

Formuleblad

C Beweging en wisselwerking

$$F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$$

$$E_{\text{chem}} = r_v V \quad E_{\text{chem}} = r_m m \quad E_{\text{grav}} = -G \frac{mM}{r}$$

$$\Sigma p_{\text{voor}} = \Sigma p_{\text{na}}$$

D Lading en veld

$$I = GU$$

E Straling en materie

$$\frac{P}{A} = \sigma T^4 \quad L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} c$$

$$D = \frac{E}{m} \quad H = QD$$

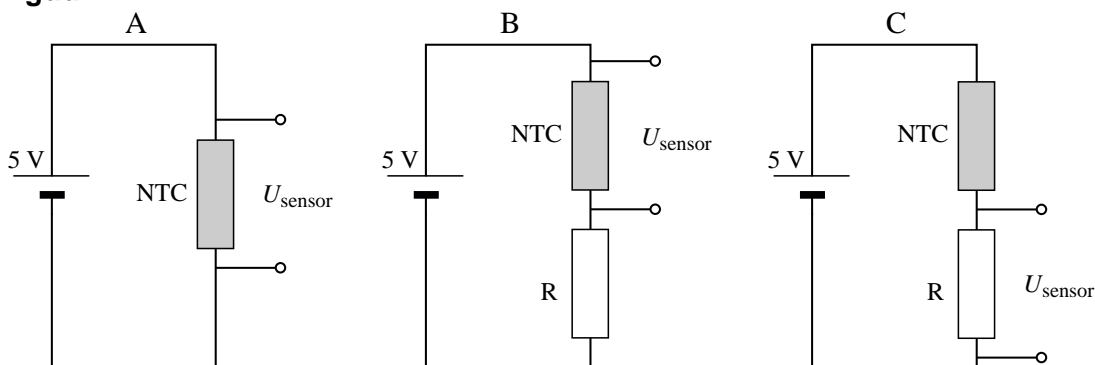
Opgave 1 Een temperatuursensor maken

Jeroen gaat zelf een temperatuursensor in elkaar zetten. Hij wil dat de sensor bij een hogere temperatuur een hogere spanning geeft.

Jeroen bedenkt drie schakelingen. Zie figuur 1.

In de drie schakelingen zijn steeds dezelfde NTC en dezelfde R gebruikt.

figuur 1



Jeroen kiest schakeling C voor zijn temperatuursensor. Op de uitwerkbijlage is voor schakeling C de grafiek van de sensorspanning tegen de temperatuur geschetst.

2p 1 Schets op de uitwerkbijlage de grafieken van de sensorspanning tegen de temperatuur die schakeling A en schakeling B geven.

3p 2 Leg uit hoe het komt dat schakeling C bij een hogere temperatuur een hogere sensorspanning geeft.

Jeroen gebruikt een voedingsspanning van 5,0 V. Voor de NTC geldt:

$$R_{\text{NTC}} = 2,2 \text{ k}\Omega \text{ bij een temperatuur van } 25 \text{ }^\circ\text{C}.$$

De NTC mag niet te veel opwarmen door de stroom die er doorheen loopt:

het elektrisch vermogen dat in de NTC omgezet wordt, mag maximaal 2,0 mW bedragen bij een temperatuur van 25 °C.

4p 3 Bereken de waarde die de serieweerstand R (minimaal) moet hebben.

Jeroen wil zijn temperatuursensor gaan gebruiken in zijn computer. De temperatuur mag daar niet boven 25 °C komen. Daarom wil Jeroen een automatisch systeem met een ventilator in de computerkast bouwen. Om dit koelsysteem te ontwerpen, bouwt Jeroen eerst een automatische schakeling op een systeembord. Deze schakeling moet voldoen aan de volgende eisen:

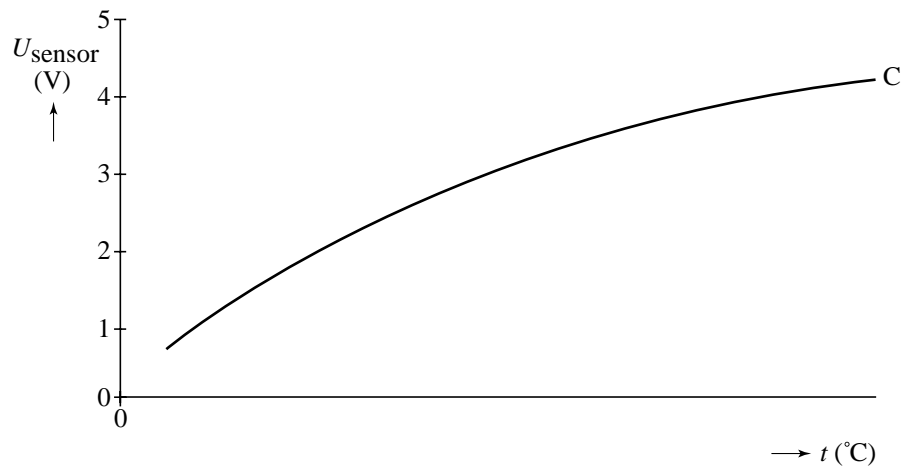
- De ventilator moet gaan draaien als de temperatuur in de computer boven de 25 °C komt.
- De ventilator moet blijven draaien zolang de temperatuur hoger is dan 25 °C.
- Als de temperatuur onder de 25 °C komt, moet de ventilator nog 20 s doordraaien.

In de figuur op de uitwerkbijlage is een gedeelte van het ontwerp weergegeven.

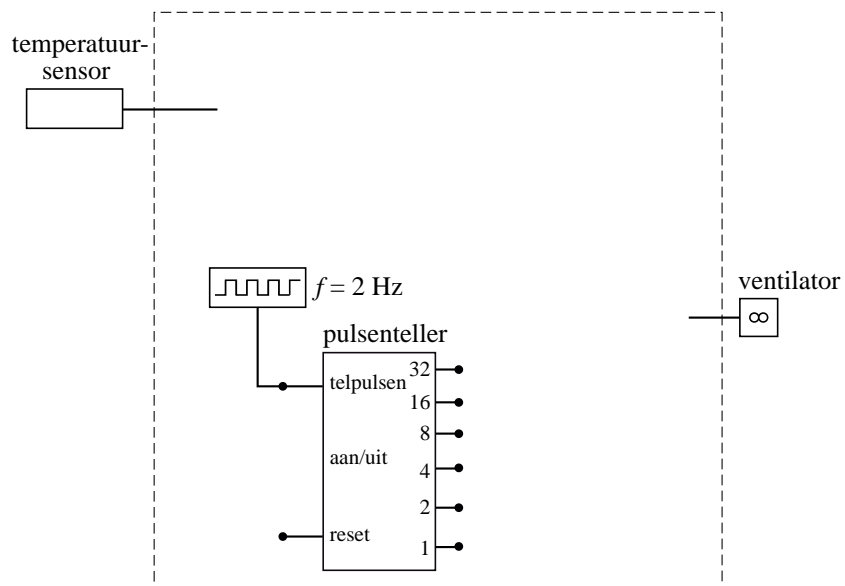
5p 4 Maak het ontwerp af, zodat het voldoet aan de eisen die Jeroen gesteld heeft.

uitwerkbijlage

1



4



Opgave 2 Kingda Ka

Lees het artikel.

Snelste achtbaan ter wereld geopend

New York. De hoogste en snelste achtbaan ter wereld gaat binnenkort open. Wie in de Kingda Ka stapt, maakt mee dat de trein in 3,5 seconde vanuit stilstand tot 205 km h^{-1} wordt versneld en daarna 139 m omhoog wordt gejaagd. Op het hoogste punt is de snelheid nog zo groot, dat de passagiers loskomen uit hun stoeltje en tegen de sluitbeugels worden gedrukt. Vervolgens stort de trein zich loodrecht in de diepte, waarna een tweede heuvel volgt. De hele rit duurt nog geen minuut.

