

## انتقال جرم و عملیات واحد ۲

۱ - اگر در یک تبخیر کننده، ظرفیت را با C و اقتصاد تبخیر کننده را با E نمایش دهیم، میزان بخار مصرفی چقدر است؟

$$(1) EC \quad (2) \frac{E}{C} \quad (3) \frac{C}{E} \quad (4) E + C$$

۲ - در تبخیر کننده های لوله بلند عمودی، مکان ماکزیمم شدن دما، در سرعت های کم در ..... و در سرعت های زیاد در ..... است.

(۱) ابتدای لوله - وسط لوله (۲) وسط لوله - انتهای لوله (۳) ابتدای لوله - انتهای لوله (۴) انتهای لوله - ابتدای لوله

۳ - کدام گزینه در قاعده Duhring صدق می کند؟

(۱) BPE ممکن است با افزایش نقطه جوش محلول، افزایش یابد.

(۲) BPE ممکن است با افزایش نقطه جوش محلول، ثابت بماند.

(۳) تغییرات نقطه جوش یک محلول نسبت به نقطه جوش آب خالص در همان فشار خطی است.

(۴) گزینه ۲ و ۳

۴ - در مورد یک تبخیر کننده سه مرحله ای با الگوی خوراک دهی پیشرو کدام گزینه صحیح نمی باشد؟

(۱) در مسیر خوراک دهی، به علت کاهش دما و افزایش غلظت، ویسکوزیته محلول افزایش می یابد.

(۲) در مسیر خوراک دهی، برای انتقال مایع بین مراحل، نیاز به پمپ وجود ندارد.

(۳) در مسیر خوراک دهی، افزایش ویسکوزیته ناشی از افزایش غلظت با کاهش ویسکوزیته در اثر ازدیاد دما جبران می شود.

(۴) صعود نقطه جوش (BPE) در مسیر خوراک دهی، افزایش می یابد.

$$5 - \text{رابطه } \frac{1}{F_{OL}} = \frac{1}{m''F_G} + \frac{1}{F_L} \text{ در چه مواردی برقرار است؟}$$

(۱) فرآیند به صورت انتقال متقابل باشد.

(۲) انتقال جرم در محیط رقیق انجام شود.

(۳) فرآیند به صورت نفوذ یک جزء درون جزء نفوذناپذیر دیگری باشد.

(۴) موارد ۱ و ۲

۶ - در چه صورت مقاومت انتقال جرم در فاز گاز و مایع برابر خواهد شد؟ ( $R_G = R_L$ )

$$(1) k_y = m'k_x, m'm'' = 1 \quad (2) k_x = m'k_y, m'm'' = 1 \quad (3) k_y = m'k_x, m'm'' = 1 \quad (4) k_x = m'k_y, m'm'' = 1$$

۷ - در صورت تساوی تقریبی  $k_x$  و  $k_y$  وقتی  $m$  خیلی بزرگ باشد، کدام یک از گزینه های زیر صحیح نیست؟

(۱) سازنده A در فاز مایع تقریباً نامحلول است.

(۲) مقاومت اصلی در برابر انتقال ماده در فاز گاز است.

(۳) مقاومت اصلی در برابر انتقال ماده در فاز مایع است.

(۴) گزینه های ۱ و ۳

۸ - در یک فرآیند انتقال جرم در صورتی که منحنی تعادل به صورت  $y = 2x$  و  $40\%$  درصد مقاومت در فاز گاز باشد، کدام یک از گزینه های زیر

نادرست است؟

$$(1) 60\% \text{ درصد مقاومت در فاز مایع است.} \quad K_y = 0.3k_x$$

$$(2) K_y = 0.4k_y \quad (3) K_y = 0.4k_y \quad (4) K_x = 0.15k_x$$

۹ - منظور از Economy در یک تبخیر کننده کدام است؟

(۱) کیلوگرم آب تبخیر شده از محلول به کیلوگرم بخار تغذیه شده به تبخیر کننده

(۲) کیلوگرم آب تبخیر شده از محلول در مدت زمان یک ساعت

(۳) وزن ماده جامد موجود در محلول به وزن مایع تبخیر شده از محلول در تبخیر کننده

(۴) مجموع صعود نقاط جوش در مراحل مختلف یک تبخیر کننده به کل اختلاف دمای بین بخار و محلول

۱۰ - ضریب جذب (A) برابر است با:

(۱) نسبت شیب خط تعادل به تبادیل و اقتصادی ترین حالت وقتی است که بین  $1/25$  تا ۲ باشد.

