

# Voorbeeldexamen VWO

# 2016

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 28 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 80 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.

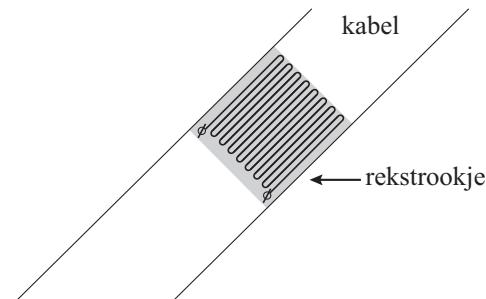
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.

Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

## Opgave 1 Rekstrookje

Om te controleren of een brug niet te zwaar belast wordt, maakt men gebruik van sensoren. In zo'n sensor zit een zogenoemd 'rekstrookje', dat op een kabel van de brug is geplakt. In het rekstrookje is een lange, dunne constantaandraad verwerkt. Zie figuur 1.

figuur 1



Deze draad heeft een weerstand van  $350 \Omega$  en een diameter van  $40 \mu\text{m}$ .

- 3p 1 Bereken de lengte van de constantaandraad.

Als er veel verkeer op de brug is, rekt de kabel een beetje uit. Het rekstrookje rekt relatief evenveel uit. Bij de uitrekking verandert de weerstand van het rekstrookje. Door de weerstandsverandering te meten, weet men of de kabel te veel uitrekt.

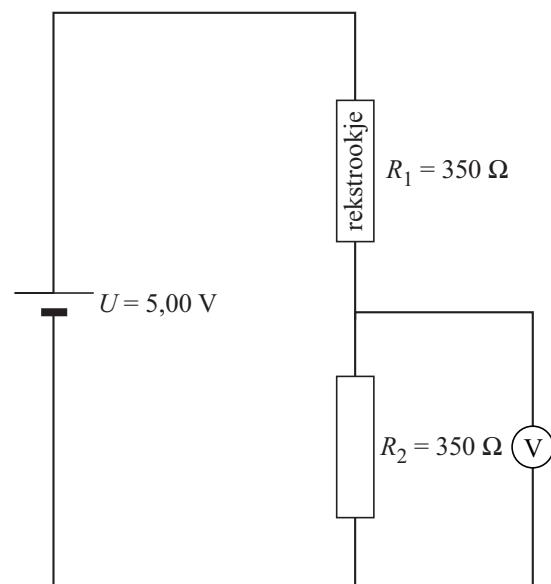
Als het rekstrookje uitrekt, wordt de weerstand van de constantaandraad groter.

- 2p 2 Geef twee redenen hiervoor.

De weerstandsverandering van het rekstrookje kan bepaald worden met de schakeling van figuur 2. Als de weerstand van het rekstrookje  $1,0 \Omega$  groter wordt, verandert de spanning die de spanningsmeter aangeeft minder dan een half procent.

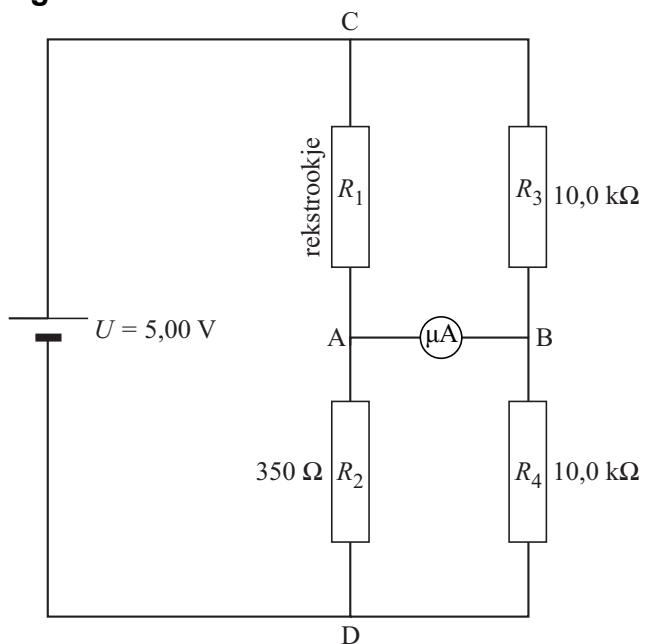
- 3p 3 Toon dat aan.

figuur 2



Om de weerstandsverandering nauwkeuriger te meten, wordt de schakeling van figuur 3 gebruikt.

