

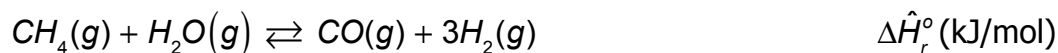
PT-1 toets 4, 20-06-2013, 8:45-10:30

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

- Lees elke vraag goed door voordat je begint
 - Schrijf op elk blad in ieder geval je naam en studentnummer en nummer alle bladen
 - Schrijf op welke berekeningen je uitvoert, de weg naar het antwoord is minstens zo belangrijk als het antwoord zelf
 - Geef bij je getallen ook de bijbehorende eenheden en vermeld referentiecondities!
 - Je kunt in totaal **85** punten halen. De punten zijn per vraag en per subvraag aangegeven, verdeel je tijd goed
 - Het is toegestaan om een rekenmachine en het boek te gebruiken, andere zaken zoals een handgeschreven A4-tje zijn niet toegestaan
-

Vraag 1 (25 pt)

Steam reforming is een proces waarbij waterstof wordt geproduceerd uit methaan op basis van de volgende reactievergelijking:



Voor de nauwkeurige berekening van de energiebalans heeft men de reactie-enthalpie nodig bij de procestemperatuur van 800 °C.

- (a) Bereken $\Delta\hat{H}_r^\circ$ en leg uit wat het superscript $^\circ$ bij de enthalpie betekent? (**5 pt**)
- (b) Bereken $\Delta\hat{H}_r(800^\circ\text{C})$.
Geef duidelijk aan hoe je dit doet en welke gegevens je hebt gebruikt. (**10 pt**)
- (c) Het proces wordt uitgevoerd bij 10 bar absolute druk. Leg uit of de reactie-enthalpie verandert (motiveer). (**4 pt**)
- (d) Zou je het liefst bij een hoge of een lage druk opereren? Waarom? Wat zou een redenering zijn om bij 10 bar te werken? (**6 pt**)

-- zie vervolg volgende pagina --

Vraag 2 (30 pt)

De EU heft in 2014 de regeling voor melkquota's op. Boerenbedrijven kunnen dan meer melk produceren. Zuivelbedrijven anticiperen daarop en willen hun verwerkingscapaciteit uitbreiden vanwege de toegenomen internationale vraag naar melkpoeder. Zij zoeken naar goede technologen voor deze ontwikkeling. Als voorbereiding wil men het sproeidroogproces nog eens analyseren om te zien of er verbeteringen mogelijk zijn.

In een sproeidroogproces wordt melk (massadebiet: \dot{n}_1) via een soort douchekop versproeid en de druppels vallen onder invloed van de zwaartekracht naar beneden. Hete lucht (177 °C, 0.01 kg H₂O/kg DA (=dry air)) wordt onder in de sproeidroger geblazen (debiet \dot{n}_2) en water verdampt uit de melk in tegenstroom. De vochtige verzadigde lucht ($p_{H_2O} = 0.2$ atm) verlaat de sproeidroger aan de bovenkant met een debiet \dot{n}_3 . De absolute druk aan deze uitgang is 1 atm, terwijl de absolute druk in de sproeidroger 0.9 atm is. Melkpoeder wordt onderin de sproeidroger opgevangen en geproduceerd met een massadebiet \dot{n}_4 .

Samenstelling melk: 70 wt.% water. De basiscapaciteit voor de verwerking van de melk is $\dot{n}_1 = 10$ kg/s. Melkpoeder bevat nog 5 wt.% vocht.

- Wat is het gehalte aan water in de uitgaande luchtstroom in kg H₂O/kg DA. Ga ervan uit dat droge lucht bestaat uit 20% O₂ en rest N₂. **(8 pt)**
- Teken het stromingsdiagram met daarin alle relevante gegevens en maak een DoF analyse. **(6 pt)**
- Bereken het benodigde totale massa debiet aan de luchtinlaat (kg/s) en het volumedebiet onderin de droger. Neem ideaal gasgedrag aan. **(16 pt)**

Vraag 3 (30 pt)

De explosiegrenzen van het methaan-lucht mengsel zijn 2 en 15 volume% CH₄ in lucht (20% O₂ in N₂). Bij die samenstelling kan het mengsel de verbranding onderhouden, d.w.z. de reactiewarmte is voldoende om het methaan-luchtmengsel op de ontstekings temperatuur te brengen. De adiabatische vlamtemperatuur is dan de ontstekings temperatuur. Bij te veel lucht of te veel methaan lukt dat niet meer.

-- zie vervolg volgende pagina --

- (a) Geef de reactievergelijking en bepaal wat de stoichiometrische samenstelling methaan-lucht is voor de volledige verbranding van methaan (**6 pt**)
- (b) Wat is de limiterende reactant bij (i) de ondergrens en bij (ii) de bovengrens? (**4 pt**)
- (c) Bepaal de ontstekings temperatuur voor de onderste explosiegrens van het methaan-luchtmengsel (1 atm, 25°C). Gebruik een flow diagram en maak een enthalpietabel. (**20 pt**)

Je kunt de volgende constante C_p 's gebruiken:

Gas	CH ₄	O ₂	N ₂	CO ₂	H ₂ O (v)
$C_p / \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$	79.0	33.6	29.0	50.8	39.5

-- einde toets --