

Appelen met citroenen vergelijken

Welke kwantumstip heeft welke kleur?



Programma

1. Nanomaterialen in de media
2. Kennismaking nanomaterialen, hun eigenschappen en toepassingen

Word nanowetenschapper!

Hoe groot is een nanometer?

Verhouding oppervlak t.o.v. volume

Kwantumstippen

3. Fluorescentie van anorganische CdTe kwantumstippen
4. Bereiden van organische koolstofkwantumstippen
5. Fluorescentiespectroscopie van organische koolstofkwantumstippen

Appelen met citroenen vergelijken

Welke kwantumstip heeft welke kleur?

1. Nanomaterialen in de media

Zoek de personen die een aanvullend deel van jouw artikel hebben.

Vat in één zin samen waarover jouw artikel gaat:

.....

.....

.....

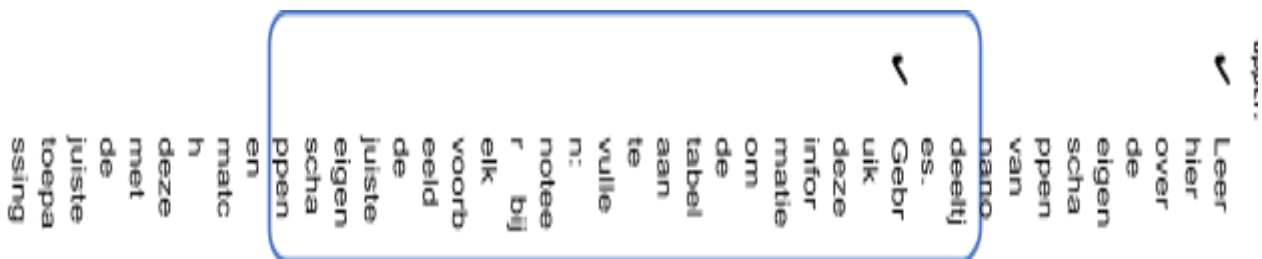
.....

2. Kennismaking nanomaterialen, hun eigenschappen en toepassingen

Nanomaterialen zijn structuren en moleculen op een schaal van 1 tot 100 nm.

Bedenk: 1 nm = 1 nanometer = $1 \cdot 10^{-9}$ meter.

De schaalgrootte van deze deeltjes geeft hen gewijzigde en uitzonderlijke eigenschappen. Nanowetenschappers maken deze deeltjes en bestuderen hun eigenschappen.



Door hun bijzondere eigenschappen worden nanodeeltjes in allerlei nieuwe, praktische toepassingen gebruikt. De nanotechnologie ontwikkelt zich razendsnel in heel wat sectoren zoals materiaalkunde, milieu, alternatieve energiebronnen, medische toepassingen, ...

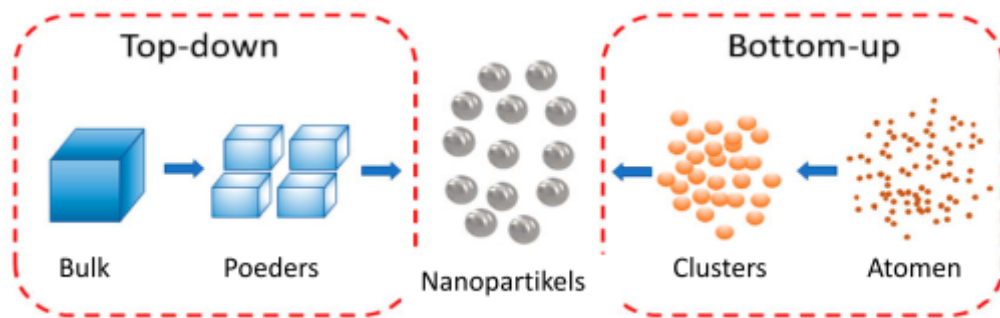
1. Indeling op basis van hun afmeting: 0D, 1D, 2D, 3D

0D-nanomaterialen: Alle drie dimensies van 0D-materialen zijn op nanometerschaal. Dat wil zeggen dat in de x-, y- en z-richting de afmetingen niet groter zijn dan 100 nm.

1D-nanomaterialen: Eén dimensie wijkt af van de nanometerschaal. Deze materialen zijn vaak naaldvormige materialen.

2D-nanomaterialen: Twee van de drie dimensies bevinden zich buiten de nanometerschaal. Hierdoor zijn 2D-nanomaterialen plaatvormige materialen.

3D-nanomaterialen: De drie dimensies zijn groter dan 100 nm en dus buiten het



nanometerbereik. Deze materialen zijn opgebouwd uit individuele blokken waarvan de dimensies op nanometerschaal zijn. Doordat 3D-nanomaterialen opgebouwd zijn uit kleinere nanomaterialen, vertonen ze vaak inwendige kenmerken van nanomaterialen.

- Indeling op basis van hun synthese:

Ho e gro ot is een na no me ter ?

Figuur 1. Synthese van nanopartikels

- Indeling op basis van hun samenstelling:
Organisch / Anorganisch
- Indeling op basis van hun oorsprong:
Natuurlijk / Synthetisch

Leg nu elk kaartje met de toepassing bij het juiste voorbeeld en vul de eigenschappen aan

1 nanometer = 1 millimeter verdeeld in een miljoen stukjes!

