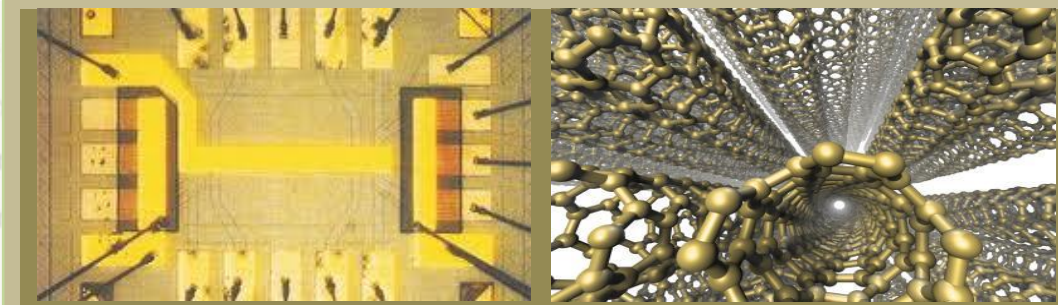




ΕΘΝΙΚΟ  
ΜΕΤΣΟΒΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΔΠΜΣ «ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ»

# ΟΔΗΓΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ

2012 -13\*



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ»

Εγκρίθηκε και λειτουργεί σύμφωνα με την από 11-7-2003 απόφαση της Συγκλήτου Ε.Σ. του Ε.Μ.Π.  
(8η συνεδρίαση της 11-7-2003/Θέμα 26ε) και την Υπουργική Απόφαση που δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 1980/31-12-2003.

# ΟΔΗΓΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ

**Επισπεύδουσα Σχολή:**

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Συνεργασία με**

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ


ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»

ΑΘΗΝΑ 2012



Η έκδοση του παρόντος Οδηγού Σπουδών έγινε  
με τη συνεργασία της ΕΔΕ και της Γραμματείας  
του Δ.Π.Μ.Σ. «Μικροσυστήματα και  
Νανοδιατάξεις»

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	5
1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΩΝ .....	5
2. Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ .....	6
3. ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ .....	7
<b>B. Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΑ ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ</b> .....	9
1. Ο ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ .....	9
2. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΠΤΥΧΙΟΥΧΩΝ .....	10
3. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	10
<b>Γ. ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ ΦΟΡΕΙΣ - ΥΠΟΔΟΜΗ</b> .....	12
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΦΟΡΕΩΝ.....	12
<b>Δ. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ</b> .....	17
1. ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	17
α. Η καθημερινή λειτουργία του ΔΠΜΣ.....	17
β. Προκήρυξη θέσεων. Επιλογή υποψηφίων. ....	18
2. ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	20
3. ΣΠΟΥΔΕΣ - ΜΑΘΗΜΑΤΑ - ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ .....	20
4. ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ .....	22
5. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ - ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ - ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ .....	24
6. ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.....	24
7. ΑΠΟΝΟΜΗ - ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ.....	25
8. ΠΑΡΟΧΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ .....	26
α. Ο Σύμβουλος των Μεταπτυχιακών Σπουδών.....	26
β. Πρόσβαση στη βιβλιοθήκη, σύνδεση με το διαδίκτυο .....	26
γ. Υποτροφίες .....	27
9. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	27
α. Αξιολόγηση της διδασκαλίας.....	27
β. Συνολική Αξιολόγηση του ΔΠΜΣ .....	28
<b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ</b> .....	29

# A. 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 δεκάδων νανομέτρων.
2. Την *Επιστήμη Υλικών* και την *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 οι διάφορες ουσίες που αλληλεπιδρούν με ζωντανούς οργανισμούς, μπορούν να συνδυαστούν με υλικά νανομετρικών διαστάσεων για την δημιουργία νέων διατάξεων ή διαδικασιών.

Το Διατμηματικό 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 'κλασσικής' 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.

## 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 σημειώθηκε μια σημαντική αύξηση των κρατικών επενδύσεων τόσο στην Ιαπωνία όσο και στις ΗΠΑ και την 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 αναγάγει 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.

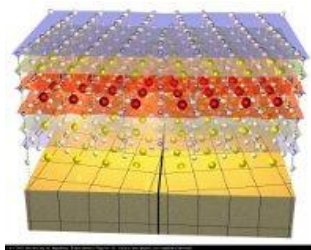
Η νανοτεχνολογία βρίσκεται ακόμα στα πρώιμα στάδια της ανάπτυξής της. Οι τεχνολογίες που θα υιοθετηθούν δεν έχουν ξεκαθαριστεί ακόμα. Οι οικονομικές δυνάμεις που θα επικρατήσουν και θα βάλουν κάτω από τον έλεγχο τους ένα μεγάλο μέρος της έρευνας και των εφαρμογών δεν έχουν φανεί ακόμα στον ορίζοντα. 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 Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών 'Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις' χρηματοδοτείται από το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και την Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης (ΕΠΕΑΕΚ).



*Sketch of an YBCO*



# **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, εξαρτήματα απεικόνισης 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 κλπ. Αυτές οι απαιτήσεις φέρνουν στην επιφάνεια την ανάγκη:

- ανάπτυξης της βασικής έρευνας
- εντοπισμού των αναδυόμενων τεχνολογιών,
- επιμόρφωσης 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 Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα "Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις" απευθύνεται σε φοιτητές που έχουν ολοκληρώσει τις προπτυχιακές σπουδές τους στις φυσικές επιστήμες και γενικότερα, σε απόφοιτους Σχολών Θετικής Κατεύθυνσης και Πολυτεχνικών Σχολών. 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 πως περισσότεροι από 124.000 εργαζόμενοι απασχολούνται ήδη στην Ευρωπαϊκή Ένωση στον κλάδο κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και ότι η ζήτηση αναμένεται να είναι μεγαλύτερη στο μέλλον.

## 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 του χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία.

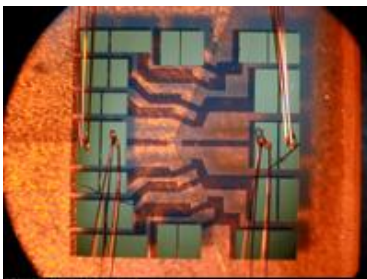
Με δεδομένη τη ραγδαία εξέλιξη του αντικειμένου, θα πρέπει κανείς να είναι προετοιμασμένος να ανανεώνει τις γνώσεις και τις ικανότητές του έτσι ώστε να μπορεί να παρακολουθεί και να συμμετέχει στην εξέλιξη της τεχνολογίας. Για τον λόγο αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα φιλοδοξεί να παρέχει στους φοιτητές 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



*a structured and bonded YBCO-Sample*

# 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 Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, η Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών και η Σχολή Χημικών Μηχανικών. Παράλληλα, συμμετέχει ως συνεργαζόμενος φορέας, το Ινστιτούτο Προηγμένων Υλικών, Φυσικοχημικών Διεργασιών, Νανοτεχνολογίας και Μικροσυστημάτων του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος».

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 Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών.

### **ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ Ε.Μ.Π. (ΣΕΜΦΕ)**

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. Στη Σχολή εκπονούν διδακτορική διατριβή περισσότεροι από 150 υποψήφιοι διδάκτορες.

Οι ερευνητικές δραστηριότητες του Τομέα Φυσικής είναι πολύ εκτεταμένες, ενώ

κάποιες από αυτές γίνονται σε συνεργασία με άλλους Τομείς της Σ.Ε.Μ.Φ.Ε., τις 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. Φασματοσκοπία Raman.
4. Ανάπτυξη Συστημάτων Λέηζερ και Εφαρμογές των Λέηζερ.
5. Θεωρητική Φυσική Υψηλών Ενεργειών.
6. Πειραματική Φυσική Υψηλών Ενεργειών.
7. Πυρηνική Φυσική.
8. Μελέτη Κοσμικών Ακτίνων Υπερυψηλών Ενεργειών.
9. Θεωρητική Ατομική και Μοριακή Φυσική.
10. Βιοφυσική.

#### **ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π. (ΣΧΜ)**

Η Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών είναι 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. Στη Σχολή εκπονούν διδακτορική διατριβή περίπου 200 υποψήφιοι διδάκτορες.

#### **ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ Ε.Μ.Π. (ΣΗΜΜΥ)**

Με την εφαρμογή του Νόμου Πλαισίου για τα ΑΕΙ, το 1982, η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών μετονομάστηκε σε Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών με τρεις Τομείς: ♦ Ηλεκτροεπιστήμης, ♦ Ηλεκτρικής Ισχύος και ♦ Πληροφορικής. Από το 1984 οι κύκλοι σπουδών έγιναν τρεις, αφού προστέθηκε και τρίτος κύκλος, του Μηχανικού Υπολογιστών και Πληροφορικής.

Το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, με προεδρικό διάταγμα που εκδόθηκε τον Μάιο του 1991, μετονομάστηκε σε «Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών». Με τη νομοθετική αυτή πράξη αναγνωρίστηκε και τυπικά η κατεύθυνση Μηχανικών Υπολογιστών και Πληροφορικής, την οποία η Σχολή καλύπτει εδώ και πολλά χρόνια. Πρόσφατα, όλα τα τμήματα του ΕΜΠ μετονομάστηκαν σε Σχολές, και συνεπώς ο τρέχων τίτλος της Σχολής είναι «Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών» και διαθέτει πλέον επτά Τομείς:

- 1 Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών, Ηλεκτροοπτικής και Ηλεκτρονικών Υλικών
- 2 Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών
- 3 Σημάτων Ελέγχου και Ρομποτικής
- 4 Τεχνολογίας Πληροφορικής και Υπολογιστών
- 5 Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής
- 6 Ηλεκτρικής Ισχύος
- 7 Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων

Από το ακαδημαϊκό έτος 1993-1994 και μετά η ΣΗΜΜΥ προσφέρει τις παρακάτω Ροές:

**Ροή Υ:** Υπολογιστικά Συστήματα

**Ροή Λ:** Λογισμικό Η/Υ

**Ροή Η:** Ηλεκτρονική – Κυκλώματα – Υλικά

**Ροή Δ:** Επικοινωνίες και Δίκτυα

**Ροή Τ:** Κύματα και Τηλεπικοινωνίες

**Ροή Σ:** Σήματα, Έλεγχος και Ρομποτική

**Ροή Ζ:** Ηλεκτρομηχανική μετατροπή ενέργειας, Υψηλές τάσεις και Εγκαταστάσεις

**Ροή Ε:** Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

**Ροή Ο:** Διοίκηση και Απόφαση

**Ροή Ι:** Βιοϊατρική

**Ροή Φ:** Φυσική

**Ροή Μ:** Μαθηματικά

Η Σχολή **Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ)** του ΕΜΠ υπήρξε πρωτοπόρο 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.

**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π. (ΣΝΜ)**

Η Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών λειτουργεί σαν ανεξάρτητη Σχολή από το 1982 όταν αποσπάστηκε από την Σχολή Μηχανολόγων. Η Σχολή περιλαμβάνει τους τομείς: Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών, Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής, Ναυτικής Μηχανολογίας και Θαλασσίων Κατασκευών.

**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π. (ΣΧΜ)**

Η Σχολή Χημικών Μηχανικών λειτουργεί ως αυτοτελής Σχολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η Σχολή 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.

**Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» - ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΠΡΟΗΓΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ, ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Το Ινστιτούτο Προηγμένων Υλικών, Φυσικοχημικών Διεργασιών, Νανοτεχνολογίας και Μικροσυστημάτων είναι ένα από τα 5 Ινστιτούτα του του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» και αποτελείται από τρεις Τομείς: ♦ Επιστήμης Υλικών, ♦ Μικροηλεκτρονικής και ♦ Φυσικοχημείας. Ο Τομέας Μικροηλεκτρονικής (πρώην Ινστιτούτο) άρχισε τις δραστηριότητές του το 1985. Σαν κύριο σκοπό του έχει την έρευνα, ανάπτυξη και εκπαίδευση στην Μικροηλεκτρονική, τα Μικροσυστήματα και την Νανοτεχνολογία. Το ερευνητικό προσωπικό του Ινστιτούτου περιλαμβάνει: 17 τακτικούς ερευνητές

και 9 μεταδιδακτορικούς ερευνητές, καθώς και 22 υποψήφιους διδάκτορες.

Η υποδομή του Ινστιτούτου περιλαμβάνει πλήρη και σύγχρονο εξοπλισμό και εγκαταστάσεις για Μίκρο και Νάνο-τεχνολογία, σε χώρους υψηλής καθαρότητας. Ο καθαρός χώρος 300 τετραγωνικών μέτρων περιλαμβάνει πλήρη γραμμή διεργασιών πυριτίου, εξοπλισμένη με θερμικές και χημικές διεργασίες, ιοντική εμφύτευση, οπτική λιθογραφία και λιθογραφία ηλεκτρονικής δέσμης, εξοπλισμό εναπόθεσης λεπτών διηλεκτρικών, μετάλλων, πολυκρυσταλλικού και νανοκρυσταλλικού πυριτίου, εξοπλισμό εγχάραξης με ενεργά ιόντα και με υψηλής πυκνότητας πλάσμα ιόντων. Το ΙΜΗΛ διαθέτει επίσης δυνατότητες και εξοπλισμό σχεδιασμού, χαρακτηρισμού, ελέγχου, προσομοίωσης και μοντελοποίησης υλικών, δομών, διατάξεων, κυκλωμάτων και συστημάτων, καθώς και εξοπλισμό συσκευασίας κυκλωμάτων και διατάξεων.





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

## **1. ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Σύμφωνα με το πλαίσιο λειτουργίας των μεταπτυχιακών προγραμμάτων η απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (Μ.Δ.Ε.) γίνεται μετά από σπουδές ελάχιστης διάρκειας ενός πλήρους ημερολογιακού έτους.

