Natuurkunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**01**

Tijdvak 1
Maandag 21 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 80 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 vraag 4 is een bijlage 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 Hoogspanningskabel

Tussen Rotterdam en Ommoord ligt een 3,0 km lange ondergrondse hoogspanningskabel. De kabel heeft een weerstand van $7{,}2 \cdot 10^{-2}$ Ω. Hij bestaat uit een bundel koperdraden. Elke draad heeft een cirkelvormige doorsnede met een diameter van 0,80 mm.

4p **1** □ Bereken het aantal koperdraden in de kabel.

De hoogspanningskabel moet een elektrisch vermogen kunnen afleveren van maximaal 400 MW bij een spanning van 150 kV.

4p **2** □ Bereken het vermogen dat door warmteontwikkeling in de kabel verloren gaat als de gebruikers het maximale elektrische vermogen afnemen.

Er zouden buisjes tussen de koperdraden kunnen worden aangebracht om de overtollige warmte in de kabel af te voeren. Door deze buisjes wordt dan water gepompt.

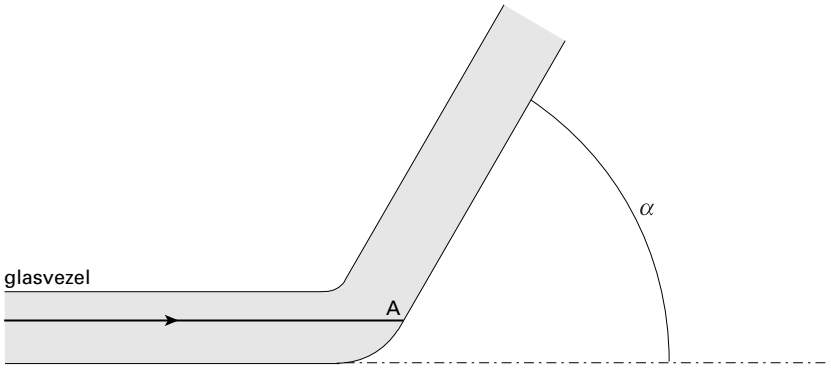
2p **3** □ Noem de vormen van warmtetransport die dan plaatsvinden en geef bij elke vorm een toelichting.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Glasvezel

De KEMA heeft een meetsysteem ontwikkeld om de temperatuur in ondergrondse hoogspanningskabels te meten. Daartoe bevindt zich over de hele lengte een glasvezel midden in de kabel. Door deze glasvezel laat men zeer korte pulsen infrarode straling lopen. Deze straling is afkomstig van een laser.
Voorkomen moet worden dat er een te sterke knik optreedt in de glasvezel. In figuur 1 is een knik over hoek α in een vezel getekend. Daarin is ook een straal getekend die bij de knik aankomt. Door de sterke knik verlaat deze straal de glasvezel bij A.

figuur 1



De brekingsindex van het glas is voor de infrarode straling gelijk aan 1,52.
Figuur 1 staat ook op de bijlage.

4p **4** ☐ Teken in de figuur op de bijlage hoe de straal verder gaat na breking aan het grensvlak.
Vermeld de benodigde berekeningen op de aangegeven plaats op de bijlage.

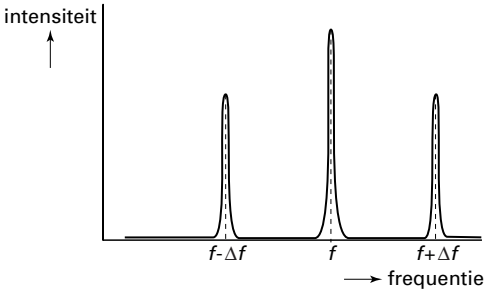
Om geen onnodig verlies van intensiteit te krijgen, moet bij elke reflectie aan de rand van de vezel volledige terugkaatsing optreden.

3p **5** ☐ Bereken hoe groot hoek α dan maximaal mag zijn als de straal vóór de knik evenwijdig loopt aan de as van de glasvezel, zoals getekend is in figuur 1.

natuurkundeuitgelegd.nl

De infrarode straling wordt door de moleculen van de glasvezel op een bijzondere manier verstrooid. In het spectrum van de verstrooide straling vindt men niet alleen straling met de oorspronkelijke frequentie f, maar onder andere ook straling met een hogere frequentie $f + \Delta f$ en met een lagere frequentie $f - \Delta f$.
Dit is schematisch weergegeven in figuur 2.

figuur 2



Naar analogie met zichtbaar licht spreekt men van een 'rood-verschuiving' en een 'blauw-verschuiving'.