**figuur 3**



Als het rekstrookje niet is uitgerekt en een weerstand heeft van  $350 \Omega$ , geeft de microampèremeter  $0,000 \mu\text{A}$  aan.

Als het rekstrookje uittrekt en de weerstand dus groter wordt, gaat er een stroom lopen door de microampèremeter.

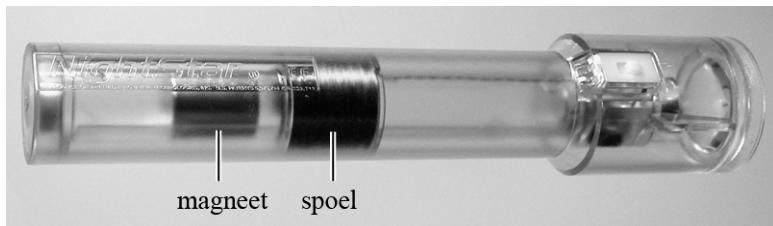
Dit is te verklaren met behulp van de wetten van Kirchhoff.

- 5p 4 Leg uit, gebruik makend van de wetten van Kirchhoff, in welke richting de stroom dan loopt: Van A naar B of van B naar A.

## Opgave 2 Schudlamp

Een schudlamp is een lamp die licht kan geven nadat je hem heen en weer geschud. Zie figuur 1.

**figuur 1**



In het handvat zit een vaste spoel. Bij het schudden gaat een magneet door deze spoel heen en weer. Hierdoor wordt in de spoel een inductiespanning opgewekt.

- 2p 5 Leg uit dat er zowel een positieve als een negatieve spanning ontstaat als de magneet één keer door de spoel gaat.

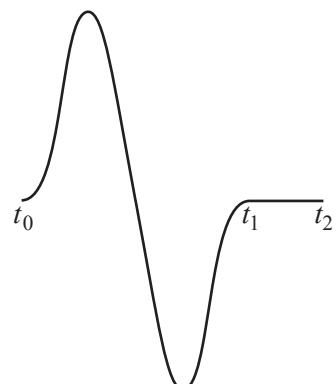
In figuur 2 is het verloop van de inductiespanning getekend. Tussen de tijdstippen  $t_0$  en  $t_1$  bewoog de magneet van links naar rechts door de spoel. Vanaf het tijdstip  $t_2$  bewoog de magneet twee keer zo langzaam terug van rechts naar links. Figuur 2 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

- 3p 6 Schets in de figuur op de uitwerkbijlage het verloop van de inductiespanning vanaf het tijdstip  $t_2$ .

Een ontwerper overweegt een spoel met meer windingen te gebruiken.

- 2p 7 Leg uit wat er dan verandert aan figuur 2.

**figuur 2**



## Opgave 3 Buckeye Bullet

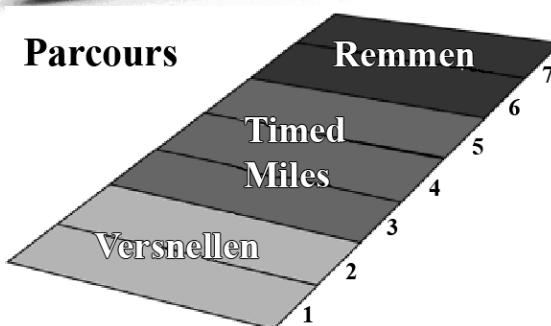
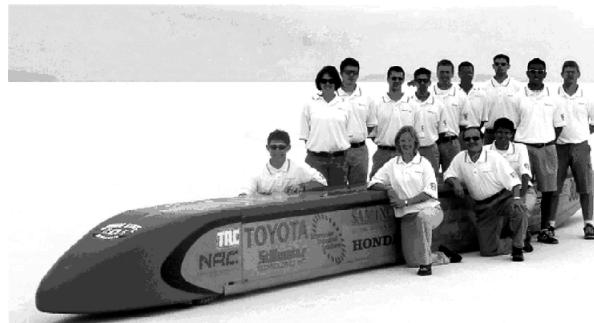
Lees het volgende artikel.

