

Hoofdstuk 7 Onderzoeken, ontwerpen en modelleren

7.1 Natuurkundige problemen

Opgave 1

- a ► Dat het geen goede onderzoeksvraag is, toon je aan als je de vraag niet kunt beantwoorden door een experiment te doen.
- Er staan geen grootheden in de onderzoeksvraag.
 - Hoeveel zwaarder gaat over massa. Massa hangt af van de hoeveelheid stof.
- b ► De onderzoeksvraag beantwoord je met behulp van de gegevens in je tabellenboek.
- ρ van ijzer = $7,87 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ (zie Binas tabel 8)
- ρ van hout ligt tussen $0,15 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ en $1,26 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ (zie Binas tabel 10A)
- Dus de dichtheid van ijzer is groter dan de dichtheid van hout.

Opgave 2

- Of je te maken hebt met een onderzoek of een ontwerp leid je af uit het doel van een onderzoek of een ontwerp.
- 1 ontwerp
 - 2 onderzoek
 - 3 onderzoek
 - 4 onderzoek

Toelichting

Bij een onderzoek is het doel nieuwe kennis.

Bij een ontwerp is het doel een nieuw product.

Opgave 3

- Of je te maken hebt met een modelstudie tijdens een onderzoek of tijdens een ontwerp leid je af uit het doel van een onderzoek of een ontwerp.
- 1 ontwerp
 - 2 onderzoek
 - 3 ontwerp
 - 4 onderzoek

Toelichting

Als een modelstudie wordt gebruikt om een product te testen, dan hoort het bij een ontwerp.

Wordt de modelstudie gebruikt om erachter te komen hoe iets gebeurt of wat het verband is tussen grootheden, dan is het een deel van een onderzoek.

Opgave 4

- a $s = v \cdot t$
- b Mogelijke antwoorden zijn:
- Het model moet rekening houden met het feit dat in de loop van de tijd:
- de snelheid van de wolken verandert,
 - de vorm van de wolken verandert,
 - nieuwe wolken ontstaan,
 - wolken verdwijnen.

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

Opgave 5

- Een goede onderzoeksvraag beschrijf je met de grootheden die voor het onderzoek van belang zijn.

Voorbeelden van goede onderzoeksvragen zijn:

- Voldoet het verband tussen de spanning over en de stroomsterkte door de lamp aan de wet van Ohm?
- Is er een recht evenredig verband tussen de spanning over en de stroomsterkte door de lamp?

Toelichting

Volgens de wet van Ohm bereken je de weerstand van een lamp met de spanning over en de stroomsterkte door de lamp.

Opgave 6

- Een goede onderzoeksvraag beschrijf je met de grootheden die voor het onderzoek van belang zijn.
- Een hypothese beschrijf je met een voorspelling van de uitkomst.
- 1 *Onderzoeksvraag:* Hoeveel energie per tijdseenheid gebruikt een VR-bril?
Hypothese: Een VR-bril gebruikt niet meer energie per tijdseenheid dan een smartphone.
 - 2 *Onderzoeksvraag:* Wat gebeurt er met de totale stroomsterkte wanneer je meerdere apparaten op één stekkerdoos aansluit?
Hypothese: Hoe meer apparaten parallel aangesloten zijn, hoe groter de totale stroomsterkte is.
 - 3 *Onderzoeksvraag:* Neemt de wrijvingskracht op een fietser toe als de frontale oppervlakte van de fietser groter wordt? Zo ja, welk verband is er tussen de wrijvingskracht en de frontale oppervlakte?
Hypothese: Er is een recht evenredig verband tussen de wrijvingskracht en de frontale oppervlakte.

Opgave 7

- a Vloeistoffen zetten (veel) meer uit dan vaste stoffen als ze worden verwarmd.
- b Het smeltpunt van ijs en het kookpunt van water zijn bekend.
- c ► De afstand Δx tussen twee maatstreepjes bij een temperatuurverschil van $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ bereken je met behulp van een kruisproduct met temperatuurverschil en afstand.
Het smeltpunt van ijs is $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en het kookpunt van water is $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 $16,0\text{ cm} \triangleq 100,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\Delta x \triangleq 10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
$$\Delta x = \frac{16,0 \times 10,0}{100,0} = 1,600\text{ cm}$$

Afgerond: $\Delta x = 1,60\text{ cm}$
- d ► Of je te maken hebt met een onderzoek of een ontwerp leid je af uit het doel.
Het meten van de vloeistofhoogte bij het smelten en koken hoort bij het onderzoeken, want het doel is kennis vergaren.
Het bedenken van de schaal en het zetten van de streepjes hoort bij het ontwerpen, want het doel is het maken van een product.
Dus de opdracht is een combinatie van beide.

7.2 Onderzoeken

Opgave 8

- a ► Dat alle grafieken in het begin over elkaar heen vallen leg je uit met de steilheid van de grafiek. De beginsnelheid op $t = 0$ s is voor alle situaties in figuur 12 hetzelfde. De steilheid van de grafiek in een (x,t) -diagram is op $t = 0$ s voor elke grafiek hetzelfde. Daarom vallen de grafieken in het begin over elkaar heen.
- b ► Dat de grootste remweg hoort bij de grootste massa leg je uit met de formule voor de versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Δv is gelijk, want bij een goed onderzoek is de beginsnelheid hetzelfde.

- Of de versnelling groter of kleiner is, leg je uit met de tweede wet van Newton.

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

F_{res} blijft gelijk, want bij een goed onderzoek verandert de remkracht niet.

m wordt groter.

Invullen levert: (F_{res} blijft gelijk) = (m wordt groter) $\cdot a$

Dus de versnelling a wordt kleiner.

- Invullen van a en Δv in de formule $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$:

$$(a \text{ wordt kleiner}) = \frac{(\Delta v \text{ blijft gelijk})}{\Delta t}$$

Dus Δt wordt groter. Het duurt dus langer voordat de fietser stilstaat. De remweg neemt dus toe.

- c ► Of de hypothese 'remweg is recht evenredig met de massa' juist is, leg je uit door het verband tussen de remweg en de massa te bepalen.

In het diagram van figuur 12 lees je bij elke massa de remweg af. Zie de tabel in figuur 7.1.

Meting	Massa (kg)	Remweg (m)
1	40	10,0
2	50	12,5
3	60	15,0
4	70	17,5
5	80	20,0

Figuur 7.1

Bij een recht evenredig verband neemt de remweg n keer toe als de massa n keer toeneemt. Vergelijk je meting 1 met meting 5, dan zie je dat de massa is verdubbeld en de remweg ook. De hypothese is dus juist.

Opgave 9

- 1 spanningsmeter en stroommeter
- 2 stopwatch en meetlint
- 3 liniaal of meetlint en stopwatch
- 4 thermometer

Opgave 10

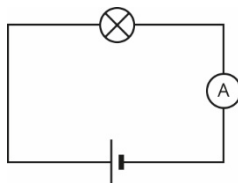
- 1 Mark doet twee onderzoeken waarbij hij telkens de slingertijd meet. De slingertijd is de afhankelijke variabele.
Bij een onderzoek verandert hij de lengte van het touw terwijl hij de massa van het blokje gelijk houdt. Dan is de lengte van het touw de onafhankelijke variabele.
Bij een ander onderzoek verandert hij de massa van het blokje terwijl hij de lengte van het touw gelijk houdt. Dan is de massa van het blokje de onafhankelijke variabele.
- 2 Bij het vergelijken van de twee lampen houdt Karen de spanning constant en meet zij de lichtsterkte.
Het type lamp is de onafhankelijke variabele. De lichtsterkte is de afhankelijke variabele.
- 3 Jason en Shirley veranderen de indrukking van de veer en meten de maximale hoogte die het kogeltje bereikt. Ze gebruiken steeds dezelfde veer. De veerconstante is constant.
De indrukking is de onafhankelijke variabele en de hoogte de afhankelijke variabele.

Toelichting

De onafhankelijke variabele stel je zelf in.
De afhankelijke variabele meet je.

Opgave 11

- a Zie de uitwerking in figuur 7.2.



