

Examen VWO

2007

tijdvak 2
woensdag 20 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde 1,2 (Project Moderne Natuurkunde)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 22 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 81 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.

Opgave 1 Tuinslang

Frank en Marloes doen proeven met een tuinslang. Eerst onderzoeken zij met welke snelheid het water uit de spuitmond spuit. Daartoe klemmen zij de spuitmond horizontaal in een statief. Zie figuur 1.

figuur 1



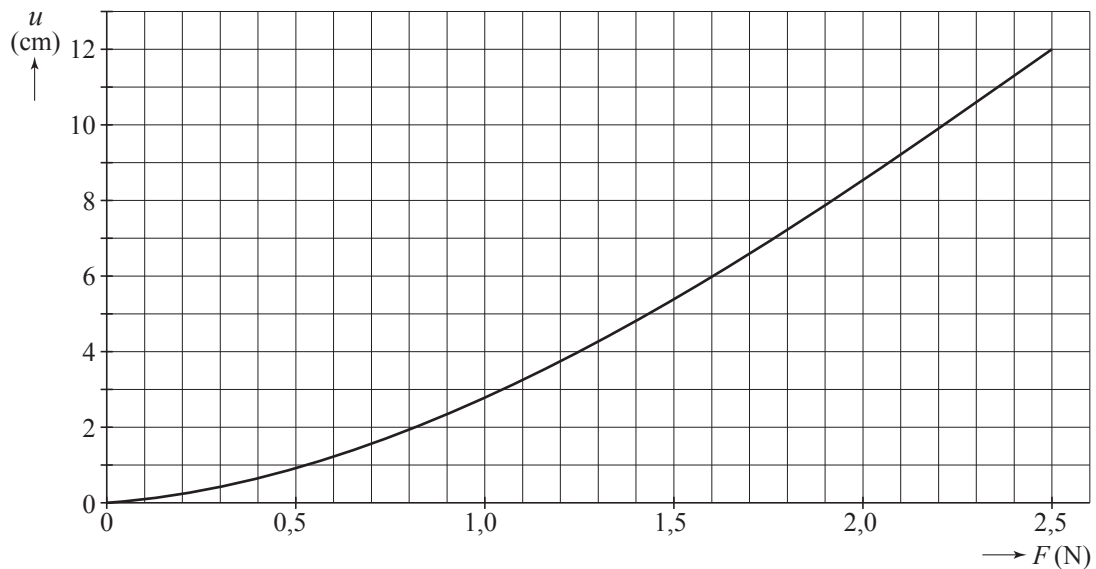
Met de op de foto zichtbare rolmaat meten zij de hoogte van de spuitmond tot de grond: 1,20 m. Nadat zij de kraan opengezet hebben, spuit het water horizontaal uit de spuitmond. De wrijving van het water met de lucht wordt verwaarloosd.

- 5p **1** Bepaal met behulp van figuur 1 de horizontale snelheid van het water bij het verlaten van de spuitmond.

Als Frank de tuinslang los op de grond legt, beweegt het spuitstuk achteruit tengevolge van een terugstotende kracht. Frank en Marloes willen deze reactiekracht meten met een elastiek.

Daartoe bepalen zij op school de ijkgrafiek van het elastiek. Het resultaat van hun metingen staat in figuur 2.

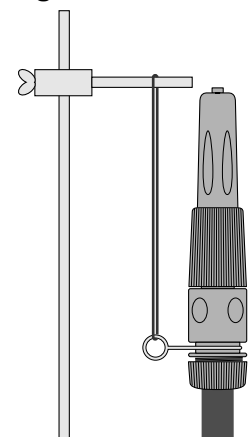
figuur 2



- 4p **2** Beschrijf hoe Marloes en Frank zo'n ijkgrafiek kunnen maken. Denk daarbij in ieder geval aan:
- een tekening van een mogelijke opstelling;
 - het benoemen van de gebruikte meetinstrumenten;
 - uitleg hoe de uitrekking u bepaald wordt.

