

ACEF/1516/14057 — Decisão de apresentação de pronúncia

Decisão de Apresentação de Pronúncia ao Relatório da Comissão de Avaliação Externa

1. Tendo recebido o Relatório de Avaliação elaborado pela Comissão de Avaliação Externa relativamente ao ciclo de estudos em funcionamento Física
2. conferente do grau de Doutor
3. a ser leccionado na(s) Unidade(s) Orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.)
Faculdade De Ciências E Tecnologia (UNL)
4. a(s) Instituição(ões) de Ensino Superior / Entidade(s) Instituidora(s)
Universidade Nova De Lisboa
5. decide: Apresentar pronúncia
6. Pronúncia (Português):
Agradece-se a consulta do documento PDF anexo.
7. Pronúncia (Português e Inglês, PDF, máx. 150kB): (impresso na página seguinte)

Anexos

Ciclo de Estudos: Programa Doutoral em Física
(Processo n.º ACEF/1516/14057)

Assunto: Pronúncia relativa ao relatório preliminar da Comissão de Avaliação Externa (CAE) sobre o ciclo de estudos Programa Doutoral em Física.

4/outubro/2016

A Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT/UNL), o seu Departamento de Física e a Coordenação do Programa Doutoral em Física expressam à CAE o seu reconhecimento pelo interesse e relevância dos comentários produzidos no Relatório mencionado em epígrafe.

Na sequência das recomendações da CAE, foi efetuada uma revisão curricular profunda do Programa Doutoral em Física (PDF) com o objetivo de clarificar a distinção entre este programa de doutoramento do Programa Doutoral em Engenharia Física, evidenciando as competências específicas do Departamento de Física (DF)

O novo currículo está alavancado nas áreas de investigação em Física dos dois centros de investigação do DF (LIBPhys e CEFITEC), que são a Física Atómica e a Física Molecular, tanto teórica como experimental. Estas são as áreas de maior produtividade científica deste Departamento, pelo que consideramos que devem ser os alicerces do PDF.

O LIBPHYS e o CEFITEC possuem equipamento atualizado nestas áreas de investigação, onde serão desenvolvidas as atividades experimentais. Acresce referir as diversas colaborações internacionais com grupos de excelência, onde os alunos poderão complementar a sua formação e a sua atividade de formação avançada, quer em laboratórios em vários institutos e universidades, quer em grandes equipamentos experimentais, tais como os sincrotrões ELLETRA, SOLEIL e DAESY. Salienta-se ainda que as referidas áreas de investigação estão praticamente extintas nas outras Universidades.

Tendo em vista o estreitamento de relações entre o DF e o INL de Braga e a Universidade do Minho e o IST-Universidade de Lisboa, considerou-se pertinente a introdução do módulo Ótica-não-Linear na Unidade Curricular Tópicos Avançados de Física II no currículo do PDF. Estas colaborações serão, certamente, uma mais-valia para este Programa de Doutoramento, permitindo a diversificação da formação dos estudantes, assim como o estabelecimento de pontes com vista a parcerias com outros Programas de Doutoramento que nos permitirão divulgar as nossas áreas de investigação e o acesso a bolsas de investigação, o que por sua vez potenciará a atração de um maior número de estudantes.

No âmbito da estratégia de captação de estudantes, será dada especial atenção à divulgação do programa de doutoramento nos países de língua portuguesa, tais como o Brasil, Angola e Moçambique; relativamente a este último destaca-se a recente estabelecida colaboração com a Universidade de Maputo.

Porque consideramos que o plano curricular do PDF é também atrativo para estudantes de países do Norte de África, tais como Argélia e Marrocos, será efetuada a respetiva divulgação através das parcerias existentes entre investigadores desses países e docentes do DF.

De um modo geral, os docentes do PDF estão fortemente envolvidos em colaborações científicas Internacionais, no âmbito das quais efetuam frequentemente estadias de curta e de longa duração. Destacam-se as seguintes colaborações:

- Université Pierre et Marie Curie, Paris, França;
- Paul Scherrer Institut, Zurich, Suíça;
- GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt, Alemanha;
- Sophia University, Tokyo, Japão;
- Instituto de Física Fundamental, Consejo Superior de Investigaciones Científicas em Madrid, Espanha;
- Institut für Ionenphysik, Leopold Franzens Universität, Innsbruck, Austria;
- Laboratoire de Physique des Lasers, Université des Sciences et Technologies de Lille, França;

- Institute for Storage Ring Facilities, Aarhus University, Denmark;
- Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Brasil.

Nalguns casos, as referidas colaborações foram reforçadas através da contratação de vários docentes do DF como professores convidados nas respetivas instituições, tais como José Paulo Santos na Université Pierre et Marie Curie, Paulo Limão Vieira na Sophia University, e Maria Luisa Carvalho na Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

Estamos certos que a divulgação do PDF nestas instituições contribuirá para a captação de mais estudantes.

**Study Cycle: Doctoral Programme in Physics
(Process N. ACEF/1516/14057)**

Subject: Pronunciation concerning the preliminary report of the External Assessment Committee (CAE) Doctoral Programme in Physics.

October 4, 2016

The Faculty of Science and Technology (FCT/UNL), its Department of Physics and the PDF Coordination, express to the CAE their recognition of the interest and the relevance of comments made in the report mentioned above.

As a result of the CAE recommendations, a profound curricular revision of the Doctoral Program in Physics (PDF) was carried on, in order to clarify the distinction between this doctoral program and the PhD in Engineering Physics, showing the specific skills of the Department of Physics (DF).

The new curriculum is established in the main areas of research in physics of the two DF research centers (LIBPhys and CEFITEC), which are the Atomic Physics and Molecular Physics, both theoretical and experimental. These are the areas of greatest scientific productivity of this Department, so, we considered that the new plan must highlight these areas.

