

---

Opgave 1

---

Oranje en groen licht vallen op een prisma (onder dezelfde hoek en in dezelfde richting). Welke kleur wordt het sterkst gebroken?

*Hoe korter de golflengte des te sterker de breking.*

*Dus groen licht wordt sterker gebroken dan oranje.*

---

Opgave 2

---

Soms gebruiken we de grootheid “golfgetal” ( $\sigma$ ). Dit is het aantal golven op 1 cm. Bereken het golfgetal ( $\text{cm}^{-1}$ ) van:

a infrarood met  $\lambda = 3,00 \mu\text{m}$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \rightarrow 3,00 \mu\text{m is: } 3,00 \times 10^{-4} \text{ cm} \quad \sigma = 1 \text{ cm} / 3,00 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{3,33 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}}$$

b infrarood met  $\lambda = 1250 \text{ nm}$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \rightarrow 1250 \text{ nm is: } 1,250 \times 10^{-4} \text{ cm} \quad \sigma = 1 \text{ cm} / 1,250 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{8,000 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}}$$

c infrarood met  $f = 3,00 \times 10^{13} \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow \lambda = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 3,00 \times 10^{13} \text{ Hz} = 1,00 \times 10^{-6} \text{ m} \rightarrow 1,00 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \rightarrow \sigma = 1 / 1,00 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{1,00 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}}$$

d infrarood met  $f = 5,00 \times 10^{13} \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow \lambda = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 5,00 \times 10^{13} \text{ Hz} = 5,996 \times 10^{-6} \text{ m} \rightarrow 5,996 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \rightarrow \sigma = 1 / 5,996 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{1,67 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}}$$

---

Opgave 3

---

Bereken de golflengte in nm van:

a infrarood met een golfgetal van  $1800 \text{ cm}^{-1}$

$$\lambda = \frac{1}{\sigma} \rightarrow 1 / 1800 \text{ cm}^{-1} = 5,556 \times 10^{-4} \text{ cm} \rightarrow 5,556 \times 10^{-3} \text{ mm} \rightarrow \mathbf{5,556 \times 10^3 \text{ nm}}$$

cm  $\rightarrow$  mm: eenheid 10 x klein, getal ervoor: 10 x zo groot.

mm → nm: eenheid 1000000 x zo klein, getal ervoor: 1000000 x zo groot.

- b infrarood met een golfgetal van 500 cm<sup>-1</sup>

$$\lambda = \frac{1}{\sigma} \quad \blacktriangleright \quad 1 / 500 \text{ cm}^{-1} = 2,00 \times 10^{-3} \text{ cm} \quad \blacktriangleright \quad 2,00 \times 10^{-2} \text{ mm} \quad \blacktriangleright \quad \mathbf{2,00 \times 10^4 \text{ nm}}$$

cm → mm: eenheid 10 x klein, getal ervoor: 10 x zo groot.

mm → nm: eenheid 1000000 x zo klein, getal ervoor: 1000000 x zo groot.

- c ultra violet met  $f = 8,50 \times 10^{15} \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \blacktriangleright \quad \lambda = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 8,50 \times 10^{15} \text{ Hz} = 3,53 \times 10^{-8} \text{ m} \quad \blacktriangleright \quad \mathbf{35,3 \text{ nm}}$$

m → nm: eenheid 10<sup>9</sup> x zo klein, getal ervoor: 10<sup>9</sup> x zo groot.

- d licht met  $f = 5,00 \times 10^{14} \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \blacktriangleright \quad \lambda = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 5,00 \times 10^{14} \text{ Hz} = 6,00 \times 10^{-7} \text{ m} \quad \blacktriangleright \quad \mathbf{600 \text{ nm}}$$

m → nm: eenheid 10<sup>9</sup> x zo klein, getal ervoor: 10<sup>9</sup> x zo groot.

