18 Modelleren

vwo

18.2 Rechtlijnige beweging

1* **a** Vul op de plaats van de stippellijnen de ontbrekende gegevens in.

model		startwaarden in SI eenheden
1	dx = v∗dt	v = 5
2	x = x + dx	x = 0
3	t = t + dt	t = 0
		dt = 0,1

b Vul op regel 4 de stopvoorwaarde in.
- 4 Als x > 85000 Dan Stop EindAls

c Wat moet je aan het model veranderen om dit te bereiken?
- je moet de tijdstap dt kleiner maken (bijvoorbeeld 0,01 s)

d Leg uit op Peter gelijk heeft.
- Peter heeft geen gelijk, want in de berekening wordt geen rekening gehouden met het aantal significante cijfers

2* **a** Vul op de plaats van de stippellijnen de ontbrekende gegevens in.

model		startwaarden in SI eenheden
1	Als t > 3 Dan a = 0 EindAls	a = 2
2	dv = a*dt	v = 0
3	v = v + dv	x = 0
4	dx = v∗dt	t = 0
5	x = x + dx	dt = 0,01
6	t = t + dt	
7		

b Vul op regel 7 de stopvoorwaarde in.
- Als x > 30 Dan Stop EindAls

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

3** **a** Vul op de plaats van de stippellijnen de ontbrekende gegevens in.

model		startwaarden in SI eenheden
1	Als t < 2 Dan a = a1 EindAls	a1 = 3
2	Als t > 2 En t < 12 Dan a = 0 EindAls	a2 = -1,5
3	Als t > 12 Dan a = a2 EindAls	v = 0
4	dv = a*dt	x = 0
5	v = v + dv	t = 0
6	dx = v*dt	dt = 0,01
7	x = x + dx	
8	t = t + dt	
9	Als v < 0 Dan Stop EindAls	

4*** **a** Leg uit waarom de luchtweerstand toeneemt als de kat zijn poten spreidt.

- het frontale oppervlakte wordt groter
- de luchtweerstandcoëfficiënt wordt groter

b Leg uit waarom de kat na een tijdje een constante snelheid krijgt.

- de luchtweerstand neemt toe als de snelheid groter wordt
- de zwaartekracht blijft gelijk
- bij een bepaalde snelheid geldt $F_W = F_Z \quad \rightarrow \quad \Sigma F = 0$ en vanaf dan blijft de snelheid constant

c Bereken de constante snelheid die de kat krijgt.

- $\Sigma F = 0 \quad \rightarrow \quad F_Z = F_W$
- $m \cdot g = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$
- opzoeken $c_w = 1{,}05 \quad | \quad \rho = 1{,}239\ kg/m^3$
- $4{,}2 \cdot 9{,}81 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}293 \cdot (0{,}3 \cdot 0{,}4) \cdot v^2 \quad \rightarrow \quad v = 22{,}49 = 22\ m/s$

d Vanaf welke hoogte valt de kat?

- aflezen bij startwaarden: $x_{begin} = 20\ m$

e Vul op de plaats van de stippellijnen de ontbrekende gegevens in.

model		startwaarden in SI eenheden
1	Fw = 0,5*cw*rho*A *v^2	cw = 1,05
2	Fres = m*g + Fw	rho = 1,293
3	a = Fres / m	A = 0,12
4	dv = a*dt	m = 4,2
5	v = v + dv	g = -9,81
6	dx = v*dt	v = 0
7	x = x + dx	x = 20
8	t = t + dt	t = 0
9	Als x < 0 Dan Stop EindAls	dt = 0,01

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

f Voeg aan het model een startwaarde en een modelregel toe om deze warmte te berekenen.

- startwaarde $W = 0$
- modelregel $W = W + Fw \cdot dx$

g Voeg aan het model een startwaarde en een modelregel toe om de warmte op deze manier te berekenen.

- startwaarde $W = 0$
- modelregel $W = W + 0{,}5 * m * (v \wedge 2 - (v - dv) \wedge 2) - m \cdot g \cdot dx$

MERK OP g en dx zijn negatief

5* a** Bereken hoe lang het duurt voordat de vrachtauto stilstaat.

- $\Sigma F = 1{,}1 \cdot 10^4 + 1{,}0 \cdot 10^3 = 1{,}2 \cdot 10^4$ N | $m = 20 \cdot 10^3$ kg | $a = \ldots m/s^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 1{,}2 \cdot 10^4 = 2{,}0 \cdot 10^4 \cdot a \rightarrow a = 0{,}60\ m/s^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow \dfrac{90}{3{,}6} = 0{,}6 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 41{,}6667 = 42$ s

b Bereken hoeveel meter de vrachtauto tijdens het remmen aflegt.

