

Eindronde Natuurkunde Olympiade 2017



theorietoets deel 1

ASML



NVON

MALMBERG



Opgave 1 Karretje (3p)

Een stilstaand karretje wordt in beweging gebracht doordat een zich ontspannende veer tegen het karretje drukt. In het stelsel van de Aarde ziet het v, t -diagram van deze gebeurtenis er uit zoals hiernaast.



Een ander stelsel beweegt met een constante snelheid t.o.v. de Aarde.

- Welke verandering van onderstaande grootheden is afhankelijk van de snelheid tussen de twee stelsels?

- A verandering van impuls
- B verandering van snelheid
- C verandering van kinetische energie
- D geen van bovenstaande

Geef een duidelijke uitleg bij je antwoord.

Opgave 2 Zeilboot (6p)

Een zeilboot vaart met een snelheid u in een richting loodrecht op de werkelijke windrichting v . We veronderstellen dat de kracht F op het zeil evenredig is met w^2 (w is de schijnbare windsnelheid) en evenredig met de hoek tussen het zeil en de schijnbare windrichting. Dus:

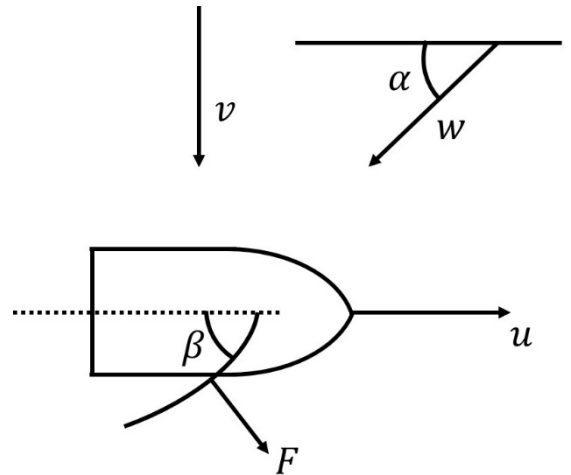
$$F = c_1(\alpha - \beta)w^2$$

Tevens veronderstellen we dat er een wrijvingskracht is die evenredig is met u^2 (u is de snelheid van de boot t.o.v. het water). Dus:

$$F_w = c_2u^2$$

Voor deze zeilboot geldt: $c_1/c_2 \approx 30$

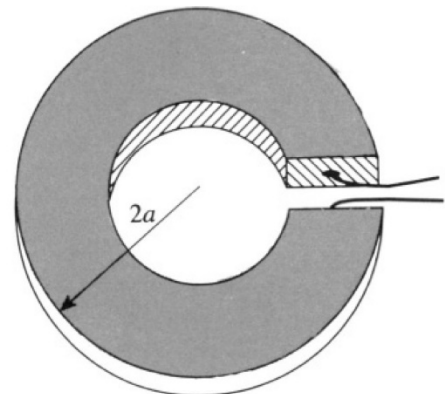
- Bereken de maximale snelheid van deze boot, uitgedrukt in de werkelijke windsnelheid v .
Hints: Neem aan dat v/u en β klein zijn.



Opgave 3 Schijfje (4p)

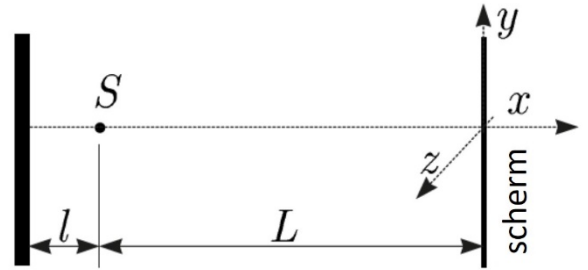
Een schijfje is gemaakt van geleidend materiaal met een soortelijk weerstand ρ . Het schijfje heeft een dikte a , een binnenstraal a en een buitenstraal $2a$. Het schijfje wordt op een punt doorgezaagd en er worden twee aansluitdraden met verwaarloosbare weerstand aan de twee ontstane vlakken bevestigd. Zie ook de figuur. Het schijfje wordt in een schakeling opgenomen.

- Wat is de vervangingsweerstand van het schijfje?



Opgave 4 Interferentie (7p)

Een puntbron S zendt monochromatisch licht uit met een golflengte λ , isotroop in alle richtingen. De golven worden gereflecteerd door een spiegel die op een afstand $l = N\lambda$ (met N een groot geheel getal) van de puntbron staat. Op het scherm op een afstand $L \gg l$ van de puntbron kan een interferentiepatroon waargenomen worden. Zie de figuur. Hanteer de x , y en z coördinaten zoals aangegeven in de figuur.



- (a) Bereken voor welke waarden van y ($z = 0$) er interferentiemaxima op het scherm te zien zijn.

Hint: reeksontwikkeling: $\cos \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} + \dots$

- (b) Geef aan hoe de opeenvolgende interferentiemaxima op het scherm te zien zijn en leg uit hoe het met de afstand tussen hen zit. (in het $(y - z)$ vlak).

