

EXAMEN DE INGENIERÍA TÉRMICA - 16/06/16

**Ejercicio 1.** En un compresor entra aire a 290 K y 98 kPa, y se nos dice que se comprime según una politrópica de exponente 1'2, hasta una presión de 670 kPa. Calcúlese:

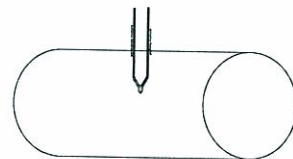
a- el trabajo, el calor intercambiado y la variación de entropía por unidad de masa de aire, según los datos facilitados.

b- Sin embargo, cuando se mide la temperatura de salida del aire, se observa que es de 420 K. Asimismo, la transferencia de calor entre el compresor y su entorno tiene lugar a una temperatura media en la superficie externa de 345 K. También se mide el consumo real de trabajo del compresor y es de 220 kJ/kg. Dígase si según estas mediciones hay entropía generada y cuánta por unidad de masa de aire.

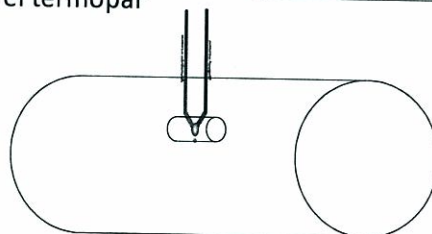
**Ejercicio 2.** En un ciclo Otto con una relación de compresión de 9, el aire entra a 100 kPa y 300 K. Si la temperatura máxima del ciclo es de 2250 K, calcúlese el trabajo neto del ciclo por unidad de masa de aire y su rendimiento. Otro ciclo Diesel, trabaja con una relación de compresión de 20 y la misma temperatura máxima del ciclo, 2250 K y mismas condiciones en la admisión (100 kPa y 300 K). Calcúlese su relación de corte (relación de combustión), su trabajo neto por unidad de masa de aire y su rendimiento.

**Ejercicio 3.** Se desea medir la temperatura de un gas que fluye por un conducto largo cuyas paredes están a 500 K. Para ello, se encarga a dos estudiantes de ingeniería que utilicen un termopar soldado a tope (ver figura) con una emisividad de 0,8. Uno de los alumnos inserta directamente el termopar en la tubería y la lectura indicada por el termopar es de 600 K. El otro alumno protege el termopar con un delgado escudo cilíndrico contra la radiación que se encuentra a 610 K y cuyo diámetro interno es considerablemente mayor que el diámetro del termopar. En este caso, la lectura del termopar indica 619 K. Si el coeficiente de transferencia de calor por convección entre la superficie del termopar y el gas es de  $142 \text{ W/m}^2\text{K}$ , calcúlese:

a- el error en la lectura del estudiante que no protege el termopar



b- el error en la lectura del estudiante que protege el termopar



Nota:

- Cada ejercicio vale un tercio del valor total del examen
- Duración: 3,5 horas. Las hojas de examen que no estén identificadas con nombre y apellidos, DNI, número de grupo y titulación, no serán corregidas.

**Ariketa 1.** Konpresore batean airea 290 K eta 98 kPa-etan sartzen da, eta 1'2 balioko berretzaile politropikoa duen prozesu politropiko baten bitartez 670 kPa presiorarte konprimatzen da. Kalkula bitez aire masa unitateko:

a.- Lana, trukaturako beroa eta entropia aldaketa, emandako datuak erabiliz.

b.- Konpresorearen irteeran airearen tenperatura neurtu egin da eta bere balioa 420 K dela ikusten da. Horretaz gain, konpresioak kontsumitzen duen lana ere neurtzen da, eta 220 kJ/kg dela konprobatzen da. Konpresorearen eta bere inguruaren arteko bero transferentzia 345 K-eko batzbesteko tenperaturan gertatzen dela jakinik, esan entropia garapenik dagoen eta, hala bada, kalkula bedi zenbakoa den, aire masa unitateko.

**Ariketa 2.** Otto motako aire-ziklo estandar bat, 9ko konpresio-erlazioaz jarduten da. Konpresioaren hasieran presioak 100 kPa eta tenperaturak 300 K balio dute. Zikloaren tenperatura maximoa 2250 K-ekoa da. Kalkula bitez zikloaren lan netoa aire masa unitateko eta zikloaren etekina.