Marloes hangt de spuitmond op aan het elastiek. Zie figuur 3. Door het gewicht van de spuitmond rekt het elastiek 4,0 cm uit. Na het opendraaien van de kraan is de uitrekking 6,4 cm. Er komt elke seconde 0,100 kg water uit de spuitmond. Het water ondergaat bij het passeren van de spuitmond een snelheidsverandering die de terugstotende kracht op de spuitmond veroorzaakt.

figuur 3

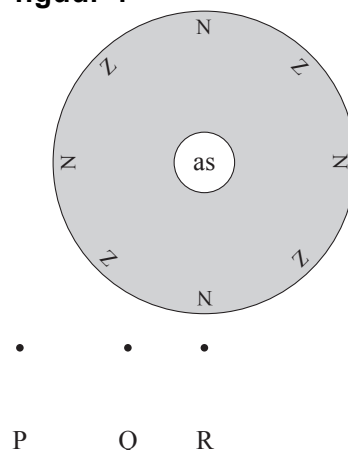


- 3p **3** Bepaal de snelheidsverandering van het water bij het passeren van de spuitmond.

Opgave 2 Fietsdynamo

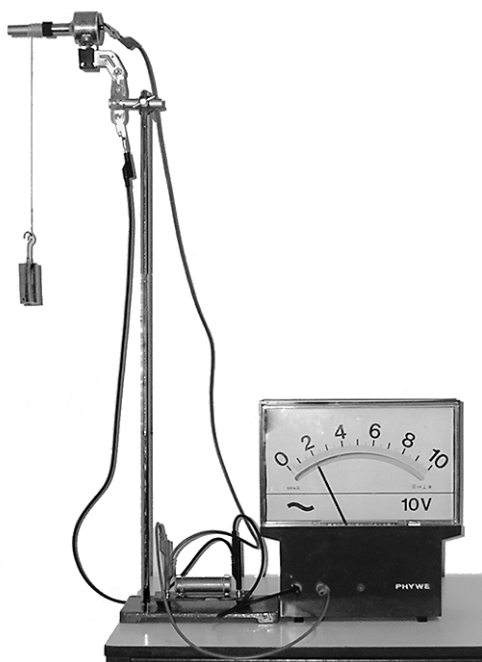
Berend onderzoekt het magnetisch veld van de magneet van een fietsdynamo met een draaibaar staafmagneetje. De ronde dynamomagneet heeft aan de buitenkant acht polen. De tekening van figuur 4 toont een bovenaanzicht van de magneet met daarin de acht polen. Onder de magneet zijn drie punten P, Q en R aangegeven. Berend plaatst de as van het draaibare staafmagneetje achtereenvolgens in de punten P, Q en R. Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 4

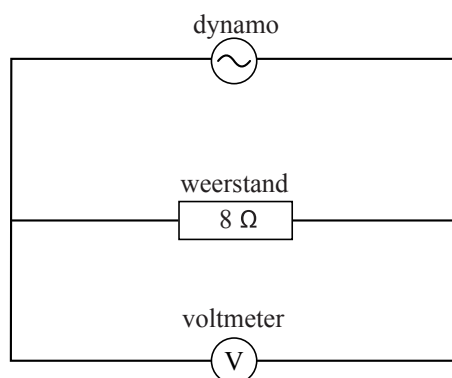


- 3p 4 Teken in de uitwerkbijlage in de punten P, Q en R de stand van het staafmagneetje. Geef duidelijk aan waar de noord- en zuidpool van het staafmagneetje zitten.

figuur 5



figuur 6



Om het rendement van de dynamo te bepalen bouwt Berend de opstelling van figuur 5. De elektrische schakeling die bij deze opstelling hoort, is getekend in figuur 6.

Als hij het gewichtje loslaat, gaat het wiel van de dynamo draaien. Enige tijd na het loslaten bereikt het gewichtje een constante snelheid. Na het bereiken van de constante snelheid legt het gewichtje in 1,3 s een afstand van 1,00 m af. De massa van het gewichtje is 200 g. De effectieve waarde van de geleverde wisselspanning is 1,6 V. De grootte van de weerstand is 8,0 Ω.

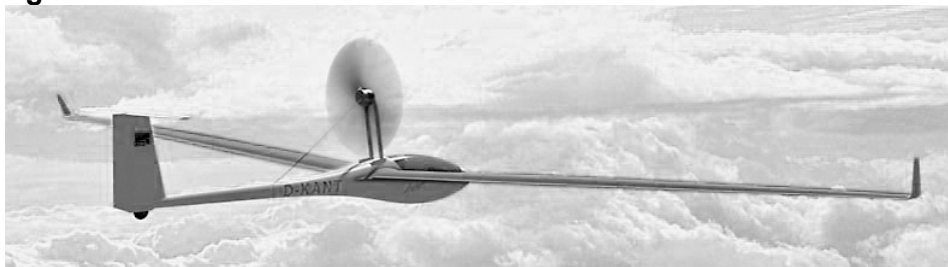
- 4p 5 Bereken het rendement van deze dynamo voor de omzetting van zwaarte-energie in elektrische energie in deze situatie.

