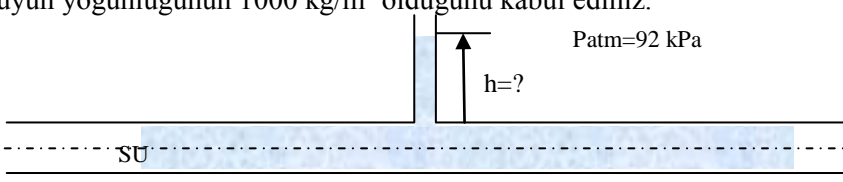


Adı ve Soyadı:.....	No:.....	İmza:.....
Alınan Puanlar: 1.....2.....3.....4.....5.....6.....	Sınav sonucu.....	Süre: 90 dak.

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

S-1
(10 p)

Bir su borusuna şekildeki gibi cam bir tüp takılmıştır. Atmosfer basıncı 92 kPa ve borudaki suyun basıncı 115 kPa ise tüp içindeki suyun yüksekliğinin ne kadar olacağını hesaplayınız. Yerçekimi ivmesinin 9.8 m/s^2 ve suyun yoğunluğunun 1000 kg/m^3 olduğunu kabul ediniz.



Çözüm

$$P_{su} - P_{atm} = P_{gösterge}$$

$$(115000 - 92000)Pa = \rho \cdot g \cdot h$$

$$23000Pa = 1000 \cdot 9.8 \cdot h \Rightarrow h = 2.35m$$

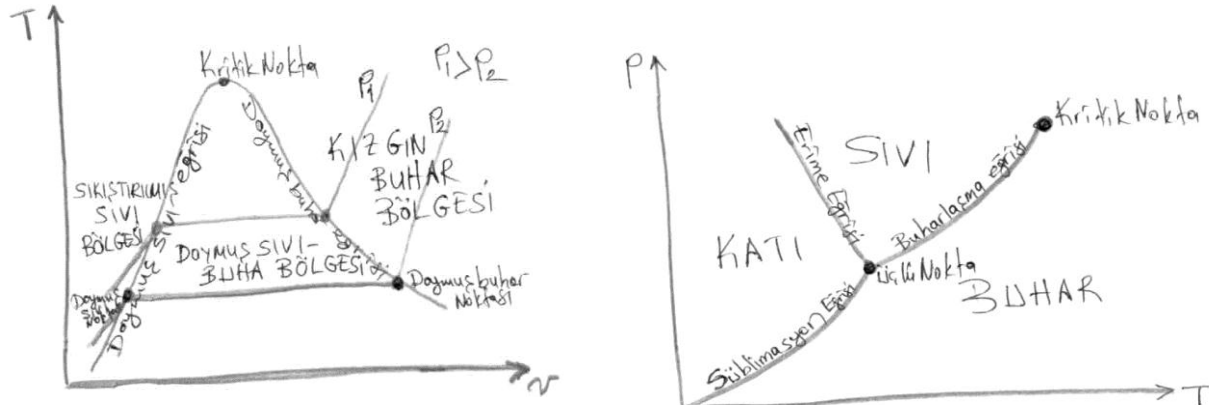
S-2
(10 p)

a) Saf madde olarak suyun T-v (Sıcaklık-özgül hacim) ve P-T (Basınç- Sıcaklık) diyagramlarını üzerindeki nokta, eğri ve bölgeleri belirterek çiziniz.

b) Bir piston-silindir çiftinde sabit sıcaklık işlemi için sınır işini türetiniz.

Çözüm:

a)



b)

$$T = T_1 = T_2 = \text{Sabit}, PV = mRT$$

$$PV = c' \text{ den}$$

$$W = \int_1^2 P \cdot dV = \int_1^2 \frac{c}{V} dV$$

$$W_{k12} = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = P_2 V_2 \ln \frac{P_1}{P_2} = mRT \ln \frac{P_1}{P_2} = mRT \frac{V_2}{V_1} =$$

Özellikler arasındaki bağıntılar:

$$P_1 V_1 = P_2 \cdot V_2 \dots \dots \dots \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

S-3
(20 p) Başlangıçta 1 MPa ve 0.23275 m³/kg özgül hacminde su içeren **sabit hacimli** bir tank, 165°C'ye soğutulmaktadır; **a)**Tankın başlangıç sıcaklığı kaç °C'dir? **b)**Tankın son durumdaki basıncı kaç kPa'dır? **c)**Suyun son durumdaki fazı nedir, eğer doymuş sıvı buhar karışımı ise kuruluk derecesi kaçtır? **d)**Tankın iç enerjisindeki değişimi (kJ/kg)? **e)**Gerçekleşen işlemi P-v ve T-v diyagramlarında gösteriniz.

