

## Opgave 2 Een sprong bij volleybal

Bij volleybal springt een speler vaak uit stand recht omhoog. Zie figuur 1.

De verticale snelheid van het zwaartepunt van een volleyballer tijdens de afzet en de daaropvolgende beweging los van de grond is weergegeven in figuur 2.

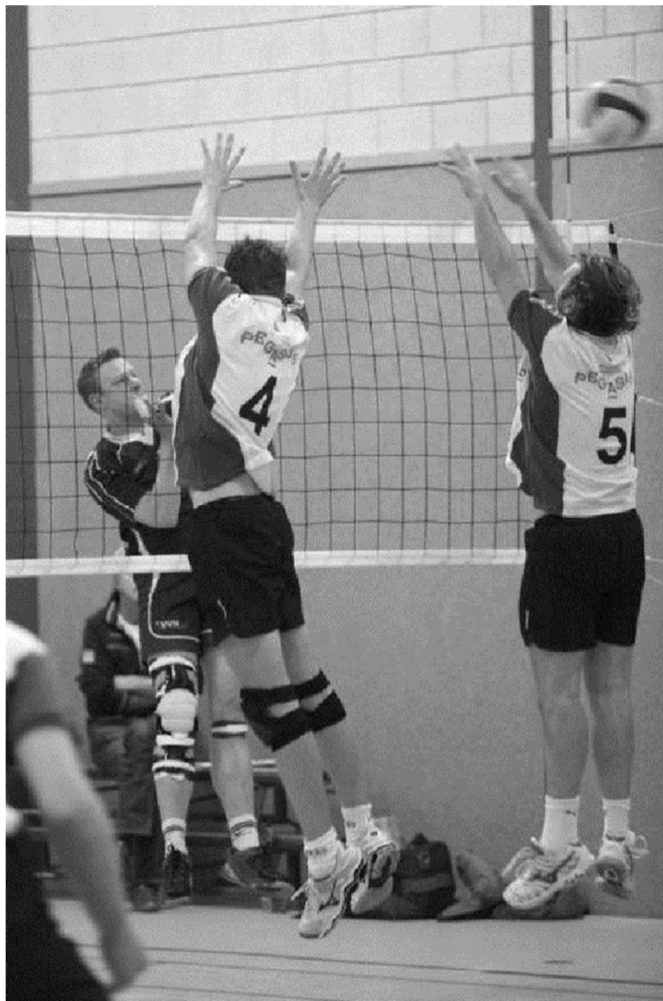
Tijdens de sprong zijn de 'afzetkracht' en de zwaartekracht van belang. De afzetkracht is de kracht van de grond op de volleyballer tijdens de afzet.

We verwaarlozen in deze opgave de luchtweerstand. De volleyballer heeft een massa van 75 kg. Figuur 2 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

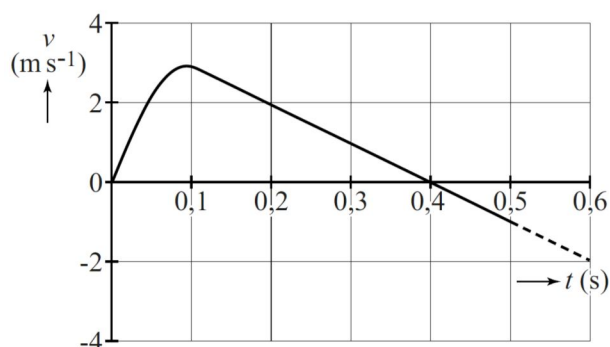
4p **5** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale afzetkracht op de volleyballer.

3p **6** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage het hoogteverschil van het zwaartepunt van de volleyballer tussen het begin van de afzet en het hoogste punt.

figuur 1



figuur 2

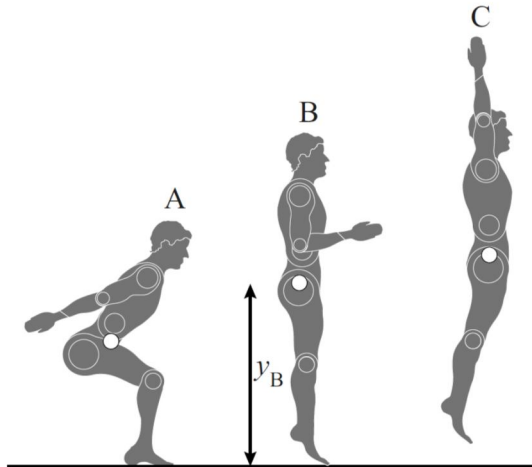


Bij de studie bewegingswetenschappen wordt zo'n verticale sprong bestudeerd. Daarbij wordt een computermodel gebruikt van een **andere** sprong dan de sprong van figuur 2.

