

DE XXXII INTERNATIONALE NATUURKUNDE OLYMPIADE

ANTALYA, TURKIJE

THEORIE TOETS

Maandag, 2 juli 2001

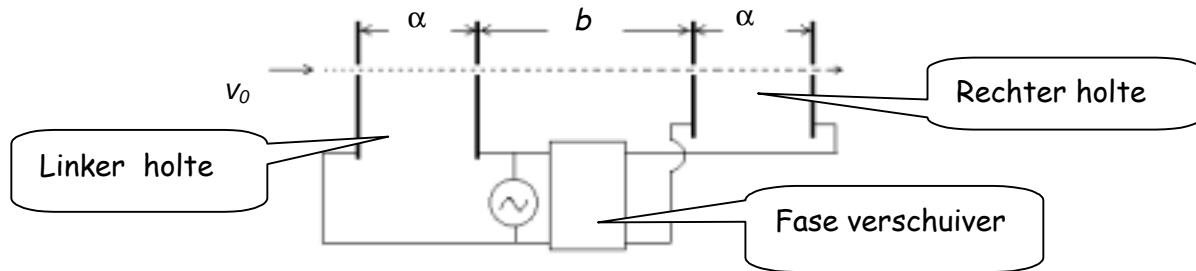
Lees dit eerst:

1. Voor de theorietoets heb je 5 uur tot je beschikking.
2. Gebruik uitsluitend de door de organisatie beschikbaar gestelde pen.
3. Beschrijf uitsluitend de voorkant van de bladen.
4. Gebruik voor elk onderdeel een nieuw blad.
5. Bij elk vraagstuk is, afgezien van de blanco bladen waar je op mag schrijven, een antwoordblad waarop je de resultaten *moet* vermelden. Geef de numerieke resultaten met het, gezien de gegevens, significante aantal cijfers op.
6. Schrijf op de blanco bladen alles dat van belang is voor de oplossing van het vraagstuk en waarvan je vindt dat dit moet worden beoordeeld. Gebruik echter zoveel mogelijk vergelijkingen, getallen, symbolen, figuren en grafieken. *Gebruik zo weinig mogelijk tekst.*
7. *Het is van het grootste belang* dat je in de hokjes bovenaan elk gebruikt blad je land (*Country no* en *Country code*) en je studentnummer (*Student No.*) vermeldt. Tevens vul je in het nummer van het vraagstuk (*Question No.*), het paginanummer (*Page No.*) en het totale aantal bladen dat je gebruikt hebt en beoordeeld wilt hebben (*Total No. of pages*). Het is handig om aan het begin van elk blad het nummer en het onderdeel van het vraagstuk waar je mee bezig bent, te vermelden. Zet, als je bladen als kladpapier gebruikt dat je niet beoordeeld wenst te hebben, een groot kruis en neem het niet op in de nummering van de overige bladen.
8. Leg, als je klaar bent, de bladen per vraagstuk in deze volgorde:
 - Antwoordblad
 - De gebruikte bladen die moeten worden beoordeeld
 - De bladen die niet moeten worden beoordeeld
 - De ongebruikte bladen en de opgaven.

Doe de op volgorde gelegde papieren in de enveloppe en laat alles op tafel liggen. Je mag geen enkel papier mee de zaal uit nemen.

Opgave 1A Klystron

Klystrons worden gebruikt om hoogfrequente signalen te versterken. Een klystron bestaat uit twee identieke, stellen evenwijdige platen (holtes) met een onderlinge afstand b , zoals in de figuur is aangegeven.



Een bundel elektronen, met een snelheid v_0 , komt van links het systeem binnen via een klein gat in de linker plaat en volgt de weg zoals aangegeven met de stippellijn in de figuur. Het te versterken hoogfrequente signaal wordt op beide stellen platen aangesloten met een bepaald onderling faseverschil (hierin komt de periode T overeen met een faseverschil 2π), waardoor er horizontaal gerichte, wisselende elektrische velden ontstaan in beide holtes. Elektronen die de linker holte binnenkomen terwijl het elektrisch veld op dat moment naar rechts gericht is, worden vertraagd en omgekeerd. Daardoor ontstaat er op een bepaalde plaats rechts van de linker holte een gebied met een hogere elektronen-dichtheid. Als de rechter holte precies samenvalt met deze plaats, zal de elektronen-bundel in deze holte een deel van z'n energie verliezen als het faseverschil juist gekozen is.

