

2023-2024

5V oefentoets CSI vwo bovenbouw

en 50 minuten

Natuurkunde

Opgavenblad

Bij deze toets hoort een uitwerkbijlage.

Deze toets bestaat uit 18 vragen. Voor deze toets zijn maximaal 49 punten te behalen. Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

De volgende hulpmiddelen zijn toegestaan:

- Aantekeningen
- Binas
- Boek
- Formuleblad
- Grafische Rekenmachine
- Nederlands Woordenboek
- Rekenmachine

Als bij een vraag een verklaring, uitleg of berekening vereist is, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg of berekening ontbreekt.

Open vragen

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Kogelstoten



Figuur 1

Bij kogelstoten is het de bedoeling dat de kogel zo ver mogelijk van de kogelstoter de grond raakt. Het op gang brengen van de kogel wordt 'stoten' genoemd.

In deze opgave verlaat de kogel de hand op een hoogte van 2,50 m met een snelheid van 12 m s^{-1} .

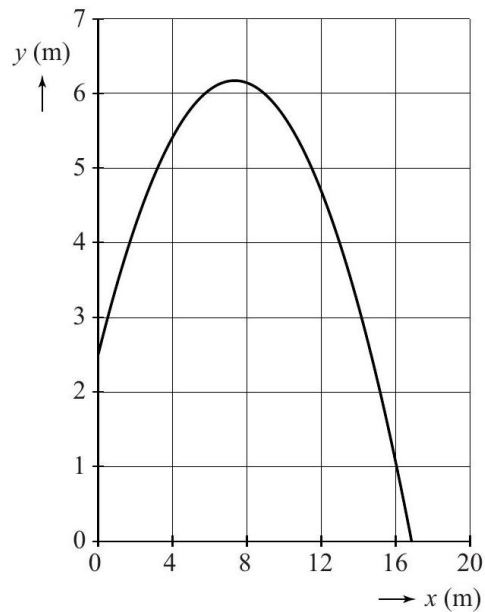
De luchtweerstand op de kogel wordt verwaarloosd in deze opgave.

Hoe ver van de kogelstoter de kogel de grond raakt, hangt af van de stoothoek: de hoek met de horizontaal waarmee de kogel de hand verlaat.

- 3p **1** Bereken hoe ver de kogel komt als hij van die hoogte horizontaal wordt weggestoten.

Men onderzoekt mogelijke kogelbanen met behulp van een model. Als eerste neemt men een stoothoek van 45° .

Dit levert de kogelbaan van figuur 2 op. Figuur 2 staat vergroot op de uitwerkbijlage.



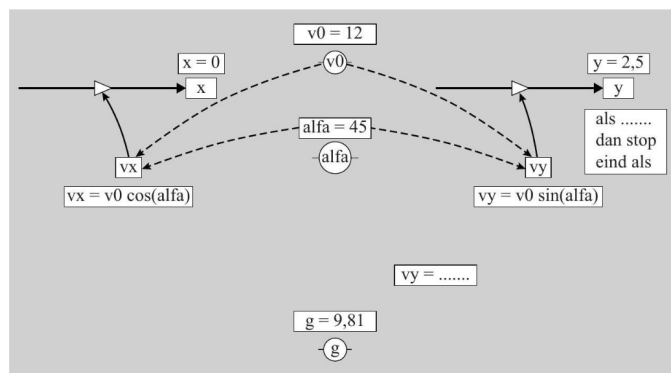
Figuur 2

- 3p **2** Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan dat de stoothoek inderdaad 45° is.

Het model is weergegeven in figuur 3. Je mag naar keuze werken met het grafische of het tekstuele model.

model	startwaarden eenheden in SI hoeken in graden
$x = x + v_x \cdot dt$ $y = y + v_y \cdot dt$ $v_y = \dots\dots\dots$ $t = t + dt$ Als Dan stop eindals	$dt = 0,01$ $x = 0$ $y = 2,5$ $g = 9,81$ $\alpha = 45$ $v_0 = 12$ $v_x = v_0 \cdot \cos(\alpha)$ $v_y = v_0 \cdot \sin(\alpha)$

