

COURSE OUTLINE

1. GENERAL

SCHOOL	NATURAL SCIENCES		
DEPARTMENT	MATHEMATICS		
LEVEL OF COURSE	UNDERGRADUATE		
COURSE CODE	MAT_AM467	SEMESTER OF STUDIES	8 th
COURSE TITLE	CHAOS AND FRACTALS		
INDEPENDENT TEACHING ACTIVITIES 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	TEACHING HOURS PER WEEK	ECTS CREDITS	
Lectures and Tutorials	4	6	
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο 4.</i>			
COURSE TYPE <i>Υποβάθρου, Γενικών Γνώσεων, Επιστημονικής Περιοχής, Ανάπτυξης Δεξιοτήτων</i>	Free Elective course		
PREREQUISITE COURSES:	<u>Recommended prerequisite knowledge:</u> INTRODUCTION TO ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS, SECOND COURSE IN ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS, DYNAMICAL SYSTEMS		
TEACHING AND ASSESSMENT LANGUAGE:	Greek		
THE COURSE IS OFFERED TO ERASMUS STUDENTS	Yes		
COURSE WEBPAGE (URL)	https://eclass.math.upatras.gr/courses/MATHDEP160/		

2. LEARNING OUTCOMES

Learning outcomes

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 Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης
- Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και Παράρτημα Β
- Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων

In this course the student becomes familiar with the various ways in which discrete and continuous dynamical systems - which are ubiquitous in the physical environment and our daily lives - can exhibit chaotic behaviour. The realization that relatively simple nonlinear equations can have extremely complicated solutions and that a deterministic system can produce unpredictable chaotic behaviour, an insight that has caused a revolution in scientific thinking during the past five decades, is the main message of this course. As a natural consequence, the student will also become acquainted with attractors and other objects that have a fractal geometry (characterized by a fractal, non-integer dimension), since these reflect the complex structure of chaotic systems in phase space.

The specific learning goals are that the student will acquire:

- The ability to determine and interpret the stability properties of equilibrium points and periodic orbits of discrete nonlinear dynamical systems.

- A firm understanding of the concept of "chaos" and of the role it plays in the natural sciences, as well as the ability to recognize the various routes from regular behaviour to chaos.
- A working knowledge of self-similar, fractal structures and the associated notion of fractal dimension. The student will also be aware of the intimate relation that exists between fractal structures and chaotic dynamics.
- Familiarity with a number of well-known fractal structures, and the associated chaotic dynamical systems, and the ability to describe them in mathematical terms.

General Abilities

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

- Finding, analyzing and combining facts and information using the most suitable technologies.
- Adapting to new situations.
- Working and studying autonomously.
- Working in a team.
- Generating new research ideas.
- Stimulating free, creative and constructive thinking.

3. COURSE CONTENT

Nonlinear dynamical systems, with emphasis on discrete time systems (mappings), in one, two and three dimensions. The logistic map, models to predict population dynamics. Mechanical systems that show unpredictable behaviour (e.g. the double pendulum), stability properties and periodic orbits, graphic analysis. Routes from order to chaos via: (1) period doubling bifurcations, (2) intermittency and (3) the break-up of quasi-periodic orbits. Analysis of the relevant bifurcation types: pitchfork, transcritical, saddle-node and (in the context of limit cycles) the Hopf bifurcation. The method of renormalization and the "universal" constants of Feigenbaum. Strange (chaotic) attractors and mappings in more than one dimension. The models of Hénon and Lorenz. Fractal sets, box-counting dimension and Hausdorff dimension. The triadic fractal set of Cantor. The fractal triangular set of Sierpinski and its relation to the so-called Chaos Game. Koch's snowflake. Fractals with multiple scaling factors (multifractals) and the theory of generalized dimensions. Julia sets, the Mandelbrot set. Invariant sets, symbolic dynamics and the theory of chaos according to Smale. Nonlinear analysis of chaotic time series, with applications in the natural sciences.

4. TEACHING AND LEARNING METHODS - ASSESSMENT

<p>TEACHING METHOD Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</p>	Lectures (face to face)															
<p>USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Use of information and communication technologies in the classroom, the tutorial classes, and for communication with the students ✓ Website of the course ✓ Use of the Department's online platform MyMath <p><u>Use of mathematical programs in the classroom:</u> During the lectures, apart from solving examples and exercises on the blackboard, essential use is also made of the mathematical programs <i>Maple</i> and <i>Mathematica</i> in order to give the students a better understanding of the fractal structures and routes to chaos discussed, as well as for the evaluation of the corresponding fractal dimensions.</p>															
<p>TEACHING ORGANIZATION Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας. Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη & ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</p> <p>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης ώστε ο συνολικός φόρτος εργασίας σε επίπεδο εξαμήνου να αντιστοιχεί στα standards του ECTS</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Δραστηριότητα</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lectures</td> <td style="text-align: center;">52</td> </tr> <tr> <td>Solving suggested exercises</td> <td style="text-align: center;">28</td> </tr> <tr> <td>Self-study during the semester</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td>Preparation for the final examination</td> <td style="text-align: center;">27</td> </tr> <tr> <td>Duration of the written final examination</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>Total number of hours for the Course (25 hours of work-load per ECTS credit)</td> <td style="text-align: center;">150</td> </tr> </tbody> </table>		<i>Δραστηριότητα</i>	<i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i>	Lectures	52	Solving suggested exercises	28	Self-study during the semester	40	Preparation for the final examination	27	Duration of the written final examination	3	Total number of hours for the Course (25 hours of work-load per ECTS credit)	150
	<i>Δραστηριότητα</i>	<i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i>														
	Lectures	52														
	Solving suggested exercises	28														
	Self-study during the semester	40														
	Preparation for the final examination	27														
	Duration of the written final examination	3														
	Total number of hours for the Course (25 hours of work-load per ECTS credit)	150														
<p>STUDENT ASSESSMENT Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</p> <p>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές;</p>																
<p>Assessment Language: Greek Assessment Language for Erasmus students: English</p> <p>Assessment methods: Written final examination (100%) including:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Theory, ✓ Exercises, ✓ Applications of Chaos and Fractals in the Natural Sciences. <p>Minimum passing grade: 5 Maximum passing grade: 10</p>																

5. RECOMMENDED LITERATURE

<p>(in Greek)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Α. Μπούντης, «Ο Θαυμαστός Κόσμος των Fractal», Liberal Books, 2004. ISBN: 9607901525. Κωδικός Ευδόξου: 50659163 • Α. Μπούντης, «Δυναμικά Συστήματα και Χάος», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1995. ISBN: 978-960-7510-22-8. Κωδικός Ευδόξου: 9617 <p>(in English)</p> <ul style="list-style-type: none"> • H.O. Peitgen, H. Jürgen & D. Saupe, «Chaos and Fractals», Εκδ. 2/2004, HEAL-Link Springer ebooks. ISBN: 9780387218236. Κωδικός Ευδόξου: 73268278 • Feldman David P., «Chaos and Fractals: An Elementary Introduction», Oxford University Press, 2012. • Gulick Denny, «Encounters with Chaos and Fractals», 2nd ed., CRC Press / Chapman & Hall, 2012.
--