NATIONALE

NATUURKUNDE OLYMPIADE

Tweede ronde - theorie toets

13 juni 2001

beschikbare tijd : 2 x 2 uur

DEEL I

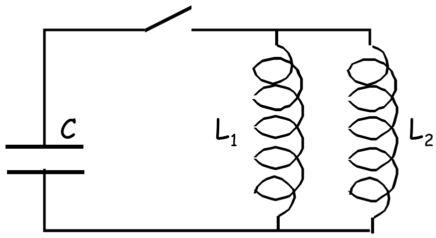
1. **Smeltend ijs**


SMELTEND IJS DOET ZEE NIET OVERAL IN GELIJKE MATE RIJZEN

In *Nature* van 22 februari j.l. stond een artikel van J.Mitrovica en M.Tamisiea waarin ze aan de hand van een computermodel lieten zien dat het smeltwater van de poolkappen met name naar de tropische zone's zal stromen. Dit heeft onder andere effect op de aardrotatie. De massa van de totale hoeveelheid ijs op beide poolkappen wordt geschat op 4.10^7 km^3. Veronderstel dat al het ijs smelt en in een - smalle - ring rond de evenaar terecht komt.

➢ Bereken de verandering van de lengte van een dag als gevolg van dit smelten.

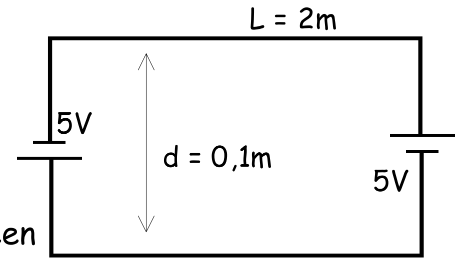
2. **Veranderende stromen.**



Twee ideale spoelen met een coëfficiënt van zelf-inductie van resp. L_1 en L_2 zijn parallel geschakeld. Het geheel is via een schakelaar verbonden met een condensator met een capaciteit C. De condensator is opgeladen tot een spanning V.

➢ Bereken de maximale stromen in beide spoelen.

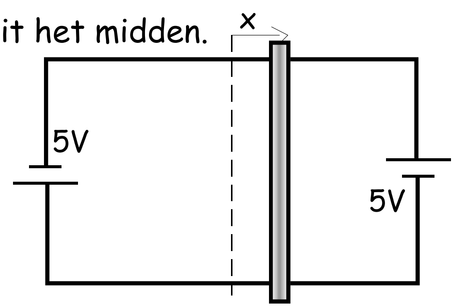
3. **Stromen, magnetisme en een trillend staafje.**



Twee lange draden liggen evenwijdig aan elkaar op een afstand d = 0,1 m. Ze hebben een lengte L = 2 m en een diameter van 0,002 m. De uiteinden van de draden zijn verbonden met identieke batterijen zodanig dat er door de draden een stroom loopt. De batte-rijen hebben een verwaarloosbare inwendigeweerstand en leveren een spanning van 5,0 V. De soortelijke weerstand van het materiaal van de draden is: $\rho = 1{,}1 \cdot 10^{-7}\ \Omega m$.

➢ a. Bereken de grootte van de stroom door de draden.
➢ b. Bereken de grootte van het magnetisch veld midden tussen de beide draden.

Men legt een metalen staafje met een massa m = 0,05 kg precies in het midden, dwars op de draden. Het staafje heeft een te verwaarlozen weerstand. Nu verplaatst men het staafje over een kleine afstand x vanuit het midden.



- c. Laat zien dat voor de stroom die door het staafje gaat in goede benadering geldt:

$$I = 143x$$

Het staafje gaat een harmonische trilling uitvoeren.

- d. Bereken de periode van deze trilling.

4. Atomaire botsing.

Een waterstofatoom in de grondtoestand botst met een stilstaand waterstofatoom dat zich eveneens in de grondtoestand bevindt. De massa van een waterstofatoom is $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg. De ionisatie-energie van waterstof is $E = 13{,}6$ eV $= 2{,}18 \cdot 10^{-18}$ J.
Voor kleine snelheden is de botsing volkomen elastisch. Vanaf een bepaalde snelheid worden de botsingen inelastisch.

- a. Bereken de kleinste snelheid waarvoor de botsing volkomen inelastisch is.

Bij hogere snelheden wordt een foton uitgezonden in dezelfde of in tegengestelde richting aan de oorspronkelijke bewegingsrichting van het botsende waterstofatoom.

- b. Bereken het verschil in de frequentie van beide uitgezonden fotonen uitgedrukt in de snelheid v van het botsende waterstofatoom.

DEEL II

5. Schokgolf.

Komt in een klein volume in een zeer korte tijd tengevolge van een explosie een bepaalde energie E vrij, dan ontstaat een bolvormige schokgolf waarvan de straal R afhankelijk is van de tijd, de energie E en de dichtheid van de lucht ?$_0$. Zolang de druk in de schokgolf veel groter is dan de atmosferische druk, geldt voor de straal van de golf:

$$R(t)=1{,}033.E^{\alpha}.\rho_0^{\beta}.t^{\gamma}$$

- a. Laat aan de hand van een dimensiebeschouwing zien dat R evenredig is met $t^{0,4}$.

tijdstip (s)	positie (m)
0	0
0.02	29.4
0.04	45.1
0.06	54.9
0.08	61.7
0.1	72.5
0.12	76.6
0.14	84.4
0.16	93.3
0.18	103.9
0.2	107.8
0.22	115.6
0.24	121.5
0.26	129.4

Naarmate de druk in de schokgolf afneemt blijkt de snelheid waarmee deze zich voortplant een constante waarde te naderen. Bij de vuurwerkramp van Enschede op 13 mei 2000 ontstond als gevolg van de laatste explosie een schokgolf die door brandweerman G.Poort gefilmd is en die na bewerking van de beelden geanalyseerd is door de natuurkundige D.J.Broers [1]. Daardoor kon hij aan de hand van de videobeelden de straal van de schokgolf als functie van de tijd bepalen. De resultaten staan in de tabel.

