Examen VWO

2015

tijdvak 1
maandag 18 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift zijn twee aanvullingen op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 75 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.

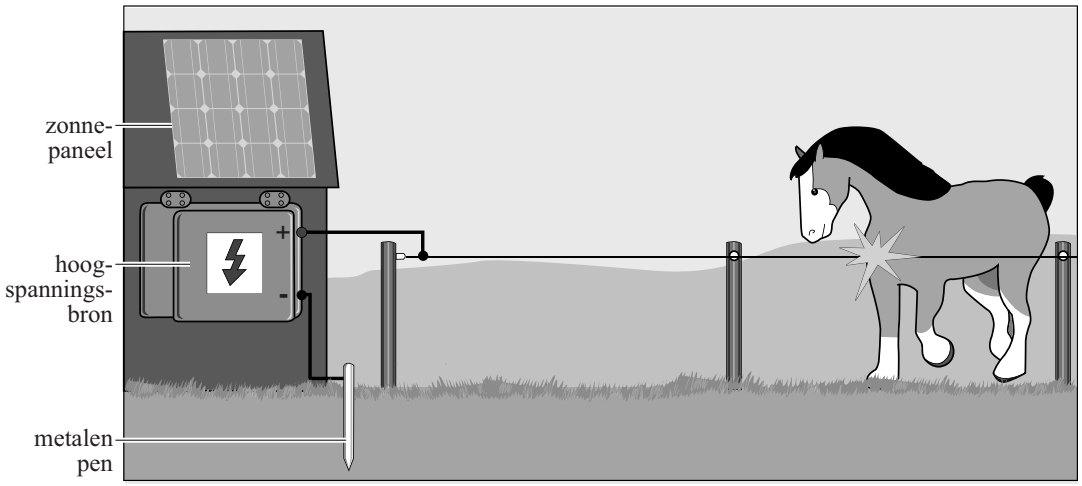
VW-1023-a-15-1-o

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 1 Schrikdraadinstallatie

Om weilanden af te rasteren wordt vaak schrikdraad gebruikt. In figuur 1 staat een schematische tekening van een schrikdraadinstallatie.

figuur 1



De hoogspanningsbron zet de schrikdraden met korte pulsen onder spanning. Als een dier de schrikdraad aanraakt, krijgt het een schok.

3p **1** Voer de volgende opdrachten uit:
- Noem de onderdelen van de stroomkring die dan ontstaat.
- Leg uit of de installatie energie verbruikt als de schrikdraad niet aangeraakt wordt.

In de hoogspanningsbron zit een accu die opgeladen wordt door een zonnepaneel. (De hoogspanningsbron bevat ook een elektronische schakeling die de spanning van de accu omvormt naar hoogspanning.)
Op een zonnige dag heeft het zonlicht een intensiteit van $0{,}95\ \text{kW m}^{-2}$.
Het zonnepaneel heeft een oppervlakte van $0{,}84\ \text{m}^2$ en een rendement van 13%.
Op de accu staat: $12\ \text{V}, 45\ \text{Ah}$. Dit houdt in dat de volledig opgeladen accu bij een spanning van $12\ \text{V}$ gedurende $1{,}0\ \text{uur}$ een stroom van $45\ \text{A}$ kan leveren, of gedurende $3{,}0\ \text{uur}$ een stroom van $15\ \text{A}$, enzovoorts.

3p **2** Bereken in hoeveel tijd een lege accu door het zonnepaneel volledig opgeladen kan worden.

Voor een bepaald soort schrikdraad wordt draad van roestvrij staal gebruikt met een lengte van $400\ \text{m}$ en een diameter van $3{,}2\ \text{mm}$.

3p **3** Bereken de weerstand van deze draad.

natuurkundeuitgelegd.nl

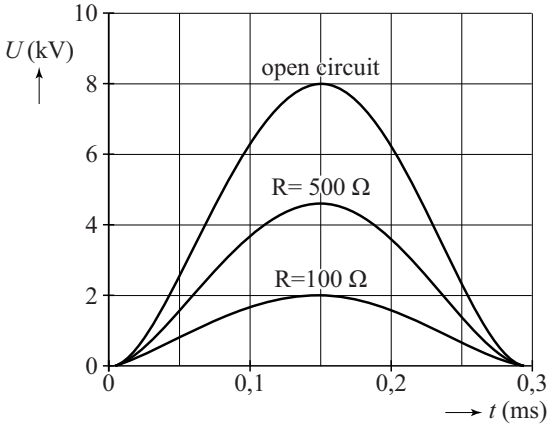
De Europese normen voor elektrische afrasteringen zijn vastgelegd in de zogenoemde EN-normen. De vier belangrijkste EN-normen voor een schrikdraadinstallatie zijn:

1 De onbelaste uitgangsspanning mag niet hoger zijn dan 10 kV.
2 De duur van één puls mag niet groter zijn dan 10 ms.
3 De maximale stroomsterkte mag niet meer zijn dan 15 A bij een belastingsweerstand van 100 Ω **en** van 500 Ω.
4 De energie in één puls mag niet meer bedragen dan 6 J.

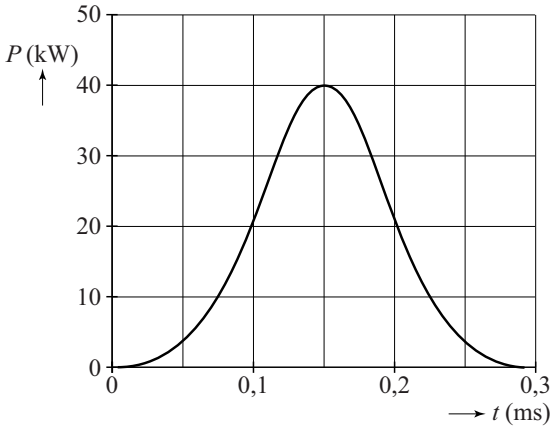
Een Amerikaanse fabrikant wil zijn schrikdraadinstallatie op de Europese markt brengen.
De spanningspulsen bij verschillende belastingsweerstanden van die installatie zijn te zien in figuur 2. Met die gegevens is de (P,t)-grafiek gemaakt die weergegeven is in figuur 3. De (P,t)-grafiek van figuur 3 geldt dus zowel voor de belastingsweerstand van 100 Ω als voor de belastingsweerstand van 500 Ω.

De figuren 2 en 3 staan vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 2



figuur 3



3p **4** Toon aan met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage dat de maximale waarde van de (P,t)-grafiek van figuur 3 juist is voor de belastingsweerstanden van 100 Ω **en** van 500 Ω.

5p **5** Laat met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage voor elke van de vier EN-normen zien of deze schrikdraadinstallatie eraan voldoet.

natuurkundeuitgelegd.nl

Ga verder op de volgende pagina.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Een sprong bij volleybal

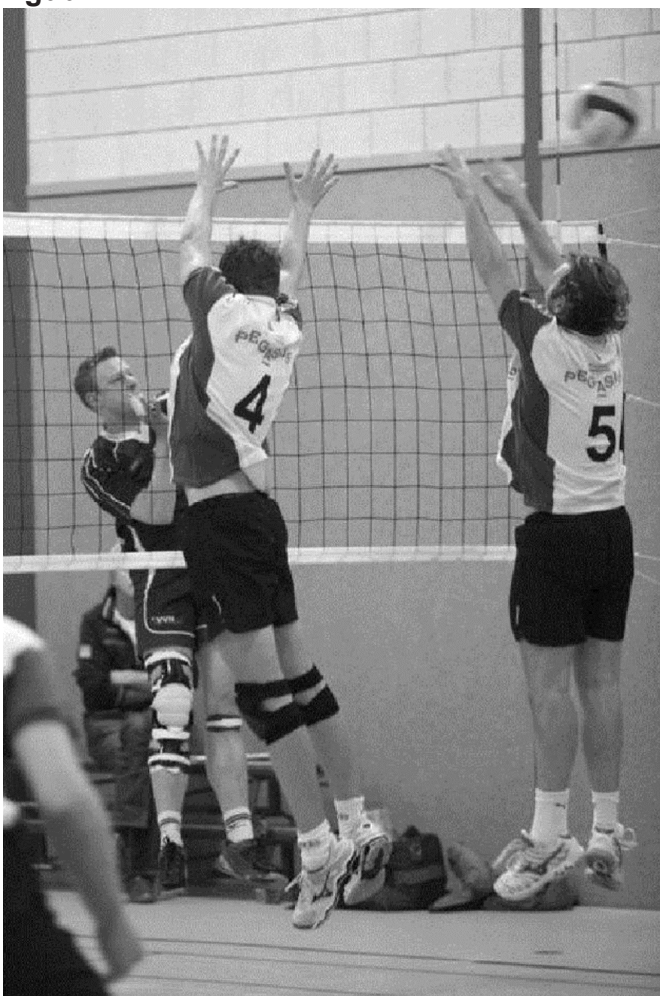
Bij volleybal springt een speler vaak uit stand recht omhoog. Zie figuur 1.

