"بسم الله الرحمن الرحیم"

"درس شیمی عمومی ۲"

"دکتر یوسف رشیدی"

"خانم خالو"

"نیمسال اول ۱۴۰۱"

Scanned by CamScanner

Date: / / Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri. Subject: ----------

خلاصه مطالب خوانده شده در مقاله ۱ (حرارت)

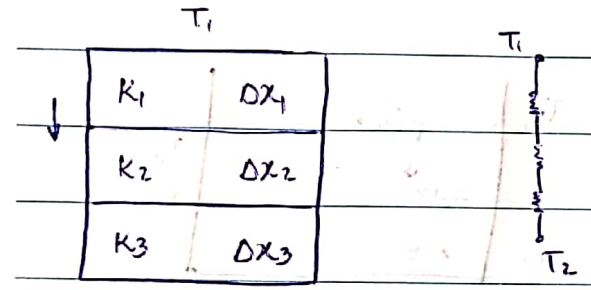
$q = -K\Delta T$ ← هدایت (قانون فوریه)

$q = h(T - T_\infty)$ ← جابجایی (قانون نیوتون)

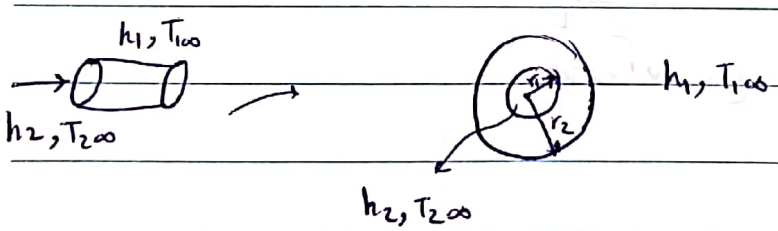
$q = \sigma T^4$ ← تابش تشعشع (استفان - بولتزمن)

$Q = \vec{q} \cdot \vec{A}$

مقاومت / اختلاف پتانسیل = انتقال حرارت




$$Q = \frac{\Delta T}{\Delta X_1/K_1 \cdot A + \Delta X_2/K_2 \cdot A + \Delta X_3/K_3 \cdot A}$$




$$Q = \frac{T_{1\infty} - T_{2\infty}}{\frac{1}{h_1 T_{1\infty}} + \frac{\ln r_2/r_1}{2\pi L k} + \frac{1}{h_2 T_{2\infty}}}$$

$Q = UA\Delta T$

↳ سطح ← ضریب کلی انتقال حرارت

Scanned by CamScanner

Date: / / Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri. Subject: ----------

$Nu = 0.332\, Re_x^{1/2}\, Pr^{1/3}$

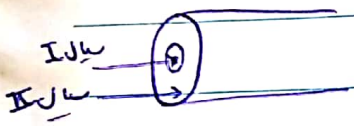
$q''_{\text{سیال}} = -k_{\text{سیال}} \left.\frac{\partial T}{\partial y}\right|_{y=0} = h\,(T_w - T_\infty)$

$Nu = Nu(Gr, Pr)$ $\qquad h = \dfrac{-k\, \partial T/\partial y|_{y=0}}{T_w - T_\infty}$

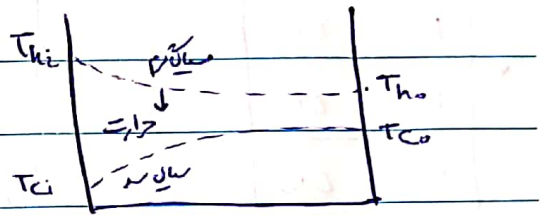
مبدل‌های حرارتی

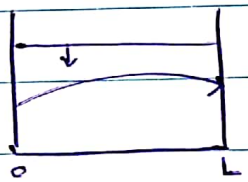
ساده‌ترین حالت: مبدل حرارتی دو لوله‌ای ← جریان هم‌سو / جریان خلاف‌سو

