

NATUURKUNDE OLYMPIADE EINDRONDE 2021 PRAKTIKUMTOETS

Uitwerking

Opdracht A0

Blackbox 12 (Test blackbox), Batterij 8,72 V, Temperatuur 293 K

Opdracht A1

Opgemeten totale hoek van draaipotmeter: 246°

Opgemeten hoek van slider: 79°

$$\text{Dus } R_{12} = \frac{79}{246} \cdot 1,0 \text{ k}\Omega = 321 \Omega$$

$$\text{Dan } R_{23} = 1000 - 321 = 679 \Omega$$

Opdracht A2

We beschouwen eerst het lampje als een weerstand.

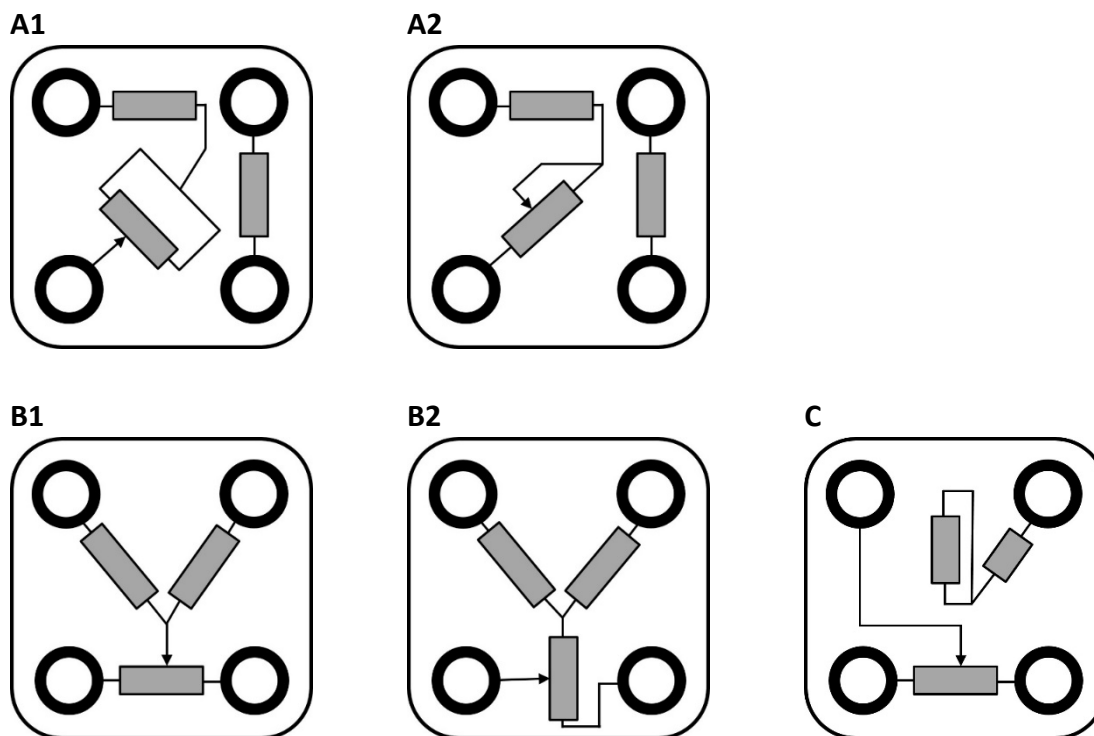
De drie onderdelen (twee weerstanden en een potmeter) hebben 7 ($2 + 2 + 3$) aansluitkanten. Vier daarvan zitten aan de vier gekleurde aansluitpunten. Er moeten dus 3 aansluitkanten inwendig aan elkaar zitten. De potmeter kan met de drie aansluitkanten aan verschillende aansluitpunten zitten. Dan blijft er maar één aansluitpunt voor 2 weerstanden over. Dat levert één mogelijkheid op: C.

We kijken nu mogelijkheden waarbij de potmeter met 1 of 2 aansluitkanten vast zit aan aansluitpunten.

Er zijn dan de volgende situaties te onderscheiden.

