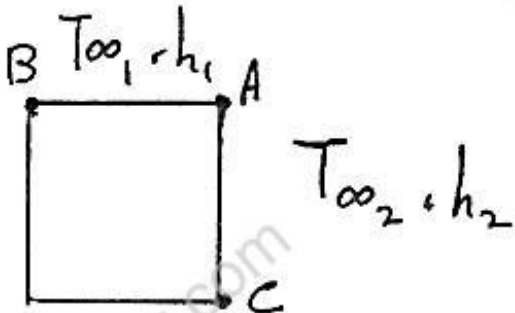


۳۱- در شکل زیر دمای نقطه A چقدر است؟

$$Bi_1 = 0.05 \quad T_{\infty_1} = 20^\circ\text{C} \quad T_B = 60^\circ\text{C}$$

$$Bi_2 = 0.15 \quad T_{\infty_2} = 60^\circ\text{C} \quad T_C = 40^\circ\text{C}$$



30°C (۱)

40°C (۲)

45°C (۳)

50°C (۴)

۳۲- ضریب شکل یک کوره مکعبی به طول ضلع L و ضخامت دیواره t=0.1L چقدر است؟ (S_{بدن}=0.54L, S_{تحت}=0.15L)

666L (۴)

645L (۳)

66.6L (۲)

64.5L (۱)

۳۳- برای محاسبه توزیع دما در سیم طولی به قطر 5mm با استفاده از روش‌های عددی، آن را به 4 قسمت تقسیم کرده‌ایم. مقاومت

گره‌ای در آخرین لایه (نزدیک سطح سیم) به ازای واحد طول سیم چقدر است؟

$\frac{7}{30\pi k}$ (۴)

$\frac{7}{24\pi k}$ (۳)

$\frac{1}{8\pi k}$ (۲)

$\frac{1}{6\pi k}$ (۱)

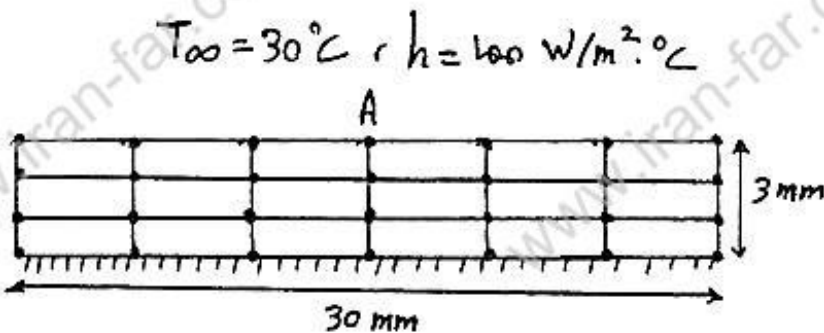
۳۴- در شکل زیر $\sum_i \frac{1}{R_{Ai}}$ کدام است؟ ($k = 0.5 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$)

$2.9 \frac{W}{^\circ C}$ (۱)

$3.1 \frac{W}{^\circ C}$ (۲)

$3.2 \frac{W}{^\circ C}$ (۳)

$3.4 \frac{W}{^\circ C}$ (۴)



۳۵- جسم کوچکی که در دمای اولیه T_i قرار دارد، به صورت ناگهانی در سیالی با دمای T_∞ قرار داده می‌شود. اگر در این شرایط

Bi < 0.1 و τ ثابت زمانی سیستم باشد، کل حرارت انتقال یافته از جسم در زمان t چقدر خواهد بود؟ (q₀ نرخ انتقال حرارت از

جسم در لحظه t=0 است).

$\tau q_0 e^{\frac{-t}{\tau}}$ (۳)

$\tau q_0 \left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}} \right)$ (۲)

$\tau q_0 \left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}} \right)$ (۱)

۳۶ - اگر دو جسم نیمه بی‌نهایت (B, A) را که در

$T_{B,i}$, T قرار دارند در تماس با یکدیگر قرار دهیم، دمای

فصل مشترک چقدر خواهد بود؟

$$\frac{\sqrt{(k\rho c)_A} T_{A,i} + \sqrt{(k\rho c)_B} T_{B,i}}{\sqrt{(k\rho c)_A} + \sqrt{(k\rho c)_B}}$$

$$\frac{\sqrt{(k\alpha)_A} T_{A,i} + \sqrt{(k\alpha)_B} T_{B,i}}{\sqrt{(k\alpha)_A} + \sqrt{(k\alpha)_B}} \quad (f)$$

$$\frac{(k\rho c)_A T_{A,i} + (k\rho c)_B T_{B,i}}{(k\rho c)_A + (k\rho c)_B} \quad (1)$$

$$\frac{(k\alpha)_A T_{A,i} + (k\alpha)_B T_{B,i}}{(k\alpha)_A + (k\alpha)_B} \quad (3)$$

۳۷ - میله‌ای به طول 5cm در دمای T_i قرار دارد. ناگهان دمای دو انتهای آن تغییر می‌کند. اگر برای به دست آوردن توزیع دمای

ناپایدار در این میله از روش صریح استفاده کنیم و میله را به 10 قسمت تقسیم کنیم، حداکثر طول بازه زمانی چقدر خواهد بود؟

$$\left(k = 0.1 \frac{\text{cal}}{\text{s.cm}^\circ\text{C}}, \quad c = 0.2 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}, \quad \rho = 8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$$

8s (f)

4s (3)

2s (2)

1s (1)

۳۸ - صفحه‌ای $\left(k = 0.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \right)$ به ضخامت 1cm در دمای 50°C قرار دارد. ناگهان دمای یک طرف آن را به 100°C رسانده و طرف

دیگر را در معرض محیطی با دمای 0°C و ضریب انتقال حرارت $400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$ قرار می‌دهیم. اگر از روش صریح برای محاسبه توزیع

دما استفاده کنیم و صفحه را به چهار قسمت تقسیم کنیم، شرط پایداری حل عددی به چه صورت خواهد بود؟

$$Fo \leq \frac{1}{8} \quad (f)$$

$$Fo \leq \frac{1}{6} \quad (3)$$

$$Fo \leq \frac{1}{4} \quad (2)$$

$$Fo \leq \frac{1}{2} \quad (1)$$

۳۹ - صفحه‌ای به ضخامت L در دمای اولیه T_i قرار دارد. ناگهان دمای یک طرف آن به T_0 تغییر می‌کند. در چه صورت می‌توان از

روابط توزیع دما در اجسام نیمه بی‌نهایت برای این صفحه استفاده کرد؟

$$\frac{L}{2\sqrt{\alpha t}} \leq 1 \quad (f)$$

$$\frac{L}{2\sqrt{\alpha t}} \geq 1 \quad (3)$$

$$\frac{L}{\sqrt{\alpha t}} \leq 1 \quad (2)$$

$$\frac{L}{\sqrt{\alpha t}} \geq 1 \quad (1)$$

۴۰ - سیالی $\left(k = 0.2 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \right)$ از روی صفحه‌ای $\left(k = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \right)$ عبور می‌کند. اگر توزیع دما در سیال تابع درجه سوم فاصله از صفحه

باشد، در نقطه‌ای که ضخامت لایه مرزی حرارتی 6mm است، ضریب انتقال حرارت چقدر خواهد بود؟

$$500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}} \quad (f)$$

$$250 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}} \quad (3)$$

$$50 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}} \quad (2)$$

$$25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}} \quad (1)$$

۴۱ - در جریان غیر ایزوترم روی صفحه، برای کدام دسته از سیالات زیر، توزیع سرعت در سیال وجود ندارد؟

(f) فلزات مذاب

(3) پلیمرها مذاب

(2) محلول‌های پلیمری

(1) گازها

۴۲ - برای لایه مرزی حرارتی روی یک صفحه افقی، کدام شرایط مرزی صحیح است؟

$$\left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=\delta} = 0, \quad \left. \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right|_{y=\delta} = 0 \quad (۲)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right|_{y=0} = 0 \quad (۱)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=\delta} = 0, \quad \left. \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right|_{y=0} = 0 \quad (۴)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right|_{y=\delta} = 0 \quad (۳)$$

۴۳ - اگر x جهت جریان و y جهت عمود بر جریان باشد، کدام ترم تنش زیر دارای اهمیت بیشتری است؟

$$\frac{\partial V_y}{\partial y} \quad (۴)$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial x} \quad (۳)$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial y} \quad (۲)$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} \quad (۱)$$

۴۴ - برای سیالات معمولی، اگر δ_t ضخامت لایه مرزی روی صفحه و x فاصله از لبه صفحه باشد، کدام رابطه صحیح است؟

$$\delta_t \propto x^{-\frac{1}{2}} \quad (۴)$$

$$\delta_t \propto \sqrt{x} \quad (۳)$$

$$\delta_t \propto x^{-1} \quad (۲)$$

$$\delta_t \propto x \quad (۱)$$

۴۵ - اگر توزیع سرعت و دما در لایه مرزی برای یک سیال معمولی ($Pr \geq 1$) به صورت زیر باشند، دمای متوسط بالک کدام خواهد بود؟

$$\frac{u}{u_\infty} = \frac{y}{\delta}, \quad \frac{T - T_w}{T_\infty - T_w} = \frac{y}{\delta_t}$$

$$\frac{3T_w + T_\infty}{4} \quad (۴)$$

$$\frac{T_w + 2T_\infty}{3} \quad (۳)$$

$$\frac{2T_w + T_\infty}{3} \quad (۲)$$

$$\frac{T_w + 3T_\infty}{4} \quad (۱)$$

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- گزینه ۴ درست است.

A یک گره در گوشه خارجی است بنابراین:

$$\left[1 + \frac{1}{2} (Bi_1 + Bi_2) \right] T_A = \frac{1}{2} (T_B + T_C) + \frac{1}{2} (Bi_1 T_{\infty_1} + Bi_2 T_{\infty_2})$$

$$\rightarrow T_A = \frac{0.5 \times (60 + 40) + 0.5 \times (0.05 \times 20 + 0.15 \times 60)}{1 + 0.5 \times (0.05 + 0.15)} = 50^\circ C$$

۳۲- گزینه ۲ درست است.

$$S_{\text{دیواره}} = \frac{L^2}{t}$$

$$\rightarrow S_{\text{کل}} = 6 S_{\text{دیواره}} + 12 S_{\text{مح}} + 8 S_{\text{لوحه}} = 6 \times \frac{L^2}{0.1L} + 12 \times 0.54L + 8 \times 0.15 \times 0.1L = 66.6L$$

۳۳- گزینه ۴ درست است.

چون مختصات استوانه ای است، برای یک گره داخلی مقاومت‌ها به صورت زیر می‌باشند:

$$R_{m-} = \frac{\Delta r}{\left(r_m - \frac{\Delta r}{2} \right) \Delta \phi \Delta z k}$$

$$R_{m+} = \frac{\Delta r}{\left(r_m + \frac{\Delta r}{2} \right) \Delta \phi \Delta z k}$$

بایستی توجه کرد که برای آخرین مقاومت (R_{m+}) مسیر جریان حرارتی برابر $\frac{\Delta r}{2}$ است، بنابراین برای آخرین مقاومت داریم:

$$R_{m+} = \frac{\frac{\Delta r}{2}}{\left(r_m + \frac{\Delta r}{4} \right) \Delta \phi \Delta z k}$$

برای این گره داریم:

$$r_m = R - \frac{\Delta r}{2}, \quad \Delta \phi = 2\pi, \quad \Delta z = 1$$

$$\rightarrow R_{\text{total}} = R_{m-} + R_{m+} = \frac{3(2R - \Delta r)\Delta r}{2\pi k(R - \Delta r)(4R - \Delta r)}$$

$$R_{\text{total}} = \frac{7}{30\pi k}$$

$$\begin{aligned} \sum_i \frac{1}{R_{Ai}} &= \frac{1}{R_{m+}} + \frac{1}{R_{m-}} + \frac{1}{R_{n+}} + \frac{1}{R_{n-}} \\ &= \frac{k\left(\frac{\Delta y}{2}\right)}{\Delta x} + \frac{k\left(\frac{\Delta y}{2}\right)}{\Delta x} + hA + \frac{k\Delta x}{\Delta y} \\ &= \frac{0.5 \times \frac{0.001}{2}}{0.005} + \frac{0.5 \times \frac{0.001}{2}}{0.005} + 100 \times 0.005 + \frac{0.5 \times 0.005}{0.001} \\ &= 0.05 + 0.05 + 0.5 + 2.5 = 3.1 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \end{aligned}$$

چون $\Delta r = \frac{R}{4}$ بنابراین

۳۴- گزینه ۲ درست است.

۳۵- گزینه ۱ درست است.

در شرایطی که $Bi < 0.1$ باشد، تغییرات دما در جسم به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

نرخ انتقال حرارت در هر لحظه از رابطه زیر به دست می آید:

$$\begin{aligned} q &= hA(T - T_\infty) = hA(T_i - T_\infty)e^{-\frac{t}{\tau}} \\ \rightarrow q_0 &= hA(T_i - T_\infty) \end{aligned}$$

کل حرارت انتقال یافته تا زمان t به صورت زیر محاسبه می شود:

$$Q = \int_0^t q dt = \tau q_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

۳۶- گزینه ۲ درست است.

در فصل مشترک داریم:

$$\begin{aligned} q_{0,A} &= q_{0,B} \\ q_0 &= \frac{k(T_0 - T_i)}{\sqrt{\pi \alpha t}} \end{aligned}$$

از طرفی می دانیم در سطح:

با استفاده از دو رابطه فوق می توان دمای فصل مشترک (T_0) را به صورت زیر به دست آورد:

$$T_0 = \frac{\sqrt{(k\rho c)_A} T_{A,i} + \sqrt{(k\rho c)_B} T_{B,i}}{\sqrt{(k\rho c)_A} + \sqrt{(k\rho c)_B}}$$

۳۷- گزینه ۲ درست است.

شرط پایداری به صورت زیر می باشد:

$$Fo \geq \frac{1}{2}$$

$$\alpha \Delta t \geq \frac{1}{2} \rightarrow \Delta t \geq \frac{(\Delta x)^2}{2\alpha}$$



$$\rightarrow \Delta t \geq \frac{\rho c (\Delta x)^2}{2k} = \frac{8 \times 0.2 \times (0.5)^2}{2 \times 0.1} = 2 \text{ s}$$

۳۸- گزینه ۳ درست است.

