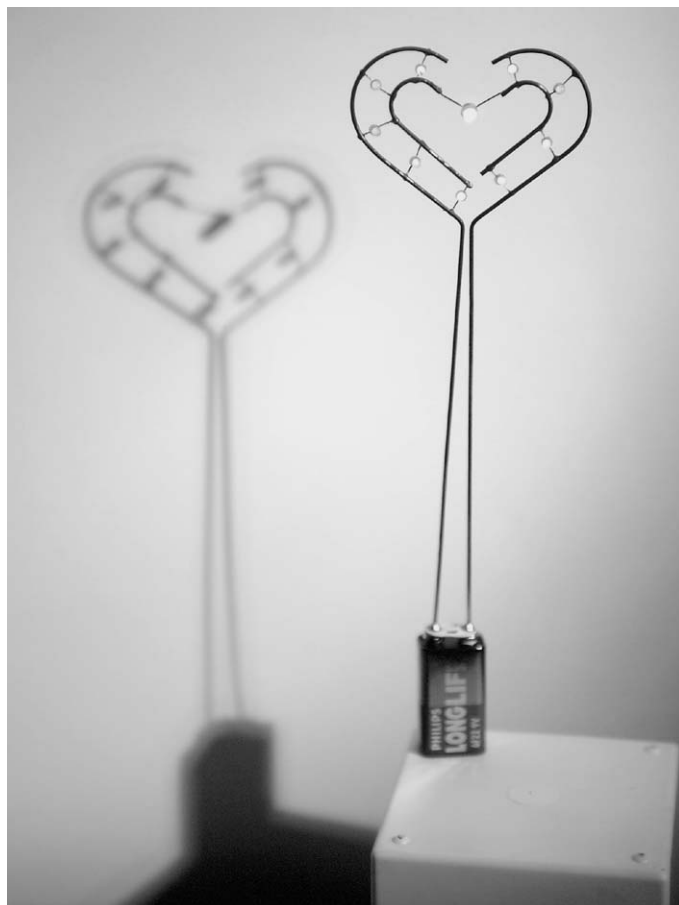


## Opgave 1 Valentijnshart

Met een Valentijnshart kun je een geheime geliefde verrassen. Het hart bestaat uit een frame van metaaldraad met tien lichtjes. Het hart kan worden vastgedrukt op een batterij, die behalve als spanningsbron ook als voetstuk dient.

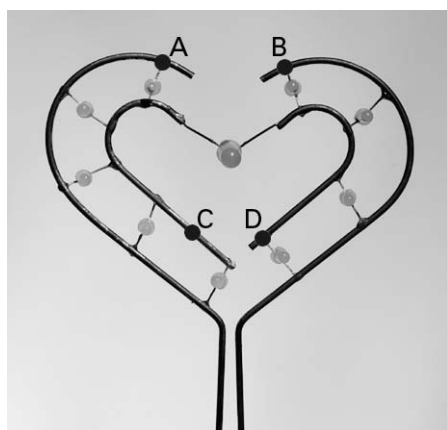
Figuur 1 is een foto van het Valentijnshart.

figuur 1

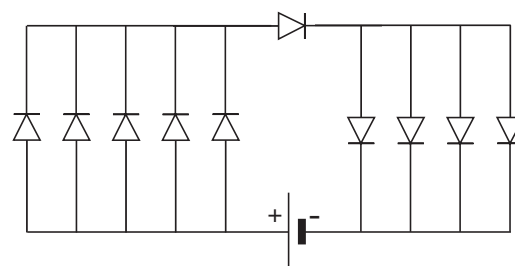


De foto van figuur 2 toont de tien lichtjes van het Valentijnshart. De lichtjes zijn LED's. Een LED is een halfgeleiderdiode die licht uitzendt als er een elektrische stroom door loopt. In figuur 3 is schematisch weergegeven hoe de LED's zijn geschakeld. In de foto van figuur 2 zijn vier punten van het frame aangegeven met de letters A, B, C en D. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 2



figuur 3



- 3p 1 □ Geef in de figuur op de uitwerkbijlage met de letters A, B, C en D aan welke punten overeenstemmen met de punten A, B, C en D op de foto van figuur 2.

# Complex natuurkunde 1-2 vwo 2004-I

havovwo.nl

---

De LED in het midden van het hart is groter dan de andere negen. Deze negen LED's zijn identiek.

Met behulp van een spanningsmeter en een stroommeter kan het elektrisch vermogen worden bepaald dat de grote LED opneemt wanneer hij licht uitzendt. Het frame van het Valentijnshart kan worden losgekoppeld van de batterij. Zie de figuur op de uitwerkbijlage.