O LIBPHYS e o CEFITEC possuem equipamento atualizado nestas áreas de investigação, onde serão desenvolvidas as atividades experimentais. Acresce referir as diversas colaborações internacionais com grupos de excelência, onde os alunos poderão complementar a sua formação e a sua atividade de formação avançada, quer em laboratórios em vários institutos e universidades, quer em grandes equipamentos experimentais, tais como os sincrotrões ELLETRA, SOLEIL e DAESY. Salienta-se ainda que as referidas áreas de investigação estão praticamente extintas nas outras Universidades.

The LIBPHYS and CEFITEC have recent equipment in these areas of research where the experimental activities will be developed. Moreover, we emphasize the several international collaborations with groups of excellence where students can complement their training activity, either in laboratories in various institutes and universities, either in large experimental equipment such as Elettra synchrotron, SOLEIL and DAESY. We should note also that these research areas are practically extinct in the other Portuguese universities.

Regarding the establishment of cooperation between the DF and INL of Minho, as well as ISTULisboa, it was included the topic of Non-linear Optics in the course of Advanced Topics on Physics II in the new curricular structure of the PDF.

These collaborations will certainly be a surplus value to this Programme, allowing a broader formation as well as the founding of new partnerships with other Doctoral Programmes, contributing to disseminate our research areas and to access to scholarships, which in turn will enhance the attraction of a greater number of students.

Within the student funding strategy, special attention will be given to the dissemination of the doctoral program in Portuguese-speaking countries, such as Brazil, Angola and Mozambique; on the latter there is a recent collaboration established with the University of Maputo.

Since we also believe that the curriculum of the PDF plan is also attractive to students from North African countries such as Algeria and Morocco, the Programme will be advertised by the DF members through the existing partnerships.

In general the Professors involved in this Programme are strongly engaged in International Scientific collaborations within which they often perform short and long term stays.

We highlight the following collaborations:

- Université Pierre et Marie Curie, Paris, France;
- Paul Scherrer Institut, Zurich, Switzerland;
- GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt, Germany;
- Sophia University, Tokyo, Japan;
- Instituto de Física Fundamental, Consejo Superior de Investigaciones Científicas em Madrid, Spain;
- Institut für Ionenphysik, Leopold Franzens Universität, Innsbruck, Austria;
- Laboratoire de Physique des Lasers, Université des Sciences et Technologies de Lille, France;
- Institute for Storage Ring Facilities, Aarhus University, Denmark;
- Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Brazil.
- International Atomic Agency, Vienna, Austria
- Sevilha University, Spain
- Triangle Universities Nuclear Laboratory, USA

In some cases, the referred collaborations have been strengthened through the hiring of several DF teachers as guest teachers in their respective institutions, such as José Paulo Santos in Université Pierre et Marie Curie, Paulo Limão Vieira in Sophia University and Maria Luisa Carvalho in Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

We are certain that the PDF divulgation in this institutions will contribute to the raising of more students.

Anexos

I - Nova Estrutura Curricular e Novo Plano de Estudos / New Curricular Structure and New Study Plan

1. Estrutura Curricular

1.1 Estrutura curricular submetida no processo de autoavaliação / Curricular structure submitted in the self-assessment process.

1.1.1 Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau/ Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded:

Área Científica / Scientific Area	Sigla/ Acronym	ECTS Obrigatórios/ Mandatory ECTS	ECTS optativos/ Optional ECTS
Física / Physics	F	193	30
Ciências Sócio-Económicas / Socio-Economic Sciences	CSE	3	0
Qualquer Área Científica / Any Other Area	QAC	2	12
TOTAL		198	42

1.2 Nova estrutura curricular pretendida / New curricular structure intended.

1.2.1 Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau/ Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded:

Área Científica / Scientific Area	Sigla/ Acronym	ECTS Obrigatórios/ Mandatory ECTS	ECTS optativos/ Optional ECTS
Física / Physics	F	234	0
Qualquer Área Científica / Any Other Area	QAC	0	6
TOTAL		234	6

2. Plano de estudos / Study plan

2.1 Plano de estudos submetido no processo de autoavaliação / Study plan submitted in the process of self-evaluation
1.º Ano/1st Year

Unidades Curriculares/Curricular Units	Área Científica/ Scientific area	Duração/ Duration	Horas Trabalho/ Working Hours	Horas Contacto/ Contact Hours	ECTS	Observações/ Observations
Complementos de Física Nuclear / Complements of Nuclear Physics	F	S	164	TP-30; PL-30	6	Optativa / Optional
Complementos de Mecânica Quântica / Complements of Quantum Mechanics	F	S	168	TP-60	6	Optativa / Optional
Experimentação e Modelação Computacional no Ensino da Física / Experimentation and Computational Modelling in Physics Education	F	S	168	TP-30; PL-30	5	Optativa / Optional
Projeto / Project	F	A	1030	OT-15	37	Optativa / Optional
Seminário I / Seminar I	QAC	S	28	T-15	1	Obrigatória / Mandatory
Empreendedorismo / Entrepreneurship	CSE	S	84	TP-30	3	Obrigatória / Mandatory
Física Atómica Avançada / Advanced Atomic Physics	F	S	168	TP-60	6	Optativa / Optional
Física da Matéria Condensada Avançada / Advanced Condensed Matter Physics	F	S	168	TP-60	6	Optativa / Optional
Física Molecular Complementar / Complementary Molecular Physics	F	S	168	TP-30; PL-30	6	Optativa / Optional
Reacções Nucleares e Astrofísica Nuclear / Nuclear Reactions and Nuclear Astrophysics	F	S	168	TP-30; PL-30	6	Optativa / Optional
Seminário II / Seminar II	QAC	S	28	T-15	1	Obrigatória / Mandatory
Tópicos Avançados de Física / Advanced Topics in Physics	F	S	168	T-120	6	Optativa / Optional
Opção Livre 1(a) / Free Option	F/QAC	S				Optativa / Optional

(a) Os alunos deverão obter até 12 ECTS em disciplinas de Opções Livres. Estas opções poderão ser UC de 3.º ciclo de qualquer outro programa doutoral desta Universidade e de outras com as quais se venha a estabelecer um protocolo de colaboração / Students must obtain up to 12 ECTS in Free Options disciplines. These options may be 3rd cycle UC of any other doctoral program of the University and others with which it will establish a cooperation protocol.

