

## ALGEMEEN – VWO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via [natuurkundeuitgelegd.nl/foton](http://natuurkundeuitgelegd.nl/foton).

Uitwerkingen van alle opgaven staan op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

Videolessen over de theorie zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen)

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Grootheden & eenheden](#)

[Afronden](#)

[Toepassen verbanden](#)

[Wetenschappelijke notatie](#)

[Afronden bij optellen](#)

[BINAS](#)

[Meetonzekerheid](#)

[Grafieken & Tabellen](#)

[Modelleren](#)

[Voorvoegsels](#)

[Vervanden](#)

[Bewegingsmodel](#)



### 1 Maatcilinder

Barbara meet met een maatcilinder een volume van 120 ml water af om te gebruiken bij een proef.

- Wat is de grootheid die Barbara meet?
- Wat is de eenheid waarin Barbara meet?
- Leg in je eigen woorden uit wat het verschil is tussen een grootheid en een eenheid.

### 2 Metrieke stelsel

*Lees onderstaande tekst.*

In de 18<sup>e</sup> eeuw had elk land en soms zelfs elke stad zijn eigen eenheden voor lengte, inhoud en massa. Toen Napoleon het eind 18 eeuw voor het zeggen had in continentaal Europa heeft hij het metrieke stelsel ingevoerd. Een stelsel gebaseerd op één constante internationaal geldende afstandsmaat: de meter. De oorspronkelijke definitie voor de meter was: “1/10.000.000 van de afstand van noordpool tot evenaar gemeten via Parijs”.

Deze afstand is door de Franse Academie van Wetenschappen nauwkeurig opgemeten. Op basis hiervan is een model van platina gemaakt dat tot 1960 gold als de officiële meter. Ook de kilogram is hiervan afgeleid: Een liter is één kubieke decimeter en een kilogram is de massa van 1 liter water. Ook van de kilogram is een platina standaard gemaakt die gold als

de officiële kilogram. Inmiddels worden de meter en de kilogram op een veel nauwkeuriger manier bepaald en gedefinieerd.

- Zoek op in BINAS tabel 3B wat de huidige definities van de meter en de kilogram zijn.
- Ook de Ampère, de eenheid van stroom (I), is afgeleid van de meter. Leg uit.

### 3 SI eenheden

Hieronder staan de symbolen, SI eenheden en afkortingen van een aantal natuurkundige grootheden. Vul de lege plaatsen in de tabel in. Gebruik BINAS tabel 4.

Grootheid	Symbool grootheid	SI eenheid	Symbool eenheid
Weerstand		Ohm	$\Omega$
	T	Kelvin	
			kg
Kracht			
	U	Volt	
Frequentie			Hz
Energie			
		Watt	
Druk			

### 4 Paardenkrachten

Gebruik bij de volgende opgave BINAS tabel 5

Soms worden er eenheden gebruikt die niet bij het SI-stelsel horen, zoals de paardenkracht (pk) voor vermogen. Meestal moeten deze eenheden worden omgerekend naar SI eenheden voordat ze gebruikt kunnen worden bij berekeningen. Reken de volgende waarden om. Je hoeft je antwoord niet af te ronden. *Tip: Maak er een gewoonte van jezelf te controleren.*

*Aan het eind van elk hoofdstuk staan de uitkomsten van alle rekenopgaven.*

- 10 pk (hp) = ..... W
- 1000 calorie = ..... J
- 7 dagen = ..... s
- 12 inch = ..... m

### 5 Basiseenheden

Gebruik bij de volgende opgave BINAS tabel 4

Zoek van onderstaande eenheden hoe ze worden geschreven in basiseenheden.

- De eenheid van kracht (N)
- De eenheid van energie (J)
- De eenheid van vermogen (W)

## 6 Kloppende formule

Karlijn en Daan bedenken wat er gebeurt als er gedurende een korte tijd een kracht op een stilliggend voorwerp wordt uitgeoefend. Ze zijn het erover eens dat de snelheid die het voorwerp krijgt afhankelijk is van de grootte van de kracht en van de tijd dat deze kracht werkt. Ze stellen de volgende formule op voor deze snelheid:

$$v = F \cdot t$$

F = kracht (N)

t = tijdsduur (s)

v = snelheid ( $\text{ms}^{-1}$ )

