

NCE/19/1901045 — Apresentação do pedido - Novo ciclo de estudos

1. Caracterização geral do ciclo de estudos

1.1. Instituição de Ensino Superior:

Universidade Nova De Lisboa

1.1.a. Outra(s) Instituição(ões) de Ensino Superior (proposta em associação):

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):

Faculdade De Ciências E Tecnologia (UNL)

1.2.a. Outra(s) unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.) (proposta em associação):

1.3. Designação do ciclo de estudos:

Engenharia Física

1.3. Study programme:

Engineering Physics

1.4. Grau:

Mestre

1.5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

Engenharia Física

1.5. Main scientific area of the study programme:

Engineering Physics

1.6.1 Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):

529

1.6.2 Classificação CNAEF – segunda área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:

441

1.6.3 Classificação CNAEF – terceira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:

<sem resposta>

1.7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:

120

1.8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto):

2 anos (4 semestres)

1.8. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, March 24th, as written in the DL no. 65/2018, of August 16th):

2 years (4 semesters)

1.9. Número máximo de admissões:

40

1.10. Condições específicas de ingresso.

Os candidatos admitidos a concurso serão seriados pela comissão científica do curso, tendo em conta os seguintes critérios:

Critérios de seriação:

- 1. Classificação do curso;*
- 2. Currículo académico e científico;*
- 3. Currículo profissional;*
- 4. Eventual entrevista.*

Nos casos dos candidatos cuja formação de 1º ciclo seja considerada como não correspondendo às competências necessárias para a formação a que se candidatam, poderá o júri de seleção excluir o candidato ou propôr a admissão condicionada à frequência e aprovação num conjunto de unidades curriculares propedêuticas. O conjunto de UC propedêuticas nunca poderá exceder os 30 ECTS e a aprovação nas mesmas condicionará a conclusão do curso. As classificações obtidas nestas UC não serão contabilizadas para a classificação final do curso.

1.10. Specific entry requirements.

Admitted candidates will be ranked by the scientific committee of the course, taking into account the following criteria:

Ranking criteria:

- 1. Classification of the course;*
- 2. Academic and scientific curriculum;*
- 3. Professional curriculum;*
- 4. Eventual interview.*

In the case of candidates whose 1st cycle training is considered not to correspond to the skills required for the training they are applying for, the selection jury may exclude the candidate or propose admission subject to attendance and approval in a set of propaedeutic course units. The set of propaedeutic UC can never exceed 30 ECTS and their approval will condition the conclusion of the course. The marks obtained in these UC will not be counted towards the final classification of the course.

1.11. Regime de funcionamento.

Diurno

1.11.1. Se outro, especifique:

-

1.11.1. If other, specify:

-

1.12. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

1.12. Premises where the study programme will be lectured:

Campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

1.13. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional, publicado em Diário da República (PDF, máx. 500kB):

[1.13_Reg.459-2020_creditação de competencias_11-05-2020.pdf](#)

1.14. Observações:

Este curso resulta da uma reformulação do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Física imposta pelo Decreto-Lei n.º 65/2018 de 16 de agosto. Salvaguardando as adaptações necessárias, trata-se da adequação a um curso de Licenciatura e um outro de Mestrado.

Propõe-se um aumento do anterior número máximo de 25 admissões para o MIEF, face à elevada procura dos últimos anos (c.f. 9.2) e justificado ao abrigo do Despacho n.º 5036-A/2018 do Gabinete do Ministro da Ciência Tecnologia e Ensino Superior, publicado em DR n.º 97/21, maio 2018. Trata-se de um ciclo de estudos na área da Física, área para a qual esse Despacho estimula que se privilegie uma afetação de vagas que conduza a um aumento de oferta formativa e número de ciclos de estudo. Nesse mesmo despacho pode ler-se no artigo 18.º que os limites máximos de vagas que em 2018 sofreram uma redução de 5% (n.ºs 1 e 2 do artigo 5.º) podem ser ultrapassados por todas instituições de ensino superior (nomeadamente em Lisboa) quando isso suceda em virtude do aumento de vagas em ciclos de estudos da área da Física.

O público-alvo para admissão neste curso são essencialmente os estudantes que terminam uma licenciatura em Engenharia Física (ou afim) e que procuram uma formação avançada em ciências e tecnologia com uma base reforçada de Física, que se adequa às necessidades do mercado de trabalho em ciência e tecnologia. Esta formação dota os alunos de fortes competências analíticas e de projeto nas questões que envolvem a física moderna, a instrumentação e a transferência de tecnologia.

Acredita-se que a proposta aqui apresentada, além de adequar a separação dos ciclos de estudo, oferece aos

potenciais candidatos uma formação ainda mais atraente na área da engenharia física, atualizada e oportuna à sustentada necessidade de profissionais de engenharia com bases sólidas.

O curso de Mestrado fornece conhecimentos altamente especializados que sustentam a capacidade de reflexão original e ou investigação com consciência crítica das questões relativas a questões transversais ligadas à Física, e em particular à Física Moderna. O objetivo é formar Engenheiros de conceção habilitados a desenvolver atividades de projeto, liderança, e inovação, eventualmente em contexto de investigação. Este objetivo está alinhado com o projeto educativo, científico e cultural da Escola. É uma aposta estratégica desta escola que continua a contribuir decisivamente para o desenvolvimento da educação avançada, investigação científica e inovação em Engenharia Física, como Escola pioneira na área em Portugal.

1.14. Observations:

This course results from a reformulation of the Integrated Master's course in Physics Engineering imposed by Decree-Law No. 65/2018 of 16 August. Safeguarding the necessary adaptations, it is about adapting to a Bachelor's degree and another Master's degree.

It is proposed to increase the previous maximum number of 25 admissions to the MIEF, in view of the high demand of recent years (cf 9.2) and justified under Order No. 5036-A / 2018 of the Office of the Minister for Science, Technology and Education Superior, published in DR n° 97/21 May 2018. This is a cycle of studies in the area of Physics, an area for which this Order encourages the allocation of vacancies that leads to an increase in the number of courses offered and the number of study cycles. In that same order it can be read in article 18 that the maximum vacancy limits that in 2018 suffered a 5% reduction (paragraphs 1 and 2 of article 5) can be exceeded by all higher education institutions (namely in Lisbon) when this happens due to the increase of vacancies in study cycles in the area of Physics.

The target audience for admission to this course are essentially students who finish a degree in Physics Engineering (or the like) and who are looking for advanced training in science and technology with a reinforced Physics base, which suits the needs of the job market in science and technology. This training endows students with strong analytical and design skills on issues involving modern physics, instrumentation and technology transfer.

It is believed that the proposal presented here, in addition to adapting the separation of study cycles, offers potential candidates even more attractive training in the field of physics engineering, updated and timely to the sustained need for engineering professionals with solid bases.

The Master's course provides highly specialized knowledge that supports the capacity for original reflection and / or research with critical awareness of issues related to cross-cutting issues related to Physics, and in particular to Modern Physics. The objective is to train Design Engineers qualified to develop project, leadership, and innovation activities, possibly in the context of research. This objective is in line with the School's educational, scientific and cultural project. It is a strategic bet of this school that continues to contribute decisively to the development of advanced education, scientific research and innovation in Physics Engineering, as a pioneer school in the area in Portugal.

2. Formalização do Pedido

Mapa I - Aprovação pelo Reitor da NOVA, ouvido o Colégio de Diretores

2.1.1. Órgão ouvido:

Aprovação pelo Reitor da NOVA, ouvido o Colégio de Diretores

2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[2.1.2._Despachos Reitorais adaptacao assinados pelo Reitor_08-05-2020 10_MEF.pdf](#)

Mapa I - Conselho Científico da FCT NOVA

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Científico da FCT NOVA

2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[2.1.2._Dec_CC_MEF.pdf](#)

Mapa I - Conselho Pedagógico da FCT NOVA

2.1.1. Órgão ouvido:

Conselho Pedagógico da FCT NOVA

2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[2.1.2._Dec_CP_MEF.pdf](#)

Mapa I - Plano de Creditação do Mestrado Integrado em Engenharia Física

2.1.1. Órgão ouvido:

Plano de Creditação do Mestrado Integrado em Engenharia Física

2.1.2. Cópia de ata (ou extrato de ata) ou deliberação deste órgão assinada e datada (PDF, máx. 100kB):

[2.1.2._Plano de Creditação_MIEF.pdf](#)

3. Âmbito e objetivos do ciclo de estudos. Adequação ao projeto educativo, científico e cultural da instituição

3.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

O Mestrado proposto proporciona aos estudantes a oportunidade de tomar conhecimento com questões associadas à aplicação da física moderna em aplicações tecnológicas. Este ciclo de estudos está estruturado no sentido de:

- *fornecer as competências e conhecimentos específicos avançados ao exercício de uma profissão de engenharia transversal, com ênfase na física moderna;*
- *estimular a compreensão dos conceitos, sua aplicação e análise;*
- *promover o desenvolvimento de uma postura crítica e de autonomia criativa na área de conhecimento do curso;*
- *fornecer a indispensável articulação entre os conhecimentos adquiridos e as necessidades do mercado de trabalho;*
- *fomentar as capacidades de trabalho de equipa, liderança e empreendedorismo.*

A lecionação é feita numa perspetiva CTS-A (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), no sentido de formar os profissionais do futuro preocupados com o desenvolvimento sustentável do planeta.

3.1. The study programme's generic objectives:

The proposed Master's degree provides students with the opportunity to learn about issues associated with the application of modern physics in technological applications. This cycle of studies is structured to:

- *provide the skills and specific knowledge advanced to the exercise of a transversal engineering profession, with an emphasis on modern physics;*
- *encourage understanding of concepts, their application and analysis;*
- *promote the development of a critical attitude and creative autonomy in the area of knowledge of the course;*
- *provide the indispensable link between the knowledge acquired and the needs of the labor market;*
- *foster the skills of teamwork, leadership and entrepreneurship.*

The teaching is done in a CTS-A (Science, Technology, Society and Environment) perspective, in order to train professionals of the future concerned with the sustainable development of the planet.

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

O Engenheiro Físico é um profissional que atua no domínio da Física e da Engenharia, particularmente nas áreas da física moderna e de grande impacto tecnológico. As valências adquiridas pelo Engenheiro Físico proporcionam-lhe as seguintes capacidades:

- *Conceber soluções através da aplicação do conhecimento técnico e científico para a planificação, construção, utilização e manutenção de estruturas, máquinas e sistemas para o benefício da sociedade;*^{[L1][SEP]}
- *Projetar e conduzir experiências científicas e interpretar os respetivos resultados;*^{[L1][SEP]}
- *Aplicar conhecimentos científicos, matemáticos e tecnológicos na investigação e no processo de engenharia aplicado à deteção e resolução de problemas;*^{[L1][SEP]}
- *Avaliar a operação e a manutenção de sistemas, o impacto das atividades de engenharia no contexto social e ambiental e a viabilidade económica de projetos de engenharia;*^{[L1][SEP]}
- *Comunicar transversalmente com as outras engenharias.*

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

The Physics Engineer is a professional who works in the field of Physics and Engineering, particularly in the areas of modern physics and of great technological impact. The skills acquired by the Physics Engineer provide you with the following capabilities:

- *Conceive solutions through the application of technical and scientific knowledge for the planning, construction, use and maintenance of structures, machines and systems for the benefit of society;*
- *Design and conduct scientific experiments and interpret the respective results;*
- *Apply scientific, mathematical and technological knowledge in research and in the engineering process applied to the detection and resolution of problems;*
- *Assess the operation and maintenance of systems, the impact of engineering activities in the social and environmental context and the economic viability of engineering projects;*
- *Communicate across the board with other engineering departments.*

3.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa, face à missão institucional e, designadamente, ao projeto educativo, científico e cultural da instituição:

A FCT Nova é uma instituição universitária dirigida às áreas de Ciência e de Engenharia, que discrimina na sua missão e estratégia:

a) Uma investigação competitiva no plano internacional, privilegiando áreas interdisciplinares, incluindo a investigação

orientada para a resolução de problemas que afetam a sociedade

b) Um ensino de excelência, com uma ênfase crescente na investigação realizada

Este novo ciclo de estudos resulta da adequação de ciclo de estudos por imposição do Decreto-Lei ° 65/2018 de 16 de Agosto, em que o Mestrado Integrado em Engenharia Física (MIEF) não podendo continuar no seu atual formato dá origem a um curso de Licenciatura (3 anos, 180 ECTS) e um de Mestrado (2 anos, 120 ECTS)

O curso proposto assenta numa área claramente interdisciplinar, com base na física moderna, e de extrema importância para o desenvolvimento científico-tecnológico. Sendo um curso na área de Física é ainda salvaguardado pelo Despacho n.º 5036-A/2018 do Gabinete do Ministro da Ciência Tecnologia e Ensino Superior, publicado em DR n.º 97/21 maio 2018 que exclui esta área quando determina a redução do número máximo de vagas a fixar pelas instituições de ensino superior públicas sediadas em Lisboa e Porto.

A estrutura curricular do Mestrado foi elaborada tendo em vista uma formação avançada em tópicos da Engenharia Física. A FCT NOVA pretende afirmar-se a médio prazo como uma Research University e nesse sentido este MEF, apoiando-se essencialmente na investigação realizada nos centros de investigação LIBPhys-UNL e CEFITEC, irá contribuir para este desígnio e para um ensino de elevada qualidade. Nesse sentido contribuem também diversas parcerias/colaborações que o Departamento possui a nível nacional e internacional. Será usada uma abordagem de formação interdisciplinar para a solução de problemas tecnológicos diversos e para o desenvolvimento da fronteira do conhecimento, com o desenvolvimento de competências transversais decorrentes da estratégia do “Perfil Curricular FCT”. As sinergias recomendadas pela A3ES com outras Engenharias da FCT NOVA em áreas afins (materiais, nanotecnologia, biomédicas) são visíveis não só em UC partilhadas, mas também no acolhimento de alunos para Dissertações transversais. As parcerias com entidades externas, nomeadamente com a indústria nacional, assinaladas como deficientes nas anteriores avaliações (A3ES e EUR-ACE) têm vindo a crescer, havendo já dezenas de protocolos celebrados que abrigam teses de mestrado em empresas de serviços e em indústria nacional. O curso de Mestrado está dividido em 4 semestres, sendo que o 4º semestre é dedicado exclusivamente à realização da Dissertação. Este ciclo tem apenas ligeiras diferenças relativamente ao 2º ciclo do MI. As UC de especialidade previamente existentes integram agora um bloco designado “EF”. Nesse bloco acrescentar-se-ão outras que se revelem pertinentes e atuais, por forma a permitir distinguir diferentes perfis de identidade mais vincada, como recomendado pelos avaliadores (EUR-ACE).

3.3. Insertion of the study programme in the institutional educational offer strategy, in light of the mission of the institution and its educational, scientific and cultural project:

FCT Nova is a university institution aimed at the areas of Science and Engineering, which discriminates in its mission and strategy:

- a) Competitive research at the international level, favoring interdisciplinary areas, including research aimed at solving problems that affect society;*
- b) Excellent teaching, with an increasing emphasis on the research carried out;*

This new cycle of studies results from the adaptation of the cycle of studies by the imposition of Decree-Law No. 65/2018 of 16 August, in which the Integrated Master in Physical Engineering (MIEF) cannot continue in its current format, giving rise to a course Degree (3 years, 180 ECTS) and one Master's (2 years, 120 ECTS).

The proposed course is based on a clearly interdisciplinary area, based on modern physics, and of extreme importance for scientific and technological development. Being a course in the area of Physics, it is also safeguarded by Order No. 5036-A / 2018 of the Office of the Minister of Science, Technology and Higher Education, published in DR No. 97/21 May 2018, which excludes this area when it determines the reduction of the number maximum number of vacancies to be established by public higher education institutions based in Lisbon and Porto.

The curricular structure of the Master was designed with a view to advanced training in topics of Physical Engineering. FCT NOVA intends to assert itself in the medium term as a Research University and in this sense this MEF, relying essentially on the research carried out in the research centers LIBPhys-UNL and CEFITEC, will contribute to this purpose and to a high quality teaching. In this sense also contribute several partnerships / collaborations that the Department has at national and international level. An interdisciplinary training approach will be used to solve various technological problems and for the development of the knowledge frontier, with the development of transversal skills resulting from the “FCT Curricular Profile” strategy.

The synergies recommended by A3ES with other FCT NOVA Engineering in related areas (materials, nanotechnology, biomedical) are visible not only in shared UC, but also in welcoming students for transversal dissertations. Partnerships with external entities, namely with the national industry, identified as deficient in the previous evaluations (A3ES and EUR-ACE) have been growing, with dozens of protocols already concluded that house master's theses in service companies and in national industry.

The Master's course is divided into 4 semesters, with the 4th semester dedicated exclusively to the completion of the Dissertation. This cycle has only slight differences from the 2nd cycle of MI. The previously existing specialty UC now integrate a block called “EF”. In this block, others will be added that prove to be pertinent and current, in order to allow to distinguish different profiles of more marked identity, as recommended by the evaluators (EUR-ACE).

4. Desenvolvimento curricular

4.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a preencher apenas quando aplicável)

4.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (a

preencher apenas quando aplicável) / Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation (if applicable)

Ramos, opções, perfis, maior/menor ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura: **Branches, options, profiles, major/minor or other forms of organisation:**

<sem resposta>

4.2. Estrutura curricular (a repetir para cada um dos percursos alternativos)

Mapa II -

4.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

4.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

4.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits necessary for awarding the degree

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos optativos* / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Física / Physics	F	0	6	
Engenharia Física / Engineering Physics	EF	60	36	
Engenharia Mecânica / Mechanical Engineering	EMc	3	0	
Micro e Nanotecnologias // Micro and Nanotechnologies	MNt	6	0	
Completências Complementares / Transferable Skills	CC	3	0	
Qualquer Área Científica / Any Scientific Area	QAC	0	6	
(6 Items)		72	48	

4.3 Plano de estudos

Mapa III - - 1.º Ano / 1st Year

4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):

4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1.º Ano / 1st Year

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Instrumentação Analógica / Analog Instrumentation	EF	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:42	6	
Opção I / Option I	F	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	Optativa / Optional
Opção II A / Option II A	EF	Semestre 1/Semester1	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	Optativa / Optional
Opção II B / Option II B	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida /	3	Optativa / Optional

Opção II C / Option II C	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Opção II D / Option II D	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Opção II E / Option II E	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Empreendedorismo / Entrepreneurship	CC	Trimestre 2/Quarter2	80	TP:45	3	
Ensaio Destrutivos e não Destrutivos / Destructive and Nondestructive Testing	EMc	Semestre 2/Semester2	84	TP:28	3	
Instrumentação Digital / Digital Instrumentation	EF	Semestre 2/Semester2	168	T:14; PL:56	6	
Microeletrónica / Microelectronics	MNt	Semestre 2/Semester2	168	TP:28; PL:28	6	
Simulação e Modelação Computacional em Engenharia Física / Computational Modelling and Simulation in Engineering Physics	EF	Semestre 2/Semester2	168	TP:42	6	
Unidade Curricular do Bloco Livre B / Unrestricted Elective B	QAC	Semestre 2/Semester2	168	depende da UC escolhida / dependent of choice	6	Optativa / Optional

(13 Items)**Mapa III - - 1.º Ano - Grupo de Opções I / 1st Year - Option Group I****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***1.º Ano - Grupo de Opções I / 1st Year - Option Group I***4.3.3 Plano de Estudos / Study plan**

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Eletromagnetismo Avançado / Advanced Electromagnetism	F	Semestre 1/Semester1	84	TP:35	3	O aluno deve realizar 6 ECTS nestas ou noutras UC da mesma área aprovadas em Conselho Científico
Física Atómica Avançada / Advanced Atomic Physics	F	Semestre 1/Semester1	84	T:14; PL:21	3	Students must perform 6 ECTS in these or other UC same area approved by the Scientific Council
Física Molecular Avançada / Advanced Molecular Physics	F	Semestre 1/Semester1	84	T:14; PL:21	3	Optativa / Optional

(3 Items)**Mapa III - - 2.º Ano / 2nd Year****4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2.º Ano / 2nd Year*

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opção III A / Option III A	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Opção III B / Option III B	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Opção III C / Option III C	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Opção III D / Option III D	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Opção III E / Option III E	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Opção III F / Option III F	EF	Semestre 1/Semester1	84	depende da UC escolhida / dependent of choice	3	Optativa / Optional
Aplicações Avançadas de Instrumentação / Advanced Instrumentation Applications	EF	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:28	6	
Preparação da Dissertação / Master Thesis Preparation	EF	Semestre 1/Semester1	168	S:28; OT:14	6	
Dissertação em Engenharia Física / Master Thesis in Physics Engineering	EF	Semestre 2/Semester2	840	OT: 30	30	

(9 Items)

Mapa III - - 1.º e 2.º Ano - Grupo de Opções II e III / 1st and 2nd Year - Option Group II and III**4.3.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):****4.3.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable):****4.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

1.º e 2.º Ano - Grupo de Opções II e III / 1st and 2nd Year - Option Group II and III

4.3.3 Plano de Estudos / Study plan

Unidade Curricular / Curricular Unit	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Análise de Superfícies / Surface Analysis	EF	Semestre 1/Semester1	84	TP:28	3	O aluno deve realizar 36 ECTS nestas ou noutras UC da mesma área aprovadas em Conselho Científico
Criogenia / Cryogenics	EF	Semestre 1/Semester1	84	TP:28	3	Students must perform 36 ECTS in these or other UC same area approved by the Scientific Council
Física dos Novos Materiais / Physics of the New Materials	EF	Semestre 1/Semester1	84	TP:28	3	Optativa / Optional
Física Nuclear Aplicada / Applied Nuclear Physics	EF	Semestre 1/Semester1	84	TP:28	3	Optativa / Optional
Fotónica / Photonics	EF	Semestre 1/Semester1	84	PL:28	3	Optativa / Optional
Lasers / Lasers	EF	Semestre 1/Semester1	84	T:14; PL:14	3	Optativa / Optional
Nanofísica / Nanophysics	EF	Semestre 1/Semester1	84	T:14; PL:14	3	Optativa / Optional
Ótica não-linear / Nonlinear Optics	EF	Semestre 1/Semester1	84	TP:28	3	Optativa / Optional
Radiação no Espaço / Space Radiation	EF	Semestre 1/Semester1	84	TP:28	3	Optativa / Optional
Técnicas de Espectroscopia / Spectroscopic Techniques	EF	Semestre 1/Semester1	84	TP:28	3	Optativa / Optional

Técnicas Experimentais de Física Molecular / Experimental Techniques on Molecular Physics	EF	Semestre 1/Semester1	84	TP:28	3	Optativa / Optional
Tecnologia de Superfícies e Interfaces / Technology of Surfaces and Interfaces	EF	Semestre 1/Semester1	84	PL:28	3	Optativa / Optional
Tecnologia de Vácuo e de Partículas Carregadas / Vacuum Technology and Charged Particles	EF	Semestre 1/Semester1	168	T:28; PL:28	6	Optativa / Optional

(13 Items)

4.4. Unidades Curriculares

Mapa IV - Instrumentação Analógica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Instrumentação Analógica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Analog Instrumentation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:28; PL:42

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):

Orlando Manuel Neves Duarte Teodoro - T:28h; PL:42h

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):

Pretende-se que o estudante

- 1. Consolide os conhecimentos de eletrónica já adquiridos sendo capaz de ensaiar e aperfeiçoar circuitos eletrónicos em geral.*
- 2. Adquiram competências que lhes permitam realizar projetos de equipamentos e dispositivos electrónicos.*

A ênfase será em aspectos práticos diretamente relacionados com o projeto e dimensionamento de circuitos eletrónicos.

Por este motivo, esta disciplina será primariamente uma disciplina de "mãos na massa" (hands-on) onde os alunos irão adquirir competências que lhes permitam projetar e ensaiar circuitos eletrónicos que funcionem em conformidade com o seu objetivo!

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

It is intended that the student should:

1. Consolidate the knowledge already acquired in electronics being able to test and develop electronic circuits in general.
2. Acquire new skills to design analog electronic equipment and devices.

The emphasis will be on practical aspects directly related to the project and design of electronic circuits.

For this reason, this course is primarily "hands-on" course where students will acquire skills to design and test electronic circuits operating in accordance with its purpose!

4.4.5. Conteúdos programáticos:

O programa será desenvolvido em torno de trabalhos práticos selecionados.

Os trabalhos serão antecipadamente expostos em sala de aula recapitulando o devido enquadramento teórico bem como aspectos práticos de dimensionamento.

Em laboratório, os alunos procederão ao dimensionamento, simulação e ensaio em breadboard.

1. Visualização e geração de sinais, osciladores, circuitos integradores diferenciadores e modulação. (3 aulas)
2. Amplificadores de instrumentação; o Lock-in. (4 aulas)

O projeto será escolhido pelos estudantes entre os seguintes temas

- 1- Aquisição de sinais cardíacos
- 2- Suspensão magnética

Durante o semestre serão fornecidos mais detalhes sobre os projetos.

4.4.5. Syllabus:

The program is developed around selected and representative labs in analog electronics and a practical project work.

Labs will be thoroughly discussed in classroom reviewing the theoretical framework as well as practical aspects of design.

In the laboratory, students will undertake the design, simulation and breadboard testing.

In 2014 the following work will be done:

1. Visualization and generation of signals, oscillators, differentiators and integrators circuits amplitude modulation and frequency. (3 classes)
2. Instrumentation amplifiers, the Lock-in: building a simple Lock-in (4 classes)

Project "Magnetic Suspension" or "Acquisition of cardiac signals". Students will design and build an electronic device following the indications to be provided.

(all other classes)

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

A realização de projeto em eletrónica para além dos fundamentos teóricos requiere que o estudante seja capaz de ensaiar circuitos reais típicos, realizando medidas que avaliem o funcionamento respetivo circuito. Os estudantes deverão desenvolver uma atitude crítica para com os circuitos, sabendo identificar que parte do circuito está funcional e como poderia ser melhorado. Os trabalhos práticos neste curso pretendem atingir estes objetivos em torno de temas fundamentais em Instrumentação: visualização de sinais periódicos (incluindo geração e manipulação) e amplificadores de pequeno sinal como o amplificador Lock-in.

Na segunda parte do curso, pretende-se que os estudantes exercitem as suas capacidades de projeto, realizando um projeto em torno de um tema proposto.

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

Designing electronics circuits requires, beyond the theoretical foundations skills to test real typical circuits, performing measurements to determine its proper operation. Therefore, students should develop a critical attitude towards electronic diagrams, learning how to identify which part of the circuit is OK and how it could be further improved. The practical work in this course is intended to achieve these goals around key topics in Instrumentation: measuring periodic signals (including generation and manipulation) and small signal amplifiers as the Lock-in amplifier.

