

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

### 1. ΓΕΝΙΚΑ

|                                            |                                                                                                                                     |                               |                         |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| ΣΧΟΛΗ                                      |                                                                                                                                     | ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ             |                         |
| ΤΜΗΜΑ                                      |                                                                                                                                     | ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ             |                         |
| ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ                            |                                                                                                                                     | Προπτυχιακό                   |                         |
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ                          | 5302                                                                                                                                | ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ               | 10°                     |
| ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ                           |                                                                                                                                     | ΝΑΝΟΎΛΙΚΑ ΚΑΙ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  |                         |
| ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ       |                                                                                                                                     | ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ | ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ/ECTS |
| Διαλέξεις                                  |                                                                                                                                     | 3                             | 7                       |
| Εργαστηριακές Ασκήσεις                     |                                                                                                                                     | 2                             |                         |
| Σύνολο                                     |                                                                                                                                     | 5                             |                         |
| ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ:                           | Ειδικότητας                                                                                                                         |                               |                         |
| ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:                   | -                                                                                                                                   |                               |                         |
| ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:          | Ελληνική                                                                                                                            |                               |                         |
| ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS: | ΝΑΙ                                                                                                                                 |                               |                         |
| ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL):        | <a href="https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=1332&amp;lang=el">https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=1332&amp;lang=el</a> |                               |                         |

### 2. ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Σκοπός του μαθήματος είναι να εξοικειωθεί ο φοιτητής στις βασικές έννοιες και τα φαινόμενα που διέπουν τη νανοκλίμακα, στις κατηγορίες των Νανοϋλικών και στις αντίστοιχες ιδιότητές τους. Στόχος του μαθήματος είναι ο φοιτητής να εφαρμόσει διεργασίες σύνθεσης νανο-υλικών λαμβάνοντας υπόψη σύγχρονες εφαρμογές και κοινωνικές προεκτάσεις, καθώς και να γνωρίζει και να εφαρμόζει τους τρόπους χαρακτηρισμού τους.</p> <p>Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής /-τρια θα είναι σε θέση:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να έχει κατανοήσει και να περιγράψει τα βασικά φαινόμενα που διέπουν τη νανοκλίμακα</li> <li>• Να διακρίνει τις κατηγορίες των Νανοϋλικών και να τα ταξινομεί ανάλογα με τις ιδιότητές τους</li> <li>• Να συνθέτει Νανοϋλικά με συνήθεις εργαστηριακές τεχνικές</li> <li>• Να συνδυάζει τεχνικές για να χαρακτηρίζει Νανοϋλικά ως προς τη χημική τους σύσταση, τη δομή, τη μορφολογία τους και τις ιδιότητές τους</li> <li>• Να αξιολογεί τη χρήση των κατάλληλων Νανοϋλικών σε ειδικές εφαρμογές ανάλογα με τις ιδιότητές τους</li> <li>• Εκτελεί μετρήσεις χαρακτηρισμού των Νανοϋλικών που αφορούν τη δομή και τις ιδιότητές τους και να ερμηνεύει τα πειραματικά αποτελέσματα.</li> <li>• Να συνεργαστεί με τους συμφοιτητές/-τριες του για να δημιουργήσουν και να παρουσιάσουν μια ομαδική αναφορά/εργασία σύνθεσης και χαρακτηρισμού Νανοϋλικών</li> </ul> |
| <b>Γενικές Ικανότητες</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών</li> <li>• Αυτόνομη Εργασία</li> <li>• Ομαδική Εργασία</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

- Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον
- Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

### 3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

#### 1. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑΣ

Υπερμοριακή Οργάνωση – Η αρχή: Μετακίνηση ενός ατόμου από μια επιφάνεια – Φαινόμενα Σήραγγας – Ενδομοριακές Δυνάμεις – Επιφάνειες, Ενδοεπιφάνειες – Αυτοοργάνωση και Ανασυγκρότηση Επιφάνειας.

#### 2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΝΑΝΟΪΛΙΚΩΝ

Νάνο, Μικρο και Μεσοπορώδη Υλικά – Οργανικά-Ανόργανα Υβριδικά Υλικά – Νανοϋλικά άνθρακα (φουλερένια και παράγωγα, νανοσωλήνες και παράγωγα, οξείδιο του γραφένιου και παράγωγα, γραφένιο και παράγωγα, νανοϊνες) – Δενδριμερή – Νανοϋλικά 3 διαστάσεων, Νανοϋβριδικά υλικά – Νανοσύνθετα – Φυσικά νανοϋλικά. Νανοσωματίδια – Νανοσύρματα – Λεπτά Υμένια.

#### 3. ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ – ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΝΑΝΟΪΛΙΚΩΝ

Top down και bottom-up προσεγγίσεις.

Τεχνική της κολλοειδούς γέλης (τεχνική λύματος-πηκτής) (Sol-Gel) –

Τεχνικές Μικροκατεργασίας: Λιθογραφία, Εγχάραξη και Αφαίρεση υποστρωμάτων, Δέσμευση (σύνδεση) υποστρωμάτων – Τεχνικές χημικής εναπόθεσης ατμών (CVD): Τεχνολογία πλάσματος, Ξηρή χημική εγχάραξη σε περιβάλλον πλάσματος, Επιταξία μοριακής δέσμης, Τεχνικές Υδροθερμικής και διαλυτοθερμικής κατεργασίας, Σύνθεση με Μικροκύματα, Τεχνικές με χρήση μοτίβου (patterns or template assisted methods) – Ηλεκτροφόρηση- Ηλεκτροχημικές αποθέσεις-Μέθοδοι πλήρωσης μοτίβου από κολλοειδές διάλυμα διασποράς, φυγοκέντρωση, Σύνθεση με electrospraying.

