα και τις νανοδιατάξεις, που θα εξοικειώνει τους φοιτητές με την έρευνα αλλά και με τυπικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία.

Με δεδομένη τη ραγδαία εξέλιξη του αντικειμένου, κανείς θα πρέπει να είναι προετοιμασμένος να ανανεώνει τις γνώσεις και τις ικανότητές του έτσι ώστε να μπορεί να παρακολουθεί και να συμμετέχει στην εξέλιξη της τεχνολογίας. Για τον λόγο αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα φιλοδοξεί να παρέχει στους φοιτητές του ένα κατάλληλο μείγμα γνώσεων και δεξιοτήτων, που θα αποτελούν το υπόβαθρο επάνω στο οποίο θα στηρίζουν την μελλοντική τους ανάπτυξη ανάλογα με τις τάσεις που διαμορφώνονται στον κλάδο.

Οι απόφοιτοι θα μπορούν να απασχοληθούν σε ελληνικές και διεθνείς επιχειρήσεις τεχνολογίας αιχμής ή να συνεχίσουν τις σπουδές τους για την απόκτηση διδακτορικού τίτλου σπουδών. Οι απόφοιτοι του μεταπτυχιακού:

- Θα έχουν επαρκή θεωρητική κατάρτιση και τεχνολογική εμπειρία, που θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του αναπτυσσόμενου κλάδου των μικροσυστημάτων και των νανοδιατάξεων.
- Θα έχουν αποκτήσει βασικές γνώσεις και ικανότητες έρευνας.

Ο σκοπός του προγράμματος επιτυγχάνεται μέσα από την υλοποίηση των παρακάτω **στόχων**:

- Εκπαίδευση σε σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα μέσα από την διδασκαλία υποχρεωτικών μαθημάτων, μαθημάτων επιλογής και την παρακολούθηση σεμιναρίων.
- Απόκτηση γνώσεων σε θέματα έρευνας μέσα από την ανάληψη μιας Μεταπτυχιακής Εργασίας.



- Απόκτηση τεχνικών δεξιοτήτων και γνώσεων τεχνολογίας μέσα από την διεξαγωγή εργαστηριακών ασκήσεων.

Προετοιμασία για τη συνέχιση των σπουδών για την απόκτηση Διδακτορικού ή για την απασχόληση σε διεθνείς ή Ελληνικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην περιοχή της κατασκευής μικροσυστημάτων ή νανοδιατάξεων.

## Γ. ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ ΦΟΡΕΙΣ – ΥΠΟΔΟΜΗ

### ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΦΟΡΕΩΝ

Οι εμπλεκόμενες Σχολές του ΕΜΠ είναι η Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών (ως Επισπεύδουσα Σχολή), η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ, η Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, η Σχολή Χημικών Μηχανικών, και η Σχολή Μεταλλειολόγων Μεταλλουργών Μηχανικών. Παράλληλα, συμμετέχουν ως συνεργαζόμενοι φορείς, το Ινστιτούτο Μικροηλεκτρονικής του ΕΚΕΦΕ 'Δημόκριτος', το Ινστιτούτο Θεωρητικής και Φυσικής Χημείας του ΕΙΕ, το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λείζερ του ΙΤΕ, τα οποία διαθέτουν για τις ανάγκες του Μεταπτυχιακού τόσο τον κατάλληλο εξοπλισμό όσο και το ανθρώπινο δυναμικό.

Με τον συνδυασμό του ανθρώπινου δυναμικού και του τεχνικού εξοπλισμού, που προσφέρουν οι παραπάνω συμμετέχοντες φορείς, δημιουργείται η απαραίτητη κρίσιμη μάζα για την λειτουργία του παρόντος Διατμηματικού Διδρυματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών.

Η συνοπτική περιγραφή των συνεργαζόμενων φορέων του ΔΠΜΣ έχει ως εξής:

Οι προπτυχιακές σπουδές στη **Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών** αποτελούνται από δύο κατευθύνσεις: την κατεύθυνση του Μαθηματικού Εφαρμογών και την κατεύθυνση του Φυσικού Εφαρμογών. Η Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών περιλαμβάνει τους Τομείς Φυσικής, Μαθηματικών, Μηχανικής και Ανθρωπιστικών & Κοινωνικών Επιστημών & Δικαίου.

Οι ερευνητικές δραστηριότητες του Τομέα Φυσικής είναι πολύ εκτεταμένες, ενώ κάποιες από αυτές γίνονται σε συνεργασία με άλλες Σχολές του Ε.Μ.Π. καθώς και με άλλα Ιδρύματα της Ελλάδας και του εξωτερικού. Οι ερευνητικές δραστηριότητες εμπίπτουν στις εξής περιοχές:

1. Θεωρητική Φυσική Στερεάς Κατάστασης.
2. Φυσική Διηλεκτρικών.
3. Οπτική Φασματοσκοπία (Raman, Luminescence,)
4. Ανάπτυξη Συστημάτων Λείζερ και Εφαρμογές των Λείζερ.

5. Θεωρητική Φυσική Υψηλών Ενεργειών.
6. Πειραματική Φυσική Υψηλών Ενεργειών.
7. Πυρηνική Φυσική.
10. Βιοφυσική.

Η **Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών** είναι από μία από τις παλαιότερες Σχολές του ΕΜΠ. Σήμερα, το προσωπικό και οι εκπαιδευτικές και ερευνητικές δραστηριότητες της Σχολής κατανέμονται σε 6 Τομείς: Βιομηχανικής Διοικήσεως και Επιχειρησιακής Έρευνας, Θερμότητας, Μηχανολογικών Κατασκευών και Αυτομάτου Ελέγχου, Πυρηνικής Τεχνολογίας, Ρευστών και Τεχνολογίας των Κατεργασιών. Η Σχολή έχει να επιδείξει αξιόλογο ερευνητικό έργο, όπως αποδεικνύεται από τον μεγάλο αριθμό δημοσιεύσεων σε επιστημονικά περιοδικά και σε πρακτικά διεθνών συνεδρίων, και από τη συνεχώς αυξανόμενη χρηματοδότηση των ερευνητικών προγραμμάτων της (από ΕΕ, ΓΓΕΤ και ιδιωτικούς/δημόσιους φορείς), ενώ διαθέτει άρτιες και σύγχρονες εργαστηριακές εγκαταστάσεις.

#### **Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών**

Η **Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών** είναι η τρίτη, κατά σειρά αρχαιότητας, Σχολή του ΕΜΠ, και η Σχολή με την υψηλότερη βάση εισαγωγής, μεταξύ των Σχολών Μηχανικών για πολλά ακαδημαϊκά έτη.

Το πρόγραμμα σπουδών προσφέρει τέσσερις κατευθύνσεις που είναι οι εξής:

1. Ηλεκτρονικής και Συστημάτων
2. Πληροφορικής
3. Επικοινωνιών
4. Ενέργειας

Στο πλαίσιο των ανωτέρω Κατευθύνσεων προσφέρονται οκτώ Ροές μαθημάτων με μεγαλύτερη ή μικρότερη συμμετοχή σε κάθε Κατεύθυνση

Η Σχολή **Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ)** του ΕΜΠ υπήρξε πρωτοπόρα στην εγκαθίδρυση μεταπτυχιακών σπουδών στην Ελλάδα ήδη από τα μέσα της δεκαετίας 1970. Σήμερα, ο συνολικός αριθμός των υποψηφίων διδασκτόρων του Τμήματος ΗΜΜΥ ανέρχεται σε 600 περίπου, ενώ ο αριθμός των αναγορευμένων ετησίως διδασκτόρων σε 60 περίπου.

Η **Σχολή Χημικών Μηχανικών** του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου αποτελείται από τέσσερις Τομείς: Χημικών Επιστημών, Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων, Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών. Η έρευνα για την παραγωγή νέας γνώσης σε όλους τους τομείς προχωρεί με τις διδακτορικές διατριβές, που εκπονούν οι μεταπτυχιακοί σπουδαστές. Επίσης, χρηματοδοτούμενα ερευνητικά προγράμματα τόσο ευρωπαϊκά όσο και εθνικά, προωθούν τη

βασική και εφαρμοσμένη έρευνα και αναπτύσσουν τη συνεργασία της Σχολής με Πανεπιστήμια του εσωτερικού και του εξωτερικού και με τον ιδιωτικό τομέα, εγχώριο ή ξένο. Η έρευνα - ανάπτυξη - βελτίωση προϊόντων, μεθόδων και εγκαταστάσεων, η μελέτη - κατασκευή - λειτουργία - τεχνική εξυπηρέτηση χημικών εγκαταστάσεων, και ο σχεδιασμός - παραγωγή - έλεγχος - διάθεση - εφαρμογές των παραγόμενων προϊόντων και υλικών αποτελούν όχι μόνο πεδία γνώσης, αλλά και πεδία έρευνας της Σχολής. Αποτέλεσμα της όλης ερευνητικής δραστηριότητας σε επίπεδο διπλωματικών εργασιών, διδακτορικών διατριβών και ερευνητικών προγραμμάτων, είναι οι πολυάριθμες επιστημονικές δημοσιεύσεις στον ελληνικό και διεθνή χώρο και τα βραβεία, που έχουν καταξιώσει το επιστημονικό διδακτικό προσωπικό και τη Σχολή γενικότερα.

**Το Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (INN) του ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος"** είναι ένα από τα κορυφαία ερευνητικά ινστιτούτα στην Ελλάδα με δραστηριότητες αιχμής που ευθυγραμμίζονται με τις περισσότερες προτεραιότητες του Horizon Europe και τις Βασικές Τεχνολογίες Ενδυνάμωσης της Ευρώπης (KET), όπως Advanced Materials, Nanotechnology, Micro&Nanoelectronics, Νανοβιοτεχνολογία και Φωτονική. Το εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό και η δημιουργική ικανότητα του ινστιτούτου που υποστηρίζονται από μια μοναδική στην Ελλάδα - συλλογική υποδομή παρέχουν ένα χαρακτηριστικό οικοσύστημα για την ανάπτυξη και την προώθηση παγκόσμιας κλάσης βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας. Οι ισχυροί δεσμοί με τον κλάδο και πολλές ΜΜΕ βοηθούν περαιτέρω την προσπάθεια του ινστιτούτου να μετατρέψει τη γνώση που παράγεται σε καινοτομίες και να τις μεταφέρει στην αγορά. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του πρόσφατα σφυρηλατημένου και διακριτικού χαρακτήρα του INN ήταν η ευελιξία και η προθυμία του να ανατρέψει ένα από τα αρχικά του εμπόδια, γνωστό και ως τον πολύ μεγάλο αριθμό ερευνητών (το INN είναι μακράν το μεγαλύτερο ινστιτούτο στη χώρα, ακόμη μεγαλύτερο από κάποια ολόκληρα ελληνικά ερευνητικά κέντρα), σε ένα από τα ισχυρότερα πλεονεκτήματά του: το INN είναι σήμερα το πιο διεπιστημονικό ερευνητικό ίδρυμα στη χώρα και είναι πολύ περήφανο που περιλαμβάνει δραστηριότητες διασταυρούμενης γονιμοποίησης και οριζόντιες συνέργειες σε όλο το ευρύ φάσμα των κλάδων του στην καθημερινή του επιστημονική δραστηριότητα. Οι δραστηριότητες του INN διαρθρώνονται σε πέντε Προγράμματα που ευθυγραμμίζονται με τις ερευνητικές προτεραιότητες του ινστιτούτου:

Χημικές Επιστήμες για Νανοδομές και Βιολογικές Εφαρμογές

Πολιτιστική Κληρονομιά

Μαγνητισμός - Υπεραγωγιμότητα, Προηγμένα Υλικά και Εφαρμογές

Νανοχημεία και Νανοϋλικά

Νανοηλεκτρονική, Φωτονική και Μικροσυστήματα

Το **Ινστιτούτο Θεωρητικής και Φυσικής Χημείας (ΙΘΦΧ)** του ΕΙΕ, ιδρύθηκε το 1979 και είναι ένα από τα τρία ερευνητικά Ινστιτούτα του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών. Έχει ως κύριους στόχους:

- την ανάπτυξη και πρόοδο της επιστημονικής γνώσης και την τεχνολογική καινοτομία προηγμένων υλικών με λειτουργικότητα σε επιλεγμένα πεδία που βρίσκονται στην αιχμή της συνθετικής χημείας και της φυσικοχημείας, της θεωρητικής και υπολογιστικής χημείας και επιστήμης υλικών, και της φωτονικής,
- την εκπαίδευση και κατάρτιση νέων ερευνητών (προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών, υποψηφίων διδασκτόρων) και εμπειρών ερευνητών (μεταδιδακτορικών επιστημόνων),
- την προώθηση της αναπτυσσόμενης τεχνογνωσίας σε επιλεγμένους τομείς τεχνολογικών εφαρμογών και την παροχή ερευνητικών υπηρεσιών μέσω εξειδικευμένων εργαστηρίων και υποδομών προς επιχειρηματικούς φορείς.

Με σταθερή μακροπρόθεσμη επιστημονική στρατηγική και με σημαντική τεχνογνωσία που αναπτύχθηκε όλα αυτά τα χρόνια, το ΙΘΦΧ παραμένει σε εγρήγορση αναπροσανατολίζοντας την έρευνά του προς αναδυόμενα θέματα αιχμής, ενισχύοντας την ανταγωνιστικότητά του μέσω εξωτερικής χρηματοδότησης και αναζητώντας τη βιομηχανική εκμετάλλευση της τεχνογνωσίας του.

Οι ερευνητικές ομάδες του Ινστιτούτου συνεισφέρουν ουσιαστικά στην πρόοδο της επιστημονικής γνώσης και στην τεχνολογική καινοτομία. Με τη συνεργασία των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Ινστιτούτου επιτυγχάνεται η απόδειξη της έννοιας για επιλεγμένες και στοχευμένες εφαρμογές, η ανάπτυξη πρωτότυπων διατάξεων και συσκευών, και η κλιμάκωση και εφαρμογή τεχνολογιών που αναπτύχθηκαν προκειμένου να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της εργαστηριακής έρευνας, της επιχειρηματικότητας και της κοινωνίας.

Το **Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λείζερ** του Ιδρύματος Έρευνας και Τεχνολογίας-Ελλάς (ΙΕΣΛ-ΙΤΕ) ιδρύθηκε το 1983. Έκτοτε έχει καθιερώσει τη διεθνή παρουσία του στους τομείς της Επιστήμης Λείζερ, Μικρο/νανοηλεκτρονικής, Επιστήμης Πολυμερών, Υλικών Επιστήμη και Αστροφυσική. Σήμερα, το ΙΕΣΛ κατέχει μια ξεχωριστή θέση στον διεθνή επιστημονικό χάρτη σε πολλά από αυτά τα πεδία. Ο σκοπός του Ινστιτούτου είναι:

- Να εκτελεί βασική και εφαρμοσμένη έρευνα υψηλής ποιότητας.
- Να αναπτύξει τεχνογνωσία σε επιλεγμένους προηγμένους τεχνολογικούς τομείς και να την εκμεταλλευτεί είτε μέσω πωλήσεων εξειδικευμένων καινοτόμων προϊόντων και υπηρεσιών είτε μέσω μεταφοράς γνώσης και τεχνογνωσίας προς όφελος της ελληνικής και ευρωπαϊκής βιομηχανίας και του ευρύτερου δημόσιου τομέα.
- Να παρέχει εκπαίδευση και κατάρτιση σε νέους επιστήμονες σε συγκεκριμένους τομείς προηγμένης τεχνολογίας όπως οπτοηλεκτρονική, μικρο/νανοηλεκτρονική, επιστήμη και μηχανική υλικών καθώς και επιστήμη και εφαρμογές λείζερ.

## **Δ. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

### **1. ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Σύμφωνα με το ισχύον πλαίσιο λειτουργίας των μεταπτυχιακών προγραμμάτων η απόκτηση Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΜΣ) γίνεται μετά από σπουδές ελάχιστης διάρκειας τριών ακαδημαϊκών εξαμήνων.

Το ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» λειτούργησε για πρώτη φορά το 2003 (ΦΕΚ 1980, 31/12/2003) με χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το ΥΠΕΠΘ στο πλαίσιο του ΕΠΕΑΕΚ.

Σε συμφωνία με τους επιμέρους στόχους του ΕΜΠ το ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» επιδιώκει:

- Την διατήρηση και ενίσχυση της ποιότητας της επαγγελματικής κατάρτισης.
- Τον έλεγχο και αντικειμενική αξιολόγηση όλων των μεταπτυχιακών μαθημάτων έτσι ώστε να διασφαλίζεται το αδιαφιλονίκητο του μεταπτυχιακού επιπέδου.
- Την ανταπόκριση στις τρέχουσες και μελλοντικές αναπτυξιακές ανάγκες.
- Την ελκυστικότητα για τους σπουδαστές άλλων ισότιμων πανεπιστημίων.

#### **α. Η καθημερινή λειτουργία του ΔΠΜΣ**

Η καθημερινή λειτουργία του Προγράμματος εξασφαλίζεται από τη διοικητική υποστήριξη που παρέχει η Γραμματεία του Μεταπτυχιακού. Οι φοιτητές θα πρέπει να παρακολουθούν τις ανακοινώσεις της γραμματείας του Μεταπτυχιακού για την πληρέστερη ενημέρωσή τους ή να επικοινωνούν με την γραμματεία για θέματα όπως:

- Η συγκέντρωση των δικαιολογητικών των υποψηφίων μεταπτυχιακών φοιτητών.
- Οι εγγραφές των μεταπτυχιακών φοιτητών στην αρχή της διδακτικής περιόδου.
- Η σύνταξη καταλόγου φοιτητών ανά μάθημα (ιδιαίτερα για τα μαθήματα επιλογής).
- Η τήρηση καρτέλας για κάθε εγγεγραμμένο φοιτητή και ενημέρωσή της κατά τη διάρκεια των σπουδών.
- Η έκδοση δελτίων βαθμολογίας
- Η κοινοποίηση των Ωρολογίων Προγραμμάτων Μαθημάτων και των Προγραμμάτων των Εξετάσεων.
- Η έκδοση πιστοποιητικών και βεβαιώσεων, που χορηγούνται μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου και υπογράφονται από τον Γραμματέα του Τμήματος και τον Διευθυντή του ΔΠΜΣ.

- Κάθε πληροφορία που αφορά την χορήγηση δανείων και υποτροφιών.
- Οι διαδικασίες απονομής τίτλων

Γλώσσα λειτουργίας και εκπαίδευσης θα είναι η **αγγλική** μόλις ολοκληρωθεί η μετάβαση του ΔΠΜΣ σε αγγλόφωνο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών (εντός του 2024).

### **β. Προκήρυξη θέσεων. Επιλογή υποψηφίων.**

Η προκήρυξη υποβολής υποψηφιοτήτων για την παρακολούθηση του ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» γίνεται στις αρχές Ιουνίου κάθε έτους. Η προκήρυξη δημοσιεύεται στον διαδικτυακό χώρο του Μεταπτυχιακού ([www.physics/ntua.gr/micronano](http://www.physics.ntua.gr/micronano)), ενώ η ενημέρωση των υποψηφίων γίνεται μέσω ανακοινώσεων στις Γραμματείες συναφών σχολών και ενδεχομένως με ανακοινώσεις ή επίκαιρα άρθρα στον ημερήσιο και περιοδικό τύπο.

Σε συμφωνία με τις γενικές αρχές που διέπουν την λειτουργία των Μεταπτυχιακών Σπουδών στο ΕΜΠ, μπορούν να γίνονται κατ' αρχάς δεκτοί:

- α) Απόφοιτοι του Ε.Μ.Π. και των άλλων Πολυτεχνικών Σχολών της χώρας.
- β) Απόφοιτοι λοιπών Α.Ε.Ι. της χώρας, θετικής κατεύθυνσης.
- γ) Απόφοιτοι Α.Ε.Ι. του εξωτερικού, θετικής κατεύθυνσης, με σπουδές νόμιμα αναγνωρισμένες ως ισότιμες ελληνικών Α.Ε.Ι., με πτυχίο επιπέδου M.Sc. ή M. Eng. ή άλλου ισοδύναμου τίτλου.
- δ) Τελειόφοιτοι του Ε.Μ.Π. ή Α.Ε.Ι. των παραπάνω κατηγοριών, εφόσον καταθέσουν αποδεικτικά στοιχεία ότι η απόκτηση του πτυχίου τους θα προηγηθεί της έναρξης του Δ.Π.Μ.Σ.. **Μέχρις ότου αρθεί η εκκρεμότητα αυτή δεν θα εκδίδεται κανένα πιστοποιητικό για τον ενδιαφερόμενο.**

Γενική προϋπόθεση για την επιλογή των φοιτητών στο ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» είναι να κατέχουν ένα ελάχιστο επίπεδο γνώσεων υποδομής που κρίνεται απαραίτητο για την παρακολούθηση του Προγράμματος και που σαν περιεχόμενο αντιστοιχεί στην διεπιστημονικότητα του αντικειμένου. Την ευθύνη της επιλογής των υποψηφίων έχει η Επιτροπή Επιλογής Υποψηφίων μεταπτυχιακών φοιτητών που αποτελείται από τρία (3) μέλη ΔΕΠ πρώτης ή δεύτερης βαθμίδας οι οποίοι προέρχονται από τις Σχολές του ΕΜΠ που συμμετέχουν στο ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις». Οι υποψήφιοι, σαν αποδεικτικά των γνώσεων που κατέχουν, υποβάλουν:

- Αντίγραφο πτυχίου και αναλυτική κατάσταση βαθμολογίας απ' όπου προκύπτει το ακριβές περιεχόμενο των προπτυχιακών σπουδών τους.
- Αναλυτικό βιογραφικό σημείωμα το οποίο περιλαμβάνει και την όποια επαγγελματική εμπειρία του υποψηφίου.

- Δημοσιεύσεις σε ακαδημαϊκά περιοδικά και/ή Συνέδρια.
- Αποδεικτικά γνώσης ξένων γλωσσών και υπολογιστών.
- Δύο συστατικές επιστολές.

Στην περίπτωση που η Επιτροπή Επιλογής Υποψηφίων αποφανθεί ότι οι γνώσεις υποδομής κάποιου υποψηφίου ή υποψηφίας δεν ανταποκρίνεται στο ελάχιστο όριο που απαιτείται για την παρακολούθηση του ΔΠΜΣ, μπορεί να ζητήσει την επιτυχή παρακολούθηση κάποιων προπτυχιακών μαθημάτων. Εφ' όσον τα προαπαιτούμενα προπτυχιακά μαθήματα είναι λιγότερα των τριών (3) η ΕΠΣ αποφασίζει για την ενδεχόμενη παράλληλη παρακολούθησή τους από τον μεταπτυχιακό φοιτητή, υπό την προϋπόθεση ότι η επιτυχής εξέταση σε αυτά θα γίνει πριν από την έναρξη των μεταπτυχιακών μαθημάτων, για τα οποία είναι προαπαιτούμενα.

## 2. ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Σύμφωνα με τον Ν.4957/2022 (άρθρα 81, 82, και άρθρο 455 “Τελικές μεταβατικές διατάξεις Κεφαλαίου Θ”), αρμόδιο όργανο για το ΔΠΜΣ είναι η Επιτροπή Προγράμματος Σπουδών (ΕΠΣ) του ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις», η οποία συγκροτείται με βάση το βάρος συμμετοχής των συνεργαζόμενων φορέων, ΣΕΜΦΕ, INN-ΕΚΕΦΕΔ, ΣΗΜΜΥ, ΣΧΜ, ΣΜΜ, ΣΜΜΜ, στο πρόγραμμα των μεταπτυχιακών μαθημάτων, που καταγράφεται στο σύνδεσμο (<http://www.physics.ntua.gr/gr/micronano/didaskontes.htm>), ενώ με συμβολή σε διαλέξεις-εργαστήρια και εκπόνηση μεταπτυχιακών διπλωματικών εργασιών συμμετέχουν τα Ινστιτούτα ΘΦΧ/ΕΙΕ και ΗΔΛ/ΙΤΕ. Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία **η Επιτροπή Προγράμματος Σπουδών (ΕΠΣ)** είναι οκταμελής και αποτελείται από

- Τρία (3) μέλη ΔΕΠ της Σχολής ΕΜΦΕ του ΕΜΠ
- Ένα (1) μέλος ΔΕΠ της Σχολής ΗΜΜΥ του ΕΜΠ
- Ένα (1) μέλος ΔΕΠ της Σχολής Χημ.Μηχ. του ΕΜΠ
- Ένα (1) μέλος ΔΕΠ της Σχολής: ΜΜΜ του ΕΜΠ
- Ένα (1) μέλος ΔΕΠ της Σχολής ΜΜ του ΕΜΠ
- Ένα (1) μέλος Ερευνητή του Ινστιτούτου ΝΝ του ΕΚΕΦΕ “Δ”

Τα μέλη ΔΕΠ των συνεργαζόμενων Σχολών εκλέγονται από τη Συνέλευση κάθε Σχολής ενώ ο Ερευνητής υποδεικνύεται από τον Διευθυντή του INN / ΕΚΕΦΕ “Δ”.

