

۴۶- دو جرم مساوی از یک گاز ایده آل در فشار برابر، ولی در دماهای T_1 و T_2 درون ظرف عایقی مخلوط می شوند تا به تعادل برسند. تولید آنتروپی فرایند (بر واحد جرم) چقدر است؟

(۱) صفر

$$T_f = \frac{\sum mcT}{\sum mc} = \frac{mT_1 + mT_2}{m+m} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad C_p \ln \frac{T_1 + T_2}{2\sqrt{T_1 T_2}} \quad (2)$$

$$C_p \ln \frac{T_1 T_2}{(T_1 + T_2)^2} \quad (3)$$

$$C_p \ln 2 \quad (4)$$

۴۶. پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

$$T_f = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

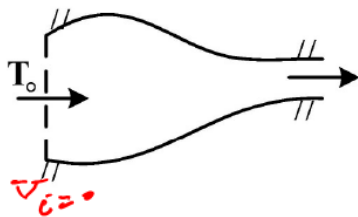
$$S_g = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{sur}} = mc \ln \frac{T_f}{T_1} + mc \ln \frac{T_f}{T_2} = mc \ln \frac{T_f^2}{T_1 T_2}$$

$$S_g = 2mc \ln \frac{T_f}{\sqrt{T_1 T_2}} = 2mc \ln \frac{T_1 + T_2}{2\sqrt{T_1 T_2}}$$

$$s_g = \frac{S_g}{m} = 2c \ln \frac{T_1 + T_2}{2\sqrt{T_1 T_2}}$$

$$\Delta S = m c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

۴۷- یک نازل آدیاباتیک یک گاز ایده آل را شتاب می دهد. نسبت فشار سیال در خروجی نازل به ورودی آن r_p می باشد. اگر سیال با دمای T_o وارد نازل شود و سرعت آن در ورودی قابل صرف نظر کردن باشد، در حالت ایده آل انرژی جنبشی واحد دبی جرم جریان در خروجی نازل چقدر است؟



$$C_p T_o \left[1 + r_p^{\frac{1-k}{k}} \right] \quad (1)$$

$$\sqrt{C_p T_o \left[1 + r_p^{\frac{1-k}{k}} \right]} \quad (2)$$

$$C_p T_o \left[1 - r_p^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (3)$$

$$\sqrt{C_p T_o \left[1 - r_p^{\frac{1-k}{k}} \right]} \quad (4)$$

۴۷. پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

$$\left(\frac{dE}{dt} \right)_{c.v} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_i \left(h_i + \frac{v_i^2}{2} + g z_i \right) - \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + g z_e \right)$$

$$h_i = h_e + \frac{v_e^2}{2}$$

$$\frac{v_e^2}{2} = h_i - h_e = c_p (T_i - T_e) = c_p (T_o - T_e)$$

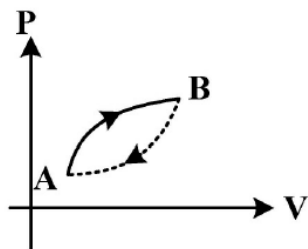
$$\frac{v_e^2}{2} = c_p T_o \left(1 - \frac{T_e}{T_o} \right)$$

$$\Delta s = \oint \frac{\Delta q}{T} + s_g = 0$$

$$\text{isnetropic} \rightarrow \frac{T_e}{T_o} = \left(\frac{P_e}{P_o} \right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(r_p \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$\frac{v_e^2}{2} = c_p T_o \left(1 - \left(r_p \right)^{\frac{k-1}{k}} \right)$$

۴۸- یک سیکل ترمودینامیکی از دو فرایند عمومی تشکیل شده است. فرایند AB بازگشت پذیر بوده و فرایند BA بازگشت ناپذیر است. کدام مورد درخصوص این سیکل درست است؟



$$|\Delta S_{BA}| > |\Delta S_{AB}| \quad (۱)$$

$$\dot{S}_{\text{gen}}(AB) = \dot{S}_{\text{gen}}(BA) \quad (۲)$$

$$\dot{S}_{\text{gen,tot}} = 0 \quad (۳)$$

$$\Delta S_{\text{cycle}} = 0 \quad (۴)$$

۴۸. پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

تغییرات خواص ترمودینامیکی روی یک سیکل برابر صفر می باشد.

