

## 21<sup>e</sup> Internationale Chemie Olympiade, Halle 1989, Oost-Duitsland

### Theorie

#### Opgave 1 (7 punten)

Het oplosbaarheidsproduct van koper(II)jodaat,  $\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$ , kan door middel van een jodometrische titratie bepaald worden. Bij 25 °C voegt men aan 20,0 cm<sup>3</sup> van een verzadigde oplossing van koper(II)jodaat zuur en overmaat jodide toe en titreert met 30,0 cm<sup>3</sup> 0,100 M natriumthiosulfaatoplossing.

1. Geef de vergelijkingen van de bijbehorende reacties.
2. Bereken de koper(II)concentratie in de oorspronkelijke verzadigde oplossing.
3. Bereken het oplosbaarheidsproduct  $K_s$  van koper(II)jodaat; vermeld ook de eenheid.

#### Opgave 2 (8 punten)

Zwavel dioxide kan verwijderd worden uit rookgassen van kolengestookte energiecentrales door wassen met waterige suspensies van calciumcarbonaat of calciumhydroxide. Hierbij ontstaat gips,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , dat men vaak probeert terug te winnen.

1. Geef de reactievergelijkingen voor de processen met calciumcarbonaat, resp. calciumhydroxide.
2. Hoeveel kg calciumcarbonaat is per dag nodig om het rookgas te ontzwavelen? De rookgasproductie bedraagt  $1,00 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{uur}$  gemeten bij standaardomstandigheden. Het rookgas heeft een zwavel dioxidegehalte van 0,150 vol% en wordt voor 95,0 % ontzwaveld.
3. Hoeveel kg gips komt per dag vrij bij het in punt 2. vermelde proces?
4. Neem aan dat, als het rookgas niet behandeld wordt, het zwavel dioxide dat in 1 uur uitgestoten wordt, gelijkmatig wordt verdeeld over in de lucht zwevende waterdruppeltjes met een totaal watervolume van 5000 m<sup>3</sup> en daarna volledig op de aarde terecht komt als regen. Bereken de pH van deze regen.
5. Zwavel dioxide kan ook worden geabsorbeerd door een natriumsulfietoplossing. In dat geval kan men het zwavel dioxide terugwinnen- uit de wasvloeistof.

Geef de reactievergelijking van het absorptie-evenwicht. Geef ook twee mogelijkheden om de opbrengst aan zwavel dioxide uit de wasvloeistof zo groot mogelijk te maken.

Gegevens:

De protolyse van zwavel dioxide in water wordt weergegeven door de evenwichtsvergelijking:



De zuurconstante bedraagt:  $K_z = 10^{-2,15} \text{ mol dm}^{-3}$

Het molair gasvolume bij 0 °C en  $p = p_0$ :  $V_M = 22,414 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

Molmassa's:

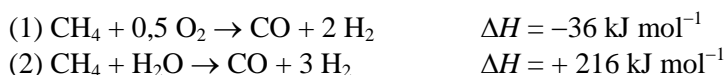
$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g mol}^{-1}$

$M(\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}) = 172 \text{ g mol}^{-1}$

#### Opgave 3 (8 punten)

In de chemische industrie verkrijgt men door reactie van alkanen met zuurstof en waterdamp een gasmengsel dat voornamelijk bestaat uit koolstofmonoxide en waterstof. Dit gasmengsel

gebruikt men voor de bereiding van methanol en ook voor de productie van waterstof voor de ammoniaksynthese. Met methaan krijgt men in hoofdzaak de volgende aflopende reacties:



- Geef, uitgaande van reactievergelijkingen (1) en (2), een reactievergelijking (3) zodanig dat de totale enthalpieverandering nul is.
- De synthese van methanol uit koolstofmonoxide en waterstof voert men uit op een van de volgende twee manieren:

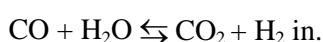
- ofwel in twee stappen:  
het uitgangsmengsel wordt overeenkomstig vergelijking (3) samengeperst van  $0,100 \cdot 10^6$  Pa tot  $3,00 \cdot 10^6$  Pa; daarna perst men het mengsel van de reactieproducten samen van  $3,00 \cdot 10^6$  Pa tot  $6,00 \cdot 10^6$  Pa.
- ofwel in één stap:  
hierin laat men de stoffen reageren overeenkomstig vergelijking (3) bij  $0,100 \cdot 10^6$  Pa; daarna perst men het mengsel van de reactieproducten samen van  $0,100 \cdot 10^6$  Pa tot  $6,00 \cdot 10^6$  Pa.

- Bereken, met behulp van de vergelijking

$$W = nRT \ln \left( \frac{p_{\text{eind}}}{p_{\text{begin}}} \right)$$

de totale compressiearbeid  $W_2$  die bij de tweestaps drukverhoging nodig is voor 100 mol uitgangsmengsel.