De ‘Buckeye Bullet’ is met bijna 500 km/h houder van het snelheidsrecord voor elektrische auto’s. De wagen is gebouwd door studenten van de universiteit van Ohio (USA) en heeft een massa van 1740 kg.

De recordrace werd gereden op een zoutvlakte in de staat Utah.

Daar is een speciaal parcours uitgezet om snelheidsrecords te vestigen. Dit parcours is 7 mijl lang. Het eerste stuk (Versnellen) is om op te trekken. Op het tweede stuk (Timed Miles) wordt gemeten en het laatste stuk (Remmen) is om af te remmen.

1 mijl komt overeen met 1609,344 meter.

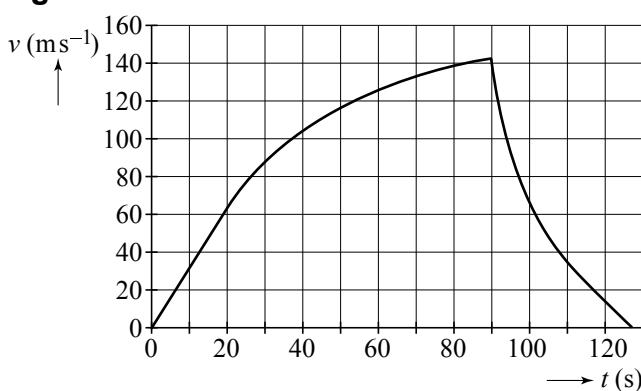


Het verloop van de recordrace is vastgelegd. Figuur 1 toont het  $(v, t)$ -diagram.

Op de zoutvlakte hebben de banden minder grip dan op een gewone weg. Bij te fel optrekken kunnen de wielen daarom slippen en mislukt de recordpoging.

Voor auto’s als de Buckeye Bullet geldt op de zoutvlakte de vuistregel: ‘De voortstuwend kracht die de motoren via de wielen op de zoutvlakte kunnen uitoefenen, is maximaal  $\frac{1}{3}$  van het gewicht van de auto.’

**figuur 1**



Figuur 1 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

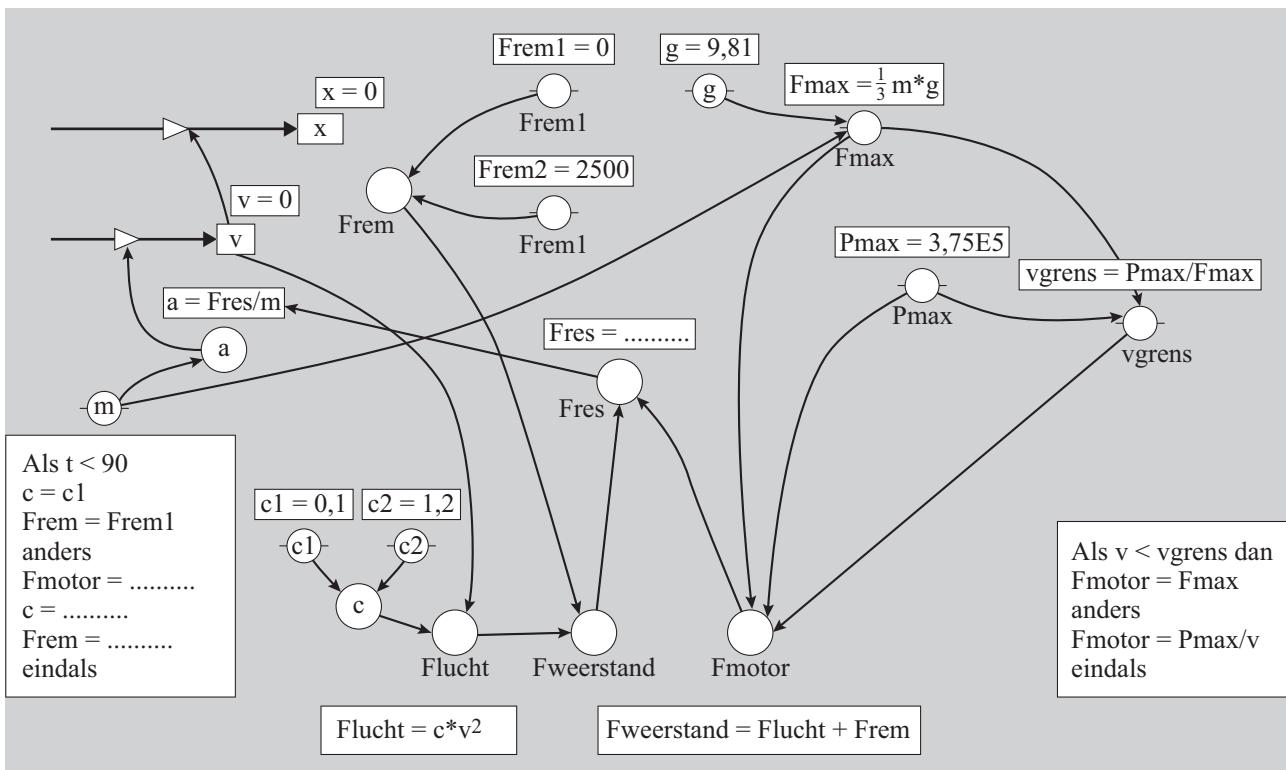
- 4p 8 Ga met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage na of de vuistregel bij deze recordpoging geldt.