Στην ΕΠΣ συμμετέχουν, χωρίς δικαίωμα ψήφου, από ένας Ερευνητής των Ινστιτούτων: ΘΦΧ του ΕΙΕ, και ΗΔΛ του ΙΤΕ, που υποδεικνύονται από τους αντίστοιχους Διευθυντές.

Οι εκπρόσωποι των συνεργαζόμενων φορέων στην ΕΠΣ έχουν διετή θητεία.

Η σύνθεση της ΕΠΣ για το ακαδημαϊκό έτος 2023-24, είναι:

- **Α. Κυρίτσης**, Καθηγητής Σ.Ε.Μ.Φ.Ε. (Διευθυντής Προγράμματος)
- **Δ. Τσουκαλάς**, Ομ. Καθηγητής Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.
- **Ι. Ζεργιώτη**, Καθηγήτρια Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.
- **Ι. Ράπτης**, Καθηγητής Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.
- **Ε. Χριστοφόρου**, Καθηγητής Σ.Η.Μ.Μ.Υ.
- **Δ. Μαθιουλάκης**, Καθηγητής Σ.Μ.Μ.
- **Κ. Χαριτίδης**, Καθηγητής Σ.Χ.Μ.
- **Α. Τσετσέκου**, Καθηγήτρια Σ.Μ.Μ.Μ.
- **Ε. Γογγολίδης**, Διευθυντής Ερευνών INN-EΚΕΦΕ“Δ”

### 3. ΣΠΟΥΔΕΣ – ΜΑΘΗΜΑΤΑ - ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ

Η διάρθρωση του μεταπτυχιακού προγράμματος «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» λαμβάνει υπόψη τις διαφορές που υπάρχουν στο υπόβαθρο γνώσεων των φοιτητών, σαν αποτέλεσμα των διαφορετικών προπτυχιακών σπουδών που έχουν παρακολουθήσει. Ένα από τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα των μαθημάτων που διδάσκονται στην διάρκεια του πρώτου εξαμήνου (Βασικά μαθήματα) είναι να εμπλουτίσουν τις γνώσεις που απόκτησαν οι φοιτητές στη διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών έτσι ώστε να μπορούν να ολοκληρώσουν με επιτυχία τις σπουδές τους. Ένα άλλο επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι η εξοικείωση των φοιτητών με ένα ευρύ πλαίσιο φυσικών θεωριών, που θα πρέπει να κατέχουν έτσι ώστε να είναι ικανοί στο μέλλον, να προσαρμόζουν την τεχνολογική κατεύθυνση με την οποία ασχολούνται και να έχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν τις εξελίξεις στον ευρύτερο κλάδο.

Τα μαθήματα ειδίκευσης, τα οποία διδάσκονται στη διάρκεια του 2<sup>ου</sup> εξαμήνου παρέχουν τη δυνατότητα εστίασης σε διαφορετικές γνωστικές κατευθύνσεις, περιοχές έρευνας ή απασχόλησης.

Οι εργαστηριακές ασκήσεις που γίνονται στους χώρους του Ινστιτούτου Μικροηλεκτρονικής του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος», του Ινστιτούτου ΘΦΧ του ΕΙΕ αλλά και στο ΕΜΠ, επιτρέπουν στους φοιτητές να εξοικειωθούν με βασικές διεργασίες κατασκευής Μικροσυστημάτων, ανάπτυξης νανουλικών καθώς και με τα όργανα χαρακτηρισμού και επισκόπησης.

Τα μαθήματα του Προγράμματος Σπουδών παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.



Κωδικός	Τίτλος Μαθήματος	Υ /Ε	Εξάμηνο	Διδάσκων
<b>Βασικά Μαθήματα</b>				
9950	Στατιστική Φυσική	Υ	1	Κ. Παρασκευαΐδης
9951	Κβαντική θεωρία της ύλης	Υ	1	Λ. Τσέτσερης
9952	Φυσική ημιαγωγικών υλικών και διατάξεων	Υ	2	Ι. Ράπτης, Δ. Τσουκαλάς Ε. Λιαροκάπης
9953	Διεργασίες κατασκευής μικρο- και νανο συστημάτων	Υ	1	Ε. Γογγολίδης Δ. Δαβάζογλου Γ. Κόκκορης
<b>Μαθήματα Ειδίκευσης (επιλογή 5 μαθημάτων από τα παρακάτω)</b>				
9954	Νανοηλεκτρονικές διατάξεις	Ε	2	Δ. Τσουκαλάς Π. Μπούσουλας
9955	Μικρο-νάνο αισθητήρες	Ε	2	Δ. Τσουκαλάς, Ξ. Ζιάννη
9956	Βιονανοτεχνολογία για αίσθηση και οπτική απεικόνιση	Ε	2	Ε. Αλεξανδράτου
9957	Ανάπτυξη και χαρακτηρισμός νανοδομών	Ε	2	Ε. Γογγολίδης Κ. Χαριτίδης
9958	Σχεδιασμός ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	Ε	2	Π. Σωτηριάδης
9959	Κβαντικοί Υπολογιστές	Ε	2	Γ. Βαρελογιάννης
9960	Προσομοίωση σε μικροσκοπικό και μακροσκοπικό επίπεδο	Ε	2	Θ. Θεοδώρου,
9961	Οπτικές και Μικροοπτικές διατάξεις	Ε	2	Ι. Ζεργιώτη
9964	Μικρο-ρευστομηχανικά Συστήματα	Ε	2	Δ. Μαθιουλάκης, Α. Τσερέπη, Ι. Αναγνωστόπουλος Γ. Κόκκορης
9965	Εργαστηριακές Τεχνικές για Νανοϋλικά (6 μεγάλες εργαστηριακές ασκήσεις)	Ε	1	Δ. Τσουκαλάς, σε συνεργασία με άλλα μέλη ΔΕΠ του ΕΜΠ και Ερευνητές του ΕΚΕΦΕ «Δ» και του ΕΙΕ
9966	Οργανικά Νανοϋλικά	Ε	2	Ν. Γλέζος, Α. Κυρίτσης

Κωδικός	Τίτλος Μαθήματος	Υ /Ε	Εξάμηνο	Διδάσκων
9967	Εισαγωγή στο Μαγνητισμό και τα Μαγνητικά Υλικά	Ε	2	Ε. Χριστοφόρου Γ. Φούρλαρης Α. Κτενά
9968	Ειδικά Κεφάλαια Νανοτεχνολογίας	Ε	2	Α. Τσετσέκου Ν. Παπασιώπη

### Επικοινωνία με τους διδάσκοντες

Κωδικός	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑ	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	EMAIL
9950	<b>Κ. Παρασκευαΐδης</b> τ. Αν. Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3045	<a href="mailto:cparas@central.ntua.gr">cparas@central.ntua.gr</a>
9951	<b>Λ. Τσέτσερης</b> Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3046	<a href="mailto:leont@central.ntua.gr">leont@central.ntua.gr</a>
9952	<b>Ι. Ράπτης,</b> Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3044	<a href="mailto:yraptis@central.ntua.gr">yraptis@central.ntua.gr</a>
9953 9957	<b>Ε. Γογγολίδης,</b> Δ/ντης Ερευνών, INN, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210 650 3237	<a href="mailto:evgog@imel.demokritos.gr">evgog@imel.demokritos.gr</a>
9953	<b>Δ. Λαβάζογλου,</b> Δ/ντης Ερευνών, INN, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210650 3117	<a href="mailto:D.Davazoglou@imel.demokritos.gr">D.Davazoglou@imel.demokritos.gr</a>
9953 9964	<b>Γ. Κόκκορης</b> Αν. Καθηγητής, ΣΧΜ, ΕΜΠ	+30210772 3218	<a href="mailto:gkokkoris@chemeng.ntua.gr">gkokkoris@chemeng.ntua.gr</a>
9956	<b>Ε. Αλεξανδράτου</b> ΕΔΙΠ ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ	+30 210 772 2283	<a href="mailto:ealexan@central.ntua.gr">ealexan@central.ntua.gr</a>
9957	<b>Κ. Χαριτίδης</b> Καθηγητής, ΣΧΜ	+30 210 772 4046	<a href="mailto:charitidis@chemeng.ntua.gr">charitidis@chemeng.ntua.gr</a>
9958	<b>Π. Σωτηριάδης,</b> Καθηγητής, ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ	+30 210 772 1482	<a href="mailto:pps@mail.ntua.gr">pps@mail.ntua.gr</a>
9959	<b>Γ. Βαρελογιάννης</b> Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3710	<a href="mailto:varelogi@central.ntua.gr">varelogi@central.ntua.gr</a>

Κωδικός	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑ	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	EMAIL
9960	<b>Θ. Θεοδώρου,</b> Καθηγητής, ΣΧΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 3157	<a href="mailto:doros@central.ntua.gr">doros@central.ntua.gr</a>
9961	<b>Ι. Ζεργιώτη</b> Καθηγήτρια, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3345	<a href="mailto:zergioti@central.ntua.gr">zergioti@central.ntua.gr</a>
9964	<b>Ι. Αναγνωστόπουλος</b> Καθηγητής, ΣΜΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 1080	<a href="mailto:aanagn@central.ntua.gr">aanagn@central.ntua.gr</a>
9964	<b>Δ. Μαθιουλάκης,</b> Καθηγητής, ΣΜΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 1028	<a href="mailto:mathew@fluid.mech.ntua.gr">mathew@fluid.mech.ntua.gr</a>
9964	<b>Α. Τσερέπη,</b> Διευθύντρια Ερευνών', INN, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210 650 3264	<a href="mailto:atserepi@imel.demokritos.gr">atserepi@imel.demokritos.gr</a>
9966	<b>Ν. Γλέζος,</b> Δ/ντης Ερευνών, INN, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210 6503236	<a href="mailto:glezos@imel.demokritos.gr">glezos@imel.demokritos.gr</a>
9966	<b>Α. Κυρίτσης</b> Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3053	<a href="mailto:akyrits@central.ntua.gr">akyrits@central.ntua.gr</a>
9967	<b>Ε. Χριστοφόρου</b> Καθηγητής, ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ	+30 210 772 2178	<a href="mailto:hristoforou@ece.ntua.gr">hristoforou@ece.ntua.gr</a>
9967	<b>Γ. Φούρλαρης</b> Καθηγητής, ΣΜΜΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 2481	<a href="mailto:mmfg@mail.ntua.gr">mmfg@mail.ntua.gr</a>
9967	<b>Α. Κτενά</b> Καθηγήτρια, ΓΤ, ΕΚΠΑ	+30 22280 99606	<a href="mailto:apktena@uoa.gr">apktena@uoa.gr</a>
9968	<b>Α. Τσετσέκου</b> Καθηγήτρια, ΣΜΜΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 2213	<a href="mailto:athtse@metal.ntua.gr">athtse@metal.ntua.gr</a>
9968	<b>Ν Παπασιώπη</b> Καθηγήτρια, ΣΜΜΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 2298	<a href="mailto:papasiop@metal.ntua.gr">papasiop@metal.ntua.gr</a>
9965 9954 9955	<b>Δ. Τσουκαλάς,</b> Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 2929	<a href="mailto:dtsouk@central.ntua.gr">dtsouk@central.ntua.gr</a>

#### 4. ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ

Σύμφωνα με τον υφιστάμενο τρόπο οργάνωσης των μεταπτυχιακών σπουδών στο ΕΜΠ, το Ακαδημαϊκό έτος περιλαμβάνει τρία διδακτικά εξάμηνα.

Το πρώτο εξάμηνο αρχίζει την πρώτη Δευτέρα του Οκτωβρίου και τελειώνει την τελευταία Παρασκευή του Ιανουαρίου. Περιλαμβάνει 13 διδακτικές εβδομάδες, δύο εβδομάδες για διακοπές Χριστουγέννων και δύο εβδομάδες για ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και εξετάσεις.

Το δεύτερο εξάμηνο αρχίζει την πρώτη Δευτέρα του Φεβρουαρίου και ολοκληρώνεται την τελευταία Παρασκευή του Μαΐου. Περιλαμβάνει 12 κατ' ελάχιστο διδακτικές εβδομάδες, δύο εβδομάδες ειδικών εκπαιδευτικών αναγκών και εξετάσεων και δύο εβδομάδες διακοπών του Πάσχα.

Το τρίτο εξάμηνο αρχίζει την πρώτη Δευτέρα του Οκτωβρίου και ολοκληρώνεται την τελευταία Παρασκευή του Ιανουαρίου. Στην διάρκειά του, ολοκληρώνεται η εκπόνηση και εξέταση της μεταπτυχιακής εργασίας.

Όλα τα εξάμηνα έχουν δεκαήμερη ανοχή στην ολοκλήρωση του εξεταστικού αντικειμένου τους. Για παράδειγμα οι εξετάσεις του πρώτου τετραμήνου ή της μεταπτυχιακής εργασίας μπορεί να διεξαχθούν το πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου ή του Οκτωβρίου, αντίστοιχα. Στην περίπτωση του δεύτερου εξαμήνου, που οι φοιτητές καλούνται να επιλέξουν πέντε από τα δεκατρία μαθήματα επιλογής, θα πρέπει να γνωρίζουν ότι έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν μέχρι ένα μάθημα επιλογής, όχι αργότερα από το τέλος της πρώτης εβδομάδας των μαθημάτων. Η παραίτηση από το μάθημα θα πρέπει να δηλωθεί στην γραμματεία το πολύ μέχρι και την έβδομη εβδομάδα από την έναρξη των μαθημάτων.

#### 5. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ - ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ - ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ

Η παρακολούθηση των μαθημάτων και η συμμετοχή στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες και εργασίες είναι υποχρεωτική. Σε περίπτωση που συντρέχουν εξαιρετικά σοβαροί και τεκμηριωμένοι λόγοι αδυναμίας παρουσίας του μεταπτυχιακού φοιτητή, η ΕΠΣ μπορεί να δικαιολογήσει ορισμένες απουσίες, ο μέγιστος αριθμός των οποίων δεν μπορεί να υπερβεί το 1/3 των διαλέξεων. Σε μια τέτοια περίπτωση ο φοιτητής θα πρέπει να ενημερώσει έγκαιρα την γραμματεία ή τον υπεύθυνο του ΔΠΜΣ. Όποιος μεταπτυχιακός φοιτητής ή φοιτήτρια δεν έχει συμπληρώσει τον απαραίτητο αριθμό παρουσιών σε κάθε μάθημα έχει το δικαίωμα να επαναλάβει το μάθημα (ή άλλο αντίστοιχο που θα ορίζει η ΕΠΣ) στην επόμενη και τελευταία διδακτική περίοδο.

Σύμφωνα με τον νέο Εσωτερικό Κανονισμό Λειτουργίας του ΔΠΜΣ προβλέπεται η **μερική φοίτηση** για τους φοιτητές του ΔΠΜΣ με διπλάσια διάρκεια φοίτησης από την προβλεπόμενη

για κανονική φοίτηση. Οι λοιπές ρυθμίσεις είναι ανάλογες με αυτές της μερικής φοίτησης στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών της ΣΕΜΦΕ.

Επίσης προβλέπεται η δυνατότητα πραγματοποίησης **Πρακτικής Άσκησης** σε φορέα του εξωτερικού. Οι λεπτομέρειες για το θεσμό της Πρακτικής Άσκησης και την υλοποίησή της μέσω προγραμμάτων ανταλλαγών φοιτητών (τύπου Erasmus+) περιγράφονται στον σχετικό **Κανονισμό σπουδών και πρακτικής άσκησης** που είναι αναρτημένος στην ιστοσελίδα του μαθήματος.

Πριν τις εξετάσεις του πρώτου εξαμήνου ο υπεύθυνος του μεταπτυχιακού, συμβουλευόμενος τις καταστάσεις παρουσιών, καλεί τους φοιτητές που έχουν απουσιάσει αδικαιολόγητα σε περισσότερες του 1/3 των διαλέξεων και τους ζητάει να υποβάλουν τα απαραίτητα δικαιολογητικά. Μετά την συγκέντρωση των δικαιολογητικών η ΕΠΣ διατυπώνει τις υποχρεώσεις που προκύπτουν για κάθε φοιτητή ονομαστικά ή αποφασίζει την διαγραφή του φοιτητή από το μεταπτυχιακό.

Η βαθμολογία στα μαθήματα γίνεται στην κλίμακα 0-10, χωρίς κλασματικό μέρος, με βάση επιτυχίας το 5. Ο βαθμός του μαθήματος μπορεί να προκύπτει όχι μόνο από την τελική εξέταση αλλά και από τις ασκήσεις, τα θέματα και τις λοιπές εργασίες που διεξάγονται κατά τη διάρκεια του μαθήματος, με σχετική βαρύτητα που καθορίζεται σε κάθε μάθημα από τον αρμόδιο διδάσκοντα. Οι λεπτομέρειες υλοποίησης του διδακτικού έργου όπως και της αξιολόγησης της επίδοσης των φοιτητών αναφέρονται ρητά στην ιστοσελίδα του κάθε μαθήματος. Διευκρινίζεται παράλληλα ότι μόνο η βαθμολογία της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, που δίνεται από τους επιμέρους εξεταστές και ως μέσος όρος, μπορεί να περιλαμβάνει μισή κλασματική μονάδα.

## 6. ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ανάληψη της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας (ΜΔΕ) μπορεί να γίνει μετά το τέλος του 2ου εξαμήνου του πρώτου έτους σπουδών, με την προϋπόθεση ότι ο μεταπτυχιακός φοιτητής έχει ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις παρακολούθησης των μαθημάτων (επιτυχής εξέταση σε τουλάχιστον τα μισά μαθήματα). Για την περίπτωση των μεταπτυχιακών φοιτητών οι οποίοι επανεγγράφονται και τον επόμενο χρόνο για παρακολούθηση μαθημάτων του 1ου ή του 2ου εξαμήνου, αποφασίζει η ΕΠΣ για τυχόν ανάληψη της ΜΔΕ από την έναρξη του 2<sup>ου</sup> ακαδημαϊκού έτους σπουδών.

Αν η μεταπτυχιακή εργασία δεν ολοκληρωθεί επιτυχώς εντός του 3ου τετραμήνου του πρώτου Ακαδημαϊκού έτους, μπορεί να συνεχιστεί κατά το επόμενο έτος. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι **η μέγιστη διάρκεια κανονικής φοίτησης για το ΔΜΣ δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 4 εξάμηνα**, υπολογιζόμενη από την ημερομηνία πρώτης εγγραφής στο ΔΠΜΣ. Ένα συντρέχουν ειδικοί λόγοι για κάποιον φοιτητή η ΕΠΣ μπορεί να εγκρίνει παράταση των σπουδών του η

οποία όμως δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 2 ακαδημαϊκά εξάμηνα.

Η εξέταση και βαθμολόγηση της ΜΔΕ γίνεται μετά την επιτυχή ολοκλήρωση όλων των μαθημάτων, κατά τις εξεταστικές περιόδους Σεπτεμβρίου, Φεβρουαρίου και Ιουνίου, από τριμελή επιτροπή που περιλαμβάνει τον επιβλέποντα και ορίζεται από την ΕΠΣ. Βαθμός προαγωγής για τη ΜΔΕ είναι το 5,5.

Το κείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας γράφεται με ηλεκτρονικό κειμενογράφο και υποβάλλεται σε ψηφιακή μορφή. Θα πρέπει να περιλαμβάνει οπωσδήποτε σύνοψη 1.200 έως 2.000 λέξεων, πίνακα περιεχομένων, βιβλιογραφικές αναφορές και περίληψη 300 έως 500 λέξεων στην ελληνική και μια τουλάχιστον ξένη γλώσσα (κατά προτίμηση αγγλική).

Για την απονομή του ΔΜΣ απαιτείται ο προαγωγικός βαθμός στα μεταπτυχιακά μαθήματα και στη μεταπτυχιακή εργασία. Αν τούτο δεν επιτευχθεί εντός της προβλεπόμενης διάρκειας σπουδών, ο μεταπτυχιακός φοιτητής παίρνει απλό πιστοποιητικό παρακολούθησης για τα μαθήματα στα οποία έχει λάβει προβιβάσιμο βαθμό μαθημάτων και αποχωρεί.

Κατ' εξαίρεση, αν κάποιος μεταπτυχιακός φοιτητής έχει βαθμό 4 σε ένα μόνο από τα μαθήματα και ο μέσος όρος των λοιπών μαθημάτων είναι υψηλός, η ΕΠΣ μπορεί να αποφασίσει την απονομή του ΔΜΣ, μετά από έγκριση της Γενικής Συνέλευση Ειδικής Σύθεσης (Γ.Σ.Ε.Σ.) και ανακοίνωση στη Σύγκλητο.

## 7. ΑΠΟΝΟΜΗ - ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ

Ο γενικός βαθμός του ΔΜΣ προκύπτει ως ο σταθμισμένος μέσος όρος των βαθμών των μεταπτυχιακών μαθημάτων και της μεταπτυχιακής εργασίας, όπου η τελευταία θεωρείται ότι αντιστοιχεί σε διδακτικές μονάδες, ενός τετραμήνου μαθημάτων, π.χ. για 9 μεταπτυχιακά μαθήματα: Βαθμός Μ.Δ.Ε. = (Άθροισμα βαθμών 9 μεταπτυχιακών μαθημάτων + 4,5×βαθμό μεταπτυχιακής εργασίας)/13,5.

Στον πρωτότυπο τίτλο του ΔΜΣ δεν θα αναγράφεται ο βαθμός διπλώματος αριθμητικά αλλά μόνο η κλίμακα "Καλώς", "Λίαν Καλώς" ή "Αριστα", που θα εξάγεται ανάλογα με τον τελικό βαθμό που έχει προκύψει, σύμφωνα με τους κανονισμούς του ΕΜΠ. Στο **Παράρτημα Διπλώματος** εμφανίζονται λεπτομέρειες για τη φοίτηση και τις επιδόσεις του αποφοίτου.

## 8. ΠΑΡΟΧΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ

### α. Ο Ακαδημαϊκός Σύμβουλος των φοιτητών

Εντός του 1<sup>ου</sup> εξαμήνου σπουδών των μεταπτυχιακών φοιτητών η ΕΠΣ ορίζει για κάθε μεταπτυχιακό φοιτητή έναν Ακαδημαϊκό Σύμβουλο (ΑΣ), μετά από εισήγηση του διευθυντή του ΔΠΜΣ. Ο ΑΣ δεν ταυτίζεται κατ' ανάγκη με τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας. Ως ΑΣ μπορούν να οριστούν κατ' αρχάς όλοι οι διδάσκοντες μαθημάτων στο ΔΠΜΣ.

Κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών ο ΑΣ συνεργάζεται και διευκολύνει τον φοιτητή στην επιλογή των καταλληλότερων μαθημάτων, εκτός των υποχρεωτικών, σύμφωνα με τα ενδιαφέροντα και τους ακαδημαϊκούς ή επαγγελματικούς στόχους του. Επίσης παρακολουθεί την εν γένει πορεία του φοιτητή συμπεριλαμβανομένης της κάλυψης των προαπαιτήσεων όπου χρειάζεται, και εισηγείται προς την ΕΠΣ σχετικά με τη συνέχιση των σπουδών του υποψηφίου για διδακτορικό. Στην ιστοσελίδα του ΔΠΜΣ είναι αναρτημένος ο **Κανονισμός Ακαδημαϊκού Συμβούλου Σπουδών**.

### **β. Πρόσβαση στη βιβλιοθήκη, σύνδεση με το διαδίκτυο**

Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές του ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» έχουν πλήρη πρόσβαση στην Κεντρική βιβλιοθήκη του ΕΜΠ. Το νέο κτήριο της Κεντρικής βιβλιοθήκης Ζωγράφου έχει επιφάνεια 7.000 τ.μ. και περιλαμβάνει αναγνωστήριο 500 θέσεων, περί τις 50 θέσεις εργασίας για Η/Υ και 3 φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, που λειτουργούν με μετρητά ή μαγνητικές κάρτες. Η Βιβλιοθήκη είναι δανειστική, με ωράριο από Δευτέρα έως Παρασκευή 8:30 - 20:00.

Η υπηρεσία δικτύου (Κέντρο Δικτύου) παρέχει σε όλα τα μέλη της πολυτεχνειακής κοινότητας (ΔΕΠ, προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές, επιστημονικούς συνεργάτες, διοικητικό προσωπικό) την δυνατότητα πρόσβασης στα υπολογιστικά συστήματα του ΕΜΠ και το INTERNET.

### **γ. Υποτροφίες**

Το ΔΠΜΣ είχε προβλέψει την παροχή υποτροφιών σε δύο (2) μεταπτυχιακούς φοιτητές ανά έτος, με βάση την χρηματοδότηση από το ΕΠΕΑΕΚ, κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας. Μετά την ολοκλήρωση της χρηματοδότησης ΕΠΕΑΕΚ, έχει ανασταλεί η χορήγηση υποτροφιών.

