

---

### Opgave 1

---

Er zijn veel verschijnselen waarbij licht gekleurde patronen (interferentie) vertoont: regenboog, spiegeling DVD, pauwenveren, dunne laag olie op water enz.

Versterking of uitdoving afhankelijk van de afgelegde weg. Deze verschijnselen zijn goed te begrijpen wanneer we licht opvatten als een golf.

---

### Opgave 2

---

Nee. Geluidsgolven hebben een stof nodig.

Lichtgolven worden gevormd door trilling van een elektromagnetisch veld. Dat kan bestaan zonder materie.

---

### Opgave 3

---

- a De kleur van licht wordt bepaald door de frequentie van de golven.
  - b De intensiteit van het licht wordt bepaald door de amplitude van de golf. De intensiteit is evenredig met het kwadraat van de amplitude.
- 

### Opgave 4

---

Golflengte laser.

Gegeven:  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ .

Gevraagd:  $f$

Oplossing:  $f = \frac{c}{\lambda}$

$$f = 3,00 \cdot 10^8 / 632,4 \cdot 10^{-9} = \mathbf{4,74 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

---

### Opgave 5

---

Oranje licht.

Gegeven:  $f = 5,10 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

Gevraagd:  $\lambda$

Oplossing:  $\lambda = \frac{c}{f}$

$$\lambda = 3,00 \cdot 10^8 / 5,10 \cdot 10^{14} = 5,88 \cdot 10^{-7} \text{ Hz} \rightarrow \mathbf{588 \text{ nm}}$$

---

### Opgave 6

---

Gegeven:  $c_{\text{glas}} = 2,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $\lambda_{\text{lucht}} = 546 \text{ nm}$ .

Gevraagd:  $\lambda_{\text{glas}}$

Oplossing:

$$f = \frac{c}{\lambda} \text{ en: } \lambda = \frac{c}{f}$$

Uitwerkingen van de opgaven uit:

$$f = 3,00 \cdot 10^8 / 546 \cdot 10^{-9} = 5,495 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

De frequentie in glas is even groot.

$$\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow \lambda = 2,00 \cdot 10^8 / 5,495 \cdot 10^{14} = 3,64 \cdot 10^{-7} \text{ m} \rightarrow \mathbf{364 \text{ nm}}$$

---

### Opgave 7

---

Geel Na-licht.

*Gegeven:*  $f = 5,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ,  $\lambda_{\text{water}} = 442 \text{ nm}$ .

*Gevraagd:*  $c_{\text{water}}$

*Oplossing:*

$$c = f \cdot \lambda \rightarrow c = 5,09 \cdot 10^{14} \times 442 \cdot 10^{-9} = \mathbf{2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

---

### Opgave 8

---

Zichtbaar licht heeft (in lucht) golflengten tussen de (ongeveer) 400 nm en 750 nm.

---

### Opgave 9

---

'Grotere' of 'kleinere':

- a groen licht heeft een **kleinere** golflengte dan geel licht;
- b ultraviolet licht heeft een **kleinere** golflengte dan violet licht;
- c infrarood licht heeft een **grotere** golflengte dan rood licht;
- d uv-straling heeft een **grotere** golflengte dan röntgenstraling.

---

### Opgave 10

---

Foton-energie van onderstaande straling.

Fotonenergie berekenen we met:  $E = h \cdot f$

Hierin is  $h$  de constante van Planck:  $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

- a gammastraling met  $f = 1,00 \cdot 10^{21} \text{ Hz}$

$$E = h \cdot f \rightarrow E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 1,00 \cdot 10^{21} \text{ Hz} = \mathbf{6,63 \cdot 10^{-13} \text{ J}}$$

- b röntgenstraling met  $5,00 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$

$$E = h \cdot f \rightarrow E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 5,00 \cdot 10^{18} \text{ Hz} = \mathbf{3,31 \cdot 10^{-15} \text{ J}}$$

