

Adı ve Soyadı:.....	No:.....	İmza:.....
Ahnan Puanlar:1.....2.....3.....4.....5.....Bonus.....	Sınav sonucu.....	

Not: Verilmediği düşünülen değerler için mantıklı kabuller yapılabilir. Gözetmenlere soru sorulmayacaktır.

Sorunun Tanımı																	
<p>S-1 (20 p)</p>	<p>1 m<sup>3</sup> sabit hacimli kapalı kaptaki başlangıçta -10 °C sıcaklık ve %50 kuruluk derecesinde R-134a soğutucu akışkanı bulunmaktadır. Bu kapa 50 °C'teki bir kaynaktan ısı verilmekte ve basınç 0.6 MPa olmaktadır. Buna göre; <b>a)</b> R-134a'nın entropisindeki değişimi, <b>b)</b> Kaynağın entropisindeki değişimi, <b>c)</b> Toplam entropideki değişimi, <b>d)</b> Bu işlemin entropinin artma prensibine uyup uymadığını belirleyiniz.</p> <p style="text-align: center;">ÇÖZÜMLERDE ÇENGEL TERMODİNAMİK TABLOLARI KULLANILMIŞTIR.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;"> <p>V=1 m<sup>3</sup>, T<sub>1</sub>=-10°C, X=%50 R-134a</p> <p>P<sub>2</sub>=0,6MPa</p> </div> <div style="margin-right: 20px;"> <p>← T<sub>k</sub>=50 °C Q</p> </div> <div> <p><b>I. Durum</b> Tablo A-11'den P<sub>1</sub>=200 kPa v<sub>f</sub>=0,75*10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/kg v<sub>g</sub>=0,99*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg v<sub>fg</sub>=0,98*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg S<sub>f</sub>=0,155 kJ/(kg*K) S<sub>g</sub>=0,937 kJ/(kg*K) S<sub>fg</sub>=0,782 kJ/(kg*K) u<sub>f</sub>=38,4 kJ/kg u<sub>g</sub>=224,54 kJ/kg u<sub>fg</sub>=186,14 kJ/kg</p> <p style="margin-left: 20px;">} v<sub>1</sub>= v<sub>f</sub> + X*v<sub>fg</sub> v<sub>1</sub>= 0,5051*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg</p> <p style="margin-left: 20px;">} S<sub>1</sub>= S<sub>f</sub> + X*S<sub>fg</sub> <b>S<sub>1</sub>=0,546 kJ/(kg*K)</b></p> <p style="margin-left: 20px;">} u<sub>1</sub>= u<sub>f</sub> + X*u<sub>fg</sub> u<sub>1</sub>=131,4 kJ/kg</p> </div> </div> <p><b>II. Durum</b> v<sub>1</sub>= v<sub>2</sub>=0,5051*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg v<sub>2</sub>&gt;v<sub>g@0,6MPa</sub>(0,5051*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg&gt;0,35*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg) (Tablo A-13) Kızgın Buhar Tablo A-13'den</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">T</th> <th style="text-align: center;">v</th> <th style="text-align: center;">S</th> <th style="text-align: center;">u</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">110 °C</td> <td style="text-align: center;">0,4945*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg</td> <td style="text-align: center;">1,18 kJ/(kg*K)</td> <td style="text-align: center;">319,91 kJ/kg</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">→ v<sub>2</sub></td> <td style="text-align: center;">0,5051*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg</td> <td style="text-align: center;">S<sub>2</sub> =?(İnterpolasyon)</td> <td style="text-align: center;">u<sub>2</sub>=? (İnterpolasyon)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">120 °C</td> <td style="text-align: center;">0,5099*10<sup>-1</sup> m<sup>3</sup>/kg</td> <td style="text-align: center;">1,20 kJ/(kg*K)</td> <td style="text-align: center;">329,23 kJ/kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>S<sub>2</sub> = 1,18+(1,20-1,18)*(0,5051-0,4945)/(0,5099-0,4945) <b>S<sub>2</sub>=1,19 kJ/(kg*K)</b> u<sub>2</sub>=328,32 kJ/kg</p> <p>a) ΔS<sub>R-134a</sub>=S<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> → ΔS<sub>R-134a</sub>=1,19-0,546 → <b>ΔS<sub>R-134a</sub>=0,644 kJ/(kg*K) entropi artışı</b> b) ΔS<sub>kaynak</sub> =-Q/T<sub>k</sub> Q=u<sub>2</sub>-u<sub>1</sub> → Q=(328,32-131,4)kJ/kg → Q=196,92kJ/kg → ΔS<sub>kaynak</sub> =-(196,92 kJ/kg)/(50+273)K → <b>ΔS<sub>kaynak</sub>=-0,609kJ/(kg*K)</b> c) ΔS<sub>toplamlam</sub> = m*(ΔS<sub>R-134a</sub> + ΔS<sub>kaynak</sub>) → m=V/v<sub>1</sub> → m=1m<sup>3</sup>/[(0,5051*10<sup>-1</sup>)m<sup>3</sup>/kg → m=19,79kg ΔS<sub>toplamlam</sub>=19,79*(0,644-0,603) → <b>ΔS<sub>toplamlam</sub>=0,801 kJ/K</b> d) ΔS<sub>toplamlam</sub>&gt;0 olduğu için entropi artış prensibine uyuyor.</p>	T	v	S	u	110 °C	0,4945*10 <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> /kg	1,18 kJ/(kg*K)	319,91 kJ/kg	→ v <sub>2</sub>	0,5051*10 <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> /kg	S <sub>2</sub> =?(İnterpolasyon)	u <sub>2</sub> =? (İnterpolasyon)	120 °C	0,5099*10 <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> /kg	1,20 kJ/(kg*K)	329,23 kJ/kg
T	v	S	u														
110 °C	0,4945*10 <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> /kg	1,18 kJ/(kg*K)	319,91 kJ/kg														
→ v <sub>2</sub>	0,5051*10 <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> /kg	S <sub>2</sub> =?(İnterpolasyon)	u <sub>2</sub> =? (İnterpolasyon)														
120 °C	0,5099*10 <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> /kg	1,20 kJ/(kg*K)	329,23 kJ/kg														