سیال سرد و گرم

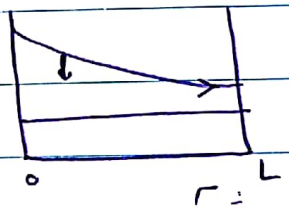



$Q = UA\Delta T$

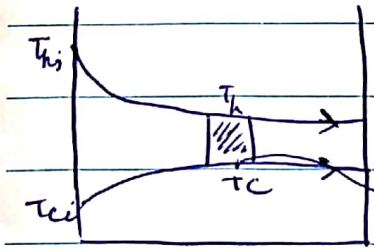



چگالنده ـ سیال بخار به مایع




جوشش آرام مایع ← بخار




اندازه‌ی المان $dA$

$dQ$: مقدار حرارت جابجا شده المان $\quad dQ = (-dT_h)\, \dot{m}_h C_h$

$\dot{m}_c C_c\, (dT_c)$

$Q = \dot{m}_h C_h (T_{hi} - T_{ho})$

$Q = \dot{m}_c C_c (T_{co} - T_{ci})$

$Q = UA\Delta T$

$dQ = U(dA)(T_h - T_c) \rightsquigarrow dT_h = \dfrac{-dQ}{\dot{m}_h \cdot C_h} \quad - \quad dT_c = \dfrac{dQ}{\dot{m}_c \cdot C_c}$

$d(T_h - T_c) = -\left(\dfrac{dQ}{\dot{m}_h C_h} + \dfrac{dQ}{\dot{m}_c C_c}\right) \rightarrow -dQ\left(\dfrac{1}{\dot{m}_h C_h} - \dfrac{1}{\dot{m}_c C_c}\right) = d(T_h - T_c)$

Scanned by CamScanner

Date: / / Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri. Subject: ----------

تمرین ۲

۱۴۰۱ ، ۷ ، ۲۵

موازنه انرژی : حرارتی که به سیال سرد ≡ حرارت گرفته شده از سیال گرم

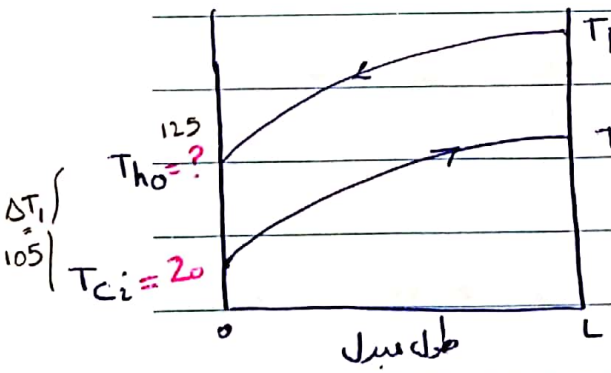
مسئله ۲ : مبدل حرارتی ۲ لوله‌ای با جریان غیر همسو. با استفاده از انرژی زمین گرمایی می‌خواهیم آب سرد را گرم کنیم.

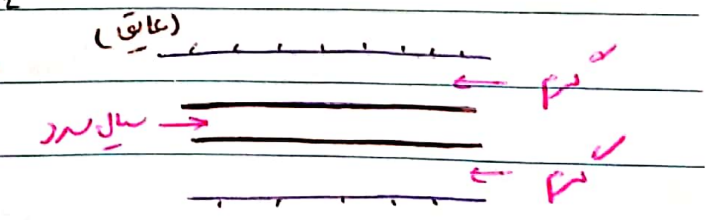
سیال سرد → $2^\circ C$ آب → $80^\circ C$ آب → $\dot{m} = 1.2\ kg/s$

سیال گرم انرژی → $160^\circ C$ آب → ? آب → $\dot{m} = 2\ kg/s$

$U = 640\ W/m^2.K$ ، قطر لوله $D = 1.5\ cm$ $C_{p\,آب} = 4.18\ kJ/kg.K$

سؤال : طول مبدل چقدر است ؟




طول مبدل → (A) سطح جانبی → $2\pi RL$ (DRL)

