

Atoomfysica uitwerkingen opgaven

Opgave 1.1

Wat zijn golven?

- a Geef nog een voorbeeld van een golf waaraan je kunt zien dat de golf zich wel zijwaarts verplaatst maar de bewegende delen niet.
de wave in een stadion
- b Wat is het medium in de drie voorbeelden boven?
een touw, water, lucht

Opgave 1.2

Watergolven

In ondiep water wordt de snelheid van golven bepaald door de waterdiepte h : $v = \sqrt{g \cdot h}$ ($g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

- a Bereken de golfsnelheid in water van 50 cm diep.

$$v = \sqrt{g \cdot h} = \sqrt{9,81 \times 0,5} = 2,21 \text{ m/s}$$

- c Hoe groot wordt de golflengte van de watergolven die je maakt als je met een stok 2 keer per seconde op en neer gaat in het water?

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2,21}{2} = 1,105 \text{ m}$$

Opgave 1.3

Elektromagnetische golven

Violet licht heeft een golflengte in de buurt van $\lambda = 400 \text{ nm}$

- a Bereken de frequentie van dit licht.

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

- b Tussen welke frequenties ligt het zichtbare spectrum?
grens bij violet $7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ (zie a)

$$\text{grens bij rood } \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{700 \cdot 10^{-9}} = 4,29 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Radargolven hebben een frequentie van 100 MHz.

- c Bereken de golflengte.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{100 \cdot 10^6} = 3 \text{ m}$$

- d Waar liggen die golven in het spectrum?
in het gebied van de radiogolven

- e Wat voor soort schaal is die van de golflengte? Waarom kiest men zo'n schaal?

het is een logaritmische schaal, die wordt gekozen als het gebied dat je wilt weergeven heel erg groot is

Opgave 1.4

Applet

In welk gebied zitten golven met een frequentie van 100 MHz?

radiogolven FM band

a Welke frequentie hebben microgolven? Hoe ontstaan ze?
ongeveer 1- 200 GHz, ze ontstaan door kernspin en elektronenspin

b Tussen welke golflengtes zit gammastraling voor medische therapie? Welk soort therapie is dat?

$5 \cdot 10^{19}$ - $4 \cdot 10^{20}$ Hz bestraling van tumoren

Opgave 1.5

Lichtsnelheid in water

a Bereken de lichtsnelheid in water.

$$c_{\text{water}} = \frac{c_{\text{lucht}}}{1,33} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,33} = 2,26 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

b Verandert nu de frequentie of de golflengte van de lichtgolven in water? Leg uit.

de frequentie wordt bepaald door de bron, dus de golflengte kan alleen veranderen, die wordt dan kleiner

c Bereken de nieuwe golflengte of frequentie van groene lichtgolven (510 nm) in water.

$$\lambda_{\text{water}} = \frac{\lambda_{\text{lucht}}}{1,33} = \frac{510}{1,33} = 383 \text{ nm}$$

Opgave 1.6

Alles zendt EM-golven uit

a Bereken de golflengte waarmee de meeste energie van je lichaam wordt uitgestraald, zie figuur rechtsboven.

lichaamstemperatuur (oppervlak) ongeveer 30 °C

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{0,0029}{T} = \frac{0,0029}{273 + 30} = 9,57 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b Welke soort golven zijn dat?

infrarood golven

Uit het oneindige van het heelal bereikt ons straling met maximale energie bij een golflengte van 1000 μm .

c Bereken de temperatuur van het verre heelal.

