

Docentenhandleiding stroomsnelheid van zand

Benodigd:

- Droog zand met een korrelfijnheid van 0,5-1,0 mm. Korrels moeten dezelfde grootte hebben (binnen 20%). Wij hebben glaskorrels gebruikt met (ongeveer) dezelfde grootte.
- Balans of maatglas, stopwatch, schuifmaat, eventueel micrometer.
- Een tornadodop, in de speelgoedzaak wel te koop of op internet. Wordt gebruikt om twee plastic flessen aan elkaar te koppelen en uit de ene fles water in de andere te laten lopen, met draaien krijg je dan een "tornado".
- Per opstelling twee flessen (0,5L), een met zand, een zonder (evt nog een mat andere korrelgrootte.)
- Tenminste 5 plaatjes die in de tornado passen met cirkelvormig gaten in oplopende diameter, groot ten opzichte van de korrels (>factor 5).
- Emmer, trechter om bij wisselen zand of glasparsels op te vangen en terug te gooien.

opdracht 1 (0,5 punten)

De Factor moet zijn 2,5. Goed of fout. Moet wel goed beargumenteerd.

Experiment 2 (8,5 punten)

We komen zelf op een alfa van ongeveer 2,8 zonder correcties. Zowel met kleine als met iets grotere korrels. We letten op:

- Tenminste drie metingen per gaatje
- Een meetonzekerheid bepaald per gaatje met behulp van de metingen
- Tenminste vijf gaten gebruikt
- Uitgezet $\log W$ tegen $\log D$ om een rechte te krijgen
- α bepaald
- Rekening gehouden met een afwijking bij 5 of 6 mm gaatje (afwijking doordat je tegen grens aanzit)
- Lijnen getrokken of gerekend om de meetonzekerheid in α te bepalen.
- En goede discussie gehouden.

Experiment 3 (1,0 punten)

Bij volledig ronde bolletjes blijkt de k ongeveer 1 te zijn volgens de theorie (diameter opening is schijnbaar de diameter van de bolletjes kleiner). Voor onregelmatiger gevormde korrels zou dit uitkomen op ongeveer 1,4 volgens de literatuur.

Uit eigen experimenten volgt dat een factor 2 voor k bij ons goed past.

We letten op:

- Een redelijke poging om met behulp van de data een rechte lijn te krijgen en wellicht ook een $\alpha = 2,5$. Niet eenvoudig zonder computer!
- Argumentatie bij de poging.

Uit de literatuur

The factors that control the period delineated by a sandglass have been systematically investigated. This form of interval timer (known since medieval times) depends on particle flow, which exhibits characteristics quite different from those of liquid flow. Thus, for example, the rate of flow is independent of the head of material in the reservoir, except for the last few centimetres. The particulate material need not be silica sand, but should be smooth and regular with grains of similar size: the vitreous spherical filler known as ballotini gave the most reproducible results. For a given volume of ballotini, the period is controlled by their size, the size of the orifice, and the shape of the reservoir. Provided the aperture is at least 5X the particle diameter, the period P is given by the expression $P = KV(D - d)^{-2,5}$ where P is measured in seconds, V denotes the bulk volume of ballotini in ml, d the maximum bead diameter in mm as measured by sieve size, and D the diameter of a circular orifice in mm. The constant of proportionality K depends on the shape of the reservoir: the values for hourglass-, cone- and silo-shaped vessels were found to be 7 - 10, 8 and 19 respectively. The presence of a horizontal annulus around the aperture



