Examen HAVO

2013

tijdvak 2
woensdag 19 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 78 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.

HA-1023-a-13-2-o

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 1 SPECT-CT-scan

Bij patiënten met gewrichtsklachten wordt soms een Computed Tomography-scan gemaakt. Voor zo'n CT-scan wordt röntgenstraling gebruikt om een beeld van de pijnlijke plek te maken.

1p **1** Van welke eigenschap van röntgenstraling wordt gebruik gemaakt bij het maken van een CT-scan?

A de dracht van röntgenstraling
B het doordringend vermogen van röntgenstraling
C de snelheid van röntgenstraling
D de lading van röntgenstraling

Als een CT-scan onvoldoende informatie geeft kan de scan gecombineerd worden met een SPECT-scan. SPECT betekent: Single Photon Emission Computed Tomography. De patiënt wordt hiervoor ingespoten met een fosfaatverbinding waar radioactief technetium-$99\mathrm{m}$ aan vast is gemaakt ("gelabeld"). Het fosfaat hoopt zich vooral op in de zieke botdelen, waarbij het technetium-$99\mathrm{m}$ vervalt naar technetium-99 onder uitzending van γ-fotonen.

Figuur 1 is het resultaat van een CT-scan en een SPECT-scan samen. De pijl geeft de plaats van het zieke gewricht aan.

figuur 1

Het benodigde technetium-$99\mathrm{m}$ ontstaat bij het verval van molybdeen-99.

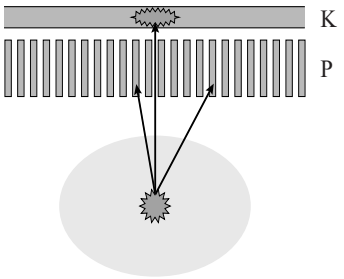
3p **2** Geef de vervalreactie van molybdeen-99.

Voor medisch onderzoek is de isotoop technetium-$99\mathrm{m}$ zeer geschikt.

2p **3** Hoeveel procent van de ingespoten hoeveelheid technetium-$99\mathrm{m}$ is er na een etmaal nog over?

Als het radioactieve fosfaat zich heeft opgehoopt in het zieke botdeel, worden vanaf deze plaats veel γ-fotonen uitgezonden. De γ-fotonen vallen op een kristal K dat een lichtflitsje geeft als een γ-foton het kristal treft. De γ-fotonen die schuin invallen mogen niet op het kristal terecht komen. Er wordt daarom een loden plaat P tussen de patiënt en het kristal K geplaatst. In de loden plaat zijn veel smalle kanaaltjes geboord. Zie figuur 2.

figuur 2

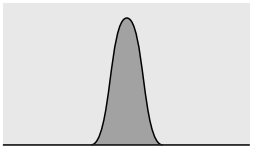


1p **4** Leg uit waarom de kanaaltjes smal moeten zijn.

natuurkundeuitgelegd.nl

Met een detector wordt het aantal γ-fotonen gemeten dat uit een bepaalde richting komt. Het resultaat is een grafiekje, waarin verticaal het aantal γ-fotonen staat en horizontaal de plaats in het kristal. Zie figuur 3.

figuur 3



De meting wordt een aantal malen rondom het pijnlijke botdeel herhaald, in hetzelfde vlak onder verschillende richtingen.
Op de uitwerkbijlage zijn vier grafiekjes gegeven die bij vier verschillende richtingen horen. Het zieke botdeel bevindt zich in het gebied dat door alle vier de detectoren wordt geregistreerd.

2p **5** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage het oppervlak aan waar het zieke botdeel zich bevindt.

Artsen moeten steeds afwegen of de stralingsbelasting die de patiënt ten gevolge van dit onderzoek ontvangt acceptabel is. Bij deze patiënt zijn $2{,}2 \cdot 10^{13}$ kernen technetium-99m ingespoten. De stralingsenergie die deze kernen uitzenden wordt voor 40% door het lichaam van de patiënt opgenomen. De energie van een γ-foton is $0{,}14$ MeV.
De patiënt heeft een massa van 80 kg.

