

	<b>ENSENYAMENT DE ETIM</b>		
	<b>ASSIGNATURA: ENGINYERIA TÈRMICA</b>		
	<b>PROFESSOR/A RESPONSABLE: LLUÏSA F. CABEZA</b>		
	<b>CURS: 2on</b>	<b>CRÈDITS: 9</b>	<b>TIPUS: Troncal</b>

### 1. OBJECTIUS

Els objectius d'aquesta assignatura són els d'adquirir els coneixements necessaris de transferència de calor i de termodinàmica aplicada. Aquests coneixements són necessaris per entendre el funcionament de dispositius tèrmics típics (neveres, aparells d'aire condicionat, motors de cotxe o màquines de vapor).

### 2. ESTRUCTURA

L'assignatura s'estructura en dos quadrimestres, en el primer s'estudia transferència de calor i en el segon termodinàmica.

Els crèdits de l'assignatura es divideixen de la següent manera:

4,5 crèdits per quadrimestre repartits:

2 crèdits de teoria

1,5 crèdits de problemes

1 crèdit de pràctiques

### 3. PROGRAMA

*Transferència de calor:*

1. CONCEPTES BÀSICS DE TRANSFERÈNCIA DE CALOR
  - 1.1. Introducció a la transferència de calor
  - 1.2. Mecanismes de transferència de calor
  - 1.3. Simultaneïtat en els mecanismes de transferència de calor
  - 1.4. Problemes de conceptes bàsics de transferència de calor
  
2. CONDUCCIÓ DE CALOR EN ESTAT ESTACIONARI
  - 2.1. Conducció de calor en estat estacionari en parets planes
  - 2.2. Resistència tèrmica de contacte
  - 2.3. Xarxes de resistència tèrmica generalitzades
  - 2.4. Conducció de calor en cilindres i esferes
  - 2.5. Radi crític d'aïllament
  - 2.6. Transferència de calor des de superfícies amb aletes
  - 2.7. Transferència de calor en configuracions comuns
  - 2.8. Problemes de conducció de calor en estat estacionari
  
3. CONDUCCIÓ DE CALOR EN ESTAT TRANSITORI
  - 3.1. Anàlisi de sistemes de capacitat

- 3.2. Conducció de calor en estat transitori en parets planes grosses, cilindres llargs i esferes
- 3.3. Conducció de calor en estat transitori en sòlids semi-infinitos
- 3.4. Conducció de calor en estat transitori en sistemes multidimensionals
- 3.5. Problemes de conducció de calor en estat transitori

#### 4. MÈTODES NUMÈRICS EN CONDUCCIÓ DE CALOR

- 4.1. Formulació numèrica de problemes de conducció de calor
- 4.2. Conducció de calor en una dimensió en estat estacionari
- 4.3. Conducció de calor en dues dimensions en estat estacionari
- 4.4. Conducció de calor en estat transitori
- 4.5. Problemes de mètodes numèrics en conducció de calor

#### 5. CONVECCIÓ FORÇADA

- 5.1. Mecanisme físic de la convecció forçada
- 5.2. Capa límit de velocitat
- 5.3. Capa límit tèrmica
- 5.4. Flux sobre superfícies planes
- 5.5. Flux al voltant de cilindres i esferes
- 5.6. Flux en canonades
- 5.7. Problemes de convecció forçada

#### 6. CONVECCIÓ NATURAL

- 6.1. Mecanisme físic de la convecció natural
- 6.2. Convecció natural sobre superfícies
- 6.3. Convecció natural dins espais tancats
- 6.4. Convecció natural en superfícies aletejades
- 6.5. Convecció natural i forçada combinades
- 6.6. Problemes de convecció natural

#### 7. BESCOCANVIADORS DE CALOR

- 7.1. Tipus de bescanviadors de calor
- 7.2. Coeficient global de transferència de calor
- 7.3. Anàlisi de bescanviadors de calor
- 7.4. Mètodes de la diferència de temperatures logarítmica mitja
- 7.5. Mètode de l'eficiència NTU
- 7.6. Problemes de bescanviadors de calor