- a Laat zien dat deze formule niet kan kloppen op basis van de eenheid.
- b Karlijn bedenkt dat ook de massa van het voorwerp een rol speelt. Ze verwacht dat als de massa groter is de snelheid kleiner zal zijn en past de formule aan (zie onder)
- Laat zien dat deze formule wél klopt op basis van de eenheden.

$$v = \frac{F \cdot t}{m}$$

F = kracht (N)

t = tijdsduur (s)

v = snelheid ( $\text{ms}^{-1}$ )

m = massa (kg)

## 7 Luchtwrijving

De luchtwrijving die een bewegend voorwerp ondervindt hangt af van de snelheid, het oppervlak van het voorwerp, de dichtheid van de lucht en van de stroomlijn van het voorwerp volgens onderstaande formule:

$$F_{w,l} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot A \cdot v^2$$

$F_{w,l}$  = luchtwrijvingskracht (N)

$C_w$  = luchtweerstandscoefficient (...)

$\rho$  = dichtheid lucht ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

A = oppervlak ( $\text{m}^2$ )

v = snelheid ( $\text{ms}^{-1}$ )

In de formule staat een constante: de luchtweerstand-coëfficiënt ( $C_w$ ). Dit getal geeft aan hoe gestroomlijnd een voorwerp is. Een glad voorwerp heeft een kleine  $C_w$ , een hoekig voorwerp heeft een grote  $C_w$ .

- a Bepaal de eenheid van  $C_w$  aan de hand van de formule.
- b Wat is de eenheid die voor  $C_w$  gebruikt wordt in BINAS tabel 28 A? Klopt dit met je eigen antwoord?

## 8 Voorvoegsels

Gebruik bij deze opgave BINAS tabel 2

- a 125 g = ..... kg
- b 3443 nm = .....  $\mu\text{m}$
- c 720,550 kN = ..... N
- d 25,227 GHz = ..... MHz

## 9 Standaardnotatie

Zet de volgende waarden in standaardnotatie. Je hoeft niet af te ronden.

- a 1733 m
- b  $12 \cdot 10^4$  Hz
- c 0,34 s
- d 7,1 kg

## 10 Orde van grootte

Gebruik bij deze opgave BINAS tabel 6

Hoeveel ordes van grootte schelen...

- a Jouw eigen massa en de massa van de aarde?
- b De leeftijd van de aarde en de leeftijd van het heelal?
- c Maak aan de hand van tabel 6 een schatting van de massa van je rekenmachine.

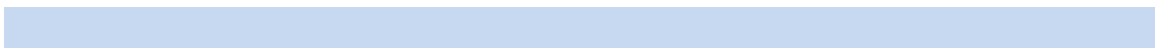
## 11 Meetfouten

Is er in onderstaande situatie sprake van een systematische fout of van meetonzekerheid? Leg uit waarom.

- a Je leest op een thermometer steeds een temperatuur af die 0,2 °C te hoog is doordat je niet recht van voren kijkt.
- b Je meet met je geodriehoek een lengte van 1,5 mm terwijl de lengte 1,4963 mm is.
- c Je leest het verkeerde volume af bij een maatcilinder doordat je niet de onderkant van de meniscus meet maar waar de vloeistof het glas aanraakt.

## 12 Oppervlakte

- a Meet met je geodriehoek zo precies mogelijk de lengte en de hoogte van het onderstaande balkje in mm. Probeer op één cijfer achter de komma te schatten. Je hoeft hierbij niet af te ronden en mag alle cijfers van je meting opschrijven.
- b Wat zouden je antwoorden zijn als je wél afrondt op het goede aantal cijfers. Bedenk hierbij dat in je antwoord alleen maar cijfers mogen staan waarvan je zeker bent.
- c Bereken de oppervlakte van het balkje in  $\text{mm}^2$ . Rond af op het juiste aantal cijfers.



### 13 Weerstand

Guus meet met een spanningsmeter de elektrische spanning over een voorwerp. Tegelijk meet hij met een stroommeter de stroomsterkte door het voorwerp. Hij herhaalt dezelfde metingen een aantal keer met onderstaande resultaten. Geef je antwoord op onderstaande vragen met de juiste nauwkeurigheid. Dat wil zeggen: schrijf alleen cijfers op waarvan je zeker bent.

- Hoe groot is de spanning over het voorwerp?
- Hoe groot is de stroomsterkte door het voorwerp?
- Hoe groot is de weerstand van het voorwerp (gebruik onderstaande formule).

