

## **Ficha de Unidade Curricular – (Versão A3ES 2018-2023)**

### **1 Caracterização da Unidade Curricular.**

#### **1.1 Designação da unidade curricular (1.000 carateres).**

Mecânica e Termodinâmica (MT - 3881)

#### **1.2 Sigla da área científica em que se insere (100 carateres).**

FIS

#### **1.3 Duração (100 carateres).**

Semestral

#### **1.4 Horas de trabalho (100 carateres).**

189h

#### **1.5 Horas de contacto (100 carateres).**

90h; T: 45h; TP: 22,5h; PL: 22,5h.

#### **1.6 ECTS (100 carateres).**

7,0

#### **1.7 Observações (1.000 carateres).**

#### **1.7 Remarks (1.000 carateres).**

### **2 Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres).**

Mário Augusto de Andrade Moreira

112,5h

### **3 Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres).**

Pedro Lúcio Maia Marques de Almeida

90h

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

A unidade curricular de Mecânica e Termodinâmica é uma disciplina de Física da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica, com um espectro alargado, onde são ministrados os conceitos e os princípios de base teórico-práticos da Mecânica Física, da Mecânica de Fluidos e da Termodinâmica. Ao frequentar a unidade curricular, o estudante ficará habilitado a desenvolver capacidades que lhe permitirão analisar, formular e, essencialmente, resolver de modo eficaz, problemas de Mecânica e de Termodinâmica aplicados à Engenharia Electrotécnica, designadamente em situações que envolvam (i) movimento de corpos rígidos, (ii) comportamento de fluidos em condições estáticas e de escoamento e (iii) transformações térmicas e energéticas de corpos. Ao longo da unidade curricular serão ministrados os conhecimentos teórico-práticos necessários a permitir aos estudantes utilizar os conceitos fundamentais da Física e da Mecânica Vectorial e as ferramentas matemáticas adequadas para a resolução de problemas de carácter científico e tecnológico. A componente experimental desta unidade curricular, a realizar em Laboratório dedicado, assume um carácter

imprescindível para o sucesso da aprendizagem dos estudantes já que possibilita que estes desenvolvam a respectiva capacidade de observação e análise crítica indispensável a quem tem de manusear equipamentos de medição. Com a componente experimental da unidade curricular, o estudante desenvolverá, adicionalmente, a capacidade de descrever e de relatar de modo eficaz e com correcção técnica e científica, os resultados experimentais e as conclusões obtidas.

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

The Mechanics and Thermodynamics unit is with a broad spectrum discipline, of the Electrical Engineering Degree, where the concepts and principles of theoretical and practical basis of Physics Mechanics, Fluid Mechanics and Thermodynamics are taught.

The major objective of this discipline is to develop in the student the capacity to analyze, formulate and resolve physics problems of engineering regarding the motion of particles and bodies, the behavior of fluids in static and flow conditions and the principles of the thermal and energetic transformations in matter.

During the course students will acquire analytical and problem-solving skills and will be able to use the fundamental concepts of physics, vectorial mechanics and other mathematical tools in engineering problems.

The experimental component of this discipline to be held in dedicated Laboratory, assumes an essential character to the success of student learning because it allows them to develop their powers of observation and critical analysis, indispensable to those who have to handle with measuring equipment. With the experimental component of the discipline, the student will develop further, the ability to describe and report effectively and with technical and scientific correctness, experimental results and findings.

#### **5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).**

Mecânica

Cinemática do ponto material

Nesta secção é introduzido o conceito de referencial e de representação vectorial, a que se segue o estudo do movimento rectilíneo plano, do movimento curvilíneo plano, do movimento do projectil e do movimento circular. São, ainda, introduzidos os conceitos de componentes normais e tangenciais.

Dinâmica do ponto material e do corpo rígido

Conceitos de força, de massa e de aceleração, diagrama de corpo livre, os diagramas cinéticos e as Leis de Newton. São caracterizadas diversas forças, designadamente, o peso, a força elástica, a força de atrito, etc., após o que são discutidas as diferentes aplicações das equações do movimento. São introduzidos os conceitos de trabalho-energia, de energia cinética, de energia potencial e de potência. Conceito de corpo rígido e de dinâmica do movimento plano, bem como de momento de inércia, sendo discutido o teorema dos eixos paralelos e a equação do movimento plano, relativa à rotação em torno de um eixo fixo e rotação geral. Aplicação das relações de energia e de trabalho para o movimento do corpo rígido, aplicados à rotação plana em torno de um eixo de rotação fixo e de um eixo geral.