The second part of the course is intended for students to exercise their abilities to electronic design, conducting a project around a proposed topic.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas aulas teóricas, com o apoio adicional dos docentes nas aulas práticas e horários de atendimento, caso seja necessário.

A aquisição destes conhecimentos é avaliada por provas escritas (testes/exames).

As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas aulas teóricas através da análise e discussão de problemas-tipo; nas aulas práticas no laboratório através dos trabalhos práticos.

Os laboratórios serão acompanhados pelos docentes que avaliarão em que medida os estudantes alcançam os objetivos propostos em cada trabalho prático e no projecto final. A frequência pretende assegurar que os alunos acompanham a matéria e atingem os objetivos mínimos propostos.

O projecto final será também avaliado através de um relatório.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The theoretical components necessary to achieve the learning objectives are taught in lectures, with additional support teachers in practical classes and office hours, if necessary.

The acquisition of knowledge is assessed by written tests (tests / exams).

The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in all forms of contact hours: in lectures through the analysis and discussion of problems, in practical classes in the laboratory through practical work.

The laboratory shall be accompanied by teachers who will assess the extent to which students achieve the stated objectives in each lab work and the final project. There is a minimum grade to ensure that students follow the matter and reach the proposed minimum targets.

The final project will also be assessed through a report.

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

A componente teórica permitirá aos estudantes fundamentar as observações e medidas realizadas em laboratório em torno dos trabalhos práticos. Também permitirá relembrar matérias anteriores e integrar o conhecimento em torno de aplicações em eletrónica.

As aulas práticas de laboratório serão fundamentais para os estudantes praticarem e aplicarem esses conhecimentos.

O projeto será um exercício de integração, onde se espera que os estudantes desenvolvam a sua autonomia como projetistas.

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

The theoretical component will allow students to support their observations and measurements made in the labs Will also recall earlier topics and leading to knowledge integration about applications in electronics.

The practical lab classes will be essential for students to practice and apply the knowledge.

The project will be an integration exercise where students are expected to develop their autonomy as designers.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

The Art of Electronics, 2ª edição, Paul Horowitz e Winfield Hill, Cambridge Press, 1989.

Princípios de Electrónica 1, A.P. Malvino, 6ª edição, McGraw Hill 1999

Princípios de Electrónica 2, A.P. Malvino, 6ª edição, McGraw Hill 2000

Textos dos trabalhos práticos, disponíveis no CLIP

Mapa IV - Empreendedorismo

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Empreendedorismo

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Entrepreneurship

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CC

4.4.1.3. Duração:*Trimestral/Trimester***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

80

4.4.1.5. Horas de contacto:*TP:45***4.4.1.6. ECTS:**

3

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 Carlos Bárbara Grilo - TP:45h***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):

O curso pretende motivar os estudantes para o empreendedorismo e para a necessidade da inovação tecnológica. O programa cobre vários tópicos que são importantes para a adoção de uma cultura aberta aos riscos suscitados em

processos de criação de novos produtos ou atividades que exigem características empreendedoras.

No final desta unidade curricular, os estudantes deverão ter desenvolvido um espírito empreendedor, uma atitude de trabalho em equipa e estar aptos a:

- 1) Identificar ideias e oportunidades para empreenderem novos projetos;*
- 2) Conhecer os aspetos técnicos e organizacionais inerentes ao lançamento dos projetos empreendedores;*
- 3) Compreender os desafios de implementação dos projetos (ex: mercado, financiamento, gestão da equipa) e encontrar os meios para os ultrapassar;*
- 4) Expor a sua ideia e convencer os stakeholders.*

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

This course is intended to motivate students for entrepreneurship and the need for technological innovation. It covers a list of topics and tools that are important for new venture creation as well as for the development of creative initiatives within existing enterprises. Students are expected to develop an entrepreneurship culture, including the following skills:

- 1) To identify ideas and opportunities to launch new projects;*
- 2) To get knowledge on how to deal with technical and organizational issues required to launch entrepreneurial projects;*
- 3) To understand the project implementation challenges, namely venture capital and teamwork management, and find the right tools to implement it;*
- 4) To show and explain ideas and to convince stakeholders.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

O empreendedorismo como estratégia de desenvolvimento pessoal e organizacional. Processos de criação de ideias.

A proteção da propriedade intelectual: patentes e formalismos técnicos. A gestão de um projeto de empreendedorismo: planeamento; comunicação e motivação; liderança e gestão de equipas Marketing e inovação para o desenvolvimento de novos produtos e negócios. O plano de negócios e o estudo técnicofinanceiro.

Financiamento e Sistemas de Incentivos: formalidades e formalismos. A gestão do crescimento e o intraempreendedorismo.

4.4.5. Syllabus:

Strategy for entrepreneurship. Ideation and processes for the creation of new ideas. Industrial property rights and protection: patents and technical formalities. Managing an entrepreneurial project: planning; communication and motivation; leadership and team work. Marketing and innovation for the development of new products and businesses.

Business plan and entrepreneurial finance. System of Incentives for young entrepreneurs. Managing growth and intrapreneurship.

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

O conteúdo programático foi desenhado para incentivar o estudante ao empreendedorismo e à percepção e análise da envolvente em busca de oportunidades de negócio, de forma a que consiga aplicar os conhecimentos adquiridos:

- 1) na transformação de conhecimento científico em ideias de negócio;*
- 2) na criação, seleção e desenvolvimento de uma ideia para um novo produto ou serviço;*
- 3) na elaboração de um plano de negócio e de um plano de marketing;*
- 4) na exposição das suas ideias em curto tempo e em ambientes stressantes.*

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

The syllabus was designed to encourage the student for entrepreneurship and for the perception and analysis of new business opportunities; with this program, the student may apply the knowledge provided:

- 1) to transform scientific knowledge in business ideas;*
- 2) to create, select and develop an idea for a new product or service;*
- 3) to draw a business plan and a marketing plan;*
- 4) to better explain and present its ideas in a short time and stressed environments.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Este CE será ministrado a estudantes dos 4º ou 5º anos dos programas de Mestrado integrado e de 2º ciclo. O programa é dimensionado para decorrer entre o 1º e o 2º semestre, num período de 5 semanas, envolvendo um total de 45 horas presenciais, organizadas em 15 sessões de 3 horas e exigindo um esforço global de 3 ECTS. As aulas presenciais baseiam-se na exposição dos conteúdos do programa. Os estudantes serão solicitados a aplicar as competências adquiridas através da criação e desenvolvimento de uma ideia (produto ou negócio). As aulas integrarão estudantes provenientes de diversos cursos com vista a promover a integração de conhecimento derivado de várias áreas científicas e envolverão professores e "mentores" com background diverso em engenharia, ciência, gestão e negócios.

A avaliação compreende a apresentação e defesa da ideia num elevator pitch e do respetivo relatório (realizado em grupo de 4-5 elementos). A apresentação contribuirá com 60% e o relatório com 40% para a nota final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

This course is directed to students from the 4th and 5th years of the "Mestrado Integrado" (Integrated Master) and students from the 2nd cycle (Master). The program was designed for a duration of 5 weeks, with a total of 45 hours in class (15 sessions of 3 hours each) - 3 ECTS.

Classes are based in an exposition methodology. Students will be asked to apply their skills in the creation and development of an idea, regarding a new product or a new business. Classes integrate students from different study programs to promote the integration of knowledge derived from various scientific areas and involve academic staff and "mentors" with diverse background in engineering, science, management and business.

Students evaluation is based on the development and presentation of an idea/project in an elevator pitch, and its report. The work should be developed in teams of 4-5 members. The presentation should account for 60% of the final mark and the report 40%.

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

Considerando o tempo disponível (5 semanas), a metodologia de ensino preconiza que em cada semana sejam discutidos e trabalhados (em grupo) os temas apresentados, os quais tinham sido definidos nos objetivos de aprendizagem.

Na 1ª semana os temas a abordar estão relacionados com os aspetos estratégicos do empreendedorismo, a geração de ideias, a liderança e a gestão de equipas; como resultado os estudantes deverão constituir e organizar as suas equipas para poderem definir o problema que se pretende resolver. Na 2ª semana, os temas apresentados permitirão que o estudante possa evoluir no seu projeto acrescentando opções de soluções ao problema identificado na semana interior e proceder à seleção de uma delas. Na 3ª semana, a abordagem ao mercado e às condições de comercialização viabilizarão a concretização do plano de marketing.

Na 4ª semana, abordar-se-ão os aspetos relacionados com a viabilidade financeira do projeto, possibilitando a realização do respetivo plano de negócio e do seu financiamento. Na última semana, abordar-se-á o processo de exposição da ideia aos potenciais interessados, tendo os estudantes que realizar a apresentação e defesa do seu projeto num elevator pitch, perante um júri.

Neste sentido, a metodologia privilegia

- 1) a apresentação de casos práticos e de sucesso;*
- 2) a promoção de competências nos domínios comportamentais, nomeadamente, no que respeita ao desenvolvimento do sentido crítico, à defesa de ideias e argumentos baseados em dados técnico-científicos, à tolerância e capacidade de gestão de conflitos em situações adversas e stressantes.*
- 3) a participação dos estudantes nos trabalhos colocados ao longo da unidade curricular e a sua apresentação.*

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

Considering the available time (5 weeks), the teaching methodology praises that, in each week, the subjects presented and defined in the learning objectives are discussed and worked (in groups). In the first week, the subjects introduced to students are related with entrepreneurial strategic issues, generation of ideas, leadership and work team management; as a result, the students will have to organize their teams to be able to define the problem. In the 2nd week, the subjects presented will allow the student to pursue its project; they have to consider different options for the

problem identified in the previous week. In the 3rd week, the market related issues are approached, and the students are asked to build a marketing plan. In the 4th week, financial issues are addressed, making it possible to accomplish a business plan. In the last week, the process of how to expose the idea to potential stakeholders is addressed; the students are required to present and argue their project in an elevator pitch. This methodology gives priority to:

- 1) the presentation of practical and successful cases;*
- 2) the promotion of soft skills, namely, in what concerns to the development of critical thinking, the defense of ideas and arguments based on technical-scientific data, to the tolerance and capacity of dealing with conflicts in adverse and stressful situations.*
- 3) the participation of the students in practical works and assessments and their presentation.*

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Books

Burns, P. (2010). Entrepreneurship and Small Business: Start-up, Growth and Maturity, Palgrave Macmillan, 3rd Ed.
Kotler, P. (2011). Marketing Management, Prentice-Hall
Shriberg, A. & Shriberg (2010). Practicing Leadership: Principles and Applications, John Wiley & Sons, 4th Ed.
Spinelli, S. & Rob Adams (2012). New Venture Creation: Entrepreneurship for the 21st Century. McGraw-Hill, 9th Ed.
Byers, Thomas H., Dorf R. C., Nelson, A. (2010). Technology Ventures: From Idea to Enterprise, 3rd Ed., McGraw-Hill
Hisrich, R. D. (2009). International Entrepreneurship: Starting, Developing, and Managing a Global Venture, Sage Publications, Inc
Hisrich, R.D., Peters, M. P., Shepherd, D.A. Entrepreneurship, 7th Ed., McGraw-Hill, 2007

Journals

Entrepreneurship Theory and Practice

Mapa IV - Ensaios Destrutivos e não Destrutivos

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Ensaios Destrutivos e não Destrutivos

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Destructive and Nondestructive Testing

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EMc

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:14; PL:56

4.4.1.6. ECTS:

3

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):

Telmo Jorge Gomes dos Santos - T:14h; PL:56h

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):

Pretende-se com esta disciplina, dotar os alunos de conhecimentos sobre:

- propriedades mecânicas das principais categorias de materiais de engenharia, ensaios mecânicos, fundamentos científicos, parâmetros operacionais, e os seus domínios de aplicação.*
- principais técnicas de Ensaios Não Destrutivos (END), os seus fundamentos científicos, parâmetros operacionais, e os seus domínios de aplicação.*

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

- *Mechanical properties of main categories of engineering materials, mechanical testing, scientific background, operational parameters and industrial application fields.*
- *non destructive tests (NDT) including the scientific background, operational parameters and industrial application fields.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução aos ensaios destrutivos
 - *tipos de ensaios, normas aplicáveis, classificação*

Ensaio mecânicos
 - *Tração, Dobragem, Dureza*

Generalidades sobre os END
 - *Definição, normas aplicáveis, tipos de defeitos e suas origens, Classificação e princípios básicos das várias técnicas de END*

Inspeção Visual e Magnetoscopia
 - *Líquidos penetrantes, Endoscopia, Partículas magnéticas*

Métodos Radiológicos (RX)
 - *Conceitos básicos radiação eletromagnética*

- *Fontes de radiação*

- *Radiografia digital*

Ultra-sons (US)

- *Propagação e tipos de ondas US*

- *Incidência numa superfície*

- *US convencionais de eco pulsado*

- *Creeping*

- *Phased Array*

- *TOFD*

Correntes induzidas (CI)

- *Conceitos básicos de eletricidade*

- *CI convencionais e pulsadas*

- *CI Array*

- *ACFM*

4.4.5. Syllabus:

Introduction to destructive tests
 - *types of tests, standards, classification*

Mechanical tests

- *Tensile, Bending, Hardness*

General Introduction to END

- *Definition, applicable standards, types of defects and its origin, classification and basic principles of the different techniques of END*

- *Visual inspection and Magnetic Particles*

- *Dye penetrant, magnetic particle, Endoscopy*

- *Radiographic Methods (RX)*

- *Electromagnetic radiation principles*

- *Radiation sources*

- *Digital radiography*

- *Ultrasound (US)*

- *Propagation and types of US waves*

- *Incidence on a surface*

- *Conventional US and pulsed echo*

- *Creeping*

- *Phased Array*

- *TOFD*

- *Eddy current (EC)*

- *Basic concepts of electricity*

- *Conventional and pulsed EC*

- *Eddy Current Array (ECA)*

- *ACFM*

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

O conteúdo programático é apresentado de uma forma integrada explicando claramente a ligação dos vários fundamentos teóricos e o campo de aplicação dos mesmos.

O conteúdo programático aborda ensaios não destrutivos avançados que têm uma aplicação industrial relevante mas que o seu conhecimento encontra-se restrito a poucos centros de competência. Esta característica dota os alunos com um conhecimento único e que poderá alargar as suas oportunidades em mercados de referência.

Os fundamentos teóricos são complementados com casos práticos de carácter industrial.

Os alunos são obrigados a analisar determinados casos industriais e escolher o tipo de ensaio mais adequado para a aplicação em causa assim como a normalização aplicável.

Deste modo, o conteúdo apresentado aborda com rigor os aspetos teóricos mas também os aspetos mais operacionais de aplicação e interpretação dos resultados provenientes dos vários ensaios.

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

The syllabus is presented in an integrated manner by clearly explaining the connection of the theoretical basis and the field of application of the different testing methods.

The syllabus covers advanced nondestructive testing that have a relevant industrial application but the knowledge is restricted to a reduced number of competence centers. This feature provides students with a unique knowledge which may extend their opportunities in reference markets.

The theoretical fundamentals are complemented with practical cases of industrial relevance.

Students are required to analyze certain industrial cases and choose the type of the most appropriated test for the application in question as well as the applicable standards.

In this way, the contents presented accurately addresses theoretical aspects but also operational aspects of application and interpretation of the results obtained from the different testing techniques.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas teóricas faz-se a exposição da matéria, sendo incentivada a participação dos alunos. Nas aulas práticas realizam-se a análise de aplicações industriais relevantes de acordo com o tipo de ensaio e normalização aplicável. Avaliação contínua de acordo com as regras em vigor na FCT NOVA. As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In the lectures is done the presentation of the different theoretical contents, being encouraged the participation of the students. In practical classes is the analyzed several relevant industrial applications according to the type of test and applicable standards. Continuous evaluation according the actual FCT Nova rules. The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

A unidade curricular pretende assegurar aos alunos a compreensão e capacidade de usar um conjunto de ferramentas essenciais à atividade de um engenheiro mecânico no que concerne a análise dos vários ensaios de caracterização de integridade estrutural.

Estes objetivos são realizados através de três fases de aprendizagem

1. Os alunos são confrontados com os conceitos numa abordagem construtiva, utilizando recursivamente conceitos já adquiridos para a elaboração de novo conhecimento.

2. Os alunos são confrontados com a necessidade de usarem os novos conhecimentos e capacidades para a resolução de problemas, com o apoio do docente.

3. Os alunos realizam, autonomamente, análise de casos industriais a consolidar a compreensão dos temas e a saber resolver problemas reais.

Cada um dos temas tratados na disciplina é apreendido através deste processo, conduzindo o aluno através de um percurso compreensão – aplicação, essencial em engenharia.

A realização de atividade experimental leva o aluno a perceber a importância prática do rigor e segurança.

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

The course aims the students to be able to use a set of concepts that are essential to the activity of a mechanical engineer in the assessment of structural integrity of materials and components

These goals are achieved through a three phase apprenticeship:

1. Students are confronted with the main concepts in a constructive approach, where new knowledge is recursively built on top of already acquired concepts.

2. Students face the need to use the recently acquired knowledge and skills to solve new problems, with the support of the teachers.

3. The students (autonomously) perform assessment of industrial applications aimed to consolidate the apprehension of the different subjects and to apply them to real life problems.

This three phase process is used through all the subjects on the syllabus, leading the student through a path from comprehension towards application.

Experimental activity enhances the perception of this requirement of accuracy and safety aspects as a practical need.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Paulo Martins, Tecnologia Mecânica, ed Escolar Editora, 2º ed, 2011

Almeida, F. P., Barata, J., Barros, P., Ensaios Não Destrutivos, 1ª Edição, Edições Técnicas ISQ, 1992;

ASM Handbook, "Materials Characterization", Volume 10, ASM Handbook, 1992;

ASM Handbook, "Nondestructive Evaluation and Quality Control", Volume 17, ASM Handbook, 1992

Mapa IV - Instrumentação Digital

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Instrumentação Digital***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Digital Instrumentation***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EF***4.4.1.3. Duração:***Semestral/Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***T:14; PL:56***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):***José Luís Constantino Ferreira - T:14h; PL:56h***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):***O objetivo é proporcionar o uso de ferramentas para o desenvolvimento de sistemas de aquisição de dados e controlo baseados em microcontroladores e computadores.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***The goal is to provide the use of tools for the development of data acquisition and control systems based on microcontrollers and computers.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Interfaces de hardware. Placas de aquisição de dados e microcontroladores programáveis. Programação de Microcontroladores. Comunicação série.**2. Interfaces de software. Programação em "G" (LabVIEW). Controlo e aquisição de dados. Comunicação série.***4.4.5. Syllabus:***1. Hardware interfaces. Data acquisition boards and programmable microcontrollers. Microcontrollers programming. Serial communication.**2. Software interfaces. "G" programming language (LabVIEW). Control and data acquisition. Serial communication.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Os estudantes terão a oportunidade de não só adquirirem conhecimento que lhes permite fazer a monitorização e controlo dum qualquer processo, como lidar com microcontroladores e computadores que lhes permitem experimentar toda a cadeia de aquisição de dados, desde o sensor ao ficheiro informático com as medidas do sensor.***4.4.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***Students will have the opportunity to not only acquire knowledge that allows them to monitor and control any process, but also to deal with microcontrollers and computers that allow them to experience the entire data acquisition chain, from the sensor to the computer file with the measurements of the sensor.*

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Em cada semana é dada uma aula com a duração de uma hora que se destina à apresentação e discussão de conceitos a serem utilizados na execução das experiências laboratoriais.

As aulas práticas são semanais e têm a duração de quatro horas. No decurso de cada aula haverá discussão de conceitos a aplicar no trabalho laboratorial.

Cada turma tem no máximo vinte alunos divididos em dez grupos de trabalho de dois alunos cada.

Cada grupo terá um posto de trabalho composto por bancada, mesa de testes (com breadboard, várias fontes de tensão, gerador de sinais, etc.), osciloscópio, multímetro, fonte de tensão e corrente ajustável, gerador de sinais, computador e um kit Arduino Uno.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Each week, a one-hour class is given to present and discuss concepts to be used in the execution of laboratory experiments.

The practical classes are weekly and last for four hours. During each class, there will be discussion of concepts to be applied in laboratory work.

Each class will have a maximum of twenty students divided into ten groups of two students each.

Each group will have a workbench with a test bench (with breadboard, several voltage sources, signal generator, etc.), oscilloscope, multimeter, adjustable voltage and current power sources, signal generator, computer and an Arduino Uno board.

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

A componente teórica permitirá aos estudantes fundamentar as observações e medidas realizadas em laboratório em torno dos trabalhos práticos. Também permitirá relembrar matérias anteriores e integrar o conhecimento em torno de aplicações em eletrónica.

As aulas práticas de laboratório serão fundamentais para os estudantes praticarem e aplicarem esses conhecimentos.

O projeto será um exercício de integração, onde se espera que os estudantes desenvolvam a sua autonomia como projetistas.

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

The theoretical component will allow students to support their observations and measurements made in the labs Will also recall earlier topics and leading to knowledge integration about applications in electronics.

The practical lab classes will be essential for students to practice and apply the knowledge.

The project will be an integration exercise where students are expected to develop their autonomy as designers.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Princípios de Electrónica, Albert Paul Malvino, McGraw-Hill

- The Art of Electronics, Paul Horowitz et al, Cambridge University Press

- LabVIEW programing, data acquisition and analysis, Beyton & Jeffrey, Prentice Hall

- Introdução à Instrumentação Médica, José Higinio Correia, João Paulo Carmo, Lidel, 2013

Mapa IV - Microeletrónica**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Microeletrónica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Microelectronics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

MNt

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28; PL:42

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):

Luís Miguel Nunes Pereira - TP: 28h; PL:42

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):

- *Saber executar o fabrico de um dispositivo.*
- *Aplicar diferentes técnicas de caracterização aos diferentes tipos de materiais utilizados em microeletrónica.*
- *Caracterizar os dispositivos produzidos.*

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

- *Practical knowledge of how to produce an electronic device.*
- *Application of different characterization techniques to different microelectronics materials.*
- *Characterization of the produced devices.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1- *Perspetiva sobre os processos de microeletrónica.*
- 2- *Litografia.*
- 3- *Crescimento de monocristais.*
- 4- *Oxidação térmica.*
- 5- *Difusão térmica.*
- 6- *Implantação iónica.*
- 7- *Deposição de filmes finos.*
- 8- *Contactos, interligações e encapsulamento.*
- 9- *MEMS.*

4.4.5. Syllabus:

- 1- *Overview of the most used microelectronics fabrication processes.*
- 2- *Lithography.*
- 3- *Mono-crystal growth.*
- 4- *Thermal oxidation.*
- 5- *Thermal diffusion.*
- 6- *Ionic implantation.*
- 7- *Thin-film deposition.*
- 8- *Contacts, interconnections and encapsulation.*
- 9- *MEMS.*

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

O conteúdo programático é apresentado de uma forma integrada explicando claramente a ligação dos Todos os capítulos do programa estão relacionados com primeiro ponto dos objetivos.

Os capítulos 3, 4, 5, 6, 7 e 8 permitem atingir o segundo ponto dos objetivos.

Os capítulos 4, 5, 6, 7 satisfazem o terceiro ponto dos objetivos.

Todos os capítulos em conjunto com os trabalhos de laboratório estão diretamente relacionados com o quarto ponto dos objetivos.

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

All chapters of syllabus are related to the 1st objective.

Chapters 3, 4, 5, 6, 7 and 8 allow attaining the 2nd objective.

Chapters 4, 5, 6, 7 fit the 3th objective.

All chapters" theory and the practical laboratory works are directly related to the 4th objective.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular é organizada em uma componente teórica de 2 horas semanais e uma componente prática de 4 horas semanais. A componente prática inclui a resolução de exercícios de aplicação e a execução de 5 trabalhos laboratoriais (TPs) consecutivos, conducentes ao fabrico de um díodo de junção pn.

O conjunto destes trabalhos dará origem a um relatório único ao qual, após discussão, será atribuída uma classificação.

As aulas práticas necessitam de uma duração de 4 horas, uma vez que os processos térmicos evoluem em função do tempo. A execução das etapas de litografia, sendo efetuadas sequencialmente, também necessitam de uma duração longa.

As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is organized in one theoretical (2 hours per week) and one practical (4 hours per week) component.

The practical component includes the resolution of practical exercises and the execution of 5 laboratory consecutive sessions, leading to the complete production of a pn junction diode.

All lab sessions will give rise to a unique report to which, after discussion, a classification will be attributed.

Practical classes need 4 hour duration due to thermal processes. Also, lithography steps, being done sequentially, need a long duration.

The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

As aulas teóricas darão o conhecimento básico necessário para a resolução dos exercícios feitos nas aulas práticas. Ambas, permitirão aos alunos a execução dos trabalhos experimentais em laboratório.

Esta unidade curricular, sendo essencialmente tecnológica, valoriza muito a componente prática laboratorial.

Os 5 trabalhos experimentais, conduzem ao fabrico de um díodo de junção pn, sendo:

TP#1-Oxidação térmica húmida de silício;

TP#2-Difusão térmica de fósforo;

TP#3-Re-oxidação/penetração;

TP#4-Deposição de Al por evaporação térmica;

TP#5-Recozimento dos contactos e caracterização elétrica dos díodos.

Essa valorização está expressa na carga horária de aulas praticas bem como no peso que a componente laboratorial tem na classificação final.

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

Theoretical classes will give the background knowledge necessary to perform the exercises made in the practical classes. Both, theoretical and exercise classes will permit students to perform the experimental work in the Lab. This curricular unit, being essentially technological, highlights its laboratory component.

The 5 experimental works, permitting to fabricate a pn junction diode, are:

TP#1-Thermal wet oxidation of a p-type silicon wafer. Lithography.

TP#2-Thermal diffusion of phosphorus in a p-type silicon wafer.

TP#3-Re-oxidation/drive-in. Lithography.

TP#4-Al thin-film deposition by thermal evaporation. Lithography.

TP#5-Contact annealing and diode electrical characterization.

The importance of the practical component is expressed through the long practical class duration, as well as by the weight that this component has in the final classification.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Marc J. Madou "Fundamentals of Nanofabrication", 2nd Edition, CRC Press (2002).

- Elementos fornecidos nas aulas.