2.º, 3.º e 4.º Ano / 2º, 3º, 4º Year

Unidades Curriculares/Curricular Units	Área Científica/Scientific area	Duração/Duration	Horas Trabalho/Working Hours	Horas Contacto/Contact Hours	ECTS	Observações/Observations
Tese de Doutoramento em Física / Thesis	F	Trienal / Triennial	5040	TP-100	180	Obrigatória / Mandatory

2.2 Novo plano de estudos pretendido / New study plan intended

1.º Ano/1st Year

Unidades Curriculares/Curricular Units	Área Científica/Scientific area	Duração/Duration	Horas Trabalho/Working Hours	Horas Contacto/Contact Hours	ECTS	Observações/Observations
Complementos de Mecânica Quântica e Física Estatística / Advanced Quantum Mechanics and Statistical Physics	F	S	168	OT: 56	6	Obrigatória / Mandatory
Tópicos Avançados de Física I / Advanced Topics on Physics I	F	S	168	OT: 56	6	Obrigatória / Mandatory
Tópicos Avançados de Física II / Advanced Topics on Physics II	F	S	168	OT: 56	6	Obrigatória / Mandatory
Projeto / Project	F	A	1008	OT: 14	36	Obrigatória / Mandatory
Competências Transversais / Transversal Skills	QAC	S	168	depende da UC escolhida/ dependent of choice	6	Optativa / Optional (a)

(a) O estudante deverá obter um mínimo de 6 ECTS em competências transversais, que poderão ser adquiridos através da frequência de Unidades curriculares opcionais escolhidas de entre as oferecidas pela 'Escola Doutoral da NOVA' (<http://www.unl.pt/pt/escola-doutoral/>) seminários de investigação do PDF, ou outros cursos aceites pela Comissão Científica do PDF / The student must obtain a minimum of 6 ECTS in transferable skills optional curricular units, which can be acquired by attending the free curricular units of the 'NOVA Doctoral School' (<http://www.unl.pt/pt/escola-doutoral/>) or research seminars organized in the scope of the PDF or any other courses accepted by the Scientific Committee of the PDF.

2.º, 3.º e 4.º Ano / 2º, 3º, 4º Year

Unidades Curriculares/Curricular Units	Área Científica/Scientific area	Duração/Duration	Horas Trabalho/Working Hours	Horas Contacto/Contact Hours	ECTS	Observações/Observations
Tese de Doutoramento em Física / PhD thesis in Physics	F	Trienal / Triennial	5040	OT: 84	180	Obrigatória / Mandatory

