

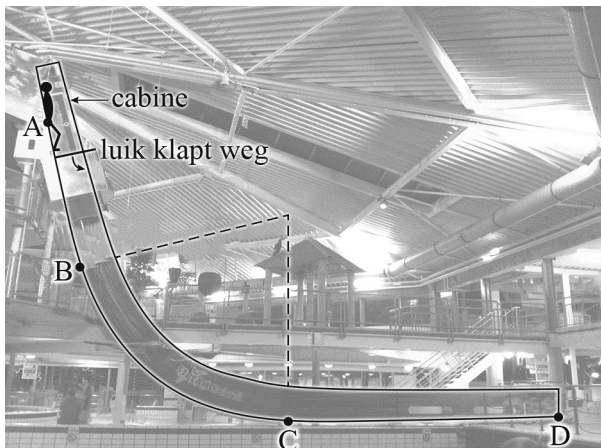
## X-stream

In het Tikibad in Wassenaar staat de attractie X-stream. Zie figuur 1. In figuur 2 zijn de voornaamste onderdelen aangegeven. Op de uitwerkbijlage staat een grotere tekening op schaal van een zijaanzicht van de X-stream.

figuur 1



figuur 2



De X-stream werkt als volgt. Een persoon staat in een cabine op een luik. Het luik klapt weg en de persoon valt naar beneden door een buis die via een bocht in een horizontaal stuk eindigt. De positie van de persoon in de cabine is aangegeven met de letter A. Het begin van het gebogen stuk is aangegeven met de letter B. Bij punt C begint het horizontale stuk. Zie de figuur op de uitwerkbijlage. In de opgave verwaarlozen we de luchtwrijving.

Tijdens de beweging in de buis komt de persoon niet los van de buis.

4p 6 Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef aan waarom er in buisdeel AB geen sprake is van een vrije val.
- Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de versnelling die de persoon zal krijgen in buisdeel AB als de wrijvingskrachten worden verwaarloosd.

Bij het ontwerp van de attractie is aan een aantal eisen voldaan. Twee ervan zijn:

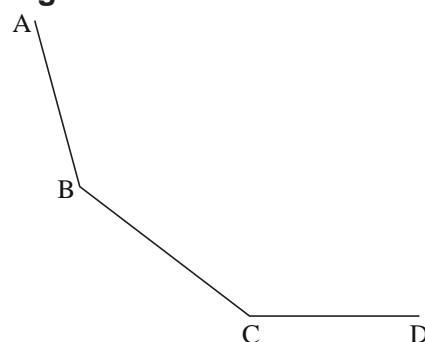
- De snelheid van de persoon bij punt C is maximaal  $11 \text{ m s}^{-1}$ .
- Door de wrijvingskracht ontstaat warmte. Het remmend vermogen van de wrijvingskracht bij punt C mag maximaal  $1,5 \cdot 10^3 \text{ W}$  zijn.

2p 7 Bereken de maximale grootte van de wrijvingskracht bij punt C bij een snelheid van  $11 \text{ m s}^{-1}$ .

De wrijvingskracht die de persoon ondervindt, kan verminderd worden door meer water van bovenaf in de buis te laten stromen.

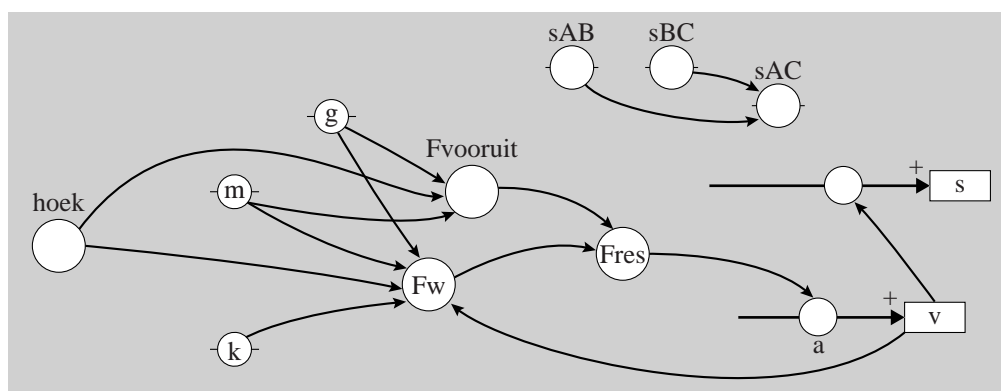
De snelheid waarmee de persoon in punt C aankomt, hangt onder andere af van de wrijvingskracht en van de afstand AB. Om de invloed hiervan te onderzoeken wordt een sterk vereenvoudigd model gemaakt, waarbij de baan wordt verdeeld in drie gedeelten. Zie figuur 3. In figuur 4 staat het model.