---

#### Opgave 4

---

Bereken de frequentie van:

- a infrarood met een golfgetal van 750 cm<sup>-1</sup>

$$\lambda = \frac{1}{\sigma} \quad \blacktriangleright \quad \lambda = 1 / 750 \text{ cm}^{-1} = 1,333 \times 10^{-3} \text{ cm} \quad \blacktriangleright \quad 1,333 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 1,333 \times 10^{-5} \text{ m} = \mathbf{2,25 \times 10^{13} \text{ Hz}}$$

- b ultra violet met  $\lambda = 150 \text{ nm}$

$$\lambda = 150 \text{ nm} / 1 \times 10^9 = 1,50 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 1,50 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{2,00 \times 10^{15} \text{ Hz}}$$

- c geel licht met  $\lambda = 550 \text{ nm}$

$$\lambda = 550 \text{ nm} / 1 \times 10^9 = 5,50 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 5,50 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{5,45 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

- d röntgenstraling met  $\lambda = 2,00 \text{ nm}$

$$\lambda = 2,00 \text{ nm} / 1 \times 10^9 = 2,00 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 2,00 \times 10^{-9} \text{ m} = \mathbf{1,50 \times 10^{17} \text{ Hz}}$$

### Opgave 5

---

Bereken de fotonenergie van:

a infrarood met een golfgetal van  $1550 \text{ cm}^{-1}$

$$\lambda = \frac{1}{\sigma} \quad \blacktriangleright \quad 1 / 1550 \text{ cm}^{-1} = 6,452 \times 10^{-4} \text{ cm} \quad \blacktriangleright \quad 6,452 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 6,452 \times 10^{-6} \text{ m} = 4,647 \times 10^{13} \text{ Hz}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 4,647 \times 10^{13} \text{ s}^{-1} = \mathbf{3,079 \times 10^{-20} \text{ J}}$$

Combineren van de formules is natuurlijker sneller. Bereken  $\sigma$  in golven per meter ( $\text{m}^{-1}$ ) en dan:  $E = h \times c \times \sigma$

$$\sigma = 1550 \text{ cm}^{-1} \quad \blacktriangleright \quad 155000 \text{ m}^{-1} \quad \text{want: per meter 100 x zoveel golfjes als per cm!}$$

$$E = h \times c \times \sigma = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} \times 155000 \text{ m}^{-1} = \mathbf{3,079 \times 10^{-20} \text{ J}}$$

b ultra violet met  $\lambda = 200 \text{ nm}$        $200 \text{ nm} = 2,00 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 2,00 \times 10^{-7} \text{ m} = 1,50 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 1,50 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} = \mathbf{9,93 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

c rood licht met  $\lambda = 650 \text{ nm}$        $650 \text{ nm} = 6,50 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 6,50 \times 10^{-7} \text{ m} = 4,61 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 4,61 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = \mathbf{3,06 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

d blauw licht met  $\lambda = 450 \text{ nm}$        $450 \text{ nm} = 4,50 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 4,50 \times 10^{-7} \text{ m} = 6,66 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 6,66 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = \mathbf{4,41 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

e röntgenstraling met  $\lambda = 1,50 \text{ nm}$        $1,50 \text{ nm} = 1,50 \times 10^{-9} \text{ m}$

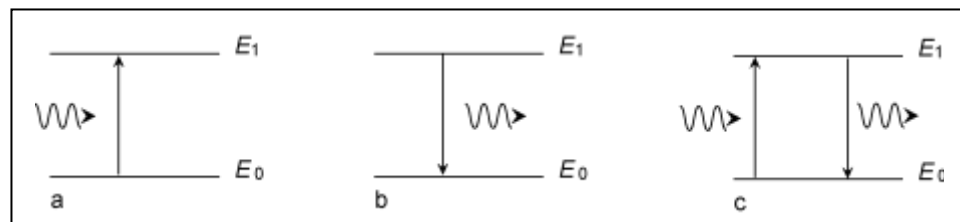
$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 1,50 \times 10^{-9} \text{ m} = 1,999 \times 10^{17} \text{ Hz}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 1,999 \times 10^{17} \text{ s}^{-1} = \mathbf{1,32 \times 10^{-16} \text{ J}}$$

### Opgave 6

---

Welke drie spectrale processen worden in de onderstaande energieschema's uitgebeeld?