(۲) نسبت شیب خط تبادیل به تعادل و اقتصادی ترین حالت وقتی است که بزرگتر از ۲ باشد.

(۳) نسبت شیب خط تعادل به تبادیل و اقتصادی ترین حالت وقتی است که بزرگتر از ۲ باشد.

(۴) نسبت شیب خط تبادیل به تعادل و اقتصادی ترین حالت وقتی است که بین  $1/25$  تا ۲ باشد.

۱۱ - در صورتی که ضریب زاویه خط تعادل برابر  $2^\circ$  و ضرایب انتقال جرم  $k_{ya} = 12$  و  $k_{xa} = 24$  کیلو مول بر ساعت در هر متر مکعب باشد، ضریب جمعی انتقال جرم بر اساس فاز گاز بر حسب کیلومول بر ساعت در متر مکعب چقدر است؟ (a سطح تماس به ازای واحد حجم است).

۶ (۱) ۸ (۲) ۱۲ (۳) ۲۴ (۴)

۱۲ - نسبت مقاومت فاز گاز به مقاومت فاز مایع در مقطعی از ستون جذب که در آن غلظت‌های توده  $y_{AG} = 0.2$  و  $x_{AL} = 0.4$  و فصل مشترک  $y_{Ai} = 0.1$  و  $x_{Ai} = 0.8$  است، چقدر می‌باشد؟

۳/۵ (۱) ۴/۵ (۲) ۲ (۳) ۲/۵ (۴)

۱۳ - کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) در فرآیندهای پایا با جریان غیرهمسو، شیب خط عامل مثبت است.
- (۲) مزیت روش ناهمسو بر روش همسو آن است که نیروی محرکه متوسط در روش ناهمسو بزرگتر است.
- (۳) از جریان فرآیندهای ناهمسو در فرآیندهای جذب سطحی، استخراج از جامد و خشک کردن استفاده می‌شود.
- (۴) در یک مجموعه همسو با وجود افزایش بازده هرگز نمی‌توان نتایجی برتر از یک واحد تعادلی حاصل نمود.

۱۴ - ۱۰۰ کیلوگرم از خوراک مایع حاوی ۲۰ درصد جرمی از جسم استخراج شونده را با ۸۰ کیلوگرم از حلال خالص به طور متقاطع (Cross) در

یک مرحله تعادلی مجاور می‌سازند. در صورتی که معادله منحنی تعادل از رابطه  $Y = \frac{1}{4}X$  پیروی نماید، حداکثر درصد استخراج در این مرحله چقدر است؟ (حلال و همراه در یکدیگر کاملاً نامحلول بوده و اجزاء جرمی جسم استخراج شونده در دو فاز R و E هستند).

۱۰٪ (۱) ۴۰٪ (۲) ۵۰٪ (۳) ۲۰٪ (۴)

۱۵ - اگر عمل انتقال جرم بین دو فاز مایع و جامد متخلخل صورت بگیرد، در این صورت:

- (۱) افزایش حالت متلاطم سیستم، تمام مقاومت‌های مقابل انتقال جرم را کاهش می‌دهد.
- (۲) افزایش حالت متلاطم سیستم، تنها بخشی از مقاومت کل انتقال جرم را کاهش می‌دهد.
- (۳) فقط یک مقاومت در مقابل انتقال جرم وجود دارد و با افزایش حرکت مکانیکی قابل کاهش است.
- (۴) با ریزتر کردن ذرات جامد می‌توان مقاومت را در تمام مراحل سیستم کاهش داد.

۱۶ - مخلوط هوا و گاز کربنیک (۱۰ درصد حجمی گاز کربنیک) از پایین یک برج جذب و آب خالص از بالای برج به طور غیر همسو وارد می‌شوند.

منحنی تعادل به صورت  $Y = X$  فرض می‌گردد. اگر قرار باشد، ۸۰ درصد از گاز کربنیک ورودی جذب آب شود، حداقل مقدار آب مورد نیاز به ازای هر کیلوگرم هوای خالص ورودی چقدر است؟

۰/۹۱ (۱) ۰/۷۶۱ (۲) ۰/۴۵ (۳) ۰/۸ (۴)

۱۷ - در تبخیرکننده‌های توام با تراکم مجدد بخار (Vapor Recompression Evaporators)، اقتصاد تبخیر کننده (Economy) چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) اصلاً تغییر نمی‌کند. (۲) به شدت افزایش می‌یابد. (۳) به شدت کاهش می‌یابد. (۴) تغییر جزئی می‌یابد.