Η λειτουργία του ΔΠΜΣ Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις' έχει εγκριθεί από το Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων (ΦΕΚ 1980, 31/12/2003) ενώ η χρηματοδότησή του γίνεται 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, αλλά και του ιστοτόπου του Μεταπτυχιακού Προγράμματος (<http://physics.ntua.gr/gr/micronano/index.htm>) 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

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

Η προκήρυξη υποβολής υποψηφιοτήτων για την παρακολούθηση του ΔΠΜΣ «Μικρο-συστήματα και Νανοδιατάξεις» γίνεται στις αρχές Ιουνίου κάθε έτους. Η προκήρυξη δημοσιοποιείται στον διαδικτυακό χώρο του Μεταπτυχιακού ([www.physics.ntua.gr/gr/micronano](http://www.physics.ntua.gr/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. και Α.Τ.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 Μ.Sc. ή Μ. 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) τουλάχιστον 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 ανταποκρίνονται 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 ΕΔΕ 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 και με το άρθρο 12, παρ. γ του Ν. 2083/92, το αντίστοιχο της Γενικής Συνέλευση Ειδικής Σύνθεσης (Γ.Σ.Ε.Σ.) αρμόδιο όργανο για τα Δ.Π.Μ.Σ είναι η "Ειδική Διατμηματική Επιτροπή" (Ε.Δ.Ε.). **"Με Βάση τα πορίσματα των ετήσιων απολογισμών και των διαδικασιών αυτοαξιολόγησης και εξωτερικής αξιολόγησης των ΔΠΜΣ του ΕΜΠ και τις εξελίξεις της επιστήμης και της τεχνολογίας, η Ειδική Διατμηματική Επιτροπή των ΔΠΜΣ αποφασίζει, στο πλαίσιο του Εσωτερικού Κανονισμού Λειτουργίας του Ε. Μ. Πολυτεχνείου για όλα τα εκπαιδευτικά και ερευνητικά θέματα, με γνώμονα την προσπάθεια συνεχούς Βελτίωσης του περιεχομένου, της ποιότητας σπουδών και της γενικότερης λειτουργίας και ανάπτυξης των ΔΠΜΣ".**

Στην Ε.Δ.Ε. του Δ.Π.Μ.Σ. «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» συμμετέχουν εκπρόσωποι από κάθε συμμετέχουσα Σχολή του Ε.Μ.Π. Η σύνθεση της Ε.Δ.Ε. για το ακαδημαϊκό έτος 2012-13, είναι:

- **Ι. Ράπτης**, Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.  
(Διευθυντής Προγράμματος)
- **Δ. Τσουκαλάς**, Καθηγητής Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.
- **Ε. Λιαροκάκης**, Καθηγητής Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.
- **Π. Πίσσης**, Καθηγητής Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.
- **Δ. Τσαμάκης**, Καθηγητής Σ.Η.Μ.Μ.Υ. (τακτικό μέλος)
- **Δ. Γιόβα**, Καθηγήτρια Σ.Η.Μ.Μ.Υ. (τακτικό μέλος)
- **Ι. Γεωργίου**, Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Ν.Μ.Μ. (Τακτικό Μέλος)
- **Δ. Παντελής**, Καθηγητής Σ.Ν.Μ.Μ. (Αναπληρωματικό Μέλος)
- **Δ. Μαθιουλάκης**, Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Μ.Μ. (Τακτικό Μέλος)
- **Δ. Θεοδώρου**, Καθηγητής Σ.Χ.Μ. (Τακτικό Μέλος)
- **Κ. Χαριτίδης**, Καθηγητής Σ.Χ.Μ. (Αναπληρωματικό Μέλος)

## 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 τετραμήνου (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> τετραμήνου παρέχουν τη δυνατότητα εστίασης σε διαφορετικές γνωστικές κατευθύνσεις, περιοχές έρευνας ή απασχόλησης.

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

#### Βασικά Μαθήματα

Κωδικός	Τίτλος Μαθήματος	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Διδάσκων
9950	Στατιστική Φυσική	Υ	1	<a href="#">Κ. Παρασκευαΐδης</a>
9951	Κβαντική θεωρία της ύλης	Υ	1	<a href="#">Λ. Τσέτσερης</a>
9952	Φυσική ημιαγωγικών υλικών και διατάξεων	Υ	2	<a href="#">Ι. Ράπτης,</a> <a href="#">Δ. Τσαμάκης</a>
9953	Διεργασίες κατασκευής μικρο- και νανο συστημάτων	Υ	1	<a href="#">Ε. Γογγολίδης,</a> <a href="#">Δ. Δαβάζογλου,</a> <a href="#">Α. Νασιοπούλου</a>

#### Μαθήματα Ειδίκευσης (επιλογή 5 μαθημάτων από τα παρακάτω)

Κωδικός	Τίτλος Μαθήματος	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Διδάσκων
9954	Νανοηλεκτρονικές διατάξεις	Ε	2	<a href="#">Δ. Τσαμάκης,</a> <a href="#">Δ. Τσουκαλάς</a>
9955	Μικρο-νάνο αισθητήρες	Ε	2	<a href="#">Δ. Τσουκαλάς,</a> <a href="#">Ε. Φωκίτης</a>
9956	Βιονανοτεχνολογία για αίσθηση και οπτική απεικόνιση	Ε	2	<a href="#">Δ. Γιόβα</a>
9957	Ανάπτυξη και χαρακτηρισμός νανοδομών	Ε	2	<a href="#">Ε. Γογγολίδης</a> <a href="#">Κ. Χαριτίδης</a>
9958	Σχεδιασμός ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	Ε	2	<a href="#">Π. Σωτηριάδης</a>
9959	Κβαντικοί Υπολογιστές	Ε	2	<a href="#">Γ. Βαρελογιάννης</a>

**Μαθήματα Ειδίκευσης (επιλογή 5 μαθημάτων από τα παρακάτω)**

Κωδικός	Τίτλος Μαθήματος	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Διδάσκων
9960	Προσομοίωση σε μικροσκοπικό και μακροσκοπικό επίπεδο	E	2	<a href="#">Θ. Θεοδώρου</a> , <a href="#">Χ. Τσάμης</a>
9961	Οπτικές και Μικροοπτικές διατάξεις	E	2	<a href="#">Ι. Ζεργιώτη</a>
9964	Μικρο-ρευστομηχανικά Συστήματα	E	2	<a href="#">Δ. Μαθουλάκης</a> , <a href="#">Α. Τσερέπη</a> , <a href="#">Ι. Αναγνωστόπουλος</a>
9965	Εργαστηριακές Τεχνικές για Νανοϋλικά (6 μεγάλες εργαστηριακές ασκήσεις)	E	1	<a href="#">Δ. Τσουκαλάς</a> , σε συνεργασία με άλλα μέλη ΔΕΠ του ΕΜΠ και Ερευνητές του ΕΚΕΦΕ «Δ»
9966	Οργανικά Νανοϋλικά	E	2	<a href="#">Ν. Γλέζος</a> , <a href="#">Π. Πίσσης</a>

## 4. ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ

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

Το πρώτο τετράμηνο αρχίζει την πρώτη Δευτέρα του Οκτωβρίου και τελειώνει την τελευταία Παρασκευή του Ιανουαρίου. Περιλαμβάνει 12 κατ' ελάχιστο διδακτικές εβδομάδες, δύο εβδομάδες για διακοπές Χριστουγέννων και δύο εβδομάδες για ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και εξετάσεις.

Το δεύτερο τετράμηνο 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 τετράμηνο αρχίζει την πρώτη Δευτέρα του Ιουνίου και ολοκληρώνεται την τελευταία Παρασκευή του Σεπτεμβρίου. Στην διάρκειά του, ολοκληρώνεται η εκπόνηση και εξέταση της μεταπτυχιακής εργασίας.

Όλα τα τετράμηνα 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

τετραμήνου, που οι φοιτητές καλούνται να επιλέξουν πέντε από τα ένδεκα 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.

Το τυπικό Ακαδημαϊκό Ημερολόγιο του ΔΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις», για το ακαδημαϊκό έτος 2012-13, έχει ως εξής:

#### Α. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

ΔΕ	08.10.2012	Έναρξη εγγραφών
ΠΑ	19.10.2012	Λήξη προθεσμίας εγγραφών
ΔΕ	15.10.2012	Έναρξη μαθημάτων.
ΠΑ	26.10.2012	Έκδοση από τις Γραμματείες των συντονιζουσών Σχολών καταλόγων Μ.Φ. σε κάθε μάθημα
ΠΑ	25.01.2013	Λήξη μαθημάτων και λοιπών εκπαιδευτικών διαδικασιών
ΔΕ	04.02.2013	Έναρξη περιόδου εξετάσεων
ΠΑ	15.02.2013	Λήξη περιόδου εξετάσεων
ΤΕ	20.02.2013	Κατάθεση βαθμολογίας

#### Β. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

ΔΕ	18.02.2013	Έναρξη μαθημάτων και εγγραφών
ΠΑ	22.02.2013	Λήξη εγγραφών
ΠΑ	27.02.2013	Έκδοση από τις Γραμματείες των συντονιζουσών Σχολών καταλόγων Μ.Φ. σε κάθε μάθημα
ΠΑ	31.05.2013	Λήξη μαθημάτων και λοιπών εκπαιδευτικών διαδικασιών
ΔΕ	10.06.2013	Έναρξη περιόδου εξετάσεων
ΠΑ	21.06.2013	Λήξη περιόδου εξετάσεων
ΠΑ	28.06.2013	Κατάθεση βαθμολογίας

#### Γ. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

ΤΕ	26.06.2013	Έναρξη προθεσμίας ανάληψης μεταπτυχιακής εργασίας
ΠΑ	05.07.2013	Λήξη προθεσμίας ανάληψης μεταπτυχιακής εργασίας
ΤΕ	16.10.2013	Λήξη προθεσμίας κατάθεσης μεταπτυχιακής εργασίας
ΔΕ	21.10.2013	Έναρξη περιόδου εξετάσεων μεταπτυχιακής εργασίας
ΠΑ	25.10.2013	Λήξη περιόδου εξετάσεων μεταπτυχιακής εργασίας
ΠΑ	01.11.2013	Έκδοση αποτελεσμάτων μεταπτυχιακής εργασίας

## 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 Ε.Δ.Ε. μπορεί να δικαιολογήσει ορισμένες απουσίες, ο μέγιστος αριθμός των οποίων δεν μπορεί να υπερβεί το 1/4 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 Ε.Δ.Ε.) στην επόμενη και τελευταία διδακτική περίοδο.

Πριν τις εξετάσεις του πρώτου τετραμήνου ο υπεύθυνος του μεταπτυχιακού, συμβουλευόμενος τις καταστάσεις παρουσιών, καλεί τους φοιτητές που έχουν απουσιάσει αδικαιολόγητα σε περισσότερες του 25% των διαλέξεων και τους ζητάει να υποβάλουν τα απαραίτητα δικαιολογητικά. Μετά την συγκέντρωση των δικαιολογητικών η ΕΔΕ 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 και δεν μπορεί να υπολείπεται του 30% του συνολικού βαθμού του μαθήματος. Διευκρινίζεται παράλληλα ότι μόνο η βαθμολογία της Μεταπτυχιακής Εργασίας, που δίνεται από τους επιμέρους εξεταστές και ως μέσος όρος, μπορεί να περιλαμβάνει μισή κλασματική μονάδα.

## 6. ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ανάληψη μεταπτυχιακής εργασίας μπορεί να γίνει μετά το τέλος του 2ου τετραμήνου του πρώτου έτους σπουδών, με την προϋπόθεση ότι ο μεταπτυχιακός



φοιτητής έχει ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις παρακολούθησης των μαθημάτων. Για την περίπτωση των μεταπτυχιακών φοιτητών οι οποίοι επανεγγράφονται και τον επόμενο χρόνο για παρακολούθηση μαθημάτων του 1ου ή του 2ου τετραμήνου, αποφασίζει η ΕΔΕ για τυχόν ανάληψη της μεταπτυχιακής εργασίας τους 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 φοίτησης για το Μ.Δ.Ε. δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 2 χρόνια**, υπολογιζόμενη από την ημερομηνία πρώτης εγγραφής στο Δ.Π.Μ.Σ.

Η εξέταση και βαθμολόγηση της μεταπτυχιακής εργασίας 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 Ε.Δ.Ε.. Βαθμός προαγωγής για μια μεταπτυχιακή εργασία είναι το 5,5.

Το κείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας γράφεται με ηλεκτρονικό κειμενογράφο και υποβάλλεται σε 5 τουλάχιστον αντίτυπα. 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 Μ.Δ.Ε. απαιτείται ο προαγωγικός βαθμός στα μεταπτυχιακά μαθήματα και στη μεταπτυχιακή εργασία. Αν τούτο δεν επιτευχθεί εντός της διετίας, 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 Ε.Δ.Ε. μπορεί να αποφασίσει την απονομή του Μ.Δ.Ε., μετά από έγκριση της Γενικής Συνέλευση Ειδικής Σύνθεσης (Γ.Σ.Ε.Σ.) και ανακοίνωση στη Σύγκλητο.

## 7. ΑΠΟΝΟΜΗ - ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ

Ο γενικός βαθμός του Μ.Δ.Ε. 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 x βαθμός μεταπτυχιακής εργασίας))/13,5.

Στον πρωτότυπο τίτλο του Μ.Δ.Ε. δεν θα αναγράφεται ο βαθμός διπλώματος αριθμητικά αλλά μόνο η κλίμακα "Καλώς", "Λίαν Καλώς" ή "Άριστα", που θα εξάγεται ανάλογα με τον τελικό βαθμό που έχει προκύψει, σύμφωνα με τους κανονισμούς του ΕΜΠ.

## 8. ΠΑΡΟΧΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ

### α. Ο Σύμβουλος των Μεταπτυχιακών Σπουδών

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση των εγγραφών των μεταπτυχιακών φοιτητών η Ε.Δ.Ε. ορίζει για κάθε μεταπτυχιακό φοιτητή ένα Σύμβουλο. Ο σύμβουλος δεν ταυτίζεται κατ' ανάγκη με τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας. Ως σύμβουλοι μπορούν να οριστούν κατ' αρχάς όλα τα μέλη Δ.Ε.Π. που διδάσκουν στο Δ.Π.Μ.Σ..

Κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών ο σύμβουλος 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 Ε.Δ.Ε. σχετικά με τη συνέχιση των σπουδών του υποψηφίου για διδακτορικό.

### 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 dial-up παρέχει σε όλα τα μέλη της πολυτεχνειακής κοινότητας (ΔΕΠ, προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς σπουδαστές, επιστημονικούς συνεργάτες, διοικητικό προσωπικό) την δυνατότητα πρόσβασης στα υπολογιστικά συστήματα του ΕΜΠ και το INTERNET από το σπίτι μέσω διαμορφωτών τηλεφωνικής διεπιλογής (dial-up modems).

## γ. Υποτροφίες

Το ΔΠΜΣ 'Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις' με βάση την χρηματοδότησή του που γίνεται στο πλαίσιο του ΕΠΕΑΕΚ, έχει προβλέψει την παροχή υποτροφιών σε δύο (2) μεταπτυχιακούς φοιτητές ανά έτος. Το ύψος της ετήσιας υποτροφίας εξαρτάται από τους πόρους του ΔΠΜΣ και καθορίζεται με απόφαση της ΕΔΕ. Υποτροφία απονέμεται στους φοιτητές που σημείωσαν τις καλύτερες επιδόσεις κατ' απόλυτη σειρά επιτυχίας στις προαγωγικές εξετάσεις των δύο πρώτων εξαμήνων.

# 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 τετραμήνου 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 συμπληρώνονται από τους φοιτητές ηλεκτρονικά, μέσω διαδικτυακής πλατφόρμας που δημιουργείται για την αξιολόγηση των μαθημάτων κάθε εξαμήνου και στην οποία οι φοιτητές έχουν πρόσβαση με χρήση ειδικού κωδικού (κλειδάριθμου). Τα αποτελέσματα της στατικής επεξεργασίας των απαντήσεων των φοιτητών αποστέλλονται στον κάθε διδάσκοντα προσωπικά, με σκοπό να του παρέχουν πληροφόρηση που θα τον

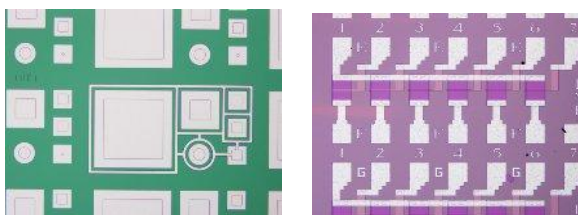
βοηθήσει να αξιολογήσει τα αποτελέσματα των εκπαιδευτικών πρωτοβουλιών που έλαβε και ενδεχομένως να μεταβάλλει κάποιες από αυτές.

## β. Συνολική Αξιολόγηση του ΔΠΜΣ

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

- i. Αξιολόγηση από εσωτερικό αξιολογητή (που δεν ανήκει στην ΕΔΕ 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 ΣΕ-ΜΣ, λαμβάνοντας υπόψη τις προηγούμενες αξιολογήσεις, η οποία ακολουθώντας 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 ΕΔΕ για την ανάληψη περαιτέρω πρωτοβουλιών βελτίωσης της ποιότητας των παρεχόμενων Μεταπτυχιακών Σπουδών.



