20. A h/k meghatározása

PÁPICS PÉTER ISTVÁN

csillagász, 3. évfolyam

Mérőpár: Balázs Miklós

2006.04.05.

Beadva: 2006.04.19.

Értékelés: ____

1. A MÉRÉS ELVE

A mérés célja a Planck-állandó meghatározása a spektrális emisszióképesség vizsgálatával, a Boltzmann-állandó ismeretében. Egy sugárforrás összes sugárzásából alkalmas eszközzel (interferenciaszűrő) kiválasztunk egy monokromatikus, λ_0 hullámhosszúságú sugárzást, és azt vizsgáljuk, hogy a sugárzó test hőmérsékletének különböző értékei mellett mekkora lesz a sugárzás intenzitása. A további számolások alapja a spektrális eloszlást leíró törvény:

$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{k\lambda T}} - 1}$$

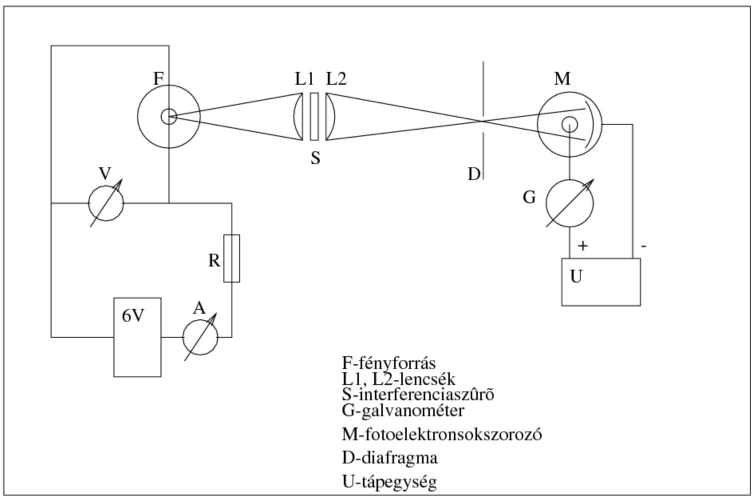
Illetve ha a hullámhossz elég kicsi ahhoz, hogy a $\frac{hc}{k\lambda T} >> 1$ feltétel teljesüljön:

$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{hc}{k\lambda T}}$$

Ha λ_0 megválasztása az előbbi feltételnek megfelelően történik, akkor a sugárzásdetektor által mért $I(T)$ intenzitás $\varepsilon(\lambda_0, T)$-vel arányos lesz. Így több hullámhosszon megmérve az intenzitást, és annak logaritmusát az $\frac{1}{T}$ függvényében ábrázolva egy egyenest kapunk, melynek meredekségéből a $\frac{h}{k}$ értéke meghatározható, ugyanis:

$$\ln I(T) = -\frac{h}{k} \cdot \frac{c}{\lambda T} + \text{const.}$$

A mérési összeállítás vázlatos rajza az 1. ábrán látható. A méréssorozatot a lehetséges 10 helyett 8 szűrővel végeztük el, mert az 550-es és 670-es szűrők elég rossz állapotban voltak.



1. ábra. A mérési elrendezés vázlatos rajza

A lámpa hőmérsékletfüggése az általa felvett teljesítményből határozható meg az izzóhoz tartozó karakterisztika alapján. A mérés során használt lámpa hőmérsékletfüggését a következő egyenlet írja le:

