

KISS LÁSZLÓ

A BOLTZMANN-FÉLE ÁLLANDÓ MEGHATÁROZÁSA A STEFAN-BOLTZMANN TÖRVÉNY
SEGÍTSÉGÉVEL

ABSTRACT: *At physical laboratories students of physics usually determine the values of physical constants. In this paper we expound a method worked out for measuring Boltzmann's constant. The application of this method wants optical (measurement of the dimensions of little objects), electrical (measurement of resistance) and atomic physical knowledge (the laws of the radiation of black objects).*

Kirchhoff-törvénye szerint bármely hőmérsékleti sugárzó emisszió- és abszorpcióképesség függvényének hányadosa az abszolút fekete test emisszióképesség függvényével egyenlő:

$$\frac{p(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = P(\lambda, T).$$

Az összefüggés integrális mennyiségekre is fennáll:

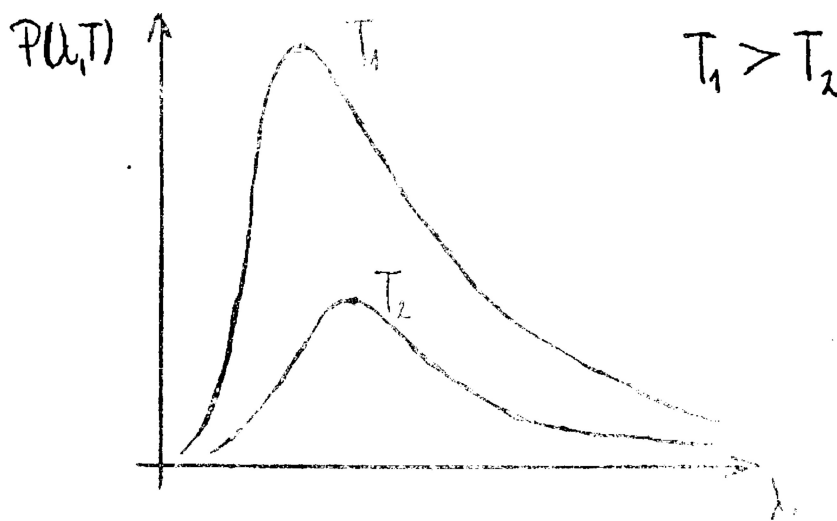
$$\frac{p(T)}{a(T)} = P(T).$$

Az abszolút fekete test összemisszióképessége a Stefan-Boltzmann törvény [2] szerint:

$$P(T) = \sigma T^4,$$

vagyis a sugárzó összes sugárzási teljesítménye az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával arányos.

A $P(\lambda, T)$ értékét λ függvényében grafikonon ábrázolva beláthatjuk, hogy az összes sugárzási teljesítmény a $P(\lambda, T)$ függvény alatti területtel arányos. (1. ábra)



1. ábra

Az emisszióképesség meghatározását, valamint a Kirchhoff és a Stefan-Boltzmann törvényt felhasználva azt kapjuk, hogy az f felületű, az a abszorpcióképességű szürke sugárzó összes sugárzási teljesítménye:

$$P(T) = a f \sigma T^4$$

A képletben szereplő σ arányossági tényezőt Stefan-Boltzmann állandónak nevezzük.

Irodalmi értéke $(5,669\,7 \pm 0,002\,9) \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$. [5]

A Stefan-Boltzmann állandó fizikai állandók segítségével kifejezhető:

$$\sigma = \frac{2 \pi^5 k^4}{15 h^3 c^2} . \quad [1]$$

A formulában k a Boltzmann-állandó, c a fény vákuumbeli terjedési sebessége, h pedig a Planck-állandó. Az összefüggésből k értéke meghatározható:

$$k = \sqrt[4]{\frac{15 h^3 c^2 \sigma}{2 \pi^5}}$$

A Stefan-Boltzmann állandó meghatározására wolframszálas izzólámpát használunk.

Az izzólámpába betáplált elektromos teljesítmény:

$$P_0 = I^2 R(T).$$

Az izzólámpa energiavesztesége hővezetés és hőmérsékleti sugárzás következménye, vagyis:

$$P_v = \alpha(T-T_0) + f a \sigma (T^4 - T_0^4).$$

(α a sugárforrásra jellemző állandó, T az izzószál hőmérséklete, T_0 pedig a környezet hőmérséklete.)

Egyensúlyi állapotban:

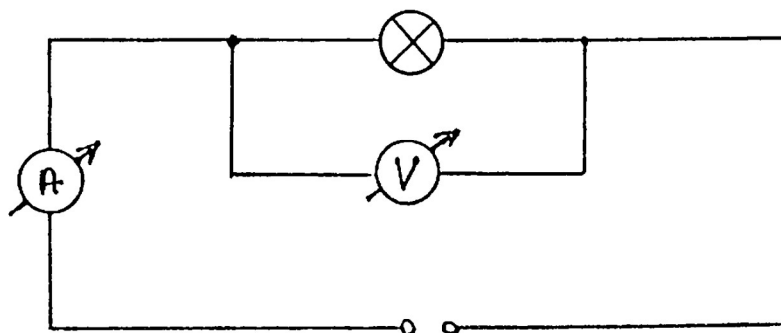
$$I^2 R(T) = \alpha(T-T_0) + f a \sigma (T^4 - T_0^4).$$

Magas hőmérsékleten ($T > 700$ K) a hővezetés a hősugárzáshoz viszonyítva elhanyagolható. [2] Így:

$$I^2 R(T) = f a \sigma (T^4 - T_0^4).$$

A gyakorlat során az izzólámpa szálának méreteit mikroszkóp segítségével határozzuk meg [3], majd a sugárzó felületét kiszámítjuk.

A szál elektromos ellenállását szobahőmérsékleten (T_0) [4] Wheatstone-hidban mérjük meg. Magasabb hőmérsékleten $R(T)$ -t Ohm-törvénye felhasználásával, az alábbi kapcsolást megvalósítva:



2. ábra

Az izzólámpán átfolyó áram erősségét és a feszültségesést mérve az izzószál T hőmérséklete a következő összefüggésből határozható meg:

$$R(T) = R(T_0)[1 + \beta(T - T_0)]. \quad [4]$$

A mért, illetve számított I , $R(T)$, T és f mennyiségek ismeretében σ értéke meghatározható.

A gyakorlatunkon használt izzó:

TUNGSRAM gyártmányú, A 017-84 típusú. (12 V 45 40 W)

A szál temperatura koefficiense: $\beta = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

A sugárzó felület nagysága: $3,88 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$.

Abszorpcióképessége: 0,42.

IRODALOM

- [1] Kohlrausch, F.: Praktische Physik I.
B.G.Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 1950
- [2] Budó Á.-Mátrai T.: Kisérleti Fizika III.
Tankönyvkiadó, 1977. Budapest
- [3] Fizikai Praktikum (Szerk.: Patkó György)
Tankönyvkiadó, 1986. Budapest
- [4] Budó Á.: Kisérleti Fizika II.
Tankönyvkiadó, 1978. Budapest
- [5] Csengeri P.P.: SI Mennyiségek, mértékegységek, számok
Műszaki Könyvkiadó, 1981. Budapest