

انتقال جرم



فصل اول

«عملیات انتقال جرم»

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول

(سراسری ۷۶)

کج ۱- اصول طراحی دستگاه‌های انتقال جرم، دستیابی به تعداد مراحل..... است.

(۱) ایده‌آل، ارتفاع، میزان طغیان

(۲) واقعی، انرژی‌های حرارتی، مکانیکی و دبی جریانات

(۳) واقعی و زمان تماس لازم

(۴) ایده‌آل و راندمان کلی

(سراسری ۷۷)

کج ۲- عملیات انتقال جرم در شش انسان بوسیله کدام فرآیند صورت می‌گیرد؟

(۴) لایه مایع ریزان

(۳) غشاء

(۲) دفع

(۱) جذب سطحی

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱- گزینه «۲» در طراحی هر واحد مربوط به انتقال جرم، چهار عامل اصلی می‌بایستی تعیین گردد که عبارتند از: تعداد مراحل ایده‌آل یا معادل آنها، زمان لازم برای تماس فازها، شدت جریان‌های مجاز و انرژی‌های مورد نیاز.

۲- گزینه «۳» روش‌های مختلفی برای جداسازی وجود دارد، یکی از این روش‌ها استفاده از غشاء است. غشاها قابلیت عبور دهی مولکول‌ها را به صورت انتخابی دارند و نقش اصلی آنها جلوگیری از مخلوط شدن دو فاز است. از غشاء عمدتاً برای سیستم‌های گاز - گاز، گاز - مایع و مایع - مایع استفاده می‌شود. غشاها بصورت متخلخل و غیر متخلخل می‌باشند. شش انسان یک بافت متخلخل است که در آن انتقال جرم بین هوا و خون (سیستم گاز - مایع) صورت می‌گیرد. در واقع اکسیژن هوا در این فرآیند منتقل می‌شود.



فصل دوم

«نفوذ مولکولی»

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دوم

(سراسری ۷۵)

- (۱) گازها با فشار رابطه مستقیم دارد.
 (۲) گازها بستگی زیادی به غلظت دارد.
 (۳) مایعات با فشار رابطه معکوس دارد.
 (۴) مایعات به غلظت حل شونده بستگی دارد.

کدام ۱- ضریب نفوذ در

- (۱) گازها با فشار رابطه مستقیم دارد.
 (۲) گازها بستگی زیادی به غلظت دارد.
 (۳) مایعات با فشار رابطه معکوس دارد.
 (۴) مایعات به غلظت حل شونده بستگی دارد.

کدام ۲- شکست $NH_3(A)$ در یک بستر کاتالیست، با واکنش سریع $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$ منجر به تولید $N_2(B)$ و $H_2(C)$ می‌شود مقدار

(سراسری ۷۵)

$$\frac{N_A}{(N_A + N_B + N_C)} \text{ مساوی است با:}$$

- (۱) -۱ (۲) $-\frac{1}{3}$ (۳) ۱ (۴) $\frac{1}{3}$

کدام ۳- دو گاز A و B در یکدیگر نفوذ متقابل به صورت $N_A = -N_B$ دارند. مقدار N_A (نفوذ مولکولی A) برابر کدام است؟ (توضیحات: $P_A =$ فشار جزئی A، $P_t =$ فشار کل و $C =$ دانسیته مولی).

(سراسری ۷۵)

$$\frac{D_{AB}}{RTZP_{BM}} (P_{A1} - P_{A2}) \quad (۴) \quad \frac{D_{AB}}{RTZ} (P_{A1} - P_{A2}) \quad (۳) \quad \frac{D_{AB} \cdot C}{Z} \ln \frac{1 - \frac{CA_2}{C}}{1 - \frac{CA_1}{C}} \quad (۲) \quad \frac{D_{AB}}{RTZ} \ln \frac{P_t - P_{A2}}{P_t - P_{A1}} \quad (۱)$$

کدام ۴- گاز متان $(A)CH_4$ از توده گازی به سطح کاتالیزوری که آغشته به اکسید منگانیک است، نفوذ کرده اکسید شده به صورت گاز CO_2 و بخار آب

(سراسری ۷۵)

در می‌آید که هر دو به داخل توده گاز برمی‌گردند. مقدار $\frac{N_A}{\sum N}$ برابر است با:

- (۱) -۱ (۲) $-\frac{1}{2}$ (۳) $-\frac{1}{3}$ (۴) $-\frac{1}{4}$

کدام ۵- در یک مخلوط گازی دو جزئی با نفوذ متقابل $N_A = -N_B$ ، $D_{AB} = \frac{Cm^2}{s}$ ، $z = 2cm$ ، $P_{A1} = 100$ ، $P_{A2} = 50$ میلی‌متر جیوه

(سراسری ۷۵)

است، مقدار N_A چقدر است؟

$$\frac{3}{5} \times 10^{-8} \frac{mol}{Cm^2s} \quad (۴) \quad \frac{1}{58} \times 10^{-8} \frac{mol}{Cm^2s} \quad (۳) \quad \frac{4}{5} \times 10^{-8} \frac{mol}{Cm^2s} \quad (۲) \quad \frac{2}{73} \times 10^{-8} \frac{mol}{Cm^2s} \quad (۱)$$

کدام ۶- حلالیت کریستال سولفات مس $5H_2O$ ، $CuSO_4$ را در ظرف خالص آب در نظر بگیرید. جهت حرکت Bulk به سمت بالا و نفوذ A... (سراسری ۷۵)

- (۱) و B به سمت بالاست.
 (۲) و B به سمت پایین است.
 (۳) همسو با Bulk و غیر همسو با B است.
 (۴) غیر همسو با Bulk و B است.

(سراسری ۷۶)

کدام ۷- کدامیک از روابط زیر قانون دوم فیک را نشان می‌دهد؟

$$J_{AZ} = D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial Z} \quad (۴) \quad N_A = (N_A + N_B) - \nabla^z C_A \quad (۳) \quad J_A = -D_{AB} \nabla^z C_A \quad (۲) \quad \frac{\partial C_A}{\partial \theta} = D_{AB} \nabla^z C_A \quad (۱)$$

کدام ۸- ضریب نفوذ مولکولی گاز NO_2 در گاز ازت در شرایط معمولی حدوداً $1/75 \times 10^{-5}$ متر مربع بر ثانیه می‌باشد. با توجه به این کمیت، مقدار ضریب نفوذ مولکولی NO_2 در آب چند متر مربع بر ثانیه است؟ (سراسری ۷۶)

- (۱) $3/5 \times 10^{-2}$ (۲) $3/5 \times 10^{-5}$ (۳) $3/5 \times 10^{-9}$ (۴) $3/5$

کدام ۹- در یک فرمانتور، O_2 از درون هوا جذب آب می‌شود، عدد Sc برای جذب O_2 در آب ۲۱۵ است. در صورتی که ویسکوزیته و دانسیته آب و هوا

(سراسری ۷۶)

در شرایط مسأله برابر باشد با:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{H_2O} = 6/94 \times 10^{-4} \text{ kg/ms} \\ \rho_{H_2O} = 994 \text{ kg/m}^3 \end{array} \right. , \left\{ \begin{array}{l} \mu_{air} = 0/0173 \text{ kg/ms} \\ \rho_{air} = 1/13 \text{ kg/m}^3 \end{array} \right.$$

ضریب نفوذ O_2 در آب چند $\frac{m^2}{s}$ است؟

- (۱) $4/5 \times 10^{-10}$ (۲) $3/25 \times 10^{-9}$ (۳) $7/12 \times 10^{-6}$ (۴) $3/25 \times 10^{-4}$



(سراسری ۷۶)

۱۰- Diffusivity در مایعات، تابع مستقیمی از:

$$T^{\frac{1}{2}} \quad (1) \quad \mu, T^{\frac{1}{2}} \quad (2) \quad \frac{1}{\mu}, T^{\frac{1}{2}} \quad (3) \quad \frac{1}{\mu}, T \quad (4)$$

۱۱- ضریب نفوذ مولکولی گاز A در گاز B در دمای 70°C و فشار 5 / اتمسفر برابر $\frac{m^2}{s} \times 10^{-5} \times 2$ است. در شرایط متعارفی این ضریب چه مقدار

(سراسری ۷۷)

تغییر می‌یابد؟ (بر حسب $\frac{m^2}{s}$)

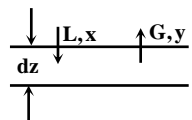
$$2/84 \times 10^{-5} \quad (1) \quad 3/43 \times 10^{-5} \quad (2) \quad 3/27 \times 10^{-5} \quad (3) \quad 3/11 \times 10^{-5} \quad (4)$$

(سراسری ۷۷)

۱۲- ضریب نفوذ مولکولی:

- (۱) در گازها از مایعات بیشتر و تابعی است از درجه حرارت
(۲) در مایعات بیشتر از گازها و تابعی است از غلظت
(۳) در گازها کمتر از جامدات است.
(۴) در گازها از مایعات کمتر ولی بیشتر از جامدات است.

(سراسری ۷۷)

۱۳- در برج‌های جذب تماس پیوسته موازنه دیفرانسیلی برای ماده منتقل شونده در طول dz توسط کدام رابطه تعیین می‌شود؟

$$N_A = -\frac{d(Gy)}{adz} \quad (2) \quad N_A = \frac{d(Gy)}{adz} \quad (1)$$

$$N_A = \frac{Gdy}{adz} \quad (4) \quad N_A = \frac{ydG}{adz} \quad (3)$$

(سراسری ۷۷)

۱۴- نفوذ یک جزء در یک جزء نفوذناپذیر (در یک فیلم ساکن) در چه مسائلی دیده می‌شود؟

- (۱) رطوبت زدایی
(۲) نفوذپذیری در داخل مخلوط دوتایی
(۳) واکنشهای کاتالیستی
(۴) واکنشهای کاتالیستی و رطوبت زدایی

۱۵- یک مخلوط گازی شامل 10 مول A و 30 مول B است. اگر گاز A با سرعت $19 \frac{m}{s}$ به سمت چپ و گاز B با سرعت $5 \frac{m}{s}$ به سمت راست حرکت

(سراسری ۷۷)

کند، سرعت متوسط مولی مخلوط چند $\frac{m}{s}$ به سمت چپ خواهد بود؟

$$-1 \quad (1) \quad 0/35 \quad (2) \quad 1 \quad (3) \quad 14 \quad (4)$$

۱۶- یک قطره تولوئن مایع توسط یک سیم نازک در هوا معلق است. رابطه بین زمان تبخیر شدن آن با شعاع اولیه قطره به چه صورت می‌باشد؟

(سراسری ۷۷)

- (۱) عکس با شعاع
(۲) عکس با مجذور شعاع
(۳) مستقیم با شعاع
(۴) مستقیم با مجذور شعاع

۱۷- در دو طرف یک لایه نازک از محلول فنل (C_6H_5OH) در داخل آب غلظت فنل ۶ و ۲ درصد وزنی می‌باشد. در این حالت مقدار x_{BM} برابر

(سراسری ۷۷)

است با:

$$0/992 \quad (1) \quad 0/583 \quad (2) \quad 0/385 \quad (3) \quad 0/299 \quad (4)$$

(سراسری ۷۷)

۱۸- واکنش $A + 2B \rightarrow 2C$ در فاز گازی بر روی کاتالیست انجام می‌شود. نسبت $\frac{N_A}{\sum N_i}$ برابر است با:

$$\frac{1}{6} \quad (4) \quad \frac{1}{3} \quad (3) \quad \frac{1}{2} \quad (2) \quad \frac{2}{3} \quad (1)$$

۱۹- مخلوطی از دو گاز A و B با کسر جرمی $\omega_A = 0/75$ وجود دارد. اگر سرعت اجزاء A و B به ترتیب برابر $3 \frac{m}{s}$ و $6 \frac{m}{s}$ باشد، سرعت متوسط

(سراسری ۷۷)

جرمی مخلوط (بر حسب $\frac{m}{s}$) چیست؟

$$3/5 \quad (4) \quad 3/75 \quad (3) \quad 4/25 \quad (2) \quad 5 \quad (1)$$

۲۰- مخلوطی گازی محتوی 30 درصد ازت و 70 درصد اکسیژن می‌باشد. اگر سرعت مطلق اکسیژن نسبت به محوری ۵ متر بر ثانیه و سرعت مطلق

(سراسری ۷۸)

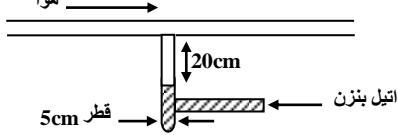
ازت نسبت به همان محور ۴ متر بر ثانیه باشد، سرعت متوسطی مولی مخلوط نسبت به آن محور برابر است با

$$4/7 \quad (4) \quad 4/5 \quad (3) \quad 3/7 \quad (2) \quad 1/3 \quad (1)$$

۲۱- نفوذ مولکولی به خاطر اختلاف در و حرکت توده‌ای به خاطر اختلاف در است. (سراسری ۷۸)

(۱) غلظت - پتانسیل شیمیایی (۲) فشار - غلظت (۳) فشار - درجه حرارت (۴) غلظت - فشار

۲۲- ضریب نفوذ اتیل بنزن در هوا در $38/6^{\circ}\text{C}$ و فشار اتمسفریک $\frac{m^2}{s} = 7/9 \times 10^{-6}$ و فشار بخار اتیل بنزن 20 mmHg است. با توجه به ابعاد نشان داده شده در شکل، دبی مولی اتیل بنزن ورودی چقدر باشد تا سطح اتیل بنزن در استوانه ثابت بماند؟ جریان هوای بالای استوانه این اطمینان را ایجاد می‌کند که فشار جزئی اتیل بنزن در قسمت بالایی استوانه صفر است. $(C = 0/04 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3})$ (سراسری ۷۹)



$$N_A = \frac{N_A}{N_A + N_B} \frac{CD_{AB}}{z} \quad \text{Ln} \frac{\frac{N_A}{N_A + N_B} - y_{A2}}{\frac{N_A}{N_A + N_B} - y_{A1}}$$

(۱) $3/10 \times 10^{-9} \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$ (۲) $2/98 \times 10^{-7} \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$ (۳) $1/58 \times 10^{-6} \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$ (۴) $5/69 \times 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$

۲۳- نفوذ مولکولی در سیالات توسط قانون فیک بیان می‌گردد. $J_A = -D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial z}$ این رابطه در کدام مورد صحیح است؟ (سراسری ۷۹)

(۱) در هر محلول (۲) تنها برای مایعات (۳) تنها در مورد محلول‌های با غلظت کل ثابت (ثابت C) (۴) تنها برای محلول‌های دارای غلظت کل متغیر نسبت به زمان

۲۴- یک مخلوط گازی را در نظر بگیرید. در کدام یک از حالات زیر ضریب نفوذ جزء i در مخلوط گازی (m) تقریباً با ضریب نفوذ جزء i در جزء j (جزء دلخواه) برابر خواهد بود؟ $(D_{im} \approx D_{ij})$ (سراسری ۷۹)

(۱) وقتی $N_A = -N_B$ باشد. (۲) وقتی $\sum_{i=1}^n N_{ij} = N_A, N_A \neq 0$ باشد.

(۳) تحت هر شرایطی، زیرا همواره $\sum_{i=1}^n J_{ij} = 0$ می‌باشد. (۴) وقتی تمامی D_{ij} ها تقریباً برابر باشند و $j = 1, 2, \dots, n$ می‌باشد.

۲۵- در هوای آزاد و ساکن برای تصعید یک کره نفتالین به شعاع r_1 ، کدام کمیت ثابت است؟ (حالت پایا برقرار است) (سراسری ۷۹)

(۱) N_A (۲) J_A (۳) $N_A 4\pi r_1^2$ (۴) $J_A (\frac{4}{3}\pi r_1^3)$

۲۶- دو ذره هم اندازه و هم شکل یکی از جنس CuSO_4 بدون آب و دیگری از جنس $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ را در ظرف بزرگی از آب قرار می‌دهیم اگر ضخامت فیلم نفوذ اطراف هر دو ذره مساوی باشد، کدام گزینه صحیح است؟ (N_D) فلاکس CuSO_4 در سطح ذره خشک و (N_w) در سطح ذره آبدار است. (سراسری ۸۰)

(۱) $N_D = N_w$ (۲) $N_D > N_w$ (۳) $N_w > N_D$ (۴) $N_D = \frac{1}{\sqrt{5}} N_w$

۲۷- تجزیه A در یک بستر کاتالیستی با واکنش سریع $2A \rightarrow B + 3C$ منجر به تولید C, B می‌شود، مقدار $\frac{N_A}{N_A + N_B + N_C}$ چقدر است؟ (سراسری ۸۰)

(۱) $\frac{1}{3}$ (۲) ۱ (۳) $-\frac{1}{3}$ (۴) -۱

۲۹- اگر فلاکس مولی نفوذ جزئی A توسط رابطه ذیل بیان شود، کدام عبارت درست است؟ $J_A = -D_{AB} \nabla C_A$ (آزاد ۸۰)

(۱) ضریب نفوذ، D_{AB} ، ثابت است. (۲) غلظت کلی سیستم چند جزئی، C، ثابت است. (۳) غلظت کلی سیستم یعنی C متغیر و D_{AB} ثابت است. (۴) این رابطه همواره برقرار است.

۳۰- مخلوط گازی محتوی ۳۰ درصد ازت و ۷۰ درصد اکسیژن می‌باشد. اگر سرعت مطلق ازت نسبت به مختصات ثابت برابر ۴ متر بر ثانیه و سرعت متوسط مولی مخلوط نسبت به همین مختصات برابر ۴/۷ متر بر ثانیه باشد. سرعت مطلق اکسیژن نسبت به مختصات برابر است با متر بر ثانیه. (آزاد ۸۰)

(۱) ۵ (۲) ۴ (۳) ۶ (۴) ۴/۵



۳۱- نفوذ مولکولی به خاطر اختلاف در و حرکت توده ای به خاطر اختلاف در می‌باشد. (آزاد ۸۰)

(۱) پتانسیل شیمیایی - فشار (۲) غلظت - فشار (۳) دما - فشار (۴) فشار - غلظت

۳۲- مخلوطی از گاز هلیوم (A) و نیتروژن (B) در یک لوله به طول $2m$ در دمای $298K$ و فشار یک اتمسفر قرار دارد. فشار جزئی هلیوم در دو طرف لوله به ترتیب $0.6atm$ و $0.2atm$ می‌باشد محاسبه شار مولی هلیوم کدام است؟ (سراسری ۸۱)

$$1atm = 1.01325 \times 10^5 Pa, D_{AB} = 0.687 \times 10^{-4} \frac{m^2}{s}, R = 8314 \frac{m^2 \cdot Pa}{K \cdot mol}$$

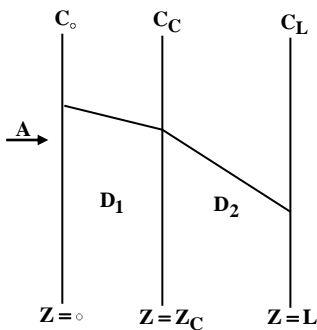
$$J_A = 5/63 \times 10^{-5} \frac{Kgmol}{m^2 \cdot s} \quad (2)$$

$$J_A = 4/52 \times 10^{-5} \frac{Kgmol}{m^2 \cdot s} \quad (1)$$

$$J_A = 5/63 \times 10^{-6} \frac{Kgmol}{m^2 \cdot s} \quad (4)$$

$$J_A = 4/52 \times 10^{-6} \frac{Kgmol}{m^2 \cdot s} \quad (3)$$

۳۳- در داخل غشایی که ماده A به صورت پایا نفوذ می‌کند توزیع غلظت به صورت شکل روبه‌رو می‌باشد. (غشاء از دو لایه متفاوت تشکیل یافته است) شار مولی A کدام یک از عبارات زیر می‌باشد؟ (سراسری ۸۲)



$$N_A = \frac{C_0 - C_L}{\frac{D_1 + D_2}{2} L} \quad (1)$$

$$N_A = \frac{C_0 - C_L}{\frac{D_1}{Z_c} + \frac{D_2}{L - Z_c}} \quad (2)$$

$$N_A = \frac{(D_1 + D_2)(C_0 - C_L)}{L} \quad (3)$$

$$N_A = \frac{D_1(C_0 - C_c) + D_2(C_c - C_L)}{L} \quad (4)$$

۳۴- ضریب نفوذ مونواکسید کربن در اکسیژن در دمای صفر درجه سلسیوس و فشار یک بار $1/85 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$ است. ضریب نفوذ اکسیژن در مونواکسید کربن در دمای ۴۴ درجه سلسیوس و فشار $1/25$ بار چقدر است؟ (آزاد ۸۲)

$$1/72 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s} \quad (4)$$

$$1/48 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s} \quad (3)$$

$$1/85 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s} \quad (2)$$

$$2/31 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s} \quad (1)$$

۳۵- حل شدن بلور آبدار سولفات مس $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ در آب را در نظر بگیرید. اگر $CuSO_4$ را با A و آب را با B نشان دهیم، مقدار $\frac{N_A}{N_A + N_B}$ چقدر است؟ (آزاد ۸۲)

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

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

$$\infty \quad (2)$$

$$1 \quad (1)$$

۳۶- یک لایه روغن فرار به ضخامت Z روی زمین قرار دارد. اگر N_A میزان تبخیر بر حسب $\rho, moles/m^2 \cdot s$ ، دانسیته روغن و M جرم مولکولی باشد کدام یک از روابط زیر میزان تغییرات ضخامت روغن با زمان را نشان می‌دهد؟ (سراسری ۸۳)

$$\frac{dz}{dt} = \frac{N_A \cdot M \cdot \rho}{3} \quad (4)$$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{N_A \cdot \rho}{M} \quad (3)$$

$$\frac{dz}{dt} = N_A \cdot M \cdot \rho \quad (2)$$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{N_A \cdot M}{\rho} \quad (1)$$

۳۷- مخلوط گازی A و B از درون لوله‌ای به طول $1m$ و قطر داخلی $2/5$ سانتی‌متر و قطر خارجی $3/5$ سانتی‌متر در جریان است. جنس لوله به نحوی است که فقط A نفوذ می‌کند. ضریب نفوذ A از میان لوله $12 \times 10^{-18} \frac{m^2}{s}$ = جامد D_A داده شده است. محیط اطراف لوله عاری از A می‌باشد. جذب A در لایه داخلی لوله در حد نهایی $1/3 \times 10^{-18} \frac{K mole}{m^2}$ گزارش شده است. مقدار دبی مولی انتقال جرم A بر حسب $\frac{K mole}{s}$ برابر است با: (سراسری ۸۳)

$$5/8 \times 10^{-24} \quad (4)$$

$$3/12 \times 10^{-26} \quad (3)$$

$$2/9 \times 10^{-24} \quad (2)$$

$$1/56 \times 10^{-26} \quad (1)$$

۳۸- ضریب نفوذ گاز CO_2 ، در هلیوم و در فشار اتمسفر و دمای $3/2^\circ\text{C}$ برابر با $\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 10^{-5} \times 5/31$ گزارش شده است. ضریب نفوذ CO_2 در هلیوم در دمای 225°C و فشار اتمسفر:

(سراسری ۸۳)

(۱) دقیقاً $14/14 \times 10^{-5}$ خواهد شد.(۲) چون هلیوم گاز بی‌اثر است لذا دقیقاً $14/14 \times 10^{-5}$ خواهد شد.(۳) از مقدار $14/14 \times 10^{-5}$ بیشتر خواهد شد زیرا باید اثر دما روی تابع برخورد بررسی شود.(۴) از مقدار $14/14 \times 10^{-5}$ کمتر خواهد شد زیرا باید اثر دما روی تابع برخورد بررسی شود.

۳۹- ضریب نفوذ اتان در هیدروژن در دمای 1° درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر برابر با $\frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \times 0/66$ است. اگر دمای مطلق و فشار سیستم هر

(سراسری ۸۳)

دو نصف شوند ضریب نفوذ بر حسب $\frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$ برابر است با:(۴) $1/32 \times 0$ (۳) $0/852$ (۲) $0/467$ (۱) $0/33 \times 0$

۴۰- ضریب نفوذ مولکولی گاز SO_2 در هوا در شرایط استاندارد در حدود $1/4 \times 10^{-5}$ متر مربع بر ثانیه می‌باشد. به نظر شما کدام یک از ضرایب نفوذ پذیر می‌تواند ضریب مولکولی SO_2 در مایع اتانول باشد؟

(سراسری ۸۳)

(۴) $1/4 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ (۳) $1/3 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ (۲) $1/4 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ (۱) $1/3 \times 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$

۴۱- گاز A از لایه ساکنی از هوا به ضخامت ۲ میلی‌متر نفوذ مولکولی می‌کند و در انتهای مسیر در محلول سود حل و با آن به سرعت واکنش می‌کند، درصد حجمی A در ابتدای مسیر ۶٪ است. دما برابر 29° درجه کلوین، فشار کل یک اتمسفر و ضریب نفوذ مولکولی برابر

(آزاد ۸۳)

شدت نفوذ بر حسب $\frac{\text{gmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ برابر است با: (ثابت گازها $R = 8314 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$)(۴) $1/15 \times 10^{-4}$ (۳) $7/12 \times 10^{-4}$ (۲) $1/25 \times 10^{-4}$ (۱) $4/43 \times 10^{-4}$

(آزاد ۸۳)

۴۲- در نفوذ مولکولی در مایعات:

(۱) در محلول‌های الکترولیت ضریب نفوذ ارتباطی با فاکتور همبستگی ندارد.

(۲) ضریب نفوذ با افزایش فاکتور همبستگی کاهش می‌یابد.

(۳) ضریب نفوذ با تغییر ضریب همبستگی تغییر محسوسی نمی‌کند.

(۴) ضریب نفوذ با افزایش فاکتور همبستگی افزایش می‌یابد.

۴۳- گاز A در مخلوطی از گازهای B و C نفوذ می‌کند و ضرایب نفوذ به ترتیب عبارتند از: $D_{AB} = 1/17 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ و

$D_{AC} = 7/12 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$. در یک نقطه اجزاء مولی A، B و C به ترتیب برابر $2/3$ ، $3/5$ و $5/5$ است. ضریب نفوذ A در مخلوط برابر است با: (آزاد ۸۳)

(۴) $7/52 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ (۳) $8/34 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ (۲) $4/73 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ (۱) $1/43 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

۴۴- ضریب نفوذ مولکولی گاز A در گاز B در فشار دو اتمسفر و دمای 25°C برابر $2/5 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ است. این ضریب در دمای 75°C و فشار

(آزاد ۸۳)

۵ atm چه میزان است؟

(۴) $3/45 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ (۳) $2/26 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ (۲) $1/7 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ (۱) $3/45 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

۴۵- در یک راکتور کاتالیزوری متان با واکنش زیر تجزیه می‌شود. در نقطه‌ای به فاصله یک سانتیمتر از سطح کاتالیزور جزء مولی متان برابر است

$$R = 8314 \frac{J}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \quad \text{با } 4/ \text{ فشار کل برابر یک اتمسفر و دمای واکنش } 500^\circ \text{C} \text{ است. اگر ضریب نفوذ مولکولی برابر } 6/25 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \text{ و ثابت گاز ها } R = 8314 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

فرض شود شدت واکنش بر هر متر مربع از کاتالیزور برابر است با: $\text{CH} \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$ (آزاد ۸۳)

$$(1) \quad 1/12 \times 10^{-5} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad (2) \quad 2/14 \times 10^{-6} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad (3) \quad 9/11 \times 10^{-5} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad (4) \quad 3/32 \times 10^{-5} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

۴۶- در یک راکتور غشایی جهت واکنش استری شدن دو فاز مایع، اسید استیک (A) و نرمال بوتانول (B) به سمت غشاء رفته و در اثر وجود کاتالیست اسیدی بر روی سطح غشاء واکنش داده تولید استر (C) و آب (D) می‌کند. در صورتی که تحت تأثیر سیستم غشایی آب به طرف دیگر غشاء

منتقل شود واستر به درون فاز مایع برگردد مطلوب است تعیین نسبت $\frac{N_C}{\sum N}$ با توجه به واکنش استری شدن: $A + B \rightleftharpoons C + D$. جهت مثبت انتقال

جرم از توده به سمت غشاء می‌باشد. (سراسری ۸۴)

$$(1) \quad -1 \quad (2) \quad 0 \quad (3) \quad +1 \quad (4) \quad -\infty$$

۴۷- لایه‌ای به ضخامت z از بنزین روی زمین ریخته است. اگر میزان تبخیر بنزین در شرایط محیط $N_A \frac{\text{moles}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$ باشد، میزان تغییرات z با کدام یک

از روابط زیر نشان داده می‌شود؟ (M وزن مولکولی و ρ دانسیته بنزین می‌باشد). (سراسری ۸۴)

$$(1) \quad \frac{dz}{dt} = N_A \cdot \rho \cdot M \quad (2) \quad \frac{dz}{dt} = \frac{\rho \cdot M}{N_A} \quad (3) \quad \frac{dz}{dt} = \frac{N_A \cdot M}{\rho} \quad (4) \quad \frac{dz}{dt} = \frac{N_A \cdot \rho}{M}$$

۴۸- ضریب نفوذ مولکولی: (آزاد ۸۴)

$$(1) \quad \text{در گازها بیش از مایعات و تابع درجه حرارت است.} \quad (2) \quad \text{در مایعات بیش از گازها و تابع غلظت است.} \\ (3) \quad \text{در گازها کمتر از جامدات است.} \quad (4) \quad \text{در گازها از مایعات کمتر ولی بیش از جامدات است.}$$

۴۹- ارتفاع برج جداره مرطوب (wetted wall tower) به قطر ۶ in و شار مولی $10 \frac{\text{lb mol}}{\text{ft}^2 \cdot \text{min}}$ و مقدار جذب $100 \frac{\text{lb mol}}{\text{min}}$ چند اینچ است؟ (آزاد ۸۴)

$$(1) \quad 76/428 \quad (2) \quad 2/696 \quad (3) \quad 6/369 \quad (4) \quad 9/396$$

۵۰- در مورد تبخیر استوانه‌ای از نفتالینی در هوا اگر قطر استوانه‌ی نفتالین ثابت باقی بماند کدام عبارت زیر صحیح است؟ (N_A شار تبخیر

نفتالینی و r شعاع آن است) (آزاد ۸۴)

$$(1) \quad N_A \cdot r^2 = \text{ثابت} \quad (2) \quad \frac{d}{dr} (N_A \cdot r) = \text{ثابت} \quad (3) \quad N_A \cdot r = \text{ثابت} \quad (4) \quad \frac{d}{dr} (N_A \cdot r^2) = \text{ثابت}$$

۵۱- در کانال مخروطی شکل زیر که انتقال جرم صورت می‌گیرد، فرض می‌کنیم، هیچ گونه کنوکسیونی نداشته باشیم. اگر فقط کانال بر عکس قرار

داده شود. (جای مرز ۱ و ۲ تغییر یابد). مقدار دبی انتقال جرم A از ۱ به ۲: (سراسری ۸۵)



۵۲- در یک ظرف استوانه‌ای به قطر ۶ in که سر آن باز است تا نیمه آب ریخته شده و در روی ظرف هوا با سرعتی حرکت می‌کند که آب تبخیر شده را با خود می‌برد و همیشه هوای خشک در بالای ظرف وجود دارد. درجه حرارت سیستم 13°F و فشار کل سیستم ۱ atm می‌باشد. در لحظه‌ای که

ارتفاع فضای آزاد داخل ظرف در بالای سطح آب ۱ ft باشد سرعت اندازه گیری شده تبخیر آب برابر با $2/58 \times 10^{-3} \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$ است. در این شرایط ضریب

نفوذ بخار آب در هوا چه مقدار است؟ (فشار بخار آب = ۲/۲۲ psi و $R = 1545 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb mol} \cdot \text{R}}$) (آزاد ۸۵)

$$(1) \quad 1/01 \frac{\text{ft}^2}{\text{hr}} \quad (2) \quad 2/074 \frac{\text{ft}^2}{\text{hr}} \quad (3) \quad 1/92 \frac{\text{ft}^2}{\text{hr}} \quad (4) \quad 1 \frac{\text{ft}^2}{\text{hr}}$$

۵۳- یک مخلوط گازی را در نظر بگیرید در کدامیک از حالات زیر ضریب نفوذ جزء i در مخلوط گازی m با ضریب نفوذ جزء i در جزء j (جزء دلخواه) برابر خواهد بود؟ ($D_{im} \approx D_{ij}$) (آزاد ۸۵)

(۱) وقتی تمام D_{ij} ها تقریباً برابر باشند و $j = 1, 2, \dots, n$ باشد. (۲) تحت هر شرایطی، زیرا همواره $\sum_{i=1}^n J_{ij} = 0$ است.

(۳) وقتی $\sum_{i=1}^n N_{ij} = N_A$ و $N_A \neq 0$ باشد. (۴) وقتی $N_A = N_B$ باشد.

۵۴- سرعت متوسط مولی یک مخلوط هیدروژن و اکسیژن 0.6 متر بر ثانیه است. اگر سرعت مولکول‌های هیدروژن یک متر بر ثانیه و سرعت مولکول‌های اکسیژن 0.5 متر بر ثانیه باشد جزء مولی هیدروژن در مخلوط برابر است با: (سراسری ۸۶)

(۱) 0.1 (۲) 0.2 (۳) 0.4 (۴) 0.5

۵۵- در تبخیر از سطح یک استوانه به داخل فضای گاز اطراف آن به صورت یک جهته r در شرایط $steady$ معادله پیوستگی جزء تبخیر شونده (A) در فاز گاز کدام است؟ (N_{Ar} شار جزء A در جهت r است) (سراسری ۸۶)

(۱) $\frac{d}{dr} N_{Ar} = 0$ (۲) $\frac{d}{dr} (N_{Ar} r^2) = 0$ (۳) $\vec{\nabla} \cdot \vec{N}_{Ar} = 0$ (۴) $\frac{d}{dr} (N_{Ar} r) = 0$

۵۶- مخلوط دوجزئی گازی A و B با نفوذ متقابل $N_A = N_B$ را در نظر بگیرید. با توجه به مقادیر $D_{AB} = 0.185 \frac{cm^2}{sec}$ ، $Z = 20 cm$ و $P_{A_1} = 100 mmHg$ و $P_{A_2} = 50$ و $T = 25^\circ C$ ، مقدار N_A برابر با کدام گزینه خواهد بود؟ (آزاد ۸۶)

(۱) $2/48 \times 10^{-8} \frac{mol}{cm^2.s}$ (۲) $2/73 \times 10^{-8} \frac{mol}{cm^2.s}$ (۳) $4/5 \times 10^{-8} \frac{mol}{cm^2.s}$ (۴) $3/0.8 \times 10^{-8} \frac{mol}{cm^2.s}$

۵۷- در مخلوط گازی شامل ۱۵ مول A و ۳۰ مول B اگر گاز A با سرعت $19 \frac{m}{s}$ به سمت چپ و گاز B با سرعت $6 \frac{m}{s}$ به سمت راست حرکت کند سرعت متوسط مولی مخلوط چند $\frac{m}{s}$ به سمت راست خواهد بود؟ (آزاد ۸۶)

(۱) $+0.25$ (۲) $+1$ (۳) -0.25 (۴) -1

۵۸- در $T = 300 K$ ضریب نفوذ A در B در محلول رقیق از A، $D_{AB} = 2 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$ است. اگر دمای محلول به $330 K$ افزایش یابد، ویسکوزیته مایع ۴۵٪ کاهش می‌یابد. در این دما ضریب نفوذ بر حسب $\frac{m^2}{s}$ چقدر است؟ (سراسری ۸۷)

(۱) $2/2 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$ (۲) $4 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$ (۳) $2/3 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$ (۴) $4/9 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$

۵۹- هرگاه برج جدار مرطوبی به طول $6/\Delta ft$ با شار متوسط مولی انتقال جرم بین دو فاز $10 lbmole/ft^2 \cdot min$ و مقدار جذب $100 lbmole/min$ عمل کند قطر برج چند اینچ محاسبه می‌شود؟ (سراسری ۸۷)

(۱) 0.5 (۲) $1/5$ (۳) 3 (۴) 6

۶۰- کدام یک از روابط زیر برای شار مولی A صحیح است؟ (سراسری ۸۷)

(۱) $(N_A + N_B)X_A - D_{AB}C_T \nabla X_A$ (۲) $(N_A + N_B)X_A - D_{AB}C_T \nabla X_B$ (۳) $(N_A + N_B)X_A - D_{AB} \rho \nabla X_A$ (۴) $(N_A + N_B)X_A + D_{AB}C_T \nabla X_A$

۶۱- اگر ضریب نفوذ یک ماده در اتان برابر با $2 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$ باشد مقدار آن در کربن برابر با کدام مقدار زیر خواهد بود؟ (آزاد ۸۷)

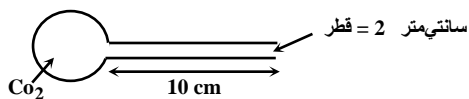
(۱) $4/2 \times 10^{-9}$ (۲) 42×10^{-4} (۳) $4/2 \times 10^{-12}$ (۴) $4/2 \times 10^{-2}$

۶۲- ضریب نفوذ ماده A در اکسیژن و نیتروژن در $T = 20^\circ C$ و $P = 1 atm$ برابر با $D_{A-O_2} = 0.5 \frac{cm^2}{s}$ و $D_{A-N_2} = 0.25 \frac{cm^2}{s}$ است. ضریب نفوذ جسم A در هوا چه مقدار است؟ (مخلوط اکسیژن در نیتروژن بدون نفوذ فرض می‌شود). (آزاد ۸۷)

(۱) $0.28 \frac{cm^2}{s}$ (۲) $0.82 \frac{cm^2}{s}$ (۳) $0.75 \frac{cm^2}{s}$ (۴) $0.5 \frac{cm^2}{s}$

۶۳- گاز CO_2 درون ظرفی به حجم 100 سانتی متر مکعب و از طریق لوله موئینه در شرایطی یکنواخت به محیط هوای خالص وارد می‌شود. ابعاد لوله موئینه داده شده است. چند ثانیه طول می‌کشد تا غلظت CO_2 درون ظرف به $\frac{2}{3}$ مقدار اولیه خود برسد؟

سایر اطلاعات: $\ln 1/5 = 0/4$, $\pi = 3/14$, $M_{\text{CO}_2} = 44$, $D_{\text{CO}_2-\text{Air}} = 2/33 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ (سراسری ۸۸)



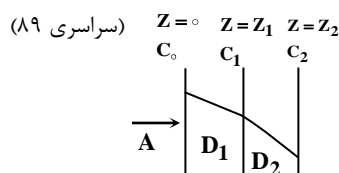
(۱) ۱۰

(۲) ۱

(۳) ۰/۱

(۴) ۱۰۰

۶۴- توزیع غلظت ماده نفوذ کننده A در دو غشاء مجاور هم در حالت پایا به صورت مقابل می‌باشد. اگر هم زمان ضرائب نفوذ در غشاءها و همچنین ضخامت آنها دو برابر شوند، شار مولی A چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) $\frac{1}{2}$ برابر می‌شود.

(۲) ۴ برابر می‌شود.

(۳) تغییری نمی‌کند.

(۴) ۲ برابر می‌شود.

۶۵- یک جسم کروی از جنس نفتالین در یک محیط ساکن از هوا تصعید گردید. اگر سرعت تصعید به اندازه‌ای کم باشد که از تغییر قطر صرف نظر شود. میزان تصعید W بر حسب شعاع کره R_0 و ضریب نفوذ D_{AB} و فشار کل P_T ، دما T و جزء مولی نفتالین در هوای اشباع x_{AS} کدام یک از روابط زیر است؟ (سراسری ۸۹)

$$W = \frac{4\pi R_0 P_T D_{AB}}{RT} \ln \left(\frac{1}{1-x_{AS}} \right) \quad (2)$$

$$W = \frac{4\pi R_0 P_T}{RT D_{AB}} \ln \left(\frac{1}{1-x_{AS}} \right) \quad (1)$$

$$W = \frac{4\pi R_0}{RT P_T D_{AB}} \ln \left(\frac{1}{1-x_{AS}} \right) \quad (4)$$

$$W = \frac{4\pi R_0 P_T}{RT D_{AB}} \ln \left(\frac{x_{AS}}{1-x_{AS}} \right) \quad (3)$$

۶۶- در یک فرآیند جداسازی رابطه $N_A + N_B = 0$ وجود دارد. این فرآیند مربوط به کدام یک از موارد زیر می‌تواند باشد؟

(مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

(۴) جذب گاز

(۳) جذب سطحی

(۲) تقطیر

(۱) لیچینگ

۶۷- ماده A در حال نفوذ پایدار از میان یک غشای نیمه تراوای نازک است. این ماده با ماده ساکن دیگری که داخل غشاء قرار دارد (B) سریع و برگشت پذیر واکنش می‌دهد، واکنش چه اثری روش شار ماده A دارد؟

(مهندسی پلیمر - سراسری ۹۰)

(۲) موجب می‌شود شار ورود ماده A زیاد شود.

(۱) اثر نوسانی دارد.

(۴) واکنش اثری ندارد

(۳) موجب می‌شود شار ورود ماده A کم شود.

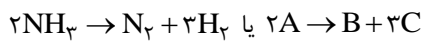
پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دوم

۱- گزینه «۴» رابطه ضریب نفوذ برای گازها به صورت زیر است. شرط استفاده از این رابطه این است که یکی از گازها غیر قطبی باشد. این رابطه برای فشارهای کم به کار می‌رود که از تئوری گاز ایده‌آل به دست آمده است:

$$D_{AB} = \frac{10^{-4} (1/0.84 - 0/249) \sqrt{\frac{1}{M_B} + \frac{1}{M_A}} \times T^{3/2} \times \sqrt{\frac{1}{M_B} + \frac{1}{M_A}}}{(r_{AB})^2 \times f \left(\frac{KT}{\epsilon_{AB}} \right) \times p_t} \quad f \left(\frac{KT}{\epsilon_{AB}} \right) : \text{تابع برخورد} \quad \Gamma_{AB} = \frac{r_A + r_B}{2} : \text{شعاع برخورد}$$

k: ثابت بولتزمن، T: دما

۲- گزینه «۱» نسبت فلاکس‌ها در مورد واکنش‌های شیمیایی از روی ضرایب استوکیومتری مواد واکنش‌دهنده و محصولات محاسبه می‌شود:



$$N_C = -\frac{3}{2} N_A, \quad N_B = -\frac{1}{2} N_A \Rightarrow \frac{N_A}{N_A + N_B + N_C} = -1$$

راه‌حل تستی: می‌توان تنها با قرار دادن هر یک از ضرایب استوکیومتری به جای فلاکس مولی آن (با در نظر گرفتن علامت مثبت و منفی آن) به جواب رسید:

$$\frac{N_A}{N_A + N_B + N_C} = \frac{2}{2-1-3} = -1$$

۳- گزینه «۳» در نفوذ متقابل، جمع فلاکس مولی اجزاء برابر صفر است.

$$N_A + N_B = 0 \Rightarrow N_A = -N_B$$

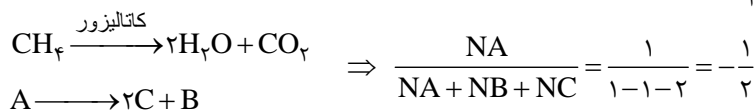
طبق تعریف فلاکس جز A برابر است با:

$$\left. \begin{aligned} N_A &= C_A U_M + J_A \\ U_M &= \sum x_i U_i = C_A \left(\frac{C_A U_A + C_B U_B}{C} \right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow N_B = \frac{C_A}{C} (N_A + N_B) - D_{AB} \frac{dC_A}{dZ}$$

$$J_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dZ}, \quad C_A = \frac{P_A}{RT} = \frac{-D_{AB}}{RT} \frac{dP_A}{dZ} \Rightarrow N_A = \frac{D_{AB}}{RTZ} (P_{A1} - P_{A2})$$

انتهای گیری

۴- گزینه «۲» با توجه به معادله واکنش و ضرایب استوکیومتری داریم:

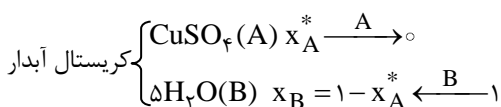


$$N_A = \frac{D_{AB}}{RTZ} (P_{A1} - P_{A2})$$

۵- گزینه «۱» فلاکس مولی جز A (N_A) برابر است با:

$$\left. \begin{aligned} D_{AB} &= 0.185 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}, \quad Z = 2 \text{ cm}, \quad T = 273 \text{ K} \\ R &= 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times \frac{1 \text{ Pam}^3}{\text{J}} \times \frac{760 \text{ mmHg}}{101325 \text{ pa}} \times \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 = 6236 \frac{\text{mmHg.cm}^3}{\text{mol.K}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow N_A = 2/73 \times 10^{-8} \frac{\text{mol}}{\text{cm}^2 \text{ s}}$$

۶- گزینه «۳» اگر شکل مقابل را برای این کریستال در نظر بگیریم:



در سطح تماس دو فاز، غلظت جز A (x_A^*) بیشتر از غلظت آن در توده (Bulk) است. پس برای جزء A نفوذ به سمت توده است. در سطح تماس غلظت جزء B یعنی $1 - x_A^*$ ، کمتر از غلظت آن در Bulk است، بنابراین نفوذ جز B خلاف حرکت Bulk است.

$$J = -D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial Z}$$

$$J = -D_{AB} \left(\frac{\partial C_A}{\partial x} + \frac{\partial C_A}{\partial y} + \frac{\partial C_A}{\partial z} \right) = -D_{AB} \nabla C_A \quad : (Z, y, x)$$

این قانون زمانی برای محاسبه شدت انتقال جرم استفاده می‌شود که نفوذ مولکولی خالص مطرح باشد. در واقع این قانون بیانگر این است که شار انتقال جرم به وسیله مکانیزم نفوذ مولکولی متناسب با تغییرات غلظت در واحد طول ذره می‌باشد.

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = D_{AB} \left(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right) = D_{AB} \nabla^2 C_A$$

قانون دوم فیک:

این قانون در تعیین توزیع غلظت در یک جسم جامد به کار می‌رود.

۸- گزینه «۳» ضریب نفوذ گاز-گاز از مرتبه $10^{-4} \frac{m^2}{s}$ و ضریب نفوذ گاز-مایع از مرتبه $10^{-9} \frac{m^2}{s}$ می‌باشد. پس تنها گزینه ۳ صحیح می‌باشد.

نکته: ضریب نفوذ مایع-مایع: $(\frac{m^2}{s}) 10^{-10} - 10^{-9}$ ، ضریب نفوذ پلیمر در حلال آبی: $(\frac{m^2}{s}) 10^{-14} - 10^{-9}$ ، ضریب نفوذ گاز یا مایع در پلیمر: $(\frac{m^2}{s}) 10^{-16}$

$$Sc = \frac{v}{D_{AB}}, v = \frac{\mu}{\rho} \Rightarrow Sc = \frac{\mu}{\rho D_{AB}}$$

۹- گزینه «۲» عدد بی بعد اشمیت برابر است با:

با توجه به اینکه O_2 جذب H_2O می‌شود. باید از مقادیر مربوط به H_2O استفاده کرد:

$$D_{(O_2-H_2O)} = \frac{\mu}{\rho Sc} = \frac{6/94 \times 10^{-4}}{994 \times 215} = 3/25 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$$

۱۰- گزینه «۴» ضریب نفوذ در مایعات نسبت مستقیم با دما (T) و نسبت عکس با گرانشی $(\frac{1}{\mu})$ دارد.

۱۱- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. در مورد گاز ضریب نفوذ با فشار کل و دما به صورت زیر رابطه دارد:

$$D_{AB} \alpha \frac{T^{1/5}}{P_t} \Rightarrow \frac{(D_{AB})_1}{(D_{AB})_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{1/5} \left(\frac{P_{t2}}{P_{t1}} \right)$$

$$\frac{2 \times 10^{-5}}{(D_{AB})_2} = \left(\frac{70 + 273/15}{273} \right)^{1/5} \left(\frac{1}{0/5} \right) \Rightarrow (D_{AB})_2 = 7/09 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

باید توجه داشت که دما باید برحسب کلون باشد.

$$2 \times 10^{-5} - 7/09 \times 10^{-6} = 1/291 \times 10^{-5}$$

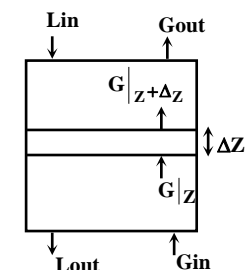
۱۲- گزینه «۱» در گازها ضریب نفوذ از مرتبه $10^{-4} \frac{m^2}{s}$ و در مایعات از مرتبه $10^{-9} \frac{m^2}{s}$ می‌باشد. پس در گازها ضریب نفوذ بیشتر از مایعات است.

هم‌چنین ضریب نفوذ در گازها و مایعات تابعی از دما می‌باشد، پس گزینه (۱) صحیح است. در جامدات نیز ضریب نفوذ کمتر از گازها و مایعات است.

۱۳- گزینه «۲» یک برج آکنده را در نظر گرفته و موازنه جرم جزء A را روی المانی از این برج بطول ΔZ و برای فاز گاز می‌نویسیم:

$$Gy|_Z = Gy|_{Z+\Delta Z} + a\Delta Z N_A$$

که G دبی مولی ظاهری به ازای واحد سطح مقطع برج (سطح مولی) و y کسر مولی جزء A می‌باشد. حاصل ضرب سطح ویژه (a) در طول المان (ΔZ) نیز در واقع تماس سطح بین دو فاز است.



$$\Rightarrow \frac{Gy|_{Z+\Delta Z} - Gy|_Z}{\Delta Z} = -(aN_A) \xrightarrow{\text{حدگیری}} \frac{d}{dZ}(Gy) = -aN_A \Rightarrow N_A = -\frac{d(Gy)}{adZ}$$

باید توجه شود که G و y در طول برج تغییر می‌کنند.

۱۴- گزینه «۴» در مخلوط دوتایی هم می‌تواند نفوذ یک جز در جز ساکن دیگر وجود داشته باشد و هم نفوذ دو جز در یکدیگر، بنابراین گزینه ۲ صحیح نیست. در عملیات رطوبت‌زدایی، رطوبت از هوا به داخل فیلم ساکن آب نفوذ می‌کند. در واکنشهای کاتالیستی نیز یک جز روی سطح کاتالیست واکنش داده و از روی سطح به داخل فیلم ساکن بالای آن نفوذ می‌کند.

۱۵- گزینه «۳» در یک مخلوط چند جزئی، اگر هر یک از اجزاء دارای سرعت باشند، متوسط سرعت اجزاء بصورت متوسط مولی (\vec{U}_m یا \vec{V}_1^*) و یا سرعت متوسط جرمی (\vec{V}) بیان می‌شود.

$$\vec{U}_m = \vec{V}^* = \sum x_i \vec{V}_i$$

$$\vec{V} = \sum w_i \vec{v}_i$$

سرعت متوسط مولی (u_m)، سرعتی است که اگر ناظر با آن سرعت در یک محلول حرکت کند، تعداد مولهای دو طرف ناظر تغییر نمی‌کند.

در رابطه بالا x_i کسر مولی جزء i و w_i کسر وزنی جزء i در مخلوط و \vec{v}_i سرعت جزء i در مخلوط است.

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{1^\circ}{1^\circ + 3^\circ} = 0/25$$

$$\Rightarrow u_m = (0/25 \times 19) + (0/75 \times (-5)) = 1 \frac{m}{s}$$

با توجه به داده‌های سؤال خواهیم داشت:

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} = \frac{3^\circ}{1^\circ + 3^\circ} = 0/75$$

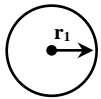
توجه: سمت چپ را جهت مثبت گرفتیم.

$$\vec{v}_i = \frac{\sum m_i \vec{u}_i}{\sum m_i}$$

نکته: سرعت جز A یا \vec{v}_i به صورت مقابل تعریف می‌شود:

که u_i سرعت تک تک مولکولهای جز i است. در واقع \vec{v}_i سرعت نقطهٔ ثقل مولکولهای جز i بدون در نظر گرفتن مولکولهای اجزاء دیگر می‌باشد.

۱۶- گزینه «۴» به طور کلی زمان تبخیر یک کره با شعاع r_1 در فشار و دمای P و T بصورت زیر محاسبه می‌شود. ρ_A چگالی کره، M_A جرم مولکولی و P_A^* فشار بخار جز A می‌باشد.



$$N_A = y_A (N_A + N_B) - D_{AB} C \frac{dy_A}{dr}, \quad y_A = \frac{P_A}{P_t}, \quad C = \frac{P_t}{RT}$$

$$N_B = 0 \Rightarrow N_A = - \frac{D_{AB}}{RT \left(1 - \frac{P_A}{P_t}\right)} \frac{dP_A}{dr} \quad \begin{cases} r = r_1: P_A = P_A^* \\ r = \infty: P_A = 0 \end{cases}$$

$$\text{شدت مولی} = q_A = 4\pi r^2 N_A = \text{ثابت} \Rightarrow \int_{r_1}^{\infty} q_A \frac{dr}{r^2} = - \int_{P_A^*}^0 \frac{4\pi D_{AB}}{RT \left(1 - \frac{P_A}{P_t}\right)} dP_A$$

$$\Rightarrow q_A = - \frac{4\pi D_{AB} P_t r_1}{RT} \ln \left(1 - \frac{P_A^*}{P_t}\right), \quad \text{حجم کره} = V = \frac{4}{3} \pi r_1^3 \Rightarrow dV = 4\pi r_1^2$$

$$\text{میزان حجم تبخیر شده: } \frac{\rho_A}{M_A} \frac{dV}{dt} = q_A \Rightarrow \int_0^t dt = \frac{-(\rho_A RT)}{M_A D_{AB} P_t \ln \left(1 - \frac{P_A^*}{P_t}\right)} \int_{r_1}^{\infty} r_1 dr_1 \Rightarrow t = \frac{\rho_A RT}{2 M_A D_{AB} P_t \ln \left(1 - \frac{P_A^*}{P_t}\right)} r_1^2 \Rightarrow \boxed{t \propto r_1^2}$$

توجه شود که t_1 با زمان کم می‌شود تا به صفر برسد.

$$x_{BM} = \frac{x_{B1} - x_{B2}}{\ln \frac{x_{B1}}{x_{B2}}} = \frac{x_{B2} - x_{B1}}{\ln \frac{x_{B2}}{x_{B1}}}$$

۱۷- گزینه «۱» x_{BM} متوسط لگاریتمی غلظت است که به صورت روبرو تعریف می‌شود:

با توجه به اینکه در صورت مسأله کسر وزنی (w_i) داده شده است، باید آنها را به کسر مولی (x_i) تبدیل کرد:

$$x_i = \frac{\frac{w_i}{M_i}}{\sum \frac{w_i}{M_i}}$$

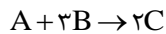
M_i ، جرم مولکولی جز i و w_i ، کسر وزنی جز i می‌باشد.

$$M_{C_6H_5OH} = M_A = 94 \quad \Rightarrow \quad x_{A1} = \frac{\frac{0.06}{94}}{\frac{0.06}{94} + \left(\frac{1-0.06}{18}\right)} = 0.109 \Rightarrow x_{B1} = 1 - 0.109 = 0.891$$

$$x_{A2} = \frac{\frac{0.02}{94}}{\frac{0.02}{94} + \left(\frac{1-0.02}{18}\right)} = 0.004 \Rightarrow x_{B2} = 1 - 0.004 = 0.996 \Rightarrow x_{BM} = \frac{0.891 - 0.996}{\ln\left(\frac{0.891}{0.996}\right)} = 0.922$$

راه‌حل تستی، در سیستم‌های رقیق از A یعنی اگر x_A نزدیک به صفر باشد، (مقادیر x_{B1} ، x_{B2} به سمت یک میل کند) x_{BM} تقریباً برابر یک است. پس با توجه به گزینه‌ها براحتی می‌توان حدس زد گزینه (۱) صحیح است.

۱۸- گزینه «۲» با توجه به ضرایب استوکیومتری در معادله می‌توان نوشت:



$$N_A = \frac{1}{2}N_B, N_A = -\frac{1}{2}N_C \Rightarrow \frac{N_A}{N_A + N_B + N_C} = \frac{N_A}{N_A + 2N_A - 2N_A} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{N_A}{N_A + N_B + N_C} = \frac{+1}{+1 + 2 - 2} = \frac{1}{2}$$

راه‌حل تستی، با توجه به ضرایب استوکیومتری:

۱۹- گزینه «۳» سرعت متوسط جرمی برابر است با:

$$V = \sum w_i v_i = w_A v_A + w_B v_B \quad \text{و} \quad w_B = 1 - w_A = 1 - 0.75 = 0.25 \Rightarrow V = (0.75 \times 3) + (0.25 \times 6) = 3.75 \frac{m}{s}$$

$$\vec{U}_m = \sum y_i V_i = (0.3 \times 4) + (0.7 \times 5) = 4.7$$

۲۰- گزینه «۴» سرعت متوسط مولی برابر است با:

۲۱- گزینه «۴» زمانی که در یک سیستم اختلاف غلظت وجود داشته باشد، نفوذ مولکولی صورت گرفته تا این اختلاف غلظت از بین برود. این مورد در مقیاس مولکولی انجام می‌گیرد، مثل پخش شدن جوهر در آب. ولی زمانیکه اختلاف فشار وجود داشته باشد، حرکت توده‌ای صورت می‌گیرد. همه این موارد به خاطر تمایل سیستم‌ها به افزایش آنترپی و در نتیجه کاهش انرژی آزاد گیبس در سیستم است.
نکته: انتقال جرم می‌تواند موجب حرکت و تغییر مرکز جرم شود.

۲۲- گزینه «۲» برای اینکه سطح ثابت بماند لازم است شدت تبخیر اتیل بنزن با شدت جریان ورودی اتیل بنزن برابر باشد. با توجه به اینکه هوا نفوذ نمی‌کند، پس $N_B = 0$ می‌باشد. بنابراین نسبت فلاکس‌ها یا $\frac{N_A}{N_A + N_B} = 1$ خواهد بود.

$$N_A = \frac{N_A}{N_A + N_B} \frac{CD_{AB}}{Z} \ln \frac{\frac{N_A}{N_A + N_B} - y_{A2}}{\frac{N_A}{N_A + N_B} - y_{A1}} = \frac{CD_{AB}}{Z} \ln \frac{1 - y_{A2}}{1 - y_{A1}}, y_A = \frac{P_A}{P_t}$$

$$Z = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}, C = 0.04 \frac{\text{kmole}}{\text{m}^3}, D_{AB} = 7.9 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}, P_{A2} = 0, P_{A1} = P_A^* = 20 \text{ mmHg}$$

$$P_t = 760 \text{ mmHg}, d = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$\Rightarrow N_A = \frac{(0.04 \times 1000)(7.9 \times 10^{-6})}{0.2} \ln \frac{1 - 0}{1 - \frac{20}{760}} = 4.2 \times 10^{-5} \frac{\text{mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\text{شماره ذرات} = N_A \times A = N_A \times \left(\frac{\pi}{4} d^2\right)$$

$$\Rightarrow N_A \times A = 4.2 \times 10^{-5} \times \left(\frac{\pi}{4} \times (0.05)^2\right) = 8.26 \times 10^{-8} \frac{\text{mole}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ kmole}}{1000 \text{ mole}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 2.98 \times 10^{-7} \frac{\text{kmole}}{\text{h}}$$

۲۳- گزینه «۳» به طور کلی در یک محلول چند جزئی مجموع نفوذ مولکولی اجزاء برابر صفر است:

$$\sum_{j=1}^n J_j = 0$$

یعنی برای یک محلول دو جزئی $J_A = -J_B$ می‌باشد. هم‌چنین در هر لحظه و در هر نقطه از محلول $D_{AB} = D_{BA}$ می‌باشد. برای یک محلول دو جزئی غلظت کل (C) برابر است با:

$$C = C_A + C_B$$

$$J_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz} = -D_{AB} \frac{d(C - C_B)}{dz} = -D_{AB} \frac{dC}{dz} + \underbrace{D_{AB} \frac{dC_B}{dz}}_{J_B}$$

پس خواهیم داشت:

برای اینکه $J_A = -J_B$ باشد، لازم است که $\frac{dC}{dz}$ برابر صفر باشد، یعنی غلظت کل محلول ثابت یا مستقل از مسیر نفوذ باشد. بنابراین گزینه ۳ صحیح است.

۲۴- گزینه «۴» ضریب نفوذ (D_{im}) یک گاز (i) در مخلوط گازی (m) به صورت زیر است:

در این رابطه D_{im} ، ضریب نفوذ جز i در مخلوط گازی و D_{ij} ضریب نفوذ جز i در جز j یا ضریب نفوذ دو جزئی است. می‌توان ثابت کرد در صورتی که

$$\frac{1}{D_{im}} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{D_{ij}} (y_j N_i - y_i N_j)}{N_i - y_i \sum_{j=1}^n N_j}$$

ضریب نفوذ جز i در تک‌تک گازها یعنی D_{ij} ها با هم برابر باشند آنگاه $D_{ij} = D_{im}$ خواهد شد.

۲۵- گزینه «۳» شدت مولی، که برابر حاصلضرب فلاکس (N_A) در سطح کره (یعنی $4\pi r^2$) است، ثابت می‌باشد.

۲۶- گزینه «۲» در کریستال آبدار ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)، جهت نفوذ $CuSO_4$ به سمت Bulk و جهت نفوذ H_2O در خلاف جهت Bulk است. و برآیند

این دو به سمت Bulk خواهد بود و بیان شد که در این کریستال $N_{CuSO_4} = N_W = \frac{1}{5} N_{H_2O}$ می‌باشد. این مقدار (N_W)، نسبت به ذره دوم که کریستال خشک است و فقط نفوذ $CuSO_4$ یا N_D را داریم کمتر است، چون‌که در این حالت نفوذ H_2O در خلاف جهت آن نیست، بنابراین $N_D > N_W$ می‌باشد.

۲۷- گزینه «۴» با توجه به معادله واکنش و ضرایب استوکیومتری خواهیم داشت:

$$\begin{cases} N_A = -2N_B \\ N_A = -\frac{2}{3}N_C \end{cases} \Rightarrow \text{نسبت فلاکس‌ها} = \frac{N_A}{N_A + N_B + N_C} = \frac{N_A}{N_A - \frac{1}{2}N_A - \frac{3}{2}N_A} = -1$$

به طور ساده‌تر و طبق ضرایب استوکیومتری اجزاء داریم:

$$\begin{cases} N_A = 2 \\ N_B = -1 \\ N_C = -3 \end{cases} \Rightarrow \frac{N_A}{N_A + N_B + N_C} = \frac{2}{2 - 1 - 3} = -1$$

۲۹- گزینه «۴» این رابطه بیان گر قانون اول فیک با در نظر گرفتن انتقال جرم در ابعاد مختلف است. در صورتی که غلظت کل ثابت باشد، رابطه به صورت

$$\text{روبرو خواهد بود: } J_A = -D_{AB} C \nabla X_A \text{ که } X_A \text{ جزء مولی ماده A می‌باشد.}$$

۳۰- گزینه «۱» با توجه به اینکه سرعت‌ها مولی هستند، مقادیر درصد اجزاء را بر اساس درصد مولی در نظر می‌گیریم، طبق رابطه سرعت مولی داریم:

$$\vec{U}_m = \sum x_i \vec{V}_i \Rightarrow 4/7 = (0/3)(4) + (0/7)(V_{O_2}) \Rightarrow V_{O_2} = 5 \frac{m}{s}$$

۳۱- گزینه «۲» زمانی که در یک سیستم اختلاف غلظت وجود داشته باشد، نفوذ مولکولی صورت گرفته تا این اختلاف غلظت از بین برود. این مورد در

مقیاس مولکولی انجام می‌گیرد، مثل پخش شدن جوهر در آب. ولی زمانی که اختلاف فشار وجود داشته باشد، حرکت توده‌ای صورت می‌گیرد. همه این موارد به خاطر تمایل سیستم‌ها به افزایش آنتروپی و در نتیجه کاهش انرژی در سیستم است.

۳۲- گزینه «۴» در این مخلوط دو جزء A و B درهم نفوذ می‌کنند و نفوذ متقابل داریم. بنابراین داریم: $N_A + N_B = 0$
طبق تعریف فلاکس مولی، داریم: $N_A = C_A U_M + J_A = x_A (N_A + N_B) + J_A$ ، با فرض اینکه N_A تابع Z نیست، خواهیم داشت:

$$N_A + N_B = 0 \Rightarrow N_A = J_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dZ} \Rightarrow J_A = D_{AB} \frac{(C_{A1} - C_{A2})}{Z}, C_A = \frac{P_A}{RT}$$

$$\Rightarrow J_A = \frac{D_{AB}}{ZRT} (P_{A1} - P_{A2}) = \frac{0.687 \times 10^{-4}}{(0.2)(8314)(298)} (0.6 \text{ atm} - 0.2 \text{ atm}) \frac{1/0.1325 \times 10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} = 5.62 \times 10^{-6} \frac{\text{kgmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

۳۳- گزینه «۴» مشابه بحثی که در الکتريسته و انتقال حرارت در مورد مقاومت‌های الکتریکی و حرارتی وجود دارد، در اینجا از همین مطلب استفاده می‌کنیم، با توجه به اینکه لایه‌ها به صورت سری نسبت به هم قرار دارند و نفوذ در حالت پایا صورت می‌گیرد، میزان نفوذ در هر لایه یکسان و برابر میزان نفوذ کل است. بنابراین داریم:

$$N_A = N_1 = N_2, \quad N_1 = \frac{D_1(C_o - C_C)}{Z_C - o}, \quad N_2 = \frac{D_2(C_C - C_L)}{L - Z_C}$$

از دو رابطه بالا، هم می‌توان Z_C و هم می‌توان C_C را بدست آورد. اگر C_C را به دست آوریم خواهیم داشت:

$$N_1 = N_2 \Rightarrow C_C = \frac{(L - Z_C)D_1C_o + Z_C D_2 C_L}{Z_C D_2 + (L - Z_C)D_1} \Rightarrow N_A = N_2 = N_1 = \frac{C_o - C_L}{\frac{Z_C}{D_2} + \frac{L - Z_C}{D_1}}$$

اگر Z_C را به دست آوریم:

$$N_1 = N_2 \Rightarrow Z_C = \frac{L D_1 (C_o - C_C)}{D_2 (C_C - C_L) - D_1 (C_o - C_C)} \Rightarrow N_A = N_2 = N_1 = \frac{D_1 (C_o - C_C) + D_2 (C_C - C_L)}{L}$$

البته بدون حل نیز می‌توان جواب را تعیین کرد. با توجه به اینکه شار مولی رابطه مستقیم با ضریب نفوذ دارد، پس گزینه‌های ۱ و ۲ رد می‌شوند. همچنین چون که شار در هر لایه با هم برابرند ($N_1 = N_2$)، نمی‌توان جمع ضرایب نفوذ را ($D_1 + D_2$) داشت.

۳۴- گزینه «۲» در مورد گازها ضریب نفوذ به صورت مقابل با فشار و دما، ارتباط دارد: $D_{AB} \propto \frac{T^2}{P_1}$ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{(D_{AB})_1}{(D_{AB})_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \left(\frac{P_{t2}}{P_{t1}}\right)$$

توجه شود که در این رابطه دما برحسب کلونین نوشته شود.

$$\frac{1/85 \times 10^{-5}}{(D_{AB})_2} = \left(\frac{0 + 273/15}{44 + 273/15}\right)^2 \left(\frac{1/25}{1}\right) \Rightarrow (D_{AB})_2 = 1/85 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۳۵- گزینه «۳» در این بلور، به ازای هر مولکول A، ۵ مولکول B در حلال و در یک جهت نفوذ می‌کند. بنابراین می‌توان نوشت:

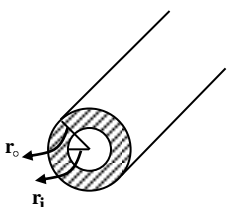
$$N_B = 5N_A \Rightarrow \frac{N_A}{N_A + N_B} = \frac{1}{6}$$

۳۶- گزینه «۱» شدت مایع تبخیر شده (\dot{m}) از المانی با مساحت S و ضخامت Z، در زمان dt و با این فرض که دانسیته ثابت است، برابر خواهد بود

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{N_A \cdot M}{\rho}$$

با:

۳۷- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. نفوذ در ضخامت لوله جامد صورت می‌گیرد که این ضخامت برابر اختلاف شعاع خارجی و داخلی لوله است.



$$N_A = \frac{D_A - \text{جامد} (C_{A1} - C_{A2})}{Z}, \quad Z = r_o - r_i = \frac{3/5 - 2/5}{2} = 0.5 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow N_A = \frac{12 \times 10^{-18} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 1/3 \times 10^{-18} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}}{0.5 \times 10^{-2} \text{ m}} = 3/12 \times 10^{-23} \frac{\text{kmol}}{\text{S} \cdot \text{m}^2}$$

$$\left. \begin{aligned} A \text{ دبی مولی جزء } A &= N_A \cdot S \\ A \text{ سطح جانبی } &= S = \pi D_{av} L \\ D_{av} &= \frac{D_o + D_i}{2} = 3 \text{ cm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{دبی مولی جزء} = 3/12 \times 10^{-33} \times \pi \times 3 \times 10^{-2} \times 10 = 2/9 \times 10^{-33} \frac{\text{kmol}}{\text{s}}$$

۳۸- گزینه «۴» ضریب نفوذ در گازها به صورت مقابل با دما و فشار رابطه دارد:

$$D_{AB} \propto \frac{T^{1/5}}{P_t} \Rightarrow \frac{(D_{AB})_2}{(D_{AB})_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1/5} \left(\frac{P_{t1}}{P_{t2}}\right)$$

براساس این رابطه، در دمای 225°C ، ضریب نفوذ خواهد بود:

$$(D_{AB})_2 = (5/31 \times 10^{-5}) \left(\frac{225 + 273/15}{3/2 + 273/15}\right)^{1/5} \cdot \left(\frac{1}{1}\right) = 12/85 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

که این مقدار کمتر از مقدار $14/14 \times 10^{-5}$ ذکر شده در پاسخ‌هاست که علت آن، این است که در رابطه ضریب نفوذ، در مخرج کسر تابع برخورد وجود دارد

که این تابع، رابطه مستقیم با دما دارد. در واقع رابطه دقیق‌تر تابعیت ضریب نفوذ از دما به صورت $D_{AB} \propto \frac{T^{1/5}}{f\left(\frac{KT}{\varepsilon_{AB}}\right)}$ می‌باشد.

۳۹- گزینه «۲» با توجه به رابطه تست قبل خواهیم داشت:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= 10 + 273/15 = 283/15 \text{ k} \\ P_1 &= 1 \text{ atm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} T_2 &= \frac{283/15}{2} \text{ k} \\ P_2 &= \frac{1}{2} \text{ atm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow (D_{AB})_2 = (0/66) \left(\frac{283/15}{2}\right)^{1/5} \cdot \left(\frac{1}{1}\right) = 0/467 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

۴۰- گزینه «۱» ضریب نفوذ گاز در مایع از مرتبه $10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ می‌باشد.

۴۱- گزینه «۱» فقط جزء A نفوذ می‌کند یعنی N_B برابر صفر است. از آنجایی که در انتهای مسیر، گاز A به سرعت واکنش می‌دهد غلظت آن در انتها

صفر است. بنابراین خواهیم داشت:

$$N_B = 0 \Rightarrow N_A = \frac{P_t D_{AB}}{RT Z y_{BM}} (y_{A1} - y_{A2}), y_{BM} = \frac{y_{B1} - y_{B2}}{\ln \frac{y_{B1}}{y_{B2}}}$$

$$\left. \begin{aligned} y_{A1} &= 0/6 \Rightarrow y_{B1} = 1 - 0/6 = 0/4 \\ y_{A2} &= 0 \Rightarrow y_{B2} = 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow y_{BM} = \frac{0/4 - 1}{\ln(0/4)} = 0/655$$

$$P_t = 1 \text{ atm} = 1/0133 \times 10^5 \text{ Pa}, Z = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}, R = 8314 \frac{\text{J}}{\text{kmol.k}} = 8314 \times 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{gmol.k}}$$

$$N_A = \frac{(1/0133 \times 10^5)(2/3 \times 10^{-5})}{(8314 \times 10^{-6})(290)(2 \times 10^{-3}) \times (0/655)} (0/6 - 0) = 4/43 \times 10^{-4} \frac{\text{gmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

با جایگزینی این مقادیر در رابطه N_A خواهیم داشت:

۴۲- گزینه «۴» طبق رابطه تجربی ضریب نفوذ برای مایعات، ضریب نفوذ با جذر فاکتور همبستگی (ϕ) رابطه دارد: $D_{AB} \propto \phi^{0/5}$ ، بنابراین با افزایش فاکتور همبستگی، ضریب نفوذ افزایش می‌یابد.

۴۳- گزینه «۳» با این فرض که دو جزء دیگر ثابت باشند، ضریب نفوذ A در مخلوط ($D_{A,m}$) با ضریب نفوذ مؤثر خواهد بود:

$$D_{A,m} = \frac{1 - y_A}{\sum_{i=B}^c \frac{y_i}{D_{Ai}}} = \frac{1 - y_A}{\frac{y_B}{D_{AB}} + \frac{y_C}{D_{AC}}} = \frac{1 - 0/2}{\frac{0/3}{1/17 \times 10^{-5}} + \frac{0/5}{7/12 \times 10^{-6}}} = 8/314 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$



۴۴- گزینه «۲» ضریب نفوذ در گازها به صورت $D_{AB} \propto \frac{T_r}{P_t}$ با دما و فشار رابطه دارد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{(D_{AB})_r}{(D_{AB})_1} = \left(\frac{T_r}{T_1}\right)^2 \left(\frac{P_{t_1}}{P_{t_r}}\right) \Rightarrow (D_{AB})_r = (2/5 \times 10^{-5}) \left(\frac{273/15 + 75}{273/15 + 25}\right)^2 \left(\frac{1}{2}\right) = 1/6 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

که نزدیک به گزینه «۲» می‌باشد.

۴۵- گزینه «۴» اگر CH_4 را با A و H_2 را با B نشان دهیم، $N_A = -\frac{1}{2}N_B$ می‌شود. بنابراین نسبت فلاکس‌ها خواهد بود:

$$\frac{N_A}{N_A + N_B} = \frac{N_A}{N_A - 2N_A} = -1$$

$$N_A = \frac{N_A}{N_A + N_B} \frac{P_t D_{AB}}{RTZ} \ln \frac{\frac{N_A}{N_A + N_B} - y_{A_2}}{\frac{N_A}{N_A + N_B} - y_{A_1}}$$

فلاکس مولی A در حالت کلی برابر است با:

فرض می‌شود در سطح کاتالیزور، فشار جزئی A (P_{A_2})، صفر باشد. با توجه به مقادیر داده شده، فلاکس A یا شدت واکنش حساب می‌شود:

$$y_{A_1} = \frac{P_{A_1}}{P_{t_1}} = 0/4, y_{A_2} = \frac{P_{A_2}}{P_t} = 0$$

$$N_A = (-1) \frac{(1/0.133 \times 10^5 \text{ Pa})(6/25 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s})}{(8/314 \frac{J}{mol.k})(500 + 273/15)(0/0.1m)} \ln \left[\frac{-1-0}{-1-0/4} \right] = 0/0.33 \frac{mol}{m^2.s} = 3/3 \times 10^{-5} \frac{k mol}{m^2.s}$$

۴۶- گزینه «۱» با توجه به معادله واکنش استری شدن، تعداد مول واکنش داده و تولید شده با هم برابر است. چون که آب تولید شده (D)، به سمت توده برنمی‌گردد، در محاسبه نسبت فلاکس‌ها محسوب نمی‌شود. با توجه به اینکه جهت مثبت انتقال جرم از توده به سمت غشاء است، اگر فرض کنیم یک مول

A و یک مول B به سمت غشاء حرکت کرده باشند، یک مول C به سمت توده حرکت خواهد کرد، بنابراین خواهیم داشت: $\frac{N_C}{\sum N} = \frac{-1}{-1+1+1} = -1$

۴۷- گزینه «۳» شدت مایع تبخیر شده (\dot{m}) از المانی با مساحت S و ضخامت Z در زمان dt و با این فرض که دانسیته ثابت است، برابر خواهد بود با: $\frac{dZ}{dt} = \frac{N_A.M}{\rho}$

۴۸- گزینه «۱» در گازها ضریب نفوذ از مرتبه $10^{-4} \frac{m^2}{s}$ و در مایعات از مرتبه $10^{-9} \frac{m^2}{s}$ می‌باشد و تابعی از فشار و درجه حرارت است.

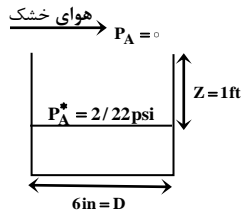
۴۹- گزینه «۱» (سطح جانبی برج) \times (شار مولی) = مقدار جذب

$$D = 6 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} = 0/5 \text{ ft} \Rightarrow 100 \frac{\text{lb mol}}{\text{min}} = 100 \frac{\text{lb mol}}{\text{ft}^2 \cdot \text{min}} \times (\pi)(0/5)(L) \Rightarrow L = 6/36 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 76/4 \text{ in}$$

۵۰- گزینه «۳» برای استوانه موازنه جرم خواهد بود: $\frac{d}{dr}(N_A.r) = 0$ ، با انتگرال گیری از این رابطه خواهیم داشت: $N_A r = C$ که C مقداری ثابت است.

۵۱- گزینه «۲» همیشه نفوذ مولکولی از غلظت بیشتر به غلظت کمتر صورت می‌گیرد. پس در حالت اول، جهت نفوذ A (J_A) از سمت چپ به راست است. در حالت دوم که جای مرز (۱) و (۲) عوض می‌شود، جهت نفوذ از راست به چپ می‌شود. با توجه به اینکه فقط نفوذ مولکولی صورت می‌گیرد، دبی مولی انتقال جرم A برابر $q_A = SN_A = SJ_A$ می‌شود که در هر دو حالت ثابت است. توجه شود که در این شکل فلاکس مولی A یعنی N_A ثابت نیست

و تابع طول مسیر (z) است $(N_A = J_A = -D_{AB} \frac{dCA}{dz})$.



