

Thermodynamic_2026_1

S15_2

NEDHER SANCHEZ RAMIREZ
NAUDY LOPEZ



INDICACIONES GENERALES PARA EL EXAMEN FINAL

LEER ESTO ANTES DE DAR EL EXAMEN

- Esta evaluación es individual y presencial
- Fecha y hora del examen final:
 - Teoría 1 - 06/07/2026 - 3:00pm a 5:00pm
 - Teoría 2 - 06/07/2026 - 5:00pm a 7:00pm

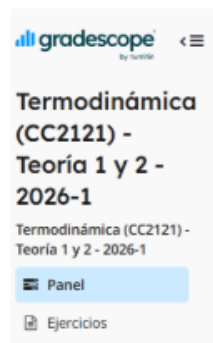
Sobre la evaluación:

Pueden revisar el detalle de las listas en el siguiente enlace:

[Aulas para EF - Hojas de cálculo de Google](#)

Además de lo anterior tengan en cuenta las siguientes indicaciones **OBLIGATORIAS**:

1. Traer DNI o carnet estudiantil para identificarse durante el examen.
2. Solo se permitirá el ingreso al aula con un tiempo máximo de tardanza de 15 minutos después del inicio de la evaluación.
3. Las tablas de propiedades deben estar impresas y no deben tener nada escrito sobre ellas.
4. Cada estudiante debe traer su calculadora personal, la cual no se puede compartir. No se permite usar el celular como calculadora.
5. Los estudiantes sólo podrán usar un lapicero, un lápiz, un borrador, un corrector, una calculadora y dos HOJAS (cuatro páginas) de formulario tamaño A4. Estos formularios no pueden ser impresiones (debe ser a mano), ni fotocopias, ni incluir problemas resueltos. Está prohibido que los estudiantes compartan o intercambien cualquier material una vez que la evaluación se haya iniciado.
6. Cuando se dé la indicación que el tiempo ha terminado, ningún estudiante podrá seguir escribiendo. Si alguien lo hace, su examen será anulado con nota de cero.
7. Una vez terminado el examen se darán 10 minutos adicionales para subir el archivo con la solución en formato PDF al curso "Termodinámica (CC2121) - Teoría 1 y 2 - 2026-1" en la plataforma GRADESCOPE. El ejercicio tendrá el nombre "EF - Examen Final".



Termodinámica (CC2121) - Teoría 1 y 2 - 2026-1

ID del Curso: 1281264

Descripción

Edite la descripción del curso en la página [Configuración del curso](#).

Tareas pendientes

Finalizar calificación de [C - Evaluación en Aula 6](#)

Tareas Activas	Iniciado	Para El: -05	Entregas	% Calificado
EF - Examen Final	JUL 6, 2026 3:00 PM	JUL 11, 2026 7:10 PM	0	0%
C - Evaluación en Aula 6	JUN 23, 2026 7:00 AM	JUN 25, 2026 10:00 AM	123	17%

8. Una vez cargado el archivo con la solución, el participante hará entrega de su EXAMEN COMPLETO al encargado de su aula y procederá a retirarse. **No es necesario que indique en qué parte está el desarrollo de cada pregunta, pero puede hacerlo en caso lo considere necesario.**

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1IVKsl5FUyCRP3WmJAUS_oERwDpP138lr5dd-mtSVuPk/edit?gid=28914432#gid=28914432