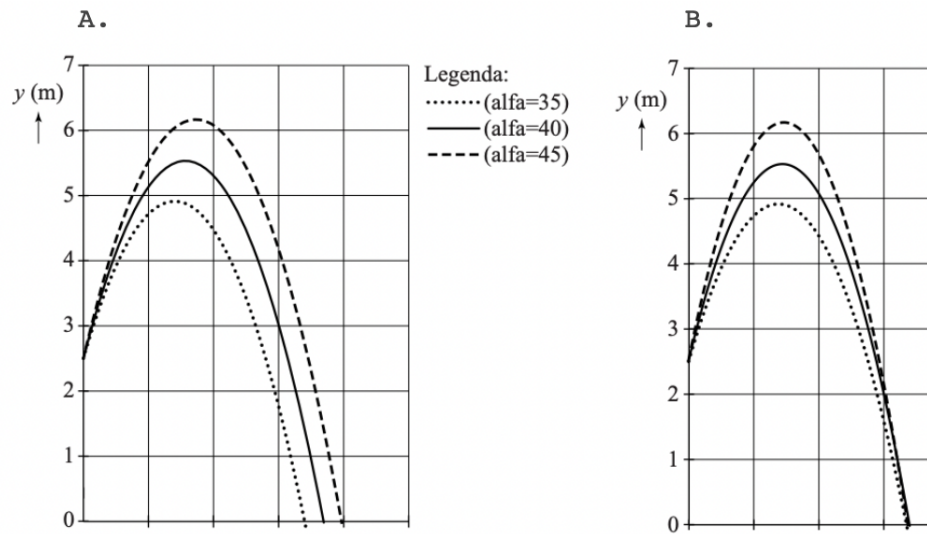
↺



- 3p **3** Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef aan waarom er geen modelregel voor v_x is.
- Vul de modelregel voor v_y aan.
- Vul de stopvoorwaarde aan.

Uit het model volgen verschillende diagrammen voor de beweging van de kogel bij stoothoeken van 35° , 40° en 45° . In figuur 4 A en B is y als functie van x en als functie van t weergegeven.

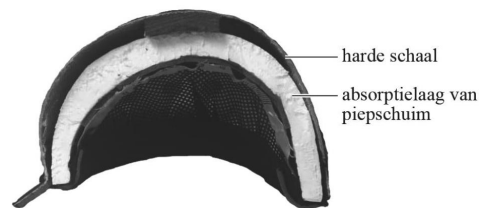


Figuur 4

2p **4** Beredeneer in welke figuur t op de horizontale as staat.

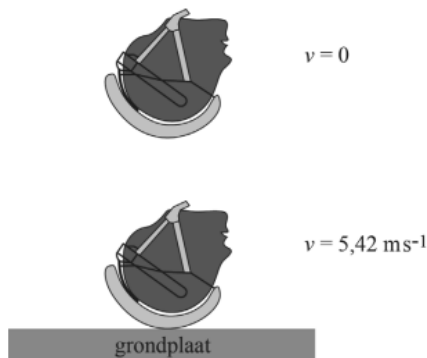
Fietsshelm

Een fietsshelm is ontworpen om het hoofd te beschermen tijdens een botsing of val. Tijdens zo'n botsing, ook wel impact genoemd, kan het hoofd blootgesteld worden aan enorm grote versnellingen. Deze kunnen leiden tot ernstig hoofdletsel. Een fietsshelm is ontworpen om de grootte van deze versnellingen tijdens een impact zo klein mogelijk te houden. De fietsshelm is opgebouwd uit verschillende lagen. Zie figuur 5. Onder de harde schaal aan de buitenkant bevindt zich de zogenaamde absorptielaag. Deze laag bestaat meestal uit piepschuim. Dit piepschuim wordt tijdens een impact ingedrukt.



Figuur 5

Fietshelmen moeten voldoen aan een Europese norm, de EN-1078. Daarin staan tests beschreven die de fietsshelm met goed succes moet doorlopen. In één van deze tests valt een dummyhoofd met helm op een harde grondplaat met een voorgeschreven impactsnelheid van $5,42 \text{ m s}^{-1}$. Zie figuur 6.



Figuur 6

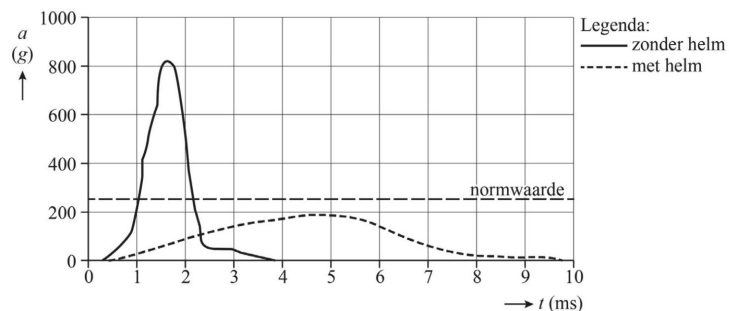
Om de voorgeschreven snelheid te bereiken is een bepaalde valhoogte nodig.