Voor de equivalente dosis geldt: $H = Q\dfrac{E}{m}$

Hierin is:
- H de equivalente dosis in Sv,
- Q de kwaliteitsfactor; $Q = 1$ voor γ-fotonen,
- E de geabsorbeerde energie in J,
- m de massa van de patiënt in kg.

Jaarlijks ontvangt iemand in Nederland een equivalente dosis van circa 2 mSv als gevolg van achtergrondstraling.

4p **6** Ga met een berekening na of de equivalente dosis ten gevolge van de SPECT-scan lager of hoger is dan de jaarlijkse equivalente dosis ten gevolge van de achtergrondstraling.

natuurkundeuitgelegd.nl

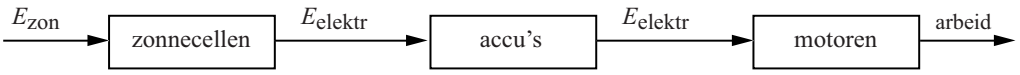
Opgave 2 Solar Impulse

De Solar Impulse is een eenpersoons vliegtuig dat zonne-energie gebruikt om te vliegen. De ontwerpers hebben het vliegtuig in 2011 een volledige vlucht rond de wereld laten maken. Het vliegtuig vloog op een hoogte van $10\ \text{km}$ boven de evenaar met een gemiddelde snelheid van $70\ \text{km h}^{-1}$.

4p **7** Bereken hoeveel dagen deze vlucht duurde.

Opvallend zijn de lange vleugels die vrijwel helemaal bedekt zijn met zonnecellen. Deze zonnecellen zetten de energie van het zonlicht om in elektrische energie, waarmee accu's worden opgeladen. De accu's leveren vervolgens de energie aan de motoren. Zie figuur 1.
Energieverliezen bij het op- en ontladen van de accu worden in deze opgave verwaarloosd.

figuur 1



In de tabel hieronder staan enkele gegevens van dit vliegtuig die gelden bij een snelheid van $70\ \text{km h}^{-1}$. In de rest van deze opgave veronderstellen we dat het vliegtuig met deze snelheid vliegt.

massa Solar Impulse	$1600\ \text{kg}$
oppervlakte zonnecellen	$200\ \text{m}^2$
rendement zonnecellen	20%
nuttig motorvermogen van alle motoren samen	$6{,}0\ \text{kW}$
rendement motoren	60%

Als de zonnecellen een vermogen van $10\ \text{kW}$ leveren, wordt de energie die in de accu's is opgeslagen niet gebruikt om te vliegen.

2p **8** Toon dit aan met een berekening.

2p **9** Bereken het vermogen van het zonlicht dat dan op elke m^2 van de zonnecellen valt.

