

Guia docent

240052 - 240052 - Termodinàmica

Última modificació: 16/04/2024

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Unitat que imparteix: 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA EN TECNOLOGIES INDUSTRIALS (Pla 2010). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2024 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Català, Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: XAVIER RAMIS JUAN

Altres: Asensio Arjona, Sergio
Fernandez Francos, Xavier
Konuray, Ali Osman
Martin Godoy, Jose Luis
Moradi, Sasan
Morancho Llena, Jose Maria

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

1. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

METODOLOGIES DOCENTS

Durant les classes de teoria i problemes s'exposaran els principals aspectes teòrics de cadascun dels temes i es resoldran problemes d'aplicació pràctica. Alguns d'aquests problemes els resoldran els estudiants individualment o en grup i les dades necessàries per a resoldre's s'obtidran a partir de taules i gràfiques. També es proposarà als alumnes realitzar exercicis de disseny i final obert, fora de l'horari de classe, en què hauran de pensar en com es realitza un determinat procés, plantejar l'aplicació dels coneixements teòrics i procedir a la seva resolució numèrica. Per a resoldre aquest tipus de problema es podrà utilitzar algun programa informàtic tipus EES o equivalent. Tant els exercicis fets pels alumnes a classe com fora d'ella podran formar part de l'avaluació continuada de l'assignatura.

Els alumnes realitzaran cinc sessions de pràctiques de laboratori de dues hores cadascuna. Totes les sessions de laboratori consistiran en la realització experimental d'una pràctica.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu principal de l'assignatura és aplicar els principis de la Termodinàmica a processos d'interès industrial, com els de transformació de l'energia. Es dedicarà una especial atenció als anomenats cicles termodinàmics de producció de potència, de producció de fred i calor i a la termodinàmica de les reaccions de combustió i de l'aire humit.

Al finalitzar l'assignatura l'estudiantat ha de ser capaç de:

- Plantejar i resoldre els balanços d'energia, entropia i exergia de cicles termodinàmics i de dispositius i processos senzills relacionats amb la transformació de l'energia.
- Utilitzar taules i gràfiques de propietats termodinàmiques i d'altres eines que permeten trobar aquestes propietats.
- Analitzar si els resultats obtinguts en la resolució d'un problema són coherents amb el sistema estudiat.
- Medir experimentalment les propietats de fenòmens relacionats amb els continguts de l'assignatura.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	10,0	6.67
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00
Hores grup mitjà	12,0	8.00
Hores grup gran	38,0	25.33

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Tema 1. Propietats de les substàncies pures

Descripció:

Superfície PvT d'una substància pura. Diagrames Pv, Tv i PT. Taules i diagrames de propietats. Formes analítiques de relacionar propietats PvT. Càlcul de propietats termodinàmiques a partir del mètode de les funcions de discrepància.

Objectius específics:

Adquirir una metodologia per estimar propietats termodinàmiques de substàncies pures.

Aplicar el balanç d'energia per a sistemes tancats a la resolució de problemes.

Activitats vinculades:

Activitat 1. Pràctica 1. Propietats PvT d'una substància pura.

Activitat 8. Resolució de problemes fora de l'aula i/o Activitat 7. Prova en grup.

Competències relacionades:

CE7. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

Dedicació: 34h

Grup gran/Teoria: 5h

Grup mitjà/Pràctiques: 6h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 21h

Tema 2. Anàlisi energètica de sistemes oberts

Descripció:

Balanç de massa i energia en sistemes oberts. Equació de continuïtat. Anàlisi en un volum de control per a sistemes estacionaris i transitoris. Aplicació del balanç d'energia en sistemes d'interès en enginyeria: ompliment i buidat de dipòsits, calderes, vàlvules, intercanviadors, toveres, difusors, compressors i turbines.

Objectius específics:

Aplicar els balanços de massa i energia en sistemes oberts a la resolució de problemes.

Activitats vinculades:

Activitat 2. Pràctica 2. Compressió de gasos a baixes pressions.