- Bereken het verschil  $\Delta W = W_2 - W_1$  tussen de benodigde compressiearbeid bij de éénstaps drukverhoging ( $W_1$ ) en de tweestaps drukverhoging ( $W_2$ ) voor 100 mol uitgangsmengsel. Ga voor de berekeningen uit van een aflopende reactie bij constante druk overeenkomstig reactie (3); de temperatuur is constant 500 K; de gasen gedragen zich ideaal; de waarde van de gasconstante,  $R$ , is  $8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- Als men waterstof produceert voor de synthese van ammoniak, voegt men een gasmengsel bestaande uit 40 mol koolstofmonoxide, 40 mol waterstof, 18 mol koolstofdioxide en 2 mol stikstof toe aan 200 mol stoom. Dit mengsel leidt men door een reactor. Daar stelt zich het evenwicht:

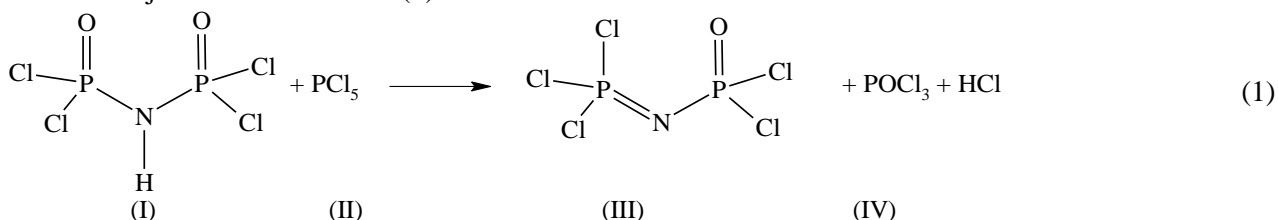


Onder de procesomstandigheden is de evenwichtsconstante  $K = 3,30$ .

Geef de samenstelling in mol van het gasmengsel dat de reactor verlaat.

#### Opgave 4 (13 punten)

Een reactiemechanisme kan door middel van radioactief gemerkte verbindingen opgehelderd worden. Wij beschouwen reactie (1)



Door gebruik te maken van fosforpentachloride gemerkt met (halveringstijd  $t_{1/2} = 14,3$  d) moet vastgesteld worden of het hierbij gaat om een elektrofiële aanval van een  $\text{PCl}_4^+$  kation op stikstof of op zuurstof. Men voert deze reactie uit in tetrachloormethaan. Vervolgens destilleert men het oplosmiddel samen met fosforylchloride (IV) af.

Men hydrolyseert achtereenvolgens monsters van:

- III, dat in het residu is achtergebleven
- IV, dat in het destillaat zit
- radioactief gemerkt II.

Dit hydrolyseren vindt plaats door verwarmen met een verdunde natriumhydroxideoplossing. De ontstane fosfaationen worden neergeslagen als magnesiumammoniumfosfaat. De neerslagen worden omgekristalliseerd en gedroogd. Men lost nauwkeurig gewogen monsters van de drie neerslagen op en vult de oplossingen aan tot een bepaald volume. Vervolgens bepaalt men de radioactiviteit van de drie oplossingen en berekent men de specifieke radioactiviteit van de fosfaten per eenheid van massa.

1. Geef de vergelijking van de chemische reactie waarmee men uit radioactief gemerkte rode fosfor  $\text{PCl}_5$  vervaardigt.
2. Geef de reactievergelijkingen van de volledige hydrolyse van de verbindingen II en III met natriumhydroxideoplossing.
3. Bereken hoeveel dagen (geheel aantal) men de radioactieve monsters moet bewaren, opdat de radioactiviteit tot één duizendste van de beginwaarde is gedaald.
4. Geef de twee mogelijkheden voor het mechanisme van de reactie van radioactief gemerkt  $\text{PCl}_4^+$  met het anion van I.
5. De magnesiumammoniumfosfaatmonsters hebben de volgende activiteiten:  
 II: 2380 Bq voor 128 mg  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$   
 III: 28 Bq voor 153 mg  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$   
 IV: 2627 Bq voor 142 mg  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$   
 Leg aan de hand van een berekening van de specifieke activiteiten uit, op welk nucleofiel centrum  $\text{PCl}_4^+$  aanvalt.
6. Hoe groot is de oplosbaarheid van  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  in  $\text{mol dm}^{-3}$  onder ideale omstandigheden? (activiteitscoëfficiënten zijn 1).  $\text{pH} = 10$  en de evenwichtsconcentratie van ammoniumionen bedraagt  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ .  
 Voor fosforzuur geldt:  $\text{p}K_1 = 2,2$      $\text{p}K_2 = 7,2$      $\text{p}K_3 = 12,4$   
 Voor magnesiumammoniumfosfaat geldt:  $\text{p}K_s = 12,6$

#### Opgave 5 (14 punten)

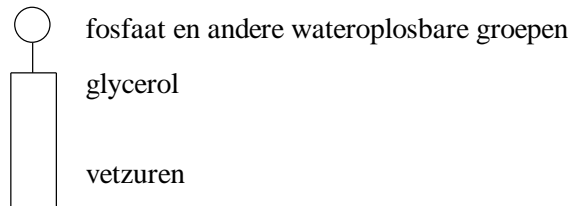
Carbonylen vormen een chemisch en biologisch belangrijke groep van organische verbindingen.

