

کد گنترل



336E

336

E

نام:

نام خانوادگی:

محل امضا:

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| صبح جمعه  | ۱۳۹۶/۱۲/۴  | جمهوری اسلامی ایران                                    | «اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.»<br>امام خمینی (ره) |
| دفترچه شماره (۱)  |  | وزارت علوم، تحقیقات و فناوری<br>سازمان سنجش آموزش کشور |  |
| آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمترکز) – سال ۱۳۹۷   |  |  |  |
| رشته مهندسی شیمی (کد ۰۳۶۰)  |  |  |  |
| مدت پاسخگویی: ۱۵۰ دقیقه   | تعداد سوال: ۴۵   |  |  |
| عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سوالات  |  |  |  |
| ردیف  | مواد امتحانی   | تعداد سوال   | از شماره   |
| ۱   | مجموعه دروس تخصصی: سینتیک و طراحی راکتور<br>– ترکیب دینامیک – پدیده‌های انتقال | ۴۵   | ۴۵   |
| استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.  |  | این آزمون نمره منفی دارد.                              |  |
| حق جاپ، تکثیر و انتشار سوالات به هر روش (الکترونیکی و...) بس از برگزاری آزمون، برای تمام اشخاص حبس و حقوق تها با معجز این سازمان مجاز می‌باشد و با مختلفین برابر عقوبات رفتار می‌شود. |  |  |  |

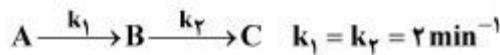
\* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول ذیل، بهمنزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... در جلسه این آزمون شرکت می‌نمایم.

امضا:

-۱ واکنش‌های زیر درجه یک و در یک راکتور همزده (CSTR) با خوراک A خالص با غلظت  $C_{A_0} = 5 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$  صورت

می‌گیرند:



اگر غلظت خروجی A  $\frac{\text{mol}}{\text{l}}$  باشد غلظت خروجی B بر حسب  $\frac{\text{mol}}{\text{l}}$  چقدر است؟

- (۱) ۰/۶      (۲) ۰/۸      (۳) ۱/۰      (۴) ۱/۲

-۲ واکنش  $A \rightarrow B$  با سرعت  $-r_A = kC_A^{\frac{1}{2}}$  در یک راکتور ناپیوسته (Batch) با حجم ثابت صورت می‌گیرد.

خوراک A خالص با غلظت اولیه  $C_{A_0} = 4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$  و  $k = 0.25 \frac{\text{min}^{-\frac{1}{2}}}{\text{L}}$  می‌باشد. غلظت A بر حسب

$\frac{\text{mol}}{\text{l}}$  بعد از ۲۰ دقیقه چقدر است؟

- (۱) ۰      (۲) ۰/۵      (۳) ۱      (۴) ۲

-۳ واکنش  $A \rightarrow B$  با سرعت  $-r_A = kC_A$  دارای زمان نیمه عمر ۲۰ دقیقه است، برای تبدیل ۷۵ درصد زمان واکنش چند دقیقه است؟

- (۱) ۱۰      (۲) ۲۰      (۳) ۵۰      (۴) ۶۰

-۴ واکنش  $A \rightarrow B$  با سرعت  $-r_A = k$  خوراک A خالص از یک راکتور برگشتی با نسبت برگشتی  $R = 1$  صورت می‌گیرد و درصد تبدیل A ۵۰ است. برای R = ۵ درصد تبدیل چقدر است؟

- (۱) ۱۰      (۲) ۲۵      (۳) ۵۰      (۴) ۷۵

-۵ واکنش گازی  $2R + A \rightarrow 2B$  در یک راکتور لوله‌ای پیوسته (PFT) به صورت ایزوترمال در فشار ثابت ۵ اتمسفر صورت می‌گیرد. خوراک به راکتور حاوی  $A: B = 5: 2$  و الباقی گاز خنثی است، غلظت B به صورت تابعی از درصد تبدیل A در هر لحظه کدام است؟

$$\frac{C_B}{C_{A_0}} = \frac{5}{2}(1 - x_A) \quad (۲)$$

$$\frac{C_B}{C_{A_0}} = \frac{2}{5}(1 - x_A) \quad (۱)$$

$$\frac{C_B}{C_{A_0}} = \frac{\frac{5}{2} - 2/11x_A}{1 - 0.23x_A} \quad (۴)$$

$$\frac{C_B}{C_{A_0}} = \frac{5 - 2/11x_A}{1 - 0.23x_A} \quad (۳)$$

-۶ واکنش فاز گاز با استوکیومتری  $A \rightarrow 2R$  در یک راکتور مخلوط شونده همزن‌دار (mixed) به حجم  $600\text{cm}^3$