II – Fichas das Unidades Curriculares / Curricular Unit

Unidade curricular / Curricular Unit
<p>Nome: Complementos de Mecânica Quântica e Física Estatística Name: Advanced Quantum Mechanics and Statistical Physics</p>
<p>Docente responsável e respetivas horas de contacto na unidade curricular (preencher o nome completo):</p> <p>Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit (fill in the fullname):</p>
Nome: José Paulo Moreira dos Santos – OT: 28h
<p>Outros docentes que lecionam a unidade curricular e respetivas horas de contacto na unidade curricular:</p> <p>Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:</p>
Nome: João Paulo Lança Pinto Casquilho – OT: 28h
<p>Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):</p>
<p>Esta unidade curricular tem por objetivo: dotar os alunos de conhecimentos avançados nas áreas de Mecânica Quântica e Física Estatística, pelo seu interesse para a área geral do programa em virtude das muitas aplicações em praticamente todos os domínios da Física; conferir-lhes as competências associadas ao grau de doutor, nomeadamente compreensão sistemática no domínio científico, aptidões para investigação, incluindo análise crítica e capacidade de avaliação de conceitos e resultados, conceção e realização projetos, técnicas de comunicação escritas e orais. Confere ainda as seguintes competências específicas: Aquisição, manipulação, interpretação de dados científicos, desenvolvimento de software e de modelos computacionais, leitura e análise crítica de artigos científicos e utilização de equipamento e software informático</p>
<p>Learning outcomes of the curricular unit (knowledge, skills and competences to be developed by the students):</p>
<p>This course aims: to provide students with advanced knowledge in quantum mechanics and statistical physics areas for their interest to the general area of the program because of the many applications in virtually all areas of physics; give them the skills associated with the degree of doctor, including systematic understanding in science, skills for research, including critical analysis and evaluation capacity of concepts and results, design and construction projects, communication skills written and oral. Also provides the following specific competences: Acquisition, manipulation, interpretation of scientific data, software development and computational models, reading and critical analysis of scientific articles, use of equipment and software</p>
<p>Conteúdos programáticos:</p>
<p>I- Métodos de aproximação: Teoria das perturbações independentes do tempo; Teoria das perturbações dependentes do tempo; Regra de ouro de Fermi II-Evolução temporal de um sistema quântico: Representação de Schrödinger; Representação de Heisenberg; Representação de interação: Limites infinitos; III- Descrição do oscilador harmónico por operadores de criação e de aniquilação IV-Simetrias em Mecânica Quântica: Simetrias em Física Clássica; Translações espaciais em Mecânica Quântica; O Operador Unitário de Translação; V-Tópicos de Teoria Quântica do Campo: Simetrias de Lorentz e Poincaré; Teoria Clássica de Campo; Quantização de Campos Livres; Teoria de Perturbações e diagramas de Feynman VI- Transições de fase e fenómenos críticos: Teorias de campo médio, modelos de Landau; Expoentes críticos e universalidade; Falhas das teorias de campo médio; Hipótese de escala; Critério de Ginzburg; Renormalização. VII- Modelos estocásticos e fenómenos críticos dinâmicos: Funções de correlação e funções de resposta; Flutuação-dissipação. Equações de Langevin e de Fokker-Planck; Abrandamento crítico; Dinâmica dissipativa, modelo de Glauber; Hipótese de escala dinâmica; Nucleação e decomposição spinodal.</p>
<p>Syllabus:</p>
<p>I- Approximation methods: Theory of time-independent disturbances; Theory of time dependent disorders; Fermi's golden rule; II- Temporal evolution of a quantum system: Schrödinger formalism; Heisenberg formalism; Interaction representation: Infinite limits; III- Description of the harmonic oscillator using creation and annihilation operators IV- Symmetries in quantum mechanics: Symmetries in Classical Physics; Spatial translations in quantum mechanics; The Unit Operator Translation V-Topics of Quantic fields theory: Lorentz and Poincare symmetries; Field of Classical theory; Quantization of Free Fields; Disturbance theory and Feynman diagrams VI- Phase transitions and critical phenomena: Mean field theories, Landau models. Critical exponents and universality; Breakdown of mean-field theory; Scaling; The Ginzburg criterium. Renormalization. VII- Stochastic models and dynamic critical phenomena: Correlation functions and response functions. Fluctuation-dissipation; Langevin and Fokker-Planck equations. Critical slowing down; Dissipative dynamics, Glauber model; Dynamic scaling. Nucleation and spinodal decomposition.</p>
<p>Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular.</p>
<p>O conteúdo programático da cadeira, assente em conhecimentos prévios de várias áreas permite uma integração de conhecimentos, solidificando os conceitos fundamentais da Mecânica Quântica e da Física Estatística, produzindo a base para raciocínio inovador e criativo, tal como se pretende de um estudante de doutoramento.</p>
<p>Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.</p>

The course syllabus, based on previous knowledge acquired from several areas, promotes the process of knowledge integration, solidifying the fundamental concepts of Quantum Mechanics and Statistical Physics, producing the background for innovative and creative thought, as is to be expected from PhD students.

Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Promovendo a autoaprendizagem e a autonomia, as aulas presenciais destinam-se à discussão de temas escolhidos e à apresentação por parte dos alunos de uma análise crítica de artigos científicos e posterior discussão dos mesmos. A avaliação é baseada nas apresentações feitas pelos alunos, tendo em conta: a clareza da apresentação, a sua coerência científica e o nível de compreensão.

Teaching methodologies (including evaluation):

Promoting self-learning and autonomy, the classes include the presentation by the students of recent papers on Quantum Mechanics and Statistical Physics and also on simple projects. Evaluation of the students is based on the presentations according to objectivity, clarity, scientific coherence and comprehension shown.

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

Num contexto de doutoramento, as capacidades de autoaprendizagem e a autonomia são essenciais para assegurar uma formação adequada do doutorando. Aulas presenciais dinâmicas com discussão e apresentações promovem estas capacidades, assegurando também contacto com a investigação de ponta nas áreas da Mecânica Quântica e Física Estatística. As apresentações contribuem também para melhorar a capacidade de comunicação dos estudantes.

Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes:

In the context of a PhD, the capacities of self-learning and of autonomy are essential to assure an adequate education of the students. Dynamic classes with discussion and presentations of the most recent work in the areas of Quantum Mechanics and Statistical Physics, promote these capacities assuring also contact with the forefront of Cryogenics research. The presentations contribute also to train the student's communication skills.

Bibliografia principal:

Main Bibliography:

- Cohen Tannoudji, B. Diu et F. Lalo, **Quantum Mechanics**, Wiley, Singapore (2005).
- Mitchel Weissbluth, **Atoms and Molecules**, Academic Press, New York (1981).
- W. Greiner and B. Müller, **Quantum Mechanics, Symmetries**, Springer-Verlag, Berlin (1989).
- Michele Maggiore, **A Modern Introduction to Quantum Field Theory**, Oxford University Press, Oxford (2005).
- P.M. Chaikin and T.C. Lubensky, **Principles of Condensed Matter Physics**, Cambridge University Press (1995).
- Artigos científicos relevantes/ Relevant scientific articles

Unidadecurricular / CurricularUnit

Nome: Tópicos Avançados de Física I
Name: Advanced Topics on Physics I

**Docente responsável e respetivas horas de contacto na unidade curricular
(preencher o nome completo):**

Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit (fill in the fullname):

Nome: José Paulo Moreira dos Santos (OT: 56h), Paulo Manuel Assis Loureiro Limão Vieira (OT: 56h), Maria Adelaide de Almeida Pedro de Jesus (OT: 56h)

Outros docentes que lecionam a unidade curricular e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:

António Alberto Dias (OT: 56h), João Duarte Neves Cruz (OT: 56h)

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

Esta unidade curricular é constituída essencialmente por 3 módulos de Física Complementar em Física Atómica, Física Molecular e Reações Nucleares e Astrofísica. O objetivo desta unidade é dar uma visão geral de alguns temas de Física Complementar em áreas atuais de investigação do DF de modo a que os alunos possam destacar um tema em particular e aprofundar esse tema. No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam conceber e escrever um projeto de investigação numa destas áreas de investigação, permitindo a sua integração rápida num grupo de investigação ou numa empresa em que estas matérias sejam necessárias.