$Q = U A \Delta T_{LMTD}$

72

حرارت گرفته شده از سیال گرم = حرارت عبوری به سیال سرد → $(\dot{m}C\Delta T)_{cold} = (\dot{m}C\Delta T)_{hot}$ → ~~$(1.2 \times 60)$~~ $= (2 \times (160 - T_{ho}))$

$T_{ho} = 129^\circ C$

Scanned by CamScanner

Date: / / Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri. Subject: ----------

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{Ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} = \frac{80-105}{Ln\left(\frac{80}{105}\right)} = 91.9$$

$$Q = UA\Delta T_{LMTD} = 640 \times A \times 91.9$$

W

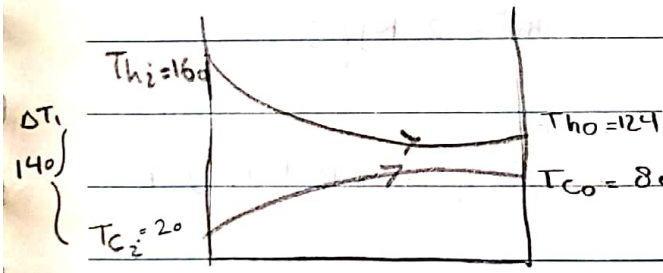
$$Q = mC^{\circ}\Delta T = 1.2 \times 4.18 \times 60 = 301\ KW = 301000\ W$$

$\frac{KJ}{Kg.K}$ $K \rightarrow \frac{KJ}{S}$ W

$$301000 = 640 \times A \times 91.9 \longrightarrow A = 5.12\ m^2$$

$$A = D\pi L \rightarrow 5.12 = 1.5 \times 1^{-2} \times 3.14 \times L \longrightarrow L = 109\ m$$

نحوه شبیه این سئوال با جریان همسو کار بنده: $P = \Delta T_{LMTD}$ ؟




$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{Ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} = \frac{45-140}{Ln\left(\frac{45}{140}\right)} = \frac{-95}{-1.135} = 83.7^{\circ}C$$

ثابت $Q = UA\Delta T_{LMTD}$ ↓

چون $\Delta T_{LMTD}$ همسو کمتر از غیر همسو است، بنابراین جریان غیر همسو بهتر است.

$Q = \frac{\Delta T}{\text{مقاومت } R}$

$\frac{T_1}{\frac{K_1\Delta x_1}{K_2\Delta x_2}}$

$\frac{}{K_3\Delta x_3}$

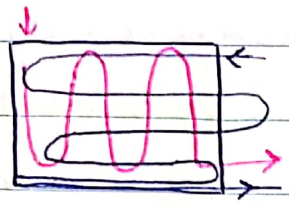
$$Q = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta x_1}{K_1 A} + \frac{\Delta x_2}{K_2 A} + \frac{\Delta x_3}{K_3 A}} = \frac{1}{\frac{\Delta x_1}{K_1} + \frac{\Delta x_2}{K_2} + \frac{\Delta x_3}{K_3}} (\Delta T \cdot A)$$

U

Scanned by CamScanner

Date: / /  Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri.  Subject: ----------

$Q = UA\,\Delta T_{LMTD}$ فقط و فقط برای مبدل دولوله‌ای صادق است.



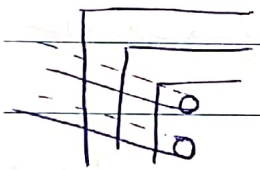
$Q = UAF\Delta T_{LMTD}$

ضریب تصحیح

$0 < F < 1$

$\Delta T_{LMTD}$ برمبنای مبدل حرارتی دولوله‌ای با جریان غیرهمسوخاسبه می‌شد. (تراردار)

مسئله ۳: رادیاتور خودرو را در نظر بگیرید. شامل ۴۰ لوله به قطر 0.5cm و طول 65cm است. آب درون رادیاتور با دبی $0.6\ kg/s$ وارد و با دمای $90^\circ C$ خارج می‌شود. هوا با دمای $20^\circ C$ وارد و با دمای $40^\circ C$ خارج می‌شود. ضریب کلی انتقال حرارت ؟ (U=?) (فرض کنید $F=0.97$) و $C = 4.195\ \frac{kJ}{kg.K}$