۵۲- گزینه «۲» سرعت تبخیر آب برابر است با فلاکس مولی تبخیر آب ضربدر سطح مقطع ظرف. بنابراین داریم:

$$q_A = AN_A = 2/58 \times 10^{-3} \quad \text{آب} = A$$

$$\text{هوا} = B$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2, N_B = 0 \Rightarrow \frac{N_A}{N_A + N_B} = 0$$

$$N_A = \frac{P_t D_{AB}}{RTZ} \ln \frac{1 - \frac{P_A}{P_t}}{1 - \frac{P_A^*}{P_t}}$$

$$1 \text{ atm} = 14.7 \frac{\text{lb}_f}{\text{in}^2}, T(^{\circ}\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 460 \Rightarrow 120^{\circ}\text{F} = 590^{\circ}\text{R}, R = 1545 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb mol} \cdot ^{\circ}\text{R}} = 18540 \frac{\text{in} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb mol} \cdot ^{\circ}\text{R}}, Z = 1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$$

$$q_A = 2/58 \times 10^{-3} \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ lb mol } H_2O}{18 \text{ lb } H_2O} = 1/43 \times 10^{-4} \frac{\text{lb mol}}{\text{hr}}$$

با جایگزینی مقادیر و روابط بالا در رابطه $q_A = AN_A$ خواهیم داشت:

$$1/43 \times 10^{-4} \frac{\text{lb mol}}{\text{hr}} = \frac{(14.7 \frac{\text{lb}_f}{\text{in}^2})(D_{AB})}{(18540 \frac{\text{in} \cdot \text{lb}_f}{\text{lb mol} \cdot ^{\circ}\text{R}})(590^{\circ}\text{R})(12 \text{ in})} \ln \left[\frac{1 - 0}{1 - \frac{2/22}{14.7}} \right] \cdot \left(\frac{\pi}{4} (6 \text{ in})^2 \right) \Rightarrow D_{AB} = 278 \frac{\text{in}^2}{\text{hr}} = 2/2 \frac{\text{ft}^2}{\text{hr}}$$

که نزدیک‌ترین جواب به این عدد گزینه «۲» است.

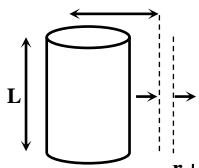
۵۳- گزینه «۱» ثابت می‌شود که در صورتی که ضرب نفوذ جزء i در تک تک گازها یعنی D_{ij} ها با هم برابر باشند، آنگاه $D_{ij} = D_{im}$ خواهد شد.

$$\vec{U}_m = \vec{V}^* = \sum x_i \vec{V}_i$$

۵۴- گزینه «۲» سرعت متوسط مولی اجزاء برابر است با:

$$\text{در این سؤال, } U_m = 0/6 \frac{\text{m}}{\text{s}}, V_{H_2} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}, V_{O_2} = 0/5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ می‌باشد, بنابراین داریم:}$$

$$U_m = x_{H_2} V_{H_2} + \underbrace{(1 - x_{H_2})}_{x_{O_2}} V_{O_2} \Rightarrow 0/6 = x_{H_2} (1) + (1 - x_{H_2})(0/5) \Rightarrow x_{H_2} = 0/2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



۵۵- گزینه «۴» با توجه به اینکه تبخیر در یک جهت صورت می‌گیرد، پس گزینه ۳ نمی‌تواند جواب باشد. در حالت پایا و بدون واکنش شیمیایی و در جهت r موازنه جرم را برای جزء A ، در شکل مقابل می‌نویسیم.

$$(N_A|_r \times 2\pi r L) - ((N_A|_{r+\Delta r}) \times 2\pi r L) + \frac{\Delta}{\Delta r} (N_A|_r \times 2\pi r L) dr = 0 \Rightarrow \frac{\Delta}{\Delta r} (N_A \times 2\pi r L) = 0 \Rightarrow \frac{\Delta}{\Delta r} (N_A \times r) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{r N_A}{\Delta r} = 0 \Rightarrow \frac{d}{d_r} (r \cdot N_A) = 0$$

توجه شود که گزینه ۲ مربوط به هندسه کره، در شرایط مذکور است.

۵۶- گزینه «۱» در نفوذ متقابل $N_A = -N_B$ است که در سؤال اشتباه بیان شده است. رابطه فلاکس مولی A در حالت نفوذ متقابل عبارتست از:

$$N_A = \frac{D_{AB}}{ZRT} (P_{A_1} - P_{A_2}), R = 8/314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}, T = 25^{\circ}\text{C} = 298/15 \text{ K}, Z = 2 \text{ cm} = 0/2 \text{ m}$$

$$P_{A_1} = 100 \text{ mmHg} \times \frac{133/3 \text{ Pa}}{\text{mmHg}} = 1/333 \times 10^4 \text{ Pa}, P_{A_2} = 0/6665 \times 10^4 \text{ Pa}, D_{AB} = 1/85 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow N_A = \frac{1/85 \times 10^{-5}}{(0/2)(8/314)(298/15)} (1/333 \times 10^4 - 0/6665 \times 10^4) = 2/48 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = 2/48 \times 10^{-8} \frac{\text{mol}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$$

۵۷- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. سرعت متوسط برابر است با: $\vec{U}_m = \sum x_i \vec{v}_i$ که در حالت دو جزئی می‌شود:

$$\vec{U}_m = x_A \vec{v}_A + x_B \vec{v}_B$$

$$x_A = \frac{15}{15+30} = \frac{1}{3}, x_B = \frac{30}{15+30} = \frac{2}{3} \xrightarrow{\substack{\text{سمت راست جهت} \\ \text{مثبت است}}} U_m = \left(\frac{1}{3}\right)(-19) + \left(\frac{2}{3}\right)(+6) = -2/33$$

۵۸- گزینه «۲» در مایعات رقیق، ضریب نفوذ رابطه مستقیم با دما و رابطه عکس با گرانشی (ویسکوزیته) دارد.

ویسکوزیته مایع ۴۵٪ کاهش یافته است، بنابراین: $\mu_2 = \mu_1 - 0/45\mu_1 = 0/55\mu_1$

$$\frac{(D_{AB})_2}{(D_{AB})_1} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{\mu_1}{\mu_2} \Rightarrow \frac{(D_{AB})_2}{(D_{AB})_1} = \frac{330}{2 \times 10^{-9}} \cdot \frac{\mu_1}{0/55\mu_1} = 4 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$$

۵۹- گزینه «۴» مقدار جذب = (سطح جانبی برج) × (شار یا فلاکس متوسط مولی انتقال جرم)

۶۰- گزینه «۱» شار مولی جزء A، برابر است با:

$$10 \frac{\text{lbmole}}{\text{ft}^2 \cdot \text{min}} \times (6/\Delta\pi D) = 100 \frac{\text{lbmole}}{\text{min}} \Rightarrow D = 0/49 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 5/9 \text{ in} \approx 6 \text{ in}$$

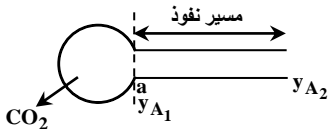
۶۱- گزینه «۳» ضریب نفوذ گاز در جامدات بسیار کمتر از ضریب نفوذ گاز در گاز یا مایع است.

$$N_A = \underbrace{N_T X_A}_{\text{شار ناشی از نفوذ مولکولی}} - \underbrace{D_{AB} C_T \nabla X_A}_{\text{شار ناشی از جابجایی}} = (N_A + N_B) X_A - D_{AB} C_T \left(\frac{\partial X_A}{\partial X} + \frac{\partial X_A}{\partial Y} + \frac{\partial X_A}{\partial Z} \right)$$

۶۲- گزینه «۱» از آنجائی که بیشتر حجم هوا را نیتروژن تشکیل می‌دهد، در نتیجه ضریب نفوذ این ماده در هوا باید نزدیک به ضریب نفوذ آن در نیتروژن

$$\left(\frac{0/25 \text{ cm}^2}{s} \right) \text{ باشد.}$$

۶۳- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. هوا نفوذ نمی‌کند، بنابراین $N_B = 0$ است. در نتیجه رابطه کلی فلاکس A خواهد شد:



$$N_A = \frac{CD_{AB}}{Z} \ln \frac{1-y_{A2}}{1-y_{A1}}$$

در سؤال بیان شده است که غلظت $(n_{CO_2})_{CO_2}$ ، به $\frac{1}{3}$ مقدار اولیه خود برسد. اگر غلظت اولیه C باشد پس غلظت ثانویه درون ظرف $\frac{1}{3}C$ است. به

عبارت دیگر، به اندازه $\frac{1}{3}C$ از نقطه (a) در طول مسیر نفوذ می‌کند تا وارد هوا شود. فرض می‌کنیم غلظت CO_2 در انتهای مسیر نفوذ صفر باشد ($y_{A2} = 0$). این

مقدار CO_2 نفوذ کرده برابر است با تعداد مول $(n_{CO_2})_{CO_2}$ که در زمان t از سطح مقطع لوله موئینه (A) عبور می‌کند. یعنی داریم:

$$\left. \begin{aligned} N_A &= \frac{n_{CO_2}}{(A)(t)} \\ y_{A1} &= \frac{\frac{1}{3}C}{C} = \frac{1}{3} \\ n_{CO_2} &= \frac{1}{3}CV \\ A &= \pi \frac{d^2}{4} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\frac{1}{3}D_{AB}}{Z} \ln \frac{1-0}{1-\frac{1}{3}} = \frac{\frac{1}{3}CV}{(\pi \frac{d^2}{4})(t)} \Rightarrow t = \frac{(100 \times 10^{-6})(10 \times 10^{-2})}{\left(\frac{3}{4} \times 0/25\right)(3/33 \times 10^{-5})(0/4)} = 2500 \text{ s}$$

۶۴- گزینه «۳» میزان نفوذ در هر لایه یکسان و برابر میزان نفوذ کل است. بنابراین خواهیم داشت:

$$N_A = N_1 = N_r \quad , \quad N_1 = \frac{D_1(c_o - c_1)}{z_1 - z_o} \quad , \quad N_r = \frac{D_r(c_1 - c_r)}{z_r - z_1}$$

با پیدا کردن c_1 یا z_1 از دو رابطه بالا و قرار دادن آن در یکی از رابطه‌ها مقدار شار مولی A به دست می‌آید.

$$C_1 = \frac{(z_r - z_1)D_1 C_o + z_1 D_r C_r}{z_1 D_r + (z_r - z_1)D_1} \quad , \quad z_1 = \frac{z_r D_1 (C_o - C_1)}{D_r (C_1 - C_r) - D_1 (C_o - C_1)}$$

$$N_A = N_1 = N_r = \frac{D_1 (C_o - C_1) + D_r (C_1 - C_r)}{z_r}$$

طبق رابطه N_A مشاهده می‌شود که شار مولی با ضریب نفوذ رابطه مستقیم و با ضخامت، رابطه عکس دارد. بنابراین با دو برابر شدن ضریب نفوذ و ضخامت، به طور هم زمان، شار مولی تغییر نمی‌کند.

۶۵- گزینه «۲» میزان تصعید با ضریب نفوذ رابطه مستقیم دارد. که تنها در گزینه (۲) این مورد مشاهده می‌شود.

فقط جزء A نفوذ می‌کند یعنی $N_B = 0$ است. بنابراین داریم:

$$N_A = X_A (N_A + N_B) - D_{AB} C \frac{dx_A}{dr} \xrightarrow{N_B=0} N_A = - \frac{D_{AB} C}{(1-x_A)} \frac{dx_A}{dr}$$

$$\text{میزان تصعید} = w = 4\pi r^2 N_A = \text{ثابت} \Rightarrow w = \frac{-4\pi r^2 D_{AB} C}{(1-x_A)} \frac{dx_A}{dr}$$

غلظت نفتالین در هوای دور از سطح کره ($r = \infty$) برابر صفر ($x_A = 0$) و در سطح کره ($r = R_o$) برابر x_{AS} می‌باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\int_{R_o}^{\infty} w \frac{dr}{r^2} = - \int_{x_{AS}}^0 \frac{4\pi D_{AB} C}{(1-x_A)} dx_A$$

با حل انتگرال بالا و مرتب کردن آن بر حسب w ، خواهیم داشت:

$$w = 4\pi R_o C D_{AB} \ln\left(\frac{1}{1-x_{AS}}\right) \xrightarrow{C = \frac{P_T}{RT}} w = \frac{4\pi R_o P_T D_{AB}}{RT} \ln\left(\frac{1}{1-x_{AS}}\right)$$

طبق قانون گاز کامل

۶۶- گزینه «۲» در فرآیند جذب و دفع تنها یک جزء بین دو فاز منتقل می‌شود، یعنی $N_B = 0$ است در فرآیند تقطیر، نفوذ متقابل، یعنی $N_A + N_B = 0$ وجود دارد.

۶۷- گزینه «۴» با توجه به این واکنش سریع و برگشت‌پذیر است، اثری روی شار ماده A نخواهد داشت.



فصل سوم

«ضرایب انتقال جرم»

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل سوم

- ۱- عدد اشمیت چنین تعریف می‌شود $Sc = \frac{v}{D}$ همواره (سراسری ۷۵)
- (۱) $0.7 < Sc < 50000$ (۲) $10^{-3} < Sc < 50000$ (۳) $10 < Sc < 50000$ (۴) $10^{-3} < Sc < 10$
- ۲- هوا با سرعت $10 \frac{Cm}{s}$ از داخل یک لوله ساخته شده از اسید بنزویک با قطر 10 Cm عبور می‌کند. ضریب انتقال جرم با استفاده از فرمول $sh = 0.27 Re^{0.8} Sc^{0.23}$ بر حسب متر بر ثانیه برابر است با: (سراسری ۷۵)
- (۱) 0.34 (۲) 0.7 (۳) 1.7 (۴) 2.1
- ۳- مکانیزم انتقال جرم در جریان متلاطم، نفوذ ... است. (سراسری ۷۵)
- (۱) چرخانه‌ای (۲) مؤثر (۳) مولکولی (۴) مولکولی و نفوذ چرخانه‌ای
- ۴- در انتقال جرم در جریانهای آرام عدد مشابه است با عدد Nusselt در انتقال حرارت. (سراسری ۷۶)
- (۱) Sherwood (۲) Stanton (۳) Schmidt (۴) Graschof
- ۵- در تئوری فیلمی یکی از فرضیات اصلی این است که کل مقاومت در انتقال جرم (سراسری ۷۶)
- (۱) با $D_{AB}^{\frac{2}{3}}$ متناسب است. (۲) در یک فاز در یک فیلم نازک خلاصه شده (۳) در دو فاز و مستقل از یکدیگر است. (۴) قابل صرف‌نظر است.
- ۶- مقدار ضریب انتقال جرم بر اساس Film Theory تابعی است از: (سراسری ۷۶)
- (۱) D_{AB} (۲) $D_{AB}^{0.6}$ (۳) $\frac{1}{D_{AB}}$ (۴) $\sqrt{D_{AB}}$
- ۷- براساس تئوری رسوخ، ضریب انتقال جرم با کدام مورد تناسب دارد؟ (سراسری ۷۷)
- (۱) با توان یک ضریب نفوذ مولکولی (۲) با توان 0.5 ضریب نفوذ مولکولی (۳) همواره ثابت است. (۴) با ضریب نفوذ مولکولی تناسب ندارد.
- ۸- براساس تئوری تجدید سطح: (سراسری ۷۷)
- (۱) زمان جدایش گردانه‌ها از فصل مشترک تابع زمان رسیدن آنها به این نقطه است. (۲) ضریب انتقال جرم نسبتی با ضریب نفوذ مولکولی ندارد. (۳) گردانه‌ها مدت ثابتی را در جوار فصل مشترک به سر می‌برند. (۴) مدت اقامت گردانه‌ها در جوار فصل مشترک متغیر است.
- ۹- در حالت انتقال جرم بصورت نفوذ یکسان مولی متقابل یک گاز دو جزئی کدام عبارت صحیح است؟ (سراسری ۷۷)
- (۱) $N_A = k'_c (y_{A1} - y_{A2})$ (۲) $N_A = F.C (c_{A1} - c_{A2})$ (۳) $N_A = k'_y (c_{A1} - c_{A2})$ (۴) $N_A = F(y_{A1} - y_{A2})$
- ۱۰- قیاس جرم و حرارت در کدامیک از حالات صحیح‌تر خواهد بود؟ (سراسری ۷۷)
- (۱) انتقال جرم یک جزء صورت گیرد. (۲) میزان انتقال جرم زیاد (۳) میزان انتقال جرم کم (۴) میزان انتقال جرم کم و زیاد صحیح است.
- ۱۱- در حرکت هوا از روی صفحات نفتالین، مقداری از نفتالین تبخیر شده و به فاز هوا وارد می‌شود. اگر عدد $Sc = 0.7$ باشد در اینصورت ضخامت لایه سرحدی غلظت: (سراسری ۷۷)
- (۱) به عدد Sc هیچگونه ارتباطی ندارد. (۲) بیشتر از ضخامت لایه سرحدی سرعت خواهد بود. (۳) بیشتر از ضخامت لایه سرحدی حرارت خواهد بود. (۴) کمتر از ضخامت لایه سرحدی سرعت خواهد بود.

- ۱۲- عدد بدون بعد اشمیت نمایانگر ارتباط بین کدام پدیده‌های انتقال می‌باشد؟ (سراسری ۷۷)
- (۱) اعداد بدون بعد ارتباط بین پدیده‌ها را نشان نمی‌دهند.
 (۲) جرم و ممنت
 (۳) جرم و حرارت
 (۴) حرارت و ممنت

- ۱۳- حلالیت کریستال سولفات مس را در داخل ظرف بزرگی از آب خالص در نظر بگیرید کدام مقدار برای دستیابی به فلاکس $(H_2O)_B$ صحیح است؟ (میزان حلالیت سولفات در آب $x_A^* = 0.012$) (سراسری ۷۷)
- (۱) $8/22 \times 10^{-2} F$ (۲) $6/23 \times 10^{-2} F$ (۳) $1/64 \times 10^{-2} F$ (۴) $1/24 \times 10^{-2} F$

- ۱۴- اگر مسیر نفوذ ماده A در داخل سیال بسیار طولانی باشد، برای توصیف انتقال ماده A به سیال کدام یک از مدل‌های زیر مناسب‌تر است؟ (سراسری ۷۸)
- (۱) مدل رسوخ Penetration
 (۲) مدل فیلم
 (۳) مدل نو شونگی سطح Surface renewal
 (۴) مدل لایه مرزی

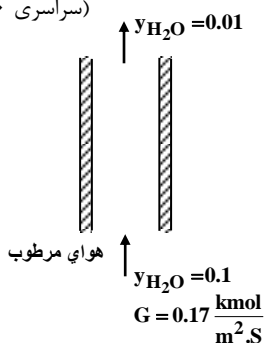
- ۱۵- k_x چنین تعریف می‌شود، $N = k_x(x_p - x_1)$ اگر در فرآیند انتقال جرم مدل فیلم صادق باشد به طوری که ضخامت لایه مؤثر Z باشد مقدار k_x برابر کدام یک از مقادیر زیر است. (سراسری ۷۸)
- (۱) D^2C/Z (۲) D/ZC (۳) DC/Z (۴) ZD

- ۱۶- در انتقال جرم بین یک جسم کروی شناور در یک سیال (سراسری ۷۸)
- (۱) حداقل مقدار عدد شروود براساس قطر کره برابر 10^6 می‌باشد.
 (۲) حداقل مقدار عدد شروود براساس قطر کره برابر صفر می‌باشد.
 (۳) حداقل مقدار عدد شروود براساس قطر کره برابر ۲ می‌باشد.
 (۴) عدد شروود براساس قطر کره برابر 10^6 می‌باشد.

- ۱۷- براساس تئوری تجدید سطح (Surface Renewal) (سراسری ۷۹)
- (۱) ضریب انتقال جرم نسبتی با ضریب نفوذ مولکولی ندارد.
 (۲) گردانه‌ها مدت زمان ثابتی را در جوار فصل مشترک به سر می‌برند.
 (۳) زمان جدایش گردانه‌ها از فصل مشترک تابع زمان رسیدن آن‌ها به این منطقه است.
 (۴) مدت زمان اقامت گردانه‌ها (Eddies) در جوار فصل مشترک متغیر است.

- ۱۸- هوا با غلظت بسیار کم از داخل یک برج جذب با سطح مقطع مستطیل $(20 \times 30 \text{ cm})$ عبور می‌نماید. اگر $Re = 10000$ و $Sc = 1/6$ باشد، ضریب انتقال جرم k_c (بر حسب متر بر ثانیه) کدام است؟ (در لوله‌ها از رابطه $Sh = 0.23 Re^{0.8} Sc^{0.3}$ استفاده می‌شود و ضریب نفوذ سیستم $\frac{m^2}{s} = 2/0 \times 10^{-5}$ می‌باشد.) (سراسری ۸۰)
- (۱) $0/15$ (۲) $0/35$ (۳) $1/50 \times 10^{-3}$ (۴) $3/50 \times 10^{-3}$

- ۱۹- در یک برج جداره مرطوب به قطر داخلی ۵ سانتی‌متر، از هوای مرطوب رطوبت‌زدایی می‌شود. فشار بخار آب در درجه حرارت سطح مایع 50° پاسکال و فشار متوسط در طول برج 10^5 پاسکال است. ضریب انتقال جرم متوسط $k_{Gave} = 1/24 \times 10^{-8} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{pa}}$ گزارش شده است. طول برج بر حسب متر، کدام است؟ (سراسری ۸۰)



- (۱) $2/78$ (۲) $3/08$
 (۳) $3/12$ (۴) $3/46$

۲۰- باد با سرعت $2 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ بر روی یک استخر پر از آب جریان دارد. اگر ابعاد استخر $8 \times 6 \text{ m}$ و عمق آن ۳ متر باشد و رطوبت نسبی هوا 60% باشد، چه مقدار آب (بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{day}}$) در طول شبانه‌روز باید به استخر اضافه کنیم تا عمق آب ثابت بماند؟

داده‌ها: فشار بخار آب $19/8 \text{ mmHg}$ ، ضریب نفوذ بخار آب در هوا $0/25 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$ و ویسکوزیته سینماتیکی هوا $0/16 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ ، ضریب انتقال

جرم $k_c = 2/2 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ، $(T = 22^\circ\text{C}, R = 8214 \frac{\text{J}}{\text{kmolm}^3})$ (سراسری ۸۰)

$$77/6 \quad (4)$$

$$70/7 \quad (3)$$

$$65/6 \quad (2)$$

$$60/1 \quad (1)$$

۲۱- فلاکس انتقال جرم برای یک جزء در فصل مشترک گاز مایع با جریان‌های درهم با استفاده از مدل فیلم به صورت زیر بیان شده است $N_A = K(x_{A1} - x_{A2})$ که در آن x_{A1} و x_{A2} به ترتیب جزء مولی A در فصل مشترک و توده مایع می‌باشد اگر d ضخامت لایه موثر و D ضریب نفوذ A در مایع و C غلظت کلی باشد. کدام عبارت در مورد K درست است؟ (آزاد ۸۰)

$$K = \frac{\sqrt{DC}}{d} \quad (4)$$

$$K = \frac{dC}{D} \quad (3)$$

$$K = \frac{DC}{d} \quad (2)$$

$$K = \frac{D}{Cd} \quad (1)$$

۲۲- در انتقال جرم بین یک قطره سیال معلق در گاز ساکن اطراف آن، عدد شروود (Sh) برابر است با:

$$> 2 \quad (4)$$

$$2 \quad (3)$$

$$3/4 \quad (2)$$

$$1 \quad (1)$$

۲۳- عدد شروود (Sh) در مدل فیلم و فرآیند جذب گاز در جریان آرامی از فیلم مایع ریزان به ترتیب برابر ۱ و $3/41$ می‌باشد. کدام عبارت درست است؟ (آزاد ۸۰)

(۱) ضریب انتقال جرم در مدل جریان آرام از فیلم مایع بزرگتر است.
(۲) ضریب انتقال جرم در مدل فیلم بزرگتر است.
(۳) ضریب انتقال جرم در هر دو مدل یکسان است.
(۴) آهنگ انتقال جرم در هر دو مدل یکسان است.

۲۴- محدوده عدد بدون بعد اشمیت (Sc) در گازها و مایعات به ترتیب کدام است؟ (سراسری ۸۱)

(۱) از $0/5$ تا 2 و از 10000 تا 100000
(۲) از $0/2$ تا 2 و از 100 تا 1000
(۳) از $0/5$ تا 5 و از 100 تا 500
(۴) از $0/5$ تا 5 و از 10 تا 500

۲۵- مفهوم فیزیکی عدد بدون بعد اشمیت (Sc) نسبت ضریب نفوذ است. (سراسری ۸۱)

(۱) حرارتی به ضریب نفوذ مولکولی
(۲) مولکولی به ضریب نفوذ مومنوم
(۳) مومنوم به ضریب نفوذ مولکولی
(۴) مولکولی به ضریب نفوذ حرارتی

۲۶- عدد بدون بعد لوئیس را به چه صورتی می‌توان تعریف کرد؟ (سراسری ۸۲)

(۱) $Le = \frac{D}{\alpha}$
(۲) $Le = \frac{Pe_D}{Pe_H}$
(۳) $Le = \frac{Pr}{Sc}$
(۴) $Le = \frac{Re}{Sc}$

۲۸- هوا از روی صفحه ای از جنس نفتالین عبور می‌کند. نفتالین در هوا تصعید می‌شود. در طول صفحه در جایی که عدد رینولدز محلی 10^7 است، عدد شروود $Sh = 8/5$ است. اگر آب از روی صفحه‌ای از جنس اسید بنزوئیک عبور کند در طول صفحه جایی که عدد رینولدز محلی 10^7 است، عدد شروود چه مقداری خواهد داشت؟ ($Sc = 800$) (آزاد ۸۲)

$$0/27 \quad (4)$$

$$0/85 \quad (3)$$

$$269 \quad (2)$$

$$85 \quad (1)$$

۲۹- انتقال جرم در خارج یک کره جامد و در شرایطی کاملاً ساکن و یکنواخت صورت می‌گیرد. عدد شروود در حالتی که انتقال جرم فقط در اثر نفوذ مولکولی صورت می‌گیرد برابر ۲ گزارش شده است. اگر انتقال جرم در اثر نفوذ مولکولی و حرکت توده‌ای (کنوکسیون طبیعی) صورت یافته باشد در این صورت: (سراسری ۸۳)

(۱) عدد شروود تغییر می‌کند و کمی بیشتر از ۲ می‌شود.

(۲) عدد شروود تغییر نخواهد کرد و ضریب انتقال جرم k نیز ثابت خواهد بود.

(۳) عدد شروود تغییری نخواهد کرد لیکن مقدار ضریب انتقال جرم $k[\frac{\text{m}}{\text{s}}]$ کمی بیشتر می‌شود.

(۴) عدد شروود تغییری نخواهد کرد و لیکن مقدار ضریب انتقال جرم $k[\frac{\text{m}}{\text{s}}]$ کمتر خواهد شد.

۳۰- در یک ستون دیواره مرطوب، شدت گاز ورودی $\frac{\text{Kmol}}{\text{s}}$ و گاز خروجی از بالای ستون $\frac{\text{Kmol}}{\text{s}}$ است. در صورتی که شار

برابر $N_A = \frac{\text{Kmol}}{\text{s}^2}$ بوده و طول ستون یک متر باشد، قطر این ستون چقدر است؟ (سراسری ۸۳)

- (۱) حدود ۳ متر (۲) حدود ۳ سانتی متر (۳) ۵ سانتی متر (۴) حدود ۹ سانتی متر

۳۱- بر اساس تئوری تجدید سطح (surface renewal) مدت اقامت گردانه‌ها در جوار فصل مشترک متغیر است.

- (۱) مدت اقامت گردانه‌ها در جوار فصل مشترک ثابت است.
 (۲) مدت اقامت گردانه‌ها در جوار فصل مشترک ثابت است.
 (۳) ضریب انتقال جرم رابطه‌ای با ضریب نفوذ مولکولی ندارد.
 (۴) ضریب انتقال جرم با ضریب نفوذ مولکولی رابطه خطی دارد.

۳۲- اگر k ضریب انتقال جرم و D ضریب نفوذ مولکولی باشد بر اساس تئوری فیلم:

- (۱) $k \propto D^{0.5}$ (۲) $k \propto D^{0.33}$ (۳) $k \propto D$ (۴) $k \propto D^2$

۳۳- ضریب انتقال جرم در یک دستگاه $k_f = \Delta s^{-1}$ است. اگر حلالیت گازی که در ظرف منتقل می‌شود 3 ppm باشد و این گاز پس از نفوذ در یک

واکنش شیمیایی شرکت کند شدت نفوذ در صورتی که محلول از گاز مورد نظر اشباع باشد برابر خواهد بود با:

- (۱) $15 \text{ mg lit}^{-1} \text{s}^{-1}$ (۲) $17 \text{ mg lit}^{-1} \text{s}^{-1}$ (۳) $17 \text{ mg lit}^{-1} \text{s}^{-1}$ (۴) $12 \text{ mg lit}^{-1} \text{s}^{-1}$

۳۴- در کدام حالت، اثر جریان آشفته در سه پدیده انتقال جرم، حرارت و ممتوم یکسان است؟ (سراسری ۸۴)

- (۱) $Pr = Sc$ (۲) $Pr = Sc = 1$

- (۳) $E_D = E_H$ (ضرایب نفوذ چرخانه‌ای) (۴) هیچ کدام

۳۵- کدامیک از روابط زیر در مورد عدد اشمیت Sc صادق است؟ (آزاد ۸۴)

- (۱) $0.7 < Sc < 5 \times 10^4$ (۲) $10 < Sc < 5 \times 10^3$ (۳) $10^{-3} < Sc < 5 \times 10^4$ (۴) $10^{-3} < Sc < 10$

۳۶- عدد بدون بعد شروود Sh معادل کدامیک از عبارات‌های زیر است؟ (آزاد ۸۴)

- (۱) $\frac{uK}{PD_{AB}}$ (۲) $\frac{KD}{D_{AB}}$ (۳) $\frac{KD_{AB}}{D}$ (۴) $\frac{Ku}{P}$

۳۷- در تئوری تجدید سطح اگر میدان سرعت سیال ثابت باشد کدام عبارت صحیح است؟ (آزاد ۸۴)

- (۱) k متناسب با D_{AB} است. (۲) k متناسب با $\sqrt{D_{AB}}$ است. (۳) k متناسب با D_{AB}^2 است. (۴) k متناسب با $\sqrt[3]{D_{AB}}$ است.

۳۸- عدد بدون بعد لوئیس Le معادل کدام عبارت زیر است؟ (آزاد ۸۴)

- (۱) $\frac{D}{a}$ (۲) $\frac{P_{eD}}{P_{eH}}$ (۳) $\frac{P_r}{Sc}$ (۴) $\frac{R_e}{Sc}$

۳۹- در تشابه بین پدیده‌های انتقال جرم و حرارت، چنانچه شرایط برقرار باشد کدام یک از عبارات زیر صحیح است؟ (سراسری ۸۵)

- (۱) اعداد Pr و Sc در دو فرآیند بایستی برابر باشند.
 (۲) اعداد رینولدز در دو فرآیند بایستی برابر باشند.
 (۳) اعداد رینولدز دو فرآیند برابر و نیز Pr بایستی با Sc برابر باشد.
 (۴) اعداد بدون بعد یکی، جایگزین اعداد بدون بعد دیگری می‌گردد.

۴۰- اگر مسیر نفوذ ماده A در داخل سیال بسیار طولانی باشد، برای توصیف انتقال ماده A به سیال کدام یک از مدل‌های زیر مناسب‌تر هستند؟ (آزاد ۸۵)

- (۱) مدل رسوخ Penetration
 (۲) مدل فیلم
 (۳) مدل نو شونگی سطح Surface renewal
 (۴) مدل لایه مرزی

۴۱- کدامیک از گزینه‌های زیر مشخصه تئوری تجدید سطح می‌باشد؟ (آزاد ۸۵)

- (۱) مدت اقامت گردابه‌ها در فصل مشترک ثابت است.
 (۲) ضریب انتقال جرم نسبتی با ضریب نفوذ مولکولی ندارد.
 (۳) مدت اقامت گردابه‌ها در فصل مشترک تغییر می‌کند.
 (۴) زمان جدایش گردابه‌ها از فصل مشترک تابع زمان رسیدن آن‌ها به این منطقه است.



۴۲- ضریب انتقال جرم در یک برج جداره‌ی مرطوب برای دو فاز آب و هوا اندازه‌گیری شده و به صورت یک رابطه‌ی بدون بعد عرضه گردیده است. این رابطه را می‌توان برای محاسبه ضریب انتقال جرم در کدامیک از موارد زیر بکار برد؟ (آزاد ۸۵)

- (۱) عبور یک گاز به موازات محور لوله و از داخل آن
 (۲) عبور مایع از داخل لوله
 (۳) عبور مایع از درون یک بستر محتوی گلوله‌های کروی
 (۴) عبور گاز از درون یک بستر محتوی گلوله‌های کروی

۴۳- کدام رابطه آنالوژی کالبرن (colburn) است؟ (آزاد ۸۵)

$$C_f = \frac{1}{2} St^2 \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \quad (1) \quad Nu = \frac{0.62}{Pr^{\frac{1}{4}}} \cdot Re^{\frac{1}{2}} \cdot Pr^{\frac{1}{4}} \quad (2) \quad Nu = \frac{0.36}{Pr^{\frac{1}{4}}} \cdot Re^{\frac{1}{2}} \cdot Pr^{\frac{1}{4}} \quad (3) \quad C_f = 2 St \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

۴۴- در حرکت سیال از روی صفحه سطح عدد شروود Sh_x در یک فنری از لبه صفحه $13/5$ متری محاسبه شده است. مقدار متوسط آن برای هر یک متر صفحه چقدر است؟ (آزاد ۸۵)

- (۱) $15/75$ (۲) $13/5$ (۳) 27 (۴) $6/75$

۴۵- دو فاز نامحلول در تماس مستقیم بوده و انتقال جرم بین دو فاز انجام می‌شود در فاز اول عدد اشمیت 1000 و در فاز دوم عدد اشمیت 2200 است؟ (سراسری ۸۶)

- (۱) این پدیده می‌تواند در یک برج دفع انجام شده باشد.
 (۲) این پدیده می‌تواند در یک برج جذب انجام شده باشد.
 (۳) این پدیده می‌تواند در یک برج تقطیر انجام شده باشد.
 (۴) این پدیده می‌تواند در یک برج استخراج مایع - مایع انجام شده باشد.

۴۶- کدام گزینه در مورد تئوری تجدید سطح (Surfacerenewal) درست است؟ (آزاد ۸۶)

- (۱) زمان اقامت گردابه‌ها در فصل مشترک ثابت است.
 (۲) زمان اقامت گردابه‌ها در فصل مشترک ثابت نیست.
 (۳) زمان جدا شدن گردابه‌ها از فصل مشترک تابع زمان رسیدن آن‌ها به این ناحیه است.
 (۴) ضریب انتقال جرم نسبی به ضریب نفوذ مولکولی ارتباطی ندارد.

۴۷- اگر رژیم جریان آرام باشد کدام عدد بدون بعد انتقال جرم با عدد ناسلت انتقال حرارت مشابه است؟ (آزاد ۸۶)

- (۱) اشمیت (۲) گراشپف (۳) شروود (۴) استانتون

۴۸- در تئوری انتقال جرم رسوخ (penetration) ضریب انتقال جرم K با ضریب نفوذ D از کدام رابطه پیروی می‌کند؟ (آزاد ۸۶)

$$K \propto D_{AB}^{\frac{1}{2}} \quad (1) \quad K \propto D_{AB}^{\frac{1}{3}} \quad (2) \quad K \propto D_{AB}^{\frac{1}{4}} \quad (3) \quad K \propto D_{AB}^{\frac{1}{5}} \quad (4)$$

۴۹- اگر عدد شروود موضعی در انتهای صفحه تخت برابر با 14 باشد عدد شروود متوسط برابر خواهد بود با: (آزاد ۸۷)

- (۱) $8/5$ (۲) 51 (۳) 74 (۴) 34

۵۰- عدد اشمیت در مایعات با افزایش دما می‌یابد، چون ضریب نفوذ و ویسکوزیته می‌یابند. (سراسری ۸۹)

- (۱) افزایش - افزایش - افزایش (۲) کاهش - کاهش - افزایش (۳) کاهش - کاهش - کاهش (۴) افزایش - کاهش - افزایش

۵۱- جریان مایع ($Pr = 16$) از داخل لوله‌ای از جنس مس عبور کرده و برای این جریان $Nu = 80$ است. اگر هوا از درون لوله‌ای با همان ابعاد از جنس نفتالین عبور کند، عدد شروود (Sh) برای تصعید نفتالین در هوا کدام است؟ (عدد Re برای جریان مایع و جریان هوا یکسان و برای نفتالین - هوا $Sc = 2$) (سراسری ۹۰)

- (۱) 10 (۲) 40 (۳) 80 (۴) 160

۵۲- ضخامت فیلم ریزان مایع از رابطه $\delta = \left(\frac{3\mu\Gamma}{\rho^2g}\right)^{\frac{1}{3}}$ محاسبه می‌شود که Γ و g, ρ, μ به ترتیب ویسکوزیته، دانسیته، شتاب جاذبه و نرخ جرم به

ازاء واحد پهنای فیلم است. اگر برای فیلم ریزان مایع $Sh = 3/41$ ، $D_{AB} = 3 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$ ، $g = 10 \frac{m}{s^2}$ ، $\mu = 0.01 Pa.s$ ، $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$ باشد، و دبی

جرمی مایع $0.045\pi \frac{kg}{s}$ از دیواره لوله با قطر $5cm$ جریان یابد ضریب انتقال جرم چند $\frac{m}{s}$ است؟ (مهندسی شیمی - سراسری ۹۰)

$$(1) \quad 3/41 \times 10^{-3} \quad (2) \quad 3/41 \times 10^{-4} \quad (3) \quad 3/41 \times 10^{-5} \quad (4) \quad 3/41 \times 10^{-6}$$

۵۳- در کدام شرایط عمل انتقال جرم با عدد اشمیت (Sc) نزدیک به یک و عدد شرود (Sh) بزرگ بوده است؟ (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

(۱) مایع و آرام (۲) مایع و توربولنت (۳) گاز و آرام (۴) گاز و توربولنت

۵۴- متناظر معادله زیر با فرض تشابه بین پدیده‌های انتقال جرم و انتقال حرارت کدام است؟ $\frac{Nu}{RePr} = \Psi_1\left(\frac{f}{\nu}, Pr, \frac{E_H}{\nu}\right)$

(مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

$$(1) \quad \frac{Sh}{ReSc} = \Psi_1\left(\frac{f}{\nu}, Sc, \frac{E_D}{\nu}\right) \quad (2) \quad \frac{Sh}{ReSh} = \Psi_2\left(\frac{f}{\nu}, Sc, \frac{E_D}{\nu}\right) \quad (3) \quad \frac{Sh}{ReSc} = \Psi_1\left(\frac{f}{\nu}, Sh, \frac{E_D}{\nu}\right) \quad (4) \quad \frac{Sh}{RESc} = \Psi_2\left(\frac{f}{\nu}, Sh, \frac{E_D}{\nu}\right)$$

۵۵- تئوری ترکیبی فیلم - تجدید سطح جهت انتقال جرم در مواقعی که شدت تجدید سطح (s) خیلی کم باشد به کدام تئوری زیر تبدیل می‌شود؟

(مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

(۱) لایه مرزی (۲) تقطیر (۳) جذب سطحی (۴) تجدید سطح

۵۶- ضریب انتقال جرم متوسط درون فاز مایع ($K_{L,ave}$) در برج دیواره مرطوبی با قطر $1/0$ متر چند $\frac{m}{s}$ است؟ (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

$$\left(D_{AB} = 10^{-5} \frac{m^2}{s}, \delta = 10^{-4} m, \mu_L = 1 \times 10^{-3} \frac{kg}{m.s}, \rho = 1000 \frac{kg}{m^3}, u_L = 0/1 \frac{m}{s}\right)$$

$$(1) \quad 341 \quad (2) \quad 34/1 \quad (3) \quad 3/41 \quad (4) \quad 0/341$$

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل سوم

۱- گزینه «۱» عدد اشمیت یک عدد بدون بعد در انتقال جرم است که بیان‌گر نسبت نفوذ ممنوم به نفوذ جرم است. این عدد مشابه عدد بدون بعد پرانتل (Pr) در انتقال حرارت است و مقدار آن همواره بین 0.7 تا 50000 می‌باشد.

۲- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. برای پاسخ به سؤال به اطلاعات بیشتری مثل D_{AB} ، چگالی (ρ) و گرانیوی (μ) نیاز است.

$$Sh = 0.027 Re^{0.8} Sc^{0.33} \Rightarrow \frac{Kd}{D_{AB}} = 0.027 \left(\frac{\rho u d}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{\mu}{\rho D_{AB}} \right)^{0.33}$$

۳- گزینه «۴» وقتی که جریان متلاطم باشد، علاوه بر نفوذ مولکولی، توسط گردانه‌ها (eddy) هم نفوذ صورت می‌گیرد که به آن نفوذ چرخانه‌ای می‌گویند.

$$J_A = -(D_{AB} + \varepsilon_D) \frac{dC_A}{dz}$$

در این حالت رابطه نفوذ مولکولی خواهد بود:

ε_D یک خاصیت جریان است، در حالی که D_{AB} یک خاصیت سیال است.

۴- گزینه «۱» همان‌طور که در انتقال حرارت عدد بدون بعد ناسلت ($Nu = \frac{hL}{k}$) تعریف می‌شود در انتقال جرم نیز مشابه آن عدد شرودد

$$Nu = \frac{Kc'_L}{D_{AB}} \quad Sh = \frac{Kc'_L}{D_{AB}}$$

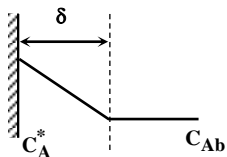
تعریف می‌شود. Nu نشان دهنده نسبت مقاومت هدایت حرارتی به مقاومت جابجایی حرارتی ($Nu = \frac{K}{h}$) و Sh نشان دهنده نسبت

$$Sh = \frac{D_{AB}}{k'_c}$$

مقاومت نفوذی سیال به مقاومت جابجایی سیال ($Sh = \frac{D_{AB}}{k'_c}$) می‌باشد. L مشخصه طول، k'_c ضریب انتقال جرم، h ضریب انتقال حرارت جابجایی و k

ضریب هدایت حرارتی و D_{AB} ضریب نفوذ انتقال جرم است.

۵- گزینه «۲» در تئوری فیلم، یک فیلم ساکن بسیار نازک به پهنای δ در نظر گرفته می‌شود، به طوری که همه مقاومت انتقال جرم در این فیلم ساکن قرار دارد و انتقال جرم تنها به صورت نفوذ مولکولی است. چون که فیلم ساکن است، سرعت متوسط مولی برابر صفر است ($N_A + N_B = 0$) تغییرات غلظت در خارج از فیلم در نظر گرفته نمی‌شود و توزیع غلظت داخل فیلم بصورت خطی فرض می‌شود.



$$k'_c = \frac{D_{AB}}{\delta}$$

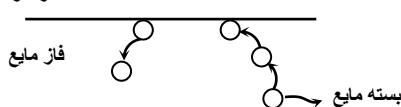
با در نظر گرفتن این تئوری برای فاز گاز، ضریب انتقال جرم با ضریب نفوذ متناسب است:

با افزایش تلاطم، δ کوچکتر شده و k'_c زیاد می‌شود.

$$k'_c = \frac{D_{AB}}{\delta} \quad \text{یا در مورد مایع} \quad k'_l = \frac{D_{AB}}{\delta} \quad \text{در مورد گاز}$$

۶- گزینه «۱» در تئوری فیلم، در مورد گاز $k'_c = \frac{D_{AB}}{\delta}$ یا در مورد مایع $k'_l = \frac{D_{AB}}{\delta}$ می‌باشد.

فاز گاز



۷- گزینه «۲» مدل رسوخ (Penetration) در مورد سطح تماس یک مایع و یک گاز به کار می‌رود.

در این تئوری فاز مایع به صورت بسته‌هایی در نظر گرفته می‌شود که هرکدام در یک زمانی به سطح دو فاز رسیده و فقط در این مدت زمان (θ) نفوذ گاز در مایع صورت می‌گیرد، وقتی که بسته از سطح به پائین می‌آید دیگر نفوذ صورت نمی‌گیرد.

این تئوری شبیه تماس کوتاه در فیلم ریزان است. رابطه ضریب نفوذ با ضریب انتقال جرم در این تئوری به صورت زیر است:

$$k'_L = \sqrt{\frac{4D_{AB}}{\pi\theta}} \Rightarrow k'_L \propto D_{AB}^{1/2}$$

که θ زمان اقامت یک بسته روی سطح مایع یا زمان تماس دو فاز است که قابل محاسبه نمی‌باشد.

۸- گزینه «۴» مدل تجدید سطح (Surface renewal) برای مایع استفاده می‌شود نه گاز بالای آن، این مدل شبیه مدل رسوخ است با این تفاوت که

زمان تماس (θ) بسته‌ها با سطح دو فاز به صورت تصادفی است یعنی این زمان ثابت نیست. در این مدل هم $k'_L \alpha D_{AB}^{1/2}$ می‌باشد. در این جا هم زمان تماس قابل محاسبه نیست چرا که θ باید از مکانیک سیالات بدست آید که θ برای جریان متلاطم قابل محاسبه نیست پس تنها گزینه (۴) صحیح است.

۹- گزینه «۴» همان طور که در انتقال حرارت، موقعی که جابجایی وجود دارد، از ضریب انتقال حرارت (h) استفاده می‌شود، در انتقال جرم نیز، زمانی که سیال در حالت حرکت است، ضریب انتقال جرم به کار می‌رود. برای مایعات از ضرایب k_x و k_L و برای گازها از ضرایب k_y ، k_c ، k_G استفاده می‌شود.

زمانی که نفوذ یک جزء داشته باشیم ($N_B = 0$) از نماد k استفاده می‌شود. برای حالت نفوذ متقابل یعنی $N_A + N_B = 0$ بجای k از k' استفاده می‌شود. در حالت کلی می‌توان از ضریب F استفاده کرد.

$$\begin{cases} \text{مایعات} \\ \text{گازها} \end{cases} \begin{cases} (1) N_B = 0 : N_A = k_x(x_{A1} - x_{A2}) = k_L(C_{A1} - C_{A2}) \\ (2) N_A + N_B = 0 : N_A = k'_x(x_{A1} - x_{A2}) = k'_L(C_{A1} - C_{A2}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} (1) N_B = 0 : N_A = k_y(y_{A1} - y_{A2}) = k_c(C_{A1} - C_{A2}) = k_G(p_{A1} - p_{A2}) \\ (2) N_A + N_B = 0 : N_A = k'_y(y_{A1} - y_{A2}) = k'_c(C_{A1} - C_{A2}) = k'_G(p_{A1} - p_{A2}) \end{cases}$$

با توجه به روابط بالا می‌توان روابط بین ضرایب انتقال جرم را به دست آورد:

$$\text{برای گازها} : \frac{k'_c p_t}{RT} = \frac{k_c p_{BM}}{RT} = k'_G p_t = k_G p_{BM} = k_y y_{BM} = k'_y = \frac{k'_c p_t}{RT} = \frac{k'_c}{c} = F$$

$$\text{برای مایعات} : k'_L C = k_L x_{BM} C = k'_x = k_x x_{BM} = F$$

با توجه به مطالب بالا گزینه ۴ صحیح است چرا که $F = k'_y$ می‌باشد. صحیح گزینه (۱) به صورت $N_A = k'_c(C_{A1} - C_{A2})$ ، گزینه (۳) به صورت

$$N_A = \frac{F}{C}(C_{A1} - C_{A2}) \text{ و گزینه (۲) به صورت } N_A = k'_c(C_{A1} - C_{A2}) \text{ می‌باشد.}$$

۱۰- گزینه «۳» در انتقال جرم نفوذ مولکولی (diffusion) و حرکت مولکولی (advective) وجود دارد. اشتراک بین انتقال جرم و انتقال حرارت و ممنوم وجود نفوذ مولکولی است. در حرارت و ممنوم بجای advective، جابجایی (Convective) وجود دارد. انتقال جرم از طریق نفوذ مولکولی کم است، پس قیاس آن با حرارت، به شرط کم بودن انتقال جرم صادق است. در واقع می‌توان انتقال حرارت را معادل $N_A + N_B = 0$ در نظر گرفت.

۱۱- گزینه «۲» عدد بدون بعد اشمیت (Sc) در انتقال جرم مشابه عدد بدون بعد پرانتل (Pr) در انتقال حرارت است که رابطه آنها با ضخامت لایه مرزی به صورت زیر است:

$$Pr = \frac{1}{\nu} = \frac{\delta_t}{\delta} = \frac{\text{ضخامت لایه مرزی حرارتی}}{\text{ضخامت لایه مرزی غلظتی}} \quad \text{و} \quad Sc = \frac{1}{D_{AB}} = \frac{\delta_c}{\delta} = \frac{\text{ضخامت لایه مرزی غلظتی}}{\text{ضخامت لایه مرزی}} \quad \text{و}$$

$$\left(\frac{\nu}{D_{AB}}\right) = \frac{\delta_c}{\delta} \Rightarrow \frac{\delta_c}{\delta} = 1/12 \Rightarrow \delta_c > \delta$$

پس اگر Sc برابر ν/D_{AB} باشد:

یعنی ضخامت لایه مرزی غلظتی بزرگ‌تر از ضخامت لایه مرزی سرعتی است.

۱۲- گزینه «۲» عدد اشمیت (Sc) به صورت $Sc = \frac{\nu}{D_{AB}}$ می‌باشد. این عدد بدون بعد شبیه عدد پرانتل (Pr) در انتقال حرارت است. در این رابطه

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ بیان گر نفوذ ممنوم و D_{AB} بیان گر نفوذ جرم است. پس اشمیت نمایان گر پدیده‌های جرم و انتقال ممنوم است.

$$Sc = \frac{\text{نفوذ ممنوم}}{\text{نفوذ جرم}} \quad Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\text{نفوذ ممنوم}}{\text{نفوذ}}$$

۱۳- گزینه «۲» کریستال سولفات مس به صورت $\text{CuSO}_4 \cdot (\Delta \text{H}_2\text{O})$ می‌باشد (جزء A، CuSO_4 و جزء B، H_2O) طبق فرمول آن به ازای هر مولکول A، Δ مولکول B در حلال و در یک جهت نفوذ می‌کند. در مورد این سولفات جهت نفوذ مولکولی (diffusion) یعنی J_A و J_B اجزاء خلاف یکدیگر است ولی انتقال جرم کلی اجزاء یعنی N_A و N_B در یک جهت است.

$$N_B = \Delta N_A \Rightarrow \frac{N_A}{N_A + N_B} = \frac{N_A}{N_A + \Delta N_A} = \frac{1}{\Delta + 1}$$

پس نسبت فلاکس‌ها خواهد بود:

رابطه فلاکس مولی هنگام استفاده از ضریب F به صورت زیر است:

$$N_A = \frac{N_A}{N_B + N_A} F \ln \frac{\frac{N_A}{N_A + N_B} - x_{A2}}{\frac{N_A}{N_A + N_B} - x_{A1}} = \frac{1}{\Delta + 1} F \ln \frac{\frac{1}{\Delta + 1} - 0}{\frac{1}{\Delta + 1} - 0.12} = 0.124 F \quad \text{و} \quad N_B = \Delta N_A \Rightarrow N_B = 6/23 \times 10^{-2} F$$

۱۴- گزینه «۲» فلاکس مولی برای جز A به صورت مقابل است: (به فرض اینکه سیال مایع باشد) $N_A = K_L (C_A^* - C_{Ab})$ چون که در تئوری فیلم، در خارج از لایه ساکن یعنی در فواصل دور از سطح ($Z = \infty$)، تغییرات غلظت در نظر گرفته نمی‌شود، می‌توان آنرا C_{A0} در نظر گرفت ($C_{Ab} = C_{A0}$). بنابراین وقتی که مسیر نفوذ طولانی باشد، بهتر است از تئوری فیلمی استفاده کرد. (برای گاز از k'_C استفاده می‌شود)

۱۵- گزینه «۳» در تئوری فیلم، فلاکس مولی عبارتست از:

$$N_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz} \Rightarrow N_A = \frac{D_{AB}}{Z} (C_A^* - C_{A0}) = \frac{D_{AB}}{Z} C (x_A^* - x_{A0})$$

$$N_A = k_x (x_2 - x_1) \xrightarrow{\text{از مقایسه دورابطه برای } N_A} k_x = \frac{D_{AB} C}{Z}$$

۱۶- گزینه «۳» حداقل مقدار عدد شروود (Sh) زمانی است که جسم کروی در سیال ساکن به جرم بی‌نهایت قرار گرفته باشد. می‌توان ثابت کرد که در چنین حالتی تغییرات غلظت جز A که همان کره می‌باشد، در فاصله r از مرکز کره به صورت $C_A = \frac{R}{r} C_A^*$ است که C_A^* غلظت جز A در سطح کره (شعاع R) در هر لحظه است. هم‌چنین ضریب انتقال جرم بصورت $k_c = \frac{D_{AB}}{R}$ به دست می‌آید که با توجه به آن عدد شروود خواهد بود:

$$Sh = \frac{k_c D}{D_{AB}} = \frac{k_c (rR)}{D_{AB}} = \frac{(\frac{D_{AB}}{R})(rR)}{D_{AB}} = r$$

نکته: به طور مشابه در انتقال حرارت نیز، برای کره قرار گرفته در جرم بی‌نهایت ساکن عدد ناسلت (Nu) برابر r به دست می‌آید.

۱۷- گزینه «۴» در تئوری تجدید سطح، زمان تماس گردانه‌ها، با سطح دو فاز به صورت تصادفی است یعنی این زمان ثابت نیست. هم‌چنین در این مدل $\frac{1}{k'_L} \propto D_{AB}^{\frac{1}{2}}$ می‌باشد.

۱۸- گزینه «۴» برای تعیین ضرایب انتقال جرم و حرارت می‌توان از روابط تجربی مربوط به آن هندسه استفاده کرد. برای نمونه در این سوال، از رابطه تجربی شروود مربوط به لوله برای تعیین ضریب انتقال جرم در لوله استفاده می‌شود.

با توجه به اینکه غلظت هوا بسیار کم است (سیستم رقیق)، بنابراین $\frac{P_{BM}}{P_t} \approx 1$ می‌باشد.

$$Sh = 0.023 Re^{0.8} Sc^{0.3} \Rightarrow \frac{K_c L}{D_{AB}} = 0.023 Re^{0.8} Sc^{0.3} \quad (I)$$

در این رابطه L ، مشخصه طول است که برای استوانه و یا کره، معادل قطر است و برای سطح مقطع مربع یا مستطیل، قطر معادل به صورت $L = \frac{4A}{P}$

$$L = \frac{4A}{P} = \frac{(4)(\frac{\pi}{4} \times \frac{\pi}{4})}{(\frac{\pi}{2})(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4})} = 0.24 \text{ m}$$

تعریف می‌شود (A مساحت و P محیط).

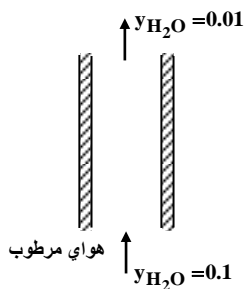
$$(I) \Rightarrow K_c = \frac{(\frac{\pi}{4} \times 0.24) \text{Re}^{0.4} \text{Sc}^{0.3} D_{AB}}{L} = \frac{(\frac{\pi}{4} \times 0.24)(1.0^4)^{0.4} (1/6)^{0.3} (2 \times 10^{-5})}{0.24} = 3/5 \times 10^{-3}$$

۱۹- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. تفاوت رطوبت ورودی و خروجی از برج برابر است با میزان رطوبت ورودی به جریان آب از طریق عملیات انتقال

$$q_A = \pi D L N_A = S G_A = \frac{\pi}{4} D^2 G_A$$

جرم (نفوذ رطوبت از هوا به آب)، بنابراین خواهیم داشت:

که در این رابطه $\pi D L$ مساحت جانبی برج، N_A فلاکس مولی بخار آب (جزء A)، S سطح مقطع برج و G_A تفاوت در میزان رطوبت ورودی و خروجی از برج است.



$$\begin{cases} N_A = k_{G_{ave}} (P_{A_1} - P_{A_2}) \\ G_A = G (y_{out} - y_{in}) \end{cases} \quad \begin{matrix} y_{in} = 0.1, y_{out} = 0.01 \\ P_{A_1} = 500 \text{ pa}, P_{A_2} = 10^5 \text{ pa} \\ k_{G_{ave}} = 1/24 \times 10^{-8} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{pa}} \end{matrix}$$

$$G = 0.17 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \Rightarrow L = \frac{G_A D}{4 N_A} = \frac{G (y_{out} - y_{in}) D}{4 k_{G_{ave}} (P_{A_1} - P_{A_2})} = \frac{0.17 (0.01 - 0.1) (0.05)}{(4) (1/24 \times 10^{-8}) (500 - 10^5)} = 0.15 \text{ m}$$

۲۰- گزینه «۳» بایستی شدت تبخیر آب را حساب کرد. نفوذ هوا (جزء B) را نداریم، یعنی N_B برابر صفر است. فشار جزئی بخار آب در هوا (P_{A_2}) را با

$$H_R = \frac{100 \bar{P}_A}{P_A} = \frac{100 P_{A_2}}{P_{A_1}} \Rightarrow P_{A_2} = \frac{H_R P_{A_1}}{100} = \frac{(60)(19/8)}{100} = 11/88 \text{ mmHg}$$

توجه به رطوبت نسبی (H_R) داده شده به دست می‌آوریم.

از طرف دیگر رابطه میان ضرایب انتقال جرم k_G و k_c به صورت $k_G = \frac{k_c}{RT}$ می‌باشد، پس داریم:

$$k_G = \frac{2/2 \times 10^{-3}}{8/314 \times (22 + 273/15)} = 8/96 \times 10^{-7} \frac{\text{mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{pa}}$$

$$P_{A_1} = 19/8 \text{ mmHg} \times \frac{133/2 \text{ Pa}}{1 \text{ mmHg}} = 2639/34 \text{ pa}$$

$$P_{A_2} = 11/8 \times 133/3 = 1572/94 \text{ pa}$$

$$N_A = k_G (P_{A_1} - P_{A_2}) = 8/96 \times 10^{-7} (2639/34 - 1572/94) = 9/55 \times 10^{-4} \frac{\text{mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\text{شدت انتقال جرم} = N_A \cdot A = 9/55 \times 10^{-4} \frac{\text{mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \times (8 \times 6 \text{ m}^2) \times \frac{18 \text{ gr}}{\text{mole H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \times \frac{(24 \times 3600) \text{ S}}{\text{day}} = 71/3 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

که نزدیک به گزینه «۳» می‌باشد.

۲۱- گزینه «۲» طبق تئوری فیلم فلاکس مولی جزء A برابر است با: $N_A = \frac{D_{AB}}{d} (C_{A_i} - C_{A_l})$ که C_{A_i} غلظت جزء A در فصل مشترک و C_{A_l}

$$N_A = \frac{DC}{d} (x_{A_i} - x_{A_l})$$

غلظت آن در توده است. با در نظر گرفتن روابط $C_{A_l} = x_{A_l} C$ و $C_{A_i} = x_{A_i} C$ می‌توان نوشت:

۲۲- گزینه «۳» برای کره‌ی قرار گرفته در جرم بی‌نهایت از سیال ساکن، عدد شروود (Sh) برابر با ۲ می‌باشد.

۲۳- گزینه «۱» طبق رابطه $Sh = \frac{k_c L}{D_{AB}}$ عدد شروود رابطه مستقیمی با ضریب انتقال جرم (k_c) دارد. بنابراین، با توجه به مقادیر داده شده، ضریب انتقال جرم در مدل جریان آرام از فیلم مایع بزرگ‌تر است.

۲۴- گزینه «۱» عدد بدون بعد اشمیت در انتقال جرم برابر $\frac{v}{D_{AB}}$ می‌باشد، که v ویسکوزیته سینماتیکی و D_{AB} ضریب نفوذ است. D_{AB} در مایعات از مرتبه 10^{-9} تا 10^{-10} و در گازها از مرتبه $10^{-4} \frac{m^2}{s}$ می‌باشد. v در مایعات از مرتبه 10^{-4} تا 10^{-8} و در گازها از مرتبه $10^{-4} \frac{m^2}{s}$ می‌باشد. بنابراین عدد اشمیت برای گازها پائین و نزدیک به یک بوده و در مایعات بزرگ و در محدوده 10^2 تا 10^5 است. بنابراین گزینه «۱» صحیح است.
توجه: $v = \frac{\mu}{\rho}$ است که μ ویسکوزیته و ρ دانسیته است.

۲۵- گزینه «۳» عدد اشمیت بیان‌گر نسبت نفوذ ممنتوم به نفوذ جرم است ($Sc = \frac{v}{D_{AB}}$).

۲۶- گزینه «۲» عدد بی بعد لوئیس (Le) به صورت نسبت عدد بی بعد اشمیت (Sc) به عدد بی بعد پرانتل (Pr) تعریف می‌شود:

$$Le = \frac{Sc}{Pr} = \frac{\frac{v}{D_{AB}}}{\frac{v}{\alpha}} = \frac{\alpha}{D_{AB}}$$

عدد بدون بعد پکلت در انتقال حرارت برابر است با حاصلضرب رینولدز در پرانتل و در انتقال جرم برابر با حاصلضرب رینولدز در اشمیت می‌باشد.

$$\left. \begin{aligned} Pe_D = Re Sc = \frac{Lu}{D_{AB}} \\ Pe_H = Re Pr = \frac{Lu}{\alpha} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{Pe_D}{Pe_H} = \frac{\alpha}{D_{AB}}$$

که می‌بینیم این نسبت همان عدد لوئیس است.

توجه: عدد لوئیس بیان‌گر نسبت نفوذ حرارت به نفوذ جرم است. در انتقال جرم، پکلت (Pe_D) بیان‌گر جابجایی توسط حرکت سیال به جابجایی توسط نفوذ مولکولی و در انتقال حرارت (Pe_H) بیان‌گر جابجایی گرمایی به نفوذ گرمایی است.

۲۸- گزینه «۱» طبق تشابه چیلتون - کلبرن داریم:

$$J_H = J_D = \frac{C_f}{2} = f(Re)$$

با توجه به اینکه عدد رینولدز در هر دو حالت یکسان است می‌توان نوشت:

$$(J_D)_1 = (J_D)_2 \Rightarrow \left(\frac{Sh}{Re Sc} \right)_1 = \left(\frac{Sh}{Re Sc} \right)_2 \Rightarrow \frac{1/5}{(10^4)(0.1)} = \frac{(Sh)_2}{(10^4)(100)} \Rightarrow (Sh)_2 = 15$$

۲۹- گزینه «۱» در حالتی که کره در سیال ساکن قرار گیرد ضریب انتقال جرم برابر است با $\frac{D_{AB}}{R}$ ، که این در حالتی است که انتقال جرم تنها از راه نفوذ مولکولی صورت گیرد. در حالتی که حرکت توده‌ای نیز اضافه شود، این عامل روی ضریب انتقال جرم اثر گذاشته و موجب افزایش آن و در نتیجه افزایش شدت انتقال جرم می‌شود. از طرف دیگر عدد بدون بعد شروود برابر است با $Sh = \frac{k_c D}{D_{AB}}$ ، در نتیجه با افزایش ضریب انتقال جرم، شروود نیز زیاد می‌شود.

۳۰- گزینه «۲» تفاوت رطوبت ورودی و خروجی از برج برابر است با میزان رطوبت ورودی به جریان هوا از طریق عملیات انتقال جرم، بنابراین داریم:

$$q_A = \pi D L N_A = (G'_{out} - G'_{in}) \Rightarrow D = \frac{G'_{out} - G'_{in}}{\pi L N_A} = \frac{0/015 - 0/01}{(\pi)(1)(0/005)} = 0/318 \approx 3 \text{ cm}$$

۳۱- گزینه «۱» مدل تجدید سطح، شبیه مدل رسوخ است با این تفاوت که زمان تماس بسته‌ها یا گردانه‌ها با سطح دو فاز به صورت تصادفی است. در این تئوری ضریب انتقال جرم با جذر ضریب نفوذ ($D_{AB}^{0.5}$) مرتبط است.

۳۲- گزینه «۳» طبق تئوری فیلم ضریب انتقال جرم با ضریب نفوذ متناسب است یعنی $k \propto D$.

۳۳- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. واحدی که برای k_L داده شده صحیح نیست. واحد $\frac{m}{s}$ ، k_L است. همچنین واحدهایی که در گزینه‌ها وجود دارد با ppm همخوانی ندارد. برای تبدیل ppm به $\frac{mg}{lit}$ به اطلاعات بیشتری نیاز است.

۳۴- گزینه «۲» یکی از روش‌های محاسبه ضرایب انتقال، استفاده از تشابه بین پدیده‌های انتقال جرم، حرارت و ممنتوم است. مثلاً از ضرایب انتقال حرارت در یک هندسه خاص، می‌توان ضرایب انتقال جرم برای همان هندسه را به دست آورد. این کار معمولاً از طریق مساوی قرار دادن اعداد بدون بعد معادل هم انجام می‌شود. در جریانهای متلاطم، انتقال حرارت، جرم و ممنتوم از طریق حرکت توده‌ها از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر صورت می‌گیرد. که در این حالت ضریب نفوذ مقدار حرکت ($v = \frac{\mu}{\rho}$) به صورت $(v + \epsilon_v)$ ، ضریب نفوذ حرارت (α) بصورت $(\alpha + \epsilon_H)$ و ضریب نفوذ جرم (D) به صورت $(D + \epsilon_D)$ خواهند بود که ϵ در واقع ضریب نفوذ گردانه‌ای است. شرط اینکه هر سه ضریب نفوذ با هم برابر باشند این است که $Sc = Pr = 1$ باشد. نکته: در جریان متلاطم، در تمام نقاط $\epsilon_D = \epsilon_H$ است و فقط مقدار اندکی با ϵ_v تفاوت دارند.

۳۵- گزینه «۱» عدد بدون بعد اشمیت مشابه عدد بدون بعد پرانتل در انتقال حرارت است و مقدار آن همواره بین $0/7$ تا 50000 می‌باشد.

۳۶- گزینه «۲» عدد بدون بعد شرود، در واقع معادل بی‌بعد شده ضریب انتقال جرم (k) است و برابر است با: $Sh = \frac{kD}{D_{AB}}$ که D مشخصه طول و D_{AB} ضریب نفوذ است.

۳۷- گزینه «۲» طبق مدل تجدید سطح، k متناسب با $\sqrt{D_{AB}}$ است.

۳۸- گزینه «۲» عدد بدون بعد Le برابر $\frac{Sc}{Pr}$ است. عدد بدون بعد پکلت در انتقال حرارت (Pe_H) برابر $RePr$ و در انتقال جرم (Pe_D) برابر $ReSc$

است بنابراین تساوی سؤال شود: $Le = \frac{Pe_D}{Pe_H}$

۳۹- گزینه «۴» صحیح‌ترین جواب، گزینه (۴) است، چرا که در همه حالات زمانی که شرایط تشابه برقرار باشد، از اعداد بدون بعد یک پدیده برای پدیده دیگر استفاده می‌کنیم. ولی گزینه‌های دیگر در شرایطی خاص صحیح می‌باشند.

۴۰- گزینه «۲» فلاکس مولی برای جزء A برابر است با: $N_A = K_L(C_A^* - C_{Ab})$. چون که در تئوری فیلم، در خارج از لایه ساکن یعنی در فواصل دور از سطح ($Z = \infty$)، تغییرات غلظت در نظر گرفته نمی‌شود، می‌توان آن را C_{A0} در نظر گرفت ($C_{Ab} = C_{A0}$). بنابراین وقتی که مسیر نفوذ طولانی باشد، بهتر است از تئوری فیلمی استفاده کرد.

۴۱- گزینه «۳» در مدل تجدید سطح مدت زمان اقامت گردابه‌ها در سطح مشترک دو فاز ثابت نیست.

۴۲- گزینه «۱» در برج جداره مرطوب، مایع در جداره برج جریان دارد و هوا از وسط برج حرکت می‌کند و انتقال جرم بین دو فاز صورت می‌گیرد. از اعداد بدون بعد برای هندسه‌های مشابه می‌توان استفاده کرد. بنابراین از این عدد بدون بعد می‌توان برای محاسبه ضریب انتقال جرم در مورد عبور گاز به موازات محور لوله و از داخل آن استفاده کرد.

۴۳- گزینه «۴» طبق رابطه آنالوژی چیلتون - کلبرن داریم:

$$J_H = J_D = \frac{C_f}{\gamma} \Rightarrow \frac{Nu}{Re.Pr} Pr^{\frac{\gamma}{3}} = \frac{Sh}{Re.Sc} Sc^{\frac{\gamma}{3}} = \frac{C_f}{\gamma} \Rightarrow C_f = \gamma St_H . Pr^{\frac{\gamma}{3}}$$

۴۴- گزینه «۳» برای صفحه تخت مقدار شروود متوسط دو برابر تعداد موضعی آن است:

$$\overline{Sh} = \gamma Sh_x = (\gamma)(13/5) = 27$$

۴۵- گزینه «۴» عدد اشمیت برابر است با، $Sc = \frac{\nu}{D_{AB}} = \frac{\mu}{\rho D_{AB}}$ این عدد بدون بعد در مورد گازها از مرتبه ۱ و در مورد مایعات از مرتبه ۱۰۰۰ است.

با توجه به اعداد داده شده در سؤال، مشخص می‌شود که این اعداد مربوط به فازهای مایع هستند. در سه فرآیند دفع، جذب و تقطیر یک فاز مایع و یک فاز گاز یا بخار در تماس اند تنها گزینه‌ای که دو فاز آن مایع هستند، گزینه ۴ یعنی استخراج مایع - مایع است.

۴۶- گزینه «۲» در تئوری تجدید، زمان اقامت گردابه‌ها در فصل مشترک ثابت نیست.

۴۷- گزینه «۳» در انتقال حرارت عدد بدون بعد پرانتل (Pr) معادل عدد بدون بعد اشمیت (Sc) در انتقال جرم است. همچنین عدد بدون بعد ناسلت (Nu) در حرارت معادل عدد بی بعد شروود (Sh) در انتقال جرم است.

۴۸- گزینه «۲» طبق تئوری رسوخ ضریب انتقال جرم با جذر ضریب نفوذ ارتباط دارد.

۴۹- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست.

$$\overline{Sh} = \gamma Sh_x \Rightarrow \overline{Sh} = (\gamma)(14) = 28$$

۵۰- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. در مایعات با افزایش دما ویسکوزیته کاهش می‌یابد. هم چنین ضریب نفوذ در مایعات با دما رابطه مستقیم و با

ویسکوزیته رابطه عکس دارد یعنی $D_{AB} \propto \frac{T}{\mu}$ می‌باشد. بنابراین باید با افزایش دما ضریب نفوذ افزایش یابد. عدد اشمیت برابر است با: $Sc = \frac{\mu}{\rho D_{AB}}$

بنابراین با افزایش دما، عدد اشمیت کاهش می‌یابد. که پاسخ در بین گزینه‌ها وجود ندارد.

۵۱- گزینه «۲» طبق رابطه تشابه چیلتون - کلبرن داریم:

$$J_H = J_D \Rightarrow \frac{Nu}{Re.Pr} Pr^{\frac{\gamma}{3}} = \frac{Sh}{Re.Sc} Sc^{\frac{\gamma}{3}}, \quad Re = \text{ثابت}$$

$$\Rightarrow \frac{Nu}{Pr^{\frac{\gamma}{3}}} = \frac{Sh}{Sc^{\frac{\gamma}{3}}}, \quad Nu = 80, Sc = 2, Pr = 16 \Rightarrow \frac{80}{16^{\frac{1}{3}}} = \frac{Sh}{2^{\frac{1}{3}}} \Rightarrow Sh = 40$$

۵۲- گزینه «۳» دبی جرمی مایع داده شده است که از آن می‌توان Γ یا نرخ جرم بازای واحد پهنای فیلم را محاسبه نمود. توجه شود که فیلم ریزان، روی دیواره یک لوله در نظر گرفته شده است، پس پهنای فیلم برابر محیط مقطع لوله که یک دایره است، می‌باشد، بنابراین داریم:

$$\Gamma = \frac{\text{دبی جرمی}}{\text{محیط دایره}} = \frac{0.0045\pi \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{\pi D} = \frac{0.0045 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{(\pi)(5 \times 10^{-2} \text{ m})} = 9 \times 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$$

پس می‌توان ضخامت فیلم ریزان یا δ را حساب نمود:

$$\delta = \left(\frac{3\mu\Gamma}{\rho^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{3 \times 0.001 \times 9 \times 10^{-2}}{1000^2 \times 10} \right)^{\frac{1}{3}} = 3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

از طرف دیگر داریم:

$$\text{Sh} = \frac{K_L \delta}{D_{AB}} \Rightarrow K_L = \frac{3 \times 10^{-9} \times 3/14}{3 \times 10^{-4}} = 3/4 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۵۳- گزینه «۴» مقدار عدد اشمیت (Sc) همواره بین 0.7 تا 5×10^4 می‌باشد. در واقع این عدد برای گازها از مرتبه ۱ و برای مایعات از مرتبه 1000 است. عدد شروود (Sh) بیان‌گر ضریب انتقال جرم بی بعد است هرچه جریان گاز در هم تر باشد (نوربولنت)، ضریب انتقال جرم و در نتیجه عدد شروود بزرگ‌تر خواهد بود.

۵۴- گزینه «۱» عبارت داده شده در سؤال مربوط به پدیده انتقال حرارت است. با در نظر گرفتن تشابه میان پدیده‌های انتقال حرارت و انتقال جرم، عدد بی‌بعد ناسلت (Nu) مشابه عدد بدون بعد شروود (Sh) در انتقال جرم، عدد بدون بعد پرانتل (Pr) مشابه عدد بدون بعد اشمیت (Sc) و ضریب نفوذگرانه‌ای در انتقال

حرارت (E_H) مشابه ضریب نفوذگرانه‌ای در انتقال جرم (E_D) است. بنابراین مشابه رابطه بیان شده در سؤال خواهد بود:

$$\frac{\text{Sh}}{\text{ReSc}} = \psi_1 \left(\frac{f}{\nu}, Sc, \frac{E_D}{\nu} \right)$$

۵۵- گزینه «۳» وقتی که سرعت نو شوندگی یا تجدید سطح خیلی کم باشد و یا ضریب نفوذ مولکولی عدد بزرگی است، ضریب انتقال جرم به مدل فیلم میل می‌کند، ولی وقتی سرعت نوشوندگی سطح خیلی زیاد و یا نفوذ مولکولی بسیار کند انجام می‌شود (D_{AB} کوچک)، ضریب انتقال جرم به مدل تجدید سطح میل می‌کند.

۵۶- گزینه «۴» سؤال دارای اشکال است.

ابتدا عدد رینولدز را برای مایع درون لوله (برج جداره، مرطوب) حساب می‌کنیم:

$$\text{Re} = \frac{\rho u D}{\mu} = \frac{(1000)(0.1)(0.1)}{10^{-3}} = 10^4$$

در معادلات مربوط به فیلم ریزان مایع، اگر عدد رینولدز کوچک‌تر از 1000 باشد، مقدار ضریب انتقال جرم متوسط درون فاز مایع برابر خواهد بود با: $k_{L,ave} = 3/41 \frac{D_{AB}}{\delta}$ که با جایگزین کردن مقادیر D_{AB} و δ مقدار $k_{L,ave}$ برابر $0.341 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ خواهد شد. ولی مشاهده می‌شود که مقدار رینولدز

بزرگ‌تر از 1000 است که در این حالت داریم:

$$k_{L,ave} = \left(\frac{6 D_{AB} \Gamma}{\pi \rho \delta L} \right)^{\frac{1}{2}}$$

(η = دبی جرمی بازای واحد پهنای فیلم بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$)

با توجه به این رابطه برای محاسبه $k_{L,ave}$ نیاز به L یا طول لوله می‌باشد که در سؤال داده نشده است. به احتمال زیاد طراح سؤال در هنگام طرح سؤال به شرایط مربوط به عدد رینولدز توجه نکرده است. توجه شود که مقدار Γ از رابطه $\text{Re} = \frac{4\Gamma}{\mu}$ قابل محاسبه می‌باشد.

