Pontificia Universidad Católica de Chile
FIS1523 - Termodinámica

Ayudantía Termodinámica n.8

Profesor: Francisco Castillo
Ayudante: Alessandro Santoni - asantoni@uc.cl
Viernes 20 de Mayo de 2022

Problema 1

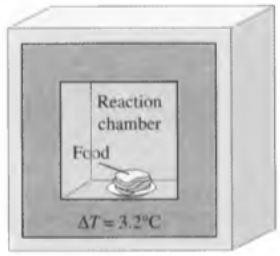
Un pistón cilindrico sin roce contiene inicialmente aire a presión $100\,kPa$ y volumén $0.15\,m^3$. En este estado, un resorte lineal toca el pistón sin empujarlo. Ahora el aire se calienta hasta llegar a la presión de $800\,kPa$ y volumén $0.45\,m^3$. Determinar:

a) El proceso en el grafico P-V y el trabajo total hecho por el aire

b) El trabajo hecho en contra del resorte

Problema 2

El contenuto de energía de una comida se quiere determinar con un calorímetro que contiene $3\,kg$ de agua, quemando $2\,g$ de esa misma comida en presencia de $100\,g$ de aire en la cámara de reacción.



Si la temperatura del agua sube de $3.2°C$ despues de llegar al equilibrio, determinar el contenido en energía de la comida en kJ/kg, despreciando la energía termica acumalada en la cámara de reacción. Cuál es una estimación aproximada del error que se hace despreciando esa energía?

Problema 3

Una masa de Refrigerante 134a ingresa de manera continua en un tubo de diametro $28\,cm$ a la temperatura de 20° y presión de $200\,kPa$ con velocidad de $5\,m/s$. El refrigente adquiere calor mientras fluye y sale del tubo a $180\,kPa$ y $40°C$. Determinar:

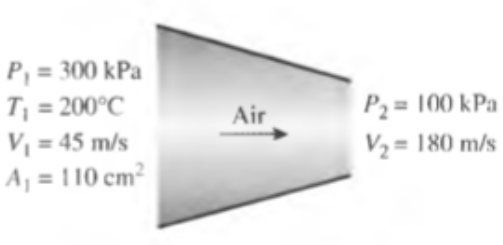
A) El rate de flujo de volumen de refrigerante al ingreso del tubo

B) El rate de flujo de masa de refrigerante

C) La velocidad y el rate de flujo de volumen a la salida del tubo

Problema 4

Una cantidad de aire ingresa en una boquilla adiabática de manera continua y a la presión de $300\,kPa$, temperatura de $200°C$ y velocidad $45\,m/s$, y sale de la boquilla a la presión de $100\,kPa$ y velocidad $180\,m/s$ La área de entrada de la boquilla es de $110\,cm^2$. Determinar:

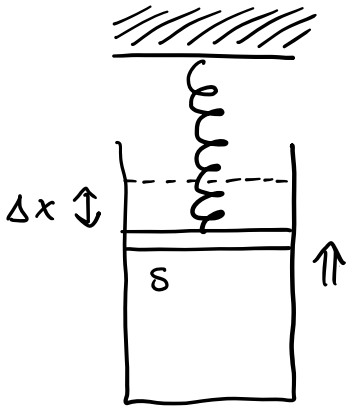


1. El rate del flujo de masa que pasa por la boquilla
2. La temperatura del aire que sale de la boquilla
3. La área de salida de la boquilla

P1) El resorte es un resorte lineal, entonces:

$$\vec{F} = -k\vec{\Delta x}$$

Esto implica que en cada instante el aumento de presión del gas es balanceado por la presión del resorte