Estudo da oscilação do ponto material, caracterizando-se o movimento harmónico livre, amortecido e forçado. Condições de ressonância.

Mecânica de Fluidos

Nesta secção são estudadas as propriedades físicas dos fluidos, a estática de fluidos, o conceito de pressão, a análise da variação da pressão com a posição e a aplicação dos Princípios de Pascal e de Arquimedes. Em seguida, é abordada a descrição do movimento de fluidos, nomeadamente, a natureza do movimento e o tipo de fluxo, sendo desenvolvidas, e aplicadas em diferentes situações, as equações da continuidade e de Bernoulli. Por fim, são introduzidos os importantes conceitos de viscosidade, de turbulência e de caracterização do número de Reynolds.

#### Termodinâmica

Estado termodinâmico, de sistema e respectiva vizinhança e variáveis termodinâmicas, designadamente, a temperatura, o calor, o trabalho e a energia. Em seguida, é apresentada e discutida a Lei Zero da Termodinâmica bem como a Primeira Lei da Termodinâmica.

Posteriormente, procede-se à caracterização de gás ideal, de energia interna e de transformações isotérmicas, isocóricas, isobáricas e adiabáticas. Por fim, são estudados processos cíclicos e máquinas térmicas, sendo apresentada a Segunda Lei da Termodinâmica. Finalmente, é introduzido o conceito de entropia e de ciclo de Carnot, com aplicação no estudo do trabalho e da eficiência de motores térmicos.

### **5. Syllabus (1.000 characters).**

#### I – Mechanics

##### 1.1 - Kinematics of particle.

The course starts with the concept of referential and the vector representation of the particle. Follows the rectilinear and plane curvilinear motion, the projectile motion, the circular motion and the concept of normal-tangential coordinates.

##### 1.2 - Kinetics of particle and rigid bodies.

The section starts with the concepts of force, mass and acceleration, the free body and kinetic diagrams and the Newton's Laws. It is followed by the characterization of weight, elastic force and friction and forces in the curvilinear motion. Equation of motion and its applications. The concepts of work-energy, kinetic energy and different kinds of potential energy and power are developed.

The following section concerns fundamentals of vibrations with characterization of the free, damped and forced oscillatory motion of a particle.

The concept of rigid body and plane kinetics is then presented. Inertia moments, parallel axis theorem and equation of plane motion, concerning a fixed-axis rotation and general plane rotation are developed. Follows the application of the work-energy relations to the rigid body motion, applied to the fixed-axis rotation and general plane rotation.

##### 1.3 - Fluid Mechanics

The section begins with the material properties of fluids. It is followed by fluid statics, with emphasis on the variation of pressure with position and the concept and the measurement of pressure through the application of the Pascal and Archimedes Principles.

The following section concerns the description of the fluid motion, the nature and types of flow. It considers the development of the basic equations, i.e. the Continuity and Bernoulli equations. Practical applications of Bernoulli equation mainly dealing with the relationship between pressure and velocity are covered. The final section introduces the students to the concepts of viscosity and turbulence. Friction factor is introduced with particular focus on its dependence on Reynolds number and relative roughness.

## II - Thermodynamics

The section begins with the concepts of system state, surroundings and thermodynamic variables as temperature, heat change, work, energy. The Zeroth law and First Law of Thermodynamics are discussed.

Next follows the characterization of the ideal gas, the internal energy, heat capacities and the explanation of the different processes relating the pressure, volume, isothermal, isobaric and adiabatic state changes. Cyclic processes and heat engines are introduced.

The Second Law and the concept of entropy are applied to process on an ideal gas. The final section deals with the analysis of transformations through the Carnot cycle, the entropy changes and the calculations of the work and efficiency of heat engines.

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

Ao longo da unidade curricular são apresentados e debatidos, com o adequado detalhe, os princípios fundamentais da Mecânica e da Termodinâmica, sendo enfatizada a sua aplicabilidade a situações reais. O estudante é incentivado a desenvolver a sua capacidade de observação e de análise dos fenómenos, de modo a lhe permitir descrevê-los com precisão e correcção físico-matemática. A componente laboratorial da unidade curricular foi desenvolvida visando a obtenção de diversos objectivos, como sejam, (i) complementar e reforçar o entendimento dos conceitos teórico-práticos ministrados, (ii) potenciar o desenvolvimento do indispensável espírito técnico-científico e (iii) aumentar a capacidade para descrever e relatar de modo adequado a observação, a análise e o resultado de diferentes situações experimentais. Simultaneamente, a componente laboratorial, pelo facto de se encontrar organizada em pequenos grupos de trabalho, permitirá que o estudante desenvolva a responsabilidade profissional e ética indispensáveis em trabalho de equipa.

