

Examen VWO

2014

tijdvak 2
woensdag 18 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Gebruik het tabellenboekje.

Dit examen bestaat uit 28 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 72 punten te behalen.

Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

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

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.

Formuleblad

Formules die bij het pilot-programma horen en die niet in Binas staan.

C Beweging en wisselwerking

$$F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$$

$$E_{\text{chem}} = r_v V \quad E_{\text{chem}} = r_m m$$

$$\Sigma p_{\text{voor}} = \Sigma p_{\text{na}}$$

D Lading en veld

$$I = GU$$

E Straling en materie

$$\frac{P}{A} = \sigma T^4 \quad L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} c$$

$$D = \frac{E}{m} \quad H = QD$$

Opgave 1 Skydiver

In attractiepark Walibi Holland staat de attractie 'Skydiver'. De Skydiver bestaat uit twee masten (A en B). Zie figuur 1.

Bij de start staan de passagiers recht onder de top van mast A.

Eén kabel loopt naar de top van mast A.

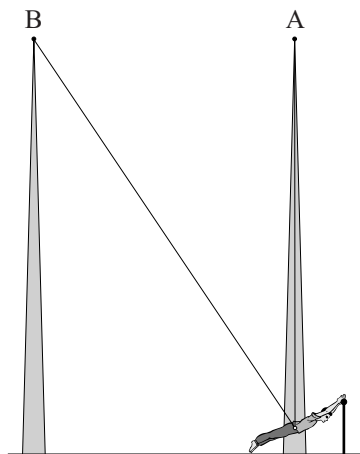
Een andere kabel loopt naar de top van mast B.

In figuur 2 zijn verschillende stappen schematisch weergegeven.

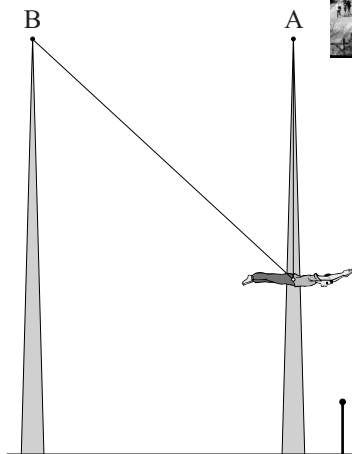
figuur 1



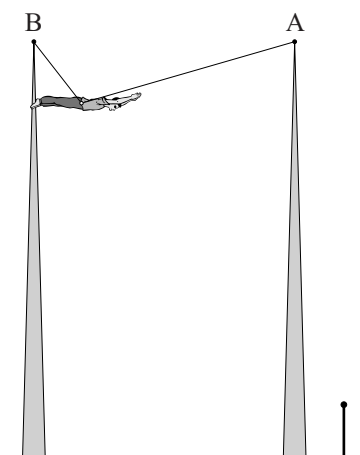
figuur 2



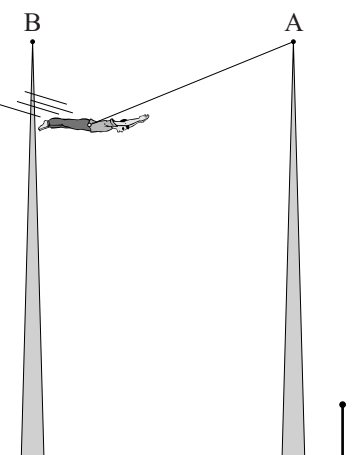
1 De passagiers worden ingesnoerd



2 De passagiers worden omhoog gehesen maar blijven recht onder de top van mast A



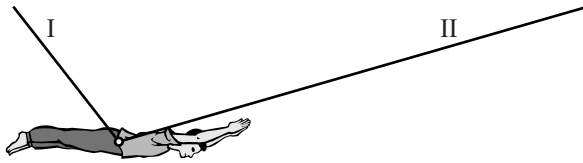
3 De passagiers worden opgehesen in de richting van mast B



4 De passagiers worden losgelaten en gaan slingeren

In figuur 3 is de situatie getekend waarin drie passagiers met een totale massa van 200 kg zijn opgehesen tot het hoogste punt. De massa van de kabels is hierbij verwaarloosd