a) $P_{gas} = P_0 + \Delta P = P_0 + \Delta P_{resorte} =$

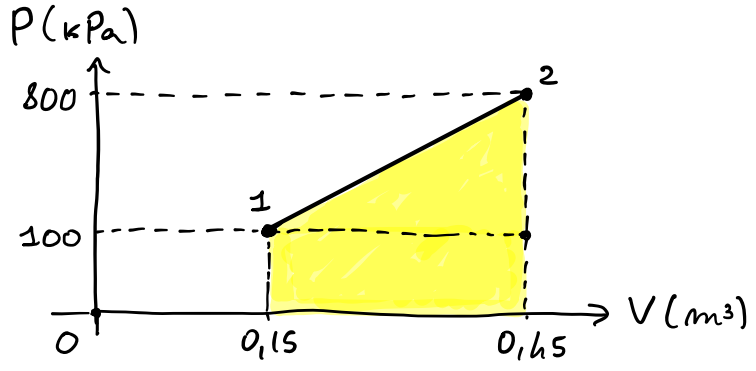
$= P_0 + \frac{F}{S} = P_0 + \frac{k\Delta x}{S} =$

$= P_0 + \frac{k}{S^2}\Delta V = P_0 - \frac{k}{S^2}V_0 + \frac{k}{S^2}V$

$V = S \cdot x$

$\Rightarrow P_{gas} \propto V$ La presión del gas es proporcional el volumen del gas en el proceso

Entonces en el grafico P-V tenemos una recta:



De la cual vemos que el trabajo del gas (dado por el área debajo de la curva en el grafico P-V) será:

$$W_{12} = \frac{1}{2}(0{,}45\ m^3 - 0{,}15\ m^3)(800\ kPa + 100\ kPa) =$$

$$= 135\ kJ$$

b) Si el resorte no estuviera ($k=0$):

$P_{gas} = P_0$ que implica que el trabajo del gas sería simplemente

$$W = P_0(V_2 - V_1) = 100\ kPa\ (0.45\ m^3 - 0.15\ m^3) =$$

$$= 30\ kJ$$

Esto implica que el trabajo adicional hecho en contra del resorte será:

$$\Delta W = 135\ kJ - 30\ kJ = 105\ kJ$$

(P2) El calor específico del agua a temperatura ambiente es de $C = 4.18\ kJ/kg\,°C$, mientras que el calor específico a volumen constante del aire es $C_v = 0.718\ kJ/kg\,°C$.

Despreciando el calor transferido al aire, todo el calor generado quemando la comida tiene que transformarse en energía interna del agua

$$Q = \Delta U_{agua} = m_{agua} C \Delta T =$$

$$= 3\,kg\,(4.18\ kJ/kg\,°C)(3.2°C) = 40.13\ kJ$$

Esto implica por 2g de comida: $\frac{40.13\,kJ}{0.002\,kg} = 20060\ kJ/kg$

Para estimar rapidamente el error al trascurar el calor que se desprende en la cámara de reacción, es suficiente calcular cuanto sería el cambio de energía interna de la cámara de reacción si su contenido fuera puro aire:

$$m_{camara} = 100g + 2g = 102g = 0.102\,kg$$

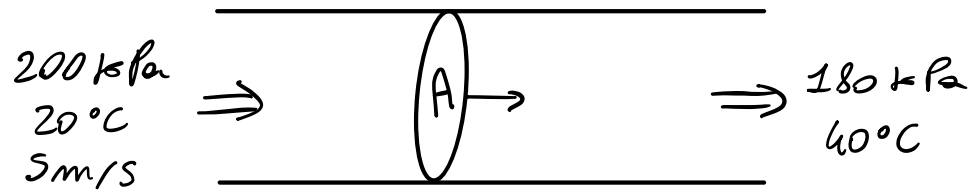
Implicando:

$$\Delta U_{\text{cenizas}} = m\, c_v\, \Delta T = (0.102\ \text{kg})(0.718\ \text{kJ/kg°C})(3.2\ °\text{C}) =$$

$$= 0.23\ \text{kJ}$$

Que vemos que es menos de 1% del cambio de energía interna del agua ⇒ Nuestro error al despreciarla será < 1%