برای نقاط داخلی

$$T_m^{p+1} = (1 - 2Fo) T_m^p + Fo (T_{m-1}^p + T_{m+1}^p)$$

برای نقطه با مرز جابجایی

$$T_m^{p+1} = (1 - 2Fo - 2BiFo) T_m^p + 2Fo (T_{m-1}^p + Bi T_\infty)$$

برای نقاط فوقی شرط پایداری به ترتیب به صورت زیر می باشد:

$$\begin{cases} 1 - 2Fo \geq 0 \\ 1 - 2Fo - 2BiFo \geq 0 \end{cases}$$

عدد بایوت به صورت زیر به دست می آید :

$$Bi = \frac{h\Delta x}{k} = \frac{400 \times 0.25 \times 10^{-2}}{0.5} = 2$$

$$\rightarrow \begin{cases} 1 - 2Fo \geq 0 \\ 1 - 2Fo - 4Fo \geq 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} Fo \leq \frac{1}{2} \\ Fo \leq \frac{1}{6} \end{cases}$$

بنابراین برای پایداری بایستی $Fo \leq \frac{1}{6}$ باشد.

۳۹- گزینه ۱ درست است.

۴۰- گزینه ۲ درست است.

$$h = \frac{-k_f \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0}}{T_w - T_\infty}$$

توزیع دما در سیال به صورت زیر می باشد:

$$\frac{T - T_w}{T_\infty - T_w} = \frac{3}{2} \left(\frac{y}{\delta_t} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta_t} \right)^3$$

$$\rightarrow \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = \frac{3}{2\delta_t} (T_\infty - T_w)$$

$$\rightarrow h = \frac{-k_f \frac{3}{2\delta_t} (T_\infty - T_w)}{(T_w - T_\infty)} = \frac{3k_f}{2\delta_t}$$

$$= \frac{3 \times 0.2}{2 \times 0.006} = 50 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

۴۱- گزینه ۴ درست است.

برای فلزات مذاب ضخامت لایه مرزی سرعت در مقایسه با لایه مرزی حرارت بسیار کوچک است و می توان فرض کرد که توزیع سرعت در سیال وجود ندارد.

۴۲- گزینه ۴ درست است.

۴۳- گزینه ۲ درست است.



رشته مهندسی شیمی

درس: انتقال حرارت ۱ و ۲

صفحه: ۴

۴۴- گزینه ۳ درست است.

$$\frac{\delta_t}{x} \propto \text{Re}_x^{-\frac{1}{2}} \text{Pr}^{-\frac{1}{3}} \rightarrow \delta_t \propto x^{\frac{1}{2}}$$

۴۵- گزینه ۳ درست است.

$$T_b = \frac{\int_0^{\delta_t} u \rho c_p T dy}{\int_0^{\delta_t} u \rho c_p dy} = \frac{\int_0^{\delta_t} u T dy}{\int_0^{\delta_t} u dy} = \frac{\int_0^{\delta_t} \left(u_{\infty} \frac{y}{\delta} \right) \left[T_w + (T_{\infty} - T_w) \frac{y}{\delta_t} \right] dy}{\int_0^{\delta_t} u_{\infty} \frac{y}{\delta} dy} = \frac{\int_0^{\delta_t} y \left[T_w + (T_{\infty} - T_w) \frac{y}{\delta_t} \right] dy}{\int_0^{\delta_t} y dy} = \frac{2T_{\infty} + T_w}{3}$$

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- سیالات زیر در هوای آزاد، روی یک صفحه تخت با دمای 30°C در حال حرکت هستند. ضریب انتقال حرارت جابجایی (h) در کدام یک بیشتر است؟

(۲) آب 80°C با سرعت $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(۱) آب 50°C با سرعت $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(۴) بخار آب اشباع 100°C با سرعت $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(۳) بخار آب فوق اشباع 120°C با سرعت $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

۳۲- کدام یک از عبارات زیر صحیح نیست؟

(۱) عدد ریلی (Ra) معیاری از نسبت نیروی شناوری به پخش گرما است.

(۲) عدد پکلت (Pe) معیاری از نسبت افزایش آنتالپی سیال به انتقال گرمای هدایتی در جهت حرکت سیال است.

(۳) عدد رینولدز (Re) معیاری از نسبت نیروی اینرسی به نیروی لزجت است.

(۴) عدد گرافش (Gr) معیاری از نسبت نیروی شناوری به پخش گرما است.

ثابت در دیواره، در چه صورت می‌توان از انتقال حرارت

لمت بزرگتر از ۱۰۰ ($Pe > 100$)

(۲) عدد ناسلت از ۱۰۰ ($Nu > 100$)

۳۳ - در جریان آرام و توسعه یافته یک سیال در

هدایتی در جهت حرکت سیال صرف نظر کرد؟

(۱) عدد رینولدز بزرگتر از ۱۰۰ ($Re > 100$)

(۳) عدد پرانتل بزرگتر از ۱۰۰ ($Pr > 100$)

۳۴ - یک سیال به صورت جریان آرام توسعه یافته در یک لوله با دمای ثابت در حال حرکت است. با دو برابر شدن سرعت سیال و نصف

شدن قطر لوله، ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی (h) چه تغییری می‌کند؟

(۱) دو برابر می‌شود. (۲) نصف می‌شود. (۳) چهار برابر می‌شود. (۴) تغییری نمی‌کند.

۳۵ - در فرآیند میعان فیلمی روی یک صفحه قائم، رابطه ضریب انتقال حرارت میعان (h) با ضریب هدایت حرارتی (k) و ضخامت لایه

مرزی سیال (δ) به کدام صورت زیر است؟

$$h = \frac{3k}{2\delta} \quad (۴)$$

$$h = \frac{k}{\delta} \quad (۳)$$

$$h = \frac{k}{2\delta} \quad (۲)$$

$$h = \frac{2k}{\delta} \quad (۱)$$

۳۶ - برای تعیین ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی (h) برای حرکت عرضی یک سیال از روی یک مجموعه لوله موازی، نیاز به تعیین

کدام یک از سرعت‌های زیر است؟

(۱) سرعت جریان حداکثر (۲) سرعت جریان حداقل (۳) سرعت جریان متوسط (۴) سرعت جریان پس از عبور از لوله‌ها (سرعت جریان آزاد)

۳۷ - در انتقال حرارت جابه‌جایی آزاد یک سیال روی صفحه قائم با دمای ثابت و جریان آرام، ضخامت لایه مرزی حرارتی (δ) برابر با

۰.۵ cm و ضریب هدایت حرارتی سیال (k) برابر $0.02 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ است. ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی (h) برابر است با:

$$h = 16 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \quad (۴)$$

$$h = 12 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \quad (۳)$$

$$h = 8 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \quad (۲)$$

$$h = 4 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \quad (۱)$$

۳۸ - روغن با دمای $20^\circ C$ وارد یک لوله فلزی با دمای ثابت $100^\circ C$ می‌شود. عدد ناسلت در ابتدای لوله نسبت به مقدار آن در بخش

توسعه یافته:

(۱) بیشتر است. (۲) کمتر است. (۳) برابر است. (۴) بستگی به سرعت ورودی روغن به لوله دارد.

۳۹ - در نمودار تغییرات عدد ناسلت یک سیال در حال حرکت عرضی بر روی یک استوانه با رژیم جریان درهم، چند نقطه حداقل (Min)

وجود دارد و مربوط به چه حالتی می‌باشند؟

(۱) یک نقطه - مربوط به جدایش جریان.
(۲) دو نقطه - مربوط به نقطه برخورد جریان به استوانه و جدایش جریان.
(۳) یک نقطه - مربوط به نقطه برخورد جریان به استوانه.
(۴) دو نقطه - مربوط به جدایش جریان و تبدیل جریان از حالت آرام به درهم.

۴۰ - در مورد اثرات مدخل ورودی برای جریان‌های آرام و درهم درون لوله‌ها می‌توان گفت که:

(۱) هر چه عدد پرانتل کوچکتر باشد، طول ورودی جهت توسعه یافته شدن حرارتی جریان، کوچکتر است.
(۲) طول ورودی جهت توسعه یافته شدن حرارتی جریان، برای جریان درهم بسیار کوتاهتر از طول‌های مربوط به جریان آرام است.
(۳) طول ورودی جهت توسعه یافته شدن حرارتی جریان، برای جریان آرام بسیار کوتاه‌تر
(۴) طول ورودی جهت توسعه یافته شدن حرارتی جریان، هیچ ربطی به عدد پرانتل ندارد

۴۱ - در مورد کدام یک از سیالات زیر، ضخامت لایه مرزی حرارتی (δ_t) و ضخامت لایه مرزی سیالاتی (δ)، تقریباً یکسان است؟

- (۱) هوا (۲) آب (۳) روغن (۴) آهن مذاب

۴۲ - در حرکت یک فلز مایع روی صفحه تخت، سرعت ۲ برابر می‌شود. در این صورت عدد ناسلت، چند برابر می‌شود؟

(۱) ۲ برابر (۲) $\sqrt{2}$ برابر (۳) ۴ برابر (۴) تغییر نمی‌کند.

۴۳ - سیالی از دو لوله افقی یکسان عبور می‌کند. سرعت در دو لوله یکسان است. در هر دو لوله رژیم جریان درهم و جریان کاملاً توسعه یافته است. اگر یکی از سیالات در حال گرم شدن و دیگری در حال سرد شدن باشد، ضریب انتقال حرارت کدام یک بیشتر است؟

(۱) سیالی که در حال گرم شدن است. (۲) سیالی که در حال سرد شدن است.

(۳) ضریب انتقال حرارت هر دو سیال یکسان است. (۴) به نوع سیال بستگی دارد.

۴۴ - انتقال حرارت در داخل لوله‌هایی با سطح مقطع متفاوت از نظر شکل را در نظر بگیرید. اگر رژیم جریان آرام باشد و جریان کاملاً توسعه یافته باشد، عدد ناسلت در کدام لوله کمتر است؟

- (۱) مثلثی (۲) مربعی (۳) شش ضلعی (۴) دایره‌ای

۴۵ - در انتقال حرارت جابه‌جایی آزاد هوا، اگر ضریب انتقال حرارت در هر حالت مجزا وابسته به $\Delta T^{\frac{1}{3}}$ و مستقل از طول مشخصه سیستم باشد، به ترتیب رژیم جریان چیست؟

- (۱) آرام - آرام (۲) آرام - درهم (۳) درهم - درهم (۴) درهم - آرام

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- گزینه ۴ درست است.

با حرکت بخار اشباع 100°C روی صفحه تخت، فرآیند میعان صورت می‌گیرد و با توجه به این که در حالت‌های دیگر، تنها انتقال حرارت به صورت جابه‌جایی اجباری وجود دارد، پس بخار اشباع 100°C در حالت میعان دارای ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی بیشتری است. در مورد بخار فوق اشباع دقت کنید که ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی آن تا زمانی که دمای آن تغییر می‌کند و فرآیند میعان انجام نمی‌دهد، کمتر از بخار اشباع است.

۳۲- گزینه ۴ درست است.

عدد گراشف که در انتقال حرارت به صورت جابه‌جایی آزاد، نقش اساسی دارد، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Gr = \frac{g\beta(T_w - T_{\infty})x^3}{\nu^2}$$

ویسکوزیته سینماتیکی (ν) در مخرج نشان دهنده اهمیت نیروی لزجت است و وجود ترم‌های شتاب گرانش (g) و ضریب تراکم‌پذیری (β) در صورت نشان دهنده اهمیت نیروی شناوری است. بنابراین عدد گراشف، معیاری از نسبت نیروی شناوری به نیروی لزجت است.

۳۳- گزینه ۲ درست است.

در صورتی که عدد پکلت بزرگتر از ۱۰۰ باشد، می‌توان از انتقال حرارت هدایتی در جهت حرکت سیال نسبت به انتقال حرارت جابه‌جایی اجباری صرف‌نظر کرد و به بیان دیگر از ترم $\frac{d^2T}{dx^2}$ در معادله انرژی صرف‌نظر کرد (x طول لوله در جهت حرکت سیال است).

۳۴- گزینه ۱ درست است.

در حرکت سیال به صورت جریان آرام در حالت توسعه یافته، عدد ناسلت ثابت است و مقدار آن برابر است با: $Nu = 3.66$

پس با تغییرات سرعت سیال، عدد ناسلت تغییر نمی‌کند. برای یافتن تغییرات h با قطر لوله (D)، با توجه به ثابت بودن ناسلت داریم که:

$$Nu = \frac{hD}{k} = 3.66 \Rightarrow hD = \text{ثابت} \Rightarrow h \sim \frac{1}{D}$$

بنابراین با نصف شدن قطر لوله، ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی (h)، دو برابر می‌شود.

۳۵- گزینه ۳ درست است.

در فرایند میعان فیلمی روی یک صفحه قائم، داریم که

$$h = \frac{k}{\delta}$$

برای نحوه نشان دادن این رابطه به کتاب انتقال حرارت هولمن، بخش (۹-۲) مراجعه کنید.

۳۶- گزینه ۱ درست است.

برای یافتن نرخ انتقال حرارت در حالتی که جریان به صورت عرضی از روی مجموعه‌ای از لوله‌ها عبور می‌کند، باید عدد رینولدز را یافت. با توجه به تغییرات سرعت سیال در بین لوله‌ها باید حداکثر سرعت جریان را محاسبه کرد و در رابطه عدد رینولدز قرار داد. حداکثر سرعت جریان با داشتن حداقل سطح مقطع در معرض جریان آزاد محاسبه می‌شود.

۳۷- گزینه ۲ درست است.

برای انتقال حرارت به صورت جابه‌جایی آزاد و جریان آرام روی یک صفحه تخت با دمای ثابت:

$$h = \frac{2K}{\delta} \Rightarrow h = \frac{2 \times 0.02}{5 \times 10^{-3}} = \frac{40}{5} = 8 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

۳۸- گزینه ۱ درست است.

عدد ناسلت در یک لوله به صورت روبه‌رو تعریف می‌شود:

$$Nu = \frac{hD}{k}$$

با توجه به این که در ابتدای لوله، جریان توسعه یافته نیست و با حرکت سیال در طول لوله جریان توسعه یافته می‌شود، بنابراین ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی در ابتدای لوله بیشترین مقدار خود را دارد و با حرکت در طول لوله به دلیل بزرگ شدن لایه مرزی سیال کاهش می‌یابد، تا این که در حالت جریان توسعه یافته به دلیل ثابت شدن ضخامت لایه مرزی، ثابت می‌شود. بنابراین Nu در ابتدای لوله حداکثر مقدار خود را دارد.

۳۹- گزینه ۴ درست است.

در نمودار تغییرات عدد ناسلت یک سیال در حال حرکت عرضی روی استوانه و کره با رژیم جریان درهم، دو عدد حداقل (Min) وجود دارد. یکی مربوط به تغییر رژیم جریان از آرام به درهم و دیگری مربوط به نقطه جدایش است.

در نمودار مربوط به جریان آرام یک حداقل (Min) وجود دارد و مربوط به نقطه جدایش است.

۴۰- گزینه ۲ درست است.

به طور کلی هر چه عدد پرانتل بزرگتر باشد، طول ورودی جهت توسعه یافته شدن حرارتی سیال کوتاه‌تر است. همچنین مشاهده می‌شود که طول‌های ورودی حرارتی برای جریان درهم، بسیار کوتاه‌تر از طول‌های مربوط به جریان آرام است.

