

universidade de aveiro



theoria poiesis praxis

GUIÃO

Mecânica Clássica

2021/2022

Informação Genérica

Ano Letivo: 2021/2022

Ano / Semestre: 1º/1º

Área Científica: Física

Escolaridade Semanal: 2h Teóricas / 1h Teórico-Prática / 1h Prática Laboratorial

Período de Lecionação: 14 semanas

Objectivos

Esta disciplina de Mecânica Clássica é destinada aos alunos das Licenciaturas em Física, Engenharia Física, Engenharia Biomédica, Engenharia Aeroespacial e Engenharia Computacional. A disciplina está dividida em aulas teóricas, teórico-práticas e práticas laboratoriais.

Nas aulas teóricas a disciplina desenvolve o estudo da mecânica newtoniana. Fornece ainda aos estudantes a prática de técnicas matemáticas fundamentais.

Nas aulas laboratoriais os alunos realizam um conjunto de actividades laboratoriais visando a compreensão de fenómenos físicos, e aprendizagem das competências práticas básicas como planear experiências, analisar dados e apresentar os mesmos de forma escrita e oral.

Competências/conhecimentos

Pretende-se que os alunos adquiram as seguintes competências/conhecimentos:

- Conhecimento da mecânica newtoniana e sua aplicação a problemas físicos básicos como o oscilador harmónico simples, o movimento circular, etc. Compreensão das leis de conservação e suas aplicações em mecânica. Conhecimento da dinâmica do corpo rígido.
- Além da aquisição destes conhecimentos específicos pretende-se que os estudantes desenvolvam as suas competências de resolução de problemas, requerendo a aplicação de técnicas matemáticas fundamentais e princípios básicos da Física.

Espera-se que aprendam a produzir e apresentar uma solução bem estruturada, expondo com clareza o raciocínio.

- Pretende-se que o aluno desenvolva a capacidade de trabalhar em laboratório, individualmente e em grupo, de planejar uma experiência, de descrever, analisar e criticar os dados experimentais, e retirar a informação relevante e interpretá-la ou extrapolá-la à luz das leis e princípios básicos da Física.
- Pretende-se também que o aluno desenvolva as suas competências de comunicação escrita e oral de modo a elaborar relatórios fluentes e bem estruturados.

Organização das Aulas

Os conceitos dos tópicos curriculares serão apresentados nas aulas Teóricas. No sentido de desenvolver as competências teóricas e as capacidades de resolução de problemas serão fornecidos conjuntos de problemas para cada tópico do programa e resolvidos alguns problemas-tipo nas aulas Teórico-práticas.

As aulas práticas laboratoriais são dedicadas a trabalho de laboratório com 4 trabalhos experimentais de mecânica e subdividem-se em turmas tipicamente com 15 alunos, sendo os trabalhos experimentais realizados em grupo (3 alunos por grupo).

O laboratório está equipado com computadores de modo a promover a utilização de ferramentas computacionais na aquisição, tratamento e análise dos dados experimentais. Os alunos podem igualmente levar o seu computador portátil e/ou máquina de calcular gráfica. Na componente laboratorial o desempenho do aluno é avaliado de forma cumulativa através de três mini relatórios incidindo sobre trabalhos diferentes (peso de 60%), desempenho individual (peso de 10%) e uma apresentação oral (peso de 30%)

Na impossibilidade de aulas presenciais devido à pandemia SARS-CoV-2 e seguindo as normas definidas em despacho reitoral, as aulas poderão ser lecionadas à distância por videoconferência. No caso particular das aulas práticas laboratoriais, tabelas de dados experimentais poderão ser fornecidas aos alunos de modo a possibilitar a realização dos respetivos relatórios. Todos os elementos de avaliação poderão ser realizados à distância, caso seja necessário.

Métodos de ensino e horas de contacto

Actividade	Número	Frequência	Duração (horas)	Total (horas)
Teóricas	14	1/semana	2:00	28
Teórico-práticas	7	Quinzenal	2:00	14
Práticas laboratoriais	7	Quinzenal	2:00	14
OTs	14	1/semana	1:00	14
Preparação e leitura				67
Total				162

O número de ECTS é de 6.