OBSERVACIONES PARA TODO EL EXAMEN

- EN CADA PREGUNTA DEL EXAMEN HABRÁN VARIOS ÍTEMS QUE DEBEN SER RESPONDIDOS APROPIADAMENTE
- CADA ÍTEM TIENE UN PUNTAJE EN ESPECÍFICO (QUE ESTÁ INDICADO EN EL ENUNCIADO DE LA PREGUNTA). DE FORMA SIMILAR A LAS TAREAS INDIVIDUALES, **LA CALIFICACIÓN SEGUIRÁ EL CRITERIO TODO O NADA.**
- CADA PREGUNTA DEBE TENER UN DESARROLLO ADECUADO Y COHERENTE, SIGUIENDO LA ESTRUCTURA ECUACIÓN - REEMPLAZO - RESPUESTA. **COLOCAR ÚNICAMENTE RESPUESTAS NO SERÁ CONSIDERADO.** LAS ÚNICAS EXCEPCIONES SERÁN CUANDO SE LES PIDA INFORMACIÓN QUE SE LEE Y SE EXTRAE DIRECTAMENTE DE LAS TABLAS TERMODINÁMICAS.
- SE DEBE UTILIZAR SIEMPRE 4 DECIMALES (COMO MÍNIMO) EN LOS CÁLCULOS.
- NO COLOCAR LAS RESPUESTAS EN LAS UNIDADES SOLICITADAS O NO COLOCAR LAS UNIDADES **DESCUENTA EL 50% DEL PUNTAJE DE LA PREGUNTA.**
- NO **DELIMITAR LOS SISTEMAS (VOLÚMENES DE CONTROL O MASAS DE CONTROL) DESCUENTA EL 50%** DEL PUNTAJE OBTENIDO EN LAS PREGUNTAS QUE IMPLIQUEN SU USO
- EL **ORDEN SERÁ PENALIZADO HASTA CON EL 50%** DEL PUNTAJE TOTAL.
- UNA PREGUNTA CON **EXCESO DE DESORDEN**, QUE IMPIDE OBSERVAR UNA ADECUADA RESOLUCIÓN, **NO SERÁ CORREGIDA.**

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

S₈ A
S₁₆ 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.

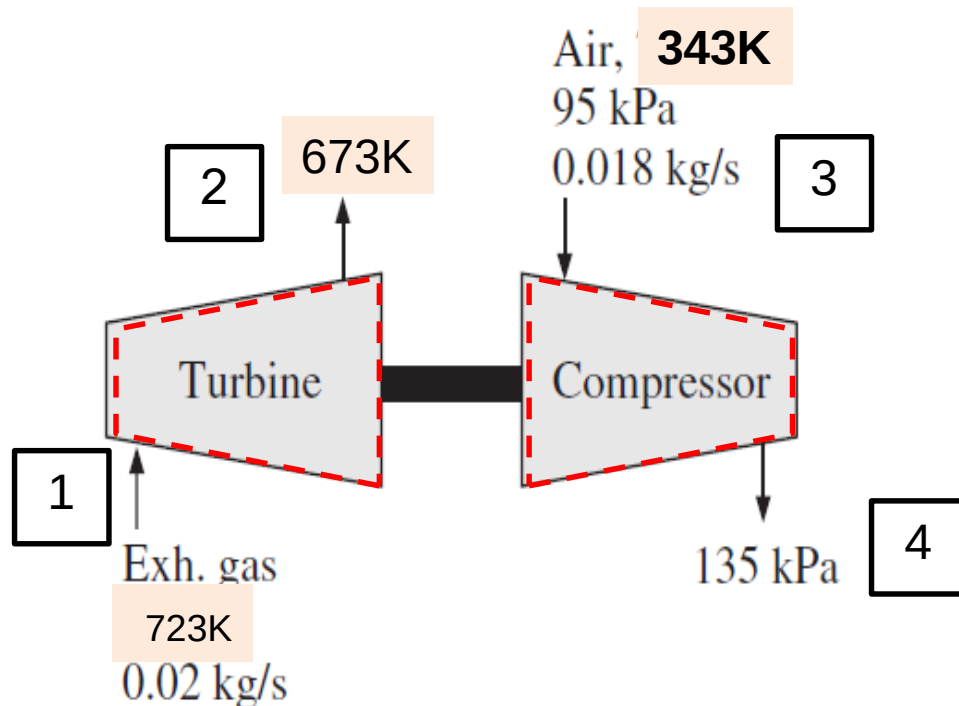
EXAMEN FINAL: Todos los temas vistos hasta la semana 15

