instituto superior de engenharia de lisboa

# Ficha de Unidade Curricular A3ES
# Física Médica III
# Mestrado em Engenharia Biomédica

**2025-26**

**1. Designação da unidade curricular**

[4273] Física Médica III / Medical Physics III

| | |
|---|---|
| **2. Sigla da área científica em que se insere** | EB |
| **3. Duração** | Unidade Curricular Semestral |
| **4. Horas de trabalho** | 130h 00m |
| **5. Horas de contacto** | Total: 52h 30m das quais T: 30h 00m \| TP: 15h 00m \| P: 7h 30m |
| **6. % Horas de contacto a distância** | Sem horas de contacto à distância |
| **7. ECTS** | 5 |
| **8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular** | [1813] Pedro Miguel Martins Ferreira \| Horas Previstas: N/D |
| **9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular** | Não existem docentes definidos para esta unidade curricular |
| **10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).** | 1. Compreensão aprofundada da interacção da radiação ionizante com a matéria. Radioterapia, terapia de protões.<br><br>2. Compreensão dos métodos de simulação Monte Carlo da interacção da radiação ionizante com a matéria. Uso de diversos programas de simulação (PENELOPE, GEANT, FLUKA)<br><br>3. Desenvolvimento de programas de simulação para situações de interesse médico para cálculos dosimétricos. Exames PET e TAC, terapia com feixes de fotões e protões.<br><br>4. Compreensão dos mecanismos de produção de radiação (ciclotrões, LINACs). |

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

1. Deep understanding of the interaction of ionizing radiation with matter. Radiotherapy and proton therapy.

2. Understanding of Monte Carlo simulation methods for ionizing radiation interaction with matter. Usage of several simulation codes (PENELOPE, GEANT, FLUKA).

3. Development of simulation codes for situations of medical interest for dosimetric calculations. TAC and PET scans, therapy with photon and proton beams.

4. Understanding of the mechanisms of production of radiation (ciclotrons, LINACs).

**11. Conteúdos programáticos**

1. Constituição do núcleo, isótopos e energia de ligação nuclear.

2. Radioactividade: declínios alfa, beta e gama e respectivos espectros e balanços energéticos. Lei do declínio radioactivo. Actividade. Datação radioactiva e braquiterapia.

3. Reacções nucleares. Secções eficazes e balanço energético.

4. Interacção da radiação com a matéria. Poder de paragem e alcance. Pico de Bragg. Coeficientes de atenuação de fotões.

5. Dosimetria ? dose absorvida e sua estimativa (PET, TAC, Gamma Knife).

6. Métodos Monte Carlo e sua aplicação em simulações de interesse médico. Funções de distribuição de probabilidade. Fantomas.

7. Programas de simulação PENELOPE, GEANT e FLUKA. Desenvolvimento de programas de simulação para cálculos dosimétricos com radiações ionizantes.

8. Aceleradores e ciclotrões. Revisões de electromagnetismo e sua aplicação à produção de radiação. Produção de isótopos radioactivos e feixes de electrões, fotões e protões. Simulação dos espectros de energia em LINACs.

**11. Syllabus**

1. Nuclear structure, isotopes and nuclear binding energies.

2. Radioactivity: alpha, beta and gamma decays and respective energy balances and spectra. Radioactive decay law. Activity, chain and parallel decays. Radioactive dating and brachytherapy.

3. Nuclear reactions. Cross sections and energy balance.

4. Interaction of radiation with matter.

5. Dosimetry: absorbed doses and its estimate for situations of clinical interest (PET, TAC, Gamma Knife).

6. Monte Carlo methods and its application to simulations of medical interest. Probability distribution functions. Physical and anthropomorphic phantoms.

7. Simulation codes PENELOPE, GEANT and FLUKA. Development of simulation codes for dose calculation with ionizing radiation.

8. Accelerators and cyclotrons. electromagnetism revisions and its application to radiation production. Radioactive isotope production and production of photon, electron and proton beams. Simulation of energy spectra in LINACs.