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

The contents of the lectures are chosen to make a major emphasis in the fundamental and applied principles of mechanics and thermodynamics, and cover the main subjects of the discipline. They are presented in a fashion that invites the student to develop an ability to visualize a precise description of the phenomena using the adequate physical concepts and mathematical tools, useful for the following engineering course.

The experimental component is designed with a number of objectives: (1) to make a complement to understand and reinforce the understanding of the concepts covered in the lectures units, (2) to help the development of technical skills, (3) to increase the ability to describe, report and effectively communicate, with technical correction, the observation of experiments. Furthermore as the laboratory work is organized in small groups, it will help the student to understand the professional and ethical responsibility of team work.

### **7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1000 carateres).**

Ao longo da unidade curricular os estudantes terão de resolver, de modo continuado e sistemático e tendo por base os conceitos ministrados, diferentes problemas de aplicação. Na página MOODLE da unidade curricular, estará disponível para os estudantes os diversos conteúdos teóricos da mesma, as séries de problemas desenvolvidas para reforçar a aprendizagem daqueles conteúdos, para além de testes e de exames de avaliação de

semestres lectivos anteriores. A avaliação da unidade curricular é constituída pela avaliação da respectiva componente teórica e pela avaliação da correspondente componente laboratorial. A componente teórica inclui 2 Testes (avaliação contínua) ou, alternativamente, 1 Exame em Época Normal e/ou 1 Exame em Época de Recurso, para além de, quando aplicável, 1 Exame em Época Especial; a componente laboratorial é constituída pela realização de 4 trabalhos experimentais e respectivos Relatórios. A aprovação na unidade curricular impõe que o estudante obtenha uma classificação final igual ou superior a 10 valores (em 20), não podendo ser inferior a 10 valores em qualquer das componentes teórica (testes e/ou exames) e laboratorial (trabalhos experimentais). A classificação final é obtida através da média ponderada das respectivas classificações na componente teórica e na componente laboratorial (70% na teórica e 30% na laboratorial).

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

The course has both a theoretical and experimental component. Special attention is devoted to the discussion of problems, which are closely related to engineering subjects. The students perform 4 laboratory experiences that reproduce important topics explained along the semester. The laboratory exercises are designed to help to understand and reinforce the understanding of the concepts covered in the lectures.

The course evaluation consists in two written examinations, performed during the teaching time, or a final examination (two possible occasions). The experimental component evaluation includes the realization of four experimental works and the elaboration and presentation of the respective reports.

The final numerical classification is obtained by the weighted average of the written examinations (0.7) and the laboratory/experiences reports (0.3).

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

As estratégias de aprendizagem dos conceitos ministrados na unidade curricular estão devidamente relacionados com os principais objectivos que se pretendem atingir, recorrendo-se, para tal, ao uso intensivo de resolução de problemas teórico-práticos, bem como à realização de experiências laboratoriais adequadas ao âmbito da Engenharia Electrotécnica.

Os estudantes serão incentivados a discutir os modelos teóricos existentes, bem como os resultados previstos a partir destes e os resultados experimentais obtidos laboratorialmente, sendo enfatizada a análise e a interpretação de eventuais erros experimentais. As metodologias de ensino utilizadas nesta unidade curricular permitem, ainda, que os estudantes possam aplicar os conhecimentos ministrados de modo integrado, desenvolvendo o seu raciocínio técnico-científico e a sua capacidade de resolução de diversos problemas em diferentes situações.

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

Learning strategies are closely related to the main objectives through the extensive use of exercises solved in the class and the experimental component, developed in the laboratory. There, the students are invited to discuss the role of the theoretical models and the differences between the predicted results from models and the observed results. Special care is devoted to the analysis and interpretation of experimental errors.

The teaching methodologies allow students to apply the skills in an integrated way, to develop the technical and scientific reasoning and to acquire the capacity of approaching new situations.

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

Resnick, Halliday e Krane. Física 1, LTC

Resnick, Halliday e Krane. Física 2, LTC

Ferdinand Beer, Johnston, Jr., E. Russell. Mecânica vectorial para Engenheiros

[J. L. Meriam](#), [L. G. Kraige](#). Engineering Mechanics: Dynamics. John Wiley & Sons

P.A. Tipler. **Physics for Scientists and Engineers**