۴۹- در یک حجم کنترل در یک محفظه، دو جریان ورودی با سرعت و فشار یکسان به صورت بی دررو مخلوط شده و با یک جریان خروجی یکنواخت از آن خارج می شود. کمترین مقدار ممکن برگشت ناپذیری در این فرایند اختلاط در چه شرایطی رخ می دهد؟ (افت فشار در محفظه اختلاط ناچیز است.)
(۱) محفظه اختلاط در فشار ثابت باشد.

(۲) دو جریان ورودی دما و ترکیب شیمیایی یکسان دارد.

(۳) دبی جرمی دو جریان ورودی با یکدیگر برابر باشد.

(۴) دمای جریان خروجی برابر میانگین حسابی دماهای دو جریان ورودی است.

۴۹. پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

انتقال حرارت در شرایطی که فشار و سرعت ثابت است، عامل اصلی تولید انترپی می باشد.

۵۰- یک نیروگاه از آب داغ یک منبع زیرزمینی با دمای ۱۲۷ درجه سلسیوس برای تولید ۲۰ مگاوات توان استفاده می‌کند. گرما از کندانسور نیروگاه به هوای محیط در ۲۷ درجه سلسیوس دفع می‌شود. بازده حرارتی نیروگاه ۸۰٪ بیشینه ممکن آن است. آهنگ دفع گرما از کندانسور چند مگاوات است؟

۸۰ (۱)

۶۰ (۲)

۱۱/۲۵ (۳)

۵ (۴)

۵۰. پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

$$\eta = \frac{W}{Q_h} = \frac{Q_c}{Q_h} = \frac{Q_h - W}{Q_h} = 1 - \frac{Q_c}{Q_h}$$

$$\frac{W}{Q_h} = 1 - \frac{Q_c}{Q_h} = 1 - \frac{20}{400} = 0.95$$

$$Q_h = \frac{W}{\eta} = \frac{20}{0.95} = 21.05$$

$$Q_c = Q_h - W = 21.05 - 20 = 1.05$$

۵۱- در چرخه رانکین ساده، بیشترین تخریب اکسرژی در کدام جزء رخ می‌دهد؟

(۲) کندانسور

(۴) پمپ

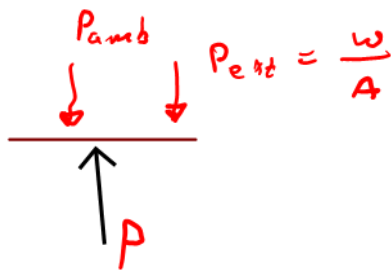
(۱) توربین

(۳) بویلر

۵۱. پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

بیشترین تولید انترופی یا تخریب اکسرژی در انتقال حرارت به محیط رخ می‌دهد و زمانی انتقال حرارت به محیط یا اتلاف حرارت حداکثر هست که اختلاف دمای سیال و محیط زیاد باشد.

۵۲- فرض کنید $\underline{0.5 \text{ m}^3}$ آب در یک سیلندر موجود است. پیستونی به جرم 100 kg و سطح مقطع 0.1 m^2 روی این آب قرار دارد. پیستون می‌تواند آزادانه حرکت کند. این سیلندر و پیستون در فضای باز قرار داشته و فشار اتمسفر 100 kPa است. اگر به این سیستم گرما داده شود به نحوی که حجم آب موجود در ظرف دو برابر مقدار اولیه شود، کار انجام‌شده توسط آب بر روی محیط اطراف خود چند کیلوژول است؟ (در صورت نیاز به شتاب جاذبه زمین



آن را $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ در نظر بگیرید.)

