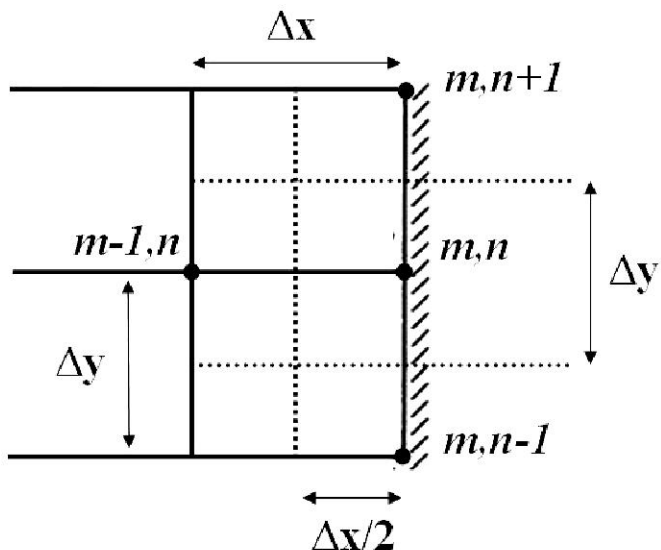


۱- یک صفحه مربع شکل عمودی به ضلع 30cm در درجه حرارت  $50^{\circ}\text{C}$  نگه داشته می شود و در هوای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار می گیرد. ضریب انتشار سطح 0.8 و ضریب انتقال حرارت جابجایی هوا  $4.5\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  است. افت حرارت کل از دو طرف صفحه را محاسبه کنید.  $\sigma = 5.669 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\cdot\text{K}^4$

۲- یک لوله فولادی به قطر 5cm با یک لایه عایق با ضریب  $k = 0.22\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$  به ضخامت 1cm پوشانده شده است. روی این عایق، ماده عایق دیگری به ضخامت 3cm با  $k = 0.06\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$  قرار دارد. این مجموعه در محیطی با شرایط  $h = 60\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  و دمای  $15^{\circ}\text{C}$  قرار گرفته است. درجه حرارت سطح خارجی لوله فولادی  $400^{\circ}\text{C}$  می باشد. مقدار اتلاف حرارت از 20m طول لوله مذکور را بر حسب وات به دست آورید.

۳- برای ضلع عایق شده شکل زیر، عبارتی برای معادله گره ای مربوط به گره  $(m, n)$  در شرایط پایدار به دست آورید.



[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

۴- هوا در  $20^{\circ}\text{C}$  و فشار 1atm روی صفحه مسطحی با سرعت 35m/s می وزد. صفحه 75cm طول داشته و در درجه حرارت  $60^{\circ}\text{C}$  نگه داشته می شود. با فرض عمق واحد در جهت  $z$ ، انتقال حرارت از صفحه را محاسبه کنید.

۵- درجه حرارت یک لوله افقی به قطر 0.3048m در اتاقی که درجه حرارت آن  $15^{\circ}\text{C}$  می باشد، در  $250^{\circ}\text{C}$  ثابت نگه داشته می شود. اتلاف حرارتی به طریق جابجایی آزاد در هر متر از طول لوله را به دست آورید.

$$k = 0.03406\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}, \quad \text{Pr} = 0.687, \quad \nu = 26.54 \times 10^{-8} \text{m}^2/\text{s}, \quad \text{Nu}_d = 0.53(\text{Gr}_d \text{Pr})^{1/4}$$

۱- الف- اهمیت فیزیکی ضریب پخش گرما چیست؟ چگونه تعریف می شود و واحد آن چیست؟

ب- وابستگی ضریب رسانایی گرما به دما با معادله  $K = K_0 + aT$  بیان می شود که در آن  $K_0$  ثابت و مثبت می باشد. برای سه حالت  $a > 0, a = 0, a < 0$  توزیع دمای حالت دائم در یک دیوار تخت را رسم کنید.