انجام می‌شود. شدت جریان خوراک ورودی  $\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} 100$  است که مشکل از  $5\%$  گاز خنثی است. اگر زمان ماند

این راکتور ۵ دقیقه باشد، میزان درصد تبدیل چقدر است؟

۶۰ (۲)

۷۰ (۱)

۴۰ (۴)

۵۰ (۳)

-۷ واکنش  $2A + B \rightarrow \frac{1}{2}R + 3S$  با غلظت‌های خوراک برابر با  $1, 2, 3$  و  $5$  مولار برای بهتری  $S, R, B$  و  $A$  در

یک راکتور ناپیوسته با حجم ثابت محتوی واکنش صورت می‌پذیرد. رابطه بین غلظت‌های  $A$  و  $R$  در هر زمان کدام است؟

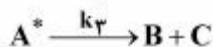
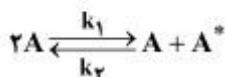
$$C_A = 13 - 4C_R \quad (۲)$$

$$C_A = 11 - \frac{1}{2}C_R \quad (۱)$$

$$C_A = 28 - 4C_R \quad (۴)$$

$$C_A = 14 - 2C_R \quad (۳)$$

-۸ واکنش  $A \rightarrow B + C$  طبق مکانیزم زیر صورت می‌گیرد:



اگر  $A^*$  یک ماده میانی پر انرژی باشد، کدام معادله سرعت واکنش صحیح است؟

$$-r_A = \frac{k_1 k_2 C_A^*}{k_2 + k_3 C_A} \quad (۲)$$

$$-r_A = \frac{k_1 k_2 C_A^*}{k_2 + k_3 C_A} \quad (۱)$$

$$-r_A = \frac{k_1}{k_2 + k_3} C_A^* \quad (۴)$$

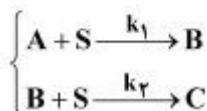
$$-r_A = \frac{k_1 k_2}{k_2} C_A \quad (۳)$$

-۹ در یک راکتور (CSTR) با حجم ثابت، واکنش‌های زیر انجام می‌شود. واکنش‌ها ابتدایی هستند و در حضور مقدار

زیادی ماده  $S$  (غلظت ماده  $S$  در شرایط ازدیاد excess) است) انجام می‌شود. غلظت ورودی  $C_{A_0}$ ،  $A$  و غلظت

ورودی  $C_{B_0}$ ،  $B$  و  $C_0$  است.  $B$  نیز در ورودی وجود ندارند. زمان اقامت در راکتور  $\tau$  است. غلظت ماده  $B$  بر حسب

زمان اقامت راکتور کدام است؟



$$\frac{C_B}{C_{A_0}} = \frac{1}{(1+k_1\tau)(1+k_2\tau)} \quad (۲)$$

$$\frac{C_B}{C_{A_0}} = \frac{\exp(-k_1\tau C_{S_0})}{(1+k_2\tau C_{S_0})} \quad (۱)$$

$$\frac{C_B}{C_{A_0}} = \frac{\exp(-k_2\tau)}{(1+k_1\tau)} \quad (۴)$$

$$\frac{C_B}{C_{A_0}} = \frac{k_1\tau C_{S_0}}{(1+k_1\tau C_{S_0}\tau)(1+k_2\tau C_{S_0}\tau)} \quad (۳)$$

- ۱۰- جریانی از یک مایع فشرده (سرد) در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  وارد یک مخزن اختلاط شده و با جریان بخار اشباع خشک از همان ماده و با همان شدت در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  مخلوط می‌شود. تحول اختلاط کاملاً یکنواخت (پایدار) است. جریان خروجی در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  و با کیفیت  $80$  درصد است. شدت انتقال حرارت محیط با مخزن اختلاط تقریباً چند کیلوژول به ازای واحد جرم جریان خروجی است؟

$$h_f = 200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad h_g = 2000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  داریم:

(۱)  $270$ (۲)  $540$ (۳)  $1080$ (۴)  $2160$ 

- ۱۱- یک بمب کالری‌متري به طور کامل درون یک مخزن آب (مایع) مجهز به یک همزن بسیار قوی قرار دارد. مقدار توان مصرفی همزن برابر  $100$  وات است. در مدت نیم ساعت مقدار  $2000$  کیلوژول گرما از بمب کالری‌متري به آب منتقل می‌شود. در همین مدت مقدار  $100$  کیلوژول گرما از آب به محیط (هوای) منتقل می‌گردد. افزایش انرژی داخلی آب، چند کیلوژول است؟

