

Jegyzőkönyv

1.

A hőmérsékleti sugárzás vizsgálata

Készítette:

Hága Péter és Bozsoki Péter,
harmadéves fizikushallgatók

1999. december 1., szerda
délelőtti csoport

1. A mérés célja

A mérés célja legalább a hőmérsékleti sugárzás alaposabb megismerése volt, a Stefan-Boltzmann állandó meghatározásán, valamint egy szürke test átlagos emisszióképességének meghatározásán keresztül.

2. A mérés elve

A mérés elméleti háttere szerves része mind a mérésnek, mind a jegyzőkönyvnek, ezen jegyzőkönyvben mégsem ismertetjük, mert jelen esetben ez csak a "Modern Fizikai Laboratórium" c. egyetemi jegyzet idevágó (jelen esetben 1. fejezetének) ismételése lenne. Ezt pedig jelen körülmények között feleslegesnek tartjuk, ahol szükséges, ott hivatkozunk a megfelelő részre. (Valamint az elméleti felkészültségünkről a mérés elején/során sokkal hitelesebben adtunk számot, mint azt a jegyzet megfelelő részeinek jegyzőkönyvbe másolásával tennénk.)

3. A mérés kivitelezése

A mérés során a következő eszközöket használtuk:

- félgömb alakú fémedényt, mely belülről kormozott volt; ezt használtuk fekete testnek
- egy hőszigetelt, fűtésvezérléssel ellátott egy kályhát; ezzel szigeteltük el a fekete testet a külvilágtól és változtattuk a hőmérsékletét.

- ezüstlemez; az általa felvett hőt mértük a benne lévő platina ellenállás-hőmérővel
- áramgenerátort; ez adta az állandó áramot a platina ellenállás-hőmérőnek
- egy komparátort, melyre a fekete test fűtésének szabályozásához volt szükség
- egy előerősítőt, mely a hőmérő jelét megfelelő nagyságúra erősítette
- számítógépet, mely a következő feladatokat látta el:
 - ♦ egy D/A konverteren keresztül referencias feszültséget adott a komparátornak
 - ♦ egy A/D konverteren keresztül digitálissá alakította a beérkező jeleket
 - ♦ egy erősítő segítségével felerősítette az A/D konverter bemenetére érkező jeleket
 - ♦ egy scanner révén képessé tette az A/D konvertert több csatorna fogadására
- egy kalibráló normál elemet, az A/D konverter kalibrálásához
- egy kalibráló feszültségforrást, az előerősítő kalibrálásához
- egy wolframlámpát, a wolfram átlagos emisszióképességének meghatározásához
- toroid transzformátort, mellyel a wolframlámpára kapcsolt feszültséget állítottuk

3.1. A rendszer kalibrálása

A Stefan-Boltzman állandó meghatározása előtt el kellett végezni az A/D konverter valamint az előerősítő kalibrálását.

