

A hőmérsékleti sugárzás vizsgálata

A mérés célja:

- a hőmérsékleti sugárzás legfontosabb tulajdonságainak és törvényeinek megismerése.

Ennek érdekében:

- összefoglaljuk a hőmérsékleti sugárzásra vonatkozó ismereteket,
- kimérjük egy pontszerű forrás sugárzási intenzitásának távolságfüggését,
- meghatározzuk a fekete test sugárzási intenzitásának hőmérsékletfüggését (Stefan-Boltzmann törvény),
- megvizsgáljuk különböző anyagok abszorpció- és emisszióképességét.

1. Elméleti összefoglaló

A tapasztalat szerint két különböző hőmérsékletű test között akkor is végbemegy energiaátadás, ha a hővezetés és a konvektív hőcsere gyakorlatilag elhanyagolható. Az energia ilyenkor *elektromágneses sugárzás* révén jut át az egyik testről a másikra. Ezt az anyagoknak két alapvető tulajdonsága teszi lehetővé: egyrészt az anyagok külső behatás nélkül - a bennük atomi, molekuláris szinten lezajló mozgások következtében - szünet nélkül, és minden hőmérsékleten elektromágneses sugárzást bocsátanak ki, másrészt az anyagok a rájuk eső elektromágneses sugárzásnak egy részét (és az általa szállított energiát) a sugárzás útjába eső *B* test elnyeli, de ugyanígy, a *B* test által kibocsátott sugárzás (energia) egy részét az *A* test nyeli el: szakkifejezéssel élve, az *A* és *B* test *sugárzási kölcsönhatásban* áll egymással. A tapasztalat azt mutatja, hogy az energiacsere eredményeképpen végül is a melegebb testről a hidegebbre megy át energia, tehát a melegebb test hűlni fog, a hidegebb pedig melegedni. Azt azonban, hogy ez a folyamat részleteiben hogyan zajlik le, tehát például adott idő alatt mennyi az átadott energia, csak a sugárzás kibocsátásának illetve elnyelésének részletes tanulmányozásával tudhatjuk meg.

1.1 A hőmérsékleti sugárzás és a jellemzésére szolgáló mennyiségek

A testek által külső behatás nélkül kibocsátott elektromágneses sugárzás intenzitását a tapasztalat szerint alapvetően a test hőmérséklete határozza meg, és az intenzitás a test hőmérsékletétől igen erősen függ. A hőmérsékleti sugárzás során létrejött elektromágneses hullámokban különböző hullámhosszú összetevők terjednek. A kibocsátott energiának a különböző hullámhosszú összetevők közötti eloszlása - a *sugárzás spektrális eloszlása* - szintén függ a test hőmérsékletétől. Ezek a tények indokolják azt, hogy az ilyen sugárzást *hőmérsékleti sugárzásnak* nevezik. A sugárzás kibocsátásának és elnyelésének vizsgálatánál fontos szerepet játszik néhány alapvető fogalom és mennyiség, ezért először ezekkel foglalkozunk.

Egy test által sugárzás útján kibocsátott energiát az *emisszió képességgel* jellemezzük. Ha a *T* hőmérsékletű test egy ΔA nagyságú felületéről Δt idő alatt egy λ és $\lambda +$

$\Delta\lambda$ közé eső hullámhossztartományban ΔE energiát sugároz ki, akkor az adott hullámhosszra és hőmérsékletre vonatkozó *emisszió képessége*:

$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{\Delta E}{\Delta A \Delta t \Delta \lambda}. \quad (1)$$

Ha a kibocsátott energia hullámhossz szerinti (spektrális) eloszlása nem fontos számunkra, akkor a teljes spektrumban kibocsátott, ún. *integrált emisszió képességet* használhatjuk, amely

$$E(T) = \int_0^{\infty} \varepsilon(\lambda, T) d\lambda. \quad (2)$$

Megjegyezzük, hogy az integrált emisszió képesség értelmezhető a spektrum egyes részeire (pl. infravörös, látható, stb.) is, ilyenkor az integrálás a megfelelő hullámhossztartományra terjed ki.

A már kibocsátott, térben terjedő sugárzás energetikai jellemzésére az energia-áramsűrűséget használjuk. Ez természetesen szintén hullámhosszfüggő mennyiség. Ha a sugárzásban egy λ és $\lambda + \Delta\lambda$ közé eső hullámhossztartományban a sugárzás haladási irányára merőleges ΔA nagyságú felületen Δt idő alatt egy $\Delta E(\lambda)$ energia halad át, akkor az adott hullámhosszra vonatkozó energia-áramsűrűség

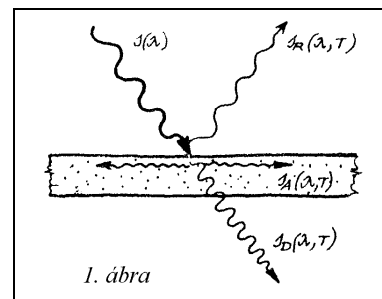
$$I(\lambda) = \frac{\Delta E(\lambda)}{\Delta A \Delta t \Delta \lambda}. \quad (3)$$

Ezt a mennyiséget a λ *hullámhosszú sugárzás intenzitásának* nevezzük. Ha a sugárzásban terjedő összes energiát akarjuk jellemezni, akkor a különböző hullámhosszakra vonatkozó intenzitások összegzésével kapható *teljes intenzitást* kell megadnunk:

$$I_{\text{öss}} = \int_0^{\infty} I(\lambda) d\lambda. \quad (4)$$

Az integrált emisszió képességhez hasonlóan, a sugárzási intenzitás is definiálható meghatározott hullámhossztartományra.