*Κυκλώματα που κατασκευάστηκαν με λιθογραφία  
(από εκπαιδευόμενους στο ΔΠΜΣ)*

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ

Τίτλος Μαθήματος		<b>ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ</b>		
Διδάσκων / -οντες		Κ. Παρασκευαΐδης		
Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9950	Υποχρεωτικό	1 <sup>ο</sup> (Χειμερινό)	4	4
Ιστοσελίδα μαθήματος		URL στο mycourses		
		Ώρες διδασκαλίας		
Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις			
	Ασκήσεις	//		
	Εργαστήρια	-		
Πρακτική εξάσκηση	---			
Προαπαιτούμενες γνώσεις				
Τρόπος αξιολόγησης	Γραπτές εξετάσεις.			
<b>Στόχοι του μαθήματος</b>				

- Η παρουσίαση του ηλεκτρονικού συστήματος σαν ένα παράδειγμα κβαντικού στατιστικού συστήματος ομοίων φερμιονίων. Κατανόηση βασικών εννοιών όπως η απαγορευτική αρχή του Pauli, αναπαράσταση αριθμών κατάληψης κλπ..
- Η εισαγωγή σε ορισμένες βασικές έννοιες γύρω από τις μεταβάσεις φάσεων και κβαντικές καταστάσεις τάξεως όπως ο μαγνητισμός και η υπεραγωγιμότητα.
- Εισαγωγή σε βασικές έννοιες της στατιστικής φυσικής εκτός ισορροπίας και τα φαινόμενα μεταφοράς.

### Αποτελέσματα μάθησης

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές αναμένεται να :

- Είναι εξοικειωμένοι με βασικές έννοιες της κβαντικής στατιστικής φυσικής και να κατανοούν τη θερμοδυναμική συμπεριφορά του ηλεκτρονικού συστήματος.
- Είναι εξοικειωμένοι με την κβαντομηχανική σε πίνακες και τους τελεστές πυκνότητας, βασικά εργαλεία για την κβαντική μοντελοποίηση της λειτουργικής συμπεριφοράς νανοδομών.
- Γνωρίζουν στοιχεία ορισμένων βασικών ηλεκτρονικών καταστάσεων τάξεως όπως η υπεραγωγιμότητα καθώς και στοιχεία της κρουτρονικής όπως οι διεπαφές Josephson και τα SQUID.

### Περιεχόμενο του μαθήματος

Κλασική Στατιστική Μηχανική, Θεμελιώδεις αρχές, μικρο-κανονική συλλογή, χώρος φάσεων, εργοδική υπόθεση, ισορροπία, εντροπία, κλασικό ιδανικό αέριο, εντροπία ανάμειξης και παράδοξο του Gibbs.

Κανονική και Μεγαλο-Κανονική Συλλογή. Κανονική συλλογή, συνάρτηση επιμερισμού, διακυμάνσεις ενέργειας στην κανονική συλλογή, θεώρημα ισοκατανομής, ιδανικά αέρια, Μεγαλοκανονική συλλογή, εντροπία Gibbs, ιδανικό αέριο, 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 Bose – Fermi – Boltzmann.

Αλληλεπιδρώντα συστήματα και μετασηματισμοί φάσης. Παραδείγματα αλληλεπιδρώντων συστημάτων, υγρά van der Waals, μετάβαση αερίου-υγρού, καταστατική εξίσωση vdW, κρίσιμα σημεία, αποτυχία της εξίσωσης vdW, θεωρία μέσου πεδίου για τις μεταβάσεις φάσης. Προσέγγιση Landau και παράμετροι τάξης, Πολυμερή, μοντέλο Ising, προσέγγιση μέσου πεδίου και σιδηρομαγνητισμός.

Τεχνικές θεωρίας πεδίου, θεωρία Landau για μεταβάσεις φάσης, αποτυχία της θεωρίας μέσου πεδίου.

Συστήματα που υφίστανται εξωτερικές διεγέρσεις. Θεωρία γραμμικής απόκρισης, γενικευμένες επιδεκτικότητες, στατιστική φυσική της μη-ισορροπίας, εξίσωση Boltzmann και ιδιότητες μεταφοράς.

Ειδικά θέματα Στατιστικής Φυσικής.

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Έντυπες διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα που διανέμονται

Σημειώσεις του μαθήματος.

Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)

- 1 Αναφορά σε βιβλία ανάλογα με το κεφάλαιο του μαθήματος.
- 2 Σημαντική αναφορά για ασκήσεις το βιβλίο «*Statistical Physics*» του Kubo για πολλά από τα κεφάλαια του μαθήματος.

Τίτλος Μαθήματος		<b>ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ</b>		
Διδάσκων / -οντες		<b>Λ. Τσέτσερης</b>		
Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9951	Υποχρεωτικό	1 <sup>ο</sup> (Χειμερινό)	4	4
Ιστοσελίδα μαθήματος		URL στο mycourses		
		<a href="http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php">http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php</a>		
		<b>Ώρες διδασκαλίας</b>		
Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	4		
	Ασκήσεις			
	Εργαστήρια	-		
Πρακτική εξάσκηση	---			
Προαπαιτούμενες γνώσεις				
Τρόπος αξιολόγησης	Γραπτές εξετάσεις κατά τη διάρκεια του εξαμήνου (42%) και τελική εξέταση (48%).			
<b>Στόχοι του μαθήματος</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η κατανόηση των εννοιών της Φυσικής Στερεάς Κατάστασης με χρήση κβαντομηχανικής.</li> <li>• Εφαρμογή των αρχών της κβαντομηχανικής σε εφαρμοσμένα προβλήματα</li> </ul>				
<b>Αποτελέσματα μάθησης</b>				
<p>Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές αναμένεται να: Κατανοούν το περιεχόμενο των όρων της κβαντομηχανικής και της Φυσικής Στερεάς Κατάστασης.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εφαρμόζουν τις αρχές της κβαντομηχανικής και Φυσικής Στερεάς κατάστασης στην μελέτη μικρο- και νανοσυστημάτων.</li> </ul>				
<b>Περιεχόμενο του μαθήματος</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βασικές έννοιες Κβαντικής Μηχανικής (Τελεστές, Κυματοσυναρτήσεις, Εξίσωση Schrodinger, προβλήματα ιδιοτιμών)</li> <li>• Διακριτό – Συνεχές φάσμα, Ρεύμα πυκνότητας πιθανότητας</li> <li>• Χρονική Εξέλιξη</li> <li>• Φορμαλισμός Dirac, αναπαράσταση θέσης, αναπαράσταση ορμής</li> <li>• Μονοδιάστατα δυναμικά</li> <li>• Κβαντικός αρμονικός ταλαντωτής, τελεστές δημιουργίας – καταστροφής</li> <li>• Στροφορμή – Κεντρικά Δυναμικά – Άτομο Υδρογόνου</li> <li>• Spin</li> <li>• Πρόσθεση στροφορμών</li> <li>• Θεωρία διαταραχών</li> </ul>				

- Εισαγωγή στην Κβαντική Θεωρία Στερεού Σώματος – Πρόβλημα Πολλών Σωματιδίων
- Βασικές έννοιες θεωρίας χημικού δεσμού – Υβριδισμός
- Ευθύ και αντίστροφο πλέγμα, ζώνες Brillouin και Wigner-Setiz
- Θεώρημα Bloch, σχηματισμός ενεργειακών ζωνών
- Σύστημα σχεδόν ελεύθερων ηλεκτρονίων, ενεργειακά χάσματα
- Θεωρία k.p – Ενεργός Μάζα
- Συμμετρίες (Ομάδες Συμμετρίας Σημείου, Ομάδες Συμμετρίας Χώρου)
- Πυκνότητα καταστάσεων και ολική ενέργεια
- Μέθοδος Ισχυρής Δέσμευσης (Tight-binding)
- Φωνόνια

### ΟΡΓΑΝΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

**1<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Βασικές έννοιες Κβαντικής Μηχανικής (Τελεστές, Κυματοσυναρτήσεις, Εξίσωση Schroedinger, προβλήματα ιδιοτιμών)

**2<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Διακριτό – Συνεχές φάσμα, Ρεύμα πυκνότητας πιθανότητας. Χρονική Εξέλιξη Φορμαλισμός Dirac, αναπαράσταση θέσης, αναπαράσταση ορμής

**3<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Μονοδιάστατα δυναμικά. Κβαντικός αρμονικός ταλαντωτής, τελεστές δημιουργίας – καταστροφής

**4<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Στροφορμή – Κεντρικά Δυναμικά – Άτομο Υδρογόνου

**5<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Spin. Πρόσθεση στροφορμών

**6<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Θεωρία διαταραχών

**7<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εισαγωγή στην Κβαντική Θεωρία Στερεού Σώματος – Πρόβλημα Πολλών σωματιδίων

**8<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Βασικές έννοιες θεωρίας χημικού δεσμού – Υβριδισμός. Ευθύ και αντίστροφο πλέγμα, ζώνες Brillouin και Wigner-Setiz

**9<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Θεώρημα Bloch, σχηματισμός ενεργειακών ζωνών Σύστημα σχεδόν ελεύθερων ηλεκτρονίων, ενεργειακά χάσματα

**10<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Θεωρία k.p – Ενεργός Μάζα

**11<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Συμμετρίες (Ομάδες Συμμετρίας Σημείου, Ομάδες Συμμετρίας Χώρου). Πυκνότητα καταστάσεων και ολική ενέργεια

**12<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Μέθοδος Ισχυρής Δέσμευσης (Tight-binding)

**13<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Φωνόνια

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Ηλεκτρονικές διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα (μέσω ιστοσελίδας)

Παραδόσεις του μαθήματος σε αρχεία Powerpoint (μέσω της ιστοσελίδας του μαθήματος στο mycourses)

Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)

- 1) *Κβαντομηχανική, τόμος II (Σ. Τραχανάς).*
- 2) *Atomic and Electronic Structure of Solids (E. Kaxiras).*
- 3) *Solid State Physics (N. Ashcroft and N.D. Mermin).*
- 4) *Φυσική Στερεάς Κατάστασης, τόμος II (Ε. Οικονόμου).*
- 5) *Quantum Theory of Matter: A Novel Introduction (A. Modinos).*



Τίτλος Μαθήματος		<b>ΦΥΣΙΚΗ ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ</b>		
Διδάσκων / -οντες		<b>Ι. Ράπτης</b> , Αναπληρωτής Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ <b>Δ. Τσαμάκης</b> , Καθηγητής, ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ		
<b>Κωδικός</b>	<b>Χαρακτηρισμός</b>	<b>Εξάμηνο</b>	<b>Ώρες διδασκαλίας</b>	<b>Διδακτ. Μονάδες</b>
9952	Υποχρεωτικό	2 <sup>ο</sup> (Εαρινό)	4	4
Ιστοσελίδα μαθήματος			URL στο mycourses	
			<a href="http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php?cidReq=PSTGR1052">http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php?cidReq=PSTGR1052</a>	
		<b>Ώρες διδασκαλίας</b>		
<b>Μέθοδοι διδασκαλίας</b>	Διαλέξεις	3		
	Ασκήσεις	0.5		
	Εργαστήρια	0.5		
<b>Πρακτική εξάσκηση</b>				
<b>Προαπαιτούμενες γνώσεις</b>	Κβαντική Θεωρία της ύλης, Στατιστική, Ηλεκτρομαγνητισμός			
<b>Τρόπος αξιολόγησης</b>	Γραπτές εξετάσεις με θέματα που δίνονται και από τους δύο διδάσκοντες, σε συνδυασμό με σειρές ασκήσεων και Εργαστήριο			
<b>Στόχοι του μαθήματος</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η κατανόηση της δομής και των ιδιοτήτων των βασικών ημιαγωγικών υλικών σε συμπαγή μορφή.</li> <li>• Η μελέτη των αρχών λειτουργίας και των χαρακτηριστικών μεγεθών βασικών ημιαγωγικών διατάξεων.</li> <li>• Η μελέτη των βασικών ιδιοτήτων των ημιαγωγικών δομών χαμηλής διάστασης.</li> </ul>				
<b>Αποτελέσματα Μάθησης</b>				
Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές αναμένεται να γνωρίζουν:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τις μεθόδους υπολογισμού των βασικών μεγεθών ενδογενών και εξωγενών ημιαγωγών.</li> <li>• Τη λειτουργία των βασικών ημιαγωγικών διατάξεων και τις χαρακτηριστικές τους καμπύλες</li> <li>• Τα νέα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναδεικνύονται κατά την μείωση μίας, δύο ή και τριών διαστάσεων, στην περιοχή της νανοκλίμακας.</li> </ul>				
<b>Περιεχόμενο του μαθήματος</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συμπαγείς ημιαγωγοί. Δομή Ζώνης, Άμεσο – έμμεσο ενεργειακό χάσμα</li> </ul>				

- Σχέσεις διασποράς ηλεκτρονίων – οπών και ενεργός μάζα στα ακρότατα. 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
- Φαινόμενα μεταφοράς φορτίων. Μηχανισμοί ηλεκτρικής αγωγιμότητας ημιαγωγών.
- Εξισώσεις ρεύματος. Γέννηση επανασύνδεση φορέων.
- Εξίσωση συνέχειας -εφαρμογές. Δίοδος επαφής p-n.
- Ιδανική και πραγματική δίοδος p-n. Χαρακτηριστικές I-V.
- Χωρητικότητες διόδου. Δυναμική συμπεριφορά
- Επαφή μετάλλου-ημιαγωγού. Επαφή Schottky. Χαρακτηριστικές I-V.
- Ωμικές επαφές. Δομή MOS. Ιδανική δίοδος MOS
- Πραγματική δίοδος MOS. Χαρακτηριστικές I-V.
- Ιδιότητες της τάσης κατωφλίου αντιστροφής.
- 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. Παραβολικό κβαντικό πηγάδι
- Το κβαντικό πηγάδι ως χαμηλο-διάστατη συνιστώσα στο 3-διάστατο σύστημα και η πυκνότητα καταστάσεων
- Συνεχές φάσμα κβαντικών πηγαδιών και ιδιότητες μεταφοράς. Πίνακες Ανάκλασης □ Διέλευσης
- Αλληλεπίδραση συζευγμένων κβαντικών πηγαδιών
- Υπερπλέγματα. Μίνι-ζώνες, μίνι-χάσματα και πυκνότητα καταστάσεων
- Κβαντικά νήματα και πυκνότητα καταστάσεων
- Ηλεκτρικό – Μαγνητικό Πεδίο και συστήματα χαμηλών διαστάσεων
- Κβαντικό φαινόμενο Hall, Φαινόμενο Aharonov-Bohm
- Οπτική απορρόφηση σε κβαντικό πηγάδι

### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

**1<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Συμπαγείς ημιαγωγοί. Δομή Ζώνης, Άμεσο – έμμεσο ενεργειακό χάσμα. Σχέσεις διασποράς ηλεκτρονίων – οπών και ενεργός μάζα στα ακρότατα. Εξιτόνια. Πυκνότητα καταστάσεων

**2<sup>η</sup> Εβδομάδα:** 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

**3<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Φαινόμενα μεταφοράς φορέων.

**4<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Δίοδος επαφής p-n.

**5<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Επαφή μετάλλου-ημιαγωγού. Δομή MOS

**6<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Φαινόμενα παγίδευσης Coulomb και τρανσίστορ ενός ηλεκτρονίου

**7<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Συστήματα χαμηλών διαστάσεων - Χαρακτηριστικά μεγέθη. Ευθυγράμμιση ενεργειακών ζωνών σε ετερογενή συστήματα και δημιουργία κβαντικών πηγαδιών. Τετραγωνικό πηγάδι. Ενεργειακό διάγραμμα και κάμψη ενεργειακών ζωνών ετεροδομής

**8<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Τριγωνικό κβαντικό πηγάδι. Παραβολικό κβαντικό πηγάδι. Το κβαντικό πηγάδι ως χαμηλο-διάστατη συνιστώσα στο 3-διάστατο σύστημα και η πυκνότητα καταστάσεων

**9<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Συνεχές φάσμα κβαντικών πηγαδιών και ιδιότητες μεταφοράς. Πίνακες Ανάκλασης – Διέλευσης. Αλληλεπίδραση συζευγμένων κβαντικών πηγαδιών.