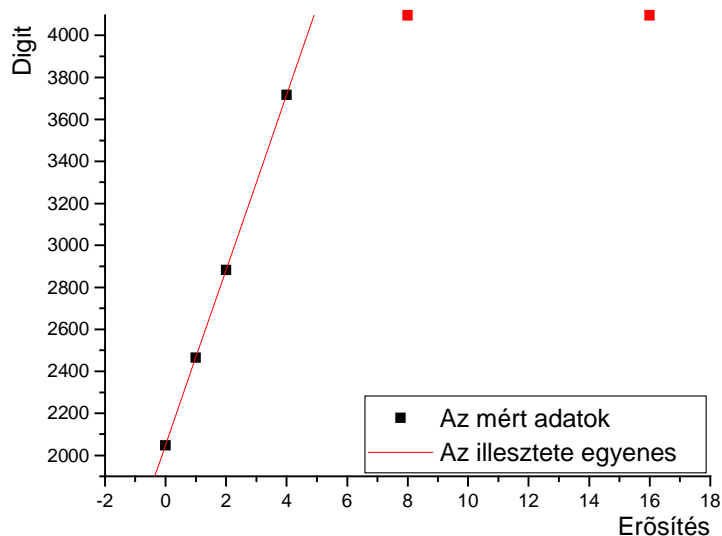
Az A/D konverter kalibrálásához megmértük a normálebenen, illetve a rövidzáron a konverter által mért feszültségértékeket, úgy, hogy az konverter belső erősítőjét minden lehetséges erősítésre beállítottuk. A mért adatokat tartalmazza a Táblázat 1. A táblázat 1. oszlopában a számítógéppel beállított erősítésértékek vannak, a második oszlopban a rövidzáron mért feszültségértékek, a harmadikban pedig a normál elemen mért feszültségértékek. A táblázatból leolvasható a konverter nullponti hibája: $\delta_{A/D} = \pm 0,75$. Hogy meggyőződjünk a konverter belső erősítőjének linearitásáról illesztünk egy egyenest az erősítés - mért érték pontokra (itt hallgatólagosan feltételeztük, hogy a konverter állandó erősítés mellett lineáris). Ez látható az Ábra 1-en. (Megjegyzés: mint a táblázatból is látszik, az utolsó két digit már nem hordoz információt, így azokat nem vettem figyelembe az illesztésnél.)

Táblázat 1

Erősítés	Rövidzári feszültség	Normál elemen mért feszültség
1	2047,8	2465
2	2047,5	2882
4	2047,2	3716
8	2047,3	4095
16	2046,3	4095

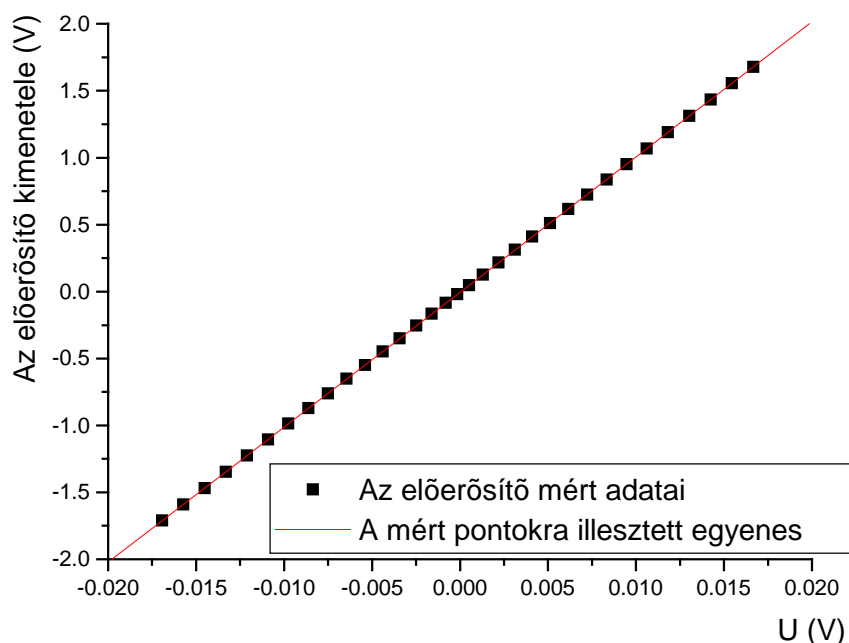
Az illesztett egyenesre kapott egyenlet: $y = (116,92 \pm 0,07)x + 2017,3 \pm 0,2$. Innen a konverter nullpontja: $2017,3 \pm 0,2$

Ábra 1



Az A/D konverter kalibrálása után elvégeztük az előerősítő kalibrálását is, a program Erősítő kalibrálása menüpontjának, illetve a kalibráló feszültségforrás segítségével. Az lemért pontpárok, illetve a rájuk illesztett egyenes az Ábra 2-ön láthatóak. Az ábrán látható, a mért adatokra illesztett egyenes egyenletére, az $y = (100,87 \pm 0,03)x - 0,0027 \pm 0,0005$ kifejezést kaptuk. Ez -0,0027 V-os nullponti hibát és 100,87-es erősítést jelent.