۱۸ - مهم‌ترین عامل در روش خوراک دهی تبخیر کننده‌ها کدام است؟

- (۱) غلظت خوراک (۲) دمای خوراک (۳) ویسکوزیته خوراک (۴) همه موارد

۱۹ - در چه صورتی  $E_{ME} = E_{MR}$  می‌باشد؟ (A ضریب جذب و S ضریب دفع می‌باشد)

- (۱)  $S \gg A$  (۲)  $S = A$  (۳)  $S \ll A$  (۴) در هیچ صورتی  $E_{ME} = E_{MR}$  نمی‌باشد.

۲۰ - در رابطه با اثر فشار مایع و اصطکاک روی افت دما در تبخیر کننده‌ها کدام عبارت صحیح است؟

- (۱) اگر محلول با سرعت پایین حرکت کند، نه تنها زودتر به جوش آمده بلکه در دمای بالاتری نسبت به محلولی که با سرعت بالا حرکت می‌کند، به جوش می‌آید.

(۲) در سرعت پایین، افت فشار در لوله تبخیر کننده کمتر است و در نتیجه در مقاطع متناظر بین دو لوله با سرعت‌های مختلف، همواره فشار در لوله با سرعت پایین بیشتر است و در نتیجه دمای جوش در این لوله بالاتر است.

(۳) نقطه جوش در سطح یک مایع از نقطه جوش نقطه‌ای درون مایع کمتر است.

(۴) همه موارد

## انتقال جرم و عملیات واحد ۲

۱ - گزینه «۳»

ظرفیت و اقتصاد تبخیرکننده

ظرفیت یک تبخیر کننده عبارت است از میزان بخاری که تولید می کند (C) و اقتصاد یک تبخیر کننده (E) عبارت است از نسبت ظرفیت تبخیر کننده به میزان بخار مصرفی (S) به عبارتی میزان تبخیر به ازای انرژی مصرفی است.

$$C = \text{Capacity} = V \quad E = \text{Economy} = \frac{V}{S} \rightarrow E = \frac{C}{S} \Rightarrow S = \frac{C}{E}$$

برای افزایش اقتصاد تبخیر کننده ها آنها را چند مرحله ای می سازند که تعداد مراحل از سه تا پنج متغیر است. در این نوع تبخیرکننده ها از بخار تولیدی هر مرحله برای مرحله بعدی استفاده می شود.

\* ارتباط بین ظرفیت و اقتصاد تبخیرکننده ها با مقدار بخار مصرفی مهم است.

۲ - گزینه «۲»

تبخیرکننده با لوله بلند

این تبخیرکننده ها برای موادی مناسب هستند که خاصیت کفزایی دارند. کف ایجاد شده وقتی با سرعت زیاد مخلوط مایع و بخار با بفل ها برخورد می نماید، می شکند که باعث افزایش ضریب انتقال حرارت و کاهش ماندگی مایع در فاز بخار خواهد شد.

در تبخیر کننده های لوله بلند عمودی، در سرعت های کم به دلیل زمان ماند بیشتر خوراک درون تبخیرکننده، ماکزیمم شدن دما به نسبت حالت های با سرعت های بالای خوراک زودتر اتفاق می افتد. به طور تجربی مشاهده شده است که برای سرعت های کم، ماکزیمم دما در وسط لوله و در سرعت های بالا در انتهای لوله می باشد.

\* محاسبات و کاربردهای انواع تبخیرکننده ها و تأثیر آن در نحوه عملکرد آن مهم است.

### ۳ - گزینه «۴»

وجود ناخالصی جامد (جسم حل شده در حلال) در مایع باعث افزایش نقطه جوش محلول می‌شود. این افزایش را BPE یعنی Boiling Point Elevation گویند که برابر است با اختلاف نقطه جوش محلول و حلال خالص در فشار مورد نظر. BPE تابع غلظت است و فشار اثر چندانی بر آن ندارد. برای محلول‌های رقیق و محلول‌های آلی مقدار افزایش نقطه جوش BPE کوچک بوده و قابل اغماض می‌باشد ولی در محلول‌های غلیظ و معدنی این مقدار قابل توجه بوده و بایستی در محاسبات لحاظ گردد. برای محلول‌های غلیظ مقدار BPE از قاعده‌ای تجربی به نام قاعده دورینگ محاسبه می‌شود. طبق این قاعده نقطه جوش محلول معین تابعی خطی از نقطه جوش حلال خالص در همان فشار است. این قاعده در محدوده فشار بالا دقیق نیست اما اگر فشار در محدوده متوسط باشد، خطوط منحنی تقریباً مستقیم‌اند ولی موازی نیستند. در حالت کلی BPE تابعی از دما و غلظت است. با ثابت بودن غلظت اگر دما تغییر کند، BPE تقریباً ثابت است پس می‌توان گفت که BPE تابع قوی از غلظت است و از اثر دما روی آن می‌توان صرف‌نظر کرد. وجود BPE زیاد مانع از امکان استفاده موثر از بخار در مراحل آخر یک تبخیرکننده می‌شود. به همین دلیل تعداد مراحل تبخیرکننده‌ها را معمولاً بین ۳ تا ۵ مرحله در نظر می‌گیرند.