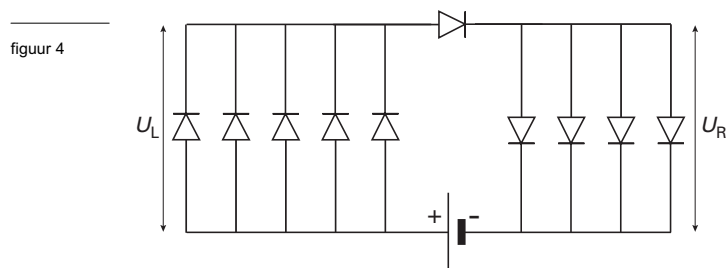
- 3p 2  Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de verbindingsdraden die nodig zijn om het vermogen van de grote LED te kunnen bepalen.

De spanning over de grote LED is 5,0 V. De batterij levert een spanning van 9,0 V.

De spanning over de vijf LED's aan de linkerkant noemen we  $U_L$ .

De spanning over de vier LED's aan de rechterkant noemen we  $U_R$ .

Zie figuur 4.



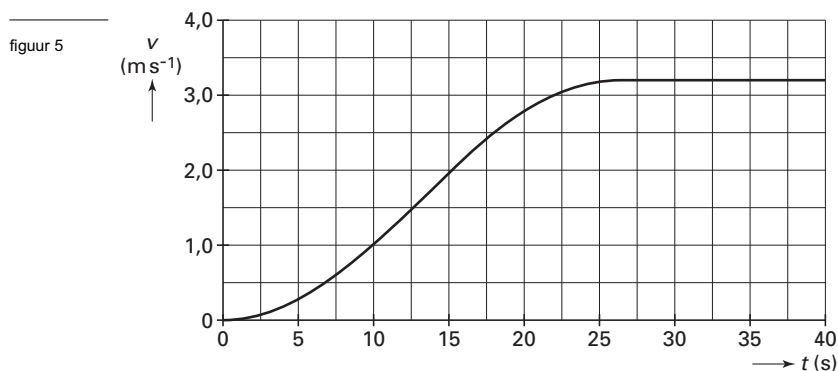
- 4p 3  Leg aan de hand van figuur 4 uit dat  $U_L$  kleiner is dan 2,0 V.

## Opgave 2 Bergtrein

Enkele onderdelen van deze opgave kun je beantwoorden met behulp van de grafische mogelijkheden van je rekenmachine. Als je dit doet, moet je noteren welke stappen je genomen hebt.

De antwoorden kunnen ook zonder grafische rekenmachine worden gevonden.

In een bergachtig gebied kunnen toeristen met een bergtrein naar een mooi uitzichtpunt reizen. De trein wordt aangedreven door een elektromotor en begint aan een rit naar boven. In figuur 5 is het  $(v,t)$ -diagram van de eerste 40 seconden weergegeven.



De gegevens in dit kader hoef je alleen te gebruiken als je met de grafische rekenmachine werkt.

De grafiek voldoet aan het volgende functievoorschrift:

$$\text{voor } 0 \leq t \leq 26 \text{ s : } v(t) = 1,6 - 1,6 \cdot \cos(0,12 \cdot t)$$

$$\text{voor } 26 \text{ s} \leq t \leq \dots : v(t) = 3,2$$

N.B. Het argument van de cosinus is in radialen.

Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **4**  Bepaal de afstand die de trein op  $t = 20$  s heeft afgelegd.

De massa van de trein met passagiers bedraagt  $13 \cdot 10^3$  kg. Uit figuur 5 blijkt dat op  $t = 15$  s de trein nog aan het versnellen is. Figuur 5 is nogmaals afgedrukt op de uitwerkbijlage.

- 4p **5**  Bepaal de grootte van de resulterende kracht op de trein op  $t = 15$  s.

Op de uitwerkbijlage is de helling getekend met daarop aangegeven het zwaartepunt Z van de trein. De zwaartekracht  $F_Z$  op de trein is met een pijl weergegeven.

Uit figuur 5 blijkt dat de snelheid van de trein na enige tijd constant wordt.

De hellingshoek van het hele traject is  $28^\circ$ . De wrijvingskracht op de trein is 6,0 kN.

- 5p **6**  Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de overige krachten die bij deze constante snelheid op de trein werken in de juiste verhouding tot de zwaartekracht. Bereken daartoe eerst de krachtenschaal. Laat alle krachten aangrijpen in het zwaartepunt Z.

