Examen VWO

2013

tijdvak 1
dinsdag 14 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Gebruik het tabellenboekje.

Bij dit examen is een herziene versie van de uitwerkbijlage verstrekt.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 76 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.

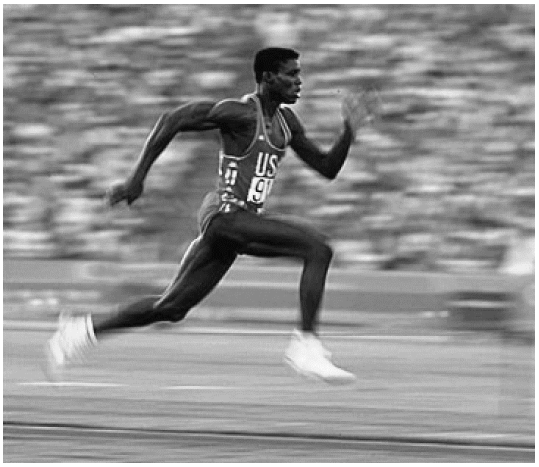
VW-1023-a-13-1-o

natuurkundeuitgelegd.nl

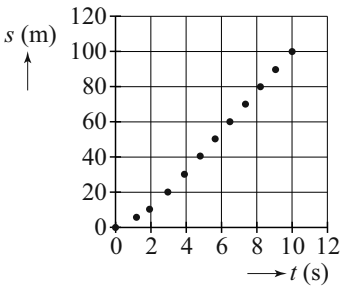
Opgave 1 Sprint

Kimberley en Jenneke maken met behulp van een video-opname een (s,t)-diagram van een sprint van Carl Lewis over 100 meter. Zie de figuren 1 en 2. Figuur 2 staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

figuur 1



figuur 2



Over het deel van de race vanaf $t = 4{,}0$ s trekken Kimberley en Jenneke de volgende conclusies:

- Vanaf $t = 4{,}0$ s is de snelheid van Lewis constant.
- Deze snelheid is gelijk aan $11{,}7$ m s^{-1}.

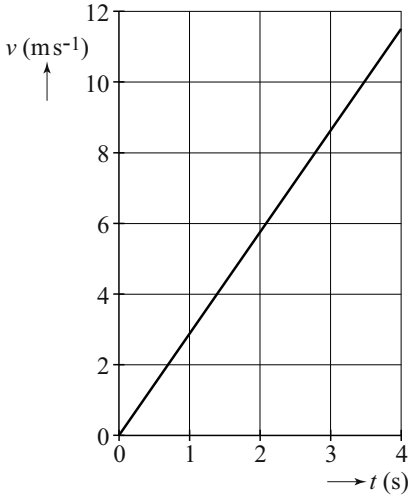
2p **1** Laat zien met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage dat beide conclusies juist zijn.

Kimberley en Jenneke onderzoeken nu het begin van de race. Ze hebben elk een hypothese over de eerste 4 seconde.

Kimberley	Hypothese 1	“Lewis leverde in de eerste 4 s een constante kracht.”
Jenneke	Hypothese 2	“Lewis leverde in de eerste 4 s een constant vermogen.”

In het (v,t)-diagram van figuur 3 staat gegeven hoe de snelheid zou verlopen als hypothese 1 van Kimberley klopt, uitgaande van de snelheid op $t = 4{,}0$ s. De massa van Carl Lewis bedraagt 80 kg.

figuur 3



3p **2** Bepaal de grootte van de kracht die Kimberley in haar model heeft gebruikt. Neem aan dat de wrijvingskrachten verwaarloosd mogen worden.