#### 4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΝΑΝΟΪΛΙΚΩΝ

Μικροσκοπία – SEM (Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης) – TEM (Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Διέλευσης Δέσμης) –Μικροσκοπία Σάρωσης Ακίδας (Scanning Probe Microscopy-SPM) / Σαρωτική Μικροσκοπία Σήραγγας (Scanning Tunneling Microscopy-STM). Η Μέθοδος STM ως Εργαλείο στη Νανολιθογραφία, Παράγοντες που Επηρεάζουν την Εγχάραξη – Νανολιθογραφικές μέθοδοι βασισμένες σε Scanning Probe Microscopes – Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (Atomic Force Microscopy-AFM) – Μέθοδοι Μελέτης Επιφανειακών Δυνάμεων – Μέθοδοι SFA/AFM – Μικροσκοπία Μαγνητικών Δυνάμεων (Magnetic Force Microscopy-MFM) – Περίθλαση ηλεκτρονίων χαμηλής ενέργειας –Ηλεκτρονική φασματοσκοπία Auger (Auger Electron Spectroscopy-AES) – Φασματοσκοπία ενεργειακών απωλειών ηλεκτρονίων (EELS) – Φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς ακτίνων Χ (EDX) – Φασματοσκοπία φωτοηλεκτρονίων (XPS) – Φασματοσκοπία Raman.

#### 5. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΑΝΟΪΛΙΚΩΝ

Εξάρτηση των Ιδιοτήτων από το μέγεθος – Μηχανικές/Τριβολογικές – Ηλεκτρικές, Μαγνητικές, Θερμικές ιδιότητες, Οπτικές.

#### 6. MEMS/NEMS (ΜΙΚΡΟ ΚΑΙ ΝΑΝΟ ΗΛΕΚΤΡΟ-ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ) ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

(μικροροϊκές διατάξεις, βιοιατρικές νανοδιατάξεις, περιβάλλον και νανοϋλικά, υλικά και νανοδιατάξεις, διατάξεις αποθήκευσης δεδομένων κ.ά.).

#### 7. ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΘΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

### 4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:                               | Πρόσωπο με πρόσωπο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 |
| ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ: | <p><b>Θεωρία:</b> Χρήση Η/Υ και μέσων προβολής ως βοηθήματα για την διδασκαλία</p> <p><b>Εργαστηριακές Ασκήσεις:</b> Χρήση Η/Υ και μέσων προβολής ως βοηθήματα για την διδασκαλία. Χρήση εξειδικευμένων διατάξεων με τα αντίστοιχα λογισμικά για την λήψη, επεξεργασία και αξιολόγηση των δεδομένων τους ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε Εργαστηριακής Άσκησης.</p> |                                 |
| ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ:                           | <b>Δραστηριότητα</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b> |
|                                                 | Θεωρία                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 24                              |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                    | (3 ώρες/εβδομάδα x 8 εβδομάδες)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
|                    | Εργαστηριακές Ασκήσεις<br>(2 ώρες/εβδομάδα x 8 εβδομάδες).<br>Εκτέλεση Εργαστηριακών<br>Ασκήσεων από ολιγομελείς<br>ομάδες φοιτητών. Η συμμετοχή στο<br>Εργαστήριο είναι υποχρεωτική και<br>αποτελεί προϋπόθεση συμμετοχής<br>στη Γραπτή Εξέταση                                                                                                                                                                                                                                                                              | 16         |
|                    | Σύνταξη ομαδικής εργαστηριακής<br>αναφοράς για κάθε εργαστηριακή<br>άσκηση                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 32         |
|                    | Αυτοτελής Μελέτη<br>(Με την καθοδήγηση των<br>διδασκόντων πραγματοποιούνται τα<br>κάτωθι: Μελέτη και ανάλυση<br>βιβλιογραφίας, εκπόνηση μελετών<br>(projects), συγγραφή εργασιών                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 53         |
|                    | Ώρες μελέτης και προετοιμασία για<br>την τελική εξέταση                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 50         |
|                    | <b>Σύνολο Μαθήματος:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>175</b> |
| <b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ:</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Γραπτή εξέταση: 60% του τελικού βαθμού, Βαθμός εργαστηρίου: 30% του τελικού βαθμού.</li> <li>• Αξιολόγηση εργασιών: 10% του τελικού βαθμού.</li> <li>• Απαραίτητες προϋποθέσεις: Βαθμός γραπτού <math>\geq 5</math>.</li> <li>• Εκτέλεση ΟΛΩΝ των εργαστηριακών ασκήσεων και παράδοση ΟΛΩΝ των εκθέσεων.</li> </ul> <p><b>Ενιαίος Βαθμός: <math>0.6 \times (\text{Βαθμός Γραπτού}) + 0.1 \times (\text{Αξιολόγηση projects}) + 0.3 \times (\text{Βαθμός Εργαστηρίου})</math></b></p> |            |

## 5. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Διδακτικά βοηθήματα:

1. Κ.Α. Χαριτίδης, 'NANOΔΟΜΕΣ & NANOΎΛΙΚΑ - Σύνθεση, Ιδιότητες & Εφαρμογές', Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, 2016.
2. Εργαστηριακές Ασκήσεις (Νανοϋλικά και Νανοτεχνολογία).

### Συναφής βιβλιογραφία:

1. Dieter Vollath, Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications, 2nd Edition, Wiley (2013).
2. G. Cao, Nanostructures and Nanomaterials – Synthesis, Properties and Applications, Imperial College Press (2004).
3. Springer Handbook of Nanotechnology, Bharat Bhushan (Ed.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2004).