

PT-1 toets 1 - 09-05-2014, 10:45-12:30

Cursus: 4051PRTE1Y Procestechologie 1
Docenten: F. Kapteijn & V. van Steijn

- Lees elke vraag goed door voordat je begint
 - Schrijf op elk blad je naam en studentnummer en nummer alle bladen
 - Gebruik een pen, geen potlood
 - Schrijf op welke berekeningen je uitvoert, de weg naar het antwoord is minstens zo belangrijk als het antwoord zelf
 - Geef bij getallen ook de bijbehorende eenheden
 - Je kunt in totaal **60** punten halen. De punten zijn per vraag en per deelvraag aangegeven, verdeel je tijd goed
 - Het is alleen toegestaan om een rekenmachine en een handgeschreven A4-tje te gebruiken, andere zaken zoals het boek zijn niet toegestaan
 - Smartphones dienen uitgezet te zijn
-

Vraag 1 (45 pt) Synthese van methanol

Methanol is een van de meest gebruikte grondstoffen in de chemische industrie. Een manier om methanol te produceren is door koolstofmonoxide en waterstof te laten reageren. Het proces draait dag en nacht door, en ziet er als volgt uit: een ingangsstroom die CO en H₂ bevat wordt gemengd met een recycle-stroom en deze gecombineerde stroom gaat de reactor in. De stroom die de reactor uitgaat is 350 mol/minuut en bevat 10.6 wt% H₂, 64.0 wt% CO en de rest CH₃OH. Deze stroom wordt gevoed aan een koel-unit, waarin het grootste deel van de methanol condenseert. Aan de vloeistofuitgang van de koel-unit verkrijgen we een productstroom van pure methanol. Het gas dat de koel-unit verlaat bevat CO, H₂ en nog 0.4 mol% ongecondenseerd CH₃OH damp, en wordt teruggevoerd als de recycle-stroom.

- Leg uit bij ieder van de volgende begrippen of het van toepassing is op dit proces: (1) batch proces, (2) semi-batch proces, (3) continu proces, (4) stationair, (5) steady state, (6) transient, (7) integraal balans, (8) differentiaal balans. **(2 pt)**
- Geef de meest algemene vorm van de materiaalbalans. **(1 pt)**
- Leg uit welke termen van (b) weggelaten kunnen worden in de massabalans voor het overall proces in deze opgave. **(2 pt)**
- Teken en label een stromingsdiagram van dit proces en verwerk daarin alle relevante informatie die gegeven is in de beschrijving van het proces. **(8 pt)**

--- *vervolg volgende pagina* ---

- (e) Voer een complete vrijheidsgradenanalyse uit voor het hele proces en de onderdelen; benoem daarbij expliciet welke parameters onbekend zijn en welke relaties gebruikt kunnen worden bij het oplossen. Leg op basis van deze analyse uit welke subsystemen achtereenvolgens te analyseren om alle onbekenden op te lossen. **(12 pt)**
- (f) Bereken hoeveel mol/min aan methanol wordt geproduceerd en laat zien dat dit gelijk is aan 31.9 mol/min. Bepaal ook de grootte van de recyclestroom en de molfractie CO in de recyclestroom en laat zien dat deze gelijk zijn aan 318 mol/min en 0.30, respectievelijk. **(12 pt)**
- (g) Bepaal het moldebiet en samenstelling van de stroom aan de ingang van de reactor. **(8 pt)**

Vraag 2 (15 pt) Weerballon

Weerballonnen worden gebruikt om temperatuur, druk, luchtvochtigheid en andere meteorologische grootheden te meten in de atmosfeer. Een weerballon is gevuld met helium en kan tot een hoogte van wel 18 km opstijgen. Op een warme dag in het voorjaar ($T=293\text{K}$) wordt de rekbare ballon (zeer flexibel) opgeblazen tot een bol met een diameter van 4 meter en een druk van 2 atm.

Gegevens: Gas constante $R = 8.206 \times 10^{-5} \text{ m}^3\text{atm}/(\text{mol K})$. Molmassa lucht: 29 g/mol. Molmassa helium: 4 g/mol.

- (a) Laat zien dat de ballon een diameter heeft van 10 meter op een hoogte van 18 km. Daar heerst van een luchtdruk van 0.06 atm en een temperatuur van 220 K, terwijl de druk in de ballon 60% hoger is dan daarbuiten. Noem alle aannamen die je gebruikt. **(6 pt)**
- (b) Bepaal de dichtheid van de lucht buiten de ballon op 18 km hoogte. Bepaal ook de dichtheid in de ballon. **(3 pt)**

Stel nu dat de ballon tijdens het stijgen niet verder kan oprekken dan tot een diameter van 7.5 meter.

