

**KE-42.3100 + KE-42.3110, Kemian laitetekniikka II a + b ja  
Kem-42.111/112 Kemian laitetekniikka II / II,P**

**Laskutentti 20.12.2007**

Kirjoita jokaiseen vastauspaperiin

- nimi, myös entiset
- opintokirjan numero
- koulutusohjelma
- kotilaskujen suorittamisvuosi

*Suoritus aika 4,5 tuntia ! Jokainen tehtävä omalle arkilleen, nopeuttaa tarkistusta!*

**Tehtävä 1.** Pohjakolonna käytetään erottamaan jatkuvasti n-heptaani ja n-oktaani binaariseosta. Syöttö sisältää 60 mol % n-heptaania ja aineiden voidaan olettaa muodostavan ilmanpaineessa ideaaliseoksen. Tislaimen syöttö on 204 kmol/h ja nestemäisen tisleen ja nestemäisen pohjatuotteen n-heptaanipitoisuus on 95 mol % ja 5 mol % tässä järjestyksessä. Syöttöä esilämmitetään siten, että sen höyrystymissuhde on sama kuin tisle/syöttö moolivirtojen suhde. Syöttö tulee optimipohjalle.

1. Määritä McCabe-Thiele metodia hyväksikäyttäen
  - a) Ideaaliaskelten lukumäärä, joka kolonnissa on vähintään oltava,  $N_{min}$
  - b) Minimi palautussuhde,  $R_{min}$
  - c) Kuinka monta todellista pohjaa kolonniin tarvitaan, kun kolonnin kokonaishyötysuhde on 0,8 ja  $R/R_{min}$  on 2
2. Laske kohdan 1c mukaisessa tilanteessa alhaalta päin katsottuna kolonnin ensimmäiseltä pohjalta lähtevän höyryn todellinen koostumus, kun kyseisen pohjan Murphreen hyötysuhde on 0.85

**Taulukko 1.** Komponenttien kiehumispisteet sekä Antoine yhtälön parametrit

|       | n-heptaani | n-oktaani |
|-------|------------|-----------|
| $T_b$ | 98.4       | 125.6     |
| A     | 6.951      | 7.02      |
| B     | 2911       | 3120      |
| C     | -56.51     | -63.63    |

$$\frac{p_v}{\text{Mpa}} = \exp \left[ A - \frac{B}{T/K + C} \right]$$

**Tehtävä 2.** Penisilliinin talteenotto fermentointi-liemestä tehdään kahdessa ideaali uutto vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa penisilliini uutetaan fermentointi-liemestä butyyli-asetaatilla pH 2.1:ssä. Tämän jälkeen butyyli-asetaatin ja penisilliinin seosta uutetaan vedellä pH 5.8:ssa, jolloin penisilliiniä siirtyy veteen. Kummassakin vaiheessa vaiheen syötön penisilliinistä halutaan talteen 90 %. Fermentointi -liemen virtausmäärä on 100 kg/h ja penisilliini pitoisuus 1 m-%. Ensimmäisessä vaiheessa käytettävä butyyli-asetaatti ja toisessa vaiheessa käytettävä vesi ovat puhtaita. Voit olettaa, että fermentointi-liemessä on penisilliinin lisäksi vain vettä. pH-säätö ei vaikuta virtausmääriin. Vesi ja butyyli-asetaatti eivät sekoitu toisiinsa.

Tasapainotiedot:

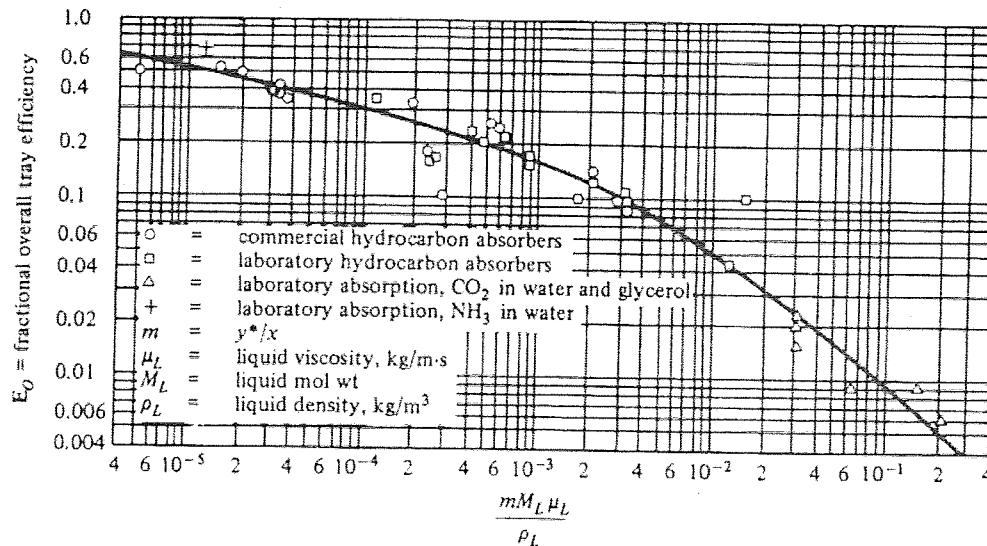
$K = \text{penisilliinin massaosuus butyyli-asetaatissa} / \text{penisilliinin massaosuus vedessä}$