ج- کارایی پره چیست؟ پره ها در چه شرایطی بیشترین کارایی را دارند؟

د- گرما از آب جاری در یک لوله به هوای بیرون لوله منتقل می شود. برای افزایش انتقال گرما آیا باید پره ها را در داخل لوله نصب کرد یا روی آن؟ چرا؟

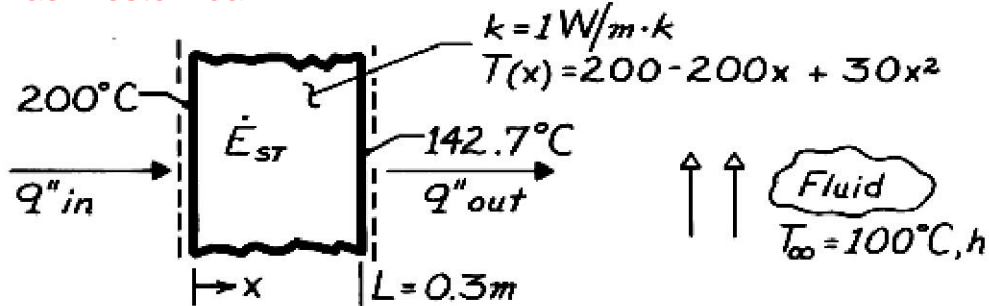
۲- توزیع دما در دیواری به ضخامت  $0.3m$  در یک لحظه مشخص به صورت  $T(x) = a + bx + cx^2$  است که

در آن  $T$  بر حسب سلسیوس،  $x$  بر حسب متر،  $a = 200^\circ C$  و  $b = -200^\circ C/m$  و  $c = 30^\circ C/m^2$  است. ضریب رسانایی گرمایی دیوار  $1W/m.K$  است.

الف- نرخ انتقال گرمای ورودی و خروجی از دیوار و نرخ تغییر انرژی ذخیره شده در دیوار را بر واحد سطح به دست آورید.

ب- اگر سطح سرد در معرض سیالی به دمای  $100^\circ C$  قرار گیرد، ضریب جابجایی چقدر است؟

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)



۳- الف- توجیه فیزیکی وجود شعاع بحرانی عایق چیست؟ ضریب رسانایی گرما و ضریب جابجایی چگونه بر آن اثر دارند؟

ب- سطح  $(x = 0)$  یک دیوار تخت با ضریب رسانایی  $k$  در مقابل تابش میکروویو قرار دارد که در نتیجه ی آن

گرمای حجمی با رابطه ی  $\dot{q}(x) = \dot{q}_0(1 - \frac{x}{L})$  در آن تولید می شود. که در آن  $\dot{q}_0 (W/m^3)$  ثابت

است. این سطح در دمای ثابت  $T_0$  قرار داشته و سطح دیگر  $(x = L)$  کاملاً عایق بندی شده است. توزیع دما

$T(x)$  در دیوار، را بر حسب  $x, L, k, q_0, T_0$  به دست آورید.

۴- الف- خط همدمما و خط جریان گرما نسبت به هم چه وضعیتی دارند؟

ب- سوراخی به قطر  $D = 0.25m$  روی محور میله ای با مقطع مربعی به طول ضلع  $w = 1m$  واقع است.

طول میله  $2m$  و ضریب رسانایی گرمای آن  $k = 150W / m.K$  است. با عبور یک سیال گرم از داخل

سوراخ، دمای سطح درونی برابر با  $T_1 = 75^0 C$  و دمای سطح بیرونی آن  $T_2 = 25^0 C$  است. نرخ انتقال گرما

در جسم چقدر است؟ ضریب شکل مقطع مورد نظر  $S = \frac{2\pi L}{\ln(1.08w / D)}$  می باشد.

۵- الف- تغییرات ضخامت لایه مرزی سرعت و ضریب انتقال گرمای موضعی برای جریان روی یک صفحه ی تخت

همدمما چگونه است؟ نمودار تغییرات آن را رسم کنید. [www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

ب- با توجه به اینکه انتقال گرمای جابجایی به شدت تحت تاثیر شرایط جریان سیال در روی سطح است ، چرا

استفاده از قانون فوریه برای به دست آوردن شار گرما روی سطح اشکالی ندارد؟

ج- نسبت ضخامت لایه مرزی سرعت به لایه مرزی گرمایی در جریان آرام به چه کمیتی بستگی دارد؟ در جریان

