natuurkunde 1,2 (nieuwe stijl) en natuurkunde (oude stijl)

# Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 1
Woensdag 26 mei
13.30 – 16.30 uur

**Voor dit examen zijn maximaal 79 punten te behalen; het examen bestaat uit 23 vragen.**
**Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.**
**Voor de uitwerking van de vragen 3, 4, 6, 7 en 8 is een uitwerkbijlage bijgevoegd.**

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.

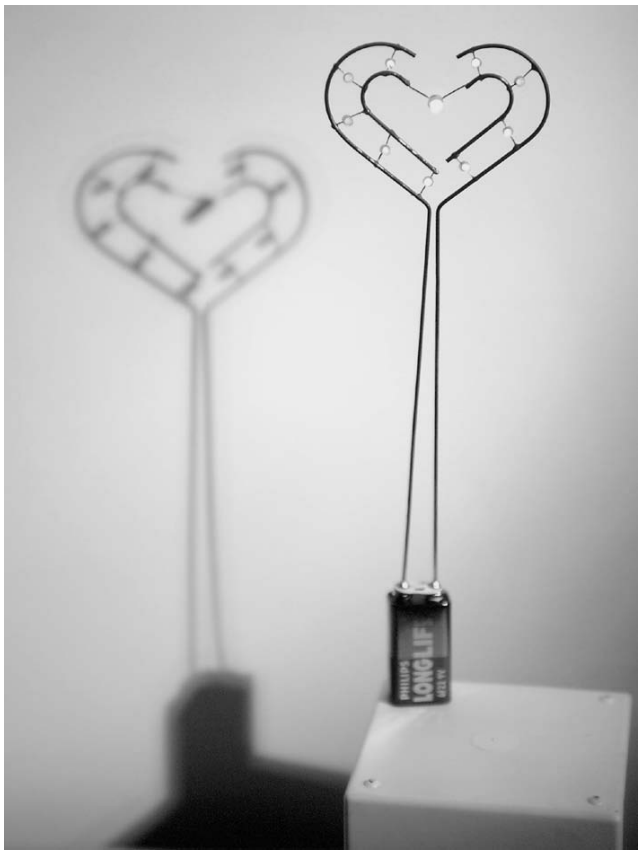


natuurkundeuitgelegd.nl

## 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 met zijn schaduw.

figuur 1




De foto van figuur 1 is genomen met een fototoestel waarvan de lens een brandpuntsafstand heeft van 50 mm. De afstand tussen het hart en de lens was 90 cm. Om van het hart een scherpe foto te kunnen maken, moest de afstand tussen de lens en de film juist worden ingesteld. Voordat de foto van figuur 1 werd gemaakt, was het fototoestel ingesteld op oneindig.

4p **1** ☐ Bereken hoeveel de afstand tussen de lens en de film daartoe moest worden veranderd.

Tijdens het maken van de foto stond het hart in de zon. Daardoor is tegen de wand op de achtergrond een schaduw van het hart te zien.
De schaduw op de foto is onscherp.

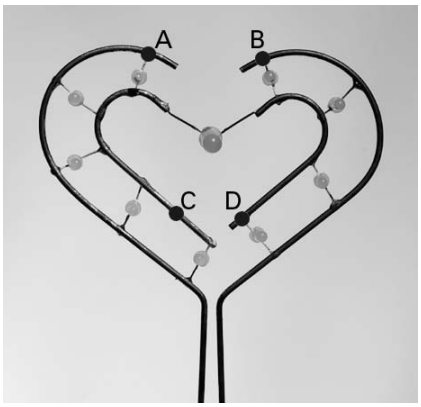
2p **2** ☐ Geef hiervoor twee mogelijke oorzaken.