## **9. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

### **α. Αξιολόγηση της διδασκαλίας**

Στα πλαίσια της υλοποίησης του στόχου του ΔΠΜΣ για «Εκπαίδευση υψηλού επιπέδου σε σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα» προβλέπεται η ανασκόπηση της άποψης των φοιτητών για το εκπαιδευτικό έργο. Με τη λήξη των μαθημάτων κάθε εξαμήνου συμπληρώνονται ερωτηματολόγια από τους φοιτητές που αφορούν:

- το περιεχόμενο των μαθημάτων,
- την ποιότητα των βοηθημάτων και
- την αλληλεπίδραση με τους διδάσκοντες

Τα ερωτηματολόγια είναι ανώνυμα και επιστρέφονται στον κάθε διδάσκοντα προσωπικά, με

σκοπό να του παρέχουν πληροφόρηση που θα τον βοηθήσει να αξιολογήσει τα αποτελέσματα των εκπαιδευτικών πρωτοβουλιών που έλαβε και ενδεχομένως να μεταβάλει κάποιες από αυτές. Η στατιστική ανάλυση του συνόλου των ερωτηματολογίων παρέχεται στους διδάσκοντες και το διευθυντή του ΔΠΜΣ κάθε εξάμηνο και αποτελεί κύρια πηγή δεδομένων για την ανασκόπηση λειτουργίας του ΔΠΜΣ από την ΕΠΣ που πραγματοποιείται κάθε χρόνο πριν την ολοκλήρωση του εαρινού εξαμήνου.

### **β. Συνολική Αξιολόγηση του ΔΠΜΣ**

Σε τακτά διαστήματα γίνεται αξιολόγηση κάθε ΔΠΜΣ ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία:

- i. Αξιολόγηση από εσωτερικό αξιολογητή (που δεν ανήκει στην ΕΠΣ ή τη ΓΣΕΣ και στους διδάσκοντες του ΔΠΜΣ).
- ii. Αξιολόγηση από εξωτερικό αξιολογητή (που δεν είναι μέλος ΔΕΠ του ΕΜΠ).
- iii. Απολογισμός από τον Διευθυντή του ΔΠΜΣ.
- iv. Κεντρική αξιολόγηση από τη ΕΣΠ, λαμβάνοντας υπόψη τις προηγούμενες αξιολογήσεις, η οποία ακολούθως υποβάλλεται προς έγκριση στη Σύγκλητο Ε.Σ.

Στα πλαίσια αυτών των διαδικασιών καλούνται οι φοιτητές να διατυπώσουν την γνώμη τους συνολικά για το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών. Οι πληροφορίες που συλλέγονται τίθενται στην διάθεση της ΕΠΣ για την ανάληψη περαιτέρω πρωτοβουλιών βελτίωσης της ποιότητας των παρεχόμενων Μεταπτυχιακών Σπουδών.

## **10. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΑΡΑΠΟΝΩΝ ΚΑΙ ΕΝΣΤΑΣΕΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ**

Το ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» διαθέτει Μηχανισμό Διαχείρισης Παραπόνων με σκοπό την διαχείριση των παραπόνων που διατυπώνονται από μεταπτυχιακούς φοιτητές του και αφορούν σε κάθε μορφή παραπόνου ή ένστασης που σχετίζονται με την ποιότητα των παρεχόμενων εκπαιδευτικών, διοικητικών και λοιπών υπηρεσιών. Η διαδικασία αφορά συνήθως την έγγραφη διατύπωση παραπόνου από μεταπτυχιακό φοιτητή για θέμα που αφορά τις σπουδές του και εν γένει τη καθημερινότητα κατά τη λειτουργία του ΔΠΜΣ και το οποίο δεν κατέστη δυνατόν να διευθετηθεί σε πρώτο επίπεδο από το διευθυντή του ΔΠΜΣ. Στην ιστοσελίδα του ΔΠΜΣ είναι αναρτημένος ο **Κανονισμός Λειτουργίας Μηχανισμού Διαχείρισης Παραπόνων και Ενστάσεων Φοιτητών** του ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις».



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ

(περιεχόμενο μαθημάτων, προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα και μέθοδοι αξιολόγησης της επίδοσης των φοιτητών και της εκπαιδευτικής διαδικασίας συνολικά)

#### Δομή Περιγραμμάτων Μαθημάτων ΔΠΜΣ

##### ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

###### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9950	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	1
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	4	7.5	
Εργαστήριο			
Εργασίες			
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i>			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b> <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΓΕΝΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ (για μαθήματα Κορμού)		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  ΓΝΩΣΕΙΣ ΑΠΟΦΟΙΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ (Η ΤΟΜΕΑ) ΦΥΣΙΚΗΣ		

<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΟΧΙ
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/index.php?categoryid=197">https://helios.ntua.gr/course/index.php?categoryid=197</a> <a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=4102">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=4102</a>

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p><b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b></p> <p>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης</li> <li>• Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 &amp; 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β</li> <li>• Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων</li> </ul>
<p><b>Γνώσεις:</b></p> <p>Το μάθημα αναφέρεται στη μικροσκοπική μελέτη μακροσκοπικών συστημάτων: Για ένα σύστημα σε ισορροπία καταλήγουμε σε γενικά συμπεράσματα, ξεκινώντας από τις μικροσκοπικές ιδιότητες. Αυτή η προσέγγιση οδηγεί στη στατιστική φυσική. Η μικροσκοπική προσέγγιση μας δίνει όλα τα αποτελέσματα της θερμοδυναμικής. Μας προσφέρει τα εργαλεία να υπολογίσουμε μακροσκοπικές παραμέτρους, ξεκινώντας από τη γνώση των μικροσκοπικών παραμέτρων του συστήματος.</p> <p>Τα απαραίτητα συστατικά για μία τέτοιου είδους μελέτη είναι: Ο προσδιορισμός της κατάστασης του συστήματος, η έννοια του στατιστικού συνόλου, το αίτημα των ίσων αργiori πιθανοτήτων και ο υπολογισμός πιθανοτήτων.</p> <p><math>\Omega(E)</math>: Πλήθος των προσιτών καταστάσεων του συστήματος σ' αυτό το εύρος ενεργειών (μεταξύ <math>E</math> και <math>E+\delta E</math>). Αλληλεπίδραση μεταξύ μακροσκοπικών συστημάτων (θερμική, μηχανική, γενική).</p> <p>Στατιστική θερμοδυναμική, συνθήκη ισορροπίας μεταξύ αλληλεπιδρώντων μακροσκοπικών συστημάτων.</p> <p>Μικροκανονική, κανονική και μεγαλοκανονική κατανομή.</p> <p>Παραμαγνητισμός J, το «παράδοξο» Gibbs.</p> <p>Κβαντομηχανική θεωρία του στατιστικού συνόλου: Ο πίνακας πυκνότητας</p> <p>Κβαντική στατιστική ιδανικών αερίων (στατιστική Bose-Einstein, φωτονίων, Fermi-Dirac). Το κλασικό όριο.</p> <p>Ηλεκτρόνια αγωγιμότητας στα μέταλλα, παραμαγνητισμός Pauli</p> <p>Συμπύκνωση Bose-Einstein, Ακτινοβολία μέλανος σώματος</p> <p>Το μοντέλο Ising, Η προσέγγιση Bragg-Williams. Ισοδυναμία του μοντέλου Ising με άλλα μοντέλα (Πλεγματικό αέριο, διμερές κράμα)</p> <p><b>Δεξιότητες:</b></p>

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση  
Να κατανοήσει ότι υπάρχει μόνο Κβαντική Στατιστική Φυσική (Quantum Statistical Physics) και η κλασική Στατιστική Μηχανική (Classical Statistical Mechanics) αποτελεί απλή μαθηματική προσέγγιση (ολοκληρώματα αντί για αθροίσματα στις μικροκαταστάσεις).  
Να εξηγήσει ότι η γνώση της κβαντικής δομής του συστήματος, όπως αυτή εκφράζεται μέσα από τη Χαμιλτονιανή  $H$ , είναι απαραίτητη για την επίλυση ή μελέτη οποιουδήποτε μακροσκοπικού συστήματος. Να εξηγήσει τις «προδιαγραφές» κατασκευής ενός μακροσκοπικού συστήματος. Την έννοια του στατιστικού συνόλου και των προσιτών καταστάσεων.  
Να κατανοήσει τις διαφορές μεταξύ των στατιστικών Fermi-Dirac και Bose-Einstein και να επιλύει αντίστοιχα προβλήματα.

### Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών	Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις	Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα
Λήψη αποφάσεων	Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον
Αυτόνομη εργασία	Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου
Ομαδική εργασία	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	.....
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	Άλλες...
	.....

### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αυτόνομη εργασία κυρίως μέσω των εργασιών που δίνονται προς επίλυση στο σπίτι.
- Κατανόηση εννοιών που έχουν σχέση με τα μακροσκοπικά συστήματα.
- Διατύπωση των ερωτημάτων που πρέπει να τίθενται για τη συμπεριφορά των μακροσκοπικών συστημάτων.
- Συνειδητοποίηση ότι επίλυση προβλημάτων στη Φυσική, και όχι μόνον, σημαίνει ότι οφείλουμε να καταλήγουμε σε αριθμητικά αποτελέσματα και επίσης οφείλουμε να κάνουμε έλεγχο εάν τα αποτελέσματα είναι συνεπή.

## (2) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Κλασική Στατιστική Μηχανική, Θεμελιώδεις αρχές, μικροκανονική συλλογή, χώρος των φάσεων, εργοδική υπόθεση, ισορροπία, εντροπία, κλασικό ιδανικό αέριο, εντροπία ανάμειξης και παράδοξο του Gibbs. Κανονική και μεγαλοκανονική συλλογή. Κανονική συλλογή, συνάρτηση επιμερισμού,

διακυμάνσεις ενέργειας στην κανονική συλλογή, θεώρημα της ισοκατανομής, ιδανικά αέρια, μεγαλοκανονική συλλογή, εντροπία Gibbs, χημικές αντιδράσεις.

Κβαντική Στατιστική Μηχανική, Θεμελιώδεις αρχές, μήτρα πυκνότητας, συλλογές στην Κβαντική Στατιστική Μηχανική, ιδανικό αέριο Fermi, διαμαγνητισμός Landau, παραμαγνητισμός Pauli, ιδανικό αέριο Bose, φωτόνια, φωνόνια, συμπύκνωση Bose-Einstein, σύγκριση αερίων Boltzmann-Bose-Fermi. Μοντέλο Ising, προσέγγιση Bragg-Williams. Συστήματα που υφίστανται εξωτερικές διεγέρσεις. Θεωρία γραμμικής απόκρισης, γενικευμένες επιδεκτικότητες, Στατιστική Φυσικής μη ισορροπίας, Εξίσωση Boltzmann και ιδιότητες μεταφοράς. Ειδικά θέματα Στατιστικής Φυσικής.

### (3) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο. Όταν συντρέχουν έκτακτες συνθήκες το μάθημα γίνεται εξ αποστάσεως.</p>																							
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>[π.χ.] Χρήση Τ.Π.Ε. στην Επικοινωνία με τους Φοιτητές Οι σημειώσεις και οι εργασίες αποστέλλονται στους φοιτητές (μέσω mycourses, ή/και με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο). Η υποβολή των εργασιών από τις φοιτήτριες και τους φοιτητές γίνεται δια ζώσης στο μάθημα, ή μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.</p>																							
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i>  <i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i>  <i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="641 1202 973 1294"><b>Δραστηριότητα</b></th> <th data-bbox="973 1202 1315 1294"><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="641 1294 973 1361">Διαλέξεις</td> <td data-bbox="973 1294 1315 1361">13*4=52 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1361 973 1429">Μελέτη</td> <td data-bbox="973 1361 1315 1429">13*4=52 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1429 973 1496">Εργασίες κατ' οίκον</td> <td data-bbox="973 1429 1315 1496">10*3=30 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1496 973 1563">Εργαστήριο</td> <td data-bbox="973 1496 1315 1563"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1563 973 1630">Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</td> <td data-bbox="973 1563 1315 1630"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1630 973 1697">Εκπαιδευτικές επισκέψεις</td> <td data-bbox="973 1630 1315 1697"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1697 973 1765">Εξετάσεις</td> <td data-bbox="973 1697 1315 1765">3 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1765 973 1832"></td> <td data-bbox="973 1765 1315 1832"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1832 973 1899"></td> <td data-bbox="973 1832 1315 1899"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1899 973 1975">Σύνολο Μαθήματος</td> <td data-bbox="973 1899 1315 1975">137</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>	Διαλέξεις	13*4=52 ώρες	Μελέτη	13*4=52 ώρες	Εργασίες κατ' οίκον	10*3=30 ώρες	Εργαστήριο		Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας		Εκπαιδευτικές επισκέψεις		Εξετάσεις	3 ώρες					Σύνολο Μαθήματος	137	
<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>																							
Διαλέξεις	13*4=52 ώρες																							
Μελέτη	13*4=52 ώρες																							
Εργασίες κατ' οίκον	10*3=30 ώρες																							
Εργαστήριο																								
Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας																								
Εκπαιδευτικές επισκέψεις																								
Εξετάσεις	3 ώρες																							
Σύνολο Μαθήματος	137																							

<p style="text-align: center;"><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b></p> <p>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</p> <p>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμών, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον: 20%</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 80%</p> <p>Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο mycourses</p>
--	---

#### (4) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<b>Fundamentals of Thermal Physics,</b> F. Reif	McGraw-Hill
<b>Statistical Physics,</b> L. D. Landau, E. M. Lifshitz	Pergamon Press
<b>Statistical Mechanics,</b> P. K. Pathria	Elsevier
<b>Statistical Mechanics,</b> K. Huang	John Wiley
<b>Statistical Mechanics,</b> R. Kubo	North-Holland
<b>The Principles of Statistical Mechanics,</b> R. C. Tolman	Oxford (1938), Dover
<i>The Theory of Heat Radiation, Max Planck</i>	Dover
<i>The Conceptual Foundations of the Statistical Approach to Mechanics,</i> Paul and Tatiana Ehrenfest	Dover
<i>Statistical Thermodynamics, Erwin Schrödinger</i>	Dover
<i>Mathematical Foundations of Statistical Mechanics, A.I. Khinchin</i>	Dover

### ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

#### ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

##### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό

<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9951	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	1
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	4	7.5	
Εργαστήριο	0		
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΓΕΝΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ (για μαθήματα Κορμού)		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Κβαντομηχανική, Στατιστική Φυσική, Φυσική συμπυκνωμένης Ύλης, Ηλεκτρομαγνητισμός		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3001">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3001</a>		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

### Γνώσεις:

1) Κβαντομηχανική: Βασικές Έννοιες και Μαθηματικά Εργαλεία της Κβαντομηχανικής, Αρμονικός Ταλαντωτής, Στροφορμή, Άτομο Υδρογόνου, Σπιν, Θεωρία Διαταραχών

2) Φυσική Στερεάς Κατάστασης: Στοιχεία θεωρίας χημικού δεσμού, κρυσταλλικές δομές, ευθύς και αντίστροφος χώρος, θεώρημα Bloch, συμμετρίες, ενεργειακές ζώνες και πυκνότητα καταστάσεων, μέθοδος του Γραμμικού Συνδυασμού Ατομικών Τροχιακών για τον υπολογισμό ζωνών

### Δεξιότητες:

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο/η φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Κατανοήσει τις βασικές έννοιες και τα βασικά μαθηματικά εργαλεία της Κβαντομηχανικής
- Χρησιμοποιήσει τις βασικές έννοιες και μαθηματικά εργαλεία της Κβαντομηχανικής για να επιλύσει αντιπροσωπευτικά προβλήματα, για παράδειγμα, μονοδιάστατα πηγάδια δυναμικού, κβαντικός αρμονικός ταλαντωτής, κβαντική στροφορμή, άτομο υδρογόνου, κ.ά.
- Κατανοήσει τις βασικές έννοιες και τα βασικά μαθηματικά εργαλεία της Φυσικής Στερεάς Κατάστασης
- Χρησιμοποιήσει τις βασικές έννοιες και μαθηματικά εργαλεία της Φυσικής Στερεάς Κατάστασης για να επιλύσει αντιπροσωπευτικά προβλήματα, για παράδειγμα, δομικές ιδιότητες τυπικών κρυστάλλων, δημιουργία χημικών δεσμών, προσδιορισμός αντιστρόφου πλέγματος και ζωνών Brillouin, προσδιορισμός ηλεκτρονικών ιδιοτήτων κρυστάλλων (ενεργειακές ζώνες, πυκνότητες καταστάσεων), κ.ά.

### **Γενικές Ικανότητες**

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Λήψη αποφάσεων

Αυτόνομη εργασία

Ομαδική εργασία

Εργασία σε διεθνές περιβάλλον

Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον

Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου

Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής

Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

.....

Άλλες...

.....

**Ικανότητες:**

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για :

- Αυτόνομη εργασία (δευτερευόντως, Ομαδική εργασία, μέσω της παρότρυνσης επίλυσης σειρών ασκήσεων με συνεργασία των φοιτητών/ριών)
- Επιλογή κατάλληλων φυσικών παραμέτρων / μεταβλητών που ορίζουν ένα φυσικό / επιστημονικό πρόβλημα
- Διατύπωση φυσικού/επιστημονικού/τεχνολογικού προβλήματος σε μαθηματική γλώσσα
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών και προσαρμογή τους σε συγκεκριμένο επιστημονικό πρόβλημα, με τις απαραίτητες και εύλογες προσεγγίσεις.
- Συνδυασμός γνώσεων και δεξιοτήτων: για την ανάλυση ενός σύνθετου προβλήματος, ενίοτε με τις κατάλληλες προσεγγίσεις.

**(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**

Το μάθημα έχει δύο μέρη:

1) Ανασκόπηση κβαντομηχανικής (Βασικές Έννοιες και Μαθηματικά Εργαλεία της Κβαντομηχανικής, Αρμονικός Ταλαντωτής, Στροφορμή, Άτομο Υδρογόνου, Σπιν, Θεωρία Διαταραχών)

2) Φυσική Στερεάς Κατάστασης (Στοιχεία θεωρίας χημικού δεσμού, κρυσταλλικές δομές, ευθύς και αντίστροφος χώρος, Θεώρημα Bloch, συμμετρίες, ενεργειακές ζώνες και πυκνότητα καταστάσεων, μέθοδος του Γραμμικού Συνδυασμού Ατομικών Τροχιακών για τον υπολογισμό ζωνών)

**(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>	
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)</p>	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i>  <i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	<p>Διαλέξεις</p>	<p>13x4=52 ώρες</p>
	<p>Μελέτη</p>	<p>13x4=52 ώρες</p>
	<p>Εργασίες/Άσκήσεις κατ' οίκον</p>	<p>10x4=40 ώρες</p>
	<p>Εργαστήριο</p>	<p>0</p>
	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</p>	<p>0</p>
	<p>Εκπαιδευτικές επισκέψεις</p>	<p>0</p>



<p>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</p>	Εξετάσεις	6
	Σύνολο Μαθήματος	150
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b></p> <p>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</p> <p>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον: 10%</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 80%</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 10%</p> <p>Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο helios</p>	

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : [Η πολλαπλή βιβλιογραφία του μαθήματος]

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) "Κβαντομηχανική II", Στέφανος Τραχανάς (Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης)
- 2) "Atomic and Electronic Structure of Solids", E. Kaxiras (Cambridge)
- 3) "Φυσική Στερεάς Κατάστασης", 1ος και 2ος Τόμος, Ε. Οικονόμου (Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης)
- 4) Οι παραδόσεις του μαθήματος αναρτώνται (περίπου 250 διαφάνειες) στην ηλεκτρονική πλατφόρμα Helios του ΕΜΠ.

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗ ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9952	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	1
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΦΥΣΙΚΗ ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	4	7.5	
Εργαστήριο			
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΓΕΝΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ (για μαθήματα Κορμού)		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Κβαντομηχανική, Στατιστική Φυσική, Φυσική συμπυκνωμένης Ύλης, Ηλεκτρομαγνητισμός		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3004">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3004</a>		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

### **Γνώσεις:**

Το μάθημα αναφέρεται στις φυσικές (δομικές, ηλεκτρικές, κρυσταλλοδυναμικές, οπτικές, οπτοηλεκτρονικές) ιδιότητες των ημιαγωγικών υλικών και των συναφών διατάξεων. Με αφετηρία τη δομή ζώνης των υλικών μελετά τα φαινόμενα ενδογενών και εξωγενών φορέων, αρχικά στα ομοιογενή συμπαγή υλικά και, στη συνέχεια, τα φαινόμενα που αφορούν ετερογενή συστήματα / επαφές (p-n, μετάλλου, ημιαγωγού, MOS, τρανζίστορ). Το υπόλοιπο μέρος του μαθήματος (άνω του 50%) αφιερώνεται στη μελέτη συστημάτων χαμηλών διαστάσεων (κβαντικά πηγάδια, κβαντικά σύρματα, 2-διάστατο αέριο ηλεκτρονίων, στρωματικά υλικά, επαφές ημιαγωγού-υπεραγωγού) όσον αφορά τις ηλεκτρονικές/ηλεκτρικές και τις οπτικές και μαγνητικές ιδιότητες.

### **Δεξιότητες:**

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Αντιλαμβάνεται την έννοια των διαφορετικών φορέων φορτίου ενός ημιαγωγού, (ηλεκτρονίων και οπών), των σχέσεων διασποράς τους, και των ενεργών μαζών τους.
- Κατανοήσει την έννοια της πυκνότητας καταστάσεων και την εξάρτησή της από την τοπολογία (διαστάσεις) του προβλήματος
- Εξηγήσει τη διαφορά ενδογενών και εξωγενών ημιαγωγών και την συμπεριφορά τους συναρτήσει της θερμοκρασίας.
- Υπολογίσει τη στάθμη Fermi, σε ενδογενή και εξωγενή συστήματα, συναρτήσει της θερμοκρασίας και άλλων παραμέτρων των συστημάτων.
- Υπολογίσει ηλεκτρικά μεγέθη χαρακτηριστικά δεδομένης ημιαγωγικής διάταξης (τάση επαφής, συγκεντρώσεις φορέων, ρεύματα).
- Παραγάγει χαρακτηριστικές καμπύλες τάσης – ρεύματος σε ημιαγωγικά κυκλώματα
- Κατανοήσει το ρόλο των τεχνητών συντοριακών / περιοδικών συνθηκών στα συστήματα χαμηλών διαστάσεων, και την συνύπαρξη συνεχούς και διακριτού ενεργειακού φάσματος
- Αντιλαμβάνεται την αλληλεπίδραση χαμηλοδιάστατου ηλεκτρονικού συστήματος με στατικό Ηλεκτρικό ή Μαγνητικό πεδίο ή με Η/Μ κύμα οπτικών συχνοτήτων

### **Γενικές Ικανότητες**

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

Λήψη αποφάσεων

Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου

Αυτόνομη εργασία

Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής

Ομαδική εργασία

<i>Εργασία σε διεθνές περιβάλλον</i>	<i>Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης</i>
<i>Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον</i>	.....
<i>Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών</i>	Άλλες...
	.....

**Ικανότητες:**

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για :

- Αυτόνομη εργασία (δευτερευόντως, Ομαδική εργασία, μέσω της ανάθεσης ομαδικών εργασιών)
- Επιλογή κατάλληλων φυσικών παραμέτρων / μεταβλητών που ορίζουν ένα φυσικό / επιστημονικό / τεχνολογικό πρόβλημα
- Διατύπωση φυσικού/επιστημονικού/τεχνολογικού προβλήματος σε μαθηματική γλώσσα
- Επιλογή του υπολογιστικά οικονομικότερου και πλέον αξιόπιστου τρόπου επίλυσης
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών (με χρήση των απαραίτητων τεχνολογιών), και προσαρμογή τους σε συγκεκριμένο τεχνολογικό πρόβλημα, με τις απαραίτητες και εύλογες προσεγγίσεις.
- Συνδυασμός γνώσεων και δεξιοτήτων: (α) για την ανάλυση ενός σύνθετου προβλήματος, ή (β) για την επιλογή των κατάλληλων μέσων, μεθόδων, προσεγγίσεων, με σκοπό την σύνθεση δεδομένων για τον σχεδιασμό μίας απλής ημιαγωγικής διάταξης.

