

Thermodynamic_2026_1

Review

NEDHER SANCHEZ RAMIREZ
NAUDY LOPEZ



OBJECTIVE

Session 27-28: Review of some topics that we have seen.



Recomendaciones generales:

- Leer antes de clase y entender los conceptos o preguntar si es necesario.
- Practicar bastante:
 - *Ejercicios de clase
 - *Asesorías
 - *Ejercicios del libro resueltos y los de final de capítulo
- Los quizzes virtuales y gradescope úsenlos para aprender de forma honesta (se puede inferir).
- Tengan grupos de estudio y apóyense mutuamente.
- Crear sus propias notas estudio y formulario.
- Son 4 horas de clase en la semana (asistir y ser puntuales, perder alguna es atrasarse mucho)
- Cada hora de clase son 3 horas de estudio por fuera mínimo.
- En la ppt de la semana 1 están todos los links claves para el curso.

Thermodynamics _ Evaluation

S_8 $\rightarrow$ A
 S_{16} $\rightarrow$ F

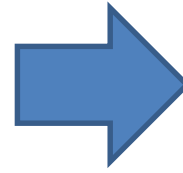
COMPONENTE	%
EXAMEN PARCIAL	20
EXAMEN FINAL	30
C	50
APROBACIÓN: 11/20	

EXÁMENES	FECHAS
EXAMEN PARCIAL	(MAYO 11)
EXAMEN FINAL	(JULIO 6)

EXAMEN PARCIAL : Todos los temas vistos hasta la semana 6.

EXAMEN FINAL: Todos los temas vistos hasta la semana 15

EXAMEN FINAL



JULIO 6

HORARIO: PM

Estén atentos a Canvas para saber en que salón les toca HORARIO e indicaciones adicionales, máximo el viernes se envía esta información.

Thermodynamics _ Evaluation

SEMANA 1	TAREA VIRTUAL	SE CALIFICA AUTOMATICO NO NECESITA PROCEDIMIENTO
SEMANA 2	TAREA VIRTUAL	
SEMANA 3	TAREA VIRTUAL	
		TAREA INDIVIDUAL: Esta parte incluye subir un archivo con la solución
SEMANA 4	TAREA INDIVIDUAL 1 + EVALUACION_AULA1	EVALUACION_AULA: SEMANAS 1-2
SEMANA 5	TAREA VIRTUAL+ EVALUACION_AULA2	EVALUACION_AULA: SEMANAS 1-3
SEMANA 6	TAREA VIRTUAL+TAREA INDIVIDUAL 2	
SEMANA 7	TAREA VIRTUAL+ EVALUACION_AULA3	EVALUACION_AULA: SEMANAS 1-6
SEMANA 8	PARCIAL	
	EVALUACION_AULA4+TAREA INDIVIDUAL 3 +Tarea grupal 1	
SEMANA 9		EVALUACION_AULA: SEMANAS 1-8
SEMANA 10	TAREA VIRTUAL	
SEMANA 11	TAREA VIRTUAL	
SEMANA 12	TAREA VIRTUAL+ EVALUACION_AULA5	EVALUACION_AULA: SEMANAS 1-11
SEMANA 13	TAREA VIRTUAL+TAREA INDIVIDUAL 4 + Tarea grupal 2	
	EVALUACION_AULA6	
SEMANA 14		EVALUACION_AULA : SEMANAS 1-13
SEMANA 15		
SEMANA 16	FINAL	

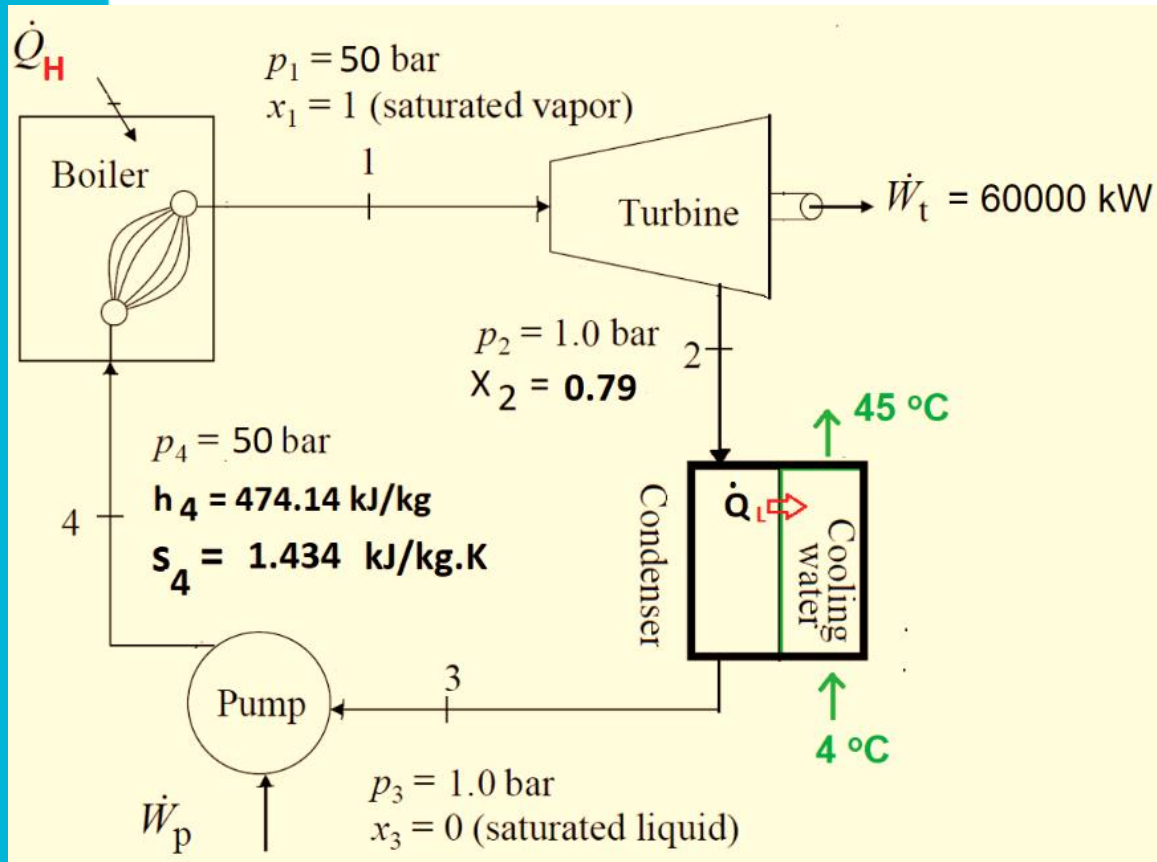
COMPONENTE	%
PARCIAL	20
FINAL	30
C	50
APROBACIÓN: 11/20	

***LAS TAREAS VIRTUALES O LOS GRADESCOPE (TAREA INDIVIDUAL) se abren lunes 2pm y se cierran sábado media noche. La tarea virtual se presenta hasta un máximo de 3 veces.**

