

## **Mapa IV - Campos e Ondas Electromagnéticas**

### **4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Campos e Ondas Electromagnéticas

### **4.4.1.1. Title of curricular unit:**

Electromagnetic Fields and Waves

### **4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

FIS

### **4.4.1.3. Duração:**

semestre

### **4.4.1.4. Horas de trabalho:**

162

### **4.4.1.5. Horas de contacto:**

T:45; TP:16,5; PL: 6

### **4.4.1.6. ECTS:**

6

### **4.4.1.7. Observações**

<sem resposta>

### **4.4.1.7. Observations:**

<no answer>

### **4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):**

António Manuel Carreiras Casaca, 67,5

### **4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:**

<sem resposta>

### **4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

1. Conhecer as leis fundamentais que regem os campos eléctricos e magnéticos e a sua propagação no espaço e na matéria sob a forma de ondas electromagnéticas. 2. Analisar e resolver problemas envolvendo campos electromagnéticos e ondas electromagnéticas, aplicando os fundamentos teóricos aprendidos. 3. Interpretar e tratar os dados adquiridos em experiências laboratoriais exemplificativas das leis do Electromagnetismo.

(1000 caracteres)

#### **4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

1. To know the laws that rule electric and magnetic fields and their propagation in space and matter as electromagnetic waves. 2. To solve and analyse problems related to electric and magnetic fields and to electromagnetic radiation, by applying the acquired theoretical concepts and laws. 3. To interpret and analyse the experimental data obtained in laboratory, exemplifying electromagnetic laws and phenomena.

#### **4.4.5. Conteúdos programáticos**

1. Electrostática. Campo electrostático gerado por cargas pontuais ou por distribuições contínuas de carga eléctrica. O potencial electrostático. O dipolo eléctrico e expansões multipolares. Trabalho e energia potencial electrostática. Campo eléctrico na matéria. Polarização eléctrica. Dieléctricos. Condutores, semicondutores e supercondutores. Condensadores cerâmicos e condensadores electrolíticos. 2. Magnetostática. Vector indução magnética. Lei de Biot-Savart. Lei de Ampère. Força de Lorentz e força magnética sobre condutores. Campo magnético na matéria. Magnetização e vector campo magnético. Diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo. Energia armazenada no campo magnético: teoria e aplicações. 3. Equações de Maxwell. Lei de Faraday-Lenz. Coeficientes de auto-indução e de indução mútua. 4. Ondas electromagnéticas. Propagação da radiação electromagnética no vácuo e na matéria. Ondas electromagnéticas planas, esféricas e cilíndricas. Energia das ondas electromagnéticas e vector de Poynting. Polarização das ondas electromagnéticas. Reflexão e transmissão. Atenuação das ondas electromagnéticas em meios dispersivos. 5. A física do smartphone.  
(1000 carateres)

#### **4.4.5. Syllabus:**

1. Electrostatics. Electrostatic field of point charges and continuous charge distributions. Electrostatic potential. Electric dipole and multipole expansions. Electrostatic energy. Electrostatic field in matter. Electric polarization. Insulators. Conductors, semiconductors and superconductors. Ceramic and electrolytic capacitors. 2. Magnetostatics. Biot-Savart's law and Ampère's law. Magnetic force on a point charge and on a current-carrying conductor. Magnetic field in matter. Magnetization and magnetic field vector. Diamagnetism, paramagnetism and ferromagnetism. Magnetic energy: theory and applications. 3. Maxwell's equations. Faraday's law and Lenz's law. Inductance and mutual induction coefficients. 4. Electromagnetic waves. Electromagnetic waves' propagation in space and matter. Planar, cylindrical and spherical electromagnetic waves. Electromagnetic waves' energy and Poynting vector. Polarization of electromagnetic waves. Reflection and transmission. Attenuation of electromagnetic waves in dispersive media. 5. The physics of smartphones.

#### **4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular**

O programa permite aos alunos apreender os conceitos e leis fundamentais do Electromagnetismo, aplicando-os na resolução de problemas conceptuais clássicos e de problemas práticos que envolvam a produção de campos electromagnéticos e a sua aplicação em dispositivos. O programa segue os critérios utilizados internacionalmente

em unidades curriculares análogas. As aulas teórico-práticas são sempre acompanhadas por vários exemplos cuja análise promove a discussão em sala de aula e a mais fácil assimilação da teoria bem como a sua ligação a outras unidades curriculares da Licenciatura em Engenharia Física Aplicada. A realização dos exercícios propostos nas séries de problemas permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma larga variedade de situações práticas.

