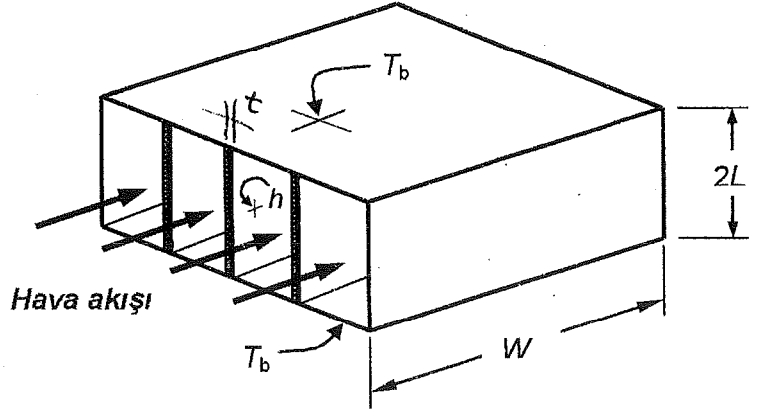


**BÜTÜNLEME SINAV SORULARI:**

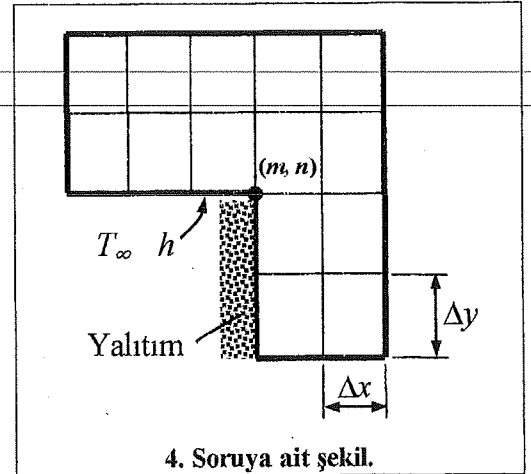
- 1) Küresel ince cidarlı bir metal kaptaki sıvı azot  $-196\text{ °C}$ 'de bulunmaktadır. Deponun dış çapı  $0.6\text{ m}$  olup dış yüzeyi  $40\text{ mm}$  kalınlığında özel bir madde ile yalıtılmıştır. Yalıtımın dış yüzeyi  $25\text{ °C}$  sıcaklıktaki ortama açık olup yüzeyde ısı taşınım katsayısı  $20\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 'dir. Sıvı azotün buharlaşma gizli ısı  $200000\text{ kJ/kg}$  ve yoğunluğu  $840\text{ kg/m}^3$  olduğuna göre,
- a) Bir günde buharlaşan azot kütlesi ne kadardır? (10 puan)  
b) Yalıtım maddesinin dış yüzey sıcaklığını hesaplayınız. (15 puan)

- 2)  $2.0\text{ mm}$  çapındaki saf bakır telin öz direnci  $4.61\text{ ohm/km}$ 'dir. Bu tel  $0.2\text{ mm}$  kalınlığında elektriksel yalıtkan ile kaplanmıştır.  $35\text{ °C}$ 'lik bir ortamda bulunan bu telden  $16\text{ [A]}$  şiddetinde elektrik akımı geçmektedir. Telin bulunduğu ortam ile izolasyonun dış yüzeyi arasında taşınım ile ısı transferi katsayısını  $h = 25\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , yalıtkan malzemesinin ısı iletim katsayısını  $0.965\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  ve saf bakırın ısı iletim katsayısını  $390\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  alarak, kararlı rejim şartlarında,
- a)  $20\text{ m}$  boyundaki telden ortama geçen ısıyı bulunuz. (15 puan)  
b) Telin merkez sıcaklığını hesaplayınız. (10 puan)

- 3) Hava ısıtmak amacıyla şekildedekine benzer, paralel iki levha arasında kanatlar yerleştirilerek, basit bir düzenek yapılmıştır.  $2L = 15\text{ cm}$ ,  $t = 2\text{ mm}$  ve  $W = 80\text{ cm}$ 'dir. Alt ve üst levhaların sıcaklığı  $T_b = 100\text{ °C}$ 'dir. Yan yüzeyler hariç, sadece şekilde görülen 3 adet kanatçıktan havaya geçen ısı miktarı ne kadardır? Bunun için hava sıcaklığını  $T_\infty = 27\text{ °C}$  olarak alınız. Kanat yüzeyi ile hava arasında taşınım ile ısı geçiş katsayısı  $h = 45\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  alınabilir. Kanat malzemesi ısı iletim katsayısı  $k = 56\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 'dir. (25 puan)