**Learning outcomes of the curricular unit
(knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

This course consists mainly on three modules on Advanced Physics, in Atomic Physics, Molecular Physics and Astrophysics and Nuclear Reactions. The purpose of this unit is to give an overview of some of the main topics in current areas of DF research so that students can highlight a particular subject and deepen this topic. At the end of this course the student will have acquired knowledge, skills and competencies that enable him to handle and write a research projects in one of these research areas, allowing his rapid integration into a research group or a company in which these matters are necessary.

Conteúdos programáticos:

1. Átomos com mais que um eletrão; O método de Hartree-Fock; Correlação eletrónica; Interação de configurações; O Modelo de Thomas-Fermi para N-eletrões; A equação de Dirac; Dispersão elástica; Dispersão inelástica

2. Colisões Moleculares; Introdução às colisões reativas; Dinâmica da colisão por dispersão; Colisões com variação dos estados moleculares: transferência de energia.
3. Reações Nucleares; Aspectos Experimentais do Estudo de Reações Nucleares; Astrofísica Nuclear e Nucleosíntese dos Elementos (Nucleosíntese Primordial e Estelar, Cosmocronologia)

Syllabus:

1. Atoms with more than one electron; The Hartree-Fock method; Electronic correlation; Interaction of configurations; The Thomas- Fermi model for N-electrons; The Dirac equation; Elastic and inelastic scattering in atomic systems.
2. Molecular Collisions; Introduction to reactive molecular collisions; Scattering as a probe of collision dynamics; State-changing collisions: molecular energy transfer.
3. Nuclear Reactions; Experimental aspects of the Study of Nuclear Reactions; Nuclear astrophysics and nucleosynthesis of elements (Primordial nucleosynthesis and Starfire, Cosmochronology)

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

O conteúdo programático da cadeira fornece aos alunos uma visão geral dos tópicos de Física Complementar, solidamente assente nos seus conceitos fundamentais e aplicações associadas, produzindo a base para o desenvolvimento de mini-projetos nesta área, podendo o aluno selecionar um dos temas para se dedicar com maior profundidade.

Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

The course syllabus provides an overview of some topics of advanced physics with solid fundamental basis and applications, producing the background for development of mini-projects in this area.

Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Promovendo a autoaprendizagem e a autonomia, as aulas presenciais destinam-se à discussão dos vários tópicos e propostas de mini-projetos a realizar posteriormente pelos alunos.
A avaliação é baseada nos mini-projetos, tendo em conta a originalidade da conceção, a autonomia na sua execução e o nível de compreensão, num dos tópicos selecionado pelo aluno

Teaching methodologies (including evaluation):

Promoting self-learning and autonomy, the classes are devoted to the discussion of the several subjects and of proposals of mini-projects to be developed by the students. Evaluation of the students is based on the conception originality, the autonomy and the comprehension shown in the execution of the mini-projects of a selected topic.

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

Num contexto de doutoramento, as capacidades de autoaprendizagem e a autonomia são essenciais para assegurar uma formação adequada do doutorando. Aulas presenciais dinâmicas com discussão concretizada em mini-projetos, promovem estas capacidades, assegurando também uma melhor apreensão de conhecimento nas áreas em estudo.

Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes:

In the context of a PhD, the capacities of self-learning and of autonomy are essential to assure an adequate education of the students. Dynamic classes with discussion and learning leading to mini-project execution, promote these capacities assuring also a better knowledge apprehension.

**Bibliografia principal:
Main Bibliography:**

- W. Greiner, Relativistic Quantum Mechanics, 3rd Edition, Springer-Verlag, Berlin (2000).
H. Friederich, Theoretical Atomic Physics, 2nd Edition, Springer-Verlag, Berlin (1994).
C. Froese Fischer, The Hartree-Fock Method for Atoms, Wiley-Interscience Publication, New York (1976).
Molecular Reaction Dynamics, Raphael D. Levine, Cambridge, 2009
Physics of Atoms and Molecules, B. H. Brandson and C. C. Joachain, Prentice Hall, 2003
Claus E. Rolfs, William S. Rodney, Cauldrons in the Cosmos: Nuclear Astrophysics, The University of Chicago Press, 1988
"Nuclear Physics of Stars", Christian Iliadis, Wiley-VCH, 2nd edition, 2015
C. A. Bertulani, P. Danielewicz, Introduction to Nuclear Reactions, Institute of Physics, 2004
Scientific publications in scientific journals on the several topics

Unidade curricular / Curricular Unit

Nome: Tópicos Avançados de Física II
Name: Advanced Topics on Physics II

**Docente responsável e respetivas horas de contacto na unidade curricular
(preencher o nome completo):**

Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit (fill in the fullname):

Nome/Name: Ana Cristina Gomes da Silva (OT: 56h), Paulo Manuel Assis Loureiro Limão Vieira (OT: 56h), Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo (OT: 56h)

Outros docentes que lecionam a unidade curricular e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:

Nome/Name: António Alberto Dias (OT: 56h), Alda Sofia Pessanha de Sousa Moreno (OT: 56h)

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

Esta unidade curricular é constituída essencialmente por 3 módulos de Física Complementar em Ótica-não-Linear, Métodos Experimentais de Espectroscopia Molecular e Métodos Experimentais de Espectroscopia de Raios X. O objetivo desta unidade é dar uma visão geral de alguns temas de Física Complementar em áreas atuais de investigação experimental do DF de modo a que os alunos possam destacar um tema em particular e aprofundar esse tema. No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam conceber e escrever um projeto de investigação numa destas áreas de investigação, permitindo a sua integração rápida num grupo de investigação ou numa empresa em que estas matérias sejam necessárias. Será ministrada uma formação com ênfase experimental em técnicas modernas de Física Fundamental e Aplicada. Será dada aos alunos a possibilidade de realizarem pequenos estágios em Laboratórios Internacionais de referência de modo a poderem complementar a sua formação.

