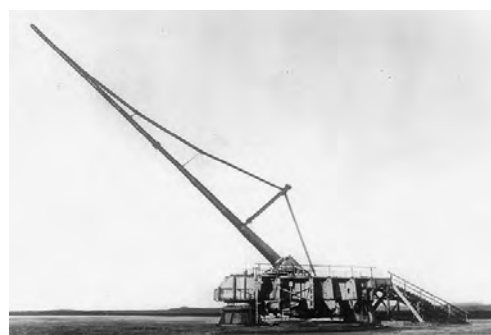


## Pariser Kanone

Tegen het einde van de Eerste Wereldoorlog introduceerde het Duitse leger een nieuw ontwerp kanon, het ‘Pariser Kanone’ (het Parijse Kanon). Zie figuur 1. Dit kanon kon Parijs beschieten van achter de frontlinie, een afstand van 120 km. Een granaat bereikte hierbij een hoogte van wel 40 km waarbij hij door zeer ijle lucht vloog. Tussen maart en augustus 1918 schoot het Duitse leger ongeveer 350 granaten af richting Parijs.

Gegevens van het Pariser Kanone **figuur 1**

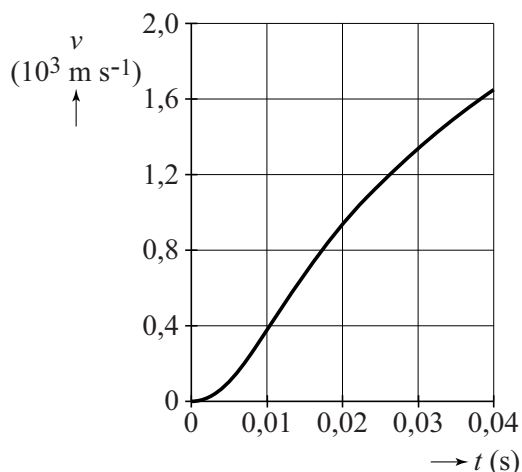
diameter granaat	20 cm
massa granaat	106 kg
buskruit per schot	180 kg
uittree-snelheid	$1640 \text{ m s}^{-1}$
afstand	>120 km
hoogte	>40 km



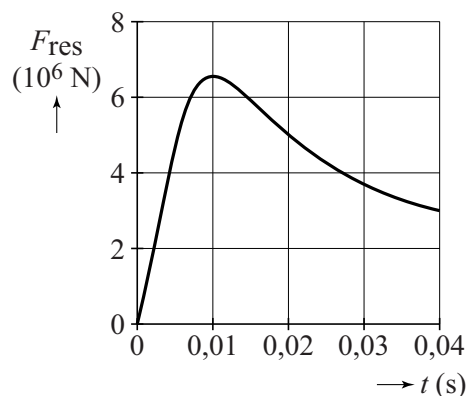
De loop was extra lang gemaakt, zodat de granaten een voldoende hoge snelheid kregen om de afstand te overbruggen.

In figuur 2a en 2b zijn het  $(v, t)$ -diagram en het  $(F_{\text{res}}, t)$ -diagram van een granaat weergegeven tijdens het afschieten. Op  $t = 0,04 \text{ s}$  verlaat de granaat de loop. Deze figuren staan vergroot op de uitwerkbijlage.

**figuur 2a**



**figuur 2b**



- 3p 1 Bepaal met behulp van figuur 2a op de uitwerkbijlage de lengte van de loop van het kanon.

De granaat bereikt zijn maximale versnelling op  $t = 0,01 \text{ s}$ .

- 5p 2 Bepaal met behulp van de figuren 2a en 2b op de uitwerkbijlage de massa van een granaat, en laat zien of deze massa ligt binnen een marge van 10% van de waarde uit de tabel.

- 4p 3 Er komt 3,0 MJ aan energie vrij per kilogram buskruit.  
 Bereken het rendement van het afschieten (tot  $t = 0,04$  s) van het kanon.  
 Verwaarloos hierbij de toename van de zwaarte-energie.