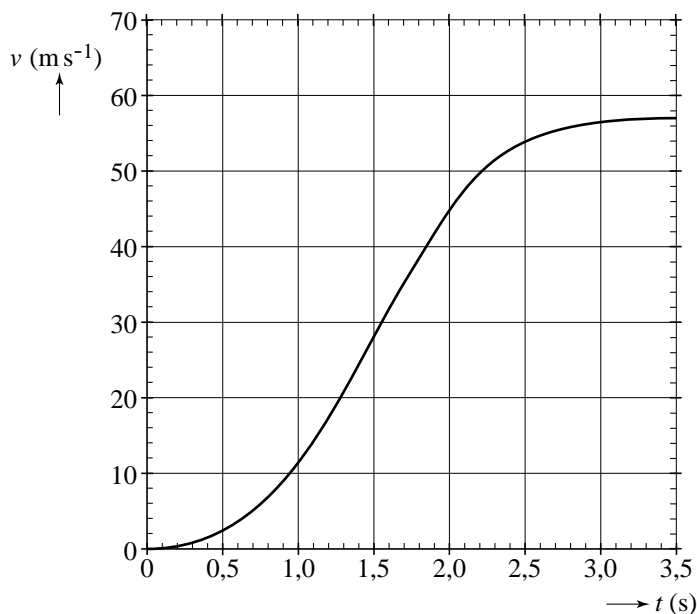


naar: de Gelderlander, 21 mei 2005

Bij de start wordt de trein van de Kingda Ka op een horizontale baan versneld. In figuur 1 staat het (v, t) -diagram van de beweging op die horizontale baan.

Tussen $v = 20 \text{ ms}^{-1}$ en $v = 40 \text{ ms}^{-1}$ is de beweging éénparig versneld. De versnelling is daar maximaal. Bij dit soort attracties wordt de versnelling op de passagiers vaak uitgedrukt in de valversnelling g .

figuur 1



- 3p 5 Bepaal met behulp van figuur 1 de maximale versnelling die de passagiers ondervinden, uitgedrukt in de valversnelling g .

Op de horizontale baan van de achtbaan zorgt een elektromotor voor de aandrijving van de trein met passagiers. De massa van de trein met passagiers bedraagt $3,1 \cdot 10^3$ kg.

- 3p **6** Bepaal het gemiddelde vermogen dat de elektromotor gedurende de eerste 3,5 s minimaal moet leveren.

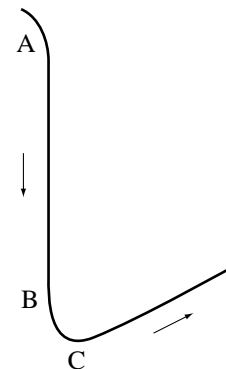
Aan het einde van de horizontale baan werkt er geen aandrijvende kracht meer. Het (zwaartepunt van het) treintje gaat daarna 139 m omhoog. Natuurlijk moet de trein wel de top halen. Een bepaald percentage van de bewegingsenergie wordt tijdens de rit naar boven omgezet in warmte ten gevolge van de wrijving.

- 3p **7** Bereken hoe groot dit percentage maximaal mag zijn.

Na de top gaat het treintje naar beneden. Een zijaanzicht van de baan van het treintje na de top is schematisch weergegeven in figuur 2.

Tussen de punten A en B valt het treintje loodrecht naar beneden. Daarna buigt de baan af en gaat het treintje na het laagste punt C schuin naar boven.

