
1. Designação da unidade curricular

[3598] Tecnologias Óticas de Fotónica / Photonics Optical Technologies

2. Sigla da área científica em que se insere AE

3. Duração Unidade Curricular Semestral

4. Horas de trabalho 162h 00m

5. Horas de contacto Total: 67h 30m das quais TP: 67h 30m

6. % Horas de contacto a distância Sem horas de contacto à distância

7. ECTS 6

8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular [1607] Manfred Niehus | Horas Previstas: N/D

9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular Não existem docentes definidos para esta unidade curricular

10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).

A unidade curricular tem como objetivo proporcionar aos estudantes uma formação avançada em tecnologia óptica e fotónica, com especial enfoque nos seus fundamentos físicos, componentes laboratoriais e aplicações em engenharia. Os estudantes irão adquirir conhecimentos sobre elementos ópticos e instrumentação associada, com ênfase na sua integração em sistemas experimentais reconfiguráveis (tabletop). Serão introduzidos aos princípios de controlo de posição em sistemas ópticos, como espelhos tip-tilt, sensores de posição e atuadores de precisão. Serão também abordadas técnicas de óptica adaptativa e óptica configurável, bem como aplicações em comunicações ópticas em espaço livre e na análise de imagens. A ótica será ainda explorada como tecnologia de base para sistemas quânticos emergentes de comunicação, deteção e computação. No final, os estudantes terão competências para conceber, implementar e testar sistemas ópticos com controlo ativo e capacidade de análise e aquisição de dados.

10. Intended Learning objectives and their compatibility with the teaching method (knowledge, skills and competences by the students).

The course unit aims to provide students with advanced training in optical and photonic technology, with a particular focus on its physical foundations, laboratory components, and engineering applications. Students will gain knowledge of optical elements and associated instrumentation, with emphasis on their integration into reconfigurable experimental (tabletop) systems. They will be introduced to the principles of position control in optical systems, such as tip-tilt mirrors, position sensors, and precision actuators. Techniques in adaptive and configurable optics will also be addressed, along with applications in free-space optical communications and image analysis. Optics will further be explored as an enabling technology for emerging quantum systems in communication, sensing, and computing. By the end of the course, students will be able to design, implement, and test optical systems with active control and data analysis capabilities.

11. Conteúdos programáticos

1. Fundamentos das tecnologias ópticas e fotónicas: propagação da luz, reflexão, refração, difracção e polarização.
2. Componentes ópticos e instrumentação: lentes, espelhos, divisores de feixe, fibras ópticas, lasers e detectores.
3. Montagem de sistemas ópticos em bancada: alinhamento, colimação e estabilização.
4. Controlo de posição em sistemas ópticos: espelhos tip-tilt, sensores de posição, atuadores e modelos de apontamento estelar.
5. Óptica adaptativa e configurável: princípios e aplicações.
6. Comunicação óptica em espaço livre: transmissão, receção e alinhamento dinâmico.
7. Análise de imagens: formação, resolução, ruído e extração de informação.
8. Introdução à fotónica quântica: fontes de fotões individuais, detectores sensíveis e aplicações em comunicação e metrologia.

11. Syllabus

1. Fundamentals of optical and photonic technologies: light propagation, reflection, refraction, diffraction, and polarization.
2. Optical components and instrumentation: lenses, mirrors, beam splitters, optical fibres, lasers, and detectors.
3. Assembly of optical tabletop systems: alignment, collimation, and stabilization.
4. Position control in optical systems: tip-tilt mirrors, position sensors, actuators, and stellar pointing models.
5. Adaptive and configurable optics: principles and applications.
6. Free-space optical communication: transmission, reception, and dynamic alignment.
7. Image analysis: formation, resolution, noise, and information extraction.
8. Introduction to quantum photonics: single-photon sources, sensitive detectors, and applications in communication and metrology.

12. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

12. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

The syllabus is streamlined with the intended learning outcomes.

13. Metodologias de ensino e de aprendizagem específicas da unidade curricular articuladas com o modelo pedagógico

O ensino é teórico-prático, estando previstas 30 aulas durante o semestre, correspondentes a 67,5 horas de contacto (15 aulas de 3 horas e 15 aulas de 1,5 horas). O tempo total de trabalho do estudante é de 162 horas. A unidade curricular inclui aulas teóricas e teórico-práticas (tipo T e TP) com 3 horas semanais, onde são apresentados os fundamentos teóricos, exemplos e discussão orientada, e uma aula prática e laboratorial semanal (tipo P) com 1,5 horas, dedicada à montagem e análise de sistemas ópticos em bancada. A metodologia promove a aprendizagem ativa, integrando teoria, experimentação e análise crítica.

13. Teaching and learning methodologies specific to the curricular unit articulated with the pedagogical model

The teaching is theoretical-practical, with 30 classes scheduled throughout the semester, corresponding to 67.5 contact hours (15 sessions of 3 hours and 15 sessions of 1.5 hours). The total student workload is 162 hours. The course includes theoretical and theoretical-practical classes (types T and TP) with 3 hours per week, where fundamental concepts, examples, and guided discussions are presented, as well as a weekly practical and laboratory class (type P) of 1.5 hours, dedicated to the assembly and analysis of tabletop optical systems. The methodology promotes active learning, integrating theory, experimentation, and critical analysis.