\* بحث افزایش نقطه جوش در اثر ناخالصی (BPE) در تبخیرکننده‌ها مهم است.

### ۴ - گزینه «۳»

در روش خوراک‌دهی پیشرو (Forward) خوراک و بخار با هم وارد تبخیرکننده شده و همسو با هم حرکت می‌کنند. این شیوه ساده‌ترین نوع روش خوراک‌دهی بوده و غلظت مایع از مرحله اول تا آخرین مرحله افزایش می‌یابد. در این روش فشار در مراحل مختلف یک تبخیرکننده رو به کاهش است تا بخار خروجی از هر مرحله بتواند در مرحله بعد مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه در این روش خوراک‌دهی که خوراک در جهت کاهش فشار در حرکت است، احتیاج به هیچ گونه پمپی نبوده و حرکت مایع به صورت خود به خود صورت می‌گیرد. این روش برای محلول‌ها و مواد حساس به دما مناسب است. زیرا هر چه که پیش می‌رویم، با افزایش غلظت محلول، ویسکوزیته افزایش می‌یابد که این امر منجر به کاهش ضریب انتقال حرارت و در نتیجه کاهش مقدار انتقال حرارت (q) می‌شود.

**جمع‌بندی:** در روش خوراک‌دهی پیشرو (Forward)

۱- به علت کاهش فشار در مسیر نیاز به پمپ نداریم.

۲- به علت افزایش غلظت، BPE زیاد می‌شود.

۳- به علت افزایش غلظت، ویسکوزیته زیاد می‌شود.

۴- به علت کاهش فشار و در نتیجه کاهش دما، ویسکوزیته زیاد می‌شود.

\* الگوهای مختلف خوراک‌دهی در تبخیرکننده‌های چند مرحله‌ای و مزایا و معایب هر یک بسیار مهم است.

## ۵ - گزینه «۴»

در مواردی که شامل نفوذ یک ماده و یا نفوذ متقابل با مول‌های مساوی از دو سازنده نبوده و یا شدت انتقال جرم زیاد باشد، حتماً باید از ضرایب نوع F استفاده کرد. ضرایب F نیز به طریق محلی ( $F_G, F_L$ ) و کلی (overal) ( $F_{OG}, F_{OL}$ ) به کار می‌رود و داریم:

$$\frac{1}{F_{OG}} = \frac{1}{F_G} + \frac{m'}{F_L}, \quad \frac{1}{F_{OL}} = \frac{1}{m'' F_G} + \frac{1}{F_L}$$

لازم به ذکر است که روابط فوق تنها زمانی صادقند که  $\sum N = 0$  باشد.  
\* ارتباط بین ضرایب انتقال جرم K با F و منحنی تعادل در بحث نفوذ جرمی بسیار اهمیت دارد.

## ۶ - گزینه «۴»

$$\left. \begin{aligned} \frac{R_G}{R_t} &= \frac{K_y}{k_y} = \frac{1}{(1 + m' \frac{k_y}{k_x})} \\ \frac{R_L}{R_t} &= \frac{K_x}{k_x} = \frac{1}{(1 + \frac{1}{m''} \frac{k_x}{k_y})} \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_G = R_L$$

بنابراین در صورتی که شرایط گزینه چهارم برقرار باشد، خواهیم داشت:

### نکات مهم:

- ۱- مقاومت انتقال جرم در فاز گاز ( $R_G$ )
  - ۲- مقاومت انتقال جرم در فاز مایع ( $R_L$ )
  - ۳- مقاومت انتقال جرم کل در هر دو فاز ( $R_t$ )
  - ۴-  $K_x$  و  $k_x$  ضرایب انتقال جرم کلی و محلی فاز مایع
  - ۵-  $K_y$  و  $k_y$  ضرایب انتقال جرم کلی و محلی فاز گاز
- \* روابط مربوط به مقاومت‌های انتقال جرمی هر فاز و توضیحات ارائه شده در این گونه مسائل در کنکور اهمیت زیادی دارد.