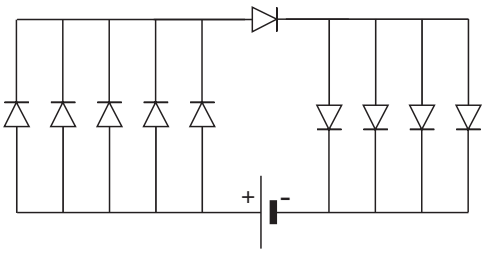
natuurkundeuitgelegd.nl

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



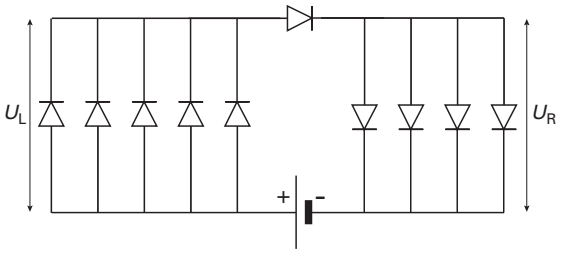

3p **3** ☐ Geef in de figuur op de uitwerkbijlage met de letters A, B, C en D aan welke punten overeenstemmen met de punten A, B, C en D op de foto van figuur 2.

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 **4** ☐ 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.

figuur 4




4p **5** ☐ Leg aan de hand van figuur 4 uit dat $U_L$ kleiner is dan 2,0 V.

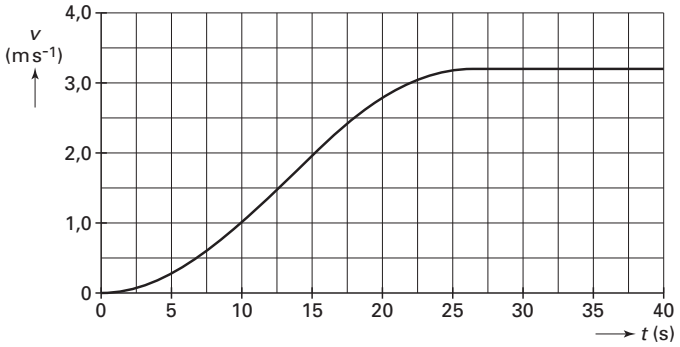


natuurkundeuitgelegd.nl

*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.

figuur 5




*De gegevens in dit kader hoef je alleen te gebruiken als je met de grafische rekenmachine werkt.*
De grafiek voldoet aan het volgende functievoorschrift:

voor $0\text{ s} \le t \le 26\text{ s}$: $v(t) = 1{,}6 - 1{,}6 \cdot \cos(0{,}12 \cdot t)$
voor $26\text{ s} \le t \le \ldots$ : $v(t) = 3{,}2$

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

Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

3p **6** ☐ 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 **7** ☐ 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°. De wrijvingskracht op de trein is 6,0 kN.

5p **8** ☐ 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 **9** ☐ 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 **10** ☐ Bereken de elektrische energie die tijdens de rit naar beneden wordt geproduceerd.



natuurkundeuitgelegd.nl

Lees het artikel.

artikel

Eens in de 33 jaar beweegt de aarde in november een paar uur lang door een langgerekte komeetstaart van kosmische stofdeeltjes. De stofdeeltjes hebben een massa die varieert van enkele milligrammen tot ongeveer 4 gram. Ze komen met een snelheid van 70 kilometer per seconde de atmosfeer binnen. Door de wrijving worden ze zo sterk verhit dat ze lichtsporen langs de hemel trekken: 'vallende sterren'. Omdat deze vallende sterren te zien zijn in de richting van het sterrenbeeld 'Leeuw' (Leo), noemt men ze de 'Leoniden'.

*naar: de Volkskrant, 17 november '98*

Het binnendringen van de stofdeeltjes in de atmosfeer wordt gesimuleerd in een computermodel. In dit model worden de volgende aannames gemaakt:
- de stofdeeltjes dringen (op $t = 0$ s) de ijle lucht van de atmosfeer binnen op een hoogte van 150 km boven het aardoppervlak;
- de druk op die hoogte is $3{,}4 \cdot 10^{-4}$ Pa;
- de temperatuur op die hoogte is 640 K;
- één mol van de lucht op een hoogte van 150 km heeft een massa van 0,027 kg.