Diesel motako zikloa batek berriz, 20ko konpresio-erlazioa dauka. Konpresioaren hasieran presioak 100 kPa eta tenperaturak 300 K balio dute, eta zikloaren tenperatura maximoa 2250 K da, aurreko kasuan bezala. Kalkula bitez, zikloaren ebaki-erlazioa (zabalkuntza-erlazioa), zikloaren lan netoa aire masa unitateko eta zikloaren etekina.

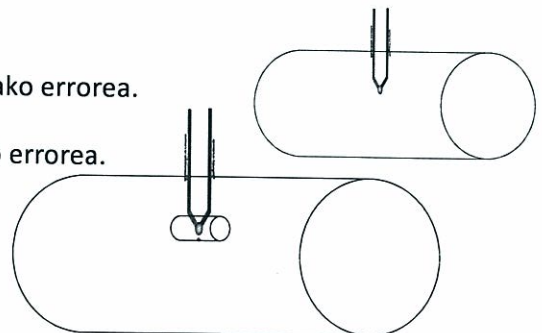
**Ariketa 3.** 500 K-eko tenperaturan dagoen hodi batean zehar doan gas baten tenperatura neurtu nahi da. Horretarako, 0'8ko emisibitatea duen termopare bat erabiltzeko esaten zaie ingenieritzako bi ikasleri. Ikasleetako batek termoparea hodian sartzen du zuzenean (ikus irudia), termoparearen bidez neurtutako tenperatura 600 K izanik.

Bigarren ikasleak, termoparea babes zilindriko batean sartuz, berau eta hodiaren arteko erradiazio bidezko bero trukea murriztea lortzen du (ikus irudia). Babes zilindrikoaren paretan tenperatura 610 K da, eta babes honen dimentsioak termoparearenak baino askoz handiagoak dira. Kasu honetan termopareak neurtutako tenperatura 619 K da.

Bi kasuetan termoparearen gainazala eta gasaren arteko konbektzio koefizientearen balioa 142 W/m<sup>2</sup>·K bada, kalkula bedi:

a.- Termoparea babesten ez duen ikasleak neurketan egindako errorea.

b.- Termoparea babesten duen ikasleak neurketan egindako errorea.



OHARRA:

- Ariketa bakoitzak azterketa osoak balio duenaren herena balio du.
- Iraupena: 3,5 ordu. Hurrengo datuak idatzi behar dira entregatutako orri guztietan, bestela orri horiek ez dira zuzenduko: Izena eta abizenak, NAN zenbakia, espezialitatea eta taldea.



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

GIPUZKOAKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE GIPUZKOA

1

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

| KALIFIKAZIOA<br>CALIFICACIÓN |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

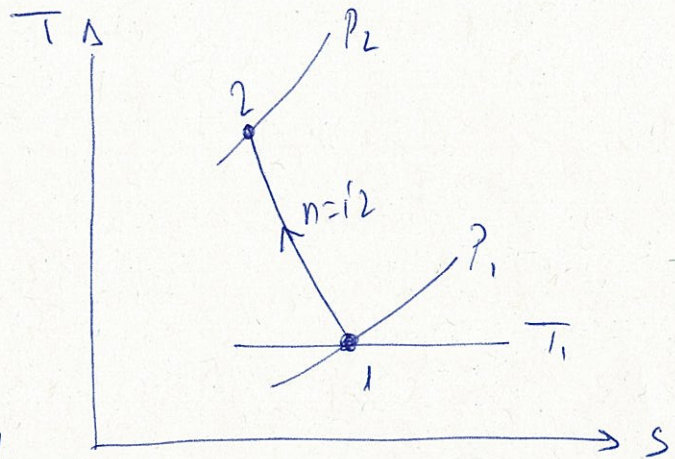
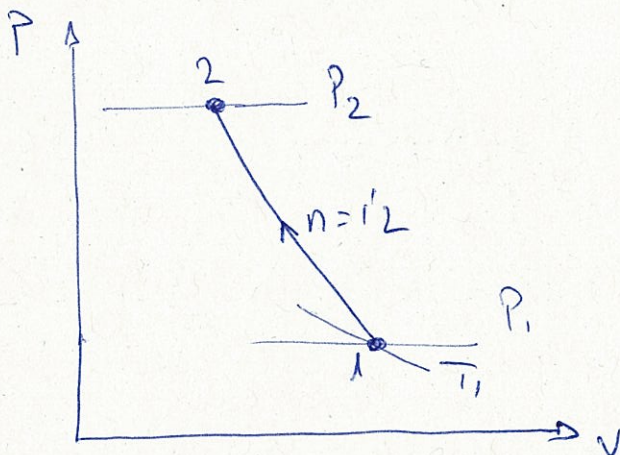
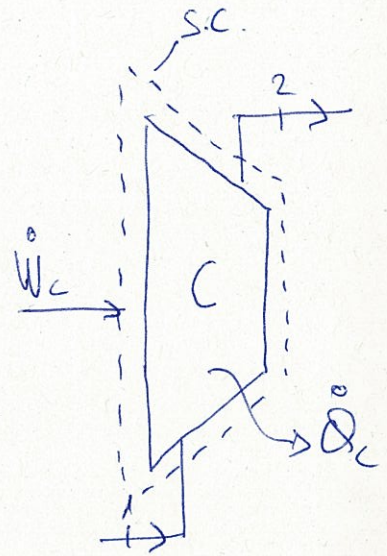
## EJERCICIO 1

