Examen VWO

2009

tijdvak 1
woensdag 20 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde 1,2

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

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.

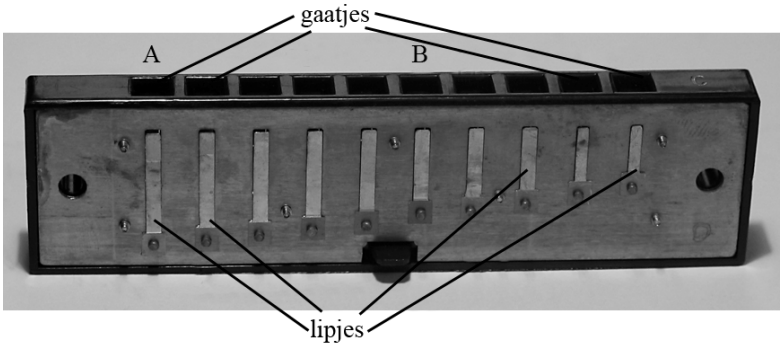
925-0172-a-VW-1-o

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 1 Mondharmonica

Van een mondharmonica is de beschermkap weggehaald. Zie figuur 1.

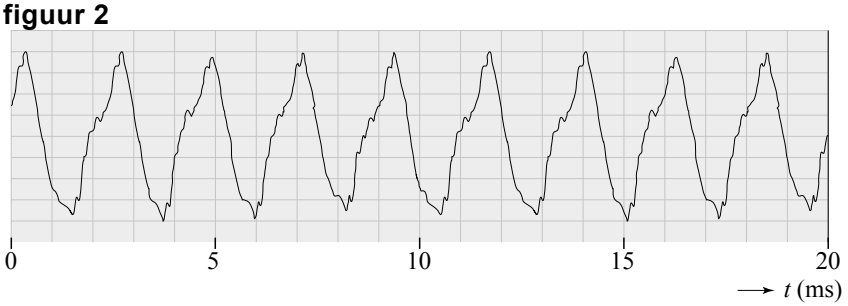
figuur 1



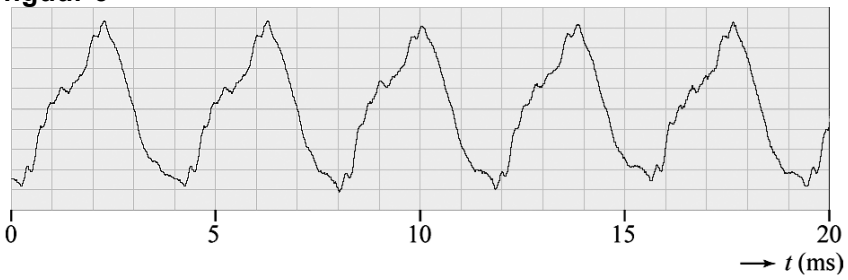
Deze mondharmonica heeft tien gaatjes. Onder elk gaatje zit een metalen lipje. Als een speler lucht door een gaatje blaast, ontstaat in het lipje onder dat gaatje een staande golf. Het lipje trilt dan in de grondtoon. De lipjes onder de gaatjes A en B zijn even dik en even breed.

Met behulp van een microfoon en een computer zijn twee opnames gemaakt van het geluid, een bij het blazen in gat A en een bij het blazen in gat B.
In figuur 2 en 3 zie je het resultaat van de opnames. Elke opname duurde 20 ms.

figuur 2



figuur 3



3p **1** Leg uit welke van deze figuren correspondeert met gat A.

natuurkundeuitgelegd.nl

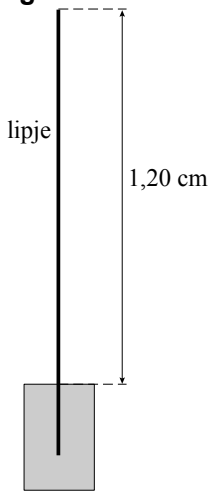
3p **2** Bepaal welke toon in figuur 2 weergegeven is. Gebruik tabel 15C van Binas. Geef je antwoord met een letter en een cijfer zoals dat voorkomt in tabel 15C.

Een lipje is een dun koperen stripje dat aan één kant is vastgemaakt. Het andere uiteinde kan vrij trillen. Een zijaanzicht van een lipje zie je in figuur 4.

Als het lipje van figuur 4 in de grondtoon trilt, ontstaat een toon van 392 Hz.