- (c) Bepaal opnieuw de dichtheid in de ballon op 18 km hoogte. **(2 pt)**
- (d) Onder de ballon hangt meetapparatuur met een massa m (verwaarloosbaar volume). De 7.5 meter brede ballon komt stil te hangen op 18 km hoogte. Bereken de massa van de meetapparatuur. (hint: gebruik een krachtenbalans/buoyancy forces, wet van Archimedes). Indien je de dichtheden bij (b) en (c) niet kon berekenen, gebruik dan de symbolen ρ_{lucht} en ρ_{helium} om een uitdrukking af te leiden voor de massa van de apparatuur. **(4 pt)**

-- einde toets 1 --

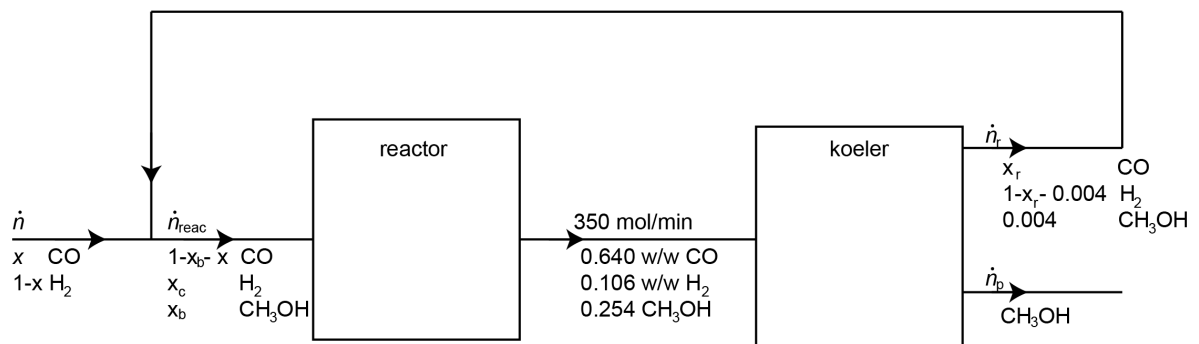
PT-1 toets 1 - 09-05-2014, 10:45-12:30

Cursus: 4051PRTE1Y Procestechologie 1
 Docenten: F. Kapteijn & V. van Steijn

"Eindantwoorden"

Opgave 1

(d) [8 punten]



Indien composities ontbreken: -0.5 punt per compositie
 Indien stromen ontbreken: -0.5 per stroom
 Indien de puntjes op stromen ontbreken: -1

(e) [12 punten]

Na analyse van de verschillende sub-units (hier niet gegeven) is de conclusie:

1. Beschouw eerst de koeler (3 punten)
 3 onbekenden (\dot{n}_p , \dot{n}_r , x_r) - 3 materiaalbalansen (voor de drie componenten) = 0
 Oplossen geeft: \dot{n}_p , \dot{n}_r , x_r
2. Beschouw vervolgens het hele proces (3 punten)
 2 onbekende (\dot{n} , x) - **2 onafhankelijke** atoombalansen (C, H) = 0
 Oplossen geeft: \dot{n} , x

(let op: ondanks dat je 3 atomen hebt, heb je twee onafhankelijke balansen omdat C en O in dezelfde proportie voorkomen in de ingang en uitgangsstroom; verifieer dit zelf)

3. Beschouw het mengpunt (alternatief, beschouw de reactor) (3 punten)

3 onbekenden (\dot{n}_{react} , x_b , x_c) – 3 materiaalbalansen (voor de drie componenten) = 0

Oplossen geeft: \dot{n}_{react} , x_b , x_c

Hiermee zijn alle onbekenden opgelost.

Uitleg volgorde:

(3 punten)

1. koeler
2. hele proces
3. mengpunt

Let op: er zijn alternatieve methoden mogelijk;

(f) [12 punten]

Omrekening gewichtsfracties naar molfracties:

$H_2 = 0.632$, $CO = 0.273$, $CH_3OH = 0.095$.

Beschouwen van de koeler, uitschrijven van materiaalbalansen en oplossen daarvan geeft de opgegeven waarden:

$\dot{n}_r = 318$ mol/min, $x_r = 0.30$, $\dot{n}_p = 31.9$ mol/min

(g) [8 punten]

$\dot{n} = 95.6$ mol/min

$x = 0.33$

$\dot{n}_{react} = 413.6$ mol/min

$x_c = 0.69$

Opgave 2 [15 punten]

(a) [6 punten]

Hint: gebruik ideale gaswet met als uitgangspunt dat de hoeveelheid moleculen in de ballon gelijk blijft.

(b) [3 punten]

Lucht: $\rho_{\text{lucht}} = 0.096 \text{ kg/m}^3$
Helium: $\rho_{\text{ballon}} = 0.021 \text{ kg/m}^3$

(c) [2 punten]

$$\rho = 0.051 \text{ kg/m}^3$$

(d) [4 punten]

$$m = 10.1 \text{ kg}$$