Teórico (28h TP)

Cap. 1 – Cálculo vetorial

- 1.1 Operações vetoriais e escalares elementares.
- 1.2 Vetores unitários e ortogonalidade.
- 1.3 Produto escalar.
- 1.4 Produto vetorial (áreas e volumes).
- 1.5 Derivadas de um vetor em ordem a um escalar.

Tópicos suplementares:

- Sistemas de coordenadas:
 - a. Coordenadas cartesianas.
 - b. Coordenadas polares.
 - c. Coordenadas cilíndricas.
 - d. Coordenadas esféricas.
- Vetores de base.

Cap. 2 – Cinemática:

- 2.1 Sistemas de referência inerciais.
- 2.2 Vetor posição e trajetória.
- 2.3 Vetor velocidade e aceleração.
- 2.4 Movimento uniforme e uniformemente acelerado.
- 2.5 Coordenadas curvilíneas, aceleração tangencial e normal.
- 2.6 Movimento circular.

Tópicos suplementares:

- Velocidade e aceleração em coordenadas polares, cilíndricas e esféricas.

Cap. 3 – Dinâmica de uma partícula:

- 3.1 Leis de Newton.

- 3.2 Forças de ligação (reação normal e tensão).
- 3.3 Forças de atrito (estático, cinético e viscoso).
- 3.4 Força elástica (lei de Hooke).
- 3.5 Pressão hidrostática e força de impulsão.
- 3.6 Força gravítica e campo gravítico.

Tópicos suplementares:

- Referenciais não inerciais:
 - a. Sistema de coordenadas em rotação
 - b. Força de Coriolis e força centrífuga.

Cap. 4 – Trabalho e energia:

- 4.1 Trabalho e energia cinética.
- 4.2 Forças conservativas.
- 4.3 Energia potencial.
- 4.4 Gradiente, divergência e rotacional.
- 4.5 Mínimo de energia e equilíbrio de uma partícula.

Cap. 5 – Oscilações:

- 5.1 Oscilador harmónico simples.
- 5.2 Pêndulo simples.
- 5.3 Oscilações amortecidas.
- 5.4 Oscilações forçadas.
- 5.5 Ressonância.
- 5.6 Oscilações acopladas.

Cap. 6 – Dinâmica de um sistema de partículas:

- 6.1 Centro de massa.
- 6.2 Energia cinética.
- 6.3 Momento linear.
- 6.4 Colisões elásticas e inelásticas.
- 6.5 Movimento dum foguetão.
- 6.6 Momento angular.
- 6.7 Momento da força.

6.8 Teoremas de conservação.

Cap. 7 – Dinâmica do corpo rígido:

7.1 Momento de inércia.

7.2 Teorema de Steiner.

7.3 Eixos principais de inércia.

7.4 Rotação do corpo rígido.

7.5 Binários de forças.

7.6 Equilíbrio do corpo rígido.

7.7 Trabalho e energia.

Tópicos suplementares:

- Tensor de inércia e eixos principais de inércia.

Capítulo suplementar:

Cap. 8 – Forças centrais:

8.1 Massa reduzida.

8.2 Equações de movimento.

8.3 Orbitas.

8.4 As leis de Kepler.

8.5 Sondas e assistência gravítica.

Bibliografia

- **Material didático (resumos teóricos, problemas, etc..) em elearning.ua.pt**
- **J.B. Marion e S. Thornton, *Classical Dynamics of Particles and Systems*, 4ª ed., Saunders College Publishing (1995), nível básico.**
- **Walter Greiner, *Classical Mechanics, Point Particles and Relativity*, Springer-Verlag, New York (2004), nível intermédio.**
- **R.A. Serway, *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, 2000, Saunders College Publishing, nível básico.**
- John R. Taylor, *Classical Mechanics*, University Science Books, California (2005), nível intermédio.
- H. Goldstein, C. P. Poole e J. Safko, *Classical Mechanics* - Prentice Hall (2002), nível avançado.
- H. Goldstein, *Classical Mechanics*, Addison-Wesley Publishing (1980), nível avançado.
- W. Hauser, *Introduction to the Principles of Mechanics*, Addison-Wesley Publishing (1965), nível avançado.
- Murray R. Spiegel, *Schaum's Outline of Theoretical Mechanics*.
- *Feynman Lectures of Physics*, uma boa segunda leitura.
- Alonso – Finn, *Física: um curso universitário*, Escolar Editora, nível básico.
- L. Landau e E. Lifshitz, *Mecânica*, Editora MIR, nível avançado.
- Docentes da disciplina, *Apontamentos de Física 1, Guia de Trabalhos práticos, 2000/2001*.
- "Física Experimental - uma introdução", MC Abreu, L Matias, LF Peralta, Editorial Presença (1994).