#### *Termodinàmica:*

#### 8. PROPIETATS DE SUBSTÀNCIES PURES

- 8.1. Substàncies pures
- 8.2. Fases d'una substància pura
- 8.3. Processos de canvi de fase d'una substància pura
- 8.4. Diagrames de propietats per processos de canvi de fase
- 8.5. Taules de propietats
- 8.6. Equació d'estat dels gasos ideals
- 8.7. El factor de compressibilitat – Una mesura de la desviació del comportament de gas ideal
- 8.8. Calors específics
- 8.9. Energia interna, entalpia i calor específic de gasos ideals
- 8.10. Energia interna, entalpia i calor específic de sòlids i líquids
- 8.11. Problemes de propietats de substàncies pures

#### 9. PRIMER PRINCIPI DE TERMODINÀMICA

- 9.1. El primer principi de termodinàmica
- 9.2. Balanç d'energia per sistemes tancats
- 9.3. Balanç d'energia per sistemes en estat estacionari
- 9.4. Alguns aparells d'enginyeria en estat estacionari
- 9.5. Balanç d'energia per processos en estat no estacionari
- 9.6. Problemes de primer principi de termodinàmica

- 10. SEGON PRINCIPI DE TERMODINÀMICA
- 10.1. Introducció al segon principi de termodinàmica
- 10.2. Dipòsits d'energia tèrmica
- 10.3. Màquines tèrmiques
- 10.4. Eficiències en la conversió d'energia
- 10.5. Refrigeradors i bombes de calor
- 10.6. El cicle de Carnot
- 10.7. La màquina tèrmica de Carnot
- 10.8. El refrigerador i la bomba de calor de Carnot
- 10.9. Problemes de segon principi de termodinàmica

#### 11. ENTROPIA

- 11.1. Entropia
- 11.2. El principi d'increment d'entropia
- 11.3. Canvi d'entropia de substàncies pures
- 11.4. Processos isentròpics
- 11.5. Canvi d'entropia de líquids i sòlids
- 11.6. Canvi d'entropia de gasos ideals
- 11.7. Eficiències isentròpiques d'aparells en estat estacionari
- 11.8. Balanç d'entropia
- 11.9. Problemes d'entropia

#### 12. CICLES DE POTÈNCIA DE GAS

- 12.1. Consideracions bàsiques en l'anàlisi de cicles de potència
- 12.2. El cicle de Carnot i el seu valor en enginyeria
- 12.3. Suposicions d'aire estàndard
- 12.4. Motores recíprocs
- 12.5. El cicle Otto: el cicle ideal dels motors d'encès per guspira
- 12.6. El cicle Diesel: el cicle ideal dels motors d'encès per compressió
- 12.7. Els cicles de Stirling i Ericsson
- 12.8. El cicle de Brayton: el cicle ideal per les turbines de gas
- 12.9. Problemes de cicles de potència de gas

#### 13. CICLES DE POTÈNCIA DE VAPOR I CICLES COMBINATS

- 13.1. El cicle de Carnot de vapor
- 13.2. El cicle de Rankine: el cicle ideal dels cicles de potència de vapor
- 13.3. Desviacions dels cicles de potència de vapor reals dels ideals
- 13.4. Com podem millorar l'eficiència del cicle de Rankine?
- 13.5. 13.7. El cicle combinat de gas-vapor
- 13.8. Problemes de cicles de potència de vapor i cicles combinats

#### 14. CICLES DE REFRIGERACIÓ

- 14.1. Refrigeradors i bombes de calor
- 14.2. El cicle de Carnot invers
- 14.3. El cicle de refrigeració de compressió de vapor ideal
- 14.4. El cicle de refrigeració de compressió de vapor real
- 14.5. Problemes de cicles de refrigeració

