

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.

Opgave 1

In het televisieprogramma "Magic of science" heeft men de proef uitgevoerd die in nevenstaande afbeelding schematisch staat weergegeven.

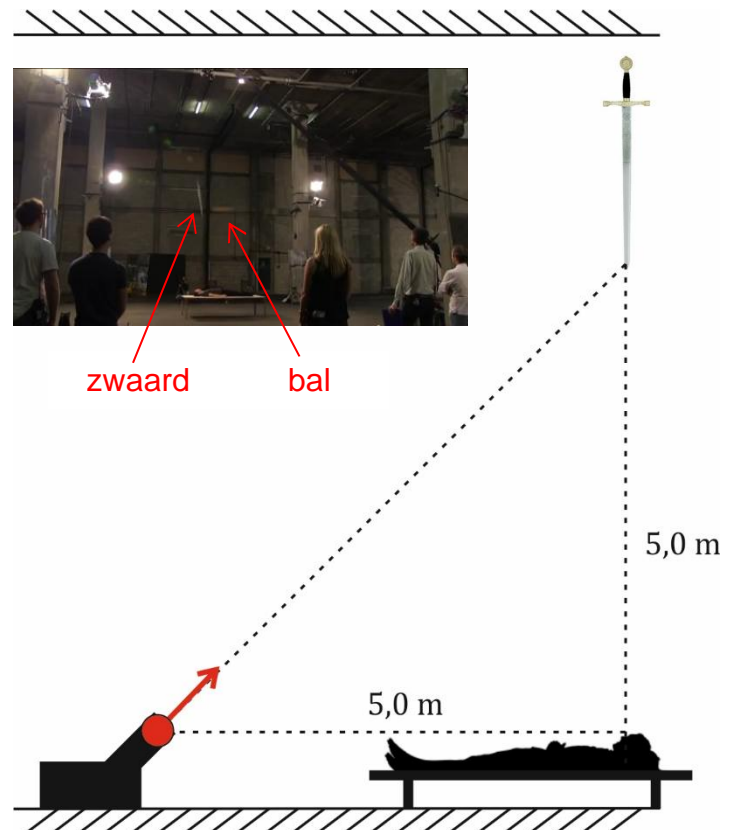
Een zwaard hangt verticaal recht boven het hoofd van een persoon. Men richt een ballenkanon precies op het zwaard zoals weergegeven in nevenstaande afbeelding.

Op het moment dat het zwaard begint te vallen wordt de bal afgeschoten. De bedoeling is natuurlijk dat het zwaard door de bal aan de kant wordt geslagen voordat het zwaard het hoofd van de persoon doorboort.

De bewering in het TV-programma luidt:

Vanaf een zekere minimum snelheid van de bal zal de bal het zwaard altijd raken.

Wil je het experiment zien kijk dan bij <https://www.youtube.com/watch?v=IZYc54Hxo8A>



Ik zal jullie niet dwingen op een bank te gaan liggen om dit eens even te testen. We zullen ons beperken tot een model in Coach-Modelleren.

In nevenstaande afbeelding staat een model weergegeven waarmee de beweging van het zwaard en de beweging van de bal kan worden gesimuleerd. Er zijn drie rekenregels voor de snelheid die onvolledig zijn.

a) Maak elk van de drie regels compleet.

In nevenstaande afbeelding staat het resultaat van het model weergegeven voor verschillende afschietsnelheden van de bal. Bij een afschietsnelheid van 7 m/s krijgt de man niet alleen het zwaard in zijn gezicht maar ook de bal.

b) Ga door middel van een berekening na, dat als het zwaard 5,0 m is gevallen de bal inderdaad 5,0 m heeft afgelegd in

horizontale richting en de verplaatsing in verticale richting 0 m is.