Meting	U(V)	I(A)
1	3,098	0,11
2	3,134	0,10
3	3,127	0,11
4	3,149	0,09
5	3,109	0,10

$$R = \frac{U}{I}$$

R = weerstand ( $\Omega$ )

U = spanning (V)

I = stroom (A)

### 14 Binas

Zoek onderstaande waarden op in BINAS. Gebruik hierbij de inhoudsopgave of de index achterin om snel te vinden wat je zoekt. Let goed op de eenheid en het aantal cijfers waarmee de waarden in BINAS staan. Geef je antwoorden in SI eenheden en in standaardnotatie zonder voorvoegsels.

- De voortplantingssnelheid van geluid in zeewater.
- De frequentie van de muzieknoot c1.
- De halveringsdikte van water voor een energie van 2,0 MeV.
- De brekingsindex van diamant voor geel licht.

### 15 Significante cijfers

Hieronder staat een afstand van drie meter steeds op een andere manier opgeschreven. Uit hoeveel significante cijfers bestaat iedere notatie?

- 3,0 m
- $30 \cdot 10^{-1}$  m
- 0,003 km
- 300 cm

### 16 Spanning

Suzanne heeft bij een meting een spanning van 3,2 kV afgelezen. Ze moet haar antwoord

geven in Volt en ze schrijft op  $U = 3200 \text{ V}$ .

- Welke fout maakt Suzanne hierbij?
- Hoe zou Suzanne haar antwoord op moeten schrijven?

### 17 Precisie

Zoek in BINAS tabel 7A de constanten  $g$  en  $a_0$ .

- Met hoeveel significante cijfers staat  $g$  in BINAS?
- Met hoeveel significante cijfers staat  $a_0$  in BINAS?
- Waarom staat  $a_0$  zoveel preciezer in BINAS dan  $g$ ?

### 18 Afronden

Rond de volgende waarden af op het aangegeven aantal significante cijfers. Geef je antwoord steeds in standaardnotatie zonder voorvoegsels.

- 250 km afgerond op 2 significante cijfers
- 35,455 s afgerond op 2 significante cijfers.
- 3000 N afgerond op 3 significante cijfers.
- 546 nm afgerond op 1 significant cijfer.

### 19 Berekeningen

Bereken en rond af op het goede aantal significante cijfers. Geef je antwoord in standaardnotatie en denk ook aan de eenheid van het antwoord.

- $7,0 \text{ m} / 34 \text{ s}$
- $5,1 \text{ m}^3 \cdot 1,03 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- $351 \text{ N} / 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- $9,2 \text{ s} + 2,66 \text{ s}$

### 20 Omschrijven

Schrijf de volgende formules om:

- $F_{\text{veer}} = C \cdot u$              $u = \dots\dots$
- $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$              $v = \dots\dots$
- $F_x = F \cdot \sin \alpha$              $F = \dots\dots$
- $F = f \cdot q \cdot Q / r^2$              $r = \dots\dots$

### 21 Magneetveld

Voor de sterkte van een magneetveld binnen een spoel geldt onderstaande formule. Ook zonder dat je de precieze betekenis kent van alle begrippen kun je de formule gebruiken. Lees goed de aanwijzingen in de tekst en gebruik de uitleg van de symbolen bij de formule.

- Door een spoel met 240 windingen en een lengte van 20 cm loopt een stroom van 7,0 A. Bereken met de formule de sterkte van het magneetveld.

- b Hoe groot moet de stroomsterkte worden om in deze spoel een magneetveld met een sterkte van 0,020 T op te wekken?

$$B = \mu \frac{N * I}{\ell}$$

B = sterkte magneetveld (T)

$\mu = 1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$

N = aantal windingen

I = stroomsterkte (A)

$\ell$  = lengte spoel (m)

## 22 Gravitatieformule

Gravitatiekracht is de kracht die ervoor zorgt dat massa's elkaar aantrekken. Deze kracht hangt af van de twee massa's en van de onderlinge afstand.

- Zoek de formule voor de gravitatiekracht op in BINAS.
- In de formule komen naast de gravitatiekracht ( $F_g$ ) en een constante G, ook de symbolen r, m en M voor. Bedenk voor elk van deze symbolen wat ze zouden kunnen betekenen.
- Bereken de gravitatiekracht tussen de aarde en de maan. Gebruik hierbij BINAS tabel 31 voor de gegevens. De constante G kun je vinden in BINAS tabel 7. Geef je antwoord in standaardnotatie en rond af op het goede aantal significante cijfers.