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{0,0029}{T} \Rightarrow T = \frac{0,0029}{\lambda} = \frac{0,0029}{1000 \cdot 10^{-6}} = 2,9 \text{ K}$$

Opgave 1.7

Golven, of toch deeltjes?

a Welke soorten licht zijn dit?

ultraviolet

b Welke heeft de meeste energie?

die met de grootste frequentie, dus de kleinste golflengte dus 277 nm

c Bij welk van de twee metalen is het buitenste elektron dus het makkelijkst los te maken?

bij koper

d Hoeveel bewegingsenergie krijgt een elektron in een koperen plaat als dit getroffen wordt door zo'n foton?

er is precies genoeg energie in het foton om het elektron los te maken, het krijgt verder geen bewegingsenergie

e Hoeveel bewegingsenergie krijgt dat elektron als het getroffen wordt door een foton van 210 nm (5,92 eV)?

bewegingsenergie = 5,92 - 4,48 = 0,81 eV

f En bij een foton van 300 nm (4,14 eV)?

er is 4,48 eV nodig dus er gebeurt helemaal niets

Opgave 1.8

Deeltjes, of toch golven? (Voor de liefhebbers van vreemde natuurkunde)

Opgave 2.1

Applets

Opgave 2.2

Energie en golflengte

a Bereken de energie van een groen foton
golflengte groen licht ongeveer 530 nm

$$E = h \cdot f = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{530 \cdot 10^{-9}} = 3,75 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

b Hoeveel energie heeft het groene foton uitgedrukt in eV?

$$E = \frac{3,75 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,34 \text{ eV}$$

Opgave 2.3

Energieën van een foton

a Wat voor soort assen zijn dit?

allebei logaritmische assen

b Waarom is voor deze assen gekozen?

vanwege het grote gebied dat ze bestrijken

c Wat voor grafiek levert het verband $E = h \frac{c}{\lambda}$ met lineaire assen?

$$E = h \frac{c}{\lambda} = \frac{\text{constante}}{\lambda} \text{ dat geeft een hyperbolisch verband}$$

d Bepaal de golflengte van een foton met $1 \cdot 10^{-19}$ J energie.

aflezen: $2 \cdot 10^{-6}$ m

e Tot welke energieën en golflengtes kan de grafiek verder doorgetrokken worden?

het spectrum loopt van 10^{-16} m tot 10^7 m

daar horen energieën bij van:

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^{-16}} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^7} = 2 \cdot 10^{-32} \text{ J}$$

Opgave 2.4



Energie van een foton

Een foton heeft een energie van $2,5 \cdot 10^{-18}$ J.

a Bereken de golflengte van de straling die hier mee overeenkomt.

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^{-18}} = 7,96 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

b Welke soort straling is dat?

ultraviolet

c Hoeveel energie is dat uitgedrukt in eV?

$$E = \frac{2,5 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 15,6 \text{ eV}$$

Opgave 2.5

Natriumlicht

a Bereken de energie in eV van zo'n foton.

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}} = 3,38 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{3,38 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,11 \text{ eV}$$

Het elektron dat dit licht uitzond, sprong hierbij van zijn eerste energieniveau E_2 naar zijn laagste energieniveau $E_1 = 0$ eV.

b Op hoeveel eV ligt niveau E_2 ?

op 2,11 eV

Een natriumlamp in een straatverlichting verbruikt 150 W elektrische energie.

Het rendement van een natriumlamp bedraagt 30%.

c Hoeveel lichtenergie geeft de lamp per seconde?

$$E = 0,3 \times 150 \text{ J/s} = 45 \text{ J/s}$$

d Bereken het aantal fotonen dat de natriumlamp per seconde uitzendt.

$$1 \text{ foton geeft } 3,38 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{dus aantal fotonen} = \frac{45}{3,38 \cdot 10^{-19}} = 1,33 \cdot 10^{20} \text{ fotonen}$$

Opgave 2.6

Fotonen in het oog

Hoeveel J energie komt dan per seconde het oog binnen?

per m² en per seconde 10⁻¹² J

$$\text{dus in het oog } 10^{-12} \times 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 5 \cdot 10^{-17} \text{ J/s}$$

Neem aan dat de fotonen een golflengte van 550 nm hebben.

a Bereken hoeveel fotonen het oog per seconde binnenkomen.