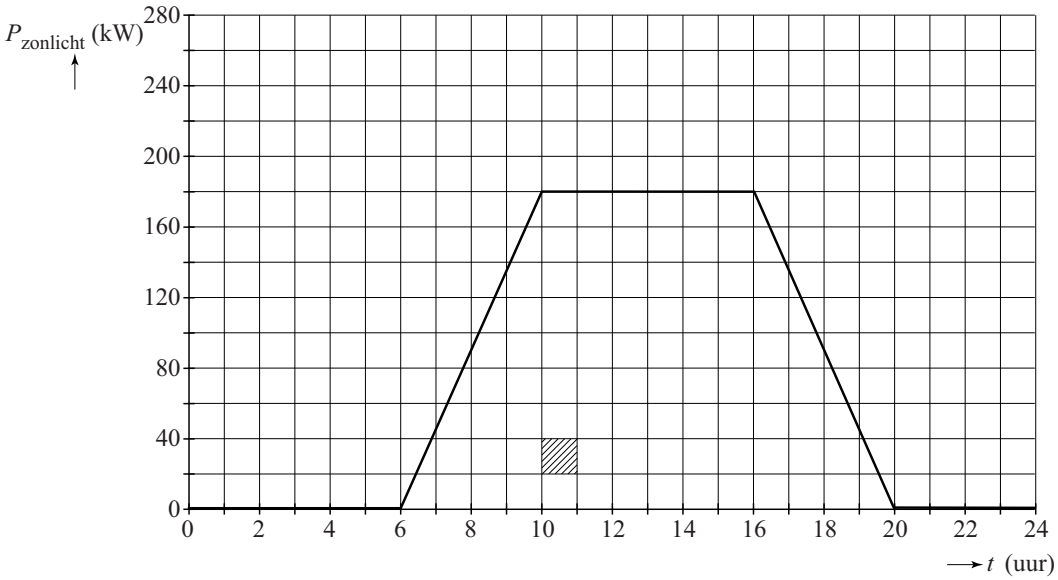
natuurkundeuitgelegd.nl

Het vliegtuig moet ook ‘s nachts kunnen vliegen. Veronderstel dat de accu’s helemaal vol zijn als de nacht begint. De maximale energie-inhoud van de accu’s samen is $110\ \text{kWh}$.

2p **10** Bereken hoelang de accu’s energie kunnen leveren aan de motoren.

In figuur 2 is weergeven hoe het vermogen van het invallend zonlicht op de zonnecellen verloopt tijdens één etmaal. De oppervlakte van het gearceerde hokje komt overeen met een energie van $20\ \text{kWh}$.

figuur 2



De zonnecellen leveren tijdens een etmaal meer energie dan nodig is om in die tijd te vliegen.

5p **11** Bereken deze extra geleverde hoeveelheid energie in kWh.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Kerstboomlampjes

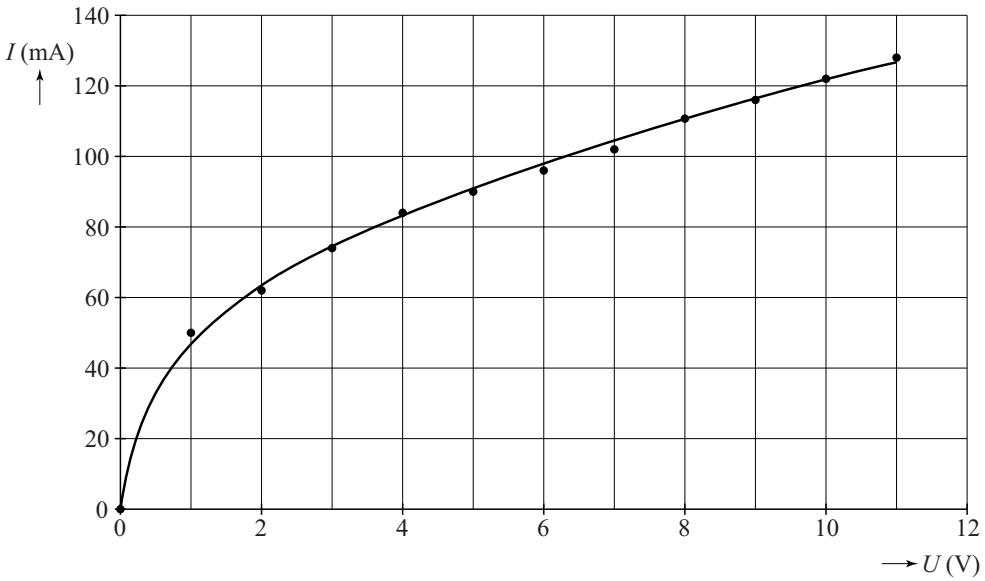
Karin heeft op zolder een kerstboomverlichting gevonden die bestaat uit 24 lampjes die in serie zijn geschakeld.
De verlichting moet worden aangesloten op een stopcontact van 230 V.

Het is vervelend als er één lampje stuk gaat, want dan zijn er twee problemen:
- alle lampjes gaan uit en
- je weet niet welk lampje stuk is.