- $v_{gem} = \dfrac{v_{begin} - v_{eind}}{2} \rightarrow v_{gem} = \dfrac{25 - 0}{2} = 12{,}5\ m/s$
- $s = v_{gem} \cdot t \rightarrow s = 12{,}5 \cdot 41{,}6667 = 520{,}83 = 5{,}2 \cdot 10^2$ m

c Vul op de plaats van de stippellijnen de ontbrekende gegevens in.

	model	startwaarden in SI eenheden
1	Fw = 0,5*cw*rho*A *v^2	cw = 0,82
1	Fres = −Frem − Frol − Fw	rho = 1,293
2	a = Fres / m	A = 6
3	dv = a*dt	m = 20000
4	v = v + dv	Frem = 11000
5	dx = v*dt	Frol = 1000
6	x = x + dx	v = 25
7	t = t + dt	x = 0
8	Als v < 0 Dan Stop EindAls	t = 0
		dt = 0,01

6* a** Bepaal hoeveel procent van zijn energie de bal bij iedere stuit verliest. Vergelijk daartoe de beginhoogte met de hoogte na 1, 2 en 3 stuiten.

- $h_0 = 2{,}0$ | $h_1 = 1{,}25$ | $h_2 = 0{,}80$ | $h_3 = 0{,}50$

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

- $\frac{h_1}{h_0} = \frac{1{,}25}{2} = 0{,}625$ | $\frac{h_2}{h_1} = \frac{0{,}8}{1{,}25} = 0{,}64$ | $\frac{h_3}{h_2} = \frac{0{,}5}{0{,}8} = 0{,}625$
- de bal verliest factor $1 - 0{,}625 = 0{,}375$ in hoogte
- energieverlies per stuit is 37,5%

b Leg dit uit.
- als de bal op de grond komt keert de richting van de snelheid om
- geen energieverlies → de snelheid ná de stuit is gelijk aan de snelheid vóór de stuit

c Leg uit waarom er geen waarde voor de massa nodig is.
- de valversnelling is onafhankelijk van de massa
- op ieder tijdstip is de snelheid onafhankelijk van de massa

d Welke startwaarde moet er worden toegevoegd?
- de stuiterfactor f moet worden toegevoegd aan het model

e Pas modelregel 1 aan om het energieverlies bij een stuit in rekening te brengen.
- Als x < 0 Dan v = (f*v^2)^0,5 EindAls

7*** **a** Bepaal met behulp van figuur 3 de snelheid op t_1.
- teken een lange raaklijn op t_1
- $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{1{,}4}{(0{,}54 - 0{,}25)} = 4{,}8276 = 4{,}8\ m/s$ (marge 0,3 m/s)

b Bereken met welke versnelling de sprinkhaan omhoog wordt geduwd vóór de pootjes van de grond loskomen.
- $v_{gem} = \frac{4{,}8276}{2} = 2{,}4138\ m/s$ | $s = 0{,}04\ m$ | $t = \dots\ s$
- $s = v_{gem} \cdot t \rightarrow 0{,}04 = 2{,}4138 \cdot t \rightarrow t = 1{,}65714 \cdot 10^{-2}\ s$
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{4{,}8276}{1{,}65714 \cdot 10^{-2}} = 291{,}32 = 2{,}9 \cdot 10^2\ m/s^2$

c Bereken de gemiddelde versnelling van de sprinkhaan bij zijn val en leg op basis hiervan uit of de sprinkhaan bij zijn val een meetbare luchtweerstand ondervindt.
- aflezen vanaf het hoogste punt → $x = 1{,}22\ m$ | $t = 0{,}50\ s$
- $s = v_{gem} \cdot t \rightarrow 1{,}22 = v_{gem} \cdot 0{,}5 \rightarrow v_{gem} = 2{,}44\ m/s$
- $v_{eind} = 2 \cdot v_{gem} \rightarrow v_{eind} = 4{,}88\ m/s$
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{4{,}88}{0{,}5} = 9{,}76\ m/s^2$
- klein verschil met 9,81 m/s² → geen luchtweerstand

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

d Bepaal met behulp van figuur 3 de waarde van C als je er vanuit gaat dat er geen energieverliezen zijn.

- $u = 0{,}040\,m \;\;|\;\; m = 0{,}0062\,g \;\;|\;\; h = 1{,}22\,m \;\;|\;\; C = \ldots N/m$
- BEGIN veerenergie $E_{veer} = \frac{1}{2} C \cdot u^2$ EIND zwaarte-energie $E_z = m \cdot g \cdot h$
- behoud van energie $\rightarrow \frac{1}{2} C \cdot u^2 = m \cdot g \cdot h$
- $\frac{1}{2} C \cdot 0{,}04^2 = 0{,}0062 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}22 \;\;\rightarrow\;\; C = 92{,}75 = 93\,N/m$

e Vul op de plaats van de stippellijnen de ontbrekende gegevens in.

	model	startwaarden in SI eenheden
1	Als x < 0,04 Dan Fres = m*g + C*(0,04 − x) Anders Fres = m*g EindAls	m = 0,0062
2	a = Fres / m	C = 93
3	dv = a*dt	g = -9,81
4	v = v + dv	v = 0
5	dx = v*dt	x = 0
6	x = x + dx	dt = 0,01
7	h = x − 0,04	
8	t = t + dt	
9	Als h<0 Dan Stop EindAls	

8**** **a** Leg uit wat de functie is van de <u>eerste</u> modelregel.

