

Ficha de Unidade Curricular –

1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).
Semiconductor Optics
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).
OPT
- 1.3. **Duração¹** (100 carateres).
Semestral
- 1.4. **Horas de trabalho²** (100 carateres).
162
- 1.5. **Horas de contacto³** (100 carateres).
T=30, TP=15; PL=22.5, Total=67.5
- 1.6. **ECTS** (100 carateres).
6
- 1.7. **Observações⁴** (1.000 carateres).
Obrigatoria;
- 1.7. **Remarks** (1.000 carateres).
Mandatory

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres). Alessandro Fantoni; 37.5

3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres). A ser nomeado; 30

4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes). (1.000 carateres).

- Conhecer a optica dos pontos de vista complementares de fenomenologia experimental, histórico e de aplicações contemporâneos, abordando propagação de raios ópticos, reflexão e transmissão, refração e absorção, polarização e difração, dispersão e interferência.
- Conhecer conceitos e relações quantitativas da optica geométrica, incluindo temáticas de colimação, focagem, e formação de imagens, e da optica ondulatória, incluindo resolução espacial e espectral
- Conhecer práticas e técnicas da utilização e integração de componentes e módulos baseados na optica geométrica em sistemas e instrumentos ópticos, incluindo a formação de imagens em instrumentos ópticos avançados, e a utilização de aparelhos refrativos e interferómetros.
- Adquirir a competência para planear, desenvolver, implementar, analisar e testar experimentalmente, em ambiente de laboratório, componentes, módulos, e sistemas ópticos.
- Adquirir a competência de utilizar de modo eficiente ferramentas computacionais (incluindo aplicações de ray tracing) no planeamento e desenvolvimento de sistemas ou instrumentos ópticos;
- 1. Preparar os estudantes para o estudo e a análise dos fenómenos óticos baseados na interação luz-matéria. Os alunos devem no fim do semestre ter adquirido competência na área dos dispositivos semicondutores baseados nos fenómenos de absorção, transmissão, amplificação da radiação luminosa.
- 2. Os materiais alvo deste curso são os mais relevantes do ponto de vista da industria (Si, SiN, III-IV, SiO₂ e outros óxidos transparentes) bem como os materiais mais promissores como o grafeno e outros matérias 2D.
- 3. Os sistemas fotovoltaicos e as células solares são tomadas como exemplo de aplicação.

4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students). (1.000 characters).

- Gain knowledge of optics from complementary viewpoints of experimental phenomenology, history, and from contemporary applications, including optical ray propagation, reflection and transmission, refraction and absorption, polarization and diffraction, dispersion and interference.
- Gain knowledge of concepts and quantitative relations of geometrical optics, including thematics of collimation, focussing, and image formation in geometrical optics and spatial and spectral resolution in wave optics
- Gain knowledge of good practice and technics of use and integration of geometrical optics based components and moduls into systems and optical instruments, and the utilization of refractive instruments and interferómers.
- Gain competences and abilities in planning, developping, implementing, analyzing and testing experimentally, in laboratory environment, optical componentes, moduls and systems.
- Gain competence in using in a eficiente way computational tools (including ray tracing applications) in the planning and development of optical systems and instruments;
- Prepare students for the study and analysis of optical phenomena based on light-matter interaction. Students should by the end of the semester have acquired competence in the area of semiconductor devices based on the phenomena of absorption, transmission, amplification of light radiation.
- The target materials of this course are the most industrially relevant ones (Si, SiN, III-IV, SiO₂ and other transparent oxides) as well as the most promising ones like graphene and other 2D materials.
- Photovoltaic systems and solar cells are taken as application examples.

5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).

- História da optica. Aplicações contemporâneos da optica.
- Fundamentos da optica geométrica. Propagação retilinea. Trajectórias de raios. Descrição matemática. Reflexão e Transmissão. Lei de Snell.
- Formação e tipos de imagens; espelhos planos; espelhos esféricos; superfícies esféricas de refração; lentes delgadas; instrumentos ópticos.
- Espectro de Luz. Refração e Absorção. Optical materials. Fenomenologia de dispersão, polarização, reflexão, interferência e difracção.
- O limite da óptica geométrica. Luz enquanto onda transversal. Leis de reflexão e refração. Equações de Fresnel. Princípio de Fermat.
- Experiência de interferência de Young; coerência; interferência a partir de filmes finos; interferómetro de Michelson; sifracção num única fenda; difracção numa abertura circular; redes de difracção; espalhamento
- Tipos de interferómetros e aplicações.
- Breves excursões pelo electromagnetismo, a relatividade restrita e a optica quântica.
- Interação Luz-Materia, a dualidade onda partícula. O efeito fotoelétrico.
- Propagação e absorção da luz num meio dielectrico e nos semicondutores, Absorção interbanda, o efeito fotoelétrico. Meios dispersivos, modelo de Drude Lorentz. A função dielétrica e o coeficiente de refração complexo.
- Celulas solares e paineis fotovoltaicos. A radiação solar, fisica das celulas solares, o efeito fotovoltaico, células solares de Silício, células solares de película fina (Thin-Film), células solares da 3ª geração, novos materiais e estruturas, desenvolvimento futuros, módulos fotovoltaicos, sistemas PV, eficiência e desempenho
- Estructuras quantum confined, quantum wells e quantum dots
- Optica não linear. Efeitos de segunda e terceira ordem. Geração de armonicas. Efeito Kerr, Efeito Pockel, dispositivos moduladores.

