

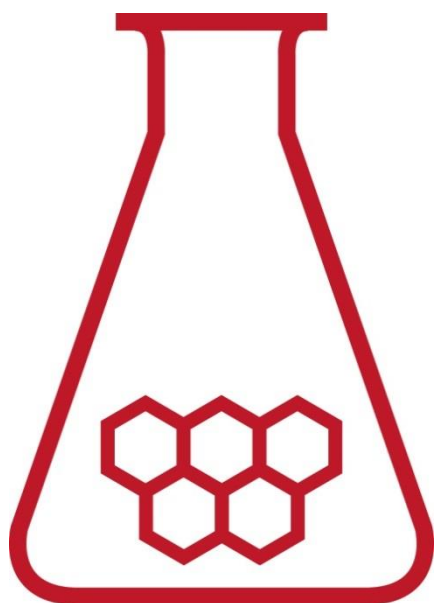
# 46<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

Symeres, Nijmegen

PRACTICUMTOETS

opgavenboekje

donderdag 5 juni 2025



**SCHEIKUNDE  
OLYMPIADE**



**Symeres**

Making Molecules Matter. Together.



57<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
CHEMISTRY OLYMPIAD  
UNITED ARAB EMIRATES 2025

De experimenten voor deze toets zijn voorbereid door:

Leon van Berkom

Frank Haasjes

Colinda van Tilburg

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers, Martin Groeneveld en Dick Hennink

Het NSO comité:

Marijn Jonker, Emiel de Kleijn

## Aanwijzingen/hulpmiddelen

- Deze practicumtoets bestaat uit twee onderdelen:
  - Het kraken van PET.
  - De bepaling van de hoeveelheid  $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  in een zakje Bikosan.
- Na 4 uur eindigt de practicumtoets. Binnen deze tijd moeten:
  - de bijgevoegde antwoordbladen zijn ingevuld;
  - alle vragen zijn beantwoord.
- Na afloop van de practicumtoets, als je alles hebt ingeleverd, moet het glaswerk nog worden schoongemaakt en opgeruimd.
- De maximumscore voor de practicumtoets bedraagt 80 punten.
- De score wordt bepaald door:
  - praktische vaardigheid, netheid, veiligheid maximaal 20 punten
  - resultaten van de bepalingen en beantwoording van de vragen maximaal 60 punten
- Benodigde hulpmiddelen: (grafische) rekenmachine, lineaal/geodriehoek en Binas of ScienceData.
- Lees eerst de inleiding en alle opdrachten door en begin daarna pas met de uitvoering.
- Noteer de antwoorden op de vragen in de boxen op de antwoordbladen. Als je niet genoeg ruimte hebt, mag je extra papier vragen.

## Extra:

- Dit is een toets; het is niet toegestaan te overleggen met andere deelnemers.
- Wanneer je een vraag hebt, dan kun je deze stellen aan de begeleider.
- Mocht er iets niet in orde zijn met je glaswerk of apparatuur, meld dit dan bij de begeleider zodra je het ontdekt. Leen geen spullen van een ander!

## Volgorde van de experimenten

Deze toets bestaat uit twee experimenten.

Begin met **Experiment 1** (Het kraken van PET).

Tijdens de uitvoering van dit experiment moet het reactiemengsel 1,5 uur koken.

Gebruik deze tijd om **Experiment 2** (de titratie) uit te voeren.

De vragen bij **Experiment 2** kunnen zo nodig na afloop van de uitvoering van beide experimenten worden beantwoord.

## Experiment 1 Het kraken van PET

40 punten

### Inleiding

Veel flessen voor mineraalwater, frisdranken en vloeibare was- en schoonmaakmiddelen zijn gemaakt van de polyester PET, PolyEthyleenTereftalaat.

Het is herkenbaar aan het symbool "1" op de verpakking.

Ook wordt PET gebruikt voor kleding ("fleece").