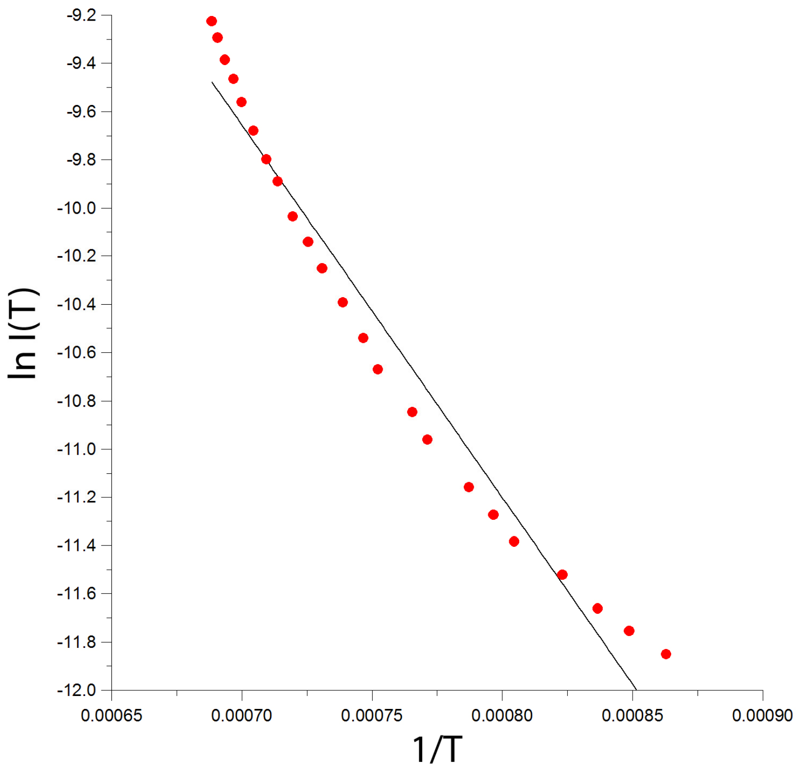
$$t(I) = -5{,}0334 \cdot I^2 + 200{,}282 \cdot I - 494{,}497$$

2. EREDMÉNYEK

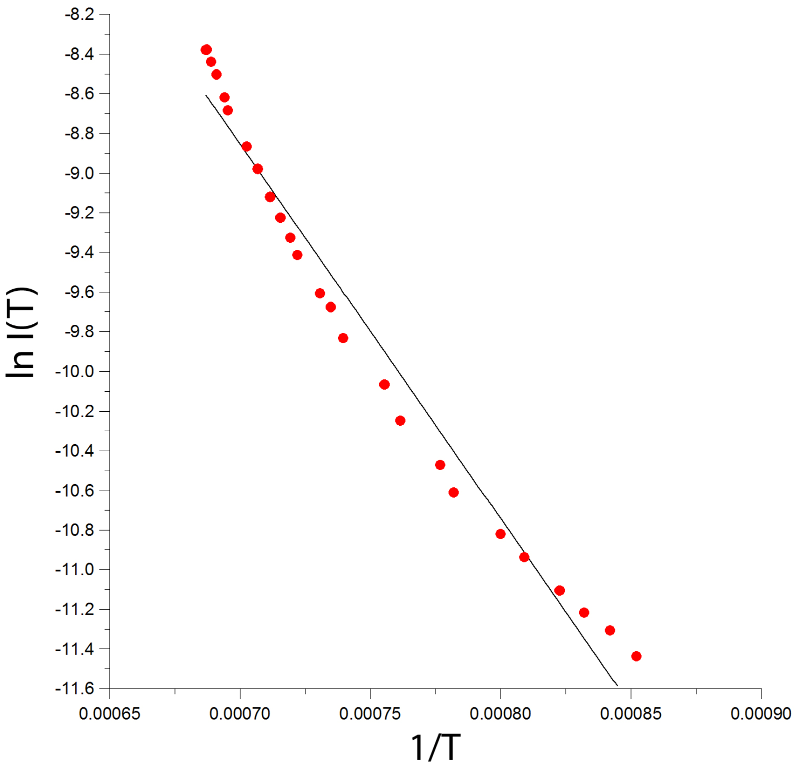
A mérés után a számolást kétféle alapelv mentén végeztem el. Először a szemre már lineáris közeli részt kiválasztva végeztem el az illesztéseket, majd a jobb eredmény érdekében minden adatsorból csak az utolsó tíz pontot használva is végigszámoltam mindent.