Voor het remmen maakt de Buckeye Bullet gebruik van een remparachute die opengaat op  $t = 90$  s.

Van het verloop van de recordrace is een model gemaakt.

Van het model zie je de tekstversie en de grafische versie. Voor het beantwoorden van vraag 9, 10 en 11 kun je kiezen welke versie je gebruikt.

modelregels	startwaarden in SI-eenheden
'motorkracht: als $v < v_{grens}$ dan $F_{motor} = F_{max}$ anders $F_{motor} = P_{max}/v$ eindelijk	$m = 1740$ $g = 9,81$ $c_1 = 0,1$ $F_{rem1} = 0$ $c_2 = 1,2$ $F_{rem2} = 2500$ $P_{max} = 3,75 \cdot 10^5$ $v_{grens} = P_{max}/F_{max}$ $F_{max} = (m \cdot g)/3$
'tijdens de race als $t < 90$ dan $c = c_1$ $F_{rem} = F_{rem1}$	$t = 0$ $dt = 0,01$ $x = 0$ $v = 0$
'tijdens het remmen anders $F_{motor} = \dots$ $c = \dots$ $F_{rem} = \dots$ eindelijk	
$Flucht = c \cdot v^2$ $F_{weerstand} = Flucht + Frem$ $F_{res} = \dots$ $a = F_{res}/m$ $x = x + v \cdot dt$ $v = v + a \cdot dt$ $t = t + dt$ als $v < 0$ dan stop eindelijk	



In het eerste blokje van de tekstversie / rechtsonder in de grafische versie staan modelregels over de grootte van motorkracht.

3p **9** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de waarde van  $v_{grens}$ ;
- Leg uit wat de betekenis is van de modelregel:

als  $v < v_{grens}$  dan  $F_{motor} = F_{max}$  anders  $F_{motor} = P_{max}/v$

In het tweede blokje modelregels van de tekstversie / linksonder in de grafische versie wordt eerst de situatie berekend tijdens het versnellen en daarna, na  $t = 90$  s, tijdens het remmen. Drie modelregels tijdens het remmen zijn niet compleet.

3p **10** Vul deze drie modelregels aan.

De modelregel over de resultante kracht is niet compleet.

1p **11** Vul deze modelregel aan.

In de figuur op de uitwerkbijlage staat het verloop van de motorkracht tegen de tijd nogmaals weergegeven. Ook staat daarin het verloop van de luchtweerstandskracht  $F_{lucht}$  weergegeven.

De rolweerstand van de auto mag verwaarloosd worden.

4p **12** Bepaal welk percentage van het motorvermogen op  $t = 50$  s gebruikt wordt voor het doen toenemen van de kinetische energie van de auto.

Op het laatste deel van het parcours brengt de bestuurder de Buckeye Bullet tot stilstand. Het remmen begint op  $t = 90$  s.

3p **13** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de remweg van de Buckeye Bullet.