5. Syllabus (1.000 characters).

- History of optics. Contemporary applications of optics.
- Basics of geometrical optics. Rectilinear propagation. Light rays and trajectories. Mathematical description. Reflection and transmission at interfaces. Snellius law. Refraction and absorption. Optical materials. Spectrum of light. Refractive instruments.
- Image formation and classification. Plane mirrors and spherical mirrors. Spherical surfaces of refraction. Thin lenses. Optical instruments.
- Phenonenology of dispersion, polarization, reflection, interference and diffraction.
- The limit of geometrical optics. Light as transversal wave. Laws of reflection and refraction. Fresnel equations. Fermats principle.

- Youngs interference experimente. Coherence. Interference from thin films. Michelson interferometer. Single slit diffraction. Diffraction at circular aperture. Diffraction gratings. Scattering phenomena.
- Classification of interferometers and applications.
- Short excursions into electromagnetism, special relativity and quantum optics.
- Light-Matter interaction, particle-wave duality. The photoelectric effect.
- Light propagation and absorption in a dielectric medium and in semiconductors, interband absorption, the photoelectric effect. Dispersive media, Drude Lorentz model. The dielectric function and the complex refraction coefficient.
- Solar cells and photovoltaic panels. The solar radiation, physics of solar cells, the photovoltaic effect, silicon solar cells, thin-film solar cells, 3rd generation solar cells, new materials and structures, future development, Solar modules, PV systems, efficiency and performance
- Quantum confined structures, quantum wells and quantum dots
- Nonlinear optics. Second and third order effects. Generation of harmonics. Kerr effect, Pockel effect, modulator devices.

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (1.000 carateres).

- Os conteúdos programáticos abrangem a optica e instrumentos. Os alunos ganham competências em técnicas de instrumentação e medida e são iniciados na compreensão dos fenómenos opticos subjacentes ao funcionamento de instrumentos e tecnologias opticas.;
- Os conceitos teóricos são apresentados em aulas teórico-praticas, tendo em vista sempre as aplicações experimentais. Os dispositivos fotovoltaicos são tidos ao longo do semestre como caso de exemplo para contextualizar os diferentes materiais e efeitos físicos que são apresentados. Através das experiencias laboratoriais os alunos ganham contacto com as técnicas de caracterização dos materiais semicondutores e competência na utilização de software de simulação (como por exemplo Optiwave ou RSOFTE). Estes trabalhos são direcionados para a demonstração dos fenómenos físicos subjacentes ao funcionamento dos dispositivos.

6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1.000 characters).

- The syllabus covers optics and instruments. Students gain skills in instrumentation and measurement techniques and are initiated into understanding the optical phenomena underlying the operation of optical instruments and technologies.
- The theoretical concepts are presented in theoretical-practical classes, always having in mind experimental applications. Photovoltaic devices are used throughout the semester as case examples to contextualize the different materials and physical effects that are presented. Through the laboratory experiments students gain contact with the characterization techniques of semiconductor materials and competence in the use of simulation software (such as Optiwave or RSOFTE). This work is directed towards demonstrating the physical phenomena underlying the operation of the devices

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1.000 carateres).

- O ensino integra a apresentação da nova matéria. Elementos fundamentais são fichas com problemas, a resolução nas aulas, e aulas de laboratório. A avaliação das atividades laboratoriais baseia-se num regime de avaliação contínua e na discussão de um trabalho final. A avaliação teórica é realizada com base em 2 testes ou um exame final.

7. Teaching methodologies (including assessment) (1.000 characters).

- Teaching includes the presentation of new topics. Fundamental elements are exercise, the resolution in class, and lab classes. The evaluation of laboratory activities based on an assessment system continues and discussion of a final assignment. The assessment is carried out based on two tests or a final exam.

8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3.000 carateres).

Esta unidade curricular funciona com aulas de caracter teórico pratica, onde a matéria teórica é apresentada seguida de resolução de exemplos/problemas para consolidar os conhecimentos adquiridos. Paralelamente existem aulas de laboratório onde os alunos têm de realizar algumas experiências relacionadas com os conhecimentos lecionados nas aulas teóricas.

8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).

This curricular unit is based in theoretical practical classes, where the theoretical contents are presented followed by solving examples / problems to consolidate the knowledge acquired. In parallel there are laboratory classes where students have to carry out some experiments related to the knowledge obtained in theoretical classes.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 caracteres).

E. Hecht, "Óptica", Fundação Calouste Gulbenkian (1991)

SafaKasap, Peter Capper, Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials, Springer Science (2006)

Keigolizuka, ELEMENTS OF PHOTONICS, John Wiley & Sons, Inc (2002)

Claus Klingshirn, Semiconductor Optics, Springer Verlag (2005)

¹ Anual, semestral, trimestral, ...

² Número total de horas de trabalho.

³ Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T - Ensino teórico; TP - Ensino teórico-prático; PL - Ensino prático e laboratorial; TC - Trabalho de campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação tutorial; O - Outro).

⁴ Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.