3p **3** Laat zien dat figuur 3 en figuur 2 (zie uitwerkbijlage) niet met elkaar in overeenstemming zijn.

natuurkundeuitgelegd.nl

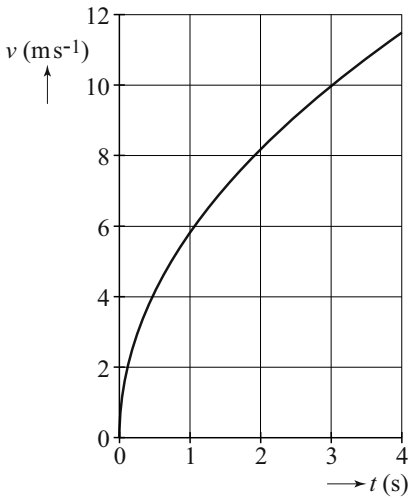
Hypothese 1 van Kimberley blijkt dus niet te kloppen.

Jenneke werkt hypothese 2 uit.
Zij maakt een model waarin het geleverde constante vermogen alleen gebruikt wordt voor toename van de kinetische energie.
Het (v,t)-diagram dat uit dit model volgt, is weergegeven in figuur 4.
De snelheid voldoet aan de formule:

$$v(t) = k\sqrt{t} \qquad (1)$$

Hierin is k een constante.

figuur 4

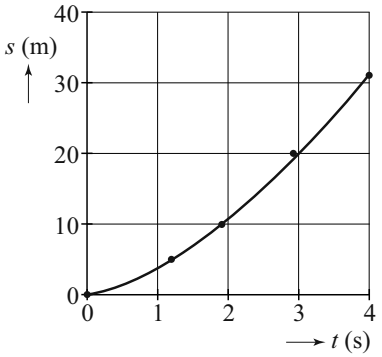


3p **4** Leid de formule af gebruikmakend van formules uit Binas.

Jenneke wil onderzoeken of hypothese 2 het verloop van de afgelegde afstand in de eerste 4 seconde juist beschrijft.
Daarvoor maakt ze in Excel een trendlijn door het begin van de (s,t)-grafiek van figuur 2. Zie figuur 5.
Ze krijgt dan een lijn door de meetpunten die voldoet aan de formule:

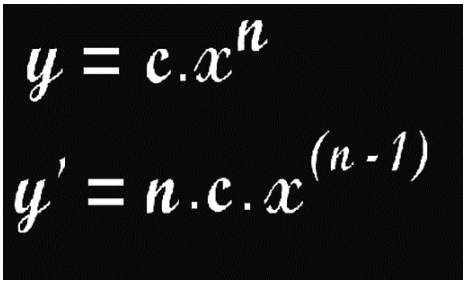
$$s = 3{,}9 \cdot t^{1{,}5} \qquad (2)$$

figuur 5



Haar leraar legt uit dat de snelheidsfunctie de afgeleide is van de plaatsfunctie en schrijft op hoe die afgeleide bepaald moet worden.
Zie figuur 6.

figuur 6



5p **5** Voer de volgende opdrachten uit om te controleren of hypothese 2 klopt:
- Bereken de waarde van k zodat formule (1) klopt met de snelheid op $t = 4{,}0$ s.
- Toon aan dat deze waarde van k overeenkomt met formule (2).
- Toon aan dat de exponent in formule (2) klopt.
- Bepaal of bereken de grootte van het constante vermogen van Carl Lewis in de eerste 4 seconde.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Stad van de Zon

De nieuwbouwwijk ‘Stad van de Zon’ in Heerhugowaard dankt zijn naam aan het grote aantal zonnepanelen dat geïnstalleerd is. Deze kunnen samen een piekvermogen van 3,75 MW leveren. In de wijk zijn 1600 huizen gebouwd.
Janine vraagt zich af hoeveel vierkante meter zonnepanelen voor dit vermogen nodig is. Ook vraagt zij zich af of de energie die door de zonnepanelen geleverd gaat worden genoeg zal zijn voor de hele wijk.

Van verschillende websites haalt ze de informatie die in het onderstaande kader staat.