Om gevoel te krijgen voor de grootte van een nanometer, ga je nu je lengte in centimeter (cm) omzetten naar een lengte in nanometer (nm). *En neen, je gebruikt hiervoor geen wetenschappelijke notatie!*

Jouw lengte in cm =
.....
.....

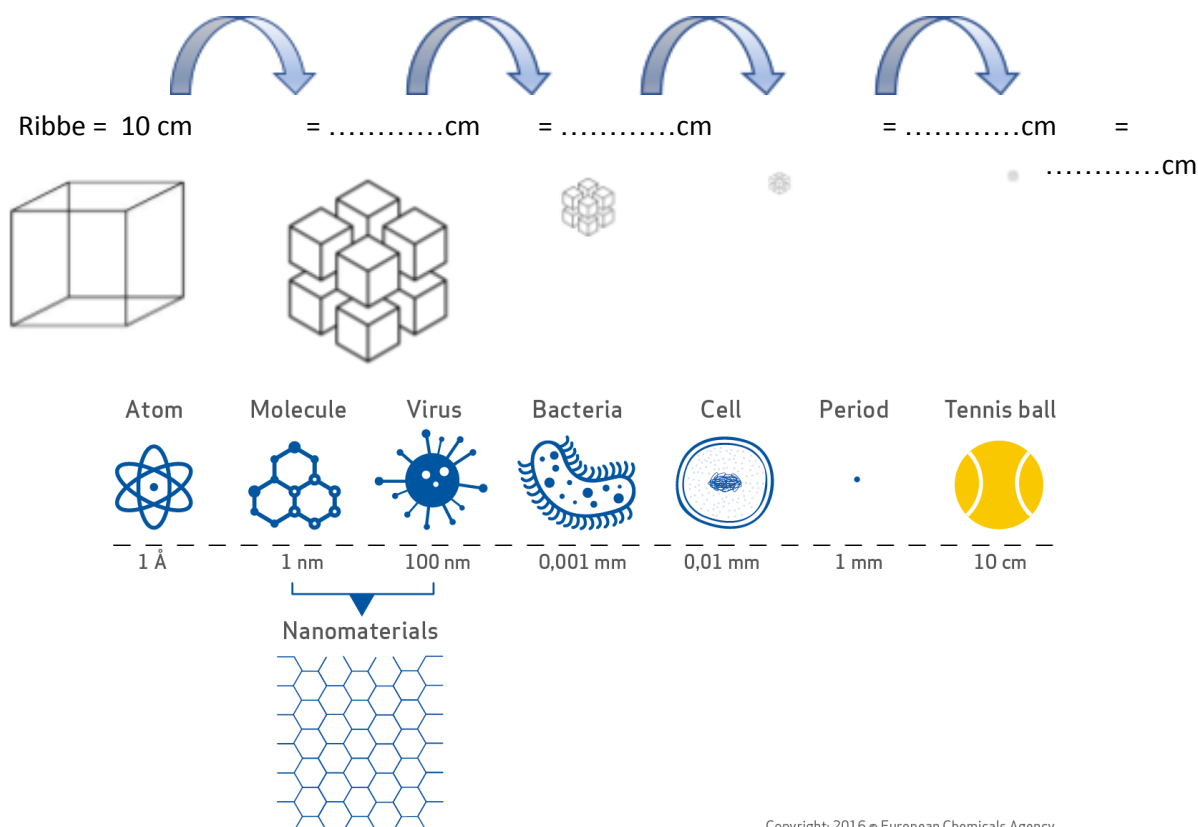
Jouw lengte in nm =

Dit geeft jou een idee hoe klein een nanometer eigenlijk is...

Hoe zit dat juist?

Stel je hebt een kubus met ribben van 10 cm.

- ✓ Bereken het oppervlak en volume van deze kubus en hun verhouding.
- ✓ Dan deel je de kubus op in 8 gelijke delen (= halveren in de drie dimensies).
- ✓ Bereken opnieuw het oppervlak en volume van de **nieuw ontstane kubus** en hun verhouding.
- ✓ Herhaal dit nog 3 keer en noteer je uitkomsten in de tabel.