3p **3** Bereken de voortplantingssnelheid van de golven in het lipje.

figuur 4



Naast de grondtoon gaat het lipje (zeker bij hard blazen) ook trillen in de eerste boventoon. Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

2p **4** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage de plaatsen aan van de buiken en de knopen in het lipje als het trilt in de eerste boventoon.

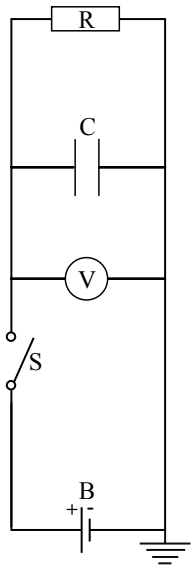
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Lekkende condensator

Een condensator wordt gebruikt om lading op te slaan, die later weer beschikbaar moet zijn. In de praktijk blijkt de condensator echter niet volledig geïsoleerd te zijn. Na verloop van tijd lekt er altijd wel wat lading weg.
Gerard wil een automatisch systeem ontwerpen, dat de condensator weer oplaadt als er te veel lading weggelekt is.

Allereerst bouwt Gerard de schakeling die in figuur 1 staat.
Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.
Het lekken van de condensator wordt gesimuleerd door de weerstand R. Door schakelaar S te sluiten, wordt de condensator weer opgeladen.
Gerard gebruikt een condensator C met een capaciteit van 50 mF, een weerstand R van 1,5 kΩ en een spanningsbron B die een spanning van 5,0 V levert.

figuur 1



Om de grootte van de ontlaadstroom te meten,
wil Gerard een mA-meter in de schakeling opnemen.

1p **5** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de mA-meter op de juiste plaats.

De gebruikte ideale mA-meter heeft zes bereiken:
0,30 mA, 0,50 mA, 1,0 mA, 3,0 mA, 5,0 mA en 10 mA.

3p **6** Ga met een berekening na op welk bereik de mA-meter moet staan om zo nauwkeurig mogelijk de ontlaadstroom te meten direct nadat de schakelaar geopend is.

De spanning over de condensator C is een maat voor de hoeveelheid lading op de condensator. De condensator kan worden beschouwd als een ladingssensor.

4p **7** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de ijkgrafiek van deze ladingssensor voor spanningen van 0 tot 5,0 V.

Voor de spanning van de condensator tijdens het ontlaadproces geldt:

$$U(t) = U(0)\,\mathrm{e}^{-\frac{t}{RC}}$$

Gerard berekent de tijd waarin de spanning daalt van 5,0 V naar 3,0 V.

2p **8** Bereken die tijd.

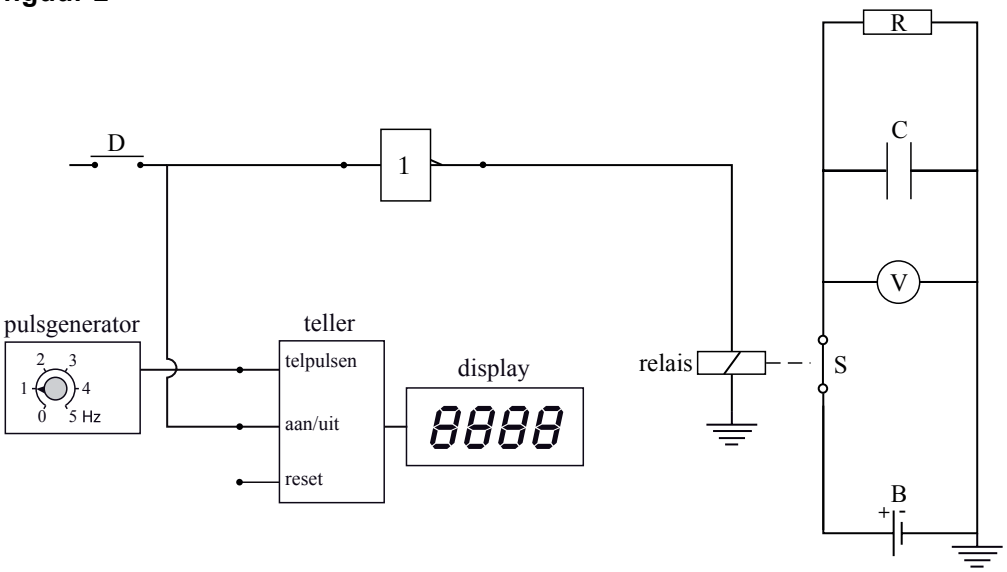
Het opladen van de condensator gaat een stuk sneller dan het ontladen.
Voor de tijd die het duurt om een condensator van 3,0 V naar 5,0 V op te laden geldt: $t = 6RC$ waarin R de weerstand van de oplaadkring is.
De koperdraden in de oplaadkring hebben een totale lengte van 65 cm.