Mapa IV - Simulação e Modelação Computacional em Engenharia Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

*Simulação e Modelação Computacional em Engenharia Física***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Computational Modelling and Simulation in Engineering Physics***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EF***4.4.1.3. Duração:***Semestral/Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:42***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):***Yuri Fonseca da Silva Nunes - TP:42***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):***No final da unidade curricular os alunos deverão conhecer vários métodos computacionais para simulação e modelação de sistemas físicos.**Deverão ser capazes de aplicar os métodos aprendidos a novos problemas sabendo implementar um sistema de simulação ou métodos computacionais, análise dos seus dados e comparação com dados experimentais ou teóricos.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***At the end of the course students are expected to know various computational methods for simulation and modeling of physical systems.**The students should be able to apply the methods learned to new problems and to know to implement a simulation system or computational methods, result analysis and comparison with experimental or theoretical data.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Métodos**Regras para integração numérica (uni e multidimensional).**Variáveis aleatórias. Distribuições discretas.**Monte Carlo para integração numérica (uni e multidimensional)**Métodos redução variância (opção)**Métodos diferenças finitas e análise de estabilidade**Equação difusão (resolução numérica)**Regressões lineares**Modelos auto-regressivos de médias móveis (opção)**Análise de componentes principais**Ferramentas**Utilização das linguagens R e/ou Python para análise, modelação e visualização de dados.**Compilação de funções em bibliotecas dinâmicas em C++ e/ou C#, para cálculo de alta performance e integração com R e/ou Python e/ou VBA.*

*Integração com bases de dados sequenciais (MySQL e/ou MS-SQL) (opção)
Utilização VBA para integração do Excel com R e/ou Python.*

4.4.5. Syllabus:

Methods

*Numerical integrations methods
Random variables. Discrete distributions
Monte Carlo for numerical integration
Variance reduction methods (option)
Finite difference method
Diffusion equation
Introduction to Linear Regressions
ARIMA Model(option)
Introduction to PCA*

Tools

*Use of R and/or Python to data analysis, modelling and data visualization.
Compiling DLLs in C++ and/or C#, for high performance computing with R and/or Python and/or VBA integration.
Use these languages with SQL database integration (option)
Uses of VBA to integrate other languages and methods functions in Excel*

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

O programa da unidade curricular está estruturado por forma a que os alunos vão experimentando várias abordagens a problemas diversos e efetuam uma análise crítica dos seus resultados.

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

The program of the course is structured so that the students experiment various approaches to diverse problems and undertake a critical analysis of their results.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Em cada bloco do programa da unidade curricular é apresentado uma introdução ao tema e ou métodos. Posteriormente os alunos implementam o programa base fornecido pelo docente, obtém resultados e analisam os mesmos. Depois o programa é alterado pelos alunos com acompanhamento do docente para irem explorando outros pressupostos e ou métodos de simulação assim como análise dos novos resultados. No fim de cada bloco os alunos entregam o programa final.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

In each block of the program syllabus is presented an introduction to the topic and or methods, then the students implement the base program provided by the teacher, gets results and analyze them. After the program is changed by students with teacher supervision to go exploring and other assumptions or methods of simulation and analysis of new results. At the end of each block students deliver the final program.

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

Para cada bloco de material é dada uma introdução sobre a temática e métodos a utilizar. O programa computacional base é fornecido e explicado em detalhe e são obtidos e analisados os primeiros resultados. De seguida os alunos com acompanhamento do docente alteram o programa base para acrescentar ou alterar pressupostos e obtém-se novos resultados que são comparados com dados teóricos e ou experimentais. Desta forma os alunos podem experimentar por eles próprios as consequências das alterações efectuadas assim como novos princípios de simulação para a mesma temática.

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

For each teaching block is given an introduction on the subject and methods to be used. The computer program is provided and explained in detail and are obtained and analyzed the first results. Then the students with teaching tracking changes the initial program to add or change assumptions and obtained new results are compared with theoretical or experimental data. In this way students can experience for themselves the consequences of the implemented changes as well as new principles of simulation to the same problem.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*"An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo"
U. Wilensky, W. Rand (2015)*

"Introduction to Statistical Physics" J. Casquilho, P. Teixeira (2015) QC174.8.CAS

"Computational Methods in Physics and Engineering" S. Wong (1997) QC52.WON

"An Introduction to Computer Simulation Methods: applications to physical systems" H. Gould, J. Tobochnik, W. Christian (2006) QC52.GOU

"Genetic Algorithm Model Fitting", M. Lybanon, K. Messa, in "Practical Handbook of Genetic Algorithms: Complex Coding Systems, Volume III", L. Chambers Ed. (1998)

Mapa IV - Eletromagnetismo Avançado

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Eletromagnetismo Avançado

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Electromagnetism

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:35

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

António Carlos Simões Paiva – 35 h

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):

O objetivo desta unidade curricular é providenciar um tratamento avançado da teoria do eletromagnetismo clássico.

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências em:

- Processos físicos que ocorrem em sistemas eletromagnéticos dinâmicos;*
- Processos físicos relacionados com a propagação de ondas eletromagnéticas no espaço;*
- Processos físicos relacionados com a propagação de ondas eletromagnéticas na matéria.*

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

The aim of this course is to provide an advanced knowledge of the theory of classical electromagnetism. At the end of this course the student will have acquired knowledge, skills and competencies in:

- Physical processes related to dynamic electromagnetic systems;*
- Physical processes related to the propagation of electromagnetic waves in space;*
- Physical processes related to the propagation of electromagnetic waves in matter.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Equações de Maxwell*
- 2. Ondas electromagnéticas planas*
- 3. Propagação e emissão de ondas electromagnéticas*
- 4. Guias de ondas e cavidades ressonante*
- 5. Propagação de ondas electromagnéticas na matéria*

4.4.5. Syllabus:

- 1 Maxwell's equations*
- 2 Electromagnetic plane waves*

3 Propagation and emission of electromagnetic waves

4 Wave guides and resonant cavities

5 Propagation of electromagnetic waves in matter

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

A unidade curricular inicia-se com uma revisão das equações de Maxwell, dando-se ênfase à formulação diferencial. Seguidamente são discutidas as ondas eletromagnéticas planas, como solução das equações de Maxwell, e a propagação e emissão das ondas eletromagnéticas. Serão ainda estudados os guias de ondas e cavidades ressonantes. Na última parte do semestre será discutida a propagação da radiação eletromagnética na matéria.

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

The course begins with a review of Maxwell's equations, giving emphasis to the differential formulation. Afterwards, it will be discussed the electromagnetic plane waves as a solution of Maxwell's equations, and the propagation and emission of electromagnetic waves. The resonant cavities and wave guides will be also studied. The last part of the semester will be dedicated to the study of the propagation of electromagnetic radiation in the matter.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular está dividida numa componente teórica e numa componente prática de problemas. As aulas teóricas serão ministradas em duas sessões com a duração de uma hora, e incluem momentos de avaliação no âmbito de uma avaliação contínua.

Nas aulas práticas, ministradas em sessões semanais de uma hora de duração, serão discutidos problemas com o objetivo de verificar fenómenos e processos físicos descritos nas aulas teóricas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is divided in lectures and problem solving sessions. The lectures will be held in two sessions each week, lasting one hour and include four assessment tests.

The problem solving sessions will be delivered once a week, lasting 1 hour each. These sessions aim the discussions of the physical phenomena introduced in the lectures.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas aulas teóricas, que incluem a discussão de problemas. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames). O acompanhamento dos alunos nas aulas teóricas é verificado por meio de questionários orais, e escritos se necessário, sobre a matéria lecionada na aula anterior e na própria aula, assim como no horário de atendimento.

As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas aulas teóricas através da análise e discussão de problemas-tipo e nas aulas práticas. A avaliação destas competências é assegurada na parte prática das provas escritas.

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

The theoretical components necessary to achieve the learning objectives are taught in lectures, which include discussion of problems. The acquisition of such knowledge is assessed in written tests (tests / exams). The monitoring of students in lectures is verified through oral quizzes, written and if necessary, on the material taught in lectures.

The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in all forms of contact hours: in lectures through analysis and discussion of problems. The assessment of these skills is ensured by written tests and reports of laboratory work.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Alonso & Finn (Part II, Fields and waves)

Electromagnetism (Grant and Phillips)

Campo Electromagnético (Brito, Fiolhais, Providência)

Mapa IV - Física Moderna

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física Moderna

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Modern Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração:*Semestral/Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

168

4.4.1.5. Horas de contacto:*TP:35***4.4.1.6. ECTS:**

6

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Maria Adelaide de Almeida Pedro de Jesus (sem horas de contacto)***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Pedro Manuel Duarte Gonçalves Amaro - TP:14h**Mauro António Moreira Guerra - TP:21h***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Esta unidade curricular tem como objetivo colmatar a falta de formação em Física Moderna obtida em primeiros ciclos que não de Física ou Engenharia Física. Nesse sentido, cobre diferentes tópicos, mantendo a Física Quântica como fio condutor.**No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:*

- Compreender a Física Quântica e suas consequências ao nível da estrutura da matéria desde os núcleos aos sólidos
- Ser capaz de realizar exercícios de aplicação sobre as temáticas lecionadas
- Conhecer a linguagem quântica e as suas implicações.

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*The goal of this curricular unit is to provide a general education in Modern Physics for the students coming from first cycle degrees other than Physics or Physics Engineering.**The approval in this curricular unit implies that the student has acquired skills to:*

- Understand Quantum Physics and its consequences for the structure of matter from the nucleus to solids.
- Apply the concepts by performing exercises and answering conceptual questions.
- Being familiar with the quantum language and its implications.

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Radiação e o Postulado de Planck**Fótons - propriedades corpusculares da radiação**O Postulado de Broglie - propriedades ondulatórias das partículas**O modelo de Bohr do Átomo**Teoria quântica de Schrödinger**Átomos de um só electrão**Átomos com muitos electrões**Moléculas**Sólidos – Condutores e Semicondutores**Propriedades e modelos nucleares**Decaimentos radioactivos e radioactividade***4.4.5. Syllabus:***Radiation and Planck's Postulate**Photons—Particlelike Properties of Radiation**De Broglie's Postulate—Wavelike Properties of Particles**Bohr's Model of the Atom**Schrödinger's Theory of Quantum Mechanics**One-electron Atoms**Multi-electron Atoms**Molecules*

*Solids – Conductors and Semiconductors.
Nuclear Properties and Models
Nuclear Decays and Radioactivity*

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

Procurando dar uma visão abrangente da Física Moderna cobrindo alguns tópicos essenciais, o programa, mantendo como fio condutor a Física Quântica, começa nas suas bases e vai avançando para sistemas de complexidade crescente do átomo até aos sólidos, terminando com algumas noções de Física Nuclear. A manutenção de uma linguagem quântica ao longo do programa permite ao estudante adquirir familiaridade com a mesma.

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

Aiming at the goal to provide a general vision of Modern Physics covering some essential topics, the syllabus, keeping as a conductor line Quantum Physics, starts at its basis and proceeds with systems of crescent complexity from atoms to solids, finishing with some notions of Nuclear Physics. As a quantum language is used along the syllabus, the student will get familiar with it.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O método de ensino é inspirado em "Active Learning".

Os alunos são convidados a estudar, com base nos meios bibliográficos e slides ao seu dispôr, antecipadamente a matéria. Em cada aula, depois de uma breve síntese feita pelo docente dos pontos fulcrais da matéria dessa aula, são realizados em grupo, questões contendo componentes conceptuais e de aplicação. Durante o semestre são realizados dois testes, correspondendo a média das suas classificações à nota final do aluno.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching method is inspired by "Active Learning".

The students are invited to study previously the subjects for each class, with the help of bibliography and slides at their disposal. In each class after a brief introduction of the main issues to be covered in that class, questions, containing conceptual aspects and applications (problem solving), are discussed and resolved in group. Two evaluation testes are done during the semester, corresponding the average of their marks to the student final grade.

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

Com base em slides de aulas da unidade curricular e na bibliografia aconselhada, os estudantes, individualmente ou em grupo (fomenta-se este tipo de estudo), estudam a matéria de forma guiada, de modo a resolver e discutir questões concretas. Isto é feito nas aulas, onde uma síntese dos pontos essenciais é feita pelo docente. Isto permite melhorar a compreensão dos conceitos e a sua integração. A aprendizagem da matéria abordada é avaliada através de testes.

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

Based on slides developed before for this course and advised bibliography, the students, individually or in group (group work is encouraged) study in a guided way the course subjects, aiming at the resolution and discussion of some concrete questions. This is done in classes where a summary of the main issues are provided by the teacher. The conceptual learning process is deepened by the application of the concepts to problem resolution. The assessment of the conceptual learning process is based on evaluation tests.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles, Second Edition, Roberts Eisberg and Robert Resnick, Editors - JOHN WILEY & SONS

B. H. Bransden and C. J. Joachain, Physics of Atoms and Molecules, 2nd Ed., Prentice Hall, 2003.

Introduction to Solid State Physics, C. Kittel, 7th edition (Wiley)

Mapa IV - Física Atómica Avançada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física Atómica Avançada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Atomic Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:*T:14; PL:21***4.4.1.6. ECTS:**

3

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***José Paulo Moreira dos Santos – T 14h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Mauro António Moreira Guerra – PL 10,5h**Pedro Manuel Duarte Gonçalves Amaro – PL 10,5h***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta unidade curricular, o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:*

- *Aprofundar conhecimentos em áreas de investigação aplicada, inovação, desenvolvimento experimental, novas tecnologias, não descuidando a investigação fundamental;*
- *Ter autonomia para efetuar uma pesquisa bibliográfica e tratar a informação obtida sobre a Física Atómica e suas aplicações tecnológicas;*
- *Ser capaz de articular diversas áreas do saber em Física Atómica com Tecnologia, Instrumentação, Biofísica, Física Médica, entre outras.*

4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):*At the end of this curricular unit, the student will have acquired the knowledge, skills and competences that allow him:*

- *To deepen knowledge in areas of applied research, innovation, experimental development, new technologies, not neglecting fundamental research;*
- *To have autonomy to carry out a bibliographical research and to treat the information obtained about Atomic Physics and its technological applications;*
- *Be able to articulate diverse areas of knowledge in Atomic Physics with Technology, Instrumentation, Biophysics, Medical Physics, among others.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Revisão dos conhecimentos adquiridos sobre estrutura de sistemas multieletrónicos*
- *Método de Hartree-Fock*
- *Efeitos relativistas*
- *Acoplamento angular*
- *Desenvolvimento temporal de um sistema quântico*
- *Teoria de perturbações dependente do tempo*
- *Interação entre átomos e radiação*

4.4.5. Syllabus:

- *Review of topics on structure of atomic systems*
- *Hartree-Fock Method*
- *Relativistic effects*
- *Angular coupling*
- *Time evolution of a quantum system*
- *Time-dependent perturbation theory*
- *Interaction between atoms and radiation*

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas aulas teóricas, que incluem a resolução de problemas. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames). O acompanhamento dos alunos nas aulas teóricas é testado por meio de questionários sobre a matéria dada na própria aula e nas horas de atendimento. As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são lecionadas nas aulas práticas, através da resolução de problemas e da montagem experimental, realização, observação e análise de fenómenos fundamentais. A avaliação destas competências é efetuada através de dois momentos de avaliação que consistem na montagem e interpretação de trabalhos laboratoriais. A frequência obrigatória das aulas práticas pretende assegurar que os alunos acompanham a matéria.

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

The theoretical components needed to achieve the learning objectives are taught in lectures, which include the resolution of problems. The acquisition of knowledge is assessed in written tests (tests / exams). The monitoring of students in lectures is tested through questionnaires given on the matter in the classes. The practical components necessary to achieve the learning objectives are taught in problem-solving and lab classes, through experimental setup, execution, observation and analysis of fundamental phenomena. The assessment of these skills is made through two evaluations consisting in assembling and interpreting laboratory works. The mandatory frequency of these practical classes aims to ensure that students follow the subjects.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC está dividida numa componente teórica e numa componente de laboratório. Os estudantes têm de ter sucesso escolar nas duas componentes.

As aulas teóricas decorrem em sessões semanais de 1h e incluem discussão e resolução de problemas no âmbito de uma avaliação contínua.

Nas aulas práticas de problemas e de laboratório de 1,5 h são realizados trabalhos experimentais com o objetivo de acompanhar e verificar fenómenos e processos físicos descritos nas aulas teóricas e de desenvolver competências na montagem de laboratório e na experimentação.

As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course is divided into a theoretical component and a laboratory component. Students must have academic success in both components.

The theoretical lectures take place in weekly sessions of 1 hours, which includes discussion and resolution of problems. The theoretical component is supported by weekly problem-solving and laboratory sessions of 1,5 hours each.

In the laboratory sessions is conducted experimental work with the aim to monitor and verify physical phenomena described in the lectures and to develop skills in laboratory experimentation.

The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas aulas teóricas, que incluem a resolução de problemas. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames). O acompanhamento dos alunos nas aulas teóricas é testado por meio de questionários sobre a matéria dada na própria aula e nas horas de atendimento. As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são lecionadas nas aulas de laboratório, através da montagem experimental, realização, observação e análise dos problemas e fenómenos fundamentais. A avaliação destas competências é efetuada através de dois momentos de avaliação que consistem na montagem e interpretação de trabalhos laboratoriais. A frequência obrigatória das aulas laboratoriais pretende assegurar que os alunos acompanham a matéria.

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

The theoretical components needed to achieve the learning objectives are taught in lectures, which include the resolution of problems. The acquisition of knowledge is assessed in written tests (tests / exams). The monitoring of students in lectures is tested through questionnaires given on the matter in the classes. The practical components necessary to achieve the learning objectives are taught in lab classes, through experimental setup, execution, observation and analysis of problems and fundamental phenomena. The assessment of these skills is made through two evaluations consisting in assembling and interpreting laboratory works. The mandatory frequency of these lab classes aims to ensure that students follow the subjects.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- J. P. Santos, *Apontamentos de Física Atómica*.
- M. Weissbluth, *Atoms and Molecules*, Academic Press, New York (1978).
- H. Haken e H. C. Wolf, *The physics of atoms and quanta: introduction to experiments and theory*, Springer Verlag, Berlin (2000).

Mapa IV - Física Molecular Avançada**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Física Molecular Avançada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Molecular Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

F

4.4.1.3. Duração:*Semestral/Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

84

4.4.1.5. Horas de contacto:*T:14; PL:21***4.4.1.6. ECTS:**

3

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Paulo Manuel Assis Loureiro Limão Vieira - T:21h; PL:7h***4.4.3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular:***Filipe Ribeiro Ferreira da Silva - PL:7h**Paulo António Martins Ferreira Ribeiro - PL:7h***4.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- *Aprofundar conhecimentos em áreas de investigação aplicada experimental, inovação, novas tecnologias, não descurando a investigação fundamental;*
- *Contribuir para a formação de técnicos de excelência em diversas atividades profissionais que requeiram aplicação da Física;*
- *Ministrar uma formação com ênfase experimental em técnicas de Física Molecular Avançada;*
- *Valorizar os fenómenos físicos em processos de decomposição e reação com moléculas de interesse (nano)tecnológico, atmosférico e biológico, processos de captura eletrónica dissociativa e de transferência de carga, com particular relevo para moléculas de interesse biológico;*
- *Esforçar a autonomia na pesquisa documental orientada para a seleção e tratamento de informação sobre procedimentos em questões da Física Molecular e suas aplicações tecnológicas;*
- *Reconhecer a vantagem de articulação de diversas áreas do saber em Física Molecular com Química, Biofísica, Física Médica, Instrumentação, Tecnologia, entre outras.*

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

- *To get insight into applied research areas, innovation, experimental development, new technologies, with the main goal of recognizing fundamental research as relevant;*
- *Contribute to technical background of top qualified experts to participate in several professional activities requiring underlying physical support;*
- *Teaching solid experimental up-to-date achievements on themes related to applied molecular physics;*
- *Stressing particular physical phenomena which are relevant within the technological (and nano technological), atmospheric and biological context, dissociative electron attachment and charge transfer to biological molecules, among many others;*
- *To promote capabilities allowing for independent scientific research on Molecular Physics context and its technological applications;*
- *To recognize the advantage of interlinking several research areas within Molecular Physics, e.g. with Chemistry, Biophysics, Medical Physics, Instrumentation, Technology, among many others.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Os conteúdos incluem:*

- 1. Revisão de conhecimentos adquiridos em Física Atómica e Molecular*
- 2. Estrutura de moléculas poliatómicas*
- 3. Teoria do enlace de valência*
- 4. Introdução à simetria molecular*
- 5. Interações para colisões atómicas – interpretações clássica e quântica*
- 6. Colisões eletrão - átomo e eletrão - molécula*

4.4.5. Syllabus:*Course contents include:*

- 1. Review of topics on Atomic and Molecular Physics*

2. Structure of polyatomic molecules
3. Valence bond theory
4. Introduction to molecular symmetry
5. Atomic collision interactions – classical and quantum interpretation
6. Electron - atom and electron – molecule collisions

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

A unidade curricular inicia-se com o Cap. 1 onde se fará uma breve aferição dos conhecimentos adquiridos em Mecânica Quântica e Física Atômica e Molecular, e.g. questões relacionadas com simetria e princípio de exclusão de Pauli, campo central e potencial resultante; acoplamentos L, S e j,j. O Cap. 2 aborda questões relacionadas com a estrutura de moléculas poliatômicas e o Cap. 3 dedica-se à teoria do enlace de valência. O Cap. 4 aborda a simetria molecular e teoria de grupos. O Cap. 5 aborda questões fundamentais das interações entre partículas do ponto de vista da abordagem clássica e da mecânica quântica para colisões atômicas. No Cap. 6 estendem-se os conhecimentos do capítulo anterior para interações elétron - átomo e elétron - molécula. Os conteúdos programáticos são lecionados no sentido dos casos mais elementares até aos mais complexos.

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

The curricular unit begins with Chapter 1 where a brief overview of previous topics on Quantum Mechanics and Atomic and Molecular Physics, e.g. symmetry, Pauli exclusion principle, central field and potential; L, S and j, j couplings. Chapter 2 is devoted to the structure of polyatomic molecules and Chapter 3 deals with valence bond theory. Chapter 4 is related to Molecular Symmetry and group theory whilst Chapter 5 and 6 with atomic collision interactions – classical and quantum interpretation and Electron - atom and electron – molecule collisions, respectively.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas T e PL de problemas e de laboratório. As T decorrerão numa sessão semanal de 1 ½ e as aulas PL de problemas e laboratório permitirão discutir problemas e contacto com dispositivos experimentais em sessões alternadas de 1 ½, e os docentes promoverão acompanhamento tutorial. Será fornecida bibliografia recomendada que incluirá alguns capítulos de livros, dispositivos em formato “power point” e alguns artigos científicos.

Alunos s/ frequência:

A frequência é obtida com a presença em 2/3 das aulas PL de problemas e de laboratório que não sejam momentos de avaliação e nota prática (NP) superior ou igual a 9,5 valores.

Teórica: A nota da componente teórica (NT) é obtida em dois testes (NT1 e NT2) ou exame (NE) em época de recurso sendo a nota final calculada pela seguinte expressão:

$$NT = 0,5 NT1 + 0,5 NT2 \text{ ou } NT=NE$$

Aprovação: Para ter aprovação à UC é necessário ter frequência $\geq 9,5$ valores e $NT \geq 9,5$ valores. A nota final, arredondada às unidades, é obtida por: $NF=0,6 NT(NE)+0,4 NP$

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The present lecture course will be delivered in full lectures, problems' solving and laboratories. Lectures will be delivered once a week in 1.5 h each while problems' solving and laboratories in 1.5 h lectures. Students will be also accompanied by tutorial sessions for assessing their progress. Bibliography to be recommended from chapter books, presentation on power point format and a few scientific papers where applicable.

Students with no previous lab information:

They have to attend at least 2/3 of the problems' solving and laboratories that are not evaluation processes and obtain a final mark (NP) higher or equal to 9.5 out of 20.

Evaluation:

Lectures: The final mark (NT) is obtained through two tests (NT1 and NT2) or exame (NE), where the final mark is obtained as:

$$NT=0.5 NT1 + 0.5 NT2 \text{ or } NT = NE$$

Approval: For problems' solving the final mark has to be ≥ 9.5 out of 20 and $NT \geq 9.5$ out of 20. The final mark, in units, is calculated as:

$$NF = 0.6 NT + 0.4 NP \text{ or } NF = 0.6 NE + 0.4 NP$$

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas aulas teóricas, com o apoio adicional dos docentes nas aulas teórico-práticas e práticas de laboratório e horários de atendimento de alunos, caso se justifique. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames). A componente prática necessária para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas aulas teóricas através da análise e discussão de temáticas; nas aulas teórico-práticas através da análise e discussão de problemas-tipo. A avaliação destas competências é assegurada na parte prática das provas escritas. A frequência pretende assegurar que os alunos acompanham a matéria e a interliguem com as noções aprendidas na componente teórica.

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

The theoretical deliverables are provided in the lectures with extra support from the demonstration labs and proper time allocated for tutorial training. Students are evaluated on these performances through written tests/exams.

Students skills are acquired in lectures and demonstration labs. In the former the contents are analysed and discussed with problem's solving, whereas in the latter through contact with particular experimental devices allowing to touch and get to know physical phenomena. The evaluation process in both components is achieved through written examination and laboratory demonstration evaluation process. The lab component allows to guarantee a special

additional training so that students performance can be enhanced through multiple interlink between theory and practice. Complying with this methodology guarantees a continuous, interlinked and updated knowledge transfer through the lecture course.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Capítulos dos livros de: / Book chapters from:

*Physics of Atoms and Molecules
B. H. Brandesen and C. C. Joachain
Prentice Hall, 2002
ISBN: 978-0582356924*

*Molecular Quantum Mechanics – 5th Edition
Peter Atkins & Ronald Friedman
Oxford Univ. Press, 2010
ISBN: 978-0-19-954142-3*

*Physical Chemistry
Peter Atkins
Oxford Univ. Press, 1999
ISBN: 0-19-850102-1*

*Introduction to the Structure of Matter
John J. Brehm and William J. Mullin
John Wiley & Sons, 1989
ISBN: 0-471-60531-X*

*Gaseous Molecular Ions
E. Illenberger and J. Momigny
Springer-Verlag New York, 1992
ISBN: 3-7985-0870-4*

*Atomic and Molecular Clusters
Roy L. Johnston
Taylor & Francis, 2002
ISBN: 0-7484-0931-9*

Mapa IV - Análise de Superfícies

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Análise de Superfícies

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Surface Analysis

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Orlando Manuel Neves Duarte Teodoro – TP:28h

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):

O objetivo desta UC é familiarizar os alunos com as técnicas baseadas em feixes de raios-X ou de partículas carregadas usadas para caracterização de superfícies e disponíveis no Departamento de Física como espectroscopias de eletrões e espectrometria de massa de iões secundários.