2p **6** □ Leg uit of de lijn met frequentie $f - \Delta f$ bij de 'rood-verschuiving' hoort of bij de 'blauw-verschuiving'.

De verstrooide straling wordt in een detector opgevangen. De frequentie wordt vergeleken met de oorspronkelijke laserfrequentie ($f = 2{,}855 \cdot 10^{14}$ Hz).
Het frequentieverschil Δf is een maat voor de temperatuur van de glasvezel op de plaats waar het laserlicht is verstrooid.
Bij een temperatuur van 20 °C blijkt het frequentieverschil Δf gelijk te zijn aan $1{,}3 \cdot 10^{12}$ Hz.

4p **7** □ Bereken de grootste golflengte (in vacuüm) van het laserlicht dat na verstrooiing in een stukje glasvezel van 20 °C in de detector wordt opgevangen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Nieronderzoek

Om het functioneren van nieren te onderzoeken, brengt men via het bloed een radioactieve stof in het lichaam. Deze stof verspreidt zich door het hele lichaam en wordt via de nieren weer uitgescheiden. Meestal gebruikt men hiervoor een isotoop van technetium, ^{99m}Tc. De „m" betekent metastabiel of isomeer.
In deze metastabiele toestand bezit het isotoop een extra hoeveelheid energie die in de vorm van γ-straling wordt uitgezonden. Het uitzenden van deze γ-straling is een proces met een halveringstijd van 6,0 uur. Daarbij ontstaat het normale ^{99}Tc.
Met een voor γ-straling gevoelige camera registreert men hoe het ^{99m}Tc zich in de loop van de tijd door de nieren verspreidt.
Bij een onderzoek wordt een hoeveelheid ^{99m}Tc met een activiteit van 39 MBq bij een patiënt ingebracht. Voor het verband tussen de activiteit A en het aantal radioactieve kernen N geldt op elk moment: $A(t) = \dfrac{N(t)\ln 2}{t_{1/2}}$, waarin $t_{1/2}$ de halveringstijd is.

Neem aan dat de massa van een kerndeeltje gelijk is aan $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.

4p **8** □ Bereken de massa van het ingebrachte ^{99m}Tc.

Per kern ^{99m}Tc die vervalt, komt 140 keV vrij in de vorm van γ-straling.
De patiënt absorbeert 60% van de energie van de gammastraling.
Bij het onderzoek vervallen er in totaal $8{,}0 \cdot 10^{11}$ kernen ^{99m}Tc in het lichaam.
De massa van de patiënt is 70 kg.
Voor het dosisequivalent H geldt:

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

Hierin is:
- Q de kwaliteitsfactor (weegfactor). Deze is voor γ-straling gelijk aan 1;
- E de geabsorbeerde energie;
- m de bestraalde massa.

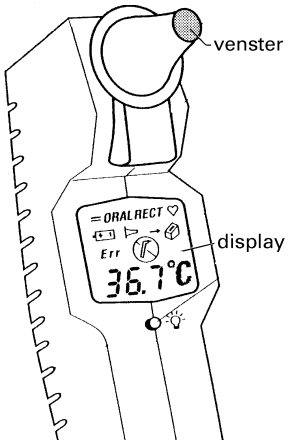
4p **9** □ Bereken het door de patiënt opgenomen dosisequivalent.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Oorthermometer

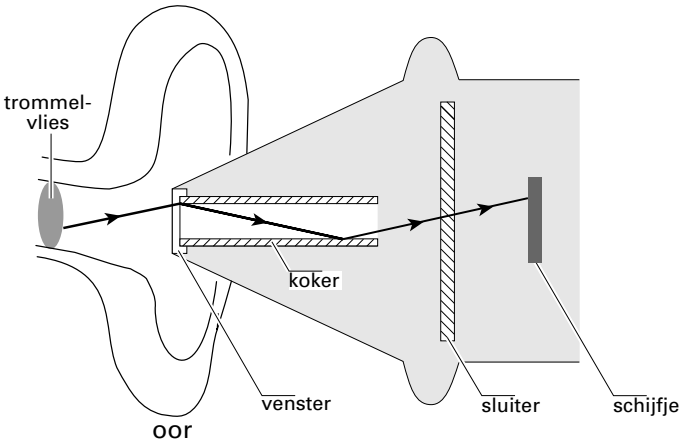
De temperatuur van het trommelvlies van het oor is een goede maatstaf voor de lichaamstemperatuur. Met behulp van een stralingsthermometer kan deze temperatuur worden bepaald. Zie figuur 3.

