



UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA
 ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE
 Str. A.I. Cuza, nr. 13, 200585 Craiova, Dolj,
 Romania,
<http://stiinte.ucv.ro/doctorat/>
 e-mail: sd.stiinte@ucv.ro



NUMELE DISCIPLINEI	COURSE NAME
Interacția radiației laser cu materialele	Laser radiation – matter interaction
DATE GENERALE	GENERAL INFORMATION
Domeniul de doctorat: Fizică Anul: I Semestrul: I Credite ECTS: 10 Tipuri de activități: Curs, Laborator Tip evaluare: Examen Titular: Gabriela-Eugenia Iacobescu	Doctoral Domain: Physics Year: I Semester: I ECTS Credits: 10 Types of activities: Lecture, Laboratory Assessment: Exam Lecturer: Gabriela-Eugenia Iacobescu
SCOPUL DISCIPLINEI	COURSE PURPOSE
<p>Disciplina are ca scop fundamental familiarizarea studenților cu principiile fizice ale generării și propagării radiației laser, precum și cu fundamentele teoretice și experimentale ale interacției radiației laser cu materia. Cursul urmărește dezvoltarea unei înțelegeri riguroase a funcționării sistemelor laser, a proprietăților fundamentale ale radiației coerente și a mecanismelor fizice care guvernează procesele de amplificare optică, emisie stimulată și propagare în medii active. De asemenea, disciplina oferă o bază solidă pentru înțelegerea aplicațiilor moderne ale laserilor în știință, tehnologie și inginerie, inclusiv în fonică, metrologie optică, știința materialelor și tehnologii avansate de prelucrare.</p>	<p>The aim of the course is to provide students with a comprehensive understanding of the physical principles governing laser generation, propagation, and interaction with matter, together with the theoretical and experimental foundations of laser-based optical systems. The course is designed to develop a rigorous understanding of laser operation, coherent radiation properties, and the fundamental mechanisms underlying optical amplification, stimulated emission, and wave propagation in active media. Furthermore, it establishes a solid foundation for advanced applications of laser systems in science, engineering, and technology, including photonics, optical metrology, materials science, and advanced laser-based manufacturing processes.</p>
CERINȚE PREALABILE	PREREQUISITES
<p>Studentul doctorand trebuie să posede cunoștințe de Optică, Fizică atomică, Fizica solidului și semiconductori/Fizica semiconductoarelor cu aplicații în medicină.</p>	<p>The doctoral student must possess knowledge of Optics, Atomic Physics, Solid State Physics and Semiconductors/Semiconductor Physics with applications in medicine.</p>
OBIECTIVE	OBJECTIVES
<ul style="list-style-type: none"> • Dobândirea cunoștințelor fundamentale privind emisia stimulată, amplificarea optică și funcționarea laserelor ca oscilatori optici. • Înțelegerea modelelor teoretice de descriere a dinamicii laserelor, inclusiv ecuațiile de rată pentru sisteme cu mai multe nivele energetice. • Familiarizarea cu teoria modurilor electromagnetice în cavități optice și proprietățile fasciculelor laser. 	<ul style="list-style-type: none"> • Achievement of fundamental knowledge regarding stimulated emission, optical amplification, and laser operation as optical oscillators. • Understanding of theoretical models describing laser dynamics, including rate-equation approaches for multi-level energy systems.

<ul style="list-style-type: none"> • Analiza proprietăților fundamentale ale radiației laser: coerență, monocromatitate, divergență și parametri energetici. • Înțelegerea principiilor de funcționare ale laserelor semiconductoare și ale structurilor cuantice avansate. • Însușirea mecanismelor fizice ale interacției laser–materie și a principalelor procese de prelucrare laser a materialelor. • Dezvoltarea capacității de interpretare a aplicațiilor laser în domenii interdisciplinare precum fotonica, metrologia optică și știința materialelor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Familiarization with electromagnetic mode theory in optical resonators and fundamental properties of laser beams. • Analysis of the fundamental properties of laser radiation, including coherence, monochromaticity, divergence, and energy-related parameters. • Understanding the operating principles of semiconductor lasers and advanced quantum heterostructures. • Acquisition of knowledge regarding laser–matter interaction mechanisms and major laser-based materials processing techniques. • Development of the ability to interpret and analyze laser applications in interdisciplinary fields such as photonics, optical metrology, and materials science.
CONȚINUT CURS	LECTURE CONTENT
<p>1. Fundamentele fizice ale funcționării laserelor: Laserul ca oscilator optic bazat pe procesul de emisie stimulată. Structura funcțională a sistemelor laser: sursa de pompaj, mediul activ și rezonatorul optic. Mecanisme de pompaj optic, electric și chimic. Procese disipative și mecanisme de pierdere în cavitatea optică: pierderi ohmice, pierderi intracavitare și extracavitare. Condiția de prag pentru oscilația laser și inversia de populație de prag.</p> <p>2. Dinamica temporală a sistemelor laser: Ecuațiile de rată pentru lasere cu trei și patru nivele energetice. Regimuri de funcționare continuă și pulsată. Dinamica generării impulsurilor laser și procese tranzitorii în cavitatea optică.</p> <p>3. Rezonatoare optice și moduri electromagnetice: Teoria rezonatoarelor optice. Moduri gaussiene proprii ale cavităților optice și distribuții transversale ale intensității electromagnetice. Structura radială fundamentală a fasciculului gaussian. Condițiile de stabilitate ale cavităților optice și diagrama de stabilitate. Moduri longitudinale și transversale de rezonanță. Factorul de calitate (Q) al rezonatoarelor optice și timpul de viață al fotonilor în cavitate.</p> <p>4. Proprietăți spectrale și temporale ale radiației laser: Monocromatitatea și lărgirea spectrală. Coerența temporală și spațială a radiației laser. Lasere acordabile spectral. Parametri energetici ai radiației laser: putere, flux, intensitate și strălucire. Laserul ca amplificator optic. Generarea impulsurilor gigahertice prin tehnici de Q-switching. Generarea pulsurilor ultracurte</p>	<p>1. Fundamental Physical Principles of Laser Operation: Laser as an optical oscillator based on stimulated emission. Functional architecture of laser systems: pump source, gain (active) medium, and optical resonator (cavity). Optical, electrical, and chemical pumping schemes. Dissipative processes and loss mechanisms in optical cavities, including ohmic (resistive) losses and intracavity/extracavity optical losses. Threshold condition for laser oscillation and threshold population inversion.</p> <p>2. Temporal Dynamics of Laser Systems: Rate-equation formalism for three-level and four-level laser systems. Continuous-wave (CW) and pulsed operation regimes. Laser pulse formation dynamics and transient processes in optical resonators.</p> <p>3. Optical Resonators and Electromagnetic Modes: Theory of optical resonators and cavity eigenmodes. Gaussian resonator modes, including Hermite–Gaussian (HG) and Laguerre–Gaussian (LG) transverse modes. Fundamental Gaussian beam structure. Cavity stability criteria and stability diagrams. Longitudinal and transverse cavity modes. Optical resonator quality factor (Q-factor) and intracavity photon lifetime.</p> <p>4. Spectral and Temporal Properties of Laser Radiation: Monochromaticity and spectral linewidth broadening mechanisms. Temporal and spatial coherence of laser radiation. Tunable laser systems. Radiometric and energetic parameters of laser radiation: optical power, flux, intensity, and optical radiance. Laser operation as both an optical amplifier and oscillator. Giant pulse generation via Q-switching</p>