De verticale snelheid van het zwaartepunt van een volleyballer tijdens de afzet en de daaropvolgende beweging los van de grond is weergegeven in figuur 2.

Tijdens de sprong zijn de 'afzetkracht' en de zwaartekracht van belang. De afzetkracht is de kracht van de grond op de volleyballer tijdens de afzet.

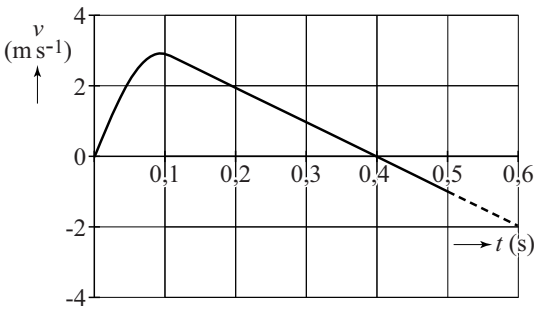
We verwaarlozen in deze opgave de luchtweerstand. De volleyballer heeft een massa van 75 kg.
Figuur 2 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 1



4p **6** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale afzetkracht op de volleyballer.

figuur 2



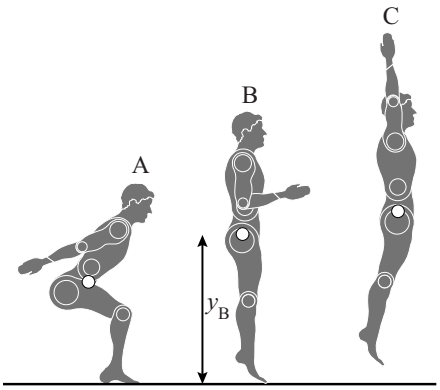
3p **7** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage het hoogteverschil van het zwaartepunt van de volleyballer tussen het begin van de afzet en het hoogste punt.

natuurkundeuitgelegd.nl

Bij de studie bewegingswetenschappen wordt zo'n verticale sprong bestudeerd. Daarbij wordt een computermodel gebruikt van een **andere** sprong dan de sprong van figuur 2.

Een sprong bestaat uit een afzet en een beweging los van de grond. Drie momenten van een sprong staan in figuur 3 weergegeven.
Figuur 3 is niet op schaal

figuur 3



- In positie A is de springer maximaal door zijn knieën gezakt. Dit noemen we het begin van de sprong.
- In positie B komt de springer los van de grond.
- In positie C bevindt de springer zich in het hoogste punt.

Het afzetten wordt vergeleken met het ontspannen van een gespannen veer. Daarbij geldt voor de grootte van de afzetkracht:
$F_{\text{afzet}} = Cu = C(y_B - y)$.

Hierin is:
- C de veerconstante,
- u de uitwijking vanaf de evenwichtsstand,
- y de hoogte van het zwaartepunt boven de grond,
- y_B de hoogte van het zwaartepunt op het moment dat de springer loskomt van de grond.

Het computermodel is op twee manieren weergegeven in de figuren 4a en 4b. Je kunt één van de twee manieren kiezen. In elk model zijn drie regels opengelaten.

