

## Lösningförslag

Börja med att ta upp en mätserie över ström som funktion av spänning vid en konstant temperatur, för att bestämma idealitetsfaktorn  $n$ . Ett lämpligt intervall för detta är  $0,65 - 0,85$  V. Vid temperaturen  $23^\circ\text{C}$  fås resultatet i tabell 1. Det givna sambandet mellan ström och spänning kan linjäriseras enligt

$$\ln I = \ln I_0 + \frac{e(U - E_g)}{nk_B T}. \quad (1)$$

En plott av  $\ln I$  mot  $U$  ger alltså en linje med lutning  $a = e/(nk_B T)$ , så att  $n$  kan bestämmas enligt  $n = e/(ak_B T)$ . En sådan plott visas i figur 1, från vilken vi utläser att  $a = 19,531 \text{ V}^{-1} \Rightarrow n = 2,008 \approx 2$ .

Ta sedan upp en mätserie över ström som funktion av temperatur vid konstant spänning. Ett lämpligt val av spänning som ger ett någorlunda stort både absolut och relativt utslag är  $0,8$  V. För att få ett större temperaturintervall påbörjades denna mätning med att kyla dioden, för att sedan övergå till att värma dioden då den passerar rumstemperatur<sup>1</sup>. Lägg då en spänning på några volt med lämplig polaritet över peltierelementet tills temperaturen sjunkit till önskad nivå, rimligen ett tiotal grader under rumstemperatur (vid lägre temperaturer får kylflänsen svårt att leda bort överskottsvärmen). Denna spänning kan sedan sänkas successivt så att temperaturen ökar långsamt. För att hålla temperaturen jämnt fördelad i dioden bör spänningen sänkas med några tiondelars volt med någon minuts mellanrum, så att temperaturen ökar med ca  $0,5 - 1^\circ\text{C}/\text{min}$ . När temperaturen når upp i rumstemperatur byts polariteten och spänningen ökas sedan i samma takt som tidigare. En sådan mätserie visas i tabell 2.

För att bestämma bandgapet kan det noteras i ekvation (1) att  $\ln I$  är en linjär funktion av  $1/T$ , med lutning  $b = e(U - E_g)/(nk_B)$ , så att  $E_g$  kan bestämmas enligt  $E_g = U - bnk_B/e$ . En (Arrhenius-)plott av  $\ln I$  mot  $1/T$  visas i figur 2, från vilken vi utläser att  $b = -1595 \text{ K} \Rightarrow E_g = 1,075 \text{ eV}$ .

Spänning $U$ (V)	Ström $I$ (mA)	$\ln I/(1 \text{ mA})$
0,65	3	1,10
0,66	4	1,39
0,67	5	1,61
0,68	6	1,79
0,69	7	1,95
0,70	9	2,20
0,71	11	2,40
0,72	13	2,56
0,73	17	2,83
0,74	21	3,04
0,75	25	3,21
0,76	31	3,43
0,77	39	3,66
0,78	47	3,85
0,79	55	4,01
0,80	67	4,20
0,81	79	4,37
0,82	94	4,54
0,83	108	4,68
0,84	125	4,83
0,85	143	4,96

Tabell 1: Mätserie över strömmen genom dioden som funktion av spänning, inklusive värden nödvändiga för linjärisering.

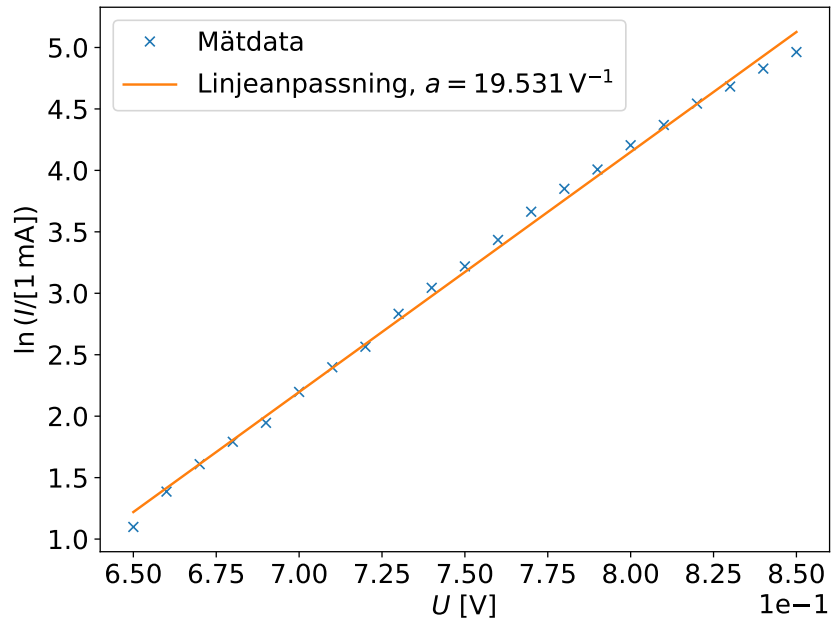
<sup>1</sup>Man kan dock få ett fullgott resultat genom att endast värma på dioden, vilket är vad de tävlande förväntas göra.

