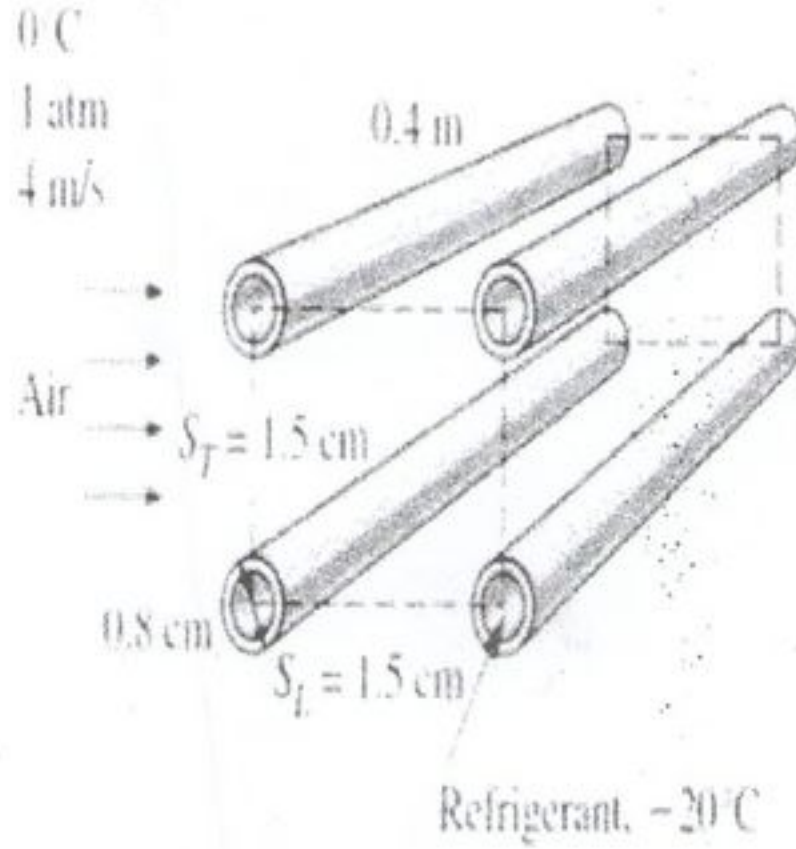


T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ESM-204 ISI VE KÜTLE TRANSFERİ 1.VİZE SINAV SORULARI

07.04.2016

1) (30P)



Bir buzdolabının buharlaştırıcı kısmındaki hava, içinde soğutucu akışkanın -20°C 'de buharlaştırıldığı dış çapı 0.8 cm ve uzunluğu 0.4 m olan boru demeti üzerinden geçirilerek soğutulacaktır. Hava, boru demetine dik olarak 0°C ve 1 atm' de 4 m/s bir ortalama hızla yaklaşmaktadır. Çubuklar sıralı uzunlamasına ve enine $S_L = S_T = 1.5$ cm aralıklı olarak dizilmiştir. Akış yönünde her sırası 15 borulu 30 adet sıra bulunmaktadır. Bu sistemin soğutma kapasitesini ve boru demeti üzerindeki basınç düşüşünü bulunuz.

- 2) (30P) İçerisinde dirençle ısıtma sonucu sabit $\dot{e}_{\text{direnç}} = 50 \text{ W/cm}^3$ hızıyla üniform ısı üretimi olan $r_1 = 0.2$ cm yarıçaplı ve ısıl iletkenliği $k_{\text{tel}} = 15 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ olan uzun bir direnç telini göz önüne alınız. Tel, ısıl iletkenliği $k_{\text{seramik}} = 1.2 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ olan 0.5 cm kalınlıklı bir seramik tabakasına yerleştirilmiştir. Eğer seramik tabakanın dış yüzey sıcaklığı $T_s = 45^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülüyorsa, sürekli şartlarda direnç telinin merkezindeki ve seramik tabaka ile telin ara yüzeyindeki sıcaklıkları hesaplayınız.
- 3) (25P) Saf bakırdan yapılmış 24 mm çapındaki küresel bilya, $T_{\infty} = 550^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta bir fırında 25°C 'den 275°C sıcaklığa çıkıncaya kadar ısıtılacaktır. Isı taşınım katsayısı $250 \text{ W/m}^2\text{K}$ ise, küresel bilya fırında ne kadar süre tutulmalıdır ve bu süre zarfında bilyanın aldığı ısı ne kadardır?
- 4) (15P) Doğal taşınım olan düşey levhada sınır tabakalarını çizin ve ısı taşınım katsayısı (h) nasıl hesaplanır açıklayınız.