۴۱- گزینه ۱ درست است.

نسبت ضخامت لایه مرزی حرارتی (δ_t) و لایه مرزی سیالاتی (δ) با عدد بدون بعد پرانتل سنجیده می‌شود. لذا

$$\frac{\delta}{\delta_t} = Pr^{\frac{1}{3}}$$

با توجه به این که عدد پرانتل برای گازها در حدود یک می‌باشد، بنابراین ضخامت لایه‌های مرزی حرارتی و سیالاتی در آن‌ها تقریباً یکسان است.

۴۲- گزینه ۲ درست است.

تغییرات عدد ناسلت در فلزات مایع، تابع عدد پکلت (Pe) است. عدد پکلت حاصلضرب عدد رینولدز (Re) در پرانتل (Pr) است.

$$Pe = Re \cdot Pr$$

با توجه به دو برابر شدن سرعت و ثابت بودن سایر شرایط (جنس سیال و ...) عدد رینولدز دو برابر می‌شود.

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu}$$

$$Pr = \frac{u}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k}$$

$$Nu = 0.54 Pe^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \frac{Nu_2}{Nu_1} = \left(\frac{Pe_2}{Pe_1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow \frac{Nu_2}{Nu_1} = \left(\frac{2}{1} \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^n$$

$$n = \begin{cases} 0.4 & \text{برای گرم شدن سیال} \\ 0.3 & \text{برای سرد شدن سیال} \end{cases}$$

دایره‌ای < شش ضلعی < مربعی < مثلثی

$$\text{در رژیم جریان آرام} \begin{cases} h \propto \Delta T^{\frac{1}{4}} \\ h \propto L^{-\frac{1}{4}} \end{cases}$$

$$\text{در رژیم جریان درهم} \begin{cases} h \propto \Delta T^{\frac{1}{3}} \\ h \text{ مستقل از طول مشخصه} \end{cases}$$

عدد پرانتل تغییر نمی‌کند، زیرا جنس سیال، تغییر نمی‌کند.

بنابراین با دو برابر شدن سرعت، عدد پکلت دو برابر می‌شود.
برای فلزات مایع:

۴۳- گزینه ۴ درست است.

برای جریان درهم توسعه‌یافته در لوله افقی

توان n به صورت زیر می‌باشد:

بنابراین ضریب انتقال حرارت به نوع سیال (عدد پرانتل) دارد.

۴۴- گزینه ۱ درست است.

ترتیب عدد ناسلت به صورت زیر است:

۴۵- گزینه ۳ درست است.

www.sem-eng.com

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱ - کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

- (۱) تشعشع یک پدیده حجمی (Extensive) نیست.
- (۲) تشعشع حرارتی شامل قسمتی از امواج ماورای بنفش، کل امواج مرئی و مادون قرمز است.
- (۳) ضریب صدور فلزات با افزایش دما، کاهش می‌یابد.
- (۴) با افزایش دمای جسم سیاه، سهم نسبی امواج مرئی کاهش می‌یابد.

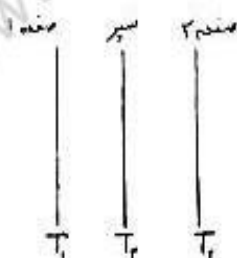
۳۲ - بین صفحه با دماهای 1200°C و 1400°C انتقال حرارت به صورت تابش انجام می‌گیرد. اگر ضریب نشر (ε) هر دو صفحه دو برابر شود، مقاومت فضایی بین این دو صفحه چند برابر می‌شود؟

- (۱) تغییر نمی‌کند.
- (۲) ۲ برابر می‌شود.
- (۳) نصف می‌شود.
- (۴) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.

۳۳ - بین دو صفحه سیاه با دماهای T_1, T_2 یک سپر سیاه قرار می‌گیرد. دمای این سپر (T_3) پس از تعادل حرارتی برابر است با:

$$T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (۲) \quad T_3 = \left(\frac{T_1^4 + T_2^4}{2} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (۱)$$

$$T_3 = \left(\frac{T_1 + T_2}{2} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (۴) \quad T_3 = \left(\frac{T_1 + T_2}{2} \right)^4 \quad (۳)$$



جهت افزایش نرخ تبخیر، کدام یک از اقدامات

نامت لوله‌های فلزی مبدل.

(۱) استفاده از بخار اشباع به جای بخار فوق اشباع.

۳۴ - در یک جوش آور (boiler) با لوله‌های فلز؛

زیر مؤثرتر است؟

(۱) تغییر دادن جهت حرکت جریان‌ها از حالت

(۳) افزایش سرعت سیال سرد درون لوله‌ها.

۳۵ - در یک چگالنده تعداد واحدهای انتقال (NTU) برابر ۲ می‌باشد. ضریب تأثیر (ε) این مبدل برابر است با:

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{\ln(2)} \quad (۴)$$

$$\varepsilon = \frac{2}{3} \quad (۳)$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{e^2} \quad (۲)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \quad (۱)$$

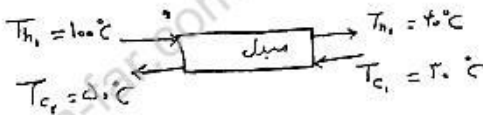
۳۶ - در مبدل زیر، مقدار ضریب تأثیر (ε) مبدل برابر است با:

$$\varepsilon = \frac{6}{7} \quad (۲)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \quad (۱)$$

$$\varepsilon = \frac{2}{7} \quad (۴)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{3} \quad (۳)$$



۳۷ - در مورد معیارهای انتخاب پوسته و یا لوله برای جریان‌های مبدل، کدام یک از عبارات زیر نادرست است؟

(۱) سیالی که رسوب بیشتری دارد، باید درون لوله‌ها جریان یابد.

(۲) سیالی که خورنده است، باید درون لوله‌ها جریان یابد.

(۳) سیال ویسکوزتر باید درون لوله‌ها جریان یابد.

(۴) سیالی که دمای آن به محیط نزدیک‌تر است، باید درون پوسته جریان یابد.

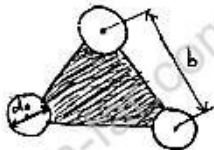
۳۸ - در مبدل‌های حرارتی با گام مثلثی، مقدار قطر معادل (D_e) کدام یک از گزینه‌های زیر می‌باشد؟

$$D_e = \frac{4b^2 - \pi d_0^2}{\pi d_0} \quad (۲)$$

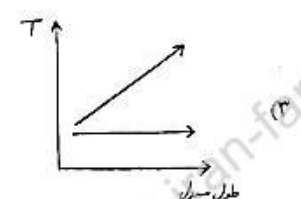
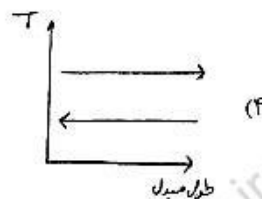
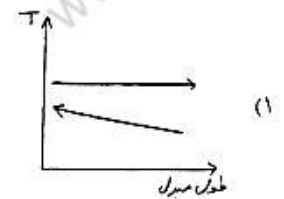
$$D_e = \frac{2\sqrt{3}b^2 - \pi d_0^2}{\pi d_0} \quad (۱)$$

$$D_e = \frac{4b^2 + \pi d_0^2}{2\pi d_0} \quad (۴)$$

$$\frac{2\sqrt{3}b^2 + \pi d_0^2}{2} \quad (۳)$$

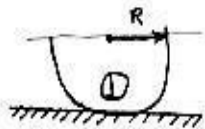


۳۹ - در یک مبدل حرارتی، سیال گرم در حال میعان و سیال سرد در حال جوشش است. نمودار تغییرات دما در طول مبدل چگونه است؟



ست با:

⑤ سطح اطراف



۴۰ - ضریب شکل سطح داخلی یک نیمکره

$$\frac{2}{\pi}$$

$$F_{12} = \frac{1}{2} \quad (1)$$

$$F_{12} = \frac{1}{4} \quad (4)$$

$$F_{12} = 1 \quad (3)$$

۴۱ - در یک کوره پالایشگاهی جهت گرم کردن نفت خام، انجام دادن کدام یک از کارهای زیر جهت افزایش نرخ انتقال حرارت مؤثرتر است؟

(۲) بالا بردن فشار کوره

(۱) افزایش ضریب انعکاس دیواره کوره

(۴) وارد کردن هوای بیشتر به کوره

(۳) افزایش ضریب نشر لوله‌های حامل نفت

۴۲ - کدام یک از عبارات‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟

(۱) گازهایی که دارای ساختمان غیر متقارن و غیر قطبی هستند، در دماهای کم نسبت به تشعشع شفاف هستند.

(۲) رنگ آبی آسمان، نتیجه پراکنش طول موج‌های بنفش توسط ملکول‌های هوا است.

(۳) تشعشع خورشیدی نوعی تشعشع حرارتی است که با یک طول موج خاص توزیع می‌شود.

(۴) تشعشع کلی مخلوط دو گاز بیشتر از مجموع تشعشعات هر گاز به صورت تنها می‌باشد.

۴۳ - یک سطح خاکستری و یک سطح سیاه با مساحت یکسان در معرض شار یکسان $500 \frac{W}{m^2}$ قرار دارند، پس از رسیدن به تعادل

حرارتی، در مورد دمای این دو صفحه می‌توان گفت که:

(۱) دمای سطح سیاه بیشتر است.

(۲) دمای سطح خاکستری بیشتر است.

(۳) دمای هر دو صفحه یکسان است.

(۴) بسته به ضریب نشر جسم خاکستری (ε)، دمای آن می‌تواند بیشتر یا کمتر باشد.

۴۴ - در یک مبدل حرارتی، اختلاف دمای سیال سرد و گرم در تمام نقاط مبدل یکسان است. (سیالات تغییر فاز نمی‌دهند). در مورد

آرایش جریان و شار انتقال حرارت در این مبدل، کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

(۱) جریان‌های مبدل ناهمسو هستند و شار انتقال حرارت در تمام نقاط یکسان است.

(۲) جریان‌های مبدل همسو هستند و شار انتقال حرارت در تمام نقاط یکسان نیست.

(۳) جریان‌های مبدل همسو هستند و شار انتقال حرارت در تمام نقاط یکسان است.

(۴) جریان‌های مبدل ناهمسو هستند و شار انتقال حرارت در تمام نقاط یکسان نیست.

۴۵ - دمای یک قطعه بسیار داغ، به تدریج شروع به کاهش می‌کند. تغییرات رنگ آن مطابق کدام یک از گزینه‌های زیر است؟

(۱) قرمز ← زرد ← آبی (۲) آبی ← قرمز ← زرد (۳) آبی ←

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- گزینه ۲ درست است.

تشعشع یک پدیده حجمی است (مانند جرم، حجم و...). ضریب صدور فلزات با افزایش دما، افزایش می‌یابد و با افزایش دمای جسم سیاه، سهم نسبی امواج مرئی (طبق قانون وین) افزایش می‌یابد.

۳۲- گزینه ۱ درست است.

مقاومت فضایی بین دو صفحه برابر است با :

$$R_{12} = \frac{1}{A_1 F_{12}} = \frac{1}{A_2 F_{21}}$$

بنابراین مقاومت فضایی ربطی به ضریب نشر صفحات ندارد و تنها تابع ضریب شکل بین صفحات و مساحت آن‌ها می‌باشد.

۳۳- گزینه ۱ درست است.

سپر هیچ گونه حرارتی را از سیستم خارج و یا به آن وارد نمی‌کند. بنابراین می‌توان گفت که مقدار انتقال حرارت بین صفحه ۱ و سپر برابر با انتقال حرارت بین سپر و سطح ۲ و برابر با انتقال حرارت کل است. بنابراین:

$$\left(\frac{q}{A}\right)_{1-3} = \left(\frac{q}{A}\right)_{3-2} = \frac{q}{A}$$

$$\frac{q}{A} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_3^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_3} - 1} = \frac{\sigma(T_3^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_3} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

چون هر دو صفحه و سپر سیاه هستند، بنابراین $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3 = 1$. با جایگذاری در رابطه بالا داریم که :

$$T_3^4 = \frac{T_1^4 + T_2^4}{2} \Rightarrow T_3 = \left(\frac{T_1^4 + T_2^4}{2}\right)^{\frac{1}{4}}$$

۳۴- گزینه ۴ درست است.

ابتدا باید بزرگترین مقاومت حرارتی را یافت و سپس این مقاومت را کاهش داد. در مبدل‌ها با تغییر فاز، همسو یا ناهمسو بودن جریان‌ها، تأثیری روی عملکرد مبدل ندارد. لوله‌های فلزی درون مبدل‌ها دارای مقاومت هدایتی کمی هستند. بنابراین تغییر دادن ضخامت و کاهش آن تأثیر زیادی روی نرخ انتقال حرارت ندارد. مقاومت اصلی مربوط به بخار فوق اشباع است که ضریب انتقال حرارت جابجایی (h) آن کم است. با استفاده از بخار اشباع و

و به تبع آن تبخیر زیاد می‌شود. دقت کنید که افزایش سرعت

فرآیند میعان سیال گرم، مقاومت سیال گرم به ش

آب نیز سبب افزایش h می‌شود ولی تأثیر آن به از

۳۵ - گزینه ۲ درست است.

برای یک مبدل در حال تغییر فاز (چگالنده یا جوس آور)، رابطه بین NTU و NTU به صورت زیر است:

$$\varepsilon = 1 - e^{-NTU}$$

$$\varepsilon = 1 - e^{-2} = 1 - \frac{1}{e^2}$$

با توجه به این که $NTU = 2$ ، بنابراین:

۳۶ - گزینه ۲ درست است.

ضریب تأثیر یا بازده مبدل به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\varepsilon = \frac{\text{نرخ انتقال حرارت واقعی}}{\text{حداکثر نرخ انتقال حرارت}} = \frac{\Delta T \text{ (سیال حداقل)}}{\Delta T \text{ حداکثر}}$$

$$\Delta T_{\max} = 100 - 30 = 70^\circ C$$

حداکثر اختلاف دما در مبدل، اختلاف دمای سیال گرم و سرد است. بنابراین:

سیال حداقل، سیالی است که بزرگترین اختلاف درجه حرارت را در مبدل دارد.

هر دو سیال دارای تغییرات دمای $\Delta T_1, \Delta T_2$ می‌باشند.

$$\Delta T_1 = 100 - 40 = 60^\circ C$$

$$\Delta T_2 = 50 - 30 = 20^\circ C$$

سیال حداقل دارای اختلاف دمای $60^\circ C$ است. بنابراین ضریب تأثیر برابر است با:

$$\varepsilon = \frac{60}{70} = \frac{6}{7}$$

۳۷ - گزینه ۳ درست است.

