UNIVERSITEIT GENT

FORCE
Focus on Research in Chemical Education

Real time metingen in de chemie

Hans Vanhoe

Ilse Mariën

Katrien Strubbe

Universiteit Gent

SLO Chemie

Inhoud

1. Experimenten 4
1.1. De demonstratieproeven 4
1.2. De leerlingenproeven 8
2. Real time metingen in de chemie 9
2.1. Computergestuurde interface: CoachLab® (CMA) 9
2.1.1. Demonstratieproef: endotherme reactie tussen NH_4Cl en $Ba(OH)_2$ (1) 9
2.1.2. Demonstratieproef: endotherme reactie tussen NH_4Cl en $Ba(OH)_2$ (2) 15
2.1.3. Leerlingenproef: bepaling van het verband tussen de reactiesnelheid en de concentratie 15
2.2 Meten met behulp van een grafische rekenmachine 26
2.2.1. Demonstratieproef : meten van pH van verschillende oplossingen 26
2.2.2. Leerlingenexperiment: bepaling van de pK_z van azijnzuur 26
2.3. Meten met een tablet 30
2.3.1. Demonstratieproef: verdunningswet van Ostwald. 30
2.3.2. Leerlingenproef: verdamping en intermoleculaire krachten 33
Appendix A: 38
Richtlijnen bij experimenten 38
Appendix B: 39
Redoxtitratie: titratie van Mohrs zout met kaliumpermanganaat 39
Appendix C: 43
Spanningsmetingen: Kwalitatieve vergelijking van de sterkte van oxidatoren en reductoren 43

1. Experimenten

In de chemie worden verschillende methodes gebruikt om de abstracte leerstof voor de leerlingen aanschouwelijk te maken. Deze methoden steunen op het gebruik van visuele beelden of modellen maar vooral op het **experiment**. Experimenten tijdens de les kunnen bestaan uit **demonstratie-proeven** – experimenten uitgevoerd door de leerkracht - en **leerlingenproeven** – experimenten uitgevoerd door de leerlingen.

De bedoeling van de experimenten kan als volgt samengevat worden:

- concretisering van abstracte chemische wetten en theorieën
- een middel om de leerlingen in contact te brengen met de chemische denkmethoden (van observatie naar besluit en verklaring)
- de leerlingen leren waarnemen en leren experimenteren
- de leerlingen tonen dat de chemie niet levensvreemd is
- de belangstelling en motivering bij de leerlingen opwekken: leerlingen verbazen en nieuwsgierig maken
- leren waarnemingen in een correcte taal omzetten
- correcte hantering van de vroeger aangeleerde begrippen
- aantonen dat de afstand tussen de chemische praktijk en de theoretische beschrijving soms groot is en moeilijk af te leggen.
- een motiverende opener bij het begin van de les

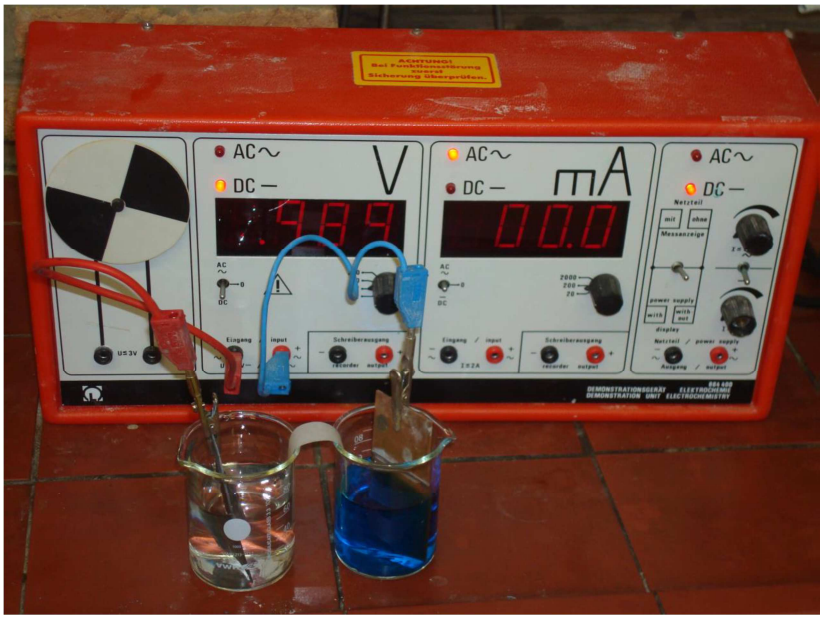
1.1. De demonstratieproeven

Zoals vermeld worden demonstratieproeven door de leerkracht uitgevoerd. Specifiek voor demonstratieproeven is dat de **zichtbaarheid van de proef** bijzonder belangrijk is. Er dient dus gewerkt met voldoende groot materiaal (reageerbuizen, bekers, erlenmeyers, pH-meters, thermometers, voltmeters, ampèremeters, enz. dienen van groot formaat te zijn) of men moet er voor zorgen dat de leesbaarheid van de resultaten voor de leerlingen voldoende groot is.

Voorbeelden:
* temperatuursmeting:

* pH meting

* geleidbaarheidsmeting



Men moet er naar streven dat de leerlingen van op hun plaats de proef kunnen waarnemen. Slechts in uitzonderlijke gevallen kan men de leerlingen vragen rond de experimenteerplaats.

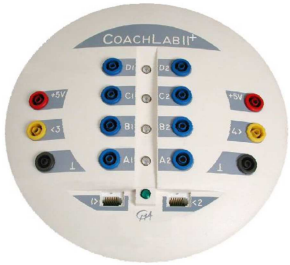
Om de proef te vergroten zijn er verschillende hulpmiddelen voorhanden. Zoals gezegd kan gebruik gemaakt worden van groot materiaal.
Andere mogelijkheden zijn:
- een overheadprojector (wanneer bv. met petrischalen wordt gewerkt.)

- een documentcamera

- meetapparatuur waarbij sensoren worden gekoppeld aan een interface. Deze laatste wordt verbonden met een computer. Het gebruik van een beamer zorgt dan voor een beeldvergroting.

Voorbeelden van dergelijke apparatuur zijn:

Coachlab (http://www.cma.science.uva.nl/indexNL.html)



Pasco (http://www.pasco.com/)

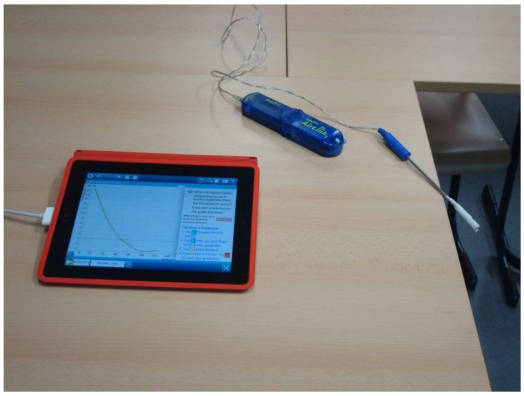
Labquest 2 (Verniers, http://www.vernier.com/products/interfaces/labq2/)

Een alternatief voor de computer is het gebruik van een grafisch rekentoestel of van een tablet.
Bij gebruik van een grafisch rekentoestel wordt de sensor via een interface aan het rekentoestel gekoppeld. Deze kan eventueel via een document camera (gekoppeld aan een beamer) geprojecteerd worden.

Bij gebruik van een tablet kan de interface met bijhorende sensor via bluetooth of via een draadloos netwerk in verbinding worden gebracht met een tablet. Het scherm van deze tablet wordt vervolgens via een beamer geprojecteerd. De interface is in deze gevallen verschillend van deze bij gebruik van een computer.

Een voorbeeld is de Airlink van Pasco (http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2010_pasport-airlink-2/).

Pasco interface voor tablet



Als vuistregel geldt dat de proef uitgevoerd wordt **"door de leraar maar voor de leerlingen"**.
Andere zaken waar men dient op te letten zijn:-

- De **aandacht** van de leerlingen moet **bij het experiment** blijven. Men mag de aandacht dus niet afleiden door ze te laten noteren, tekenen enz. Eventueel krijgen ze nota's of invulbladen.
- **Dode periodes** tijdens lange proeven dienen **vermeden**. Het experiment moet daarom tijdig gestart worden. Een goede timing vereist een zekere ervaring met de proef en de bijhorende theoretische les.
- Een **mislukking** wordt **niet verdoezeld**, maar de proef wordt herhaald of de reden van de mislukking onderzocht. In het algemeen kan gesteld worden dat een herhaalde

voorbereiding mislukkingen nagenoeg moet uitsluiten. Experimenten die een redelijke kans hebben tot mislukking, moeten vermeden worden.

- Men tracht een **voldoende variatie** te brengen in de vorm en de presentatie van de proeven (niet steeds reageerbuisreacties).
- Men stelt na de uitvoering **denkvragen** om de aandacht en het inzicht van de leerlingen te controleren.

1.2. De leerlingenproeven

Leerlingenproeven of –practica kunnen inspelen op het zelfstandig leren werken door de leerling. Een leerlingenpracticum kan beschouwd worden als een zelfstandig werk waarbij een leerling alleen of in een groepje van twee (tot maximaal drie) een uitgeschreven opdracht uitvoert.
Door het decretaal invoeren van de eindtermen in 2002 hebben de leerlingenpractica een vaste plaats gekregen in het leerproces. Afhankelijk van het onderwijsnet, van de graad en van de richting voeren de leerlingen minimaal een tweetal practica uit per jaar.
De specifieke doelstellingen van de leerlingenproeven kunnen als volgt samengevat worden:

- de leerlingen vertrouwd maken met het materiaal en met chemicaliën zodat de vreemdheid en de vrees voor het hanteren van glaswerk (bijvoorbeeld buret) en de vrees voor de gevaren (bijvoorbeeld gebruik van de bunsenbrander) overwonnen wordt
- de handvaardigheid oefenen
- de activiteit en de zelfwerkzaamheid in de hand werken
- het groepswerk stimuleren
- het leren rapporteren via het opmaken van een verslag
- ordentelijk en efficiënt een activiteit leren plannen en uitvoeren
- het veilig leren omgaan met chemicaliën
- het bijbrengen van het wetenschappelijk denken en het inoefenen van de natuur-wetenschappelijke onderzoeksmethode.

Via leerlingenpractica kunnen een hele reeks attitudes en vaardigheden worden bijgebracht bij de leerlingen. Ze dragen in grote mate bij tot het behalen van de eindtermen met betrekking tot de “onderzoekscompetentie”
Het motto luidt **“wat zelf ontdekt is, wordt beter begrepen en onthouden”**.

2. Real time metingen in de chemie

Bij real time metingen in de chemie worden grootheden zoals temperatuur, druk, pH, geleidbaarheid, absorbantie,… gemeten eventueel in functie van de tijd (bijvoorbeeld tijdens het verloop van de reactie). Het gebruik van sensoren die via een interface aan een computer gekoppeld zijn, biedt bij deze metingen het grote voordeel dat de meetgegevens onmiddellijk kunnen uitgezet worden in een grafiek en beschikbaar zijn voor verdere verwerking. Voor dergelijke metingen zijn verschillende systemen op de markt, zoals hiervoor reeds werd vermeld.

2.1. Computergestuurde interface: CoachLab® (CMA)

Hieronder wordt de CoachLab® (CMA) interface gebruikt, maar de principes en experimenten kunnen kunnen vlot worden overgedragen naar andere dataloggers zoals Pasco®, Verniers® en Texas Instruments®.

2.1.1. Demonstratieproef: endotherme reactie tussen NH_4Cl en $Ba(OH)_2$ (1)

Principe

De reactie tussen NH_4Cl en $Ba(OH)_2$ is een endotherme reactie. De temperatuursverandering bij de reactie wordt gemeten met behulp van een temperatuursensor.

Benodigdheden

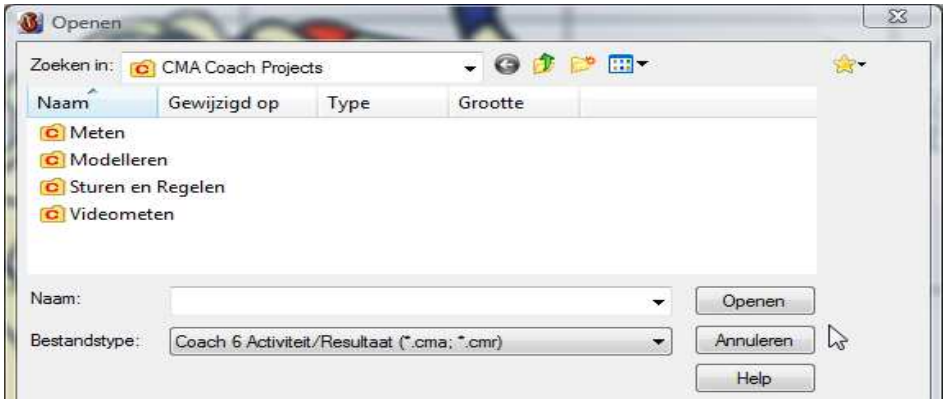
- NH_4Cl en $Ba(OH)_2$
- beker
- glazen roerstaaf
- temperatuursensor 0511 (-25°C – 150°C)
- CoachLab interface en computer

Uitvoering: handleiding Coachlab

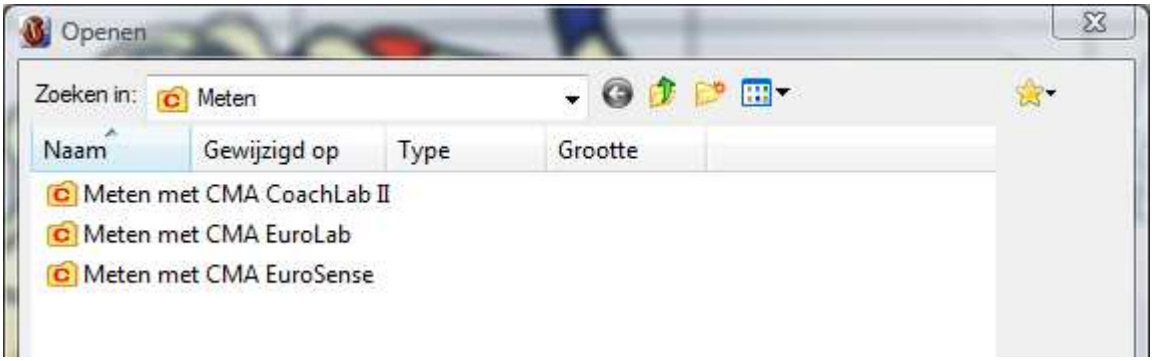
1. Open het programma Coachlab

2. Nadat je het openingsscherm hebt gekregen klik je op:

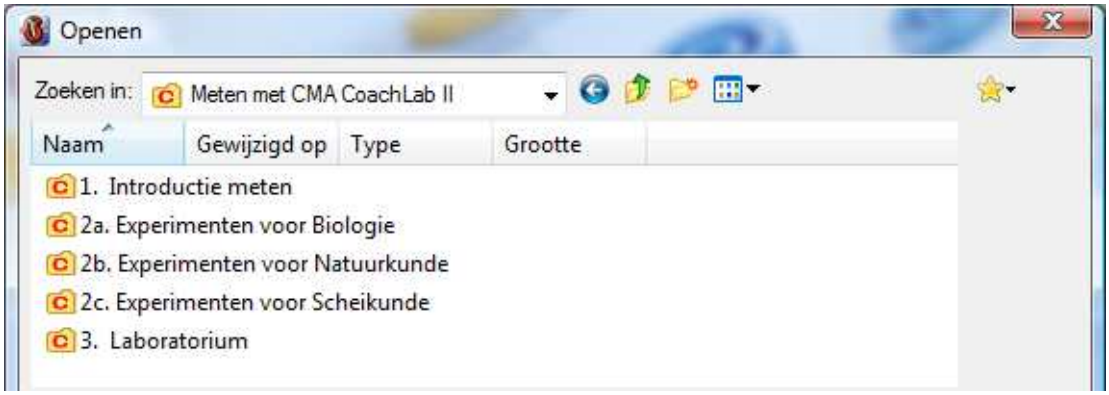
3. Op het openingsscherm verschijnt het volgende venster:



