

## Caracterização da Unidade Curricular / Characterization of the Curricular Unit

**Designação da Unidade Curricular (UC) / Title of Curricular Unit (CU):** Mecânica Aplicada II / Applied Mechanics II

**Área científica da UC / CU Scientific Area:** Engenharia Mecânica / Mechanical Engineering

**Semestre / Semester:** 3º

**Número de créditos ECTS / Number of ECTS credits:** 6

**Carga horária por tipologia de horas / Workload by type of hours:** TP: 45; OT: 6; O: 9

**Carga letiva semanal / Weekly letive charge:** 3h

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

- **GERAIS:**

O aluno deverá ser capaz de analisar os comportamentos cinemáticos e dinâmicos de mecanismos bi e tridimensionais.

- **ESPECÍFICOS:**

O aluno deverá se capaz de:

1. Conhecer os conceitos de CINEMÁTICA necessários à caracterização do movimento dos CORPOS RÍGIDOS, nomeadamente a determinação de velocidades e acelerações.
2. Saber determinar os campos de velocidades e acelerações contemporâneas, em movimentos absolutos ou relativos dos diversos componentes de um mecanismo, em movimento arbitrário 3D.
3. Conhecer as "solicitações" que actuam sobre um sólido devidas ao seu movimento (massa e inércia).
4. Saber determinar o equilíbrio dinâmico de sistemas mecânicos através dos teoremas vectoriais, dos teoremas energéticos e do teorema do impulso e quantidade de movimento.

### Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

- **GENERAL:**

The student should be able to analyze the kinematic and dynamic behavior of two- and three-dimensional mechanisms.

- **SPECIFIC:**

The student should be able to:

1. Know the KINEMATICS concepts necessary to characterize the movement of RIGID BODIES, namely the determination of velocities and accelerations.
2. Know how to determine the fields of contemporary velocities and accelerations, in absolute or relative movements of the various components of a mechanism, in arbitrary 3D movement.

3. Know the "requests" that act on a solid due to its motion (mass and inertia).
4. Know how to determine the dynamic equilibrium of mechanical systems through vector theorems, energy theorems and the impulse and momentum theorem.

### Conteúdos programáticos:

#### **1. CINEMÁTICA DO PONTO**

- 1.1. Trajectória
- 1.2. Vectores de posição, velocidade e aceleração. Suas componentes em coordenadas intrínsecas e em diversos referenciais cartesianos, fixos ou móveis
- 1.3. Tratamento vectorial do movimento de rotação
- 1.4. Vector "velocidade angular" ou "vector rotação". Vector "aceleração angular"
- 1.5. Derivação em ordem ao tempo de vectores projectados em referenciais móveis: Teorema das derivadas relativas

#### **2. CINEMÁTICA DO SÓLIDO**

- 2.1. Campos de velocidade contemporâneas
- 2.2. Relação entre as velocidades, no mesmo instante, de dois pontos de um sólido: 1ª equação de Mozzi
- 2.3. Movimentos elementares dos sólidos: translação e rotação
- 2.4. Alguns movimentos particulares: movimento plano, polar e helicoidal. Movimento "mais geral": movimento "tangente" a movimento helicoidal
- 2.5. Campos de acelerações contemporâneas
- 2.6. Relação entre as acelerações no mesmo instante de dois pontos de um sólido: 2ª equação de Mozzi
- 2.7. Teoria do movimento relativo
- 2.8. Velocidade absoluta, relativa e de transporte. Aceleração absoluta, relativa, de transporte e complementar (Coriolis)
- 2.9. Movimento de sólidos em contacto permanente
- 2.10. Velocidade de escorregamento. Campos de velocidades de sólidos em contacto permanente. Casos particulares: rolamento puro, giração pura, escorregamento puro. Suas combinações
- 2.11. Movimento de permutação do ponto de contacto de sólidos em movimento plano e em contacto permanente
- 2.12. Rolante e base
- 2.13. Eixo instantâneo de rotação no movimento arbitrário de um sólido
- 2.14. Movimento de permutação deste eixo
- 2.15. Superfícies axóides