## 23 Interpoleren

In een waterkoker wordt de watertemperatuur gemeten nadat de waterkoker is aangezet. De resultaten zijn in onderstaande tabel gezet.

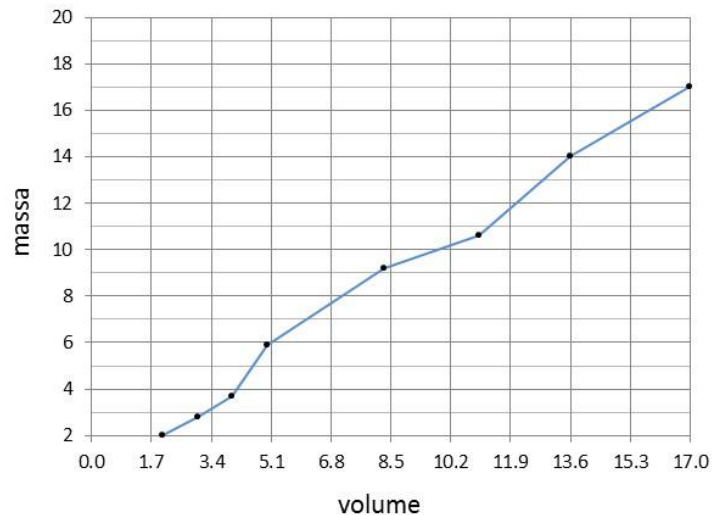
- Met hoeveel °C stijgt de temperatuur per seconde?
- Bepaal door interpolatie de temperatuur op  $t = 50 \text{ s}$ .
- Bepaal door extrapolatie de temperatuur op  $t = 120 \text{ s}$ .

Tijd (s)	Temperatuur (°C)
0,00	20,5
30,0	39,3
90,0	76,9

## 24 Grafiek

Van verschillende hoeveelheden van een bepaalde vloeistof is steeds de massa gemeten. De meetwaarden zijn uitgezet in onderstaande grafiek.

- Welke grootte is de onafhankelijk grootte?
- Aan deze grafiek valt nogal wat te verbeteren. Noem minstens 3 verbeterpunten.



## 25 Verbanden

Gebruik bij deze vraag BINAS tabel 35D (Formules elektriciteit en magnetisme)

Zoek de formule op en bepaal aan de hand van de formule wat voor verband er bestaat tussen de twee grootheden. Kies uit: recht evenredig, omgekeerd evenredig, kwadratisch, omgekeerd kwadratisch of wortelverband.

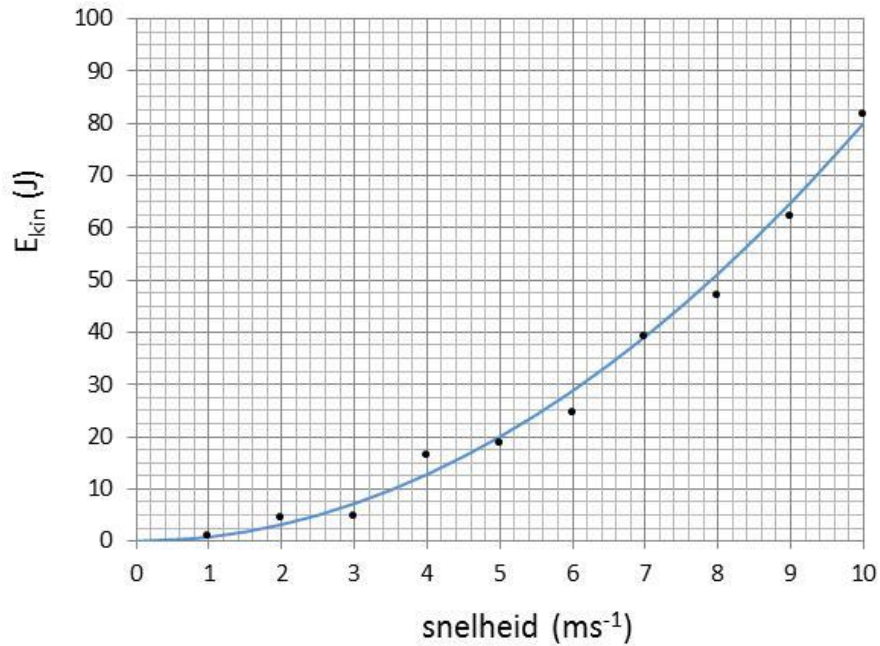
- Geleidbaarheid: Verband tussen  $G$  en  $R$ .
- Wet van Coulomb: Verband tussen de  $F_{el}$  en  $r$ .
- Wet van Ampère: Verband tussen  $F$  en  $I_2$ .
- (Ideale) transformator: Verband tussen  $P_p$  en  $P_s$ .

