

EXAMEN VOORBEREIDEND WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS IN 1981

Maandag 15 juni, 9.00–12.00 uur

NATUURKUNDE

Dit examen bestaat uit 4 opgaven
Bijlage: 1 antwoordpapier

Deze opgaven zijn vastgesteld door de commissie bedoeld in artikel 24 van het Eindexamen-
besluit dagscholen v.w.o.-h.a.v.o.-m.a.v.o.

Benodigde gegevens kunnen worden opgezocht in het tabellenboekje Binas. Het is de bedoeling dat van tabel 7 de tussen haakjes geplaatste afgeronde waarden gebruikt worden.

1. DE AANGESTREKEN SNAAR.

Wanneer een snaar een staande transversale golfbeweging uitvoert is het veelal zo dat de punten van de snaar een harmonische trilling uitvoeren.

In figuur 1 is het verloop van de snelheid als functie van de tijd getekend voor een punt van een snaar dat harmonisch trilt.

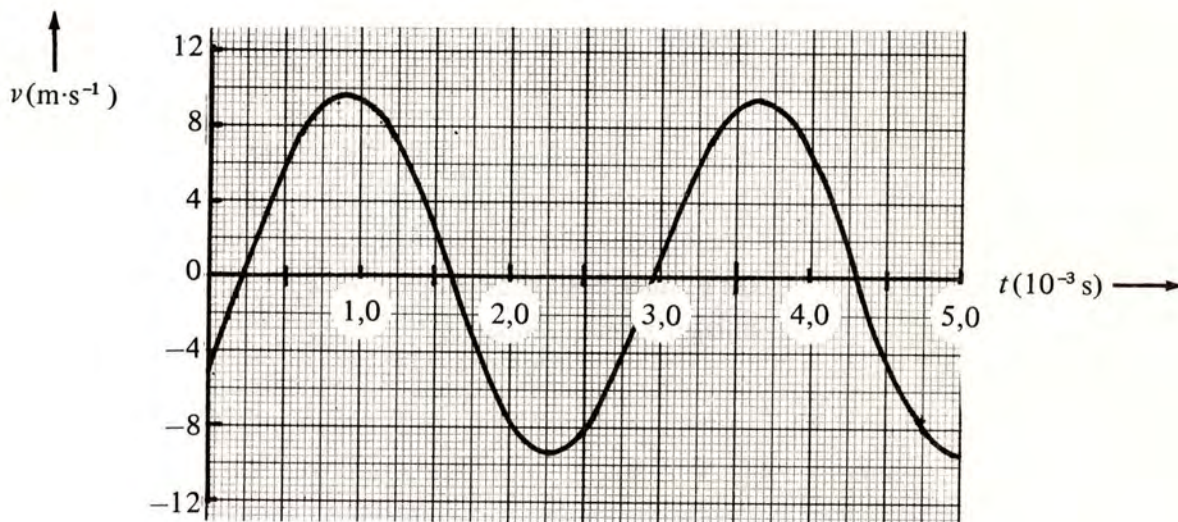


fig. 1

Uit het snelheid-tijd diagram van figuur 1 is het plaats-tijd diagram van het punt af te leiden.

- a. 1. Bepaal de maximale uitwijking van het punt.
2. Teken in figuur 1* op het bijgevoegde antwoordpapier de uitwijking van het punt als functie van de tijd.

Als men een snaar met een strijkstok aanstrijkt blijken de punten van de snaar *niet* harmonisch te trillen. Ten einde deze beweging te onderzoeken is de in figuur 2 afgebeelde opstelling gebouwd.

De snaar van elektrisch-geleidend materiaal is strak gespannen op een houten balk; de uiteinden van de snaar zijn verbonden met de ingang van een oscilloscoop. Een hoefijzer-magneet is op de balk geplaatst.

De snaar wordt zo aangestroken dat deze loodrecht op de richting van het magnetische veld beweegt. De lengte van het stukje snaar dat zich in het veld bevindt is 5,0 cm. Dat stukje snaar wordt S genoemd. De sterkte van het magnetische veld bedraagt 0,10 T.