Datos: Estado ①  $\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 98 \text{ kPa} \\ T_1 = 290 \text{ K} \end{array} \right.$

Estado ②  $\left\{ \begin{array}{l} P_2 = 670 \text{ kPa} \end{array} \right.$

Proceso politrópico  $\rightarrow n = 1.2$

Se trata de un sistema abierto en  
régimen permanente.



a)

Siendo proceso reversible, considerando el aire como  
gas ideal, se aplican las relaciones de los  
gases ideales:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \rightarrow T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 290 \left( \frac{670}{98} \right)^{\frac{0.2}{1.2}} = 399.5 \text{ K}$$

El trabajo de eje o de máquina, al haberse de un proceso politrópico, puede calcularse de forma analítica mediante:

$$\begin{aligned}
 w_c &= - \int_1^2 v dP = \\
 &= - \int_1^2 \left( \frac{cte}{P} \right)^{1/n} dP = - cte^{1/n} \left[ \frac{P^{1-1/n}}{\frac{1-1/n}{n}} \right]_1^2 = - \frac{n}{n-1} (P_1 v_1)^{1/n} \left[ P_2^{n/n} - P_1^{n/n} \right] = \\
 &= \frac{n}{n-1} (P_1 v_1 - P_2 v_2) = (\text{gas ideal}) = \frac{n}{n-1} R' (T_1 - T_2) = \\
 &= - \frac{1.2}{0.2} \cdot 0.287 (399.5 - 290) = \underline{\underline{-188.56 \text{ kJ/kg}}}
 \end{aligned}$$

Aplicando la ecuación de la energía:

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_c &= \dot{m} \left[ h_2 - h_1 + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right] + \dot{W}_c \\
 \dot{q}_c &= h_2 - h_1 + w_c = c_p (T_2 - T_1) + w_c = \\
 &= 1.0045 (399.5 - 290) - 188.56 = \underline{\underline{-78.57 \text{ kJ/kg}}}
 \end{aligned}$$

Considerando el aire como gas ideal, la variación de entropía puede calcularse según:

$$\begin{aligned}
 \Delta S_{12} &= c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R' \ln \frac{P_2}{P_1} = \\
 &= 1.0045 \ln \frac{399.5}{290} - 0.287 \ln \frac{670}{98} = \underline{\underline{-0.23 \text{ kJ/kgK}}}
 \end{aligned}$$



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

|                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| KALIFIKAZIOA<br>CALIFICACIÓN |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

b) La temperatura real del aire a la salida del compresor es :  $T_2 = 420 \text{ K}$

$$w_c = -220 \text{ kJ/kg}$$

$$T_{sc} = T_{\text{superficie de control}} = 345 \text{ K}$$

Aplicando el balance de entropía en este caso:

$$\Delta S_{12} = \int \frac{d\dot{Q}_c}{T} + S_G \quad \text{donde } T \text{ es la tem-}$$

peratura de la superficie de control a través de la que se produce la transferencia de calor desde el compresor; para obtener el calor transferido en este caso, aplicaremos la ecuación de la energía:

$$q_c = u_2 - u_1 + w_c = c_p (T_2 - T_1) + w_c =$$

$$= 1005 (420 - 290) - 220 = -89'42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

✓ sustituyendo en el balance de entropía:

$$s_G = \Delta S_{12} - \int \frac{\delta q_c}{T_{sc}} = \Delta S_{12} - \frac{q_c}{T_{sc}} \Rightarrow \text{para calcular}$$

la variación de entropía, considerando el aire como gas ideal:

$$\Delta S_{12} = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R' \ln \frac{P_2}{P_1} =$$

$$= 1005 \ln \frac{420}{290} - 0'287 \ln \frac{670}{98} = -0'18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Con lo q la entropía generada será:

$$s_G = \Delta S_{12} - \frac{q_c}{T_{sc}} = -0'18 - \frac{-89'42}{345} = 0'0795 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

El proceso es irreversible.



DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA  
CALIFICACIÓN

## EJERCICIO 2

Se traza de dos ciclos de aire estanco, el ciclo Otto, el ciclo Diesel. Comenzamos con el ciclo Otto:

Datos:

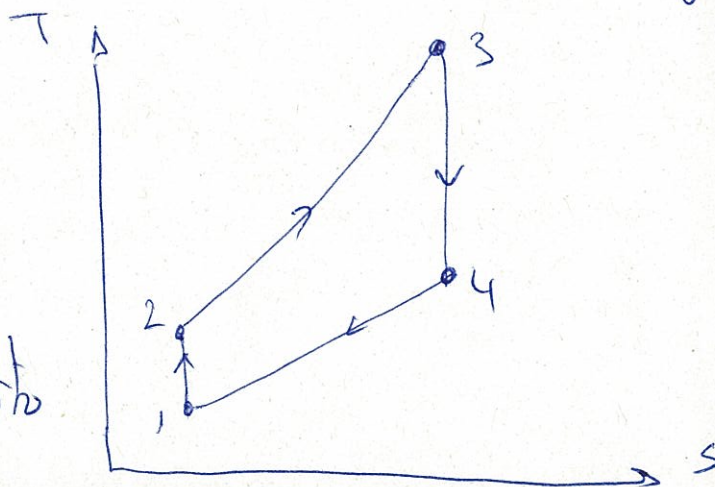
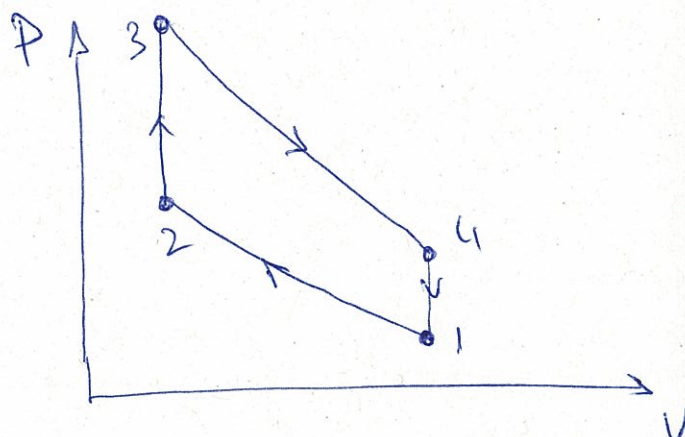
Ciclo Otto

$$r = \frac{V_1}{V_2} = 9$$

Estado ①  $\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 100 \text{ kPa} \\ T_1 = 300 \text{ K} \end{array} \right.$

$T_{\text{max}} = 2250 \text{ K}$

El estado de máxima temperatura a el ciclo Otto se alcanza al final de la combustión, luego  $T_3 = T_{\text{max}} = 2250 \text{ K}$



## Proceso 1-2 Compresión isentrópica

$$r = v_1/v_2 = 9$$

$$\text{Gas ideal} \rightarrow v_1 = \frac{R' T_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 300}{100 \cdot 10^3} = 0.861 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_2 = v_1/r = \frac{0.861}{9} = 0.0957 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Proceso politrópico } Relaciones de gases ideales  $\rightarrow$   
Gas ideal

$$P_2 = P_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{\gamma} = 100 (9)^{1.4} = 2167.4 \text{ kPa}$$

$$T_2 = \frac{P_2 v_2}{R'} = \frac{2167.4 \cdot 10^3 \cdot 0.0957}{287} = 722.72 \text{ K}$$

## Proceso 2-3 Absorción de calor a $v = \text{cte}$

$$v_3 = v_2$$

$$T_3 = T_{\text{max}} = 2250 \text{ K}$$

$$\frac{P_3 v_3}{T_3} = \frac{P_2 v_2}{T_2} \rightarrow P_3 = P_2 \frac{T_3}{T_2} = 2167.4 \cdot \frac{2250}{722.72} = 6747.6 \text{ kPa}$$