Activitat 6. Prova individual d'avaluació continuada a classe

Activitat 8. Resolució de problemes fora de l'aula i/o Activitat 7. Prova en grup.

Competències relacionades:

CE7. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

Dedicació: 21h 30m

Grup gran/Teoria: 3h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 13h

Tema 3. Balanços d'entropia i d'exergia en sistemes oberts

Descripció:

Balanç d'entropia en sistemes oberts. Anàlisi en un volum de control. Rendiment isentròpic. Diagrames T-s i h-s. Exergia. Treball perdut. Balanç d'exergia en sistemes oberts estacionaris. Rendiment exergètic.

Objectius específics:

Utilitzar dades d'entropia per calcular rendiments isentròpics.

Aplicar el balanç d'entropia i exergia en les seves diferents formulacions a la resolució de problemes.

Activitats vinculades:

Activitat 8. Resolució de problemes fora de l'aula i/o Activitat 7. Prova en grup.

Competències relacionades:

CE7. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Aprenentatge autònom: 9h

Tema 4. Cicles de potència de turbina de vapor

Descripció:

Mètode d'anàlisi dels cicles termodinàmics. Cicle de Rankine. Millores: sobreescalfament, rescalfament intermedi, regeneració. Cogeneració. Anàlisi exergètic d'una planta de turbina de vapor.

Objectius específics:

Realitzar diagrames esquemàtics i representacions T-s de cicles de potència de vapor.
Analitzar energèticament i exergèticament els cicles de potència de Rankine.

Activitats vinculades:

Activitat 6. Prova individual d'avaluació continuada a classe
Activitat 8. Resolució de problemes fora de l'aula i/o Activitat 7. Prova en grup.

Competències relacionades:

CE7. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

Dedicació: 18h 30m

Grup gran/Teoria: 3h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 4h

Aprenentatge autònom: 11h

Tema 5. Cicles de potència de gas

Descripció:

Motors de combustió interna alternatius. Diagrama indicador. Cicle d'Otto amb aire estàndard. Cicle Diesel amb aire estàndard. Cicle Dual amb aire estàndard. Cicles d'Ericsson i Stirling. Turbina de gas oberta i tancada. Cicle de Brayton amb aire estàndard. Cicle de Brayton regeneratiu. Turbina de gas amb rescalfament i refredament intermedi. Cicle combinat de gas i vapor.

Objectius específics:

Analitzar els cicles d'Otto, Diesel i Dual.
Analitzar energèticament i exergèticament els cicles de turbina de gas.

Activitats vinculades:

Activitat 3. Pràctica 3. Motor Stirling
Activitat 8. Resolució de problemes fora de l'aula i/o Activitat 7. Prova en grup.

Competències relacionades:

CE7. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

Dedicació: 19h

Grup gran/Teoria: 3h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 11h

Tema 6. Cicles de refrigeració i bombes de calor

Descripció:

Cicle de refrigeració per compressió de vapor. Bomba de calor. Coeficient de funcionament. Propietats dels refrigerants. Cicles de refrigeració d'etapes múltiples i en cascada. Sistemes de refrigeració per gas.

Objectius específics:

Analitzar el cicles de refrigeració per compressió de vapor i de refrigeració amb gas.

Activitats vinculades:

Activitat 4. Pràctica 4. Cicle de refrigeració per compressió de vapor amb R-134a.

Activitat 6. Prova individual d'avaluació continuada a classe

Activitat 8. Resolució de problemes fora de l'aula i/o Activitat 7. Prova en grup.

Competències relacionades:

CE7. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 9h

Tema 7. Mescles no reactives de gasos ideals. Aire humit

Descripció:

: Descripció de les mescles de gasos ideals. Conceptes bàsics de psicrometria. Aire humit. Balanços de massa i d'energia en sistemes amb aire humit. Temperatura de saturació adiabàtica i de bulb humit. Diagrama psicromètric. Processos de condicionament d'aire.

Objectius específics:

Aplicar els principis de conservació de massa i energia a l'anàlisi de diferents processos de condicionament d'aire.

