

## Stan równowagi ciecz-para

**Zad. 1.** Określić liczbę stopni swobody oraz podać jakie parametry mogą być wykorzystane do jednoznacznego opisu stanu równowagi pomiędzy parą i cieczą w przypadku:

- cieczy jednorodnej (np. benzen),
- roztworu o całkowitej rozpuszczalności składników (np. benzen-toluen),
- roztworu o składnikach niemieszających się wzajemnie (np. woda-benzen)

**Zad. 2.** Obliczyć skład fazy parowej i ciekłej dla układu metanol-etanol znajdującego się pod ciśnieniem 120 kPa i w temperaturze 70 °C.

**Zad. 3.** Obliczyć ciśnienie całkowite pod którym wrze w temperaturze 20°C mieszanina o składzie: metanol (A), etanol (B), butanol (C), mając podane stężenia:

- I - przypadek: w fazie ciekłej  $x_A=0,20$ ;  $x_B=0,35$ ;  $x_C=0,45$
- II- przypadek: w fazie parowej  $y_A^*=0,15$ ;  $y_B^*=0,55$ ;  $y_C^*=0,30$

**Zad. 4.** Obliczyć temperaturę wrzenia mieszaniny benzen (A)-toluen (B) znajdującej się pod ciśnieniem 150 kPa, mając dane stężenia:

- I - przypadek: w fazie ciekłej  $x_A=0,55$ ;  $x_B=0,45$
- II- przypadek: w fazie parowej  $y_A^*=0,30$ ;  $y_B^*=0,70$

**Zad. 6.** Wyznaczyć całkowite ciśnienie oraz skład fazy ciekłej dla mieszaniny idealnej w stanie równowagi. W skład mieszaniny wchodzi: propan (A) i butan (B) o udziałach molowych w fazie parowej:  $y_A^*=0,65$ ;  $y_B^*=0,35$ . Temperatura mieszaniny wynosi 20 °C.

**Zad. 7.** Układ trójskładnikowy metanol-etanol-butanol znajduje się w stanie równowagi ciecz-para. Wiedząc, że temperatura układu jest równa 80°C, udział molowy butanolu w fazie ciekłej 25%, a etanolu 30%, określić skład fazy parowej oraz ciśnienie pod którym znajduje się układ.

**Zad. 8.** Układ trójskładnikowy propan-butan-heksan wrze przy ciśnieniu 500 kPa. Molowy skład pary wynosi: propan 30%, butan 20%, reszta heksan. Jaki jest skład cieczy wrzącej w tych warunkach? Przy jakim ciśnieniu ciecz o takim samym składzie będzie w stanie wrzenia przy temperaturze 25 °C?

**Zad. 9.** Para układu trójskładnikowego zawierająca 40% molowych czterochloru węgla, 35% molowych chloroformu oraz chlorobenzen ma ulegać kondensacji przy ciśnieniu 200 kPa. Określić początkową temperaturę procesu.

**Zad. 10.** Ustalić wartość ciśnienia, powyżej którego układ trójskładnikowy propan-butan-heksan o udziale molowym propanu 40% i butanu 30%, będzie w stanie cieczy w temperaturze 40 °C.

**Zad. 11.** Określić stan termodynamiczny układu dwuskładnikowego benzen-toluen o udziale molowym benzenu 35%, znajdującym się w temperaturze 55 °C i pod ciśnieniem 90 kPa.

**Zad. 12.** W aparacie utrzymywany jest w stanie równowagi ciecz-para układ dwuskładnikowy benzen-toluen. Warunki panujące w aparacie to:  $P=100$  kPa,  $t=90$  °C. Jak należy zmienić ciśnienie, ażeby w tej samej temperaturze utrzymać w równowadze układ zawierający w fazie ciekłej dwa razy więcej moli składnika bardziej lotnego?

**Zad. 13.** Przedstawić na wykresach równowagowych  $P=f(x_A)$  oraz  $y_A^*=f(x_A)$  mieszaninę dwuskładnikową:

- idealną (doskonałą),
- o zupełnej nierozpuszczalności składników,
- o częściowej rozpuszczalności składników,

- tworzącą zeotrop dodatni,
- tworzącą zeotrop ujemny,
- tworzącą azeotrop dodatni,
- tworzącą azeotrop ujemny.

**Zad. 14.** Omówić budowę i sposób sporządzania wykresu równowagowego  $t=f(y_A^*, x_A)$  dla idealnej mieszaniny dwuskładnikowej.

**Zad. 15.** Na podstawie wykresu równowagowego  $t=f(y_A^*, x_A)$  obowiązującego dla układu dwuskładnikowego metanol-woda przy ciśnieniu 101 kPa ustalić:

- temperaturę początku i końca wrzenia układu o udziale molowym metanolu w fazie ciekłej równym 25%,
- temperaturę początku i końca kondensacji układu o udziale molowym wody w fazie parowej równym 45%,
- skład pary będącej w stanie równowagi z cieczą wrzącą o temperaturze 85 °C.

### **Literatura:**

[1] Notatki z wykładów

[2] J. Bandrowski, L. Troniewski; *Destylacja i rektyfikacja*, Skrypt nr 1954, Politechnika Śląska