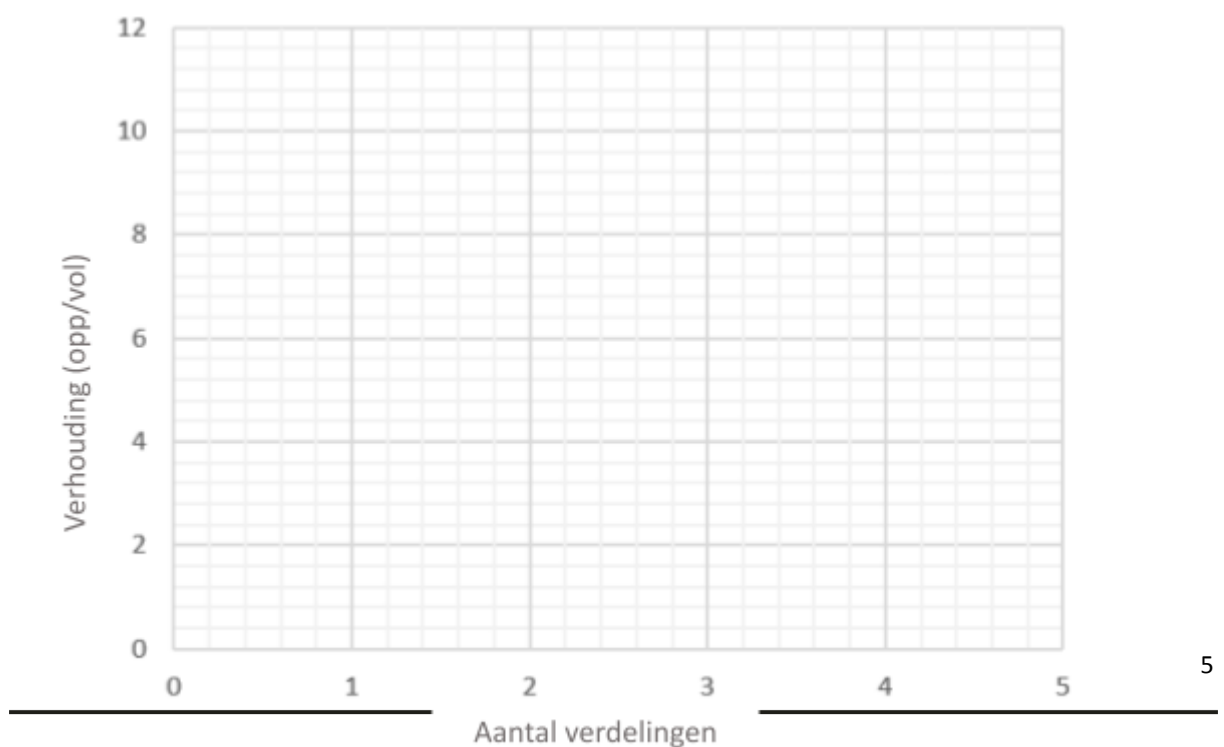


Copyright: 2016 © European Chemicals Agency

Figuur 2. Nanoschaal

Verdeling	Oppervlakte (cm ²)	Volume (cm ³)	Verhouding opp/vol
Kubus met een zijde van 10 cm	=	=	
Eerste verdeling De zijde heeft dan een lengte van cm	=	=	
Tweede verdeling De zijde heeft dan een lengte van cm	=	=	
Derde verdeling De zijde heeft dan een lengte van cm	=	=	
Vierde verdeling De zijde heeft dan een lengte van cm	=	=	

Zet nu deze verhouding uit tov het aantal verdelingen.



Wat voor soort curve krijg je?

.....

.....

.....

.....

Wat gebeurt er met de verhouding wanneer je de ribbe van de kubus halveert?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Klaar? En jouw collega's nog niet?

Speel dan het nano-memoryspel om je kennis van nanomaterialen nog verder uit te breiden.

Kwantumstippen of in het Engels “quantum dots” zijn een soort van nanomaterialen. De afmeting van de deeltjes is slecht tussen de 1 en 100 nm. Het zijn dus zgn. 0D-nanomaterialen. Het zijn kristallen van enkele nm diameter die slechts enkele honderden tot enkele duizenden atomen bevatten. En hoewel het kristallen zijn, gedragen ze zich meer als individuele atomen - vandaar de bijnaam kunstmatige atomen.

Hoeveel atomen zitten er in 1 korrel keukenzout?

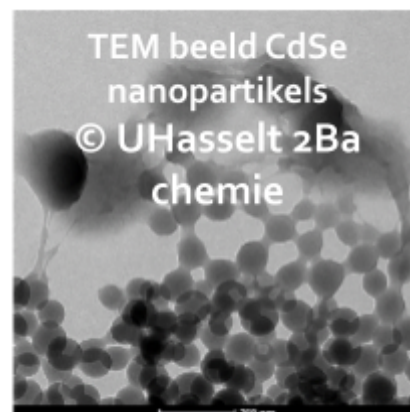
Volume van 1 korrel = $1 \text{ mm} \cdot 1 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm} = 0,5 \text{ mm}^3 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$

Dichtheid = $2,16 \text{ g/cm}^3$

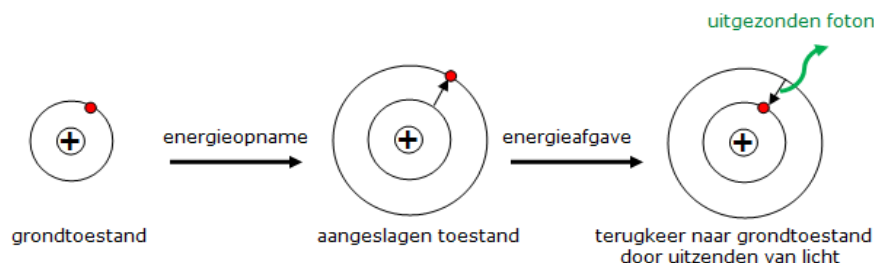
Massa van 1 korrel = $2,16 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0,00108 \text{ g}$

Aantal mol in 1 korrel = $0,00108 \text{ g} / (58,44 \text{ g/mol}) = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

Aantal atomen in 1 korrel = $2 \cdot 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 = $2,23 \cdot 10^{19}$ atomen



Fysica leert ons dat als je energie aan een atoom toevoegt, je het kunt “exciteren”: je kunt een elektron in het atoom naar een hoger energieniveau brengen. Wanneer het elektron terugkeert naar een lager niveau, kan het atoom de energie weer afgeven door een lichtfoton uit te zenden met dezelfde energie die het atoom oorspronkelijk had geabsorbeerd.