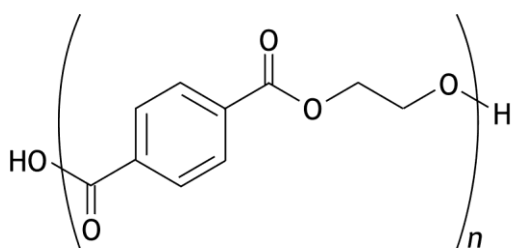
De impact van PET op het milieu is een belangrijk thema. De voordelen van plastic verpakkingen zijn vooral toe te schrijven aan het lichte gewicht, de veelzijdigheid in zijn toepassingen en duurzaamheid met betrekking tot de houdbaarheid van voedsel.

De nadelen zitten voornamelijk aan de productie en de recycling. PET is goed te recyclen, beter dan andere plastics, maar het aanleveren van plastic als aparte afvalstroom kan aanzienlijk beter.

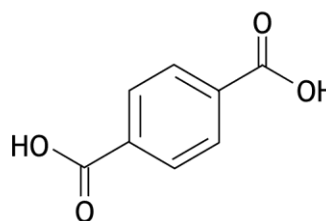
PET wordt hoofdzakelijk gerecycled door het om te smelten.

Een andere, geavanceerde, chemische manier van recyclen van PET zou kunnen beginnen met de hydrolyse van PET in basisch milieu (verzeeping). Na opwerken en aanzuren van het reactiemengsel kan tereftaalzuur worden geïsoleerd.

In dit experiment ga je deze hydrolyse van PET uitvoeren en de opbrengst van tereftaalzuur bepalen.



PET



tereftaalzuur

## Chemicaliën

- stukje PET
- butaan-1-ol
- KOH
- demiwater
- 4 M zoutzuur
- ethanol

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Butaan-1-ol</u><br>   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formule : <math>C_4H_{10}O</math></li> <li>▪ Dichtheid : <math>0,8098 \text{ g mL}^{-1}</math></li> <li>▪ Kookpunt : <math>119 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> <li>▪ H226, H302, H315, H318, H335, H336</li> <li>▪ P261, P280, P302+P352, P304+P340, P305+P351+P338</li> </ul> | <u>Kaliumhydroxide</u><br>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formule : KOH</li> <li>▪ H290, H302, H314</li> <li>▪ P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310</li> </ul>                                                                                                                        |
| <u>Zoutzuur 4 M</u><br>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formule : HCl oplossing</li> <li>▪ H290, H315, H319, H335</li> <li>▪ P302+P352, P304+P340, P305+P338+P351, P312</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                         | <u>Ethanol (absoluut)</u><br>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formule : <math>C_2H_6O</math></li> <li>▪ Dichtheid : <math>0,789 \text{ g mL}^{-1}</math></li> <li>▪ Kookpunt : <math>78 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> <li>▪ H225, H319</li> <li>▪ P210, P233, P305+P351+P338</li> </ul> |
| <u>Tereftaalzuur</u><br> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formule : <math>C_8H_6O_4</math></li> <li>▪ H315, H319, H335</li> <li>▪ P261, P305+P351+P338</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Veiligheid

- draag een veiligheidsbril
- wanneer je huid in contact komt met één van de chemicaliën, spoel het dan onmiddellijk af met kraanwater

## Materialen

- een schaar
- een spatel
- twee maatcilinders (25 mL en 50 mL)
- een roermoter
- een rondbodemkolf
- een refluxkoeler
- een roervlo
- een poedertrechter
- een trechter
- een watje
- een oliebad
- een thermometer
- een hefplateau
- statief met klem(men) (voor scheitrechter)
- een scheitrechter
- twee 100 mL erlenmeyers
- pH papier
- pasteurpipet
- pipetspeen
- glasfilter
- een monsterpotje met draaideksel
- een monsterpotje met “crimpsluiting”
- een markeerstift
- een kurkring