- Het piekvermogen is het elektrisch vermogen dat zonnepanelen leveren bij ‘volle zon’ (maximale zonneschijn en loodrechte inval).
- In Nederland is de intensiteit van het zonlicht bij ‘volle zon’ 1000 $W\,m^{-2}$.
- Het gemiddelde vermogen van een zonnepaneel op jaarbasis is 10% van het piekvermogen.
- Het rendement van de gebruikte zonnepanelen is 13%.
- Een gemiddeld Nederlands huishouden gebruikt per jaar 3656 kWh aan elektrische energie.
- De spanning die de zonnepanelen leveren wordt omgezet naar een spanning van 230 V.

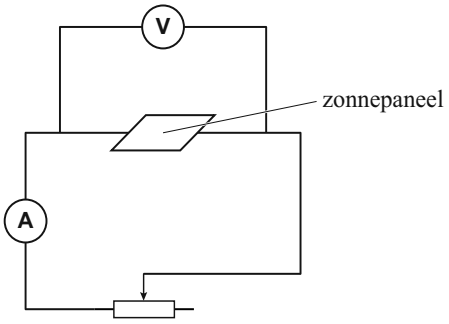
3p **6** Bereken de totale oppervlakte van de zonnepanelen in de ‘Stad van de Zon’.

4p **7** Laat met behulp van een berekening zien of de zonnepanelen op jaarbasis voldoende energie leveren voor de huizen in de wijk.

natuurkundeuitgelegd.nl

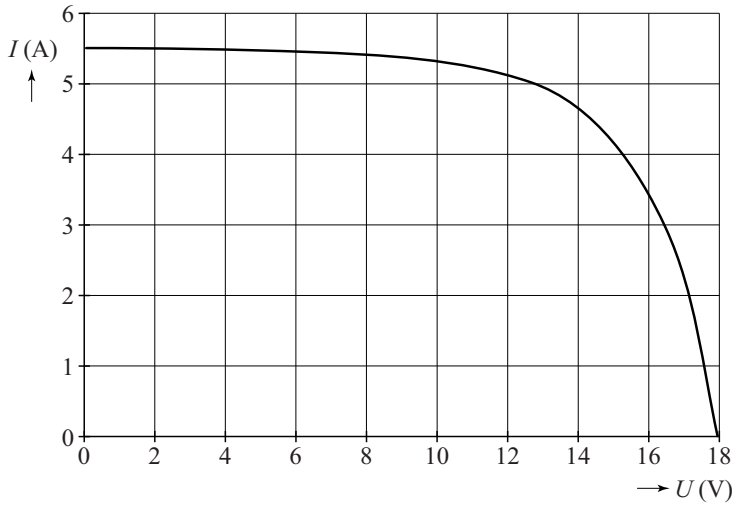
Janine ontwerpt een experiment om te onderzoeken hoe het elektrisch vermogen van een zonnepaneel afhangt van de weerstand die erop aangesloten wordt.
Ze bouwt een opstelling waar, bij een constante lichtintensiteit, een variabele testweerstand op een zonnepaneel aangesloten wordt.
Zie figuur 1.

figuur 1



Afhankelijk van de weerstand veranderen de stroomsterkte en de spanning die het paneel levert.
Van haar meetresultaten maakt ze het diagram van figuur 2.
Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 2



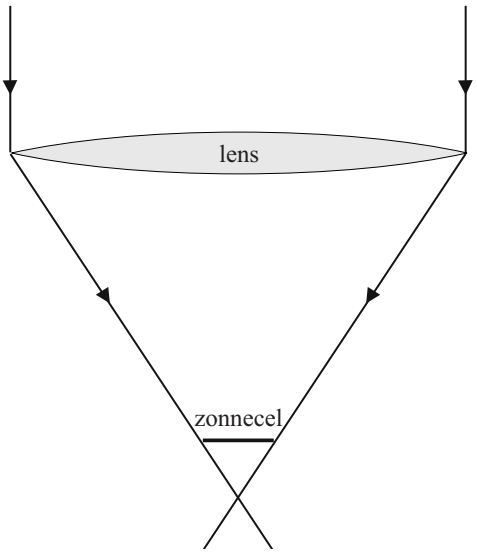
3p **8** Zet op de grafiek op de uitwerkbijlage duidelijk drie punten:
- Eén punt waar de aangesloten weerstand 0 is. Zet bij dit punt 0.
- Eén punt waar de aangesloten weerstand oneindig groot is. Zet bij dit punt ∞.
- Eén punt waar de aangesloten weerstand gelijk is aan $2{,}5\ \Omega$. Zet bij dit punt $2{,}5$. Geef een toelichting met een berekening of tekening.