- in de eerste modelregel wordt de massa van het kruit berekend

b Waarom staat in de <u>eerste</u> modelregel dmk*dt en welke waarde heeft dit?

- dmk*dt is de hoeveelheid kruit dat in één tijdstap verbrandt
- $dmk * dt = 0{,}04 * 0{,}01 = 4{,}0 \cdot 10^{-4}\,kg$

c Leg uit wat de functie is van de <u>tweede</u> modelregel.

- de tweede regel zorgt ervoor dat er alleen stuwkracht is als er nog kruit is

d Leg uit waarom dit het geval is

- de wrijvingskracht is altijd tegengesteld gericht aan de snelheid
- is de snelheid positief dan is de wrijvingskracht negatief en omgekeerd

e Pas de <u>tweede</u> modelregel aan zodat niet de kracht maar het vermogen constant is tijdens de verbrandingsreactie.

- Als mk>0 Dan Fstuw=P/v Anders Fstuw=0 EindAls

f Leg uit welke startwaarde je moet toevoegen en welke je moet aanpassen.

- toevoegen de startwaarde van P
- de startwaarde voor v is 0 en bij de berekening Fstuw = P/v deel je dus door 0 en hierdoor loopt het programma vast
- verander de startwaarde van v door een klein getal, bijvoorbeeld v = 0,1

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

9**** **a** Bereken de lengte van deel 1.

- gebruik de stelling van Pythagoras met x = 80 m en y = 80 m
- $\text{lengte} = \sqrt{80^2 + 80^2} = 113{,}137 = 1{,}1 \cdot 10^2\ \text{m}$

b Bereken de snelheid van de skiër aan het einde van deel 1

- $\tan\alpha = \frac{1}{1} = 1 \;\rightarrow\; \alpha = 45°$
- $\Sigma F = F_{zx} - F_w \;\rightarrow\; \Sigma F = 70 \cdot 9{,}81 \cdot \sin 45 - 100 = 3{,}9557 \cdot 10^2\ \text{N}$
- $\Sigma F = m \cdot a \;\rightarrow\; 3{,}8557 \cdot 10^2 = 70 \cdot a \;\rightarrow\; a = 5{,}50815\ \text{m/s}^2$
- $v_{eind} = a \cdot t \;\rightarrow\; v_{gem} = \frac{1}{2} a \cdot t \;\rightarrow\; s = v_{gem} \cdot t \;\rightarrow\; s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \;\rightarrow\; 113{,}137 = \frac{1}{2} \cdot 5{,}50815 \cdot t^2 \;\rightarrow\; t = 6{,}40936\ \text{s}$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \;\rightarrow\; v_{eind} = 5{,}50815 \cdot 6{,}40936 = 35{,}3037 = 35\ \text{m/s}$

c Bereken de wrijvingskracht in deel 2.

- $F_w = f \cdot F_n$ met $F_n = F_{zy} = F_z \cdot \cos\alpha \;\rightarrow\; F_w = f \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha$
- deel 2: $\alpha = 0 \;\rightarrow\; \cos\alpha = 1$
- $F_w = f \cdot m \cdot g \;\rightarrow\; F_w = 0{,}2 \cdot 70 \cdot 9{,}81 = 137{,}34 = 1{,}4 \cdot 10^2\ \text{N}$

d Leg uit wat het resultaat van de berekening zonder deze regel zou kunnen zijn.

- in deel 2 werkt alleen de wrijvingskracht
- zonder deze regel kan de beweging omkeren zodat de skiër de helling opgaat

e Bepaal de gebruikte waarde van f.

- tussen 8,1 en 11,8 s bevindt de skiër zich in deel2
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \;\rightarrow\; a = \frac{0 - 30}{13{,}5 - 7{,}5} = 5{,}0\ \text{m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \;\rightarrow\; \Sigma F = 70 \cdot 5{,}0 = 350\ \text{N}$
- deel 2: $\Sigma F = F_w = f \cdot F_n = f \cdot F_z = f \cdot m \cdot g$
- $350 = f \cdot 70 \cdot 9{,}81 \;\rightarrow\; f = 0{,}51$

Omdat er veel skiërs in deel 3 zijn geweest is de sneeuw daar gladder dan bij de delen 1 en 2.

f Welke grootheid moet er voor deel 3 worden aangepast?

- de (schuif-) wrijvingscoëfficiënt f

g Voeg een startwaarde toe en pas de modelregels 1, 2 en 3 aan om hiermee rekening te houden in het model.

- er moeten twee startwaarden van f worden gegeven f1 en f3
- regel 1: Als s<113 Dan (hoek=alfa1) En (f = f1) EindAls
- regel 2: Als (113<s) En (s<183) Dan (hoek=0) En (f = f1) EindAls
- regel 3: Als (183<s) En (s<277) Dan (hoek=alfa3) En (f = f3) EindAls

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

18.3 Kromlijnige beweging

1** a Bereken de horizontale afstand die de bal aflegt.