Het hoogfrequente signaal is een blokvormige wisselspanning die varieert tussen $+0,5V$ en $-0,5V$. De periode $T = 1,000 \cdot 10^{-9}$ s. De beginsnelheid van de elektronen $v_0 = 2,000 \cdot 10^6$ m/s. De verhouding van lading en massa van een elektron $e/m = 1,761 \cdot 10^{11}$ C/kg. De afstand α is zo klein dat de tijd dat de elektronen in een holte verblijven, te verwaarlozen is.

Bereken in vier cijfers nauwkeurig:

- De afstand b waar de hogere elektronen-dichtheid ontstaat. Neem het antwoord over op het antwoordblad. [1,5 punten]
- Het faseverschil dat de faseverschuiver moet leveren om het klystron te laten werken. Neem het antwoord over op het antwoordblad. [1 punt]

Opgave 1B Intermoleculaire afstanden

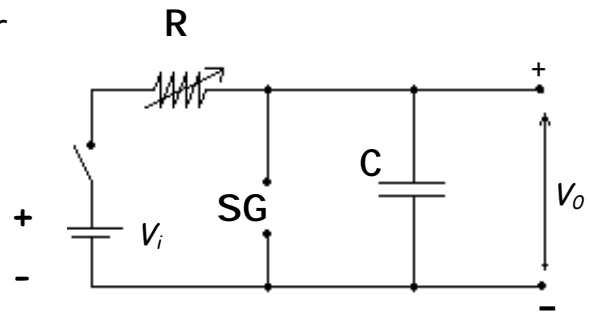
Stel d_L en d_V zijn de gemiddelde afstanden van de middens van de moleculen in resp. water en waterdamp. Neem aan dat de temperatuur in beide fasen $100^\circ C$ is, bij atmosferische druk. De waterdamp gedraagt zich als een ideaal gas.

Gegeven is:	de dichtheid van water is:	$\rho_L = 1,0 \cdot 10^3$ kg/m ³
	de molaire massa van water is:	$M = 1,8 \cdot 10^{-2}$ kg/mol
	de atmosferische druk is:	$p_a = 1,0 \cdot 10^5$ N/m ²
	de gaskonstante is:	$R = 8,3$ J/mol.K
	het getal van Avogadro is:	$N_A = 6,0 \cdot 10^{23}$ /mol

Bereken de verhouding d_V/d_L . Neem het antwoord over op het antwoordblad. [2,5 punten]

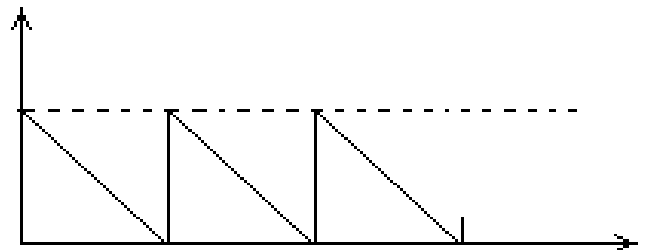
Opgave 1C Een eenvoudige zaagtand generator

Het is mogelijk om over de condensator C in figuur 1 een zaagtandspanning te krijgen. R is een variabele weerstand, V_i is een ideale batterij en SG is een vonkenbrug bestaande uit twee elektroden waarvan de afstand gevarieerd kan worden. Zodra de spanning tussen de elektroden groter wordt dan de doorslagspanning V_f , wordt de lucht geïoniseerd. SG wordt daardoor kortgesloten waardoor er een stroom gaat lopen totdat de spanning tussen de elektroden erg klein geworden is.