هوا $40^\circ$ ← هوا $20^\circ$ ← سالن سرد (هوا)

آب $65^\circ$ ← آب $90^\circ$ ← سالن گرم (آب) ← $\dot{m} = 0.6\ kg/s$

$Q = mc\Delta T_{(=F)} = 0.6 \times 4.195 \times (90-65) = 62.9\ KW$

$A = 4 \times DRL = 4 \times 0.5 \times 10^{-2} \times 3.14 \times 65 \times 10^{-2} = 0.41\ m^2$

$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{Ln(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1})} = \frac{50-45}{Ln(\frac{50}{45})} = 47.45$

$Q = UAF\Delta T \rightsquigarrow U = \frac{Q}{FA \times \Delta T} = \frac{62.9\ KW}{0.97 \times 0.41\ m^2 \times 47.45\ K} = 3333.18\ \frac{W}{m^2.K}$

Scanned by CamScanner

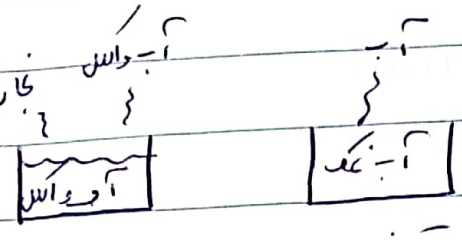
Date: / /  Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri.  Subject: ۱۴۰۱/۸/۲

## تبخیر کننده‌ها:

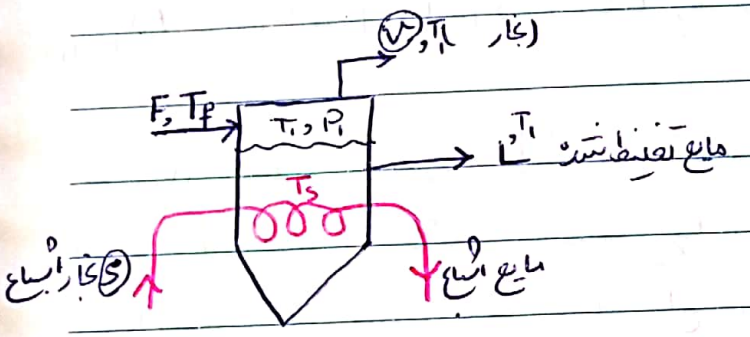
تفاوت عمده تبخیر کننده و تقطیر:

درجر بخار تقطیر اجزا وجود دارند

درجر بخار تبخیر کننده تقطیر بخار آب است.




شکل ساده تبخیر کننده تک مرحله‌ای:



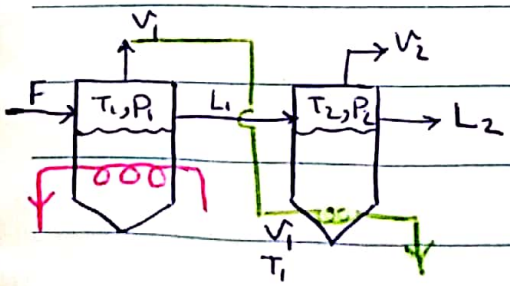

چرا بجای بخار از حرارت مستقیم استفاده نمی‌کنیم؟

چون حرارت مستقیم غیرقابل کنترل است و ما نمی‌توانیم دما را با دقت داشته باشیم.

چون ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب $4.2 \frac{KJ}{Kg}$ و گرمای نهان بخار $2000 \frac{KJ}{Kg}$ است پس بخار آب گرمای بیشتری را جابجا می‌کند به همین دلیل از بخار آب برای گرم کردن استفاده می‌شود.