## 26 Kinetische energie

Van een metalen bal is bij verschillende snelheden de kinetische energie gemeten. De resultaten zijn uitgezet in onderstaande grafiek.

- Zoek de formule voor kinetische energie op in BINAS (tabel 35-A4). Wat voor soort verband bestaat er tussen kinetische energie ( $E_k$ ) en snelheid ( $v$ )?
- Er is een parabool getekend die zo goed mogelijk met de meetpunten overeenkomt. Leg uit waarom een parabool in dit geval een goede keus is.
- De meeste meetpunten liggen niet precies op de parabool, maar bij het trekken van de parabool is ervoor gezorgd dat het punt  $(0,0)$  wél precies op de parabool ligt. Leg uit waarom.
- Bepaal aan de hand van de grafiek de massa van de metalen bal.

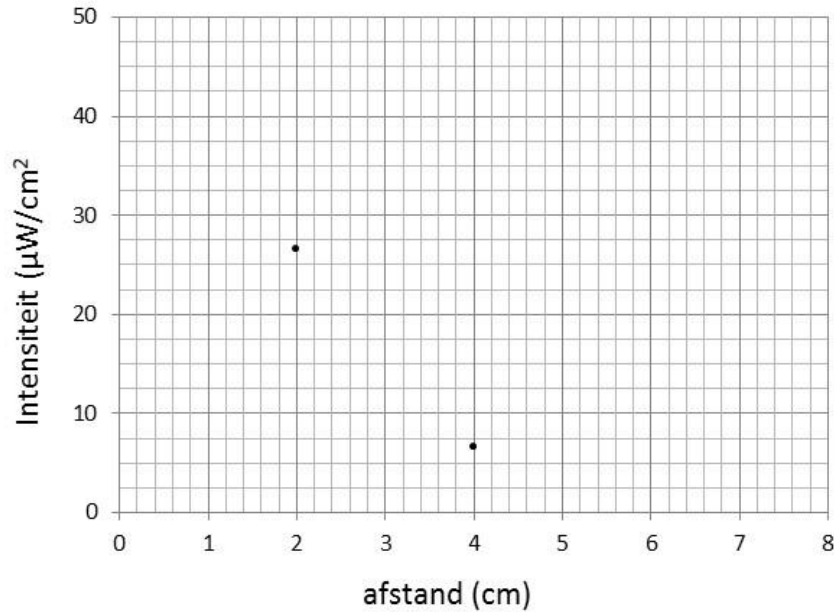




## 27 Lichtintensiteit

Voor de intensiteit van een lichtbron op een bepaalde afstand geldt de 'kwadratenwet'. Volgens de kwadratenwet bestaat er een omgekeerd kwadratisch verband tussen de intensiteit en afstand. Marieke meet op twee afstanden met een lichtmeter de intensiteit van een lamp. De resultaten hiervan staan in de grafiek hieronder.

- Voor een omgekeerd kwadratisch verband geldt: als de ene grootte  $n$  keer zo groot wordt, wordt de andere grootte  $n^2$  keer zo klein. Laat met een berekening zien dit inderdaad ook geldt voor de meetwaarden van Marieke.
- Bereken het vermogen van de bron  $P_{\text{bron}}$ . Zoek hiervoor eerst de kwadratenwet op in BINAS (tabel 35-B2 laatste formule: 'Intensiteit volgens de kwadratenwet').
- Bereken de intensiteit op een afstand van 3,0 cm en 6,0 cm.
- Bereken bij welke afstand de intensiteit  $50 \mu\text{Wcm}^{-2}$  is.
- Complementeer de grafiek met behulp van de resultaten van vraag c en d.