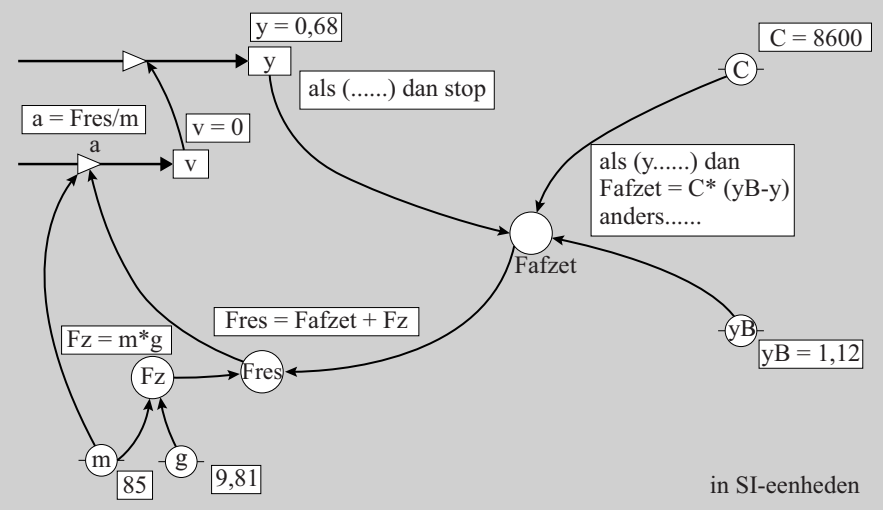
figuur 4a

model	startwaarden (in SI-eenheden)

Fz =-m * g
als (y.....) dan
  Fafzet = C * (yB - y)
anders
  .....
eindals
Fres = Fafzet + Fz
a = Fres / m
v = v + a * dt
y = y + v * dt
t = t + dt
als (.....) dan stop
eindals
	t = 0
	dt = 0,001
	
	y = 0,68
	v = 0
	m = 85
	g = 9,81
	C = 8600
	yB = 1,12

natuurkundeuitgelegd.nl

figuur 4b



Het model moet aan de volgende eisen voldoen:
- De afzetkracht wordt voor alle waarden van y correct beschreven.
- Op het hoogste punt (positie C in figuur 3) stopt het model.

Figuur 4a en figuur 4b staan ook op de uitwerkbijlage.

3p **8** Vul in de figuur op de uitwerkbijlage het model zo aan dat aan bovenstaande eisen wordt voldaan. (Kies één van de twee manieren.)

Een wetenschapper wil het model uitbreiden om ook de energieën van een springer tijdens zijn sprong te beschrijven. Hierbij wordt de beschikbare energie tijdens de afzet, afzetenergie E_{afzet}, vergeleken met de energie in een gespannen veer.

2p **9** Welke formule voor de afzetenergie E_{afzet} moet de wetenschapper hiervoor aan het model toevoegen? Gebruik hiervoor de grootheden uit het model.

Op de uitwerkbijlage staat een diagram met de resultaten van het uitgebreide model van de afzetenergie tegen de tijd weergegeven.

2p **10** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage op welk tijdstip het vermogen van de springer maximaal is.

Op de uitwerkbijlage staan in een diagram de zwaarte-energie en de afzetenergie van de springer weergegeven.

4p **11** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal in de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de kinetische energie op $t = 0{,}18$ s.
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het verloop van de kinetische energie tegen de tijd.

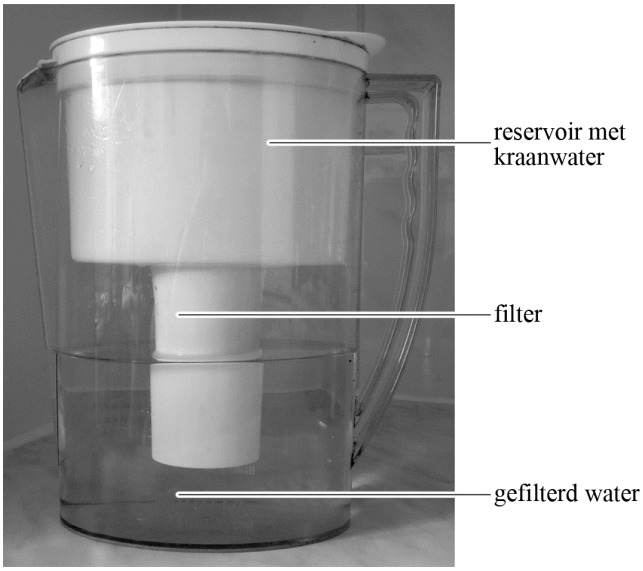
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Waterkan

Anne heeft een speciale waterkan.
Zie figuur 1 en 2. De waterkan kan aan de bovenzijde gevuld worden met kraanwater.
Het kraanwater stroomt dan door een filter met actieve kool en wordt op deze manier gefilterd.
Het valt Anne op dat het filter onder water groter lijkt dan boven water. Zie ook figuur 3.