De trein gaat leeg weer terug langs hetzelfde traject. Tijdens de rit omlaag wordt een gedeelte van de zwaarte-energie door een dynamo omgezet in elektrische energie.

- 2p **7**  Beschrijf kort de werking van een dynamo.

De massa van de lege trein is  $11 \cdot 10^3$  kg. Het traject is 1084 meter lang.

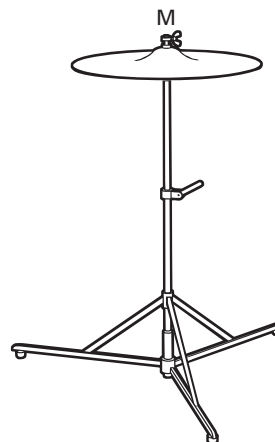
Er werkt bij het dalen een constante wrijvingskracht van 5,1 kN. Daardoor wordt een gedeelte van de oorspronkelijke zwaarte-energie omgezet in wrijvingswarmte. Van het restant wordt 59% omgezet in elektrische energie.

- 5p **8**  Bereken de elektrische energie die tijdens de rit naar beneden wordt geproduceerd.

## Opgave 3 Bekken

Een drumstel bestaat onder andere uit trommels en bekkens. Een bekken is een ronde metalen schijf die in het midden M op een standaard is geklemd. Zie figuur 6.

figuur 6

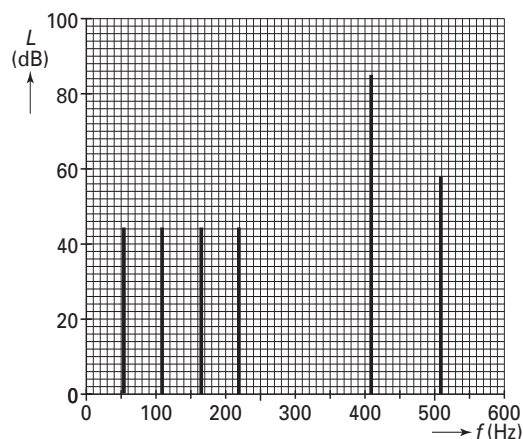


Ruud onderzoekt het geluid dat een bekken produceert als hij er zachtjes met een wollige paukenstok op slaat.

Op 4,5 meter afstand van het bekken zet hij een microfoon neer die hij verbindt met een computer. De computer analyseert het ontvangen signaal en maakt een grafiek van het geluidsniveau als functie van de ontvangen frequenties. Zie figuur 7.

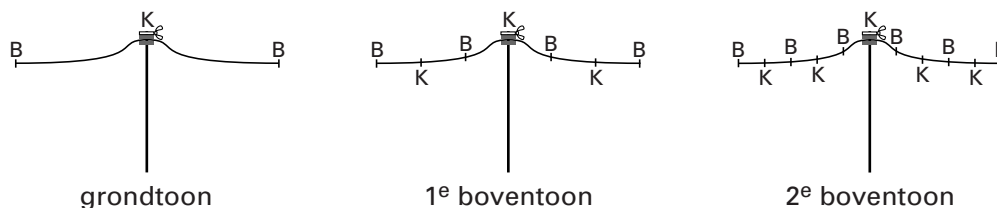
- 4p **9**  Bepaal het vermogen dat het bekken afgeeft bij 410 Hz. Ga er daarbij vanuit dat het bekken zich gedraagt als een puntbron die in alle richtingen evenveel geluidsenergie afgeeft.

figuur 7



Ruud zoekt een verklaring voor de frequentieverhouding van de laagste vier tonen van figuur 7. In een boek over muziekinstrumenten vindt hij het plaatje van figuur 8 met enkele trillingstoestanden van een bekken. De plaatsen van de knopen van de staande golven in het bekken zijn aangegeven met een letter K; de plaatsen van de buiken met een B.

figuur 8



- 3p **10**  Toon aan dat de patronen van knopen en buiken in figuur 8 niet overeenstemmen met de verhoudingen van de frequenties van de drie laagste tonen van figuur 7.

De toon van 410 Hz is veel sterker dan de andere tonen. De amplitude van de andere tonen is daarom te verwaarlozen.

Ruud bekijkt de rand van het trillende bekken met een stroboscoop. Hij stelt de frequentie van de stroboscoop in op 820 Hz. Hij neemt dan twee standen van de rand van het bekken waar. De 'twee randen' lijken stil te staan. Stelt hij de frequentie iets hoger in, dan ziet hij de twee randen langzaam bewegen.

