

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

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 UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Unitat docent Optativa)
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Unitat docent Optativa)
Crèdits ECTS: 5 Idiomes docència: Català, Castellà, Anglès

Professorat

Responsable: Joaquim Rigola
Altres: Jesús Castro
Carlos David Pérez-Segarra

Horari d'atenció

Horari: Dimarts i dimecres 16-18h
Dijous 15-17h

Capacitats prèvies

Aspectes fonamentals de termodinàmica, mecànica de fluids i transferència de calor necessaris per a entendre el funcionament dels equips tèrmics generadors de calor i fred.

Requisits

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

Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

Específiques:

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

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.

Transversals:

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

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.

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 conferenciants (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).

Presentacions (PS): presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts (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).

Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

Conèixer els aspectes bàsics de termodinàmica i de transferència de calor i massa que tenen lloc en els sistemes i equips tèrmics generadors de calor i fred.

Conèixer les diferents tècniques de generació de calor i fred.

Conèixer les diferents metodologies que permeten el càlcul i disseny dels sistemes tèrmics. Utilització de diferents software de càlcul tan comercial com desenvolupat al CTTC-UPC (Centre Tecnològic de Transferència de Calor, Universitat Politècnica de Catalunya).

Realització de diferents practiques de laboratori experimentals i numèriques per a l'assaig sistemes tèrmics al CTTC-UPC que permetin a l'estudiant prendre consciència d'aplicacions concretes, de les possibilitats dels mètodes numèrics i de les tècniques d'assaig, mesura i estimació d'errors en aquest àmbit de coneixement.

Resultats de l'aprenentatge

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

Revisió d'aspectes bàsics de termodinàmica i de fenòmens de transferència de calor i massa (segon principi de la termodinàmica, equacions de conservació, etc.), en el context del camp tecnològic dels sistemes i equips tèrmics generadors de calor i fred.

Descripció de les diferents opcions tècniques de per a sistemes de refrigeració / calefacció. Particularitats tecnològiques segons aplicació.

Aplicació de mètodes avançats de simulació numèrica d'elements d'equips amb anàlisi unidimensional dels fluids en què hi ha canvi de fase. El tractament es realitza tant per a situacions en règim permanent i transitori.

Introducció a mètodes de càlcul més avançat d'elements d'equips generadors de calor i fred on l'anàlisi dels fluids és multidimensional. S'exposen mètodes amb macro volums de control (mètodes del tipus porositat), mètodes basats en la resolució de les equacions de conservació sota les hipòtesis de capa límit, com finalment mètodes més avançats basats en la resolució multidimensional detallada de les equacions de Navier-Stokes.

Anàlisi completa dels sistemes (cicles de refrigeració): càlcul de disseny i càlcul de predicció. Tècniques de resolució global.

Realització de pràctiques de laboratori que permetin a l'estudiant prendre consciència d'aplicacions concretes, de les possibilitats dels mètodes numèrics desenvolupats així com de les tècniques experimentals de mesura i d'estimació d'errors experimentals.

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%

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

Continguts

Contingut 1. Introducció als sistemes de refrigeració/calefacció

Dedicació: 14h

Grup gran/Teoria: 4h

Activitats dirigides: 0h

Aprenentatge autònom: 10h

Descripció:

Conceptes bàsics sobre la tipologia i descripció dels sistemes de refrigeració més comuns: compressió de vapor, absorció cicles d'aire, efecte termoelèctric, etc.

Activitats vinculades:

Classe teòrica

Objectius específics:

Conèixer el funcionament del sistemes de refrigeració i calefacció bàsics.

Ésser capaç d'entendre el interès científic i tecnològic d'aquests sistemes tèrmics.