Figuur 7.2

- b ► In een werkplan beschrijf je de meetmethode, de benodigde meetinstrumenten, de uitvoering van het experiment en de nauwkeurigheid van de metingen.

Voorbeeld van een werkplan:

- Maak de opstelling van het schakelschema van vraag a.
- Stel de spanning in op 20 V.
- Stel de stroommeter in op het meetbereik met de kleinste meetonzekerheid.
- Meet de stroomsterkte.

- c ► Het meetbereik dat Alex en Nadima moeten kiezen leid je af uit de maximaal benodigde stroomsterkte.

Hoe kleiner het meetbereik, hoe verder de wijzer uitslaat bij dezelfde meetwaarde, hoe kleiner de meetonzekerheid is.

De stroomsterkte bepaal je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.

$$P = U \cdot I$$

$$P_{\max} = 5 \text{ W}$$

$$U = 20 \text{ V}$$

$$\text{Invullen levert: } 5,0 = 20 \cdot I_{\max}$$

$$I_{\max} = \frac{5,0}{20} = 0,25 \text{ A}$$

De stroomsterkte is te groot voor meetbereik III, maar past wel in bereik II.

De beste keuze is dus meetbereik II.

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

Opgave 12

- a ► Dat de twee grafieken juist kunnen zijn leg je uit met de eis die wordt gesteld bij het tekenen van een grafiek.

De meetpunten in de figuren 14 en 15 hebben een meetonzekerheid. Een grafiek is een vloeiende lijn waarbij evenveel meetpunten boven als onder de grafiek liggen. Een grafiek hoeft dus niet door de meetpunten zelf te gaan.

Beide grafieken kunnen dus goed zijn.

- b ► Of de grafiek in figuur 14 een recht evenredig verband aangeeft, leg je uit met de beschrijving van een recht evenredig verband.

Bij een recht evenredig verband is de grafiek een rechte lijn die door de oorsprong gaat. Dat is in figuur 14 niet het geval. Dus de grafiek in figuur 14 geeft geen recht evenredig verband aan.

- c ► Welk verband de grafiek in figuur 15 weergeeft, leid je af met de coördinaten van de meetpunten (op de grafiek).

In de tabel van figuur 7.3 zie je de coördinaten van drie punten op de grafiek.

x	y
1	1
2	4
3	9

Figuur 7.3

Als de x -waarde n keer zo groot wordt, wordt de y -waarde n^2 keer zo groot.

Er is dus sprake van een kwadratisch evenredig verband.

- d Er zijn drie manieren om dit te onderzoeken:
- 1 Je kunt dit onderzoeken door meer metingen te doen waardoor je meer meetpunten in het diagram krijgt.
 - 2 Herhaal de metingen om daarmee een indruk te krijgen van de grootte van de meetonzekerheid.
 - 3 Doe een meting waarbij je controleert of $(0, 0)$ een meetpunt is.

Opgave 13

- a ► Een goede onderzoeksvraag beschrijf je met de grootheden die voor het onderzoek van belang zijn.

Voorbeelden van een goede onderzoeksvraag zijn:

- Hoeveel energie is er nodig om 1,0 L water 1,0 °C in temperatuur te laten stijgen?
- Hoe groot is de soortelijke warmte van water?

- b ► In een werkplan beschrijf je de meetmethode, de benodigde meetinstrumenten, de uitvoering van het experiment en de nauwkeurigheid van de metingen.

Voorbeeld van een werkplan:

- Gebruik de meetopstelling van figuur 16.
- Sluit de joulemeter en een stroommeter aan in serie met de spanningsbron.
- Sluit een spanningsmeter aan parallel aan de joulemeter.
- Bepaal de massa van een lege joulemeter.
- Meet 100 mL water af.
- Bepaal de massa van de joulemeter met water.
- Meet de begintemperatuur van het water.
- Zet de spanningsbron op een constante spanning en meet de spanning.
- Zet de schakeling aan en begin de tijdmeting.

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

- Meet de stroomsterkte.
- Blijf roeren en de temperatuur meten totdat deze 80 °C heeft bereikt.
- Meet de eindtemperatuur.
- Noteer de tijd die nodig was voor de temperatuurstijging.

Uit de metingen van spanning, stroomsterkte en tijd bereken je de hoeveelheid elektrische energie met de formule $E = U \cdot I \cdot t$.

Opgave 14

- De massa van het polyester bereken je met de formule voor de dichtheid.

$$\rho_{\text{polyester}} = \frac{m_{\text{polyester}}}{V_{\text{polyester}}}$$

Je moet dus de dichtheid van het polyester weten.

$$V_{\text{polyester}} = V_{\text{aluminium}}$$

- Het volume $V_{\text{aluminium}}$ van het aluminium bereken je met de formule voor de dichtheid.

$$\rho_{\text{aluminium}} = \frac{m_{\text{aluminium}}}{V_{\text{aluminium}}}$$

Je moet dus de dichtheid van het aluminium weten.

- De massa $m_{\text{aluminium}}$ bereken je met het percentage aluminium van de auto en de (gemiddelde) massa van de auto.

$$m_{\text{aluminium}} = 0,08 \cdot m_{\text{auto}}$$

Je moet dus de (gemiddelde) massa van de auto weten.

Opgave 15

- a Een meting is valide als de meetwaarden rond de werkelijke waarde liggen.
Een meting is betrouwbaar als de meetwaarden dicht bij elkaar liggen.
Zie de uitwerking in de tabel van figuur 7.4.

				
	a	b	c	d
Valide		x		x
Betrouwbaar	x			x

Figuur 7.4

- b Bij proef a is de nulstand van de meter niet juist. Alle meetwaarden liggen dicht bij elkaar, maar niet rond de werkelijke meetwaarde.
- c Proef b levert een juist resultaat op als je de proef vaak herhaalt.
Herhaal je de proef maar een paar keer, dan is de kans groot dat het gemiddelde niet overeenkomt met de werkelijke meetwaarde.

7.3 Ontwerpen

Opgave 16

► Het programma van eisen aan een ontwerp zet je in een tabel.
Zie de uitwerking in de tabel van figuur 7.5.

Eis	1 Brandalarm voor doven	2 VR-bril die gebruiksvriendelijk is	3 Theemok
1	gaat af in geval van brand	is eenvoudig te monteren	heeft voldoende inhoud
2	gaat af bij te veel rookontwikkeling	zit comfortabel	is makkelijk vast te houden
3	waarschuwt de persoon	is eenvoudig te bedienen	reageert op temperatuur
4	werkt niet op basis van geluid	is niet vermoeiend voor de ogen	geeft signaal af afhankelijk van de temperatuur
5	is betrouwbaar	is duurzaam	is waterbestendig

Figuur 7.5

Opgave 17

- a ► Of een eis een taak is, leid je af door na te gaan of de eis een handeling is die het product moet kunnen verrichten.
Eis 1 is een taak.
- b ► Of een eis een eigenschap is, leid je af door na te gaan of de eis een kenmerk van het product is.
Eis 3, 4 en 5 zijn eigenschappen.
- c Eis 3 Luchtweerstandscoefficiënt kleiner dan 0,10. Uit de foto aan het begin van het hoofdstuk blijkt dat is gekozen voor alle drie de oplossingen: de wagen is plat, gestroomlijnd en glad.
Eis 4 Opgewekt vermogen is groter dan benodigd vermogen bij maximale snelheid. Je ziet aan de foto dat de gehele bovenkant is bedekt met zonnepanelen. De efficiëntie van de zonnepanelen en van de elektromotor kun je niet bepalen uit de foto.
Eis 5 Genoeg ruimte voor de bestuurder. Aan de foto is te zien dat er gekozen is voor een nieuw soort model. De vorm lijkt op die van een ligfiets, maar is veel breder.

Opgave 18

- a De koolstofvezel moet een zo klein mogelijke dichtheid hebben.
- b De veereigenschap van de blades zorgt ervoor dat het energieverlies kleiner is dan bij biologische benen. De blades worden door het contact met de grond vervormd. Bij het terugveren zorgt die veerkracht voor een extra versnelling.