(۱)  $1720$ (۲)  $1820$ (۳)  $2080$ (۴)  $2180$ 

- ۱۲- یک گاز کامل با جرم مولکولی  $14$  وارد یک لوله افقی عایق فرضی می‌شود که مقطع آن به تدریج کم می‌شود. اگر آن گاز در دمای  $R = 700$  و با سرعت کم وارد شود و دمای خروجی برابر  $R = 200$  باشد، سرعت خروجی تقریباً چند فوت بر ثانیه خواهد بود؟

$$1\text{Btu} = 75 \text{ ft.lb}_f \quad C_p = 1/4 \quad g_c = 32 \frac{\text{lb}_m \cdot \text{ft}}{\text{lb}_f \cdot \text{s}^2}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1/4 \quad \sqrt{\gamma} = \sqrt{1/4} = 1/2 \quad \sqrt{5} = 2/\sqrt{2} = 1/\sqrt{2} = 1/\sqrt{3}$$

(۱)  $600$ (۲)  $1400$ (۳)  $2400$ (۴)  $3400$ 

- ۱۳- مواد ۱ و ۲ در حال تعادل مایع و بخار قرار دارند. ترکیب فاز مایع به صورت  $x_1 = 10\%$  است. با توجه به اطلاعات زیر کدام پاسخ صحیح است؟ (فاز بخار گاز کامل یا ایدئال فرض می‌شود)

$$\gamma_1 = 1/10$$

$$P_1^s = 1/2 \text{ bar}$$

$$\gamma_2 = 10\%$$

$$P_2^s = 1/10 \text{ bar}$$

(۱) محلول دارای آزنوتروب نیست.

(۲) محلول دارای یک آزنوتروب حداقل فشار است.

(۳) محلول دارای یک آزنوتروب حداقل فشار است.

(۴) اطلاعات مسئله برای تحقیق در خصوص وجود آزنوتروب کافی نیست.

- ۱۴ یک مول گاز پروپان از حجم  $1\text{m}^3$  به حجم  $40\text{m}^3$  انبساط می‌یابد. زمانی که در تماس با یک حمام حرارتی قرار می‌گیرد که در دمای  $10^\circ\text{C}$  ثابت نگه داشته می‌شود، فرایند انبساط بازگشت‌پذیر نیست. حرارت تولید شده از حمام  $4\text{kJ}$  است. به کمک معادله حالت واندروالس، مقدار کار فرایند، چند  $\frac{\text{J}}{\text{mol}}$  است؟

$$a = 0.96 \frac{\text{Jm}^3}{\text{mol}^2} \quad \text{و} \quad b = 0.082 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$

$$W = 9260 \quad (1)$$

$$W = 9360 \quad (2)$$

$$W = 9460 \quad (3)$$

$$W = 9560 \quad (4)$$

- ۱۵ سیلندر و پیستونی محتوی  $1\text{~kg}$  گاز واقعی است. اگر این گاز را به صورت ایزوترمال رورسیبل در دمای  $30^\circ\text{K}$  از فشار یک بار تا فشار  $100$  بار متراکم کنیم، مقدار تغییر انرژی آزاد هلمهولتز آن چند کیلوژول خواهد بود؟ (معادله ویریال  $Z = 1 + B'P$  را صادق فرض کنید)

$$\ln 2 = 0.7, \ln 3 = 1.1, \ln 5 = 1.6 \quad \text{و} \quad R = 0.083 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$690 \quad (1)$$

$$6900 \quad (2)$$

$$450 \quad (3)$$

$$4500 \quad (4)$$

- ۱۶ فرآربت نسبی سازنده اول نسبت به سازنده دوم در یک مخلوط دوجزئی در دمای  $30^\circ\text{C}$  از رابطه تجربی زیر به دست می‌آید:

$$\beta_{12} = \alpha_{12} = \frac{1 + 7x_2 - 2x_1^2}{1 + x_1 + 2x_1^2}$$

در صورتیکه نسبت فشارهای بخار اجزای خالص  $\frac{P_1^{\text{sat.}}}{P_2^{\text{sat.}}} = 1/5$  باشد، مقادیر  $\gamma_1^\infty$  و  $\gamma_2^\infty$  کدام است؟

$$\gamma_1^\infty = 3, \gamma_2^\infty = 2 \quad (1)$$

$$\gamma_1^\infty = 2, \gamma_2^\infty = 3 \quad (2)$$

$$\gamma_1^\infty = 6, \gamma_2^\infty = 4 \quad (3)$$

$$\gamma_1^\infty = 4, \gamma_2^\infty = 6 \quad (4)$$

- ۱۷ درون یک ظرف سرپوشیده کاملاً عایق مقدار  $1\text{ کیلوگرم}$  مایع الیف در دمای  $300\text{ K}$  وجود دارد. حال یک جسم فلزی به جرم  $2\text{ کیلوگرم}$  و دمای  $600\text{ K}$  را به درون آن می‌اندازیم و به اندازه کافی صبر می‌کنیم. تغییر خالص آنتروپوی این تحول به طور تقریبی چند کیلوژول بر کلوین است؟ (گرمای ویژه مایع برابر  $2\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$  و گرمای ویژه

$$\text{Ln}^3 = 1/1, \text{Ln}^2 = 0/7, \text{Ln}^5 = 1/6 \quad \text{فلز } 1^\circ \text{ است)$$