Çözüm: Yunus Çengel Tabloları kullanılmıştır.

1.durum

$$P_1 = 1 \text{ MPa}, v_1 = 0.23275 \text{ m}^3/\text{kg}$$

2.durum

$$T_2 = 165^\circ\text{C}, v_2 = v_1 = 0.23275 \text{ m}^3/\text{kg}$$

a)Tablo A-5'ten 1 MPa doyma basıncına göre inceleme yapılırsa, soruda verilen özgül hacim, doyma durumunun özgül hacminden fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu koşullarda suyun kızgın buhar olması gerekiyor. Tablo A-6'dan 0.23275 m³/kg özgül hacmi 250°C tekabül etmektedir:

$$T_1 = 250^\circ\text{C} (@\text{Tablo A} - 6, 1 \text{ MPa}, 0.23275 \text{ m}^3/\text{kg})$$

b)Termodinamik özellik tablolarında bir veri okuyabilmek için en az 2 özellik bilmek gereklidir. 2. Durum için sıcaklığı ($T_2 = 165^\circ\text{C}$) ve tank sabit hacimli olduğu için özgül hacmi ($v_1 = v_2 = 0.2275 \text{ m}^3/\text{kg}$) biliniyor, Tablo A-4'ten 165°C için özgül hacme bakılırsa $v_f < v_2 < v_g$ olduğu görülür.

Dolayısıyla Tablo A-4'ten $P_2 = 700.93 \text{ kPa}$ olarak tespit edilir.

c)b şıkkında 2. Durumun su için doyma durumu olduğu anlaşılıştı, dolayısıyla kuruluk derecesini aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$X = \frac{(v_1 - v_f)}{v_{fg}} \rightarrow X = \frac{(0.2275 - 0.001108)}{(0.27244 - 0.001108)} \rightarrow X = 0.83$$

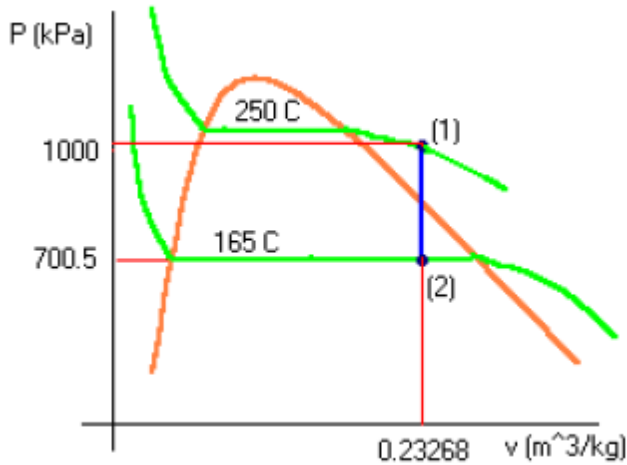
d)

$$\Delta u = u_2 - u_1 \rightarrow \Delta u = (u_{f@165^\circ\text{C}, 700.93 \text{ kPa}} + X u_{fg@165^\circ\text{C}, 700.93 \text{ kPa}})_{\text{Tablo A-4}} - u_{1@1 \text{ MPa}, 250^\circ\text{C}} (\text{Tablo A-6})$$

$$\Delta u = [696.46 + 0.83 \times 1875.4] \text{ kJ}/\text{kg} - 2710.4 \text{ kJ}/\text{kg} \rightarrow \Delta u$$

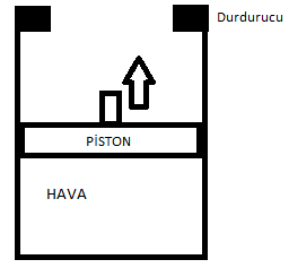
$$= -457.35 \text{ kJ}/\text{kg} \text{ Sistemin iç enerjisi azalmıştır.}$$

e)