Espera-se que integrem conhecimento ao compreenderem por exemplo a aplicação do efeito fotoelétrico ou do efeito Auger para fins analíticos e ao estudarem a aplicação da tecnologia de vácuo e de partículas carregadas para esse fim. Desta forma, espera-se que os estudantes fiquem preparados para realizar tarefas relacionadas com equipamento analítico que use partículas carregadas e instrumentação afim.

Os alunos irão aprender também sobre a interação de partículas em sólidos e sobre as diferenças entre análise de superfícies e de materiais.

Os alunos deverão adquirir competências transversais como o desenvolvimento do raciocínio científico, integração de conhecimento e aplicação prática de conceitos físicos.

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

The aim of this curricular unit is to familiarize students with techniques based on X-ray or charged particles used for surface characterization and available in the Department of Physics such as electron spectroscopy and secondary ion mass spectrometry.

They are expected to integrate knowledge by understanding for example the application of the photoelectric effect or the Auger effect for analytical purposes and by studying the application of vacuum and charged particles technology for that purpose. In this way, students are expected to be prepared to perform tasks related to analytical equipment that uses charged particles and related instrumentation.

Students will also learn about the interaction of particles in solids and the differences between surface and material analysis.

Students should also acquire transversal skills such as the development of scientific reasoning, knowledge integration and practical application of physical concepts.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Análise de superfícies versus análise de materiais.*
- 2. O microscópio eletrónico (SEM e TEM). Microanálise e o SEM de alta pressão.*
- 3. Espectrometria de massa de iões secundários (SIMS).*
- 4. Microscopia Auger de varrimento (SAM e AES).*
- 5. Espectroscopia de fotoeletrões de raios X (XPS).*

4.4.5. Syllabus:

- 1- Surface analysis versus materials analysis.*
- 2- The electron microscope (SEM and TEM). Microanalysis and high pressure SEM.*
- 3- Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS).*
- 4- Scanning Auger Microscopy (SAM and AES).*
- 5- X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).*

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

O programa começa por contextualizar a análise de superfícies e a sua diferença com a análise de materiais. Depois as várias técnicas são descritas dando ênfase a conceitos físicos transmitidos anteriormente, agora aplicados a instrumentos analíticos. Dá-se especial atenção à instrumentação associada a cada técnica de análise de modo a que os estudantes possam perceber os detalhes de cada equipamento, a sua operação, projeto, manutenção, etc. As sessões práticas em laboratório ajudará os estudantes a compreender o funcionamento destas técnicas, a identificar os instrumentos e a treinarem a análise de dados.

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

The program begins by contextualizing the analysis of surfaces and their difference with the analysis of materials. Then the various techniques are described with an emphasis on previously transmitted physical concepts, now applied to analytical instruments. Special attention is given to the instrumentation associated with each analysis technique so that the students can perceive the details of each equipment, its operation, design, maintenance, etc. Practical laboratory sessions will help students understand how these techniques work, identify instruments, and train them on data analysis.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O programa será desenvolvido em torno de cada técnica, descrevendo os princípios físicos envolvidos e a instrumentação necessária. O programa será exposto através de aulas de exposição e de sessões em laboratório (SIMS e XPS). A avaliação será com base em testes escritos e em relatórios das aulas práticas.

As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The program will be developed around each technique, describing the physical principles involved and the necessary instrumentation. The program will be exposed through lectures and laboratory sessions (SIMS and XPS). The evaluation will be based on written tests and practical class reports.

The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

Os testes escritos permitirão avaliar os conhecimentos e algumas das competências transmitidos. Os relatórios permitirão avaliar o grau de familiaridade dos estudantes com as técnicas apresentadas bem como outras competências como o desenvolvimento do raciocínio científico, integração de conhecimento e aplicação prática de conceitos físicos.

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

The written tests will allow to evaluate the knowledge in the field and some of the developed skills. Reports will allow to evaluate the students' familiarity with the presented techniques as well as other skills such as the development of scientific reasoning, knowledge integration and practical application of physical concepts.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Surface and Thin Film Analysis

Edited by Gernot Friedbacher, Henning Bubert

ISBN: 978-3-527-32047-9

April 2011

Mapa IV - Criogenia**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Criogenia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Cryogenics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Gregoire Marie Jean Bonfait - TP:28h

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):

Como obter, manter e utilizar baixas temperaturas.

Saber:

*As principais técnicas de arrefecimento dum objeto abaixo de 100 K
Ter uma ideia da complexidade absoluta e relativa destas técnicas
As origens das entradas de calor*

Saber fazer:

Esquema simples de sistema criogénicos

Cálculos de entradas de calor parasitas (radiação, condução) em casos simples

Primeiro dimensionamento de cryostato/cryocooler

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

How to obtain, maintain and use low temperatures.

Knowledge:

The main technical for cooling below 100 K

To be able to evaluate the absolute and relative complexity of these techniques

The origins of the parasitical heat input

Know-how:

Scheme of a cryogenic system

Calculations of parasitical heat inputs in simple cases

First dimensioning of cryocooler/Cryostat

4.4.5. Conteúdos programáticos:

I- Introdução

I-1 Utilização da criogenia

I-2 Problemáticas da criogenia

II- Líquidos Criogénicos:

II-1 O meu primeiro criostato

II-2 Líquidos criogénicos

II-3 Caso do 4He e do 3He

II-4 Características importantes dos líquidos criogénicos

III- Transferência de calor por radiação

III-1 Lei de Stefan Boltzmann

III-2 Caso dos ecrãs a temperatura fixa

III-3 Caso dos ecrãs múltiplos and MLI

IV- Condução térmica

IV-1 Importância da condução térmica

IV-2 Mecanismo de condução térmica

IV-3 Transferência de calor por condução

IV-4 Condução nos gases

V- Máquinas térmicas

V-1 Introdução

V-2 Liquefatores

V-3 Criorrefrigeradores

Componente Laboratorial:

Determinação dos vários modos de troca de calor entre uma superfície sólida e o azoto líquido. Efeito Leidenfrost.

4.4.5. Syllabus:

I-Introduction

I-1 Cryogenics: why and when?

I-2 The main issues of Cryogenics

II-Cryogenic Liquids:

II-1 My first cryostat

II-2 Cryogenic liquids

II-The case of 4He and 3He

II-4 Main Features of cryogenic liquids

III Heat transfer by radiation

III-1 The Stefan Boltzmann law

III-2 Thermal shields at constant temperature

III-3 Multilayer insulation-MLI

IV-Thermal Conduction

IV-1 Importance of thermal conduction

IV-2 Mechanism of thermal conduction
 IV-3 Heat transfer by conduction
 IV-4 Conduction in gases

V-Thermal machines
 V-1 Introduction
 V-2 Liquefiers
 V-3 Cryocoolers

Laboratory component:

Determination of the modes of heat transfer between a solid surface and the liquid nitrogen. Leidenfrost effect.

4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:
O conteúdo programático da UC fornece aos alunos uma visão global dos problemas a resolver para produzir/manter e utilizar temperaturas na gama 2K-100K.

Em particular, apresenta-se os principais fluidos criogénicos e máquinas térmicas utilizadas hoje em dia. A termodinâmica ensinada em primeiro ciclo é utilizada para calcular a potência frigorífica de máquinas simples. Os problemas de transferências de calor e de calor parasitas são examinados com alguns pormenores. Estas três vertentes dão as ferramentas necessárias para permitir um pré-dimensionamento de um sistema criogénico.

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

The course syllabus provides to students an overview of the problems to be solved to produce / maintain and use temperatures in the range 2K-100K.

In particular, it presents the main cryogenic fluids and thermal machines used nowadays. The thermodynamic taught during the first cycle is used to calculate the cooling power of simple machines. The problems of heat transfer and heat parasites are examined in some detail. These three elements provide the fundamental tools to allow a pre-dimensioning of a cryogenic system.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas duram duas horas. Os primeiros 45-60 minutos são utilizados para a exposição da matéria. Durante esta parte, perguntas, simples ou mais complicadas, são feitas aos alunos para tentar perceber como é que os conhecimentos já "transmitidos" foram assimilados.

A segunda parte é dedicada a exercícios de aplicação que são, na medida do possível, copiados de problemas concretos encontrados em criogenia.

Avaliação:

Componente Teórica: 2 testes (1,5 h) (60%)

Componente Prática: Aula prática + relatório (25%)

Componente TIC: 3 exercícios a fazer "em casa": Construção duma folha de cálculo para apresentação de dados de criogenia (15%)

A aprovação a Criogenia necessita uma nota positiva para a componente teórica.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The class has a duration of two hours. The first 45-60 minutes are used for the exposition of the subject. During this part, questions, simple or complicated, are made to try to understand how the knowledge already "transmitted" has been assimilated.

The second part is devoted to practical

Evaluation:

2 tests (1,5 h) (60%)

One laboratory session (25%)

TIC component; 3 exercises (homework), building of a worksheet for presentation of cryogenic data (15%)

The approval of cryogenics needs a positive note for the theoretical component.

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

As metodologias de ensino têm como objetivo permitir uma boa compreensão de como produzir/manter/utilizar as temperaturas inferiores a 100K. Tal será conseguido através da uma integração cuidada entre os conhecimentos explicados na aula teórica e a resolução nas mesmas aulas de exercícios. Estes exercícios sendo, na medida do possível, baseados na resolução de casos concretos, contribuirão para a consolidação do conhecimento e para uma visão integrada dos conhecimentos teóricos e práticos da UC.

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

The teaching methods aim to establish a good understanding of how to produce / maintain / use temperatures below 100K. This will be achieved through the careful integration between the knowledge explained in the first part of the class followed by the resolution of exercises. These exercises being, as far as possible, based on the resolution of concrete cases, they contribute to the consolidation of knowledge and an integrated view of the theoretical and practical knowledge.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Apontamentos do prof (slides, notas manuscritas)

Internet

Outras fontes que podem ser úteis:

The Art of Cryogenics, G. Ventura & L. Risehari, Elsevier 2010

Cryogenic Process Engineering, Klaus D. Timmerhaus, Thomas M. Flynn, Springer

Mapa IV - Física dos Novos Materiais

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física dos Novos Materiais

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Physics of the New Materials

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Gregoire Marie Jean Bonfait - TP:14

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

Ana Cristina Gomes da Silva - TP:14

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

Dar uma ideia de como os conhecimentos de Física adquiridos são aplicados a fenómenos físicos da matéria condensada muito importante com aplicações em engenharia. Encontra-se dividida em 2 módulos:

- Supercondutividade*
- Física dos cristais líquido*
- Sistemas de dimensões reduzidas*

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

The purpose of this modular advanced course is to show how developments of some fundamental concepts of modern physics are applied in the innovation fields such as nanoscience and nanotechnology (low dimensionality phenomena), Liquid crystals and superconductivity.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Supercondutividade

- I- Fenomenologia da supercondutividade.*
- II- Introdução às teorias fenomenológicas.*

III-- Aplicação às bobinas supercondutoras**Cristais Líquidos****I – Introdução aos Cristais Líquidos****II – Teorias de campo médio da fase nemática****III – Teoria fenomenológica da transição de fase esmética A - nemática****IV – Introdução à teoria contínua da fase nemática****Sistemas de dimensionalidades reduzidas (0D, 1D, 2D)****I – Fullerenes****II – Nanotubos de carbono****III – Grafeno****4.4.5. Syllabus:****Superconductivity****I - The superconductivity phenomenon****II- Introduction to the different models and theories****III--Superconductors applications****Physics of Liquid Crystals****I- Liquid-crystalline phases****II- Curvature elasticity and nematodynamics****III- Technological applications****IV- Analogues and analogies based on liquid crystals****Low-dimensional systems (0D, 1D, 2D)****I – Fullerenes , quantum wells, quantum dots****II – Nanotubes CNT's and nanowires****III – Graphene and other 2D systems****4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

Esta UC é uma das últimas do curso e utiliza conceitos, ferramentas, técnicas de cálculo adquiridos nos anos anteriores para descrever fenómenos cooperativos um pouco "mais complicados" que os estudados até agora. Por exemplo, a descrição dos eletrões nos metais (mecânica estatística e Física do estado sólido), as equações de Maxwell, os operadores vectoriais, a teoria de transição de fase de Landau (introduzida em Física do estado sólido para o magnetismo) são utilizados para descrever a supercondutividade e os cristais líquidos assim como as novas propriedades elétricas e óticas dos materiais de dimensão reduzidas. Muitos conceitos desenvolvidos ao longo do curso são utilizados de forma um pouco mais exótica nesta UC.

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

This course explores and goes deep in concepts, tools, calculation techniques acquired in previous years to describe cooperative phenomena a little "more complicated" than those studied so far. For example, the description of electrons in metals (statistical mechanics and solid state physics), Maxwell's equations, vector operators, Landau's phase transition theory (introduced in solid state physics for magnetism) are used to describe the superconductivity and liquid crystals as well as the new electrical and optical properties of the reduced size materials. Many concepts developed throughout the course are used in a slightly more exotic/challenging and advanced way.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas duram duas horas. Os primeiros 45-60 minutos são utilizados para a exposição da matéria. Durante esta parte, perguntas, simples ou mais complicadas, são feitas aos alunos para tentar perceber como é que os conhecimentos já "transmitidos" foram assimilados.

A segunda parte é dedicada a exercícios de aplicação que são, na medida do possível, copiados de problemas concretos ou criados para aprofundar alguns aspetos dos fenómenos estudados nesta unidade

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The class has a duration of two hours. The first 45-60 minutes are used for the exposition of the subject. During this part, questions, simple or complicated, are made to try to understand how the knowledge already "transmitted" has been assimilated.

The second part is devoted to practical exercises that are, where possible, based on concrete problems or created to help for a better understanding of the phenomena studies in this unit.

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

Esta UC é uma das últimas do curso e utiliza conceitos, ferramentas, técnicas de cálculo adquiridos nos anos anteriores para descrever fenómenos cooperativos um pouco "mais complicados" que os estudados até agora. Por exemplo, a descrição dos eletrões nos metais (mecânica estatística e Física do estado sólido), as equações de Maxwell, os operadores vectoriais, a teoria de transição de fase de Landau (introduzida em Física do estado sólido para o magnetismo) são utilizados para descrever a supercondutividade e os cristais líquidos. Calor específico, força de

Laplace, condutividade eletrónica são utilizados para descrever a estabilidade das bobinas supercondutoras utilizadas para as imagens médicas.

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

The fact of doing exercises immediately after the exposure of the theoretical concepts allows a better assimilation of the concepts and a faster demystification of the mathematics used. Moreover, and as far as the subject allows it is discussed scientific papers published in journals dedicated to the field.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Casquilho, J.P e Cortez Teixeira P.I., Introdução à Física Estatística, IST Press, Coleção Ensino da Ciência e da Tecnologia (2011)

Internet

Slides/apontamentos do Prof. Bonfait

Mapa IV - Física Nuclear Aplicada

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Física Nuclear Aplicada

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Applied Nuclear Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Maria Adelaide de Almeida Pedro de Jesus (Regente) – T:21h;

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

João Duarte Neves Cruz – PL: 21 h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- Compreender as reações atómicas e nucleares induzidas por feixes de partículas carregadas e neutrões e as técnicas de análises de materiais nelas baseadas, como PIXE, PIGE, RBS, ERD e ativação neutrónica*
- Ser capaz de extrair informação a partir dos espectros de energia produzidos nessas técnicas e usar ferramentas de simulação.*
- Conhecer o equipamento e instrumentação associados às técnicas.*

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

The approval in this curricular unit implies that the student has acquired skills to:

- Understand atomic and nuclear reactions induced by charged particle beams and neutrons and the associated*

analytical techniques, as PIXE, PIGE, RBS, ERD and neutron activation.

- *Being able to extract information from the energy spectra produced by these techniques and to use simulation tools.*
- *Being familiar with equipment and instrumentation associated with these techniques.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução ao funcionamento de aceleradores e reatores nucleares.

Interações atómicas e nucleares de feixes de partículas carregadas e neutrões com a matéria.

Aplicações de feixes de iões acelerados (0.5 - 4MeV) e neutrões à análise de materiais, nomeadamente apresentação e discussão das técnicas de PIXE, PIGE/NRA, ERD, AMS e ativação neutrónica.

4.4.5. Syllabus:

Introduction to accelerators and nuclear reactors.

Atomic and nuclear interactions of charged particle beams and neutrons with matter.

Application of ion beams (0.5 - 4MeV) and neutrons to material analysis, namely PIXE, PIGE/NRA, ERD, AMS and neutron activation analytical techniques.

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

Procurando dar uma visão abrangente dos métodos analíticos associados à interação de feixes de partículas com materiais, o programa cobre técnicas com iões de média energia (~MeV) e neutrões que permitem desde análises superficiais (primeiras camadas atómicas) até análises em volume.

A ênfase nos princípios físicos e parâmetros essenciais para análise qualitativa e quantitativa bem como a respetiva instrumentação, permitem a compreensão da aplicabilidade e sensibilidade das várias técnicas. Esta base é complementada pela exemplificação da resolução de problemas tecno-científicos com estes métodos analíticos.

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

With the goal to give a comprehensive overview of the analytical methods associated with the interaction of particle beams with materials, the program covers techniques with medium energy ions (~ MeV) and neutrons allowing from surface analysis (first atomic layers) until analysis in volume.

The emphasis on the physical principles and parameters for qualitative and quantitative analysis as well as the associated instrumentation, allow the understanding of the applicability and sensitivity of the various techniques. This is complemented by examples of the resolution of techno-scientific analytical methods with these problems.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O método de ensino compreende duas componentes complementares, que envolvem dois tipos de aulas: teóricas e práticas.

Faz-se a exposição das noções básicas da matéria nas aulas teóricas, procurando nas aulas práticas a integração dos conceitos através de exercitação e simulação. Para o aprofundamento dos conhecimentos e contacto com as aplicações das técnicas, os estudantes, desenvolvem um trabalho de simulação e sua apresentação.

A avaliação é realizada com base em dois testes, bem como no relatório e apresentação do trabalho de simulação.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching method comprises two complimentary components, involving two kinds of classes: theoretical (classroom) and practical (laboratory).

Theory will be exposed in lectures, supported by practical classes looking for the integration of concepts through exercises and simulation. To increase knowledge and contact with related applications, students will be asked to perform a simulation exercise and subsequent presentation.

Evaluation will be done by two written tests and by the simulation report and presentation.

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

Embora as capacidades de atenção e concentração de muitos estudantes não aconselhem a exposição oral de matéria teórica como o método mais eficiente de assegurar uma boa aprendizagem, dada a complexidade dos meios de estudo (artigos e livros de carácter tecno-científico) esta forma de exposição é inevitável. Os slides das aulas acompanhados pelos textos fornecidos constituem a primeira base de estudo.

A compreensão dos conceitos e a sua integração é assegurada pelas aulas práticas através de exercitação e de simulação e respetiva apresentação. Esta apresentação serve também para treinar técnicas de apresentação e comunicação.

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

Although the abilities of attention and concentration of many students do not advise oral presentation of theoretical material as the most efficient method of ensuring good learning, given the complexity of the means of study (articles and books techno-scientific) such method is unavoidable. Slides are accompanied by some texts provided for first study base.

Understanding of concepts and their integration is ensured by practical and simulation sessions as well as by a simulation exercise and its oral presentation. This presentation also serves to train presentation and communication skills.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Handbook of Modern Ion Beam Materials Analysis, Michael A Nastasi, Joseph R Tesmer, ISBN:1558992545

Mapa IV - Fotónica**4.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Fotónica***4.4.1.1. Title of curricular unit:***Photonics***4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***EF***4.4.1.3. Duração:***Semestral/Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***84***4.4.1.5. Horas de contacto:***PL:28***4.4.1.6. ECTS:***3***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Paulo António Martins Ferreira Ribeiro - PL: 28h***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):***Descrever com rigor, conceitos, leis e fenómenos fundamentais relevantes para a Fotónica.**Executar processos de pesquisa documental e estudo orientado para o planeamento e execução de procedimentos Planear, elaborar e executar procedimentos conducentes a objetivos experimentais.**Aplicar os conhecimentos de Ótica e na modelação de fenómenos, processos e mecanismos relacionados Fotónica Resolver questões nos domínios da Ótica aplicados à Fotónica, determinando ou medindo grandezas, realizando cálculos e estimativas usando expressões.**Elaborar e apresentar, textos descritivos e relatórios, com rigor, clareza e concisão, do ponto de vista da Ótica quando aplicada aos processos e fenómenos relacionados com a Fotónica.***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Accurately describe, concepts, laws and fundamental phenomena relevant to Photonics.**Run processes of documentary research and oriented study; planning and implement procedures.**Plan, develop and implement procedures leading to experimental goals.**Apply knowledge of Optics to modeling of phenomena, processes and mechanisms related with Photonics**Solve issues in the fields of optics applied to photonics, determining or measuring quantities, performing calculations and evaluate using expressions.**Prepare and submit reports and descriptive texts with accuracy, clarity and brevity, from the point of view of optics when applied to processes and phenomena related with photonics.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Introdução: Fotónica, optoelectrónica, biofotónica e nanofotónica; estado da arte**2. Produção e deteção de luz: fontes de luz, detetores, resposta espectral, ruído, sensibilidade e tempo de resposta**3. Ótica de Cristais: Introdução: propagação em cristais anisotrópicos; birrefringência; superfície normal; o elipsóide dos índices; atividade ótica**4. Fibras Óticas: Modos, atenuação, distorção; aplicações**5. Refletometria, Polarimetria e Elipsometria: Reflexão de luz em interfaces; refletometria, polarimetria e elipsometria; aplicações*

6. *Interferometria Ótica: Interferência de duas e fontes múltiplas; filtros de interferência, interferência por múltipla reflexão; interferómetros; aplicações*
7. *Holografia*
8. *Modulação, comutação e amplificação de luz: Introdução; efeitos eletrónicos modulação, efeitos fotorefrativo, Faraday e acusto-ótico; conjugação de fase; aplicações*
9. *Componentes e Instrumentação Óticos*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction: Photonics, Optoelectronics, biophotonics and nanophotonics; state of the art*
2. *Production and detection of light: Light sources, light detectors, spectral response, and noise sensitivity and response time*
3. *Optics of Crystals: Propagation in anisotropic crystals, birefringence, normal surface; index ellipsoid; optical activity*
4. *Optical Fibers: Modes; attenuation; distortion; applications*
5. *Reflectometry, Ellipsometry and Polarimetry: Reflection of light at interfaces; reflectometry, polarimetry and ellipsometry; applications.*
6. *Optical Interferometry: interference of two and multiple sources; interference filters, interference by multiple reflections; interferometers; applications*
7. *Holography*
8. *Light modulation switching and amplification: Electrooptics; light modulation, photorefractive, Faraday and acousto-optic effects; phase conjugation; applications.*
9. *Optical components and Instrumentation.*

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

A Fotónica é uma disciplina de introdução à ótica integrada, que contempla conceitos, modelos e práticas experimentais fundamentais da ótica de relevância para a Fotónica e aplicações. Assim, os conteúdos programáticos, os temas fundamentais da Ótica Física, em particular produção e deteção de luz; ótica de cristais; reflexão em interfaces; fibras óticas; e aplicações; interferometria ótica e filtros de interferência, memórias óticas modulação, comutação e amplificação de luz e de fase e, componentes e instrumentação óticos. Estes temas, são abordados com exemplos de aplicação à Ótica Integrada e fenómenos físicos neles envolvidos, nomeadamente através da modelação mediante a construção dos pressupostos adequados. Pretende-se assim que a metodologia de ensino seja coerente com os objetivos da unidade curricular e que os estudantes tenham as ferramentas básicas fundamentais da ótica física utilizada em fotónica.

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

Photonics course consists of an introduction to integrated optics, which includes concepts, models and experimental practices of fundamental relevance to optics and photonics technological applications, namely in telecommunications. Thus, the syllabus, includes the fundamental themes of Optical Physics, in particular production and detection of light, optics of crystals; reflection at interfaces, optical fibers and applications, interferometry and optical interference filters, optical storage devices, light modulation, switching, light and phase amplification, and optical components and instrumentation. These topics are discussed with examples of application to the Integrated Optics and physical phenomena involved in them, including the modeling through the construction of appropriate assumptions. It is thus intended that the teaching methodology is consistent with the objectives of the course providing students with fundamental tools to be used in photonics.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A UC terá aulas presenciais de apresentação e exposição de matéria e aulas de atividades experimentais em laboratório. A metodologia de ensino é centrada na atividade contínua do aluno, nomeadamente através da realização de lições online e atividades experimentais e participação na apresentação dos temas programáticos e resolução de questões. As apresentações são apoiadas por vídeo projeção e demonstrações e simulações sendo sempre enfatizada a componente tecnológica e aplicações. O processo de ensino-aprendizagem apoia-se em plataforma de E-Learning onde são colocadas todas as informações da UC, as unidades de aprendizagem, enunciados de atividades experimentais lições no âmbito das unidades de aprendizagem e questionários, vídeos, informações sobre conferências relevantes na área Fotónica, catálogos de fabricantes de componentes e dispositivos para Fotónica e artigos científicos.

As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The Course of Photonics includes classroom presentation and exhibition of matter and of experimental activities classes in optics laboratory. A teaching methodology centered on the ongoing activity of the student is adopted, which includes the completion of online lessons and experimental activities and participation in the presentation of the program topics and problem solving. The classroom presentations are supported by video projection and demonstrations and simulations technological and applications are always emphasized. The teaching-learning process relies on E-Learning platform that posts all the course information, the learning units, lessons, set of experimental activities proposals within the learning units, quizzes, videos, information about relevant conferences in Photonics, catalogs of photonics components and devices manufacturers and scientific articles.

The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

A metodologia seguida conforma globalmente uma filosofia de Blended Learning e procura quantificar o trabalho dos alunos, permitindo a aplicação do "paradigma de Bolonha". Os alunos têm obrigatoriamente de se inscrever na

plataforma de E.Learning, onde se disponibilizam as regras da disciplina, o programa, as Unidades de Aprendizagem (UA) com os conteúdos programáticos das aulas teóricas presenciais e os documentos guia dos Trabalhos Experimentais (AE) e lições-teste. O processo de ensino-aprendizagem compreende aulas teóricas, apresentação de seminários; aulas práticas de laboratório; conceção, preparação e execução de atividades experimentais execução de lições-teste online. As lições-teste fazem parte das atividades online de execução obrigatória, contribuindo em 10 % para a classificação final. As aulas teóricas de 1,5 horas, são suportadas por apresentações em vídeo-projetor e incluem a realização simulações, demonstrações experimentais, resolução de questões. Procura-se adotar uma perspetiva pedagógica construtivista. Os conteúdos das aulas teóricas UA, estão agrupados em documentos, também disponibilizados na plataforma em forma de lição. Cada uma destas lições tem associada uma autoavaliação, de execução obrigatória. As sessões experimentais de 1,5 horas, decorrem em laboratório. Dos trabalhos executados, os alunos apresentam relatórios. Estes trabalhos são classificados e a sua média corresponderá à classificação do aluno neste item. Os alunos podem ser interrogados individualmente sobre as atividades previstas em cada sessão. As sessões experimentais presenciais, requerem preparação prévia de toda a execução experimental. Para tal são disponibilizados na plataforma documentos, AEs, onde se definem objetivos para as atividades propostas e ajudam a explorar os conteúdos. Ao percorrer esses documentos, o aluno deve consultar todos os tópicos relacionados, tomando notas de enunciados ou expressões, de forma a construir o seu memorando auxiliar para a atividade a executar em laboratório. Assim o aluno terá de desenvolver os procedimentos experimentais, executar montagens fazer medições, otimizar a execução e elaborar relatório científico. A aferição de conhecimentos e competências teórico-práticos adquiridos será aferida através de um teste final a ser realizado na última aula do semestre, que contribui para 50% da classificação final.

