

Nom assignatura:	Intensificació en Transferència de Calor i Massa I
Codi:	820761
Crèdits ECTS:	5.0
Idioma d'impartació:	Català-Castellà-Anglès
Unitat responsable:	
Departament:	Màquines i Motors Tèrmics
Curs d'inici:	2013/2014
Titulacions:	Màster universitari en Enginyeria de l'Energia
Responsable de l'assignatura:	Jesús Castro González

Requisits

Capacitats prèvies: Els aspectes generals de termodinàmica, de mecànica de fluids i de transferència de calor i massa.

Requisits: Coneixements equivalents a haver superat el curs d'anivellament del màster

Professorat

Professor Responsable: Jesús Castro González.

Professorat: Carlos David Pérez Segarra, Assensi Oliva.

Horari d'atenció: dimarts 15-17h, dimecres 16-18h, dijous 15-17h

Metodologia

Metodologies docents

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:

- Classe magistral o conferència (EXP): exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.
- Classes participatives (PART): resolució col·lectiva d'exercicis, realització de debats i dinàmiques de grup amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula; presentació a l'aula d'una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.
- Presentacions (PS): presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts (presencial).
- Treball teòric-pràctic dirigit (TD): realització a l'aula d'una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora.
- Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): aprenentatge basat en la realització, individual o en grup, d'un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.
- Projecte o treball d'abast ampli (PA): aprenentatge basat en el disseny, la planificació i realització en grup d'un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.

- Activitats d'Avaluació (EV).

Activitats formatives:

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents activitats formatives:

- Presencials
 - Classes magistrals i conferències (CM): conèixer, comprendre i sintetitzar els coneixements exposats pel professorat mitjançant classes magistrals o bé per conferenciant (presencial).
 - Classes participatives (CP): participar en la resolució col·lectiva d'exercicis, així com en debats i dinàmiques de grup, amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula (presencial).
 - Treball teòric pràctic dirigit (TD): realitzar a l'aula una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora (presencial).
- No Presencials
 - Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): dur a terme, individualment o en grup, un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats (no presencial).
 - Projecte o treball d'abast ampli (PA): dissenyar, planificar i dur a terme individualment o en grup un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions (no presencial).
 - Estudi autònom (EA): estudiar o ampliar els continguts de la matèria de forma individual o en grup, comprenent, assimilant, analitzant i sintetitzant coneixements (no presencial).

Dedicació prevista de l'estudiant

	hores
Classes teòriques i conferències (CTC)	17
Classes pràctiques (CP)	16
Pràctiques de laboratori o taller (L/T)	3
Presentacions (PS)	
Total (Grup Gran/Mitjà/Petit)	36
Tutories de treballs teòric pràctics (TD)	5
Total AD (Activitats Dirigides)	5
Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR)	24
Projecte o treball d'abast ampli (PA)	36
Estudi autònom (EA)	24
Total AA (Aprentatge Autònom)	84
TOTAL	125

Sistema de qualificació

	%
Prova escrita de control de coneixements (PE).	50
Prova oral de control de coneixements (PO).	0
Treball realitzat en forma individual o en grup al llarg del curs (TR).	40
Assistència i participació en classes i laboratoris (AP).	5
Qualitat i rendiment del treball en grup (TG).	5

Normes de realització de les activitats

A continuació es detallen les normes del sistema d'avaluació de les activitats formatives de l'assignatura.

Prova escrita de control de coneixements (PE).

Es farà un examen final de l'assignatura. L'alumne haurà de completar tant preguntes teòriques com problemes relacionats amb els continguts teòric i pràctic de l'assignatura. Les revisions i/o reclamacions en referència als exàmens es realitzaran d'acord a les dates i horaris establerts al calendari acadèmic.

Treball realitzat en forma individual o en grup al llarg del curs (TR).