فصل چهارم

«انتقال جرم بین فازها»

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم

۱- نسبت مقاومت فاز گاز به مقاومت فاز مایع در مقطعی از ستون جذب که در آن غلظت‌های توده و فصل مشترک بقرار زیرند چقدر خواهد بود؟

(سراسری ۷۵) ضریب تعادلی برابر واحد است) $\begin{cases} y_{Ai} = 0/10 \\ x_{Ai} = 0/08 \end{cases}$ اجزای مولی فصل مشترک $\begin{cases} y_{AG} = 0/2 \\ x_{AL} = 0/04 \end{cases}$ اجزای مولی در توده

(۱) ۲ (۲) ۲/۵ (۳) ۴ (۴) ۰/۴

۲- مقدار حلال مورد استفاده در برج جذب عملاً چند برابر L_{min} است؟ (L_{min} حداقل حلال)

(سراسری ۷۵) (۱) ۱ (۲) ۱/۴ (۳) ۴ (۴) ۱۰

۳- معمولاً در واحدهای جذب گاز، هم برج جذب و هم برج دفع داریم. دما و فشار برج جذب در مقایسه با برج دفع چگونه است؟

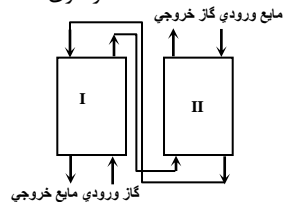
(سراسری ۷۵) (۱) دما بیشتر (۲) دما یکسان (۳) فشار بیشتر (۴) فشار و دمای یکسان

۴- در یک دستگاه انتقال جرم با جریان هم جهت (Cocurrent) ... به چند واحد تعادلی می‌توان دست یافت و به کدام شرط؟

(سراسری ۷۵) (۱) بی‌نهایت، میل حجم E به سوی بی‌نهایت (۲) متعدد، زیاد بودن حجم (۳) متعدد، زیاد بودن حجم $\frac{R}{E}$ (۴) یک، نه بیشتر

۵- از دو ستون جذب با جریان‌های معکوس که به شکل مقابل بیکدیگر مربوط شده‌اند برای جذب ماده (A) از هوا از آب استفاده می‌شود. معادلات

خطوط عملیاتی دو برج به کدام صورت قرار می‌گیرند؟ (سراسری ۷۵)



(۱) دو خط در یک امتداد

(۲) متعامد

(۳) هر دو در یک طرف منحنی تعادل ولی با شیب‌های مختلف

(۴) هر کدام در یکی از دو طرف منحنی تعادل

۶- ۵ کیلوگرم صابون محتوی ۲۰٪ وزنی آب، توسط ۱۰ کیلوگرم هوای خشک رطوبت زدایی می‌شود. شیب خط عملیات (Operating) چقدر است؟

(سراسری ۷۵) (۱) ۰/۴ (۲) ۰/۲ (۳) ۱/۵ (۴) ۲

۷- در تعریف ضریب انتقال جرم به صورت $N_A = Ky(y_{AG} - y_A^*)$ نیروی رانش (Driving force) مقدار نیروی راننده برابر است با: (سراسری ۷۵)

(۱) بزرگترین در فاز گاز (۲) بزرگترین، در سیستم بر مبنای فاز گاز

(۳) خود نیرو در فاز گاز (۴) کمترین در فاز گاز

۸- در عمل انتقال جرم بین دو فاز گاز - مایع (از گاز به مایع) اگر y_{AG} و y_{Ai} و y_A^* اجزای مولی جزء نفوذ کننده در توده گاز، فصل مشترک و در

حالت تعادل با توده مایع بوده و Ky , ky ضرایب محلی و کلی انتقال جرم مربوط به فاز گاز باشد مقدار کسر $\frac{ky}{Ky}$ برابر است با: (سراسری ۷۵)

(۱) $\frac{y_{AG} - y_A^*}{y_{AG} - y_{Ai}}$ (۲) $\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{y_{AG} - y_A}$ (۳) $\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{y_A - y_{Ai}}$ (۴) $\frac{y_{AG} - y_A^*}{y_{AG} - y_{Ai}}$

۹- انتقال جرم از فاز گازی به مایع در یک ستون دیواره مرطوب صورت می‌گیرد. رابطه تعادلی بین گاز - مایع $y = 2/1x$ است. ضرایب انتقال جرم فیلم مایع و گاز به ترتیب $\frac{\text{K mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ $2/1 \times 10^{-4}$ و $\frac{\text{K mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ $1/2 \times 10^{-3}$ بدست آمده است. اگر جزء مولی جزء انتقالی در موضع خاص در فاز گازی و مایع به ترتیب $0/45$ و $0/12$ باشد، غلظت جزء انتقالی در فصل مشترک و در فاز مایع برابر است با:

(سراسری ۷۵)

○/۴۳ (۴)

○/۲۵۲ (۳)

○/۲۱۴ (۲)

○/۲۰۷ (۱)

۱۰- چنانچه در سیستمهای گاز - مایع فاز مایع را گرم کنیم و در میزان انتقال جرم تغییر حاصل نشود کدام فاز کنترل کننده انتقال جرم است؟

(سراسری ۷۶)

(۲) در سیستم گاز - مایع همواره فاز مایع کننده است.

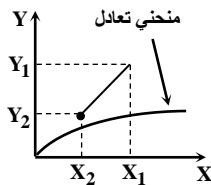
(۱) در سیستم گاز - مایع همواره فاز گاز کنترل کننده است.

(۴) در این حالت فاز گاز

(۳) در این حالت فاز مایع

۱۱- در شکل مقابل انتقال جرم از فاز و فاز کنترل کننده انتقال جرم فاز است (x_A نسبت مولی در فاز R و y_A نسبت مولی در فاز E است).

(سراسری ۷۶)



R,R به E (۱)

E,R به E (۲)

R,E به R (۳)

E,E به R (۴)

۱۲- اگر تعداد سینی‌های واقعی یک برج جذب ۵۰ و تعداد سینی‌های ایده‌آل ۳۰ باشد راندمان کلی برج جذب چند درصد است؟

(سراسری ۷۶)

۸۰ (۴)

۶۰ (۳)

۵۰ (۲)

۳۰ (۱)

۱۳- مخلوط گازی تحت شرایط معین در یک ستون جذب با جریانهای معکوس (Counter-Current) با حلال خالص تماس حاصل می‌کند. اگر غلظت جذب شونده در گاز ورودی و خروجی و نیز تعداد سینی‌های برج معلوم باشد، در این صورت نسبت حلال ورودی به گاز خالص ورودی و را به دست آورد.

(سراسری ۷۶)

(۲) فقط این نسبت

(۱) حداقل شدت حلال مصرفی

(۴) میزان جذب شونده

(۳) غلظت جذب شونده در مایع خروجی از پائین ستون

۱۴- در عمل جذب گازی

(سراسری ۷۶)

(۱) حلالیت جزء نفوذکننده گاز در حلال زیاد باشد تا موجب افزایش شدت جذب و کاهش حلال مصرفی شود.

(۲) حلالیت جزء نفوذکننده گاز در حلال باید محدود باشد.

(۳) حلالیت جزء نفوذکننده گاز در حلال باید کم باشد تا موجب کاهش میزان مصرفی حلال شود.

(۴) شدت جذب ارتباطی به حلالیت جزء نفوذکننده گاز در حلال ندارد.

۱۵- اگر E_S و R_S به ترتیب مقادیر مایع و گاز بدون حل شونده (Solute Free)، x_1 و y_1 نسبت مولی این فازها در ورود به این برج جذب باشند، $R_S(x_1 - x)$ مساوی است با E_S ضربدر برای یک فرایند

(سراسری ۷۶)

(۴) $(y - y_1)$ ، همسو

(۳) $(y_1 - y)$ ، غیرهمسو

(۲) $(y - y_1)$ ، غیرهمسو

(۱) $(y_1 - y)$ ، همسو

۱۶- در رابطه ضریب انتقال جرم کلی $\frac{1}{k_y} = \frac{1}{k_x} = \frac{m'}{k_x}$ ، هر گاه m' ضریب زاویه منحنی تعادل بین غلظتهای دو فاز گاز و مایع خیلی کوچک باشد، کدام عبارت درست است؟

(سراسری ۷۶)

(۱) شدت جرم توسط مقاومت هر دو فاز به طور یکسان کنترل می‌شود.

(۲) شدت انتقال جرم توسط مقاومت در فاز مایع کنترل می‌شود.

(۳) غلظت A در مایع مستقل از غلظت آن در گاز می‌باشد.

(۴) قابلیت انحلال ماده A در مایع زیاد است.

۱۷- می‌خواهیم در یک برج دفع، نسبت مولی جزء A را در مایع از $0/5$ به $0/1$ برسانیم. رابطه تعادلی به صورت $Y = \frac{X}{2}$ مفروض است. اگر نتیجه شود که نسبت مولی A در گاز از $0/12$ به $0/35$ افزایش می‌یابد:

(سراسری ۷۷)

(۲) به حدود ۳ واحد تعادلی نیاز داریم.

(۱) به حدود یک واحد تعادلی نیاز داریم.

(۴) عملیات امکان پذیر نیست.

(۳) به حدود ۵ واحد تعادلی نیاز داریم.

(سراسری ۷۷)

۱۸- منحنی تعادلی به صورت $y = mx$ موجود است. رابطه $\frac{1}{F_{OL}} = \frac{1}{F_L} + \frac{1}{mF_G}$ موقعی صحیح است که:

$$(۱) N_B = 0 \text{ باشد.} \quad (۲) \sum N = 0 \text{ باشد.}$$

(۳) همواره صحیح است. (۴) فقط یک جزء انتقال یابد اگر چه سیستم چند جزئی باشد.

۱۹- ماده A بین دو فاز R و E مبادله می‌شود. با افزایش درهم بودن فاز R میزان انتقال جرم کلی افزایش یافت. اما افزایش در هم بودن در فاز E

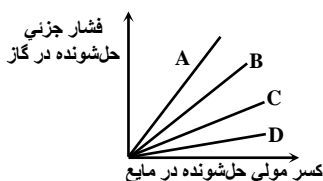
(سراسری ۷۷)

تأثیر مهمی بر میزان انتقال جرم نداشت. کدام عبارت درست است؟

- (۱) ضریب انتقال جرم در دو فاز یکسان است. (۲) فاز R کنترل‌کننده انتقال جرم است.
(۳) فاز E مقاومت اصلی در برابر انتقال جرم می‌باشد. (۴) هر دو فاز کنترل‌کننده انتقال جرم است.

(سراسری ۷۷)

۲۰- گاز در کدام حالت حلالیت بیشتری در مایع دارد؟



A (۱)

B (۲)

C (۳)

D (۴)

۲۱- در یک برج جذب غیرهمسو فشار کل ۱/۲ اتمسفر ($1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$) و $K_G = 8 \times 10^{-10} \left(\frac{\text{K mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}} \right)$ می‌باشد. اگر مقاومت کل برای انتقال

(سراسری ۷۷)

جرم به طور مساوی در فازهای گاز و مایع پخش شده باشد، مقدار ky بر حسب $\frac{\text{K mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ چقدر است؟

(۴) $36/4 \times 10^{-5}$

(۳) $27/2 \times 10^{-5}$

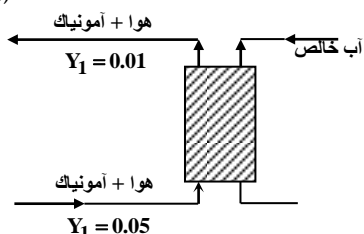
(۲) $19/2 \times 10^{-5}$

(۱) $16/0 \times 10^{-5}$

۲۲- در برج جذب نشان داده شده، منحنی تعادل به صورت $Y = X$ می‌باشد. اگر دبی هوا خالص جاری در برج ۱/۵ کیلومول بر دقیقه باشد، حداقل

(سراسری ۷۸)

دبی آب ورودی مورد نیاز چند کیلو مول بر دقیقه خواهد بود؟



۰/۸ (۱)

۱/۲ (۲)

۱/۸ (۳)

۲/۴ (۴)

۲۳- از روابط Kremser-Brown-Souder برای تعیین تعداد مراحل تئوری در یک سیستم گاز-مایع استفاده شده است. این سیستم از نوع ... (سراسری ۷۸)

- (۱) چند مرحله‌ای با جریان‌های متقاطع با منحنی تعادل و خط عملیاتی با شیب ثابت است.
(۲) چند مرحله‌ای با جریان‌های متقابل با منحنی تعادل و خط عملیاتی با شیب ثابت می‌باشد.
(۳) چند مرحله‌ای متقابل با خط عملیاتی با شیب ثابت است.
(۴) چند مرحله‌ای از نوع متقاطع بوده و سیستم رقیق است.

۲۴- سهولت انجام عملیات جدا سازی در کدام یک از تماس دهنده‌های چند مرحله‌ای زیر وقتی با تماس جامد-مایع سرو کار داریم بیشتر است.

(سراسری ۷۸)

- (۱) سیستم تماس چند مرحله‌ای از نوع جریان‌های متقاطع (Cross-Current)
(۲) سیستم تماس چند مرحله‌ای از نوع جریان‌های متقابل (Counter-Current)
(۳) سیستم تماس چند مرحله‌ای از نوع جریان‌های متقابل و استفاده از برگشتی
(۴) سیستم تماس چند مرحله‌ای از نوع پر شده

۲۵- ضریب انتقال جرم فیلم مایع $1/5 \times 10^{-4} \text{ kmole/m}^2 \cdot \text{s}$ و ضریب انتقال جرم فیلم گاز $4/4 \times 10^{-2} \text{ kmole/m}^2 \cdot \text{s}$ داده شده است. برای چنین سیستمی رابطه تعادلی $y = 0.1x$ داده شده است.

(سراسری ۷۸)

- (۱) مقاومت فاز مایع تقریباً 100 برابر مقاومت فاز گاز است.
 (۲) مقاومت فاز مایع تقریباً 3 برابر مقاومت فاز گاز است.
 (۳) کل مقاومت در فاز مایع است چون $m = 0.1$ است.
 (۴) کل مقاومت در فاز گاز است چون $m = 0.1$ است.

۲۶- در یک دستگاه انتقال جرم با جریان هم جهت (co current)، کدام یک از عبارات زیر صحیح است؟

(سراسری ۷۸)

- (۱) اگر نسبت حجم‌های ورودی مواد زیاد باشد می‌توان به بینهایت واحد تعادلی دست یافت.
 (۲) براساس نسبت حجم‌های ورودی بین یک تا بینهایت واحد تعادلی خواهیم داشت.
 (۳) هیچ‌گاه نمی‌توان در این دستگاه به بیش از یک واحد تعادلی دست یافت.
 (۴) براساس دما و ضریب نفوذ مولکولی بین یک تا بینهایت واحد تعادلی خواهیم داشت.

۲۷- می‌خواهیم در یک برج دفع (Stripping)، نسبت مولی جزء A را در مایع از 0.5 به 0.3 برسانیم. رابطه تعادلی به صورت $Y = \frac{X}{3}$ مفروض است. اگر بخواهیم نسبت مولی A در گاز از صفر به 0.3 افزایش یابد.

(سراسری ۷۸)

- (۱) به حدود 6 واحد تعادلی نیاز داریم.
 (۲) عملیات امکان‌پذیر نیست.
 (۳) به حدود 2 واحد تعادلی نیاز داریم.
 (۴) به یک واحد تعادلی نیاز داریم.

۲۸- در یک سیستم انتقال جرم بین دو فاز گاز و مایع معادله منحنی تعادل بصورت $y = 51x$ ، $K_y = K_x$ می‌باشد در این صورت:

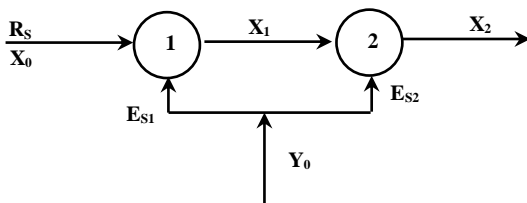
(سراسری ۷۸)

- (۱) بیشتر مقاومت در مقابل انتقال جرم در فاز مایع قرار دارد.
 (۲) مقاومت در فاز مایع 51 برابر مقاومت در فاز گاز می‌باشد.
 (۳) بیشتر مقاومت در مقابل انتقال جرم در فازگازی قرار دارد.
 (۴) مقاومت در مقابل انتقال جرم در هر دو فاز قرار دارد.

۲۹- در یک فرآیند دفع جزء ناخواسته A از فاز مایع وارد فاز گاز می‌گردد. آرایش مراحل ایده‌آل به صورت متقاطع است (Cross flow) و رابطه

(سراسری ۷۹)

تعادلی به صورت $y_A = Hx_A$ بیان می‌گردد. توزیع فاز گاز بین دو مرحله چگونه باشد تا بیشترین میزان دفع A حاصل گردد؟



$$\frac{E_{S1}}{E_{S2}} = H \quad (1)$$

$$\frac{E_{S1}}{E_{S2}} = \frac{X_0}{Y_0} \quad (2)$$

$$\frac{E_{S1}}{E_{S2}} = \frac{Y_0}{X_0} \quad (3)$$

$$\frac{E_{S1}}{E_{S2}} = 1 \quad (4)$$

۳۰- رابطه تعادلی توزیع A بین دو فاز بخار و مایع به صورت $P_A = HC_A$ داده شده است که P_A فشار جزئی A در فاز بخار و C_A غلظت A در

(سراسری ۷۹)

فاز مایع است. کدامیک از روابط زیر برای ضریب انتقال جرم جمعی فاز بخار صحیح است؟

$$K_G = \frac{1}{\frac{1}{k_G} + \frac{H}{k_Y}} \quad (4)$$

$$K_G = \frac{1}{\frac{1}{k_G} + \frac{H}{k_X}} \quad (3)$$

$$K_G = \frac{1}{\frac{1}{k_G} + \frac{H}{k_L}} \quad (2)$$

$$K_G = \frac{1}{\frac{H}{k_G} + \frac{1}{k_L}} \quad (1)$$

۳۱- اگر برای یک سیستم انتقال جرم گاز - مایع، کل مقاومت در برابر انتقال جرم در فاز مایع باشد، ایجاد تلاطم در سبب افزایش میزان

(سراسری ۸۰)

انتقال جرم می‌شود.

- (۱) فاز گاز
 (۲) فاز مایع
 (۳) هر دو فاز مایع و گاز
 (۴) فصل مشترک مایع و گاز

۳۲- در یک سیستم انتقال جرم گاز - مایع، منحنی تعادل به صورت $y = 5x$ می‌باشد. کدام گزینه در مورد «مقاومت انتقال جرم» صحیح است؟

(سراسری ۸۰)

- (۱) مقاومت در هر دو فاز ناچیز است.
 (۲) بیشترین مقدار در فاز مایع است.
 (۳) بیشترین مقدار در فاز گاز است.
 (۴) مقاومت به طور مساوی بین دو فاز توزیع شده است.

۳۳- در یک برج جذب غیر همسو قرار است ۸۰ درصد از آمونیاک موجود در هوای ورودی (با غلظت ورودی ۱۰ درصد حجمی) به وسیله آب خالص جذب گردد. اگر منحنی تعادل سیستم به صورت $Y = X$ بیان گردد، حداقل نسبت دبی مایع به گاز کدام است؟ (سراسری ۸۰)

- (۱) ۰/۷۵ (۲) ۰/۸۲ (۳) ۱/۲۳ (۴) ۱/۳۳

۳۴- در یک سیستم جداسازی گاز مایع، رابطه زیر برای بازده مورفری در دو فاز وجود دارد:

$$E_{ME} = \frac{E_{MR}}{E_{MR} \left(1 - \frac{1}{A}\right) + \frac{1}{A}}$$

چنانچه شیب منحنی تعادل در این سیستم برابر ۵ بوده و $\begin{cases} E_{ME} = 0/88 \\ E_{MR} = 0/8 \end{cases}$ باشند شیب خط عملیاتی چقدر خواهد بود؟ (سراسری ۸۰)

- (۱) ۰/۱۱ (۲) ۰/۳۷ (۳) ۲/۷۳ (۴) ۹/۱۵

۳۵- برای تعیین تعداد مراحل نظری در یک سیستم گاز-مایع از نوع جریان های متقابل (Counter-Current) وقتی که شیب منحنی تعادل و خط عملیاتی ثابت باشد، از کدام روابط استفاده می شود؟ (آزاد ۸۰)

(۱) Under wood (۲) McCabe- theile

(۳) Kremser - Brown - Souder (۴) هیچ کدام

۳۶- در فرآیند جذب (absorption)، اگر بین ماده حل شونده و حلال واکنش شیمیایی رخ دهد، کدام عبارت درست تر است؟ (آزاد ۸۰)

- (۱) ارتفاع برج جذب کاهش می یابد. (۲) شدت انتقال جرم کاهش می یابد.
(۳) ضریب انتقال جرم کاهش می یابد. (۴) نیروی محرکه برای انتقال جرم کاهش می یابد.

۳۷- کدام عبارت در مورد اثر دما در فرآیند جذب گاز توسط مایع درست تر است؟ (آزاد ۸۰)

- (۱) ضریب انتقال جرم کاهش می یابد. (۲) درهم بودن جریان کاهش می یابد.
(۳) نیروی محرکه برای انتقال جرم کاهش می یابد. (۴) آهنگ (rate) انتقال جرم افزایش می یابد.

۳۸- ضریب انتقال جرم فیلم مایع و فیلم گاز به ترتیب $1/5 \times 10^{-4}$ و $4/5 \times 10^{-2}$ متر بر ثانیه $\left(\frac{m}{s}\right)$ می باشد و رابطه تعادلی $Y = 0/1 X$ برقرار است. کدام عبارت درست است؟ (آزاد ۸۰)

- (۱) مقاومت فاز مایع تقریباً ۳۰۰ برابر مقاومت فاز گاز است. (۲) کل مقاومت در فاز مایع است زیرا $m = 0/1$ است.
(۳) کل مقاومت در فاز گاز است زیرا $m = 0/1$ است. (۴) مقاومت فاز مایع تقریباً ۳ برابر مقاومت فاز گاز است.

۳۹- در یک دستگاه انتقال جرم با جریان همسو (Cocurrent) کدامیک از عبارات زیر صحیح است؟ (آزاد ۸۰)

- (۱) هیچ گاه نمی توان در این دستگاه به بیش از یک واحد تعادلی دست یافت.
(۲) برای سیستم های همراه با واکنش شیمیایی مناسب نیست.
(۳) نیروی محرکه در طول دستگاه برای انتقال جرم ثابت است.
(۴) تعداد واحد های تعادلی بستگی به نسبت حجم های ورودی به دستگاه دارد.

۴۰- می خواهیم در یک برج جذب با منحنی تعادلی $Y = 1/5 X$ غلظت مخلوط آمونیاک و هوا را از $Y_1 = 0/45$ به $Y_2 = 0/15$ برسانیم. اگر

دبی هوای خالص در برج ۱/۵ کیلو مول بر دقیقه باشد. حداقل آب خالص ورودی مورد نیاز چند کیلو مول بر دقیقه می باشد؟ (آزاد ۸۰)

- (۱) ۱/۵ (۲) ۲ (۳) ۱ (۴) ۱/۲

۴۱- دفع یک حل شونده از یک مایع با تغییرات فشار و دما، افزایش می یابد اگر:

- (۱) دما و فشار کاهش یابد. (۲) دما کاهش و فشار افزایش یابد.
(۳) دما افزایش و فشار نیز افزایش یابد. (۴) دما افزایش و فشار کاهش یابد.

جزء مولی A در توده گاز $y_{AG} = 0/1$

۴۲- در مقطعی از ستون جذب جزء مولی A در فصل مشترک $F_L/F_G = 1, y_{Ai} = 0/0/1$ می باشد، جزء مولی A در فصل مشترک مایع (x_{Ai}) چه مقدار است؟

جزء مولی A در توده مایع $y_{AL} \sim 0$

(سراسری ۸۱)

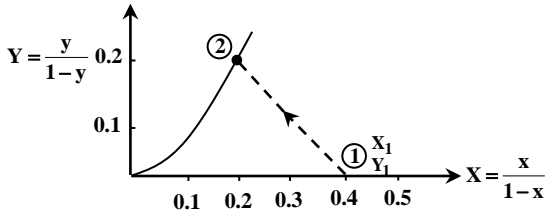
(۴) حدود صفر

(۳) $0/0/0/1$

(۲) $0/0/1$

(۱) $0/0/9$

۴۳- در شکل زیر انتقال جرم از فاز مایع به گاز در یک مرحله انجام می گیرد (۱ به ۲). درصد جداسازی در این مرحله چقدر است؟ (سراسری ۸۱)



(۱) ۲۰

(۲) ۵۰

(۳) ۱۰۰

(۴) قابل محاسبه نیست.

۴۴- در یک برج دفع غیر هم سو، SH_p موجود در یک محلول آمین توسط جریان هوا از آن جدا می گردد. هوای خالص از پایین برج وارد و با 20° درصد حجمی SH_p از آن خارج می گردد. اگر حداکثر غلظت SH_p در محلول آمین خروجی $x_p = 0/1$ باشد، حداکثر نسبت L/G در این حالت چیست؟ (سراسری ۸۱)

(منحنی تعادل برای این سیستم $Y = X$)

(۴) $1/67$

(۳) $0/81$

(۲) $0/75$

(۱) $0/6$

(سراسری ۸۲)

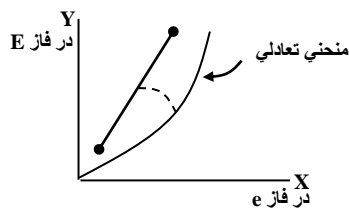
۴۵- کدام یک از گزینه ها در مورد شکل زیر صحیح تر است؟

(۱) انتقال جرم از فاز E به R صورت می گیرد، واحد عملیاتی موازی و غیر هم سو است و خط چین منحنی عملیاتی در موضعی خاص را نشان می دهد.

(۲) انتقال جرم از فاز E به R صورت می گیرد، واحد عملیاتی موازی و هم سو است و خط چین بیانگر منحنی تعادل موضعی است.

(۳) انتقال جرم از فاز E به R صورت می گیرد، واحد عملیاتی موازی و غیر هم سو است و خط چین بیانگر منحنی عملیاتی موضعی است.

(۴) انتقال جرم از فاز E به R صورت می گیرد، واحد عملیاتی موازی و غیر هم سو است و خط چین بیانگر منحنی تعادل موضعی است.



۴۶- در صورتی که شدت انتقال جرم توسط فاز مایع کنترل شود و خط تبادل دارای شیب واحد باشد کدام یک از روابط ذیل صحیح است؟ (سراسری ۸۲)

$$\frac{1}{K_Y} = \frac{1}{k_Y} + \frac{1}{K_X} \quad (۴)$$

$$K_X = K_Y = k_Y \quad (۳)$$

$$K_X = K_Y = k_X \quad (۲)$$

$$K_Y = k_Y + k_X \quad (۱)$$

۴۷- رابطه تعادلی زیر برای حلالیت A در B موجود است: $P_A = 10^6 x_A$ که در آن x_A کسر مولی جزئی A در مایع و P_A فشار جزئی A در گاز بر حسب پاسکال است. اگر $k_G = 1/5 \times 10^{-11} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}$ و $k_X = 1/6 \times 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ باشد و فشار جزئی A روی سطح تماس بین دو فاز 10^6 کیلوپاسکال و فشار جزئی A در نقاط دور از سطح تماس ۳۵ کیلوپاسکال باشد، غلظت بالک در مایع چقدر است؟ (آزاد ۸۲)

$$x_{AL} = 0/0/5 \quad (۴)$$

$$x_{AL} = 0/0/0/35 \quad (۳)$$

$$x_{AL} = 0/0/0/10 \quad (۲)$$

$$x_{AL} = 0/0/0/0/77 \quad (۱)$$

۴۸- برای جذب گاز A از مخلوط گازی آن را در مجاورت مایعی قرار می دهند که واکنش آنی در مایع صورت گرفته و A را مصرف می کند. کدام آرایش مایع و گاز برای عملیات جذب A راندمان بیشتری دارد؟ (آزاد ۸۲)

(۲) آرایش جریان ها به صورت جریان متقابل

(۱) آرایش جریان ها به صورت متقاطع

(۴) آرایش جریان ها به صورت جریان متقابل با برگشتی

(۳) آرایش جریان ها به صورت هم سو

۴۹- گاز حاوی ۲٪ حجمی A در B در یک فرآیند با جریان متقابل در تماس با مایعی قرار کمی گیرد که تنها A در آن حل می‌شود. رابطه تعادلی $y_A = \alpha x_A$ برقرار است و می‌خواهیم ۸۵٪ از جریان گاز جدا شود. میزان حداقل مایع ورودی به فرآیند چقدر است؟ اگر مایع ورودی عاری از A باشد.

$$(۱) \quad ۵۵۵۷/۴ \frac{\text{kmol}}{\text{min}} \quad (۲) \quad ۸۴۷/۵ \frac{\text{kmol}}{\text{min}} \quad (۳) \quad ۵۵/۶ \frac{\text{kmol}}{\text{min}} \quad (۴) \quad ۸۴/۸ \frac{\text{kmol}}{\text{min}}$$

۵۰- ۱۰ کیلوگرم صابون محتوی ۲۰٪ وزنی رطوبت توسط ۱۰۰ کیلوگرم هوای خشک به صورت موزی و غیر همسو رطوبت‌زدایی می‌شود. شیب خط عملیاتی (Operating line) چقدر است؟

$$(۱) \quad -۰/۰۸ \quad (۲) \quad ۰/۰۸ \quad (۳) \quad ۸/۰ \quad (۴) \quad ۱۲/۵$$

۵۱- در صورتی که شدت انتقال جرم توسط فاز مایع کنترل شود و خط تعادل دارای شیب برابر $\frac{۲}{۳}$ باشد، در رابطه با مقاومت کل در قبال مقاومت انتقال جرم در فاز فردی چه می‌توان گفت؟

$$(۱) \quad \frac{۳}{۲kx} \quad (۲) \quad \frac{۲}{۳} \quad (۳) \quad \frac{۲}{۳kx} \quad (۴) \quad \frac{۱}{kx}$$

۵۲- در صورتی که بتوان منحنی تعادلی را با یک خط راست نشان داد رابطه زیر بین انواع راندمان مورفی برقرار است:

S = Stripping factor
A = Absorption factor

(۴)

$$E_{ME} = \frac{E_{MR}}{E_{MR}(1-S) + S} \quad (۱) \quad E_{ME} = E_{MR}(1-S) + S \quad (۲) \quad E_{ME} = E_{MR}(1+AS) \quad (۳) \quad E_{ME} = E_{MR}$$

۵۳- برای رساندن فشار جزئی گاز A در هوا از ۲۰ میلی‌متر جیوه به ۳ میلی‌متر جیوه از یک برج جذب استفاده شده، آب خالص با شدت $\frac{۵ \text{ kg}}{\text{s}}$ از بالای برج وارد و در حالی از بالای برج خارج می‌شود که جزء مولی A به $\frac{۰}{۲}$ رسیده. شدت جرمی و حجمی ورود گاز به برج در فشار کل ۲ اتمسفر و

دمای ۱۰°C برابر است با: (جرم مولکولی جزء A برابر $\frac{۲۹ \text{ g}}{\text{gmol}}$ ثابت گازها $R = ۸۳۱۴ \frac{\text{J}}{\text{k mol} \cdot ^\circ\text{K}}$)

$$(۱) \quad \frac{۵۳}{۹} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{و} \quad \frac{۲۳}{۴۱} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (۲) \quad \frac{۷۱}{۳} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{و} \quad \frac{۱۷۷}{۳۴} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (۳) \quad \frac{۲۷}{۵} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{و} \quad \frac{۵۶}{۵} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (۴) \quad \frac{۷۵}{۲} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{و} \quad \frac{۱}{۹} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

۵۴- ضریب محلی انتقال جرم در یک سیستم گاز-مایع در شرایط متعارفی برابر $k_y = ۲ \times 10^{-۵} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ است. می‌توان نتیجه قطعی گرفت که:

(آزاد ۸۳)

$$(۱) \quad k_g = 1/۳۱ \times 10^{-۷} \frac{\text{atm}^{-1} \cdot \text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad (۲) \quad k_y = 1/۵ \times 10^{-۴} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad (۳) \quad k_g = 1/۹۷ \times 10^{-۱۰} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad (۴) \quad D_{AB} = ۳/۲۱ \times 10^{-۵} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

۵۵- ۲۰ گرم زغال فعال در یک ظرف ۱۰ لیتری محتوی هوا و آمونیاک با دمای ۳۰°C و فشار یک اتمسفر قرار گرفته و قرار است آمونیاک موجود در هوا جذب زغال فعال شود. ضریب زاویه خط عملیاتی (operating line) برای این مورد برابر است با..... (فشار جزئی آمونیاک در ظرف در

(سراسری ۸۴)

شروع عملیات ۶۰ mmHg است)

$$(۱) \quad -/۵۳۷ \quad (۲) \quad -۱/۸۶ \quad (۳) \quad +۰/۵۲۷ \quad (۴) \quad +۱/۸۶$$

- ۵۶- در کدام یک از موارد زیر، می‌توان از قانون هنری برای محاسبه خط تعادل برج‌های جذب ایزوترمال استفاده نمود؟ (سراسری ۸۴)
- (۱) حلالیت گاز در مایع زیاد باشد.
 (۲) فشار برج کمتر از یک اتمسفر باشد.
 (۳) تغییرات درصد عامل انتقالی زیر ۵٪ باشد.
 (۴) تغییرات درصد عامل انتقالی در محدود ۷٪- باشد.

۵۷- ضرایب انتقال جرم در دو فاز گاز مایع در حال تماس به صورت زیر داده شده است. کدام یک از جملات در گزینه‌های مختلف در مورد این

- (سراسری ۸۴)
- $$\left\{ \begin{array}{l} k_x = \frac{\text{moles}}{h \cdot m^2 \cdot \text{atm}} \\ k_y = \frac{\text{moles}}{h \cdot m^2 \cdot \text{atm}} \end{array} \right. \text{سیستم صحیح است؟}$$

- (۱) فاز مایع محدود کننده در مقابل انتقال جرم است.
 (۲) مقاومت در هر دو فاز یکسان می‌باشد.
 (۳) فقط ۱۰٪ از مقاومت کل در فاز مایع می‌باشد.
 (۴) فاز گاز، فاز محدود کننده در مقابل انتقال جرم است.
- ۵۸- اگر مقاومت غالب انتقال جرم در فاز گاز باشد و منحنی تعادل نیز خطی با شیب برابر با ۱ باشد، کدامیک از عبارات‌های زیر صادق است؟ (آزاد ۸۴)

$$K_x = k_x \quad (۴) \quad K_y = k_y + \frac{1}{y} k_x \quad (۳) \quad K_y \cong k_x \quad (۲) \quad K_y \cong k_y \quad (۱)$$

- ۵۹- اگر S_{\min} حداقل حلال مورد استفاده برای عملیات جذب باشد، مقدار واقعی حلال چند برابر آن خواهد بود؟ (آزاد ۸۴)
- (۱) ۱/۴ (۲) ۴ (۳) ۱ (۴) ۱۰

- ۶۰- برای یک سیستم دو فازی گاز-مایع که نیمی از مقاومت کل انتقال جرم در فاز مایع است اگر شیب خط تعادل برابر یک باشد شیب خط نیروی محرکه برابر با کدام تعداد است؟ (آزاد ۸۴)

$$+۱ \quad (۱) \quad -۲ \quad (۲) \quad -۱ \quad (۳) \quad +۲ \quad (۴)$$

۶۱- رابطه **Kremser-Brown** برای طراحی برج‌های جذب از کدام نوع زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ (آزاد ۸۴)

- (۱) چند مرحله‌ای - جریان متقاطع - شیب ثابت منحنی تعادل و خط کار
 (۲) چند مرحله‌ای - جریان متقابل - شیب ثابت منحنی تعادل و خط کار
 (۳) چند مرحله‌ای - متقابل - شیب ثابت خط کار
 (۴) چند مرحله‌ای - متقاطع - سیستم رقیق گاز - مایع

- ۶۲- اگر ضریب انتقال جرم در فاز گاز ده برابر کمتر از فاز مایع و شیب منحنی تعادل برابر با یک باشد، آنگاه: (آزاد ۸۴)
- (۱) فقط ۱۰٪ مقاومت کل در فاز گاز است.
 (۲) فاز گاز محدود کننده‌ی انتقال جرم است.
 (۳) فاز مایع محدود کننده‌ی انتقال جرم است.
 (۴) مقاومت در هر دو فاز یکسان است.

- ۶۳- اگر انتقال جرم با جریان هم‌سو صورت گیرد کدام عبارت در مورد تعداد واحدهای تعادلی صحیح است؟ (آزاد ۸۴)
- (۱) بی‌نهایت با شرط میل حجم E به بی‌نهایت
 (۲) متعدد با شرط حجم زیاد
 (۳) متعدد با شرط زیاد بودن حجم $\frac{R}{E}$
 (۴) یک واحد تعادلی

- ۶۴- اگر m شیب منحنی تعادل خطی باشد در رابطه‌ی $\frac{1}{F_{OL}} = \frac{1}{F_L} + \frac{1}{mF_G}$ زمانی تساوی برقرار خواهد بود که: (آزاد ۸۴)
- (۱) $N_B = 0$ (۲) $\sum N = 0$ (۳) همیشه برقرار است. (۴) فقط یک جزء انتقال پیدا کند.

- ۶۵- ضریب جمعی انتقال جرم (K_y) ، در یک برج جذب سینی‌دار که گاز H_2S در آب خالص جذب می‌شود، تقریباً تابع چه عواملی است؟ (سراسری ۸۵)
- (۱) تابع ضریب انتقال جرم فاز گاز
 (۲) تابع ضریب انتقال جرم فاز مایع
 (۳) تابع ضریب انتقال جرم فاز گاز و درجه حرارت آن سینی
 (۴) ۴۰٪ تابع ضریب انتقال جرم گاز و ۶۰٪ تابع ضریب انتقال جرم فاز مایع



۶۶- در یک فرآیند جذب چنانچه ضریب جذب $A = \frac{L}{mG} = 1$ باشد و منحنی تعادل خطی باشد کدام یک از عبارات زیر صحیح است؟ (سراسری ۸۵)

- (۱) نیروی محرکه انتقال جرم در دو فاز برابر است.
 (۲) نیروی محرکه در فاز مایع در طول دستگاه افزایش می‌یابد.
 (۳) نیروی محرکه انتقال جرم در دو فاز در طول دستگاه ثابت است.
 (۴) نیروی محرکه انتقال جرم در فاز گاز در طول دستگاه افزایش می‌یابد.

۶۷- در یک ستون دیواره مرطوب که در آن جذب آمونیاک از مخلوط آمونیاک - هوا آب صورت می‌گیرد، در موضعی خاص در فاز گاز غلظت آمونیاک ۶۰ درصد و در فاز مایع ۴ درصد می‌باشد (از تبخیر آب صرف نظر می‌شود). اگر ضریب انتقال جرم فاز گاز $F_G = 1/8 \times 10^{-3} \frac{\text{K mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ و فاز مایع $F_L = 1/2 \times 10^{-3} \frac{\text{K mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ باشد آنگاه در آن موضع خاص، داریم:

(سراسری ۸۵)

$$1 - x_A = 0.4 \left(\frac{0.96}{1 - y_A} \right)^2 \quad (2)$$

$$0.6 - y_A = \frac{2}{3} (0.4 - x_A) \quad (1)$$

$$1 - y_A = 0.4 \left(\frac{0.96}{1 - x_A} \right)^2 \quad (4)$$

$$0.6 - y_A = \frac{3}{2} (0.4 - x_A) \quad (3)$$

۶۸- اگر ضریب کلی انتقال جرم بر مبنای فاز گاز برابر $K_y = 5 \times 10^{-4} \frac{\text{kg mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{mole fraction}}$ و منحنی تعادل دارای شیب ثابت

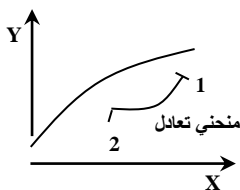
$m = \frac{y}{x} = 2/5$ باشد، ضریب کلی انتقال جرم بر مبنای فاز مایع K_x بر حسب $\frac{\text{kg mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{mole fraction}}$ چه مقدار خواهد بود؟ (آزاد ۸۵)

- (۱) 0.5×10^{-4} (۲) 2×10^{-4} (۳) $1/25 \times 10^{-4}$ (۴) 5×10^{-4}

۶۹- اگر ۵ کیلوگرم از یک ماده خیس با ۲۰٪ وزنی آب با استفاده از ۲۰ کیلوگرم هوای خشک رطوبت زدائی شود شیب خط عملیاتی (operating) چه مقدار است؟ (آزاد ۸۵)

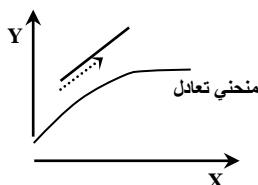
- (۱) ۰/۱ (۲) ۰/۷۵ (۳) ۱ (۴) ۰/۲

۷۰- شکل زیر نشان دهنده یک عملیات موازی از کدام نوع می‌باشد؟ (آزاد ۸۵)



- (۱) هم‌سو و جذب
 (۲) غیر هم‌سو و جذب
 (۳) غیر هم‌سو و دفع
 (۴) هم‌سو و دفع

۷۱- دو فاز E و R با غلظت‌های X و Y با هم تماس داده شده اند و منحنی زیر در مورد آن رسم شده است این منحنی مربوط به کدامیک از عملیات زیر است؟ (آزاد ۸۵)



- (۱) عملیات غیر هم‌سو (counter-current) جهت انتقال از فاز R به E
 (۲) عملیات هم‌سو (co-current) جهت انتقال از فاز E به R
 (۳) عملیات هم‌سو (co-current) جهت انتقال از فاز R به E
 (۴) عملیات غیر هم‌سو (counter-current) جهت انتقال از فاز E به R

۷۲- در عمل انتقال جرم بین دو فاز گاز-مایع (از گاز به مایع) اگر Y_{AG}^* ، Y_{AG} اجزای مولی جزء نفوذ کننده در توده‌ی گاز، فصل مشترک و در

حال تعادل با توده مایع بوده و k_y و K_y ضرایب محلی و کلی انتقال جرم فاز گاز باشد مقدار کسر $\frac{k_y}{K_y}$ برابر با کدام گزینه است؟ (آزاد ۸۵)

$$\frac{Y_{AG} - Y_A^*}{Y_{AG} - Y_{Ai}} \quad (4)$$

$$\frac{Y_{AG} - Y_A}{Y_{AG} - Y_{Ai}} \quad (3)$$

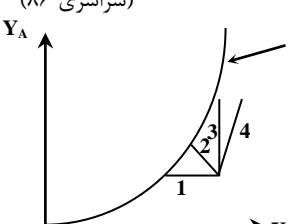
$$\frac{Y_{AG} - Y_{Ai}}{Y_{Ai} - Y_{Ai}} \quad (2)$$

$$\frac{Y_{AG} - Y_{Ai}}{Y_{AG} - Y_A^*} \quad (1)$$

۷۳- در یک عمل جذب گازی معادله منحنی تعادل از رابطه $Y = 2X$ (که در آن X و Y نسبت مول‌های جزء جذب شونده به جزء همراه در هر یک از فازها است) پیروی می‌نماید. در صورتی که غلظت جسم جذب شونده در گاز ورودی برابر 0.2 و در گاز خروجی قابل صرف‌نظر کردن باشد، در صورت استفاده از حلال خالص حداقل نسبت حلال خالص به جزء همراه در گاز ورودی $(\frac{L_S}{G_S})_{min}$ چه مقدار خواهد بود؟ (آزاد ۸۵)

- (۱) 0.2 (۲) ۲ (۳) 0.5 (۴) ۵

۷۴- منحنی تبادل در فرایند خشک کردن یک کیلوگرم سیلیکاژل با جریان هوای خشک به چه صورت خواهد بود؟ (سراسری ۸۶)



(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۷۵- در انتقال جرم از فاز $X(L)$ به درون فاز $y(G)$ کدام مورد صحیح است (غلظت بالک فازها x_A و y_A و روی سطح مشترک x_{Ai} و y_{Ai} است؟) (سراسری ۸۶)

$$\frac{N_A/N_t - y_{Ai}}{N_A/N_t - y_A} = \left(\frac{N_A/N_t - x_A}{N_A/N_t - x_{Ai}} \right) \frac{F_L}{F_G} \quad (2)$$

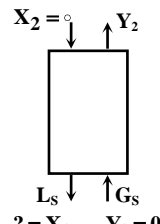
$$\frac{N_A/N_t - y_A}{N_A/N_t - y_{Ai}} = \left(\frac{N_A/N_t - x_{Ai}}{N_A/N_t - x_A} \right) \frac{F_L}{F_G} \quad (1)$$

$$\frac{N_A/N_t - y_A}{N_A/N_t - y_{Ai}} = \left(\frac{N_A/N_t - x_{Ai}}{N_A/N_t - x_A} \right) \frac{F_G}{F_L} \quad (4)$$

$$\frac{N_A/N_t - y_{Ai}}{N_A/N_t - y_A} = \left(\frac{N_A/N_t - x_A}{N_A/N_t - x_{Ai}} \right) \frac{F_L}{F_G} \quad (3)$$

۷۶- در عملیات جذب از فاز گاز مطابق شکل زیر با منحنی تعادل $Y = X^2$ و با فرض 0.9% جذب، غلظت خروجی فاز مایع اگر $(\frac{L_S}{G_S})_{min}$ (سراسری ۸۶)

نصف $\frac{L_S}{G_S}$ واقعی باشد، کدام است؟



(۱) $X_1 = \frac{1}{10}$ (۲) $X_1 = \frac{1}{20}$ (۳) $X_1 = \frac{1}{100}$ (۴) $X_1 = \frac{1}{200}$

۷۷- 50° گرم سیلیکاژل در یک ظرف 2° لیتری محتوی هوای مرطوب با دمای 3° درجه سانتی‌گراد و فشار کل یک اتمسفر قرار گرفته و رطوبت هوا را به خود جذب می‌نماید. ضریب زاویه خط عملیاتی (Operating Line) برای این مورد حدوداً برابر است با: (فشار جزئی بخار آب در ظرف در ابتدای عملیات 6 mmHg است.) (سراسری ۸۶)

- (۱) $-2/15$ (۲) $-11/86$ (۳) $0/15$ (۴) $+11/86$

۷۸- در یک سیستم انتقال جرم گاز-مایع منحنی تعادل به صورت $Y = 5X$ می‌باشد کدام عبارت در مورد مقاومت انتقال جرم درست است؟ (آزاد ۸۶)

- (۱) حداکثر مقاومت در فاز مایع است. (۲) حداکثر مقاومت در فاز گاز است.
(۳) مقاومت در هوا در هردو فاز ناچیز است. (۴) مقاومت به طور مساوی بین دو فاز توزیع شده است.

۷۹- منحنی تعادل دو فاز گاز و مایع با رابطه $P_A = 4 \cdot X_A$ داده شده است که در آن P_A فشار جزئی A برحسب bar می‌باشد. اگر در نقطه ای از برج فشار جزئی گاز A برابر با 3 bar و کسر مولی $X = 0.07$ (در فاز مایع) باشد، فشار تعادلی در فصل مشترک گاز مایع برابر با چند bar خواهد بود؟ (آزاد ۸۷)

- (۱) $0/45$ (۲) $0/393$ (۳) $0/35$ (۴) $0/299$



۸۰- در سیستم انتقال جرم گاز و مایع منحنی تعادل با رابطه $y = 3 \cdot x$ داده شده است کدام گزینه در مورد مقاومت انتقال جرم درست است؟

(آزاد ۸۷)

- (۱) بیشترین مقاومت در فاز مایع است.
 (۲) بیشترین مقاومت در فاز گاز است.
 (۳) مقاومت هر دو فاز ناچیز است.
 (۴) مقاومت در هر دو فاز برابر است.

۸۱- برای یک برج جذب غیر هم‌سو با فشار کل $1/2 \text{ atm}$ و $K_G = 8 \times 10^{-6} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{pa}}$ ، اگر $k_x = k_y$ باشد، مقدار k_y برابر است با:

(آزاد ۸۷)

(بر حسب $\frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$)

- (۱) $32/2 \times 10^{-5}$ (۲) 16×10^{-5} (۳) 8×10^{-5} (۴) $19/2 \times 10^{-5}$

۸۲- مخلوط هوا و CO_2 (۱۰٪ حجمی گاز CO_2) از پایین برج جذب و آب خالص از بالای برج به طور غیر هم‌سو وارد می‌شوند، منحنی تعادل $y = x$ است و ۸۰٪ از CO_2 ورودی جذب می‌شود. حداقل آب مورد نیاز به ازای هر کیلوگرم هوای خالص ورودی برابر با کدام گزینه است؟ (آزاد ۸۷)

- (۱) $0/91$ (۲) $0/76$ (۳) $0/45$ (۴) $0/8$

۸۳- در یک سیستم شیمیایی در یک موضع مشخص مقاومت فاز گاز ۴۰٪ از مقاومت کل است در صورتی که $k_x = 0/5$ و $k_y = 0/2$ باشد، معادله منحنی تعادل برابر است با:

(آزاد ۸۷)

- (۱) $y = x$ (۲) $y = 0/26x$ (۳) $y = 4/17x$ (۴) $y = 3/75x$

۸۴- منحنی تعادل در یک سیستم شیمیایی بصورت $y = 0/1x$ داده شده است. در این سیستم بیشترین مقاومت در کدام فاز قرار دارد؟ (آزاد ۸۷)

- (۱) فاز گاز (۲) فاز مایع

(۳) فاز گاز به شرط آن که ضرایب انتقال فیلمی گاز و مایع برابر (۴) فاز مایع به شرط آن که ضرایب انتقال فیلمی گاز و مایع برابر باشند.

۸۵- انتقال جرم A از فاز گاز به مایع صورت می‌گیرد. به نحوی که انتقال جرم B نیز وجود ندارد ($N_B = 0$). غلظت A در توده‌ی گاز و مایع به ترتیب $x_{AL} = 0/2$, $y_{AG} = 0/8$ داده شده است. اگر برای این سیستم $F_L = F_G$ باشد، آن گاه غلظت‌ها در فصل مشترک عبارتند از:

(سراسری ۸۸)

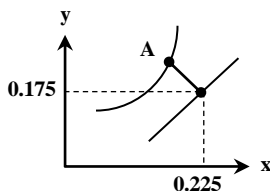
(رابطه‌ی تعادلی $y_{Ai} = x_{Ai}$)

- (۱) $Y_{Ai} = X_{Ai} = 0/4$ (۲) $Y_{Ai} = X_{Ai} = 0/5$ (۳) $Y_{Ai} = X_{Ai} = 0/6$ (۴) $Y_{Ai} = X_{Ai} = 0/7$

۸۶- شکل مقابل خط تعادلی و منحنی عملیاتی را برای یک سیستم نشان می‌دهد. اگر نقطه $A(0/225, 0/175)$ نقطه‌ای از سیستم را نشان دهد.

(سراسری ۸۹)

نسبت ضرایب انتقال جرم k_x به k_y چقدر است؟



- (۱) $0/2$

- (۲) ۱

- (۳) ۲

- (۴) $0/5$

(سراسری ۸۹)

۸۷- در یک فرآیند جذب، داده‌های زیر وجود دارد:

- کسر مولی جزء منتقل شونده در فصل مشترک گاز و مایع $y_{Ai} = 0/01$
 کسر مولی جزء منتقل شونده در فصل مشترک گاز و مایع $x_{Ai} = 0/08$
 کسر مولی جزء منتقل شونده در توده‌ی مایع $x_{AL} = 0/1$
 کسر مولی جزء منتقل شونده در توده‌ی گاز $y_{AG} = 0/2$

مقدار $\frac{k_x}{k_y}$ چقدر است؟

- (۴) $2/5$

- (۳) $4/5$

- (۲) $4/5$

- (۱) $1/5$

۸۸- در یک برج دفع غیر همسو SH_p موجود در یک محلول آمین توسط جریان هوا از آن جدا می‌شود. هوای خالص از پایین برج وارد و با ۲۰ درصد حجمی SH_p از آن خارج می‌گردد. اگر حداکثر غلظت SH_p در محلول آمین خروجی $X_p = 0.1$ باشد، حداکثر نسبت $\frac{L}{G}$ در این حالت چقدر است؟ (منحنی تعادل برای این سیستم $Y = X$ است.) (سراسری ۸۹)

(۱) $\frac{3}{5}$ (۲) $\frac{5}{3}$ (۳) $\frac{4}{5}$ (۴) $\frac{3}{4}$

۸۹- جهت جداسازی ماده A از جریان هوا از ستونی با سطح مقطع 30 cm^2 و ارتفاع ۱ متر که جاذب‌هایی با سطح مخصوص $a = 50 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$ پر شده است، استفاده می‌گردد. جریان هوا و ماده A با دبی $1 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$ وارد برج مذکور شده و با دبی $85 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$ این برج را ترک می‌نماید. در صورتی که تمامی ماده A جذب شود شار متوسط N_A در طول برج بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ چقدر است؟ (مهندسی شیمی - سراسری ۹۰)

(۱) 0.05 (۲) 0.5 (۳) ۱ (۴) $1/5$

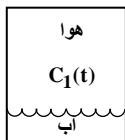
۹۰- در سیستم دو فازی گاز - مایع رابطه تعادل به صورت $y_i = 0.5x_i$ است. اگر ضریب جمعی انتقال جرم بر مبنای فاز گاز $4 \times 10^3 \frac{\text{kgmole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ باشد، میزان فلاکس انتقال جرم بین دو فاز چه مقدار و از کدام فاز به دیگری است؟ (غلظت ماده نفوذ کننده درون توده گاز و مایع بر حسب جزء مولی به ترتیب $0.1, 0.5, 0$ می‌باشد.) (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

(۱) 3×10^{-4} ، از فاز گاز به فاز مایع
 (۲) 3×10^{-4} ، از فاز مایع به فاز گاز
 (۳) $1/92 \times 10^{-3}$ ، از فاز گاز به فاز مایع
 (۴) $1/92 \times 10^{-3}$ ، از فاز مایع به فاز گاز

۹۱- در برج A گاز CO_2 توسط آب جذب می‌شود و در برج B گاز CO_2 توسط محلول قلیایی جذب می‌شود. در شرایط مشابه کدام جمله زیر درست است؟ (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

- (۱) شدت انتقال جرم در برج A بیشتر است.
- (۲) شدت انتقال جرم در برج B بیشتر است.
- (۳) شدت انتقال جرم در هر دو برج مساوی است.
- (۴) تعداد واحدهای انتقال در هر دو برج مساوی است.

۹۲- در یک ظرف بسته مطابق شکل، آب به داخل هوای خشک تبخیر می‌شود. این ظرف ۱۹ لیتری حاوی ۱ لیتر آب بوده و 200 cm^3 سطح مشترک دارد. پس از ۳ دقیقه غلظت بخار آب در هوا به $10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}$ می‌رسد. ضریب انتقال جرم چقدر است؟ (بر حسب $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$) (مهندسی پلیمر - سراسری ۹۰)

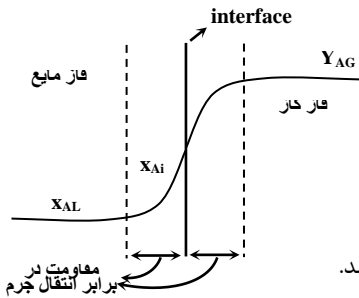


(۱) 6×10^{-4} (۲) 5×10^{-4}
 (۳) 4×10^{-3} (۴) 5×10^{-3}

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل چهارم

۱- گزینه «۲» شکل شماتیک از فرآیند انتقال جرم بین دو فاز به صورت زیر است:

at interface: $N_{AG} = N_{AL}$



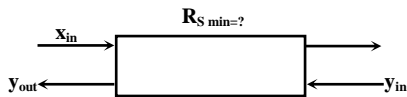
$$\Rightarrow \frac{k_x}{k_G} = \frac{y_{Ai} - y_{AG}}{x_{AL} - x_{Ai}} = \frac{0/1 - 0/2}{0/04 - 0/08} = 2/5 \Rightarrow k_G(y_{Ai} - y_{AG}) = k_x(x_{AL} - x_{Ai})$$

$$\frac{\text{مقاومت فاز گاز}}{\text{مقاومت فاز مایع}} = \frac{1/k_x}{1/k_G} = 2/5$$

نکته: در interface شرط تعادل دو فاز را داریم.

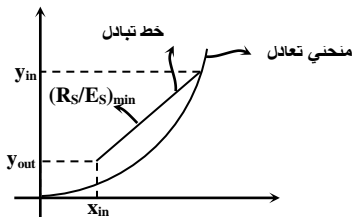
نکته: در interface یا فصل مشترک مقاومت صفر است، در صورتی دارای مقاومت است که ضخامت آن زیاد باشد.

۲- گزینه «۲» در فرآیند جذب انتقال جرم از فاز گاز (E) به فاز مایع (R) انجام می‌شود. برای مثال می‌توان فرآیند جذب H_2S از گاز طبیعی توسط آب را نام برد. در فرآیند جذب میزان گاز ورودی به فرآیند (E_{in} یا E_S)، درصد گاز در فاز گاز ورودی (y_{in})، میزان درصد گاز در فاز خروجی (y_{out}) و میزان درصد گاز در فاز مایع (x_{in}) معلوم می‌باشد. هدف عمدتاً تعیین حداقل مایع ورودی (R_{Smin}) است.



به عنوان نمونه اگر فرآیند متقابل را در نظر بگیریم:

خط تبدیلی آن به صورت زیر است:



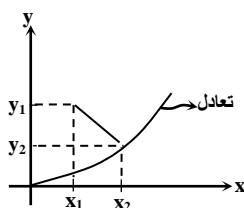
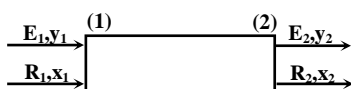
مطابق نمودار، در مورد فرآیند جذب میزان R_S باید بگونه‌ای باشد که مقدار $\frac{R_S}{E_S}$ از مقدار

$(\frac{R_S}{E_S})_{min}$ بیشتر باشد چرا که در غیر این صورت خط تبادل با منحنی تعادل تلاقی پیدا

می‌کند و انتقال جرم متوقف می‌شود. پس R_S باید بیشتر از R_{Smin} باشد. عموماً R_S را بین

$1/1$ تا $1/5$ برابر R_{Smin} انتخاب می‌کنند با توجه به این مطلب پاسخ گزینه ۲ می‌باشد.

۳- گزینه «۳» در بعضی موارد ماده‌ای که جذب می‌شود گران قیمت است که هدر دادن آن مقرون بصرفه نمی‌باشد بنابراین به طور هم زمان از برج دفع و جذب استفاده می‌شود. در برج جذب کنترل فاز گاز در اختیار ما نیست ولی فاز مایع در اختیار ما می‌باشد پس آن را بگونه‌ای انتخاب می‌کنیم که مقاومت فاز مایع صفر باشد. در برج جذب مقاومت در فاز گاز است و در برج دفع در فاز مایع. در دمای پایین و فشار بالا، حلالیت فاز مایع زیاد شده و مقاومت انتقال جرم آن کاهش می‌یابد. پس در مورد برج جذب در فشار بالا و دمای پایین کار می‌کنیم و در برج دفع برعکس. با توجه به مطالب ذکر شده گزینه ۳ صحیح است.



۴- گزینه «۴» فرآیند هم جهت یا هم‌سو (cocurrent) فرآیندی است که ورودی

دستگاه در یک مقطع و خروجی آن در یک مقطع دیگر باشد.

در این فرآیند چون در خروجی مرحله اول به تعادل می‌رسیم لذا نیرو محرکه (driving force) انتقال جرم صفر می‌شود و فقط یک مرحله داریم. در واقع

فرآیندهای هم جهت یک مرحله‌ای هستند.

۵- گزینه «۱» در برج‌های جذب خطوط عملیاتی همیشه بالای منحنی تعادل و در برج‌های دفع پائین آن قرار می‌گیرند. در مورد مسائل جذب و دفع و استخراج فقط یک جز بین دو فاز منتقل می‌شود ($N_B = 0$) و در نتیجه نسبت $\frac{R_S}{E_S}$ که همان شیب خط عملیاتی است ثابت بوده و در نتیجه خطوط عملیاتی برج در یک امتداد هستند.

۶- گزینه «۱» صابون عاری از آب $R_S = R(1-x) = 5(1-0/2) = 4 \text{ kg}$ شیب $= \frac{R_S}{E_S} \Rightarrow$ شیب $= \frac{4}{10} = 0/4$

۷- گزینه «۲» در انتقال جرم وقتی که بخواهیم از ضریب جمعی انتقال جرم جمعی (K) استفاده کنیم، بجای غلظت در interface (سطح مشترک) یعنی y_{Ai} از یک غلظت مجازی (y_A^*) استفاده می‌کنیم که این غلظت در تعادل با توده مایع (x_{AL}) می‌باشد. در نتیجه پتانسیل شیمیایی این غلظت مجازی با پتانسیل شیمیایی فاز مایع یکسان است.

در واقع از این روش، می‌خواهیم فلاکس را بدون نیاز به غلظت‌های interface محاسبه کنیم: $N_A = K_y(y_{AG} - y_A^*)$
با توجه به اینکه در این رابطه driving force (نیروی محرکه) انتقال جرم اختلاف غلظت‌ها می‌باشد ($y_{AG} - y_A^*$) و این اختلاف مستقیماً مربوط به خود فاز گاز نمی‌شود (چرا که y_A^* یک غلظت مجازی در حال تعادل با x_{AL} است، پس این نیروی محرکه بزرگ‌ترین بوده (از بالک گاز تا بالک مایع) و بر مبنای فاز گازی است.

۸- گزینه «۱» با توجه به سؤال قبل می‌توان فلاکس را براساس ضریب جمعی انتقال جرم (K) نیز نوشت. اگر فلاکس مربوط به فاز گاز را براساس ضریب انتقال جرم محلی (k) و کلی (K) بنویسیم، خواهیم داشت:

$$\left. \begin{aligned} N_A &= k_y(y_{AG} - y_{Ai}) \\ N_A &= K_y(y_{AG} - y_A^*) \end{aligned} \right\} \Rightarrow k_y(y_{AG} - y_{Ai}) = K_y(y_{AG} - y_A^*) \Rightarrow \frac{k_y}{K_y} = \frac{y_{AG} - y_A^*}{y_{AG} - y_{Ai}}$$

۹- گزینه «۱» مقادیر داده شده در سؤال عبارتند از: $k_x = 2/1 \times 10^{-4} \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \text{S}}$, $k_y = 1/2 \times 10^{-3} \frac{\text{Kmol}}{\text{m}^2 \text{S}}$ $x_{AL} = 0/12$, $y_{AG} = 0/45$

رابطه تعادل: $y = 2/1x$

فلاکس مولی فاز گاز و مایع در سطح مشترک (interface) برابر هستند:

$$N_{AG} = N_{AL} \Rightarrow k_y(y_{Ai} - y_{AG}) = k_x(x_{AL} - x_{Ai}) \Rightarrow \frac{x_{AL} - x_{Ai}}{y_{AG} - y_{Ai}} = -\frac{k_y}{k_x}$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \frac{0/12 - x_{Ai}}{0/45 - y_{Ai}} &= -\frac{1/2 \times 10^{-3}}{2/1 \times 10^{-4}} \\ y_{Ai} &= 2/1x_{Ai} \end{aligned} \right\} \Rightarrow x_{Ai} = 0/207$$

۱۰- گزینه «۴» در مورد سیستم‌های گاز - مایع، دما اثر بیشتری روی ضریب انتقال جرم فاز مایع نسبت به فاز گاز دارد، پس در اینجا که افزایش دمای فاز مایع تأثیری روی میزان انتقال جرم نداشته است بیان‌گر این است که فاز گاز، فاز کنترل‌کننده است.

۱۱- گزینه «۲»

- در فرآیندهای جذب خط تبادل بالای منحنی تعادل و در فرآیندهای دفع پائین آن قرار دارد.
- در فرآیند جذب انتقال جرم از فاز گاز (E) به فاز مایع (R) و در فرآیند دفع از فاز مایع (R) به فاز گاز (E) است.
- در فرآیند جذب فازی که تحت کنترل است فاز مایع می‌باشد که آن را به گونه‌ای انتخاب کرده تا حداقل مقاومت را داشته باشد. پس در این فرآیند بیشترین مقاومت در

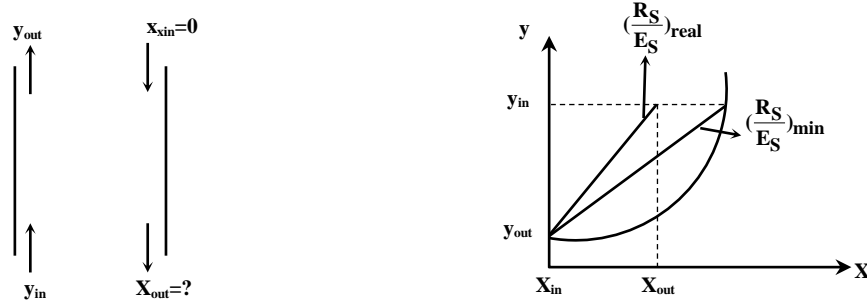
فاز گاز (E) بوده و این فاز کنترل‌کننده است. در فرآیند دفع برعکس است.



۱۲- گزینه «۳» طبق تعریف، راندمان کلی یک برج سینی‌دار عبارتست از نسبت تعداد سینی ایده‌آل به تعداد سینی واقعی

$$\text{راندمان کل} = \frac{\text{تعداد سینی ایده‌آل}}{\text{تعداد سینی}} \times 100 = \frac{30}{50} \times 100 = 60\%$$

۱۳- گزینه «۳» با توجه به توضیحات سؤال می‌توان نمودار تقریبی فرآیند را به صورت زیر ترسیم کرد:



با رسم پلکان از نقطه (x_{in}, y_{out}) تا محل برخورد خط تبادل با منحنی تعادل که y آن برابر y_{in} است، تعداد سینی ایده‌آل به دست می‌آید. با توجه به اینکه در صورت سؤال تعداد سینی‌های واقعی داده شده است، از نسبت تعداد سینی ایده‌آل به تعداد سینی واقعی، راندمان برج به دست می‌آید. با ضرب راندمان در $(\frac{R_S}{E_S})_{min}$ ، شیب خط تبادل حقیقی به دست می‌آید که از روی نمودار با طبق رابطه $\frac{R_S}{E_S} = \frac{y_{in} - y_{out}}{x_{out} - x_{in}}$ می‌توان غلظت جذب شونده در مایع خروجی از پایین برج یا x_{out} را تعیین کرد. در صورتی که E_S یا میزان گاز ورودی معلوم باشد از روی آن حداقل شدت حلال مصرفی و شدت حلال مصرفی را می‌توان بدست آورد.

۱۴- گزینه «۱» در عمل جذب، انتقال جرم از فاز گاز به فاز مایع انجام می‌شود. در واقع جزئی از فاز گاز، در فاز مایع حل می‌شود. پس هرچه حلالیت این جز بیشتر باشد شدت جذب افزایش یافته و حلال کمتری نیاز خواهد بود. با انتخاب حلالی که از نظر طبیعت شیمیایی مشابه جز حل شونده باشد، امکانات زیادی جهت حل شدن جزء حل شونده فراهم می‌شود. پس تنها گزینه ۱ صحیح است.

۱۵- گزینه «۴و۳» روابط موازنه جرم برای فرآیندهای هم‌سو و غیر هم‌سو عبارتند از:

۱- فرآیند هم‌سو:

$$\begin{array}{l} E_1, y_1, Y_1 \rightarrow \boxed{\rightarrow E, y, Y} \rightarrow E_2, y_2, Y_2 \\ R_1, x_1, X_1 \rightarrow \boxed{\rightarrow R, x, X} \rightarrow R_2, x_2, X_2 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} E_1 y_1 + R_1 x_1 = E y + R x \\ E_S = E_1(1 - y_1), R_S = R_1(1 - x_1) \\ \text{نسبت مولی} \quad Y_i = \frac{y_i}{1 - y_i}, X_i = \frac{x_i}{1 - x_i} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{Y - Y_1}{X - X_1} = \frac{-R_S}{E_S} \Rightarrow R_S(X_1 - X) = E_S(Y - Y_1)$$

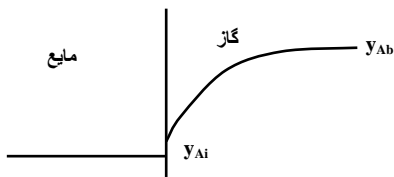
۲- فرآیند غیر هم‌سو:

$$\begin{array}{l} R_1, x_1, X_1 \rightarrow \boxed{\rightarrow x, X, R} \xrightarrow{x_2, X_2, R_2} \\ \xleftarrow{E_1, y_1, Y_1} \boxed{E, y, Y \leftarrow} \xleftarrow{y_2, Y_2, E_2} \end{array}$$

(۱) (۲)

$$\left. \begin{array}{l} R_1 x_1 + E y = E_1 y_1 + R x \\ R_S = R(1 - x), E_S = E(1 - y) \\ \text{نسبت مولی} \quad Y_i = \frac{y_i}{1 - y_i}, X_i = \frac{x_i}{1 - x_i} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{Y - Y_1}{X - X_1} = \frac{R_S}{E_S} \Rightarrow R_S(X_1 - X) = E_S(Y_1 - Y)$$

۱۶- گزینه «۴» رابطه $\frac{1}{Ky} = \frac{1}{ky} + \frac{m'}{kx}$ بیان‌گر ارتباط میان ضرایب جمعی (K) و جزیی (k) انتقال جرم است.



در این رابطه $m' = \frac{y_{Ai} - y_A^*}{x_{Ai} - x_{Ab}}$ می‌باشد. کوچک بودن m' به معنی بزرگ بودن مخرج کسر یعنی زیاد

بودن کسر مولی جز A در interface فاز مایع (x_{Ai}) در مقابل کسر مولی جز A در Bulk مایع (x_{Ab}) است. این به معنی حلالیت زیاد جز A در فاز مایع است، در نتیجه مقاومت فاز مایع بسیار کم و تقریباً ۱۰۰٪ مقاومت جرم در فاز گاز است، و هر گونه تغییر در فاز مایع تأثیری در میزان انتقال جرم ندارد.

۱۷- گزینه «۴» فرآیند دفع پس انتقال جرم از فاز مایع به فاز گاز صورت می‌گیرد. در صورت سؤال در مورد اینکه فرآیند هم‌سو یا غیر هم‌سو است چیزی گفته نشده، بنابراین دو حالت را بررسی می‌کنیم. هم‌چنین با توجه به اینکه در فرآیند دفع، جذب و استخراج یک جزء بین اجزاء تبادل می‌شود ($N_B = 0$) پس از نسبت‌های مولی، یعنی Y, X استفاده می‌کنیم.

$$(1) \quad \begin{array}{c} x_{in} = 0.5 \\ \downarrow \\ y_{in} = 0.12 \end{array}$$

$$(2) \quad \begin{array}{c} \downarrow \\ x_{out} = 0.1 \\ \downarrow \\ y_{out} = 0.35 \end{array}$$

$$X_i = \frac{x_i}{1-x_i}, \quad Y_i = \frac{y_i}{1-y_i}$$

۱- فرآیند هم‌سو:

$$(1) \quad \begin{cases} X_1 = \frac{x_{in}}{1-x_{in}} = 1 \\ Y_1 = \frac{y_{in}}{1-y_{in}} = 0.136 \end{cases}, \quad (2) \quad \begin{cases} X_2 = \frac{x_{out}}{1-x_{out}} = 0.11 \\ Y_2 = \frac{y_{out}}{1-y_{out}} = 0.538 \end{cases}$$

دو نقطه از خط تبادل را داریم، با رسم خط تبادل خواهیم دید که نقطه (۲) بالای خط تعادل ($Y = \frac{X}{\rho}$) قرار دارد، پس با بی‌نهایت مرحله تعادلی هم به نتیجه نخواهیم رسید یعنی در حالت هم‌سو عملیات امکان‌پذیر نیست.

$$(1) \quad \begin{array}{c} x_{in} = 0.5 \\ \downarrow \\ y_{out} = 0.35 \end{array}$$

$$(2) \quad \begin{array}{c} \downarrow \\ x_{out} = 0.1 \\ \downarrow \\ y_{in} = 0.12 \end{array}$$

۲- فرآیند غیر هم‌سو:

$$(1) \quad \begin{cases} X_1 = \frac{x_{in}}{1-x_{in}} = 1 \\ Y_1 = \frac{y_{out}}{1-y_{out}} = 0.538 \end{cases}, \quad (2) \quad \begin{cases} X_2 = \frac{x_{out}}{1-x_{out}} = 0.11 \\ Y_2 = \frac{y_{in}}{1-y_{in}} = 0.136 \end{cases}$$

با رسم خط تبادل خواهیم دید که این خط بالای خط تعادل ($Y = \frac{X}{\rho}$) قرار دارد در حالی که در فرآیند دفع خط تبادل همیشه پائین خط تعادل قرار می‌گیرد. پس در این حالت هم عملیات امکان‌پذیر نیست.

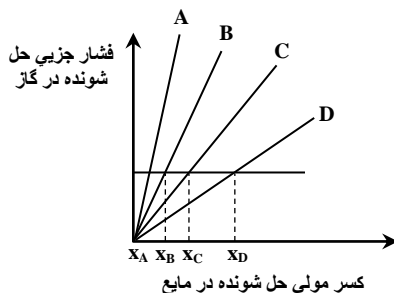
۱۸- گزینه «۲» همان گونه که برای ضرایب موضعی یا محلی k ضرایب کلی یا جمعی (K) تعریف می‌شود، در مورد ضرایب محلی F یعنی F_G و F_L نیز ضرایب کلی یعنی F_{OG} و F_{OL} استفاده می‌شود. در این مورد نیز زمانی از ضرایب F_{OL} یا F_{OG} استفاده می‌شود که مقادیر m' و m'' بدون نیاز به دانستن غلظت‌های interface محاسبه شوند. بطور کلی زمانی از ضرایب F یا F_O استفاده می‌شود که نفوذ یک ماده ($N_B = 0$) و یا نفوذ متقابل ($\sum N = 0$) وجود نداشته باشد و یا اینکه شدت انتقال جرم زیاد باشد. فلاکس مولی فاز مایع و گاز در interface برابر است، پس خواهیم داشت:

$$N_A = \frac{N_A}{\sum N_i} F_{OG} \ln \frac{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_A^*}{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_{Ab}} = \frac{N_A}{\sum N_i} F_{OL} \ln \frac{\frac{N_A}{\sum N_i} - x_{Ab}}{\frac{N_A}{\sum N_i} - x_A^*} = \frac{N_A}{\sum N_i} F_G \ln \frac{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_{Ai}}{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_{Ab}} = \frac{N}{\sum N_i} F_L \ln \frac{\frac{N_A}{\sum N_i} - x_{Ab}}{\frac{N_A}{\sum N_i} - x_{Ai}}$$

در رابطه بالا x_{Ab} و y_{Ab} مربوط به کسر مولی جز A در Bulk مایع و گاز، x_{Ai} و y_{Ai} کسر مولی جز A در interface و x_A^* ، y_n^* غلظت‌های مجازی هستند که به ترتیب در تعادل با y_{Ab} ، x_{Ab} می‌باشند. با حل روابط بالا رابطه میان F_G ، F_{OG} هم‌چنین رابطه بین F_L ، F_{OL} دست می‌آید. با در نظر گرفتن شرط نفوذ متقابل ($\sum N_i = 0$) روابط مقابل به دست می‌آید.

$$\text{نکته: اگر } \sum N_i = 0 \text{ باشد آنگاه: } F_G = k'_y, F_L = k'_x$$

۱۹- گزینه «۲» مهم‌ترین عامل مقاومت انتقال جرم در فاز مایع، حلالیت است. با افزایش درهم بودن فاز مایع (R)، میزان حلالیت جز مورد نظر در آن بیشتر شده و در نتیجه میزان انتقال جرم افزایش می‌یابد. وقتی که در یک فاز، تغییری مثل تلاطم ایجاد می‌شود و این عمل روی میزان انتقال جرم تاثیر می‌گذارد، به معنی این است که این فاز، فاز کنترل کننده است. در این سؤال با توجه به اینکه ایجاد تلاطم در فاز R موجب افزایش انتقال جرم شده است پس این فاز کنترل کننده می‌باشد. کنترل کننده بودن فاز مایع (R) نیز به این معنی است که فرآیند دفع است و انتقال از فاز مایع به گاز است ($R \rightarrow E$).



۲۰- گزینه «۴» برای اینکه ببینیم حلالیت کدام گاز در مایع بیشتر است، در یک فشار جزئی حل شونده در گاز یک خط به موازات محور افقی رسم می‌کنیم. محل برخورد این خط با هر یک از خط‌های تعادل، کسر مول حل شونده در مایع یا حلالیت گاز را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که حلالیت گاز در مایع D بیشتر است.

$$x_D > x_C > x_B > x_A$$

راه حل تستی: هر خط که شیب آن کمتر باشد نشان دهنده حلالیت بیشتر گاز در مایع است.

۲۱- گزینه «۲» درصد مقاومت انتقال جرم در فاز مایع به مقاومت انتقال جرم کل بر حسب فاز مایع برابر است با $\frac{\frac{1}{k_x}}{\frac{1}{K_x}}$ و برای فاز گاز برابر $\frac{\frac{1}{k_y}}{\frac{1}{K_y}}$

می‌باشد، که مجموع این دو نسبت همیشه برابر یک است. یعنی داریم:

$$\frac{1}{\frac{1}{k_x}} + \frac{1}{\frac{1}{k_y}} = 1$$

در سؤال ذکر شده، مقاومت کل برای انتقال جرم به طور مساوی در فازهای گاز و مایع پخش شده است، بنابراین با توجه به رابطه بالا خواهیم داشت:

$$k_y = 2K_y, k_x = 2K_x$$

اگر رابطه فلاکس مولی جزء A را بر حسب ضریب کلی انتقال جرم بنویسیم، خواهیم داشت:

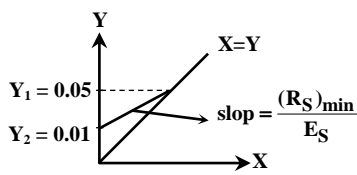
$$N_A = K_G(P_{Ab} - P_A^*) = K_G P_t (y_{Ab} - y_A^*) = K_y (y_{Ab} - y_A^*) \Rightarrow K_G P_t = K_y$$

$$K_y = K_G P_t \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow k_y = 2K_G P_t = (2)(1/2 \text{ atm} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{atm}})(1 \times 10^{-10} \frac{\text{kmole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}) = 19/2 \times 10^{-5} \frac{\text{kmole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

۲۲- گزینه «۲» چون که در فرآیند دفع یا جذب $N_B = 0$ است یعنی یک جز ساکن داریم، بنابراین از دبی مولی جزء ساکن در فازها یعنی R_S و E_S استفاده می‌کنیم. همان‌طور که قبلاً موازنه جرم را نوشتیم، خواهیم داشت:

$$\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{R_S}{E_S}$$

استفاده می‌کنیم. همان‌طور که قبلاً موازنه جرم را نوشتیم، خواهیم داشت:



برای تعیین حداقل آب ورودی یعنی $(R_S)_{\min}$ از نقطه (X_1, Y_1) خطی رسم می‌کنیم تا منحنی تعادل را در $Y_1 = 0/05$ قطع کند، یعنی X_1 و Y_1 در تعادل با هم هستند. چون که $Y = X$ است پس $Y_1 = X_1 = 0/05$ می‌شود.

$$\frac{0/01 - 0/05}{0 - 0/05} = \frac{(R_S)_{\min}}{1/5} \Rightarrow (R_S)_{\min} = 1/2 \frac{\text{kmol}}{\text{min}}$$

۲۳- گزینه «۲» وقتی که در فرآیند متقابل معادله موازنه جرم به صورت دیفرانسیلی نوشته شود، از حل آن رابطه زیر به دست می‌آید:

$$X_n = \left(X_0 - \frac{Y_{NP} + 1}{m} - AX_{NP} \right) A^n + \frac{Y_{NP} + 1}{m} - AX_{NP}$$

این معادله با شرط اینکه منحنی‌های تعادل و تبادل خطی باشند ($Y = mX$) حاصل شده است. با قرار دادن $n = N_p$ در این رابطه تعداد مراحل ایده‌آل به دست می‌آید.

$$A = \frac{R_S}{mE_S}$$

در این رابطه A نسبت شیب خط تبادل به تعادل می‌باشد:

۲۴- گزینه «۲» با توجه به اینکه سیستم جامد - مایع است و انتقال جرم بین فازها به کندی صورت می‌گیرد، بنابراین به منظور افزایش زمان تماس فازها از جریان‌های متقابل همراه با جریان برگشتی استفاده می‌شود. فرآیندهای Leaching (استخراج جامد با حلال) و جذب سطحی جزء سیستم‌های جامد - مایع هستند.