(۱)

(۲)

(۳)

(۴)

- ۱۸ فوگاسیتّه یک بخار داغ در دمای  $T$  و فشار  $atm$   $5^\circ$  تقریباً چند اتمسفر است؟ (ضریب تراکم پذیری در همین دما و همین فشار برابر  $8/0^\circ$  است)

$$\text{Exp}(x) = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \dots$$

(۱)

(۲)

(۳)

(۴)

- ۱۹ رابطه زیر به صورت تجربی برای فوگاسیتّه یک گاز خالص  $A$  به دست آمده است: ( $T$  بر حسب دمای کلوین است)

$$\text{Ln}f_i = (15 - \frac{100}{T})(P - 1)$$

مقدار آنتالپی باقیمانده آن گاز نسبت به فرض گاز کامل ( $H'$  یا  $\Delta H^R$ ) در دمای  $300\text{ K}$  و فشار  $1^\circ$  کدام است؟ (ثابت عمومی گازها و واحدها همه هماهنگ است)

(۱)

(۲)

(۳)

(۴)

- ۲۰ معادله حالت یک گاز واقعی از رابطه  $Z = 1 + B'P$  به دست می‌آید. مقدار کار لازم برای تحول ایزوترمال رورسیبل

$$R = \frac{8j}{\text{grmolK}}$$

$$\text{Ln}^2 = 0/7, \text{Ln}^3 = 1/1, \text{Ln}^5 = 1/6$$

(۱)

(۲)

(۳)

(۴)

یک گرم مول از آن گاز از فشار یک بار تا فشار  $5^\circ$  بار در دمای  $500\text{ K}$ ، چند ژول است؟

(۱)  $156^\circ$

(۲)  $6900$

(۳)  $15600$

(۴) با اطلاعات موجود در صورت مسئله قابل محاسبه نیست.

- ۲۱ - رابطه زیر به صورت تجربی در دما و فشار ثابت و مشخص برای انتروپی یک محلول دوجزئی به دست آمده است.

$$\frac{S}{R} = \frac{1}{2}x_1 + 2x_2 + x_1x_2(\circ/8x_1 + \circ/4x_2) - x_1\ln x_1 - x_2\ln x_2$$

کدام مقدار برای انتروپی افزونی یا اضافی این محلول با ترکیب  $x_1 = \circ/5$  صحیح است؟

$$S^E = \circ \quad (1)$$

$$S^E = \circ/12R \quad (2)$$

$$S^E = \circ/15R \quad (3)$$

$$S^E = \circ/2R \quad (4)$$

- ۲۲ - یک سیکل حرارتی به منظور احتراق یک سوخت با هوای محیط، بین دو منبع گرم با دمای  $T_h$  و منبع سرد با دمای  $T_c$  کار می‌کند. دمای منبع گرم  $T_h$  کمتر از دمای آدیباًتیک شعله  $T_{ad}$  است. فرض می‌شود بازده حرارتی این سیکل که یک سیکل برگشت‌ناپذیر است (۱) به صورت جزئی از بازده سیکل کارنو باشد ( $\eta = \alpha\eta_{carno}$ )

$$\text{که } \alpha = \frac{T_{ad} - T_h}{T_{ad} - T_c} \quad (1)$$

$$T_h = T_c \quad (1)$$

$$T_h = \frac{T_{ad}T_c}{T_{ad} + T_c} \quad (2)$$

$$T_h = \frac{1}{2}(T_{ad} + T_c) \quad (3)$$

$$T_h = \sqrt{T_{ad} T_c} \quad (4)$$

- ۲۳ - مقدار اختلاف حداقل کار مورد نیاز برای فرایند جداسازی در دما و فشار ثابت اجزای یک محلول دوجزئی به اجزای خالص در حالت مخلوط غیرایdenال و ایدئال برابر کدامیک از موارد زیر است؟ (فرایند به صورت جریانی و کاملاً یکنواخت (SSSF) است)

$$g^E \quad (1)$$

$$h^E \quad (2)$$

$$Ts^E \quad (3)$$

$$u^E \quad (4)$$

- ۲۴ - در یک محلول ۴ جزئی (شامل اجزاء A, B, C, D) ضریب نفوذ A در محلول یعنی  $D_{AM}$  چقدر است؟ مقادیر ضریب نفوذ A در تک‌تک اجزاء و همچنین مقادیر اجزاء در لایه انتقال جرم به شرح زیر داده شده است.