(۱) ۵۰

(۲) ۵۵

(۳) ۵۰۰

(۴) ۵۵۰

۵۲. پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

$$P_{\text{ext}} = \frac{W}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{100 \times 10}{0.1} = 10000 \text{ Pa} = 10 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{amb}} + P_{\text{ext}} = 110$$

$$W = P \Delta V = 110(1 - 0.5) = 55 \text{ kJ}$$

۵۳- میدان جریان سیال به صورت زیر را در نظر بگیرید. برای این میدان با فرض سیال نیوتنی، کدام مورد درست است؟

$$v = x^2 - y^2 \text{ و } u = 2xy$$

$$\frac{\partial v}{\partial x} = 2x \quad \frac{\partial u}{\partial y} = 2x$$

$$\tau_{xy} = 4\mu x \quad (1)$$

$$\tau_{xy} = 2\mu x \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = \mu(2x - 2y) \quad (3)$$

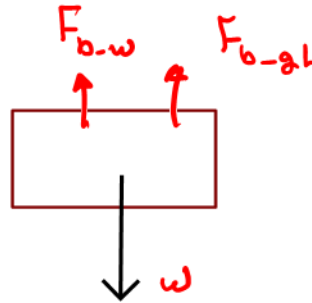
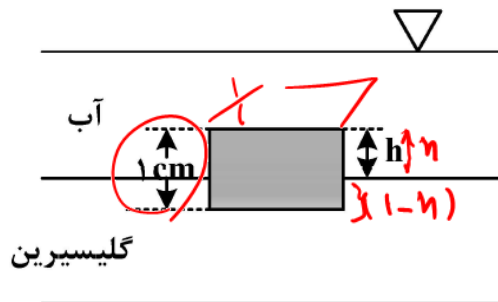
$$\tau_{xy} = \mu(2y - 2x) \quad (4)$$

۵۳. پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

$$\tau = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) = \mu(2x + 2x) = 4\mu x$$

۵۴- در شکل زیر، مکعب توپری به چگالی $\rho = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ و حجم $V = 1 \text{ cm}^3$ در فصل مشترک آب و گلیسیرین

معلق مانده است. چگالی آب $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ و چگالی گلیسیرین $1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ است. فاصله h چند سانتی متر است؟



(۱) ۰/۳

(۲) ۰/۵

(۳) ۰/۶

(۴) ۰/۸

گلیسیرین

۵۴. پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

$$W = F_{b-w} + F_{b-gl}$$

$$1200 \times 1 = 1000 \times 1 \times h + 1500 \times 1 \times (1-h)$$

$$-300 = -500h \rightarrow h = \frac{3}{5} = 0.6$$

۵۵- فشار سیال آب در نقطه A کدام است؟

(۱) $\rho g h_1$

(۲) $\rho g h_2$

(۳) $\rho g \frac{h_1 + h_2}{2}$

(۴) $\rho g (h_1 - h_2)$

پاسخ: سنجش گزینه ۲ صحیح است. (تست ابهام دارد)

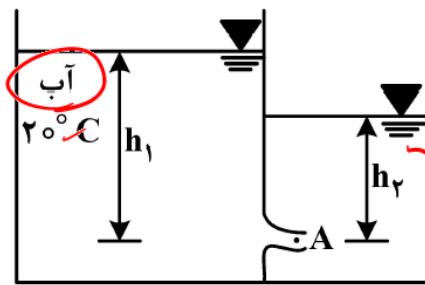
با فرض استاتیک سیالات

$P_A = \rho g h_1$

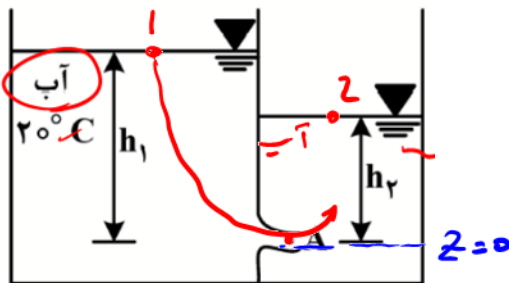
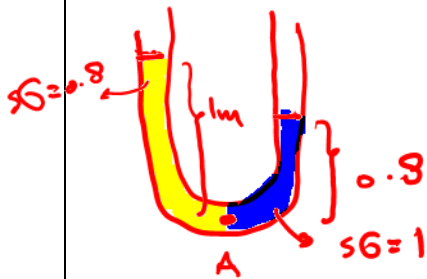
$P_A = \rho_o g h_{o,1} \rightarrow 1m$