## Opgave 4 Maanrobotjes

Sinds astronaut Jack Schmidt in 1972 de maan verliet, zijn er geen mensen meer op de maan geweest. De Nederlandse Nobelprijswinnaar Gerard 't Hooft denkt dat dit op korte termijn ook niet meer zal gebeuren. In zijn boek 'Playing with planets' beschrijft hij een plan om de maan te koloniseren met behulp van minirobotjes. Zie figuur 1. Zo'n maanrobotje is voorzien van een camera en kan via internet bestuurd worden. Iedereen kan zo zelf via internet de maan verkennen.

figuur 1



Een moeilijkheid bij het besturen op afstand is de tijd tussen het geven van een commando en het waarnemen van het resultaat hiervan op het beeldscherm. Dit komt niet alleen door trage internetverbindingen, maar ook door de tijd  $\Delta t$  die verstrijkt tussen het zenden en ontvangen van signalen naar en van de maan.

- 3p 14 Bereken  $\Delta t$  en noem een concrete moeilijkheid die kan ontstaan bij het besturen op afstand. Verwaarloos de tijd die maanrobotjes nodig hebben om signalen te verwerken.

Om commando's over te brengen, gebruikt men radiocommunicatie. Hiertoe zendt men vanaf de aarde een draaggolf van 2,11 GHz uit (uplink), waarvan de frequentie na ontvangst in een maanrobotje met een factor  $\frac{240}{221}$  wordt vermenigvuldigd en teruggezonden (downlink).

Even later wordt het downlink-signaal op aarde ontvangen, terugvermenigvuldigd en met het oorspronkelijke signaal vergeleken.

De commando's worden gegeven door de draaggolf met een bandbreedte van 40 MHz te moduleren. Het vermenigvuldigen met de factor  $\frac{240}{221}$  zorgt ervoor dat de uplink- en downlink-signalen in gescheiden kanalen zitten.

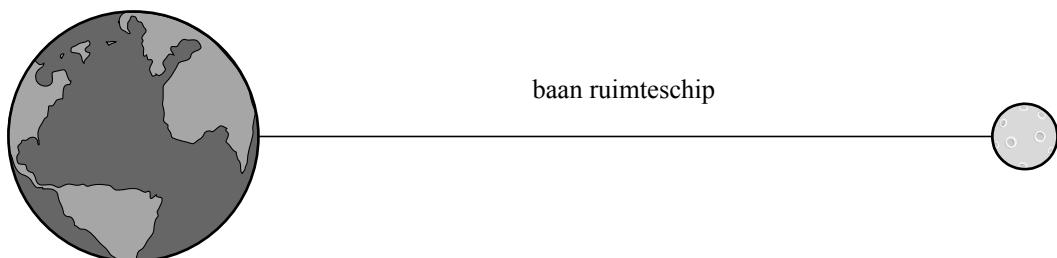
- 3p 15 Toon dat met een berekening aan.

Zonder kanaalscheiding treedt er storing op tussen de uplink- en downlink-signalen.

- 2p 16 Leg uit door welk natuurkundig verschijnsel deze storing veroorzaakt wordt en wat daarvan het gevolg is.

Een ruimtevaartorganisatie als de NASA of de ESA zou een ruimteschip naar de maan kunnen sturen om de maanrobotjes af te leveren. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van een methode waarbij een ruimteschip rechtstreeks van de aarde naar de maan vliegt. Zie figuur 2.

**figuur 2**



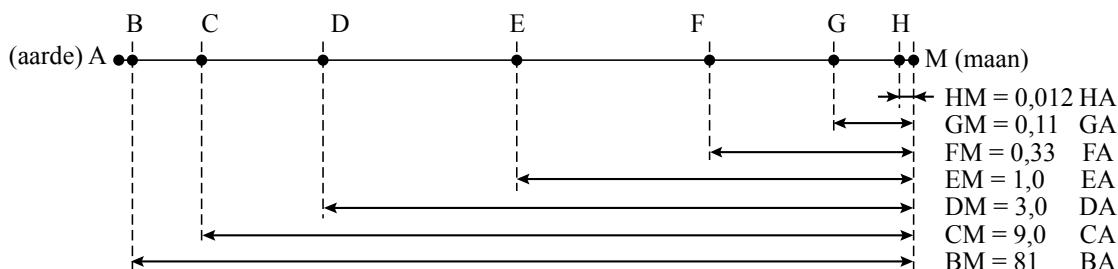
Voor de lancering van zo'n ruimteschip wordt gebruik gemaakt van een stuwraket. Nadat de stuwraket op een hoogte van 300 km boven het aardoppervlak wordt afgeworpen, moet het ruimteschip voldoende snelheid hebben om de maan te bereiken. De massa van het ruimteschip inclusief de maanrobotjes is  $4,0 \cdot 10^3$  kg.