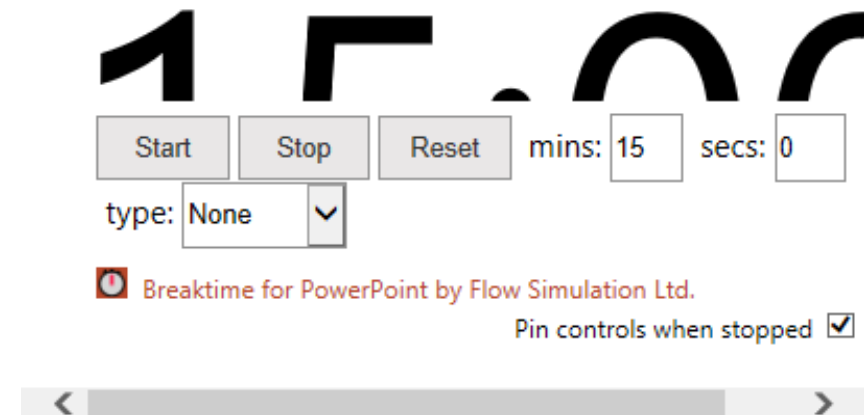
EVALUACION_AULA: es un quiz de 20 min aprox. en aula.

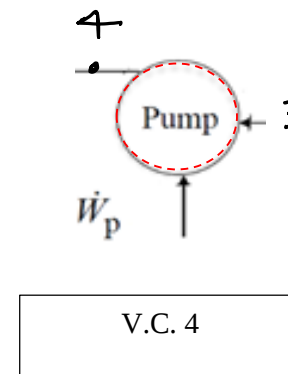
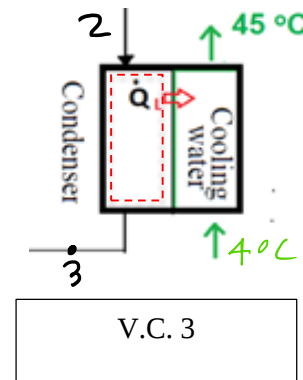
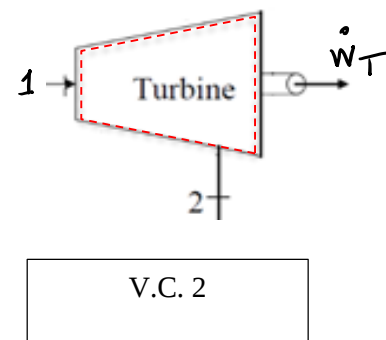
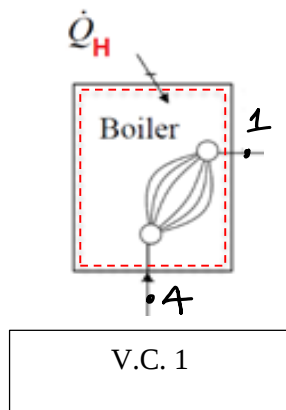
EXAMPLE 1

Una planta de producción de energía a vapor que funciona en estado estacionario (ver figura 1) utiliza energía nuclear para generar vapor en el boiler. El fluido de trabajo es agua y pasa por los cuatro equipos mostrados en la figura. Las propiedades de cada estado son descritas también en la figura 1. Todos los valores de presión mostrados en la tabla son absolutos. La turbina y la bomba son adiabáticas, el condensador es de paredes externas adiabáticas. Desprecie la energía cinética y potencial. Se pide:



- a) Calcular el flujo másico de agua (kg/s) que pasa por el ciclo y el calor de entrada ($\dot{Q}_H$) en el boiler (kW)





a) Calcular el flujo másico de agua (kg/s) que pasa por el ciclo y el calor de entrada ($\dot{Q}_H$) en el boiler (kW)

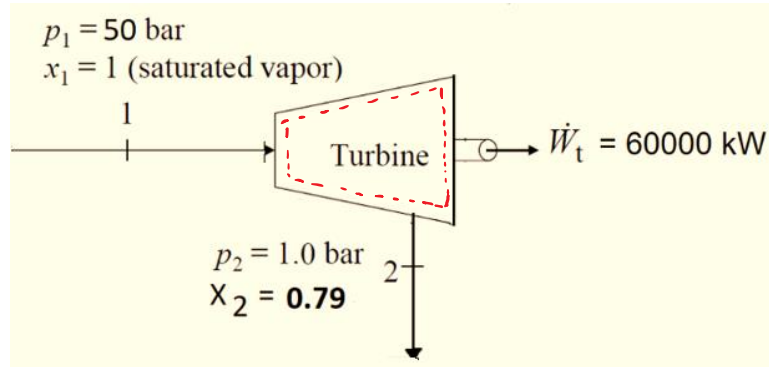


TABLE A-3

Pressure Conversions:
1 bar = 0.1 MPa
= 10⁵ kPa

Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Pressure Table

Pressure Conversions: 1 bar = 0.1 MPa 10 ² kPa											
		Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		
Press. bar	Temp. °C	Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	Press. bar
50.0	264.0	1.2859	0.03944	1147.8	2597.1	1154.2	1640.1	2794.3	2.9202	5.9734	50.0
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00

$$h_2 = 417.46 + 0.79 \times 2258 = 2201.28$$

$$s_2 = 1.3026 + 0.79(7.3594 - 1.3026) = 6.0875$$

Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
1	50	264	1	2794.3	5.9734
2	1	99.63	0.79	2201.28	6.0875

Flujo másico de agua en la turbina, se realiza un balance de energía en estado estacionario (V.C. 2):

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}(h_1 - h_2) + \dot{Q} - \dot{W} \Rightarrow \dot{W} = \dot{m}(h_1 - h_2) \dots \dots 60000 = \dot{m}(2794.3 - 2201.28) \rightarrow \dot{m} = 101.177 \text{ kg/s}$$