|    |     |     |
|----|-----|-----|
| pH | 2.1 | 5.8 |
| K  | 25  | 0.1 |

Laske uutossa tarvittavat puhtaan butyyli-asetaatin ja veden määrä (kg/h).

**Tehtävä 3.** Räjähdyriskin minimoimiseksi tehtaalla liuottimena käytettävä rikkihiili CS<sub>2</sub> haihdutetaan kuivaimessa tuotteesta inerttiin kaasuun, joka on pääasiassa typpeä. Höyry-tyyppi seos pestään seulapohja-absorberissa hiilivetyöljyllä, josta sittemmin CS<sub>2</sub> vesihöyrystripataan kierrätettäväksi. Kuivaimesta tulevassa CS<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> seoksessa CS<sub>2</sub>:n osapaine on 50 mmHg. Syötön lämpötila on 24 °C ja paine normaali ilmakehän paine. Seoksen virtaus on 0,40 m<sup>3</sup>/s. Absorberista poistuvassa kaasussa CS<sub>2</sub>:n pitoisuus on 0,5 til-%. Absorptioöljyn moolimassa on 180, viskositeetti 2 cP ja tiheys 810 kg/m<sup>3</sup>. Absorberiin tuleva öljy on stripattu käytännössä puhtaaksi CS<sub>2</sub>:sta. Öljyn ja CS<sub>2</sub>:n liuos noudattaa Raoultin lakia. CS<sub>2</sub>:n höyrynpaine 24 °C:ssa on 346 mmHg. Olettaen, että absorberi toimii isotermisesti:

- Määritä minimi neste/kaasu suhde.
- Laske tarvittava öljyn massavirta, kun käytetään 1,5 kertaista neste/kaasu suhdetta
- Määritä tarvittavien teoreettisten pohjien lukumäärä.
- Arvioi pohjien kokonaishyötysuhde ja tarvittavien todellisten pohjien lukumäärä.



**Tehtävä 4.** Rantasauna halutaan lämmitellä jouluaaton iltana. Saunan koko on  $3\text{ m} \times 2\text{ m} \times 2,5\text{ m}$ . Ulkoilman lämpötila on  $0^\circ\text{C}$ , ilmanpaine  $760\text{ mmHg}$  ja ilman suhteellinen kosteus  $90\%$ . Oletetaan, että saunan sisällä ei ole mitään, mikä sitoisi tai luovuttaisi kosteutta lämmityksen aikana. Lämpötilan oletetaan myös olevan tasainen.

a) Mikä on suhteellinen kosteus rantasaunan sisällä, jos sauna lämmitetään lämpötilaan  $70^\circ\text{C}$ ?

b) Saunan ilmastointi vaihtaa saunan ilman 5 kertaa tunnissa. Mikä kiukaan lämmitysteho tarvitaan pitämään saunan lämpötila vakiona?

c) Saunoja heittää kiukaalle  $100\text{ ml}$  vettä. Oletetaan, että löyly leviää välittömästi ja tasaisesti kaikkialle saunaa ja ilmanvaihto ei ehdi muuttaa ilmankosteutta. Mikä on nyt suhteellinen kosteus?

d) Muodosta taseet, joilla voit laskea ajan funktiona saunan kosteuden, kun ilmanvaihto tuo korvausilmana ulkoilmaa, ilmanvaihto vie saunan sisäilmaa ja saunan lämpötila on vakio. Esitä numeerinen ratkaisumenetelmä, mutta laskentaa ei tarvitse suorittaa.