- c geel Na-licht met  $f = 5,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

$$E = h \cdot f \rightarrow E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 5,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = \mathbf{3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

d violet Hg-licht met  $\lambda = 436 \text{ nm}$

We berekenen eerst de frequentie:  $f = \frac{c}{\lambda} \rightarrow f = 3,00 \cdot 10^8 / 436 \cdot 10^{-9} = 6,88 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

$$E = h \cdot f \rightarrow E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 6,88 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 4,56 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

e microgolven met  $1,00 \cdot 10^{11} \text{ Hz}$

$$E = h \cdot f \rightarrow E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 1,00 \cdot 10^{11} \text{ Hz} = 6,63 \cdot 10^{-23} \text{ J}$$

f G5-netwerkstraling met 700 GHz

$$700 \text{ GHz} = 700 \times 10^9 \text{ Hz} = 7,00 \cdot 10^{11} \text{ Hz}$$

$$E = h \cdot f \rightarrow E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 7,00 \cdot 10^{11} \text{ Hz} = 4,64 \cdot 10^{-22} \text{ J}$$

---

### Opgave 11

---

- a Ioniserende straling is elektromagnetische straling waarvan de fotonenergie groot genoeg is om elektronen uit de moleculen te slaan. Er ontstaan daardoor ionen in het weefsel.
- b Kankercellen delen sneller dan gezonde cellen. Ioniserende straling remt dat proces door het beschadigen (ioniseren) van het DNA in de kern van de kankercellen.

---

### Opgave 12

---

- a Gewoon glas houdt veel uv tegen maar niet alle. Straling van 300 – 400 nm gaat deels door vensterglas heen.
- b Een hoogtezon (zonnebank) zal kwartsglas gebruiken om uv door te laten.

---

### Opgave 13

---

*EM-golven of niet?*

a *de radar van een vliegtuig*

Ja. Radiogolven wel heel korte: SHF, supra high frequency

b *magnetronstraling*

Ja. Microgolven (microwave).

c *sonar*

Nee. Sonar bestaat uit geluidsgolven.

d *golven die in de geneeskunde gebruikt worden bij de echoscopie*

Nee. Voor echoscopie worden geluidsgolven gebruikt.

e *golven die in de geneeskunde gebruikt worden bij MRI (Magnetic Resonance Imaging)*

Ja. Hierbij worden radiogolven gebruikt om te zien of de protonen (waterstofatomen) in een magneetveld met de frequentie meetrillen. Zo krijg je een beeld van het weefsel. Een ziek weefsel (tumor) ziet er dan anders uit dan gezond weefsel.

f *de hoogfrequente golven, waarmee een vleermuis zijn prooi opzoekt.*

Nee. Vleermuizen gebruiken ultrasonoor geluid.

---

#### Opgave 14

---

Een kleur is complementair aan een andere kleur als de kleur tegenover de andere kleur staat in de kleurencirkel.

---

#### Opgave 15

---

Geel staat in de kleurencirkel tegenover violet (licht blauw) dus violet is de complementaire kleur.

---

#### Opgave 16

---

Bij een fotometrische meting meet je met de kleur die door de te onderzoeken stof wordt geabsorbeerd. Dat is steeds de complementaire kleur. Een stof weerkaatst namelijk de kleur die complementair is aan de geabsorbeerde kleur.

---

#### Opgave 17

---

IJzerthiocyanaat (rood) meet je met de complementaire kleur van rood: groen. Daarmee weet je nog niet welke golflengte dan het beste is. Daarvoor moet je nauwkeurig de geabsorbeerde golflengte bepalen. Een zogenaamde 'scan' uitvoeren.

