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

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 2
Woensdag 23 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 81 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van de vragen 6, 10 en 12 is een uitwerkbijlage toegevoegd.

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 Natuurlijke kernreactor

Lees het artikel.

artikel

Franse onderzoekers willen dat een vroegere uitgewerkte kernreactor in Gabon ongemoeid wordt gelaten, opdat hij ook in de toekomst voor onderzoek beschikbaar blijft. De reactor in kwestie is niet een door de mens gemaakte reactor maar een hoeveelheid uraniumrijk bodemgesteente, dat een kleine 2 miljard jaar geleden "*kritisch*" geweest is. Er vonden toen in de bodem kettingreacties plaats waarbij een deel van het aanwezige uranium-235 werd gespleten. Het in het gesteente binnengedrongen water fungeerde hierbij als *moderator*.

Het gebied heeft gedurende een paar honderdduizend jaar energie geproduceerd. Het gebied is nu te vergelijken met een uitgewerkte kernreactor waarvan het radioactieve afval is vervallen. Het biedt dus een unieke kans om het gedrag van splijtingsproducten in een natuurlijk milieu te bestuderen en de kennis hiervan te gebruiken bij bijvoorbeeld de behandeling van radioactief afval van kerncentrales.

naar: NRC handelsblad, 1997

Een eerste voorwaarde voor het ontstaan van een natuurlijke kernreactor is het 'kritisch' zijn van de reactor. Wanneer het uraniumrijk gesteente niet kritisch zou zijn geweest, dan zijn er twee mogelijkheden waarop het gesteente zich ontwikkeld zou hebben.

4p **1** ☐ Leg voor beide mogelijkheden apart uit wat er dan gebeurd zou zijn. Leg daartoe eerst uit wat onder een 'kritische reactor' verstaan wordt.

Een tweede voorwaarde voor het ontstaan van een natuurlijke reactor is de aanwezigheid van een moderator.

2p **2** ☐ Leg uit waarom een moderator nodig is om een kettingreactie aan de gang te houden.

Een derde voorwaarde voor het ontstaan van een natuurlijke kernreactor is dat het gesteente verrijkt uranium en dus voldoende uranium-235 bevat.
Als je ervan uitgaat dat er in de tussentijd geen uranium gevormd werd, kan er uit de huidige percentages uranium de verhouding van uranium-235 en uranium-238 berekend worden zoals die twee miljard jaar geleden was.

4p **3** ☐ Bereken deze verhouding.

Een gedeelte van het uranium-235 dat niet gespleten is, is vervallen naar andere stoffen.

4p **4** ☐ Geef de eerste twee stappen van de vervalreeks van uranium-235.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Fietskar

Lees het artikel.

artikel

Fietskar duwt fiets

Het is de omgekeerde wereld: normaal trekt een fietser zijn bagagekarretje voort, maar de fietskar die hiernaast te zien is, duwt de fiets. Deze is namelijk voorzien van een accu met twee elektromotoren en kan 220 liter bagage bergen. De maximale snelheid zonder te trappen bedraagt 40 km/h. Als de fietser niet trapt, bedraagt de actieradius 50 km bij een constante snelheid van 20 km/h. Een benzinemotor zou hier 10 centiliter benzine voor nodig gehad hebben. Uiteraard bepaalt de fietser de snelheid. In de handremmen van de fiets zijn twee microschakelaars ingebouwd, die een signaal afgeven aan de elektromagnetische remmen in de fietskar. De fabrikant overweegt om de fietskar op zonne-energie te laten rijden door middel van zonnecellen op het deksel.

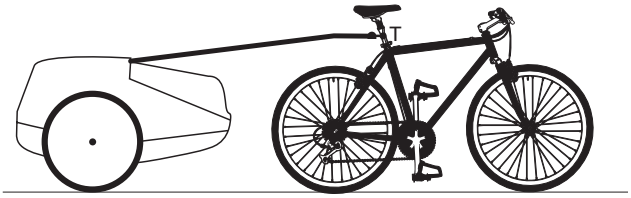
naar: Technisch Weekblad, 9 mei 2001

Zonder dat de berijdster hoeft te trappen, legt zij een afstand van 35 m af bij het optrekken van 0 tot 20 km h^{-1}.
Ga ervan uit dat de beweging eenparig versneld is.