سیال ویسکوز را باید در قسمت پوسته جریان داد، زیرا قطر پوسته بیشتر از لوله است و به تبع آن عدد رینولدز سیال ویسکوز بیشتر می‌شود و ضریب انتقال حرارت جابجایی (h) افزایش می‌یابد. در ضمن در قسمت پوسته، بافل‌ها سبب تلاطم بیشتر سیال ویسکوز می‌شوند.

۳۸ - گزینه ۱ درست است.

برای محاسبات انتقال گرما در مبدل‌ها در قسمت پوسته از قطر معادل استفاده می‌شود. قطر معادل برابر است با:

$$D_e = \frac{4A}{P}$$

که A مساحت عبور سیال است و P نیز محیط تر شده است.

برای گام مثلی: ابتدا مقدار A را می‌یابیم.

$$A = \left[\text{مساحت } \frac{1}{6} \text{ دایره} \times 3 \right] - \text{مساحت مثلث متساوی الاضلاع}$$

در مورد مساحت $\frac{1}{6}$ دایره دقت کنید که زوایای یک مثلث متساوی الاضلاع همگی 60 درجه است و با توجه به 360 درجه بودن دایره، هر زاویه

مثلث، $\frac{1}{6}$ دایره را اشغال کرده است. مساحت یک مثلث متساوی الاضلاع به ضلع b برابر است با $\frac{\sqrt{3}}{4}b^2$ ، بنابراین

$$A = \frac{\sqrt{3}}{4}b^2 - \left[3 \times \left(\frac{1}{2} \times \frac{\pi d_0^2}{4} \right) \right] = \frac{\sqrt{3}}{4}b^2 - \frac{\pi d_0^2}{8}$$

محیط تر شده (P) نیز برابر است با محیط ۳ عدد $\frac{1}{6}$ دایره:

$$P = 3 \times \left(\frac{\pi d_0}{6} \right) = \frac{\pi d_0}{2}$$

$$D_e = \frac{4 \left(\frac{\sqrt{3}}{4} b^2 - \frac{\pi d_0^2}{8} \right)}{\frac{\pi d_0}{2}} = \frac{2\sqrt{3}b^2 - \pi d_0^2}{\pi d_0}$$

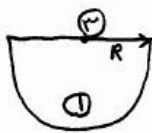
بنابراین داریم که :

۳۹- گزینه ۴ درست است.

هر دو سیال در حال تغییر فاز می‌باشند، بنابراین دمای هر دو سیال در طول مبدل تغییر نمی‌کند. به عنوان مثال از چنین مبدلی می‌توان بخار آب اشباع به عنوان سیال گرم و الکلی در حال جوش به عنوان سیال سرد اشاره کرد.

۴۰- گزینه ۱ درست است.

۲) میل اطراف



برای یافتن F_{12} کافی است که یک سطح فرضی (3) روی نیمکره قرار دهیم و در واقع یک نیمکره بسته داشته باشیم. با توجه به این که تمام تشعشعی که به سطح فرضی 3 برخورد می‌کند، به محیط اطراف ساطع می‌شود، لذا کافی است که F_{13} را بیابیم. حال برای یافتن F_{13} داریم که :

$$F_{11} + F_{13} = 1$$

$$A_1 F_{13} = A_3 F_{31}$$

F_{31} برابر یک است، زیرا سطح فرضی 3 تمام تشعشع دریافتی را به سطح داخلی نیمکره می‌دهد. بنابراین:

$$F_{31} = 1 \Rightarrow F_{13} = \frac{A_3}{A_1} = \frac{\pi R^2}{4\pi R^2} = \frac{1}{4}$$

دقت کنید که سطح خارجی مربوط به نیمکره را باید استفاده کرد و به همین دلیل در مخرج تقسیم بر ۲ انجام داده‌ایم.

۴۱- گزینه ۳ درست است.

با توجه به ناچیز بودن ضریب نشر گازها در یک کوره، بهترین عملکرد در یک کوره، افزایش ضریب جذب لوله‌های حامل سیالی است که قرار است گرم شود. طبق قانون کیرشهف، با افزایش ضریب نشر جسم، ضریب جذب آن نیز افزایش می‌یابد. بنابراین با افزایش ضریب نشر لوله‌های حامل نفت، جذب تشعشع افزایش یافته و نرخ انتقال حرارت افزایش می‌یابد. دقت کنید که افزایش سبب افزایش ضریب نشر گازهای داغ کوره می‌شود ولی تأثیر آن به اندازه لوله‌ها نیست، زیرا ضریب نشر گازها ناچیز است.

۴۲- گزینه ۴ درست است.

هرگاه دو گاز مخلوط می‌شوند، تشعشع کلی کمتر از تشعشع هر گاز به صورت تنها می‌شود، زیرا هر یک از گازها می‌تواند تشعشع گاز دیگر را جذب کند و یا همانند یک جسم کدر با تشعشع گاز دیگر برخورد کند.

۴۳- گزینه ۳ درست است.

جسم سیاه تمام تشعشع را دریافت کرده و سپس به محیط تابش می‌کند. جسم خاکستری مقداری از شار را جذب کرده و مقداری را نیز بازتابش می‌کند. طبق قانون کیرشهف برای جسم خاکستری در تمام طول موج‌ها ضریب نشر (ϵ) و ضریب جذب یکسان است. لذا:

$$q = \sigma (T_w^4 - T_\infty^4) \quad \text{برای جسم سیاه}$$

$$\alpha q = \epsilon \sigma (T_w^4 - T_\infty^4) \Rightarrow q = \sigma (T_w^4 - T_\infty^4) \quad \text{برای جسم خاکستری}$$

پس دمای جسم خاکستری و جسم سیاه یکسان است.

۴۴- گزینه ۱ درست است.





جریان‌های مبدل نمی‌توانند همسو باشند، زیرا در حالت همسو، یک سیال در حال گرم شدن و سیال دیگر در حال سرد شدن است و لذا اختلاف دما در طول مبدل کاهش می‌یابد. بنابراین جریان‌های مبدل ناهمسو هستند و چون اختلاف دمای آن‌ها در تمام نقاط یکسان است، پس شار انتقال حرارت نیز ثابت است.

۴۵- گزینه ۳ درست است.

رنگ‌های مختلف موجود در ناحیه مرئی به ترتیب کاهش طول موج عبارتند از :

قرمز ← نارنجی ← زرد ← سبز ← آبی ← بنفش

با کاهش دمای قطعه، طبق قانون جابجایی وین، طول موج تشعشع یافته از سطح جسم افزایش می‌یابد و لذا عکس حالت بالا در مورد جسم به وجود می‌آید و با کاهش دما رنگ آن از حالت بنفش به قرمز تغییر می‌کند.

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- در ترموکوپل‌ها بایستی بزرگ باشد.

- (۱) ضریب هدایت حرارتی (۲) ظرفیت حرارتی (۳) ضریب نفوذ حرارتی (۴) ضریب انتقال حرارت

۳۲- برای کاهش انتقال حرارت از یک پنجره‌ی دوجداره، بهتر است از کدام گاز زیر در فضای بین دو لایه شیشه استفاده شود؟

- (۱) هیدروژن (۲) هلیوم (۳) آرگون (۴) نیتروژن

۳۳- در دیواره‌ی چاه گرمایی (\dot{q}) وجود دارد. اگر دمای دو طرف دیواره ثابت و برابر T_w باشد و ضریب هدایت حرارتی دیواره به صورت $k = k_0 / T$ باشد، توزیع دما در دیواره به چه صورت است؟ (ضخامت دیواره $2L$ است)

$$\ln \frac{T}{T_w} = \frac{1}{2} \frac{\dot{q} L^2}{k} \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right) \quad (۲)$$

$$\ln \frac{T}{T_w} = \frac{1}{2} \frac{\dot{q} L^2}{k_0} \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right) \quad (۱)$$

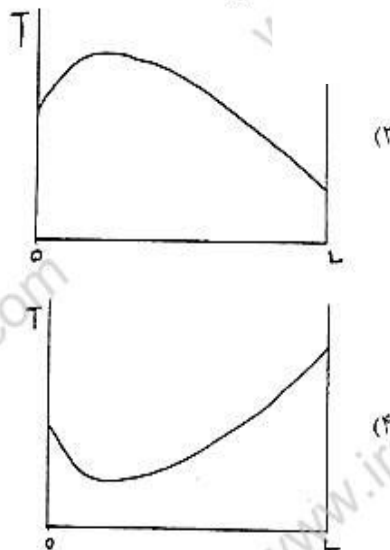
$$\frac{T}{T_w} = \frac{\cosh(\sqrt{\dot{q}/k} x)}{\cosh(\sqrt{\dot{q}/k} L)} \quad (۴)$$

$$\frac{T}{T_w} = \frac{\cosh(\sqrt{\dot{q}/k_0} x)}{\cosh(\sqrt{\dot{q}/k_0} L)} \quad (۳)$$

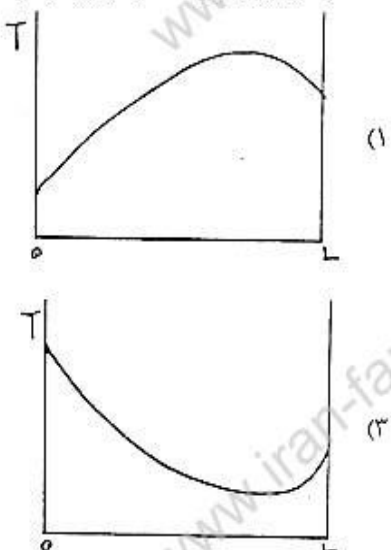
۳۴- در دیواره‌ای که ضریب هدایت حرارتی آن ثابت است، یک منبع گرمایی وجود دارد. دمای مرکز این دیواره از میانگین دمای دو طرف آن است.

- (۱) بیشتر است. (۲) کمتر است. (۳) بیشتر نیست. (۴) کمتر نیست.

۳۵ - دیواره‌ی مسطحی یک گاز و یک مایع را از داشته باشیم. پروفایل دما در دیواره چگونه است



۳۶ - در پره‌های طولانی، با افزایش طول پره، بازده و نرخ انتقال حرارت



(۱) افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد.
(۲) کاهش می‌یابد - افزایش می‌یابد.
(۳) ثابت می‌ماند - کاهش می‌یابد.
(۴) کاهش می‌یابد - ثابت می‌ماند.

۳۷ - در کاربردهای فضایی بهتر است از پره‌های با پروفایل استفاده شود.

(۱) مسی - مستطیلی (۲) آلومینیومی - مستطیلی (۳) مسی - مثلثی (۴) آلومینیومی - مثلثی

۳۸ - یک کره‌ی جامد با دمای یکنواخت در محیطی بسیار بزرگ قرار گرفته است. ضریب شکل این کره کدام است؟

(۱) $\frac{\pi D}{2}$ (۲) πD (۳) $2\pi D$ (۴) $4\pi D$

۳۹ - گلوله‌ی فلزی داغی که از یک اسلحه شلیک شده است در هوا در حال حرکت است. کدام گزینه صحیح است؟

(۱) $Nu > Bi$ (۲) $Nu = Bi$ (۳) $Nu < Bi$ (۴) به سرعت گلوله و اختلاف دمای آن با هوا بستگی دارد.

۴۰ - جسم کوچکی که برای آن $Bi < 0.1$ است را به‌طور ناگهانی در محیطی با دمای متفاوت قرار می‌دهیم. اگر در لحظه‌ی صفر میزان

نرخ انتقال حرارت بین جسم و محیط q_i باشد، کل حرارت منتقل شده در زمان t کدام است؟ (τ ثابت زمانی سیستم است.)

(۱) $Q = tq_i \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$ (۲) $Q = tq_i \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$ (۳) $Q = tq_i e^{-\frac{t}{\tau}}$ (۴) $Q = \tau q_i e^{-\frac{t}{\tau}}$

۴۱ - توزیع دما در یک جسم نیمه بی‌نهایت که ابتدا در دمای T_i قرار داشته و در لحظه‌ی صفر دمای سطح آن به T_0 تغییر کرده

است، به چه صورت می‌باشد؟

(۱) $\frac{T - T_i}{T_0 - T_i} = \text{erf} \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}$ (۲) $\frac{T - T_i}{T_0 - T_i} = \text{erfc} \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}$ (۳) $\frac{T - T_i}{T_0 - T_i} = \text{erf} \frac{x^2}{4\alpha t}$ (۴) $\frac{T - T_i}{T_0 - T_i} = \text{erfc} \frac{x^2}{4\alpha t}$

۴۲ - سیالی از روی صفحه‌ای با دمای ثابت عبور می‌کند. اگر در ابتدای صفحه جریان آرام و

صفحه در جهت عمود بر جریان در چه قسمتی از طول صفحه حداقل است؟

(۱) ابتدای صفحه (۲) انتهای ناحیه آرام (۳) ابتدای نا>

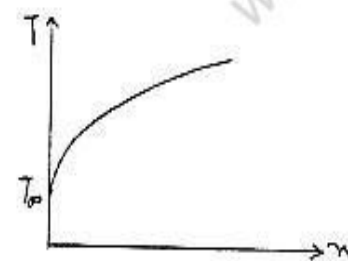
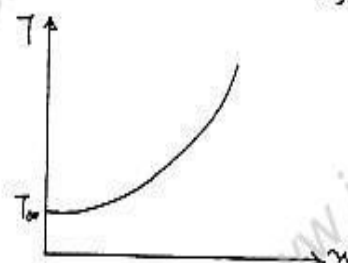
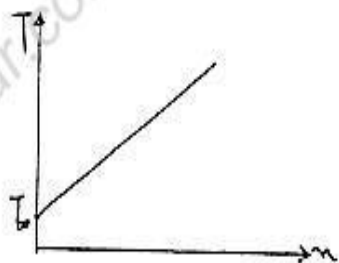
۴۳ - سیالی از روی صفحه‌ای در حال حرکت است. اگر ضریب اصطکاک دو برابر شود، ضریب انتقال حرارت چه تغییری می‌کند؟

- (۱) دو برابر می‌شود.
(۲) نصف می‌شود.
(۳) چهار برابر می‌شود.
(۴) یک چهارم می‌شود.

۴۴ - صفحه‌ای با شار حرارتی ثابت را در نظر بگیرید. که سیالی در رژیم آرام از روی آن عبور می‌کند. اختلاف دمای صفحه و دمای جریان آزاد در انتهای صفحه چند برابر میانگین اختلاف دمای صفحه و جریان آزاد است؟

- (۱) ۰.۵ (۲) ۱.۰ (۳) ۱.۵ (۴) ۲.۰

۴۵ - اگر صفحه‌ای با شار ثابت گرما داده شود و سیالی با دمای T_∞ از روی آن عبور کند، تغییرات دمای صفحه با طول به چه صورت خواهد بود؟



(۴) به رژیم جریان بستگی دارد.

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- گزینه ۳ درست است.