Utilitzar el diagrama psicromètric per analitzar processos de condicionament d'aire.

Activitats vinculades:

Activitat 5. Pràctica 5. Aire humit. Processos de condicionament d'aire

Activitat 8. Resolució de problemes fora de l'aula i/o Activitat 7. Prova en grup.

Competències relacionades:

CE7. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

Dedicació: 15h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 9h

Tema 8. Mescles reactives. Combustió

Descripció:

Termodinàmica dels sistemes reactius. Combustió. Aire estequiomètric i excés d'aire. Balanços de massa i d'energia en mescles reactives. Entropies absolutes. Entalpies estàndard de combustió i de formació. Potències calorífiques superior i inferior. Temperatura adiabàtica de flama. Balanç d'entropia en sistemes reactius. Anàlisi exergètic.

Objectius específics:

Aplicar balanços de matèria i energia a les mescles reactives.

Activitats vinculades:

Activitat 8. Resolució de problemes fora de l'aula i/o Activitat 7. Prova en grup.

Competències relacionades:

CE7. Coneixement de la termodinàmica aplicada i transmissió de calor. Principis bàsics i la seva aplicació a la resolució de problemes d'enginyeria.

Dedicació:

11h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 7h

ACTIVITATS

PRÀCTICA 1. PROPIETATS PVT D'UNA SUBSTÀNCIA PURA

Descripció:

Realitzar en grups de dues persones una pràctica de laboratori sobre la determinació experimental de propietats PvT d'una substància pura.

Objectius específics:

Interpretar la superfície PvT de substàncies pures i les seves projeccions.

Identificar els diferents estats d'un fluid.

Identificar els diferents tipus d'equacions d'estat.

Material:

Muntatge experimental per la determinació de la pressió, el volum i la temperatura d'una substància pura confinada en un sistema tancat.

Lliurament:

S'avaluarà l'activitat mitjançant el pre-laboratori, l'informe de post-laboratori i la valoració del professor sobre el rendiment de l'estudiant al laboratori.

Dedicació:

7h 30m

Aprenentatge autònom: 5h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

PRÀCTICA 2. COMPRESSIÓ DE GASOS A BAIXES PRESSIONS

Descripció:

Realitzar en grups de dues persones una pràctica de laboratori sobre la compressió de gasos a baixes pressions.

Objectius específics:

Identificar que el treball i la calor són funcions de la trajectòria.

Distingir els conceptes de procés isotèrmic, politròpic i adiabàtic.

Relacionar, analíticament i de forma gràfica, coeficient politròpic, treball i calor.

Comprendre el procés de funcionament d'una bomba de calor i d'un cicle de refrigeració.

Material:

Muntatge experimental consistent en un ciclidre-pistó amb tres sensors que permeten la mesura en temps real de la pressió, la temperatura i el volum.

Lliurament:

S'avaluarà l'activitat mitjançant el pre-laboratori, l'informe de post-laboratori i la valoració del professor sobre el rendiment de l'estudiant al laboratori.

Dedicació: 7h 30m

Aprenentatge autònom: 5h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

PRÀCTICA 3. MOTOR STIRLING

Descripció:

Realitzar en grups de dues persones una pràctica de laboratori sobre un motor que utilitza aire com a fluid de treball i alcohol com a combustible i que opera segons un cicle Stirling.

Objectius específics:

Analitzar el cicle Stirling.

Descriure el principi de funcionament dels motors i cicles de refrigeració de gas.

Determinar el rendiment i el coeficient d'eficiència dels cicles Stirling reals i ideals.

Material:

Muntatge experimental consistent en un motor Stirling amb diferents sensors que permeten la mesura en temps real de la pressió, el volum i la temperatura del gas a l'interior del motor i el nombre de voltes que dona el motor.

Lliurament:

S'avaluarà l'activitat mitjançant el pre-laboratori, l'informe de post-laboratori i la valoració del professor sobre el rendiment de l'estudiant al laboratori.