figuur 1

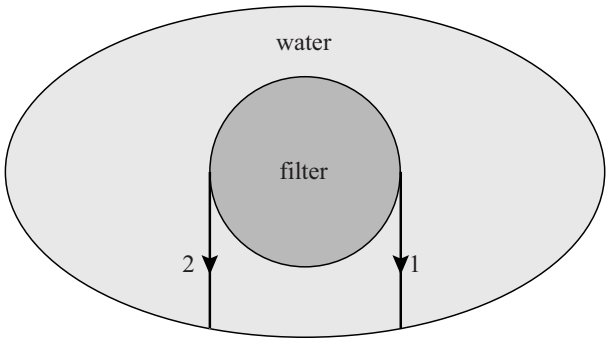
figuur 2



figuur 3

In figuur 4 is een dwarsdoorsnede van het onderste gedeelte van de waterkan met het filter getekend, met daarin twee lichtstralen vanaf het filter.
Figuur 4 is vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.
Het verdere verloop van lichtstraal 1 is daar getekend. De dikte van de glazen wand van de waterkan mag worden verwaarloosd.

figuur 4



4p **12** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de brekingsindex van water.

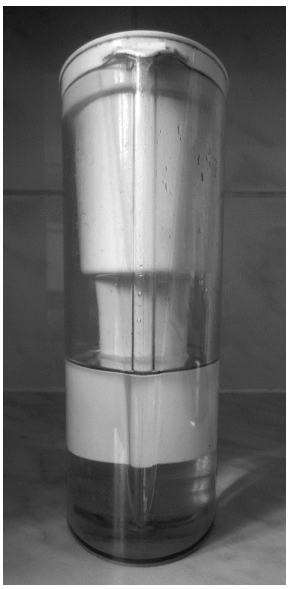
natuurkundeuitgelegd.nl

Lichtstraal 1 komt vanaf een punt op het filter. Uit dit punt komen meerdere lichtstralen. In de figuur op de uitwerkbijlage zijn het punt (punt P) en twee van de lichtstralen getekend. Deze lichtstralen lijken na breking uit een ander punt (punt Q) te komen.

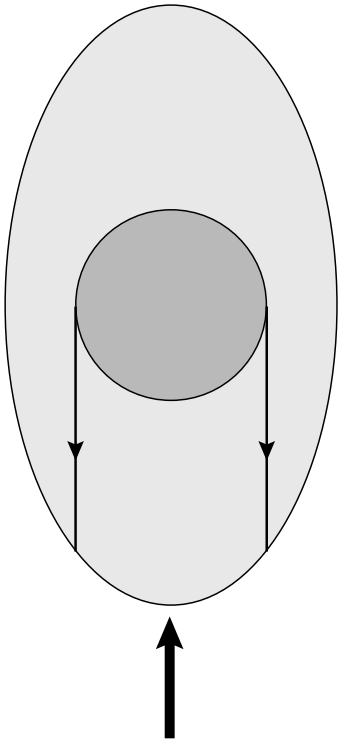
3p **13** Voer de volgende opdrachten uit:
- Construeer de ligging van punt Q.
- Verklaar waarom het filter onder water breder lijkt dan boven water.
- Leg uit of er in deze situatie sprake is van een reëel of een virtueel beeld.

De waterkan kan ook vanaf de voorkant bekeken worden. Zie figuur 5. In figuur 6 is de kijkrichting aangegeven met de dikke pijl.

figuur 5



figuur 6



In figuur 6 zijn twee lichtstralen getekend die vanaf de zijkanten van het filter komen.
Het valt op dat het filter in deze kijkrichting nog breder lijkt dan in de kijkrichting van figuur 2 en 3. Anne en Peter geven hiervoor ieder een verklaring:
- Anne zegt dat dit komt doordat in deze kijkrichting de kan meer gebogen is.
- Peter zegt dat dit komt door totale reflectie bij de overgang tussen water en lucht.

4p **14** Leg voor elk van beide verklaringen uit of die juist of onjuist is.

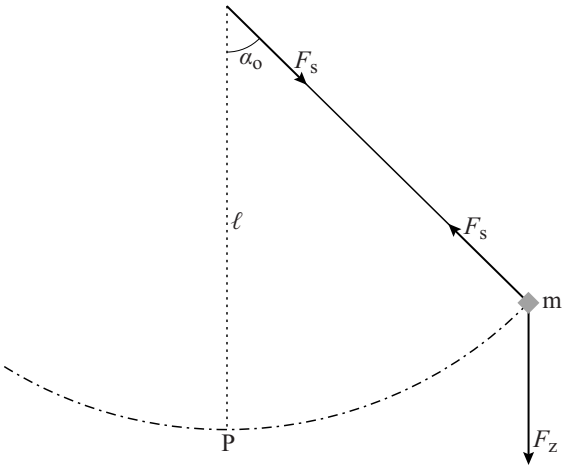
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Spankracht in een slingerkoord

Sanne onderzoekt met een krachtsensor de spankracht F_s in het koord van een slinger. Op $t = 0$ s laat zij het blokje los bij een beginhoek α_0.