هرچه ضریب نفوذ حرارتی بزرگتر باشد، نفوذ و پخش حرارت در جسم سریعتر خواهد بود.

۳۲- گزینه ۳ درست است.

برای گازها $k \propto MW^{-\frac{1}{2}}$

۳۳- گزینه ۱ درست است.

چون k با دما تغییر می‌کند:

$$\frac{d}{dx} \left(k \frac{dT}{dx} \right) + \dot{q} = 0 \rightarrow d \left(k \frac{dT}{dx} \right) = -\dot{q} dx \rightarrow k \frac{dT}{dx} = -\dot{q} x + c_1$$

$$\rightarrow \frac{k_0}{T} \frac{dT}{dx} = -\dot{q} x + c_1 \rightarrow k_0 \frac{dT}{T} = (-\dot{q} x + c_1) dx \rightarrow k_0 \ln T = -\dot{q} \frac{x^2}{2} + c_1 x + c_2$$

با استفاده از شرایط مرزی $T(x=L) = T_w$ و $T(x=-L) = T_w$ می‌توان تعیین کرد در نهایت داریم:

$$\ln \frac{T}{T_w} = \frac{1}{2} \frac{\dot{q} L^2}{2k_0} \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right)$$

۳۴- گزینه ۴ درست است.

در این شرایط

$$T_{x=0} \geq \frac{T_1 + T_2}{2}$$

۳۵- گزینه ۲ درست است.

دمای دیواره‌ی در معرض یک سیال عبارت است از:

$$T_w = T_\infty + \frac{\dot{q} L}{h}$$

$$T_{\infty, g} = T_{\infty, L} \text{ و } h_L > h_g$$

می‌دانیم:

بنابراین:

$$T_{w,x=0} > T_{w,x=L}$$

از طرفی چون در دیواره تولید حرارت داریم پس

۳۶- گزینه ۴ درست است.

بازده و نرخ انتقال حرارت پره طولانی به صورت ز

$$\eta = \frac{1}{mL} q_f = M$$

که

$$m = \left(\frac{hP}{kA_c} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ و } M = \left(hPkA_c \right)^{\frac{1}{2}} \theta_b$$

۳۷- گزینه ۴ درست است.

در کاربردهای فضایی وزن اهمیت زیادی دارد. به دلیل مصرف کمتر ماده در پره‌های با پروفایل مثلی و سهموی، استفاده از آنها در این کاربردها بیشتر است. از طرفی چگالی آلومینیوم نیز از مس کمتر است. بنابراین گزینه ۴ درست است.

۳۸- گزینه ۳ درست است.

۳۹- گزینه ۱ درست است.

می‌دانیم:

$$Nu = \frac{hL}{k_{\text{fluid}}}$$

$$Bi = \frac{hL}{k_{\text{solid}}}$$

بنابراین:

$$k_{\text{solid}} > k_{\text{fluid}} \rightarrow Nu > Bi$$

۴۰- گزینه ۲ درست است.

می‌دانیم:

$$q = hA(T_i - T_{\infty})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

بنابراین:

$$Q = \int_0^t q dt = \tau q_i \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

۴۱- گزینه ۲ درست است.

۴۲- گزینه ۲ درست است.

می‌دانیم:

$$-kA \frac{\partial T}{\partial y} \bigg|_{y=0} = h\Delta T$$

بنابراین:

$$\rightarrow \frac{\partial T}{\partial y} \bigg|_{y=0} = \frac{h\Delta T}{k}$$

از طرفی h در انتهای ناحیه آرام به حداقل مقدار خود می‌رسد، بنابراین در این ناحیه گرادیان دما، $\frac{\partial T}{\partial y}$ منبهم است.

صفحه: ۳

$$\frac{C_f}{2} = \text{StPr}^{\frac{2}{3}} = \frac{\text{Nu}}{\text{RePr}^{\frac{1}{3}}} \rightarrow h \propto C_f$$

رشته مهندسی شیمی

درس: انتقال حرارت ۱ و ۲

۴۳- گزینه ۱ درست است.

۴۴- گزینه ۳ درست است.

در این شرایط داریم:

$$\text{Nu}_x = \alpha \text{Re}_x^{\frac{1}{2}} \text{Pr}^{\frac{1}{3}} = \frac{q_w x}{k(T_w - T_\infty)}$$

$$\frac{1}{T_w - T_\infty} = \frac{1}{L} \int_0^L (T_w - T_\infty) dx = \frac{1}{L} \int_0^L \frac{q_w x}{k \text{Nu}_x} dx = \frac{q_w L}{1.5 k \text{Nu}_L} = \frac{1}{1.5 (T_w - T_\infty)_L} \rightarrow \frac{(T_w - T_\infty)_L}{(T_w - T_\infty)} = 1.5$$

۴۵- گزینه ۳ درست است.

انتقال حرارت ۱ و ۲

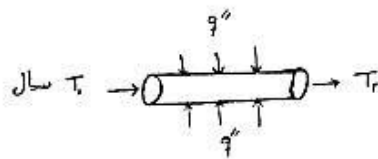
۳۱ - نسبت عدد ریلی (Ra) به عدد پکلت (Pe)، معیاری است از نسبت:

- (۱) نیروی شناوری به اینرسی
- (۲) نیروی شناوری به پخش گرما
- (۳) نیروی شناوری به نیروی لزجت
- (۴) پخش گرما به نیروی لزجت

۳۲ - دلیل استفاده از شیشه در کلکتورهای خورشیدی چیست؟

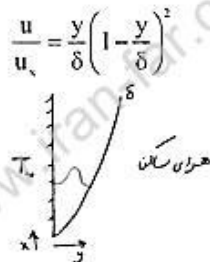
- (۱) کاهش انتقال حرارت تشعشی صفحه فلزی به محیط خارج
- (۲) کاهش انتقال حرارت هدایتی به محیط بیرون
- (۳) کاهش انتقال حرارت جابه‌جایی آزاد و اجباری به محیط بیرون
- (۴) استفاده از پدیده گلخانه‌ای

۳۳ - لوله با شار حرارتی ثابت q'' در جریان است. دمای خروجی سیال T_2 می باشد. اگر سرعت سی (رژیم جریان آرام است).



(۱) دو برابر حالت قبل می شود. (۲) نصف (۳) $\frac{3}{2}$ برابر حالت قبل می شود. (۴) تغییری نمی کند.

۳۴ - در انتقال حرارت جابه جایی آزاد هوا روی یک صفحه داغ قائم، توزیع سرعت به صورت رابطه زیر است. حداکثر سرعت در چه ناحیه ای حاصل می شود؟



$$y = \frac{\delta}{4} \quad (۲)$$

$$y = \frac{\delta}{2} \quad (۱)$$

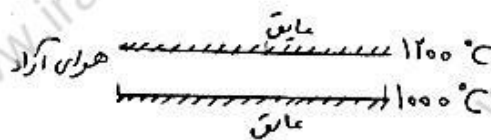
$$y = \frac{2}{3}\delta \quad (۴)$$

$$y = \frac{\delta}{3} \quad (۳)$$

۳۵ - کدام یک از عبارات زیر صحیح نمی باشد؟

- (۱) حدود ۲۵٪ از انرژی تابش شده از جسم سیاه، در طول موج های کمتر از طول موج ماکزیمم صادر می گردد.
- (۲) در طول موج حداکثر، توان تشعشع جسم سیاه به توان پنجم دما (T^5) وابسته است.
- (۳) در دماهای بسیار بالا، اطراف یک کره هادی الکتریسته، تاریک و مرکز آن روشن است.
- (۴) مقدار کل تشعشع خارج شده از یک سطح در واحد زمان و واحد سطح را رادیوسیتی گویند.

۳۶ - دو صفحه با فاصله ناچیز در هوای آزاد قرار دارند. قسمت بیرونی صفحات عایق است. انتقال حرارت به چه صورت هایی بین این دو صفحه انجام می گیرد؟



- (۱) تشعشع - جابه جایی آزاد
- (۲) هدایتی - تشعشع - جابه جایی اجباری
- (۳) جابه جایی آزاد - تشعشع
- (۴) تشعشع - هدایتی

۳۷ - یک سیال به صورت جریان آرام روی یک صفحه تخت در حال حرکت است. اگر سرعت سیال دو برابر شود، و رژیم جریان آرام بماند ضخامت لایه مرزی در انتهای صفحه، چگونه تغییر می کند؟

- (۱) ۲ برابر می شود.
- (۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر می شود.
- (۳) $\sqrt{2}$ برابر می شود.
- (۴) تغییری نمی کند.

۳۸ - در حرکت یک سیال بر روی یک صفحه عمودی، مقدار ضریب انتقال حرارت جابه جایی متوسط (\bar{h}) ، $\frac{5}{4}$ برابر ضریب انتقال حرارت جابه جایی در انتهای صفحه $(h_{x=L})$ می باشد. انتقال حرارت از این صفحه چگونه است؟

- (۱) جابه جایی آزاد با جریان آرام و شار حرارتی ثابت به صفحه
- (۲) جابه جایی اجباری با جریان درهم و دمای ثابت صفحه
- (۳) میعان فیلمی روی سطح صفحه
- (۴) جابه جایی اجباری با جریان آرام و شار حرارتی ثابت به صفحه



۳۹ - یک توپ فوتبال روی زمین چمن سرد دارد.

توپ (۱) برابرند با:

$$\begin{aligned} F_{12} &= 0 \\ F_{21} &= 1 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} F_{12} &= \frac{1}{2} \\ F_{21} &= \frac{1}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} F_{12} &= 1 \\ F_{21} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} F_{12} &= 1 \\ F_{21} &= 1 \end{aligned} \quad (4)$$



۴۰ - در کدام یک از رژیم‌های جوشش استخری، زیرکردن سطح تأثیر زیادی روی افزایش شار انتقال حرارت دارد؟

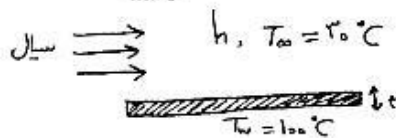
(۱) جوشش جابه‌جایی آزاد (۲) جوشش انتقالی (۳) جوشش فیلمی (۴) جوشش هسته‌ای

۴۱ - سیالی با دمای 30°C به آرامی از روی صفحه تخت داغی با دمای 100°C می‌وزد. ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی (h) برابر با

$10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ می‌باشد. گرادیان دمای صفحه، در روی سطح آن چه مقدار است؟

$$k_{\text{سیال}} = 0.01 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$k_{\text{صفحه}} = 100 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$



$$-70000 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}} \quad (2)$$

$$-7 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}} \quad (1)$$

$$7 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}} \quad (4)$$

$$70000 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}} \quad (3)$$

۴۲ - اگر در یک مبدل حرارتی، اختلاف دمای متوسط لگاریتمی (ΔT_{LMTD}) برابر 20°C و اختلاف دمای بین سیال گرم و سرد ورودی

50°C باشد، رابطه بین ضریب تأثیر مبدل (ϵ) و تعداد واحدهای انتقال (NTU) به کدام صورت زیر می‌باشد؟

$$\epsilon = \frac{2}{3} \text{NTU} \quad (4)$$

$$\epsilon = \text{NTU} \quad (3)$$

$$\epsilon = 0.4 \text{NTU} \quad (2)$$

$$\epsilon = 2.5 \text{NTU} \quad (1)$$

۴۳ - کدام یک از فرضیات زیر، جزء فرضیات انجام شده برای تحلیل مبدل‌های حرارتی به روش LMTD نیست؟

(۱) فرآیند به صورت پایا در نظر گرفته می‌شود.

(۲) تولید گرما (q) در مبدل وجود ندارد.

(۳) ضریب انتقال گرمای کلی (U) ثابت است.

(۴) انتقال حرارت هدایتی در جهت شعاعی لوله‌ها ناچیز است.

۴۴ - در یک جوش آور پوسته - لوله، بهترین عملکرد جهت افزایش نرخ انتقال حرارت کدام است. (سیال در حال تبخیر در لوله‌ها

جریان دارد).

(۲) افزایش سرعت سیال درون لوله‌ها

(۱) افزایش تعداد گذر لوله‌ها

(۴) افزایش تعداد بافل‌ها در پوسته

(۳) استفاده از بخار اشباع به جای بخار فوق اشباع در پوسته

۴۵ - بخار آب اشباع بر روی یک لوله افقی در حال میعان شدن فیلمی آرام است. اگر قطر این لوله ۴ برابر شود، عدد ناسلت متوسط

(Nu) چگونه تغییر می‌کند؟

(۴) ۴ برابر می‌شود.

(۳) ۲ برابر می‌شود.

(۲) $2\sqrt{2}$ برابر می‌شود.

(۱) $\sqrt{2}$ برابر می‌شود.

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- گزینه ۱ درست است.

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

عدد ریلی (Ra) برابر است با:

$$Pe = Re \cdot Pr$$

عدد پکلت (Pe) برابر است با:

$$\frac{Ra}{Pe} = \frac{Gr}{Re}$$

بنابراین داریم که:

عدد گراشف، معیاری از نیروی شناوری به نیروی لزجت است و عدد رینولدز نیز معیاری از نیروی اینرسی به نیروی لزجت. بنابراین نسبت عدد ریلی به پکلت، معیاری از نسبت نیروی شناوری به نیروی اینرسی است.

۳۲- گزینه ۳ درست است.

دلیل اصلی استفاده از شیشه در کلکتورها کاهش دادن انتقال حرارت به صورت جابه‌جایی آزاد و اجباری است. هر چند شیشه دارای اثر گلخانه‌ای است و از اتلاف تشعشع نیز جلوگیری می‌کند ولی باید توجه کرد که در کلکتورهای خورشیدی دما آنقدر بالا نیست که اتلاف تشعشع مهم باشد. به عنوان مثال دمای صفحات در کلکتورهای خورشیدی در حدود $120-150^\circ C$ است و در این دماها اتلاف حرارت به صورت جابه‌جایی آزاد و جابه‌جایی اجباری توسط باد نقش مهمی دارد.

۳۳- گزینه ۲ درست است.

چون شار انتقال حرارت ثابت است، داریم که

$$q'' = \dot{m} C_p (T_2 - T_1) \quad , \quad \dot{m} = \rho U A$$

وقتی که سرعت دو برابر می‌شود، دبی جرمی ورودی آب دو برابر می‌شود و بنابراین اختلاف دمای سیال، نصف می‌شود.

۳۴- گزینه ۳ درست است.

