

NATUURKUNDE OLYMPIADE 2026

uitwerking proef A

	A=2,5 cm breed	A=5 cm breed	A=7,5 cm breed	A=10 cm breed	A=12,5 cm breed	A=15 cm breed	A=17,5 cm breed	A=20 cm breed
f (Hz)	U2.5 (V)	U5.0 (V)	U7.5 (V)	U10 (V)	U12.5 (V)	U15 (V)	U17.5 (V)	U20 (V)
1	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
1,5	0,16	0,18	0,18	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
2	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
2,2	0,18	0,18	0,18	0,2	0,2	0,2	0,2	0,22
2,4	0,18	0,2	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,24
2,6	0,22	0,22	0,22	0,22	0,26	0,26	0,34	0,38
2,8	0,38	0,4	0,4	0,4	0,44	0,44	0,46	0,5
3	0,48	0,5	0,52	0,56	0,56	0,58	0,6	0,64
3,1	0,57	0,56	0,6	0,6	0,64	0,7	0,74	0,7
3,2	0,7	0,68	0,72	0,74	0,8	0,84	0,8	0,68
3,25	0,74	0,78	0,78	0,86	0,86	0,86	0,76	0,6
3,3	0,86	0,86	0,86	0,86	0,92	0,88	0,76	0,48
3,35	0,98	1	1,06	1,12	1,08	0,84	0,66	0,36
3,4	1,18	1,24	1,28	1,18	1,04	0,74	0,5	0,28
3,45	1,52	1,48	1,46	1,18	0,82	0,56	0,34	0,24
3,5	1,94	1,94	1,48	1	0,6	0,4	0,24	0,18
3,55	2,18	1,94	1,12	0,62	0,4	0,26	0,18	0,16
3,6	1,7	1	0,6	0,38	0,24	0,22	0,16	0,16
3,65	0,56	0,48	0,34	0,24	0,2	0,18	0,16	0,12
3,7	0,32	0,26	0,22	0,18	0,18	0,14	0,14	0,1
3,8	0,2	0,2	0,18	0,16	0,14	0,1	0,14	0,1
3,9	0,18	0,16	0,14	0,12	0,1	0,08	0,12	0,1
4,2	0,12	0,12	0,1	0,08	0,08	0,06	0,06	0,08
4,5	0,1	0,1	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06	0,06
5	0,04	0,08	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04
6	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02

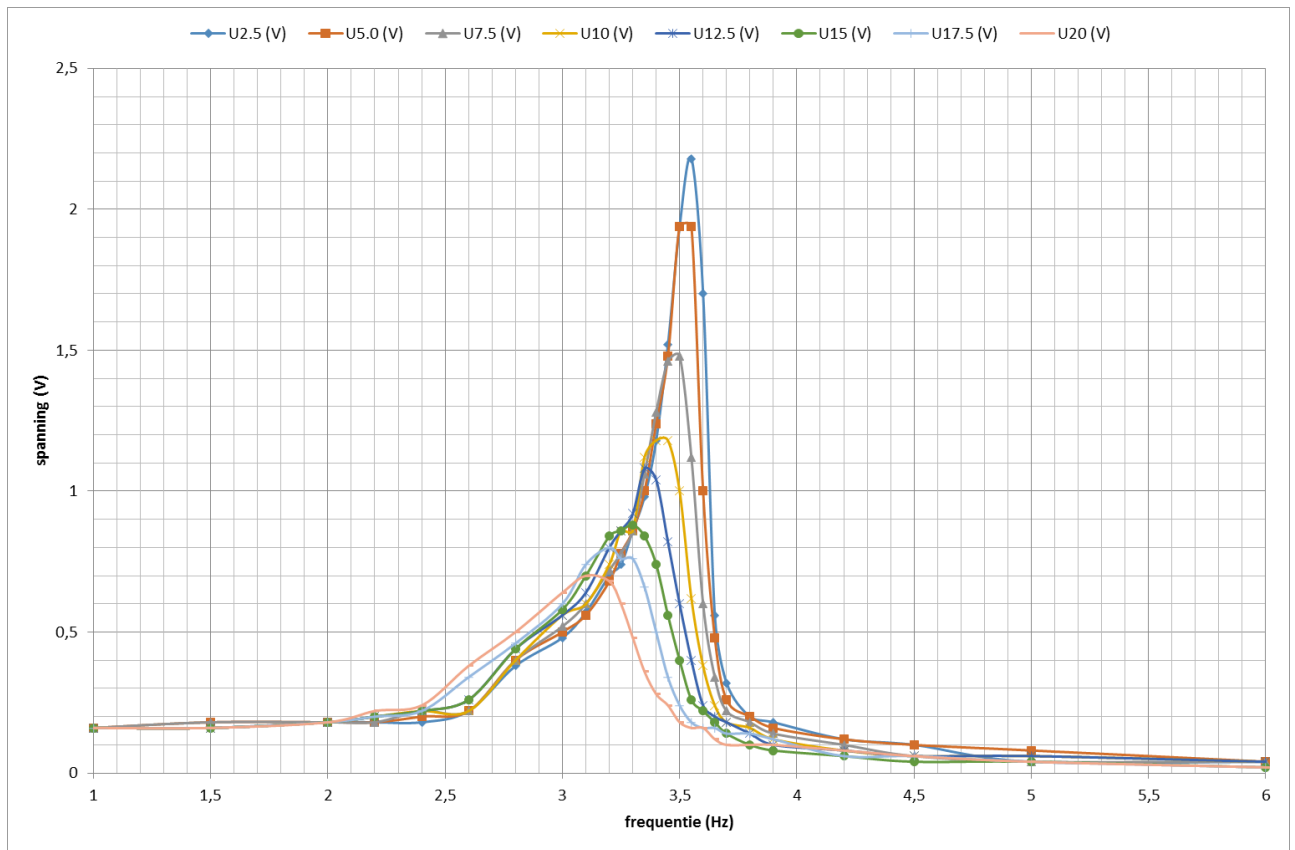
Deelnemers moeten de eerste twee kolommen ook hebben, waarbij het van belang is dat er voldoende rond het maximum is gemeten.

Uitgaande van gelijke omstandigheden zou de resonantiefrequentie op 3,58 Hz moeten zitten.

Gewicht ijzerzaagje 17,8 g +/- 0.1 g

Gewicht magneetje: 0.9 g +/- 0.1 g op 20 cm van bovenkant gebruikt.

Massa klipje is 2.7 g, op 30 van bovenkant gebruikt



De relatie tussen wrijvingsoppervlak A en resonantie amplitude h en tussen wrijvingsoppervlak A en resonantiefrequentie ω_r ziet er als volgt uit:

Waaruit blijkt dat geldt:

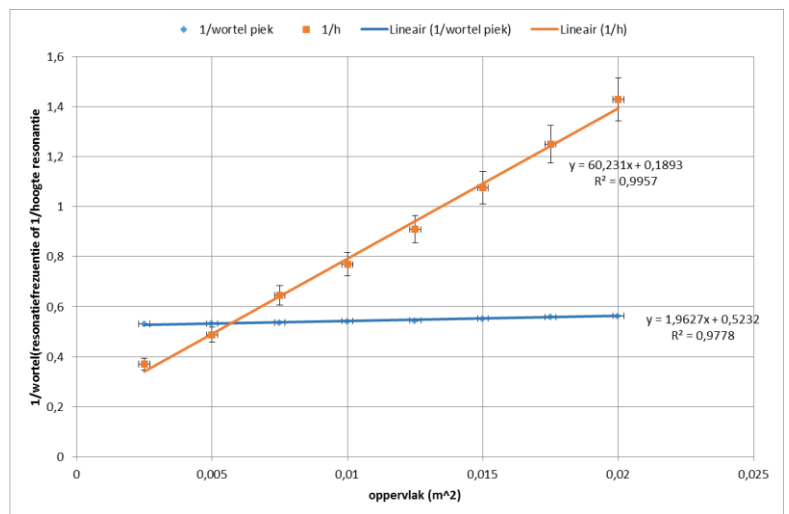
$$\frac{1}{h} = 58A + 0,2 = 58(A + 0,0034) .$$

Voor de resonantiefrequentie geldt dan:

$$\frac{1}{\sqrt{\omega_r}} = 2A + 0,52.$$

Antwoorden

- (4) Frequentie wordt $\omega_n = 3,55$ Hz. Onzekerheid = 0,03 Hz, afhankelijk van het aantal metingen rond het maximum. Hoogte piek zou ongeveer 2,7 (V) moeten bedragen. Grafiek moet nette assen en hebben met de punten er goed ingezet en een vloeiende lijn erdoorheen. Aantal punten voldoende met een voldoende groot aantal rond de piek
- (2) Zie ook de data, voldoende meetpunten rondom de resonantie en ook getekend om de juiste hoogte en frequentie te kunnen bepalen.
- (3) Relatie netjes weergegeven. Omgekeerd evenredig gevonden. Mogelijk ook de bias door het eigen oppervlak van de bladveer! Onzekerheid via bijvoorbeeld de grafiek bepaald.
- (1) ook omgekeerd evenredig.



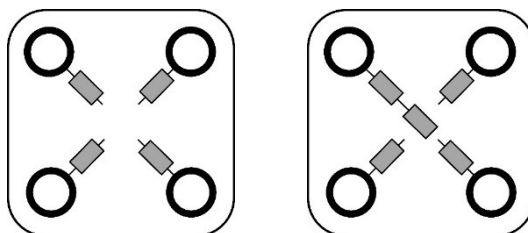
NATUURKUNDE OLYMPIADE EINDRONDE 2026

PRAKTIKUMTOETS UITWERKING



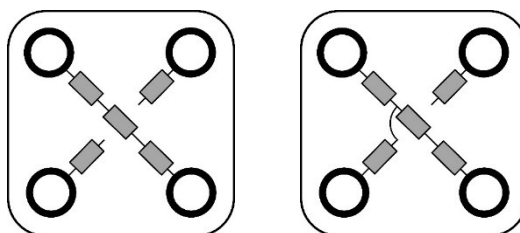
Onderdeel 1: Blackbox

- B** Omdat er aan elk van de vier aansluitpunten slechts één aansluitkant van een component kan zitten kunnen er al vier componenten getekend worden. (Linker plaatje hieronder.)



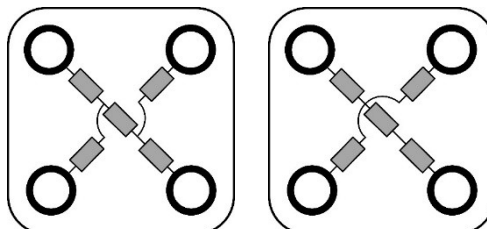
De vijfde component kan nu aan een willekeurige losse kant van een component geplaatst worden. Alles is symmetrisch. We kiezen voor linksboven. (Rechter plaatje hierboven.)

De losse aansluitkant van deze vijfde component kan ook weer aan een willekeurige losse aansluitkant van de overgebleven drie componenten geplaatst worden. Alles wederom symmetrisch. We kiezen voor rechtsonder. (Linker plaatje hieronder.)



Ook nu geldt dat de losse aansluitkant van één van de nog twee overgebleven losse componenten op twee plaatsen kan worden aangesloten. Maar dit is wederom volledig symmetrisch. We kiezen voor het rechter plaatje hierboven.

Voor het aansluiten van de component rechtsboven zijn nu twee mogelijkheden die NIET symmetrisch zijn, en dat zijn dus de slechts TWEE verschillende mogelijkheden:



De vijfde component is dus in serie geschakeld met één van de ‘poten’ van de ster (rechts) óf de vijfde component verbindt twee parallelle takken van twee componenten (links). Als we op de kleuren gaan letten zijn er van het linker plaatje twee mogelijkheden (de getekende en een ‘kwartslag gedraaid’). Van het rechterplaatje vier. (Aan elke kleur kan de ‘vijfde’ extra component in serie zitten.)

- C** De spanning van de batterij is $U = 9,47 \text{ V}$.
- D** Tussen twee aansluitpunten kan, gegeven voorwaarde 2, enkel een serieschakeling van componenten zitten. Gegeven de (twee) oplossingen van onderdeel B, bestaat deze dus uit minimaal 2 en maximaal 3 componenten.

Waarnemingen (W) + conclusies (C):

W1 Batterij via stroommeter aansluiten levert ZONDER magneet ENKEL stroom tussen ROOD en GEEL. (+) en (-) maakt niet uit voor de stroomsterkte.

C1a Tussen ROOD en GEEL zitten de twee weerstanden. (Dit moeten er twee zijn, één weerstand kan volgens voorwaarden niet aan twee aansluitpunten zitten.)

C1b Tussen de twee weerstanden zitten twee aansluitkanten van de drie overige componenten.

W2a Batterij aangesloten op GROEN (+) en ROOD (-) laat de groene led alleen constant branden als de magneet bij de BB wordt gehouden. (Andersom NIET.)

W2b Batterij aangesloten op GROEN (+) en GEEL (-) laat de groene led alleen constant branden als de magneet bij de BB wordt gehouden. (Andersom NIET.)

W2c Batterij aangesloten op BLAUW (+) en ROOD (-) laat de groene led alleen constant branden als de magneet bij de BB wordt gehouden. (Andersom NIET.)

W2d Batterij aangesloten op BLAUW (+) en GEEL (-) laat de groene led alleen constant branden als de magneet bij de BB wordt gehouden. (Andersom NIET.)

C2a Tussen GROEN en ROOD zijn (minimaal) de groene LED en de reed schakelaar in serie aangesloten. (Doorlaatrichting van GROEN naar ROOD.)

C2b Tussen GROEN en GEEL zijn (minimaal) de groene LED en de reed schakelaar in serie aangesloten. (Doorlaatrichting van GROEN naar GEEL.)

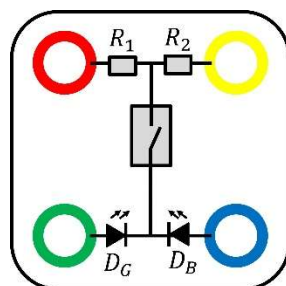
C2c Tussen BLAUW en ROOD zijn (minimaal) de blauwe LED en de reed schakelaar in serie aangesloten. (Doorlaatrichting van BLAUW naar ROOD.)

C2d Tussen BLAUW en GEEL zijn (minimaal) de blauwe LED en de reed schakelaar in serie aangesloten. (Doorlaatrichting van BLAUW naar GEEL.)

C2e De reed schakelaar heeft in ALLE W2 gevallen functie. En moet de component zijn die tussen de twee weerstanden is verbonden.

C2f De groen en blauwe led zijn dus direct verbonden aan de resp. GROENE en BLAUWE aansluitpunten.

Dan blijft over enkel de volgende schakeling:



E Eerst de weerstanden samen: $R_1 + R_2$

Batterij aansluiten op ROOD (+) en GEEL (-). De spanning van de batterij is $U = 9,47 \text{ V}$.

Daarna de stroom meten. Die is $I = 0,616 \text{ mA}$.

De totale weerstand is dus: $R_1 + R_2 = 15,4 \text{ k}\Omega$

(Fabriekswaarde: $R_1 + R_2 = 10,2 + 5,11 = 15,3 \text{ k}\Omega$)

Bepaling van R_2 via GROENE led.

Batterij aansluiten op GROEN (+) en GEEL (-). Met magneet.

De spanning van de batterij is $U = 9,47 \text{ V}$.

Daarna de stroom meten. Die is $I = 0,694 \text{ mA}$.

Aflezen in de diodekarakteristiek bij een stroom van $I = 0,694 \text{ mA}$: $U_{LED} = 2,33 \text{ V}$.

Dan staat er over de weerstand $U_{R2} = 9,47 - 2,33 = 7,14 \text{ V}$

De stroom is hetzelfde als door de led (serie schakeling). Dus volgt voor de weerstand:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{7,14 \text{ V}}{0,694 \text{ mA}} = 10,3 \text{ k}\Omega$$

(Fabriekswaarde $10,2 \text{ k}\Omega \pm 1\%$)

Hetzelfde kan ook via de blauwe led gedaan worden, dus via BLAUW GEEL.

De stroom meten. Die is $I = 0,667 \text{ mA}$.

Aflezen in de diodekarakteristiek bij een stroom van $I = 0,667 \text{ mA}$: $U_{LED} = 2,62 \text{ V}$.

Dan staat er over de weerstand $U_{R2} = 9,47 - 2,62 = 6,85 \text{ V}$

De stroom is hetzelfde als door de led (serie schakeling). Dus volgt voor de weerstand:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6,85 \text{ V}}{0,667 \text{ mA}} = 10,3 \text{ k}\Omega$$

Bepaling R_1 via GROENE led. Batterij aansluiten op GROEN (+) en ROOD (-).

De spanning van de batterij is $U = 9,47 \text{ V}$.

Daarna de stroom meten. Die is $I = 1,356 \text{ mA}$.

Aflezen in de diodekarakteristiek bij een stroom van $I = 1,356 \text{ mA}$: $U_{LED} = 2,41 \text{ V}$.

Dan staat er over de twee weerstanden samen $U_{R+R} = 9,47 - 2,41 = 7,06 \text{ V}$

De stroom is hetzelfde als door de led (serie schakeling). Dus volgt voor de weerstand:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{7,06 \text{ V}}{1,356 \text{ mA}} = 5,21 \text{ k}\Omega$$

(Fabriekswaarde $5,0 \text{ k}\Omega \pm 1\%$)

Hetzelfde kan ook via de blauwe led gedaan worden, dus via BLAUW ROOD.

De stroom meten. Die is $I = 1,308 \text{ mA}$.

Aflezen in de diodekarakteristiek bij een stroom van $I = 1,308 \text{ mA}$: $U_{LED} = 2,40 \text{ V}$.

Dan staat er over de weerstand $U_{R2} = 9,47 - 2,40 = 7,07 \text{ V}$

De stroom is hetzelfde als door de led (serie schakeling). Dus volgt voor de weerstand:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{7,07 \text{ V}}{1,308 \text{ mA}} = 5,41 \text{ k}\Omega$$

Onderdeel 2 Magneetjes

A De weegschaal geeft de kracht aan in gram. Via $F = mg$ dus eerst omzetten in kg en vervolgens vermenigvuldigen met 9,81.

B Metingen

Opmerkingen

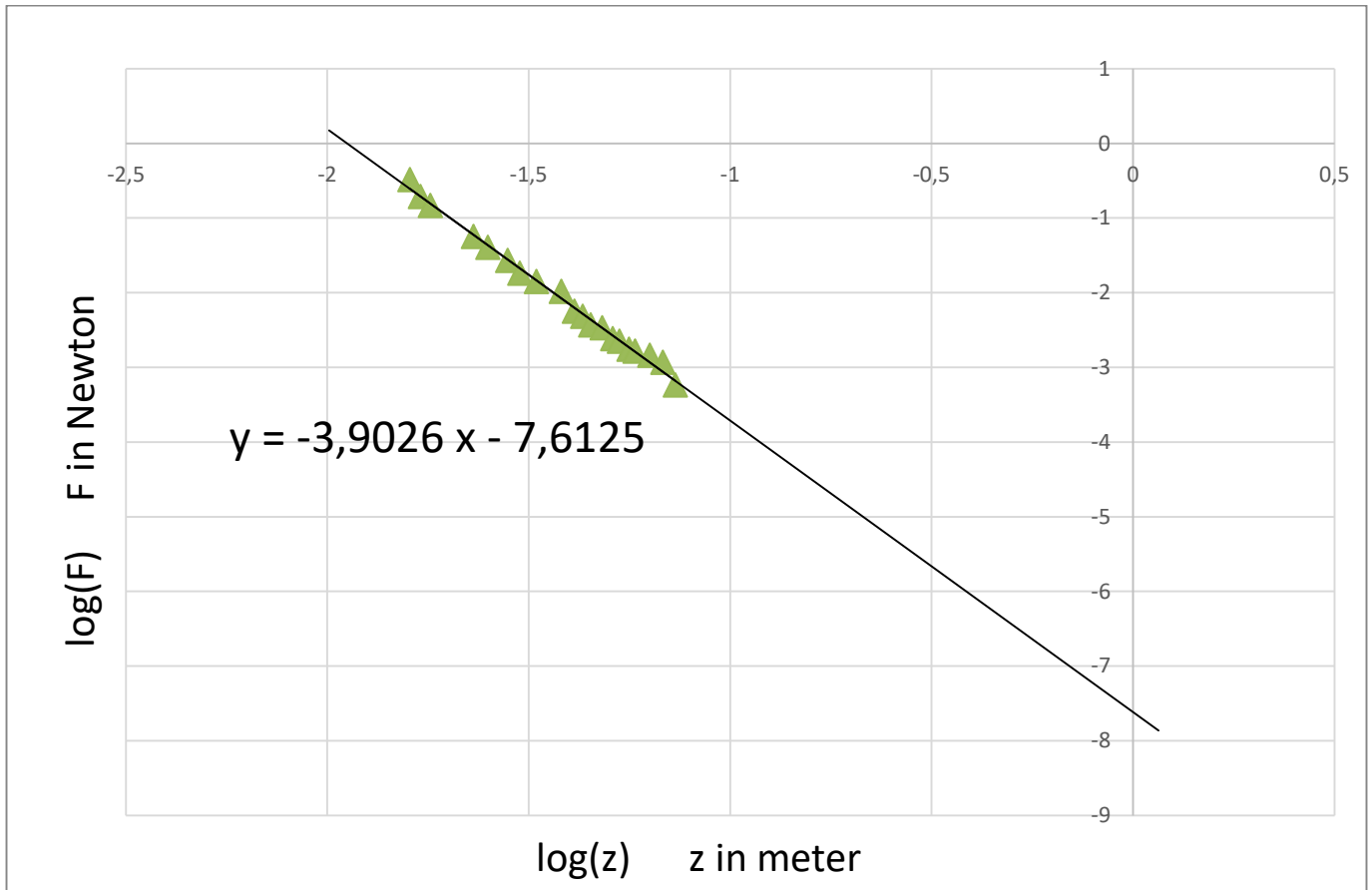
- Er wordt de afstand z gemeten TUSSEN de magneten. Omdat de dikte van een magneet ca. 3 mm is, wordt er $2 \times 1,5$ mm opgeteld bij de gemeten afstand.
- Via $F = m \cdot g$ wordt de gemeten massa (in gram) omgezet in een kracht (in Newton).

z	$z + 3$ mm	z	$\log z$	m	F	$\log F$
(cm)	(cm)	(m)		(g)	(N)	
1,3	1,6	0,016	-1,80	33,64	0,3300	-0,48
1,4	1,7	0,017	-1,77	20,00	0,1962	-0,71
1,5	1,8	0,018	-1,74	15,23	0,1494	-0,83
2,0	2,3	0,023	-1,64	5,84	0,0573	-1,24
2,2	2,5	0,025	-1,60	4,16	0,0408	-1,39
2,5	2,8	0,028	-1,55	2,78	0,0273	-1,56
2,7	3,0	0,030	-1,52	1,89	0,0185	-1,73
3,0	3,3	0,033	-1,48	1,46	0,0143	-1,84
3,5	3,8	0,038	-1,42	1,07	0,0105	-1,98
3,8	4,1	0,041	-1,39	0,58	0,0057	-2,24
4,0	4,3	0,043	-1,37	0,50	0,0049	-2,31
4,2	4,5	0,045	-1,35	0,38	0,0037	-2,43
4,5	4,8	0,048	-1,32	0,35	0,0034	-2,46
4,8	5,1	0,051	-1,29	0,25	0,0025	-2,61
5,0	5,3	0,053	-1,28	0,23	0,0023	-2,65
5,3	5,6	0,056	-1,25	0,18	0,0018	-2,75
5,5	5,8	0,058	-1,24	0,17	0,0017	-2,78
6,0	6,3	0,063	-1,20	0,15	0,0015	-2,83
6,5	6,8	0,068	-1,17	0,12	0,0012	-2,93
7,0	7,3	0,073	-1,14	0,06	0,0006	-3,23

- C** Omdat er een machtsfunctie verwacht wordt, moet een $\log F - \log z$ grafiek gemaakt worden. Immers:

$$\log F = \log C - \alpha \log z$$

Grafiek:



Uit de grafiek volgt:

$$\alpha = 3,9$$

(Volgens theorie zou moeten gelden: $\alpha = 4$)

En voor C :

$$\log C = -7,6$$

$$\text{Dus } C = 2,5 \cdot 10^{-8}$$

- D** Omdat in de theorie is gegeven dat

$$F \propto \frac{dB}{dz}$$

Moet wel gelden dat $\beta = 2,9$

Volgens de theorie moet gelden: $\beta = 3$

- E** Voor twee identieke magnetische dipolen op elkaars as geldt:

$$F = \frac{3\mu_0 m^2}{2\pi z^4}$$

Dus

$$m = \sqrt{\frac{2\pi C}{3\mu_0}}$$

Met $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$ en $C = 2,5 \times 10^{-8}$ krijgen we:

$$m = \sqrt{\frac{2\pi(2,5 \times 10^{-8})}{3(4\pi \times 10^{-7})}} = \sqrt{0,0416} = 0,204$$

Uit de log-log fit:

$$\log(F) = -3.9026 \log(z) - 7.6125$$

Dus:

$$C = 10^{-7.6125} = 2.44 \times 10^{-8}$$

Uit de spreiding (en typische meetdata) is realistisch:

$$\Delta(\log C) \approx \pm 0.15$$

Dus:

$$\log(C) = -7.61 \pm 0.15$$

Omdat:

$$C = 10^{\log C}$$

geldt voor relatieve fout:

$$\frac{\Delta C}{C} = \ln(10) \Delta(\log C)$$

Dus:

$$\frac{\Delta C}{C} = 2.303 \cdot 0.15 \approx 0.35$$

Resultaat:

$$C = (2.44 \pm 0.85) \times 10^{-8}$$

We gebruiken:

$$C = \frac{3\mu_0}{2\pi} m^2$$

Dus:

$$m = \sqrt{\frac{2\pi C}{3\mu_0}}$$

Propagatie van fout.

Omdat $m \propto \sqrt{C}$:

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C}$$

Dus:

$$\frac{\Delta m}{m} \approx 0,5 \cdot 0,35 = 0,18$$

Met de eerder gevonden waarde $m = 0,20 \text{ A m}^2$ volgt dus $\Delta m \approx 0,036$

Dus:

$$m = (0,20 \pm 0,04) \text{ A m}^2$$

F We gebruiken:

$$B_r = \mu_0 \frac{m}{V}$$

De schijfmagneetjes zijn: diameter 10 mm en dikte 3 mm.

Dan:

$$V = \pi(0,0005)^2(0,003) = 2,356 \times 10^{-7} \text{ m}^3.$$

Daarmee:

$$M = \frac{0,20}{2,356 \times 10^{-7}} = 8,48 \times 10^5 \text{ A/m},$$

en

$$B_r = \mu_0 M = 1,07 \text{ T}.$$

Alle grootheden behalve m zijn (hier) als exact genomen.

Dus:

$$\frac{\Delta B_r}{B_r} = \frac{\Delta m}{m}$$

Dezelfde relatieve fout:

$$\frac{\Delta B_r}{B_r} \approx 18\%$$

We hadden:

$$B_r = 1,07 \text{ T}$$

Dus:

$$\Delta B_r \approx 0,18 \cdot 1,07 \approx 0,19 \text{ T}$$

Eindresultaat:

$$\boxed{B_r = (1,07 \pm 0,19) \text{ T}}$$

Vergelijking met datasheet

Datasheet: $B_r = 1,3 \text{ T}$

Dus volledig consistent binnen foutenmarge.

Beoordeling

Onderdeel 1

B	Mogelijke configuraties	3
C	Metten spanning	1
D	Bepaling configuratie	5
E	Bepaling beide R	5
TOTAAL Onderdeel 1		14

Onderdeel 2

A	Methode kracht bepalen	1
B	Meetserie	5
C	Grafiek	4
	Bepaling C	2
	Bepaling α	2
D	Bepaling β	1
E	Bepaling dipoolmomentwaarde	2
	Eenheid	2
F	Bepaling remanentie	2
TOTAAL Onderdeel 2		21