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

<p><b>A-Ενότητα</b></p> <p>Συμπαγείς ημιαγωγοί. Δομή Ζώνης: άμεσο - έμμεσο ενεργειακό χάσμα. Σχέσεις διασποράς ηλεκτρονίων οπών και ενεργός μάζα στα ακρότατα των ζωνών. Εξιτόνια. Πυκνότητα καταστάσεων και συγκέντρωση φορέων. Στάθμη Fermi ενδογενών ημιαγωγών. Εξωγενείς ημιαγωγοί και στάθμη Fermi. Φορείς πλειονότητας, μειονότητας. Στάθμη Fermi ανομοιογενών συστημάτων. Τάση επαφής σε συστήματα με ανομοιογενή πυκνότητα φορέων</p> <p><b>B-Ενότητα</b></p> <p>Φαινόμενα μεταφοράς φορέων. Δίοδος επαφής p-n. Επαφή μετάλλου-ημιαγωγού. Δομή MOS. Φαινόμενα παγίδευσης Coulomb και τρανσίστορ ενός ηλεκτρονίου</p> <p><b>Γ-Ενότητα</b></p> <p>Συστήματα χαμηλών διαστάσεων - Χαρακτηριστικά μεγέθη. Ευθυγράμμιση ενεργειακών ζωνών σε ετερογενή συστήματα και δημιουργία κβαντικών πηγαδιών. Τετραγωνικό πηγάδι. Ενεργειακό διάγραμμα και κάμψη ενεργειακών ζωνών ετεροδομής. Τριγωνικό κβαντικό πηγάδι. Το κβαντικό πηγάδι ως χαμηλο-διάστατη συνιστώσα στο 3-διάστατο σύστημα και η πυκνότητα καταστάσεων. Παραβολικό κβαντικό πηγάδι. Συνεχές φάσμα κβαντικών πηγαδιών και ιδιότητες μεταφοράς. Πίνακες Ανάκλασης-Διέλευσης. Αλληλεπίδραση συζευγμένων κβαντικών πηγαδιών. Υπερπλέγματα από κβαντικά πηγάδια που αλληλεπιδρούν, Μίνι-ζώνες, μίνι-χάσματα και πυκνότητα καταστάσεων. Κβαντικά νήματα και πυκνότητα καταστάσεων. Ηλεκτρικό-Μαγνητικό Πεδίο και συστήματα χαμηλών διαστάσεων. Οπτική απορρόφηση σε κβαντικό πηγάδι.</p>
---

### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>	
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)</p>	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p> <p><i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	<p>Διαλέξεις</p>	<p>13x4=52 ώρες</p>
	<p>Μελέτη</p>	<p>13x4=52 ώρες</p>
	<p>Εργασίες/Άσκήσεις κατ' οίκον</p>	<p>10x3=30 ώρες</p>
	<p>Εργαστήριο</p>	<p>0</p>
	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</p>	<p>10x3=30 ώρες</p>
	<p>Εκπαιδευτικές επισκέψεις</p>	<p>0</p>
	<p>Εξετάσεις</p>	<p>3</p>
	<p>Σύνολο Μαθήματος</p>	<p>167</p>
	<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b> <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i></p> <p><i>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον: 10%</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 80%</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 10%</p> <p>Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο helios</p>

**(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : [Η πολλαπλή βιβλιογραφία του μαθήματος]

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ**

- **S. M. Sze**, Semiconductor Devices, Physics and Technology, Wiley, NY, 1985
- **B. G. Streetman, S. Banerjee**, Solid State Electronic Devices, Prentice Hall, UK, 2000
- **S. O. Kasap**, Principles of Electronic Materials and Devices, McGraw Hill, NY, 2002 [Επίσης, ελληνική μετάφραση από εκδόσεις Παπασωτηρίου].
- **H. Ibach H. Luth**, «Φυσική Στερεάς Κατάστασης», Εκδ. ΖΗΤΗ, (2012),

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΓΙΑ ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ**

- **M. J. Kelly**, *Low-Dimensional Semiconductors*, (Materials, Physics, Technology, Devices), Oxford University Press, 1995
- **P. K. Basu**, *Theory of Optical Processes in Semiconductors* □ *Bulk and Microstructures*, Oxford University Press, 1997
- **D. K. Ferry, S. M. Goodnick**, *Transport in Nanostructures*, Cambridge Univ. Press, 1997
- **J. H. Davies**, *The physics of Low Dimensional Semiconductors* □ *An Introduction*, Cambridge Univ. Press, 1998
- **V. M. Mitin, V. A. Kochelap, M. A. Stroscio**, *Quantum Heterostructures* □ *Microelectronics and Optoelectronics*, Cambridge Univ. Press, 1999
- **P. Harrison**, *Quantum Wells, Wires and Dots*, Theoretical and Computational Physics, John Wiley & Sons, 2001
- **E. L. Wolf**, *Nanophysics and Nanotechnology*, Wiley 2004
- **Z. Gaburro**, □, **L. Pavesi**, *Nanostructured Silicon for Photonics*, Trans Tech. Publications 2005
- **G. W. Hanson**, *Fundamentals of Nanoelectronics*, Pearson Prentice Hall, 2008

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**  
**ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΙΚΡΟ ΚΑΙ ΝΑΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**(1) ΓΕΝΙΚΑ**

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9953	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	1
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΙΚΡΟ ΚΑΙ ΝΑΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	

	Διαλέξεις – Ασκήσεις	3	7.5
	Εργαστήριο	1	
	Εργασίες		
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων	ΓΕΝΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ (για μαθήματα Κορμού)		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Βασική φυσική, χημεία και μαθηματικά προπτυχιακού επιπέδου, καθώς και λίγες γνώσεις ηλεκτρονικής και ηλεκτροτεχνίας.		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	[Καταχωρίστε ανάλογα]		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p><b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b></p> <p>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης</li> <li>2. Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 &amp; 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β</li> <li>3. Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων</li> </ol> <p><b>Γνώσεις:</b></p> <p><b>Εξειδικευμένη γνώση:</b> Διεργασίες μικρο και νανομηχανικής σε συνθήκες κενού ή στην ατμόσφαιρα για την κατασκευή μικροσυστημάτων και μικροψηφίδων (micro chips).</p> <p><b>Γνώση της αιχμής της τεχνολογίας:</b> Γνώση όλων των βασικών διαδικασιών της επίπεδης τεχνολογίας (planar technology) παραγωγής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (ΟΚ), ολοκληρωμένων αισθητήρων, φωτονικών διατάξεων και ηλεκτρονικών συστημάτων μικρο- και νανο-διαστάσεων (ΗΣΜΝ, MEMS): οξείδωση πυριτίου, διάχυση και ιοντική εμφύτευση, εναποθέσεις λεπτών υμενίων, επιφανειακή σχηματοποίηση με λιθογραφία και εγχάραξη, επιμετάλλωση.</p>
--

**Γνώση διασύνδεσης διαφορετικών πεδίων:** Μερικά στοιχεία από τη συσκευασία (packaging) ΟΚ και ΗΣΜΝ. Χρήση εμπορικών προσομοιωτών διεργασιών λιθογραφίας που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία. Γνώση βασικών αρχών κενού.

Επομένως μπορεί να **συνδυάζει** γνώσεις από διάφορα μαθησιακά πεδία ώστε να **αναγνωρίζει** τη μέθοδο με την οποία κατασκευάστηκε ένα ΟΚ ή αισθητήρας ή φωτονική διάταξη ή ένα ΗΣΜΝ, να **κατανοεί** τη λειτουργία του και να **συγκρίνει** τα διάφορα στοιχεία (devices) μεταξύ τους ως προς την ποιότητα και τις δυνατότητές τους.

**Δεξιότητες:**

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο/η φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Κατανοήσει τον τρόπο κατασκευής ΟΚ, αισθητήρων, φωτονικών διατάξεων και ΗΣΜΝ που βασίζεται σε πολλά γνωστικά πεδία (κυρίως Φυσική, Χημεία, Χημική Μηχανική, Επιστήμες υλικών, Ηλεκτρολόγου και Μηχανολόγου μηχανικού).
- Εξηγήσει τον τρόπο λειτουργίας των παραπάνω.
- Κατασκευάζει απλά ΟΚ ή αισθητήρες ή φωτονικές διατάξεις και ΗΣΜΝ.
- Υλοποιεί λύσεις σε προβλήματα επιφανειακών κατεργασιών.
- Προτείνει λύσεις σε προβλήματα που σχετίζονται με διάφορα πεδία, π.χ., τρόφιμα, υγεία, περιβάλλον, ενέργεια, κ.λπ.
- Κάνει χρήση του πακέτου προσομοίωσης PROLITH της εταιρείας KLA και άλλων προσομοιωτών διεργασιών εξέλιξης τοπογραφίας για σχεδιασμό διεργασιών λιθογραφίας και εγχάραξης με πλάσμα.

**Στόχοι του μαθήματος:**

Η εξοικείωση των φοιτητών με τις διάφορες διαδικασίες κατασκευής ΟΚ και ΗΣΜΝ χρησιμοποιώντας την επίπεδη τεχνολογία.

Πρακτική εξάσκηση - Εξοικείωση με τις διεργασίες καθαρού χώρου στο Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», εξοικείωση με τις επιμέρους τεχνικές της επίπεδης τεχνολογίας, τους χαρακτηρισμούς και τις μετρήσεις των παραγόμενων διατάξεων και συστημάτων μέσω εργαστηριακών επιδείξεων.

**Γενικές Ικανότητες**

*Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα;*

<i>Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών</i>	<i>Σχεδιασμός και διαχείριση έργων</i>
<i>Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις</i>	<i>Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα</i>
<i>Λήψη αποφάσεων</i>	<i>Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον</i>
<i>Αυτόνομη εργασία</i>	<i>Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου</i>
<i>Ομαδική εργασία</i>	<i>Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής</i>
<i>Εργασία σε διεθνές περιβάλλον</i>	<i>Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης</i>
<i>Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον</i>	<i>.....</i>
<i>Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών</i>	<i>Άλλες...</i>
	<i>.....</i>



### **Ικανότητες:**

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Σύλληψη/Σχεδίαση κάποιου ΟΚ ή/και ΗΣΜΝ ή/και κάποιας επιφανειακής διεργασίας.
- Αυτόνομη εργασία για απλές κατασκευές, ομαδική εργασία για σύνθετες.
- Ταξινόμηση / επιλογή εργασιών που ανατίθενται σε τρίτους.
- Διατύπωση / σύνθεση όλων των εργασιών (processes) ώστε να κατασκευαστεί το ΟΚ ή το ΗΣΜΝ που σχεδιάστηκε.
- Αξιολόγηση με χαρακτηρισμό (μετρήσεις) του τελικού μικροσυστήματος.

### **Αποτελέσματα Μάθησης**

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές αναμένεται να γνωρίζουν:

- Τις φυσικοχημικές διεργασίες κατασκευής ολοκληρωμένων μικροσυστημάτων έτσι ώστε να μπορούν να αντιληφθούν θέματα που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική μικροηλεκτρονικών διατάξεων και αισθητήρων.
- Βασικές γνώσεις από την τεχνική του κενού.
- Βασικές γνώσεις κατεργασίας επιφανειών π.χ. με πλάσμα.
- Βασικές γνώσεις επιφανειακών χαρακτηρισμών.
- Βασικές γνώσεις ηλεκτρικών μετρήσεων διατάξεων.

## **(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**

### **Περιγραφή του μαθήματος**

Γίνεται εισαγωγή στην επίπεδη τεχνολογία για κατασκευή ΟΚ και ΗΣΜΝ στους καθαρούς χώρους και παρουσιάζονται με τη σειρά οι διεργασίες κατασκευής που σχετίζονται με την επίπεδη τεχνολογία. Πρώτα η αποτύπωση σχήματος μετά από κάποια επιφανειακή διεργασία (π.χ. οξείδωση, εναπόθεση) με λιθογραφία και εγχάραξη, κατόπιν οι διεργασίες νόθευσης υλικού ώστε να γίνει τύπου p ή n, και τέλος οι διεργασίες διασύνδεσης των διάφορων στοιχείων (τρανζίστορ, χωρητικότητες, αντιστάσεων, κ.λπ.). Σε κάθε διεργασία παρουσιάζεται η βασική φυσική και χημεία, ο εξοπλισμός και το λογισμικό προσομοίωσης.

1° Εισαγωγή-Ολοκληρωμένα κυκλώματα (ΟΚ). Βασικά για τη λειτουργία τους-Αριθμητικές πράξεις με ΟΚ. Επισκόπηση της επίπεδης τεχνολογίας (όλα τα κατασκευαστικά βήματα).

2° Ανάπτυξη κρυστάλλων - Καθαροί χώροι-gettering. Βασική κρυσταλλοδομή του πυριτίου. Κατασκευή δισκίων πυριτίου και σήμανση του τύπου τους. Ηλεκτρική αδρανοποίηση των ακαθαρσιών και των προσμίξεων (gettering). Καθαρισμός των δισκίων-μέθοδος RCA. Καθαροί χώροι, περιγραφή.

3° Οξείδωση του πυριτίου. Εξοπλισμός, Μηχανισμός της οξείδωσης, Ξηρή και Υγρή οξείδωση, Τύποι οξειδίων και χρήση τους, Χαρακτηρισμός οξειδίων, Προσομοίωση του ρυθμού οξείδωσης.

4° Διάχυση – Εμφύτευση. Εξοπλισμός, Θερμική διάχυση, Ιοντική εμφύτευση, Μηχανισμοί διάχυσης και εμφύτευσης, Προσομοίωση του προφίλ των dopants.

5° Λιθογραφία (1) Βασικές αρχές, διακριτική ικανότητα.

6° Λιθογραφία (2) Εκτύπωση επαφής και προβολής, διεργασίες και εξοπλισμός.

7° Λιθογραφία (3) μετασχηματισμοί Fourier, και προσομοίωση της λιθογραφίας, εμπορικοί προσομοιωτές PROLITH.

8°	Τεχνικές του κενού, Είδη κενού, Αντλίες κενού (μηχανική, διαχύσεως, Turbo, κρουογενική), Μέτρηση του κενού (μανόμετρα Pirani, Penning, Baratron, Bayard-Alper), Άλλες τεχνικές.
9°	Εγχάραξη (1) Εισαγωγή στις διεργασίες πλάσματος για μεταφορά σχήματος.
10°	Εγχάραξη (2) Επιφανειακή και αέρια χημεία και φυσική, προσομοίωση της εξέλιξης του εγχαρασσόμενου μετώπου (χρήση λογισμικού fetch).
11°	Εναπόθεση υμενίων, Εναποθέσεις από ατμό, εξοπλισμός. Φυσικές (εξάχνωση, κونيρτοποίηση, sputtering), Χημικές (Χημική εναπόθεση από ατμό, ΧΕΑ, CVD). Εναπόθεση ατομικών στρωμάτων (ALD).
12°	Χαρακτηρισμός υμενίων. Περίθλαση ακτίνων Χ και ηλεκτρονίων, Φασματοσκοπίες (υπερύθρου FTIR, φωτοηλεκτρονίων ακτίνων Χ, XPS και υπεριώδους, UPS), Μικροσκοπίες (οπτική, ηλεκτρονικής δέσμης σάρωσης SEM και διαπερατότητας TEM, ατομικών δυνάμεων AFM και tunneling STM). Οπτικός χαρακτηρισμός (ανακλαστικότητα-διαπερατότητα UV-Vis-NIR, ελλειψομετρία). Ηλεκτρικός χαρακτηρισμός (μετρήσεις τάσης-έντασης και τάσης-χωρησιμότητας).
13°	Επιμετάλλωση με Αλουμίνιο και οξειδίο του πυριτίου (εξοπλισμός, μέθοδος Lift-off). Επιμετάλλωση με χαλκό και διηλεκτρικά χαμηλής διηλεκτρικής σταθεράς. Συσκευασία, Κοπή δισκίων (dicing saw), επικόλληση μικρο-νημάτων (wire bonding), Dual in line DIL, τεχνολογία επιφανειακής επικόλλησης (SMT), «ανάποδη ψηφίδα» (flip chip). Ιεραρχία συσκευασιών.

#### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i>	Πρόσωπο με πρόσωπο	
<b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i>	[π.χ.] Χρήση Τ.Π.Ε. στην Επικοινωνία με τους Φοιτητές [πρόγραμμα μαθημάτων, Σημειώσεις, Εργασίες (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές, μέσω του mycourses)	
<b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i>  <i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i>  <i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>
	Διαλέξεις	13x3=39 ώρες
	Μελέτη	13x4=52 ώρες
	Εργασίες κατ' οίκον	13x4=52 ώρες
	Εργαστήριο	6 ώρες
	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	30
	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0
	Εξετάσεις	4 ώρες

	Σύνολο Μαθήματος	182
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b></p> <p><i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i></p> <p><i>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον: 10%</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 80%</p> <p>Εργαστήριο: 0% αλλά απαιτείται φυσική παρουσία</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 10%</p> <p>Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο mycourses</p>	

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<p>-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : [Η πολλαπλή βιβλιογραφία του μαθήματος]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Silicon VLSI Technology, Fundamentals, Practice and Modeling, J.D. Plummer, M. D. Deal, P.B. Griffin, Prentice Hall 2000</li> <li>- S. Franssila, Introduction to Microfabrication, 2010, Wiley</li> </ul> <p>-Συναφή επιστημονικά περιοδικά: [ 1-2 Εθνικά ή Διεθνή περιοδικά συναφή με το αντικείμενο του μαθήματος]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Micro and Nano Engineering, Microsystems and Nanoengineering, Microelectronic Engineering, Journal of Vacuum Science &amp; Technology B, Microsystems Technology</li> </ul>
---

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΝΑΝΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9954	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΝΑΝΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	2	6 ECTS	
Εργαστήριο	0.5		
Εργασίες	0.5		
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i>			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b> <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ (για μαθήματα Ρωών ή κατ' επιλογήν υποχρεωτικά κατεύθυνσης)		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Φυσική ημιαγωγικών διατάξεων, Τεχνολογικές διεργασίες κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, Ηλεκτρονικά		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/enrol/index.php?id=3010#section-1">https://helios.ntua.gr/enrol/index.php?id=3010#section-1</a>		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

### **Γνώσεις:**

Το μάθημα καλύπτει το διεθνώς πεδίο των νανοηλεκτρονικών διατάξεων, με έμφαση στο τρανζίστορ MOSFET, στην εισαγωγή καινοτόμων υλικών για την βελτίωση των ιδιοτήτων των τρανζίστορ και στην εισαγωγή ενναλακτικών διατάξεων τόσο για την επεξεργασία όσο και την αποθήκευση της παραγόμενης πληροφορίας. Αναλύεται διεξοδικά η βασική λειτουργία του τρανζίστορ MOSFET και εξετάζονται διάφορα ενδιαφέροντα φαινόμενα που προκύπτουν κατά την διαδικασία της σμίκρυνσης. Δίδονται λεπτομερείς ερμηνείες για την εξαγωγή και ανάλυση των αντίστοιχων βασικών ηλεκτρικών χαρακτηρισμών. Εξετάζονται επίσης αναλυτικά οι νευρομορφικές ιδιότητες αυτών των διατάξεων, και συζητούνται θέματα αισθητήρων νανοσωματιδίων.

### **Δεξιότητες:**

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Ξεχωρίζει τους διαφορετικούς τύπους τρανζίστορ και γνωρίζει τους φυσικούς μηχανισμούς για την λειτουργία τους;
- Διατυπώνει τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται για τον χαρακτηρισμό ενός τρανζίστορ;
- Εξηγεί πειραματικές χαρακτηριστικές λειτουργίας ηλεκτρονικών διατάξεων επιλέγοντας τα καταλληλότερα φυσικά μοντέλα;
- Υπολογίζει τις ηλεκτρικές χαρακτηριστικές νανοδιατάξεων (π.χ. ρεύμα που διατρέχει μία διάταξη σε συνάρτηση με τις τάσεις πόλωσης) με βάση την τεχνολογία και τα υλικά της κατασκευής;
- Αναγνωρίζει την συμμετοχή νέων υλικών (2D υλικά, νανοσωληνες άνθρακα, νανοσωματίδια);
- Αναγνωρίζει τους διάφορους τύπους των διηλεκτρικών πύλης σε τρανζίστορ;
- Καταλαβαίνει τους διαφορετικούς τύπους διατάξεων μνήμης και αισθητήρων;
- Αναγνωρίζει διάφορες νευρομορφικές ιδιότητες.

### **Γενικές Ικανότητες**

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

Λήψη αποφάσεων

Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου

Αυτόνομη εργασία	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Ομαδική εργασία	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	.....
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	Άλλες...
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	.....

**Ικανότητες:**

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αυτόνομη εργασία (δευτερευόντως, ομαδική εργασία, μέσω της ανάθεσης συλλογικών εργασιών);
- Ταξινόμηση των διαφόρων νανοηλεκτρονικών διατάξεων και αναγνώριση των ιδιοτήτων τους;
- Διατύπωση ενός τεχνολογικού προβλήματος και εξεύρεση του κατάλληλου τρόπου επίλυσης;
- Σχεδίαση καινοτόμων συστημάτων από ηλεκτρονικές διατάξεις με στόχο την προσαρμογή τους σε συγκεκριμένο τεχνολογικό πρόβλημα;
- Συνδυασμό γνώσεων για την ανάλυση ενός τεχνολογικά σύνθετου προβλήματος και την εξεύρεση της βέλτιστης προσέγγισης;
- Αξιολόγηση των τεχνολογικών δυνατοτήτων της μικροηλεκτρονικής τεχνολογίας με στόχο τον σχεδιασμό των αντίστοιχων ημιαγωγικών διατάξεων.

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διατάξεις MOSFET – Εξαγωγή βασικών χαρακτηριστικών για κανάλι μεγάλου μήκους – Λειτουργία κάτω από την τάση κατωφλίου – Ευκινησία καναλιού;</li> <li>• Φαινόμενα μικρού μήκους καναλιού –κορεσμός ταχύτητας –Θεωρία σμίκρυνσης – Βαλλιστική μεταφορά;</li> <li>• Βαλλιστικό τρανζίστορ-Περιγραφή Landauer-Διάδοση-Λειτουργία και χαρακτηριστικές Βαλλιστικού τρανζίστορ-Από το βαλλιστικό τρανζίστορ στο ημικλασσικό τρανζίστορ;</li> <li>• Κβαντικές διατάξεις-Δίοδος σήραγγας-Τρανζίστορ ενός ηλεκτρονίου- Φράγμα Coulomb- Σύστημα δύο κβαντικών νησίδων (qubit);</li> <li>• MOSFET Πάνω σε Πυρίτιο σε μονωτικό – διατάξεις μερικής και ολικής απογύμνωσης – διατάξεις πολλαπλής πύλης – FinFET – Διατάξεις νανοημάτων–τρανζίστορ FET σήραγγας - Νευρομορφικές ιδιότητες;</li> <li>• Διηλεκτρικά υψηλής διηλεκτρικής σταθεράς σε τρανζίστορ – Νέα υλικά πύλης- Νέα υποστρώματα υψηλής ευκινησίας (γερμάνιο, υλικά 2D, νανοσωλήνες άνθρακα);</li> <li>• Διατάξεις ηλεκτρονικών μνημών- Πτητικές και μη πτητικές μνήμες – Μνήμες ενός ηλεκτρονίου;</li> <li>• Μνήμες εναλλαγής αντίστασης και νευρομορφικές εφαρμογές;</li> <li>• Αισθητήρες νανοσωματιδίων και εφαρμογές.</li> </ul>
--

### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>																							
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Σημειώσεις, Εργασίες (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)</p>																							
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p> <p><i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="647 510 976 611"><b>Δραστηριότητα</b></th> <th data-bbox="976 510 1313 611"><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="647 611 976 678">Διαλέξεις</td> <td data-bbox="976 611 1313 678">3x11=33 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 678 976 745">Μελέτη</td> <td data-bbox="976 678 1313 745">3x11=33 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 745 976 813">Εργασίες κατ' οίκον</td> <td data-bbox="976 745 1313 813">3x2=6 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 813 976 880">Εργαστήριο</td> <td data-bbox="976 813 1313 880">3x2=6 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 880 976 981">Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</td> <td data-bbox="976 880 1313 981">25x1=25 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 981 976 1048">Εκπαιδευτικές επισκέψεις</td> <td data-bbox="976 981 1313 1048">0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 1048 976 1115">Εξετάσεις</td> <td data-bbox="976 1048 1313 1115">2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 1115 976 1182"></td> <td data-bbox="976 1115 1313 1182"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 1182 976 1249"></td> <td data-bbox="976 1182 1313 1249"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 1249 976 1301">Σύνολο Μαθήματος</td> <td data-bbox="976 1249 1313 1301">115ώρες [ECTS×13×2,2]</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>	Διαλέξεις	3x11=33 ώρες	Μελέτη	3x11=33 ώρες	Εργασίες κατ' οίκον	3x2=6 ώρες	Εργαστήριο	3x2=6 ώρες	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	25x1=25 ώρες	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0	Εξετάσεις	2					Σύνολο Μαθήματος	115ώρες [ECTS×13×2,2]	
<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>																							
Διαλέξεις	3x11=33 ώρες																							
Μελέτη	3x11=33 ώρες																							
Εργασίες κατ' οίκον	3x2=6 ώρες																							
Εργαστήριο	3x2=6 ώρες																							
Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	25x1=25 ώρες																							
Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0																							
Εξετάσεις	2																							
Σύνολο Μαθήματος	115ώρες [ECTS×13×2,2]																							
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b> <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i></p> <p><i>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον: 10%</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 50%</p> <p>Εργαστήριο: 10%</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 30 %</p>																							

	Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο helios
--	---

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : [Η πολλαπλή βιβλιογραφία του μαθήματος]

- D. K. Schroder: "Semiconductor Material and Device Characterization", Wiley and Sons, (2005).
- <https://www.amazon.com/Modern-Semiconductor-Devices-Integrated-Circuits/dp/0136085253>
- <https://www.amazon.com/Integrated-Microelectronic-Devices-Physics-Modeling/dp/0134670906> (ελληνική μετάφραση από Δ. Τσουκαλά, davinci publisher)
- S. M. Sze: "Physics of Semiconductor Devices", Willey Interscience, 3rd edition (2007).
- R. M. Warner, Jr. and B. L. Grung: "MOSFET Theory and Design", Oxford University Press, Oxford, (1999).
- Marius Grundmann: "The Physics of Semiconductors - An Introduction Including Nanophysics and Applications", Second Edition, Springer-Verlag Berlin, (2010).
- David L. Pulfrey: "Understanding Modern Transistors and Diodes", Cambridge University Press, (2010).
- D. Ielmini and R. Waiser: "Resistive Switching: From Fundamentals of Nanoionic Processes to Memristive Device Applications", Wiley and Sons, (2016).
- Mark Lundstrom and Jung Guo, Nanoscale Transistors: Physics, Modeling, and Simulation, Springer, New York, USA, 2006
- Single Charge Tunneling, Coulomb Blockade Phenomena in Nanostructures, eds. H. Grabert and Michel H. Devoret, NATO ASI Series B 294 (Plenum Press, New York, 1992).
- Quantum Transport in Ultrasmall Devices, eds. D. K. Ferry, H. L. Grubin, C. Jacoboni, and A. Jauho, NATO ASI Series B 342 (Plenum Press, New York, 1995).