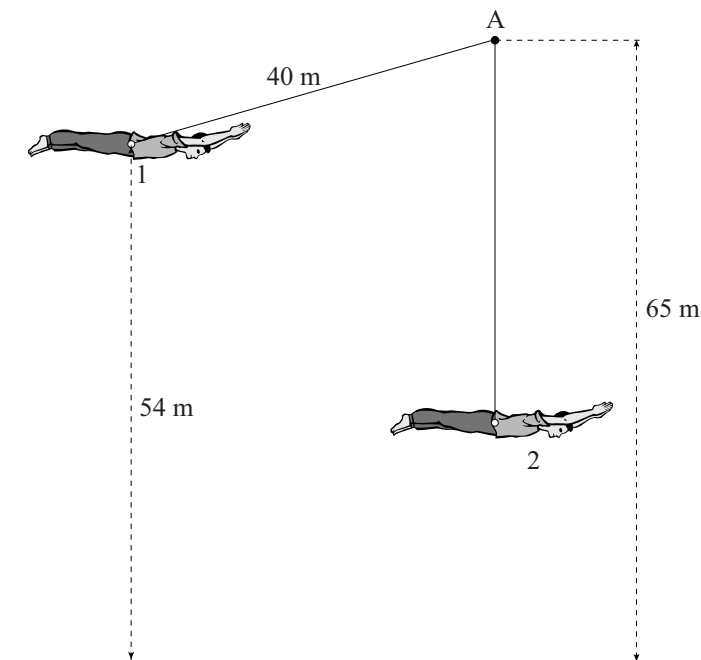
figuur 3



- 3p 1 **1** Figuur 3 is vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage. Bepaal door een constructie in de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de spankrachten in de kabels I en II.

Het begin van het slingeren is schematisch weergegeven in figuur 4. Deze figuur is niet op schaal. In figuur 4 zijn twee punten aangegeven. Punt 1 is het punt waar de passagiers worden losgekoppeld van de kabel naar paal B. Punt 2 is de evenwichtsstand.

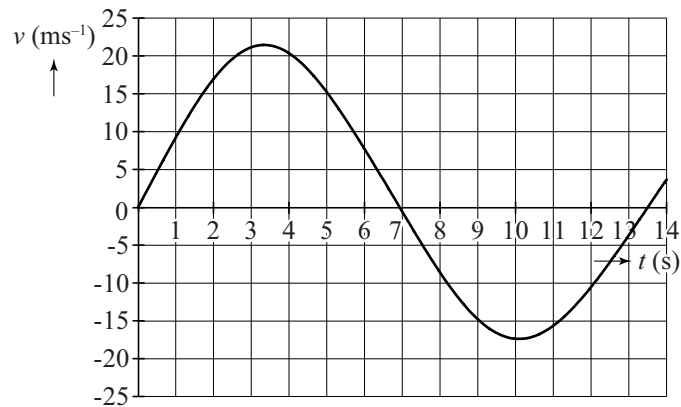
figuur 4



- 3p 2 **2** Bepaal de maximale snelheid van de passagiers als wrijvingskrachten verwaarloosd worden.

De passagiers worden losgelaten en gaan slingeren. In figuur 5 is het (v, t) -diagram van de eerste volledige slingingering weergegeven. Figuur 5 staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

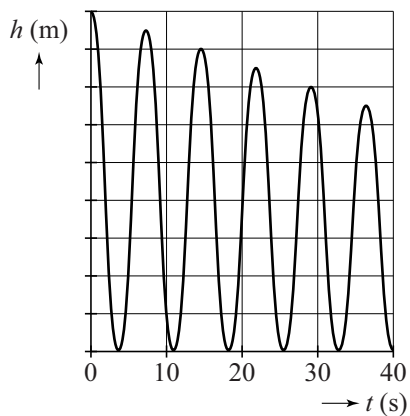
figuur 5



- 4p **3** Laat zien of bij deze beweging de wrijvingskrachten verwaarloosbaar zijn. Bepaal daarvoor de afstand die de passagiers afleggen in de heengaande beweging en de afstand die ze in de teruggaande beweging afleggen.
- 3p **4** Laat met een berekening zien dat de formule voor de slingertijd die in BINAS staat hier **niet** geldt.

In figuur 6 is te zien hoe de hoogte van de passagiers varieert met de tijd.

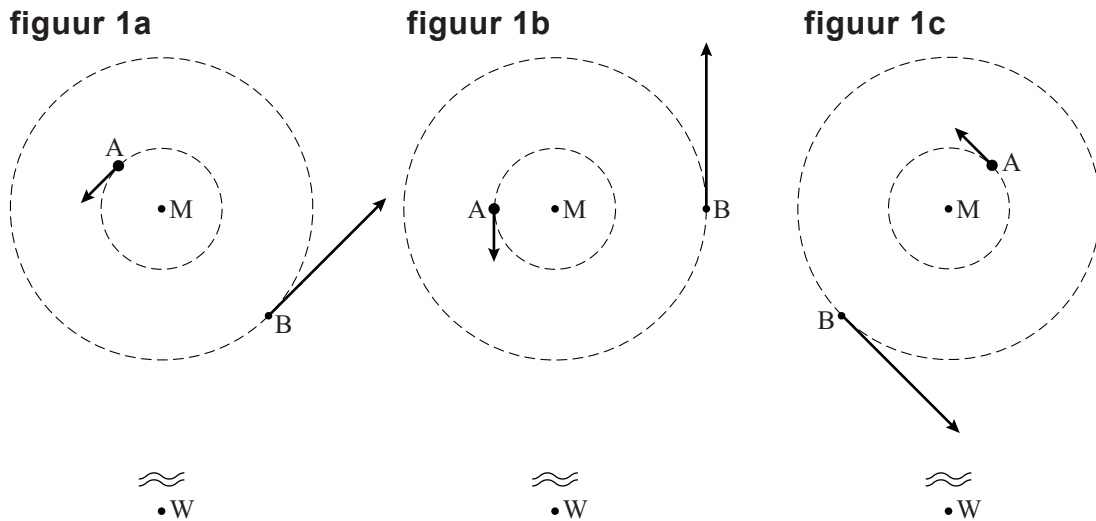
figuur 6



- 2p **5** Leg uit waarom de frequentie in figuur 6 verschilt met de frequentie in figuur 5.