- 4p 17 Bereken de hoeveelheid kinetische energie die het ruimteschip op een hoogte van 300 km moet hebben om de maan te bereiken.  
Verwaarloos de gravitatiekracht van de maan op het ruimteschip.

In werkelijkheid is de gravitatiekracht van de maan op het ruimteschip niet te verwaarlozen. Op de reis zal het ruimteschip een punt passeren waar de gravitatiekracht van de aarde even groot is als de gravitatiekracht van de maan.

In figuur 3 staan zeven plaatsen (B tot en met H) waar dit punt zich mogelijk bevindt. De afstanden in deze figuur zijn op schaal. Voor ieder punt is aangegeven hoe de afstand van het punt tot het midden van de maan zich verhoudt tot de afstand van het punt tot het midden van de aarde.

**figuur 3**



- 1p 18 Waarom kunnen de plaatsen B tot en met E zeker niet juist zijn?  
3p 19 Geef aan welke van de plaatsen F, G of H de juiste is. Licht je antwoord toe met een berekening.

De maanrobotjes maken voor hun energievoorziening gebruik van zonnepanelen. Bij de keuze van het materiaal van deze zonnepanelen moet rekening worden gehouden met de golflengtes van het opvallende zonlicht.

De opbrengst van de zonnepanelen zal het hoogst zijn wanneer deze geoptimaliseerd worden voor de golflengte waarbij de zon de meeste energie uitzendt.

- 2p **20** Bereken die golflengte.

In de straling van de zon komen niet alle golflengten voor. In tabel 20 van BINAS zijn donkere lijnen in het zonnespectrum te zien. Een aantal van deze lijnen wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van waterstof in de buitenste laag van de zon.

- 4p **21** Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef de golflengte van één van de donkere lijnen in het zichtbare gebied van het zonnespectrum die worden veroorzaakt door de aanwezigheid van waterstof.
- Leg uit waarom je deze lijn gekozen hebt.
- Bepaal met behulp van Binas de fotonenergie die hoort bij de gekozen lijn. Geef je antwoord in joule.

## Opgave 5 Inktwisser

Met een inktwisser kun je lichtblauwe vulpeninkt onzichtbaar maken.

Zie figuur 1.

In figuur 2 zie je tweemaal het molecuul van de blauwe kleurstof in de inkt. In het ene geval zit de positieve lading rechtsboven, in het tweede geval linksboven.

Door het molecuul kan één elektron namelijk vrij van links naar rechts bewegen. Het molecuul kan daarom opgevat worden als een energieput met lengte  $L$ .

De overgang van de grondtoestand van dit elektron naar de eerste aangeslagen toestand komt overeen met de energie van een foton uit het geel-groene deel van het spectrum met een golflengte van 550 nm. Het molecuul absorbeert deze fotonen. De rest van het licht wordt weerkaatst, dat zie je als lichtblauw.

- 4p 22 Bereken uit de geabsorbeerde golflengte de lengte  $L$  van de energieput.

De inktwisser zorgt voor de reactie die je in figuur 3 ziet. In het molecuul dat ontstaat kunnen de elektronen niet meer langs het centrale koolstofatoom bewegen (door de aanwezigheid van de  $\text{SO}_3\text{H}$ -groep).

Hierdoor is de lengte van de energieput gehalveerd. Het energieverlies tussen de grondtoestand en de eerste aangeslagen toestand wordt daardoor 4 keer zo groot.

- 2p 23 Leg dat uit.