1. Geef de structuurformules van alle isomere cyclobutaandicarbonzuren en geef de systematische namen van deze verbindingen.
2. Er zijn drie stereo-isomeren, I, II en III, van cyclobutaan-1,2-dicarbonzuur. Geef de ruimtelijke structuurformules van I, II en III en benoem de configuratie van de moleculen
3. Welke paren van stereo-isomeren I, II en III zijn diastereomeren en welke zijn enantiomeren?
4. Welke reactie kan gebruikt worden om de relatieve (verschillende) configuraties van de diastereomeren te bepalen?
5. Hoe kunnen de enantiomeren van cyclobutaan-1,2-dicarbonzuur worden gescheiden?
6. Geef in de structuren van de stereo-isomeren I, II en III de absolute configuratie van elk asymmetrisch centrum aan, gebruik makend van de Cahn-Ingold-Prelog-regels (*R*, *S*-nomenclatuur).

#### Opgave 6 (10 punten)

Vetten (lipiden) bevatten een apolair (hydrofoob) en een polair (hydrofiel) gedeelte. De in water oplosbare lipiden hebben belangrijke biologische functies.

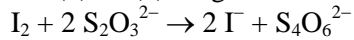
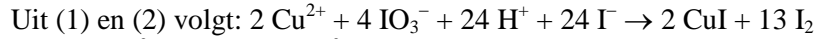
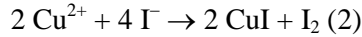
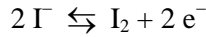
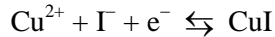
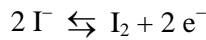
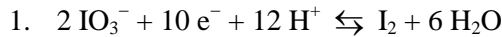
1. Geef de structuurformules van *cis*-9-octadeceenzuur (oliezuur), octadecaanzuur (stearinezuur) en hexadecaanzuur (palmitinezuur).
2. Teken, uitgaande van de onder 1. genoemde drie vetzuren, een mogelijke structuur van een triacylglyceride.
3. Schrijf de reactievergelijking van de hydrolyse van het glyceride van punt 2 in een natriumhydroxideoplossing. Geef het mechanisme van deze basische hydrolyse van één van de vetzuurstaarten van het glyceride.
4. Welk van de volgende vetzuren  $C_{21}H_{43}COOH$ ,  $C_{17}H_{35}COOH$  of  $C_5H_{11}COOH$  is het minst oplosbaar in water?
5. Fosfolipiden zijn een belangrijke groep bio-organische verbindingen. Geef de structuurformule van de fosforzure ester afgeleid van het triacylglyceride van punt 2.
6. Fosfolipiden kunnen als volgt schematisch worden weergegeven:



- 6.1 Teken het vorige schema over en duid daarop de hydrofiele en hydrofobe groepen aan.
- 6.2 Je hebt de beschikking over 6 identieke fosfolipidemoleculen. Teken twee associatiemogelijkheden van deze fosfolipiden in water door gebruik te maken van het vorige schema.
- 6.3 Biomembranen bestaan uit een fosfolipide dubbellaag. Teken een model van een membraan door gebruik te maken van het voorgaande schema.
- 6.4 Het voorgaande model is onvolledig. Welke andere biomacromoleculen vindt men ook nog in biomembranen?

## Uitwerking Theorie

### Opgave 1



Dus 1 mol  $\text{Cu}(\text{IO}_3)_2 \hat{=} 13 \text{ mol S}_2\text{O}_3^{2-}$

2.  $30,0 \text{ mL} \times 0,100 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 3,00 \text{ mmol thio} \hat{=} \frac{3,00}{13} = 0,692 \text{ mmol Cu}(\text{IO}_3)_2$

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{0,692 \text{ mmol}}{20,0 \text{ mL}} = 3,46 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$



$$K_s = [\text{Cu}^{2+}][\text{IO}_3^-]^2 = 4 \times (3,46 \cdot 10^{-2})^2 = 1,66 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}^3}{\text{L}^3}$$

### Opgave 2

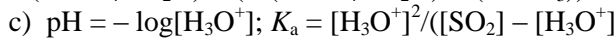


b) Under given conditions:

$$n(\text{SO}_2/\text{h}) = v(\text{SO}_2/\text{h}) / V = 669,34 \text{ mol/h}$$

$$m(\text{CaCO}_3/\text{d}) = n(\text{SO}_2/\text{h}) \cdot M(\text{CaCO}_3) \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1} \cdot 0,95 = 1,53 \cdot 10^3 \text{ kg/d}$$

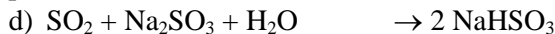
$$m(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = (M(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) / M(\text{CaCO}_3)) \cdot m(\text{CaCO}_3/\text{d}) = 2,63 \cdot 10^3 \text{ kg/d}$$



Solving for  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  yields to:

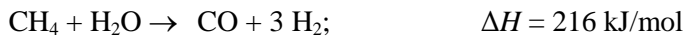
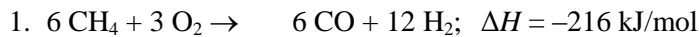
$$[\text{H}_3\text{O}^+]^{1/2} = \frac{K_a}{2} \pm \sqrt{\frac{K_a^2}{4} + K_a \times [\text{SO}_2]}$$

with  $[\text{SO}_2] = n(\text{SO}_2) / V = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$  and  $K_a = 10^{-2,25} \text{ mol/L}$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$  and  $\text{pH} = 3,88$



Possibilities to increase the recovery of  $\text{SO}_2$  are: temperature rise, reduced pressure, lower pH-value.

