

Opgave 2 Sojoez

In april 2004 werd de Sojoez gelanceerd met de Nederlandse astronaut André Kuipers aan boord. De Sojoez bestaat uit een drietrapsraket en een personencapsule. De eerste trap wordt afgestoten na 120 seconde. De snelheid is dan 1250 m s^{-1} . Neem bij de volgende berekening aan dat de Sojoez tot dat moment eenparig versneld verticaal omhoog beweegt.

3p **6** Bereken de hoogte die de Sojoez na 120 s heeft.

Onderstaand computermodel simuleert de verticale beweging van de Sojoez gedurende de eerste 120 s. Alle grootheden in het model zijn uitgedrukt in standaardeenheden.

	Model	Startwaarden
1	$dm = k * dt$	$k = 2125$ 'brandstofverbruik
2	$mb = mb - dm$	$mb = 255000$ 'massa brandstof
3	ALS $mb \leq 0$ DAN stop EINDALS	$mr = 170000$ 'massa raket
4	$m = mr + mc + mb$	$me = 7500$ 'massa capsule
5	$Fz = m * g$	$g = 9,81$ 'gravitatieversnelling
6	$Fstuw = c * k$	$c = 3000$ 'stuwfactor
7	$Fres = Fstuw - Fz$	$v = 0$
8	$a = Fres / m$	$dt = 0,1$
9	$v = v + a * dt$	$t = 0$
10	$t = t + dt$	

4p **7** 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.

Na 120 s verandert de richting van de Sojoez zodanig dat hij steeds meer evenwijdig aan het aardoppervlak gaat bewegen.

Op een gegeven moment is de snelheid van de Sojoez $1,5 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$.

In verticale richting neemt de hoogte dan elke seconde met 1,30 km toe.

2p **8** Bereken de hoek die de Sojoez op dat moment maakt met het aardoppervlak.

Na verloop van tijd heeft de Sojoez zijn drie trappen afgestoten en nadert de capsule het ruimtestation. Het ruimtestation cirkelt in een stationaire baan op 400 km boven het aardoppervlak.

4p **9** Bereken de snelheid van het ruimtestation.

De capsule heeft een massa van $7,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$. De relatieve snelheid van de capsule ten opzichte van het ruimtestation bedraagt $2,0 \text{ m s}^{-1}$. Om een koppeling tot stand te brengen wordt deze snelheid teruggebracht tot $0,18 \text{ m s}^{-1}$. Veronderstel dat hiertoe op één bepaald moment 50 kg verbrandingsgassen moet worden uitgestoten.

4p **10** Bereken de snelheid waarmee deze gassen ten opzichte van het ruimtestation worden uitgestoten.