S-4
(20 p)

Şekildeki piston silindir düzeneği hava ile doludur. Atmosfer basıncı ve pistonun ağırlığı sabit, piston ile silindir yüzeyinde arasında sürtünme yoktur. Başlangıçta piston şekilde görüldüğü gibi sabit durmakta ve havanın basıncı 100 kPa, hacmi 1 litre ve sıcaklığı 300 K'dir. Bu durumdan sonra hava ısıtmaya başlanmış ve hava genişerek pistonu durdurma noktasına kadar itmiştir. Bu son durumda havanın hacmi 2 litredir. Hava sıcaklığı 900 K olana kadar ısıtmaya devam edilmiştir.



- a) Pistonun durdurma noktasına ulaştığında hava sıcaklığı ne olur(°C)?
b) Hava sıcaklığı 900 K olduğunda piston silindir düzeneğinin içindeki basınç ne olur(kPa)? c) Bu işlem boyunca yapılan piston işi ne kadardır (kJ)?
d) Bu işlemi P-V diyagramında gösteriniz.

Cözüm:

1. durum

$$P_1 = 100 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 1L = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_1 = 300K$$

2. durum

$$V_2 = 2L = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_2 = P_1 = 100 \text{ kPa}$$

3. durum:

$$T_3 = 900 K$$

$$V_3 = V_2 = 2L = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Havanın mükemmel gaz olduğundan yola çıkarak

a) 1-2 durumları arasında

1 ve 2 durumu arasında basınç ve hava miktarında değişiklik olmadığı için $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ yazabiliriz.

$$\text{Dolayısıyla } T_2 = T_1 \times V_2 / V_1 \rightarrow T_2 = 300 K \times 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \rightarrow T_2 = 600 K$$

b) 2-3 durumları arasında

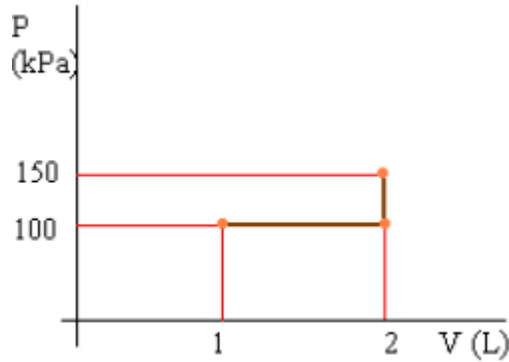
2 ve 3 durumları arasında hacim ve hava miktarında değişiklik olmadığından $\frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3}$ yazabiliriz.

$$\text{Dolayısıyla } P_3 = T_3 \times P_2 / T_2 \rightarrow P_3 = 900 K \times 100 \text{ kPa} / 600 K \rightarrow P_3 = 150 \text{ kPa}$$

$$\text{c) } W_{1-3} = W_{1-2} + W_{2-3} \quad dV_{2-3} = 0 \text{ olduğundan } W_{2-3} = 0 \rightarrow W_{1-3} = W_{1-2}$$

$$W_{1-3} = W_{1-2} = P_1(V_2 - V_1) \rightarrow W_{1-3} = W_{1-2} = 100 \text{ kPa} \times (2 - 1) \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0.1 \text{ kJ}$$

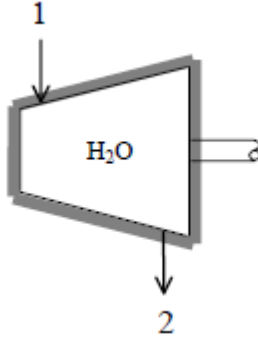
d)



S-5
(20 p)

Buhar, sürekli akışlı bir türbine 10 MPa , 550°C ve 50 m/s hızla girmekte türbinden 25kPa ve %95 kuruluk derecesi ile çıkmaktadır. Türbin giriş kesit alanı 150 cm² , çıkış kesit alanı ise 4000 cm² ve 50 kJ/kg türbinden ısı kaybı olduğuna göre: **a)**Kütleli debiyi(kg/s) **b)**Buharın türbinden çıkış hızını(m/s) **c)**Türbinin ürettiği gücü(kW) hesaplayınız

Çözüm: Yunus Çengel Tabloları kullanılmıştır.