Dedicació: 7h 30m

Aprenentatge autònom: 5h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

PRÀCTICA 4. CICLE DE REFRIGERACIÓ PER COMPRESSIÓ DE VAPOR AMB R-134A

Descripció:

Realitzar en grups de dues persones una pràctica de laboratori sobre un cicle de refrigeració per compressió de vapor que funciona amb R-134a com a refrigerant.

Objectius específics:

Analitzar un cicle de refrigeració per compressió de vapor.

Representar el diagrama P-h d'un cicle de refrigeració per compressió de vapor a partir de dades experimentals.

Aplicar balanços d'energia a un volum de control.

Material:

Muntatge experimental consistent en un cicle de refrigeració per compressió de vapor amb R-134a. Manòmetres, termòmetres, rotàmetres i vatímetre que permeten mesurar diferents paràmetres experimentals de funcionament.

Lliurament:

S'avaluarà l'activitat mitjançant el pre-laboratori, l'informe de post-laboratori i la valoració del professor sobre el rendiment de l'estudiant al laboratori.

Dedicació: 7h 30m

Aprenentatge autònom: 5h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

PRÀCTICA 5. AIRE HUMIT

Descripció:

Realitzar en grups de dues persones una pràctica de laboratori sobre l'estudi de diferents processos condicionament d'aire utilitzant una unitat condicionadora d'aire.

Objectius específics:

Aprendre a mesurar les propietats de l'aire humit, utilitzant l'higròmetre, el psicròmetre i l'anemòmetre.

Aplicar balanços de matèria i energia a l'aire humit.

Calcular, utilitzant la informació experimental i el diagrama psicromètric, els cabals volumètrics i el fluxos de calor de les unitats interiors i exteriors.

Material:

Unitat condicionadora d'aire amb R-410.

Higròmetres, psicròmetres, termòmetres i anemòmetres.

Wattímetre.

Lliurament:

S'avaluarà l'activitat mitjançant el pre-laboratori, l'informe de post-laboratori i la valoració del professor sobre el rendiment de l'estudiant al laboratori.

Dedicació: 7h 30m

Aprenentatge autònom: 5h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

PROVES INDIVIDUALS D'AVUACIÓ CONTINUADA A CLASSE

Descripció:

Prova individual a l'aula consistent en la realització d'un exercici per tal d'avaluar si s'han assolit els continguts mínims necessaris indispensables dels temes fins a la data en què es realitza la prova.

Objectius específics:

Assolir els objectius específics del tema en el que es realitza la prova.

Material:

Enunciat de la prova, calculadora i taules de Termodinàmica.

Lliurament:

Devolució de la prova resolta, amb la corresponent retroalimentació del professorat.

Dedicació: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 1h

Grup mitjà/Pràctiques: 0h 30m

PROVES EN GRUP

Descripció:

Sessió puzzle amb grups base de tres persones. Es distribuïran problemes numèrics de solució única als membres del grup, de tal manera que cada problema cobreixi parcialment els objectius d'aprenentatge que es pretenen assolir. Després de la resolució dels problemes pels diferents membres del grup, a la part final de la sessió el grup consensua una solució definitiva i la lliura al professor.

Objectius específics:

Assolir els objectius específics del tema en el que es realitza el taller.

Material:

Enunciat dels problemes, calculadora, taules de Termodinàmica, apunts de classe.

Lliurament:

Devolució dels problemes resolts, amb la corresponent retroalimentació del professorat, a la sessió següent i reflexió en grup sobre els errors més destacables si s'escau. Alternativament es podrà lliurar la resolució dels problemes a ATENEA.

Dedicació: 3h 30m

Aprenentatge autònom: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 1h 30m

RESOLUCIÓ DE PROBLEMES FORA DE L'AULA

Descripció:

Resolució de problemes individualment fora de l'aula per tal de que l'alumnat assoleixi progressivament els objectius específics d'aprenentatge.

Objectius específics:

Assolir els objectius específics del tema en el que es realitza l'activitat.

Material:

Enunciats dels problemes, calculadora, taules de Termodinàmica, llibres i apunts de classe.

