



حل تشریحی ترمودینامیک، مکانیک سیالات و انتقال حرارت

کنکور ارشد مکانیک ۱۴۰۴

استاد سرلک

(اسفند ۱۴۰۳)

۴۶- به ترتیب، کدام فرایند، امکان پذیر و کدام یک، امکان ناپذیر است؟

الف - افزایش آنترופی آدیاباتیکی ✓

ب - کاهش آنترופی آدیاباتیکی ✗

ج - آیزنتروپیک جذب حرارت ✗

(۱) امکان ناپذیر - امکان پذیر - امکان پذیر

(۳) امکان ناپذیر - امکان پذیر - امکان ناپذیر

(۲) امکان پذیر - امکان ناپذیر - امکان پذیر

(۴) امکان پذیر - امکان ناپذیر - امکان ناپذیر

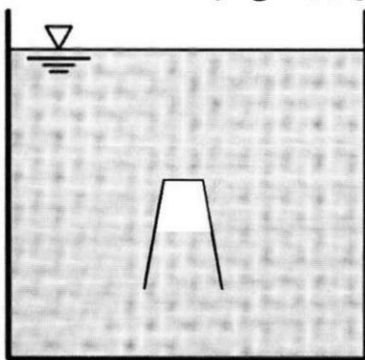
پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

با توجه به نا مساوی کلازیوس به ترتیب امکان دارد-امکان ندارد-امکان ندارد.

$$\Delta S = \int \frac{\Delta Q}{T} + S_g$$

۴۷- یک لیوان خالی را به صورت وارونه، یک بار به طور خیلی آهسته و بار دیگر به طور خیلی سریع تا یک ارتفاع

مشخص از سطح آب فرو می بریم، در کدام حالت، به لیوان نیروی شناوری بزرگ تری وارد می شود؟



(۱) اول

(۲) دوم

(۳) بستگی به عمق آب دارد.

(۴) بستگی به حجم اولیه لیوان دارد.

پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

اگر منظور از حالت دوم حرکت شتاب دار (با سرعت افزایشده) باشد داریم

$$F_B = \rho a V$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + (a_y + g)^2}$$

که a در این مسئله شتاب ظرف بوده و چون لیوان به سمت پایین می آید گویا ظرف به سمت بالا حرکت کرده و با g جمع میشود و این مقدار افزایش پیدا میکند.

۴۸- در یک چرخه برایتون ایده آل، دمای ورود هوا به کمپرسور 300K و دمای ورود هوا به توربین 1400K است. اگر

جذب حرارت در این چرخه $950 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ باشد، بازده چرخه چند درصد است؟ $(C_{p_o} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg K}})$

$$C_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

۱۹ (۱)

۶۶ (۲)

۳۳ (۳)

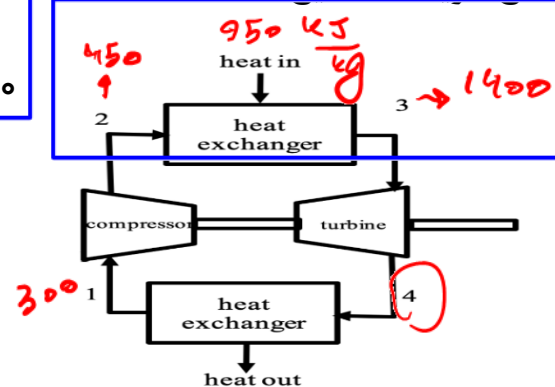
۱۱ (۴)

پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

$$Q = C_p (T_3 - T_2) \rightarrow 950 = 1(1400 - T_2) \rightarrow T_2 = 450$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \frac{T_1}{T_2} \rightarrow T_4 = \frac{1400 \times 300}{450} = 933$$

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_4} = 1 - \frac{300}{933} = 0.68$$



۴۹- یک مخترع مدعی است که یک موتور حرارتی ساخته است که با عملکرد بین لایه سطح و کف اقیانوس به ترتیب با دمای 27°C و 10°C ، 9900 کیلوژول در دقیقه گرما با کف اقیانوس تلف می‌نماید و توان 10 کیلووات تولید می‌کند. این موتور چه وضعیتی دارد؟

- (۱) غیرممکن است.
(۲) امکان‌پذیر است.
(۳) برگشت‌پذیر است.
(۴) با داده‌های موجود، قابل ارزیابی نیست.

پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

$$\eta_{\text{rev}} = 1 - \frac{T_l}{T_h} = 1 - \frac{283}{300} = \frac{17}{300}$$

$$\dot{Q}_L = 9900 \frac{\text{kJ}}{\text{min}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 165 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_H - \dot{Q}_L = \dot{W}$$

$$\dot{W} = 10$$

$$\dot{Q}_H = 175 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{\dot{W}}{\dot{Q}_H} = \frac{10}{175}$$

$$\frac{17}{300} < \frac{10}{175}$$

$$17 \times 175 < 10 \times 300$$

۵۰- کدام مورد، شیب خط حجم ثابت روی نمودار T-S برای یک گاز ایده آل است؟ $(\gamma = \frac{C_{p_0}}{C_{v_0}})$

$$\frac{T}{\gamma C_v} \quad (۱)$$

$$\frac{T}{\gamma C_p} \quad (۲)$$

$$\frac{T}{C_p} \quad (۳)$$

$$\frac{T}{C_v} \quad (۴)$$

پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

$$Tds = du + Pdv$$

$$Tds = c_v dT + Pdv \rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_v = \frac{T}{C_v}$$

۵۱- با افزایش مقدار هوای اضافه در فرایند احتراق کامل سوخت اکتان در فشار ثابت، به ترتیب، دمای شعله آدیاباتیک و دمای نقطه شبنم بخار آب در فراورده های احتراق، چه تغییری می کنند؟

(۱) کاهش - کاهش

(۲) کاهش - ثابت

(۳) افزایش - افزایش

(۴) افزایش - کاهش

پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

$$Q = nc_v \Delta T$$

$$Q = cte, c_v = cte$$

$$n \uparrow - \Delta T \downarrow$$

دمای نقطه شبنم نیز به علت زیاد شدن محصولات احتراق و کاهش فشار جزئی آب کاهش پیدا میکند.

۵۲- هوای ورودی به یک کمپرسور، دارای دمای استاتیک 27°C و سرعت $200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است. دمای سکون ورودی، چند

کلوین است؟

$$C_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

(۱) ۳۰۰

(۲) ۳۲۰

(۳) ۳۴۰

(۴) ۳۶۰

پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

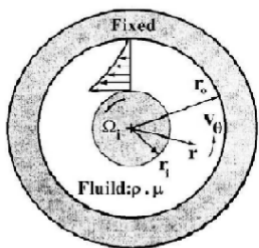
$$h_i + \frac{v_i^2}{2} = h_o + \frac{v_o^2}{2}$$

$$v_o = 0$$

$$C_p T_o = C_p T_i + \frac{v_i^2}{2}$$

$$T_o = T_i + \frac{v_i^2}{2C_p} = 300 + \frac{40000}{2 \times 1000} = 320$$

۵۳- جریان یک سیال لزج تراکم‌ناپذیر را بین دو استوانه هم‌محور در نظر بگیرید. استوانه بیرونی ساکن بوده و استوانه داخلی با سرعت ثابت در حال چرخش است. در خصوص میدان فشار در این جریان، کدام مورد درست است؟



(۱) ماکزیمم فشار، بر روی دیواره ساکن بیرونی رخ می‌دهد.

(۲) مؤلفه اصلی گرادیان فشار، در راستای محیطی است.

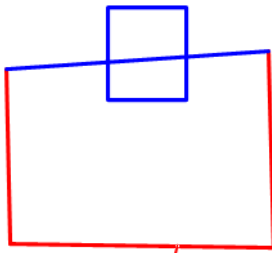
(۳) ماکزیمم فشار، بر روی دیواره متحرک رخ می‌دهد.

(۴) توزیع فشار، کاملاً یکنواخت است.

پاسخ: گزینه ۱ صحیح است. (مراجعه شود به مفاهیم درسنامه کلاسی یا توضیحات ارائه شده در حل تصویری

آپارات)

۵۴- در داخل یک مخزن مکعبی شکل پر از آب و با ضلع ۳ متر، یک جسم مکعبی شکل را با ضلع یک متر و با چگالی نسبی ۰/۵ می‌اندازیم. در خصوص فشار در کف مخزن بعد از انداختن جسم نسبت به قبل از آن، کدام مورد درست است؟



(۱) افزایش می‌یابد.

(۲) کاهش می‌یابد.

(۳) فشار تغییری نمی‌کند.