Fabian wil met behulp van een model de baan simuleren van een granaat nadat die door het kanon afgeschoten is. Hij beschouwt de baan als een combinatie van een beweging in de  $x$ -richting en een beweging in de  $y$ -richting. Zie figuur 3 voor het model.

figuur 3

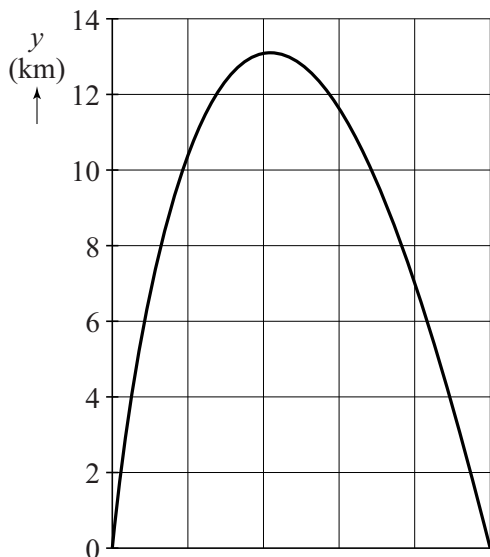
model	startwaarden in SI-eenheden
‘luchtwrijving:’ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ $F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot c_w \cdot v^2$ ‘beweging in de $x$ -richting:’ $F_{wx} = F_w \left( \frac{v_x}{v} \right)$ $F_x = -F_{wx}$ $a_x = \frac{F_x}{m}$ $v_x = v_x + a_x \cdot dt$ $x = x + v_x \cdot dt$ ‘beweging in de $y$ -richting:’ $F_{wy} = F_w \left( \frac{v_y}{v} \right)$ $F_y = \dots - F_{wy}$ $a_y = \frac{F_y}{m}$ $v_y = v_y + a_y \cdot dt$ $y = y + v_y \cdot dt$ $t = t + dt$ ‘stopconditie:.....’	$t = 0$ $dt = 0,1$ $g = 9,81$ $m = 106$ $F_z = m \cdot g$ $\rho = 1,28$ $v = 1640$ hoek = 33 ‘in graden’ $x = 0$ $y = 19$ $v_x = v \cdot \cos(\text{hoek})$ $v_y = v \cdot \sin(\text{hoek})$ $c_w = 0,18$ $A = \dots$

De stopconditie bepaalt wanneer het model moet stoppen.

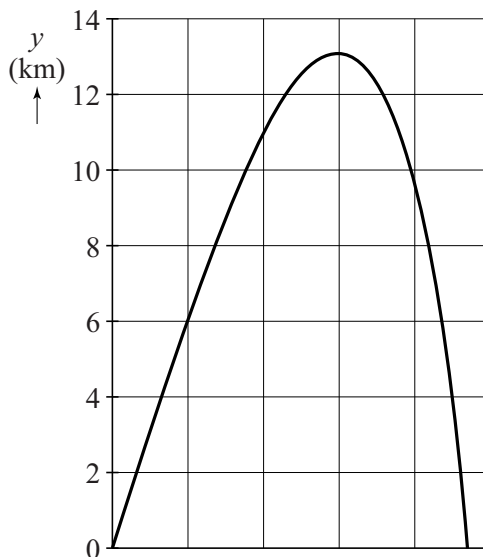
- 4p 4 Voer de volgende opdrachten uit:
- Beschrijf wat de stopconditie in dit model moet zijn.
  - Geef aan wat op de stippelijijn moet komen in de regel:  $F_y = \dots - F_{wy}$
  - Bereken de juiste waarde van  $A$ .

