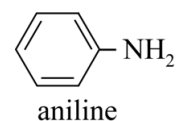


3x productie van aniline

Aniline (figuur 1) behoort tot de meest geproduceerde stoffen in de chemische industrie. Het wordt gebruikt als grondstof voor veel synthetische kleurstoffen en kunststoffen. Ruim 100 jaar geleden werd aniline industrieel geproduceerd met het Béchamp-proces: in enkele stappen reageert nitrobenzeen ($C_6H_5NO_2$) met ijzer en water tot aniline en Fe_3O_4 .

figuur 1



2p **13** Geef de systematische naam van aniline.

3p **14** Geef de vergelijking van het Béchamp-proces in molecuulformules.

Het Béchamp-proces wordt niet meer ingezet voor de productie van aniline, maar wel voor de productie van Fe_3O_4 , dat als zwart pigment wordt gebruikt. Fe_3O_4 is een dubbelzout. In Fe_3O_4 komen zowel Fe^{2+} -ionen als Fe^{3+} -ionen voor.

2p **15** Leid de molverhouding tussen Fe^{2+} -ionen en Fe^{3+} -ionen in dit dubbelzout af.

Tegenwoordig wordt vrijwel alle aniline geproduceerd met een van de volgende processen:

- het nitrobenzeen-proces, gebaseerd op de reactie van nitrobenzeen met waterstof;
 - het fenol-proces, gebaseerd op de reactie tussen fenol en ammoniak.
- Beide processen worden commercieel uitgevoerd in de gasfase en in de vloeibare fase.

nitrobenzeen-proces

Op de uitwerkbijlage bij vraag 16 is het blokschema van het nitrobenzeen-proces onvolledig weergegeven. In reactor 1 (R1) verloopt reactie 1.



In scheidingsruimte 1 (S1) wordt de temperatuur zo ingesteld dat een van de stoffen S1 verlaat in de gasfase. De andere stoffen verlaten S1 als vloeibaar mengsel. In de volgende scheidingsruimtes (S2 en S3) wordt het overgebleven mengsel gedestilleerd. De temperaturen in S2 en S3 zijn steeds zo gekozen dat slechts één stof de ruimte in de gasfase kan verlaten.

- 3p **16** Maak op de uitwerkbijlage het blokschema van het nitrobenzeen-proces compleet. Selecteer hiervoor de juiste informatie uit de tabellen op de uitwerkbijlage en je informatieboek.
- Noteer in iedere scheidingsruimte de maximale temperatuur.
 - Noteer de namen van de stoffen bij de pijlen. Waar een * staat, hoef je niets in te vullen. Laat gasvormige stoffen de scheidingsruimtes aan de bovenkant verlaten.
 - Houd rekening met hergebruik van stoffen.

Voor een constante productkwaliteit moet de temperatuur in R1 gelijk blijven tijdens het proces. Dit doet men door te koelen. Er komt namelijk warmte vrij tijdens reactie 1.

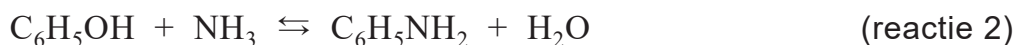
- 3p **17** Bereken de reactiewarmte per mol aniline van het nitrobenzeen-proces (reactie 1). Ga uit van een proces waarbij alle stoffen reageren in de gasfase. Selecteer hierbij de juiste informatie uit de tabellen op de uitwerkbijlage en je informatieboek.

Door de temperatuur in de reactor te variëren, wordt het nitrobenzeen-proces geoptimaliseerd. Hierbij wordt gestreefd naar een hoge opbrengst van aniline in een zo kort mogelijke tijd. Bij verhoging van de temperatuur verschuift het evenwicht in R1 naar links. Dit verschuiven hoeft niet nadelig te zijn voor de opbrengst.

- 3p **18** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit dat het evenwicht naar links verschuift bij verhoging van de temperatuur in R1.
 - Leg uit hoe het verhogen van de temperatuur in R1 toch voordelig kan zijn voor de opbrengst. Gebruik het botsende-deeltjesmodel.

fenol-proces

Bij het fenol-proces wordt een overmaat ammoniak gemengd met fenol. In dit proces verloopt reactie 2.



Omdat een deel van het gebruikte fenol reageert tot nevenproducten, is het rendement lager dan 100%.

- 3p **19** Bereken het rendement van het fenol-proces. Selecteer hiervoor de juiste informatie uit de tabellen op de uitwerkbijlage.