

AEROELASTICIDADE

Guião da Unidade Curricular

2023/2024

Rui Moreira
Hélio Pegado

Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade de Aveiro

Aeroelasticidade

código da disciplina : 42265
ano letivo : 2023_2024
ano | semestre: 3º ano | 2º semestre
carga horária: 1h teórico-prática
3h prática
unidades de crédito: 6 ECTS
professor responsável: Rui Moreira (rmoreira@ua.pt)

Hélio Pegado (hpegado@ua.pt)

Objetivos

Esta unidade curricular tem por objetivo o desenvolvimento de competências e pensamento crítico sobre as vertentes de vibrações, aerodinâmica e aeroelasticidade (estática e dinâmica). A unidade curricular parte das bases fundamentais abordadas nas vertentes de Mecânica dos Sólidos e Mecânica Aplicada, sendo responsável pela interligação desses conceitos com aqueles relacionados com sistemas em movimento e a sua interação com a envolvente. A lecionação da unidade curricular envolve técnicas analíticas e numéricas de análise, com carácter prático e suportadas por atividades laboratoriais de demonstração.

Pretende-se que os estudantes:

- compreendam fenómenos associados a vibrações mecânicas, dinâmica estrutural e aeroelasticidade;
- desenvolvam competências em métodos analíticos e computacionais;
- desenvolvam competências e espírito crítico relacionados com o projeto de aeronaves.

Metodologia de ensino

As aulas teórico-práticas, com uma duração de 1h, são dedicadas à exposição dos conteúdos teóricos, seguindo-se uma aula prática de 2h para desenvolvimento de exercícios e atividades de demonstração (análise numérica e exemplos laboratoriais). Os temas apresentados nas aulas servirão de base ao desenvolvimento em paralelo de dois trabalhos práticos a realizar em grupo.

Metodologia de Avaliação

A avaliação é composta por duas componentes: trabalho individual de pesquisa bibliográfica/projeto e relatório/apresentação de trabalhos desenvolvidos (2 trabalhos em grupo a realizar ao longo do semestre).

Componentes da avaliação

Trabalho individual de pesquisa/projeto (30%)

- tema central: análise experimental com túnel de vento (fenómenos aerodinâmicos e aeroelásticos)

Trabalho de grupo – Dinâmica de Estruturas (35%)

- Relatório do trabalho realizado (20%)
- Apresentação vídeo (vídeo de 5min) (15%=7.5% aval. Docentes + 7.5% aval. Pares)

Trabalho de grupo – Aeroelasticidade (35%)

- Relatório do trabalho realizado (20%)
- Apresentação final (apresentação em sala) (15%=7.5% aval. Docentes + 7.5% aval. Pares)

Os trabalhos práticos são desenvolvidos em grupos de 2-3 alunos (2023/2024 : 28 alunos)

Planeamento das aulas

Data	aula	Tema da aula
15/fev	1	Aerodinâmica I
22/fev	2	Aerodinâmica II
29/fev	3	Dinâmica de Estruturas I
7/mar	4	Dinâmica de Estruturas II
14/mar	5	Dinâmica de Estruturas III
21/mar	6	Dinâmica de Estruturas IV
28/mar		Férias páscoa
4/abr	7	Aeroelasticidade I
11/abr	8	Aeroelasticidade II
18/abr	9	Aeroelasticidade III
25/abr		Feriado 25 abril
2/mai		Semana académica
9/mai	10	Aeroelasticidade IV
16/mai	11	Aeroelasticidade V
23/mai	12	Aeroelasticidade VI
30/mai		Feriado
6/jun		Intervalo letivo

Aula 1 – Aerodinâmica I

- Atmosfera padrão (ISA)
- Principais parâmetros aerodinâmicos e conceitos associados
- Escoamento sobre aerofólios – pressões, forças e momentos
- Escoamento sobre asas tridimensionais e suas superfícies de controlo - forças e momentos
- Noções de aerodinâmica supersónica e transónica

Aula 2 – Aerodinâmica II

- Aerodinâmica quase-estacionária
- Aerodinâmica não-estacionária
- Sustentação e Arrasto em um aerofólio oscilando harmonicamente
- Aerodinâmica não estacionária devido a rajadas

Aula 3 – Dinâmica de Estruturas I

- Conceito de grau de liberdade
- Sistemas dinâmicos: sistemas discretos e contínuos
- Sistema discreto com um grau de liberdade (1GDL)
 - Resposta em regime livre (não amortecido, sub-amortecido, criticamente amortecido e sobre amortecido)

Aula 4 – Dinâmica de Estruturas II

- Sistema discreto com um grau de liberdade (1GDL)
 - Resposta em regime forçado – regime harmónico
- Atividade laboratorial – pórtico simples (1dof), regime livre e regime forçado

Aula 5 – Dinâmica de Estruturas III

- Sistema discreto com vários graus de liberdade
- Modelos de representação: modelo espacial, modal e de resposta
- Atividade laboratorial – pórtico duplo (2dof)

Aula 6 – Dinâmica de Estruturas IV

- Sistemas contínuos
- Métodos aproximados e numéricos
- Análise experimental
- Atividade laboratorial – visualização de formas operacionais de vibração de estrutura

Aula 7 – Aeroelasticidade I

- Comportamento aeroelástico estático de um aerofólio rígido bidimensional
- Comportamento aeroelástico estático de uma asa flexível

- Influência do estabilizador horizontal no comportamento aeroelástico estático da aeronave
- Efeito do enflechamento da asa no Comportamento aeroelástico estático

Aula 8 – Aeroelasticidade II

- Efeito da flexibilidade da asa na efetividade do controlo de voo - rolamento
- Efetividade do rolamento de uma asa flexível encastrada na raiz
- Efetividade do controlo na aeronave completa

Aula 9 – Aeroelasticidade III

- Modelo simplificado de aerodinâmica não-estacionária
- Modelo aeroelástico de dois graus de liberdade (binário) e cálculo da velocidade de Flutter

Aula 10 – Aeroelasticidade IV

- Divergência de sistemas aeroelásticos
- Métodos k e p-k para análise de flutter
- Flutter das superfícies de controlo

Aula 11 – Aeroelasticidade V

- Análise da aeronave completa
- Fenómeno de instabilidade dinâmica (“flutter”) de painéis

Aula 12 – Aeroelasticidade VI

- Atividade laboratorial – visualização de fenómenos aeroelásticos

Bibliografia recomendada

- Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, J. R. Wright, J. E. Cooper, John Wiley & Sons, Ltd (2015)
- Principles of Aeroelasticity, R. L. Bisplinghoff, H. Ashley, Dover Publications (2013)
- Introduction to Structural Dynamics and Aeroelasticity, D. H. Hodges, G. A. Pierce, Cambridge University Press (2011)
- An Introduction to the Theory of Aeroelasticity, Y. C. Fung, Dover Publications (2008)

Recursos de suporte

As aulas práticas recorrerão a diversas ferramentas computacionais:

- Matlab (com toolbox AEROSPACE) *
- FEMAP/NX. Nastran **
- AirFoil Tools: <http://airfoiltools.com>
- xFoil : <https://web.mit.edu/drela/Public/web/xfail/>

*o Matlab está disponível em licença Campus para utilização académica (a utilizar desde a 1ª aula)

**O FEMAP/NXNastran está disponível para utilização académica durante a frequência da UC – a instalação será disponibilizada na 4ª aula)