

2023 Juni Examen

Balanswetten (/5)

Per uur wordt 36 m^3 van een mengsel van pentanol en benzeen in een destillatiekolom gepompt. Deze voeding bevat $0,363 \text{ kg/L}$ pentanol. Het residu bevat $0,601 \text{ kg/L}$ pentanol. Het fase-evenwicht wordt beschreven door

$$K = \frac{\rho_{\text{pentanol,destillaat}}}{\rho_{\text{pentanol,residu}}}$$

met $K = 0,285$. De massadichtheid van pentanol-benzeenmengsels varieert met de massaconcentratie van pentanol volgens

$$\rho = \alpha \rho_{\text{pentanol}}^2 + \beta \rho_{\text{pentanol}} + \gamma$$

Wat is het volumedebiet aan destillaat en het volumedebiet aan residu dat uit de destillatiekolom komt?

- a) Teken het **blokschema** van deze opgave. Schrijf bij iedere stroom een unieke **naam** en een **nummer** dat je gaat gebruiken als onderschrift bij de symbolen. (/0,75)

In de destillatiekolom komt een mengsel van pentanol en benzeen binnen. Uit de destillatiekolom komen een destillaat en een residu. In de cursus staat een uitgewerkt voorbeeld (2.6.2). Opgaven 6, 7 en 8 gingen ook over destillatie.

- b) Geef de **componenten** in deze opgave. Schrijf bij iedere component een **letter** die je gaat gebruiken als onderschrift bij de symbolen. (/0,75)

De componenten worden al vermeld in de eerste zin.

Componenten zijn geen stromen. Stromen bevatten componenten. Bekijk figuur 10 en figuur 11 in de cursus.

- c) Kleur het bolletje naast het juiste **type balanswetten** bij deze opgave. (/0,5)

Er zijn massaconcentraties gegeven.

- d) Geef de **balanswetten** die **nodig** zijn bij deze opgave. Noteer ze in **symbolen** en gebruik daarbij de gekozen **nummers** voor de stromen en **letters** voor de componenten. (/0,75)

Er is maar één blok, dus je moet evenveel balanswetten schrijven als de componenten die je hebt geschreven in stap b. Niet meer en niet minder.

Er is een formule voor de massadichtheid gegeven, dus het is aangewezen om de balans van één component te vervangen door de totale balans. Over welke component zijn er geen gegevens?

Heb je in stap c voor aantal mol gekozen, dan mogen hier enkel n 's staan. Heb je voor massa gekozen, dan mogen hier enkel m 's staan. Heb je voor volume gekozen, dan mogen hier enkel V 's staan.

In de balans voor component A moet iedere term een onderschrift A hebben. Gebruik de letters die jij hebt gekozen in stap b. De totale balans heeft geen letter als onderschrift.

In het linkerlid van iedere balanswet moet per ingaande stroom een term staan. In het rechterlid moet per uitgaande stroom een term staan. Gebruik de nummers van de stromen die jij hebt gekozen in stap a als onderschrift.

- e) Geef het **volledige stelsel vergelijkingen** dat hoort bij deze opgave. Noteer het in **symbolen** en gebruik daarbij de gekozen **nummers** voor de stromen en **letters** voor de componenten. (/0,75)

Welke gegevens heb je over de stromen? Wat wordt er gevraagd? Breng de gegevens en het gevraagde in de balanswetten, als ze er nog niet in staan. Vul het stelsel vervolgens aan met vergelijkingen uit de opgave. Heb je daarmee nog niet evenveel vergelijkingen als onbekenden, vul dan aan met algemeen geldige vergelijkingen.

Blijf overal de letters voor de componenten en de nummers voor de stromen gebruiken die jij hebt gekozen in stap b en a.

- f) Geef de **onbekenden** in het volledige stelsel. Noteer ze in **symbolen** en schrijf bij ieder symbool de **betekenis in woorden** (dus niet met de nummers en letters). (/0,75)

Je hoeft het stelsel niet op te lossen en de onbekenden niet uit te rekenen.

Je moet evenveel onbekenden schrijven als de vergelijkingen die je hebt geschreven in stap 5.
Niet meer en niet minder.

Schrijf het symbool met de letter van de component (indien de grootheid betrekking heeft op een component) en het nummer van de stroom als onderschrift. Geef daarnaast de betekenis voluit, dus niet met de letters en de nummers. Zo toon je dat je begrijpt wat deze onbekenden fysisch voorstellen.

Massaconcentratie en massadichtheid betekenen niet hetzelfde. Massaconcentratie heeft betrekking op een component in een stroom. Het is de massa van die component gedeeld door het totale volume van die stroom. Massadichtheid heeft enkel betrekking op een stroom. Het is de totale massa van die stroom gedeeld door het totale volume van die stroom.