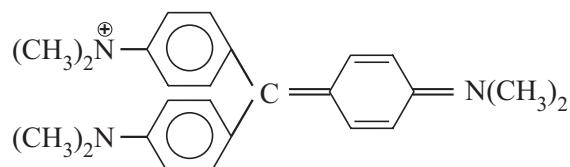
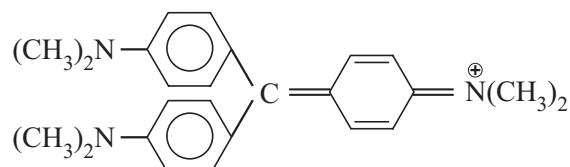
Het nieuwe molecuul is kleurloos.

- 3p 24 Leg dit uit met behulp van een berekening en tabel 19 van Binas.

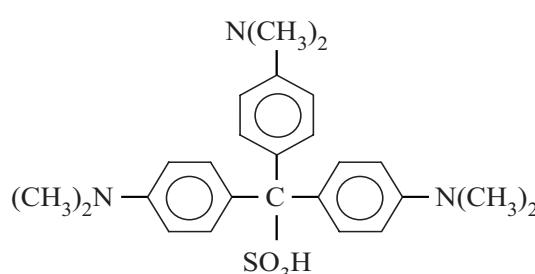
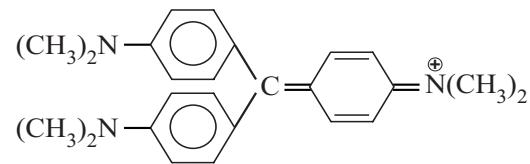
figuur 1



figuur 2



figuur 3



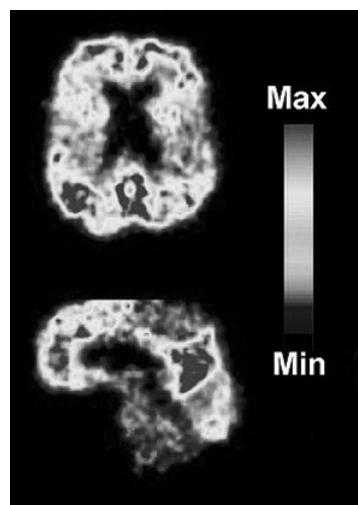
## Opgave 6 PET-scan

Bij onderzoek naar de ziekte van Alzheimer wordt de PET-scan gebruikt. Daarbij spuit men bij de patiënt een speciale stof in die het C-11-isotoop bevat. Deze stof bindt het C-11-isotoop aan plaatsen in de hersenen waar de oorzaak van de ziekte van Alzheimer zit. Figuur 1 toont een voorbeeld van zo'n PET-scan.

Het C-11-isotoop verkrijgt men door versnelde protonen op N-14 te schieten.

- 2p 25 Geef de kernreactievergelijking van de productie van het C-11-isotoop uit N-14.

figuur 1

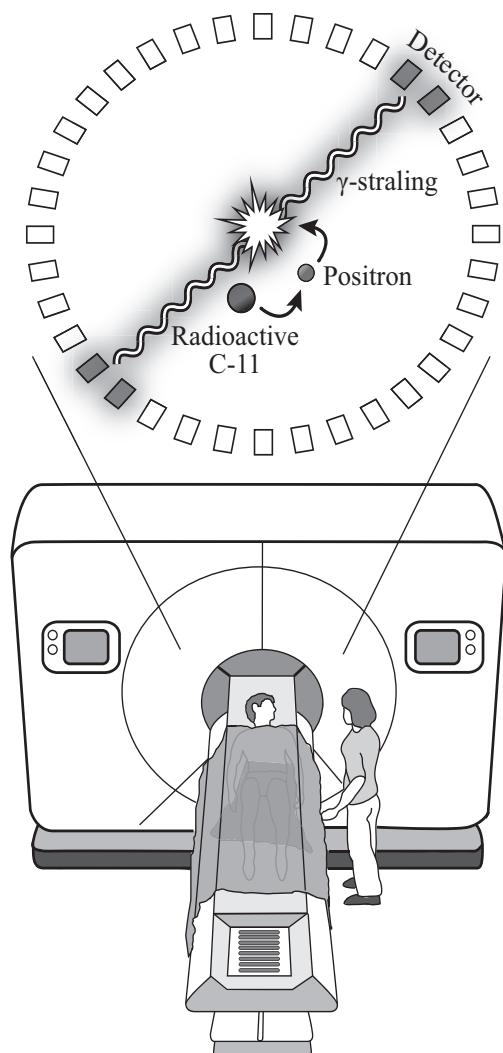


Het C-11-isotoop vervalt onder uitzending van een positron. Het positron dat ontstaat remt in het hersenweefsel af tot (bijna) stilstand, en annihileert dan met een elektron. Daarbij worden twee gamma-fotonen met dezelfde frequentie in tegengestelde richting uitgezonden. Zie figuur 2.