<p>prin tehnici de blocare a modurilor (mode-locking). Tehnici de comprimare temporală a pulsurilor optice.</p> <p>5. Lasere semiconductoare și heterostructuri cuantice:</p> <p>Principii fizice ale laserelor semiconductoare bipolare și mecanisme de recombinare radiativă. Lasere semiconductoare unipolare. Lasere cu cascade cuantice (QCL) și tranziții intersubbandă în heterostructuri cuantice.</p> <p>6. Interacția laser–materie și procesarea materialelor:</p> <p>Mecanisme fizice ale interacției radiației laser cu materialele solide. Procese termice și fotoinduse în prelucrarea materialelor. Aplicații în sudare laser, topire, tăiere, debitare, gravare, micro- și nanostructurare, perforare și modificarea proprietăților suprafețelor.</p> <p>7. Aplicații tehnologice și interdisciplinare ale sistemelor laser:</p> <p>Aplicații ale laserelor în metrologie optică și interferometrică, tehnologia informației și comunicațiilor, fonică integrată, elaborarea și procesarea materialelor nanostructurate, spectroscopie avansată, biomedicină și tehnologii medicale, precum și în sisteme moderne de detecție și diagnosticare.</p>	<p>techniques. Ultrashort pulse generation via active and passive mode-locking. Temporal pulse compression techniques for ultrashort laser pulses.</p> <p>5. Semiconductor Lasers and Quantum Heterostructures: Physical principles of bipolar semiconductor lasers and radiative recombination processes. Unipolar semiconductor lasers. Quantum cascade lasers (QCLs) based on intersubband transitions in semiconductor heterostructures.</p> <p>6. Laser–Material Interaction and Laser-Based Materials Processing: Fundamental mechanisms of laser–matter interaction in condensed media. Thermally driven and photoinduced processes in laser materials processing. Applications including laser welding, melting, cutting, drilling, micromachining, laser ablation, engraving, micro- and nanostructuring, and laser-induced surface modification.</p> <p>7. Technological and Interdisciplinary Applications of Laser Systems: Applications of laser systems in optical and interferometric metrology, information and communication technologies (ICT), integrated photonics, fabrication and processing of nanostructured materials, advanced optical spectroscopy, biophotonics and medical technologies, as well as modern sensing and diagnostic systems.</p>
METODE DE EVALUARE	EVALUATION METHODS
Examen	Exam
COMPETENȚE DOBÂNDITE	ACQUIRED COMPETENCIES
<ul style="list-style-type: none"> • Competențe profesionale: <ul style="list-style-type: none"> ○ cunoștințe avansate în domeniu; ○ capacitatea de identificare, formulare și soluționare într-o manieră creativă a problemelor de cercetare; ○ stăpânirea metodelor și tehnicilor de cercetare avansată; • Competențe transversale: <ul style="list-style-type: none"> ○ competențe de comunicare, scrisă și orală, în domeniul științei și culturii; ○ competențe lingvistice avansate în limbi de circulație internațională, inclusiv de a exprima și formula idei în contexte multiculturale și multilingve; ○ aptitudini și competențe digitale avansate, parte a transformării digitale la nivel social, inclusiv prin utilizarea inteligenței artificiale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Professional skills: <ul style="list-style-type: none"> ○ advanced knowledge in the field; ○ the ability to identify, formulate and creatively solve research problems; ○ mastery of advanced research methods and techniques; • Transversal skills: <ul style="list-style-type: none"> ○ written and oral communication skills in the field of science and culture; ○ advanced linguistic skills in international languages, including the ability to express and formulate ideas in multicultural and multilingual contexts; ○ advanced digital skills and competences, part of the digital transformation at a societal level, including the use of artificial intelligence.
Contact: gabriela.iacobescu@edu.ucv.ro	Contact: gabriela.iacobescu@edu.ucv.ro
Ultima actualizare: 1 oct 2025	Last update: 1 st October 2025