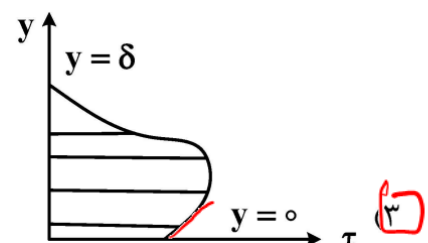
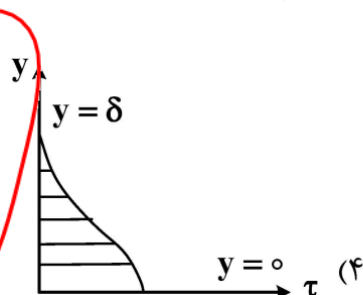
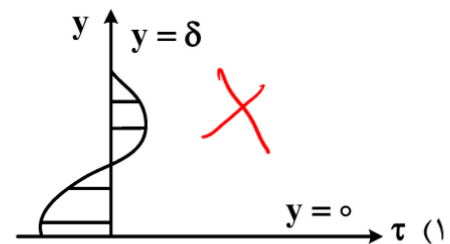
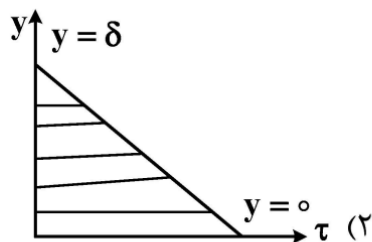
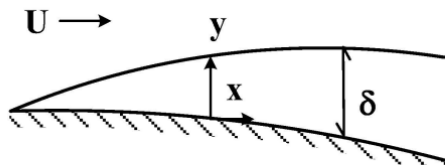
(۴) در بعضی از نقاط کف، افزایش و در بعضی نقاط، کاهش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

اگر لبالب پر باشد وزن آب جابجا شده برابر با وزن جسم است
 $F_B = W_{\text{جسم}}$
 $A + w - w = A$

اگر لبالب پر باشد وزن آب جابجا شده برابر با وزن جسم است

۵۵- در جریان لایه مرزی آرام روی سطحی با گرادیان فشار نامطلوب ($\frac{dp}{dx} > 0$)، پروفیل تنش برشی پیش از وقوع جدایش، مطابق با کدام مورد است؟



پاسخ: گزینه ۳ صحیح است. (مراجعه شود به مفاهیم درسنامه کلاسی)

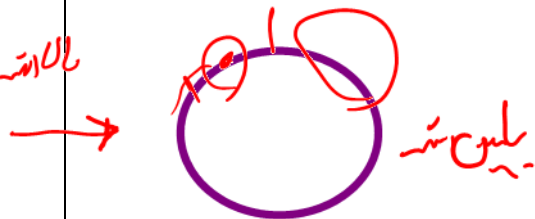
$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y}$$

$$\frac{\partial \tau}{\partial y} = \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$

۵۶- چند مورد از گزاره‌های زیر، درست است؟

- الف - زبری جریان همواره ضریب درگ را افزایش می‌دهد. $C_D = \frac{24}{Re}$ برای کره در رژیم جریان $\times$
- ب - در جریان حول اجسام لبه‌دار، همواره ضریب درگ مستقل از عدد رینولدز است. $\times$
- ج - نقطه آغاز گرادیان فشار مثبت (معکوس) در جریان حول یک جسم کروی شکل (یا استوانه‌ای)، همواره در پشت (پایین دست) جریان قرار دارد. Δ

(۱) یک (۲) دو (۳) سه (۴) صفر

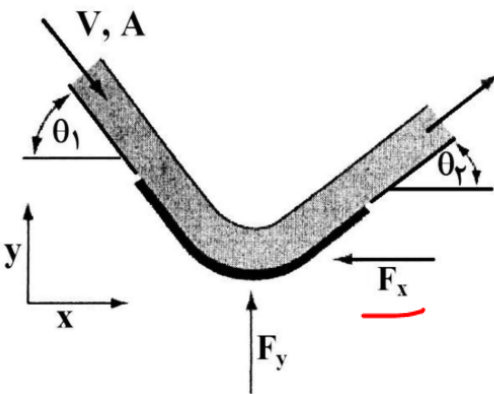


پاسخ: گزینه ۴ صحیح است $C_D = \frac{24}{Re}$ الف -
رد الف) $\frac{64}{Re}$

ب- خیر در تمام مسائل در رینولدزهای پایین جریان خزشی است و عدد رینولدز مهم است (رد ب)

ج- خیر زمانی که تپه را بالا می‌رویم گرادیان فشار مثبت ایجاد می‌شود.