Als twee gamma-fotonen binnen een tijdsduur  $\Delta t$  de ringvormige detector bereiken, neemt men aan dat ze afkomstig zijn van dezelfde annihilatie. Een computer verwerkt de gegevens tot een plaatje zoals in figuur 1.

- 3p 26 Bereken de orde van grootte van de tijdsduur  $\Delta t$ . Maak daarbij gebruik van een schatting en neem aan dat de fotonen overal bewegen met de lichtsnelheid in vacuüm.

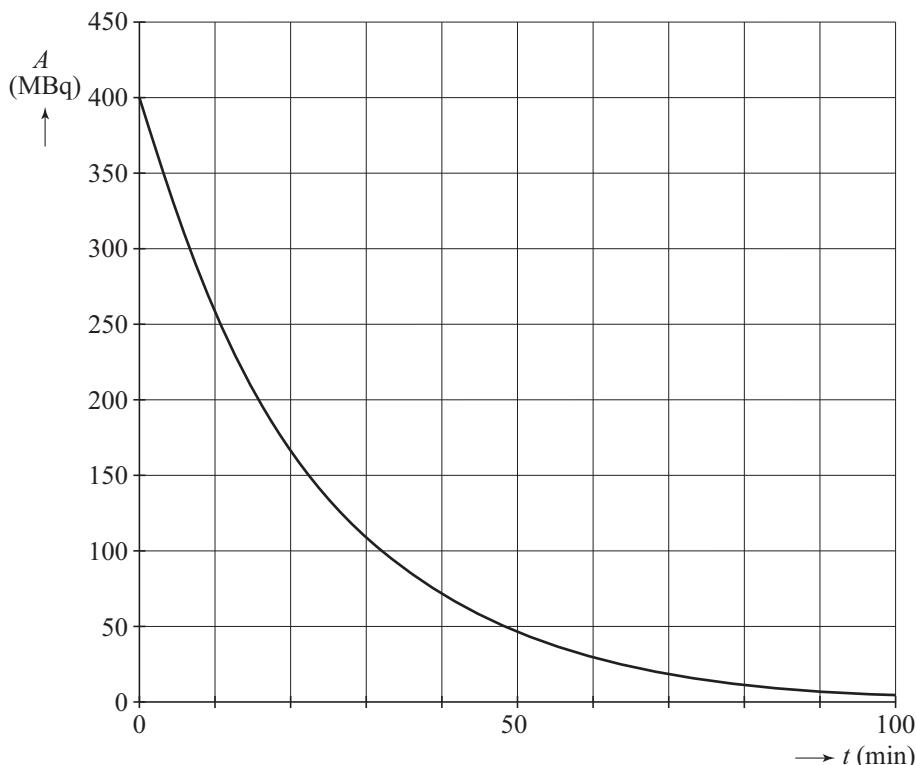
figuur 2



De stralingsbelasting bij een PET-scan voor de patiënt is het gevolg van het afremmen van de positronen. De stralingsbelasting ten gevolge van de gammastraling is te verwaarlozen.

In figuur 3 staat de grootte van de activiteit van de ingespoten stof in de hersenen uit tegen de tijd.

**figuur 3**



De massa van de hersenen is 1,5 kg. De gemiddelde energie die een positron door het afremmen aan het hersenweefsel afgeeft, bedraagt 0,4 MeV.

- 4p 27 Bepaal de stralingsdosis die de hersenen ontvangen.

Voor het vaststellen van de ziekte van Alzheimer zijn een röntgenfoto of echografie niet geschikt.

- 2p 28 Geef hiervoor, voor beide genoemde technieken, een reden. Gebruik de informatie in Binas tabel 29.