| جزء | جزء مولی | $D_{Ai}$             |
|-----|----------|----------------------|
| A   | ۰/۰۲     | $1/2 \times 10^{-9}$ |
| B   | ۰/۹۲     | $2/7 \times 10^{-9}$ |
| C   | ۰/۰۳     | $1/1 \times 10^{-9}$ |
| D   | ۰/۰۳     | $3/0 \times 10^{-9}$ |

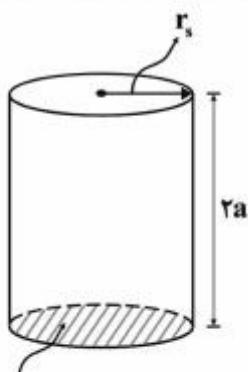
$$1/5 \times 10^{-9} \quad (1)$$

$$2/0 \times 10^{-9} \quad (2)$$

$$2/7 \times 10^{-9} \quad (3)$$

$$3/0 \times 10^{-9} \quad (4)$$

- ۲۵- انتقال جرم جزء A از درون قطعه جامد استوانه‌ای به محیط اطراف صورت می‌گیرد. یکی از سطوح قطعه استوانه‌ای مطابق شکل (سطح پایین) عایق‌بندی شده و انتقال جرم از آن صورت نمی‌گیرد. راندمان کلی انتقال جرم در چنین



عایق کاری شده است

$$\text{حالتي} \quad E = \frac{C_A - C_{A_0}}{C_A^* - C_{A_0}} \quad \text{تعريف می‌شود. در اين حالت، E کدام است؟}$$

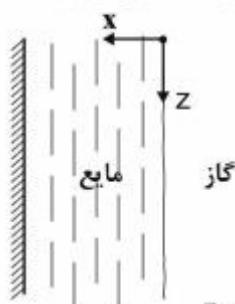
$$f_v\left(\frac{D\theta}{r_s}\right) \quad (1)$$

$$f_r\left(\frac{D\theta}{(2a)}\right) \quad (2)$$

$$f_v\left(\frac{D\theta}{r_s}\right) \cdot f_r\left(\frac{D\theta}{a}\right) \quad (3)$$

$$f_v\left(\frac{D\theta}{r_s}\right) \cdot f_r\left(\frac{D\theta}{(2a)}\right) \quad (4)$$

- ۲۶- رابطه زیر برای انتقال جرم به فیلم مایع از فاز گاز، ارائه شده است. این رابطه تحت چه شرایط خاصی برقرار است ؟ (kramers and kreyger)



$$ax \frac{\partial C_A}{\partial z} = D_{AB} \frac{\partial^r C_A}{\partial x^r} \quad \text{a) مقدار ثابت است}$$

(۱) واکنش شیمیایی سریع، نفوذ در جهت X

(۲) عدم واکنش شیمیایی، نفوذ در جهت X، حرکت توده در جهت Z

(۳) واکنش شیمیایی سریع، حرکت توده در جهت Z، زمان تماس طولانی، نفوذ در جهت X

(۴) عدم واکنش شیمیایی، زمان تماس کوتاه، عدم نفوذ در جهت Y و Z، حرکت توده در جهت Z

- ۲۷- ضریب دراگ (C\_D) برای یک ذره کروی در محدوده  $20 \leq Re_p \leq 300$  با رابطه  $C_D = 11 Re_p^{-\frac{1}{2}}$  داده شده

است. با در نظر گرفتن تشابه Chilton – Colburn و اینکه مرتبه مقداری نسبی دراگ اصطکاک به دراگ کل  $\frac{1}{2}$

باشد رابطه عدد  $Sh_p$  کدام است؟

$$\frac{16}{11} Re_p^{\frac{1}{2}} Sc^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\frac{11}{16} Re_p^{\frac{1}{2}} Sc^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\frac{11}{32} Re_p^{\frac{1}{2}} Sc^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\frac{11}{64} Re_p^{\frac{1}{2}} Sc^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

- ۲۸- یک قطره آب به شاعع  $R$  را در نظر بگیرید که در شرایط شبیه یکنواخت به داخل هوا اطراف تبخیر می‌گردد. با فرض عدم نفوذ هوا به قطره آب اگر فقط دمای هوا و قطره ۴ برابر شود و دیگر شرایط ثابت بماند زمان لازم برای تبخیر کامل قطره آب چه مقدار می‌شود؟

