

820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

Unitat responsable: 240 - ETSEIB - Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Unitat que imparteix: 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics
Curs: 2019
Titulació: MÀSTER PROPI EN ENERGIES RENOVABLES (Pla 2011). (Unitat docent Optativa)
MÀSTER UNIVERSITARI ERASMUS MUNDUS EN SISTEMES ENERGÈTICS SOSTENIBLES (Pla 2012).
(Unitat docent Optativa)
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Unitat docent Optativa)
MÀSTER UNIVERSITARI ERASMUS MUNDUS EN SISTEMES ENERGÈTICS SOSTENIBLES (Pla 2013).
(Unitat docent Optativa)
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Unitat docent Optativa)
Crèdits ECTS: 5 Idiomes docència: Anglès

Professorat

Responsable: Carlos David Pérez Segarra, Xavier Trias

Altres: Assensi Oliva, Jorge Chiva

Capacitats prèvies

Coneixements bàsics de dinàmica de fluids i transferència de calor, així com algun llenguatge de programació.

Requisits

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

Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

Específiques:

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en 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 innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

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).

Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

Adquirir una formació bàsica en la resolució numèrica de les equacions governants en dinàmica de fluids i transferència de calor i massa.

Adquirir una primera experiència pràctica en la programació, verificació i validació de codis de CFD&HT (Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer).

Familiaritzar-se amb l'ús de codis CFD&HT i adquirir la capacitat de jutjar de forma crítica la seva qualitat (verificació de les solucions numèriques i validació de les formulacions matemàtiques utilitzades).

Resultats de l'aprenentatge al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:

Consolidació de les formulacions matemàtiques bàsiques de fenòmens de dinàmica de fluids i transferència de calor i massa.

Coneixement de diferents metodologies d'integració numèrica de les equacions de Navier-Stokes.

Introducció a la resolució de fluxos turbulents en base a metodologies de tipus RANS, LES i DNS.

Aplicació de tècniques de verificació de codis, verificació de solucions numèriques i validació de formulacions matemàtiques.

Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 125h	Hores grup petit:	30h	24.00%
	Hores activitats dirigides:	10h	8.00%
	Hores aprenentatge autònom:	85h	68.00%

820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

Continguts

Introducció als mètodes numèrics en dinàmica de fluids i transmissió de calor i massa

Dedicació: 23h 30m

Grup petit/Laboratori: 6h
Activitats dirigides: 1h 30m
Aprentatge autònom: 16h

Descripció:

Plantejament general de la problemàtica implicada en la integració de les equacions pròpies de la dinàmica de fluids i de la transferència de calor i massa. Comentaris generals de les diferents metodologies d'integració de les equacions (diferències finites, volums finits, elements finits, mètodes espectrals, etc.).

Activitats vinculades:

Classe teòrica
Classe pràctica
Treball d'abast reduït
Treball d'abast ampli

Objectius específics:

Revisió de les formulacions matemàtiques bàsiques en dinàmica de fluids i transmissió de calor i massa. Plantejament general de les diferents metodologies d'integració de les equacions de Navier Stokes.

Resolució de l'equació de la transferència de calor per conducció de calor en dominis irregulars. Anàlisi permanent i transitori.

Dedicació: 24h 30m

Grup petit/Laboratori: 6h
Activitats dirigides: 2h 30m
Aprentatge autònom: 16h

Descripció:

Extensió de la metodologia explicada en els cursos bàsics de transferència de calor i massa i basada en tècniques de volums finits i malles de discretització estructurades, ortogonals i adaptables al domini. En aquest tema s'introduiran tècniques de blocking-off pel tractament de geometries complexes així com malles no estructurades amb volums finits no ortogonals i de formes diverses (e.g. tetraedres). S'explicaren les tècniques de tractament de dades i les taules de connectivitat. En aquesta etapa la resolució dels sistemes d'equacions de discretització es realitzarà amb els mètodes ja coneguts pels estudiants de cursos anteriors (Gauss-Seidel, line-by-line, tècniques de sub i sobrerrelaxació).

Activitats vinculades:

Classe teòrica
Classe pràctica
Treball d'abast reduït
Treball d'abast ampli

Objectius específics:

Resolució numèrica de les equacions de la transferència de calor per conducció en dominis irregulars. Repàs de les tècniques bàsiques de resolució de grans sistemes d'equacions algebraïques resultants de les discretitzacions.