---

#### Opgave 18

---

*Gegeven:* tralie met 150 lijnen/mm

*Gevraagd:*  $d$

*Oplossing:*

$$d = 1 \text{ mm} / 150 = 6,67 \cdot 10^{-3} \text{ mm} = \mathbf{6,67 \cdot 10^{-6} \text{ m.}}$$

---

#### Opgave 19

---

*Gegeven:* tralie met  $d = 8,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

*Gevraagd:* aantal lijnen / mm

*Oplossing:*

$$1 \text{ m} / 8,85 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 1,13 \cdot 10^4 \text{ lijnen per m} \rightarrow \mathbf{11,3 \text{ lijnen/mm}}$$

---

### Opgave 20

---

*Gegeven:*  $\lambda = 589 \text{ nm}$ , tussen  $0^\circ$  en  $1^\circ$  orde:  $\alpha = 2,7^\circ$

*Gevraagd:* aantal lijnen / mm

*Oplossing:*

$$d \cdot \sin(\alpha) = n \cdot \lambda \rightarrow d = \frac{n \cdot \lambda}{\sin(\alpha)} \rightarrow d = \frac{1 \times 589 \cdot 10^{-9}}{\sin(2,7^\circ)} = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ m} \rightarrow 0,0125 \text{ mm}$$

Aantal lijnen / mm:  $1 \text{ mm} / 0,0125 \text{ mm} = \mathbf{80 \text{ lijnen}}$  (per mm).

---

### Opgave 21

---

In een fotometer (of spectrofotometer) wordt licht van de gewenste golflengte verkregen door wit licht via een filter, prisma of tralie te laten invallen.  
Het filter, prisma of tralie zorgen voor de juiste kleur licht.

---

### Opgave 22

---

*Gegeven:*  $\lambda = 435,8 \text{ nm}$ , scherm op  $1,50 \text{ m}$ , tralie:  $50 \text{ lijnen/mm}$

*Gevraagd:*  $a$  (afstand  $0^\circ$  orde –  $1^\circ$  orde)

*Oplossing:*

$$d \cdot \sin(\alpha) = n \cdot \lambda \text{ en } \tan(\alpha) = \frac{a}{l}$$

$$d = 1 / 50 \text{ mm} \rightarrow d = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$n = 1$$

$$\lambda = 435,8 \text{ nm} \rightarrow \lambda = 4,358 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\sin(\alpha) = \lambda / d \rightarrow 4,358 \cdot 10^{-7} \text{ m} / 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 0,0128 \rightarrow \alpha = 1,25^\circ$$

$$\tan(\alpha) = \frac{a}{l} \rightarrow a = l \cdot \tan(\alpha) \rightarrow a = 1,50 \times \tan(1,25^\circ) = 0,0321 \text{ m} \rightarrow \mathbf{3,3 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 23

---

- a Een reflectietralie is een spiegelend oppervlak waar op heel korte en regelmatige afstanden krassen in zijn gemaakt. Geen slordige krassen maar rechthoekige fijne vertanding waarvan de afmeting in de orde van grootte van de golflengte is. De golflengte die je wilt onderzoeken. Elk strookje werkt als lichtbron volgens het golfprincipe van Huygens en is een bolvormige lichtbron.
- b Het voordeel van een reflectietralie ten opzichte van een transmissietralie is dat er geen licht wordt geabsorbeerd of verstrooid door het medium (glas) waar het licht doorheen gaat, zoals bij een transmissietralie.

---

### Opgave 24

---

*Gegeven:* scherm op 2,00 m, tralie: 150 lijnen/mm,  $a$  (afstand tussen de ordes op het scherm = 15,6 cm

*Gevraagd:*  $\lambda$

*Oplissing:*

$$\tan(\alpha) = \frac{a}{l} \text{ en } d \cdot \sin(\alpha) = n \cdot \lambda$$

$$a = 15,6 \text{ cm} \rightarrow 0,156 \text{ m (voor } n=1) \quad l = 2,00 \text{ m}$$

$$d = 1 / 150 = 6,67 \cdot 10^{-3} \text{ mm} \rightarrow 6,67 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{a}{l} \rightarrow \tan(\alpha) = 0,156 \text{ m} / 2,00 \text{ m} = 0,078 \rightarrow \alpha = 4,46^\circ$$

$$d \cdot \sin(\alpha) = n \cdot \lambda \rightarrow \lambda = 6,667 \cdot 10^{-6} \text{ m} \times \sin(4,46^\circ) \rightarrow \lambda = 5,184 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{518 \text{ nm}}$$

---

### Opgave 25

---

*Gegeven:*  $\lambda = 589 \text{ nm}$ , tralie: 600 lijnen/mm

*Gevraagd:* a)  $\alpha_{0-1e \text{ orde}}$  b)  $\alpha_{0-2e \text{ orde}}$  c) Welke is de hoogste nog zichtbare orde?

