Examen VWO

2025

tijdvak 1
dinsdag 20 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 73 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.

VW-1023-a-25-1-o

natuurkundeuitgelegd.nl

Shorttrack

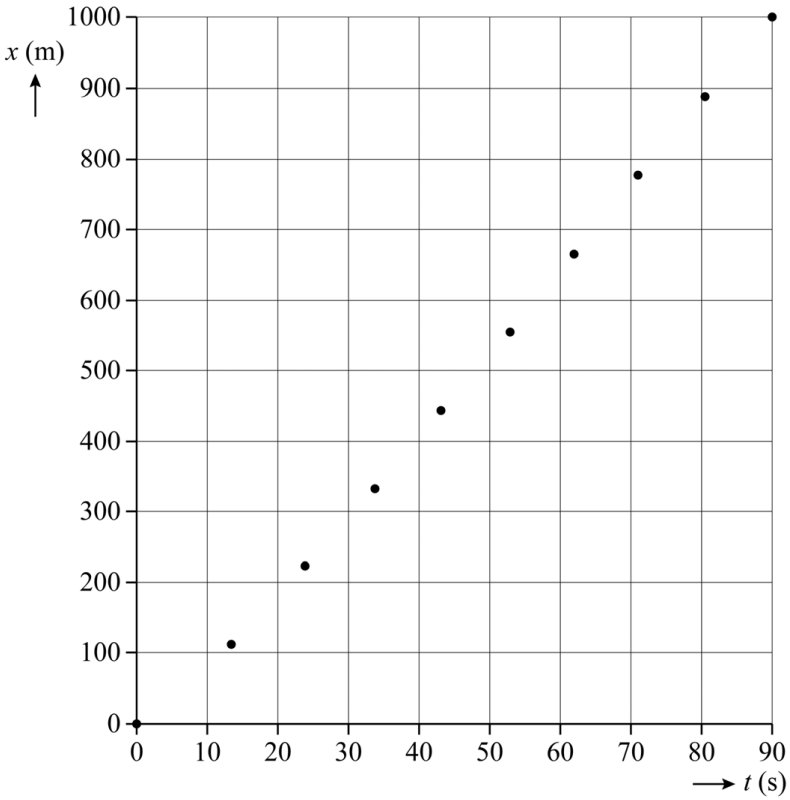
Tijdens de Olympische Spelen in 2018 won Suzanne Schulting (zie figuur 1) een gouden medaille op de kilometer shorttrack in een tijd van $1\ \text{min}\ 29{,}80\ \text{s}$.
Volgens de reglementen van de Internationale Schaatsunie heeft een shorttrackbaan een lengte van $111{,}11\ \text{m}$. Bij de kilometer shorttrack schaatst een schaatser negen ronden.

figuur 1

3p **1** Bereken de gemiddelde snelheid van Schulting tijdens de race. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

In figuur 2 zijn de doorkomsttijden van Schulting weergegeven. Deze figuur staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 2



Op de eerste drie ronden na schaatste Schulting rondjes met een vrijwel constante snelheid.

2p **2** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de tijdwinst die Schulting zou hebben behaald als zij de hele race met deze snelheid had gereden.

natuurkundeuitgelegd.nl

Tijdens het schaatsen moet een schaatser twee krachten overwinnen: de luchtweerstandskracht en de schuifwrijvingskracht. Voor de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$ tijdens het schaatsen geldt:

$$F_{w,s} = f_d F_N \quad (1)$$

Hierin is:
- $F_{w,s}$ de schuifwrijvingskracht
- f_d de dynamische wrijvingscoëfficiënt
- F_N de normaalkracht

Hieruit volgt dat het nuttige vermogen dat Schulting moet leveren om een constante snelheid v te schaatsen, berekend kan worden met de volgende formule:

$$P = f_d mgv + \tfrac{1}{2} c_w A \rho v^3 \quad (2)$$

3p **3** Leid formule (2) af met behulp van formule (1) en formules uit het informatieboek.

De lengte van Suzanne Schulting is $1{,}70\,\text{m}$ en haar massa bedraagt $64\,\text{kg}$. Zij schaatst in de zogenaamde schaatshouding. Deze is schematisch weergegeven in figuur 3.
De dynamische wrijvingscoëfficiënt heeft voor het contactoppervlak tussen schaats en ijs een waarde van $0{,}015$.
De luchtweerstandscoëfficiënt heeft in de schaatshouding een waarde van $0{,}80$.

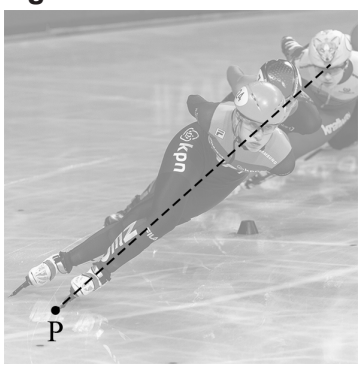
figuur 3

3p **4** Voer de volgende opdrachten uit:
- Maak met behulp van figuur 1 en 3 een beredeneerde schatting van de frontale oppervlakte in de schaatshouding.
- Bereken daarmee het nuttige vermogen dat Schulting levert bij een constante snelheid van $11{,}9\,\text{m s}^{-1}$.

natuurkundeuitgelegd.nl

Schaatsers gaan, net als fietsers, altijd schuin door een bocht. Deze beweging is te benaderen als een eenparige cirkelbeweging. Figuur 4 is een foto van Schulting in de bocht tijdens haar race. Deze figuur is ook weergegeven op de uitwerkbijlage. In punt P oefent Schulting met haar schaats een kracht uit op het ijs. De werklijn van de reactiekracht van het ijs op Schulting is weergegeven in de figuur. Deze reactiekracht en de zwaartekracht leveren samen de resulterende kracht op Schulting.

figuur 4



De bocht is een deel van een cirkel met een straal van $8{,}20\ \mathrm{m}$.