Prof. Dr. H. Mehmet ŞAHİN

Başarılar Dilerim...

Sınav süresi 80 dakikadır.

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
SINAV KAĞIDI

Adı ve Soyadı :
Fakülte No / Sınıfı :
Dersin Adı :
Mühendislik Programı :

Sınav Tarihi :/...../.....
Verilen Not :
Öğretim Elemanının İmzası :

Cevap 1-) Ortalama sıcaklık -5°C olarak alınır, Tablo A-15'den

$$k = 0.02326 \text{ W/mK}$$

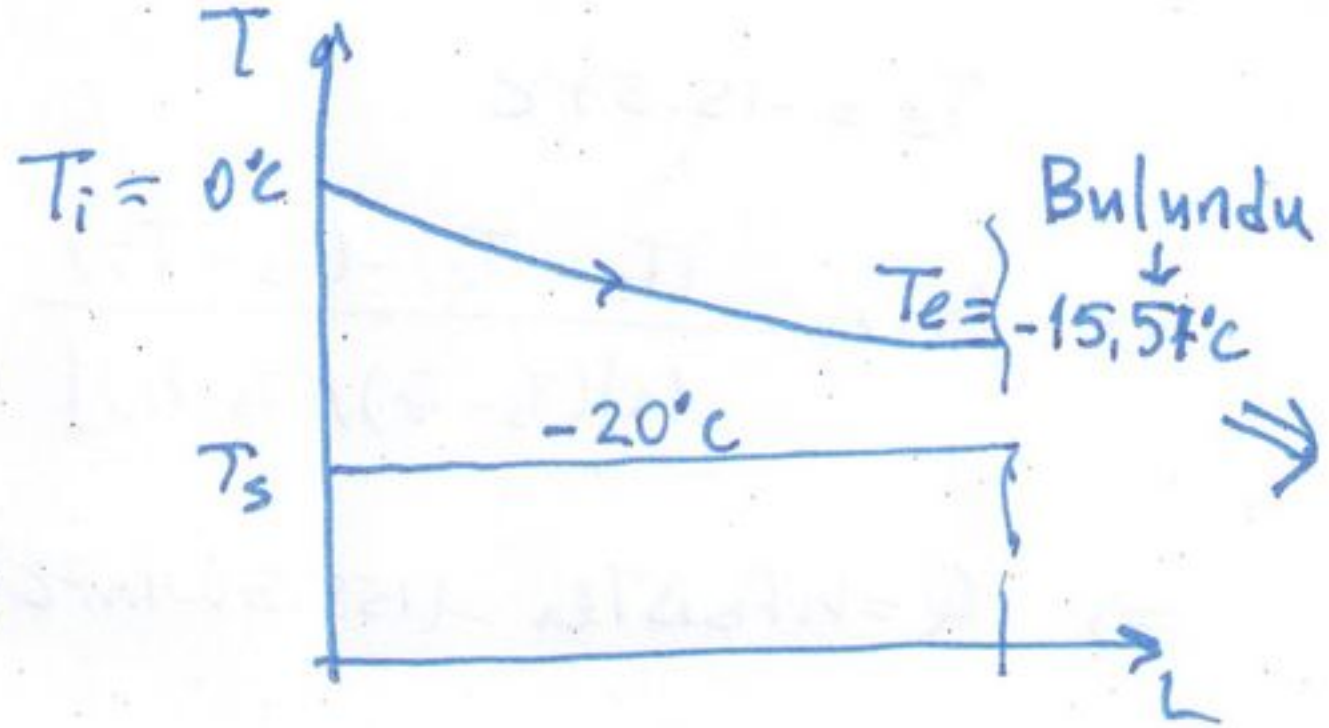
$$c_p = 1.006 \text{ kJ/kgK}$$

$$\mu = 1.705 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$$

$$\rho = 1.316 \text{ kg/m}^3 \text{ ve } \rho$$

$$Pr = 0.7375$$

$$Pr_s = Pr_{@-20^{\circ}\text{C}} = 0.7408$$



$$\Rightarrow V_{\max} = \frac{S_T}{S_T - D} \sqrt{\frac{0.015 \text{ m}}{(0.015 - 0.008) \text{ m}}} (\text{km/s}) = 8.571 \text{ m/s}$$

$$Re_D = \frac{\rho V_{\max} D}{\mu} = \frac{(1.316 \text{ kg/m}^3)(8.571 \text{ m/s})(0.008 \text{ m})}{1.705 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}} = 5294$$

\Rightarrow Tablo 7-2'den Re_D sayısına göre sınırlı dâirenin dışı uygun Nu değeri:

$$Nu_D = 0.27 Re_D^{0.63} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$$

$$= 0.27 (5294)^{0.63} (0.7375)^{0.36} (0.7375/0.7408)^{0.25} = 53.61$$

$$h = \frac{Nu_D k}{D} = \frac{(53.61)(0.02326 \text{ W/m}^{\circ}\text{C})}{0.008 \text{ m}} = 155.8 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$\Rightarrow N = N_L \times N_T = 30 \times 15 = 450 \text{ toplam boru sayısı.}$$