- A De potmeter zit met maar één uiteinde vast aan een aansluitpunt. Dan zijn er twee mogelijkheden:
 - A1 Aansluitkant 3 van de potmeter zit vast aan een aansluitpunt. Omdat aansluitkant 1 en 2 niet aan een aansluitpunt zitten, zitten ze inwendig aan elkaar. Een aansluitkant van één van de twee weerstanden zit daar ook aan vast en de andere aansluitkant van die weerstand gaat naar een aansluitpunt. De andere weerstand kan dan niet anders dan los van de twee andere onderdelen aan de twee overgebleven aansluitpunten zitten.
 - A2 Aansluitkant 1 (2) van de potmeter zit vast aan een aansluitpunt. Omdat aansluitkant 3 en 2 (1) niet aan een aansluitpunt zitten, zitten ze inwendig aan elkaar. De aansluitkant van één van de twee weerstanden zit daar ook aan vast en de andere aansluitkant van die weerstand gaat naar een aansluitpunt. De andere weerstand kan dan niet anders dan los van de twee andere onderdelen aan de twee overgebleven aansluitpunten zitten.
- B De potmeter zit met twee aansluitkanten vast aan twee aansluitpunten. Dan zijn er ook twee mogelijkheden:
 - B1 Aansluitkanten 1 en 2 zitten vast aan twee aansluitpunten. Dan zit aansluitkant 3 dus inwendig vast aan twee aansluitkanten van de weerstanden en dus zitten de twee andere aansluitkanten van deze weerstanden vast aan twee aansluitpunten.
 - B2 Aansluitkanten 1 (2) en 3 zitten vast aan twee aansluitpunten. Dan zit aansluitkant 2 (1) dus inwendig vast aan twee aansluitkanten van de weerstanden en dus zitten de twee andere aansluitkanten van deze weerstanden vast aan twee aansluitpunten.

In plaatjes ziet dat er als volgt uit:



Nu zijn in deze vijf configuraties alleen bij A1, A2 en C de configuraties wezenlijk verschillend als de weerstand en het lampje wisselen. Er zijn dus in totaal 7 ‘wezenlijk’ verschillende configuraties mogelijk.

Opdracht A3

Alle mogelijkheden met multimeter doormeten. De volgende tabel ontstaat:

Aansluiting		Weerstand	Weerstand afhankelijk van stand potmeter	Meting (Ω)	(B1)
WIT	ROOD	JA	NEE	109	NEE
WIT	ZWART	JA	JA	99 – 523	JA
WIT	BLAUW	JA	JA	99 – 523	JA
ROOD	ZWART	JA	JA	11 – 435	JA
ROOD	BLAUW	JA	JA	11 – 435	JA
ZWART	BLAUW	JA	NEE	424	NEE

Omdat in ALLE gevallen weerstand gemeten worden, vallen de configuraties A1, A2 en C af. Immers, daar zou bij meerdere situaties een open circuit gemeten worden (oneindige weerstand).

Het verschil tussen B1 en B2 is dat bij B1 in 4 gevallen een afhankelijkheid is van de stand van de potmeter, in B2 is dat maar in 3 gevallen. Situatie B1 is dus vanwege de metingen de juiste. (B1 zou nog in een verticaal gespiegelde variant (potmeter bovenste aansluitpunten) mogelijk zijn, maar de twee laagst gemeten waarden (11 en 99 Ω) moeten de twee weerstanden zijn en die zitten samen in serie tussen WIT en ROOD (109 Ω).)

Nu we weten dat B1 de juiste schakeling is, moeten we bepalen welke van de twee weerstanden het lampje is. Dat kan enkel en alleen door te bepalen welke van de twee een Ohms karakter heeft en welke niet.