Karin wil daar een oplossing voor bedenken.

Zij begint met het maken van een (U,I)-karakteristiek van één van de lampjes.
Het resultaat van de meting is de grafiek van figuur 1.

figuur 1



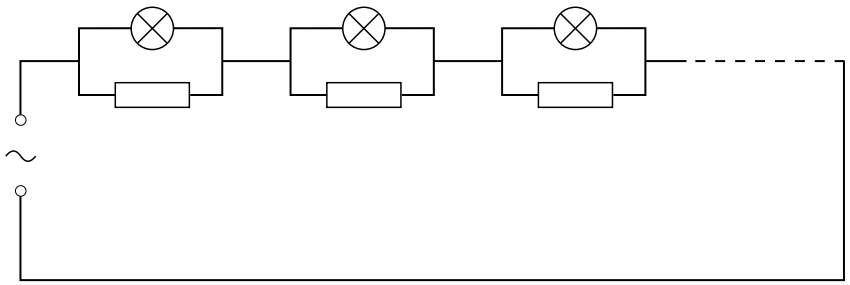
Als het lampje normaal brandt, is de weerstand 80 Ω.

3p **12** Toon dit aan met behulp van figuur 1.

natuurkundeuitgelegd.nl

Karin komt op het idee om parallel aan elk lampje een weerstand te schakelen, zodat de schakeling van figuur 2 ontstaat.

figuur 2



Volgens haar kunnen beide problemen met deze schakeling worden opgelost omdat de stroomkring niet verbroken wordt als één lampje stuk gaat.
Karin moet een keuze maken voor de grootte van de parallel geschakelde weerstanden. Zij kan kiezen tussen weerstanden van $2{,}0\ \Omega$ of weerstanden van $2{,}0\ \text{k}\Omega$.

2p **13** Leg uit dat in beide gevallen alle lampjes op de normale sterkte branden.

Zij besluit eerst de weerstanden van $2{,}0\ \Omega$ te gebruiken. Om het stuk gaan van één lampje na te bootsen, draait zij één lampje los. De overige lampjes blijven (vrijwel) hetzelfde branden. Beide problemen lijken hiermee opgelost.
Als Karin het vermogen berekent dat in de schakeling wordt omgezet, is zij zo ontevreden dat zij dit ontwerp afkeurt.

4p **14** Licht haar besluit toe met een berekening van het totaal ontwikkelde vermogen als alle lampjes in deze schakeling branden.

Karin gebruikt nu voor elke parallelle weerstand een weerstand van $2{,}0\ \text{k}\Omega$. Opnieuw draait zij één lampje los. Tot haar teleurstelling ziet zij dat de andere lampjes nu nog maar nauwelijks gloeien.

3p **15** Geef hiervoor een verklaring. Bereken hiervoor eerst de totale weerstand.

Karin geeft het nog niet op. Het blijkt dat het gebruik van NTC weerstanden, die bij kamertemperatuur een weerstand hebben van $2{,}0\ \text{k}\Omega$ en bij hoge temperatuur $2{,}0\ \Omega$, een oplossing bieden voor alle problemen die zij tot nu toe ondervonden heeft.

4p **16** Leg uit dat nu:
- alle lampjes normaal blijven branden;
- het vermogen niet te hoog is.

