

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.**

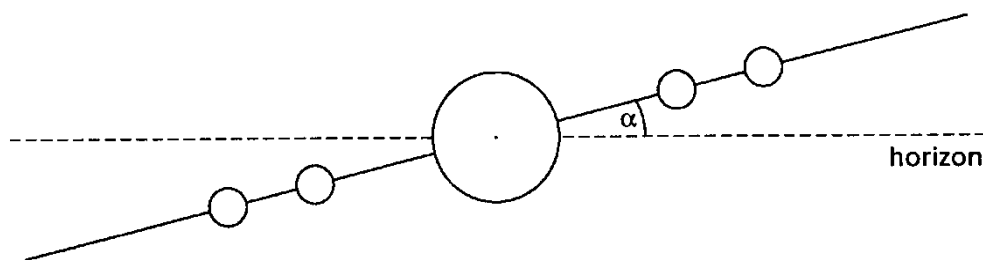
**Opgave 1**

Een Boeing 747-300 (zie nevenstaande foto) is met 400 passagiers van Schiphol op weg naar de Verenigde Staten. De totale massa bedraagt  $3,8 \cdot 10^5$  kg. Vliegen is mogelijk omdat de vleugels van een vliegtuig door de langsstromende lucht een normaalkracht ondervinden die steeds loodrecht staat op het vlak van de vleugels. Op een zeker ogenblik vliegt het vliegtuig horizontaal in een rechte lijn met een constante snelheid. Het vlak van de vleugels is dan ook horizontaal. De normaalkracht en de zwaartekracht grijpen beide aan in het zwaartepunt van het vliegtuig.



a) **Bereken** de grootte van de normaalkracht op het vliegtuig.

Boven Engeland laat de automatische piloot het vliegtuig een bocht maken met een straal van 25,0 km. Daartoe wordt het vliegtuig enkele graden om zijn lengte-as gedraaid. Dit draaien om de lengte-as noemt men "rollen". Bij het nemen van de bocht wil men het vliegtuig op dezelfde hoogte houden. Het blijkt dan noodzakelijk te zijn dat de snelheid van het vliegtuig wordt opgevoerd, zodat de normaalkracht toeneemt. In onderstaande afbeelding is een (schematisch) vooraanzicht van het vliegtuig getekend.



Op de bijlage is deze figuur nogmaals weergegeven. De zwaartekracht en de voor de bocht benodigde middelpuntzoekende kracht op het vliegtuig zijn reeds in de juiste verhouding ingerekend.

- b) **Bepaal** met behulp van een constructie in de figuur op de bijlage de grootte van de normaalkracht  $F_n$  die het vliegtuig tijdens het nemen van de bocht van de lucht zal ondervinden.
- c) **Leg uit** waarom het noodzakelijk is dat de normaalkracht toeneemt als de hoogte van het vliegtuig tijdens het nemen van de bocht niet mag veranderen.
- d) **Bepaal** de grootte van de snelheid van het vliegtuig tijdens het nemen van deze bocht.

## Opgave 2

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:

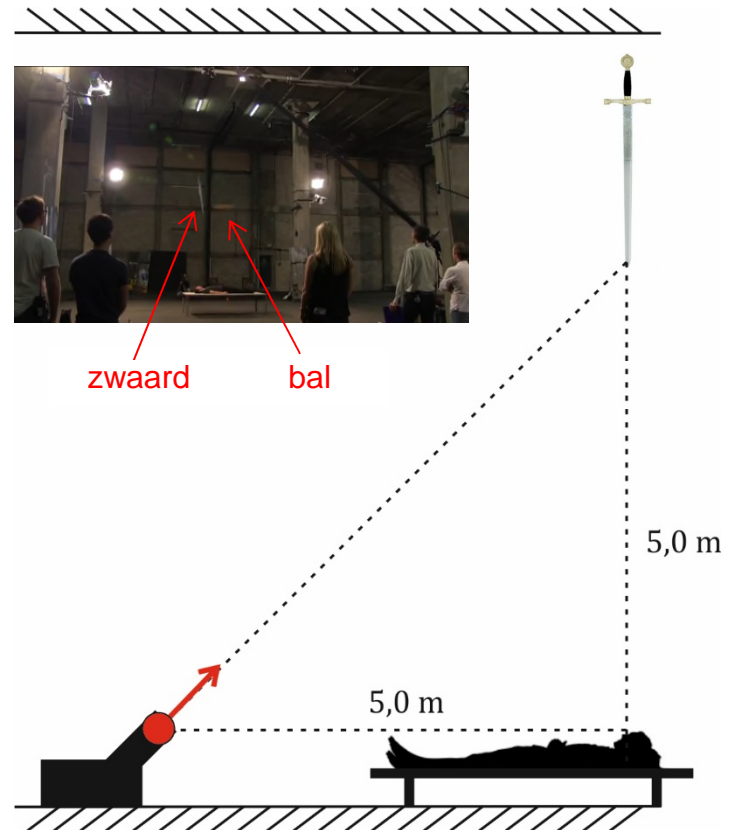
Vanaf een zekere minimum snelheid van de bal zal de bal het zwaard altijd raken.