Figuur 3. Excitatie van elektronen

De kleur (golflengte en frequentie) van het licht dat een atoom uitzendt, hangt af van het atoom. Verschillende atomen geven verschillende kleuren licht. Dit is allemaal mogelijk omdat de energieniveaus in atomen vaste waarden hebben; met andere woorden, ze zijn gekwantiseerd.

Welke wetenschapper gebruikte deze kennis om het atoommodel bij te sturen?

.....

.....

Kwantumstippen doen hetzelfde: ze absorberen licht met een hoge energie bv. UV-licht, waardoor elektronen in geëxciteerde toestand komen. Wanneer de elektronen terug naar de meer stabiele grondtoestand komen zenden ze licht uit met een lagere energie-inhoud. Ze hebben ook gekwantiseerde energieniveaus. Wat er echter specifiek is voor kwantumstippen, is dat stippen gemaakt van hetzelfde materiaal (bijvoorbeeld CdTe) verschillende kleuren licht afgeven afhankelijk van hoe groot ze zijn.

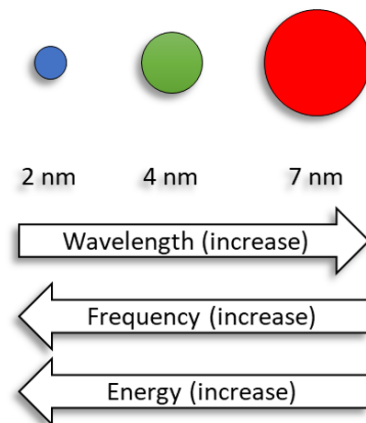
De grootste kwantumstippen:

grootste golflengte = rode kleur = kleinste energieovergang

De kleinste stippen:

kleinste golflengte = blauwe kleur = grootste energieovergang

Stippen van gemiddelde grootte zitten hiertussen en kunnen alle andere kleuren produceren.



Figuur 4. Grootte en kleur van kwantumstippen

Misschien heb je ze als kind wel gehad: glow-in-the-dark-plaksteren voor aan het plafond. Overdag zijn ze bijna niet te zien, maar 's nachts zijn ze goed zichtbaar door hun wit-groene gloed. Hoe werkt dit materiaal precies?

Glow-in-the-dark-materialen geven licht dankzij een proces dat fosforescentie heet (niet te verwarren met fluorescentie). In glow-in-the-dark-materialen zit een stof die energie uit lichtgolven haalt (absorbeert). Die energie wordt gebruikt om een elektron, dat in een bepaalde baan om de kern zweeft, naar een hogere baan te brengen. Het elektron bevindt zich dan in een zogenaamde 'aangeslagen toestand'.

Dit proces werkt twee kanten op: als licht een elektron in een aangeslagen toestand kan brengen, dan kan het terugvallen van dat elektron ook weer licht uitzenden.

Als dat terugvallen direct gebeurt, spreek je van fluorescentie.

Bij fosforescentie duurt het terugvallen wat langer. Dat komt doordat het elektron niet alleen in een bepaalde baan (schil) zit, maar ook een draairichting (spin) heeft. Bij fluorescentie verandert de spin niet, en valt het elektron direct terug in zijn oorspronkelijke baan. Maar bij fosforescentie verandert de spin wel. Daardoor kan het elektron pas terugvallen als de spin weer verandert. Dat gaat relatief langzaam, waardoor het glow-in-the-darkmateriaal nog een hele poos licht blijft geven.

<https://weet-magazine.nl/artikelen/techniek/natuurkunde-scheikunde/hoe-werkt-glow-in-the-dark/>

3. Fluorescentie van anorganische CdTe kwantumstippen

Doel

- ✓ Het observeren van de fluorescentie van wateroplosbare CdTe kwantumstippen met behulp van een UV-zaklamp.
- ✓ Het bepalen van de grootte met behulp van de fluorescentiekleur.

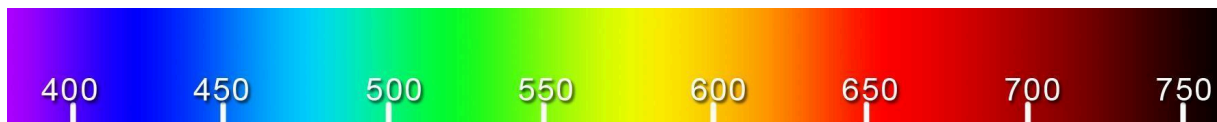
Materiaal

- ✓ Een set van vijf wateroplosbare CdTe kwantumstippen in afgesloten flesjes

- ✓ UV-zaklamp
- ✓ Golflengte-kleur diagram
- ✓ Golflengte-grootte grafiek

Procedure: Observatie met UV-zaklamp

- ✓ Gebruik de UV-zaklamp om de kwantumstippen-oplossingen te belichten. Dimmen van het licht in het labo verbetert het resultaat.
- ✓ Observeer en noteer de kleur van de fluorescentie die door de kwantumstippen wordt uitgezonden. Gebruik het golflengte-kleur diagram om de golflengte die overeenkomt met de uitgezonden kleur te schatten en op te schrijven.