۵۷- جریان آب با مشخصات داده شده در شکل زیر، به یک پره برخورد می‌کند. مقدار نیروی افقی وارد بر پره، توسط



کدام مورد به درستی ارائه شده است؟

(۱) $\rho V^2 A (\cos(\theta_2) + \cos(\theta_1))$

(۲) $\rho V^2 A (\cos(\theta_2) - \cos(\theta_1))$

(۳) $\rho V^2 A (\cos(\theta_2) + 2 \cos(\theta_1))$

(۴) $\rho V^2 A (\cos(\theta_2) - 2 \cos(\theta_1))$

پاسخ: گزینه ۲ صحیح است

$$\sum F_x = (\dot{m}v)_{out} - (\dot{m}v)_{in}$$

$$-F_x = \rho v^2 A \cos \theta_2 - \rho v^2 A \cos \theta_1$$

$$F_x = \rho v^2 A (\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2))$$

۵۸- برای میدان جریان دوبعدی و غیردائم زیر، کدام مورد معادله خط جریان عبوری از نقطه (۱, ۱) را به درستی بیان می کند؟

$$\begin{cases} u = x(1+2t) \\ v = y \end{cases}$$

$$y = x^{(1+2t)} \quad (2)$$

$$y = x^{\frac{1}{1-2t}} \quad (1)$$

$$y = x^{(1-2t)} \quad (4)$$

$$y = x^{\frac{1}{1+2t}} \quad (3)$$

پاسخ: گزینه ۳ صحیح است

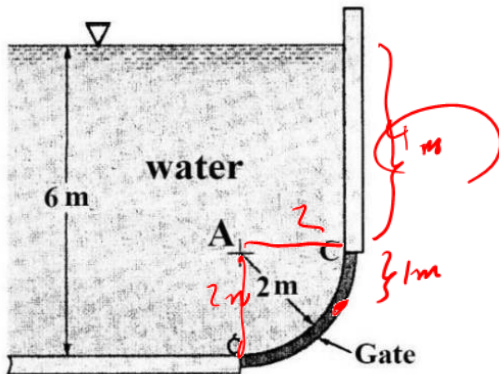
$$\frac{dx}{x(1+2t)} = \frac{dy}{y} \rightarrow \frac{1}{1+2t} \ln x = \ln y + c$$

$$x=1, y=1 \rightarrow c=0$$

$$\frac{1}{1+2t} \ln x = \ln y \rightarrow \ln x^{\frac{1}{1+2t}} = \ln y$$

$$y = x^{\frac{1}{1+2t}}$$

۵۹- یک مخزن آب به طول ۳ متر (در جهت عمود بر صفحه)، دارای یک دریچه ربع دایروی است. تانژانت زاویه‌ای که نیروی برآیند وارد بر دریچه با خط عمودی می‌سازد، با تقریب چقدر است؟ ($\pi \cong 3$)



- (۱) ۰/۷
- (۲) ۰/۹
- (۳) ۱/۱
- (۴) ۱/۴

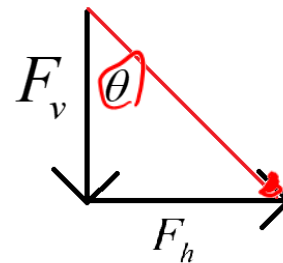
پاسخ: گزینه ۲ صحیح است

$$\tan \theta = \frac{F_h}{F_v}$$

$$F_h = \gamma h_c A = \gamma \times 5 \times (2 \times 3) = 30\gamma$$

$$F_v = \gamma V = \gamma \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2^2 \times 3 + 2 \times 3 \times 4 \right) = 33\gamma$$

$$\tan \theta = \frac{F_h}{F_v} = \frac{10}{11} = 0.9$$



۶۰- میله رسانای بلندی به قطر D ، دارای مقاومت الکتریکی طول واحد R است. در لحظه $t = 0$ ، جریان الکتریکی I در میله برقرار می‌شود. دمای هوای اطراف T_∞ و ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی h است. اگر میله تنها با هوای محیط اطراف در تعامل گرمایی باشد، معادله تغییرات دمای میله بر حسب زمان $\left(\frac{dT}{dt}\right)$ کدام است؟

$$\frac{I^2 R - \pi D h (T + T_\infty)}{\rho c \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} \quad (۲)$$

$$\frac{I^2 R - 2\pi D h (T - T_\infty)}{\rho c \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} \quad (۱)$$

$$\frac{I^2 R + \pi D h (T - T_\infty)}{\rho c \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} \quad (۴)$$

$$\frac{I^2 R - \pi D h (T - T_\infty)}{\rho c \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} \quad (۳)$$