## Proceso 3-4 Expansión isentrópica

$$v_4 = v_1 = 0.861 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_3/P_4 = (v_4/v_3)^{\gamma} = (v_1/v_2)^{\gamma} \rightarrow P_4 = P_3 \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{\gamma} = P_3 \left( \frac{1}{r} \right)^{\gamma} =$$



Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

|                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| KALIFIKAZIOA<br>CALIFICACIÓN |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

$$= 311'32 \text{ kPa}$$

$$T_4 = \frac{P_4 \cdot V_4}{R'} = \frac{311'32 \cdot 10^3 \cdot 0'861}{287} = 934 \text{ K}$$

Proceso 4-1 Camino de calor a v.cte

$$V_4 = V_1$$

$$\text{Trabajo web} \rightarrow w_{\text{web}} = w_{12} + w_{23} + w_{34} + w_{41}$$

$$w_{12} = \int_{12} p \, dv - \Delta u_{12} = u_1 - u_2 = c_v (T_1 - T_2) =$$

$$= 0'718 (300 - 722'72) = -303'51 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{34} = \int_{34} p \, dv - \Delta u_{34} = u_3 - u_4 = c_v (T_3 - T_4) =$$

$$= 0'718 (2250 - 934) = 944'9 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{\text{web}} = w_{12} + w_{34} = -303'51 + 944'9 = \underline{\underline{641'4 \text{ kJ/kg}}}$$

$$\eta = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_{23}}$$

$$Q_{23} = \Delta u_{23} + \cancel{W_{23}} = u_3 - u_2 = c_v (T_3 - T_2) =$$

$$= 0.718 (2750 - 722.72) = 1096.6 \text{ kJ/kg}$$

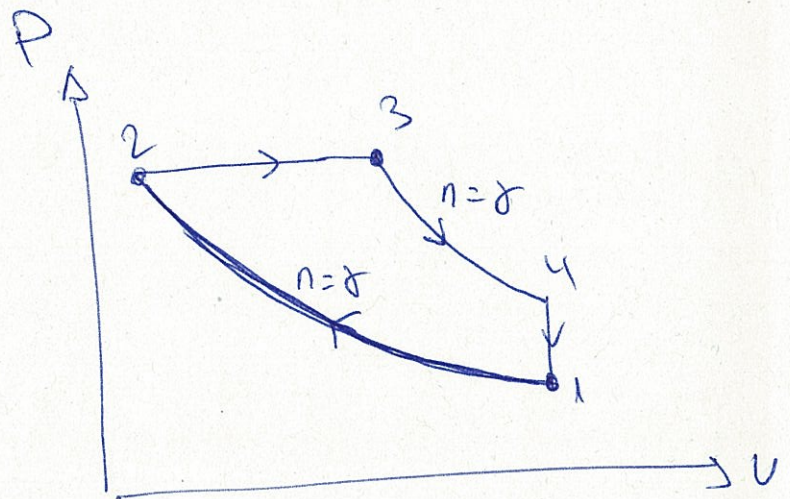
$$\eta_{\text{otto}} = \frac{641.4}{1096.6} = 0.585 \rightarrow \boxed{58.5\%}$$

Ciclo Diesel :

$$r = v_1/v_2 = 20$$

Estado 1  $\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 100 \text{ kPa} \\ T_1 = 300 \text{ K} \end{array} \right.$

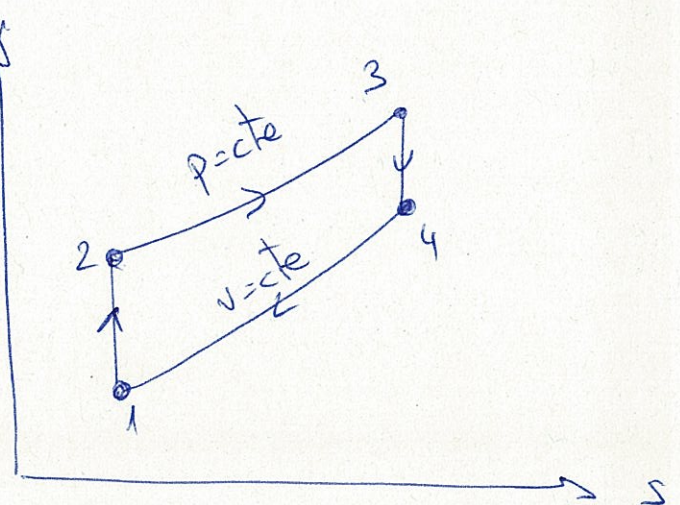
$$T_{\text{max}} = 2250 \text{ K}$$



Proceso 1-2 Compresión isentrópica

$$v_1 = \frac{R' T_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 300}{100 \cdot 10^3} = 0.861 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v_2 = v_1 / r = \frac{0.861}{20} = 0.043 \text{ m}^3/\text{kg}$$



