

NATIONALE

NATUURKUNDE OLYMPIADE

Eindronde - theorietoets

13 juni 2006

beschikbare tijd: 2x2 uur

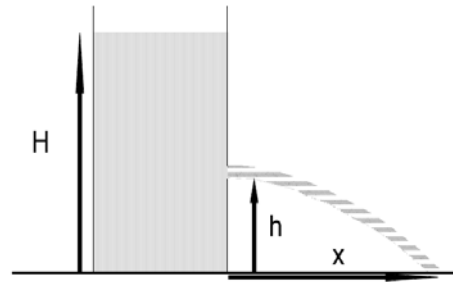
Deel 1

1. Een gat in een emmer (3 pt)

Een hoge cilinder is gevuld met water. In de zijwand is een gaatje gemaakt waardoor het water (wrijvingsloos) door naar buiten stroomt. Men zorgt er voor dat het niveau van het water in de cilinder constant blijft.

De kinetische energie van het water dat door het gaatje naar buiten stroomt, is een gevolg van het drukverschil in het water ter hoogte van het gaatje en die van de buitenlucht.

Bereken op welke hoogte men het gaatje moet maken (bereken dus de verhouding h/H) opdat het water zover mogelijk van de voet van de cilinder op de grond komt.



2. Heteluchtballon

Een beetje heteluchtballon heeft een diameter van ongeveer 15 m en mand en ballondoek en zo wegen pakweg 500 kg.

- Maak een beredeneerde schatting van de temperatuur van de lucht in de ballon.
- Hoe groot is de massa van de lucht in de ballon?



3. De multifocale lens

Een multifocale lens bestaat uit een dunne schijf met daarop een patroon van concentrische, cirkelvormige ringen die afwisselend doorzichtig en ondoorzichtig zijn. Dit soort lenzen wordt ingebracht bij mensen die aan staar lijden. Zou men de ooglenzen vervangen door een ‘gewone’ lens, dan zou de persoon alleen maar voorwerpen op een vast afstand scherp kunnen zien, aangezien de beeldafstand vast ligt en de ingebrachte lens niet vervormd kan worden waardoor ook de brandpuntsafstand vast ligt. Bij multifocale lenzen is het mogelijk om voorwerpen op verschillende afstanden scherp te zien. De hersenen moeten zich daar dan wel op instellen, maar dat schijnt na enige tijd te lukken.

Stel dat we de ringen van binnen naar buiten nummeren ($n = 1, 2, \dots$) en de straal van de n^e ring is r_n .

- Leidt een uitdrukking af voor r_n als functie van n , de brandpuntsafstand f van de lens en de golflengte λ van het licht. Gebruik eventueel de volgende benaderingsformule:

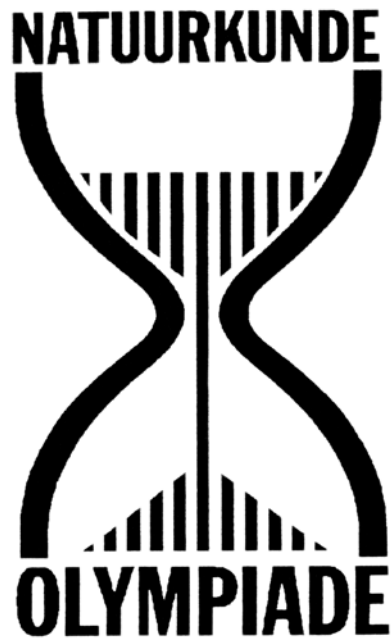
$$\sqrt{1+a} \approx 1 + \frac{1}{2}a \text{ voor } a \ll 1$$

- Laat zien dat er nu een serie voorwerpsafstanden bestaat waarvan een scherpe afbeelding op het netvlies gemaakt wordt en leidt een uitdrukking af voor deze voorwerpsafstanden uitgedrukt in de brandpuntsafstand f van de lens.

4. stroomdraden

Twee stroomdraden met dezelfde lengte en gemaakt van hetzelfde materiaal, worden aangesloten op dezelfde spanningsbron. De stroomdraden hebben echter een verschillende diameter. De spanning wordt langzaam opgevoerd.

Beredeneer welke stroomdraad het eerst zal doorbranden



NATIONALE

NATUURKUNDE OLYMPIADE

Eindronde - theorietoets

13 juni 2006

beschikbare tijd: 2x2 uur

Deel 2

5. Spoel en condensator

Een serieschakeling bestaat uit een condensator met capaciteit C , een spoel met weerstand R waarvan de coëfficiënt van zelfinductie L kan variëren door een weekijzeren staaf de spoel meer in of uit te schuiven en een wisselstroommeter met verwaarloosbare impedantie.