- 3p **11**  Geef voor beide waarnemingen een verklaring.

Tijdens het 'langzaam bewegen' ziet Ruud de twee randen steeds naar elkaar toe gaan en weer uit elkaar gaan. Op het moment dat de twee randen het verst van elkaar zijn verwijderd, bevinden ze zich 2,7 mm uit elkaar.

- 3p **12**  Bereken de werkelijke snelheid waarmee de rand van het bekken door de evenwichtsstand gaat.

## Opgave 4 PET-scan

Voor een hersenonderzoek krijgt een patiënt een stof ingespoten die gemakkelijk door het bloed in het lichaam wordt opgenomen. Deze stof bevat de radioactieve isotoop  $^{18}\text{F}$  die vervalst door het uitzenden van positronen ( $\beta^+$ -straling).

3p **13**  Geef de vervalreactie van  $^{18}\text{F}$ .

De hersenen nemen 20% van de ingespoten stof op en absorberen alle positronstraling die daaruit vrijkomt. Ze ontvangen hierdoor een stralingsdosis van 1,0 mGy.

De gemiddelde verblijftijd van de ingespoten stof in de hersenen is 8,9 minuut.

De massa van de hersenen is 1,5 kg.

De gemiddelde energie van een uitgezonden positron is 245 keV.

5p **14**  Bereken de gemiddelde activiteit van de ingespoten stof gedurende de verblijftijd.

Bereken daartoe eerst:

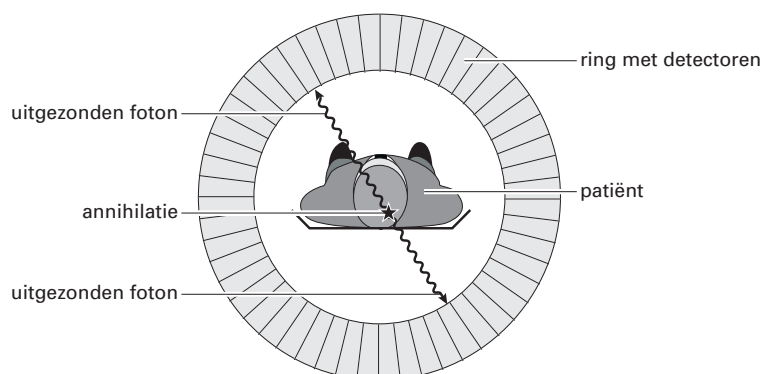
- de stralingsenergie die in de genoemde tijd uit de ingespoten stof vrijkomt en
  - het aantal positronen dat dan vrijkomt.
- Bij je berekeningen hoef je geen rekening te houden met de halveringstijd van  $^{18}\text{F}$ .

Een positron dringt enkele millimeters door in het weefsel en annihileert dan met een elektron. Daarbij verdwijnen het positron en het elektron en ontstaan twee  $\gamma$ -fotonen met gelijke energieën. Neem aan dat de kinetische energie van de positronen en elektronen vóór de annihilatie verwaarloosbaar is.

4p **15**  Bereken aan de hand van de verdwenen massa de energie van één  $\gamma$ -foton in eV. Geef de uitkomst in zes significante cijfers.

De twee  $\gamma$ -fotonen bewegen in (vrijwel) tegenovergestelde richting. Om deze  $\gamma$ -straling te registreren, wordt de patiënt met zijn hoofd precies in het midden van een ring met detectoren geschoven. Deze onderzoeksmethode heet 'Positron Emissie Tomografie', afgekort PET. Zie figuur 9.

figuur 9



De twee  $\gamma$ -fotonen bereiken zeer korte tijd na elkaar de ring met detectoren. Wanneer de twee getroffen detectoren binnen een ingestelde tijdsduur  $\Delta t$  een foton registreren, neemt men aan dat deze twee fotonen afkomstig zijn van dezelfde annihilatie.

Een computer verwerkt de informatie van een groot aantal metingen tot een zogeheten PET-scan. Dit is een plaatje waarop te zien is waar veel annihilaties hebben plaatsgevonden en welke hersengebieden dus het beste doorbloed zijn.

3p **16**  Bereken de orde van grootte van de ingestelde tijdsduur  $\Delta t$ . Maak daarbij gebruik van een schatting en neem aan dat de fotonen overal met de lichtsnelheid in vacuüm bewegen.

Ongeveer 90% van de annihilaties levert géén bruikbare informatie op. Dat komt onder andere doordat een deel van de vrijgekomen fotonen naast de detectoren valt en doordat er fotonen uit andere delen van het lichaam worden gemeten.