## Procedure

1. Bereid de opstelling van een reflux-experiment voor.
2. Knip het stukje PET in kleine stukjes en weeg ongeveer 1 g nauwkeurig af. Noteer de massa op je antwoordblad.
3. Breng deze stukjes PET over in de rondbodemkolf.
4. Voeg een roervlo toe.
5. Meet ongeveer 30 mL butaan-1-ol af en voeg deze toe aan de kolf.
6. Weeg 0,88 g kaliumhydroxide af en voeg dit toe aan de kolf.
7. Plaats de refluxkoeler op de kolf.
8. Laat je opstelling controleren door een begeleider.
9. Zet het oliebad op de roerplaat en schroef het hefplateau omhoog. Zorg dat het niveau van de olie onder het niveau van het oplosmiddel in de kolf blijft.
10. Zet de roermotor aan.
11. Hang de thermometer in het oliebad en stel de verwarming in op 120 °C.
12. Zet de verwarming aan en laat het reactiemengsel 1,5 uur refluxen.
13. Let op: Wees vanaf nu extra voorzichtig. De olie is heet!

**Voer nu Experiment 2 uit.**

**Nadat je Experiment 2 hebt uitgevoerd, voer je de rest van de handelingen van Experiment 1 uit.**

14. Zet na 1,5 uur refluxen de verwarming uit, draai het hefplateau omlaag en laat de kolf gedurende ongeveer 5 minuten afkoelen in het ijsbad. Pak de kolf niet met je handen aan, maar gebruik de klem.
15. Maak je werkplek gereed voor een extractie.
16. Voeg ongeveer 20 mL water toe aan het reactiemengsel.
17. Filtreer de suspensie door een trechter met een watje en spoel na met ongeveer 5 mL water.
18. Breng het filtraat over in een scheitrechter, schud dit goed en vang de waterlaag op in een schone erlenmeyer.
19. Extraheer de organische laag nog een keer met 20 mL water en vang de waterlaag op in de erlenmeyer waarin de waterlaag zit van de vorige stap.
20. Zuur de verzamelde waterlagen, met behulp van een pasteurpipet, aan met 4 M zoutzuur tot een pH van ongeveer 2.
21. Filtreer de verkregen suspensie af over het glasfilter met behulp van de vacuümafzuiging.
22. Zet de vacuümafzuiging uit.
23. Was het residu als volgt: voeg 5 mL ethanol aan het residu op het glasfilter en roer het residu door de ethanol met behulp van de brede spatel. Ga voorzichtig te werk.
24. Filtreer de ethanol af met behulp van de vacuümafzuiging.
25. Herhaal de stappen 22, 23 en 24 nog twee keer.
26. Zet de vacuümafzuiging uit en breng het filtraat in de afzuigerlenmeyer over in een schone erlenmeyer.
27. Droog het residu verder op het glasfilter onder vacuümafzuiging.
28. Als het residu (= tereftaalzuur) droog is (het plakt dan niet meer aan je spatel als je erdoor roert), kan je de massa bepalen.
29. Pak het monsterpotje met draaideksel, markeer het met je naam + PET, weeg het en noteer de massa.
30. Breng het droge residu over in dit monsterpotje en weeg het potje met inhoud. Noteer de massa van het potje met inhoud.
31. Breng in het monsterpotje met “crimpsluiting” ongeveer 20,0 tot 25,0 mg (nauwkeurig afgewogen) van je product, noteer de exacte massa op het potje en op je antwoordblad en zet je naam op het potje.
32. Sluit dit potje met een crimp cap en met behulp van de crimptang, een begeleider kan je hierbij helpen.
33. Lever beide monsterpotjes met inhoud in. De zuiverheid van je product wordt bepaald door er een NMR-spectrum van op te nemen. Bovendien wordt, indien nodig, een Karl Fisher bepaling uitgevoerd met de circa 20 mg product om het gehalte aan eventueel aanwezig water te bepalen. Dat wordt voor je gedaan na afloop van de practicumtoets. Je hoeft niet te wachten op het resultaat.