**Learning outcomes of the curricular unit
(knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

This course is mainly constituted on Non-linear-Optics, Experimental Methods in Molecular Spectroscopy and X Ray Spectroscopy. The main goal of this thematic course is to provide the students an overview on the main applied research areas of Physics Department (PD), showing the experimental development, new technologies in fundamental research, so that students can highlight a particular subject and deepen this topic. At the end of this course the student will have acquired knowledge, skills and competencies that enable him to handle and write a research projects in one of these research areas, allowing his rapid integration into a research group or a company in which these matters are necessary. It is also intended to promote the interlinking of these research areas with, e.g. Chemistry, Biophysics, Medical Physics, Instrumentation, Technology, among many others.

Conteúdos programáticos:

Os conteúdos programáticos assentam num conjunto de três temas Física Experimental do DF, sinérgicos dos módulos letivos das outras disciplinas do plano doutoral. Tendo em consideração o cariz avançado e atual dos tópicos que se pretendem abordar, os conteúdos não estão limitados a um conjunto pré-definido, mas a temas que se inserem nas questões da interação e utilização de equipamentos experimentais do Departamento incluindo sobretudo experiências que decorrem de colaborações Nacionais e Internacionais, não esquecendo os grandes Equipamentos. Os temas incluem: Introdução aos fundamentos e conceitos da ótica não-linear, plasmónica e física dos lasers pulsados e ultrarrápidos. Fenomenologia microscópica-quântica da origem das propriedades óticas dos meios. Efeitos de Drude, Lorentz e espalhamento estimulado de Raman não linear. Relação conceptual da ótica não linear em nanopartículas com a física plasmónica. Espectroscopia de Ultravioleta do Vácuo por radiação sincrotrão; Espectroscopia de fotoelétrões; Processos de Captura eletrónica dissociativa em moléculas; Processos de transferência de eletrão em colisões de átomos neutros com moléculas. Sistemas óticos de focalização da radiação X; Espectrómetros de raios X dispersivos em comprimento de onda e em energia. Microanálise e mapeamento de elementos traço. Radiação X de sincrotrão: EXAFS e XANES.

Syllabus:

The contents are based on a set based on the three main subjects of Experimental Physics in the PD to be complementary to other lecture modules of the PhD programme. Given the advanced and current nature of the topics that are to be addressed, the content is not limited to a predefined set, but the issues fall within the use of experimental research carried out in the Physics Department including also experiments from National and International collaborations, with emphasis on the Great Facilities Experiments. Topics include: ultra-resolution, ultrafast and nonlinear optical microscopies related also with plasmonic, in applications such as (nano)-materials, fundamental and applied/technological physics and biomedicine. Spectroscopy Vacuum Ultraviolet by synchrotron radiation; Photoelectron spectroscopy; Dissociative electron capture processes in molecules; electron transfer processes in collisions with neutral atoms of molecules. optical systems focusing of x-radiation; Spectrometers dispersive X-ray wavelength and energy. Microanalysis and mapping of trace elements. X Ray synchrotron: EXAFS and XANES.

Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular

Os conteúdos programáticos estão ajustados às reais necessidades e exigências na formação dos estudantes do plano doutoral, e são coerentes com os objetivos da unidade curricular pois foram desenhados para fornecerem aos estudantes uma formação transversal e "up-to-date" nas temáticas experimentais. De acordo com estas intenções, a participação de elementos do corpo docente com formações diversas nas áreas citadas, o que garantirá uma exposição extremamente alargada ao nível de conhecimentos exigidos na formação de estudantes no âmbito de um plano doutoral.

Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives

The syllabus was designed to address the objectives of the curricular unit since its contents were thought to provide students with information about the state-of-art in the main experimental research areas of the PD. The above-cited themes cover a wide range of topics from the areas of Physics, Biology and Biochemistry, which is in agreement with the curricular unit's objectives. More, the presented topics can be expanded to accommodate up-to-date research themes judged necessary to complete student training as well as widening the information available to students.

Metodologias de ensino (avaliação incluída):

A forma pela qual a unidade curricular se apresenta, procura também promover a participação ativa por parte dos alunos para nela desenvolverem os seus processos de aprendizagem e formação científica em estreita colaboração com o docente. A matéria é exposta para favorecer um processo de transferência simples de informação de forma a criar oportunidades de um ensino interrogativo, culminando em respostas e/ou conclusões. Assim, é uma constante: interrogação dos alunos no decurso da exposição das matérias e resolução de problemas e encorajamento na participação oral ativa dos alunos. Deste modo, pretende-se o estreitar da relação entre docente e aluno através da motivação criada em torno das suas participações. A frequência e avaliação são ditadas pela assiduidade, pela realização de uma monografia num dos tópicos abordados pelo corpo docente.

Teaching methodologies (including evaluation):

The present lecture course aims at promoting and encourages students to get particular active in order to develop their capabilities on a scientific experimental background, which can be achieved with the supervision of the lecturer(s). The contents will be presented in a way to allow different learning chances, which in turn means having a constant flux of questions and answers to be delivered. Throughout the lecture course on a regular basis: a) asking questions to students about the different contents and problems' solving, b) clarify any doubts on less attainable concepts and c) encourage active participation. Though we believe this will allow a straight relationship between students and lecturer(s). The evaluation process will accommodate information about students' motivation and active participation, preparing a project on one of the topics included in the curricular structure.