figuur 2

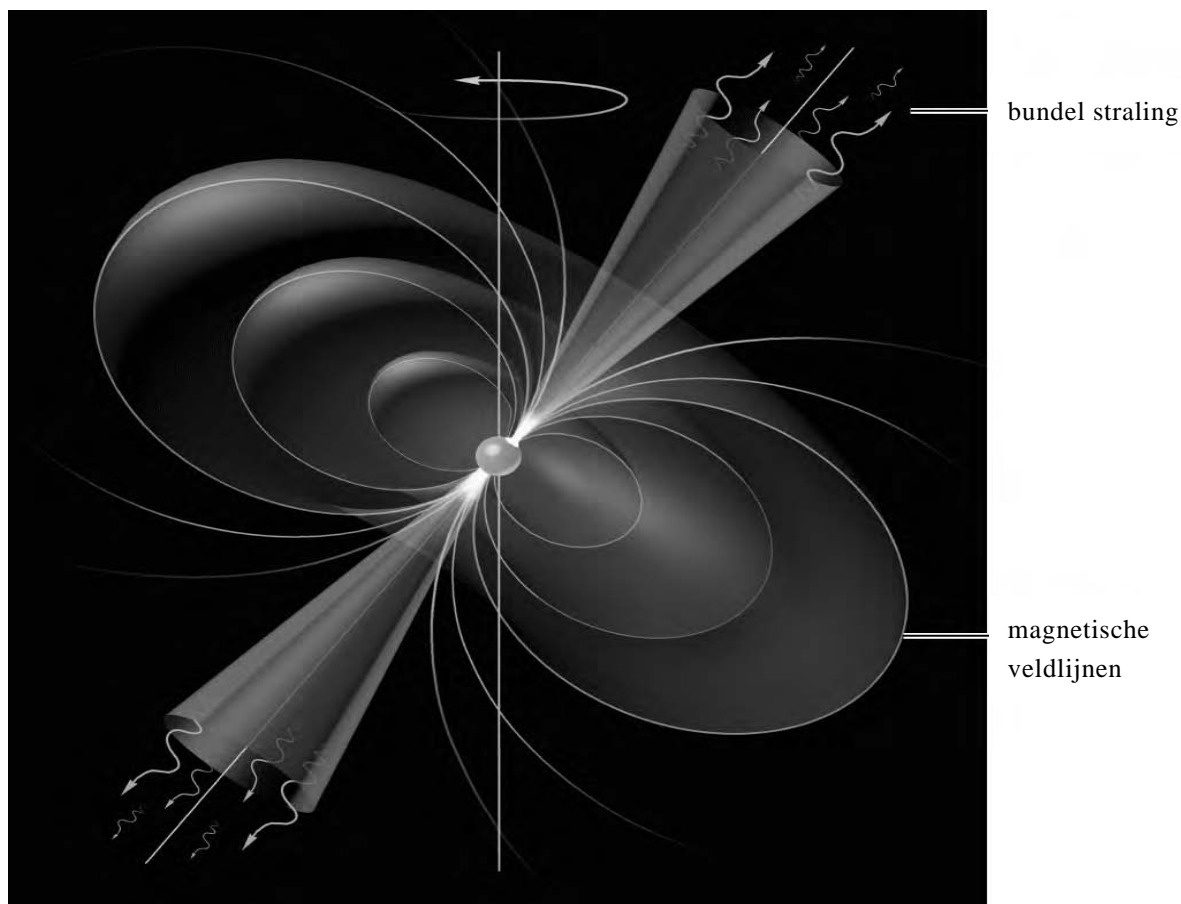


- 2p **8** Welke kracht(en) werk(t)(en) er op een passagier tijdens de beweging tussen de punten A en B?
- A alleen de normaalkracht
 - B alleen de zwaartekracht
 - C zowel de normaalkracht als de zwaartekracht
- 2p **9** Wat kun je zeggen over de normaalkracht in het laagste punt C?
- A De normaalkracht is kleiner dan de zwaartekracht.
 - B De normaalkracht is gelijk aan de zwaartekracht.
 - C De normaalkracht is groter dan de zwaartekracht.

Opgave 3 Vuurtorens in de ruimte

Een pulsar ontstaat als een zware ster aan het eind van zijn leven met een supernova-explosie uit elkaar spat. Het binnenste gedeelte blijft over en stort onder zijn eigen gewicht in elkaar. Een pulsar bestaat daardoor uit een compacte bal die vanuit zijn twee magnetische polen continu intense bundels straling uitzendt. Deze straling bestaat uit elektromagnetische straling en uit snelle geladen deeltjes. Zie figuur 1.

figuur 1



- 3p 10 Leg uit waarom alleen bij de magnetische polen geladen deeltjes kunnen ontsnappen.

Een pulsar draait tientallen keren per seconde om zijn as. Omdat de magnetische polen niet op de draaias liggen, zwiepen de bundels als vuurtorenbundels door de ruimte. Elke keer als zo'n bundel op de aarde valt, nemen astronomen op de aarde een puls waar: vandaar de naam *pulsar*.

Men schat dat er meer dan een kwart miljoen pulsars in ons melkwegstelsel zijn. Ondanks het feit dat de detectoren op aarde gevoelig genoeg zijn om de straling van een pulsar te meten, is op aarde slechts een klein deel van die pulsars waar te nemen.

- 1p 11 Geef de reden hiervoor.

- Na het ineenstorten van de oorspronkelijke ster zijn er geen atomen meer: een pulsar bestaat uitsluitend uit neutronen en is dus een neutronenster.
- 2p **12** Geef de reactievergelijking voor de vorming van een neutron.