Opgave 19

- a $T = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (aflezen op de thermometer in figuur 23)
- b ► De eenheid van de kubieke uitzettingscoëfficiënt γ uitgedrukt in de grondeenheden leid je af met de grondeenheid van de andere grootheden in de formule.

$$[\Delta V] = [V_0] \cdot [\gamma] \cdot [\Delta T]$$

$$[\Delta V] = \text{m}^3$$

$$[V_0] = \text{m}^3$$

$$[\Delta T] = \text{K}$$

$$\text{Invullen levert: } \text{m}^3 = \text{m}^3 \cdot [\gamma] \cdot \text{K}$$

$$1 = [\gamma] \cdot \text{K}$$

$$[\gamma] = \text{K}^{-1}$$

De eenheid van de kubieke uitzettingscoëfficiënt is dus K^{-1} .

- c ► De drie mogelijkheden om de thermometer nauwkeuriger te maken beredeneer je met een grotere stijghoogte h van de vloeistof bij dezelfde temperatuurstijging ΔT .
- Een grotere stijghoogte beredeneer je met de formule voor de volumeverandering ΔV van de vloeistof in de stijgbuis en de doorsnede van de stijgbuis.

$$\Delta V = A \cdot h$$

Als de stijgbuis smaller is, is de doorsnede A van de buis kleiner. Bij eenzelfde volumeverandering ΔV en een kleinere A is de stijghoogte h groter.

Neem dus een thermometer met een smallere stijgbuis.

- De twee andere mogelijkheden beredeneer je met de gegeven formule en een grotere volumeverandering ΔV .

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

- 1 Als V_0 groter is, is ΔV ook groter en komt de alcohol hoger in de stijgbuis (als alle andere grootheden dezelfde waarde hebben).
Neem dus een thermometer met een groter reservoir.
- 2 Als γ groter is, is ΔV ook groter en komt de vloeistof hoger in de stijgbuis (als alle andere grootheden dezelfde waarde hebben).
Neem dus een vloeistof met een grotere kubieke uitzettingscoëfficiënt.

7.4 Modelleren

Opgave 20

- a Zie de rode delen in de tabel van figuur 7.6.

	Modelregels	Startwaarden
1	$v = v + a \cdot dt$	$dt = 1 \text{ 's}$
2	$x = x + v \cdot dt$	$t = 0 \text{ 's}$
3	$t = t + dt$	$x = 0 \text{ 'm}$
4		$v = 0 \text{ 'm/s}$
5		$a = 0,5 \text{ 'm/s}^2$

Figuur 7.6

- b $v = v + a \cdot dt$ is opgebouwd uit $v = v + dv$ en $dv = a \cdot dt$

Opgave 21

- a De vereenvoudiging is dat je aanneemt dat de val een vrije val is. Je laat de luchtweerstandskracht buiten beschouwing.
- b Zie de rode delen in de tabel van figuur 7.7.

	Modelregels	Startwaarden
1	$v = v + a \cdot dt$	$dt = 1 \text{ 's}$
2	$h = h + v \cdot dt$	$t = 0 \text{ 's}$
3	$t = t + dt$	$h = 1600 \text{ 'm}$
4	Als $h \leq 0$ dan stop eindals	$v = 0 \text{ 'm/s}$
5		$a = -9,81 \text{ 'm/s}^2$

Figuur 7.7

Toelichting

- regel 2 De 'nieuwe hoogte h' moet telkens kleiner zijn dan de 'oude hoogte h'. Omdat a een negatieve waarde heeft op $t = 0 \text{ s}$ en $v = 0 \text{ m/s}$, wordt de nieuwe v negatief en daardoor $v \cdot dt$ ook. Hierdoor neemt de waarde van h af.
- regel 4 De berekening moet stoppen als het voorwerp de grond raakt. Dan moet h kleiner of gelijk zijn aan 0 m.

Opgave 22

- a ► De beweging van de trein beschrijf je met behulp van de grafiek in figuur 37. Op $t = 10,5 \text{ s}$ is de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in figuur 37 gelijk aan 0. De snelheid is dan 0 m s^{-1} . Voor $t = 10,5 \text{ s}$ heeft de steilheid een positieve waarde; na $t = 10,5 \text{ s}$ een negatieve waarde. Tussen $t = 10 \text{ s}$ en $t = 12 \text{ s}$ remt de trein af, komt tot stilstand en rijdt vervolgens terug (achteruit).

Toelichting

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

Na $t = 10,5$ s is de snelheid v negatief. Omdat dt positief is, wordt voor $v \cdot dt$ een negatieve waarde berekend. Dan krijgt de 'nieuwe plaats x ' een kleinere waarde. De trein beweegt dan (volgens het model) achteruit. Dus nadat de trein tot stilstand is gekomen, neemt de afstand x in het model weer af. Hierdoor ontstaat er een maximum in de grafiek.

- Om te voorkomen dat de grafiek na $t = 10,5$ s daalt, pas je het model van de trein aan door het model op $t = 10,5$ s laten stoppen met rekenen.

Je kunt de trein op $t = 10,5$ s laten stoppen door een stopconditie in het model op te nemen:

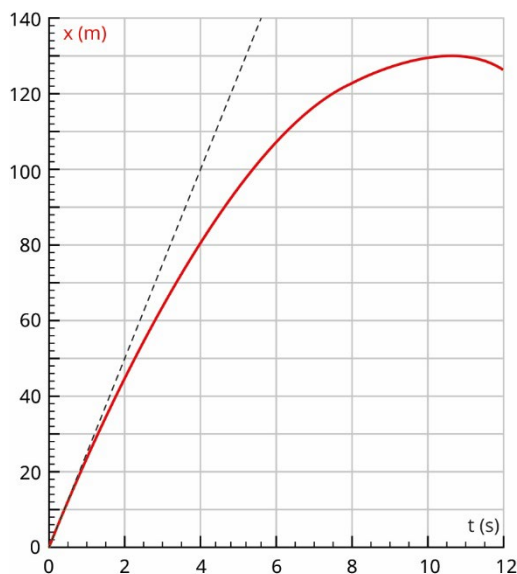
Als $v \leq 0$ dan stop eindals

- b ► De startwaarde van x lees je af in figuur 37.
In figuur 37 lees je af dat op $t = 0$ s de plaats 0 m is.
Dus $x = 0$ 'm.

- De startwaarde van v bepaal je uit de steilheid van de raaklijn op $t = 0,0$ s.

$$v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

In figuur 7.8 is op $t = 0,0$ s de raaklijn aan de grafiek getekend.



Figuur 7.8

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 7.8 de punten bij $t = 0,0$ s en $t = 4,0$ s.

$$v = \frac{100 - 0}{4,0 - 0} = 25,00 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: $v = 25 \text{ m s}^{-1}$.

Dus $v = 25$ 'm/s.

- De startwaarde van a bepaal je met de formule voor de versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{0 - 25}{10,5 - 0,0} = -2,381 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond: $a = -2,4 \text{ m s}^{-2}$.

Dus $a = -2,4$ 'm/s².

Opgave 23

- a In het diagram van figuur 38 zie je dat de hoogte van de bal na het omhoog gooien een grotere positieve waarde krijgt. De richting van de verplaatsing is positief. Dus de richting omhoog is de positieve richting.

- b Zie de rode delen in de tabel van figuur 7.9.

Toelichting

- Op $t = 0$ s bevindt de bal zich op 120 cm hoogte. Dit is 1,20 m. Dus $h = 1,20$ 'm.
- Op $t = 0$ s is de snelheid omhoog en daardoor positief. De waarde 40 km h^{-1} moet omgerekend worden naar m s^{-1} .
 $v = 40/3,6 \text{ 'm/s}$ (Je laat Coach het rekenwerk doen.)

of

$$v = \frac{40}{3,6} = 11,1 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: 11 m s^{-1} Dus $v = 11 \text{ 'm/s}$.