$P_A = \rho_w g h_w \rightarrow 0.8$

اگر فرض کنیم جریان برقرار است:



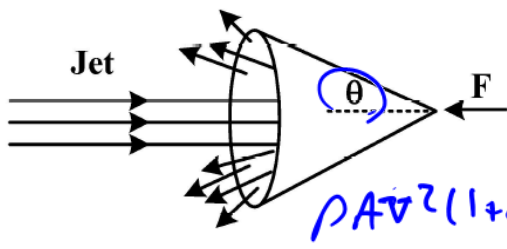
سیال یکا لقرارد
آب



$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + z_A = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_f + h_m$$

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = h_2 + \frac{v_A^2}{2g} \rightarrow P_A = \gamma h_2$$

۵۶- جتی از یک سیال نیوتنی و تراکم‌ناپذیر با سرعت V_j و سطح A_j مقطع به داخل مخروطی توخالی با نیم زاویه رأس θ برخورد می‌کند. برای اینکه مخروط را ثابت نگه داریم، باید به آن نیروی $F = \frac{3}{2} \rho A_j V_j^2$ وارد کنیم. زاویه



$$\rho A V^2 (1 + \cos \theta)$$

مخروط چند درجه است؟

(۱) ۳۰

(۲) ۴۵

(۳) ۶۰

(۴) ۹۰

$$\rho A V^2 (1 - \cos \theta)$$

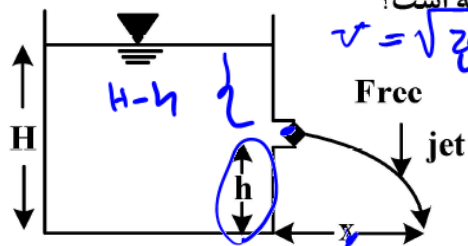
۵۶. پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

$$F_x = \rho A V^2 (1 + \cos \theta) = \frac{3}{2} \rho A V^2$$

$$1 + \cos \theta = \frac{3}{2} \rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \rightarrow \theta = 60^\circ$$

۵۷- مخزن زیر، حاوی مایع غیرلزج به عمق H می باشد. اگر سوراخی در فاصله h از کف در دیواره مخزن تعبیه کنیم،

حداکثر فاصله افقی که جت طی می کند تا به زمین برخورد کند کدام گزینه است؟



(۱) $2h$

(۲) $2\sqrt{H(H-h)}$

(۳) $2\sqrt{H-h}$

(۴) $2\sqrt{h(H-h)}$

۵۷. پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

$$y = \frac{-1}{2}gt^2 + v_0 t \sin \theta$$

$$-h = \frac{-1}{2}gt^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\text{bernoulli} \rightarrow V_{\text{out}} = \sqrt{2g(H-h)}$$

$$x = v_0 t \cos \theta$$

$$x = \sqrt{2g(H-h)} \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2h(H-h)}$$

۵۸- در جریان عبوری از دو لوله موازی a و b به صورت لایه‌ای، اگر قطر لوله a دو برابر شود، طول لوله b باید چند برابر شود تا نسبت دبی‌ها یکسان بماند؟

$$\Delta P_a = \Delta P_b$$

$$\frac{1}{4} \quad (1)$$

$$\frac{1}{16} \quad (2)$$

$$4 \quad (3)$$

$$16 \quad (4)$$

۵۸. پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

$$\Delta P = \frac{128 \mu l Q}{\pi D^4} = cte$$

$$\frac{Q L}{D^4} = cte \rightarrow Q \propto \frac{D^4}{L}$$

$$Q \propto \frac{D^4}{L}$$

$$\left(\frac{D^4}{L} \right)_a = \left(\frac{D^4}{L} \right)_b$$

$$\left(\frac{2^4}{L} \right)_a = \left(\frac{1}{L} \right)_b \rightarrow L_b = \frac{L_a}{16}$$

۵۹- کدام مورد در خصوص پدیده جدایش جریان روی صفحه صاف و تخت درست است؟

مکش

↑↑ ↑↑

↑↑ ↑↑

دستی

(۱) هیچ وقت اتفاق نمی افتد.