Met behulp van het model maakt Fabian een  $(y,t)$ -diagram en een  $(y,x)$ -diagram van de baan van een granaat. Zie figuur 4a en 4b.

figuur 4a



figuur 4b

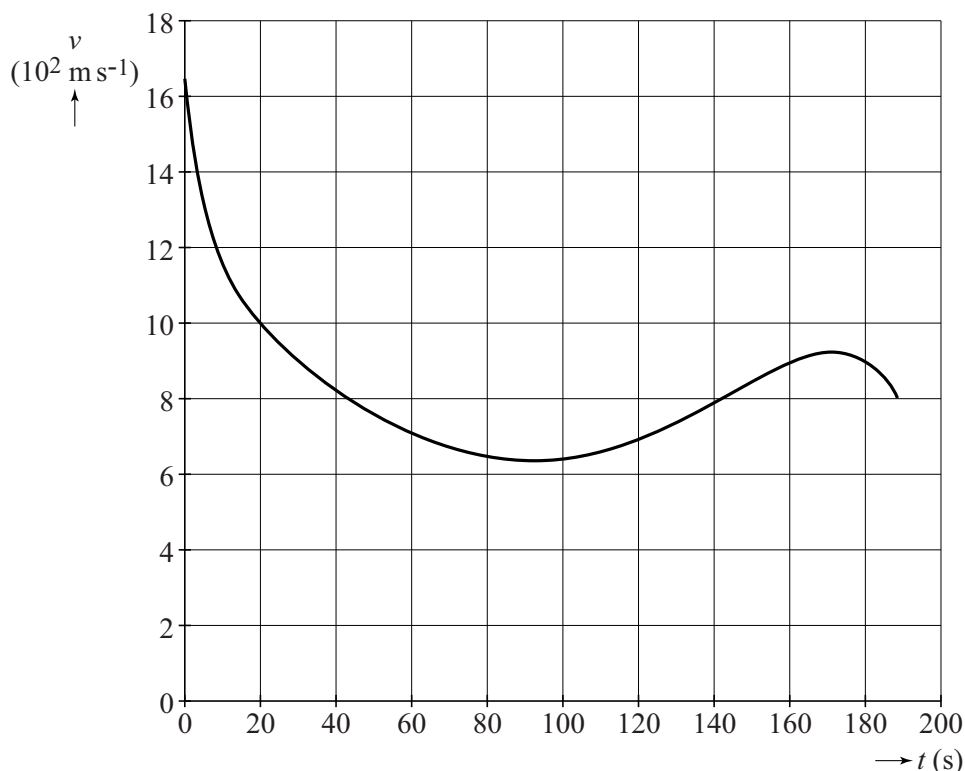


- 2p 5 Leg uit welk diagram (figuur 4a of figuur 4b) het  $(y,t)$ -diagram van de granaat weergeeft.

Fabian merkt op dat zijn model niet kan verklaren hoe een granaat met een beginsnelheid van  $1640 \text{ m s}^{-1}$  een afstand van 120 km kan afleggen. Emily merkt op dat de luchtdichtheid van de atmosfeer afneemt als de hoogte boven zeeniveau toeneemt.

Fabian breidt zijn model uit met een variabele luchtdichtheid en met dit model simuleert hij de beweging van de granaat. Dit levert het  $(v,t)$ -diagram van figuur 5. Na 190 s slaat de granaat in.

**figuur 5**



- 3p **6** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef aan waarom de minimale snelheid van de granaat niet gelijk is aan 0.
  - Leg uit waarom de snelheid van de granaat aan het eind van de beweging afneemt.