	Modelregels	Startwaarden
1	$v = v + a \cdot dt$	$dt = 1 \text{ 's}$
2	$h = h + v \cdot dt$	$t = 0 \text{ 's}$
3	$t = t + dt$	$h = 1,20 \text{ 'm}$
4		$v = 40/3,6 \text{ 'm/s}$
5		$a = -9,81 \text{ 'm/s}^2$

Figuur 7.9

- c De wrijving mag je verwaarlozen. Dus de versnelling is de valversnelling g . De richting van de valversnelling is naar beneden en daardoor negatief. De versnelling is de valversnelling $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$. Dus $a = -9,81 \text{ 'm/s}^2$.
- d ► Of Xané een te grote tijdstap heeft gebruikt bereken je door de theoretische tijdsduur om de maximale hoogte te bereiken te vergelijken met de tijdsduur die volgt uit de grafiek van het model in figuur 38.

In figuur 38 lees je af dat het 1,3 s duurt om de maximale hoogte te bereiken.

- De theoretische tijdsduur Δt bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = -9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$\Delta v = 0 - 11 = -11 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert: } -9,81 = \frac{0 - 11}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{-11}{-9,81} = 1,12 \text{ s}$$

- Vergelijken van de theoretische tijdsduur met de tijdsduur uit het model:
De theoretische tijdsduur is veel lager dan de tijdsduur verkregen uit het model.
Dus Xané heeft een te grote tijdstap gebruikt.

- c ► De stopconditie formuleer je met behulp van de grootheid die kenmerkend is voor het hoogste punt van de beweging van de verticaal omhoog gegooide bal.

In het hoogste punt van de bal is de snelheid 0 m s^{-1} .

De stopconditie in het grafisch model: $v \leq 0$

De stopconditie in het tekstmodel: **Als $v \leq 0$ dan stop eindals**

7.5 Beweging met krachten modelleren

Opgave 24

Zie de uitwerking in figuur 7.10.

Als	$h < 3000$
Dan A =	1,1
Anders A =	0,9

Figuur 7.10

Opgave 25

- a ► Het model maak je af door de volgende opdrachten uit te voeren:
(Klik op het vraagteken om het scherm Eigenschappen... te openen.)
- Voeg in het model bij de constante en de toestandsvariabelen de startwaarden toe in de standaard eenheden: m, m/s en N. Je mag die eenheden vermelden in het vakje eenheid, maar dat hoeft niet. Bij v laat je de omrekening van km/h naar m/s doen door Coach.
 - Bij Fw.lucht vink je de optie 'Formule' aan en voer je de gegeven formule in.
 - Bij Fres vink je de optie 'Formule' aan en voer je de formule in waarmee Fres wordt berekend.

$$x = 0$$

$$v = 60/3,6$$

$$F_{\text{motor}} = 2,3E3 \text{ of } F_{\text{motor}} = 2300$$

$$F_{\text{w.lucht}} = 0,90 \cdot v^2$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{w.lucht}} - F_{\text{w.rol}}$$

- b ► Het model pas je aan door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Maak Fmotor afhankelijk van de snelheid.
 - Converteer de constante Fmotor naar hulpvariabele Fmotor.
 - Vink de optie 'Conditie gebruiken' aan en voeg een conditie toe.

De motorkracht maak je afhankelijk van de snelheid met een relatiepijl van v naar Fmotor.

De constante motorkracht converteer je naar de hulpvariabele motorkracht door op het grafisch symbool van motorkracht te gaan staan, rechtsklik en kies de optie naar hulpvariabele converteren.

Vervolgens voeg je de conditie toe met de snelheid in de standaard eenheid.

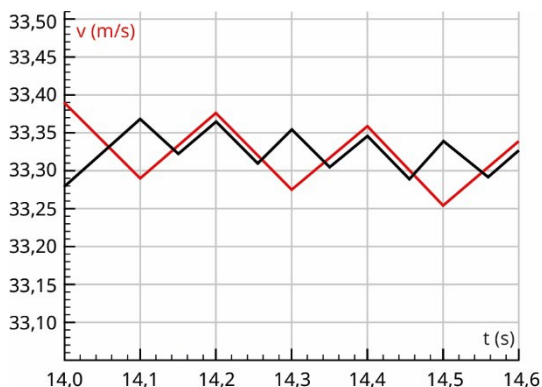
In de uitwerking figuur 7.11 zie je twee mogelijkheden.

☒ Formule ☐ Gegevens
☒ Conditie gebruiken
 Als
 Dan Fmot. =
 Anders F. =

☒ Formule ☐ Gegevens
☒ Conditie gebruiken
 Als
 Dan Fmot. =
 Anders F. =

Figuur 7.11

- c ► Een twee keer zo kleine tijdstap maak je door in de instellingen van de 'stopwatch' de stapgrootte te halveren.
- Zie de uitwerking in figuur 7.12.



Figuur 7.12

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

Opgave 26

- a Het grafisch symbool van rho (luchtdichtheid) is een constante: links en rechts van het rondje zie je kleine streepjes.
Er wijzen geen relatiepijlen *naar* het grafisch symbool van rho (luchtdichtheid).
- b ► De manier waarop de skydiver valt, leid je af uit de grootte van de frontale oppervlakte. In het model is de frontale oppervlakte gelijk aan $0,7 \text{ m}^2$. Dat komt bijvoorbeeld overeen met een oppervlakte van $1,75 \times 0,4 \text{ m}^2$. Hieruit volgt dat de skydiver horizontaal valt.
- c frontale oppervlakte A
luchtweerstandscoefficiënt c_w

Opgave 27

- a ► De C_w van het birdmanpak bepaal je in Coach als de eindsnelheid in de buurt van $64,8 \text{ km h}^{-1} = 18,0 \text{ m s}^{-1}$ ligt.
 $C_w = 2,6$
- b ► Dat je de formule mag gebruiken leg je uit met de eerste wet van Newton en de krachten die werken op de birdman.
Als de snelheid constant is, is volgens de eerste wet van Newton de resulterende kracht gelijk aan 0 N. De resulterende kracht wordt gevormd door de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht. Dan moet de (formule voor de) zwaartekracht gelijk zijn aan de (formule voor de) luchtweerstandskracht.

Opgave 28

- a Mogelijke eisen zijn:
- Het pak moet hem beschermen tegen zeer lage temperaturen.
 - Het pak moet hem voorzien van zuurstof.
 - Het pak moet voorzien zijn van een parachute.
 - Het pak moet flexibel zijn, zodat hij gemakkelijk kan bewegen als hij zich voorbereidt op de landing.
- b ► Het model maak je af door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Maak de dichtheid van lucht afhankelijk van de hoogte.
 - Converteer de constante dichtheid van lucht naar hulpvariabele dichtheid van lucht.
 - Vink de optie 'Formule' aan en voeg de formule voor de dichtheid van lucht toe.
- De dichtheid van lucht maak je afhankelijk van de hoogte met een relatiepijl van h naar rho. De constante rho converteer je naar de hulpvariabele rho door op het grafisch symbool van rho te gaan staan, te rechtsklikken en de optie 'naar hulpvariabele converteren' te kiezen. Vervolgens voeg je de formule toe zoals in de uitwerking van figuur 7.13.

Formule ☒ Gegevens

☐ Conditie gebruiken

rho =

Figuur 7.13

- c ► De maximale snelheid bepaal je met behulp van een (v,t) -diagram in Coach, nadat alle startwaarden zijn aangepast.
Na aanpassen van de startwaarden druk je op start.
Je laat Coach een (v,t) -diagram maken.
Gebruik vervolgens de optie 'Uitlezen' om de maximale snelheid te bepalen.
Uitlezen levert voor de maximale snelheid $v_{\max} = 339,5 \text{ m s}^{-1}$.
Afgerond: $v_{\max} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$.

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

- d ► Het model maak je af door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Maak de frontale oppervlakte en de luchtweerstandscoefficiënt afhankelijk van de hoogte.
 - Converteer de constanten frontale oppervlakte en luchtweerstandscoefficiënt naar hulpvariabelen.
 - Vink de optie 'Conditie gebruiken' aan bij zowel frontale oppervlakte als luchtweerstandscoefficiënt en voeg een conditie toe.

De frontale oppervlakte en de luchtweerstandscoefficiënt maak je afhankelijk van de hoogte door een relatiepijl te tekenen van h naar A en C_w .