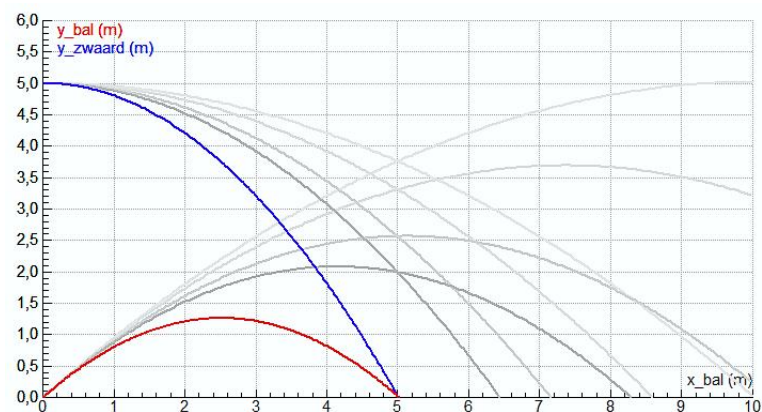
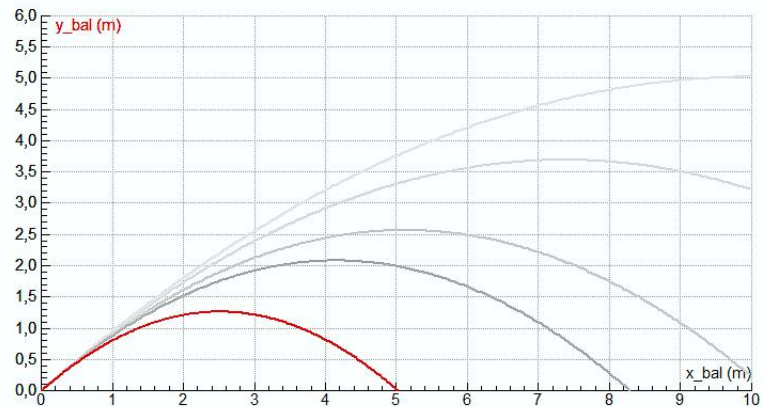
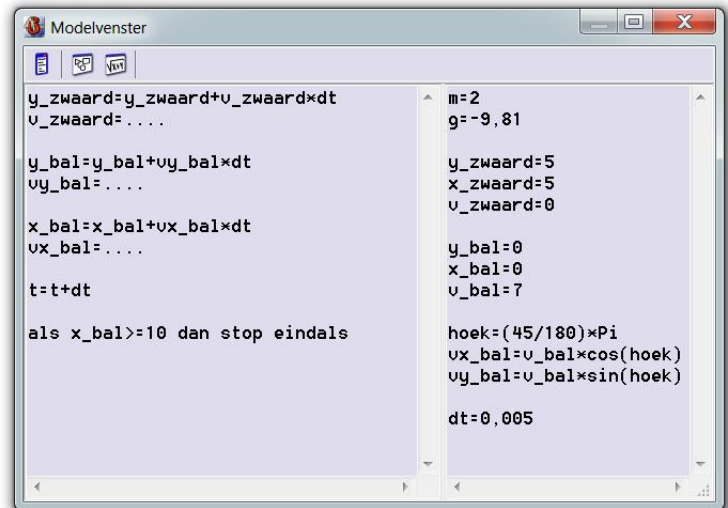
Het model kun je downloaden onder

http://www.rwi-natuurkunde.nl/download/doc/Zwaard_van_Damocles_1.zip

Bovenstaand model is gemaakt voor een afschietsnelheid van 7 m/s.

c) Ga met behulp van het model na of de bewering van de presentator klopt voor snelheden groter dan 7 m/s.

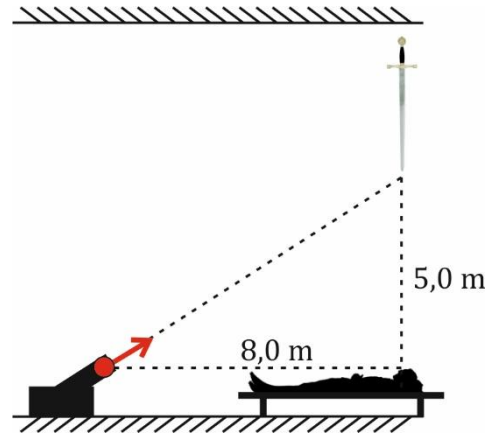
Als je alles goed doet kun je nevenstaand diagram reproduceren. Je ziet dat de lijnen voor de bal en de lijnen voor het zwaard elkaar steeds snijden als $x_{bal} = 5$ m.