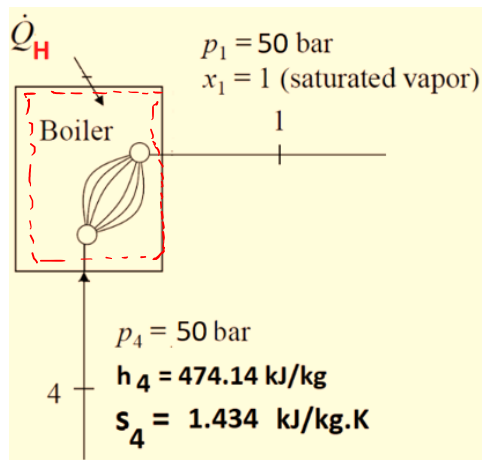


TABLE A-5

Properties of Compressed Liquid Water

T °C	$v \times 10^3$ m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 50 \text{ bar} = 5.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 263.99^\circ\text{C}$)				
20	.9995	83.65	88.65	.2956
40	1.0056	166.95	171.97	.5705
80	1.0268	333.72	338.85	1.0720
100	1.0410	417.52	422.72	1.3030
140	1.0768	586.76	592.15	1.7343

474.14

Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
1	50	264	1	2794.3	5.9734
4	50	112.1395*	0	474.14	1.4340

OBSERVACIÓN: La temperatura en 4 se también se puede aproximar con tablas de líquido saturado usando h o s

Calor de entrada en el boiler, se realiza un balance de energía en el estado estacionario (V.C. 1):

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}(h_4 - h_1) + \dot{Q}_H - \dot{W}$$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_1 - h_4) \rightarrow \dot{Q}_H = 101.177 \times (2794.3 - 474.14) \rightarrow \dot{Q}_H = 234746.8283 \text{ kW}$$

Linear Interpolation Value Calculation

Enter the first co-ordinates

X1

422.72

Y1

100

Enter the second co-ordinates

X2

592.15

Y2

140

Enter the Target X

474.14

Calculate

Clear

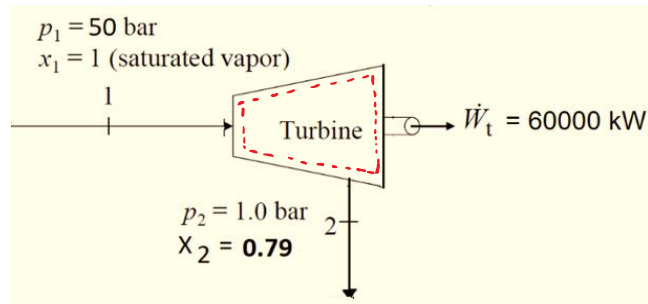
Interpolated Y value

112.13952664817327

b. Calcule la eficiencia isoentrópica (%) de la turbina y de la bomba (ambos dispositivos son adiabáticos).

00:00

b. Calcule la eficiencia isoentrópica (%) de la turbina y de la bomba (ambos dispositivos son adiabáticos).



Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
1	50	264	1	2794.3	5.9734
2	1	99.63	0.79	2201.28	6.0875
2S	1	99.63	0.7712	2158.83	5.9734

TABLE A-3

Pressure Conversions:
1 bar = 0.1 MPa
= 10⁵ kPa

Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Pressure Table

Press. bar	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Press. bar
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00

H₂O

$$s_1 = s_{2s} = 5.9734 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \rightarrow x_{2s} = \frac{5.9734 - 1.3026}{7.3594 - 1.3026} = 0.7712$$

$$h_{2s} = 417.46 + 0.7712 \times 2258 = 2158.8296 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_t = \frac{\dot{W}}{\dot{W}_s} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} = \frac{2794.3 - 2201.28}{2794.3 - 2158.8296} = 0.9332$$

La eficiencia isoentrópica de la bomba, V.C. 4:

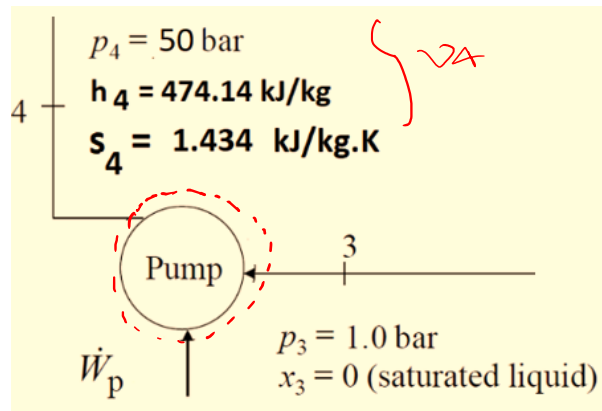


TABLE A-3
Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Pressure Table

Pressure Conversions:
1 bar = 0.1 MPa
= 10⁵ kPa

Press. bar	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Press. bar
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00

Handwritten annotations: ③ points to the first row; v_3 points to 1.0432; h_3 points to 417.46; s_3 points to 1.3026.

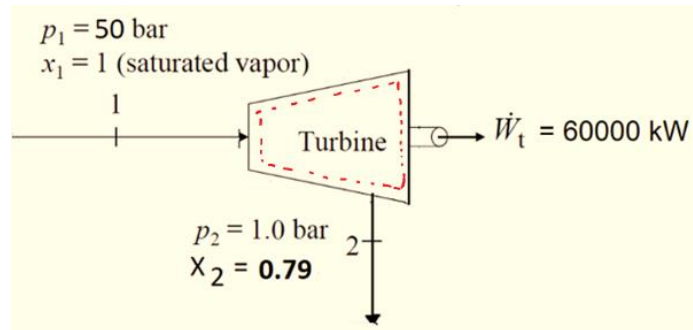
Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
3	1	99.63	0	417.46	1.3026
4	50	112.1395	0	474.14	1.4340

$$\eta_p = \frac{\dot{w}_s}{\dot{w}} = \frac{-v_3(P_4 - P_3)}{h_3 - h_4} = \frac{-1.0432 \times 10^{-3} \times (5000 - 100)}{417.46 - 474.14} = 0.09018$$

c) Encontrar la tasa de generación de entropía (kW/K) para la turbina y la bomba (ambos dispositivos son adiabáticos).

00:00

c) Encontrar la tasa de generación de entropía (kW/K) para la turbina y la bomba (ambos dispositivos son adiabáticos).