5p **5** Voer de volgende opdrachten uit:

- Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de resulterende kracht op Schulting en bepaal de grootte van deze kracht. Laat alle krachten aangrijpen in punt P en noteer je antwoord in twee significante cijfers.
- Bereken met deze kracht de snelheid waarmee Schulting door de bocht beweegt.

natuurkundeuitgelegd.nl

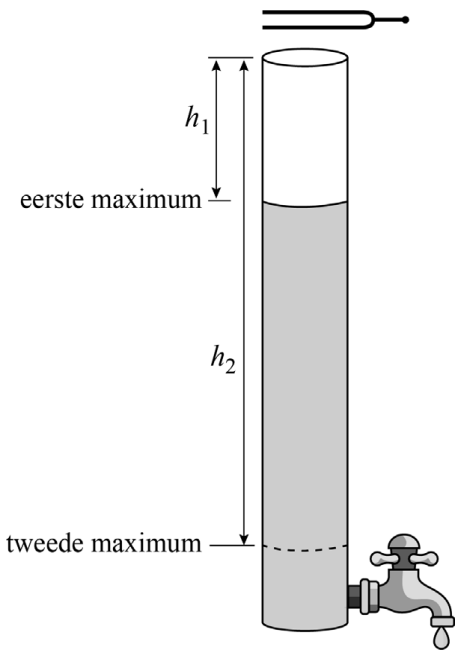
In deze opgave worden twee experimenten besproken om de geluidssnelheid te bepalen: één voor de geluidssnelheid in lucht en één voor de geluidssnelheid in water.

Geluidssnelheid in lucht

Om de geluidssnelheid in lucht te bepalen wordt een hoge buis gevuld met water. Zie figuur 1.

De bovenkant van de buis is open. Daarboven trilt een stemvork met een frequentie f. Via een kraantje onderaan de buis loopt de buis langzaam leeg. Na enige tijd bereikt de waargenomen geluidssterkte een maximum. Er treedt dan resonantie op. Vervolgens neemt de geluidssterkte weer af, waarna een tijdje later een tweede maximum wordt bereikt.
De gemeten afstanden h_1 en h_2 horen bij de waterniveaus waarbij resonantie optreedt.

figuur 1



3p **6** Leid een formule af waarmee je de geluidssnelheid v kunt berekenen uit f, h_1 en h_2.

De buik, die bij resonantie bij het open uiteinde van de buis ontstaat, ligt op enige afstand ΔL buiten de buis.

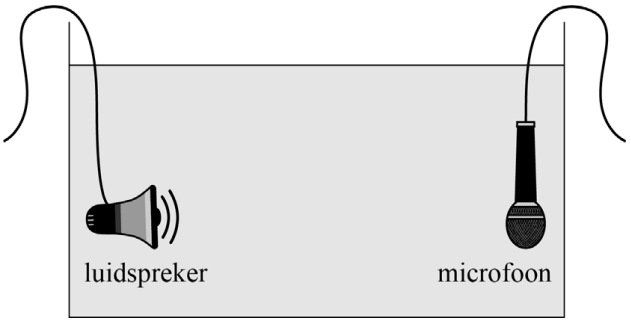
3p **7** Leg uit hoe je met de resultaten van dit experiment ΔL kunt bepalen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Geluidssnelheid in water

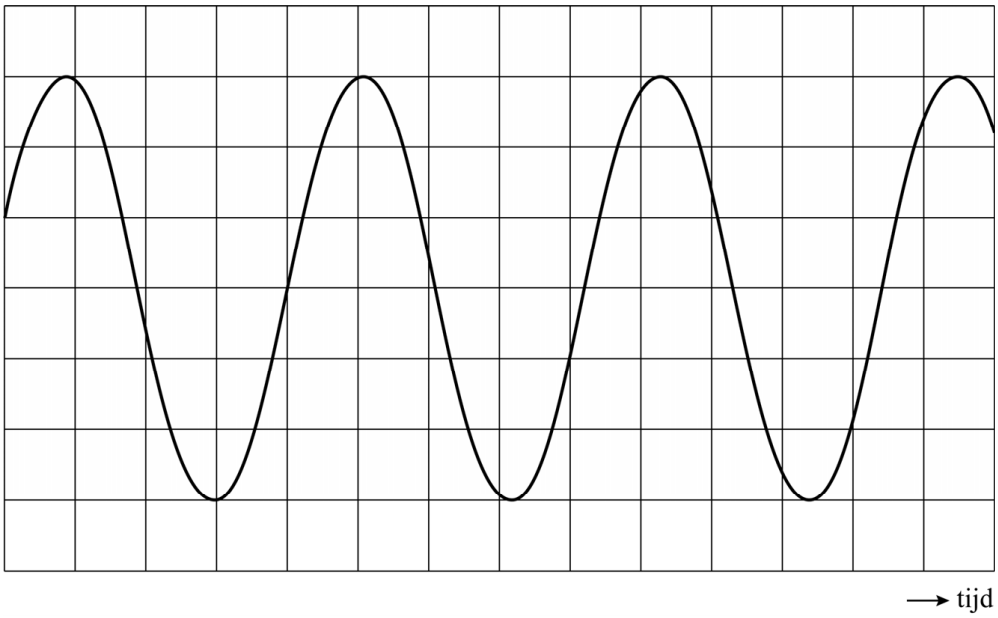
Voor het bepalen van de geluidssnelheid in water worden een onderwatermicrofoon en een onderwaterluidspreker in een bak water gedompeld. In figuur 2 is de opstelling schematisch weergegeven. De luidspreker wordt aangesloten op een toongenerator.