۲۵- گزینه «۲» رابطه تعادلی به صورت خط $y = 0/01x$ می‌باشد، پس $m = m' = m'' = 0/01$ خواهد بود و روابط زیر میان ضرایب کلی انتقال جرم و ضرایب جزئی یا محلی برقرار است:

$$\frac{1}{K_X} = \frac{1}{k_X} + \frac{1}{m''k_Y} \quad \text{(I)}, \quad \frac{1}{K_Y} = \frac{1}{k_Y} + \frac{m'}{k_X} \quad \text{(II)}$$

در صورت سؤال ضریب جزئی انتقال جرم در فاز مایع، $k_X = 1/5 \times 10^{-4}$ داده شده است، بنابراین مقاومت در فاز مایع $\frac{1}{k_X} = 6/6 \times 10^3$ می‌باشد و

ضریب جزئی در فاز گاز، $k_Y = 4/4 \times 10^{-2}$ داده شده است، که مقاومت در فاز گاز $\frac{1}{k_Y} = 22/7$ می‌شود. یعنی در فاز مایع مقاومت بیشتر است، پس

گزینه ۴ صحیح نیست. در مورد گزینه ۳ به شرطی کل مقاومت در فاز مایع خواهد بود که m'' خیلی بزرگ باشد، بنابراین این گزینه هم جواب نمی‌باشد.

حال با توجه به روابط بالا و همچنین اطلاعات مسأله، درصد مقاومت جرم در فاز مایع یعنی $\frac{1/k_X}{1/K_X}$ و درصد مقاومت جرم در فاز گاز یعنی $\frac{1/k_Y}{1/K_Y}$ را به دست می‌آوریم.

$$\text{(I): } \frac{1}{K_X} = \frac{1}{1/5 \times 10^{-4}} + \frac{1}{0/01 \times 4/4 \times 10^{-2}} = 8940$$

$$\frac{1/k_X}{1/K_X} = \frac{\text{مقاومت در فاز مایع}}{\text{مقاومت کل در هر دو فاز بر مبنای فاز مایع}} = 0/74$$

$$\frac{1}{K_Y} = \frac{1}{4/4 \times 10^{-2}} + \frac{0/01}{1/5 \times 10^{-4}} = 89/4$$

$$\frac{1/k_Y}{1/K_Y} = \frac{\text{مقاومت در فاز گاز}}{\text{مقاومت کل در هر دو فاز بر مبنای فاز گاز}} = 0/25$$

$$\Rightarrow \frac{\text{مقاومت در فاز مایع}}{\text{مقاومت در فاز مایع}} = \frac{0/74}{0/25} \approx 3$$

۲۶- گزینه «۳» به دلیل اینکه در فرآیند هم‌جهت خروجی فازها به تعادل می‌رسند، پس به بیش از یک مرحله تعادلی نخواهیم رسید.

۲۷- گزینه «۲» در دو حالت فرآیند هم‌سو و غیر هم‌سو بررسی می‌کنیم:

$$(1) \begin{cases} X_1 = \frac{x_{in}}{1-x_{in}} = 1 \\ Y_1 = \frac{y_{in}}{1-y_{in}} = 0 \end{cases} \quad (2) \begin{cases} X_2 = \frac{x_{out}}{1-x_{out}} = 0/31 \\ Y_2 = \frac{y_{out}}{1-y_{out}} = 0/43 \end{cases}$$

۱- فرآیند هم‌سو:

ملاحظه می‌شود که $Y_2 > X_2$ می‌باشد، یعنی این نقطه بالای خط تعادل است پس در این حالت عملیات امکان‌پذیر نیست.

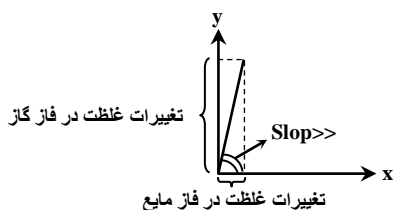
$$(1) \begin{cases} X_1 = \frac{x_{in}}{1-x_{in}} = 1 \\ Y_1 = \frac{y_{out}}{1-y_{out}} = 0/43 \end{cases} \quad (2) \begin{cases} X_2 = \frac{x_{out}}{1-x_{out}} = 0/31 \\ Y_2 = \frac{y_{in}}{1-y_{in}} = 0 \end{cases}$$

۲- فرآیند غیر هم‌سو:

در این حالت با توجه به اینکه خط تعادل را قطع می‌کند ($Y_2 > X_2$)، پس عملیات دفع غیر هم‌سو نیز امکان‌پذیر نیست.

۲۸- گزینه «۱» شیب زیاد خط تعادل ($m = 51$) نشان می‌دهد که تغییرات غلظت در فاز گاز خیلی بیشتر از فاز مایع است، یعنی حلالیت در فاز گاز

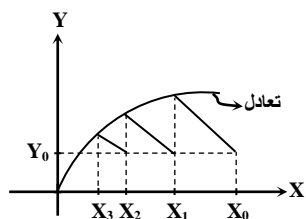
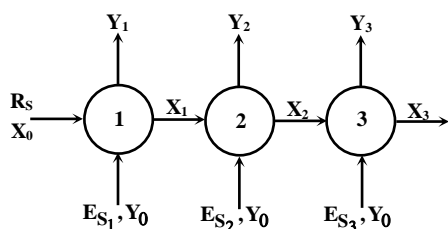
نسبت به مایع بسیار زیاد بوده و در نتیجه بیشتر مقاومت در فاز مایع قرار دارد. (شکل زیر)



راه دیگر: با توجه به رابطه $\frac{1}{k_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{mk_y}$ ($m = m''$) و از آنجایی که مقدار m نسبتاً زیاد است

می‌توان از عبارت $\frac{1}{mk_y}$ صرف‌نظر کرد پس خواهیم داشت $\frac{1}{K_x} \approx \frac{1}{k_x}$.

۲۹- گزینه «۴» شمایی از فرآیند متقاطع به صورت زیر است:



این فرآیند بیشتر برای تعداد مراحل کم استفاده می‌شود (عموماً تا سه مرحله)، چون که هرچه پیش می‌رویم، میزان انتقال جرم کمتر می‌شود. میزان انتقال جرم در هر مرحله برابر است با:

$$E_{S_i}(Y_0 - Y_i) = R_{s_i}(X_i - X_0)$$

در این فرآیند، موقعی بیشترین مقدار جداسازی (در مورد دفع کم‌ترین X_3 و در مورد جذب بیشترین X_3) را خواهیم داشت که مقدار E_{S_i} ها در هر مرحله برابر باشند، که در این صورت خطوط تعادل با هم موازی خواهند شد. اگر برای شکل بالا یک فرآیند دفع را در نظر بگیریم منحنی تعادل و خطوط تعادل آن به صورت زیر است (E_{S_i} ها برابر):

با توجه به توضیحات بالا، بیشترین میزان دفع A زمانی خواهد بود که E_{S_1} و E_{S_2} با هم برابر باشند، یا $\frac{E_{S_1}}{E_{S_2}} = 1$ باشد.

۳۰- گزینه «۲» رابطه میان ضرایب جمعی و جزیی به صورت زیر می‌باشند:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x} \quad (I)$$

در صورتی که رابطه تعادل میان دو فاز به صورت خطی باشد ($y = mx$)، آنگاه $m' = m'' = m$ خواهد شد.

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{m''k_y}$$

با توجه به اینکه رابطه تعادلی داده شده خطی است ($P_A = HC_A$)، مقدار m' خواهد شد:

$$P_A = HC_A \Rightarrow y_A P_t = H(x_A C) \Rightarrow y_A = \frac{HC}{P_t} x_A \Rightarrow m' = \frac{HC}{P_t}$$

با قرار دادن مقدار m' در رابطه (I) خواهیم داشت:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x} \Rightarrow \frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \left(\frac{HC}{P_t}\right) \frac{1}{k_x} \quad (II)$$

روابط زیر میان ضرایب انتقال جرم برقرار است:

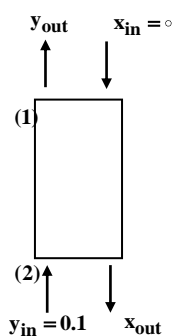
$$k_y = P_t k_G, \quad k_x = C k_L$$

با ضرب P_t در طرفین رابطه II خواهیم داشت:

$$\frac{P_t}{K_y} = \frac{P_t}{k_y} + \left(\frac{HC}{P_t}\right) \frac{P_t}{k_x} \Rightarrow \frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{H}{\frac{k_x}{c}} = \frac{1}{k_G} + \frac{H}{k_L} \Rightarrow K_G = \frac{1}{\frac{1}{k_G} + \frac{H}{k_L}}$$

۳۱- گزینه «۲» به طور کلی، هنگامی که تغییرات در یک فاز، مثل تغییر دما یا ایجاد تلاطم و یا تغییر فشار، موجب تغییر در میزان انتقال جرم شود، آن فاز کنترل کننده بوده و مقاومت انتقال جرم در آن فاز است. در اینجا چون که مقاومت انتقال جرم در فاز مایع قرار دارد، پس ایجاد تلاطم در این فاز، سبب افزایش میزان انتقال جرم می‌شود. فصل مشترک در صورتی دارای مقاومت است که ضخامت آن زیاد باشد. در غیر این صورت مقاومت انتقال جرم آن تقریباً صفر است.

۳۲- گزینه «۲» شیب زیاد خط تعادل نشان می‌دهد که تغییرات غلظت در فاز گاز خیلی بیشتر از فاز مایع است، یعنی حلالیت در فاز گاز نسبت به مایع بسیار زیاد بوده و در نتیجه بیشتر مقاومت در فاز مایع قرار دارد.



۳۳- گزینه «۲» حداقل نسبت دبی مایع به گاز یا $\left(\frac{R_S}{E_S}\right)_{\min}$ زمانی است که خروجی فاز

مایع با ورودی فاز گاز با هم در تعادل باشند. در این حالت رابطه زیر برقرار است:

$$\left(\frac{R_S}{E_S}\right)_{\min} = \frac{Y_{in} - Y_{out}}{X_{out} - X_{in}}$$

$$\left(\frac{R_S}{E_S}\right)_{\min} = \frac{Y_{in} - Y_{out}}{Y_{in} - X_{in}}$$

با توجه به اینکه رابطه تعادلی $Y = X$ می‌باشد، داریم:

با توجه به اینکه فرآیند جذب است ($N_B = 0$)، X و Y نسبت مولی هستند.

از آنجایی که ۸۰ درصد از آمونیاک موجود در هوای ورودی جذب آب می‌گردد، پس درصد آمونیاک در هوای خروجی یا Y_{out} برابر $\frac{0.2}{1-0.2} = 0.25$ می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} X_{out} = Y_{in} = \frac{y_{in}}{1-y_{in}} = \frac{0.1}{1-0.1} = 0.111 \\ Y_{out} = \frac{y_{out}}{1-y_{out}} = \frac{0.2}{1-0.2} = 0.25 \\ X_{in} = \frac{x_{in}}{1-x_{in}} = 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left(\frac{R_S}{E_S}\right)_{\min} = \frac{0.111 - 0.25}{0.111 - 0} = 0.82$$

۳۴- گزینه «۴» ضریب جذب یا A برابر نسبت شیب خط تبادل به خط تعادل، یعنی $\frac{R_S}{mE_S}$ می‌باشد. توجه شود که رابطه داده شده در سؤال برای فرآیند متقابل بوده و برای وقتی صادق است که خطوط تعادل و تبادل خطی باشند. طبق رابطه داده شده و مقادیر مربوط به E_{MR} و E_{ME} و شیب تعادل داریم:

$$\left. \begin{aligned} E_{ME} = 0.11 \\ E_{MR} = 0.11 \end{aligned} \right\} \Rightarrow 0.11 = \frac{0.11}{0.11(1 - \frac{1}{A}) + \frac{1}{A}} \Rightarrow A = 1.13, \quad A = \frac{(\frac{R_S}{E_S})}{m} \Rightarrow \frac{R_S}{E_S} = mA = (1.13)(0.11) = 0.1243$$

۳۵- گزینه «۳» در صورتی که خطوط تعادل و تبادل خطی باشند ($Y=mX$)، در جریان‌های متقابل جذب و دفع گاز از روابط کرمسر - براون - سودرز (و یا فقط کرمسر) استفاده می‌شود. این معادلات نخستین بار در مورد معادلات جذب گازها به دست آمد.

۳۶- گزینه «۱» وجود واکنش شیمیایی دو اثر مثبت روی جذب دارد: (۱) تغییر ماهیت شیمیایی ماده جذب شده در اثر واکنش، فشار جزئی تعادلی حل شونده را کاهش داده و سبب ازدیاد اختلاف غلظت‌های آن ماده در توده گاز و سطح مشترک می‌شود و بنابراین شدت جذب افزایش می‌یابد. (۲) ضریب انتقال جرم فاز مایع افزایش یافته و سبب ازدیاد شدت جذب می‌گردد. کلیه این عوامل باعث می‌شود که به برج با ارتفاع کمتری نیاز باشد.

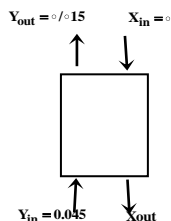
۳۷- گزینه «۴» در برج جذب مقاومت انتقال جرم در فاز مایع قرار دارد و از آنجائی که با کاهش دما، حلالیت گاز در فاز مایع زیاد می‌شود در نتیجه مقاومت انتقال فاز مایع کاهش می‌یابد. بنابراین اگر منظور از اثر دما، کاهش آن باشد، با کاهش دما، آهنگ انتقال جرم افزایش می‌یابد.

۳۸- گزینه «۱» با توجه به ضریب انتقال جرم در فیلم‌ها، مقاومت‌های انتقال جرم در دو فاز برابر است با:

$$\left. \begin{aligned} \text{مقاومت فاز مایع} &= \frac{1}{k_L} = \frac{1}{1/5 \times 10^{-4}} \\ \text{مقاومت فاز گاز} &= \frac{1}{k_G} = \frac{1}{4/5 \times 10^{-3}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\text{مقاومت فاز مایع}}{\text{مقاومت فاز گاز}} = 300$$

۳۹- گزینه «۱» در فرآیند هم‌سو به دلیل اینکه در خروجی به غلظت تعادلی می‌رسیم، پس به بیش از یک مرحله تعادلی نمی‌توان رسید. در حالتی که واکنش شیمیایی وجود دارد، خط تعادل به سمت یکی از محورهای نزدیک می‌شود، بنابراین در این مورد بهتر است از فرآیند هم‌سو استفاده شود. همچنین در فرآیند هم‌سو از همه قسمت‌های دستگاه به طور یکسان برای انتقال جرم استفاده نمی‌شود و با پیشرفت در طول دستگاه میزان انتقال جرم کم می‌شود. بنابراین نیروی محرکه در طول دستگاه ثابت نیست.

۴۰- گزینه «۱» شکل برج جذب را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت. با توجه به اینکه آب ورودی خالص است، پس غلظت آمونیاک در آن صفر است ($X_{in} = 0$). با نوشتن موازنه جرم حول برج خواهیم داشت:



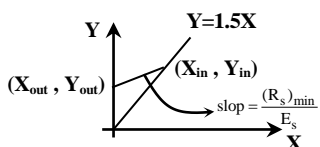
$$(R_S)_{\min} = ?$$

$$E_S = 1/5 \frac{\text{kmol}}{\text{min}}$$

$$Y_{in} = 1/5 X_{out}$$

$$\frac{Y_{out} - Y_{in}}{X_{in} - X_{out}} = \frac{(R_S)_{\min}}{E_S}$$

در حالت حداقل آب خالص ورودی، منحنی تبادل و تعادل در نقطه (X_{in}, Y_{in}) با هم تلاقی دارند، بنابراین می‌توان نوشت:



$$\frac{(0.115) - (0.045)}{(0) - (0.045)} = \frac{(R_S)_{\min}}{1/5} \Rightarrow (R_S)_{\min} = 1/5$$

۴۱- گزینه «۴» به طور کلی با افزایش فشار و کاهش دما، حلالیت در فاز مایع زیاد شده و مقاومت انتقال جرم کاهش می‌یابد. بنابراین برای دفع یک ماده از مایع و یا به طور کلی در برج دفع، فرآیند در فشار پائین و دمای بالا انجام شده تا حلالیت در فاز مایع کم شود. در برج جذب، برای افزایش حلالیت جز حل شونده در فاز مایع، دمای پائین و فشار بالا استفاده می‌شود.

۴۲- گزینه «۱» رابطه بین ضرایب انتقال جرم F_L و F_G را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\frac{F_L}{F_G} = \frac{\frac{\frac{N_A}{\sum N_i} - x_{Ai}}{\frac{N_A}{\sum N_i} - x_{Ab}}}{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_{Ai}} = \frac{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_{Ab}}{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_{Ai}}$$

که x_{Ai} و y_{Ai} ، جز مولی مایع و گاز در سطح مشترک و x_{Ab} و y_{Ab} ، جزء مولی در توده (Bulk) مایع و گاز است. در سؤال داده شده، با توجه به اینکه عملیات جذب صورت می‌گیرد، $N_B = 0$ می‌باشد. بنابراین نسبت فلاکس‌ها برابر یک است. همچنین نسبت $\frac{F_L}{F_G} = 1$ داده شده است. پس رابطه بالا به صورت زیر ساده می‌شود:

$$\left[\frac{1-x_{Ai}}{1-x_{Ab}} \right]^{-1} = \frac{1-y_{Ai}}{1-y_{Ab}}, (y_{AG} = y_{Ab} = 0, \quad y_{AL} = 0, \quad x_{AL} = x_{Ab} = 0)$$

$$\Rightarrow \frac{1-0}{1-x_{Ai}} = \frac{1-0/0.1}{1-0/1} = \frac{0.99}{0.90} \Rightarrow x_{Ai} = 0.09$$

نکته: وقتی با حالتی برخورد شود که شامل نفوذ یک ماده ($N_B = 0$) و یا نفوذ متقابل مول‌های مساوی از دو سازنده ($\sum N_i = 0$) نبوده و یا شدت انتقال جرم زیاد باشد، از ضرایب نوع F باید استفاده کرد. البته این نکته بدین معنا نیست که در این موارد نمی‌توان از ضرایب F استفاده کرد، بلکه این معنا را می‌دهد که در مواردی غیر از موارد مذکور نباید از ضرایب نوع K استفاده کرد.

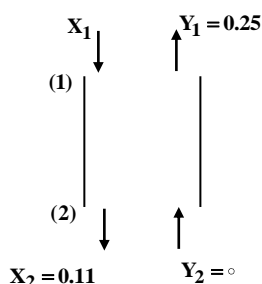
۴۳- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. با توجه به اینکه خط عملیاتی یا تبادلی زیر منحنی تعادل قرار دارد، پس این نمودار مربوط به فرآیند دفع است. در فرآیند دفع انتقال از فاز مایع به فاز گاز صورت می‌گیرد (فاز مایع دفع می‌کند)، بنابراین کسر مولی جز حل شده در فاز مایع (X) کم خواهد شد، بنابراین درصد جداسازی خواهد بود:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= \frac{x_1}{1-x_1} = 0.4 \Rightarrow x_1 = 0.28 \\ X_2 &= \frac{x_2}{1-x_2} = 0.2 \Rightarrow x_2 = 0.16 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{درصد} = \frac{x_2 - x_1}{x_2} \times 100 = \frac{0.28 - 0.16}{0.28} \times 100 = 43\%$$

که می‌بینیم پاسخ در بین گزینه‌ها نیست. اگر براساس نسبت‌های مولی یعنی X حساب کنیم، گزینه «۲» یعنی ۵۰٪ جواب خواهد بود که از طرف طراح نیز همین گزینه جواب صحیح اعلام شده است:

$$\left. \begin{aligned} X_2 &= 0.4 \\ X_1 &= 0.2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{درصد} = \frac{0.4 - 0.2}{0.4} \times 100 = 50\%$$

نکته: اگر عملیات جذب داشتیم یعنی خط عملیاتی بالای منحنی تعادل قرار داشت، درصد جداسازی براساس فاز گاز محاسبه می‌شد (از y استفاده می‌کردیم).



۴۴- گزینه «۴» شکل شماتیک فرآیند به صورت مقابل است:

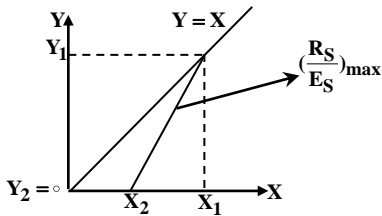
با توجه به اینکه فرآیند دفع است از نسبت‌های مولی استفاده می‌کنیم.

$$y_2 = 0 \Rightarrow Y_2 = 0 \quad x_2 = 0.1 \Rightarrow X_2 = \frac{0.1}{1-0.1} = 0.11$$

$$y_1 = 0.2 \Rightarrow Y_1 = \frac{0.2}{1-0.2} = 0.25$$

توجه: چون فرآیند دفع است و یک جز ساکن ($N_B = 0$)، برای سادگی فاز گاز و مایع را بر اساس تعداد مول جزء ساکن یا E_S (برای گاز) و R_S (برای مایع) بیان می‌کنیم. در فرآیند دفع، فاز گاز تحت کنترل می‌باشد. با توجه به اینکه خط تبادل زیر منحنی تعادل است، برای اینکه این خط با منحنی تلاقی پیدا نکند و انتقال جرم متوقف نشود، لازم است نسبت $\frac{R_S}{E_S}$ از $(\frac{R_S}{E_S})_{\max}$ کمتر باشد، به عبارت دیگر E_S دارای حداقل مقدار می‌شود

در عملیات جذب با $(\frac{R_S}{E_S})_{\min}$ کار می‌کنیم.



حل سؤال: در مقطع (۱) کسرمولی‌ها به تعادل می‌رسند و چون که خط تعادل $Y = X$ می‌باشد بنابراین $Y_1 = X_1 = 0/25$.

$$(\frac{R_S}{E_S})_{\max} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{0 - 0/25}{0/11 - 0/25} = 1/87$$

در سؤال حداکثر مقدار $\frac{L}{G}$ یا همان $\frac{R}{E}$ خواسته شده است. بنابراین خواهیم داشت:

$$\left. \begin{aligned} L = R = \frac{R_S}{1 - X_1} = R_S (1 - X_1) \\ G = E = \frac{E_S}{1 - Y_1} = E_S (1 - Y_1) \end{aligned} \right\} \Rightarrow (\frac{L}{G})_{\max} = (\frac{R_S}{E_S})_{\max} \cdot (\frac{1 - X_1}{1 - Y_1}) = (1/87) \cdot (\frac{1 - 0/11}{1 - 0}) = 1/6$$

۴۵- گزینه «۱» خط تبادل بالای خط تعادل می‌باشد، یعنی فرآیند جذب است و انتقال از فاز گاز (E) به فاز مایع (R) صورت می‌گیرد. شیب خط عملیاتی کل نیز مثبت است، پس این واحد عملیاتی، غیر هم‌جهت یا غیر هم‌سو است. منحنی خط چین نیز، مربوط به منحنی تبادل در یک موضع خاص (مثلاً یک سینی) می‌باشد. در واقع این شکل را می‌توان برای یک برج جذب سینی دار در نظر گرفت، که حرکت در کل برج به صورت متقابل (غیر هم‌سو) است ولی روی هر سینی جریان هم‌جهت (هم‌سو) داریم. به همین دلیل شیب منحنی تبادل در مواضع مختلف (سینی‌ها) منفی است.

۴۶- گزینه «۲» زمانی که مقاومت انتقال جرم در فاز مایع باشد (m'' زیاد باشد)، خواهیم داشت: $K_X = k_X$

از طرف دیگر نسبت ضریب جمعی انتقال جرم در فاز مایع (K_X) به ضریب جمعی انتقال جرم در فاز گاز (K_Y)، برابر شیب خط تبادل است، یعنی

$$K_X = K_Y = k_X \quad \text{می‌باشد. بنابراین خواهیم داشت:} \quad \frac{-K_X}{K_Y} = 1$$

گزینه «۳» مربوط به حالتی است که فاز گاز کنترل کننده باشد و خط تبادل دارای شیب واحد باشد.

توجه: روابط میان ضرایب جمعی و جزئی انتقال جرم، به صورت زیر است:

$$\frac{1}{K_Y} = \frac{1}{k_Y} + \frac{m'}{k_X} \quad m' = \frac{Y_{A_i} - Y_A^*}{X_{A_i} - X_{A_b}}$$

$$\frac{1}{K_X} = \frac{1}{k_X} + \frac{1}{m'' k_Y} \quad m'' = \frac{Y_{A_b} - Y_{A_i}}{X_A^* - X_{A_i}} \quad ; \quad \frac{K_X}{K_G} = \frac{Y_{A_b} - Y_A^*}{X_A^* - X_{A_b}} = m$$

نکته: ضرایب جمعی انتقال جرم را وقتی به کار می‌بریم که دیاگرام تعادل خطی باشد، یعنی m' و m'' بدون استفاده از غلظت‌های interface به دست آیند، همچنین مقاومت انتقال جرم در یک فاز باشد.

۴۷- گزینه «۱» در سطح تماس دو فاز مایع و گاز، فلاکس انتقال جرم برابر است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$k_G(P_{Ab} - P_{Ai}) = k_X(x_{Ai} - x_{Ab})$$

فشار جزئی A روی سطح تماس دو فاز (P_{Ai}) برابر ۱۰ کیلو پاسکال است. با توجه به رابطه تعادلی داده شده، می‌توان غلظت مولی جزء A را در سطح

$$P_{Ai} = 10^5 x_{Ai} \Rightarrow x_{Ai} = \frac{10 \times 10^3 \text{ Pa}}{10^5} \Rightarrow x_{Ai} = 10^{-3}$$

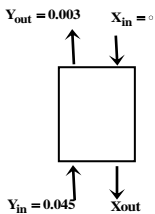
تماس به دست آورد:

$$\xrightarrow{\text{طبق رابطه بالا}} 1/5 \times 10^{-11} (35 \times 10^3 - 10 \times 10^3) = 1/6 \times 10^{-3} (10^{-3} - x_{Ab}) \Rightarrow x_{Ab} = 0/000765 \approx 0/00077$$

توجه: به واحد فشار در روابط و اعداد داده شده توجه شود.

۴۸- گزینه «۳» برای فرآیندهایی که در آن تغییرات دما و غلظت کم است و همچنین فرآیندهایی که همراه با واکنش شیمیایی است (واکنش‌های

کاتالیستی)، از آرایش جریان‌ها به صورت هم‌سو استفاده می‌شود.



$$(R_s)_{\min} = ?$$

۴۹- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. شکل فرضی برج به صورت روبرو است:

$$E_s = E(1 - Y_{in}) = 100(1 - 0/02) = 98 \frac{\text{kmol}}{\text{min}}$$

دبی جریان گاز عاری از A یعنی E_s برابر است با:

$$Y_{out} = 0/02(1 - 0/85) = 0/03$$

غلظت A در جریان گاز خروجی برابر است با:

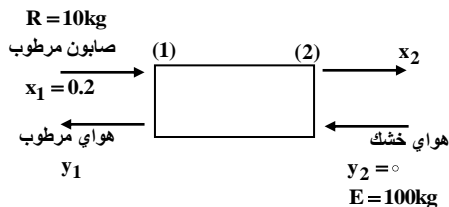
$$\frac{Y_{out} - Y_{in}}{X_{in} - X_{out}} = \frac{(R_s)_{\min}}{E_s}$$

موازنه جرم حول به صورت مقابل می‌باشد:

$$\frac{(0/03) - (0/02)}{0 - (0/02)} = \frac{(R_s)_{\min}}{98} \Rightarrow (R_s)_{\min} = 8/33 \frac{\text{kmol}}{\text{min}}$$

طبق رابطه تعادل می‌توان نوشت: $Y_{in} = 0/1X_{out}$ ، بنابراین داریم:

۵۰- گزینه «۲» چون که صابون جز ساکن است و بین دو فاز منتقل نمی‌شود از R_s و E_s و نسبت‌های مولی (Y, X) در موازنه جرم استفاده می‌شود.



$$\text{موازنه جرم: } \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{R_s}{E_s} = \text{Slop}$$

$$\Rightarrow \text{Slop} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{R(1 - x_1)}{E(1 - y_2)} = \frac{10(1 - 0/2)}{100(1 - 0)} = 0/08$$

۵۱- گزینه «۱» در صورتی که منظور طراح این باشد که شیب خط تبادل برابر $\frac{3}{4}$ است، آنگاه نسبت ضریب انتقال جرم فردی در فاز مایع به ضریب انتقال

$$N_A = k_X(x_{Ab} - x_{Ai}) = k_Y(y_{Ai} - y_{Ab}) \Rightarrow m = \left| \frac{k_X}{k_Y} \right| = \left| \frac{y_{Ab} - y_{Ai}}{x_{Ab} - x_{Ai}} \right| = \frac{3}{2}$$

جرم فردی در فاز گاز برابر $\frac{3}{4}$ خواهد بود:

با توجه به اینکه در صورت سؤال ذکر شده است که شدت انتقال جرم توسط فاز مایع کنترل می‌شود، می‌توان از k_Y در مقابل k_X صرف‌نظر نمود و k_X را

$$\frac{\text{مقاومت کل}}{\text{مقاومت انتقال جرم در فاز فردی}} = \frac{1}{k_X} = \frac{1}{k_X} = \frac{3}{2k_X}$$

برابر $\frac{3}{4}$ در نظر گرفت. بنابراین خواهیم داشت:

بنابراین با در نظر گرفتن اینکه شیب داده شده در سؤال شیب خط تبادل است، گزینه (۱) صحیح است.

۵۲- گزینه «۴» بازده‌های مورف‌ری دو فاز مربوط به یک واحد مشخص معمولاً با یکدیگر برابر نیستند و تنها هنگامی که رابطه تعادلی به صورت یک خط

مستقیم درآید می‌توان آن دو را به یکدیگر ارتباط داد. مثلاً در مورد یک خط تعادل با شیب m ، می‌توان نشان داد:

$$A = \frac{1}{S}, E_{ME} = \frac{E_{MR}}{E_{MR}(1-S) + (S)} = \frac{E_{MR}}{E_{MR}(1-\frac{1}{A}) + \frac{1}{A}}$$

۵۳- گزینه «۲» با توجه به اینکه فقط جزء A بین فازها انتقال می‌یابد ($N_B = 0$)، پس از دبی‌های مولی بر اساس جزء ساکن یعنی R_S و E_S و همچنین از نسبت‌های مولی یعنی X و Y استفاده می‌کنیم. با نوشتن موازنه جرم برای برج خواهیم داشت: $E_S(Y_{in} - Y_{out}) = R_S(X_{out} - X_{in})$

$$R_S = \frac{\Delta \text{kg}}{s} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol}}{18 \text{ gr H}_2\text{O}} = 277 / 18 \frac{\text{mol}}{s}$$

دبی آب ورودی، $R_S = 1520 \text{ mmHg} = 2 \times 760 = 2 \text{ atm}$ فشار کل

$$Y_{in} = \frac{\text{مول A ورودی در هوا}}{\text{مول هوای ورودی}} = \frac{20 \text{ mmHg}}{1520 - 20} = 0/013, Y_{out} = \frac{\text{مول A خروجی در هوا}}{\text{مول هوای خروجی}} = \frac{3 \text{ mmHg}}{1520 - 3} = 0/002$$

$$X_{in} = \frac{\text{مول A ورودی در آب}}{\text{مول آب ورودی}} = \frac{0}{1-0} = 0, X_{out} = \frac{\text{مول A خروجی در آب}}{\text{مول آب خروجی}} = \frac{0/2}{1-0/2} = 0/25$$

$$\Rightarrow E_S(0/0133 - 0/002) = 277 / 18(0/25 - 0) \Rightarrow \text{دبی هوای خالص ورودی} = E_S = 6145 / 57 \frac{\text{mol}}{s}$$

$$E_S = 6145 / 57 \frac{\text{mol}}{s} \times \frac{29 \text{ gr}}{\text{mol air}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} = 178 \frac{\text{kg}}{s}$$

دبی جزء A همراه با گاز ورودی برابر است با مقداری که وارد فاز مایع شده و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$0/2 = \frac{n_A}{n_A + 277 / 18} \Rightarrow n_A = 69 / 445 \frac{\text{mol}}{s} \Rightarrow m_A = 69 / 445 \frac{\text{mol}}{s} \times \frac{29 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ gr}} = 2 \frac{\text{kg}}{s}$$

$$\Rightarrow \text{شدت جرمی گاز ورودی به برج} = \dot{m}_{in} = 178 + 2 = 180 \frac{\text{kg}}{s}$$

با توجه به رابطه گاز ایده آل داریم: $PV = nRT$. با توجه به اینکه جرم مولکولی جزء A و هوا یکسان است ($\frac{29 \text{ g}}{\text{mol}}$)، دبی مولی گاز ورودی خواهد بود:

$$\dot{n} = \frac{180 \text{ kg}}{s} \times \frac{1 \text{ mol}}{29 \text{ gr}} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} = 6206 / 29 \frac{\text{mol}}{s}$$

$$\left. \begin{aligned} P &= 2 \text{ atm} = 2 \times 101325 \text{ Pa} = 202650 \text{ Pa} \\ T &= 10^\circ \text{C} = 283 / 15 \text{ K}, R = 8 / 314 \frac{\text{J}}{\text{mol.k}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{شدت حجمی گاز ورودی} = \dot{V}_{in} = \frac{\dot{n}RT}{P} = 72 \frac{\text{m}^3}{s}$$

بنابراین $\dot{m}_{in} = 180 \frac{\text{kg}}{s}$ و $\dot{V}_{in} = 72 \frac{\text{m}^3}{s}$ می‌باشد که نزدیک‌ترین پاسخ گزینه «۲» است.

۵۴- هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. واحد kg برابر است با $\frac{\text{kg mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{atm}}$ بنابراین گزینه «۳» صحیح نیست. همچنین k_Y ضریب شدت انتقال جرمی است که

واحد آن $\frac{\text{kg}}{\text{mol.s}}$ می‌باشد، پس گزینه «۲» هم پاسخ نمی‌باشد. در مورد سیستم گاز-مایع نیز ضریب نفوذ از مرتبه $10^{-9} \frac{\text{m}^2}{s}$ می‌باشد. پس گزینه «۴» هم جواب

نیست. رابطه بین k_y و k_g برابر است با $k_g = \frac{k_y}{P_t}$ و چون شرایط متعارفی ذکر شده است (فشار 1 atm) بنابراین $k_g = 2 \times 10^{-5} \frac{\text{kg mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{atm}}$ می‌باشد.

۵۵- گزینه «۲» با توجه به اینکه ذغال در ظرف محتوی هوا و آمونیاک قرار گرفته است، فرآیند هم‌سو (هم‌جهت) می‌باشد، بنابراین شیب خط تبادل منفی خواهد بود و گزینه‌های (۳) و (۴) غلط هستند. تنها یک جزء یعنی آمونیاک منتقل می‌شود بنابراین از R_S و E_S استفاده می‌کنیم:

$$R_S = 20 \text{ gr}, E_S = ?; \text{فشار جزئی هوا} = 760 - 60 = 700 \text{ mmHg} \times \frac{133 / 2 \text{ Pa}}{1 \text{ mmHg}} = 93310 \text{ Pa}$$

$$n_{\text{air}} = \frac{(93310 \text{ Pa})(10 \times 10^{-3} \text{ m}^3)}{(8314 \frac{\text{N.m}}{\text{mol.k}})(303 / 15 \text{ K})} = 3 / 7 \times 10^{-4} \text{ kmol} = 0 / 37 \text{ mol}$$

$$\text{Slop} = -\frac{R_S}{E_S} = \frac{-20}{0 / 37 \times 29} = -1 / 86 \frac{\text{ذغال gr}}{\text{هوا gr}}$$

۵۶- گزینه «۴» قانون هنری برای مواقعی است که حلالیت جزء A یا جزء انتقالی کم باشد. بنابراین گزینه «۴» صحیح است. این قانون به صورت $P_A = Hx_A$ بیان می‌شود که P_A فشار جزئی جزء A در فاز گاز، H ثابت هنری و x_A بیان‌گر حلالیت یا کسر مولی جزء A در فاز مایع است.

نکته ۱: در مورد تمام گازها در صورت تعیین H مناسب، حداقل در فواصل محدودی از غلظت فاز مایع، قانون هنری صادق است. عدم تبعیت محلول از قانون هنری در محدوده وسیعی از غلظت، ممکن است در نتیجه تشکیل پیوند شیمیایی با مایع یا تفکیک الکترولیتی مثل مورد آمونیاک و آب و یا کامل نبودن رفتار فاز گاز باشد.

نکته ۲: بیشتر گازها تا فشار تعادلی ۵ atm از قانون هنری تبعیت می‌کنند. البته اگر انحلال گاز در مایع کم باشد، نظیر سیستم هیدروژن و آب، قانون هنری تا فشار ۳۴ Pa نیز صادق خواهد بود. بخارات (گاز در فشار کمتر از فشار بحرانی) به شرط آن که واکنش در فاز مایع صورت نگیرد معمولاً تا ۵۰٪ فشار اشباع در دمای مخلوط از قانون هنری تبعیت می‌کنند.

نکته ۳: قانون راولت نیز برای محاسبه خط تعادل استفاده می‌شود. این قانون برای حالتی است که میزان حلالیت بالا باشد. این قانون به صورت $P_A = x_A P_A^*$ بیان می‌شود، که P_A^* فشار بخار جزء A در دمای موردنظر است.

۵۷- گزینه «۱» مقاومت در فاز مایع برابر است با $\frac{1}{k_x}$ که مقدار آن $\frac{h \cdot m' \cdot \text{atm}}{\text{moles}}$ می‌شود و در فاز گاز برابر است با $\frac{1}{k_y} = \frac{h \cdot m' \cdot \text{atm}}{\text{moles}}$. با توجه

به اینکه مقاومت در فاز مایع ده برابر مقاومت در فاز گاز است، بنابراین فاز مایع، فاز محدود کننده در برابر انتقال جرم است.

۵۸- گزینه «۱» رابطه بین ضرایب جمعی و جزئی انتقال جرم برابر است با: $\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x}$. m' برابر یک می‌باشد. همچنین مقاومت فاز گاز $(\frac{1}{k_y})$

خیلی بیشتر از مقاومت فاز مایع $(\frac{1}{k_x})$ است، بنابراین می‌توان از $\frac{1}{k_x}$ در مقابل $\frac{1}{k_y}$ صرف‌نظر کرد و خواهیم داشت: $K_y \cong k_y$

۵۹- گزینه «۱» مقدار واقعی حلال را معمولاً بین ۱/۱ تا ۱/۵ برابر حداقل حلال در نظر می‌گیرند.

۶۰- گزینه «۳» چون که نیمی از مقاومت کل انتقال جرم در فاز مایع است نیمی دیگر از آن در فاز گاز است. شیب خط نیروی محرکه برابر است با $\frac{-k_x}{k_y}$ ، بنابراین شیب این خط -۱ می‌شود.

۶۱- گزینه «۲» روابط Kremser-Brown مربوط به جریان متقابل و در حالتی است که منحنی‌های تعادل و تبادل خطی باشند.

۶۲- گزینه «۲» با توجه به صورت سؤال $k_y = \frac{1}{10} k_x$ بنابراین مقاومت انتقال جرم فاز گاز یعنی $\frac{1}{k_y}$ ، 10 برابر مقاومت آن در فاز مایع یعنی $\frac{1}{k_x}$ است. فازی که مقاومت آن بیشتر است محدود کننده انتقال جرم می‌باشد. پس در اینجا فاز گاز کنترل کننده است.

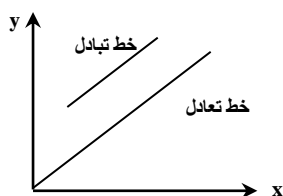
۶۳- گزینه «۴» در جریان هم‌سو، چون که در خروجی به تعادل می‌رسیم، پس فقط یک مرحله داریم.

۶۴- گزینه «۲» در مورد نفوذ متقابل با مول‌های مساوی ($\sum N = 0$) روابط زیر بین ضرایب نوع F و ضرایب نوع F کلی برقرار است.

$$\frac{1}{F_{oG}} = \frac{1}{F_G} + \frac{m'}{F_L}, \frac{1}{F_{oL}} = \frac{1}{m'' F_G} + \frac{1}{F_L}$$

۶۵- گزینه «۲» حلالیت سولفید هیدروژن (H_2S) در آب پائین است. بنابراین در عمل جذب H_2S توسط آب خالص مقاومت در برابر انتقال جرم در فاز مایع قرار دارد. بنابراین ضریب جمعی انتقال جرم تابع ضریب انتقال جرم فاز مایع (k_x) است. برای افزایش جذب H_2S توسط آب، مقداری OH^- (عامل بازی) به آب اضافه می‌کنند تا حلالیت H_2S در فاز مایع بسیار زیاد شده و مقاومت فاز مایع کم شود.

نکته: در فرآیند جذب حلالیت جزء در مایع بسیار مهم است. در واقع هر چقدر حلالیت بیشتر شود، مقاومت در برابر انتقال جرم کمتر می‌شود.



۶۶- گزینه «۳» ضریب جذب عبارتست از نسبت شیب خط تبادل به تعادل، $A = \frac{L/G}{m}$ ، چون که این نسبت برابر یک داده شده است، یعنی شیب خطوط تبادل و تعادل با هم برابر است. با توجه به اینکه A مثبت می‌باشد، شیب خط تبادل نیز مثبت بوده و چون فرآیند جذب است، خطوط تبادل و تعادل به صورت دو خط موازی هم می‌باشند (شکل مقابل). از آنجایی که فاصله این دو خط نشان‌دهنده نیروی محرکه انتقال جرم است، پس این عامل در طول دستگاه ثابت است.

۶۷- گزینه «۴» رابطه بین میان F_G و F_L عبارتست از:

$$\left[\frac{\frac{N_A}{\sum N_i} - x_A}{\frac{N_A}{\sum N_i} - x_{Ab}} \right] \frac{F_L}{F_G} = \frac{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_A}{\frac{N_A}{\sum N_i} - y_{Ab}}$$

$$\frac{N_A}{\sum N_i} = \frac{N_A}{N_A + N_B} = 1$$

فقط آمونیاک نفوذ می‌کند ($N_B = 0$)، بنابراین نسبت فلاکس‌ها برابر است با:

$$\left. \begin{array}{l} x_{Ab} = 0/04 \\ y_{Ab} = 0/06 \\ F_G = 1/8 \times 10^{-3} \frac{\text{kmole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \\ F_L = 1/2 \times 10^{-3} \frac{\text{kmole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\frac{1 - x_A}{1 - 0/04} \right]^{\frac{1/2 \times 10^{-3}}{1/8 \times 10^{-3}}} = \frac{1 - y_A}{1 - 0/06} \Rightarrow \left[\frac{1 - x_A}{0/96} \right]^3 = \frac{1 - y_A}{0/04} \Rightarrow 1 - y_A = 0/04 \left[\frac{0/96}{1 - x_A} \right]^3$$

۶۸- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. رابطه بین شیب منحنی تعادل و ضرایب کلی انتقال جرم بر مبنای فازهای گاز و مایع برابر است با:

$$m = \frac{K_x}{K_y} \Rightarrow K_x = m K_y \Rightarrow K_x = (2/5)(5 \times 10^{-4}) = 1/25 \times 10^{-3} \frac{\text{kg mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{mole fraction}}$$

۶۹- گزینه «۴» با فرض این که فرآیند متقابل است (شیب خط عملیاتی مثبت)، خواهیم داشت:

$$m = \frac{R_s}{E_s} = \frac{\text{جرم ماده بدون آب}}{\text{جرم هوای خشک}} = \frac{5(1 - 0/2)}{20} = 0/2$$

۷۰- گزینه «۳» با توجه به این که منحنی تبادل زیر منحنی تعادل است، فرآیند دفع است و از آنجایی که تقریباً موازی منحنی تعادل است، فرآیند غیرهم‌سو است.

۷۱- گزینه «۴» منحنی تبادل بالای منحنی تعادل است، پس فرآیند جذب است و در فرآیند جذب انتقال از فاز گاز (E) به فاز مایع (R) است. همچنین فرآیند غیرهم‌سو است.

۷۲- گزینه «۴» فلاکس مولی جزء $(N_A)_A$ وقتی که از ضریب انتقال محلی استفاده شود برابر است با: $N_A = k_y(Y_{AG} - Y_{Ai})$ که Y_{Ai} جزء مولی A در سطح مشترک است. اگر N_A بر اساس ضریب جمعی نوشته شود، برابر می‌شود با: $N_A = K_y(Y_{AG} - Y_A^*)$. با توجه به این دو رابطه

$$K_y(Y_{AG} - Y_A^*) = k_y(Y_{AG} - Y_{Ai}) \Rightarrow \frac{k_y}{K_y} = \frac{Y_{AG} - Y_A^*}{Y_{AG} - Y_{Ai}}$$

خواهیم داشت:

۷۳- گزینه «۲»

$$\left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{\min} = \frac{Y_{in} - Y_{out}}{X_{out} - X_{in}}, \quad Y_{in} = 2X_{out}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{\min} = \frac{0/25 - 0}{(0/25) - 0} = 2$$

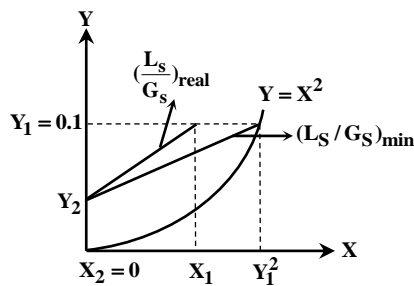
۷۴- گزینه «۱» رطوبت سیلیکاژل (فاز R) توسط هوا (فاز E) گرفته می‌شود، یعنی انتقال از فاز R به E داریم، بنابراین فرآیند دفع می‌باشد و خط تبادل زیر منحنی تعادل قرار می‌گیرد. شیب خط تبادل $\frac{R_S}{E_S}$ می‌باشد که R_S جرم سیلیکاژل بدون رطوبت و E_S جرم هوای خشک است. با توجه به اینکه میزان هوا نسبت به سیلیکاژل بی‌نهایت زیاد است ($E_S \gg R_S$)، بنابراین شیب خط تبادل صفر خواهد بود.

۷۵- گزینه «۱» رابطه بین F_G و F_L عبارت است از:

$$N_t = \sum N_i$$

$$\frac{\frac{N_A}{N_t} - y_{Ai}}{\frac{N_A}{N_t} - y_{Ab}} = \left[\frac{\frac{N_A}{N_t} - x_{Ai}}{\frac{N_A}{N_t} - x_{Ab}} \right] \frac{F_L}{F_G} \xrightarrow[\frac{x_A = x_{Ab}}{y_A = y_{Ab}}]{} \frac{\frac{N_A}{N_t} - y_A}{\frac{N_A}{N_t} - y_{Ai}} = \left[\frac{\frac{N_A}{N_t} - x_{Ai}}{\frac{N_A}{N_t} - x_A} \right] \frac{F_L}{F_G}$$

۷۶- گزینه «۴» نمودار این فرآیند در حالت $\left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{\min}$ و $\left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{\text{real}}$ به صورت زیر است:



با توجه به اینکه میزان جذب $0/9$ ، است بنابراین خواهیم داشت:

$$Y_2 = (1 - 0/9)(0/1) = 0/1$$

$$\left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{\min} = \frac{1}{2} \left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{\text{real}} \Rightarrow \frac{Y_1 - Y_2}{Y_1^2 - X_2} = \left(\frac{1}{2}\right) \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2}$$

$$\Rightarrow \frac{0/1 - 0/1}{(0/1)^2 - 0} = \left(\frac{1}{2}\right) \frac{0/1 - 0/1}{X_1 - 0} \Rightarrow X_1 = \frac{1}{200}$$

۷۷- گزینه «۱» فرآیند هم‌سو است. بنابراین شیب خط تبادل منفی است.

$$\text{slop} = -\frac{R_S}{E_S} \quad \text{فشار جزئی هوا} = 760 - 60 = 700 \text{ mmHg} = 93310 \text{ Pa}$$

$$\text{تعداد مول هوا} = n_{\text{air}} = \frac{PV}{RT} = \frac{(93310 \text{ Pa})(20 \times 10^{-3} \text{ m}^3)}{(8314 \frac{\text{N.m}}{\text{kmol}})(303/15 \text{ K})} = 7/4 \times 10^{-4} \text{ kmol} = 0/74 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \text{slop} = \frac{-50 \text{ gr سیلیکاژل}}{0/74 \text{ mol} \times \frac{29 \text{ gr هوا}}{\text{mol هوا}}} = -2/3$$

۷۸- گزینه «۱» شیب زیاد خط تعادل ($m = 50$) نشان می‌دهد تغییرات غلظت در فاز گاز خیلی بیشتر از فاز مایع است. یعنی حلالیت در فاز گاز نسبت به مایع زیاد بوده و در نتیجه بیشتر مقاومت در فاز مایع قرار دارد.

۷۹- گزینه «۴» نقطه ($X_{AL} = 0.07$, $P_{AG} = 0.3$) بالای خط تعادل قرار دارد. وقتی که نقطه بالک بالای خط تعادل باشد از فاز گاز به مایع، انتقال جرم صورت می‌گیرد. یعنی در سطح مشترک دوفاز، فشار تعادلی کمتر از P_{AG} است، که تنها در گزینه «۴» این مورد مشاهده می‌شود.

۸۰- گزینه «۱» وقتی که شیب خط تعادل زیاد باشد، بیشترین مقاومت در فاز مایع است و این فاز کنترل کننده است.

۸۱- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. رابطه بین ضرایب کلی و فردی انتقال جرم برابر است با: $\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x}$ که m' شیب خط تعادل است، که این مقدار در سؤال ذکر نشده است. از تساوی $k_x = k_y$ مشخص می‌شود که شیب خط تبادل برابر ۱ است.

۸۲- گزینه «۴» شکل فرضی فرآیند به صورت زیر است:

$$E_s = 1 \text{ kg}$$

$$Y_{out} = 0.1(1 - 0.8) = 0.02 \Rightarrow Y_{out} = \frac{0.02}{1 - 0.02} = 0.02$$

از موازنه جرم مول برج خواهیم داشت:

$$\frac{(R_s)_{min}}{E_s} = \frac{Y_{out} - Y_{in}}{X_{in} - X_{out}}, Y_{in} = X_{out} \Rightarrow \frac{(R_s)_{min}}{1} = \frac{0.02 - 0.11}{0 - 0.11} \Rightarrow (R_s)_{min} = 0.8 \text{ kg}$$

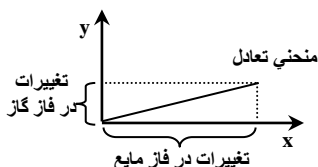
۸۳- گزینه «۴» با توجه به مقادیر داده شده داریم:

$$\frac{1}{k_y} = 0.4 \Rightarrow \frac{1}{K_y} = 0.4 \Rightarrow 0.8$$

از رابطه میان ضرایب محلی و جمعی انتقال جرم می‌توان شیب خط تعادل (m') را به دست آورد.

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x} \Rightarrow \frac{1}{0.8} = \frac{1}{0.4} + \frac{m'}{0.5} \Rightarrow m' = 3/75 \Rightarrow y = 3/75x$$

۸۴- گزینه «۱» شیب کم خط تعادل نشان می‌دهد تغییرات در فاز گاز نسبت به فاز مایع بیشتر است. یعنی حلالیت در فاز مایع خیلی بیشتر از فاز گاز است. بنابراین بیشترین مقاومت در فاز گاز قرار دارد.



۸۵- گزینه «۳» رابطه بین F_G و F_L عبارتست از:

$$\left[\frac{N_A}{\sum N_i} - x_{A_i} \right]_{F_G}^{-F_L} = \frac{N_A}{\sum N_i} - y_{A_i}$$

با توجه به اینکه $N_B = 0$ است، داریم:

$$\frac{N_A}{\sum N_i} = 1$$

$$\left. \begin{aligned} F_L &= F_G \\ x_{AL} = x_{Ab} &= 0/2 \\ y_{AG} = y_{Ab} &= 0/8 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left(\frac{1-x_{Ai}}{1-0/2} \right)^{-1} = \frac{1-y_{Ai}}{1-0/8}$$

$$\frac{0/8}{1-x_{Ai}} = \frac{1-x_{Ai}}{0/2} \Rightarrow x_{Ai} = y_{Ai} = 0/6$$

با توجه به رابطه تعادلی ($y_{Ai} = x_{Ai}$)، خواهیم داشت:

۸۶- گزینه «۳» مختصات نقطه‌ی A در صورت سؤال غلط عنوان شده است و با مختصات نقطه‌ی A در شکل هم خوانی ندارد اما با تعویض جای X و Y در مختصات داده شده داریم: (0/225, 0/175) که با مختصات A در شکل توافق دارد. خط کار پائین منحنی تعادل است بنابراین دفع گاز صورت

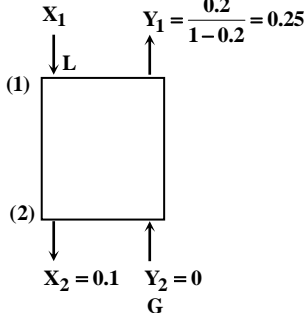
$$\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{y_{AL} - x_{Ai}} = -\frac{k_x}{k_y} \Rightarrow \frac{0/225 - 0/175}{0/175 - 0/2} = 2$$

می‌گیرد و داریم:

۸۷- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. با نوشتن شار مولی جزء A برای دو فاز خواهیم داشت:

$$\frac{k_x}{k_y} = \frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} \Rightarrow \frac{k_x}{k_y} = \frac{0/2 - 0/01}{0/1 - 0/08} = 9/5$$

۸۸- گزینه «۲» در حالت حداکثر $\frac{L}{G}$ ، X_1 با Y_1 در حال تعادل هستند و طبق رابطه تعادلی $Y_1 = X_1$ می‌باشد.



$$\left(\frac{L}{G} \right)_{\max} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \Rightarrow \left(\frac{L}{G} \right)_{\max} = \frac{0 - 0/25}{0/1 - 0/25} = \frac{5}{3}$$

۸۹- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. با نوشتن موازنه جرم برای جزء A، روی برج خواهیم داشت:

شدت جرم A جذب شده توسط جاذب = شدت جرم A خروجی - شدت جرم A ورودی

تمام جزء A جذب می‌شود، پس مقدار A در خروجی صفر است، بنابراین داریم:

$$N_A \cdot a \cdot S \cdot L = 0 - 0/15 = -0/15 \text{ kg/hr}$$

$$\Rightarrow 0/15 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} = (N_A) \left(5 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \right) \left(3 \cdot \text{cm}^2 \times \frac{\text{lm}^2}{10^4 \text{cm}^2} \right) \times (1\text{m})$$

که در این رابطه S سطح مقطع و L طول برج است.

$$\Rightarrow N_A = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{hr}} \times \frac{1\text{hr}}{3600\text{S}} = 2/84 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{S}}$$

۹۰- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. انتقال جرم از غلظت بیشتر به غلظت کمتر انجام می‌گیرد با توجه به این که غلظت ماده نفوذی در توده فاز گاز (y_{AG}) بیشتر از غلظت آن در توده فاز مایع (x_{AL}) است پس انتقال جرم از فاز گاز به فاز مایع صورت می‌گیرد.

رابطه فلاکس یا شار انتقال جرم بر حسب ضریب جمعی انتقال جرم بر مبنای فاز گاز به صورت $N_A = K_y (y_{AG} - y_A^*)$ می‌باشد که y_A^* یک غلظت مجازی در حال تعادل با x_{AL} است. با توجه به رابطه تعادلی مقدار y_A^* برابر است با: $y_A^* = 0/5 x_{AL} = 0/5 (0/05) = 25 \times 10^{-3}$ ، بنابراین فلاکس

مولی خواهد بود:

$$N_A = 4 \times 10^3 (0/1 - 25 \times 10^{-3}) = 300 \frac{\text{kgmole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

از نظر مؤلف پاسخ صحیح، گزینه (۱) می‌باشد و این در صورتی است که $K_y = 4 \times 10^{-3}$ باشد که این مقدار منطقی است و حتماً اشتباه بیان شده است.

۹۱- گزینه «۲» حلالیت گاز در حلال باید بالا باشد تا شدت جذب گاز زیاد و مقدار حلال مورد نیاز کم شود. از آنجایی که حلالیت CO_2 در محلول قلیایی بیشتر از حلالیت آن در آب است. بنابراین شدت انتقال جرم در برج B بیشتر است.

۹۲- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. ابتدا با توجه به غلظت آب تبخیر شده، تعداد مول آبی که تبخیر شده است را حساب می‌کنیم. از تغییرات حجم آب در اثر تبخیر آن صرف‌نظر می‌کنیم:

$$\text{حجم طرف خالی} = 19 - 1 = 18 \text{ Lit} = 18 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$n_A = 18 \times 10^3 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3} = 18 \text{ mol}$$

$$N_A = \text{شار مولی تبخیر آب} = \frac{18 \text{ mol}}{(200 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(3 \times 60 \text{ s})} = 5 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = 5 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$$

حال با استفاده از رابطه شار مولی بر حسب ضرب انتقال جرم خواهیم داشت:

$$N_A = k_L \Delta C_A \Rightarrow 5 \times 10^{-4} \left(\frac{\text{mol}}{\text{cm}^3 \cdot \text{s}} \right) = (k_L)(10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}) \Rightarrow k_L = 5 \times 10^{-1} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

فصل پنجم

دستگاه‌های تماس دهنده گاز - مایع

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل پنجم

کدام ۱- در یک ستون پر شده به ارتفاع ده متر با دبی مولی گاز $G = 0.0609 \frac{\text{K mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ و $F_G \cdot a = 0.0719 \frac{\text{K mole}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$ تعداد واحدهای انتقال فاز گاز در

حدود چند است؟ (سراسری ۷۵)

(۱) ۸/۴۷ (۲) ۹/۱ (۳) ۱۰ (۴) ۱۲

کدام ۲- اگر $F_G a$ ضریب حجمی انتقال جرم و G دبی گاز در یک برج جذب باشد، کدام پارامتر تقریباً ثابت می‌ماند؟ (سراسری ۷۵)

(۱) $F_G a$ (۲) F_G (۳) $\frac{F_G a}{G}$ (۴) $F_G a L$

کدام ۳- در یک برج آکنده، تعداد واحدهای انتقال فاز گاز به کدام پارامتر بستگی دارد؟ (سراسری ۷۶)

(۱) دبی گاز (۲) سطح ویژه آکنده‌ها (۳) ضریب انتقال جرم (۴) فشار جزئی

کدام ۴- در یک برج آکنده (Packed Tower)، معرف تعداد مولهای انتقال یافته A به ازاء واحد زمان در حجم برج، کدام است؟ (سراسری ۷۶)

(۱) $N_A \cdot a$ (۲) $\frac{J}{a}$ (۳) J (۴) N

کدام ۵- در تقطیر خلاء (Vacuum Distillation) حتی الامکان از برجهای نوع استفاده می‌شود. (سراسری ۷۶)

(۱) Bubble Cap (۲) Sieve (۳) Packed (۴) Valve Tray

کدام ۶- در طراحی برجهای سینی‌دار در تماس گاز - مایع، از محل ریزش مایع از نوع چندگذر (Multi-Pass) وقتی استفاده می‌شود که شدت مایع

..... و قطر برج باشد. (سراسری ۷۶)

(۱) زیاد، بزرگ (۲) زیاد، کوچک (۳) کم، بزرگ (۴) و گاز زیاد کوچک

کدام ۷- در یک برج جذب برای شیرین کردن گاز ترش، سطح مشترک ویژه، a ، برای حبابهایی که جزء حجمی آنها برابر $\phi = 0.1097$ و قطر متوسط

آنها $d_p = 4/47$ میلی‌متر است. چند $\frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$ است؟ (سراسری ۷۶)

(۱) ۱۴/۷۲ (۲) ۷۳/۶۰ (۳) ۱۴۷/۲۰ (۴) ۲۹۴/۴۰

کدام ۸- در چه موردی برج آکنده به برج سینی‌دار برتری دارد؟ (سراسری ۷۶)

(۱) عملیات در خلأ (۲) مواد خورنده (۳) مواد کف‌کننده (۴) هر سه مورد

کدام ۹- در برجهای پر شده (Packed) ضریب انتقال جرم در فاز گاز افزایش می‌یابد اگر سرعت گاز و فضای بین پرکنها یابد. (سراسری ۷۶)

(۱) افزایش، کاهش (۲) افزایش، افزایش (۳) کاهش، افزایش (۴) کاهش، کاهش

کدام ۱۰- در طراحی برج پر شده با حلقه‌های راشیگ یک اینچی، در صورت ثابت ماندن شدت گاز ورودی با کاهش پارامتر جریان در $\frac{\Delta p}{z}$ (افت فشار به

ازای واحد طول ستون) ثابت، قطر برج چه می‌شود؟ (سراسری ۷۶)

(۱) ثابت می‌ماند (۲) بزرگ (۳) خیلی بزرگ (۴) کوچک

کدام ۱۱- در یک برج آکنده $G' = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ و ضریب دراگ $C_D = 79/5$ می‌باشد. اگر دانسیته گاز $\rho_G = 1/5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ باشد، افت فشار در واحد ارتفاع

برج بر حسب $\frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ چیست؟ (سراسری ۷۷)

(۱) ۳۵/۳ (۲) ۵۳ (۳) ۱۱۹/۲۵ (۴) ۱۷۹

۱۲- در یک بستر ثابت از ذرات کروی با قطر $d_p = 2\text{mm}$ و جزء خالی $\varepsilon = 0.35$ ، سطح ویژه، a ، برابر است با: (برحسب $\frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$) (سراسری ۷۷)

- (۱) $1/95 \times 10^3$ (۲) 0.51×10^3 (۳) $3/0.8 \times 10^3$ (۴) $5/71 \times 10^3$

۱۳- در یک سیستم مشخص گاز - مایع، در شرایط یکسان، افت فشار در کدام برج کمترین مقدار خود را خواهد داشت؟ (سراسری ۷۷)

- (۱) سینی دار مشبک (۲) پر شده نامنظم (۳) سینی دار کلاهی (۴) پر شده منظم

۱۴- چرا افت فشار در بستر آکنده با افزایش سرعت جرمی مایع افزایش می‌یابد؟ (سراسری ۷۷)

- (۱) با افزایش سرعت مایع فشار استاتیک کاهش می‌یابد.
(۲) با افزایش سرعت مایع فشار استاتیک افزایش می‌یابد.
(۳) برج به نقطه سیلابی (Flooding) رسیده است.
(۴) مایع موجود در برج فضای لازم برای عبور گاز را اشغال می‌کند.

۱۵- در یک برج پر شده شدت جرمی عبور گاز $G = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ و ضریب دراگ $C_D = 0.7$ می‌باشد. اگر دانسیته گاز $1/2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ باشد مقدار افت فشار

گاز در واحد ارتفاع ستون پر شده برابر است با: (سراسری ۷۸)

- (۱) $20/72 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ (۲) $58/33 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ (۳) $0/0.17 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ (۴) $84 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$

۱۶- در برج‌های انتقال جرم آکنده (packed towers)، هر چقدر آکنه (packing) کوچکتر انتخاب شود (سراسری ۷۹)

- (۱) راندمان برج بالا می‌رود.
(۲) راندمان برج پائین می‌رود.
(۳) سطح تماس برای انتقال جرم کمتر می‌شود.
(۴) دو عامل مثبت و منفی را در مورد راندمان تغییر می‌دهد.

۱۷- در سیستم‌های انتقال جرم بین دو فاز گاز و مایع اگر مسأله افت فشار گاز مهم باشد، مناسبترین وسیله مجاورسازی دو فاز کدام است؟ (سراسری ۷۹)

- (۱) برج‌های پر شده (۲) برج‌های کلاهی (۳) برج‌های سینی دار غربالی (Sieve) (۴) برج‌های سینی دار دریچه‌ای (Valve)

۱۸- یک بستر پر شده از حلقه‌های سرامیکی راشینگ برای تقطیر در خلاء به کار می‌رود. برج به صورت جریان متقابل و آرایش آکنه‌ها تصادفی

است. این برج دارای مشکل عملیاتی است و مرتباً پدیده طغیان در آن مشاهده می‌شود. اگر بخواهیم خلوص بدست آمده در جریان بالای برج کاهش

نیابد، کدام روش می‌تواند مشکل طغیان را کاهش دهد؟ (ارتفاع و قطر بستر پر شده قابل تغییر نیست) (سراسری ۸۰)

- (۱) تغییر آرایش آکنه‌ها از تصادفی به منظم
(۲) تغییر آرایش جریان از متقابل به هم‌سو
(۳) استفاده از برج سینی‌دار به جای برج پر شده
(۴) جایگزینی آکنه‌ها با آکنه‌های بزرگتر از همان نوع

۱۹- معمولاً در استفاده از برج‌های آکنده، یک بستر آکنده نامنظم خشک در قسمت فوقانی برج در بالاتر از محل ورود و توزیع مایع تعبیه می‌گردد.

هدف چیست؟ (سراسری ۸۱)

- (۱) بازیابی قطرات مایع مانده در فاز گاز (۲) جلوگیری از وقوع احتمالی پدیده طغیان
(۳) جلوگیری از به حرکت در آمدن بستر آکنده اصلی (۴) یکنواخت کردن جریان و غلظت فاز گاز خروجی از برج

۲۰- یک بستر آکنده (Packed) به حجم کل ۵ متر مکعب حاوی ذرات کروی به قطر ۳mm می‌باشد اگر سطح ویژه بستر $1400 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$ باشد، حجم

خلل و فرج داخل بستر را بر حسب متر مکعب به دست آورید. (سراسری ۸۲)

- (۴) ۲/۵

- (۳) ۲

- (۲) ۱/۵

- (۱) ۱

۲۱- در استفاده از برج های آکنده جهت تماس مایع و گاز، معمولاً یک بستر آکنده کوچک و با آرایش نامنظم در قسمت فوقانی برج در بالاتر از محل ورود و توزیع مایع تعبیه می گردد. هدف از کاربرد این بستر چه می باشد؟ (سراسری ۸۲)

- (۱) جلوگیری از وقوع احتمالی پدیده طغیان
 (۲) جلوگیری از به حرکت درآمدن بستر آکنده اصلی
 (۳) بازیابی قطرات مایع مانده در فاز گاز خروجی از برج
 (۴) یکنواخت کردن جریان و غلظت فاز گاز خروجی از برج

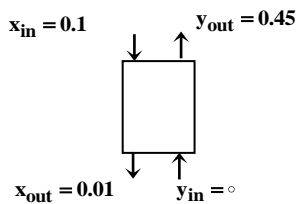
۲۲- حداقل زمان اقامت مخلوط مایع و بخار در ناودان در یک برج سینی دار چقدر باید باشد؟ (آزاد ۸۲)

(۱) ۳۲ ثانیه (۲) ۱۶ ثانیه (۳) ۴ ثانیه (۴) ۸ ثانیه

۲۳- در یک برج جذب ایزوترم برای تعیین قطر برج سینی دار از: (آزاد ۸۲)

(۱) مشخصات بالای برج استفاده می شود.
 (۲) مشخصات پایین برج استفاده می شود.
 (۳) متوسط هندسی مشخصات بالا و پایین برج استفاده می شود.
 (۴) متوسط حسابی مشخصات بالا و پایین برج استفاده می شود.

۲۴- در برج آکنده نمایش داده شده در شکل تعداد واحد های جمعی انتقال گاز را تخمین بزنید. رابطه تعادلی به صورت $y = 5x$ است. (آزاد ۸۲)



- (۱) ۹
 (۲) ۱۰
 (۳) ۱۲
 (۴) ۷

۲۵- کدام یک از عبارات های زیر در مورد آرایش منظم آکنه ها و آرایش تصادفی آکنه ها در یک برج آکنده با جریان متقابل صحیح است؟ (آزاد ۸۲)

(۱) در اندازه های یکسان آکنه، آرایش تصادفی آکنه ها در دبی های کمتر بخار و مایع نسبت به آرایش منظم آکنه ها به حالت طغیان می رسد.
 (۲) در اندازه های یکسان آکنه، آرایش تصادفی آکنه ها در دبی های بیشتر بخار و مایع نسبت به آرایش منظم آکنه ها به حالت طغیان می رسد.
 (۳) آرایش تصادفی یا منظم آکنه ها در شرایط رسیدن به طغیان بی تاثیر است.
 (۴) در آرایش منظم آکنه ها طغیان روی نخواهد داد.

۲۶- علت افت فشار در بستر آکنده هنگام افزایش سرعت جرمی مایع: (آزاد ۸۴)

(۱) کاهش فشار استاتیک است.
 (۲) افزایش فشار استاتیک است.
 (۳) وقوع پدیده سیلابی است.
 (۴) اشغال فضای عبور گاز توسط مایع است.

۲۷- بیشترین کارایی یک آکنده در برج مورد استفاده برای انتقال جرم ناشی از: (آزاد ۸۴)

(۱) فضای خالی زیاد است.
 (۲) تر نشدن سطح خارجی آن است.
 (۳) سطح ویژه زیاد آن است.
 (۴) همه موارد

۲۸- در برج های جدا سازی گاز - مایع اگر افت فشار مهم باشد، کدام برج مناسب تر است؟ (آزاد ۸۴)

(۱) برج با سینی دریاچه ای (۲) برج با سینی مشبک (۳) برج پر شده (۴) برج کلاهکی

۲۹- در یک ستون پر شده با گلوله های کروی اگر سطح ویژه گلوله ها $\frac{\text{Cm}^2}{\text{Cm}^3}$ و کسر فضای خالی 60% باشد، قطر گلوله ها چند سانتی متر است؟ (آزاد ۸۴)

(۱) ۰/۰۰۵ (۲) ۰/۰۵ (۳) ۰/۵ (۴) ۰/۲

۳۰- در یک برج جذب گاز توسط مایع با جریان های مخالف، تعداد واحدهای فرضی انتقال برای فاز مایع برابر با $2/35$ ، سرعت جرمی مایع برابر $364 \frac{\text{lbmol}}{\text{ft}^2 \cdot \text{hr}}$ و ضریب انتقال جرم حجمی فاز مایع برابر $k_x \cdot a = 113 \frac{\text{lbmol}}{\text{ft}^3 \cdot \text{hr}}$ است. ارتفاع برج بر حسب فوت چه مقدار خواهد بود؟ (آزاد ۸۵)

(۱) ۹/۶۷ (۲) ۷/۶ (۳) ۰/۷۶ (۴) ۱/۳۲

۳۱- در یک برج آکنده سطح تماس برای انتقال جرم: (آزاد ۸۵)

(۱) حداقل 60% از سطح کل آکنده ها است.
 (۲) معادل با سطح خارجی کل آکنده های داخل برج است.
 (۳) کمتر از 20% سطح کل خارجی آکنده های داخل برج است.
 (۴) حدود $\frac{3}{4}$ از سطح کل آکنده های موجود در برج است.



(سراسری ۸۶)

۳۲- کدام یک از دستگاه‌های زیر برای عملیات جداسازی در خلاء مناسب‌تر است؟

- (۱) برج جداره مرطوب (Wetted wall Column) (۲) برج سینی‌دار (Tray tower)
 (۳) برج آکنده (Packed Tower) (۴) هیچ یک ارجحیت ندارند.

۳۳- در یک ستون که با گلوله‌های کروی با سطح ویژه $a = 60 \frac{ft^2}{ft^3}$ و ضریب تخلخل $\varepsilon = 0.5$ پر شده است، قطر گلوله‌ها برابر با چند فوت است؟ (آزاد ۸۶)

- (۱) ۰/۰۵ (۲) ۰/۲ (۳) ۰/۵ (۴) ۰/۰۵

(سراسری ۸۷)

۳۴- کدام عبارت در مورد مقایسه برج سینی‌دار با برج آکنده صحیح است؟

- (۱) موجودی مایع در برج‌های آکنده بیشتر از برج‌های سینی‌دار و فاز گاز فاز پیوسته است.
 (۲) موجودی مایع در برج‌های آکنده کمتر از برج‌های سینی‌دار و فاز گاز پراکنده است.
 (۳) موجودی مایع در برج‌های آکنده کمتر از برج‌های سینی‌دار و فاز گاز پیوسته است.
 (۴) موجودی مایع در برج‌های آکنده بیشتر از برج‌های سینی‌دار و فاز گاز پراکنده است.

(سراسری ۸۷)

۳۵- در روی سینی‌های تقطیر از نوع غربالی (Sieve Trays)، میزان ماندگی (Hold-up) فاز بخار حدوداً چقدر است؟

- (۱) حدود ۲٪ (۲) ۱۵٪-۵٪
 (۳) حدود ۶۰٪ (۴) ماندگی گاز تابع مستقیم دبی فاز مایع است.

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل پنجم

۱- گزینه «۴» در یک ستون پر شده، ارتفاع برج (H) برابر است با:

$$H = H_{tG} \cdot N_{tG}$$

که H_{tG} ارتفاع واحد انتقال گاز و N_{tG} تعداد واحد انتقال گاز است.

$$H_{tG} = \frac{G}{F_G \cdot a}$$

G متوسط سرعت مولی ظاهری در بالا و پایین برج و $(F_G \cdot a)$ ضریب انتقال جرم حجمی می‌باشد که نشان می‌دهد بازه واحد حجم بستر چه مقدار انتقال

$$H_{tG} = \frac{0.0609}{0.0719} = 0.847m \Rightarrow N_{tG} = \frac{H}{H_{tG}} = \frac{10}{0.847} = 11.8 \approx 12$$

جرم صورت می‌گیرد.

۲- گزینه «۳» نسبت $\frac{G}{F_G \cdot a}$ ، ارتفاع واحد انتقال گاز نامیده می‌شود که این مقدار ثابت در نظر گرفته می‌شود پس عکس این مقدار یعنی $\frac{F_G \cdot a}{G}$ نیز ثابت است.

۳- گزینه «۴»

$$\left. \begin{array}{l} \text{ارتفاع واحد انتقال} \\ \text{گاز} : H_{tG} = \frac{G}{F_G \cdot a} \\ \text{تعداد واحد انتقال} : N_{tG} = \frac{H}{H_{tG}} \end{array} \right\} \Rightarrow N_{tG} = \frac{H \cdot F_G \cdot a}{G}$$

طبق این رابطه N_{tG} ، به همه موارد بجز مورد ۴ یعنی فشار جزئی بستگی دارد. که ممکن است منظور طراح بستگی «ندارد» بوده باشد که در این صورت گزینه ۴ جواب خواهد بود.

البته رابطه اصلی برای N_{tG} بصورت انتگرالی است:

$$N_{tG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{(1-y)_{im}}{(1-y)(y-y_i)} dy$$

که y کسر حجمی گاز در Bulk و y_i کسر حجمی گاز در interface است. با توجه به اینکه رابطه کسر حجمی و فشار جزئی بصورت $P_A = yP_t$ است،

در این صورت می‌توان گفت N_{tG} به فشار جزئی بستگی دارد که باز هم گزینه ۴ صحیح خواهد بود.

۴- گزینه «۱» واحد هر یک از کمیت‌های چهار گزینه به صورت زیر است:

$$۱) [N_A \cdot a] = \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \times \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} = \frac{\text{mol}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$$

$$۲) [J/a] = \frac{\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}}{\text{m}^2/\text{m}^3} = \frac{\text{mol}}{\text{m} \cdot \text{s}} \quad \text{و} \quad ۳) [J] = \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad \text{و} \quad ۴) [N] = \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

با توجه به این واحدها تنها گزینه «۱» معرف تعداد مول‌های انتقال یافته A در واحد زمان در حجم برج است.

۵- گزینه «۳» مقایسه برج‌های سینی‌دار و پر شده:

- ۱- افت فشار فاز گاز: افت فشار در ستون‌های پر شده و در شرایط یکسان کمتر است و این مسئله در عملیات تقطیر تحت خلأ بسیار مهم است.
- ۲- ماندگاری مایع: در برج‌های پر شده ماندگاری مایع (Liquid Holdup) به مراتب کمتر است، این امر در مواردی که مایع در دماهای بالا تخریب شود و لازم باشد که زمان اقامت در برج حتماً کوتاه باشد، اهمیت زیادی خواهد داشت. همچنین در جداسازی بسیار دقیق در تقطیر ناپیوسته مهم است.
- ۳- نسبت مایع به گاز ($\frac{L}{G}$): اگر این نسبت کم باشد، برج سینی‌دار ارجح است و اگر زیاد باشد، برج پر شده بهتر است
- ۴- سرد کردن مایع: مار پیچ‌های سرد کننده را به آسانی می‌توان در برج‌های سینی‌دار نصب نمود و مایع را جهت تبرید از سینی‌ها خارج کرده و پس از عبور از سرد کن به برج باز گردانید. این عمل در برج‌های پر شده بسادگی عملی نیست.
- ۵- جریان‌های جانبی: از این جریان‌ها بیشتر در برج‌های سینی‌دار استفاده می‌شود.
- ۶- سیستم‌های کف‌کننده: برای سیستم‌های کف‌کننده با کشش سطحی پائین، بهتر است از برج پر شده استفاده شود، چرا که در صورت استفاده از ستون‌های پر شده حباب‌های کمتری از گاز وارد مایع می‌شود.
- ۷- خوردگی: در شرایط حاد خوردگی، هزینهٔ برج‌های پر شده احتمالاً کمتر از برج‌های سینی‌دار خواهد بود.
- ۸- وجود ذرات جامد: در صورت وجود ذرات جامد، هیچ‌کدام از این دو برج مناسب نیستند و مخازن دارای همزن و تصفیه‌کننده‌های وان‌توری بهترین انتخاب است.
- ۹- تمیز کردن: معمولاً تمیز کردن برج‌های سینی‌دار آسان‌تر است.
- ۱۰- انباشتگی برج: وزن برج‌های پر شده از پرکن‌هایی از جنس پلاستیک، سبکتر از برج‌های سینی‌دار بوده و برج‌های سینی‌دار سبک‌تر از برج‌های پر شده از جنس سرامیک و یا فلز می‌باشند. به هر حال انباشتگی برج باید با احتساب پر شدن اتفاقی برج از مایع طراحی شود.
- ۱۱- نوسانات زیاد حرارتی: در این حالت پرکن‌های شکننده (سرامیک، گرافیت) تمایل به خرد شدن دارند و لذا برج‌های سینی‌دار و یا ستون‌های پر شده از پرکن‌های فلزی مناسب‌تر هستند.
- ۱۲- هزینه: اگر ترجیحی در انتخاب برج نباشد، عامل اصلی در انتخاب آن هزینه‌های مربوطه است. با توجه به مورد ۱، گزینه ۳ صحیح است.