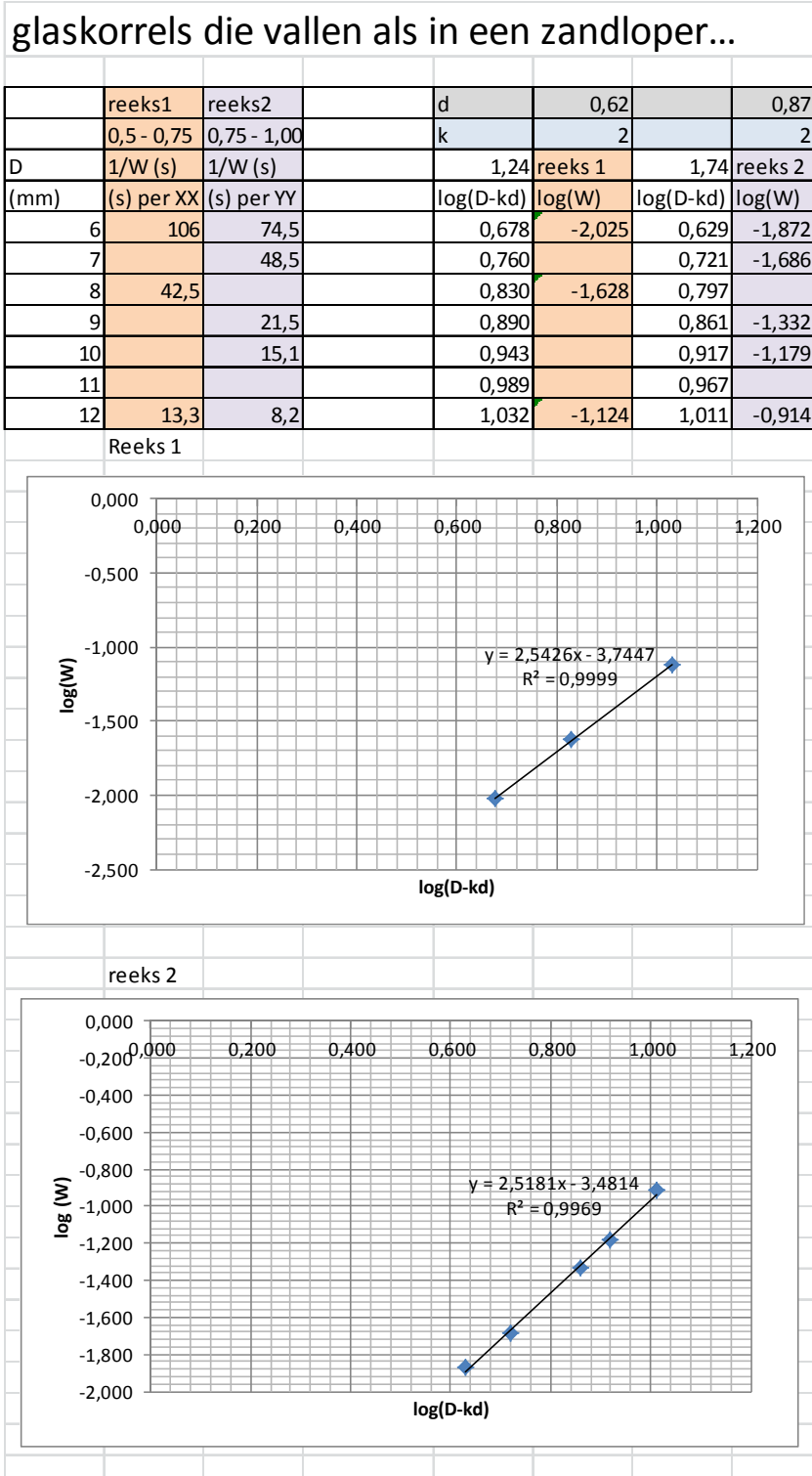
considerably extends the period by reducing the rate of flow: K is of the order of 21 for such a construction. The internal flow regimes giving rise to this behaviour were pictured with the aid of 2-D perspex models incorporating layers of coloured ballotini. The best 19 m 45 s glass exhibited a standard deviation of $\pm 5\%$ ($\pm 0.4\%$), but for sandglasses in general the variation could be up to $\pm 1.5\%$. Any disturbance lengthened the period, but changes in temperature gave no observable effect within this margin of error.

Literatuur

A A Mills *et al* , 1996, Mechanics of the sandglass, *Eur. J. Phys.* **17** 97 doi:[10.1088/0143-0807/17/3/001](https://doi.org/10.1088/0143-0807/17/3/001)

C. James, 1993, The hourglass, *Phys. Educ.* 28 117

Eigen metingen met de opstelling



Natuurkunde Olympiade Eindronde 2012

Practicum toets uitwerking

Elektrische en thermische eigenschappen van een gloeilampje

Onderdeel 1

Eerst maken we m.b.v. de gegevens uit de tabel een grafiek van de soortelijke weerstand tegen de temperatuur. Het evenredige verband is in grafiek 1 zichtbaar.