Opgave 2 Spectroscopische dubbelster

Er zijn sterren die lijken te bestaan uit één object, maar bij nadere beschouwing deel uit maken van een zogenaamd 'dubbelstersysteem'. Bij een dubbelstersysteem bewegen twee sterren A en B in concentrische cirkels met middelpunt M zoals in figuur 1a, 1b en 1c is aangegeven. Figuur 1 is niet op schaal. Waarnemer W staat in werkelijkheid heel ver weg.



- 1p 6 A en B liggen op een lijn die steeds door M gaat.
Geef de reden dat A en B dezelfde omlooptijd hebben.

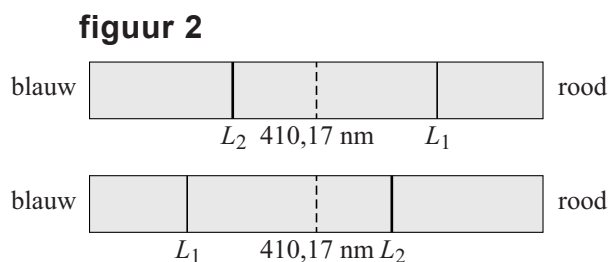
Er zijn dubbelstersystemen waarbij A en B één ster lijken te zijn, zelfs als je er met een telescoop naar kijkt. Dat het toch om een dubbelster gaat, kan men afleiden uit het spectrum van het licht dat de sterren uitstralen. Door het dopplereffect vindt bij de lijnen van het spectrum van deze sterren tegelijkertijd roodverschuiving en blauwverschuiving plaats.

In het vervolg van de opgave nemen we aan dat de aarde met waarnemer W in het draaivlak van A en B ligt en dat M niet ten opzichte van de aarde beweegt.

Men bestudeert de spectraallijn H_δ die bij een stilstaande ster een golflengte $\lambda = 410,17$ nm heeft.

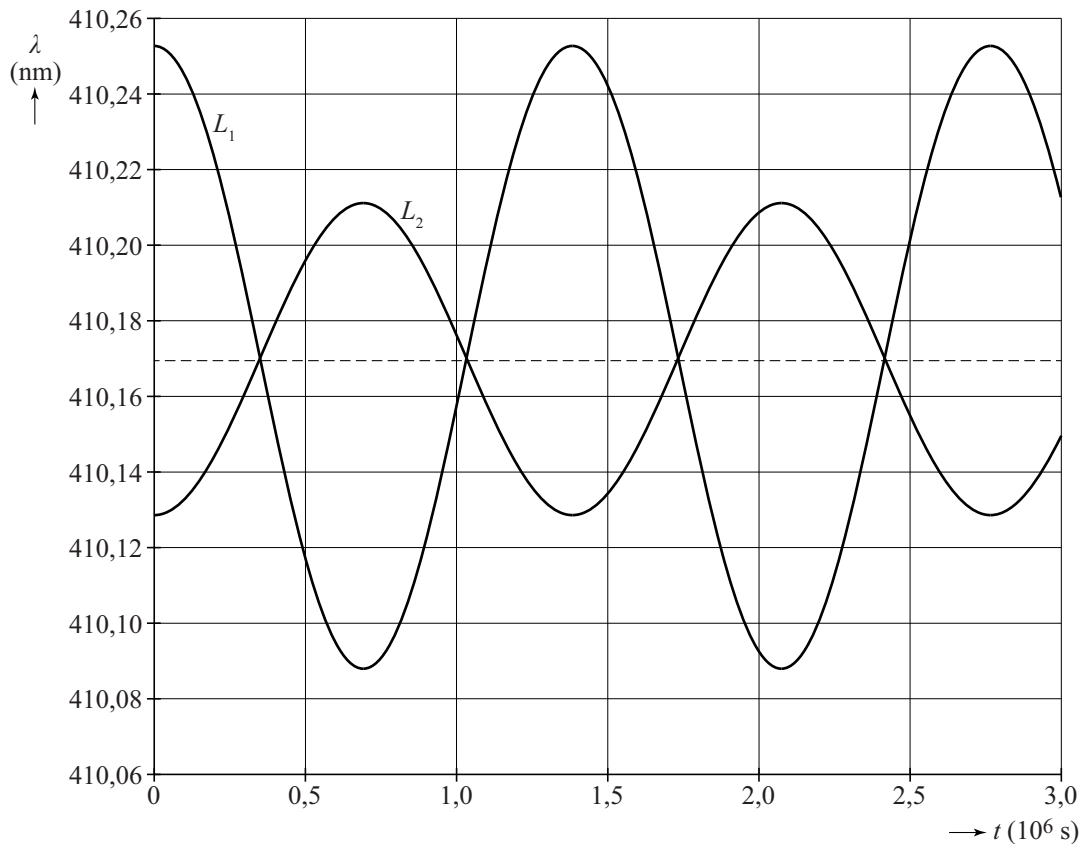
- 1p 7 Tussen welke waarden van n vindt de overgang plaats die hoort bij lijn H_δ ? Zie tabel 21 in BINAS.

