

19/b

7. h/k MEGHATÁROZÁSA

(A mérés elméletét l. a hőmérsékleti sugárzás vizsgálata c. mérésnél)

A megelőző mérésben a Planck-állandó értékét a Stefan-Boltzmann-törvény alapján, egy "fekete test" összes sugárzásának vizsgálata útján határoztuk meg. Jelen mérésünkben ugyancsak a Planck-állandó meghatározása a cél: ezt a célt azonban más úton, a spektrális emisszióképesség vizsgálatával fogjuk elérni. A mérés elve a következő. Legyen egy sugárzóból és egy intenzitásmérésre alkalmas sugárzásdetektorból álló rendszerünk. Válasszuk ki alkalmas módon az összes sugárzásból monokromatikus λ_0 hullámhosszúságu sugárzást és vizsgáljuk meg, hogy a sugárzó hőmérsékletének különböző értékei mellett mekkora a sugárzás intenzitása. Mint ismeretes, a spektrális eloszlás

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

illetve

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

ha a hullámhossz elég kicsiny ahhoz, hogy a $\frac{hc}{k \lambda T} \gg 1$ feltétel teljesüljön.

Válasszuk meg λ_0 értékét a fenti feltételnek megfelelően és vizsgáljuk a sugárzásdetektor által mutatott intenzitást a sugárzó hőmérsékletének függvényében. Az intenzitás arányos $\mathcal{E}(\lambda, T)$ -val, így

$$I(T) = a \mathcal{E}(\lambda_0, T) = a \frac{2 hc^2}{\lambda_0^5} e^{-\frac{hc}{k \lambda_0 T}}$$

Logaritmálva az egyenletet, kis átalakítások után a következő egyenletet nyerjük:

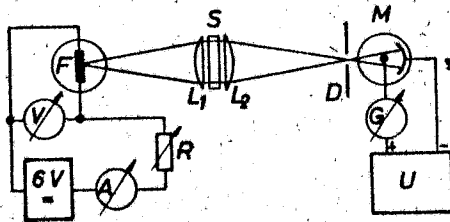
$$\ln I(T) = \ln \frac{2 ahc^2}{\lambda_0^5} - \frac{hc}{k\lambda_0 T}$$

azaz

$$\ln I(T) = - \frac{h}{k} \cdot \frac{c}{\lambda_0} \cdot \frac{1}{T} + \text{konstans}$$

Ha tehát $\ln I(T)$ -t ábrázoljuk $\frac{1}{T}$ függvényében, egyenest kapunk, melynek iránytangense $\frac{h}{k} \cdot \frac{c}{\lambda_0}$. Így az egyenes iránytangenséből c és λ_0 ismeretében $\frac{h}{k}$ meghatározható.

A mérőberendezés felépítése a 6-1. ábrán látható.



6-1. ábra

A F sugárforrás akkumulátorról táplált wolframszalaglampa, melynek fényét a L_1, L_2 lencserendszer vetíti a D diafragma mögött elhelyezett M fotoelektronszorzó fotokatódjára. A sugárzás monokromatizálásáról a kollimátorként alkalmazott L_1 és az L_2 lencsék közé helyezett S interferenciaszűrő gondoskodik.

Az egész berendezés optikai padra van erősítve. A sugárforrásul szolgáló lámpa áramát és a rajta eső feszültséget az A ampermérő és a V voltmérő méri. A lámpa árama a R változtatható ellenállással szabályozható. A lámpa wolframszalag izzótestének hőmérsékletét az általa felvett teljesítményből határozzuk meg, a lámpához mellékelt grafikon alapján. A sugárdetektorként használt fotoelektronszorzó áramát a G galvanométer méri; a feszültségellátásról az U tápegység gondoskodik.