Outros:

- Jearl Walker, *The Flying Circus of Physics*, Wiley (2006), divulgação científica .
- J. Dias de Deus e outros. *Introdução à Física*, 2000, Mc-Graw-Hill, nível básico.
- D. Halliday e R. Resnick, *Fundamentos de Física*, 1993, Livros Técnicos e Científicos Editora, nível básico.

Avaliação

A avaliação da disciplina será feita segundo uma das duas modalidades descritas nas tabelas seguintes. A presença no 1º teste implica a opção pelo regime de avaliação mista. A aprovação à disciplina é concedida aos alunos que obtenham uma nota final superior ou igual a 10, de acordo com o Regulamento dos Estudos de Licenciatura (R.E.L.). Caso o aluno não obtenha aprovação poderá ainda realizar o Exame de Recurso, de acordo com o calendário escolar.

A) - Exame final

Componente	Peso (%)
Escrita [1]	70
Exame final	
Prática [3,4]	30
Apresentação oral	30
1º minirrelatório	20
2º minirrelatório	20
3º minirrelatório	20
desempenho individual	10

B) – Avaliação Discreta (*)

Componente	Peso (%)
Escrita [1]	70
1º teste, 19 de novembro às 16h 2º teste, 5 de janeiro às 16h Teste final, data do exame	
Prática [3,4]	30
Apresentação oral	30
1º minirrelatório	20
2º minirrelatório	20
3º minirrelatório	20
desempenho individual	10

(*) método de avaliação por defeito

Notas:

[1] – Uma nota na componente escrita inferior a 7 (sete) valores implica a reprovação por nota mínima. Os alunos podem ainda fazer a disciplina na época de Recurso.

[2] – A realização do 1º teste implica a opção pelo regime de avaliação mista.

[3] - Uma nota Prática inferior a 7 (sete) valores implica a reprovação por nota mínima. Os alunos podem ainda fazer a disciplina na época de Recurso, sendo obrigados a fazer um exame laboratorial.

[4] – Os alunos repetentes, que tiveram aproveitamento positivo na componente de avaliação laboratorial de **Mecânica Clássica** posteriormente a 2015/16, são dispensados da frequência das aulas práticas de MC. Para efeitos de cálculo da nota final manter-se-á a classificação anteriormente obtida. Os alunos nesta situação que pretendam ser de novo avaliados, devem comunicar por escrito a sua intenção em frequentar as aulas praticas de MC, obtendo desse modo uma nova nota, **que substituirá a anterior mesmo se for inferior.**

Componente prática:

A nota final da componente laboratorial é calculada do seguinte modo:

- Avaliação do desempenho individual (peso de 10%);
- Apresentação oral (peso de 30%);
- Mini relatórios de grupo (peso de 60%);

i. Avaliação do desempenho individual

Os parâmetros a considerar na avaliação desta componente são os seguintes:

- Pesquisa / nível de preparação do trabalho prático;
- Espírito de iniciativa e interesse nas aulas práticas;
- Assiduidade, pontualidade, responsabilidade;
- Desempenho laboratorial;
- Desempenho na análise e tratamento de dados;
- Compreensão da situação física em estudo.

Apresentação oral

Cada grupo irá realizar 4 trabalhos práticos (T1-T4), sendo o primeiro (T1) apenas formativo. A nota na componente “Apresentação oral” resulta da apresentação e discussão de um dos 3 trabalhos de avaliação (T2-T4), a ser indicado pelo docente. Será disponibilizado um videoprojector e todos os elementos do grupo terão de participar na apresentação, sendo a nota atribuída individualmente.