$$P_2 = P_1 \cdot r^\gamma = 6628.9 \text{ kPa}$$

$$T_2 = \frac{P_2 v_2}{R'} = \frac{6628.9 \cdot 10^3 \cdot 0.043}{287} = 993.2 \text{ K}$$

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

|                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| KALIFIKAZIOA<br>CALIFICACIÓN |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Proceso 2-3 Absorción de calor a  $q = cte$

$$P_3 = P_2 = 6628'9 \text{ kPa}$$

$$T_3 = T_{\max} = 2250 \text{ K}$$

Relaciones gases ideales  $\rightarrow v_3 = v_2 \frac{T_3}{T_2} = 0'043 \frac{2250}{993'2} =$   
 $= 0'097 \text{ m}^3/\text{kg}$

Proceso 3-4 Expansión isentrópica

$$v_4 = v_1 = 0'861 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Relaciones gases ideales  $\rightarrow P_4 = P_3 \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^\gamma =$   
 $= 6628'9 \left( \frac{0'097}{0'861} \right)^{1'4} = 311'83 \text{ kPa}$

$$T_4 = \frac{P_4 \cdot v_4}{R'} = \frac{311'83 \cdot 10^3 \cdot 0'861}{287} = 935'49 \text{ K}$$

Relación de corte  $\rightarrow r_c = v_3/v_2 = \frac{0'097}{0'043} = \boxed{2'26}$

$$\text{Trabalho neto} : w_{\text{neto}} = w_{12} + w_{23} + w_{34} + \cancel{w_{41}}_0$$

$$\begin{aligned} q_{12} = 0 \rightarrow w_{12} &= -\Delta u_{12} + \cancel{q_{12}}_0 = C_v(T_1 - T_2) = \\ &= 0.718 (300 - 993.2) = -497.7 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$w_{23} = q_{23} - \Delta u_{23} = (*)$$

$$q_{23} = \{p = \text{cte}\} = C_p(T_3 - T_2)$$

$$\begin{aligned} (*) &= C_p(T_3 - T_2) - C_v(T_3 - T_2) = R'(T_3 - T_2) = \\ &= 0.287 (2250 - 993.2) = 360.7 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\text{o tambem: } w_{23} = \int_2^3 p \, du = \{p = \text{cte}\} = p \int_2^3 du =$$

$$= p \Delta u_{23} = R' \Delta T_{23}$$

$$\begin{aligned} w_{34} &= \cancel{q_{34}}_0 - \Delta u_{34} = u_3 - u_4 = C_v(T_3 - T_4) = \\ &= 0.718 (2250 - 935.49) = 943.8 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$w_{\text{neto}} = w_{12} + w_{23} + w_{34} = -497.7 + 360.7 + 943.8 = 806.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_{\text{Dietel}} = \frac{w_{\text{neto}}}{q_{23}} = \frac{806.8}{C_p(T_3 - T_2)} = \frac{806.8}{1004.5(2250 - 993.2)} = 0.639 \rightarrow 63.9\%$$



Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO INGENIARITZA ESKOLA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

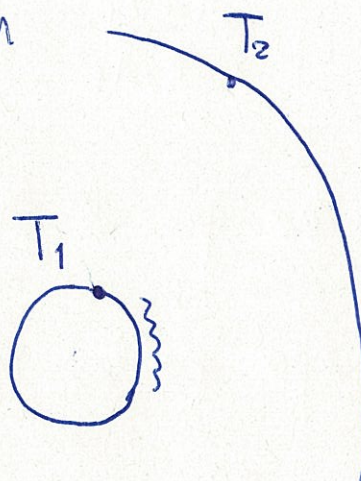
|                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| KALIFIKAZIOA<br>CALIFICACIÓN |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

### EJERCICIO 3

\* Estudiante que no protege el termopar

Datos:

- $T_1 = 600 \text{ K}$
  - $\varepsilon_1 = 0.8$
  - $T_2 = 500 \text{ K} \rightarrow$  Conducto
- } Termopar