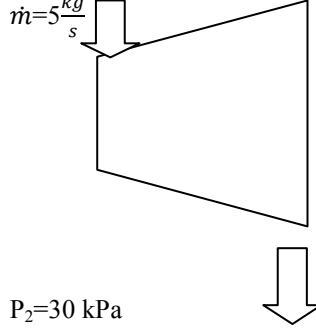
**Sorunun Tanımı**

S-2  
(20 p)

Su buharı adyabatik bir türbine 8 MPa, 500 °C ve 5 kg/s debiyle girmekte, 30 kPa basınca kadar genişlemektedir. Türbinin adyabatik (izentropik) verimi %90'dır. Buharın kinetik ve potansiyel enerji değişimini ihmal ederek, **a)** Türbin çıkışındaki buharın sıcaklığını, **b)** Türbinin gerçek gücünü **c)** Türbinin izentropik gücünü hesaplayınız.

ÇÖZÜMLERDE ÇENGEL TERMODİNAMİK TABLOLARI KULLANILMIŞTIR.

$P_1=8 \text{ MPa}$  } Tablo A-6  $h_1=3399,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$   
 $T_1=500 \text{ }^\circ\text{C}$  }  $S_1=6,726 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\times\text{K}}$



$P_2=30 \text{ kPa}$   
 $S_2=S_1 \rightarrow S_2=6,726 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\times\text{K}}$

Tablo A-5'ten **a) şıkkının cevabı**  $T_2=69,09 \text{ }^\circ\text{C}$

$S_f=0,9441 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\times\text{K}}$   $\rightarrow$   $X_2=\frac{S_2-S_f}{S_{fg}}$   
 $S_{fg}=6,8234 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\times\text{K}}$   $X_2=0,847$

$h_f = 289,27 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$h_g = 2624,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$h_{fg} = 2335,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

**b)**  $\eta_T = \frac{W_{\text{gerçek iş}}}{W_{\text{izentropik iş}}}$

$w_g = \dot{m} \times (h_1 - h_2)$

$w_i = \dot{m} \times (h_1 - h_{2s})$

$h_{2s} = h_f + X_2 \times h_{fg}$

$h_{2s} = (289,27 + 0,847 \times 2335,3) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$h_{2s} = 2267,26 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$\rightarrow \eta_T = \frac{3399,5 - h_2}{3399,5 - 2267,27} = 0,9$

$h_2 = 2380,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$\rightarrow w_g = 5 \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) \times (3399,5 - 2380,5) \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$

