

# Física dos Meios Contínuos

2018/2019

Em actualização

Horário semanal: 3 h teóricas e 1.5 h práticas.

Curso: Engenharia Física Tecnológica

Prof. Responsável: Rui Dilão (ruidilao@tecnico.ulisboa.pt)

Avaliação de conhecimentos: Exame final

A Física dos meios contínuos estuda os aspectos estáticos (equilíbrio) e dinâmicos (movimento e deformações) dos corpos extensos. Estes corpos podem estar nos estados sólido, líquido ou gasoso.

A teoria da elasticidade estuda as deformações e as alterações de forma dos corpos sólidos, quando é aplicada uma força exterior ou quando são sujeitos a variações de temperatura. A mecânica dos fluidos estuda o escoamento de fluidos e de gases, constrangidos a moverem-se em regiões bem definidas do espaço.

Neste curso abordam-se aspectos elementares da teoria da elasticidade linear e isotérmica, assim como alguns aspectos das deformações dos corpos sólidos. Na componente da mecânica dos fluidos estudam-se os princípios gerais da hidrostática, o escoamentos de fluidos incompressíveis, com e sem viscosidade (equações de Euler e Navier-Stokes).

O calculo tensorial em espaços euclidianos é um formalismo da álgebra linear e da geometria, comum à teoria da elasticidade e à mecânica dos fluidos. Assim, qualquer curso de física dos meios contínuos começa com uma introdução ao calculo tensorial. O calculo tensorial é particularmente útil no estudo das propriedades dos sistemas físicos que variam com a direcção das forças aplicadas. Para simplificar, em muitos casos, vamos-nos restringir aos tensores cartesianos em que não há distinção entre tensores contravariantes e covariantes.

## Programa

### 1) Tensores

1.1) Referenciais cartesianos e espaços euclidianos.

1.2) Vectores como tensores. Bases duais.

1.3) Tensores de segunda ordem. Definição geral de tensor. Tensores euclidianos.

1.4) Formas quadráticas e espaços de Riemann. O tensor de inércia.

1.5) Campos de vectores e teoremas integrais de Green e Stokes. Decomposição de Helmholtz-Hodge.

### 2) Teoria da elasticidade

2.1) Forças de atrito. Tensão de plasticidade e de ruptura. O tensor das tensões. Propriedades do tensor das tensões. Equilíbrio elástico. Equação de equilíbrio de Cauchy.

2.2) O campo dos deslocamentos e o tensor das deformações. Significado geométrico do tensor das deformações: fibras, ângulos e volume. Rotações.

2.3) O tensor da elasticidade. Energia potencial elástica. Equilíbrio mecânico e equação de Navier-Cauchy.

2.4) Lei de Hooke e relações de Lamé. Módulo de cisalhamento, rigidez e compressibilidade volumétrica.

2.5) Ondas elásticas. Soluções de equilíbrio: elastostática. Deformação gravítica com a assentamento uniforme. Torsão de barras. Flexão circular.

### **3) Mecânica dos Fluidos**

A equação da continuidade. Estática de fluidos incompressíveis. Princípio de Pascal. Pradoxo hidrostático. Princípio de Arquimedes. Balde de Newton. Oscilações de navios. Fluidos compressíveis. Atmosfera adiabática.

Capilaridade. Equação de Laplace. Meniscos.

Fluidos ideais. A equação de Euler. Equação de Bernoulli.

Vorticidade, fluxos cruzados e potencial da velocidade. Exemplos de potenciais. Efeito Magnus.

Derivação da equação de Navier-Stokes. A equação de Navier-Stokes em variáveis adimensionais. Número de Reynolds. Escoamento de Hagen-Poiseuille. Perdas de pressão devido à viscosidade. Lei de Hagen-Poiseuille. Fluxos laminares e turbulentos. Escoamentos viscosos planos e camada limite.

Ondas em fluidos.

### **Bibliografia:**

#### **Filosofia geral do curso:**

Thorne e Blandford, *Modern Classical Physics: Optics, Fluids, Plasmas, Elasticity, Relativity, and Statistical Physics*, Princeton Uni. Press. Cap 1, 11, 12 e 13. (Como filosofia geral; é um texto avançado).

#### **Tensores:**

Doubrovine, Novikiov e Fomenko, *Géométrie Contemporaine*, Vol. 1, MIR, pag. 16-34 e 147-156.

Marsden e Tromba, *Vector Calculus*, 6th edition, Freeman, pag. 236-256, Cap.8.

Fleisch, *A student's guide to vectors and tensors*, Cambridge Uni. Press.

#### **Elasticidade:**

Lautrup, *Physics of Continuous Matter (Second edition)*. Capítulos 6 (Forças de atrito e tensor das tensões), 7 (Tensor das deformações), 8 (Hooke's law), 9 (Basic Elastostatics, pag. 139-151).

Simões, *Introdução à Mecânica dos Meios Contínuos*, IST press, 2017.

#### **Mecânica dos Fluidos:**

Lautrup (Second edition): §2.6, 3.2, 3.3, 3.4, 5.1 – 5.6, Cap. 15 e 16.

Acheson: *Elementary Fluid Dynamics*, Cap. 1 (Introduction), 2 (Elementary viscous flow) e 3.1-3.2 (waves).