Mini relatório de grupo

De cada trabalho prático realizado, cada grupo terá de entregar um mini relatório. O mini relatório do primeiro trabalho T1 tem objetivos formativos e será realizado em articulação estreita com o docente. A estrutura e os critérios de classificação dos mini relatórios estão afixados na plataforma eLearning@UA e apresentados nesta secção. Cada grupo receberá indicação do docente sobre os trabalhos a realizar.

O mini relatório (e o ficheiro anexo, com dados experimentais, cálculos e gráficos) têm de ser entregues em formato eletrónico via eLearning@UA, até 24 horas após o fim da aula em que o trabalho é realizado.

Época de Recurso/melhoria

Os alunos que não obtiverem aproveitamento positivo à componente laboratorial da disciplina ou que queiram melhorar a nota desta componente, podem submeter-se a um exame da componente laboratorial na Época de Recurso/Melhoria, desde que previamente inscritos, quer nos Serviços Académicos, quer na Secretaria do Complexo Pedagógico. Este exame consta da realização de um teste individual (peso de 40%), um relatório completo sobre um dos trabalhos (peso de 30%) e uma prova oral sobre dois dos trabalhos que não o do relatório completo (peso de 30%).

Faltas nas aulas Práticas

Segundo o regulamento de estudos da UA em vigor, todos os alunos de 1ª inscrição e repetentes globais que faltassem a mais de 20% do número total de aulas práticas (mais do

que 3 faltas), ficariam automaticamente reprovados por faltas, não podendo apresentar-se a qualquer exame da disciplina durante o ano letivo respetivo.

No entanto, o regime de faltas às aulas práticas (numéricas e laboratoriais) foi alterado devido à pandemia SARS-CoV-2 e no despacho reitoral Despacho n.º 53 - REIT/2020, foi fixado um novo limite, 50% do número total de aulas práticas.

Os docentes notificarão os alunos de qualquer alteração ao regime de faltas durante o semestre.

Estudantes Trabalhadores

Os estudantes trabalhadores não reprovam por faltas. Caso não tenham a possibilidade de frequentar ordinariamente o laboratório têm de realizar obrigatoriamente um exame laboratorial final (consta de elaboração de um relatório e apresentação oral do mesmo). Devem, entretanto, contactar os docentes da disciplina. Aos restantes aplica-se o disposto aos alunos ordinários.

Época de Recurso

Os alunos reprovados na época normal poderão realizar a Prova de **Recurso**, no mesmo ano lectivo (de acordo com o R.E.L). Este exame será realizado nas componentes (teórica-prática ou laboratorial) a que teve nota negativa. A nota final será calculada com base na melhor das notas de cada componente.

Melhoria de classificação

A melhoria de classificação é permitida de acordo com o disposto no Regulamento de Estudos da Licenciatura.

Notas superiores a 16 valores

Os regentes reservam-se o direito de efetuarem provas complementares a alunos cuja nota final na disciplina seja superior a 16 valores.

Organização da Disciplina

A disciplina é constituída por:

três regências:

T1 – Ricardo G. Dias (rdias@ua.pt)

T2 – Paulo Antunes (pantunes@ua.pt)

T3 – Ricardo G. Dias (rdias@ua.pt)

13 turmas TP:

TP1– Ricardo G. Dias (rdias@ua.pt)

TP2– Paulo Antunes (pantunes@ua.pt)

TP3– Filipe Figueiredo (lebre@ua.pt)

TP4– Paulo Antunes (pantunes@ua.pt)

TP5– Ricardo G. Dias (rdias@ua.pt)

TP6– Ana Luísa Silva (analuisa.silva@ua.pt)

TP7– Ana Luísa Silva (analuisa.silva@ua.pt)

TP8– Ricardo G. Dias (rdias@ua.pt)

TP9– Ricardo G. Dias (rdias@ua.pt)

TP10– Ana Luísa Silva (analuisa.silva@ua.pt)

TP11– Ana Luísa Silva (analuisa.silva@ua.pt)

TP12– Paulo Antunes (pantunes@ua.pt)

TP13– Paulo Antunes (pantunes@ua.pt)

TP	PN	PL
T1	TP1	PL1
T1	TP2	PL2
T1	TP3	PL3
T1	TP4	PL4
T2	TP5	PL5
T2	TP6	PL6
T2	TP7	PL7
T2	TP8	PL8
T3	TP9	PL9
T3	TP10	PL10
T3	TP11	PL11
T3	TP12	PL12
T3	TP13	PL13