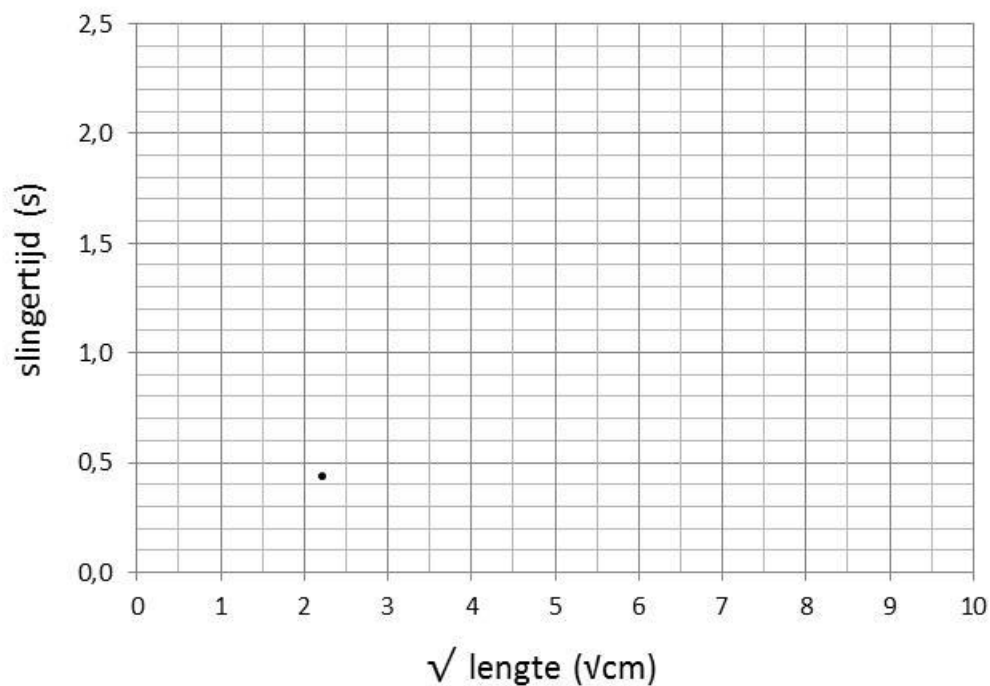
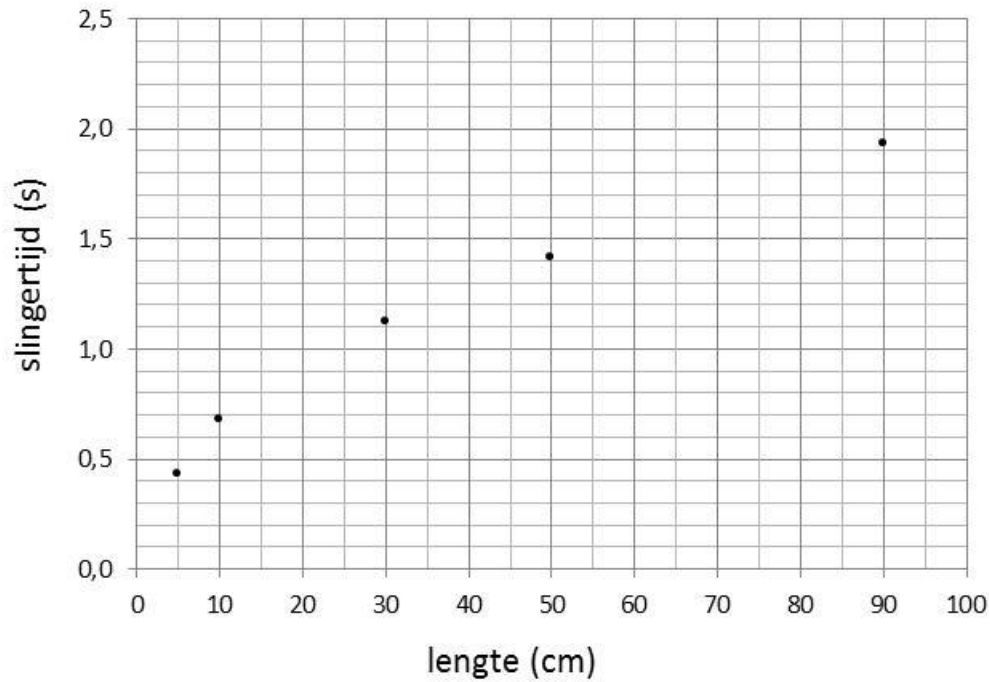
## 28 Coördinatentransformatie

Gijs meet van een aantal slingers met verschillende lengtes de slingertijd. De resultaten van zijn meting heeft hij uitgezet in onderstaande grafiek. Op grond van de grafiek heeft Gijs het vermoeden dat het verband tussen de lengte en de slingertijd een wortelverband is.