4p **5** ☐ Bereken de versnelling tijdens het optrekken.

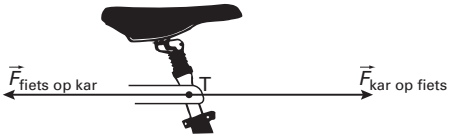
In figuur 1 zijn de fietskar en de fiets getekend. Hierin is T het punt waar de kar aan de fiets gekoppeld is. Het geheel rijdt met een constante snelheid van 20 km h^{-1}.

figuur 1



In figuur 2 zijn getekend: de kracht die de kar op de fiets in T uitoefent en de kracht die de fiets op de kar in T uitoefent.
De fietser gaat harder rijden.

figuur 2



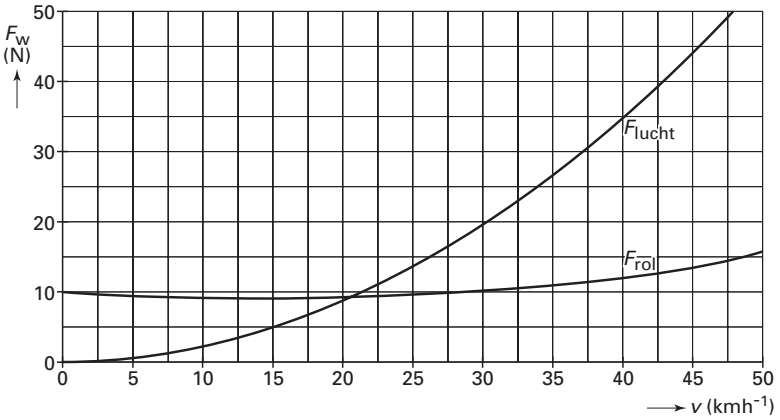
Figuur 2 is op de uitwerkbijlage nogmaals weergegeven. Op de uitwerkbijlage is nog een tweede figuur weergegeven, waarin de krachten niet zijn getekend.

3p **6** ☐ Schets in deze tweede figuur op de uitwerkbijlage de krachten $\vec{F}_{\text{kar op fiets}}$ en $\vec{F}_{\text{fiets op kar}}$ tijdens het versnellen. Geef een toelichting bij de grootte van de vectoren.

natuurkundeuitgelegd.nl

Figuur 3 toont de grafieken van de luchtwrijving F_{lucht} en de rolwrijving F_{rol} als functie van de snelheid.

figuur 3



De actieradius is de maximale afstand die door het voertuig met een volle accu afgelegd kan worden als er niet wordt getrapt.
Aangenomen mag worden dat de totale hoeveelheid energie die een volle accu kan leveren bij elke snelheid hetzelfde is.

4p **7** ☐ Bepaal met behulp van figuur 3 en de gegevens uit het artikel de actieradius bij een constante snelheid van 40 km h^{-1}.

In het artikel worden de elektromotoren vergeleken met een benzinemotor. Het rendement van de elektromotoren is 3,0 keer zo groot als het rendement van een benzinemotor.

5p **8** ☐ Bereken met behulp van de gegevens uit het artikel en figuur 3 het rendement van de elektromotoren bij een constante snelheid van 20 km h^{-1}.

Volgens het artikel overweegt de fabrikant om de fietskar te laten rijden op zonnecellen op het deksel van de kar. Om de fiets, berijdster en fietskar met een constante snelheid van 20 km h^{-1} te laten rijden, moeten de zonnecellen samen een vermogen van $1{,}1 \cdot 10^2$ W kunnen leveren.
Men wil een type zonnecel gebruiken dat een stroomsterkte van 2,0 mA levert bij een spanning van 3,0 V.
De oppervlakte van zo'n zonnecel is 4,5 cm^2.