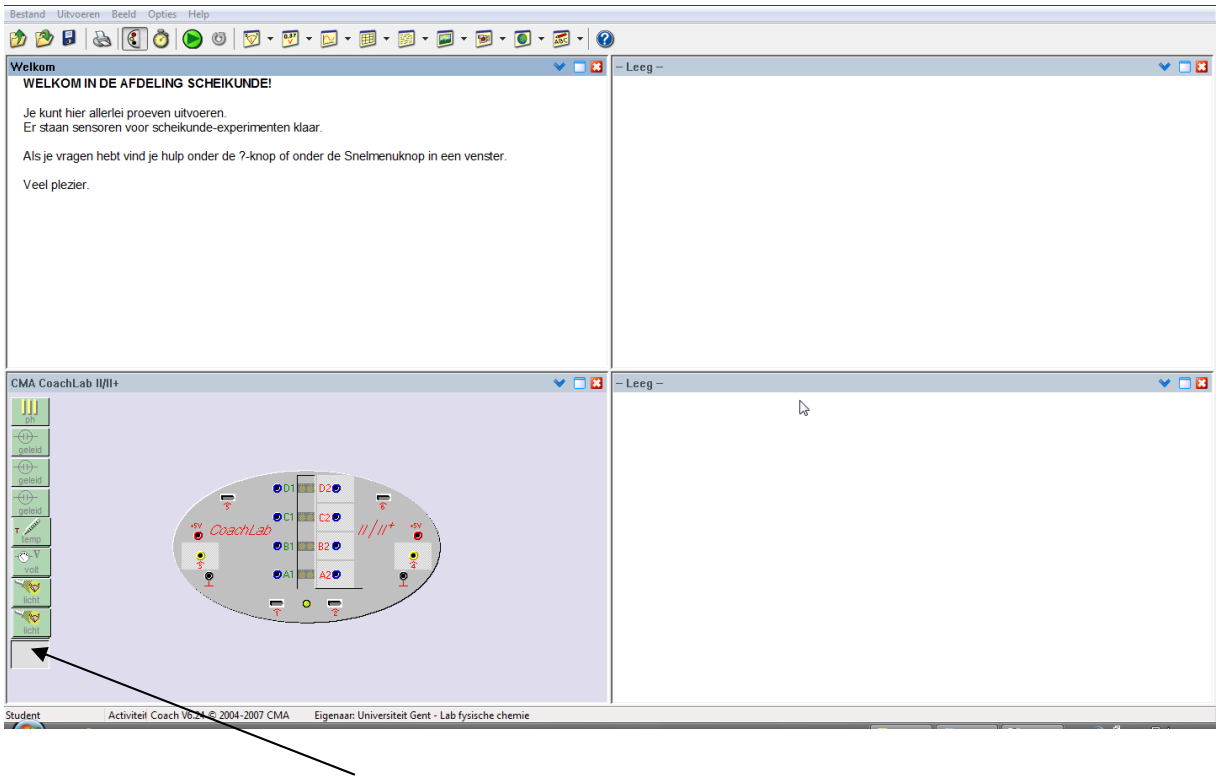
4. Hierin klik je op “Meten” en je krijgt het volgende te zien:



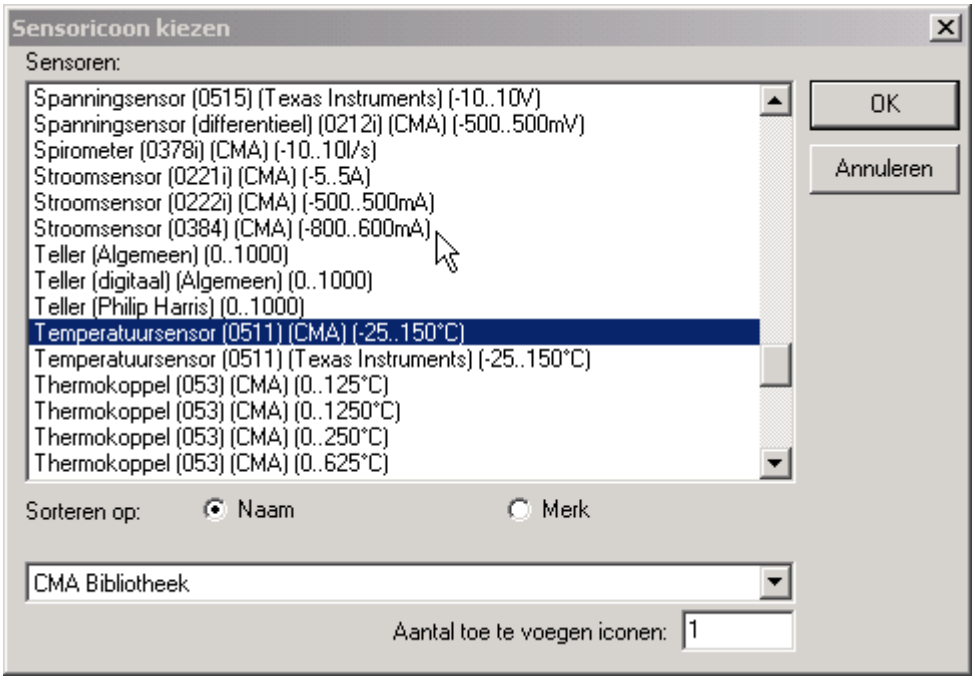
5. Klik vervolgens op “Meten met CMA Coachlab II”.



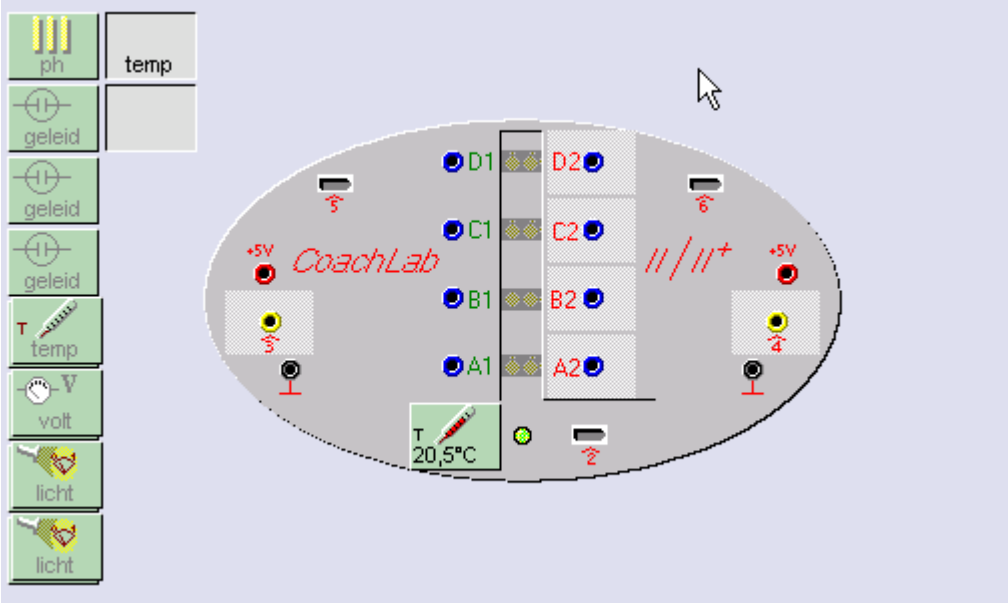
6. Klik op “3. Laboratorium” en vervolgens “afdeling scheikunde “.



Wanneer het temperatuursensoricoon niet in de lijst aanwezig is, ga dan met de cursor op de open plaats staan onderaan de uiterst linkse kolom met de reeks sensoren. Klik met de rechter muisknop. Er verschijnt een verzoek tot het kiezen van een sensor uit de bibliotheek. Hier wordt de “Temperatuursensor 0511” gekozen door te selecteren en op OK te klikken.

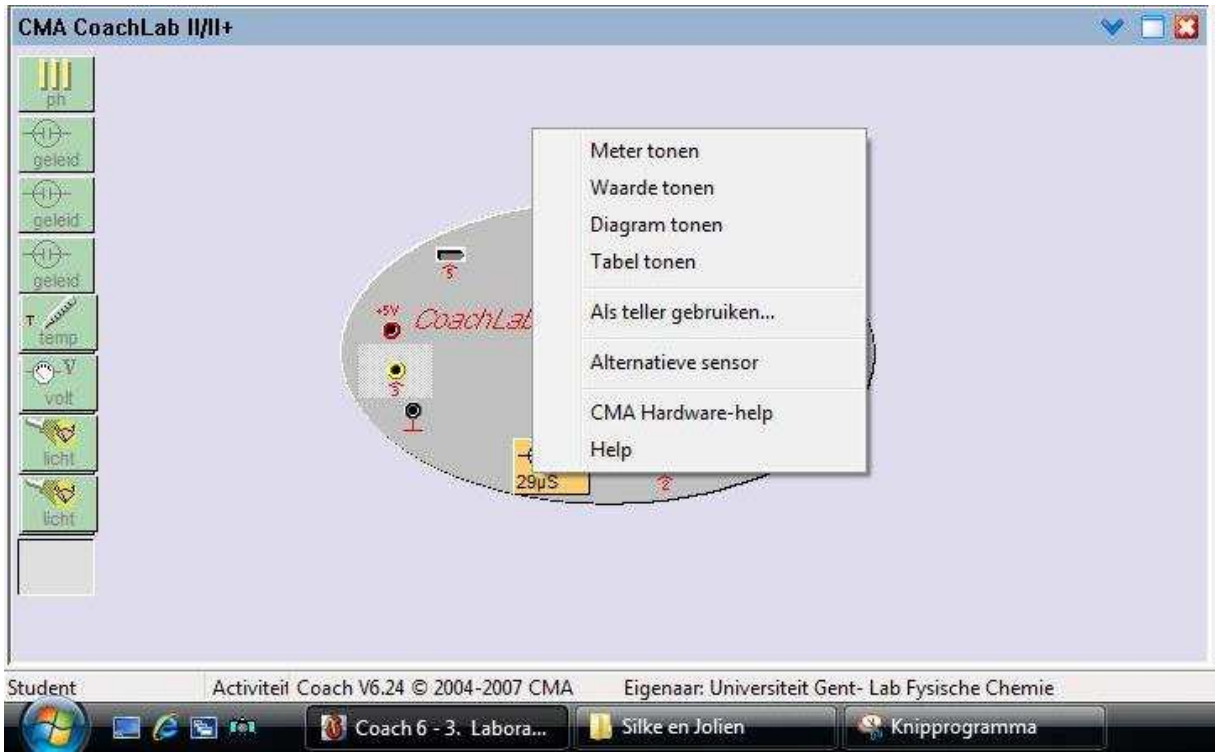


7. Het volgend scherm wordt bekomen:



Moeten relatieve temperaturen gemeten worden dan hoeft er niet geijkt te worden. Anders moet er een ijking gebeuren met water van twee verschillende temperaturen. Het hoeft niet noodzakelijk smeltend ijs te zijn en kokend water.

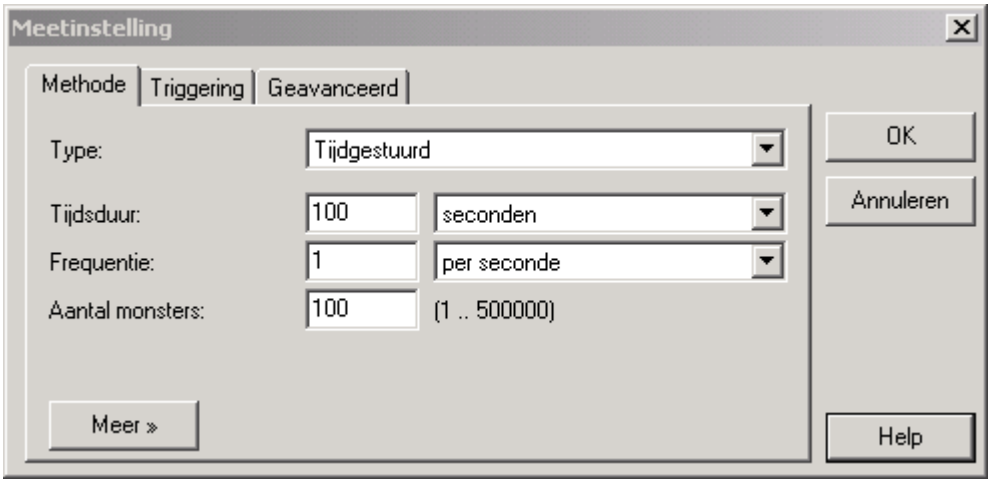
8. De metingen kunnen weergegeven worden in zowel een tabel als in een grafiek. Dit doe je door met de rechter muisknop te klikken op het paneel. Volgend menu verschijnt :



We willen de gemeten waarde tonen en kiezen in het verschijnend menu voor ‘waarde tonen’.