Een sprong bestaat uit een afzet en een beweging los van de grond. Drie momenten van een sprong staan in figuur 3 weergegeven.

Figuur 3 is niet op schaal

**figuur 3**



- In positie A is de springer maximaal door zijn knieën gezakt. Dit noemen we het begin van de sprong.
- In positie B komt de springer los van de grond.
- In positie C bevindt de springer zich in het hoogste punt.

Het afzetten wordt vergeleken met het ontspannen van een gespannen veer. Daarbij geldt voor de grootte van de afzetkracht:

$$F_{afzet} = Cu = C(y_B - y).$$

Hierin is:

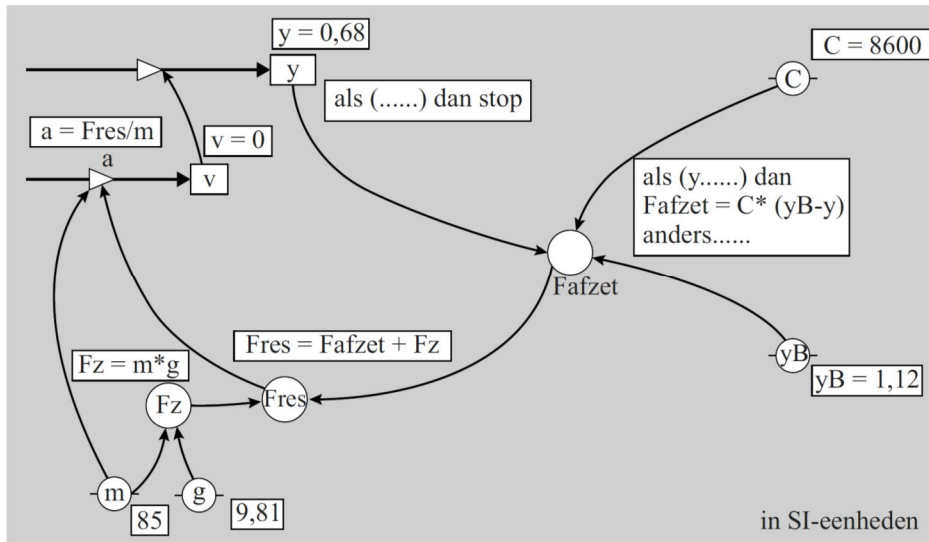
- $C$  de veerconstante,
- $u$  de uitwijking vanaf de evenwichtsstand,
- $y$  de hoogte van het zwaartepunt boven de grond,
- $y_B$  de hoogte van het zwaartepunt op het moment dat de springer loskomt van de grond.

Het computermodel is op twee manieren weergegeven in de figuren 4a en 4b. Je kunt één van de twee manieren kiezen. In elk model zijn drie regels opengelaten.

**figuur 4a**

model	startwaarden (in SI-eenheden)
$F_z = -m \cdot g$ als ( $y \dots$ ) dan $F_{afzet} = C \cdot (y_B - y)$ anders ..... eindals $F_{res} = F_{afzet} + F_z$ $a = F_{res} / m$ $v = v + a \cdot dt$ $y = y + v \cdot dt$ $t = t + dt$ als ( $\dots$ ) dan stop eindals	$t = 0$ $dt = 0,001$ $y = 0,68$ $v = 0$ $m = 85$ $g = 9,81$ $C = 8600$ $y_B = 1,12$

figuur 4b



Het model moet aan de volgende eisen voldoen:

- De afzetkracht wordt voor alle waarden van  $y$  correct beschreven.
- Op het hoogste punt (positie C in figuur 3) stopt het model.

3p **7** Figuur 4a en figuur 4b staan ook op de uitwerkbijlage. Vul in de figuur op de uitwerkbijlage het model zo aan dat aan bovenstaande eisen wordt voldaan. (Kies één van de twee manieren.)

Een wetenschapper wil het model uitbreiden om ook de energieën van een springer tijdens zijn sprong te beschrijven. Hierbij wordt de beschikbare energie tijdens de afzet, afzetenergie  $E_{afzet}$ , vergeleken met de energie in een gespannen veer.