L'estudiant haurà de seguir les instruccions explicades a classe i contingudes a l'arxiu corresponent al treball que es proposarà a l'alumne en relació al diferents continguts docents de l'assignatura. Com a resultat d'aquestes activitats, l'estudiant haurà d'entregar un report (preferiblement en format pdf) al professor, amb la data límit que es fixi per a cada activitat. L'avaluació del treball comportarà tant la seva realització, com la seva possible defensa.

Assistència i participació en classes i laboratoris (AP).

Les pràctiques de laboratori es valoraran tant durant la seva realització com en l'execució dels exercicis de pràctiques que es proposaran; que poden iniciar-se durant l'horari de classes previst per aquest tipus d'activitat i que es completaran (se s'escau) com una activitat autònoma, seguint les instruccions donades a classe. Els resultats dels exercicis de pràctiques s'entregaran al professor seguint les instruccions donades a classe. L'avaluació de la pràctica comportarà tant la seva realització, com la seva possible defensa.

Qualitat i rendiment del treball en grup (TG).

Els informes de les pràctiques i/o els treballs en grup es valoraran a nivell individual sobre la defensa oral si s'escau i en conjunt sobre l'informe únic.

Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

Objectius

Formació, en un nivell mig, en transferència de calor per conducció, convecció i radiació i dinàmica de fluids: aspectes fenomenològics, formulació matemàtica (lleis fonamentals de conservació i lleis constitutives) i tècniques de resolució analítica i numèrica. Metodologia de resolució de problemes d'interès tecnològic on es presenta de forma combinada les diferents formes de transferència de calor.

Resultats de l'aprenentatge

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:

- Aprofundir en la descripció física dels fenòmens de transferència de calor i massa i de la seva formulació matemàtica.
- Aplicació de diferents tècniques computacionals per a la resolució numèrica d'aquestes fenomenologies.
- Desenvolupament de codis propis per a l'estudi del comportament fluid dinàmic i tèrmic de diferents casos d'interès tecnològic i motivadors per l'estudiant. S'incideix en aspectes de verificació de codi, verificació de les solucions numèriques obtingudes, i de validació de la formulació matemàtica utilitzada.

Competències

BÀSIQUES I GENERALS

CG1 Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dins l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

CG2: Dimensionar, analitzar, dissenyar i projectar equips, instal·lacions, infraestructures i processos de transformació i transport de l'energia en qualsevol de les fases o etapes de la cadena energètica, des de les fonts fins a l'ús final de l'energia i intervenir en processos de planificació, redacció, direcció i gestió de projectes en l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

CG3 Intervenir en processos de recerca, desenvolupament i innovació en l'àmbit de les tecnologies energètiques i de l'ús de l'energia en els sectors productius i de serveis, aportant nous coneixements, avenços tecnològics i solucions innovadores en equips de treball multidisciplinaris, nacionals o internacionals.

CG6 Dur a terme dictàmens i assessorament tècnic en l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

ESPECÍFIQUES

CE5: Aplicar criteris tècnics i econòmics a la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques més noves en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

Continguts

Contingut 1. Formulació matemàtica de la transferència de calor i dinàmica de fluids	Dedicació:	19h
	Classes teòriques i conferències	2h
	Classes pràctiques	3h
	Activitats dirigides	1h
	Aprenentatge autònom	13h
Descripció: Formulació matemàtica bàsica en forma integral de fenòmens de dinàmica de fluids i transferència de calor: sistemes aïllats, sistemes tancats, interacció amb l'exterior, punt de vista de Lagrange i Euler (partícules i volums finits); sistemes oberts. Notació tensorial i vectorial. Formulació matemàtica en forma diferencial: equacions bàsiques (conservació massa, quantitat de moviment, energia, entropia) i equacions derivades (energia cinètica, vorticitat, energia tèrmica, exergia, ...). Lleis constitutives.		
Objectius específics: • Introducció a les formulacions matemàtiques bàsiques en dinàmica de fluids i transmissió de calor i massa.		
Activitats vinculades: - Classe teòrica - Classe pràctica - Treball pràctic dirigit - Treball d'abast reduït - Treball d'abast ampli		