- $v_{eind} = a \cdot t \rightarrow v_{gem} = \frac{1}{2} a \cdot t \rightarrow s = v_{gem} \cdot t \rightarrow s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \rightarrow 5 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81 \cdot t^2 \rightarrow t = 1{,}00964\ s$
- $s = v_{gem} \cdot t \rightarrow s = 10 \cdot 1{,}00964 = 10{,}0964 = 10\ m$

b Leg uit waarom de massa geen invloed uitoefent op de beweging.

- de valversnelling is voor ieder voorwerp 9,81 m/s^2

c Vul op de plaats van de stippellijnen de ontbrekende gegevens in.

	model	startwaarden in SI eenheden
	"beweging in de x-richting"	g = −9,81
1	dx = vx∗dt	vx = 10
2	x = x + dx	vy = 0
	"beweging in de y-richting"	x = 0
3	ay = g	y = 5
4	dvy = ay∗dt	t = 0
5	vy = vy + dvy	dt = 0,01
6	dy = vy∗dt	
7	y = y + dy	
8	t = t + dt	
9	Als y < 0 Dan Stop EindAls	

d Leg uit of Tom gelijk heeft.

- als hij vanaf 10 m hoogte gooit wordt de valtijd minder dan twee keer zo groot
- de horizontale afstand wordt daardoor ook minder dan twee keer zo groot
- Tom heeft geen gelijk

2*** a Leg uit waarom de massa wél invloed uitoefent op de beweging als er luchtweerstand is.

- de resulterende kracht is de zwaartekracht plus de wrijvingskracht
- de versnelling volgt uit $\Sigma F = m \cdot a$ en is dus afhankelijk van de massa

b Leg uit of Susan, Edmund of geen van beiden gelijk heeft als de beginsnelheid van een zware en een lichte pijl gelijk is.

- de wrijvingskracht is niet afhankelijk van de massa
- als de massa groter is wordt de vertraging door de wrijvingskracht kleiner
- de pijl komt hierdoor verder

c Leg uit of Peter gelijk heeft.

- in het begin wordt de boog gespannen en krijgt de pijl veerenergie
- deze veerenergie wordt omgezet in kinetische energie

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

- de zware en de lichte pijl starten met even veel kinetische energie
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ en bij een grotere massa is de beginsnelheid kleiner
- Peter heeft gelijk

d Leg de functie van deze formules uit.
- 1) berekening van de wrijvingskracht vanwege luchtweerstand
- 2) berekening van de snelheid uit de componenten v_x en v_y (Pythagoras)
  3) berekening van de x- en y-component van de wrijvinsgkracht

c Vul op de plaats van de stippellijnen de ontbrekende gegevens in.

	model	**startwaarden in SI eenheden**
1	v = (vx^2 + vy^2)^0,5	cw = 0,82
2	Fw = 0,5*cw*rho*A*v^2	rho = 1,293
	"beweging in de x-richting"	A = 0,0002
3	Fwx = Fw*(vx / v)	m = 0,025
4	FresX = −Fwx	g = −9,81
5	ax = FresX / m	vx = 90
6	dvx = ax*dt	vy = 0
7	vx = vx + dvx	x = 0
8	dx = vx*dt	y = 50
9	x = x + dx	t = 0
	"beweging in de y-richting"	dt = 0,005
10	Fwy = Fw*(vy / v)	
11	FresY = m*g − Fwy	
12	ay = FresY / m	
13	dvy = ay*dt	
14	vy = vy + dvy	
15	dy = vy*dt	
16	y = y + dy	
17	t = t + dt	
18	Als y < 0 Dan Stop EindAls	

Copyright © 2020 Albert Goossens

18.4 Trillingen

1[***] **a** Leg uit of Bart gelijk heeft.

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ met $m = 0{,}10$ kg en $C = 100 \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}1}{100}} = 0{,}19869 = 0{,}20$ s
- aflezen: 5,0 trillingen in 1,0 seconde $\rightarrow T = 0{,}20$ s
- Bart heeft gelijk

b Voer deze berekening uit.

- $\Sigma F = -C \cdot x$ en $\Sigma F = m \cdot a$ geeft $m \cdot a = -C \cdot x \rightarrow a = \frac{-C}{m} \cdot x$
- de maximale versnelling wordt bereikt bij de minimale uitwijking $\rightarrow x_{min} = -0{,}10$ m
- $a_{max} = \frac{-C}{m} \cdot x_{min} \rightarrow a_{max} = \frac{-100}{0{,}1} \cdot (-0{,}1) = 100\ m/s^2$

c Pas het model aan, zodat de berekening stopt na n trillingen.

model		**startwaarden in SI eenheden**
1	Fres = –C*x	m = 0,1
2	a = Fres / m	C = 100
3	dv = a*dt	v = 0
4	v = v + dv	x = 0,1
5	dx = v*dt	n = 4
6	x = x + dx	T = 2*Pi*(m/C)^0,5
7	t = t + dt	t = 0
8	Als t >n*T Dan Stop EindAls	dt = 0,0002

2[***] **a** Controleer of $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ voor beide periodieke bewegingen gebruikt kan worden.