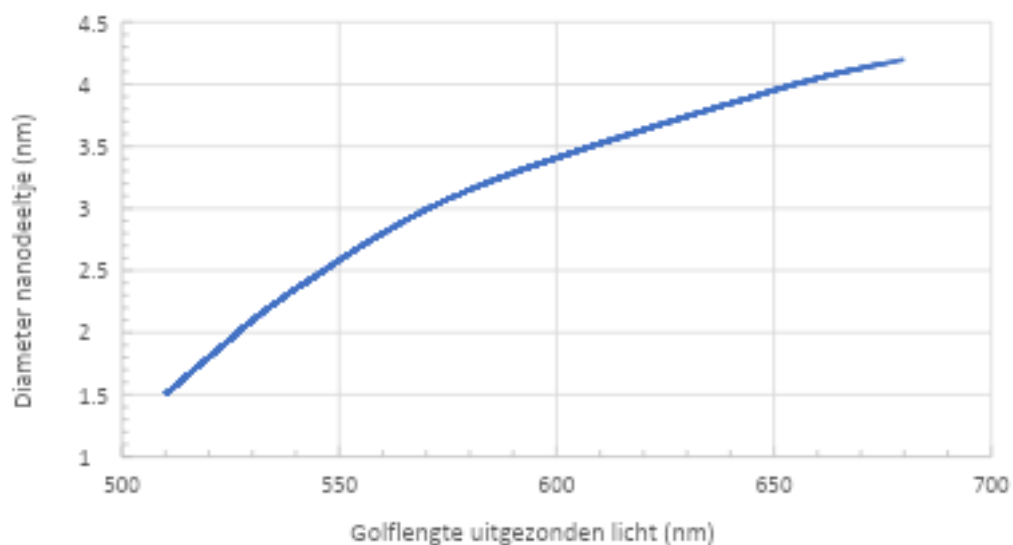
- ✓ Gebruik de golflengte-grootte grafiek die het verband toont tussen de grootte van sommige CdTe QDs deeltjes en hun fluorescentiemaximum. Schat en noteer de grootte van de QD's in je monsters met behulp van deze grafiek.

Veilig gebruik UV Licht

- ✓ Wees voorzichtig bij het gebruik van de UV-zaklamp. Vermijd directe blootstelling aan ogen.

Golflengte-kleur diagram (in nm)

Golflengte-grootte grafiek voor CdTe kwantumstippen (experimentele data)



Werkblad

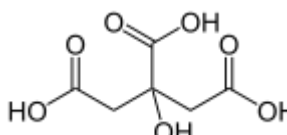
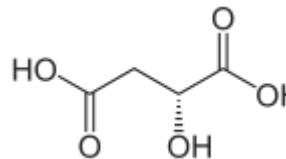
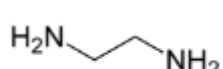
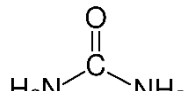
Staal #	Golflengte (nm)	Grootte van de CdTe deeltjes (nm)

4. Bereiden van organische koolstofkwantumstippen

Naast de anorganische kwantumstippen zoals CdTe deeltjes, is er ook interesse in organische kwantumstippen. Anorganische materialen, zowel grondstoffen als producten, zijn vaak toxisch. Hierdoor zijn bijkomende voorzorgsmaatregelen vereist voor ontginning, productie en gebruik.

Dit leidde tot onderzoek naar nieuwe syntheseroutes voor kwantumstippen uitgaande van niet toxische, organische grondstoffen.

In dit labo zullen kwantumstippen gemaakt worden op basis van de volgende grondstoffen:

Citroenzuur 	Appelzuur 
Ethyleendiamine (= base) 	Ureum (= base) 

Door telkens een zuur te combineren met een base kunnen er 4 verschillende kwantumstippen gemaakt worden.

Onderzoeksvraag

Noteer hier de onderzoeksvraag:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Vorbereiding

- ✓ Leerlingen werken in groepjes van 2 of 3 - elke groep bereidt twee kwantumstippen, met één base maar met de twee verschillende zuren.
- ✓ Indien van toepassing: Oefen het gebruik van de micropipet door pipetteren van water, vooraleer ethyleendiamine te pipetteren.

Maken

Procedure 1: appelzuur - ethyleendiamine kwantumstippen

- ✓ Weeg 1,00 g appelzuur in een bekglas van 100 ml.
- ✓ Voeg 5 ml gedemineraliseerd water toe. Gebruik hiervoor een maatcilinder van 10 ml.
- ✓ Voeg een roervlo toe.
- ✓ Plaats de beker op de roerplaat.
- ✓ Roer korte tijd op kamertemperatuur, tot al het appelzuur is opgelost.
- ✓ Open het flesje ethyleendiamine **enkel onder de trekkast**.

! Het ethyleendiamine reageert met vochtige lucht tot toxische dampen.