- 3p **5** Bereken deze valhoogte. Verwaarloos hierbij de invloed van eventuele wrijvingskrachten.

In het dummyhoofd zit een versnellingsmeter. Tijdens de impact van het hoofd met de grondplaat mag de verticale versnelling van het hoofd nooit groter worden dan de normwaarde van 250 g . Hierin is g de valversnelling. De absorptielaag in een fietsshelm kan maximaal 20 mm indeuken. Deze afstand is groot genoeg om ervoor te zorgen dat de gemiddelde versnelling niet groter is dan de normwaarde.

4p **6** Toon dit aan.

In de praktijk is de beweging van het dummyhoofd tijdens de impact niet eenparig vertraagd. Er zijn dus momenten waarop de versnelling groter is dan de gemiddelde waarde. De maximale versnelling op deze momenten mag niet groter worden dan de normwaarde van 250 g. In figuur 7 zijn de meetresultaten weergegeven van een impact van een dummyhoofd met en zonder helm.

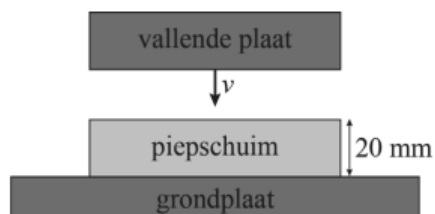


Figuur 7

De snelheid waarmee het dummyhoofd de plaat raakt is in beide experimenten gelijk.

2p **7** Leg uit hoe je dit kunt concluderen uit figuur 7.

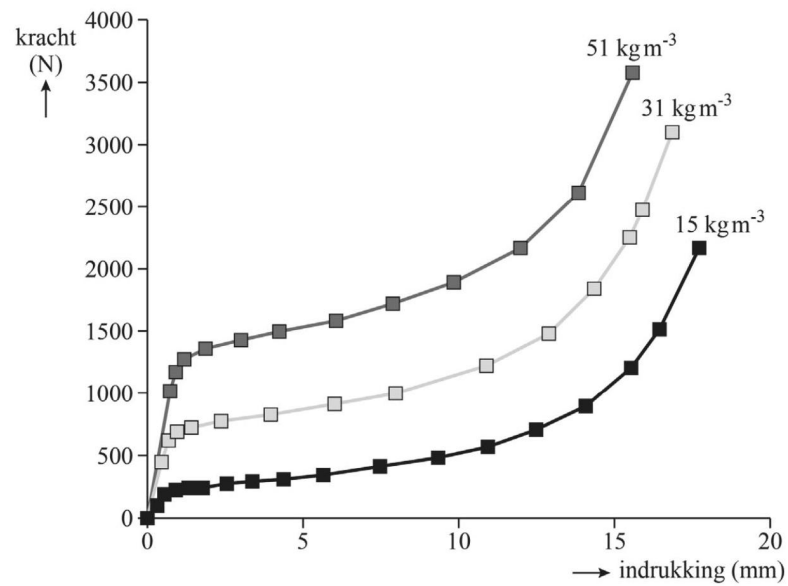
Een fietshelm is zo ontworpen dat deze de fietser optimaal beschermt bij een val. Naast de dikte van de absorptielaag moet de ontwerper ook rekening houden met het indrukgedrag van het gebruikte piepschuim. Dit indrukgedrag kan onderzocht worden in een proefopstelling, zie figuur 8.



Figuur 8

In deze opstelling valt een metalen plaat met een massa van 1,0 kg op een schijfje piepschuim, waardoor het piepschuim ingedrukt wordt. Tijdens deze impact worden zowel de indrukking van het piepschuim als de kracht op de grondplaat gemeten.

Het indrukgedrag van piepschuim is afhankelijk van de dichtheid van het piepschuim. Van piepschuim met drie verschillende dichtheden is het indrukgedrag gemeten. In figuur 9 is voor elk van de drie dichtheden het verband tussen kracht en indrukking weergegeven.