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

O programa segue os critérios utilizados internacionalmente em unidades curriculares semelhantes inseridas em cursos de engenharia. As aulas teóricas são acompanhadas por exemplos promovendo discussão em sala de aula e a mais fácil assimilação da teoria e sua ligação a outras unidades curriculares. A realização dos exercícios das séries de problemas permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma variedade de situações práticas e ganharem a necessária confiança para os utilizar nas mais variadas situações. É deste modo incutido nos alunos que o cálculo é um ingrediente essencial da física e que a capacidade de obter resultados numéricos que podem ser verificados pela observação experimental é a base do enorme sucesso das ciências e tecnologias modernas. A ênfase dada à aprendizagem de métodos de simulação computacional é crucial para os alunos poderem dominar uma técnica fundamental na planificação de tratamentos/exames com radiações ionizantes.

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

The syllabus follows the criteria used internationally in similar courses in engineering degrees. Lectures always include several practical examples which promote classroom discussion and easier assimilation of the theory as well as its connection to other courses. The exercises proposed in the problem sets (more than 200) allow students, individually or in group, to apply the theoretical concepts to a wide variety of practical situations and thus gain the necessary confidence and skills to use them correctly in many different contexts. This is to impart to students that calculation is an essential ingredient of physics and the ability to obtain numerical results that can be checked by experimental observation underpins the huge success of modern sciences and technologies. The emphasis given to learning computational simulation methods is crucial to the students? ability to master a fundamental technique in the planning of therapy/exams with ionizing radiation.

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

**A** s aulas teóricas seguem o método expositivo. As aulas teórico-práticas são utilizadas para esclarecer dúvidas sobre os exercícios propostos nas séries de problemas. O moodle conterá amplo material de estudo e ?links? externos para material de estudo complementar. As aulas práticas incluirão tutoriais de aplicação dos diferentes programas de simulação e aprendizagens avançadas dos métodos computacional necessários.

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

The lectures follow the expository method. Problems classes will clarify difficulties encountered when solving the problem sets. The Moodle pages will contain study material, past exams and external links to complementary study material. The practical classes will include tutorials of application of the several simulation codes studied, and advanced learning of the required computational methods needed.

**14. Avaliação**

Avaliação distribuída ao longo do período letivo com exame final, implicando:
70% da componente Prática, com nota superior ou igual a 9.50 valores dada pela média de quatro trabalhos escritos fundamentais (cada um com nota superior ou igual a 8.00 valores) realizados durante o período das aulas, versando simulações computacionais de aplicações de radiações ionizantes em medicina.
30% da componente  Exame (com nota superior a 9.50 valores), baseada em exame final.

**14. Assessment**

Students will be assessed during the term with a final exam, implying:

70 % of the Practical Component, with grade above or equal to 9.50, given by the average of four fundamental written reports (each with grade above or equal to 8.00) elaborated during the term classes, about computational simulations of application of ionizing radiations to medicine.

30% of the Exam Component with grade above or equal to 9.50, based on a final exam.

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

A realização de um número elevado de exercícios permite aos alunos testar e consolidar a aquisição dos conhecimentos teóricos. A exposição frequente de exemplos práticos permite a ligação ao mundo real e às outras unidades curriculares do curso. Pretende-se igualmente, deste modo, fomentar a interacção com os alunos e aumentar o seu grau de motivação. A aprendizagem de métodos Monte Carlo e de diversos programas de simulação conhecidos será uma ferramento importantíssima e permitirá enriquecer o currículo dos alunos.

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

Solving a large number of exercises allows students to strengthen their theoretical knowledge through hands-on practice. Real life examples are used to make a connection with the real world and with other courses. The aim is also to enhance student participation and motivation. The learning of Monte Carlo methods and several known simulation codes will be an important tool which will enrich considerably the curriculum of the students.

**16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória**

Bibliografia Principal:

[1] E.B. Podgorsak,"Radiation Physics for Medical Physicists", Springer, 2010.

[2] S.A. Kane, ?Introduction to Physics in Modern Medicine?, CRC Press, 2nd edition, 2009.

[3] S.A. Kane, ?Introduction to Physics in Modern Medicine?, CRC Press, 2nd edition, 2009.

Bibliografia Complementar

[4] K. Krane, "Introductory Nuclear Physics", John Wiley & Sons, 1988.

[5] PENELOPE. Nucl. Instrum. Meth. B 100, 31?46.

[6] GEANT. Physics Research A 506 (2003) 250-303.

**17. Observações**

Unidade Curricular Opcional