### **4. MATERIALS DE L'ASSIGNATURA I PROGRAMARI**

#### **Materials disponibles per l'estudi:**

Apunts de Transferència de calor – Enginyeria tèrmica  
Quaderns de l'EPS

Apunts de Termodinàmica – Enginyeria tèrmica  
Quaderns de l'EPS

Annex als Quaderns de l'EPS

## 5. BIBLIOGRAFIA

Bibliografia bàsica:

- Y. A. Çengel, "Heat Transfer. A practical approach", McGrawHill, 1998. ISBN: 0-07-011505-2.
- Y. A. Çengel, M. A. Boles, "Thermodynamics. An engineering approach", McGrawHill, 2002. ISBN: 0-07-112177-3.

Bibliografia complementària:

- F. P. Incropera, D. P. De Witt, "Fundamentos de transferencia de calor", Prentice Hall Hispanoamericana, 1999. ISBN: 970-17-0170-4.
- J. P. Holman, "Transferencia de calor", McGrawHill, 1998. ISBN: 84-481-2040-X.
- F. Kreith, M. S. Bohn, "Principios de transferencia de calor", Paraninfo Thompson, 2001. ISBN: 970-686-063-0.
- J. M. Marín, C. Monné, "Transferencia de calor", Kronos, 1998. ISBN: 84-88502-72-9.
- J. Illa, J. C. Cuchi "Problemes de termotència", Eumo, 1991. ISBN: 84-7602-558-0.
- M. J. Moran, H. N. Shapiro, "Fundamentos de termodinàmica tècnica", Ed. Reverté, 1994. ISBN: 84-291-4169-3.
- D. C. Look, H. J. Sauer, "Engineering Thermodynamics", Ed. Van Nostrand Reinhold, 1988. ISBN: 0-278-00052-5.

## 6. AVALUACIÓ

L'avaluació constarà d'una part teòrica i una altra de pràctica.

La part teòrica s'avaluarà separatament per cada quadrimestre i correspondrà a proves tipus examen individual. A cada quadrimestre hi haurà una prova parcial a meitat de quadrimestre, PQ1 i PQ2, i un examen final del quadrimestre, FQ1 i FQ2.

La nota de cada quadrimestre es computarà com:

$$Q1 = \max(0, 10 \cdot PQ1 + 0,90 \cdot FQ1, FQ1)$$

$$Q2 = \max(0, 10 \cdot PQ2 + 0,90 \cdot FQ2, FQ2)$$

La nota de la part teòrica de la 1era convocatòria serà:

$$NT(1) = (Q1 + Q2) / 2 \quad \text{si: } Q_i \geq 3$$

$$NT(1) = \min[(Q1 + Q2) / 2, 2,5] \quad \text{en cas contrari}$$

L'examen extraordinari constarà de dues parts, una per cada quadrimestre (QE1, QE2). L'alumne té la opció d'escollir si presentar-se o no a cadascuna d'aquestes parts. En cas de no presentar-se se li guardarà la nota de la 1era convocatòria del quadrimestre corresponent.

La nota de la part teòrica de la 2ona convocatòria serà:

$$NT(2) = (QE1 + QE2) / 2 \quad \text{si: } Q_i \geq 4$$

$$NT(2) = \min[(QE1 + QE2) / 2, 2,5] \quad \text{en cas contrari}$$

La part pràctica (NP) s'avaluarà a partir de les memòries de pràctiques de laboratori i altres treballs que es puguin demanar al llarg del curs (NM) i de la participació de l'alumne en l'assignatura (NA).

Nota de la part pràctica:

$$NP=0,6xNM+0,4xNA$$

NM: nota de memòries de pràctiques i treballs.

NA: valoració de la participació de l'alumne a l'assignatura.

Nota de l' assignatura:

$$N=0,7xNT+0,3xNP$$

$$N=\text{mín}[(0,7xNT+0,3xNP), 2,5]$$

si:  $NT \geq 4$  i  $NP \geq 4$

en cas contrari