## ۷ - گزینه «۲»

وقتی  $k_x = k_y$  باشد، با توجه به معادلات زیر اگر m (شیب منحنی تعادل) خیلی زیاد باشد، بیشترین مقاومت در فاز مایع است و اگر m خیلی کوچک باشد، بیشترین مقاومت در فاز گاز است، از طرفی گزینه‌های ۱ و ۳ معادل هم می‌باشند و از آنجایی که در صورت سوال، از ما گزینه نادرست خواسته شده است، جواب گزینه ۲ خواهد بود.

$$k_x = k_y \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} (1) \quad & \frac{\text{مقاومت در فاز گاز}}{\text{مقاومت کل در هر دو فاز}} = \frac{1}{1+m} \\ (2) \quad & \frac{\text{مقاومت در فاز مایع}}{\text{مقاومت کل در هر دو فاز}} = \frac{1}{1+\frac{1}{m}} \end{aligned} \right.$$

#### ۸ - گزینه «۴»

چون ۴۰ درصد مقاومت در فاز گاز است پس ۶۰ درصد مقاومت در فاز مایع است لذا گزینه ۱ صحیح است.

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m}{k_x} \Rightarrow \frac{K_y}{k_y} + \frac{mK_y}{k_x} = 1 \Rightarrow \frac{2K_y}{k_x} = 0.6 \Rightarrow K_y = 0.3k_x \Rightarrow \text{گزینه ۲ صحیح می باشد.}$$

$$\frac{1}{\frac{k_y}{K_y}} = 0.4 \Rightarrow \frac{K_y}{k_y} = 0.4 \Rightarrow K_y = 0.4k_y \Rightarrow \text{گزینه ۳ صحیح می باشد.}$$

$$K_x = mK_y \Rightarrow K_x = 2 \times 0.3k_x \Rightarrow K_x = 0.6k_x \Rightarrow \text{گزینه ۴ نادرست است.}$$

\* فاز کنترل کننده انتقال جرم در ۳ حالت باید تشخیص داده شود که هر سه حالت بسیار مهم است:

$$1 - k_x = k_y \quad 2 - k_x \neq k_y \quad 3 - \text{اثر دما روی انتقال جرم}$$

#### ۹ - گزینه «۱»

۱- اقتصاد تبخیر کننده که به آن فاکتور اقتصادی نیز می گویند، برابر جرم حلال تبخیر شده (بخار تولید شده) به جرم بخار مصرفی می باشد لذا داریم:

$$E = \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_s} = \frac{\text{جرم بخار تولیدی}}{\text{جرم بخار مصرفی}}$$

هر چه فاکتور اقتصادی (E) بالاتر باشد، بهتر است.

۲- اقتصاد تبخیر کننده مسأله ای در ارتباط با بیلان آنتالپی است، هر چند که دمای خوراک نیز روی آن موثر است. البته از مهم ترین عوامل موثر بر اقتصاد تبخیر کننده تعداد مراحل می باشد که خود به خود در بیلان آنتالپی وارد می شود.

۳- همواره برای یک تبخیر کننده N مرحله ای، فاکتور اقتصادی کوچکتر یا مساوی N است یعنی  $E \leq N$

#### ۱۰ - گزینه «۴»

نسبت شیب خط کار (operating) به شیب خط تعادل را ضریب جذب (A) گویند. اگر  $A < 1$  باشد، در این صورت خط کار و خط تعادل در قسمت انتهایی برج به هم نزدیک می‌شوند در نتیجه انجام عمل جذب با بی‌نهایت سینی هم بسیار مشکل است. در این حالت در پایین برج فاصله بین خط تبادل و منحنی تعادل کم می‌شود یعنی نیروی محرکه کاهش می‌یابد. همچنین اگر  $A > 1$  باشد، اگر تعداد سینی‌ها به اندازه کافی باشد، به هر میزان جذب می‌توان دست یافت. اگر ضریب جذب به مقادیر بزرگتر از یک افزایش داده شود، بر مقدار و شدت جذب افزوده شده و تعداد سینی‌های مورد نیاز کاهش یافته و لذا بهای دستگاه کاهش می‌یابد ولی در مرحله بعد، جداسازی حلال به مراتب مشکل‌تر است و در نهایت ارزش محصول کاهش می‌یابد زیرا هدف، جذب درصد خاصی از حل شونده و یا تهیه محلول با درصد مشخص می‌باشد که اگر بیشتر از درصد مدنظر باشد، قیمت محصول کاهش می‌یابد. به این ترتیب محدوده اقتصادی ضریب جذب با محاسبه هزینه کل بر اساس مقادیر مختلف A و تعیین

شرایط مختلف بین  $1/25$  تا ۲ در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه:

$$1/25 < A = \frac{R_s}{mE_s} < 2$$

\* در بحث عملیات جذب گاز مفاهیمی مانند ضریب جذب، ضریب دفع و اثر دما و فشار بر روی عملیات بسیار مهم می‌باشد.