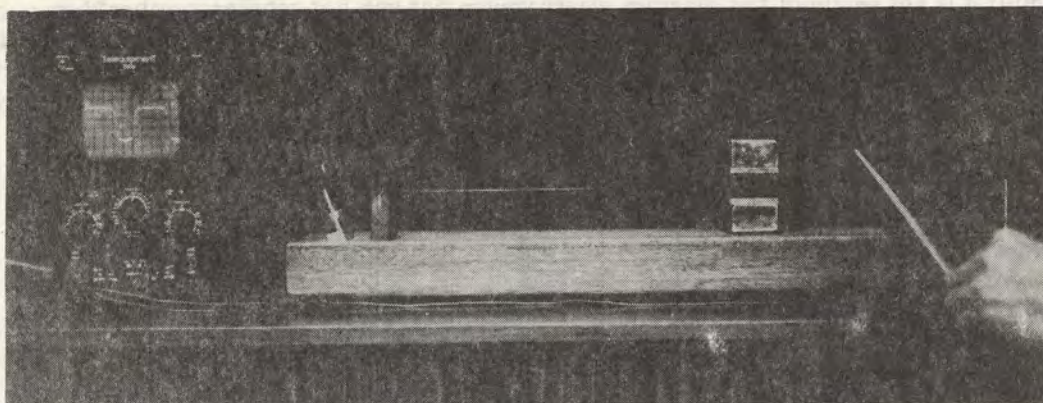


fig. 2

- b. 1. Verklaar dat er bij deze beweging van de snaar een signaal op het oscilloscoopscherm verschijnt.
2. Verklaar dat het snelheid-tijd diagram van het snaarstuk S dezelfde vorm heeft als het oscilloscoopbeeld.

Rechts op de foto van figuur 2 is de strijkstok te zien waarmee de snaar wordt aangestroken. Het oscilloscoopbeeld in figuur 3 geeft de beweging van het stukje S van de snaar weer tijdens een gedeelte van een streek van de strijkstok. Uit deze figuur blijkt dat de beweging van dit snaarstukje niet harmonisch is. (De heengaande beweging van de snaar wordt op een andere wijze door de strijkstok beïnvloed dan de teruggaande beweging.)

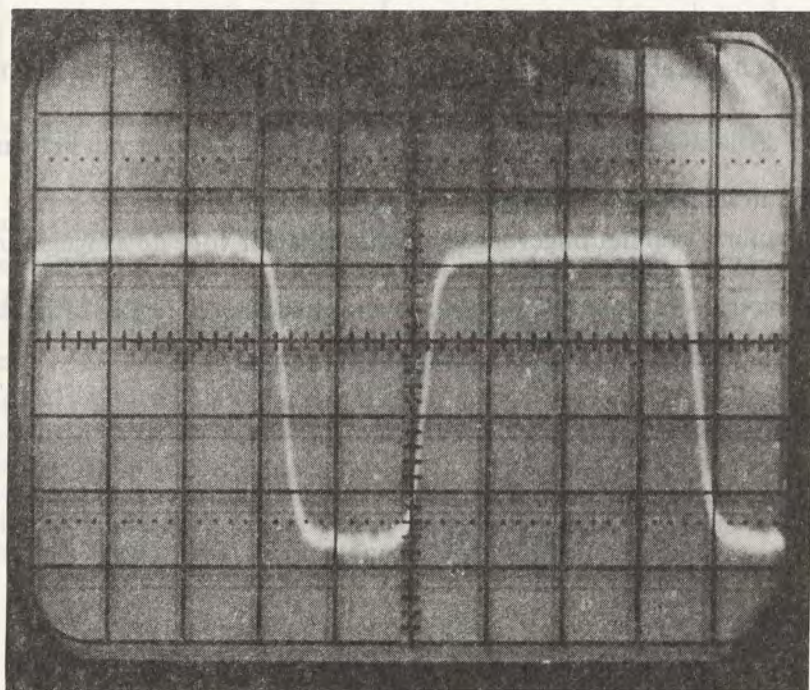


fig. 3

De versterker die de verticale afbuiging van de oscilloscoop regelt, staat ingesteld op 20 mV/div (d.w.z. 20 mV per hokje) en de tijdbasis staat ingesteld op 500 μ s/div (500 μ s per hokje).

In figuur 4 is het snelheid-tijd diagram weergegeven dat van het oscilloscoopbeeld in figuur 3 is afgeleid. Een centimeterhokje op het millimeterpapier (figuur 4) komt overeen met een centimeterhokje in de foto (figuur 3).

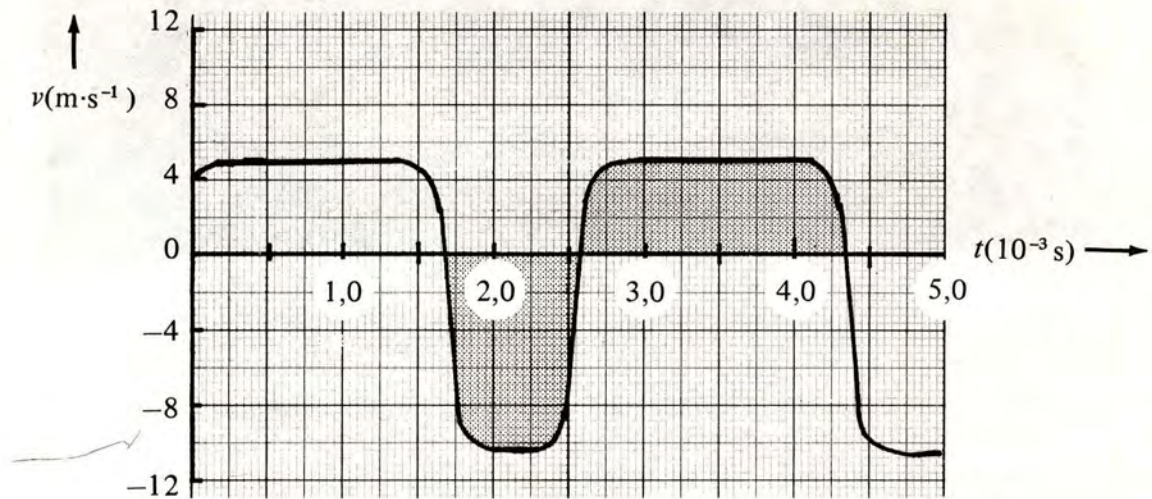


fig. 4

c. Toon aan dat de schaalverdeling op de v -as juist is.