EXAMPLE 1

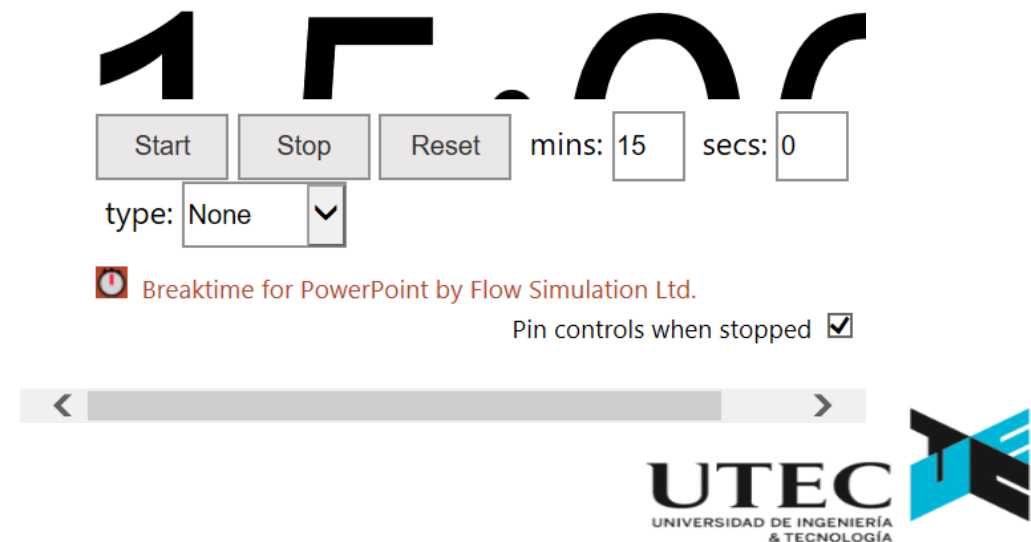
Consider the turbocharger of an internal combustion engine in **stationary state**. The exhaust gases (air-ideal gas) enter the **adiabatic** turbine at 723 K at a rate of 0.02 kg/s and leave at 673 K. Air (ideal gas) enters the **adiabatic** compressor at 343 K and 95 kPa at a rate of 0.018 kg/s and leaves at 135 kPa. Only 95% of the power released by the turbine goes to the compressor (5 percent of turbine work is lost during its transmission to the compressor). Using air properties for the exhaust gases and neglecting the kinetic and potential energy, determine **(a) h_3 [kJ/kg], pr_3 , s_3^o [kJ/kg.K], T_4 [K] and s_4^o [kJ/kg.K].** **(b)** the isentropic efficiency of the compressor. **(c)** The entropy generation rate in the compressor (kW/K).

USE TABLE A22.

(Do not assume constant C_p)



a)



Energy balance for exhaust gases in the **turbine**:

TABLE A-22

Ideal Gas Properties of Air

T(K), h and u (kJ/kg), s° (kJ/kg · K)

<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> [°]	when $\Delta s = 0$	
				<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
720	734.82	528.14	2.60319	32.02	64.53
730	745.62	536.07	2.61803	33.72	62.13

Interpolating ($T_1 = 723\text{K}$):

$$h_1 = 738.06 \text{ kJ/kg}$$

TABLE A-22

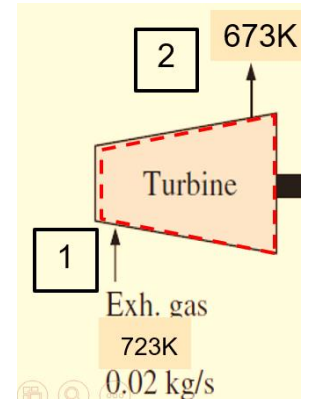
Ideal Gas Properties of Air

T(K), h and u (kJ/kg), s° (kJ/kg · K)

<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> [°]	when $\Delta s = 0$	
				<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
670	681.14	488.81	2.52589	24.46	78.61
680	691.82	496.62	2.54175	25.85	75.50

Interpolating ($T_2 = 673\text{K}$):

$$h_2 = 684.344 \text{ kJ/kg}$$



$$\frac{d\bar{E}}{dt} = \dot{m}_T (h_1 - h_2) + \dot{Q} - \dot{W}_T$$

$$\dot{W}_T = \dot{m}(h_1 - h_2) = 0.02 \times (738.06 - 684.34) = 1.0743 \text{ kW}$$

Then, the power for the compressor is: (Taking efficiency into account)

$$|\dot{W}_c| = 0.95 \times 1.0743 \text{ kW} = 1.0206 \text{ kW}$$

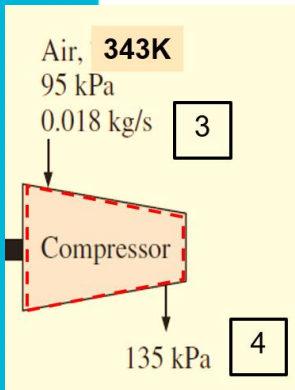


TABLE A-22

Ideal Gas Properties of Air

<i>T(K), h and u(kJ/kg), s^o (kJ/kg · K)</i>					
<i>when $\Delta s = 0^1$</i>					
<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s^o</i>	<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
340	340.42	242.82	1.82790	2.149	454.1
350	350.49	250.02	1.85708	2.379	422.2