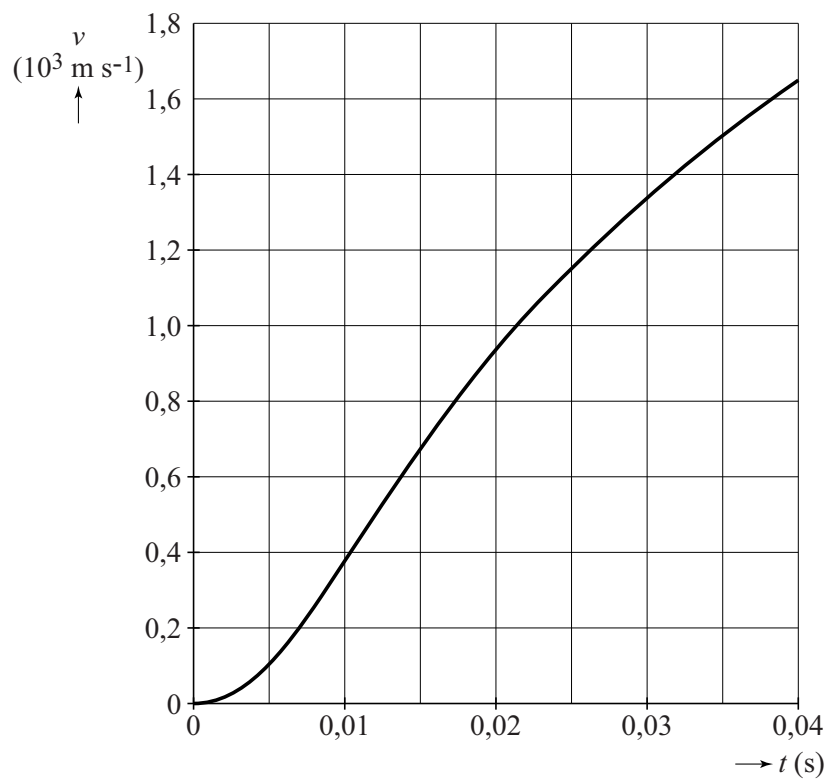
Fabian wil nagaan of hij met dit model de vlucht van de granaat van het kanon realistisch heeft gesimuleerd en of de granaat inderdaad 120 km verderop inslaat. In figuur 5 bepaalt hij daarvoor de oppervlakte onder de grafieklijn, tussen  $t = 0$  en  $t = 190$  s.

Emily merkt op dat Fabian nu een fout maakt.

- 3p **7** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit waarom Fabian de afstand tussen het kanon en de inslag van de granaat niet op correcte wijze heeft bepaald.
  - Geef aan of de afstand die Fabian heeft gevonden te groot of te klein is.

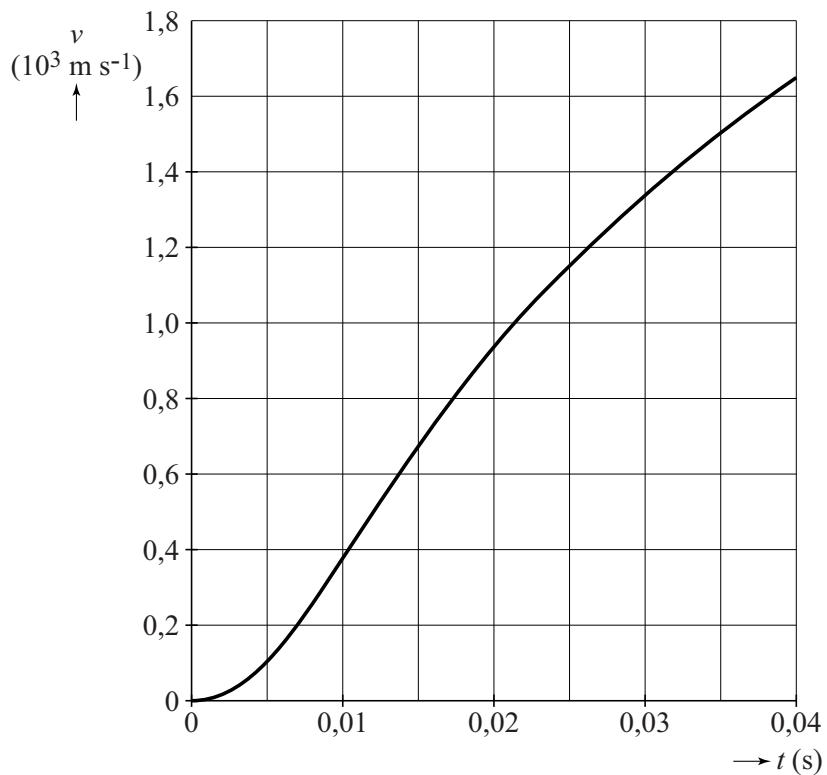
## uitwerkbijlage

## 1 figuur 2a



uitwerkbijlage

2 figuur 2a



figuur 2b