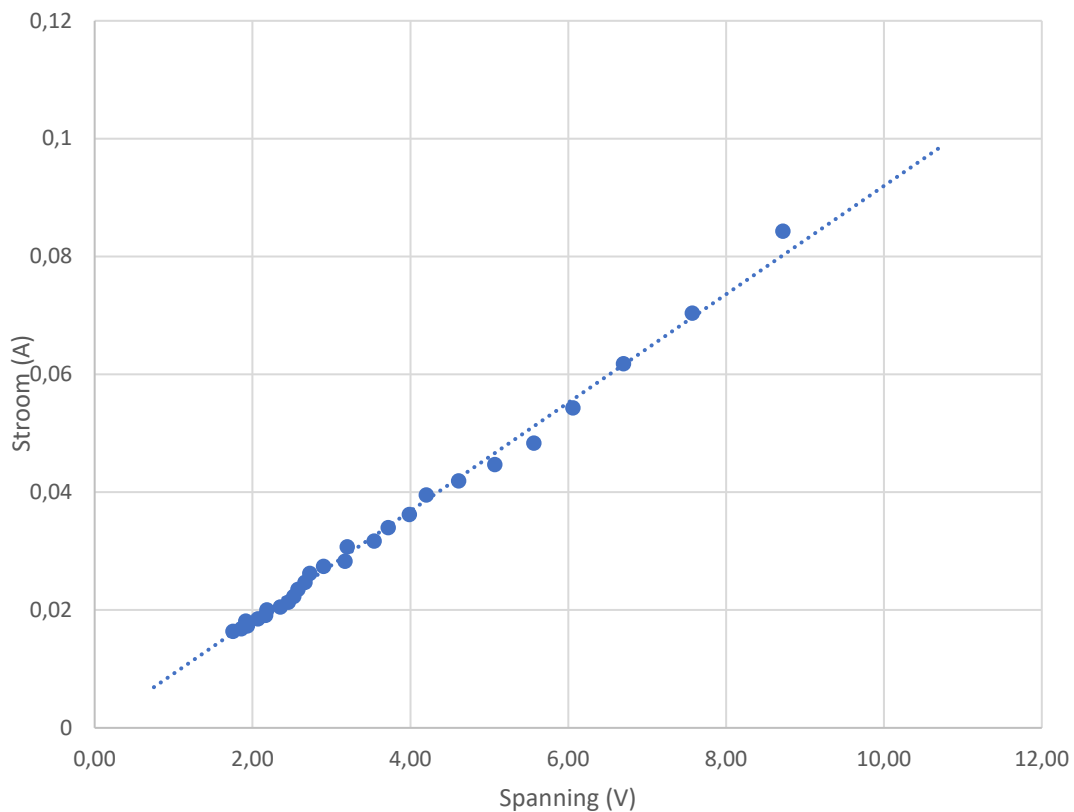
Opdracht A4

Om het Ohms karakter aan te tonen maken we gebruik van de multimeter als ampèremeter. We meten de stroom door de tak WIT-BLAUW, die is (uiteeraard) afhankelijk van de stand van de potmeter. Met behulp van de gradenboog kunnen we de hoek van de potmeter bepalen en dus ook de weerstandswaarde (conform opdracht A1). De 'dode gang' (zie hint A4) blijkt aan beide kanten 20° te zijn.

Met de weerstandswaarde en de stroomsterkte kan de spanning over de potmeter worden bepaald en dus ook de spanning over de weerstand (totale spanning minus spanning over potmeter). Nu kan voor elke meetpaar de weerstand worden bepaald of er kan een grafiek gemaakt worden. De volgende tabel ontstaat.

hoek	gecorrigeerde hoek	R POT	I	I	U POT	U R	R
(°)	(°)	(Ω)	(mA)	(A)	(V)	(V)	(Ω)
0	NVT						
10	NVT						
20	0	0	84,3	0,0843	0,00	8,72	103
30	10	16	70,4	0,0704	1,15	7,57	108
40	20	33	61,8	0,0618	2,02	6,70	108
50	30	49	54,3	0,0543	2,66	6,06	112
60	40	65	48,3	0,0483	3,16	5,56	115
70	50	82	44,7	0,0447	3,65	5,07	113
80	60	98	41,9	0,0419	4,11	4,61	110
90	70	114	39,5	0,0395	4,52	4,20	106
100	80	131	36,2	0,0362	4,73	3,99	110
110	90	147	34,0	0,0340	5,00	3,72	109
120	100	163	31,7	0,0317	5,18	3,54	112
130	110	180	30,7	0,0307	5,52	3,20	104
140	120	196	28,3	0,0283	5,55	3,17	112
150	130	213	27,4	0,0274	5,82	2,90	106
160	140	229	26,2	0,0262	6,00	2,72	104
170	150	245	24,7	0,0247	6,06	2,66	108
180	160	262	23,5	0,0235	6,15	2,57	110
190	170	278	22,3	0,0223	6,20	2,52	113
200	180	294	21,3	0,0213	6,27	2,45	115
210	190	311	20,5	0,0205	6,37	2,35	115
220	200	327	20,0	0,0200	6,54	2,18	109
230	210	343	19,1	0,0191	6,56	2,16	113
240	220	360	18,5	0,0185	6,65	2,07	112
250	230	376	18,1	0,0181	6,80	1,92	106
260	240	392	17,3	0,0173	6,79	1,93	112
270	250	409	16,8	0,0168	6,87	1,85	110
280	260	425	16,4	0,0164	6,97	1,75	107
290	NVT						
300	NVT						

En de bijbehorende grafiek:



Uit zowel de laatste kolom uit de tabel als de grafiek volgt dat deze tak (WIT-BLAUW) een Ohms karakter heeft. Het lampje zit dus in de andere tak. (Uiteraard zou ook de andere tak (ZWART-ROOD) doorgemeten kunnen zijn. Dan zou de conclusie geweest zijn dat het GEEN ohms karakter heeft en dus het lampje betreft.)