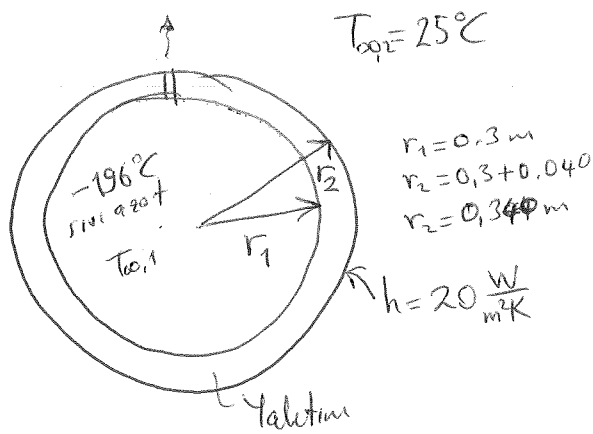


- 4) Yandaki şekilde gösterilen  $(m,n)$  düğüm noktası için  $\Delta x \neq \Delta y$  olduğu durum için sonlu fark eşitliğini çıkartınız. Bu noktada birleşen iki yüzeyden birinde taşınım ile ısı geçişi vardır. Diğeri ise yalıtılmıştır. (25 puan)



4. Soruya ait şekil.

1)

a)  $\dot{m}_{\text{azot}} = ?$ 

metal cidar çok ince ve metallerin ısı iletim katsayıları yüksek olduğundan metal cidarın ısı iletim direnci ihmal edilerek gözden geçirilebilir. Aynı şekilde sıvı azot sıcaklığı metal cidarın sıcaklığına eşit kabul edilebilir.

Bu durumda sıvı azota yalıtım tabakasından geçen ısı:

$$q = \frac{T_{\infty 2} - T_{\infty 1}}{\frac{1}{4\pi r_2^2 h} + \frac{1}{4\pi k} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)}$$

$$q = \frac{25 - (-196)}{\frac{1}{4\pi (0.34)^2 20} + \frac{1}{4\pi 0.002} \left( \frac{1}{0.3} - \frac{1}{0.34} \right)} = \frac{221}{0.04421 + 39.78874 (3.3333 + 2.94118)}$$

$$q = \frac{221}{0.04421 + 15.60325} = \frac{221}{15.64746} = 14.124 \text{ W} \quad \boxed{q = 14.124 \text{ W}}$$

Azotun aldığı bu ısı onun buharlaşmasına sebep olduğuna göre:

$$q = \dot{m} h_{sb} = \dot{m} h_{fg} \quad \text{olar.} \quad h_{fg} = 200000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} = \frac{q}{h_{sb}} = \frac{14.124}{200000} = 7.062 \times 10^{-5} \text{ kg/s} \quad \dot{m} = 7.062 \times 10^{-5} \text{ kg/s}$$

$$\text{Günlük azot kaybı (buharlaşan azot)} \quad \dot{m} = 7.062 \times 10^{-5} \times 3600 \times 24 = 6.102 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

$$\boxed{\dot{m} = 6.102 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}}$$

b)

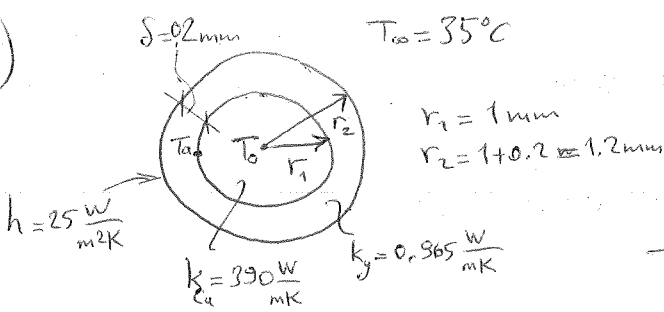
$$q = hA (T_{\infty} - T_y)$$

$$A = 4\pi r_2^2$$

$$T_y = T_{\infty} - \frac{q}{hA} = T_{\infty} - \frac{q}{h 4\pi r_2^2} = 25 - \frac{14.124}{20 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 0.34^2} = 25 - 0.486$$

$$\boxed{T_y = 24.51^{\circ}\text{C}}$$

2)



$R' = 4.61 \frac{\Omega}{\text{km}}$      $I = 16 \text{ [A]}$

- a) 20 m'lik telde ısı  $q = ?$   
 b)  $T_o = ?$

Telin 1 m'sinin direnci  $\frac{4.61}{1000} = 0.00461 \frac{\Omega}{\text{m}}$

a)  $P = I^2 \cdot R \Rightarrow P' = I^2 \cdot R' = 16^2 \times 0.00461 = 1.18 \frac{\text{W}}{\text{m}}$

