

Synthese van goudcolloïden

De synthese van goudcolloïden is een kleurrijk nanochemisch experiment. In deze bijdrage bespreken wij een studentenproject waar goudcolloïden worden bereid uit een goud(III)zout met behulp van honing. Het experiment is eenvoudig in uitvoering en geschikt voor leerlingen uit 5/6 vwo.

De synthese van zilver- en goudcolloïden zijn intrigerende experimenten om studenten en leerlingen te introduceren in nanochemie (Meynaerts et al., 2015). Zilvercolloïden opgelost in water vertonen een karakteristieke gele kleur en waterige oplossingen van goudcolloïden hebben een (diepe) robijnrode kleur. De synthese van goudcolloïden kent een lange wetenschappelijke geschiedenis die teruggaat tot het werk van Michael Faraday (1857). Faraday was namelijk

elektronisch afval met behulp van koningswater, salpeterzuur en natriumcitraat. Als alternatief voor beide experimenten bespreken we hier een experiment om goudcolloïden te synthetiseren in basisch milieu met behulp van honing uit de supermarkt (Philip, 2009) en een commercieel verkrijgbaar goud(III)zout. De suikers in de honing reduceren het goud(III)zout en de biomoleculen uit de honing stabiliseren de gevormde colloïdale dispersie. Door het gebruik van een goud(III)zout zijn geen sterke zuren nodig.

Studenten vinden de karakteristieke robijnrode kleur erg fascinerend

erg verwonderd door de kenmerkende interactie van het licht met de gouddeeltjes in 'oplossing' die hij als 'zeer klein in hun dimensie' bestempelde. Voor de synthese van de gouddeeltjes mengde Faraday een waterige oplossing van een goud(III)zout met een reducerende oplossing van fosfor in koolstofdисульфide. De gele kleur van de goud(III)-oplossing veranderde in een aantal minuten naar een robijnrode kleur karakteristiek voor de goudcolloïden.

Voor studenten chemie of leerlingen met een bijzondere interesse in scheikunde vormen deze nanochemische syntheses uitdagende onderzoeksprojecten. Al eerder werd glucose gebruikt om goud(III)zouten te reduceren in basisch milieu (Van fraeyenhoven et al., 2016). Recent rapporteerden Mortier & Stolk (2018) over de synthese van goudcolloïden uit

Materialen en methoden

Al het gebruikte glaswerk werd eerst grondig gewassen met zeep en leidingwater en vervolgens grondig nagespoeld met demiwater. De goud(III)-oplossing werd bereid door ongeveer 4 mg goud(III)chloridetrihydraat ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Sigma-Aldrich,) af te wegen op een analytische balans. Hierbij werd gebruikgemaakt van een spatel ingetaped met teflon omdat goudzouten metalen kunnen aantasten. Deze kleine hoeveelheid (enkele korreltjes) werd opgelost in demiwater en werd vervolgens overgebracht in een maatkolf van 100 mL en aangelengd. De goud(III)-oplossing heeft een concentratie van ongeveer 0,1 mM. De oplossing moet wel afgeschermd worden van het daglicht. Een honingoplossing werd bereid door ongeveer 6 g supermarkthoning op te lossen in 100 mL gedemineraliseerd water. UV-Vis spectra werden opgenomen met een Shimadzu UV-1800 spectrofotometer.