Bij dubbelsterren is de H_δ -lijn gesplitst in twee H_δ -lijnen die in de loop van de tijd verschuiven. Zie figuur 2. De lijn $\lambda = 410,17$ nm is gestippeld weergegeven.



In figuur 3 zijn waargenomen golflengtes van de H_δ -lijnen van de sterren A en B weergegeven als functie van de tijd. Ook hier is de lijn $\lambda = 410,17$ nm gestippeld.

figuur 3



2p **8** Leg uit dat het golflengteverloop L_2 afkomstig is van ster A.

2p **9** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage een punt b op lijn L_1 dat overeenkomt met de situatie van figuur 1b en geef een toelichting.

Uit figuur 3 kan men bepalen dat voor de baanstralen geldt:

$$r_A = 6,6 \cdot 10^9 \text{ m en } r_B = 13,2 \cdot 10^9 \text{ m.}$$

5p **10** Voer deze bepaling uit. Bepaal daartoe eerst de waarden van v_A en v_B uit het dopplereffect.

De middelpuntzoekende kracht op beide sterren wordt geleverd door de gravitatiekracht.

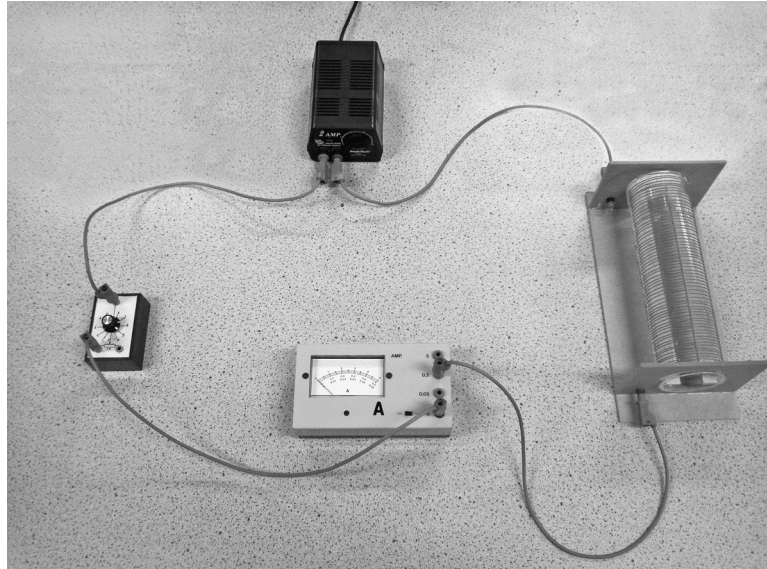
4p **11** Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg uit dat de middelpuntzoekende kracht op beide sterren gelijk is.
- Bepaal de verhouding van de massa's van de sterren A en B.

Opgave 3 Magneetveld van de aarde

Jeroen en Baukje voeren een onderzoek uit dat als doel heeft de sterkte van het magneetveld van de aarde te bepalen. Ze maken hiervoor een opstelling met een serieschakeling van een voeding, een regelbare weerstand, een stroommeter en een spoel van koperdraad.

figuur 1



Zie figuur 1. Een aantal gegevens staat hieronder weergegeven.

voedingsspanning	9,0 V
aantal windingen van de spoel	60
diameter van de spoel	7,2 cm
dikte van de koperdraad van de spoel	0,14 mm
lengte van de spoel	24 cm
maximaal vermogen in de spoel	0,18 W
weerstand van de spoel	15 Ω

- 4p **12** Toon met een berekening aan dat de grootte van de weerstand van de spoel overeenkomt met de andere gegevens uit de tabel.

De stroomsterkte door de spoel mag maximaal 0,11 A bedragen.

- 2p **13** Toon dat aan met een berekening.

De schakeling bevat daarom een variabele weerstand. Jeroen en Baukje hebben vier variabele weerstanden tot hun beschikking met verschillend bereik. Zie hiernaast. Ze willen de stroomsterkte zo gevoelig mogelijk regelen.