- (۱)  $\frac{1}{2}$   
 (۲)  $\frac{1}{4}$   
 (۳)  $\frac{1}{8}$   
 (۴)  $\frac{1}{16}$

- ۲۹- اگر دو مخزن بزرگ حاوی گازهای A و B در دما و فشار ثابت توسط یک شیپورهای با شاعع‌های  $R_1$  و  $R_2$  در دو انتهای متصل شده باشند و عمل نفوذ جرم صورت گیرد، نرخ انتقال جرم متناسب با کدام یک از موارد زیر است؟

- (۱)  $\sqrt{R_1 R_2}$   
 (۲)  $\frac{R_1}{R_2}$   
 (۳)  $R_1 R_2$   
 (۴)  $(R_1 R_2)^7$

- ۳۰- یک میله استوانه‌ای از جنس نفتالین در هوای ساکن تعیید می‌گردد. اگر فقط دمای استوانه و هوا اطراف ۴ برابر گردد، زمان لازم برای تعیید استوانه در شرایط شبیه یکنواخت چند برابر می‌شود؟

- (۱)  $\frac{1}{2}$   
 (۲)  $\frac{1}{4}$   
 (۳)  $\frac{1}{8}$   
 (۴)  $\frac{1}{16}$

- ۳۱- عدد دامکوهلر (Da) بیانگر چیست؟

- (۱) رقابت انتقال جرم با انتقال حرارت است.  
 (۲) رقابت کینتیک واکنش با انتقال جرم است.  
 (۳) بهبود انتقال جرم در اثر انتقال مومنتوم است.  
 (۴) تأخیر زمانی انتقال جرم بهدلیل انتقال مومنتوم و انتقال حرارت است.

۳۲- عدد بایوت و عدد ناسلت به ترتیب  $Nu = \frac{hL}{k}$  و  $Bi = \frac{hL}{k}$  تعریف می‌شوند. کدام یک از عبارت‌های زیر درست است؟  
(L: طول مشخصه)

- ۱) بایوت معرف انتقال حرارت در دو فاز و ناسلت معرف انتقال حرارت در یک فاز است.
- ۲) مفهوم بایوت صرفاً برای جامدات و مفهوم ناسلت برای سیالات کاربرد دارد.
- ۳) بایوت معرف انتقال حرارت گذرا و ناسلت معرف انتقال حرارت پایا است.
- ۴) بایوت و ناسلت در بعضی از شرایط فیزیکی مفهوم یکسانی دارند.

۳۳- جریان الکتریسیته از درون یک سیم فولادی با شعاع R و ضریب انتقال حرارت هدايتی k عبور کرده و انرژی حرارتی با نرخ ثابت  $\frac{W}{m^3}$  در درون آن تولید می‌شود. سطح بیرونی این سیم در معرض هوایی با دمای  $T_\infty$  باشد.

ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی h می‌باشد. دمای سطح سیم ( $T_s$ ) و مقدار گرادیان دما  $(\frac{\partial T}{\partial r})$  در سطح این سیم از کدام رابطه به دست می‌آید؟

$$T_s = T_\infty + \frac{2\dot{q}R}{h}, \frac{\partial T}{\partial r} = -\frac{2\dot{q}R}{k} \quad (1)$$

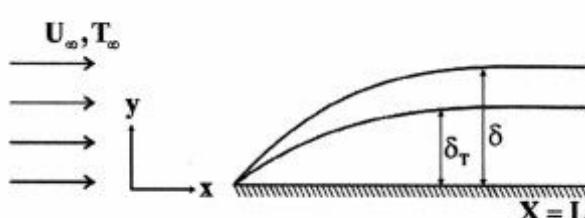
$$T_s = T_\infty + \frac{\dot{q}}{hR}, \frac{\partial T}{\partial r} = -\frac{\dot{q}R}{rk} \quad (2)$$

$$T_s = T_\infty + \frac{\dot{q}R}{rh}, \frac{\partial T}{\partial r} = -\frac{\dot{q}R}{rk} \quad (3)$$

$$T_s = T_\infty + \frac{\dot{q}R}{2h}, \frac{\partial T}{\partial r} = -\frac{\dot{q}R}{4k} \quad (4)$$

۳۴- معادله موازنۀ انرژی حاکم برای جریان سیال بر روی یک صفحه تخت مطابق شکل به صورت زیر است. در چه شرایط عملیاتی از نظر مقدار  $U_\infty$  عبارت اتفاف لزجتی (Viscous Dissipation) اهمیت پیدا می‌کند؟