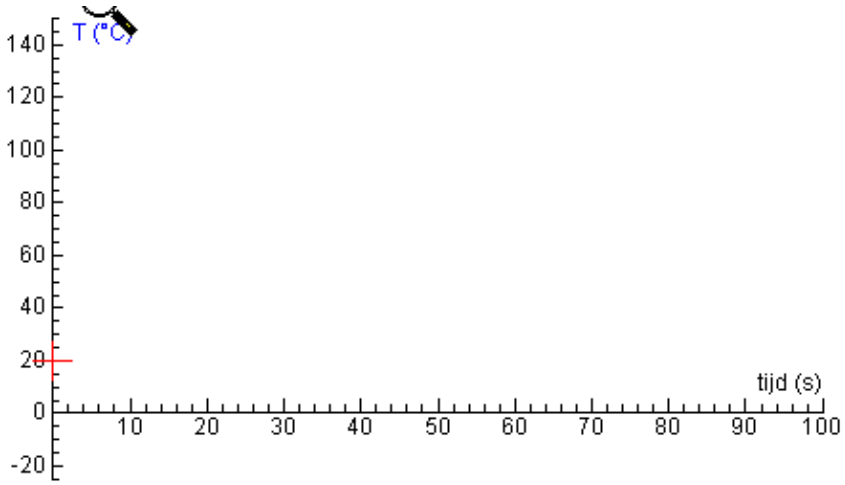
20,5
°C

9. Naast deze waarde kan het zinvol zijn het temperatuurverloop weer te geven in een effectvolle grafiek. Hiervoor ga je naar meetinstelling, door te klikken op de stopwatch in de bovenste menubalk. Je neemt als type “tijdgestuurd” en vult vervolgens de tijd in die de meting zal duren. Steeds één meting per seconde. Je krijgt het volgend scherm:

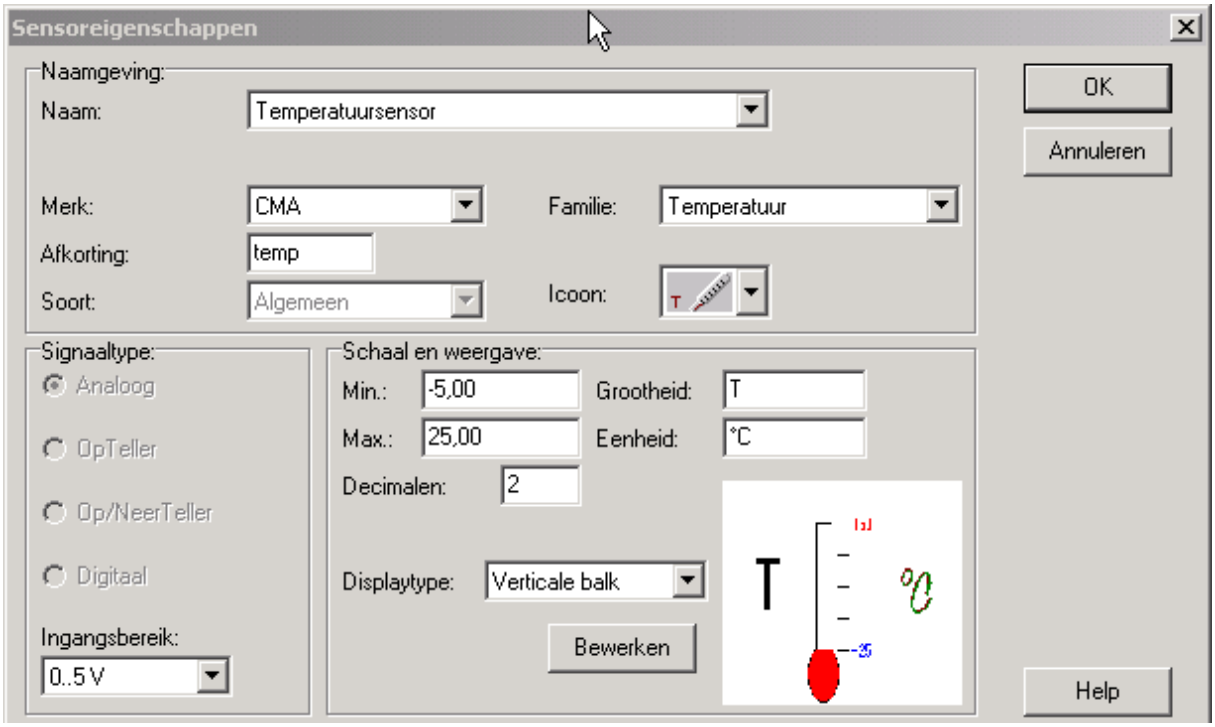


Vervolgens zorgen we voor de grafiek, door op het temperatuuricoontje op het meetpaneel rechts te klikken en in de menu te kiezen voor “Diagram tonen”

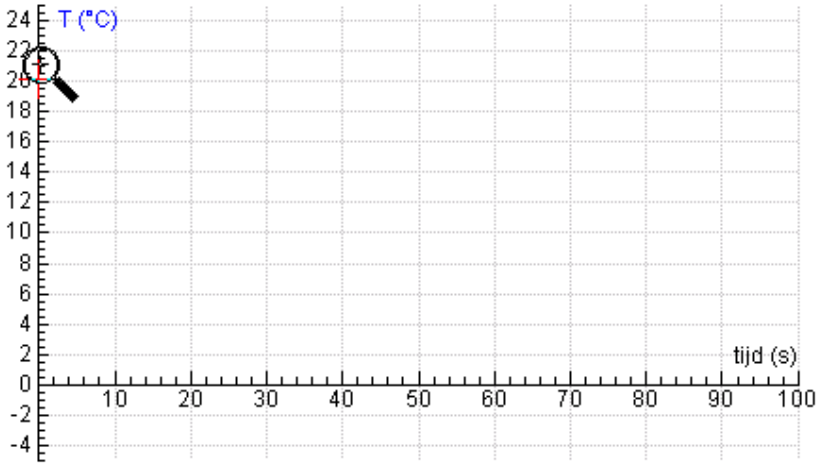
De volgende lege grafiek verschijnt:



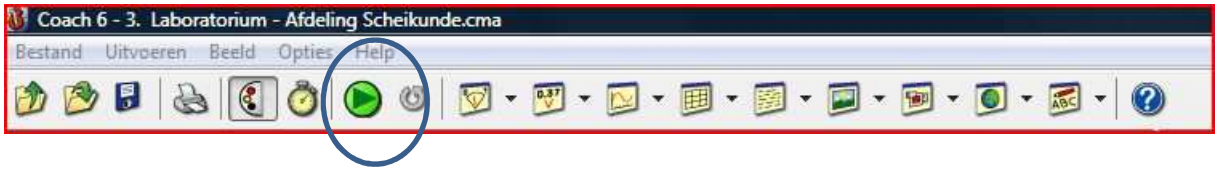
10. De temperatuuras kan worden aangepast door op het temperatuuricoontje op het meetpaneel met de rechtermuisknop te klikken en in het menu te kiezen voor “Bewerken/ijken”.



De volgende aangepaste grafiek verschijnt:



11. De meting wordt gestart door in de menubalk te klikken op het icoontje met de groene pijl.



2.1.2. Demonstratieproef: endotherme reactie tussen NH_4Cl en $Ba(OH)_2$ (2)

Principe

De reactie tussen NH_4Cl en $Ba(OH)_2$ is een endotherme reactie. De temperatuursverandering bij de reactie wordt gemeten met behulp van een temperatuursensor.

Benodigdheden

- NH_4Cl en $Ba(OH)_2$
- beker
- glazen roerstaaf
- temperatuursensor
- Labquest interface (Verniers), iPad

Uitvoering

Bij deze uitvoering maken we gebruik van een temperatuursensor die via een lokaal netwerk en een labquest datalogger verbonden is met een tablet computer. De tablet computer (iPad) is via een apple TV verbonden met de beamer. Voor deze opstelling is het noodzakelijk in het klaslokaal WIFI aanwezig is. Wanneer de leerlingen beschikken over een tablet of een laptop,kunnen ze, indien ze op hetzelfde netwerk zitten, door het invoeren van een code, de resultaten volgen op hun eigen scherm.

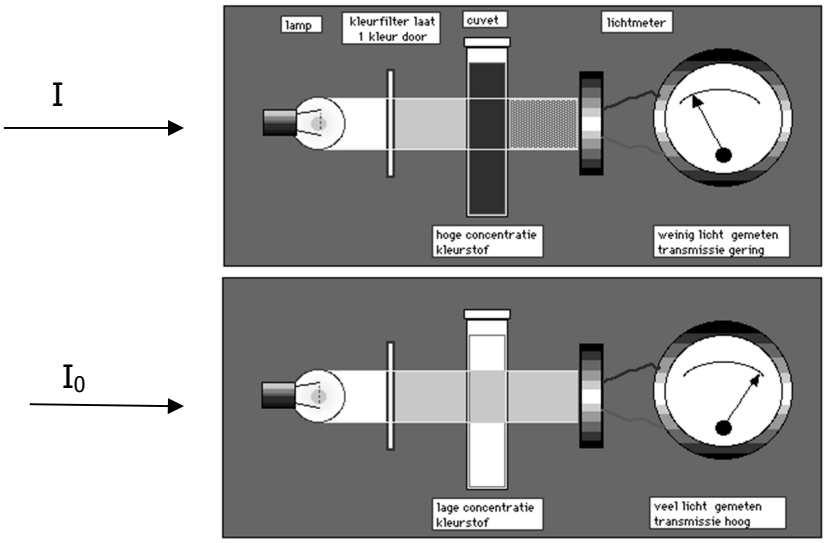
2.1.3. Leerlingenproef: bepaling van het verband tussen de reactiesnelheid en de concentratie

Principe

Bij deze proef wordt nagegaan op welke manier een reactiesnelheid afhangt van de concentratie van een reagens bij een eerste orde reactie. Met behulp van CoachLab wordt de concentratieverandering van een gekleurd reagens in functie van de tijd gevolgd. Aangezien het om een kleurstof gaat, bepalen we de concentratie via colorimetrie (= kleurmeting).

Colorimetrie (absorptiespectrometrie)

Stoffen die een bepaalde kleur hebben, absorberen een bepaalde golflengte van het (zichtbare) licht. Het licht met een welbepaalde golflengte, dat door een stof wordt geabsorbeerd, is karakteristiek voor die stof.



In een spectrofotometer gaat dezelfde hoeveelheid licht door de blanco en door het monster. De intensiteit van het licht dat uit de blanco komt, geef je aan met het symbool I_0. De intensiteit van het licht dat uit het monster komt, geef je aan met I. De extinctie of absorbantie (A) is dan:

$$A = \log \frac{I_0}{I}$$

Om van een onbekende oplossing de concentratie te bepalen moet men het toestel ijken.

Het verband tussen de absorbantie (A) en de concentratie (c) wordt gegeven door de vergelijking van Lambert en Beer:

$$\log \frac{I_0}{I} = A = \varepsilon \cdot c \cdot d$$

- ε extinctiecoëfficiënt
- c concentratie van de oplossing
- d dikte van de absorberende stof (= dikte van de cuvet)

In de gebruikte opstelling (CoachLab) wordt de lichtintensiteit omgezet in een spanning U.

De ontkleuring van fenolftaleïne in een sterk basisch milieu.

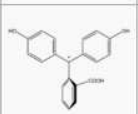
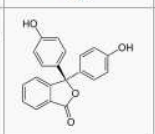
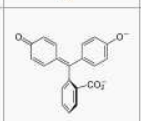
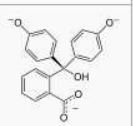
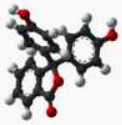
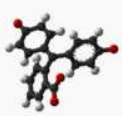
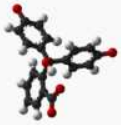
Fenolftaleïne is kleurloos in zuur en neutraal milieu. In basisch milieu kleurt fenolftaleïne roodpaars (magenta) via een zeer snelle reactie, waarvan de reactiesnelheid niet te meten is:

$H_2In_{(aq)} + 2\ OH^-_{(aq)} \rightarrow In^{2-}_{(aq)} + 2\ H_2O_{(vl)}$ (1)

In sterk basisch milieu verdwijnt deze kleur weer:

$In^{2-}_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow In(OH)^{3-}_{(aq)}$ (2)
rood kleurloos

In dit experiment volgen we via CoachLab de snelheid waarmee het fenolftaleïne ontkleurt in functie van de tijd in een sterk basisch midden. Uit de verkregen curve leiden we de orde van de reactie af.

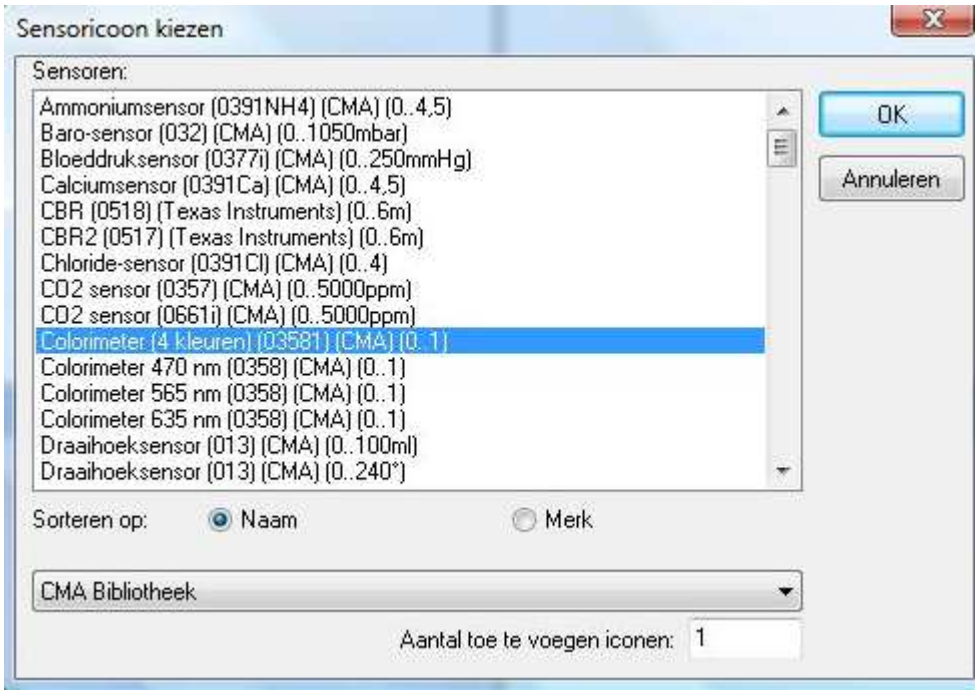
Product	In	H_2In	In^{2-}	$In(OH)^{3-}$
Structuur				
Model				
pH	< 0	0–8.2	8.2–13.0	>13.0
Condities	sterk zuur	zuur tot licht basisch	basisch	sterk basisch
Kleur	oranje	kleurloos	magenta	kleurloos
Afbeelding				

Uitvoering: handleiding Coachlab

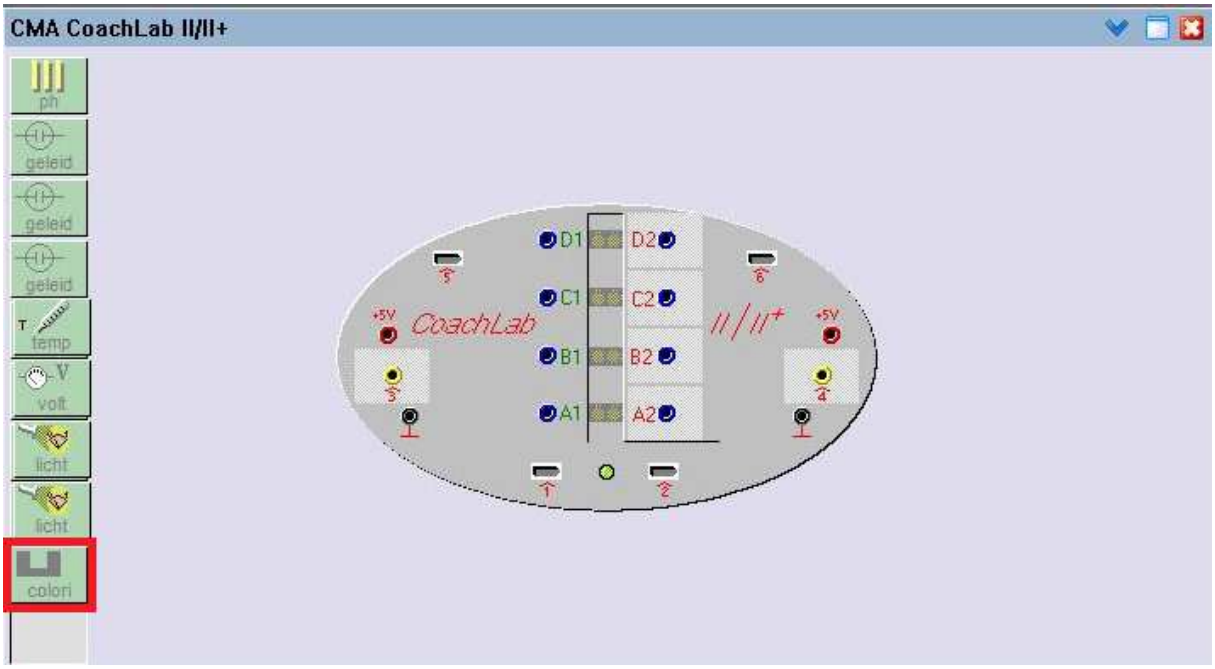
Zie stappen 1 – 6 in 2.1.1.