Giris: $P_1 = 10 \text{ MPa}$, $T_1 = 550 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_1 = 50 \text{ m/s}$, $A_1 = 150 \text{ cm}^2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{cm}^2$

$\rightarrow v_1 = 0.035655 \text{ m}^3 / \text{kg}$, $h_1 = 3502 \text{ kJ/kg}$ (Tablo A - 6)

Çıkış: $P_2 = 25 \text{ kPa}$, $X = 0.95$, $T_2 = 64.96^\circ\text{C}$ (Tablo A - 5)

$A_2 = 4000 \text{ cm}^2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{cm}^2$

$\rightarrow v_2 = v_{f@25\text{kPa},64.96^\circ\text{C}} + X \times (v_{g@25\text{kPa},64.96^\circ\text{C}} - v_{f@25\text{kPa},64.96^\circ\text{C}})$ (Tablo A - 5)

$v_2 = 0.001020 + 0.95(6.2034 - 0.001020) \rightarrow v_2 = 5.8932 \text{ m}^3 / \text{kg}$

$h_2 = h_{f@25\text{kPa},64.96^\circ\text{C}} + X \times h_{fg@25\text{kPa},64.96^\circ\text{C}} \rightarrow h_2 = [271.96 + 0.95 \times 2345.5] \text{ kJ/kg}$

$h_2 = 2500.18 \text{ kJ/kg}$

a) $\dot{m} = A \times V / v \rightarrow \dot{m} = A_1 \times V_1 / v_1 \rightarrow \dot{m} = \frac{0.015 \text{ m}^2 \times 50 \text{ m/s}}{0.035655 \text{ m}^3 / \text{kg}} \rightarrow \dot{m} = 21.03 \text{ kg/s}$

b) $V_2 = \dot{m} \times v_2 / A_2 \rightarrow V_2 = \frac{21.03 \text{ kg/s} \times 5.8932 \text{ m}^3 / \text{kg}}{0.4 \text{ m}^2} \rightarrow V_2 = 310 \text{ m/s}$

c) Termodinamiğin 1. Kanunundan $E_{giren} - E_{çıkan} = \Delta E_{sistem}$, sürekli akışlı bir türbin olduğu için $\Delta E_{sistem} = 0$

dolayısıyla $E_{giren} = E_{çıkan}$ girenleri ve çıkanları yazarsak (Potansiyel enerji yoktur.)

$$\dot{m} \left[h_1 + \frac{V_1^2}{2} \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) \right] = \dot{m} \left[h_2 + \frac{V_2^2}{2} \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) + q \right] + W_{türbin}$$

$$W_{türbin} = 21.03 \text{ kg/s} \left[(3502 - 2500.18) \text{ kJ/kg} + \frac{(2500 - 96100) \text{ m}^2/\text{s}^2 \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right)}{2} + 55 \right]$$

$W_{türbin} = 19036.5 \text{ kW} = 19.0365 \text{ MW}$

S-6

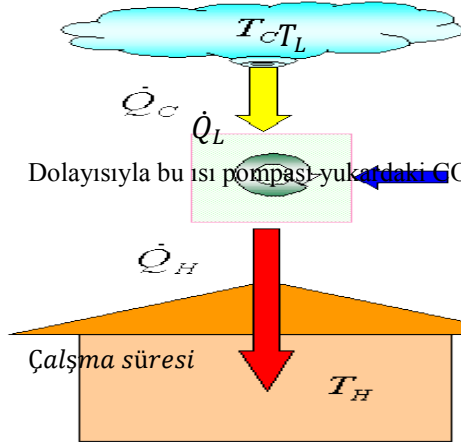
(20 p)

a) Bir ev, soğuk bir gecede 24 kW ısı kaybetmektedir. Bu evin ısıtma yükünü karşılamak için dış hava sıcaklığı -1°C iken bu evi 22°C 'de tutmada kullanılan Carnot ısı pompasının, 8 saatlik elektrik tüketimi kaç TL olur (0.3 TL/kWh)? Ayrıca bu ev aynı süre boyunca elektrikli ısıtıcı ile ısıtılsaydı elektrik tüketimi kaç TL olurdu? Gerçek bir split tip ısı pompası bu ev için saate kaç TL elektrik harcardı (ipucu: COP değerini tahmin ederek)?