figuur 3



figuur 4

Modelregels	Startwaarden in SI-eenheden
$s_{AC} = s_{AB} + s_{BC}$	hoek = 75
als $s_{AC} > s > s_{AB}$ dan hoek = 75/2 eindals	$s_{AB} = 2,00$
als $s > s_{AC}$ dan hoek = 0 eindals	$s_{BC} = 7,00$
$F_{vooruit} = m \cdot g \cdot \sin(\text{hoek})$	$s = 0$
$F_w = k \cdot m \cdot g \cdot \cos(\text{hoek})$	$v = 0$
$F_{res} = F_{vooruit} - F_w$	$t = 0$
$a = F_{res} / m$	$dt = 0,001$
$v = v + a \cdot dt$	$m = 70$
$s = s + v \cdot dt$	$g = 9,81$
$t = t + dt$	$k = 0,21$
als $t > 2,5$ dan stop eindals	



In het model geldt:

- $s$  is de afgelegde weg langs de baan,
- de toevoegingen AB, BC en AC geven aan tussen welke punten.

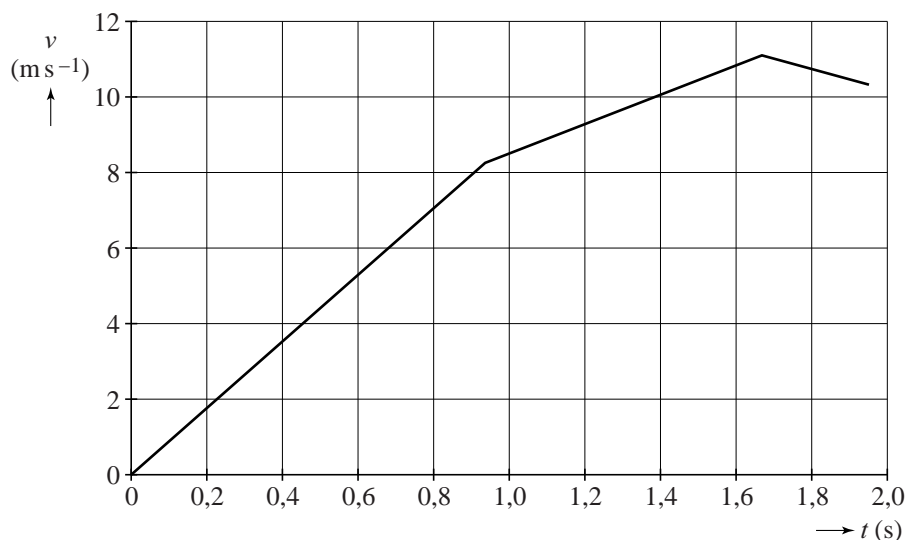
Een andere waarde van  $k$  betekent dat er meer of minder water door de buis stroomt.

4p 8 Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg uit of een grotere waarde van  $k$  betekent dat 'er meer water door de buis stroomt' of dat er 'er minder water door de buis stroomt'.
- Leid de eenheid van  $k$  af.

In een simulatie van het model wordt  $s_{AB}$  zo gekozen dat de snelheid in C gelijk is aan  $11 \text{ m s}^{-1}$ . Het  $(v, t)$ -diagram dat hiervan het resultaat is, staat in figuur 5. Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

**figuur 5**



- 3p **9** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de waarde van  $s_{AB}$  die bij dit resultaat van het model hoort.