In figuur 4 zijn twee oppervlakken gearceerd.

d. Waarom moet het gearceerde oppervlak onder de t -as evengroot zijn als dat boven de t -as?

Uit het snelheid-tijd diagram van figuur 4 is het plaats-tijd diagram van het snaarstuk S af te leiden.

De amplitude van de trillende beweging die S uitvoert is 4,1 mm.

- e. 1. Geef in figuur 4* op het bijgevoegde antwoordpapier voor de aangegeven tijdstippen t_1 tot en met t_6 de plaats van S aan met een stip.
2. Teken vervolgens in figuur 4* op het antwoordblad het hele plaats-tijd diagram.

2. SNELHEIDSVERDELING VAN ATOMEN.

Door Maxwell is in 1860 een formule afgeleid voor de snelheidsverdeling van de deeltjes in een gas. In figuur 5 is de snelheidsverdeling n_v getekend voor bismut-atomen bij een temperatuur van 1124 K. De grootte $n_v \cdot \Delta v$ stelt het aantal bismut-atomen voor met een snelheid tussen v en $v + \Delta v$. De oppervlakte onder de kromme stelt het totale aantal bismut-atomen in het gas voor.

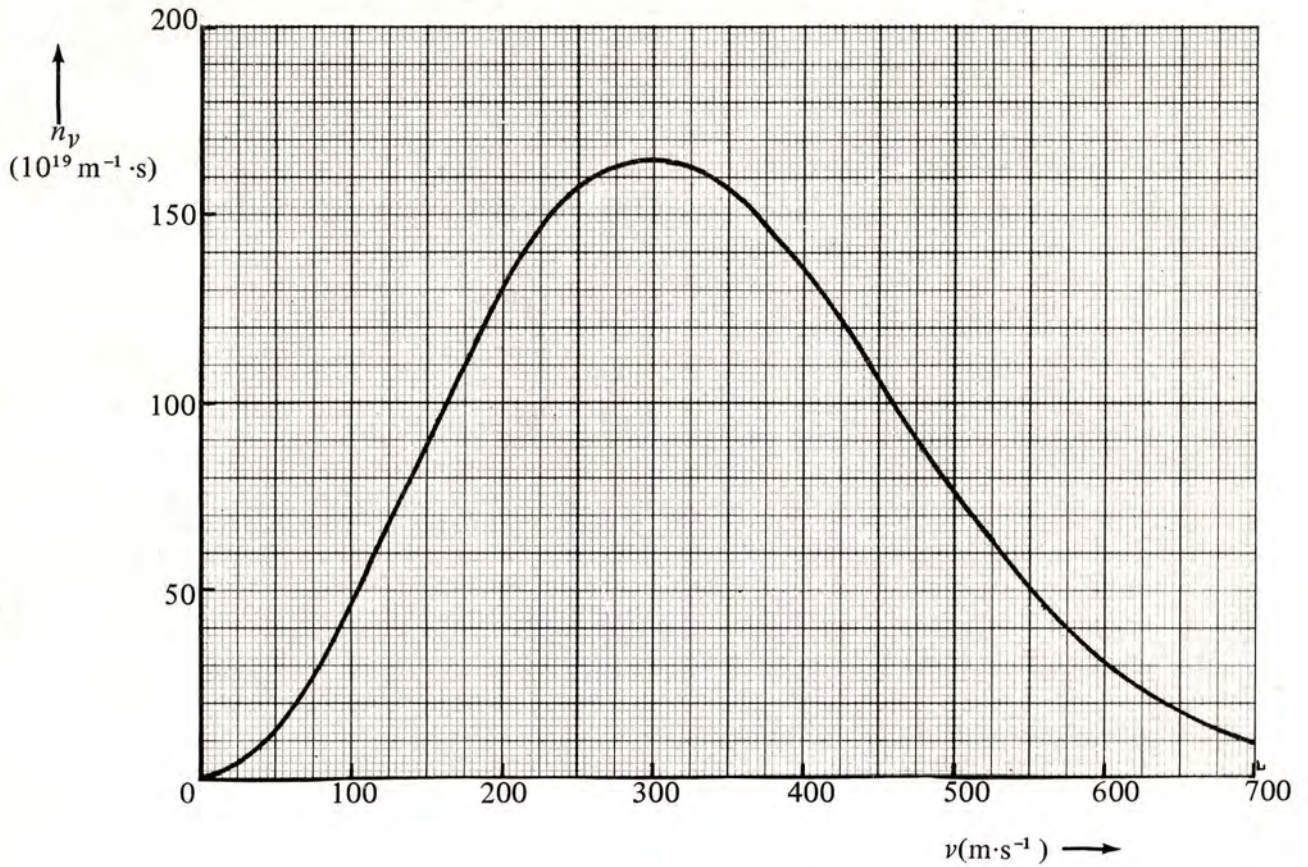


fig. 5

- Bepaal hoeveel bismut-atomen een snelheid hebben tussen 202 m.s^{-1} en 204 m.s^{-1} .
- Bereken de middelbare snelheid van bismut-atomen bij deze temperatuur (1124 K).