figuur 3



De werking van dit type thermometer wordt aan de hand van figuur 4 geïllustreerd.

figuur 4



De van het trommelvlies afkomstige warmtestraling gaat via een glazen venster en een koker met een spiegelende binnenwand naar een schijfje. Tussen de koker en het schijfje bevindt zich een sluiter. Het schijfje maakt deel uit van een sensor.
Bij een meting wordt de sluiter korte tijd geopend om de straling door te laten.
De energie van de doorgelaten straling is een maat voor de temperatuur van het trommelvlies.
De buitenkant van een gewone kwikthermometer kan wel eens verontreinigd zijn, zoals dat ook bij het venster van deze oorthermometer kan voorkomen.

3p **10** □ Leg uit bij welk type thermometer de nauwkeurigheid het minst wordt beïnvloed door een verontreiniging.

natuurkundeuitgelegd.nl

De doorgelaten straling verwarmt de cirkelvormige voorkant van het schijfje. Hierdoor komt een warmtestroom naar de achterkant op gang.
De warmtestroom in het schijfje kan worden gemeten. Onder de warmtestroom verstaan we de energie die per seconde van de voorkant naar de achterkant van het schijfje stroomt. Deze energiestroom P hangt af van het temperatuurverschil ΔT tussen de voorkant en de achterkant van het schijfje. Ook de zogenaamde warmtegeleidingscoëfficiënt λ van het materiaal waarvan het schijfje gemaakt is, speelt een rol. Deze stofeigenschap staat vermeld in het informatieboek BINAS.
Iemand beweert dat P berekend kan worden met de formule:

$$P = \lambda A \Delta T$$

Hierin is A de oppervlakte van het schijfje.

3p **11** □ Ga met een eenhedenbeschouwing na of dit een juiste formule voor P kan zijn.

Het uitgangssignaal van de sensor wordt aan een AD-omzetter toegevoerd.
De temperatuur in het hele bereik tussen 30,0 °C en 45,0 °C kan met een nauwkeurigheid van 0,1 °C worden weergegeven.

3p **12** □ Laat zien dat deze AD-omzetter minimaal 8 binaire uitgangen moet hebben.

Bij een bepaalde meting bleek dat 0,90 s na het openen van de sluiter de gemiddelde temperatuur van het schijfje 0,60 °C was toegenomen. Het schijfje is gemaakt van een materiaal dat dezelfde thermische eigenschappen heeft als polyetheen.
De massa van het schijfje is 4,5 mg.

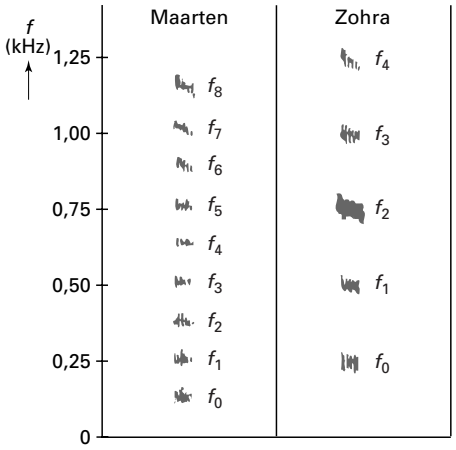
3p **13** □ Bereken het gemiddelde (netto) vermogen dat tijdens deze 0,90 s door het schijfje is opgenomen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Geluidsanalyse

Er bestaan computerprogramma's om een frequentie-analyse uit te voeren. Maarten (een jongen) en Zohra (een meisje) gaan met zo'n programma hun stemmen vergelijken. Daartoe spreken zij in de microfoon van een computer allebei de klank 'aa' van het woord 'plaat' in. Na verwerking van dit geluid maakt de computer een diagram waarin alle waargenomen frequenties van deze 'aa'-klank zijn weergegeven.
In figuur 5 zijn de diagrammen van Maarten en Zohra naast elkaar gelegd.

figuur 5



De frequentie is langs de verticale as uitgezet. Voor beide stemmen is de frequentie aangegeven van de grondtoon (f_0) en de frequenties van de bijbehorende boventonen ($f_1, f_2, \ldots$). In de figuur is te zien dat de 'aa'-klank van Maarten uit negen verschillende frequenties bestaat en die van Zohra uit vijf. Maarten en Zohra gaan ervan uit dat stembanden trillen als snaren.
Ze trekken uit de meetresultaten in figuur 5 twee conclusies:
a stembanden trillen als snaren die aan twee kanten zijn ingeklemd;
b stembanden van jongens zijn langer dan die van meisjes.