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{550 \cdot 10^{-9}} = 3,62 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{dus aantal fotonen} = \frac{5 \cdot 10^{-17}}{3,62 \cdot 10^{-19}} = 138 \text{ fotonen}$$

Opgave 2.7

Waterstofatoom

In een waterstofatoom springt soms een elektron van niveau 6 (13,3226 eV) naar niveau 2 (10,2002 eV).

a Bereken de golflengte van het licht dat hierbij wordt uitgezonden.

$$\text{energieverschil} = 13,3226 - 10,2002 = 3,1224 \text{ eV}$$

$$\text{energieverschil} = 3,1224 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,99584 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{4,99584 \cdot 10^{-19}} = 3,9813 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

b Welke kleur heeft dit licht?

dat is violet licht

c Bereken de golflengte van een foton dat uitgezonden wordt wanneer een elektron van niveau 4 naar niveau 1 springt.

$$\text{energieverschil} = 12,73 - 0 = 12,73 \text{ eV}$$

$$\text{energieverschil} = 12,73 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,04 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{2,04 \cdot 10^{-18}} = 9,75 \cdot 10^{-8} = 97,5 \text{ nm}$$

d Welke serie ligt in het zichtbare gebied?

BINAS: de Balmer serie

e In welk gedeelte van het spectrum liggen de lijnen uit de Lyman serie?

BINAS: ultraviolet

f Waarom zou men deze overgangen samen een serie noemen?

omdat ze allemaal op hetzelfde niveau eindigen

De groen/blauwe spectraallijn heeft een golflengte van 486,1 nm.

g Bereken de energie van het foton dat hierbij hoort.

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{486,1 \cdot 10^{-9}} = 4,091 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{4,091 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,56 \text{ eV}$$

h Tussen welke niveaus is het bijbehorende elektron gesprongen?

tussen niveau 4 en 2

In de hoogste toestand niveau $n = \infty$ (oneindig) is het elektron helemaal los van het atoom. Men noemt het energieverval tussen dit niveau en de grondtoestand de **ionisatie-energie**.

i Leg uit waarom deze energie zo genoemd wordt.

als een elektron helemaal vrijgemaakt wordt ontstaat een ion

j Bereken de ionisatie-energie van waterstof in joule.

$$\text{ionisatie-energie} = 13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,176 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

k Controleer deze met BINAS.

Opgave 2.8

Atomen herkennen

For atomic number $Z = 1$,	For atomic number $Z = 2$,
a transition from $n_2 = 3$ to $n_1 = 2$	a transition from $n_2 = 3$ to $n_1 = 2$
will have wavelength $\lambda = 656.1120 \text{ nm}$	will have wavelength $\lambda = 164.0280 \text{ nm}$
and quantum energy $h\nu = 1.889680 \text{ eV}$	and quantum energy $h\nu = 7.558721 \text{ eV}$

a Welke atomen worden hier bedoeld?

$Z = 1$ is waterstof en $Z = 2$ is helium

b Hoe zie je dat energieniveau 2 en 3 bij de 2 elementen niet op hetzelfde niveau liggen?

bij helium is het energieverval tussen niveau 2 en 4 veel groter dan bij waterstof

c Welke kleuren licht worden hier opgewekt? Zijn ze zichtbaar?

de waterstoflijn ze ligt in het rode gebied

de heliumlijn in ultraviolet



2.3

Alle spectra van de elementen zijn te zien op:

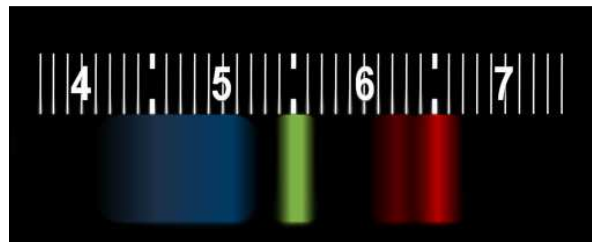
<http://jersey.uoregon.edu/vlab/elements/Elements.html>

- d Bekijk zelf eens wat een rijkheid aan kleuren deze opleveren. Links klikken met de muis geeft een golflengtemeter.
- e Probeer zelf met de twee applets de overgangen van de gele lijn in het spectrum van helium te vinden.

