

---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[4354] Física da Deformação e Escoamento / Physics of Deformation and Flow

### 1.2 Sigla da área científica em que se insere

ENG FIS

### 1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

### 1.4 Horas de trabalho

162h 00m

### 1.5 Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais T: 45h 00m | TP: 16h 30m | P: 6h 00m

### 1.6 ECTS

6

### 1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

---

## 2. Docente responsável

[1786] Paulo Ivo Cortez Teixeira

---

## 3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

---

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

1. Introduzir os fundamentos teóricos da elasticidade, da mecânica dos fluidos simples e complexos. Cada tema abordado será acompanhado de aplicações no âmbito da Engenharia.
2. Pretende-se que as noções associadas à deformação e escoamento dos materiais sejam adquiridas não só de forma abstracta, mas também de forma prática, recorrendo a experiências laboratoriais.

---

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

1. The main goal of this course is to Introduce the fundamental concepts of elasticity and of the mechanics of simple and complex fluids. Each topic will be accompanied by engineering applications.
2. It is intended that the concepts of deformation and flow are acquired in a practical and intuitive manner, using experiments.

---

**5. Conteúdos programáticos**

1. Introdução.

2. Corpos elásticos. Tensões e deformações. A lei de Hooke. Leis elásticas para grandes deformações. Módulos elásticos. Energia elástica. Elasticidade de volumes, linhas (barras ou cordas) e de superfícies (placas e cascas). Instabilidades elásticas. Ondas elásticas.

3. Fluidos simples. Densidade, pressão, compressibilidade. Tensão superficial. Lei de Laplace. Escoamentos ideais. A lei da continuidade. A equação de Bernoulli. Viscosidade e escoamentos laminares. A equação de Navier-Stokes. A equação de transporte da energia. Número de Reynolds. Lei de similitude. Instabilidades e Turbulência. Ondas superficiais.

4. Fluidos complexos. Tensão de cedência. Materiais reofluidificantes e reoesspantes. Plasticidade e Viscoelasticidade. Modelos de viscoelasticidade linear. Transição sol-gel. Diferenças de tensões normais. Viscoelasticidade generalizada e derivadas objectivas. Outros comportamentos: cristais líquidos, elastómeros, fluidos ativos. Mecânica das células.

---

**5. Syllabus**

1. Introduction.

2. Elastic bodies. Tensions and deformations. Hooke's law. Elastic laws for large deformations. Elastic moduli. Elastic energy. Elasticity of volumes, lines (strings) and surfaces (plates and shells). Elastic instabilities. Elastic waves.

3. Simple fluids. Density, pressure, compressibility. Superficial tension. Law of Laplace. Ideal flow. The law of continuity. Equation of Bernoulli. Viscosity and laminar flow. Equation of Navier-Stokes. Energy equation. Reynolds number. Law of similitude. Instability and Turbulence. Surface waves.

4. Complex fluids. Tensile strength. shear thinning and shear thickening materials. Plasticity and Viscoelasticity. Models of linear viscoelasticity. Sol-gel transition. Differences of normal stresses. Generalized viscoelasticity and objective derivatives. Other behaviors: liquid crystals, elastomers, active fluids. Mechanics of cells.

---

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

Os capítulos dos conteúdos programáticos correspondem aos conceitos fundamentais da elasticidade, e da mecânica dos fluidos simples e complexos, referidos nos objetivos da unidade curricular.

As aulas teóricas são sempre acompanhadas por vários exemplos, e tentando estabelecer ligações a outras unidades curriculares da LEFA. A realização dos exercícios propostos nas séries de problemas e as aulas laboratoriais permite aos alunos, individualmente ou em grupo, aplicar os conceitos teóricos a uma larga variedade de situações práticas.

---

**6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes**

Syllabus chapters correspond to the fundamental concepts mentioned in the intended learning outcomes of the curricular unit.

Lectures always include a number of examples, aimed at making connections with other curricular units of the programme. The exercises in the practical sessions and the laboratory experiments allow students, individually or in groups, to apply the theoretical concepts to a wide variety of practical situations.

---

**7. Metodologias de ensino (avaliação incluída)**

Metodologias de ensino: Lecionação de aulas teóricas, aulas teórico-práticas e aulas de laboratório. As aulas teórico-práticas são aulas de resolução de problemas (10 aulas aprox.). As aulas de laboratório são de frequência obrigatória (3 aulas).

Avaliação: Exame final (Teo), incidindo sobre a totalidade da matéria, e componente prática de laboratório com a realização de 3 aulas laboratoriais, pedagogicamente fundamentais (Lab). A nota de cada um dos trabalhos de laboratório deverá ser maior ou igual a 8,00 valores, e a sua média aritmética maior ou igual a 9,50 valores. Nota final: 70% Teo + 30% Lab.

---

**7. Teaching methodologies (including assessment)**

Teaching Method: Lectures, problem classes and laboratory sessions. In problem classes problems are solved (10 sessions aprox.) and in laboratory sessions experiments are performed (3 sessions). The laboratory sessions are mandatory.

Assessment: final exam (Theory) covering the whole syllabus, and a practical component consisting of 3 laboratory session reports (Lab). Each individual report must be graded not less than 8,00/20 and their arithmetic mean must be not less than 9.50/20. Final grade: 70% Theory + 30% Lab.

---

**8. 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 fomentar a interação do professor com os alunos e aumentar o seu grau de motivação.

---

8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

Solving a large number of exercises allows students to test and consolidate the acquisition of theoretical concepts. The practical examples allow students to connect to the real world and to other curricular units of the programme. It will also foster interactions between the instructor and students and increase their motivation.

---

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

1. Landau, L., Lifchitz, E., "Physique théorique, Vol. 7, Théorie de l'élasticité", Éd. MIR, 1990.
2. Beer, F., Johnston, Jr., E. R., DeWolf, J., Mazurek, D., "Mechanics of materials", McGraw-Hill, 2012.
3. Landau, L., Lifchitz, E., "Physique théorique, Vol. 6, Mécanique des fluides", Éd. MIR, 1986.
4. White, F. M., "Fluid mechanics", McGraw Hill, 2011.
5. Barnes, H. A., Hutton, J. F., Walters, K., "An introduction to rheology", Elsevier, 1989.
6. Morrison, F., "Understanding rheology", Oxford, 2001.
7. Larson, R. G., "The structure and rheology of complex fluids", Oxford UP, 1999.

---

10. Data de aprovação em CTC 2024-07-17

---

11. Data de aprovação em CP 2024-06-26