2p **17**  Noem twee andere mogelijke oorzaken waarom niet alle annihilaties bruikbare informatie opleveren.

## Opgave 5 Sahara

De zon komt op boven de Sahara. Dat is het einde van een ijskoude nacht en het begin van een hete dag. In de loop van de dag neemt de temperatuur toe. Hoe heter het zand des te meer warmte uitgestraald wordt. Met een computermodel kan worden gesimuleerd hoe de temperatuur verloopt.

In Deel I kijk je alleen naar de invloed van de instraling door de zon op de temperatuur.

In Deel II kijk je alleen naar de invloed van de uitstraling door de aarde.

In Deel III combineer je beide invloeden in één model.

In Deel IV tenslotte gebruik je hetzelfde model om de invloed van zeewater op het temperatuurverloop te onderzoeken.



### Deel I Instraling door de zon



Klik in het openingsscherm op 'Sahara'.

Kies de activiteit '1 Instraling'. Voer het model uit.

Bekijk het model, de startwaarden, de constanten en het temperatuurverloop.

De zon schijnt tussen 6 uur 's ochtends en 6 uur 's avonds.

- 1p 18  Leg uit hoe je in het model aan de grootheid '**P<sub>in</sub>**' kunt zien op welk tijdstip het ingestraalde vermogen maximaal is.

- 1p 19  Geef een reden voor de '**als . . . . dan . . . . , eindals**' - constructie in het model.

- 3p 20  Maak met het programma een grafiek van het ingestraalde vermogen ('**P<sub>in</sub>**') als functie van de tijd in uur.



Sla het resultaat op in de examenmap als **examenummer\_vr20**. Bijvoorbeeld **076\_vr20**.

- 3p 21  Bepaal met behulp van het programma de totale stralingsenergie in Joule die één vierkante meter Sahara in 24 uur ontvangt.

### Deel II Uitstraling door de aarde

De thermische uitstraling van het aardoppervlak is evenredig met de vierde macht van de absolute temperatuur.



Kies de activiteit '2 Uitstraling'. Voer het model uit.

Bekijk het model, de startwaarden, de constanten en het temperatuurverloop 's nachts.

In het diagram komt - 6 uur overeen met 6 uur 's avonds. De aarde straalt warmte uit, daardoor daalt de temperatuur 's nachts.

- 2p 22  Bepaal het tempo van de temperatuurdaling om 6 uur 's ochtends in Celsius/uur. Beschrijf kort je methode.

- 3p 23  Bereken met behulp van de wet van Wien bij welke golflengte het Saharazand volgens dit model om zes uur 's ochtends de meeste straling uitzendt.

## Deel III Instraling en uitstraling



*Kies de activiteit '3 Instraling en uitstraling'.*

*Bekijk het model, de startwaarden en de constanten.*

*In het modelvenster staan de modellen voor instraling en uitstraling onder elkaar.*

3p **24**  *Combineer deze modellen tot één model en voer dit model uit.*



*Sla het resultaat op in de examenmap als **examenummer\_vr24**.*



*Verlaat deze activiteit, verlaat dit project en **sluit Coach 5 af**.*

## Deel IV Invloed van zeewater



*Klik in het openingsscherm op 'Caribische Zee'. Hiermee wordt Coach 5 weer gestart, met het gecombineerde model van instraling en uitstraling. Het modelvenster is niet zichtbaar.*

*De Caribische Zee ligt op dezelfde breedtegraad als de Sahara.*

*We kunnen voor dit gebied daarom hetzelfde model gebruiken, maar nu met zeewater in plaats van zand. In het model is voor de warmtecapaciteit van het zand  $C = 8,74 \cdot 10^4$  J/K gekozen. De warmtecapaciteit van  $1,0 \text{ m}^2$  zeewater met een instralingsdiepte van 25 cm is minstens tien keer zo groot als die van het zand in het model.*

3p **25**  *Toon dit met een berekening aan.*

2p **26**  *Onderzoek met de menuoptie 'Simulatie' het effect van zeewater op het temperatuurverloop. Geef commentaar op de resultaten van je onderzoek.*



*Sla het resultaat op in de examenmap als **examenummer\_vr26**.*



*Sluit het programma Coach 5, je komt dan weer in het openingsscherm.*

*Controleer of je resultaten zijn opgeslagen in de examenmap door op de knop 'Controleren' te klikken.*

*Lever je resultaat in door op de knop 'Inleveren en afsluiten' te klikken.*