figuur 2



In figuur 3 is het signaal weergegeven van de toongenerator. De horizontale as is ingesteld op $100\ \mu s/cm$.

figuur 3

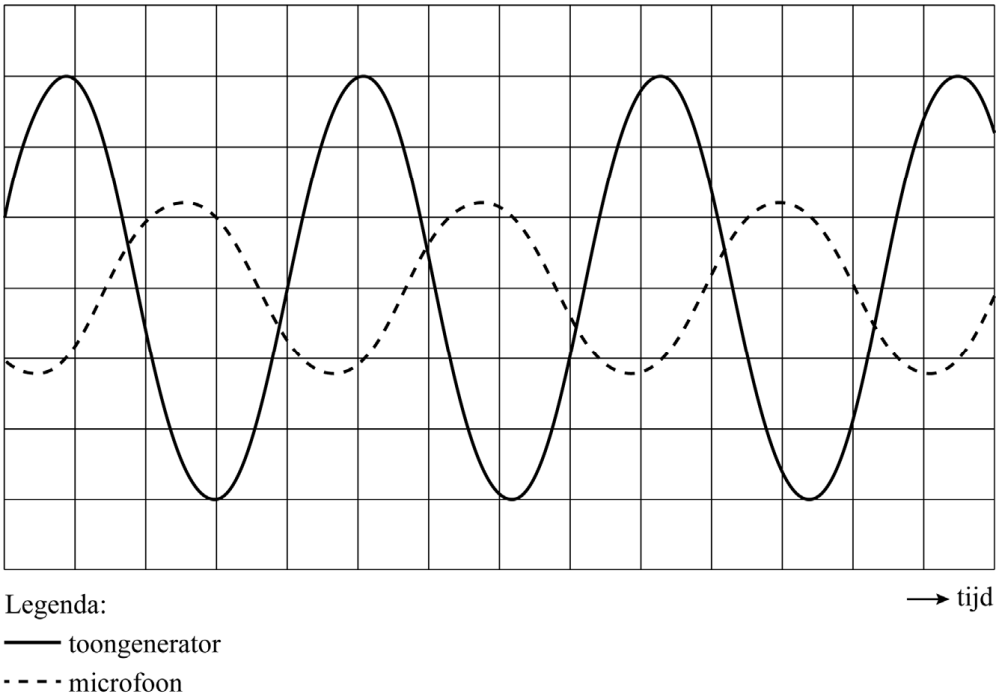


3p **8** Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de frequentie van de toongenerator. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

natuurkundeuitgelegd.nl

In eerste instantie bevindt de microfoon zich direct voor de luidspreker. Vervolgens wordt de afstand steeds groter gemaakt. Het microfoonsignaal verschuift daarbij steeds verder naar rechts, terwijl het luidsprekersignaal gelijk blijft. Alleen het geluid dat de microfoon rechtstreeks bereikt is weergegeven. Eventuele reflecties zijn weggefilterd.
Figuur 4 toont de signalen op het moment dat de afstand tussen luidspreker en microfoon $24\,\mathrm{cm}$ is. Tijdens het verplaatsen van de microfoon is het microfoonsignaal nog niet in fase geweest met het signaal van de toongenerator.

figuur 4



3p **9** Bepaal de geluidssnelheid die volgt uit figuur 4. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

natuurkundeuitgelegd.nl

Karel en Bas doen voor hun profielwerkstuk een onderzoek naar alternatieve manieren van energieopslag. Ze vinden op internet een filmpje waarbij zwaarte-energie gebruikt wordt om energie op te slaan: er is een kabelbaan waaraan grote bakken hangen waarin grind vervoerd kan worden. Zie figuur 1.

figuur 1

Wanneer duurzame energiebronnen meer elektrische energie produceren dan nodig is, wordt deze overtollige energie gebruikt om grind naar boven te verplaatsen. Op de momenten dat er extra elektrische energie nodig is, wordt dit grind gebruikt om de kabelbaan aan te drijven. Deze laat weer een dynamo draaien waarmee elektrische energie wordt opgewekt.

Karel en Bas schatten dat de hoogte van de kabelbaan $65\ \mathrm{m}$ is en dat de maximale hoeveelheid grind die naar boven gebracht kan worden $1200\ \mathrm{ton}$ is. Ze willen de hoeveelheid energie die de kabelbaan kan opslaan vergelijken met een standaard AA-batterij $(1{,}5\ \mathrm{V})$ die een capaciteit van $2200\ \mathrm{mAh}$ heeft. De capaciteit geeft aan hoe lang de batterij een bepaalde stroomsterkte kan leveren.