اقتصاد تبخیر کننده:

نسبت بخار تولید شده به ازای هر واحد بخار وارد شده $(\frac{V}{S})$



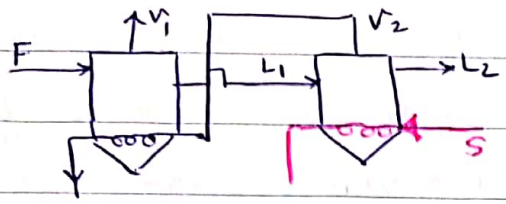

تبخیر کننده دو مرحله‌ای با جریان همسو (اگر گرانروی محلول زیاد باشد حرکت مایع خوراک کند باشد)

فشار مایع در مخزن دوم کاهش می‌یابد تا نیروی محرکه انتقال حرارت افزایش یابد. بخار بدست آمده بیشتر از دمای مایع است

در نتیجه باعث تبخیر شدن مایع می‌شود. (دمای بخار $V_1$ از دمای مایع داخل تبخیر کننده دوم بیشتر است)

Scanned by CamScanner

Date: / / Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri. Subject: ----------




(وقتی محصولی بی ویسکوز باشد) تبخیر کننده دو مرحله با جریان مستقیم همسو خواهد بود.

هرچه پیش می‌رویم دما بیشتر می‌شود.

محاسبات مربوط به تبخیر کننده ها:

۱- گرمای تبخیر کننده به عنوان کمیت تبدیل حرارتی

$Q = UA\Delta T \qquad \Delta T = T_S - T_1$

۲- گرمای به حرارت توسط تأمین کننده آن

$Q = S.\lambda_S$ (شدت) $\frac{kg}{h}$

۳- موازنه جرم برای تبخیر کننده ها

موازنه کلی: $F = L + V$

موازنه جزء: $Fx_F = Lx_L$

۴- موازنه انرژی. (قرارداد: آنتالپی مایع h و آنتالپی بخار H)

$Fh_F + SH_S = VH_V + Lh_L + Sh_S$ $\quad (SH_S - Sh_S = \text{حرارت نهان تبخیر})$

$Fh_F + SH_S - Sh_S = VH_V + (F-V)h_L$

$S(H_S - h_S)$

$F(h_F - h_L) + S(H_S - h_S) = V(H_V - h_L) \longrightarrow F(h_F - h_L) + S\lambda_S = V\lambda_V$

Scanned by CamScanner

Date: Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri. Subject: ----------

مسئله ۴) یک تبخیرکننده تک مرحله‌ای برای تغلیظ محلول نمک به کار می‌رود. محلول ورودی با شدت 9072 kg/h با ترکیب درصد 1% نمک و دمای 311 K وارد و با غلظت 1.5% خارج می‌شود. فشار محفظه تبخیرکننده 101.325 kPa (100°C) است. بخار تأمین‌کننده در حالت اشباع و فشار 143.3 kPa (110°C) است. ضریب کلی انتقال حرارت $U = 1704 \frac{W}{m^2.K}$ است. مقدار بخار محلول تغلیظ‌شده و سطح انتقال حرارت را محاسبه کنید.

فرض کنید محلول رقیق است و خواص محلول داخل محفظه را می‌توان با خواص آب یکسان در نظر گرفت.

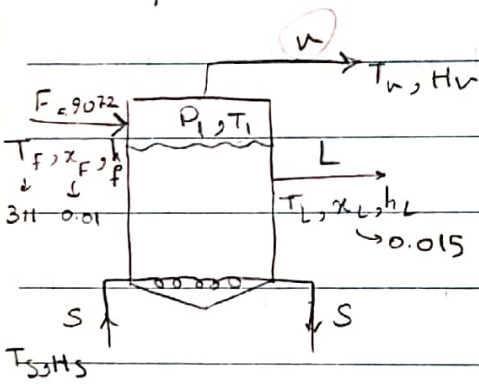
$\lambda_S = 2230 \frac{kJ}{kg}$

$\lambda_V = 2257$

$F = L + V$

$F x_F = L x_L \rightarrow 9072 \times 0.01 = L \times 0.015 \rightarrow L = 6048 \frac{kg}{h}$