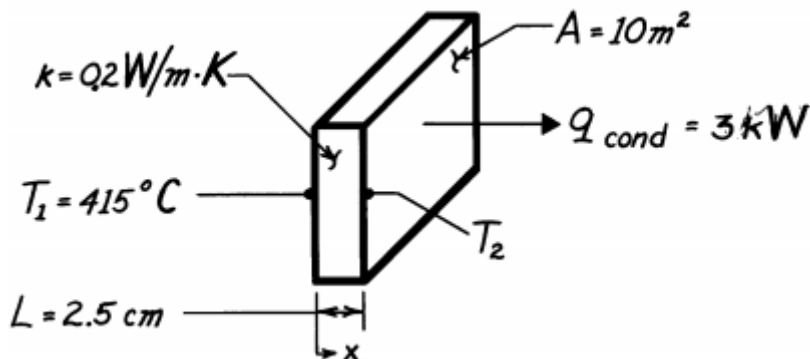
مغشوش چگونه؟

۱- الف- فرق بین شار گرما و نرخ گرما چیست؟ واحدهای آنها کدام اند؟

ب- مکانیزم فیزیکی مربوط به انتقال گرمای رسانایی را به اندازه کافی تشریح نمایید.

ج- تفاوت بین جابجایی آزاد و جابجایی اجباری چیست؟

د- نرخ انتقال گرمای رسانایی از یک ماده عایق به مساحت سطح  $10m^2$  و ضخامت  $2.5$  سانتی متر  $3kW$  است. اگر دمای سطح گرم درونی  $415^{\circ}C$  و ضریب رسانایی گرمای ماده عایق  $0.2W / m.K$  باشد، دمای سطح بیرونی چقدر است؟



[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

۲- توزیع دما در دیواری به ضخامت  $0.3m$  در یک لحظه ی مشخص به صورت

$T(x) = 200 - 200x + 30x^2$  است که در آن  $T$  بر حسب سلسیوس و  $x$  بر حسب متر است. ضریب رسانایی گرمای دیوار  $1W / m.K$  است.

الف- نرخ انتقال گرمای ورودی و خروجی از دیوار و نرخ تغییر انرژی ذخیره شده در دیوار را بر واحد سطح به دست آورید.

ب- اگر سطح سرد در معرض سیالی به دمای  $100^{\circ}C$  قرار گیرد، ضریب جابجایی چقدر است؟

ج- دما در هر نقطه نسبت به زمان در حال افزایش است یا کاهش؟ دلیل بیاورید.

۳- الف- مقاومت گرمایی چیست؟ واحد آن چیست؟

ب- توجیه فیزیکی وجود شعاع بحرانی عایق چیست؟ ضریب رسانایی گرما و ضریب جابجایی چگونه بر آن اثر دارند؟

ج- دیوار بیرونی ساختمانی از یک لایه آجر معمولی ( $k = 0.66 \frac{W}{m.^{\circ}C}$ ) به ضخامت  $10cm$  و یک لایه

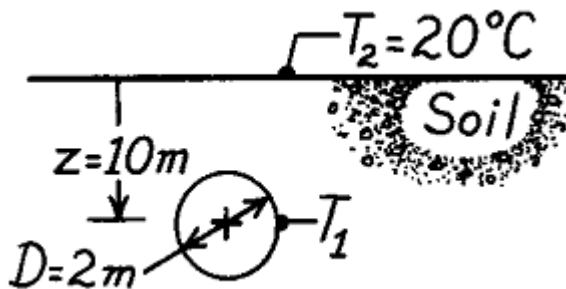
شیشه لیفی ( $k = 0.05 \frac{W}{m.^{\circ}C}$ ) به ضخامت  $2.5cm$  تشکیل شده است. شار گرما در دیوار مزبور را وقتی

اختلاف دمای دو طرف آن  $45^{\circ}C$  است، حساب کنید.

۴- الف- سطح آدیاباتیک چیست؟ رابطه ی آن با سطح تقارن چیست؟ در چه زاویه ای خط تکدما را قطع می کند؟  
 ب- ضایعات رادیواکتیو به طور موقت در یک محفظه کروی نگهداری می شود. محفظه در زیر زمین دفن شده که مرکز آن از سطح زمین ۱۰ متر فاصله دارد. قطر خارجی محفظه ۲ متر و در اثر واکنش هسته ای  $500W$  گرما در آن تولید می شود. اگر دمای سطح زمین  $20^{\circ}C$  باشد، دمای سطح محفظه کروی در شرایط دائم چقدر

