

## Tentamen Spectroscopie

Maandag 27 maart, 13:00 – 16:00 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 16:30 uur doorwerken.

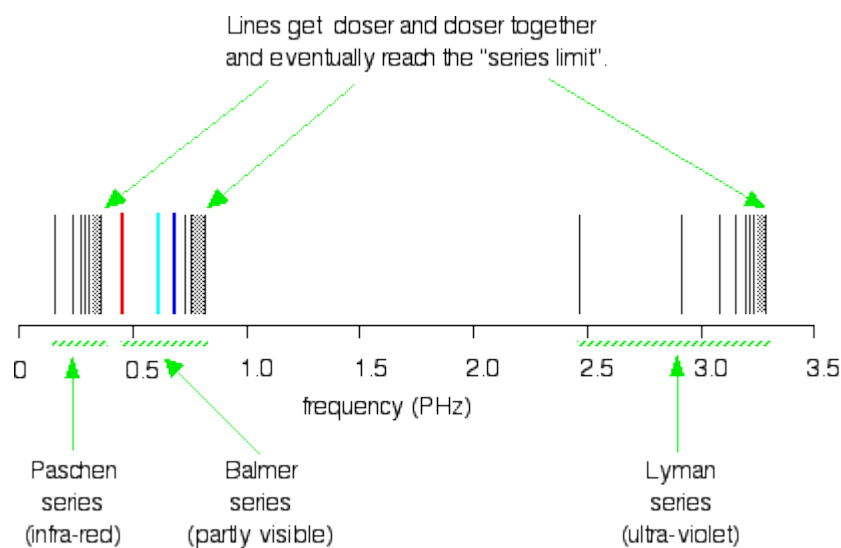
Na afloop mag je de opgaven meenemen. Veel succes!

## Opgaven Spectroscopie

### Opgave 1

(15)

In de onderstaande figuur zijn voor de Lyman, Balmer en Paschen series de posities van lijnen gegeven. De positie is gegeven in de (in de spectroscopie ongebruikelijke) eenheid PHz (Peta Hertz,  $10^{15}$  Hz).



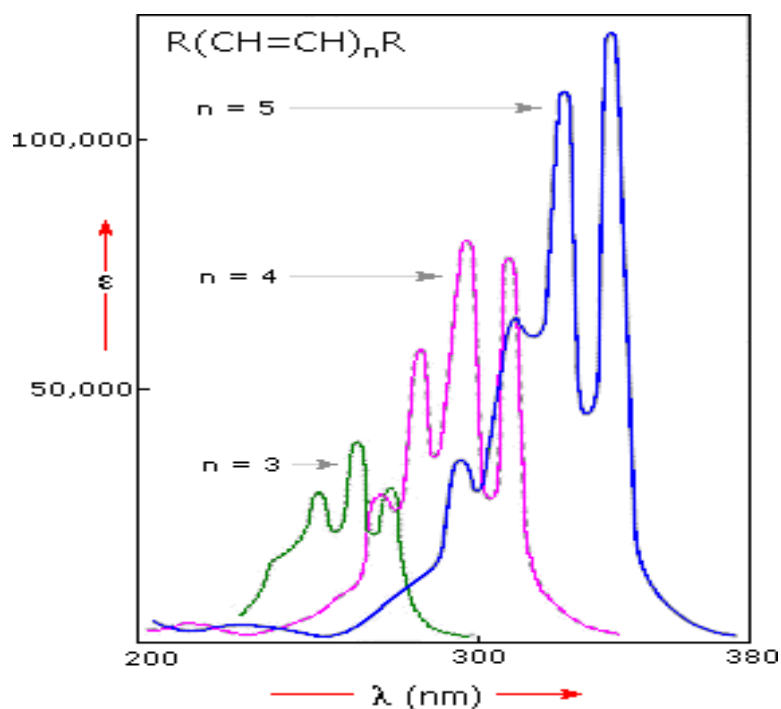
- a) Het is lastig de precieze positie van de lijnen af te lezen. Bereken voor de eerste twee lijnen van de Lyman serie de positie (in PHz) in drie significante cijfers. In de figuur liggen de lijnen net beneden 2.5 PHz en beneden 3.0 PHz) (5)
- b) Boven de figuur staan pijlen naar de grenzen ('series limits'). Bepaal de drie 'series limits' in nm (golflengte) en in  $\text{cm}^{-1}$  (energie) (5)
- c) In de Balmer series zijn drie lijnen gekleurd (rood, blauw-groen en blauw). Verklaar de kleuren. (5)