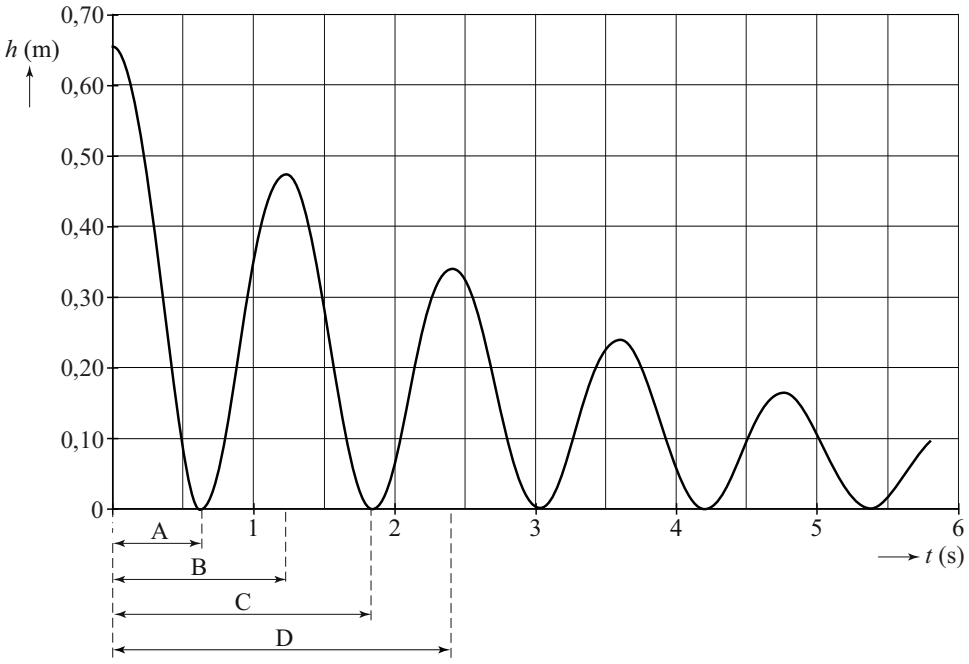
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Railbaan

In een speeltuin staat een railbaan waarop een skateboard is bevestigd.
Fermi stapt op het skateboard en beweegt heen en weer op de railbaan. Zie figuur 1.
In figuur 2 is de hoogte van het skateboard als functie van de tijd weergegeven. De hoogte is gemeten ten opzichte van het laagste punt in de railbaan. Fermi startte op $t = 0$ s links op de railbaan.

figuur 1

figuur 2



De trillingstijd van de beweging is de tijd die verstrijkt vanaf $t = 0$ s tot het moment dat Fermi weer in het hoogste punt links is. In figuur 2 zijn vier tijdsintervallen aangegeven. Eén van deze tijdsintervallen is de trillingstijd.

2p **17** Leg uit welk tijdsinterval overeenkomt met de trillingstijd van deze beweging.

Het laagste punt op de railbaan is de evenwichtsstand van de trilling.
De uitwijking u van trilling is de horizontale afstand tot de evenwichtsstand.

4p **18** Schets op de uitwerkbijlage het (u,t)-diagram van deze beweging tussen $t = 0$ s en $t = 5{,}5$ s. De schaalverdeling op de verticale as is niet van belang.