- g) "Als het volumedebiet van de voeding dubbel zo hoog was en de andere gegevens hetzelfde waren, dan zou de massaconcentratie van pentanol in het destillaat [x] zijn." Kleur het bolletje naast de **juiste invulling voor [x]**. (/0,75)

Alle andere gegevens blijven hetzelfde. Het residu bevat dan nog steeds 0,601 kg/L pentanol en de fase-evenwichtsconstante is nog steeds 0,285. De massaconcentratie van pentanol in het destillaat blijft dus hetzelfde. Enkel de volumedebieten verdubbelen.

Kinetiek (/3)

- a) Een component A ondergaat een elementaire aflopende reactie $2A \rightarrow C + D$. De beginconcentratie van A is 2 mol/L. Na 2 minuten is de concentratie gezakt tot 0,6 mol/L. Bereken de **snelheidsconstante** van deze reactie. (/1)

Haal de formule voor deze soort reactie uit het formularium:

$$A \rightarrow \text{producten} \quad c_A = c_{A,0} e^{-\vec{k} t}$$

$$2 A \rightarrow \text{producten} \quad c_A = \frac{c_{A,0}}{1 + 2 c_{A,0} \vec{k} t}$$

$$A + B \rightarrow \text{producten} \quad c_A = \frac{c_{A,0} - c_{B,0}}{1 - \frac{c_{B,0}}{c_{A,0}} e^{-(c_{A,0} - c_{B,0}) \vec{k} t}}$$

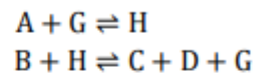
$$A \rightleftharpoons B \quad c_A = \frac{\vec{k} (c_{A,0} + c_{B,0}) + (\vec{k} c_{A,0} - \vec{k} c_{B,0}) e^{-(\vec{k} + \vec{k}) t}}{\vec{k} + \vec{k}}$$

Respecteer de regels van de wiskunde wanneer je de snelheidsconstante in het linkerlid brengt.

Snelheid en snelheidsconstante zijn verschillende begrippen.

Vul de getalwaarden en eenheden in in de formule, zodat je ziet in welke eenheden de snelheidsconstante staat.

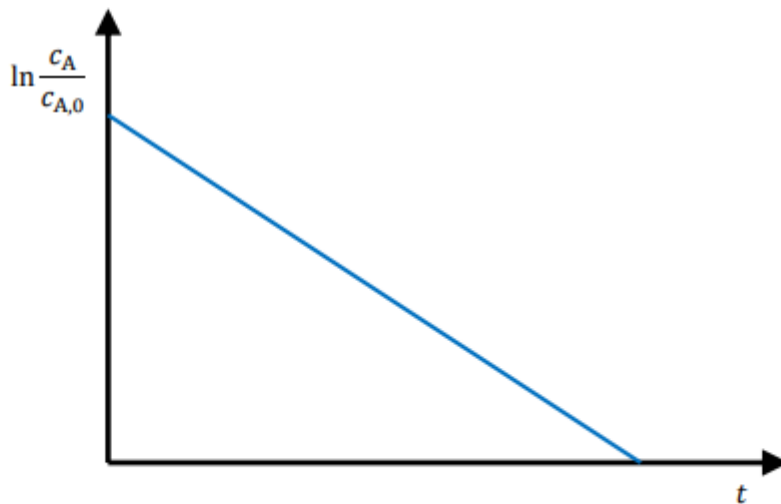
b) Beschouw de globale reactie $A + B \rightleftharpoons C + D$ met als reactiemechanisme



Geef de **juiste vakterm** voor de stof G in dit reactiemechanisme. (/1)

Stof G is in het begin aanwezig. Hij wordt verbruikt in de eerste reactie maar opnieuw gevormd in de tweede reactie. Kijk in de cursus bij 3.2.3 en 3.2.4.

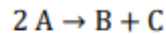
c) Geef de **reactievergelijking** van de soort elementaire reactie die een grafiek zoals hieronder oplevert. (/1)



Kijk in de cursus bij 3.1.5 tot 3.1.8.

Reactoren (/5)

In een reactor treedt de volgende reactie op



De kinetiek van deze reactie is

$$v = k c_A^2$$

met als snelheidsconstante $2,74 \times 10^{-3} \text{ L}/(\text{mol min})$. De reactor wordt gevoed met een oplossing die $6,38 \text{ mol/L}$ A bevat. Het reactievolume blijft constant.

- a) Bereken de nodige **reactietijd** (verblijftijd) om A voor 80 % om te zetten in een ideale **batchreactor**. (/1)

Uit de omzettingsgraad volgt de eindconcentratie. Je kent nu de beginconcentratie, de eindconcentratie en de snelheidsconstante. Daaruit kan je de reactietijd berekenen (zie formularium bij dit type reactor en reactie). Let op de stoichiometrie.