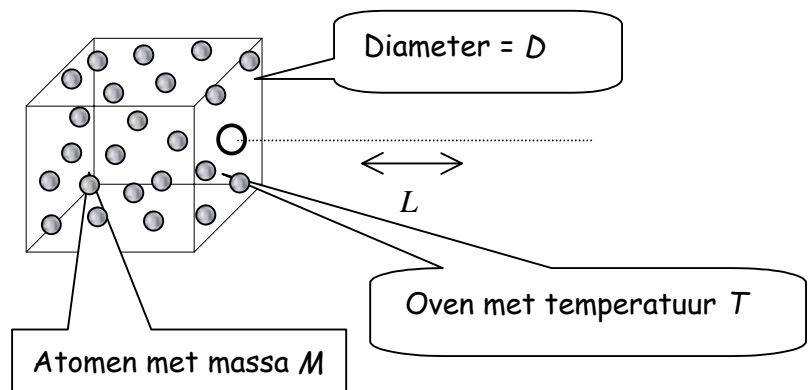
Figuur 1

- Maak een schets van de zaagtandspanning V_0 als functie van de tijd t vanaf het tijdstip dat de schakelaar gesloten is. [0,5 punten]
- Aan welke voorwaarde moet voldaan worden opdat de zaagtandspanning V_0 vrijwel lineair verloopt? Neem het antwoord over op het antwoordblad. [0,2 punten]
- Stel dat aan de voorwaarde uit b) voldaan is. Leid dan een eenvoudige relatie af voor de periode T van de zaagtandspanning. Neem het antwoord over op het antwoordblad. [0,4 punten]
- Wat moet je variëren (R en/of SG) om alleen de *periode* van de zaagtand te veranderen? Neem het antwoord over op het antwoordblad. [0,2 punten]
- Wat moet je variëren (R en/of SG) om alleen de *amplitudo* van de zaagtand te veranderen? Neem het antwoord over op het antwoordblad. [0,2 punten]
- Men krijgt nog een extra variabele gelijkspanningsbron ter beschikking. Ontwerp een nieuwe schakeling waarmee de spanning V'_0 (zoals in figuur 2 is aangegeven) verkregen kan worden. Maak een tekening van deze schakeling en geef aan tussen welke punten de gevraagde spanning ontstaat. [1 punt]



Opgave 1D Een bundel atomen

Een bundel atomen wordt verkregen door een hoeveelheid atomen in een oven te verhitten tot een temperatuur T . Horizontaal inkomende atomen, met massa M , kunnen de oven verlaten via een rond gat met een diameter D van atomaire afmetingen. De diameter van de bundel neemt toe naarmate die verder van het gat komt.

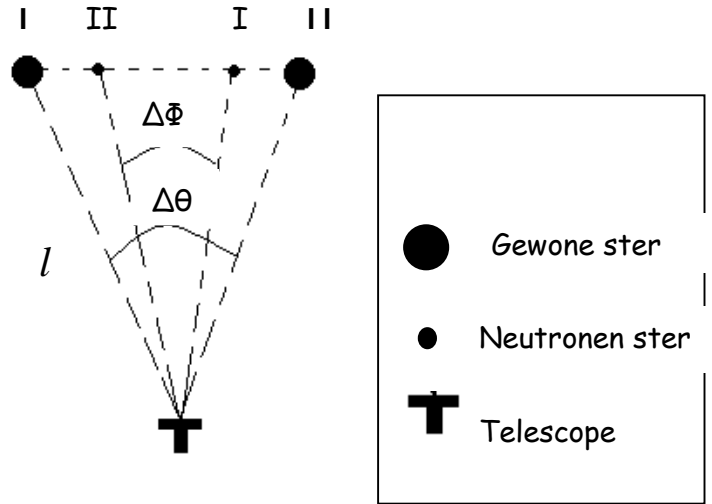


Geef een uitdrukking voor de diameter van de bundel op een afstand L gerekend vanaf het gat. [2,5 punten]

Opgave 2 Dubbelsterren

a) Het is bekend dat veel sterren zich bevinden in een dubbelster-systeem. Het systeem in dit vraagstuk bestaat uit een gewone ster met massa m_0 en straal R en een massieve, compacte neutronenster met massa M , die om elkaar draaien. Op de Aarde, waarvan de beweging ten opzichte van dit systeem verwaarloosd mag worden, zijn de volgende waarnemingen gedaan:

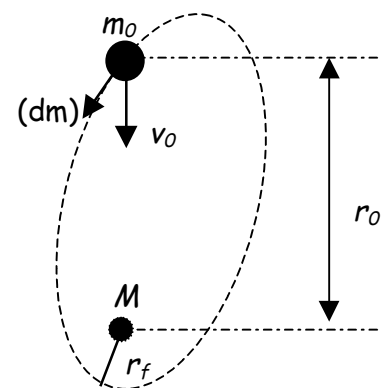
- De maximale verandering van de hoek waaronder men de gewone ster waarneemt is $\Delta\theta$; voor de neutronenster is dat $\Delta\phi$ (zie fig. 1).
- De tijd die overeenkomt met deze maximale hoekveranderingen is gelijk aan τ .
- Uit het spectrum van de gewone ster blijkt dat de temperatuur van de ster gelijk aan T en dat de uitgestraalde energie die per oppervlakte-eenheid per seconde op het aardoppervlak valt gelijk is aan P .
- Uitsluitend ten gevolge van het gravitatieveld van de gewone ster verandert de oorspronkelijke golflengte λ_0 van de Calciumlijn met een bedrag gelijk aan $\Delta\lambda$. (Voor deze berekening mag je effectieve massa van het foton gelijk stellen aan $h/c\lambda$.)



Figuur 1

Geef een uitdrukking voor de afstand l van de aarde tot dit systeem als functie van universele constanten en van de waargenomen grootheden aan dit systeem. Noteer dit resultaat op het antwoordblad. [7 punten]

b) Stel dat $M \gg m_0$ zodat de gewone ster rond de neutronenster beweegt in een cirkelvormige baan met straal r_0 . Neem aan dat de gewone ster op een bepaald moment gas begint uit te zenden in de richting van de neutronenster met een snelheid v_0 , ten opzichte van de gewone ster (zie figuur 2).



Figuur 2.

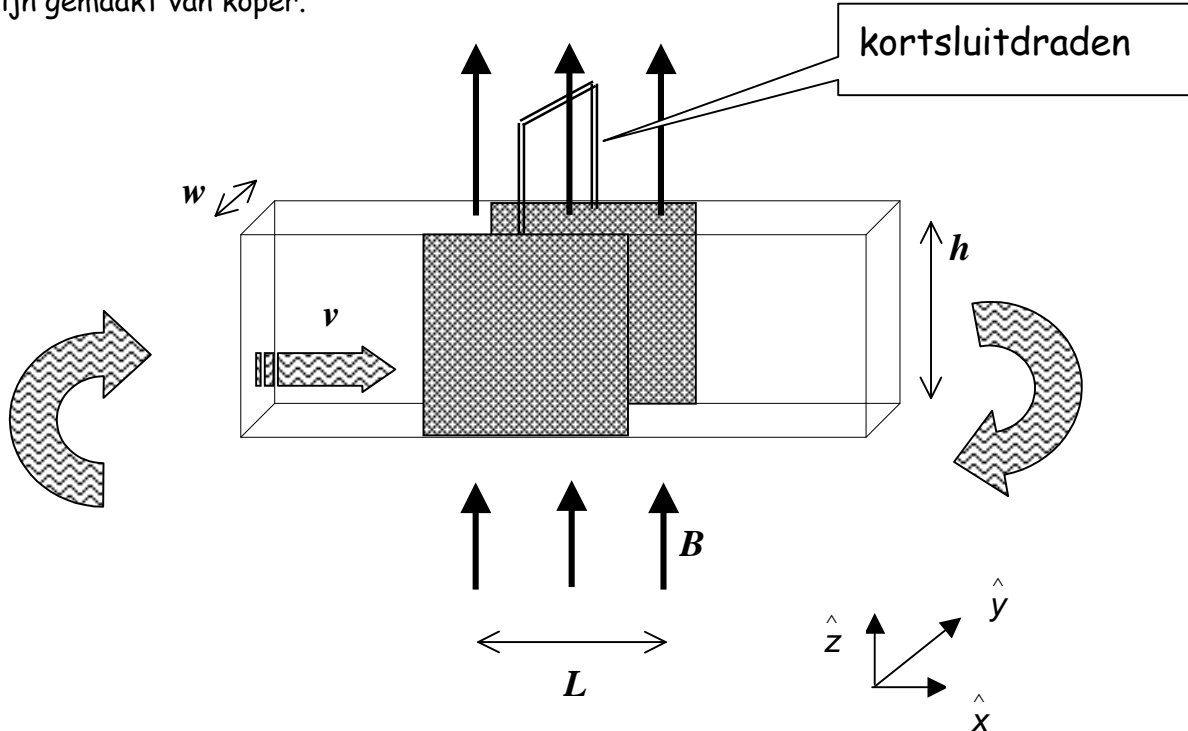
Veronderstel dat de gravitatiekracht van de neutronenster in dit probleem overheersend is en dat de baanstraal van de gewone ster constant blijft.

