

## Kayak-jumping

Casper doet aan 'kayak-jumping'. Daarbij wordt een speciale baan gebruikt om een 'sprong' te kunnen maken. Deze baan bestaat uit een helling omlaag, daarna een klein horizontaal gedeelte en tenslotte een eindstuk dat schuin omhoog loopt. Zie figuur 1 en 2.

figuur 1



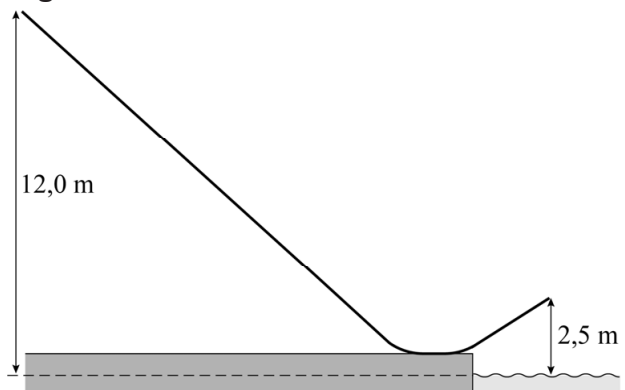
figuur 2



Het beginpunt van de baan ligt 12,0 m boven het wateroppervlak. Het einde van de baan bevindt zich 2,5 m boven het wateroppervlak. Zie figuur 3.

De massa van Casper is 69,0 kg, de massa van de kajak is 14,5 kg. De kajak begint vanuit stilstand.

figuur 3



- 2p 1 Veronderstel dat alle wrijving mag worden verwaarloosd. Bereken de snelheid waarmee de kajak de baan verlaat.

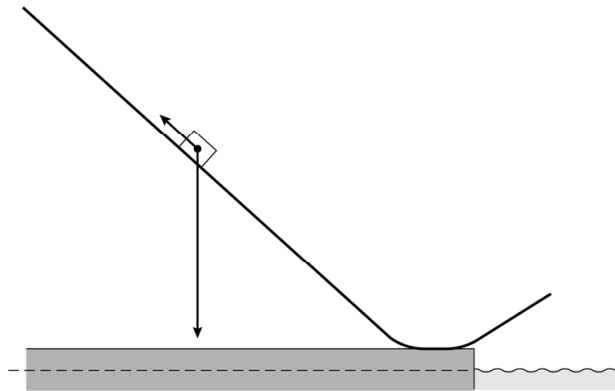
In werkelijkheid is er tussen de baan en de kajak uiteraard wel een schuifwrijvingskracht  $F_w$ . De luchtweerstand blijven we verwaarlozen.

Zowel de helling als het eindstuk maken een hoek van  $42^\circ$  met het horizontale vlak. Uit een video-analyse blijkt dat de kajak na 2,75 s het laagste punt van de helling bereikt met een snelheid van  $13,0 \text{ m s}^{-1}$ .

- 4p 2 Bereken de grootte van  $F_w$  op de helling naar beneden.

Casper maakt een nieuwe sprong. De zwaartekracht  $F_z$  en de wrijvingskracht  $F_w$  die nu op Casper en zijn kajak werken, zijn op schaal getekend in figuur 4. Deze figuur staat ook op de uitwerkbijlage.

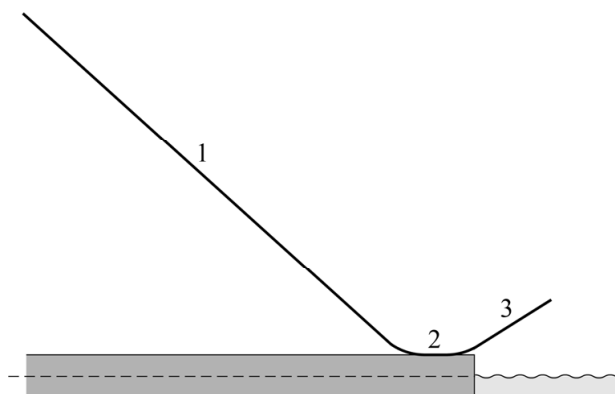
**figuur 4**



- 3p **3** Bepaal in de figuur op de uitwerkbijlage met een constructie de grootte van de resulterende kracht.