Interpolating (**$T_3 = 343K$**):

$$h_3 = 343.441 \text{ kJ/kg}, p_{r3} = 2.218, s_3^o = 1.8367$$

Energy balance for the compressor:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}_c (h_3 - h_4) + \cancel{\dot{Q}_c} - \dot{W}_c$$

$$\dot{W}_c = \dot{m}(h_3 - h_4)$$

$$-1.0206 = 0.018 \times (343.44 - h_4)$$

$$h_4 = 400.141 \text{ kJ/kg}$$

Finding the temperature with $h_4 = 400.141 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ *interpolating*

TABLE A-22

Ideal Gas Properties of Air

<i>T(K), h and u(kJ/kg), s^o (kJ/kg · K)</i>					
<i>when $\Delta s = 0^1$</i>					
<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s^o</i>	<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
390	390.88	278.93	1.96633	3.481	321.5
400	400.98	286.16	1.99194	3.806	301.6

(a) **The air temperature at the compressor**

$$T_4 = 399.1693 \text{ K}$$

$$s_4^o = 1.9898 \text{ kJ/kg.K}$$

b)

1 1.00

Start Stop Reset mins: 14 secs: 0

type: None ▼



Breaktime for PowerPoint by Flow Simulation Ltd.

Pin controls when stopped ☒

< ————— >

•
•
•

(b) the isentropic efficiency of the compressor.

The isentropic state 4 is found using $p_{r4(s)}$:

$$\frac{P_3}{P_4} = \frac{p_{r3}}{p_{r4(s)}} \rightarrow \frac{95}{135} = \frac{2.218}{p_{r4(s)}} \rightarrow p_{r4(s)} = 3.1519$$

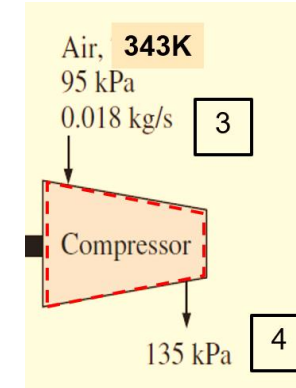


TABLE A-22

Ideal Gas Properties of Air

$T(K), h \text{ and } u(kJ/kg), s^o (kJ/kg \cdot K)$					
when $\Delta s = 0$					
T	h	u	s^o	p_r	v_r
370	370.67	264.46	1.91313	2.892	367.2
380	380.77	271.69	1.94001	3.176	343.4

Interpolating ($p_{r4(s)} = 3.1519$):

$$T_{4s} = 379.1514 K$$

$$h_{4s} = 379.9129 kJ/kg$$

The isentropic efficiency of the compressor is:

$$\eta_s = \frac{\dot{W}_s}{\dot{W}} = \frac{\dot{m}(h_3 - h_{4s})}{\dot{W}}$$

$$\eta_s = \frac{0.018 \times (343.441 - 379.9129)}{-1.0206} = 0.6432$$

c)

10:00

mins: secs: type:

 Breaktime for PowerPoint by Flow Simulation Ltd. Pin controls when stopped ☒

.

(c) The entropy generation rate in the compressor (kW/K)

$$\frac{ds}{dt} = \dot{m}_c (s_3 - s_4) + \frac{\dot{Q}_c}{T_b} + \dot{\sigma}$$

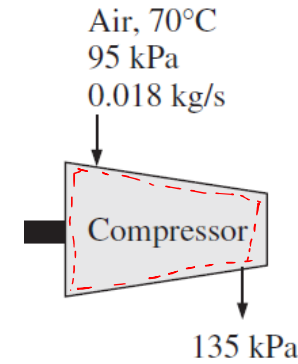
$$\dot{\sigma} = \dot{m} (s_4 - s_3) = \dot{m} \left[s_4^o - s_3^o - R \ln \frac{p_4}{p_3} \right]$$