Tip 1: Mocht de suspensie moeilijk te filtreren zijn in stap 20, voeg dan alvast ongeveer 5 mL ethanol toe.

Tip 2: Als het residu tijdens het drogen in stap 25 een harde klont of meerdere klontjes vormt, breek deze dan voorzichtig in stukjes met de spatel en droog het nog even verder.

## Vragen - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

- 1 Noteer:
  - de massa van het PET
  - de massa van het lege monsterpotje
  - de massa van het monsterpotje met inhoud3
- 2 Bereken de massa van je product. 1

Om de hydrolyse van het PET in basisch milieu volledig te doen verlopen, werd een overmaat KOH gebruikt.
- 3 Geef de reactievergelijking van de volledige hydrolyse van PET in basisch milieu. Gebruik hierin voor de organische verbindingen structuurformules en geef de structuurformule van PET weer zoals op bladzijde 4. 6
- 4 Laat met een berekening zien dat een overmaat KOH werd gebruikt.
  - Neem hierbij aan dat het stukje PET uitsluitend bestaat uit polyethyleentereftalaat.
  - Houd geen rekening met de uiteinden van de PET moleculen.5

Polyethyleentereftalaat is het hoofdbestanddeel van het materiaal waar een PET fles van is gemaakt. Behalve polyethyleentereftalaat zit er bijvoorbeeld ook een weekmaker in.
- 5 Bereken het massapercentage polyethyleentereftalaat in het stukje PET. Ga ervan uit dat je product zuiver tereftaalzuur is. Houd geen rekening met de uiteinden van de PET moleculen. 5



## ■ Experiment 2 De bepaling van de hoeveelheid natriumperboraat-monohydraat in één zakje Bikosan

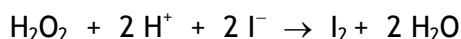
40 punten

### Inleiding

Bikosan is een vast mengsel dat in opgeloste vorm gebruikt wordt als monddesinfectiemiddel. Het bestaat uit twee stoffen. Eén van die stoffen is natriumperboraatmonohydraat ( $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Als één mol  $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  in water wordt opgelost, ontstaat één mol waterstofperoxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Waterstofperoxide is het werkzame bestanddeel van een oplossing van Bikosan.

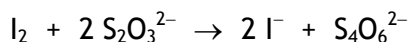
Bikosan is verkrijgbaar in verpakkingen waarin tien zakjes van het poeder zitten. Voor het gebruik wordt de inhoud van één zakje opgelost in een kopje warm water (ongeveer 30 mL). Met de oplossing die dan is ontstaan, wordt de mond gespoeld.

In dit experiment wordt de hoeveelheid  $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  in één zakje Bikosan bepaald. Aan een nauwkeurig afgemeten hoeveelheid Bikosan-oplossing wordt een overmaat zwavelzuur en een overmaat kaliumjodide-oplossing toegevoegd. De volgende reactie treedt op:



Deze redoxreactie verloopt echter langzaam. Om de reacties sneller te laten verlopen wordt een katalysatoroplossing toegevoegd.

De ontstane hoeveelheid jood wordt bepaald door een titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat. Hierbij treedt de volgende reactie op:



De titratie wordt in duplo uitgevoerd.