**10<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Υπερπλέγματα. Μίνι-ζώνες, μίνι-χάσματα και πυκνότητα καταστάσεων.

**11<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Κβαντικά νήματα, ενεργειακό φάσμα και πυκνότητα καταστάσεων

**12<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Ηλεκτρικό – Μαγνητικό Πεδίο και συστήματα χαμηλών διαστάσεων. Κλασικό και Κβαντικό φαινόμενο Hall, Φαινόμενο Aharonov-Bohm.

**13<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Οπτικές ιδιότητες ημιαγωγικών συστημάτων. Οπτική απορρόφηση σε κβαντικό πηγάδι. Μέθοδοι οπτικού χαρακτηρισμού ημιαγωγών

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Ηλεκτρονικές  
διδασκτικές  
σημειώσεις &  
βοηθήματα (μέσω  
ιστοσελίδας)

[http://mycourses.ntua.gr/document/document.php?cmd=exChDir&file=%2F%C4%E9%E1%F6%DC%ED%E5%E9%E5%F2\\_%D0%E1%F1%E1%E4%FC%F3%E5%F9%ED\\_%C9\\_%D1%DC%F0%F4%E7](http://mycourses.ntua.gr/document/document.php?cmd=exChDir&file=%2F%C4%E9%E1%F6%DC%ED%E5%E9%E5%F2_%D0%E1%F1%E1%E4%FC%F3%E5%F9%ED_%C9_%D1%DC%F0%F4%E7)

Βιβλιογραφία  
(τυποποίηση  
Harvard)

#### 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].
- **P. S. Kireev**, *“Semiconductor Physics”*, Mir, Moscow, 1978
- **E. Ν. Οικονόμου**, *«Φυσική Στερεάς Κατάστασης»*, ΠΕΚ / ΙΤΕ, Τόμος Α (1997), σ.394-458. Τόμος Β (2003), σ. 171-192

#### 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 –*

	<p><i>An Introduction</i>, Cambridge Univ. Press, 1998</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>V. M. Mitin, V. A. Kochelap, M. A. Strosio</b>, <i>Quantum Heterostructures – Microelectronics and Optoelectronics</i>, Cambridge Univ. Press, 1999</li> <li>• <b>P. Harrison</b>, <i>Quantum Wells, Wires and Dots</i>, Theoretical and Computational Physics, John Wiley &amp; Sons, 2001</li> <li>• <b>E. L. Wolf</b>, <i>Nanophysics and Nanotechnology</i>, Wiley 2004</li> <li>• <b>Z. Gaburro, ..., L. Pavesi</b>, <i>Nanostructured Silicon for Photonics</i>, Trans Tech. Publications 2005</li> <li>• <b>G. W. Hanson</b>, <i>Fundamentals of Nanoelectronics</i>, Pearson Prentice Hall, 2008</li> </ul>
--	--

Τίτλος Μαθήματος	<b>ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΙΚΡΟ ΚΑΙ ΝΑΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ</b>			
Διδάσκων / -οντες	<p><b>Ε. Γογγολίδης</b>, Διευθυντής Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»  <b>Δ. Δαβάζογλου</b>, Διευθυντής Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»  <b>Α. Νασιοπούλου</b>, Διευθύντρια Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»</p>			
Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9953	Υποχρεωτικό	1 <sup>ο</sup> (Χειμερινό)	4	4
Ιστοσελίδα μαθήματος			URL στο mycourses	
<b>Ώρες διδασκαλίας</b>				
Μέθοδοι διδασκαλίας	<p>Διαλέξεις                  Ασκήσεις                  Εργαστήρια</p>			
Πρακτική εξάσκηση	<p>Εξοικείωση με τις διεργασίες καθαρού χώρου στο Ινστιτούτου Μικροηλεκτρονικής</p>			
Προαπαιτούμενες γνώσεις				
Τρόπος αξιολόγησης	<p>Γραπτές εξετάσεις με θέματα που δίνονται και από τους τρεις διδάσκοντες. Επιπλέον κατ' οίκον επίλυση προβλημάτων με παράδοση εντός προθεσμίας (20%).</p>			
<b>Στόχοι του μαθήματος</b>				

Η εξοικείωση των φοιτητών με τις διάφορες διαδικασίες κατασκευής μικρο και νανοσυστημάτων (μικροηλεκτρονικών αλλά και μικρο-ηλεκτρο-μηχανολογικών διατάξεων) χρησιμοποιώντας την λιθογραφική προσέγγιση (top-down).

### 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.

### Περιεχόμενο του μαθήματος

- Εισαγωγή στην μικροηλεκτρονική τεχνολογία ημιαγωγών της ομάδας IV.
- Διαδικασία και υλικά λιθογραφίας (οπτική, ηλεκτρονικής δέσμης)
- Εγχάραξη με πλάσμα (φυσική πλάσματος, χημικές αντιδράσεις στην επιφάνεια)
- Θερμική οξειδωση και οξυνιτριδίωση
- Ιοντική εμφύτευση και διάχυση προσμίξεων
- Μέθοδοι ανάπτυξης λεπτών υμενίων (θερμική εξάχνωση, χημική εναπόθεση απο ατμούς)
- Τεχνολογία διασύνδεσης ηλεκτρονικών διατάξεων (back-end)

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)	Silicon VLSI Technology (JD Plummer, MD Deal, PB Griffin, ed. Prentice Hall 2000)
---	---

### Τίτλος Μαθήματος **ΝΑΝΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ**

Διδάσκων / -οντες **Δ. Τσαμάκης**, Καθηγητής, Σχολή ΗΜΜΥ, ΕΜΠ  
**Δ. Τσουκαλάς**, Καθηγητής, Σχολή Ε.Μ.Φ.Ε., ΕΜΠ

Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9954	Επιλογής	2 <sup>ο</sup> (Εαρινό)	3	3

Ιστοσελίδα μαθήματος

URL στο mycourses

		Ώρες διδασκαλίας
Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	2
	Ασκήσεις	0,5
	Εργαστήρια	0,5
Πρακτική εξάσκηση	Δύο εργαστηριακές ασκήσεις ηλεκτρικού χαρακτηρισμού.	
Προσπαιτούμενες γνώσεις		

#### Τρόπος αξιολόγησης

Γραπτές εξετάσεις με θέματα που δίνονται και από τους δύο διδάσκοντες (70%) και γραπτές τεχνικές εκθέσεις με βάση εργαστηριακές ασκήσεις (30%).

#### Στόχοι του μαθήματος

- Η κατανόηση των αρχών λειτουργίας διατάξεων Field Effect.
- Λειτουργική αναβάθμιση με την σμίκρυνση των διαστάσεων από μικρο- σε νανο.
- Η γνώση για την αναμενόμενη εξέλιξη της νανοηλεκτρονικής μέχρι το 2025.

#### Αποτελέσματα Μάθησης

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές αναμένεται να μπορούν:

- Να χαρακτηρίζουν ηλεκτρικά βασικές μικρο- και νανοδιατάξεις.
- Να αξιολογούν κριτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων ηλεκτρικού χαρακτηρισμού και να εξαγάγουν συμπεράσματα σχετικά με την λειτουργία των αντίστοιχων διατάξεων.

#### Περιεχόμενο του μαθήματος

- Εισαγωγή, Διπολικά transistors- θεμελιώδεις γνώσεις.
- Δομή MOS, Διατάξεις MOSFET, Σμίκρυνση διατάξεων- προσομοίωση, Φαινόμενα θερμών ηλεκτρονίων (hot carriers).
- Διατάξεις ενός ηλεκτρονίου.
- Προηγμένες διατάξεις: SOI MOSFET (μερικώς και πλήρως απογυμνωμένες διατάξεις, σύγκριση με κλασικές διατάξεις MOSFET ως προς την ταχύτητα, ηλεκτροστατικό έλεγχο, κατανάλωση ισχύος)
- Διατάξεις πολλαπλής πύλης και διατάξεις νανοκαλωδίων
- Μη πτητικές Μνήμες
- Διατάξεις υψηλής ταχύτητας- χαμηλής ισχύος, διηλεκτρικά υψηλής διηλεκτρικής σταθεράς, υποστρώματα υψηλότερης ευκινήσις από το πυρίτιο.

#### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

Σύμφωνα με το περιεχόμενο όπως αναλύεται παραπάνω

#### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Έντυπες διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα που διανέμονται

Φυσική ημιαγωγικών διατάξεων, Σημειώσεις Διδασκόντων.

Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)

- 1) *Semiconductor Device and Technology*, S.M. Sze.
- 2) *MOS Physics and Technology*, E.H. Nicollian, J.R. Brews.
- 3) *Operation and Modeling of the MOS Transistor*, Y. Tsividis.
- 4) *Fin-FETs and other multi-gate transistors*, JP Colinge

Τίτλος Μαθήματος	<b>ΜΙΚΡΟ ΚΑΙ ΝΑΝΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ</b>
------------------	----------------------------------

Διδάσκων / -οντες **Δ. Τσουκαλάς**, Καθηγητής, Σχολή Ε.Μ.Φ.Ε., ΕΜΠ  
**Ε. Φωκίτης**, Καθηγητής, Σχολή Ε.Μ.Φ.Ε., ΕΜΠ

Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9955	Επιλογής	2 <sup>ο</sup> (Εαρινό)	3	3

Ιστοσελίδα μαθήματος	URL στο mycourses
----------------------	-------------------

		Ώρες διδασκαλίας
Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	2
	Ασκήσεις	05
	Εργαστήρια	05
Πρακτική εξάσκηση	Εξοικείωση με μετρήσεις σε μικρο-αισθητήρες (πίεσης, χημικούς, οπτικούς) που έχουν αναπτυχθεί στην διάρκεια ερευνητικών προγραμμάτων.	
Προαπαιτούμενες γνώσεις		
Τρόπος αξιολόγησης	Γραπτές εξετάσεις με θέματα που δίνονται και από τους δύο διδάσκοντες. Παρουσίαση εργασιών κατά την διάρκεια του μαθήματος από τους σπουδαστές (20%).	

#### Στόχοι του μαθήματος

- Η εξοικείωση των φοιτητών με τις φυσικές αρχές λειτουργίας και τις τεχνολογίες κατασκευής μικρο αισθητήρων που στηρίζονται κυρίως στην τεχνολογία πυριτίου.
- Η εμπέδωση των παραπάνω γενικών αρχών μέσω της ανάπτυξης συγκεκριμένων παραδειγμάτων αισθητήρων.

#### Αποτελέσματα Μάθησης

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές αναμένεται να:

- Μπορούν να αξιολογούν έναν αισθητήρα με βάση τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του (ευαισθησία, υστέρηση, γραμμικότητα κλπ).
- Γνωρίζουν τις βασικές φυσικές αρχές που στηρίζεται η λειτουργία της πλειονότητας των αισθητήρων.
- Γνωρίζουν τις τεχνολογικές διαδικασίες κατασκευής αισθητήρων που τους επιτρέπουν στην συνέχεια να σχεδιάζουν έναν ολοκληρωμένο αισθητήρα.
- Είναι εξοικειωμένοι με μερικές βασικές εφαρμογές μικροαισθητήρων που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα.

### Περιεχόμενο του μαθήματος

- Εισαγωγή, χαρακτηριστικά μεγέθη αισθητήρων Φυσικές αρχές λειτουργίας αισθητήρων
- Μικρομηχανικές τεχνικές για την κατασκευή αισθητήρων
- Αισθητήρες πίεσης, επιτάχυνσης
- Παραδείγματα κατασκευής/λειτουργίας χωρητικών και αισθητήρων πιεζοαντίστασης
- -Αισθητήρες θερμοκρασίας, ροής
- Μαγνητικοί αισθητήρες
- Χημικοί αισθητήρες και βιοαισθητήρες
- Πειραματικές διατάξεις χαρακτηρισμού και βαθμονόμησης αισθητήρων
- Οπτικοί αισθητήρες κατάλληλοι για μετρήσεις ακτινοβολιών
- Μικρο και νάνο-αισθητήρες Fabry-Perot και αισθητήρες οπτικών ινών
- Μέθοδοι αξιοπιστίας στην παραγωγή μικροαισθητήρων

### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

Σύμφωνα με το περιεχόμενο όπως αναλύεται παραπάνω

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

#### Βιβλιογραφία

(τυποποίηση  
Harvard)

- 1) *Microsensors. Principles and Applications*, J. Gardne.
- 2) *Sensors. A Comprehensive Survey Ed. By W Gopel, J. Hesse and J. Zemel*, vol. 7, VCH.
- 3) *Microsystems Design*, SD Senturia.
- 4) *Fundamentals of microfabrication*, MJ Madou.
- 5) *Microsensors in The Optical Energy Domain*, Klas Hjort, Materialvetenskap.



Τίτλος Μαθήματος **ΒΙΟΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΑΙΣΘΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ  
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ**

Διδάσκων / -οντες **Δ. Γιόβα**, Καθηγήτρια, ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ

Κωδικός Χαρακτηρισμός Εξάμηνο Ώρες διδασκαλίας Διδακτ. Μονάδες

9956 Επιλογής 2<sup>ο</sup> (Εαρινό) 3 3

Ιστοσελίδα μαθήματος

URL στο mycourses

**Ώρες διδασκαλίας**

Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	2
	Ασκήσεις	0,5
	Εργαστήρια	0,5

**Πρακτική εξάσκηση**

**Προαπαιτούμενες γνώσεις** Κυματική Οπτική, Ηλεκτρομαγνητισμός, Στοιχεία Βιοφυσικής

**Τρόπος αξιολόγησης** Γραπτές εξετάσεις και παρουσίαση εργασιών σε συνδυασμό με Εργαστήρια

**Στόχοι του μαθήματος**

- Η κατανόηση της σύγχρονης κατεύθυνσης της Νανοβιοφωτονικής, η οποία ενσωματώνει έννοιες από τις Βιοεπιστήμες, τη Νανοτεχνολογία και τη Φωτονική.
- Η μελέτη των τεσσάρων κυρίων περιοχών της: Μοριακή Βιοαπεικόνιση, Διαγνωστικές και Θεραπευτικές Τεχνικές Βασισμένες στη Νανοτεχνολογία, Βιομετρήσεις με Πολυπλεξία και Νανοβιοαισθητήρες.

**Αποτελέσματα Μάθησης**

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος, οι μεταπτυχιακοί φοιτητές αναμένεται να έχουν εξοικειωθεί με:

- Μελέτες σε Νανοκλίμακα επιδράσεων φωτός με βιοσυστήματα και μοντελοποίηση.
- Μεθοδολογίες και Τεχνικές Κυτταρικής Απεικόνισης.
- Μεθοδολογίες και Τεχνικές Απεικόνισης Βιολογικών Μακρομορίων και Βιοϋλικών

**Περιεχόμενο του μαθήματος**

Θεμελιώδεις αρχές αλληλεπιδράσεων φωτός με βιολογικά μακρομόρια, κύτταρα και ιστούς DNA, Πρωτεΐνες, Κύτταρα.