Contingut 2. Introducció a la turbulència.	Dedicació:	26h
	Classes teòriques i conferències	4h
	Classes pràctiques	3h
	Activitats dirigides	1h
	Aprenentatge autònom	18h
Descripció: Introducció a la formulació matemàtica de fluxos turbulents. Aspectes físics fonamentals de la turbulència i la seva caracterització estadística. Resolució numèrica directa de la turbulència (DNS, Direct Numerical Simulation): possibilitats i limitacions. Equacions de Navier-Stokes mitjanades temporalment i models de turbulència RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes): high and low-Reynolds two-equation models, wall functions, differentially-stress models, etc. Formulació matemàtica bàsica dels models tipus LES (Large Eddy Simulation), mitjanat volumètric. Breu introducció als mètodes numèrics de resolució de les equacions de Navier-Stokes.		
Objectius específics: • Plantejament de les metodologies bàsiques de resolució de fluxos turbulents. • Introducció als mètodes numèrics de resolució de les equacions de Navier-Stokes.		
Activitats vinculades: - Classe teòrica - Classe pràctica - Treball pràctic dirigit - Treball d'abast reduït - Treball d'abast ampli		

Contingut 3. Resolució zonal de la convecció. Capa límit i zona potencial.	Dedicació:	25h
	Classes teòriques i conferències	3h
	Classes pràctiques	3h
	Activitats dirigides	2h
	Aprenentatge autònom	17h
Descripció: Resolució zonal de fluxos mitjançant divisió en regió no viscosa i capes límit (hidrodinàmiques i tèrmiques). Formulació de les equacions per a la zona no viscosa (equacions d'Euler). Formulació de les equacions per les capes límit laminars i turbulents (anàlisi ordres de magnitud). Repàs de solucions analítiques de les equacions de les capes límit laminars (hidrodinàmiques i tèrmiques) en plaques isoterms i dels mètodes integrals. Introducció als mètodes numèrics de resolució de capes límit laminars i turbulents. Acoblament de la zona no viscosa i de les capes límit (concepte de gruix de desplaçament i mètodes zonals generals).		
Objectius específics: • Plantejament de la metodologia de resolució zonal de fluxos en base a la divisió en zona no viscosa i capes límit. • Presentació de solucions semi-empíriques per la capa límit laminar. • Estructura de la capa límit turbulenta i caracterització.		
Activitats vinculades: - Classe teòrica - Classe pràctica - Treball pràctic dirigit - Treball d'abast reduït - Treball d'abast ampli		

Contingut 4. Transferència de calor per radiació.	Dedicació:	26h
	Classes teòriques i conferències	4h
	Classes pràctiques	4h
	Activitats dirigides	
	Aprenentatge autònom	18h
Descripció: Resolució numèrica de fenòmens de radiació. Intensitat específica de radiació. Formulació general de l'equació fonamental de la radiació (RTE o Radiative Transfer Equation). Revisió dels mètodes d'anàlisi de radiació en mitjans no participants. Extensió de la formulació a mitjans participants. Introducció a les tècniques de resolució numèrica de la intensitat de radiació espectral i direccional d'acord amb mètodes DOM (Discrete Ordinate Methods) i FVM (Finite Volume Method).		
Objectius específics: • Formulació bàsica de la radiació. • Revisió de les metodologies de càlcul en el cas de medis no participants. • Extensió en el cas de medis participant amb consideració de caràcter direccional i espectral de la radiació. Mètodes numèrics de resolució (DOM i FVM).		
Activitats vinculades: - Classe teòrica - Classe pràctica - Treball pràctic dirigit - Treball d'abast reduït - Treball d'abast ampli		