Aanwijzing:  $E(\text{cm}^{-1}) = R_H (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ ;  $R_H = 109\,737 \text{ cm}^{-1}$

## Opgave 2

(15)

In de onderstaande figuur zijn de absorptiespectra gegeven van drie moleculen  $R(\text{CH}=\text{CH})_nR$  waarbij  $n$  varieert van 3 tot 5.



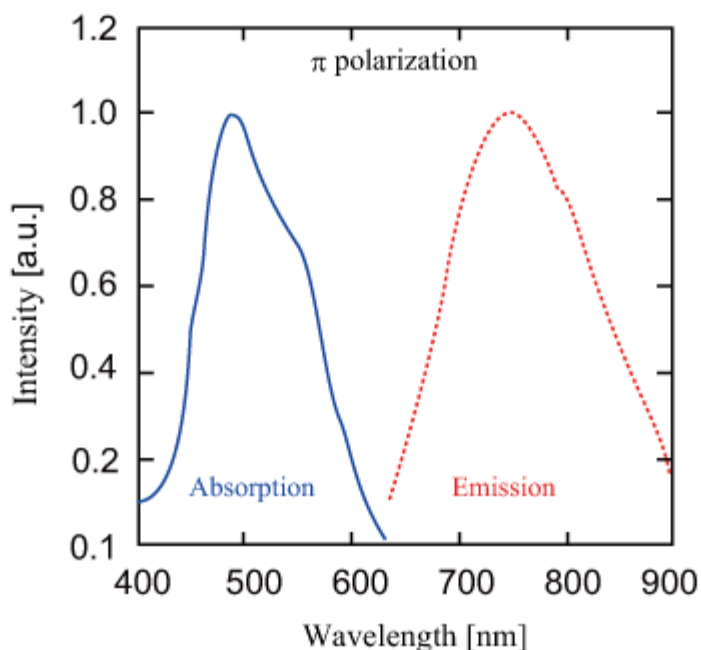
- a) Verklaar de verschuiving van de absorptiespectra naar langere golflengtes als  $n$  toeneemt (5)
- b) Bepaal, indien mogelijk, de energie van vibraties in i) de grondtoestand en ii) de aangeslagen toestand van het molecuul met  $n=3$  (groene spectrum). Laat duidelijk zien hoe je de energie berekent. (5)
- c) Het molecuul met  $n=5$  vertoont twee emissiebanden: één bij 370 nm en één bij 480 nm. Verklaar waarom het molecuul twee emissiebanden vertoont, beschrijf de overgangen die verantwoordelijk zijn voor de emissie en geef een schatting voor de levensduur van beide emissies. (5)

**Bonus:** Naast de verschuiving naar langere golflengte valt het ook op dat de absorptiesterkte  $\epsilon$  toeneemt met  $n$ . Geef een plausibele verklaring voor de toenemende absorptiesterkte met  $n$ . (5)

### Opgave 3

(20)

Het  $\text{Ti}^{3+}$  ion heeft de  $3d^1$  configuratie. In de onderstaande figuur zijn het absorptie- en emissiespectrum van  $\text{Ti}^{3+}$  in  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gegeven. In het  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kristal vervangt het  $\text{Ti}^{3+}$  ion een klein deel van de  $\text{Al}^{3+}$  ionen in het rooster en de  $\text{Ti}^{3+}$  ionen zijn in het kristal omringd door een octaëder van  $\text{O}^{2-}$  liganden.