Wil je het experiment zien kijk dan bij <https://www.youtube.com/watch?v=lZYc54Hxo8A>

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.



```
Modelvenster
y_zwaard=y_zwaard+v_zwaard*dt
v_zwaard=...

y_bal=y_bal+uy_bal*dt
uy_bal=...

x_bal=x_bal+ux_bal*dt
ux_bal=...

t=t+dt

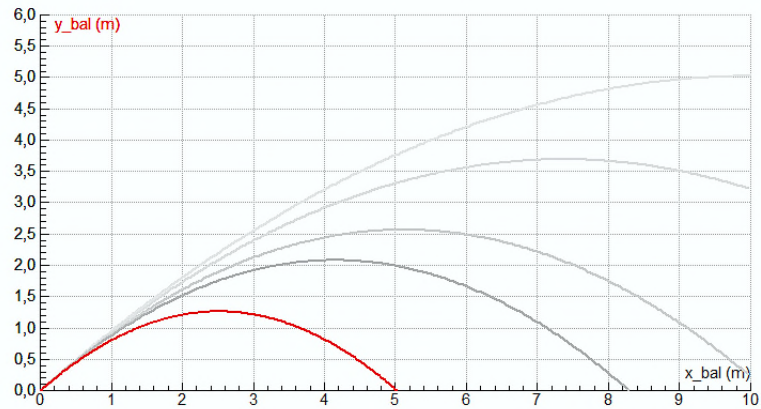
als x_bal>=10 dan stop eindals

m=2
g=-9,81
y_zwaard=5
x_zwaard=5
v_zwaard=0
y_bal=0
x_bal=0
v_bal=7
hoek=(45/180)*Pi
ux_bal=v_bal*cos(hoek)
uy_bal=v_bal*sin(hoek)
dt=0,005
```

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

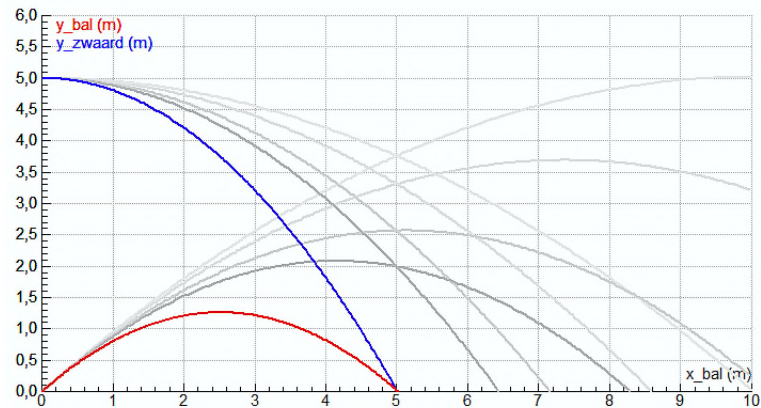
[http://www.rwi-natuurkunde.nl/download/doc/Zwaard\\_van\\_Damocles.zip](http://www.rwi-natuurkunde.nl/download/doc/Zwaard_van_Damocles.zip)

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.

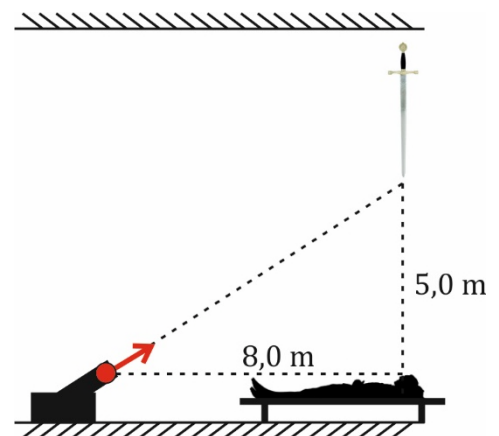
Als je alles goed doet kun je nevenstaand diagram reproduceren. Je ziet dat de lijnen voor de bal en de lijnen voor het zwaard elkaar steeds snijden als  $x_{bal} = 5$  m.



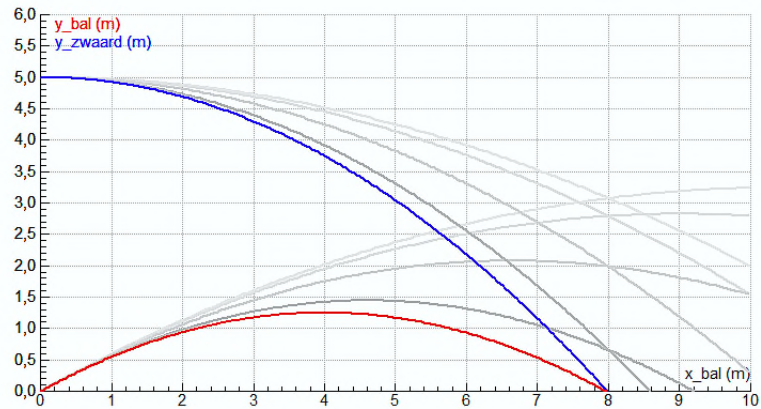
Bovenstaand model is gemaakt voor het geval dat het zwaard 5 m hoog hangt en de bal op 5 m afstand wordt afgeschoten zoals weergegeven in de schematische weergave op de vorige bladzijde. Tevens is het zwaard al de hele tijd als punt behandeld en hebben we de afmetingen buiten beschouwing gelaten.

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  $x_{\text{bal}} = 8 \text{ m}$ .



Houd je van een uitdaging?

Probeer (moet niet) 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  $\alpha$  de afschietrichting van de bal ten opzichte van horizontaal.

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

### Opgave 3

Twee houtblokken liggen op een helling zoals weergegeven in nevenstaande afbeelding. Het bovenste blok is met een touw aan het latje aan het einde van de helling bevestigd. Het onderste blok is nergens aan bevestigd.

De helling en de twee blokken zijn van hetzelfde soort hout en hebben eenzelfde oppervlakte structuur zodat de statische schuifwrijvingscoëfficiënt overal 0,30 bedraagt.

Het bovenste blok heeft een massa van 3,0 kg.

Het onderste blok heeft een massa van 4,0 kg.

**Bereken** bij welke hoek het onderste blok gaat schuiven.