↓

$$= 0.018 \left[1.9898 - 1.8367 - 0.287 \ln \frac{135}{95} \right]$$

↓

$$= 0.0009406 \frac{\text{KW}}{\text{K}}$$



$$s_2 - s_1 = s_2^o - s_1^o - R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

kJ/kg · K

$$\bar{s}_2 - \bar{s}_1 = \bar{s}_2^o - \bar{s}_1^o - \bar{R} \ln \frac{p_2}{p_1}$$

kJ/kmol · K

• Constant specific heat (e.g. helium, neon, or argon)

$$s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

kJ/kg · K

$$s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1}$$

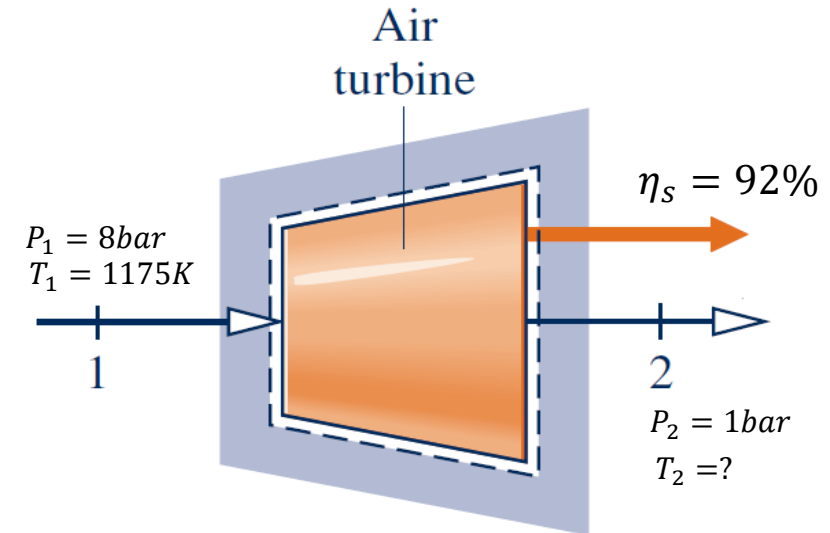
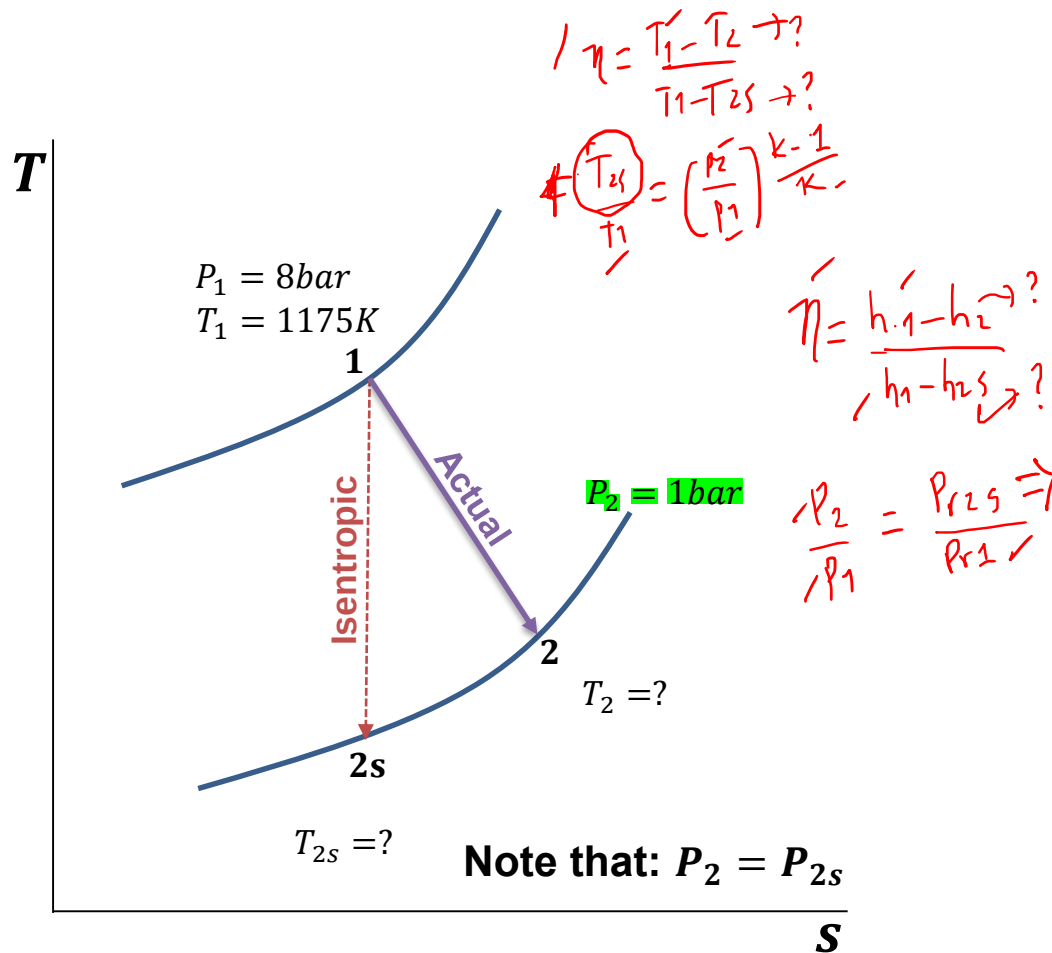
kJ/kg · K