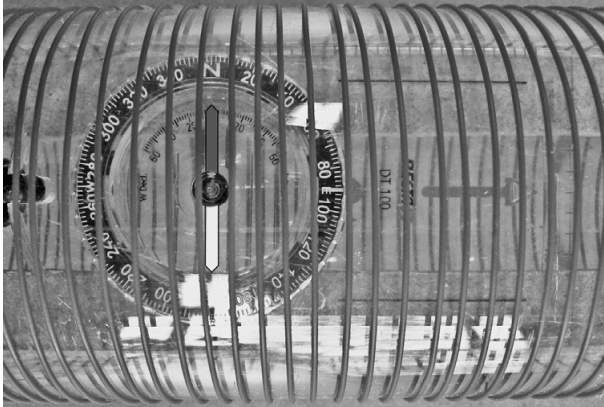
$R_A = 0$ tot 0,030 k Ω
$R_B = 0$ tot 0,30 k Ω
$R_C = 0$ tot 3,0 k Ω
$R_D = 0$ tot 30 k Ω

Eén van de variabele weerstanden is het meest geschikt.

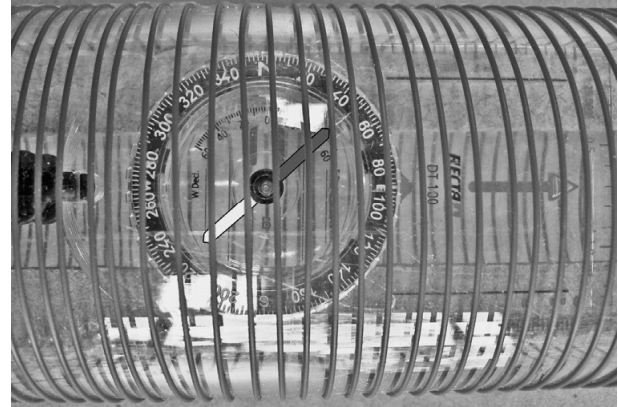
- 4p **14** Leg uit welke dat is. Bereken daarvoor de waarde waarop de variabele weerstand moet worden ingesteld.

Als Jeroen en Baukje beginnen, loopt in de spoel geen stroom. Ze leggen een kompas in de spoel en leggen de spoel zo neer dat de kompasnaald loodrecht op de spoel staat. De spoel ligt dan in oost-west-richting. Figuur 2 is een bovenaanzicht van deze situatie. Daarna wordt de voeding ingeschakeld. De kompasnaald draait dan. Zie figuur 3.

figuur 2



figuur 3



De situatie van figuur 3 is op de uitwerkbijlage schematisch en vanuit een bovenaanzicht weergegeven. Hierbij zijn de grootte en richting van het totale magneetveld \vec{B}_{tot} getekend. Met lijnen zijn de stroomdraden aangegeven die boven over het kompas lopen.

- 3p 15 Voer de volgende opdrachten uit op de uitwerkbijlage:
- Teken de richting van het gemeten aardmagneetveld.
 - Teken de richting van het magneetveld van de spoel.
 - Teken de richting van de stroom in de getekende stroomdraden.

Als de variabele weerstand zo wordt ingesteld, dat de kompasnaald draait over een hoek van 45° , is de gemeten waarde van het aardmagneetveld gelijk aan de waarde van het magneetveld in de spoel.

- 3p 16 Leg dit uit.

In BINAS vinden Jeroen en Baukje de volgende formule voor de grootte van het magneetveld in een spoel.

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

Hierin is:

- B de grootte van het magneetveld;
- μ_0 magnetische permeabiliteit, gelijk aan $1,256646 \cdot 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$;
- N het aantal windingen;
- I de stroomsterkte door de spoel;
- L de lengte van de spoel.

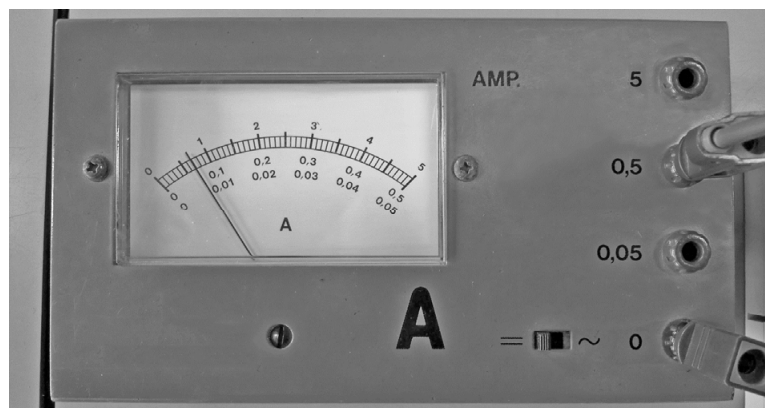
figuur 4

In figuur 4 zie je de stroommeter in de situatie van figuur 3.

- 3p **17** Bepaal de gemeten waarde van het aardmagneetveld.

In de literatuur vinden Jeroen en Baukje een grotere waarde voor het aardmagneetveld.

- 2p **18** Beantwoord de volgende vragen:
- Wat is de reden van het verschil?
 - Wat moet er nog meer bepaald worden om de literatuurwaarde voor het aardmagneetveld te krijgen?