Opmerking: Het had ook eenvoudiger gekund. De gemeten weerstanden in A3 zijn de 'koude' weerstanden. Door stroom en spanning te meten in de take WIT-ZWART en ROOD-ZWART bij een minimale stand van de potmeter en vervolgens de weerstand uit te rekenen, is aan te tonen dat de weerstand in de tak ROOD-ZWART is toegenomen. Daar zit dus het lampje.

Opdracht B

Gegeven de relatie $R(T) = \alpha T$ moet, om de gevraagde spanning te bepalen, allereerst de weerstand bij die temperatuur bekend zijn. En daarvoor is de coëfficiënt α nodig. Die kan bepaald worden door de weerstand bij kamertemperatuur te bepalen.

Metingen: Omgevingstemperatuur is in het begin van de proef opgemeten: $T_0 = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Aansluiting ROOD-ZWART met potmeter minimaal: $R = 11,2\text{ }\Omega$. Multimeter kortsluiten levert $R = 0,2\text{ }\Omega$. Dus weerstand lampje bij kamertemperatuur is $R_0 = 11,0\text{ }\Omega$.

Hieruit volgt: $\alpha = \frac{R_0}{T_0} = \frac{11,0}{294} = 0,0374\text{ }\Omega/\text{K}$

Bij een temperatuur van 2500 K geldt dus: $R(2500\text{ K}) = \alpha T = 0,0374 \cdot 2500 = 93,5\text{ }\Omega$

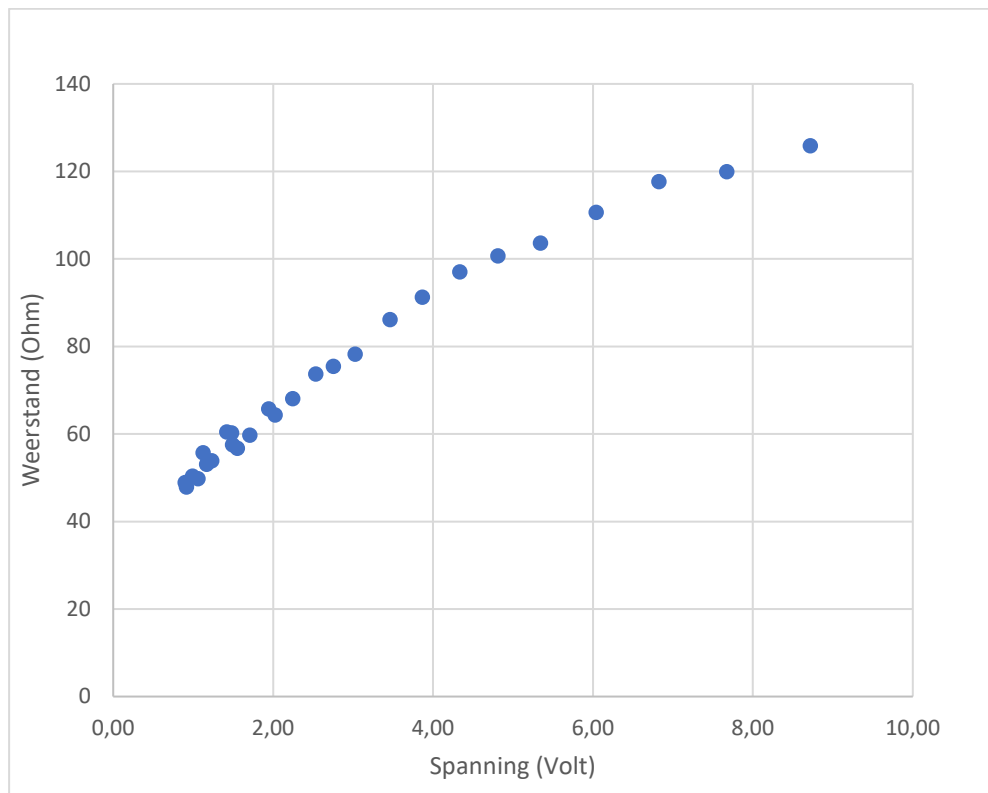
Uit de karakteristiek $R(U)$ kan nu dus de gevraagde spanning worden bepaald.