4p **9** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de grootte van het vermogen bij de volgende spanningen: $U = 0,\ 2,\ 6,\ 10,\ 14,\ 16$ en 18 V.
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het (P,U)-diagram.
- Bepaal bij welke weerstand het vermogen maximaal is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Er wordt momenteel onderzoek gedaan naar kleinere zonnecellen met een hoog rendement. Daarbij wordt het zonlicht eerst geconcentreerd door het gebruik van een lens. Zie figuur 3.
Figuur 3 is niet op schaal.

figuur 3



Bij het concentreren van zonlicht speelt het begrip ‘concentratiefactor’ een rol. De concentratiefactor geeft aan hoeveel keer groter de intensiteit van het licht dat op de zonnecel valt is, in vergelijking met het licht dat op de lens valt.

De waarde van de concentratiefactor is gelijk aan de verhouding van de oppervlakte van de gebruikte lens en de oppervlakte van de gebruikte zonnecel.

Een bepaald type zonnecel is rond en heeft een diameter van $4{,}4$ cm.
Men wil een concentratiefactor van 25 bereiken.
De afstand tussen de lens en de zonnecel moet 36 cm bedragen.
Hiervoor zoekt men een geschikte lens.

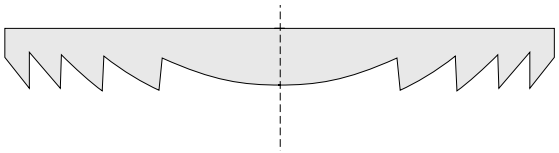
4p **10** Bereken:
- de diameter van de benodigde lens;
- de brandpuntsafstand van de benodigde lens.

Verwaarloos daarbij de dikte van de lens en van de zonnecel.

In plaats van de lens in figuur 3 kan ook een Fresnellens gebruikt worden. In figuur 4 is een doorsnede van zo’n lens getekend. Zo’n lens is platter, lichter en goedkoper terwijl hij dezelfde convergerende eigenschappen heeft.

Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage. Daar is ook het brandpunt van de lens en een invallende lichtstraal aangegeven.

figuur 4



5p **11** Bepaal met behulp van de figuur in de uitwerkbijlage de brekingsindex van het materiaal waarvan de lens gemaakt is.