$V = 9072 - 6048 = 3024 \frac{kg}{h}$




$F(h_F - h_L) + S\lambda_S = V\lambda_V$

$h_F = C_{PF}(T_F - T_1)$

$h_L = C_{PL}(T_L - T_1)$

$\longrightarrow C_{PF} = C_{PL}$

$C_p = 4.2 \frac{kJ}{kg.K}$

$\rightarrow h_L = 0$

$h_F = 4.2 \times (311 - 373) = -261.24 \frac{kJ}{kg}$

$9072(-261.24) + S(2230) = 3024(2257) \longrightarrow S = 4108 \frac{kg}{h}$

$Q = UA\Delta T = S\lambda_S \rightarrow 1704 \times A \times (110 - 100) = 4108 \times 2230 \frac{kJ}{kg} \times \frac{kg}{h} = \frac{kJ}{h}$

$1704 \times A \times 10 = 4108 \times 2230 \times \frac{1h}{3600s} \times \frac{1000J}{1kJ} = 149.3 m^2$

Scanned by CamScanner

Date: / / Sat. Sun. Mon. Tue. Thu. Wed. Fri. Subject: ----------

1401 ، 8 ، 4

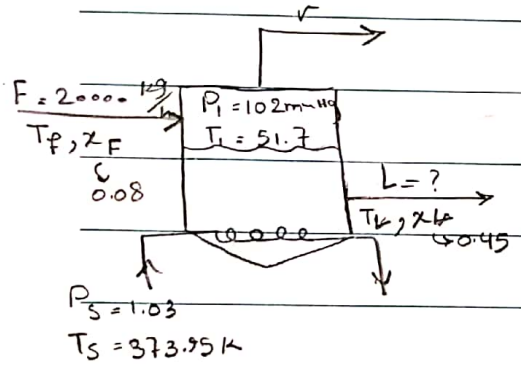
یک محلول آبی طوسیدی داریم که از ٪8 به ٪45 تغلیظ می‌شود. بخار حاصل مورد استفاده قرار می‌گیرد در فشار 1.03 atm ($P_s$) و فشار داخل تبخیرکننده $P_1 = 102\ mmHg$ است. شدت خوراک $20000\ \frac{kg}{h}$ و $U = 2800\ \frac{W}{m^2 \cdot K}$ است. مقدار S، اقتصاد تبخیرکننده ($\frac{V}{S}$) و A را محاسبه کنید. در سه حالت:

$\lambda_S =$

۱- اگر خوراک در دمای ورودی به تبخیرکننده شود.

$T_F$ a) 51.7°C b) 21.1°C c) 93.3°C

$C_p$ خوراک و محلول تغلیظ شده را یکسان و معادل $3.77\ \frac{kJ}{kg \cdot K}$ در نظر بگیرید.




$F = V + L$

$Fx_F = Lx_L$

$20000 \times 0.08 = L \times 0.45 \rightarrow L = 3556\ \frac{kg}{h}$

$V = 20000 - 3555.6 = 16444\ \frac{kg}{h}$

$F(h_F - h_L) + S\lambda_S = V\lambda_V$

در قسمت اول: دمای خوراک = دمای تبخیرکننده = دمای مایع خروجی $\rightarrow h_F = h_L$

$S\lambda_S = V\lambda_V \rightarrow S(2254.3) = 16444\ (2377.3)$

$\lambda_S = 2254.3\ \frac{kJ}{kg}$

$\lambda_V = 2377.3\ \frac{kJ}{kg}$

$S = 17341.2\ \frac{kg}{h}$

$\frac{V}{S} = \frac{16444}{17341.2} = 0.948$

49.1

$UA\Delta T = S\lambda_S \rightarrow 2800 \times A \times (373.95 - 324.85K) = 17341.2 \times 2254.3 \times \frac{1000}{3600}$

$A = 78.9\ m^2$

Scanned by CamScanner