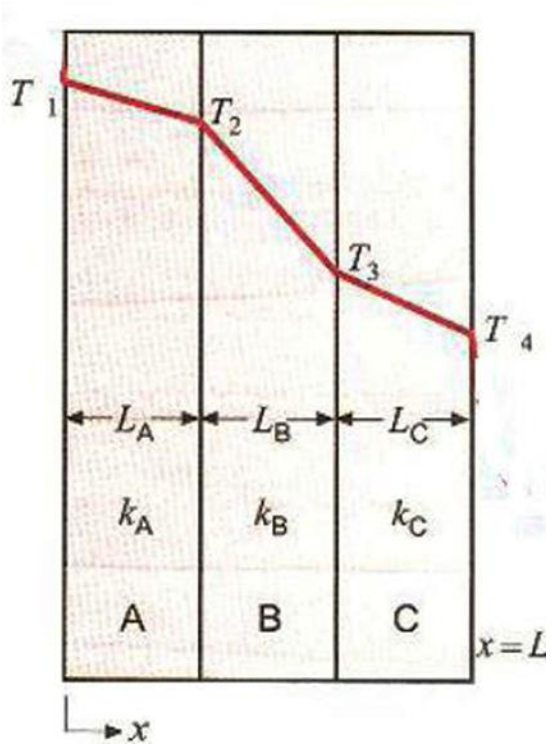
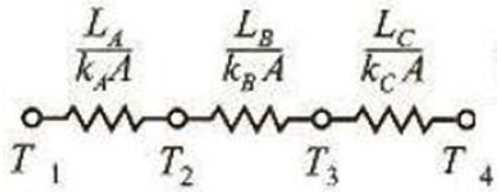
انتقال حرارت ۱

مدرس: نفیسه بینش

الف) حل مثال از مختصات کارتزین (دیواره)

مثال ۱: یک دیواره مرکب از سه لایه سری تشکیل شده است. یک ورق آهنی $L_A=3cm$و $k_A=60\ w/m.C$، یک لایه پنبه نسوز با $L_B=0.5cm$ و$k_B=0.2\ w/m.C$، و یک لایه پشم شیشه $L_C=4cm$ و $k_C=0.05\ w/m.C$ دمای سطح آزاد ورق آهنی در $520^\circ C$ و دمای سطح آزاد پشم شیشه $20^\circ C$ ثابت نگه داشته می شود. شدت جریان حرارتی از هر مترمربع سطح دیواره و نیز دمای سطح مشترک لایه ها را محاسبه کنید.





$$R_A = \frac{L_A}{K_A A_A} = \frac{0.03}{60*1} = 5*10^{-4}\ ^\circ C/W$$

$$R_B = \frac{L_B}{K_B A_B} = \frac{0.005}{0.2*1} = 0.025\ ^\circ C/W$$

$$R_C = \frac{L_C}{K_C A_C} = \frac{0.04}{0.05*1} = 0.8\ ^\circ C/W$$

$$R_t = 5*10^{-4} + 0.025 + 0.8 = 0.8255\ ^\circ C/W$$

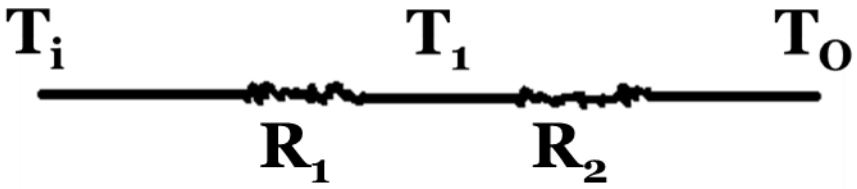
$$q_t = \frac{T_1 - T_4}{R_t} = \frac{520-20}{0.8255} = 605.7\ W$$

$$q_t = \frac{T_1 - T_2}{R_A} \rightarrow \frac{520-T_2}{5*10^{-4}} = 605.7\ W \rightarrow T_2 = 519.7\ ^\circ C$$

$$q_t = \frac{T_1 - T_3}{R_A + RB} \rightarrow \frac{520-T_3}{5*10^{-4}+0.025} = 605.7\ W \rightarrow T_3 = 504.5\ ^\circ C$$

ب) حل مثال از سیستم استوانه ای

مثال ۲. یک لوله ضخیم ($k=300\ W/m.^\circ C$) به قطر داخلی 2.5 cm و قطر خارجی 5 cm با یک لایه با ضخامت 2.5 cm از پشم شیشه ($k=0.15\ W/m^\circ C$) پوشیده شده است. دمای سطح داخلی لوله $260^\circ C$ و دمای خارج از عایق $83^\circ C$ می باشد. اتلاف حرارتی از هر متر لوله و دمای سطح مشترک لوله و عایق را بدست آورید.



$$R_1 = \frac{(\ln \frac{r_2}{r_1})}{2k_1\pi L}$$

r_1= 2.5/2=1.25 cm
r_2= 5/2=2.5 cm
r_3= 2.5 + 2.5 = 5 cm
k_1=300 w/m.˚C
k_2= 0.15 w/m.˚C
L= 1m

$$R_2 = \frac{(\ln \frac{r_3}{r_2})}{2k_2\pi L}$$

$$R_1 = \frac{(\ln \frac{2.5}{1.25})}{2 * 300 * 3.14 * 1} = 0.00037$$

$$R_2 = \frac{(\ln \frac{5}{2.5})}{2 * 0.15 * 3.14 * 1} = 0.7358$$

$$q = \frac{T_i - To}{R_1 + R_2} = \frac{260 - 83}{0.00037 + 0.7358} = 240.4\ W$$

