



Teaching Guide				
Identifying Data				2021/22
Subject (*)	Industrial Heat Transfer	Code	730G04020	
Study programme	Grao en Enxeñaría en Tecnoloxías Industriais			
Descriptors				
Cycle	Period	Year	Type	Credits
Graduate	2nd four-month period	Third	Obligatory	6
Language	Spanish			
Teaching method	Face-to-face			
Prerequisites				
Department	Ciencias da Navegación e Enxeñaría Mariña Construcións Navais Enxeñaría Naval e Industrial			
Coordinador	Arce Ceinos, Alberto	E-mail	alberto.arce@udc.es	
Lecturers	Arce Ceinos, Alberto	E-mail	alberto.arce@udc.es	
Web				
General description	<p>Aportar al alumno los fundamentos de la transmisión de calor e introducirle en el equipo básico implicado en esta operación.</p> <p>Asentar y completar los conocimientos del alumno sobre conducción y convección de calor, incorporar el estudio de la radiación como mecanismo de transporte.</p> <p>Estudiar los fundamentos de la transmisión de calor en flujo externo e interno de fluidos para su posterior aplicación a operaciones basadas en la mecánica de fluidos.</p> <p>Dar una visión global de los equipos de intercambio de calor de uso industrial, y capacitar al alumno para realizar el diseño de algunos equipos sencillos.</p>			
Contingency plan	<p>1. Modifications to the contents</p> <p>2. Methodologies</p> <p>*Teaching methodologies that are maintained</p> <p>*Teaching methodologies that are modified</p> <p>3. Mechanisms for personalized attention to students</p> <p>4. Modifications in the evaluation</p> <p>*Evaluation observations:</p> <p>5. Modifications to the bibliography or webgraphy</p>			

Study programme competences / results	
Code	Study programme competences / results
A19	TEM3 Coñecementos aplicados de enxeñaría térmica.
B1	CB1 Que os estudantes demostren posuír e comprender coñecementos nunha área de estudo que parte da base da educación secundaria xeral e adoita encontrarse a un nivel que, aínda que se apoia en libros de texto avanzados, inclúe tamén algúns aspectos que implican coñecementos procedentes da vangarda do seu campo de estudo
B2	CB2 Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo
B3	CB3 Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitiren xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética
B4	CB4 Que os estudantes poidan transmitir información, ideas, problemas e solucións a un público tanto especializado como leigo



B5	CB5 Que os estudantes desenvolvan aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprenderen estudos posteriores cun alto grao de autonomía
B6	B3 Ser capaz de concibir, deseñar ou poñer en práctica e adoptar un proceso substancial de investigación con rigor científico para resolver calquera problema formulado, así como de comunicar as súas conclusións ?e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan? a un público tanto especializados como leigo dun xeito claro e sen ambigüidades
B7	B5 Ser capaz de realizar unha análise crítica, avaliación e síntese de ideas novas e complexas
B8	B7 Deseñar e realizar investigacións en ámbitos novos ou pouco coñecidos, con aplicación de técnicas de investigación (con metodoloxías tanto cuantitativas como cualitativas) en distintos contextos (ámbito público ou privado, con equipos homoxéneos ou multidisciplinares etc.) para identificar problemas e necesidades
B9	B8 Adquirir unha formación metodolóxica que garanta o desenvolvemento de proxectos de investigación (de carácter cuantitativo e/ou cualitativo) cunha finalidade estratéxica e que contribúan a situarnos na vangarda do coñecemento
C1	C3 Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida.
C2	C4 Desenvolverse para o exercicio dunha cidadanía aberta, culta, crítica, comprometida, democrática e solidaria, capaz de analizar a realidade, diagnosticar problemas, formular e implantar solucións baseadas no coñecemento e orientadas ao ben común.
C3	C5 Entender a importancia da cultura emprendedora e coñecer os medios ao alcance das persoas emprendedoras.
C4	C6 Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.
C5	C7 Asumir como profesional e cidadán a importancia da aprendizaxe ao longo da vida.
C6	C8 Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade.