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

The methodology conforms generally a philosophy of Blended Learning and seeks to quantify students' work, allowing the application of the "Bologna paradigm". Students are compelled to register on the E.Learning platform, where rules, program, Learning Units (UA) with the contents of lectures and documents for preparation of Experimental Activities (AE), online lessons and quizzes are available. The teaching-learning process includes classroom lectures, online lessons with self-assessment quizzes. Classroom lectures of 1,5 hours are supported by video projector presentations and include simulations, demonstrations, experiments and problem solving. A constructivist educational perspective is adopted. The contents of lectures, organized in the form of UA, are grouped into documents, also available in the platform in the form of lesson-test. Each of these lesson-test has associated a compulsory self-assessment quiz which will contribute for 10 % of the final mark. Experimental sessions of 1,5 hours are taking place in laboratory. Of work performed, each student presents reports to be evaluated. The average mark of experimental component will correspond to the grade of the student for this item. Students can be asked individually about planned activities in each session. The experimental sessions require previous full preparation. Documents are available on the platform, AEs, with objectives for the proposed experimental activities and assist then to explore the contents. By going through these documents, the student should consult all related topics, taking notes of statements or expressions, in order to build its memorandum to assist the experimental execution in the laboratory. Thus the student will have to develop the experimental procedures, perform experimental assembly, make measurements, optimize performance and develop scientific report. The assessment of knowledge and skills acquired in theoretical-practical classes will be assessed through a final test to be held in the last class of the semester, which contributes to 50% for the final grade.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Photonics: Optical Electronics in Modern Communications; Amnon Yariv, Pochi Yeh; six edition; Oxford University press; 2007*
- *Optics and Photonics An Introduction; F. Graham Smith and Terry A. King, John Wiley & Sons, Ltd;2000*
- *Fundamental of Photonics; BEA Saleh, M.C. Teich; John Wiley & Sons, Inc.;1991*
- *Principles of Optics: Electromagnetic Theory of Propagation, Interference and Diffraction of Light; Max Born and Emil Wolf, Cambridge;7ª Ed,1999*
- *Notas de Aulas, Paulo Ribeiro 2012*
- *Enunciados de Atividades Experimentais, paulo Ribeiro, 2012*

Mapa IV - Lasers

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Lasers

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Lasers

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester**4.4.1.4. Horas de trabalho:**

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:14; PL:14

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Dawei Liang - T: 14h; PL: 14h***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):**

A unidade curricular de laser tem por objetivo fazer uma cobertura global sobre os lasers (principalmente os lasers de estado sólido), abordando os conceitos mais importantes destas áreas de modo a que os alunos entendam os seus conceitos fundamentais e seguidamente apliquem esses conhecimentos nos trabalhos práticos de montagem e ensaios de laser de estado sólido, o que proporciona aos alunos outra dimensão desta disciplina. Através do trabalho de simulação computacional com os software's ZEMAX e AUTOCAD, e através da apresentação e discussão de tópicos sobre uma área específica de lasers, os alunos devem adquirir os conhecimentos mais atualizados sobre essa área da laser. A disciplina pretende assim despertar o interesse dos alunos pelo mundo fantástico do laser e fazê-los entender a importância desta disciplina para a renovação da indústria e para a formação completa de um(a) licenciado(a) em engenharia física etc.

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

Aiming at the global aspects of lasers (principally solid state lasers), the discipline of optoelectronics will focus on the most important concepts in this area so that the students can understand and apply the fundamental concepts to the practical experiments related to solid state lasers. Through the computational simulations by software's like ZEMAX and AUTOCAD, and also through the discussions of the topics on one specific area of lasers, the students are expected to gain the most recent knowledge of lasers. This discipline will enhance the interests of the students about the fantastic world of optoelectronics and will stress the importance of this discipline for renovating the industry and for the complete training of students of physical engineering etc.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Laser de Estado Sólido
Introdução à História e Aplicações de Lasers
Bases Físicas dos Lasers
Absorção e Ganho Ótico, Criação da Inversão Populacional
Oscilador Laser
Configurações e Estabilidade (Ressonadores Óticos)
Propriedades de Materiais Ativos para Laser de Estado Sólido
Cavidades de Bombeamento, Características Principais dos Componentes do Laser
Amplificador de Laser
Lasers Bombeados por Laser Díodo
Lasers de Fibras Óticas, Laser de Disco-fino
Lasers Solares
Explicações dos Software's ZEMAX, LASCAD e AUTOCAD
Explicações dos Trabalhos das Monografias, Discussão e Avaliações das Monografias*

Aulas Práticas:

*Componentes de Laser de Estado Sólido
Laser Bombeado por Sol 1-2
Qualidade do feixe de laser
Simulação Computacional de Laser de estado sólido usando ZEMAX, LASCAD e AUTOCAD*

4.4.5. Syllabus:

Solid-state laser

Introduction to the history and applications of lasers.

The basic physics for lasers.

Absorption and optical gain, the creation of population inversion.

Laser oscillators.

Configurations and stability (Optical Resonators).

The properties of active materials for solid state lasers.

The laser pump cavities. The principal characteristics of laser components.

Laser amplifiers.

Laser pumped by Diode Laser.

Optical fiber lasers. Thin-disk lasers

Solar lasers.

Explanation of ZEMAX, LASCAD and AUTOCAD software's.

Explanation of the monograph home works.

The discussion and evaluation of the monographs.

Laboratory sessions:

Solid state laser componentes

Solar-pumped lasers 1-2.

Laser beam quality

Computational simulation of solid-state lasers by using ZEMAX, LASCAD and AUTOCAD.

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

Introdução à História e Aplicações de Lasers, Bases Físicas dos Lasers, Absorção e Ganho Ótico, Criação da Inversão Populacional, Oscilador Laser, Configurações e Estabilidade Propriedades de Materiais Ativos, Cavidades de Bombeamento, Características Principais dos Componentes do Laser, são tópicos de apresentação e discussões pelos alunos, ajudado pela explicações do professor nos pontos mais difíceis.

As explicações dos lasers bombeados por laser Díodo, Lasers de fibras óticas, Laser de disco-fino, Lasers solares permitem a atualização dos conhecimentos sobre os lasers modernos.

Explicações dos software's ZEMAX, LASCAD e um pouco de AUTOCAD durante as aulas práticas abriam um caminho muito útil para empregos futuros.

As aulas prática com os ensaios de laser solar de Nd:YAG e os diagnósticos dos feixes de laser solar a aprofundem largamente os conhecimentos já adquiridos.

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

Introduction to the history and applications of lasers, The basic physics for lasers, Absorption and optical gain, The creation of population inversion. Laser oscillators, Configurations and stability, The properties of active materials, The laser pump cavities. The principal characteristics of laser components are topics for the presentation and discussion by the students, being timely helped at difficult points by teacher's explanations.

The lessons about Laser pumped by diode Laser, Optical fiber lasers, Thin-disk lasers and Solar lasers will permit an enhanced knowledge about modern lasers.

Explanation of ZEMAX, LASCAD and a little bit AUTOCAD during lessons will pave a useful way for future jobs.

The experimental section with Nd:YAG solar-pumped laser testing and laser beam profile diagnostics will deepen largely the student's already acquired knowledge

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os estudantes são levados para o mundo fantástico de lasers através de apresentações e discussões dos conceitos básico de lasers (10%). Os seus conhecimentos serão consolidados pela participação dos ensaios práticos de laser solares no campus de FCT NOVA(15%). Os treinos em projetos de laser usando de ZEMAX e LASCAD ao longo de semestre permite tanto a assimilação efetivo dos conteúdos de lasers e como estimular as capacidades de inovação por parte dos alunos (60%). Há um teste final de conhecimento sobre os lasers (15%).

As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The students are guided to the fantastic world of lasers through both presentation and discussion about the basic concepts of lasers (10%). Their knowledge will be consolidated by the participation of solar-pumped laser testings in FCT NOVA campus (15%). The trainings of the laser projects by using ZEMAX and LASCAD softwares during the semester will permit not only an effective assimilation of the contents about lasers, but will certainly stimulate the students capacity in innovation as well (60%). There exists finally a knowledge test about lasers(15%).

The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

Introdução à História e Aplicações de Lasers, Bases Físicas dos Lasers, Absorção e Ganho Ótico, Criação da Inversão Populacional, Oscilador Laser, Configurações e Estabilidade Propriedades de Materiais Ativos, Cavidades de Bombeamento, Características Principais dos Componentes do Laser, são tópicos de apresentação e discussões

pelos alunos, ajudado pelas explicações do professor nos pontos mais difíceis.

As explicações dos lasers bombeados por laser Díodo, Lasers de fibras óticas, Laser de disco-fino, Lasers solares permitem a atualização dos conhecimentos sobre os lasers modernos.

Explicações dos software´s ZEMAX, LASCAD e um pouco de AUTOCAD durante as aulas práticas abrem um caminho muito útil para empregos futuros.

As aulas práticas com os ensaios de laser solar de Nd:YAG e os diagnósticos dos feixes de laser solar aprofundam largamente os conhecimentos já adquiridos.

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

Introduction to the history and applications of lasers, The basic physics for lasers, Absorption and optical gain, The creation of population inversion. Laser oscillators, Configurations and stability, The properties of active materials, The laser pump cavities. The principal characteristics of laser components are topics for the presentation and discussion by the students, being timely helped at difficult points by teacher's explanations.

The lessons about Laser pumped by diode Laser, Optical fiber lasers, Thin-disk lasers and Solar lasers will permit an enhanced knowledge about modern lasers.

Explanation of ZEMAX, LASCAD and a little bit AUTOCAD during lessons will pave a useful way for future jobs.

The experimental section with Nd:YAG solar-pumped laser testing and laser beam profile diagnostics will deepen largely the student's already acquired knowledge.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Solid-State Laser Engineering

Sixth Revised and Updated Edition

Walter Koechner

<http://icole.mut.ac.ir/downloads/SC/W06/Solid%20State%20Laser%20Engineering.pdf>

2. Related Publications in Solar-Pumped Lasers by Dawei Liang

<http://www.cefitec.fct.unl.pt/node/195>

3. Nonimaging Optics

Por Roland Winston, Juan C. Minano, Pablo G. Benitez, With contributions by Narkis Shatz and John C. Bortz

Mapa IV - Nanofísica

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Nanofísica

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Nanophysics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:14; PL:14

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Rui Filipe dos Reis Marmont Lobo - T:14; PL:14

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):

O cerne da nanociência é a física mesoscópica. A palavra "meso" reflete o facto de que o tamanho dos sistemas em questão está situado entre a escala atómica e a escala sub-microscópica. Em particular, inclui os sistemas dominados pelos processos quânticos elementares (a física mesoscópica é baseada na teoria quântica).

O curso visa uma introdução aos princípios básicos da nanofísica permitindo trabalhar em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia. Os alunos irão aprender princípios básicos da física de sistemas nanométricos. Além de elucidar os conceitos teóricos básicos, será muito explorada a aplicação a tecnologias inovadoras.

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

The heart of nanoscience is mesoscopic physics. The word "meso" reflects the fact that the size of the systems under consideration is located between microscopic (atoms) and macroscopic scales. In particular, it includes the systems dominated by elemental quantum processes (mesoscopic physics is based upon quantum theory).

The course aims at an introduction to basic principles of nanophysics allowing working in research and development in nanotechnology. Students will learn basic principle of physics of nanometer-size systems with a focus on basic physical phenomena. In addition to elucidating the basic theoretical concepts, main application to innovative technologies, will be discussed.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

*Técnicas fundamentais de Nanotecnologia.
Leis de escala. Dos Micro- aos
Nanodispositivos. Comportamento Quântico do Nano-Mundo.
Constante de Hamaker e forças de van der Waals. Densidade de estados eletrónicos em nano-estruturas.
Monocamadas auto-organizadas e micelas.
Agregados moleculares. Números mágicos.
Confinamento e Transporte Eletrónico em Nano-Estruturas.
Poços quânticos, fios quânticos e pontos quânticos. Microscopias de Varrimento Próximo.
Microscopia de Efeito Túnel. Modos de operação STM.
Microscopia AFM. Modos estáticos de operação AFM.
Microscopia FFM e atrito local. Modos dinâmicos de operação AFM.
Modelos físicos da operação estática e dinâmica.
Sondas AFM e sua caracterização.
Espectroscopia Ótica à Nano-Escala Nanomanipulação por SPM.*

4.4.5. Syllabus:

*Evolution of Nanotechnology. From Micro- to Nano-devices
The Quantum Nanoworld. Nano-Oscillators
Confinement and Electronic Density of States.
Artificial Atoms, Excitons, Quantum Corrals, Plasmons
From Quantum Wells to Quantum Dots
Cohesion, Van der Waals Forces and Hamaker Constant
Self-Organization in Nanofilms and Micelles
Atomic and Molecular Clusters
Positional Uncertainty in Nano-Oscillators
Electronic Transport in Nanostructures
Quantum Conductance
Scanning Probe Microscopies
Operation Modes in Scanning Tunneling Microscopy
Operation Modes in Atomic Force Microscopy
Physical Models of Static and Dynamic Operation
SFM Variants: EFM, MFM e CFM. AFM Probes.
Optical Spectroscopy at the Nano-Scale
Nano-indentations and contact junctions.
Nanowires*

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

Os estudantes são incentivados a identificar as grandezas, leis e conceitos envolvidos em fenómenos naturais e em aplicações de engenharia, a nível nanométrico, resolver problemas, trabalhar em grupo e familiarizarem-se no laboratório com técnicas de microscopia de sonda próxima, em particular, STM e AFM.

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

Students are encouraged to identify the quantities, laws and concepts involved in natural phenomena and in engineering applications, at the nanometer level, solve problems, work in group and get familiar in the lab with Scanning Probe Microscopic techniques, in particular STM and AFM.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas Teóricas com utilização de Datashow. Aulas Teórico-Práticas com participação dos alunos na resolução dos problemas. Aulas práticas com realização trabalhos experimentais e registo de resultados.

Disponibilização de um curso em Power Point no Clip

Avaliação Contínua:

- *Dois Testes : Efetuados no horário normal de aulas, sendo um a meio do semestre e outro no final. Classificados de 0 a 20 valores com arredondamento às décimas.*
- *2- ou Quatro trabalhos laboratoriais /Seminário: Executados em grupo. Entrega de folha de registo em cada aula de laboratório, por trabalho e por grupo. As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Theoretical classes with data-show. Problem solving classes with student participation. Each experimental class includes experimental procedure and production of a small data registration report. Availability of the study material in the internet (Power Point) . 2 tests or final exam (consult of documentation is allowed in a part of them) graded from 0 to 20 (NT or NE) - 2 -4 lab demonstrations with measurements registration form and short report filled in the laboratory. (NL) Frequency: minimum laboratory grade 100 points (0-200 scale). The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

No final do curso os alunos devem ser capazes de descrever os fenómenos da vida quotidiana a nível nanométrico e fornecer algumas aplicações concretas.

Os componentes teóricos necessários para alcançar esses objetivos de aprendizagem são ensinados nas aulas, com o apoio adicional dos professores nas aulas e horários de atendimento. A aquisição do conhecimento é avaliada em testes e exames.

Os componentes práticos necessários para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidos em aulas teórico-práticas através da resolução de problemas-tipo, e em sessões de laboratório, através da observação, registo de amostras relevantes. A avaliação destes aspetos é assegurada na parte prática das provas escritas e também através da classificação dos relatórios das aulas experimentais. A frequência visa garantir que os estudantes acompanham a matéria e realizam os trabalhos de laboratório, incluindo registo e interpretação dos resultados.

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

At the end of the course students should be able to describe nanometer level phenomena of everyday life and provide some concrete manifestations and applications.

The theoretical components required to achieve these learning objectives are taught in lectures, with additional support from teachers in classes and opening hours. The acquisition of knowledge is assessed in tests and examinations.

The practical components necessary to achieve the learning objectives are developed in theoretical- practical classes through analysis and discussion-type problems, and in laboratory sessions through observation and analysis of some of the fundamental problems and phenomena. The assessment of these skills is ensured in the practical part of the written tests and also in reports of experimental classes. The frequency plan to ensure that students follow the matter contents and carry out laboratory work including registration and interpretation of results.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Nanotecnologia e Nanofísica: Conceitos de Nanociência Moderna autor: Rui Lobo, Escolar Editora (Lisboa, 2009)*
- *Nanotechnology, Understanding Small Systems, CRC Press, 2007*
- *Nanophysics and Nanotechnology, An introduction to Modern Concepts in Nanoscience, Wiley-VCH (2004)*
- *Nanotechnology (journal from IOP)*
- *Handbook of Nanotechnology, B. Bhushan, Springer*

Mapa IV - Ótica Não-Linear

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Ótica Não-Linear

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Nonlinear Optics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:*Semestral/Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:**

84

4.4.1.5. Horas de contacto:*TP:28***4.4.1.6. ECTS:**

3

4.4.1.7. Observações:*Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Ana Cristina Gomes da Silva - TP: 28h***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):***Proporcionar aos estudantes conhecimentos no domínio das propriedades óticas não-lineares dos materiais e superfícies, no estado sólido, líquido e gasoso. Proporcionar conhecimentos em lasers ultra-rápidos (nano, pico and femtosegundo). No final da UC devem ter adquirido as competências:**Domínio no cálculo das características de lasers.**Domínio das propriedades óticas lineares e NL.**Domínio do modelo de Lorentz linear e de segunda ordem (SHG and THG)**Domínio do cálculo de susceptibilidades óticas lineares e não lineares.**Domínio dos conceitos de polarizabilidade atómica e molecular linear e de segunda-ordem (SHG).**Domínio dos conceitos de geração de luz nos processos não-lineares (SHG, THG).***4.4.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***To give the students' knowledge in the area of non-linear optical properties of materials and surfaces in solid and liquid state as well. To give the students' knowledge on ultrafast lasers (nano, pico and femtosecond) time scale. At the end of the curricular unit the students should have the following abilities.**Expertise in the computation of the lasers properties.**Expertise of non-linear optical properties in general.**Expertise of the linear and nonlinear Lorentz model (SHG and THG)**Expertise in the computation of the electro-optical nonlinear susceptibilities**Expertise in the basic concepts of atomic and molecular polarizability of second and third-order (SHG and THG)**Expertise in the concepts of light generation in second and third-order (SHG and THG) processes.***4.4.5. Conteúdos programáticos:***Introdução clássica da fenomenologia da ótica não-linear; Resposta não-linear dos materiais; Introdução à teoria quântica dos fenómenos óticos não-lineares; Interação de ondas não-lineares; Aplicações da geração de segunda-harmónica (SHG) e da geração da soma de frequências (SFG) na análise de superfícies, interfaces, bulk e cristais; Aplicações da SHG e de SFG em espectroscopia . Aplicações em diversas áreas além da física, tais como em biologia, fabrico de lasers, telecomunicações e em nanotecnologia e em nanomedicina.***4.4.5. Syllabus:***Nonlinear optical susceptibility. Descriptions of nonlinear optical interactions. Formal definitions of the nonlinear susceptibility. Nonlinear susceptibility of a classical anharmonic oscillator. Second-harmonic generation, third-harmonic generation and sum-frequency generation. Applications on physics and biology. Nonlinear optical spectroscopy. Resonant and non-resonant conditions. Geometry of the interaction and energy-level description.***4.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

O conteúdo programático do cap. 1 será usado nos restantes capítulos no que se referir a características das fontes de luz de excitação de um determinado meio ótico. O capítulo 2 tem como objetivo e resultado o domínio da classificação das propriedades óticas lineares e como ponto de partida para o estudo das propriedades óticas não-lineares. O capítulo 2 servirá também como ponto de partida para estudo dos processos óticos bastante mais complexos, de 2.^a e 3.^a ordens SHG, THG e SFG tratados nos capítulos 3-8. Os conteúdos dos capítulos 3-8 permitem o domínio dos modelos de Lorentz não-linear, o domínio dos cálculos das suscetibilidades lineares e não lineares bem como o domínio dos conceitos de produção de luz usando fenómenos óticos não-lineares. Os capítulos 9-10 permitem compreender as condições de aplicabilidades das técnicas óticas não-lineares e ultra-rápidas em diversas áreas e meios.

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

The syllabus of Ch.1 is used in the following chapters concerning the light sources. The main purpose and result of Ch.2 is the expertise in the classification of the linear optical properties and starting point for the study of the nonlinear properties. Ch. 2 is also the starting point for the study of the far more complex nonlinear optical processes, in particularly of 2nd and 3rd orders such as second- (SHG) and third-harmonic (THG) and sum-frequency generations (SFG) which are the subject of chapter 3-8. The syllabus of Ch. 3-8 allows the expertise of the nonlinear Lorentz model, expertise in the computation of the nonlinear susceptibilities and in the concepts of light generation using SHG, THG and SFG. The chapters 9-10 allow the expertise in the choice of the conditions of the techniques based on nonlinear and ultra-fast phenomena in different scientific areas.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas (em português ou inglês) de carácter misto de teóricas e teórico-práticas. Quadro para resolução de exercícios e demonstrações teóricas. Acetatos e DataShow como complemento. Estudantes solicitados(as) a participar particularmente no que se refere a resolução de problemas e discussão de problemas científicos e tecnológicos. Horário de esclarecimento de dúvidas. Avaliação segundo regulamento de avaliação contínua. Participação ativa e construtiva nas aulas teórico-práticas TP 20%. Realização de 3 testes escritos. A classificação média dos 3 testes escritos pesam 80% para a classificação final a somar aos 20% da participação nas aulas. Se classificação final igual ou > a 10 valores (0-20) é dispensado de exame escrito. Caso contrário fica admitido a exame final escrito. A aprovação obriga a uma classificação final mínima de 10 valores. As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lectures and problem-solving sessions in Portuguese or English. Blackboard, slides, and power points (datashow) will be used to demonstrate principles, to present and discuss theoretical concepts. Students will be asked to classroom participation, especially regarding problem-resolution and discussion of scientific and technological problems. Office-hours will be established. The continuous evaluation will be done according the rules of FCT NOVA Council. Exemption from final exam is possible if minimum final grade of the continuous evaluation 100 points (0-200). Final grade is determined considering 20% of participation and 80% mid-term written tests or final written exam. To succeed the minimum final grade should be 100 points. If final grade equal or higher than 170 points the grade should be defend by an oral examination. The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

A exposição da matéria nas aulas de carácter teórico, recorrendo a conceitos de física e matemática avançadas permitem aos estudantes a aquisição e compreensão dos conceitos fundamentais relacionados com lasers, propriedades óticas não-lineares e com os fenómenos de geração de luz usando a geração da segunda (SHG), terceira (THG) harmónicas e soma-de frequência (SFG). Permitirá ainda relacionar estes conhecimentos com os diferentes meios e estados da matéria. Nas aulas teórico-práticas, a resolução de exercícios académicos, onde é necessária a utilização e desenvolvimento daqueles conhecimentos e conceitos, permite aos estudantes desenvolverem capacidades de conceptualização e resolução de problemas mais complexos, culminando no domínio da matéria em estudo preparando-os assim para a resolução de problemas práticos na sua atividade profissional. A análise e discussão de artigos científicos permite uma aproximação já aos problemas próximos da atividade profissional quer de investigação científica fundamental teórica quer de desenvolvimento tecnológico em várias áreas, telecomunicações, biologia, nanotecnologia entre outras.

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

The presentation of the subjects in theoretical classes, making use of advanced physical and mathematical concepts and formalism, allows students to understand the fundamental concepts of ultrafast lasers, linear and nonlinear optical properties and with the phenomena of second- (SHG), third- (THG) harmonic generation and sum-frequency generation (SFG) of light. In addition, it allows students to establish the connection between these phenomena with different medium and states of matter. In problem-solving sessions, the resolution of academic problems, where the application and development of those concepts is necessary, allows students to develop abilities to conceptualize and solve complex problems, resulting in expertise on the studied subjects and abilities to solve practical problems in future professional live. Moreover, the discussion of scientific papers, within problem-solving sessions allows already an approximation to the problems of professional live, both in theoretical fundamental scientific research and in the field of technological development in several areas, such as telecommunications, biology and nanotechnology among others.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Robert W. Boyd, "Nonlinear Optics" Academic, 2003.