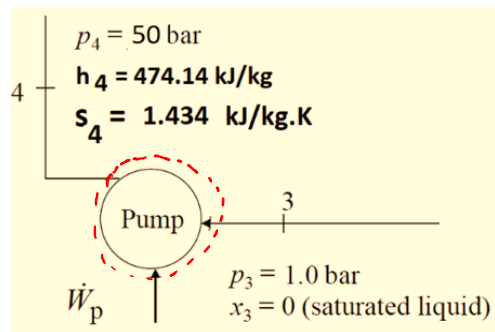


Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
1	50	264	1	2794.3	5.9734
2	1	99.63	0.79	2201.28	6.0875
3	1	99.63	0	417.46	1.3026
4	50	112.1395	0	474.14	1.4340

$$\cancel{\frac{d\mathcal{S}}{dt}} = \cancel{\frac{\dot{Q}}{T_b}} + \dot{m}(s_1 - s_2) + \dot{\sigma}$$

Para la turbina V.C. 2

$$\dot{\sigma}_t = \dot{m}(s_2 - s_1) = 101.177 \times (6.0875 - 5.9734) = 11.5443 \text{ kW/K}$$



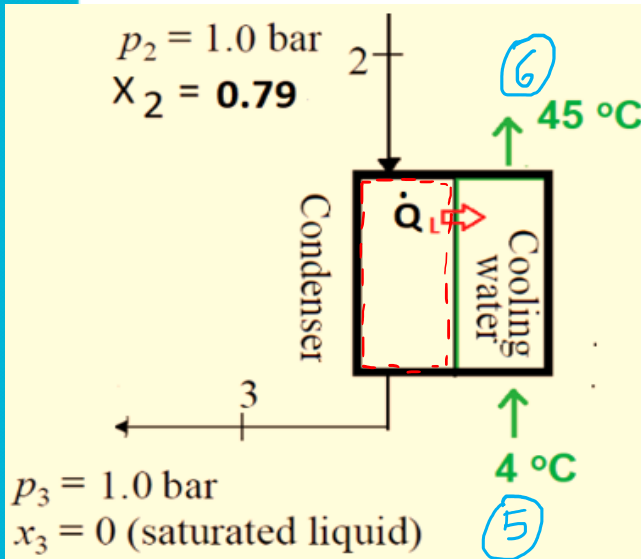
Para la bomba V.C. 4

$$\cancel{\frac{d\mathcal{S}}{dt}} = \cancel{\frac{\dot{Q}}{T_b}} + \dot{m}(s_3 - s_4) + \dot{\sigma}$$

$$\dot{\sigma}_p = \dot{m}(s_4 - s_3) = 101.177 \times (1.4340 - 1.3026) = 13.2947 \text{ kW/K}$$

d) Determinar el calor transferido ($\dot{Q}_L$) por el vapor al agua de enfriamiento en el condensador (kW) y el flujo másico de agua de enfriamiento pasando por el condensador (kg/s).

00:00



Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
2	1	99.63	0.79	2201.28	6.0875
3	1	99.63	0	417.46	1.3026
5		4		16.78	0.0610
6		45		188.45	0.6387

TABLE A-2

Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Temperature Table

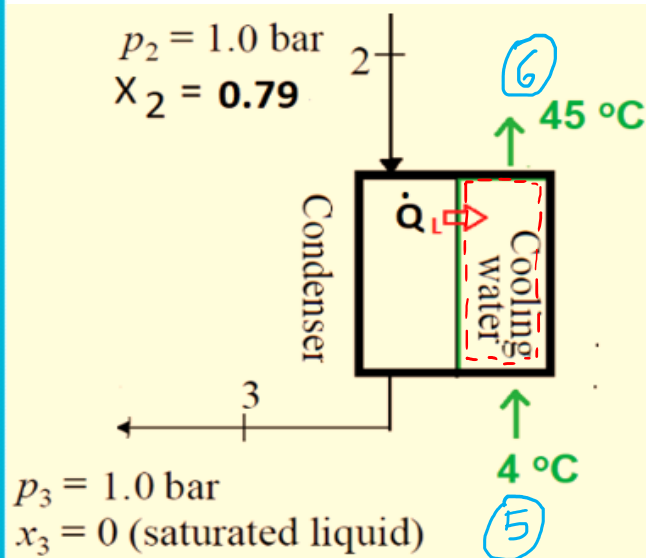
Pressure Conversions:
1 bar = 0.1 MPa
= 10² kPa

Temp. °C	Press. bar	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid v _f × 10 ³	Sat. Vapor v _g	Sat. Liquid u _f	Sat. Vapor u _g	Sat. Liquid h _f	Evap. h _{fg}	Sat. Vapor h _g	Sat. Liquid s _f	Sat. Vapor s _g	
4	0.00813	1.0001	157.232	16.77	2380.9	16.78	2491.9	2508.7	0.0610	9.0514	4
45	0.09593	1.0099	15.258	188.44	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	8.1648	45

Balance de energía en el V.C. 3 (solamente el vapor que se condensa):

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}(h_2 - h_3) + \dot{Q}_L - \dot{W}$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_3 - h_2) \rightarrow \dot{Q}_L = 101.177 \times (417.46 - 2201.28) = -180481.5561 \text{ kW}$$



Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
2	1	99.63	0.79	2201.28	6.0875
3	1	99.63	0	417.46	1.3026
5		4		16.78	0.0610
6		45		188.45	0.6387

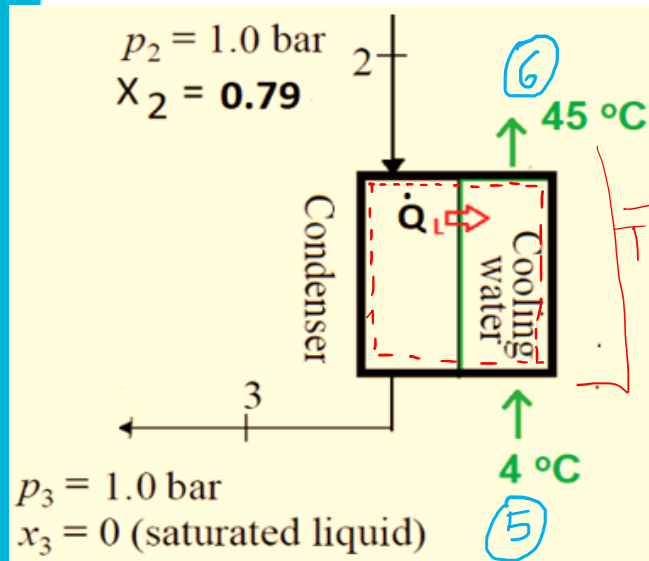
Balance de energía para el agua de enfriamiento:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}_{cw}(h_5 - h_6) + \dot{Q}_L - \dot{W}$$

$$-\dot{Q}_L = \dot{m}(h_5 - h_6) \dots -180481.5561 = \dot{m} \times (16.78 - 188.45)$$

$$\dot{m}_{cw} = 1051.3285 \text{ kg/s}$$

e) La tasa de generación de entropía (kW/K) en el condensador. Suponga que dicho dispositivo es de paredes exteriores adiabáticas.