Voor de soortelijke weerstand geldt dus (m.b.v. de gegeven hint):

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad [1]$$

Met T_0 de kamertemperatuur en ρ_0 de soortelijke weerstand bij deze kamertemperatuur.

Nemen we voor de kamertemperatuur T_0 van 293 K dan vinden we in de grafiek een soortelijke weerstand ρ_0 van $5,0 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$.

De richtingscoëfficiënt van de grafiek is $2,86 \cdot 10^{-10} \Omega\text{mK}^{-1}$.

Volgens bovenstaande vergelijking moet dit gelijk zijn aan $\alpha\rho_0$.

Hieruit volgt dus: $\alpha = 5,72 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

Gebruik van hint 3.

Voor de weerstand geldt:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Met gebruik van de twee vergelijkingen voor de lengte en doorsnede van de gloeidraad:

$$\frac{l}{A} = \frac{l_0 [1 + \eta(T - T_0)]}{A_0 [1 + 2\eta(T - T_0)]} \approx \frac{l_0}{A_0} [1 - \eta(T - T_0)] \quad [2]$$

Als we de temperatuur maximaal 2000 K boven kamertemperatuur nemen dan volgt voor de term $\eta(T - T_0)$ dat deze kleiner is dan 10^{-2} . Wordt de uitzetting verwaarloosd dan zal dit een maximale fout van 1% opleveren.

De verhouding l/A mag dus als constant worden beschouwd.

Dus volgt voor de weerstand:

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad [3]$$

De temperatuur van de gloeidraad kan dus worden bepaald door:

$$T = T_0 + \frac{(R/R_0) - 1}{\alpha} \quad [4]$$

Door de potmeter in serie op te nemen kan de spanning over het gloeilampje worden gevarieerd. In de tabel verderop de metingen. In de derde kolom de berekende weerstand.

Als de weerstandswaarde wordt uitgezet tegen de aangelegde spanning is het verwachte niet lineaire verband te zien, zie grafiek 2. Voor de eerste metingen is te zien dat de weerstandswaarde vrijwel constant blijft. Er mag dan ook worden aangenomen dat voor die metingen geldt dat de temperatuur vrijwel gelijk is aan de kamertemperatuur T_0 .

We vinden dus dat $R_0 = 8,39 \Omega$.

Met deze waarde kan d.m.v. vergelijking [4] voor elke meting de temperatuur wordt uitgerekend. Deze waarde staat in de tabel in de vierde kolom. Deze is in grafiek 4 uitgezet.

Onderdeel 2

Als er thermisch evenwicht is, zal het geleverde vermogen gelijk moeten zijn aan het uitgestraalde vermogen. Er moet dus de volgende hypothese gelden:

$$U \cdot I = k(T^n - T_0^n) \quad [5]$$

Als vervolgens mag worden aangenomen dat $T \gg T_0$ dan volgt:

$$U \cdot I \approx kT^n \quad [6]$$

Wordt van beide kanten de logaritme genomen, dan volgt:

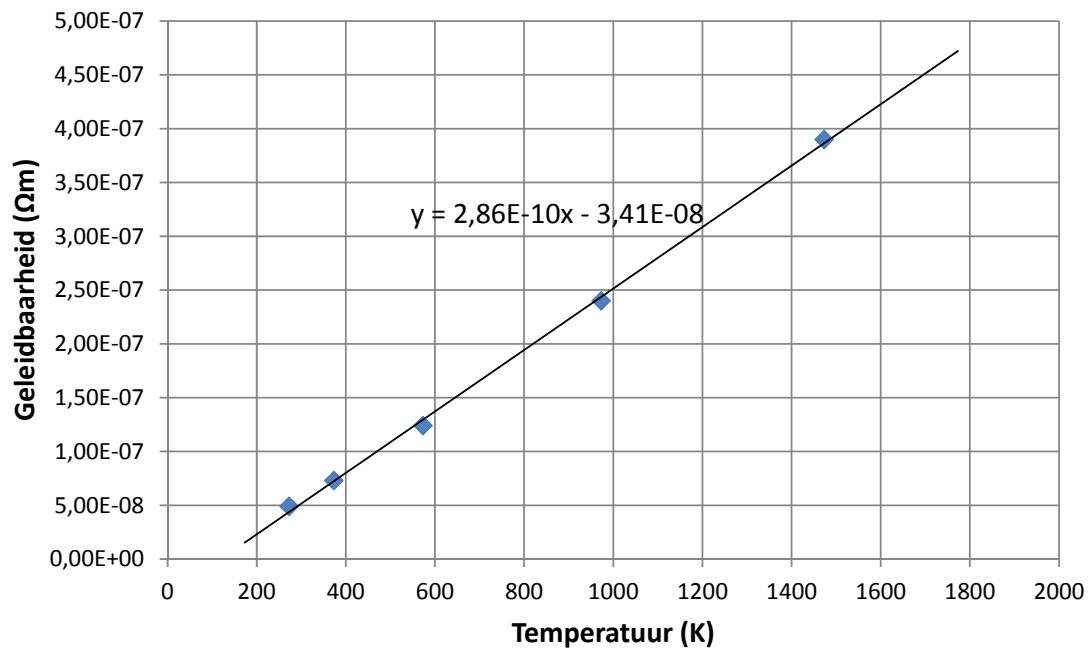
$$\log(U \cdot I) \approx \log k + n \log T \quad [7]$$

Wordt $\log(U \cdot I)$ uitgezet tegen $\log T$ dan zal indien er aan de hypothese wordt voldaan een rechte lijn ontstaan met een richtingscoëfficiënt n .

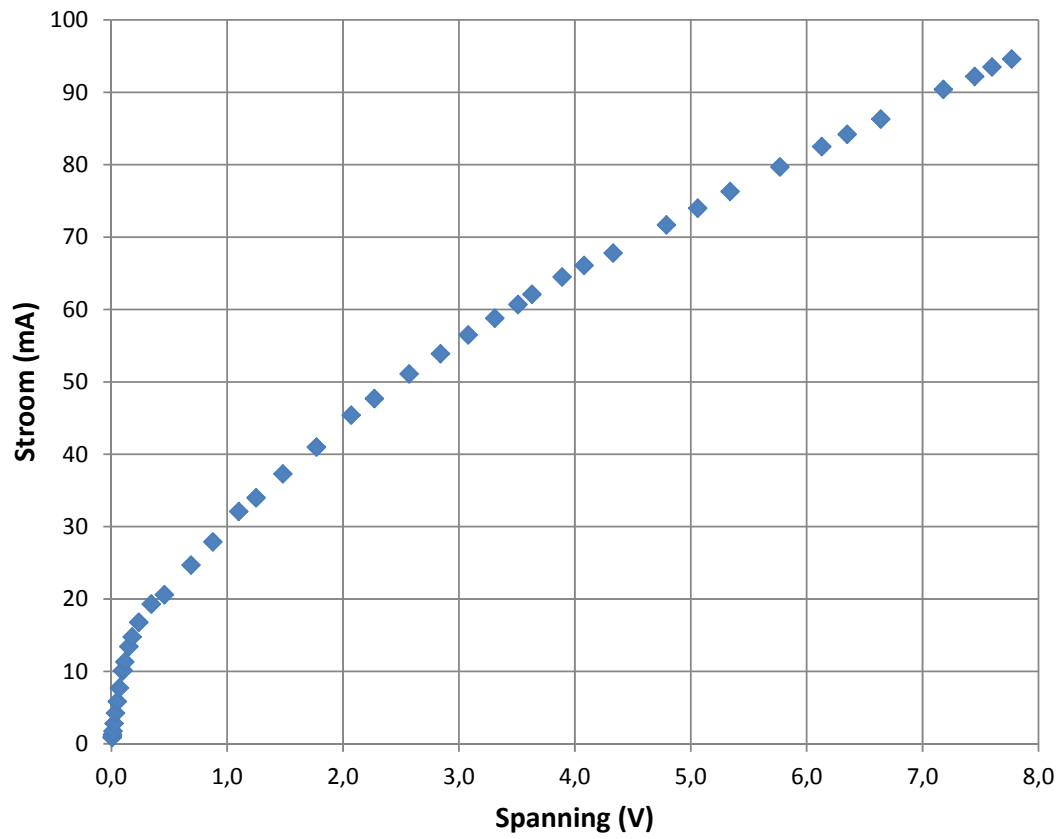
In grafiek 5 staat $\log(U \cdot I)$ uitgezet tegen $\log T$. Te zien is dat voor $\log T > 2,8$ er een rechte lijn ontstaat. Als op deze datapunten een rechte lijnbenadering wordt toegepast, kan de waarde van n worden bepaald: $n = 3,9$.