Ábra 2



3.2. A Stefan-Boltzmann állandó meghatározása

A Stefan-Boltzmann állandót (ezentúl σ -val jelölöm) öt különböző kályhahőmérséklen mértük meg. A következő öt ábrán ezeken a hőmérsékleteken felvett $T(t)$ függvények láthatóak.

Mivel $\sigma = \frac{1}{F(T_s^4 - T^4)} \left\{ mc \frac{dT}{dt} + \alpha_0(T - T_0) + \alpha_1(T - T_1) \right\}$ alakú, ezért $T(t)$ -re negyedfokú

polinomot illesztettem: $T(t) = a + b \cdot t + c \cdot t^2 + d \cdot t^3 + e \cdot t^4$.

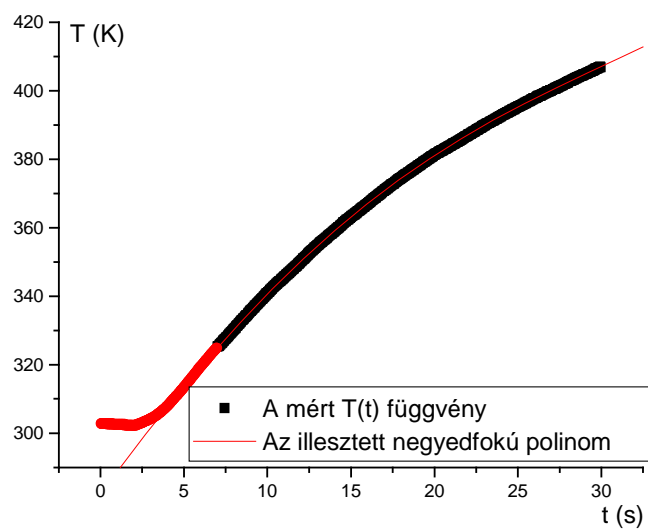
$T_{\text{kályha}} = 180$ °C-nál (Ábra 3) eredményül a következő értékeket kaptam: $a = 282,4 \pm 0,2$, $b = 6,58 \pm 0,06$, $c = -0,059 \pm 0,005$, $d = -0,0021 \pm 0,0002$ és $e = 4,4 \cdot 10^{-5} \pm 2 \cdot 10^{-6}$. Innen kiszámolva $\sigma \cdot t$ $4,5 \cdot 10^{-7}$ $\frac{J}{K^4 m^2 s}$ adódott.

$T_{\text{kályha}} = 220$ °C-nál (Ábra 4) eredményül a következő értékeket kaptam: $a = 279,3 \pm 0,1$, $b = 10,6 \pm 0,04$, $c = -0,315 \pm 0,004$, $d = 0,0082 \pm 0,0002$ és $e = -1,04 \cdot 10^{-4} \pm 2 \cdot 10^{-6}$. Innen kiszámolva $\sigma \cdot t$ $2,73 \cdot 10^{-7}$ $\frac{J}{K^4 m^2 s}$ adódott.