Επιδράσεις φωτός με βιολογικά μόρια, κύτταρα, ιστούς  
Φασματοσκοπία Φθορισμού Βιολογικών Μακρομορίων.

#### Νανοβιοαπεικόνιση

Απεικονιστική Μικροσκοπία Φθορισμού.  
Χρωμοφόρα Μόρια Φθορισμού –Ιχνηθέτες.  
Συνεστιακή Απεικονιστική Μικροσκοπία  
Απεικόνιση Κυττάρου και Κυτταρικών Διεργασιών.  
Απεικονιστική Μικροσκοπία AFM  
Οπτικοί Βιοαισθητήρες.

#### Ιατρικές Εφαρμογές

Φωτοδυναμική Θεραπεία και Διάγνωση  
Νανοσωματίδια στην Ιατρική.  
Τοξικότητα Νανοσωματιδίων.

#### Προηγμένη Βιοφωτονική στη Γονιδιωματική και Πρωτεομική

Εισαγωγικές Έννοιες Βιοπληροφορικής  
Τεχνολογία Μικροσυστοιχιών DNA, Πρωτεϊνών.  
Σύγχρονη Τεχνολογία Λήψης και Επεξεργασίας Μεγάλου Αριθμού Μετρήσεων (Biomarkers).  
Εφαρμογές.

### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

**1<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Θεμελιώδεις αρχές αλληλεπιδράσεων φωτός με βιολογικά μακρομόρια, κύτταρα και ιστούς. DNA, Πρωτεΐνες, Κύτταρα.

**2<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Επιδράσεις φωτός με βιολογικά μόρια, κύτταρα, ιστούς. Φασματοσκοπία Απορρόφησης Βιολογικών συστατικών. Φασματοσκοπία Φθορισμού Βιολογικών Μακρομορίων.

**3<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: 3-D Προσομοίωση Διάδοσης Φωτός σε Ιστούς με τη Μέθοδο Monte Carlo.

**4<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Νανοβιοαπεικόνιση. Απεικονιστική Μικροσκοπία Φθορισμού. Χρωμοφόρα Μόρια Φθορισμού –Ιχνηθέτες. Απεικόνιση Κυττάρου και Κυτταρικών Διεργασιών.

**5<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Συνεστιακή Μικροσκοπία Σάρωσης με laser - Laser Scanning Confocal Microscopy.

**6<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Μικροσκοπία Ατομικής Δύναμης για Βιολογικά Δείγματα.

**7<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Οπτικοί Βιοαισθητήρες.

**8<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Ιατρικές Εφαρμογές Νανοφωτονικής. Φωτοδυναμική Θεραπεία και Διάγνωση

**9<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Νανοσωματίδια στην Ιατρική. Τοξικότητα Νανοσωματιδίων.

**10<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Προηγμένη Βιοφωτονική στη Γονιδιωματική και Πρωτεομική. Εισαγωγικές Έννοιες Βιοπληροφορικής

**11<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Τεχνολογία Μικροσυστοιχιών DNA, Πρωτεϊνών.

**12<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Σύγχρονη Τεχνολογία Λήψης και Επεξεργασίας Μεγάλου Αριθμού Μετρήσεων (Biomarkers). Εφαρμογές.

**13<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση: Βιοπληροφορική – Αναζήτηση Πληροφορίας σε

Βιολογικές Βάσεις Δεδομένων

Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης	
Έντυπες διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα που διανέμονται	Από το εργαστήριο δίνονται έντυπες διδακτικές σημειώσεις
Ηλεκτρονικές διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα (μέσω ιστοσελίδας)	<a href="http://mycourses.ntua.gr/document/document.php">http://mycourses.ntua.gr/document/document.php</a>
Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΓΙΟΒΑ, Διδώ, 2011, Εισαγωγή στη Νανοβιοφυσική και Οπτική Απεικόνιση, 1<sup>η</sup> έκδοση, Αθήνα: Συμμετρία.</li> <li>• PRASAD, Paras, 2006, Introduction to Biophotonics, New Jersey: John Wiley &amp; Son Inc.</li> <li>• Vo-DINH, Tuan, 2003, Biomedical Photonics, Florida: CRC Press.</li> <li>• ROUX, Christian, COATRIEUX Jean-Louis, 1997, Contemporary perspectives in 3D Biomedical Imaging, IOS Press.</li> <li>• Paddock, Stephen, 1999, Confocal Microscopy: Methods and Protocols, New Jersey: HUMANA PRESS.</li> <li>• MORRIS, Vic, KIRBY, A.R., GUNNING, Patrick, 2008, Atomic Force Microscopy for Biologists, London: Imperial College Press.</li> </ul>

Τίτλος Μαθήματος		ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΝΑΝΟΔΟΜΩΝ		
Διδάσκων / -οντες	<b>Δρ Ευάγγελος Γογγολίδης</b> (βοηθοί: Δρ Βασίλειος Κωνσταντούδης, Δρ Γεώργιος Κόκκορης)  <b>Καθηγητής Κων/νος Α. Χαριτίδης</b> (βοηθοί: Δρ Ιωάννης Καρτσωνάκης, Δρ Ηλίας Κούμουλος, MSc)			
Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9957	Επιλογής	2 <sup>ο</sup> (Εαρινό)	3	3
Ιστοσελίδα μαθήματος			URL στο mycourses	
<b>Ώρες διδασκαλίας</b>				
Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις			
	Ασκήσεις			
	Εργαστήρια			

Πρακτική εξάσκηση	---
Προσπαιτούμενες γνώσεις	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 Ο.Κ. ή μάθημα σε διεργασίες μικρο και νανο κατασκευαστικής.
Τρόπος αξιολόγησης	Υπολογιστικά θέματα, ασκήσεις, εργαστήρια, τελική εξέταση

### Στόχοι του μαθήματος

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

Περιγράφεται τόσο η κατασκευή μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων (MEMS-NEMS) με εγχάραξη πλάσματος όσο και η στοχαστική νανούφανση 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.

### Περιεχόμενο του μαθήματος

Ακολουθείται σειριακή διδασκαλία των “εκ των άνω” και “εκ των κάτω” μεθόδων νανο-κατασκευαστικής.

- Για την “εκ των άνω” νανοκατασκευαστική δίνεται έμφαση στο βήμα μεταφοράς σχήματος χρησιμοποιώντας εγχάραξη πλάσματος μετά τη δημιουργία του σχήματος. Μελετάται το περιβάλλον εγχάραξης με πλάσμα, δηλαδή ή βασική φυσική και χημεία του πλάσματος και συγκεκριμένα: βασικές ποσότητες πλάσματος, διεργασίες που επάγονται από τα ηλεκτρόνια, χημεία αερίων, εξισώσεις φορτισμένων και ουδέτερων σωματιδίων, διαγνωστική πλάσματος, χημεία επιφανειών κατά τη διάρκεια εγχάραξης ή εναπόθεσης, εξέλιξη μετώπου τοπογραφίας στη μικρο και νανοκλίμακα, σχηματισμός νανούφανσης, καθώς επίσης θέματα διεργασιών 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 εναπόθεση με πλάσμα.

- Για την “εκ των κάτω” σύνθεση δίνεται έμφαση στη σύνθεση νανοσωματιδίων με ποικίλες μεθόδους και ιδιαίτερα την μέθοδο της κολλοειδούς γέλης (Sol-Gel), όπως επίσης στο σχηματισμό νανοϊνών, νανοσωλήνων και νανοεπιφανειών. Επίσης τονίζονται οι νανομηχανικές ιδιότητες: Σκληρότητα, ελαστικότητα, ακαμψία, συντελεστής τριβής, εμφάνιση πλαστικότητας, ερπυσμός και άλλες τοπικές ιδιότητες. Μελετώνται η πλαστικότητα και τοπικοί μηχανισμοί παραμόρφωσης στη νανοκλίμακα και συνδέονται με τις μικρο / μεσο μηχανικές ιδιότητες. Εξετάζονται οι βιολογικές επιδράσεις και θέματα τοξικότητας των νανοσωματιδίων. Επιπλέον παρουσιάζονται ζητήματα ηθικής και δεοντολογίας της έρευνας που συνδέονται με τη νανοτεχνολογία.

#### Εργαστήρια:

##### Προσέγγιση “εκ των άνω”

- Λειτουργία αντιδραστήρα πλάσματος και τεχνικές κενού, διαγνωστικά πλάσματος, μετρήσεις πάχους με χρήση φασματοσκοπικού ελλειψόμετρου
- Νανοϋφανση με πλάσμα, τροποποίηση της επιφάνειας με πλάσμα και έλεγχος διαβροχής, κατασκευή μικροδομών για MEMS και νανονημάτων για φωτοβολταϊκά

##### Προσέγγιση “εκ των κάτω”

- Σύνθεση νανοδοχείων οξειδίου τιτανίου (TiO<sub>2</sub>) με την τεχνική της κολλοειδούς γέλης (sol-gel)
- Νανομηχανικές ιδιότητες λεπτών υμενίων, Νανομηχανικές ιδιότητες νανονημάτων / νανοράβδων, Νανοτριβολογικές ιδιότητες των νανοδομών

### ΟΡΓΑΝΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

#### Μέρος 1 – Νανοκατασκευαστική χρησιμοποιώντας την «εκ των άνω» προσέγγιση

##### Ευάγγελος Γογγολίδης

(με προσκεκλημένες διαλέξεις από Βασίλειο Κωνσταντούδη και Γεώργιο Κόκκορη)

1. Εισαγωγή στην νανοκατασκευαστική και τις εφαρμογές
2. Βασικά στοιχεία Φυσικής και Χημείας του πλάσματος για νανοκατασκευαστική I, και διεργασίες σε χαμηλή πίεση
3. Βασικά στοιχεία Φυσικής και Χημείας του πλάσματος για νανοκατασκευαστική II
4. Βασικά στοιχεία Φυσικής και Χημείας του πλάσματος για νανοκατασκευαστική III
5. Αντιδραστήρες πλάσματος χωρητικής σύζευξης για νανοκατασκευαστική.
6. Αντιδραστήρες πλάσματος επαγωγικής σύζευξης για νανοκατασκευαστική

#### Εργαστήρια

**A)** Λειτουργία αντιδραστήρα πλάσματος, τεχνικές κενού και αρχές διεργασιών κενού Διαγνωστικά πλάσματος, μετρήσεις πάχους με χρήση ελλειψόμετρου σε υμένα πυριτίου που εναποτέθηκαν με πλάσμα π.χ. για φωτοβολταϊκά **B)** Τυχαία νανοδόμηση με πλάσμα και επίδραση αυτής στην διαβροχή των επιφανειών. Μετρήσεις γωνιών επαφής Κατασκευή μικροδομών για MEMS και νανονημάτων για φωτοβολταϊκά

**Μέρος 2:** Σύνθεση «εκ των κάτω» & χαρακτηρισμός νανοϋλικών και νανοδομών  
Bottom-up synthesis and characterization of nanomaterials and nanostructures

**Κων/νος Α. Χαριτίδης**

(με προσκεκλημένες διαλέξεις από Ι. Καρτσωνάκη, Ηλία Κούμουλο, Γ. Κόρδα)

1. Μέγεθος, Κλίμακα & Μονάδες. Φαινόμενα Νανοκλίμακας. Εξάρτηση των ιδιοτήτων από το μέγεθος. Επιφάνειες, Ενδοεπιφάνειες. Νανοδομές μηδενικών διαστάσεων: Νανοσωματίδια
2. Μονοδιάστατες νανοδομές: Νανοκαλώδια Διδιάστατες νανοδομές: Λεπτά υμένια Φουλερένια (Ο φουλερίτης C<sub>60</sub> και τα παράγωγα φουλερένια). Νανοσωλήνες Άνθρακα
3. Τεχνική της κολλοειδούς γέλης (Sol-Gel) Μηχανική των επαφών. Νανοδιείσδυση (Nanoindentation) Επιφανειών & Λεπτών Υμενίων. Μηχανικές/Τριβολογικές ιδιότητες
4. Βιολογικές μελέτες των νανοϋλικών Τοξικολογία των νανοϋλικών Ζητήματα Δεοντολογίας/ Ηθικής στη Νανοτεχνολογία

**Εργαστήρια**

Σύνθεση νανοδοχείων με την τεχνική της κολλοειδούς γέλης (SOL-GEL). Νανοδοχεία οξειδίου τιτανίου (TiO<sub>2</sub>). Νανοδοχεία οξειδίου δημητρίου μολυβδαινίου [Ce<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]. Πολυμερισμός γαλακτώματος - αιωρήματος Νανομηχανικές και νανοτριβολογικές ιδιότητες προηγμένων υλικών και συστημάτων. Μελέτη νανομηχανικών ιδιοτήτων και πρόσφυσης πολυστρωματικών δομών για εφαρμογές ηλεκτροδιαβροχής  
Σύζευξη των top-down και bottom up τεχνικών (Κ.Α. Χαριτίδης) – (Ε. Γογγολίδης)

**Μέρος 3: Προαιρετικό –**

**(Ευάγγελος Γογγολίδης)**

(γίνεται παράλληλα με την ενότητα του κ. Χαριτίδη σε διαφορετικές ημέρες, και δεν εξετάζεται)

1. Το τελικό αποτέλεσμα της νανοκατασκευαστικής I: Μορφολογία των νανοδομημένων επιφανειών της
2. Το τελικό αποτέλεσμα της νανοκατασκευαστικής II: Ανάλυση μορφολογίας επιφανειών με θεωρία μορφοκλασμάτων (fractals)
3. Διαγνωστικές τεχνικές πλάσματος Νανοτεχνολογία πλάσματος και επαγόμενη από το πλάσμα αυτο-οργάνωση. Παραδείγματα και εφαρμογές.
4. Χημική κινητική στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια νανοδόμησης
5. Το τελικό αποτέλεσμα της νανοκατασκευαστικής III: Εξέλιξη τοπογραφίας κατά τη διάρκεια νανοκατασκευαστικής

**Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης**

<b>Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)</b>	1. Lecture Notes on Principles of Plasma Processing, by F. F. Chen, and J.P. Chang, Kluwer Academic/Plenum Publishers 2003
	2. Introduction to Microfabrication by Sami Franssila Textstream (Publisher)

3. Nanostructures and nanomaterials: Synthesis, properties and applications, C.A.Charitidis, NTUA (Gr), Athens 2010
4. Νανοδομές & Νανοϋλικά: Σύνθεση, Ιδιότητες και Εφαρμογές, Κ. Χαριτίδης, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2010
5. Nanotribology and nanomechanics: An introduction, B. Bhushan, Springer, 2<sup>nd</sup> Edition 2008
6. Scanning Probe Microscopy in Nanoscience and Nanotechnology, B. Bhushan, Springer, 2010

**Τίτλος Μαθήματος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ**

Διδάσκων / -οντες **Π. Σωτηριάδης**, Επίκουρος Καθηγητής, Σχολή ΗΜΜΥ, ΕΜΠ

Κωδικός Χαρακτηρισμός Εξάμηνο Ώρες διδασκαλίας Διδακτ. Μονάδες

9958 Επιλογής 2<sup>ο</sup> (Εαρινό) 3 3

Ιστοσελίδα μαθήματος

URL στο mycourses

**Ώρες διδασκαλίας**

Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	2 γ 3
	Ασκήσεις	
	Εργαστήρια	γ

Πρακτική εξάσκηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ατομική σχεδιαστική εργασία ολοκληρωμένου τελεστικού ενισχυτή: ηλεκτρική σχεδίαση υποχρεωτική, φυσική σχεδίαση (layout) προαιρετική.</li> <li>• Εναλλακτική εργασία: σχεδίαση ολοκληρωμένου ενισχυτή διαγωγιμότητας.</li> <li>• Σειρές ασκήσεων σε: μοντελοποίηση συμπεριφοράς τρανζίστορ MOS, ανάλυση/σύνθεση βασικών αναλογικών μικροηλεκτρονικών κυκλωμάτων.</li> </ul>
-------------------	---

Προαπαιτούμενες γνώσεις	
-------------------------	--

Τρόπος αξιολόγησης	Γραπτές εξετάσεις με θέματα που δίνονται και από τον διδάσκοντα και εργασίες στην διάρκεια των μαθημάτων.
--------------------	---

**Στόχοι του μαθήματος**

- Να εξοικειώσει τους φοιτητές με τις αρχές λειτουργίας ηλεκτρονικών διατάξεων.
- Να εξοικειώσει τους φοιτητές με την ανάλυση, σχεδιασμό και φυσικό σχεδιασμό κυκλωμάτων.