Zie figuur 1. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 1

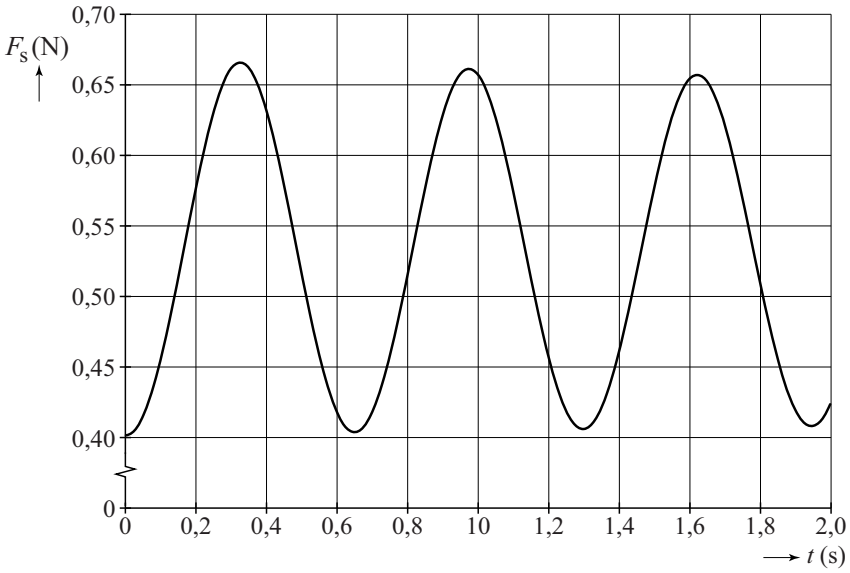


Voor de opstelling geldt:
- slingerlengte $\ell = 40$ cm
- massa $m = 50$ g.

De massa van het koord wordt verwaarloosd.

De resultaten van de metingen in het onderzoek van Sanne staan in figuur 2.

figuur 2



Sanne constateert dat de frequentie van spankracht F_s tweemaal zo groot is als de slingerfrequentie.

4p **15** Voer de volgende opdrachten uit:
- Laat dat zien, met onder andere een berekening.
- Geef de reden hiervoor.

natuurkundeuitgelegd.nl

Sanne gebruikt de waarde van F_s bij $t = 0$ s in figuur 2 om de beginhoek α_0 te bepalen.

3p **16** Bepaal met deze methode de waarde van α_0.

In het laagste punt P van de beweging geldt voor de grootte van de spankracht:

$$F_{s,P} = mg + \frac{mv_P^2}{\ell}$$

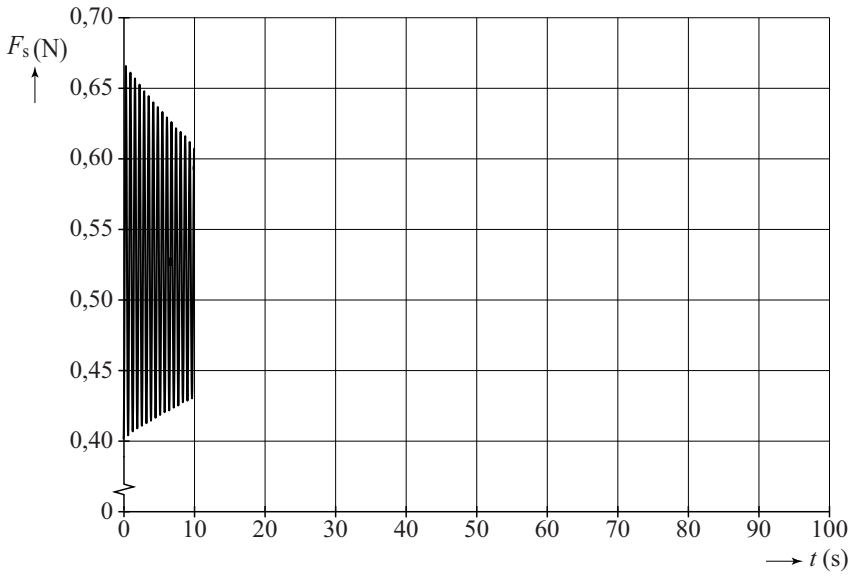
Hierin is v_P de snelheid in punt P.