Learning outcomes			
Learning outcomes	Study programme competences / results		
To know thermal engineering applications	A19	B1	C1
		B2	C2
		B3	C3
		B4	C4
		B5	C5
		B6	C6
		B7	
		B8	
		B9	

Contents	
Topic	Sub-topic
Thermal engineering. Heat exchange	Introducción a transmisión de calor
Industrial Refrigeration	Conducción de calor estacionaria unidimensional
Air conditioning	Conducción de calor estacionaria en duos e tres dimensións
	Conducción de calor non estacionaria
	Convección en fluxo exterior; convección en fluxo interior
	Convección con cambio de fase
	Intercambiadores de calor
	Radiación térmica
	Aplicacións



1. Introduction to heat transfer	<ul style="list-style-type: none"><li>1.1. History</li><li>1.2. Applications</li><li>1.3. Fundamentals</li><li>1.4. Mechanisms<ul style="list-style-type: none"><li>1.4.1. Heat conduction</li><li>1.4.2. Heat convection</li><li>1.4.3. Thermal radiation</li></ul></li><li>1.5. Heat balance on a solid surface</li></ul>
2. One-dimensional, steady-state heat conduction	<ul style="list-style-type: none"><li>2.1. Heat conduction general equation</li><li>2.2. Plane wall</li><li>2.3. Contact thermal resistance</li><li>2.4. Conduction with thermal generation</li><li>2.5. Radial system: The cylinder</li><li>2.6. Radial system: the sphere</li><li>2.7. Fins<ul style="list-style-type: none"><li>2.7.1. General equation one dimensional fin</li><li>2.7.2. Fins of uniform cross-section area</li><li>2.7.3. Heat transfer in across the fin</li><li>2.7.4. Fin efficiency</li><li>2.7.5. Corrected length</li><li>2.7.6. Global efficiency of a finned surface</li></ul></li></ul>
3. Transient heat conduction	<ul style="list-style-type: none"><li>3.1. Simplified method</li><li>3.2. Semi-infinite solid<ul style="list-style-type: none"><li>3.2.1 Contact between two semi-infinite solids</li></ul></li><li>3.3. One-dimensional transient heat conduction</li></ul>
4. External flow	<ul style="list-style-type: none"><li>4.1 Boundary layer<ul style="list-style-type: none"><li>4.1.1 Integral equations-flat plate</li></ul></li><li>4.2 Integral method laminar boundary layer-flat plate<ul style="list-style-type: none"><li>4.2.1 Hydrodynamic boundary layer</li><li>4.2.2 Thermal boundary layer</li><li>4.2.3 Colburn analogy</li><li>4.2.4 Correlations summary</li></ul></li><li>4.3 Turbulent boundary layer-flat plate<ul style="list-style-type: none"><li>4.3.1 Hydrodynamic boundary layer</li><li>4.3.2 Thermal boundary layer</li></ul></li><li>4.4 Cross flow around cylinders</li><li>4.5 Summary for external-flow correlations</li></ul>
5 Internal flow	<ul style="list-style-type: none"><li>5.1 Hydrodynamic entry region</li><li>5.2 Thermal entry region</li><li>5.3 Fully developed laminar flow<ul style="list-style-type: none"><li>5.3.1 Velocity and friction coefficient</li><li>5.3.2 Heat transfer</li></ul></li><li>5.4 Fully developed turbulent flow</li></ul>



6 Free convection	6.1 Introduction 6.2 Free convection on a vertical wall 6.3 Integral analysis of the boundary layer 6.4 Turbulent boundary layer 6.5 Correlations for other geometries 6.5.1 Inclined and horizontal plates 6.5.2 Horizontal cylinder 6.5.3 Vertical cylinder 6.5.5 Other geometries 6.5.6 Finned surfaces
7 Boiling and condensation	7.1. Introduction 7.2 Boiling 7.2.1 The Bowling curve 7.3 Condensation 7.3.1 Film condensation 7.3.2 Dropwise condensation
8 Heat exchangers	8.1 Introduction 8.2 Heat exchangers types 8.3 Global heat transfer coefficient 8.4 Log mean temperature difference 8.5 Number of transfer units, NTU
9 Thermal radiation	9.1 Introduction 9.2 Fundamental concepts 9.3 The black body 9.4 Real surfaces 9.5 Kirchoff?s law 9.6 Radiation exchange between surfaces 9.7 Shape factors 9.8 Radiation exchange between two surfaces 9.9 Enclosure of black surfaces 9.10 Enclosure of ?N? diffuse, gray, opaque and isothermal surfaces 9.11 Radiation shield 9.12 Transferencia simultánea de calor por convección y radiación 9.13 Radiation Exchange with participating media
Práctica 1. Medición de la temperatura	Familiarización con distintos dispositivos de medida de temperatura: Termómetro de bulbo, bourdon, expansión metálica, termopar, termistor y PT100 Medición de la temperatura de la mezcla agua-hielo y agua en ebullición
Práctica 2. Estudio de la conducción de calor	Comprobación de la Ley de Fourier de conducción aplicada a una pared plana con un gradiente lineal de temperatura
Práctica 3. Determinación de la conductividad de un sólido	Determinación de la conductividad térmica de distintos materiales a partir de la Ley de Fourier de conducción estacionaria aplicada a una pared plana.
Práctica 4. Convección en flujo exterior en un cilindro	Estudio del desprendimiento de la capa límite de un fluido en circulación sobre la superficie de un cilindro observando la temperatura sobre la superficie cilíndrica
Práctica 5. Estudio de un intercambiador de carcasa y tubos	Estudio del coeficiente integral de transmisión de calor para diferentes condiciones de operación y su variación con la diferencia de temperaturas media logarítmica Comparación con intercambiador de placas
Práctica 6. Estudio de un intercambiador de placas	Estudio del coeficiente integral de transmisión de calor para diferentes condiciones de operación y su variación con la diferencia de temperaturas media logarítmica Comparación con intercambiador de carcasa y tubos