**Αποτελέσματα Μάθησης**

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι ικανοί:

- Να σχεδιάζουν βασικά κυκλώματα τρανζίστορ MOS.
- Να μπορούν να χρησιμοποιούν πακέτα προσομοίωσης και σχεδιασμού.

### Περιεχόμενο του μαθήματος

- Το τρανζίστορ MOS: αρχές λειτουργίας, βασικές καμπύλες I-V, μοντέλα ασθενούς σήματος για λειτουργία σε χαμηλές, μεσαίες και υψηλές συχνότητες.
- Βασικές αρχές φυσικής σχεδίασης (layout) μικροηλεκτρονικών συστημάτων, στην τεχνολογία πυριτίου, με έμφαση στην αναλογική σχεδίαση.
- Κυκλώματα τάσης: μετατόπιση τάσης, διαιρέτης τάσης, καθρέπτες ρεύματος, γεννήτριες αναφοράς χάσματος (τροφοδοτικά).
- Βασικά κυκλώματα ενίσχυσης MOS: αναστροφέας, διαφορικός ενισχυτής, πηγή παρακολουθητής.
- Σχεδίαση τελεστικών ενισχυτών: ενισχυτές μίας- και δύο-βαθμίδων, DC και AC ανάλυση, ανάλυση θορύβου, ανάλυση υψηλού σήματος.
- Διακόπτες MOS, διατάξεις δειγματοληψίας, μετατροπείς A/D και D/A
- Εργαλεία σχεδίασης: από το HSPICE στο Cadence.

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

#### Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)

#### 1j Για το MOS τρανζίστορ

Y. Tividis, "Mixed Analog-Digital VLSI Devices and Technology", Mc Graw-Hill, 1995.

Y. Tividis, "Operation and Modeling of the MOS Transistor", Mc Graw-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

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.



Τίτλος Μαθήματος	<b>ΚΒΑΝΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ</b>			
Διδάσκων / -οντες	<b>Γ. Βαρελογιάννης</b> , Αναπληρωτής Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ			
Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες

9959      Επιλογής      2<sup>ο</sup> (Εαρινό)      3      3

Ιστοσελίδα μαθήματος	URL στο mycourses
----------------------	-------------------

	<b>Ώρες διδασκαλίας</b>	
<b>Μέθοδοι διδασκαλίας</b>	Διαλέξεις	2,5
	Ασκήσεις	0,5
	Εργαστήρια	
<b>Πρακτική εξάσκηση</b>		
<b>Προαπαιτούμενες γνώσεις</b>		
<b>Τρόπος αξιολόγησης</b>		

### Στόχοι του μαθήματος

Ο στόχος του μαθήματος είναι διπλός. Πρώτα να εισαγάγει τους φοιτητές στις βασικές έννοιες της κβαντικής πληροφορικής όπως τις κβαντικές πύλες και τα κβαντικά κυκλώματα, τους κβαντικούς αλγόριθμους και τη χρησιμότητά τους καθώς και σημαντικές εφαρμογές. Ο δεύτερος στόχος, ο οποίος είναι συμβατός και με τον χαρακτήρα του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού προγράμματος, είναι να εισαγάγει τους φοιτητές σε μερικές από τις τεχνολογικές προσεγγίσεις για την πραγματοποίηση του κβαντικού υπολογισμού, και τα βασικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν στην πράξη όπως αυτό της στοχαστικής αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον και της συνεπαγόμενης απώλειας συμφωνίας (dephasing). Πρέπει οι φοιτητές να είναι σε θέση να κατανοήσουν την όποια δυναμική εφαρμογή της μελλοντικής τους ερευνητικής δραστηριότητας πάνω στην κβαντική πληροφορική, και βέβαια να είναι έτοιμοι να εισχωρήσουν το πεδίο στα πλαίσια μιας σχετικής διδακτορικής διατριβής.

### Αποτελέσματα Μάθησης

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 Κβαντικών Συστημάτων, έχουν εξοικειωθεί με τον φορμαλισμό στη βάση των τελεστών πυκνότητας που είναι απαραίτητος και βέβαια την ανάγκη και τις μεθόδους διόρθωσης σφαλμάτων. Έχουν επίσης κάποιες εισαγωγικές γνώσεις πάνω σε μεθόδους υλοποίησης της κβαντικής πληροφορικής. Με τα παραπάνω διαθέτουν τα απαραίτητα εφόδια ώστε να μπορούν να παρακολουθήσουν τη βιβλιογραφία στο πεδίο της κβαντικής πληροφορικής.

## Περιεχόμενο του μαθήματος

Εισαγωγή στην Κβαντομηχανική:

- Αξιώματα και Μαθηματικός Φορμαλισμός της Κβαντομηχανικής.
- Κβαντικός Εναγκαλισμός.
- Τελεστές Πυκνότητας Καταστάσεων.
- Ανοιχτά Κβαντικά Συστήματα.
- Μοναδιαία και Στοχαστική Δυναμική Συστημάτων.

Κβαντική Πληροφορική:

- Κβαντικά Bits, Κβαντικές Πύλες και Κβαντικά Κυκλώματα.
- Κβαντική Τηλεμεταφορά.
- Κβαντική Κρυπτογραφία.
- Κβαντική Διόρθωση Σφαλμάτων.

Κβαντικός Υπολογισμός:

- Κβαντικός Παραλληλισμός.
- Αλγόριθμοι Deutsch και Deutsch – Jozsa.
- Κβαντικός Μετασχηματισμός Fourier.
- Αλγόριθμος Παραγοντοποίησης του Shor.
- Αλγόριθμος Grover.
- Υπολογισμός Ανθεκτικός σε Σφάλματα

Φυσική Πραγματοποίηση:

- Πυρηνικός Μαγνητικός Συντονισμός.
- Ιόντα σε Παγίδες.
- Οπτικά Πλέγματα.
- Κβαντικές Τελείες.
- Υπεραγώγιμα Q-Bits.
- Τοπολογικός Κβαντικός Υπολογισμός.

## Οργανόγραμμα διδασκαλίας

Το μάθημα χωρίζεται σε τέσσερα μέρη με αντίστοιχη σειρά διδασκαλίας: I) Εισαγωγή στην Κβαντομηχανική, II) Κβαντική Πληροφορική, III) Κβαντικός Υπολογισμός, IV) Φυσική Πραγματοποίηση. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα θέματα αναμειγνύονται όπως η εισαγωγή στα Ανοιχτά Κβαντικά Συστήματα, και η Κβαντική διόρθωση Σφαλμάτων. Σε ορισμένα από τα θέματα του μέρους IV) οι φοιτητές εμβαθύνουν στα πλαίσια εργασίας που αναλαμβάνουν όπου ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία ενός γρήγορα εξελισσόμενου πεδίου πρέπει να οριοθετήσουν τη σημερινή του κατάσταση (state of the art).

## Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Έντυπες  
διδακτικές  
σημειώσεις &  
βοηθήματα που

Σημειώσεις του Μαθήματος.

διανέμονται	
Ηλεκτρονικές διδασκτικές σημειώσεις & βοηθήματα (μέσω ιστοσελίδας)	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>
Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)	M.A. Nielsen and I.L. Chuang, <i>Quantum Computation and Quantum Information</i> , Cambridge University Press, 2000.

Τίτλος Μαθήματος	<b>ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ</b>
------------------	---

Διδάσκων / -οντες **Δ. Ν. Θεοδώρου**, Καθηγητής ΣΧΜ, ΕΜΠ  
**Χ. Τσάμης**, Διευθυντής Ερευνών ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»

Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9960	Επιλογής	2 <sup>ο</sup> (Εαρινό)	3	3

Ιστοσελίδα μαθήματος	URL στο mycourses

		Ώρες διδασκαλίας
Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	2
	Ασκήσεις	0,5
	Εργαστήρια	0,5

Πρακτική εξάσκηση	<p><b>ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ</b></p> <p>Για την εμπέδωση των εννοιών και την πρακτική εξάσκηση των φοιτητών δίνονται δύο μεγάλες σειρές ασκήσεων προς αναλυτική επίλυση και ένα υπολογιστικό πρόβλημα προσομοίωσης. Για το τελευταίο παρέχεται βασικός κώδικας FORTRAN, αλλά ζητείται η προσαρμογή του για την απάντηση συγκεκριμένων ερωτημάτων υπολογισμού ιδιοτήτων.</p> <p><b>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ</b></p> <p>Για την πρακτική εξάσκηση των φοιτητών δίνονται δύο σειρές ασκήσεων και πραγματοποιούνται εργαστήρια με την χρήση εμπορικών προγραμμάτων προσομοίωσης:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Εφαρμογή σε προσομοίωση διαδικασιών με το πρόγραμμα SUPREM και το SRIM: Ιοντική Εμφύτευση, Θερμικές διαδικασίες, Λιθογραφία και εγχάραξη υμενίων, Εναπόθεση υμενίων.</li> </ul>
----------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εφαρμογή σε προσομοίωση διατάξεων με το πρόγραμμα PISCES: Επαφή rη, διπολικό τρανζίστορ rηr, Διατάξεις CMOS)</li> </ul>
Προσπαιτούμενες γνώσεις	
Τρόπος αξιολόγησης	Δύο σειρές ασκήσεων 30% η καθεμία και εργασία σε προσομοίωση 40%
<b>Στόχοι του μαθήματος</b>	

#### ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Η εξοικείωση των φοιτητών με τις αρχές της στατιστικής μηχανικής ισορροπίας και της θεωρίας γραμμικής απόκρισης.
- Η χάραξη κατευθυντήριων γραμμών για την ανάπτυξη μικροσκοπικών και μεσοσκοπικών μοντέλων υλικών για τη θεωρητική ανάλυση και προσομοίωση υλικών.
- Η κατανόηση των βασικών αρχών και των εφαρμογών στοχαστικών (κυρίως Monte Carlo) και ντετερμινιστικών (κυρίως Μοριακή Δυναμική) μεθόδων προσομοίωσης για την πρόρρηση ιδιοτήτων υλικών.
- Η εξάσκηση σε υπολογιστικές μεθόδους χαρακτηρισμού της δομής και της μοριακής κινητικότητας υλικών και η σύνδεσή τους με πειραματικές μετρήσεις.

#### ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Να αποτελέσει το συνδυαστικό κρίκο ανάμεσα στη θεωρία και την κατασκευή των ολοκληρωμένων διατάξεων και Μικροσυστημάτων.
- Να εξοικειώσει τους εκπαιδευόμενους με τις τεχνικές προσομοίωσης των διαδικασιών κατασκευής ολοκληρωμένων, καθώς προχωρούμε από τη Μικρο- στην Νανοτεχνολογία.
- Να εξοικειώσει τους εκπαιδευόμενους με τις τεχνικές προσομοίωσης των ηλεκτρικών διατάξεων.
- Να εκπαιδευτούν οι φοιτητές σε σύγχρονα εμπορικά προγράμματα προσομοίωσης για την υλοποίηση πραγματικών εφαρμογών.

#### Αποτελέσματα Μάθησης

#### ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα μπορούν να:

- Χαρακτηρίζουν ποσοτικά τη δομή υλικών συστημάτων σε μικροσκοπικό επίπεδο χρησιμοποιώντας συναρτήσεις κατανομής και να συνδέουν το χαρακτηρισμό αυτό με μετρήσεις περίθλασης.
- Χαρακτηρίζουν ποσοτικά διεργασίες μοριακής κίνησης και χαλάρωσης σε υλικά χρησιμοποιώντας συναρτήσεις χρονικής συσχέτισης και να συνδέουν το χαρακτηρισμό αυτό με φασματοσκοπικές μετρήσεις.
- Διεξάγουν προσομοιώσεις Monte Carlo ατομικών και μοριακών ρευστών και στερεών και να αναλύουν τα αποτελέσματα για τον υπολογισμό ογκομετρικών και θερμικών ιδιοτήτων, διαλυτοτήτων, διαγραμμάτων φάσεων και ισορροπιών ρόφησης.

- Διεξάγουν προσομοιώσεις Μοριακής Δυναμικής ατομικών και μοριακών ρευστών και στερεών και να αναλύουν τα αποτελέσματα για τον υπολογισμό των παραπάνω ιδιοτήτων, καθώς και ιδιοτήτων μεταφοράς (διαχυτοτήτων, ιξωδών, θερμικών αγωγιμοτήτων).
- Έχουν επίγνωση των περιορισμών των συνήθων μεθόδων μοριακής προσομοίωσης ως προς τις κλίμακες μήκους και χρόνου στις οποίες μπορούν να ανταποκριθούν, καθώς και των τρόπων με τους οποίους αυτοί οι περιορισμοί μπορούν να παρακαμφθούν.

### ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα μπορούν να:

- Διεξάγουν προσομοιώσεις των διαδικασιών κατασκευής ηλεκτρονικών διατάξεων και να προβλέπουν χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας.
- Διεξάγουν προσομοιώσεις των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των διατάξεων.

### Περιεχόμενο του μαθήματος

#### ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Δυναμικές τροχιές στο χώρο φάσεων. Εξίσωση Liouville. Αναντιστρεπτότητα και επίτευξη θερμοδυναμικής ισορροπίας. Υπολογισμός θερμοδυναμικών ιδιοτήτων με βάση το μικροκανονικό, κανονικό και ισόθερμο-ισοβαρές στατιστικό σύνολο. Θεώρημα virial για τον υπολογισμό της πίεσης (τάσης). Θεώρημα Widom για τον υπολογισμό του χημικού δυναμικού. Μέγα κανονικό στατιστικό σύνολο και εφαρμογές του: ισόθερμοι ρόφησης. Συναρτήσεις κατανομής, σχέσεις τους με θερμοδυναμικές ιδιότητες και με μετρήσεις περίθλασης ακτίνων X ή νετρονίων. Εισαγωγή στις μοριακές προσομοιώσεις: Μοριακά μοντέλα, συναρτήσεις δυναμικού, περιοδικές οριακές συνθήκες. Δειγματοληψία Monte Carlo, ολοκλήρωση Monte Carlo. Προσομοίωση Monte Carlo κατά Metropolis στο κανονικό, ισόθερμο-ισοβαρές και μέγα κανονικό στατιστικό σύνολο. Μέθοδοι molecular dynamics. Αλγόριθμοι ολοκλήρωσης δυναμικών εξισώσεων απουσία και παρουσία περιορισμών. Ανάλυση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων για τον υπολογισμό δομικών, θερμοδυναμικών και δυναμικών ιδιοτήτων. Συναρτήσεις χρονικής αυτοσυσχέτισης και σχέση τους με φασματοσκοπικές μετρήσεις. Υπολογισμός συντελεστών μεταφοράς.

#### ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Εισαγωγή στις τεχνικές και μεθόδους προσομοίωσης Μικρο- και Νανοδιατάξεων
- Προσομοίωση διαδικασιών κατασκευής Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων
- Προσομοίωση ηλεκτρικών διατάξεων
- Εξέλιξη των τεχνικών προσομοίωσης: Από τις Μικρο- στις Νανοδιατάξεις

### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

#### ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

**1<sup>η</sup>-2<sup>η</sup> Εβδομάδα.** Αρχές Στατιστικής Μηχανικής

**3<sup>η</sup>-5<sup>η</sup> Εβδομάδα,** Μοριακές Προσομοιώσεις

**6<sup>η</sup>-8<sup>η</sup> Εβδομάδα,** Τεχνικές για μεγάλες κλίμακες μηκών και χρόνων

9<sup>η</sup>-10<sup>η</sup> Εβδομάδα, Εφαρμογές

**ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ**

**11<sup>η</sup> Εβδομάδα**, Εισαγωγή στις τεχνικές και μεθόδους προσομοίωσης Μικρο- και Νανοδιατάξεων

**12<sup>η</sup> Εβδομάδα**, Προσομοίωση διαδικασιών κατασκευής Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων

**13<sup>η</sup> Εβδομάδα**, Προσομοίωση ηλεκτρικών διατάξεων. Εξέλιξη των τεχνικών προσομοίωσης: Από τις Μικρο- στις Νανοδιατάξεις

**Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης**

**Βιβλιογραφία**  
(τυποποίηση  
Harvard)

**ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ**

- 1) Theodorou, D.N. *Applied Molecular Theory for Chemical Engineers*, διδακτικές σημειώσεις.
- 2) Chandler, D. *Introduction to Modern Statistical Mechanics*, Oxford University Press: New York, 1987.
- 3) McQuarrie, D.A. *Statistical Mechanics*; Harper and Row: New York, 1976.
- 4) A<sup>Λ</sup>, M.P.; Tildesley, D.J. *Computer Simulation of Liquids*; Oxford, 1987.
- 5) Frenkel, D.; Smit, B. *Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications*; Academic Press: New York, 1996.

**ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ**

- 1) *"Analysis and Simulation of Semiconductor Devices"*, Siegfried Selberherr, Springer, 1984.
- 2) *"SUPREM-IV.GS, Two Dimensional Process Simulation for Silicon and Gallium Arsenide"*, Stanford University.
- 3) *"PISCES-2ET Device Simulation"*, Stanford University.

Τίτλος Μαθήματος

**ΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ**

Διδάσκων / -οντες

**I. Ζεργιώτη**, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ

Κωδικός

Χαρακτηρισμός

Εξάμηνο

Ώρες διδασκαλίας

Διδακτ. Μονάδες

9961

Επιλογής

2<sup>ο</sup> (Εαρινό)

3

3

Ιστοσελίδα μαθήματος

URL στο mycourses

Ώρες διδασκαλίας

Μέθοδοι διδασκαλίας

Διαλέξεις

12x3

	Ασκήσεις	
	Εργαστήρια	3
<b>Πρακτική εξάσκηση</b>	Εργαστηριακή άσκηση μικρομηχανικής με Λέιζερ και /ή φαινομένου Kerr και Ηλεκτρο-οπτικού φαινομένου (4 ώρες / τετράμηνο).	
<b>Προαπαιτούμενες γνώσεις</b>		
<b>Τρόπος αξιολόγησης</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βιβλιογραφική αναζήτηση και παρουσίαση από τους φοιτητές ενός σύγχρονου ερευνητικού θέματος, π.χ. Silicon Shines on, Optical Probed Biosensors, Photonic BioSensors, Two photon laser microfabrication, Holographic data storage. Διάρκεια της παρουσίασης 15'. (50%).</li> <li>• Γραπτές εξετάσεις (50%).</li> </ul>	

### Στόχοι του μαθήματος

- Να εισαγάγει στους φοιτητές τις έννοιες και τις τεχνικές ανάπτυξης και λειτουργίας των οπτικών διατάξεων και των ολοκληρωμένων οπτικών συστημάτων.
- Να διδάξει τις αρχές λειτουργίας και των οπτικών φαινομένων με βάση των οποίων λειτουργούν τα μικρο-οπτοηλεκτρονικά συστήματα.
- Να εισάγει στους φοιτητές τα πλεονεκτήματα των μικρο-οπτικών διατάξεων σε σύγκριση με τα μικρο-ηλεκτρονικά συστήματα. Να εισάγει στους φοιτητές τις τεχνολογίες ανάπτυξης οπτικών μικροστοιχείων.

### Αποτελέσματα Μάθησης

Στο τέλος του μαθήματος ένας επιτυχής φοιτητής θα:

- γνωρίζει το περιβάλλον λειτουργίας και εφαρμογών των οπτικών διατάξεων, στοιχείων και ανιχνευτών.
- σχεδιάζει και θα 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.

### Περιεχόμενο του μαθήματος

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, Rockel 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 κ.).

### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

- 1-2<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Αρχές Η/Μ οπτικής, διάδοση σε διηλεκτρικό μέσο
- 3<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εξισώσεις FRESNEL
- 4-5<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Επίπεδος κυματοδηγός, συχν. αποκοπής, διασπορά,
- 6<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Κυλινδρικός κυματοδηγός, συχν. αποκοπής, διασπορά
- 7<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Laser diodes (Distributed Feedback, Distributed Bragg Reflector, Vertical Cavity Surface Emitting Light), Erbium Doped Fiber Amplifier, Light Emitting Diodes),
- 8<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Μέθοδοι ανάπτυξης ολοκληρωμένων οπτικών, και ΜΟΕΜΣ, Διακόπτες και διαμορφωτές φωτός, Fabry-Perot και Mach-Zender συμβολόμετρα
- 9<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εφαρμογές αλληλεπίδρασης λέιζερ με υλη-μικρομηχανική με Λέιζρ
- 10<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εφαρμογές μικροοπτικών διατάξεων σε οπτικούς βιοαισθητήρες
- 11-12<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εφαρμογές μικροοπτικών διατάξεων σε τηλεπικοινωνιακές διατάξεις
- 13<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστήριο μικρομηχανικής με Λέιζερ και /ή φαινομένου Kerr και Ηλεκτρο-οπτικού φαινομένου (4 ώρες / τετράμηνο)

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Έντυπες διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα που διανέμονται	Διαφάνειες του μαθήματος
Ηλεκτρονικές διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα (μέσω ιστοσελίδας)	Mycourses.ntua.gr
Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Born M. and Wolf E., (1998), <i>Principles of Optics</i>, Cambridge University Press.</li> <li>2) Hecht , (2003),<i>Optics</i>, Addison Wesley.</li> <li>3) Senior J., (1997), <i>Optical fiber communication</i>, Prentice Hall.</li> <li>4) Battacharya, (1997), <i>Semiconductor Optoelectronics Devices</i>, Prentice Hall.</li> <li>5) Lee D., (1986), <i>Electromagnetic principles of integrated optics</i>, John Wiley&amp;Sons.</li> <li>6) Waiser R., (2003), <i>Nanoelectronics and Information Technology</i>, Wiley-VCH.</li> <li>7) Kasap S.O., (2001), <i>Optoelectronics and Photomics</i>, Prentice Hall.</li> <li>8) Selected review articles on MOEMS and Integrated Optics.</li> <li>9) Ι. Ζεργιώτη, σημειώσεις μαθήματος «Μικροοπτικές διατάξεις και ολοκληρωμένα οπτικά»</li> </ol>



Τίτλος Μαθήματος

**ΜΙΚΡΟ – ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Διδάσκων / -οντες

**Ι. Αναγνωστόπουλος**, Επίκουρος Καθηγητής, ΣΜΜ, ΕΜΠ  
**Δ. Μαθιουλάκης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΣΜΜ, ΕΜΠ  
**Α. Τσερέπη**, Ερευνήτρια Β΄, ΕΚΕΦΕ «Δ»

Κωδικός

Χαρακτηρισμός

Εξάμηνο

Ώρες διδασκαλίας

Διδακτ. Μονάδες

9964

Επιλογής

2<sup>ο</sup> (Εαρινό)

3

3

Ιστοσελίδα μαθήματος

URL στο mycourses

		Ώρες διδασκαλίας
Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	2,5
	Ασκήσεις	0.5
	Εργαστήρια	
Πρακτική εξάσκηση		
Προαπαιτούμενες γνώσεις		
Τρόπος αξιολόγησης	Σειρές ασκήσεων, παρουσίαση εργασίας, εργαστήριο, γραπτή εξέταση	

**Στόχοι του μαθήματος**

- Η κατανόηση της ιδιαιτερότητας που παρουσιάζει η ροή κυρίως αερίων σε μικρορευστομηχανικά συστήματα και των τρόπων πρόληξης των πεδίων ροής σε αυτά.
- Η απόκτηση γνώσεων σχετικά με α) υπάρχουσες μικρορευστομηχανικές διατάξεις (π.χ. μικροαντλίες), β) τον έλεγχο της ροής μέσω μικροεπενεργητών, γ) τα χαρακτηριστικά μικρο-αισθητήρων μέτρησης βασικών μεγεθών της ρευστομηχανικής.
- Η απόκτηση γνώσεων σχετικά με α) την τεχνολογία κατασκευής και συσκευασίας μικρορευστομηχανικών συστημάτων, β) τις εφαρμογές μικρορευστομηχανικών συστημάτων στη χημική και βιο-χημική ανάλυση.

**Αποτελέσματα Μάθησης**

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα μπορούν να γνωρίζουν:

- τις μεθόδους επίλυσης του πεδίου ροής σε μικροκανάλια.
- τις βασικές αρχές σχεδιασμού, τις σύγχρονες ερευνητικές κατευθύνσεις και τις χρήσεις των μικρορευστομηχανικών συστημάτων.

**Περιεχόμενο του μαθήματος**

- Έννοιες και νόμοι διατήρησης με βάση τη θεωρία του συνεχούς μέσου (εξίσωση συνέχειας, ορμής, στροφορμής και ενέργειας).

- Οριακές συνθήκες ολίσθησης και μη ολίσθησης (αριθμός Knudsen). Επίλυση πεδίου ροής σε μικροκανάλια υπό συνθήκες αραιοποιημένου αερίου (rarefied gas).
- Φαινόμενα μεταφοράς σε μικρορευστομηχανικά συστήματα (διάχυση, διασπορά, ανάμιξη, εξάτμιση, διφασική ροή)
- Αρχές σχεδιασμού και λειτουργίας μηχανικών και μη-μηχανικών μικροαντλιών. Μέθοδοι προσομοίωσης.
- Μικροαισθητήρες μέτρησης πίεσης, ταχύτητας ρευστού (θερμό νήμα), διατμητικής τάσης σε στερεά όρια.
- Έλεγχος ροής με MEMS (έλεγχος αποκόλλησης ροής, μείωση αεροδυναμικής αντίστασης, αύξηση άνωσης, μετάβασης σε τύρβη).
- Μικροκατασκευαστική τεχνολογία μικρορευστομηχανικών συστημάτων (σε Si, γυαλί, πλαστικά υποστρώματα)
- Τεχνολογία συσκευασίας (σφράγιση, διασυνδέσεις).
- Εφαρμογές στη (χημική, βιο-χημική) μικροανάλυση (μέθοδοι διαχωρισμού και παραδείγματα μικροαναλυτικών συστημάτων).

### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

**1-6<sup>η</sup> εβδομάδα:** Παρουσίαση βασικών στοιχείων της Μηχανικής των Ρευστών και εφαρμογές

**7<sup>η</sup> εβδομάδα :** Ροή αερίου σε μικροκανάλια

**8<sup>η</sup> εβδομάδα:** Εργαστηριακή άσκηση μέτρησης πεδίου ταχυτήτων ρευστού σε μικροκανάλια με την τεχνική PIV (Particle Image Velocimetry)

**9<sup>η</sup> εβδομάδα :** Αρχές σχεδιασμού και λειτουργίας μηχανικών και μη-μηχανικών μικροαντλιών. Μέθοδοι προσομοίωσης

**10<sup>η</sup> εβδομάδα :** Ανάλυση τεχνικών παθητικής και ενεργούς μικροανάμιξης

**11<sup>η</sup> εβδομάδα:** Εφαρμογές προσομοίωσης ροής σε μικροκανάλια μέσω υπολογιστικού πακέτου

**12<sup>η</sup> εβδομάδα :** Παρουσίαση της τεχνολογίας κατασκευής μικρορευστονικών διατάξεων και συστημάτων, και εφαρμογές στη (βιο)χημική ανάλυση

**13<sup>η</sup> εβδομάδα :** Εργαστήριο επίδειξης κατασκευής απλής μικρορευστονικής διάταξης

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Ηλεκτρονικές διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα που διανέμονται (σε αποθηκευτικό μέσο)

Σημειώσεις «Μικρο-ρευστονικά συστήματα: Τεχνολογία κατασκευής και εφαρμογές στη μικρο-ανάλυση»-Α. Τσερέπη, σε αρχείο ppt.

Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)

Μηχανική Ρευστών, Σ. Τσαγγάρης, Εκδ. Συμείων  
Μηχανική Ρευστών, Α. Θ. Παπαιωάννου  
Fluid Mechanics, F. M. White, McGraw-Hill International Editions  
The MEMS Handbook, edited by M. Gad-elHak, CRC Press  
Microsystem Engineering of Lab-on-chip Devices, O. Geschke, H. Klank, P.

Telleman, 2004 Wiley-VCH Verlag GmbH  
Micro Flows, G. Karniadakis, A. Beskok, Springer

**Τίτλος Μαθήματος ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΝΑΝΟΪΛΙΚΑ**

Διδάσκων / -οντες **Δ. Τσουκαλάς**, Καθηγητής ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ,  
κ.α., μέλη ΔΕΠ του ΕΜΠ και ερευνητές από το ΕΚΕΦΕ «Δ»

Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9965	Επιλογής	1 <sup>ο</sup> (Χειμερινό)	3	3

Ιστοσελίδα μαθήματος

URL στο mycourses

**Ώρες διδασκαλίας**

Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	1
	Ασκήσεις	
	Εργαστήρια	2
Πρακτική εξάσκηση		
Προαπαιτούμενες γνώσεις		
Τρόπος αξιολόγησης	Γραπτές ομαδικές εργασίες και εξέταση.	

**Στόχοι του μαθήματος**

1. Να εξοικειωθούν οι φοιτητές με πειραματικές διεργασίες ανάπτυξης και χαρακτηρισμού νάνο-υλικών και νάνο-διατάξεων.
2. Μέσα από την πρακτική εξάσκηση να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά της ερευνητικής δουλειάς. Να αναπτύξουν την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων.

**Αποτελέσματα Μάθησης**

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι ικανοί

- Να χειρίζονται πειραματικές συσκευές και διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη νάνο-υλικών, να κατανοούν και
- να επεξεργάζονται τα αποτελέσματα μετρήσεων και να έχουν κάποια εξοικείωση με την διεξαγωγή μετρήσεων.
- Να έχουν κάποιο βαθμό εξοικείωσης με την διεξαγωγή έρευνας στην νάνο-τεχνολογία.