In figuur 5 zijn drie punten aangegeven. De schuifwrijvingskracht in punt 1 wordt vergeleken met die in punt 2 en punt 3. Voor de schuifwrijvingskracht geldt dat deze evenredig is met de normaalkracht.

**figuur 5**



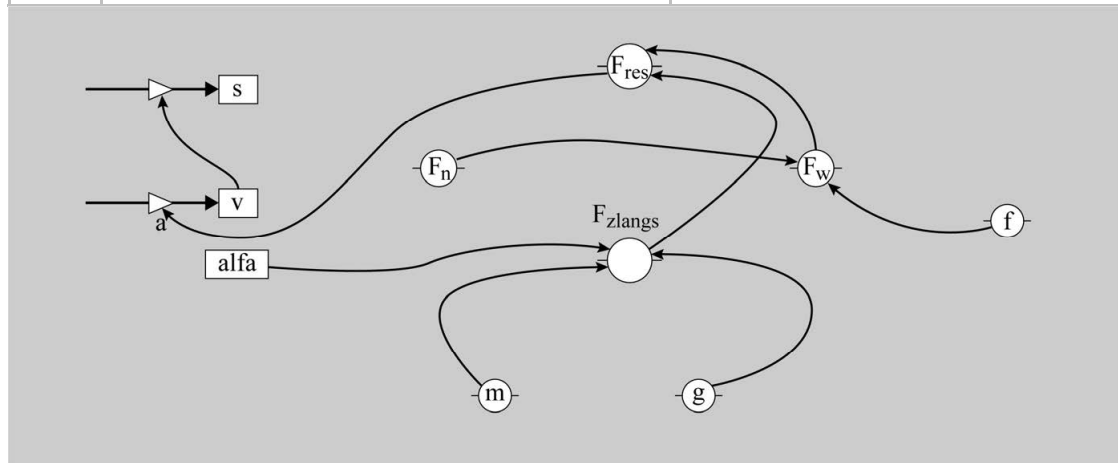
- 2p **4** Leg van elk van de schuifwrijvingskrachten in de punten 2 en 3 uit of deze groter, kleiner of gelijk is in vergelijking met de schuifwrijvingskracht in punt 1.

Casper stelt een model op voor de beweging van het zwaartepunt van zijn kajak op de baan. Zijn model stopt aan het eind van de baan, bij een totale baanlengte van 23,8 m. Na 17,9 m wordt de baan horizontaal en na 20,0 m gaat de baan omhoog.

Het computermodel is weergegeven in figuur 6. In het model zijn twee modelformules en een startwaarde niet compleet.

figuur 6

	Modelformules	Startwaarden
1	als $s > 17,9$ dan $\alpha = 0$ eindals	$t = 0$ (s)
2	als $s > 20$ dan $\alpha = -42$ eindals	$dt = 0,001$ (s)
3	$F_{zlang} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$	$s = 0$ (m)
4	$F_n = \dots\dots\dots$	$v = 0$ ( $m \cdot s^{-1}$ )
5	$F_w = f \cdot F_n$	$m = 69 + 14,5$ (kg)
6	$F_{res} = F_{zlang} - F_w$	$\alpha = 42$ ( $^\circ$ )
7	$a = F_{res} / m$	$g = \dots\dots\dots$ ( $m \cdot s^{-2}$ )
8	$v = \dots\dots\dots$	$f = 0,25$
9	$s = s + v \cdot dt$	
10	als $s > 23,8$ dan stop eindals	
11	$t = t + dt$	

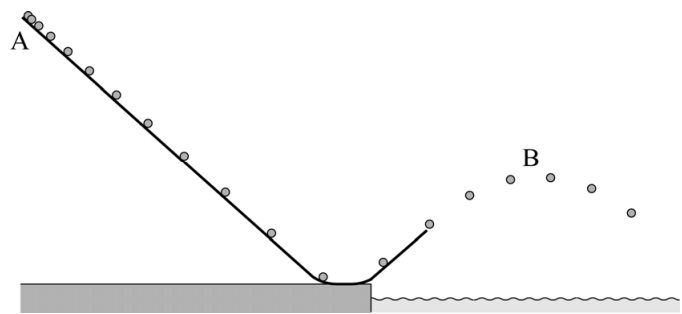


- 4p 5 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de formule voor  $F_n$  die in het model gebruikt moet worden.
  - Geef de formule voor  $v$  die in het model gebruikt moet worden.
  - Leg uit of in de startwaarden  $g = 9,81$  ( $m \cdot s^{-2}$ ) of  $g = -9,81$  ( $m \cdot s^{-2}$ ) moet staan.