13 turmas PL (15 alunos / turma):

PL1 – Manuel Graça (mpfg@ua.pt)

PL2 – Lucília Santos (lucilia.santos@ua.pt)

PL3 – Filipe Figueiredo (lebre@ua.pt)

PL4 – Filipe Figueiredo (lebre@ua.pt)

PL5 – Manuel Graça (mpfg@ua.pt)

PL6 – Lucília Santos (lucilia.santos@ua.pt)

PL7 – Lucília Santos (lucilia.santos@ua.pt)

PL8 – Claude Boemare (claudio@ua.pt)

PL9 – Manuel Graça (mpfg@ua.pt)

PL10 – Manuel Graça (mpfg@ua.pt)

PL11 – Claude Boemare (claude@ua.pt)

PL12 – Lucília Santos (lucilia.santos@ua.pt)

PL13 – Lucília Santos (lucilia.santos@ua.pt)

Aveiro, 1 de outubro de 2021

Ricardo G. Dias (coordenador)

Paulo Antunes (coordenador dos Laboratórios)

Horário da Disciplina

	Segunda		Terça		Quarta				Quinta		Sexta	
9:00			MC 23.3.21 - Lab. Fis mpfg@ua.pt Manuel Pedro Fernandes	MC 5.2.53 rdias@ua.pt Ricardo Assis Guimarães Dias TP9 PL9 (PL) 2022-01-18 2021-12-14 2021-12-07 2021-11-23 2021-11-09 2021-10-26 2021-10-12	MC 23.3.21 - Lab. Fis mpfg@ua.pt Manuel Pedro Fernandes Graça PL1 (PL) 2022-01-04 2021-12-22 2021-11-24 2021-11-10 2021-10-27 2021-10-13	MC 16.2.6 rdias@ua.pt Ricardo Assis Guimarães Dias TP1 (TP) 2022-01-17 2021-11-03 2021-10-20			MC ANF. 12.1.1 rdias@ua.pt Ricardo Assis Guimarães Dias T3 (T)	MC ANF. 12.1.19 -4263 Paulo Fernando da Costa Antunes TP12 (TP) 2022-01-21 2022-01-07 2021-12-10 2021-12-03 2021-11-19 2021-11-05 2021-10-22	MC 23.3.21 - Lab. Fis lucilia.santos@ua.pt Lucilia Maria Pessoa Tavares dos Santos PL12 (PL) 2022-01-14 2021-12-17 2021-12-10 2021-11-26 2021-11-12 2021-10-29 2021-10-15	
9:30												
10:00												
10:30												
11:00			MC 23.3.21 - Lab. Fis clauide@ua.pt Claude Lucien Joseph Boemare PL11 (PL) 2022-01-18 2022-01-04 2022-01-11 2021-12-21 2021-12-21 2021-11-23 2021-11-09 2021-10-26 2021-10-12	MC 5.2.53 analuisa.silva@ua.pt Ana Luísa Monteiro da Silva TP11 (TP) 2022-01-18 2022-01-04 2021-12-14 2021-12-07 2021-11-30 2021-11-16 2021-11-02 2021-10-19	MC ANF. 12.2.1 rdias@ua.pt Ricardo Assis Guimarães Dias T1 (T)	MC ANF. 13.1.19 -4263 Paulo Fernando da Costa Antunes T2 (T)	MC 23.3.21 - Lab. Fis mpfg@ua.pt Manuel Pedro Fernandes Graça PL10 (PL) 2022-01-19 2022-01-12 2021-12-22 2021-11-24 2021-11-10 2021-10-27 2021-10-13	MC 23.3.4 analuisa.silva@ua.pt Ana Luísa Monteiro da Silva TP10 (TP) 2022-01-19 2022-01-05 2021-12-15 2021-11-17 2021-11-03 2021-10-20 2021-10-14	MC 23.3.21 - Lab. Fis lebre@ua.pt Filipe Miguel Henriques Lebre Ramos Figueiredo PL3 (PL) 2022-01-20 2022-01-06 2022-01-13 2021-12-16 2021-11-25 2021-11-11 2021-10-28 2021-10-14	MC 23.3.14 lebre@ua.pt Filipe Miguel Henriques Lebre Ramos