$$A_s = N \pi D L = 300 \pi (0.008 \text{ m})(0.4 \text{ m}) = 4.524 \text{ m}^2 \text{ ısı transfer yüzey alanı}$$

$$\dot{m} = \dot{m}_i = \rho_i V (N_T S_T L) = (1.282 \text{ kg/m}^3)(4 \text{ m/s})(15)(0.015 \text{ m})(0.4 \text{ m})$$

$$\dot{m}_i = 0.4651 \text{ kg/s} \text{ borunun kütlesi debisi}$$

$$\Rightarrow T_e = T_s - (T_s - T_i) \exp\left(-\frac{A_s h}{\dot{m} c_p}\right) = -20 - (-20 - 0) \exp\left(-\frac{4.524 \times (155.8)}{(0.4651) \times (1006)}\right)$$

$$T_e = -15.57^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{\ln} = \frac{(T_s - T_e) - (T_s - T_i)}{\ln[(T_s - T_e)/(T_s - T_i)]} = \frac{(-20 + 15.57) - (-20 - 0)}{\ln[(-20 + 15.57)/(-20 - 0)]} = 10.33^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow Q = h A_s \Delta T_{\ln} = (155.8 \text{ W/m}^2\text{C})(4.524 \text{ m}^2)(10.33^\circ\text{C}) = \boxed{7285 \text{ W}}$$

$$\Rightarrow Re_D = 5294 \text{ ve } S_L/D = 1.5/0.8 = 1.875 \text{ ve Şekil 7-27'den}$$

$$f = 0.27 \text{ ve } X > 1 \text{ bulunur ve basınç düşüşü:}$$

$$\Delta P = N_L f \times \frac{\rho V_{\max}^2}{2}$$

$$\Delta P = (30)(0.27)(1) \frac{(1.316 \text{ kg/m}^3)(8.571 \text{ m/s})^2}{2} \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg m/s}^2}\right) = \boxed{391.6 \text{ Pa}}$$

Not: $(T_i + T_e)/2 = (0 - 15.6)/2 = -7.8^\circ\text{C}$, Ortalama sıcaklığı -5°C seçmistik ve kabul ettiğimizde de perle akışının aritmetik ortalama sıcaklığı yakın olduğu için tekrar çözüm yapmaya gerek yoktur.

\Rightarrow ilk ortalama sıcaklığı -10°C olarak da yaparsak da aynıdır.

