

- 11 Doe je een druppel rode kleurstof in water, dan zie je dat de druppel steeds groter wordt. De afstand die de rand van de druppel aflegt noem je de diffusieafstand s . In tabel 2 staat de diffusieafstand van de kleurstof als functie van de tijd.

- a Laat zien dat het verband tussen de diffusieafstand en de tijd een wortelverband is.

Voor het verband geldt $s^2 = 2D \cdot t$.

- b Maak een diagram waarbij je s^2 uitzet als functie van de tijd.

- c Toon met behulp van dit diagram aan dat de diffusieconstante voor de rode kleurstof gelijk is aan $1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{s}^{-1}$.

Deze waarde kun je gebruiken om de grootte van het molecuul te berekenen. Je gebruikt daarbij de formule die in opgave 8 is gegeven. De gemiddelde viscositeit van de rode kleurstof is $1,3 \text{ mPas}$. De temperatuur van het water is 20°C .

- d Bereken de gemiddelde grootte van de moleculen in de rode kleurstof.

| $s (\text{mm})$ | $t (\text{h})$ |
|-----------------|----------------|
| 0,9 | 1,0 |
| 1,3 | 2,0 |
| 1,6 | 3,0 |
| 1,9 | 4,0 |
| 2,1 | 5,0 |
| 2,3 | 6,0 |
| 2,5 | 7,0 |
| 2,7 | 8,0 |
| 2,8 | 9,0 |
| 3,0 | 10,0 |

Tabel 2

Opgave 11

- a Voor een wortelverband geldt:

Als je de x -waarde n^2 keer zo groot maakt en de y -waarde wordt n keer zo groot, dan vormen die grootheden een wortelverband.

Vergelijk de tijd bij $s = 0,9 \text{ mm}$ met die bij $s = 1,9 \text{ mm}$ dan zie je dat de afstand twee keer zo groot is en de tijd vier keer zo groot is.

Hetzelfde zie je als je de tijd bij $s = 1,3$ vergelijkt met die bij $s = 2,7$.

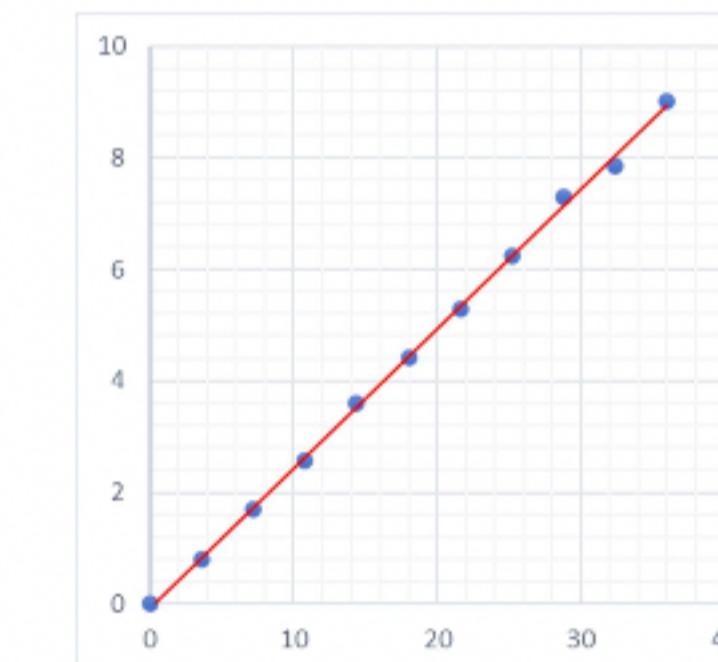
Dus als de tijd vier keer zo groot wordt, wordt de afstand twee keer zo groot. Dus geldt: $s \sim \sqrt{t}$.

- b In tabel 1 is een kolom toegevoegd met de waarde van s^2 .

In figuur 1 staat het (s^2, t) -diagram.

| $s (\text{mm})$ | $t (\text{h})$ | $t (10^3 \text{ s})$ | $s^2 (10^{-6} \text{ m}^2)$ |
|-----------------|----------------|----------------------|-----------------------------|
| 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 0,9 | 1,0 | 3,6 | 0,81 |
| 1,3 | 2,0 | 7,2 | 1,69 |
| 1,6 | 3,0 | 10,8 | 2,56 |
| 1,9 | 4,0 | 14,4 | 3,61 |
| 2,1 | 5,0 | 18,0 | 4,41 |
| 2,3 | 6,0 | 21,6 | 5,29 |
| 2,5 | 7,0 | 25,2 | 6,25 |
| 2,7 | 8,0 | 28,8 | 7,29 |
| 2,8 | 9,0 | 32,4 | 7,84 |
| 3,0 | 10,0 | 36,0 | 9,00 |

Tabel 1



Figuur 1

- c De diffusieconstante volgt uit de steilheid van de grafieklijn.

$$\text{steilheid} = \frac{\Delta s^2}{\Delta t} = 2D$$

$$\text{steilheid} = \frac{8,9 \cdot 10^{-6}}{36 \cdot 10^3} = 2,47 \cdot 10^{-10}$$

$$2D = 2,47 \cdot 10^{-10}$$

$$D = 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{s}^{-1}$$

Afgerond: $1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{s}^{-1}$.

- d De gemiddelde grootte van de moleculen in de rode kleurstof bereken je met de formule voor de diffusieconstante.

$$D = \frac{k_B \cdot T}{6\pi \cdot \eta \cdot r}$$

$$k_B = 1,3806488 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \quad \text{Zie BINAS tabel 7A.}$$

$$t = 20^\circ\text{C} = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$\eta = 1,3 \text{ mPas} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$$

$$D = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{s}^{-1}$$

$$1,2 \cdot 10^{-10} = \frac{1,3806488 \cdot 10^{-23} \times 293}{6\pi \times 1,3 \cdot 10^{-3} \times r}$$

$$r = 1,37 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Afgerond: $r = 1,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.