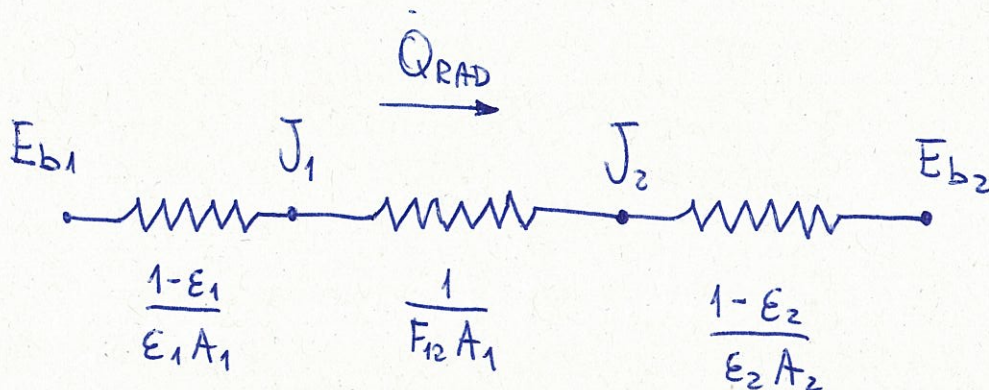
- La temperatura de la superficie del conducto es inferior a la del termopar. Esto significa que la transferencia de calor neta por radiación se produce desde el termopar hacia las paredes del conducto. Para que la temperatura del termopar permanezca constante, régimen permanente, el termopar debe recibir del gas por convección la misma cantidad de calor que cede por radiación.

$$\dot{Q}_{\text{CONV}} = |\dot{Q}_{\text{RAD}}|$$

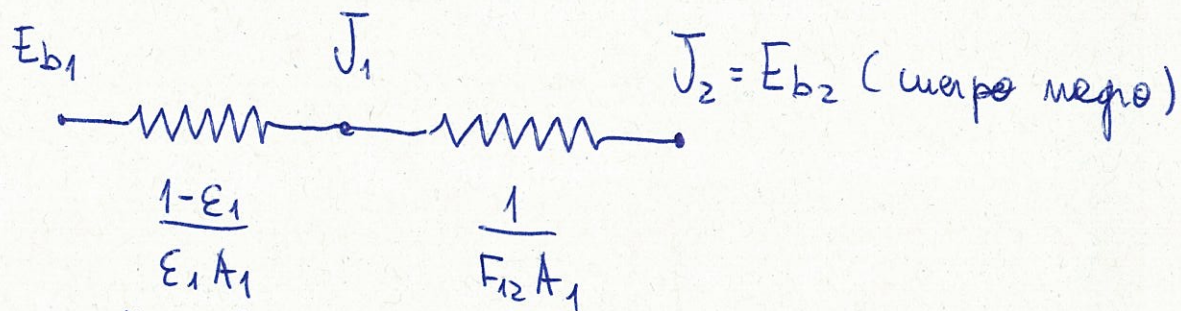
$$\dot{Q}_{\text{CONV}} = h \cdot A_1 (T_f - T_1) = 142 \cdot A_1 (T_f - 600)$$

$$\frac{\dot{Q}_{\text{CON}}}{A_1} = 142 (T_f - 600)$$

$$\dot{Q}_{\text{RAD}} \Rightarrow$$



- Se considera que el termopar es un cuerpo pequeño dentro de un cuerpo grande, el conducto.



$$|\dot{Q}_{\text{RAD}}| = \sigma \frac{|T_2^4 - T_1^4|}{\frac{1-E_1}{A_1 \cdot E_1} + \frac{1}{F_{12} A_1}}$$

$$F_{12} = 1$$

$$|\dot{Q}_{\text{RAD}}| = \sigma A_1 \frac{|T_2^4 - T_1^4|}{\frac{1-E_1}{E_1} + \frac{1}{F_{12}}} \Rightarrow \frac{|\dot{Q}_{\text{RAD}}|}{A_1} = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{|500^4 - 600^4|}{\frac{1-0.8}{0.8} + 1}$$



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

|                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| KALIFIKAZIOA<br>CALIFICACIÓN |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

$$\frac{|\dot{Q}_{RAD}|}{A_1} = 3043'7 \text{ W}$$

$$\frac{\dot{Q}_{CONV}}{A_1} = \frac{|\dot{Q}_{RAD}|}{A_1} = 3043'7 = 142(T_f - 600) \rightarrow T_f = 621'4 \text{ K}$$

$$\boxed{\text{error} = \frac{|T_f - T_1|}{T_f} \times 100 = \frac{621'4 - 600}{621'4} \times 100 = 3'45\%}$$

\* Estudiante que protege el termopar

$\dot{Q}_{CONV} = |\dot{Q}_{RAD}|$ , pero en este caso el termopar intercambia calor por radiación con la protección.