(Proef n.a.v. 6th Singapore Physics Olympiad, november 1993)

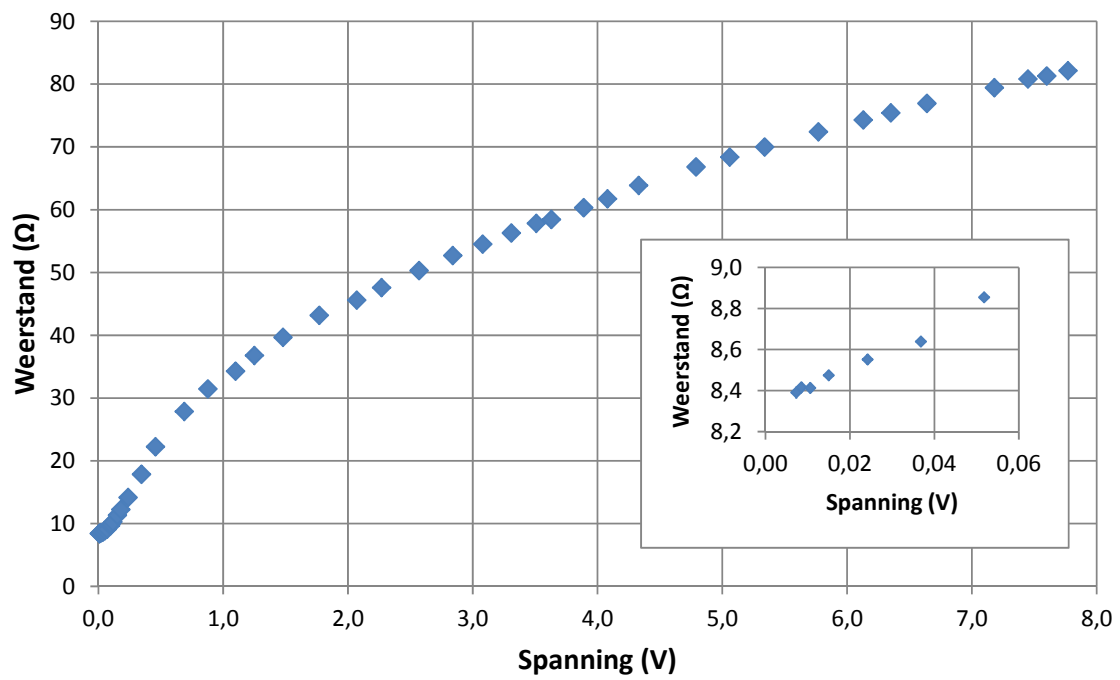
Grafiek 1: Geleidbaarheid als functie van temperatuur voor wolfram.