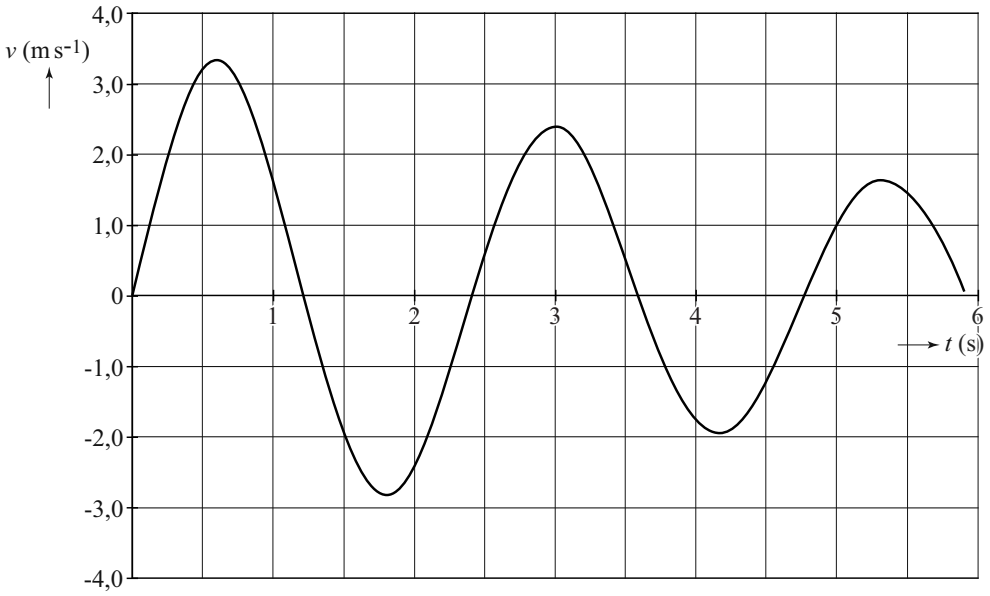
natuurkundeuitgelegd.nl

In figuur 1 beweegt Fermi versneld omlaag. Hiervoor is een resulterende kracht in voorwaartse richting nodig. In de figuur op de uitwerkbijlage is deze kracht met een vectorpijl op schaal weergegeven. In de figuur is ook de zwaartekracht op Fermi met een vectorpijl op schaal weergegeven.
De totale massa van Fermi en het skateboard is $31\ \mathrm{kg}$.

5p **19** Voer de volgende opdrachten uit:
- Construeer op de uitwerkbijlage de component van de zwaartekracht langs de railbaan;
- Bepaal met behulp van de uitwerkbijlage de grootte van de wrijvingskracht (in Newton) langs de railbaan op het moment van de foto.

In figuur 3 staat het (v,t)-diagram van de beweging. Als Fermi van links naar rechts beweegt is de snelheid positief; als Fermi van rechts naar links beweegt is de snelheid negatief.

figuur 3



Op een bepaald moment is Fermi voor de eerste keer op het hoogste punt van zijn beweging rechts op de railbaan.

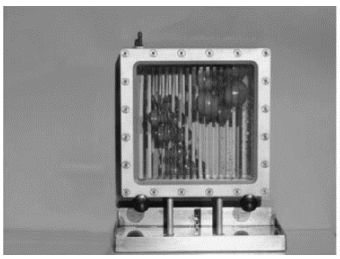
3p **20** Bepaal met behulp van figuur 3 de afstand die hij dan langs de baan heeft afgelegd.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Solswitch

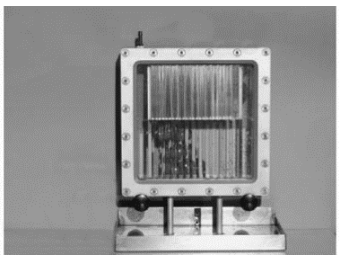
De Vrije Universiteit in Amsterdam heeft in 2008 een patent verworven op de Solswitch. De Solswitch is een dubbelwandig paneel van polycarbonaat dat alleen licht doorlaat als het gevuld is met water. Voorwerpen achter het paneel zijn dan zichtbaar. Zie figuur 1.
Als er geen water in het paneel zit, laat het paneel geen licht door, zodat de voorwerpen achter het paneel niet meer te zien zijn. Zie figuur 3.

