

Tentamen Spectroscopie

Maandag 27 maart, 9:00 – 12:00 uur
David Lloyd Hal3

Lees dit eerst!

Graag op alle papieren die je inlevert je naam en studentnummer vermelden. Geef bij alle antwoorden **een duidelijke toelichting** waarin je aangeeft hoe je tot het antwoord gekomen bent.

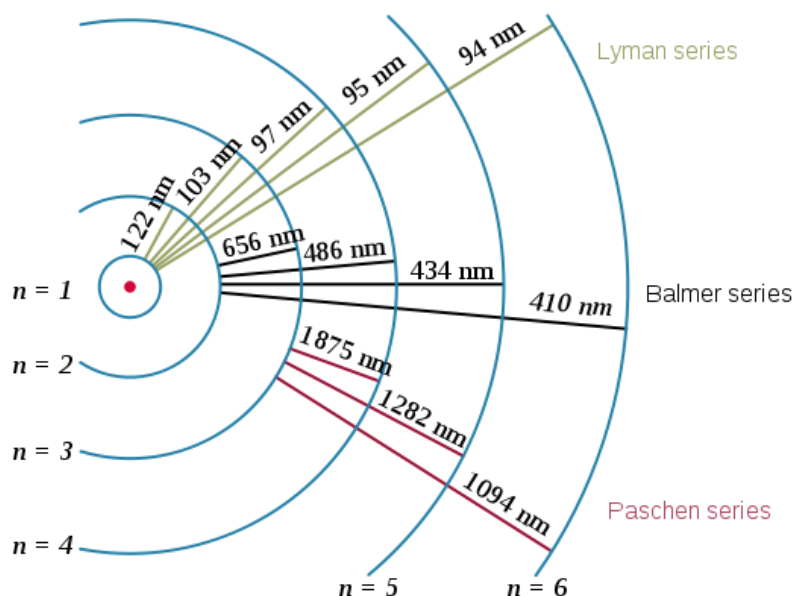
Bij enkele opgaven heb je een rekenmachine of geodriehoek nodig. Mocht je die vergeten zijn, dan heeft de surveillant er één beschikbaar. Als je recht hebt op extra tentamentijd, dan kun je tot 12:30 uur doorwerken.

Na afloop mag je de opgaven meenemen. Veel succes!

Opgave 1

(15)

In de onderstaande figuur zijn voor de Lyman, Balmer en Paschen series de golflengtes gegeven voor diverse overgangen van electronen tussen schillen:



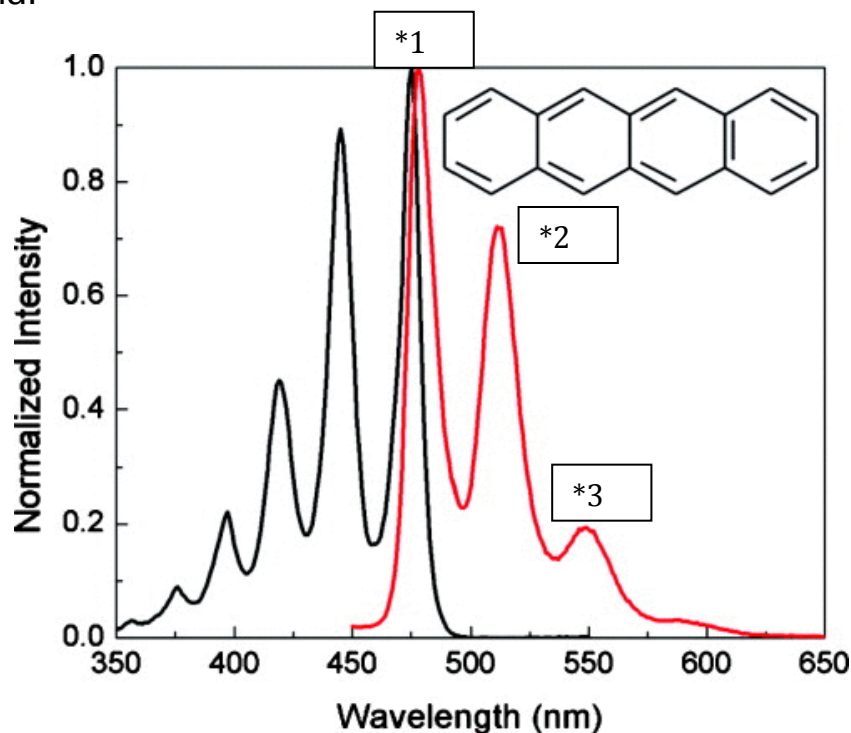
- a) Bereken met behulp van de golflengtes de waarde voor de Rydbergconstante R_H (in cm^{-1})? (5)
- b) Vanuit $n_1 = 4$ zijn ook overgangen naar $n_2=5$ en $n_2=6$ mogelijk. De golflengten hiervan zijn niet gegeven in de figuur. Bepaal voor beide overgangen de golflengte. (5)
- c) He^+ is isoelectronisch met het H-atoom. De Rydbergconstante verschilt. Verklaar het verschil en geef een schatting van de Rydbergconstante voor He^+ . (5)