In dit experiment maken we gebruik van de sensor "**colorimeter (4 kleuren)**".

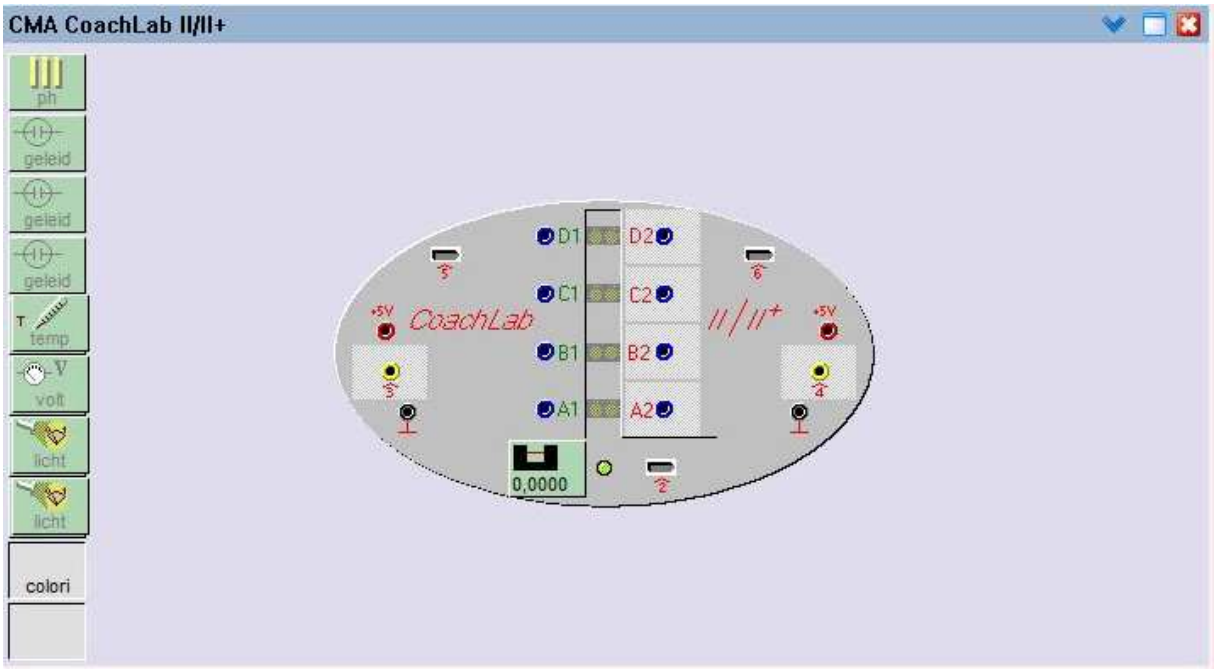
Als de sensor onmiddellijk gevonden wordt dan zal zijn icoontje in de lijst staan. Indien de sensor niet automatisch gevonden wordt, dan moet hij opgehaald worden via de bibliotheek.



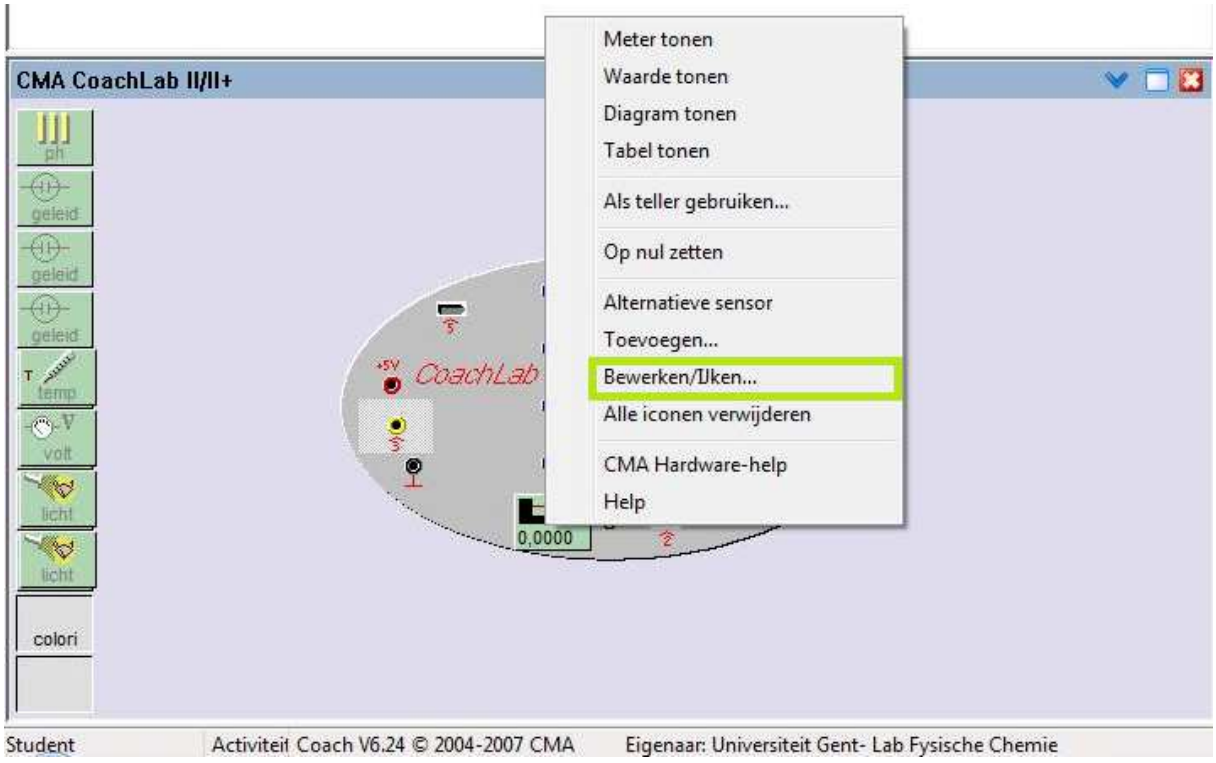
In de kolom met sensoren zal nu een icoontje “Colori” verschijnen.



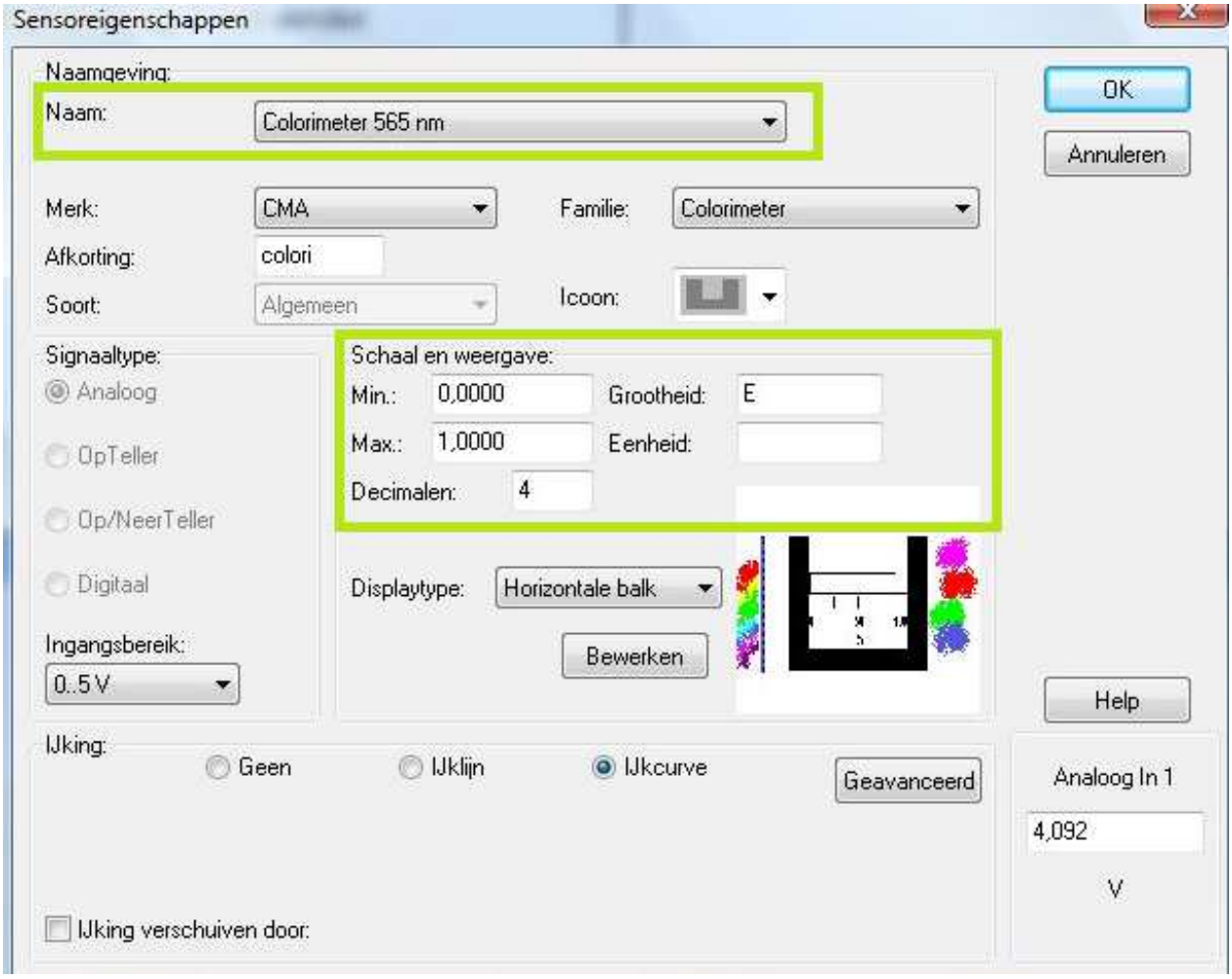
Sleep nu het icoontje “Colori” naar één van de twee ingangen onderaan het paneel.



Ga met de cursor op het icoontje van de colorimeter, op het mengpaneel, staan en klik op de rechter muisknop. Dit levert volgend menu op, waarin je voor de optie “Bewerken/ Ijken” kiest.



We komen in het scherm van sensoreigenschappen. Bij de rubriek “Schaal en weergave” stellen we de minimum en een maximum waarden van E in, evenals de grootheid. Vervolgens kiezen we bij de rubriek “Naam” de gepaste golflente en ook het aantal decimalen waarmee het resultaat moet worden weergegeven. Het venster zal er dan als volgt uitzien:



<u>Zorg er ook voor dat het meettoestel aangepast is wat betreft de golflengte! Dit gebeurt door het op het pijltje naar links of naar rechts te drukken.</u>

Nu moet er geijkt worden. De extinctiewaarden op de y-as moeten gekoppeld worden aan de gemeten spanningen van respectievelijk de blanco en de nog te ontkleuren oplossing. Op dit moment staat in het venster “sensor eigenschappen” de optie “ijkcurve” aan. Dit zal moeten veranderd worden door het bolletje voor “ijklijn” aan te klikken. Dan zal volgend venster verschijnen:

Wanneer er met cuvetten gewerkt wordt moet men volgende regels onthouden en toepassen:

- Was de cuvetten voor gebruik. Wrijf vervolgens de cuvetten schoon en droog langs de buitenkant met een zakdoekje.

- Hou de cuvetten altijd vast aan de bovenkant en aan de geribbelde zijden.
- Spoel altijd de cuvet voor met de oplossing die je gaat gebruiken. De oplossingen mogen ook **nooit** gasbellen bevatten.

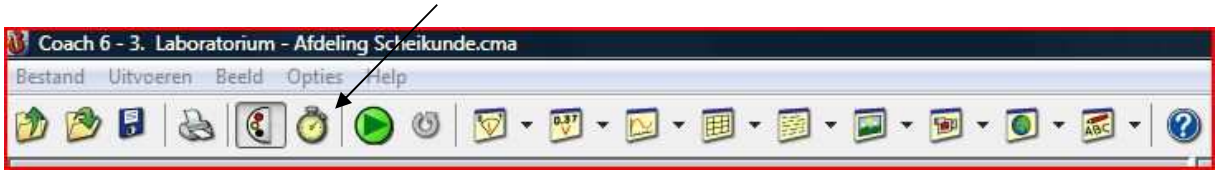
De blanco:

Vul een cuvet voor ¾ met gedestilleerd water, sluit het af en plaats het vervolgens in de colorimeter. Er zullen spanningen gemeten worden wanneer we de met water gevulde cuvet in de colorimeter plaatsen. Deze waarden kunnen we nu invullen in de vakjes naast X0 en Y0.

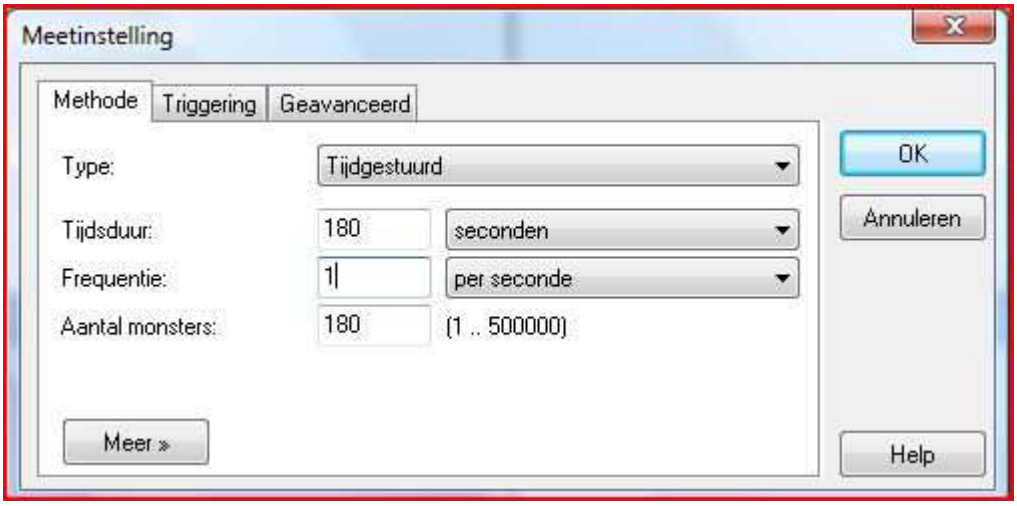
De maximale absorbantie:

Vul, na voorspoelen, een cuvet voor ¾ met de fenolftaleïne oplossing, sluit het af en plaats het vervolgens in de colorimeter. Ook hier zullen er spanningen gemeten worden wanneer de cuvet in de colorimeter geplaatst wordt. Deze waarden kunnen we nu invullen in de vakjes naast X1 en Y1.