Figueiredo TP3 (TP) 2022-01-20 2022-01-06 2022-01-13 2021-12-16 2021-12-09 2021-12-02 2021-11-18 2021-11-04 2021-10-21	MC ANF. 12.1.19 -4263 Paulo Fernando da Costa Antunes TP13 (TP) 2022-01-21 2022-01-07 2021-12-10 2021-12-03 2021-11-19 2021-11-05 2021-10-22	MC 23.3.21 - Lab. Fis lucilia.santos@ua.pt Lucilia Maria Pessoa Tavares dos Santos PL13 (PL) 2022-01-14 2021-12-17 2021-12-10 2021-11-26 2021-11-12 2021-10-29 2021-10-15
11:30												
12:00												
12:30												
13:00												
13:30												
14:00	MC 23.3.21 - Lab. Fis lebre@ua.pt Filipe Miguel Henriques Lebre Ramos Figueiredo PL4 (PL) 2022-01-10 2021-12-20 2021-11-22 2021-11-08 2021-10-25 2021-10-18 2021-10-11	MC 10.1.7 -4263 Paulo Fernando da Costa Antunes TP4 (TP) 2022-01-24 2022-01-17 2022-01-03 2021-12-13 2021-12-06 2021-11-29 2021-11-15	MC ANF. 11.1.3 rdias@ua.pt Ricardo Assis Guimarães Dias TP8 (TP) 2022-01-18 2022-01-04 2021-12-14 2021-12-07 2021-11-30 2021-11-16 2021-11-02 2021-10-19	MC 23.3.21 - Lab. Fis clauide@ua.pt Claude Lucien Joseph Boemare PL8 (PL) 2022-01-11 2021-12-21 2021-11-23 2021-11-09 2021-10-26 2021-10-12					MC 23.3.21 - Lab. Fis lucilia.santos@ua.pt Lucilia Maria Pessoa Tavares dos Santos PL6 (PL) 2022-01-13 2021-12-16 2021-11-25 2021-11-11 2021-10-28 2021-10-14	MC 23.3.7 analuisa.silva@ua.pt Ana Luísa Monteiro da Silva TP6 (TP) 2022-01-20 2022-01-06 2021-12-09 2021-12-02 2021-11-18 2021-11-04 2021-10-21	MC 23.3.21 - Lab. Fis lucilia.santos@ua.pt Lucilia Maria Pessoa Tavares dos Santos PL2 (PL) 2022-01-14 2021-12-17 2021-12-10 2021-11-26 2021-11-12 2021-10-29 2021-10-15	MC 16.2.8 -4263 Paulo Fernando da Costa Antunes TP2 (TP) 2022-01-21 2022-01-07 2021-12-10 2021-12-03 2021-11-19 2021-11-05 2021-10-22
14:30												
15:00												
15:30												
16:00			MC 23.3.21 - Lab. Fis mpfg@ua.pt Manuel Pedro Fernandes Graça PL5 (PL) 2022-01-11 2021-12-21 2021-11-23 2021-11-09 2021-10-26 2021-10-12	MC 16.2.7 rdias@ua.pt Ricardo Assis Guimarães Dias TP5 (TP) 2022-01-18 2022-01-04 2021-12-14 2021-12-07 2021-11-30 2021-11-16 2021-11-02 2021-10-19					MC 23.3.21 - Lab. Fis lucilia.santos@ua.pt Lucilia Maria Pessoa Tavares dos Santos PL7 (PL) 2022-01-13 2021-12-16 2021-11-25 2021-11-11 2021-10-28 2021-10-14	MC 23.3.7 analuisa.silva@ua.pt Ana Luísa Monteiro da Silva TP7 (TP) 2022-01-20 2022-01-06 2021-12-09 2021-12-02 2021-11-18 2021-11-04 2021-10-21		
16:30												
17:00												
17:30												
18:00												

Sígl	Código	Nome
MC	47169	Mecânica Clássica

Sígl	Tipologia
(PL)	Prática Laboratorial
(T)	Teórica
(TP)	Teórico-Prática