Az előzőleg már excel-ben logaritmizált és az előbbi egyenlet segítségével hőmérsékletértékekkel ellátott adatsorok lineáris illesztéseit gnuplot-ban végeztem el, majd az itt kapott meredekségekkel és hibákkal számoltam tovább.

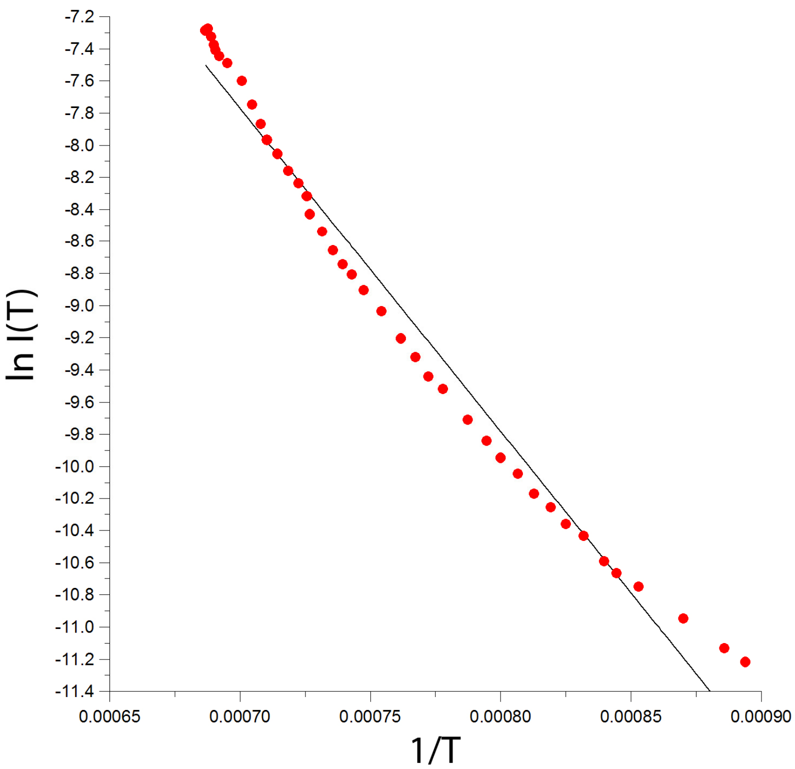
Következzenek az illesztett egyenesekkel ellátott ábrák (az összes először kiválasztott pontra), majd az eredmények és a végső számolások.



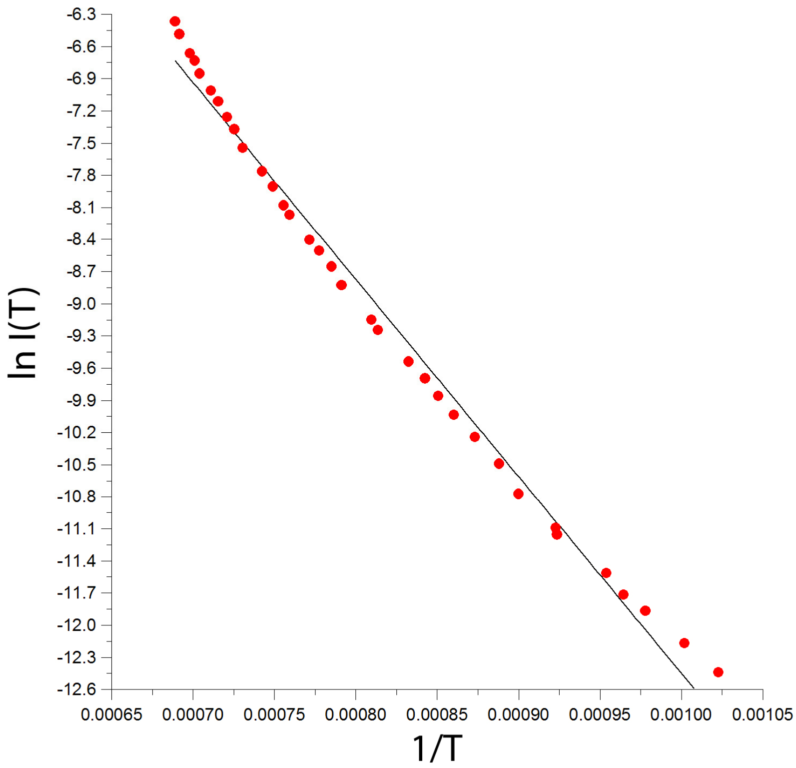
2. ábra. A 405 nm-es szűrővel végzett mérés