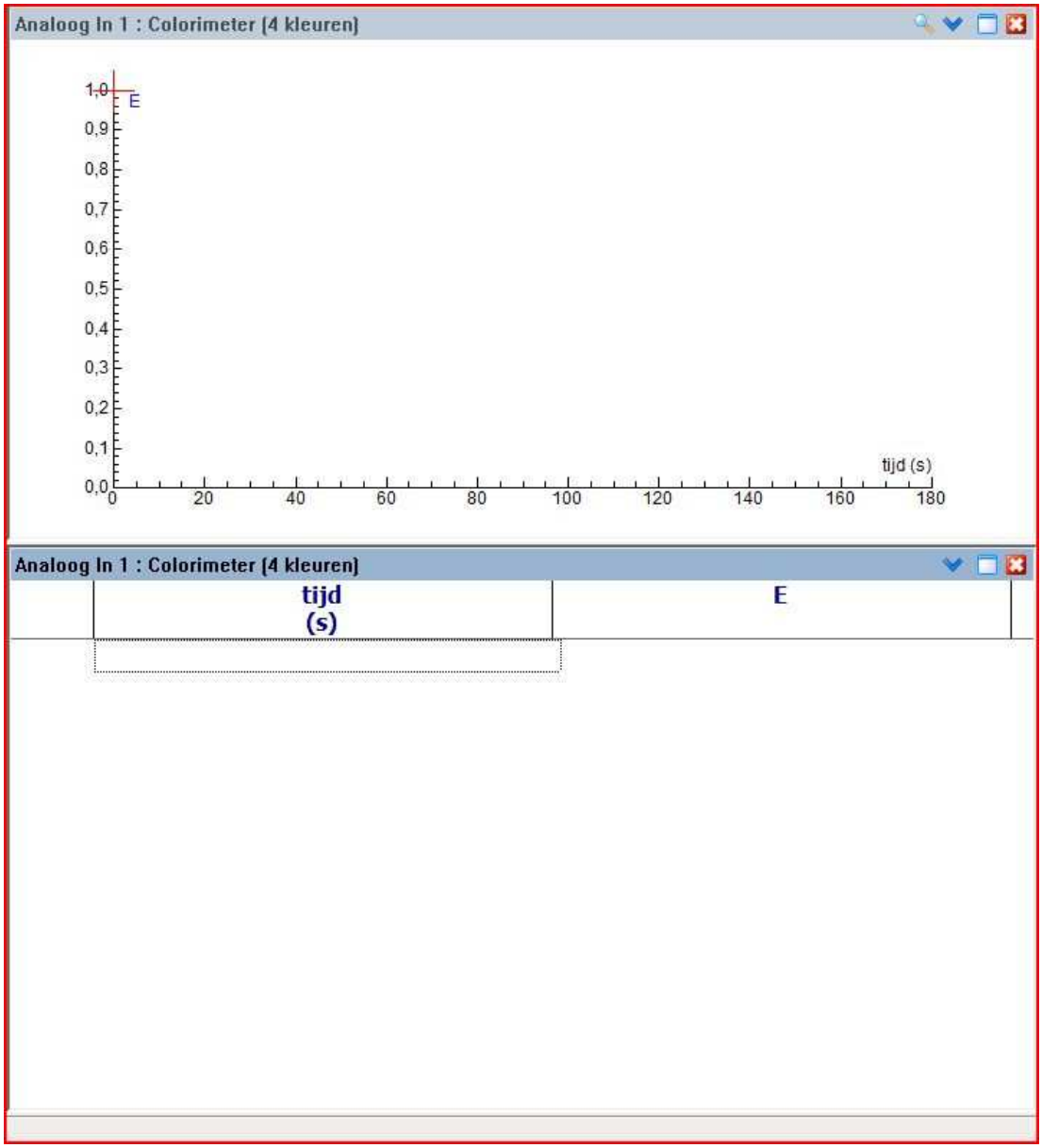
Vervolgens klikken we op de klok in de iconenbalk bovenaan het scherm.



In het scherm dat nu verschijnt duiden we de tijdsduur aan van de ontkleuring van fenolftaleïne en ook de frequentie waarmee er zal gemeten worden. Klik op OK.



Vervolgens klikken we met de rechter muisknop op het icoontje van de colorimeter en kiezen we nu voor de optie “Diagram tonen”. Er zal nu een mini diagram verschijnen dat we naar de lege rechter bovenhoek moeten slepen. De rechter helft van het scherm zal er als volgt uitzien:



Benodigdheden:

- Coachlab opstelling met colorimeter
- erlenmeyer (100 ml)
- maatcilinder 50 ml
- pipet 5 ml met zuigpeer
- 3 cuvetten
- gedestileerd water
- fenoftaleïne oplossing 0,01 mol/L
- NaOH oplossing 2 mol/L

Uitvoering:

In een erlenmeyer van 250 mL voegen we samen:

175 mL water
8 druppels NaOH 2 mol/L
800 µL (0,8 mL) fenolftaleïne 0,01 mol/L

Dit levert een roodpaars gekleurde oplossing (fenolftaleïne) op, want we hebben voor een basisch milieu (NaOH) gezorgd. (**Oplossing 1**)

Nadat de instellingen ingevoerd zijn maken we het reactiemengsel klaar. Daarvoor voegen we in een erlenmeyer samen:

35 mL gekleurde fenolftaleïne-oplossing (**Oplossing 1**),

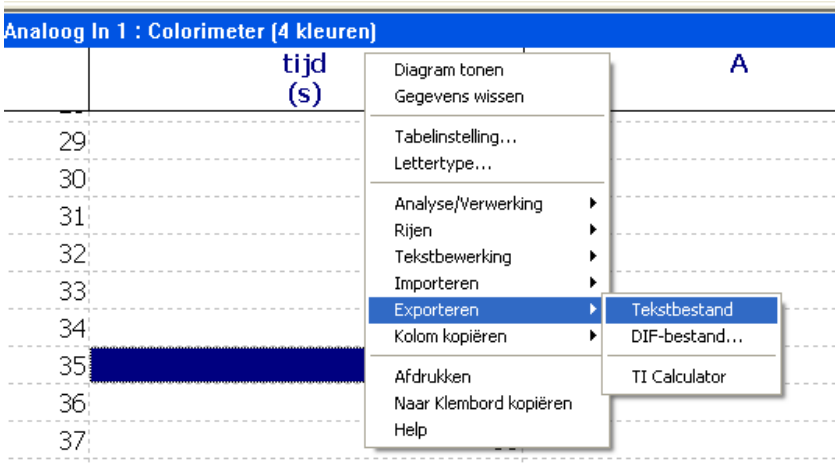
5 mL NaOH-oplossing 2 mol/L.

Dit noemen we het **reactiemengsel**, want door toevoegen van de NaOH-oplossing zorgen we voor een sterk basisch milieu, waardoor de ontkleuring van fenolftaleïne start. Vanaf nu gaan we zo vlug mogelijk tewerk.

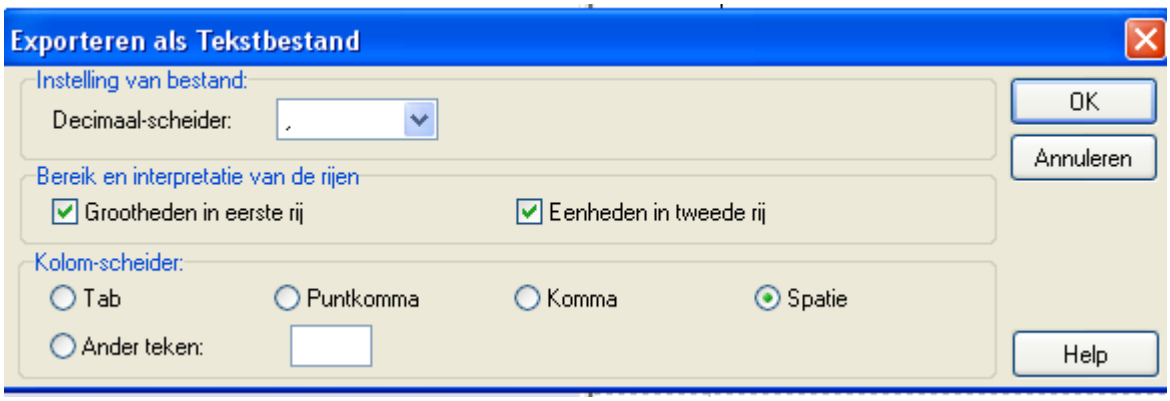
Vul een cuvet met het reactiemengsel, plaats de cuvet in de colorimeter. Start de meting onmiddellijk: op de groene startknop drukken.

Breng na de meting de resultaten over naar excel.

Ga hiervoor naar het venster met de tabel en klik op de rechtermuisknop. Kies: **exporteren-tekstbestand.**



Schrijf bij instellingen van bestand: Decimaal- scheider:”**,** (komma)**”;**
Vink bij kolom-scheiden**:”spatie”** aan**.**



Open op het bureaublad het programma Excel, klik dan linksboven op de Office Button.

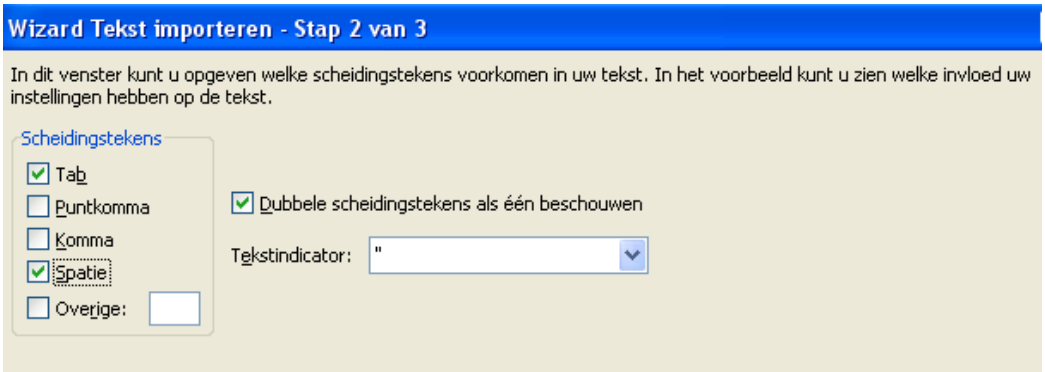
Kies **open**.

Selecteer op het venster onderaan “all Files” om tekstbestanden(txt) te kunnen openen.

Open het tekstbestand.

Er verschijnt een venster, klik op “next”.

In het venster dat nu verschijnt, vink **“Tab”** en **“space”** aan en klik op “next”. Daarna klik op “finish”.



Nu kun je de gegevens bewerken in Excel.
Uit de meetgegevens maken we de 3 grafieken die met de functies van de 0^e, 1^e en 2^e orde overeenkomen.
We zetten hiervoor respectievelijke [A] uit i.f.v. t, ln[A] uit i.f.v. t en 1/[A] uit i.f.v. t.

2.2 Meten met behulp van een grafische rekenmachine

Bij onderstaande proeven maken we gebruik van een grafisch rekenmachine (Texas instruments), dat via een easylink interface gekoppeld is aan de sensor.

Easylink interface

2.2.1. Demonstratieproef : meten van pH van verschillende oplossingen

Principe

De pH van verschillende oplossingen wordt gemeten met behulp van een pH-sensor die via een interface aan een grafische rekenmachine verbonden is.

Benodigdheden

- pH-sensor
- bekers met oplossingen met verschillende pH
- grafisch rekentoestel (Texas instruments)
- Easylink interface

Uitvoering: handleiding Texas Instruments

1. Plug de pH-sensor in de easylink en maak een verbinding met de grafische rekenmachine.
Het EASYDATA programma start automatisch op.

2. De pH kan onmiddellijk worden afgelezen.

2.2.2. Leerlingenexperiment: bepaling van de pK_z van azijnzuur

Principe

Een titratie is een techniek waarbij aan een oplossing van een stof geleidelijk een oplossing van een tweede stof wordt toegevoegd tot de eerste stof volledig is weggereageerd. In deze proef reageert azijnzuur (een zwak zuur) met natriumhydroxide (een sterke base).

De reactievergelijking is :

$$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$$

Wanneer exact evenveel natriumhydroxide werd toegevoegd als er azijnzuur in de eerste oplossing aanwezig was, bevinden we ons op het ***equivalentiepunt (EP)*** van de reactie. Op dit punt is al het azijnzuur weggereageerd met het toegevoegde natriumhydroxide en bestaat de oplossing enkel uit natriumacetaat in water. Rond dit punt is de pH-verandering het sterkst.

Wanneer slechts half zoveel natriumhydroxide wordt toegevoegd als nodig is om het EP te bereiken, is slechts de helft van het azijnzuur omgezet in natriumacetaat. Op dat punt bevindt er zich precies evenveel azijnzuur als natriumacetaat in de oplossing. Een dergelijke oplossing noemt men een ***buffer***. De pH van een azijnzuur-natriumacetaatbuffer is afhankelijk van de zuurconstante K_Z van azijnzuur en de verhouding azijnzuur/acetaat. De volgende vergelijking geldt:

$$pH = pK_Z - \log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COONa]}$$

met pK_Z =-log pK_Z.
Wanneer de concentraties zuur en acetaat exact aan elkaar gelijk zijn, geldt dat de pH op dit punt gelijk is aan de pK_Z.

In dit experiment wordt een volledige titratie uitgevoerd. Er wordt getracht grafisch dit punt te bepalen en er de waarde van pK_Z uit af te leiden.

Benodigdheden

- natriumhydroxide,
- azijnzuur 100%,
- gedestilleerd water,
- balans (0,01 g),
- maatkolf 100 mL, 200 mL
- maatcilinders 10 mL en 100 mL
- buret,
- pipetten 20 mL en 10 mL, pipetpeer,
- beker 100 mL,
- glazen roerstaaf,
- pH sensor,
- grafisch rekentoestel en easy-link

Uitvoering

1. Bereken de massa **NaOH** nodig om 200 mL oplossing te bereiden met een concentratie van 1 mol/L. Bereid deze oplossing.
2. Breng 50 mL gedestilleerd water in een maatkolf van 100 mL. Voeg er 5,7 mL **geconcentreerd azijnzuur** aan toe en leng aan met water tot de ijkstreep. Zo bekom je een azijnzuuroplossing met een concentratie van 1 mol/L. Sluit af met een stukje parafilm en schud de oplossing om te homogeniseren.

3. Spoel je buret voor met de NaOH-oplossing. Vul de voorgespoelde buret met de NaOH-oplossing. Zorg ervoor dat zich onder het kraantje geen luchtbellen bevinden.
4. Spoel de pipetten van 10 en 20 mL voor met de azijnzuuroplossing. Pipetteer exact 30 mL azijnzuuroplossing in een proper bekertje van 100 mL.
5. Spoel de pH -sensor met gedemineraliseerd water.
6. Hang de pH-elektrode in de oplossing zodat het glazen bolletje onderaan contact maakt met de vloeistof. Zorg ervoor dat de elektrode zich aan de zijkant van het bekertje bevindt.
7. Hang de buret in een statief zodat de tip van de buret zich net onder de bovenrand van het bekertje bevindt.
8. Plug de pH-sensor in de easylink en maak een verbinding met de grafische rekenmachine. Het EASYDATA programma start automatisch op.

- Kies SETUP
- Ga naar : EVENTS WITH ENTRY
  Het toestel is nu klaar voor het experiment

9. Meting

- Druk op START
- De pH waarde wordt weergegeven in de rechter bovenhoek, druk KEEP om de meting te bewaren .
- Er verschijnt 'ENTER VALUE' : je tikt " 0 " (komt overeen met nul ml NaOH toegevoegd) gevolgd door OK
- Je voegt 1 ml NaOH toe; roer de oplossing voorzichtig met een glazen staaf. Nadat de pH waarde zich gestabiliseerd heeft, druk terug KEEP.
- Er verschijnt 'ENTER VALUE' : je tikt "1". Dit is je tweede meetwaarde.
- Herhaal de vorige twee stappen telkens en registreer nauwkeurig het aantal ml NaOH oplossing dat toegevoegd werd. Maak gebruik van een tabel (zie verder)
- Dicht bij het equivalentiepunt (tussen 25-35 ml) voeg je NaOH oplossing toe in hoeveelheden van 0,5 ml.
- Ga door tot je in het totaal 40 ml NaOH oplossing hebt toegevoegd.
- Druk STOP om de meting te beëindigen. De grafiek verschijnt op het scherm.