$$s_3^o = 1.8367$$

$$s_4^o = 1.9898 \text{ kJ/kg.K}$$

$$R = \frac{8.314}{28.97} = 0.287$$

Example (TURBINE) Air at 1175 K, 8 bar enters a turbine operating at steady state and expands adiabatically to 1 bar. The isentropic turbine efficiency is 92%. Employing the ideal gas model with $k = 1.34$ for the air, determine (a) the work developed by the turbine, in kJ per kg of air flowing, and (b) the temperature at the exit, in K. Ignore kinetic and potential energy effects. **USE THE TWO METHODS**



We know that:

- Isentropic efficiency = 92%
- Steady state
- Potential and kinetic energy are negligible
- Air as ideal gas

Method 1: Considering Cp constant

The problem suggests to use $k = 1.34$, so we can find isentropic temperature T_{2s} and c_p

$$\frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \longrightarrow \frac{T_{2s}}{1175} = \left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{1.34-1}{1.34}} \longrightarrow T_{2s} = 693.2592 \text{ K}$$

Now we can estimate the actual temperature from entropy efficiency:

$$\eta_s = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{2s}} = 0.92 \longrightarrow \frac{1175 - T_2}{1175 - 693.2592} = 0.92 \longrightarrow T_2 = 731.7985 \text{ K}$$

Air

TABLE A-20

Ideal Gas Specific Heats of Some

Temp. K	c_p	c_v	k
	Air		
900	1.121	0.834	1.344
1000	1.142	0.855	1.336

1.34

c_p

Interpolating with $k=1.34$:

$$c_p = 1.1315 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

And the turbine work is:

$$\frac{\dot{W}_a}{\dot{m}} = h_1 - h_2 = c_p(T_1 - T_2) \longrightarrow \frac{\dot{W}_a}{\dot{m}} = 1.131 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} (1175 - 731.7985) \longrightarrow \frac{\dot{W}_a}{\dot{m}} = 501.4825 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Air

TABLE A-20

Ideal Gas Specific Heats of Some

Temp. K	c_p	c_v	k
Air			
900	1.121	0.834	1.344
1000	1.142	0.855	1.336

1.34

cp

```
import numpy as np

k = 1.34 # valor de k donde queremos cp

# Datos ordenados por k (de menor a mayor)
k_tab = np.array([1.336, 1.344]) # k
cp_tab = np.array([1.142, 1.121]) # cp correspondiente (kJ/kg·K)

cp = np.interp(k, k_tab, cp_tab)

print(f"cp interpolado = {cp:.4f} kJ/kg·K")

cp interpolado = 1.1315 kJ/kg·K
```

Alternative way to find cp (ideal gases):

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_p}{c_p - R} \longrightarrow c_p = R \left(\frac{k}{k - 1} \right) \longrightarrow c_p = 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \left(\frac{1.34}{1.34 - 1} \right)$$

$$c_p = 1.1311 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

HOMEWORK: The rate of entropy generation [kJ/kg.K] is:

$$\cancel{\frac{ds}{dt}} = \dot{m}(s_1 - s_2) + \cancel{\frac{\dot{Q}}{T_0}} + \dot{\sigma}$$
$$\frac{\dot{\sigma}}{\dot{m}} = \sigma = s_2 - s_1 = \left\{ \begin{array}{l} = s_2^0 - s_1^0 - R \ln \frac{P_2}{P_1} \rightarrow c_p \text{ variable} \rightarrow \text{Pr method} \\ = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \rightarrow c_p \text{ constante} \end{array} \right.$$