است؟ (برای خاک  $k = 0.52 W / m.K$  و ضریب شکل کره  $S = \frac{2\pi D}{1 - \frac{D}{4z}}$  در نظر بگیرید که  $D$  قطر کره و  $z$

فاصله مرکز کره تا سطح زمین است)



[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

۵- الف- برای جریان روی یک صفحه تخت همدا، تغییرات ضخامت لایه مرزی سرعت و ضریب انتقال گرمای موضعی  $h$  به چه شکل می باشد؟

ب- نسبت ضخامت لایه مرزی سرعت به لایه مرزی گرمایی در جریان آرام به چه کمیتی بستگی دارد؟

۱- الف - مفهوم ضخامت (شعاع) بحرانی عایق چیست؟ به اندازه کافی توضیح دهید.

ب- مفهوم فیزیکی ضریب پخش گرما ( $\alpha$ ) چیست؟ رابطه ی آن را نوشته و واحد آن را بیان کنید.

ج- اگر از مقطع جسمی عایق با سطح مقطع  $1m^2$  ، ضخامت  $2.5cm$  و ضریب هدایت گرمایی  $0.2W / m.^0C$  مقدار  $3kW$  گرما هدایت شود اختلاف دما را در دو طرف جسم محاسبه نمایید

۲- توزیع دما در عرض یک دیوار به ضخامت  $0.3m$  به صورت  $T(x) = 200 - 200x + 30x^2$  می باشد که در

آن  $T$  بر حسب درجه سلسیوس و  $x$  بر حسب متر است. ضریب رسانش دیوار  $1 \frac{W}{m.K}$  است. با فرض انتقال

گرمای یک بعدی:

الف - بر مبنای مساحت واحد، آهنگ انتقال گرما به طرف داخل و خارج دیوار و نرخ تغییر انرژی ذخیره شده در دیوار را بیابید.

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

ب- سطح سرد دیوار در مجاورت یک سیال با دمای  $100^0C$  قرار می گیرد. ضریب جابجایی را بیابید.

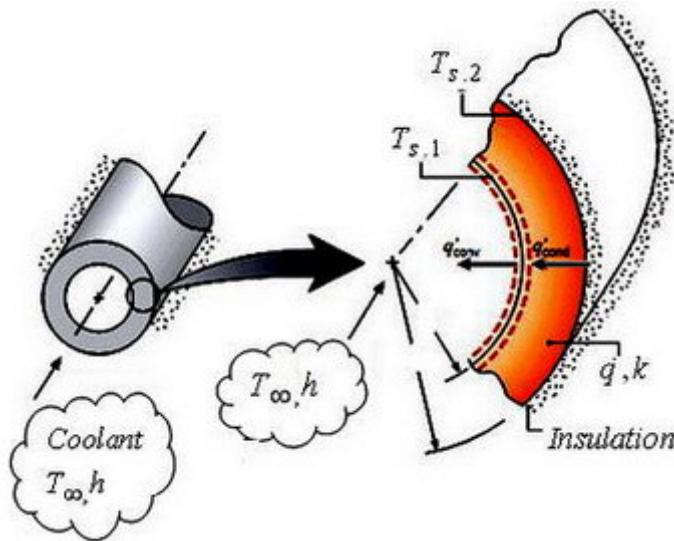
۳- یک لوله بلند جدار ضخیم، در شعاع خارجی  $r_2$  عایق شده است و در شعاع داخلی  $r_1$  توسط جریان سیال خنک می شود. گرمای یکنواخت  $\dot{q}$  (در واحد حجم لوله) در دیواره این لوله تولید می شود. ماکزیمم دمای مجاز در سطح خارجی لوله و دمای سیال خنک کن، به ترتیب  $T_{s,2}$  و  $T_\infty$  است. با فرض برقراری شرایط پایا و رسانش یک بعدی در جهت شعاعی و تولید گرمای داخلی یکنواخت، مطلوبست محاسبه ی:

الف- معادله ی توزیع دما در این سیستم.

ب- آهنگ دفع گرما از طول واحد لوله.

ج- ضریب جابجایی در سطح داخلی لوله.