پاسخ: گزینه ۳ صحیح است

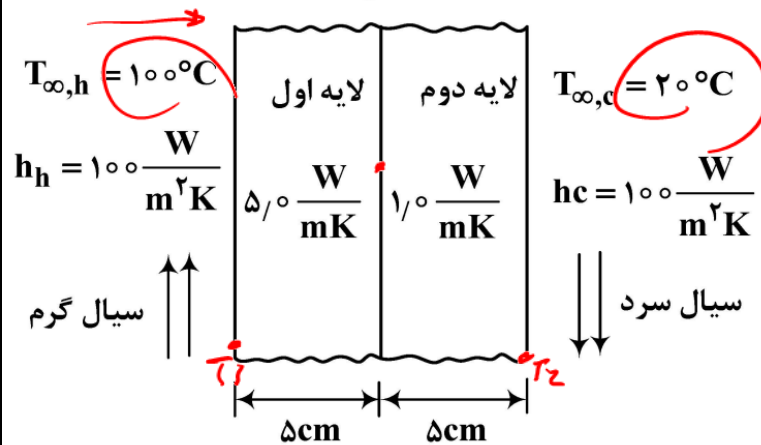
$$\dot{E}_{in} + \dot{E}_g = \dot{E}_{out} + \dot{E}_{st}$$

$$\dot{E}_{st} = \dot{E}_g - \dot{E}_{out}$$

$$mc_p \frac{dT}{dt} = RI^2 L - h\pi DL(T - T_\infty)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{RI^2 L - h\pi DL(T - T_\infty)}{\rho \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) L c_p} = \frac{RI^2 - h\pi D(T - T_\infty)}{\rho \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) c_p}$$

۶۱- مطابق شکل زیر، حرارت از سیال گرم به سیال سرد، از طریق یک دیواره دو لایه منتقل می شود. دما در وسط دیواره (T_s)، چند درجه سانتی گراد است؟



- (۱) ۸۰
- (۲) ۶۰
- (۳) ۴۰
- (۴) ۹۰

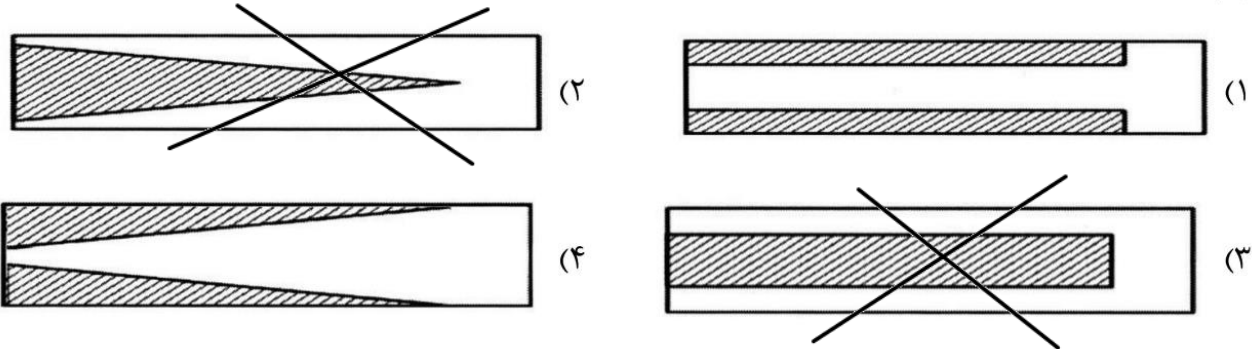
پاسخ: گزینه ۱ صحیح است



$$\frac{100 - 20}{\frac{1}{100}} = \frac{100 - T_s}{\frac{2}{100}}$$

$$T_s = 100 - 20 = 80$$

۶۲- برای افزایش بازده یک فین، بخشی از آن با ماده دیگری با ضریب هدایت حرارتی بسیار بزرگ تر (بخش هاشور خورده) جایگزین می شود. کدام آرایش در مقدارهای یکسان، بازده بیشتری دارد؟ (ابتدای فین وجه سمت چپ است.)



پاسخ: گزینه ۴ صحیح است

برای این تحلیل فرض کنید ماده با هدایت بسیار زیاد قسمت هاشور خورده و ماده با هدایت کم عایق می باشد، تحت این شرایط در گزینه ۴ ما سطح بیشتری در دمای پایه و در تماس با هوا داریم. (البته گزینه ۱ نیز در نسبت های k تا حدود ۱۰۰۰ برابر نیز صحیح است) (بر اساس حل عددی در نرم افزار فلوئنت)، در کل این سوال بین گزینه ۱ و ۴ انتخاب بهتر گزینه ۴ است ولی میتوان به طرح این سوال ایراد گرفت.