In 1967 ontdekten wetenschappers één van de eerste pulsars in de Krabnevel. Men schat dat de massa van die waargenomen pulsar 1,4 keer zo groot is als de massa van de zon. Met een modelberekening is de straal van de pulsar te berekenen. In dat model zien we een neutron als een bolletje met een straal van $1,25 \cdot 10^{-15}$ m. Bovendien gaan we ervan uit dat de dichtheid van het pulsarmateriaal even groot is als de dichtheid van een neutron. Op basis van deze schattingen en aannamen volgt dat de straal van de pulsar 15 km is.

- 4p **13** Laat dat met een berekening zien. Gebruik daarbij dat voor het volume van een bol geldt: $V = \frac{4}{3} \pi r^3$.

- Van de ontdekte pulsar ontving men 30 keer per seconde een signaal.
- 3p **14** Bereken hiermee de baansnelheid van de evenaar van deze pulsar.

De 'kritische snelheid' van een pulsar is de baansnelheid van de evenaar waarbij de gravitatiekracht gelijk is aan benodigde middelpuntzoekende kracht. Als de baansnelheid van de evenaar groter is dan de kritische snelheid, vliegt de pulsar uit elkaar.

- 4p **15** Bereken de kritische snelheid van deze pulsar uitgedrukt in de lichtsnelheid.

Omdat de Krabnevel beweegt ten opzichte van de aarde met een snelheid van $1,5 \cdot 10^6$ ms⁻¹, treedt het dopplereffect in het spectrum van de Krabnevel op. In een deel van de Krabnevel neemt men een waterstoflijn waar die een golflengte heeft van 653 nm.

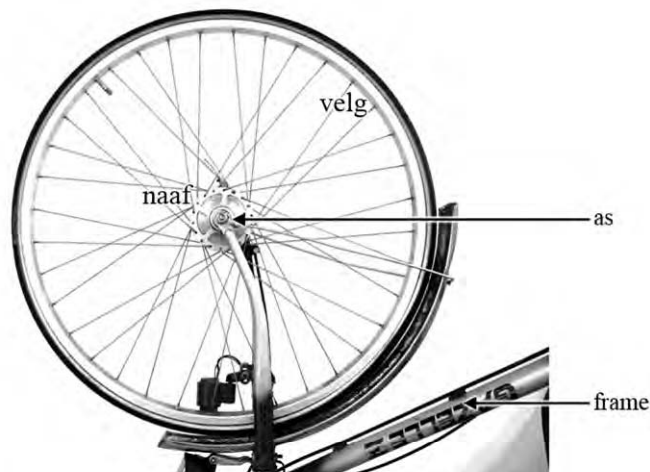
- 4p **16** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de dopplerverschuiving in de golflengte $\Delta\lambda$.
Omdat de dopplerverschuiving relatief klein is, mag in de formule de waargenomen waarde van de golflengte ingevuld worden.
 - Ga na om welke lijn in het waterstofspectrum in tabel 21 van Binas het gaat.
 - Beredeneer of dit deel van de Krabnevel naar de aarde toe beweegt of van de aarde af.

Opgave 4 Spaken van een fietswiel

In figuur 1 zie je het voorwiel van een fiets met 36 spaken. De as van het wiel zit vast aan het frame. Rondom deze as draait de naaf. De spaken zitten vast tussen de naaf en de velg.

figuur 1

Met de spaken kan het fietswiel worden afgesteld. Daarvoor moet de fietsenmaker alle spaken met een speciale sleutel aanspannen. Door met een pennetje tegen de spaken te tikken en naar de toon die dan klinkt te luisteren, weet de fietsenmaker of de spankracht in de spaken goed is.



Als de fietsenmaker tegen een spaak tikt, hoort hij een toon van 300 Hz. Neem aan dat dit de grondtoon van de spaak is. De lengte van een spaak tussen naaf en velg is 30 cm. De massa van een spaak is 6,00 g. Voor de voortplantingssnelheid van de golven in een spaak geldt:

$$v = \sqrt{\frac{F_s}{m_l}}$$

Hierin is:

- v de voortplantingssnelheid van de golven in de spaak in ms^{-1} ;
- F_s de spankracht in de spaak in N;
- m_l de massa per lengte-eenheid van de spaak in $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$.

4p **17** Bereken de spankracht in de spaak.

2p **18** Leg met behulp van bovenstaande formule uit of de toon die de spaak geeft hoger of lager wordt als de spaak strakker aangedraaid wordt.