۶- گزینه «۱» به طور کلی چند سینی استفاده می‌شود: (جهت نوع حرکت مایع روی سینی)

- ۱- Cross flow: در این سینی مایع از یک طرف وارد شده و از طرف دیگر خارج می‌شود.
- ۲- Reverse flow: این نوع سینی برای دی‌های کم مایع بکار می‌رود تا ارتفاع لازم برای مایع روی سینی به منظور تماس کافی با گاز ایجاد شود.
- ۳- Multi-pass: مثل Radial flow و Split flow که برای قطرهای بزرگ و شدت جریان زیاد مایع به کار می‌رود.
- ۴- Cascade tray: برای برج‌های بزرگ به خاطر از بین بردن اختلاف ارتفاع مایع روی سطح سینی استفاده می‌شود، به طوری که بتوان از همه جای سینی برای انتقال جرم استفاده کرد.

۷- گزینه «۳» اگر سطح مشخصه یا سطح ویژه a باشد، سطح واحد حجم ذرات برابر $\frac{a}{1-\varepsilon}$ می‌گردد که ε جز فضای خالی در ستون پر شده خشک یا

حجم فضای خالی به حجم بستر تعریف می‌شود. با توجه به مشخصات هندسی کره $a = \frac{6(1-\varepsilon)}{dp}$ می‌شود. در مورد حباب‌ها این رابطه به صورت

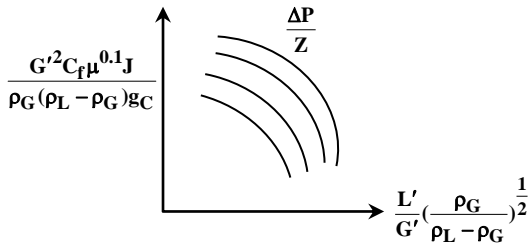
$$a = \frac{6\varphi}{dp} = \frac{6 \times 0.1097}{4/47 \times 10^{-3}} = 147/2 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \quad \text{که } \varphi \text{ جز حجمی گاز نامیده می‌شود.}$$

۸- گزینه «۴» افت فشار در ستون‌های پر شده و در شرایط یکسان کمتر است و این مسئله در عملیات تحت خلأ بسیار مهم است. در شرایط حاد خوردگی، هزینه برج‌های پر شده احتمالاً کمتر از برج‌های سینی‌دار است. برای سیستم‌های کف‌کننده با کشش سطحی پایین، بهتر است از برج پر شده استفاده شود، چرا که حباب‌های کمتری از گاز وارد مایع می‌شود.

۹- گزینه «۲» همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در برج‌های پر شده، ارتفاع واحد انتقال گاز برابر است با: $H_{TG} = \frac{G}{F_G \cdot a}$ ، که این مقدار ثابت است.

طبق این رابطه برای اینکه H_{TG} ثابت بماند، بایستی با افزایش G یا شدت جریان گاز، F_G که همان ضریب انتقال جرم در فاز گاز است، افزایش یابد. از طرفی با افزایش فضای بین پرکن‌ها، a یا سطح ویژه کاهش می‌یابد. بنابراین برای اینکه H_{TG} ثابت بماند لازم است با کاهش F_G ، a زیاد شود و این بدین معنی است که با افزایش فضای بین پرکن‌ها، ضریب انتقال جرم افزایش می‌یابد.

۱۰- گزینه «۴» برای تعیین قطر برج از منحنی‌های فشار ثابت استفاده می‌شود. محور افقی این نمودار پارامتر جریان و محور عمودی آن شار گاز ورودی (G') می‌باشد.



$$\frac{\pi}{4} T^2 = \frac{G}{G'}$$

قطر برج (T) از تقسیم دبی گاز (G) به شار گاز ورودی (G') تعیین می‌شود.

طبق منحنی با کاهش پارامتر جریان در یک $\frac{\Delta P}{Z}$ ثابت، برای اینکه شار جریان (G') ثابت بماند لازم است که قطر برج کوچک شود.

۱۱- گزینه «۲» عموماً محدوده فشار در برج‌های آکنده $\frac{\Delta p}{Z} \leq 400 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ می‌باشد. برای مثال برای یک برج ۷ متری افت فشار حدود 2800 Pa است.

$$\frac{\Delta p}{Z} \frac{g_c \varepsilon^3 d p \rho_G}{(1-\varepsilon) G'^2} = \frac{150(1-\varepsilon)}{\text{Re}} + 1/75$$

هم‌چنین می‌توان از رابطه ارگان برای محاسبه افت فشار برج آکنده استفاده کرد:

در رینولدزهای بزرگ ($G' > 0/7$) می‌توان از عبارت $\frac{150(1-\varepsilon)}{\text{Re}}$ صرف‌نظر کرد. پس خواهیم داشت:

$$\frac{\Delta p}{Z} = C_D \frac{G'^2}{\rho_G}, \quad C_D = \frac{1/75(1-\varepsilon)}{g_c \varepsilon^3 d p}; \quad G' = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}, \quad C_D = 79/5, \quad \rho_G = 1/5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \frac{\Delta p}{Z} = 53 \quad C_D \text{ ضریب درگ:}$$

$$a = \frac{6(1-0/35)}{2 \times 10^{-3}} = 1950$$

$$12\text{-گزینه «۱» سطح ویژه کره برابر } a = \frac{6(1-\varepsilon)}{d p} \text{ می‌باشد، پس داریم:}$$

۱۳- گزینه «۴» افت فشار برج‌های پر شده کمتر از برج‌های سینی‌دار است، پس گزینه‌های یک و سه نادرست است. در مورد برج‌های پر شده، هر چه نظم پرکن‌ها بیشتر باشد، میزان تخلخل بیشتر شده و در نتیجه افت فشار کمتر می‌شود، بنابراین کم‌ترین افت فشار مربوط به برج‌های پر شده با پرکن‌های منظم است.

۱۴- گزینه «۴» برای غالب پرکن‌های نامنظم، افت فشار فاز گاز در برج بستگی به شدت جریان‌های مایع و گاز خواهد داشت. در یک سرعت معین گاز، افت فشار گاز با افزایش شدت مایع، بالا می‌رود چرا که حضور مقدار بیشتری از مایع سطح مقطع لازم برای عبور گاز را کاهش می‌دهد. بهترین حالت زمانی است که لایه نازکی از مایع تمام سطح پرکن‌ها را فرا گیرد و از روی آنها عبور کند، توزیع‌کننده‌ی مایع نیز باید آنرا در سرتاسر بستر پخش کند، به همین دلیل برج‌های پر شده را چند تکه می‌سازند.

$$\frac{\Delta P}{Z} = \frac{g_c \varepsilon^3 d p \rho_G}{(1-\varepsilon) G'^2} = \frac{150(1-\varepsilon)}{\text{Re}} + 1/75$$

۱۵- گزینه «۲» از رابطه ارگان برای محاسبه افت فشار استفاده می‌کنیم:

$$\frac{\Delta P}{Z} = C_D \frac{G'^2}{\rho_G} \Rightarrow \frac{\Delta P}{Z} = 70 \times \frac{1^2}{1/2} = 58/33 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

در رینولدزهای بزرگ ($G' > 0/7$) این رابطه به صورت روبرو خواهد شد:

۱۶- گزینه «۴» بطور کلی اندازه پرکن‌ها و میزان تخلخل آنها اثر مهمی روی ظرفیت، راندمان و افت فشار برج دارند. هرچه اندازه پرکن‌ها کوچک‌تر باشد، سطح تماس برای دو فاز بیشتر شده و در نتیجه میزان انتقال جرم و متعاقب آن راندمان برج افزایش می‌یابد. از طرف دیگر سطح ویژه بزرگ‌تر به معنای افت فشار بیشتر گاز است، چرا که با کوچک شدن اندازه پرکن، تخلخل کاهش می‌یابد و در نتیجه افت فشار افزایش می‌یابد. با افزایش اندازه پرکن‌ها، میزان تخلخل افزایش یافته و در نتیجه ظرفیت برج زیاد می‌شود. پس با کاهش اندازه پرکن‌ها، از یک طرف راندمان برج زیاد شده، که یک عامل مثبت است ولی از طرف دیگر، افت فشار زیاد می‌شود که یک عامل منفی است. بنابراین گزینه ۴ صحیح است.

نکته: به طور تقریبی پرکن‌هایی با اندازه ۲۵ میلیمتر و یا بزرگ‌تر عموماً برای شدت‌های $(\approx 500 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}})$ $(\approx 25 \frac{\text{m}^3}{\text{S}})$ از گاز و پرکن‌هایی با اندازه‌های 50 میلیمتر و یا بزرگ‌تر برای شدت‌های جریان در حدود $(\approx 2000 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}})$ $(\approx 1 \frac{\text{m}^3}{\text{S}})$ از گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۷- گزینه «۱» افت فشار در برج‌های آکنده نسبت به برج‌های سینی‌دار کمتر است. پس در مواقعی که مسأله افت فشار گاز مهم باشد، استفاده از برج‌های پر شده یا آکنده مناسب است. در بین گزینه‌ها بیشترین افت فشار مربوط به برج‌های کلاهکی است. سپس مربوط به سینی‌دار دریاچه‌دار و بعد از آن برج‌های سینی‌دار غربالی می‌باشد. کم‌ترین نیز مربوط به برج پر شده است.

۱۸- گزینه «۱» طغیان زمانی رخ می‌دهد که شدت جریان گاز یا مایع آنقدر زیاد باشد، تا جریان گاز از حالت عادی خارج شده و سطح مایع در برج بالا رود، به طوری که ممکن است از بالای برج خروج مایع را داشته باشیم. برای عدم طغیان می‌توان تخلخل پرکن‌ها را افزایش داد. برای این کار می‌توان از پرکن‌های بزرگ‌تر استفاده کرد. از طرف دیگر افزایش اندازه پرکن و در نتیجه تخلخل بیشتر، موجب کاهش راندمان برج و انتقال جرم کمتر است. بنابراین در این حالت خلوص محصول بدست آمده کمتر می‌شود و گزینه «۴» نمی‌تواند جواب باشد.

با توجه به اینکه ارتفاع و قطر بستر قابل تغییر نیست، پس نوع برج نمی‌تواند عوض شود، چرا که در شرایط یکسان، ارتفاع برج سینی‌دار بیشتر است، پس گزینه «۳» صحیح نیست. در جریان هم‌سو، با پیشروی در دستگاه، نیروی محرکه انتقال جرم کم می‌شود و میزان انتقال جرم محدود است و با افزایش طول دستگاه افزایش نمی‌یابد. همچنین از همه قسمت‌های مختلف دستگاه برای انتقال جرم بطور یکسان استفاده نمی‌شود، پس تغییر آرایش از متقابل به هم‌سو و با این شرط که خلوص در ارتفاع ثابت کاهش نیابد، امکان‌پذیر نیست. بنابراین گزینه «۲» نیز صحیح نیست. تغییر آرایش آکنه‌ها از تصادفی به صورت منظم، سطح تماس بسیار زیادی بین فازهای گاز و مایع ایجاد نموده و افت فشار گاز در آنها بسیار کم است و لذا استفاده از آنها در تقطیرهای خلاء مناسب می‌باشد. در واقع کاهش اختلاف فشار بین بالا و پائین برج، مانع پدیده طغیان می‌شود.

۱۹- گزینه «۱» وقتی سرعت گاز بسیار زیاد باشد، گازی که از بالای برج خارج می‌گردد، ممکن است قطراتی از مایع را به صورت مه با خود حمل نماید. این قطرات را با استفاده از حذف‌کننده‌ها که در بالای ورودی مایع قرار می‌دهند جدا می‌سازند. مثلاً می‌توان از یک غربال (از نوع سیمی، تفلونی، پلی اتیلن و یا سایر مواد) بافته شده به ضخامت 100 میلیمتر که دارای 98 تا 99 درصد فضای خالی است استفاده کرد. این لایه می‌تواند تقریباً کلیه ذرات مایع مانده در گاز را جدا کند. انواع دیگر حذف‌کننده‌ها مانند سیلیکون‌ها، و یا دستگاه‌هایی به شکل کرکره، پنجره نیز موثر هستند. به کار بردن یک متر پرکن خشک در این جداسازی بسیار موثر واقع خواهد شد.

۲۰- گزینه «۲» رابطه میان سطح ویژه (a)، جز فضای خالی (ε) و قطر ذرات (dp) برای یک بستر آکنده به صورت زیر است:

$$a = \frac{6(1-\varepsilon)}{dp}, \quad a = 1400 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}, \quad dp = 3\text{mm} = 3 \times 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow 1400 = \frac{6(1-\varepsilon)}{3 \times 10^{-3}} \Rightarrow \varepsilon = 0/3 \Rightarrow$$

$$\text{حجم خالی} = V_\varepsilon = \varepsilon V = (0/3)(5) = 1/5 \text{ m}^3$$

۲۱- گزینه «۳» وقتی سرعت گاز بسیار زیاد باشد، گازی که از بالای برج خارج می‌گردد، ممکن است قطراتی از مایع را به صورت مه با خود حمل نماید. این قطرات را با استفاده از حذف‌کننده‌ها که در بالای ورودی مایع قرار می‌دهند، جدا می‌سازد.

۲۲- گزینه «۴» زمان اقامت داخل ناودان باید از ۸ ثانیه بیشتر باشد. این شرط به این دلیل است که مطمئن شویم مایع و گاز از هم جدا می‌شوند. زمان اقامت از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\theta = \frac{A_d(t + h_w)}{q}$$

که در این رابطه h_w ارتفاع بند، q دبی حجمی مایع، t ارتفاع کف در داخل ناودان و A_d سطح مقطع ناودان است.

۲۳- گزینه «۲» برج جذب بر اساس مشخصات پایین برج طراحی می‌شود. چون که در این برج، بیشترین دبی در پایین برج است. برج دفع بر اساس مشخصات بالای برج طراحی می‌شود.

$$N_{toG} = \int_{y_1}^{y_2} \frac{dy}{y - y^*}$$

۲۴- گزینه «۱» تعداد واحدهای جمعی انتقال گاز برابر است با:

از آنجایی که رابطه تعادل خطی است می‌توان نوشت:

اگر محلول‌های مایع و گاز رقیق بوده و دبی مایع (L) و دبی گاز (G) در طول برج ثابت باشند، معادله موازنه جرم روی برج خواهد بود:

$$\frac{y - y_2}{x - x_2} = \frac{L}{G} \Rightarrow x = x_2 + \frac{y - y_2}{\left(\frac{L}{G}\right)}$$

$$N_{toG} = \int_{y_1}^{y_2} \frac{dy}{y - m\left(x_2 - \frac{y - y_2}{\frac{L}{G}}\right)}$$

با جایگزینی این روابط در رابطه انتگرالی بالا خواهیم داشت:

با توجه به مقادیر داده شده و جایگزینی آنها در رابطه انتگرالی، خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} y_1 = y_{out} = 0/45, x_1 = x_{in} = 0/1 \\ y_2 = y_{in} = 0, x_2 = x_{out} = 0/01 \\ \frac{L}{G} = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = 5, m = 5 \end{array} \right\} \Rightarrow N_{toG} = \int_{0/45}^0 (-20) dy \Rightarrow N_{toG} = 9$$

۲۵- گزینه «۲» در آرایش تصادفی آکنه‌ها، افت فشار گاز بیشتر است. در این حالت افزایش اختلاف فشار بین بالا و پایین برج، موجب پدیده طغیان می‌شود.

۲۶- گزینه «۴» در یک سرعت معین گاز، افت فشار گاز با افزایش شدت مایع، بالا می‌رود زیرا که حضور مقدار بیشتری از مایع سطح مقطع لازم برای عبور گاز را کاهش می‌دهد.

۲۷- گزینه «۳» برای ایجاد سطح تماس زیاد بین دو فاز مایع و گاز، در برج‌های پر شده از قطعات پرکن استفاده می‌شود. در دستگاه‌های مذکور، فاز مایع از بالا وارد برج شده و در اثر عبور از روی پرکن‌ها سبب بوجود آوردن سطح تماس زیادی بین دو فاز می‌گردد.

۲۸- گزینه «۳» افت فشار در ستون‌های پر شده و در شرایط یکسان کم تر است و این مسئله در عملیات تقطیر تحت خلأ بسیار مهم است.

$$۲۹- \text{گزینه «۲» سطح ویژه کره برابر است با: } a = \frac{6(1-\varepsilon)}{d_p} \text{ بنابراین خواهیم داشت: } d_p = \frac{6(1-\varepsilon)}{a} = \frac{6(1-0/5)}{60} = 0/05$$

قطر گلوله‌ها

۳۰- گزینه «۲» ارتفاع برج برابر است با: $H = H_{tL} \cdot N_{tL}$ که N_{tL} تعداد واحد انتقال مایع و H_{tL} ارتفاع واحد انتقال مایع می‌باشد که برابر است با:

$$H_{tL} = \frac{364}{113} = 3/19 \text{ ft} \Rightarrow H = (3/19)(2/35) = 7/5 \text{ ft}$$

که $H_{tL} = \frac{L}{k_x \cdot a}$ سرعت جرمی مایع است، بنابراین داریم:

۳۱- گزینه «۱» سطح تماس برای انتقال جرم حداقل % ۶۰ از سطح کل پراکننده‌هاست.

۳۲- گزینه «۱» در بین موارد ذکر شده برج دیوار مرطوب پائین‌ترین افت فشار را دارد و برای عملیات تقطیر تحت خلاء مناسب است ولی این دستگاه کارایی کمی داشته و استفاده از برج‌های پر شده که افت فشار کمی هم دارند به صرفه‌تر است.

۳۳- گزینه «۴» سطح ویژه برای گلوله‌های کروی برابر است با:

$$a = \frac{6(1-\varepsilon)}{dp} \Rightarrow dp = \frac{6(1-\varepsilon/5)}{60} = \varepsilon/5$$

۳۴- گزینه «۳» در برج‌های آکنده، موجودی مایع از برج‌های سینی‌دار کمتر می‌باشد. دستگاه‌هایی که در آنها فاز مایع پراکنده می‌شود: این گروه شامل دستگاه‌هایی می‌شود که در آن مایع به صورت یک فیلم نازک و یا به صورت قطره درآمده و در فاز گاز پراکنده می‌شود (فاز گاز پیوسته). در این میان، برج‌های دیواره مرطوب، برج‌های پاششی و پاشنده‌ها و نیز ستون‌های پر شده را می‌توان نام برد. دستگاه‌هایی که در آنها گاز پراکنده می‌شود:

در این گروه، مخازنی که در آنها حباب گاز ایجاد می‌شود و یا مخازن مجهز به هم‌زن و انواع برج‌های سینی‌دار را می‌توان نام برد. در این دستگاه‌ها فاز گاز به صورت حباب و یا کف در فاز مایع که فاز پیوسته است، پراکنده می‌شود.

۳۵- گزینه «۲» معادل ماندگی، *Enterainment* است. *Hold - up* به معنی تجمع است که در برج‌های پر شده بکار می‌رود و با مفهوم ماندگی متفاوت است. فاز مایع محبوس بین پرکن‌ها یا *Liquid Hold - up* یعنی مقدار مایعی که در بستر پر شده حضور دارد و با تغییر سرعت گاز تقریباً ثابت می‌ماند، در حالی که مقدار آن با افزایش شدت مایع زیاد می‌شود. در برج‌های سینی‌دار نیز ماندگی مایع در فاز بخار یا گاز مطرح است و این زمانی است که مایع به همراه گاز از یک سینی به سینی بالاتر حمل شود، این مقدار مایع به مایع سینی بالایی اضافه می‌گردد و تکرار چنین پدیده‌ای منجر به جمع شدن مایع در صفحات بالایی برج خواهد گردید. افزایش سرعت گاز موجب بروز پدیده ماندگی می‌شود. در صورت سؤال به اشتباه ماندگی فاز بخار ذکر شده است. دقیق است که بگوئیم میزان ماندگی مایع در فاز بخار حدوداً چقدر است.

عملیات واحد

فصل اول

«تقطیر»

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل اول

کله ۱- ۱۰۰Ibmol خوراکی شامل ۶۰٪ A و ۴۰٪ B به صورت ناگهانی تقطیر شده ۵۰ پوند مول در ساعت محصول بالای برج و ۵۰ پوند مول بر ساعت محصول پایین برج است. هرگاه فراریت دو جزء ۲ باشد کسر مولی محصولات X و Y برابر است با:

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad ۰/۹۵ \text{ و } ۰/۹۲ \quad (۲) \quad ۰/۵۶ \text{ و } ۰/۴۸ \quad (۳) \quad ۰/۵۲ \text{ و } ۰/۶۸ \quad (۴) \quad ۰/۶۵ \text{ و } ۰/۵۵$$

کله ۲- در صورتی که مول جزئی بخار و مایع دو جزئی ورودی به یک سینی برج تقطیر به ترتیب ۸/۰ و ۸۵/۰ و مول جزئی بخار و مایع خروجی از این سینی به ترتیب ۹/۰ و ۸/۰ و ضریب فراریت سیستم ۴ باشد. راندمان سینی E_{MG} چقدر است؟

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad ۰/۵۰ \quad (۲) \quad ۰/۶ \quad (۳) \quad ۰/۶۲ \quad (۴) \quad ۰/۷۱$$

کله ۳- خوراکی دو جزئی به مول جزئی جزء فرارتر برابر با ۵/۰ در یک برج تقطیر وارد می‌شود. معادله خطوط تبادل برج، به صورت $y = ۰/۶x + ۰/۳۲$ و $y = ۲x - ۰/۱$ است. حالت خوراک ورودی چیست؟

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad \text{بخار اشباع} \quad (۲) \quad \text{دو فازی} \quad (۳) \quad \text{مایع اشباع} \quad (۴) \quad \text{مایع سرد}$$

کله ۴- در یک سیستم دو جزئی هر نقطه تعادلی در دیاگرام ... می‌تواند حاصل یک خط ... از H_{xy} باشد.

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad \text{تعادل } xy, \text{ عمودی } tie \quad (۲) \quad \text{تعادل } xy, \text{ افقی } tie \quad (۳) \quad \text{تعادل } T, xy, \text{ tie} \quad (۴) \quad \text{tie}, xy$$

کله ۵- در یک برج تقطیر خوراک با دبی $\frac{Kmol}{hr}$ ۱۰۰ وارد، محصول بالا و پایین ستون با دبی $\frac{Kmol}{hr}$ ۲۰ و ۸۰ خارج می‌شود. خوراک بخار اشباع و نسبت مایع برگشتی ۵ است، میزان بخار تولیدی توسط ریبولر برابر است با چند $\frac{Kmol}{hr}$ ؟

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad ۲۰ \quad (۲) \quad ۴۰ \quad (۳) \quad ۱۲۰ \quad (۴) \quad ۱۴۰$$

کله ۶- برجی از جهت جداسازی یک مخلوط دو جزئی طراحی شده است. دارای خطوط تبدالی به صورت $y = ۰/۶x + ۰/۳۲$ و $y = ۲x - ۰/۱$ است. مول جزئی محصولات بالا و پایین این برج به ترتیب برابرند با:

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad ۰/۸ \text{ و } ۰/۵ \quad (۲) \quad ۰/۸ \text{ و } ۰/۱ \quad (۳) \quad ۰/۹ \text{ و } ۰/۱ \quad (۴) \quad ۰/۹ \text{ و } ۰/۵$$

کله ۷- در عمل تقطیر در برج‌های سینی دار در حالت جریان برگشتی کامل (total reflux) برای سیستمی با فراریت نسبی ثابت، برای رسیدن به محصولاتی با درجه خلوص مشخص (x_W, x_D) در بالا و پایین برج ... خوراک بر روی تعداد سینی‌های تئوری برج تأثیری ندارد.

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad \text{دمای} \quad (۲) \quad \text{غلظت} \quad (۳) \quad \text{غلظت و دمای} \quad (۴) \quad \text{کاهش بار حرارتی کندانسور}$$

کله ۸- در یک ستون تقطیر مداوم دو خوراک با مشخصات جدول مقابل وارد می‌شود $\alpha = ۲/۵$ و ثابت فرض می‌شود. بنظر شما مواضع ورودی خوراک به برج چگونه باشد، بهتر است؟

(سراسری ۷۵)

خوراک	وضع	جزء مولی فرارتر
I	بخار اشباع	۰/۶۰
II	مایع اشباع	۰/۴۵

(۱) هر دو را بعد از تبدیل به بخار اشباع و به صورت مخلوط

(۲) خوراک I بالاتر از خوراک II

(۳) دو خوراک را به طور مخلوط

(۴) خوراک II بالاتر از خوراک I

کله ۹- یک برج تقطیر سینی دار مجهز به یک کندانسور کامل بوده و با جریان برگشتی $R = ۲$ کار می‌کند. در صورتی که حرارت نهان تبخیر مولی مخلوط ثابت و برابر $\frac{Kj}{Kmol}$ ۴۰۰۰ و $H_{Lo} = ۵۰۰۰ \frac{Kj}{Kmol}$ باشد، بار حرارتی کندانسور به ازای واحد مول محصول مقطر برابر است با چند $\frac{Kj}{Kmol}$ ؟

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad ۸۰۰۰۰ \quad (۲) \quad ۸۵۰۰۰ \quad (۳) \quad ۱۲۰۰۰۰ \quad (۴) \quad ۱۲۵۰۰۰$$

کله ۱۰- در تقطیر مخلوط بنزن - تولوئن به صورت دیفرانسیلی، جزء مولی بنزن در خوراک $x_F = ۰/۵$ و برای این سیستم $\alpha = ۲/۵$ است. اگر جزء مولی بنزن در باقیمانده ظرف تقطیر پس از مدتی برابر $۰/۳$ شود، متوسط جزء مولی بنزن در بخارات جمع‌آوری شده از تقطیر چگونه خواهد بود؟

(سراسری ۷۵)

$$(۱) \quad \text{برابر } ۰/۵۱۷ \quad (۲) \quad \text{بزرگتر از } ۰/۵۱۷ \quad (۳) \quad \text{برابر } ۰/۷۵ \quad (۴) \quad \text{کوچکتر از } ۰/۵۱۷$$



۱۱- در یک برج تقطیر در تصویر xy روش McCabe با چهار خط تبادلی (Operating line) به ترتیب از بالای برج به پایین، به شکل زیر است؟

$$1: y = 0.99x + 0.1 \quad 3: y = x + 0.25$$

$$2: y = 0.61x + 0.15 \quad 4: y = 1/7x - 0.3$$

این برج دارای چند خوراک ورودی (عدد سمت راست) و چند محصول جانبی (عدد سمت چپ) است؟

(۱) ۳ و ۱ (۲) ۱ و ۲ (۳) ۲ و ۱ (۴) ۱ و ۱

۱۲- خوراک ورودی به یک تبخیرکننده ناگهانی حاوی ۱۵ درصد مولی از جزء فرارتر و خروجی از آن به صورت ۲۵ درصد بخار است. معادله تعادلی به صورت $y = 1/74x$ است. جزء مولی فرارتر در بخار خروجی عبارتست از:

(سراسری ۷۶)

(۱) ۰/۰۶۵ (۲) ۰/۲۲ (۳) ۰/۲۶ (۴) ۰/۳۷

۱۳- در یک ستون تقطیر دو جزئی محصول بالایی ستون با شدت $4 \frac{\text{kmole}}{\text{s}}$ و نسبت مایع برگشتی $R = 2/1$ است. اگر محصول جانبی با شدت

$3 \frac{\text{kmole}}{\text{s}}$ بین محصول بالایی و نقطه ورودی خوراک خارج شود شیب خط عملیاتی بین محصول جانبی و نقطه ورودی خوراک در ستون برابر است با:

(سراسری ۷۶)

(۱) ۰/۴۳ (۲) ۱/۵۷ (۳) ۰/۶۸ (۴) ۰/۷۰

۱۴- تقطیر ۱۰۰۰ مول از خوراکی مایع با غلظت ۰/۸ به صورت batch مورد نظر است. اگر معادله منحنی تعادلی $y = 7x$ و غلظت مایع باقی مانده ۰/۲ باشد میزان مایع باقی مانده کدام است؟

(سراسری ۷۶)

(۱) ۱۶۷ (۲) ۲۰۰ (۳) ۴۳۰ (۴) ۷۹۳

۱۵- در یک برج تقطیر مطابق شکل روبرو، یک کندانسور جزئی مورد استفاده قرار می گیرد. محصول بالا به صورت بخار از واحد خارج می شود مقدار آن برابر است با $D = 5 \frac{\text{kmole}}{\text{hr}}$. سیال سرد کننده آب $c_p = 4/2 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg})(^\circ\text{C})}$ ، گرمای نهان تبخیر بخار $\lambda = 8/4 \times 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$ و نسبت مایع برگشتی

$R = 4$ است. میزان آب سرد مورد نیاز چند $\frac{\text{kg}}{\text{hr}}$ است؟ (اختلاف دمای آب ورودی و خروجی از کندانسور 5°C است).

(سراسری ۷۶)

(۱) 8×10^3 (۲) $8/4 \times 10^3$ (۳) 10×10^3 (۴) 144×10^5

۱۶- درد یا گرمای مک کیب - تیل، مفهوم فیزیکی خط کار، عبارت است از مکان هندسی نقاطی که در آنها.....

(سراسری ۷۶)

(۱) اختلاف بین جریان جرمی مایع و بخار ثابت است. (۲) اختلاف بین جریان مولی مایع و بخار ثابت است.
(۳) غلظت بخار و مایع عبوری با هم برابر است. (۴) غلظت بخار و مایع عبوری با هم در تعادلند.

۱۷- در یک برج تقطیر سینی دار، خوراک به صورت فوق اشباع (Superheated Vapor) وارد برج می گردد، شیب خط خوراک (q line) چگونه است؟

(سراسری ۷۶)

(۱) بینهایت (۲) بزرگتر از یک (۳) بین صفر و یک (۴) منفی

۱۸- در عمل تقطیر در برجهای سینی دار مداوم، شیب خط عملیاتی بخش زیر خوراک برابر با $\frac{y_m + 1}{x_m - x_w}$ گزارش شده است. m شماره یک سینی

غیرمشخص در این بخش و x_w جزء مولی ماده فرارتر در محصول پایین برج تقطیر است. بنظر شما نحوه حرارت دهی برج با استفاده از کدام وسیله بوده است؟

(سراسری ۷۶)

(۱) بخار مستقیم (Open Steam) در پایین برج

(۲) خوراک قبل از ورود به برج تقطیر با مایع خروجی از پایین برج تبادل حرارتی کرده است.

(۳) یک جوش آور غیرتعادلی

(۴) یک جوش آور تعادلی

۱۹- برج تقطیری که برای جداسازی یک مخلوط دو جزئی بکار می رود، در مختصات H_{xy} قطب (نقطه تفاضل) دارد. این برج دارای چند خوراک و چند محصول جانبی است؟

(سراسری ۷۶)

(۱) ۲ و ۲ (۲) ۱ و ۲ (۳) ۳ و ۳ (۴) ۳ و ۴



۳۰- در تقطیر دو جزئی با استفاده از روش McCabe یک جریان جانبی S بین F, D به صورت مایع اشباع و با شدت $S = D$ گرفته می‌شود، اگر محل تلاقی خط عملیاتی بین S, F با خط $Y = X$ برابر 0.7 بوده و جزء مولی جسم فرارتر در محصول مقطر $X_D = 0.9$ باشد، جزء مولی جسم فرارتر در جریان جانبی چقدر خواهد بود؟ (سراسری ۷۸)

$$X_S < X_F \quad (4) \quad 0.5 \quad (3) \quad 0.7 \quad (2) \quad 0.8 \quad (1)$$

۳۱- در تقطیر دو جزئی با استفاده از روش McCabe، معادله خط خوراک به صورت $Y = 0.5X + 0.25$ می‌باشد، جزء مولی سازنده سبکتر در خوراک چقدر است؟ (سراسری ۷۸)

$$0.5 \quad (4) \quad 0.2 \quad (3) \quad 0.75 \quad (2) \quad 0.25 \quad (1)$$

۳۲- در یک ستون تقطیر، اگر مقایسه‌ای بین دو حالت ورودی خوراک به صورت مایع سرد و مایع جوش صورت گیرد. (بقیه پارامترهای عملیاتی ثابت)، می‌توان گفت که در حالت مایع سرد تعداد مراحل افزایش می‌یابد. (سراسری ۷۹)

$$\begin{array}{ll} (1) \text{ کمتر، لیکن قطر ستون در قسمت دفع} & (2) \text{ بیشتر، لیکن قطر ستون در قسمت دفع} \\ (3) \text{ بیشتر، لیکن قطر ستون در قسمت جذب} & (4) \text{ کمتر، لیکن قطر ستون در قسمت جذب} \end{array}$$

۳۳- در یک ستون تقطیر مداوم مخلوطی از آب و استن تقطیر می‌شود. به جای جوش آور در پائین برج تقطیر از بخار مستقیم (open steam) استفاده می‌شود. مول‌های استن خروجی از پائین برج $4 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$ جزء مولی استن در جریان خروجی از پائین برج $x_w = 0.4$ و مختصات نقطه تفاضل پائین

برج $x_{\Delta w} = 0.5$ می‌باشد شدت بخار S چند $\frac{\text{mol}}{\text{h}}$ است؟ (سراسری ۷۹)

$$80 \quad (4) \quad 50 \quad (3) \quad 40 \quad (2) \quad 20 \quad (1)$$

۳۴- تقطیر 500 kmol از محلولی شامل A (جزء فرارتر) و B که جزء مولی A در این محلول $x_F = 0.6$ است در یک دستگاه Batch تا باقی ماندن 100 kmol در ظرف تبخیر ادامه می‌یابد، اگر نهایتاً جزء مولی A در ظرف تبخیر $x_w = 0.15$ باشد، فراریت A چقدر است؟ (سراسری ۷۹)

$$0.11 \quad (1) \quad 1/0.5 \quad (2) \quad 1/68 \quad (3) \quad 2/45 \quad (4)$$

۳۵- در یک تبخیر آبی معادله خط کار (operating line) $y = 1/5x - 0.2$ می‌باشد. خوراک شامل جزء سبک‌تر می‌باشد. (سراسری ۷۹)

$$60\% \quad (1) \quad 40\% \quad (2) \quad 30\% \quad (3) \quad 20\% \quad (4)$$

۳۶- 100 مول مخلوطی از A و B شامل $40\% \text{ mol}$ جزء سبکتر A با فراریت نسبی $2/5$ (ثابت) به صورت دیفرانسیلی تقطیر می‌شود. تقطیر تا زمانی که 50% ماده A تبخیر شود ادامه پیدا می‌کند. در این صورت درصد مولی A در محلول باقیمانده برابر کدام مورد است؟ (سراسری ۷۹)

$$10\% \quad (1) \quad 20\% \quad (2) \quad 30\% \quad (3) \quad 50\% \quad (4)$$

۳۷- در یک برج سینی‌دار عمل انتقال جرم، درجه حرارت سینی‌ها تقریباً با یکدیگر مساوی بوده است، این برج (سراسری ۷۹)

(۱) در هر سینی مقدار انتقال جرم بسیار کمی دارد.

(۲) می‌تواند در هر سینی انتقال جرم قابل توجه داشته باشد.

(۳) انتقال جرم بین یک ماده سرد و یک بخار داغ را انجام می‌دهد.

(۴) انتقال جرم بین یک مایع در نقطه جوش و یک بخار داغ را انجام می‌دهد.

۳۸- خوراکی به صورت مایع جوش وارد یک ستون می‌شود - محصول بالا حاوی 95% جزء فرار است. خط عمل بالا (operating line)، خط خوراک را در نقطه‌ای قطع می‌کند که مختصات عرض آن $y = 0.5$ است. نسبت مایع حداقل برگشتی برابر است با 0.45 ، نسبت مایع برگشتی واقعی چند برابر نسبت مایع برگشتی حداقل است؟ (سراسری ۷۹)

$$4 \quad (4) \quad 2/22 \quad (3) \quad 2 \quad (2) \quad 1/11 \quad (1)$$

۳۹- در یک برج تقطیر $100 \frac{\text{lb moles}}{\text{hr}}$ خوراکی به صورت مایع اشباع شامل $50\% \text{ mol}$ از A و $50\% \text{ mole}$ از B به دو محصول یکی شامل $90\% \text{ mol}$ و دیگری شامل $10\% \text{ mol}$ جدا می‌شود. اگر حداقل بخار خروجی از ریویلر $70 \frac{\text{lb moles}}{\text{hr}}$ باشد، حداقل نسبت مایع برگشتی این برج چقدر است؟ (سراسری ۷۹)

$$0.2 \quad (4) \quad 0.4 \quad (3) \quad 0.6 \quad (2) \quad 0.8 \quad (1)$$

۴۰- در یک عملیات تبخیر ساده (Simple vaporization) درجه حرارت دیگ تبخیر ثابت باقی مانده و عمل تبخیر نیز ادامه داشته است، در این حالت است. (سراسری ۷۹)

(۱) این شرایط میسر نیست و در آزمایش خطا وجود داشته

(۲) مایع داخل دیگ خالص بوده و فشار کل مرتب افزایش یافته

(۳) مایع داخل دیگ در نقطه آزنوتروپ بوده و فشار سیستم نیز ثابت بوده

(۴) مایع داخل دیگ در نقطه آزنوتروپ بوده و فشار سیستم نیز مرتب افزایش یافته

۴۱- در یک برج تقطیر سینی دار که یک مخلوط دو جزئی ایده آل با ضریب جداسازی (فراریت) $2/5$ را به وسیله بخار آب تفکیک می کند، معادله خط کار (operating line) مربوط به غنی سازی برج $y = 0/6x + 0/36$ و مربوط به عریان سازی برج $y = 2x - 0/1$ می باشد. حداقل تعداد سینی های این برج کدام است؟ (سراسری ۸۰)

۸/۸ (۴)

۷/۳ (۳)

۵/۵ (۲)

۴/۵ (۱)

۴۲- برای یک مخلوط دوتایی (Binary Mixture)، دو معادله تعادل به شکل زیر داده شده است:

$$(I) \quad y = \frac{3x}{3x+1} \quad , \quad (II) \quad y = \frac{2/7x}{1/7x+1}$$

(سراسری ۸۰)

در این صورت کدام اظهار نظر صحیح می باشد؟

(۱) برای یک مخلوط دو تایی نمی توان بیشتر از یک معادله تعادل انتظار داشت.

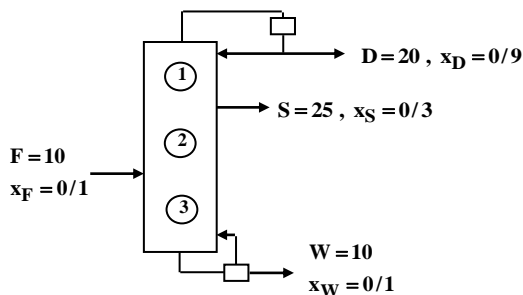
(۲) این دو معادله برای دو فشار متفاوت داده شده و فشار I بیشتر از فشار II بوده است.

(۳) این دو معادله برای دو فشار متفاوت داده شده و فشار I کمتر از فشار II بوده است.

(۴) این دو معادله در دو غلظت متفاوت می باشد. معادله I برای جزء مولی های نزدیک به یک و معادله II برای جزء مولی های نزدیک به صفر کاربرد دارند.

(سراسری ۸۰)

۴۳- در شکل مقابل - شیب خط عملیاتی در منطقه ۲ کدام است؟ ($R = 2/0$)



۰/۲۵ (۱)

۰/۷۵ (۲)

۱/۲۵ (۳)

۱/۷۵ (۴)

۴۴- داده های تعادلی سیستم شیمیایی دو جزئی به شرح زیر در شرایط عملیاتی خاص داده شده است.

x	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5	0/6	0/7	0/8	0/9	1/0
y	0/0	0/17	0/24	0/4	0/47	0/58	0/65	0/73	0/78	0/8	1/0

(سراسری ۸۰)

در این صورت می توان گفت:

(۲) سیستم دارای نقطه آزنوتروپ با مینیمم نقطه جوش است.

(۱) سیستم ایده آل است و آزنوتروپ ندارد.

(۴) سیستم دارای نقطه آزنوتروپ با ماکزیمم نقطه جوش است.

(۳) اطلاعات برای تشخیص آزنوتروپ کافی نیست.

(سراسری ۸۰)

۴۵- جریان های جانبی که از برج تقطیر می توانند به دست آیند با چه حالت ترمودینامیکی هستند؟

(۴) مایع اشباع

(۳) مخلوط مایع و بخار

(۲) بخار اشباع

(۱) مایع غیر اشباع

(سراسری ۸۰)

۴۶- در روش McCabe برای حل مسائل تقطیر، وقتی شیب خط خوراک (q line) مثبت باشد می توان گفت:

(۱) خوراک مایع سرد است.

(۲) خوراک بخار فوق اشباع است.

(۳) خوراک مخلوطی از مایع و بخار است.

(۴) خوراک ممکن است مایع سرد (subcool) و یا بخار فوق اشباع (super heated) باشد.



۴۷- مخلوط ۵۰٪ A و ۵۰٪ B تبخیر ساده می‌شود (simple vaporization) و معادله تعادلی این مخلوط به صورت $y = \frac{2x}{x+1}$ می‌باشد. ترکیب

محصول تبخیر (مایع جمع‌آوری شده) می‌تواند چند درصد A داشته باشد؟ (سراسری ۸۰)

- (۱) ۶۶٪ A (۲) ۶۸٪ A (۳) ۶۹٪ A (۴) ۷۱٪ A

۴۸- ۱۰۰ کیلو مول از محلول شامل اجزاء B و A (جزء فرارتر) را که جزء مولی A در آن $X_F = 0.65$ است در یک دستگاه ناپیوسته (Batch) تقطیر می‌شود تا در نهایت ۴۰ کیلو مول مواد در ظرف تبخیر باقی بماند. اگر جزء مولی A در محلول باقی مانده ۱۵٪ باشد. فراریت نسبی این ماده برابر است با: (آزاد ۸۰)

- (۱) ۲۸ (۲) ۸۲ (۳) ۵۶ (۴) ۱۹/۶

۴۹- سه خوراک با مشخصات زیر در برج تقطیری که جداسازی در آن براساس $\alpha = 2/5$ انجام می‌گیرد بایستی تقطیر شده و محصولات بالا و پایین برج را ایجاد نماید. کدام ترتیب ورود خوراک‌ها صحیح‌تر است؟ (سراسری ۸۱)

- بخار اشباع $Z_{F_1} = 0.4$ مایع اشباع $Z_{F_1} = 0.4$ F_1, F_2, F_3 (۴)
 بخار اشباع $Z_{F_2} = 0.5$ بخار اشباع $Z_{F_2} = 0.5$ F_2, F_3, F_1 (۳)
 بخار اشباع $Z_{F_3} = 0.58$ بخار اشباع $Z_{F_3} = 0.58$ F_3, F_2, F_1 (۲)
 F_1, F_2, F_3 (۱)

۵۰- در تقطیر دیفرانسیلی مخلوط ایده‌آل A با B، $\alpha_{AB} = 2$ ، اگر نسبت تعداد مول‌های A در خوراک به تعداد مول‌های A در W برابر ۹ باشد. نسبت تعداد مول‌های B در خوراک به تعداد مول‌های B در W چقدر خواهد بود؟ (سراسری ۸۱)

- (۱) ۸۱ (۲) ۴/۵ (۳) ۳ (۴) ۱/۳

۵۱- در صورتی که ۵۰ مول از یک مخلوط دو جزئی به صورت بخار که شامل ۵۰٪ مولی جزء فرارتر است مورد عمل میعان جزئی قرار گرفته و در انتهای عمل ۳۰ مول محصول مایع حاصل گردد، جزء مولی جزء فرارتر در محصول بخار باقی‌مانده چقدر خواهد شد (در محدوده غلظت مورد استفاده رابطه تعادلی را می‌توان به صورت $y = 2x$ در نظر گرفت) (سراسری ۸۱)

- (۱) ۳۵٪ (۲) ۶۵٪ (۳) ۷۹٪ (۴) ۸۲٪

۵۲- اگر منحنی تعادل برای تقطیر و منحنی تبادل برای بالای برج تقطیر یک مخلوط دو جزئی مشخص باشند و منحنی تعادل از نوع معمولی و رایج باشد، در کدام حالت ذیل، تعداد سینی کمتری برای برجی با ترکیب خوراک و محصولات مشخص به دست می‌آید؟ (سراسری ۸۱)

- (۱) خوراک داغ (۲) خوراک سرد (۳) خوراک در دمای شبنم (۴) خوراک در دمای حباب

۵۳- در یک برج مخلوطی از B، A به صورت مایع اشباع شامل ۶۰٪ تقطیر می‌شوند تا $15 \frac{\text{Kmol}}{\text{h}}$ محصول بالای برج شامل ۹۰٪ جزء A و نیز

یک محصول جانبی با شدت $10 \frac{\text{Kmol}}{\text{h}}$ شامل ۷۵٪ A علاوه بر محصول پایین برج حاصل می‌شود ضریب فراریت سیستم ثابت و برابر با ۲ انتخاب می‌شود حداقل نسبت مایع برگشتی برای این برج چقدر است؟ (سراسری ۸۲)

- (۱) ۱/۰ (۲) ۰/۸ (۳) ۱/۵ (۴) ۲/۵

۵۴- یک مخلوط دو جزئی در 75°C و در فشار کل P_t می‌جوشد فشار کل محاسبه شده برای مخلوط در حال جوشش و با فرض ایده‌آل بودن نشان می‌دهد که واقعی $P_t < P_t^{\text{ایده‌آل}}$ و از طرفی فشار کل واقعی P_t از فشار بخار خالص جزء فرارتر در دمای فوق (P_A^*) کوچک‌تر و از فشار بخار خالص جزء غیرفرارتر در دمای فوق (P_B^*) بزرگ‌تر است. این سیستم

- (۱) مخلوط ایده‌آل است. (۲) غیر ایده‌آل لیکن آزنوتروپ ندارد. (۳) غیر ایده‌آل است، ممکن است آزنوتروپ داشته باشد یا نه. (۴) غیر ایده‌آل است، دارای نقطه آزنوتروپ با ماکزیمم نقطه جوش خواهد بود. (سراسری ۸۲)

۵۵- در یک برج تقطیر دو تایی که ماده سنگین آن آب است از بخار مستقیم استفاده می‌شود. اگر دبی بخار ورودی $100 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}$ باشد و آنتالپی

بخار اشباع در شرایط برج، آنتالپی بخار ورودی به برج و گرمای نهان تبخیر مولی جریان خروجی از آخرین سینی به ترتیب برابر با $90 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$

و $100 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$ باشند، مطلوب است دبی بخار در ناحیه عریان‌سازی برج مذکور؟ (سراسری ۸۲)

$$(1) \quad 110 \frac{\text{Kmol}}{\text{hr}} \quad (2) \quad 105 \frac{\text{Kmol}}{\text{hr}} \quad (3) \quad 95 \frac{\text{Kmol}}{\text{hr}} \quad (4) \quad 90 \frac{\text{Kmol}}{\text{hr}}$$

۵۶- در جداسازی یک مخلوط دو جزئی که کسر مولی جزء فرارتر برابر با $0/6$ می‌باشد بروش تقطیر معادلات خطوط تبادل برج به

صورت $y = 0/6x + 0/36$, $y = 1/24x - 0/34$ فرض می‌شود. وضعیت حرارتی خوراک در هنگام ورود به برج چه صورتی است؟ (سراسری ۸۲)

(۱) دو فازی (۲) بخار اشباع (۳) مایع اشباع (۴) بخار سوپرهیت

۵۷- در یک ستون تقطیر مداوم خوراک اول وارد سینی ۵ و خوراک دوم وارد سینی ۱۷ می‌شود. (شماره‌گذاری از بالا) بخشی از بخار خروجی از

سینی ۱۰ از ستون خارج و پس از کندانس شدن کامل، قسمتی از مایع به صورت محصول جانبی وارد سینی ۱۴ می‌شود مایع برگشتی به سینی اول نیز

سرد است. تعداد منحنی‌های عملیاتی این واحد در تصویر تعادلی xy چند تاست؟ (سراسری ۸۲)

(۱) ۳ منحنی عملیاتی (۲) ۴ منحنی عملیاتی (۳) ۵ منحنی عملیاتی (۴) ۶ منحنی عملیاتی

۵۸- مخلوط 25 kmol از A و 75 kmol از B تحت تقطیر ساده قرار می‌گیرد تا میزان مایع باقی مانده در ظرف تقطیر به 5 kmol کاهش

یابد. کسر مولی جزء B در فاز بخار چقدر است؟ رابطه تعادلی $y_A = 0/5x_A$ همواره برقرار است. (آزاد ۸۲)

$$(1) \quad 0/1464 \quad (2) \quad 0/8536 \quad (3) \quad 0/3536 \quad (4) \quad 0/6464$$

۵۹- استفاده از بخار آب و حذف ریبولر در برج تقطیر سینی دار در صورتی که خوراک یکسان و ترکیب محصول مقطر و نسبت برگشتی یکسان باشد:

(آزاد ۸۲)

(۱) تاثیری روی تعداد سینی‌ها نخواهد گذاشت.

(۲) باعث کاهش تعداد سینی‌ها خواهد شد.

(۳) باعث افزایش تعداد سینی‌ها خواهد شد.

(۴) باعث کاهش سینی‌های قسمت غنی‌سازی و افزایش سینی‌های قسمت عریان‌سازی خواهد شد.

۶۰- برای مخلوط دوجزئی که منحنی تعادلی همواره تقعر به سمت پایین دارد، کدامیک از عبارات زیر صحیح است؟ (آزاد ۸۲)

(۱) $tieline$ عبوری از مختصات نقطه مجازی متوسط مشخصات محصول مقطر و خوراک در مختصات $H-xy$ تعیین کننده حداقل نسبت برگشتی است.

(۲) $tieline$ گذرنده از مختصات محصول مقطر در مختصات $H-xy$ مشخص کننده حداقل نسبت برگشتی است.

(۳) $tieline$ گذرنده از مختصات خوراک در مختصات $H-xy$ مشخص کننده حداقل نسبت برگشتی است.

(۴) $tieline$ گذرنده از مختصات محصول پایین برج در مختصات $H-xy$ مشخص کننده حداقل نسبت برگشتی است.

۶۱- حداقل تعداد سینی‌های تئوری لازم برای یک برج تقطیر: (سراسری ۸۳)

(۱) به دمای خوراک ورودی وابسته است. (۲) به شدت خوراک ورودی وابسته است.

(۳) به غلظت خوراک ورودی وابسته است. (۴) مستقل از شدت و دمای خوراک است.

۶۲- در جداسازی یک مخلوط دو جزئی با مول جزئی $0/5$ در یک برج تقطیر، معادلات خطوط تبادل برج به صورت

$y = 2x - 0/1$, $y = 0/6x + 0/22$ می‌باشد. وضعیت حرارتی خوراک هنگام ورودی به برج چه صورتی است؟ (سراسری ۸۳)

(۱) مایع سرد (۲) مایع اشباع (۳) بخار اشباع (۴) مخلوط دو فازی

۶۳- اگر در یک برج تقطیر از نوع بخار آب باز ($Open- Steam Distillation$)، از بخار آب داغ ($Super-heat$) برای ورود به برج استفاده شود،

چه پدیده‌ای در داخل برج به وجود می‌آید؟ (سراسری ۸۳)

(۱) راندمان سینی‌ها افزایش خواهند یافت. (۲) افت فشار در سینی‌های پایینی برج کمتر خواهد بود.

(۳) دبی بخار در سینی‌های پایینی برج بیشتر از دبی بخار ورودی خواهد شد. (۴) درجه حرارت چند سینی اول پایینی برج تقریباً یکسان خواهند شد.



۶۴- در ستون تقطیری با یک خوراک که حاوی یک جزء فرار و یک جزء سنگین (آب) است، از بخار مستقیم به جای جوش آور در پایین ستون استفاده می‌شود. در صورتی که در مورد نقطه تفاضل زیر خوراک $x_{\Delta W} = 0/003$ بوده و نیز x_w, W به ترتیب برابر $300 \frac{\text{mole}}{\text{h}}$ و $0/002$ باشند، شدت S مصرفی چقدر است؟ (سراسری ۸۳)

$$900 \frac{\text{mole}}{\text{h}} \quad (4) \quad 600 \frac{\text{mole}}{\text{h}} \quad (3) \quad 100 \frac{\text{mole}}{\text{h}} \quad (2) \quad 90 \frac{\text{mole}}{\text{h}} \quad (1)$$

۶۵- معادله خط خوراک (Feed line) در یک برج تقطیر به صورت $y = -4x + 2$ به دست آمده است. ترکیب خوراک ورودی به برج چقدر بوده است؟ (سراسری ۸۳)

$$50\% \quad (4) \quad 40\% \quad (3) \quad 42\% \quad (2) \quad 38\% \quad (1)$$

۶۶- حداقل نسبت برگشت (Minimum Reflux Ratio) در کدام یک از حالات زیر و در شرایط یکسان کوچک‌ترین خواهد بود؟ (سراسری ۸۳)

(۱) خوراک ورودی در نقطه جوش باشد.
 (۲) خوراک ورودی مخلوط مایع و بخار باشد.
 (۳) خوراک ورودی بخار اشباع باشد.
 (۴) خوراک ورودی سردتر از نقطه جوش خود باشد.

۶۷- در کدام یک از سیستم‌های زیر انجام تقطیر مداوم پایدار در برج‌های سینی‌دار به کمک بخار مستقیم به جای جوش آور (Use Of Open Steam) مقدور نیست. (سراسری ۸۳)

$$(1) \text{ استن - آب} \quad (2) \text{ الکل پروپیلک - آب} \quad (3) \text{ الکل متیلک - آب} \quad (4) \text{ آمونیاک - آب}$$

۶۸- در تبخیر ساده یا دیفرانسیلی (Simple or Differential Vaporization) مخلوط 50% متانول و 50% آب تبخیر شده و در پایان کار، مایع باقیمانده در یک دیگ تبخیر 40% متانول و 60% آب داشته است. ترکیب متانول آخرین قطره ورودی به ظرف جمع‌آوری چه مقدار بوده است؟ (ضریب فراریت $\alpha = 3/6$ بوده است) (سراسری ۸۳)

$$60\% \quad (1) \quad 62\% \quad (2) \quad 64\% \quad (3) \quad 70\% \quad (4)$$

۶۹- برای جداسازی اتانل از آب: (آزاد ۸۳)

(۱) به دلیل اختلاف نقاط جوش همواره از تقطیر ساده استفاده می‌شود.
 (۲) انتخاب نوع عملیات به غلظت محلول اصلی بستگی دارد.
 (۳) همواره از تقطیر جزء به جزء استفاده می‌شود.
 (۴) همواره از استخراج مایع - مایع استفاده می‌شود.

۷۰- برای تخمین قطر برج تقطیر توجه به کدامیک از نکات زیر ضروری است؟ (آزاد ۸۳)

(۱) شدت عبور بخار و مایع در برج
 (۲) اختلاف نقاط جوش مواد
 (۳) دانسیته و ویسکوزیته مواد
 (۴) فراریت مواد

۷۱- می‌خواهیم مواد A و B را با تقطیر جداسازی کنیم. اگر اختلاف نقطه جوش‌ها بسیار زیاد و یکی از دو ماده به شدت خورنده باشد، استفاده از کدام نوع برج تقطیر را پیشنهاد می‌کنید؟ (آزاد ۸۳)

$$(1) \text{ برج تقطیر سینی دار با سینی‌های مجهز به کلاهک ثابت} \quad (2) \text{ برج تقطیر آکنده (Packed tower)} \\ (3) \text{ لوله دیواره‌تر (wetted wall tower)} \quad (4) \text{ برج تقطیر با سینی‌های مشبک}$$

۷۲- در یک برج تقطیر، از بخار مستقیم (Open steam) در پایین برج به جای جوش آور استفاده می‌شود. در صورتی که مختصات نقطه تفاضل پایین برج نشان دهد که: $x_{\Delta W} = 0/015$ ، همچنین در این برج، محصول پایین برج $w = 80 \frac{\text{kmole}}{\text{h}}$ و شدت مولی جزء فرارتر در محصول پایین برج برابر $8 \frac{\text{kmole}}{\text{h}}$ باشد، شدت بخار مصرفی در این برج (S) چقدر است؟ (سراسری ۸۴)

$$26/6 \frac{\text{kmole}}{\text{h}} \quad (1) \quad 40 \frac{\text{kmole}}{\text{h}} \quad (2)$$

$$120 \frac{\text{kmole}}{\text{h}} \quad (3)$$

(۴) با اطلاعات داده شده، قابل محاسبه نیست.

۷۳- یک برج تقطیر یک مخلوط دو جزئی را که خط تعادل در آن به صورت $y = \frac{3x}{2x+1}$ است، تفکیک می‌نماید. در کدام یک از سینی‌های این برج

انتظار دارید که راندمان سینی بیشتر از سایر سینی‌ها باشد (مقدار جرم بیشتری انتقال یافته باشد) (سراسری ۸۴)

(۱) سینی که خوراک وارد آن می‌شود.

(۲) سینی‌های نزدیک به میعان کننده (Condenser) برج

(۳) سینی‌های نزدیک به دیگ جوش (Reboiler) برج

(۴) راندمان سینی‌های این برج تقریباً با یکدیگر مساوی هستند.

۷۴- چرا در محاسبات تعداد سینی‌های برج تقطیر از روش‌های معمول، انتقال جرم دو فاز روی سینی نقشی ندارند؟ (سراسری ۸۵)

(۱) به دلیل اینکه نفوذ متقابل برابر انجام می‌شود.

(۲) به دلیل اینکه ضرایب انتقال جرم در هر دو فاز بزرگ می‌باشند.

(۳) به دلیل اینکه دو فاز خروجی از هر سینی را به حال تعادل در نظر می‌گیرند.

(۴) به دلیل اینکه عدد شروود (Sherwood's No.) برای هر دو فاز بزرگ است.

۷۵- در تقطیر دو جزئی در مخلوط ایده‌آل، حداقل تعداد سینی‌های برج تقطیر وابسته است به: (سراسری ۸۵)

(۱) x_W, x_D (۲) x_W, x_D, x_F (۳) $x_W, x_D, P_A^*/P_B^*$ (۴) x_W, x_D, x_F, α

۷۶- در تقطیر ناگهانی (Flash) کدام یک از عبارات زیر صحیح می‌باشد؟ (سراسری ۸۵)

(۱) اگر تقطیر ناگهانی دردمای جوش خوراک انجام شود، غنی‌ترین بخار حاصل می‌گردد.

(۲) اگر تقطیر ناگهانی دردمای شبنم خوراک انجام شود، رقیق‌ترین مایع حاصل می‌گردد.

(۳) دمای تقطیر ناگهانی بین نقطه جوش خوراک و نقطه شبنم خوراک متغیر است.

(۴) همه موارد صحیح می‌باشد.

۷۷- کدام مورد ذیل در رابطه با هزینه‌ی تقطیر با بخار آب باز نسبت به هزینه‌ی تقطیر معمولی صحیح است؟ (سراسری ۸۵)

(۱) هزینه‌ی تقطیر با بخار آب باز کمتر است زیرا تعداد سینی‌های آن معمولاً کمتر است.

(۲) هزینه‌ی تقطیر با بخار آب باز معمولاً کمتر است زیرا هزینه‌ی خرید ریبویلر و تمیز نمودن آن وجود ندارد.

(۳) هزینه‌ی تقطیر با بخار آب باز معمولاً بیشتر است زیرا تعداد سینی‌های آن به علت عدم وجود ریبویلر، معمولاً بیشتر است.

(۴) هزینه‌ی تقطیر با بخار آب باز معمولاً بیشتر است زیرا تعداد سینی‌های آن معمولاً بیشتر است هر چند که هزینه‌ی خرید ریبویلر و تمیز نمودن آن وجود ندارد.

۷۸- اگر مخلوط ۹۲٪ اتانول و ۸٪ آب (در صدها مولی هستند)، خوراک ورودی یک برج تقطیر باشد، محصول پایین این برج چه خواهد بود؟ (سراسری ۸۵)

(۱) ۹۰٪ اتانول و ۱۰٪ آب (۲) آب تقریباً خالص (۳) ۱۰٪ اتانول و ۹۰٪ آب (۴) الکل تقریباً خالص

۷۹- مایع مخلوطی از ۵۰٪ متانول و ۵۰٪ آب در نقطه جوش و بخاری از ۵۰٪ متانول و ۵۰٪ آب در نقطه شبنم وجود دارند (فشار هر دو

یکسان است) (سراسری ۸۵)

(۱) چون هر دو فاز از نقطه آزنوتروپ دور هستند، می‌توانند درجه حرارت یکسان داشته باشند.

(۲) درجه حرارت فاز بخار بیشتر از درجه حرارت فاز مایع است.

(۳) درجه حرارت فاز مایع بیشتر از درجه حرارت فاز بخار است.

(۴) درجه حرارت هر دو فاز با یکدیگر مساوی هستند.

۸۰- در تقطیر مخلوطی دو جزئی ایده‌آل، خوراک ۵۰ درصد مایع و ۵۰ درصد بخار است. در صورتی که $\frac{L}{G}$ (مربوط به بالای خوراک) و $\frac{\bar{L}}{G}$ (مربوط

به زیر خوراک) باشد به ازاء هر مول از خوراک کدام گزینه صحیح است؟ (سراسری ۸۵)

(۱) $\frac{\bar{L}}{G} = \frac{L}{G}$ (۲) $\frac{\bar{L}}{G} = \frac{L+0.5}{G+0.5}$ (۳) $\frac{\bar{L}}{G} = \frac{L+0.5}{G-0.5}$ (۴) $\frac{\bar{L}}{G} = \frac{L-0.5}{G-0.5}$



۸۱- در جداسازی یک مخلوط دو جزئی با مول جزئی 0.5 در یک برج تقطیر، معادله خطوط تبادل برج به صورت $y = 0.5x + 0.32$ می‌باشد. وضعیت حرارتی خوراک در هنگام ورود به برج به چه صورتی است؟ (سراسری ۸۵)

- (۱) بخار اشباع (۲) دو فازی (۳) مایع سرد (۴) مایع اشباع

۸۲- در یک برج تقطیر، تعدادی از سینی‌های پشت سر هم میان برج، درجه حرارت یکسان داشته‌اند علت این پدیده این بوده است که: (سراسری ۸۵)

(۱) نسبت برگشت برج در حداقل خود بوده است. (۲) مخلوط نقطه آزنوتروپ نزدیک به $x = 0$ داشته است. (۳) مخلوط نقطه آزنوتروپ نزدیک به $x = 1$ داشته است. (۴) مقدار انتقال جرم در این سینی‌ها بسیار زیاد بوده است.

۸۳- اگر خوراک ورودی به یک برج تقطیر دو جزئی 96% (Binary) مولی اتانول و 4% مولی آب باشد، محصولات این برج چه خواهند بود؟ (سراسری ۸۶)

- (۱) الکل خالص و آب خالص (۲) الکل خالص و 90% الکل و 10% آب (مولی)
(۳) آب خالص و مخلوط 96% الکل و 4% (مولی) (۴) الکل خالص و مخلوط 96% و 4% آب (مولی)

۸۴- تبخیر ساده (Simple Vaporization) کدام یک از مخلوط‌های زیر می‌تواند منجر به تفکیک درجه بسیار بالای عنصر سبک‌تر شود؟ (سراسری ۸۶)

(۱) آب و فنل (۲) آب و واتر (۳) آب و آمونیاک (۴) آب و اسید کلریدریک

۸۵- خوراک ورودی به یک برج تقطیر آتمسفریک، 10% بنزن و 90% تولوئن بوده و هدف جداسازی کامل بنزن از تولوئن است. کدام یک از گزاره‌های زیر صحیح است؟ (سراسری ۸۶)

- (۱) برای این برج باید قطر بزرگی پیش‌بینی نمود.
(۲) بیشتر سینی‌های این برج درجه حرارت بزرگتر از 140°C دارند.
(۳) تعداد سینی‌های بالای محل ورود خوراک کمتر از تعداد سینی‌های زیر محل ورود خوراک است.
(۴) تعداد سینی‌های بالای محل ورود خوراک بیشتر از تعداد سینی‌های زیر ورود خوراک است.

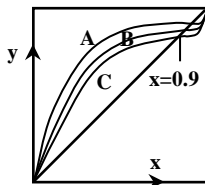
۸۶- خطوط تبادل (Operating lines) یک برج تقطیر دو جزئی، یک خوراکه و دو محصوله، در تصویر xy روش McCabe منحنی بوده‌اند. علت این امر: (سراسری ۸۶)

- (۱) وضعیت $N_A + N_B = 0$ در روی سینی‌ها بوده است. (۲) به خاطر متغیر بودن میزان انتقال جرم در روی سینی‌ها می‌باشد.
(۳) به خاطر وضعیت $N_A + N_B \neq 0$ در روی سینی‌ها بوده است. (۴) به خاطر متغیر بودن دبی جرمی مایع و بخار در داخل برج بوده است.

۸۷- در روی یک سینی برج تقطیر، زمان توقف فازهای مایع و بخار بسیار کوتاه بوده است، کدام یک از دلایل زیر موجه می‌باشند؟ (سراسری ۸۶)

(۱) فاصله سینی‌ها از یکدیگر کم بوده است. (۲) قطر برج کوچک و تحت خلاء کار می‌کرده است.
(۳) پدیده ریزش (weeping) در این سینی وجود داشته است. (۴) فاز بخار مقدار مقابل توجهی قطرات مایع با خود حمل می‌کرده است.

۸۸- کدام یک از منحنی‌های زیر می‌تواند مربوط به خط تعادل اتانول و آب باشند؟ (سراسری ۸۶)



- (۱) A
(۲) B
(۳) C
(۴) هر سه خط

۸۹- در یک فرآیند تقطیر در شرایطی که بخواهیم خلوص محصولات تغییر نکنند اگر خوراک از حالت مایع اشباع به بخار اشباع تبدیل شود باید: (آزاد ۸۶)

- (۱) فشار برج زیاد شود. (۲) بار حرارتی کندانسور زیاد شود.
(۳) دبی محصولات بالای برج کم شود. (۴) دبی مایع درون برج کم شود.

۹۰- اگر برای یک مخلوط دو جزئی معادله خط عملیات برج $Y = 0.6X + 0.32$ و $Y = 2X - 0.1$ باشد، آن گاه جزء مولی محصولات بالا و پایین برج به ترتیب برابر با کدام گزینه است؟ (آزاد ۸۶)

- (۱) 0.8 و 0.2 (۲) 0.9 و 0.1 (۳) 0.8 و 0.1 (۴) 0.9 و 0.1

۹۱- در روش مک کیب (McCabe) برای برج تقطیر اگر خوراک شامل ۴۰٪ مولی بخار و ۶۶٪ مولی مایع به برج وارد شود معادله خط خوراک کدام خواهد بود؟ (آزاد ۸۶)

$$Y = -\frac{1}{5}X + \frac{Z_f}{0.4} \quad (۴) \quad Y = -\frac{2}{3}X - \frac{Z_f}{0.6} \quad (۳) \quad Y = -\frac{3}{5}X - \frac{Z_f}{2.5} \quad (۲) \quad Y = \frac{3}{5}X + \frac{Z_f}{2.5} \quad (۱)$$

۹۲- برای یک خوراک با ۲۰٪ مولی بخار اشباع که به یک برج تقطیر وارد می‌شود شیب خط خوراک برابر است با: (آزاد ۸۶)

$$-۰/۲۵ \quad (۱) \quad -۸ \quad (۲) \quad -۰/۲ \quad (۳) \quad -۴ \quad (۴)$$

۹۳- اگر بخار خروجی از دیگ جوش (Reboiler) یک برج تقطیر سینی دار، به حالت بخار داغ وارد شود (Super heat): (سراسری ۸۷)

(۱) در اولین سینی از پایین برج، به حالت نرمال نقطه شبنم باز می‌گردد.

(۲) درجه حرارت تعدادی از سینی‌های پایین برج یکسان می‌شود.

(۳) در چند سینی اول پایین برج، حالت طغیان (Flooding) ایجاد می‌نماید.

(۴) سینی‌های زیر محل ورود خوراک، حالت نرمال خود را از دست می‌دهند.

۹۴- میزان انتقال جرم روی سینی‌های تقطیر کدام یک از جداسازی‌های زیر در شرایط یکسان و به طور متوسط کمتر است؟ (سراسری ۸۷)

(۱) آب و متانول (۲) آب و اسید استیک (۳) بنزن و تولوئن (۴) آب (H₂O) و دیتریوم (D₂O)

۹۵- اگر تعداد مول‌های برابر از A و B ناگهان تبخیر کنیم و میزان مایع بدست آمده از تبخیر ناگهانی نصف خوراک باشد چه رابطه‌ای بین غلظت جزء فرار (A) در فاز بخار و فاز مایع برقرار است؟ (آزاد ۸۷)

$$y_D = x_W \quad (۱) \quad y_D = 1 - x_W \quad (۲) \quad y_D = 0.5 - x_W \quad (۳) \quad y_D = 1 - 0.5x_W \quad (۴)$$

۹۶- تقطیر استخراجی وقتی استفاده می‌شود که تقطیر معمولی برای سیستم دو جزئی موردنظر به دلیل α (ضریب فراریت) پایین نیاز به برجی باشد. (سراسری ۸۸)

(۱) قطور (۲) قطور و بلند

(۳) بلند ولی با قطر کم (۴) بلند با تعدادی سینی خیلی زیاد

۹۷- در به دست آوردن معادله فنسک (Fenk's equation) در عملیات تقطیر، کدام فرض مورد استفاده قرار گرفته است؟ (سراسری ۸۸)

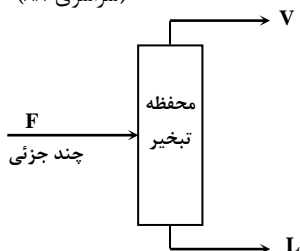
(۱) یک ضریب فراریت متوسط برای تمام سینی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

(۲) فرض شده است که درجه حرارت سینی‌ها با یکدیگر مساوی است.

(۳) فرض شده است که نسبت دبی مولی مایع به بخار کوچک‌تر از یک باشد.

(۴) فرض شده است که نسبت دبی مولی مایع به بخار بزرگ‌تر از یک باشد.

۹۸- بهترین پیشنهاد برای حدس دمای محفظ تبخیر کننده، در یک واحد عملیاتی تبخیر کننده ناگهانی (Flash)، تحت فشار محفظه تبخیر، مطابق شکل مقابل کدام است؟ (سراسری ۸۸)



(۱) دمای بین دمای جوش فرارترین و دمای جوش غیر فرارترین در خوراک ورودی است.

(۲) دمایی بین دمای جوش فرارترین و دمای شبنم غیر فرارترین در خوراک ورودی است.

(۳) دمایی بین دمای جوش خوراک و دمای شبنم خوراک ورودی است.

(۴) دمایی بین دمای جوش خوراک و دمای جوش غیر فرارترین در خوراک ورودی است.

۹۹- چگونه می‌توان از کارکرد صحیح هیدرودینامیکی یک برج تقطیر مطمئن شد؟ (سراسری ۸۹)

(۱) خواندن درجه حرارت سینی‌ها (۲) میزان انرژی ورودی به دیگ جوش

(۳) کارکرد صحیح دیگ جوش (۴) بررسی افت فشار در سینی‌ها



۱۰۰- اگر در یک برج تقطیر، دیگ جوش (Reboiler) نتواند در حد انتظار بخار تولید نماید، چه کمکی می‌توان برای رفع این مشکل انجام داد؟ (سراسری ۸۹)

- (۱) بردن شرایط خوراک ورودی به سطوح بالاتر انرژی
(۲) افزایش نسبت برگشت برج
(۳) سرد کردن مایع برگشتی از کندانسور برج
(۴) کم کردن بار حرارتی کندانسور

۱۰۱- برج Stabilizer به چه منظوری استفاده می‌شود؟ (مهندسی شیمی - سراسری ۹۰)

- (۱) جداسازی اولیه گاز و مایع
(۲) تثبیت یک محصول گازی شکل
(۳) جداسازی ترکیبات فرار از یک جریان مایع
(۴) جداسازی میعانات همراه با گاز

۱۰۲- یک نوع برج تقطیر دو جزئی فقط یک خط تبادل (operating line) دارد. کدام یک از جملات زیر با شرایط این برج مطابقت دارد؟ (مهندسی شیمی - سراسری ۹۰)

- (۱) در این برج فقط یک محصول می‌تواند به درجه خلوص بالا برسد و محصول دوم نمی‌تواند.
(۲) ضریب فراریت این مخلوط دو تایی کوچک بوده است.
(۳) قطر این برج بسیار بزرگ بوده است.
(۴) این برج فقط آزنوتروپ داشته است.

۱۰۳- یک برج تقطیر اتمسفریک ساخته شده، با ۸ سینی غربالی، یک دیگ جوش و یک کندانسور کامل موجود است. در شرایط یکسان، کدام یک از مخلوط‌های زیر در این برج بهتر تفکیک می‌شوند؟ (مهندسی شیمی - سراسری ۹۰)

- (۱) آب و اتانول
(۲) آب و آمونیاک
(۳) آب و اسید استیک
(۴) بنزن و تولوئن

۱۰۴- فاصله سینی‌ها در ستون‌های تماس پیوسته گاز - مایع به چه کمیتی بستگی دارد؟ (مهندسی شیمی بیوتکنولوژی - سراسری ۹۰)

- (۱) ارتفاع ستون
(۲) قطر ستون
(۳) قطر و ارتفاع ستون
(۴) ارتفاع، قطر و نوع سامانه شیمیایی مایع و گاز

۱۰۵- در برج سینی‌دار پدیده weeping در کدام یک از حالات زیر ممکن است رخ دهد؟ (مهندسی شیمی بیوتکنولوژی - سراسری ۹۰)

- (۱) دبی خیلی زیاد گاز
(۲) دبی خیلی زیاد مایع
(۳) دبی خیلی زیاد مایع و دبی کم گاز
(۴) دبی زیاد گاز و دبی خیلی کم مایع

۱۰۶- در فرآیند تقطیر، ثابت تعادل به چه عامل یا عواملی بستگی دارد؟ (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

- (۱) دما
(۲) فشار
(۳) فشار و دما
(۴) دما، فشار و غلظت

۱۰۷- در یک سیستم مشخص گاز - مایع، در شرایط یکسان، افت فشار در کدام برج کمترین مقدار خود را خواهد داشت؟ (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

- (۱) پر شده منظم
(۲) پر شده نامنظم
(۳) سینی‌دار مشبک
(۴) سینی‌دار کلاهکی

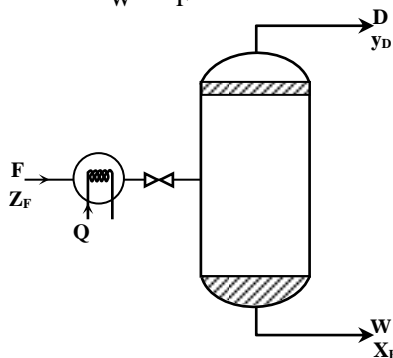
پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱- گزینه «۳» فراریت نسبی یا α بصورت $\alpha = \frac{(y/x)_A}{(y/x)_B}$ تعریف می‌شود در صورتی که α به ازاء همه مقادیر X و y ثابت باشد می‌توان نوشت:

$$y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x}$$

در تقطیر ناگهانی (Flash vaporization) با نوشتن موازنه جرم کلی و جزیی رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$-\frac{W}{D} = \frac{y_D - z_F}{x_W - z_F}$$



در این رابطه کلیه جزء مولی‌ها برای جز فرارتر است. چون دو مجهول y_D و x_W وجود دارد، معادله دیگری نیاز است که همان رابطه تعادلی بین X و y خواهد بود.

رابطه بالا در واقع یک خط با شیب $-\frac{W}{D}$ می‌باشد که از دو نقطه

(z_F, z_F) و (x_W, y_D) می‌گذرد.

$$\alpha = 2, \quad W = 50 \frac{\text{mol}}{\text{hr}}, \quad D = 50 \frac{\text{mol}}{\text{hr}}, \quad z_F = 0.6$$

در این سؤال داده‌ها عبارتند از:

$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} y &= \frac{2x}{1 + (2-1)x} = \frac{2x}{1+x} \\ -\frac{50}{50} &= \frac{y - 0.6}{x - 0.6} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{تلاقی دو منحنی}$$

$$x = 0.52; \quad y = 0.68$$

چون خروجی‌ها در حال تعادل هستند از محل تلاقی دو منحنی مقابل X و y به دست می‌آید:

۲- گزینه «۴» سه نوع راندمان برای سینی‌ها تعریف می‌شود:

$$1) \text{ Overall Column Efficiency: } E_o = \frac{N_{\text{ideal}}}{N_{\text{real}}} < 1$$

که N_{ideal} تعداد سینی ایده‌آل و N_{real} تعداد سینی حقیقی است و این نسبت همیشه کمتر از یک است.

$$2) \text{ Murphree Tray Efficiency: } E_{MG} = \frac{y_n - y_{n+1}}{y_n^* - y_{n+1}}, \quad y_n^* = f(x_n)$$

که y_n^* کسر مولی فاز بخار در حال تعادل با کسر مولی فاز مایع خروجی از سینی n ام یعنی x_n است.

نکته: در سینی ایده‌آل، خروجی‌ها در تعادل هستند یعنی $y_n^* = y_n$ و بنابراین $E_{MG} = 1$ می‌باشد.