14. Avaliação

A avaliação da aprendizagem é realizada em duas componentes: uma teórica, individual, através de exame escrito (com peso de 50% na nota final), e uma prática, baseada em relatórios e apresentações de grupo, complementada com teste de escolha múltipla e discussão individual (com peso de 50%).

14. Assessment

Learning is assessed in two components: a theoretical component, individually evaluated through a written exam (worth 50% of the final grade), and a practical component, based on group reports and presentations, complemented by a multiple-choice test and individual discussion (worth 50%).

15. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

As metodologias de ensino da unidade curricular foram concebidas para assegurar uma correspondência direta e eficaz com os objetivos de aprendizagem previamente definidos. As sessões teóricas e teórico-práticas, com uma carga horária de 3 horas semanais, têm como principal finalidade a apresentação estruturada dos conteúdos programáticos, o aprofundamento dos fundamentos físicos e tecnológicos das tecnologias ópticas e fotónicas, bem como a discussão de aplicações em contextos de engenharia. Estas aulas incluem ainda a resolução orientada de exercícios e problemas, de forma a consolidar o conhecimento teórico e promover o desenvolvimento do raciocínio crítico e da capacidade de análise.

Complementarmente, as sessões práticas laboratoriais de 1,5 horas por semana oferecem aos estudantes a oportunidade de aplicar, em contexto experimental, os conceitos estudados nas aulas teóricas. Os trabalhos práticos, desenvolvidos em regime de grupo, são cuidadosamente escolhidos para refletir os tópicos lecionados, tais como montagem e alinhamento de sistemas ópticos, controlo de posição com espelhos tip-tilt, análise de feixes, simulações ópticas, comunicação óptica em espaço livre e introdução à instrumentação associada à fotónica quântica. Cada trabalho é concebido de forma a permitir aos estudantes desenvolver competências técnicas e operacionais, desde a montagem experimental até à recolha, tratamento e interpretação de dados.

A validação dos trabalhos práticos é realizada em ambiente laboratorial, onde cada grupo demonstra o funcionamento do sistema construído, apresenta os resultados obtidos e responde a questões individuais, garantindo assim o envolvimento ativo de todos os elementos. Esta vertente prática promove uma aprendizagem experencial e desenvolve a capacidade de trabalho em equipa, comunicação técnica e resolução de problemas.

A avaliação está igualmente alinhada com os objetivos da unidade curricular: a componente teórica é avaliada individualmente por exame escrito, permitindo aferir os conhecimentos adquiridos e a compreensão dos fundamentos; a componente prática é avaliada através de relatórios de grupo, apresentações e uma prova individual baseada em escolha múltipla com discussão, permitindo avaliar as competências práticas, a capacidade de análise crítica e a autonomia dos estudantes.

Deste modo, as metodologias de ensino e aprendizagem propostas promovem uma articulação coerente entre a aquisição de conhecimentos, o desenvolvimento de competências práticas e a consolidação de capacidades transversais, assegurando que os estudantes atinjam de forma equilibrada os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

15. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

The teaching methodologies of the course unit are designed to ensure a direct and effective alignment with the defined learning objectives. The theoretical and theoretical-practical sessions, held weekly for 3 hours, aim to provide a structured presentation of the syllabus content, a deeper understanding of the physical and technological foundations of optical and photonic technologies, and a discussion of their applications in engineering contexts. These sessions also include guided problem-solving activities, fostering the consolidation of theoretical knowledge and the development of critical thinking and analytical skills.

In parallel, the weekly 1.5-hour practical laboratory sessions offer students the opportunity to apply, in an experimental context, the concepts studied in the theoretical classes. The practical assignments, developed in groups, are carefully selected to reflect the topics covered, such as optical system alignment and assembly, position control using tip-tilt mirrors, beam analysis, optical simulations, free-space optical communication, and an introduction to instrumentation for quantum photonics. Each assignment is designed to allow students to develop technical and operational competencies, from experimental setup to data collection, processing, and interpretation.

The practical work is validated in the laboratory, where each group demonstrates the operation of their setup, presents their results, and answers individual questions, ensuring active participation from all members. This hands-on approach promotes experiential learning and fosters teamwork, technical communication, and problem-solving skills.

Assessment is also aligned with the learning objectives: the theoretical component is individually assessed through a written exam, verifying knowledge acquisition and understanding of the fundamentals; the practical component is assessed through group reports, presentations, and an individual multiple-choice test with oral discussion, allowing for the evaluation of practical skills, critical analysis, and student autonomy.

In this way, the proposed teaching and learning methodologies ensure a coherent articulation between knowledge acquisition, the development of practical skills, and the strengthening of transversal competences, ensuring that students achieve the learning objectives of the course unit in a balanced and integrated manner.

16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória Hecht, E. (2016). *Optics* (5th ed.). Pearson.

Yariv, A., & Yeh, P. (2007). *Photronics: Optical Electronics in Modern Communications* (6th ed.). Oxford University Press.

Stenzel, O. (2020). *Experimental Optics: Optics Laboratory with Matlab and Simulink*. Springer.

Fox, M. (2006). *Quantum Optics: An Introduction* (Oxford Master Series in Physics). Oxford University Press.

17. Observações

Unidade Curricular Opcional