

Tentamen Statistiek 1 voor Scheikunde (2DS00) op maandag 7 oktober 2002, 14.00-17.00 uur

De uitwerkingen van de opgaven dienen duidelijk geformuleerd en overzichtelijk opgeschreven te worden. Het gebruik van een *onbeschreven* Statistisch Compendium en notebook is toegestaan. De numerieke waarden in de opgaven zijn weergegeven in de Nederlandse decimale notatie.

Uitwerkingen zullen zo spoedig mogelijk in te zien zijn op het WWW via URL:

<http://www.win.tue.nl/~sandro/2DS00.html>

---

1. Bij laboratoriumwerk is het noodzakelijk om dichtheden nauwkeurig te bepalen. Traditioneel gebruikt men hiervoor pyknometers. Dit zijn glazen buizen waarvan het volume zeer nauwkeurig bepaald kan worden. Een pyknometer wordt twee keer gewogen: één keer leeg en één keer met de vloeistof erin. Deze wegingen geven we aan met  $m_{leeg}$  en  $m_{vol}$ . Dichtheden worden bepaald met de bekende formule  $\rho = (m_{vol} - m_{leeg}) / V$ . In deze opgave gaan we uit van een pyknometer met een volume  $V = 50$  ml.
  - a) Stel dat het volume van de vloeistof in de pyknometer en de massa van een lege pyknometer zonder enige meetonnauwkeurigheid bepaald kunnen worden. Hoe groot mag dan de standaardafwijking van één enkele meting van  $m_{vol}$  zijn als de standaardafwijking van één enkele dichtheidsmeting maximaal 0,01 g/l mag zijn?
  - b) Zelfde situatie als bij a), maar nu neemt men het gemiddelde van 5 bepalingen voor  $m_{vol}$  i.p.v. één enkele bepaling van  $m_{vol}$ . Hoe groot mag nu de standaardafwijking van één enkele meting van  $m_{vol}$  zijn als de standaardafwijking van één enkele dichtheidsmeting maximaal 0,01 g/l mag zijn?
  - c) Stel dat het volume van de vloeistof in de pyknometer zonder enige meetonnauwkeurigheid bepaald kan worden. Neem bovendien aan dat  $m_{vol}$  en  $m_{leeg}$  onafhankelijk van elkaar gemeten worden met dezelfde meetnauwkeurigheid. Hoe groot mag dan de standaardafwijking van één enkele meting van  $m_{vol}$  zijn als de standaardafwijking van één enkele dichtheidsmeting maximaal 0,01 g/l mag zijn?
  - d) Neem nu aan dat het volume van de vloeistof in de pyknometer bepaald kan worden met een standaardafwijking van 0,01 ml. Er worden metingen verricht met de volgende resultaten:  
 $m_{vol}$ : gemiddelde 302 mg, standaardafwijking 1 mg  
 $m_{leeg}$ : gemiddelde 35,2 mg, standaardafwijking 0,9 mg.  
Bepaal de standaardafwijking van één enkele dichtheidsmeting.
2. Bij deze opgave gebruiken we de dataset **stackloss.sf3**. Dit zijn gegevens van een fabriek die ammoniak oxideert tot nitraatzuur. De afhankelijke variabele is

stackloss (verlies door de schoorsteen). Voer een volledige lineaire regressie uit. Verwijder eventuele verdachte waarnemingen. Wat zou  $U$  als eindmodel opgeven?

3. Een katalysator is opgebouwd uit uniforme bolletjes met een straal  $R=5$ . Om deze katalysator te kunnen toepassen is het van belang het opwarmgedrag in de uiteindelijke reactor te kunnen voorspellen. Daarvoor hebben we de warmtegeleidingcoëfficiënt  $a$  nodig. De warmtegeleidingcoëfficiënt  $a$  is een constante, waarvan de waarde afhangt van het materiaal waaruit de katalysator is opgebouwd.

Om  $a$  te kunnen bepalen doen we met de katalysatorbolletjes een opwarmproef in het laboratorium. We warmen de katalysatorbolletjes op van  $T_0 = 25$  °C naar  $T_a = 100$  °C en registreren het temperatuurverloop in de bolletjes als functie van de tijd. De meetresultaten staan in de datafile **Katalysator.sf3**. Afgeleid kan worden dat dit temperatuurverloop als functie van tijd beschreven kan worden met de volgende vergelijking:

$$\theta = \frac{\text{Temp}-T_a}{T_0-T_a} = b \cdot e^{-(\pi^2 a t)/R^2}$$

waarin:

Temp = de gemeten temperatuur (°C)

$T_a$  = 100 °C

$T_0$  = 25 °C

$b$  een parameter, waarvan de waarde bepaald moet worden

$\pi$  constante  $\approx 3,1415\dots$

$a$  warmtegeleidingcoëfficiënt

$t$  tijd

$R$  straal bolletje =5.

Uit de wiskundige afleiding is bekend dat deze vergelijking niet goed voldoet als de tijd  $t$  te klein is.

- a) Bepaal via lineaire regressie de waarden voor de constanten  $a$  en  $b$ .
  - b) Onderzoek of er uitbijters in de meetgegevens aanwezig zijn en motiveer Uw actie als er uitbijters zouden zijn.
  - c) Controleer of meetgegevens beschreven kunnen worden met de gegeven vergelijking.
  - d) Geef een 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de temperatuur bij tijd  $t=75$ .
4. Voor het ontwerpen van processen waarin actieve kool wordt toegepast, is het noodzakelijk om te kunnen beschikken over evenwichtsgegevens van de actieve kool. Schudproeven zijn een methode om deze evenwichtsgegevens experimenteel te bepalen. Hierbij worden nauwkeurig bekende hoeveelheden kool en oplossing gedurende zeer lange tijd met elkaar in contact gebracht. Dan wordt de concentratie van de oplossing bepaald. Via een eenvoudige massabalans kan hiermee uit de bekende hoeveelheden kool en oplossing en uit de begin- en eindconcentratie van de oplossing de evenwichtsbelading op de kool berekend worden. Door een serie experimenten uit te zetten van verschillende verhoudingen kool/oplossing, kan voor een heel concentratietraject het verband tussen concentratie en evenwichtsbelading worden bepaald.

Door een afstudeerster zijn deze evenwichtsbeladingen op actieve kool van nitrobenzeen (NBZ) op deze wijze bepaald. De experimenten zijn in drie series onder te verdelen:

Experiment nummer 1: Hoge beginconcentratie NBZ  
Experiment nummer 2: Lage beginconcentratie NBZ  
Experiment nummer 3: Kinetiek experimenten NBZ

De resultaten van haar experimenten staan in het gegevensbestand **Radke-Prausnitz.sf3**.

Onderzoek of de evenwichtsbelading NBZ als functie van de evenwichtsconcentratie beschreven kan worden met de volgende Radke-Prausnitz isotherm:

$$q = \left[ \frac{1}{K C_e} + \frac{1}{F C_e^N} \right]^{-1}$$

waarin:

q: Evenwichtsbelading kool (mg/mg kool)

$C_e$ : Evenwichtsconcentratie NBZ (mg/l)

K,F,N: Parameters .