- trilling: $T = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}02}{1000}} = 0{,}028$ s
- aflezen: 36 trillingen in 1,0 s $\rightarrow T = \frac{1}{36} = 0{,}028$ s
- verandering van de amplitude: $T = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}02}{50}} = 0{,}1257$ s
- aflezen: 0,5 "trilling in 0,58 s $\rightarrow 0{,}5 \cdot T = 0{,}58 \rightarrow T = 1{,}16$ s
- conclusie: voor de trilling (snelle beweging) kan $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ worden gebruikt maar voor de verandering van de amplitude niet

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

Examenvragen vwo

Champignon

2p **a** Bereken de snelheid die Hannes zonder luchtweer- stand na 13 s zou hebben.

- gebruik $\Delta v = a \cdot \Delta t$ met $a = g = 9{,}91\,m/s^2$ 1
- $\Delta v = 9{,}81 \cdot 13 = 127{,}53 = 1{,}3 \cdot 10^2\ m/s$ 1

4p **b** Vul de ontbrekende modelregel in en indien nodig een startwaarde en geef een toelichting bij je antwoord.

- gebruik Opp = Opp + dOpp 1
- inzicht: in 3,8 s zitten 38 tijdstappen 1
- $dOpp = \dfrac{42{,}6 - 0{,}8}{38} = 1{,}1$ 1
- <u>startwaarde</u>: dOpp = 1,1 en <u>modelregel</u> als t > 13 dan Opp = Opp + dOpp 1

4p **c** Toon aan dat deze waarde overeenkomt met de maximale waarde die uit figuur 3 is af te lezen.

- de maximale vertraging vlak na het openen op t = 13 s moet worden bepaald 1
- raaklijn na t = 13 s $\rightarrow a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a_{max} = \dfrac{60 - 0}{14{,}5 - 12{,}9} = 38\ m/s^2$ (marge 5 m/s^2) 1
- inzicht $\Sigma F = F_{W\,max} - F_Z = m \cdot a_{max}$ 1
- $F_{W\,max} - 91 \cdot 9{,}81 = 91 \cdot 38 \rightarrow F_{W\,max} = 4{,}35 \cdot 10^3\ N \rightarrow$ dus overeenstemming 1

4p **d** Bepaal deze arbeid en toon aan dat deze overeenstemt met de arbeid die uit het snelheidsverloop in figuur 2 volgt.

- oppervlakte is ongeveer 1,3 hokjes 1
- $W = 1{,}3 \cdot 100 \cdot 1000 = 1{,}3 \cdot 10^5\ J$ (marge $0{,}2 \cdot 10^5\ J$) 1
- aflezen: $v_{begin} = 54\ m/s$ en $v_{eind} = 7{,}5\ m/s$ 1
- $W = \Delta E_K = \frac{1}{2} m \cdot v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{begin}^2 \rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot 90 \cdot 7{,}5^2 - \frac{1}{2} \cdot 90 \cdot 54^2 = -1{,}3 \cdot 10^5\ J$ 1
  (minteken omdat de kinetische energie afneemt door de wrijvingskracht)

Sojoez

3p **a** Bereken de hoogte die de Sojoez na 120 s heeft.

- inzicht $v_{gem} = \dfrac{0 + 1250}{2} = 625\ m/s$ 1
- gebruik $s = v_{gem} \cdot t$ 1
- $s = 625 \cdot 120 = 7{,}5 \cdot 10^4\ m$ 1

4p **b** Beredeneer aan de hand van de modelregels of de versnelling van de Sojoez volgens dit model gedurende de eerste 120 s toeneemt, afneemt of gelijk blijft.

- inzicht dat m afneemt, want brandstof wordt verbruikt 1
- inzicht F_z neemt af $\rightarrow \Sigma F = F_{stuw} - F_z$ neemt toe 1

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

- inzicht $a = \frac{\Sigma F}{m}$ 1
- ΣF wordt groter én m wordt kleiner $\rightarrow$ a wordt groter 1

2p **c** Bereken de hoek die de Sojoez op dat moment maakt met het aardoppervlak.

- inzicht $\sin\alpha = \frac{v_{verticaal}}{v}$ 1
- $\sin\alpha = \frac{1{,}3\cdot10^3}{1{,}5\cdot10^3} \rightarrow \alpha = 60°$ 1

4p **d** Bereken de snelheid van het ruimtestation.

- $F_G = F_{mpz} \rightarrow G\cdot\frac{m\cdot M}{r^2} = \frac{m\cdot v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G\cdot M}{r}}$ 1
- $r = r_{aarde} + h \rightarrow r = 6{,}371\cdot10^6 + 4{,}0\cdot10^5 = 6{,}771\cdot10^6$ m 1
- $G = 6{,}674\cdot10^{-11}$ Nm^2 kg^{-2} | $M = 5{,}972\cdot10^{24}$ kg | $r_{aarde} = 6{,}371\cdot10^6$ m 1
- $v = \sqrt{\frac{G\cdot M}{r}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{6{,}674\cdot10^{-11}\cdot5{,}972\cdot10^{24}}{6{,}771\cdot10^6}} = 7{,}6723\cdot10^3 = 7{,}67\cdot10^3$ m/s 1

Kanaalspringer

3p **a** Bereken welke beginsnelheid nodig is om van 9000 m hoogte 33 km ver te komen.