Geef een uitdrukking voor de kleinste afstand r_f tussen het ontsnapte gas en de neutronenster (zie figuur 2).

Noteer je antwoord op het antwoordblad. [3 punten]

Opgave 3 Een magnetodynamische generator

Een horizontaal opgestelde plastic buis met een rechthoekige doorsnede met breedte w en hoogte h is onderdeel van een gesloten systeem. Door de buis stroomt kwik met een soortelijke weerstand ρ . Een pomp zorgt voor een druk p waardoor de vloeistof met een constante snelheid v_0 stroomt. Twee tegenover elkaar liggende stukken van de pijp met lengte L zijn gemaakt van koper.



De beweging van de vloeistof is nogal ingewikkeld. Om de situatie te vereenvoudigen, nemen we het volgende aan:

- Hoewel de vloeistof wrijving ondervindt, is de snelheid van de vloeistof in elk punt van de vloeistof evengroot.
- De snelheid van de vloeistof is steeds evenredig met netto kracht die er op werkt.
- De vloeistof is niet-samendrukbaar.

De koperen delen van de pijp zijn via een uitwendige leiding elektrisch kortgesloten. In dit deel van de pijp wordt op een gegeven moment een verticaal, uniform magnetisch veld B aangelegd. Een en ander is weergegeven in bovenstaande figuur evenals de richtingsvectoren \hat{x} , \hat{y} , \hat{z} die bij de oplossingen gebruikt moeten worden.

- Leid en uitdrukking af voor de kracht die tengevolge van het magnetisch veld op de vloeistof werkt, uitgedrukt in de grootheden L , B , h , w , ρ en de nieuwe snelheid v . Neem je resultaat over in het antwoordblad. [2 punten]
- Leid een uitdrukking af voor de nieuwe snelheid v van de vloeistof (uitgedrukt in de grootheden v_0 , p , L , B en ρ), nadat het magnetisch veld is aangelegd. Neem je resultaat over in het antwoordblad. [3 punten]

- c) Leid een uitdrukking af voor het extra vermogen dat de pomp moet leveren om de vloeistof z'n oorspronkelijke snelheid v_0 te geven. Neem je resultaat over in het antwoordblad. [2 punten]

Het magnetisch veld wordt nu uitgeschakeld en het kwik wordt vervangen door water dat met dezelfde snelheid v_0 door de buis stroomt. Een elektromagnetische golf met een bepaalde frequentie wordt in de richting van de stromende vloeistof door de pijp gestuurd. De brekingsindex van water is n . De snelheid van het water $v_0 \ll c$.

- d) Leid een uitdrukking af voor de bijdrage van de snelheid van de vloeistof aan het faseverschil tussen de binnenkomende en uitgaande golven van het deel met lengte L . Neem je resultaat over in het antwoordblad. [3 punten]

Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages

ANTWOORDBLAD

1A

a)

$b =$

b)

Faseverschil =

1B

$\frac{d_V}{d_L} =$

1C

b)

c)

$T =$

Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages

d)

e)

1D

Nieuwe diameter van de bundel =

Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages

ANTWOORDBLAD

2a)

$\lambda =$

2b)

$r_f =$

Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages

ANTWOORDBLAD

3a)

3b)

$v =$

3c)

Vermogen =

3d)

faseverschil =