Bloembergen, "Nonlinear Optics", Advanced Book Classics, Addison Wesley, 1992,

H. Wherrett, "Nonlinear Optics", Academic Press,

Y. R. Shen, The Principles of nonlinear optics, Wiley, New York, 1973.

Mapa IV - Radiação no Espaço

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Radiação no Espaço

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Space Radiation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

João Duarte Neves Cruz (Regente) – TP:28h

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):

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam:

- Compreender os fenómenos que originam a radiação ionizante no espaço, a sua propagação e a sua interação com os seres vivos, com as atmosferas e superfícies planetárias e com os veículos espaciais.*
- Ser capaz de fazer cálculos de campos radiativos, efeitos nos seres vivos, blindagem. Em parte, estes cálculos serão realizados com programas de Monte Carlo que simulam o transporte de radiação ionizante na matéria (exemplo: PENELOPE).*
- Conhecer os riscos e perspetivar soluções que permitam a realização de viagens interplanetárias e colonização espacial em segurança.*

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

At the end of this course, the student will have acquired skills that will allow him to:

- Understand the phenomena that originate ionizing radiation in space, its propagation and its interaction with living beings, with atmospheres and planetary surfaces and with space vehicles.*
- To be able to make radiative field calculations, effects on living beings, shielding. In part, these calculations will be performed with Monte Carlo programs that simulate the transport of ionizing radiation in matter (e.g., PENELOPE).*
- Know the risks and envisage solutions that allow interplanetary travel and space colonization to be carried out safely.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Nascimento e evolução das estrelas. O Sol dinâmico. Supernovas. Vento solar, emissões solares e raios cósmicos galácticos. Caracterização e modelação dos ambientes de radiação em locais específicos do sistema solar (incluindo a interação da radiação na atmosfera terrestre e marciana).*
- *Desafios da exploração espacial: efeitos biológicos da radiação no Homem e nos materiais; Técnicas de otimização da radiorresistência;*
- *Oportunidades de investigação na área: programa ESA-CORA-IBER (European Space Agency - Continuously Open Research Announcement - Investigating the Biological Effects of Space Radiation).*

4.4.5. Syllabus:

- *Birth and evolution of stars. The dynamic sun. Supernovae. Solar wind, solar emissions and galactic cosmic rays. Characterization and modeling of radiation environments at specific locations in the solar system (including the interaction of radiation in the terrestrial and Martian atmosphere).*
- *Challenges of space exploration: biological effects of radiation on man and materials; Optimization techniques for radio-resistance;*
- *Research opportunities in the area: ESA-CORA-IBER program (European Space Agency - Continuously Open Research Announcement - Investigating the Biological Effects of Space Radiation).*

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

Nas aulas são apresentados, descritos e discutidos os conceitos, as leis e os fenómenos fundamentais no domínio da radiação ionizante em ambiente espacial e extraplanetário, e demonstrado o seu uso na resolução de situações concretas ligadas à atuação na área da Engenharia. Do ponto de vista prático a formação do estudante envolve trabalhos experimentais e simulações computacionais conducentes à medida de grandezas e demonstração de fenómenos no domínio da radiação ionizante. Este procedimento permitirá ao estudante planejar e concretizar atividades experimentais com aplicações concretas, envolvendo o manuseamento de equipamentos e dispositivos, assegurando a sua correta utilização, tanto do ponto de vista técnico como do ponto de vista da segurança, bem como elaborar relatórios e textos descritivos com rigor, clareza e concisão, usando com eficiência esquemas gráficos, tabelas e estimativas de incertezas.

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

In classes, the concepts, laws and fundamental phenomena in the field of ionizing radiation in space and extraplanetary environments are presented, described and discussed, and their use demonstrated in the resolution of concrete situations linked to the performance in the field of Engineering. From a practical point of view, student training involves experimental work and computer simulations leading to the measurement of quantities and demonstration of phenomena in the field of ionizing radiation. This procedure will allow the student to plan and carry out experimental activities with concrete applications, involving the handling of equipment and devices, ensuring their correct use, both from the technical point of view and from the point of view of safety, as well as preparing reports and descriptive texts with rigor, clarity and conciseness, efficiently using graphical schemes, tables and estimates of uncertainties.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade curricular será lecionada em aulas teórico-práticas. Nestas aulas serão ministradas em alternância sessões teóricas onde serão expostos os conceitos e modelos e sessões práticas. Nas sessões práticas, serão realizados trabalhos experimentais, simulações computacionais e serão igualmente discutidos problemas com o objetivo de consolidar a compreensão dos temas descritos nas sessões teóricas.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The curricular unit will be taught in theoretical-practical classes. In these classes, theoretical sessions will alternate with practical sessions. In the practical sessions, experimental work, computer simulations will be carried out and problems will also be discussed in order to consolidate the understanding of the themes described in the theoretical sessions.

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

Os conhecimentos teóricos necessários para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas sessões teórico-práticas (TP). A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames). O acompanhamento dos alunos nas aulas TP é verificado mediante o registo de presenças.

As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas igualmente nas sessões TP. A avaliação destas competências é assegurada pela entrega de relatórios que permitirão avaliar o grau de familiaridade dos estudantes com as técnicas apresentadas bem como outras competências como o desenvolvimento do raciocínio científico, integração de conhecimento e aplicação prática de conceitos físicos de relevantes.

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

The theoretical knowledge necessary to achieve the learning objectives is given in the theoretical-practical sessions (TP). The acquisition of this knowledge is evaluated in the written tests (tests / exams). The monitoring of students in TP classes is verified through the attendance record.

The practical components necessary to achieve the learning objectives are also developed in the TP sessions. The assessment of these competencies is ensured by the delivery of reports that will allow assessing the degree of

familiarity of the students with the presented techniques as well as other competences such as the development of scientific reasoning, integration of knowledge and practical application of physical concepts of relevant.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Heliophysics: Space Storms and Radiation: Causes and Effects*

EDITORS: Carolus J. Schrijver, Solar and Astrophysics Laboratory, Lockheed Martin George L. Siscoe, Boston University

Cambridge University Press

• *ISBN: 9780521760515*

- *Spacecraft-Environment Interactions- Hastings, Daniel, Garrett, Henry*

Cambridge University Press

• *ISBN: 9780521607568*

- *Apontamentos das aulas (slides, setenta)*

- *Artigos científicos*

Mapa IV - Técnicas de Espectroscopia

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Técnicas de Espectroscopia

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Spectroscopic Techniques

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

António Alberto Dias

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):

No final desta unidade curricular os alunos devem:

- *Ter uma visão global de algumas técnicas de espectroscopia;*

- *Conhecer as ferramentas disponíveis e ser capaz de avaliar as limitações e benefícios de cada uma das técnicas;*

- *Ser capaz, perante um problema prático, selecionar a técnica espectroscópica adequada.*

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

By the completion of this CU the students will:

- *Have a global understanding of a number of spectroscopic techniques;*
- *Know the available tools of each technique, as well as evaluate their limitations and advantages;*
- *Be able to choose the most suitable technique for the solution of a given challenge;*

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução*
2. *Interação entre a radiação eletromagnética e a matéria*
3. *Espetroscopia atômica e molecular*
4. *Técnicas e equipamentos usados em espectroscopia*
5. *Espetroscopia de fotoelétrons de ultravioleta*
6. *Espetroscopia vibracional de Infravermelho e Raman*
7. *Espetroscopia de fluorescência de raios-X*

4.4.5. Syllabus:

1. *Introduction*
 2. *Interaction of electromagnetic radiation and matter*
- Atomic and Molecular spectroscopy*
Techniques and equipments used in spectroscopy
Ultraviolet photoelectron spectroscopy
Vibrational spectroscopy – Infrared and Raman
X-Ray Fluorescence spectroscopy (XRF)

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

O programa é dividido em vários tópicos e em cada um dos tópicos do programa serão dadas as noções genéricas dessa técnica de espectroscopia. Serão feitas demonstrações de cada um destes tópicos de acordo com os tipos de espectroscopia descritas. Em cada um deste far-se-á uma descrição geral dos princípios em que se estrutura o método, seguida da descrição das características do instrumento. Segue-se uma discussão sobre as possibilidades de aplicação, indicando exemplos de instrumentos e de medidas.

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

The program is divided in several topics and, in each topic, broad notions of spectroscopy, main components of a spectrometer and some spectroscopic techniques. For each technique, we will discuss possibilities of application as well as instrumental options and measurement capabilities.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas TP serão usadas para uma componente teórica, para o componente laboratorial e para apresentação dos projetos dos alunos. Algumas destas aulas serão expositivas envolvendo meios audiovisuais. As aulas práticas de laboratório terão contacto direto com alguns dos equipamentos abordados ao longo das aulas.

A avaliação de conhecimentos é constituída de 3 componentes:

- *Trabalhos laboratoriais e relatórios (R) em grupo*

Trabalhos laboratoriais com relatório realizados em grupo.

- *Seminário (S) preparado em grupo, com apresentação oral*

Realização de projeto sobre uma técnica espectroscópica com relato em forma de artigo científico, seguido de apresentação oral, e discussão. A apresentação terá por base um trabalho escrito na forma de artigos científico, entregue previamente.

- *Teste (T)*

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The classes will be used for a theoretical component, for the laboratory component and for presentation of student projects. Some of these classes will be expository involving audiovisual media. The laboratory practical classes will have direct contact with some of the equipment covered throughout the classes.

The knowledge assessment consists of 3 components:

- *Laboratory work and group (R) reports*

Laboratory work with group reports.

- *Group seminar (s) prepared with oral presentation*

Realization of project on a spectroscopic technique with report in the form of scientific article, followed by oral presentation and discussion. The presentation will be based on a written paper in the form of scientific articles, previously delivered.

- *Test (T)*

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

Para que os estudantes consigam atingir os objetivos desta Unidade Curricular pretende-se por um lado assegurar a sua participação ativa durante as aulas e por outro incentivar a capacidade de completar o conhecimento transmitido em aulas com o seu trabalho complementar fora de aula. Espera-se que os alunos mantenham o contacto regular com os docentes fora do horário letivo, como forma de orientação tutorial desse trabalho.

A avaliação desta unidade curricular na forma de Relatórios, Seminário e Teste, vai permitir medir a qualidade do

trabalho em grupo e individual, tanto na forma escrita, bem como na exposição oral dos assuntos abordados em Técnicas de Espectroscopia.

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

In order for students to achieve the objectives of this Curricular Unit, it is intended to ensure their active participation during class and to encourage the ability to complete the knowledge transmitted in class with their complementary work outside the classroom. Students are expected to maintain regular contact with teachers outside of school hours as a tutorial for this work.

The evaluation of this curricular unit in the form of Reports, Seminar and Test, will allow to measure the quality of group and individual work, both in written form, as well as in the oral exposition of the subjects covered in Spectroscopy Techniques.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Modern Spectroscopy 4th Ed. (Wiley), J.M. Hollas, 2004*
- *Molecular Spectroscopy, Jeanne L. McHale, CRC Press, 2017.*
- *Atomic and molecular spectroscopy: basic aspects and practical applications, S. Svanberg, Springer, 2004.*
- *Molecular Quantum Mechanics, 4th ed., P.W. Atkins, R. S. Friedman, Oxford University Press, 2005*
- *Atoms and Molecules, M. Weissbluth, Academic Press, 1978.*
- *Optical Spectroscopy: Methods and Instrumentations, Nikolai V. Tkachenko, Elsevier Science, 2006.*
- *Electronic and photoelectron spectroscopy - Fundamentals and case studies, Andrew M. Ellis, Miklos Feher, Timothy G. Wrigh, Cambridge University Press, 2005.*
- *Artigos científicos a especificar durante as aulas.*

Mapa IV - Técnicas Experimentais de Física Molecular

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Técnicas Experimentais de Física Molecular

4.4.1.1.1. Title of curricular unit:

Experimental Techniques on Molecular Physics

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

TP:28

4.4.1.6. ECTS:

3

4.4.1.7. Observações:

Opcional

4.4.1.7. Observations:

Optional

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

Paulo Manuel Assis Loureiro Limão Vieira - TP:14

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

Filipe Ribeiro Ferreira da Silva - TP:14

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

No final da unidade é esperado que os estudantes consigam:

- Relacionar os conhecimentos aprendidos com o tipo de instrumentação que os rodeia.

- Identificar as características físicas de um problema a estudar.
- Formular, conceber e executar os procedimentos necessários ao desenvolvimento da instrumentação necessária
- Perante um problema ter capacidade crítica para o avaliar e capacidade de resolução.
- Ter adquirido capacidade e autonomia na implementação, mesmo que elementar de um sistema de medida.

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

At the end of the lecture course, students are expected to:

- Relate the knowledge obtained with the sort of instrumentation available.
- Identify the main physical parameters.
- Being able to tackle an experimental procedure in order to implement it.
- Evaluate and solve a particular technical problem.
- Have acquired capability to implement, even the simplest system.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Espectrometria de massa de tempo de voo (TOF);
2. Processos de transferência de electrão em colisões de átomos neutros com moléculas
3. Processos de Captura Eletrónica Dissociativa em moléculas
4. Formação e caracterização de agregados moleculares ;
5. Processos de transferência de electrão em colisões de aniões de H-, O-, OH- com moléculas
6. Espectroscopia de perda de energia de electrão
7. Espectrometria de massa em reação por transferência de protão PTR-MS

4.4.5. Syllabus:

1. TOF - Time-of-flight mass spectrometry;
2. Charge transfer in atom-molecule collision experiments
3. Dissociative Electron Attachment Processes in molecules
4. Molecular clusters: formation and detection ;
5. Electron transfer processes in anion H-, O-, OH- collisions with molecules
6. Electron energy loss spectroscopy
7. Proton Transfer Mass Spectrometry PTR-MS

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

Do conjunto de matérias lecionadas, espera-se que os estudantes tenham adquirido formação suficiente para lidar com sistemas de aplicação industrial e ou tecnológica envolvendo processos com eletrões e/ou outras fontes de partículas em diferentes ambientes. A interligação dos assuntos apresentados permite evoluir desde os sistemas de deteção e medida até à compreensão do fenómeno físico a estudar.

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

From within the topics covered in this lecture course, students are expected to have gained particular training in order to deal with industrial and technological setups that currently involve electrons and/or any other particle source as triggering processes in several applications. The close interlink with the subjects discussed in each lecture will allow them to evolve and get acquainted with detection systems with the main goal to address a particular physical problem.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas Teóricas-Práticas (2 horas):

*abordagem de conceitos e conteúdos;
apresentação de seminários;
apresentação de artigo científico*

CrITÉRIOS de avaliação:

*Apresentação de seminários (NS);
NS ≥ 10;*

*Trabalho de poster científico (NC);
NL ≥ 10;*

*Exame escrito (NE);
NE ≥ 10.*

Nota final, NF = (0,3 × NS) + (0,2 × NC) + (0,5 × NE)

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

Lecturers (2 h):

*topics according to the programme established;
oral presentations as seminars;*

oral presentation of a scientific poster

Evaluation process:

Seminar presentation (NS);

NS ≥ 10;

Scientific Poster (NC);

NL ≥ 10;

Final exam (NE);

NE ≥ 10.

Final mark, NF = (0.5 × NS) + (0.2 × NC) + (0.3 × NE)

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

As componentes teóricas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são ministradas nas aulas teóricas, com o apoio adicional do docente nas aulas práticas e horários de atendimento de alunos, caso se justifique. A aquisição destes conhecimentos é avaliada nas provas escritas (testes/exames). As componentes práticas necessárias para atingir os objetivos de aprendizagem são desenvolvidas em todas as formas de horas de contacto: nas aulas teóricas através da análise e discussão de problemas-tipo; as visitas a laboratórios através da observação e análise de alguns dos problemas e fenómenos fundamentais. A avaliação destas competências é assegurada na parte prática das provas escritas e de apresentações. A frequência pretende assegurar que os alunos acompanham a matéria e a interliguem com as noções aprendidas na componente teorica.

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

The theoretical deliverables are provided in the lectures with extra support from the demonstration labs and proper time allocated for tutorial training. Students are evaluated on these performances through written tests/exams. Students skills are acquired in lectures and demonstration labs. In the former the contents are analysed and discussed with problem's solving, whereas in the latter through contact with particular experimental devices allowing to touch and get to know physical phenomena. The evaluation process in both components is achieved through written examination and seminars. The lab component allows to guarantee a special additional training so that students performance can be enhanced through multiple interlink between theory and practice.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Gaseous Molecular Ions, E Illenberger, J Momigny, Springer Verlag NY, 1992.*
- *Atomic and Molecular Collisions, Sir Harrie Massey, Taylor and Francis, Ltd., 1979.*
- *Molecular Reaction Dynamics and Chemical Reactivity, R D Levine and R Bernstein, Oxford University Press, 1987.*
- *Atomic collisions, McDaniel E. W.; Mitchell J. B. A.; Eugene Rudd M., John Wiley & Sons, INC.*
- *Electron molecule interactions and their applications (Vol1 and Vol2), Christophorou L. G., Academis Press*
- *Mass spectrometry principles and applications, Hoffmann E.; Stroobant V., John Wiley & Sons, INC*

Mapa IV - Tecnologia de Superfícies e Interfaces

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologia de Superfícies e Interfaces

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Technology of Surfaces and Interfaces

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

84

4.4.1.5. Horas de contacto:

PL:28

4.4.1.6. ECTS:

3

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):

Maria de Fátima Guerreiro da Silva Campos Raposo - PL: 14h

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

Susana Isabel Santos Silva Sérgio Venceslau - PL: 14h

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

O objetivo desta Unidade Curricular é proporcionar aos alunos conhecimento sobre física dos diferentes tipos de filmes finos. Esta UC irá proporcionar uma profunda compreensão dos métodos de produção e propriedades de filmes finos, permitindo que os alunos se familiarizem com as questões científicas primordiais associadas a estas tecnologias e levarem esse conhecimento, e metodologias associadas, para os próximos estágios da sua vida profissional.

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

The aim of this Curricular Unit is to provide students with knowledge on the physics of different types of thin films. This curricular unit will provide a deep understanding of the production methods and properties of thin films, allowing the students to get acquainted with the primordial scientific questions associated to these technologies, bringing this knowledge, and associated methodologies, to the next stages of its professional life.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução: Definições e propriedades. Processamento de superfícies. Deposição de Filmes finos: métodos químicos e físicos; Plasmas e descargas magnetron; pulverização catódica; Preparação das superfícies; criação de padrões. Filmes finos: Condensação, nucleação e crescimento de filmes finos; Estruturas nos filmes finos; Espessura, composição, propriedades óticas, mecânicas e elétricas. Aplicações tecnológicas dos filmes finos em/para: componentes eletrônicos ativos; dispositivos magnéticos e supercondutores; microeletrônica; decoração; aplicações mecânicas; biocompatibilidade; Grafeno e aplicações; Superfícies hidrofóbica e hidrófilas; Manipulação atômica e formação de nanoestruturas. Métodos de Filmes Orgânicos: Monocamadas e Heteroestruturas Moleculares: Adsorção química; Langmuir, Langmuir-Blodgett, Adsorção física; Camada-por-camada; "Spray"; Encapsulamento molecular; Jato de Tinta; Litografia dedicada.

4.4.5. Syllabus:

Introduction: Definitions and properties. Surface Processing. Deposition of thin films: chemical and physical methods; Plasmas and magnetron discharges, sputtering, preparation of surfaces, creating patterns. Thin films: Condensation, nucleation and growth of thin films; structure: thickness, composition, mechanical, electrical and optical properties. Technological applications: Active electronic components, magnetic and superconducting devices, microelectronics, decoration; mechanical applications; biocompatibility; Graphene and Applications; hydrophobic and hydrophilic surfaces, atomic manipulation and formation of nanostructures. Methods of Organic Films: Molecular monolayers and Heterostructures: Chemical Adsorption; Langmuir; Langmuir-Blodgett; Physical Adsorption; layer-by-layer; "Spray"; molecular encapsulation; Inkjet; dedicated lithography.

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

Esta Unidade Curricular é uma disciplina de Física, que contempla conceitos físicos fundamentais e modelos sobre filmes finos metálicos, óxidos e orgânicos. Os conteúdos pedagógicos abordam questões fundamentais de produção e propriedades de filmes finos.

Estes temas são apresentados com exemplos de resultados experimentais e modelos adequados. Pretende-se, assim, dotar os alunos com as ferramentas básicas para uma abordagem baseada em conceitos físicos bem definidos da tecnologia atual.

A metodologia de ensino é consistente com os objetivos da unidade curricular. Pretende-se que os alunos apliquem, contextualizem e ampliem os conhecimentos adquiridos nas unidades curriculares anteriores e levem o conhecimento adquirido para os próximos estágios de formação/ vida profissional.

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

This Curricular Unit is a physics course, which includes fundamental physical concepts and models about thin films based on metals, oxides and organic. The pedagogical contents address fundamental issues of thin films production and properties.

These topics are presented with examples of experimental results and models with appropriate assumptions. It is intended to provide students with the basic tools for an approach governed by the fundamental laws of physics to actual thin films technology.

The teaching methodology is consistent with the objectives of the course. It is intended that the students apply,

contextualize and amplify the knowledge acquired in the previous curricular units and bring the acquired knowledge to the next stages of formation or active life.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-Práticas:

Presenciais, com a duração de 2 horas, apoiadas por apresentações em vídeo-projetor, simulações e demonstrações. Algumas aulas serão reservadas à apresentação de temas de conteúdos programáticos por parte dos alunos.

Aulas Práticas

Presenciais e em grupo, com a duração de 3 horas.

Avaliação

1. Realização de 8 trabalhos experimentais de laboratório em grupo sobre técnicas de produção e caracterização de filmes finos.

2. Realização de dois testes.

3. Realização de uma apresentação acerca de um tópico a definir.

As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The teaching-learning process includes classroom and laboratorial classes moments as follows:

Lectures:

Lectures of 2 hours, supported by presentations in video projector, simulations and demonstrations.

Laboratorial Classes:

Presential classes and in groups, lasting for three hours.

Assessment:

1. Completion of 8 experimental sections on production techniques and characterization of thin films. Preparation of a report and a presentation about the production of a particular thin film and characterization.

2. Completion of two tests.

3. Presentation on a topic to be determined.

The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.

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

A metodologia de ensino é consistente com os objetivos da unidade curricular. Pretende-se que os estudantes apliquem, contextualizem e ampliem os conhecimentos adquiridos nas unidades curriculares anteriores e levem o conhecimento adquirido para as próximas etapas de aprendizagem.

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

The teaching methodology is consistent with the objectives of the course. It is intended that the students apply, contextualize and amplify the knowledge acquired in the previous curricular units and bring the acquired knowledge to the next stages of apprenticeship.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

-“Physical vapor deposition of thin films ” – John E. Mahan

-“Introduction to plasma physics” – Gurnett and Bhattacharjee

-“Physics of thin films ” – Maurice H. Francombe and John L. Vossen

-“Physical chemistry of surfaces” – Arthur W. Adamson, Alice P. Cast.

-“Physics at surfaces”- Andrew Zangwill.

-“An Introduction to ultrathin organic Films from Langmuir to Self-assembly”-Abraham Ulman.

-“Multilayer Thin Films- Sequential assembly of nanocomposite Materials”- Gero decher, Joseph B. Schlenoff, Jean-Marie Lehn.

Mapa IV - Tecnologia de Vácuo e de Partículas Carregadas

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tecnologia de Vácuo e de Partículas Carregadas

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Vacuum Technology and Charged Particles

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

*Semestral/Semester***4.4.1.4. Horas de trabalho:***168***4.4.1.5. Horas de contacto:***TP:28; PL:28***4.4.1.6. ECTS:***6***4.4.1.7. Observações:***Opcional***4.4.1.7. Observations:***Optional***4.4.2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo):***Orlando Manuel Neves Duarte Teodoro - TP:28; PL:28***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):***Pretende-se que os estudantes adquiram competências para;*

- 1. Operar sistemas de alto e ultra-alto vácuo.*
- 2. Dimensionar e projetar sistemas de bombeamento, conexões, válvulas, câmaras.*
- 3. Estabelecer as especificações para a construção mecânica dos sistemas referidos.*
- 4. Perceber o funcionamento de fontes de iões e de eletrões, em qualquer aplicação.*
- 5. Desenhar lentes eletrostáticas e analisadores de eletrões ou iões.*
- 6. Prestar assistência técnica perita aos equipamentos referidos.*

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

- 1. Run high vacuum and ultra-high vacuum systems*
- 2. Design and calculate pumping systems, conexions, valves and chambers.*
- 3. Write specifications for mechanical construction of the above systems.*
- 4. Understant the operation principle of ion and electron sources for a variety of applications.*
- 5. Design electrostatic lenses and analysers for ions and electrons.*
- 6. Provide technical expertise to the above equipments.*

4.4.5. Conteúdos programáticos:*Tecnologia de Vácuo*

- 1. Porquê vácuo, graus de vácuo e aplicações.*
- 2. Fundamentos, débitos, condutâncias e velocidades de bombeamento.*
- 3. Geração de vácuo, tipos de bombas.*
- 4. Medição de vácuo, tipos de medidores*
- 5. Topologias típicas de sistemas de vácuo*
- 6. Materiais e componentes de vácuo*
- 7. Detecção de fugas e ensaios de estanquidade*

Tecnologia de partículas carregadas

- 1. Fontes de eletrões de iões.*
- 2. Transporte de partículas carregadas.*
- 3. Separação de partículas carregadas.*
- 4. Detecção de partículas carregadas.*
- 5. Simulação de partículas carregadas em campos elétricos. O SIMION.*
- 6. Introdução aos aceleradores.*

4.4.5. Syllabus:*Vacuum technology*

1. Why vacuum, vacuum ranges and applications.
2. Fundamentals, throughput, conductances, flow regimen and pumping speeds
3. Vacuum generation
4. Vacuum measuring
5. Typical vacuum systems
6. Materials and fittings, joining techniques.
7. Leak testing

Charged particles optics

1. Electron and ion sources
2. Transport of charged particles
3. Separation of charged particles, filters and analysers
4. Detection
5. Simulation of charged particles systems
6. Introduction to accelerators

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

Os conteúdos programáticos começam por enquadrar esta unidade nas suas aplicações industriais e científicas. Depois de rever alguns conceitos fundamentais passa-se a descrever a maior parte das tecnologias modernas para geração e medida de vácuo, bem como o projecto e o ensaio de sistemas de vácuo. Uma abordagem semelhante é usada para as fontes de iões e de eletrões.

O desenvolvimento da matéria é acompanhada cada semana com trabalhos práticos onde os estudantes têm de operar equipamento de vácuo e realizar medições. Em ótica de partículas carregadas os estudantes são introduzidos a uma aplicação (SIMION) que é a referência mundial para a simulação neste campo.

Existem também 2 sessões de resolução de problemas que envolvem o cálculo e o dimensionamento de sistemas.

O conteúdo desta unidade serve de base para várias outras unidades deste curso por exemplo relacionadas com tecnologias de deposição, ou de técnicas analíticas que usam feixes de partículas carregadas.

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

Programme starts discussing the industrial and scientific applications of this course. After reviewing some fundamental concepts, technologies for vacuum generation and measuring are described as well as how to design and test vacuum systems. A similar approach is used for ion and electron sources.

Classes are supported by laboratory sessions every week. In this labs students have to run vacuum equipment and to make some measurements. In charged particle optics students are introduced to simulation application (SIMION) which is a international reference in the field.

There are also 2 sessions for exercises solving applied to the design and calculation of vacuum systems.

The content of this unit provides the basis for other course units, for instance related with coatings techniques or analytical techniques which are supported by charged particles beams.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O programa será apresentado em aulas teórico-práticas, com ajudas visuais e em constante discussão com os estudantes. Cada semana haverá também aulas práticas de laboratório de resolução de problemas. Também haverá pelo menos uma aula prática de simulação em computador.

Os estudantes são também convidados a expor um de vários temas propostos para a turma.

Esta unidade será avaliada através de 3 testes (2 de vácuo e 1 de partículas carregadas) e de 2 relatórios dos trabalhos práticos. Será solicitado também um relatório sobre um trabalho de simulação em ótica de partículas carregadas.