-Συναφή επιστημονικά περιοδικά: [ 1-2 Εθνικά ή Διεθνή περιοδικά συναφή με το αντικείμενο του μαθήματος]

- Applied Physics Letters
- IEEE Transactions on Electron Devices
- IEEE Electron Device Letters

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΜΙΚΡΟ ΝΑΝΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ



<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9955	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΜΙΚΡΟ ΝΑΝΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	2	6 ECTS	
Εργαστήριο	0.5		
Εργασίες	0.5		
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i>			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b> <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΕΙΔΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ (για μαθήματα Κατεύθυνσης)  ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ (για μαθήματα Ρωών ή κατ' επιλογήν υποχρεωτικά κατεύθυνσης) [ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΑΝΑΛΟΓΑ]		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Τεχνολογικές διεργασίες κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, βασικά ηλεκτρονικά κυκλώματα		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3011">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3011</a>		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

#### **Γνώσεις:**

Το μάθημα αναφέρεται στην εξειδίκευση των σπουδαστών σε μικρο/νανο αισθητήρες για την μέτρηση φυσικών και βιοχημικών παραμέτρων. Ξεκινά με την γνώση των βασικών χαρακτηριστικών αισθητήρων και την κατηγοριοποίησή τους καθώς και με τις φυσικές αρχές λειτουργίας τους. Συνεχίζει με γνώση της αιχμής της τεχνολογίας κατασκευής μικρο/νανο-αισθητήρων στο πυρίτιο σε συνδυασμό με την καθιερωμένη τεχνολογία κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων στο πυρίτιο. Ακολουθούν παραδείγματα για την εμπέδωση των παραπάνω γενικών αρχών λειτουργίας και τεχνολογιών κατασκευής μέσω της ανάπτυξης συγκεκριμένων φυσικών αισθητήρων (πίεσης, επιτάχυνσης, ροής). Ακολούθως παρουσιάζεται η λειτουργία χημικών και βιοχημικών αισθητήρων και τα πλεονεκτήματα της χρήσης νανοϋλικών. Το μάθημα ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των βασικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ανάγνωσης και μετάδοσης δεδομένων από αισθητήρες που συνδέει την τεχνολογία κατασκευής με την χρήση αισθητήρων.

#### **Δεξιότητες:**

- Να αξιολογεί έναν αισθητήρα με βάση τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του (ευαισθησία, υστέρηση, γραμμικότητα κλπ).
- Να επιλέγει την καταλληλότερη φυσική αρχή λειτουργίας για τον σχεδιασμό ενός μικρο-νανο-αισθητήρα
- Να συνδυάζει την φυσική αρχή λειτουργίας με τον σχεδιασμό της τεχνολογίας κατασκευής ενός μικρο-νανο-αισθητήρα στο πυρίτιο
- Να συνδυάζει νέα υλικά με το πυρίτιο για την ανάπτυξη του αισθητήρα
- Να αντιλαμβάνεται τους μηχανισμούς ταυτοποίησης ουσιών από έναν βιοχημικό αισθητήρα
- Να σχεδιάζει την διαδικασία βαθμονόμησης των αισθητήρων
- Να προτείνει τα καταλληλότερα ηλεκτρονικά ανάγνωσης του σήματος του αισθητήρα
- Να επιλέγει τον καταλληλότερο τρόπο μετάδοσης των δεδομένων σε κεντρική μονάδα επεξεργασίας τους για λήψη αποφάσεων

#### **Γενικές Ικανότητες**

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

Λήψη αποφάσεων

Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου

Αυτόνομη εργασία	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Ομαδική εργασία	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	.....
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	Άλλες...
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	.....

**Ικανότητες:**

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Διατύπωση του προς επίλυση φυσικοχημικού προβλήματος μέτρησης
- Επιλογή της καταλληλότερης φυσικής αρχής λειτουργίας του αισθητήρα που θα αναπτυχθεί/χρησιμοποιηθεί
- Καθορισμό της καταλληλότερης τεχνολογίας για τον σχεδιασμό και κατασκευή αισθητήρα
- Αξιολόγηση της συμπεριφοράς και απόδοσης αισθητήρων
- Συνδυασμό του αισθητήρα και των ηλεκτρονικών ανάγνωσης και μετάδοσης σήματος για την ανάπτυξη συστήματος μέτρησης
- Αυτόνομη ανάλυση διεθνώς δημοσιευμένης επιστημονικής εργασίας
- Οργάνωση και παρουσίαση επιστημονικής εργασίας σε κοινό

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Οι αισθητήρες και η μετεξέλιξή τους σε ολοκληρωμένα μικροσυστήματα: Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι αφενός μεν μία σύντομη περιγραφή της τεχνολογικής περιοχής των μικροαισθητήρων, αφετέρου δε ο συσχετισμός της με την συγγενή τεχνολογία των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.</li> <li>• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Φυσικές αρχές αισθητήρων: Το κεφάλαιο αυτό εξετάζει διάφορα φυσικά φαινόμενα τα οποία χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα για την μετατροπή ενός διεγείροντος σήματος σε ηλεκτρικό σήμα το οποίο είμαστε στην συνέχεια ικανοί να επεξεργασθούμε με ηλεκτρονικά κυκλώματα.</li> <li>• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ – Η ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΝΑΝΟ: Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει τις βασικές τεχνολογικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων. Θεωρώντας ότι έχουν διδαχθεί στο μάθημα ‘Διεργασίες κατασκευής μικρο-νανοσυστημάτων’ οι διαδικασίες κατασκευής ηλεκτρονικών διατάξεων θα δοθεί έμφαση στις διεργασίες κατασκευής που αφορούν τα μικρομηχανικά συστήματα.</li> <li>• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ: Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να δώσει παραδείγματα αισθητήρων που αφορούν την μέτρηση φυσικών μεγεθών όπως η πίεση και η επιτάχυνση, η θερμοκρασία, το μαγνητικό πεδίο</li> <li>• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΧΗΜΙΚΩΝ/ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ: Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να δώσει παραδείγματα αισθητήρων που αφορούν την μέτρηση βιοχημικών μορίων (ανίχνευση ουσιών).</li> </ul>
--

- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Βασικά Ηλεκτρονικά Κυκλώματα: Τελεστικοί ενισχυτές – βασικά κυκλώματα (inverted, non-inverted, differential, integrator). Επίδραση θορύβου. -Ειδικοί τελεστικοί ενισχυτές (transimpedance, charge amplifier). -Γέφυρες DC & AC, κυκλώματα μέτρησης αντίστασης και χωρητικότητας.
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Ψηφιοποίηση αναλογικών σημάτων: Κυκλώματα μετατροπής χωρητικότητας σε συχνότητα (C/F) - Κυκλώματα μετατροπής τάσης σε συχνότητα (V/F) - Κυκλώματα ψηφιοποίησης τάσεων (A/D)
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Βασικά είδη Αισθητήριων, ανάλογα την απόκριση τους και κυκλώματα ανάγνωσης τους: Αισθητήρες μεταβαλλόμενης Αντίστασης. - Αισθητήρες μεταβαλλόμενης Τάσης. - Αισθητήρες μεταβαλλόμενου Ρεύματος – Photodetector - Αισθητήρες μεταβαλλόμενης Χωρητικότητας.
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Διαχείριση δεδομένων Αισθητήρων: Πλατφόρμες – Λογισμικό διαχείρισης δεδομένων Αισθητήρων. - Τρόποι μεταφοράς δεδομένων:Ενσύρματη μετάδοση δεδομένων Αισθητήρων – σειριακά πρωτόκολλα επικοινωνιών (RS-232, RS-485, Field bus) - Ασύρματη μετάδοση δεδομένων Αισθητήρων (WiFi, Zigbee, BT)

#### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	Πρόσωπο με πρόσωπο																							
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	Χρήση Τ.Π.Ε. στην Επικοινωνία με τους Φοιτητές [πρόγραμμα μαθημάτων, Σημειώσεις, Εργασίες (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές, μέσω του helios)																							
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i>  <i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i>  <i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="641 1236 978 1335"><b>Δραστηριότητα</b></th> <th data-bbox="978 1236 1321 1335"><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="641 1335 978 1397">Διαλέξεις</td> <td data-bbox="978 1335 1321 1397">3x11=33 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1397 978 1460">Μελέτη</td> <td data-bbox="978 1397 1321 1460">3x11=33 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1460 978 1523">Εργασίες κατ' οίκον</td> <td data-bbox="978 1460 1321 1523">3x2=6 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1523 978 1585">Εργαστήριο</td> <td data-bbox="978 1523 1321 1585">3x2=6 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1585 978 1693">Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</td> <td data-bbox="978 1585 1321 1693">25x1=25 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1693 978 1756">Εκπαιδευτικές επισκέψεις</td> <td data-bbox="978 1693 1321 1756">0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1756 978 1818">Εξέταση</td> <td data-bbox="978 1756 1321 1818">2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1818 978 1881"></td> <td data-bbox="978 1818 1321 1881"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1881 978 1944"></td> <td data-bbox="978 1881 1321 1944"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1944 978 2024">Σύνολο Μαθήματος</td> <td data-bbox="978 1944 1321 2024">115 [ECTS×13×2,2]</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>	Διαλέξεις	3x11=33 ώρες	Μελέτη	3x11=33 ώρες	Εργασίες κατ' οίκον	3x2=6 ώρες	Εργαστήριο	3x2=6 ώρες	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	25x1=25 ώρες	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0	Εξέταση	2					Σύνολο Μαθήματος	115 [ECTS×13×2,2]	
<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>																							
Διαλέξεις	3x11=33 ώρες																							
Μελέτη	3x11=33 ώρες																							
Εργασίες κατ' οίκον	3x2=6 ώρες																							
Εργαστήριο	3x2=6 ώρες																							
Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	25x1=25 ώρες																							
Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0																							
Εξέταση	2																							
Σύνολο Μαθήματος	115 [ECTS×13×2,2]																							

<p style="text-align: center;"><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b></p> <p><i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμών, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i></p> <p><i>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον: 10 %</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 50 %</p> <p>Εργαστήριο: 10 %</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 30 %</p> <p>Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο Helios</p>
---	--

### (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<p>-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία :</p> <p>Julian Gardner 'Microsensors: Principles and Applications' Winfield Hill</p> <p>Marc Madou 'Fundamentals of microfabrication' CRC Press</p> <p>Stephen Senturia 'Microsystem Design' Kluwer Academic Publishers</p> <p>Ramon Pallas-Areny 'Sensors and Signal Conditioning' John Webster</p> <p>-Συναφή επιστημονικά περιοδικά:</p> <p>Sensors and Actuators (A and B)</p> <p>Journal of Microelectromechanical Systems</p> <p>IEEE Sensors</p>
--

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

### ΒΙΟΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΑΙΣΘΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

#### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό

<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9956	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΒΙΟΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΑΙΣΘΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	3	6	
Εργαστήριο			
Εργασίες			
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i>			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Κυματική Οπτική, Ηλεκτρομαγνητισμός		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3012#section-0">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3012#section-0</a>		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

### **Γνώσεις:**

Το μάθημα αναφέρεται στην σύγχρονη κατεύθυνση της Νανοβιοφωτονικής, η οποία ενσωματώνει έννοιες από τις Βιοεπιστήμες, τη Νανοτεχνολογία και τη Φωτονική. Η ύλη του μαθήματος στοχεύει στην κατανόηση του πολυεπιστημονικού χαρακτήρα του πεδίου της Νανοβιοφωτονικής. Με αφετηρία τις θεμελιώδεις αρχές αλληλεπιδράσεων φωτός με βιολογικά μακρομόρια, κύτταρα και ιστούς, εισάγει τους φοιτητές στα παρακάτω πεδία: Μοριακή Βιοαπεικόνιση σε 2 και 3 διαστάσεις, Διαγνωστικές και Θεραπευτικές Τεχνικές Βασισμένες στη Νανοτεχνολογία, Μετρήσεις βιοδεικτών με Πολυπλεξία και Νανοβιοαισθητήρες.

### **Δεξιότητες:**

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Κατανοήσει μελέτες σε ναοκλίμακα των επιδράσεων φωτός με βιοσυστήματα καθώς επίσης και τη μοντελοποίηση τους
- Γενικεύσει και να εφαρμόσει τις προηγούμενες γνώσεις σε διαγνωστικές και θεραπευτικές τεχνικές βασισμένες στη νανοτεχνολογία
- Κατανοήσει μεθοδολογίες και τεχνικές απεικόνισης κυττάρων, βιολογικών μακρομορίων και βιοϋλικών.
- Αναπτύξει την κριτική του σκέψη αναλύοντας και επιλύοντας διάφορες μελέτες περίπτωσης συσφασμένες με νανοβιοφωτονικά θέματα-προβλήματα
- Εξάγει μετρήσιμα αποτελέσματα τα οποία μπορεί να αξιοποιήσει σε πραγματικές συνθήκες.
- Συνδυάζει το τεχνολογικό γνωστικό του υπόβαθρο με το πεδίο των επιστημών υγείας.
- Συνεργάζεται με τους συμφοιτητές/συμφοιτήτριες του αποδοτικά για την επίτευξη ενός κοινού μαθησιακού στόχου (εκπόνηση ομαδικού παραδοτέου).

### **Γενικές Ικανότητες**

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

Λήψη αποφάσεων

Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου

Αυτόνομη εργασία

Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής

Ομαδική εργασία

Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

Εργασία σε διεθνές περιβάλλον

Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον

.....

Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών

Άλλες...

.....

### **Ικανότητες:**

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αυτόνομη (ατομικά εργαστήρια) και ομαδική εργασία (ανάθεση ομαδικής εργασίας)
- Αποδοτική συνεργασία μέσω της εκπόνησης ομαδικού παραδοτέου για την επίτευξη ενός κοινού μαθησιακού στόχου
- Ανάπτυξη της κριτικής τους σκέψης και της ικανότητας συνδυασμού γνώσεων από διαφορετικά πεδία μέσα από την ανάλυση, σύνθεση και επίλυση μελετών περίπτωσης συνυφασμένων με θέματα νανοβιοφωτονικής
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών και εργαλείων/λογισμικού
- Σύνθεση του τεχνολογικού γνωστικού τους υποβάθρου με το πεδίο των επιστημών υγείας

### **(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**

#### **A Ενότητα**

Θεμελιώδεις αρχές αλληλεπιδράσεων φωτός με βιολογικά μακρομόρια, κύτταρα και ιστούς. Απορρόφηση και φθορισμός βιολογικών ιστών. Διάδοση φωτός σε ιστούς. Οπτική βιοψία με χρήση απορρόφησης, σκέδασης και φθορισμού.

#### **B Ενότητα**

Νανοβιοαπεικόνιση. Απεικονιστική Μικροσκοπία Φθορισμού. Χρωμοφόρα μόρια φθορισμού: κλασσικά, quantum dots, φθορίζουσες πρωτεΐνες. Χωροχρονική απεικόνιση κυττάρων και κυτταρικών διεργασιών και ποσοτικοποίηση αυτών. Συνεστιακή μικροσκοπία σάρωσης με laser. Μικροσκοπία ατομικής δύναμης βιολογικών μακρομορίων και βιολικών. Οπτικοί Βιοαισθητήρες.

#### **Γ Ενότητα**

Εφαρμογές Νανοβιοφωτονικής στην Ιατρική. Φωτοδυναμική θεραπεία και νανοτεχνολογία. Νανοσωματίδια στην Ιατρική για διάγνωση και θεραπεία. Τοξικότητα Νανοσωματιδίων

#### **Δ Ενότητα**

Τεχνολογία Μικροσυστοιχιών στη γονιδιωματική και πρωτεομική. Συστήματα πολυπλεξίας για την ταυτόχρονη απόκτηση μεγάλου αριθμού βιοδεικτών. Εφαρμογές

### **(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

#### **ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ**

Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως  
εκπαίδευση κ.λπ.

Πρόσωπο με πρόσωπο



<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Χρήση Τ.Π.Ε. στη διδασκαλία και στην επικοινωνία με τους φοιτητές (υποστήριξη μαθησιακής διαδικασίας μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας helios)</p>	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p> <p><i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	<p>Διαλέξεις</p>	<p>13x3=39 ώρες</p>
	<p>Μελέτη</p>	<p>13x3=39 ώρες</p>
	<p>Εργασίες κατ' οίκον</p>	<p>5x3=15 ώρες</p>
	<p>Εργαστήριο</p>	<p>5x3=15 ώρες</p>
	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</p>	<p>10x5=50 ώρες</p>
	<p></p>	<p></p>
	<p></p>	<p></p>
	<p></p>	<p></p>
<p></p>	<p></p>	
<p>Σύνολο Μαθήματος</p>	<p>158 ώρες</p>	
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b> <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Εκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i></p> <p><i>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον: 5%</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 60 %</p> <p>Εργαστήριο: 5%</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: ...30%</p>	

**(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : [Η πολλαπλή βιβλιογραφία του μαθήματος]

- Διδώ Γιόβα, Εισαγωγή στη Νανοβιοφυσική και Οπτική Απεικόνιση, Αθήνα: Συμμετρία. 2011
- Paras Prasad, Introduction to Biophotonics, New Jersey: John Wiley & Son Inc, 2006.
- Tuan Vo-DINH, Biomedical Photonics Handbook: Volume I: Fundamentals, Devices, and Techniques, CRC Press, 2019.
- Tuan Vo-DINH, Biomedical Photonics Handbook: Volume II: Biomedical Diagnostics, CRC Press, 2019.
- Tuan Vo-DINH, Biomedical Photonics Handbook: Volume III: Therapeutics and Advanced Biophotonics, CRC Press, 2019.
- Stephen Paddock, Confocal Microscopy: Methods and Protocols, Humana Press, 2014.  
Bert Voigtländer, Atomic Force Microscopy, Part of the book series: NanoScience and Technology, Springer 2019.
- Caroline Boudoux, Fundamentals of Biomedical Optics: From light interactions with cells to complex imaging systems, Blurb, 2023

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΝΑΝΟΔΟΜΩΝ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9557	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΝΑΝΟΔΟΜΩΝ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	2	6 ECTS	
Εργαστήριο	1		
Εργασίες	0		

<p>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</p>		
<p><b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b></p> <p>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης</p> <p>γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</p>	<p>ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ (για μαθήματα Ρωών ή κατ' επιλογήν υποχρεωτικά κατεύθυνσης)</p>	
<p><b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b></p>	<p>[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:</p> <p>Φυσική και χημεία στερεάς κατάστασης, αναλυτικές τεχνικές χαρακτηρισμού υλικών, θεμελιώδεις γνώσεις κβαντικομηχανικής</p> <p>Βασική φυσική, χημεία και μαθηματικά προπτυχιακού επιπέδου, μια τουλάχιστον γλώσσα προγραμματισμού υπολογιστών, καθώς και λίγες γνώσεις ηλεκτρονικής και ηλεκτροτεχνίας. Επιθυμητό να έχει προηγηθεί το μάθημα των διεργασιών κατασκευής μικρο- και νανοσυστημάτων.</p>	
<p><b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b></p>	<p>ΕΛΛΗΝΙΚΗ</p>	
<p><b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b></p>	<p>ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]</p>	
<p><b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b></p>	<p><a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3013">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3013</a></p>	

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p><b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b></p> <p>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης</li> <li>• Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 &amp; 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β</li> <li>• Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων</li> </ul>
<p><b>Γνώσεις:</b></p> <p>Στόχος του μαθήματος είναι η εισαγωγή στις θεμελιώδεις αρχές και την τεχνολογία ανάπτυξης και χαρακτηρισμού νανοϋλικών &amp; νανοδομών με επιθυμητές ιδιότητες και λειτουργικότητα.</p> <p>Το μάθημα χωρίζεται σε δύο μέρη (Α και Β). Στο μέρος Α οι φοιτητές αποκτούν εξειδικευμένη γνώση στην τεχνολογία ανάπτυξης νανοδομών χρησιμοποιώντας προσεγγίσεις “εκ των άνω” (top-down) δηλαδή λιθογραφία και εγχάραξη ή απόθεση με πλάσμα. Δίνονται οι βασικές αρχές των ηλεκτρικών εκκενώσεων πλάσματος για την κατεργασία των υλικών, και στοιχεία φυσικής και χημείας του</p>

πλάσματος. Περιγράφεται τόσο η μεταφορά σχήματος για την κατασκευή νανοδομών μικρο- και νανοηλεκτρομηχανικών συστημάτων (MEMS-NEMS) με εγχάραξη πλάσματος όσο και η στοχαστική νανοϋφανση των επιφανειών με πλάσμα. Δίνεται έμφαση σε εργαλεία μοντελοποίησης της διεργασίας πλάσματος και στις εφαρμογές των αναπτυσσόμενων νανοδομών.

Στο μέρος Β ο φοιτητής αποκτά εξειδικευμένη γνώση πάνω σε γενικές αρχές της νανοτεχνολογίας και των νανοϋλικών, στα φαινόμενα και στις δυνάμεις που αναπτύσσονται στην νανοκλίμακα, καθώς και σε τεχνικές χαρακτηρισμού των νανοϋλικών.

Ακόμη, ο φοιτητής εξοικειώνεται με τεχνολογίες αιχμής μέσω ειδικά σχεδιασμένων εργαστηριακών ασκήσεων όπως η ανάπτυξη νανοδομών με στοχευμένες ιδιότητες σε αντιδραστήρες πλάσματος, η σύνθεση λεπτών υμενίων και η προσθετική κατασκευή.

### Δεξιότητες:

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Κατανοήσει τη δομή νανοϋλικών
- Εξηγή τις ιδιότητες νανοδομών με βάση την χημική και φυσική τους δομή και την τεχνική σύνθεσής τους
- Κατανοεί την αλληλεπίδραση μεταξύ δομής – ιδιοτήτων – εφαρμογών νανοδομών
- Κατανοεί την λειτουργία και να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει αντιδραστήρες πλάσματος για να κατεργαστεί υλικά ή να εναποθέσει υλικά.
- Χρησιμοποιεί τεχνικές ανάπτυξης νανοδομών με τις οποίες έχει εξοικειωθεί στα πλαίσια του μαθήματος μέσω των στοχευμένων εργαστηριακών ασκήσεων
- Συνδυάζει κατάλληλες αναλυτικές τεχνικές για τον πλήρη χαρακτηρισμό νανοδομών

### **Γενικές Ικανότητες**

*Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:*

<i>Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών</i>	<i>Σχεδιασμός και διαχείριση έργων</i>
<i>Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις</i>	<i>Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα</i>
<i>Λήψη αποφάσεων</i>	<i>Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον</i>
<i>Αυτόνομη εργασία</i>	<i>Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου</i>
<i>Ομαδική εργασία</i>	<i>Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής</i>
<i>Εργασία σε διεθνές περιβάλλον</i>	<i>Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης</i>
<i>Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον</i>	<i>.....</i>
<i>Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών</i>	<i>Άλλες...</i>
	<i>.....</i>

### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αυτόνομη εργασία (δευτερευόντως, ομαδική εργασία, μέσω της ανάθεσης συλλογικών εργασιών)
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών
- Εξοικείωση με τεχνικές ανάπτυξης και χαρακτηρισμού νανοδομών στο Εργαστήριο
- Εξοικείωση με μηχανήματα / αντιδραστήρες πλάσματος υπό κενό ή στην ατμόσφαιρα.
- Εξοικείωση με λογισμικό προσομοίωσης διεργασιών ανάπτυξης νανοδομών
- Αξιολόγηση δομής και λειτουργικότητας νανοδομών
- Σχεδιασμός και ανάπτυξη νέων νανοδομών μέσω κατάλληλου συνδυασμού πρώτων υλών, συνθηκών και τεχνικών ανάπτυξης
- Χρήση όλων των τεχνικών σύνθεσης και χαρακτηρισμού με σεβασμό στην ασφάλεια των εργαζομένων και με σεβασμό στο περιβάλλον.

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Στο μάθημα μελετάται η κατασκευή νανοδομών χρησιμοποιώντας προσεγγίσεις τόσο “εκ των άνω” (top-down) δηλαδή λιθογραφία και εγχάραξη ή απόθεση με πλάσμα, όσο και “εκ των κάτω” (bottom-up) δηλαδή αυτο-οργάνωση.

Περιγράφεται τόσο η κατασκευή μικρο- και νανοηλεκτρομηχανικών συστημάτων (MEMS-NEMS) με εγχάραξη πλάσματος όσο και η στοχαστική νανοϋφανση των επιφανειών με πλάσμα. Συζητείται η σύνθεση νανοσωματιδίων, νανοϊνών, νανοσωλήνων και διδυάστατων νανοεπιφανειών. Δίνεται έμφαση στον χαρακτηρισμό των νανομηχανικών ιδιοτήτων τέτοιων νανοδομών. Τέλος περιγράφονται συνδυασμοί των “εκ των άνω” και “εκ των κάτω” προσεγγίσεων.