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

As metodologias de ensino são coerentes com os objetivos da unidade curricular porque: 1 – a informação considerada essencial e obrigatoriamente abordada nas diferentes aulas e a sua compreensão verificada através dos momentos em causa; 2 – a obrigatoriedade de execução de uma monografia, leva ao desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica que por sua vez desenvolve o conhecimento bibliográfico da área em questão; 3 – a escolha criteriosa dos temas a abordar dará uma perspetiva global sobre o “state-of-the-art” bem como uma capacidade adquirida e crítica nas áreas científicas em estudo.

Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes:

The teaching methodologies are consistent with the curricular unit objectives because: 1 - All important information is conveyed in lectures and its comprehension tested accordingly during discussions; 2 - The mandatory essay prompts the students to develop a better knowledge of the bibliography; 3 - The correct choice of themes to discuss will give students a global perspective of the “state of art”; The propose evaluation scheme was designed to measure how the students perform in each of the developed competences.

**Bibliografia principal:
Main Bibliography:**

Modern Spectroscopy, J. Michael Hollas, Wiley, 2004
 Physics of Atoms and Molecules, B. H. Brandson and C. C. Joachain, Prentice Hall, 2003
 Nonlinear Optics, Robert. W. Boyd, Academic Press, Third edition (2008)
 Nonlinear Optics: Phenomena, Materials and Devices, G. I. Stegeman, R. A. Stegeman, Wiley (2012).
 Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis, B. Beckhoff, B. Kanngießner, N. Langhoff R.Wedell H.Wolff (Eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
 Handbook of X-Ray Spectrometry, Methods and Techniques, René Van Grieken, and A. Markowicz, Marcel Dekker, inc. 1992
 Scientific publications especially revision articles on the several subjects

Unidade curricular / Curricular Unit

Nome: Projeto
 Name: Project

**Docente responsável e respetivas horas de contacto na unidade curricular
(preencher o nome completo):**

Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit (fill in the fullname):

Nome: Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo (OT: 14h)

Outros docentes que lecionam a unidade curricular e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:

Qualquer Docente da área do ciclo de estudos: (OT: 14h)

**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 conceber e escrever o projeto a desenvolver para a sua tese de doutoramento.
 Para tal, terá adquirido conhecimentos sobre: o estado da arte do tema a desenvolver.
 O estudante terá igualmente adquirido aptidões para fazer pesquisa tecnocientífica, redigir um projeto de investigação e iniciar trabalho preliminar de investigação.

**Learning outcomes of the curricular unit
(knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

At the end of this course the student will have acquired knowledge, skills and competencies to conceive and write the research project for his/her PhD thesis.
 To do this, he/she will have acquired knowledge about: the state of the art of the subject to be developed.
 The student will also have acquired skills to make techno-scientific research, write a research project and initiate preliminary research work.

Conteúdos programáticos:

No prosseguimento dos objetivos enunciados acima, o conteúdo da unidade curricular variará, consoante o tema da tese do estudante e a preparação que lhe for recomendada.

Syllabus:

Seeking to fulfill its objectives, the content of this course will be fixed according to the subject to be developed by the student for his PhD thesis and the necessary associated education.

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

Esta unidade curricular pretende preparar o estudante para o trabalho de tese que irá realizar durante 3-4 anos. Assim sendo, terá necessariamente que começar por uma pesquisa bibliográfica que lhe permitirá conhecer o estado da arte do tema que se propõe estudar, bem como tomar conhecimento dos procedimentos e das técnicas que terá de utilizar. Nesse sentido, os conteúdos programáticos são perfeitamente coerentes com os objetivos da unidade curricular. Por outro lado, um trabalho científico passa necessariamente pela capacidade do seu autor de o apresentar oralmente e ser capaz de o discutir com o público presente, daí que a realização de uma apresentação oral final faça também todo o sentido.

Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.

This course aims to prepare the student for the thesis work that will be carried on for 3-4 years. Therefore, it must necessarily begin with a literature search that will allow the student to know the state of the art of the theme he aims to study and be aware of the procedures and techniques needed to do so. In this sense, the syllabus is fully consistent with the objectives of the course. Moreover, a scientific work necessarily involves the ability of the author to present it orally and be able to discuss it with the audience; hence the realization of a final oral presentation also makes perfect sense.

Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Pesquisa orientada, elaboração de um programa de trabalho detalhado, discussão de metodologias e abordagens, apresentação e discussão de relatórios-síntese sobre atividades realizadas. No final da unidade de Projeto, o programa de trabalho elaborado pelo estudante, validado pelo Tutor/Orientador, será entregue à Comissão Científica do Programa Doutoral em Física. Consoante o tema em causa, a Comissão Científica nomeará uma Comissão de Acompanhamento que avaliará o projeto e acompanhará o estudante durante o seu trabalho de doutoramento. A apresentação e defesa pública do programa de trabalho (projeto de tese) pelo aluno perante a Comissão de Acompanhamento serão a componente mais forte da avaliação desta unidade curricular. É ainda avaliado o desempenho do estudante durante a preparação do seu projeto de tese.

Teaching methodologies (including evaluation):

Oriented research, preparation of a detailed work plan, discussions about methodology and approaches, presentation and discussion of short reports about performed activities. At the end of this course the work plan (PhD project) prepared by the student, validated by his/her Tutor/Supervisor will be delivered to the Scientific Committee of the Doctoral Programme. This will nominate an Accompanying Committee to evaluate the project and follow the student work throughout his/her thesis. The student will make a public presentation and defense of his/her PhD project in the presence of the Accompanying Committee which contribute the most for his/her evaluation in this course. The performance of the student during the preparation of this project is also evaluated.