#### ۱۱ - گزینه «۱»

$$\frac{1}{K_y a} = \frac{1}{k_y a} + \frac{m'}{k_x a} = \frac{1}{12} + \frac{20}{240} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{K_y a} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} \Rightarrow K_y a = 6$$

#### یادآوری

اصولاً اگر ضرایب انتقال جرم نوع K معرف شدت انتقال جرم باشند، عکس این کمیت‌ها معرف مقاومت در مقابل انتقال جرم است. در حالت کلی مقاومت جرم هر یک از فازهای گاز و مایع به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\frac{\text{مقاومت در فاز گاز}}{\text{مقاومت کل در هر دو فاز}} = \frac{\frac{1}{k_y}}{\frac{1}{K_y}} = \frac{1}{1 + \frac{mk_y}{k_x}} \quad \text{و} \quad \frac{\text{مقاومت در فاز مایع}}{\text{مقاومت کل در هر دو فاز}} = \frac{\frac{1}{k_x}}{\frac{1}{K_x} + \frac{k_x}{mk_y}} = \frac{1}{1 + \frac{k_x}{mk_y}}$$

\* در نظر گرفتن سطح تماس به ازای واحد حجم (a) یک نکته انحرافی در حل مسأله است که هیچ تأثیر خاصی در روند حل مسأله نخواهد داشت.

#### ۱۲ - گزینه «۳»

$$\frac{k_x}{k_y} = \frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{Ai} - x_{AL}} = \frac{0/2 - 0/1}{0/08 - 0/04} = 2/5$$

$$m = \frac{y_{Ai}}{x_{Ai}} = \frac{0/1}{0/08} = 1/25$$

$$\text{نسبت مقاومت گاز به مایع} = \frac{k_x}{mk_y} = \frac{2/5}{1/25} = 2$$

## یادآوری

$y_{AG}$  غلظت در فاز گاز  $x_{AL}$  غلظت در فاز مایع

$y_{Ai}$  غلظت در فصل مشترک در فاز گاز  $x_{Ai}$  غلظت در فصل مشترک در فاز مایع

\* بر اساس تئوری لوئیس و وایتمن مقاومت‌های نفوذی تنها در داخل فازهای سیال قرار دارند پس مقاومتی در برابر انتقال حل شونده در سطح مشترک بین دو فاز وجود ندارد و این مطلبی نکته‌ای است که در فهم این مساله کمک می‌کند.

### ۱۳ - گزینه «۳»

۱- در فرآیندهای پایا با جریان غیرهمسو شیب خط عامل مثبت بوده  $(\frac{R_s}{E_s})$  و برای نفوذ از E به R (جذب) در بالای منحنی تعادلی و برای نفوذ

از R به E (دفع) در پایین منحنی تعادلی قرار می‌گیرد.

۲- مزیت روش ناهمسو بر روش همسو آن است که نیروی محرکه متوسط در روش ناهمسو بزرگتر است و لذا برای یک دستگاه معین، شدت جریان کمتر و برای یک شدت معین، دستگاه کوچک‌تری مورد نیاز است.

۳- از فرآیندهای جریان متقاطع در فرآیندهای جذب سطحی، استخراج از جامد و خشک کردن استفاده می‌گردد.

۴- در یک مجموعه همسو با وجود افزایش بازده هرگز نمی‌توان نتایجی برتر از یک واحد تعادلی حاصل نمود در صورتی که در مجموعه ناهمسو و یا متقاطع این امر امکان‌پذیر است.

۵- واحدهای جریان متقابل بالاترین کارایی را دارا می‌باشند و لذا تعداد واحدهای تئوری حداقل خواهد شد.