*Oplissing:*

$$d \cdot \sin(\alpha) = n \cdot \lambda$$

$$d = 1 / 600 = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ mm} \rightarrow 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 589 \text{ nm} \rightarrow 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

a  $d \cdot \sin(\alpha) = n \cdot \lambda$  voor  $n = 1$ :  $\sin(\alpha) = \lambda / d \rightarrow \sin(\alpha) = 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m} / 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ m}$   
 $\sin(\alpha) = 0,353 \rightarrow \alpha = \mathbf{20,7^\circ}$

b  $d \cdot \sin(\alpha) = n \cdot \lambda$  voor  $n = 2$ :  $\sin(\alpha) = 2 \cdot \lambda / d \rightarrow$   
 $\sin(\alpha) = 2 \times 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m} / 1,667 \cdot 10^{-6} \text{ m} \rightarrow \sin(\alpha) = 0,707 \rightarrow \alpha = \mathbf{45^\circ}$

c Voor  $n = 3$  is  $\sin(\alpha) = 1,06$  de hoek is dan  $> 90^\circ$  dit maximum is niet zichtbaar.  
Er zijn dus maximaal **5** maxima zichtbaar, voor  $n = 0$  en voor  $n = 1$  en  $2$ , links én rechts van het  $0^\circ$  orde maximum.

---

### Opgave 26

---

a Natuurlijk licht is niet gepolariseerd. De vector van het elektrisch veld kan elke stand loodrecht op de voortplantingsrichting hebben.

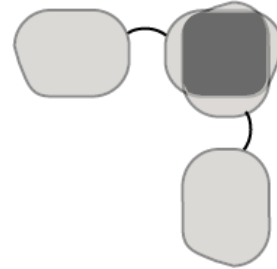
b *Gepolariseerd licht* heeft golven die in één richting trillen. De vector van het elektrisch veld heeft één stand loodrecht op de voortplantingsrichting.

---

Opgave 27

---

Door de polaroidglazen haaks op elkaar te leggen komt er (vrijwel) geen licht meer door.



---

Opgave 28

---

Licht dat wordt teruggekaatst op een spiegellend oppervlak is gedeeltelijk gepolariseerd.

Dat wil zeggen: De horizontale trilling is verzwakt. De verticale niet.

Een polaroid zonnebril zal alle verticale straling enigszins tegenhouden. Het waargenomen effect is het grootst voor de spiegeling want deze wordt grotendeels uitgedoofd.

---

Opgave 29

---

Een optisch actieve stof is een verbinding waarvan de moleculen niet symmetrisch zijn. Van deze moleculen bestaan dan twee typen: rechtsdraaiende en linksdraaiende. Een oplossing van één type veroorzaakt dan draaiing van het polarisatievlak.

---

Opgave 30

---

- a De *polarisator* is het polarisatiefilter dat het licht gepolariseert dat de polarimeter in gaat. (Één trilrichting geeft.)
- b De *analysator* is het polarisatiefilter van een polarimeter waarmee de waarnemer de intensiteit van het uittredende licht zo donker mogelijk maakt door het filter te draaien.

---

Opgave 31

---

Rietsuikeroplossing.

Gegeven:  $c = 0,120 \text{ g/mL}$ ,  $l = 20,0 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 20,0^\circ$

Gevraagd:  $[\alpha]_{\lambda}^T$  (specifieke draaiing)

Oplossing:

$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^T \cdot c \cdot l \rightarrow [\alpha]_{\lambda}^T = \alpha / (c \cdot l)$$

$$c = 0,120 \text{ g/mL} \rightarrow 120 \text{ kg/m}^3$$

$$l = 20,0 \text{ cm} \rightarrow 0,200 \text{ m}$$

$$\alpha = 20,0^\circ$$

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \alpha / (c \cdot l) \rightarrow [\alpha]_{\lambda}^T = 20,0^{\circ} / (120 \text{ kg/m}^3 \times 0,200 \text{ m}) = \mathbf{0,833} \text{ (}^{\circ} \cdot \text{m}^2/\text{kg)}$$