A mérés leírása előtt röviden beszélnünk kell a sugárforrásról. Természetesen, a fentebbi formulák fekete test sugárzására vonatkoznak. A lámpának wolframszála azonban nem fekete test; abszorpcióképessége a $(\lambda, T) < 1$. A wolfram közel szürke sugárzó; ez azt jelenti, hogy a rá vonatkozó a (λ, T) függvény az általunk vizsgált tartományban csaknem konstans, pontosabban

nem változik 4-5 százaléknál többet. Így a wolframszálat használhatjuk sugárzóként, hiszen ez a tény a sugárzási formulában csak egy járulékos konstans együtthatót jelent, ami a h/k -t meghatározó képletből kiesik. Az abszorpcióképesség néhány százalékos változásából eredő hiba mérési hibákon belül esik; pontosabb méréseknél természetesen figyelembe kellene venni.

A mérést a következő módon hajtjuk végre. Először csak a fényforrást és a lencsetartót szereljük fel az optikai padra, majd összeállítva a lámpa áramkörét, azt bekapcsoljuk, majd az izzószálat az L_1 lencse fókuszsikjába helyezzük. Ezt a legegyszerűbben úgy hajthatjuk végre, hogy valahol, minél távolabb, például a laboratórium legtávolabbi falán előállítjuk az izzószál képét. Így kollimáltuk a fényforrás sugárnyalábját. A kollimációra azért van szükség, mert interferenciaszűrőt alkalmazunk a fény monokromatizálására; az interferenciaszűrőhöz megadott átteresztési hullámhossz pedig csak merőleges áthatolás esetén érvényes. (Az interferenciaszűrő lényegében két réligáteresztő tükör közé foglalt dielektrikumrétegből áll; a dielektrikumréteg vastagsága szabja meg az átteresztési hullámhosszt. Ferde beesés esetén a fény a dielektrikumban hosszabb utat tesz meg, így megváltozik az átteresztési hullámhossz is.) A kollimálás elvégzése után már ne változtassuk meg az F sugárforrás és az L_1 lencse relatív helyzetét.

A következő lépésben az izzószál képét a fotoelektronsokszorozó előtti D diafragmára képezzük le. Beletesszük a lencsetartóba a színszűrőt és a L_2 lencsét is, és a fotoelektronsokszorozó mozgásával megkeressük az izzószál képét a diafragmán. Ezután a sugárforrást a tengelye körül forgatva és a lencserendszer magassági helyzetét változtatva az izzószál képének közepét a diafragma nyílására ejtjük. Ezután az 1. ábra szerint összekapcsoljuk a fotoelektronsokszorozót a tápegységgel és a galvanométerrel. Ezzel a mérést előkészítettük.

A mérés során a relatív sugárzási intenzitást mérjük a sugárzó abszolút hőmérsékletének függvényében. A hőmérséklet meghatározása - mint már fentebb említettük - a lámpára eső teljesítmény alapján, grafikonból történik. A wolframszalag-lámpa használatánál okvetlenül tartsuk be a méréshez mellékelt utasításban foglaltakat!

Az intenzitásmérésnél vegyük tekintetbe, hogy a fotoelektronsokszorozónak egyrészt sötét árama is van, másrészt a fotokatódra egy kevés szórt fény is eshet. Ezért minden egyes mérés alkalmával takarjuk el a lencse felületét és az ilyen állapotban mutatkozó kitéréssel korrigáljuk a galvanométer-leolvasást.

Fontos figyelmeztetés! A fotoelektronsokszorozóra semmi körülmények között ne kapcsoljunk 600 V-nál nagyobb feszültséget! Ügyeljünk arra is, hogy árama ne lépje túl a $5-6 \mu$ A-t. $5-6 \mu$ A anódáram felett a fotoelektronsokszorozó már nem lineáris, másrészt túl nagy feszültség alkalmazása esetén tönkremegy. (Ára kb. 2.000.- Ft.)

Mérési feladatok

1. Mérjük meg legalább 20 pontban az $I(T)$ függvényt és ábrázoljuk. Az egyes pontokat legalább 3 ízben mérjük.
2. Ábrázoljuk a $\ln I - t \frac{1}{T}$ függvényében és a kapott egyenes iránytangensétől határozzuk meg $\frac{h}{k} - t$, és annak hibáját. Az egyenes iránytangensének hibáját a legkisebb négyzetek módszerével határozzuk meg.
3. h/k -ből számítsuk ki h értékét és annak hibáját.