Opgave 2.9

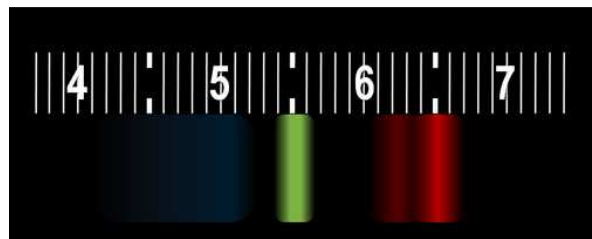
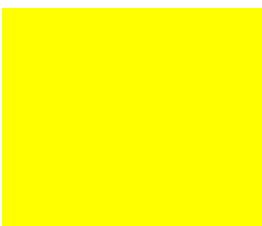
Spectroscop

Het apparaat waarmee je spectraallijnen kunt bekijken heet een spectroscop (zie figuur links). In deze versie wordt ook een tralie gebruikt. Als je met deze spectroscop naar een wit vlak op de tv-scherm kijkt, zie je volgende lijnen:



- a Welke kleuren worden door het scherm uitgezonden?
blauw groen en rood
- b Waaruit bestaat dus dit witte licht?
uit de kleuren blauw groen en rood
- c Geldt dat ook voor zonlicht?
zonlicht bevat alle kleuren

Nu een spectrogram van een geel vlak:

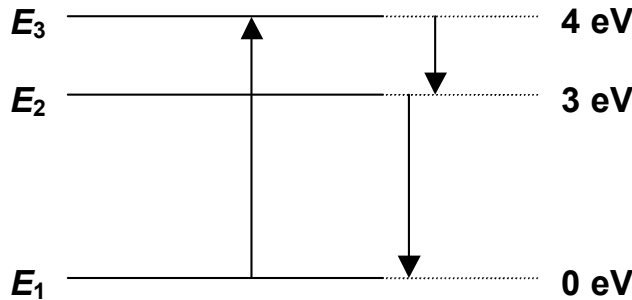


- d Geel licht bestaat dus hoofdzakelijk uit groen en rood

Opgave 2.10

Absorptie van fotonen

In de tekening zie je drie energieniveaus van een atoom. Door opname van een foton kan het elektron naar niveau 3 springen. Vervolgens zal hij na enige tijd terugspringen via niveau 2 naar niveau 1.



a Bereken de golflengte die het inkomende foton moet hebben.

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{4 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,11 \cdot 10^{-7} = 311 \text{ nm}$$

b Welke golflengtes hebben de twee fotonen die uitgezonden worden?

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{3 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,14 \cdot 10^{-7} = 414 \text{ nm}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{1 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,24 \cdot 10^{-6} = 1243 \text{ nm}$$

c Tot welke soorten elektromagnetische straling horen deze 3 fotonen?

geabsorbeerd foton: ultraviolet

uitgezonden fotonen: violet en infrarood

Opgave 2.11

Soorten spectra

Opgave 2.12

Absorptiespectrum van de zon

a Bekijk het absorptiespectrum van waterstof en bepaal de golflengtes van de blauwe en rode lijn.

blauw 486 nm en rood 656 nm

b Kijk of deze lijnen terug kunt vinden in het spectrum van de zon.

dit zijn de twee sterkste pieken in het zonnespectrum

c Doe hetzelfde voor het spectrum van helium.

helium blauw 447 nm en geel 588 nm

ook duidelijk aanwezig

d Welke conclusie kun je trekken?

de zon bestaat aan de buitenzijde in ieder geval uit waterstof en helium (waterstof is de "brandstof" van de zon)

e Welke twee lijnen hebben de kleinste helderheid (brightness)?
die van waterstof

f Welke conclusie kun je daaruit trekken?

er is dus veel waterstof aanwezig

Opgave 2.13

Absorptiespectrum waterstof

a Hoeveel energie moet een foton hebben om een elektron van de grondtoestand naar niveau 3 te schoppen?

12,07 eV

b Wat voor foton is dit?

ultraviolet

Het elektron valt nu terug via niveau 2 naar niveau 1.

c Welke fotonen worden daarbij uitgezonden?

een van $12,07 - 10,19 = 1,88$ eV

en een van 10,19 eV

d Welke soort(en) EM-straling geven die?

rood en ultraviolet

Opgave 2.14

Absorptiespectrum of emissiespectrum?