Opgave 3 Zweefvliegen

De Antares is een zweefvliegtuig met een inklapbare propeller. Bij het opstijgen wordt de propeller gebruikt. Als het zweefvliegtuig op hoogte is, wordt de propeller stilgezet en ingeklapt.

In figuur 7 zie je de Antares met uitgeklapte propeller.

figuur 7



Het zweefvliegtuig heeft een maximale verticale stijgsnelheid van $4,6 \text{ m s}^{-1}$.

De massa van het vliegtuig is 420 kg .

- 2p **6** Bereken het vermogen dat minimaal nodig is om het vliegtuig met deze snelheid te laten stijgen.

De accu's voor de elektromotor van de propeller kunnen een maximaal vermogen leveren van 42 kW .

Een acculader laadt deze accu's in $9,0$ uur volledig op. Deze acculader is aangesloten op de netspanning van 230 V en neemt gedurende het laden gemiddeld een stroomsterkte van $12,0 \text{ A}$ af. De elektrische energie die de accu's kunnen leveren bedraagt 75% van de energie die de acculader uit het net heeft afgenomen.

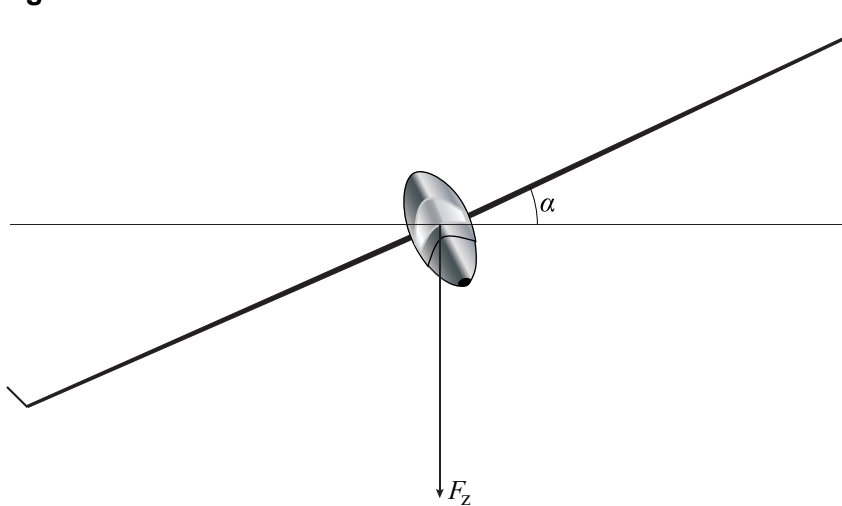
- 4p **7** Bereken hoeveel minuten de accu's de propeller met maximaal vermogen kunnen aandrijven.

Het vliegtuig heeft een nieuw type kreukelzone. Daardoor heeft de piloot een grote kans een frontale botsing tegen een stevige muur te overleven. Neem aan dat de kreukelzone bij zo'n botsing met 80 km h^{-1} over 200 cm wordt ingedeukt. Neem verder aan dat de veiligheidsriemen zover uitrekken dat de piloot 40 cm vanaf de rugleuning naar voren schuift en dat de piloot een massa heeft van 75 kg .

- 4p **8** Bereken de gemiddelde vertraging die de piloot tijdens zo'n botsing zou ondervinden.

Bij windstil weer maakt het zweefvliegtuig een bocht in het horizontale vlak met een constante baansnelheid van 120 km h^{-1} . Er werken dan in het verticale vlak twee krachten op het vliegtuig: de zwaartekracht F_z en de liftkracht F_{lift} . De liftkracht staat loodrecht op de vleugels. De hoek tussen de vleugels en het horizontale vlak noemen we α . Zie figuur 8. Figuur 8 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 8



- 5p **9** Bepaal de straal van de bocht. Teken daartoe eerst in de figuur op de uitwerkbijlage de liftkracht op het vliegtuig in de juiste verhouding tot de zwaartekracht.

Opgave 4 Kolibrie

De kolibrie is een klein vogeltje dat door de snelle vleugelslag stil kan blijven hangen in de lucht. Zie figuur 9. Een onderzoeker maakte deze foto om de lengte l van de vogel te bepalen.