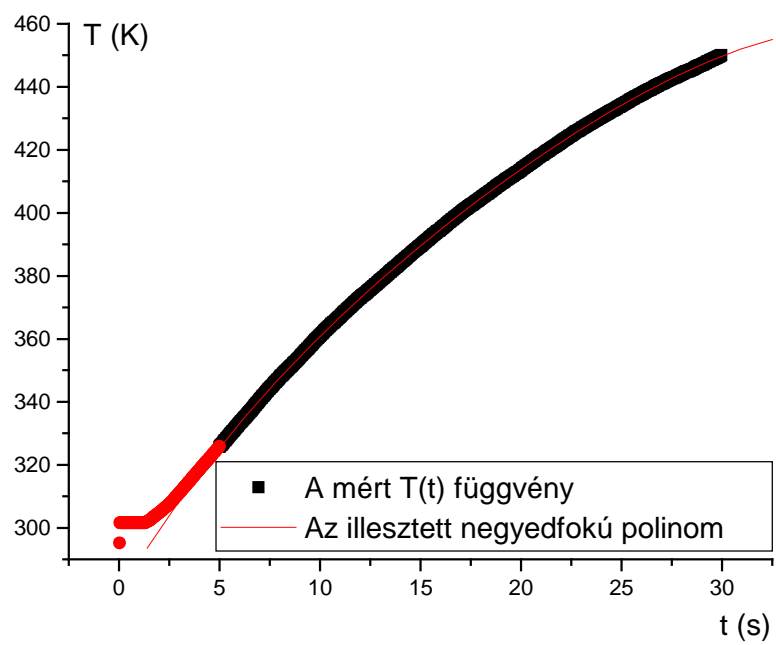
Ezek az értékek jelentősen (nagyságrendileg) eltérnek az irodalmi értéktől. Valószínűsítjük, hogy a hőmérő behelyezésekor a nagy hőmérséklet különbség miatt nagy mennyiségű szobahőmérsékletű levegő áramlik be, s ez okoz ekkora hibát.

A fentiek miatt a $T_{\text{kályha}} = 260$ °C-nál, $T_{\text{kályha}} = 300$ °C-nál és $T_{\text{kályha}} = 340$ °C-nál mért $T(t)$ függvényeket nem értékeltük ki. A nyers adatokat feltüntettük az 5., 6. és a 7. ábrán.