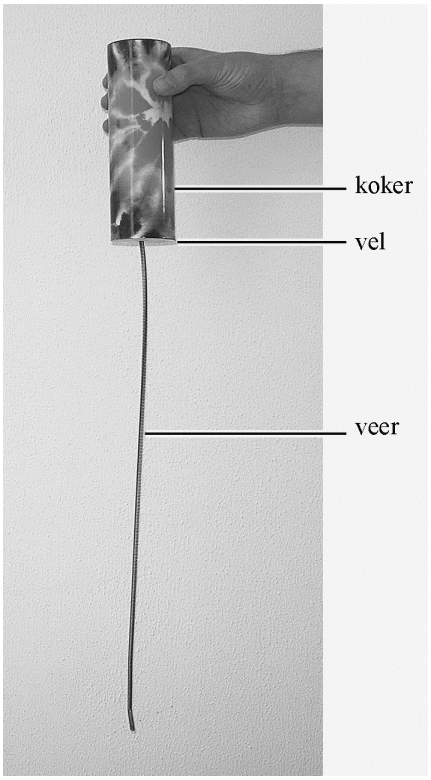
natuurkundeuitgelegd.nl

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Springdrum

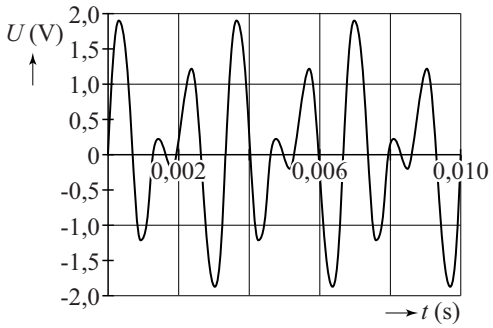
In figuur 1 zie je een ‘springdrum’.
Een springdrum is een muziekinstrument. Een springdrum bestaat uit drie delen: een holle koker, een vel en een lange spiraalveer. Door de koker met de hand te schudden geeft de springdrum geluid.

figuur 1



Sandra wil graag meer te weten komen over de werking van de springdrum. Ze start haar onderzoek door het geluid van het instrument vast te leggen met een microfoon en een computer. Dit levert het trillingsdiagram uit figuur 2 op.

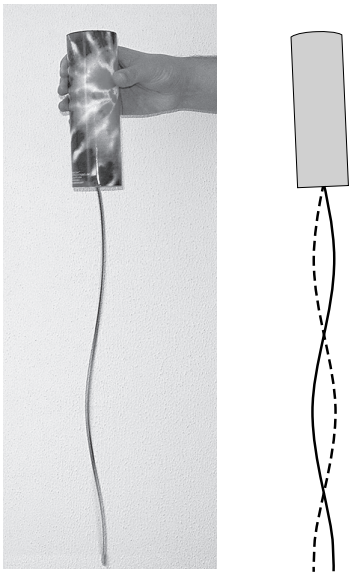
figuur 2



Uit deze figuur volgt dat de grondfrequentie van dit geluid $3{,}0 \cdot 10^{2}$ Hz is.

2p **12** Toon dat aan.

figuur 3



Sandra ziet dat tijdens het schudden van de springdrum een transversale staande golf ontstaat in de spiraalveer. Zie figuur 3. In de tekening rechts zijn de uiterste standen van de veer schematisch weergegeven. Sandra meet dat de snelheid van de transversale golf in de veer $2\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ bedraagt. Ze stelt de hypothese dat de trilfrequentie van de veer gelijk is aan de grondfrequentie van het geluid dat de springdrum voortbrengt.

3p **13** Maak met behulp van figuur 3 een schatting van de golflengte in de veer en toon daarmee aan dat de hypothese van Sandra onjuist is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Het blijkt dus dat de schudfrequentie (die de veer in trilling brengt) niet gelijk is aan de grondfrequentie van het geluid.

Dan bedenkt Sandra dat er tijdens het schudden van de koker ook een longitudinale golf in de veer ontstaat. Sandra denkt dat deze longitudinale golf het vel van de drum in trilling brengt.

1p **14** Geef een argument, waarom het logischer is dat een longitudinale golf in de veer het vel in trilling brengt dan een transversale golf.

In de veer ontstaan meerdere longitudinale golven overeenkomend met de grondtoon en een aantal boventonen. We gaan ervan uit dat bij het vlies een knoop zit. Eén van de boventonen in de veer komt overeen met de grondtoon van $300\ \mathrm{Hz}$ van de luchtkolom in de koker.

Voor de golfsnelheid v_L van een longitudinale golf in een veer geldt:

$$v_\mathrm{L} = \ell \cdot \sqrt{\frac{C}{m}}$$

Hierin is:
- ℓ de lengte van de veer (in m);
- C de veerconstante (in $\mathrm{N\,m^{-1}}$);
- m de massa van de veer (in kg).

De veer heeft een massa van $15\ \mathrm{g}$ en is $46\ \mathrm{cm}$ lang en heeft een veerconstante van $128\ \mathrm{N\,m^{-1}}$.