Hij gebruikte een telelens met een brandpuntsafstand van 135 mm. De afstand van kolibrie tot lens was 1,80 m. Het beeld werd vastgelegd op een beeldchip. De afmetingen van deze beeldchip zijn $12,8 \times 9,6$ mm. Figuur 9 is een volledige afbeelding van het vastgelegde beeld.

figuur 9



- 5p 10 Bepaal de lengte l van de kolibrie.

De onderzoeker hoort een zoemtoon die wordt veroorzaakt door het trillen van de vleugels. Op 1,80 m afstand van de kolibrie bedraagt het geluids(druk)niveau 38 dB. Ga ervan uit dat de geluidsbron puntvormig is en dat het geluid in alle richtingen gelijk verdeeld wordt.

- 3p 11 Bereken het geluidsvermogen P dat door de vleugels geproduceerd wordt.

De onderzoeker wil te weten komen hoe groot de maximale snelheid van de vleugeltips is als de kolibrie stil hangt voor een bloem. Hij meet een zoemtoon van 75 Hz ten gevolge van het trillen van de vleugels. Hij neemt aan dat de vleugeltips bij benadering een harmonische trilling uitvoeren. Uitgaande van gemaakte foto's schat hij de amplitudo op 7,0 cm.

- 3p 12 Bereken de maximale snelheid van de vleugeltips.

De kolibrie vliegt naar een andere bloem. Bij het vliegen is de frequentie waarmee de vleugels op en neer gaan lager dan tijdens het stilhangen voor een bloem.

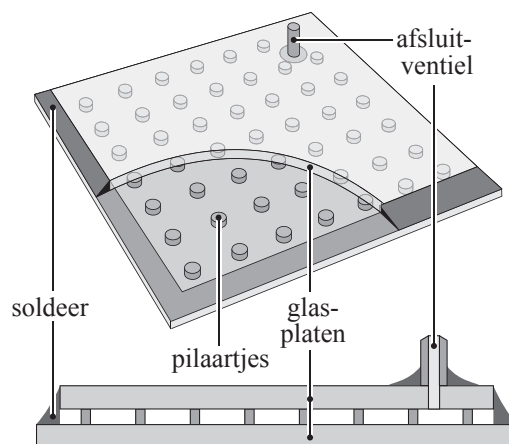
Tijdens het vliegen verandert de vogel voortdurend van richting. De waargenomen frequentie van de zoemtoon tijdens het vliegen blijkt te variëren tussen 40 en 60 Hz. De onderzoeker vraagt zich af of deze variatie in frequentie kan worden veroorzaakt door het dopplereffect. De onderzoeker weet dat de gemiddelde snelheid van dit soort kolibries 40 km h^{-1} bedraagt met uitschieters tot 65 km h^{-1} . De temperatuur van de lucht is 20°C .

- 4p 13 Ga met een berekening na of de waargenomen variatie in de frequentie kan worden verklaard met het dopplereffect.

Opgave 5 Vacuümglas

Lees het volgende artikel.

In plaats van ruiten van gewoon dubbelglas worden tegenwoordig in woningen ook ruiten van zogenaamd vacuümglas toegepast. Bij gewoon dubbelglas bevindt zich droge lucht tussen de twee glasplaten. De ruit is 12 mm dik. Bij vacuümglas is de ruimte tussen de twee glasplaten vacuüm. Minuscule pilaartjes voorkomen dat de glasplaten tegen elkaar aangedrukt worden. De ruit is nauwelijks dikker dan 6 mm en isoleert beter dan een ruit van gewoon dubbelglas.



- 2p **14** De warmtegeleiding via de pilaartjes is verwaarloosbaar. Leg uit waarom vacuümglas beter isoleert dan gewoon dubbelglas.

Voor P , de hoeveelheid warmte die per seconde door een ruit gaat, geldt:

$$P = \mu A \Delta T$$

Hierin is:

- μ de warmtedoorgangscoefficient van de ruit;
- A de oppervlakte van de ruit;
- ΔT het temperatuurverschil tussen binnen- en buitenkant van de ruit.

De waarde van μ voor een ruit van vacuümglas is $1,4 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.

De waarde van μ voor een ruit van dubbelglas is $3,5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.

Op een bepaalde middag is gedurende 4,0 uur de buitentemperatuur $3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en de binnentemperatuur $19 \text{ }^\circ\text{C}$. Het vertrek dat verwarmd wordt, heeft ruiten met een totale oppervlakte van $6,0 \text{ m}^2$. De verwarmingsinstallatie verbrandt Gronings aardgas en heeft een rendement van 90%.