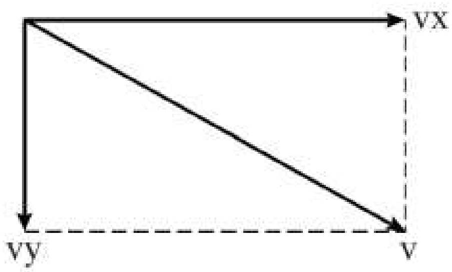
- $v_{eind} = a\cdot t \rightarrow v_{gem} = \frac{1}{2}a\cdot t \rightarrow s = v_{gem}\cdot t \rightarrow s = \frac{1}{2}a\cdot t^2$
- gebruik $s_{verticaal} = \frac{1}{2}a\cdot t^2 \rightarrow 9000 = \frac{1}{2}\cdot9{,}81\cdot t^2 \rightarrow t = 42{,}8353$ s 1
- gebruik $s_{horizontaal} = v_{gem}\cdot t$ 1
- $33\cdot10^3 = v_{gem}\cdot42{,}8353 \rightarrow v_{gem} = 7{,}70393\cdot10^2 = 7{,}7\cdot10^2$ m/s 1

2p **b** Leg dit uit.

- constatering dat de baan gekromd is 1
- de snelheid verandert van richting $\rightarrow$ een resulterende kracht is vereist 1

2p **c** Leg met behulp van een vectortekening uit wat er in de tweede modelregel wordt uitgerekend. HINT met sqrt wordt de (vierkants-) wortel bedoeld (En. square root).

- inzicht dat de stelling van Pythagoras wordt gebruikt 1
- teken vx, vy en v 1



3p **d** Bepaal met behulp van figuur 2 de startwaarde voor k.

- aflezen: op 7,9 km hoogte $\rho = 0{,}51$ kg m^{-3} 1
- gebruik $\rho = 1{,}22 \cdot e^{-\frac{h}{k}}$ met $h = 7{,}9 \cdot 10^3$ m 1
- $0{,}51 = 1{,}22 \cdot e^{-\frac{7{,}9 \cdot 10^3}{k}} \rightarrow \ln\left(\frac{0{,}51}{1{,}22}\right) = -\frac{7{,}9 \cdot 10^3}{k} \rightarrow k = 9{,}0576 \cdot 10^3 = 9{,}1 \cdot 10^3$ m 1

4p **e** Geef de modelregels 9 en 13.

- regel 9: Fx = Fx_lift − Fx_wrijving 1
- plus- en mintekens in regel 9 juist 1
- regel 13: Fy = Fz − Fy_lift − Fy_wrijving 1
- plus- en mintekens in regel 13 juist 1

4p **f** Bepaal de afgelegde weg van de springer door de lucht tot het moment waarop hij de parachute opent. Gebruik daartoe één van de diagrammen.

- inzicht dat de (v, t)-grafiek gebruikt moet worden 1
- inzicht dat de oppervlakte onder de (v, t)-grafiek bepaald moet worden 1
- oppervlak benaderen met een driehoek plus een rechthoek:
  $s = 65 \cdot 430 + \frac{1}{2}(95 - 65) \cdot 430 = 3{,}44 \cdot 10^4 = 3{,}4 \cdot 10^4$ m (marge $3 \cdot 10^3$ m) 2

Trekkertrek

3p **a** Ga na met behulp van figuur 2 of deze poging een 'full pull' opleverde.

- inzicht dat de afstand gelijk is aan de oppervlakte onder de (v, t)-grafiek 1
- schat: $v_{gem} = 4{,}8$ m/s (marge 0,3 m/s) 1
- $s = v_{gem} \cdot t \rightarrow s = 4{,}8 \cdot 18{,}8 = 90{,}24$ m dus geen full pull 1

5p **b** Bepaal met behulp de figuren 2 en 4 de grootte van de aandrijfkracht van de wielen van de tractor bij de start.

- figuur 2 op t=0: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{8{,}5}{6{,}0} = 1{,}42$ m/s^2 1
- gebruik: $\Sigma F = m \cdot a$ met $m = 16{,}5 \cdot 10^3$ kg 1
- inzicht: $\Sigma F = F_{trek} - F_W$ 1
- figuur 3 op t=0: $F_W = 15 \cdot 10^3$ N 1
- $F_{trek} = m \cdot a + F_W \rightarrow F_{trek} = 16{,}5 \cdot 10^3 \cdot 1{,}42 + 15 \cdot 10^3 = 3{,}843 \cdot 10^4 = 3{,}8 \cdot 10^4$ N 1

4p **c** Voer de volgende opdrachten uit:

– Bepaal de waarde van de grootheid <u>kettingfactor</u> met behulp van figuur 4.
– Geef de startwaarde F0.
– Bepaal de startwaarde c.