10. Analyse van de meting :

- Ga met de cursor naar het meetpunt waar de pH de grootste sprong maakt (midden van de pH sprong). Dit punt komt overeen met het equivalentiepunt (= neutralisatiepunt) van de titratie.
- Deel de x-waarde van dit punt (= aantal ml NaOH oplossing nodig voor de volledige neutralisatie) door 2.
- Ga met de cursor naar het punt op de pH grafiek dat deze waarde (x/2) het dichtst benadert. De y-waarde van dit punt (de pH op dat ogenblik dus) komt overeen met de pK_z van azijnzuur. Vergelijk je waarde met de waarde die je vindt in een onafhankelijke bron.
- Maak een grafiek van de meetwaarden in de tabel, die kan eventueel in excell en bepaal pKz. Vind je dezelfde waarde als met de rekenmachine?

Tabel voor neutralisatiereactie:

aantal ml NaOH	pH
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	

aantal ml NaOH	pH
25	
25,5	
26	
26,5	
27	
27,5	
28	
28,5	
29	
29,5	
30	
30,5	
31	
31,5	
32	
32,5	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

2.3. Meten met een tablet

In onderstaande proeven wordt gebruik gemaakt van een iPad, via een Airlink 2 (Pasco) gekoppeld aan een sensor. Op de iPad bevindt zich het programma SparkVue.

Bring the full-featured version of SPARKvue to your iPad:

- Get the full advantage of SPARKlabs . . .
- With the full capabilities of SPARKvue . . .
- Plus, wireless sensing with over 70 PASPORT sensors

SPARKvue HD includes 61 free SPARKlab interactive learning activities that integrate rich content with live data collection and analysis

And SPARKvue HD offers the full suite of display and analytical tools, all within an integrated learning environment, including reflection prompts, journaling, and more.

Download the iPad App

Download the Android App

sparkvue HD

Available on the App Store

ANDROID APP ON Google play

2.3.1. Demonstratieproef: verdunningswet van Ostwald.

Principe

Wanneer een zwak elektrolyt wordt opgelost in water zal de geleidbaarheid van de oplossing toenemen naarmate deze meer verdund wordt. In dit experiment wordt de geleidbaarheid gemeten tijdens het verdunnen van de oplossing.

Benodigdheden

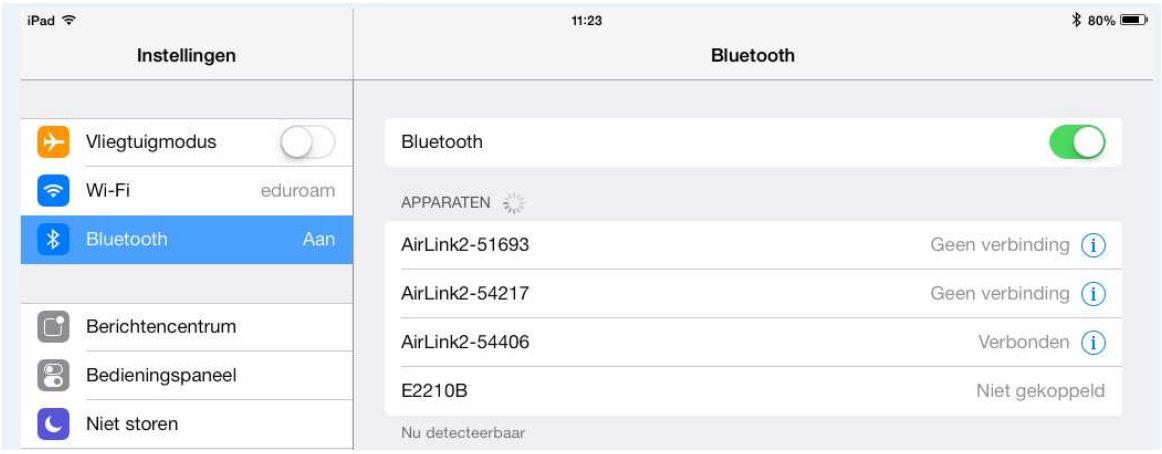
- buret gevuld met gedestilleerd water
- 30 ml ijsazijn in een maatbeker 150 ml
- magnetische roerder en roervlo
- IPad, Airlink 2; geleidbaarheidssensor

Uitvoering

1. Maak de verbinding tussen de sensor en de interface.

2. Steek de Airlink aan, als deze voldoende opgeladen is brandt een groen licht. Bij knipperlicht moet de airlink eerst opgeladen worden (gebeurt via de computer)

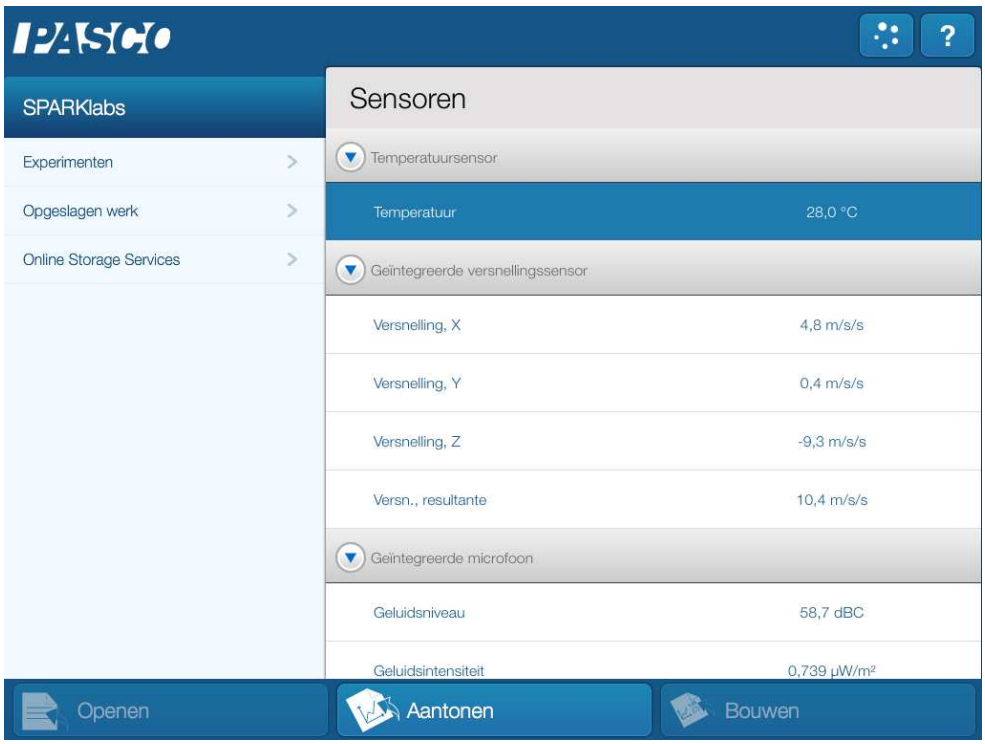
3. Op de iPad maak je via “instellingen” en Bluetooth, de verbinding met de interface



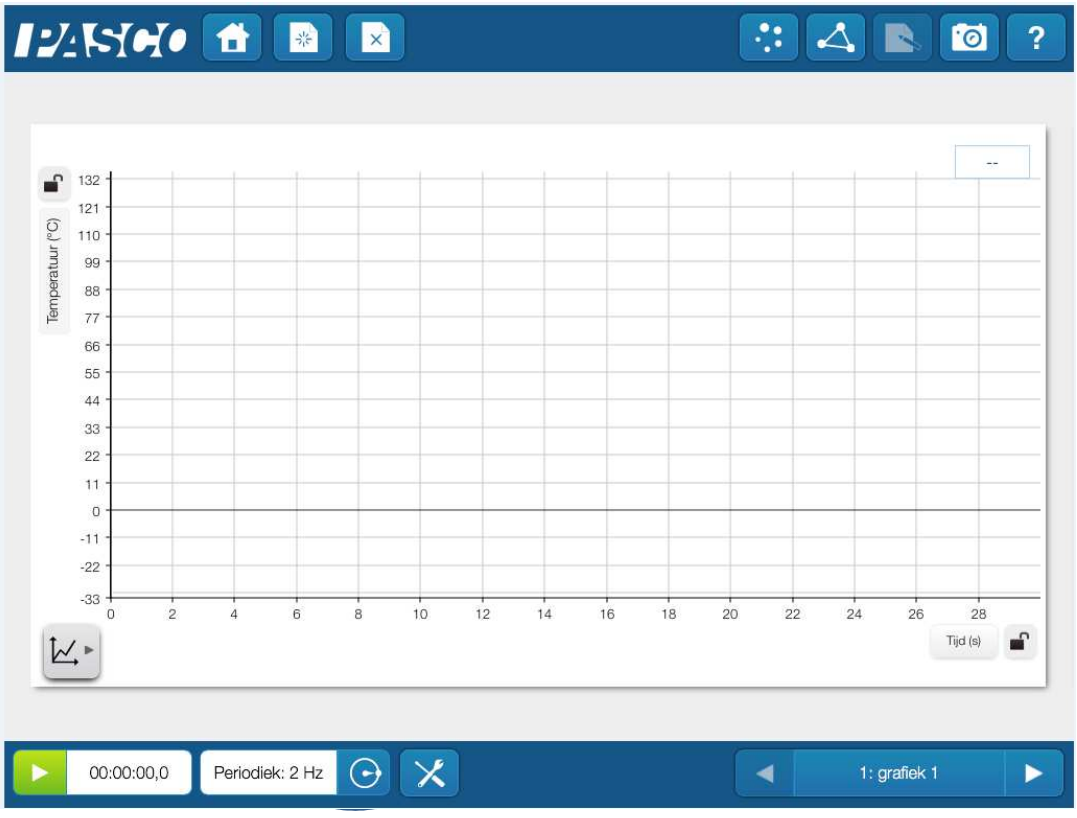
4. Open het programma “Sparkvue” . de sensor wordt onmiddellijk herkend. Klik deze aan. (op de figuur hieronder staat de temperatuursensor weergegeven, maar het principe is hetzelfde)

Plaats de beker met ijsazijn op de magnetische roerder en onder de buret. Breng de geleidbaarheids-sensor in het ijsazijn. Voeg water toe tot de sensor volledig is ondergedompeld.

Klik op het scherm van de iPad op de sensor en vervolgens op “aantonen” in de balk onderaan.

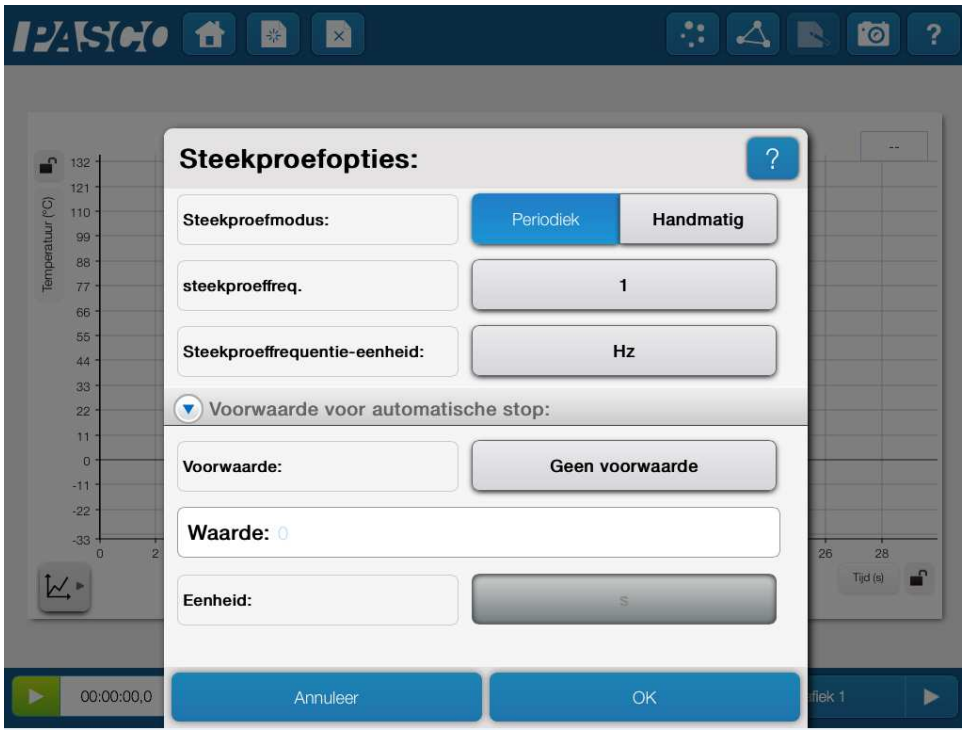


Je krijgt een grafiek waarin het geleidingsvermogen in functie van de tijd kan worden geregistreerd.



5. Met de knop experimenthulpmiddelen kunnen de instellingen worden geregeld. Voor dit experiment meten we het geleidingsvermogen in functie van de tijd, instellingen wijzigen is niet nodig.

6. De knop "periodiek" laat toe het aantal metingen per tijdseenheid in te stellen. Bij steekproeffrequentie 2 en steekproeffrequentie-eenheid Hz wordt per seconde 2 metingen verricht. Zowel steekproeffrequentie als steekrproeffrequentie-eenheid kunnen worden aangepast.



Laat het water nu regelmatig druppelen uit de buret en start de meting. De meting start door op het icoon met de groene pijl links onderaan te drukken.

2.3.2. Leerlingenproef: verdamping en intermoleculaire krachten

Principe en doelstelling

Verdamping is een endotherm proces, wat resulteert in een daling van de omgevingstemperatuur. De grootte van de temperatuursdaling is, zoals de viscositeit en het kookpunt, afhankelijk van de intermoleculaire aantrekkingskrachten tussen de moleculen en van de afmetingen van de moleculen. De snelheid van verdamping kan achterhaald worden via temperatuursmetingen i.f.v. tijd, doordat vloeistoffen die sneller verdampen de omgevingstemperatuur sneller en meer doen afnemen.

Om de temperatuur te meten maakt men gebruik van een iPad met Pasco temperatuursensor. Men gebruikt vier verschillende soorten organische stoffen, namelijk alkanen, alcoholen, ketonen en carbonzuren.

- De alkanen zijn n-pentaan en n-hexaan.

- De alcoholen zijn ethanol en 1-butanol.
- Het keton is aceton (propanon).
- Het carbonzuur is methaanzuur (mierenzuur).

Tijdens het experiment bestuderen we de temperatuursverandering veroorzaakt door de verdamping van de verschillende vloeistoffen en zullen we de temperatuursveranderingen in verband brengen met de sterkte van de intermoleculaire aantrekkingskrachten en de grootte van de moleculen.

De snelheid van verdamping kan achterhaald worden via de grafieken, doordat vloeistoffen die sneller verdampen de omgevingstemperatuur sneller en meer doen afnemen.

Nadien zoekt men het verband tussen de verdampingssnelheid en de aard van de stof.