4p **14** □ Welke informatie uit figuur 5 ondersteunt conclusie *a* en welke ondersteunt conclusie *b*? Geef een toelichting.

Stembanden brengen de 'luchtkolom' tussen de stembanden en de lippen in trilling. Bij de frequentie f_2 van Zohra's stembanden resoneert de luchtkolom in zijn grondtoestand. De afstand tussen stembanden en lippen is 12 cm; de luchttemperatuur is bij benadering 313 K.

4p **15** □ Ga aan de hand van een berekening na of bij de lippen een knoop of een buik ontstaat.

Het geluid dat de kat van Zohra bij het spinnen maakt, wordt eveneens onderzocht. Dat geluid ontstaat als de kat de spieren van het strottenhoofd in een vast ritme samentrekt en ontspant. Maarten en Zohra vinden voor de grondtoon van het spingeluid een frequentie van 26 Hz. Het geluidssterkteniveau van de grondtoon op 3,0 cm afstand van het strottenhoofd van Zohra's kat is 78 dB.
Het zwakste geluid dat een mens nog kan horen is sterk afhankelijk van de frequentie en heeft voor een toon van 26 Hz een geluidssterkteniveau van 58 dB.

4p **16** □ Bereken tot op welke afstand van het strottenhoofd de grondtoon nog te horen is.

Het spinnen van de kat is veel verder te horen dan de in de vorige vraag berekende afstand voor de grondtoon.

2p **17** □ Geef hiervoor een mogelijke verklaring met behulp van tabel 85B van het informatieboek BINAS.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 6 Zwemmers

Rinke doet aan wedstrijdzwemmen. Zijn persoonlijke record op de 200 m vrije slag is 2 minuten en 7,2 seconden. De gemiddelde kracht die hij tijdens zijn recordrace ontwikkelde wordt geschat op $1{,}5 \cdot 10^2$ N.

4p **18** □ Bereken het gemiddelde vermogen dat hij tijdens zijn recordrace leverde.

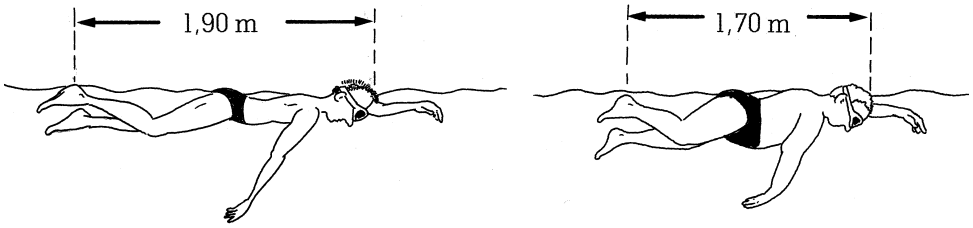
Rinke en Hedwig willen onderzoeken hoe de snelheid van een zwemmer afhangt van zijn lichaamsbouw. De lichaamsbouw beïnvloedt de wrijvingskracht in het water. Voor die wrijvingskracht F_w geldt:

$$F_w = kAv^2$$

Hierin is:
- k een constante die voor alle zwemmers gelijk is;
- A de oppervlakte van een dwarsdoorsnede van een zwemmer, loodrecht op de bewegingsrichting van het lichaam;
- v de snelheid.

Om het probleem te vereenvoudigen, gaan ze uit van twee zwemmers die dezelfde massa hebben. Ze nemen aan dat bij zulke zwemmers de oppervlakte van de dwarsdoorsnede A omgekeerd evenredig is met hun lengte l. Zie figuur 6.

figuur 6

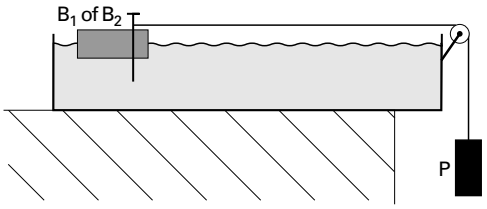


Ze voorspellen dat een zwemmer met een lengte van 1,90 m die een even grote kracht uitoefent als een zwemmer van 1,70 m een constante snelheid heeft die 6% groter is.

4p **19** □ Leg met behulp van een berekening uit dat deze voorspelling juist is.