Zartman heeft in 1930 een experiment uitgevoerd, waarmee hij de snelheidsverdeling van bismut-atomen kon bepalen. In figuur 6 is een schets van zijn opstelling gemaakt.

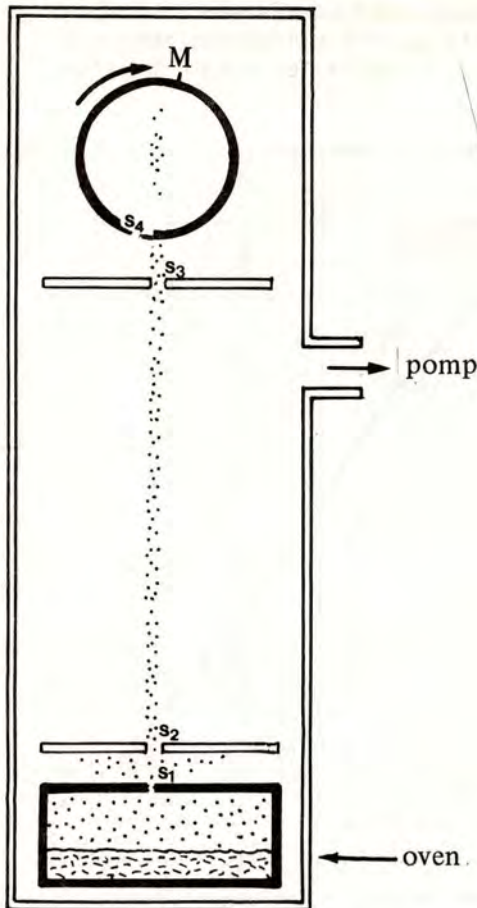


fig. 6

Een oven bevindt zich in een ruimte die zo goed mogelijk vacuüm is gepompt. In de oven verdampt vloeibare bismut bij een temperatuur van 1124 K. Door een nauwe spleet S_1 verlaten bismut-atomen de oven. De spleten S_2 en S_3 zijn zo geplaatst dat er een smalle bundel deeltjes ontstaat, die loodrecht op een roterende cilinder valt.

De bismut-damp in de bundel is zo ijl dat de deeltjes niet onderling botsen. De deeltjes doorlopen dus rechte banen en behouden hun snelheid. In de wand van de cilinder is een zeer nauwe spleet S_4 gemaakt. Tegen de binnenwand van de cilinder is een plaat aangebracht waarop de deeltjes zich kunnen vasthechten. De binnendiameter van deze plaat is 10,0 cm.

De middenpositie M van de plaat wordt bij het experiment als volgt gemarkeerd: de cilinder wordt stilgezet bij een stand waarbij S_4 in het verlengde ligt van S_2 en S_3 .

De deeltjes komen dan terecht in M.

Vervolgens heeft Zartman de cilinder gedurende 15 uur laten roteren met een frequentie van 241,4 Hz. Uit de zwarting van de plaat kan men het aantal deeltjes n_a bepalen, dat zich per oppervlakte-eenheid heeft vastgehecht op verschillende afstanden van M.

In het diagram van figuur 7 is n_a uitgezet tegen de afstand a van trefplaats tot M.

- c. Bewijs dat voor de plaats waar een deeltje de plaat treft geldt: $a = \frac{\pi \cdot f \cdot d^2}{v}$.

Hierin is a de afstand van trefplaats tot M gemeten langs de plaat,
 f de rotatie-frequentie van de cilinder,
 d de binnendiameter van de plaat,
 v de snelheid van het deeltje.

- d. Bereken de breedte Δa van het gebiedje waarin de deeltjes met een snelheid tussen $202 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en $204 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ de plaat treffen.

Uit figuur 5 kunnen we aflezen dat het aantal dampdeeltjes in de oven met een snelheid tussen $202 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en $204 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (= groep A) even groot is als het aantal deeltjes met een snelheid tussen $405 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en $407 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (= groep B).

- e. 1. Bereken dat er in eenzelfde tijdsinterval tweemaal zoveel deeltjes van groep B als van groep A de oven verlaten.
 2. Bereken dat de breedte van het gebiedje waarin deeltjes van groep A de plaat treffen groter is dan de breedte van het gebiedje waarin deeltjes van groep B de plaat treffen.