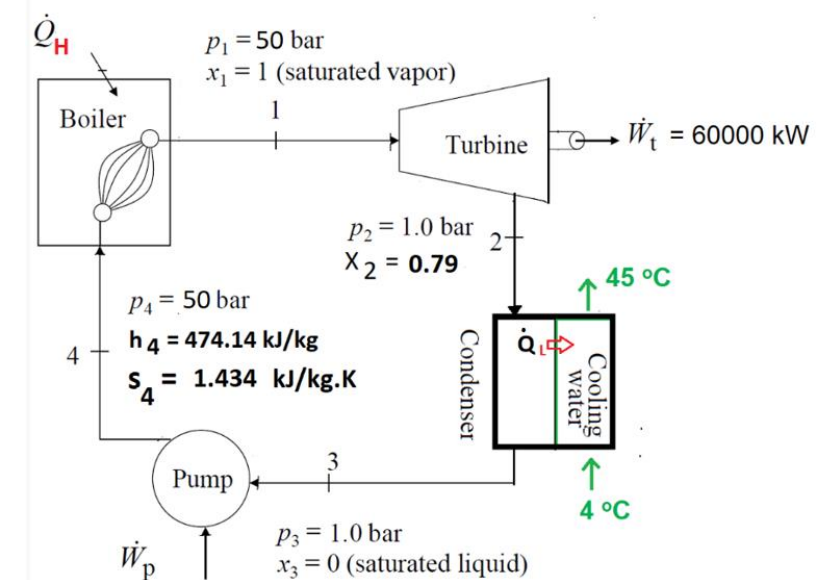
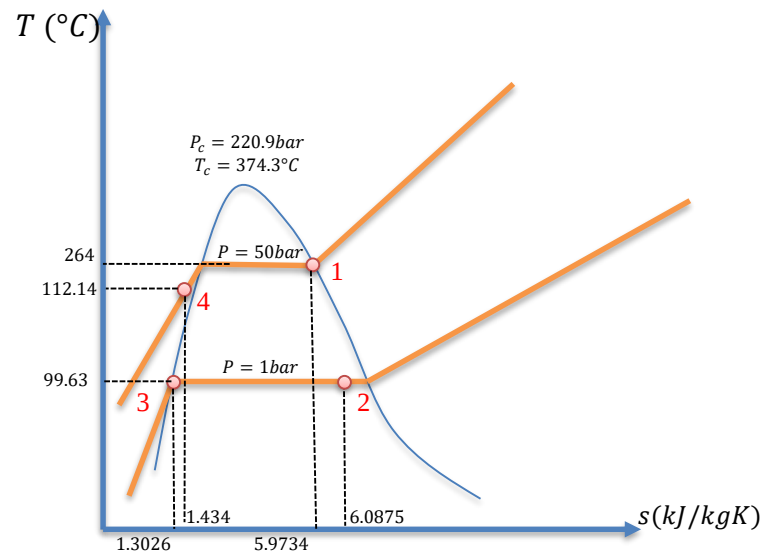
Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
2	1	99.63	0.79	2201.28	6.0875
3	1	99.63	0	417.46	1.3026
5		4		16.78	0.0610
6		45		188.45	0.6387

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T_b} + \sum_i \dot{m} s_e - \sum_i \dot{m} s_s + \dot{\sigma} \rightarrow \dot{\sigma} = \dot{m}(s_3 - s_2) + \dot{m}_{cw}(s_6 - s_5)$$

$$\dot{\sigma} = 101.177 \times (1.3026 - 6.0875) + 1051.3285 \times (0.6387 - 0.0610) = 123.2306 \text{ kW/K}$$

También se pudo hallar la generación de entropía considerando o el vapor o el agua de enfriamiento en volúmenes de control por separado, con sus respectivos flujos de calor a la temperatura de frontera adecuada ($\{(45+4)/2\}^{\circ}\text{C}$ o 99.63°C)

F) Esquematice el ciclo en un diagrama $T(^{\circ}\text{C}) - s(\text{kJ/kg.K})$ en el que se muestre la campana de saturación, las isóbaras relevantes y el punto crítico del agua. Rotule los ejes con información sobre los estados, incluyendo las unidades de las propiedades colocadas.



Estado	P (bar)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
1	50	264	1	2794.3	5.9734
2	1	99.63	0.79	2201.28	6.0875
3	1	99.63	0	417.46	1.3026
4	50	112.1395	0	474.14	1.4340

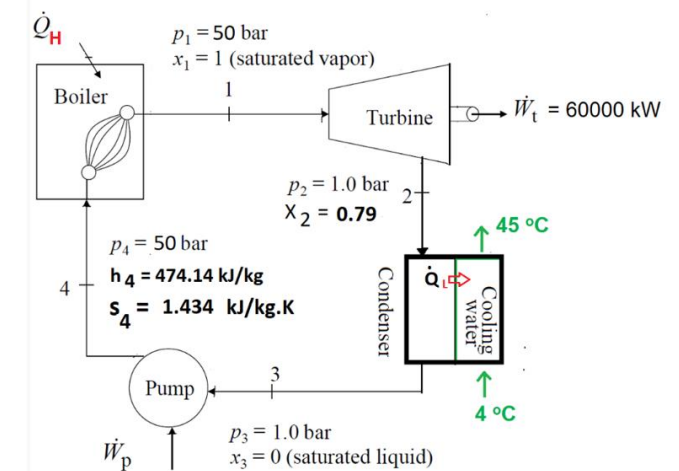
g) (5 puntos) Calcule la eficiencia térmica del ciclo real y la eficiencia térmica del ciclo de Carnot que opera entre los mismos focos térmicos. Para la temperatura del foco frío asuma que el agua tiene una temperatura promedio de 24.5°C. Por otro lado, la temperatura del boiler (foco caliente) es de 850°C.