De frontale oppervlakte en de luchtweerstandscoefficiënt verander je in hulpvariabelen door op het grafisch symbool te gaan staan, te rechtsklikken en de optie 'naar hulpvariabele converteren' te kiezen.

Vervolgens voeg je de condities toe voor zowel de frontale oppervlakte als voor de luchtweerstandscoefficiënt die afhangen van de hoogte. Zie de uitwerking in figuur 7.14.

Definitie

☒ Formule ☐ Gegevens

☒ Conditie gebruiken

Als

Dan A =

Anders A =

Formule

Conditie voor frontale oppervlakte

Definitie

☒ Formule ☐ Gegevens

☒ Conditie gebruiken

Als

Dan C_w =

Anders C_w =

Formule

Conditie voor luchtweerstandscoefficiënt

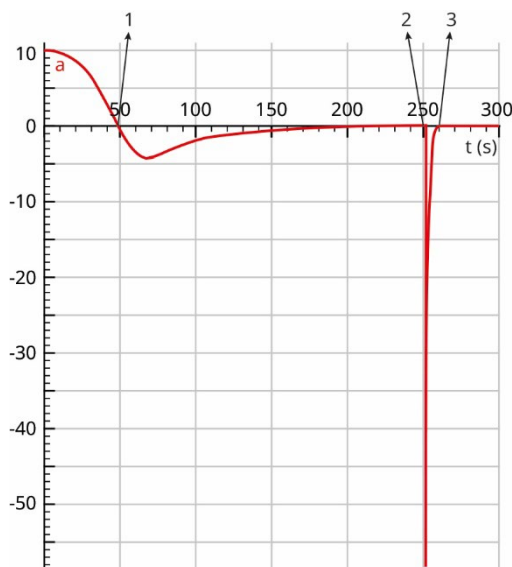
Figuur 7.14

- e 1 ► Het tijdstip waarop de snelheid maximaal is, bepaal je met het diagram in figuur 52 op het moment dat de versnelling voor het eerst gelijk is aan 0 m s^{-2} .

Zie de uitwerking in figuur 7.15.

Pijl 1 geeft dat tijdstip aan. De versnelling is daar voor het eerst 0 m s^{-2} .

Omdat Baumgartner naar beneden beweegt, neem je de richting naar beneden positief. Tot $t = 49 \text{ s}$ zijn dan de richtingen van de snelheid en versnelling positief. Dus neemt de snelheid toe. Na $t = 49 \text{ s}$ zijn de richtingen tegengesteld en neemt de snelheid af. Dus is de snelheid op $t = 49 \text{ s}$ maximaal.

**Figuur 7.15**

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

- 2 ► Het tijdstip waarop de parachute wordt geopend, bepaal je met het tijdstip waarop de luchtweerstand maximaal is.

Het tijdstip is $t = 251$ s. Zie pijl 2 in figuur 7.15. Zodra de parachute wordt geopend, wordt de frontale oppervlakte maximaal en daardoor de luchtweerstandskracht ook. De richting van de luchtweerstandskracht is tegengesteld aan de zwaartekracht. Dus als de negatieve versnelling het grootst is, is de resulterende kracht het grootst en daardoor ook de luchtweerstandskracht.

- 3 ► Het tijdstip waarop de daalsnelheid een (vrijwel) constante waarde heeft bereikt, bepaal je met het tijdstip waarna de versnelling 0 m s^{-2} blijft.

Het tijdstip is $t = 260$ s. Zie pijl 3 in figuur 7.15. Als de daalsnelheid constant is, is volgens de eerste wet van Newton de resulterende kracht gelijk aan 0 N. Uit de tweede wet van Newton volgt dan dat de versnelling dan ook gelijk is aan 0 m s^{-2} .

- f ► De maximale grootte van de kracht bepaal je met het (F_{res}, t) -diagram.
Laat Coach een (F_{res}, t) -diagram tekenen en lees de maximale kracht af.
(Dit is het geval bij $t = 251$ s.)

- g ► Waarom de maximale kracht in werkelijkheid veel kleiner is, leg je uit met hoe het model omgaat met het openen van de parachute.

Een belangrijk verschil is dat in werkelijkheid de parachute niet direct helemaal geopend is. De frontale oppervlakte en de luchtweerstandscoefficiënt veranderen dus geleidelijk. Op het moment dat de parachute geheel geopend is, is Baumgartner dus al voor een deel afgeremd. Dus is de maximale luchtweerstandskracht kleiner dan in werkelijkheid.

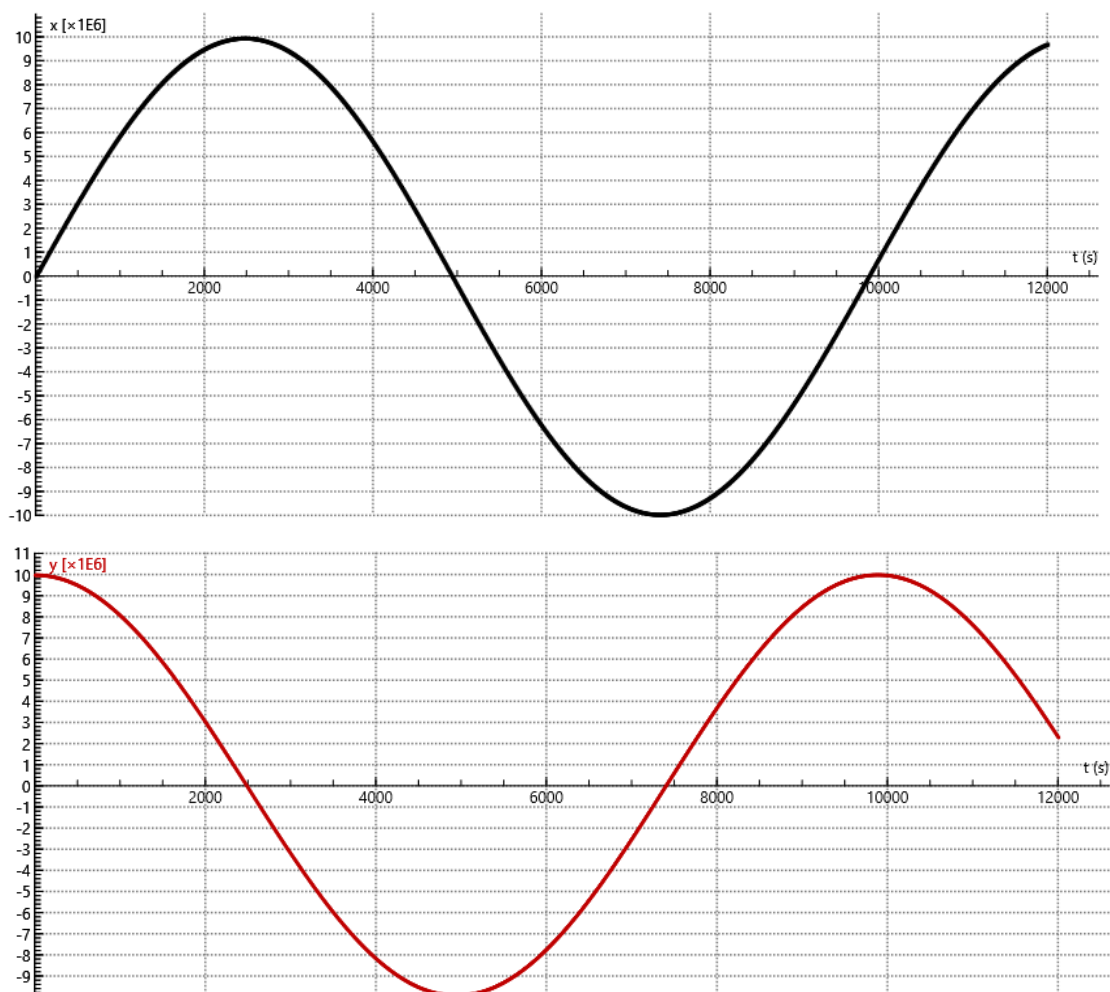
7.6 Modellen van kromlijnige bewegingen

Opgave 29

- a $F_w = 0,5 \cdot \rho \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$
- b $x = 0 \text{ 'm}$
 $y = 0 \text{ 'm}$
 $v_0 = 0 \text{ 'm/s}$
 $\alpha_0 = 25/180 \cdot (\pi) \text{ 'rad}$
 $m = 0,440 \text{ 'kg}$
 $\rho = 1,293 \text{ 'kg/m}^3$
 $c_w = 0,47$ (zie Binas tabel 28A bij bol)
 $A = 0,25 \cdot (\pi) \cdot 0,22^2 \text{ 'm}^2$
- c $\alpha = \arcsin(v_x/v_y)$

Opgave 30

- a ► De omlooptijd T van de satelliet bepaal je met een (x,t) -diagram of een (y,t) -diagram. Gebruik de optie 'uitlezen' om de tijd in een diagram nauwkeurig te bepalen. In de diagrammen in figuur 7.16 zie je dat Coach aangeeft dat de tijd na een rondje gelijk is aan $9880 \text{ s} = 9,880 \cdot 10^3 \text{ s}$. Afgerond: $T = 9,9 \cdot 10^3 \text{ s}$.