Opgave 4 Verval van muonen

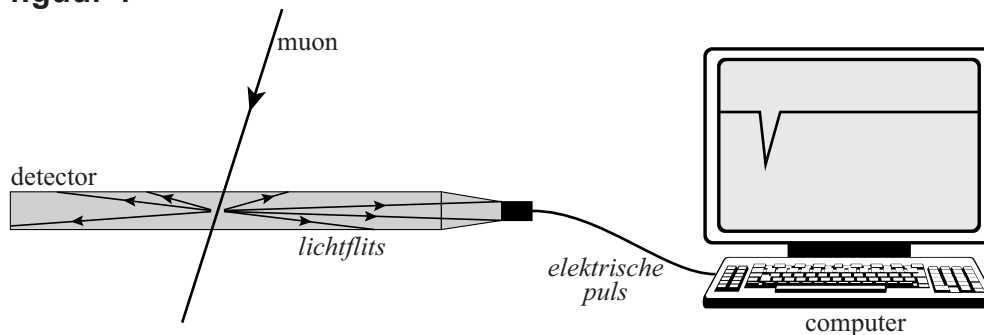
Lees onderstaand artikel.

Als kosmische straling de atmosfeer van de aarde treft, treden kernreacties op waarbij muonen ontstaan. Deze muonen bewegen met vrijwel de lichtsnelheid naar het aardoppervlak en kunnen daar met speciale detectorapparatuur worden waargenomen.

Een muon is een niet-stabiel elementair deeltje. Bij verval komt een elektron vrij. De halveringstijd van het vervalproces is maar een fractie van een seconde, maar toch is het mogelijk om die halveringstijd te meten.

Figuur 1 laat schematisch zien hoe muonen worden waargenomen.

figuur 1

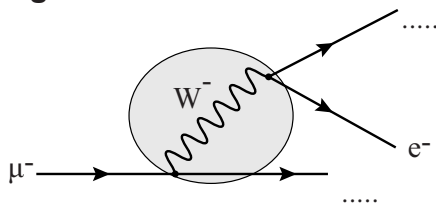


Een muon gaat door de detector en veroorzaakt in het materiaal een lichtflits. Deze lichtflits wordt omgezet in een elektrische puls, die zichtbaar is op het scherm.

De lichtflits ontstaat doordat het muon iets van zijn energie afgeeft aan de detector via één van de vier fundamentele wisselwerkingen.

1p 19 Welke van de vier fundamentele wisselwerkingen is dat?

figuur 2

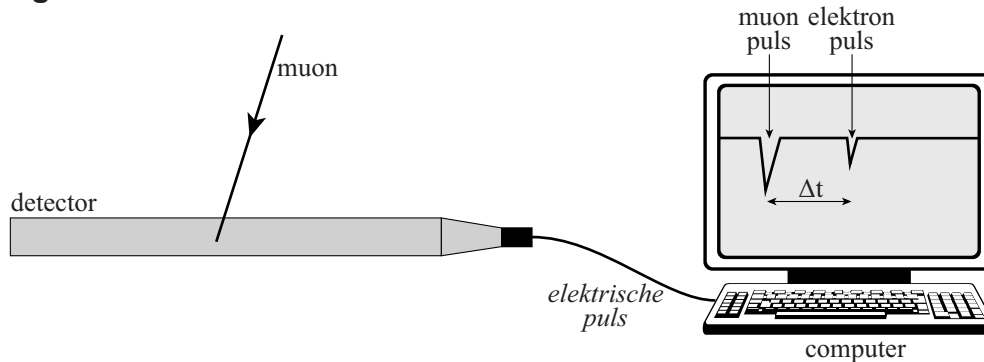


Een muon is een zogenaamd tweede-generatie-deeltje. Een muon heeft hetzelfde leptongetal als een elektron. De vervalregels en behoudswetten voor een muon zijn hetzelfde. Bij het verval van een muon komen, behalve het elektron, nog twee deeltjes vrij. Dit proces is schematisch weergegeven in figuur 2.

2p 20 Geef aan welke twee deeltjes nog meer vrijkomen.

De meeste muonen bewegen door de detector heen. Maar soms komt een muon in de detector tot stilstand. Op het scherm zijn dan twee pulsen zichtbaar. De eerste puls is afkomstig van het muon zelf als het de detector binnenkomt; de tweede puls is afkomstig van het elektron dat even later vrijkomt als het muon vervalft. Dit is weergegeven in figuur 3.