820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

Resolució d'equacions de tipus convecció-difusió.	Dedicació: 25h 30m Grup petit/Laboratori: 6h Activitats dirigides: 3h 30m Aprentatge autònom: 16h
<p>Descripció: A diferència de les equacions plantejades en el tema anterior, aquí es presenta la forma genèrica de les equacions de transport amb els termes convectius. S'expliquen les diferents tècniques d'integració de l'equació i els problemes de precisió (difusió numèrica o falsa difusió) i/o convergència (estabilitat) que poden resultar segons l'esquema que s'utilitzi. Es plantegen diferents problemes benchmark amb mapes de velocitats donats (e.g. flux uniforme inclinat respecte de les coordenades, Smith-Hutton problem, etc.).</p> <p>Activitats vinculades: Classe teòrica Classe pràctica Treball pràctic dirigit Treball d'abast reduït Treball d'abast ampli</p> <p>Objectius específics: Presentació de l'equació de la convecció-difusió (equació genèrica de transport) i de la metodologia d'integració numèrica. Presentació de diferents esquemes pel terme convectiu. Presentació de diferents casos benchmark útils per la verificació dels codis desenvolupats pels estudiants.</p>	

820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

Tècniques de verificació de codis i de les solucions numèriques i revisió dels solvers més adients.

Dedicació: 26h

Grup petit/Laboratori: 6h

Activitats dirigides: 4h

Aprenentatge autònom: 16h

Descripció:

Aquest tema aborda dos aspectes fonamentals en la metodologia de resolució numèrica. El primer està relacionat amb la verificació de codi i verificació de solucions numèriques. El segon a les tècniques de resolució de grans sistemes d'equacions algebraiques.

Referent al primer punt, es presenten diferents tècniques de verificació de codis, com pot ser comparatives amb casos simplificats però de solució analítica coneguda, verificació de balanços globals de massa, momentum i/o energia, creació de solucions numèriques ad hoc (el conegut com a MMS o Method of Manufactured Solutions). Una vegada el codi està suficientment verificat, s'expliquen tècniques per assegurar la qualitat de la solució numèrica (i.e. els resultats obtinguts no poden estar condicionats a la malla de discretització generada o els paràmetres numèrics utilitzats o al número de xifres significatives (precisió- utilitzades pel l'ordinador).

En una segona part es presenten solvers iteratius més eficients que els estàndard (Gauss-Seidel o el line-by-line). En particular, preconditionadors per mètodes de Krylov (CG, GMRES, BiCGSTAB) y mètodes de tipus multimalla-multinivell. En casos 3D amb direcció periòdica, es comenten mètodes de diagonalització de Fourier.

Activitats vinculades:

Classe teòrica

Classe pràctica

Treball pràctic dirigit

Treball d'abast reduït

Treball d'abast ampli

Objectius específics:

Presentació de tècniques de verificació de codis i de tècniques de verificació de les solucions numèriques generades.

Presentació de nous solvers més eficients pel tractament de grans sistemes d'equacions algebraiques resultants de la discretització d'equacions de transport tipus convecció-difusió.



820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

Resolució de les equacions de Navier-Stokes	Dedicació: 25h 30m Grup petit/Laboratori: 6h Activitats dirigides: 3h 30m Aprentatge autònom: 16h
<p>Descripció: Es planteja la problemàtica de resolució d'aquestes equacions, tant des de un punt de vista físic com numèric. Es comenten diferents propietats que han de conservar les equacions discretitzades i com aquestes propietats són introduïdes en el tractament numèric. La metodologia que s'explica es basa en tècniques de tipus explícit i esquemes de discretització espectro-consistent. L'algoritme global és de tipus fractional-step method. Es proposen diferents casos benchmark (driven cavity, differentially cavity, backward-facing step, etc.). Aquest plantejament permet a l'estudiant abordar situacions de fluxos turbulents amb models tipus DNS (Direct Numerical Simulation) i LES (Large Eddy Simulation). Es comenten aspectes fenomenològics relatius a la turbulència (cascada d'energia, filtrat de les equacions, mapes inicials i condicions de contorn) i de tractament estadístic de dades.</p> <p>Activitats vinculades: Classe teòrica Classe pràctica Treball d'abast reduït Treball d'abast ampli</p> <p>Objectius específics: Metodologia de resolució de les equacions de Navier-Stokes (sistema d'equacions en derivades parcials de tipus convecció-difusió, no lineals i fortament acoblades). Presentació de diferents casos benchmark útils per la verificació dels codis desenvolupats pels estudiants. Introducció a la turbulència i a les tècniques de resolució numèrica en base a models de tipus DNS and LES.</p>	

