

Goethes kleurenleer

1. Oriënteren

Onderzoeksvraag:

Wat zal er gebeuren als we in een beker met water volgende stoffen toevoegen: kaliumpermanganaat, kaliumhydroxide, mierenzuur, natriumwaterstofsulfaat en natriumsulfiet.

Hypothese:

- er zullen vele verschillende kleuren ontstaan die niet in elkaar oplossen;
- de oplossingen zullen elk afzonderlijk een specifieke kleur vormen, maar allemaal samen gegoten zullen ze in elkaar oplossen;
- de uiteindelijke kleur zal doorzichtig zijn;
- op een gegeven moment zal een ontploffing plaatsvinden;
- op een gegeven moment zal rook ontstaan;
- ...

2. Vorbereiden

Materiaal:

- 4 reageerbuisjes;
- beker van 500 ml;
- rubberen handschoenen;
- roerstaaf.

Stoffen:

- 400 ml gedestilleerd water (H_2O);
- 0,02 g kaliumpermanganaat ($KMnO_4$);
- 2,5 g kaliumhydroxide (KOH);
- 0,04 g 85% mierenzuur ($HCOOH$) 0,04 g / 1 druppel;
- 2,5 g natriumwaterstofsulfaat ($NaHSO_4$);
- 0,25 g natriumsulfiet (Na_2SO_3).

Opstelling (foto):



H/P-zinnen:

kalium-
permanganaat

H 272-302-410:

Kan brand bevorderen; oxiderend. Schadelijk bij inslikken. Zeer giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen.

P 210-273-301+312:

Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken. — Niet roken. Voorkom lozing in het milieu. NA INSLIKKEN: bij onwel voelen een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen.



kaliumhydroxide

H 302-314:

Schadelijk bij inslikken. Veroorzaakt ernstige brandwonden en oogletsel.

P 280.1+3-301+330+331-305+351+338:

Beschermende handschoenen en oogbescherming dragen. NA INSLIKKEN: de mond spoelen — GEEN braken opwekken. BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten. Indien mogelijk, contactlenzen verwijderen. Blijven spoelen.



mierenzuur

H 314:

Veroorzaakt ernstige brandwonden en oogletsel.

P 260-280.1+3+7-301+330+331-305+351+338:

Stof/rook/gas/nevel/damp/spuitnevel niet inademen. Beschermende handschoenen en oogbescherming dragen en in afzuigkast werken. NA INSLIKKEN: de mond spoelen — GEEN braken opwekken. BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten. Indien mogelijk, contactlenzen verwijderen. Blijven spoelen.



natriumwaterstof-
sulfaat

H 318:

Veroorzaakt ernstig oogletsel.

P 305+351+338:

BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten. Indien mogelijk, contactlenzen verwijderen. Blijven spoelen.

3. Uitvoeren

Werkwijze:

Voorbereiding:

Doe 380 ml water in het bekeerglas en maak in de vier reageerbuizen oplossingen als volgt:

1. 0,02 g kaliumpermanganaat in 10 mL water.
2. 2,5 g kaliumhydroxide in 3 mL water (voorzichtig, wordt warm!).
Daarbij 0,04 g 85% mierenzuur.
3. 2,5 g natriumwaterstofsulfaat ("natriumbisulfaat") in 3 mL water.
4. 0,25 g natriumsulfiet in 2 mL water.

Uitvoering van de proef:

- Doe handschoenen aan.
- Schenk reageerbuis nummer één leeg in het bekersglas met water. Roer om. Laat de vloeistof tot rust komen. Van nu af wordt er niet meer geroerd. De inhoud van het glas is paars.
- Schenk de inhoud van de tweede reageerbuis rustig, langs de roerstaaf, erbij. De vloeistof zakt naar de bodem; geleidelijk treedt er een **blauwe en groene** verkleuring op.
- Spoel de roerstaaf af en schenk op dezelfde wijze de inhoud van de derde reageerbuis in het bekersglas. De oplossing van natriumwaterstofsulfaat zakt naar de bodem en er ontstaat een **bruine** kleur.
- Daarna voegen we op dezelfde manier het sulfiet toe. Dat zakt ook naar de bodem en verandert de kleur in **zalmkleurig**.
- Het eindresultaat is een bekersglas met een vloeistof met vijf kleuren.