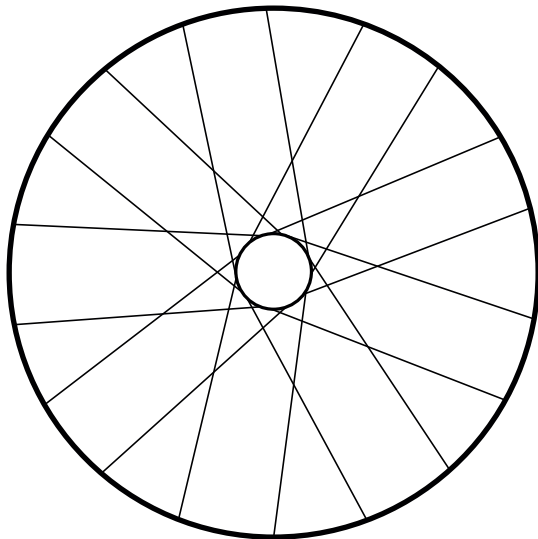
De toon van 300 Hz is de grondtoon.

2p **19** Hoe groot is de frequentie van de eerste boventoon?

- A 100 Hz
- B 150 Hz
- C 450 Hz
- D 600 Hz
- E 900 Hz

Ook in een achterwiel zitten 36 spaken. In figuur 2 zijn er daarvan 18 getekend.

figuur 2

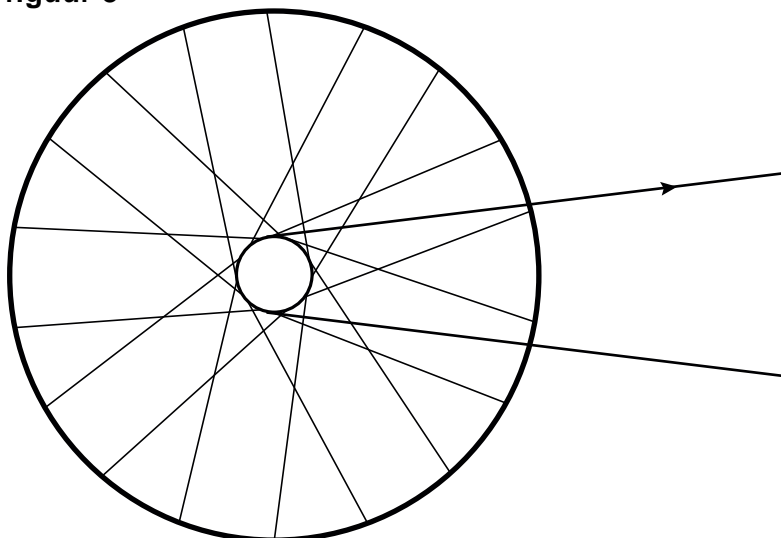


Dit zijn de spaken die aan één kant van het wiel zitten. Als iemand op de fiets gaat zitten, verandert door het gewicht van de fietser de spankracht in de spaken van het achterwiel. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 2p **20** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage met letters G ten minste twee spaken aan waarin de spankracht groter wordt en met letters K ten minste twee spaken waarin de spankracht kleiner wordt.

Door te trappen oefen je via de ketting een kracht uit op de naaf van het achterwiel. Dit is in figuur 3 aangegeven met de pijl.

figuur 3

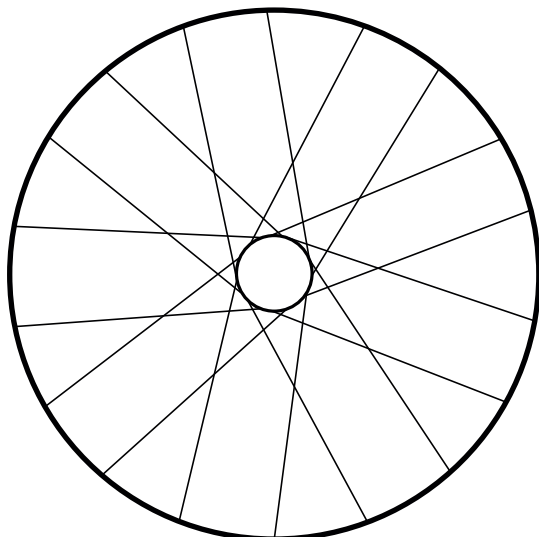


Hierdoor wordt de spankracht in de helft van de spaken groter en in de andere helft kleiner. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