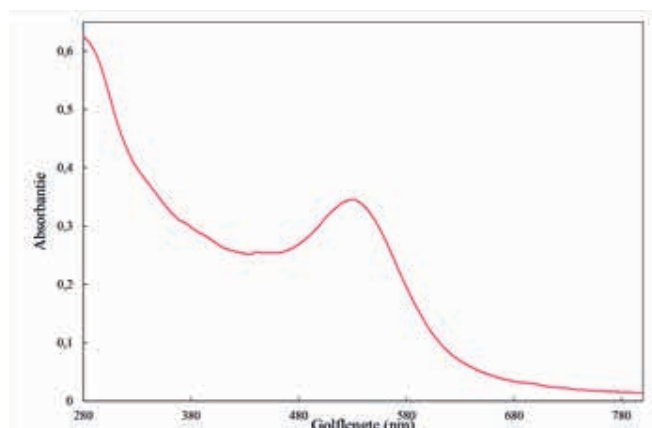
Resultaten

Van de goud(III)-oplossing werd 25 mL gepipetteerd in een kleine erlenmeyer en opgewarmd met behulp van een verwarmings- en roerplaat. Zodra het kookpunt werd bereikt, werd 2 mL honingoplossing toegevoegd. Daar experimenteel is aangetoond dat de synthese het best verloopt in basisch milieu, werd bovendien 1 mL 0,1M NaOH-oplossing toegevoegd. Na het toevoegen van de NaOH-oplossing, trad er vrijwel onmiddellijk een duidelijke kleurverandering op van zeer lichtgeel naar robijnrood (zie figuur 1). Om de goudcolloïden te karakteriseren, is een UV-Vis

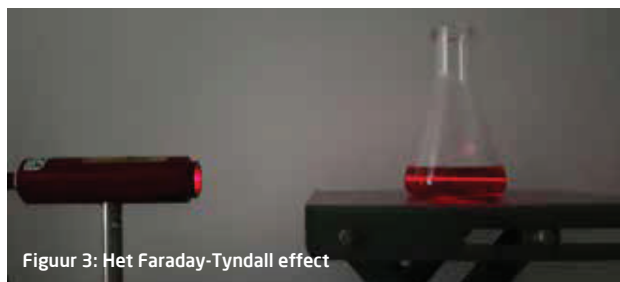
met honing



Figuur 1: De colloïdale dispersie van goud



Figuur 2: Honinggoudcolloïden



Figuur 3: Het Faraday-Tyndall effect

spectrum opgenomen (zie figuur 2). In het spectrum is een duidelijke absorptiepiek met $\lambda_{\text{max}} \approx 530 \text{ nm}$ zichtbaar. Deze absorptiepiek is karakteristiek voor goudcolloïden die gedispergeerd zijn in waterige oplossingen. De kenmerkende absorptiepiek is afkomstig van de *plasmonresonanties*. Dit zijn collectieve oscillaties van de geleidende elektronen in de nanodeeltjes onder invloed van het inkomende licht. Dergelijke plasmonresonanties kunnen voorkomen wanneer de afmetingen van de nanodeeltjes veel kleiner zijn dan de golflengte van het inkomende licht en zijn verantwoordelijk voor de kenmerkende kleuren van de gouden nanodeeltjes in waterige oplossingen. Een andere snelle karakterisatiemethode is met een laser door de colloïdale oplossing te schijnen. Om het Faraday-Tyndall effect aan te tonen.

Besluit

Tijdens een studentenonderzoeksproject werd de synthese van goudcolloïden met behulp van honing in basisch milieu bestudeerd. De goudcolloïden gedispergeerd in water vertoonden een robijnrode kleur die werd gekarakteriseerd met UV-Vis spectroscopie. Studenten vinden deze robijnrode kleur en het ontstaan ervan fascinerend. In meer gevorderde onderzoeksprojecten kunnen verschillende parameters worden onderzocht, zoals de invloed van de pH tijdens de synthese en de hoeveelheid reductor die kan worden toegevoegd. Hoewel de kostprijs van 1 g goud(III)zout rond de 150 euro ligt, kunnen er zeer veel experimenten worden uitgevoerd met heel kleine hoeveelheden. ●

BRONNEN

Faraday, M. (1857). The Bakerian Lecture: Experimental Relations of Gold (and Other Metals) to Light. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (147), 145-181.

<https://www.jstor.org/stable/1086167&>

Mortier, T. & Stolk, M. (2018). Synthese van goudcolloïden uit elektronisch afval. *NVOX* 43 (10).

Meynaerts, B., Jacobs, M., Chiaverini, N., Mortier, T. (2015). Nanotechnologie in de klas: zilvercolloïden bereiden en karakteriseren. *NVOX* (40) 10, 536-537.

Philip, D. (2009). Honey mediated green synthesis of gold nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* (73) 4, 650-653.

Van fraeyenhoven, P., Glorie, N., Chiaverini, N., Mortier, T. (2016). An Exploration of the "Sweet Nanochemistry" Synthesis for Silver and Gold Colloids. *Journal of Chemical Education* (93) 4, 787-789.