A frequência é obtida através de uma classificação superior a 9.5 nas atividades práticas.

As reduzidas horas de contacto assumem trabalho autónomo do aluno, para o qual será devidamente guiado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The programme will be presented in classes supported visual aids and continuous discussion with students. Each week there will also be practical laboratory and exercises sessions. Also there will be at least one practical class on computer simulation.

Students will also be invited to orally present for the class one of several proposed topics.

The evaluation of this unit is achieved by 3 written test (2 from vacuum technology and 1 from charged particles) and by 2 reports from the laboratory sessions. One additional report related with simulation of charged particle systems will be required.

*Students must reach more than 9.5 in practical activities.
The reduced lecturing load assumes guided autonomous student work.*

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

Dada a enorme diversidade de soluções para a geração e medida de vácuo e de partículas carregadas, é necessário expor em sala o princípio de funcionamento de muitos equipamentos e processos. Muitos equipamentos reais serão mostrados aos estudantes durante a exposição da matéria bem como durante as aulas de laboratório.

O projeto e dimensionamento de sistemas será exposto em torno de situações e sistemas típicos que ajudarão os estudantes a perceber as suas aplicações concretas.

As aulas laboratoriais permitirão consolidar os conhecimentos expostos em sala e desenvolver as competências técnicas de operação dos respetivos equipamentos.

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

Since there are huge variety of solutions for vacuum generation and measurement as well as for charged particles transport, it is necessary to expose the working principle of many equipments and processes. Many real equipments will be shown in classes during oral discussion of the related topics. Also in laboratory sessions students will be asked to recognize the instruments being used.

The design of systems will be taught around typical applications.

Laboratory sessions will support students to consolidate knowledge acquired in classes and help students to further acquire technical skills to run such equipments.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Tecnologia de Vácuo, A.M.C. Moutinho, M.E.F. Silva, M. Áurea Cunha, UNL, 1980*
- *Modern Vacuum Physics, Austin Chambers, CRC, 2004*
- *Vacuum Technology, A. Roth, Elsevier, 1990*
- *A User's Guide to Vacuum Technology, John O'Hanlon, Wiley, 2003*
- *Building Scientific Apparatus, John H. Moore, Christopher C. Davis, Michael A. Coplan, Addison-Wesley, 2009*
- *Handbook of Vacuum Technology – by Karl Jousten (Editor), Wiley 2008*

Mapa IV - Aplicações Avançadas de Instrumentação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Aplicações Avançadas de Instrumentação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Instrumentation Applications

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

T:28; PL:28

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):

Hugo Filipe Silveira Gamboa - T:28h; PL:28h

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):

Possibilitar a implementação sistemas de instrumentação complexos em modo de tempo real e de análise de dados, com o desenvolvimento de aplicações de visualização e reporte dos dados adquiridos.

- A disciplina fará a síntese dos conteúdos adquirido em Instrumentação Analógica e Instrumentação Digital e Micro-Controlada, juntando as partes analógicas e digitais à construção de aplicações finais com processamento da informação adquirida e a criação relatórios sobre a instrumentação efectuada.

- Serão apresentadas linguagens de prototipagem rápida de aplicações científicas para aplicações de instrumentação.

Será abordada a tomada de decisão e controlo baseado na instrumentação fechando o ciclo aplicacional.

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

- Provide the tools to implement complex instrumentation systems for real time and offline data analysis. The student will be able to develop visualization and reporting application based on the instrumentation data sources.

- The course will combine the acquired knowledge form the analogic, digital and microcontroled instrumentation previous courses, combining both to create final applications.

- The student will be introduced to programming languages for the rapid creation of scientific application for instrumentation.

- Decision-making and control examples will be developed to close the application cycle.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Integração da medida de realidades físicas, com protocolos standard de armazenamento e comunicação.

2. Sistemas integrados de aquisição de sinais. Utilização de kits de prototipagem de sistemas de instrumentação.

3. Linguagem de cálculo científico para criação de algoritmos de extração de informação e visualização. Extração de características no domínio do tempo e no domínio da frequência.

4. Aprendizagem automática aplicada à tomada de decisão e controlo em instrumentação.

5. Criação de aplicações rápidas para visualização e apresentação de informação agregada. Descoberta de informação a partir de base de dados de medidas.

4.4.5. Syllabus:

1. Physical measurements integration, based on standard communication protocols

2. Integrated signal acquisition systems. Usage of instrumentation prototyping systems .

3. Languages for scientific computation to apply on features extraction and visualization, both on time and frequency domains.

4. Machine learning applied to decision and control on instrumentation systems.

5. Rapid application development for aggregated information presentation. Data discovery based on the measurements databases.

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

Um dos principais objetivos da Unidade Curricular é o fornecer ao estudante uma visão das possíveis aplicações da instrumentação. Esse objetivo é alcançado proporcionando uma formação nas várias ferramentas de desenvolvimento específicas, que permitem a criação da uma solução final e integrada utilizando os conhecimentos adquiridos em várias UC de instrumentação.

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

The main goal of the Course is to provide to the student an integrated vision of instrumentation applications. This goal is achieved by providing several incremental tools that enables the solution creation in the final projects that is the result of the several instrumentation courses during the physics degree.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Os estudantes terão 2 horas de aulas teóricas onde o programa será apresentado e 2 horas laboratoriais onde executarão um projeto incremental que culminará na criação de uma aplicação completa de instrumentação. Existirão dois momentos de avaliação prático e a avaliação final do projeto integrado.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The course will be composed of theoretical classes (2 hours) where the program will be presented, and lab time (2 hours) where the student will incrementally implement a complete instrumentation application. Two moments of evaluation in the lab will exist with the final evaluation of the complete project.

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

A divisão entre aulas de teóricas e laboratoriais permitirão apresentar os conteúdos necessários para os alunos da forma mais autónoma possível possam implementar a aplicação final em ambiente laboratorial.

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

The division between theoretical class and lab time, will enable the presentation of the necessary contents so that in an, as much as possible, autonomous mode, the students will develop a final instrumentation application.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Measurement and Instrumentation: Theory and Application
by Alan S. Morris Reza; Langari Butterworth-Heinemann Ltd (2011)*

*Python for Data Analysis Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython
By Wes McKinney; O'Reilly Media (2012)*

Practical Arduino Engineering, by Harold Timmis, APRESS (2011)

Mapa IV - Preparação da Dissertação

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Preparação da Dissertação

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Master Thesis Preparation

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

168

4.4.1.5. Horas de contacto:

S:28; OT:14

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):

Maria Isabel Simões Catarino - S:28h; OT:14h

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):

A Preparação de Dissertação possibilita ao aluno aplicar de forma integrada as competências adquiridas, complementando-as através da realização de um trabalho de indole científica ou tecnológica. Esta unidade destina-se à preparação da realização do trabalho de I&D original e elaboração da Dissertação, pelo que o principal objetivo é a realização com sucesso da Dissertação de Mestrado. Isto inclui o desenvolvimento de capacidade para a realização pesquisa bibliográfica, conducente à elaboração de um relatório contendo o estado da arte na área do trabalho a desenvolver, seguido de atividade de investigação, supervisionada pelo orientador e em autonomia, aplicando metodologias de investigação adequadas, e a capacidade de iniciar a realização um trabalho com significativo grau de originalidade.

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

The Dissertation Preparation enables the student to apply the acquired competences in an integrated manner, complementing them by carrying out scientific or technological work. This unit is intended for the preparation of the realization of the original R&D work and preparation of the Dissertation, so the main objective is the successful completion of the Master's Dissertation. This includes the development of capacity to carry out bibliographic research, leading to the elaboration of a report containing the state of the art in the area of work to be developed, followed by research activity, supervised by the supervisor and in autonomy, applying appropriate research methodologies, and the ability to start work with a significant degree of originality.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Nesta unidade os alunos recebem formação em temas importantes para a realização de um trabalho de I&D e iniciam o trabalho de acordo com o plano que consta da proposta de dissertação apresentada pelo orientador e aprovada pela Comissão Científica do curso. Para apoiar os alunos neste trabalho, a formação é ministrada sob a forma de seminários a realizar ao longo do semestre e abordando os seguintes temas:

- Bases de dados de referências bibliográficas
- Gestão de referências bibliográficas
- Comunicação científica: escrita e oral — boas práticas e erros típicos
- Estrutura e escrita de uma dissertação — boas práticas e erros típicos
- Boas práticas de escrita científica em Word e em LaTeX

4.4.5. Syllabus:

In this unit, each student must begin their R&D work according to the objectives in the dissertation proposal, approved by the Scientific Committee of the course. In general, the work developed by the students can be structured according to the following set of activities:

- Bibliographic Research.
- Preparation of a report with the state of the art, in the field of work to be carried out and with the planning and description of the tasks to be carried out.
- Start the development of the work.

To support students in this work, training is given through seminars to be held throughout the semester and covering the following topics:

- Databases of bibliographic references;
- Management of bibliographic references;
- Scientific communication: written and oral - good practices and typical errors;
- Structure and writing of a dissertation - good practices and typical errors;
- Good scientific writing practices in Word and LaTeX

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

Face à especificidade desta unidade curricular, os conteúdos programáticos desenvolvem-se em torno de temas de relevância para a realização com sucesso de um trabalho de investigação e desenvolvimento e respetiva comunicação tanto na forma escrita como na forma oral. As atividades a desenvolver pelo estudante em interação com o orientador são as típicas dum trabalho de I&D. Os respetivos conteúdos concretos são os associados às respetivas propostas de trabalho.

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

In view of the specificity of this curricular unit, the syllabus is developed around topics of relevance for the successful completion of research and development work and the respective communication in both written and oral form. The activities to be developed by the student in interaction with the advisor are typical of an R&D work. The respective concrete contents are those associated with the respective work proposals.

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A formação prevista no programa desta UC é ministrada sob a forma de seminários. Ao longo do semestre, os alunos iniciam a atividade de investigação e desenvolvimento prevista no plano de trabalhos em regime tutorial com o seu supervisor.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The training provided in this unit is given in the form of seminars. Throughout the semester, students start their research and develop the work plan with their supervisor.

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

Dada a natureza muito específica desta unidade curricular e dos seus objetivos, a metodologia de ensino tem três vertentes: uma vertente de formação, que assume a forma de seminários; uma vertente de orientação tutorial, através da interação direta entre o orientador e o aluno; uma vertente de realização do trabalho de investigação. Em casos devidamente justificados e aprovados pela Comissão Científica do Mestrado, para além do orientador pode existir um coorientador.

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

Due to the specific nature of this course and its objectives, a teaching methodology has three aspects: a training aspect, which takes the form of seminars; a tutorial orientation, through direct interaction between the advisor and the student; an aspect of carrying out the research work. In appropriate cases, justified and approved by the Scientific Master's Committee, in addition to the supervisor, there may be a co-supervisor.

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Será fornecida aos alunos bibliografia sobre cada um dos temas abordados na formação. Relativamente ao tema específico da dissertação de cada aluno, a bibliografia a usar será função da temática a investigar e recomendada, caso a caso, pelos orientadores./ Students will be provided with bibliography on each of the topics covered in the training. Regarding the specific theme of each student's dissertation, the bibliography to be used will be dependent on the theme to be investigated and recommended, case by case, by the advisors.

Mapa IV - Dissertação em Engenharia Física

4.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Dissertação em Engenharia Física

4.4.1.1. Title of curricular unit:

Master Thesis in Physics Engineering

4.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

EF

4.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

4.4.1.4. Horas de trabalho:

840

4.4.1.5. Horas de contacto:

OT:30

4.4.1.6. ECTS:

30

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):

Maria Isabel Simões Catarino - OT:30h

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

Todos os docentes da área científica do ciclo de estudos / All teachers of the scientific area of the study cycle.

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

O trabalho de dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica enquadra-se nos termos definidos no Artigo 5.º do Regulamento Geral dos Ciclos de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre da FCT NOVA publicado em DR (jan 2011), e consiste num trabalho individual de investigação e/ou desenvolvimento que explora os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, original e especialmente concebido para esse fim.

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

The dissertation work for the Master in Engineering Physics conforms with the requirements of article 5 do Regulamento Geral dos Ciclos de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre da FCT NOVA publicado em DR (jan 2011), and consists of an individual research and / or development work which explores the knowledge acquired in the whole program, original, and specifically identified for that purpose.

4.4.5. Conteúdos programáticos:

Desenvolvimento de trabalho conducente a elaboração de dissertação de mestrado.

4.4.5. Syllabus:

Development of the work leading to the elaboration of a master dissertation

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

Dado o tema a trabalhar, os conteúdos são personalizados de acordo com aluno e supervisor(es).

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

Given a subject, the program is personalized along with the supervisor(s).

4.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A unidade inclui trabalho de investigação e desenvolvimento individual com o apoio tutorial de um orientador escolhido pelo estudante e aceite pela comissão científica do mestrado. A avaliação será feita por discussão pública da dissertação de Mestrado com um júri.

4.4.7. Teaching methodologies (including students' assessment):

The unit includes research and development work with individual tutorial support from an advisor chosen by the student and accepted by the scientific commission of the course. The evaluation will be performed by public discussion of the Master's thesis with a jury.

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

Dado o tema a trabalhar, as metodologias são personalizadas de acordo com aluno e supervisor(es).

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

Given a subject, the methodology is personalized along with the supervisor(s).

4.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Específica para cada projecto / Specific for each project.

4.5. Metodologias de ensino e aprendizagem**4.5.1. Adequação das metodologias de ensino e aprendizagem aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) definidos para o ciclo de estudos:**

A FCT NOVA inclui na sua missão o desenvolvimento de investigação competitiva no plano internacional, bem como a oferta de ensino de excelência, com ênfase crescente em segundos e terceiros ciclos, fundado em primeiros ciclos sólidos, veiculado por programas académicos competitivos a nível nacional e internacional.

Os diplomados de 1.º ciclo adquirem uma formação base, sólida, coerente e relevante com vista aos objetivos de aprendizagem.

As metodologias de ensino e aprendizagem diferem entre UC mas tendem a dar prevalência a um ensino-aprendizagem ativo e orientado por projetos.

O curso adequa-se ao "Perfil Curricular FCT", conjunto de características comuns a todos os cursos da escola que favorecem o desenvolvimento de competências transversais, potenciam a ligação à sociedade, e desenvolvem uma cultura de inovação, empreendedorismo, e desenvolvimento científico. A avaliação contínua, fazendo parte das características do referido Perfil, é aplicada a todas as UC.

4.5.1. Evidence of the teaching and learning methodologies coherence with the intended learning outcomes of the study programme:

FCT NOVA includes in its mission the development of competitive research at the international level, as well as the provision of excellent teaching, with an increasing emphasis on second and third cycles, founded on solid first cycles, conveyed by competitive academic programs at national and international level.

1st cycle graduates acquire basic, solid, coherent and relevant training with a view to learning objectives.

Teaching and learning methodologies differ between UC but tend to give priority to active, project-oriented teaching and learning.

The course is adapted to the "FCT Curricular Profile", a set of characteristics common to all school courses that favor the development of transversal skills, enhance the connection to society, and develop a culture of innovation, entrepreneurship, and scientific development. The continuous assessment, being part of the characteristics of the referred Profile, is applied to all UC.

4.5.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho que será necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS:

Para cálculo dos créditos ECTS das UC foi utilizado como indicador a equiparação de 1 unidade ECTS a 28 horas de trabalho do estudante. O esforço do estudante nas várias componentes de atividade de cada unidade curricular tem sido continuamente aferido e quando necessário reajustado pelos docentes e comissão científica do curso, de forma informada por inquéritos periódicos na FCT NOVA, desde o início do processo de Bolonha. Na presente proposta foi de novo analisada a creditação das UC, tendo sido preocupação equilibrar o esforço do estudante entre os vários

semestres do curso. De acordo com as recomendações gerais da FCT NOVA, todas unidades curriculares são medidas em múltiplos de 3 ECTS, por questões de modularidade e flexibilidade.

4.5.2. Means to verify that the required students' average workload corresponds the estimated in ECTS.:

To calculate the ECTS credits of the UC, the equation of 1 ECTS unit to 28 hours of student work was used as an indicator. The student's effort in the various activity components of each curricular unit has been continuously assessed and, when necessary, readjusted by the professors and scientific committee of the course, in a manner informed by periodic surveys at FCT NOVA, since the beginning of the Bologna process. In the present proposal, the accreditation of the UC was again analyzed, and it was a concern to balance the student's effort between the various semesters of the course. According to the general recommendations of FCT NOVA, all course units are measured in multiples of 3 ECTS, for reasons of modularity and flexibility.

4.5.3. Formas de garantia de que a avaliação da aprendizagem dos estudantes será feita em função dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

No final de cada semestre são feitos inquéritos aos alunos que incluem questões sobre o cumprimento de objetivos e adequação dos métodos de ensino. Os docentes também respondem a um outro inquérito. O coordenador de curso analisa todos os relatórios, concordando ou não, tal como o presidente de departamento e o presidente do conselho pedagógico.

Eventuais discrepâncias são discutidas entre as partes envolvidas e corrigidas em posterior edição.

4.5.3. Means of ensuring that the students assessment methodologies are adequate to the intended learning outcomes:

To calculate the ECTS credits of the UC, the equation of 1 ECTS unit to 28 hours of student work was used as an indicator. The student's effort in the various activity components of each curricular unit has been continuously assessed and, when necessary, readjusted by the professors and the scientific committee of the course, in a manner informed by periodic surveys at FCT NOVA, since the beginning of the Bologna process. In the present proposal, the accreditation of the UC was again analyzed, and it was a concern to balance the student's effort between the various semesters of the course. According to the general recommendations of FCT NOVA, all curricular units are measured in multiples of 3 ECTS, for reasons of modularity and flexibility.

4.5.4. Metodologias de ensino previstas com vista a facilitar a participação dos estudantes em atividades científicas (quando aplicável):

Em cursos de 2.º ciclo a participação em atividades científicas é ampla, contendo atividades laboratoriais protocoladas nas diversas UC com componente laboratorial (PL).

A Dissertação em Engenharia Física permite a inserção do estudante em atividades de I&D, pois o Regulamento estabelece que esta deverá ter natureza científica, original e especialmente realizado para esse fim (D-L n.º 65/2018 de 16 de agosto).

4.5.4. Teaching methodologies that promote the participation of students in scientific activities (as applicable):

In 2nd cycle courses, participation in scientific activities is broad, containing laboratory activities registered in the different UC with a laboratory component (PL).

The Dissertation in Physics Engineering allows the insertion of the student in R&D activities, as the Regulation establishes that it must be scientific in nature, original and specially developed for that purpose (DL no. 65/2018 of 16 August).

4.6. Fundamentação do número total de créditos ECTS do ciclo de estudos

4.6.1. Fundamentação do número total de créditos ECTS e da duração do ciclo de estudos, com base no determinado nos artigos 8.º ou 9.º (1.º ciclo), 18.º (2.º ciclo), 19.º (mestrado integrado) e 31.º (3.º ciclo) do DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 65/2018, de 16 de agosto:

São atribuídos 120 ECTS para 4 semestres curriculares, de acordo com o artigo 18.º do Decreto-Lei n.º 74/2006.

4.6.1. Justification of the total number of ECTS credits and of the duration of the study programme, based on articles 8 or 9 (1st cycle), 18 (2nd cycle), 19 (integrated master) and 31 (3rd cycle) of DL no. 74/2006, republished by DL no. 65/2018, of August 16th:

120 ECTS are attributed for 4 curricular semesters, according to article 18th of D-L no. 74/2006.

4.6.2. Forma como os docentes foram consultados sobre a metodologia de cálculo do número de créditos ECTS das unidades curriculares:

No cálculo dos créditos ECTS das UC foi utilizado como indicador a equiparação de 1 unidade ECTS a 28 horas de trabalho do estudante. O total de horas de contacto com o docente são somadas às horas de trabalho autónomo estimadas. O esforço do estudante nas várias componentes de atividade de cada unidade curricular tem sido continuamente aferido e quando necessário reajustado pelos docentes e comissão científica do curso, de forma informada por inquéritos periódicos na FCT NOVA, desde o início do processo de Bolonha. Na presente proposta foi de novo analisada a creditação das UC, tendo sido preocupação equilibrar o esforço do estudante entre os vários semestres do curso. De acordo com as recomendações gerais da FCT NOVA, todas unidades curriculares são medidas em múltiplos de 3 ECTS, por questões de modularidade e flexibilidade.

4.6.2. Process used to consult the teaching staff about the methodology for calculating the number of ECTS credits of the curricular units:

In calculating the ECTS credits of the UC, the equivalent of 1 ECTS unit to 28 hours of student work was used as an indicator. The total hours of contact with the teacher are added to the estimated hours of independent work. The student's effort in the various activity components of each curricular unit has been continuously assessed and, when necessary, readjusted by the teachers and the scientific committee of the course, in a manner informed by periodic surveys at FCT NOVA, since the beginning of the Bologna process. In the present proposal, the accreditation of the UC was again analyzed, and it was a concern to balance the student's effort between the various semesters of the course. According to the general recommendations of FCT NOVA, all curricular units are measured in multiples of 3 ECTS, for reasons of modularity and flexibility.

4.7. Observações

4.7. Observações:

Pertencente ao Perfil Curricular FCT, está incluída nos planos curriculares, uma opção designada Unidade Curricular do Bloco Livre, a qual inclui unidades de todas as áreas científicas da FCT NOVA, aprovadas anualmente pelo Conselho Científico da FCT NOVA.

4.7. Observations:

As part of the FCT Curricular Profile, an option called Unrestricted Elective is included in the curricular plans, which includes curricular units from all scientific areas of FCT NOVA, approved annually by the Scientific Council of FCT NOVA.

5. Corpo Docente

5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

5.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos.

Maria Isabel Simões Catarino

5.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

5.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree / Specialist	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment regime	Informação/ Information
Maria Adelaide de Almeida Pedro de Jesus	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Ana Cristina Gomes da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
António Alberto Dias	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física - Especialidade de Física Atómica e Molecular	100	Ficha submetida
António Carlos Simões Paiva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Atómica e Molecular	100	Ficha submetida
Dawei Liang	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Equivalência - Optoelectrónica e Microelectrónica	100	Ficha submetida
Filipe Ribeiro Ferreira da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Grégoire Bonfait	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Física da Materia condensada	100	Ficha submetida
Hugo Filipe Silveira Gamboa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Engenharia Electrotécnica e de Computadores	100	Ficha submetida
João Duarte Neves Cruz	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física Nuclear	100	Ficha submetida
José Luís Constantino Ferreira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
José Paulo Moreira dos Santos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Luís Miguel Nunes Pereira	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia de Materiais	100	Ficha submetida

Maria de Fátima Guerreiro da Silva Campos Raposo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Ciência e Engenharia de Materiais	100	Ficha submetida
Maria Isabel Simões Catarino	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Eng ^a Física	100	Ficha submetida
Orlando Manuel Neves Duarte Teodoro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Física	100	Ficha submetida
Paulo Manuel Assis Loureiro Limão Vieira	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Paulo António Martins Ferreira Ribeiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciências e Engenharia dos Materiais	100	Ficha submetida
Rui Filipe dos Reis Marmont Lobo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física/Física Atómica e Molecular	100	Ficha submetida
Susana Isabel dos Santos Silva Sérgio Venceslau	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física/Física da Matéria Condensada	100	Ficha submetida
Telmo Jorge Gomes dos Santos	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Engenharia Mecânica	100	Ficha submetida
Yuri Fonseca da Silva Nunes	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Engenharia Física, especialidade Física Aplicada	100	Ficha submetida
António Carlos Bárbara Grilo	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Gestão Industrial - Comércio Electrónico	100	Ficha submetida
Pedro Manuel Duarte Gonçalves Amaro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Mauro António Moreira Guerra	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
				2400	

<sem resposta>

5.4. Dados quantitativos relativos à equipa docente do ciclo de estudos.

5.4.1. Total de docentes do ciclo de estudos (nº e ETI)

5.4.1.1. Número total de docentes.

24

5.4.1.2. Número total de ETI.

24

5.4.2. Corpo docente próprio - Docentes do ciclo de estudos em tempo integral

5.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral.* / "Full time teaching staff" – number of teaching staff with a full time link to the institution.*

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº / No.	Percentagem / Percentage
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	24	100

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor

5.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor* / "Academically qualified teaching staff" – staff holding a PhD*

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	ETI / FTE	Percentagem / Percentage
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	24	100

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

5.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / “Specialised teaching staff” of the study programme.

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*	
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	22	91.6666666666667	24
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0	24

5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente.**5.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente. / Stability and development dynamics of the teaching staff**

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	ETI / FTE	Percentagem* / Percentage*	
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Teaching staff of the study programme with a full time link to the institution for over 3 years	24	100	24
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year	0	0	24

Pergunta 5.5. e 5.6.**5.5. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.**

O Regulamento da FCT NOVA relativo à Avaliação do Desempenho tem por objeto o desempenho dos docentes, visando avaliá-lo em função do mérito e melhorar a sua qualidade. A avaliação de desempenho abrange todos os docentes das escolas envolvidas, tem em conta a especificidade de cada área disciplinar e considera todas as vertentes da respetiva atividade: a) Docência; b) Investigação científica, desenvolvimento e inovação; c) Tarefas administrativas e de gestão académica; d) Extensão universitária, divulgação científica e prestação de serviços à comunidade. Os resultados da avaliação têm consequências no posicionamento remuneratório, contratação por tempo indeterminado e renovações de contratos. Para a permanente atualização dos docentes contribui, desde logo, a implementação de uma política de estímulo à investigação de qualidade com o objetivo de incentivar projetos com potencial de investigação e reconhecer o mérito dos investigadores mais destacados.

5.5. Procedures for the assessment of the teaching staff performance and measures for their permanent updating and professional development.

The Evaluation of the Performance's Statutes of FCT NOVA evaluate the merit of all academic staff, in order to improve their quality. The evaluation considers the specificities of each scientific area and aims at all the aspects of academic activity: a) Teaching; b) Research, development and innovation; c) Administrative work and academic management; d) Dissemination and community support activities. The evaluations' results impact the remuneration of the academic staff, tenure, contract renewal of professors, authorisation of sabbatical leaves, teaching load, and grants. The implementation of incentives for quality research based on the evaluation, contributes to continuous updates of staff, to improve the research potential, and to acknowledge the merit of the most recognised professors.