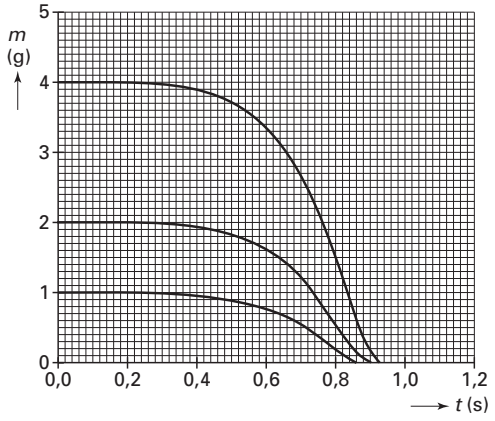
3p **11** ☐ Bereken de dichtheid van de atmosfeer op een hoogte van 150 km.

In het computermodel vat men een stofdeeltje op als een bolletje kwarts. Het bolletje ondervindt bij het binnendringen in de atmosfeer een grote wrijvingskracht, waardoor zijn temperatuur stijgt. Bij het smeltpunt verliest het bolletje gloeiend, vloeibaar kwarts, hetgeen als een lichtspoor is te zien. De helderheid van het lichtspoor hangt volgens dit model af van de hoeveelheid vloeibaar kwarts die het bolletje per tijdseenheid verliest.
Beschouw een bolletje kwarts met een massa van 4 gram, een snelheid van 70 km s$^{-1}$ en een temperatuur van 640 K. Er is warmte nodig om het bolletje op te warmen tot het smeltpunt. Om bij het smeltpunt een kilogram kwarts te laten smelten is 200 kJ nodig.

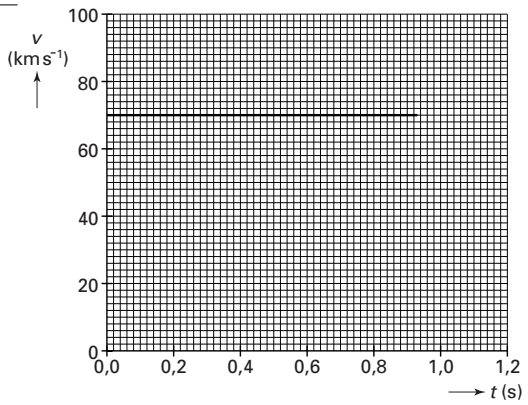
5p **12** ☐ Ga met een berekening na of de kinetische energie van het bolletje kwarts voldoende is om het te verwarmen en te laten smelten.

Enkele rekenresultaten van het computermodel staan in de figuren 6 en 7. In figuur 6 zijn de massa's van drie bolletjes kwarts uitgezet als functie van de tijd. De beginmassa's van de bolletjes zijn respectievelijk 1 gram, 2 gram en 4 gram. In figuur 7 zijn de $(v,t)$-grafieken voor de drie bolletjes getekend. Deze grafieken overlappen elkaar dus.

figuur 6




figuur 7




3p **13** ☐ Bepaal op grond van de figuren 6 en 7 de lengte van het lichtspoor van een bolletje kwarts met een beginmassa van 2 gram.

Een stofdeeltje met een grotere beginmassa maakt een helderder lichtspoor dan een deeltje met een kleinere beginmassa.

3p **14** ☐ Leg uit of dit ook uit het computermodel en de resultaten ervan af te leiden is.