(۲) به لزجت سیال بستگی دارد.

(۳) در اعداد رینولدز بالا اتفاق می افتد.

(۴) به شرایط پایین دست جریان بستگی دارد.

۵۹. پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

صفحه تخت جدایش ندارد، مگر زاویه دار باشد یا دمش یا مکش عمود بر راستای جریان داشته باشیم. (البته طراح نیز میتواند گزینه ۱ را اعلام کند، هر دو گزینه ۱ و ۴ هم میتواند صحیح باشد وابسته به فرض طراح نسبت به شرایط پایین دست دارد)

زاویه دار باشد

۶۰- یک میله سوخت هسته‌ای جامد (استوانه‌ای طولانی با شعاع R) را در نظر بگیرید که دارای تولید حرارت داخلی یکنواخت با نرخ $\dot{q}$ است. این میله توسط سیالی در دمای T_∞ خنک می‌شود و ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی h و رسانایی حرارتی k میله ثابت فرض می‌شود. اختلاف دمای بین مرکز میله T_c و سطح آن T_s ، $(T_c - T_s)$ ، چقدر است؟

$$\frac{\dot{q}R^2}{4k} \quad (1)$$

$$\frac{\dot{q}R}{4k} \quad (2)$$

$$\frac{\dot{q}R}{2h} \quad (3)$$

$$\frac{\dot{q}R^2}{2k} \quad (4)$$

۶۰. پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

$$T = \frac{\dot{q}R^2}{4k} \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right) + T_s$$

$$T_c = \frac{\dot{q}R^2}{4k} + T_s$$

۶۱- از روش ظرفیت فشرده برای مدل سازی سرد شدن یک کره مسی جامد با قطر D ، که در ابتدا درجه حرارت یکنواختی دارد و ناگهان در یک سیال خنک کننده غوطه ور می شود، استفاده می شود. اگر اکنون کره مسی با کره ای از جنس فولاد ضد زنگ جایگزین شود اما سایر پارامترهای مسئله ثابت بماند، درخصوص شرط اعتبار روش ظرفیت فشرده کدام گزینه درست است؟

(۲) سخت تر برقرار می شود.

(۱) راحت تر برقرار می شود.

(۳) بدون تأثیر باقی می ماند.

(۴) به دمای اولیه کره بستگی دارد.

۶۱. پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

به دلیل اینکه k فولاد ضد زنگ کوچکتر از مس می باشد عدد بایوت آن بزرگتر میشود و امکان دارد شرط ظرفیت فشرده نقض گردد یا به سختی برقرار شود.

$$Bi = \frac{hl}{k}$$

۶۲- یک پره مثلی بلند و یک پره مستطیلی بلند از یک جنس مشابه ساخته شده‌اند و طول، مساحت سطح پایه و دمای پایه یکسانی دارند. این دو پره در یک محیط با انتقال حرارت جابه‌جایی یکسان قرار گرفته‌اند. کدام مورد در خصوص بازده (Efficiency) و کارایی (Effectiveness) آن‌ها درست است؟

- (۱) پره مثلی هم بازده و هم کارایی بالاتری دارد.
- (۲) پره مستطیلی هم ~~بازده~~ بالاتر و هم کارایی بالاتری دارد.
- (۳) پره مثلی بازده بالاتری دارد، اما پره مستطیلی کارایی بالاتری دارد.
- (۴) پره مثلی کارایی بالاتری دارد، اما پره ~~مستطیلی~~ بازده بالاتری دارد.

۶۲. پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

با توجه به فرمول راندمان $\eta_f = \frac{q_f}{hA_f \theta_b}$ هرچه مساحت فین بیشتر شود رشد مخرج از صورت به دلیل اینکه انتقال حرارت در دمای پایه گرفته شده بیشتر است، پس راندمان مثلی از مستطیلی بیشتر می‌شود.