#### Μέρος Α

Στο πρώτο μέρος του μαθήματος περιγράφεται η «εκ των άνω» τεχνολογία ανάπτυξης νανοδομών. Δίνεται έμφαση στο βήμα μεταφοράς σχήματος (από υπερκείμενο σε υποκείμενο στρώμα) χρησιμοποιώντας εγχάραξη με πλάσμα. Μελετάται το περιβάλλον εγχάραξης με πλάσμα μέσω των βασικών αρχών φυσικής και χημείας του πλάσματος (βασικές ποσότητες πλάσματος, διεργασίες που επάγονται από ηλεκτρόνια, χημικές αντιδράσεις στην αέρια φάση του πλάσματος και στην εγχαρασόμενη επιφάνεια, ισοζύγια φορτισμένων και ουδέτερων συστατικών, διαγνωστική πλάσματος, σχηματισμός νανοϋφανσης). Χρησιμοποιείται λογισμικό για την προσομοίωση της διεργασίας πλάσματος και την κατανόηση της επίδρασης των λειτουργικών παραμέτρων στις ποσότητες του πλάσματος. Εισάγεται το τομέας της νανοεπιστήμης πλάσματος. Επίσης διδάσκεται ο χαρακτηρισμός επιφανειών και μετρικές επιφανειών για διατεταγμένες, ημι-διατεταγμένες και μορφοκλασματικές επιφάνειες. Παρουσιάζονται μέθοδοι μέτρησης επιφανειών με χρήση AFM, SEM και προφίλομετρίας, καθώς και ελλειψομετρία για φιλμ στα οποία έχει γίνει εγχάραξη ή απόθεση με πλάσμα. Μέσω εργαστηριακών ασκήσεων, οι φοιτητές εξοικειώνονται με τη λειτουργία αντιδραστήρων πλάσματος, τις τεχνικές κενού, τα διαγνωστικά πλάσματος και τις μετρήσεις πάχους με ελλειψόμετρο καθώς και με τη νανοϋφανση με πλάσμα, τον έλεγχο της διαβροχής επιφανειών και την κατασκευή νανοημάτων για φωτοβολταϊκά.

#### Μέρος Β

Στο δεύτερο μέρος του μαθήματος θα συζητηθούν γενικές αρχές της νανοτεχνολογίας και οι βασικές έννοιες των νανοϊλικών, θα οριστούν οι νανοδομές μηδενικών διαστάσεων, μίας διάστασης (νανοκαλώδια, νανοσωλήνες άνθρακα) και δύο διαστάσεων (επιφάνειες, ενδοεπιφάνειες, λεπτά υμένια), θα συζητηθούν τεχνικές ανάπτυξης νανοδομών «εκ των κάτω», όπως η τεχνική κolloειδούς γέλης (Sol-Gel), θα συζητηθούν τα νανοβιοϊλικά, οι εφαρμογές τους, ο χαρακτηρισμός τους και η τοξικολογία τους, ενώ επίσης θα συζητηθεί η μηχανική μάθηση (machine learning) στην νανοτεχνολογία. Παράλληλα, οι φοιτητές θα έχουν την ευκαιρία να εργαστούν εργαστηριακά σε επιλεγμένα πεδία που θα έχουν συζητηθεί σε θεωρητικό επίπεδο νωρίτερα προκειμένου να εμβαθύνουν στο αντικείμενο της ανάπτυξης και του χαρακτηρισμού των νανοδομών.

--

#### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i>	Πρόσωπο με πρόσωπο	
<b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i>	Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)	
<b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>  <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i>  <i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i>  <i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>
	Διαλέξεις	8x3=24 ώρες
	Μελέτη	13x4=52 ώρες
	Εργασίες κατ' οίκον	10x4=40 ώρες
	Εργαστήριο	5x3=15 ώρες
	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	10x4=40 ώρες
	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0
	Εξετάσεις	3
	Σύνολο Μαθήματος	[ECTS×13×2,2] 174
<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b>  <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i>	Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά  (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)	
<i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i>	Εργασία κατ' Οίκον: 10% (προαιρετικά, αν ο φοιτητής / φοιτήτρια δεν επιλέξει εργασία / άσκηση / υπολογιστικό θέμα το εν λόγω ποσοστό προστίθεται στο ποσοστό του βαθμού από την γραπτή αξιολόγηση)  Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 70%  Εργαστήριο: 10%	

<p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 10% (προαιρετικά, αν ο φοιτητής / φοιτήτρια δεν επιλέξει εργασία / άσκηση / υπολογιστικό θέμα το εν λόγω ποσοστό προστίθεται στο ποσοστό του βαθμού από την γραπτή αξιολόγηση)</p> <p>Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο helios</p>
---	--

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<p><i>ΜΕΡΟΣ Α</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. F. F. Chen, and J.P. Chang, Lecture Notes on Principles of Plasma Processing, 2003, Kluwer Academic/Plenum Publishers</li> <li>2. S. Franssila, Introduction to Microfabrication, 2010, Wiley</li> <li>3. M.A. Lieberman and A. J. Lichtenberg, (2005) Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, Wiley</li> <li>4. Επιλεγμένα άρθρα ανασκόπησης (reviews)</li> </ol> <p>Θα προτείνονται από τους διδάσκοντες κατά τις αντίστοιχες παραδόσεις</p> <p><i>ΜΕΡΟΣ Β</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dieter Vollath, Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications, 2nd Edition, Wiley (2013).</li> <li>2. G. Cao, Nanostructures and Nanomaterials – Synthesis, Properties and Applications, Imperial College Press (2004).</li> <li>3. Springer Handbook of Nanotechnology, Bharat Bhushan (Ed.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2004).</li> <li>4. C. Richard Brundle; Charles A. Evans, Jr; Shaun Wilson, “Encyclopedia of Materials Characterization”, Materials Characterization Series, Surfaces, Interfaces, Thin Films, Butterworth – Heinmann, Boston, London, Oxford, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington, Manning, Greenwich, 1992.</li> <li>5. Manfred Stamm, “Polymer Surfaces and Interfaces, Characterization, Modification and Applications”, Springer, First Edition, 2008.</li> <li>6. Επιλεγμένα άρθρα επισκόπησης (reviews)</li> </ol> <p>Θα προτείνονται από τους διδάσκοντες κατά τις αντίστοιχες παραδόσεις</p>
---

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9558	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	2	6 ECTS	
Εργαστήριο	1		
Εργασίες	0		
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i>			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Ηλεκτρονική Ι, ΙΙ και ΙΙΙ. Βασικές γνώσεις Μαθηματικών (διαφορικές εξισώσεις, γραμμική άλγεβρα). Πλήρης εξοικείωση με ανάλυση σημάτων στο πεδίο των συχνοτήτων καθώς και βασικές γνώσεις επεξεργασίας σημάτων και αυτομάτου ελέγχου (ευστάθεια, δυναμικά συστήματα κτλ.). Ενδιαφέρον για τη σχεδίαση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=915">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=915</a>		



## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

### Γνώσεις:

Το μάθημα συνδιδάσκεται με το προχωρημένο προπτυχιακό μάθημα «Σχεδίαση Αναλογικών Μικροηλεκτρονικών Κυκλωμάτων» του 8ου εξαμήνου της ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ. Είναι μια λεπτομερής παρουσίαση των αρχών σχεδιασμού και βελτιστοποίησης αναλογικών και μικτού σήματος κυκλωμάτων σε τεχνολογίες CMOS και BiCMOS. Περιλαμβάνει: Μοντέλα μικρού και μεγάλου σήματος. Συστηματική μεθοδολογία για την επιλογή μεγεθών των εξαρτημάτων και την πόλωση. Βασικές κυκλωματικές δομές. Τελεστικούς ενισχυτές και διαγωγούς. Βασικές σχεδιαστικές τεχνικές, ανάλυση και μελέτη κυκλωμάτων ρυθμιστών τάσης και σταθεροποιητών ρεύματος-τάσης. Κυκλώματα χαμηλής κατανάλωσης για εφαρμογές μηχανικής μάθησης. Θέματα συμπεριφοράς μεγάλου σήματος. Αρχές κυκλωμάτων διακοπτόμενων πυκνωτών. Φίλτρα συνεχούς χρόνου. Μετατροπείς δεδομένων (αναλογικό-ψηφιακό). Μετατροπείς Σίγμα-Δέλτα. Κυκλωματικές δομές για τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα και επεξεργασία σήματος. Το μάθημα περιλαμβάνει τελική σχεδιαστική εργασία.

### Δεξιότητες:

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι ικανοί για:

- Κατανόηση των λόγων επιλογής βασικών κυκλωμάτων πόλωσης και ικανότητα πραγματοποίησης σχεδιαστικών επιλογών.
- Μοντελοποίηση και βασικές αρχές βελτιστοποίησης της σχεδιαστικής διαδικασίας
- Κατανόηση, ανάλυση και σχεδίαση βασικών κυκλωμάτων για βιομηχανικές εφαρμογές.
- Κατανόηση, ανάλυση και σχεδίαση βασικών κυκλωμάτων για εφαρμογές μηχανικής μάθησης.
- Εξοικείωση με εργαλεία σχεδίασης, ανάλυσης και προσομοίωσης αναλογικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.
- Κατανόηση των σχεδιαστικών προδιαγραφών και επιλογή της κατάλληλης τοπολογίας για κάθε σχεδιαστικό πρόβλημα.

### Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

Λήψη αποφάσεων

Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου

Αυτόνομη εργασία

Ομαδική εργασία	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	.....
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	Άλλες... .....

**Ικανότητες:**

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αυτόνομη εργασία (δευτερευόντως, ομαδική εργασία, μέσω της ανάθεσης συλλογικών εργασιών)
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών
- Εξοικείωση με τεχνικές σχεδιασμού
- Εξοικείωση με λογισμικό προσομοίωσης
- Αξιολόγηση δομής και λειτουργικότητας ολοκληρωμένων κυκλωμάτων
- Λήψη σχεδιαστικών αποφάσεων και πραγματοποίηση κατάλληλων σχεδιαστικών επιλογών.

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το τρανζίστορ MOS: αρχές λειτουργίας, βασικές καμπύλες I-V, μοντέλα ασθενούς σήματος για λειτουργία σε χαμηλές, μεσαίες και υψηλές συχνότητες.</li> <li>• Βασικές αρχές φυσικής σχεδίασης (layout) μικροηλεκτρονικών συστημάτων, στην τεχνολογία πυριτίου, με έμφαση στην αναλογική σχεδίαση.</li> <li>• Κυκλώματα τάσης: μετατόπιση τάσης, διαιρέτης τάσης, καθρέπτες ρεύματος, γεννήτριες αναφοράς χάσματος (τροφοδοτικά).</li> <li>• Βασικά κυκλώματα ενίσχυσης MOS: αναστροφέας, διαφορικός ενισχυτής, πηγή παρακολουθητής.</li> <li>• Σχεδίαση τελεστικών ενισχυτών: ενισχυτές μίας- και δύο-βαθμίδων, DC και AC ανάλυση, ανάλυση θορύβου, ανάλυση υψηλού σήματος.</li> <li>• Σχεδίαση κυκλωμάτων ρυθμιστών τάσης: Low-Dropout Regulators, DC, AC, stb, noise ανάλυση και έμφαση σε βιομηχανικές εφαρμογές.</li> <li>• Σχεδίαση κυκλωμάτων χαμηλής κατανάλωσης: Analog Classifiers, DC, transient, stb, noise ανάλυση και έμφαση σε εφαρμογές μηχανικής μάθησης.</li> <li>• Μελέτη σχεδιαστικών επιλογών και βασικών βαθμίδων σε αναλογικά ολοκληρωμένα φίλτρα.</li> <li>• Διακόπτες MOS, διατάξεις δειγματοληψίας, μετατροπείς A/D και D/A.</li> </ul> <p>Εργαλεία σχεδίασης: από το HSPICE στο Cadence..</p>
--

### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>	
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)</p>	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p> <p><i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	<p>Διαλέξεις</p>	<p>13x3=39 ώρες</p>
	<p>Μελέτη</p>	<p>13x4=52 ώρες</p>
	<p>Εργασίες κατ' οίκον</p>	<p>13x4=52 ώρες</p>
	<p>Εργαστήριο</p>	
	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</p>	<p>29 ώρες</p>
	<p>Εκπαιδευτικές επισκέψεις</p>	<p>0</p>
	<p>Εξετάσεις</p>	<p>3</p>
	<p>Σύνολο Μαθήματος</p>	<p>[ECTS×13×2,2] 174</p>
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b> <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i></p> <p><i>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ατομική σχεδιαστική εργασία ολοκληρωμένου ρυθμιστή τάσης: σχεδίαση σε επίπεδο σχηματικού υποχρεωτική, φυσική σχεδίαση(layout) προαιρετική. : 60%</li> <li>• Εναλλακτική εργασία: σχεδίαση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων υλοποίησης αναλογικού ταξινομητή (classifier). : 60%</li> <li>• Σειρές ασκήσεων σε: μοντελοποίηση συμπεριφοράς τρανζίστορMOS, ανάλυση/σύνθεση βασικών αναλογικών μικροηλεκτρονικών κυκλωμάτων: 20%</li> <li>• Προφορική/Γραπτή Εξέταση πάνω στη σχεδιαστικής εργασίας και στις επιλογές σχεδίασης: 20%</li> </ul>	

**(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

*1j Για το MOS τρανζίστορ*

Y. Tsividis, "Mixed Analog-Digital VLSI Devices and Technology", McGraw-Hill, 1995.

Y. Tsividis, "Operation and Modeling of the MOS Transistor", McGraw-Hill, 1987 και δεύτερη έκδοση 1998.

*2j Για το SPICE*

P. T. Tuinenga, "SPICE - A Guide to Circuit Simulation and Analysis Using Pspice", Prentice Hall, 1988.

P. Antognetti and G. Massobrio, "Semiconductor Device Modeling with SPICE", Mc Graw-Hill, 1988.

*3j Για σχεδίαση αναλογικών μικροηλεκτρονικών κυκλωμάτων*

*Tony Chan Carusone David A. Johns Kenneth W. Martin "ANALOG INTEGRATED CIRCUIT DESIGN", 2<sup>nd</sup> edition (πολύ καλό για κατανόηση όλων των βασικών σχεδιαστικών βαθμίδων και επιλογών)*

P. Grey and R. Meyer, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits", J. Wiley, 3<sup>rd</sup> edition (πολύ καλό για διπολικά τρανζίστορ).

R. Geiger, P. Allen and W. Strader, "VLSI Design Techniques for Analog and Digital Circuits", Mc Graw-Hill, 1990.

Gregorian and Temes, "Analog MOS Integrated Circuits", J. Wiley, 1986B. Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", Mc Graw-Hill, 2000. D. A. Jones and K. Martin, "Analog Integrated Circuit Design", J. Wiley, 1997.

*4j Analog Layout*

Alan Hastings, "The Art of Analog Layout", Prentice Hall, 2001.

Dan Clein, "CMOS IC Layout: Concepts, Methodologies and Tools", Newnes, 2000.

**ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ  
ΚΒΑΝΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ**

**(1) ΓΕΝΙΚΑ**

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9959	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	<b>2</b>
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΚΒΑΝΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	

αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων		
Διαλέξεις – Ασκήσεις	2,5	6 ECTS
Εργαστήριο	0,5	
Εργασίες	0	
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).		
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων	<b>ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ</b>	
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ	
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]	
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p><b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b></p> <p>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης</li> <li>• Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 &amp; 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β</li> <li>• Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων</li> </ul>
<p><b>Γνώσεις:</b></p>
<p><b>Δεξιότητες:</b></p> <p>Στο τέλος του μαθήματος, οι φοιτητές έχουν εξοικειωθεί με τα κβαντικά κυκλώματα και τη χρήση τους στην κβαντική πληροφορική. Έχουν εισαχθεί σε βασικές έννοιες της Φυσικής των Ανοιχτών</p>

Κβαντικών Συστημάτων, έχουν εξοικειωθεί με τον φορμαλισμό στη βάση των τελεστών πυκνότητας που είναι απαραίτητος και βέβαια στην ανάγκη και τις μεθόδους διόρθωσης ή μείωσης σφαλμάτων. Έχουν επίσης κάποιες συνεκτικές εισαγωγικές γνώσεις πάνω σε σημαντικές φυσικές μεθόδους και τεχνικές υλοποίησης της κβαντικής πληροφορικής και γενικότερα της αναδυόμενης νεάς κβαντικής τεχνολογίας. Με τα παραπάνω διαθέτουν τα απαραίτητα εφόδια ώστε να μπορούν να παρακολουθήσουν τις εξελίξεις στο πεδίο της κβαντικής τεχνολογίας και κβαντικής πληροφορικής.

### Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών	Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις	Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα
Λήψη αποφάσεων	Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον
Αυτόνομη εργασία	Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου
Ομαδική εργασία	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	.....
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	Άλλες...
	.....

### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αυτόνομη εργασία (δευτερευόντως, ομαδική εργασία, μέσω της ανάθεσης συλλογικών εργασιών)
- Αξιολόγηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών σε μια νέα περιοχή που εξελίσσεται ραγδαία και βρίσκεται στα όρια του εφικτού αλλά και στη διεπιφάνεια ανάμεσα στην επιστήμη και στην πρακτική εκμετάλλευσή της που μπορεί να είναι στα πλαίσια της κβαντικής πληροφορικής αλλά ταυτόχρονα για για κβαντικούς αισθητήρες.
- Συνθετική συστηματική κατανόηση πολύπλοκων φαινομένων και διεργασιών που εμπλέκονται τόσο στα πλαίσια της νέας κβαντικής τεχνολογίας όπου η κβαντική συνάφεια είναι κρίσιμη όσο και στην αλγοριθμική κβαντικών υπολογισμών.

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Εισαγωγικά για την Σύγχρονη Κβαντική Φυσική και Τεχνολογία:

- Αξιώματα και Μαθηματικός Φορμαλισμός της Κβαντομηχανικής, Τανυστικά Γινόμενα.
- Φορμαλισμός Τελεστών Πυκνότητας και Στατιστικά Μείγματα.
- Κβαντικός Εναγκαλισμός, Εντροπία Εναγκαλισμού, Παραγοντοποίηση Schmidt και Κάθαρση.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μοναδιαία και Στοχαστική Δυναμική Ανοιχτών Συστημάτων.</li> </ul> <p>Κβαντική Πληροφορική και Κβαντικός Υπολογισμός:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κβαντικά Κυκλώματα, Κβαντική Τηλεμεταφορά και Κβαντική Κρυπτογραφία.</li> <li>• Αλγόριθμοι Κβαντικής Διόρθωσης Σφαλμάτων.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κβαντικός Παραλληλισμός, Βασικοί Αλγόριθμοι Κβαντικού Υπολογισμού.</li> <li>• Κβαντικός Μετασχηματισμός Fourier, Αλγόριθμος Παραγοντοποίησης του Shor.</li> <li>• Κβαντική Έρευνα Βάσεων Δεδομένων, Κβαντική Μηχανική Μάθηση</li> <li>• Τοπολογικός Κβαντικός Υπολογισμός Μέσω Περίπλεξης Καταστάσεων Τοπολογικών Καταγραφών.</li> </ul> <p>Εισαγωγή στην Κβαντική Τεχνολογία και Φυσική Πραγματοποίηση Κβαντικών Καταγραφών και Υπολογιστών:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Πρώιμες Τεχνολογίες Πυρηνικού Μαγνητικού Συντονισμού</li> <li>• Τεχνολογίες Παγιδευμένων Ιόντων και Οπτικών Πλεγμάτων.</li> <li>• Τεχνολογίες Νανοδομών Ημιαγωγών, Κβαντικές Τελείες.</li> <li>• Τεχνολογίες Υπεραγώγιμων Δομών Josephson και Σχετικές Τεχνολογίες Ανάγνωσης και Μείωσης Σφαλμάτων.</li> <li>• Τεχνολογίες Δημιουργίας και Λογικού Χειρισμού Περίπλεξης Τοπολογικών Κβαντικών Καταγραφών.</li> </ul>
--

#### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b></p> <p><i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	Πρόσωπο με πρόσωπο.	
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b></p> <p><i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές). Παρουσιάσεις.	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b></p> <p><i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	Διαλέξεις	13x3=39 ώρες
	Μελέτη	13x4=52 ώρες
	Εργασίες κατ' οίκον	13x4=52 ώρες
	Εργαστήριο	0

<p>(project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</p> <p>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</p>	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	32 ώρες
	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0
	Εξετάσεις	
	Σύνολο Μαθήματος	[ECTS×13×2,2] 174
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b></p> <p>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</p> <p>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμών, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Αποδείξεις ζητούμενων σημαντικών σχέσεων που εμπλέκονται στην κατανόηση των μεθόδων της κβαντικής τεχνολογίας και κβαντικής πληροφορικής με τη μορφή εργασιών στο σπίτι κατά τη διάρκεια του μαθήματος.</li> <li>Τελική Ατομική Εργασία</li> <li>Εναλλακτική εργασία: καθ' ομάδες</li> </ul>	

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

J. Preskill, <i>Quantum Computation</i> , Notes, Caltech, <a href="http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/">http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/</a>
M.A. Nielsen and I.L. Chuang, <i>Quantum Computation and Quantum Information</i> , Cambridge University Press, 2000.

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9960	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	3	6	
Εργαστήριο	0		
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ (για μαθήματα Ρωών ή κατ' επιλογήν υποχρεωτικά κατεύθυνσης)		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Φυσική (Μηχανική), Διαφορικός και Ολοκληρωτικός Λογισμός, Θεωρία Πιθανοτήτων, Προγραμματισμός Η/Υ σε βασικό προπτυχιακό επίπεδο		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3016">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3016</a>		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

### **Γνώσεις:**

Η προτυποποίηση και η υπολογιστική προσομοίωση σε μοριακό, μεσοσκοπικό και μακροσκοπικό επίπεδο αποτελούν σήμερα σημαντικά εργαλεία για την κατανόηση των σχέσεων δομής – ιδιοτήτων –επεξεργασίας – επιδόσεων υλικών και το σχεδιασμό προϊόντων που

ικανοποιούν συγκεκριμένες απαιτήσεις εφαρμογής. Ξεκινώντας απ' αυτή τη διαπίστωση, στόχοι του μαθήματος είναι:

- Η εξοικείωση των σπουδαστών με τις αρχές της στατιστικής μηχανικής συστημάτων εντός και εκτός θερμοδυναμικής ισορροπίας.
- Η χάραξη κατευθυντήριων γραμμών για την ανάπτυξη μικροσκοπικών και μεσοσκοπικών προτύπων υλικών για τη θεωρητική ανάλυση και προσομοίωσή τους.
- Η κατανόηση των βασικών αρχών και εφαρμογών στοχαστικών (κυρίως Monte Carlo) και ντετερμινιστικών (κυρίως Μοριακή Δυναμική) μεθόδων υπολογιστικής προσομοίωσης για την πρόρρηση ιδιοτήτων υλικών.
- Η εξάσκηση σε υπολογιστικές μεθόδους χαρακτηρισμού της δομής και της μοριακής κινητικότητας υλικών και σύνδεση των αποτελεσμάτων με πειραματικές μετρήσεις

### **Δεξιότητες:**

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Χρησιμοποιεί τις αρχές της στατιστικής μηχανικής προκειμένου να εκφράζει θερμοδυναμικές (π.χ. ογκομετρική συμπεριφορά, ενθαλπία, χημικό δυναμικό), δυναμικές (π.χ. συντελεστές διάχυσης, ιξώδες, θερμική αγωγιμότητα) και μηχανικές (π.χ. τάση, ελαστικές σταθερές) ενός υλικού συστήματος ως μέσες τιμές στατιστικού συνόλου ισορροπίας.
- Κατανοεί πώς η δομή και η δυναμική σε ένα υλικό σύστημα μπορούν να περιγραφούν ποσοτικά μέσω συναρτήσεων συσχέτισης στο χώρο και στο χρόνο και πώς οι περιγραφές αυτές μπορούν να επαληθευθούν με περάματα σκέδασης ή φασματοσκοπίας.
- Επιλέγει πεδία δυνάμεων κατάλληλα για την περιγραφή υλικών συστημάτων σε ατομικό επίπεδο.
- Χρησιμοποιεί υπολογιστικούς κώδικες Monte Carlo ή molecular dynamics για τη διεξαγωγή μοριακών προσομοιώσεων υλικών.
- Αναλύει τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για την εξαγωγή ιδιοτήτων και την αποκάλυψη των μοριακών μηχανισμών που τις καθορίζουν.
- Κατανοεί τις αρχές της συστηματικής αδροποίησης της μοριακής αναπαράστασης και των μεσοσκοπικών μεθόδων προσομοίωσης (Langevin Dynamics, Brownian Dynamics, Dissipative Brownian Dynamics) για παρακολούθηση της εξέλιξης υλικών συστημάτων σε μεγάλες κλίμακες μήκους και χρόνου και την πρόβλεψη των ιδιοτήτων τους.
- Κατανοεί τις αρχές της θεωρίας σπανίων συμβάντων και τις εφαρμογές της στην πρόβλεψη φαινομένων διάχυσης, δομικής χαλάρωσης, πυρήνωσης και ανάπτυξης κλπ.
- Καταστρώνει στρατηγικές για την προσομοίωση υλικών σε πολλαπλές κλίμακες μήκους και χρόνου ως μέσο μοριακού σχεδιασμού υλικών.

### Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών	Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις	Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα
Λήψη αποφάσεων	Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον
Αυτόνομη εργασία	Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου
Ομαδική εργασία	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	.....
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	Άλλες...
	.....

### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για :

- Αυτόνομη εργασία (δευτερευόντως ομαδική εργασία, μέσω της ανάθεσης ομαδικών εργασιών)
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με χρήση υπολογιστικών τεχνολογιών
- Διατύπωση φυσικού/επιστημονικού/τεχνολογικού προβλήματος σε μαθηματική γλώσσα
- Κατάστρωση ροών εργασίας που αξιοποιούν υπολογιστικές μεθοδολογίες σε διάφορα επίπεδα (ατομιστικό, μεσοσκοπικό, μακροσκοπικό), ανάλογα με τις κλίμακες μήκους και χρόνου που υπεισέρχονται σε ένα πρόβλημα
- Συνδυασμός γνώσεων και δεξιοτήτων: (α) για την ανάλυση ενός σύνθετου προβλήματος, ή (β) για την επιλογή των κατάλληλων μέσων, μεθόδων, προσεγγίσεων, με σκοπό το σχεδιασμό υλικών για συγκεκριμένες χρήσεις.

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

#### I. Αρχές Στατιστικής Μηχανικής

Δυναμικές τροχιές στο χώρο φάσεων. Πυκνότητα πιθανότητας στατιστικού συνόλου. Εξίσωση Liouville. Αναντιστρεπτότητα και επίτευξη θερμοδυναμικής ισορροπίας.

Στατιστικά σύνολα ισορροπίας: μικροκανονικό, κανονικό, ισόθερμο-ισοβαρές. Υπολογισμός θερμοδυναμικών ιδιοτήτων. Η πίεση (τάση) ως μέση τιμή στατιστικού συνόλου: θεώρημα virial. Το χημικό δυναμικό ως μέση τιμή στατιστικού συνόλου: θεώρημα Widom.

Μέγα κανονικό στατιστικό σύνολο για ανοικτά συστήματα: διακυμάνσεις πυκνότητας, υπολογισμός ισοθέρμων ρόφησης.

Συναρτήσεις κατανομής για το χαρακτηρισμό της δομής, σχέσεις τους με θερμοδυναμικές ιδιότητες και με μετρήσεις περιθλασης ακτίνων Χ ή νετρονίων.

#### II. Μοριακές Προσομοιώσεις

Μοριακά ομοιότυπα (μοντέλα), συναρτήσεις δυναμικού, περιοδικές οριακές συνθήκες. Υπολογισμός της συνάρτησης δυναμικής ενέργειας.

Ολοκλήρωση Monte Carlo, δειγματοληψία Monte Carlo. Σύνδεση με θεωρία στοχαστικών ανεξίτητων. Αλγόριθμος Metropolis στα κανονικά, ισόθερμο-ισοβαρές και μέγα κανονικά στατιστικά σύνολα. Μεροληψία στο εγχείρημα στοιχειωδών κινήσεων και αντίστοιχοι κανόνες αποδοχής.

Προσομοιώσεις μοριακής δυναμικής (MD). Αλγόριθμοι για την ολοκλήρωση των δυναμικών εξισώσεων. Μοριακή δυναμική παρουσία ολονομικών περιορισμών υπαγορευομένων από τη μοριακή γεωμετρία. Μέθοδοι μοριακής δυναμικής σε στατιστικά σύνολα διάφορα του μικροκανονικού.

Ανάλυση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων για τον υπολογισμό δομικών, θερμοδυναμικών και δυναμικών ιδιοτήτων. Συναρτήσεις χρονικής αυτοσυσχέτισης και σχέση τους με φασματοσκοπικές μετρήσεις. Στοιχεία θεωρίας γραμμικής απόκρισης. Υπολογισμός συντελεστών μεταφοράς (διαχυτότητας, θερμικής αγωγιμότητας, ιξώδους).

### III. Τεχνικές για μεγάλες κλίμακες μηκών και χρόνων

Αδροποίηση (coarse-graining) και αναγωγή σε μοντέλα με λιγότερους βαθμούς ελευθερίας για τη μελέτη φαινομένων σε μεγάλες κλίμακες μήκους και χρόνου. Προβολή των εξισώσεων κίνησης πάνω σε λίγους, αργά μεταβαλλόμενους βαθμούς ελευθερίας. Στοιχεία θεωρίας κίνησης Brown. Αρχές των μεθόδων Brownian Dynamics, Dissipative Particle Dynamics.

Θεωρία μεταβατικών καταστάσεων για την εκτίμηση του ρυθμού σπάνιων συμβάντων. Εξίσωση Kramers για τη σταθερά ρυθμού μετάβασης. Θεωρία Bennett-Chandler για τον προσδιορισμό σταθεράς ρυθμού από προσομοιώσεις. Προσδιορισμός τροχιών μετάβασης και σταθερών ρυθμού σε συστήματα με πολλούς, συνεζευγμένους αργούς βαθμούς ελευθερίας. Στοχαστικές ανεξίτητες Poisson που προκύπτουν από αλληλουχία σπάνιων συμβάντων. Εξίσωση Master. Κινητική προσομοίωση Monte Carlo.

### IV. Εφαρμογές

Συζήτηση παραδειγμάτων υπολογισμών μοριακής προσομοίωσης για κατανόηση και πρόρρηση δομής, θερμοδυναμικών και ρεολογικών ιδιοτήτων πολυμερικών τηγμάτων μεγάλου μοριακού βάρους, διαπερατότητας πολυμερικών μεμβρανών, δομής και λειτουργίας λιπιδικών μεμβρανών και βιολογικών μακρομορίων, φαινομένων αυτο-οργάνωσης συμπολυμερών και πολυμερών σε διεπιφάνειες, ρόφησης και διάχυσης σε ζεολίθους, δομικής χαλάρωσης και μηχανικών ιδιοτήτων στην υαλώδη κατάσταση, λεπτών υμενίων, νανοσωματιδίων και νανοσυνθέτων υλικών.

## (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην</i></p>	<p>Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)</p>

<p>Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</p>		
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b></p> <p>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</p> <p>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</p> <p>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	<p>Διαλέξεις</p>	<p>13x3=39 ώρες</p>
	<p>Μελέτη</p>	<p>13x4=52 ώρες</p>
	<p>Εργασίες/Ασκήσεις κατ' οίκον</p>	<p>2x20=40 ώρες</p>
	<p>Εργαστήριο</p>	<p>0</p>
	<p>Υπολογιστικό Πρόβλημα</p>	<p>1x30=30 ώρες</p>
	<p>Εκπαιδευτικές επισκέψεις</p>	<p>0</p>
	<p>Σύνολο Μαθήματος</p>	<p>161</p>
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b></p> <p>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</p> <p>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Δύο σειρές υπολογιστικών ασκήσεων: 2 x 30% = 60%</p> <p>Υπολογιστικό πρόβλημα (Monte Carlo ή molecular dynamics, αναλαμβανόμενο από διμελείς ομάδες): 40%</p> <p>Υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων αξιολόγησης στην εισαγωγή του μαθήματος και στις εκφωνήσεις, αναρτώμενες στο σύστημα helios</p>	

**(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

<p>-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : [Η πολλαπλή βιβλιογραφία του μαθήματος]</p> <p>Σημειώσεις διδάσκοντος (αναρτώνται στο helios): Δ.Ν. Θεοδώρου, “Applied Molecular Theory for Engineers” (στην αγγλική γλώσσα)</p> <p>Αντίγραφα διαφανειών χρησιμοποιούμενων από το διδάσκοντα στις διαλέξεις (στην ελληνική γλώσσα)</p>
--

Συνιστώμενα βιβλία από τη διεθνή βιβλιογραφία:

D. Frenkel and B. Smit, *Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications*, Academic Press: New York, 2002.

M.P. Allen and D.J. Tildesley, *Computer Simulations of Liquids*, Clarendon Press: Oxford, 1989.

A.R. Leach, *Molecular Modelling: Principles and Applications*, Pearson-Prentice Hall: London, 2001.

P. Nielaba, M. Mareschal, G. Ciccotti, *Bridging Time Scales: Molecular Simulations for the Next Decade*, Springer: Berlin, 2002.

D. Chandler, *Introduction to Modern Statistical Mechanics*, Oxford University Press: Oxford, 1987.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9961	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	2,5	6 ECTS	
Εργαστήριο	0,5		
Εργασίες			
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i>			

<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων	ΓΕΝΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ  ΟΠΤΙΚΗ
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	Mycourses.ntua.gr

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p><b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b></p> <p>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης</li> <li>• Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 &amp; 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β</li> <li>• Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων</li> </ul>
<p><b>Γνώσεις:</b></p> <p>Το μάθημα στοχεύει στην κατανόηση εννοιών και αρχών του πεδίου της οπτικής και οπτο ηλεκτρονικής σε μικρο-οπτικά συστήματα ώστε να εισαγάγει στους φοιτητές:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-τις έννοιες, τις τεχνικές ανάπτυξης και λειτουργίας των οπτικών διατάξεων και των ολοκληρωμένων οπτικών συστημάτων,</li> <li>-τα πλεονεκτήματα των μικρο-οπτικών διατάξεων σε σύγκριση με τα μικρο-ηλεκτρονικά συστήματα,</li> <li>-τις τεχνολογίες ανάπτυξης οπτικών μικροστοιχείων.</li> </ul> <p>Ακόμη, να διδάξει τις αρχές λειτουργίας των οπτικών στοιχείων και των οπτικών φαινομένων με βάση των οποίων λειτουργούν τα μικρο-οπτοηλεκτρονικά συστήματα και να βοηθήσει του φοιτητές στην κατανόηση των βασικών και κρίσιμων σημείων του μαθήματος</p>
<p><b>Δεξιότητες:</b></p> <p>Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• γνωρίζει το περιβάλλον λειτουργίας και εφαρμογών των οπτικών διατάξεων, στοιχείων και ανιχνευτών.</li> </ul>

- σχεδιάζει και επιλέγει τα χαρακτηριστικά των οπτικών στοιχείων για δεδομένη οπτοηλεκτρονική εφαρμογή.
- γνωρίζει τους τρόπους και την τεχνολογία μικρομηχανικής για την ανάπτυξη και κατασκευή των οπτικών μικροστοιχείων. [Καταχωρίστε στα διαδοχικά bullets (5-10) τις δεξιότητες που αποκτά κανείς, με την ολοκλήρωση του μαθήματος, όπως π.χ. προκύπτουν από τις απαιτήσεις των εξετάσεων του μαθήματος]

### Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών	Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις	Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα
Λήψη αποφάσεων	Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον
Αυτόνομη εργασία	Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου
Ομαδική εργασία	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	.....
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	Άλλες...
	.....

### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Να κατανοήσει τις εφαρμογές μέσα από τη θεωρία αλλά και από τις εργαστηριακές ασκήσεις.
- Επιλογή κατάλληλων φυσικών παραμέτρων / μεταβλητών που ορίζουν ένα φυσικό / επιστημονικό / τεχνολογικό πρόβλημα
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών (με χρήση των απαραίτητων τεχνολογιών), και προσαρμογή τους σε συγκεκριμένο τεχνολογικό πρόβλημα, με τις απαραίτητες και εύλογες προσεγγίσεις.
- Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις -Λήψη αποφάσεων
- Αυτόνομη εργασία -Ομαδική εργασία
- Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον
- Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών

Συνδυασμός γνώσεων και δεξιοτήτων: (α) για την ανάλυση ενός σύνθετου προβλήματος, ή (β) για την επιλογή των κατάλληλων μέσων, μεθόδων, προσεγγίσεων, με σκοπό την σύνθεση δεδομένων για τον σχεδιασμό μίας απλής ημιαγωγικής διάταξης. Επιλέξτε από τον ανωτέρω πίνακα και συμπληρώστε ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του μαθήματος

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ



Αρχές Η/Μ οπτικής, διάδοση σε διηλεκτρικό μέσο, εξισώσεις FRESNEL, επίπεδος κυματοδηγός, συχν. αποκοπή, διασπορά, κυλινδρικός κυματοδηγός, Laser diodes (Distributed Feedback, Distributed Bragg Reflector, Vertical Cavity Surface Emitting Light), Erbium Doped Fiber Amplifier, Light Emitting Diodes), Μέθοδοι ανάπτυξης ολοκληρωμένων οπτικών, και ΜΟΕΜΣ, Διακόπτες και διαμορφωτές φωτός, Fabry-Perot και Mach-Zender συμβολόμετρα, Pockel και Kerr φαινόμενα. Αρχές λειτουργίας οπτικών μικρο-ηλεκτρο-μηχανικών συστημάτων (στοιχεία διέλευσης, ανάκλασης, περίθλασης, συμβολής φωτός), ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ (παραδείγματα τηλεπικοινωνιακών διατάξεων π.χ. WDM πολυπλεξία, ανιχνευτές πίεσης κα.).

#### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>																			
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Διαφάνειες του μαθήματος, Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)Χρήση Τ.Π.Ε. στην Επικοινωνία με τους Φοιτητές (μέσω του mycourses)</p>																			
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p> <p><i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="641 1048 973 1144"><b>Δραστηριότητα</b></th> <th data-bbox="973 1048 1311 1144"><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="641 1144 973 1207">Διαλέξεις</td> <td data-bbox="973 1144 1311 1207">10x3=30 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1207 973 1270">Μελέτη</td> <td data-bbox="973 1207 1311 1270">10x3=30 ώρες</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1270 973 1332">Εργασίες κατ' οίκον</td> <td data-bbox="973 1270 1311 1332"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1332 973 1395">Εργαστήριο</td> <td data-bbox="973 1332 1311 1395">4x8=32</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1395 973 1503">Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</td> <td data-bbox="973 1395 1311 1503">50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1503 973 1574">Εκπαιδευτικές επισκέψεις</td> <td data-bbox="973 1503 1311 1574"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1574 973 1637"></td> <td data-bbox="973 1574 1311 1637"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="641 1637 973 1700">Σύνολο Μαθήματος</td> <td data-bbox="973 1637 1311 1700">142</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>	Διαλέξεις	10x3=30 ώρες	Μελέτη	10x3=30 ώρες	Εργασίες κατ' οίκον		Εργαστήριο	4x8=32	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	50	Εκπαιδευτικές επισκέψεις				Σύνολο Μαθήματος	142	
<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>																			
Διαλέξεις	10x3=30 ώρες																			
Μελέτη	10x3=30 ώρες																			
Εργασίες κατ' οίκον																				
Εργαστήριο	4x8=32																			
Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	50																			
Εκπαιδευτικές επισκέψεις																				
Σύνολο Μαθήματος	142																			
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b> <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία,</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 30%</p>																			

<p>Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 70%</p>
---	--

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<p>1) Born M. and Wolf E., (1998), <i>Principles of Optics</i>, Cambridge University Press.</p> <p>2) Hecht, (2003), <i>Optics</i>, Addison Wesley.</p> <p>3) Senior J., (1997), <i>Optical fiber communication</i>, Prentice Hall.</p> <p>4) Battacharya, (1997), <i>Semiconductor Optoelectronics Devices</i>, Prentice Hall.</p> <p>5) Lee D., (1986), <i>Electromagnetic principles of integrated optics</i>, John Wiley&amp;Sons.</p> <p>6) Waiser R., (2003), <i>Nanoelectronics and Information Technology</i>, Wiley-VCH.</p> <p>7) Kasap S.O., (2001), <i>Optoelectronics and Photomics</i>, Prentice Hall.</p> <p>8) <i>Selected review articles on MOEMS and Integrated Optics.</i></p> <p>9) Ι. Ζεργιώτη, σημειώσεις μαθήματος «Μικροοπτικές διατάξεις και ολοκληρωμένα οπτικά»</p>
---

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΝΑΝΟ-ΥΛΙΚΑ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9965	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	<b>1</b>
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Εργαστηριακές Τεχνικές για νανο-υλικά		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	

αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων		
Διαλέξεις – Ασκήσεις		6 ECTS
Εργαστήριο	4	
Εργασίες		
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).		
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων	ΕΙΔΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ (για μαθήματα Κατεύθυνσης)  ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ (για μαθήματα Ρωών ή κατ' επιλογήν υποχρεωτικά κατεύθυνσης) [ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΑΝΑΛΟΓΑ]	
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Φυσική στερεάς κατάστασης	
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ	
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]	
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3005">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3005</a>	

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p><b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b></p> <p>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης</li> <li>• Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 &amp; 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β</li> <li>• Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων</li> </ul>
<p><b>Γνώσεις:</b></p> <p>Σκοπός του μαθήματος είναι η εξοικείωση με μεθόδους σύνθεσης και χαρακτηρισμού υλικών μέσω των παρακάτω ασκήσεων: Σύνθεση, με την τεχνική της κολλοειδούς γέλης (sol-gel), και χαρακτηρισμός υπεραπορροφητικών δικτύων πολυμερών στη νανοκλίμακα. Μέτρηση τάσεων σε χάλυβες. Μέτρηση της αλλαγής ανισοτροπίας σε κόκκους χαλύβων και άλλων μαγνητικών υλικών. Διαδικασίες λιθογραφίας και εναπόθεσης υλικών σε κενό σε μορφή λεπτών επιστρώσεων ή νανοσωματιδίων και χαρακτηρισμός με ηλεκτρικές μετρήσεις. Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης</p>

και Διέλευσης σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά και επιφάνειες (SEM – TEM). Διηλεκτρική φασματοσκοπία σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά. Διαφορική Θερμιδομετρία σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά. Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός νανοϋλικών και νανοσωματιδίων με δυναμική σκέδαση φωτός. Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός οργανικών χρωμοφόρων ενώσεων και υβριδικών νανοϋλικών με φασματοσκοπία φθορισμού σε σταθερή και χρονοεξαρτώμενη κατάσταση. Κβαντική κρυπτογραφία με το πρωτόκολλο BB84.

#### Δεξιότητες:

- Να επιλέγει την καταλληλότερη τεχνική σύνθεσης νανοϋλικών
- Να επιλέγει την καταλληλότερη μέθοδο χαρακτηρισμού των υλικών που μελετά
- Να συνδυάζει μεθόδους χαρακτηρισμού δομικών ιδιοτήτων υλικών
- Να κατανοεί την αλληλεπίδραση φωτός και ηλεκτρονίων με την ύλη
- Να προβλέπει την σχέση μεταξύ δομής και ιδιοτήτων των υλικών
- Να συνδυάζει μεθόδους μαγνητικού και ηλεκτρικού χαρακτηρισμού υλικών
- Να κατανοεί μέσω πειραμάτων τι είναι η κβαντική κρυπτογραφία
- Να συνδέει την τεχνολογία με βασικές φυσικές αρχές

#### **Γενικές Ικανότητες**

*Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:*

*Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών*

*Σχεδιασμός και διαχείριση έργων*

*Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα*

*Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις*

*Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον*

*Λήψη αποφάσεων*

*Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου*

*Αυτόνομη εργασία*

*Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής*

*Ομαδική εργασία*

*Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης*

*Εργασία σε διεθνές περιβάλλον*

*.....*

*Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον*

*Άλλες...*

*Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών*

*.....*

#### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Οργάνωση και παρουσίαση μίας πειραματικής διαδικασίας με επιστημονική ακρίβεια
- Αυτόνομη εργασία διατύπωσης αποτελεσμάτων μετρήσεων
- Ανάλυση δεδομένων για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων υλικών
- Επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου χαρακτηρισμού υλικών

- Συνδυασμό συμπληρωματικών μεθόδων χαρακτηρισμού υλικών
- Προσαρμογή σε ποικιλία ερευνητικών θεμάτων
- Σύνδεση τεχνολογίας με κβαντική φυσική και φυσική συμπεκνωμένης ύλης

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

1) *Σύνθεση, με την τεχνική της κολλοειδούς γέλης (sol-gel), και χαρακτηρισμός υπεραπορροφητικών δικτύων πολυμερών στη νανοκλίμακα.* Σκοπός της πειραματικής άσκησης είναι η σύνθεση νανοδομών, με τη τεχνική sol-gel, που στηρίζεται στη μετατροπή ενός συστήματος από μια κολλοειδή υγρή μορφή διεσπαρμένων (sol) σε στερεή μορφή (gel) με στόχο τη χρήση των νανοδομών για κάποια συγκεκριμένη δράση που παρουσιάζουν.

2) *Μέτρηση τάσεων σε χάλυβες. Μέτρηση της αλλαγής ανισοτροπίας σε κόκκους χαλύβων και άλλων μαγνητικών υλικών.* Σκοπός της άσκησης είναι η μέτρηση της αλλαγής ανισοτροπίας σε κόκκους χαλύβων και άλλων μαγνητικών υλικών. Γίνεται χρήση του φαινομένου Barkhausen σε μεθόδους Μη Καταστροφικού Ελέγχου υλικών, αφού το σήμα που παράγεται, επηρεάζεται από τη δομή του εξεταζόμενου υλικού και τις ατέλειες ή τις προσμίξεις που υπάρχουν σε αυτό.

3) *Διαδικασίες λιθογραφίας και εναπόθεσης υλικών σε κενό σε μορφή λεπτών επιστρώσεων ή νανοσωματιδίων και χαρακτηρισμός με ηλεκτρικές μετρήσεις.* Σκοπός του εργαστηρίου είναι η εξοικείωση με μεθόδους εναπόθεσης λεπτών επιστρώσεων μέσω της τεχνικής της ιοντοβολής και σχηματοποίησής τους μέσω οπτικής λιθογραφίας και κατάλληλης μάσκας.

4) *Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης και Διέλευσης σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά και επιφάνειες (SEM – TEM).* Σκοπός αυτού του εργαστηρίου είναι η παρουσίαση των ηλεκτρονικών μικροσκοπιών σάρωσης και διέλευσης, η κατανόηση των αρχών λειτουργίας τους και η χρήση ορισμένων απλών τεχνικών με τις οποίες μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες που αφορούν τα εξεταζόμενα υλικά με τα μικροσκόπια αυτά.

5) *Διηλεκτρική φασματοσκοπία σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά.* Σκοπός του εργαστηρίου είναι η εισαγωγή στις μεθόδους και πειραματικές διατάξεις διηλεκτρικής φασματοσκοπίας. Παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών της διηλεκτρικής φασματοσκοπίας στο χαρακτηρισμό και τη μελέτη νανοϋλικών και άλλων, πιο 'παραδοσιακών' τεχνολογικών υλικών.

6) *Διαφορική Θερμοδομετρία σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά.* Σκοπός του εργαστηρίου είναι η μελέτη φυσικών ιδιοτήτων των υλικών με την μεταβολή της θερμοκρασίας με παραδείγματα νανοϋλικών καθώς και παραδοσιακών τεχνολογικών υλικών.

7) *Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός νανοϋλικών και νανοσωματιδίων με δυναμική σκέδαση φωτός.* Σκοπός της άσκησης είναι η κατανόηση της τεχνικής της δυναμικής σκέδασης του φωτός για τον προσδιορισμό των δομικών χαρακτηριστικών νανοϋλικών που βρίσκονται διεσπαρμένα μέσα σε υγρά διαλύματα σαν συνάρτηση της συγκέντρωσής τους και της θερμοκρασίας.

8) *Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός οργανικών χρωμοφόρων και υβριδικών νανοϋλικών με φασματοσκοπία φθορισμού.* Σκοπός της άσκησης είναι η κατανόηση και πειραματική εξοικείωση με την Φασματοσκοπία φθορισμού σταθερής και χρονοεξαρτώμενης κατάστασης οργανικών χρωμοφόρων μορίων, διαφορετικών συγκεντρώσεων, σε διάλυμα.

9) *Κβαντική κρυπτογραφία με το πρωτόκολλο BB84.* Σκοπός της άσκησης είναι η κατανόηση και η υλοποίηση του βασικού στοιχείου κβαντικής πληροφορίας (qubit) μέσω της πόλωσης του φωτός, καθώς και η εφαρμογή του πρωτοκόλλου κβαντικής κρυπτογραφίας BB84 για την ασφαλή μετάδοση κλειδιού ανάμεσα σε δύο μέρη.