---

### Opgave 32

---

*Waarom maakt een polarimeter geen gebruik van wit licht?*

De specifieke draaiing hangt ook af van de golflengte, of beter: frequentie van het licht. Wit licht bevat in principe alle frequenties, alle kleuren. Elke kleur zou zijn eigen draaiing van het polarisatievlak geven. De instelling van de analysator om de draaiing te meten wordt daardoor minder scherp. Vager.

---

### Opgave 33

---

- Een *racemisch mengsel* is een oplossing van een optisch actieve stof die evenveel linksdraaiende als rechtsdraaiende moleculen bevat. De oplossing als geheel doet het polarisatievlak in een polarimeter dan **niet** draaien.
- Mutarotatie* is het verschijnsel dat bij sommige suikers zoals glucose, de vers gemaakte oplossing geen stabiele draaiing vertoont. De gemeten draaiing van het polarisatievlak verandert gedurende enige tijd totdat er evenwicht is tussen de moleculen.

---

### Opgave 34

---

Glucose in urine.

Gegeven:  $l = 19,1 \text{ cm}$ ,  $[\alpha]_{\lambda}^T = 0,525^{\circ} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ ,

Gevraagd: a)  $c$  als  $\alpha = 16,5^{\circ}$ ,      b)  $c$  als  $\alpha = 23,4^{\circ}$

Oplissing:

$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^T \cdot c \cdot l$$

a  $\alpha = [\alpha]_{\lambda}^T \cdot c \cdot l \rightarrow c = \alpha / ([\alpha]_{\lambda}^T \cdot l) \rightarrow c = 16,5^{\circ} / (0,525 \times 0,191) = \mathbf{165 \text{ kg/m}^3}$

b  $c = \alpha / ([\alpha]_{\lambda}^T \cdot l) \rightarrow c = 23,4^{\circ} / (0,525 \times 0,191) = \mathbf{234 \text{ kg/m}^3}$

c  $c$  (in  $\text{kg/m}^3$ ) is 10 x zo groot als  $\alpha$  (in graden).

d De cuvetlengte van 19,1 cm is slim gekozen omdat  $0,525 \times 0,191 = 0,100$ .

Als je alleen glucosemetingen doet is dat handig.

---

### Opgave 35

---

De precieze maat van de tussenruimte is beslissend voor de doorgelaten golflengte.

Die maat moet dan natuurlijk overal gelijk zijn.

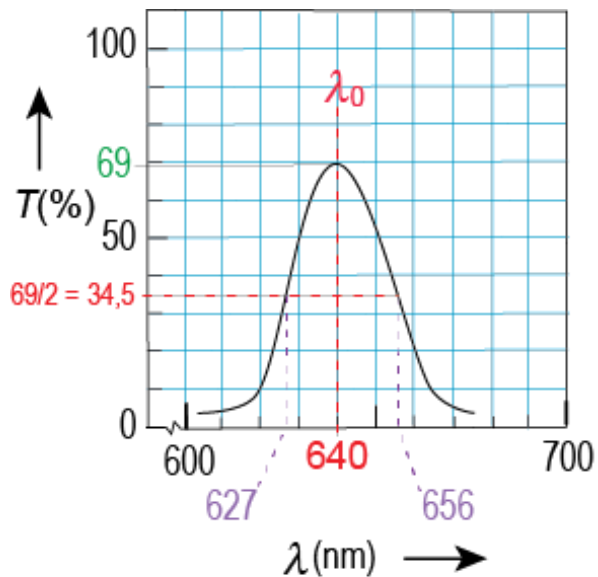


Opgave 36

---

Filter in de afbeelding:

- a analytische lijn  $\lambda_0 = 640$  nm
- b transmissie  $T_0 = 69\%$
- c bandbreedte:  $656 - 627 = 29$  nm



Opgave 37

---

Een interferentiefilter zal altijd gecombineerd moeten worden met een gewoon kleurenfilter om te vermijden dat 'boventonen' ook passeren.