Kijk naar het plaatje rechts.

a Welke uitspraak kan juist zijn over de oranje oplossing in het bekeerglas?

1 Hij absorbeert oranje licht.

2 Hij zendt oranje licht uit.

3 Hij zendt alle kleuren licht uit behalve oranje.

4 Hij absorbeert alle kleuren licht behalve oranje.

b Hoe ziet het spectrum van deze oplossing er waarschijnlijk uit?

Opgave 3.1

AAS uitgelegd

a Bekijk zelf de uitleg op:

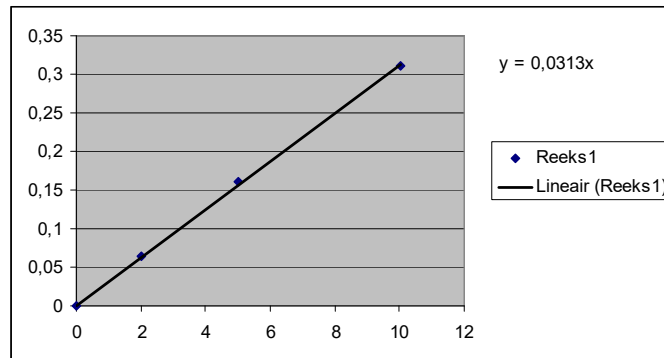
<http://www.umd.umich.edu/cas/natsci/slc/slconline/ADVAA/AdvAA.swf>

b Onderzoek ook hoe de hollow cathode lamp werkt.

Opgave 3.2

AAS met de ijklijnmethode

a Bepaal de formule van de ijklijn (evt. Excel).



de ijklijn is: $E = 0,0313c$

b Bereken de concentratie Cr^{3+} .

$$E = 0,0313c \Rightarrow c = \frac{E}{0,0313} = \frac{0,142}{0,0313} = 4,45 \text{ ppm}$$

Opgave 3.3

Matrixeffect en de standaardadditie methode

a Hoeveel spikes zijn toegevoegd?

5 spikes

b Waar kun je concentratie van het monster aflezen?

op het snijpunt met de horizontale as

c Waarom is aflezen niet handig?

het is niet nauwkeurig en de getalnotatie is niet prettig

d Schrijf de formule van de ijklijn in de bij ons gebruikelijke notatie.

$$y = 6,004 \cdot 10^7 x + 1,016 \cdot 10^2$$

e Bereken met de formule de concentratie van het monster.

het snijpunt met x -as bepalen, dan geldt $y = 0$

$$6,004 \cdot 10^7 x + 1,016 \cdot 10^2 = 0 \Rightarrow x = -\frac{1,016 \cdot 10^2}{6,004 \cdot 10^7} = -1,692 \cdot 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

de concentratie is dan $c = 1,692 \cdot 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{mL}}$

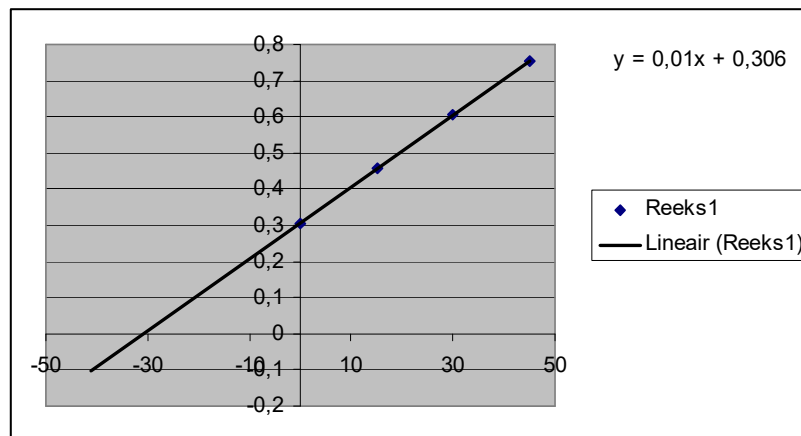
Opgave 3.4

Kobaltbepaling met de standaardadditie methode

a Bereken de concentraties van de ijkoplossingen.