در انتقال حرارت به صورت جابه‌جایی آزاد روی یک صفحه عمودی، حداکثر سرعت در $y = \frac{\delta}{3}$ رخ می‌دهد. رابطه اشاره شده در تست پروفایل سرعت را نشان می‌دهد و با مشتق‌گیری از این رابطه و صفر قرار دادن مشتق، مقدار $y = \frac{\delta}{3}$ به دست می‌آید. دقت کنید که

سرعت در $y = 0$ و $y = \delta$ برابر صفر می‌باشد. برای ساده کردن مشتق‌گیری، کافی است که از تغییر متغیر $\frac{y}{\delta} = t$ استفاده کنیم.

$$u = u_s \left[t(1-t)^2 \right]$$

بنابراین

$$\Rightarrow \frac{du}{dt} = u_x [(1-t)^2 - 2t(1-t)] = u_x [3t^2 - 4t + 1]$$

$$\Rightarrow \frac{du}{dt} = 0 \Rightarrow 3t^2 - 4t + 1 = 0 \Rightarrow t = \frac{1}{3}, t = 1$$

$t = 1$ نشان دهنده این است که $y = \delta$ که قابل قبول نیست، زیرا روی لایه مرزی به دلیل ساکن بودن سیال در خارج از آن، سرعت صفر است. پس $t = \frac{1}{3}$ قابل قبول است که طبق آن:

$$t = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{y}{\delta} = \frac{1}{3} \Rightarrow y = \frac{\delta}{3}$$

دقت کنید که $\frac{du}{dy}$ با $\frac{du}{dt}$ یکسان است، زیرا δ تابع x می باشد و نه تابع y .

۳۵- گزینه ۳ درست است.

در دماهای بالا، اطراف یک کره هادی الکتریسیته روشن و مرکز آن تاریک است. یک کره ساخته شده از مواد عایق رفتاری متفاوت دارد و مرکز آن روشن و اطراف آن تاریک است.

۳۶- گزینه ۴ درست است.

به دلیل دماهای بالای صفحات انتقال حرارت به صورت تشعشع انجام می گیرد. به دلیل ساکن بودن هوا، انتقال حرارت به صورت جابه جایی اجباری نمی تواند انجام شود. انتقال حرارت به صورت جابه جایی آزاد نیز نمی تواند انجام گیرد. زیرا دمای صفحه بالایی بیشتر از صفحه پایینی است و سیال گرم نمی تواند به سمت پایین حرکت کند. دقت کنید که چگالی سیال در اثر گرم شدن، کاهش می یابد و سیال تمایل به حرکت به سمت بالا می کند و بنابراین چرخش سیال بین دو صفحه به وجود نمی آید. در عوض، انتقال حرارت به صورت هدایتی به دلیل اختلاف دمای دو صفحه و لایه هوا وجود دارد.

۳۷- گزینه ۲ درست است.

در حرکت آرام سیال روی یک صفحه تخت، ضخامت لایه مرزی (δ) با طول صفحه به صورت زیر تغییر می کند.

$$\delta = \frac{5x}{Re_x^{\frac{1}{2}}}$$

چون تغییرات در انتهای صفحه ($x = L$) خواسته شده، بنابراین:

$$\frac{\delta_2}{\delta_1} = \frac{Re_1^{\frac{1}{2}}}{Re_2^{\frac{1}{2}}} = \frac{u_1^{\frac{1}{2}}}{u_2^{\frac{1}{2}}}$$

با دو برابر شدن سرعت و ثابت ماندن سایر شرایط، داریم که

$$\frac{\delta_2}{\delta_1} = \left(\frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

۳۸- گزینه ۱ درست است.

در انتقال حرارت جابه جایی آزاد با رژیم جریان آرام روی یک صفحه قائم، ضریب انتقال حرارت جابه جایی متوسط (\bar{h}) ، برابر ضریب انتقال حرارت جابه جایی در انتهای صفحه $(h_{x=L})$ می باشد. برای میعان این مقدار $\frac{4}{3}$ می باشد. برای جریان آرام و جابه جایی اجباری نیز ۲ می باشد.

۳۹- گزینه ۲ درست است.

به طور واضح مشخص است که ضریب دید توپ به محیط اطراف یک است زیرا توپ تمام تشعشع خود را به محیط می دهد. بنابراین $F_{11} = 1$. برای یافتن F_{22} نیز کافی است از رابطه تقابل استفاده شود:

$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \Rightarrow F_{21} = \frac{A_1}{A_2}$$

مساحت محیط اطراف بسیار بزرگتر از مساحت

$$A_2 \rightarrow \infty \Rightarrow F_{21} \rightarrow 0$$

بنابراین ضریب شکل محیط اطراف نسبت به توپ بسیار ناچیز است و می‌توان آن را صفر فرض کرد.

۴۰- گزینه ۴ درست است.

زیر کردن سطح سبب افزایش شار حرارت در ناحیه جوشش هسته‌ای می‌شود. البته زیرکردن در جوشش جابه‌جایی آزاد و فیلمی سبب افزایش شار گرما می‌شود، ولی تأثیر آن در مقایسه با جوشش هسته‌ای خیلی کمتر است.

۴۱- گزینه ۱ درست است.

از برابری نرخ انتقال حرارت هدایتی روی سطح صفحه با انتقال حرارت جابه‌جایی اجباری داریم که

$$Q = h A (T_w - T_\infty) = -k_{\text{صفحه}} A \left. \frac{dT}{dy} \right|_s$$

دقت کنید که چون گرادیان دمای صفحه روی سطح آن خواسته شده است، بنابراین باید از ضریب هدایت حرارتی صفحه استفاده کرد.

$$\left. \frac{dT}{dy} \right|_s = \frac{h (T_w - T_\infty)}{-k_{\text{صفحه}}} = \frac{10 \times (100 - 30)}{-100} = -7 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}}$$

۴۲- گزینه ۲ درست است.

$$\varepsilon = \frac{\Delta T \text{ (سیال حداقل)}}{\Delta T_{\max}}$$

$$NTU = \frac{\Delta T \text{ (سیال حداقل)}}{\Delta T_{\text{LMTD}}}$$

بنابراین نسبت $\frac{\varepsilon}{NTU}$ برابر است با:

$$\frac{\varepsilon}{NTU} = \frac{\Delta T_{\text{LMTD}}}{\Delta T_{\max}}$$

ΔT_{\max} که حداکثر اختلاف دما در مبدل حرارتی می‌باشد، برابر است با اختلاف دمای سیال گرم و سرد ورودی به مبدل. بنابراین

$$\varepsilon = \frac{20}{50} NTU = 0.4 NTU$$

۴۳- گزینه ۴ درست است.

در روش LMTD فرض می‌شود که انتقال حرارت هدایتی در جهت محور لوله‌ها ناچیز است. توجه کنید که انتقال حرارت هدایتی در جهت شعاع لوله‌ها نقش اساسی دارد ولی در جهت امتداد لوله‌ها به دلیل بزرگ بودن انتقال حرارت به صورت جابه‌جایی اجباری، از انتقال حرارت هدایتی صرف نظر می‌شود.

۴۴- گزینه ۳ درست است.

درون لوله‌ها فرآیند تبخیر صورت می‌گیرد. بنابراین ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی (h) این سیال بسیار بالا است و افزایش سرعت یا افزایش گذر لوله‌ها تأثیر ناچیزی دارد. با استفاده از بخار اشباع به جای بخار فوق اشباع در پوسته، به دلیل میعان شدن بخار، ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی سیال درون پوسته، به شدت افزایش می‌یابد و مقاومت حرارتی آن به شدت کاهش می‌یابد. استفاده از بافل‌ها سبب افزایش نرخ انتقال حرارت می‌شود ولی تأثیر آن خیلی کمتر از تأثیر اشباع شدن بخار است.

۴۵- گزینه ۲ درست است.

عدد \overline{Nu} به صورت زیر تعریف می‌شود.



$$\overline{Nu} = \frac{\bar{h} D}{k}$$

فقط لوله که ۴ برابر می‌شود، مقدار ضریب انتقال حرارت متوسط میعان (\bar{h}) نیز تغییر می‌کند. برای میعان لایه‌ای آرام روی یک لوله داریم که

$$\bar{h} \propto D^{-1/4}$$

بنابراین می‌توان گفت که

$$\frac{\overline{Nu}_2}{\overline{Nu}_1} = \frac{D_1 D_1^{1/4}}{D_1 D_1^{1/4}} = 4 \left(\frac{1}{4} \right)^{1/4} = 4 \left(\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}} \right) = 4 \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right) = 2\sqrt{2}$$

۳۱ - کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟

سیال

h (ضریب انتقال حرارت)، δ (ضخامت لایه مرزی حرارتی)

(۱) در فرآیند میعان فیلمی روی یک صفحه عمودی δ ...

(۲) در انتقال حرارت جابجایی آزاد روی یک سطح قائم: $h = \frac{2k}{\delta}$

(۳) در انتقال حرارت جابجایی اجباری جریان آرام روی صفحه تخت: $h = \frac{3k}{2\delta}$

(۴) در انتقال حرارت جابجایی اجباری جریان آرام درون یک لوله با دمای ثابت: $h = 4 \frac{k}{\delta}$

۳۲ - عدد میعان (condensation number)، در فرآیند میعان روی یک صفحه قائم، تابع کدام یک از اعداد زیر است؟

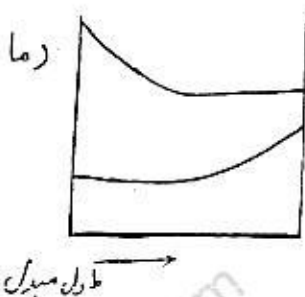
(۴) عدد ناسلت (Nu)

(۳) عدد پکلت (Pe)

(۲) عدد پرانتل (Pr)

(۱) عدد رینولدز (Re)

۳۳ - نمودار تغییرات دما در یک مبدل به صورت زیر است. در مورد این مبدل می‌توان گفت:



(۱) جریان‌ها همسو هستند و سیال گرم بخار اشباع است که فوق اشباع می‌شود.

(۲) جریان‌ها ناهمسو هستند و سیال گرم بخار فوق اشباع است که اشباع می‌شود.

(۳) جریان‌ها ناهمسو هستند و سیال سرد مایع اشباع است که بخار فوق اشباع می‌شود.

(۴) جریان‌ها همسو هستند و سیال سرد مایع اشباع است که بخار فوق اشباع می‌شود.

۳۴ - در مورد ترکیب انتقال حرارت جابجایی آزاد و اجباری، در چه صورت می‌توان انتظار داشت که اثرات جابجایی آزاد بیشتر باشد؟

(۲) هر چه حاصلضرب گراشف - رینولدز بزرگتر باشد.

(۱) هر چه حاصلضرب گراشف - پرانتل بزرگتر باشد.

(۴) هر چه نسبت $\frac{Gr}{Re^2}$ کوچکتر باشد.

(۳) هر چه عدد رینولدز بزرگتر باشد.

۳۵ - یک سیال به صورت جریان توسعه یافته و آرام درون یک لوله با شار حرارتی ثابت q عبور می‌کند. در صورتی که ضریب انتقال حرارت جابجایی (h) برابر با $100 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ و شعاع لوله 5 cm باشد، ضریب هدایت حرارتی سیال (k) برابر است با:

(۴) $k = 2.73 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

(۳) $k = 10.2 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

(۲) $k = 2.3 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

(۱) $k = 0.01 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

۳۶ - یک سطح خاکستری و یک سطح سیاه در معرض تابش خورشید قرار دارند. اگر مساحت هر دو سطح یکسان باشد، درمورد دمای این دو صفحه در انتقال حرارت پایا می‌توان گفت که:

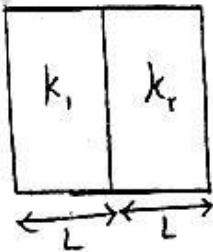
(۱) دمای سطح خاکستری بیشتر است.

(۲) دمای هر دو صفحه یکسان است.

(۳) دمای سطح سیاه بیشتر است.

(۴) بسته به ضریب نشر جسم خاکستری (ϵ)، دمای جسم خاکستری می‌تواند بیشتر یا کمتر باشد.

و k_2 و ضخامت یکسان تشکیل شده است. ضریب



۳۷ - دیوار نشان داده شده در شکل زیر از دو :

هدایت حرارتی معادل (k_e) برابر است با :

(۱) $2k_1k_2$

(۲) $k_1 + k_2$

(۳) $\frac{2k_1k_2}{k_1 + k_2}$

(۴) $\frac{1}{k_1 + k_2}$

۳۸ - کدام یک از عبارات زیر صحیح نمی باشد؟

(۱) هر چه دمای یک جسم سیاه کاهش یابد، سهم نسبی امواج مرئی کاهش می یابد.

(۲) اگر دمای یک جسم سیاه دو برابر شود، طول موج مربوط به ماکزیمم انرژی تابشی (λ_{max})، نصف می شود.

(۳) با افزایش فشار گاز آرگون داغ، ضریب صدور آن (ϵ) کاهش می یابد.

(۴) ضریب جذب بر خلاف ضریب صدور مستقل از دمای سطح است و به دمای منبع انرژی تشعشعی وابسته است.

۳۹ - در انتقال حرارتی یک بعدی، پایا و با تولید انرژی در یک کره توپر، اگر نرخ تولید حرارت (\dot{q}) دو برابر شده و شعاع کره نصف شود، اختلاف دمای مرکز کره و سطح آن ($T_{max} - T_w$) چگونه تغییر می کند؟

(۱) نصف می شود. (۲) دو برابر می شود. (۳) چهار برابر می شود. (۴) تغییر نمی کند.

۴۰ - در یک چگالنده با لوله های فلزی نازک، سیال سرد آب $20^\circ C$ درون لوله ها جریان دارد. جهت افزایش نرخ میعان، کدام یک از اقدامات زیر مؤثرتر است؟

(۱) افزایش سرعت بخار اشباع در پوسته.

(۲) کاهش ضخامت لوله های فلزی مبدل.

(۳) تغییر دادن جهت حرکت جریان ها از حالت همسو به حالت ناهمسو.

(۴) افزایش سرعت آب $20^\circ C$ درون لوله ها.

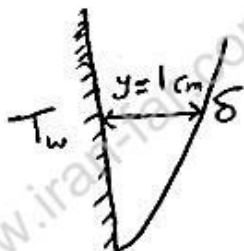
۴۱ - روغن داغ به صورت جریان آرام روی یک صفحه فلزی تخت در حال حرکت است. اگر سرعت حرکت روغن دو برابر شود، ضخامت لایه مرزی در انتهای صفحه، چگونه تغییر می کند. (رژیم جریان آرام باقی می ماند).

(۱) ۲ برابر می شود. (۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر می شود. (۳) $\sqrt{2}$ برابر می شود. (۴) تغییری نمی کند.