### Opgave 3



$$W_2 = n_1 RT \ln \frac{p_1}{p_0} + n_2 RT \ln \frac{p_2}{p_1} = n_1 RT \left( \ln \frac{p_1}{p_0} + 2 \ln \frac{p_2}{p_1} \right) =$$

$$100 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 500 \text{ K} \times \left( \ln \frac{3,0}{1,0} + 2 \ln \frac{6,0}{3,0} \right) = 1,99 \text{ MJ}$$

2.1. De volumearbeid voor een drukverhoging in twee stappen onder de gegeven omstandigheden geldt:

$$W_1 = n_2 RT \ln \frac{p_2}{p_0} = 200 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 500 \text{ K} \times \ln \frac{6,0}{1,0} = 3,40 \text{ MJ}$$

2.2. Voor een drukverhoging in een stap hangt de volumearbeid alleen af van  $n_2$ ,  $p_2$  and  $p_0$ :

$$\Rightarrow \Delta W = W_1 - W_2 = 1,41 \text{ MJ}$$

$$K = \frac{n_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{H}_2}}{n_{\text{CO}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{(18+x)(40+x)}{(40-x)(200-x)}$$

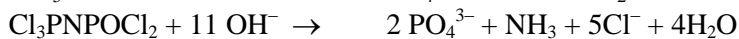
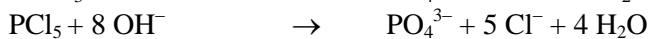
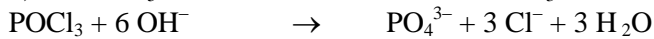
3. Met  $K = 3,3$  geeft dit:

$$x_{1/2} = 184 \pm 151,6; x_1 = 33,2; x_2 = 336,4$$

De samenstelling van het uitgaande gas is:

6,8 mol CO, 51,2 mol CO<sub>2</sub>, 2,0 mol CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>, 73,2 mol H<sub>2</sub> and 166,8 mol H<sub>2</sub>O,

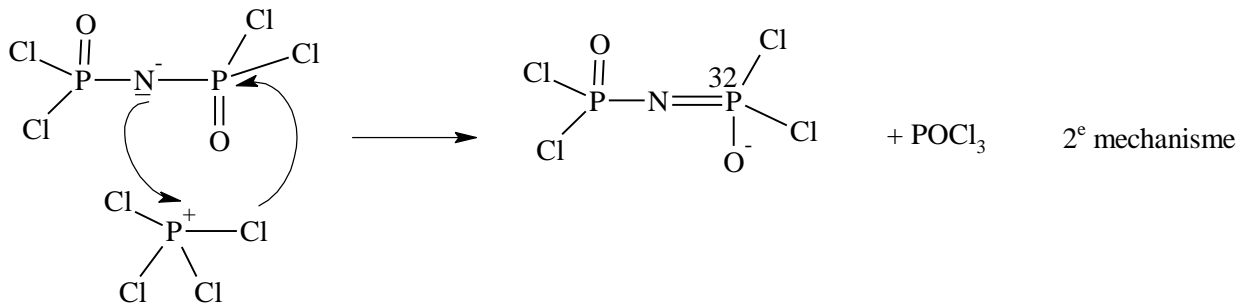
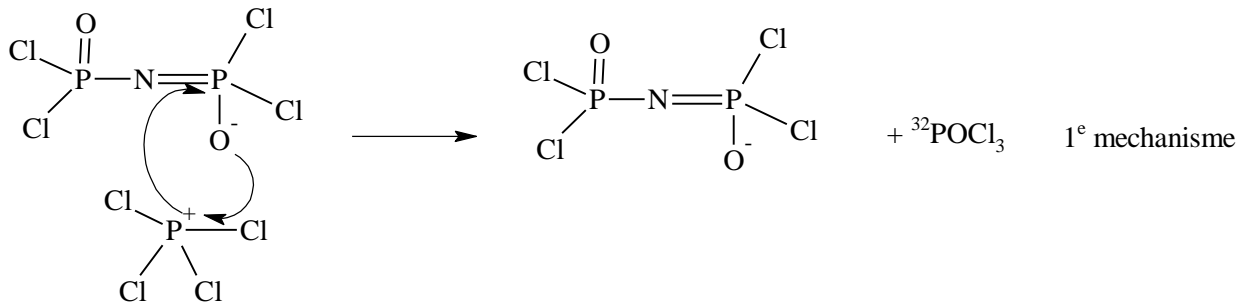
#### Opgave 4