Aanwijzing: $E(\text{cm}^{-1}) = R_H (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$

Opgave 2

(15)

In de onderstaande figuur zijn het absorptie- en emissiespectrum gegeven van het tetraceen molecuul dat rechtsboven de spectra is getekend.

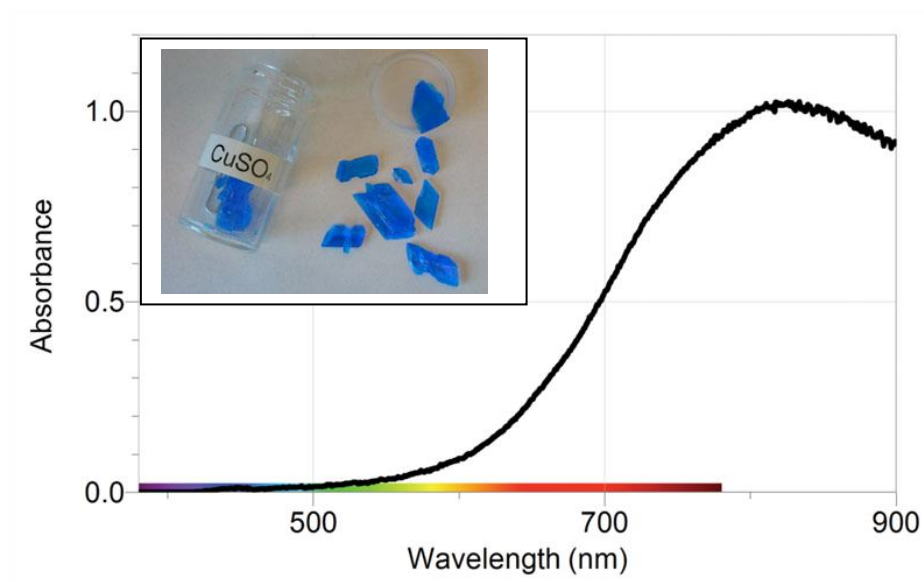


- a) In de absorptie- en emissiespectra is fraaie structuur zichtbaar. Verklaar met het tekenen van een parabolenplaatje de waargenomen structuur en teken daarin ook met pijlen de overgangen die horen bij pieken gelabeld met *1, *2 en *3 in de bovenstaande figuur. (5)
- b) Bepaal, indien mogelijk, de energie van vibraties in i) de grondtoestand en ii) de aangeslagen toestand van het tetraceenmolecuul. Laat duidelijk zien hoe u de energie berekent. (5)
- c) Is de emissie (het rode spectrum) fluorescentie of fosforescentie? Motiveer uw antwoord en geef ook een schatting voor de levensduur van de emissie. (5)

Opgave 3

(20)

Een oplossing van kopersulfaat in water is blauw gekleurd door een brede absorptieband met een maximum bij 810 nm. De absorptieband is afkomstig van het Cu^{2+} ($3d^9$) ion.