5p **15** Bereken met behulp van deze gegevens de hoeveelste boventoon van de longitudinale golf overeenkomt met de grondtoon van $300\ \mathrm{Hz}$ van de luchtkolom in de koker.
Bereken daartoe ook de golflengte van de longitudinale golf in de veer.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Op zoek naar Higgs

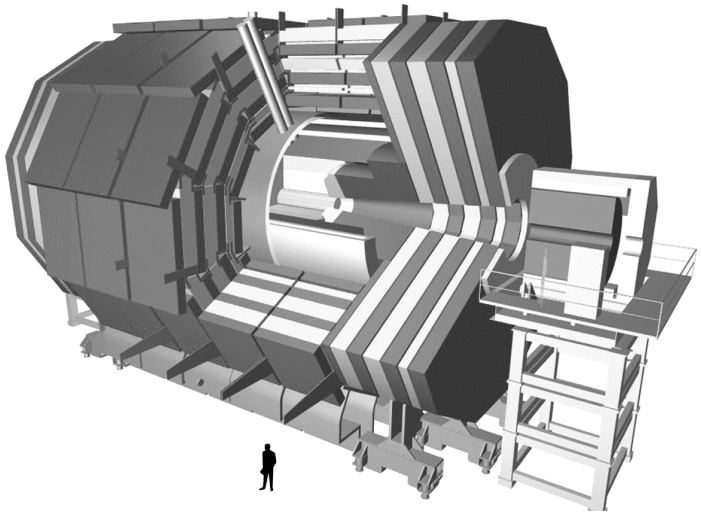
Lees het artikel.

Bij het onderzoekscentrum CERN in Geneve laten natuurkundigen in de LHC (Large Hadron Collider) protonen met een zeer hoge snelheid op elkaar botsen. Er ontstaan daarbij verschillende deeltjes. Op deze manier toont men het zogenaamde Higgs-deeltje aan. Het Higgs-deeltje is niet rechtstreeks te detecteren. Soms valt het Higgs-deeltje via een vervalreactie uiteen in twee muonen en twee antimuonen.

Een muon heeft dezelfde lading als een elektron, maar is veel zwaarder.

Een anti-muon is even zwaar als een muon, maar heeft een tegengestelde lading.

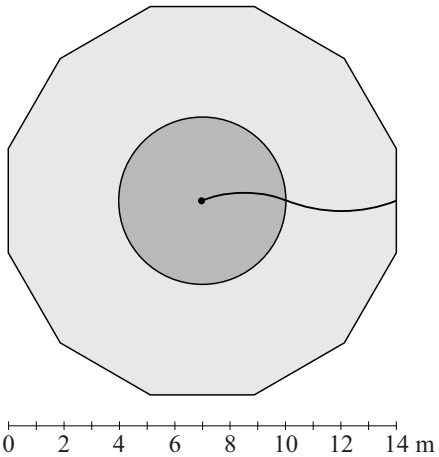
De (anti-)muonen worden waargenomen in de CMS-(Compact Muon Solenoïd) detector. Deze 14 meter hoge cilindervormige detector bestaat uit vele lagen waarin de banen van de deeltjes worden vastgelegd. Zie de figuur hiernaast. In het centrum van de detector vindt de botsing van de protonen plaats. Daar wordt door een grote supergeleidende spoel een magnetisch veld gemaakt.



Opengewerkte tekening van de CMS-detector.
Midden in de detector vinden de botsingen plaats.

In figuur 1 is de dwarsdoorsnede van de CMS-detector getekend. De cirkel stelt de spoel voor. Daarbinnen (aangegeven met donkergrijs) heerst een homogeen magnetisch veld van 4,2 T. Midden in deze cirkel vindt de botsing plaats. De veldlijnen in die cirkel staan loodrecht op het vlak van tekening en zijn het papier in gericht.
Ook buiten de spoel heerst een magnetisch veld (aangegeven met lichtgrijs). De baan van een wegschietend deeltje binnen en buiten de spoel is getekend. Figuur 1 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 1



3p **16** Leg uit of het deeltje een muon of een anti-muon is. Geef daartoe in de figuur op de uitwerkbijlage de richtingen van het magnetisch veld en van de lorentzkracht binnen de spoel aan.

natuurkundeuitgelegd.nl

In de figuur op de uitwerkbijlage zijn twee banen getekend van een ander wegschietend deeltje. Dit deeltje is het antideeltje van het deeltje uit vraag 16 en heeft dezelfde energie maar een tegenovergestelde beginrichting.