- a Absorptie: in het energieschema wordt energie opgenomen.  
 b Emissie: in het energieschema wordt energie afgestaan.  
 c Absorptie + emissie: er wordt energie opgenomen en daarna weer afgestaan.

### Opgave 7

Welke spectrale processen worden in de volgende *meetsituaties* uitgebeeld?

- a monster → detector

*Emissie: het monster stuurt straling naar de detector. Deze meet de emissie.*

- b lichtbron → monster → detector

*Absorptie: er gaat straling van een lichtbron naar het monster daarna naar de detector, deze meet de overgebleven (niet geabsorbeerde) straling.*

- c monster → detector

↑

lichtbron

*Fluorescentie: er gaat straling van een lichtbron naar het monster, daarna gaat (haaks op de ingestraalde geabsorbeerde straling) emissie naar de detector, deze meet de door het monster geëmitteerde straling.*

### Opgave 8

Bij afbeelding 7.14:

- a Hoe groot is de fotonenergie van de piek bij 525 nm?

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 5,25 \times 10^{-7} \text{ m} = 5,71 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 5,71 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = \mathbf{3,78 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

- b Hoe groot is de fotonenergie van de *vibratie-overgang* behorend bij de pieken bij 545 en 525 nm?

Voor  $\lambda = 545 \text{ nm}$ :

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 5,45 \times 10^{-7} \text{ m} = 5,50 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 5,50 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = 3,64 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Het fotonenergieverschil behorend bij de twee pieken 545 nm en 525 nm:

$$3,78 \times 10^{-19} \text{ J} - 3,64 \times 10^{-19} \text{ J} = \mathbf{1,4 \times 10^{-20} \text{ J}}$$

---

#### Opgave 9

---

Hoe groot is de transmissie van een lichtbundel die voor 5% wordt gereflecteerd en vervolgens voor 20% geabsorbeerd?

Stel de invallende bundel op 100%.

Na de reflectie van 5% is over: 95%

Na de absorptie van 20% is over: 80% van 95% is: **76%**

---

#### Opgave 10

---

Een spectrometer heeft in het vlak van de uitreespleet een lineaire dispersie van 0,20 nm/mm.

Hoe groot is de bandbreedte bij een spleetbreedte van 3,0 mm?

*Een lineaire dispersie van 0,20 nm/mm betekent: door een spleet van 1 mm breed gaat een bandbreedte van 0,20 nm.*

*Een spleet van 3,0 mm laat dan door:  $3,0 \times 0,20 = \mathbf{0,60 \text{ nm}}$ .*

---

#### Opgave 11

---

Een spectrometer geeft in het vlak van de uitreespleet een bandbreedte van 1,0 nm bij een spleetbreedte van 2,0 mm.

Hoe groot is de lineaire dispersie (nm/mm)?

$$\Delta\lambda/\Delta s = 1,0 \text{ nm} / 2,0 \text{ mm} = \mathbf{0,50 \text{ nm/mm}}.$$

---

#### Opgave 12

---

Rangschik de volgende stralingssoorten naar oplopende golflengte:

- a ultra-violet
- b infrarood
- c röntgen
- d zichtbaar licht

kort - - c - a - d - b - - lang

---

### Opgave 13

---

Bereken van het gele natriumlicht van 589 nm de:

a frequentie

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 5,89 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{5,09 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

b fotonenergie

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 5,09 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = \mathbf{3,37 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

---

### Opgave 14

---

Hoe groot is de transmissie die een oplossing van  $\text{KMnO}_4$  met een concentratie van 0,131 mmol/L veroorzaakt in een 1 cm cuvet als  $\epsilon = 2300 \text{ L/mol.cm}$ ?