4p **9** Bereken de minimale dikte (diameter) van de draden, waarbij de oplaadtijd kleiner is dan 1 ms.

natuurkundeuitgelegd.nl

Gerard wil eerst een automatisch systeem bouwen om de ontlaadtijd te bepalen. Hij maakt hiervoor het ontwerp dat getekend staat in figuur 2.

figuur 2



De pulsgenerator is ingesteld op $1{,}0$ Hz. Schakelaar S is gesloten als het relais een hoog signaal krijgt en open als het relais een laag signaal krijgt. Gerard leest de spanning af op de voltmeter. Hij wil meten hoe lang het duurt dat de spanning daalt van $5{,}0$ V tot $3{,}0$ V.

3p **10** Beschrijf welke handelingen Gerard moet verrichten en leg aan de hand van zijn ontwerp uit hoe dit systeem het gewenste resultaat oplevert.

Gerard maakt vervolgens een ontwerp voor een automatisch systeem om de condensator op te laden als er te veel lading is weggelekt.
Op de uitwerkbijlage is het begin van zijn ontwerp van het automatisch systeem weergegeven.
Het automatisch systeem moet aan de volgende eisen voldoen:

- het ontladen van de condensator moet met een korte druk op drukschakelaar D worden gestart,
- als de spanning van de condensator daalt tot onder $3{,}0$ V, moet de condensator C direct worden opgeladen.

4p **11** Voltooi in de figuur op de uitwerkbijlage het schakelschema, zodat het ontwerp aan de gestelde eisen voldoet.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Ariane-5-raket

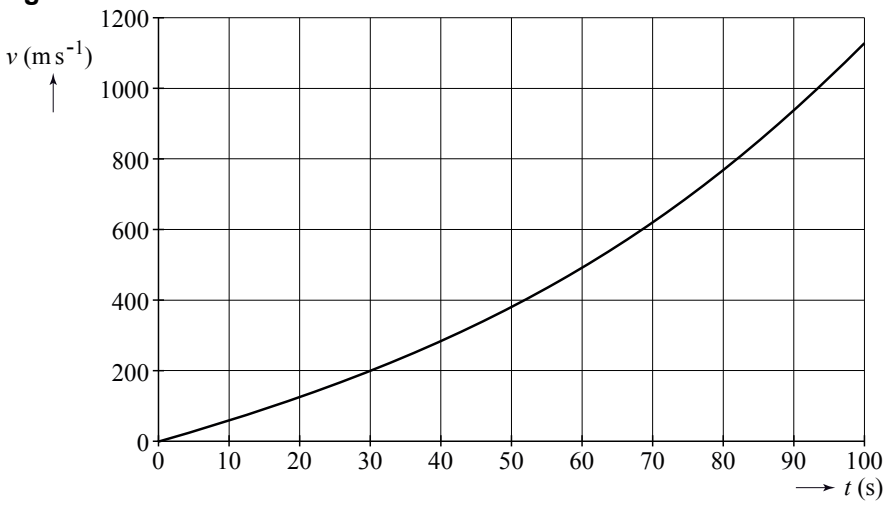
De Europese ruimtevaartorganisatie ESA heeft al enkele malen een Ariane-5-raket gelanceerd.

Door het uitstoten van verbrandingsgassen wordt de raket voortgestuwd.

2p **12** Leg dit uit met een natuurkundige wet.

De beweging tijdens de start van de Ariane-5-raket wordt onderzocht aan de hand van een video-opname. Van de eerste honderd seconde is een *(v,t)*-grafiek gemaakt en weergegeven in figuur 1. Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 1



De totale massa van de Ariane-5-raket bij de start is $7{,}14 \cdot 10^5$ kg.

5p **13** Bepaal aan de hand van de figuur op de uitwerkbijlage de stuwkracht F_{stuw} die de Ariane-5-raket ondervindt op $t = 0$ s.

Elke seconde wordt er $3{,}6 \cdot 10^3$ kg brandstof uitgestoten met een snelheid u van $3{,}0$ km s^{-1}. De ESA gebruikt voor de snelheid $v(t)$ van de raket de formule:

$$v(t) = u \cdot \ln\left(\frac{m(0)}{m(t)}\right) - gt$$

Hierin is:
- $m(0)$ de totale massa bij de start in kg;
- $m(t)$ de totale massa op tijdstip t in kg;
- g de valversnelling op het aardoppervlak in ms^{-2}.