Figuur 7.16

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

- b ► Hoe de baan bij een eenparige cirkelbeweging van een twee keer zo zware satelliet eruitziet, beredeneer je met de formules voor de middelpuntzoekende kracht en de gravitatiekracht.

$$F_{\text{mpz}} = \frac{m \cdot v^2}{r} \text{ en } F_g = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

Bij een eenparige cirkelbeweging van een satelliet rond de aarde is de gravitatiekracht gelijk aan de middelpuntzoekende kracht.

$$F_{\text{mpz}} = F_g$$

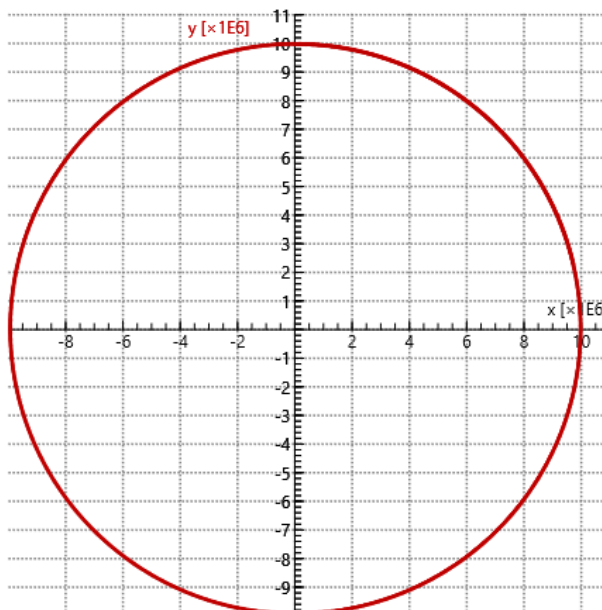
$$\frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

$$v^2 = G \cdot \frac{M}{r}$$

$$v = \sqrt{G \cdot \frac{M}{r}}$$

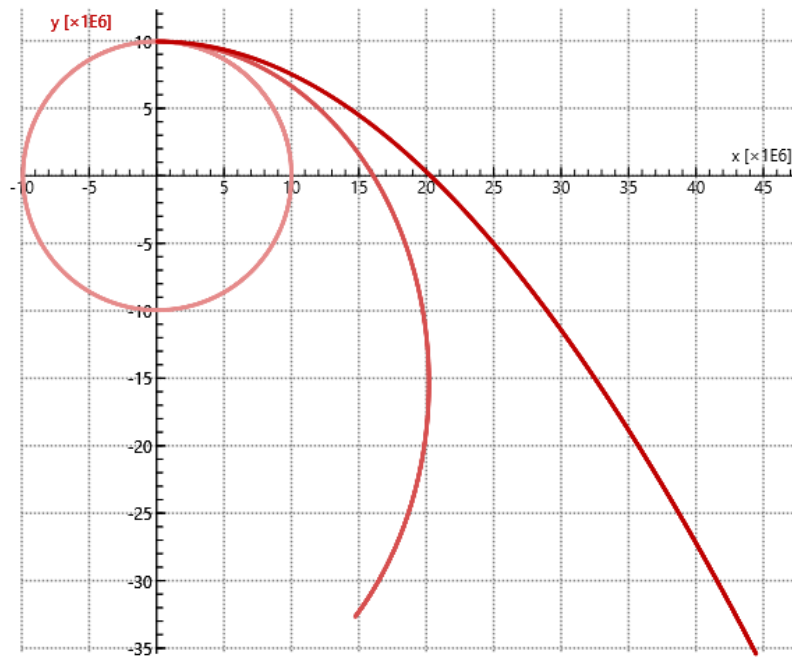
De snelheid van de satelliet is dus niet afhankelijk van zijn massa. Bij een twee keer zo zware satelliet zullen dus ook de omlooptijd en de vorm van de cirkelbaan niet veranderen.

- c ► Of het antwoord op vraag b juist is, beoordeel je aan de hand van een (x,y)-diagram. Klik in Coach in het (x,y)-diagram bij diameigenschappen gelijke asverhouding aan. Bij een massa van $1,0 \cdot 10^3$ kg ontstaat de grafiek in het diagram van figuur 7.17. Verander je in het model de massa van de satelliet in $2,0 \cdot 10^3$ kg en laat je het programma vervolgens opnieuw lopen, dan zie je dat de nieuwe baan precies over de oude heen valt. Dus het antwoord op vraag b is juist.



Figuur 7.17

- d ► Bij welke snelheid de satelliet buiten de gravitatiekracht van de aarde komt, bepaal je in Coach door de snelheid v_x van de satelliet telkens aan te passen. Verander in Coach de snelheid in stappen van $1 \cdot 10^3$ m s⁻¹. Bij een waarde van $9 \cdot 10^3$ m s⁻¹ komt de satelliet buiten de invloed van de aarde. De baan van de satelliet wordt een rechte lijn. Zie de grafiek in het diagram in figuur 7.18.

**Figuur 7.18****Opgave 31**

- a ► De baansnelheid van de aarde om de zon bereken je met de formule voor de baansnelheid.

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

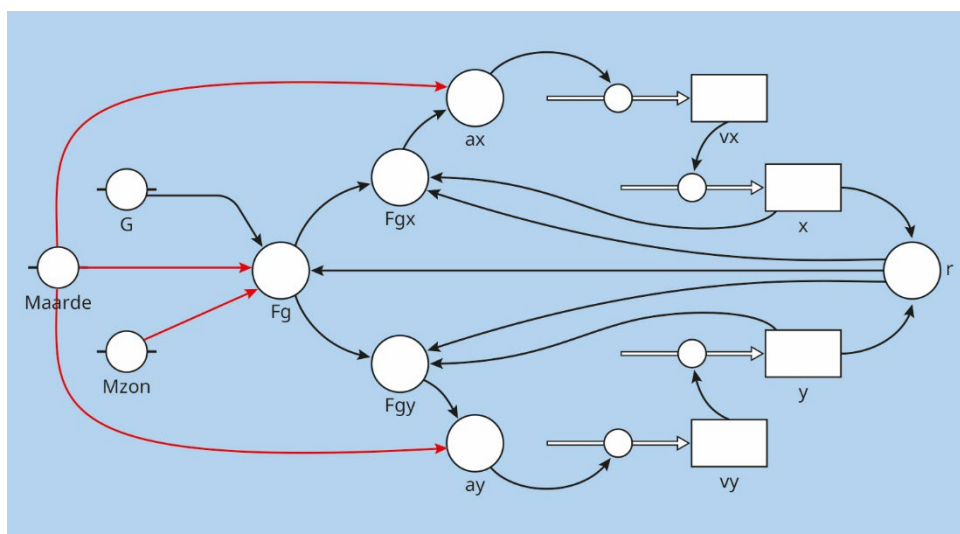
$$r = 0,1496 \cdot 10^{12} \text{ m} \quad (\text{zie Binas tabel 31})$$

$$T = 1 \text{ jaar} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s} \quad (\text{zie Binas tabel 5})$$

$$\text{Invullen levert: } v = \frac{2\pi \times 0,1496 \cdot 10^{12}}{3,15 \cdot 10^7} = 2,9840 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 2,98 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}.$$

- b ► De vier relatiepijlen voeg je toe zoals in figuur 7.19 is aangegeven.