Estado	P (bar)	T (°C)	Calidad	h (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
3	1	99.63	0	417.46	1.3026
4	50	112.14*	0	474.14	1.4340

$$\eta_{ciclo} = \frac{\dot{W}_{neto}}{\dot{Q}_H} = \frac{\overbrace{60000}^{\dot{W}_T (+)} + \overbrace{101.177 \times (417.46 - 474.14)}^{\dot{W}_P (-)}}{234746.8283} = \mathbf{0.2312}$$

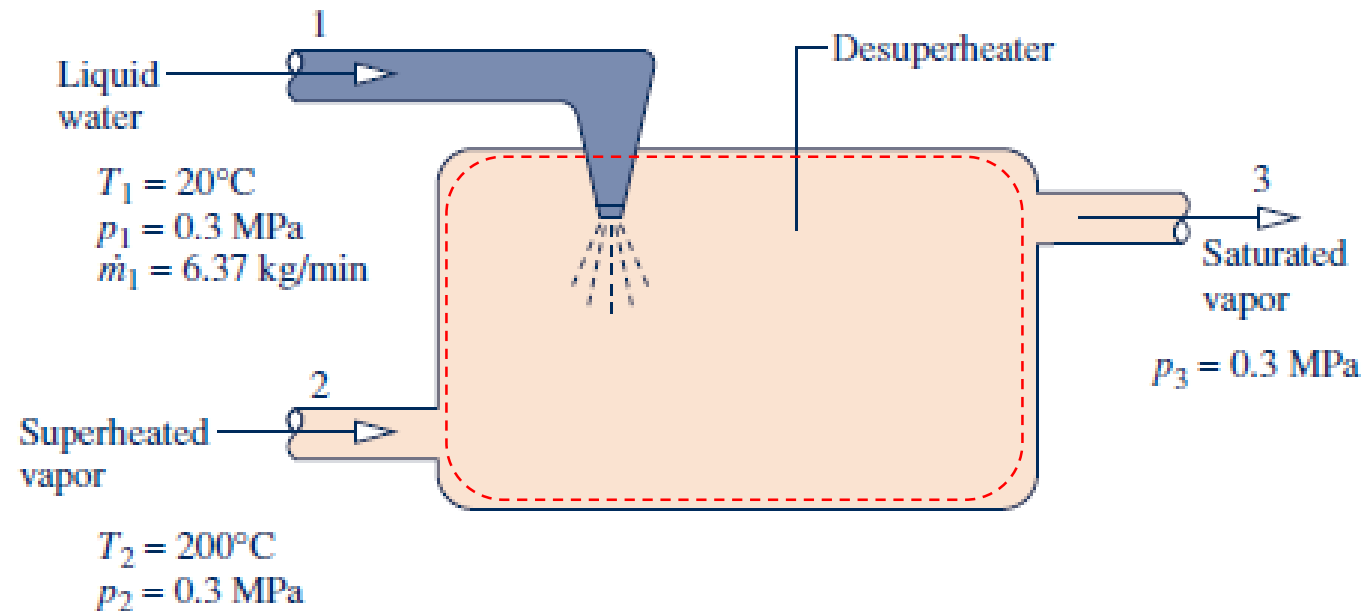
Eficiencia térmica del ciclo de Carnot:

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{24.5 + 273.15}{850 + 273.15} = \mathbf{0.7350}$$



EXAMPLE 1

By injecting liquid water into superheated vapor, the de-superheater shown below has a saturated vapor stream at its exit. Steady-state operating data are shown on the figure. Ignoring stray heat transfer and kinetic and potential energy effects, determine (a) the mass flow rate of the superheated vapor stream, in kg/min, and (b) the rate of entropy production within the desuperheater, in kW/K.



Mass balance for the control volume, steady state:

$$\cancel{\frac{dM}{dt}} = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 - \dot{m}_3$$

$$0 = 6.37 + \dot{m}_2 - \dot{m}_3$$

$$\dot{m}_3 = 6.37 + \dot{m}_2 \quad (\text{kg/min})$$

Energy balance for the control volume, steady state:

$$\cancel{\frac{d\dot{E}}{dt}} = \cancel{\dot{Q}} - \cancel{\dot{W}} + \sum \dot{m}_i h_i - \sum \dot{m}_e h_e$$

$$\sum \dot{m}_i h_i = \sum \dot{m}_e h_e$$

State 1: saturated liquid at 20°C (approx.)

$$h_1 = 83.96 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = 0.2966 \text{ kJ/kgK}$$

TABLE A-2

Pressure Conversions:
1 bar = 0.1 MPa
= 10² kPa

Properties of Saturated Water (Liquid–Vapor): Temperature Table

Temp. °C	Press. bar	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
20	0.02339	1.0018	57.791	83.95	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.6672	20

State 2: superheated vapor

$$h_2 = 2865.5 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = 7.3115 \text{ kJ/kgK}$$

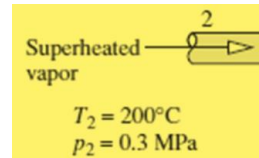


TABLE A-4

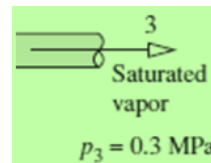
Properties of Superheated Water Vapor

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 3.0 \text{ bar} = 0.30 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 133.55^\circ\text{C}$)				
Sat.	0.606	2543.6	2725.3	6.9919
200	0.716	2650.7	2865.5	7.3115

State 3: saturated vapor

$$h_3 = 2725.3 \text{ kJ/kg}$$

$$s_3 = 6.9919 \text{ kJ/kgK}$$



From the energy balance:

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3$$

$$6.37 \times 83.96 + \dot{m}_2 \times 2865.5 = (6.37 + \dot{m}_2) \times 2725.3$$

$$\dot{m}_2 = \frac{6.37 \times (2725.3 - 83.96)}{2865.5 - 2725.3}$$

$$\dot{m}_2 = 120.01 \text{ kg/min}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_3 = 6.37 + \dot{m}_2 = 126.38 \text{ kg/min}$$