Het vlakke scherm wordt nu vervangen door een bolvormig scherm met een straal L en het middelpunt van de bol in S .

- (c) Hoeveel maxima zijn er nu te zien op het scherm?

Opgave 5 Plaatcondensator (5p)

Een plaatcondensator bestaat uit twee (parallele) vierkante platen met elk een oppervlakte A . De onderlinge afstand tussen de platen is $d \ll A$. De condensator wordt verbonden met een voeding die een spanning U_0 levert. De condensator wordt daardoor volledig opgeladen. Na het opladen wordt de voeding losgekoppeld. Vervolgens wordt een geleidende vierkante metalen plaat (met een dikte $d/2$ en eenzelfde oppervlakte A) volledig tussen de twee platen van de condensator geplaatst zonder de platen aan te raken. Deze plaat blijft de hele tijd parallel aan de platen van de condensator.

- Bereken hoeveel arbeid er is verricht tijdens het plaatsen van de genoemde plaat tussen de platen van de condensator.

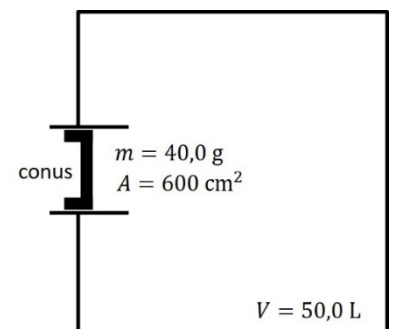
Opgave 6 Luidspreker (5p)

Een luidspreker met een conusoppervlakte A van $6,00 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ en een massa m van 40,0 gram is gemonteerd in een luidsprekerkast. Deze kast heeft een volume V van 50,0 L. De luidspreker kan vrij bewegen in horizontale richting. Er kan geen lucht ontsnappen uit de kast.

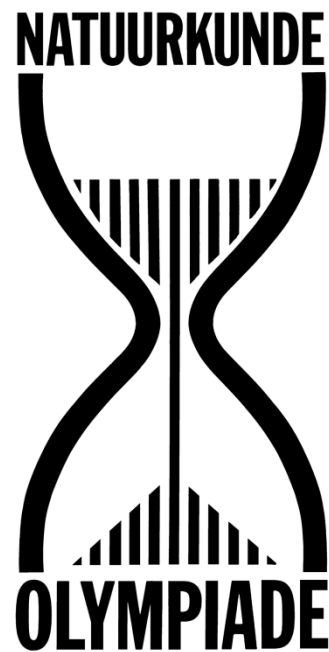
- Toon aan dat als de luidspreker uit de evenwichtsstand wordt getrokken en losgelaten, het een harmonische beweging gaat maken met een frequentie van 80 Hz.

Neem hierbij aan:

- De veranderingen zijn adiabatisch.
- De effecten van de beweging van lucht aan de buitenkant van de luidspreker zijn verwaarloosbaar.
- De druk in de luidsprekerkast is overal hetzelfde.
- De luchtdruk is $9,91 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.
- De verhouding $C_p/C_V = 1,40$.
- Wiskunde: reeksontwikkeling: $(1 - y)^\alpha = (1 - \alpha y + \dots)$ voor kleine y .



Eindronde Natuurkunde Olympiade 2017



theorietoets deel 2

ASML



NVON

MALMBERG



Opgave 7 Ontdooien (3,5p)

Stel dat het twee dagen duurt om een bevroren kalkoen van 5 kg te ontdooien.

- Maak een schatting van hoe lang het duurt om een Siberische mammoet van 8 ton te ontdooien. Geef hierbij duidelijk aan hoe je te werk gaat en wat voor aannames je maakt.

Opgave 8 Neutron scattering (5p)

Neutronen hebben een relatief groot doordringend vermogen in lood maar worden efficiënter geabsorbeerd in water of andere stoffen met een hoog waterstof gehalte.

- Geef hiervoor een verklaring. Maak enkel gebruik van 'klassieke' mechanica.
Hint: Beschouw een (centrale elastische) botsing van een neutron met massa m en snelheid v_0 met een stilstaande kern met massa M .

Opgave 9 Relativiteit in de lift! (3,5p)

In deze opgave kijken we naar verschillende waarnemers die aan hetzelfde experiment meten. Om het overzichtelijk te houden stellen we de lichtsnelheid gelijk aan $c = 2$ m/s. Het experiment vindt plaats in een vierkante lift, waarvan alle vier wanden met spiegels zijn bekleed. Een experimenteel natuurkundige laat licht tussen twee wanden weerkaatsen. De afmetingen van de lift zijn 2m bij 2m bij 2m, en deze gaat met een snelheid van $v = 1$ m/s omhoog.