- Beschrijf in woorden de vorm van een grafiek die je zou verwachten bij een wortelverband. Ben jij het met Gijs eens?
- Om zeker te weten of het verband een wortelverband kun je een coördinatentransformatie gebruiken. In het geval van een wortelverband betekent dit dat je horizontaal in plaats van de meetwaarden de wortel van de meetwaarden uitzet. Bereken hiervoor eerst van alle gemeten lengtes de wortel en vul deze in in de tabel hieronder. Het eerste getal is al ingevuld.

lengte	5	10	30	50	90
$\sqrt{\text{lengte}}$	2,236				

- Maak de grafiek hieronder af. Gebruik voor de x-waarden de  $\sqrt{\text{lengte}}$  die je in de tabel hebt ingevuld en voor de y-waarden de meetwaarden van Gijs. Het eerste punt is al ingetekend.
- Als het verband inderdaad een wortelverband is, zou door de punten van de coördinaten transformatie een rechte lijn door 0 getrokken kunnen worden. Ga na of dit zo is en zo ja, trek de lijn.
- Zoek de formule voor een slinger op in BINAS (tabel 35-B1:mathematische slinger). Bepaal met behulp van de grafiek de grootte van de zwaartekrachtsversnelling  $g$ .



## 29 Snelheidsmodel

Ruben heeft een eenvoudig rekenmodel gemaakt voor een karretje dat met een constante snelheid beweegt. Het model berekent de positie  $x$  op tijdstip  $t$ .

- Leg in je eigen woorden uit wat een rekenmodel is.
- In de modelregels wordt steeds het symbool ':= ' gebruikt. Leg uit wat het verschil is met een gewoon is-gelijk-teken.
- Wat betekent 'dt' in dit model?
- Wat zijn de waarden van  $t$  en van  $x$  nadat alle regels 5 keer zijn uitgevoerd?

1	$dx := v * dt$	Bereken grootte van stapje dx	<b>Startwaarden</b> x = 0 m t = 0 s v = 5,0 m/s dt = 0,1 s
2	$x := x + dx$	Bereken nieuwe positie x	
3	$t := t + dt$	Hoog tijd een stapje op	

Een werkende versie van alle rekenmodellen in Foton is te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren](http://natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren)

### 30 Waterhoogte

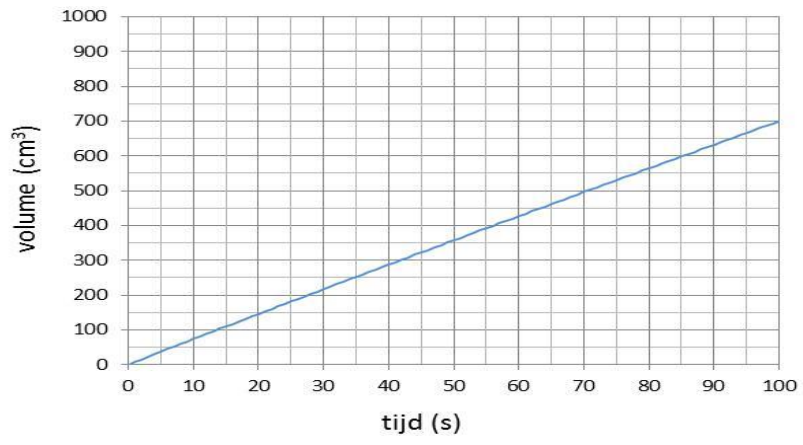
Karin wil bepalen hoe de waterhoogte in een maatcilinder verandert terwijl deze onder de kraan gevuld wordt met water. Onderin de cilinder zit een gaatje waardoor water ook weer wegstroomt. Hoe meer water er in de cilinder zit, hoe groter de snelheid waarmee het water aan de onderkant zal wegstromen. De verwachting van Karin is dat het volume in het begin snel toeneemt maar op een gegeven moment constant zal worden. Karin heeft hiervoor een rekenmodel gemaakt (zie hieronder).