b) Bir buzdolabı satıcısı sattığı buzdolabının, 27°C bir ortamda çalışırken soğutulan kısmını -5°C 'de tutabildiğini iddia ediyor. Ayrıca bu koşullarda buzdolabının soğutma etkinlik katsayısının (COP) 10 olduğunu belirtiyor. Buzdolabı satıcısının bu iddiası doğru mudur? (Doğruluğunu veya yanlışlığını ispat ediniz) Eğer buzdolabının soğutulan kısmından 2 kW alınıyorsa, buzdolabının çalışması için gereken minimum kompresör gücünü hesaplayınız (kW).

Çözüm:

a)



-Saatte 24kw enerji kaybı varsa 8 saatte 192W enerji kaybı olur.

Isı pompası Carnot ısı pompası olduğu için $COP = T_H / (T_H - T_L)$

$$COP_{tr.IP} = 22 + 273 / 22 - (-1) \rightarrow COP_{tr.IP} = 12.83$$

Dolayısıyla bu ısı pompası yukarıdaki COP ile 184 kW enerji

Sağlamak için ne kadar \dot{W}_{net} ihtiyaç duyar:

$$COP_{tr.IP} = \dot{Q}_h / \dot{W}_{net} \rightarrow \dot{W}_{net} = 192 \text{ kWh} / 12.83 \rightarrow$$

$$\dot{W}_{net} = 14.96 \text{ kWh} \rightarrow TL = \dot{W}_{net} \times \text{Birim fiyat} \times$$

$$TL_{tr.IP} = 1.87 \text{ kWh} \times 0.3 \text{ TL/kWh} \times 8 \text{ h} = 4.488 \text{ TL}$$

- Elektrikli ısıtıcı ile ısıtılsaydı:
192kWh enerji ihtiyacı için

$$TL_{elektrikli ısıtıcı} = \dot{W}_{net} \times \text{Birim fiyat} \times \text{Çalışma süresi} \rightarrow TL_{elektrikli ısıtıcı} = 192 \text{ kWh} \times 0.3 \text{ TL/kWh} \times 8 \text{ h}$$
$$TL_{elektrikli ısıtıcı} = 460.8 \text{ TL}$$

- Gerçek bir split klimanın COP'si 3 civarındadır. Buradan yola çıkarak

$$COP_{gerçek} = \dot{Q}_h / \dot{W}_{net} \rightarrow \dot{W}_{net} = 192 \text{ kWh} / 3 \rightarrow \dot{W}_{net} = 64 \text{ kWh}$$

$$TL_{gerçek} = \dot{W}_{net} \times \text{Birim fiyat} \times \text{Çalışma süresi} \rightarrow TL_{gerçek} = 64 \text{ kWh} \times 0.3 \text{ TL/kWh} \times 8 \text{ h} = 153.6 \text{ TL}$$

- Sorudan çıkarılacak diğer anlama göre:
8

b) $T_H = 24^{\circ}\text{C}$, $T_L = -5^{\circ}\text{C}$, $COP_{iddia edilen} = 10$

$$COP_{tr.SM} = T_H / (T_H - T_L), COP_{tr.SM} = -5 + 273 / 27 - (-5) \rightarrow COP_{tr.SM} = 8.375$$

$COP_{tr.SM} < COP_{iddia edilen}$ böyle bir soğutma makinası olamaz !!!!!

Eğer $\dot{Q}_L = 2 \text{ kW}$ en düşük \dot{W}_{net} elde edebilmek için makinenin Carnot makinesi olması gerekir

$$COP_{tr.SM} = \dot{Q}_L / \dot{W}_{net, en düşük} \rightarrow \dot{W}_{net, en düşük} = 2 \text{ kW} / 8.375 \rightarrow \dot{W}_{net, en düşük} = 0.23 \text{ kW}$$

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