$$-\log T = \epsilon \times c \times l \quad \blacktriangleright \quad -\log T = 2300 \text{ L/mol.cm} \times 1,31 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 1 \text{ cm} = 0,3013$$

$$T = 10^{-E} = 10^{-0,3013} = 0,4997 = \text{afgerond: } \mathbf{50,0\%}$$

---

### Opgave 15

---

Welke veranderingen in moleculen en of atomen veroorzaken absorptie van:

- |   |                    |                                                          |
|---|--------------------|----------------------------------------------------------|
| a | ultra-violet licht | <i>elektronenverplaatsing in atoom- en molecuulbanen</i> |
| b | infrarood licht    | <i>molecuultrillingen (vibraties)</i>                    |
| c | zichtbaar licht    | <i>elektronen</i>                                        |
| d | röntgenstraling    | <i>elektronenverplaatsing in de binnen-schillen</i>      |

---

### Opgave 16

---

Bereken de frequentie en de fotonenergie van:

- a ultra-violet licht van 200 nm (2,00 x 10<sup>-7</sup> m)

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 2,00 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{1,50 \times 10^{15} \text{ Hz}}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 1,50 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} = \mathbf{9,93 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

- b infrarood licht van 3000 nm (3,000 x 10<sup>-6</sup> m)

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 3,000 \times 10^{-6} \text{ m} = \mathbf{9,99 \times 10^{13} \text{ Hz}}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 9,99 \times 10^{13} \text{ s}^{-1} = \mathbf{6,62 \times 10^{-20} \text{ J}}$$

- c geel licht van 600 nm (6,00 x 10<sup>-7</sup> m)

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad f = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s} / 6,00 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{5,00 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

$$E = h \times f \quad \blacktriangleright \quad E = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 5,00 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = \mathbf{3,31 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

---

### Opgave 17

---

Hoe groot is het golfgetal van:

- a infrarood licht van 1000 nm

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad 1000 \text{ nm is: } 1,000 \times 10^{-4} \text{ cm} \quad \sigma = 1 / 1,000 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{1,000 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}}$$

- b infrarood licht van 2500 nm

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad 2500 \text{ nm is: } 2,500 \times 10^{-4} \text{ cm} \quad \sigma = 1 / 2,500 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{4,000 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}}$$

- c infrarood licht van 5000 nm?

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \quad \blacktriangleright \quad 5000 \text{ nm is: } 5,000 \times 10^{-4} \text{ cm} \quad \sigma = 1 / 5,000 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{2,000 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}}$$

---

### Opgave 18

---

Op welke twee manieren kan de aanduiding “energierijke straling” worden uitgelegd?

Straling heeft *intensiteit*, dat is de hoeveelheid straling, de hoeveelheid fotonen.

Straling heeft ook *fotonenergie*, dat is dus de energie van één foton of “lichtkwant”.

---

### Opgave 19

---

Bij de spectrometrische bepaling van ammoniak volgens de “indofenolmethode” worden bij 625 nm de extincties gemeten van een reeks standaarden. De standaarden worden verkregen door oplossen van 100 mg NH<sub>4</sub>Cl tot 1000 mL. Hieruit wordt 25,00 mL gepipetteerd en verdund tot 250 mL. Uit deze verdunning wordt achtereenvolgens 5, 10, 15, 20 en 25 mL verdund tot 100 mL. Van deze standaarden worden, bij één cm lichtweg, de

volgende extincties gemeten: 0,125; 0,243; 0,380; 0,488 en 0,620.