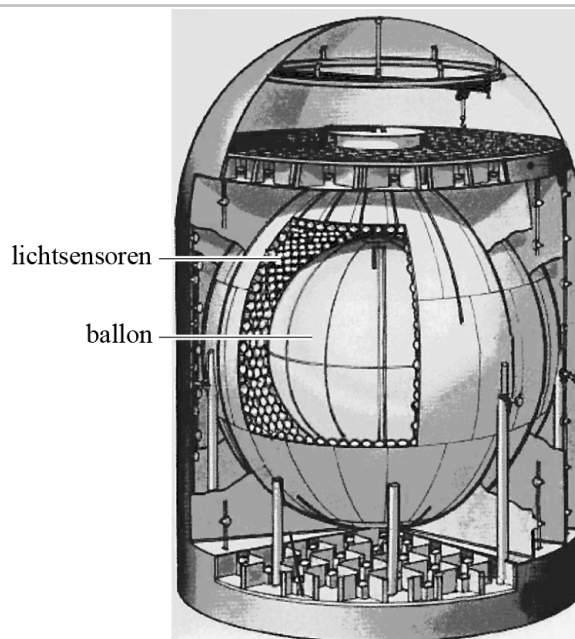
- 5p **15** Bereken hoeveel kubieke meter (Gronings) aardgas men in die 4,0 uur bespaart bij gebruik van vacuümglas in plaats van gewoon dubbelglas.

Opgave 6 Geoneutrino's

Lees onderstaand artikel.

Natuurkundigen hebben een nieuwe methode ontwikkeld om het inwendige van de aarde te bestuderen. Ze maken hierbij gebruik van antineutrino's uit de aarde die ze geoneutrino's noemen.

Geoneutrino's ontstaan bij het radioactieve verval van thorium-232, uranium-238 en kalium-40. De deeltjes gaan bijna overal dwars doorheen, maar de KamLAND-detector in Japan is toch in staat er af en toe een waar te nemen. De detector bestaat uit een grote ballon, gevuld met een speciale detectorvloeistof. Wanneer die vloeistof een antineutrino invangt, ontstaan direct na elkaar twee korte lichtflitsjes die met lichtsensoren worden gedetecteerd.



De afgelopen twee jaar zijn 25 antineutrino's waargenomen die daadwerkelijk afkomstig waren uit het binnenste van de aarde en gevormd bij het verval van uranium en thorium. Daarmee kon de bijdrage aan de aardwarmte van dit verval worden berekend.

Antineutrino's komen onder andere vrij als U-238 via een aantal stappen verval tot het stabiele Pb-206. Bij deze stappen komt geen β^+ -verval of elektronvangst voor. De netto reactievergelijking van de vervalreeks van U-238 heeft de volgende vorm:



Behalve Pb-206 en γ -fotonen komen er dus nog drie verschillende soorten deeltjes vrij.

- 4p **16** Maak bovenstaande netto reactievergelijking volledig. Geef aan welke behoudswetten je daarbij hebt gebruikt.

Sommige antineutrino's uit het inwendige van de aarde bereiken de detector niet omdat ze onderweg door de aarde vervallen in anti-muon-neutrino's of anti-tauon-neutrino's.

- 2p **17** Leg uit welk type wisselwerking voor dit verval verantwoordelijk is.

In de KamLAND-detector wordt een antineutrino gedetecteerd wanneer het reageert met een proton in de detectorvloeistof. Bij deze reactie komen een neutron en een positron vrij.

3p **18** Teken het reactiediagram van deze reactie.

Antineutrino's afkomstig van het verval van K-40 worden niet gedetecteerd. Hun energie is te laag voor een reactie met een proton.

4p **19** Toon dit aan. Bereken daarbij eerst de energie die een antineutrino minstens moet hebben om te kunnen reageren met een proton. Gebruik bij de berekening de waarden van tabel 7 van Binas. De massa van het antineutrino mag verwaarloosd worden.

De aanwezigheid van de detector heeft nauwelijks invloed op de golffunctie van een antineutrino uit de aarde, zolang dit antineutrino niet gedetecteerd wordt.

3p **20** Leg dit uit.

Van de gedetecteerde antineutrino's is 80% afkomstig van U-238. Uit berekeningen van de KamLAND-onderzoekers blijkt dat van alle antineutrino's die bij het verval van $5,4 \cdot 10^{30}$ kernen U-238 vrijkomen, er slechts één wordt gedetecteerd. Elke kilogram U-238 in de aarde levert 0,095 mW warmte als gevolg van radioactief verval.