Rate of entropy generation:

$$\frac{dS_{cv}}{dt} = \sum_{in} \dot{m}_i s_i - \sum_{in} \dot{m}_e s_e + \sum \frac{\dot{Q}_j}{T_j} + \dot{\sigma}$$

$$\dot{\sigma} = \sum_{in} \dot{m}_e s_e - \sum_{in} \dot{m}_i s_i$$

$$\dot{\sigma} = \dot{m}_3 s_3 - \dot{m}_1 s_1 - \dot{m}_2 s_2$$

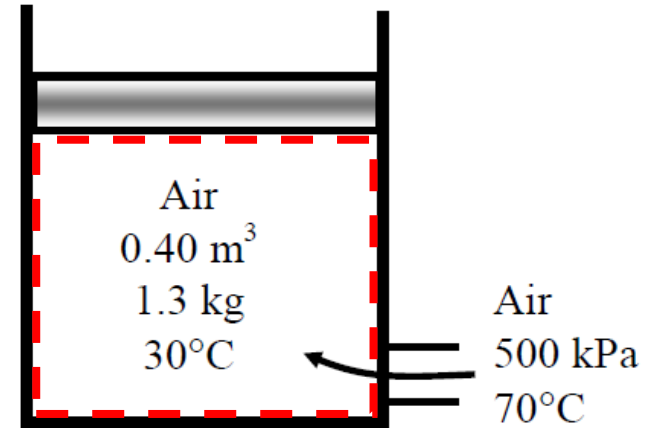
$$\dot{\sigma} = 126.38 \times 6.9919 - 6.37 \times 0.2966 - 120.01 \times 7.3115$$

$$\dot{\sigma} = 4.2939 \frac{kg}{min} \times \frac{kJ}{kg \cdot K} \quad \Rightarrow \quad kW = \frac{kJ}{s}$$

$$\dot{\sigma} = 0.0716 \frac{kW}{K}$$

Example 4: *Adiabatic*

An insulated 0.40-m³ piston-cylinder device initially contains 1.3 kg of air at 30°C. In this state, the piston can move. **Air** at 500 kPa and 70 °C is allowed to enter the cylinder from a supply line until **the final temperature of 316 K** and the volume increases by 50%. Determine: (a) the work done [kJ], (b) the amount of mass that has entered [kg], and (c) the entropy generation [kJ/K]. Assume that the final pressure is equal to the initial one.



Assumptions 1 Kinetic and potential energy changes are negligible. 2 Air is an ideal gas with constant specific heats.

Properties The gas constant of air is $R = 0.287$ kJ/kg.K and the specific heats of air at room temperature are $c_p = 1.005$ kJ/kg.K, $c_v = 0.718$ kJ/kg.K (Table A-20)

Mass balance for a transient process

$$m_2 - m_1 = m_i - \cancel{m_e}$$

Energy balance for a transient process

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = \cancel{Q} - W + m_i h_i - \cancel{m_e} h_e$$

Mass balance for a transient process

$$m_2 - m_1 = m_i - m_e$$

Energy balance for a transient process

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = Q - W + m_i h_i - m_e h_e$$

Defining the states:

Initial (1) =

$$T_1 = 30 + 273.15 \text{ #K}$$

$$m_1 = 1.3 \text{ #kg}$$

$$V_1 = 0.4 \text{ #m}^3$$

$$R = 0.287 \text{ #kJ/kg.K}$$

$$p_1 = (m_1 * R * T_1) / V_1 = 282.7632 \text{ #kPa}$$

Final (2) =

$$T_2 = 316 \text{ #K}$$

$$V_2 = 0.4 + (0.4 * (50/100)) \text{ #m}^3$$

$$p_2 = p_1$$

$$m_2 = p_2 * V_2 / (R * T_2) = 1.8707 \text{ #kg}$$

Entering(i) =

$$T_i = 70 + 273.15 \text{ #K}$$

$$p_i = 500 \text{ #kPa}$$

$$m_i = m_2 - m_1 = 0.5707 \text{ #kg}$$

(b) the amount of mass that has entered,

(a) The work done

Energy balance for a transient process

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = Q - W + m_i h_i - m_e h_e$$

Handwritten annotations:
Under $m_2 u_2$: $\hookrightarrow c_v T_2$
Under $m_1 u_1$: $\hookrightarrow c_v T_1$
Under $m_i h_i$: $\hookrightarrow c_p T_i$

```
m2=1.8707 #kg  
cv = 0.718 #KJ/kg.K  
T2=316 #K  
m1=1.3 #kg  
T1=30+273.15 #K  
cp=1.005 #KJ/kg.K  
Ti=70+273.15 #K
```

$$W = -(m_2 * c_v * T_2 - m_1 * c_v * T_1 - m_i * c_p * T_i) = 55.3357 \text{ #kJ}$$

$$W = P(V_2 - V_1) = 56.5526 \text{ #kJ} \quad \text{???}$$

Handwritten notes: '0', '0', '0' under the '???'

```
V1=0.4 #m3  
V2=0.4 + (0.4 * (50/100)) = 0.6 #m3  
p2=p1= 282.7632 #kPa
```

(c) The rate of entropy generation

$$m_2 s_2 - m_1 s_1 = \cancel{\frac{Q}{T}} + \overset{m_2 - m_1 = m_i}{m_i s_i} - \cancel{m_1 s_1} + G$$

$$G = m_2 (s_2 - s_i) - m_1 (s_1 - s_i)$$

Ecuación con c_p constante!!

$$\sigma = m_2 \left(c_p \ln \frac{T_2}{T_i} - R \ln \frac{P_2}{P_i} \right) - m_1 \left(c_p \ln \frac{T_1}{T_i} - R \ln \frac{P_1}{P_i} \right)$$