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)



۴- الف- خط تکدما چیست؟ خط جریان گرما چیست؟ رابطه ی هندسی بین این دو خط چیست؟

ب- خط لوله ای که برای انتقال نفت خام به کار می رود در عمق  $z = 1.5m$  (مرکز لوله تا سطح زمین) دفن

شده است. قطر خارجی لوله  $0.5m$  و عایقی به ضخامت  $100mm$  از شیشه مشبک ( $k = 0.069 \frac{W}{m.K}$ )

روی آن قرار دارد. وقتی که دمای نفت  $120^0C$  و دمای سطح زمین  $0^0C$  است، نرخ اتلاف گرما از هر متر

طول لوله چقدر است؟ (برای خاک  $k = 0.52 \frac{W}{m.K}$  در نظر بگیرید و برای استوانه افقی ایزوترم به طول  $L$  و

قطر  $D$  داخل یک جسم نیمه بی نهایت ضریب شکل با رابطه  $\frac{2\pi L}{\cosh^{-1}(\frac{2z}{D})}$  بیان می شود).

۵- الف- لایه مرزی هیدرودینامیکی و لایه مرزی گرمایی چه هستند و در چه شرایطی به وجود می آیند؟

ب- تعریف عدد رینولدز چیست؟ تفسیر فیزیکی آن چیست؟ عدد رینولدز بحرانی چه نقشی دارد؟

ج- در جریان لایه ای روی یک صفحه تخت، تابع تغییرات ضخامت لایه مرزی هیدرودینامیکی و ضخامت لایه

مرزی گرمایی بر حسب فاصله از لبه ی ابتدایی صفحه به چه صورت هستند؟ [www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

د- نسبت ضخامت لایه مرزی سرعت به لایه مرزی گرمایی در جریان آرام به چه کمیتی بستگی دارد؟

۱- دو صفحه سیاه بینهایت در 500 و 100°C، حرارت را به طریق تشعشع مبادله می کنند. نرخ انتقال حرارت در واحد سطح دیوار را حساب کنید. اگر صفحه کاملاً سیاه دیگری بین دو صفحه 500 و 100°C قرار گیرد، انتقال حرارت به چه مقدار کاهش می یابد؟ درجه حرارت صفحه میانی چقدر خواهد بود؟

$$\sigma = 5.669 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}^4$$

۲- درون یک دیوار مسطح به ضخامت 6cm حرارت با نرخ  $0.3 \frac{\text{MW}}{\text{m}^3}$  تولید می شود. ابتدای دیوار عایق شده و سمت دیگر آن در محیطی با درجه حرارت 93°C قرار دارد. ضریب انتقال حرارت جابجایی بین دیوار و محیط، معادل  $570 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}}$  است. قابلیت هدایت حرارتی دیوار  $21 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C}}$  می باشد. حداکثر درجه حرارت در دیوار را محاسبه کنید.

۳- یک میله از جنس فولاد ضدزنگ (  $k = 23 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C}}$ ,  $c = 0.46 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$ ,  $\rho = 7865 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ) به قطر 6.4cm که درجه حرارت اولیه یکنواخت آن 25°C است، بطور ناگهانی در مایعی با درجه حرارت 150°C و  $h = 120 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}}$  فرو برده می شود. زمان لازم برای اینکه درجه حرارت میله به 120°C برسد را محاسبه کنید.

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

۴- بیسموت مایع با دبی  $4.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$  درون لوله ای از فولاد ضدزنگ به قطر 5cm جریان دارد. بیسموت در 415°C وارد و در حین عبور از لوله تا 440°C گرم می شود. اگر شار حرارتی در تمام طول لوله ثابت نگه داشته شود و درجه حرارت جداره لوله 20°C بیشتر از درجه حرارت حجمی بیسموت باشد، طول لازم برای این انتقال حرارت را محاسبه کنید.

$$\mu = 1.34 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}, C_p = 0.149 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}, k = 15.6 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C}}, \text{Pr} = 0.013$$

$$\text{Nu} = 4.82 + 0.0185 \text{Pe}^{0.827}$$

۵- از یک سیم نازک به قطر 0.02mm که در دمای  $54^{\circ}\text{C}$  ثابت نگه داشته شده است، جریان برق عبور می کند. سیم در معرض هوا با فشار 1atm و دمای  $0^{\circ}\text{C}$  قرار دارد. اگر طول سیم 50cm باشد، توان الکتریکی موردنیاز را برای اینکه دمای سیم ثابت بماند، بدست آورید.