**Περιεχόμενο του μαθήματος**

- 1) Παραγωγή λεπτών υμενίων αγώγιμων πολυμερών μέσω
- 2) Σύνθεση θερμοπλαστικής μήτρας με σταδιακό πολυμερισμό και σκλήρυνση της με

- προσθήκη ή μη ανόργανων
- 3) Εναπόθεση υλικών με μορφή λεπτών επιστρώσεων ή νανοσωματιδίων, σε κενό
  - 4) Νανομηχανικές & Νανοτριβολογικές Ιδιότητες Προηγμένων Υλικών & Συστημάτων (SPM – AFM)
  - 5) Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης και Διέλευσης σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά και επιφάνειες (SEM – TEM)
  - 6) Μελέτη και Χαρακτηρισμός Υλικών με περίθλαση Ακτίνων Χ
  - 7) Διηλεκτρική φασματοσκοπία σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά
  - 8) Διαφορική Θερμοδομετρία σε Μικρο- και Νανο-δομημένα Υλικά

### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

Σύμφωνα με περιεχόμενο όπως αναλύεται παραπάνω.

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Έντυπες διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα που διανέμονται	Σημειώσεις των διδασκόντων.
Ηλεκτρονικές διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα (μέσω ιστοσελίδας)	<a href="http://www.physics.ntua.gr/~micronano/ERG%20ΤΕΧΝΙΚΕΣ/Perigrifi.htm">http://www.physics.ntua.gr/~micronano/ERG%20ΤΕΧΝΙΚΕΣ/Perigrifi.htm</a>
Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)	Η βιβλιογραφία δίνεται από τους διδάσκοντες, για κάθε εργαστηριακή τεχνική

Τίτλος Μαθήματος

### ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΝΑΝΟΪΛΙΚΑ

Διδάσκων / -οι

**Π. Πίσσης**, Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ

**Ν. Γλέζος**, Διευθυντής Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»

Κωδικός	Χαρακτηρισμός	Εξάμηνο	Ώρες διδασκαλίας	Διδακτ. Μονάδες
9966	Επιλογής	2 <sup>ο</sup> (Εαρινό)	3	3
Ιστοσελίδα μαθήματος			URL στο mycourses	
			<a href="http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php?cidReq=PSTGR1107">http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php?cidReq=PSTGR1107</a>	
			Ώρες διδασκαλίας	
Μέθοδοι διδασκαλίας	Διαλέξεις	2		

	Ασκήσεις	
	Εργαστήρια	
<b>Πρακτική εξάσκηση</b>	Εξοικείωση με τεχνικές παρασκευής και χαρακτηρισμού οργανικών νανοϋλικών σε εργαστήρια του Τομέα Φυσικής του ΕΜΠ και του ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ».	
<b>Προαπαιτούμενες γνώσεις</b>		
<b>Τρόπος αξιολόγησης</b>	Γραπτές εξετάσεις με θέματα που δίνονται και από τους δύο διδάσκοντες, σε συνδυασμό με σειρές ασκήσεων	

### Στόχοι του μαθήματος

Να προσφέρει στο σπουδαστή μια εποπτεία της επιστήμης της χαλαρής ύλης γενικότερα και των οργανικών νάνο-υλικών ειδικότερα, με ιδιαίτερη έμφαση στο σχεδιασμό, τη παρασκευή και το χαρακτηρισμό πολύ-λειτουργικών υλικών με προκαθορισμένες ιδιότητες.

### Αποτελέσματα Μάθησης

Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές αναμένεται να είναι σε θέση:

- Να παρακολουθούν τις εξελίξεις στην ευρύτερη περιοχή της χαλαρής ύλης και να μπορούν, με βάση το υπόβαθρο του μαθήματος, να εμβαθύνουν σε ειδικότερες περιοχές και εφαρμογές.

### Περιεχόμενο του μαθήματος

- Πολυμερή.
- Νανοδομημένα πολυμερή: συμπολυμερή, κράμματα, διαπλεκόμενα πολυμερικά πλέγματα, αστεροειδή και υπερδιακλαδωμένα πολυμερή.
- Φυσικές και χημικές μέθοδοι παρασκευής ανόργανων 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.
- Ηλεκτρικές ιδιότητες οργανικών υλικών, αγωγή νανοσύνθετα υλικά, φαινόμενα διαφυγής.
- Εφαρμογές αγωγίμων οργανικών υλικών: μοριακά ηλεκτρονικά, φωτοβολταϊκά, ηλεκτρομαγνητική θωράκιση.

### Οργανόγραμμα διδασκαλίας

**1<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εισαγωγή στα πολυμερή

**2<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Ειδικά θέματα της Φυσικής Πολυμερών: υαλώδης μετάπτωση, ημικρυσταλλικά πολυμερή, υγροκρυσταλλικά πολυμερή, μακρομοριακές αρχιτεκτονικές

**3<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Ειδικά θέματα της Φυσικής Πολυμερών: συμπολυμερή κατά συστάδες, διαπλεκόμενα πολυμερικά πλέγματα, υδρόφιλα πολυμερή, βιοπολυμερή, βιοϊατρικές εφαρμογές

**4<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εισαγωγή στα νανοσύνθετα πολυμερικά υλικά: σύνθετα και νανοσύνθετα

υλικά, πρόρρηση ιδιοτήτων σύνθετων υλικών, φαινόμενα κλίμακας στα νανοσύνθετα υλικά, φαινόμενα διεπιφανειών

**5<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Εργαστηριακή σύνθεση, βιομηχανική παρασκευή και κατεργασία νανοσύνθετων πολυμερικών υλικών (ανάμειξη σε τήγμα και σε διάλυμα, τεχνικές λύματος-πηκτής, νανοδομικές μονάδες, νανομηχανική σύνθετων υλικών)

**6<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Νανοσύνθετα πυριτίας και άλλων μεταλλικών οξειδίων (ενίσχυση των μηχανικών ιδιοτήτων – εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία και την αεροναυπηγική, βελτίωση της θερμικής σταθερότητας και μείωση της διηλεκτρικής σταθεράς – εφαρμογές στη μικροηλεκτρονική, νανοσύνθετες υδρογέλες – βιοϊατρικές εφαρμογές)

**7<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Νανοσύνθετα φυλλόμορφων πηλών (μορφολογία, σύνθεση, μηχανικές ιδιότητες, ιδιότητες φραγμού, υλικά συσκευασίας)

**8<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Νανοσύνθετα νανοσωλήνων άνθρακα και γραφενίου (φαινόμενα διαφυγής και ηλεκτρική αγωγιμότητα, εφαρμογές ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης, αντιστατικών δαπέδων, αισθητήρων κ.ά.)

**9<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Θεωρητικός υπολογισμός της ηλεκτρονικής δομής των ατόμων και δομή του περιοδικού συστήματος

**10<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Θεωρητικός υπολογισμός της ηλεκτρονικής δομής απλών μορίων (υβριδικά τροχιακά, θεωρία Huckel)

**11<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Θεωρητικά μοντέλα μεταφοράς φορτίου σε αγώγιμα πολυμερή και άλλα μοριακά υλικά (φαινόμενο σήραγγας, αγωγιμότητα μέ άλατα, θεωρητικός υπολογισμός της χαρακτηριστικής τάσης-ρεύματος)

**12 Εβδομάδα:** Μοριακές Ηλεκτρονικές Διατάξεις (διατάξεις ενός μορίου, διατάξεις διατεταγμένων λεπτών υμενίων)

**13<sup>η</sup> Εβδομάδα:** Οργανικές Ηλεκτρονικές Διατάξεις (τρανζίστορ, φωτοβολταϊκά, οργανικές δίοδοι εκπομπής φωτός)

### Συγγράμματα και βοηθήματα μελέτης

Έντυπες διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα που διανέμονται	Έντυπες σημειώσεις των διδασκόντων ως οδηγός μελέτης με αναφορά σε επιλεγμένα κεφάλαια από βιβλία και σε άρθρα επισκόπησης σε επιστημονικά περιοδικά.
Ηλεκτρονικές διδακτικές σημειώσεις & βοηθήματα (μέσω ιστοσελίδας)	Σημειώσεις των διδασκόντων ως οδηγός μελέτης με αναφορά σε επιλεγμένα κεφάλαια από βιβλία και σε άρθρα επισκόπησης σε επιστημονικά περιοδικά στην ιστοσελίδα του μαθήματος.
Βιβλιογραφία (τυποποίηση Harvard)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>U. W. Gedde.</b> <i>“Polymer Physics”</i>, Chapman &amp; Hall, London, 1995</li> <li>• <b>H. G. Barth, J. W. Mays (eds)</b> <i>“Modern Methods of Polymer Characterization”</i>, Wiley, NY, 1991</li> <li>• <b>A. S. Edelstein, R. C. Cammarata (eds)</b>, <i>“Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications”</i>, IOP, Bristol, 1996</li> <li>• <b>M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, P. Avouris (eds)</b>, <i>“Carbon Nanotubes”</i>, Springer, Berlin, 2001</li> <li>• <b>P. Moriarty</b>, <i>“Nanostructured materials”</i>, Rep. Prog. Phys. 64 (2001) 297-381</li> <li>• <b>G. Kickelbick</b>, <i>“Concepts for the incorporation of inorganic</i></li> </ul>

---

*building blocks into organic polymers on a nanoscale*”, Prog. Polym. Sci. 28 (2003) 83-114

- **P. Atkins and R. Friedman**, “*Molecular Quantum Mechanics*”, Oxford University Press, 2005
  - **D. K. Ferry and S. M. Goodnick**, “*Transport in Nanostructures*”, Cambridge Studies, 1997
  - **M.C. Petty**, “*Molecular Electronics from Principles to Practice*”, Wiley, 2007
-

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ**  
**ΜΕ ΤΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ**  
**ΤΟΥ Δ.Π.Μ.Σ.: «ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ»**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ:**

**Ι. ΡΑΠΤΗΣ**, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ  
γραφ. 009, ισόγειο κτ. Φυσικής, ☎ 2107723044, email: yraptis@mail.ntua.gr

**ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ**

<p>☰ ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ &amp; ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ <b>ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ</b> ΚΤΙΡΙΟ Α ΓΕΝΙΚΩΝ ΕΔΡΩΝ 1ΟΣ ΟΡΟΦΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9, 15780, ΑΘΗΝΑ</p>	<p>☰ SCHOOL OF APPLIED MATHEMATICAL AND PHYSICAL SCIENCES <b>SECRETARIAT OFFICE</b> BUILDING OF GENERAL STUDIES 1<sup>ST</sup> FLOOR POLYTECHNIOPOLIS, ZOGRAFOU CAMPOUS 9 IROON POLYTECHNEIΟΥ STR., 15780, ΑΘΗΝΑ</p>
<p>☎ 210 772 4191, 210 772 2023, fax: 210 772 1685 URL: <a href="http://www.physics.ntua.gr/micronano">http://www.physics.ntua.gr/micronano</a>, e-mail: <a href="mailto:mkassapi@mail.ntua.gr">mkassapi@mail.ntua.gr</a>; <a href="mailto:v-loura@central.ntua.gr">v-loura@central.ntua.gr</a></p>	

**ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ**

ΚΩΔ. ΜΑΘ.	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑ	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	EMAIL
9964	<b>Ι. Αναγνωστόπουλος</b> Επίκουρος Καθηγητής, ΣΜΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 1080	<a href="mailto:aanagn@central.ntua.gr">aanagn@central.ntua.gr</a>
9959	<b>Γ. Βαρελογιάννης</b> Αναπληρωτής Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3710	<a href="mailto:varelogi@central.ntua.gr">varelogi@central.ntua.gr</a>
9956	<b>Δ. Γόβα</b> Καθηγήτρια, ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ	+30 210 772 2283	<a href="mailto:didoy@central.ntua.gr">didoy@central.ntua.gr</a>
9966	<b>Ν. Γλέζος,</b> Διευθυντής Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210 6503236	<a href="mailto:glezos@imel.demokritos.gr">glezos@imel.demokritos.gr</a>
9953 9957	<b>Ε. Γογγολίδης,</b> Διευθυντής Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210 650 3237	<a href="mailto:evgog@imel.demokritos.gr">evgog@imel.demokritos.gr</a>
9953	<b>Δ. Δαβάζογλου,</b>	+30 210650 3117	<a href="mailto:D.Davazoglou@imel.demokri">D.Davazoglou@imel.demokri</a>



ΚΩΔ. ΜΑΘ.	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑ	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	EMAIL
	Διευθυντής Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»		<a href="mailto:tos.gr">tos.gr</a>
9961	<b>Ι. Ζεργιώτη</b> Επίκουρη Καθηγήτρια, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3345	<a href="mailto:zergiotti@central.ntua.gr">zergiotti@central.ntua.gr</a>
9960	<b>Θ. Θεοδώρου,</b> Καθηγητής, ΣΧΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 3157	<a href="mailto:doros@central.ntua.gr">doros@central.ntua.gr</a>
9964	<b>Δ. Μαθιουλάκης,</b> Αναπληρωτής Καθηγητής, ΣΜΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 1028	<a href="mailto:mathew@fluid.mech.ntua.gr">mathew@fluid.mech. ntua.gr</a>
9953	<b>Α. Νασιοπούλου</b> Διευθύντρια Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210 6542783, 6533781	<a href="mailto:A.Nassiopoulou@imel.demokritos.gr">A.Nassiopoulou@imel.demo kritos.gr</a>
9950	<b>Κ. Παρασκευαΐδης</b> Αναπληρωτής Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3045	<a href="mailto:cparas@central.ntua.gr">cparas@central.ntua.gr</a>
9966	<b>Π. Πίσσης</b> Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 2986	<a href="mailto:ppissis@central.ntua.gr">ppissis@central.ntua.gr</a>
9952	<b>Ι. Ράπτης,</b> Αναπληρωτής Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3044	<a href="mailto:yraptis@central.ntua.gr">yraptis@central.ntua.gr</a>
9958	<b>Π. Σωτηριάδης,</b> Επίκουρη Καθηγητής, ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ	+30 210 772 1482	<a href="mailto:pps@mail.ntua.gr">pps@mail.ntua.gr</a>
9952	<b>Δ. Τσαμάκης,</b> Καθηγητής, ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ	+30 210 772 3846	<a href="mailto:dtsamak@central.ntua.gr">dtsamak@central.ntua.gr</a>
9960	<b>Χ. Τσάμης</b> Διευθυντής Ερευνών, ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210 650 3112	<a href="mailto:C.Tsamis@imel.demokritos.gr">C.Tsamis@imel.demokritos.g r</a>
9964	<b>Α. Τσερέπη,</b> Ερευνήτρια Β', ΙΜΗΛ, ΕΚΕΦΕ «Δ»	+30 210 650 3264	<a href="mailto:atserepi@imel.demokritos.gr">atserepi@imel.demokritos.gr</a>
9951	<b>Λ. Τσέτσερης</b> Επίκουρος Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3046	<a href="mailto:leont@central.ntua.gr">leont@central.ntua.gr</a>

ΚΩΔ. ΜΑΘ.	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑ	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	EMAIL
9965 9954 9955	<b>Δ. Τσουκαλάς,</b> Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 2929	<a href="mailto:dsouk@central.ntua.gr">dsouk@central.ntua.gr</a>
9955	<b>Ε. Φωκίτης,</b> Ομ. Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ	+30 210 772 3014	<a href="mailto:fokitis@central.ntua.gr">fokitis@central.ntua.gr</a>
9957	<b>Κ. Χαριτίδης</b> Καθηγητής, ΣΧΜ, ΕΜΠ	+30 210 772 4046	<a href="mailto:charitidis@chemeng.ntua.gr">charitidis@chemeng.ntua.gr</a>





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«ΜΙΚΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΔΙΑΤΑΞΕΙΣ»

**ΟΔΗΓΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2012-13**