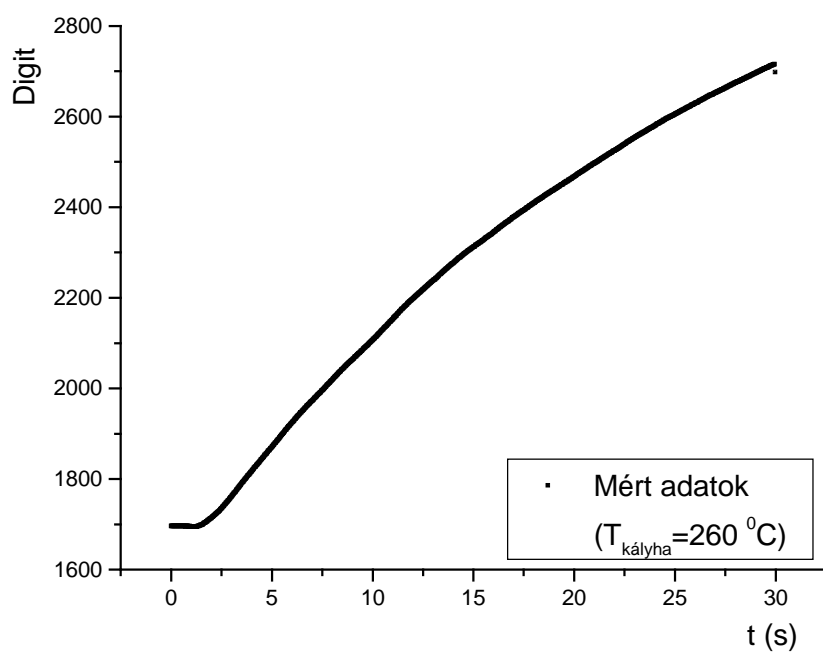
Ábra 3



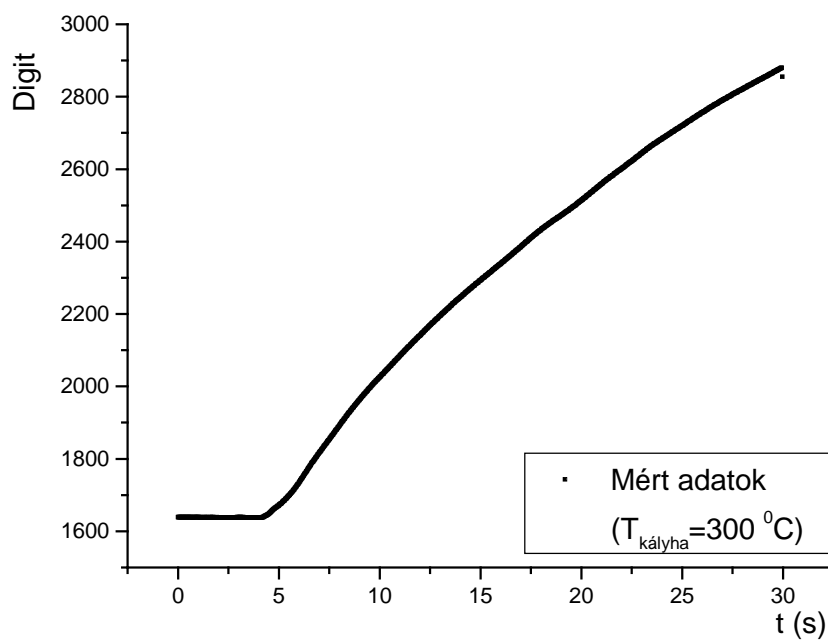
Ábra 4



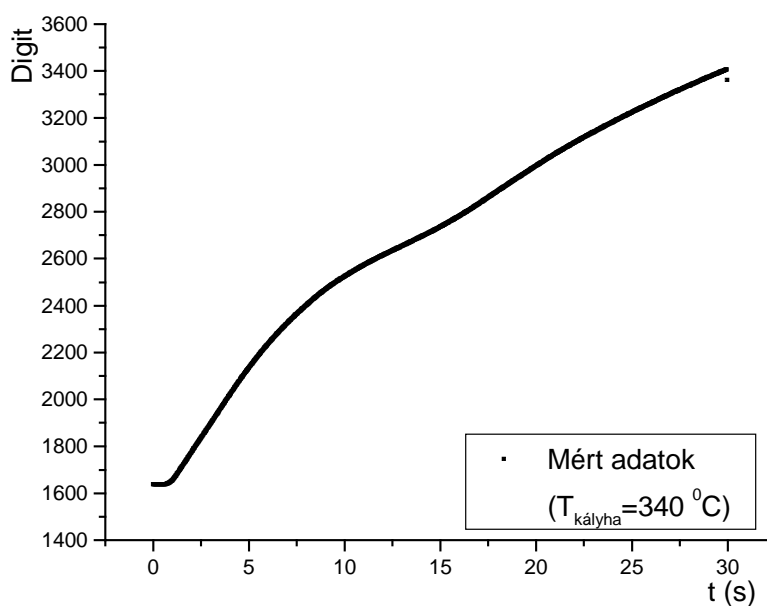
Ábra 5



Ábra 6



Ábra 7

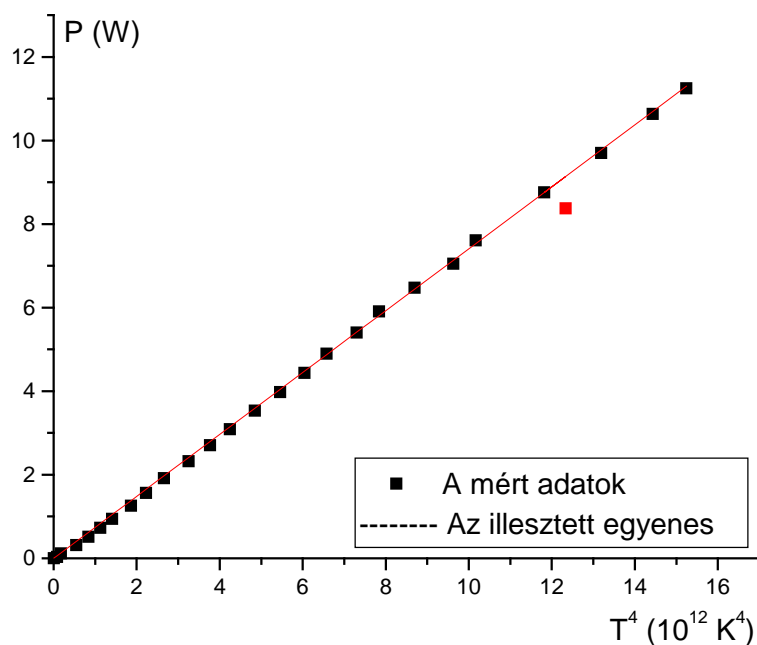


3.3. A wolframszál átlagos emissziójának meghatározása

A lenti táblázatban első két oszlopában láthatóak a mért U-I párok. Ezekből az adatokból kiszámoltuk az teljesítményt (harmadik oszlop), az ellenállást (negyedik oszlop), majd ez utóbbiból a wolfram hőmérsékletét (hatodik oszlop; az utolsó oszlopban a hőmérséklet negyedik hatványa van). Ábrázolva az így kapott $P(T^4)$ függvényt (Ábra 8), s a kapott értékekre egyenest illesztve megkaptuk az $\varepsilon \cdot \sigma \cdot F$ értékét. Ennek értékére mi $7,4097 \cdot 10^{-13}$ -t kaptunk (az ábrán is jól látható, hogy az egyik mérési eredmény nagyon "kilóg a sorból"; ezt nem vettük figyelembe az egyenes illesztésénél).

Mivel σ értékét nem tudtuk meghatározni, ezért az $\varepsilon \cdot \sigma \cdot F$ kifejezésből nem számoltuk ki

Ábra 8



U (V)	I (mA)	P=U*I (W)	R=U/I (Ω)	R/R ₀	T (K)	T ⁴ (10^{12} K^4)
0.104	16.2	0.0016848	6.419753	1.14706	325.7466	0.011259508
0.66	50	0.0330000	13.2	2.358533	537.8448	0.083681217
1.4	84	0.1176000	16.66667	2.977945	646.2884	0.174463808
2.7	115	0.3105000	23.47826	4.195019	859.3672	0.545399999