Contingut 5. Canvi de fase líquid-vapor.	Dedicació:	26h
	Classes teòriques i conferències	4h
	Classes pràctiques	3h
	Activitats dirigides	1h
	Aprenentatge autònom	18h
Descripció: Anàlisis de les fenomenologies de canvi de fase líquid-vapor (condensació i evaporació). Formulació matemàtica de la condensació pel·licular en plaques isoterms verticals. Mètodes de resolució analítics i extensió a situacions complexes mitjançant mètodes computacionals. Condensació en la zona exterior de tubs horitzontals. Fenòmens d'evaporació en superfícies lliures. Formulació matemàtica de les fenomenologies de dinàmica de fluids i transferència de calor i massa. Llei de Fick i tractament de les condicions de contorn. Exemples de resolució. Anàlisis de fluxos bifàsics (condensació o evaporació) en l'interior de conductes. Diferents nivells de simulació.		
Objectius específics: • Descripció fenomenològica detallada i formulació matemàtica de fenòmens de condensació i evaporació en l'exterior de superfícies. Tècniques específiques de resolució numèrica.		



- Descripció fenomenològica detallada i formulació matemàtica de fenòmens de condensació i evaporació en l'interior de conductes. Anàlisi detallat de tipus unidimensional (permanent o transitori).

Activitats vinculades:

- Classe teòrica
- Classe pràctica
- Treball pràctic dirigit
- Treball d'abast reduït
- Treball d'abast ampli

Planificació d'activitats

Classes de teoria	Dedicació:	21h
	Classes teòriques i conferències	17h
	Classes pràctiques	
	Activitats dirigides	
	Aprenentatge autònom	4h
Descripció: Metodologia en grup gran. Exposició dels continguts de l'assignatura seguint un model de classe expositiva i participativa. La matèria s'ha organitzat en diferents grups de continguts d'acord a les àrees de coneixement de l'assignatura.		
Material: Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).		
Lliurament: Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 2 (problemes) mitjançant el treball de curs i les proves de coneixement.		
Objectius específics: En finalitzar aquesta activitat, l'alumne ha de ser capaç de dominar els coneixements adquirits, consolidar-los i aplicar-los correctament a diferents problemes tècnics. A més a més, essent una assignatura tecnocientífica, les classes de teoria han de servir de base pel desenvolupament d'altres assignatures més tècniques de l'àmbit tèrmic relacionades, com Refrigeració, Motors Tèrmics o Energia Solar.		

Classes pràctiques	Dedicació:	20h
	Classes teòriques i conferències	
	Classes pràctiques	16h
	Activitats dirigides	
	Aprenentatge autònom	4h
Descripció: Metodologia de grup gran i grup mitjà, sempre que la disponibilitat de professorat ho permeti. De cadascun dels temes, es realitzaran uns problemes a classe per tal de què els alumnes adquireixin les pautes necessàries per a portar a terme aquesta resolució: hipòtesis simplificatòries, plantejament, resolució numèrica, discussió dels resultats.		
Material: Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).		
Lliurament: Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 1 (teoria) mitjançant el treball de curs i les proves de coneixement.		
Objectius específics: En finalitzar aquesta activitat, l'alumne ha de ser capaç d'aplicar els coneixements teòrics a la resolució de diferents tipus de problemes. Atenent a la metodologia l'alumne ha de ser capaç de: 1.- Entendre l'enunciat i analitzar el problema. 2.- Plantejar i desenvolupar un esquema de resolució del mateix. 3.- Resoldre el problema emprant les equacions plantejades, amb un adequat algoritme de resolució. 4.- Interpretar críticament els resultats.		

Treball teòric-pràctic dirigit	Dedicació:	10h
	Classes teòriques i conferències	
	Classes pràctiques	
	Activitats dirigides	5h
	Aprenentatge autònom	5h
Descripció: Els estudiants hauràn de fer treballs teòrics-pràctics dirigits. Els treballs consistiran en resoldre petits problemes, dels quals les dades de partida podran ser tant els resultats d'un experiment de laboratori com dades plantejades pel professor. L'estructura a seguir serà: • Preparació de la pràctica mitjançant un manual de pràctiques. • Grups de 2 ó 3 persones amb una durada màxima de 2 hores. • Discussió dels resultats obtinguts i dels problemes que han sorgit durant la realització de la pràctica. • Realització d'un informe relatiu a la pràctica realitzada amb resultats, qüestions i conclusions. Aquest informe s'avaluarà juntament amb la realització de la pràctica.		
Material: Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).		
Lliurament: Es faran informes seguint unes pautes donades a classe.		
Objectius específics: Consolidar els coneixements adquirits a classe de teoria i pràctiques.		