**Figuur 7.19**

- c –

- d ► Waarom v_x en y de gegeven waarden hebben volgt uit het antwoord op vraag a en de gegevens in Binas tabel 31.
De beginwaarde van y is de afstand van de aarde tot de zon en deze is $0,1496 \cdot 10^{12}$ m.
Zie Binas tabel 31.
Op dat moment beweegt de aarde in horizontale richting met snelheid v_x .
De waarde voor v_x is de baansnelheid van de aarde rond de zon. Zie antwoord bij a.
- e ► Om het onderzoek naar de snelheid te kunnen uitvoeren pas je de instellingen van de tijd aan.
Voer bij de instellingen van de tijd voor de stapgrootte het 10^5 deel van de omlooptijd van de aarde om de zon in. De stapgrootte is dus $3,15 \cdot 10^7 \times 10^{-5} = 315$ s.
Laat je dan het model lopen, dan is het (x,y) -diagram een cirkel.

Opgave 32

- a ► De eenheid van f leid je af met de eenheden van de andere grootheden in de gegeven formule.

$$[F] = [f] \cdot \frac{[Q] \cdot [q]}{[r]^2}$$

$$[F] = \text{N}$$

$$[Q] = \text{C}$$

$$[q] = \text{C}$$

$$[r] = \text{m}$$

$$\text{Invullen levert: } \text{N} = [f] \cdot \frac{\text{C}^2}{\text{m}^2}$$

$$[f] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} = \text{N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

- b ► De omlooptijd T van een elektron rond de kern bereken je met de formule voor de baansnelheid.

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

- De baansnelheid v bereken je met de formule voor de middelpuntzoekende kracht en de formule voor de coulombkracht.

$$F_{\text{mpz}} = F_{\text{C}}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = f \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

$$m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \quad (\text{zie Binas tabel 7B})$$

$$r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

$$f = 9,0 \cdot 10^9$$

$$Q = q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Invullen levert: } \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot v^2}{5,3 \cdot 10^{-11}} = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(5,3 \cdot 10^{-11})^2}$$

$$v = \sqrt{9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(5,3 \cdot 10^{-11})^2} \times \frac{5,3 \cdot 10^{-11}}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 2,18 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$$

- Invullen van v en r in de formule $v = \frac{2\pi r}{T}$:

$$2,18 \cdot 10^6 = \frac{2\pi \cdot 5,3 \cdot 10^{-11}}{T}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 5,3 \cdot 10^{-11}}{2,18 \cdot 10^6} = 1,528 \cdot 10^{-16} \text{ s}$$

$$\text{Afgerond: } T = 1,5 \cdot 10^{-16} \text{ s.}$$

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

- c ► Welke symbolen je in het model moet aanpassen, zie je als je de formules voor de gravitatiekracht en de coulombkracht met elkaar vergelijkt. Tegelijkertijd pas je de waarde van de constanten aan.

$$F_g = G \cdot \frac{M_{\text{aarde}} \cdot m_{\text{satelliet}}}{r^2}$$

$$F_c = f \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

F_g wijzig je in F_c , de bij F_c behorende formule past zich vanzelf aan als je de overige grootheden aanpast.

G wijzig je in f met de waarde $9 \cdot 10^9$.

$M_{\text{satelliet}}$ wijzig je in q met waarde $1,6 \cdot 10^{-19}$ en je verwijdert de relatiepijlen met de versnellingen a_x en a_y .

M_{aarde} wijzig je in Q met waarde $1,6 \cdot 10^{-19}$.

- Om de versnelling van het elektron in de x- en y-richting te kunnen uitrekenen moet de massa van het elektron nog worden toegevoegd met de nodige relatiepijlen en moeten de formules voor a_x en a_y worden aangepast.

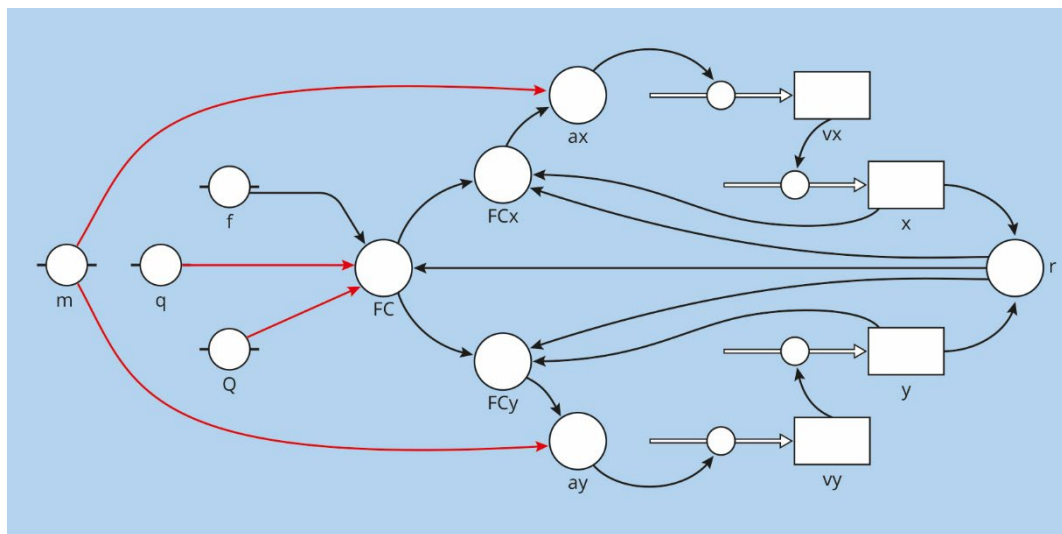
Je voegt de massa van het elektron toe als constante m met de waarde $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

Je tekent relatiepijlen van m naar de versnellingen a_x en a_y .

a_x wijzig je in F_{cx}/m .

a_y wijzig je in F_{cy}/m .

Zie de uitwerking in figuur 7.20.



Figuur 7.20

- d ► Om het onderzoek naar de snelheid te kunnen uitvoeren pas je de instellingen van de tijd aan en vul je voor de startwaarde van y_0 de waarde van de baanstraal in.

De afstand tussen de ladingen is op $t = 0$ s de waarde voor y .

$$y_0 = 5,3 \cdot 10^{-11}$$

Voer bij de instellingen van de tijd voor de stapgrootte het 10^5 deel van de omlooptijd van het elektron om de kern in. De stapgrootte is dus $1,5 \cdot 10^{-16} \times 10^{-5} = 1,5 \cdot 10^{-21}$ s.

De stapgrootte is dus $1,5 \text{ E-}21$.

Vervolgens verander je de beginsnelheid in de x-richting tot de grafiek in het (x,y)-diagram een cirkel is.

Bij een waarde voor de beginsnelheid v_x van $2,2 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$ is de baan (vrijwel) cirkelvormig.

(Deze waarde komt overeen met de waarde die je bij vraag b hebt berekend door de coulombkracht gelijk te stellen aan de middelpuntzoekende kracht.)

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

7.7 Afsluiting

Opgave 33

- a ► Het stralingsvermogen per m² zonnecel bereken je met het totaal geleverde vermogen P_{in} en de totale oppervlakte aan zonnecellen.

$$P_{\text{m2}} = \frac{P_{\text{in}}}{A}$$

$$A = 8,4 \text{ m}^2$$

- P_{in} bereken je met het rendement en het nuttig geleverde vermogen.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 25\%$$

$$P_{\text{nuttig}} = 1,5 \text{ kW} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\text{Invullen levert: } 25\% = \frac{1,5 \cdot 10^3}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

$$P_{\text{in}} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{25} \cdot 100 = 6,00 \cdot 10^3 \text{ W}$$

- Invullen van P_{in} en A in de formule $P_{\text{m2}} = \frac{P_{\text{in}}}{A}$:

$$P_{\text{m2}} = \frac{6,0 \cdot 10^3}{8,4} = 7,143 \cdot 10^2 \text{ W per m}^2$$

$$\text{Afgerond: } P_{\text{m2}} = 7,1 \cdot 10^2 \text{ W per m}^2.$$

- b ► Dat gebruik gemaakt moet worden van de zonnecellen en van de accu leg je uit met behulp van het elektrisch vermogen dat de zonnecellen kunnen leveren en het elektrisch vermogen dat nodig is om 100 km h⁻¹ te rijden.