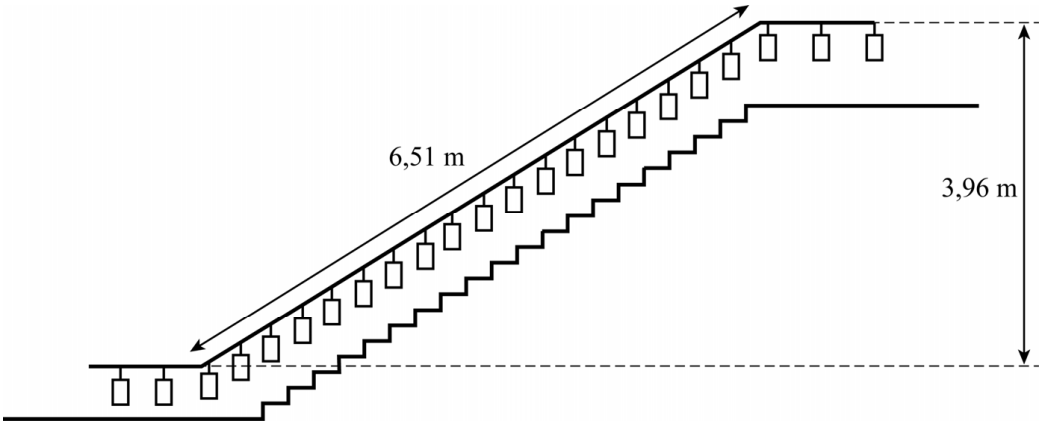
2p **10** Leg uit dat mAh een eenheid is van elektrische lading.

4p **11** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de hoeveelheid elektrische energie die een AA-batterij bevat.
- Bereken hoeveel AA-batterijen de kabelbaan volgens Karel en Bas maximaal kan vervangen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Karel en Bas besluiten voor hun profielwerkstuk een miniatuurkabelbaan te ontwerpen. Ze bouwen langs de trap op school een simpele kabelbaan die bestaat uit 46 bakjes. Van deze 46 bakjes bevinden zich steeds 36 bakjes langs het schuine gedeelte: 18 bakjes bewegen omhoog en 18 naar beneden. De overige 10 bakjes bevinden zich op de vlakke gedeelten bovenaan en onderaan de trap. In figuur 2 is de kabelbaan schematisch gegeven. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 2



Eerst onderzoeken Karel en Bas hoe ze met de kabelbaan elektrische energie kunnen opwekken. Daarvoor hebben ze een systeem gemaakt dat elk bakje, dat bovenaan langskomt, vult met $140\ \text{gram}$ zand. Onderaan worden de bakjes weer automatisch geleegd.

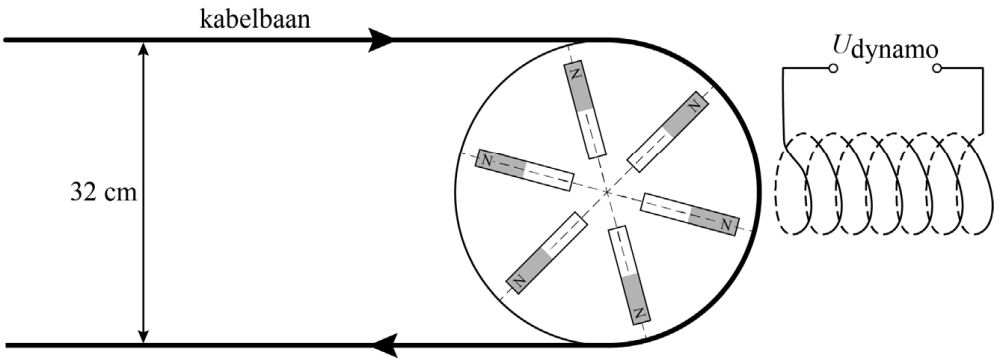
De kabelbaan drijft een dynamo aan waar Karel en Bas lampjes op aansluiten. De dynamo blijkt genoeg elektrische energie te leveren om vier lampjes van $1{,}2\ \text{W}$ goed te laten branden. Zolang Karel en Bas de bakjes blijven vullen beweegt de kabelbaan met een snelheid van $2{,}6\ \text{m s}^{-1}$.

4p **12** Bereken met behulp van de gegevens in figuur 2 het rendement waarmee zwaarte-energie wordt omgezet naar elektrische energie.