Treball d'abast reduït	Dedicació:	29h
	Classes teòriques i conferències	
	Classes pràctiques	
	Activitats dirigides	
	Aprenentatge autònom	29h
Descripció: Resolució de fins dos problemes basats en situacions plantejades pel professor.		
Material: Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).		
Lliurament: Es farà un informe seguint unes pautes donades a classe.		
Objectius específics: Consolidar els coneixements adquirits a classe de teoria i pràctiques.		

Treball d'abast ampli	Dedicació:	42h
	Classes teòriques i conferències	
	Classes pràctiques	
	Activitats dirigides	
	Aprenentatge autònom	42h
Descripció: Resolució d'un problema basats en situacions plantejades pel professor o pel alumne.		
Material: Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).		
Lliurament: Es farà un informe seguint unes pautes donades a classe.		
Objectius específics: Ampliar i consolidar els coneixements adquirits a classe de teoria i pràctiques.		

Proves de coneixement	Dedicació:	3h
	Classes teòriques i conferències	
	Classes pràctiques	
	Activitats dirigides	3h
	Aprenentatge autònom	
Descripció: Desenvolupament de proves de coneixement de l'assignatura dels continguts 1 i 2. Inclou aspectes teòrics i desenvolupament de problemes.		
Material: Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).		
Lliurament: Els exàmens es desenvoluparan lliurement i s'entregaran juntament amb l'enunciat degudament emplenat amb les dades personals requerides.		
Objectius específics: Mostrar el nivell de coneixements assolit en les activitats teòriques i de problemes.		

Bibliografia

Bàsica:

- F.P. Incropera, T. L. Bergman, A. S. Lavine, D. P. DeWitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Wiley & Sons, 2011.
- Eckert, E. R. G.; Drake, R. M. Heat and mass transfer. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1959.
- H.Schlichting, K.Gersten, Boundary Layer Theory, Springer, Berlin, 2000 (8th ed.).
- Kreith, F.; Bohn, M. S. Principios de transferencia de calor. 6ª ed. Madrid: International Thomson, 2002.
- Lienhard IV, J. H.; Lienhard V, J. H. A heat transfer textbook [en línia]. 3rd ed. Cambridge: Phlogiston Press, 2003. Disponible a: <<http://web.mit.edu/lienhard/www/ahtt.html>>.
- Çengel, Y. A. Heat transfer: a practical approach. Boston: McGraw-Hill, 1997.
- Isachenko, V. P.; Osipova, V.; Sukomel, A. Transmisión de calor. Barcelona: Marcombo-Boixareu, 1973.
- S.B.Pope, Turbulent Flows, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- Patankar, S. V. Numerical heat transfer and fluid flow. New York: McGraw-Hill, 1980.

Complementària:

- Rohsenow, W. M.; Hartnett, J. P.; Cho, Y. I. Handbook of Heat Transfer. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1998.
- Lakshminarayana, B. Fluid dynamics and heat transfer of turbomachinery. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- A.Proseretti, G.Tryggvason, Computational Methods for Multiphase Flow, Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- Cebeci, T. [et al.]. Computational fluid dynamics for engineers: from panel to navier-stokes methods with computer programs. New York: Springer, 2005.
- Thompson, P. A. Compressible-fluid dynamics. New York: McGraw-Hill, 1972.
- Shapiro, A. H. The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow. New York: Ronald Press Company, 1954.
- John D. Anderson, Jr, Computational Fluid Dynamics, McGraw-Hill, Inc, 1995.

Altres recursos:

- Apunts realitzats pel professorat de l'assignatura.
- Material audiovisual: transparències, problemes proposats que es faran servir a classe.