۶۳- کدام گزاره ها، درست هستند؟

الف - برای جریان آرام و توسعه یافته در داخل یک مجرا با هر سطح مقطعی، عدد نوسلت یک عدد ثابت و مستقل از رینولدز و پرانتل است.

ب - طول ورودی حرارتی، همواره به عدد رینولدز و عدد پرانتل وابسته است.

ج - با افزایش طول یک لوله، همواره ضریب انتقال حرارت متوسط در طول لوله کاهش می یابد.

(۱) «الف» و «ب»

(۲) «الف» و «ج»

(۳) «ب» و «ج»

(۴) «الف» و «ب» و «ج»

پاسخ: گزینه ۲ صحیح است

(ب) در جریان توربولنت وابسته به رینولدز نمی باشد.



$$A < \frac{h_{avg} L_c}{D} < B$$

۶۴- اگر توزیع عدد نوسلت برای جریان آرام در طول یک دیواره با شار گرمایی یکنواخت، از رابطه $Nu(x) = A Re_x^n Pr^m$ محاسبه شود، کدام رابطه برای تعیین عدد نوسلت متوسط $\overline{Nu}(L)$ روی این دیواره، درست است؟

(۱) $\frac{1}{1-n} Nu(L)$

(۲) $\frac{n}{1+n} Nu(L)$

(۳) $\frac{1}{1+n} Nu(L)$

(۴) $(1-n)Nu(L)$

پاسخ: گزینه صحیح ندارد.

$$\frac{1}{\overline{Nu}} = \frac{1}{L^2} \int_0^L \frac{x}{Nu_x} dx$$

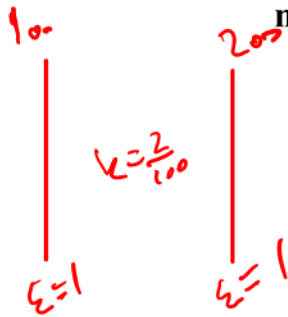
$$\frac{1}{\overline{Nu}} = \frac{1}{L^2} \int_0^L \frac{x}{A \left(\frac{\rho v x}{\mu} \right)^n Pr^m} dx = \frac{1}{L^2} \int_0^L \frac{x^{1-n}}{A \left(\frac{\rho v}{\mu} \right)^n Pr^m} dx = \frac{1}{L^2} \frac{1}{A \left(\frac{\rho v}{\mu} \right)^n Pr^m} \frac{x^{2-n}}{2-n} \Big|_0^L$$

$$\frac{1}{\overline{Nu}} = \frac{1}{L^2} \frac{1}{A \left(\frac{\rho v}{\mu} \right)^n Pr^m} \frac{L^2 L^{-n}}{2-n} = \frac{1}{2-n} \frac{1}{A \left(\frac{\rho v L}{\mu} \right)^n Pr^m} = \frac{1}{2-n} \frac{1}{Nu_L}$$

$$\overline{Nu}_L = (2-n)Nu_L$$

۶۵- انتقال حرارت پایا بین دو صفحه بزرگ و موازی با دمای ثابت 100K و 200K که به فاصله یک سانتی متر از یکدیگر قرار گرفته اند را در نظر بگیرید. با فرض سیاه بودن دو سطح، نسبت انتقال حرارت بین آنها در شرایطی که فضای بین دو صفحه خلأ باشد، به شرایطی که فضای بین دو صفحه با هوای ساکن با ضریب هدایت حرارتی

$k = 0.02 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$ پر شده باشد، تقریباً کدام است؟ (ثابت تقریبی بولتزمن $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$)



- (۱) ۰/۲۷
- (۲) ۰/۳۷
- (۳) ۱/۳۵
- (۴) ۴

پاسخ: گزینه ۱ صحیح است

$$E = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1-\epsilon_1}{A_1\epsilon_1} + \frac{1}{A_1} + \frac{1-\epsilon_2}{A_2\epsilon_2}} = A_1 \times 5.67 \times 10^{-8} (16 - 1) \times 10^4 = 75 A_1$$

$$q = kA_1 \frac{\Delta T}{L} = A_1 \frac{2}{100} \times \frac{100}{1} = 200 A_1$$

$$\frac{E}{E + q} = \frac{75}{275} = 0.27$$