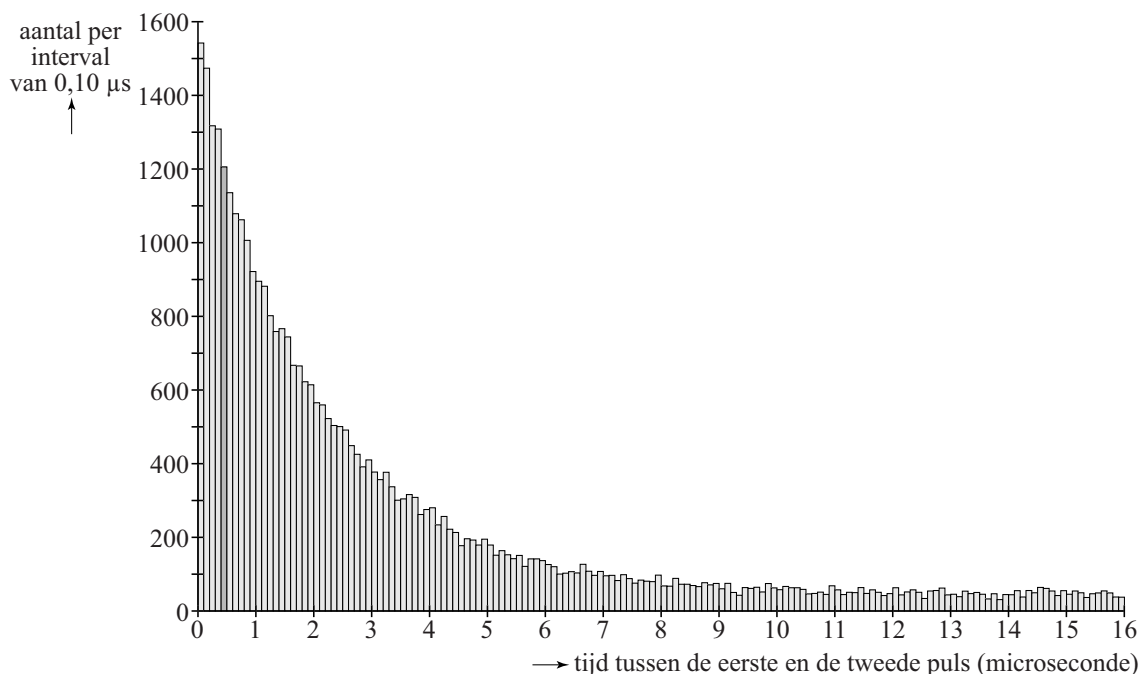
figuur 3



Als er zo'n 'tweelingpuls' optreedt, wordt steeds de tijd tussen de eerste en de tweede puls gemeten. Met behulp van de gemeten tussentijden kan de halveringstijd van muonen bepaald worden.

Kaj doet metingen in de kerstvakantie van 23-12-2011 15:00 uur tot 02-01-2012 15:00 uur. Het resultaat is ingedeeld in tijdsintervallen van $0,10 \mu\text{s}$ en is verwerkt in het histogram van figuur 4.

figuur 4



In het histogram is één van de staafjes iets donkerder weergegeven. Hieruit is af te lezen dat er ongeveer 1200 keer een tweelingpuls is waargenomen waarbij de tussentijd in het interval van 0,40 tot 0,50 μs lag. Als de tussentijd groter was dan 16 μs , werden de pulsen niet als tweelingpuls beschouwd, maar als twee afzonderlijke pulsen.

Kaj maakt een schatting van het totaal aantal keren dat er een tweelingpuls tijdens zijn metingen is waargenomen.

Hieronder staan zes waarden:

a ongeveer 3300

b ongeveer 10000

c ongeveer 33000

d ongeveer 100000

e ongeveer 330000

3p 21 Welke waarde is de beste schatting? Licht je antwoord toe.

Figuur 4 vertoont overeenkomsten met een vervalcurve van een radioactieve stof. Op dezelfde manier als bij zo'n vervalcurve kan uit figuur 4 de halveringstijd bepaald worden.

2p 22 Bepaal de halveringstijd van muonen die op die manier uit figuur 4 volgt.

De aantallen in het histogram van figuur 4 gaan voor toenemende waarde van de tussentijd niet naar nul maar naar een constante waarde.

1p 23 Geef hiervoor de reden.

Bob denkt dat de halveringstijd van de muonen veel groter is dan op deze manier bepaald wordt. Hij zegt: "De muonen hebben al 30 km door de atmosfeer afgelegd. Ze gaan (bijna) met de lichtsnelheid dus dat duurt minstens 100 microseconden. Die tijd moet je dus nog bij de gevonden halveringstijd optellen."

Bob heeft ongelijk.

1p 24 Waarom moet je die tijd er **niet** bij optellen?

Opgave 5 Kogelstoten

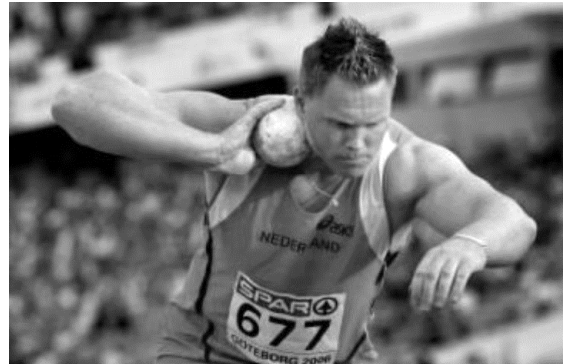
Bij kogelstoten is het de bedoeling dat de kogel zo ver mogelijk van de kogelstoter de grond raakt. Het op gang brengen van de kogel wordt 'stoten' genoemd.