2p **17** Leid deze formule af.

2p **18** Bepaal met behulp van figuur 2 de grootte van v_P.

In figuur 3 is het resultaat van de metingen tot $t = 10$ s weergegeven.

figuur 3



Na 100 s hangt de massa stil.

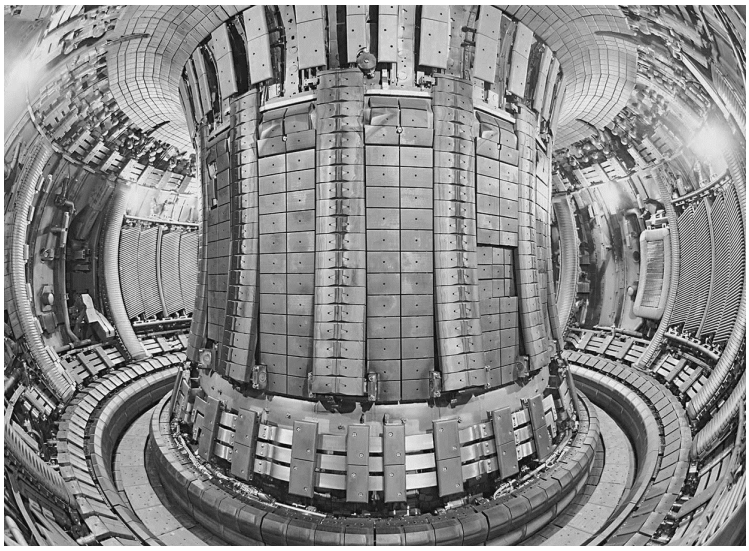
2p **19** Hoe groot is dan de waarde van de spankracht? Licht je antwoord toe.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Tokamak

Lees onderstaand artikel.

Een Tokamak is een kernfusiereactor waarin met behulp van een magnetisch veld een plasma kan worden opgesloten. Zo'n plasma bestaat uit atoomkernen en vrije elektronen.
In een Tokamak wordt kernfusie bestudeerd, met als uiteindelijk doel een economisch rendabele energiebron te krijgen.



Kernfusie kan alleen optreden als het plasma heet genoeg is, de dichtheid hoog genoeg is en de opsluittijd lang genoeg is.
Het woord Tokamak is afkomstig uit het Russisch: **то**роидальная **ка**мера с **ма**гнитными **к**атушками, hetgeen betekent: torusvormige ruimte met magnetische spoelen.

In het plasma vindt kernfusie plaats. Hierbij ontstaan een heliumkern en een neutron uit de fusie van een deuteriumkern $\left({}_{1}^{2}\mathrm{H}\right)$ en een tritiumkern $\left({}_{1}^{3}\mathrm{H}\right)$.

3p **20** Bereken de hoeveelheid energie die bij deze reactie vrijkomt.

Deuterium komt voor in zeewater. De oceanen bevatten voldoende deuterium om de totale wereldbevolking miljarden jaren van energie te voorzien bij de huidige energiebehoefte.
Tritium komt nauwelijks voor in de natuur. Tritium wordt verkregen door lithium-6-kernen te beschieten met neutronen. Bij deze reactie komt naast één tritiumkern nog één ander deeltje vrij.

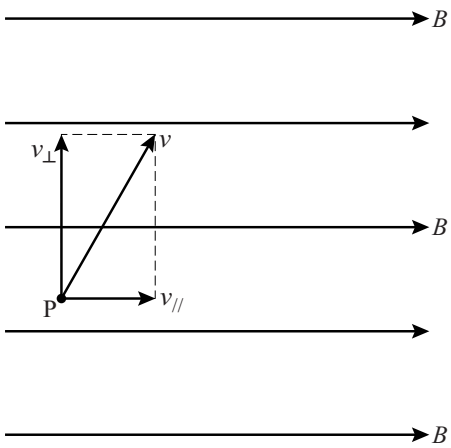
3p **21** Geef de kernreactievergelijking voor de productie van tritium uit lithium-6.