Benodigdheden

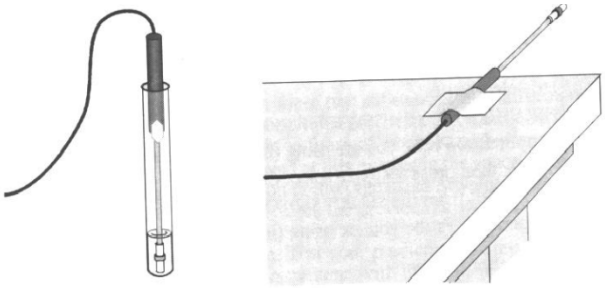
- plakband
- schaar
- lat (30 cm)
- iPad en temperatuursensor
- organische vloeistoffen

Uitvoering

Voor aansluiten, instellen van tablet en sensor zie hierboven (2.3.1).

OPGELET ! De vloeistoffen in dit experiment zijn schadelijk en brandbaar! Vermijd inademing van de dampen. Laat de vloeistoffen geen contact maken met je huid of kledij! Zorg dat er geen open vuur in de buurt is.

Rond het uiterste van de temperatuursensor wordt een stukje absorptiepapier (3 cm op 10 cm) gewikkeld, dat bovenaan vastgemaakt wordt met plakband. Zorg ervoor dat het **verdampings-oppervlak gelijk gehouden wordt** door een even groot filtreerpapiertje te gebruiken bij elke temperatuursmeting i.f.v. de tijd. Ga nauwkeurig te werk met lat en schaar!



Dompel de temperatuursensor in de eerste vloeistof. Druk na ongeveer 10 seconden op de groene start-knop. De meting begint en de grafiek wordt getekend.

Laat de temperatuursensor nog ongeveer 2 seconden in de vloeistof en haal hem er dan uit. Leg de temperatuursensor horizontaal op de labotafel zodanig dat de tip van de temperatuursensor uitsteekt t.o.v. de labotafel (zie figuur). Gebruik eventueel een stukje plakband om de temperatuursensor vast te leggen op de labotafel.

Stop de meting wanneer je ziet dat de temperatuur niet verder afneemt.

Verwerking en analyse van de resultaten

- Noteer in onderstaande tabel de naam, structuurformule en molecuulmassa van deze alkanen. Duid ook aan welke intermoleculaire krachten werkzaam zijn.

Naam alkaan	**Structuurformule**	**Molecuulmassa (g mol^{-1})**	**Intermoleculaire krachten**
			O Dipool-dipool O London dispersie O Waterstofbrug
			O Dipool-dipool O London dispersie O Waterstofbrug

Welke stof is het meest vluchtig (verdampt het snelst)? ……..

Welke stof heeft het laagste kookpunt? ……..

Geef een verklaring voor het verschil in kookpunt; wees volledig en gebruik de gegevens uit de bovenstaande tabel:

- Noteer in onderstaande tabel de naam, structuurformule en molecuulmassa van de twee alcoholen en het keton. Duid ook aan welke intermoleculaire krachten werkzaam zijn.

Naam alcohol/keton	**Structuurformule**	**Molecuulmassa (g mol^{-1})**	**Intermoleculaire krachten**
			O Dipool-dipool O London dispersie O Waterstofbrug
			O Dipool-dipool O London dispersie O Waterstofbrug
			O Dipool-dipool O London dispersie O Waterstofbrug

Rangschik de stoffen volgens dalende vluchtigheid:

Meest vluchtig *minst vluchtig*

…… > …… > ……

Rangschik de stoffen volgens stijgend kookpunt:

Laagst *hoogst*

…… < …… < ……

Verklaar het verschil in kookpunt voor ethanol en 1-butanol (wees volledig en gebruik de gegevens uit de bovenstaande tabel):

Verklaar het verschil in kookpunt voor ethanol en aceton (wees volledig en gebruik de gegevens uit de bovenstaande tabel):

Waarom is het minder relevant om het kookpunt van aceton te vergelijken met dat van 1-butanol?

- Noteer in onderstaande tabel de naam, structuurformule en molecuulmassa van ethanol en mierenzuur. Duid ook aan welke intermoleculaire krachten werkzaam zijn.

naam	**Structuurformule**	**Molecuulmassa (g mol^{-1})**	**Intermoleculaire krachten**
			O Dipool-dipool O London dispersie O Waterstofbrug
			O Dipool-dipool O London dispersie O Waterstofbrug

Welke stof is het meest vluchtig (verdampt het snelst)? …….

Welke stof heeft het laagste kookpunt? …….

Geef hiervoor een verklaring (voor het verschil in kookpunt; wees zeker volledig en gebruik de gegevens uit de bovenstaande tabel):

- Je vult onderstaande tabel in. Je vult voor elke stof de molmassa in en je geeft voor elke stof de maximale temperatuursverandering (verschil tussen begin- en minimumtemperatuur.

	M(g/mol)	ΔT(°C) Alkanen	ΔT(°C) Alcoholen	ΔT(°C) Keton	ΔT(°C) Carbonzuur
N-pentaan					
N-hexaan					
Ethanol					
1-butanol					
Aceton					
Mierenzuur					

Rangschik de 4 stofklassen volgens dalend kookpunt:

…… >…….. > …….. > ……..

Appendix A:

Richtlijnen bij experimenten

1. Het **experiment** dient indien enigszins mogelijk **uitgevoerd** te worden. Men mag zich niet beperken tot een tekening, tonen van de apparatuur, diaprojectie, filmpje enz. Uitspraken als "dit zou gebeuren indien we zouden..." moeten zoveel mogelijk vermeden worden. Vooral tijdens de eerste jaren moet duidelijk getoond worden dat de chemie een experimentele wetenschap is.

2. De proef **moet slagen**. In de chemie is deze vereiste soms moeilijker te verwezenlijken dan in de fysica of de biologie omdat het slagen niet alleen afhankelijk is van de apparaten maar ook van de handigheid, de ervaring en natuurlijk de voorbereiding. Men dient het *experiment* dus *bij voorbaat volledig uit te testen*. Een zeer eenvoudige reactie verloopt niet automatisch succesvol (Vb. Zn + H_2SO_4 met verdund zuur). Proeven die regelmatig mislukken, worden vervangen door andere succesvolle experimenten.

3. **Alle** materiaal, chemicaliën en **benodigdheden dienen klaar gesteld** voor demonstratie- en voor leerlingenproef.

4. Het **materiaal** dient **gereinigd** en **in goede staat** te zijn opdat de proef zou lukken en bij de leerlingen een goede indruk zou gelaten worden.

5. De keuze van de proef is bijzonder belangrijk. Ze dient eenduidig te zijn en illustreren of resulteren in datgene wat wordt gezocht of dient bewezen. Ze mag niet uitsluitend tot doel hebben de les op te vrolijken (clown spelen, spektakel maken). **Proeven sluiten** dus **aan bij de leerstof**.

6. Dikwijls is een **lichte uitleg** vereist voor de start van de proef (waarom, reagentia, apparatuur). De volledigheid hiervan hangt af van de basismethodologie, empirisch of axiomatisch.

7. Tijdens het experiment moeten de leerlingen waarnemen. Daartoe dient hun aandacht op het essentiële getrokken. Via het **stellen van vragen** tijdens de uitvoering van de experimenten vestigt men de aandacht op de hoofdzaken.

8. Het **resultaat dient afgewacht** bij demonstratieproeven. Niet bij voorbaat meedelen "Nu gaat u zien dat ..."

9. **Tref de nodige veiligheidsmaatregelen**. Informeer bij de directie over de verzekeringspolis, betreffende stoffelijke en lichamelijke schade. Ook de leerlingen moeten zich bewust zijn van eventuele gevaren (vuur, zuren, vluchtige stoffen). Proeven die gevaarlijk zijn (vb. brandgevaar, explosiegevaar), worden nooit in overweging genomen om te worden uitgevoerd noch door de leerkracht noch door de leerlingen.

10. **De nodige tijd dient uitgetrokken** opdat het experiment rustig kan uitgevoerd worden en de vereiste besluiten eruit kunnen getrokken worden en zo nodig genoteerd worden. De experimenten worden niet in een ijltempo voor het beëindigen van het lesuur afgewerkt.

Appendix B:

Redoxtitratie: titratie van Mohrs zout met kaliumpermanganaat

A. Principe

De volgende reactie wordt uitgevoerd:

$5\ Fe^{2+} + 1\ MnO_4^- + 8\ H_3O^+ \rightarrow 5\ Fe^{3+} + 1\ Mn^{2+} + 12\ H_2O$

Bij een welbepaalde hoeveelheid mohrs zout-oplossing met onbekende concentratie wordt vanuit een buret kaliumpermanganaat oplossing met gekende concentratie gevoegd. Bij iedere toegevoegde druppel kaliumpermanganaat-oplossing gebeurt een meting van de spanning.

De reactie is vrijwel aflopend. ($K = 10^{62}$)

Vóór het equivalentiepunt zal de redoxpotentiaal bepaald worden door het redoxkoppel Fe^{3+}/Fe^{2+}.

De toegevoegde oxidatordeeltjes MnO_4^- reageren volledig weg.

Bij het toevoegen van de oxidator MnO_4^- stijgt de redoxpotentiaal volgens (pH ≈ 0) :

$$E_1 = E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} + \frac{0{,}059}{1}\log\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} \quad \text{of} \quad E_1 = 0{,}77\ V + \frac{0{,}059}{1}\log\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$

Bij het equivalentiepunt wordt de redoxpotentiaal gevonden volgens:

$$E_E = \frac{5.E^0_{MnO_4^-/Mn^{2+}} + 1.E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}}{(1+5)} = \frac{(5\ .\ 1{,}52\ V\ +\ 0{,}77\ V)}{6} = 1{,}39\ V$$

Na het equivalentiepunt wordt de redoxpotentiaal bepaald door het redoxkoppel MnO_4^- / Mn^{2+}:

$$E_1 = E^0_{Mn^{2+}/MnO_4^-} + \frac{0{,}059}{5}\log\frac{[MnO_4^-]}{[Mn^{2+}]} \quad \text{of} \quad E_1 = 1{,}52\ V + \frac{0{,}059}{5}\log\frac{[MnO_4^-]}{[Mn^{2+}]}$$

B. Werkwijze

Maak de oplossingen als volgt:

In een beker van 200 ml pipeteren we 10 ml Mohrs zout-oplossing. We vullen aan met 0,5 mol/l H_2SO_4-oplossing en 1 ml geconcentreerde H_3PO_4 -oplossing. We zorgen ervoor dat de elektroden voldoende ondergedompeld zijn.

De Mohrs zout-oplossing heeft een concentratie van 0,1 mol/l. Om die te bereiden wegen we de gepaste hoeveelheid zout ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6\ H_2O$) af en lossen het op in 0,5 mol/l H_2SO_4-oplossing om oxidatie te voorkomen.

In de buret (50 ml) doen we 0,02 mol/l $KMnO_4$-oplossing.

De referentie-elektrode kan als volgt geconstrueerd worden. Neem een glazen buis met frit (of een zelfgetrokken pipet met in de top agar-agar), vul deze voor ¾ met $CuSO_4$-oplossing 1mol/l. Neem een

passende rubberstop met opening en monteer een stuk koperdraad of een koperelektrode in de rubberstop.

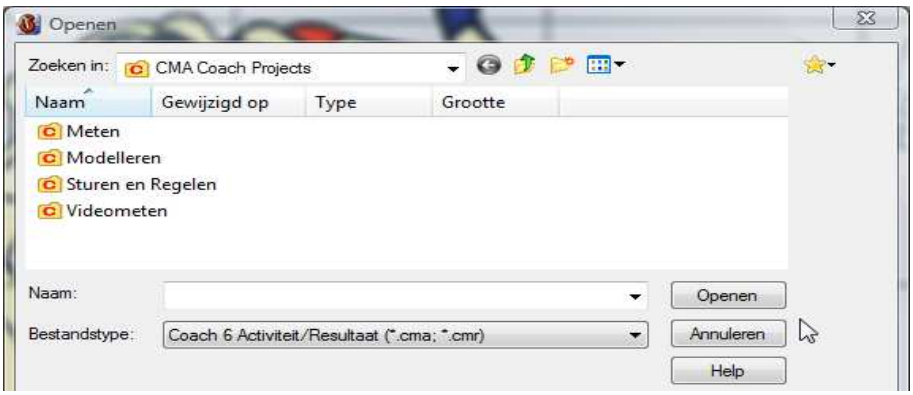
We sluiten de elektroden aan op de halfcellen.

Sluit de spanningssensor aan op het CoachLab apparaat.

C. CoachLab handleiding.

1. Start het programma.

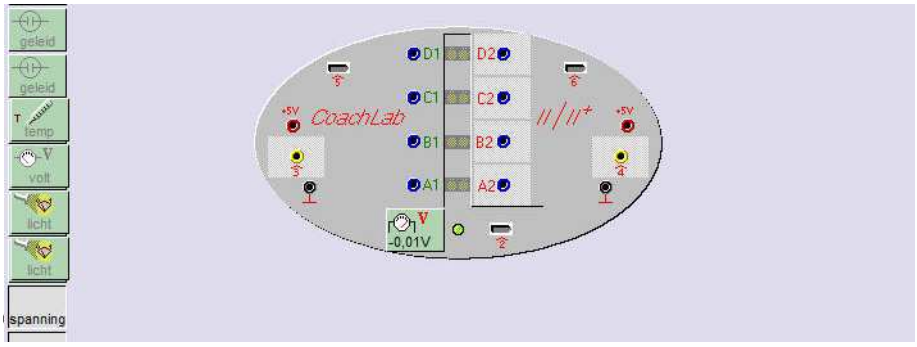
2.In het openingsscherm klik je op openen, dan verschijnt het volgende venster:



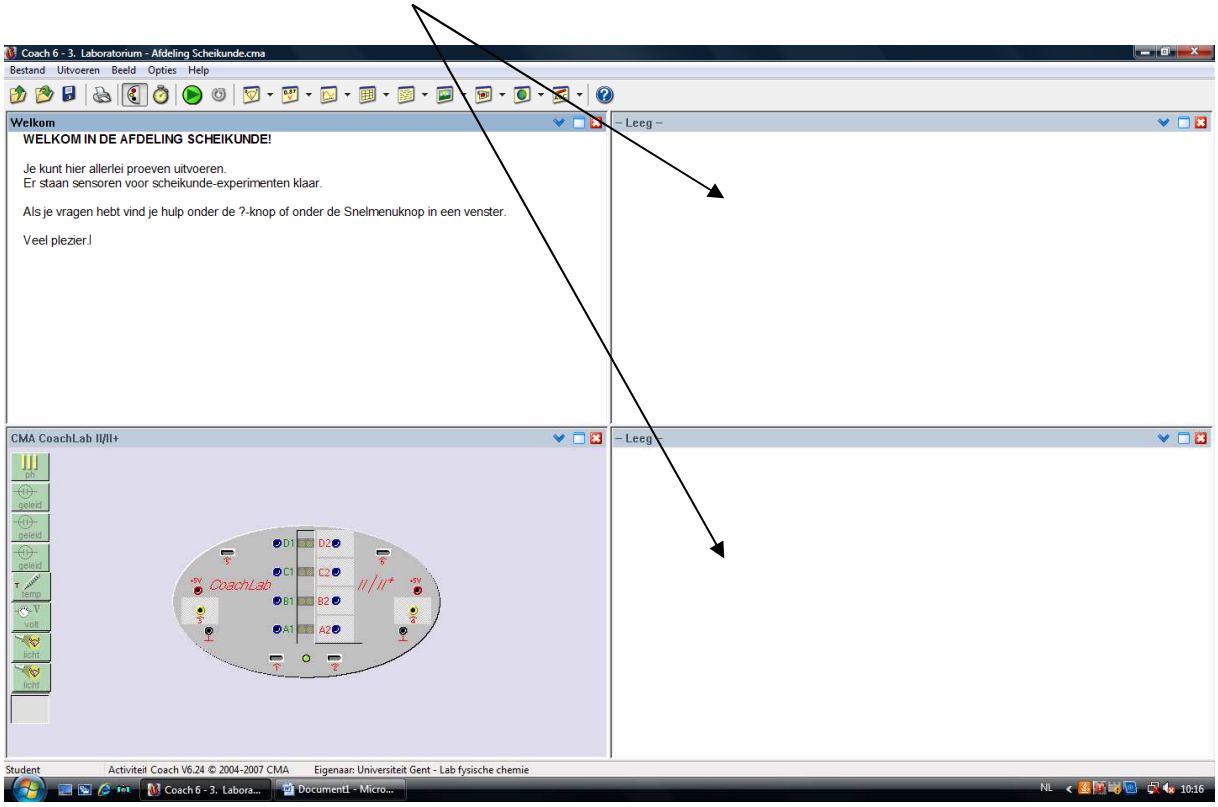
3. Kies voor ‘Meten’ en daarna voor ‘Meten met CoachLab’. Dan klik je op ‘Laboratorium’ en op ‘Afdeling Scheikunde’. Open dit.