- Rechts staan de 'startwaarden' van dit model. Leg uit dat alleen V en t echte startwaarden zijn en dat de andere waarden geen startwaarden maar constanten zijn.
- Karin laat haar model 100 rekenstappen maken. De verwachting van Karin was dat het watervolume in de maatcilinder op een gegeven moment constant zou worden. Aan de grafiek die uit het rekenmodel komt (zie onder) blijkt dit niet zo te zijn. Waar zou dit aan liggen?

1	$dV_{in} := v_{kraan} * A_{kraan} * dt$	Bereken water erbij in tijd dt	<b>Startwaarden</b> V=0 cm <sup>3</sup> t = 0 s v <sub>kraan</sub> = 15 cm/s A <sub>kraan</sub> =0,5 cm <sup>2</sup> A <sub>cylinder</sub> =10 cm <sup>2</sup> A <sub>gat</sub> =0,2 cm <sup>2</sup> rho=1000 kg/m <sup>3</sup> g=9,81 ms <sup>-2</sup> dt=1 s
2	$V := V + dV_{in}$	Bereken nieuwe water volume	
3	$h := V / A_{cylinder}$	Bereken nieuwe hoogte	
4	$p := rho * g * (h/100)$	Bereken druk onderin	
5	$v := 100 * \sqrt{2 * p / rho}$	Bereken uitstroomsnelheid	
6	$dV_{uit} := v * A_{gat} * dt$	Bereken hoeveel water weg in tijd dt	
7	$V := V - dV_{uit}$	Bereken nieuwe volume	
8	$t := t + dt$	Hoog tijd op en begin opnieuw	

Een werkende versie van alle rekenmodellen in Foton is te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren](http://natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren)

ALGEMEEN - VWO



## ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

### 4 Paardekrachten

- a 7457 W
- b 4184 J
- c 604800 s
- d 0,3048 m

### 8 Voorvoegsels

- a 0,125 g
- b 3,443  $\mu\text{m}$
- c 720550 N
- d 25227 MHz

### 9 Standaardnotatie

- a  $1,733 \cdot 10^3$  m
- b  $1,2 \cdot 10^5$  Hz
- c  $3,4 \cdot 10^{-1}$  s
- d 7,1 kg (of  $7,1 \cdot 10^0$ )

### 10 Orde van grootte

- a 23
- b 0
- c

### 13 Weerstand

- a 3,1 V
- b 0,1 A
- c  $3 \cdot 10^1 \Omega$

### 14 Binas

- a  $1,51 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$
- b  $2,6163 \cdot 10^2 \text{ Hz}$
- c  $1,41 \cdot 10^{-1} \text{ m}$
- d 2,417

### 15 Significante cijfers

- a 2
- b 2
- c 1
- d 3

### 16 Spanning

- b  $3,2 \cdot 10^3 \text{ V}$

### 17 Precisie

- a 3
- b 11

### 18 Afronden

- a  $2,5 \cdot 10^5 \text{ m}$
- b  $3,5 \cdot 10^1 \text{ s}$
- c  $3,00 \cdot 10^3 \text{ N}$
- d  $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

### 19 Berekeningen

- a  $2,1 \cdot 10^{-1} \text{ ms}^{-1}$
- b 5,3 kg
- c  $7,02 \cdot 10^5 \text{ Nm}^{-2}$
- d  $1,19 \cdot 10^1 \text{ s}$

### 21 Magneetveld

- a  $1,1 \cdot 10^{-2} \text{ T}$
- b 13 A

### 22 Gravitatieformule

- c  $1,98 \cdot 10^{20} \text{ N}$

### 23 Interpoleren

- a  $0,63 \text{ }^\circ\text{Cs}^{-1}$
- b  $52 \text{ }^\circ\text{C}$
- c  $96 \text{ }^\circ\text{C}$

### 26 Kinetische energie

- d 1,6 kg

### 27 Lichtintensiteit

- b  $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ W}$
- c  $12 \text{ Wm}^{-2}$  en  $30 \text{ Wm}^{-2}$
- d 1,5 cm

### 28 Coördinatentrans.

- e  $9,9 \text{ ms}^{-2}$

### 29 Snelheidsmodel

- d 0,5 s en 2,5 m