- b) Stel de reactietijd (verblijftijd) in de ideale **batchreactor** grafisch voor in **Figuur 1**. (/1)

Oppervlakte onder de curve (zie hoofdstuk 4).

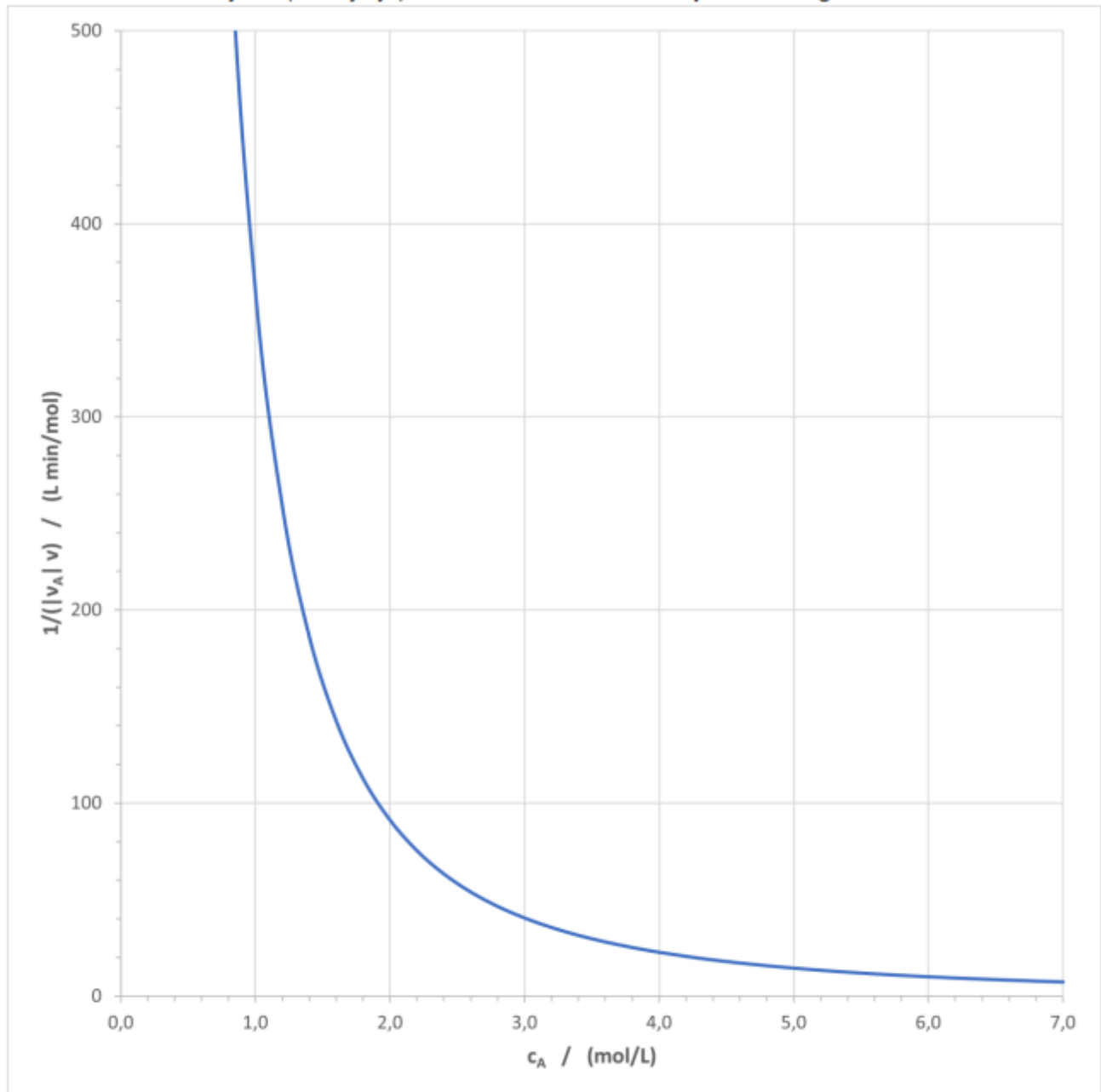
- c) Bereken het nodige **volume van de oplossing** om 100 mol B te produceren binnen deze reactietijd in de ideale **batchreactor**. (/1)

In het begin heb je geen B, en op het einde 100 mol B. Uit de stofbalans van B volgt dan de vorderingsgraad. Uit de stofbalans van A volgt dan het volume.

- d) Bereken de nodige **reactietijd** (verblijftijd) om A voor 80 % om te zetten in een ideale **kuipreactor**. (/1)

Zie formularium bij dit type reactor en reactie. Let op de stoichiometrie.

Stel de reactietijd (verblijftijd) in de ideale **kuipreactor** grafisch voor in



Figuur 1 Antwoord bij Reactoren b): Reactietijd in een ideale batchreactor.

e) . (/1)

Rechthoek (zie hoofdstuk 4).