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
SINAV KAĞIDI

Adı ve Soyadı :
Fakülte No / Sınıfı :
Dersin Adı :
Mühendislik Programı :

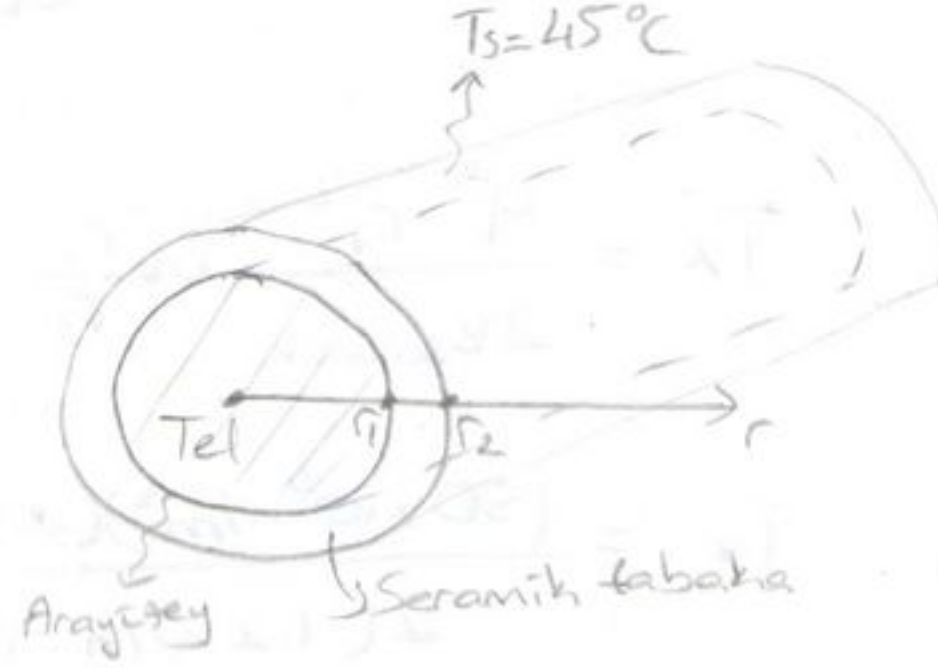
Sınav Tarihi :/...../.....
Verilen Not :
Öğretim Elemanının İmzası :

Cevap 2-) T_x bilinen bir arayıcı sıcaklığı gösteren, teldeki ısı transferi problemi;

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT_{tel}}{dr} \right) + \frac{q'''}{k} = 0$$

$$T_{tel}(r_1) = T_x$$

$$\frac{dT_{tel}(0)}{dr} = 0$$



⇒ Bu problemin çözümü $T_{tel}(r) = T_x + \frac{q'''}{4k_{tel}} (r_1^2 - r^2)$ dir.

⇒ Seramik tabakanın ısı üretimi içermediğine ve dış yüzey sıcaklığı belirlendiğine göre bu tabakadaki ısı iletim problemi;

$$\frac{d}{dr} \left(r \frac{dT_{seramik}}{dr} \right) = 0$$

$$T_{seramik}(r_1) = T_1$$

$$T_{seramik}(r_2) = T_s = 45^\circ\text{C}$$

⇒ Seramik tabakanın çözümü;

$$T_{seramik}(r) = \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)} (T_s - T_x) + T_x$$

$\Rightarrow r=r_1$ arayüzünde tel ve seramik tabaka sıcaklıkları T_x 'e eşitlenerek, ^{birinci} arayüz sınır şartı kullanılır. $r=r_1$ 'de tel ve seramik tabakada ısı akısının aynı olması gerektiren ikinci arayüz şartında, T_x arayüz sıcaklığı belirtilir.