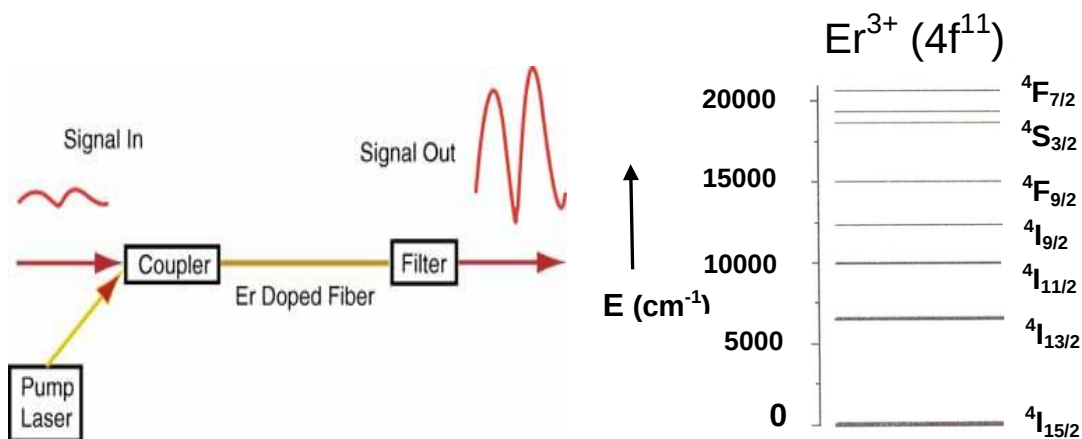


- a) Beschrijf de overgang die verantwoordelijk is voor de absorptieband (en teken daarbij de elektronenconfiguratie in de grondtoestand en aangeslagen toestand). (5)
- b) Hoe groot is de kristalveldsplitting voor Cu^{2+} in water? (5)
- c) Aan de oplossing wordt geconcentreerd ammonia toegevoegd. Beschrijf welke invloed dit heeft op het absorptiespectrum. (5)
- d) Uit de absorptie bij 810 nm en de Cu^{2+} concentratie bepaal je een molaire extinctiecoëfficiënt ϵ van $300\,000\text{ M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$. Een slimme collega-student zegt dat dit niet klopt en dat het juiste antwoord $30\text{ M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ moet zijn. Beredeneer op basis van selectieregels wie gelijk heeft. (5)

Opgave 4

(25)

In de telecommunicatie wordt gebruik gemaakt van laserwerking in glasfibers met het lanthanide ion Er^{3+} ($4f^{11}$). Informatieoverdracht door glasfibers gebeurt met infrarood (IR) pulsjes met een golflengte van 1550 nm. Bij deze golflengte is het verlies aan intensiteit minimaal, maar toch is het nodig de infraroodpulsjes na ca. 10 km reizen door een fiber te versterken. Dit gebeurt met een Er-doped fiberamplifier zoals hieronder weergegeven:



De pomplaser exciteert de Er^{3+} ionen bij 1000 nm. Vervolgens vindt relaxatie plaats naar een lager nivo waaruit emissie bij 1550 nm kan plaatsvinden. Door gestimuleerde emissie wordt het verzwakte 1550 nm pulsje in de fiber amplifier versterkt.

a) Geef aan welke overgangen op Er^{3+} betrokken zijn bij i) absorptie bij 1000 nm en ii) gestimuleerde emissie bij 1550 nm. Gebruik hierbij het energienivoschema van Er^{3+} (rechts). (5)

b) Noem drie eigenschappen van gestimuleerde emissie (5)

c) Verklaar waarom de absorptie- en emissielijnen voor de overgangen binnen de $4f^{11}$ configuratie van Er^{3+} scherp zijn. (5)

d) Met het hierboven beschreven schema (pompen bij 1000 nm, gestimuleerde emissie bij 1550 nm) kan in de fiber laserwerking verkregen worden. Beschrijf de voorwaarden voor laser-werking. Welk type laser betreft het hier (2-, 3- of 4-nivo laser)? (10)

Opgave 5

(15)

Een belangrijke toepassing van lanthanide luminescentie is in de medische beeldvorming. Bij conventionele Röntgenfotografie maar ook Computed Tomography (CT-scanners) en Positron Emission Tomography (PET-scanners) wordt gebruik gemaakt van luminescerende materialen op basis van lanthaniden.

a) Beschrijf hoe in de conventionele Röntgenfotografie luminescerende materialen met lanthaniden gebruikt worden bij het maken van Röntgenfoto's en noem twee belangrijke voordelen die het gebruik heeft in vergelijking met het maken van Röntgenfoto's met alleen film. (10)

b) Beredeneer welke van de volgende eigenschappen van luminescerende lanthanide-materialen gunstig, neutraal of ongunstig zijn bij het maken van Röntgenfoto's: (5)

- i) Lange levensduur emissie
- ii) Hoge efficiëntie luminescentie
- iii) Hoge dichtheid materiaal
- iv) Scherpe lijn emissie
- v) Onafhankelijk van omgeving

Bonus: Noem twee bekende Röntgenfosforen (chemische samenstelling) (5)