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

$$\nu = 15.69 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}, k = 0.02624 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \text{Pr} = 0.708$$

هندسه	$Gr_f Pr_f$	$C$	$m$
ورقها و استوانه های قائم	$10^4 - 10^9$	0.59	1/4
	$10^9 - 10^{13}$	0.021	2/5
	$10^9 - 10^{13}$	0.10	1/3
	$0 - 10^{-5}$	0.4	0
استوانه های افقی	$10^4 - 10^9$	0.53	1/4
	$10^9 - 10^{12}$	0.13	1/3
	$10^{-10} - 10^{-2}$	0.675	0.058
	$10^{-2} - 10^2$	1.02	0.148
	$10^2 - 10^4$	0.850	0.188
	$10^4 - 10^7$	0.480	1/4
	$10^7 - 10^{12}$	0.125	1/3

۱- یک صفحه فولادی به ضخامت 60mm با قابلیت هدایت حرارتی  $40 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C}}$  در معرض شار حرارتی تشعشعی

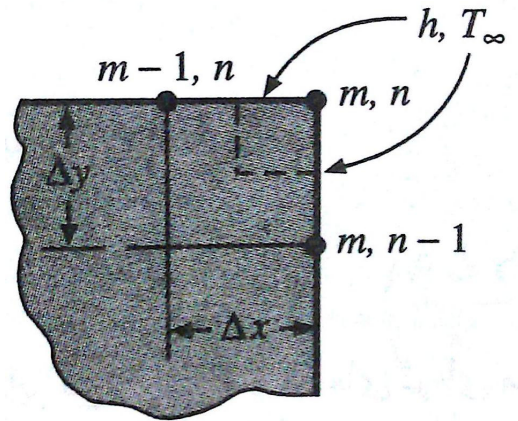
$5000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  در یک فضای خلأ قرار می گیرد که در این فضا انتقال حرارت جابجایی ناچیز است. با فرض آنکه درجه حرارت سطحی از صفحه که در معرض انرژی تشعشعی است در  $40^\circ \text{C}$  نگه داشته شود، درجه حرارت سطح دیگر را بدست آورید.

۲- یک لوله فولادی به قطر خارجی 5cm با عایق الیاف نسوز ( $k = 0.166 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C}}$ ) به ضخامت 6.4cm و در پی

آن لایه ای از عایق پشم شیشه ( $k = 0.048 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{C}}$ ) به ضخامت 2.5cm پوشیده شده است. درجه حرارت سطح خارجی عایق بیرونی (پشم شیشه)  $38^\circ \text{C}$  است. دمای سطح میان دو عایق را بدست آورید.

۳- مطابق شکل زیر، رابطه ای برای معادله گرهی گر (m, n) در شرایط حالت پایا بدست آورید.

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)



۴- گلیسیرین در  $30^\circ \text{C}$  از روی صفحه ای مسطح به ضلع 30cm با سرعت  $1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  عبور می کند. نیروی کششی

معادل 8.9N (در هر دو طرف صفحه) اندازه گرفته می شود. ضریب انتقال حرارت جابجایی برای چنین سیستم

جریانی را محاسبه کنید.  $\rho = 1258 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $C_p = 2445 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$ ,  $\text{Pr} = 5380$ ,  $\text{St} \cdot \text{Pr}^{\frac{2}{3}} = \frac{C_f}{2}$

۵- هوا با فشار 2atm و دمای  $200^{\circ}\text{C}$  و سرعت  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  هنگام عبور از درون لوله ای به قطر 25.4mm گرم می

شود. الف) انتقال گرما بر واحد طول لوله را در شرایطی بدست آورید که در آن شرایط، شار گرمایی ثابت در دیواره لوله حفظ شود و دمای دیواره در تمام طول لوله  $20^{\circ}\text{C}$  بالاتر از دمای هوا باشد. ب) دمای متوسط مخلوط برای 3m از طول لوله تا چه اندازه افزایش می یابد.  $1\text{atm} = 101.3\text{kPa}$

$$, C_p = 1.025 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad \text{Pr} = 0.681, \quad k = 0.0386 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad R = 8314 \frac{\text{J}}{\text{kgmol} \cdot \text{K}}, \quad M_{\text{air}} = 29 \frac{\text{kg}}{\text{kgmol}}$$

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir) for la min ar flow : 
$$\text{Nu}_d = 1.86(\text{Re}_d \cdot \text{Pr})^{\frac{1}{3}} \left( \frac{d}{L} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$