3p **14** Laat aan de hand van een berekening zien dat deze formule een goede benadering van de snelheid op $t = 60$ s geeft.

natuurkundeuitgelegd.nl

Voor grotere hoogten geldt voor de gravitatiekracht de formule:

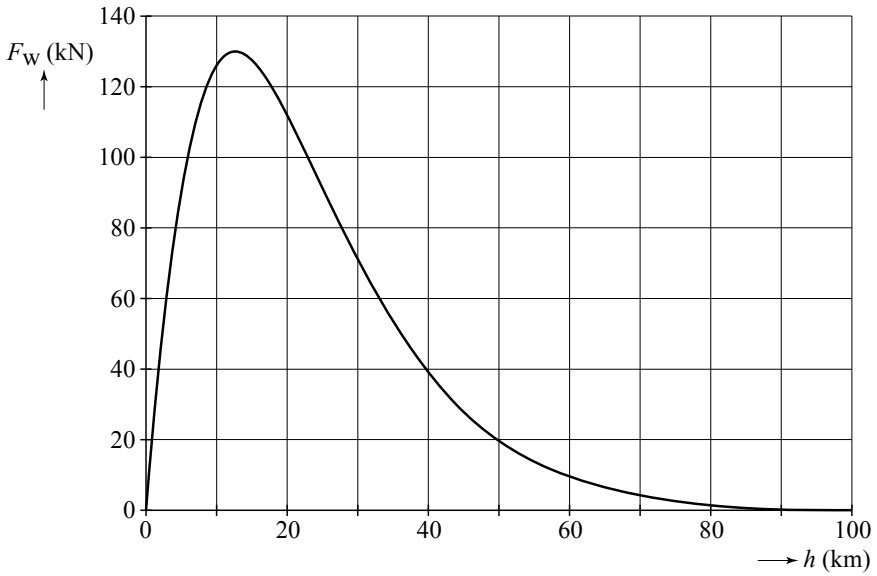
$$F_g = mg\frac{R^2}{(R+h)^2}$$

Hierin is:
- R de straal van de aarde in m;
- h de hoogte boven de aarde in m;
- g de valversnelling op het aardoppervlak in $\mathrm{m\,s^{-2}}$.

3p **15** Leid deze formule af.

Bij de beweging van de Ariane-5-raket speelt de wrijvingskracht op de Ariane-5-raket ook een rol.
In figuur 2 is het verloop van de wrijvingskracht F_w tegen de hoogte h weergegeven.

figuur 2



2p **16** Leg uit waarom F_w eerst toeneemt en dan weer afneemt.

De voortstuwingskracht F_{stuw} die op de Ariane-5-raket werkt is constant.
De versnelling van de Ariane-5-raket blijkt niet constant te zijn.
Voor deze versnelling geldt: $a = \dfrac{F_{stuw} - F_g - F_w}{m}$.

4p **17** Leg uit of de versnelling op $100\ \mathrm{km}$ hoogte groter of kleiner is dan op $40\ \mathrm{km}$.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Radiumverf

Radium werd in 1898 door de Poolse scheikundige Marie Curie ontdekt.
Dit element zendt licht uit en werd in het begin van de twintigste eeuw gebruikt om oplichtende verf voor wijzers van horloges te maken.

3p **18** Geef de vervalreactie van radium-226.

De radiumbevattende verf werd door jonge meisjes met een penseel op de wijzers van een horloge gebracht. Met de mond werden de haartjes van het penseel tot een puntje gezogen. Daarbij kwam iedere keer een hele kleine hoeveelheid radiumverf via het speeksel in de maag terecht.
Neem aan dat daardoor in een bepaalde periode gemiddeld $1{,}0\ \mu g$ radium-226 de maag met een massa van $2{,}5\ kg$ bestraalde.
De activiteit van $1{,}0$ gram radium is $3{,}7 \cdot 10^{10}\ Bq$.
De toegestane equivalente dosis voor de maag bedraagt $0{,}2\ mSv$ per jaar.

Voor de equivalente dosis (dosisequivalent) H geldt:

$$H = Q\frac{E}{m}$$

Hierin is:
- Q de (stralings)weegfactor (kwaliteitsfactor) die voor α-straling gelijk is aan 20;
- E de geabsorbeerde stralingsenergie in J;
- m de bestraalde massa in kg.