Voor A , de activiteit van al het U-238 in de aarde, geldt:

$$A = 0,69 \frac{N}{\tau}$$

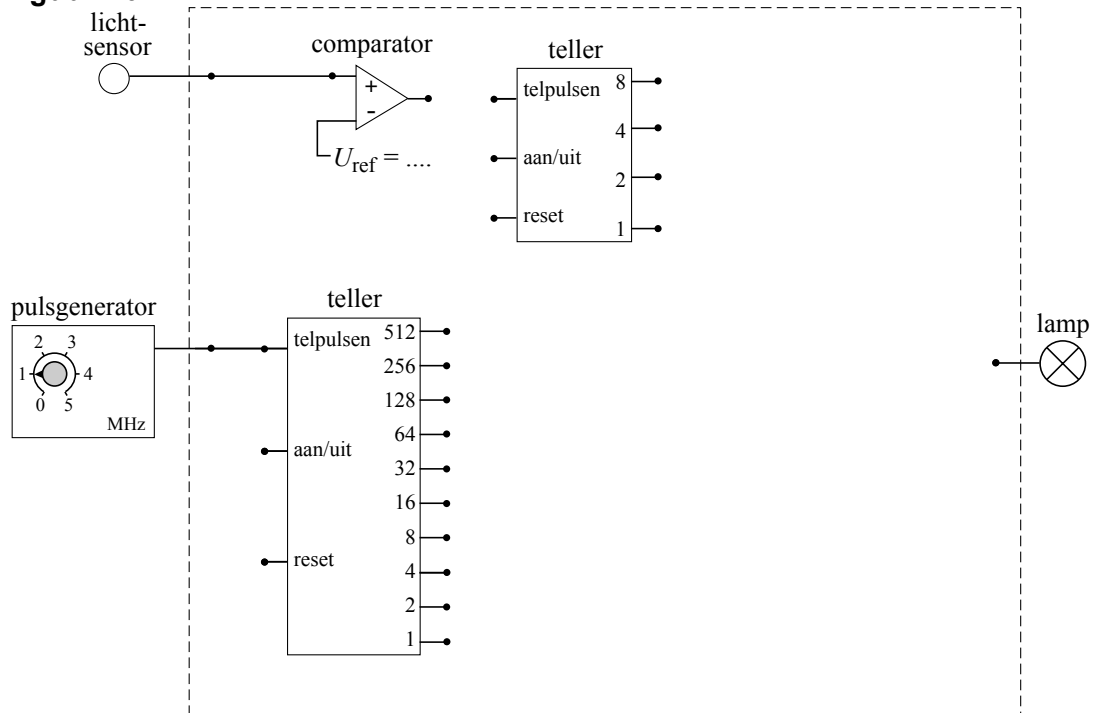
Hierin is:

- N het totale aantal atomen U-238 in de aarde,
- τ de halveringstijd van het verval van U-238.

4p **21** Bereken de aardwarmte die per seconde wordt geproduceerd als gevolg van radioactief verval van U-238 in de aarde.

Een antineutrino dat wordt ingevangen veroorzaakt twee lichtflitsjes kort na elkaar. Deze flitsjes worden gedetecteerd met lichtsensoren. De lichtsensoren maken deel uit van een geautomatiseerd systeem, waarvan een deel in figuur 10 is getekend. Daarin zijn alle lichtsensoren vervangen door één sensor. De pulsentellers staan aan als er niets is aangesloten op de aan/uit-ingang. De pulsgenerator staat ingesteld op 1,00 MHz. Figuur 10 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 10



Het automatisch systeem voldoet aan de volgende eisen:

- Er gaat een lamp branden als de lichtsensor binnen 512 μs twee lichtflitsen detecteert. De lamp blijft branden als er na de twee flitsen nog meer flitsen gedetecteerd worden.
- Als er geen tweede lichtflits volgt binnen 512 μs na de eerste lichtflits wordt het systeem gereset.
- Het systeem reageert niet op lichtflitsen die in de lichtsensor een spanning van minder dan 2,5 V opwekken.

Je hoeft er niet voor te zorgen dat de lamp weer uitgaat en dat het systeem wordt gereset wanneer de lichtsensor binnen 512 μs twee lichtflitsen heeft gedetecteerd.

- 5p **22** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de verbindingen en de verwerkers die nodig zijn om het systeem goed te laten werken.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.