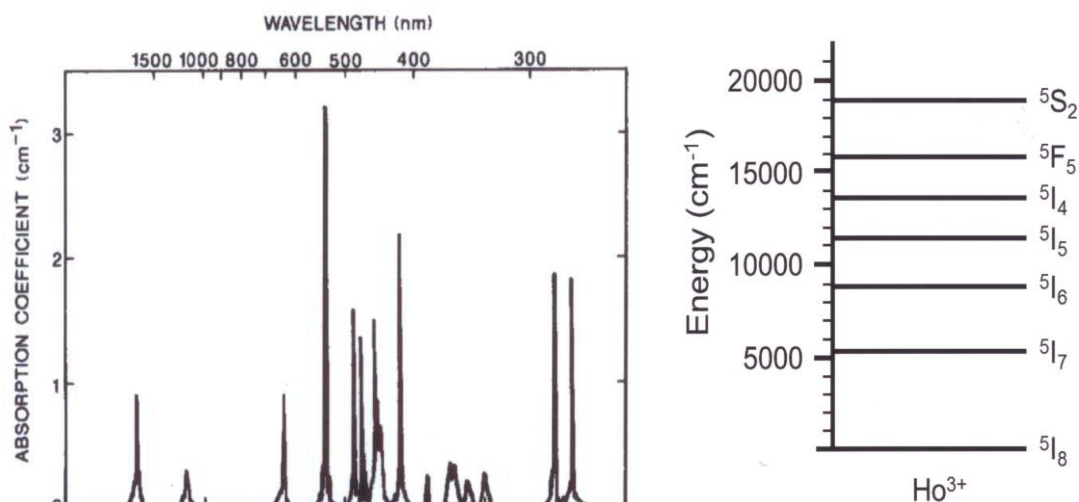


- a) Teken hoe en verklaar waarom de vijf d-orbitalen  $d_{xy}$ ,  $d_{x^2-y^2}$ ,  $d_{xz}$ ,  $d_{yz}$  en  $d_z^2$  opsplitsen in een octaëder van  $\text{O}^{2-}$  liganden (5)
- b) Hoe groot is de Stokes shift voor de  $\text{Ti}^{3+}$  emissie? (5)
- c) De molaire extinctie-coëfficiënt voor de 500 nm absorptie is ongeveer  $15 \text{ M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ . De levensduur van de  $\text{Ti}^{3+}$  emissie bij 760 nm is 3  $\mu\text{s}$ . Verklaar deze waarnemingen. (5)
- d) In het UV, bij 250 nm, wordt voor  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Ti}^{3+}$  een sterke absorptieband waargenomen (molaire extinctie-coëfficiënt  $\epsilon > 10^4 \text{ M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Beschrijf de overgang die verantwoordelijk is voor de 250 nm band en verklaar waarom de absorptie zoveel sterker is dan voor de band bij 500 nm. (5)

## Opgave 4

(20)

Van een kristal van  $\text{LiYF}_4$  gedoteerd met het lanthanide ion  $\text{Ho}^{3+}$  ( $4f^{10}$ ) staat in de onderstaande figuur een absorptie spectrum. Rechts staat het energie-niveauschema van  $\text{Ho}^{3+}$ .



a) Geef een toekenning voor de absorptielijnen bij 1840 nm, 1120 nm, 640 nm en 530 nm. (5)

b) Waarom zijn de lijnen zo scherp? (5)

$\text{Ho}^{3+}$  lasers worden gebruikt bij (oog)operaties. Hierbij wordt laserwerking rond 1900 nm opgewekt na excitatie met een diodelaser bij 1120 nm.

c) Teken het energie-nivoschema van  $\text{Ho}^{3+}$ , geef daarin aan hoe laserwerking bij 1900 nm verkregen wordt. Bediscussieer daarbij de voorwaarden voor laserwerking. Is de 1900 nm Ho-laser een 2-, 3- of 4-niveau laser? (10)

d) Het vermogen van een typische  $\text{Ho}^{3+}$ -laser is 2 W. Bereken het aantal fotonen van 1900 nm dat deze laser per seconde uitzendt. (5)

## **Opgave 5**

**(15)**

Een bekende toepassing van lanthanide fosforen is in TL buizen.

- a) Teken een TL buis en leg aan de hand daarvan uit hoe wit licht wordt opgewekt in TL-buizen. **(10)**
- b) Noem een voordeel en een nadeel van het gebruik van lanthanide fosforen in TL-buizen. **(5)**