تذکر: اشکال راندمان مورفری این است که در بعضی از مواقع، ممکن است بیشتر از یک باشد.

$$3) \text{ Local Efficiency: } E_{oG} = \frac{y - y_{n+1}}{y^* - y_{n+1}}, \quad y^* = f(x)$$

$$\alpha = 4 \Rightarrow y = \frac{4x}{1 + 3x}$$

برای این سؤال از تعریف دوم استفاده می‌کنیم:

$$(n) \quad \begin{array}{c} \uparrow y_n = 0.9 \quad x_{n-1} = 0.85 \\ \downarrow y_{n+1} = 0.8 \quad x_n = x_{\text{out}} = 0.8 \end{array} \quad y_n^* = f(x_{\text{out}}) = \frac{(4)(0.8)}{1 + (3)(0.8)} = 0.94 \Rightarrow E_{MG} = \frac{0.9 - 0.8}{0.94 - 0.8} = 0.71$$



۳- گزینه «۱» در برج تقطیر تلاقی دو خط تبادل بالا و پایین برج بهترین محل ورود خوراک است.

$$\frac{F}{H_F} \rightarrow \left| \begin{array}{c} \downarrow L \\ H_L \\ \downarrow L \\ H_L \end{array} \right| \begin{array}{c} \uparrow V \\ H_V \\ \uparrow V \\ H_V \end{array} \left| \begin{array}{c} \bar{L}-L \\ H_V-H_F \\ H_V-H_L \end{array} \right| = q$$

با در نظر گرفتن سینی خوراک و نوشتن موازنه جرم و انرژی حول آن، معادله زیر به دست می‌آید:

که H_V ، H_L ، H_F به ترتیب آنتالپی خوراک، مایع و بخار، F شدت جریان خوراک و L و \bar{L} شدت جریان مایع به ترتیب بالا و پایین سینی خوراک هستند. q عبارت است از انرژی لازم جهت تبخیر یک مول خوراک تقسیم بر گرمای نهان تبخیر خوراک، که تعیین کننده حالت خوراک است. (شرایط خوراک با شرایط سینی ورود خوراک تقریباً یکسان است). حالت‌های مختلف زیر برای خوراک وجود دارد: (T_b دمای حباب و T_d دمای شبنم)

۱) Cold feed (خوراک سرد) : $T < T_b \Rightarrow q > 1$

۲) Saturation liquid (مایع اشباع) : $T = T_b \Rightarrow q = 1$

۳) Vapor-Liquid (بخار مایع) : $T_b < T < T_d \Rightarrow 0 < q < 1$ (در این حالت q برابر کسر مولی مایع در خوراک است)

۴) Saturation Vapor (بخار اشباع) : $T = T_d \Rightarrow q = 0$

۵) Superheated Vapor (بخار فوق اشباع) : $T > T_d \Rightarrow q < 0$

$$y = \frac{q}{q-1}x - \frac{Z_f}{q-1}$$

هم‌چنین خط خوراک (Feed Line) یا q -Line عبارتست از:

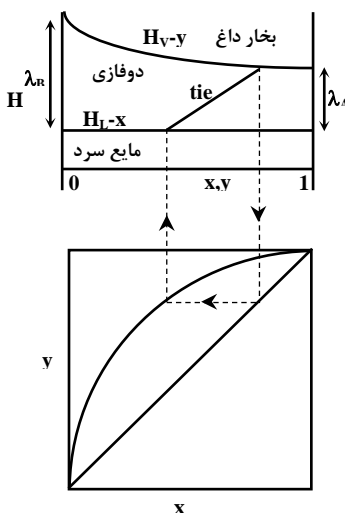
این خط مکان هندسی محل تلاقی دو خط تبادل بالا و پایین برج تقطیر است که با داشتن نقطه (Z_f, Z_f) و شیب $\frac{q}{q-1}$ رسم می‌شود. با توجه به

$$\begin{cases} y = 2x - 0.1 \\ y = 0.6x + 0.32 \end{cases} \xrightarrow{\text{تلاقی دو خط}} \begin{cases} x = 0.3 \\ y = 0.5 \end{cases}, Z_f = 0.5$$

توضیحات بالا محل ورود خوراک، محل تلاقی دو خط تبادل است:

$$0.5 = \frac{q}{q-1}(0.3) - \frac{0.5}{q-1} \Rightarrow q = 0 \Rightarrow \text{خوراک بخار اشباع}$$

با قرار دادن این مقادیر در خط خوراک خواهیم داشت:



۴- گزینه «۴» وقتی که نمودار H_{xy} استفاده می‌شود در واقع از روش پانچون - ساواریت (panchon - savarit) استفاده شده است. برای رسم نمودار نمودار H_{xy} ، در هر x و t_b (دمای حباب)، H_L مربوطه را به دست آورده و نمودار $H_L x$ رسم می‌شود و هم‌چنین در هر y (t_d دمای شبنم)، H_V را بدست آورده و نمودار $H_V y$ رسم می‌شود. برای رسم خطوط tie نیز از منحنی xy مطابق شکل مقابل استفاده می‌شود. با توجه به شکل گزینه (۴) صحیح است.

۵- گزینه «۱»

$$R = 5 \text{ و } B = 80 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}, D = 20 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}, F = 100 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}$$

داده‌های مسئله عبارتند از:

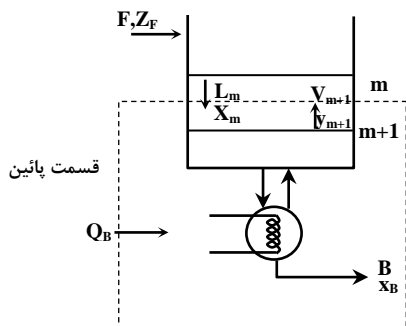
$$V_{m+1} = L_m - B$$

موازنه جرم برای قسمت پائین برج عبارتست از:

$$\begin{cases} V_{m+1} = V_m = V_{m-1} = \dots = \bar{V} \\ L_{m+1} = L_m = L_{m-1} = \dots = \bar{L} \end{cases}$$

با فرض جریان مولی ثابت در سینی‌ها خواهیم داشت:

با توجه به اینکه خوراک به صورت بخار اشباع وارد می‌شود شدت جریان مولی مایع در کل برج ثابت فرض می‌شود، یعنی $\bar{L} = L$



$$R = \frac{L}{D} = \Delta \Rightarrow L = \bar{L} = \Delta D = L_m$$

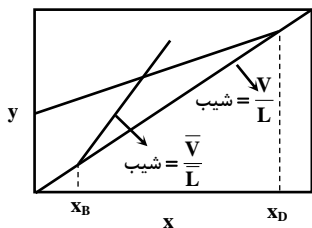
$$\Rightarrow V_{m+1} = L_m - B = \Delta D - B = \Delta(\tau_0) - \lambda_0 = \tau_0 \frac{\text{kmole}}{\text{hr}}$$

۶- گزینه «۲» در یک برج تقطیر خطوط تبدالی بالا و پایین برج عبارتند از:

$$\text{برج بالای برج: } y_{n+1} = \frac{L}{V} x_n + \frac{DX_D}{V} = \frac{L}{L+D} x_n + \frac{DX_D}{L+D} = \frac{R}{R+1} x_n + \frac{X_D}{R+1}$$

$$\text{برج پائین برج: } y_{m+1} = \frac{\bar{L}}{V} x_m - \frac{BX_B}{V} = \frac{\bar{L}}{\bar{L}-B} x_m - \frac{BX_B}{\bar{L}-B}$$

از مقایسه خطوط داده شده در سؤال با خطوط بالا و پایین برج مشخص می‌شود که خط $y = 0.6x + 0.32$ مربوط به بالای برج و خط $y = 2x - 0.1$ مربوط به پائین برج است. همچنین با رسم خطوط تبادل در منحنی xy (روش مک کیب)، محل تلاقی خط بالای برج با خط $y = x$ ، x_D است و محل تلاقی خط پائین برج با خط $y = x$ ، x_B می‌باشد. پس خواهیم داشت:



$$\begin{cases} y = 0.6x + 0.32 \\ y = x \end{cases} \Rightarrow x_D = 0.8$$

$$\begin{cases} y = 2x - 0.1 \\ y = x \end{cases} \Rightarrow x_B = 0.1$$

۷- گزینه «۳» حالت جریان برگشتی کامل یا Total Reflux زمانی است که $R = \frac{L}{D} = \infty$ باشد یعنی $D = 0$ است عبارت دیگر از بالای برج هیچ

محصولی خارج نمی‌شود و کلاً از برج هیچ محصولی خارج نمی‌شود و برج در حالت Circulation است. البته جداسازی انجام می‌شود. در حالت جریان برگشتی کامل، خطوط تبادل روی خط $y = x$ قرار می‌گیرند و در این حالت می‌توان حداقل تعداد سینی را تعیین کرد. همچنین در حالت جریان برگشتی کامل، موازنه جرم زمانی برقرار است که $F = B = 0$ یعنی در این حالت هیچ خوراکی وارد نمی‌شود که دما و غلظت آن بخواهد روی تعداد سینی‌های تئوری برج تأثیر گذار باشد.

۸- گزینه «۴» در برج تقطیر از بالا به پائین، غلظت جز فرار کمتر می‌شود یعنی:

$$\begin{cases} y_1 > y_2 > \dots > y_n > y_{n-1} > \dots > y_N \\ x_1 > x_2 > \dots > x_n > x_{n-1} > \dots > x_N \end{cases} \quad (\text{سینی شماره ۱ بالاترین سینی است})$$

همچنین بهترین حالت این است که غلظت خوراک ورودی با غلظت مواد در سینی ورودی خوراک برابر باشند. بنابراین خوراکی که جز فرارتری دارد را در محل بالاتری وارد می‌کنیم.

در مورد خوراک II که بصورت مایع اشباع وارد می‌شود جر مولی جز فرارتر در فاز بخار خواهد بود:

$$y_2 = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x} = \frac{2/5 x}{1 + 1/5 x} \Rightarrow y_2 = \frac{(2/5)(0/45)}{1 + (1/5)(0/45)} = 0/67$$

با توجه به اینکه $y_2 > y_1$ است پس باید خوراک II بالاتر از خوراک I وارد شود.

راه دیگر این است که بجای محاسبه جز مولی جز فرارتر در فاز بخار، جز مولی جز فرارتر در فاز مایع مربوط به خوراک I محاسبه شود:

$$y = \frac{2/5 x_1}{1 + 1/5 x_1} \Rightarrow 0/6 = \frac{2/5 x_1}{1 + 1/5 x_1} \Rightarrow x_1 = 0/38$$

۹- گزینه «۳» در کندانسور کامل، آنتالپی مایع برگشتی (H_D) با آنتالپی مایع روی سینی اول (H_C) برابر است. با نوشتن موازنه جرم کلی و انرژی حول کندانسور خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} \text{موازنه جرم: } V_1 = L_C + D \\ \text{موازنه انرژی: } V_1 H_{V1} = L_C H_D + D H_D + Q_C \\ R = \frac{L_C}{D} \end{array} \right\} \Rightarrow Q_C = (R+1)D(H_{V1} - H_D)$$

با توجه به اینکه کندانسور بخار اشباع را به مایع اشباع تبدیل می‌کند، $H_{V1} - H_D = \lambda_D$ خواهد بود که λ_D گرمای نهان تبخیر مولی محصول بالای برج است.

$$Q_C = (R+1)D\lambda_D \Rightarrow \frac{Q_C}{D} = (R+1)\lambda_D = (2+1)(4000) = 12000 \frac{\text{kJ}}{\text{kmole}}$$

۱۰- گزینه «۲» بنزن در فاز بخار، در حال تعادل با مایع باقیمانده در ظرف تقطیر (بنزین) است یعنی y_D در حال تعادل با $x_W = 0/3$ می‌باشد.

$$\alpha = 2/5 \Rightarrow y_D = \frac{\alpha x_W}{1 + (\alpha - 1)x_W} \Rightarrow y_D = \frac{(2/5)(0/3)}{1 + (1/5)(0/3)} = 0/517$$

با گذشت زمان غلظت مولی بنزن در فاز بخار (y_D) افزایش یافته و از میزان آن در فاز مایع کاسته می‌شود، به عبارت دیگر با گذشت زمان غلظت متوسط بخار ($y_{D,ave}$) از غلظت لحظه‌ای ($y_D = 0/517$) بیشتر می‌شود.

راه حل دیگر: در تقطیر دیفرانسیلی همیشه رابطه زیر برقرار است (با شرط α ثابت):

$$\frac{\alpha x_W}{1 + (\alpha - 1)x_W} < y_{D,ave} < \frac{\alpha x_F}{1 + (\alpha - 1)x_F}, \quad x_F = 0/5, x_W = 0/3, \alpha = 2/5 \Rightarrow 0/517 < y_{D,ave} < 0/714$$

۱۱- گزینه «۳» در برج تقطیر در حالت معمولی یعنی خروجی مواد از بالا و پائین برج و وجود یک خوراک، دو خط تبادل (بالا و پائین برج) وجود دارد، بازای هر محل ورود خوراک اضافی یا اضافه شدن یک جریان جانبی (Side Stream)، یک خط تبادل اضافه می‌شود. یعنی برای برج با سه خوراک چهار خط تبادل داریم.

با توجه به این توضیحات به جزء دو جریان خروجی در بالا و پائین برج، سه جریان دیگر وجود دارد، پس گزینه‌های ۲ و ۳ می‌تواند درست باشد. برای پیدا

کردن جواب صحیح به تغییرات در شیب خطوط تبادل توجه می‌کنیم. در حالت کلی شیب خط تبادل برابر $\frac{L_n}{V_{n+1}}$ می‌باشد. شیب خط تبادل دوم نسبت

به شیب خط تبادل اول کم شده است، این بدین معنی است که L_n از بالای برج تا محل تلاقی خط دوم و سوم کم شده است، یعنی یک جریان خروجی وجود دارد که همان جریان جانبی است.

شیب خط سوم نسبت به خط دوم دوباره افزایش پیدا می‌کند که این به معنی افزایش جریان مایع و در نتیجه وجود یک جریان ورودی که همان خوراک دوم است، می‌باشد. پس این برج دارای یک خوراک ورودی اضافی و یک جریان جانبی است. بنابراین در کل برج، ۲ خوراک و یک جریان جانبی وجود دارد.

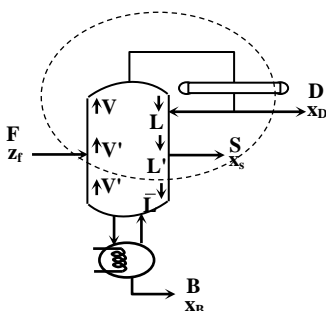
۱۲- گزینه «۲» موازنه جرم برای تبخیر کننده ناگهانی یا تقطیر کننده تعادلی به صورت زیر است:

$$\left. \begin{array}{l} F = D + W \\ Z_F F = D y_D + W x_W \\ D = 0/25F \Rightarrow W = 0/75F \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{-W}{D} = \frac{y_D - Z_F}{x_W - Z_F} \\ y_D = 1/75 x_W \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_W = 0/126 \\ y_D = 0/22 \end{array} \right.$$

۱۳- گزینه «۱» اگر جریان جانبی داشته باشیم، موازنه جرم بین جریان جانبی و قسمت بالایی برج خواهد بود:

$$\left\{ \begin{array}{l} V' = L' + S + D \\ V' y_{n+1} = L' x_n + S x_s + D x_D \end{array} \right. \Rightarrow y_{n+1} = \frac{L'}{V'} x_n + \frac{S x_s + D x_D}{V'}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} L' = L - S \\ V' = V \end{array} \right.$$



$$\left. \begin{aligned} D &= 4 \frac{\text{kmole}}{\text{S}} \\ R &= \frac{L}{D} = 2/1 \Rightarrow L = (2/1)(4) = 8/4 \frac{\text{kmole}}{\text{S}} \\ S &= 3 \frac{\text{kmole}}{\text{S}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} L' &= 8/4 - 3 = 5/4 \frac{\text{kmole}}{\text{S}} \\ V' &= 5/4 + 2 + 4 = 12/4 \frac{\text{kmole}}{\text{S}} \\ \text{Slop} &= \frac{L'}{V'} = \frac{5/4}{12/4} = 0/43 \end{aligned}$$

۱۴- گزینه «۴» تقطیر به روش دیفرانسیلی یا ساده در سیستم Batch انجام می‌شود. به دلیل تغییرات غلظت با زمان موازنه جرم به صورت دیفرانسیلی

$$\ln \frac{F}{W} = \int_{x_w}^{x_F} \frac{dx}{y-x}$$

نوشته می‌شود که پس از حل آن رابطه زیر بدست می‌آید. این رابطه به معادله Rayleigh معروف است:

W = مقدار نهایی مایع در ظرف و F = مقدار اولیه خوراک (مایع) در ظرف

$$F = 1000 \text{ mole}$$

$$x_F = 0/8$$

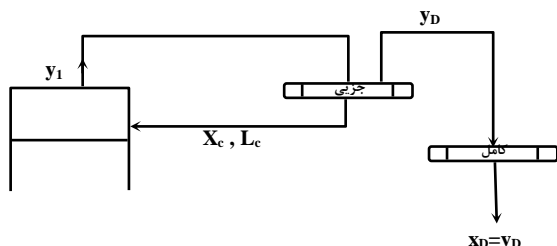
$$y = 7x$$

$$x_w = 0/2$$

$$\Rightarrow \ln \frac{1000}{W} = \int_{0/2}^{0/8} \frac{dx}{6x} \Rightarrow W = 793 \text{ mol}$$

۱۵- گزینه «۱» کندانسور جزئی مثل یک مرحله عمل می‌کند و یک پلکان را به خود اختصاص می‌دهد.

در کندانسور جزئی همه گرما گرفته نمی‌شود و محصول به صورت بخار خارج می‌شود و Reflux به صورت مایع است.



بار حرارتی کندانسور کامل: $Q_C = V\lambda' = (L+D)\lambda'$

بار حرارتی کندانسور جزئی: $Q_C = L_c\lambda'$ (محصول به صورت بخار خارج می‌شود)

$$\dot{m}_c = \frac{Q_c}{c_p(T_1 - T_2)}$$

آب مورد نیاز در کندانسور:

$$\left. \begin{aligned} \dot{m}_c &= \frac{L_c\lambda'}{c_p(T_1 - T_2)} \\ R &= \frac{L_c}{D}, D = 5 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}, R = 4 \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\Delta T = 5^\circ\text{C}} \dot{m}_c = \frac{(4)(5)(8/4 \times 10^3)}{(4/2)(5)} = 8000 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

۱۶- گزینه «۲» اگر موازنه جرم را برای قسمت‌های بالا و پائین برج بنویسیم، داریم:

$$\text{برج بالای برج: } V_{n+1}y_{n+1} = L_nx_n + Dx_D \Rightarrow V_{n+1}y_{n+1} - L_nx_n = Dx_D$$

$$\text{برج پائین برج: } V_{m+1}y_{m+1} = L_mx_m + Bx_B \Rightarrow V_{m+1}y_{m+1} - L_mx_m = Bx_B$$

خطوط تبادل بالا و پائین برج از هر یک از این دو معادله بدست می‌آیند. طرف راست هر یک از این معادلات ثابت است و طرف چپ نیز اختلاف جریان مولی بین مایع و بخار، در هر سینی می‌باشد بنابراین برای هر سینی مقدار ثابتی است. بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

۱۷- گزینه «۳» اگر خوراک به صورت فوق اشباع وارد شود، $q < 0$ خواهد بود ولی شیب خط خوراک برابر $\frac{q}{q-1}$ بوده که مثبت است و مقدار آن بین ۰ و ۱ است.

۱۸- گزینه «۱» در حالت کلی شیب خط تبادل پائین برج برابر است با:

$$\frac{\bar{L}}{\bar{V}} = \frac{L_m}{V_{m+1}}$$

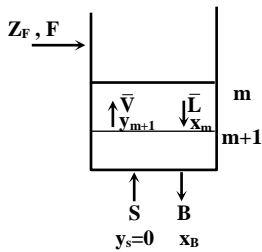
$$\frac{L_m}{V_{m+1}} = \frac{y_{m+1}}{x_m - x_w} \Rightarrow V_{m+1}y_{m+1} = L_mx_m - L_mx_w$$

از برابر قرار دادن شیب خط داده شده با مقدار بالا خواهیم داشت:

از مقایسه این رابطه با موازنه جرم جزئی حول قسمت پائین برج خواهیم داشت:

$$V_{m+1}y_{m+1} = L_mx_m - Bx_m$$

می‌بینیم که L_m و B برابر هستند که این تنها در مورد سیستم بخار باز صحیح است. این سیستم زمانی استفاده می‌شود که یکی از اجزای مخلوط دو جزئی آب باشد که در این صورت بجای استفاده از جوش‌آور می‌توان بخار آب را مستقیماً وارد برج کرد و هزینه را کاهش داد. (شکل زیر)



$$\text{موازنه کلی} \begin{cases} \bar{L} = B \\ \bar{V} = S \end{cases}$$

$$\text{موازنه جزئی} \quad \bar{V}y_{m+1} = \bar{L}x_m - Bx_B$$

$$\Rightarrow y_{m+1} = \frac{\bar{L}}{\bar{V}}x_m - \frac{Bx_B}{\bar{V}} \Rightarrow y_{m+1} = \frac{B}{S}x_m - \frac{Bx_B}{S}$$

خط تبادل پائین برج در سیستم بخار باز

۱۹- گزینه «۲» مختصات H_{xy} در برج تقطیر مربوط به روش پانچون - ساواریت است. در این روش نیز مانند روش مک کیب در حالت معمول یعنی یک خوراک و دو خروجی در بالا و پائین، دو قطب وجود دارد (در روش مک کیب دو خط تبادل وجود دارد). با اضافه شدن هر خوراک یا جریان جانبی، یک قطب اضافه خواهد شد. در این حالت که ۴ قطب وجود دارد، یعنی علاوه بر خوراک اولیه، دو جریان دیگر نیز وجود دارد که در مجموع سه جریان خوراک یا جریان جانبی داریم. در بین گزینه‌ها تنها گزینه ۲ صحیح است. (البته می‌توان ۲ جریان جانبی و یک خوراک نیز داشت)

$$y = \frac{q}{q-1}x - \frac{Z_F}{q-1}$$

۲۰- گزینه «۳» معادله خط خوراک برابر است با:

با برابر قرار دادن شیب خط خوراک داده شده و عرض از مبدأ آن با این خط خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \frac{q}{q-1} = -1/5 \Rightarrow q = 6 \Rightarrow 0 < q < 1 \Rightarrow \text{خوراک دو فازی است و شامل } 60\% \text{ مایع می‌باشد.} \\ \frac{Z_F}{q-1} = -1 \Rightarrow Z_F = 0/4 \Rightarrow \text{خوراک شامل } 40\% \text{ جز فرارتر می‌باشد.} \end{cases}$$

۲۱- گزینه «۱» مهم‌ترین حالت ترمودینامیکی برای جریان برگشتی این است که در نقطه حباب وارد برج شود. اما معمولاً پائین‌تر از دمای حباب وارد برج می‌شود، که این امر بخاطر این است که مطمئن شویم که در کندانسور تمام بخارات به مایع تبدیل شده‌اند. به این حالت جریان برگشتی سرد یا cold Reflux گویند. این امر باعث می‌شود که مقداری از بخارات بالای برج بدلیل سرد بودن جریان برگشتی وارد فاز مایع شوند، یعنی در بالای برج $L > L_c$, $V_1 < V$ خواهد بود. مقدار حرارت لازم برای رسیدن مایع برگشتی به نقطه حباب برابر است با:

$$V = \frac{L_c C_{pc}(T_{bc} - T_c)}{\lambda_c}, \quad L = L_c + V \Rightarrow L \neq L_c$$

که این مقدار حرارت را از بخار می‌گیرد (از گرمای نهان بخار)، بنابراین داریم:

$$R = \frac{L_c}{D} \neq \frac{L}{D}$$

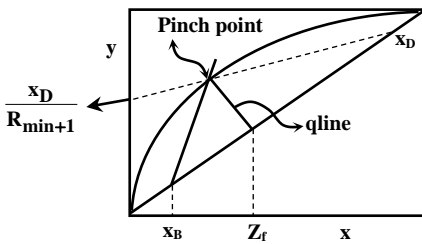
پس نسبت جریان برگشتی یا R به صورت روبرو خواهد بود:

بنابراین بجای R , R' یا نسبت برگشتی ظاهری را تعریف می‌کنیم، که خواهیم داشت:

$$R' = \frac{L}{D}, \quad L = L_c + \frac{L_c C_{pc}(T_{bc} - T_c)}{\lambda_c} \Rightarrow R' = R \left[1 + \frac{C_{pc}(T_{bc} - T_c)}{\lambda_c} \right] \Rightarrow R' > R$$

$$y_{n+1} = \frac{R'}{R'+1}x_n + \frac{x_D}{R'+1}$$

در این حالت رابطه خط تبادل نیز برحسب R' تعریف می‌شود:



۲۲- گزینه «۳» حداقل نسبت جریان برگشتی، زمانی است که تعداد سینی‌ها بی‌نهایت باشد. در این حالت جریانهای تبدالی به تعادل می‌رسند و نیروی محرکه صفر می‌شود و لذا جداسازی و تغییر غلظت نداریم. در واقع در این مورد خطوط تبادل روی منحنی تعادل با هم تلاقی می‌کنند. به این نقطه، pinch point گویند (مطابق شکل) با توجه به اینکه خوراک بخار اشباع است ($q = 0$) خواهیم داشت:

$$q\text{-line: } y = \frac{q}{q-1}x - \frac{Z_F}{q-1} \Rightarrow y = \frac{1}{2} \text{ (خط خوراک)}$$

از تلاقی خط خوراک با منحنی تعادلی داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = 3 \Rightarrow y = \frac{3x}{1+(3-1)x} = \frac{3x}{1+2x} \\ y = \frac{1}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1}{4}$$

$$y = \frac{R_{\min}}{1+R_{\min}}x + \frac{x_D}{1+R_{\min}}$$

خط خوراک بالای برج در حالت حداقل جریان برگشتی خواهد بود:

$$\frac{1}{2} = \frac{R_{\min}}{1+R_{\min}} \left(\frac{1}{4}\right) + \frac{0/9}{1+R_{\min}} \Rightarrow R_{\min} = 1/6$$

با قرار دادن $x = \frac{1}{4}$ ، $y = \frac{1}{2}$ در این خط داریم:

۲۳- گزینه «۳» منظور از بخش غنی سازی، قسمت بالای برج است. خط عملیاتی بالای برج عبارتست از:

$$y_{n+1} = \frac{R}{1+R}x_n + \frac{x_D}{R+1} \Rightarrow \text{Slop} = \frac{R}{1+R}$$

پس با کاهش نسبت جریان برگشتی (R) شیب خط عملیاتی، کاهش می‌یابد و در این حالت خط عملیاتی به منحنی تعادل نزدیک‌تر می‌شود و در نتیجه تعداد سینی‌های لازم افزایش می‌یابد. به طوری که، در حداقل جریان برگشتی (R_{\min})، تعداد سینی‌ها بی‌نهایت می‌شود و این جایی است که Pinch Point داریم.

۲۴- گزینه «۱» با توجه به اطلاعات مسأله، چون تفکیک صد در صد داریم یعنی در بالای برج $x_D = 1$ و در پائین برج $x_B = 0$ می‌باشد. همچنین

خوراک بصورت مایع اشباع وارد می‌شود، پس $q = 1$ خواهد بود و در نتیجه شیب خط خوراک یعنی $\frac{q}{q-1}$ برابر بی‌نهایت خواهد شد. پس معادله خوراک

به صورت $x = Z_{AF}$ خواهد بود. از طرف دیگر همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در مورد حداقل جریان برگشتی، نقطه pinch داریم و خطوط تبادل بالا و پائین برج و خط خوراک روی منحنی تعادل، تلاقی دارند. بنابراین نقطه $x = Z_{AF}$ در منحنی تعادل صدق می‌کند و مقدار y محل تلاقی سه خط مذکور را خواهد داد، که بخاطر نقطه pinch آنرا با y_p نشان می‌دهیم.

$$\alpha = \text{ثابت} \Rightarrow y = \frac{\alpha x}{1+(\alpha-1)x} \Rightarrow y_p = \frac{\alpha Z_{AF}}{1+(\alpha-1)Z_{FA}}$$

با داشتن دو نقطه از خط تبادل بالای برج، شیب آن خواهد بود:

$$(I) \left\{ \begin{array}{l} x_D = 1 \\ y_D = 1 \end{array} \right. ; (II) \left\{ \begin{array}{l} x_p = Z_{AF} \\ y_p = \frac{\alpha Z_{AF}}{1+(\alpha-1)Z_{AF}} \end{array} \right. \Rightarrow \text{Slop} = \frac{y_D - y_p}{x_D - x_p} = \frac{1 - \frac{\alpha Z_{AF}}{1+(\alpha-1)Z_{AF}}}{1 - Z_{AF}} = \frac{1}{1+(\alpha-1)Z_{AF}} \quad (I)$$

$$y = \frac{R}{1+R}x + \frac{x_D}{R+1}$$

شکل دیگر از معادله خط تبادل بالای برج برحسب R عبارتست از:

$$(II) \frac{R_{\min}}{1+R_{\min}}$$

که اگر جریان برگشتی حداقل باشد شیب آن خواهد بود:

$$(I) = (II) \Rightarrow \frac{1}{1+(\alpha-1)Z_{AF}} = \frac{R_{\min}}{1+R_{\min}} \Rightarrow R_{\min} = \frac{1}{(\alpha-1)Z_{AF}}$$

۲۵- گزینه «۱» رابطه مربوط به تقطیر دیفرانسیلی در فرآیند ناپیوسته، به صورت مقابل است (رابطه Ray liegh):

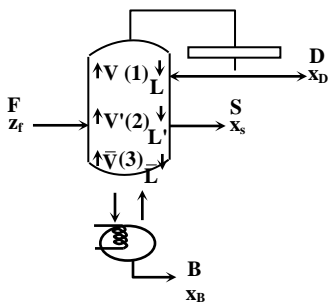
$$\ln \frac{F}{W} = \int_{x_w}^{x_F} \frac{dx}{y-x}$$

در حالت خاصی که α ثابت باشد، این انتگرال به صورت تحلیلی قابل حل است:

$$\alpha = \text{ثابت} \Rightarrow y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x} \Rightarrow \ln \frac{F x_F}{W x_w} = \alpha \ln \frac{F(1-x_F)}{W(1-x_w)}$$

$$\left. \begin{array}{l} F = 100 \text{ kmole} \\ x_F = 0/6 \\ w = 40 \text{ kmole} \\ x_w = 0/1 \end{array} \right\} \Rightarrow \ln \frac{(100)(0/6)}{(40)(0/1)} = \alpha \ln \frac{100(1-0/6)}{40(1-0/1)} \Rightarrow \alpha = 25/8 \approx 26$$

۲۶- گزینه «۴» شکل شماتیک برج به صورت زیر است:



خط تبادل بالای برج:

$$y_{n+1} = \frac{L}{V} x_n + \frac{D}{V} x_D = \frac{R}{1+R} x_n + \frac{x_D}{1+R}$$

موازنه جرم حول قسمت جریان جانبی و بالای برج:

$$\begin{cases} V' = L' + S + D \\ V' y_{n+1} = L' x_n + S x_s + D x_D \end{cases}$$

$y_{n+1} = \frac{L'}{V'} x_n + \frac{S x_s + D x_D}{V'}$, $V' = V, L' = L - S$ (منطقه ۲)

شیب خط تبادل میانی برج: $\frac{L'}{V'} = \frac{L'}{L' + S + D}$

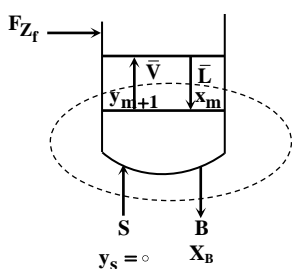
$$\left. \begin{array}{l} R = 2, R = \frac{L}{D} \\ D = 20 \frac{\text{kmol}}{\text{S}} \\ S = 5 \frac{\text{kmol}}{\text{S}} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} L = 40 \frac{\text{kmole}}{\text{S}} \\ L' = 40 - 5 = 35 \frac{\text{kmole}}{\text{S}} \\ V' = 35 + 5 + 20 = 60 \frac{\text{kmole}}{\text{S}} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Slop} = \frac{35}{60} = \frac{7}{12}$$

۲۷- گزینه «۲» معادله خط خوراک برابر است با:

$$\left\{ \begin{array}{l} y = \frac{q}{q-1} x - \frac{Z_F}{q-1} \\ y = 0/75x + 1/5 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{q}{q-1} = 0/75 \Rightarrow q = -3 < 0$$

وقتی که q منفی باشد خوراک به صورت بخار سوپر هیت می‌باشد.

توجه: در معادله داده شده، عرض از مبدأ $1/5$ داده شده که در این صورت $Z_F = 6$ می‌شود که اشتباه است.



۲۸- گزینه «۲» اگر یکی از اجزاء مخلوط دو جزئی (خوراک) آب باشد، می‌توان بجای جوش آور، بخار آب را

مستقیم وارد برج کرد و هزینه را کاهش داد. شکل پائین برج را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

موازنه کلی و جزئی حول کل برج خواهد بود:

موازنه کلی: $F + S = D + B$

موازنه جزئی: $F Z_F + S y_s = D x_D + B x_B \xrightarrow{y_s=0} F Z_F = D x_D + B x_B$

با فرض جریان مولی ثابت و اینکه بخار بصورت اشباع وارد می‌شود، موازنه کلی و جزئی حول قسمت خط چین خواهد بود.

$$\left. \begin{array}{l} \bar{L} = B \\ \bar{V} = S \end{array} \right\} \Rightarrow y_{m+1} = \frac{\bar{L}}{V} x_m - \frac{B x_B}{\bar{V}} = \frac{B}{S} x_m - \frac{B x_B}{S}$$

خط تبادل پائین برج در صورت استفاده از بخار مستقیم

موازنه کلی: موازنه جزئی: $\bar{V} y_{m+1} = \bar{L} x_m - B x_B$

$$y = x = \frac{B}{B-S} x_B$$

نقطه (x_B, \circ) روی این خط قرار دارد و محل تلاقی آن با خط $y = x$ می‌شود:

با توجه به صورت سؤال، خوراک بخار اشباع است، پس $q = \circ$ می‌شود، بنابراین خط خوراک $y = Z_F = \circ/6$ خواهد بود. که این مقدار در محل تلاقی دو خط بالا و پائین برج نیز صادق است:

$$y = \circ/75x + \circ/225 \xrightarrow{y=\circ/6} \circ/6 = \circ/75x + \circ/225 \Rightarrow x = \circ/5$$

با داشتن دو نقطه از خط تبادل پائین برج یعنی $(\circ/5, \circ/6)$ و $(\circ/1, \circ)$ معادله آن خواهد بود:

$$(y - \circ) = \frac{\circ/6 - \circ}{\circ/5 - \circ/1} (x - \circ/1) \Rightarrow y = 1/5x - \circ/15$$

راه‌حل ساده‌تر: با توجه به اینکه محل تلاقی دو خط بالا و پائین نقطه $(\circ/5, \circ/6)$ است، از تساوی قرار دادن این دو خط در این نقطه مقدار شیب خط پایین برج یا $\frac{B}{S}$ ، برابر $1/5$ می‌شود که فقط در گزینه ۲ دیده می‌شود.

$$\left. \begin{array}{l} y = \circ/75x + \circ/225 \\ y = \frac{B}{S}x - \frac{B}{S}x_B \\ (x, y) = (\circ/5, \circ/6), x_B = \circ/1 \end{array} \right\} \Rightarrow (\circ/75)(\circ/5) + \circ/225 = \left(\frac{B}{S}\right)(\circ/5) - \frac{B}{S}(\circ/1) \Rightarrow \frac{B}{S} = 1/5$$

۲۹- گزینه «۱» وجود کندانسور جزئی و جوش آور هر کدام موجب افزایش یک مرحله تئوری می‌شود، پس تعداد کل مراحل تئوری $4+2=6$ می‌شود. در حالت حداقل تعداد سینی تئوری، $R = \infty$ خواهد بود. برای پیدا کردن حداقل سینی، کافی است از x_D تا x_B ، بین خط $y = x$ و منحنی تعادل، پلکان رسم کرد. در مواردی که α یا ضریب فراریت، تقریباً ثابت باشد، حداقل تعداد سینی را می‌توان از معادله فنسک (Fenske) حساب کرد. این معادله برای

$$\text{برج در حالت کندانسور کامل و جزئی به صورت زیر است: } N_m + 1 = \frac{\log\left[\frac{x_D(1-x_w)}{x_w(1-x_D)}\right]}{\log(\alpha)}$$

$$N_m + 2 = \frac{\log\left[\frac{y_D(1-x_w)}{x_w(1-y_D)}\right]}{\log \alpha} \Rightarrow 4+2 = \frac{\log\left[\frac{\circ/9(1-\circ/1)}{\circ/1(1-\circ/9)}\right]}{\log \alpha} \Rightarrow \alpha = 2/\circ.8 = 2$$

۳۰- گزینه «۳» معادله خط تبادل میانی برج در حالت وجود جریان جانبی (بین خوراک و محصول جانبی)، خواهد بود:

$$y_{n+1} = \frac{L'}{V'} x_n + \frac{Sx_s + Dx_D}{V'}$$

$$y = x = \frac{Sx_s + Dx_D}{S + D}$$

محل تلاقی این خط با خط $y = x$ برابر است با:

پس طبق اطلاعات مسأله خواهیم داشت:

$$\left\{ \begin{array}{l} S = D \\ y = x = \circ/7 \Rightarrow y = \frac{S(x_s + x_D)}{2S} \Rightarrow \circ/7 = \frac{x_s + \circ/9}{2} \Rightarrow x_s = \circ/5 \\ x_D = \circ/9 \end{array} \right.$$

$$y = \frac{q}{q-1} x - \frac{Z_f}{q-1} = \circ/5x + \circ/25$$

۳۱- گزینه «۴» معادله خط خوراک عبارتست از:

$$\Rightarrow \frac{q}{q-1} = \circ/5 \Rightarrow q = -1 \Rightarrow \text{خوراک دو فازی} \quad \frac{Z_f}{q-1} = \circ/25 \Rightarrow Z_f = \circ/5$$

۳۲- گزینه «۱» در حالتی که خوراک به صورت مایع سرد است، شدت جریان بخار تا قبل از خوراک یعنی پائین خوراک (\bar{V}) بیشتر از مقدار آن در قسمت بالای خوراک است ($\bar{V} > V$) شدت جریان مایع پائین خوراک (\bar{L})، تقریباً برابر $L + F$ یا کمی بیشتر است. در حالت مایع اشباع، شدت جریان بخار قبل و بعد از خوراک با هم برابرند یعنی $\bar{V} = V$ و $\bar{L} = L + F$ می‌باشد. پس شیب خط پائین برج ($\frac{\bar{L}}{\bar{V}}$) در حالت مایع سرد کمتر شده و یا این خط از منحنی تعادل دورتر می‌شود، بنابراین تعداد مراحل در حالتی که خوراک مایع سرد باشد، نسبت به مایع اشباع کمتر خواهد بود. همچنین چون که در حالت مایع سرد، $\bar{L} > L$ ، $\bar{V} > V$ می‌باشد، پس قطر قسمت پائین برج یا قسمت دفع، در این حالت بیشتر است.

نکته ۱- قسمت بالای خوراک به منظور خالص سازی بخار است. یعنی جز سنگین تر توسط جریان برگشتی جذب می‌شود و این جریان جذب جزء B را انجام می‌دهد. قسمت پائین خوراک، قسمت دفع است، زیرا هدف خالص سازی مایع است و ظاهراً جزء سبک توسط بخار برگشتی از مایع دفع می‌شود. البته در هر سینی هم عمل جذب و هم عمل دفع صورت می‌گیرد، یعنی تقطیر، عمل توأم جذب و دفع است.

نکته ۲- هر چه خوراک سردتر باشد، بهترین محل ورود خوراک، بالاتر می‌رود (سینی بالاتر). پس بهترین محل ورود خوراک به دما بستگی دارد نه به غلظت. همچنین بهترین سینی ورود خوراک، سینی هم‌دما با خوراک است نه هم غلظت خوراک. تنها وقتی که خوراک با دمای حباب وارد شود، سینی هم‌دما با خوراک همان سینی هم غلظت با خوراک است یعنی محل تلاقی خطوط تبادل همان Z_F است.

۳۳- گزینه «۱» در محاسبات مربوط به برج تقطیر علاوه بر روش مک کیب، روش پانچون - ساواریت نیز استفاده می‌شود. این روش دقیق تر از روش مک کیب بوده و فرضیات آن را ندارد. همچنین این روش، علاوه بر موازنه جرم، موازنه انرژی را نیز انجام می‌دهد و در آن از مختصات H_{xy} استفاده می‌شود. در این روش برای هر یک از خطوط بالا و پائین برج یک قطب در نظر گرفته می‌شود که در واقع هر کدام نقطه تفاضل هستند و به صورت زیر می‌باشند:

$$\Delta\rho = V_{n+1} - L_n$$

$$\Delta\omega = L_m - V_{m+1}$$

یعنی $\Delta\rho$ و $\Delta\omega$ در امتداد خطوط تبادل قرار دارند.

توجه: $\Delta\rho$ ، $\Delta\omega$ همان D و B هستند که فقط از لحاظ آنتالپی با D و B فرق دارند.

مختصات $\Delta\rho$ در نمودار H_{xy} نقطه $(x_D, H_D + \frac{Q_c}{D})$ می‌باشد که H_D ، آنتالپی جریان خروجی بالای برج است.

مختصات $\Delta\omega$ نیز نقطه $(x_B, H_D - \frac{Q_B}{B})$ است، که H_B ، آنتالپی جریان خروجی از پائین برج است.

در حالت بخار باز یا open steam، مختصات قطب برج، برابر است با: $(\frac{Bx_B}{B-S}, \frac{BH_B - SH_S}{B-S})$ که H_S آنتالپی بخار ورودی از پائین برج است.

با توجه به اطلاعات مسأله خواهیم داشت، (توجه شود که مول استون خروجی داده شده، پس ابتدا باید B یا کل جریان خروجی از پائین را حساب کنیم):

$$B = \frac{4}{0.04} = 100 \frac{\text{mole}}{\text{h}} \quad x_{\Delta\omega} = \frac{Bx_B}{B-S} = \frac{(100)(0.04)}{100-S} = 0.05 \Rightarrow S = 20 \frac{\text{mole}}{\text{h}}$$

۳۴- گزینه «۳» در حالت α ثابت برای تقطیر در دستگاه Batch معادله روبرو را خواهیم داشت:

$$\begin{cases} F = 500 \text{ kmole} , x_f = 0.6 \\ w = 10 \text{ kmole} , x_w = 0.15 \end{cases} \Rightarrow \ln \frac{(500)(0.6)}{(10)(0.15)} = \alpha \ln \frac{(500)(1-0.6)}{(10)(1-0.15)} \Rightarrow \alpha = 1/677 = 1/68$$

۳۵- گزینه «۲» در تبخیر آبی یا ناگهانی معادله خط تبادل یا خط کار به صورت روبرو است:

طبق این رابطه شیب خط تبادل منفی است، در حالی که در سؤال شیب داده شده مثبت است. بنابراین سؤال غلط است (در عمل چنین خط تبدالی با شیب مثبت برای تقطیر آبی وجود ندارد، چونکه w و D مقادیر مثبت هستند). البته از لحاظ ریاضی مسأله جواب دارد. بدین صورت که از تساوی دو خط تبادل خواهیم داشت:

$$-\frac{w}{D} = \frac{y_D - z_F}{x_w - z_F} \Rightarrow y_D = -\frac{w}{D}x_w + z_F\left(\frac{w}{D} + 1\right) \Rightarrow Z_F = 40\%$$

$$-\frac{w}{D}x_w + z_F\left(\frac{w}{D} + 1\right) = 1/5x_w - 0.2 \Rightarrow \begin{cases} \frac{w}{D} = -1/5 \\ Z_F\left(\frac{w}{D} + 1\right) = -8/2 \end{cases}$$

۳۶- گزینه «۳» اگر D کل بخارات میعان شده با غلظت y_D باشد، موازنه جرم کلی و جزیی برای تقطیر دیفرانسیلی در سیستم ناپیوسته خواهد بود:

$$F = W + D \quad \text{جزیی} \quad Fx_F = Dy_D + Wx_W$$

$$\ln \frac{Fx_F}{Wx_W} = \alpha \ln \frac{F(1-x_F)}{W(1-x_W)} = \ln \frac{F(1-x_F)}{W - Wx_W} \quad (I) \quad \text{از طرف دیگر } \alpha \text{ ثابت است پس حل معادله Rayleigh به صورت تحلیلی خواهد شد:}$$

چون که گفته شده، 5% ماده A تبخیر می‌شود، پس مقدار بخارات جز A میعان شده در سیستم یعنی Dy_D برابر $0.05Fx_F$ خواهد بود، بنابراین داریم:

$$\begin{cases} F = 100 \text{ mole} \\ x_F = 0.4 \end{cases} \quad \text{طبق موازنه جرم جزیی} \rightarrow (100)(0.4) = (0.05)(100)(0.4) + Wx_W \Rightarrow Wx_W = 20 \text{ mole}$$

$$\ln \frac{(100)(0.4)}{20} = 2/0.05 \ln \frac{(100)(1-0.4)}{W-20} \Rightarrow W = 65/4 \text{ mole} \quad \text{طبق رابطه (I) خواهیم داشت:}$$

$$Wx_W = 20 \Rightarrow x_W = \frac{20}{65/4} \approx 0.3$$

۳۷- گزینه «۱» یکسان بودن دمای سینی‌ها موجب می‌شود که مقدار حلالیت فاز گاز در فاز مایع، در تمام سینی‌ها یکسان بوده و در نتیجه نیروی محرکه انتقال جرم در سینی‌ها کم می‌شود و هر سینی مقدار انتقال جرم بسیار کمی خواهد داشت.

$$x_D = 0.95$$

۳۸- گزینه «۲» با توجه به داده‌های مسأله نمی‌توان آنرا حل کرد:

$$\left. \begin{array}{l} \text{خوراک مایع جوش: } y = \frac{R}{1+R}x + \frac{x_D}{1+R} \\ \text{خط خوراک بالای برج: } q = 1 \Rightarrow q\text{-line: } x = z_F \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{تلاقی دو خط}} y = \frac{R}{1+R}z_F + \frac{x_D}{1+R} \Rightarrow 0.5 = \frac{R}{1+R}z_F + \frac{0.95}{1+R}$$

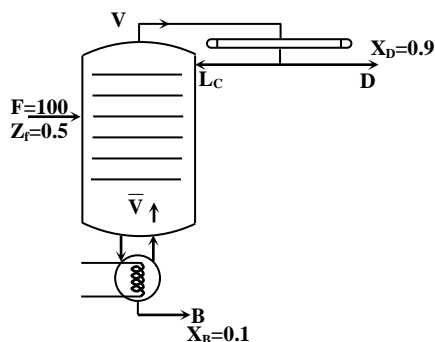
پس یک معادله و دو مجهول داریم.

در صورتی مسأله قابل حل می‌باشد که بیان شود، محل برخورد خط بالایی برج با محور y ، برابر 0.5 ، است در این صورت خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} y = \frac{R}{1+R}x + \frac{x_D}{1+R} \\ x = 0 \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{تلاقی دو خط}} y = \frac{x_D}{1+R} \Rightarrow 0.5 = \frac{0.95}{1+R} \Rightarrow R = 0.9$$

با این فرض $2 = \frac{0.9}{0.45} = \frac{R}{R_{\min}}$ ، خواهد بود.

۳۹- گزینه «۳» شکل فرضی برج را در نظر می‌گیریم:



$$\begin{cases} F = B + D \\ FZ_f = Bx_B + Dx_D \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 100 = B + D \\ (100)(0.5) = 0.1B + 0.95D \end{cases} \Rightarrow B = D = 50 \frac{\text{lbmole}}{\text{hr}}$$

$$V_{\min} = \bar{V}_{\min} = 70 \frac{\text{lbmole}}{\text{hr}}$$

با توجه به اینکه خوراک مایع اشباع است، نتیجه می‌شود:

$$V_{\min} = L_c + D \Rightarrow L_c = 70 - 50 = 20 \frac{\text{lbmol}}{\text{hr}}$$

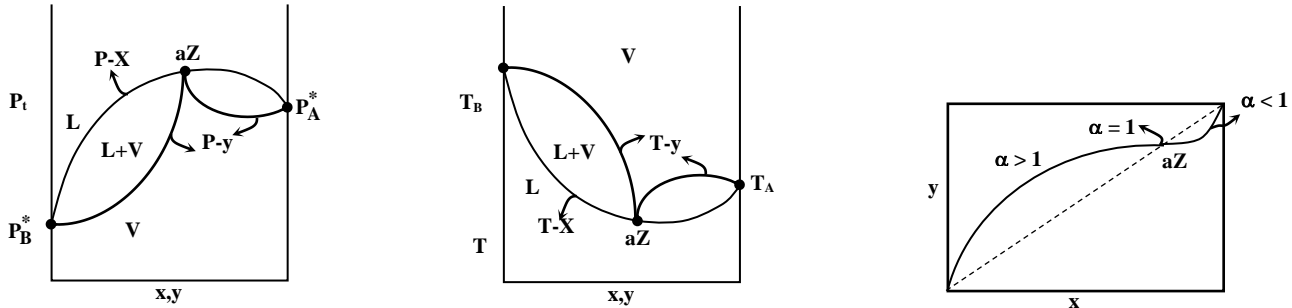
$$R_{\min} = \frac{L_c}{D} = \frac{20}{50} = 0.2$$

۴۰- گزینه «۳» در مورد تعادل سیستم‌های ایده‌آل قانون راولت ($P_A = x_A P_A^*$) صادق است. در صورتی که انحراف مثبت از قانون راولت زیاد

باشد ($P_A > x_A P_A^*$) و یا اختلاف فشار بخار اجزاء سیستم کم باشد، نمودار P_{1xy} دارای ماکزیمم و نمودار T_{xy} دارای مینیمم است، چنین

مخلوط‌هایی از توتروپ با نقطه جوش مینیمم نامیده می‌شوند. در مورد انحراف منفی از قانون راولت ($P_A < x_A P_A^*$) نمودار P_{1xy} دارای مینیمم و

نمودار T_{xy} دارای ماکزیمم هستند. به چنین مخلوط‌هایی آزنوتروپ با نقطه جوش ماکزیمم گویند. در نقطه آزنوتروپ، مخلوط در دمای ثابت مربوط به آزنوتروپ به جوش آمده و تماماً به بخار تبدیل می‌شود. برای این مخلوط دمای شبنم و حباب با دمای نقطه آزنوتروپ برابر می‌باشند. در این حالت فشار سیستم ثابت می‌باشد. به دلیل این که، نقطه آزنوتروپ مانعی برای جداسازی است، با تغییر فشار و یا افزودن جز سوم به سیستم، می‌توان این نقطه را حذف کرد. برای مثال نمودارهای T_{xy} ، P_{xy} را برای حالت انحراف مثبت مشاهده می‌کنیم:



۴۱- گزینه «۱» زمانی که α یا ضریب فراریت ثابت باشد، می‌توان از معادله فنسک برای تعیین حداقل سینی‌ها یا مراحل استفاده کرد. اگر کندانسور کامل باشد، حداقل تعداد سینی‌ها برابر $N_m + 1$ و اگر کندانسور جزئی باشد، حداقل تعداد سینی‌ها برابر $N_m + 2$ خواهد بود. در حالت کندانسور کامل، یک سینی اضافه شده مربوط به جوش آور و برای جزئی، ۲ سینی اضافه شده، مربوط به کندانسور جزئی و جوش آور می‌باشد.

در ابتدا از روی خطوط تبادل بالا و پائین برج، مقادیر x_D و x_B را بدست می‌آوریم. خط تبادل بالای برج (قسمت غنی‌سازی یا جذب)، $y = 0.6x + 0.36$ می‌باشد، محل تلاقی آن با خط $y = x$ ، x_D را می‌دهد که برابر 0.9 خواهد شد. از محل تلاقی خط تبادل پائین برج با خط $y = x$ نیز مقدار x_B بدست می‌آید. که اگر خط تبادل پائین برج (قسمت عاری‌سازی یا دفع)، $y = 2x - 0.1$ باشد، $x_B = 0.1$ خواهد بود.

$$\text{حداقل تعداد سینی‌ها} = \frac{\log\left[\frac{x_D(1-x_B)}{x_B(1-x_D)}\right]}{\log(\alpha)} = \frac{\log\left[\frac{0.9(1-0.1)}{0.1(1-0.9)}\right]}{\log(2/5)} = 4.79$$

بنابراین خواهیم داشت $(\alpha = 2/5)$:

که این عدد نزدیک به گزینه «۱» می‌باشد.

۴۲- گزینه «۳ و ۴» طبق رابطه $y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x}$ ، برای معادله (I)، $\alpha = 3$ و برای معادله II، $\alpha = 2/7$ می‌باشد. هر دو پارامتر فشار و غلظت روی

$$\alpha = \frac{\left(\frac{y}{x}\right)_A}{\left(\frac{y}{x}\right)_B}$$

موثر است. طبق رابطه دوم، هرچه جزء مولی‌ها بزرگ‌تر باشد (نزدیک به یک)، α بزرگ‌تر است و هرچه جزء مولی‌ها کوچک‌تر باشد (نزدیک به صفر)، α کوچک‌تر است. بنابراین با در نظر گرفتن پارامتر غلظت، گزینه «۴» صحیح است. از طرف دیگر، افزایش فشار موجب نزدیک شدن منحنی تعادل به خط $y = x$ شده، که نشان دهنده کاهش α است. بنابراین منحنی دوم، $(\alpha = 2/7)$ ، مربوط به فشار بیشتر و منحنی اول $(\alpha = 3)$ ، مربوط به فشار کمتر است. پس با در نظر گرفتن پارامتر فشار، گزینه «۳» صحیح است.

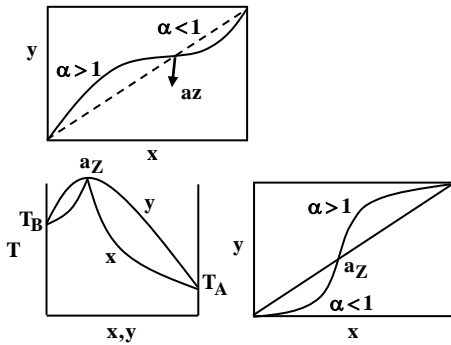
۴۳- گزینه «۱» جریان جانبی داریم، بنابراین خط تبادل منطقه ۲ یا خط تبادل قسمت میانی برج برابر است با:

$$y_{n+1} = \frac{L'}{V'} x_n + \frac{Sx_S + Dx_D}{V'}$$

که L' و V' به ترتیب شدت جریان مایع و بخار در منطقه میانی برج و L شدت جریان مایع در بالای برج می‌باشد.

$$R = \frac{L}{D} \Rightarrow RD = (2)(20) = 40$$

$$\left. \begin{aligned} L' &= L - S = 40 - 25 = 15 \\ V' &= L' + S + D = 15 + 25 + 20 = 60 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Slop} = \frac{L'}{V'} = \frac{15}{60} = 0.25$$



۴۴- گزینه «۲» با توجه به داده‌ها، مشاهده می‌شود که قبل از $x = 0.7$ ، $x > y$ است و بعد

از آن $y < x$ می‌باشد، پس نمودار xy بطور تقریبی به شکل مقابل است:

پس سیستم دارای نقطه آزنوتروپ بوده و دارای آزنوتروپ با مینیمم نقطه جوش و ماکزیمم فشار است.

برای سیستم دارای نقطه آزنوتروپ با ماکزیمم نقطه جوش نمودار Txy و xy بصورت روبرو است:

مثالی از این سیستم، مخلوط آب و اسید کلریدریک می‌باشد.

۴۵- گزینه «۴» جریان‌های جانبی، محصولاتی با ترکیب نسبی‌های بینابین می‌باشند که از سینی‌های میانی برج گرفته می‌شوند. جریان‌های جانبی اغلب در تقطیر مواد نفتی پیش می‌آید که محصولاتی با ترکیب نسبی‌های معین مورد نیاز است و آنها را نمی‌توان با مخلوط کردن محصولات مقطر یا پس‌ماند با خوراک بدست آورد. بهترین حالت برای جریان جانبی، حالت مایع اشباع است. در تقطیرهای دوجزئی، از جریان‌های جانبی به ندرت استفاده می‌شود.

۴۶- گزینه «۴» شیب خط خوراک یا q -line برابر $\frac{q}{q-1}$ می‌باشد. این عبارت زمانی مثبت خواهد شد که $q > 1$ یا $q < 0$ باشد. حالت $q > 1$ مربوط

به خوراک مایع سرد و حالت $q < 0$ ، مربوط به بخار فوق اشباع می‌باشد. بنابراین گزینه «۴» صحیح است. در حالتی که خوراک مخلوطی از مایع و بخار باشد، $0 < q < 1$ خواهد بود و در این حالت شیب خط خوراک، منفی است.

$$F x_F = D y_D + W x_W$$

۴۷- گزینه «۱» موازنه جرم کلی برای تقطیر دیفرانسیلی به صورت روبرو است:

که در این رابطه F مقدار اولیه مایع در ظرف، x_F کسر مولی جزء A در مقدار اولیه مایع، D کل بخارات میعان شده (جمع‌آوری شده)، y_D ترکیب محصول میعان شده یا تبخیر شده (کسر مولی A در محصول تبخیر)، W مقدار نهایی مایع در ظرف و x_W کسر مولی جزء A در مقدار مایع نهایی در ظرف می‌باشد. y_D با زمان تغییر می‌کند که بین y_D در ابتدا و انتهای فرآیند است. y_D در ابتدای فرآیند بیشترین مقدار را دارد (معادل اولین قطره

بخار و غنی‌ترین بخار). چون که در ابتدای فرآیند، کسر مولی A ، برابر x_F است، پس حداکثر مقدار y_D می‌تواند $\frac{2x_F}{1+x_F}$ باشد. توجه شود که از ابتدا تا

انتهای مایع و بخار در تعادل هستند. در انتهای واکنش، کمترین مقدار y_D را داریم (معادل آخرین قطره بخار و رقیق‌ترین بخار) در انتهای فرآیند نیز کسر

$$\frac{2x_W}{1+x_W} < y_D < \frac{2x_F}{1+x_F} \quad \text{مولی } A, \text{ برابر } x_W \text{ است، پس حداقل مقدار } y_D \text{ برابر } \frac{2x_W}{1+x_W} \text{ خواهد بود. یعنی داریم:}$$

$$y_{D, \max} = \frac{2x_F}{1+x_F} = \frac{(2)(0.5)}{1+0.5} = 0.66 \quad , \quad y_{D, \min} = \frac{2x_W}{1+x_W}$$

۴۸- گزینه «۲» در روش تقطیر، زمانی که α ثابت باشد، رابطه زیر را می‌توان نوشت:

$$\ln \frac{F x_F}{W x_W} = \alpha \ln \frac{F(1-x_F)}{W(1-x_W)}, \quad F = 100 \text{ kmole}, x_F = 0.65, w = 40 \text{ kmole}, x_W = 0.15 \Rightarrow \alpha = 82$$

۴۹- گزینه «۲» در برج تقطیر از بالا به پایین، غلظت جزء فرار کمتر می‌شود. همچنین مهم‌ترین حالت این است که غلظت خوراک ورودی با غلظت مواد در سینی ورودی خوراک برابر باشند. بنابراین خوراکی را که جزء فرارتری بیشتری دارد، در محل بالاتری وارد می‌کنند.

$$\alpha = 2/5 \Rightarrow y = \frac{\alpha x}{1+(\alpha-1)x} = \frac{2/5x}{1+1/5x}$$

$$F_1 \begin{cases} \text{مایع اشباع} \\ Z_{f_1} = 0.4 \end{cases} \Rightarrow x_{f_1} = 0.4 \Rightarrow y_{f_1} = \frac{(2/5)(0.4)}{1+(1/5)(0.4)} \Rightarrow y_{f_1} = 0.625$$

$$F_2 \begin{cases} \text{بخار اشباع} \\ Z_{f_2} = 0/5 \end{cases} \Rightarrow y_{f_2} = 0/5 \Rightarrow 0/5 = \frac{(2/5)x_{f_2}}{1+(1/5)x_{f_2}} \Rightarrow x_{f_2} = 0/286$$

$$F_3 \begin{cases} \text{بخار اشباع} \\ Z_{f_3} = 0/58 \end{cases} \Rightarrow y_{f_3} = 0/58 \Rightarrow 0/58 = \frac{(2/5)x_{f_3}}{1+(1/5)x_{f_3}} \Rightarrow x_{f_3} = 0/356$$

بنابراین $y_{f_1} > y_{f_2} > y_{f_3}$ و یا $x_{f_1} > x_{f_2} > x_{f_3}$ می‌باشد، پس طبق دلیل ذکر شده بایستی در بالا ابتدا F_1 ، سپس F_3 و پائین‌تر از همه F_2 وارد شود.

۵۰- گزینه «۳» برای تقطیر دیفرانسیلی در حالتی که α ثابت باشد، رابطه دیفرانسیلی به رابطه زیر تبدیل می‌شود:

$$\ln \frac{F x_{Af}}{W x_{Aw}} = \alpha \ln \frac{F(1-x_{Af})}{W(1-x_{Aw})} = \alpha \ln \frac{F x_{Bf}}{W x_{Bw}}$$

در سوال نسبت تعداد مول A در خوراک به تعداد مول A در W (مایع باقیمانده) یا $(\frac{F x_{Af}}{W x_{Aw}})$ برابر ۹ ذکر شده است بنابراین نسبت تعداد مول B در خوراک به تعداد مول B در W یا $\frac{F x_{Bf}}{W x_{Bw}}$ خواهد بود: $\ln(9) = 2 \ln(\frac{F x_{Bf}}{W x_{Bw}}) \Rightarrow \ln(\frac{F x_{Bf}}{W x_{Bw}}) = 1/0.986 \Rightarrow \frac{F x_{Bf}}{W x_{Bw}} = \exp(1/0.986) = 3$

۵۱- هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. در میعان جزئی روش کار مثل تقطیر میعانی یا تبخیر ناگهانی است، با این تفاوت که در میعان جزئی قسمتی از گرمای نهان تبخیر گرفته می‌شود، البته نه به صورت کامل، در تقطیر میعانی داریم:

$$\begin{cases} F = W + D \\ \frac{W}{D} = \frac{y_D - Z_f}{x_w - Z_f} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 50 = 30 + D \Rightarrow D = 20 \text{ mol} \\ \frac{30}{20} = \frac{2x_w - 0/5}{x_w - 0/5} \Rightarrow x_w = 0/357 \Rightarrow y_D = (2)(0/375) = 0/714 \end{cases}$$

$$F = 50 \text{ mol}, W = 30 \text{ mol}$$

$$Z_f = 0/5, y = 2x$$

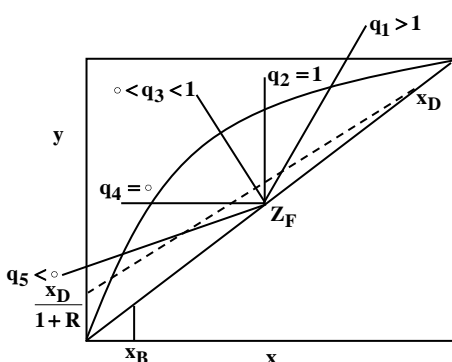
مشاهده می‌شود که پاسخ در بین گزینه‌ها نیست. البته اگر منظور طراح میعان دیفرانسیلی باشد، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \ln \frac{F}{D} = \int_{y_F}^{y_D} \frac{dy}{y-x} \Rightarrow \ln \left(\frac{50}{20} \right) = \int_{0/5}^{y_D} \frac{dy}{y - \frac{y}{2}} = \int_{0/5}^{y_D} \frac{2dy}{y} = 2 \ln \left(\frac{y_D}{0/5} \right) \Rightarrow y_D = 0/79 \\ y = 2x \end{cases}$$

که طراح این عدد را به عنوان جواب اعلام کرده است، یعنی گزینه «۳» با در نظر گرفتن میعان دیفرانسیلی جواب خواهد داد.

نکته: در میعان دیفرانسیلی، خوراک که به صورت بخار می‌باشد به آرامی و تحت شرایط تعادلی میعان شده و محصول بلافاصله خارج می‌شود. در رابطه مربوط به میعان دیفرانسیلی، F تعداد مول‌های خوراک با جز مولی y_f و D تعداد مولهای بخار باقیمانده با جزء مولی y_D است.

۵۲- گزینه «۲» بطور کلی با توجه به حالت خوراک ورودی، خط خوراک نسبت به خطوط بالا و پائین برج یکی از ۵ حالت را در نمودار XY دارد:



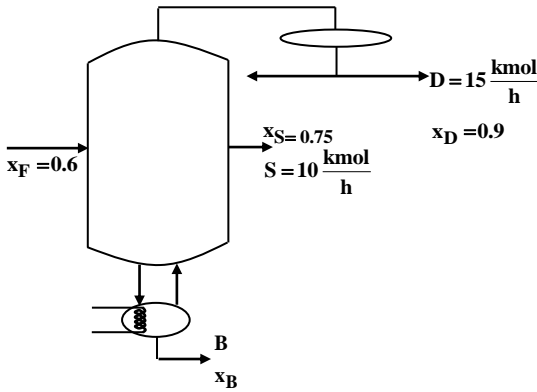
q_1 ، مربوط به خوراک در حالت مایع سرد، q_2 خوراک در حالت مایع اشباع (در دمای حباب)، q_3 خوراک به صورت دوفازی (مایع-بخار)، q_4 خوراک در حالت بخار اشباع (در دمای شبنم) و q_5 خوراک در حالت بخار فوق اشباع یا داغ می‌باشد.

با افزایش شیب خطوط تبادل، این خطوط از منحنی تعادل فاصله گرفته و در نتیجه تعداد سینی‌های لازم کمتر می‌شود. با توجه به نمودار اگر از نقطه x_B روی خط $y=x$ ، به محل تلاقی خط تبادل بالای برج و خطوط خوراک در حالات مختلف، خطی رسم کنیم تا خط تبادل پائین برج بدست آید، در حالت خوراک سرد بیشترین فاصله را میان خطوط تبادل و منحنی تعادل خواهیم داشت. بنابراین در حالت خوراک سرد، کمترین تعداد سینی به دست می‌آید.



۵۳- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. البته نزدیک‌ترین جواب می‌تواند گزینه «۳» باشد.

در حالت حداقل نسبت مایع برگشتی (R_{min})، جریان‌های تبدالی به تعادل می‌رسند و خطوط تبادل روی منحنی تعادل با هم تلاقی دارند. ضریب فرارایت ثابت است بنابراین منحنی تعادل خواهد بود:



$$\alpha = 2 \Rightarrow y = \frac{2x}{1+x}$$

برای به دست آوردن R_{min} ، خط تبادل بالای برج را با خط $x = 0$ (محور y) تلاقی می‌دهیم که محل تلاقی آنها، $\frac{x_D}{1+R_{min}}$ را می‌دهد. برای تعیین

خط تبادل بالای برج، دو نقطه از آن لازم است، یک نقطه (x_D, x_D) می‌باشد. برای تعیین نقطه دوم، به این صورت عمل می‌کنیم:

ابتدا محل تلاقی خط خوراک با منحنی تعادل را بدست می‌آوریم (نقطه a در شکل زیر)، سپس از نقطه $\frac{Sx_S + Dx_D}{S+D}$ به نقطه a وصل می‌کنیم تا خط

تبادل میانی برج بدست آید. محل تلاقی این خط با خط $x = x_S$ را b می‌نامیم. از نقطه x_D به b وصل می‌کنیم و ادامه داده تا محور y را

در $\frac{x_D}{1+R_{min}}$ قطع کند. سپس R_{min} را به دست می‌آوریم.

$$\left. \begin{aligned} q\text{-line: } x = z_F = 0/6 \\ y = \frac{2x}{1+x} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{تلاقی}} y = 0/75 \Rightarrow a = (0/6, 0/75)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{Sx_S + Dx_D}{S+D} = 0/84 \Rightarrow c = (0/84, 0/84) \\ a = (0/6, 0/75) \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{خط عبوری}} \left. \begin{aligned} y = 0/375x + 0/525 \\ x_b = x_S = 0/75 \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{تلاقی}} b = (0/75, 0/826)$$

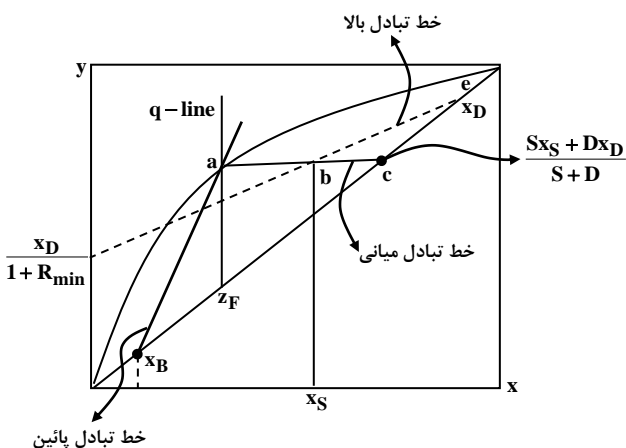
$$\left. \begin{aligned} e = (0/9, 0/9) \\ b = (0/75, 0/826) \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{خط تبادل بالایی}} y = 0/625 + 0/337$$

منحنی تقریبی برج به صورت مقابل است:

از تلاقی خط بالایی برج با محور y مقدار $\frac{x_D}{1+R_{min}}$ خواهد بود:

$$\frac{x_D}{1+R_{min}} = 0/337 \Rightarrow \frac{0/9}{1+R_{min}} = 0/337 \Rightarrow R_{min} = 1/6$$

- توجه شود که نقطه a در واقع همان نقطه Pinch می‌باشد.



۵۴- گزینه «۳» در حالت ایده‌آل فشار کل از قانون دالتون پیروی می‌کند و داریم: $P_t = P_A + P_B$ ، که P_A و P_B فشار جزئی اجزاء A و B هستند.

طبق قانون راولت داریم، (در حالت ایده‌آل):

$$\left. \begin{aligned} P_A = xP_A^* \\ P_B = (1-x)P_B^* \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_{t,ideal} = xP_A^* + (1-x)P_B^*$$

P_A^* و P_B^* ، فشار بخار اجزاء A و B در دمای مخلوط است.

در حالت انحراف مثبت از قانون راولت، $P_{t,real} > (xP_A^* + (1-x)P_B^*)$ می‌باشد. بنابراین، سیستم داده شده غیر ایده‌آل بوده و دارای انحراف مثبت است. در حالت خاصی که اختلاف فشار بخارها کم باشد و انحراف از راولت نیز زیاد باشد، نمودار P_{xy} دارای ماکزیمم و نمودار T_{xy} دارای مینیمم است. که در این حالت سیستم دارای آزنوتروپ می‌باشد. گزینه «۴» حالت خاصی از انحراف منفی ($P_{t,real} < P_{t,ideal}$) است. با توجه به اینکه در سوال به میزان اختلاف فشار بخارها و میزان انحراف از قانون راولت اشاره‌ای نشده است، بنابراین این سیستم هم می‌تواند آزنوتروپ داشته باشد و هم نداشته باشد. در نتیجه گزینه «۳» بهترین جواب است.

۵۵- گزینه «۲» دبی بخار در قسمت عریان‌سازی یا قسمت پائین برج (\bar{V})، برابر است با مجموع دبی بخار ورودی V_1 و مقدار مایعی که در پائین برج تبدیل به بخار می‌شود (V_2). برای تبدیل مایع به بخار مقداری انرژی صرف می‌شود که این انرژی برابر است با تفاوت آنتالپی بخار ورودی به برج و آنتالپی بخار اشباع در شرایط برج، ضربدر دبی جریان بخار ورودی، بنابراین داریم:

$$Q = (1000 - 90) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \times 100 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

که این انرژی صرف تبخیر مایع شده و با توجه به گرمای نهان تبخیر مولی، دبی مایع تبخیر شده یا بخار حاصل خواهد بود:

$$V_2 = \frac{1000 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}}}{\frac{200 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}}{\text{kmol}}} = 5 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}} \Rightarrow \bar{V} = V_2 + V_1 = 5 + 100 = 105 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}$$

۵۶- گزینه «۱» محل تلاقی خطوط تبادل بالا و پائین برج محل ورود خوراک است و این نقطه روی خط خوراک قرار دارد. با تعیین این نقطه و نقطه (Z_f, Z_f)، خط خوراک را به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{aligned} y &= 1/34x - 0/34 \\ y &= 0/6x + 0/36 \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{تلاقی دو خط}} \begin{aligned} x &= 0/53 \quad (0/53, 0/67) \\ y &= 0/67 \quad (0/6, 0/6) \end{aligned} \Rightarrow q\text{-line: } y = -x + 1/2$$

از مقایسه خط خوراک به صورت $y = \frac{q}{q-1}x - \frac{Z_f}{q-1}$ با خط خوراک بدست آمده، q را به دست می‌آوریم: $-1 = \frac{q}{q-1} \Rightarrow q = 0/5 \Rightarrow 0 < q < 1$. بنابراین خوراک به صورت دوفازی وارد می‌شود.

۵۷- گزینه «۳» در برج تقطیر در حالت معمول یعنی وجود یک خوراک و دو جریان خروجی از پائین و بالای برج، دو خط عملیاتی در نمودار xy یا دو قطب در نمودار Hxy وجود دارد. به ازاء هر جریان خوراک یا محصول جانبی، یک خط تبادل افزوده می‌شود. در این برج یک جریان خوراک اضافی در سینی ۱۷، یکی در سینی ۱۴ و یک جریان جانبی از سینی ۱۰ داریم. بنابراین علاوه بر دو خط عملیات در حالت معمول، سه خط نیز اضافه می‌شود و در مجموع پنج خط عملیاتی خواهیم داشت.

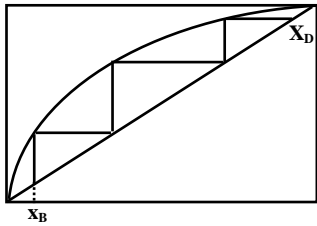
۵۸- گزینه «۲» رابطه مربوط به تقطیر ساده برابر است با: $\ln \frac{F}{W} = \int_{x_{WA}}^{x_{FA}} \frac{dx}{y-x}$ ، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\left. \begin{aligned} F &= 25 + 75 = 100 \text{ kmol} \\ W &= 50 \text{ kmol} \\ x_{FA} &= \frac{25}{100} = 0/25 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \ln \frac{100}{50} = \int_{x_{WA}}^{0/25} \frac{dx}{0/5x - x} = \int_{x_{WA}}^{0/25} -\frac{2}{x} dx \Rightarrow x_{WA} = 0/353$$

$$\text{با توجه به رابطه تعادلی} \Rightarrow y_{WA} = (0/353)(0/5) = 0/1765 \Rightarrow y_{WB} = 1 - 0/1765 = 0/8232$$

۵۹- گزینه «۳» در یک نسبت جریان برگشتی و ترکیب نسبی معین مقطر، استفاده از بخار مستقیم سبب افزایش تعداد سینی های لازم در برج می‌شود، با این وجود ارزان تر از جوش آور و هزینه تمیز کردن آن است.

۶۰- گزینه «۳» در نمودار های تعادلی نرمال (نداشتن انحراف مثبت یا منفی)، در حالت حداقل جریان برگشتی یا R_{min} ، tie line عبوری همواره از F می‌گذرد.



۶۱- گزینه «۴» برای تعیین حداقل سینی‌های تئوری برای یک برج تقطیر، کفیسست از x_D تا x_B ، پلکان‌هایی بین خط $y = x$ و منحنی تعادل رسم کنیم. با توجه به اینکه منحنی تعادل مستقل از شدت، غلظت و دمای خوراک ورودی است، بنابراین حداقل تعداد سینی نیز مستقل از این پارامترها خواهد بود. از معادله فنسک نیز می‌توان به این مطلب پی برد:

$$N_{\min} + 1 = \frac{\log \left[\frac{x_D(1-x_B)}{x_B(1-x_D)} \right]}{\log \alpha}$$

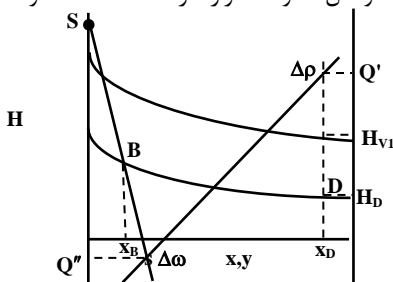
۶۲- گزینه «۳» ابتدا محل تلاقی دو خط تبادل بالا و پایین برج را پیدا می‌کنیم. سپس با داشتن این نقطه و نقطه (x_f, x_f) ، خط خوراک را بدست می‌آوریم:

$$\left. \begin{array}{l} y = 0.6x + 0.32 \\ y = 2x - 0.1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{تلاقی دو خط} \\ x = 0.3 \\ y = 0.5 \end{array} \Rightarrow q\text{-line: } y = 0.5$$

از مقایسه خط خوراک به دست آمده با خط $q = 0, y = \frac{q}{q-1}x - \frac{x_f}{q-1}$ خواهد شد و بنابراین خوراک به صورت بخار اشباع می‌باشد.

۶۳- گزینه «۳» وقتی که خوراک به صورت بخار فوق اشباع وارد شود، دمای بسیار بالای آن موجب تبخیر بخشی از جریان مایع روی سینی شده که این امر باعث بیشتر شدن دبی بخار در سینی‌های پایین برج نسبت به دبی بخار ورودی خواهد شد.

۶۴- گزینه «۲» در حالت open steam و استفاده از روش پنچون-ساواریت، قطب پایین برج $(\Delta\omega)$ روی خط واصل B و S قرار دارد. مختصات x و $H(Q'')$ این قطب عبارت است از:



$$\Delta\omega = \begin{cases} x = \frac{Bx_B - Sy_S}{B - S} \\ Q'' = \frac{BH_B - SH_S}{B - S} \end{cases}$$

چون که بخار ورودی خالص است بنابراین $y_S = 0$ می‌باشد و داریم:

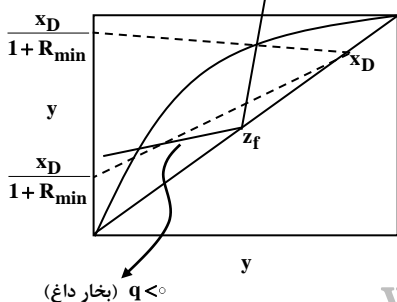
$$x_{\Delta\omega} = 0.003, \quad B = W = 300 \frac{\text{mole}}{h}, \quad x_B = x_{\omega} = 0.002, \quad \Rightarrow 0.003 = \frac{(300)(0.002)}{300 - S} \Rightarrow S = 100 \frac{\text{mole}}{h}$$

۶۵- گزینه «۳» از مقایسه خط خوراک داده شده با خط خوراک در حالت کلی داریم:

$$\left. \begin{array}{l} y = -4x + 2 \\ y = \frac{q}{q-1}x + \frac{z_f}{q-1} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{q}{q-1} = -4 \\ \frac{z_f}{q-1} = 2 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} q = 0.8 \\ z_f = 0.4 \end{array}$$

چون که q بین صفر تا یک قرار دارد، خوراک بصورت دوفازی بخار و مایع است.