4p **9** ☐ Ga met een berekening van de benodigde oppervlakte na of dit type zonnecel hiervoor geschikt is.

natuurkundeuitgelegd.nl

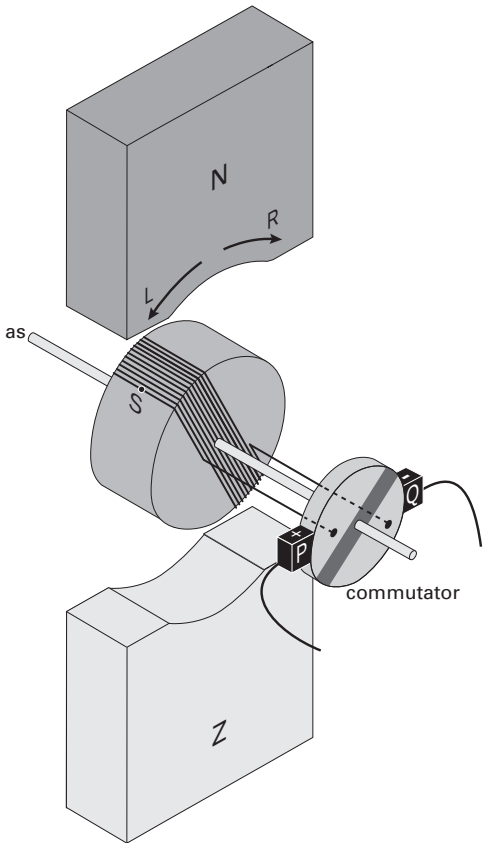
De elektromotoren in de fietskar bevatten elk een cilindervormige kern met daaromheen een spoel in een uitwendig magneetveld. Zie figuur 4.

De commutator van de elektromotor draait tussen de contactpunten P en Q.
P is aangesloten op de positieve pool van de accu, Q op de negatieve pool.

Figuur 4 staat in vooraanzicht weergegeven op de uitwerkbijlage.

3p **10** ☐ Beredeneer of de motor linksom (L) of rechtsom (R) draait.
Geef daartoe in de figuur op de uitwerkbijlage de richtingen aan van $\vec{I}$, $\vec{B}$ en $\vec{F}_{\mathrm{L}}$ in het punt S.

figuur 4



Bij het inknijpen van de handremmen wordt de stroom naar de elektromotoren onderbroken. Omdat de wielen van de fietskar nog draaien, gaat de elektromotor werken als een dynamo, die de opgewekte energie weer teruglevert aan de accu's. De inductiestroom, die in de spoel ontstaat, ondervindt vanwege het uitwendige magneetveld een lorentzkracht tegen de draairichting van de cilindervormige kern in. De zo opgewekte lorentzkracht is daarmee de kracht die de fietskar afremt.

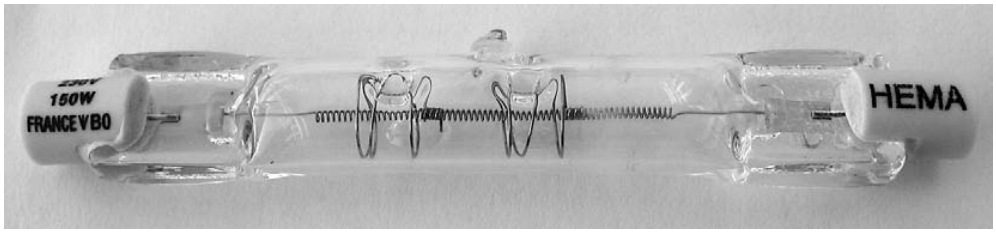
3p **11** ☐ Leg uit dat de remkracht groter is naarmate de fietssnelheid groter is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Halogeenlamp

In figuur 5 zie je een 2,0 keer vergrote afbeelding van een buisvormige halogeenlamp.

figuur 5

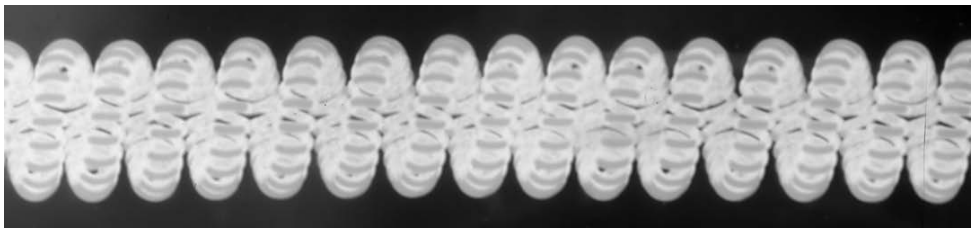


Oscar en Loes doen een onderzoek aan deze halogeenlamp.
Ze beelden met een lens de gloeidraad van de brandende lamp sterk vergroot af op een wand van het natuurkundelokaal.
Op de uitwerkbijlage is de situatie getekend. Deze figuur is niet op schaal.