natuurkundeuitgelegd.nl

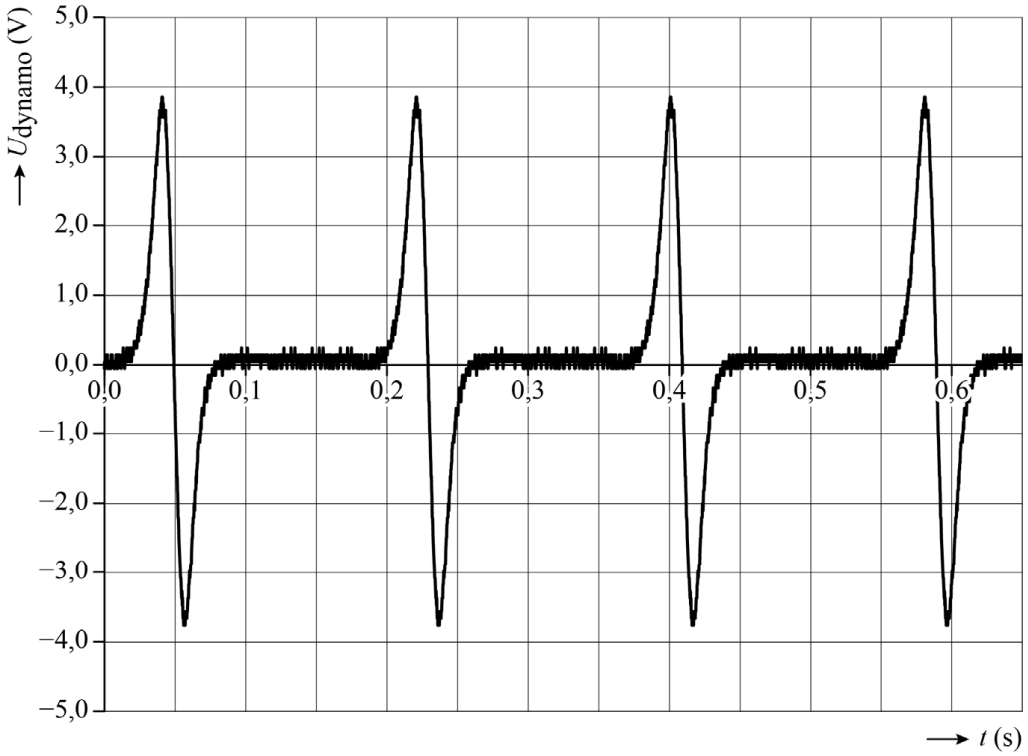
Karel en Bas gebruiken een zelfgemaakte dynamo, waarvan het bovenaanzicht schematisch is weergegeven in figuur 3. Op de draaischijf van de dynamo zijn zes magneten bevestigd. De noordpolen van de magneten zijn gearceerd en met een N aangegeven.

figuur 3



Karel en Bas meten de spanning van de dynamo gedurende enige tijd. Zie figuur 4. Tijdens deze meting heeft de kabelbaan een andere snelheid dan bij de vorige vraag.

figuur 4



3p **13** Bepaal met behulp van de figuren 3 en 4 de snelheid waarmee de kabelbaan nu beweegt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

natuurkundeuitgelegd.nl

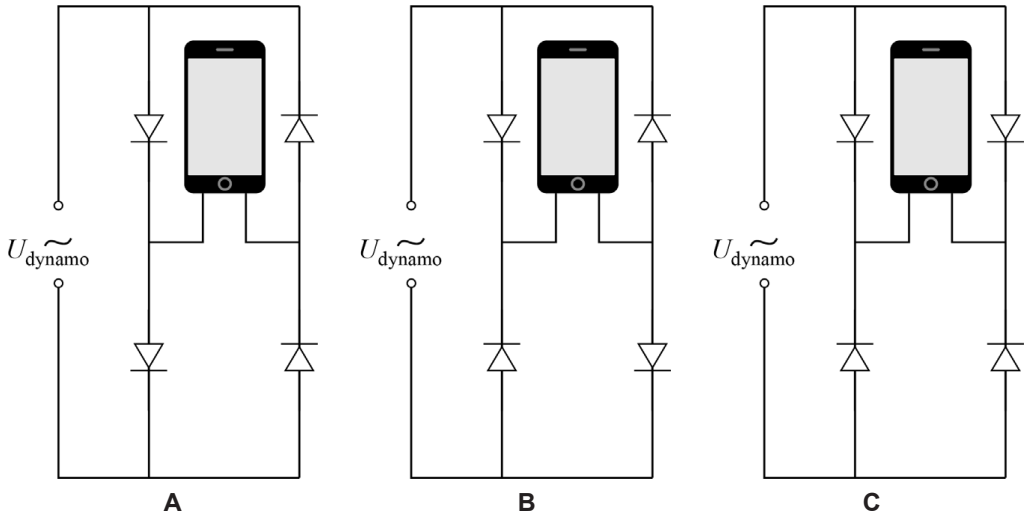
Karel en Bas onderzoeken hoe de grootte en de frequentie van de opgewekte spanning gevarieerd kunnen worden. Op de uitwerkbijlage staan mogelijke aanpassingen aan de kabelbaan met dynamo.

3p **14** Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor elke aanpassing aan welk effect deze heeft op:
- de grootte van de opgewekte spanning
- de frequentie van de opgewekte spanning

Karel en Bas willen met behulp van hun zelfgemaakte kabelbaan een smartphone opladen. Zoals in figuur 4 te zien is, is de opgewekte spanning een wisselspanning. Dit betekent dat de spanning voortdurend van teken wisselt, met als gevolg dat de stroom ook voortdurend van richting verandert. Dat is voor het opladen van een smartphone een probleem, omdat hiervoor een zogenaamde gelijkstroom nodig is. Dat wil zeggen dat de stroom altijd in dezelfde richting door de smartphone loopt.

Om de stroom gelijk te richten maken Karel en Bas een schakeling met vier diodes. In figuur 5 staan drie mogelijke schakelingen getekend.

figuur 5



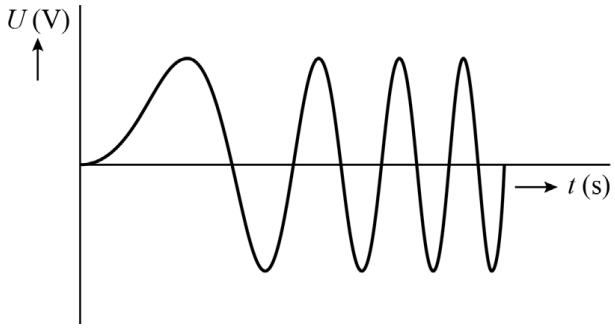
1p **15** Geef aan welke van de drie schakelingen in figuur 5 de juiste is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Tenslotte willen Karel en Bas hun opstelling gebruiken voor de opslag van energie, dus om elektrische energie om te zetten in zwaarte-energie. De dynamo wordt dan een elektromotor. Ze sluiten een computer aan op de kabelbaan waarmee ze de spanning over de spoel kunnen regelen.

