

# Δομή Περιγραμμάτων Μαθημάτων ΔΜΠΣ Μαθηματικής Προτυποποίησης

## ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	Μεταπτυχιακό		
<b>ΔΠΜΣ</b>	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	9515	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	2
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Μαθηματική Προτυποποίηση στη Νανοτεχνολογία		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b> <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις – Ασκήσεις	3	8	
Εργαστήριο	-		
Εργασίες	-		
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (4).</i>			
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b> <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	ΕΙΔΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	Undergraduate Physics, Chemistry and Mathematics, Computer Programming (Matlab or C), numerical methods		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	ΝΑΙ [π.χ. στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)] /		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	<a href="https://mathtechfin.math.ntua.gr/">https://mathtechfin.math.ntua.gr/</a>		

## (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### **Μαθησιακά Αποτελέσματα**

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

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

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

### **Γνώσεις:**

Οι φοιτητές/τριες που παρακολουθούν το μάθημα εξοικειώνονται με τις βασικές έννοιες και τεχνικές της Νανοτεχνολογίας και αποκτούν εξειδικευμένες γνώσεις για τις μεθόδους μαθηματικής προτυποποίησης και υπολογιστικής προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται στον χαρακτηρισμό των νανοδομών σε επιφάνειες υλικών αλλά και στο εσωτερικό τους, όπως επίσης και των διεργασιών κατασκευής τους. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην μαθηματική και υπολογιστική νανομετρολογία και στην προσομοίωση της νανοδόμησης επιφανειών με διεργασίες εγχάραξης σε πλάσμα ή εναπόθεσης. Τέλος, παρουσιάζονται οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας σε πολλαπλά επιστημονικά πεδία και κοινωνικές ανάγκες και καταδεικνύεται ο κρίσιμος ρόλος της μαθηματικής προτυποποίησης σε αυτές.

### **Δεξιότητες:**

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

[Καταχωρίστε στα διαδοχικά bullets (5-10) τις δεξιότητες που αποκτά κανείς, με την ολοκλήρωση του μαθήματος, όπως π.χ. προκύπτουν από τις απαιτήσεις των εξετάσεων του μαθήματος]

### **Γνώσεις:**

Οι φοιτητές/τριες που παρακολουθούν το μάθημα εξοικειώνονται με τις βασικές έννοιες της Πολυπλοκότητας και αποκτούν εξειδικευμένες γνώσεις για τις μεθοδολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται στην μελέτη και μαθηματική προτυποποίηση των πολύπλοκων συστημάτων στο χρόνο (χαμιλτόνια συστήματα, μη-γραμμικά κύματα, χρονοσειρές, κλασικό και κβαντικό χάος, εντροπίες), το χώρο (φράκταλς, πολύπλοκα υλικά, χωρική πολυπλοκότητα) και στο χωρόχρονο συμπεριλαμβανομένων των πολύπλοκων δικτύων και συστημάτων μερικών μη-γραμμικών διαφορικών εξισώσεων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις διεπιστημονικές εφαρμογές των πολύπλοκων συστημάτων είτε σε βασικές επιστήμες όπως η Αστρονομία, η Φυσική και η Ιατρική όσο και σε τεχνολογίες αιχμής όπως η Φωτονική, Νανοτεχνολογία και η Κβαντική τεχνολογία.

### **Δεξιότητες:**

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

- Κατανοήσει τις βασικές έννοιες και τεχνικές της νανοτεχνολογίας, την κρισιμότητα των εφαρμογών της και τον ρόλο της μαθηματικής προτυποποίησης σε αυτές
- Εξηγήσει βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης νανοδομών στα σύγχρονα υλικά και διατάξεις χρησιμοποιώντας απλά μαθηματικά μοντέλα
- Υπολογίσει τις βασικές παραμέτρους χαρακτηρισμού της μορφολογίας των νανοδομών χρησιμοποιώντας εικόνες ηλεκτρονικής και ατομικής μικροσκοπίας και τη χρονική εξέλιξη

επιφανειών κατά τη διάρκεια της εγχάραξής τους σε πλάσμα ή εναπόθεσης υλικού.

- Αναγνωρίζει τις βασικές κατηγορίες της γεωμετρίας των νανομορφολογιών και να καταδείξει τις καταλληλότερες μεθόδους και τεχνικές για τον χαρακτηρισμό τους και την προσομοίωση της κατασκευής τους.
- Προβλέπει /αξιολογεί τις προτεινόμενες λύσεις από μαθηματικά πρότυπα χαρακτηρισμού και προσομοίωσης των νανοδομών αξιοποιώντας τα υπάρχοντα πειραματικά δεδομένα και συνδυάζοντας όπου χρειάζεται πληροφορίες από διαφορετικά πεδία

#### Γενικές Ικανότητες

##### Γενικές Ικανότητες

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

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

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Λήψη αποφάσεων

Αυτόνομη εργασία

Ομαδική εργασία

Εργασία σε διεθνές περιβάλλον

Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον

Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

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

Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής

Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

.....

Άλλες...

.....

##### Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- Αυτόνομη εργασία με προσδιορισμό του προβλήματος, σχεδιασμό και υλοποίηση της μεθοδολογίας αντιμετώπισής του, εξαγωγή των αποτελεσμάτων και κριτική αποτίμησή τους σε σχέση με το αρχικό πρόβλημα. Να τονισθεί ότι στην εξέταση του μαθήματος περιλαμβάνεται η ανάληψη και παρουσίαση ερευνητικής εργασίας.
- Παραγωγή νέων ερευνητικών ιδεών αφού η νανοτεχνολογία αποτελεί τεχνολογία αιχμής με πρόσφατη ιστορία και ο/η φοιτητής/τρια έχουν την ευκαιρία στο μάθημα να παρακολουθήσουν τη γέννηση και εξέλιξη των ιδεών και τεχνικών και να συζητήσουν τη διάδραση της κοινωνίας και των αναγκών της με την επιστημονική έρευνα.
- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών για την προετοιμασία της ερευνητικής εργασίας του μαθήματος
- Λήψη αποφάσεων αφού στο μάθημα δείχνεται ο κρίσιμος ρόλος της σωστής ενημέρωσης για τη νανοτεχνολογία στη λήψη σχετικών αποφάσεων σε όποιο χώρο κι αν βρίσκεται κανείς
- Παραγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης που υποστηρίζεται τόσο από την εργασία που ζητείται να ετοιμάσει ο/η φοιτητής/τρια που έχει έντονο ερευνητικό προσανατολισμό όσο και από τις προκλήσεις της νανοτεχνολογίας και της σύνδεσής της με κοινωνικές ανάγκες και άλλα πεδία όπως αυτό της Ιατρικής και της Τεχνητής Νοημοσύνης

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

#### 1) Introduction to Nanotechnology

Introduction to nanotechnology and nanotechnology manufacturing processes and devices with emphasis on applications and open challenges. Overview of applications of mathematical modeling in Nanotechnology.

#### 2) Mathematical modeling in the characterization of nanostructure morphology

Introduction to the basic microscopy techniques used in imaging nanostructures (electronic, atomic, optical) with emphasis on their limitations and capabilities.

Characterization of nanostructures based on their classification into discrete and continuous. The intermediate state of self-organized nanostructures.

Mathematical modeling of discrete nanostructures: methods of stochastic spatial analysis with point patterns, the problem of edge roughness, correlated randomness of size and locations of nanostructures. Applications in microelectronics, nanocomposites and sensors.

Mathematical description of continuous nanostructures (surfaces with roughness): statistics of 1st and 2nd order surfaces with nanoroughness, distribution moments and other parameters, Fourier frequency analysis and correlation functions. Fractal and multi-fractal approach. Critical presentation of roughness parameters according to ISO.

Mathematical methods for the generation of synthetic nanostructured surfaces with specific

characteristics. Linking nanostructure characterization methods with specific applications in modern industry and correlating with other scientific fields such as stochastic analysis, computer vision, remote sensing and machine learning.

3) Mathematical modeling of the fabrication of nanostructured surfaces: Plasma etching and vapor deposition

Plasma or deposition reactor: Electron energy distribution, atomic, molecular and electron collisions in plasma. Chemical kinetics in the main volume of the reactor. Mass, momentum and energy balances in etching and deposition processes.

Etching (deposition) on initially flat surfaces: Chemical kinetics on the etched surfaces (surfaces of deposition substrates). Langmuir-Hinshelwood kinetics. Evolution of the roughness of surfaces during their etching with stochastic models.

Etching of structures and deposition (grooves, holes): Ballistic models for calculating local flows within structures. Evolution of the shape (front) of the structures using the level set method.

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

<p><b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b> Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</p>	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο και εξ αποστάσεως όταν χρειάζεται</p>	
<p><b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</p>	<p>Χρήση Τ.Π.Ε. στην Επικοινωνία με τους Φοιτητές [πρόγραμμα μαθημάτων, Σημειώσεις, Εργασίες (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές)</p>	
<p><b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b> Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας. Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη &amp; ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.  Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</p>	<p><b>Δραστηριότητα</b></p>	<p><b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b></p>
	<p>Διαλέξεις</p>	<p>39 ώρες</p>
	<p>Μελέτη</p>	<p>48 ώρες</p>
	<p>Εργασίες κατ' οίκον</p>	<p>12 ώρες</p>
	<p>Εργαστήριο</p>	
	<p>Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας</p>	<p>24 ώρες</p>
	<p>Εκπαιδευτικές επισκέψεις</p>	<p>xx</p>
	<p>Σύνολο Μαθήματος</p>	<p>[8×13×2,2]=228.2</p>
<p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b> Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης  Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμών, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες  Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)  Εργασία κατ' Οίκον: 50%  Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας: 50 %</p>	

#### (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : [Η πολλαπλή βιβλιογραφία του μαθήματος]  
J.D. Plummer, M. Deal, P.B.Griffin, *Silicon VLSI Technology, Fundamentals, Practice and Modeling*, Prentice Hall. 2000.  
R. Leach, *Characterization of Areal Surface Texture*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. 2013  
Klauss D. Sattler (ed.), *Handbook of Nanophysics*, CRC press, 2011  
F.F. Chen, J.P. Chang, *Lecture Notes on Principles of Plasma Processing*, Kluwer Academic, 2003.

M.A. Lieberman, A.J. Lichtenberg, *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing*, John Wiley & Sons 1994.  
W.H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B.P. Flannery, *Numerical Recipes, the art of Scientific Computing*, 2nd ed.,  
Cambridge University Press 1997.  
S. Osher & R. Fedkiw, *Level set method and dynamic implicit surfaces*, Springer 2003.  
J. A. Sethian, *Level set methods and fast marching methods*, 2nd ed., Cambridge University Press, 1999.  
A. -L. Barabasi and H.E. Stanley, *Fractal concepts in surface growth*, Cambridge University Press 1995

-Συναφή επιστημονικά περιοδικά: [ 1-2 Εθνικά ή Διεθνή περιοδικά συναφή με το αντικείμενο του μαθήματος]  
Micro-Nano Engineering, Elsevier  
Journal of Vacuum Science and Technology, AVS