4p **12** ☐ Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de plaats van de lens en de bijbehorende brandpunten.

In figuur 6 zie je een deel van het beeld op de wand op ware grootte.

figuur 6



De brandpuntsafstand van de gebruikte lens is 50 mm.

4p **13** ☐ Bepaal de beeldafstand bij deze afbeelding. Bepaal daartoe eerst uit figuur 5 en 6 de vergrotingsfactor.

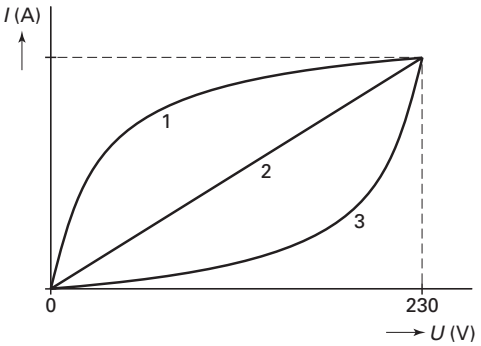
Uit het beeld op de wand kunnen ze zien dat de gloeidraad dubbelgewonden is.
De diameter van de gloeidraad is 40 µm. De gloeidraad is gemaakt van wolfraam.
Met behulp van een weerstandsmeter vinden zij dat bij kamertemperatuur de weerstand van de gloeidraad 24 Ω bedraagt.

3p **14** ☐ Bereken de lengte van de gloeidraad.

natuurkundeuitgelegd.nl

Met behulp van een dimmer kunnen Loes en Oscar de spanning over de halogeenlamp langzaam opvoeren van 0 tot 230 V. Bij verschillende waarden van de spanning willen zij de stroomsterkte door de lamp meten. Zij maken daartoe eerst een voorspelling van de vorm van de (I,U)-karakteristiek.
Zij discussiëren over drie verschillende mogelijkheden: 1, 2 en 3. Zie figuur 7.

figuur 7



2p **15** ☐ Leg uit welke van de mogelijkheden 1, 2 of 3 het beste overeenkomt met de te meten grafiek.

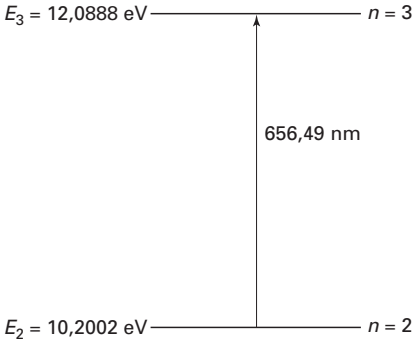
Bij de productie van halogeenlampen worden deze bij een temperatuur van 400 °C en een druk van $1{,}4 \cdot 10^5$ Pa met een gasmengsel gevuld. Als de lamp brandt, loopt de temperatuur op tot 1400 °C. Neem aan dat het volume van het gasmengsel constant blijft.
Het gasmengsel gedraagt zich als een ideaal gas.

3p **16** ☐ Bereken de druk van het gasmengsel bij een temperatuur van 1400 °C.

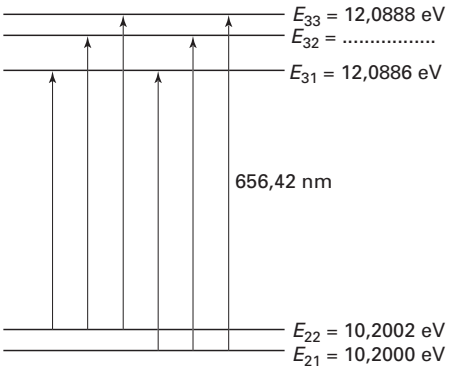
natuurkundeuitgelegd.nl

In tabel 21A van het informatieboek Binas staat het energieniveauschema van het waterstofatoom volgens het atoommodel van Bohr. In figuur 8 is de situatie voor de energieniveaus voor de hoofdkwantumgetallen $n = 2$ en $n = 3$ weergegeven.

figuur 8



figuur 9



Volgens het model van Bohr zou de geabsorbeerde golflengte tussen deze niveaus 656,49 nm bedragen.
In werkelijkheid zijn de twee getoonde niveaus opgesplitst in een aantal subniveaus. Men spreekt van de 'fijnstructuur'. Zie figuur 9. Deze figuur is niet op schaal.
Hierbij speelt de zogeheten fijnstructuurconstante α een rol.
Voor α geldt:

$$\alpha = \frac{1}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{hc} = 0{,}00729735$$

Hierin is:

- ε_0 de diëlektrische constante; $\varepsilon_0 = 8{,}85419 \cdot 10^{-12}$ C V^{-1} m^{-1};
- e het elementair ladingskwantum;
- h de constante van Planck;
- c de lichtsnelheid.