#### **3. CINEMÁTICA DAS MASSAS**

3.1. Torsor das quantidades de movimento, Torsor das quantidades de aceleração e Energia cinética de um sistema material

#### **4. DINÂMICA - FORÇA, MASSA E ACELERAÇÃO**

4.1. Dinâmica do ponto material: Princípios fundamentais da dinâmica, Equações de movimento, Força de inércia, Variação do momento cinético de um ponto material

4.2. Equação fundamental da dinâmica em referenciais ligados à terra

4.3. Dinâmica do sólido: Método de Análise, Movimento do centro de massa, Movimento em torno do centro de massa, Equilíbrio dinâmico, Movimentos particulares e aplicações

#### **5. DINÂMICA - TRABALHO E ENERGIA**

5.1. Trabalho e energia: Trabalho de uma força e de um binário, Trabalho de forças conservativas e de forças não conservativas

5.2. Trabalho e energia cinética, Trabalho e energia mecânica total

5.3. Princípio da conservação da energia mecânica total

#### **6. Teorema dos trabalhos virtuais: Deslocamento virtual e trabalho virtual, Teorema dos trabalhos virtuais**

##### **Syllabus:**

##### **1. POINT KINEMATICS**

1.1. Trajectory

1.2. Position, velocity and acceleration vectors. Its components in intrinsic coordinates and in several Cartesian, fixed or mobile references

1.3. Vector treatment of the rotation movement

1.4. Vector "Angular Velocity" or "Vector Rotation". Vector "Angular Acceleration"

1.5. Derivation in time order of vectors projected on moving frames: Theorem of relative derivatives

##### **2. SOLID KINEMATICS**

2.1. Contemporary velocity fields

2.2. Relationship between the velocities, at the same instant, of two points of a solid: 1st Mozzi equation

2.3. Elementary movements of solids: translation and rotation

2.4. Some particular movements: plane, polar and helical movement. "More general" motion: "tangential" motion to helical motion

2.5. Contemporary acceleration fields

2.6. Relation between the accelerations at the same instant of two points of a solid: 2nd Mozzi equation

2.7. Theory of relative motion

- 2.8. Absolute, relative and transport speed. Absolute, relative, transport and complementary (Coriolis) acceleration
- 2.9. Movement of solids in permanent contact
- 2.10. Slip speed. Velocity fields of solids in permanent contact. Particular cases: pure rolling, pure turning, pure slipping. Your combinations
- 2.11. Permutation movement of the contact point of solids in plane movement and in permanent contact
- 2.12. Roller and base
- 2.13. Instantaneous axis of rotation in the arbitrary motion of a solid
- 2.14. Permutation movement of this axis
- 2.15. Axoid surfaces

### **3. KINEMATICS OF THE MASSES**

- 3.1. Torsor of the quantities of motion, Torsor of the quantities of acceleration and Kinetic energy of a material system

### **4. DYNAMICS - STRENGTH, MASS AND ACCELERATION**

- 4.1. Dynamics of the material point: Fundamental principles of dynamics, Equations of motion, Force of inertia, Variation of the kinetic moment of a material point
- 4.2. Fundamental equation of dynamics in grounded references
- 4.3. Solid dynamics: Analysis method, Movement of the center of mass, Movement around the center of mass, Dynamic equilibrium, Particular movements and applications

### **5. DYNAMICS - WORK AND ENERGY**

- 5.1. Work and energy: Work of a force and a couple, Work of conservative forces and non-conservative forces
- 5.2. Work and kinetic energy, Work and total mechanical energy
- 5.3. Principle of conservation of total mechanical energy

### **6. Virtual Jobs Theorem: Virtual Displacement and Virtual Jobs, Virtual Jobs Theorem**