In figuur 6 staat het (U,t)-diagram weergegeven van de spanning waarmee Karel en Bas een stilstaande kabelbaan op gang brengen.

figuur 6



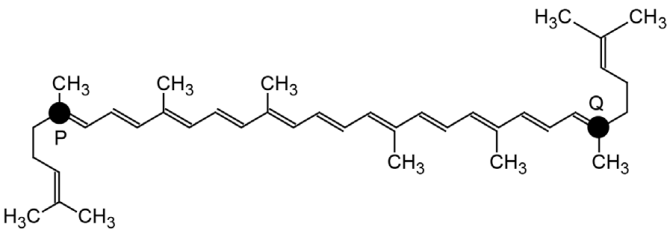
2p **16** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit waarom er een wisselspanning nodig is.
- Leg uit waarom de frequentie van de wisselspanning in het begin moet toenemen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Lycopeen

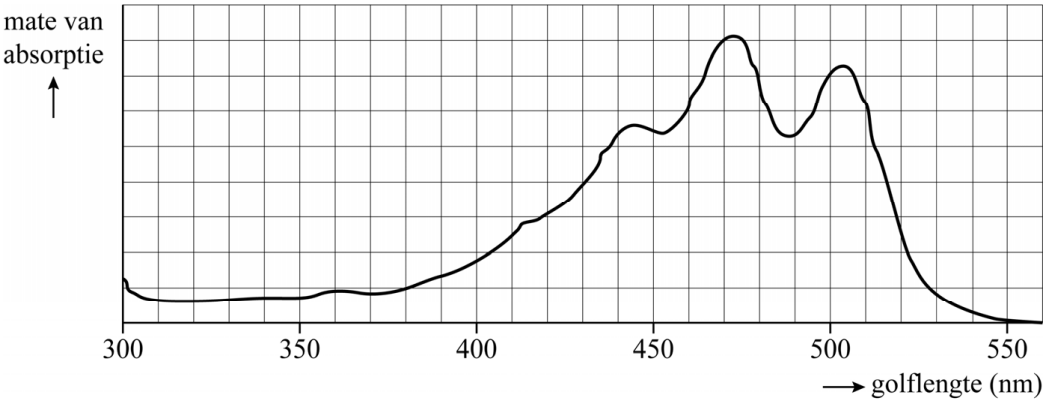
Lycopeen ($C_{40}H_{56}$) is een rode kleurstof die bijvoorbeeld in tomaten voorkomt. Een lycopeenmolecuul bestaat onder meer uit een lange keten van 22 koolstofatomen. Zie figuur 1.

figuur 1



Het absorptiespectrum van lycopeen staat afgebeeld in figuur 2.

figuur 2



De dubbele bindingen in de lange keten tussen de punten P en Q in figuur 1 leveren de zogenaamde π-elektronen. Deze elektronen kunnen vrij bewegen tussen P en Q. We beschouwen het lycopeenmolecuul daarom als een één-dimensionale energieput, gevuld met 22 π-elektronen. We nemen aan dat de lengte van de put gelijk is aan de afstand L, de afstand tussen P en Q langs de keten. Dus L is 21 keer zo lang als de gemiddelde afstand van $1{,}4 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{m}$ tussen twee koolstofatomen in de keten. Op basis hiervan kan de grootste golflengte berekend worden die door het molecuul geabsorbeerd kan worden.

5p **17** Toon met een berekening aan dat deze maximale golflengte groter is dan de waarde die volgt uit figuur 2.

Een mogelijke verklaring voor het verschil tussen de berekende en de gemeten golflengte is dat de effectieve putlengte, waarin de elektronen kunnen bewegen, niet gelijk is aan L.

2p **18** Leg uit of de effectieve putlengte volgens deze verklaring groter of kleiner is dan L.

natuurkundeuitgelegd.nl

Stikstof-13

Stikstof-13 kan gebruikt worden als tracer voor opnames van het hart tijdens een PET-scan. Doordat stikstof-13 een korte halveringstijd heeft, moet het voor een onderzoek ter plekke gemaakt worden. Dit doet men door zuurstof-16 te beschieten met een proton. Hierbij ontstaan stikstof-13 en een ander deeltje.

3p **19** Geef de kernreactievergelijking voor de productie van stikstof-13.