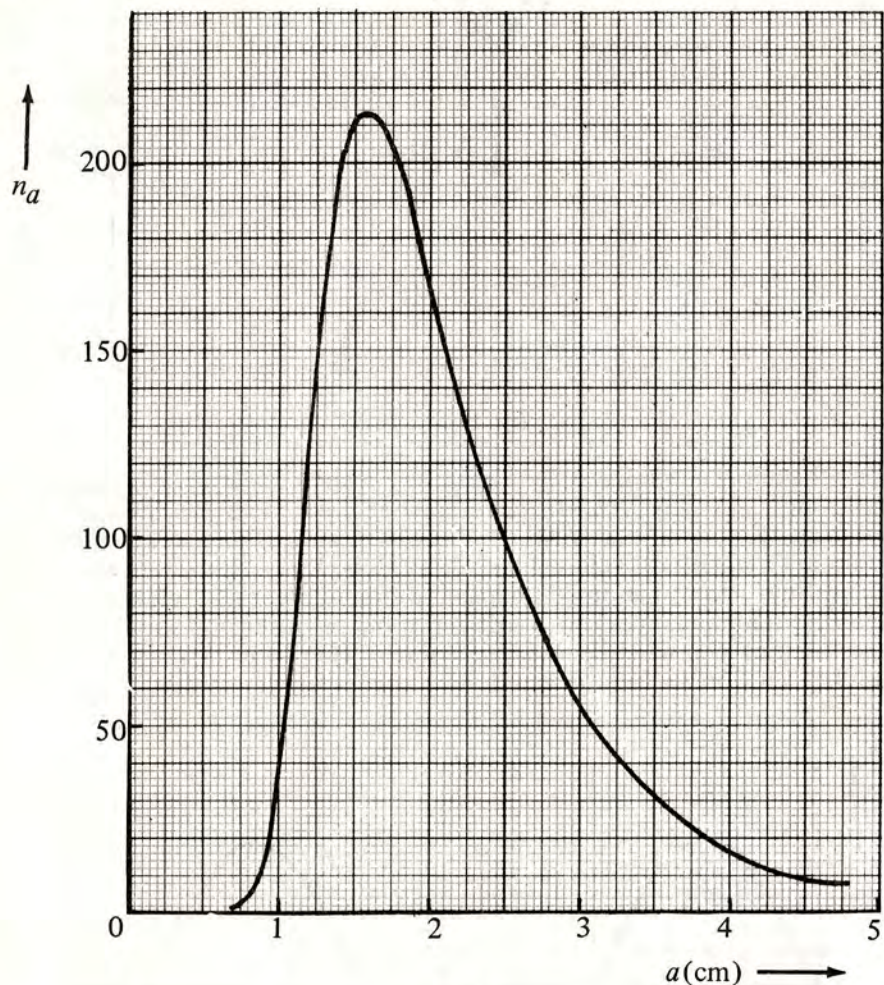


fig. 7

- f. Bepaal de verhouding van het aantal neergeslagen deeltjes per oppervlakte-eenheid van groep B en van groep A met behulp van het experimenteel bepaalde diagram van figuur 7.

In het algemeen geldt dat het aantal neergeslagen deeltjes per oppervlakte-eenheid op een afstand a evenredig is met de bijbehorende waarde van de snelheid v tot de derde macht en evenredig is met de bijbehorende waarde van de snelheidsverdeling n_v .

- g. Toon aan dat de in vraag f bepaalde verhouding in overeenstemming is met de snelheidsverdeling van figuur 5 die berust op de theorie van Maxwell.

3. METINGEN AAN EEN CONDENSATOR.

Een condensator is opgenomen in een schakeling die weergegeven is in figuur 8. De condensator kan door middel van de gelijkspanningsbron worden opgeladen en via een ampèremeter weer worden ontladen.

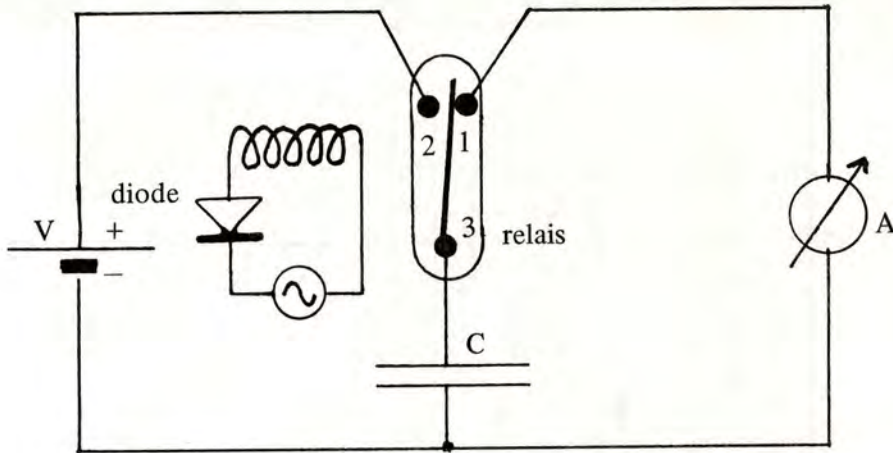


fig. 8

Daartoe is in de schakeling een relais opgenomen. Dit relais bestaat uit een glazen buisje waarin drie elektroden zijn aangebracht. Aan elektrode 3 is een stripje bevestigd van veerkrachtig en magnetiseerbaar materiaal. Dit stripje verspringt van elektrode 1 naar elektrode 2 zodra het magnetisch veld voldoende sterk is. Bij het zwakker worden van het magnetisch veld springt het stukje op een bepaald moment weer naar elektrode 1 terug. Om het magnetische veld op te wekken wordt een spoel gebruikt; die spoel is in serie met een diode aangesloten op een wisselspanningsgenerator. Hierdoor ontstaat in de spoel een stroom waarvan het verloop als functie van de tijd is weergegeven in figuur 9.

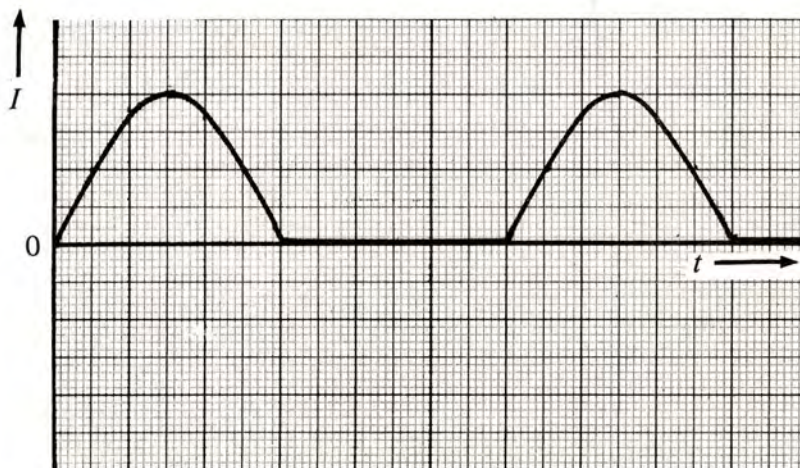


fig. 9

Om na te gaan wat er gebeurt met de spanning over de condensator heeft men een (niet getekende) oscilloscoop aangesloten over de condensator. De versterker die de verticale afbuiging regelt, staat ingesteld op 20 V/div. (d.w.z. op 20 V per hokje). De tijdbasis staat ingesteld op 5 ms/div.

In figuur 10 is het oscilloscoopbeeld weergegeven.

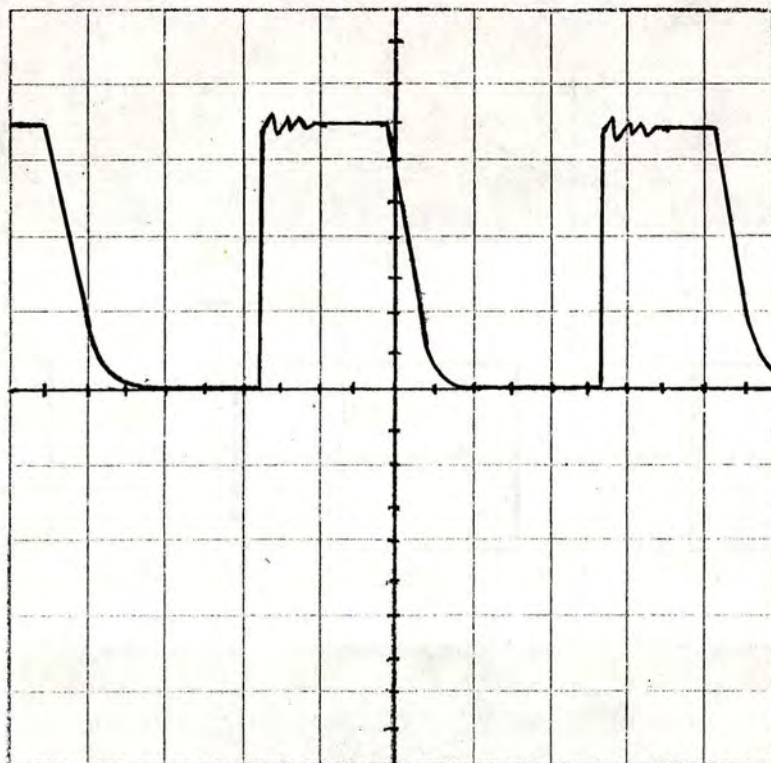


fig. 10

- a. 1. Hoe groot is de spanning van de batterij?
2. Bepaal de frequentie waarmee het stripje van het relais trilt. We noemen dit de schakelfrequentie.
3. Verklaar waarom de tijd dat de condensator verbonden is met de batterij niet even groot is als de tijd dat de condensator verbonden is met de ampèremeter.

Tijdens de metingen wijst de ampèremeter een zekere stroomsterkte aan. Deze stroomsterkte blijkt afhankelijk te zijn van de capaciteit van de condensator, de schakelfrequentie en de spanning van de batterij.

Om het verband tussen deze grootheden te onderzoeken heeft men een aantal proeven uitgevoerd. De meetresultaten zijn met behulp van een drietal diagrammen weergegeven in figuur 11. Onder elk diagram zijn de meetomstandigheden aangegeven.

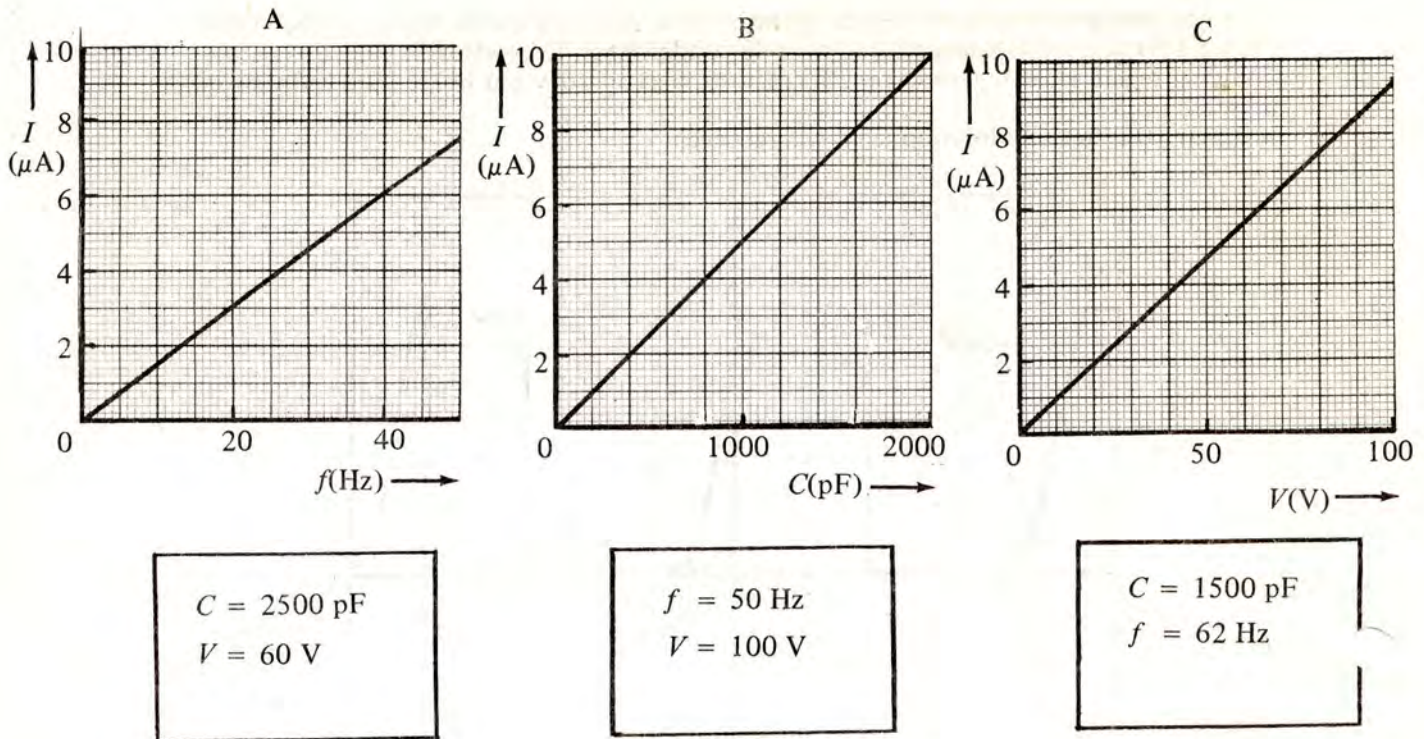


fig. 11

- b. 1. Leid uit de diagrammen één formule af die het verband weergeeft tussen stroomsterkte I , capaciteit C , aangelegde spanning V en schakelfrequentie f .
 2. Bepaal de in de formule van vraag b.1. voorkomende constante(n).

Bij de nu volgende proeven gebruikt men een vlakke-plaat-condensator met een plaatoppervlak van 185 cm^2 .

De schakelfrequentie wordt ingesteld op 50 Hz en de batterijspanning op 100 V .

Tussen de platen klemt men achtereenvolgens 1, 2, 3, velletjes papier. De dikte van het gebruikte papier bedraagt $6,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

In figuur 12 is het verband weergegeven tussen stroomsterkte en aantal velletjes papier.

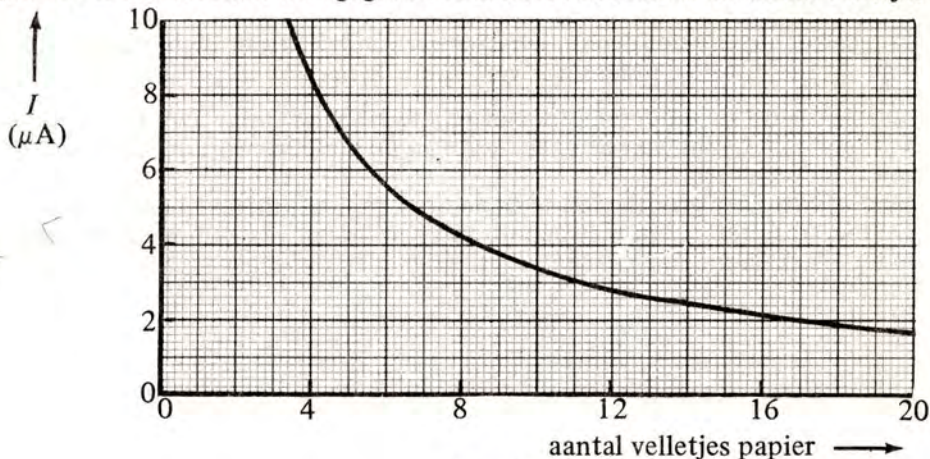


fig. 12

- c. Bewijs dat uit de metingen volgt dat de capaciteit van een vlakke-plaatcondensator omgekeerd evenredig is met de afstand tussen de platen.
 d. Toon aan dat de diëlektrische constante (de permittiviteit) van het gebruikte papier $2,2 \cdot 10^{-11} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ bedraagt.
 e. Als men de velletjes papier vervangt door even dikke velletjes nylonfolie, wordt de stroomsterkte dan groter, kleiner, of blijft de stroomsterkte dan ongewijzigd? Licht het antwoord toe.

4. SLIJTAGEBEPALING VAN EEN LAGER.

Om de slijtage in een stalen lager (massa $m = 140,0$ g) te kunnen bepalen, gaat men als volgt te werk:

Het stalen lager wordt gedurende een zekere tijd in een kernreaktor aan neutronenbestraling blootgesteld. Hierdoor treden in het lagermateriaal kerntransmutaties op waarbij de isotopen ^{56}Mn en ^{59}Fe worden gevormd. Beide isotopen zijn homogeen verdeeld over het lager. Beide isotopen zijn radioactief, en vervallen onder uitzending van bètastraling (β^-).

a. Geef de vervalvergelijking van ^{59}Fe .

Onder de activiteit $A(t)$ van een hoeveelheid radioactief materiaal verstaat men het aantal desintegraties dat per seconde in het materiaal optreedt. De activiteit bedraagt 1 curie (1 Ci) als er $3,70 \cdot 10^{10}$ desintegraties per seconde optreden.

Na de neutronenbestraling bedraagt de activiteit van het gevormde ^{56}Mn aanvankelijk 1,13 Ci; de activiteit van het ^{59}Fe bedraagt aanvankelijk $1,53 \cdot 10^{-2}$ Ci.

b. Bereken hoeveel desintegraties per seconde in het lagermateriaal optreden onmiddellijk na de neutronenbestraling.

Voor de activiteit van een hoeveelheid radioactieve stof geldt:

$$A(t) = A(0) \cdot e^{-\lambda \cdot t}.$$

Hierin is: $A(t)$ de activiteit op het tijdstip t ,

$A(0)$ de activiteit op het tijdstip 0,

λ de vervalconstante.

De vervalconstante van ^{59}Fe is $1,54 \cdot 10^{-2} \text{ dag}^{-1}$; de vervalconstante van ^{56}Mn is $6,48 \text{ dag}^{-1}$.

c. 1. Bereken de activiteit van het ^{59}Fe 2,5 dag na beëindiging van de bestraling van het lager.

2. Toon aan dat de activiteit van het ^{56}Mn dan minder dan 0,1% bedraagt van de activiteit van het ^{59}Fe .

Het lager wordt na afloop van de bestraling in een machine gemonteerd. Men laat de machine ongeveer 2 dagen na het beëindigen van de bestraling zes uur draaien. Tijdens dit draaien is het lager aan slijtage onderhevig; kleine metaaldeeltjes komen van het lager los, en verzamelen zich in het lagervet.

Na het draaien wordt het lager gedemonteerd. Het lagervet wordt opgelost en na filtreren wordt het slijtagestof verzameld.

Het slijtagestof wordt aangebracht op het venster van een GM-telbuis, die met de bijbehorende telapparatuur is verbonden. Van alle tijdens het radioactieve vervalproces uitgezonden deeltjes wordt in deze meetopstelling 40% geteld.

Zonder preparaat wijst de teller 112 pulsen aan in een meetperiode van 10 minuten. Na het aanbrengen van het slijtagestof telt de teller 1410 pulsen in een periode van 10 minuten.

d. Verklaar waardoor de telapparatuur ook zonder de aanwezigheid van het radioactief materiaal straling detecteert.

e. Bereken de activiteit van het slijtagestof.

f. Bereken hoeveel gram lagermateriaal per uur bedrijfstijd door slijtage van het lager loskomt.

EINDE