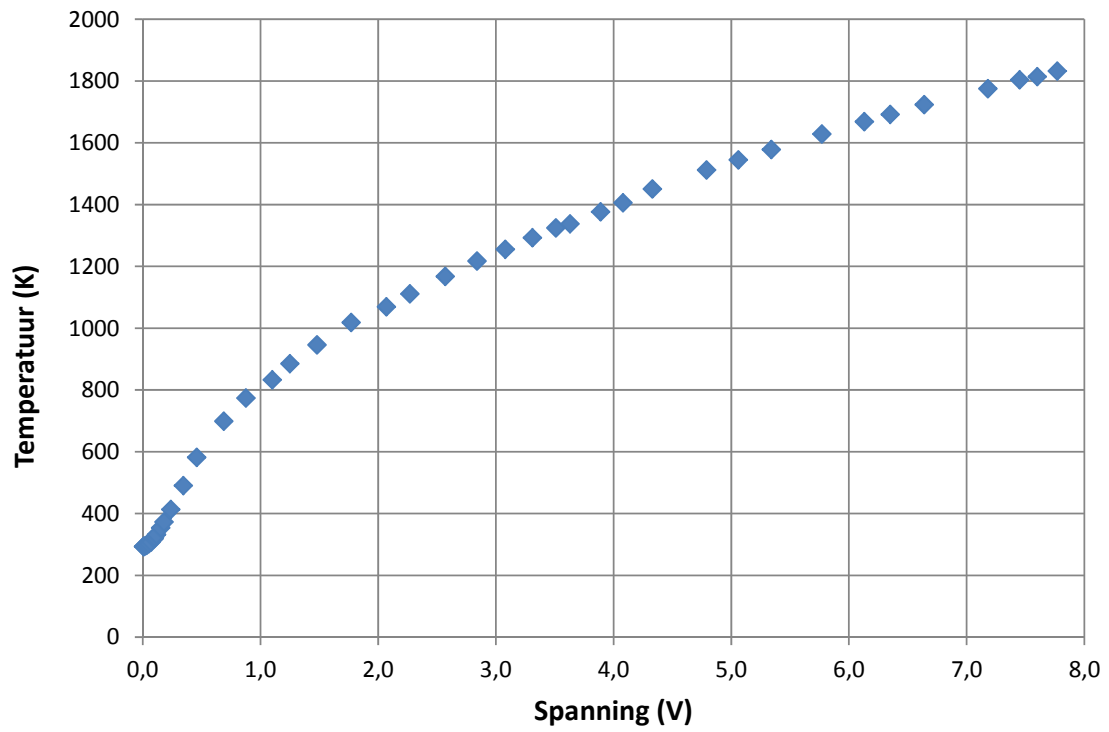
Grafiek 2: I - U verband.



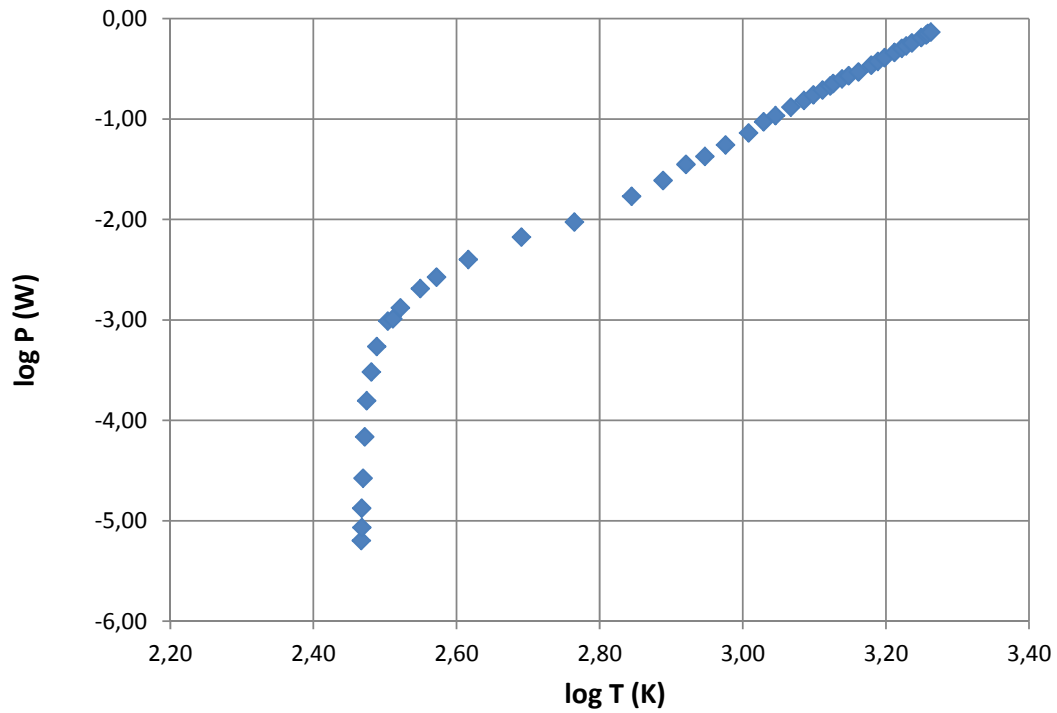
Grafiek 3: R - U verband.