$q > 1$ (خوراک سرد)



۶۶- گزینه «۴» در حالت حداقل نسبت برگشتی، خطوط تبادل و خوراک روی منحنی

تعادل با هم تلاقی دارند. محل تلاقی خط خوراک بالای برج با محور y، مقدار $\frac{x_D}{1+R_{\min}}$

را می‌دهد. با توجه به اینکه x_D ثابت است. هرچه این کسر بزرگ‌تر باشد یا روی محور y در مکان بالاتری قرار گیرد، حداقل نسبت برگشتی (R_{\min}) ، کوچک‌تر خواهد بود. با

توجه به شکل مقابل می‌بینیم که در حالت خوراک سرد، کسر $\frac{x_D}{1+R_{\min}}$ نسبت به بقیه

حالات در بالاترین موقعیت روی محور y قرار می‌گیرد:

۶۷- گزینه «۲» اگر بخواهند یک محلول آبدار را که جزء غیرآب آن سازنده فراتر است، تفکیک کنند بنحوی که آب محصول پس‌ماند را تشکیل دهد، حرارت لازم را می‌توان با ورود مستقیم بخار به انتهای برج تامین کرد. در این صورت نیاز به استفاده از جوش‌آور نیست. در یک نسبت برگشتی و ترکیب نسبی معین محصول تقطیر، استفاده از بخار مستقیم سبب افزایش تعداد سینی‌های لازم در برج می‌شود با این وجود ارزان‌تر از جوش‌آور و هزینه تمیز کردن آن است. شرط لازم برای استفاده از بخار مستقیم این است که نقطه جوش دو جزء نزدیک بهم نباشد، چرا که در غیر این صورت در پائین برج میزان جزء غیرآب زیاد می‌شود و نمی‌توان از بخار آب استفاده کرد. در بین گزینه‌ها اختلاف نقطه جوش آب و الکل پروپیلن کم است. بنابراین استفاده از بخار مستقیم بجای جوش‌آور، مقدر نیست. در بقیه موارد اختلاف نقطه جوش اجزاء قابل توجه است.

۶۸- گزینه «۴» در تبخیر ساده یا دیفرانسیلی، در هر لحظه مایع باقیمانده در ظرف با بخار حاصل در حالت تعادل هستند. بنابراین آخرین قطره ورودی به ظرف جمع‌آوری یا آخرین قطره بخار حاصل با مایع نهایی باقیمانده در ظرف، در تعادل می‌باشند.

$$\alpha = 3/6 \Rightarrow \text{رابطه تعادلی: } y_D = \frac{3/6 x_W}{1 + 2/6 x_W}, \quad x_W = 0/4 \Rightarrow y_D = \frac{(3/6)(0/4)}{1 + (2/6)(0/4)} = 0/7$$

بنابراین داریم:

۶۹- گزینه «۲» مخلوط اتانول و آب در فشار یک اتمسفر، دمای ۷۸/۲ درجه سلسیوس و جزء مولی ۸۹/۴ درصد اتانول نقطه آزنوتروپ یا همجوشی دارد. در غلظت‌های پایین‌تر از ۸۹/۴ نمی‌توان به خلوص بالاتر از این مقدار رسید. در این شرایط می‌توان از تقطیر استخراجی (اضافه کردن یک جزء دیگر به عنوان حلال) استفاده کرد.

۷۰- گزینه «۱» قطر برج باید به اندازه‌ای باشد که بتواند شدت جریان‌های گاز و مایع را در محدوده عملکرد، بدون بروز اشکالاتی از خود عبور دهد. قطر برج بر اساس عدم طغیان تعیین می‌شود. دو محدودیت در تعیین قطر برج وجود دارد. ۱- سرعت گاز از سرعت طغیان کمتر باشد. ۲- دبی مایع تقسیم بر قطر برج از یک مقدار معین بیشتر نشود.

۷۱- گزینه «۲» بطور کلی در شرایط خورندگی حاد، هزینه برج‌های پر شده کمتر از برج‌های سینی دار خواهد بود.

۷۲- گزینه «۱» در حالت استفاده از بخار مستقیم، مختصات قطب پایین برج برابر است با:

$$x_{\Delta W} = \frac{Bx_B - S y_S}{B - S}$$

$$x_{\Delta W} = 0/015, \quad B = W = 80 \frac{\text{kmole}}{\text{h}}, \quad x_B = x_W = \frac{0/8}{80} = 0/01, \quad \Rightarrow 0/015 = \frac{(80)(0/01) - 0}{80 - S} \Rightarrow S = 26/6 \frac{\text{kmole}}{\text{h}}$$

۷۳- گزینه «۳» هرچه نیروی محرکه یا driving force انتقال جرم که همان تفاوت غلظت است، بیشتر باشد، میزان انتقال جرم بیشتر است. در بالای برج تقطیر اختلاف غلظت جزء فراتر در فاز مایع (جریان برگشتی) و فاز بخار کمترین مقدار است. ولی در پائین برج این اختلاف غلظت بیشترین مقدار در کل برج است چرا که جریان مایع خروجی در کمترین غلظت جز فرار (x_W) است. بنابراین سینی‌های نزدیک به جوش‌آور، بیشترین نیروی محرکه انتقال جرم را دارند و در نتیجه بیشترین میزان انتقال جرم صورت می‌گیرد.

۷۴- گزینه «۳» گزینه‌های (۲) و (۴) هر دو به یک معنی است، چرا که شروود بزرگ به معنی بزرگ بودن ضریب انتقال جرم است. پس این دو گزینه نمی‌توانند جواب باشند. گزینه (۱) هم صحیح نیست، چرا که نفوذ متقابل در برج تقطیر سینی دار (در سینی‌های مختلف) برابر نیست، زیرا لازمه نفوذ متقابل برابر ($N_A = -N_B$)، ثابت بودن نسبت L/G (شدت جریان مایع به جریان بخار) می‌باشد. اگرچه در روش مک کیب برای سادگی محاسبات در هر قسمت از برج تقطیر یعنی بین نقاط افزایش یا جدایی جریان‌ها، این نسبت ثابت گرفته می‌شود، ولی باز هم در کل برج ثابت فرض نمی‌شود. فرض نفوذ متقابل برابر، در مورد برج تقطیر پر شده صادق است، چرا که شدت‌های L و G را در هر مقطع برج می‌توان ثابت گرفت. در نتیجه در این برج‌ها برای تعیین تعداد سینی‌ها از ضرایب انتقال جرم استفاده می‌شود. بنابراین تنها گزینه (۳) می‌تواند صحیح باشد.

۷۵- گزینه «۳» همان‌طور که قبلاً ذکر شد، حداقل تعداد سینی‌ها با رسم پلکان از x_D تا x_B بین خط $y=x$ و منحنی تعادل بدست می‌آید. پس حداقل تعداد سینی‌ها به معادله خط تعادل مربوط می‌شود. طبق رابطه فنسک در حالتی که ضریب فراریت ثابت باشد، حداقل تعداد سینی‌ها برابر است با (برای کندانسور کامل):

$$N_m + 1 = \frac{\log \left[\frac{x_D(1-x_w)}{x_w(1-x_D)} \right]}{\log \alpha_{av}}$$

دارد. در حالتی که مخلوط ایده‌آل باشد خواهیم داشت: α , x_w , x_D بستگی به N_m طبق این رابطه

$$\left. \begin{array}{l} \text{قانون راولت: } P_A = xP_A^* \\ \text{قانون دالتون: } P_A = yP_t \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{y}{x} = \frac{P_A^*}{P_t} \quad \left. \begin{array}{l} (y/x)_B = \frac{P_B^*}{P_t} \\ \Rightarrow \alpha = \frac{(y/x)_A}{(y/x)_B} = \frac{P_A^*/P_t}{P_B^*/P_t} = \frac{P_A^*}{P_B^*} \end{array} \right\}$$

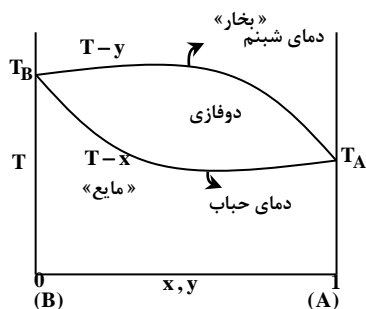
یعنی در مورد سیستم های ایده‌آل، اختلاف فشار بخار می‌تواند معیار جداسازی باشد. بنابراین در حالت ایده‌آل N_m بستگی به x_w , x_D , $\frac{P_A^*}{P_B^*}$ دارد.

۷۶- گزینه «۴» اگر خوراکی در دمای حباب باشد، ماکزیمم y_D را داریم. در این حالت یک قطره حباب ایجاد می‌شود که در آن ماکزیمم جداسازی را داریم، یعنی بیشترین غلظت ماده فرار را خواهیم داشت (غنی‌ترین بخار حاصل می‌گردد). در حالتی که در دمای شبنم خوراک باشیم، y_D حداقل است و یک قطره مایع تشکیل می‌شود که رقیق‌ترین مایع حاصل می‌گردد. هم چنین در تبخیر ناگهانی، مایع و بخار همواره در تعادل با هم هستند، که مایع در نقطه جوش و بخار در نقطه شبنم است. بنابراین تمام موارد صحیح است.

۷۷- گزینه «۲» زمانی که یکی از اجزاء مخلوط دوجزیی آب باشد، می‌توان بجای جوش‌آور، بخار آب را مستقیماً وارد برج کرد. در این حالت بخاطر نبود جوش‌آور یا ریویولر هزینه کاهش می‌یابد. توجه شود که در یک نسبت جریان برگشتی و ترکیب نسبی معین محصول مقطر، استفاده از بخار مستقیم سبب افزایش تعداد سینی‌های لازم در برج می‌شود با این وجود ارزان‌تر از جوش‌آور و هزینه تمیز کردن آن است.

۷۸- گزینه «۱» مخلوط اتانول و آب در فشار یک اتمسفر، دمای $78/2^\circ C$ و جزء مولی $89/4$ درصد اتانول، دارای آزنوتروپ یا نقطه هم جوش است. در نقطه هم جوشی، ضریب فراریت برابر یک است. بنابراین در برج تقطیر به مقداری کمتر از ترکیب درصد نقطه هم جوش نمی‌توان رسید. در واقع مخلوطی با ترکیب نسبی نقطه هم جوش، دارای فاز بخاری است که ترکیب نسبی آن کاملاً مشابه با فاز مایع در حال تعادل با بخار می‌باشد و لذا در یک دمای ثابت و بدون آنکه تغییری در ترکیب نسبی مخلوط حاصل شود، می‌جوشد. پس با توجه به اینکه کسر اتانول 92 درصد مولی است، مقداری جداسازی انجام شده تا به نقطه هم جوش برسیم. از طرفی چون که در پائین برج درصد جزء فرار نسبت به خوراک باید کمتر باشد، تنها گزینه (۱) صحیح است. در واقع میزان اتانول در پایین برج می‌تواند بین 92% تا $89/4\%$ مولی باشد.

۷۹- گزینه «۲» برای مخلوط دوجزیی یک نقطه جوش وجود ندارد، بلکه این مخلوط در محدوده نقطه حباب (T_B) و نقطه شبنم (T_D) می‌جوشد. منحنی



دما بر حسب غلظت اجزاء برای یک مخلوط دوجزیی به صورت زیر است (در فشار ثابت):

با توجه به اینکه ترکیب درصد هر دو مخلوط یکسان است، و طبق این نمودار، منحنی دمای شبنم ($T-y$) بالاتر از منحنی دمای حباب ($T-x$) است، بنابراین دمای فاز بخار بیشتر از دمای فاز مایع است.

توجه: این نمودار برای حالتی است که مخلوط آزنوتروپ تشکیل ندهد. در نقطه آزنوتروپ یا هم جوش دمای دو فاز یکسان می‌شود.

۸۰- گزینه «۳» خوراک دوفازی است بنابراین q بین صفر و یک بوده و برابر است با نسبت مولی مایع در مخلوط، که در این

سوال $q = 0/5$ می‌شود. با نوشتن موازنه جرم حول سینی خوراک، خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} \bar{G} - G = F(q-1) \\ \bar{L} - L = Fq \end{array} \right\} \begin{array}{l} \bar{L} = Fq + L \\ \bar{G} = F(q-1) + G \end{array} \xrightarrow[q=0/5]{F=1} \frac{\bar{L}}{\bar{G}} = \frac{L+0/5}{G-0/5}$$

در نتیجه بازاء هر مول از خوراک ($F=1$)، نسبت $\frac{\bar{L}}{\bar{G}}$ به صورت زیر بدست می‌آید:

۸۱- گزینه «۱» مشابه تست‌های قبل، با تعیین دونقطه از خط خوراک معادله آنرا بدست آورده و سپس با تعیین q ، وضعیت خوراک را مشخص می‌کنیم. یکی از این نقاط نقطه (Z_f, Z_f) است. نقطه دوم را از محل تلاقی خط تبادل بالا و پایین برج بدست می‌آوریم، چرا که محل تلاقی این دو خط، محل ورود خوراک است، پس این نقطه روی خط خوراک واقع است.

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{1}{6}x + \frac{1}{32} \\ y &= 2x - \frac{1}{4} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{تلاقی}} x = \frac{1}{3}, y = \frac{1}{5}, \quad \left. \begin{aligned} (1): (\frac{1}{3}, \frac{1}{5}) \\ (2): (\frac{1}{5}, \frac{1}{5}) \end{aligned} \right\} \Rightarrow q\text{-line: } y = \frac{1}{5}$$

خط خوراک در حالت کلی برابر است با: $y = \frac{q}{q-1}x - \frac{Z_f}{q-1}$ ، بنابراین مقدار $q = 1$ بوده و در نتیجه خوراک بصورت بخار اشباع است.

۸۲- گزینه «۱» از آنجایی که در میان برج تعدادی از سینی‌ها دارای درجه حرارت یکسان هستند، می‌توان چنین استدلال کرد که تعداد سینی‌ها خیلی زیاد بوده است. به طوری که تعدادی از آنها اختلاف دمایی نداشته‌اند. تعداد سینی‌های خیلی زیاد مربوط به حالتی است که نسبت جریان برگشتی خیلی کم است و در حداقل آن، تعداد سینی‌ها بی‌نهایت خواهد شد. در این حالت بار حرارتی جوش آور و کندانسور در حداقل مقدار ممکن قرار دارند، که این عامل نیز دلیلی بر یکسان بودن دمای تعدادی از سینی‌ها است.

۸۳- گزینه «۲» مخلوط آب و اتانول در فشار یک اتمسفر، دمای $78/2^\circ\text{C}$ و جز مولی $89/4$ درصد اتانول، دارای آزئوتروپ یا نقطه هم‌جوش است. در برج تقطیر به مقداری کمتر از ترکیب درصد نقطه هم‌جوش نمی‌توان رسید. با توجه با اینکه مقدار اتانول در خوراک ۹۶ درصد مولی است، مقداری جداسازی صورت گرفته تا به نقطه هم‌جوش برسیم. پس میزان اتانول در پایین برج می‌تواند بین ۹۶% تا ۸۹/۴% باشد. در بالای برج نیز باید درصد جزء فرار یعنی اتانول بیشتر باشد. پس میزان الکل خروجی از بالای برج باید بیشتر از ۹۶% باشد. بنابراین تنها گزینه (۲) صحیح است.

۸۴- گزینه «۲» اگر یک مایع را به دفعات بی‌شماری به صورت متوالی تبخیر آبی نمایند، تنها مقدار ناچیزی از مایع در هر مرحله تبخیر شود، نتیجه نهایی چنین فرآیندی معادل با تقطیر دیفرانسیلی و یا تقطیر ساده آن مایع خواهد بود. در این نوع تقطیر اولین مقادیر فاز مقطر دارای بالاترین غلظت از ماده فرارتر است. بنابراین هر چه جزء سبک‌تر فرارتر باشد، درجه جداسازی آن بیشتر است. در بین گزینه‌ها اثر نسبت به بقیه نقطه جوش پایین‌تری داشته و فرارتر است.

۸۵- گزینه «۴» بنزن جزء سبک‌تر است. قسمت بالای خوراک به منظور خالص سازی بخار است، یعنی جزء سنگین‌تر توسط جریان برگشتی جذب می‌شود. قسمت پایین خوراک، قسمت دفع است، زیرا هدف خالص سازی مایع است و جزء سبک‌تر توسط بخار برگشتی از فاز مایع دفع می‌شود. با توجه به اینکه در خوراک میزان جزء سنگین‌تر یعنی تولوئن خیلی بیشتر از جزء سبک‌تر است، بنابراین لازم است تعداد سینی‌های بالای محل خوراک بیشتر از سینی‌های زیر خوراک بوده تا جز سنگین‌تر که میزان آن خیلی بیشتر است، به طور کامل جذب جریان برگشتی شود.

۸۶- گزینه «۳» رابطه بین جریان‌ها روی سینی n ام به صورت $y_{n+1} = \frac{L_n}{V_{n+1}}x_n + \frac{D}{V_{n+1}}x_D$ می‌باشد. چون شدت جریان‌ها در طول برج تغییر می‌کند، این معادله در حالت کلی یک منحنی است. با فرض جریان‌های مولی ثابت در هر قسمت برج، یعنی: $V_{n+1} = V_n = \dots = V_1 = V$ و $L_{n+1} = L_n = \dots = L_1 = L$ و باشند $(\lambda_A = \lambda_B)$ یعنی در این سیستم‌ها $N_A + N_B = 0$ باشد. که فرض جریان مولی ثابت، مربوط به روش مک کیب است. بنابراین اگر در این روش خطوط تبادل خطی نباشند بیان‌گر این است که $N_A + N_B \neq 0$ بوده است.

۸۷- گزینه «۴» فواصل سینی‌ها عموماً بر مبنای شرایط ساخت، نگهداری و هزینه دستگاه انتخاب می‌شود و سپس فاصله در نظر گرفته شده برای پدیده‌های طغیان و ماندگی بیش از حد مایع در گاز به کمک محاسباتی بررسی می‌شود. بنابراین توقف کوتاه فازهای مایع و بخار ربطی به فاصله سینی‌ها ندارد. در صورتی که شدت گاز خیلی کم باشد، قسمت اعظم مایع ممکن است از منافذ صفحه به پایین چکه کند (weeping) و لذا جریان کاملی از مایع در سراسر سینی وجود نخواهد داشت. بنابراین weeping دلیل موجهی برای زمان توقف کوتاه فازها نیست. پدیده ماندگی نیز مربوط به حالتی است که زمان تماس فازها و نیز سطح تماس بین آنها زیاد باشد، برای رسیدن به این دو حالت باید عمق مایع روی سینی زیاد باشد، که این مطلب بیان‌گر توقف زیاد فازهای مایع و بخار است. بنابراین دلیل زمان توقف بسیار کوتاه فازهای مایع و بخار مربوط به کوچک بودن قطر برج می‌باشد. هم چنین اگر برج در شرایط خلأ کار کند زمان توقف فازها را بسیار کوتاه می‌کند.

۸۸- گزینه «۲» مخلوط اتانول و آب دارای نقطه آزنوتروپ یا هم جوشی است. که این نوع سیستم دارای انحراف مثبت و حداقل نقطه جوش است. پس هر سه منحنی می‌تواند خط تعادل چنین سیستمی باشد. چرا که ترکیب نسبی نقطه آزنوتروپ و نیز دمای جوش با فشار تغییر می‌کند. پس این سه منحنی هر کدام مربوط به یک فشار مختلف است. در بعضی از سیستم‌ها تغییر فشار موجب حذف هم جوشی می‌گردد. مثلاً در مورد مخلوط مذکور، کاهش فشار به پایین‌تر از 70 mmHg ، باعث حذف این نقطه می‌شود.

۸۹- گزینه «۳» باید بار حرارتی کندانسور افزایش یابد تا مقدار جریان برگشتی به برج افزایش یابد و در نتیجه میزان جریان بخار افزایش یافته در اثر ورود بخار اشباع کاهش یابد، (بین جریان مایع و بخار توازن دوباره ایجاد شود).

۹۰- گزینه «۳» خط عملیاتی بالا برج عبارت است از: $y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_D}{R+1}$. از مقایسه این خط با خط $y = 0.6x + 0.32$ خواهیم داشت:

$$\frac{R}{R+1} = 0.6 \Rightarrow R = 1/5, \quad \frac{x_D}{1+R} = 0.32 \xrightarrow{1+1/5} = 0.32 \Rightarrow x_D = 0.8$$

همچنین محل برخورد خط پایین برج با خط $y = x$ ، کسر مولی محصول پایین برج یعنی x_B را می‌دهد. با توجه به توضیح داده شده کافی است مقدار x را از حل دستگاه مقابل حساب کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} y = 2x - 0.1 \\ y = x \end{array} \right\} \text{برخورد} \Rightarrow x_B = 0.1$$

۹۱- گزینه «۴» در صورتی که خوراک دو فازی باشد، نسبت مولی مایع در مخلوط برابر q است. بنابراین $q = 0.6$ می‌باشد. معادله خط خوراک در حالت کلی برابر است با: $y = \frac{q}{q-1}x - \frac{z_f}{q-1}$ با جایگذاری مقدار q به تساوی $y = -\frac{3}{2}x + \frac{z_f}{0.4}$ می‌رسیم.

۹۲- گزینه «۴» معادله خط خوراک برابر است با: $y = \frac{q}{q-1}x - \frac{z_f}{q-1}$. در حالتی که خوراک دوفازی است، q برابر است با کسر مولی فاز مایع در خوراک. بنابراین خواهیم داشت:

$$q = 1 - 0.2 = 0.8 \Rightarrow \text{slop} = \frac{q}{q-1} = \frac{0.8}{0.8-1} = -4$$

۹۳- گزینه «۱» با توجه به اینکه در تمام سینی‌ها، بخار در دمای شبنم و مایع در دمای حباب قرار دارند، اگر بخار خروجی از جوش‌آور به حالت بخار داغ وارد شود، با مایع تبادل حرارتی انجام داده و به حالت نقطه شبنم باز می‌گردد.

۹۴- گزینه «۴» لازمه تقطیر متفاوت بودن فراریت اجزاء است، که هر چه اختلاف نقطه جوش دو جزء بیشتر باشد، میزان جداسازی بیشتر است. در میان گزینه‌های داده شده، فراریت آب و دیتریوم نزدیک به هم است. بنابراین در شرایط یکسان، جداسازی آن نسبت به گزینه‌های دیگر کمتر است.

۹۵- گزینه «۲» در فرآیند تقطیر ناگهانی، موازنه جرم جزئی و کلی مواد به صورت زیر می‌باشد:

$$\left. \begin{array}{l} F = D + W \\ Fz_f = Dy_D + Wx_W \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{-W}{D} = \frac{y_D - z_f}{x_W - z_f}, \quad z_f = \frac{1}{2}, \quad W = \frac{1}{2}F \Rightarrow W = D \Rightarrow -1 = \frac{y_D - z_f}{x_W - z_f} \Rightarrow y_D = 1 - x_W$$

۹۶- گزینه «۴» هر چه ضریب فراریت کمتر باشد، منحنی تعادل به خط $y = x$ نزدیک‌تر می‌شود. در این حالت برای اینکه جداسازی انجام شود، باید زمان تماس فازها خیلی زیاد باشد. این امر مستلزم برجی بلند با تعداد بسیار زیادی سینی است. در این موارد برای مخلوط‌های دو جزئی که جداسازی آنها با روش‌های معمولی مشکل و یا غیر ممکن است، جزء سومی، که به آن حلال گفته می‌شود، اضافه می‌گردد تا فراریت نسبی اجزای اصلی را تغییر دهد و جداسازی را ممکن سازد. ولی فراریت حلال اضافه شده کم است و به تنهایی در برج، تقطیر نمی‌شود. نمونه‌ای از این فرایند جداسازی تولوئن (نقطه جوش $110/8^\circ \text{C}$) از هیدروکربن‌های پارافینی با وزن مولکولی نزدیک به آن مثل ایزو اکتان (نقطه جوش $99/3^\circ \text{C}$) است. در این مخلوط، ایزو اکتان جزء فرارتر است ولی جداسازی آن مشکل است. ولی در حضور فنل (نقطه جوش $181/4^\circ \text{C}$) فراریت نسبی ایزو اکتان بالا می‌رود.

۹۷- گزینه «۱» همان طور که قبلاً گفته شد وقتی که α یا ضریب فراریت تقریباً ثابت باشد، برای تعیین حداقل تعداد سینی‌ها در برج تقطیر، می‌توان از

$$N_m = \frac{\log \left[\frac{x_D(1-x_W)}{x_W(1-x_D)} \right]}{\log(\alpha_{av})}$$

معادله فنسک استفاده کرد. در این حالت از یک ضریب فراریت متوسط برای تمام سینی‌ها استفاده می‌شود.

۹۸- گزینه «۳» در تبخیر ناگهانی، دمای فرآیند بین دمای جوش خوراک و دمای شبنم خوراک قرار دارد. در حالتی که دمای محفظه، در دمای جوش خوراک باشد، شیب خط تبادل $\left(\frac{-W}{D}\right)$ برابر با بی‌نهایت است و در دمای شبنم خوراک، شیب خط برابر صفر است.

۹۹- گزینه «۴» با بررسی میزان افت فشار در سینی‌ها، شدت جریان‌های مایع و بخار روی سینی‌ها مشخص می‌شود که از روی آن کارکرد صحیح هیدرودینامیکی برج تعیین می‌شود. منظور از مشخصات هیدرودینامیکی برج، قطر آن، فاصله بین سینی‌ها و کلیه جزئیات مربوط به سینی می‌باشد.

۱۰۰- گزینه «۱» برای رفع این مشکل، می‌توان خوراک را در دماهای بالاتر وارد برج نمود، چرا که اگر خوراک سرد باشد، موجب میعان بخشی از جریان بخار شده و از میزان این جریان کم می‌کند.

۱۰۱- گزینه «۳» از برج تثبیت کننده (Stabilizer tower) برای جداسازی هیدروکربن‌های فرار مخلوط با مایع، در فشار و دماهای متوسط استفاده می‌شود.

۱۰۲- گزینه «۱» با توجه به اینکه فقط یک خط تبادل وجود دارد، می‌توان نتیجه گرفت که تنها در یک قسمت از برج (بالا یا پائین خوراک) جداسازی صورت گرفته و در یک قسمت دیگر تغییری در غلظت اجزاء صورت نگرفته است و یا به عبارت دیگر جداسازی انجام نشده است، بنابراین در این برج فقط یک محصول می‌تواند به درجه خلوص بالا برسد و محصول دیگر نمی‌تواند. اگر خط تبادل بالای برج وجود داشته باشد یعنی تنها جزء فرار به خلوص بالا رسیده است و اگر خط تبادل پائین برج وجود داشته باشد، جزء غیرفرار به خلوص بالا رسیده است.

۱۰۳- گزینه «۲» هرچه اختلاف نقطه جوش اجزاء بیشتر باشد یا به عبارت دیگر یکی از اجزاء فرارتر از دیگری باشد، میزان جداسازی بیشتر است. در بین گزینه‌ها، فراریت آمونیاک نسبت به آب، در مقایسه با اتانول و اسیداستیک بیشتر است. بنزین و تولوئن نیز از یک خانواده هستند و فراریت آنها نزدیک به هم است. بنابراین مخلوط آب و آمونیاک در این برج بهتر تفکیک می‌شوند.

۱۰۴- گزینه «۴» قطر برج براساس عدم طغیان تعیین می‌شود در هنگام وجود محدودیت برای قطر برج می‌توان فاصله سینی‌ها را زیاد کرد. ولی در حالت کلی قطر برج با فاصله سینی‌ها رابطه مستقیم دارد.

۱۰۵- گزینه «۳» در صورتی که شدت گاز فوق‌العاده کم باشد، ممکن است قسمت اعظم مایع از منافذ صفحه یا سینی به پائین چکه کند و بنابراین جریان کاملی از مایع، در سراسر سینی وجود نخواهد داشت. این پدیده چکه کردن مایع به weeping موسوم است.

۱۰۶- گزینه «۴» در مورد سیستم‌های تقطیر چند جزئی‌ها ثابت تعادل (k_j) مشابه ضریب توزیع (k) در سیستم دو جزئی است که به فشار، دما و غلظت

$$k = \frac{y}{x}$$

اجزاء بستگی دارد.

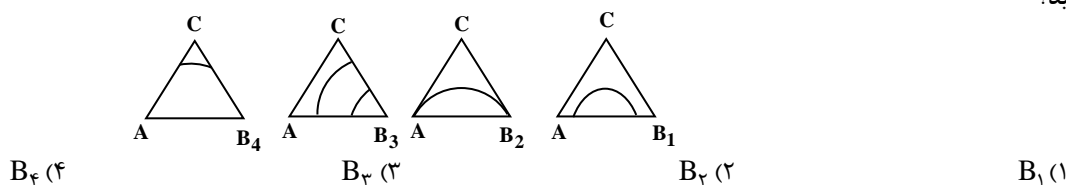
۱۳۵- گزینه «۱» افت فشار برج‌های پر شده کمتر از برج‌های سینی‌دار است. در مورد برج‌های پر شده، هر چه نظم پرکن‌ها بیشتر باشد، میزان تخلخل بیشتر شده و در نتیجه افت فشار کمتر می‌شود. بنابراین کمترین افت فشار مربوط به برج‌های پر شده با پرکن‌های منظم است.

فصل دوم

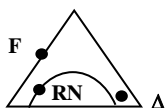
«استخراج مایع - مایع»

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل دوم

کله ۱- چهار حلال مختلف B_1 و B_2 و B_3 و B_4 چهار منحنی تعادلی مطابق شکل‌های (۱، ۲، ۳، ۴) پدید می‌آورند. عملیات استخراج را با کدام حلال انجام می‌دهید؟ (سراسری ۷۵)



کله ۲- در عملیات استخراج در سیستم‌های متقابل (Counter - current) شامل N مرحله، مکان نقطه Δ (نقطه اختلاف) در دیاگرام مثلثی روبرو: (۱) بستگی به غلظت استخراج شونده (C) در فاز E و فاز R دارد.



- (۲) بستگی به میزان حلال S و نسبت آن به خوراک دارد.
 (۳) همواره در سمت چپ نقطه A قرار دارد.
 (۴) همواره در سمت چپ نقطه B قرار دارد.

کله ۳- در صورتیکه ضریب توزیع $k = \frac{y}{x}$ در استخراج مایع مایع کوچکتر از یک باشد، در آن صورت ... (سراسری ۷۵)

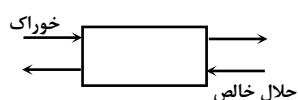
- (۱) به حلال بیشتری نیاز است.
 (۲) به حلال کمتری نیاز است.
 (۳) تأثیر در پارامترهای مهم استخراج ندارد.
 (۴) جداسازی به کمک استخراج امکان پذیر نیست.

کله ۴- در استخراج مایع - مایع برای دو فاز نسبی قابل امتزاج در یک واحد عملیاتی موازی و غیر همسو ... عبوری از F منجر به دستیابی به حداقل حلال خواهد شد. (سراسری ۷۵)

- (۱) در بسیاری مواقع خط Tie (۲) همواره خط Tie (۳) هر خط دلخواه (۴) همواره با رسم خط Tie

کله ۵- ضریب جداسازی β در شکل مقابل برای سیستم استخراج برابر است با: (سراسری ۷۶)

A	= ۰/۰۵
B	= ۰/۷۹
C	= ۰/۰۵
A	= ۰/۸۹



B = Solvent C = Solute

- (۱) ۱/۱۳ (۲) ۸/۸۸ (۳) ۱۱/۲ (۴) ۵۶/۹۶

کله ۶- از کدام دستگاهها می‌توان برای محاسبه مراحل (عمل استخراج مایع - مایع) از فرض تعادل بین فازها با تقریب بسیار خوب استفاده کرد؟ (سراسری ۷۶)

- (۱) برج پاشنده Spray Tower (۲) برج RDC (۳) برج سینی دار (۴) سیستم Mixer-Settler

کله ۷- در عمل استخراج مایع - مایع با حلالهای از نوع نیمه محلول (Partially miscible) و سیستم چند مرحله‌ای با جریانهای معکوس (Counter-Current)، برای تعیین تعداد مراحل تعادلی باید روش مورد استفاده قرار گیرد. (سراسری ۷۶)

- (۱) پلکانی (Step-Wise) (۲) خط عملیاتی هر مرحله و تلاقی آن با منحنی تعادل
 (۳) نقطه تفاضل (Difference Point) (۴) نمودار Kremser

کله ۸- در عمل استخراج، کدام مایع حلالی مناسب‌تر است؟ (سراسری ۷۷)

- (۱) Selectivity بزرگتر از یک باشد.
 (۲) Selectivity بزرگتر از یک و ضریب توزیع کوچکتر از یک باشد.
 (۳) ضریب توزیع بزرگتر از یک باشد و Selectivity و ضریب توزیع هر دو بزرگتر از یک باشند.

۹- در عمل استخراج با حلال (مایع - مایع) در محدوده‌ای از غلظت، ضریب جداسازی β حدود ۶۵ گزارش شده است، حلال بکار برده شده در این سیستم دارای قدرت استخراج کنندگی:

(سراسری ۷۷)

- (۱) کم بوده ولی بازیابی حلال آسان است.
- (۲) ضعیف بوده و بازیابی آن نیز مشکل است.
- (۳) زیاد بوده و بازیابی حلال بسهولت انجام می‌گیرد.
- (۴) زیاد بوده ولی بازیابی حلال مشکل است.

۱۰- استفاده از دستگاه‌های استخراج با نیروی گریز از مرکز در کدام مورد توصیه می‌شود؟ وقتی:

(سراسری ۷۷)

- (۱) اختلاف دانسیته خوراک بسیار کم بوده و زمان تماس و جداسازی کوتاهی لازم باشد.
- (۲) اختلاف دانسیته خوراک و حلال بسیار کم است.
- (۳) اجزاء جامد در خوراک حضور دارند.
- (۴) با سیالات با دانسیته بالا سروکار داریم.

۱۱- کدامیک از موارد زیر در مورد استخراج مایع - مایع صحیح است؟

(سراسری ۷۷)

- (۱) تماس غیرمستقیم دوفاز و نوعی جداسازی مستقیم است.
- (۲) تماس غیرمستقیم دو فاز و نوعی جداسازی مستقیم است.
- (۳) تماس مستقیم دو فاز و نوعی جداسازی مستقیم است.
- (۴) تماس مستقیم دو فاز و نوعی جداسازی غیرمستقیم و گاهی مستقیم است.

۱۲- کدام یک از عبارات زیر صحیح می‌باشد؟

(سراسری ۷۸)

- (۱) در نقطه Plait Point مقدار interfacial بین حلال و خوراک به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد.
- (۲) در عملیات استخراج مایع از مایع به کمک حلال، در نقطه Plait Point، مقدار کشش سطحی میان فازی، بین حلال و خوراک (interfacial Tension) به صفر تنزل می‌کند.
- (۳) در نقطه Plait Point، مقدار interfacial tension بین حلال و خوراک به مقدار مینیمم خود می‌رسد.
- (۴) در نقطه Plait Point، مقدار interfacial tension، بین حلال و خوراک هیچ تغییری نمی‌کند و همچنان ثابت می‌ماند.

۱۳- در یک دستگاه استخراج از مایع که به صورت برج ساخته شده و فاز پیوسته آن را پر کرده، فاز پراکنده که از فاز پیوسته سبک‌تر است از پائین برج به صورت قطراتی وارد شده و به طرف بالا صعود می‌کند. در کدامیک از قسمت‌های برج که در زیر مشخص شده انتقال جرم به صورت موثرتر صورت می‌گیرد؟

(سراسری ۷۸)

- (۱) در قسمت فوقانی برج جائیکه قطرات مجدداً بهم پیوسته و از برج خارج می‌شوند.
- (۲) در ناحیه میانی برج
- (۳) در ناحیه تحتانی برج
- (۴) در ناحیه‌ای از برج که قطرات تراکم کمتری دارند.

۱۴- در یک سیستم استخراج مایع - مایع، غلظت جزء A بین دو فاز E, R برابر شده است، $(X_R = Y_E)$ ، این نقطه

(سراسری ۷۸)

- (۱) دقیقاً نقطه Plait است
- (۲) این نقطه نمی‌تواند وجود داشته باشد.
- (۳) ممکن است نقطه Plait باشد.
- (۴) ضمن آنکه این نقطه وجود ندارد همواره $Y_E > X_R$ است.

۱۵- رابطه توزیع جزء حل شده در دو فاز حاصل از عمل استخراج مایع - مایع بر مبنای بدون حلال به صورت $Y = \frac{4X}{1+3X}$ (نسبت مولی)

(سراسری ۷۸)

می‌باشد، در این صورت انتخاب‌پذیری (Selectivity) حلال برابر است با:

- (۱) ۳
- (۲) اطلاعات کافی نیست
- (۳) ۴
- (۴) بستگی به تغییرات Y, X دارد.

۱۶- محلول‌های استن در آب اگر بوسیله MİK به عنوان حلال استخراج شوند در این صورت منحنی تعادل سیستم دارای نقطه (Plait) خواهد بود کدامیک از عبارات زیر این نقطه را صحیح‌تر می‌کند؟ (سراسری ۷۹)

(۱) در این نقطه غلظت استن در فاز (extract) بالاترین مقدار است.

(۲) در این نقطه نسبت غلظت حلال در فاز (raffinat) کمترین مقدار است.

(۳) در این نقطه نسبت غلظت استن در فاز (raffinat) به فاز (extract) بیش از یک است.

(۴) در این نقطه نسبت غلظت استن در فاز (raffinat) به فاز (extract) برابر یک است.

۱۷- در واحدهای آکنده استخراج مایع از مایع لازم است از تشکیل شرایط غرقابی پرهیز گردد، کدامیک از حالات زیر در این شرایط اتفاق می‌افتد؟ (سراسری ۷۹)

(۱) فاز پیوسته تمام برج را فرا می‌گیرد و فاز ناپیوسته مجال ورود به آن را پیدا نمی‌کند.

(۲) جای فازهای پیوسته و ناپیوسته عوض می‌شود به این معنی که فاز پیوسته ناپیوسته می‌شود و فاز ناپیوسته پیوسته

(۳) فاز ناپیوسته بصورت یک فاز پیوسته تمام برج را فرا می‌گیرد و از ورود فاز پیوسته بداخل برج جلوگیری می‌کند.

(۴) قطرات فاز ناپیوسته به یکدیگر وصل شده و به صورت یک فاز پیوسته دیگر همراه با فاز پیوسته اصلی از محل خروج فاز پیوسته اصلی از واحد خارج می‌شود.

۱۸- در منحنی‌های استخراج مایع - مایع از نوع مثلثی که دارای نقطه Plait هستند، کدام گزینه صحیح‌تر است؟ (β ضریب جداسازی می‌باشد). (سراسری ۷۹)

$$\beta = 1 \quad (1) \quad \frac{y}{x} = 1 \quad (2) \quad \frac{y}{x} = 1, \beta = 1 \quad (3) \quad \beta = 1, \frac{y}{x} < 1 \text{ یا } \frac{y}{x} > 1 \quad (4)$$

۱۹- رابطه تعادلی در سیستم‌های استخراج مایع - مایع با selectivity ثابت (β) به چه صورت است؟ (سراسری ۸۱)

$$Y = \frac{X}{\beta - (\beta - 1)X} \quad (1) \quad y = \frac{x}{\beta - (\beta - 1)x} \quad (2) \quad Y = \frac{\beta X}{1 + (\beta - 1)X} \quad (3) \quad y = \frac{\beta x}{1 + (\beta - 1)x} \quad (4)$$

۲۰- کدام شیب خط بست (Tie line) در منحنی‌های مثلثی که حل شونده در رأس بالا، حلال اولیه در رأس سمت چپ، و حلال ثانویه در رأس سمت راست قرار دارد مناسب‌تر است؟ (سراسری ۸۱)

(۱) شیب صفر (۲) شیب منفی (۳) شیب مثبت (۴) شیب بینهایت

۲۱- در یک سیستم استخراج مایع - مایع در صورتی که فاکتور جداسازی، Selectivity، بزرگتر از یک باشد، حلالی مناسب‌تر است که ضریب توزیع K آن به چه صورتی باشد؟ (سراسری ۸۳)

(۱) مساوی یک (۲) بزرگتر از یک (۳) کوچکتر از یک (۴) قابل تعیین نیست

۲۲- در تبخیر ساده یا دیفرانسیلی (Simple or Differential Vaporization)، مخلوط ۵۰٪ متانول و ۵۰٪ آب تبخیر شده و در پایان کار، مایع باقیمانده در یک دیگ تبخیر ۴۰٪ متانول و ۶۰٪ آب داشته است. ترکیب متانول آخرین قطره ورودی به ظرف جمع‌آوری چه مقدار بوده است؟ (ضریب فراریت $\alpha = 3/6$ بوده است) (سراسری ۸۳)

(۱) ۶۰٪ (۲) ۶۲٪ (۳) ۶۴٪ (۴) ۷۰٪

۲۳- در عملیات واحد، روش محاسبات تعداد مراحل با استفاده از نقاط تفاضل در کدام یک از موارد زیر به کار می‌رود؟ (سراسری ۸۳)

(۱) سیستم‌های ناپیوسته (batch) (۲) سیستم‌های با جریان‌های متقاطع (cross-current) (۳) سیستم‌های با جریان‌های موازی و معکوس (counter-current) (۴) سیستم‌های با جریان‌های موازی و هم جهت (co-current)

۲۴- در شرایط یکسان، در کدام یک از روش‌های استخراج مایع - مایع زیر، انرژی بیشتری مصرف می‌گردد؟ (سراسری ۸۴)

(۱) برج RDC (۲) برج آکنده (۳) برج ضربه‌ای (۴) برج سینی‌دار

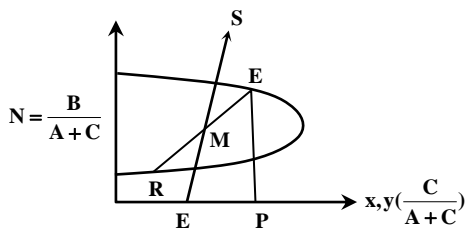
۲۵- در کدام مورد ذیل برای جداسازی یک محلول نباید به جای تقطیر از استخراج مایع - مایع استفاده نمود؟ (سراسری ۸۴)

(۱) ضریب فراریت به یک نزدیک است. (۲) محلول دارای نقطه آزنوتروپ است.

(۳) اجزاء محلول نسبت به درجه حرارت حساس می‌باشند. (۴) نقطه جوش و گرمای نهان تبخیر اجزاء محلول زیاد نیست.

۲۶- تصویر زیر کدام است؟

(سراسری ۸۶)



- (۱) این تصویر یک سیستم استخراج مایع - مایع دو مرحله‌ای تعادلی است.
- (۲) این تصویر یک سیستم تک مرحله استخراج مایع - مایع است که فاز استخراج شده حلال‌زدایی کامل شده است.
- (۳) این تصویر یک سیستم استخراج مایع - مایع دو مرحله‌ای تعادلی است که فاز استخراج شده حلال‌زدایی شده است.
- (۴) این تصویر یک سیستم تک مرحله‌ای استخراج مایع - مایع است که راندمان مراحل آن کامل نبوده است.

(سراسری ۸۷)

۲۷- سرعت خطی قطرات مایع در برج‌های استخراج از نوع سینی‌دار حدوداً کدام یک از عبارات زیر است؟

- (۱) کمتر از $10 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ (۲) $44 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ (۳) $24 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ (۴) $34 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

(سراسری ۸۷)

۲۸- برای یک عمل استخراج مایع - مایع (Liquid Extraction) به طور تئوری به حدود 80° مرحله نیاز بوده است:

- (۱) برای این کار می‌توان از برج استخراج سینی‌دار استفاده کرد.
- (۲) برای این کار نمی‌توان از برج استخراج سینی‌دار استفاده کرد.
- (۳) بر حسب این که کدام فاز پخش شونده باشد می‌توان از برج سینی‌دار استفاده نمود.
- (۴) فقط هنگامی که فاز با دانسیته بیشتر به عنوان فاز پخش شونده انتخاب شود، می‌توان از برج سینی‌دار استفاده نمود.

(سراسری ۸۸)

۲۹- در یک برج استخراج مایع - مایع از نوع سینی‌دار، ماندگی (hold-up) فاز پخش شده در بین سینی‌ها حدوداً چقدر است؟

- (۱) کمتر از 20% (۲) $20-40\%$ (۳) $40-60\%$ (۴) بیشتر از 70%

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنگوری فصل دوم

۱- گزینه «۴» عوامل مهم در انتخاب حلال برای استخراج مایع - مایع عبارتست از:

۱- مهم‌ترین عامل selectivity یا انتخاب‌پذیری حلال (β) است:

$$\beta = \frac{(C/A)_E}{(C/A)_R} = \frac{y_E}{x_R} \cdot \frac{R \text{ در } A}{E \text{ در } A}$$

جزمولى A در R در A

R بیان‌گر فاز Raffinate و E بیان‌گر فاز Extract است.

شرط لازم برای جداسازی این است که این نسبت بزرگ‌تر از یک باشد (مثل α در تقطیر است). اگر $\beta = 1$ باشد تفکیک به کمک استخراج ممکن نیست.

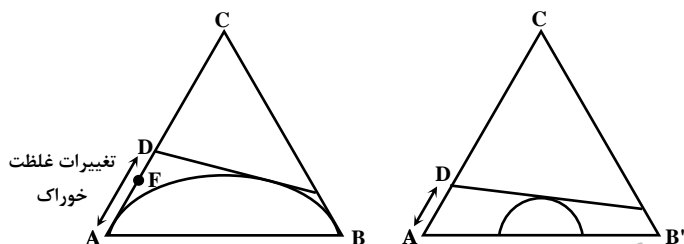
$$K = \frac{y_E}{x_R}$$

۲- ضریب توزیع یا Distribution Coefficient:

که در واقع توزیع جز C در دو فاز است. K هم می‌تواند کوچک‌تر و هم بزرگ‌تر از یک باشد ولی هرچه بزرگ‌تر باشد به حلال کمتری نیاز است.

۳- هرچه حلال (B) با حلال اولیه (C) غیر محلول‌تر باشد، مناسب‌تر است. در واقع هر چه منطقه دو فازى یا غیر محلولی بزرگ‌تر باشد نشان می‌دهد که نسبت به تغییرات غلظت خوراک و غلظت حلال، انعطاف‌پذیرتر است و در نتیجه حلال مناسب‌تر خواهد بود.

برای مثال در شکل مقابل حلال B مناسب‌تر از حلال B' است.



۴- Recover ability یا قابلیت بازیابی حلال: از آنجائی که در بازیابی حلال از تقطیر استفاده می‌شود، حلال باید فراریت بالا داشته باشد و با اجزاء آزنوتروپ تشکیل ندهد.

۵- چگالی یا density: هرچه اختلاف چگالی بیشتر باشد جداسازی فازها بهتر صورت می‌گیرد.

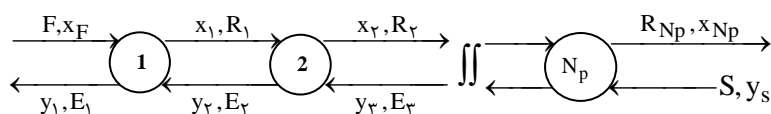
۶- کشش سطحی: هرچه بزرگ‌تر باشد تجمع ذرات معلق بهتر صورت گرفته و در نتیجه بعد از عمل تماس، تشکیل فازهای E و R راحت‌تر صورت می‌گیرد.

۷- Chemical Reactivity: در استخراج از خاصیت فیزیکی استفاده می‌شود، پس حلال مورد استفاده باید با اجزاء واکنش ندهد.

۸- گرانیوی، فشار بخار و نقطه انجماد حلال باید کم باشد.

۹- حلال غیر سمی، غیر آتش گیر و ارزان باشد. با توجه به مورد سوم گزینه ۴ صحیح است.

۲- گزینه «۲» اگر یک فرآیند استخراج چند مرحله‌ای با جریان‌های غیر هم‌سو را در نظر بگیریم:



موازنه جرم کلی و جزئی برای جز C خواهد بود:

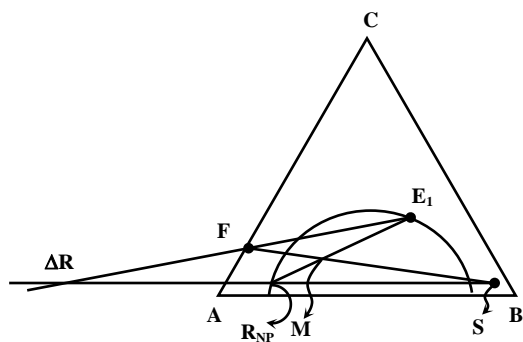
$$\begin{cases} F + S = E_1 + R_{NP} = M & \text{(I)} \\ F x_F + S y_S = M x_M & \text{(II)} \end{cases} \Rightarrow x_M = \frac{F x_F + S y_S}{F + S}$$

طبق رابطه موازنه جرم کلی (I)، M روی خط FS قرار دارد و با توجه به x_M ، مکان نقطه M دقیقاً مشخص می‌شود هم چنین M روی خط $E_1 R_{NP}$

$$F - E_1 = R_{NP} - S = \Delta R$$

قرار دارد. به طریق دیگر اگر رابطه (I) به صورت تفاضل نوشته شود، خواهیم داشت:

که ΔR نشان دهنده جریان خالص خروجی از آخرین مرحله (N_p) است. طبق این رابطه تلاقی خطوط FE_1 و $R_{NP}S$ در ΔR به هم می‌رسند



(مطابق شکل روبرو):

با افزایش مقدار حلال (B) نقطه M، به سمت S حرکت می‌کند (درصد وزنی حلال افزایش می‌یابد) و نقطه ΔR از سمت چپ فاصله می‌گیرد، نقطه E_1 پایین‌تر آمده و خط FE_1 با $R_{NP}S$ موازی می‌شود و نقطه ΔR در بی‌نهایت قرار می‌گیرد و در صورت افزایش میزان حلال، نقطه ΔR به سمت راست منتقل می‌شود و با افزایش بیشتر حلال، ΔR به B نزدیک‌تر می‌شود. طبق توضیحات داده شده، نقطه تفاضل به میزان حلال و نسبت آن به خوراک، بستگی دارد.

۳- گزینه «۱» هرچه ضریب توزیع کمتر باشد، به حلال بیشتری نیاز است.

۴- گزینه «۱» برای به دست آوردن حداقل مقدار حلال در فرآیندهای متقابل، اگر نمودار نرمال باشد، از محل تلاقی خط یا رابط عبوری از F با خط SR_{NP} (در شکل مربوط به سؤال ۲) ΔR_{min} به دست می‌آید. در صورتی که، خطوط رابط تغییر شیب دهند، رسم خط رابط عبوری از F مقدار حداقل حلال را نمی‌دهد. در این حالت اگر ΔR در سمت چپ باشد، آن خط tie که دورترین محل تلاقی با SR_{NP} را دارد، و در صورتی که ΔR در سمت راست قرار گیرد آن خط tie که نزدیک‌ترین محل تلاقی با خط SR_{NP} را دارد، تعیین کننده ΔR_{min} خواهد بود (این خطوط tie با حدس و خطا به دست می‌آیند). با توجه به این توضیحات در بسیاری مواقع و نه همیشه، خط tie عبوری از F برای تعیین حداقل حلال استفاده خواهد شد.



۵- گزینه «۴» ضریب جداسازی یا انتخاب پذیری (Selectivity) نشان دهنده این است که حلال (B) تا چه حد در جداسازی محلول A و C مؤثر است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\beta = \frac{\left(\frac{C}{A}\right)_E}{\left(\frac{C}{A}\right)_R}$$

شرط لازم برای جداسازی این است که β بزرگتر از یک باشد.

در استخراج هدف جداسازی جز C توسط حلال B است. جریان خروجی که غلظت C در آن بیشتر باشد فاز E و فاز خروجی دیگر فاز R است.

$$y_C = 1 - (0/05 + 0/79) = 0/16$$

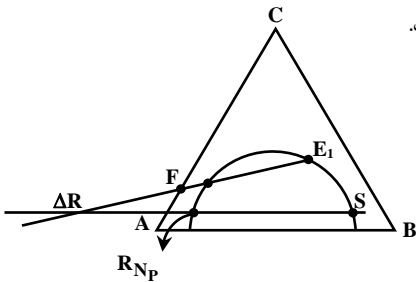
غلظت C در فاز خروجی سمت راست برابر است با:

$$\Rightarrow \beta = \frac{\left(\frac{0/16}{0/05}\right)_E}{\left(\frac{0/05}{0/89}\right)_R} = 56/96$$

پس خروجی سمت راست فاز E است.

۶- گزینه «۴» از فرض تعادل بین فازها زمانی می توان استفاده کرد که هم زمان اقامت و هم سرعت انتقال جرم زیاد باشد که در بین دستگاه های مورد استفاده در استخراج، دستگاه Mixer - Setter دارای این ویژگی است. در این دستگاه جداسازی فازها در یک قسمت و Mixing یا اختلاط در قسمت دیگری رخ می دهد.

۷- گزینه «۳» با توجه به شکل زیر برای فرایند استخراج غیر هم سو پس از تعیین نقطه تفاضل (ΔR) می توان تعداد مراحل را بدست آورد. بدین صورت که به کمک منحنی توزیع از E_1 ، خط tie را رسم می کنیم تا R_1 وصل کرده تا E_p مشخص شود. دوباره از E_p ، خط tie را رسم می کنیم تا R_p بدست آید. این کار را ادامه می دهیم تا از R_{Np} رد شویم. تعداد خطوط tie مشخص کننده تعداد مراحل است.



البته روش دیگر این است که از ΔR خطوط دلخواهی رسم کنیم تا منحنی تعادلی را در دو نقطه قطع کند، با مشخص کردن X و Yهای بدست آمده و رسم آنها در منحنی توزیع (XY) یک منحنی تبدالی بدست می آید با رسم پلکان بین این منحنی و منحنی توزیع (بین X_F و X_{Np}) تعداد مراحل تعادلی بدست می آید. که در این صورت گزینه ۱ نیز می تواند صحیح باشد. البته منظور سؤال بیشتر روش نقطه تفاضل است.

۸- گزینه «۴» شرط لازم برای جداسازی توسط فرایند استخراج این است که انتخاب پذیری حلال یا β بزرگتر از یک باشد. ضریب توزیع هم می تواند کوچکتر از یک باشد هم بیشتر از آن، ولی هرچه بزرگتر باشد به حلال کمتری نیاز است. بنابراین حلال در گزینه ۴، حلال مناسبتری است.

۹- گزینه «۴» شرط لازم برای جداسازی در استخراج این است که β یا ضریب انتخاب پذیری بزرگتر از یک باشد. ($\beta > 1$)، که هرچه β بزرگتر باشد جداسازی بهتر است ولی از طرف دیگر بزرگ بودن بیش از حد آن، بازیابی حلال را مشکل می سازد. در $\beta = 1$ ، جداسازی به کمک استخراج ممکن نیست.

۱۰- گزینه «۱» دستگاه های استخراج از نوع گریز از مرکز زمانی استفاده می شود که اختلاف دانسیته فازها کم بوده، به طوری که جداسازی طبیعی آنها ممکن نباشد. هم چنین از ویژگی این نوع دستگاه ها، تعداد تماس های زیاد در یک فضای کوچک و زمان تجمع کوتاه مایع است، بنابراین هنگامی از این نوع دستگاه استفاده می شود که زمان تماس و جداسازی کوتاهی نیاز باشد.

۱۱- گزینه «۴» جداسازی اجزاء یک مخلوط مایع به کمک حلال را استخراج مایع - مایع گویند. پس این عملیات بر اساس تماس مستقیم دو فاز صورت می گیرد. اساس این عملیات بر حلالیت می باشد. حلالیت در استخراج مثل فراریت در تقطیر است و شرط عملیات این است که خوراک و حلال بطور نسبی حل پذیر باشند. در هر عمل استخراج، باید حلال را بازیابی کرد. به دلیل حل پذیری نسبی حلال، دو فاز مایع ایجاد می گردد. جداسازی دو فاز مایع نیز باید ممکن باشد یعنی اختلاف دانسیته وجود داشته باشد. در این عملیات امکان چند مرحله ای شدن و حرکت جریان ها (هم جهت، غیر هم جهت، متقاطع) نیز وجود دارد. معمولاً اگر جداسازی از طریق تقطیر ممکن نباشد، سراغ روش های دیگر مثل استخراج می رویم، بعنوان مثال در موارد زیر نمی توان از تقطیر استفاده کرد:

۱- ضریب فراریت (α) نزدیک به یک باشد.

۲- نقطه جوش اجزاء و یا گرمای نهان تبخیر بالا باشد که در این حالت هزینه زیاد می شود.

۳- حساسیت به حرارت وجود داشته باشد مثل مواد دارویی و خوراکی

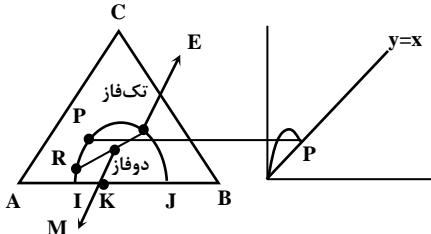
۴- وجود آزنوتروپ، که درجه جداسازی را محدود می کند.

۱- contacting یا تماس بین حلال و خوراک

۲- separation : جداسازی دو فاز غیر محلول به روش های مکانیکی

۳- Solvent recovery : بازیابی حلال از هر یک از فازها (معمولاً با تقطیر)

چون بازیابی حلال خود یک عمل جداسازی است، معمولاً ۲ مرحله اول را بعنوان استخراج می شناسند. پس استخراج مایع - مایع، تماس مستقیم دو فاز است که بدلیل استفاده از حلال نوعی جداسازی غیر مستقیم تلقی می شود. البته در بعضی موارد مستقیم نیز می باشد.



۱۲- گزینه «۳» در عملیات مایع - مایع، متداول ترین سیستم، حلالیت نسبی یک جز و حلالیت کامل جز دیگر است. مثلاً سیستم آب (A)، کلروفرم (B) و استون (C) دارای چنین ویژگی می باشد. در C در A و B کاملاً حل می شود ولی A و B بطور نسبی در هم حل می شوند) نمودار این سیستمها به صورت روبرو است:

این سیستمها دارای حد حلالیت I و J هستند یعنی اگر درصد B و A طوری باشد که در قسمت AI و JB قرار بگیرد یک فاز کاملاً یکنواخت تشکیل می دهد. اما در فاصله I و J بصورت نسبی حل می شوند، یعنی هر مخلوط مثل k، دو فاز می شود. (دو فاز در حال تعادل با غلظت های I و J دارد). در حالت سه جزئی، ناحیه دو قسمت می شود، در داخل منحنی دو فازی و خارج از آن تک فاز و یکنواخت. نمودار IPJ، نمودار حلالیت است و حدحلالیت را نشان می دهد. هر مخلوط سه تایی مثل M که زیر منحنی قرار بگیرد به دو فاز مایع نامحلول اشباع با ترکیب درصد تعادلی R (غنی از A) و E (غنی از B) تقسیم می شود. خط اتصال بین ترکیب درصدهای تعادلی، خط رابط یا Tie line نام دارد که باید از نقطه M که بیان گر کل مخلوط است، عبور کند. بی نهایت خط tie داریم. جایی که طول خط tie صفر می شود و تفاوتی بین فاز E و R نیست Plait Point نام دارد. این نقطه در واقع آخرین خط رابط است (نقطه P در شکل). در این نقطه منحنی های حلالیت فازهای غنی از A و B به یکدیگر می رسند و در این نقطه مقدار C در هر دو فاز یکسان می شود. در نقطه پلیت (Plait Point)، $y = x$ ، است ولی عکس آن همیشه درست نیست. بنابراین چون که در این نقطه فازهای E و R یکسان هستند، در این حالت کشش سطحی به مقدار حداقل می رسد چرا که کشش سطحی برای فازهایی که خوب مخلوط می شوند، کم است.

۱۳- گزینه «۳» با توجه به توضیحات سؤال که دو فاز پیوسته و پراکنده وجود دارد، و اینکه فاز پراکنده سبک تر است و از پائین وارد می شود، مشخص می شود که این نوع دستگاه از نوع ستون پاششی (Spray column) است. این نوع برجها حداکثر دارای یک مرحله تعادلی هستند بنابراین برای سیستم جداسازی با انتخاب پذیری (β) بالا، مناسب می باشند. در این برجها تماس بین فاز پراکنده و فاز پیوسته در منطقه ای که قطرات در آنجا تشکیل می شوند، بیشتر است، چرا که در این منطقه شدت انتقال جرم بیشتر است. که این عمل در قسمت پائینی برج خیلی بیشتر می باشد.

۱۴- گزینه «۳» در نقطه Plait، $y_E = x_R$ است ولی عکس آن همیشه درست نیست.

۱۵- گزینه «۳» در محاسبات مربوط به استخراج مایع - مایع، برای سادگی از مختصاتی بر مبنای بدون حلال یا B-free استفاده می شود. در این حالت

$$X, Y = \frac{kgC}{kg(A+C)}$$

بجای X, Y از X, Y، استفاده می شود که به صورت روبرو تعریف می شوند:

$$\beta = \frac{\frac{Y}{X}}{\left(\frac{1-Y}{1-X}\right)} \Rightarrow Y = \frac{\beta X}{1 + (\beta - 1)X}$$

در این حالت β یا ضریب انتخاب پذیری نیز به صورت روبرو خواهد بود:

$$\frac{\beta X}{1 + (\beta - 1)X} = \frac{4X}{1 + 3X} \Rightarrow \beta = 4$$

از مقایسه معادله بالا با معادله داده شده خواهیم داشت:

۱۶- گزینه «۴» در نقطه plait، ضریب انتخاب پذیری (β) برابر یک است. طبق تعریف β برابر است با نسبت غلظت جزء حل شونده در فاز Extract به همین نسبت در فاز Raffinate:

$$\beta = \frac{\left(\frac{C}{A}\right)_E}{\left(\frac{C}{A}\right)_R}$$

زمانی که $\beta = 1$ باشد، تفکیک به کمک استخراج ممکن نیست.

با توجه به اینکه در نقطه plait این ضریب برابر یک است پس عکس آن نیز یعنی نسبت غلظت حل شونده در فاز raffinate به فاز extract برابر یک است.

۱۷- گزینه «۴» شرایط غرقابی یا طغیان (Flooding) پدیده‌ای است که هم در برج‌های سینی دار و هم آکنده دیده می‌شود. طغیان در برج‌های سینی‌دار می‌تواند موجب خروج مایع از بالای برج گردد و در برج‌های آکنده می‌تواند موجب بهم پیوسته شدن فاز پراکنده و خروج آن همراه با فاز پیوسته از برج شود. در مورد برج سینی‌دار، افزایش شدت جریان گاز یا مایع، افزایش اختلاف فشار در دو طرف هر سینی را به دنبال دارد، که موجب بالا رفتن سطح مایع روی سینی خواهد شد. افزایش بیشتر در شدت جریان‌های گاز یا مایع وضعیت سیستم را به سرعت عوض کرده و مایع تمام فاصله بین سینی‌ها را پر خواهد کرد. در این صورت پدیده طغیان بوجود می‌آید و بازده سینی به مقدار بسیار پائینی می‌رسد. در مورد برج‌های آکنده نیز اگر شدت جریان یکی از فازهای پیوسته یا پراکنده افزایش یابد، به نقطه‌ای خواهیم رسید که قطرات فاز پراکنده بهم پیوسته و در نهایت همراه با فاز پیوسته اصلی از برج خارج می‌شود.

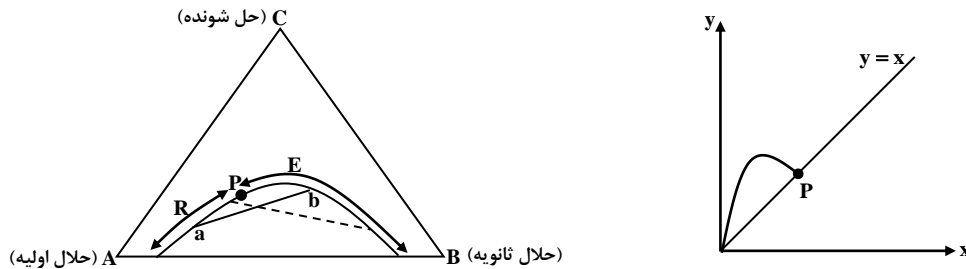
۱۸- گزینه «۳» در نقطه $y = x$, plait است ولی عکس آن صادق نیست، بدین معنی که اگر در نقطه‌ای $y = x$ باشد، الزاماً آن نقطه، نقطه plait نیست. هم‌چنین در نقطه plait، همیشه $\beta = 1$ می‌باشد.

۱۹- گزینه «۳» رابطه β یا فاکتور انتخاب‌پذیری با Y و X به صورت زیر است:

$$\beta = \frac{\beta X}{1 + (\beta - 1)X}, \quad Y = \frac{y}{1 - y}, \quad X = \frac{x}{1 - x}$$

x و y جز مولی C در فازهای R و E هستند و Y و X نسبت‌های مولی هستند.

۲۰- گزینه «۳»



با توجه به شکل سمت چپ وقتی که شیب خط Tie، مثبت باشد (مثل خط \overline{ab})، میزان C یا حل‌شونده در فاز E که فاز استخراج شونده و مطلوب است، بیشتر است. در حالی که شیب خط Tie منفی باشد (مثل خط خط‌چین)، میزان C در فاز R بیشتر از فاز E خواهد بود. بنابراین در حالت اول یعنی شیب مثبت نسبت به شیب منفی، به میزان کمتری از حلال ثانویه (B) نیاز است.

۲۱- گزینه «۲» شرط لازم برای جداسازی این است که فاکتور جداسازی بزرگ‌تر از یک باشد. ضریب توزیع هم می‌تواند کوچک‌تر و هم بزرگ‌تر از یک باشد. ولی هرچه این ضریب بزرگ‌تر باشد به حلال کمتری نیاز بوده و حلال مناسب‌تر است.

۲۲- گزینه «۴» در تبخیر ساده یا دیفرانسیلی در هر لحظه مایع باقیمانده در ظرف با بخار حاصل در حال تعادل هستند. بنابراین آخرین قطره ورودی به ظرف جمع‌آوری یا آخرین بخار حاصل با مایع نهایی باقیمانده در ظرف در تعادل می‌باشند.
بنابراین داریم:

$$\alpha = 3/6 \xrightarrow{\text{رابطه تعادلی}} y_D = \frac{3/6 X_W}{1 + 2/6 X_W}, \quad X_W = 0/4 \Rightarrow y_D = \frac{(3/6)(0/4)}{1 + (2/6)(0/4)} = 0/7$$

۲۳- گزینه «۳» در عمل تقطیر، حرکت جریانها در طول برج به صورت موازی و معکوس هم است (بخار به سمت بالا و مایع پائین). یکی از روش‌های محاسبه تعداد مراحل در برج تقطیر، استفاده از نقاط تفاضل است. در عملیات استخراج مایع-مایع نیز، زمانیکه جریان متقابل یا معکوس باشد از روش تفاضل نقاط (ΔR) برای تعیین تعداد مراحل استفاده می‌شود.

توجه: در عمل تقطیر، جریان روی هر سینی بصورت متقاطع است ولی حرکت جریانها در کل برج به صورت متقابل یا معکوس است.

۲۴- گزینه «۱» RDC یا تماس دهنده با دیسک چرخان است. در این دستگاه برای هم‌زدن از دیسک‌های چرخان که دارای سرعت بیشتری از پره‌های توربین دارند، استفاده می‌شود. برای حرکت این دیسک‌های چرخان انرژی زیادی مصرف می‌گردد که در مقایسه با دیگر دستگاه‌ها بیشتر است.



۲۵- گزینه «۴» مواردی که نمی‌توان از تقطیر استفاده کرد:

۱- ضریب فراریت نزدیک به یک باشد. ۲- نقطه جوش اجزاء و یا گرمای نهان تبخیر بالا باشد که در این صورت عملیات گران قیمت می‌شود. ۳- حساسیت به حرارت (مثل مواد دارویی و خوراکی) ۴- وجود آزنوتروپ که درجه جداسازی را محدود می‌کند.

۲۶- گزینه «۲» گاهی برای سادگی محاسبات استخراج مایع - مایع از مختصات بدون حلال (B-free) استفاده می‌کنیم. در نمودار N_{xy} هر خط tie معادل یک مرحله است. در شکل داده شده در سؤال، یک خط $(RE)tie$ را داریم که نشان دهنده یک مرحله‌ای بودن فرآیند است. خط EP بیانگر این است که حلال (B) فاز Extract به طور کامل جدا شده است.

توجه: اگر سیستم دارای دو مرحله بود، برای رسم خط tie مرحله دوم از R به S وصل می‌کردیم (در فرآیند متقاطع) و سپس به کمک موازنه جرم مختصات نقطه M_p را پیدا می‌کردیم. سپس به کمک منحنی توزیع tie عبوری از M_p را رسم می‌کردیم. که این tie بیانگر مرحله دوم بود. در فرآیند متقابل باید از نقطه تفاضل ΔR برای رسم خطوط tie استفاده کرد.

۲۷- گزینه «۱» در این برج‌ها مایع سبک پراکنده می‌شود. این فاز در غیاب انتقال جرم، زمانی از سوراخ بیرون می‌آید که سینی با مایع بخش شده، تر نشود، در این صورت اندازه قطرات یکسان و قطرات در داخل سوراخ تشکیل می‌شوند. در سرعت‌های متوسط و معمولی، بعد از سوراخ یک جت از مایع حاصل می‌شود و قطرات در اثر شکسته شدن جت مایع به وجود می‌آیند. سرعتی که در آن جت تشکیل می‌شود قابل محاسبه است ولی به عنوان یک قاعده کلی در حدود $10 \frac{m}{s}$ می‌باشد. در سرعت‌های بیش از این مقدار، اندازه قطرات یکسان نیست.

۲۸- گزینه «۲» چون که تعداد مراحل تئوری $8 \circ$ عدد است، در عمل به تعداد بیشتری مرحله نیاز است. در این حالت به علت هزینه بالا در ساخت برج و هم چنین به علت هزینه‌های زیاد در نگهداری و تمیز کردن سینی‌ها، استفاده از برج سینی‌دار مناسب نیست. در این حالت می‌توان از استخراج‌کننده‌های تماس مداوم با جریان هم سو، بجای سیستم مرحله‌ای استفاده کرد.

۲۹- گزینه «۱» در این نوع برج‌ها، ماندگی نسبتاً کم است و مقدار آن کم‌تر از $2 \circ$ % می‌باشد.



فصل سوم

«استخراج از جامدات (Leaching)»

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم

۱- از این جامد کدام حالت مناسب‌تر است؟

(سراسری ۸۱)

(۱) بستر ثابت به کار می‌رود. (۲) جامد در مایع پخش شود. (۳) بستر متحرک اعمال شود. (۴) مایع بر جامد ریخته می‌شود.

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل سوم

۱- گزینه «۲» یکی از عوامل موثر بر شدت Leaching، اندازه ذرات است، هرچه ذرات ریزتر باشند، تماس با حلال بیشتر است و جداسازی راحت‌تر است. بنابراین در حالتی که جامد غیرقابل نفوذ باشد، جامد را در حلال پخش می‌کنند. اگر جامد قابل نفوذ باشد، حلال را از بستر جامدات عبور می‌دهند. وقتی که ذرات ریز باشند، توسط همزن در حلال پخش شده و اگر درشت باشند، در بسترهای ثابت توسط روش‌های نفوذ، به کار می‌روند.

فصل چهارم

«عملیات مرطوب سازی»

تست های طبقه بندی شده کنکوری فصل چهارم

(سراسری ۷۷)

کله ۱- در یک برج خنک کننده آب دمای نزدیکی یعنی تفاوت دمای:

- (۱) آب خنک شده خروجی و دمای مرطوب گاز خنک ورودی
 (۲) آب گرم ورودی و دمای آب سرد خروجی
 (۳) هوای خنک ورودی و دمای هوای گرم خروجی
 (۴) هوای گرم شده خروجی و دمای آب گرم ورودی

کله ۲- مخلوطی از گاز نیتروژن (B) و بنزن (A) ($M_A = 78$) در 50° درجه سانتیگراد و فشار یک اتمسفر به حالت اشباع در آمده است. اگر فشار بخارتعادلی بنزن در این دما برابر 275 mmHg باشد، رطوبت مطلق مخلوط کدام است؟ (بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{kg}}$ نیتروژن): (سراسری ۷۷)

- (۱) 0.204 (۲) 0.567 (۳) 1.58 (۴) 3.16

کله ۳- اختلاف بین دمای دماسنج مرطوب (wet bulb temperature) و دماسنج خشک نشانی از میزان رطوبت موجود در هوا است. این اختلاف به کدام یک از عوامل زیر بیشتر وابسته است؟ (سراسری ۷۹)

(۱) نسبت ضریب انتقال جرم آب در اطراف دماسنج مرطوب به ضریب انتقال حرارت $(\frac{k_y}{h_G})$

(۲) سرعت عبور هوا از کنار دماسنج مرطوب

(۳) ویسکوزیته هوا

(۴) کشش سطحی آب

کله ۴- دو نوع هوا موجود است، هوای A با درجه حرارت خشک 26°C و درجه حرارت مرطوب 20°C و هوای B با درجه حرارت خشک 30°C و درجه حرارت مرطوب 20°C کدام اظهار نظر در مورد مقایسه دو هوای موجود صحیح است؟ (سراسری ۸۰)

- (۱) آنتالپی هوای B، $1/5$ برابر آنتالپی هوای A می باشد.
 (۲) آنتالپی هوای B، $\frac{6}{5}$ آنتالپی هوای A می باشد.
 (۳) آنتالپی هوای B بیشتر از آنتالپی هوای A می باشد.
 (۴) آنتالپی هوای A و هوای B با تقریب خوب با یکدیگر مساویند.

کله ۵- در یک برج خنک کننده، میزان تغییر در آنتالپی هوا معادل $\frac{\text{Btu}}{\text{lb dry air}}$ ۳۶ است. در صورتی که نیروی محرکه در بالای برجمعادل $\frac{\text{Btu}}{\text{lb dry air}}$ ۱۶ و در پایین برج دارای مقدار $\frac{\text{Btu}}{\text{lb dry air}}$ ۱۲ بوده و ارتفاع یک واحد انتقال فاز گاز برای این برج مساوی 10 ft باشد، ارتفاع برج برحسب ft چقدر است؟ (سراسری ۸۰)

- (۱) $30/0$ (۲) $25/7$ (۳) $22/5$ (۴) $12/8$

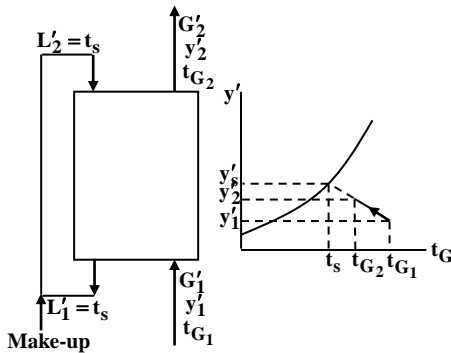
کله ۶- کدام گزینه در مورد عبور هوا از روی لوله های حاوی بخار داغ در یک گرمکن صادق است؟ (سراسری ۸۱)

- (۱) درصد اشباع کاهش می یابد اما رطوبت مطلق ثابت می ماند.
 (۲) رطوبت مطلق و دمای خشک افزایش یافته اما دمای حباب خیس ثابت می ماند.
 (۳) دمای حباب خیس افزایش می یابد اما درصد اشباع و رطوبت مطلق ثابت می ماند.
 (۴) دمای خشک افزایش می یابد اما رطوبت مطلق و دمای حباب خیس ثابت می ماند.

کله ۷- در یک فرآیند مرطوب سازی، رطوبت ویژه هوا $\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg}}$ 0.1 می باشد اگر حجم ویژه هوای مرطوب $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ 0.974 باشد وسرعت هوا $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ 0.1 گزارش شود سرعت جرمی چیست؟ (سراسری ۸۱)

- (۱) $213/890 \frac{\text{kg}}{\text{hr.m}^2}$ (۲) $12050 \frac{\text{kg}}{\text{hr.m}^2}$ (۳) $21589/04 \frac{\text{kg}}{\text{hr.m}^2}$ (۴) $22770 \frac{\text{kg}}{\text{hr.m}^2}$

(سراسری ۸۲)

۸- برج مرطوب‌سازی مطابق شکل در حال کار است. مقدار N_{tc} چقدر است؟

$$t_{G1} = 65^{\circ}\text{C}$$

$$t_{G2} = 42^{\circ}\text{C}$$

$$t_s = 32^{\circ}\text{C}$$

$$Y_1 = 0/017^{\circ}\text{C Kg water / Kg dry air} \quad Y_2 = 0/0265^{\circ}\text{C Kg water / Kg dry air}$$

۱/۲ (۴)

۲/۱۲ (۳)

۰/۶ (۲)

۴ (۱)

(سراسری ۸۴)

۹- عاملی که در کولرهای آبی، هوا را خنک می‌کند؟

(۲) تبخیر آب در هوا با انرژی آب می‌باشد.

(۱) درجه حرارت پایین آب می‌باشد.

(۴) تبخیر آب در هوا، با انرژی هوا می‌باشد.

(۳) تفاوت درجه حرارت هوا و آب می‌باشد.

۱۰- کدام گزاره در مورد یک ترمومتر که با کاربرد یک پارچه فیلته‌ای خیس در اطراف حباب جیوه‌ای آن، دمای حباب هوای خیس غیر اشباع را

(سراسری ۸۴)

نشان می‌دهد صادق است؟

(۲) دمای آب در سطح پارچه بیشتر از دمای هوا است.

(۱) دمای آب در سطح پارچه با دمای هوا برابر است.

(۴) فشار بخار آب در سطح پارچه با فشار جزئی بخار آب در هوا برابر است.

(سراسری ۸۵)

۱۱- تعریف حجم مرطوب (Humid Volume) به کدام صورت صحیح است؟

(۱) حجم هوای مرطوب داخل خشک‌کن

(۲) تفاوت حجم خشک‌کن و هوای داخل آن

(۳) حجم اشغال شده توسط رطوبت همراه واحد جرم هوای خشک

(۴) حجمی که واحد هوای خشک و رطوبت همراه آن در دما و فشار مشخصی اشغال می‌نماید.

(سراسری ۸۶)

۱۲- اگر بخواهیم هوای مرطوبی را تحت فشار ثابت و تحت رطوبت نسبی ثابت گرم کنیم:

(۲) باید مقداری از بخار آب هوا را جذب نمائیم.

(۱) باید بخار آب به هوا اضافه کنیم.

(۴) باید تحت رطوبت (مقدار آب موجود در هوا) ثابت این کار انجام شود.

(۳) باید حجم مخصوص را ثابت و انتالپی را افزایش دهیم.

۱۳- در یک عمل رطوبت (Humidification)، میزان آب موجود در هوا کاهش چشم‌گیری داشته بدون آن که درجه حرارت تغییر قابل توجه

(سراسری ۸۷)

داشته باشد.