figuur 1



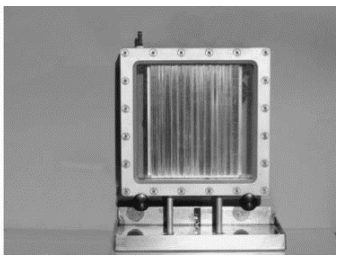
met water

figuur 2



half vol

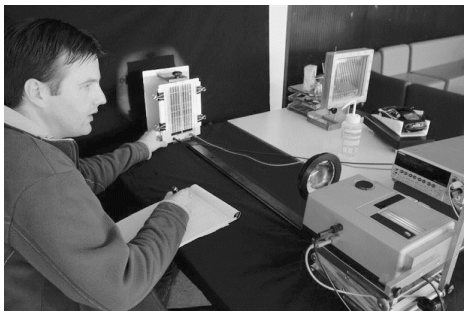
figuur 3



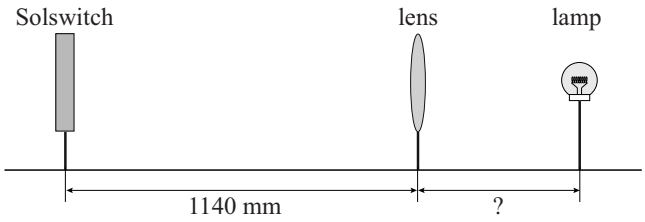
geen water

Tijdens de ontwikkeling van de Solswitch heeft een onderzoeker metingen gedaan aan de hoeveelheid licht die het paneel doorlaat (zie figuur 4).
De gebruikte opstelling is in figuur 5 schematisch, maar niet op schaal, weergegeven.

figuur 4



figuur 5



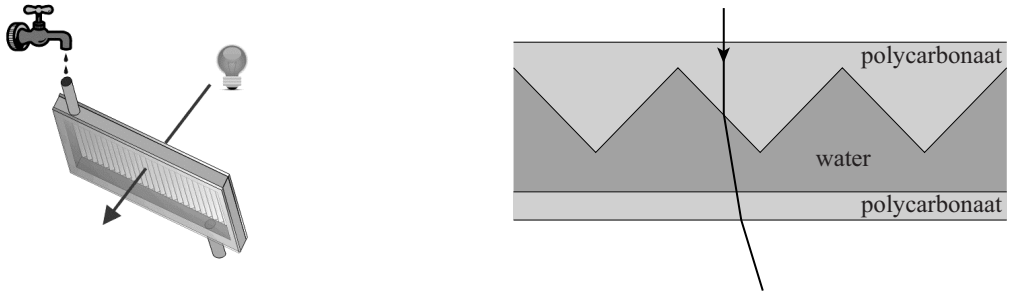
De gebruikte lens heeft een sterkte van 17 dpt; de afstand van de lens tot de Solswitch is 1140 mm. In deze opstelling zorgt de lens voor een evenwijdige bundel op de Solswitch

3p **21** Bereken de afstand van de lamp tot de lens.

natuurkundeuitgelegd.nl

Bijzonder is dat de Solswitch alleen licht doorlaat als het paneel gevuld is met water. Zie figuur 6. In het rechter deel van figuur 6 is een deel van het paneel vergroot getekend. Dit deel staat ook op de uitwerkbijlage.

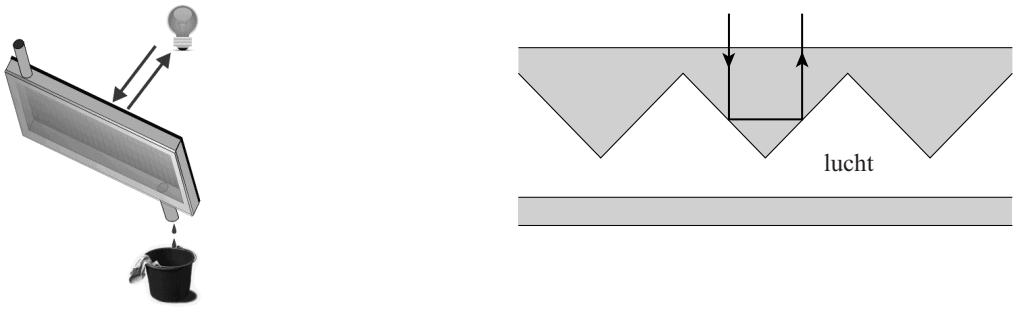
figuur 6



4p **22** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de brekingsindex van de overgang van polycarbonaat naar water.

De bovenste plaat van het paneel bestaat uit prisma's met hoeken van 45^{o}. Als er geen water in het paneel zit, wordt het licht dat op het paneel valt door deze prisma's gereflecteerd. Zie figuur 7.
De brekingsindex van polycarbonaat is $1{,}59$.

figuur 7



3p **23** Toon met een berekening aan dat de getekende lichtstraal in figuur 7 twee keer totaal reflecteert.