۴۲ - در انتقال حرارت جابجایی آزاد هوا به صورت آرام روی یک صفحه قائم با دمای ثابت، حداکثر سرعت سیال در فاصله ۱ cm از صفحه رخ می دهد. ($u = u_{max}$ @ $y = 1 \text{ cm}$) ضخامت لایه مرزی در این مکان برابر است با :

(۱) ۳ cm (۲) ۲ cm

(۳) $\frac{1}{2}$ cm (۴) $\frac{1}{3}$ cm

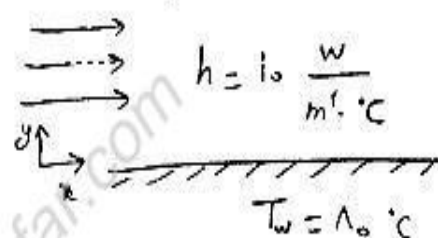


۴۳ - یک سیال با دمای 20°C و ضریب هدایت حرارتی $k = 0.1 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ روی یک صفحه تخت با دمای 80°C در حال حرکت است. اگر

ضریب هدایت حرارتی صفحه $k = 100 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ و ضریب انتقال حرارت جابجایی سیال $h = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ باشد، گرادیان دمای سیال روی

سطح صفحه $\left(\frac{dT}{dy} \right)_{y=0}$ برابر است با:

$$T_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$$



$$6000 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \quad (2)$$

$$6 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \quad (1)$$

$$-6000 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \quad (4)$$

$$-6 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \quad (3)$$

۴۴ - در مورد کدام یک از سیالات زیر، ضخامت لایه مرزی حرارتی (δ_t) و ضخامت لایه مرزی سیالاتی (δ) ، تقریباً یکسان است؟

(۴) آهن مذاب

(۳) روغن

(۲) آب

(۱) هوا

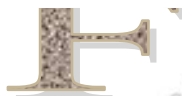
۴۵ - کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

(۱) فرض جسم نیمه بی‌نهایت در حالتی صادق است که $1 \gg Fo$.

(۲) برای یک جسم نیمه بی‌نهایت در انتقال حرارت ناپایا، شار حرارتی روی سطح صفحه با جذر زمان نسبت عکس دارد.

(۳) عدد بیو برابر با صفر متناظر با بی‌نهایت بودن ضریب انتقال حرارت جابجایی $(h \rightarrow \infty)$ است.

(۴) نمودارهای هسلر با شرط $Fo < 0.2$ قابل استفاده‌اند.



انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- گزینه ۳ درست است.

ضریب نشر به دما، طول موج، زبری سطح و جهت تشعشع صادر شده وابسته است ولی ضریب جذب بر خلاف ضریب صدور، مستقل از دمای سطح است و به دمای منبع تابش کننده تشعشع وابسته است.

۳۲- گزینه ۳ درست است.

در میعان روی مجموعه‌ای از لوله‌ها، ضریب انتقال حرارت متوسط میعان با تعداد لوله‌ها (N) و قطر لوله‌ها (D) به صورت زیر رابطه دارد:

$$h \sim \frac{1}{N^4}$$

$$h \sim \frac{1}{D^4}$$

$$\Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

۳۳- گزینه ۲ درست است.

از موازنه انرژی و قانون فوریه داریم که:

$$\dot{q} V = -kA \frac{dT}{dr} \Big|_{r=R} \Rightarrow 1000 \times \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right) = -k (4\pi R^2) \frac{dT}{dr} \Big|_{r=R}$$

$$\Rightarrow \frac{dT}{dr} \Big|_{r=R} = \frac{1000 \times 0.1}{-3 \times 100} = \frac{100}{-300} = \frac{-1}{3} \text{ } ^\circ\text{C/m}$$

۳۴- گزینه ۱ درست است.

در جابجایی آزاد روی یک سطح قائم:

$$h \sim x^{-\frac{1}{4}}$$

ضخامت لایه مرزی عکس ضریب انتقال حرارت جابجایی می‌باشد. بنابراین:

$$\delta \sim x^{\frac{1}{4}} \Rightarrow \frac{\delta_2}{\delta_1} = \left(\frac{x_2}{x_1} \right)^{\frac{1}{4}}$$

x فاصله از لبه صفحه است که در حالت اول برابر

$$\frac{\delta_2}{\delta_1} = \left(\frac{4a}{a} \right)^{\frac{1}{4}} = (4)^{\frac{1}{4}} = \sqrt[4]{4} = \sqrt{2}$$

۳۵- گزینه ۳ درست است.

چون سرعت آب در هر دو حالت یکسان است و همچنین قطر ورودی برای هر دو برابر d_0 است، پس دبی جرمی برای هر دو یکسان است.

$$\dot{m} = \rho u A$$

طبق موازنه انرژی :

$$\dot{m} C_p (T_2 - T_1) = q'' A'$$

A' سطح خارجی می باشد.

$$\Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{q'' A'}{\dot{m} C_p}$$

با توجه به یکسان بودن T_1 ، \dot{m} و q'' برای لوله و پخش کننده، کافی است که سطح خارجی آن ها (A') بررسی شود. بدیهی است که سطح خارجی پخش کننده بیشتر از لوله است، زیرا شعاع آن در حال افزایش است. پس آب درون پخش کننده گرمای بیشتری را جذب می کند و دمای خروجی آن بیشتر می شود.

۳۶- گزینه ۱ درست است.

جریان های مبدل ناهمسو هستند، زیرا در جریان های همسو، نمودارهای دما از هم فاصله می گیرند. در واقع در جریان همسو نمودار سیال گرم به دلیل افزایش دما، صعود کرده و نمودار سیال سرد به دلیل کاهش دما نزول می کند. اختلاف دما در تمام نقاط مبدل یکسان است و این نشان دهنده یکسان بودن شار انتقال حرارت در تمام نقاط مبدل است.

۳۷- گزینه ۴ درست است.

ثابت زمانی یک ترموکوپل برابر است با :

$$\tau = \frac{\rho V C_p}{h A}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3, \quad A = 4 \pi R^2$$

برای یک ترموکوپل کروی :

$$\Rightarrow \frac{V}{A} \sim R \Rightarrow \frac{V}{A} \sim D$$

$$\tau \sim \frac{1}{h}, \quad D \Rightarrow \frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{D_2}{D_1} = \frac{1}{2} \times 2 = 1$$

بنابراین ثابت زمانی ترموکوپل تغییر نمی کند.

۳۸- گزینه ۱ درست است.

ابتدا Nu_x به صورت زیر نوشته می شود.

$$Nu_x = \frac{h_x x}{k}$$

$$q_w = h_x (T_w - T_\infty)$$

$$\Rightarrow Nu_x = \frac{q_w x}{k (T_w - T_\infty)} \Rightarrow T_w - T_\infty = \frac{q_w x}{k Nu_x}$$

با جایگذاری Nu_x از اطلاعات مساله و انتگرال گیری از ابتدا تا انتهای صفحه ($x = 0$ تا $x = L$) داریم که :

$$\frac{1}{T_w - T_\infty} = \frac{1}{\tau} \int_0^L (T_w - T_\infty) dx = \frac{1}{\tau} \int_0^L \frac{q_w x}{u_x} dx = 1.47 \frac{\frac{q_w L}{k}}{\frac{1}{Re_L^2} \frac{1}{Pr^3}} = \frac{2}{3} q_w h_{x=L}$$

۳۹ - گزینه ۲ درست است

نسبت عدد ناسلت (Nu) به

$$St = \frac{Nu}{Pe} = \frac{Nu}{Re \cdot Pr} = \frac{\frac{hD}{k}}{\frac{\rho u D}{\mu} \cdot \frac{k}{\rho C_p u}} = \frac{h}{\rho C_p u}$$

یژه سیال (C_p) در مخرج می‌توان گفت که عدد استانتونبنابراین با وجود ضریب انتقال حرارت جابجایی (h)

معیاری است از شار گرمایی جابجایی سیال به ظرفیت گرمایی آن.

۴۰ - گزینه ۴ درست است.

در انتقال حرارت ناپایا در یک جسم نیمه بی‌نهایت، شار انتقال حرارت در روی سطح با تعیین گرادیان درجه حرارت روی سطح صفحه محاسبه می‌شود. معادله کلی توزیع دما به صورت زیر است:

$$\frac{T - T_0}{T_i - T_0} = \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)$$

$$q = -kA \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0}$$

$$\Rightarrow \frac{dT}{dx} = \frac{T_i - T_0}{\sqrt{\pi \alpha t}} e^{-\frac{x^2}{4\alpha t}} \Rightarrow \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=0} = \frac{T_i - T_0}{\sqrt{\pi \alpha t}}$$

بنابراین :

$$q = \frac{kA(T_0 - T_i)}{\sqrt{\pi \alpha t}}$$

طبق رابطه بالا، مقدار شار انتقال حرارت روی سطح صفحه ($x=0$) با جذر زمان نسبت عکس دارد.

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{\sqrt{t_1}}{\sqrt{t_2}} = \sqrt{\frac{t_1}{t_2}} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$$

پس در مدت زمان ۴ ثانیه، شار نسبت به زمان ۱s نصف شده است.

۴۱ - گزینه ۱ درست است.

شعاع بحرانی یک عایق استوانه‌ای برابر است با :

$$R_c = \frac{k}{h}$$

دقت کنید که k مربوط به عایق است و ربطی به جنس لوله ندارد. بنابراین چون در این قسمت، مقدار h نصف شده است، شعاع بحرانی عایق دو برابر می‌شود.

۴۲ - گزینه ۳ درست است.

در حرکت یک سیال با رژیم جریان آرام روی یک صفحه تخت، براساس تحلیل لایه مرزی، ثابت می‌شود که :

$$h = \frac{3}{2} \frac{k}{\delta_t} \Rightarrow \delta_t = \frac{3}{2} \frac{k}{h}$$

$$\Rightarrow \delta_t = \frac{3}{2} \left(\frac{0.02}{10} \right) = 1.5 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} \text{ m} = 0.3 \text{ cm}$$

در بخش ۵ - ۶ کتاب هولمن روابط لایه مرزی حرارتی روی صفحه تخت نشان داده شده است.

۴۳ - گزینه ۱ درست است.

اگر طول صفحه ۱ را L_1 و صفحه ۲ را L_2 و طول صفحه ۳ را L_3 بنامیم.

حال کافی است که نسبت $\frac{L_3}{L_1}, \frac{L_2}{L_1}$ را بیابیم. ط

$$\operatorname{tg} 45 = 1 \Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = 1 \Rightarrow L_1 = L_2$$

$$\sin 45 = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{L_1}{L_3} \Rightarrow 2L_1 = \sqrt{2}L_3 \Rightarrow \frac{L_3}{2L_1} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\Rightarrow F_{12} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} = 1 - \frac{\sqrt{2}}{2}$$

برای یافتن نسبت L_3 به L_1 داریم که :

۴۴ - گزینه ۲ درست است.

با توجه به پایا بودن انتقال حرارت $\left(\frac{\partial T}{\partial t} = 0\right)$ و عدم وجود منبع حرارتی $(\dot{q} = 0)$ کافی است معادله کلی انتقال گرما را به کار برد.

$$Q = -kA \frac{dT}{dr} \Rightarrow \frac{dT}{dr} = \frac{Q}{-kA}$$

چون انتقال حرارت پایا است، نرخ انتقال حرارت (Q) ثابت است. اگر توزیع دما خطی باشد، $\frac{dT}{dr}$ یک مقدار ثابت است و بنابراین kA نیز یک مقدار ثابت خواهد بود بنابراین:

$$kA = \text{ثابت} \Rightarrow k \sim \frac{1}{A}$$

A مساحت هر المان کروی است و با توجه به این که مساحت هر المان کروی برابر است با:

$$A = 4\pi R^2 \Rightarrow k \sim \frac{1}{R^2}$$

۴۵ - گزینه ۲ درست است.

برای فلزات مایع و حرکت آرام روی صفحه تخت :

$$Nu_x = 0.53 Pe^{\frac{1}{2}}$$

$$Pe = Re \cdot Pr$$

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu}$$

در این مسأله، L و u دو برابر شده‌اند. بنابراین Re و به تبع آن عدد Pe ۴ برابر می‌شود.

$$\frac{Nu_2}{Nu_1} = \left(\frac{Pe_2}{Pe_1}\right)^{\frac{1}{2}} = (4)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{4} = 2$$

حال برای یافتن تغییرات ضریب انتقال حرارت جابجایی داریم که :

$$Nu = \frac{hL}{k} \Rightarrow \frac{Nu_2}{Nu_1} = \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow 2 = \frac{h_2}{h_1} \times 2$$

$$\Rightarrow h_2 = h_1$$

بنابراین ضریب انتقال حرارت جابجایی در انتهای صفحه تغییر نمی‌کند.

۳۱ - کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟

h (ضریب انتقال حرارت)، δ (ضخامت لایه مرزی حرا

۱) در فرآیند میعان فیلمی روی یک صفحه عمودی

۲) در انتقال حرارت جابجایی آزاد روی یک سطح قائم: $h = \frac{2k}{\delta}$

۳) در انتقال حرارت جابجایی اجباری جریان آرام روی صفحه تخت: $h = \frac{3k}{2\delta}$

۴) در انتقال حرارت جابجایی اجباری جریان آرام درون یک لوله با دمای ثابت: $h = 4 \frac{k}{\delta}$

۳۲ - عدد میعان (condensation number)، در فرآیند میعان روی یک صفحه قائم، تابع کدام یک از اعداد زیر است؟

۱) عدد رینولدز (Re) ۲) عدد پرانتل (Pr) ۳) عدد پکلت (Pe) ۴) عدد ناسلت (Nu)

۳۳ - نمودار تغییرات دما در یک میدل به صورت زیر است. در مورد این میدل می‌توان گفت:

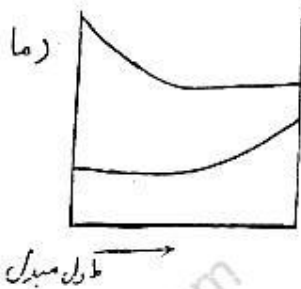
۱) جریان‌ها همسو هستند و سیال گرم بخار اشباع است که فوق اشباع می‌شود.

۲) جریان‌ها ناهمسو هستند و سیال گرم بخار فوق اشباع است که اشباع می‌شود.

۳) جریان‌ها ناهمسو هستند و سیال سرد مایع اشباع است که بخار فوق اشباع

می‌شود.

۴) جریان‌ها همسو هستند و سیال سرد مایع اشباع است که بخار فوق اشباع می‌شود.



۳۴ - در مورد ترکیب انتقال حرارت جابجایی آزاد و اجباری، در چه صورت می‌توان انتظار داشت که اثرات جابجایی آزاد بیشتر باشد؟

۱) هر چه حاصلضرب گراشف - پرانتل بزرگتر باشد.

۲) هر چه حاصلضرب گراشف - رینولدز بزرگتر باشد.

۳) هر چه عدد رینولدز بزرگتر باشد.

۴) هر چه نسبت $\frac{Gr}{Re^2}$ کوچکتر باشد.