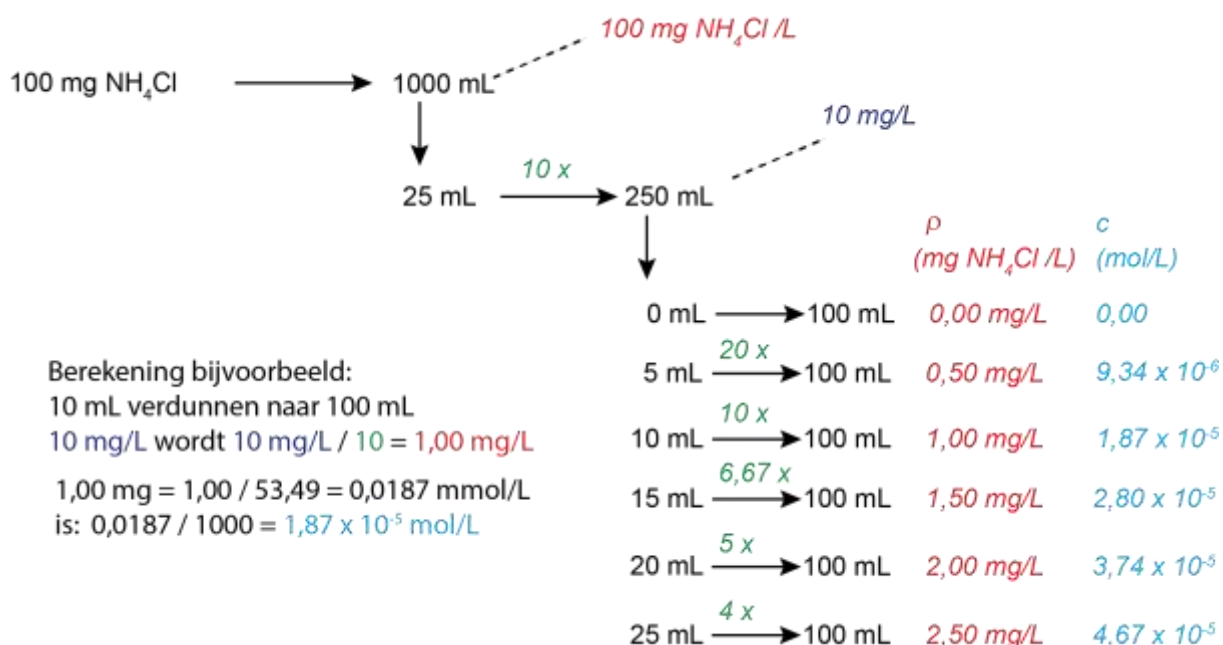
Bepaal de molaire extinctiecoëfficiënt  $\epsilon$

*Bedenk:*

$$E = \epsilon \times c \times l \quad \text{en met constante cuvet-lengte van } l = 1,00 \text{ cm:} \quad \epsilon = \frac{\Delta E}{\Delta c}$$

Bereken de concentratie in mol/L en bereken  $\epsilon = \frac{\Delta E}{\Delta c}$  voor een meetpunt.

Om de juiste concentratie(s) te berekenen van de meetoplossingen is het goed een schema te tekenen:



Bereken  $\Delta E / \Delta c$  voor bijvoorbeeld de hoogste waarde:  $E = 0,620$  met  $c = 4,67 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ .

De blanco is ingesteld op 0,00 dus:  $\epsilon = \Delta E / \Delta c = 0,620 / 4,67 \times 10^{-5} = 1,33 \times 10^4 \text{ (L/molcm)}$

Een betere waarde krijg je als je alle meetpunten gebruikt.