c)  $A = A_0 e^{-\lambda t}$ ;  $t_{1/2}: A = 0,5 A_0 \Rightarrow \lambda = \ln 2 / t_{1/2} \quad A = 10^{-3} A_0$

$$t = \frac{\ln A / \ln A_0}{\lambda} = \frac{\ln 10^3}{\frac{\ln 2}{14,3}} d = 142,5 d$$

d)



e) specifieke activiteiten  $A_{\text{sp(II)}} = 18,6 \text{ Bq/mg}$   $A_{\text{sp(III)}} = 0,18 \text{ Bq/mg}$   $A_{\text{sp(IV)}} = 18,5 \text{ Bq/mg}$   
 Vanwege  $A_{\text{sp(II)}} \div A_{\text{sp(IV)}}$  is het eerste mechanisme voorgesteld in d) waarschijnlijk en daarom valt  $\text{PCl}_4^+$  het O-atoom aan.

f) Given:  $K_{\text{sp}} = [\text{Mg}^{2+}][\text{NH}_4^+][\text{PO}_4^{3-}] = 10^{-12,6}$ ;  $[\text{NH}_4] = 0,1$ ;  $\text{pH} = 10$ ,  $\text{p}K_1 = 2,2$ ,  $\text{p}K_2 = 7,2$ ,  $\text{p}K_3 = 12,4$

exacte oplossing:

$$2 [\text{Mg}^{2+}] + [\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2 [\text{HPO}_4^{2-}] + 3 [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = [\text{PO}_4^{3-}] [\text{H}^+] / K_3$$

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = [\text{PO}_4^{3-}] [\text{H}^+] / K_2 = [\text{PO}_4^{3-}] [\text{H}^+]^2 / (K_2 K_3)$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = K_{\text{sp}} / ([\text{NH}_4^+] [\text{Mg}^{2+}])$$

Hieruit volgt:

$$2 [\text{Mg}^{2+}] = ([\text{H}^+]^2 / (K_1 K_3) + 2 [\text{H}^+] / K_3 + 3) (K_{\text{sp}} / [\text{NH}_4^+]) - [\text{Mg}^{2+}] ([\text{NH}_4^+] + [\text{H}^+] - [\text{OH}^-])$$

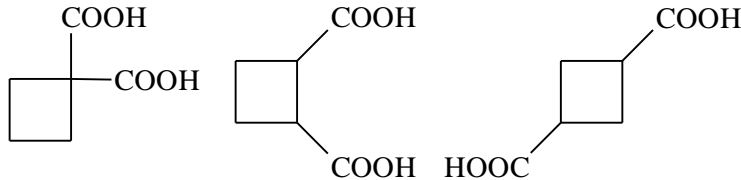
etc.

eenvoudiger oplossing:

bij pH = 10 is de hoofdcomponent  $\text{HPO}_4^{2-}$ :  $[\text{HPO}_4^{2-}] = [\text{PO}_4^{3-}] [\text{H}^+] / K_3 = 10^{2.4} [\text{PO}_4^{3-}]$   
 $[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = [\text{HPO}_4^{2-}] [\text{H}^+] / K_2 = 10^{-2.8} [\text{HPO}_4^{2-}]$   
 $L = [\text{Mg}^{2+}] [\text{HPO}_4^{2-}]$  and  $K_{\text{sp}} = [\text{NH}_4^+] \times L \times K_3 \times L / [\text{H}^+]$   
 $pL = 0,5 (pK_{\text{sp}} + \text{pH} - pK_3 - p[\text{NH}_4^+]) = 0,5 (12,6 + 10,0 - 12,4 - 1,0) = 4,6$ ;  $L = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

### Opgave 5

a) constitutionele isomeren:

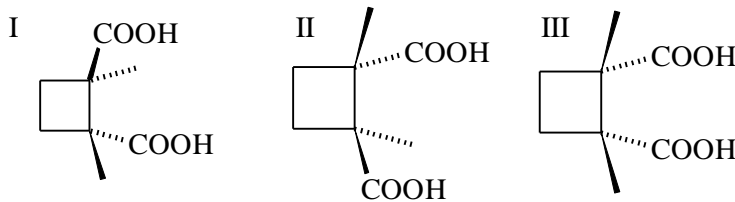


1,1-cyclobutaan-dicarbonzuur

1,2-cyclobutaan-dicarbonzuur

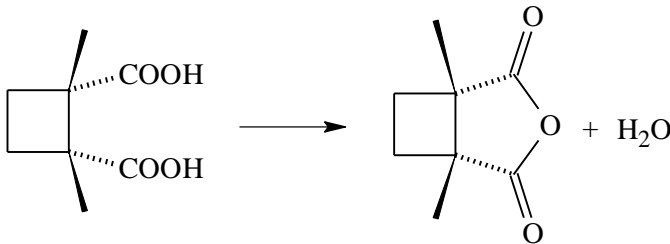
1,3-cyclobutaan-dicarbonzuur

b) stereo-isomeren



c) diastereomeren zijn I, III and II, III; enantiomeerparen zijn I and II.

d) Door afsplitsing van water levert het *cis*-diastereomeer het overeenkomstige anhydride:



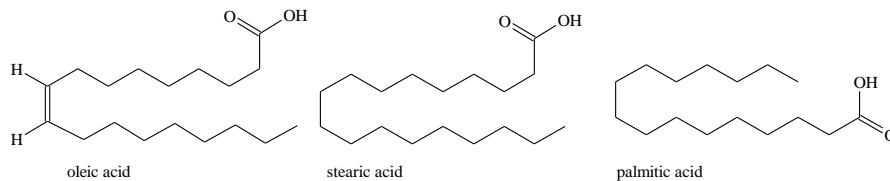
e) Het *trans*-diastereomeer kan met een optisch actieve base neergeslagen worden.

f) stereo-isomeren absolute configuratie

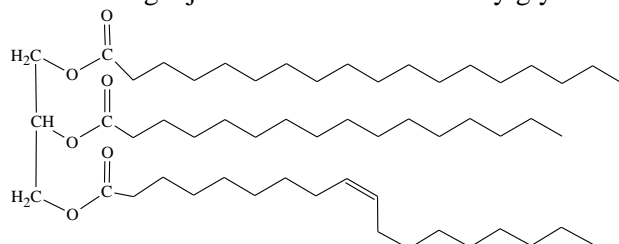
I	<i>R,R</i>
II	<i>S,S</i>
III	<i>R,S</i>

### Opgave 6

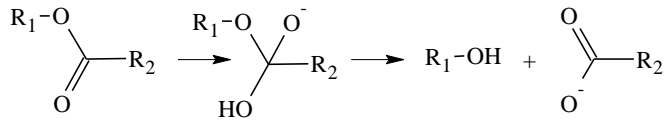
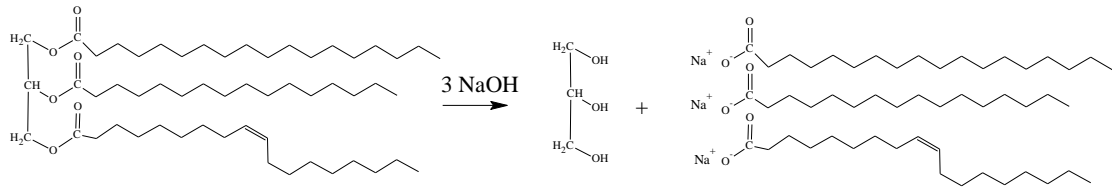
1.



2. een mogelijke structuur van een triacylglyceride met de genoemde vetzuren is:

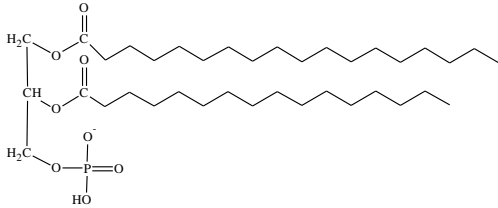


3.



4.  $\text{C}_{21}\text{H}_{43}\text{COOH}$

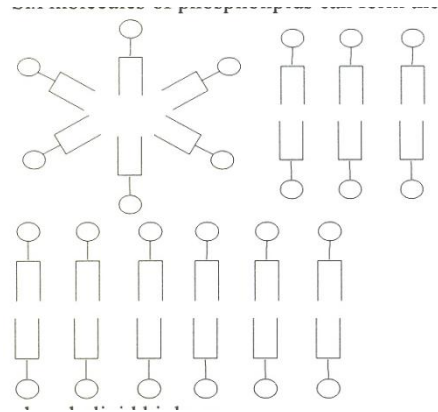
5. een voorbeeld van een fosfolipide is:



6. Zes fosfolipidemoleculen kunnen op nevenstaande manieren samengaan:

fosfolipide dubbellaag

De structuur van een fosfolipide dubbellaag is hiernaast gegeven. Eiwitten (enzymen) hebben ook zulke lagen.





## ***Practicum***

### **Instructies**

1. De tijd van het practicum loopt van 8.00 tot 13.00 uur.
2. Neem de flesjes of erlenmeyers A, B en I uit de doos met monsters mee naar je labtafel.
3. Schrijf het monsternummer van erlenmeyer I op het antwoordenblad van opgave 2.
4. Begin met opdracht 1. Je mag eventueel aan opdracht 2 beginnen voordat opdracht 1 voltooid is.
5. Let op!
  - je MOET een veiligheidsbril dragen
  - je MOET de pipetteerballon gebruiken; oefen eventueel eerst met water
  - wees voorzichtig met azijnzuuranhydride: het prikkelt huid en ogen
  - bij de hydrolysereactie (opdracht 2) MOET je kooksteentjes gebruiken.

VEEL SUCCES!

### Practicumtoets 1 (20 punten)

#### Synthese

Bereid 2-acetoxybenzeencarbonzuur (acetylsalicylzuur); dit is de ester van azijnzuur en 2-hydroxybenzeencarbonzuur (salicylzuur).

Doe dit door 2-hydroxybenzeencarbonzuur te laten reageren met azijnzuuranhydride.