- ✓ Pipetteer met een micropipet 500 µl ethyleendiamine en voeg toe aan de appelzuuroplossing. Indien onvoldoende geroerd wordt, kan de reactie heftiger zijn.

! De pipet moet steeds ophangen of verticaal gehouden worden.

! De pipetpunt moet direct na gebruik afgeworpen worden in het afvalbakje.

Terugvloei van ethyleendiamine in het binnenste van de pipet zal de pipet beschadigen.

- ✓ Roer gedurende een 5-tal minuten op kamertemperatuur.
- ✓ Verwijder de roervlo met een lange magneetstaaf.
- ✓ Het mengsel is nu klaar voor microgolfbehandeling. Er zullen 4 bekers tegelijk in de microgolf behandeld worden op 360 W gedurende 6 minuten. Vraag hiervoor het verantwoordelijk staflid.

! De beker zal na microgolfbehandeling zeer heet zijn!

- ✓ Laat de beker afkoelen na de microgolfbehandeling.
- ✓ Voeg 10 ml water toe om een deel van de gevormde stof op te lossen.

Procedure 2: citroenzuur - ethyleendiamine kwantumstippen

- ✓ Weeg 1,58 g citroenzuur monohydraat in een bekeerglas van 100 ml.
- ✓ Voeg 5 ml gedemineraliseerd water toe. Gebruik hiervoor een maatcilinder van 10 ml.
- ✓ Voeg een roervlo toe.
- ✓ Plaats de beker op de roerplaat.
- ✓ Roer korte tijd op kamertemperatuur, tot al het citroenzuur is opgelost.
- ✓ Open het flesje ethyleendiamine **enkel onder de trekkast**.

! Het ethyleendiamine reageert met vochtige lucht tot toxische dampen.

- ✓ Pipetteer met een micropipet 500 µl ethyleendiamine en voeg toe aan de citroenzuuroplossing. Indien onvoldoende geroerd wordt, kan de reactie heftiger zijn.

! De pipet moet steeds ophangen of verticaal gehouden worden.

! De pipetpunt moet direct na gebruik afgeworpen worden in het afvalbakje.

Terugvloeit van ethyleendiamine in het binnenste van de pipet zal de pipet beschadigen.

- ✓ Roer gedurende een 5-tal minuten op kamertemperatuur.
- ✓ Verwijder de roervlo met een lange magneetstaaf.
- ✓ Het mengsel is nu klaar voor microgolfbehandeling. Er zullen 4 bekertjes tegelijk in de microgolf behandeld worden op 360 W gedurende 6 minuten. Vraag hiervoor het verantwoordelijk staflid.

! De beker zal na microgolfbehandeling zeer heet zijn!

- ✓ Laat de beker afkoelen na de microgolfbehandeling.
- ✓ Voeg 10 ml water toe om een deel van de gevormde stof op te lossen.

Procedure 3: appelzuur – ureum kwantumstippen

- ✓ Weeg 1,00 g appelzuur in een bekeerglas van 100 ml.
- ✓ Voeg 5 ml gedemineraliseerd water toe. Gebruik hiervoor een maatcilinder van 10 ml.
- ✓ Voeg een roervlo toe.
- ✓ Plaats de beker op de roerplaat.
- ✓ Roer korte tijd op kamertemperatuur, tot al het appelzuur is opgelost.
- ✓ Weeg 0,50 g ureum af in een weegschuitje en voeg dit toe aan de zuuroplossing in de beker.
- ✓ Roer gedurende een 5-tal minuten op kamertemperatuur.
- ✓ Verwijder de roervlo met een lange magneetstaaf.
- ✓ Het mengsel is nu klaar voor microgolfbehandeling. Er zullen 4 bekertjes tegelijk in de microgolf behandeld worden op 360 W gedurende 6 minuten. Vraag hiervoor het verantwoordelijk staflid.

! De beker zal na microgolfbehandeling zeer heet zijn!

- ✓ Laat de beker afkoelen na de microgolfbehandeling.
- ✓ Voeg 10 ml water toe om een deel van de gevormde stof op te lossen.

Procedure 4: citroenzuur - ureum kwantumstippen

- ✓ Weeg 1,58 g citroenzuur monohydraat in een beerglass van 100 ml.
 - ✓ Voeg 5 ml gedemineraliseerd water toe. Gebruik hiervoor een maatcilinder van 10 ml.
 - ✓ Voeg een roervlo toe.
 - ✓ Plaats de beker op de roerplaat.
 - ✓ Roer korte tijd op kamertemperatuur, tot al het citroenzuur is opgelost.
 - ✓ Weeg 0,50 g ureum af in een weegschuitje en voeg dit toe aan de zuuroplossing in de beker.
 - ✓ Roer gedurende een 5-tal minuten op kamertemperatuur.
 - ✓ Verwijder de roervlo met een lange magneetstaaf.
 - ✓ Het mengsel is nu klaar voor microgolfbehandeling. Er zullen 4 bekervallen tegelijk in de microgolf behandeld worden op 360 W gedurende 6 minuten. Vraag hiervoor het verantwoordelijk staflid.
- ! De beker zal na microgolfbehandeling zeer heet zijn!**
- ✓ Laat de beker afkoelen na de microgolfbehandeling.
 - ✓ Voeg 10 ml water toe om een deel van de gevormde stof op te lossen.