3p **17** ☐ Laat met een berekening zien dat de gegeven waarde van α zowel wat betreft getalwaarde als wat betreft significantie in overeenstemming is met de benodigde gegevens uit tabel 7 van het informatieboek Binas.

3p **18** ☐ Ga met een eenhedenbeschouwing na of α een eenheid heeft.

natuurkundeuitgelegd.nl

In onderstaande tabel is aangegeven hoe de energiewaarden die bij de subniveaus van figuur 9 horen, afhangen van de fijnstructuurconstante α.

tabel

$E_{21} = E_2 \cdot \left(1 - \frac{5\alpha^2}{16}\right)$	$E_{31} = E_3 \cdot \left(1 - \frac{\alpha^2}{4}\right)$
$E_{22} = E_2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha^2}{16}\right)$	$E_{32} = E_3 \cdot \left(1 - \frac{\alpha^2}{6}\right)$
	$E_{33} = E_3 \cdot \left(1 - \frac{\alpha^2}{12}\right)$

2p **19** ☐ Bereken de waarde van E_{32}.

De absorptielijn van 656,49 nm uit figuur 8 heeft een zekere lijnbreedte $\Delta\lambda$. Dit komt omdat de lijn feitelijk bestaat uit de 6 absorptielijnen die uit de energieniveaus van figuur 9 volgen. De lijnbreedte $\Delta\lambda$ is het verschil tussen de grootste golflengte en de kleinste golflengte van deze absorptielijnen. De golflengte die hoort bij de absorptielijn van de grootste energie-overgang is 656,42 nm.

4p **20** ☐ Bereken de lijnbreedte $\Delta\lambda$.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Klarinet

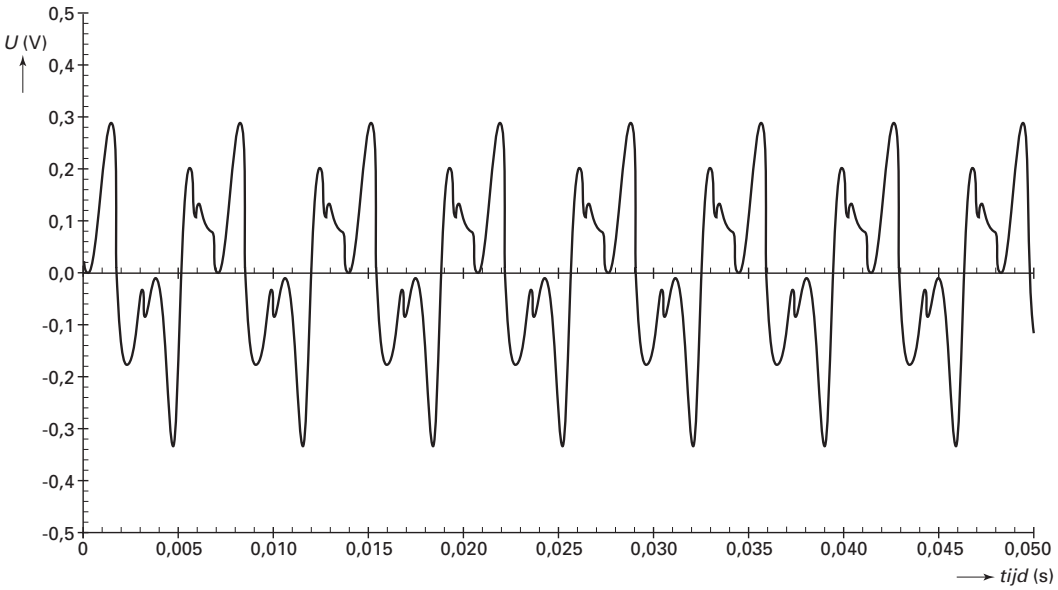
Een klarinet is een houten blaasinstrument. Zie figuur 10.