Method 2: Ideal gas tables

$$\eta = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}}?$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{r2s}}{P_{r1}} \Rightarrow$$

(Continued)

T(K), h and u(kJ/kg), s° (kJ/kg · K)					
when Δs = 0 ¹					
T	h	u	s°	p _r	v _r
1160	1230.92	897.91	3.13916	207.2	16.064
1180	1254.34	915.57	3.15916	222.2	15.241

$$h_1 = 1248.485 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

We can calculate $P_{r(2s)}$ with pressures and T1 :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{r(2s)}}{P_{r(1)}} \rightarrow \frac{1}{8} = \frac{P_{r(2s)}}{218.45}$$

Interpolating at $T_1 = 1175\text{K}$

$$P_{r(2s)} = 27.3062$$

```
T_tab1 = np.array([1160.0, 1180]) # K (ejemplo)
h_tab1 = np.array([1230.92, 1254.34]) # kJ/kg (pon tus valores)
Pr_tab1 = np.array([207.2, 222.2]) # adim. (pon tus valores)

h1 = np.interp(T1, T_tab1, h_tab1)
Pr1 = np.interp(T1, T_tab1, Pr_tab1)
h1 = round(h1,4)
Pr1 = round(Pr1,4)

# =====
# 2. Cálculo de Pr(2s)
# =====
Pr2s = (P2 / P1) * Pr1
Pr2s = round(Pr2s,4)
```

Finding the air conditions that results in $P_{r(2s)} = 27.3062$:

TABLE A-22

Ideal Gas Properties of Air

$T(K)$, h and $u(kJ/kg)$, $s^{\circ} (kJ/kg \cdot K)$

				when $\Delta s = 0$	
T	h	u	s°	p_r	v_r
690	702.52	504.45	2.55731	27.29	72.56
700	713.27	512.33	2.57277	28.80	69.76

Interpolating we have:

$$P_{r(2s)} = 27.3062$$

$$T_{2s} = 690.1073 \text{ K}$$

$$h_{2s} = 702.6353 \text{ kJ/kg}$$

Interpolating at $P_{r(2s)} = 27.3062$

Therefore, the isentropic work is:

$$\dot{W}_s = \dot{m}(h_1 - h_{2s})$$

$$\frac{\dot{W}_s}{\dot{m}} = 1248.485 - 702.6353$$

$$\frac{\dot{W}_s}{\dot{m}} = w_s = 545.8497 \text{ kJ/kg}$$

The actual work is:

$$\eta_s = \frac{w_a}{w_s} \rightarrow w_a = 0.92 \times 545.8497 \text{ kJ/kg}$$

$$w_a = 502.1817 \text{ kJ/kg}$$

The actual enthalpy at state 2: $\dot{W}_a = \dot{m}(h_1 - h_2) \longrightarrow h_2 = h_1 - \frac{\dot{W}_a}{\dot{m}}$

$$h_2 = 1248.485 - 502.1817$$

$$h_2 = 746.3033 \text{ kJ/kg}$$

Finding the air conditions that results in $h_2 = 746.302 \text{ kJ/kg}$

TABLE A-22

Ideal Gas Properties of Air

T(K), h and $u(\text{kJ/kg})$, $s^\circ (\text{kJ/kg} \cdot \text{K})$

<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> [°]	when $\Delta s = 0$	
				<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
730	745.62	536.07	2.61803	33.72	62.13
740	756.44	544.02	2.63280	35.50	59.82

Interpolating we have:

Interpolating at $h_2 = 746.3033 \text{ kJ/kg}$

$$T_2 = 730.6315 \text{ K}$$

HOMEWORK: The rate of entropy generation [kJ/kg.K] is:

$$\begin{aligned} \cancel{\frac{ds}{dt}} &= \dot{m}(s_1 - s_2) + \cancel{\frac{\dot{Q}}{T_0}} + \dot{\sigma} \\ &= s_2^0 - s_1^0 - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad \rightarrow c_p \text{ variable} \quad \rightarrow \text{Pr method} \\ \frac{\dot{\sigma}}{\dot{m}} = \sigma = s_2 - s_1 &= \left\{ \begin{aligned} &= c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad \rightarrow c_p \text{ constante} \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Thanks!