4. Sluit de sensor aan, deze wordt automatisch gedetecteerd. Je kan ook specifiek een sensor selecteren door deze op te zoeken in de bibliotheek. Dit doe je door te klikken met de rechter muisknop op een icoontje uit de uiterst linkse kolom waarin de verschillende sensoren staan. Er verschijnt een verzoek tot het kiezen van een sensor uit de bibliotheek. Hier wordt de “spanningsensor 0210i” gekozen door te selecteren en op OK te klikken.

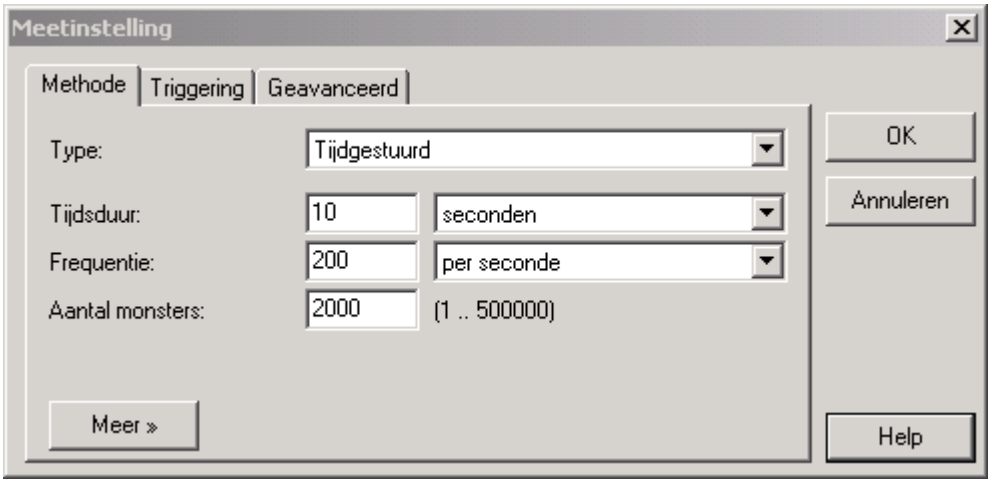
5. Je sleept het sensoricoontje van de spanning naar de CoachLab afbeelding.



6. Voor een goede en duidelijke visualisering van de resultaten maken we een tabel (de metingen) en een grafiek (spanning in functie van de tijd). Doe dit door rechts te klikken op het icoontje van spanning en dan de gewenste optie te kiezen. Vervolgens klik je in een leeg veld, hier zal de desbetreffende figuur verschijnen.



7. In dit experiment wordt een meting uitgevoerd waarbij in functie van de tijd (toegevoegde hoeveelheid kaliumpermanganaatoplossing) de spanning wordt gemeten. Het aantal metingen per tijdseenheid en de totale tijd worden ingesteld. Hiervoor klikken we op het stopwatch icoontje in de menubalk bovenaan. Het volgend venster verschijnt.

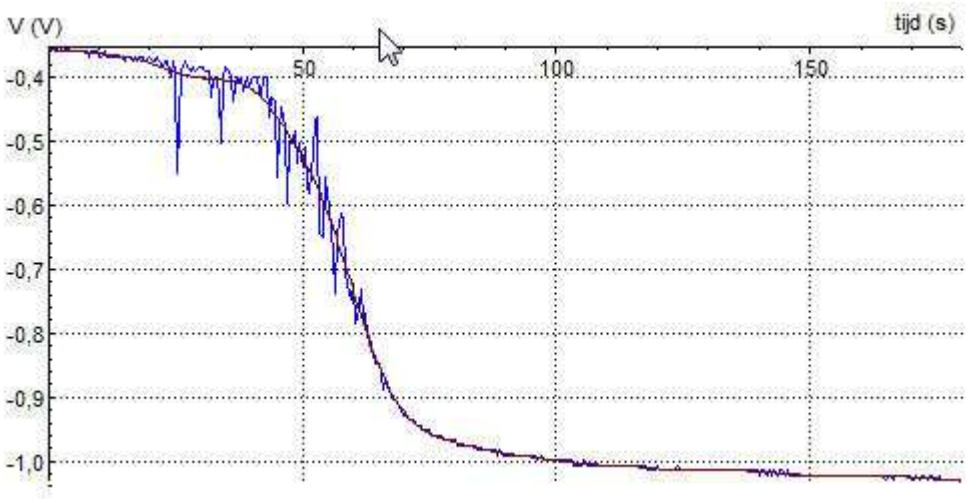


Er is gekozen voor een totale tijdsduur van 180 seconden, met een interval van 2 metingen per seconde gekozen.

8. De meting wordt gestart door op het groene pijltje te drukken.

D. Meetresultaten

De bekomen grafiek, met erdoor de best passende curve getekend:



Deze curve wordt bekomen door rechts te klikken op de grafiek en daarna 'Automatisch inzoomen' te selecteren.

Appendix C:

Spanningsmetingen: Kwalitatieve vergelijking van de sterkte van oxidatoren en reductoren

A. Principe

Enkele metalen worden volgens sterkte als oxidatoren of reductoren gerangschikt in de spanningsreeks. Dit gebeurt via spanningsmetingen, uitgevoerd met Coachlab II.

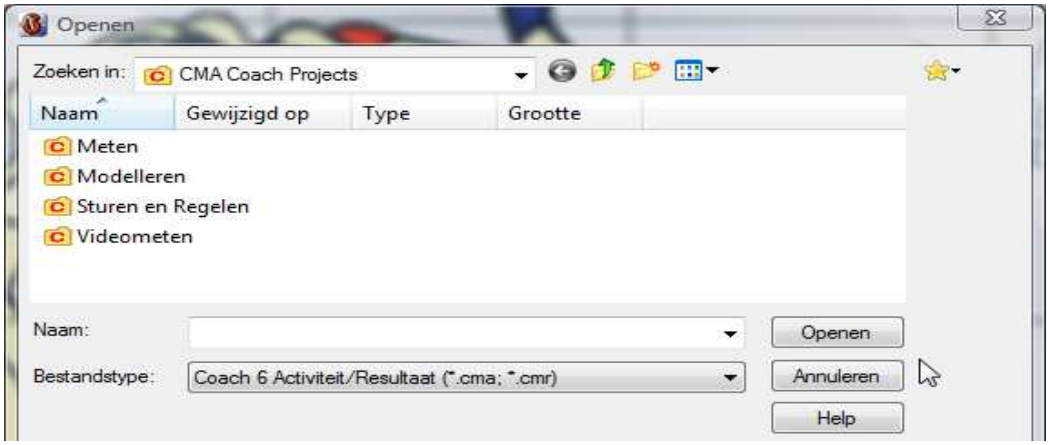
Coachlab interface

De spanningssensor van het type 0210i wordt gebruikt. Deze sensor heeft differentiële ingangen en een bereik van ±10 V.

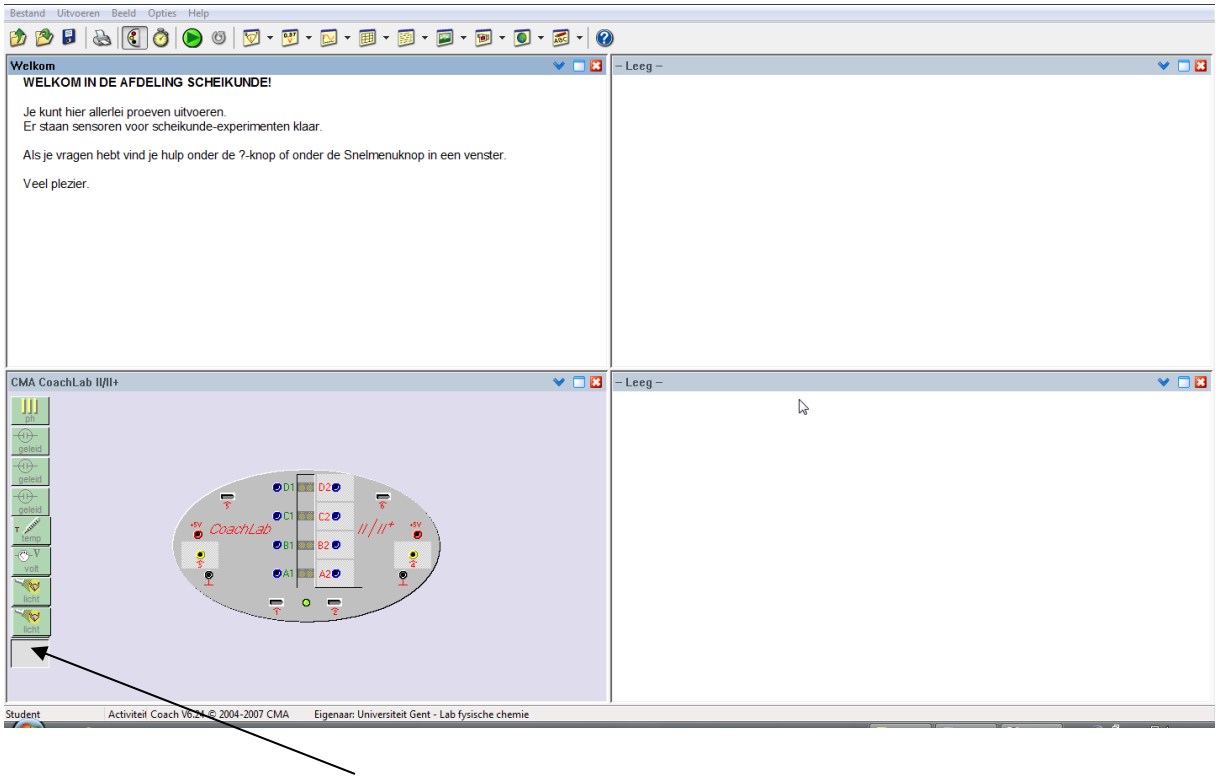
De *spanningsreeks der metalen* is de rangschikking van de metalen naar dalend reducerend vermogen; met andere woorden hoe meer naar links een metaal staat, hoe gemakkelijker het oxideert. Hoe meer naar rechts het metaal, hoe meer edel het is.
Een metaal links van een ander metaal kan de ionen van een ander metaal reduceren tot metaal. Hoe verder de metalen van elkaar staan, hoe beter de reactie verloopt.
Uit de theorie weten we dat koper een halfedel metaal is, de metalen er links van (in de spanningsreeks) zijn onedele, de metalen rechts de edele.

B. Uitvoering

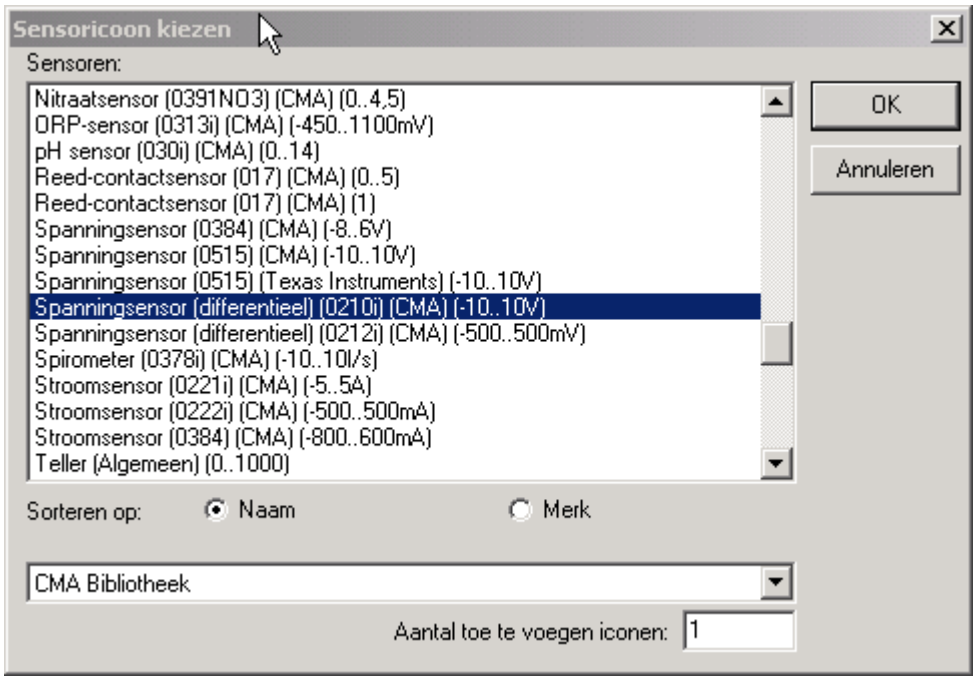
Het programma Coachlab II+ wordt geopend.



Achtereenvolgens klikken op ‘meten’, ‘meten met CMA Coachlab II’ , ‘3. laboratorium’ en ‘afdeling scheikunde’ geeft het volgende:



Om de spanningssensor toe te voegen werd ‘spanningssensor 0210i’ gekozen uit de bibliotheek (via een rechtermuisklik op de plaats aangeduid door de pijl). Dit wordt dan naar de overeenkomstige plaats van het meetpaneel gesleept daar waar de sensor ingestoken is.



Om de gemeten spanning weer te geven wordt met een rechtermuisklik op het spanningsicoontje en vervolgens op 'waarde tonen' de waarde weergegeven.

C. Het experiment

De metaalstaven worden aan de juiste pool verbonden: rood aan de positieve en zwart aan de negatieve pool. Met wat schuurpapier worden ze wat afgeschuurd om een optimaal resultaat te verkrijgen. Dan worden beide metaalstaven samen in een potje met 0,5 mol/L H_2SO_4 gehouden. Vervolgens worden ze kort in en uit de elektrolytoplossing gehaald tot de meting constant wordt. Deze werkwijze wordt gehanteerd voor de verschillende metalen. Telkens wordt het experiment uitgevoerd t.o.v. Cu.

D. Resultaten

De resultaten die bekomen worden zijn gerangschikt in onderstaande tabel (spanningsmetingen t.o.v. Cu).

Positieve pool	Negatieve pool	Spanning (V)
Koper	Magnesium	1,87
Koper	Zink	0,86
Koper	IJzer	0,37
Koper	Lood	0,34
Koper	Platinum	-0,12

De hieronder beschreven spanningsreeks wordt bekomen:

Mg – Zn – Fe – Pb – Cu – Pt

We kunnen dus zien dat magnesium, aluminium, zink, ijzer en lood onedele metalen zijn en platinum edel is.