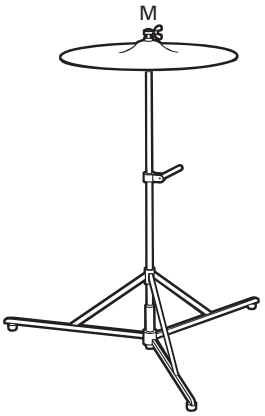


natuurkundeuitgelegd.nl

# Opgave 4 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 8.

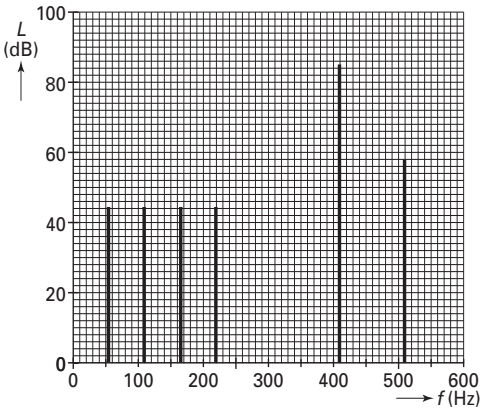
figuur 8




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 9.

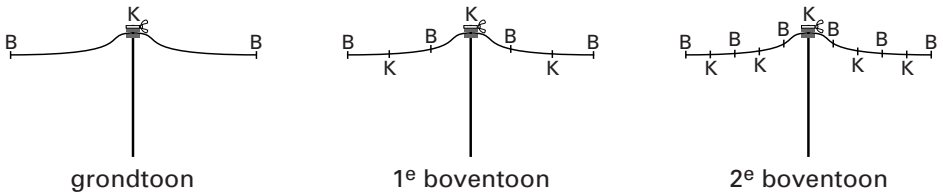
4p **15** ☐ Bepaal het vermogen dat het bekken afgeeft bij 410 Hz. Ga er daarbij vanuit dat het bekken zich gedraagt als een puntbron die in alle richtingen evenveel geluidsenergie afgeeft.

figuur 9




Ruud zoekt een verklaring voor de frequentieverhouding van de laagste vier tonen van figuur 9. In een boek over muziekinstrumenten vindt hij het plaatje van figuur 10 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 10




3p **16** ☐ Toon aan dat de patronen van knopen en buiken in figuur 10 niet overeenstemmen met de verhoudingen van de frequenties van de drie laagste tonen van figuur 9.

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 **17** ☐ Geef voor beide waarnemingen een verklaring.

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

3p **18** ☐ Bereken de werkelijke snelheid waarmee de rand van het bekken door de evenwichtsstand gaat.



natuurkundeuitgelegd.nl

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 $^{18}F$ die vervalt door het uitzenden van positronen ($\beta^+$-straling).

3p **19** Geef de vervalreactie van $^{18}F$.

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 **20** 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.

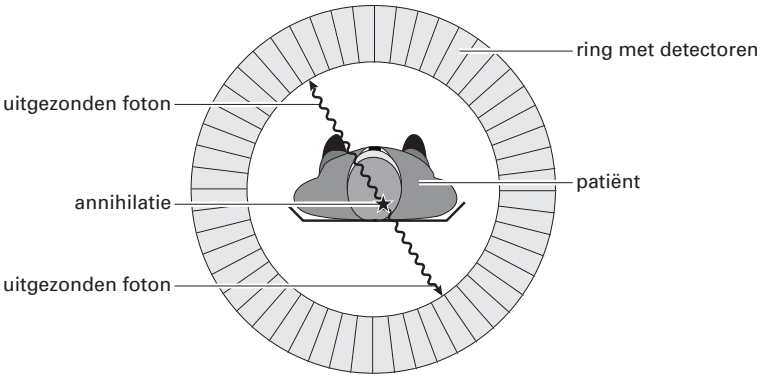
Bij je berekeningen hoef je geen rekening te houden met de halveringstijd van $^{18}F$.

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 γ-fotonen met gelijke energieën. Neem aan dat de kinetische energie van de positronen en elektronen vóór de annihilatie verwaarloosbaar is.

4p **21** Bereken aan de hand van de verdwenen massa de energie van één γ-foton in eV. Geef de uitkomst in zes significante cijfers.

De twee γ-fotonen bewegen in (vrijwel) tegenovergestelde richting. Om deze γ-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 11.

figuur 11




De twee γ-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 **22** 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 **23** Noem twee andere mogelijke oorzaken waarom niet alle annihilaties bruikbare informatie opleveren.

**Einde**

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