Zij besluiten de situatie in het natuurkundelokaal na te bootsen. Een langwerpige bak wordt als 'zwembad' gebruikt. De twee zwemmers worden vervangen door twee even zware blokken B_1 en B_2 van dezelfde houtsoort. Het ene blok is 170 mm lang, het andere 190 mm.

figuur 7



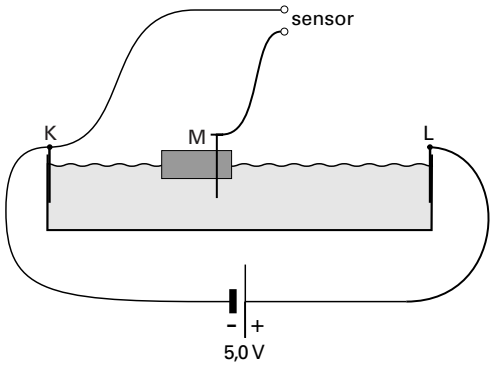
Aan blok B_1 bevestigen ze een koord. Het koord is over een katrol gelegd. Aan het andere uiteinde hangt een gewicht P met massa m_P. Zie figuur 7.
Als ze het blok loslaten, gaan blok en gewicht P bewegen. Na korte tijd bereikt het blok een constante eindsnelheid. Ze herhalen de proef voor blok B_2.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

Om de beweging van een blok te kunnen vastleggen, bouwen ze eerst een plaatssensor.
Zij bevestigen daartoe aan de binnenkant van de bak twee koperen elektroden K en L, op een onderlinge afstand van 1,18 m. Zie figuur 8.
K en L worden aangesloten op een spanning van 5,0 V. Door het blok hout wordt een derde elektrode M gestoken.
De spanning tussen M en K is evenredig met de afstand tussen M en K.

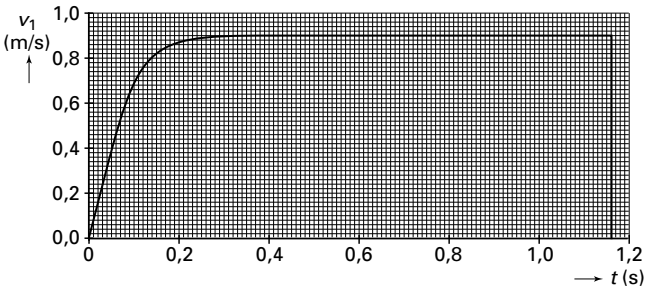
figuur 8

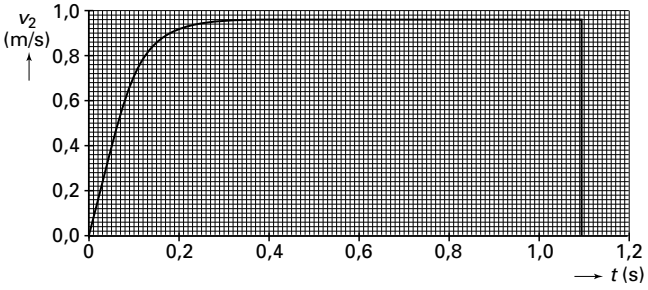


3p **20** □ Bereken de gevoeligheid van de plaatssensor.

De meetgegevens van ieder blok worden door een computer bewerkt tot een (v,t)-diagram. Deze diagrammen zijn in figuur 9 weergegeven.

figuur 9





Hedwig en Rinke veronderstellen dat de eindsnelheid van het lange blok 6% groter is dan die van het korte blok.

3p **21** □ Leg uit of hun metingen daarmee in overeenstemming zijn.

Ook bij de blokken geldt de eerder genoemde formule voor de wrijvingskracht: $F_w = kAv^2$. De waarde van k is voor beide blokken gelijk. Hedwig en Rinke willen deze waarde bepalen met behulp van hun meetopstelling en de meetresultaten.

4p **22** □ Leg uit hoe ze de waarde voor k kunnen bepalen.

Voor de massa van de blokken B_1 en B_2 geldt: $m_B = 1{,}0$ kg. Het aandrijvende gewicht P heeft een massa $m_P = 4{,}0$ kg. Het korte blok wordt tijdens de proef verplaatst over een afstand van 99 cm. De zwaarte-energie E_z van gewicht P wordt tijdens die beweging voor een deel omgezet in kinetische energie E_k en voor het andere deel in energie die door wrijving verloren gaat.

5p **23** □ Bereken met behulp van een energiebeschouwing de gemiddelde wrijvingskracht die het korte blok tijdens de beweging ondervindt.

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