Bepaling kobaltgehalte			
$V_{\text{standaard}}$ (mL)	verdunnings factor	$C_{\text{standaard}}$ ($\mu\text{g/mL}$)	E
0	--	0	0,306
5	10	15	0,456
10	5	30	0,606
15	3,3333333	45	0,756
20	2,5	60	0,906

b Maak een grafiek van de meetwaarden (Excel).



c Bepaal met de formule van de ijklijn de concentratie kobalt in het afvalwater.

$$0,01 \cdot x + 0,306 = 0 \Rightarrow c = \frac{0,306}{0,01} = 30,6 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}$$

Opgave 3.5

Kininebepaling

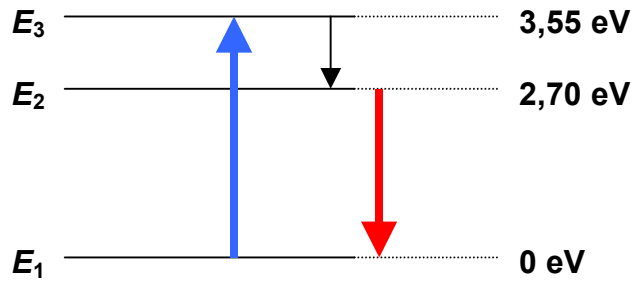
a Bereken de energie van de geabsorbeerde fotonen in eV.

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{350 \cdot 10^{-9}} = 5,68 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{5,68 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,55 \text{ eV}$$

b Bereken de energie van het uitgezonden foton in eV.

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{460 \cdot 10^{-9}} = 4,32 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{4,32 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,70 \text{ eV}$$

c Teken een mogelijk energieschema.

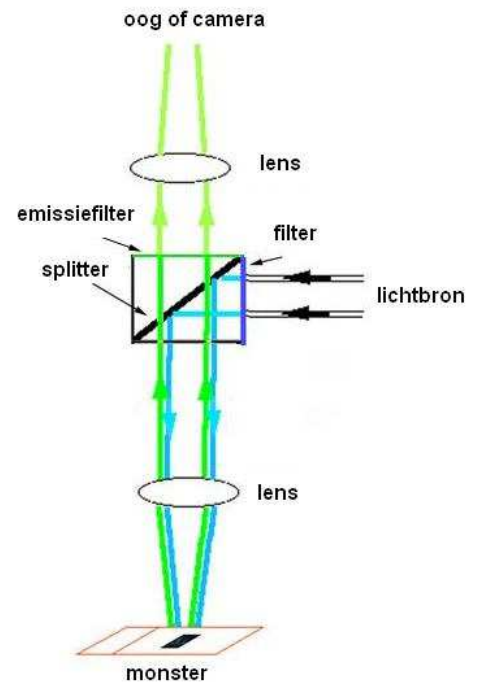


Opgave 3.6

Fluorescentiemicroscop

In een fluorescentiemicroscop wordt het monster bestraald met licht van de gewenste golflengte. Het weerkaatste licht wordt bekeken of digitaal bewerkt.

- Bestudeer de tekening rechts.
- Wat is de functie van de splitter?
de splitter spiegelt de inkomende lichtbundel en laat de weerkaatste bundel door
- Hoe zie je dat het uitgezonden licht van het monster een andere golflengte heeft dan het geabsorbeerde?
de kleuren verschillen
- Wat is de functie van de twee filters?
je kunt kiezen met welke kleur licht je bestraalt en welke kleur je bekijkt van het licht dat van het monster komt



Opgave 3.7

Luminescentie

Fluorescentie en fosforescentie zijn voorbeelden van **luminescentie**

- Onderzoek wat precies verstaan wordt onder luminescentie en welke andere vormen er nog zijn (er zijn minstens 10 verschillende vormen!). Geef voorbeelden.
- Kunnen vormen deze ook gebruikt worden als analysetechnieken? Geef eventueel voorbeelden.