$$\sigma = 0.1003 \text{ #kJ/K}$$

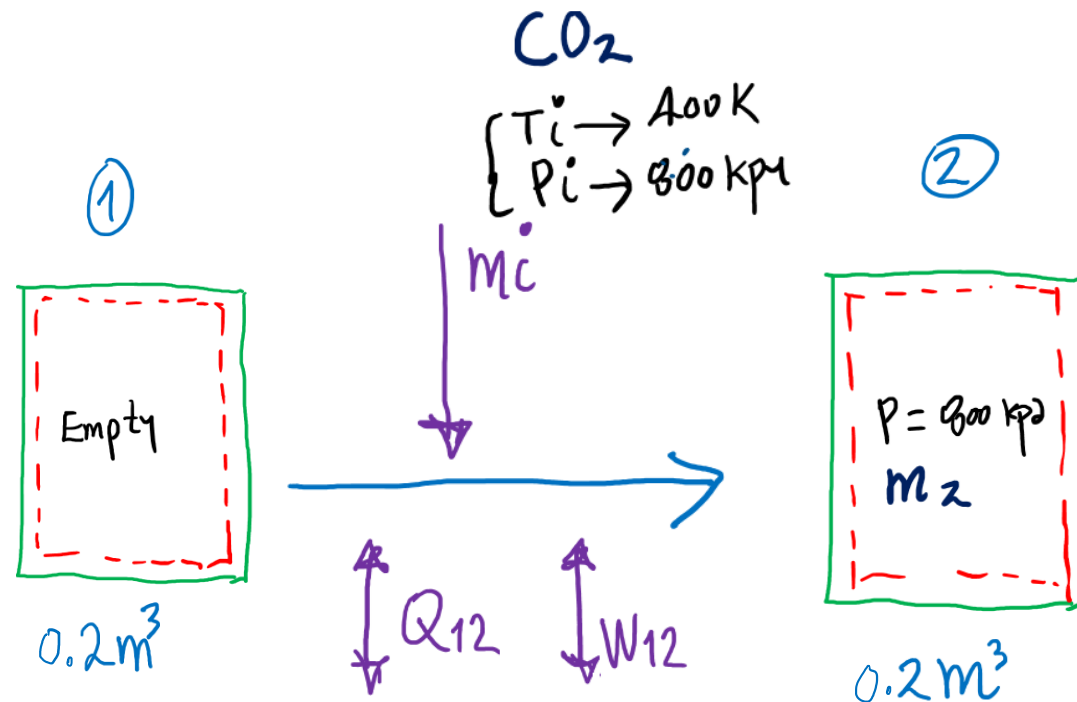
$$\begin{aligned} T_1 &= 30 + 273.15 \text{ #K} \\ m_1 &= 1.3 \text{ #kg} \\ p_1 &= 282.7632 \text{ #kPa} \\ c_p &= 1.005 \text{ #kJ/kg.K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 316 \text{ #K} \\ p_2 &= p_1 \\ m_2 &= 1.8707 \text{ #kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_i &= 70 + 273.15 \text{ #K} \\ p_i &= 500 \text{ #kPa} \end{aligned}$$

Example 9.3 (transient process):

An initially empty rigid and adiabatic canister of volume 0.2 m^3 is filled with carbon dioxide (ideal gas) from a line at 800 kPa , 400 K . The process stops when the pressure inside the canister reaches 800 kPa . Find **a)** the final temperature [K] in the canister **b)** the mass at the final of the process (m_2) [kg]. Use table A-23.



$$m_2 - m_1 = m_i - m_e$$

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = Q_{12} - W_{12} + m_i (h_i) - m_e (h_e)$$

$$T_2 ?$$
$$m_2 = ?$$

Mass balance, state 1: Empty Canister, state 2: Canister with CO₂ at 800KPa

$$m_2 - m_1 = m_i - m_e$$

Integrated form

$$m_2 - 0 = m_i - 0$$

$$m_2 = m_i$$

$$\frac{P_2 V_2}{R T_2} = m_2 = m_i$$

Energy balance – transient process_ **Founding T₂**

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = Q_{12} - W_{12} + m_i (h_i) - m_e (h_e)$$

$$m_2 u_2 - 0 = 0 - 0 + m_i h_i - 0$$

$$\cancel{m_2} u_2 = \cancel{m_i} h_i$$

$$u_2 = h_i \quad [\text{kJ/kg}]$$

$$\bar{u}_2 = \bar{h}_i \quad [\text{kJ/kmol}]$$

Energy balance – transient process

$$\bar{u}_2 = \bar{h}_i \rightarrow 13372 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

$\rightarrow \text{CO}_2 \text{ @ } 400 \text{ K}$

$$\bar{u}_2 = 13372 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

Interpolando:

$$T_2 = 495.90 \text{ K}$$

TABLE A-23

Ideal Gas Properties of Selected Gases

T(K)	Carbon Dioxide, CO ₂ ($\bar{h}_f^\circ = -393,520 \text{ kJ/kmol}$)		
	$\bar{h}$	$\bar{u}$	$\bar{s}^\circ$
400	13,372	10,046	225.225
410	13,787	10,378	226.250
420	14,206	10,714	227.258
430	14,628	11,053	228.252
440	15,054	11,393	229.230
450	15,483	11,742	230.194
460	15,916	12,091	231.144
470	16,351	12,444	232.080
480	16,791	12,800	233.004
490	17,232	13,158	233.916
500	17,678	13,521	234.814

Finding m_2

$$\overset{800 \text{ kPa}}{P_2} V_2 = m_2 R T_2 \rightarrow 495.90 \text{ K}$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$

0.2 m^3 $\frac{8.314}{4-4.01}$

$$m_2 = 1.71 \text{ kg CO}_2$$

Now use TABLE A20 to calculate $\begin{cases} T_2 \\ m_2 \end{cases}$

c_p, c_v constantes

$$\Delta u = m(u_2 - u_1) = m c_v \Delta T$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$

$c_v T_2$ $c_v T_1$

Análogamente para (h) pero usamos c_p

Mass balance, state 1: Empty Canister, state 2: Canister with CO₂ at 800KPa

$$m_2 - m_1 = m_{in} - m_{out} \quad \text{Integrated form}$$

$$m_2 - 0 = m_{in} - 0$$

$$m_2 = m_{in}$$

$$\frac{P_2 V_2}{R T_2} = m_2$$

Energy balance – transient process

$$\Delta U_{12} = Q_{12} - W_{12} + m_i(h_i) - m_e(h_e)$$

$$m_2 u_2 - 0 = 0 - 0 + m_i h_i - 0$$

$$m_2 u_2 = m_i h_i$$

$$u_2 = h_i \rightarrow c_v T_2 = c_p T_i$$

Energy balance – transient process

$$u_2 = h_i \rightarrow c_v T_2 = c_p T_i$$

TABLE A-20

Ideal Gas Specific Heats of Some

	c_p	c_v	k
Temp. K	Carbon Dioxide, CO ₂		
400	0.939	0.750	1.252

$$T_2 = \frac{c_p}{c_v} T_i$$

We are assuming that c_p and c_v do not change much with T , and we calculate them at the input $T = 400\text{K}$.

$$T_2 = 1.252 \times 400 = 500.8\text{K}$$

$$\begin{array}{c} 800\text{ kPa} \swarrow \\ P_2 V_2 = m_2 R T_2 \rightarrow 500.8\text{ K} \\ \swarrow \quad \searrow \\ 0.2\text{ m}^3 \quad \frac{8.314}{44.01} \end{array}$$

$$m_2 = 1.69 \text{ kg CO}_2$$

Thanks!