## Chemicaliën

- Bikosan
- demiwater
- ongeveer 0,050 M natriumthiosulfaat-oplossing (de precieze molariteit wordt gegeven)
- 0,3 M kaliumjodide-oplossing
- ammoniummolybdaat-oplossing (katalysator)
- 2 M zwavelzuuroplossing
- Zetmeeloplossing

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Natriumthiosulfaat-oplossing 0,050 M</u> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Formule : <math>\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3</math> oplossing</li><li>▪ Geen H en P zinnen</li></ul>                                                                                                       | <u>Kaliumjodide-oplossing 0,3 M</u><br> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Formule : KI oplossing</li><li>▪ H372</li><li>▪ P260, P264, P270, P314</li></ul> |
| <u>Zwavelzuuroplossing 2 M</u><br> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Formule : <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math> oplossing</li><li>▪ H314</li><li>▪ P280, P303+P361+P353, P310, P305+P351+P338.</li></ul> | <u>Zetmeeloplossing</u> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Formule : <math>(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n</math> oplossing</li><li>▪ Geen H en P zinnen</li></ul>                                                                       |
| <u>Ammoniummolybdaat-oplossing</u> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Formule : <math>\text{H}_8\text{Mo}_2\text{N}_2\text{O}_7</math></li><li>▪ Geen H en P zinnen</li></ul>                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                     |

## Veiligheid

- draag een veiligheidsbril
- wanneer je huid in contact komt met één van de chemicaliën, spoel het dan onmiddellijk af met kraanwater

## Materialen

- een 100 mL maatkolf
- een trechter
- een 50 mL buret
- een trechter voor de buret
- vier beker glazen
- een 10 mL maatcilinder
- een 25 mL maatcilinder
- een pipetteerballon
- een 10 mL pipet
- twee 100 mL erlenmeyers met passende rubberen stop
- een magnetische roerder
- een roervlo

## Procedure

- 1 Weeg de totale inhoud van één zakje Bikosan af. Noteer de massa op je antwoordblad.
- 2 Weeg ongeveer 0,7 g Bikosan nauwkeurig af en noteer de massa op je antwoordblad.
- 3 Breng deze Bikosan kwantitatief over in de 100 mL maatkolf en vul deze aan tot de maatstreep met demiwater.
- 4 Breng in beide erlenmeyers 10,00 mL van de Bikosan-oplossing uit de maatkolf over.
- 5 Voeg aan beide erlenmeyers 15 mL 2 M zwavelzuuroplossing en 10 mL 0,3 M kaliumjodide-oplossing toe.
- 6 Voeg aan beide erlenmeyers 1 mL katalysator-oplossing (ammoniummolybdaat-oplossing) toe.
- 7 Sluit beide erlenmeyers af met een rubberen stop en wacht minimaal 5 minuten. Zwenk de oplossing af en toe.
- 8 Vul tijdens het wachten de buret met de natriumthiosulfaat-oplossing.
- 9 Doe de roervlo in de oplossing in één van de erlenmeyers en begin te roeren (niet verwarmen).
- 10 Titreer de inhoud van de erlenmeyer met de natriumthiosulfaat-oplossing totdat de vloeistof lichtgeel is.
- 11 Voeg dan ongeveer 2 mL zetmeeloplossing toe.
- 12 Titreer verder totdat een duidelijke kleuromslag optreedt.
- 13 Haal de roervlo uit de oplossing en herhaal de punten 9 t/m 12 met de oplossing in de andere erlenmeyer.

**Vragen** - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

- 6 Noteer:
- de massa van de totale inhoud van het zakje Bikosan
  - de massa van het Bikosan monster
  - alle buretstanden
- 8
- 7 Bereken de hoeveelheid  $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (in g) in één zakje Bikosan.
- 14
- 8 Het afsluiten van de erlenmeyer met de rubberen stop is belangrijk. Zuurstof uit de lucht kan namelijk het jodide tot jood omzetten. Geef hiervan de reactievergelijking en leg uit of de berekende hoeveelheid  $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  in een zakje Bikosan hoger of lager wordt.
- 4
- 9 Zou je de bepaling ook kunnen uitvoeren door middel van een titratie met een oplossing van de oxidator kaliumpermanganaat?
- Als je denkt van niet, leg uit waarom dat niet kan.
- Als je denkt van wel, geef dan globaal aan hoe zo'n bepaling moet worden uitgevoerd.
- 4