Figuur 9

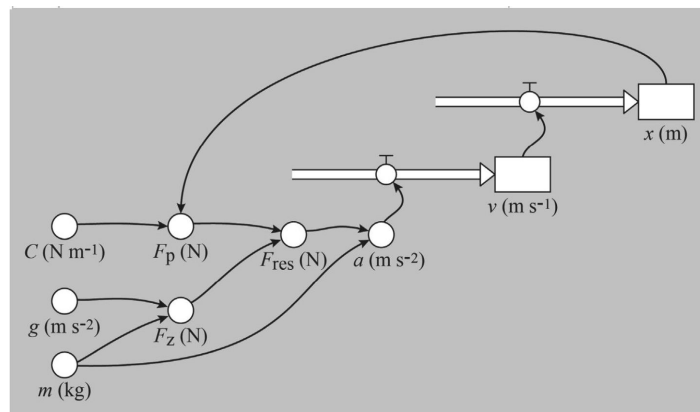
Hoewel de maximale remweg in een fietshelm 20 mm bedraagt is het belangrijk om te voorkomen dat deze hele afstand gebruikt wordt tijdens een impact.

- 2p **8** Leg met behulp van figuur 9 uit waarom de remweg niet te groot mag worden.

De impact van de vallende plaat op het piepschuim kan gesimuleerd worden met een numeriek model. Zie figuur 10 en tabel 1. In dit model is x de indrukking van het piepschuim in m.

	Modelformules	startwaarden
1	Als $x < 0,001$ Dan	$x = 0(\text{ m})$
2	$F_p = Cx$	$v = 5.42(\text{ms}^{-1})$
3	Anders	$m = 1,0(\text{kg})$
4	$F_p = \frac{19,8}{(0,020-x)^{0,9}}$	$g = 9.81(\text{ms}^{-2})$
5	EndAls	$t = 0(\text{s})$
6	$F_z = mg$	$dt = 10^{-5}(\text{s})$
7	$F_{res} = \dots$	$C = \dots(\text{Nm}^{-1})$
8	$a = \frac{F_{res}}{m}$	
9	$v = v + a \, dt$	
10	$x = x + v \, dt$	
11	Als $v < 0$ dan	
12	stop	
13	EndAls	
14	$t = t + dt$	

Tabel 1



Figuur 10

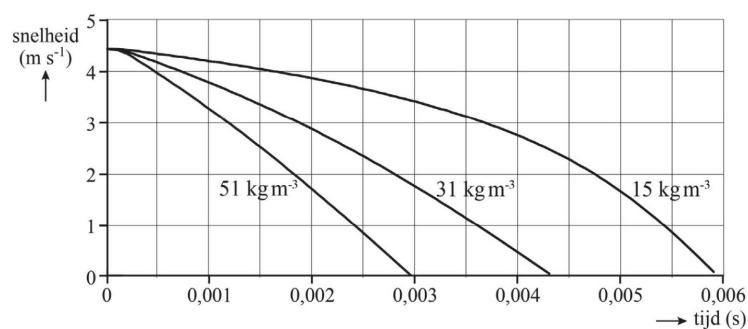
In de regels 2 en 4 van het model staan de formules die de grafieken van figuur 9 beschrijven. Voor indrukkingen kleiner dan 1 mm geldt dat de kracht evenredig is met de indrukking (regel 2). Voor grotere waarden van x geldt een ingewikkeldere formule (regel 4). De formules in het model van figuur 10 en tabel 1 gelden voor piepschuim met een dichtheid van 31 kg m^{-3} .

- 2p **9** Bereken met behulp van de formules in de modelregels 2 en 4 de waarde van C voor dit type piepschuim.

Regel 7 van het model is nog niet compleet.

- 2p **10** Geef aan wat er in regel 7 van het model moet staan.

Het numerieke model wordt gebruikt om te onderzoeken wat het effect is van de dichtheid van piepschuim op de beweging van de vallende plaat. De impact is drie keer doorgerekend, waarbij de formules voor het indrukgedrag zijn aangepast voor de drie verschillende dichtheden. In figuur 11 is voor elk van deze dichtheden de berekende snelheid uitgezet tegen de tijd.



Figuur 11

- 2p **11** Leg uit bij welke dichtheid van het piepschuim de maximale versnelling van de vallende plaat het kleinst is geweest.

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 12 en figuur 13.

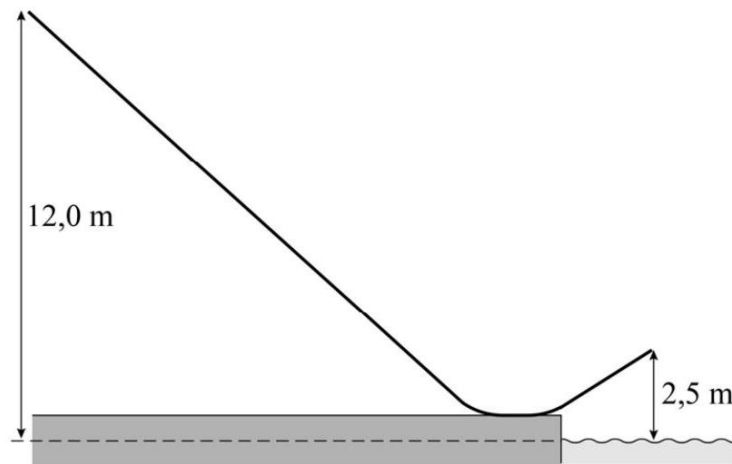


Figuur 12



Figuur 13

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



Figuur 14

Veronderstel dat alle wrijving mag worden verwaarloosd.

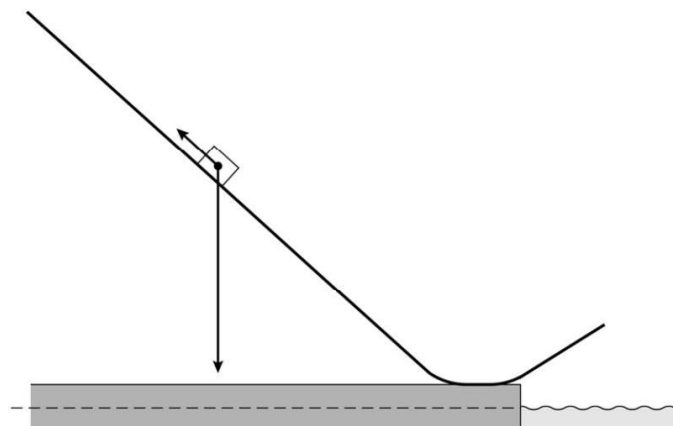
- 2p **12** Bereken de snelheid waarmee de kajak de baan verlaat.

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° 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 **13** Bereken de grootte van F_w op de helling naar beneden.

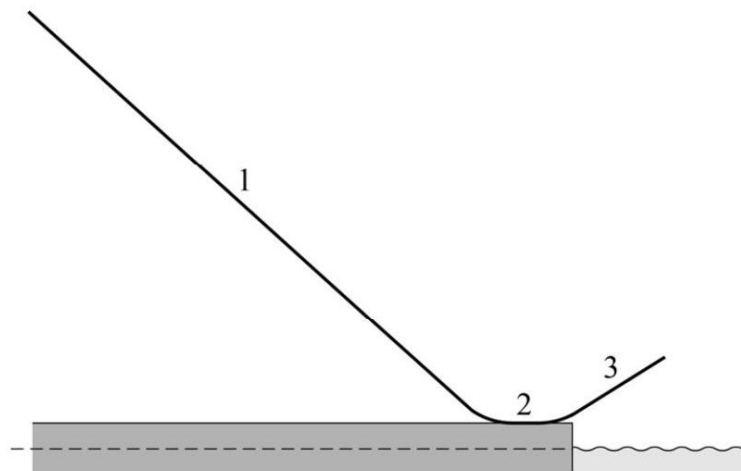
Casper maakt een nieuwe sprong. De zwaartekracht F_z en de wrijvingskracht F_w die nu op Casper en zijn kajak werken, zijn op schaal getekend in figuur 15 Deze figuur staat ook op de uitwerkbijlage.



Figuur 15

- 3p **14** Bepaal in de figuur op de uitwerkbijlage met een constructie de grootte van de resulterende kracht.

In figuur 16 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.