820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

Planificació d'activitats

Classes de teoria	Dedicació: 20h Aprenentatge autònom: 5h Grup petit/Laboratori: 15h
<p>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.</p> <p>Material de suport: Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).</p> <p>Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació: Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 2 (problemes) mitjançant el treball de curs i les proves de coneixement.</p> <p>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.</p>	
Classes pràctiques	Dedicació: 20h Aprenentatge autònom: 5h Grup petit/Laboratori: 15h
<p>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.</p> <p>Material de suport: Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).</p> <p>Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació: Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 1 (teoria) mitjançant el treball de curs i les proves de coneixement.</p> <p>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:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 algorisme de resolució. 4.- Interpretar críticament els resultats. 	
Treball teòric-pràctic dirigit	Dedicació: 17h Aprenentatge autònom: 5h Activitats dirigides: 12h

820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

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 de suport:

Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).

Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:

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: 25h

Aprenentatge autònom: 25h

Descripció:

Resolució de fins dos problemes basats en situacions plantejades pel professor.

Material de suport:

Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).

Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:

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: 40h

Aprenentatge autònom: 40h

Descripció:

Resolució d'un problema basats en situacions plantejades pel professor o pel alumne.

Material de suport:

Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).

Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:

Es farà un informe seguint unes pautes donades a classe.

Objectius específics:

Ampliar i consolidar els coneixements adquirits a classe de teoria i pràctiques.

820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

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

Sistema de qualificació

Exàmen de primer parcial: 20%

Exàmen final: 35%

Treballs de laboratori (individuals o en grups) realitzats durant la impartició de l'assignatura: 45%

Normes de realització de les activitats

L'estudiant haurà de seguir les instruccions explicades a classe i contingudes a l'arxiu amb les activitats a desenvolupar en la pràctica. Com a resultat d'aquestes activitats, l'estudiant haurà d'entregar un report (preferiblement en format pdf) al professor, seguint les seves instruccions i amb la data límit que per a cada activitat s'hi fixi. L'avaluació del treball comportarà tant la seva realització, com també la seva defensa.

Pràctiques:

Els exercicis de pràctiques poden iniciar-se durant l'horari de classes previst per aquest tipus d'activitat i es completaran (si 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 pot comportar tant la seva realització, com també la seva defensa.

Exàmens:

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 amb referència als exàmens es realitzen d'acord a les dates i horaris establerts al calendari acadèmic.

820757 - MNTCM - Mètodes Numèrics en Transferència de Calor i Massa

Bibliografia

Bàsica:

Incropera, Frank Paul; DeWitt, David P. Fundamentos de transferencia de calor. 4a ed. México [etc.]: Prentice Hall, cop. 1999. ISBN 9701701704.

Patankar, Suhas V. Numerical heat transfer and fluid flow. Washington : New York: Hemisphere ; McGraw-Hill, cop. 1980. ISBN 0070487405.

Ferziger, Joel H; Peric, Milovan. Computational methods for fluid dynamics. 3rd, rev. ed. Berlin [etc.]: Springer, cop. 2002. ISBN 3540420746.

Versteeg, H. K; Malalasekera, W. An Introduction to computational fluid dynamics : the finite volume method. Harlow, Essex : New York: Longman Scientific & Technical ; Wiley, 1995. ISBN 0470235152.

Roache, Patrick J. Fundamentals of computational fluid dynamics. Albuquerque, New Mexico: Hermosa, cop. 1998. ISBN 0913478091.

Complementària:

Pope, S. B. Turbulent flows. Repr. with corr. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521591252.

Bradshaw, P. An Introduction to turbulence and its measurement. Oxford ; New York: Pergamon Press, 1971. ISBN 080166202.

Libby, Paul A. An introduction to turbulence. Bristol, PA: Taylor & Frances, cop. 1996. ISBN 1560321008.

Roache, Patrick J. Verification and validation in computational science and engineering. New Mexico: Hermosa Publishers, cop. 1998. ISBN 0913478083.

Shyy, W. Computational fluid dynamics with moving boundaries. Philadelphia [etc.]: Taylor & Francis, cop. 1996. ISBN 1560324589.

Altres recursos:

Material audiovisual

Material audiovisual

Transparències, problemes proposats que es faran servir a classe

Material informàtic

Notes

Apunts realitzats pel professorat de l'assignatura.