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\mu}{\rho cp} \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2$$



$$\frac{\delta}{L} \sim Re_L^{-\frac{1}{2}}$$

$$\Delta T = T_w - T_\infty$$

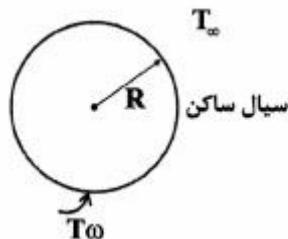
$$U_\infty \sim \sqrt{\frac{cp}{\Delta T}} \quad (1)$$

$$U_\infty \sim \sqrt{cp\Delta T} \quad (2)$$

$$U_\infty \sim \frac{cp}{\Delta T} \quad (3)$$

$$U_\infty \sim cp\Delta T \quad (4)$$

- ۳۵ در انتقال حرارت از یک کره گرم به شعاع  $R$  به سیال ساکن اطراف آن اگر نرخ انتقال گرما را مشابه قانون سرمایش نیوتن بنویسیم،  $h$  معادل کدام است؟



$$\frac{2k}{R} \quad (1)$$

$$\frac{2k}{3R} \quad (2)$$

$$\frac{k}{2R} \quad (3)$$

$$\frac{k}{R} \quad (4)$$

- ۳۶ گرهای به قطر  $D$ ، استوانه‌ایی بلند به قطر  $D$  و تیغه بلندی به ضخامت  $D$  را در نظر بگیرید که از مواد یکسانی ساخته شده و درون آن‌ها گرما با شدت حجمی یکسانی تولید می‌شود. مقدار دمای سطوح گرمه ( $T_s$ )، استوانه (T\_c) و تیغه (T\_p) کدام است؟ (فرض کنید که ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی برای هر ۳ حجم یکسان و برابر است)

$$T_p > T_c > T_s \quad (2) \qquad T_c = T_s < T_p \quad (1)$$

$$T_s > T_p = T_c \quad (4) \qquad T_s > T_c > T_p \quad (3)$$

- ۳۷ گرما با فلاکس  $q_1$  به شیوه جابه‌جایی آزاد توسط هوا در فشار یک اتمسفر در اثر وجود اختلاف دمای  $\Delta T$  تبادل می‌شود، چنانچه فلاکس گرما در اثر افزایش ۳۰ درصدی اختلاف دما برابر  $q_2$  باشد، گزینه درست کدام است؟

$$q_2 = 1/3q_1 \quad (2) \qquad q_2 = q_1 \quad (1)$$

$$q_1 < q_2 < 1/3q_1 \quad (4) \qquad q_2 > 1/3q_1 \quad (3)$$

- ۳۸ آب ورودی به یک کندانسور که برای میعان کامل بخار خالصی به کار می‌رود با دمای  $T_{in}$  وارد و با دمای  $T_{out}$  خارج می‌شود. دبی جرمی بخار خالص ورودی و آب به ترتیب  $m_v$  و  $m_w$  است. اگر بخار ورودی به کندانسور به اندازه  $a$  درجه سانتی گراد سوپرهیت شود و مایع میعان یافته در دمای اشباع خود خارج شود، به شرط عدم تغییر دمای ورود و خروج آب خنک کننده مقدار بخار میعان یافته در این حالت در این کندانسور از کدام رابطه زیر به دست می‌آید؟ (h\_fg گرمای نهان تبخیر مایع میغان یافته است)

$$\frac{\dot{m}_w c p_w (T_{out} - T_{in}) - \dot{m}_v c p_v a}{h_{fg} - c p_v a} \quad (2) \qquad \frac{\dot{m}_w c p_w (T_{out} - T_{in})}{h_{fg} + c p_v a} \quad (1)$$

$$\frac{\dot{m}_w c p_w (T_{out} - T_{in}) - \dot{m}_v c p_v a}{h_{fg}} \quad (4) \qquad \frac{\dot{m}_w c p_w (T_{out} - T_{in}) + \dot{m}_v c p_v a}{h_{fg}} \quad (3)$$

- ۳۹ اگر تابع جریان حول استوانه‌ای به شعاع  $a$  که با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\Gamma$  حول محوری دوران می‌کند و جریان با سرعت ثابت  $U$  از روی آن عمور می‌کند به صورت زیر باشد، کدام گزینه صحیح است؟

$$\Psi = U(r - \frac{a^2}{r}) \sin \theta + \frac{2}{2\pi} \ln r \qquad \Gamma = 0 \quad (1)$$



- ۴۰- اگر ضخامت لایه مرزی در جریان آرام با توجه به رابطه  $\frac{5}{\sqrt{Re}}$  در طول لوله رشد نماید، رابطه محاسبه طول توسعه