Grafiek 4: $T-U$ verband.



Grafiek 5: $\log P - \log T$ verband.



Tabel 1: Meetgegevens.

U	I	R	T	P	log T	log P
(V)	(mA)	(Ohm)	(K)	(W)		
0	0	nvt	293	0	2,47	nvt
0,0073	0,87	8,39	2,93E+02	6,35E-06	2,47	-5,20
0,0085	1,01	8,42	2,94E+02	8,59E-06	2,47	-5,07
0,0106	1,26	8,41	2,93E+02	1,34E-05	2,47	-4,87
0,0150	1,77	8,47	2,95E+02	2,66E-05	2,47	-4,58
0,0242	2,83	8,55	2,96E+02	6,85E-05	2,47	-4,16
0,0368	4,26	8,64	2,98E+02	1,57E-04	2,47	-3,80
0,0518	5,85	8,85	3,03E+02	3,03E-04	2,48	-3,52
0,0703	7,72	9,11	3,08E+02	5,43E-04	2,49	-3,27
0,0969	10,05	9,64	3,19E+02	9,74E-04	2,50	-3,01
0,1007	10,18	9,89	3,24E+02	1,03E-03	2,51	-2,99
0,1163	11,32	10,27	3,32E+02	1,32E-03	2,52	-2,88
0,1523	13,45	11,32	3,54E+02	2,05E-03	2,55	-2,69
0,1807	14,77	12,23	3,73E+02	2,67E-03	2,57	-2,57
0,238	16,80	14,17	4,14E+02	4,00E-03	2,62	-2,40
0,345	19,32	17,86	4,91E+02	6,67E-03	2,69	-2,18
0,458	20,6	22,23	5,82E+02	9,43E-03	2,76	-2,03
0,688	24,7	27,85	6,99E+02	1,70E-02	2,84	-1,77
0,877	27,9	31,43	7,74E+02	2,45E-02	2,89	-1,61
1,10	32,1	34,27	8,33E+02	3,53E-02	2,92	-1,45
1,25	34,0	36,76	8,85E+02	4,25E-02	2,95	-1,37
1,48	37,3	39,68	9,46E+02	5,52E-02	2,98	-1,26
1,77	41,0	43,17	1,02E+03	7,26E-02	3,01	-1,14
2,07	45,4	45,59	1,07E+03	9,40E-02	3,03	-1,03
2,27	47,7	47,59	1,11E+03	1,08E-01	3,05	-0,97
2,57	51,1	50,29	1,17E+03	1,31E-01	3,07	-0,88
2,84	53,9	52,69	1,22E+03	1,53E-01	3,09	-0,82
3,08	56,5	54,51	1,26E+03	1,74E-01	3,10	-0,76
3,31	58,8	56,29	1,29E+03	1,95E-01	3,11	-0,71
3,51	60,7	57,83	1,32E+03	2,13E-01	3,12	-0,67
3,63	62,1	58,45	1,34E+03	2,25E-01	3,13	-0,65
3,89	64,5	60,31	1,38E+03	2,51E-01	3,14	-0,60
4,08	66,1	61,72	1,41E+03	2,70E-01	3,15	-0,57
4,33	67,8	63,86	1,45E+03	2,94E-01	3,16	-0,53
4,79	71,7	66,81	1,51E+03	3,43E-01	3,18	-0,46
5,06	74,0	68,38	1,55E+03	3,74E-01	3,19	-0,43
5,34	76,3	69,99	1,58E+03	4,07E-01	3,20	-0,39
5,77	79,7	72,40	1,63E+03	4,60E-01	3,21	-0,34
6,13	82,5	74,30	1,67E+03	5,06E-01	3,22	-0,30
6,35	84,2	75,42	1,69E+03	5,35E-01	3,23	-0,27
6,64	86,3	76,94	1,72E+03	5,73E-01	3,24	-0,24
7,18	90,4	79,42	1,78E+03	6,49E-01	3,25	-0,19
7,45	92,2	80,80	1,80E+03	6,87E-01	3,26	-0,16
7,60	93,5	81,28	1,81E+03	7,11E-01	3,26	-0,15
7,77	94,6	82,14	1,83E+03	7,35E-01	3,26	-0,13