2p **17** Leg uit welke van de aangegeven banen de juiste is.

Voor een wegschietend deeltje geldt:

$$E = Bqcr$$

Hierin is:
- E de totale energie van het deeltje;
- B de sterkte van het magnetisch veld;
- q de lading van het deeltje;
- c de lichtsnelheid;
- r de straal van (het deel van) de cirkelbaan van het deeltje.

2p **18** Toon aan dat het deel van de formule links van het $=$teken dezelfde eenheid heeft als het deel rechts van het $=$teken.

In figuur 1 is te zien dat buiten de spoel de straal van de cirkelbaan die het deeltje beschrijft groter is dan binnen de spoel.
Twee onderzoekers noemen hiervoor een oorzaak.

Oorzaak I:
De deeltjes hebben buiten de spoel een kleinere snelheid omdat ze door botsingen met de materie van de detector zijn afgeremd.

Oorzaak II:
Het magnetisch veld buiten de spoel is kleiner dan het magnetisch veld binnen de spoel.

4p **19** Leg voor beide oorzaken uit of ze de grotere straal van de cirkelbaan kunnen verklaren.

Op basis van de energieën van de wegschietende deeltjes (twee muonen en twee anti-muonen) kan een schatting gemaakt worden van de maximale massa van het Higgs-deeltje. Ga ervan uit dat de gehele massa van het Higgs-deeltje omgezet wordt in de energie van de vier wegschietende deeltjes en dat de vier wegschietende deeltjes dezelfde energie hebben als het deeltje in figuur 1 (zie uitwerkbijlage).

4p **20** Maak hiermee een schatting van de massa van het Higgs-deeltje in kg.
Bepaal daartoe eerst in de figuur op de uitwerkbijlage de straal van de baan die het wegschietend deeltje binnen de spoel beschrijft.

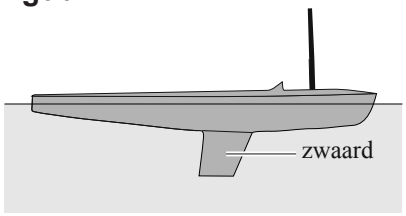
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Zeilen

Een zeilboot kan schuin tegen de wind in varen. In figuur 1 zie je Maarten, die met zijn zeilboot onder een hoek van $45°$ tegen de wind in vaart.
Deze zeilboot heeft een zwaard. Zie figuur 2. Het zwaard zorgt ervoor dat de boot niet in zijwaartse richting afdrijft.

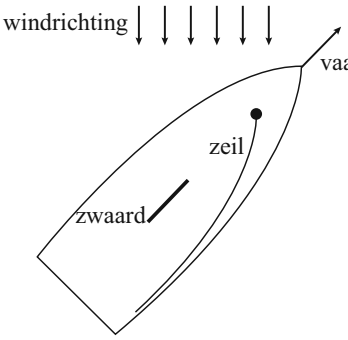
figuur 1

figuur 2

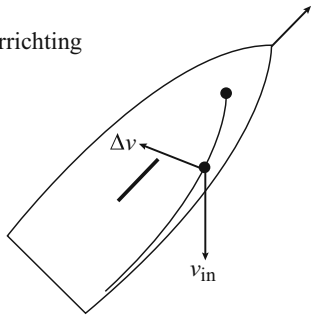


In figuur 3 zie je een bovenaanzicht van de zeilboot van figuur 1.
Door de stand van het zeil ondervindt de wind een snelheidsverandering. De wind bereikt het zeil met een snelheid $\vec{v}_{\text{in}}$ en verlaat het zeil met snelheid $\vec{v}_{\text{uit}}$. Er geldt: $\Delta\vec{v} = \vec{v}_{\text{uit}} - \vec{v}_{\text{in}}$.
In figuur 4 zijn $\vec{v}_{\text{in}}$ en de snelheidsverandering $\Delta\vec{v}$ getekend.