Metten

Met een UV-lamp

- ✓ Plaats de bekervallen met het resultaat van de procedure met citroenzuur en appelzuur naast elkaar onder de UV-lamp van 365 nm.
- ✓ Observeer en vergelijk de kleuren en noteer.
- ✓ Plaats met behulp van een pipet een druppel van elke oplossing op filterpapier.
- ✓ Plaats het filterpapier onder de UV-lamp.
- ✓ Observeer en vergelijk de kleuren en noteer.

Soort kwantumstip	Kleur van de oplossing	Kleur onder UV-lamp	Kleur op filterpapier

Welke kwantumstippen hebben de kleinste afmeting?

Tip: je kan dit afleiden uit de kleur van de fluorescente straling....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Kan je op basis van de kleur van de fluorescente straling je onbekende kwantumstip identificeren?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

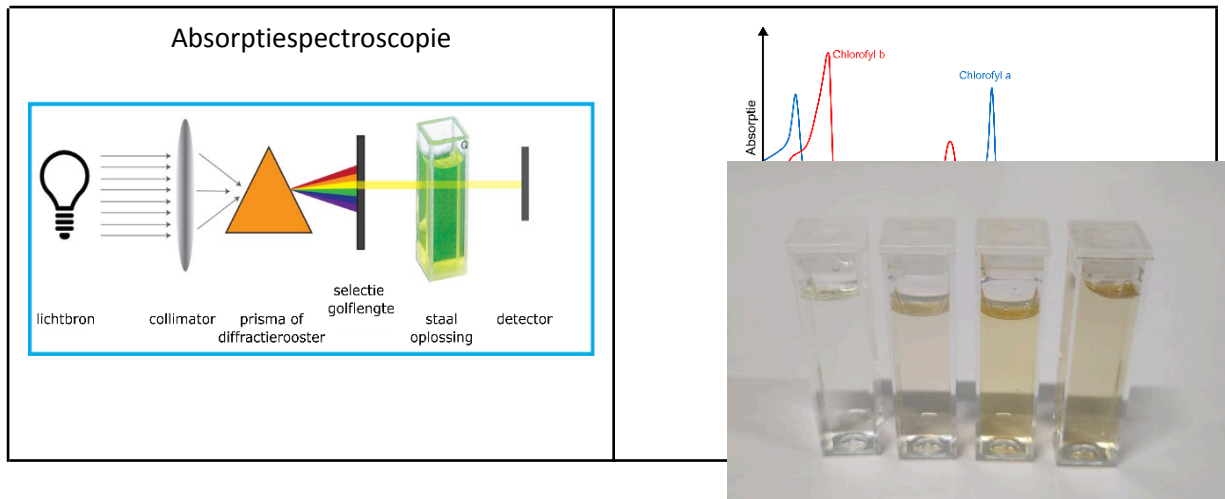
5. Fluorescentiespectroscopie van organische koolstofkwantumstippen

De fluorescentie van de kwantumstippen kunnen we met het blote oog waarnemen en vergelijken. Dit geeft ons echter maar beperkte informatie.

Om een goed zicht te krijgen op de kleinere verschillen in kleur maken we gebruik van een zgn. spectrofotometer.

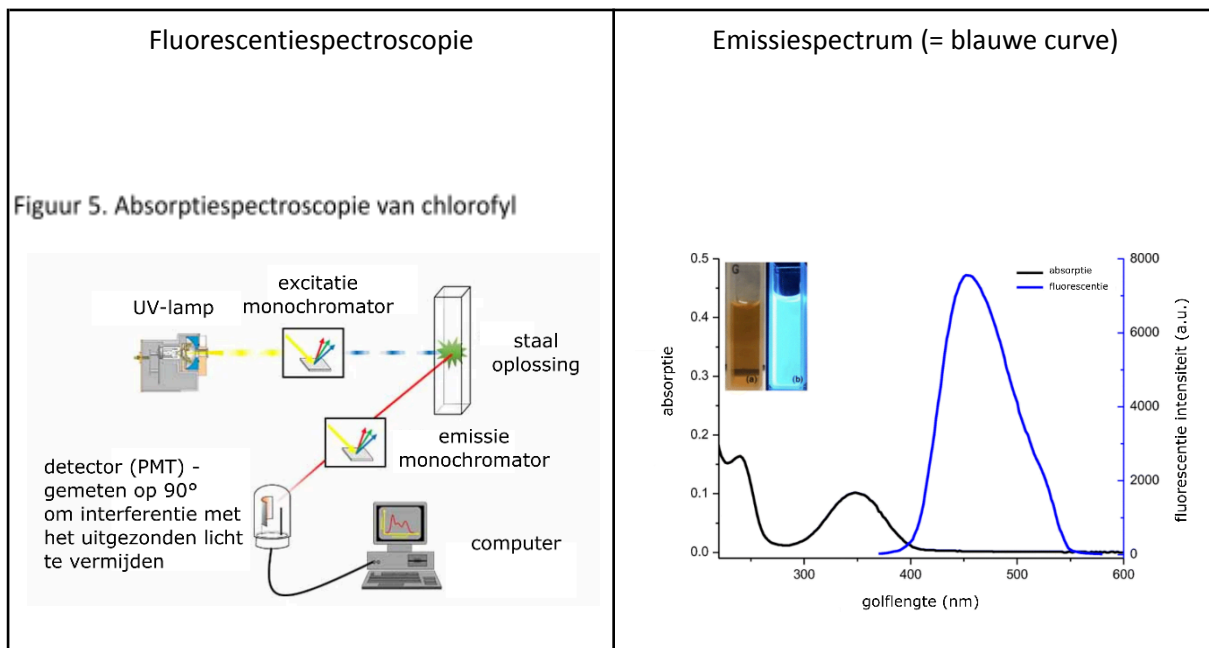
In laboratoria wordt er vaak gebruik gemaakt van absorptiespectroscopie om een idee te krijgen van welke elektromagnetische straling er wordt geabsorbeerd en welke er wordt doorgelaten door een oplossing.