(1000 carateres)

#### **4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

The program allows the students to apprehend the basic laws and concepts of Electromagnetism, envisaging their application in solving classic conceptual problems, as well as practical problems involving the generation of electromagnetic fields and its application to devices. The program follows well established criteria for curricular units with similar objectives and content. The resolution of exercises and the use of practical examples in the theoretical lessons promotes an easier understanding of the theoretical concepts and relates these to other subjects of the degree.

#### **4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída)**

As aulas da disciplina dividem-se em aulas teórico-práticas e aulas práticas laboratoriais. As aulas teórico-práticas terão uma parte expositiva com recurso aos meios audiovisuais disponíveis (acetatos, powerpoint, etc.), sendo apresentados exemplos práticos de aplicação dos conceitos teóricos expostos; a outra parte das aulas será dedicada à resolução de exercícios. As aulas laboratoriais destinam-se à realização, pelos alunos, de 4 experiências que permitem testar e demonstrar os conceitos e leis do Electromagnetismo aprendidos nas aulas teóricas. A avaliação tem uma componente teórica, com o peso de 3/4 da nota final e uma componente laboratorial, com o peso de 1/4 da nota final. A nota teórica é obtida mediante a realização de dois testes durante o período lectivo ou de um exame final. A nota laboratorial é obtida pela média das notas obtidas nos relatórios dos trabalhos laboratoriais. A aprovação na disciplina implica a obtenção da nota mínima de 10 valores nas componentes teórica e laboratorial, não podendo a nota de qualquer dos testes ou relatórios ser inferior a 8 valores.

(1000 carateres)

#### **4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):**

The course is divided in theoretical lessons and practical lessons in laboratory. The theoretical lessons have two parts: one for the presentation of the theoretical concepts, using data shows and other available media, practical examples being presented; the other part is used for the resolution of exercises. The practical lessons are used by the students to perform four laboratory activities in order to test and demonstrate the laws and concepts of Electromagnetism. The final grade has a theoretical component, worth three-quarters of the grade, and a laboratory component, worth one-quarter of the grade. The theoretical component is evaluated by performing two written tests during the teaching term or a final exam. The laboratory component is obtained as the average of the marks obtained in the four laboratory reports. The success in the course is achieved by obtaining a minimum

grade of 10 in the theoretical and laboratory components, while none of the tests or reports may obtain a mark lower than 8.

#### **4.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular**

A realização de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos de forma operativa. A exposição frequente de exemplos práticos permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. A realização das actividades laboratoriais permite aos alunos verificar a validade dos conceitos teóricos aprendidos. A utilização de equipamentos e dispositivos laboratoriais com diferentes configurações promove a discussão das dificuldades técnicas inerentes a qualquer processo de medição, permitindo aos alunos aplicar conhecimentos aprendidos noutras unidades curriculares ou adquiridos extracurricularmente. A elaboração dos relatórios das actividades laboratoriais treina os alunos para o uso de ferramentas informáticas de cálculo e para o tratamento rigoroso e crítico de dados experimentais.

(3000 carateres)

#### **4.4.8. Evidence of the coherence between the teaching methodologies and the intended learning outcomes:**

Solving exercises will allow the students to strengthen their theoretical knowledge acquisition in an operative way. The frequent use of real world examples will trigger the students' interest and will contextualize the learned matters in the more general framework of their degree. The laboratory activities allow the students to test and validate the acquired theoretical concepts. The use of diversified laboratory equipment promotes the discussion on the technical difficulties inherent to any measuring process, enabling the students to apply knowledge acquired in other courses or in extracurricular activities. The laboratory reports' preparation will promote the use of calculus software as well as a critical and rigorous treatment of experimental data.

#### **4.4.9. Bibliografia principal:**

1. J. Loureiro, Eletromagnetismo e Ótica, 1ª edição, IST Press, Lisboa, 2019.
2. D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, Fundamentos de Física – Volume 3, 10ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2016.
3. A. B. Henriques e J. C. Romão, "Electromagnetismo", 1ª edição, IST Press, Lisboa, 2006.
4. P. Lorrain, D. Corson e F. Lorrain, "Campos e Ondas Electromagnéticas", 3ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2000.
5. D. J. Griffiths, "Introduction to Electrodynamics", 3rd edition, Prentice-Hall, New Jersey, 1999.
6. R. K. Wangsness, "Electromagnetic Fields", 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, 1986.

(1000 carateres)