4p **19** Doe een beredeneerde uitspraak over het gevaar van de α-straling van radium-226 in deze verf voor de gezondheid van de jonge meisjes.
Bereken daartoe eerst de equivalente dosis die de maag door de α-straling van $1{,}0\ \mu g$ radium-226 in $1{,}0$ uur ontvangt.

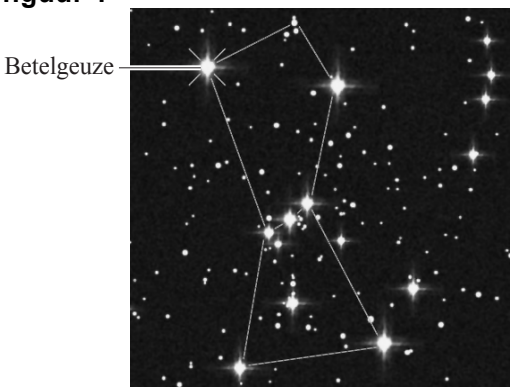
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Betelgeuze

Gegevens over de zon, andere sterren en planeten zijn te vinden in de tabellen 31, 32B en 32C van het informatieboek Binas.

De ster Betelgeuze in het sterrenbeeld Orion is een zogenaamde rode superreus. Zie figuur 1.
Een rode superreus dankt zijn naam aan de kleur licht die hij uitzendt en aan zijn enorme omvang.

figuur 1



Stel je voor dat het middelpunt van Betelgeuze zich op de plaats van de zon zou bevinden.

2p **20** Ga na welke planetenbanen dan geheel binnen de omvang van Betelgeuze zouden vallen.

Tijdens zijn levensloop is Betelgeuze enorm uitgezet, waarbij zijn temperatuur gedaald is tot een waarde die lager is dan die van de zon.
Zijn stralingskromme valt daardoor grotendeels in het rode en infrarode gebied van het stralingsspectrum.

3p **21** Bereken de golflengte die hoort bij de top van de stralingskromme van Betelgeuze.

Als in een ster de voorraad waterstof is verbruikt, kunnen fusiereacties optreden tussen zwaardere elementen. In zeer zware sterren kunnen zelfs twee silicium-28-kernen fuseren tot één ijzer-56-kern.
Hierbij hoort de volgende kernreactievergelijking:

$$^{28}_{14}\mathrm{Si} + {}^{28}_{14}\mathrm{Si} \rightarrow {}^{56}_{26}\mathrm{Fe} + 2\,{}^{0}_{+1}\mathrm{e}$$

4p **22** Bereken hoeveel energie er bij één zo'n fusiereactie vrijkomt.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

natuurkundeuitgelegd.nl

Voor het vermogen dat een ster uitstraalt in de vorm van stralingsenergie geldt:

$$P = cr^2T^4$$

Hierin is:
- c een constante;
- r de straal van de ster in m;
- T de temperatuur van de ster in K.

Uit waarnemingen blijkt dat er voor de meeste sterren ook een verband bestaat tussen het vermogen P_{ster} dat de ster uitstraalt en de massa M_{ster} van de ster. Ten opzichte van de zon geldt de volgende relatie:

$$\frac{P_{\text{ster}}}{P_{\text{zon}}} = \left(\frac{M_{\text{ster}}}{M_{\text{zon}}}\right)^{\frac{7}{2}}$$

Als de massa van een ster groter is dan 10 maal de massa van de zon, zal de ster aan het eind van haar leven ontploffen als een zogenaamde supernova.

4p **23** Ga door middel van een berekening na of Betelgeuze zal ontploffen als een supernova.

Op 29 maart 2003 werd aan de hemel een zeer bijzonder verschijnsel waargenomen: een gammaflits. Deze werd veroorzaakt doordat zeer ver weg een zeer zware ster die aan het eind van haar leven was, ontplofte.
Bij een gammaflits zendt de ster per seconde evenveel energie uit als de zon in tien miljard jaar, voornamelijk in de vorm van gammastraling.
Als Betelgeuze aan het eind van haar leven een gammaflits met hetzelfde vermogen produceert, ontvangt de aarde een zeer grote stralingsintensiteit.
De stralingsintensiteit die de aarde *van de zon* ontvangt, bedraagt $1{,}4 \cdot 10^3\ \mathrm{W\,m^{-2}}$.

4p **24** Bereken de stralingsintensiteit van de gammaflits van Betelgeuze die de aarde zou bereiken in verhouding tot de stralingsintensiteit van de zon op aarde.

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