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

<p>Contingut 2. Sistemes de refrigeració i calefacció per compressió de vapor</p>	<p>Dedicació: 36h Grup gran/Teoria: 8h Activitats dirigides: 4h Aprentatge autònom: 24h</p>
<p>Descripció: Repàs d'aspectes bàsics de termodinàmica i transferència de calor: equacions de transport en forma integral (conservació de la massa, conservació del moment lineal, conservació de l'energia, segon principi de la termodinàmica).</p> <p>Fluids refrigerants. Característiques generals i classificació. Refrigerants no contaminants. Càlcul de propietats termodinàmiques i de transport en casos de fluids purs i de mescles.</p> <p>Anàlisi component a component del circuit frigorífic: Compressors: tipus i definició dels rendiments, anàlisi global (simplificat) de càlcul i simulació avançada de compressors. Anàlisi de fluxos bifàsics: fenomenologia de la condensació i evaporació, avaluació de la transferència de calor, de la fracció volumètrica de vapor i de la pèrdua de càrrega. Anàlisi de fluxos multicomponents. Anàlisi avançada de fluxos bifàsics. Condensadors i evaporadors. Característiques en funció del tipus de fluid secundari i d'aspectes propis del circuit de refrigeració (retorn d'oli, ...). Càlcul d'intercanviadors mitjançant mètodes analítics (mètode factor F, ϵ-NTU, ...). Càlcul avançat d'intercanviadors de calor en fluxos bifàsics. Condensació i formació de gel sobre les superfícies de transferència de calor. Dispositius d'expansió: tipus, detalls tecnològics, selecció de dispositius d'expansió. Càlcul avançat de tubs capilars. Elements auxiliars: tubs de unió, intercanviadors auxiliars, dipòsits d'acumulació, etc.</p> <p>Anàlisi completa del cicle: càlcul de disseny i càlcul de predicció. Tècniques de resolució global. Anàlisi avançats en règim transitori.</p> <p>Activitats vinculades: Classe teòrica Classe pràctica Treball teòric pràctic dirigit Treball d'abast reduït</p> <p>Objectius específics: Fer un repàs dels aspectes bàsics dels sistemes de refrigeració per compressió. Aprofundir en els diferents components d'un sistema tèrmic. Ésser capaç d'avaluar un cicle complet en els casos de predicció i disseny.</p>	

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

<p>Contingut 3. Refrigeració/calefacció per absorció</p>	<p>Dedicació: 25h</p> <p>Grup gran/Teoria: 6h Activitats dirigides: 2h Aprentatge autònom: 17h</p>
<p>Descripció: Introducció: breu repàs històric, principi físic, anàlisi termodinàmic dels cicles d'absorció: definició dels rendiments, anàlisi dels cicles per absorció.</p> <p>Fluids de treball: sistemes amb absorbent volàtil (H₂O-NH₃) i no volàtil (LiBr-H₂O). Implicacions tecnològiques: simple efecte, doble efecte, múltiple efecte (LiBr-H₂O), cicle d'absorció dual, cicles GAX (H₂O-NH₃). Altres parelles refrigerant-absorbent. Refrigeració de les màquines d'absorció: torres de refredament i refrigeració per aire.</p> <p>Anàlisi component a component del circuit d'absorció: Absorbidors: tipus segons refrigerant-absorbent i refrigeració (aigua-aire). Generadors: tipus segons refrigerant-absorbent i font energètica. Anàlisi del flux en pel lícula descendent de líquid: fenomenologia dels processos d'absorció i desorció. Nivells de simulació, equacions governants i hipòtesis assumides. Algorismes de resolució. Efecte de tensioactius. Ús de superfícies avançades de transferència de calor i de massa. Condensadors i evaporadors: descripció del tipus d'intercanviador segons refrigerant-absorbent i forma de refrigerar, detalls tecnològics. Elements d'intercanvi intern per millorar el rendiment: intercanviador de solució, intercanvi generador-absorbidor (GAX), pre-refredador: tipus i detalls tecnològics. Sistemes auxiliars: equip de buit, sistemes de purga, recuperació de tensioactius, recuperació d'aigua, sistemes de descristal·lització.</p> <p>Anàlisi completa del sistema i cicle d'absorció: disseny i predicció. Ús de models zero-dimensionals i de balanços globals. Estudi de la influència de les condicions externes sobre el sistema.</p> <p>Activitats vinculades: Classe teòrica Classe pràctica Treball teòric pràctic dirigit Treball d'abast reduït</p> <p>Objectius específics: Fer un repàs dels aspectes bàsics dels sistemes de refrigeració per absorció. Aprofundir en els diferents components d'un sistema tèrmic d'absorció. Ésser capaç d'avaluar un cicle complet en els casos de predicció i disseny.</p>	

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

<p>Contingut 4. Balanç de càrregues de refrigeració/calefactió</p>	<p>Dedicació: 27h Grup gran/Teoria: 6h Activitats dirigides: 4h Aprentatge autònom: 17h</p>
<p>Descripció: Càrregues tèrmiques de refrigeració: càrregues de producte, càrregues de transmissió, càrregues per fonts internes, càrregues per infiltració, etc. Exemples d'aplicació. Condicionament industrial Processos en plantes industrials Plantes de generació de potencia Cadena de fred Processos aplicació industrial de gel Processos criogènics</p> <p>Activitats vinculades: Classe teòrica Classe pràctica Treball teòric pràctic dirigit</p> <p>Objectius específics: Fer un repàs dels aspectes bàsics dels balanços de càrregues. Aprofundir en els diferents conceptes de càrregues. Ésser capaç d'avaluar exemples d'aplicació.</p>	