Daartoe dus op dezelfde wijze als bij onderdeel A4 een meetserie maken. (Voor zover de meetserie al niet bij onderdeel A4 gedaan is.)

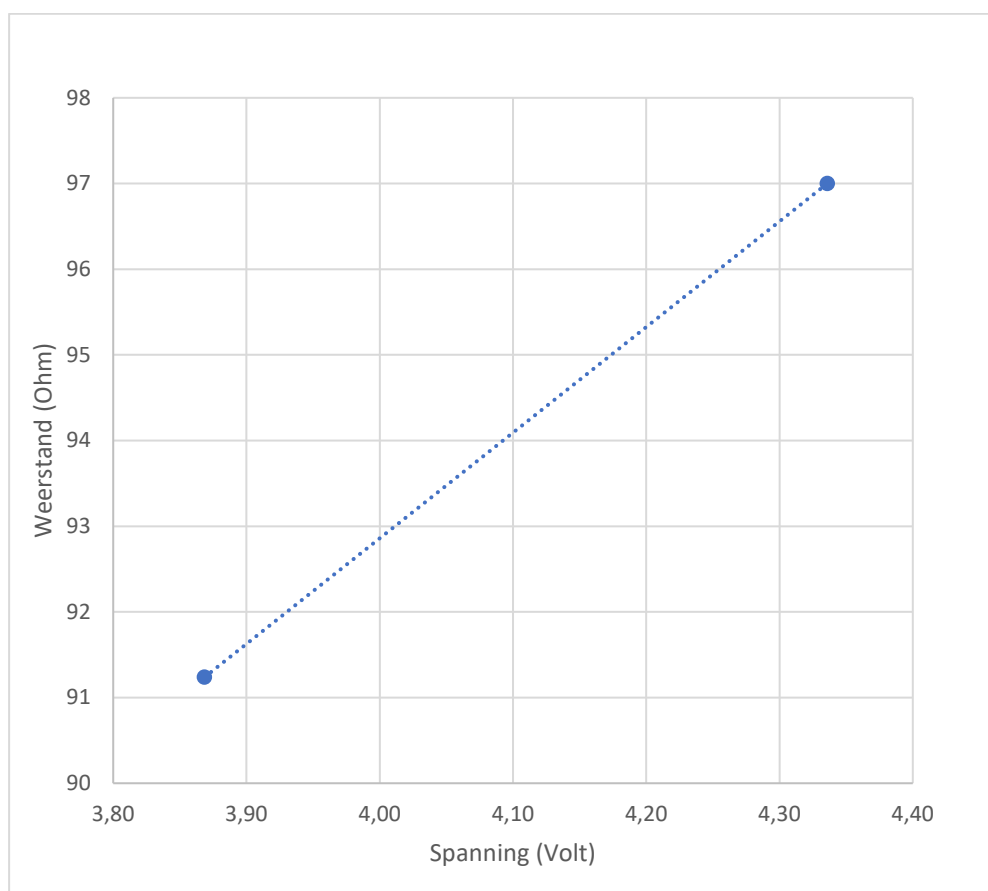
Metingen tak ZWART-ROOD:

hoek	gecorrigeerde hoek	I (mA)	I (A)	R_{pot} (Ω)	U_{pot} (V)	U_{lamp} (V)	R_{lamp} (Ω)
0	NVT	NVT	NVT				
10	NVT	NVT	NVT				
20	0	69,3	0,0693	0	0,00	8,72	126
30	10	64,0	0,0640	16	1,05	7,67	120
40	20	58,0	0,0580	33	1,90	6,82	118
50	30	54,6	0,0546	49	2,68	6,04	111
60	40	51,6	0,0516	65	3,37	5,35	104
70	50	47,8	0,0478	82	3,91	4,81	101
80	60	44,7	0,0447	98	4,38	4,34	97
90	70	42,4	0,0424	114	4,85	3,87	91
100	80	40,2	0,0402	131	5,26	3,46	86
110	90	38,7	0,0387	147	5,69	3,03	78
120	100	36,5	0,0365	163	5,97	2,75	75
130	110	34,4	0,0344	180	6,19	2,53	74
140	120	33,0	0,0330	196	6,47	2,25	68
150	130	31,5	0,0315	213	6,69	2,03	64
160	140	29,6	0,0296	229	6,77	1,95	66
170	150	28,6	0,0286	245	7,01	1,71	60
180	160	27,4	0,0274	262	7,17	1,55	57
190	170	26,0	0,0260	278	7,23	1,50	58
200	180	24,6	0,0246	294	7,24	1,48	60
210	190	23,5	0,0235	311	7,30	1,42	60
220	200	22,9	0,0229	327	7,49	1,23	54
230	210	22,0	0,0220	343	7,55	1,17	53
240	220	21,3	0,0213	360	7,66	1,06	50
250	230	20,2	0,0202	376	7,59	1,13	56
260	240	19,7	0,0197	392	7,73	0,99	50
270	250	19,1	0,0191	409	7,81	0,91	48
280	260	18,4	0,0184	425	7,82	0,90	49
290	NVT						
300	NVT						

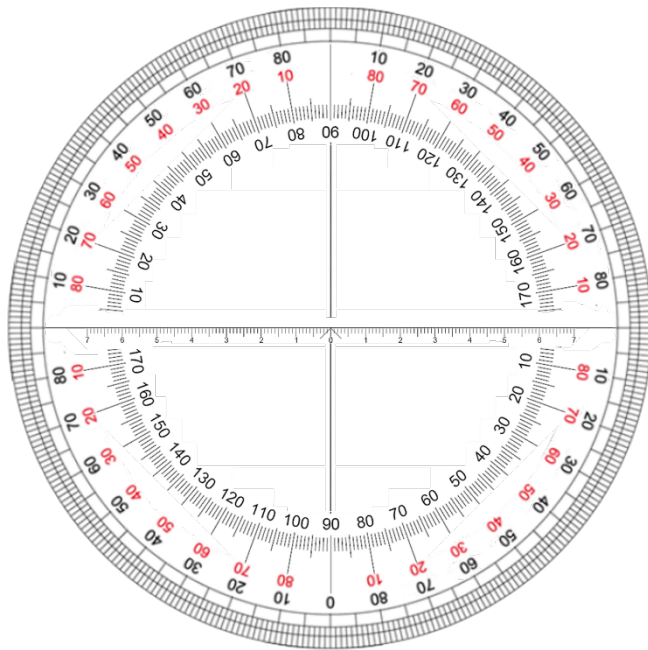
Bijbehorende grafiek van $R(U)$:



Inzoomen bij de gevraagde weerstand:



Aflezen bij $R = 93,5 \, \Omega$ levert: $U = 4,05 \, V$



Eindronde Natuurkunde Olympiade 2021 practicumtoets

DE FYSISCHE SLINGER (uitwerking)

► **Opdracht 1** De slingertijd als functie van de positie van de rotatie-as.

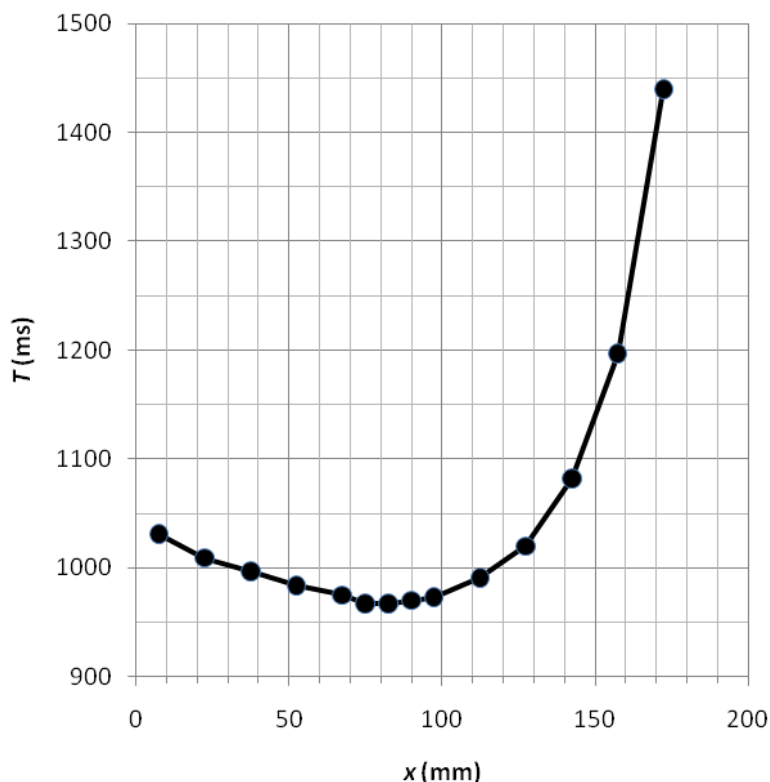
- a. Gebruik maken van de spoed van de schroef. Elke 10 slagen levert een 15,00 mm extra. Voor de moer helemaal bovenaan, volgt voor de lengte $x = 7,9 - 0,5 = 7,4$ mm (zie tabel gegevens van de moer)