**(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>	
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Χρήση Τ.Π.Ε. στην Επικοινωνία με τους Φοιτητές [πρόγραμμα μαθημάτων, Σημειώσεις, Εργασίες (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές, μέσω του helios)</p>	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p> <p><i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	<p>Διαλέξεις</p>	
	<p>Μελέτη</p>	<p>4x9=36 ώρες</p>
	<p>Εργασίες κατ' οίκον</p>	
	<p>Εργαστήριο</p>	<p>4x9=36 ώρες</p>
	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</p>	<p>4x9=36 ώρες</p>
	<p>Εκπαιδευτικές επισκέψεις</p>	<p>0</p>
	<p>Εξέταση</p>	
	<p>Σύνολο Μαθήματος</p>	<p>118 [ECTS×13×2,2]</p>
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b> <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον:</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 0 %</p> <p>Εργαστήριο: 50 %</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 50 %</p>	

Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.	Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο Helios
--	---

### (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία :
Εργαστηριακοί οδηγοί όλων των ασκήσεων.

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΝΑΝΟΪΛΙΚΑ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9966	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΝΑΝΟΪΛΙΚΑ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	3	6	
Εργαστήριο	0		
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδικευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων	ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ (κατ' επιλογήν μάθημα)		

<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]: Φυσική συμπυκνωμένης Ύλης, Κβαντομηχανική, Ηλεκτρομαγνητισμός, Οργανική Χημεία
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3019">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3019</a>

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

### Γνώσεις:

Στο **πρώτο μέρος** του μαθήματος ο/η φοιτητής/τρια παρακολουθεί μια εισαγωγή στη Χαλαρή ύλη και ακολούθως παρουσιάζονται γενικές αρχές της φυσικής των πολυμερών/ μακρομορίων. Ακολούθως έρχεται σε επαφή με την έννοια των συμπολυμερών και τη συμβατότητα των φάσεων και αποκτά γνώσεις σχετικά με την αυτό-οργάνωση των μακρομορίων που αποτελούνται από μονομερή με διαφορετικές ιδιότητες. Ακολουθεί μια εισαγωγή στη νανοτεχνολογία και τη φυσική και τα χαρακτηριστικά των νανοσωματιδίων. Παρουσιάζονται τα οργανικά νανοσωματίδια αλλά και τα νανοςύνθετα πολυμερών με διάφορα εγκλείσματα σε πολυμερική μήτρα. Οι φοιτητές έρχονται σε επαφή με αυτό το πεδίο στην αιχμή της τεχνολογίας και με τη συζήτηση 4 οικογενειών νανοςύνθετων πολυμερών γνωρίζουν την επίδραση της νανοτεχνολογίας σε ποικιλία ιδιοτήτων της πολυμερικής μήτρας σε νέα νανοςύνθετα πολυμερικής μήτρας με εφαρμογές σε διάφορα τεχνολογικά πεδία, όπως ηλεκτρονικής, συσκευασίας τροφίμων και μηχανικής ιστών.

Στο **δεύτερο μέρος** του μαθήματος δημιουργείται το υπόβαθρο για την κατανόηση των τρόπων αγωγιμότητας στα συζυγή πολυμερή και μελετάται η χρήση τους σε ηλεκτρονικές διατάξεις. Πρώτα γίνεται ανασκόπηση των χημικών δεσμών στην οργανική χημεία και αναπτύσσεται το μοντέλο του Huckel στην περίπτωση των συζυγών πολυμερών. Με την ολοκλήρωση αυτού του μέρους, ο φοιτητής είναι σε θέση να υπολογίσει τις εκτεταμένες ηλεκτρονικές καταστάσεις σε αλυσίδες άνθρακα και στην περίπτωση της ύπαρξης ετεροατόμων. Στη συνέχεια του μαθήματος αναλύονται οι κυριότεροι μηχανισμοί αγωγιμότητας που συναντάμε στα συζυγή πολυμερή, ξεκινώντας από ένα γενικό μεσοσκοπικό μοντέλο. Ο φοιτητής είναι σε θέση να αναγνωρίσει τα βασικότερα είδη αγωγιμότητας αναλύοντας τα πειραματικά δεδομένα. Στο τελευταίο μέρος εξετάζονται οι βασικότερες μικροηλεκτρονικές οργανικές διατάξεις όπως φωτοδιόδοι, φωτοβολταϊκά και τρανζίστορ και γίνεται μια επισκόπηση των μοριακών ηλεκτρονικών αλλά και εφαρμογών σε αισθητήρες.



### Δεξιότητες:

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Κατανοήσει τους παράγοντες που καθορίζουν τη δομή και τη μορφολογία πολυμερικών συστημάτων.
- Εξηγήσει τις καινοφανείς ιδιότητες νανοσωματιδίων σε σχέση με το μητρικό υλικό όγκου.
- Προτείνει τις δέουσες τροποποιήσεις νανοσωματιδίων για επίτευξη συγκεκριμένων ιδιοτήτων
- Προβλέπει/αξιολογεί ιδιότητες νανοςύνθετων πολυμερών με βάση τα χαρακτηριστικά των εγκλεισμάτων
- Είναι σε θέση να προτείνει οργανικό νανοϋλικό ή νανοδομημένο υλικό για συγκεκριμένη χρήση
- Έχει κατανοήσει τη διεπιστημονικότητα του πεδίου των οργανικών νανοϋλικών και των εφαρμογών τους
- Είναι σε θέση να κατανοήσει αν ένα οργανικό υλικό μπορεί να είναι αγώγιμο.
- Μπορεί να αναγνωρίσει τους μηχανισμούς αγωγιμότητας, αναλύοντας τις ηλεκτρικές χαρακτηριστικές μιας οργανικής διάταξης.
- Μπορεί να κατανοήσει τις παραμέτρους που σχετίζονται με τη βέλτιστη λειτουργία ενός οργανικού LED και μιας φωτοδιόδου.

### **Γενικές Ικανότητες**

*Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:*

*Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών*

*Σχεδιασμός και διαχείριση έργων*

*Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα*

*Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις*

*Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον*

*Λήψη αποφάσεων*

*Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου*

*Αυτόνομη εργασία*

*Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής*

*Ομαδική εργασία*

*Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης*

*Εργασία σε διεθνές περιβάλλον*

*.....*

*Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον*

*Άλλες...*

*Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών*

*.....*

### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για :

- Αυτόνομη εργασία (με την επίλυση ασκήσεων)
- Αναγνώριση διαφοροποιήσεων σε νανοσωματίδια και επιλογή της δέουσας δομής μορφολογίας για το νανοςύνθετο ώστε να ικανοποιούνται οι δηλωθείσες απαιτήσεις
- Σχεδίαση νέου οργανικού νανοϋλικού συνδυάζοντας τη γνώση για τις ιδιότητες των υλικών, την κατεργασία τους και την τελική μορφολογία του νανοϋλικού
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών (με χρήση των απαραίτητων τεχνολογιών), και προσαρμογή τους σε συγκεκριμένο τεχνολογικό πρόβλημα, με τις απαραίτητες και εύλογες προσεγγίσεις για κατεργασία και παραγωγή.

- Συνδυασμό γνώσεων και δεξιοτήτων: (α) για την ανάλυση ενός σύνθετου προβλήματος, ή (β) για την επιλογή των κατάλληλων μέσων, μεθόδων, προσεγγίσεων, με σκοπό την σύνθεση δεδομένων για τον σχεδιασμό νέων υλικών και διατάξεων

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

#### Πρώτο μέρος

- Πολυμερή
- Νανοδομημένα πολυμερή: συμπολυμερή, κράμματα, διαπλεκόμενα πολυμερικά πλέγματα, αστεροειδή και υπερδιακλαδωμένα πολυμερή
  - Νανοτεχνολογία. Φυσικές και χημικές μέθοδοι παρασκευής νανοσωματιδίων – ιδιότητές τους
  - Νανοσύνθετα οργανικά-ανόργανα υλικά: σύνθεση, παρασκευή σε βιομηχανική κλίμακα, κατεργασία, ιδιότητες
  - Επιλεγμένες εφαρμογές νανοσύνθετων οργανικών-ανόργανων υλικών: υλικά κατασκευών, υλικά συσκευασίας, βιοϊατρικές εφαρμογές

#### Δεύτερο μέρος

- Μηχανισμοί αγωγιμότητας στα οργανικά ηλεκτρονικά
- Εφαρμογές αγώγιμων οργανικών υλικών: μοριακά ηλεκτρονικά, φωτοβολταϊκά, ηλεκτρομαγνητική θωράκιση
- Σχεδιασμός οργανικών οπτικών διατάξεων και βελτιστοποίηση των παραμέτρων της λειτουργίας τους.

### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b></p> <p><i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>									
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b></p> <p><i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Σημειώσεις, Εργασίες σε μορφή Quiz και σειρές ασκήσεων για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές με συζήτησή τους στο μάθημα)</p>									
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b></p> <p><i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p> <table border="1" data-bbox="647 1697 970 1953"> <tr> <td>Διαλέξεις</td> <td>13x3 = 39</td> </tr> <tr> <td>Μελέτη</td> <td>13x4 = 52</td> </tr> <tr> <td>Εργασίες κατ' οίκον</td> <td>12x5 = 60</td> </tr> <tr> <td>Εργαστήριο</td> <td>0</td> </tr> </table>	Διαλέξεις	13x3 = 39	Μελέτη	13x4 = 52	Εργασίες κατ' οίκον	12x5 = 60	Εργαστήριο	0	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
Διαλέξεις	13x3 = 39									
Μελέτη	13x4 = 52									
Εργασίες κατ' οίκον	12x5 = 60									
Εργαστήριο	0									

<p>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</p>	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	0
	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0
	Εξετάσεις	3
	Σύνολο Μαθήματος	151
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b></p> <p>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</p> <p>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εργασία κατ' Οίκον: 20%</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων): 80%</p> <p>Εργαστήριο: 0 %</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 0 %</p> <p>Υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο Helios</p>	

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### – Προτεινόμενη Βιβλιογραφία:

- U. W. Gedde, Polymer Physics, Chapman & Hall, 1995
- N. Hadjichristidis, S. Pispas, G. Floudas, Block Copolymers: Synthetic Strategies, Physical Properties, and Applications, John Wiley & Sons, 2003
- R. A Pethrick, Polymer Structure Characterization. From Nano to Macro Organization, Royal Society of Chemistry, UK, 2007
- Ch. P. Poole, Jr., F. J. Owens, Introduction to nanotechnology, John Wiley & Sons, 2003
- Waser, Nanoelectronics and Information Technology, Wiley, 2003, ch.38,40
- Σημειώσεις παραδόσεων

### – Άρθρα επισκόπησης σε επιστημονικά περιοδικά:

- Guido Kickelbick, Concepts for the incorporation of inorganic building blocks into organic polymers on a nanoscale, Prog. Polym. Sci. 28, 83–114, 2003

- G. G. Vogiatzis, D. N. Theodorou, Multiscale Molecular Simulations of Polymer-Matrix Nanocomposites or What Molecular Simulations Have Taught us About the Fascinating Nanoworld, Arch Computat Methods Eng, 2017
- J. Jancar et al, Current issues in research on structure-property relationships in polymer nanocomposites, Polymer 51, 3321 – 3343, 2010
- A. MacDiarmid, "Synthetic Metals: A novel role for organic polymers", Current Applied Physics 269, 2001
- A. Brown et al, "Field effect transistors made from solution processed organic semiconductors", Synthetic metals, 1997
- MST-news, special issue, August 2003, Polymer Electronics
- A. Pron and P. Rannou, "Processible conjugated polymers", Prog. Polym. Sci, 27, 135, 2002

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**  
**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

**(1) ΓΕΝΙΚΑ**

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9967	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	2	6	
Εργαστήριο	1		
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i>			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΕΙΔΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ		

γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων	
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	Κβαντική Θεωρία της ύλης, Στατιστική, Ηλεκτρομαγνητισμός, Διαφορικές Εξισώσεις
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3020">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3020</a>

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p><b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b></p> <p>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης</li> <li>• Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 &amp; 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β</li> <li>• Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων</li> </ul>
<p><b>Γνώσεις:</b></p> <p>Με την παρακολούθηση του μαθήματος θα αποκτηθούν γνώσεις σχετικές με:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τη μαγνητική δομή των φερρομαγνητικών υλικών και τα μαγνητικά υλικά</li> <li>• Τις βασικές τεχνολογίες κατασκευής και χαρακτηρισμού μαγνητικών υλικών</li> <li>• Τις βασικές εφαρμογές των μαγνητικών υλικών σε αισθητήρες, ενεργοποιητές και συστήματα εγγραφής</li> </ul> <p><b>Δεξιότητες:</b></p> <p>Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές αναμένεται να γνωρίζουν:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τις μεθόδους υπολογισμού των βασικών χαρακτηριστικών και δομής των μαγνητικών υλικών</li> <li>• Την λειτουργία των βασικών μαγνητικών αισθητήρων, ενεργοποιητών και συστημάτων εγγραφής</li> <li>• Τις βασικές τεχνικές προσαρμογής των ιδιοτήτων των μαγνητικών υλικών</li> </ul>
<p><b>Γενικές Ικανότητες</b></p> <p>Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:</p> <p>Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών</p> <p>Σχεδιασμός και διαχείριση έργων</p> <p>Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα</p>

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις	Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον
Λήψη αποφάσεων	Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου
Αυτόνομη εργασία	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Ομαδική εργασία	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	.....
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	Άλλες...
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	.....

#### **Ικανότητες:**

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών
- Ομαδική εργασία, μέσω της ανάθεσης ομαδικών εργασιών
- Επιλογή κατάλληλων φυσικών παραμέτρων / μεταβλητών που ορίζουν ένα φυσικό / επιστημονικό / τεχνολογικό πρόβλημα
- Διατύπωση φυσικού/επιστημονικού/τεχνολογικού προβλήματος σε μαθηματική γλώσσα
- Συνδυασμό γνώσεων και δεξιοτήτων: (α) για την ανάλυση ενός σύνθετου προβλήματος, ή (β) για την επιλογή των κατάλληλων μέσων, μεθόδων, προσεγγίσεων, με σκοπό την προσομοίωση και κατανόηση μαγνητικών φαινομένων.

### **(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**

Εισαγωγικές έννοιες. Παραμαγνητισμός και διαμαγνητισμός. Παραμαγνητικά και διαμαγνητικά υλικά

Μαγνητική τάξη. Μαγνητικές περιοχές και μαγνητικά τοιχώματα

Περιστροφή μαγνητικών περιοχών και τοιχωμάτων. Διαδικασία μαγνήτισης. Θόρυβος Barkhausen

Ο βρόχος μαγνήτισης και τα χαρακτηριστικά του

Μαγνητοσυστολή και βρόχος μαγνητοσυστολής

Μαγνητοαντίσταση και μαγνητοεμπέδηση

Μαγνητική και κρυσταλλική ανισοτροπία. Έλεγχος ανισοτροπίας

Μαλακά μαγνητικά υλικά. Προσαρμογή ιδιοτήτων μαλακών μαγνητικών υλικών

Σκληρά μαγνητικά υλικά. Βασικά χαρακτηριστικά

Σίδηρος και κράματα σιδήρου

Ηλεκτρικοί χάλυβες

Κοβάλτιο, νικέλιο και κράματά τους

Μόνιμοι μαγνήτες. Ιστορική αναδρομή και βασικές εφαρμογές

Σπάνιες γαίες. Θεωρία και ιδιότητες

Νέες τεχνικές μόνιμων μαγνητών

Άμορφα μαγνητικά υλικά και τεχνικές παρασκευής των

Νανοκρυσταλλικά υλικά. Θεωρία και τεχνολογία

Νανοσκόνες. Θεωρία, ιδιότητες και τεχνολογία

Λεπτά υμένια. Θεωρία, ιδιότητες και τεχνικές παρασκευής

Γιγαντιαία μαγνητοαντίσταση και εφαρμογές της

Γιγαντιαία μαγνητοεμπέδηση και εφαρμογές της

Μαγνητόμετρα. Αισθητήρες Hall και αισθητήρες μαγνητοαντίστασης

Μαγνητόμετρα πύλης ροής

Ειδικά μαγνητόμετρα πύλης ροής

Μαγνητικοί αισθητήρες θέσης

Μαγνητικοί αισθητήρες δύναμης

Βιο-μαγνητικοί αισθητήρες

Μέτρηση τανυστή τάσεων σε χάλυβες

Μέτρηση τανυστή μαγνητικών ιδιοτήτων σε χάλυβες

Συσχέτιση τάσεων και μαγνητικών ιδιοτήτων σε χάλυβες

Μαγνητοσυστολικές γραμμές καθυστέρησης

Αισθητήρες θέσης βασισμένοι σε μαγνητοσυστολικές γραμμές καθυστέρησης

Αισθητήρες δύναμης βασισμένοι σε μαγνητοσυστολικές γραμμές καθυστέρησης

Μαγνητικοί ενεργοποιητές

Μαγνητική αιώρηση

Μαγνητικά μικροκυκλώματα

Εισαγωγή στην υπεραγωγιμότητα

Το φαινόμενο Josephson

Αισθητήρες SQUID και υπεραγώγιμα καλώδια

**(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο</p>	
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	<p>Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)</p>	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i></p> <p><i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i></p> <p><i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	<p>Διαλέξεις</p>	<p>13x2=26 ώρες</p>
	<p>Μελέτη</p>	<p>13x3=39 ώρες</p>
	<p>Εργασίες/Ασκήσεις κατ' οίκον</p>	<p>13x3=39 ώρες</p>
	<p>Εργαστήριο</p>	<p>13x1=13 ώρες</p>
	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</p>	<p>13x2=26 ώρες</p>
	<p>Εκπαιδευτικές επισκέψεις</p>	<p>0</p>
	<p>Εξετάσεις</p>	<p>3</p>
	<p>Σύνολο Μαθήματος</p>	<p>146</p>
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b> <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</i></p> <p><i>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</i></p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά</p> <p>Εργασία κατ' οίκον (επίλυση ασκήσεων): 10%</p> <p>Εργαστηριακές Αναφορές: 30%</p> <p>Γραπτή Εξέταση ή Εκπόνηση/Παρουσίαση Απαλλακτικής Εργασίας: 60%</p>	



Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

- Sushin Chikazumi, Physics of Ferromagnetism, ISBN-13: 978-0882756622
- Amikam Aharoni, Introduction to the Theory of Ferromagnetism (International Series of Monographs on Physics)
- J. M. D. Coey, Magnetism and Magnetic Materials, ISBN-13: 978-0521816144

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9968	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	ΕΙΔΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	2.5	6	
Εργαστήριο	0.5		
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).			

<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>  γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης  γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων	ΓΕΝΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ (για μαθήματα Κορμού)
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]:  Χημεία, Φυσική, Μαθηματικά
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3021">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=3021</a>

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p><b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b></p> <p>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες κατάλληλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης</li> <li>• Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 &amp; 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β</li> <li>• Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων</li> </ul>
<p><b>Γνώσεις:</b></p> <p>Μέθοδοι σταθεροποίησης και διασποράς νανοσωματιδίων. Νέοι διασπορείς κατάλληλοι για νανοσωματίδια. Ψευδοκοκκοποίηση μέσω spray freeze drying. Μηχανοχημική ενεργοποίηση. Ομογενής και ετερογενής πυρήνωση. Υβριδική σύνθεση νανοσωματιδίων παρουσία πολυμερικών μητρών. Βιομημητική σύνθεση. Υδροχημικές τεχνικές σύνθεσης νανομεταλλικών υλικών. Μορφοποίηση και σύγχρονες τεχνικές πυροσυσσωμάτωσης νανοσωματιδίων. Παραγωγή λεπτών υμενίων με τεχνικές φυσικής και χημικής εναπόθεσης. Εναπόθεση υμενίων με παλμικό λέιζερ. Παραγωγή νανοδομημένων επικαλύψεων με υγρές χημικές μεθόδους ή με liquid plasma spraying.</p> <p>Μεταλλικά νανοσωματίδια πολυτίμων μετάλλων. Ιδιότητες, χρήσεις, μέθοδοι σύνθεσης. Νανοσωματίδια σιδήρου. Ιδιότητες, μηχανισμοί δράσης, περιβαλλοντικές εφαρμογές</p>
<p><b>Δεξιότητες:</b></p> <p>Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κατανοεί τους μηχανισμούς ανάπτυξης των νανοϋλικών και των νανοδομών</li> <li>• Κατανοεί και επιλύει τα προβλήματα διασποράς των νανοσωματιδίων</li> <li>• Εφαρμόζει διάφορες τεχνικές για την ανάπτυξη επιθυμητών νανοδομών</li> </ul>

- Συνδυάζει τις κατάλληλες τεχνικές για τον χειρισμό των νανοσωματιδίων και την επίτευξη τρισδιάστατων δομών
- Εμβαθύνει στις τεχνικές ανάπτυξης λεπτών υμενίων
- Κατανοεί τους κύριους μηχανισμούς δράσης των πολυτίμων μετάλλων σε ιατρικές (διάγνωση και θεραπεία) και καταλυτικές εφαρμογές
- Κατανοεί τους πολλαπλούς μηχανισμούς δράσης του μεταλλικού νανοσιδήρου σε περιβαλλοντικές εφαρμογές
- Εφαρμόζει περιβαλλοντικά φιλικές τεχνικές για την σύνθεση νανοσωματιδίων
- Μελετά την κινητική απλών χημικών δράσεων με την υλοποίηση κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών

### Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

Λήψη αποφάσεων

Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου

Αυτόνομη εργασία

Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής

Ομαδική εργασία

Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

Εργασία σε διεθνές περιβάλλον

.....

Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον

Άλλες...

Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών

.....

### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αυτόνομη εργασία
- Συνδυασμό /ανάπτυξη εργαστηριακών τεχνικών για την επίτευξη κατάλληλων νανοδομών
- Κριτική αξιολόγηση βιβλιογραφικών δεδομένων
- Σχεδιασμό και εκτέλεση κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών για προσδιορισμό κρίσιμων φυσικοχημικών παραμέτρων

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

**1<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εισαγωγή. Συσσωμάτωση νανοσωματιδίων – προβλήματα κατά τις διεργασίες παρασκευής πυκνών νανοδομών με τεχνικές πυροσυσσωμάτωσης. Φυσικοχημεία των στερεών επιφανειών: χημικό δυναμικό, πυκνότητα επιφανειακού φορτίου. Μέθοδοι σταθεροποίησης και διασποράς νανοσωματιδίων. Ηλεκτροστατική σταθεροποίηση. Θεωρία DLVO. Στερεοχημική σταθεροποίηση.

**2<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Νέοι διασπορείς κατάλληλοι για νανοσωματίδια. Ψευδοκοκκοποίηση μέσω spray freeze drying. Μηχανοχημική ενεργοποίηση.

**3<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Ξήρανση νανοκόνων με λυοφιλίωση.

- 4<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Ομογενής και ετερογενής πυρήνωση. Υβριδική σύνθεση νανοσωματιδίων παρουσία πολυμερικών μητρών. Βιομιμητική σύνθεση.
- 5<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Παρασκευή νανοδιεσπαρμένου αιωρήματος νανο-CeO<sub>2</sub>.
- 6<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Μορφοποίηση και σύγχρονες τεχνικές πυροσυσσώματωσης νανοσωματιδίων.
- 7<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Ανάπτυξη core-shell σωματιδίων SiO<sub>2</sub>@CeO<sub>2</sub>.
- 8<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Υβριδική σύνθεση νανοκόνεων υδροξυαπατίτη.
- 9<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Παραγωγή λεπτών υμενίων με τεχνικές φυσικής και χημικής εναπόθεσης. Εναπόθεση υμενίων με παλμικό λέιζερ. Παραγωγή νανοδομημένων επικαλύψεων με υγρές χημικές μεθόδους ή με liquid plasma spraying.
- 10<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Μεταλλικά νανοσωματίδια πολυτίμων μετάλλων.
- 11<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Νανοσωματίδια σιδήρου. Περιβαλλοντικές εφαρμογές.
- 12<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Σύνθεση στοιχειακού νανοσιδήρου με εκχύλισμα πράσινου τσαγιού και χρήση για απομάκρυνση εξασθενούς σιδήρου από ρυπασμένα νερά.
- 13<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Διασπορά στοιχειακού νανοσιδήρου σε κατιονική ρητίνη.

#### (4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i></p>	Πρόσωπο με πρόσωπο	
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i></p>	Σημειώσεις, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> <i>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</i>  <i>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</i>  <i>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι</i></p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	Διαλέξεις	7x3=21 ώρες
	Μελέτη	7x5=35 ώρες
	Εργασίες/Ασκήσεις κατ' οίκον	6x6=36 ώρες
	Εργαστήριο	6x3=18 ώρες
	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	36 ώρες
	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0
	Εξετάσεις	0

<p>ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</p>		
	Σύνολο Μαθήματος	146
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b></p> <p>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</p> <p>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 70%</p> <p>Αναφορές εργαστηριακών ασκήσεων: 30%</p> <p>(Να υπάρχει ρητή αναφορά των παραπάνω κριτηρίων στο helios)</p>	

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : [Η πολλαπλή βιβλιογραφία του μαθήματος]

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

- Guozhong Cao, “Nanostructures and nanomaterials. Synthesis, Properties and Applications”, Imperial College Press, London, 2005.
- Dieter Vollath, “Nanomaterials. An Introduction to Synthesis, Properties and Applications”, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008.
- C.N.R. Rao, A. Müller, “The chemistry of nanomaterials. Synthesis, Properties and Applications, Vol. 2. ”, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2006.
- R. Kelsall, I. Hamley & M. Geoghegan, “Nanoscale Science and Technology”, J. Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England, 2005.
- M. Adachi & D. J. Lockwood, «Self-organized nanoscale materials», Springer, NY, 2006.
- L.B. Freund & S. Suresh, «Thin film materials. Stress, Defect formation and Surface Evolution», Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
- R. Eason, «Pulsed laser deposition of thin films. Applications-Led Growth of Functional Materials», J. Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2007.