Katalysatoren en adsorptie (/4)

In dit deel wordt giscorrectie toegepast. Een juist antwoord levert +1 punt, een verkeerd antwoord -1 punt. Niet antwoorden levert 0 punten. De totaalscore op dit deel ligt tussen 0 en 4.

- a) Een katalysator verandert niets aan het evenwicht, omdat het de activeringsenergie voor de heengaande en de teruggaande reactie evenveel verlaagt. Het verschil in activeringsenergie blijft dus hetzelfde.

Zie hoofdstuk 5, slide 4.

- b) Het vergiftigen van een katalysator betekent dat de actieve sites van de katalysator geblokkeerd worden door de adsorptie of afzetting van een ongewenste component.

Zie hoofdstuk 5, slide 8.

- c) Bij een exotherme reactie zorgt het gebruik van een katalysator ervoor dat het evenwicht naar rechts verschuift.

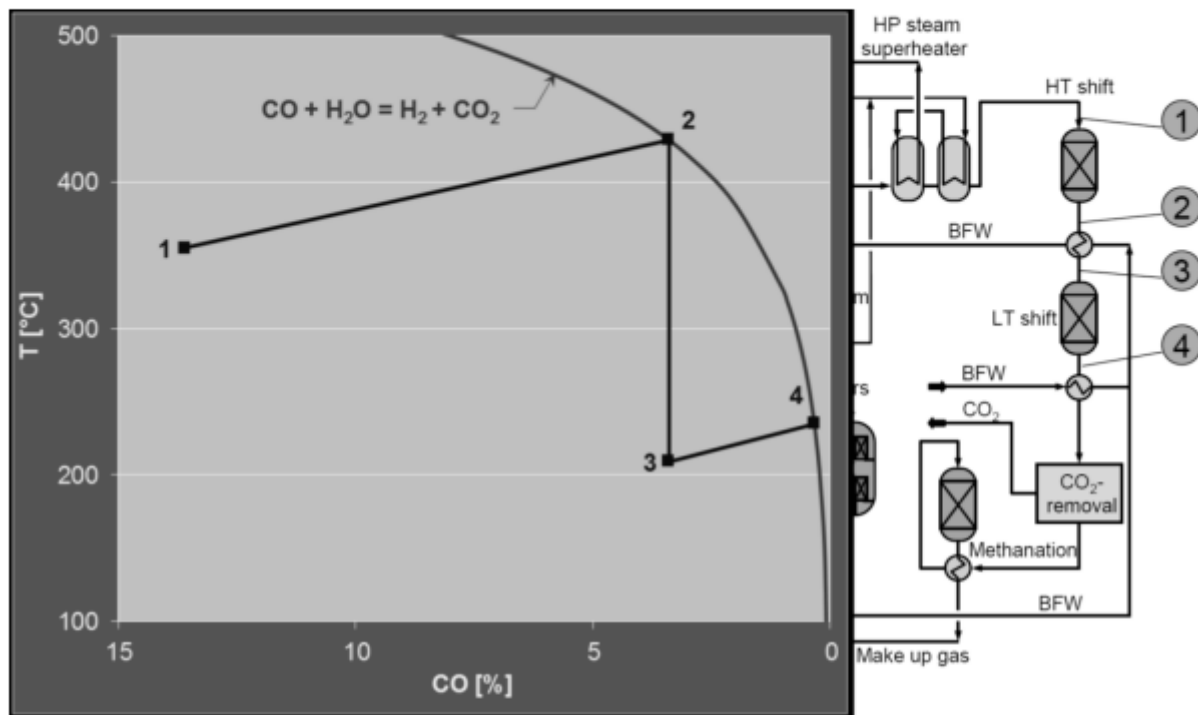
Zie hoofdstuk 5, slide 4.

- d) Enzymen verliezen hun activiteit bij hoge temperatuur, omdat ze dan hydrolyseren.

Zie hoofdstuk 5, slide 7. Hydrolyse betekent splitsen door middel van water (zie slide 6 en andere vakken).

Ammoniakproductie (/3)

Onderstaande grafiek toont de volumefractie van koolstofmonoxide en de temperatuur op verschillende plaatsen in het proces.



a) Waarom stijgt de temperatuur tussen plaats 1 en 2 in het proces? **Leg uit.** (/1)

Zie hoofdstuk 7.

b) Waarom gebeurt dit deel van het proces in twee stappen (1→2 en 3→4)? **Leg uit.** (/1)

Zie hoofdstuk 7.

c) Uit welke grondstof komt het stikstofgas voor de ammoniakproductie? (/0,5)

Zie hoofdstuk 7.

d) Wat is het voornaamste, ongewenste nevenproduct van de ammoniakproductie? (/0,5)

Zie hoofdstuk 7.