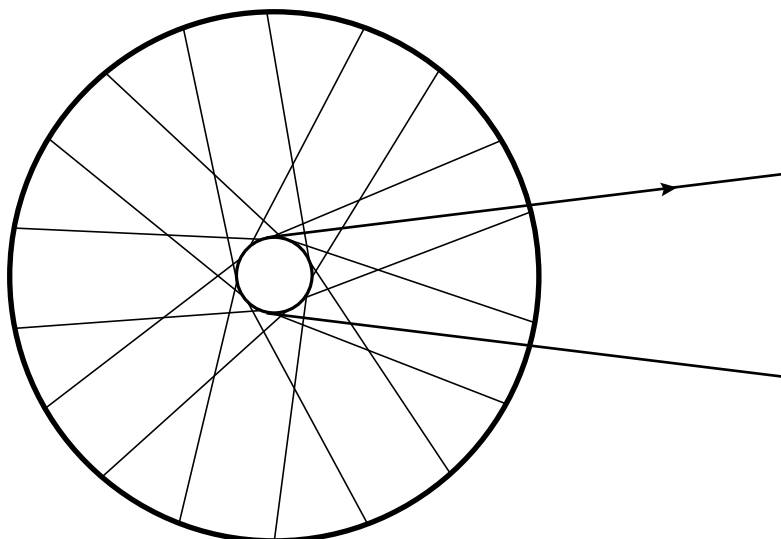
- 2p **21** Geef in figuur 3 op de uitwerkbijlage met letters G ten minste twee spaken aan waarin de spankracht groter wordt en met letters K ten minste twee spaken waarin de spankracht kleiner wordt.

uitwerkbijlage

20



21



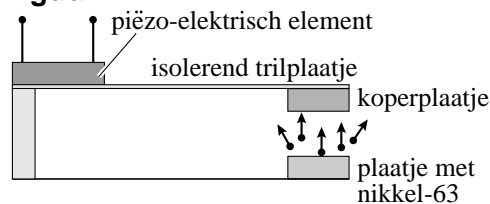
Opgave 5 Nucleaire batterijen

Nucleaire batterijen zijn spanningsbronnen die β^- -straling gebruiken om elektrische energie op te wekken. Door hun zeer kleine afmetingen zijn ze bijzonder geschikt voor microprocessors in computers en in pacemakers. De β^- -straling komt uit een radioactieve bron die bestaat uit een plaatje met nikkel-63.

- 2p **22** Geef de reactievergelijking voor het verval van nikkel-63.

Het principe van een nucleaire batterij wordt toegelicht met behulp van figuur 1.

figuur 1



Een aantal β^- -deeltjes uit het plaatje met nikkel-63 treft een koperplaatje en wordt daar geabsorbeerd. Het koperplaatje is bevestigd aan een isolerend trilplaatje dat goed kan buigen. Aan het isolerend trilplaatje is ook een piëzo-elektrisch element bevestigd. Dit element geeft bij vervorming een elektrische spanning af.

- 3p **23** Leg uit dat het trilplaatje gaat trillen.

Voor de activiteit geldt de volgende formule:

$$A(t) = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N(t)$$

Hierin is:

- A de activiteit;
- N het aantal aanwezige radioactieve kernen;
- $t_{\frac{1}{2}}$ de halveringstijd.

De activiteit van het nikkel-63 in het plaatje is op een gegeven moment $5,0 \cdot 10^{10}$ Bq.

- 4p **24** Bereken de massa van het nikkel-63 in het plaatje, uitgedrukt in kg.

Bij het verval van een nikkel-63-kern komt per vervalreactie 62 keV aan (kern)energie vrij. Het rendement van de omzetting van (kern)energie naar elektrische energie is bij dit proces 4,0%.

4p **25** Bereken het elektrisch vermogen van de batterij op dat moment.

Een nucleaire batterij is toegepast in een pacemaker. Zolang het vermogen van de nucleaire batterij meer dan 90% is van het vermogen bij de productie, kan hij worden gebruikt. Het rendement blijft bij het teruglopen van het vermogen gelijk.

3p **26** Bereken hoe lang na de productie de nucleaire batterij vervangen moet worden.