Temperatur (°C)	Temperatur (K)	$1/T$ (K <sup>-1</sup> )	Ström $I$ (mA)	$\ln I/(1 \text{ mA})$
9	282	0,00355	35,0	3,56
10	283	0,00353	36,0	3,58
11	284	0,00352	36,0	3,58
12	285	0,00351	37,0	3,61
13	286	0,00350	39,0	3,66
14	287	0,00348	39,0	3,66
15	288	0,00347	40,0	3,69
16	289	0,00346	40,5	3,70
17	290	0,00345	42,0	3,74
18	291	0,00344	42,0	3,74
19	292	0,00342	43,0	3,76
20	293	0,00341	45,0	3,81
21	294	0,00340	45,0	3,81
22	295	0,00339	46,0	3,83
23	296	0,00338	47,0	3,85
24	297	0,00337	47,0	3,85
25	298	0,00336	48,0	3,87
26	299	0,00334	49,0	3,89
27	300	0,00333	50,0	3,91
28	301	0,00332	50,0	3,91
29	302	0,00331	51,0	3,93
30	303	0,00330	52,0	3,95
31	304	0,00329	53,0	3,97
32	305	0,00328	54,0	3,99
33	306	0,00327	54,5	4,00
34	307	0,00326	55,0	4,01
35	308	0,00325	56,0	4,03
36	309	0,00324	57,0	4,04

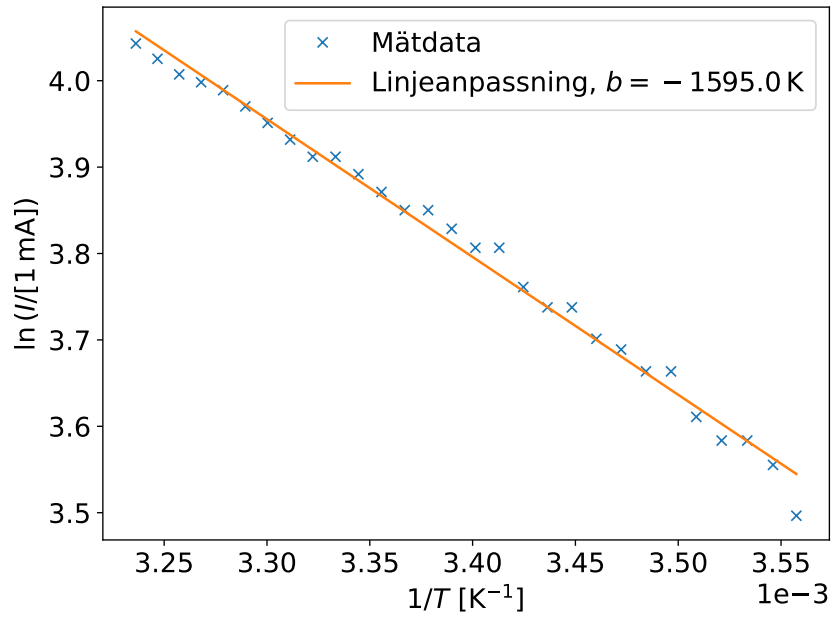
Tabell 2: Mätserie över strömmen genom dioden som funktion av temperatur, inklusive värden nödvändiga för linjärisering. Diodspänningen hålls konstant 0,8 V.

**Kommentarer:** Tabellvärdet för en kiseldiods bandgap är 1.12 eV (andra decimalen varierar något mellan olika tabellverk).

Mätningarna av  $I$  som funktion av  $U$  och  $I$  som funktion av  $T$  genomfördes med olika dioder, vilket förklarar skillnaden i ström vid samma spänning och temperatur. Strömmen genom dioden vid en given spänning och temperatur kan i allmänhet variera märkbart mellan olika dioder. Vid 23 °C och 0,8 V kan strömmen variera mellan ca 40 – 90 mA. Detta har dock ingen väsentlig påverkan på uppgiftens genomförande.



Figur 1: Linjäriserad plott av ström som funktion av spänning.



Figur 2: Linjäriserad plott av ström som funktion av temperatur.