### ۱۴ - گزینه «۴»

$$R_1 = 100 \text{ kg} \quad x_1 = 0/2 \Rightarrow X_1 = \frac{x_1}{1-x_1} = \frac{0/2}{1-0/2} = 0/25$$

$$R_s = R_1(1-x_1) \Rightarrow R_s = 100(1-0/2) = 80 \text{ kg}$$

$$E_s = E = 80 \text{ kg}, \quad y_1 = 0 \Rightarrow Y_1 = 0$$

چون حلال خالص است در نتیجه:

$$\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{-R_s}{E_s}$$

چون فرآیند متقاطع است در نتیجه:

$$Y = \frac{1}{4}X \Rightarrow Y_2 = \frac{1}{4}X_2$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{4}X_2 - 0}{X_2 - 0/25} = -1 \Rightarrow X_2 = 0/2 \Rightarrow \text{درصد استخراج} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100 = \frac{0/25 - 0/2}{0/25} \times 100 = 20\%$$



#### ۱۵ - گزینه «۲»

با توجه به اینکه در اجسام متخلخل، بیشترین مقاومت انتقال جرم در درون جامد متخلخل قرار دارد، پس با افزایش توربولنسی، فقط بخشی از مقاومت انتقال جرم کاهش می‌یابد.  
\* نکته مطرح شده در این تست با توجه به توانایی و خلاقیت دانشجو در فهم صحیح مباحث انتقال جرم بین فازها قابل استنباط بوده که در نهایت منجر به انتخاب گزینه صحیح خواهد شد.

#### ۱۶ - گزینه «۴»

$$y_1 = 0/1 \Rightarrow Y_1 = \frac{y_1}{1-y_1} = \frac{0/1}{0/9} = 0/111$$

$$x_2 = 0 \Rightarrow X_2 = 0$$

چون هوا خالص است:

چون ۸۰٪ جذب صورت می‌گیرد، ۲۰٪ در فاز خروجی وجود دارد یعنی:

$$Y_2 = 0/2 Y_1 \Rightarrow Y_2 = 0/2 \times 0/111 = 0/0222$$

$$Y = X \Rightarrow Y_1 = X_1 \Rightarrow X_1 = 0/111$$

برای به دست آوردن  $X_1$  از منحنی تعادلی استفاده می‌کنیم. در نتیجه:

$$\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{L_s}{G_s} \Rightarrow \frac{0/0222 - 0/111}{0 - 0/111} = \frac{L_s}{1} \Rightarrow (L_s)_{\min} = 0/8$$

\* این گونه سوالات که مقدار حلال min در آن مورد سوال قرار می‌گیرد در فرآیندهای Counter Current (ناهمسو) معمولاً در کنکور مطرح می‌شود.

#### ۱۷ - گزینه «۲»

تراکم مجدد بخار روشی برای افزایش اقتصاد تبخیر کننده بوده و اساس کار آن بر مبنای جبران بخار (steam) مصرفی است و به دو روش:

۱- تراکم مجدد مکانیکی، ۲- تراکم مجدد حرارتی انجام می‌گیرد.

۱- تراکم مجدد مکانیکی: در این حالت تمام بخار یا قسمتی از بخار تولیدی چگالیده نمی‌شود. بلکه توسط یک کمپرسور گریز از مرکز تا فشارهای بالا فشرده شده و به بخار آب ورودی به گرم کن تبدیل می‌شود. این روش بر مبنای جبران بخار مصرفی می‌باشد که فاکتور اقتصادی برای یک تبخیر کننده در این حالت به حدود ۱۰ تا ۱۵ افزایش می‌یابد. مهم‌ترین کاربردهای تبخیر با تراکم مجدد مکانیکی در بالا بردن غلظت‌های محلول‌های خیلی رقیق رادیو اکتیو و در تولید آب مقطر است.

۲- تراکم مجدد حرارتی: در این سیستم، بخار تولیدی توسط Ejector متراکم می‌شود. با استفاده از این روش معمولاً نسبت بخار آب مورد نیاز به جرم آب تبخیر شده در حدود ۵/۰ است. معمولاً برای تبخیر در شرایط خلاء، تراکم مجدد حرارتی مناسب‌تر از تراکم مجدد مکانیکی است. استفاده از اژکتورها ارزان‌تر و راحت‌تر از کمپرسورها و دمنده‌ها می‌باشد ولی اشکال عمده روش حرارتی، بازده پایین اژکتورها و عدم انعطاف‌پذیری سیستم در برابر تغییر شرایط (شرایط مختلف عملیات) است.