Een oplossing van chlorofyl bijvoorbeeld is groen gekleurd. Wanneer we deze oplossing bekijken in een absorptiespectrofotometer zien we dat straling in het blauwe en rode gedeelte van het spectrum worden geabsorbeerd (hoge pieken), terwijl straling in het groene gedeelte niet wordt geabsorbeerd (geen absorptiepiek).



Bij de kwantumstippen zijn we echter geïnteresseerd in de fluorescentie: de straling die de stof in oplossing uitzendt doordat er UV-licht wordt op gestraald.

Daarvoor gebruiken we een opstelling, waarbij een lichtbron – een UV-lamp – op een staal in oplossing schijnt. De stof zal geëxciteerd worden en licht uitzenden. De detector staat nu onder een hoek van 90° ten opzichte van het invallende licht, zodat er bijna enkel uitgezonden licht wordt opgevangen.



Vorbereiden stalen

Om de fluorescentie te kunnen meten moeten de oplossingen van de kwantumstippen verdund worden:

- ✓ Vul een plastic cuvet (= rechthoekig flesje met dop) met gedestilleerd water.
- ✓ Voeg hieraan 1 druppel van de donkere kwantumstip oplossingen en 2 druppels van de minder donkere kwantumstip oplossingen toe.

Figuur 6. Fluorescentiespectroscopie van koolstofkwantumstippen

- ✓ Meng door de inhoud van de cuvet enkele keren met de lege pipet op te zuigen en terug te spuiten.
- ✓ Sluit de cuvet af met een plastic dekseltje – gebruik een geel etiketje voor citroenzuur en een groen etiketje voor appelzuur
- ✓ Neem de gesloten cuvetjes mee naar het fysicablabo op de vijfde verdieping.

Metten

Maak een schets van de opstelling die je gaat gebruiken om het fluorescentiespectrum op te meten:

- ✓ Plaats je cuvet in de cuvethouder
- ✓ Start het Avasoft 8 programma en start de meting door linksboven op start te klikken.
- ✓ Neem een vier- tot vijftal scans en stop de meting door linksboven op stop te klikken.
- ✓ Maak een print screen (Windows-shift-s en selecteer het stuk dat je wil kopiëren) en plak je spectrum in een Word bestand.
- ✓ Schrijf erbij over welk staal het gaat.
- ✓ Herhaal de procedure voor het andere staal.

Welke verschillen merk je op tussen de spectra van de verschillende kwantumstippen?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Bronnen:

Nanomaterialen in de media:

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Qled>

<https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2023/10/04/nobelprijs-voor-chemie/>

<https://www.uhasselt.be/media/pcbfiypc/nanocosmetica.pdf>

<https://www.eoswetenschap.eu/gezondheid/mini-weefsels-uit-het-lab-herstellen-mogelijk-beschadigd-hart>

<https://www.phdcup.be/nieuws/broeikasgassen-de-spons-erover>

<https://www.sciensano.be/nl/gezondheidsonderwerpen/nanomaterialen#hoe-schadelijk-zijn-nanodeltjes->

<https://www.eoswetenschap.eu/natuurwetenschappen/fysici-ontwikkelen-nanoleid>

Top-down/Bottom-up:

https://www.researchgate.net/figure/Scheme-of-top-down-and-bottom-up-synthesis-of-nanoparticles-NPs_fig1_346634789

Nanoschaal:

<https://euon.echa.europa.eu/nl/general-information>

Excitatie van elektronen: Wij en Chemie – KULeuven

Grootte en kleur van kwantumstippen:

<https://shop.plasmachem.com/startseite/283-educational-exploitation-kit.html>

Absorptiespectroscopie:

<https://www.wpiinc.com/blog/post/absorbance-detection>

Absorptiespectrum van chlorofyl:

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20509583> (vertaald naar Nederlands)

Fluorescentiespectroscopie:

<https://www.agilent.com/en/support/molecular-spectroscopy/fluorescence-spectroscopy/what-is-fluorescence-spectroscopy-faqs>

Emissiespectrum:

https://www.researchgate.net/publication/339151401_Development_of_Carbon_Quantum_Dot-Labeled_Antibody_Fluorescence_Immunoassays_for_the_Detection_of_Morphine_in_Hot_Pot_Soup_Base