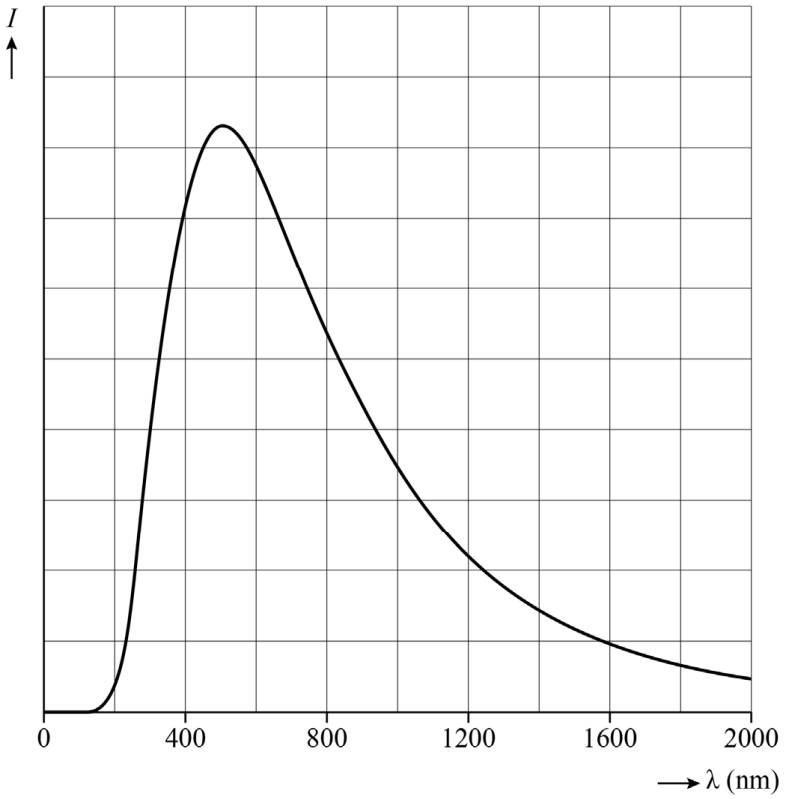
Voor het onderzoek wordt een hoeveelheid stikstof-13 geïnjecteerd met een activiteit van $0{,}74\ \mathrm{GBq}$. Voordat de opname gemaakt kan worden moet het stikstof-13 voldoende opgenomen zijn door het hart. Op het moment dat de opname gemaakt kan worden is de activiteit nog $0{,}56\ \mathrm{GBq}$.

3p **20** Bereken hoe lang na het injecteren van de stikstof-13 de opname is gemaakt.

natuurkundeuitgelegd.nl

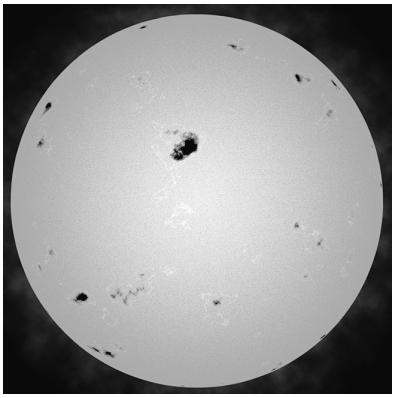
Verreweg het meeste licht dat we waarnemen van de zon wordt uitgezonden vanuit de laag van de zon die fotosfeer heet. De planckkromme hiervan is weergegeven in figuur 1.

figuur 1



3p **21** Bepaal de temperatuur van de fotosfeer volgens figuur 1.

figuur 2



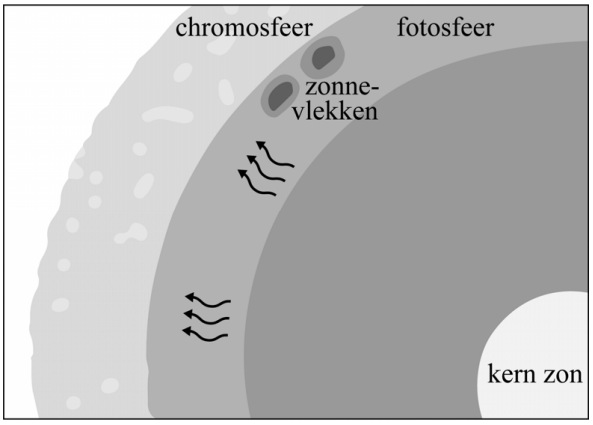
Op foto's van de zon zijn zogenaamde zonnevlekken te zien. Zie figuur 2. In zo'n zonnevlek is de uitgestraalde intensiteit van de fotosfeer 16 keer zo klein als buiten een zonnevlek.

3p **22** Beredeneer hoeveel keer zo laag de temperatuur van de fotosfeer in een zonnevlek is ten opzichte van de temperatuur van de fotosfeer daarbuiten.

natuurkundeuitgelegd.nl

De relatief dunne laag in de zon boven de fotosfeer heet de chromosfeer. Zie figuur 3. De chromosfeer is een gasvormige laag die vooral bestaat uit waterstof.

figuur 3



De chromosfeer is onder normale omstandigheden heel moeilijk waarneembaar doordat deze wordt overstraald door de veel fellere fotosfeer. Om de chromosfeer te kunnen waarnemen wordt een zogenaamd H_α-filter gebruikt. Dit laat alleen golflengtes door in een klein golflengtegebied rond $656{,}28\ \text{nm}$. Deze golflengte komt voor in het emissiespectrum van de chromosfeer, terwijl het spectrum van de fotosfeer hier een absorptielijn heeft.