Foto's proeven:



4. Reflecteren

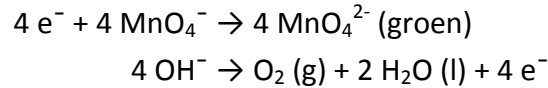
Verklaring:

Het paarse permanganaat ($\text{Mn}^{\text{VII}}\text{O}_4^-$) wordt stap voor stap gereduceerd. De eerste stap voert via het blauwe, onstabiele hypomanganaat ($\text{Mn}^{\text{V}}\text{O}_4^{3-}$) door oxidatie naar het groene mangaan ($\text{Mn}^{\text{VI}}\text{O}_4^{2-}$).

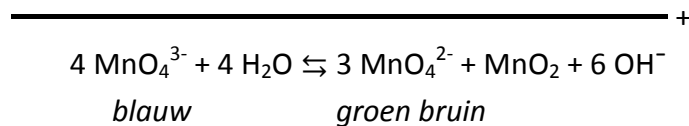
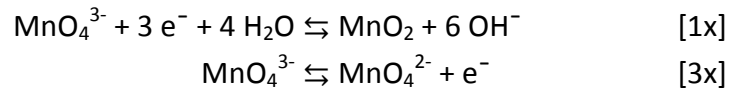
In het zure milieu ontstaat lichtbruin manganiet ($\text{Mn}^{\text{IV}}\text{O}_4^{4-}$) dat, gemengd met permanganaat, een roodbruine kleur veroorzaakt. Tenslotte zorgt het sulfiet ervoor dat manganiet gereduceerd wordt tot het tweewaardige mangaan (Mn^{II} i.e. Mn^{2+}). Dat is zeer licht zalmkleurig, nagenoeg kleurloos.

- De bekendste halfreactie voor MnO_4^- is in zuur milieu naar het vrijwel kleurloze, licht zalmkleurige Mn^{2+} -ion. (Zie BINAS tabel 48: +1,52)

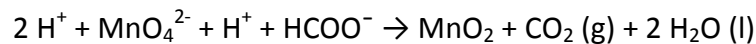
Als je niet aanzuurt, ontstaat er het bekende bruinsteen, MnO_2 (s). (Zie tabel 48 +0,57). Hier wordt echter OH^- toegevoegd dat behalve als base - het tegenovergestelde van zuur, je zou dus verwachten dat er MnO_2 ontstaat - ook als reductor werkt (zie tabel 48 +0,40). Die reductor is zó sterk dat hij met MnO_4^- volgens +0,54 kan reageren, hoewel +0,57 sterker is als oxidator. Bovendien is er water aanwezig, dus waarom +0,57 het niet doet is apriori niet zo duidelijk. Waarschijnlijk verschuift OH^- het evenwicht: H^+ maakt oxidatoren sterker, OH^- maakt ze (dus) zwakker. De eerste stap is derhalve:



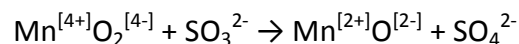
- De hoeveelheid O_2 is hier zo gering dat het in oplossing blijft.
- Hoe zit het nu met het blauwe hypomanganaat MnO_4^{3-} ? Het kan in loog optreden zowel als oxidator als ook als reductor:



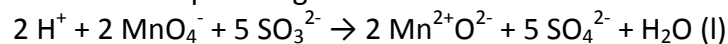
- Deze kleuren heb je gezien na bijschenken van de kaliloog met een druppeltje oxaalzuur. Overigens zie je daarbij het bruinsteen niet omdat dat in ondermaat aanwezig is. Maar toevoeging van het zure natriumwaterstofsulfaat, of eventueel zwavelzuur, leidt ertoe dat de OH^- wordt weggenomen in een zuur-base-reactie. Het evenwicht verschuift ver naar rechts. Het aanwezige oxalaat wordt zuur en je ziet dat dit het Mn(VI) oxideert tot Mn(IV) in bruinsteen, dat nu de overheersende kleur wordt.



- Tenslotte levert sulfiet met bruinsteen eenvoudig het nagenoeg kleurloze mangaan(II):



of zelfs rechtstreeks met het permanganaat:



Door niet te roeren konden al deze reacties tegelijkertijd optreden in de beker.