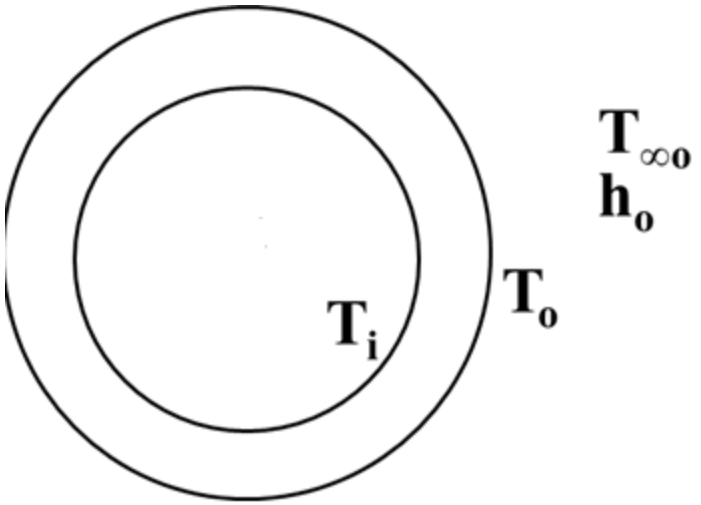
$$q = \frac{T_i - T_1}{R_1} \rightarrow 240.4 = \frac{260 - T_1}{0.00037} \rightarrow T_1 = 259.9\ ^\circ C$$

مثال ۳. اتلاف حرارتی از یک سیم الکتریکی با عایق برابر با 0.4 W می باشد. طول سیم 3 cm و قطر آن 2mm و دمای سطح سیم برابر با 366.6 K است. در صورتیکه سیالی با دمای 310 K و ضریب جابجایی 17.3 $W/m^2.K$ در اطراف سیم در جریان باشد، مطلوب است:

الف) ضخامت عایق با ضریب هدایتی k=0.105 W/m.K

ب) شدت انتقال حرارت در $r=r_c$

الف)



$$q = \frac{T_i - T_\infty}{R_1 + R_2} = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{(\ln \frac{r_o}{r_i})}{2\pi k L} + \frac{1}{2\pi r l h}}$$

$$0.4 = \frac{366.6 - 310}{\frac{(\ln \frac{r_o}{0.001})}{2*3.14*0.105*0.03} + \frac{1}{2*3.14*ro*0.03*17.3}}$$

$$20.22 \left(\ln \frac{r_o}{0.001}\right) + \frac{0.1227}{r_o} = 56.6$$

با روش حدس و خطا می توان r_o را تعیین کرد.

$r_{0} = 6.069\ mm$

$t = r_o - r_i = 6.069 - 1 = 5.069\ mm$

ب)

$r_c = k/h = 0.105/17.3 = 0.006069\ m$

$$q = \frac{366.6-310}{\frac{(\ln\frac{0.006069}{0.001})}{2*3.14*0.105*0.03}+\frac{1}{2*3.14*0.006069*0.03*17.3}} = 0.4\ W$$

ج) مثال از سیستم کروی

۴. کره ای به شعاع 6 cm در مجاورت هوای آزاد با دمای $25^{\circ}C$ و ضریب جابجایی $120W/m^2.k$ قرار دارد. دمای سطح کره در $125^{\circ}C$ ثابت نگه داشته می شود.

الف) شدت اتلاف حرارتی کره را بدست آورید.

ب) اگر سطح کره را با یک لایه عایق $k=10\ W/m.k$ پوشش دهیم، شعاع بحرانی عایق پیچی را محاسبه کنید.

ج) اگر عایق پیچی درست به اندازه شعاع بحرانی باشد، شدت اتلاف حرارتی و دمای سطح آزاد عایق را بدست آورید.

الف)

$q= hA (T_w-T_\infty) = 4\pi R^2 h (T_w-T_\infty) = 4*3.14*0.06^2*120$

$(125-25) = 542.6\ W$

ب)

$r_c= 2k/h = 2*10/120 = 0.\ 17\ m=17\ cm$

$$q= \frac{T_i-T_\infty}{R_1+R_2} = \frac{T_i-T_\infty}{\frac{r_o-ri}{4k\pi rir_o}+\frac{1}{4\pi r_o{}^2 h}} = \frac{125-25}{\frac{0.17-0.06}{4*10*3.14*0.06*0.17}+\frac{1}{4*3.14*o.172*120}} = 918.95\ W$$

$$q= \frac{T_i-To}{R_1} = \frac{T_i-To}{\frac{r_o-ri}{4k\pi riro}} \rightarrow 918.95= \frac{125-T_o}{\frac{0.17-0.06}{4*10*3.14*0.06*0.17}} \rightarrow To = 46.1\ ^\circ C$$