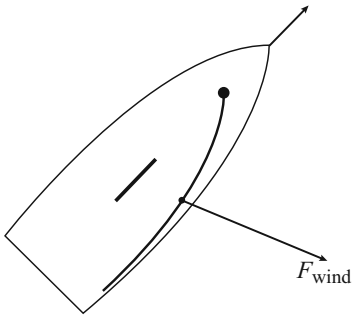
figuur 3



figuur 4



figuur 5



Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

2p **21** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage $\vec{v}_{\text{uit}}$.

Door de snelheidsverandering van de wind ontstaat er op het zeil een kracht $\vec{F}_{\text{wind}}$.
De richting van $\vec{F}_{\text{wind}}$ is tegengesteld aan de richting van $\Delta\vec{v}$.

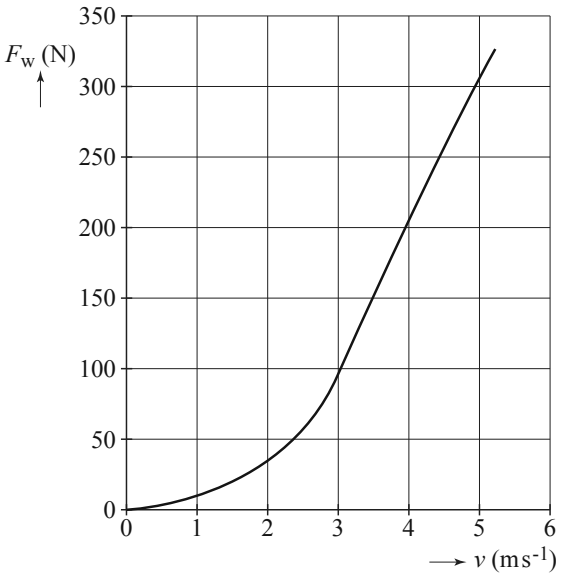
2p **22** Leg uit waarom.

natuurkundeuitgelegd.nl

De grootte van $\vec{F}_{\text{wind}}$ in figuur 5 is $450\ \text{N}$. Deze kracht kun je ontbinden in twee componenten. Eén component in de vaarrichting en één component loodrecht daarop. Het zwaard zorgt ervoor dat de boot niet zijwaarts beweegt. Figuur 5 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

Op de boot werkt een wrijvingskracht $\vec{F}_{\text{w}}$ die tegengesteld gericht is aan de vaarrichting van de boot.
In figuur 6 staat de grootte van deze wrijvingskracht $\vec{F}_{\text{w}}$ als functie van de snelheid van de boot.

figuur 6



3p **23** Bepaal de snelheid van de boot bij deze windkracht.
Bepaal daartoe eerst op de uitwerkbijlage de grootte van de component van $\vec{F}_{\text{wind}}$ in de vaarrichting.

Bij een andere windkracht en een andere vaarrichting ten opzichte van de wind blijft de boot niet meer rechtop varen, maar moet Maarten buiten boord hangen om niet om te slaan. Zie figuur 7.

figuur 7

In de figuur op de uitwerkbijlage is de situatie op schaal getekend. Vijf krachten zijn van belang. Deze liggen in het vlak van tekening en staan dus loodrecht op de bewegingsrichting. Drie van de krachten zijn getekend. Van de vierde kracht is de waarde gegeven.
De vijfde kracht is de opwaartse kracht. Deze grijpt aan in punt S.
Punt S kan als het draaipunt opgevat worden. Het moment van de opwaartse kracht is dus nul.
De breedte van de boot is in werkelijkheid $1{,}4\ \text{m}$.

4p **24** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef in de tabel op de uitwerkbijlage van elke kracht aan of die ten opzichte van S een moment heeft met de klok mee of tegen de klok in.
- Bepaal met de momentenwet de afstand van Maartens zwaartepunt tot de verticaal door S.

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl