

Algemene instructies: Experimentele toets

18 juli, 2017

De experimentele toets duurt 5 uur en is in totaal 20 punten waard.

Voor de toets

- Je mag de enveloppen met de vragen niet openen voor het geluidssignaal dat het begin van de toets aangeeft.
- Het begin en het eind van de toets zullen worden aangegeven met een geluidssignaal. Elk uur zal een aankondiging zijn van de verlopen tijd, net als vijftien minuten voor het eind van de toets (voor het uiteindelijke geluidssignaal).

Tijdens de toets

- Er zullen speciale antwoordvellen verstrekt worden om je antwoorden op in te vullen. Noteer je observaties in je juiste tabellen, vakken of grafieken op het bijbehorende antwoordvel. Voor elk probleem zijn er werkvellen om gedetailleerd werk op uit te voeren. Zorg ervoor dat je altijd de werkvellen gebruikt die behoren bij het probleem waar je op dat moment aan werkt (check het nummer van het probleem aan de bovenkant). Als je op één van je vellen iets hebt opgeschreven wat je niet beoordeeld wilt hebben, kruis het dan door. Gebruik alleen de voorkant van de vellen. Vergeet niet om op elk werk- of antwoordvel je studentcode in het juiste vak in te vullen. Je resultaten worden niet beoordeeld als je geen studentcode hebt opgegeven.
- Wees in je antwoorden zo beknopt mogelijk: gebruik wanneer mogelijk vergelijkingen, logische operatoren en schetsen om je redeneringen te illustreren. Vermijd het gebruik van lange zinnen.
- Foutberekening is niet noodzakelijk tenzij daar expliciet om gevraagd wordt. Echter, je moet getallen altijd in het juiste aantal significante cijfers geven. Bovendien moet je zelf beslissen wat een gepast aantal datapunten of aantal herhalingen van metingen is, tenzij daar specifieke instructies over gegeven zijn.
- Vaak kun je latere gedeeltes van een probleem oplossen zonder de eerdere te hebben gedaan.
- Het is niet toegestaan om je werkplek zonder toestemming te verlaten. Als je hulp nodig hebt (flesje vullen, kapotte rekenmachine, toiletbezoek, etc.), vraag dan de aandacht van een surveillant door één van de drie vlaggetjes in de lucht te houden ("Refill my water bottle, please", "I need to go to the toilet, please", of "I need help, please" in alle andere gevallen).

Aan het eind van de toets

- Aan het eind van de toets moet je onmiddellijk stoppen met schrijven.
- Sorteer voor elk probleem de bijbehorende vellen op de volgende volgorde: vragen, antwoordvellen, werkvellen.

- Voor E1 (Experimentele Toets No. 1) moet je **het millimeter ruitjespapier bijvoegen dat gebruikt is voor het maken van het deflactogram**. Wees er zeker van dat je je **studentcode** en de **concentraties van de gebruikte oplossingen** op dit ruitjespapier hebt gezet.
- Schrijf het **paginanummer** en het **totaal aantal gebruikte vellen** op je **werkvellen** onderaan elke pagina.
- Doe al de vellen behorend bij één probleem in dezelfde envelop. Doe vervolgens de algemene instructies in de overgebleven losse envelop (als die er is, anders mag je ze buiten de envelop bijvoegen als er geen extra envelop is). Lever ook alle lege vellen in. Je mag geen vellen naar buiten meenemen.
- Laat zowel je schrijfgerei (dat door de commissie verstrekt is, als dat er is) als de verstrekte rekenmachine achter op je tafel.
- Wacht aan je tafel totdat je enveloppen en alle benodigde spullen zijn opgehaald. Wanneer alle enveloppen en overige benodigde spullen zijn opgehaald, zal de gids je naar buiten brengen. Vergeet niet je waterflesje of je overgebleven snack mee te nemen.

Bepaling van de gradiënt van de brekingsindex in en de diffusiecoëfficiënt van een zoutoplossing door meting van de afbuiging van een laserstraal

I. Inleiding

Diffusie is een proces waarbij een willekeurige verplaatsing van atomen of moleculen ervoor zorgt dat een systeem evolueert naar zijn thermodynamisch evenwicht. Zo zal er bijvoorbeeld, in een vat dat een zoutoplossing bevat, een diffusie van zoutmoleculen optreden van plaatsen met een hoge zoutconcentratie naar plaatsen met een lagere zoutconcentratie. De diffusiesnelheid wordt gekarakteriseerd door de diffusiecoëfficiënt D .

Diffusie speelt een rol in heel wat processen, zowel binnen de biochemie als in de astrofysica.

In het volgende experiment wordt de diffusie van zoutmoleculen bestudeerd. De zoutmoleculen in de zoutoplossing zullen diffunderen naar de kant met het gedestilleerde water, waardoor er een overgangslaag ontstaat waarin de zoutconcentratie varieert. De brekingsindex van de oplossing wordt hierbij beïnvloed door de zoutconcentratie. Hierdoor kunnen optische experimenten, waarbij de afbuiging van een laserstraal wordt opgemeten, gebruikt worden om de diffusieprocessen te bestuderen.

II. Doelen

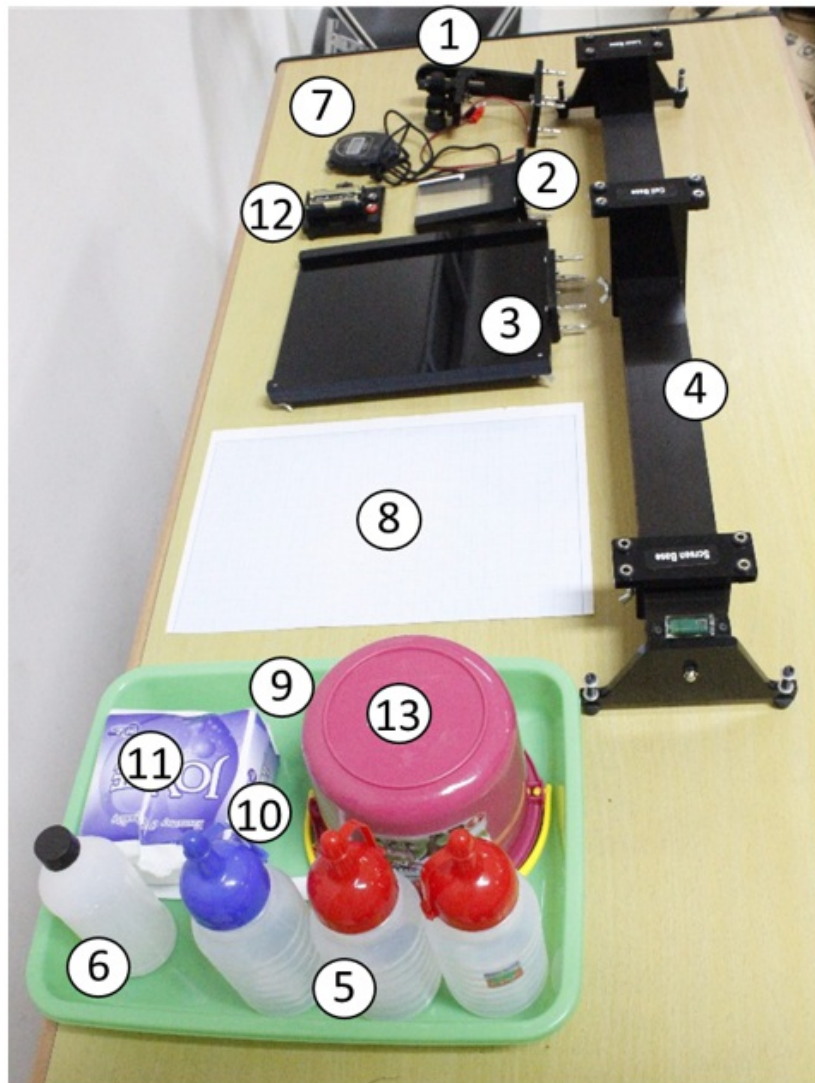
1. Het bepalen van de diffusiecoëfficiënt van de zoutoplossing in water door het opmeten van de gradiënt in de brekingsindex.
2. Bepalen wat de invloed is van de verandering in zoutconcentratie op de verandering van de diffusiecoëfficiënt.

III. Materiaallijst

Experiment

Dutch Speaking Countries

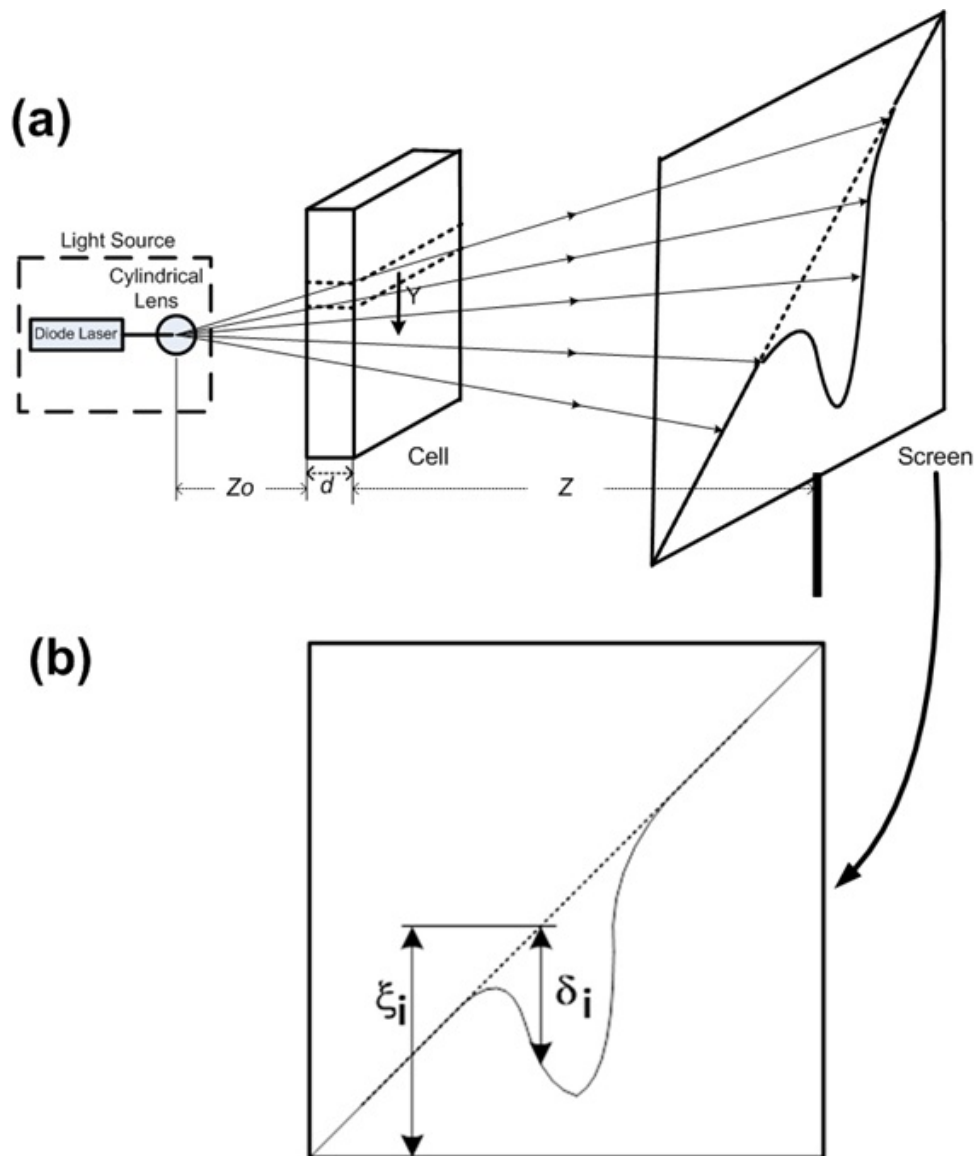
E1



Figuur 1. Materiaal gebruikt tijdens dit experiment.

1. Lasermodule die een streep licht geeft (Diode laser met $\lambda = 632 \text{ nm}$ en cilindrische lens)
2. Diffusiecel (6.5 cm x 0.8 cm x 6.5 cm) met houder
3. Scherm met houder
4. Optische bank met meetlat
5. Zoutoplossingen
6. Gedestilleerd water (Aquadest)
7. Chronometer (stopwatch)
8. Millimeterpapier
9. Pipet
10. Mes met bijhorende reinigingsdoekjes
11. Reinigingsdoekjes
12. Batterij
13. Afval Emmertje voor de zoutoplossing

De schematische weergave van de meetopstelling is gegeven in Figuur 2.



Figuur 2. (a) Schematische weergave van het experiment **De cel bevat een oplossing van zout water met gedestilleerd water (aquadest) daar bovenop** **(b)** Een typisch figuur (deflectogram) die wordt waargenomen op het scherm nadat de laser bundel is afgebogen als gevolg van het diffusieproces tussen oplossing 1 en oplossing 2.

Om het verloop van de gradient van de brekingsindex als functie van de verticale positie in de vloeistof te bepalen, moeten wij de verticale positie op het scherm (ξ) relateren aan de verticale hoogte in de cel (Y), en moeten wij ook de verticale afbuiging (δ) relateren aan de gradient van de brekingsindex ($\frac{dn}{dY}$). Voor de geometrie van de meetopstelling (zie figuur 2), geldt:

$$Y_i = \frac{\xi_i Z_0}{Z_0 + d + Z} \quad (1)$$

waarbij Z , Z_0 and d aangegeven zijn in Figuur 2(a) en respectievelijk de afstand is tussen de diffusie cel en

het scherm, de afstand tussen de lichtbron en de diffusiecel en de dikte van de diffusiecel. **Bij het meten van Z_0 , geeft de lijn die gemarkeerd is op de lasermodule, de positie van de cilindrische lens aan.**

De dikte van de diffusiecel (d) en de gradient van de brekingsindex zijn zo klein dat de breking voor verwaarloosbare verticale verlaatsing van de bundel in de diffusiecel zorgt. In dit limiet geval doorloopt elke bundel een nagenoeg constante verticale hoogte in de diffusiecel en wordt afgebogen door een enkele brekingsgradient gerelateerd aan deze hoogte.

Er kan aangetoond worden dat:

$$\left(\frac{dn}{dY} \right)_i = \frac{\delta_i}{Zd} \quad (2)$$

Hints for doing measurements:

- Om een afgebogen laser bundel waar te nemen op het scherm (zoals zichtbaar in figuur 2b), dien je alle componenten van figuur 1 op te nemen in de meetopstelling, zoals die is weergegeven in figuur 2a.

- Zorg ervoor dat de laser aan is en dat de laser spot en zijn projectie een diagonale vorm heeft wanneer het de diffusiecel raakt. Je kunt Z en Z_0 aanpassen om een duidelijk en gefocuseerde spot te verkrijgen. In het geval dat er geen water of zoutoplossing is, zul je een rechte diagonale laser bundel waarnemen.
- Wanneer het water en de zoutoplossing worden gemengd, kun je een afgebogen laser bundel waarnemen. Let op dat je eerst de zoutoplossing toevoegd aan de diffusiecel tot een hoogte waar de cel door een witte lijn is gemarkeerd. Voeg langzaam het water met behulp van een pipet toe aan de diffusiecel (ongeveer 40 druppels). Hierna mag je de stopwatch aanzetten om de tijd te meten die nodig is voor diffusie tussen de zoutoplossing en het water. Indien de waarde van Z , Z_0 en de hoogte van de laser reeds optimaal zijn, zal de afgebogen laser gecentreerd en duidelijk zijn met een maximale dip. Je dient dit optimum te vinden om de meetfouten te minimaliseren.
- Na 30 minuten kun je met behulp van een potlood de laser bundel overtekenen op het millimeterpapier dat bevestigd is aan het scherm. Merk op dat je tijdens dit experiment metingen zult moeten uitvoeren met drie verschillende concentraties van zoutoplossingen (i.e. $C_0 = 23$ g/150 ml, $C_0 = 28$ g/150 ml and $C_0 = 33$ g/150 ml) en zul je dus het millimeterpapier frequent moeten vervangen. Het millimeterpapier moet bevestigd worden aan het scherm en kan strakker worden bevestigd door aan de schroeven in de hoeken van het scherm te draaien. **Let op dat je jouw studenten code, en de concentratie van de zoutoplossing die je voor de meting hebt gebruikt noteert op het millimeter papier!**

IV. Experimenten en opdrachten

A: Meten van de brekingsindexgradiënt van de zoutoplossing (4.5 punten)

A.1	Doe het experiment om de afgebogen streep van de laser op het scherm te krijgen. Neem de streep laserlicht over op het millimeterpapier dat op het scherm zit met een potlood na een diffusietijd (t) van 30 minuten als een soort van evenwicht is bereikt.	1.2 pt.
A.2	Meet Z , d , Z_0 , ξ_i en δ_i (met $i = 1, \dots, 20$, de meetpunten) van de streep laserlicht op het millimeterpapier na de diffusietijd (t) van 30 minuten. De parameters Z , d , Z_0 , ξ_i en δ_i staan in cm. Bedenk dat Z , d en Z_0 gelijk zijn voor alle metingen. Zet de resultaten in tabel 1.	1.5 pt.
A.3	Bereken Y_i en $\left(\frac{dn}{dY}\right)_i$ (met $i = 1, \dots, 20$, de meetpunten) na de diffusietijd (t) van 30 minuten. Bedenk dat Z , d en Z_0 gelijk zijn bij alle metingen. Zet de resultaten in tabel 2. Maak een grafiek van $\left(\frac{dn}{dY}\right)_i$ als functie van Y_i voor $t = 30$ minuten.	1.5 pt.
A.4	Bepaal de Y_i bij het maximum van $\left(\frac{dn}{dY}\right)_i$ dat je bij vraag A3 hebt gevonden. Neem deze Y_i als h .	0.3 pt.

B: Bepaling van de diffusiecoëfficiënt (4.2 punten)

De krommen die bij vraag A.3 zijn gevonden kunnen beschreven worden met de volgende vergelijkingen:

$$\left(\frac{dn}{dY}\right)_i = \left(\frac{dn}{dc}\right) \left(\frac{dc}{dY}\right)_i \quad (3)$$

$$\left(\frac{dc}{dY}\right)_i \approx \frac{C_o}{2\sqrt{\pi Dt}} e^{-\frac{(h-Y_i)^2}{4Dt}} \quad (4)$$

waarin C_o , D , t , h respectievelijk de oorspronkelijke concentratie van de zoutoplossing, de diffusiecoëfficiënt, de diffusietijd en Y_i bij het maximum van de gradiënt van de brekingsindex (dn/dY) zijn. De diffusiecoëfficiënt kun je vinden door met de vergelijkingen (3) and (4) een lineaire relatie tussen $(dn/dY)_i$ en Y_i te maken.

B.1	Geef de lineaire vorm van vergelijking (3).	0.9 pt.
B.2	Maak een tabel (Tabel 3 op het antwoordblad) die de meetpunten bevat (met de assen aangegeven) voor de lineaire vergelijking van B1 van de verschillende meetgegevens van de opdrachten bij A. Neem de beste meetpunten (minimum 10 punten). Maak de tabel en teken grafiek.	1.8 pt.
B.3	Bepaal de diffusiecoëfficiënten D uit de grafieken bij B2 voor de meetgegevens bij $t = 30$ minuten	1.5 pt.

C. Bepaling van de verhouding tussen de verandering van de diffusiecoëfficiënt en de verandering van concentratie van de zoutoplossingen (1.3 punten)

C.1	Plot de diffusiecoëfficiënt op $t = 30$ minuten als een functie van de concentratie van de zoutoplossing (in g/mL). Bepaal de verhouding tussen de verandering van de diffusiecoëfficiënt en de verandering in de concentratie van de zoutoplossing, gebruikmakend van lineaire regressie.	1.3 pt.
------------	--	---------

Student Code						
---------------------	--	--	--	--	--	--

Bepaling van de gradiënt van de brekingsindex en diffusiecoëfficiënt van een zoutoplossing door het meten van de afbuiging van een laserstraal (10 pt.)

A. Meting van de gradiënt van de brekingsindex van een zoutoplossing (4.5 pt.)

Vraag	Antwoord	Marks
A.1 (1.2 pt.)	Voeg het millimeterpapier bij dat je gebruikt hebt om het deflectogram te maken. Zorg ervoor dat je je studentnummer en de concentraties van de gebruikte oplossingen op het millimeterpapier vermeld hebt.	Deflectogram bij $C_0 = 23$ g/150 mL

A.1	Voeg het millimeterpapier bij dat je gebruikt hebt om het deflectogram te maken. Zorg ervoor dat je je studentnummer en de concentraties van de gebruikte oplossingen op het millimeterpapier vermeld hebt.	Deflectogram bij $C_0 = 28$ gr/150 mL
-----	---	---

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1

A.1	Voeg het millimeterpapier bij dat je gebruikt hebt om het deflectogram te maken. Zorg ervoor dat je je studentnummer en de concentraties van de gebruikte oplossingen op het millimeterpapier vermeld hebt.	Deflectogram bij $C_0 = 33 \text{ g/150 mL}$																																																																																																																														
A2. (1.5 pt.)	<table><tr><th>i</th><th>$\delta_i \text{ (cm)}$</th><th>$\xi_i \text{ (cm)}$</th><th>$Z_0 \text{ (cm)}$</th><th>$d \text{ (cm)}$</th><th>$Z \text{ (cm)}$</th></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	i	$\delta_i \text{ (cm)}$	$\xi_i \text{ (cm)}$	$Z_0 \text{ (cm)}$	$d \text{ (cm)}$	$Z \text{ (cm)}$	1						2						3						4						5						6						7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						18						19												Tabel 1 bij $C_0 = 23 \text{ g/150 mL}$
i	$\delta_i \text{ (cm)}$	$\xi_i \text{ (cm)}$	$Z_0 \text{ (cm)}$	$d \text{ (cm)}$	$Z \text{ (cm)}$																																																																																																																											
1																																																																																																																																
2																																																																																																																																
3																																																																																																																																
4																																																																																																																																
5																																																																																																																																
6																																																																																																																																
7																																																																																																																																
8																																																																																																																																
9																																																																																																																																
10																																																																																																																																
11																																																																																																																																
12																																																																																																																																
13																																																																																																																																
14																																																																																																																																
15																																																																																																																																
16																																																																																																																																
17																																																																																																																																
18																																																																																																																																
19																																																																																																																																

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1

	20																																																																																																																															
A.2	<table><tr><td>i</td><td>δ_i (cm)</td><td>ξ_i (cm)</td><td>Z_0 (cm)</td><td>d (cm)</td><td>Z (cm)</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	i	δ_i (cm)	ξ_i (cm)	Z_0 (cm)	d (cm)	Z (cm)	1						2						3						4						5						6						7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						18						19						20						Tabel 1 bij $C_0 = 28 \text{ g/150 mL}$
i	δ_i (cm)	ξ_i (cm)	Z_0 (cm)	d (cm)	Z (cm)																																																																																																																											
1																																																																																																																																
2																																																																																																																																
3																																																																																																																																
4																																																																																																																																
5																																																																																																																																
6																																																																																																																																
7																																																																																																																																
8																																																																																																																																
9																																																																																																																																
10																																																																																																																																
11																																																																																																																																
12																																																																																																																																
13																																																																																																																																
14																																																																																																																																
15																																																																																																																																
16																																																																																																																																
17																																																																																																																																
18																																																																																																																																
19																																																																																																																																
20																																																																																																																																
A.2	<table><tr><td>i</td><td>δ_i (cm)</td><td>ξ_i (cm)</td><td>Z_0 (cm)</td><td>d (cm)</td><td>Z (cm)</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	i	δ_i (cm)	ξ_i (cm)	Z_0 (cm)	d (cm)	Z (cm)	1						2						3						4						5												Tabel 1 met $C_0 = 33 \text{ g/150 mL}$																																																																																				
i	δ_i (cm)	ξ_i (cm)	Z_0 (cm)	d (cm)	Z (cm)																																																																																																																											
1																																																																																																																																
2																																																																																																																																
3																																																																																																																																
4																																																																																																																																
5																																																																																																																																

Experiment

Dutch Speaking Countries

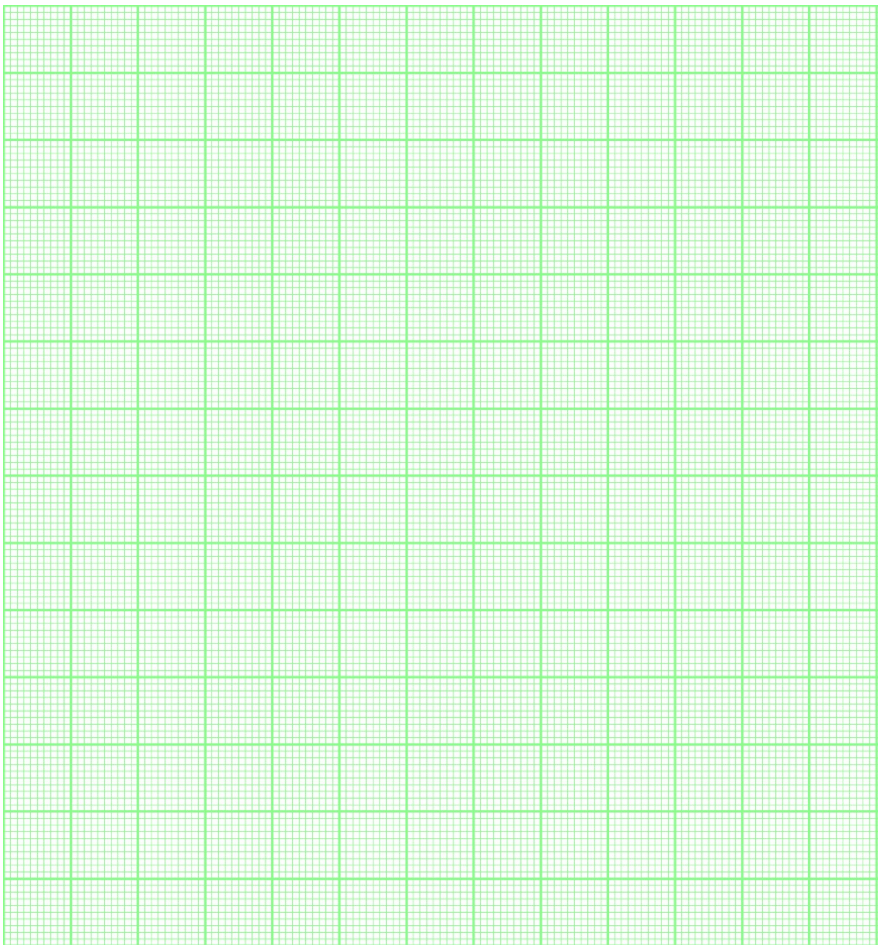
AE1

	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					

Experiment

Dutch Speaking Countries

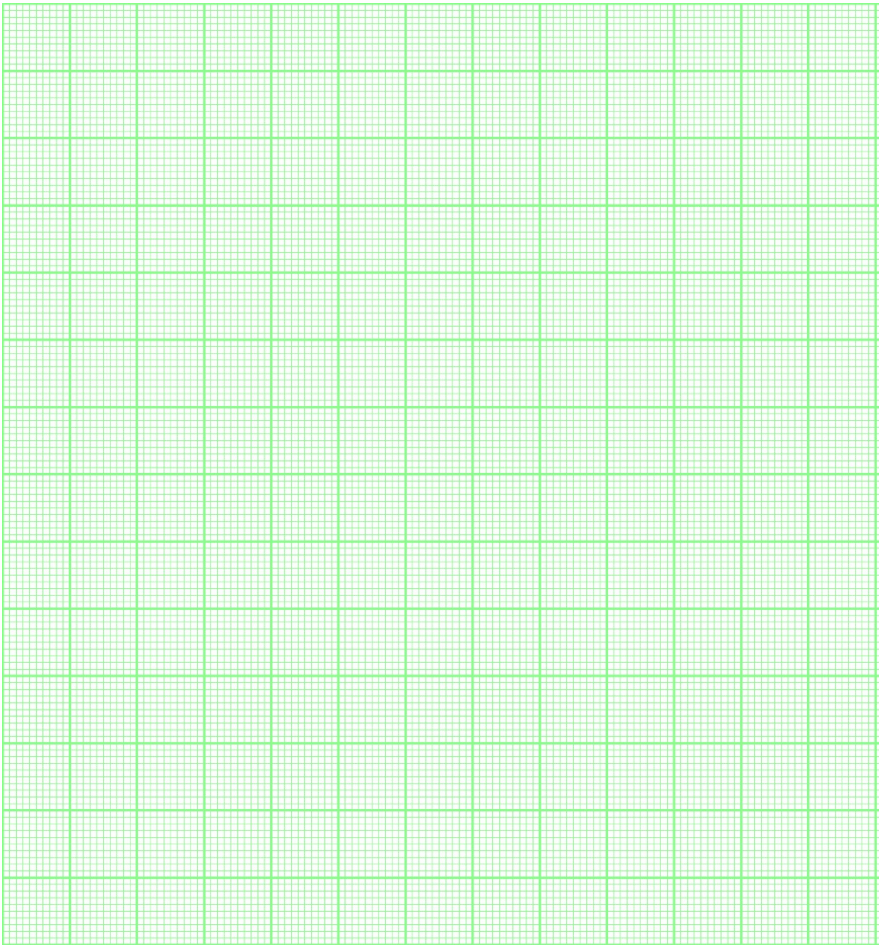
AE1

	<table border="1"> <tr> <td>19</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>20</td><td></td><td></td></tr> </table>	19			20																								
19																													
20																													
A.3		Plot $\frac{dn}{dY}$ vs Y $C_0 = 23 \text{ g/150 mL}$																											
A.3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>i</th><th>$Y_i \text{ (cm)}$</th><th>dn/dY</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	i	$Y_i \text{ (cm)}$	dn/dY	1			2			3			4			5			6			7						Tabel 2 bij $C_0 = 28 \text{ g/150 mL}$
i	$Y_i \text{ (cm)}$	dn/dY																											
1																													
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1

	<table><tr><td>8</td><td></td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td><td></td></tr><tr><td>13</td><td></td><td></td></tr><tr><td>14</td><td></td><td></td></tr><tr><td>15</td><td></td><td></td></tr><tr><td>16</td><td></td><td></td></tr><tr><td>17</td><td></td><td></td></tr><tr><td>18</td><td></td><td></td></tr><tr><td>19</td><td></td><td></td></tr><tr><td>20</td><td></td><td></td></tr></table>	8			9			10			11			12			13			14			15			16			17			18			19			20			
8																																									
9																																									
10																																									
11																																									
12																																									
13																																									
14																																									
15																																									
16																																									
17																																									
18																																									
19																																									
20																																									
A.3		Plot $\frac{dn}{dY}$ vs Y $C_0 = 28 \text{ g/150 mL}$																																							

Experiment

Dutch Speaking Countries

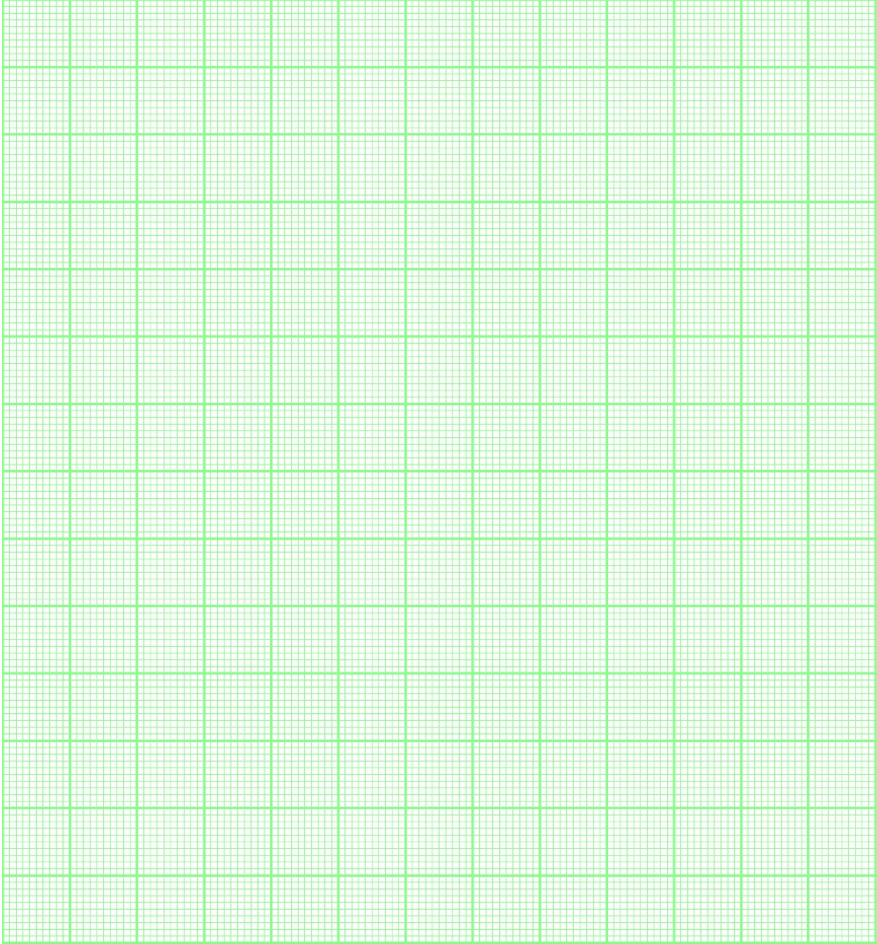
AE1

A.3	<table><tr><th>i</th><th>Y_i (cm)</th><th>dn/dY</th></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td></tr><tr><td>6</td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td><td></td></tr><tr><td>13</td><td></td><td></td></tr><tr><td>14</td><td></td><td></td></tr><tr><td>15</td><td></td><td></td></tr><tr><td>16</td><td></td><td></td></tr><tr><td>17</td><td></td><td></td></tr><tr><td>18</td><td></td><td></td></tr><tr><td>19</td><td></td><td></td></tr><tr><td>20</td><td></td><td></td></tr></table>	i	Y_i (cm)	dn/dY	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15			16			17			18			19			20			Tabel 2 bij $C_0 = 33$ g/150 mL
i	Y_i (cm)	dn/dY																																																															
1																																																																	
2																																																																	
3																																																																	
4																																																																	
5																																																																	
6																																																																	
7																																																																	
8																																																																	
9																																																																	
10																																																																	
11																																																																	
12																																																																	
13																																																																	
14																																																																	
15																																																																	
16																																																																	
17																																																																	
18																																																																	
19																																																																	
20																																																																	

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1

A.3		Plot $\frac{dn}{dY}$ vs Y $C_0 = 33 \text{ g/150 mL}$
A.4 (0.3 pt.)	h voor 23 g/150 mL = cm h voor 28 g/150 mL = cm h voor 33 g/150 mL = cm	

B: Bepaling van de diffusiecoëfficiënt (4.2 points)

Vraag	Antwoord	Punten
-------	----------	--------

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1

B.1 (0.9 pt.)	Lineair verband	
------------------	-----------------	--

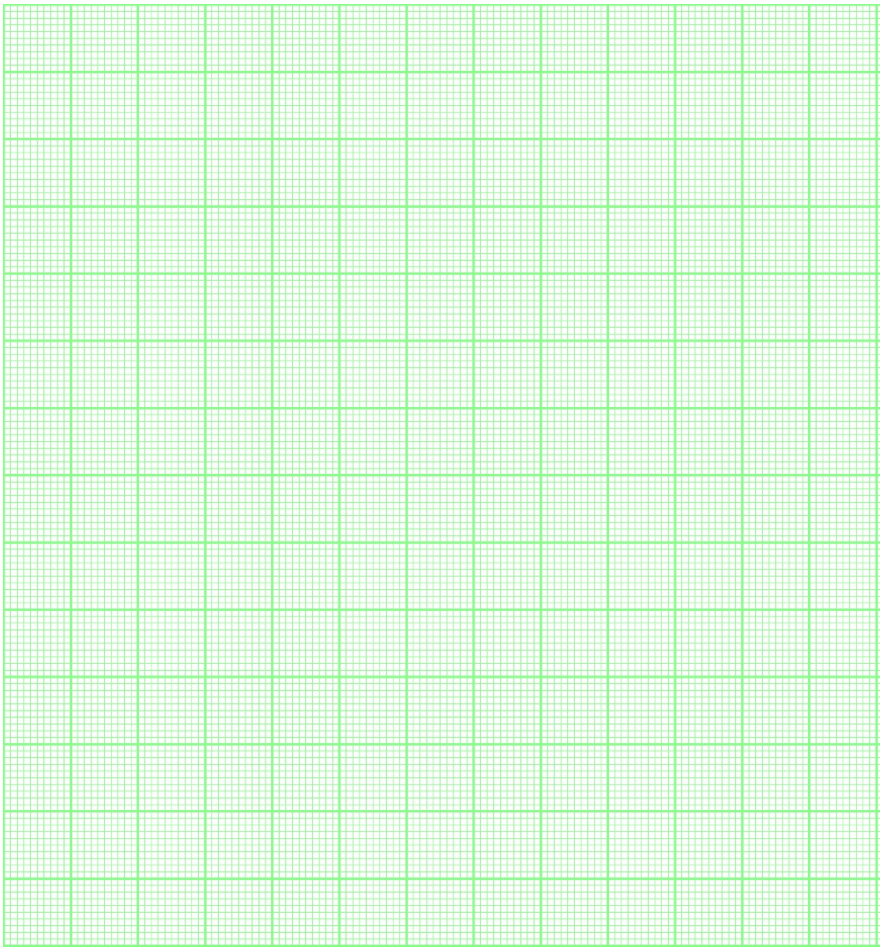
B.2 (1.8 pt.)	<table> <tr><td>t</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td></tr> </table>	t			1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15			16			17			18			19			20			Tabel 3 van $C_0 = 23 \text{ g/150 mL}$
t																																																																	
1																																																																	
2																																																																	
3																																																																	
4																																																																	
5																																																																	
6																																																																	
7																																																																	
8																																																																	
9																																																																	
10																																																																	
11																																																																	
12																																																																	
13																																																																	
14																																																																	
15																																																																	
16																																																																	
17																																																																	
18																																																																	
19																																																																	
20																																																																	

B.2		Plot van Tabel 3 $C_0 = 23 \text{ g/150 mL}$
-----	--	--

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1



m (richtingscoëfficiënt) =

B.2

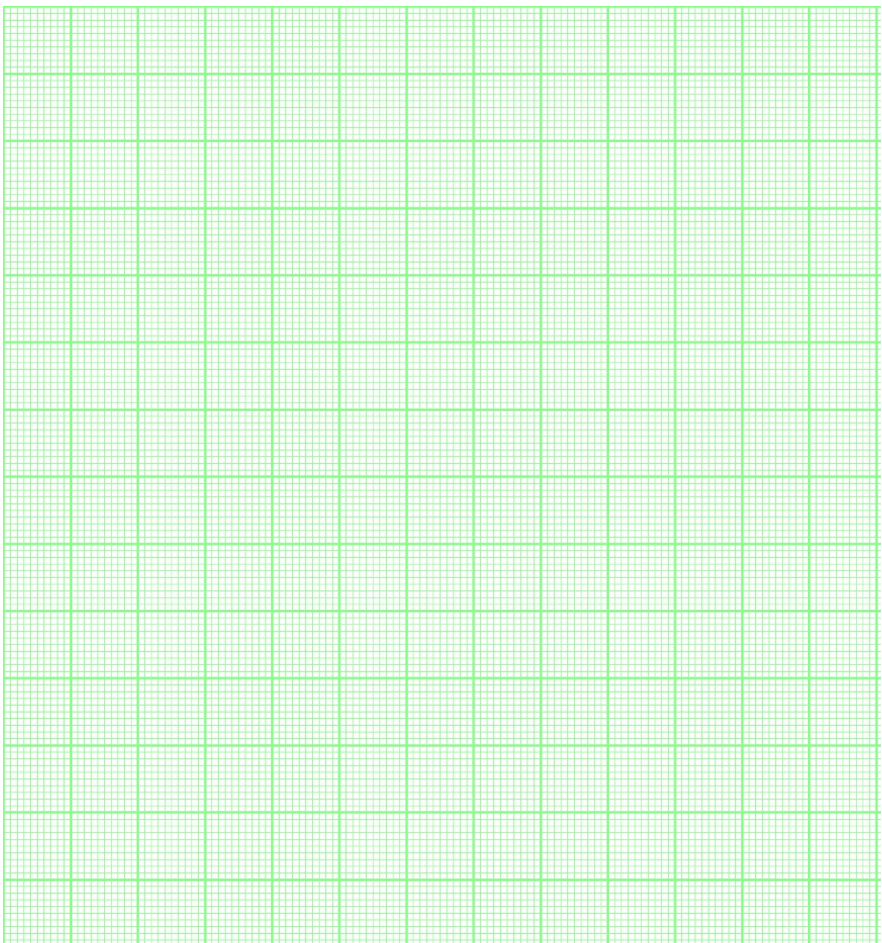
t		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

Tabel 3 van
 $C_0 = 28 \text{ g/150 mL}$

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1

	<table border="1"> <tr><td>12</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td></tr> </table>	12			13			14			15			16			17			18			19			20			
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
B.2		Plot van Tabel 3 $C_0 = 28 \text{ g/150 mL}$																											
	m (richtingscoëfficiënt) =																												

Experiment

Dutch Speaking Countries

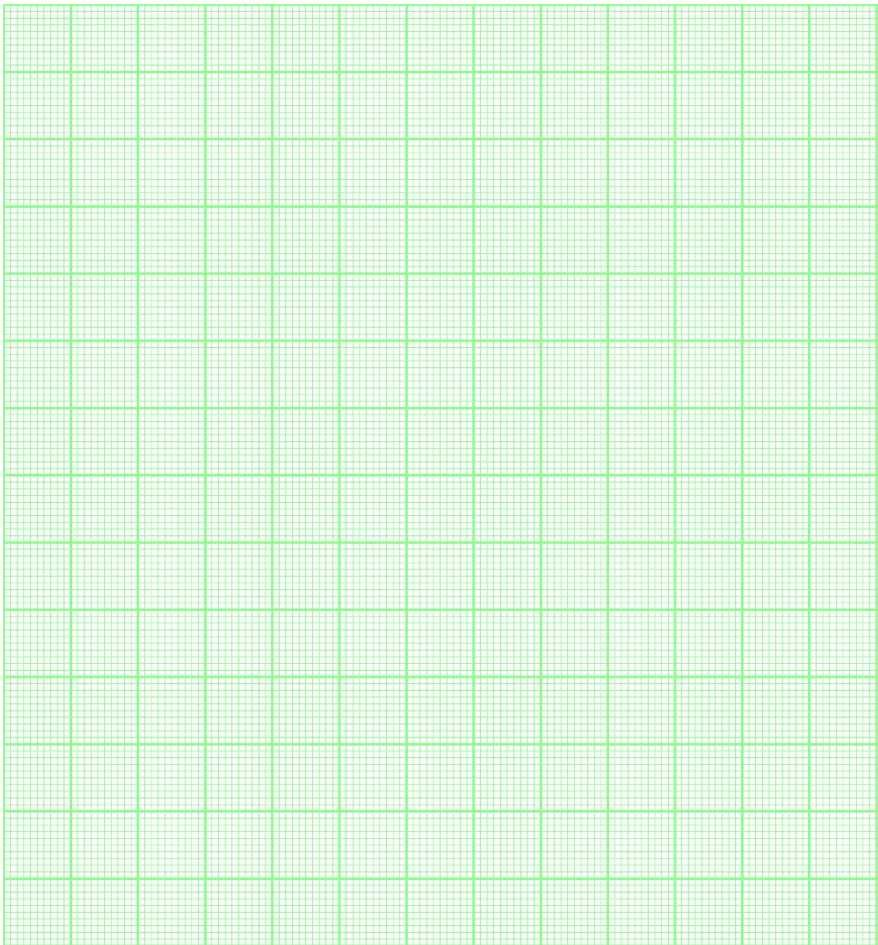
AE1

B.2	<i>l</i>			Tabel 3 van $C_0 = 33 \text{ g/150 mL}$
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
20				
B.2				Plot van Tabel 3 $C_0 = 33 \text{ g/150 mL}$

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1

	 m (richtingscoëfficiënt) =	
B.3 (1.5 pt.)	D bij 23 g/150 mL = cm^2/s D bij 28 g/150 mL = cm^2/s D bij 33 g/150 mL = cm^2/s	

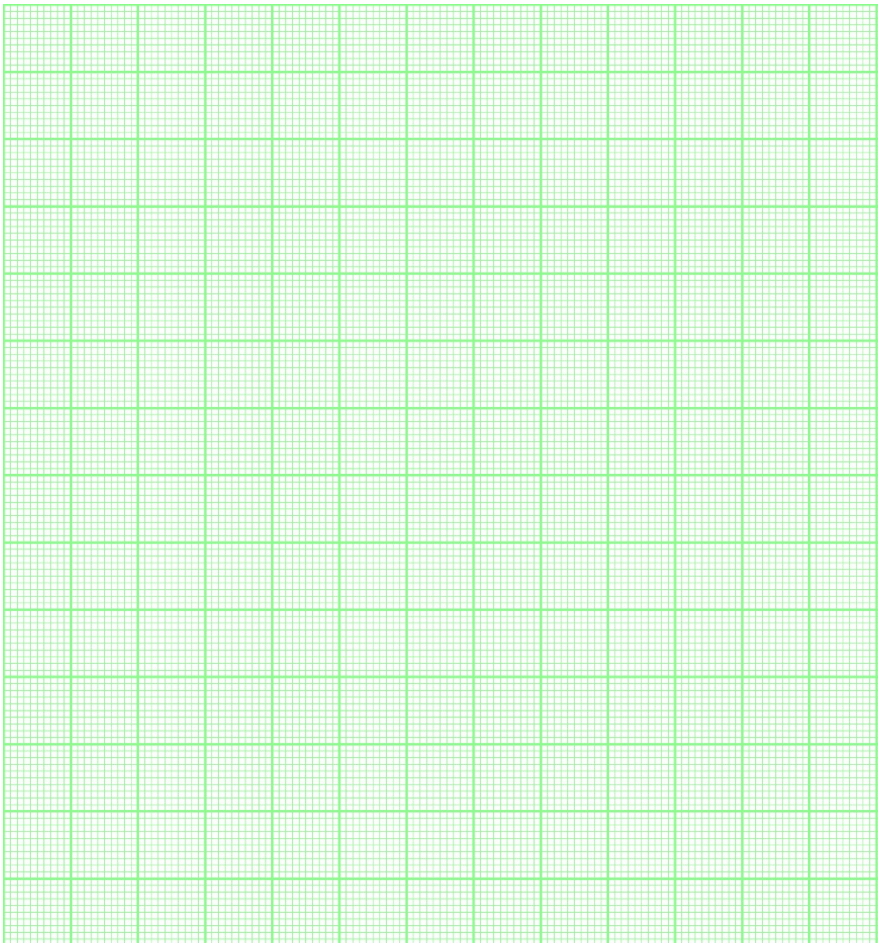
C. Niet-lineaire diffusie (1.3 punten)

--	--	--

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE1

Vraag	Antwoord	Punten
C.1 (1.3 pt.)		Plot D vs. C_0
C.1	De verandering van de diffusiecoëfficiënt als functie van de verandering van de concentratie van de zoutoplossing:	

Parallele Dipool Lijn magnetische val (Engels: trap) voor het monitoren van aardbevingen en vulkanen

A. Introductie

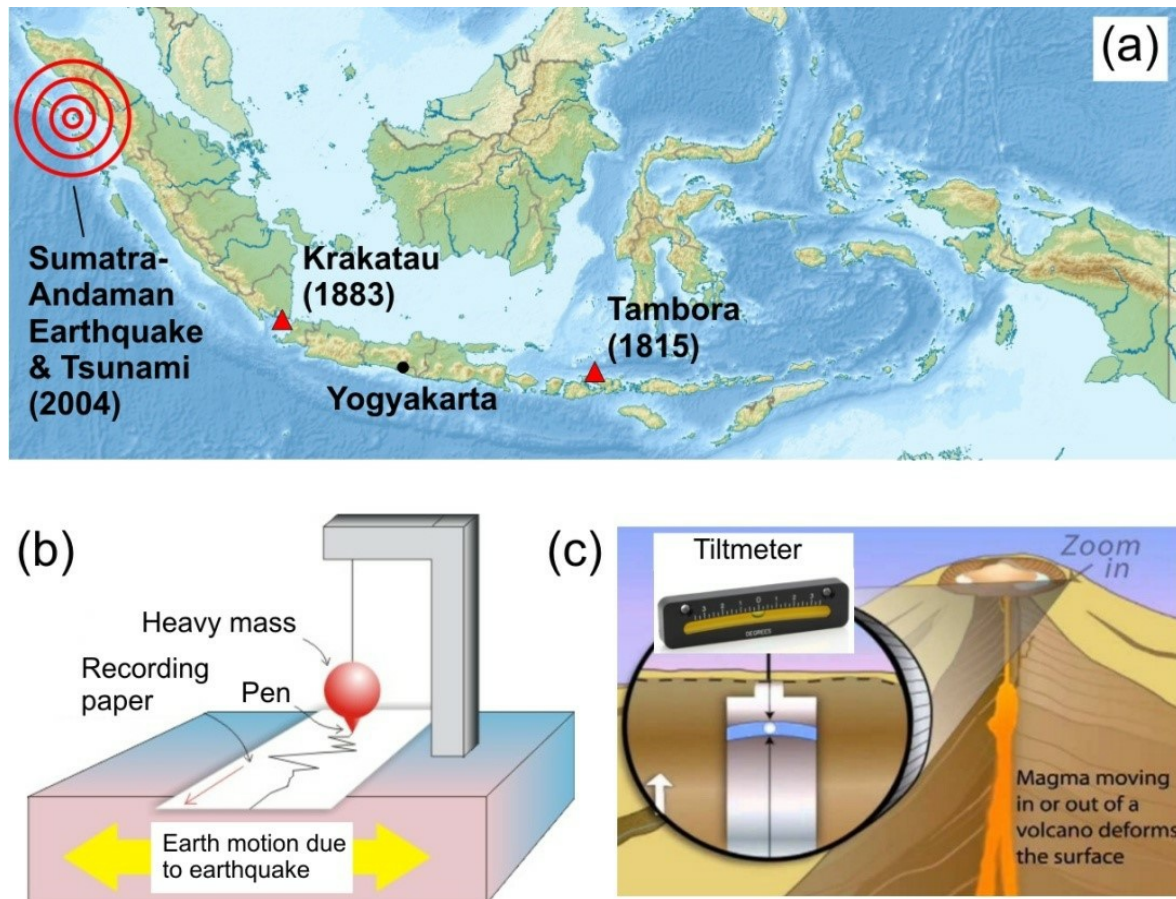


Figure. 1 (a) Kaart van Indonesië waarin bekende natuurrampen zijn weergegeven. (b) Eenvoudige seismometer om aardbevingen te detecteren. (c) Hellingshoekmeter (Engels: Tiltmeter) om een vulkaan te monitoren.

Indonesië is 's werelds grootste archipel, met ongeveer 17.000 eilanden verspreid over de tropen en wordt daarom ook wel "het juweel van de evenaar" genoemd. Helaas zijn er veel natuurlijke bedreigingen zoals aardbevingen en vulkaanuitbarstingen. Kolossale catastrophes (figuur 1a) zoals de Sumatra-Andaman aardbeving en tsunami (2004), de Krakatau (1883) en Tambora (1815) vulkaanuitbarstingen behoren tot de dodelijkste rampen in de bekende wereldgeschiedenis. Om aardbevingen te detecteren gebruikt men *seismometers*, gewoonlijk een systeem met een slinger als basis, om de grondverplaatsing of -versnelling te meten (figuur 1b). Om vulkanen te monitoren, gebruikt men een *hellingshoekmeter* om veranderingen in de helling van de grond te bepalen die veroorzaakt worden door ondergrondse beweging van magma (figuur 1c). In dit probleem onderzoeken we de natuurkunde en toepassing van een nieuw soort magnetische val (Engels: trap) en sensor - *Parallele Dipool Lijn* (PDL) val genoemd - om

aardbevingen te voelen en vulkanen te monitoren.

Het parallelle dipool lijn systeem is een opstelling van twee lineaire verdelingen van een magnetische dipool (ook wel dipool lijn) zoals weergegeven in figuur 2. Recentelijk hebben twee Indonesische natuurkundigen een interessant effect in dit systeem ontdekt: als de lengte van de dipool lijn langer is dan een zekere kritische lengte, wordt het magneetveld sterker aan de uiteinden, wat zorgt voor een "kamelenrugpotentiaal" zoals weergegeven in figuur 2a.* Dit "kamelenrug effect" is belangrijk aangezien het van dit systeem een nieuw soort magnetische val (Engels: trap) maakt, die we de *Parallelle Dipool Lijn (PDL) val* noemen. We kunnen deze PDL val experimenteel verwezenlijken door twee "diametrische" magneten te gebruiken. Dit zijn cilindervormige magneten met een magnetisatie-richting langs de diameter zoals weergegeven in figuur 2c waarin de noord- en zuidpool zich op de gekromde zijdes bevinden in plaats van op de platte zijdes.

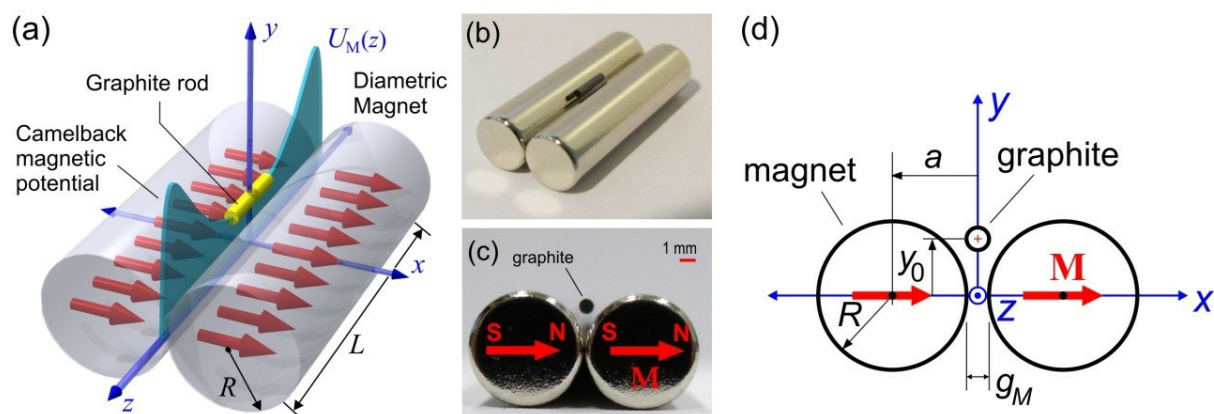


Figure 2. (a) Parallelle dipool lijn val model met de kamelenrugpotentiaal langs de z -richting. (b) Experimentele opstelling met "diametrische" magneten. (c) Doorsnede. (d) Schematische PDL val. [* Gunawan and Virgus, J. Appl. Phys. 121, 133902 (2017)].

Als we een grafieten staafje (een gewone potloodkern) in de val (Engels: trap) laten vallen, zal deze zweven en komt deze opgesloten te zitten in een stabiele toestand. Dit gebeurt omdat het staafje in de x -richting wordt afgestoten door de magneten van beide kanten en omdat in de verticale (y) richting de magnetische afstoting en de zwaartekracht in balans zijn, zodat het op hoogte y_0 blijft zweven (figuur 2d). In de lengterichting (z) houdt de kamelenrugpotentiaal het staafje stabiel.

De *kamelenrugpotentiaal* van de magnetische val (trap) fungeert als een *eendimensionale oscillator*. Als je een kleine verstoring langs de z -as geeft aan het grafieten staafje, gaat deze een ondergedempte oscillatie uitvoeren zoals weergegeven in figuur 3a. Deze PDL val (trap) kan gebruikt worden als een gevoelige seismometer. Als de ondergrond schudt, blijft het grafieten staafje stabiel en zijn relatieve uitwijking (figuur 3b) is dan het "aardbevingssignaal". Het kan zo gebruikt worden als gevoelige hellingshoekmeter: als je de val (trap) licht schuin houdt, zal het grafieten staafje duidelijk bewegen zonder enkele wrijving.

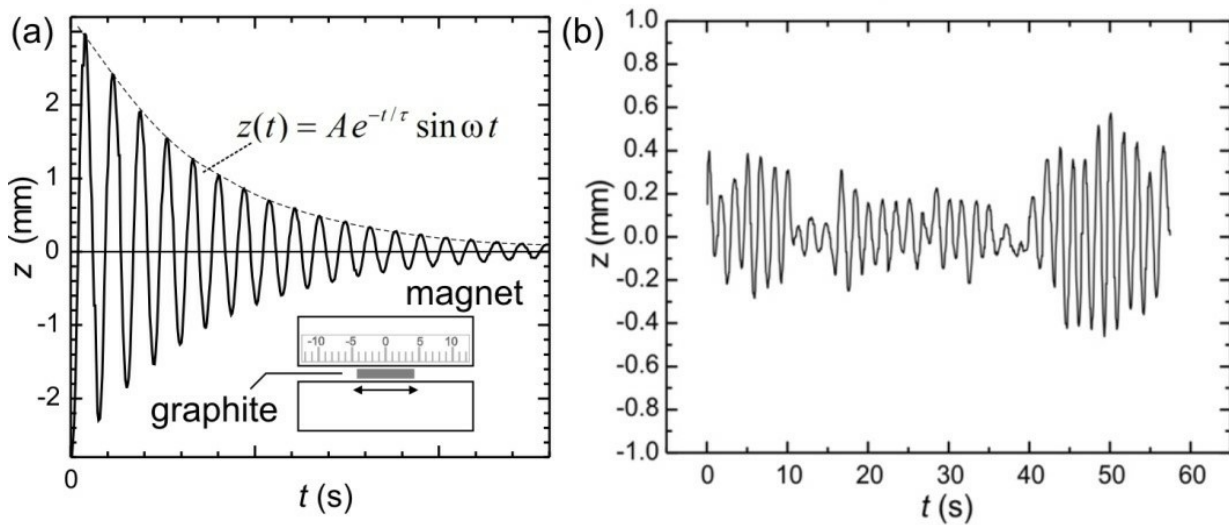


Figure 3. (a) Ondergedempte oscillatie van een grafieten staafje langs de kamelenrugpotentiaal. (b) Seismometer toepassing: detectie van grondtrillingen door de PDL val (trap).

We onderzoeken nu de natuurkunde en de toepassing van deze PDL val (trap) in twee secties.

Sectie A: Basiskarakteristieken

- (1) Bepaling van de magnetisatie M van de magneet (2.5 pt.)
- (2) Magnetische zweving en magnetische susceptibiliteit χ (1.0 pt.)
- (3) De kamelenrug potentiaaloscillatie en magnetische susceptibiliteit χ (1.0 pt.)
- (4) Kwaliteitsfactor Q van de oscillator en bepaling van de viscositeit van lucht μ_A (3.0 pt.)

Section B: Toepassingen

- (5) *PDL Trap Seismometer* (0.5 pt.)
- (6) *PDL Trap hellingshoekmeter* (2.0 pt.)

B. Opstelling

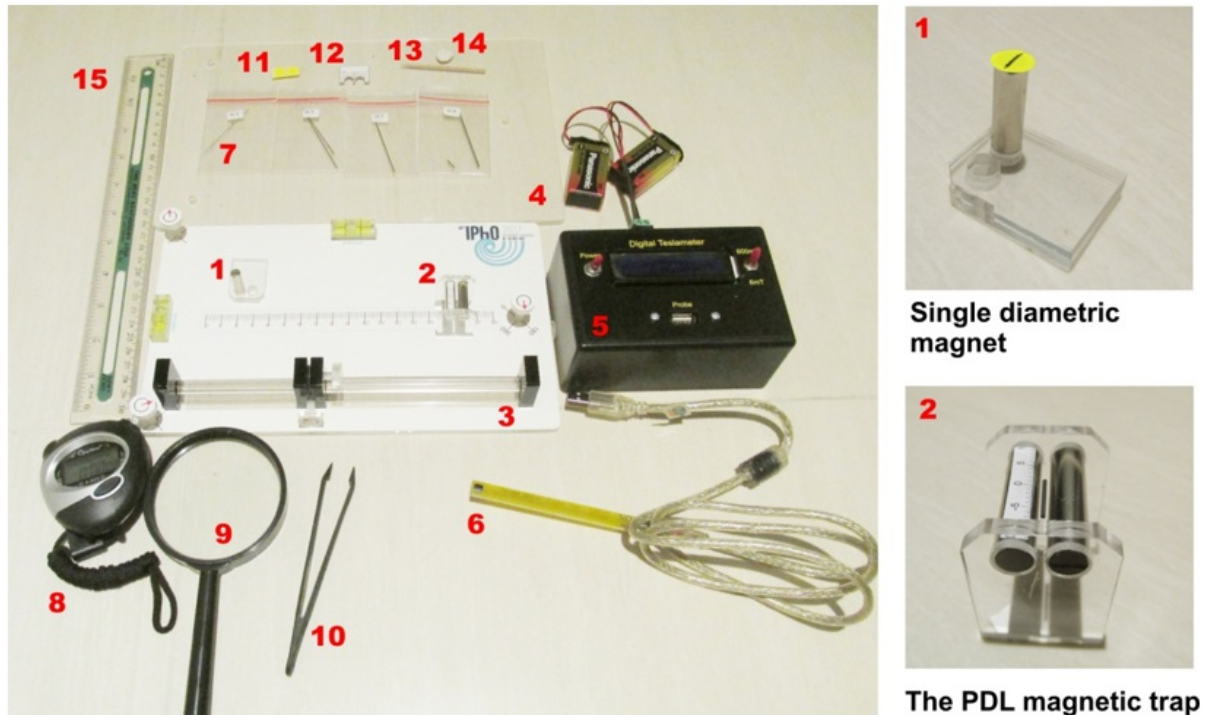


Figure 4. De experimentele opstelling.

1. Enkelvoudige diametrische magneetopstelling. De gele sticker kan erop geplakt worden om de magnetisatie aan te geven.
2. De PDL magnetische val (trap) opstelling, getoond met zwevend grafiet. Verwijder de magneten a.u.b. niet van de opstelling
3. Bovenplatform met 3 stelschroeven
4. Onderplatform
5. Tesla meter om het magneetveld te meten. Er zijn batterijen om de teslameter op te starten en er is een kabel om de hall probe eraan vast te maken.
6. Hall sensor probe van de Tesla meter
7. Grafieten staafjes (potloodkernen) met 4 verschillende diameters HB/0.3, HB/0.5, HB/0.7, en HB/0.9. Zie de constanten en gegevens voor de exacte diameters. Je mag deze grafieten staafjes in specifieke lengtes breken, mocht dat nodig zijn.
8. Stopwatch
9. Vergrootglas

10. Pincet, anti-statisch
11. Ronde gele sticker—om de magnetisatie-richting (noord-zuid pool) van de enkele magneet te markeren.
12. "Invoeg-meetlat" om de zweefhoogte van het grafiet te meten.
13. Tandenset om het grafietstaafje heen en weer te bewegen.
14. Buddy (plakklei) om de magneetopstellingen aan het platform te plakken.
15. Meetlat

INSTRUCTIES & WAARSCHUWING:

1. **Houd de enkelvoudige magneet en de PDL val/trap (dubbele magneet) opstelling van elkaar weg. Ze kunnen elkaar raken en breken!**
2. **Zet de Tesla meter uit wanneer deze niet in gebruik is om de batterij te sparen!**
3. Haal de onderdelen 7, 11-14 voorzichtig van het onderplatform (4) en zet dan het bovenplatform (3) op het onderplatform.
4. Je kunt de drie stelschroeven gebruiken om de helling van het bovenplatform aan te passen.

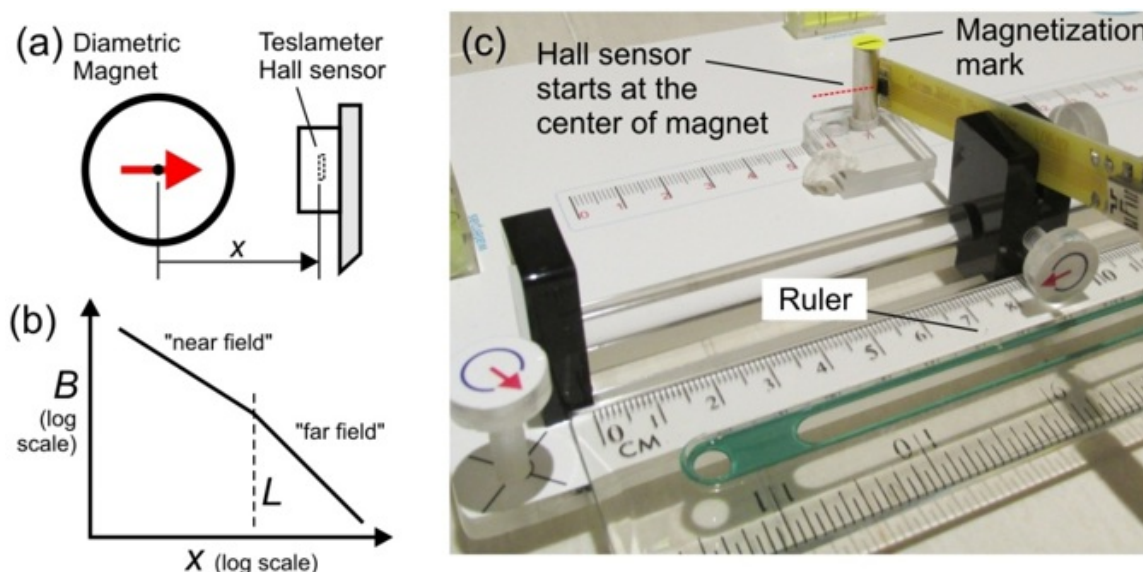
CONSTANTS AND DATA:

Straal van de diametrische magneet	:	$R = 3.2 \text{ mm}$
Lengte van de diametrische magneet	:	$L = 25.4 \text{ mm}$
Opening tussen de magneten in de PDL val (trap)	:	$g_M = 1.5 \text{ mm}$
Massadichtheid van grafiet	:	$\rho = 1680 \text{ kg/m}^3$
Grafieten staafje "HB/0.3" diameter	:	$d = 0.38 \text{ mm}$
Grafieten staafje "HB/0.5" diameter	:	$d = 0.56 \text{ mm}$
Grafieten staafje "HB/0.7" diameter	:	$d = 0.70 \text{ mm}$
Grafieten staafje "HB/0.9" diameter	:	$d = 0.90 \text{ mm}$
Kamertemperatuur	:	$T = 298 \text{ K}$
Magnetische permeabiliteit in vacuum	:	$\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6} \text{ H/m}$
Boltzmannconstante	:	$k_B = 1.38064852 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
Gravitatieversnelling	:	$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

C. Experiment & Vragen

Onderdeel A. BASIS KARAKTERISTIEKEN VAN EEN PDL VAL

[1] Bepaling van magnetisatie (M) van de magneet (2.5 pt.)



Figuur 5. (a) Meten van het magnetisch veld. (b) Magnetisch veld verloop (c) Meetopstelling.

De sterkte van de magnetische val hangt af van het totale magnetische dipoolmoment m van de magneet. Het hangt af van de magnetisatie M welke gelijk is aan het magnetisch dipoolmoment per volume eenheid en is verder karakteristiek voor een bepaald magnetisch materiaal. Voor onze cilindrische magneet geldt:

$$M = \frac{m}{\pi R^2 L} \quad (1)$$

waarbij R de straal en L de lengte van de magneet is (zie Constanten en Data). De waarde van M wordt voor alle magneten in dit experiment gelijk verondersteld. We zullen het verloop van het magnetisch veld bestuderen en zullen M bepalen van de diametrische magneet die gebruikt wordt in onze PDL val.

Neem het enkele diametrische magneet onderdeel en bouw het experiment zoals weergegeven in figuur 5c. Je moet de magnetisatie uitlijnen zodat deze in de richting van de Hall (magnetisch veld) sensor wijst (zie figuur 6a). Meet de sterkte van het magnetisch veld langs de x -axis met behulp van de Tesla meter. Het verloop van het magnetisch veld B vs. x in het nabije veld of "Dipool lijn" limiet voor ongeveer $x \leq 16$ mm, wordt gegeven door:

$$B_I(x) = \frac{\mu_0 m}{2\pi x^3 L} \quad (2)$$

De x -as is langs de magnetisatie as van de diametrische magneet zoals weergegeven in Figuur 6a en x is de afstand vanaf het midden van de diametrische magneet tot de probe van de Hall sensor in chip. Zie

hiervoor het offset probleem weergegeven in Figuur 6b.

We zullen metingen verrichten in het "nabije veld":

A.1	Meet en noteer de nul offset (afwijking) van de Teslameter (B_0), zodanig dat er geen enkele magneet in de buurt van de meter is. Trek deze waarde af van de volgende metingen voor de magnetische veldsterkte.	0.1 pt.
A.2	Meet het magnetisch veld B als functie van x in het nabije veld ($7 \leq x \leq 16$ mm), waarbij x de positie is gemeten vanaf het midden van de magneet. Noteer en plot je meetwaarden op het antwoordenblad. Bekijk de "Hints & Richtlijnen" op de volgende pagina!	1.15 pt.
A.3	Gebruik je experimentele data om de waarde van exponent p te bepalen.	0.75 pt.
A.4	Bepaal de magnetisatie M van de magneet.	0.5 pt.

HINTS & Richtlijnen:

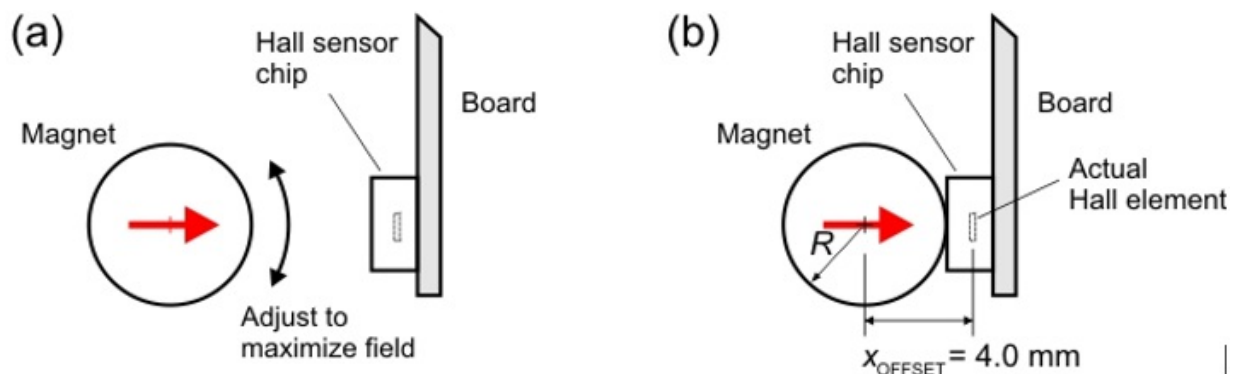


Figure 6. Meten van het magnetisch veld (a) Aanpassingen (b) Offset probleem

- Zet de Teslameter uit als je deze niet gebruikt om de batterij te besparen!**
- Wacht ongeveer 2 seconden voordat je de meetwaarde van de Teslameter noteert.
- Merk op dat x wordt gemeten vanaf het midden van de magneet. De straal van de magneet $R = 3.2 \text{ mm}$.
- Maak gebruik van de meetopstelling die is weergegeven in Fig. 5c.
- Zie Fig. 6a, pas de orientatie van de magneet aan, zodat zijn magnetisatie in de richting van de Hall sensor wijst, het veld is dan dus maximaal. Je kunt de gele ronde stickers gebruiken om de magnetisatie richting op de magneet te markeren.
- Wanneer de Hall sensor de magneet raakt is de werkelijke afstand tussen het midden van de magneet en het werkelijke Hall sensor element gelijk aan de offset waarde die gelijk is aan: $x_{\text{OFFSET}} = 4 \text{ mm}$.

7. Start je metingen met de Hall sensor op $x = 5$ mm! Gebruik de data waarbij de sensor de magneet raakt niet ($x = 4$ mm) aangezien de sensor dan verzadigd is of de probe dan beweegt tijdens het raken.

[2] Het Magnetische Levitatie effect en Magnetische Susceptibiliteit (χ) (1 pt.)

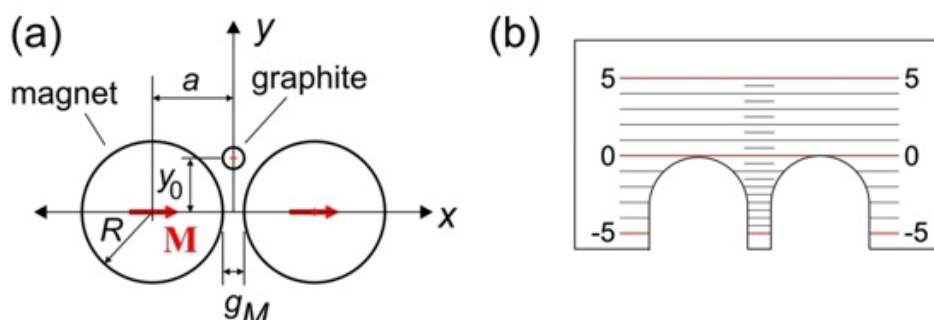


Figure 7. (a) Het magnetische levitatie effect in de PDL val. (b) Meetlat (lineaal), te plaatsen om de levitatie hoogte y_0 te meten.

De PDL val demonstreert ook het magnetische levitatie effect. Het grafiet staafje zweeft (leviteert) in het midden van de val op hoogte y_0 zoals weergegeven in Fig. 7(a). Het grafiet staafje wordt afgestoten door de magneet met een kracht $F_M(y_0)$ dat afhankelijk is van de magnetische susceptibiliteit χ en de positie y_0 van het staafje. De magnetische susceptibiliteit beschrijft hoeveel een materiaal gemagnetiseerd wordt als gevolg van een aangebracht veld. De volgende vergelijking geldt: $\mu = (1 + \chi)\mu_0$, waarbij μ de magnetische permeabiliteit is van het materiaal. Deze magnetische afstotende kracht op het grafieten staafje in de PDL val wordt gegeven door:

$$F_M(y_0) = -\frac{\mu_0 M^2 \chi V_r}{2} \frac{R^4}{a^5} f\left(\frac{y_0}{a}\right) \quad (3)$$

Merk op dat wanneer $F_M(y_0)$ positief is, de richting van de kracht naar boven gericht is en dat er een negatief teken in de formule staat. Hier is V_r het volume van het grafieten staafje, M de magnetisatie van de magneet (bepaald bij vraag 1), a is de positie van het midden van de magneet, gegeven door: $a = R + g_M/2$ (zie Fig. 7a) waarbij g_M de opening is tussen de twee magneten: $g_M = 1.5$ mm. $f(u)$ is de dimensionelose functie voor de afstotende kracht in deze val gegeven door:

$$f(u) = \frac{4u(3-u^2)(1-u^2)}{(1+u^2)^5} \quad (4)$$

A.5	Plaats voorzichtig een grafieten staafje HB/0.5 met lengte = 8 mm in de val. Meet de levitatie hoogte y_0 van het staafje (zie Fig. 7a). Hint: Gebruik de gegeven insteek meetlat (lineaal) zoals weergegeven in Fig. 7b. Druk de meetlat tegen de magneten aan en lees de positie van het staafje af.	0.1 pt.
------------	--	---------

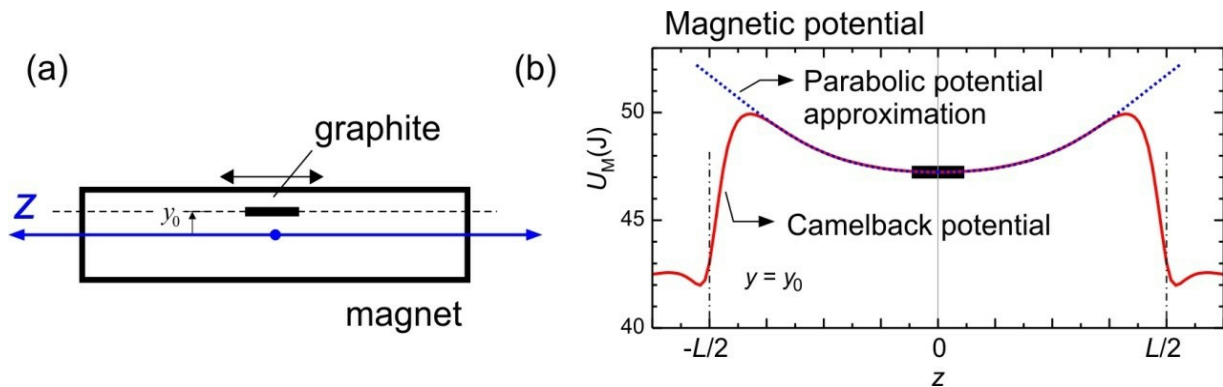
Experiment

Dutch Speaking Countries

E2

A.6	Gebruik het resultaat van deel A.5 om de magnetische susceptibiliteit χ van het grafieten staafje te bepalen.	0.8 pt.
A.7	Wat voor magnetisch materiaal is grafiet? Maak een keuze uit: (i) Ferromagnetisch; (ii) Paramagnetisch; of (iii) Diamagnetisch?	0.1 pt.

[3] Oscillatie langs de kameelrugpotentiala en magnetische susceptibiliteit (χ) (1 pts)



Figuur 8. (a) Oscillatie van grafiet op hoogte y_0 . (b) De kameelrugpotentiala van de PDL val en de parabolische benadering ervan.

we kunnen χ preciezer bepalen met de trillingen in de magnetische "kameelrugpotentiala" van de PDL val, zoals te zien in fig. 8. Voor kleine amplituden ($z < 4$ mm) kan de magnetische potentiaal worden benaderd door een parabool (zie de stippellijn in Fig. 8b):

$$U_M = \frac{1}{2} k_z z^2 \quad (6)$$

met k_z de veerconstante van de potentiaal en z de verplaatsing van het massamiddelpunt van het staafje. Deze veerconstante k_z hangt af van de magnetisatie M (van vraag 1) en χ :

$$k_z = -C_1 \mu_0 \chi M^2 V_r \quad (7)$$

met μ_0 de magnetische permeabiliteit, V_r het volume van het grafieten staafje. $C_1 = 198.6 \text{ /m}^2$ is een constante voor deze specifieke magnetische val.

Plaats het staafje grafiet in het midden van de magnetische val. Verstel de stand van het platform met de stelschroeven zo, dat het staafje in het midden van de val blijft. Verplaats het staafje met een tandenstoker om een trilling langs de kameelrugpotentiala te krijgen.

A.8	Laat het grafieten staafje "HB/0.5" met $l = 8$ mm trillen. Maak de amplitude niet groter dan $A < 4$ mm. Bepaal de trillingstijd. (De trillingstijd wordt kleiner in de tijd door demping, negeer dit dempingseffect).	0.2 pt.
A.9	Bereken de magnetische susceptibiliteit (χ) van het grafiet met behulp van deze trilling.	0.8 pt.

[4] Kwaliteitsfactor (Q) van de trillingen en een schatting van de viscositeit van lucht (3 pt.)

We zien dat de trilling van het grafieten staafje gedempt is door de luchtwrijving en we willen weten hoe de wrijving afhangt van de afmetingen van het staafje (diameter en lengte) en een schatting geven van de viscositeit van lucht μ_A . De beweging van het staafje kan beschouwd worden als een ondergedempte trilling: $z(t) = Ae^{-t/\tau} \sin(\omega t)$ zie ook Fig. 3(a) waar A de oorspronkelijke amplitude is en $\omega = 2\pi f$ de hoekfrequentie en t de tijd. De amplitude neemt af in de tijd met een factor $\exp(-t/\tau)$ met τ de dempingsconstante. Deze bepaalt de "kwaliteitsfactor" van de trilling, die is gedefinieerd als: $Q = \omega\tau/2$. Als $Q > 0.5$ is de trilling ondergedempt, met $Q = 0.5$ is deze kritisch gedempt en met $Q < 0.5$ is hij overgedempt. *Deze kwaliteitsfactor is belangrijk bij het ontwerpen van een PDL val als seismometer of hellingshoekmeter.*

We kunnen de dempingsconstante τ berekenen door de grafieten cilinderstaven te benaderen als lange ellipsoiden en de Stokes wrijvingskracht te berekenen. De dempingsconstante wordt gegeven door:

$$\tau = \frac{2}{3} \frac{\rho r^2}{\mu_A} \ln \left(0.607 \times \frac{l}{r} \right) \quad (8)$$

met ρ , r and l de dichtheid, de straal en de lengte van het grafieten staafje en met μ_A de viscositeit van de lucht. We willen de viscositeit van lucht met dit model schatten.

A.10	We moeten de dempingsconstante van de trilling τ bepalen. Schets hoe je op een eenvoudige manier τ meet.	0.5 pt.
A.11	Doe een aantal dampingsexperimenten met een aantal staafjes van verschillende diameter en met een vaste lengte van 8 mm. Bepaal de dempingsconstante τ voor elk staafje.	1.5 pt.
A.12	Bepaal de viscositeit van lucht μ_A .	1.0 pt.

DEEL B. SENSOR TOEPASSINGEN

[5] PDL Val Seismometer (0.5 pt.)

Ga er van uit dat je een seismometer wilt ontwerpen die gebruik maakt van de PDL magnetische val. Om deze te kunnen gebruiken in een toepassing als seismometer is een zeer hoge gevoeligheid noodzakelijk. Dit komt neer op een zeer lage "noise floor" versnelling, dit is de laagst mogelijke versnelling die kan worden gedetecteerd.

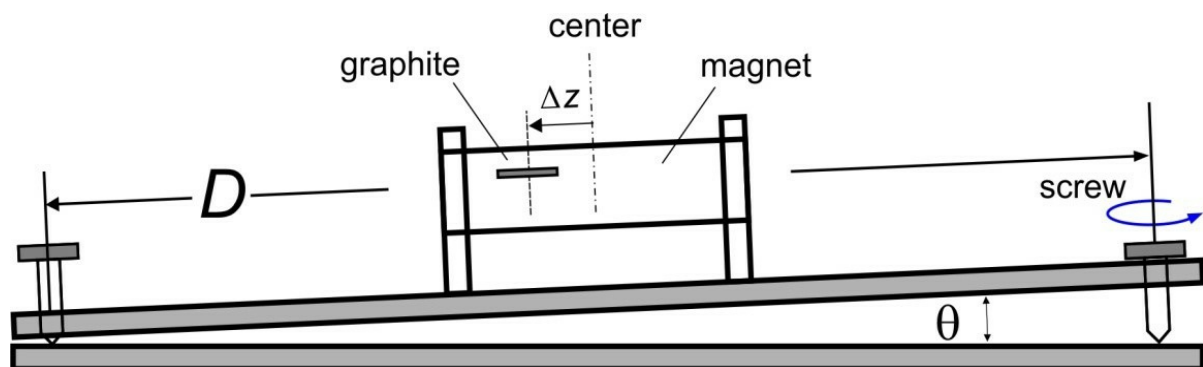
Deze versnelling (met als eenheden $m/(s^2 Hz^{0.5})$) wordt beschreven door :

$$a_n = \sqrt{\frac{4k_B T \omega_0}{Q m_R}} \quad (8)$$

waarbij k_B de Boltzmann constante is, T de temperatuur (zie Constantes en Gegevens), en m_R de massa van het staafje, waarbij alle grootheden worden uitgedrukt in SI-eenheden. In vraag 4 werd τ opgemeten voor grafieten staafjes met verschillende diameters. Kies diegene waarvan je denkt dat deze het best kan gebruikt worden voor de seismometer.

B.1	Welke diameter kies je voor het staafje?	0.2 pt.
B.2	Bereken de "noise floor" versnelling (a_n) voor het staafje dat je hebt gekozen.	0.3 pt.

[6] PDL val hellingshoekmeter (2 pt.)



Figuur 9. PDL val systeem als hellingshoekmeter

We onderzoeken hoe we de PDL val kunnen gebruiken als een gevoelige hellingshoekmeter om het gedrag van vulkanen te kunnen monitoren. De verandering in grondinclinatie wordt gesimuleerd door het draaien van de schroef waarbij we de grootte van de schroefdraad S willen bepalen, waarbij S gedefinieerd wordt als de verandering in hoogte per (volledige) omwentelling. Door het opmeten van de verplaatsing van het grafietstaafje in de val kan de inclinatie (hellingshoek) nauwkeurig worden gemeten.

Gebruik voor dit experiment het potloodstaafje HB/0.5 met lengte $l = 8$ mm. Gebruik het centrum als startpositie. Je mag net als in probleem 3 de kameelrug potentiaal benaderen worden door de harmonische potentiaal.

B.3	Leid het theoretisch verband af voor de verplaatsing Δz als functie van de grootte van de schroefdraad S en het aantal omwentelingen van de schroef (N).	0.5 pt.
B.4	Bepaal, door langzaam draaien aan de schroef, het verband tussen de verplaatsing Δz en het aantal omwentelingen van de schroef (N). Bepaal hieruit de schroefdraadgrootte S .	1.25 pt.

B.5	We willen dat wanneer de grondinclinatie wijzigt, het grafieten staafje snel zijn evenwichtsstand bereikt (in plaats van dat het lang oscilleert) om het uitlezen te vergemakkelijken. Wat is de ideale Q factor voor een hellingshoekmeter?	0.25 pt.
-----	--	----------

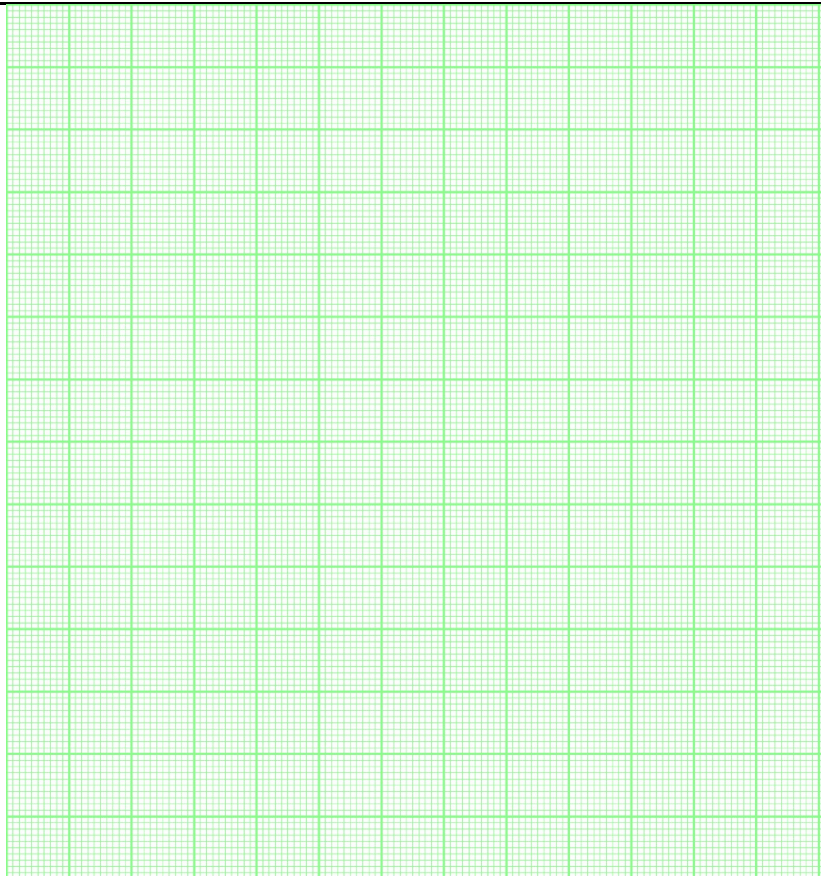
Student Code						
--------------	--	--	--	--	--	--

Parallele Dipool Lijn magnetische val voor het monitoren van aardbevingen en vulkanen (10 punten)

A. BASISKARAKTERISTIEKEN VAN EEN PDL VAL

1. Bepaling van de magnetisatie van de magneet (M) (2.5 pt.)

Vraag	Antwoord	Marks																																																																																																																																				
A.1	Bepaal de offset waarde (B_0) van de Teslameter zonder dat er magneten in de buurt zijn. Verminder alle verder opgemeten veldmetingen met deze waarde. $B_0 =$																																																																																																																																					
A.2	Meet het magneetveld B vs. x in het nabije veld ($7 \leq x \leq 16$ mm) <u>Hierbij is x de positie opgemeten ten opzichte van het midden van de magneet</u>. Geef je resultaten en grafiek weer op het antwoordblad. <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																																																					

	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																					
																																						
A.3 0.75 pt.	Gebruik je experimentele gegevens om de waarde van de exponent p te bepalen. $p =$																																					
A.4 0.5 pt.	Bepaal de magnetisatie M van de magneet.																																					

Experiment

Dutch Speaking Countries

AE2

	$M =$	
--	-------	--

2. Het Magnetische Levitatie effect en Magnetische Susceptibiliteit (χ) (1.0 pt.)

Vraag	Antwoord	Marks
A.5 0.1 pt.	Plaats voorzichtig het grafieten staafje HB/0.5 met lengte = 8 mm in de val. Meet de levitatie hoogte y_0 van het staafje (zie Fig. 7a). Tip: Gebruik de gegeven insteek meetlat (lineaal) zoals weergegeven in Fig. 7b. Druk de meetlat tegen de magneten aan en lees de positie van het staafje af. $y_0 =$	
A.6 0.8 pt.	Gebruik het resultaat uit deel A.5 om de magnetische susceptibiliteit χ van het grafieten staafje te bepalen. $\chi =$	
A.7 0.1 pt.	Wat voor soort magnetisch materiaal is grafiet? Kies uit: (i) Ferromagnetisch; (ii) Paramagnetisch; or (iii) Diamagnetisch?	

3. Oscillatie langs de kameelrugpotentialaal en magnetische susceptibiliteit (χ) (1 pts.)

Vraag	Antwoord	Marks																														
A.8 0.2 pt.	Laat het grafieten staafje "HB/0.5" met $l = 8$ mm trillen. Houd de amplitude klein, $A < 4$ mm. Bepaal de trillingstijd. (De trillingstijd wordt kleiner in de tijd door de demping, negeer dit dempingseffect). <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																															
A.9 0.8 pt.	Bereken de magnetische susceptibiliteit (χ) van het grafiet met behulp van van deze trilling. $\chi =$																															

4. Kwaliteits factor Q) van de trillingen en schatting van de viscositeit van lucht μ_A (3.0 pt.)

Vraag	Antwoord	Marks																																																																																																																
A.10 0.5 pt.	We moeten de dempings constante van de trilling τ bepalen. Geef een schets van hoe je op een eenvoudige manier τ meet.																																																																																																																	
A.11 1.5 pt.	Doe een aantal dempingsexperimenten met een aantal staafjes met verschillende diameter en een vaste lengte van 8 mm. Bepaal de dempingsconstante τ voor elk staafje. <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																																	

A.12 1.0 pt.	Bepaal de viscositeit van lucht μ_A . $\mu_A =$	
-----------------	--	--

B. SENSOR TOEPASSINGEN

5. PDL Val Seismometer (0.5 pt.)

Vraag	Antwoord	Marks
B.1 0.2 pt.	Welke diameter kies je voor het staafje	
B.2 0.3 pt.	Bereken de "noise floor" versnelling (a_n) voor het staafje dat je hebt gekozen.	

6. PDL Val Hellingshoekmeter (2 pt.)

Vraag	Antwoord	Marks
B.3 0.5 pt.	Leid het theoretisch verband af voor de verplaatsing Δz als functie van de grootte van de schroefdraad S en het aantal omwentelingen van de schroef (N).	

--	--	--

B.4 1.25 pt.	Bepaal, door langzaam draaien aan de schroef, het verband tussen de verplaatsing Δz en het aantal omwentelingen van de schroef (N). Bepaal hieruit de schroefdraadgrootte S. <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> $S =$																																																																									
B.5 0.25 pt.	We willen dat wanneer de grondinclinatie wijzigt, het grafieten staafje snel zijn evenwichtsstand bereikt (in plaats van dat het lang oscilleert) om het uitlezen te vergemakkelijken. Wat is de ideale Q factor voor een hellingshoekmeter? $Q =$																																																																									