Een derde eis voor de X-stream is dat de persoon op het horizontale stuk (het buisdeel CD) op tijd tot stilstand komt. Dit kan door er voor te zorgen dat in buisdeel CD een diepe laag water staat. De persoon remt dan door dit water. De remkracht kan vergroot worden door het water dieper te maken.

Het model van figuur 4 kan worden uitgebreid voor dit deel van de beweging over buisdeel CD. Dit kan bijvoorbeeld door één of meer modelregels, startwaarden en/of stopvoorwaarden (stopcondities) toe te voegen of aan te passen.

Neem aan dat de extra remkracht evenredig is met het kwadraat van de snelheid. Neem voor de evenredigheidsconstante de waarde 17.

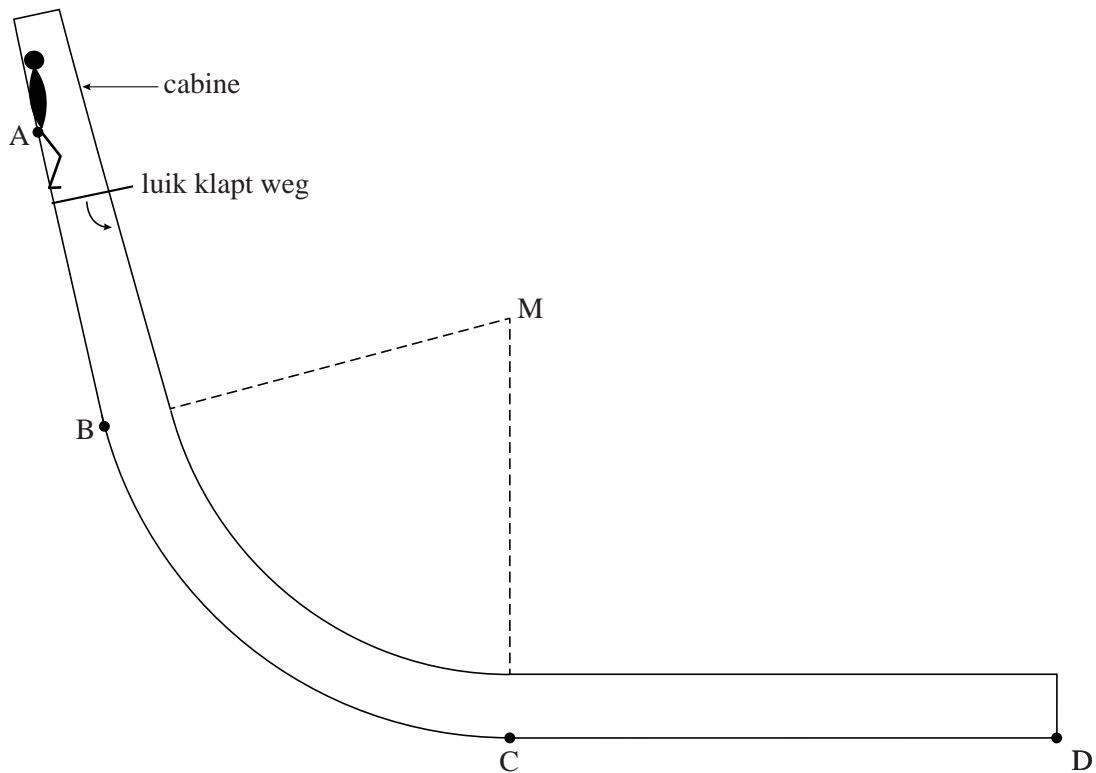
- 3p **10** Leg uit hoe het model uitgebreid moet worden om ook de beweging in buisdeel CD te beschrijven.

In werkelijkheid is het buisdeel BC niet als een recht stuk ontworpen, maar als een deel van een cirkel.

- 1p **11** Geef hiervoor de natuurkundige redenen.

uitwerkbijlage

6



9