2p **8** Welke formule voor de afzetenergie  $E_{afzet}$  moet de wetenschapper hiervoor aan het model toevoegen? Gebruik hiervoor de grootheden uit het model.

Op de uitwerkbijlage staat een diagram met de resultaten van het uitgebreide model van de afzetenergie tegen de tijd weergegeven.

2p **9** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage op welk tijdstip het vermogen van de springer maximaal is.

Op de uitwerkbijlage staan in een diagram de zwaarte-energie en de afzetenergie van de springer weergegeven.

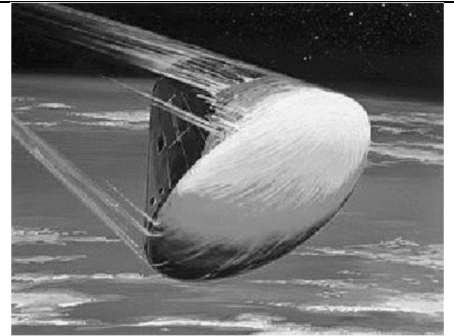
4p **10** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal in de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de kinetische energie op  $t = 0,18$  s.
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het verloop van de kinetische energie tegen de tijd.

### Opgave 3 Terug uit de ruimte

Lees onderstaand artikel.

Een bemande ruimtecapsule moet na terugkeer uit de ruimte in minder dan een half uur een zachte landing op aarde maken. Hierbij heeft men te maken met de gravitatiekracht en de wrijvingskracht van de atmosfeer. Om de wrijvingswarmte op te kunnen vangen, heeft men een hitteschild ontwikkeld met een grote luchtweerstandscoefficiënt (de platte kant wijst naar voren), dat afbladdert bij hoge temperaturen. Door de hoge temperaturen worden de luchtmoleculen rond de capsule geïoniseerd. Hierbij ontstaat een plasma van elektronen en positieve ionen dat EM-straling absorbeert. Tijdens de daling ondervindt de capsule daardoor een radio-black-out: het radiocontact met het grondstation valt een paar minuten weg.



#### De weg terug

De terugkerende ruimtecapsule met een massa  $m = 5,8 \cdot 10^3$  kg, bevindt zich op  $t = 0$  s op 500 km hoogte met baansnelheid van  $7,5 \cdot 10^3$  ms<sup>-1</sup>.

- 4p 11 Laat met een berekening zien dat deze snelheid op die hoogte te klein is voor een stabiele omloopbaan om de aarde.

Op  $t = 0$  s geldt voor de zwaarte-energie:  $E_z = 0,927 \cdot mgh$ .

- 4p 12 Voer de volgende opdrachten uit:

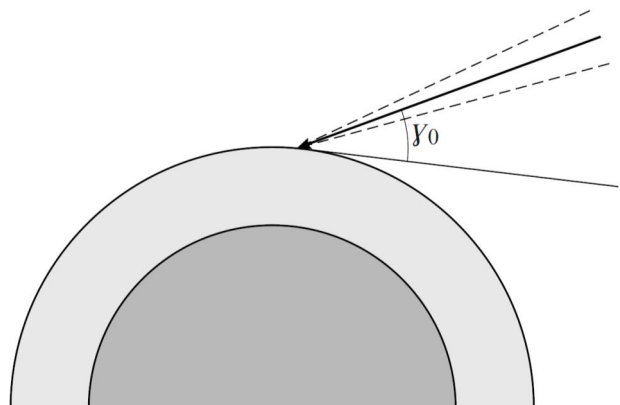
- Geef aan waarom de zwaarte-energie  $E_z$  op  $t = 0$  s kleiner is dan berekend met de formule  $E_z = mgh$ .
- Hieronder staan vier ordes van grootte van de hoeveelheid energie die de capsule voor een veilige landing in de atmosfeer moet kwijtraken.

a $10^5$ J	b $10^8$ J	c $10^{11}$ J	d $10^{14}$ J
------------	------------	---------------	---------------

In welke orde van grootte ligt die hoeveelheid energie? Motiveer je keuze met een berekening.

figuur 1

Bij terugkeer in de atmosfeer mag de intreehoek  $\gamma$  maar weinig van de ideale intreehoek  $\gamma_0 = 27^\circ$  afwijken. Zie figuur 1.