- In het referentiestelsel van de natuurkundige zelf: wat is het tijdsverschil δt tussen het vertrek van het licht aan de ene kant en het aankomen bij de andere kant? En wat is het plaatsverschil δx ?
- Wat betekent dit voor de eigentijd tussen beide gebeurtenissen? De algemene formule hiervoor is

$$\delta\tau^2 = \delta t^2 - \frac{\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2}{c^2}$$

Licht je antwoord toe.

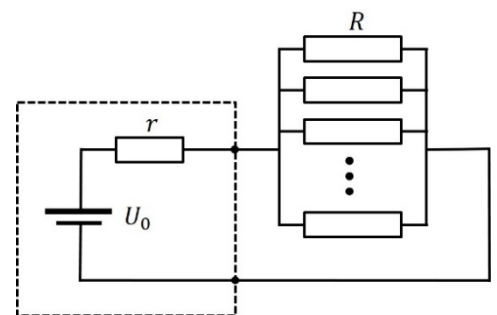
- Wat is het tijdsverschil $\delta t'$ tussen dezelfde twee gebeurtenissen in het referentiestelsel van het gebouw? Gebruik om dit te berekenen dat alle waarnemers het eens zijn over eigentijd. Het tekenen van het traject van de lichtstraal in het stelsel van het gebouw kan nuttig zijn.

Opgave 10 Een echte voeding (5p)

Een ideale spanningsbron kan een ongelimiteerd vermogen bij constante spanning afgeven. In werkelijkheid bestaan dergelijke spanningsbronnen niet.

Een niet ideale spanningsbron kan worden beschouwd als een ideale spanningsbron met een constante spanning U_0 in serie met een weerstand r . Deze (interne) weerstand kan dus niet uit de voeding worden verwijderd.

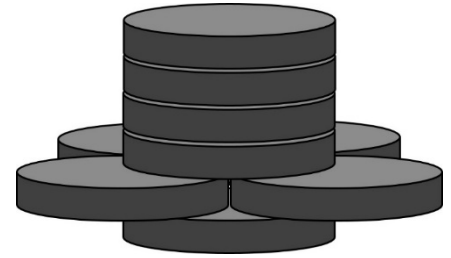
Op deze niet ideale voeding zijn N identieke weerstanden R parallel aangesloten. Zie ook het schema hiernaast.



- Leid een uitdrukking af voor het totale door de N weerstanden gedissipeerde vermogen. Geef de uitdrukking in termen van N , r , R en U_0 .
- Leid een uitdrukking voor welke waarde van R het gedissipeerde vermogen uit onderdeel (a) maximaal is. Druk deze waarde uit in r en N .

Opgave 11 Sjoelstenen (4p)

Vier sjoelstenen liggen tegen elkaar en vormen op die manier een vierkant. De vier sjoelstenen liggen samen op een andere sjoelsteen, zie de figuur. Uiteraard zouden ze daar van af vallen, ware het niet dat op de vier sjoelstenen in het midden een stapeltje ander sjoelstenen lagen. Alle sjoelstenen zijn identiek.



- Bereken het minimum aantal damstenen in het stapeltje dat nodig is om het geheel in evenwicht te houden.

Opgave 12 Een elektrisch circuitje (5p)

Een spoel met een coëfficiënt van zelfinductie L staat parallel aan een condensator met een capaciteit C . Dit geheel staat in serie met een weerstand R en een batterij met een vaste spanning U_0 en een schakelaar S . Op het tijdstip $t = 0$ wordt de schakelaar S gesloten. De oorspronkelijke ongeladen condensator wordt opgeladen met een stroom I_1 terwijl door de spoel een stroom I_2 loopt. Beide stromen zijn functies van de tijd.

(a) Neem onderstaande tabel over en vul de lege cellen in.

	I_1	I_2	U_C
$t = 0$			
$t = \infty$			

Door de vergelijking voor de totale stroom $I_1 + I_2$ die door de weerstand R loopt naar de tijd te differentiëren, krijgt men, na substitutie, een homogene, tweede orde differentiaal vergelijking in U_C .

(b) Laat zien dat de oplossing van deze vergelijking voldoet aan de vorm:

$$U_C = Ae^{-\lambda t} \sin(\omega t)$$

(c) Druk λ en ω uit in de grootheden R , L en C .

Opgave 13 Entropie (4p)

De totale entropie van een systeem bestaat uit twee bijdragen.

Een ruimtelijke statische entropie waarvoor geldt:

$$S_{ruimte} = Nk \ln V$$

Daarnaast een bijdrage gerelateerd aan de verdeling van de kinetische energie over de deeltjes. Daarvoor geldt:

$$S_{kin} = Nkq \ln T = C_V \ln T$$

Hierbij hangt q af van het soort gas.

Beschouw nu een adiabatische expansie van een ideaal gas.

- Toon met behulp van de uitdrukkingen voor de ruimtelijke en kinetische entropie aan dat als een ideaal gas adiabatisch en reversibel wordt geëxpandeerd van temperatuur T_1 en volume V_1 naar volume V_2 , de temperatuur T_2 wordt gegeven door:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{-\frac{1}{q}}$$