3.7	139.2	0.5150400	26.58046	4.749309	956.4096	0.836711269
4.6	159	0.7314000	28.93082	5.169264	1029.933	1.125215769
5.4	175	0.9450000	30.85714	5.513453	1090.192	1.412575679
6.47	194	1.2551800	33.35052	5.958961	1168.189	1.862312078
7.4	211	1.5614000	35.07109	6.266387	1222.012	2.229982202
8.4	228	1.9152000	36.84211	6.582827	1277.412	2.662712122
9.5	244	2.3180000	38.93443	6.956676	1342.864	3.251829536
10.47	258.2	2.7033540	40.54996	7.245334	1393.401	3.769675045
11.37	271.4	3.0858180	41.89388	7.485462	1435.441	4.245620797
12.38	285	3.5283000	43.4386	7.761466	1483.762	4.846823987
13.36	297.8	3.9786080	44.86232	8.015853	1528.299	5.455483888
14.3	310	4.4330000	46.12903	8.242184	1567.924	6.043658194
15.2	322	4.8944000	47.20497	8.434429	1601.581	6.579543181
16.2	333.6	5.4043200	48.56115	8.676747	1644.005	7.304869058
17.1	345.5	5.9080500	49.49349	8.843334	1673.17	7.837189375
18.15	356.6	6.4722900	50.89736	9.094174	1717.086	8.692966617
19.2	367	7.0464000	52.31608	9.347665	1761.466	9.627128032
20.1	378.6	7.6098600	53.09033	9.486007	1785.686	10.16764075
21.64	387	8.3746800	55.91731	9.991122	1874.119	12.33640078
22	398	8.7560000	55.27638	9.876603	1854.069	11.81690895
23.5	412.8	9.7008000	56.92829	10.17176	1905.744	13.19041191
24.9	427	10.6323000	58.31382	10.41932	1949.086	14.43190927
25.8	436	11.2488000	59.17431	10.57307	1976.004	15.24582379