1. Geef de reactievergelijking.
2. Bereken de opbrengst.

Atoommassa's: C: 12,011; O: 15,999; H: 1,008

#### Reagentia:

2-hydroxybenzeencarbonzuur, smeltpunt 158 °C

azijnzuuranhydride, kookpunt 140 °C

fosforzuur, de oplossing bevat 85 massa-%  $\text{H}_3\text{PO}_4$

ethanol

gedemineraliseerd water

#### Uitvoering:

Breng in een erlenmeyer van 100 cm<sup>3</sup> achtereenvolgens 2,76 gram salicylzuur (de inhoud van weegflesje A), 5,10 gram azijnzuuranhydride (de inhoud van erlenmeyer B) en 5 tot 7 druppels fosforzuur (85 massa-%). Meng de stoffen door voorzichtig omzwenken, verwarm in een waterbad (bekerglas met warm water) tot 70 à 80 °C. Houd het reactiemengsel gedurende ongeveer 15 minuten op deze temperatuur.

Haal de erlenmeyer uit het waterbad en voeg aan de warme inhoud voorzichtig, onder omzwenken, druppelsgewijs 1 cm<sup>3</sup> koud water toe.

Zet de kolf in een ijsbad en voeg dan onmiddellijk en snel 20 cm<sup>3</sup> koud gedemineraliseerd water toe. De kolf moet daarbij in het ijsbad blijven staan.

Als het product nu niet uitkristalliseert of zich als olie afscheidt, moet je met een glasstaaf tegen de binnenkant van de kolf krassen, waarbij de punt van de staaf in het reactiemengsel steekt. Hierbij blijft de kolf in het ijsbad staan. Filtreer het uitgekristalliseerde product onder afzuiging met behulp van een büchnertrechter af. Spoel de erlenmeyer twee maal met een klein beetje koud gedemineraliseerd water na. Herkristalliseer het product in een erlenmeyer van 100 cm<sup>3</sup> met water/ethanol. Als het product niet uitkristalliseert, kras je weer met je glasstaaf. Filtreer de kristallen onder afzuiging af en was deze met een klein beetje koud, gedemineraliseerd water.

Het kristallijne product droog je aan de lucht op het ongeglazuurde schoteltje. Breng het dan over in weeflesje C.

Geef dit product aan de assistent die het gedurende 30 minuten in de droogstoof zet (bij 80 °C) en het droge product weegt. De assistent geeft je het resultaat van de weging.

Bereken je opbrengst in procenten van de theoretische opbrengst.

De assistent bepaalt ook het smeltpunt van je product.

VERMELD JE ANTWOORDEN OP HET ANTWOORDENBLAD !

### Practicumtoets 1 (antwoordblad)

I. Reactievergelijking:

2. Opbrengst:

weeflesje C met inhoud	..... g
weeflesje C leeg	..... g
massa acetylsalicylzuur	..... g

theoretische opbrengst in gram: ..... g

opbrengst in %

## Practicumtoets 2 (20 punten)

### Analyse

Bepaling van de hoeveelheid 2-acetoxybenzeencarbonzuur (acetylsalicylzuur) door middel van een titratie. Daartoe wordt deze ester eerst gehydrolyseerd met natronloog.

1. Geef de reactievergelijking van deze hydrolyse.
2. Bepaal eerst door middel van een titratie met gestelde HCl-oplossing de nauwkeurige concentratie van de verstrekte NaOH-oplossing (in mol dm<sup>-3</sup> met vier cijfers achter de komma).
3. Bepaal vervolgens nauwkeurig de massa van het acetylsalicylzuur in erlenmeyer I (in gram met drie cijfers achter de komma).

Aanwijzing: 1,000 cm<sup>3</sup> NaOH-oplossing (0,5000 mol dm<sup>-3</sup>) komt overeen met 0,04500 gram acetylsalicylzuur.

### Reagentia:

NaOH-oplossing ongeveer 0,5 mol dm<sup>-3</sup>  
gestelde HCl-oplossing 0,4975 mol dm<sup>-3</sup>  
oplossing van fenolftaleïen in ethanol (indicator)  
kooksteentjes  
gedemineraliseerd water

### Uitvoering:

N.B. Het gebruik van de pipetteerballon is verplicht!

Het stellen van een NaOH-oplossing met de HCl-oplossing

Pipetteer 20,00 cm<sup>3</sup> van de te stellen NaOH-oplossing in een titreerlerlenmeyer van 300 cm<sup>3</sup>. Verdun tot ongeveer 100 cm<sup>3</sup> en titreer met 0,4975 N zoutzuur, met fenolftaleïen als indicator (druppelflesje II). Voer de titratie in drievoud uit en bereken het gemiddelde.

Kwantitatieve bepaling van de massa van een verstrekte hoeveelheid acetylsalicylzuur

In erlenmeyer I bevindt zich een onbekende hoeveelheid acetylsalicylzuur. Pipetteer daarbij 50,00 cm<sup>3</sup> NaOH-oplossing waarvan je zojuist de concentratie hebt bepaald. Voeg 3 tot 5 kooksteentjes toe en kook gedurende 15 minuten onder terugvloei-cooling op een elektrisch kookplaatje.