De Solswitch kan in het dak van een plantenkas gebruikt worden. Door ook de onderste plaat in het paneel met prisma's uit te voeren kan voorkomen worden dat er 's nachts kunstlicht door het dak van de kas naar buiten schijnt. Op deze manier kan 'lichtvervuiling' worden voorkomen.
Op de uitwerkbijlage is dit nieuwe paneel twee keer getekend: een keer gevuld met water en een keer zonder water.

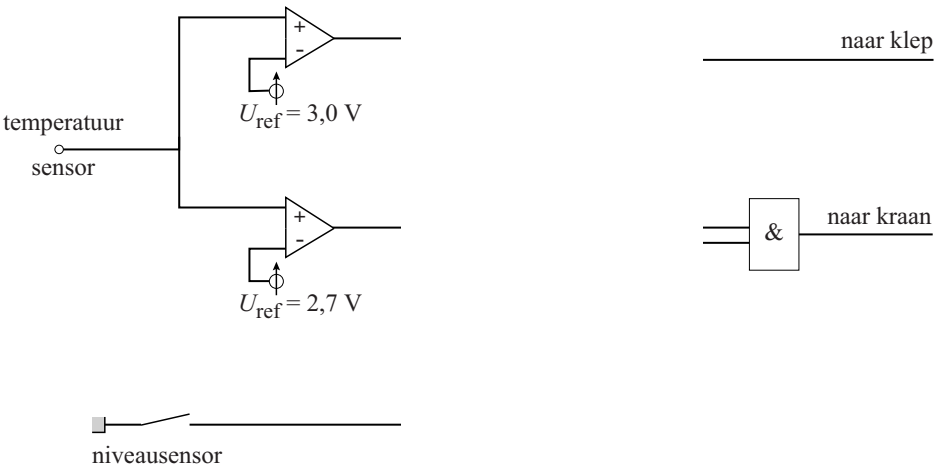
3p **24** Leg uit of het paneel wel of niet met water gevuld moet worden om lichtvervuiling te voorkomen. Schets daarvoor op de uitwerkbijlage het verloop van de lichtstraal zowel in het linker als in het rechterpaneel.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

Voor het vullen en laten leeglopen van de Solswitch wordt een automatisch systeem gebruikt. In figuur 8 is een deel van dit automatische vulsysteem getekend.

figuur 8



De temperatuursensor in dit systeem geeft een hogere spanning als de temperatuur toeneemt.
Van deze sensor is het volgende bekend:
- De sensor heeft een bereik van $10\ ^{\circ}C$ tot $80\ ^{\circ}C$ en is in dit interval lineair;
- Bij $10\ ^{\circ}C$ geeft de sensor een spanning af van $1{,}8\ V$;
- De gevoeligheid van de sensor is $6{,}0 \cdot 10^{-2}\ V\,^{\circ}C^{-1}$.

Het vulsysteem heeft twee uitgangen: de klep laat bij een hoog signaal de Solswitch leeglopen, de kraan kan de Solswitch weer vullen.
In de beginsituatie is de Solswitch gevuld.
Het vulsysteem moet aan de volgende eisen voldoen:
- Als de temperatuur hoger wordt dan $30\ ^{\circ}C$, wordt er in de Solswitch een klep geopend zodat het water eruit stroomt.
- Als de temperatuur onder de $25\ ^{\circ}C$ komt, gaat de klep dicht en wordt de kraan geopend.
- De kraan blijft open totdat een niveausensor (schakelaar) een hoog signaal geeft.

3p **25** Leg uit dat de referentiespanning van de bovenste comparator moet worden ingesteld op $3{,}0\ V$.

4p **26** Maak in de figuur op de uitwerkbijlage de schakeling van figuur 8 compleet, zodat aan bovengenoemde eisen is voldaan.

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