Een aangesloten wisselspanningsbron levert een sinusvormige spanning met topwaarde $2,0\text{ V}$ en een frequentie van $\frac{500}{2\pi}$ Hz. Als de inductie van de spoel wordt gewijzigd, blijkt dat bij een

bepaalde waarde de stroommeter een maximum stroomsterkte aangeeft. Als je vanuit die stand de kern beweegt, blijkt dat bij twee standen van de kern de stroommeter een waarde aangeeft die $\frac{1}{\sqrt{2}}$ van de topwaarde is. Eén stand correspondeert met een inductie in de spoel

van $L_1 = 0,9\text{ H}$ en de andere stand met de waarde $L_2 = 1,1\text{ H}$.

- Verklaar wat hier gebeurt.
- Bereken de capaciteit C van de condensator en de weerstand R van de spoel.

Bereken voor zowel L_1 als L_2 :

- De impedantie van de schakeling;
- De stroomsterkte in het circuit;
- Het faseverschil tussen stroom en spanning.

6. Schieten

Kogels met verschillende massa m worden horizontaal afgeschoten. De energie bij het afschieten is voor alle kogels dezelfde. De hoogte waarop de kogels worden afgeschoten wordt zodanig gekozen dat ze precies 1 seconde door de lucht vliegen voor ze de grond raken. Neem aan dat de wrijvingkracht die de kogels van de lucht ondervinden evenredig is met de snelheid en dat de evenredigheidsconstante $0,1\text{ kg/s}$ is.

Bereken voor welke waarde van de massa de kogel het verst komt.

(Hint: de vergelijking $e^x = 2x + 1$ heeft als oplossing $x = 1,256$)

7. Een fietsband

Bij het oppompen van een fietsband wordt een liter lucht bij normale luchtdruk adiabatisch samengeperst tot een druk van 7 bar. (Lucht is vooral twee-atomige stikstof en zuurstof)

- Wat is het volume van de lucht na samenpersen?
- Bereken de arbeid, benodigd voor de compressie.
- Bereken de temperatuur na compressie, ervan uitgaande dat de luchttemperatuur in eerste instantie 300 K is.

8. Gravitielens

Licht wordt afgebogen als het in de buurt van - grote - massa's komt. Uit de algemene

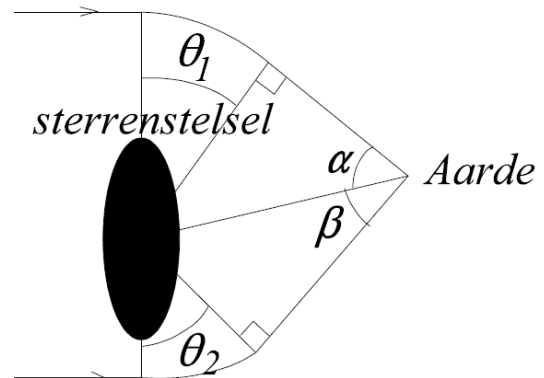
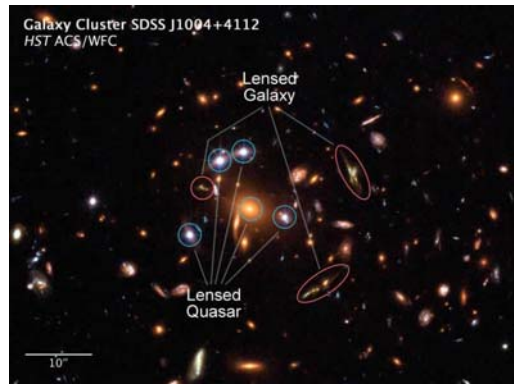
relativiteitsleer volgt dat een lichtstraal over een hoek $\theta = \frac{4GM}{dc^2}$ wordt afgebogen als de

lichtstraal een massa M op een afstand d passeert. G is de gravitatieconstante en c de lichtsnelheid. De massa werkt dus als een - gravitielens - lens.

Als licht van een ver verwijderde lichtbron op weg naar de Aarde langs een sterrenstelsel komt wordt het licht dus afgebogen en zien we verschillende beelden van één en dezelfde bron. Als de lichtbron een quasar is die opeens opvlamt, dan zal dat opvlammen in de verschillende beelden voor ons op verschillende tijdstippen waarneembaar zijn, omdat het licht langs de ene kant van het stelsel een langere weg aflegt dan langs de andere kant.

Ga ervan uit dat er twee beelden zichtbaar zijn en dat het ene beeld onder een hoek $= 10''$ met het sterrenstelsel te zien is en het andere beeld onder een hoek $= 5''$ ($1'' = 1/3600^\circ$). Het tijdsverloop tussen het opvlammen van de quasar is een half jaar. Veronderstel dat het licht een deel van een cirkelboog doorloopt, als het wordt afgebogen.

Bereken de afstand van de Aarde tot het sterrenstelsel.



Einde van de toets