۳۵ - یک سیال به صورت جریان توسعه یافته و آرام درون یک لوله با شار حرارتی ثابت q'' عبور می‌کند. در صورتی که ضریب انتقال

حرارت جابجایی (h) برابر با $100 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ و شعاع لوله 5 cm باشد، ضریب هدایت حرارتی سیال (k) برابر است با:

۱) $k = 0.01 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ ۲) $k = 2.3 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ ۳) $k = 10.2 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ ۴) $k = 2.73 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

۳۶ - یک سطح خاکستری و یک سطح سیاه در معرض تابش خورشید قرار دارند. اگر مساحت هر دو سطح یکسان باشد، در مورد دمای

این دو صفحه در انتقال حرارت پایا می‌توان گفت که:

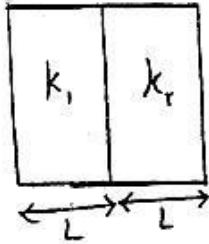
۱) دمای سطح خاکستری بیشتر است.

۲) دمای هر دو صفحه یکسان است.

۳) دمای سطح سیاه بیشتر است.

۴) بسته به ضریب نشر جسم خاکستری (ϵ)، دمای جسم خاکستری می‌تواند بیشتر یا کمتر باشد.

k_1 و k_2 و ضخامت یکسان تشکیل شده است. ضریب



۳۷ - دیوار نشان داده شده در شکل زیر از

هدایت حرارتی معادل (k_e) برابر است با

(۱) $2k_1k_2$

(۲) $k_1 + k_2$

(۳) $\frac{2k_1k_2}{k_1 + k_2}$

(۴) $\frac{1}{k_1 + k_2}$

۳۸ - کدام یک از عبارات زیر صحیح نمی باشد؟

(۱) هر چه دمای یک جسم سیاه کاهش یابد، سهم نسبی امواج مرئی کاهش می یابد.

(۲) اگر دمای یک جسم سیاه دو برابر شود، طول موج مربوط به ماکزیمم انرژی تابشی (λ_{max})، نصف می شود.

(۳) با افزایش فشار گاز آرگون داغ، ضریب صدور آن (ϵ) کاهش می یابد.

(۴) ضریب جذب بر خلاف ضریب صدور مستقل از دمای سطح است و به دمای منبع انرژی تشعشعی وابسته است.

۳۹ - در انتقال حرارتی یک بعدی، بایا و با تولید انرژی در یک کره توپر، اگر نرخ تولید حرارت (\dot{q}) دو برابر شده و شعاع کره نصف شود، اختلاف دمای مرکز کره و سطح آن ($T_{max} - T_w$) چگونه تغییر می کند؟

(۱) نصف می شود. (۲) دو برابر می شود. (۳) چهار برابر می شود. (۴) تغییر نمی کند.

۴۰ - در یک چگالنده با لوله های فلزی نازک، سیال سرد آب 20°C درون لوله ها جریان دارد. جهت افزایش نرخ میعان، کدام یک از اقدامات زیر مؤثرتر است؟

(۱) افزایش سرعت بخار اشباع در پوسته.

(۲) کاهش ضخامت لوله های فلزی مبدل.

(۳) تغییر دادن جهت حرکت جریان ها از حالت همسو به حالت ناهمسو.

(۴) افزایش سرعت آب 20°C درون لوله ها.

۴۱ - روغن داغ به صورت جریان آرام روی یک صفحه فلزی تخت در حال حرکت است. اگر سرعت حرکت روغن دو برابر شود، ضخامت لایه مرزی در انتهای صفحه، چگونه تغییر می کند. (روژیم جریان آرام باقی می ماند).

(۱) ۲ برابر می شود. (۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر می شود. (۳) $\sqrt{2}$ برابر می شود. (۴) تغییری نمی کند.

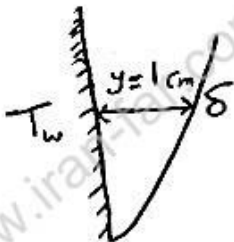
۴۲ - در انتقال حرارت جابجایی آزاد هوا به صورت آرام روی یک صفحه قائم با دمای ثابت، حداکثر سرعت سیال در فاصله ۱cm از صفحه رخ می دهد. ($u = u_{max}$ @ $y = 1\text{cm}$) ضخامت لایه مرزی در این مکان برابر است با:

(۱) ۳ cm

(۲) ۲ cm

(۳) $\frac{1}{3}$ cm

(۴) $\frac{1}{2}$ cm

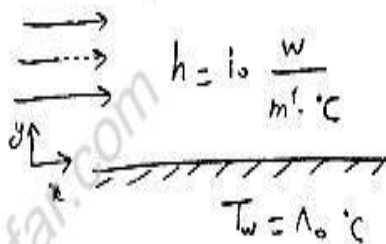


۴۳ - یک سیال با دمای 20°C و ضریب هدایت حرارتی $k = 0.1 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ روی یک صفحه تخت با دمای 80°C در حال حرکت است. اگر

ضریب هدایت حرارتی صفحه $k = 100 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ و ضریب انتقال حرارت جابجایی سیال $h = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ باشد، گرادیان دمای سیال روی

سطح صفحه $\left(\frac{dT}{dy} \right)_{y=0}$ برابر است با:

$$T_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$$



$$6000 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \quad (2)$$

$$6 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \quad (1)$$

$$-6000 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \quad (4)$$

$$-6 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \quad (3)$$

۴۴ - در مورد کدام یک از سیالات زیر، ضخامت لایه مرزی حرارتی (δ_t) و ضخامت لایه مرزی سیالاتی (δ)، تقریباً یکسان است؟

(۴) آهن مذاب

(۳) روغن

(۲) آب

(۱) هوا

۴۵ - کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

(۱) فرض جسم نیمه بی‌نهایت در حالتی صادق است که $1 \gg Fo$.

(۲) برای یک جسم نیمه بی‌نهایت در انتقال حرارت ناایا، شار حرارتی روی سطح صفحه با جذر زمان نسبت عکس دارد.

(۳) عدد بیو برابر با صفر متناظر با بی‌نهایت بودن ضریب انتقال حرارت جابجایی ($h \rightarrow \infty$) است.

(۴) نمودارهای هسلر با شرط $Fo < 0.2$ قابل استفاده‌اند.

انتقال حرارت ۱ و ۲

۳۱- گزینه ۴ درست است.

۳ گزینه اول طبق روابط اثبات شده در کتاب هولمن در لایه مرزی حرارتی درست است. گزینه ۴ صحیح نمی‌باشد و در مورد گزینه ۴ باید اشاره کرد که برای جریان آرام درون یک لوله با دمای ثابت در حالت توسعه یافته $Nu = \frac{hD}{x} = 4.36$ و به تبع آن $h = \frac{48 k}{11 D}$ پس عبارت گزینه ۴ صحیح نمی‌باشد.

۳۲- گزینه ۱ درست است.

عدد میعان، در فرآیند میعان یک سیال روی یک صفحه تخت، تابع عدد رینولدز است و این تابعیت به صورت زیر است:

$$Co = 1.47 Re^{-\frac{1}{3}}$$

دقت کنید که برای استوانه و کره، نمی‌توان از رابطه بالا استفاده کرد.

۳۳- گزینه ۴ درست است.

به طور واضح مشخص است که جریان‌ها همسو می‌باشند. زیرا از چپ به راست دمای سیال گرم در حال کاهش و دمای سیال سرد در حال افزایش است. در ضمن اختلاف دما در ابتدا و انتهای مبدل بسیار متفاوت است. سیال گرم در ابتدا تغییر دما داده است و سپس دمای آن ثابت شده است. بنابراین یک بخار فوق اشباع است که به دلیل از دست دادن انرژی حرارتی، اشباع شده است. در مورد سیال سرد نیز واضح است که ابتدا تغییر دما نداشته و سپس، پس از دریافت گرما، شروع به تغییر دما کرده است. پس می‌تواند یک مایع اشباع باشد که پس از دریافت حرارت بخار فوق اشباع شده است و دمای آن تغییر می‌کند.

۳۴- گزینه ۱ درست است.

معیار کلی تعیین اثرات جابجایی آزاد در جابجایی اجباری عدد $\frac{Gr}{Re^2}$ است که هر چه این عدد بزرگتر باشد، اهمیت جابجایی آزاد بیشتر خواهد شد. البته هر چه حاصلضرب اعداد گراشف - پراتل بیشتر باشد، می‌توان انتظار داشت که اثرات جابجایی آزاد بیشتر شود. به طور کلی اگر Re بزرگ باشد، جابجایی آزاد نسبت به اجباری ناچیز خواهد بود.

۳۵- گزینه ۲ درست است.

برای حرکت یک سیال درون یک لوله به صورت توسعه یافته و جریان آرام، در حالت شار ثابت در دیواره عدد ناسلت برابر با ۴.۳۶ است. بنابراین:

$$Nu = \frac{hD}{k} \Rightarrow k = \frac{hD}{Nu}$$

$$k = \frac{100 \times 0.1}{4.36} = 2.3 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

شعاع لوله 5 cm و بنابراین قطر لوله 10 cm.

دقت کنید که قطر بر حسب متر باید نوشته شود.

۳۶- گزینه ۲ درست است.

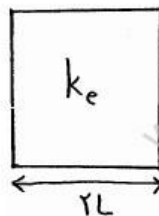
جسم خاکستری مقداری از شار حرارتی خورشید را جذب کرده و مقداری را بازتابش می‌کند ولی جسم سیاه تمام تشعشع را دریافت کرده و به محیط بازتابش می‌کند. طبق قانون کیرشهف برای جسم خاکستری در تمام طول موج‌ها، ضریب نشر (ϵ) و ضریب جذب (α) یکسان است. بنابراین:

$$q = \delta(T_w^4 - T_\infty^4)$$

$$\alpha q = \epsilon \sigma(T_w^4 - T_\infty^4) \Rightarrow \alpha = \epsilon \Rightarrow q = \sigma(T_w^4 - T_\infty^4)$$

با توجه به یکسان بودن شار خورشید (q) و دمای محیط (T_∞)، دمای هر دو صفحه (T_w) یکسان است.

۳۷- گزینه ۳ درست است.



برای یافتن مقاومت معادل کافی است مقاومت‌ها را جمع بزنیم.

$$R_{total} = R_1 + R_2 \Rightarrow \frac{2L}{k_e A} = \frac{L}{k_1 A} + \frac{L}{k_2 A}$$

با حذف A و L از طرفین تساوی:

$$\frac{2}{k_e} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} = \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2} \Rightarrow k_e = \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

۳۸- گزینه ۳ درست است.

ضریب صدور گازها با افزایش فشار افزایش می‌یابد و با افزایش دما کاهش می‌یابد. گزینه ۱ و ۲ مربوط به قانون جابجایی وین ($\lambda_{max} \cdot T = 2900$) می‌باشد.

۳۹- گزینه ۱ درست است.

در یک کره توپر با تولید انرژی و انتقال حرارت پایا در جهت شعاع، معادله گرما به صورت زیر است:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(kr^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \dot{q} = 0$$

با اعمال شرایط مرزی و حل معادله داریم که:

$$T_{max} - T_w = \frac{\dot{q} R^2}{6k}$$

با نصف شدن شعاع و دو برابر شدن \dot{q} ، تغییرات اختلاف دما به صورت زیر می‌شود:

$$\frac{(T_{max} - T_w)_2}{(T_{max} - T_w)_1} = \frac{(\dot{q} R^2)_2}{(\dot{q} R^2)_1} = 2 \times \left(\frac{1}{2} \right)^2 = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

۴۰- گزینه ۴ درست است.

همه گزینه‌ها به گونه‌ای سبب افزایش میعان می‌شوند. ولی با توجه به این که مقاومت کنترل می‌شود، باید، افزایش ضریب انتقال - جابجایی سیال سرد تأثیر بیشتری روی افزایش نرخ میعان دارد. دقت کنید که h مربوط به س

ندها و جوش آوردها تغییر جهت حرکت سیال تأثیری روی نرخ

مربوط به لوله‌های فلزی نازک ناچیز می‌باشد. در انتقال حرارت ندارد.

۴۱- گزینه ۲ درست است.

در حرکت آرام یک سیال روی یک صفحه تخت،

(x) به صورت زیر تغییر می‌کند:

$$\delta_x = \frac{5x}{\sqrt{Re_x}}$$

$$\frac{\delta_2}{\delta_1} = \frac{(Re_L)_1^{\frac{1}{2}}}{(Re_L)_2^{\frac{1}{2}}} = \frac{u_1^{\frac{1}{2}}}{u_2^{\frac{1}{2}}}$$

چون تغییرات در انتهای صفحه ($x = L$) خواسته شده، بنابراین:

با دو برابر شدن سرعت و ثابت ماندن سایر شرایط، داریم که:

$$\frac{\delta_2}{\delta_1} = \left(\frac{u_1}{u_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

۴۲- گزینه ۱ درست است.

در انتقال حرارت به صورت جابجایی آزاد روی یک صفحه عمودی با دمای ثابت، حداکثر سرعت سیال در $y = \frac{\delta}{3}$ حاصل می‌شود. بنابراین:

$$\delta = 3y \Rightarrow \delta = 3 \times 1 = 3\text{cm}$$

۴۳- گزینه ۴ درست است.

طبق موازنه انرژی روی سطح صفحه ($y = 0$) داریم که:

انتقال حرارت جابجایی از سیال = انتقال حرارت هدایتی به لایه نازک سیال

بنابراین در لایه مرزی داریم که:

$$q = -k \left(\frac{dT}{dy} \right)_{y=0}^{\text{سیال}} = h(T_w - T_\infty)$$

$$\Rightarrow \left(\frac{dT}{dy} \right)_{y=0}^{\text{سیال}} = \frac{-10 \times (80 - 20)}{0.1} = -6000 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}}$$

دقت کنید که برای محاسبه گرادیان دمای صفحه روی سطح صفحه، کافی است که از ضریب هدایت حرارتی صفحه استفاده کرد که در این صورت

گرادیان دمای صفحه روی سطح آن $-6 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}}$ می‌شود.

۴۴- گزینه ۱ درست است.

نسبت ضخامت لایه مرزی حرارتی (δ_t) و لایه مرزی سیالاتی (δ) با عدد پرانتل نشان داده می‌شود.

$$\frac{\delta}{\delta_t} = Pr^{\frac{1}{3}}$$

با توجه به این که عدد پرانتل برای گازها در حدود یک است، بنابراین ضخامت لایه‌های مرزی حرارتی و سیالاتی در آن‌ها تقریباً یکسان است.

۴۵- گزینه ۲ درست است.

فرض جسم نیمه بی‌نهایت در صورتی صادق است که $0.1 \ll L$ و به بیان دیگر $1 \ll Fo$ باشد. دمای اعماق جسم نیمه بی‌نهایت با تغییر دمای سطح، تغییر نمی‌کند. عدد بیو برابر با صفر متناظر با صفر بودن ضریب انتقال حرارت جابجایی است.

در مورد گزینه ۴ نیز باید اشاره کرد که منحنی‌های هسلر با شرط $Fo > 0.2$ قابل استفاده