Lliurament:

Devolució dels problemes resolts, amb la corresponent retroalimentació del professorat.

Dedicació: 1h

Aprenentatge autònom: 1h

EXAMEN PARCIAL

Descripció:

Avaluació dels coneixements adquirits.

Lliurament:

Examen resolt.

EXAMEN FINAL

Descripció:

Avaluació dels coneixements adquirits

Lliurament:

Examen resolt.

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'avaluació constarà de quatre notes:

1) Nota examen final (Nef). Nef és la nota de la prova de conjunt que es realitzarà en la data que fixi l'Escola i constarà fonamentalment d'un conjunt d'exercicis numèrics. Per a la realització de l'examen final es podrà portar un formulari manuscrit d'un full d'extensió, el llibret de gràfiques i taules i la calculadora.

2) Nota prova parcial (Npp). Npp és la nota de la prova parcial que es realitzarà a meitat del quadrimestre en la data que fixi l'Escola i constarà de preguntes teòriques i exercicis numèrics. Per a la realització de la prova parcial es podrà portar un formulari manuscrit d'un full d'extensió, el llibret de gràfiques i taules i la calculadora.

3) Nota laboratori (Nlab). Aquesta nota correspon a la nota de les pràctiques de laboratori i s'obtindrà a partir del treball de pre-laboratori, del informe de post-laboratori i de la valoració del professor sobre el rendiment de l'estudiant al laboratori.

4) Nota d'avaluació continuada (Nac). Nac es desglossarà en les següents tres notes:

$$Nac = 0,4 \cdot Ncc + 0,3 \cdot Npac + 0,15 \cdot Nqa + 0,15 \cdot Ntaller$$

Ncc és la nota dels controls de coneixements realitzats presencialment a classe, Npac és la nota de les proves d'avaluació realitzades a Atenea, Nqa és la nota de les proves d'autoavaluació realitzades a Atenea i Ntaller és la nota de la resolució de problemes en grup.

Els estudiants amb les pràctiques aprovades que vulguin convalidar-les, hauran de passar pel Laboratori de Termodinàmica (planta 8) i dir-ho expressament. Les pràctiques es convalidaran amb la nota de pràctiques obtingudes.

La nota final es calcula com:

$$N_{final} = 0,55 \cdot Nef + 0,1 \cdot Npp + 0,1 \cdot Nlab + 0,25 \cdot Nac$$

Les notes Npp i Nac només es tindran en compte si són superiors a la nota Nef

La nota final de reavaluació, $N_{final, re}$ es calcula d'acord a la fórmula:

$$N_{final, re} = 0,9 \cdot N_{ef, re} + 0,1 \cdot Nlab$$

on $N_{ef, re}$ és la nota de l'examen de reavaluació

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Çengel, Yunus A. Termodinàmica [en línia]. 9a ed. México: McGraw-Hill, 2019 [Consulta: 08/09/2020]. Disponible a: http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=8722. ISBN 9781456272081.

- Moran, M. J.; Shapiro, H. N. Fundamentos de termodinàmica tècnica [en línia]. 2a ed. Barcelona: Reverté, 2004 [Consulta: 07/09/2022]. Disponible a: https://www.ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_Escritorio_Visualizar?cod_primaria=1000193&libro=7704. ISBN 8429143130.

Complementària:



- Van Wylen, Gordon John. Fundamentos de termodinámica. 2a ed. México: Limusa-Wiley, 1999. ISBN 9681851463.
- Wark, K. Termodinámica. 6a ed. Madrid: McGraw-Hill, 2001. ISBN 844812829X.

RECURSOS

Altres recursos:

¿ Taules i gràfiques de propietats termodinàmiques.

¿ Termodinàmica. Test i problemes.

¿ A la plataforma ATENEA es podrà trobar material docent, com per exemple, guions de pràctiques de laboratori, enunciats de problemes i qüestionaris i proves tipus test amb la seva resolució. També es podrà trobar material audiovisual i informàtic propi de cada professor.