$w_g = 5095 \text{ kW}$

**c)**  $w_i = \dot{m} \times (h_1 - h_{2s})$

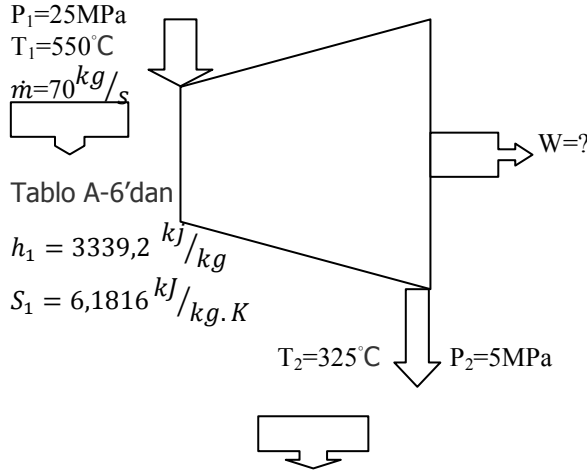
$\rightarrow w_i = 5 \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) \times (3399,5 - 2267,26) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$w_i = 5661,2 \text{ kW}$

**Sorunun Tanımı**

**S-3**  
(20 p)  
Buhar adyabatik bir türbine 25 MPa, 550 °C girmekte ve 5 MPa, 325 °C'de çıkmaktadır. Kütleli debi 70 kg/s ve çevre sıcaklığı 25 °C olduğuna göre; **a)** Türbin gücünü, **b)** Türbinin izentropik verimini (adyabatik verimini), **c)** Türbinin 2. kanun verimini, **d)** Buharın türbin giriş ve çıkışındaki ekserjisini, **e)** Bu işlemdeki tersinmezliği hesaplayınız. **(20 puan)**

ÇÖZÜMLERDE ÇENGEL TERMODİNAMİK TABLOLARI KULLANILMIŞTIR.



a)  $W = \dot{m} \times (h_1 - h_2)$

$h_1 = 3339,2 \text{ kJ/kg}$

$h_2 = 3010,5 \text{ kJ/kg}$

$W = 70 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (3339,2 - 3010,5) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

**$W = 23009 \text{ kW}$**

b)  $\eta_T = \frac{W_{\text{gerçek iş}}}{W_{\text{izentropik iş}}} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}}$

İzentropik durum için  $S_1 = S_2$  olması gerekir

$S_1 = S_2 = 6,1816 \text{ kJ/kg.K}$  değerini Tablo A-6'dan

5 MPa için hangi  $h(h_{2s})$  değerine denk geldiğini bulunur.

$h_{2s} = h_{@275^\circ\text{C}} + (h_{@300^\circ\text{C}} - h_{@275^\circ\text{C}}) \times \frac{S_{(1-2)} - S_{@275^\circ\text{C}}}{S_{@300^\circ\text{C}} - S_{@275^\circ\text{C}}}$

$h_{2s} = 2909,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$\eta_T = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \rightarrow \eta_T = \frac{3339,2 - 3010,5}{3339,2 - 2909,4} = 0,76 \rightarrow \eta_T = \%76$

Tablo A-6'da 300 ve 350 derecelerdeki h ve S değerleri için interpolasyon yaparız.

$h_2 = h_{@300^\circ\text{C}} + (h_{@350^\circ\text{C}} - h_{@300^\circ\text{C}}) \times \frac{325 - 300}{350 - 300}$

$h_2 = 2925,7 + (3069,3 - 2925,7) \times 0,5$

$h_2 = 3010,5 \text{ kJ/kg}$

$S_2 = 6,3313 \text{ kJ/kg.K}$

c)  $\eta_{II} = \frac{W_{\text{gerçek}}}{W_{\text{tersinir}}}$

$W_{\text{tersinir}} = \dot{m} \times [(h_1 - h_2) - T_0 \times (S_1 - S_2) - \Delta ke - \Delta pe]$

$W_{\text{tersinir}} = 70 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times \left[ (3339,2 - 3010,5) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - (27 + 273) \text{K} \times (6,1816 - 6,3313) \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}} \right]$

$W_{\text{tersinir}} = 26152,7 \text{ kW}$

$\rightarrow \eta_{II} = \frac{23009}{26152,7} = 0,87 \rightarrow \eta_{II} = \%87$

d)  $\psi_1 = [(h_1 - h_0) - T_0 \times (S_1 - S_0) - \Delta ke - \Delta pe] \rightarrow \psi_1 = 1484,72 \text{ kJ/kg}$

$\psi_2 = [(h_2 - h_0) - T_0 \times (S_2 - S_0) - \Delta ke - \Delta pe] \rightarrow \psi_2 = 1111,1 \text{ kJ/kg}$

e)  $I = W_{\text{tersinir}} - W_{\text{gerçek}} \rightarrow I = (26152,7 - 23009) \text{ kW}$