(۲) این کار با عمل انتالپی ثابت صورت گرفته است.

(۱) این کار با میعان هوا در انتالپی ثابت انجام شده است.

(۴) این کار عبور هوا از یک بستر جاذب بوده است.

(۳) این کار با میعان هوا با درجه حرارت ثابت انجام شده است.

(آزاد ۸۷)

۱۴- کدام گزینه در مورد عدد لوئیس (Lewisno.) برای عملیات رطوبت زنی درست است؟

(۲) $Le = 10$ و $Pr = 10$ (مخلوط آب و هوا)(۱) $Le = 1$ و $Pr = Sc$ (مخلوط آب و هوا)(۴) $Le = 1$ و $Le > 10$ (مخلوط سایر اجزاء)(۳) $Le = 1$ (مخلوط آب و هوا)

۱۵- در عملیات رطوبت‌زنی، هنگام نوشتن روابط موازنه انتالپی و استفاده از منحنی رطوبت‌سنجی رسم بر این است که مبنا را «هوای خشک» قرار

(سراسری ۸۸)

می‌دهیم در حالی که هوای اولیه خود دارای رطوبت است، کدام مورد صحیح می‌باشد؟

(۱) استفاده از این روش حل مسایل را آسان‌تر می‌کند چون مبنا ثابت است.

(۲) چنین روشی کاملاً دقیق است و هیچ فرضیاتی در نوشتن روابط اولیه انتالپی اعمال نمی‌شود.

(۳) این روش رطوبت هوای اولیه را در نظر نمی‌گیرد ولی چون مقدار رطوبت کم است خطای قابل توجهی در محاسبات ایجاد نمی‌گردد.

(۴) موارد ۱ و ۲ صحیح است.

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل چهارم

۱- گزینه «۱» طبق تعریف در یک برج خنک کننده تفاوت بین دمای آب خنک شده خروجی و دمای مرطوب گاز خنک ورودی دمای نزدیکی نامیده می‌شود.

۲- گزینه «۳» رطوبت مطلق یا Absolute Humidity به نسبت جرم بخار به جرم گاز بدون بخار گفته می‌شود که آنرا با H یا Y' نشان می‌دهند.

$$Y' = H = Y \frac{M_A}{M_B}$$

که در این رابطه Y ، رطوبت مطلق مولی می‌باشد و این در صورتی است که نسبت مول بخار به مول گاز بدون بخار بیان شود:

$$Y = \frac{y_A}{y_B} = \frac{y_A}{1 - y_A} \quad \text{و} \quad H = Y' = Y \frac{M_A}{M_B} = \frac{P_A}{P_t - P_A} \cdot \frac{M_A}{M_B}$$

در صورتی که قانون گاز ایده‌آل برقرار باشد خواهیم داشت:

در این روابط M_B و M_A به ترتیب جرم مولکولی جزء A و جزء B و y_A جزء مولی ماده A می‌باشد.

هم‌چنین P_A فشار بخار تعادلی جزء A می‌باشد.

$$M_B = M_{N_2} = 28 \quad \text{و} \quad M_A = M_{C_6H_6} = 78 \quad \text{و} \quad P_A = 275 \text{ mmHg} \quad \text{و} \quad P_t = 750 \text{ mmHg} \Rightarrow Y'_A = H = \frac{275}{750 - 275} \cdot \frac{78}{28} = 1/5$$

$$t_G - t_w = \frac{\lambda_w (Y'_w - Y')}{\left(\frac{h_G}{k_y}\right)}$$

۳- گزینه «۱» اختلاف بین دمای حباب خشک (t_G) و دمای حباب مرطوب (t_w)، به صورت مقابل می‌باشد:

کمیت $(t_G - t_w)$ ، به افت حباب مرطوب (wet - bulb depression) موسوم است و مقدار $\left(\frac{h_G}{k_y}\right)$ به نسبت رطوبت سنجی معروف است.

λ_w حرارت تبخیر واحد جرم مایع در دمای حباب مرطوب، Y' رطوبت مطلق یعنی نسبت جرم بخار به جرم گاز در دمای حباب خشک و Y'_w رطوبت مطلق در دمای حباب مرطوب می‌باشد. k_y نیز ضریب انتقال جرم آب در اطراف دماسنج مرطوب و h_G ضریب انتقال حرارت، می‌باشد. طبق رابطه بالا

$$\text{مشاهده می‌شود که اختلاف دما متناسب است با } \frac{1}{\frac{h_G}{k_y}} \text{ یا } \frac{k_y}{h_G}$$

۴- گزینه «۳»

۵- گزینه «۲» در یک برج خنک کننده، تعداد واحدهای انتقال گاز- آنتالپی (N_{tG}) از رابطه زیر بدست می‌آید که این رابطه از موازنه آنتالپی جریان در

$$N_{tG} = \int_{H'_1}^{H'_2} \frac{dH'}{H'_1 - H'}$$

برج به دست آمده است:

در این رابطه معرف آنتالپی در سطح مشترک آب و هوا می‌باشد. H'_1 و H'_2 آنتالپی هوا در ورودی و خروجی برج هستند. گاهی بجای انتگرالگیری از

$$N_{tG} = \frac{H'_2 - H'_1}{(H'_1 - H')_{av}}$$

جمله آنتالپی از رابطه روبرو استفاده می‌شود.

طبق این رابطه، N_{tG} برابر است با نسبت تغییر آنتالپی کل به نیروی محرکه متوسط.

طبق تعریف ارتفاع برج از حاصلضرب تعداد واحدهای انتقال گاز - آنتالپی در ارتفاع یک واحد انتقال گاز (H_{tG}) به دست می‌آید، یعنی داریم: $Z = H_{tG} N_{tG}$

از طرف دیگر $(H'_1 - H')_{av}$ ، متوسط آنتالپی هوا در بالا و پائین برج است که می‌توان متوسط حسابی در نظر گرفت. پس داریم:

$$\left. \begin{aligned} H'_2 - H'_1 &= 36 \frac{\text{Btu}}{\text{lb dry air}} \\ (H'_1 - H')_{av} &= \frac{16 + 12}{2} = 14 \frac{\text{Btu}}{\text{lb dry air}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow N_{tG} = \frac{36}{14} \Rightarrow Z = \frac{36}{14} \times 10 = 25.7 \text{ ft} \quad ; \quad H_{tG} = 10 \text{ ft}$$

۶- گزینه «۱» در اثر تماس هوا با لوله‌های داغ دمای خشک که دمای مخلوط بخار و گاز است افزایش می‌یابد. از طرف دیگر چون که بخاری از لوله‌ها وارد هوا نمی‌شود، پس رطوبت مطلق (Y') که عبارتست از جرم بخار به جرم هوای خشک، تغییر نمی‌کند. درجه حرارت مرطوب تابعی از دمای گاز و رطوبت مطلق است. بنابراین با تغییر دمای گاز، درجه حرارت نیز ثابت نمی‌ماند. درصد اشباع عبارت است از نسبت رطوبت مطلق به رطوبت اشباع در دمای گاز. با افزایش دمای گاز (دمای حباب خشک)، رطوبت اشباع زیاد شده و با توجه به اینکه رطوبت مطلق ثابت است، بنابراین درصد اشباع کم می‌شود. کاهش درصد اشباع را از نمودار رطوبت سنجی نیز می‌توان نتیجه گرفت. در نمودار رطوبت سنجی با افزایش دمای گاز در یک رطوبت مطلق ثابت، درصد اشباع کاهش می‌یابد.

نکته: رطوبت اشباع، رطوبتی است که در آن فشار جزئی بخار در گاز با فشار بخار مایع در دمای گاز برابر است که آنرا با Y'_S نشان می‌دهند و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Y'_S = \frac{M_A P_A^*}{M_B (P_t - P_A^*)}$$

طبق این رابطه با افزایش دمای گاز، فشار بخار اشباع (P_A^*) افزایش یافته و در نتیجه رطوبت اشباع کم می‌شود.

۷- هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست. سرعت جرمی (G) با واحد $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ از حاصلضرب سرعت u در دانسیته (ρ) بدست می‌آید ($G = \rho u$). برای این سؤال ρ ، دانسیته مخلوط بخار آب و هوا می‌باشد. بنابراین داریم:

$$\rho_{\text{mix}} = \frac{\text{جرم هوای مرطوب}}{\text{حجم هوای مرطوب}}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{رطوبت ویژه هوا} &= \frac{0.01 \text{ kg H}_2\text{O}}{1 \text{ kg dry air}} \Rightarrow \text{جرم هوای مرطوب} = 0.01 + 1 = 1.01 \text{ kg} \\ \text{حجم ویژه هوای مرطوب} &= \frac{0.01 \text{ m}^3 \text{ air}}{1 \text{ kg dry air}} \Rightarrow \text{حجم هوای مرطوب} = 0.01 \text{ m}^3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \rho_{\text{mix}} = \frac{1.01}{0.01} = 101 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{سرعت جرمی} = G = \rho_{\text{mix}} u = (101)(0.1) = 10.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} = 36360 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{hr}}$$

۸- گزینه «۴» این برج مربوط به تبرید در اثر مرطوب‌سازی گاز بوسیله مایع در گردش می‌باشد. این مورد یک حالت خاص است که در آن مایع در دمای اشباع آدیباتیک گاز ورودی به سیستم، وارد می‌شود. این تحول را می‌توان به طور مداوم و با وارد کردن پی در پی مایع خروجی از برج (بدون افزودن و یا کاستن حرارت از آن) به داخل سیستم انجام داد. در این سیستم‌ها، دمای مایع سقوط کرده و به دمای اشباع آدیباتیک گاز می‌رسد و ثابت باقی می‌ماند. برای این برج، تعداد واحدهای انتقال فاز گاز (N_{tG}) و ارتفاع یک واحد انتقال گاز (H_{tG}) به صورت زیر می‌باشد:

$$N_{tG} = \frac{Y'_2 - Y'_1}{(\Delta Y')_{\text{av}}} = \ln \frac{Y'_{\text{as}} - Y'_1}{Y'_{\text{as}} - Y'_2} = \ln \frac{t_{G1} - t_S}{t_{G2} - t_S} \quad H_{tG} = \frac{Z}{N_{tG}}$$

$(\Delta Y')_{\text{av}}$ متوسط لگاریتمی نیروی محرکه ناشی از تغییر رطوبت در دو انتهای دستگاه می‌باشد. در این روابط، Z ارتفاع برج، Y' رطوبت مطلق، Y'_{as} رطوبت اشباع، t_G دمای حباب مرطوب و t_S دمای اشباع آدیباتیک می‌باشند.

$$\Rightarrow N_{tG} = \ln \left(\frac{65 - 32}{42 - 32} \right) \approx 1.2$$

۹- گزینه «۴» در کولر آبی، دمای هوا بیشتر از آب است، در واقع تماس بین هوای گرم و آب سرد را داریم. این تماس موجب تبخیر آب شده، یعنی گرمای هوا موجب تبخیر آب می‌شود. در اثر این عمل، هوا خنک می‌شود. بنابراین، در یک کولر آبی، این انرژی هواست که موجب تبخیر آب در هوا می‌شود.

۱۰- گزینه «۴» دمای حباب مرطوب عبارت از دمای پایانی است که در نتیجه تبخیر مقدار اندکی مایع در حجم زیادی از یک مخلوط بخار و گاز اشباع نشده حاصل می‌شود. در شرایط مناسب، از این کمیت جهت اندازه‌گیری رطوبت مخلوط استفاده می‌گردد. برای این منظور دماسنجی را که حباب آن توسط یک کیسه دنباله‌دار پارچه‌ای پوشانده شده و بوسیله مایع مرطوب گردیده است، در جریان سریعی از مخلوط گازی که می‌خواهند رطوبت آن را اندازه بگیرند، قرار می‌دهند، اگر مخلوط گاز اشباع نشده باشد، دمایی که توسط دماسنج فوق تعیین می‌شود پائین‌تر از دمای حباب خشک مخلوط خواهد بود. با مشخص شدن این دما، رطوبت مخلوط محاسبه می‌شود. یک قطره مایع را در نظر بگیرید که در جریان سریعی از یک مخلوط اشباع نشده گاز و بخار معلق است. اگر در ابتدا دمای مایع بالاتر از دمای نقطه شبنم مخلوط باشد، فشار بخار مایع در سطح قطره بزرگ‌تر از فشار جزئی بخار در مخلوط خواهد بود و مایع تبخیر شده و به داخل مخلوط گاز نفوذ خواهد کرد. گرمای لازم جهت تبخیر مایع در ابتدا توسط گرمای ملموس قطره مایع تأمین می‌گردد و مایع سرد می‌شود. ولی به محض اینکه دمای مایع به زیر دمای حباب خشک برسد، گرما از مخلوط گاز به مایع انتقال خواهد یافت. هرچه اختلاف دما بیشتر باشد شدت انتقال گرما نیز بیشتر خواهد بود. نهایتاً شدت انتقال حرارت از مخلوط گاز به مایع برابر با گرمای مورد نیاز برای تبخیر مایع خواهد شد و بنابراین دمای مایع به مقدار ثابتی خواهد رسید که همان دمای حباب مرطوب (t_w) است.

۱۱- گزینه «۴» حجم مرطوب یک مخلوط گاز و بخار عبارت از واحد جرم گاز خشک و بخار هم‌ران آن در دما و فشار کل مخلوط است. برای مخلوطی که رطوبت مطلق آن در دمای t_G و فشار کل P_t برابر Y' باشد، با استفاده از قانون گاز ایده آل می‌توان حجم مرطوب را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$V_H = \left(\frac{1}{M_B} + \frac{Y'}{M_A} \right) (22/41) \frac{t_G + 273}{273} \cdot \frac{1/0.13 \times 10^5}{P_t} = 8315 \left(\frac{1}{M_B} + \frac{Y'}{M_A} \right) \frac{t_G + 273}{P_t}$$

که V_H بر حسب $\frac{m^3}{Kg}$ ، t_G بر حسب درجه سلسیوس و P_t بر حسب پاسکال است.

۱۲- گزینه «۱» رطوبت نسبی عبارت از نسبت فشار جزئی بخار به فشار بخار مایع در دمای حباب خشک یا دمای گاز است. برای اینکه رطوبت نسبی ثابت بماند، لازم است فشار جزئی بخار و فشار بخار مایع به یک نسبت زیاد شده و یا ثابت بمانند. با توجه به اینکه فشار ثابت است، فشار جزئی بخار نیز ثابت است. برای اینکه با افزایش دما رطوبت نسبی نیز ثابت باشد، باید بخار آب به هوا اضافه شود تا فشار بخار تعادلی نیز ثابت بماند. در غیر این صورت فشار بخار تعادلی زیاد شده و رطوبت نسبی کاهش می‌یابد.

۱۳- گزینه «۴» این عمل به جذب سطحی بخارات موسوم است که در آن درجه حرارت جریان گاز عبوری از روی بستر تغییر چندانی ندارد.

۱۴- گزینه «۱» برای مخلوط‌های آب و هوا عدد لوئیس (Le) برابر یک است. هم‌چنین عدد لوئیس برابر است با $\frac{Sc}{Pr}$ ، در نتیجه $Sc = Pr$ خواهد بود.

۱۵- گزینه «۴» در نوشتن موازنه آنتالپی، آنتالپی گاز بر مبنای گاز خشک نوشته می‌شود و هیچ فرضی در نوشتن موازنه آنتالپی اعمال نمی‌شود. این کار برای ثابت بودن مینا و در نتیجه سادگی محاسبات انجام می‌شود.

فصل پنجم

«خشک کردن»

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل پنجم

کله ۱- در خشک کردن جامدات و در منطقه شدت نزولی (falling rate) در صورتی که تئوری نفوذی را صادق فرض کنیم و s نصف ضخامت جامد باشد، شدت خشک شدن متناسب است با:

$$s \quad (1) \quad \frac{1}{s^2} \quad (2) \quad s^2 \quad (3) \quad \frac{1}{s} \quad (4)$$

کله ۲- در فرآیند خشک کردن به وسیله حرارت، جهت انتقال جرم و انتقال حرارت ...

(۱) همسو است. (۲) غیر همسو است.

(۳) میزان منتج انتقال جرم صفر است. (۴) میزان منتج انتقال حرارت صفر است.

کله ۳- در کدام نوع خشک‌کن، زمان توقف ماده در خشک‌کن کوتاهتر است؟

(۱) دوار (۲) پاششی
(۳) درون عبوری (Through Circulation) (۴) سینی‌دار

کله ۴- در عملیات خشک کردن اجسام جامد متخلخل، آیا ضخامت جسم در زمان خشک‌شدن آن تأثیر دارد؟

(۱) بله - رابطه معکوس
(۲) خیر - نیروهای اسمزی مؤثرند.
(۳) بله - رابطه مستقیم
(۴) خیر - بستگی به وزش موازی هوا از روی جسم یا از زیر آن به صورت عمود دارد.

کله ۵- در داخل یک خشک‌کن دوار که به طور پیوسته (Continuous) کار می‌کند و سیال گرم از طرف مقابل جسم مرطوب وارد می‌شود (به صورت Countercurrent) دمای جسم مرطوب در داخل خشک‌کن همچنان که به سمت آخر خشک‌کن حرکت می‌کند، به صورت زیر تغییر می‌نماید. (سراسری ۷۸)

(۱) بطور غیر خطی افزایش می‌یابد.
(۲) به طور خطی افزایش می‌یابد.
(۳) در قسمت عمده خشک‌کن ثابت می‌ماند
(۴) در نیمه اول خشک‌کن ثابت می‌ماند ولی در نیمه بعد بطور خطی بالا می‌رود.

کله ۶- رطوبت آزاد در داخل یک جسم که به صورت ورق (Slab) می‌باشد، در داخل یک خشک‌کن کاسته می‌شود و از رطوبت اولیه X_1 به رطوبت X_2 می‌رسد. چنانچه شرایط خشک کردن بدون تغییر باقی بماند و ضخامت ورق فوق دو برابر شود زمان لازم برای رسیدن به رطوبت X_2 مطابق کدام یک از حالات زیر تغییر می‌کند؟ ($X_1 < X_c$) (سراسری ۷۹)

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

کله ۷- در خشک کردن یک slab که از دو سطح خشک می‌شود در منطقه شدت ثابت (Constant rate) و خشک کردن جابجائی (Convective) کدام گزینه صحیح است؟ (A یک سطح، h_y ضریب انتقال حرارت جابجائی، T دمای توده گاز و λ_i حرارت نهان تبخیر در دمای T_i (سطح) می‌باشد.) (سراسری ۷۹)

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\lambda_i (T - T_i)}{2h_y A} \quad (1) \quad \frac{dm}{dt} = \frac{h_y (T - T_i)}{2A\lambda_i} \quad (2) \quad \frac{dm}{dt} = \frac{A}{2} h_y \frac{\lambda_i}{(T - T_i)} \quad (3) \quad \frac{dm}{dt} = \frac{2Ah_y (T - T_i)}{\lambda_i} \quad (4)$$

کله ۸- یک ورق (slab) مرطوب به رطوبت آزاد اولیه، در داخل یک خشک‌کن خشک می‌شود و به یک رطوبت باقی‌مانده می‌رسد. اگر ضخامت این ورق دو برابر گردد با ثابت نگهداشتن سایر شرایط در خشک‌کن چه تغییری در زمان خشک شدن آن به وجود می‌آید؟ (خشک‌کن از نوع هدایتی است.) (سراسری ۸۰)

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

- ۹- در یک خشک کن دوار پیوسته با جریان متقابل هوای گرم و جسم مرطوب، دمای جسم مرطوب در طول خشک کن چگونه تغییر می‌یابد؟ (آزاد ۸۰)
- (۱) در طول خشک کن به طور غیر خطی افزایش می‌یابد.
 - (۲) در طول خشک کن به طور خطی افزایش می‌یابد.
 - (۳) در نیمه اول خشک کن ثابت بوده و در نیمه دوم به طور غیر خطی افزایش می‌یابد.
 - (۴) در قسمت عمده خشک کن ثابت است.

- ۱۰- در خشک کن جابجایی (Convective) شدت ثابت خشک کردن N_C را از کدام رابطه می‌توان به دست آورد. (h, λ_i به ترتیب حرارت نهان تبخیر آب در سطح و ضریب انتقال حرارت جابجایی است) (سراسری ۸۱)

$$N_C = h\lambda_i \quad (1) \quad N_C = \frac{h\lambda_i}{t_G - t_i} \quad (2) \quad N_C = h(t_G - t_i) \quad (3) \quad N_C = \frac{h(t_G - t_i)}{\lambda_i} \quad (4)$$

- ۱۱- کدام روش برای پیشگیری از سخت شدن پوسته حین خشک کردن مناسب است؟ (سراسری ۸۱)
- (۱) استفاده از هوای گرمتر
 - (۲) کاهش سرعت خشک کردن
 - (۳) افزایش سرعت خشک کردن
 - (۴) استفاده از هوای دارای رطوبت کمتر

- ۱۲- مخلوطی از گاز نیتروژن (B) و بنزن (A) در ۵۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۸۰۰ میلی‌متر جیوه به حالت اشباع در آمده است. اگر فشار بخار تعادلی بنزن در ۵۵ درجه سانتی‌گراد برابر ۲۸۰ میلی‌متر جیوه باشد، رطوبت مطلق بر حسب $\frac{KgA}{KgB}$ مخلوط برابر است با: $M_A = 78, M_B = 28$ (سراسری ۸۲)

$$(1) \quad 0/21 \quad (2) \quad 0/57 \quad (3) \quad 1/5 \quad (4) \quad 2/15$$

- ۱۳- در یک فرآیند خشک شدن با افزایش سرعت هوا عبوری از سطح نمونه ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی محیط به دو برابر افزایش می‌یابد زمان خشک شدن در ناحیه ریت ثابت چه تغییری می‌کند؟ (سراسری ۸۲)

$$(1) \quad \frac{1}{4} \quad (2) \quad \text{دو برابر می‌شود} \quad (3) \quad \text{تغییر نمی‌کند} \quad (4) \quad \text{نصف می‌شود}$$

- ۱۴- در طی خشک نمودن یک ورق مسطح از یک نمونه جامد در درون یک خشک کن سینی‌دار ناپیوسته که خشک کردن تنها از سطح بالائی ورقه صورت می‌گیرد و اثرات انتقال حرارت تشعشعی و هدایتی هر دو قابل صرف نظر هستند، در صورتی که شدت جریان جرمی هوا و همچنین ضخامت ورقه ۲ برابر شوند زمان خشک شدن حالت دوم (θ_2) با زمان خشک شدن حالت اول (θ_1) چگونه است؟ (جریان هوا به موازات سطح می‌باشد). (سراسری ۸۲)

$$(1) \quad \theta_2 = 1/15\theta_1 \quad (2) \quad \theta_2 = \theta_1 \quad (3) \quad \theta_2 = 4\theta_1 \quad (4) \quad \theta_2 = 3/45\theta_1$$

- ۱۵- در فرآیند خشک کردن، خشک کردن با نرخ ثابت زمانی اتفاق می‌افتد که: (آزاد ۸۲)
- (۱) سطح جامد توسط قطرات مایع ناپیوسته پوشیده شده است.
 - (۲) لایه ای از مایع سطح جامد را پوشانده است.
 - (۳) نفوذ رطوبت از عمق جامد به سطح کنترل کننده خشک شدن است.
 - (۴) نفوذ رطوبت از عمق جامد به سطح و نفوذ بخار آب به گاز داغ کنترل کننده خشک شدن است.

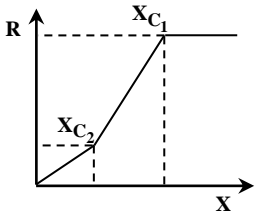
- ۱۶- در صورتی که فرآیند خشک شدن جسم مرطوب در ناحیه Falling Rate با مکانیسم نفوذ بیان شود، کدام یک از عوامل زیر بر میزان شدت خشک شدن بدون اثر می‌باشد؟ (سراسری ۸۳)

- (۱) ضخامت نمونه مرطوب
- (۲) سطح خشک برای نمونه مرطوب
- (۳) سرعت هوای عبوری از نمونه مرطوب
- (۴) درجه حرارت هوای عبوری از نمونه مرطوب



۱۷- برای یک نمونه رطوبت، منحنی شدت خشک شدن بر حسب رطوبت آزاد به صورت شکل نشان داده شده است. در این نمونه مرطوب:

(سراسری ۸۳)



(۱) مکانیسم خشک شدن در ناحیه سرعت (Rate) نزولی توسط مکانیسم نفوذ بیان می‌شود.

(۲) مکانیسم خشک شدن در ناحیه سرعت نزولی توسط مکانیسم نیروی موئینگی بیان می‌شود.

(۳) مکانیسم خشک شدن ابتدا توسط تئوری نفوذ و سپس توسط نیروهای موئینگی بیان می‌شود.

(۴) مکانیسم خشک شدن در ناحیه سرعت نزولی ابتدا توسط نیروهای موئینگی و سپس توسط تئوری نفوذ بیان می‌شود.

۱۸- در فرآیند خشک کردن یک نمونه مرطوب، شدت تبخیر آب از سطح نمونه $0.7 \times 10^{-8} \text{ kg H}_2\text{O/hr}$ گزارش شده است. اگر دمای حباب خشک و

مرطوب هوای عبوری از سطح نمونه به ترتیب $28/9, 65/6$ درجه سانتی‌گراد باشد و سطح نمونه مرطوب 0.21 متر مربع اندازه‌گیری شده باشد ضریب

انتقال حرارت جابجایی هوای عبوری از سطح نمونه مرطوب چه مقدار می‌باشد (حرارت نهان تبخیر آب در دمای حباب $\frac{2433 \text{ kJ}}{\text{kg}}$ است). (سراسری ۸۳)

$$52/5 \frac{W}{m^2 K} \quad (4)$$

$$58/4 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

$$73/24 \frac{W}{m^2 K} \quad (2)$$

$$62/45 \frac{W}{m^2 K} \quad (1)$$

۱۹- در یک خشک کن دوار با جریان مختلف جهت، افزایش کدام یک از عوامل زیر موجب افزایش موجودی ماده جامد (Hold-up) درون

(سراسری ۸۴)

خشک کن می‌شود؟

(۴) شیب خشک کن

(۳) شدت جریان گاز

(۲) قطر خشک کن

(۱) دور خشک کن

۲۰- اگر عملیات خشک کردن در ناحیه شدت ثابت از منحنی خشک کردن رخ بدهد، در شرایطی که ضریب انتقال حرارت جابجایی به سه برابر

(آزاد ۸۴)

افزایش یابد، زمان خشک شدن چگونه تغییر می‌کند؟

(۴) ۶ برابر می‌شود.

(۳) تغییر نمی‌کند.

(۲) ۳ برابر می‌شود.

(۱) $\frac{1}{3}$ می‌شود.

پاسخنامه تست‌های طبقه بندی شده کنکوری فصل پنجم

۱- گزینه «۲» در جامدات غیر متخلخل، نفوذ رطوبت به علت وجود گرادیان غلظت بین عمق جامد و سطح آب می‌باشد. در منطقه شدت نزولی و در صورتی که تئوری نفوذ صادق باشد، رابطه تغییرات مقدار رطوبت در داخل جسم جامد (X) نسبت به زمان خواهد بود:

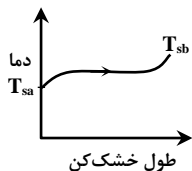
$$D_{vs} = \text{ضریب نفوذ رطوبت در جامد} \quad \text{و} \quad S = \text{نصف ضخامت جامد} \\ -\frac{dX}{dt} = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{D_{vs}}{s^2} X \Rightarrow -\frac{dx}{dt} \alpha \frac{1}{s^2}$$

طبق این رابطه سرعت خشک شدن ($\frac{dx}{dt}$) با افزایش دما (در نتیجه افزایش D_{vs})، همچنین افزایش رطوبت جامد (X) و نیز با کاهش ضخامت بستر (s)، افزایش می‌یابد.

۲- گزینه «۲و۱» در صورت سؤال نوع گرمادهی مشخص نشده است. اگر حرارت دهی از طریق هدایت صورت گیرد، انتقال جرم و حرارت، هم‌سو خواهند بود و در صورتی که حرارت دهی با استفاده از هوای گرم صورت گیرد، غیر هم‌سو خواهد بود. پس گزینه‌های (۱) و (۲) می‌توانند صحیح باشند.

۳- گزینه «۲» مزیت عمده خشک کن پاششی، زمان خشک کردن کوتاه است که در نتیجه امکان خشک کردن مواد حساس به گرما و تولید ذرات کروی جامد یا توخالی را فراهم می‌کند. زمان این خشک کن در نوع هم‌سو ۳ تا ۶ ثانیه و در نوع غیر هم‌سو یا متقابل ۲۵ تا ۳۰ ثانیه می‌باشد. البته در خشک کن ناگهانی زمان لازم برای خشک کردن ۳ تا ۴ ثانیه می‌باشد که کوتاه‌تر از زمان خشک کن پاششی است که در بین گزینه‌ها نیست. در خشک کن سینی‌دار زمان خشک کردن بین ۴ تا ۴۸ ساعت می‌باشد.

۴- گزینه «۳» در جامدات متخلخل، رطوبت از طریق موئینگی و تا حدودی نیز توسط نفوذ سطحی منتقل می‌شود. که نیروهای موئینگی، نیروی محرکه لازم جهت انتقال آب از درون منافذ جامد به طرف سطح را ایجاد می‌کنند. خشک شدن ابتدا با سرعت ثابتی انجام می‌شود و این تا زمانی است که کل سطح مرطوب باشد. در این مرحله سرعت منتقل شدن رطوبت به سطح و سرعت تبخیر از سطح با هم یکسان هستند. پس از این مرحله سرعت خشک شدن با یک سرعت نزولی اتفاق می‌افتد که در این مرحله نیز در ابتدا سرعت خشک شدن به صورت خطی کاهش می‌یابد و پس از مدتی به صورت نمایی سرعت خشک شدن کم می‌شود که مکانیزم خشک شدن در اینجا، از طریق نفوذ رطوبت به سطح جامد صورت می‌گیرد. در دوره کاهش سرعت خشک شدن به صورت خطی، زمان خشک شدن رابطه مستقیم با ضخامت جامد دارد.



۵- گزینه «۳» نمودار دما برحسب طول خشک کن، در یک خشک کن پیوسته به صورت مقابل است. این نمودار برای جسم جامد می‌باشد، که در ابتدا دمای آن T_{sa} بوده و در انتها به T_{sb} می‌رسد. طبق این نمودار مشاهده می‌شود که در قسمت عمده طول خشک کن، دما ثابت است.

۶- گزینه «۱» رابطه سرعت خشک شدن (N یا R) به صورت مقابل است:

که در این رابطه m_s جرم جامد خشک، A سطح مقطع جسم و $\frac{dX}{dt}$ تغییرات میزان رطوبت با زمان است. از طرف دیگر جرم جسم جامد برابر است با:

$$m_s = \rho_s V_s = \rho_s A Z_s$$

$$\Rightarrow N = -\rho_s Z_s \frac{dX}{dt} \Rightarrow \theta = \int_0^{\theta} dt = \rho_s Z_s \int_{X_1}^{X_2} \frac{dX}{N}$$

که Z_s نصف ضخامت جسم و ρ_s چگالی آن است.

طبق رابطه بالا ملاحظه می‌شود که، $\theta \alpha Z_s$ ، یعنی زمان خشک شدن با ضخامت جسم متناسب است و با دو برابر شدن ضخامت، زمان خشک شدن نیز دو برابر می‌شود.

توجه: در صورتی که منظور سؤال در مورد جامدات غیر متخلخل و در منطقه شدت نزولی ($X_1 < X_c$) باشد، آنگاه رابطه سرعت خشک شدن با ضخامت

به صورت $N \alpha \frac{1}{Z_s}$ خواهد بود، بنابراین در این حالت با دو برابر شدن ضخامت، سرعت خشک شدن $\frac{1}{4}$ و در نتیجه زمان خشک شدن ۴ برابر می‌شود. در

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\theta_2}{\theta_1} = \left(\frac{Z_{s2}}{Z_{s1}}\right)^2 \Rightarrow \theta_2 = 4\theta_1$$

۷- گزینه «۴» رابطه سرعت خشک شدن در منطقه شدت ثابت، توسط جابجایی حرارتی به صورت $R = \frac{Q}{\lambda i}$ می‌باشد، که Q مقدار حرارت منتقل شده توسط جابجایی و برابر $h_y(T - T_i)$ ، λ_i گرمای نهان تبخیر در دمای سطح (T_i) و h_y ضریب انتقال حرارت جابجایی می‌باشد. با توجه به این رابطه،

سرعت خشک شدن برابر $R = \frac{h_y(T - T_i)}{\lambda i}$ خواهد بود. از طرف دیگر رابطه سرعت خشک شدن برابر است با $R = -\frac{1}{A} \frac{dm}{dt}$ ، که در اینجا چون از دو طرف slab خشک شدن صورت می‌گیرد خواهیم داشت: $R = \frac{-1}{2A} \frac{dm}{dt}$

با مساوی قرار دادن دو رابطه بدست آمده برای سرعت خشک شدن رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$-\frac{1}{2A} \frac{dm}{dt} = \frac{h_y(T - T_i)}{\lambda i} \Rightarrow -\frac{dm}{dt} = \frac{2Ah_y(T - T_i)}{\lambda i}$$

در این روابط، m ، کیلوگرم رطوبت است.

۸- گزینه «۲» زمان خشک شدن با ضخامت جسم متناسب است و با دو برابر شدن ضخامت، زمان خشک شدن دو برابر می‌شود.



۹- گزینه «۴» نمودار دما بر حسب طول خشک کن، در یک خشک کن پیوسته به صورت مقابل است: این نمودار برای جسم جامد می‌باشد که در ابتدای دمای آن T_{sa} بوده و در انتها به T_{sb} می‌رسد. طبق این نمودار مشاهده می‌شود که در قسمت عمده طول خشک کن، دما ثابت است.

$$R_C = N_C = \frac{h(t_G - t_i)}{\lambda_i}$$

۱۰- گزینه «۴» رابطه سرعت خشک شدن در منطقه شدت ثابت (R_C یا N_C)، برابر است با:

در این رابطه، λ_i گرمای نهان تبخیر در دمای سطح (t_i) و t_G دمای گاز و h ضریب انتقال حرارت می‌باشد.

$$H = Y' = Y \frac{M_A}{M_B} = \frac{P_A}{P_t - P_A} \frac{M_A}{M_B} \Rightarrow H = \frac{280}{800 - 280} \times \frac{78}{28} = 1/5 \frac{kgA}{kgB}$$

۱۱- گزینه «۳» رطوبت مطلق برابر است با:

۱۲- گزینه «۲» در عملیات خشک کردن، رطوبت لایه‌های نزدیک به سطح زودتر از لایه‌های درونی خارج می‌شوند. این عمل موجب آب رفتگی یا جمع شدگی (Shrinkage)، سطح جسم می‌شود. این پدیده در اجسام ضخیم تر ملموس تر است. پدیده جمع شدگی سطح می‌تواند مانع از خروج رطوبت لایه‌های داخلی شود که در اصطلاح به آن سخت شدن پوسته گویند. یکی از راههای مقابله با این پدیده، کاهش سرعت خشک کردن (سرعت گاز) می‌باشد، که علت آن کاهش اختلاف غلظت رطوبت در لایه‌ها است.

$$R_C = N_C = \frac{h(t_G - t_i)}{\lambda_i}$$

۱۳- گزینه «۴» سرعت خشک شدن در منطقه شدت ثابت برابر است با:

طبق این رابطه با دو برابر شدن ضریب انتقال حرارت (h)، سرعت خشک شدن دو برابر شده، و در نتیجه زمان خشک شدن نصف می‌شود.

۱۴- گزینه «۲» اگر جامد در ابتدا خیلی مرطوب باشد، سطح آن از فیلم نازکی از مایع پوشیده می‌شود که به آن رطوبت غیر پیوندی گفته می‌شود. در این حالت شدت تبخیر ثابت است.

۱۵- گزینه «۱ یا ۳» در صورت سؤال در مورد اینکه در منطقه شدت ثابت یا شدت نزولی، خشک شدن صورت می‌گیرد، چیزی ذکر نشده است، بنابراین در هر دو منطقه زمان خشک شدن را محاسبه می‌کنیم:

۱- در منطقه شدت نزولی: در این منطقه سرعت خشک شدن متناسب با عکس مجذور ضخامت است، بنابراین داریم:

$$\frac{\theta_r}{\theta_1} = \frac{N_1}{N_r} = \left(\frac{Z_r}{Z_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{\theta_r}{\theta_1} = \left(\frac{2}{1}\right)^2 \Rightarrow \theta_r = 4\theta_1$$

۲- در منطقه شدت ثابت: در این منطقه، زمان خشک شدن متناسب است با ضخامت جسم $(\theta \alpha Z)$ ، از طرف دیگر در ناحیه شدت ثابت و زمانی که جریان هوا به موازات سطح باشد، ضریب انتقال حرارت (h_c) متناسب با عکس $(G^{\circ/\wedge})$ است. همچنین در منطقه شدت ثابت، سرعت خشک شدن متناسب است با ضریب انتقال حرارت، بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\theta_r}{\theta_1} = \frac{N_1}{N_r} = \left(\frac{Z_r}{Z_1}\right) \left(\frac{G_1}{G_r}\right)^{\circ/\wedge} \Rightarrow \frac{\theta_r}{\theta_1} = \left(\frac{2}{1}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^{\circ/\wedge} = 1/148 \approx 1/15 \Rightarrow \theta_r = 1/15 \theta_1$$

نکته: در صورتی که جریان هوا عمود بر سطح بوزد، در منطقه شدت ثابت، $h \alpha G^{\circ/\wedge}$ و در نتیجه $N \alpha \frac{1}{G^{\circ/\wedge}}$ یا $N \alpha G^{\circ/\wedge}$ خواهد بود.

۱۶- گزینه «۳» در ناحیه شدت نزولی با مکانیسم نفوذ، شدت خشک شدن با افزایش دما و در نتیجه افزایش ضریب نفوذ (D_{VS}) ، افزایش رطوبت جامد (X) و کاهش ضخامت (S) ، افزایش می‌یابد. سرعت گاز عبوری از سطح روی شدت خشک شدن بی‌اثر بوده ولی رطوبت گاز عبوری در شدت خشک شدن مؤثر است. بنابراین گزینه «۳» صحیح است. $-\frac{dX}{dt} = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{D_{VS}}{S^2} X$ شدت خشک شدن در منطقه شدت نزولی (تغییرات رطوبت با زمان)

۱۷- گزینه «۴» این نمودار مربوط به خشک شدن یک جامد متخلخل است. در این جامدات، در ناحیه شدت نزولی، خشک شدن در ابتدا توسط نیروهای موئینگی (از X_{c1} تا X_{c2}) و سپس توسط نفوذ صورت می‌گیرد (از X_{c2} تا ∞).

۱۸- گزینه «۱» سرعت خشک شدن در منطقه شدت ثابت برابر است با:

$$R_c = N_c = \frac{h(t_G - t_i)}{\lambda_i} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right] \Rightarrow h = \frac{\lambda_i \dot{m}}{A(t_G - t_i)} = \frac{(2433)(\circ/\wedge/\wedge)}{(21)(65/6 - 28/9)} = 223/5 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \times \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 62/4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$\dot{m} = R_c A$ = شدت تبخیر

۱۹- گزینه «۳» خشک‌کن‌های دوار از مهم‌ترین خشک‌کن‌ها هستند که برای مواد دانه‌ای شکل جاری شونده، که بتوانند بدون ریزش بغلتند، مناسب‌اند. موجودی ماده جامد یا ماندگی جامد به صورت کسری از حجم خشک‌کن، که در هر لحظه با جامد اشغال شده است، تعریف می‌شود و زمان توقف متوسط از تقسیم ماندگی بر شدت جریان حجمی خوراک بدست می‌آید:

که در این رابطه، $\frac{S_S}{\rho_S}$ = شدت جریان حجمی خوراک بر سطح مقطع خشک‌کن، S_S = سرعت جرمی جامد خشک، ρ_S = دانسیته ظاهری جامد و

$$\phi_D = \phi_{DO} \pm KG \quad Z = \text{قطر خشک‌کن است.}$$

اگرچه ویژگی‌های جامد قابل توجه است، ماندگی تعداد زیادی از جامد تحت شرایط مختلف به سادگی با رابطه روبرو بیان می‌شود:

که ϕ_{DO} عبارتست از ماندگی بدون جریان گاز و $\pm KG$ تصحیح برای اثر شدت گاز، G (جرم / (زمان) (سطح)) است. علامت مثبت برای جریان معکوس گاز و

جامد و علامت منفی برای جریان هم جهت آنها است. در این سوال، با توجه به اینکه جریان مختلف جهت است، ماندگی خواهد شد:

$$\phi_D = \phi_{DO} + KG$$

در نتیجه افزایش شدت جریان گاز (G) موجب افزایش موجودی ماده جامد می‌شود.

توجه: برای شرایطی که جریان گاز نباشد، ماندگی تاحدی به طراحی پره‌ها و طبیعت جامد دارد.

۲۰- گزینه «۱» سرعت خشک شدن در منطقه شدت ثابت برابر تساوی: $R_c = \frac{h(t_G - t_i)}{\lambda_i}$ می‌باشد، بنابراین با سه برابر شدن ضریب انتقال حرارت (h)

سرعت خشک شدن ۳ برابر و در نتیجه زمان خشک شدن $\frac{1}{3}$ می‌شود.



فصل ششم

«تبخیر»

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکوری فصل ششم

کله ۱- در نوع تغذیه (feeding) تبخیر کننده‌ها، اهمیت کدام عامل بیشتر است؟ (سراسری ۷۵)

- (۱) تمایل به ایجاد رسوب در بدنه تبخیر کننده
(۲) حساسیت به دما
(۳) دانسیته محلول
(۴) ویسکوزیته

کله ۲- در یک تبخیر کننده دو مرحله‌ای ΔT خالص $85^\circ F$ است. U_1 و U_2 به ترتیب 350 و $580 \frac{B.T.U}{h.ft^2.F}$ می‌باشند. ΔT_1 سمت راست و ΔT_2 سمت چپ برابر با چند $^\circ F$... است. (سراسری ۷۵)

- (۱) $55, 30$ (۲) $45, 40$ (۳) $42, 42$ (۴) $32, 53$

کله ۳- در تغلیظ محلولهای خیلی غلیظ، کدام روش در خوراک‌دهی یک تبخیر کننده چند مرحله‌ای دارای ظرفیت بالاتری است؟ (سراسری ۷۶)

- (۱) Back ward Feed (۲) Forward Feed (۳) Mixed Feed (۴) Parallel Feed

کله ۴- در یک تبخیر کننده تک مرحله‌ای باید محلول 20% هیدروکسید سدیم با دبی جرمی $\frac{lb}{h} 10000$ تا غلظت 50% تغلیظ گردد. اگر مقدار بخار مصرف شده $\frac{lb}{h} 7700$ باشد، اقتصاد تبخیر کننده کدام است؟ (سراسری ۷۷)

- (۱) $0/39$ (۲) $0/78$ (۳) 1 (۴) $1/28$

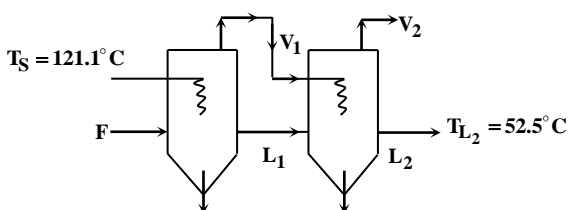
کله ۵- کدامیک از عبارات زیر در مورد افت دما، temperature drop در لوله‌های تبخیر کننده‌ها صحیح است؟ (سراسری ۷۸)

- (۱) افزایش غلظت و هد مایع و کاهش سرعت باعث کاهش افت دما می‌شود.
(۲) کاهش غلظت و سرعت و هد مایع باعث کاهش افت دما می‌شود.
(۳) افزایش غلظت و کاهش هد مایع و کاهش سرعت باعث کاهش افت دما می‌شود.
(۴) کاهش غلظت و کاهش سرعت و افزایش هد مایع باعث کاهش افت دما می‌شود.

کله ۶- در یک مجموعه تبخیر کننده چند مرحله‌ای (multiple effect)، تعداد مراحل معمولاً محدود بین ۳ الی ۵ است زیرا (سراسری ۷۹)

- (۱) استفاده از چند مرحله اقتصادی نیست.
(۲) دستگاه‌های تبخیر حجیم و جاگیر هستند.
(۳) کنترل تعداد زیاد مرحله در یک مجموعه تبخیر کننده مشکل است.
(۴) وجود BPE زیاد مانع از امکان استفاده مؤثر از بخار در مراحل مختلف می‌گردد.

کله ۷- در صورتی که افت درجه حرارت کل برای یک مجموعه تبخیر کننده $65/97$ درجه سانتی‌گراد باشد، با توجه به مقادیر داده شده در شکل میزان، BPR در مرحله اول برابر است با: (سراسری ۸۳)



- (۱) $1/5^\circ C$
(۲) $2/25^\circ C$
(۳) $2/63^\circ C$
(۴) $3/52^\circ C$

کله ۸- در عملیات تغلیظ متشکل از چند تبخیر کننده در صورتی که محصول نهایی غیر ویسکوز بوده و خوراک مصرفی سرد باشد، بهترین روش خوراک‌دهی کدام روش زیر می‌تواند باشد؟ (سراسری ۸۴)

- (۱) مختلط (۲) موازی (۳) مستقیم (۴) معکوس

کله ۹- کدام یک از تبخیر کننده‌های زیر برای افزایش غلظت یک محلول دارویی حساس به دما با ویسکوزیته بالا مناسب است؟ (سراسری ۸۴)

- (۱) تبخیر کننده فیلم نزولی
(۲) تبخیر کننده فیلم صعودی
(۳) تبخیر کننده گردش طبیعی با لوله افقی
(۴) تبخیر کننده گردش طبیعی با لوله عمودی



ک ۱۰- در تبخیر کننده توأم با تراکم مجدد بخار، کل هزینه‌های سیستم C_T (Total Cost) وابسته است به: (سراسری ۸۵)

(۱ atm) P_1 فشار عملیاتی تبخیر کننده)

- (۱) هزینه کار کمپرسور در سیستم
(۲) میزان Steam مصرفی سیستم
(۳) سطح تبخیر کننده و فشار عملیاتی آن
(۴) P_2 فشار متراکم کردن بخار خروجی از تبخیر کننده

ک ۱۱- در صورتی که غلظت خروجی از تبخیر کننده زیاد باشد به طوری که امکان پدیده نمکی شدن وجود داشته باشد بهترین راه جهت جلوگیری از آن کدام یک از عوامل زیر می‌باشد؟ (سراسری ۸۶)

- (۱) افزایش دبی خوراک (۲) افزایش دمای خوراک (۳) افزایش فشار تبخیر کننده (۴) کاهش فشار تبخیر کننده

ک ۱۲- برای محلول‌هایی که نسبت به درجه حرارت حساس بوده و از لحاظ ساختار ملکولی تخریب می‌شوند مناسب‌ترین تبخیر کننده جهت حرارت‌دهی و تغلیظ آن‌ها کدام است؟ (سراسری ۸۷)

- (۱) مجهز به همزن (۲) افقی (۳) فیلم ریزان (۴) عمودی لوله کوتاه

ک ۱۳- اگر یک مخلوط مایع A و B با ویسکوزیته زیاد داشته باشیم، کدام یک از روش‌های زیر، برای جداسازی A و B مناسب‌تر و آسان‌تر می‌باشد؟ (سراسری ۸۹)

- (۱) جذب سطحی (۲) تقطیر (۳) استخراج مایع - مایع (۴) تبخیر

ک ۱۴- در یک عملیات تبخیر ساده، درجه حرارت دیگ تبخیر ثابت باقی مانده و عمل تبخیر نیز ادامه داشته است. در این حالت می‌توان گفت: (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

- (۱) مایع داخل دیگ خالص بوده و فشار کل مرتباً افزایش یافته است.
(۲) مایع داخل دیگ در نقطه‌ی آزنوتروپ بوده و فشار سیستم نیز ثابت بوده است.
(۳) مایع داخل دیگ در نقطه‌ی آزنوتروپ بوده و فشار سیستم نیز مرتباً افزایش یافته است.
(۴) این شرایط میسر نیست و در آزمایش خطا وجود داشته است.

ک ۱۵- در عمل فیلتراسیون با سرعت ثابت، مقاومت قالب (کیک) با گذشت زمان و مقاومت صافی (R_m) با گذشت زمان (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

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

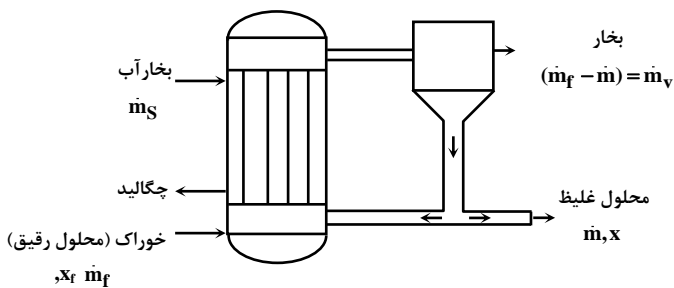
پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور فصل ششم

- ۱- گزینه «۴» در مورد خوراک دهی به تبخیر کننده‌های چند مرحله‌ای ۴ روش بکار می‌رود.
۱- روش خوراک‌دهی از جلو (Forward Feeding): در این روش مایع رقیق توسط پمپ به مرحله اول فرستاده می‌شود. در این روش به دلیل افزایش غلظت از مرحله اول تا مرحله آخر برای خروج مایع از پمپ استفاده می‌شود. ولی برای انتقال محلول از یک مرحله به مرحله دیگر، به دلیل حرکت محلول در جهت کاهش فشار، نیاز به پمپ نمی‌باشد. این روش برای مواد حساس به دما مناسب است.
۲- روش خوراک‌دهی از پشت (Backward Feeding): در این روش خوراک مایع از مرحله آخر وارد می‌شود و بدلیل اینکه محلول در جهت افزایش فشار حرکت می‌کند، برای انتقال آن از یک مرحله به مرحله دیگر، نیاز به پمپ است. در مواردی که گرانیوی محلول بالا باشد، این روش نسبت به روش قبلی، ظرفیت بالاتری دارد.
۳- روش خوراک‌دهی ترکیبی (Mixed Feeding): در این روش، خوراک مایع رقیق از مراحل میانی وارد می‌شود و تا انتها رفته و در ادامه به مراحل اول پمپ می‌شود. در این روش، تبخیر نهایی در بالاترین دما انجام می‌شود.
۴- روش خوراک‌دهی موازی (Parallel Feeding): در این روش، خوراک مایع بطور مجزا وارد هر تبخیر کننده می‌شود و هیچ انتقال گرمایی بین مایع در مراحل مختلف انجام می‌شود. این روش برای محلول‌های کریستال‌زا و یا رسوب‌زا استفاده می‌شود.

۲- گزینه «۴» در تبخیر کننده‌های چند مرحله ای با فرض اینکه سطح تمام تبخیر کننده‌ها یکسان باشد، رابطه اختلاف دما در هر مرحله عبارتست از:

$$\Delta T_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{U_i}} \Delta T_{\text{کل}} \Rightarrow \Delta T_1 = \frac{1}{\frac{1}{35^\circ} + \frac{1}{58^\circ}} \times 85 = 53^\circ \text{F} \quad \Delta T_2 = \frac{1}{\frac{1}{35^\circ} + \frac{1}{58^\circ}} \times 85 = 32^\circ \text{F}$$

۳- گزینه «۱» در مورد محلول‌های با گرانی‌روی بالا روش خوراک دهی از پشت یا Backward Feeding به دلیل اینکه ظرفیت آن بالاتر است، مناسب‌تر است. از آنجایی که غلظت بالا نیز به معنی گرانی‌روی بالا می‌باشد، پس در مورد محلول‌های غلیظ نیز از روش خوراک دهی از پشت استفاده می‌شود.



۴- گزینه «۲» موازنه جرم جزیی و کلی یک تبخیر کننده برابر است با:

$$\text{موازنه کلی: } \dot{m}_f = \dot{m} + \dot{m}_v$$

$$\text{موازنه جزیی: } \dot{m}_f x_f = \dot{m} x$$

که x و x_f کسر مولی جز مورد نظر برای تغلیظ در خوراک و خروجی است.

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{m}_f x_f = \dot{m} x \Rightarrow 10000 \times 0.2 = \dot{m} \times 0.5 \Rightarrow \dot{m} = 4000 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \\ \dot{m}_v = \dot{m}_f - \dot{m} \Rightarrow 10000 - 4000 = 6000 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{فاکتور اقتصادی} = e = \frac{\text{بخار ایجاد شده (kg)}}{\text{بخار آب مصرف شده (kg)}} = \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_s} = \frac{6000}{7700} \approx 0.78$$

۵- گزینه «۱» در یک تبخیر کننده، در سطح مایع، فشار و نقطه جوش نسبت به نقطه‌ای در عمق Z ، کمتر می‌باشد. که این فشار در عمق Z ، ناشی از اختلاف ارتفاع به طول Z به علاوه فشار بخار روی سطح مایع است. پس در تبخیر کننده‌های واقعی، میانگین نقطه جوش در لوله‌ها بالاتر از نقطه جوش در سطح مایع است. این افزایش در نقطه جوش، موجب کاهش افت دما بین بخار آب و مایع شده و ظرفیت را نیز کم می‌کند. بنابراین افزایش اختلاف ارتفاع با سطح مایع (اختلاف هد) باعث کاهش افت دما می‌شود. در سرعت‌های پائین محلول، افت فشار در طول لوله کمتر شده و بنابراین فشار و نقطه جوش محلول بیشتر است. در نتیجه در حالت سرعت پائین، افت دما کمتر از حالت سرعت بالا است. در مورد افزایش غلظت نیز با استدلالی شبیه به افزایش هد، کاهش افت دما اتفاق می‌افتد.

۶- گزینه «۴» در تبخیر کننده‌های چند مرحله‌ای، افزایش تعداد مراحل موجب صعود زیاد نقطه جوش یا دمای خروجی هر مرحله می‌شود، بنابراین افت دمای کل از مجموع صعود نقطه جوش‌ها (BPE) کمتر شده، که کار کردن در چنین حالتی غیر ممکن است، پس یک حالت بهینه برای تعداد مراحل در نظر می‌گیرند که معمولاً بین ۳ تا ۵ مرحله است. این تعداد مراحل بهینه از موازنه اقتصادی بین مقدار صرفه‌جویی در مصرف آب و مقدار سرمایه اضافی برای ساخت تبخیر کننده حساب می‌شود. البته به روش دیگری نیز می‌توان سؤال را بررسی کرد. اگر فاکتور اقتصادی را که عبارتست از نسبت کیلوگرم بخار ایجاد شده به کیلوگرم بخار آب مصرف شده، در نظر گیریم، گرچه ممکن است با چند مرحله‌ای شدن تبخیر کننده، این فاکتور افزایش یابد، ولی از طرف دیگر میزان بخار مصرف شده نیز افزایش یافته و در نتیجه هزینه آن زیاد می‌شود، بنابراین نمی‌توان تعداد مراحل را خیلی زیاد کرد. در این حالت نیز، تعداد بهینه را بین ۳ تا ۵ مرحله در نظر می‌گیرند. با این استدلال گزینه ۱ یعنی اینکه استفاده از چند مرحله‌ای اقتصادی نیست، صحیح است ولی استدلال اول علمی‌تر و در نتیجه گزینه ۴ صحیح‌تر است.

۷- گزینه «۳» منظور از BPR صعود نقطه جوش است که با BPE نیز نشان داده می‌شود. افت درجه حرارت کل (ΔT_{net}) برابر است با مجموع اختلاف دمای دو مرحله یعنی: $\Delta T_{\text{net}} = \Delta T_1 + \Delta T_2$ ، اختلاف بین دمای محلول در حال جوش در مرحله اول (T_1) و دمای بخار ورودی (T_s) است. ولی ΔT_2 ، اختلاف بین دمای نقطه جوش آب خالص در فشار مرحله اول (T_1') و دمای محلول در حال جوش در مرحله دوم (T_2) است. که دمای جوش آب خالص در مرحله اول برابر است با اختلاف بین دمای محلول در حال جوش در مرحله اول (T_1) و میزان صعود نقطه جوش در مرحله اول (BPR_1).

$$\left. \begin{array}{l} \Delta T_1 = T_1 - T_s \\ \Delta T_2 = T_2 - (T_1 - BPR_1) \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta T_{\text{net}} = T_2 + BPR_1 - T_s \Rightarrow BPR_1 = -65/97 - 52/5 + 121/1 = 2/63^\circ \text{C}$$

بنابراین داریم:

توجه: T_1' در واقع نقطه جوش آب خالص در فشار مرحله اول است و T_1 دمای محلول خروجی از مرحله اول.



۸- گزینه «۳» اگر محصول ویسکوز باشد، خوراک‌دهی، پس رو (معکوس یا از عقب) در مقایسه با خوراک‌دهی پیش‌رو (مستقیم یا از جلو)، اغلب ظرفیت بالاتری دارد، اما اگر خوراک سرد باشد، خوراک‌دهی معکوس در مقایسه با خوراک‌دهی مستقیم، دارای اقتصاد کم‌تری است در این سوال چون که محصول غیرویسکوز است و خوراک نیز سرد است، بنابراین خوراک‌دهی مستقیم بهترین حالت است. از روش موازی برای محلول‌های بلورساز که در آنها دوغاب بلورها کشیده می‌شود، استفاده می‌شود. روش خوراک‌دهی آمیخته یا ترکیبی نیز برای موادی که به حرارت حساس نیستند بکار می‌رود، چرا که تبخیر در بالاترین دما انجام می‌شود.

۹- گزینه «۱» در تغلیظ مواد بسیار حساس به گرما، زمان قرار گرفتن ماده در معرض سطح گرم باید حداقل باشد. این کار با استفاده از تبخیرکن‌های یک مرحله‌ای با فیلم نزولی انجام می‌شود. همچنین این تبخیرکن‌ها، بدون بازگردانی و با زمان ماندگاری کوتاه، برای مواد حساسی به کار می‌روند که هیچ راه دیگری برای تغلیظ آنها وجود ندارد. این دستگاه‌ها برای تغلیظ مایعات ویسکوز نیز مناسب هستند.

۱۰- گزینه «۴» عامل تعیین کننده در هزینه‌های تبخیر کننده از نوع تراکم مجدد، فشار بخار خروجی از کمپرسور است.

۱۱- گزینه «۱» اگر چه محلول ورودی به تبخیر کن ممکن است آن قدر رقیق باشد که بیشتر خواص فیزیکی آب را داشته باشد، ولی با افزایش غلظت، محلول خواص ویژه خود را خواهد یافت. با افزایش محتوای مواد جامد، چگالی و گرانیروی آن قدر افزایش می‌یابد که یا محلول به صورت اشباع در می‌آید یا آن قدر ویسکوز می‌شود که انتقال حرارت از آن به خوبی صورت نمی‌گیرد. ادامه جوشش باعث تشکیل بلورها یا نمک‌هایی می‌شود که آنها را باید از بین برد، در غیر این صورت باعث گرفتن لوله می‌شوند. برای این کار دبی خوراک ورودی که رقیق است را زیاد می‌کنند. با افزایش محتوای مواد جامد، نقطه جوش محلول نیز ممکن است خیلی افزایش یابد، به طوری که دمای جوش یک محلول تغلیظ شده می‌تواند خیلی بیشتر از نقطه جوش آب، در فشار یکسان، باشد. به علت کاهش انتقال حرارت در صورت تشکیل نمک و هم چنین امکان فاسد شدن مواد در اثر حرارت زیاد، نمی‌توان دما را زیاد افزایش داد.

۱۲- گزینه «۳» در تغلیظ مواد بسیار حساس به گرما، زمان قرار گرفتن ماده در معرض سطح گرم باید حداقل باشد. این کار با استفاده از تبخیرکن‌های یک مرحله‌ای با فیلم نزولی انجام می‌شود. همچنین این تبخیرکن‌ها، بدون بازگردانی و با زمان ماندگاری کوتاه، برای مواد حساسی به کار می‌روند که هیچ راه دیگری برای تغلیظ آنها وجود ندارد. آنها برای تغلیظ مایعات ویسکوز نیز کاملاً مناسب هستند.

۱۳- گزینه «۴» در فرآیند جذب سطحی، هرچه ویسکوزیته کمتر باشد، سرعت نفوذ حل شونده بیشتر و حرکت جاذب در مایع راحت‌تر است. در فرآیندهای تقطیر و استخراج مایع - مایع نیز، هرچه ویسکوزیته کم‌تر باشد، عملیات جداسازی دو جزء A و B راحت‌تر است. برای جداسازی محلول‌های با ویسکوزیته بالا، روش خوراک دهی از پشت در فرآیند تبخیر مناسب است. البته از نظر طراح گزینه (۳) پاسخ صحیح اعلام شده است.

۱۴- گزینه «۲» در مورد تعادل سیستم‌های ایده‌آل قانون رانولت صادق است. در صورتی که انحراف مثبت از قانون رانولت زیاد باشد، و یا اختلاف فشار بخار اجزاء سیستم کم باشد، نمودار P_{TXY} دارای ماکزیمم و نمودار T_{XY} دارای مینیمم است. چنین مخلوط‌هایی آزنوتروپ با نقطه جوش مینیمم نامیده می‌شوند. در مورد انحراف منفی از قانون رانولت نمودار P_{TXY} دارای مینیمم و نمودار T_{XY} دارای ماکزیمم هستند. به چنین مخلوط‌هایی آزنوتروپ با نقطه جوش ماکزیمم گویند. در نقطه آزنوتروپ، مخلوط در دمای ثابت مربوط به آزنوتروپ به جوش آمده و تماماً به بخار تبدیل می‌شود برای این مخلوط دمای شبنم و حباب با دمای نقطه آزنوتروپ برابر می‌باشند. در این حالت فشار سیستم ثابت می‌باشد.

۱۵- گزینه «۴» در صاف کردن، مقاومت‌ها در برابر جریان با گذشت زمان به علت مسدود شدن محیط صافی و یا افزایش قالب صافی افزایش می‌یابند. در عمل فیلتراسیون دو مقاومت سری وجود دارد. مقاومت قالب (کیک) و مقاومت محیط صافی. مقاومت محیط صافی معمولاً ناچیز می‌باشد و تقریباً ثابت می‌ماند.

فصل هفتم

«جذب سطحی»

تست‌های طبقه‌بندی شده کنگوری فصل هفتم

کله ۱- یک عمل جذب سطحی و رنگ‌زدایی در محلول‌های رقیق، از روش دو مرحله‌ای متقاطع (cross Current) و با استفاده از حلال خالص در هر مرحله انجام می‌گیرد. اگر Y_0 و Y_1 و Y_2 به ترتیب غلظت ماده رنگی ورودی به مراحل ۱ و ۲ و خروجی از مرحله ۲ باشد، در تعیین کل جاذب مصرفی سیستم، کدام مقدار مهم‌تر است؟ (مقادیر Y بر اساس عاری از جذب شونده‌اند) (سراسری ۷۵)

$$Y = \sqrt{Y_1 Y_2} \quad (4) \quad Y_2 \quad (3) \quad Y_0 \quad (2) \quad Y_1 \quad (1)$$

کله ۲- هنگام طراحی یک دستگاه جذب سطحی با استفاده از افزایش مقیاس (Scale-up)، قطر و طول در مقیاس نیمه صنعتی (Pilot-Plant) و صنعتی یکسان باشد. (۲) دبی و طول در دو مقیاس یکسان باشد. (۳) دبی و قطر در دو مقیاس یکسان باشد. (۴) شکل و اندازه جاذب و سرعت ظاهری باید یکسان باشد. (سراسری ۷۸)

کله ۳- معادله تعادلی یک سیستم انتقال جرم که در آن جذب سطحی (Adsorption) بین دو فاز جامد و مایع صورت می‌پذیرد، به صورت $Y = 10^{-5} (X)^{2/5}$ است. (سراسری ۷۹)

(۱) جامد مصرفی در این عمل، پذیرش بالایی از جذب دارد. (۲) جامد مصرفی در این عمل، پذیرش ضعیفی از جذب دارد. (۳) فاز جامد این عمل فقط مناسب سیستم‌های Cross-current است. (۴) فاز جامد این عمل فقط مناسب سیستم‌های Counter-current است.

کله ۴- در عملیات جذب سطحی چند مرحله‌ای چرا معمولاً تعداد مراحل محدود به ۲ می‌باشد و افزایش نمی‌یابد؟ زیرا (سراسری ۸۱)

(۱) کنترل عملیات بسیار مشکل می‌گردد. (۲) میزان جداسازی تغییر محسوسی نمی‌کند. (۳) طراحی سیستم و ساخت آن را بسیار مشکل می‌سازد. (۴) از لحاظ هزینه سرمایه‌گذاری و عملیات مقرون به صرفه نمی‌باشد.

کله ۵- با افزایش درجه حرارت، میزان جذب سطحی: (سراسری ۸۱)

(۱) در هر دو فرایند فیزیکی یا شیمیایی کاهش می‌یابد. (۲) در هر دو فرایند فیزیکی یا شیمیایی افزایش می‌یابد. (۳) در فرآیند جذب سطحی فیزیکی کاهش و در فرآیند جذب سطحی شیمیایی افزایش می‌یابد. (۴) در فرایند جذب سطحی فیزیکی افزایش و در فرایند جذب سطحی شیمیایی کاهش می‌یابد.

کله ۶- رابطه تعادلی برای جذب سطحی به صورت $Y^* = mX^n$ ارائه شده است. کدامیک از عبارتهای زیر صحیح است؟ (آزاد ۸۲)

(۱) $1 < n \leq 2$ جذب سطحی ضعیف، $1 < n \leq 2$ جذب سطحی متوسط و $n \leq 1$ جذب سطحی زیاد است. (۲) $1 < n \leq 2$ جذب سطحی زیاد، $1 < n \leq 2$ جذب سطحی متوسط و $n \leq 1$ جذب سطحی ضعیف است. (۳) مشکل جذب سطحی مستقل از n است. (۴) مشکل جذب سطحی مستقل از m است.

کله ۷- در یک عملیات جذب سطحی دو مرحله‌ای متقاطع در صورتی که از جاذب خالص استفاده شود و معادله تعادلی به صورت $Y = mX$ باشد رابطه بین غلظت میانی Y_1 و غلظت‌های Y_0, Y_2 که به ترتیب غلظت‌های ماده ورودی به مرحله اول و خروجی از مرحله دوم می‌باشد کدام است؟ (سراسری ۸۲)

$$Y_1 = \frac{Y_0 + Y_2}{2} \quad (4) \quad Y_1 = \ln Y_0 Y_2 \quad (3) \quad Y_1 = \sqrt{Y_0 Y_2} \quad (2) \quad Y_1 = Y_2 \quad (1)$$

کله ۸- کدام یک از موارد زیر، به کاهش مصرف جاذب در فرآیند جذب سطحی (گاز- جامد) کمک می‌کند؟ (سراسری ۸۹)

(۱) افزایش دما (۲) افزایش فشار (۳) استفاده از جریان همسو (۴) هیچ‌کدام

۹- معادله فرند لیچ ($Y^* = mX^n$) جهت محلول های ... با استفاده می شود. (مهندسی فرآوری و انتقال گاز - سراسری ۹۰)

(۱) رقیق، $n < 1$ (۲) غلیظ، $n < 1$ (۳) رقیق، $n = 2$ (۴) غلیظ، $n = 2$ تا 10

۱۰- در یک سیستم گازی ایده آل دوجزئی (۲، ۱) نیروی محرکه انتقال جرم استفان - ماکسول جزء ۱ (d_1) متناسب است با: (مهندسی شیمی - دکتری ۹۶)

(۱) جزء مولی جزء ۱ (۲) حاصل ضرب جزء مولی ۱ و ۲ ($X_1 X_2$)
 (۳) سرعت نسبی جزء ۱ و ۲ ($\bar{u}_1 - \bar{u}_2$) (۴) موارد ۲ و ۳

۱۱- بروم به سرعت در آب حل می شود. در مدت ۳ دقیقه غلظت آن در محلول به نصف غلظت اشباع می رسد. در این فرایند ضریب انتقال جرم حجمی (ka) بر حسب s^{-1} کدام است؟ (مهندسی پلیمر - دکتری ۹۶)

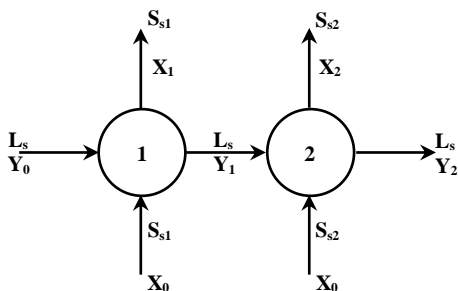
(۱) $3/9 \times 10^{-2}$ (۲) $3/9 \times 10^{-3}$ (۳) 4×10^{-4} (۴) $9/4 \times 10^{-4}$

۱۲- عدد دامکوهلر (Da) بیانگر چیست؟ (مهندسی شیمی - دکتری ۹۷)

(۱) رقابت انتقال جرم با انتقال حرارت است.
 (۲) رقابت کینتیک واکنش با انتقال جرم است.
 (۳) بهبود انتقال جرم در اثر انتقال مومنوم است.
 (۴) تأخیر زمانی انتقال جرم به دلیل انتقال مومنوم و انتقال حرارت است.

پاسخنامه تست های طبقه بندی شده کنکوری فصل هفتم

۱- گزینه «۱» عملیات جذب دو مرحله ای به شکل زیر است:



L_S جرم جامد جاذب جذب نشده، S_{Si} جرم جاذب در هر مرحله، Y_i غلظت حل شونده قابل جذب بر حسب جرم حل شونده / جرم حلال و X_i جز حل شونده جذب شده بر حسب جرم حل شونده / جرم جاذب می باشد.

خط عملیاتی مربوط به هر مرحله عبارتست از: $\frac{-S_{Si}}{L_S} = \frac{Y_{i-1} - Y_i}{X_o - X_i}$ ، اگر جاذب خالص باشد ($X_o = 0$) برای هر مرحله خواهیم داشت:

$$\left. \begin{aligned} (1) \frac{S_{S1}}{L_S} &= \frac{Y_o - Y_1}{(y_1/m)^{1/n}} \\ (2) \frac{S_{S2}}{L_S} &= \frac{Y_1 - Y_2}{(Y_2/m)^{1/n}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{کل مقدار جاذب: } \frac{S_{S1} + S_{S2}}{L_S} = m^{1/n} \left(\frac{Y_o - Y_1}{Y_1^{1/n}} + \frac{Y_1 - Y_2}{Y_2^{1/n}} \right)$$

تذکر: در روابط بالا بجای X_i از معادله فرندلیچ ($Y^* = mX^n$) استفاده شده است، که شرط نهایی تعادل خواهد بود:

پس با توجه به رابطه بدست آمده برای کل مقدار جاذب، مشاهده می شود که Y_1 اثر بیشتری دارد.

نکته: برای تعیین حداقل مقدار جاذب از رابطه کل مقدار جاذب نسبت به Y_1 مشتق گیری می شود:

$$d\left(\frac{S_{S1} + S_{S2}}{L_S}\right) / dY_1 = 0 \Rightarrow \left(\frac{Y_1}{Y_2}\right)^{1/n} - \frac{1}{n} \frac{Y_o}{Y_1} = 1 - \frac{1}{n}$$

با توجه به این رابطه مشاهده می شود که حداقل مقدار جاذب نیز بیشتر به Y_1 وابسته است.

۲- گزینه «۴» در روش طراحی دستگاه جذب سطحی، به وسیله افزایش مقیاس یا Scale-up، معمولاً مقیاس را از آزمایش در بستری به قطر کوچک در آزمایشگاه، بزرگ کرده و واحد بزرگ را در شکل، اندازه ذرات جامد و سرعت ظاهری یکسان با مقدار واقعی طراحی می کنند.

۳- گزینه «۱» رابطه $Y = mX^n$ به رابطه فرندلیچ معروف است، که در جذب سطحی مایعات بکار می‌رود و برای محلول‌های رقیق استفاده می‌شود. در این رابطه X نسبت جرم حل شونده به جرم جاذب و Y نسبت جرم حل شونده به جرم محلول در حالت تعادل است. m و n نیز مقادیر ثابتی هستند. معمولاً، زمانی جذب خوب است که n بین ۲ تا ۱۰ باشد، کمتر از یک جذب ضعیف است و بین ۱ تا ۲ جذب متوسط است. مقادیر بزرگ n و مقادیر کوچک m به معنای این است که جاذب توانایی جذب بالایی دارد.

با توجه به معادله داده شده در تست ($Y = 10^{-5} (X)^{2/5}$)، $m = 10^{-5}$ ، $n = 2/5$ می‌باشد. بنابراین جاذب مقدار جذب بالایی دارد و گزینه ۱ صحیح است.

۴- گزینه «۲ و ۴» با افزایش تعداد مراحل، میزان ماده جذب شده روی سطح جاذب افزایش یافته و کارایی جاذب کم می‌شود و در نتیجه میزان جداسازی کم می‌شود. بنابراین در این حالت گزینه «۲» صحیح می‌باشد. از طرف دیگر اگر برای افزایش کارایی جاذب، بین مراحل از فیلتر استفاده شود و جداسازی جامد از مایع صورت گیرد، هزینه‌ها افزایش یافته و عملیات مقرون به صرفه نخواهد بود. در این حالت گزینه «۴» صحیح خواهد بود.

۵- گزینه «۱ و ۳» منظور از جذب فیزیکی، این است که ماده جذب شونده در اثر یک پدیده فیزیکی مثل نیروهای جاذبه، روی جاذب می‌نشیند. این پدیده برگشت پذیر بوده و با افزایش دما بعلت کم شدن نیروهای جاذبه میان دو ماده، میزان جذب کاهش می‌یابد. منظور از جذب شیمیایی، این است که ماده جذب شونده و ماده جاذب، در اثر یک فعل و انفعال شیمیایی، جذب هم می‌شوند. بسته به اینکه واکنش صورت گرفته گرمازا یا گرماگیر باشد، افزایش حرارت می‌تواند موجب کاهش و یا افزایش میزان جذب سطحی شود.

۶- گزینه «۲» معمولاً زمانی جذب خوب است که n بین ۲ تا ۱۰ باشد، کم‌تر از یک، جذب ضعیف است و بین ۱ تا ۲ جذب متوسط است. مقادیر بزرگ n و مقادیر کوچک m به معنای این است که جاذب توانایی جذب بالایی دارد.

۷- گزینه «۲» برای فرآیند جذب سطحی دو مرحله‌ای متقاطع، زمانیکه $n = 1$ ($Y = m^n$) باشد، داریم:

$$Y_1^2 = Y_0 Y_2 \rightarrow Y_1 = \sqrt{Y_0 Y_2}$$

۸- گزینه «۴» از نظر طراح گزینه (۳) جواب است. در حالی که در جریان هم‌سو، در خروجی، جریان‌ها به تعادل رسیده و بنابراین بیش از یک مرحله نمی‌توان داشت. در فرآیند ناهم‌سو نسبت به فرآیند متقاطع میزان جاذب مصرفی کم‌تر است، به طوری که با افزایش تعداد مراحل در فرآیند ناهم‌سو، مقدار جاذب لازم به سرعت کاهش می‌یابد. فشار و دما نیز روی میزان جذب اثر دارند، به طوری که با افزایش دما، مقدار جذب کاهش و با افزایش فشار مقدار جذب افزایش می‌یابد. بنابراین گزینه (۴) صحیح‌تر است. مناسب بود مقایسه بین نوع جریان‌ها (هم‌سو، ناهم‌سو، متقاطع) انجام می‌شد.

۹- گزینه «۳» در عملیات جذب سطحی، در محدوده تغییرات کم غلظت و عملاً برای محلول‌های رقیق، ایزوترم‌های جذب را می‌توان با معادله فرندلیچ بیان کرد ($Y = mX^n$) هر چه n بزرگ‌تر و m کوچک‌تر باشد، مقدار جذب جاذب بیشتر است. n معمولاً بین ۲ تا ۱۰ می‌باشد. برای n کم‌تر از یک میزان جذب ضعیف است. در رابطه بالا X جرم حل شونده بر جرم جاذب، Y جرم حل شونده بر جرم حلال در حالت تعادل و m, n ثابت هستند.

۱۰- گزینه «۴» رابطه استفان - ماکسول برای مخلوط گازها در چگالی پایین به صورت مقابل است:

$$\nabla X_\alpha = - \sum_{\beta=1}^N \frac{X_\alpha X_\beta}{D_{\alpha\beta}} (V_\alpha - V_\beta)$$

$$X_\alpha X_\beta = \text{کسر مولی اجزاء} \quad D_{\alpha\beta} = \text{ضریب نفوذ مولکولی} \quad V_\alpha, V_\beta = \text{سرعت اجزاء}$$

با توجه به این معادله نیروی محرکه انتقال جرم استفان - ماکسول جزء یک هم متناسب با حاصل ضرب جزء مولی ۱ و ۲ $X_\alpha X_\beta$ و هم متناسب با سرعت نسبی جزء ۱ و ۲، $(\bar{u}_1 - \bar{u}_2)$ است.

۱۱- گزینه «۲» جهت حل باید مقدار انتقال جرم و غلظت اشباع ($N = Ka(C^{\text{sat}} - C^{\text{bulk}})$) مشخص باشد. اطلاعات ناقص است. (بعد از ۳ دقیقه)

$$\Rightarrow Ka = \frac{N}{(C^{\text{sat}} - C^{\text{bulk}})} = \frac{N}{(C^{\text{sat}} - \frac{1}{2}C^{\text{sat}})} = \frac{N}{\frac{1}{2}C^{\text{sat}}}$$

۱۲- گزینه «۲» این عدد یک عدد بدون بُعد در مهندسی شیمی است که بیانگر ارتباط زمان بندی واکنش شیمیایی به پدیده‌های دیگر در یک سیستم شیمیایی است. تعاریف مختلفی از این کمیت متناسب با نوع سیستم صورت می‌پذیرد که برای یک واکنش شیمیایی ساده مانند $A \rightarrow B$ و با ضریب

$$Da = kc_0^{n-1}t$$

استوکیومتری n ، این عدد به صورت روبرو تعریف می‌شود:

که در این رابطه k ثابت سرعت واکنش، c_0 غلظت اولیه، n ضرایب استوکیومتری معادله موازنه شده واکنش و t زمان است. بنابراین در مورد پدیده انتقال جرم می‌توان گفت این عدد بیانگر رقابت کینتیک (سینتیک) واکنش با انتقال جرم است.