Planning				
Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student?s personal work hours	Total hours
Guest lecture / keynote speech	A19 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	24	39	63
Problem solving	A19 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	27	45	72
Laboratory practice	A19 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	5	5	10
Mixed objective/subjective test	A19 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	4	0	4
Personalized attention		1	0	1

(\*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech	Slide Presentations
Problem solving	Solving problems on board
Laboratory practice	Lab classes
Mixed objective/subjective test	Exam

Personalized attention	
Methodologies	Description
Laboratory practice Problem solving Guest lecture / keynote speech	Tutorías e consulta en correo electrónico

Assessment			
Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification
Mixed objective/subjective test	A19 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	Exam	70
Laboratory practice	A19 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	Report review	20
Problem solving	A19 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 C1 C2 C3 C4 C5 C6	Exam	10
Others			

Assessment comments



Attendance of Lab classes is mandatory. Only one justified absence will be tolerated. Laboratory practices are a necessary requirement for passing the subject.

Exam:

Theory w/o feedback (45 min) + Exercises with feedback and source material (textbook and solved problems) (180 min)

Lab class Reports:

Deadline: one week

Complete corresponding forms available on Moodle.

### Sources of information

<b>Basic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mills, A.F. (1996). Transferencia de Calor, 1ª Ed. Irwin</li> <li>- Incropera, F. P. e DeWitt, D. P., (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor y Materia 5ª Ed. Pearson Educación</li> <li>- Sáiz Jabardo, J.M., Arce Ceinos, A., Lamas Galdo, M.I. (2012). Transferencia de Calor. Universidade da Coruña Apuntes da asignatura</li> </ul>
<b>Complementary</b>	

### Recommendations

#### Subjects that it is recommended to have taken before

Thermodynamics /730G03014

#### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Fluid Mechanisc /730G03018

#### Subjects that continue the syllabus

Graduation Project/730G03068

### Other comments

?Para ayudar a conseguir un entorno inmediato sostenido y cumplir con el objetivo de la acción número 5: ?Docencia e investigación saludable y sustentable ambiental y social? del "Plan de Acción Green Campus Ferrol":

La entrega de los trabajos documentales que se realicen en esta materia:

? Se solicitarán en formato virtual y/o soporte informático

? Se realizará a través de Moodle, en formato digital sin necesidad de imprimirlos

? En caso de ser necesario realizarlos en papel:

- No se emplearán plásticos

- Se realizarán impresiones a doble cara.

- Se empleará papel reciclado.

- Se evitará la impresión de borradores.

? Se debe de hacer un uso sostenible de los recursos y la prevención de impactos negativos sobre el medio natural

? Se debe tener en cuenta la importancia de los principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales

? Se incorpora perspectiva de género en la docencia de esta materia (se usará lenguaje no sexista, se utilizará bibliografía de autores de ambos sexos, se propiciará la intervención en clase de alumnos y alumnas?)

? Se trabajará para identificar y modificar prejuicios y actitudes sexistas, y se influirá en el entorno para modificarlos y fomentar valores de respeto e igualdad.

? Se deberán detectar situaciones de discriminación y se propondrán acciones y medidas para corregirlas.

(\*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.