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

A preparação de um projeto de tese de doutoramento (e programa de trabalho associado), configurando necessariamente trabalho original e inovador, envolve a escolha de um tema adequado, o conhecimento do estado da arte desse tema, a familiarização com as ferramentas que permitem o estudo do tema. Para se atingir este objetivo, é necessário pesquisa orientada por parte do estudante (crescentemente autónoma) e a realização de trabalho preliminar para garantir a familiarização com as ferramentas e com as limitações e desafios do estudo que se pretende fazer. Discussões com um orientador são fundamentais para assegurar uma boa compreensão por parte do estudante.

Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes:

The preparation of a PhD project (and associated work plan), including necessarily original and innovative work, involves the choice of a subject, the knowledge of the related state of the art, the familiarization with the tools for the subject study. To achieve this objective it is necessary that the student performs oriented research (increasingly autonomous) and preliminary work to guarantee the familiarization with the tools and with the limitations and challenges of the study to be done. Discussions with a supervisor are fundamental to assure a good comprehension by the student.

**Bibliografia principal:
Main Bibliography:**

Scientific papers and reference books in the area of PhD thesis.

Unidadecurricular / CurricularUnit

Nome: Tese de Doutoramento em Física
Name: PhD thesis in Physics

**Docente responsável e respetivas horas de contacto na unidade curricular
(preencher o nome completo):**

Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit (fill in the fullname):

Nome: Maria Luísa Dias de Carvalho de Sousa Leonardo (OT: 84h)

**Outros docentes que lecionam a unidade curricular e respetivas horas de contacto na unidade curricular:
Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:**

Qualquer Docente da área do ciclo de estudos: OT-84h

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

No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos especializados na sua área de doutoramento.

Terá igualmente adquirido aptidões de desenvolvimento e inovação tecnocientíficos, de gestão eficaz de tempo e recursos, de afirmação individual mas também de trabalho em sede de equipa multidisciplinar de investigação, de comunicação, na forma escrita e oral, de resultados científicos, para públicos especializados e não só.
Learning outcomes of the curricular unit (knowledge, skills and competences to be developed by the students):
At the end of this course the student will have acquired specialized knowledge in the area of his/her PhD. The student will also have acquired skills to develop and innovate in science and technology, to use effectively time and resources, to make an individual affirmation, but also work in a multidisciplinary team, to communicate in oral and written forms with diverse audiences.
Conteúdos programáticos:
No prosseguimento dos objetivos enunciados acima, o conteúdo da unidade curricular variará, consoante o tema da tese do estudante.
Syllabus:
Seeking to fulfill its objectives, the content of this course will be fixed according to the subject to be developed by the student for his PhD thesis.
Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular.
Nesta unidade curricular não se pode propriamente falar de conteúdos programáticos, no entanto, e considerando cada aluno individualmente, pode afirmar-se que o estudo orientado que vai desenvolver, e a prática experimental de variadíssimas técnicas de que vai necessitar, fazem todo o sentido relativamente ao desenvolvimento de um trabalho científico como aquele que resulta numa tese de doutoramento.
Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.
Relative to this course we cannot properly speak of syllabus, however, and considering each student individually, it can be stated that the supervised study that the student will develop and the experimental practice in extensive range of techniques that he/she will need, make sense in relation to development of scientific work as the one that results in a doctoral thesis.
Metodologias de ensino (avaliação incluída):
O estudante deverá levar a bom termo o plano de tese com grande autonomia. O(s) Orientadores/Coorientadores estarão sempre disponíveis para discussão das atividades realizadas, análise dos indicadores/relatórios de progresso, avaliação de dificuldades, discussão de vias alternativas, sugestão de novas abordagens, recomendação de leituras e contactos considerados úteis para atingir os objetivos fixados, revisão de registos escritos, incluindo a tese de doutoramento. A avaliação será feita pelo júri de doutoramento, tendo em conta o desempenho do estudante no cumprimento do plano de trabalho, o registo escrito desse trabalho (tese de doutoramento, os artigos com origem no trabalho de doutoramento, já publicados ou a publicar), e o desempenho do estudante durante as provas públicas de defesa da tese.
Teaching methodologies (including evaluation):
The student shall work in an autonomous way. The supervisor (s) will be always available for discussion of the performed activities, analysis of the indicators/reports of progress, evaluation of the difficulties, discussion of alternatives, suggestion of new approaches, recommendation of reading materials and of useful contacts, revision of written materials, including the PhD thesis. The evaluation will be done by the PhD Jury, considering the performance of the student during his/her PhD work, the written material (thesis and papers) and the student's response during the public defense of his/her thesis.
Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.
O desenvolvimento de trabalho de doutoramento, pelo investimento necessário, implica a obtenção de conhecimento especializado na área correspondente. O trabalho crescentemente autónomo, mas dentro de equipas de investigação e muitas vezes em rede de equipas, conduz à aquisição de competências de afirmação individual, de trabalho em grupo, de comunicação oral e escrita em Ciência e Tecnologia. As capacidades de inovação e de gestão de tempo e recursos são indispensáveis ao bom sucesso do trabalho, que implica publicações originais e submissão de projetos, com tempo e recursos limitados.
Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes:
The development of the PhD thesis work, because of the investment made, implies the acquisition of specialized knowledge in the correspondent area. The work increasingly autonomous, but within research teams and often within team networks, leads to the acquisition of skills of individual affirmation, of group working, of oral and written communication in Science and Technology. The capacities to innovate and to manage time and resources are indispensable for the good success of the work, implying original publications and project submissions with limited time and resources.
Bibliografia principal: Main Bibliography:
Scientific papers and reference books in the area of PhD thesis.