- b. Bepaal aan de hand van de gegevens in welke
- periode de straal van de schokgolf beschreven wordt door de in a) afgeleide relatie en vanaf welk tijdstip de snelheid van de schokgolf min of meer constant is.
- c. Bepaal de snelheid die de schokgolf uiteindelijk krijgt.

Omdat de schokgolf op de grond veroorzaakt werd, ontstond een halfbolvormige golf die als gevolg van de reflectie met de grond een twee keer zo grote energiedichtheid bezat als wanneer de golf volledig bolvormig zou zijn geweest.

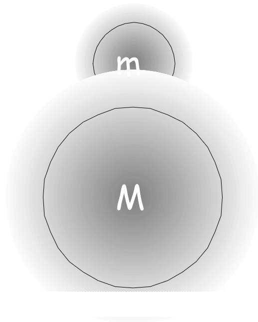
- d. Bereken aan de hand van de gegevens de energie die bij de explosie vrijkwam.

---

[1] 'Enschedese schokgolf: analyse per video', Dave Broers, Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde, maart 2001, jaargang 67, nummer 3.

6. **De Nationale Wetenschapsquiz**

De wetenschapsquiz geeft elk jaar weer aanleiding tot discussie: soms over de inhoud, soms over de vraagstelling. Afgelopen jaar ging de discussie over het antwoord van vraag 20. De vraag luidde: "*Je hebt een basketbal en daarop leg je een tennisbal. Je laat ze samen van 1 meter hoogte vallen. Wat gebeurt er als de basketbal de grond raakt?*"



Het als juist gerekende antwoord was: "*Als de basketbal op de grond stuitert, zal bijna alle energie worden overgedragen op de tennisbal, die daardoor als een kanonskogel wegschiet*".

- a. Laat met een berekening zien dat:

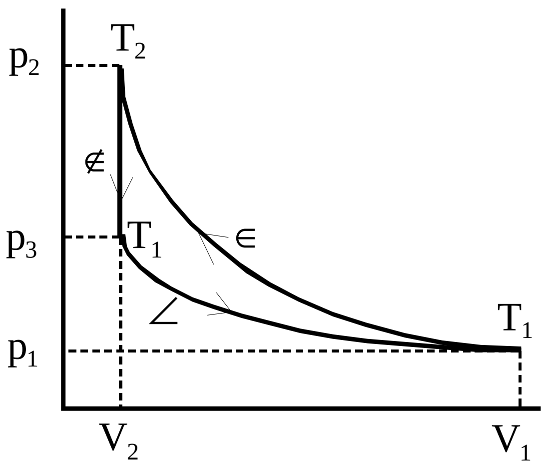
   1. de snelheid van de tennisbal na de botsing groter wordt naarmate de massaverhouding basketbal/tennisbal groter wordt.
   2. de energie-overdracht van de basketbal aan de tennisbal juist afneemt naarmate de massaverhouding basketbal/tennisbal groter wordt (en het dus onjuist is om te stellen dat "*...bijna alle energie worden overgedragen op de tennisbal, ..*")

- b. Bereken de maximale hoogte die de tennisbal na de botsing kan bereiken.

7. **Warmtepomp.**

Het kringproces van een bepaald type warmtepomp verloopt in 3 delen:

1. Een ideaal gas met een volume V_1, een druk p_1 en een temperatuur T_1 wordt adiabatisch samengeperst tot een volume V_2, een druk p_2 en een temperatuur T_2.
2. Daarna wordt het gas bij constant volume afgekoeld tot een druk p_3 en de oorspronkelijke temperatuur T_1.
3. Tenslotte wordt het gas isotherm vergroot tot het oorspronkelijke volume V_1 en de druk p_1.



- a. Bereken voor elk deel van het kringproces de warmteuitwisseling: Q_1, Q_2 en Q_3 uitgedrukt in de begintemperatuur T_1 en in de compressie-verhouding en $k = \frac{V_1}{V_2}$.
- b. Bereken het rendement van de warmtepomp voor een 2-atomig gas en als de compressie-verhouding k~=~10 is en verklaar het antwoord.

7. Luchtspiegeling.

Tijdens de strandwandeling op Schiermonnikoog zagen we, over het strand kijkend, in de verte de zeilen van een zeilboot. Maar toen we goed keken zagen we daaronder de zeilboot nog een keer, maar wel op z'n kop! Het verschijnsel heet lucht*spiegeling*, maar is in feite een gevolg van de *afbuiging* van het licht dat vlak over het strand scheert. Doordat de lucht in dit jaargetijde nog koel is maar het strand vanwege de zon al aardig opgewarmd is, bevindt er zich vlak boven het strand een luchtlaagje waarvan de temperatuur afneemt (en dus ook de dichtheid en daarmee de brekingsindex van de lucht) met de hoogte boven het strand. Je kunt de lucht dus opgebouwd denken uit dunne, horizontale lagen, waarvan de brekingsindex naar boven toeneemt.

- Bereken de vorm van de baan die de lichtstralen volgen als de brekingsindex toeneemt met de hoogte y boven het strand (stel $n(y) = a.\sqrt{y}$) en verklaar daarmee het verschijnsel luchtspiegeling.