Het plasma moet een temperatuur hebben van een paar honderd miljoen Kelvin om de kernen zo dicht bij elkaar te laten komen, dat ze kunnen fuseren. Geen enkel materiaal is bestand tegen deze hoge temperatuur. Om die reden mag het plasma de reactorwand niet raken en gebruikt men zogenoemde 'magnetische opsluiting'.

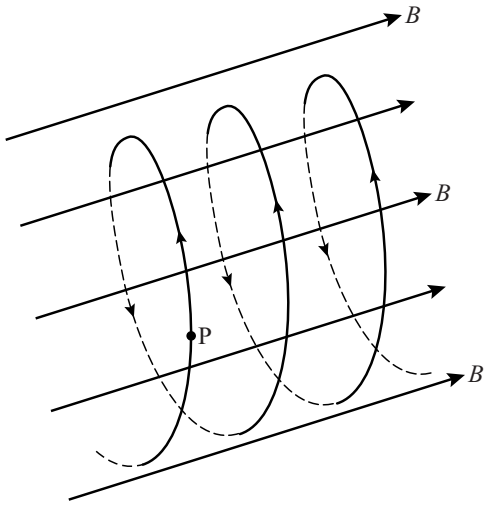
natuurkundeuitgelegd.nl

Om magnetische opsluiting van geladen deeltjes te beschrijven, bekijken we een geladen deeltje dat in een magnetisch veld beweegt. Het geladen deeltje komt het magnetisch veld schuin binnen met snelheid v.
Zie figuur 1.
De snelheidsvector is te ontbinden in een component evenwijdig aan de magnetische veldlijnen en een component loodrecht op de magnetische veldlijnen. In figuur 1 is dit schematisch weergegeven voor punt P.
Het deeltje gaat in een spiraalvorm bewegen, zoals in figuur 2 is weergegeven.

figuur 1
'2-dimensionaal'



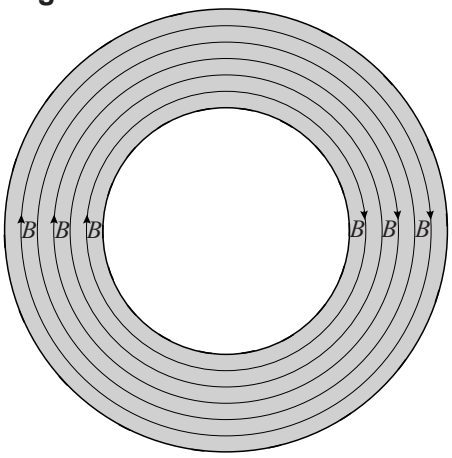
figuur 2
'3-dimensionaal'



4p **22** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit dat het deeltje in een spiraalvorm gaat bewegen.
- Leg uit of het deeltje positief of negatief geladen is.

In een Tokamak is het magnetisch veld toroïdaal. Dat wil zeggen dat de veldlijnen de vorm van een ring (een torus) hebben.
Dit is schematisch in bovenaanzicht weergegeven in figuur 3.
We bekijken een deuteriumkern die binnen in zo'n magnetisch veld een spiraalvormige beweging maakt.
De component van de snelheid loodrecht op het veld $v_{\perp}$ heeft een waarde van $5{,}1 \cdot 10^{6}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ en de straal van de spiraalbaan bedraagt $0{,}20\ \mathrm{m}$.

figuur 3



4p **23** Bereken de sterkte van het magneetveld.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

natuurkundeuitgelegd.nl

Er ontsnapt veel energie uit de torus. Enerzijds is dat gewenst, want deze energie wordt omgezet in thermische energie. Dit is de energie die de centrale levert. Anderzijds is dat ongewenst, want er is een hoge temperatuur nodig om het fusieproces op gang te houden. Daarom moet er bij de bestaande kleinere Tokamaks energie van buiten toegevoerd worden.

In Zuid-Frankrijk is de nieuwe Tokamak-ITER in aanbouw, die veel groter is dan de bestaande Tokamaks. Alle afstanden in de Tokamak-ITER zijn een factor k groter dan bij een bestaande Tokamak. Hierdoor worden ook het volume en de buitenoppervlakte van het plasma groter.
De energieproductie is evenredig met het volume van het plasma. Het energieverlies is evenredig met de buitenoppervlakte van het plasma.

Bij de Tokamak-ITER hoeft geen energie van buitenaf te worden toegevoerd om het fusieproces op gang te houden.

2p **24** Leg uit hoe het komt dat een grotere factor k dit tot gevolg heeft.

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