Bovenstaand model is gemaakt voor het geval dat het zwaard 5 m hoog hangt en de bal op 5 m afstand wordt afgeschoten, zoals weergegeven in de schematische weergave op de vorige bladzijde. Tevens is het zwaard al de hele tijd als punt behandeld en hebben we de afmetingen buiten beschouwing gelaten.

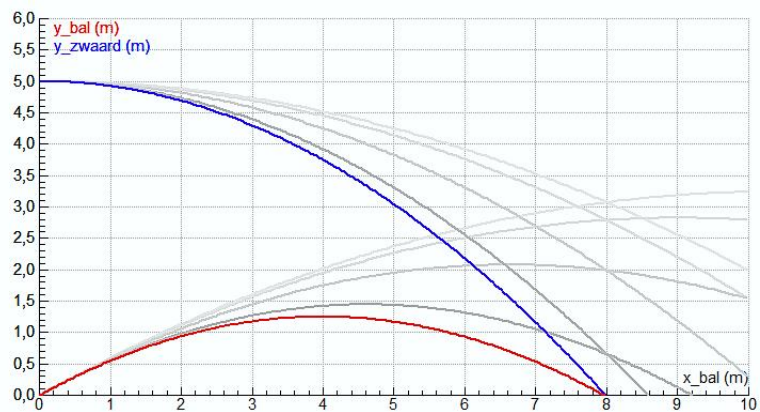
d) Ga met behulp van het model na of de bewering van de presentator klopt als het zwaard op 5 m hoogte hangt en het ballenkanon op een afstand van 8 m wordt gezet zoals weergegeven in nevenstaande afbeelding.

Als je alles goed doet kun je onderstaand diagram reproduceren.



Je ziet dat de lijnen voor de bal en het zwaard elkaar steeds weer snijden bij $x_{bal} = 8$ m.

Houd je van een uitdaging? Probeer dan eens opgave e. Voor de minimum afschietsnelheid geldt dat deze voldoet aan onderstaand verband.



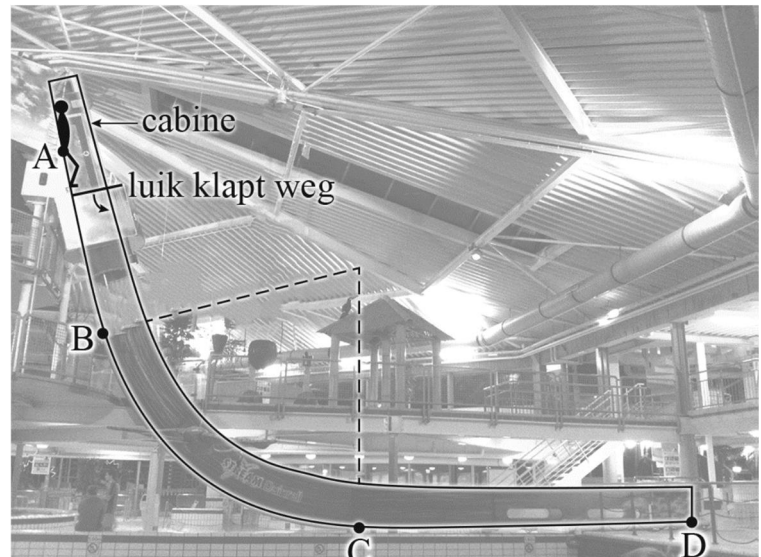
$$v_{\min} = \sqrt{\frac{g \cdot h}{2 \cdot \sin^2(\alpha)}}$$

Hierin is v_{\min} de minimum afschietsnelheid (bal in gezicht), h de starthoogte van het zwaard en α de afschietrichting van de bal ten opzichte van horizontaal.

e) Leid dit verband af op basis van de theorie van het onderwerp beweging.

Opgave 2

In het Tikibad in Wassenaar staat de attractie X-stream. Zie onderstaande afbeeldingen. In onderstaande rechter afbeelding zijn de voornaamste onderdelen aangegeven. Op de uitwerkbijlage staat een grotere tekening op schaal van een zijaanzicht van de X-stream.