De H_α-golflengte komt overeen met een overgang in het energieniveauschema van waterstof

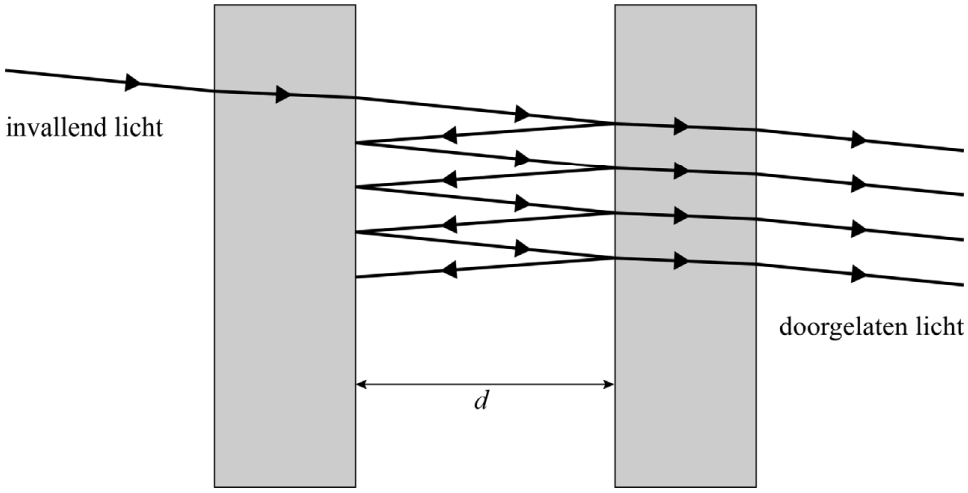
1p **23** Geef aan bij welke overgang deze golflengte hoort:

A tussen de grondtoestand en de eerste aangeslagen toestand
B tussen de grondtoestand en de tweede aangeslagen toestand
C tussen de eerste aangeslagen toestand en de tweede aangeslagen toestand
D tussen de tweede aangeslagen toestand en de derde aangeslagen toestand

Een H_α-filter bevat een zogenaamd etalon. Een etalon bestaat uit twee plaatjes met half doorlatende spiegels die evenwijdig aan elkaar zijn opgesteld, op enige afstand van elkaar. Wanneer een lichtstraal invalt, kan deze worden gereflecteerd tussen de twee plaatjes. Bij de meeste golflengtes vindt daarbij destructieve interferentie plaats. Sommige golflengtes zullen door het filter juist wél doorgelaten worden. Zie figuur 4.

natuurkundeuitgelegd.nl

figuur 4



Bij een etalon in een H_α-filter vallen de lichtstralen vrijwel loodrecht in op de eerste plaat (de hoek in de tekening is in figuur 4 overdreven weergegeven). Bij elke reflectie treedt er een zogenaamde fasesprong op. Dat wil zeggen dat de gereduceerde fase van de lichtstraal verandert met ½, maar omdat dit in het etalon telkens een even aantal keren plaatsvindt hoef je hiermee geen rekening te houden.
De afstand d tussen beide plaatjes bepaalt welke golflengtes doorgelaten worden. Voor deze golflengtes geldt:

$$\lambda = \frac{2}{n}d \qquad (1)$$

Hierin is n een geheel getal

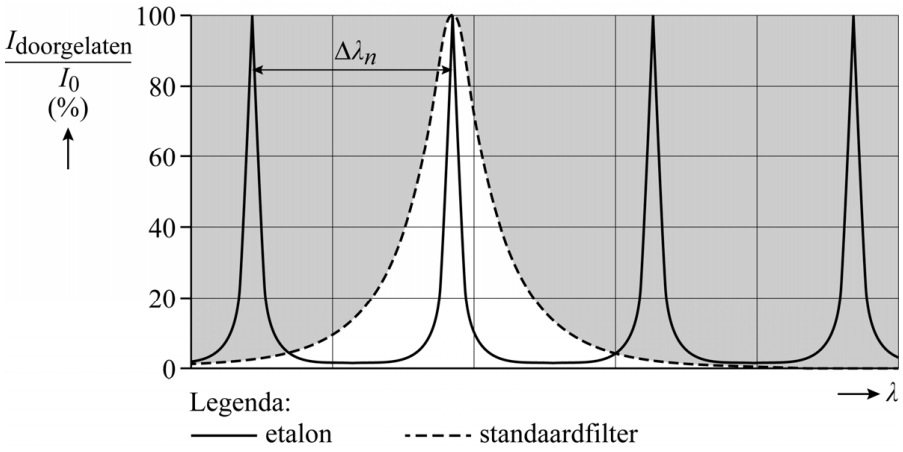
2p **24** Leg met behulp van figuur 4 uit dat deze formule klopt.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

natuurkundeuitgelegd.nl

Bij een H_α-filter is het etalon zo afgesteld dat de golflengte van $656{,}28\ \text{nm}$ maximaal wordt doorgelaten. Dit is echter niet de enige golflengte die wordt doorgelaten. De doorlaatcurve van een etalon laat nooit slechts één piek zien, maar altijd een serie van pieken. Zie de doorgetrokken grafiek in figuur 5. Elke piek van deze grafiek correspondeert met een andere waarde van n in formule (1).

figuur 5



Om alleen de H_α-golflengte zichtbaar te maken wordt een etalon gecombineerd met een tweede filter. Dit is een standaardfilter dat een relatief groot gebied rondom een vaste golflengte doorlaat. In figuur 5 is de doorlaatcurve van dit tweede filter aangegeven met de onderbroken lijn.
De breedte die de doorlaatcurve van het tweede filter maximaal mag hebben, hangt af van de onderlinge afstand tussen de pieken, $\Delta\lambda_n$, in de doorlaatcurve van het etalon.

Van een bepaald etalon is de onderlinge afstand tussen de platen d gelijk aan $42{,}0\ \mu\text{m}$.

4p **25** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken voor dit etalon de waarde van n die hoort bij de H_α-piek.
- Bereken de grootte van $\Delta\lambda_n$ in deze situatie.

Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.

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