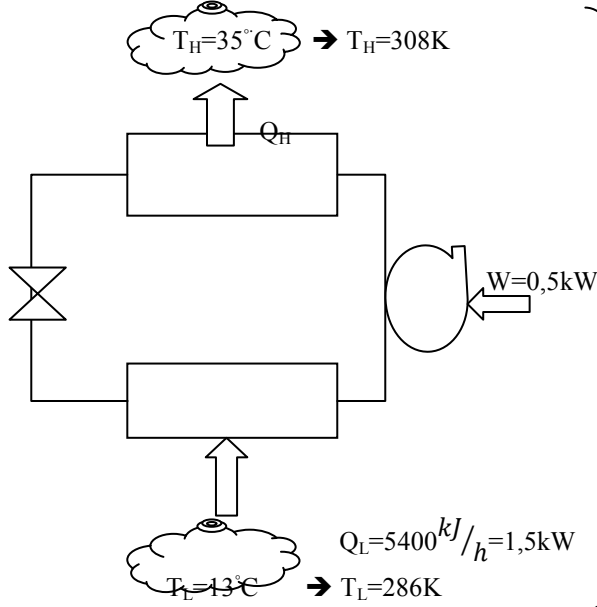
**$\rightarrow I = 3143,7 \text{ kW}$**

Sorunun Tanımı

S-4  
(20 p)

13 °C sıcaklıkta tutulmak istenen bir soğutucudan saate 5400 kJ değerinde ısı çekilmektedir. Çevre hava sıcaklığı 35 °C olup soğutucu kompresörünün çektiği güç 0.5 kW olduğuna göre; **a)** Soğutucunun çekebileceği en düşük güç miktarını, **b)** Tersinmezliği, **c)** Bu soğutucunun 2. yasa verimini hesaplayınız.

ÇÖZÜMLERDE ÇENDEL TERMODİNAMİK TABLOLARI KULLANILMIŞTIR.



a)  $W_{min} = W_{tersinir}$

$COP = T_L / (T_H - T_L)$  ve  $COP = Q_L / W_{min}$

$\rightarrow COP = 286 / 35 - 13 \rightarrow COP = 13$

$13 = 1,5kW / W_{min}$

$\rightarrow W_{min} = W_{tersinir} = 0,1154kW$

b)  $I = W_{gercek} - W_{tersinir} \rightarrow I = (0,5 - 0,1154)kW$

$\rightarrow I = 0,3846kW$

c)  $\eta_{II} = COP_{gercek} / COP_{tersinir}$

$COP_{gercek} = Q_L / W \rightarrow 1,5kW / 0,5kW = 3$

$\rightarrow \eta_{II} = 3 / 13 \rightarrow \eta_{II} = 0,23 \rightarrow \eta_{II} = \%23$

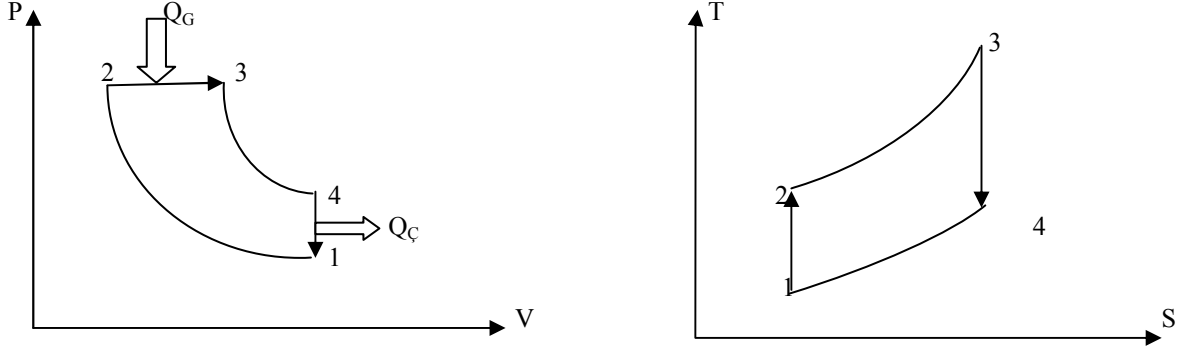
**Sorunun Tanımı**

**S-5** İzentropik sıkıştırma oranı 16 olan bir ideal Diesel çevriminde sıkıştırma başlangıcında hava 27 °C ve basınç 0.1 MPa'dır. Çevrim başına verilen ısı 1800 kJ/kg ise; **a)** Çevrimin P-V ve T-s diyagramını çiziniz. **b)** Çevrimin her noktasındaki sıcaklık ve basınç değerlerini, **c)** Yapılan işi, **d)** Çevrimin ısıl verimini hesaplayınız. ( Hava için  $k=1.4$  ,  $C_v=0.7165$  kJ/kgK)

(20 p)