طبق فرمول کارایی $\varepsilon_f = \frac{q_f}{hA_{c,b} \theta_b}$ مخرج برای هر دو فین مثلی و مستطیلی یکسان است ولی صورت به علت اینکه فین مستطیلی مساحت بیشتری را دارد بزرگتر است

۶۳- کدام گزینه درست است؟

- (۱) تشابه اصلاح شده رینولدز برای جریان مغشوش، همواره برقرار است.
- (۲) ضریب انتقال حرارت جابه جایی، همواره تابعی از عدد رینولدز است.
- (۳) نرخ رشد لایه مرزی دما برحسب فاصله از لبه دیواره، در جریان آرام نسبت به جریان مغشوش محسوس تر است.
- (۴) نرخ کاهش ضریب انتقال حرارت جابه جایی برحسب فاصله از لبه دیواره، در جریان مغشوش نسبت به جریان آرام محسوس تر است.

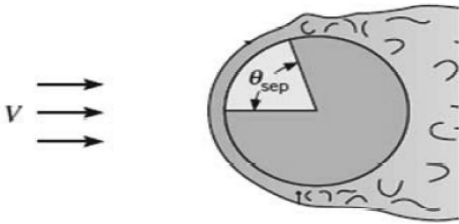
۶۳. پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

رد گزینه ۲: بعد توسعه یافتگی تابع رینولدز نیست.

رد گزینه ۳: رشد لایه مرزی درهم شدید تر از آرام است.

رد گزینه ۴: کاهش ضریب انتقال آرام بیشتر از درهم است.

۶۴- کدام مورد در خصوص انتقال حرارت جابه‌جایی در جریان متقاطع حول یک استوانه با دمای یکنواخت درست است؟



- (۱) با افزایش قطر استوانه، ضریب انتقال حرارت متوسط روی کل سطح استوانه همواره افزایش می‌یابد.
(۲) در نمودار تغییرات ضریب انتقال حرارت موضعی بر حسب زاویه از بالادست جریان، همواره یک یا دو مینیمم نسبی وجود دارد.
(۳) نرخ انتقال حرارت در پشت استوانه (نیم استوانه سمت راست) همواره بزرگتر از نرخ انتقال حرارت در جلوی آستانه (نیم استوانه سمت چپ) است.
(۴) نرخ انتقال حرارت در پشت استوانه (نیم استوانه سمت راست) همواره کوچکتر از نرخ انتقال حرارت در جلوی آستانه (نیم استوانه سمت چپ) است.

۶۴. پاسخ: گزینه صحیح ندارد. (گزینه ۱)

با توجه به فرمول ناسلت متوسط برای جریان حول استوانه برای رژیم جریان آرام و درهم داریم:

$$\overline{Nu}_D = \frac{\bar{h}D}{k} = C Re_D^m Pr^{1/3} \quad (7.52)$$

TABLE 7.2 Constants of Equation 7.52 for the circular cylinder in cross flow [11, 12]

Re_D	C	m
0.4–4	0.989	0.330
4–40	0.911	0.385
40–4000	0.683	0.466
4000–40,000	0.193	0.618
40,000–400,000	0.027	0.805

Handwritten analysis of the Nusselt number correlation:

$$\frac{\bar{h}D}{k} \propto D^{0.36 \text{ to } 0.8} \quad \bar{h} \propto D^{-0.7 \text{ to } -0.2} \rightarrow \bar{h} \propto \frac{1}{D^{0.25 \text{ to } 0.7}}$$

با توجه به توضیحات فوق ضریب انتقال حرارت متوسط با توان منفی D متناسب می‌گردد $\bar{h} \propto D^{-A}$ (که A مقداری بین ۰/۶۷ تا ۰/۲ می باشد) و با افزایش قطر ضریب متوسط انتقال حرارت کاهش می‌یابد (رد گزینه ۱). در همین فصل اینکروپرا نمودار زیر را داریم:

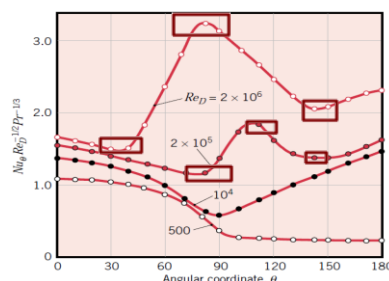
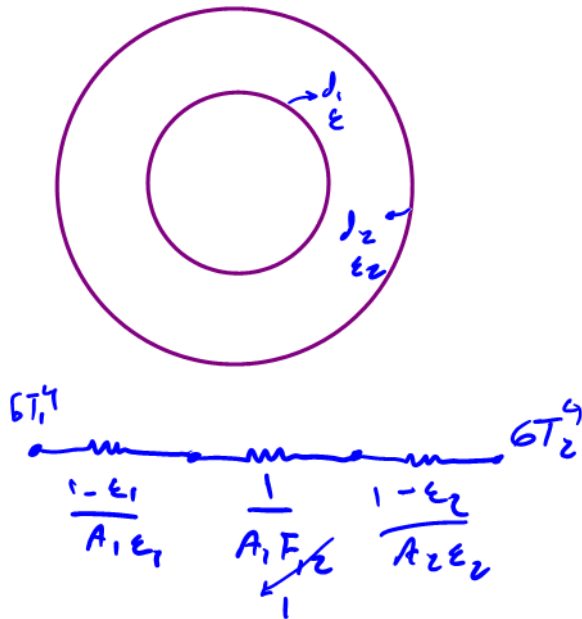


FIGURE 7.9 Local Nusselt number for airflow normal to a circular cylinder. Adapted with permission from Zukauskas, A., "Convective Heat Transfer in Cross Flow," in S. Kakac, R. K. Shah, and W. Aung, Eds., *Handbook of Single-Phase Convective Heat Transfer*, Wiley, New York, 1987.

که با توجه به نمودار فوق برای رینولدزهای پایین مانند ۵۰۰ مینیمم نسبی نداریم (رد گزینه ۲)، در رینولدزهای بالا نیمه راست استوانه انتقال حرارت بیشتر و در رینولدزهای پایین نیمه سمت چپ استوانه انتقال حرارت بیشتر دارد (رد گزینه ۳ و ۴).

۶۵- یک کره خاکستری کوچک (d_1 و ϵ_1) در مرکز یک محفظه کروی بزرگتر (d_2 و ϵ_2) قرار داده شده است. اگر دمای سطح کره کوچک T_1 و دمای سطح داخلی محفظه T_2 باشد، کدام گزینه نرخ خالص انتقال حرارت از کره کوچک به محفظه را تخمین می‌زند؟



$$q_{1-2} = \frac{\sigma A_1 (T_1^f - T_2^f)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1\right)} \quad (1)$$

$$q_{1-2} = \epsilon_1 \sigma A_1 (T_1^f - T_2^f) \quad (2)$$

$$q_{1-2} = \frac{\sigma A_1 (T_1^f - T_2^f)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \left(\frac{d_1}{d_2}\right) \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1\right)} \quad (3)$$

$$q_{1-2} = \frac{\sigma A_1 (T_1^f - T_2^f)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \left(\frac{d_2}{d_1}\right) \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1\right)} \quad (4)$$

۶۵. پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

$$q_{1-2} = \frac{\sigma (T_1^f - T_2^f)}{\frac{1-\epsilon_1}{A_1 \epsilon_1} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1-\epsilon_2}{A_2 \epsilon_2}} = \frac{\sigma (T_1^f - T_2^f)}{\frac{1}{A_1 \epsilon_1} + \frac{1-\epsilon_2}{A_2 \epsilon_2}} \quad \times A_1$$

$$q_{1-2} = \frac{\sigma A_1 (T_1^f - T_2^f)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2}} = \frac{\sigma A_1 (T_1^f - T_2^f)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \left(\frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2}\right)}$$

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

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$