

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

**Opgave 1**

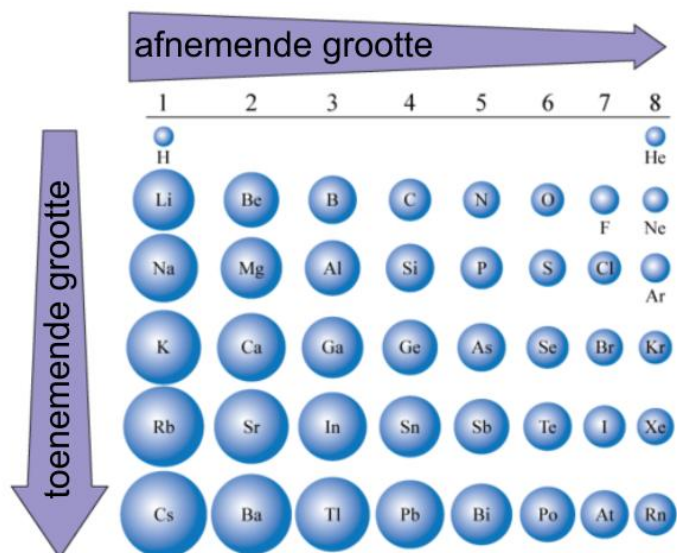
Een bepaalde stof bestaat uit atomen die enige tijd in een aangeslagen toestand van 1,2 eV boven de grondtoestand kunnen blijven. Het duurt dan enige tijd eer het atoom spontaan – onder gelijktijdige emissie van een foton – vervalt naar zijn grondtoestand. In zo'n geval kan er gestimuleerde emissie optreden, zodat in de stof laserwerking optreedt.

- a) **Leg** het verband **uit** tussen laserwerking en gestimuleerde emissie. Een laser op basis van deze stof wordt ingezet bij het snijden van metaalfolie. Het laserlicht wordt daarbij door een lens vrijwel in een punt gebundeld, waardoor het metaal zeer plaatselijk smelt. Laserlicht heeft meestal een veel grotere intensiteit dan 'gewoon' licht.
- b) **Noem** drie *andere* eigenschappen waarin laserlicht zich onderscheidt van 'gewoon' licht.
- c) Van welke van de drie hierboven bedoelde eigenschappen wordt gebruik gemaakt bij het snijden van metaalfolie?
- d) **Bereken** de golflengte van het licht dat deze laser uitzendt en ga na in welk deel van het elektromagnetische spectrum het licht zich bevindt. De laser heeft een lichtvermogen van 450 mW.
- e) **Bereken** het aantal fotonen dat deze laser per seconde produceert.

**Opgave 2**

De grootte van een atoom is de ruimte die de elektronenwolken innemen. De overgang tussen de grondtoestand en de eerste aangeslagen toestand van een atoom komt overeen met een belangrijke spectraallijn. Voor een aantal atomen ligt deze spectraallijn in het nabije ultraviolette, met golflengten in de orde van grootte van  $10^{-7}$  m.

- a) Toon door middel van een **berekening** aan dat de eerste aangeslagen toestand van deze atomen ongeveer 10 eV boven de grondtoestand ligt.
- b) **Leg uit** waarom een reeks atomen van links naar rechts steeds kleiner wordt.

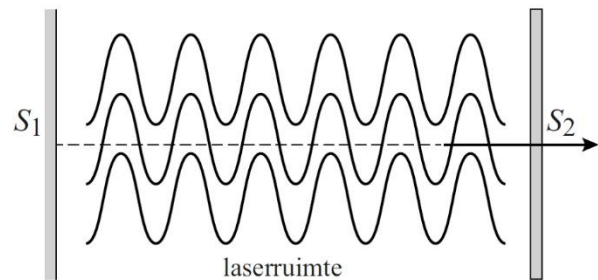


- c) **Leg uit** waarom bij de overgang atoomnummer 10 naar atoomnummer 11, dus bij de overgang van Ne naar Na, het atoom plotseling zo'n stuk groter is.
- d) **Leg uit** waarom een reeks atomen van boven naar beneden steeds groter wordt.

### Opgave 3

Een laser is een lichtbron die een smalle, evenwijdige en intense lichtbundel produceert. De bundel wordt geproduceerd in de laserruimte, die zich tussen spiegel  $S_1$  en de halfdoorlatende spiegel  $S_2$  bevindt. Zie de artist's impression in figuur 1. In de laserruimte worden heen en weer kaatsende fotonen geproduceerd.

figuur 1

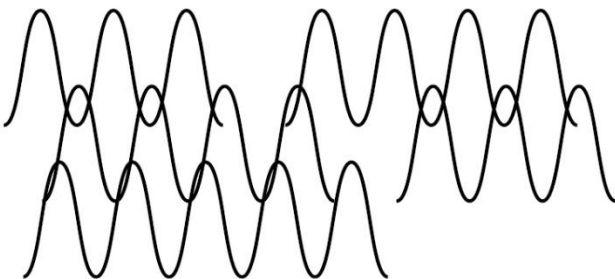


Bij laserwerking ontstaat een lawine van fotonen doordat reeds aanwezige fotonen aangeslagen moleculen dwingen om zelf fotonen uit te zenden.

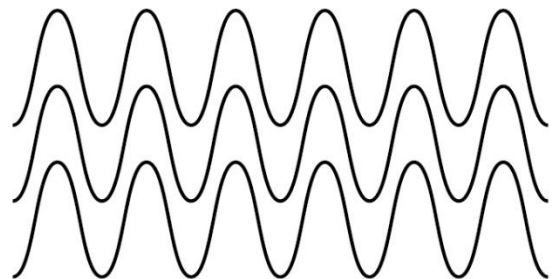
Het oorspronkelijke foton is daarbij identiek aan het geproduceerde foton: ze hebben dezelfde fase en dezelfde golflengte. Hierdoor heeft een laser een hogere intensiteit dan een gewone lichtbron, die fotonen produceert die niet dezelfde fase hebben.