De X-stream werkt als volgt. Een persoon staat in een cabine op een luik. Het luik klappt 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 luchtwerijving. Tijdens de beweging in de buis komt de persoon niet los van de buis.

a) Voer de volgende opdrachten uit:

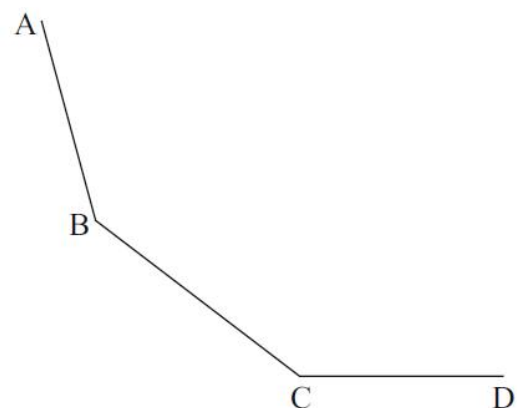
- Geef aan waarom er in buisdeel AB geen sprake is van een vrije val.
- **Bepaal** met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de versnelling die de persoon zal krijgen in buisdeel AB als de wrijvingskrachten worden verwaarloosd.

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 m/s.
- Door de wrijvingskracht ontstaat warmte. Het remmend vermogen van de wrijvingskracht bij punt C mag maximaal $1,5 \cdot 10^3$ W zijn.

b) **Bereken** de maximale grootte van de wrijvingskracht bij punt C bij een snelheid van 11 m/s.

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 nevenstaande afbeelding. In onderstaande afbeelding staat het model.



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

In het model geldt:

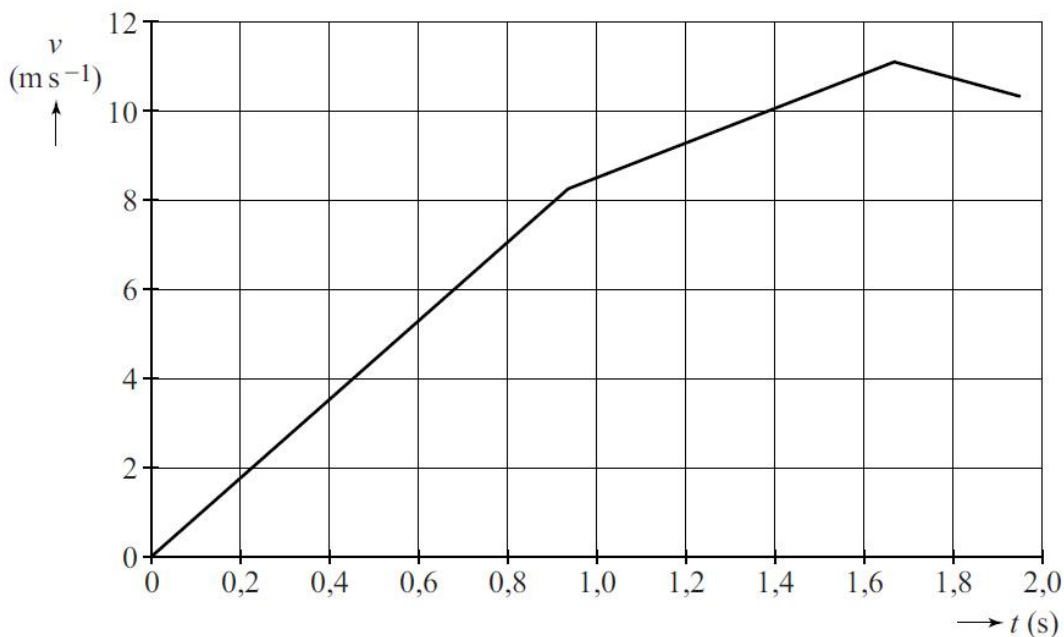
- s is de afgelegde weg langs de baan,
- de toevoegingen AB, BC en AC geven aan tussen welke punten.

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

c) 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 m/s. Het (v,t) -diagram dat hiervan het resultaat is, staat onderstaande afbeelding.



d) **Bepaal** 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 bovenstaande model 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.

e) **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.

f) Geef hiervoor de natuurkundige reden.