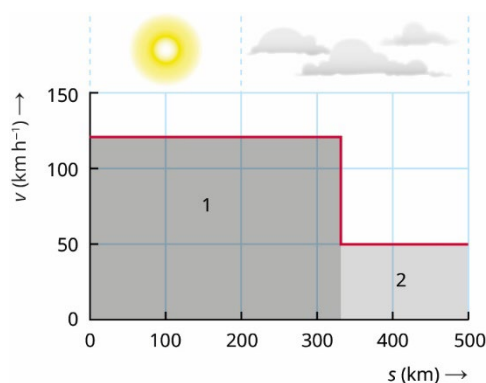
Het elektrisch vermogen dat de zonnecellen kunnen leveren is maximaal 1,5 kW.

Uit de tabel blijkt dat er 1,7 kW nodig is bij een snelheid van 100 km h⁻¹.

Dus er moet gebruikt worden gemaakt van de accu.

- c ► De tijdsduur om de finish te bereiken bereken je met de tijd t_1 (tot de accu leeg is) en t_2 (bij bewolkte lucht).

$$t_{\text{tot}} = t_1 + t_2 \quad (\text{zie de arceringen in figuur 7.21})$$



Figuur 7.21

- De tijd bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

tot de accu leeg is

$s_1 = 330 \text{ km}$

$v_1 = 120 \text{ km h}^{-1}$

Invullen levert: $330 = 120 \cdot t_1$

$$t_1 = \frac{330}{120} = 2,750 \text{ h}$$

bij bewolkte lucht

$s_2 = 170 \text{ km}$

$v_2 = 50 \text{ km h}^{-1}$

Invullen levert: $170 = 50 \cdot t_2$

$$t_2 = \frac{170}{50} = 3,40 \text{ h}$$

(aflezen in figuur 7.21)

(aflezen in figuur 7.21)

► Invullen van t_1 en t_2 in de formule $t_{\text{tot}} = t_1 + t_2$:

$$t_{\text{tot}} = 2,750 + 3,40 = 6,1500 \text{ h}$$

Afgerond: $t_{\text{tot}} = 6,2 \text{ h}$.

- d ► Dat de accu bij de finish bijna leeg is, laat je zien door de energie van de accu E_{accu} te vergelijken met de hoeveelheid energie E_{nodig} die de accu moet leveren om de finish te halen.

$$E_{\text{accu}} = 5,0 \text{ kWh}$$

► E_{nodig} bereken je met de energie die de accu moet leveren bij onbewolkt weer en bij bewolkt weer.

$$E_{\text{nodig}} = E_{\text{onbewolkt}} + E_{\text{bewolkt}}$$

► De energie die de accu moet leveren bereken je met de formule voor de energie bij onbewolkt weer en bij bewolkt weer.

$$E = P \cdot t$$

► Het vermogen dat door de accu wordt geleverd bereken je uit het benodigde vermogen en het door de zonnecellen geleverde vermogen.

$$P_{\text{onbewolkt}} = 1,7 - 1,5 = 0,2 \text{ kW}$$

(zonnecellen leveren 1,5 kW;

er is 1,7 kW nodig bij 100 km h^{-1})

$$P_{\text{bewolkt}} = 1,7 - 0,24 = 1,46 \text{ kW}$$

(zonnecellen leveren 0,24 kW;

er is 1,7 kW nodig bij 100 km h^{-1})► De tijd t bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$s_{\text{onbewolkt}} = 200 \text{ km}$

$v = 100 \text{ km h}^{-1}$

Invullen levert:

$$200 = 100 \cdot t_{\text{onbewolkt}}$$

$$t_{\text{onbewolkt}} = \frac{200}{100} = 2,00 \text{ h}$$

$s_{\text{bewolkt}} = 300 \text{ km}$

$v = 100 \text{ km h}^{-1}$

$$300 = 100 \cdot t_{\text{bewolkt}}$$

$$t_{\text{bewolkt}} = \frac{300}{100} = 3,00 \text{ h}$$

(aflezen in figuur 7.21)

(aflezen in figuur 7.21)

► Invullen van P en t in de formule $E = P \cdot t$:

$$E_{\text{onbewolkt}} = 0,20 \times 2,00 = 0,400 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{bewolkt}} = 1,46 \times 3,00 = 4,380 \text{ kWh}$$

► Invullen van $E_{\text{onbewolkt}}$ en E_{bewolkt} in de formule $E_{\text{nodig}} = E_{\text{onbewolkt}} + E_{\text{bewolkt}}$

$$E_{\text{nodig}} = 0,400 + 4,380 = 4,78 \text{ kWh}$$

► Vergelijken van E_{nodig} met E_{in} :

Er wordt 4,78 van de 5,0 kWh verbruikt, dus de accu is inderdaad bijna leeg.

- e Aan de foto figuur 71 zie je dat het ontwerp erg laag en gestroomlijnd is. Ook heeft het vloeiende lijnen en is het oppervlak glad. Dit betekent dat de C_w -waarde en de frontale oppervlakte A zo klein mogelijk gehouden zijn. De luchtdichtheid kun je niet beïnvloeden en de snelheid wil je juist zo groot mogelijk krijgen.

5 vwo hoofdstuk 7 uitwerkingen

Opgave 34

- a ► De formule voor F_{vooruit} leid je af met behulp van een goniometrische verhouding.

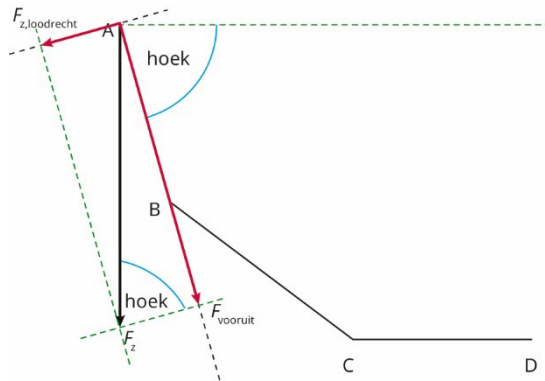
Zie de constructie in figuur 7.22.

Je ziet dat de hoek ook terugkomt bij het ontbinden van de zwaartekracht.

Er geldt:

$$\sin(\text{hoek}) = \frac{F_{\text{voorwaarts}}}{F_z} = \frac{F_{\text{voorwaarts}}}{m \cdot g}$$

$$F_{\text{voorwaarts}} = m \cdot g \cdot \sin(\text{hoek})$$



Figuur 7.22

- b ► Of er meer of minder water door de buis stroomt leg je uit met het verband tussen k en de wrijvingskracht.

Water zorgt ervoor dat je makkelijker glijdt.

Als k groter wordt, neemt F_w toe. Dat betekent dat er dan minder water door de buis stroomt.

- c ► De extra modelregel die je toevoegt is de extra remkracht.

$$F_{\text{extra}} = c \cdot v^2 \text{ of } F_{\text{extra}} = c \cdot v^2$$

(Op het CE mag je elke notatie gebruiken, als maar duidelijk is wat je bedoelt.)

- De aanpassing maak je in de modelregel voor de resulterende kracht.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{vooruit}} - F_w - F_{\text{extra}}$$

- De startwaarde van c voeg je toe als een nieuwe constante.

In de formule $F_{\text{extra}} = c \cdot v^2$ komt de constante c . De startwaarde moet je opnemen in de kolom startwaarden.

$$c = 17$$

- De eerste conditie voeg je toe om aan te geven wanneer de extra kracht in werking treedt.

Als $s \leq s_{AC}$ dan 0 anders F_{extra} eindals

of

Als $s \geq s_{AC}$ dan F_{extra} anders 0 eindals

- De tweede conditie voeg je toe om aan te geven wanneer het model moet stoppen.

stopconditie $v \leq 0$