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

<p>Contingut 5. Generadors de calor per combustió: calderes</p>	<p>Dedicació: 23h Grup gran/Teoria: 6h Aprentatge autònom: 17h</p>
<p>Descripció: Introducció: breu repàs històric, principi físic, anàlisi termodinàmic dels generador de calor per combustió: cremadors, calderes, generadors d'aire calent. Combustibles i combustió. Flames i cremadors. Processos de combustió. Reacció estequiomètrica. Excés d'aire. Temperatura adiabàtica de flama. Pèrdues de calor. Post-combutió. Calderes i generadors d'aire calent. Rendiment tèrmic. Emissors de calor. Captadors solars. Plantes de cogeneració i trigeneració sobre cicles de potència amb turbines de vapor, amb turbines de gas o amb motors de combustió alternatius.</p> <p>Activitats vinculades: Classe teòrica Classe pràctica Treball teòric pràctic dirigit Treball d'abast reduït</p> <p>Objectius específics: Fer un repàs dels aspectes bàsics dels equips generadors de calor en general. Fer un repàs dels aspectes bàsics dels processos de combustió en particular. Aprofundir en els diferents conceptes d'emissió de calor i de cogeneració. Ésser capaç d'avaluar exemples d'aplicació.</p>	

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

Planificació d'activitats

<p>Classes de teoria</p>	<p>Dedicació: 40h Aprentatge autònom: 20h Grup gran/Teoria: 20h</p>
<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 tecno-científica, 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>	
<p>Classes pràctiques</p>	<p>Dedicació: 25h Grup gran/Teoria: 10h Aprentatge autònom: 15h</p>
<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. 	
<p>Treball teòric-pràctic dirigit</p>	<p>Dedicació: 14h Activitats dirigides: 4h Aprentatge autònom: 10h</p>

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

Descripció:

Els estudiants hauràn de fer treballs teòric-pràctic dirigits. L'estructura a seguir serà:

Grups de 2 ò 3 persones amb una durada màxima de 2 hores.

Discussió dels resultats obtinguts i dels problemes que han sorgit durant la realització.

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 farà un informe seguint unes pautes donades a classe.

Objectius específics:

Consolidar els coneixements adquirits a classe de teoria i pràctiques.

Treball d'abast reduït

Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 10h

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: 12h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 10h

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.

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

Proves de coneixement	Dedicació: 22h Grup gran/Teoria: 2h Aprentatge autònom: 20h
<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

Per %

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

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

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.

820760 - ETGCFM - Equips Tèrmics Generadors de Calor i Fred

Bibliografia

Bàsica:

Çengel, Yunus A; Ghajar, Afshin J. Transferencia de calor y masa : fundamentos y aplicaciones. 4a ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2011. ISBN 9786071505408.

Dossat, Roy J. Principios de refrigeración. México [etc.]: Compañía Editorial Continental, 1980. ISBN 9682602017.

Kreith, Frank; Bohn, Mark S. Principios de transferencia de calor. 6a ed. Madrid: International Thomson, cop. 2002. ISBN 8497320611.

Pita, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración. México D.F. [etc.]: Limusa, 1991. ISBN 9681839692.

Complementària:

Grimm, Nils R. Manual de diseño de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Madrid [etc.]: McGraw-Hill, 1996. ISBN 8448106636.

Kohan, Anthony Lawrence; Míguez Gómez, Claudio; Urcelay Azpitarte, Ramón. Manual de calderas : principios de operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas. Madrid [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2000. ISBN 8448125460.

Mills, Anthony F; Régules Ruiz-Funes, Sergio. Transferencia de calor. México DF [etc.]: Irwin, 1995. ISBN 8480861940.

Ramírez Miralles, Juan Antonio; Miranda, Ángel Luis; Llorens, Martín. Nueva enciclopedia de la climatización. Barcelona: CEAC, 2000-. ISBN 8432965421.

Márquez Martínez, Manuel. Combustión y quemadores. Barcelona: Marcombo Boixareu, DL 1989. ISBN 8426707718.

ASHRAE Handbook Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1985-. ISBN 1523-7230.

ASHRAE Handbook Refrigeration. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1994-. ISBN 1930-7209.

Altres recursos:

Material audiovisual

Notes made by the professors of the course

Recurs

Transparencies, proposed problems to be used in class

Recurs