ÇÖZÜMLERDE ÇENGEL TERMODİNAMİK TABLOLARI KULLANILMIŞTIR.

a)



b)

1- noktası için

$$T_1 = 300K$$

$$P_1 = 100kPa$$

2-noktası için

$$T_2 = T_1 \times r^{k-1} \rightarrow T_2 = 300 \times 16^{1.4-1} \rightarrow T_2 = 909,43K$$

$$P_2 = P_1 \times r^k \rightarrow P_2 = 100kPa \times 16^{1.4} \rightarrow P_2 = 4850 kPa$$

3-noktası için

$$P_2 = P_3$$

$$q_{2-3} = C_p \times (T_3 - T_2) \rightarrow T_3 = q_{2-3}/C_p + T_2 \rightarrow T_3 = [1800/1,0031] + 909,43$$

$$\rightarrow T_3 = 2703,15K = T_{max}$$

4-noktası için

$$T_4 = \left[ \frac{T_3}{T_2} \right] \times r^{k-1} = 1378,85K$$

$$P_4 = ? \quad \frac{P_4}{P_1} = \frac{T_4}{T_1} \rightarrow \frac{P_4}{100} = \frac{1378,85}{300} \rightarrow P_4 = 459,6kPa$$

$$c) q_{yapılan iş} = q_{4-1} = C_v \times (T_4 - T_1) \rightarrow q_{4-1} = [0,7165 \text{ kJ/kg.K}] \times (1378,85 - 300)K$$

$$\rightarrow q_{4-1} = 773 \text{ kJ/kg}$$

$$d) \eta_{isıl} = W_{net}/q_G, W_{net} = q_{2-3} - q_{4-1} \rightarrow (1800 - 773) \text{ kJ/kg} = 1026 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{isıl} = 1026/1800 = 0,57 \rightarrow \eta_{isıl} = \%57$$

**BONUS**

(20 p)

Termodinamiğin I. Kanunu ve entropi tanımından yararlanarak; ideal gazlarda sistemin entropi değişiminin hesaplanmasında kullanılan aşağıdaki denklemleri türetiniz?

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1},$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{V_2}{V_1} + c_v \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$dq = du + dw \quad [6]$$

$$Tds = c_v dT + PdV \quad [7]$$

$$PV = RT \rightarrow PdV + VdP = RdT \quad [8]$$

$$dT = \frac{PdV + VdP}{R} \quad [9]$$

Denklem 9'daki ifade Denklem 2'de yerine konulursa;

$$Tds = c_v \left[ \frac{PdV + VdP}{R} \right] + RT \frac{dV}{V} \quad [10]$$

$$ds = \frac{c_v}{RT} [PdV + VdP] + R \frac{dV}{V}$$

$$ds = \frac{c_v}{PV} [PdV + VdP] + R \frac{dV}{V}$$

$$ds = c_v \frac{dV}{V} + c_v \frac{dP}{P} + R \frac{dV}{V}$$

$$ds = (c_v + R) \frac{dV}{V} + c_v \frac{dP}{P} \rightarrow \int_1^2 ds = \int_1^2 c_p \frac{dV}{V} + \int_1^2 c_v \frac{dP}{P}$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{V_2}{V_1} + c_v \ln \frac{P_2}{P_1} \quad [12]$$

Denklem 7'deki eşitliğin her iki tarafını "T" bölerek denklemi hacim ve sıcaklık gradyanı boyunca entegre etmek suretiyle de entropideki değişimi hesaplayabiliriz;

$$Tds = c_v dT + PdV$$

$$ds = c_v \frac{dT}{T} + \frac{P}{T} dV$$

$$ds = c_v \frac{dT}{T} + R \frac{dV}{V}$$

$$\int_1^2 ds = \int_1^2 c_v \frac{dT}{T} + \int_1^2 R \frac{dV}{V}$$

$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \quad [13]$$

Ayrıca Denklem 7'deki ifadeyi hacim ve sıcaklık gradyanı boyunca entegre etmek suretiyle de entropideki değişimi hesaplanabilir;

$$PV = RT \Rightarrow PdV + VdP = RdT$$

$$PdV = RdT - VdP$$

$$Tds = c_v dT + [dT - VdP]$$

$$Tds = (c_v + R)dT - VdP$$

$$ds = c_p \frac{dT}{T} - \frac{V}{T} dP$$

$$\int_1^2 ds = \int_1^2 c_p \frac{dT}{T} - \int_1^2 R \frac{dP}{P}$$
$$\Delta s_{sis} = s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

Başarılar dileriz..... Bülent Yeşilata & Hüsamettin Bulut & M.Azmi Aktacir