5.6. Observações:

Sem comentários

5.6. Observations:

No comments

6. Pessoal Não Docente**6.1. Número e regime de tempo do pessoal não-docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.**

Afonso Jorge Romano Moutinho, Técnico, 70%
Ana Luísa Oliveira Cruz, Administrativo, 70%
Eduardo Morais Jobling, Assistente Técnico, 70%
Fábio Daniel Campos Evangelista, Técnico, 90%
João Alberto dos Santos Faustino, Técnico Superior, 70%
João Filipe dos Santos Sampaio Abade Carvalho, Administrativo, 90%
Maria Luíza dos Santos Oliveira, Técnico Superior, 70%

6.1. Number and work regime of the non-academic staff allocated to the study programme.

Afonso Jorge Romano Moutinho, Technician, 70%
Ana Luísa Oliveira Cruz, Administrative, 70%
Eduardo Morais Jobling, Technical Assistant, 70%
Fábio Daniel Campos Evangelista, Technician, 90%
João Alberto dos Santos Faustino, Superior Technician, 70%
João Filipe dos Santos Sampaio Abade Carvalho, Administrative, 90%
Maria Luíza dos Santos Oliveira, Superior Technician, 70%

6.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

Afonso Jorge Romano Moutinho, 12.º ano
Ana Luísa Oliveira Cruz, Administrativo, 12.º ano
Eduardo Morais Jobling, Assistente Técnico, 12.º ano
Fábio Daniel Campos Evangelista, Técnico, 12.º ano
João Alberto dos Santos Faustino, Técnico Superior, Licenciatura
João Filipe dos Santos Sampaio Abade Carvalho, Administrativo, 12.º ano
Maria Luíza dos Santos Oliveira, Técnico Superior, Licenciatura

6.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

Afonso Jorge Romano Moutinho, 12th year
Ana Luísa Oliveira Cruz, Administrativo, 12th year
Eduardo Morais Jobling, Assistente Técnico, 12th year
Fábio Daniel Campos Evangelista, Técnico, 12th year
João Alberto dos Santos Faustino, Técnico Superior, Bachelor
João Filipe dos Santos Sampaio Abade Carvalho, Administrativo, 12th year
Maria Luíza dos Santos Oliveira, Técnico Superior, Bachelor

6.3. Procedimento de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

A avaliação do pessoal não docente é efetuada segundo o SIADAP – Sistema Integrado de Avaliação de Desempenho da Função Pública – o qual assenta na definição de objetivos institucionais que são desdobrados pela organização. Os objetivos a atingir por cada funcionário, administrativo ou técnico, são definidos no início de cada ciclo avaliativo e estão alinhados com os objetivos estratégicos da instituição. A progressão do funcionário, a existir, dependerá da avaliação bienal que é feita em função do cumprimento das metas fixadas.

6.3. Assessment procedures of the non-academic staff and measures for its permanent updating and personal development

The performance of non-academic staff is based on SIADAP – Integrated System for Performance Evaluation of Public Administration. SIADAP requires the definition and deployment of institutional objectives. The goals to be attained by the non-academic staff are aligned with the institution strategic objectives and are defined at the beginning of each evaluation cycle. The career progression of staff depends on their biennial evaluation, which is based on the degree of accomplishment of the pre-defined goals.

7. Instalações e equipamentos**7.1. Instalações físicas afetas e/ou utilizadas pelo ciclo de estudos (espaços letivos, bibliotecas, laboratórios, salas de computadores, etc.):**

A FCT NOVA dispõe de instalações para garantir o nível e a qualidade da formação proposta, e adequada às exigências científicas e pedagógicas necessárias para cumprir os objetivos:

- Espaços letivos equipados com projetores multimédia (com uma área aproximada de 5718 m2);*
- Laboratórios adequados e bem equipados para a realização de trabalho experimental, quer a nível da lecionação, quer a nível da investigação (com uma área aproximada de 1383 m2);*
- Salas de computadores, com possibilidade de acesso permanente, que podem ser utilizadas pelos alunos para a execução de trabalhos, mas também para lecionação. Adicionalmente o campus está coberto por uma rede wireless;*
- Uma biblioteca que permite o acesso a bibliografia extensa e atualizada, estando bem equipada nas áreas relevantes do curso Biblioteca (com uma área aproximada de 6500 m2);*
- Cantinas, bares e residência universitária com capacidade para receber alunos, mas também professores e investigadores convidados.*

7.1. Facilities used by the study programme (lecturing spaces, libraries, laboratories, computer rooms, ...):

FCT NOVA has facilities to guarantee the level and quality of the proposed training, and adequate to the scientific and pedagogical requirements necessary to fulfill the objectives:

- Teaching spaces equipped with multimedia projectors (with an approximate area of 5718 m2);*
- Adequate and well-equipped laboratories for carrying out experimental work, both in terms of teaching and research (with an approximate area of 1383 m2);*
- Computer rooms, with the possibility of permanent access, which can be used by students for the execution of works*

but also for teaching. Additionally, the campus is covered by a wireless network;

- A library that allows access to extensive and updated bibliography, being well equipped in the relevant areas of the Library course (with an area of approximately 6500 m²);
- Canteens, bars and university residences with the capacity to receive students, but also invited professors and researchers.

7.2. Principais equipamentos e materiais afetos e/ou utilizados pelo ciclo de estudos (equipamentos didáticos e científicos, materiais e TIC):

Os equipamentos afetos ao ciclo de estudos dividem-se entre os laboratórios didáticos do DF e os laboratórios científicos do LIBPhys e do CEFITEC. De entre todos os equipamentos disponíveis para o curso, salientam-se:

- Diversos microscópios óticos e eletrónicos (1 SEM);
- Material de laboratório diverso para síntese química;
- Espetrometros de fluorescência de raios-X;
- Espetrometro Raman;
- Espetrometria por mobilidade iónica;
- TOF SIMS;
- Equipamento multitécnicas com AES, ISS, XPS, WF e SIMS;
- Laboratório computacional;
- Lasers de estado sólido, CO₂ e solar;
- Câmaras de deposição por sputtering;
- Criorrefrigeradores (temperatura mínima de 2.6K)

7.2. Main equipment or materials used by the study programme (didactic and scientific equipment, materials, and ICTs):

The equipment used in the study cycle is divided between the didactic laboratories of DF and the scientific laboratories of LIBPhys and CEFITEC. Among all the equipment available for the course, the following stand out:

- Several optical and electronic microscopes (1 SEM);
- Different laboratory material for chemical synthesis;
- X-ray fluorescence spectrometers;
- Raman spectrometer;
- Ion mobility spectrometry;
- TOF SIMS;
- Multitechnical equipment with AES, ISS, XPS, WF and SIMS;
- Computational laboratory;
- Solid state, CO₂ and solar lasers;
- Sputtering deposition chambers;
- Cryocoolers (minimum temperature 2.6K)

8. Atividades de investigação e desenvolvimento e/ou de formação avançada e desenvolvimento profissional de alto nível.

8.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica

8.1. Mapa VI Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica / Research centre(s) in the area of the study programme where teaching staff develops its scientific activity

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Classification FCT	IES / HEI	N.º de docentes do CE integrados / Number of study programme teaching staff integrated	Observações / Observations
LIBPhys - Laboratório de Instrumentação, Engenharia Biomédica e Física das Radiações / Laboratory for Instrumentation, Biomedical Engineering and Radiation Physics	Muito Bom / Very Good	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa	8	http://libphys.pt/
CEFITEC - Centro de Física e Investigação Tecnológica / Centre of Physics and Technological Research	Bom / Good	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa	8	https://www.cefitec.fct.unl.pt/
CENIMAT I3N - Centro de Investigação de Materiais Instituto de Nanoestruturas, Nanomodelação e Nanofabricação / Materials Research Centre Institute of Nanostructures, Nanomodelling and Nanofabrication	Excelente / Excellent	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa / Universidade de Aveiro	2	https://www.cenimat.fct.unl.pt/
CTS – Centro de Tecnologia e Sistemas / Centre of Technology and Systems	Muito Bom / Very Good	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa	1	https://cts.uninova.pt/

Pergunta 8.2. a 8.4.

8.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, em revistas de circulação internacional com revisão por pares, livros ou capítulos de livro, relevantes para o ciclo de estudos, nos últimos 5 anos.

<https://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/dad234ac-0829-1cad-e9a6-5e71fb9d1cd3>

8.3. Mapa-resumo de atividades de desenvolvimento de natureza profissional de alto nível (atividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços ou formação avançada) ou estudos artísticos, relevantes para o ciclo de estudos:

<https://a3es.pt/si/iportal.php/cv/high-level-activities/formId/dad234ac-0829-1cad-e9a6-5e71fb9d1cd3>

8.4. Lista dos principais projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram as atividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área do ciclo de estudos.

Protocolos com empresas e laboratórios vários, para as Dissertações.

Protocolo IST/CTN — Física Nuclear;

Samvardhana Motherson Peguform Automotive Technology Portugal;

International Iberian Nanotechnology Laboratory;

Instituto Português da Qualidade.

8.4. List of main projects and/or national and international partnerships underpinning the scientific, technologic, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme.

various company and laboratory protocols for dissertations

Protocol IST / CTN - Nuclear Physics.

Samvardhana Motherson Peguform Automotive Technology Portugal;

International Iberian Nanotechnology Laboratory;

Instituto Português da Qualidade.

9. Enquadramento na rede de formação nacional da área (ensino superior público)

9.1. Avaliação da empregabilidade dos graduados por ciclo de estudos similares com base em dados oficiais:

O número total de desempregados registados, com diploma (de Mestrado Integrado) em Engenharia Física da FCT NOVA obtido desde 2006 a 2018 é de 3 (três) para 113 diplomados, resultando numa taxa global de 2,6%.*

Fonte: <http://www.dgeec.mec.pt/np4/92/> — Tabela Geral, junho 2018.

**2006 é a data de entrada em vigor do curso de MIEF.*

9.1. Evaluation of the employability of graduates by similar study programmes, based on official data:

*The total number of registered unemployed, with FCT NOVA (Integrated Master's) degree in Physics Engineering obtained from 2006 * to 2018 is 3 (three) for 113 graduates, resulting in an overall rate of 2.6%.*

Source: <http://www.dgeec.mec.pt/np4/92/> - General Table, June 2018.

** 2006 is the date of entry into force of the MIEF course.*

9.2. Avaliação da capacidade de atrair estudantes baseada nos dados de acesso (DGES):

O curso de MIEF que está na génese deste MEF, e teve na 1.ª fase do Concurso Nacional de Acesso:

Em 2016:

267 candidatos no total do contingente geral

32 candidatos em 1.ª opção no contingente geral

25 colocados (máximo)

156,2 nota mínima do contingente geral

Em 2017:

284 candidatos no total do contingente geral

27 candidatos em 1.ª opção no contingente geral

25 colocados (máximo)

159,6 nota mínima do contingente geral

Em 2018:

284 candidatos no total do contingente geral

40 candidatos em 1.ª opção no contingente geral

25 colocados (máximo)

164,2 nota mínima do contingente geral

O MIEF foi neste ano o 2.º curso de mais elevada nota mínima de entrada na FCT NOVA.

A capacidade de atrair bons estudantes é assim evidente para este curso.

Fonte: <http://www.dges.gov.pt/guias/detcursopi.asp?codc=9368&code=0903>

9.2. Evaluation of the capability to attract students based on access data (DGES):

The MIEF course that is at the origin of this MEF, and had in the 1st phase of the National Access Competition:

In 2016:

*267 candidates in the overall contingent
32 candidates in 1st option in the general contingent
25 places (maximum)
156.2 minimum grade of the general contingent*

In 2017:

*284 candidates in the total general quota
27 candidates in 1st option in the general contingent
25 places (maximum)
159.6 minimum grade of the general quota*

In 2018:

*284 candidates in the total general quota
40 candidates in 1st option in the general contingent
25 places (maximum)
164.2 minimum grade of the general contingent*

This year, the MIEF was the 2nd course with the highest minimum score at FCT NOVA.

The ability to attract good students is thus evident for this course.

Source: <http://www.dges.gov.pt/guias/detcursopi.asp?codc=9368&code=0903>

9.3. Lista de eventuais parcerias com outras instituições da região que lecionam ciclos de estudos similares:

No âmbito de projetos pedagógicos e de realização de dissertações tem-se contado com a pareceria das seguintes instituições:

Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa

9.3. List of eventual partnerships with other institutions in the region teaching similar study programmes:

Concerning pedagogical projects, we have joint projects with:

Instituto Superior Técnico of the University of Lisbon

10. Comparação com ciclos de estudos de referência no espaço europeu

10.1. Exemplos de ciclos de estudos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior com duração e estrutura semelhantes à proposta:

*Master's programme in Engineering Physics
KTH Royal Institute of Technology, Suécia
<https://www.kth-international.com/programmes/master-engineering-physics/>*

*Laurea Magistrale (equivalent to Master of Science) Engineering Physics
Politecnico Di Milano, Itália
<https://www.polimi.it/?id=9003&L=1>
Master of Science in Engineering Physics
<https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-engineering-physics>
Ghent University, Bélgica*

*Engineering Physics
Aalto University, Finlandia
<https://www.aalto.fi/en/study-options/masters-programme-in-engineering-physics>*

10.1. Examples of study programmes with similar duration and structure offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

Master's programme in Engineering Physics
KTH Royal Institute of Technology, Suécia
<https://www.kth-international.com/programmes/master-engineering-physics/>

Laurea Magistrale (equivalent to Master of Science) Engineering Physics
Politecnico Di Milano, Itália
<https://www.polimi.it/?id=9003&L=1>
Master of Science in Engineering Physics
<https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-engineering-physics>
Ghent University, Bélgica

Engineering Physics
Aalto University, Finlândia
<https://www.aalto.fi/en/study-options/masters-programme-in-engineering-physics>

10.2. Comparação com objetivos de aprendizagem de ciclos de estudos análogos existentes em instituições de referência do Espaço Europeu de Ensino Superior:

Os princípios orientadores dos objetivos deste ciclo de estudos corroboram os dos seus pares, nomeadamente:
“prepares students for advanced industrial research and development, and further doctoral studies in physics and related subjects. Solving complex, sometimes interdisciplinary problems, is a central part of the education, requiring a profound knowledge and understanding of physics, as well as experience with analytical and computational tools.”
(KTH)

“prepare professionals with a sound expertise in science and an engineering attitude. A Physics Engineer is able to “produce” innovation both in the industrial environment as well as in basic research...” (Politecnico Di Milano)

“...devoted to the technical applications of physics.” (Ghent University)

“...emphasis on learning state of the art analytical approaches, including database driven and machine learning techniques, offering a powerful toolset applicable in a wide variety of research and commercial environments.” (Aalto University)

10.2. Comparison with the intended learning outcomes of similar study programmes offered by reference institutions in the European Higher Education Area:

The guiding principles of the objectives of this study cycle corroborate those of their peers, namely:

“prepares students for advanced industrial research and development, and further doctoral studies in physics and related subjects. Solving complex, sometimes interdisciplinary problems, is a central part of the education, requiring a profound knowledge and understanding of physics, as well as experience with analytical and computational tools.”
(KTH)

“prepare professionals with a sound expertise in science and an engineering attitude. A Physics Engineer is able to “produce” innovation both in the industrial environment as well as in basic research...” (Politecnico Di Milano)

“...devoted to the technical applications of physics.” (Ghent University)

“...emphasis on learning state of the art analytical approaches, including database driven and machine learning techniques, offering a powerful toolset applicable in a wide variety of research and commercial environments.” (Aalto University)

11. Estágios e/ou Formação em Serviço

11.1. e 11.2 Estágios e/ou Formação em Serviço

Mapa VII - Protocolos de Cooperação

Mapa VII - Entidades onde os estudantes poderão desenvolver as Dissertações

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

Entidades onde os estudantes poderão desenvolver as Dissertações

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

[11.1.2._Entidades & Dissertações.pdf](#)

Mapa VII - Samvardhana Motherson Peguform Automotive Technology Portugal, S.A

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

Samvardhana Motherson Peguform Automotive Technology Portugal, S.A

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):
[11.1.2._Protocolo SMP_FCT.pdf](#)

Mapa VII - Instituto Superior Técnico

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:
Instituto Superior Técnico

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):
[11.1.2._protocolo_de_colaboracao_entre_a_fct_unl_e_o_ist.pdf](#)

Mapa VII - International Iberian Nanotechnology Laboratory

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:
International Iberian Nanotechnology Laboratory

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):
[11.1.2._protocolo_de_colaboracao_entre_inl_e_a_fct_unl.pdf](#)

Mapa VII - Instituto Português da Qualidade

11.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:
Instituto Português da Qualidade

11.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):
[11.1.2._protocolo_fct_2014_-_ipq_e_fct_unl.pdf](#)

11.2. Plano de distribuição dos estudantes

11.2. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).
<sem resposta>

11.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

11.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efetivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:
Todas as dissertações e projectos são orientados ou co-orientados por um docente doutorado do Departamento de Física.

11.3. Institution's own resources to effectively follow its students during the in-service training periods:
All thesis and projects are supervised or co-supervised by a faculty member, PhD, of the Department of Physics.

11.4. Orientadores cooperantes

11.4.1. Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).

11.4.1 Mecanismos de avaliação e seleção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB).
<sem resposta>

11.4.2. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por lei)

11.4.2. Mapa X. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos com estágio obrigatório por Lei) / External supervisors responsible for following the students' activities (mandatory for study programmes with in-service training mandatory by law)

Nome / Name	Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1)/ Professional qualifications (1)	Nº de anos de serviço / Nº of working years
----------------	--	--	--	--

<sem resposta>

12. Análise SWOT do ciclo de estudos

12.1. Pontos fortes:

- *Experiência de quase 40 anos do DF da FCT NOVA no ensino da Engenharia Física, dando especial ênfase ao ensino experimental.*
- *Elevada empregabilidade de engenheiros físicos de conceção e banda larga.*
- *Todos os docentes a tempo integral são doutorados e membros de centros de investigação.*
- *Excelentes infraestruturas de ensino e investigação.*
- *Integração em redes de investigação e educação avançada, nacionais e internacionais. A qualidade da investigação do Departamento, e o envolvimento dos estudantes nas atividades de investigação.*
- *Excelente apreciação pelos empregadores (nacionais e internacionais) da formação do DF, assim como pelos alunos (inquéritos).*
- *Cobertura de competências transversais e “Perfil Curricular FCT”.*

12.1. Strengths:

- *Experience of almost 40 years of the DF of FCT NOVA in teaching Physics Engineering, with special emphasis on experimental teaching.*
- *High employability of physics design engineers and broadband.*
- *All full-time professors are PhDs and members of research centers.*
- *Excellent teaching and research infrastructures.*
- *Integration into national and international research and advanced education networks. The quality of the Department's research, and the involvement of students in research activities.*
- *Excellent appreciation by employers (national and international) of the formation of the Federal District, as well as by students (surveys).*
- *Coverage of transversal skills and “FCT Curricular Profile”.*

12.2. Pontos fracos:

Apesar de ter sido preenchido o numerus clausus nos recentes anos do curso de MIEF, com classificações elevadas (16,42 valores em 2018/19), terão que continuar a ser feitos esforços no sentido de atrair cada vez melhores e mais bem informados candidatos para a área de Engenharia Física por forma a minimizar a taxa de abandono ao longo do curso. A situação poderia beneficiar de uma mais correta visibilidade e enquadramento da área no ensino secundário, e na comunicação com a sociedade em geral; apesar dos esforços feitos, existe em muitos casos uma perceção deficiente do que é verdadeiramente a Engenharia Física pelos estudantes de Ciência e Tecnologia.

12.2. Weaknesses:

Although the numerus clausus has been filled in the recent years of the MIEF course, with high marks (16.42 points in 2018/19), efforts will have to continue to be made in order to attract increasingly better and better informed candidates to the Physics Engineering area in order to minimize the dropout rate throughout the course. The situation could benefit from a more correct visibility and framing of the area in secondary education, and in communication with society in general; despite the efforts made, in many cases there is a poor perception of what Physics Engineering really is by students of Science and Technology.

12.3. Oportunidades:

- *Formar profissionais multidisciplinares com valências em diversas áreas, tais como física atómica e molecular, física nuclear e dos plasmas, física das interfaces, ótica e optoeletrónica, detetores, criogenia e técnicas analíticas aplicadas à saúde e património cultural.*
- *Criação de uma formação fortemente apoiada na investigação de excelência que é desenvolvida, na área, no DF-FCT NOVA.*
- *Ligação à indústria nacional e internacional na abordagem de problemas tecnológicos não triviais.*

12.3. Opportunities:

- *Train multidisciplinary professionals with expertise in several areas, such as atomic and molecular physics, nuclear and plasma physics, interface physics, optics and optoelectronics, detectors, cryogenics and analytical techniques applied to health and cultural heritage.*
- *Creation of training strongly supported by research of excellence that is developed, in the area, at DF- FCT NOVA.*
- *Connection to national and international industry in addressing non-trivial technological problems.*

12.4. Constrangimentos:

- *A questão geral de eventual agravamento das dificuldades na gestão flexível e disponibilidade de recursos humanos e materiais, inerentes ao enquadramento institucional e à situação económica global, em particular relativamente ao reforço e renovação de recursos humanos.*
- *A inovação pedagógica para uma Universidade 4.0 apresenta dificuldades de motivação e implementação.*

12.4. Threats:

- *The general issue of possible aggravation of difficulties in flexible management and availability of human and material resources, inherent to the institutional framework and the global economic situation, in particular in relation to the strengthening and renewal of human resources.*
- *Pedagogical innovation for a University 4.0 presents difficulties in motivation and implementation.*

12.5. Conclusões:

Propõe-se aqui um ciclo de estudos decorrente do Mestrado Integrado em Engenharia Física que, face ao DL n.º 65/2018, se adapta desdobrando-se em duas propostas com a mesma essência do ciclo de origem: uma licenciatura, e um mestrado aqui apresentado. Comparativamente ao ciclo de origem, a UC de Eletromagnetismo Avançado migra do 1.º ciclo do MIEF para 2.º ciclo (MEF), juntamente com Microeletrónica, pois, para a Engenharia Física, esses conteúdos permitem ao aluno aplicar os seus conhecimentos e a sua capacidade de compreensão e de resolução de problemas em situações novas e não familiares, em contextos alargados e multidisciplinares, ainda que relacionados com a sua área de estudo, como é considerado competência de grau de mestre (Decreto-Lei n.º 115/2013, art.15º). Economia Industrial deixa o 2.º ciclo de MIEF para o 1.º ciclo (LEF), visto que nessa UC se pretende desenvolver capacidade de recolher, seleccionar e interpretar informação relevante, particularmente na sua área de formação, que os habilite a fundamentarem as soluções que preconizam e os juízos que emitem, incluindo na análise os aspetos sociais, científicos e éticos relevantes, considerado como competência de grau de licenciado (Decreto-Lei n.º 115/2013, art. 5º).

Este Mestrado pretende ser o incubador de ramos de especialização, ao englobar as UC de Engenharia Física de “especialidade”, já existentes no MIEF e consideradas não-transversais, num Bloco de Opções de Engenharia Física (Bloco EF I e II). Este Bloco integrará futuramente novas UC de relevância emergente e que dinamicamente criam perfis de especialização mais vinculados. Considera-se a Instrumentação como central e transversal neste 2.º ciclo, bem como Simulação. É mantida a sinergia com a Engenharia Mecânica e com a Micro e Nanotecnologia. Por outro lado, respeita-se o “Perfil Curricular FCT” ao incluir uma UC de Qualquer Área Curricular e Empreendedorismo.

A componente fundamental é reforçada no Bloco de Opções de Física (Bloco F), também este dinâmico. A UC de Física Molecular deixa de ser obrigatória no 2.º ciclo de MIEF para ser parcialmente introduzida no 1.º ciclo (Física Atómica e Molecular) migrando os conteúdos avançados para uma UC optativa, no Bloco F do MEF.

No Bloco F consta ainda uma UC de Física Moderna que deverá ser frequentada por estudantes que sejam admitidos no MEF provenientes de uma licenciatura onde essas competências não tenham sido devidamente abordadas. A UC funcionará preferencialmente para estudantes de proveniências diferentes de Engenharia Física, aos quais a Coordenação recomende a sua frequência, e deverá ser vista como o mínimo de UC propedêuticas como descrito em 1.10-condicionando a conclusão do curso mas não sendo contabilizada para a média.

Para Dissertação e respetiva Preparação, pretende-se estimular mais colaboração com a Indústria mantendo o carácter de I&D ao mesmo tempo que se continuará a promover temas de Investigação Fundamental e Aplicada integrados nos Centros envolvidos.

12.5. Conclusions:

It is proposed here a cycle of studies resulting from the Integrated Master in Physics Engineering that, in view of the DL 65/2018, adapts itself into two proposals with the same essence of the original cycle: a degree, and a master's degree presented here.

Compared to the original cycle, the Advanced Electromagnetism UC migrates from the 1st cycle of MIEF to the 2nd cycle (MEF), together with Microelectronics, since for Physics Engineering these contents allow the student to apply their knowledge and their ability to understand and problem solving in new and unfamiliar situations, in broad and multidisciplinary contexts, even if related to their area of study, as it is considered master's degree competence (Decree-Law No. 115/2013, art. 15) .

Industrial Economics leaves the 2nd cycle of MIEF to the 1st cycle (LEF), since in this UC the intention is to develop the ability to collect, select and interpret the relevant information, particularly in its area of training, which will enable them to base the solutions which they recommend and the judgments they issue, including in the analysis the relevant social, scientific and ethical aspects, considered to be a graduate degree competency (Decree-Law No. 115/2013, art. 5).

This Master intends to be the incubator of specialization branches, by including the “specialty” Physics Engineering UC, already existing in the MIEF and considered non-transversal, in a Physics Engineering Options Block (Block EF I and II). This Block will integrate new UC of emerging relevance in the future and which will dynamically create more marked profiles of specialization.

Instrumentation is considered central and transversal in this 2nd cycle, as well as Simulation. Synergy with Mechanical Engineering and Micro and Nano Technology is maintained. On the other hand, the “FCT Curricular Profile” is respected by including a UC of Any Curricular Area (QAC) and Entrepreneurship.

The fundamental component is reinforced in the Physics Options Block (Block F), which is also dynamic. The Molecular Physics UC is no longer mandatory in the 2nd cycle of MIEF to be partially introduced in the 1st cycle (in Atomic and Molecular Physics), migrating the advanced contents to an optional UC, in Block F of the MEF.

Block F also includes a Modern Physics UC that should be attended by students who are admitted to the MEF from a degree where these skills have not been properly addressed. Such UC will work preferentially for students from different backgrounds in Physics Engineering, to whom the Coordination recommends their attendance, and should be seen as the minimum of propaedeutic UC as described in 1.10 - conditioning the conclusion of the course but not being counted towards the average.

For Dissertation and respective Preparation, it is intended to encourage more collaboration with the Industry while maintaining the character of R&D while continuing to promote fundamental and applied research topics integrated in the Centers involved.