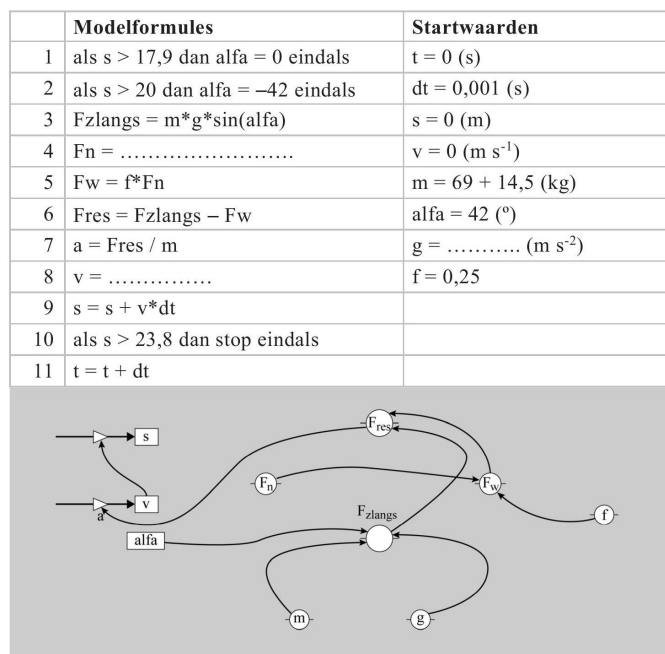


Figuur 16

- 2p **15** 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 17. In het model zijn twee modelformules en een startwaarde niet compleet.

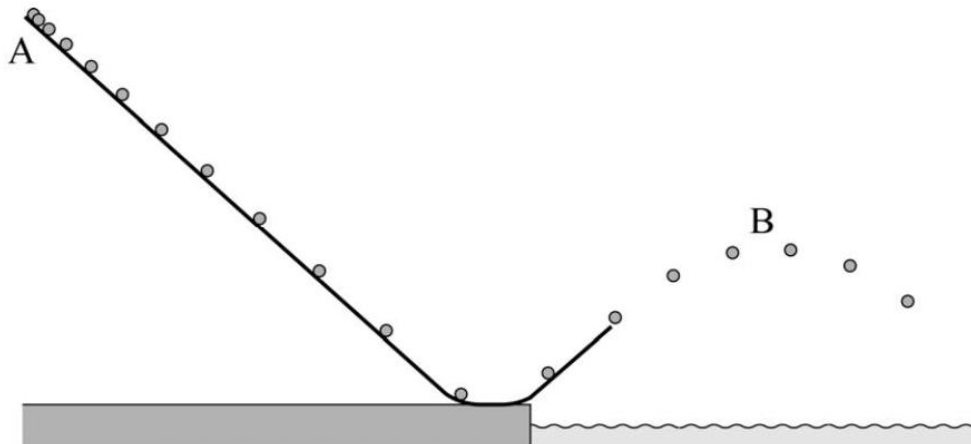


Figuur 17 }

- 4p **16** 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 $g = 9,81 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$ of $g = -9,81 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$ 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 18.

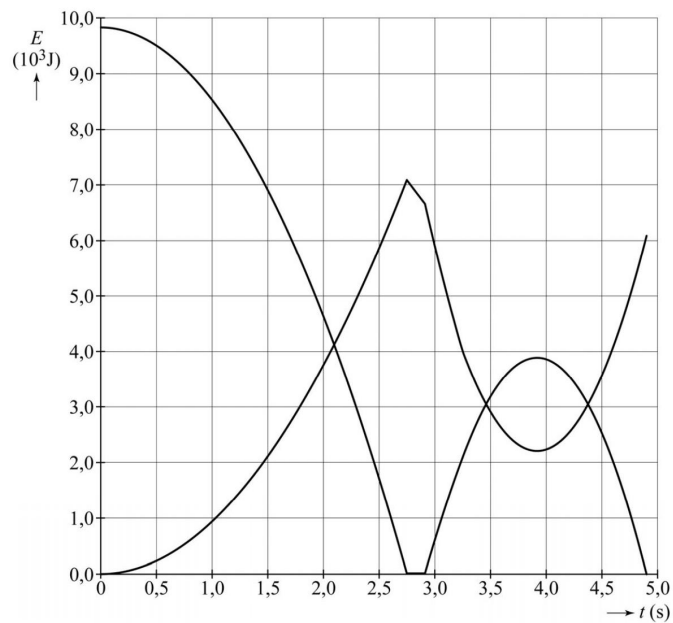


Figuur 18

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.

2p **17** 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 19.



Figuur 19

Op $t = 2,75$ s bereikt de kajak het horizontale gedeelte van de baan.

Op $t = 3,25$ s komt de kajak los van de baan.

4p **18** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal behulp van figuur 19 de arbeid die door de wrijvingskracht is verricht tijdens de afdaling langs het schuine gedeelte van de baan.
- Leg uit hoe uit figuur 19 blijkt dat de luchtweerstand in het model verwaarloosd wordt.