---

Opgave 38

---

Als de temperatuur hoog genoeg is en er zijn voldoende natriumatomen dan geven deze natriumatomen vooral geel licht. In de opstartfase zijn er nog te weinig natriumatomen in de gasfase. Wel is er dan een edelgas bijvoorbeeld neon dat bij lagere temperatuur al rood licht uitzendt.

---

Opgave 39

---

- a Een interferentiefilter heeft een heel smalle bandbreedte. Je kunt dus heel specifiek met een bepaalde golflengte meten.
  - b Een nadeel is de hoge prijs. Een interferentiefilter is een precisieonderdeel. Moeilijk te maken.
- 

Opgave 40

---

- a Een interferentiefilter heeft als voordeel boven een spectraal lamp (lamp die meteen de gewenste golflengte uitzendt) dat je een gewone lichtbron kan gebruiken en door het filter te verwisselen verschillende metingen kan doen. Dat wil zeggen: bij verschillende golflengten.

- b Een spectraal lamp heeft als voordeel boven een interferentiefilter dat alle licht van de lamp de gewenste golflengte heeft. Er is dus een hogere lichtopbrengst.

---

Opgave 41

---

- a Een spectraal lamp heeft als voordeel boven een prismamonochromator dat hij een heel smalle bandbreedte heeft.
- b Een spectraal lamp heeft als nadeel ten opzichte van een prismamonochromator dat je maar bij één golflengte kan meten.

---

Opgave 42

---

De spectraal lamp van kwik heeft een kwarts venster omdat de uv-straling van kwik niet of onvoldoende door het glas gaat.

---

Opgave 43

---

Omrekenen van extinctie naar transmissie:  $T = 10^{-E}$

- a  $E = 0,0 \rightarrow T = 10^{-0,0} = 1,00$
- b  $E = 1,0 \rightarrow T = 10^{-1,0} = 0,10$
- c  $E = 2,0 \rightarrow T = 10^{-2,0} = 0,010$
- d  $E = 3,0 \rightarrow T = 10^{-3,0} = 0,0010$

Hier heb je je rekenmachine niet bij nodig.

---

Opgave 44

---

$T = 10\%$

- a Absorptie =  $100\% - 10\% = 90\%$
- b Extinctie =  $-\log(0,10) = 1,0$

---

Opgave 45

---

Cuvet met oplossing.

Gegeven:  $c_1 = 40 \text{ mg/L}$ ,  $T_1 = 0,50$ ,  $T_2 = 0,25$

Gevraagd:  $c_2$

Oplossing:

De concentratie is evenredig met de extinctie. We berekenen daarom de extincties:

Uitwerkingen van de opgaven uit:

**Natuurkunde voor het MBO** deel 3 ISBN 9789491764462, 1e druk, Uitgeverij Syntax Media

Hoofdstuk 6 Elektromagnetische golven

bladzijde 11

---

Voor  $c_1 = 40$  mg/L:  $E_1 = -\log(0,50) = 0,30$

Voor  $c_2$   $E_2 = -\log(0,25) = 0,60$

De extinctie wordt 2 x zo groot dus ook de concentratie:  $c_2 = 2 \times 40 = \mathbf{80}$  mg/L

---

#### Opgave 46

---

Cuvet met oplossing.

Gegeven:  $c_1 = 80$  mg/L,  $T_1 = 0,30$ ,  $c_2 = 120$

Gevraagd:  $T_2$

Oplossing:

De concentratie is evenredig met de extinctie. We berekenen daarom de extincties:

Voor  $c_1 = 80$  mg/L:  $E_1 = -\log(0,30) = 0,52$

Voor  $c_2 = 120$  m/L: de extinctie wordt evenredig groter:  $E_2 = (120 / 80) \times 0,52 = 0,78$

$T_2 = 10^{-0,78} = \mathbf{0,17}$