In onderstaande afbeeldingen A en B zijn een aantal individuele lichtgolven geschetst van respectievelijk een gewone lichtbron en een laser.

A



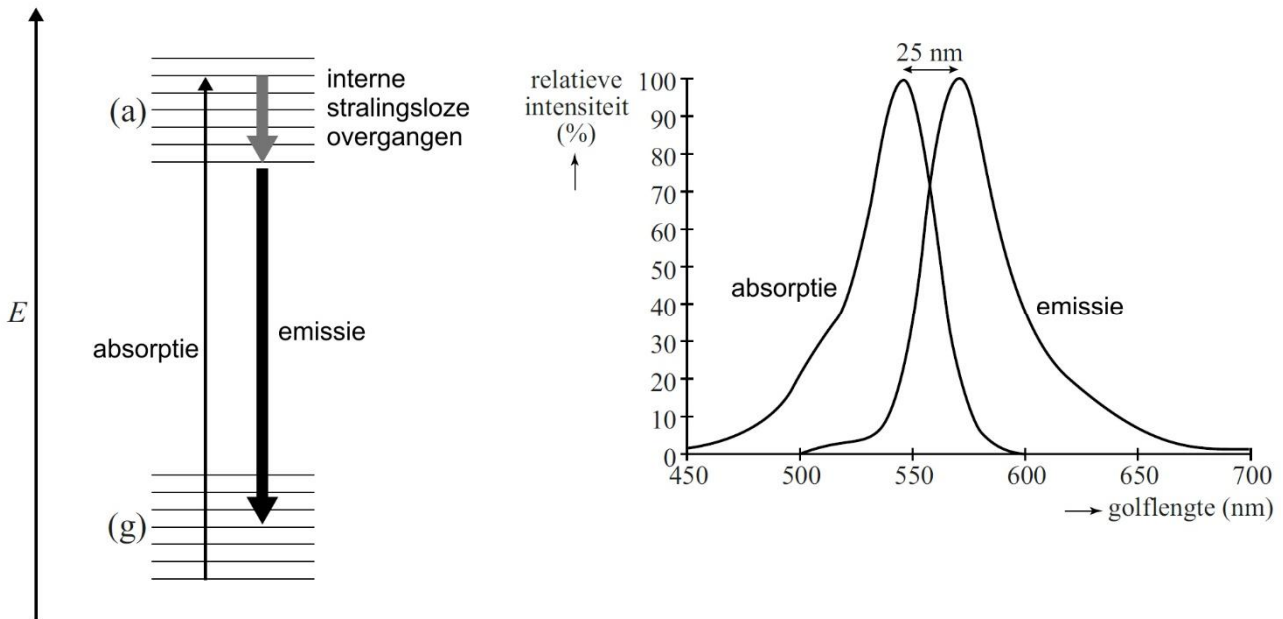
B



Ook als de amplitude van de individuele golven gelijk is, is de totale amplitude (en dus de intensiteit) van het laserlicht groter dan die van de gewone lichtbron.

a) **Leg uit** hoe dit komt aan de hand van de figuren A en B.

Anders dan bij gaslasers zenden vloeistoflasers een breedbandig spectrum van meer golflengtes tegelijk uit. Voor een bepaalde breedbandige vloeistoflaser wordt de kleurstof Rhodamine 6G gebruikt. Bij complexe moleculen als de kleurstof Rhodamine 6G bestaat zowel de grondtoestand (g) als de aangeslagen toestand (a) uit veel zeer dicht op elkaar gelegen energieniveaus. Zie onderstaande linker afbeelding.



Zo'n stof heeft daardoor geen lijnenspectrum maar een bandenspectrum. In bovenstaande rechter afbeelding is links de absorptieband en rechts de emissieband van Rhodamine 6G weergegeven.

Omdat de aangeslagen moleculen eerst een gedeelte van hun energie afgeven in de vorm van warmte (interne stralingsloze overgangen), is in de rechter bovenstaande afbeelding het emissiespectrum verschoven ten opzichte van het absorptiespectrum.

b) **Leg uit** waarom het emissiespectrum naar rechts verschoven is.

Een Rhodamine-6G-molecuul kan men ook beschrijven met een eenvoudig model van een eendimensionale energieput waarin 22 elektronen opgesloten zijn. Hierbij zijn een aantal energieniveaus (n-waarden) steeds gevuld met twee elektronen per niveau. Samen vormt dit de grondtoestand (g).

Als het molecuul door absorptie van een foton aangeslagen wordt, gaat één elektron van de hoogste bezette n-waarde naar de volgende n-waarde.

Dan geldt voor de lengte (L) van de energieput:

$$L = \sqrt{\frac{\lambda \cdot (12^2 - 11^2) \cdot h}{8 \cdot m \cdot c}}$$

Hierin is:

- $\lambda$  de golflengte die vereist is om het molecuul aan te slaan;
- $h$  de constante van Planck;
- $m$  de massa van een elektron;
- $c$  de lichtsnelheid.

c) **Leid** deze formule af gebruikmakend van formules uit BiNaS.

Nevenstaande afbeelding geeft de structuur van Rhodamine 6G weer. De waarde L komt bij benadering overeen met de waarde in nevenstaande afbeelding.

d) **Toon** dit **aan** met een **berekening**.