- na 84 m (marge 2 m) neemt FW niet meer toe en is het blok 6,8 m verschoven 1
- kettingfactor is $\frac{6{,}8}{84} = 8{,}095 \cdot 10^{-2}$ 1
- aflezen F0 is $15 \cdot 10^3$ N 1

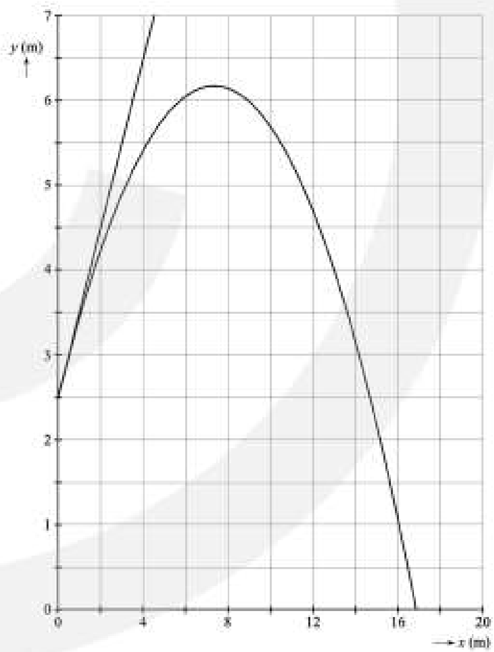
- inzicht: $c = \frac{F_W - F_0}{m_{blok} \cdot x_{blok}} \rightarrow c = \frac{56 \cdot 10^3 - 15 \cdot 10^3}{5000 \cdot 6{,}8} = 1{,}2$ 1

2p **d** Kies voor de twee waarden van mblok de bijpassende kettingfactor.
- blok van 6,0 ton → kettingfactor 0,12 (want x_{max} is net iets meer dan 100 m) 1
- blok van 7,0 ton → kettingfactor 0,09 (want x_{max} is net iets meer dan 100 m) 1

Kogelstoten

3p **a** Bereken hoe ver de kogel komt als hij van die hoogte horizontaal wordt weggestoten.
- $v_{eind} = a \cdot t \rightarrow v_{gem} = \frac{1}{2} a \cdot t \rightarrow s = v_{gem} \cdot t \rightarrow s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- gebruik $s_{verticaal} = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \rightarrow 2{,}5 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81 \cdot t^2 \rightarrow t = 0{,}71392\ s$ 1
- gebruik $s_{horizontaal} = v_{gem} \cdot t$ 1
- $s_{horizontaal} = 12 \cdot 0{,}71392 = 8{,}56706 = 8{,}6\ m$ 1

3p **b** Toon met behulp van figuur 2 aan dat de stoothoek inderdaad 45º is.
- inzicht dat de richting wordt bepaald door de raaklijn op t = 0 1
- inzicht dat de helling van de raaklijn gelijk is aan tan α 1
- $\tan \alpha = \frac{6{,}5 - 2{,}5}{4} = 1 \rightarrow \alpha = 45^\circ$ 1



3p **c** Voer de volgende opdrachten uit:
- – Geef aan waarom er geen modelregel voor vx is.
- – Vul de modelregel voor vy aan.
- – Vul de stopvoorwaarde aan.
- inzicht dat de snelheid in de x-richting constant is 1
- modelregel: vy = vy −g*dt 1
- stopvoorwaarde: $y < 0$ of $y \leq 0$ 1

2p **d** Beredeneer in welke figuur t op de horizontale as staat.
- inzicht: bij een grotere hoogte duurt het langer voordat de kogel de grond raakt 1
- dus in figuur a staat t op de horizontale as 1

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

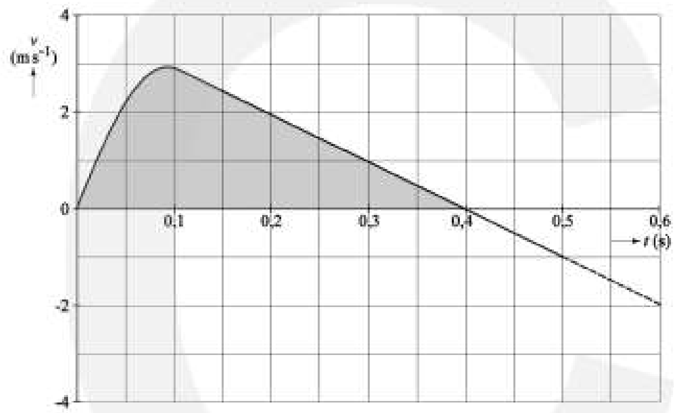
Een sprong bij volleybal

4p **a** Bepaal met behulp van figuur 2 de maximale afzetkracht op de volleyballer.

- raaklijn tekenen op t=0: $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \dfrac{4{,}0}{0{,}080} = 50\ m/s^2$ (marge 5 m/s²) 1
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 75 \cdot 50 = 3750\ N$ 1
- inzicht $\Sigma F = F_{afzet} - F_Z$ 1
- $3750 = F_{afzet} - 75 \cdot 9{,}81 \rightarrow F_{afzet} = 4485{,}75 = 4{,}5 \cdot 10^3\ N$ 1

3p **b** Bepaal met behulp van figuur 2 het hoogteverschil van het zwaartepunt van de volleyballer tussen het begin van de afzet en het hoogste punt.