Bij een onjuiste hoek ( $\gamma < \gamma_0$ ) of  $\gamma < \gamma_0$ ) kunnen de volgende problemen ontstaan:

- I. De capsule wordt te heet.
- II. De capsule komt met een te grote snelheid op de grond.
- III. De capsule ketst af tegen de atmosfeer.
- IV. De capsule doet te lang over de daling waardoor de landingsplaats niet nauwkeurig te bepalen is.
- V. De remkracht op de capsule en de bemanning is te groot.

3p **13** Geef op de uitwerkbijlage aan welke oorzaak bij welk probleem hoort.

Het hitteschild verliest ook hitte door straling. Uit die straling kan men vaststellen dat de evenwichtstemperatuur van het schild bij daling gelijk is aan  $T = 1,6 \cdot 10^3$  K. De diameter van het cirkelvormig hitteschild is 3,9 m.

2p **14** Bereken de energie die het hitteschild elke seconde door straling afvoert.

3p **15** Leg uit of het hitteschild bij deze temperatuur roodgloeiend of witgloeiend zal zijn. Licht je antwoord toe met een berekening.

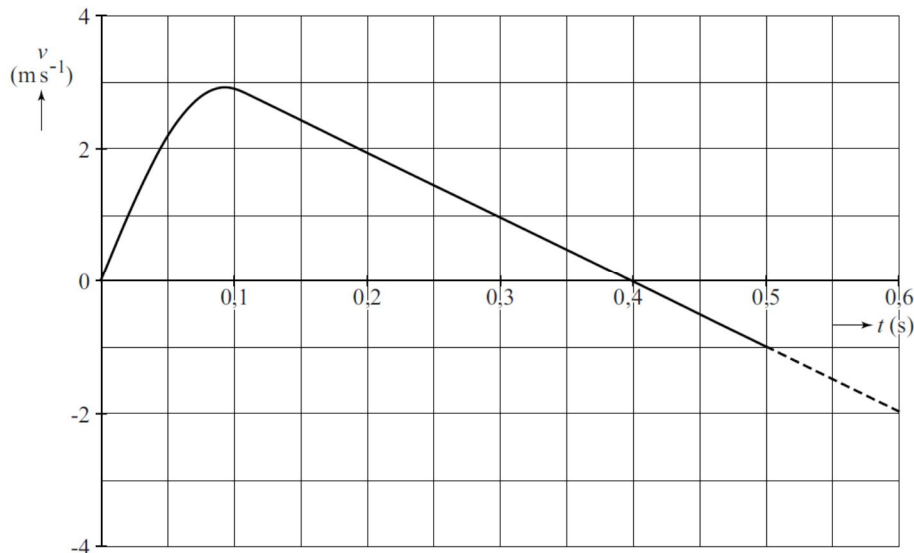
**natuurkunde (pilot) VWO**

**2015-1**

**uitwerkbijlage**

Naam kandidaat \_\_\_\_\_ Kandidaatnummer \_\_\_\_\_

5, 6

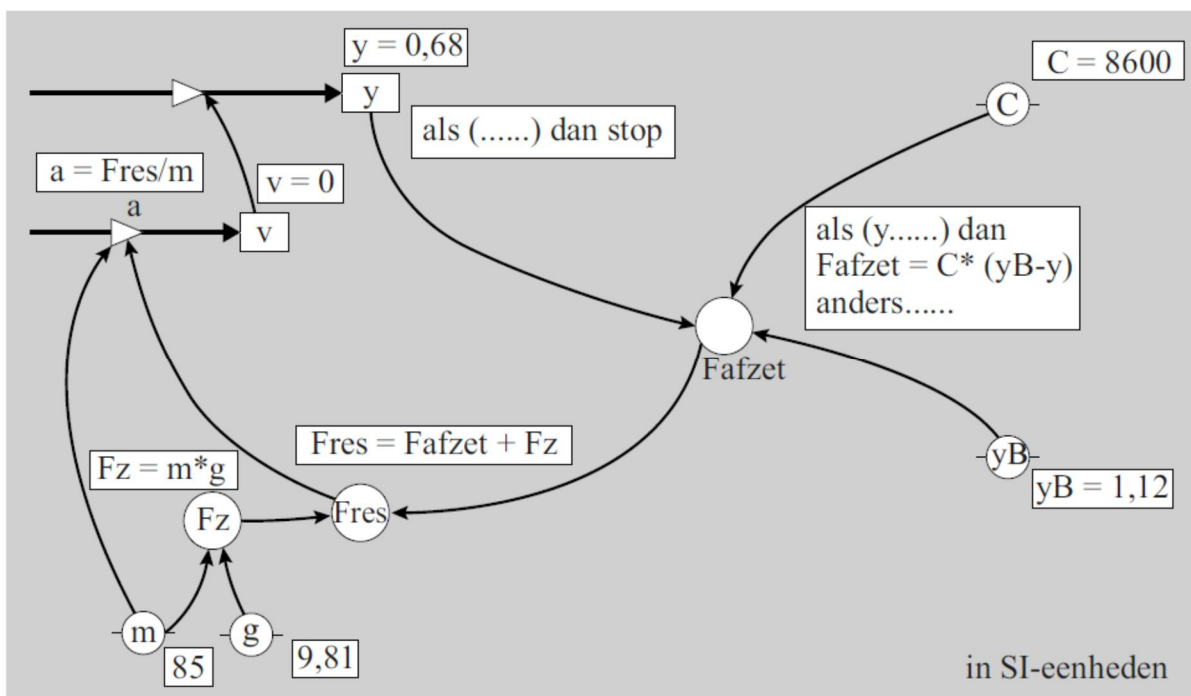


7

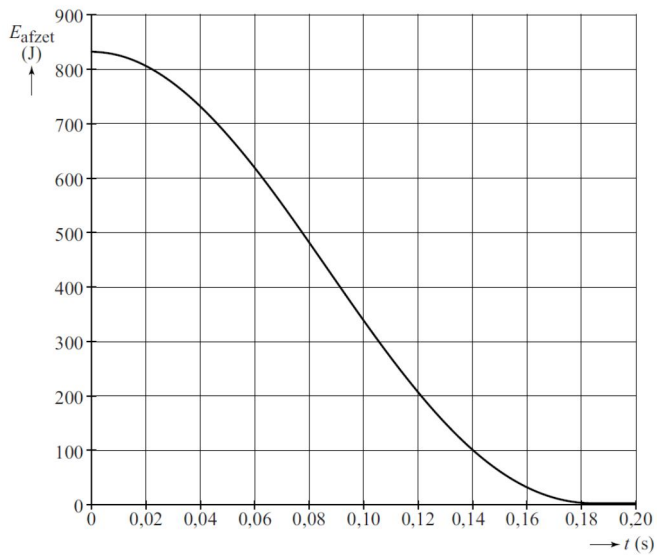
Vul het model zó aan dat aan bovenstaande eisen wordt voldaan.  
(Kies één van de twee manieren.)

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

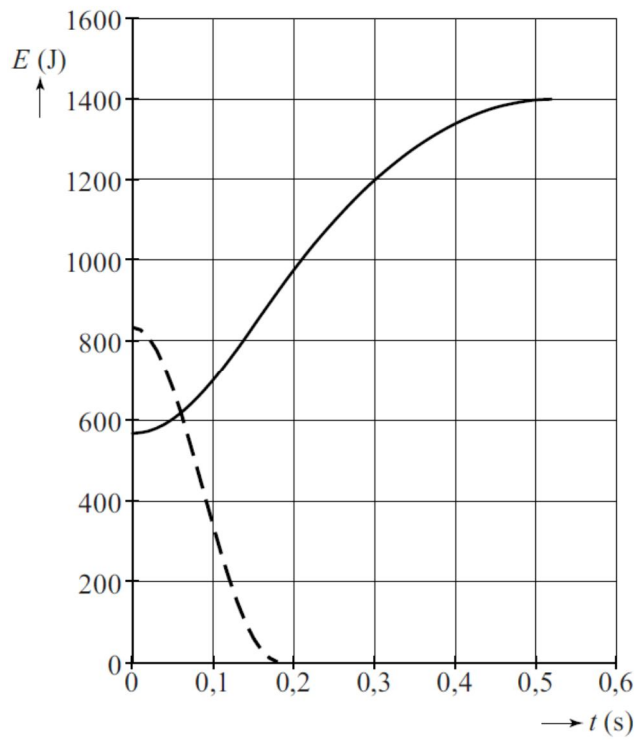
of



9



10



13

	I te heet	II snelheid bij landing te groot	III ketst af tegen atmosfeer	IV daaltijd te groot	V remkracht te groot
$\gamma < \gamma_0$					
$\gamma > \gamma_0$					