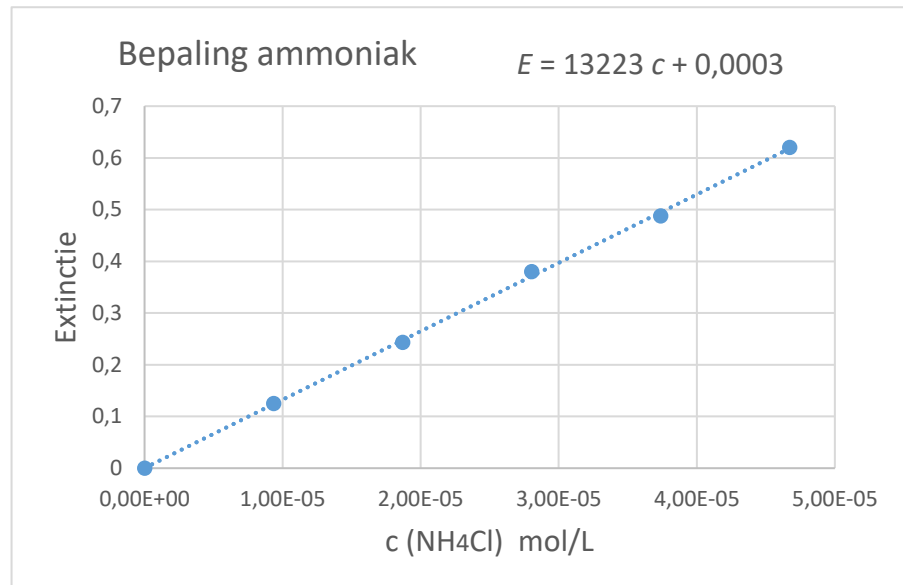
Dat kan door middel van lineaire regressie.

$\epsilon$  is de richtingscoëfficiënt van de rechte door de meetpunten in de grafiek (het diagram) van  $c$  (mol/L) op de X-as en  $E$  op de Y-as.

Je gebruikt hiervoor bijvoorbeeld excel, zie onderstaand resultaat.

We vinden nu: **1,322 x 10<sup>4</sup> L/mol·cm**

| <b>c (mol/L)</b> | <b>E</b> |
|------------------|----------|
| 0,00E+00         | 0,000    |
| 9,35E-06         | 0,125    |
| 1,87E-05         | 0,243    |
| 2,80E-05         | 0,380    |
| 3,74E-05         | 0,488    |
| 4,67E-05         | 0,620    |



#### Opgave 20 (oplage 2017)

Bij een spectrometrische bepaling wordt 10 maal, op verschillende tijdstippen, het blanco signaal ( $X$ ) gemeten: 0,000; 0,003; 0,005; -0,002; 0,001; -0,003; 0,003; 0,003; -0,002; 0,005.

De gevoeligheid ( $S = \Delta X / \Delta c$ ) is 9500 L/mol.

Bepaal de detectiegrens en de bepalingsgrens in mol/L.

$$s_b = 0,0029$$

signaal dat bij de detectiegrens hoort:  $3 \times s_b$  dus: **0,0087**

signaal dat bij de bepalingsgrens hoort:  $9 \times s_b$  dus: **0,026**

$$\text{Detectiegrens: } c_{\min} = 0,0087 / 9500 = \mathbf{9,2 \times 10^{-7} \text{ mol/L}}$$

$$\text{Bepalingsgrens: } 0,026 / 9500 = \mathbf{2,7 \times 10^{-6} \text{ mol/L}}$$

#### Opgave 20 (oplage 2015)

Voor een spectrometrische blanco wordt achtereenvolgens gemeten:

0,000; 0,003; 0,005; -0,002; 0,001; -0,003; 0,003; 0,003; -0,002; 0,005.

Bepaal de detectiegrens en de bepalingsgrens in mol/L.

*Deze vraag is niet correct. De gegevens zijn als "blanco-signaal" gegeven. Bijvoorbeeld*

*extincties. De concentratie kun je natuurlijk alleen berekenen als je ook het verband tussen concentratie en signaal kent... Bijvoorbeeld:  $S = \Delta X / \Delta c$*

*S is dan de gevoeligheid of richtingscoëfficiënt, X het signaal (bijvoorbeeld Extinctie) en c de concentratie.*

*Beste antwoord hier is:*

$$s_b = 0,0029$$

*signaal dat bij de detectiegrens hoort:  $3 \times s_b$  dus: **0,009***

*signaal dat bij de bepalingsgrens hoort:  $9 \times s_b$  dus: **0,026***