- oppervlakte onder de grafiek bepalen 1
- beweging tot het hoogste punt vindt plaats tussen t=0 en t=0,4 s 1
- oppervlakte is 0,64 m (marge 0,03 m) 1



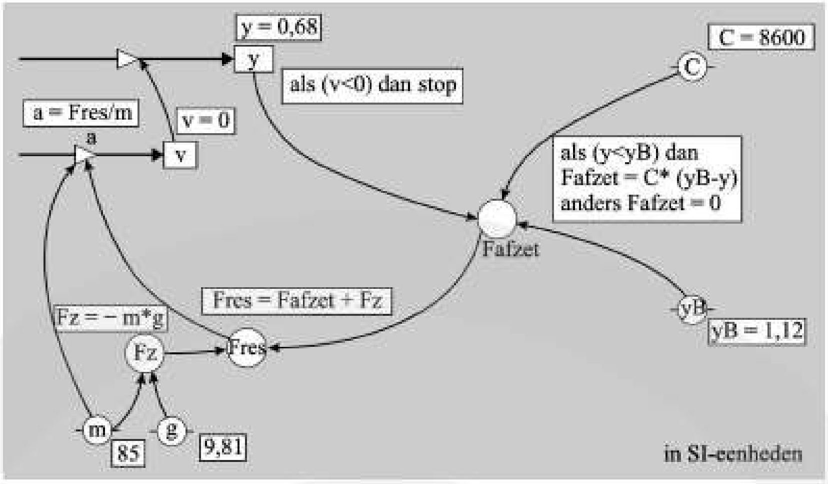
3p **c** Vul het model zo aan dat aan bovenstaande eisen wordt voldaan. (Gebruik figuur 4a of figuur 4b)

- als $y < y_B$ geldt: $F_{afzet} = C \cdot (y_B - y)$ 1
- $F_{afzet} = 0$ voor $y > y_B$ (groter of gelijk is goed) 1
- stopvoorwaarde is $v < 0$ (kleiner of gelijk is goed) 1

model	startwaarden (in SI-eenheden)

Fz=-m * g
als (y < yB) dan
    Fafzet = C * (yB - y)
anders
    Fafzet = 0
eindals
Fres = Fafzet + Fz
a = Fres / m
v = v + a * dt
y = y + v * dt
t = t + dt
als (v < 0) dan stop
eindals
	t = 0
	dt = 0,001
	
	y = 0,68
	v = 0
	m = 85
	g = 9,81
	C = 8600
	yB = 1,12

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl

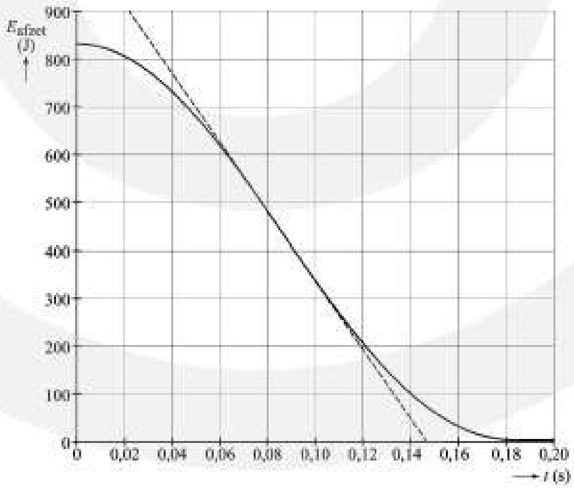


2p **d** Welke formule voor de afzetenergie E_{afzet} moet de wetenschapper hiervoor aan het model toevoegen? Gebruik hiervoor de grootheden uit het model.

- inzicht $E_{veer} = \frac{1}{2}C \cdot u^2$ 1
- noteer $E_{afzet} = \frac{1}{2}C \cdot (y_B - y)^2$ 1

2p **e** Bepaal met behulp van figuur 5 op welk tijdstip het vermogen van de springer maximaal is.

- inzicht dat het vermogen correspondeert met de helling van (de raaklijn aan) de grafiek 1
- de helling is maximaal op t = 0,09 s (marge 0,03 s) 1



4p **f** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal in figuur 6 de grootte van de kinetische energie op t = 0,18 s.
- Teken in figuur 6 het verloop van de kinetische energie tegen de tijd.

- inzicht: $E_{tot} = E_Z + E_{afzet} + E_K$ 1
- inzicht op t = 0,52 s bevindt de volleyballer zich op het hoogste punt → $E_K = 0$ en $E_{afzet} = 0 \rightarrow E_{tot} = E_Z = 1400$ J 1
- op t = 0,18 s geldt $E_K = E_{tot} - E_Z - E_{afzet} = 1400 - 920 - 0 = 480$ J (marge 20 J) 1
- teken de grafiek met $E_K = 0$ bij t = 0 s en t = 0,52 s en EK = 480 J bij t = 0,18 s 1

Copyright © 2020 Albert Goossens
www.hetgeheimvandedingen.nl