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.

figuur 1



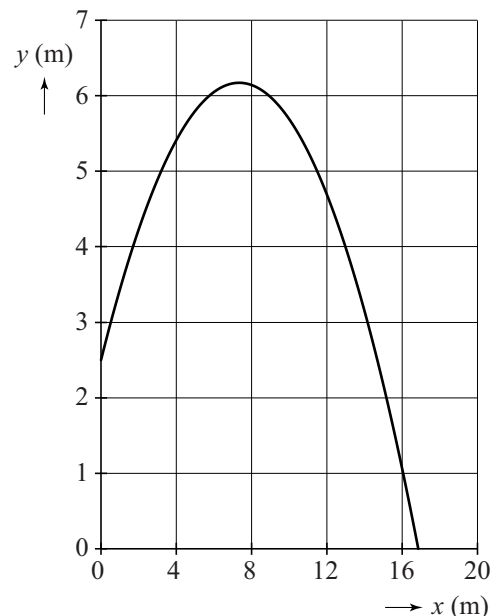
- 3p 25 Bereken hoe ver de kogel komt als hij van die hoogte horizontaal wordt weggestoten.

figuur 2

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.

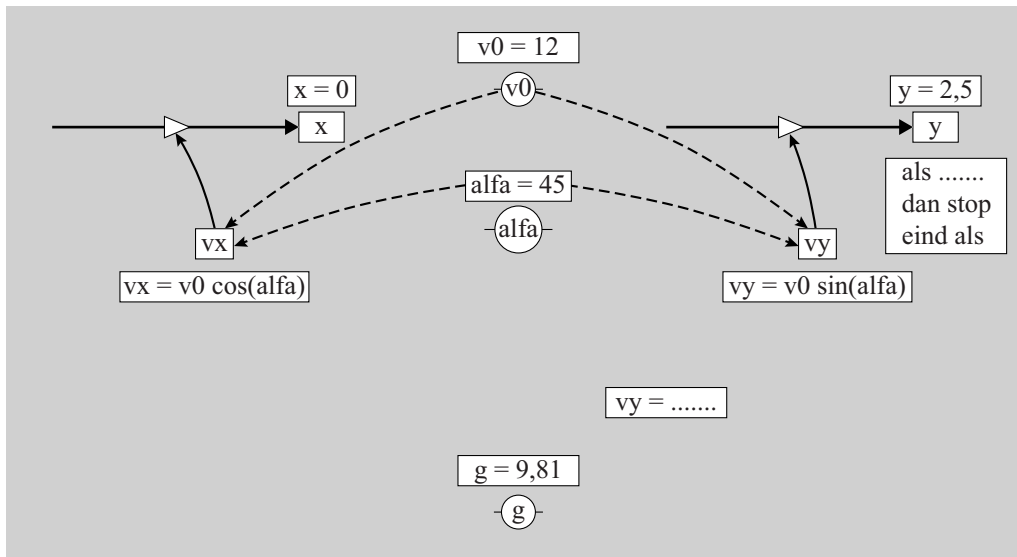
- 3p 26 Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan dat de stoothoek inderdaad 45° is.



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

figuur 3

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

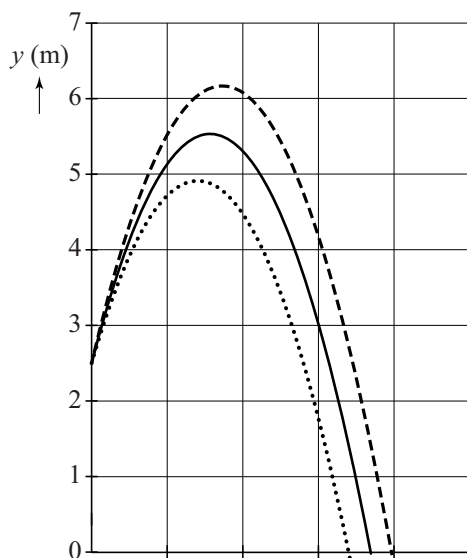


eenheden in SI
hoeken in graden

- 3p 27 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.

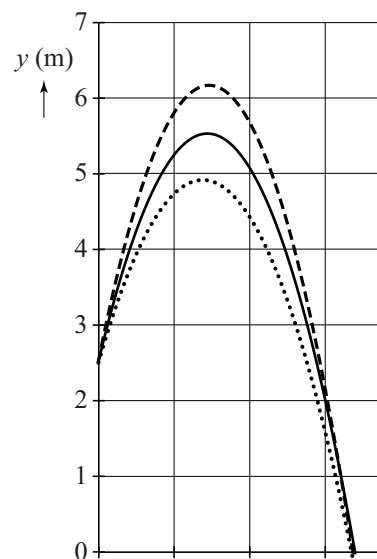
Uit het model volgen verschillende diagrammen voor de beweging van de kogel bij stoothoeken van 35° , 40° en 45° . In figuur 4a en 4b is y als functie van x en als functie van t weergegeven.

figuur 4a



Legenda:
 (alfa=35)
 — (alfa=40)
 - - - (alfa=45)

figuur 4b



- 2p 28 Bereedeneer in welke figuur t op de horizontale as staat.