یافتنگی جریان در لوله کدام است؟

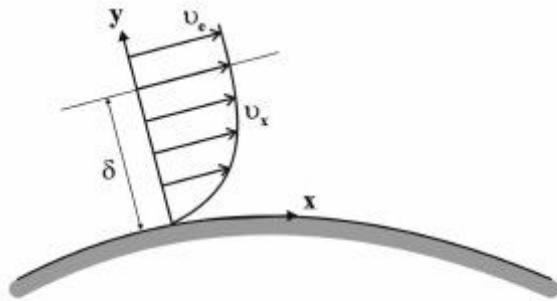
(۱)  $0.1 Re^{\frac{1}{2}}$

(۲)  $0.1 Re^{\frac{1}{4}}$

(۳)  $1.0 Re^{\frac{1}{2}}$

(۴)  $1.0 Re^{\frac{1}{4}}$

- ۴۱- قابع سرعت ( $v_x$ ) در عرض لایه مرزی چگونه است؟



(۱) در صورتی که جریان بیرونی دارای شتاب منفی باشد نقطه عطف ندارد.

(۲) در شرایط گرادیان فشار معکوس ( $\frac{\partial P}{\partial x} < 0$ ) دارای نقطه عطف است.

(۳) در شرایط گرادیان فشار مطلوب ( $\frac{\partial P}{\partial x} > 0$ ) می‌تواند دارای نقطه عطف باشد.

(۴) در صورتی که جریان بیرونی دارای شتاب مثبت باشد می‌تواند نقطه عطف داشته باشد.

- ۴۲- با فرض اینکه سرعت گردابه‌های کولموگروف به آهنگ اتفاف انرژی جنبشی گردابه‌ها در واحد جرم و ویسکوزیته سینماتیکی سیال ( $v$ ) بستگی داشته باشد، به کمک آنالیز ابعادی رابطه مقیاس سرعت گردابه‌های کولموگروف کدام است؟

(۱)  $(v \epsilon)^{\frac{1}{2}}$

(۲)  $(\epsilon / v)^{\frac{1}{2}}$

(۳)  $(v \epsilon)^{\frac{1}{4}}$

(۴)  $(\epsilon / v)^{\frac{1}{4}}$

- ۴۳- مؤلفه‌های سرعت سیال به صورت زیر داده شده است، کدام گزینه در مورد جریان سیال صحیح است؟

$$u = 2x + 3yz, \quad v = x + z, \quad w = -x + y$$

(۱) جریان سیال تراکم‌ناپذیر است.

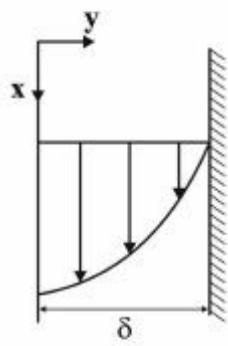
(۲) جریان سیال همواره منبسط شونده است.

(۳) جریان سیال همواره منقبض شونده است.

(۴) جریان سیال در برخی نقاط منبسط و در برخی نقاط منقبض شونده است.

- ۴۴- توزیع سرعت در فیلم ریزان مایع با توجه به مختصات نشان داده شده در شکل از معادله زیر پیروی می‌کند. اگر دبی جرمی به ازاء واحد پهنه‌ای فیلم  $\Gamma$  باشد، ضخامت فیلم ریزان مایع از کدام رابطه به دست می‌آید؟ ( $\gamma$  وزن مخصوص مایع،  $\mu$  ویسکوزیته،  $v$  ویسکوزیته سینماتیک و  $\delta$  ضخامت فیلم است)

$$u(y) = \frac{\gamma \delta^2}{\gamma \mu} \left[ 1 - \left( \frac{y}{\delta} \right)^2 \right]$$



$$\delta = \sqrt{\frac{v \Gamma}{2 \gamma}} \quad (1)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{v \Gamma}{3 \gamma}} \quad (2)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2 v \Gamma}{\gamma}} \quad (3)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{3 v \Gamma}{\gamma}} \quad (4)$$

- ۴۵- مفهوم فیزیکی کدامیک از اعداد بدون بعد زیر صحیح است؟

$$\text{Bond Number } B_o : \frac{\text{نیروی ثقلی}}{\text{نیروی تنش سطحی}} \quad (1)$$

$$\text{Reynold's Number Re} : \frac{\text{نیروی حرکتی}}{\text{نیروی ثقلی}} \quad (2)$$

$$\text{Froude Number Fr} : \frac{\text{نیروی ثقلی}}{\text{نیروی حرکتی}} \quad (3)$$

$$\text{Webber Number We} : \frac{\text{نیروی تنش برشی}}{\text{نیروی تنش سطحی}} \quad (4)$$