Casper breidt zijn model uit met de beweging door de lucht. Hierbij verwaarloost hij de wrijvingskracht in de lucht. Met het model berekent Casper om de 0,25 s de positie van (het zwaartepunt van) zijn kajak. Zie figuur 7.

Het hoogste punt B van de baan door de lucht ligt duidelijk lager dan het startpunt A. Volgens Casper komt dat doordat de kajak op de baan een behoorlijke wrijvingskracht ondervindt. Lisa stelt dat punt B, ook al zou er helemaal geen wrijvingskracht zijn, toch altijd lager dan punt A moet liggen.

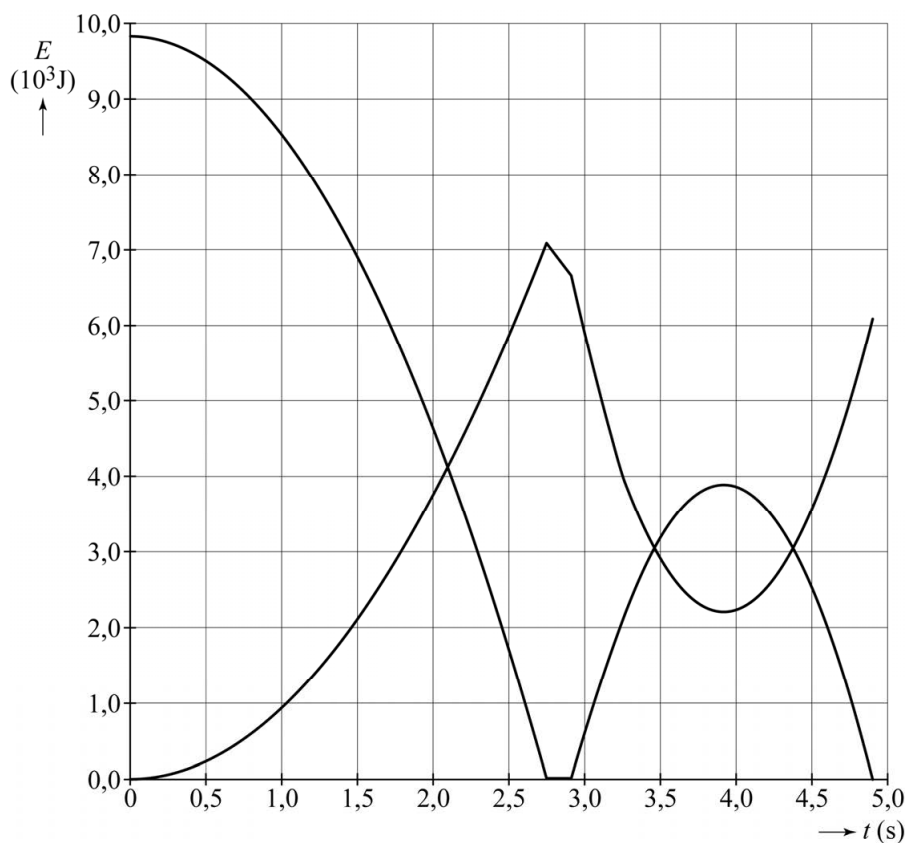
figuur 7



2p 6 Leg uit of Lisa gelijk heeft.

Het model wordt uitgebreid zodat ook de zwaarte-energie en de kinetische energie van de kajak berekend worden. Zie figuur 8.

figuur 8



Op  $t = 2,75\text{s}$  bereikt de kajak het horizontale gedeelte van de baan. Op  $t = 3,25\text{s}$  komt de kajak los van de baan.

- 4p 7 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal behulp van figuur 8 de arbeid die door de wrijvingskracht is verricht tijdens de afdaling langs het schuine gedeelte van de baan.
  - Leg uit hoe uit figuur 8 blijkt dat de luchtweerstand in het model verwaarloosd wordt.

uitwerkbijlage

3