20 m'lik telde ısı  $q = q' \cdot L = 1.18 \times 20 = 23.6 \text{ W}$

$q = 23.6 \text{ W}$

b)  $T_o = ?$

$T_o$ 'ı bulmak için önce  $T_a$ 'yı bulmak gerekir. Yalıtım maddesi ısı:

$$q' = \frac{T_a - T_{\infty}}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi k_y} + \frac{1}{2\pi r_2 h}} \Rightarrow T_a = T_{\infty} + q' \left( \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi k_y} + \frac{1}{2\pi r_2 h} \right)$$

$$T_a = 35 + 1.18 \left( \frac{\ln\left(\frac{1.2}{1}\right)}{2\pi \cdot 0.965} + \frac{1}{2\pi \cdot 1.2 \times 10^{-3} \cdot 25} \right) = 35 + 1.18 \left( \underbrace{0.03007}_{6.2956} + \underbrace{5.30576}_{5.33523} \right)$$

$T_a = 41.296^{\circ}\text{C}$

İçinde ısı üretimi olan silindirik cisimde yüzey sıcaklığının bilineni halinde merkez sıcaklığı (3.53) Bağıntısında (*sayfa 114*)  $r = r_o$  yazılarak,

$$T_o = \frac{\dot{q} r_o^2}{4k_{cu}} + T_y \quad (\text{Burada } T_y \equiv T_a \text{ dir.})$$

$$\dot{q} = \frac{q}{V} = \frac{q'}{V'} = \frac{1.18}{\frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{L}{L}} = \frac{1.18}{\frac{\pi \cdot 0.002^2}{4}} = \frac{1.18}{3.14159 \times 10^{-6}} = 375605.98$$

$\dot{q} = 375606 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$

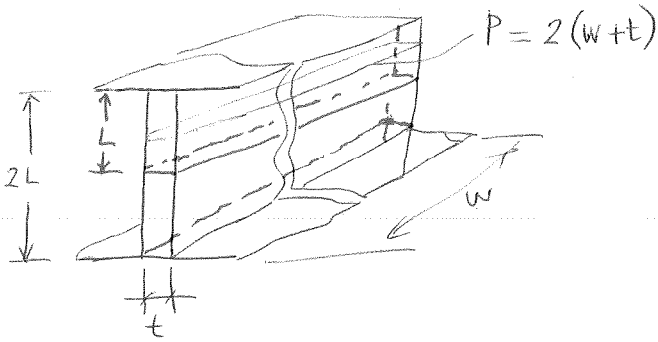
$$T_o = \frac{375606 \times 0.001^2}{4 \times 390} + 41.296$$

$$T_o = 2.41 \times 10^{-4} + 41.296 = 41.29624^{\circ}\text{C}$$

$T_o \approx 41.3^{\circ}\text{C}$

Bakır telin merkezi, yüzeyi ile yaklaşık aynı sıcaklıktadır.

3)



$2L = 15 \text{ cm}$       $L = 7.5 \text{ cm}$

$t = 2 \text{ mm}$

$w = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$

$T_b = 100^\circ\text{C}$

$k = 56 \text{ W/mK}$

$h = 45 \text{ W/m}^2\text{K}$

$T_\infty = 27^\circ\text{C}$

İki taraf aynı taban sıcaklığına sahip konatacuk. O halde yarısı kadar (L) boyda ucu yalıtılmış (adyabatik ucu) konatacuk olarak çözülebilir.

Adyabatik ucu konatacuktan transfer olan ısı :

$q_f = \sqrt{hPkAc} \theta_b \tanh(mL)$      (ya da  $q_f = \eta_f q_{max}$ )

$m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}}$

$P = 2(w+t)$

$A = w \cdot t = 0.8 \times 0.002 = 1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$P = 2(0.80 + 0.002) = 1.604 \text{ m}$

$m = \sqrt{\frac{45 \times 1.604}{56 \times 1.6 \times 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{72.18}{0.0896}} = \sqrt{805.58} = 28.3827 \text{ m}^{-1}$

$m = 28.3827 \text{ m}^{-1}$

$q_f = \sqrt{\frac{45 \times 56 \times 1.604 \times 1.6 \times 10^{-3}}{6.469328}} (100 - 27) \tanh\left(\frac{2.1287}{0.9721}\right)$