Laat dan afkoelen, haal de koeler van de erlenmeyer en spoel hem met een beetje gedemineraliseerd water na. Vang de spoeloplossing op in erlenmeyer I. De totale oplossing wordt door een trechter in een maatkolf van 100 cm<sup>3</sup> gebracht. Vul dan aan tot de ijkstreep.

Pipetteer 20,00 cm<sup>3</sup> van deze oplossing in een titreerlerlenmeyer van 300 cm<sup>3</sup> en verdun met gedemineraliseerd water tot ongeveer 100 cm<sup>3</sup>.

Titreer de niet verbruikte NaOH-oplossing terug met behulp van een buret van 10 cm<sup>3</sup> en fenolftaleïen als indicator. Gebruik hiervoor de gestelde HCl-oplossing. Voer de titratie in drievoud uit. Bereken met de gemiddelde waarde de massa van het acetylsalicylzuur in gram.

**VERMELD JE ANTWOORDEN OP HET ANTWOORDENBLAD!**

## Practicumtoets 2 (antwoordenblad)

NUMMER VAN HET MONSTERFLESJE

1. Reactievergelijking:

2. Verbruik van 0,4975 M HCl:

1<sup>e</sup> titratie:: ..... cm<sup>3</sup>

2<sup>e</sup> titratie:: ..... cm<sup>3</sup>

3<sup>e</sup> titratie:: ..... cm<sup>3</sup>

gemiddeld: ..... cm<sup>3</sup>

molariteit van het NaOH: ..... mol dm<sup>-3</sup>

3. Verbruik van 0,4975 N HCl:

1<sup>e</sup> titratie:: ..... cm<sup>3</sup>

2<sup>e</sup> titratie:: ..... cm<sup>3</sup>

3<sup>e</sup> titratie:: ..... cm<sup>3</sup>

gemiddeld: ..... cm<sup>3</sup>

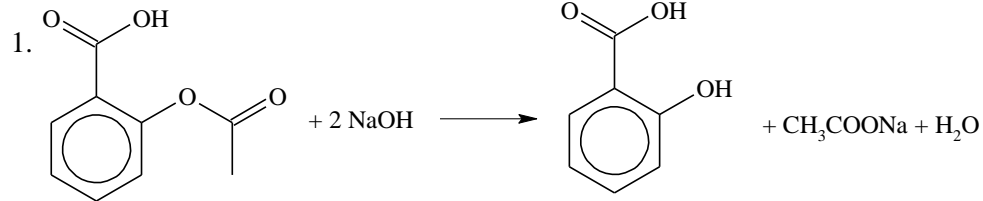
massa van het acetylsalicylzuur: ..... gram

## Uitwerking Practicum

### Oplossingen

2. *practicumopdracht*

(20 punten)



1punt

2. verbruik van 0,5 M HCl:

1.	titratie ...	cm <sup>3</sup>
2.	titratie ...	cm <sup>3</sup>
3.	titratie ...	cm <sup>3</sup>
	gem. ...	cm <sup>3</sup>

De nauwkeurige concentratie van de NaOH-oplossing kun je berekenen met:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}}} = \text{mol dm}^{-3}$$

Beoordeling van de concentratiebepaling:

afwijking a:

a < 0,3 %	6 punten
0,3 % < a ≤ 0,4 %	7 punten
0,4 % < a ≤ 0,5 %	6 punten
0,5 % < a ≤ 0,6 %	5 punten
0,6 % < a ≤ 0,7 %	4 punten
0,7 % < a ≤ 0,8 %	3 punten
0,8 % < a ≤ 0,9 %	2 punten
0,9 % < a ≤ 1,0 %	1 punt
1,0 % < a	0 punten

2. verbruik van 0,5 M HCl:

1. titratie ...  $\text{cm}^3$
2. titratie ...  $\text{cm}^3$
3. titratie ...  $\text{cm}^3$
- gemiddeld ...  $\text{cm}^3$

Uit  $1,000 \text{ cm}^3$  0,5 M NaOH  $\hat{=}$  0,045 g acetylsalicylzuur ontstaat:

$$m(\text{acetylsalicylzuur}) = \frac{0,045 \text{ g cm}^3 \cdot V_{\text{NaOH-verbruik}} \cdot c_{\text{NaOH}}}{0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}$$

Beoordeling van de massebepaling;  
afwijking b:

$b \leq 0,50 \%$	11 punten
$0,50 \% < b \leq 0,75 \%$	10 punten
$0,75 \% < b \leq 1,00 \%$	9 punten
$1,00 \% < b \leq 1,25 \%$	8 punten
$1,25 \% < b \leq 1,50 \%$	7 punten
$1,50 \% < b \leq 1,75 \%$	6 punten
$1,75 \% < b \leq 2,00 \%$	5 punten
$2,00 \% < b \leq 2,25 \%$	4 punten
$2,25 \% < b \leq 2,50 \%$	3 punten
$2,50 \% < b \leq 2,75 \%$	2 punten
$2,75 \% < b \leq 3,00 \%$	1 punt
$3,00 \% < b \leq$	0 punten