Vanwege de geringe verschillen is het noodzaak veel trillingstijden te meten. Na de eerste serie zijn er nog twee extra metingen in de buurt van het minimum gedaan.

Slag	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
x (mm)	7,4	22,4	37,4	52,4	67,4	82,4	97,4	112,4	127,4	142,4	157,4	172,4	187,4
$30T$ (s)	30,92	30,28	29,91	29,53	29,24	29,02	29,18	29,74	30,60	32,45	35,96	43,19	62,76
T (ms)	1031	1009	997	984	975	967	973	991	1020	1082	1197	1440	2092

slag	45	55
x (mm)	74,9	89,9
$30T$ (s)	29,02	29,09
T (ms)	967	970

- b. In de grafiek is het meetpunt met 120 slagen niet opgenomen.



- c. Uit de grafiek kunnen de antwoorden gehaald worden:

$T = 950$ ms : geen enkele waarde van x .

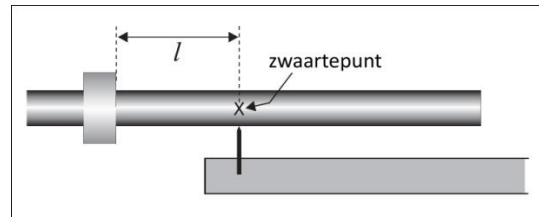
$T = 1000$ ms : voor 2 waarden van x .

$T = 1100$ ms : voor 1 positie van x .

- d. Uit de tabel is te halen dat er tussen de 45 en 50 slagen van de moer een minimum is. We kiezen voor 48 slagen en bepalen voor de zekerheid de tijd voor $30T$. Dat blijkt 28,99 s te zijn. Dat is inderdaad een minimum.

Een minimum ontstaat dus voor $x = 48 \cdot 1,500 + 7,4 = 79,4$ mm.

Nu kan de staaf (inclusief moer), voor deze waarde van x , horizontaal gebalanceerd worden, zie de figuur hieronder. Daarmee kan het zwaartepunt gevonden worden.



Nauwkeurig opmeten levert op:

$$x + l = 194,5 \text{ mm}$$

Daarmee volgt voor de lengte l :

$$l = 194,5 \text{ mm} - 79,4 \text{ mm} = 115,1 \text{ mm}$$

(NB: Het zwaartepunt valt vanwege de moer niet samen met het midden van de staaf.)

► Opdracht 2

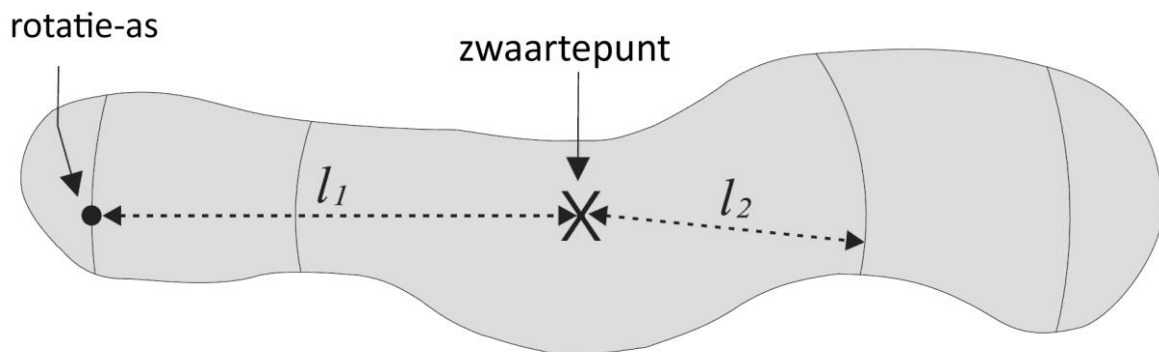
De twee cirkeldelen met een straal l_1 kunnen direct ingetekend worden. Zie de figuur.