$- T_1 = 619 \text{ K}$   
 $- \epsilon_1 = 0'8$

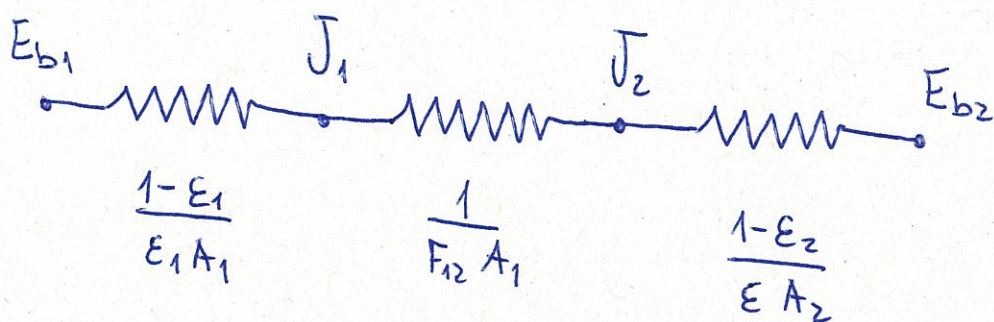
} Termopar

$T_2 = 610 \text{ K} \rightarrow \text{Protección}$

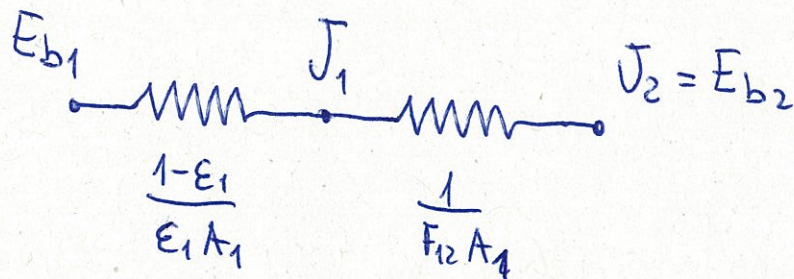
$$\dot{Q}_{\text{CONV}} = h \cdot A_1 (T_g - T_1) = 142 \cdot A_1 (T_g - 619)$$

$$\frac{\dot{Q}_{\text{CONV}}}{A_1} = 142 (T_g - 619)$$

$$\dot{Q}_{\text{RAD}}$$



- Termopan  $\leftrightarrow$  Protezione  $\rightarrow$  Corpos pequeno en el interior de un corpos grande.



$$F_{12} = 1$$

$$|\dot{Q}_{\text{RAD}}| = \frac{|E_{b2} - E_{b1}|}{\frac{1-E_1}{E_1 A_1} + \frac{1}{F_{12} A_1}} \rightarrow \frac{|\dot{Q}_{\text{RAD}}|}{A_1} = \sigma \frac{|T_2^4 - T_1^4|}{\frac{1-E_1}{E_1} + \frac{1}{F_{12}}} =$$

$$= 5'67 \cdot 10^{-8} \frac{|610^4 - 619^4|}{\frac{1-0'8}{0'8} + 1} = 378'9 \text{ W}$$



Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO INGENIARITZA ESKOLA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE GIPUZKOA

DEITURAK / APELLIDOS:

IZENA / NOMBRE:

TITULAZIOA / TITULACIÓN:

N.A.N. / D.N.I.

IKASTURTEA / CURSO:

DATA / FECHA:

IRAKASGAIA / ASIGNATURA:

|                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| KALIFIKAZIOA<br>CALIFICACIÓN |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

$$\frac{\dot{Q}_{\text{CONV}}}{A_1} = \frac{|\dot{Q}_{\text{RAD}}|}{A_1} = 378'9 \text{ W} = 142 (T_f - 619) \rightarrow T_f = 621'7 \text{ K}$$

$$\epsilon_{\text{mol}} = \frac{|T_f - T_1|}{T_f} \times 100 = \frac{621'7 - 619}{621'7} \times 100 = 0'43\%$$