figuur 10

Aan het mondstuk van de klarinet zit een zogeheten “riet”.
Bij het aanblazen van de klarinet gaat dit riet trillen. Deze trilling brengt de luchtkolom in het middenstuk van de klarinet in een staande golfbeweging. In de klarinet zitten gaten. Door één of meer van deze gaten te sluiten, kunnen verschillende tonen worden gemaakt. Zo’n toon is geen zuivere harmonische trilling, maar een samenstelling van meerdere harmonische trillingen: een trilling met de grondfrequentie en trillingen met veelvouden van deze grondfrequentie. Als alle gaten gesloten zijn, produceert de klarinet zijn laagste toon.

Bij het open uiteinde (de beker) van de klarinet plaatst men een microfoon.
In figuur 11 is het uitgangssignaal van de microfoon weergegeven als functie van de tijd bij de laagste toon van de klarinet. Bij deze meting was de temperatuur van de lucht in de klarinet 20 °C.

figuur 11

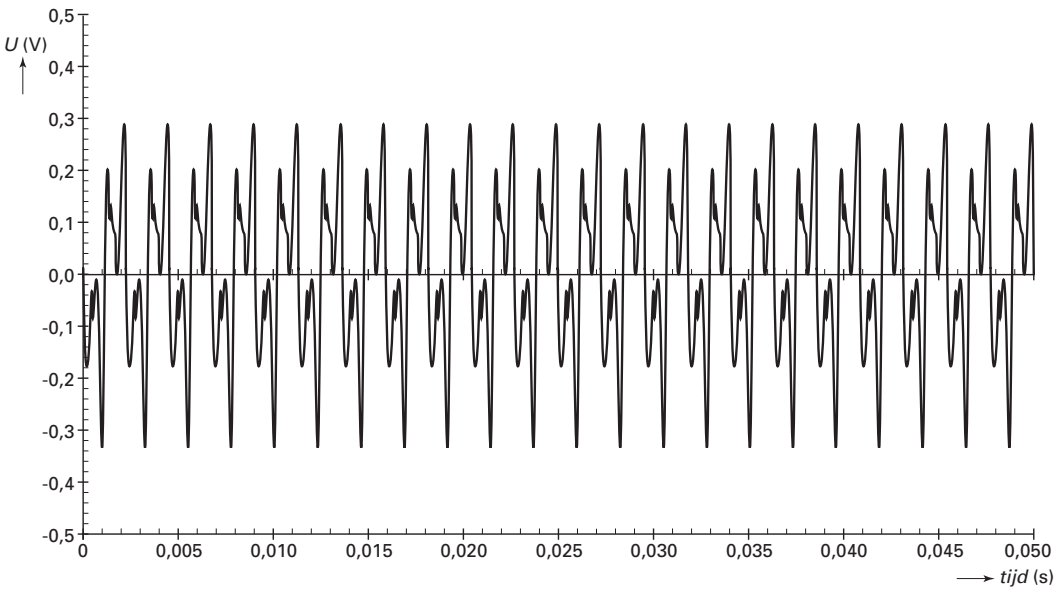


3p **21** ☐ Bepaal de grondfrequentie van de laagste toon van de klarinet.

natuurkundeuitgelegd.nl

De eerste boventoon van de laagste toon kan gemaakt worden door een bepaald gat te openen. Figuur 12 toont het uitgangssignaal van de microfoon bij deze boventoon.

figuur 12



3p **22** ☐ Leg uit of de kant van het riet opgevat kan worden als een gesloten of een open uiteinde.

Op een andere dag worden dezelfde metingen herhaald. Nu blijkt dat de frequentie van de eerste boventoon van de klarinet 3 Hz lager is dan de frequentie die hoort bij figuur 12.

3p **23** ☐ Laat met behulp van een berekening zien of het verschil van 3 Hz het gevolg zou kunnen zijn van een eventueel temperatuurverschil tussen beide dagen.

Bij een bepaalde toon wordt op een afstand van 30 cm recht voor de beker van de klarinet een geluids(druk)niveau van 75 dB gemeten. Veronderstel dat het instrument steeds dezelfde toon met gelijk vermogen produceert. Behalve de toon van de klarinet is er geen geluid te horen.

4p **24** ☐ Bereken het geluids(druk)niveau op 1,50 meter van de beker.

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