P3



El volumen especifico del Refrigerante 134a al ingreso y la salida del tubo se puede encontrar con la tabla (A-13) de CENGEL

$$\left.\begin{matrix} P_1 = 200\,kPa \\ T_1 = 20\,^\circ C \end{matrix}\right\} v_1 = 0.1142\ m^3/kg$$

$$\left.\begin{matrix} P_2 = 180\,kPa \\ T_2 = 40\,^\circ C \end{matrix}\right\} v_2 = 0.1374\ m^3/kg$$

a) El rate de flujo de volumen el ingreso como

$$\dot{V}_1 = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A\Delta x}{\Delta t} = A \cdot u_1 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot u_1 =$$

$$= \pi \frac{1}{4} (0.28\,cm)^2 \cdot 5\,m/s = 0.3079\ m^3/s$$

b) El rate de flujo de masa se calcula a partir de la de volumen como:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{V}_1}{v_1} = \frac{0.3079\ m^3/s}{0.1142\ m^3/kg} = 2.696\ kg/s$$

c) Como la sección del tubo es constante será constante tambien el rate de flujo de masa : $\dot{m} = cost$

$$\Rightarrow \dot{m}_2 = \dot{m}_1 = \frac{\dot{V}_2}{v_2} \quad \text{del cual}$$

$$\dot{V}_2 = v_2 \dot{m}_2 = v_1 \dot{m}_1 = (0.1374\ m^3/kg)(2.696\ kg/s) =$$
$$= 0.3705\ m^3/s$$

y finalmente podemos encontrar la velocidad de salida del refrigerante:

$$u_2 = \frac{\dot{V}_2}{A} = \frac{V_2}{\pi \frac{D^2}{4}} = 4\frac{V_2}{\pi D^2} = 4 \cdot \frac{0.3705\ m^3/s}{\pi (0.28m)^2} = 6.02\ m/s$$

Ph) Por las caracteristicas de la boquilla vemos a despreciar intercambio de calor (adiabatico) y cambios en la energia potencial.

La constante R del aire es: $0.287\ kPa\ m^3/kg\ K$

a) Suponde la ecuación de los gases ideales el volumen especifico al ingreso es

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{(0.287\ kPa\ m^3/kg\cdot K)(200+273)K}{300\ kPa} =$$

$$= 0.4525\ m^3/kg$$

NOTA: $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$ Porque solo hay una entrada y una salida

De lo cual encontramos:

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}_1}{v_1} = \frac{1}{v_1} A_1 U_1 = \frac{1}{0.4525\ \frac{m^3}{kg}} (0.011\ m^2)(45\ m/s) =$$

$$= 1.094\ kg/s$$

b) Siendo el proceso estacionario el balance de energia del sistema "boquilla" tiene que ser constante en el tiempo

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = 0 \Rightarrow \dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

donde (recordando $\dot{Q} \sim \dot{W} \sim 0$)

h_1 = entalpía por unidad de masa

u_1 = velocidad al ingreso (constante)

$$\dot{E}_{in} = \dot{m}\left(h_1 + \frac{u_1^2}{2}\right)$$
$$\dot{E}_{out} = \dot{m}\left(h_2 + \frac{u_2^2}{2}\right)$$

$$\hookrightarrow \; h_2 - h_1 + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} = 0$$

De la ec., siendo $h = c_p T$, donde $c_p^{200°C} \sim 1.02\ kJ/kgK$

$$c_p(T_2 - T_1) + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} = 0 \;;$$

$$\downarrow$$

$$T_2 = T_1 - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2c_p} = 473\,K - \frac{(180\ m/s)^2 - (45\ m/s)^2}{2 \cdot (1.02\ kJ/kgK)} =$$

$$= 458.2\,K = 185.2\,°C$$

c) El volumen específico a la salida de la boquilla se puede encontrar nuevamente con la ecuación de los gases ideales

$$v_2 = \frac{RT_2}{P_2} = \frac{(0.287\ kPa\,m^3/kg\cdot K)(458.2\,K)}{200\ kPa} = 1{,}315\ m^3/kg$$

Que implica: $\dot{m} = \frac{1}{v_2} A_2 u_2$

$$\Downarrow$$

$$A_2 = \frac{\dot{m} v_2}{u_2} = \frac{(1{,}094\ kg/s)(1{,}315\ m^3/kg)}{(180\ m/s)} =$$

$$= 0.008\ m^2 = 80\ cm^2$$