Opmeten van de lengte l_1 op de bijlage geeft: 60 mm

Dat betekent m.b.v. formule [2] voor de lengte l_1 :

$$l_2 = \frac{I}{M l_1} = \frac{2100 \text{ mm}^2}{60 \text{ mm}} = 35 \text{ mm}$$

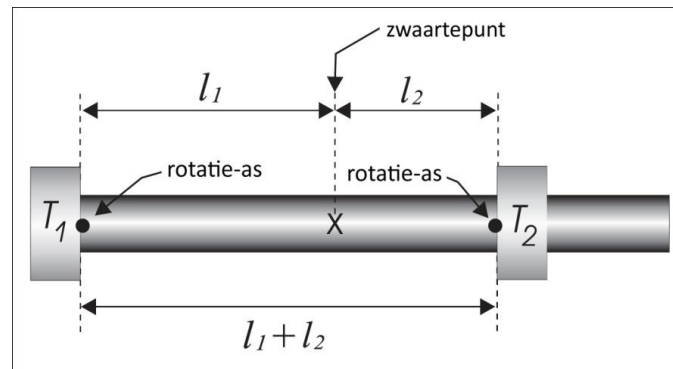
Ook deze straal kan ingetekend worden. Dat geeft de twee cirkelbogen met straal l_2 zoals aangegeven in de figuur.



► Opdracht 3 Bepaling van g .

- a. De twee moeren moeten zodanig worden geplaatst zodat er eenzelfde periode gemeten wordt. Zie de figuur hieronder.

Een van de twee moeren zetten we aan het einde zodat de som $l_1 + l_2$ zo groot mogelijk wordt. De globale positie van de tweede moer kan uit de eerste opdracht gehaald worden. Daarvoor gebruiken we de tabel. De moer aan het einde levert een periode van 1031 ms. Dat zal ook het geval zijn tussen de 80 en 90 slagen vanaf de andere kant van de staaf. We stellen in op 80 slagen.



	Meting 1		Meting 2		Meting 3		Meting 4	
Slag 1 / 30T	0	31,00	0	30,92	0	30,90	0	30,77
Slag 2 / 30T	80	30,57	82	31,06	81	30,72	81,5	30,77

De gevonden periode is $30,77/30 = 1026$ ms

De afstand tussen de moeren kan worden opgemeten: 262,0 mm

Bij de gevonden afstand tussen de moeren moet de diepte van de groeven nog opgeteld worden:

$$l_1 + l_2 = (262,0 + 2 \cdot 0,50) \text{ mm} = 0,2630 \text{ m}$$

Dan volgt voor de valversnelling:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} (l_1 + l_2) = \frac{4 \cdot 3,1416^2 \cdot 0,2630 \text{ m}}{(1,026 \text{ s})^2} = 9,863 \text{ m/s}^2$$

- b. Als $S = l_1 + l_2$ dan volgt:

$$g = \frac{4\pi^2 S}{T^2}$$

Als fouten gebruiken we: $\Delta S = 1$ mm en $\Delta T = 2$ ms.

Dan volgt voor de fout:

$$\frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2 + \left(-2 \frac{\Delta T}{T}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{263,0}\right)^2 + \left(2 \frac{2}{1026}\right)^2} = 0,0054$$

$$\Delta g = 0,0054 \cdot 9,863 = 0,053 \text{ m/s}^2$$

$$g = 9,863 \pm 0,053 \text{ m/s}^2$$

De literatuurwaarde valt nog binnen de foutenmarge.

- c. De trillingstijd kan nog nauwkeuriger gemeten worden door meer trillingen te meten. De afstand kan op zich vrij nauwkeurig worden gemeten maar het is de vraag of bij de ingestelde afstand voor het reversiepoint wel exact dezelfde trillingstijden worden gemeten.

Een betere methode zou zijn om de afstand tussen de moeren vast in te stellen (nauwkeurig te realiseren m.b.v. de bekende spoed) en met een derde moer tussen de vast ingestelde moeren te variëren. Door voor beide rotatie-assen de slingertijd als functie van de positie van de derde moer te meten en deze grafisch uit te zetten kan middels het snijpunt van de gevonden lijnen gevonden worden voor welke positie van de derde moer de trillingstijd gelijk is.