## ۱۸ - گزینه «۳»

همواره مهم‌ترین عامل در انتخاب روش خوراک دهی (Methods of Feeding)، ویسکوزیته می‌باشد، به طوری که مثلاً برای محلول‌های ویسکوزیته، روش Backward ظرفیت بیشتری را نسبت به روش Forward دارد. در محلول ویسکوز هر چه محلول تغلیظ می‌شود، ویسکوزیته افزایش و ضریب انتقال حرارت کاهش می‌یابد. در روش Forward در مرحله آخر، محلولی غلیظ در تماس با اختلاف دمای کوچک قرار می‌گیرد که اگر سیال ویسکوز باشد، در مرحله آخر ضریب انتقال حرارت کوچک سیال و اختلاف دمای کم، مقدار انتقال حرارت کوچکی را به وجود می‌آورد که برای فرآیند تبخیر مناسب نمی‌باشد. به همین دلیل برای محلول‌های ویسکوز اگر از روش Backward استفاده کنیم، در مرحله آخر، محلول غلیظ (ورود بخار) که ضریب انتقال حرارت کوچکی نیز دارد، در تماس با بخار تازه با دمای بالا قرار می‌گیرد که حالتی بسیار مناسب است. \* تحلیل انواع روش‌های خوراک دهی به تبخیر کننده‌ها و مزایا و معایب هر کدام در بحث تبخیر کننده‌ها بسیار مهم است.

## ۱۹ - گزینه «۲»

واحد (stage) تعادلی کامل و یا تئوری، واحدی است که در آن زمان تماس فازها با یکدیگر برای آن که پساب‌ها به حال تعادل با هم برسند، کفایت می‌کند. بازده واحد را به صورت نزدیکی نسبی یک واحد حقیقی به حالت تعادل تعریف می‌کنند. متداول‌ترین راه بررسی بازده، تعیین بازده مورفری (murphree) واحد است که عبارت از نزدیکی نسبی تغییر غلظت در یک جریان خروجی به تغییر غلظتی است که در صورت برقراری تعادل بین این فاز با فاز خروجی دیگر حاصل می‌شود. بازده مورفری فقط برای فرآیندهای همسو تعریف می‌شود و می‌تواند علی‌رغم بازده معمولی بزرگتر از یک نیز باشد و برحسب غلظت‌های فاز E و R مطرح می‌شود:

$$\left. \begin{aligned} E_{ME} &= \frac{E_{ME}}{E_{MR}(1-S) + S} = \frac{E_{MR}}{E_{MR}\left(1 - \frac{1}{A}\right) + \frac{1}{A}} \\ A &= \frac{\text{شیب خط عملیاتی}}{\text{شیب خط تعادلی}} = \frac{\frac{R_s}{E_s}}{m} = \frac{R_s}{mE_s} \\ S &= \frac{1}{A} = \frac{mE_s}{R_s} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

به این ترتیب اگر  $S = A$  باشد، باید  $S = A = 1$  باشد. بنابراین  $E_{ME} = E_{MR}$  خواهد بود.

\* ارتباط بین انواع بازده‌ها در فرآیندهای مداوم با جریان‌های همسو و تأثیر ضریب جذب و دفع در آن بسیار مهم است.

## ۲۰ - گزینه «۴»

۱- نقطه جوش در سطح یک مایع از نقطه جوش نقطه‌ای درون مایع کمتر است. (به دلیل اختلاف فشار ناشی از اختلاف ارتفاع بین سطح مایع و نقطه درون مایع) در نتیجه در تبخیر کننده‌های واقعی، میانگین نقطه جوش مایع در لوله‌ها بالاتر از نقطه جوش سطح مایع می‌باشد. چنین افزایشی در نقطه جوش، منجر به کاهش اختلاف دما شده و در نتیجه ظرفیت را کاهش می‌دهد. از طرفی هر چه سرعت مایع درون لوله‌ها افزایش یابد، افت فشار افزایش و در نتیجه فشار مایع کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش دمای جوش مایع و افزایش اختلاف دما می‌شود.

۲- چنانچه محلول با سرعت پایین حرکت کند، نه تنها زودتر به جوش آمده (چون زمان اقامتش بالا می‌رود)، بلکه در دمای بالاتری نسبت به محلولی که با سرعت بالا حرکت می‌کند، به جوش می‌آید. زیرا در سرعت پایین افت فشار در لوله کمتر است و در نتیجه در مقاطع متناظر بین دو لوله با سرعت‌های مختلف، همواره فشار در لوله با سرعت پایین، بیشتر است و در نتیجه دمای جوش در این لوله بالاتر است.

\* عوامل موثر بر  $\Delta T$  (اثر هد یا ارتفاع مایع - اثر اصطکاک - اثر غلظت و اثر سرعت) و همچنین اثر فشار مایع روی افت دما در عملکرد تبخیرکننده‌ها بسیار بسیار مهم است.