$q_f = 180.466 \text{ W}$

$q_f \approx 180.47 \text{ W}$

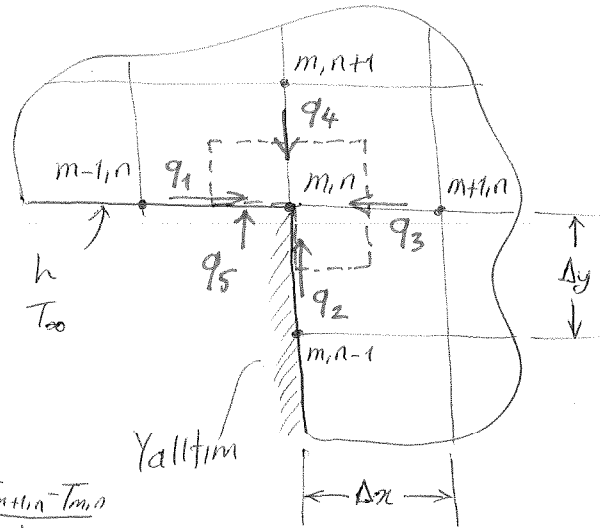
3 konatacuktan

Toplam geçen ısı :  $6 \times q_f = 6 \times 180.47 = 1082.798 \text{ W}$

$q_{f,t} \approx 1083 \text{ W}$

4) Isı üretimi yok ( $\dot{q} = 0$ )

Düğüm noktasına gelen ısıların toplamı sıfırdır.



$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 0$$

iletim ile taşınım ile

$$q_1 = k \left( \frac{\Delta y}{2} \cdot 1 \right) \frac{T_{m-1,n} - T_{m,n}}{\Delta x}$$

$$q_3 = k (\Delta y \cdot 1) \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x}$$

$$q_2 = k \left( \frac{\Delta x}{2} \cdot 1 \right) \frac{T_{m,n-1} - T_{m,n}}{\Delta y}$$

$$q_4 = k (\Delta x \cdot 1) \frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta y}$$

$$q_5 = h \left( \frac{\Delta x}{2} \cdot 1 \right) (T_\infty - T_{m,n})$$

$$k \frac{\Delta y}{2} \frac{T_{m-1,n} - T_{m,n}}{\Delta x} + k \frac{\Delta x}{2} \frac{T_{m,n-1} - T_{m,n}}{\Delta y} + k \Delta y \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x} + k \Delta x \frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta y}$$

$$+ h \frac{\Delta x}{2} (T_\infty - T_{m,n}) = 0$$

$\Delta x \neq \Delta y$  istenmez.

Her termi  $\left(\frac{2}{k}\right)$  ile çarparsak:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} (T_{m-1,n} - T_{m,n}) + \frac{\Delta x}{\Delta y} (T_{m,n-1} - T_{m,n}) + \frac{2\Delta y}{\Delta x} (T_{m+1,n} - T_{m,n}) + \frac{2\Delta x}{\Delta y} (T_{m,n+1} - T_{m,n}) + \frac{h\Delta x}{k} (T_\infty - T_{m,n}) = 0$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} T_{m-1,n} - \frac{\Delta y}{\Delta x} T_{m,n} + \frac{\Delta x}{\Delta y} T_{m,n-1} - \frac{\Delta x}{\Delta y} T_{m,n} + \frac{2\Delta y}{\Delta x} T_{m+1,n} - \frac{2\Delta y}{\Delta x} T_{m,n}$$

$$+ \frac{2\Delta x}{\Delta y} T_{m,n+1} - \frac{2\Delta x}{\Delta y} T_{m,n} + \frac{h\Delta x}{k} T_\infty - \frac{h\Delta x}{k} T_{m,n} = 0$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} (T_{m-1,n} + 2T_{m+1,n}) + \frac{\Delta x}{\Delta y} (T_{m,n-1} + 2T_{m,n+1}) + \frac{h\Delta x}{k} T_\infty - \frac{\Delta y}{\Delta x} (T_{m,n} + 2T_{m,n})$$

$$- \frac{\Delta x}{\Delta y} (T_{m,n} + 2T_{m,n}) - \frac{h\Delta x}{k} T_{m,n} = 0$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} (T_{m-1,n} + 2T_{m+1,n}) + \frac{\Delta x}{\Delta y} (T_{m,n-1} + 2T_{m,n+1}) + \frac{h\Delta x}{k} T_\infty - \frac{3\Delta y}{\Delta x} T_{m,n} - \frac{3\Delta x}{\Delta y} T_{m,n} - \frac{h\Delta x}{k} T_{m,n} = 0$$

$$T_{m,n} = \frac{1}{\left(\frac{3\Delta y}{\Delta x} + \frac{3\Delta x}{\Delta y} + \frac{h\Delta x}{k}\right)} \left[ \frac{\Delta y}{\Delta x} (T_{m-1,n} + 2T_{m+1,n}) + \frac{\Delta x}{\Delta y} (T_{m,n-1} + 2T_{m,n+1}) + \frac{h\Delta x}{k} T_\infty \right]$$