$$-k_{\text{tel}} \frac{dT_{\text{tel}}(r_1)}{dr} = -k_{\text{seramik}} \frac{dT_{\text{seramik}}(r_1)}{dr}$$

$$\frac{q''' \cdot r_1}{2} = -k_{\text{seramik}} \frac{T_s - T_x}{\ln(r_2/r_1)} \left(\frac{1}{r_1} \right)$$

$$T_x = \frac{q''' \cdot r_1^2}{2k_{\text{seramik}}} \ln \frac{r_2}{r_1} + T_s$$

$$\Rightarrow T_x = \frac{(50 \times 10^6 \text{ W/m}^3)(0.002 \text{ m})^2}{2(1.2 \text{ W/m}^\circ\text{C})} \ln \frac{0.007 \text{ m}}{0.002 \text{ m}} + 45^\circ\text{C} = \boxed{149.4^\circ\text{C}}$$

$$\Rightarrow T_{\text{tel}}(0) = T_x + \frac{q''' \cdot r_1^2}{4k_{\text{tel}}} = 149.4^\circ\text{C} + \frac{(50 \times 10^6 \text{ W/m}^3)(0.002 \text{ m})^2}{4 \times (15 \text{ W/m}^\circ\text{C})} = \boxed{152.7^\circ\text{C}}$$

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
SINAV KAĞIDI

Adı ve Soyadı :
Fakülte No / Sınıfı :
Dersin Adı :
Mühendislik Programı :

Sınav Tarihi :/...../.....
Verilen Not :
Öğretim Elemanının İmzası :

Cevap 3) Saf bakırdan yapılmış küresel bir fırında ısıtılıyor.

Veriler

$$D = 24 \text{ mm} \Rightarrow r_0 = 12 \text{ mm}$$

$$T_0 = 25^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{ser}} = 275^\circ \text{C}$$

$$h = 250 \text{ W/m}^2\text{K}$$

300 K için Tablo A-3'ten

$$\rho = 8933 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 385 \text{ J/kgK}$$

$$k = 401 \text{ W/mK}$$

$$\Rightarrow Bi = \frac{hL_c}{k} \quad \text{ve}$$

$$L_c = \frac{V}{A_s} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_0^3}{4\pi r_0^2} = \frac{r_0}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ mm}$$

$$a) \quad Bi = \frac{250 \times 0.004}{401} = 2.494 \times 10^{-3} < 0.1 \quad \text{yapık sistem ile görece}$$

\Rightarrow Yapık sistemde sıcaklık yalnız zamanda bağlı değildir ve;

$$t = -\frac{\rho V c_p}{h A_s} \ln \left(\frac{T_{\text{ser}} - T_0}{T_i - T_0} \right) = -\frac{\rho c_p L_c}{h} \ln \left(\frac{T_{\text{ser}} - T_0}{T_i - T_0} \right)$$

$$t = -\frac{8933 \times 385 \times 0.004}{250} \ln \left(\frac{275 - 25}{25 - 25} \right) \Rightarrow \boxed{t = 35.5 \text{ sn}}$$

b) Bu süre zarfında aşının aldığı ısı miktarı:

$$Q = (m) c_p (T_{\text{son}} - T_i) = (\rho V) c_p (T_{\text{son}} - T_i)$$

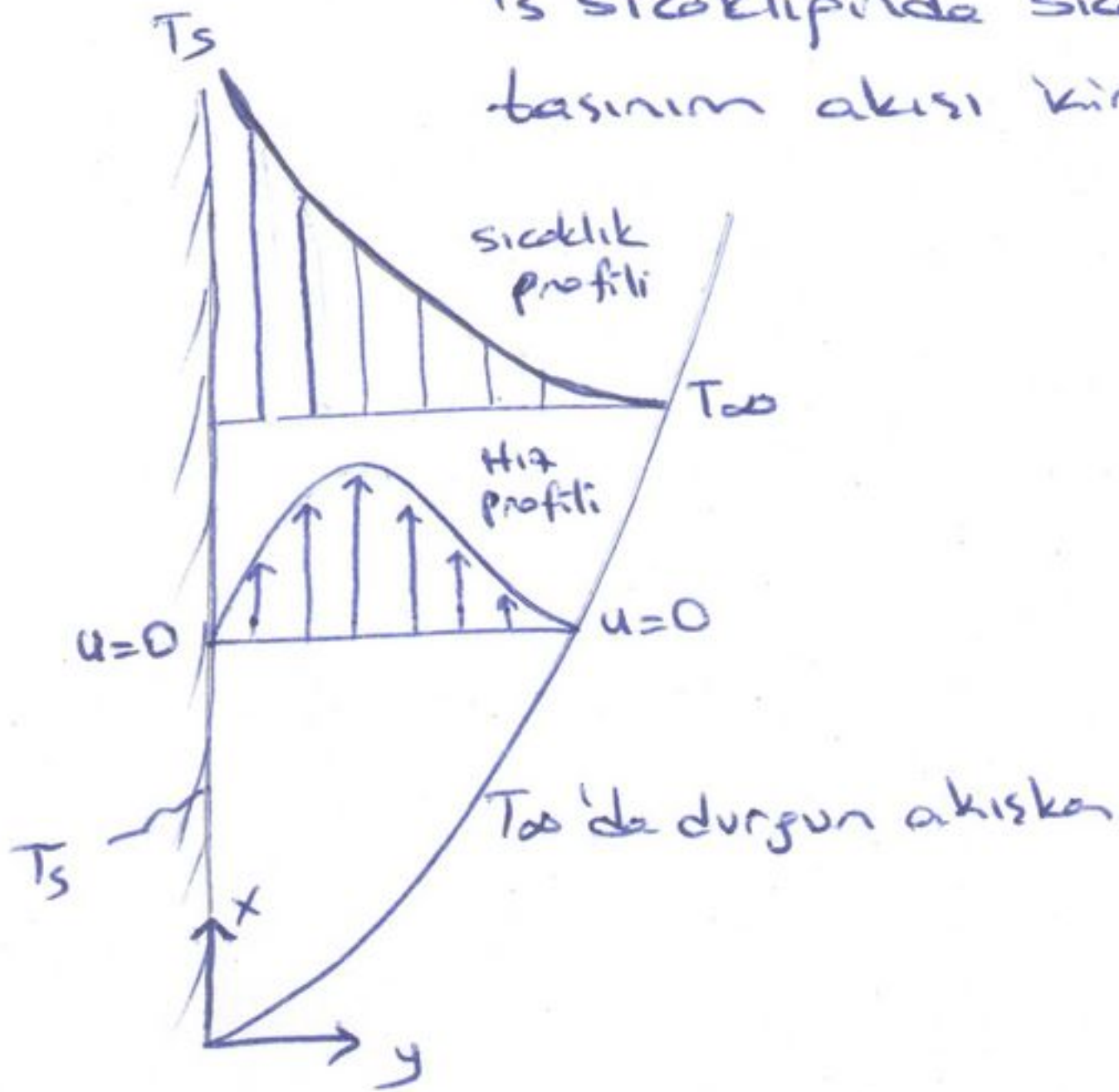
$$Q = 8533 \times \left(\frac{4}{3} \pi (0.012)^3 \right) \times 385 \times (275 - 25)$$

$$Q = 6223.4 \text{ joule}$$

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
SINAV KAĞIDI

Adı ve Soyadı : Sınav Tarihi :/...../.....
Fakülte No / Sınıfı : Verilen Not :
Dersin Adı : Öğretim Elemanının İmzası :
Mühendislik Programı :

Cevap 4-) T_{∞} sıcaklığında bir akışkan içine yerleştirilmiş T_s sıcaklığında sıcak bir düzey plaka üzerinde doğal taşınım akışı için tipik hız ve sıcaklık profilleri;



⇒ Doğal taşınımında akış rejimi, akışkan üzerine etkileyen kaldırma kuvvetinin viskoz kuvvete oranını gösteren Grashof sayısı ile belirlenir.

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_{\infty})L_c^3}{\nu^2}$$

Doğal taşınımında ortalama Nusselt sayısı için basit ampirik bağıntı;

$$Nu = \frac{hL_c}{k} = C(Gr_L Pr)^n = C Ra_L^n$$

⇒ Burada Ra , Grashof ve Prandtl sayılarının çarpımı olan Rayleigh sayısıdır. Tablo 9-1'den Ra oranlarına ve geometriye göre uygun bir Nusselt bağıntısı bulunup ısı transfer katsayısı hesaplanır.



$$Nu = \frac{hL}{k_f} = \frac{q'' L}{(T_s - T_\infty) k_f}$$

$$Nu = \frac{hL}{k_f} = \frac{q'' L}{(T_s - T_\infty) k_f}$$