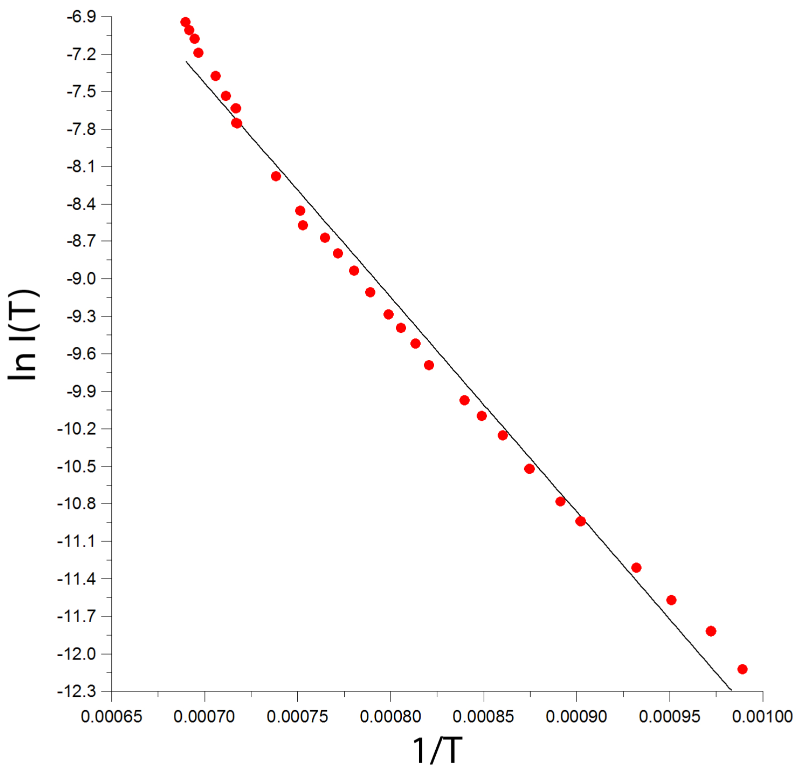
3. ábra. A 436 nm-es szűrővel végzett mérés



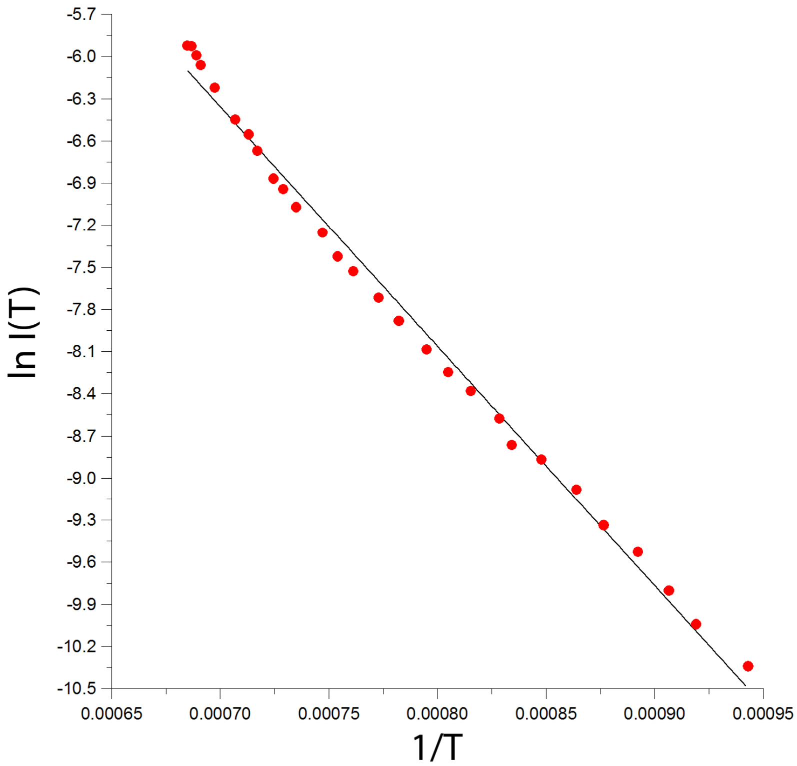
4. ábra. A 470 nm-es szűrővel végzett mérés



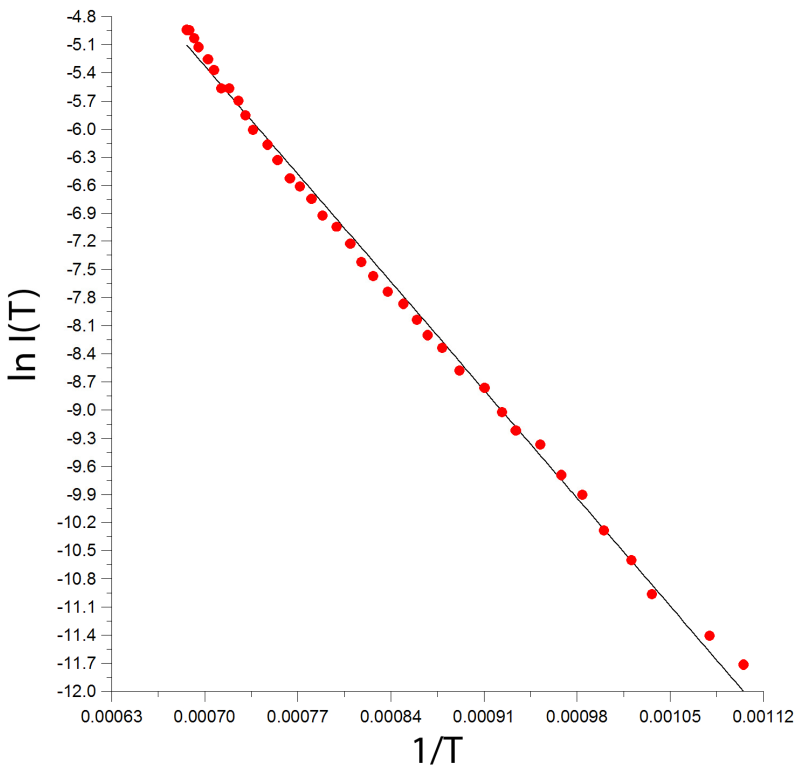
5. ábra. Az 510 nm-es szűrővel végzett mérés



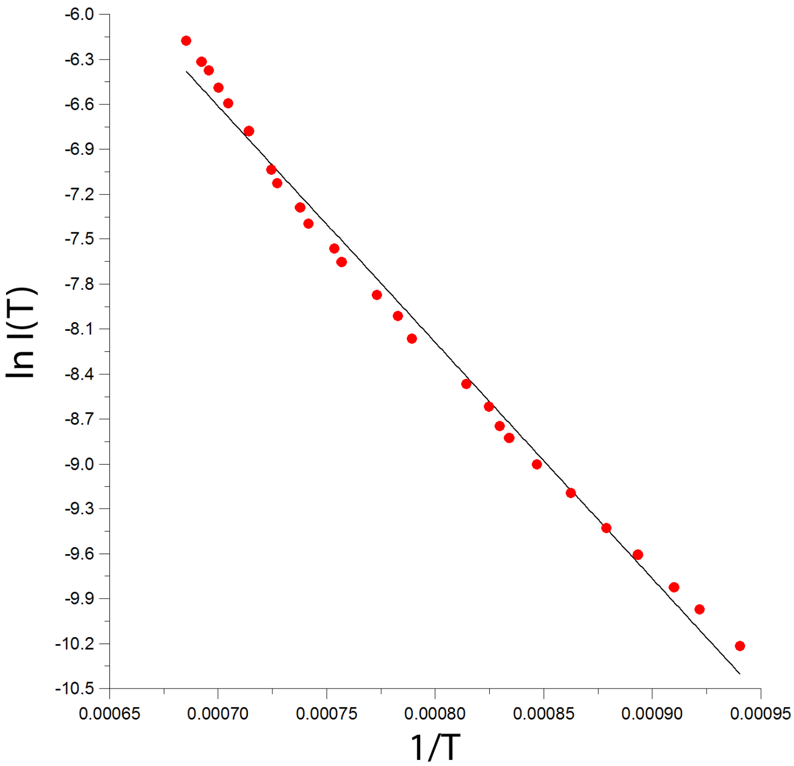
6. ábra. Az 546 nm-es szűrővel végzett mérés



7. ábra. Az 578 nm-es szűrővel végzett mérés



8. ábra. Az 590 nm-es szűrővel végzett mérés



9. ábra. A 630 nm-es szűrővel végzett mérés

A meredekségeket és hibákat összefoglaló táblázat (nyers adatok, a hibák és eredmények nincsenek a hibaszámítás szabályainak megfelelően kerekítve, ez majd csak a végeredménynél lesz így):

λ_0	*m*	*Δm*	*h/k*	*Δh/k*
$4{,}05\times10^{-7}$	15461,2	645,1	$2{,}0887\times10^{-11}$	$8{,}7149\times10^{-13}$
$4{,}36\times10^{-7}$	18876,9	650,2	$2{,}7453\times10^{-11}$	$9{,}4561\times10^{-11}$
$4{,}70\times10^{-7}$	20113,9	471,6	$3{,}1534\times10^{-11}$	$7{,}3935\times10^{-11}$
$5{,}10\times10^{-7}$	18381,5	328,5	$3{,}1270\times10^{-11}$	$5{,}5884\times10^{-11}$
$5{,}46\times10^{-7}$	17170,8	355,5	$3{,}1272\times10^{-11}$	$6{,}4746\times10^{-11}$
$5{,}78\times10^{-7}$	17042,6	277,6	$3{,}2858\times10^{-11}$	$5{,}3521\times10^{-11}$
$5{,}90\times10^{-7}$	16466,0	158,5	$3{,}2406\times10^{-11}$	$3{,}1193\times10^{-11}$
$6{,}30\times10^{-7}$	15768,2	298,2	$3{,}3136\times10^{-11}$	$6{,}2665\times10^{-11}$

Ezen adatokat a legjobban kiugró (1.) érték elhagyása után kiátlagolva a következő eredmény adódik:

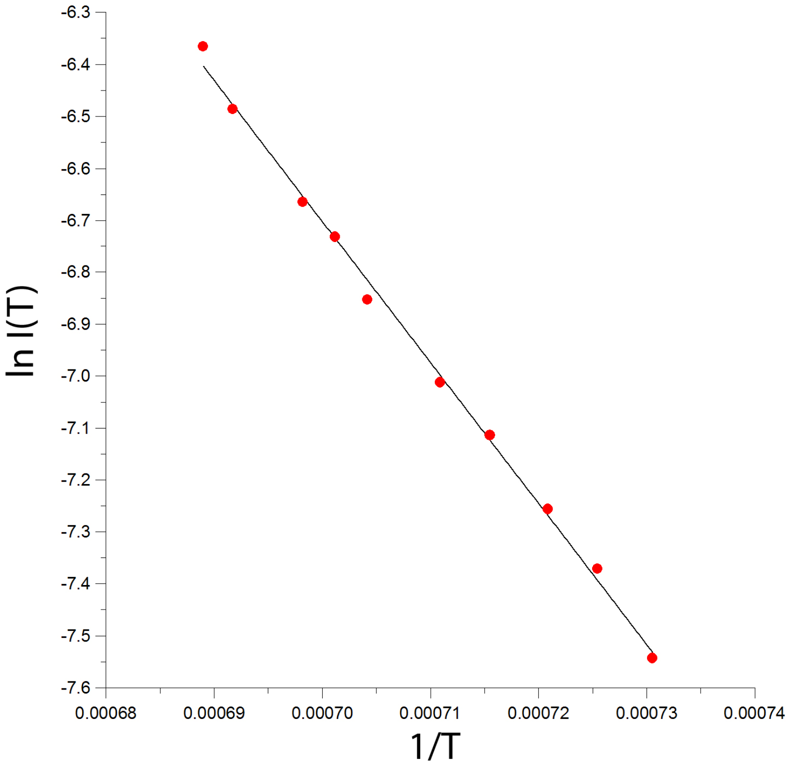
$$\frac{h}{k} = (3{,}14 \pm 0{,}06) \cdot 10^{-11}\,\mathrm{Ks}$$

A Boltzmann-állandó irodalmi értékét ($1{,}380658\times10^{-23}$ J/K) behelyettesítve:

$$\mathbf{h = (4{,}34 \pm 0{,}09) \cdot 10^{-34}\ Js}$$

Ez az eredmény még egy kicsit távol áll az irodalmi értéktől, ezért elvégeztem az illesztéseket a görbék időben legkésőbbi 10 pontjára is, így sokkal pontosabb eredményt kaptam!

Erre az esetre csak az 510 nm-es szűrővel végzett mérés illesztését mutatom meg, az összes többi is hasonló – de így össze lehet hasonlítani az előbbiekben bemutatottakkal; hogy menynyivel jobb jelen esetben a lineáris illesztés.



10. ábra. A 510 nm-es szűrővel végzett mérés utolsó tíz pontja

A meredekségeket és hibákat összefoglaló táblázat (nyers adatok, a hibák és eredmények nincsenek a hibaszámítás szabályainak megfelelően kerekítve, ez majd csak a végeredménynél lesz így):

λ_0	*m*	*Δm*	*h/k*	*Δh/k*
$4{,}05\times10^{-7}$	24925,6	575,7	$3{,}3673\times10^{-11}$	$7{,}7773\times10^{-13}$
$4{,}36\times10^{-7}$	29738,6	636,1	$4{,}3250\times10^{-11}$	$9{,}2511\times10^{-13}$
$4{,}70\times10^{-7}$	26429,5	1204,0	$4{,}1435\times10^{-11}$	$1{,}8876\times10^{-13}$
$5{,}10\times10^{-7}$	27150,4	528,5	$4{,}6188\times10^{-11}$	$8{,}9907\times10^{-13}$
$5{,}46\times10^{-7}$	25868,5	994,3	$4{,}7113\times10^{-11}$	$1{,}8109\times10^{-13}$
$5{,}78\times10^{-7}$	23735,0	396,6	$4{,}5761\times10^{-11}$	$7{,}6464\times10^{-13}$
$5{,}90\times10^{-7}$	21436,9	1025,0	$4{,}2188\times10^{-11}$	$2{,}0172\times10^{-13}$
$6{,}30\times10^{-7}$	21908,4	363,9	$4{,}6039\times10^{-11}$	$7{,}6472\times10^{-13}$

Ezen adatokat a legjobban kiugró (1.) érték elhagyása után kiátlagolva a következő eredmény adódik:

$$\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{k}} = (4{,}5 \pm 0{,}1)\cdot 10^{-11}\,\mathrm{Ks}$$

A Boltzmann-állandó irodalmi értékét ($1{,}380658\times10^{-23}$ J/K) behelyettesítve:

$\underline{h = (6{,}2 \pm 0{,}2)\cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}}$

A hiba ugyan egy nagyságrenddel nagyobb, mint az előző esetben (hisz sokkal kevesebb pontra történt az illesztés), de hibahatáron belül van az irodalmi érték ($6{,}23\cdot10^{-34}$ Js)!