Ha egy testet sugárzás ér, akkor a testtel való kölcsönhatás következtében a sugárzás (és a szállított energia) több részre bomlik



1. ábra

(1. ábra). A sugárzás egy része *abszorbeálódik* (elnyelődik) a testben. Az intenzitás abszorbeált részének jellemzésére az $I_A(\lambda, T)$ szimbólumot használjuk. A sugárzás másik része a test felületéről *reflektálódik* (visszaverődik): $I_R(\lambda, T)$, a sugárzás fennmaradó részét pedig a test *átereszti*: $I_D(\lambda, T)$. A fenti szimbólumokban λ a testet érő sugárzás hullámhossza, T pedig a sugárzásnak kitett test hőmérséklete, a tapasztalat szerint ugyanis egy test elnyelési-, visszaverési- és áteresztési tulajdonságai általában függnek ezektől a mennyiségektől.

A sugárzásnak a test által elnyelt hányadát, vagyis az

$$a(\lambda, T) = \frac{I_A(\lambda, T)}{I(\lambda)} \quad (5)$$

hányadost a T hőmérsékletű test λ hullámhosszú sugárzásra vonatkozó *abszorpció képességének* nevezik.

Hasonló módon definiálható a T hőmérsékletű test λ hullámhosszú sugárzásra vonatkozó *reflexió képessége*

$$r(\lambda, T) = \frac{I_R(\lambda, T)}{I(\lambda)}, \quad (6)$$

és *áteresztő képessége*

$$d(\lambda, T) = \frac{I_D(\lambda, T)}{I(\lambda)}. \quad (7)$$

Ha a testnek csak az összes beérkező sugárzással kapcsolatos viselkedése érdekel bennünket, akkor a fenti hullámhossztól függő (spektrális) jellemzők helyett integrált jellemzőket használunk. A test *integrált abszorpció képessége* ennek megfelelően

$$a(T) = \frac{\int_0^{\infty} I_A(\lambda, T) d\lambda}{\int_0^{\infty} I(\lambda) d\lambda} = \frac{I_A(T)}{I}. \quad (8)$$

Hasonlóan kapható az *integrált reflexió képesség*

$$r(T) = \frac{\int_0^{\infty} I_R(\lambda, T) d\lambda}{\int_0^{\infty} I(\lambda) d\lambda} = \frac{I_R(T)}{I} \quad (9)$$

és az *integrált áteresztő képesség*

$$d(T) = \frac{\int_0^{\infty} I_D(\lambda, T) d\lambda}{\int_0^{\infty} I(\lambda) d\lambda} = \frac{I_D(T)}{I}. \quad (10)$$

A fenti jellemzőket - az integrált emisszió képességhez és a sugárzás intenzitásához hasonlóan - szintén lehet definiálni egy véges hullámhossztartományra is. Az energiamegmaradás tételéből következik, hogy a fenti jellemzőkre fennállnak az alábbi összefüggések:

$$a(\lambda, T) + r(\lambda, T) + d(\lambda, T) = 1, \quad \text{ill.} \quad (11)$$

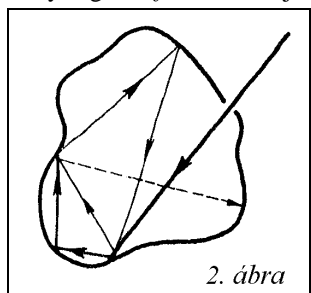
$$a(T) + r(T) + d(T) = 1.$$

A testek sugárzási tulajdonságainak vizsgálatánál igen fontos szerepet játszik az a speciális test, amely a hőmérsékletétől- és a ráeső sugárzás spektrális eloszlásától függetlenül az összes ráeső sugárzást elnyeli. Az ilyen testet *abszolút fekete testnek*, vagy rövidebben *fekete testnek* nevezzük, és definíciójának megfelelően, abszorpció képességére (a_f) fennáll, hogy

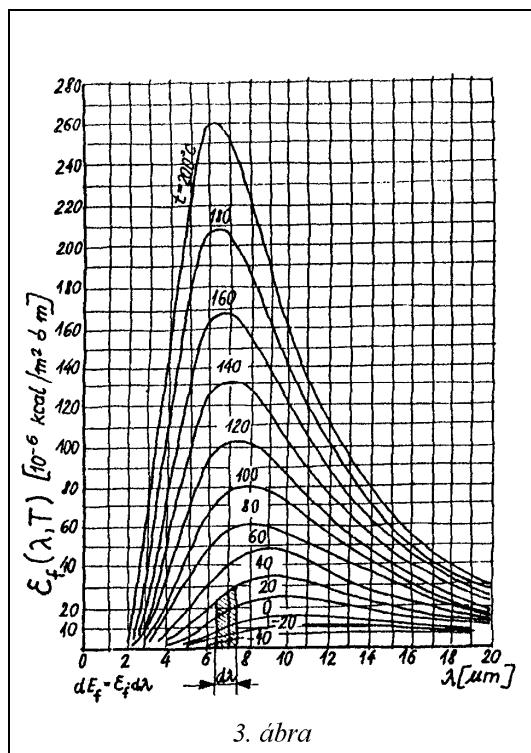
$$a_f(\lambda, T) = a_f(T) = a_f = 1. \quad (12)$$

(A fekete testre vonatkozó mennyiségeket f indexszel jelöljük.)

Jó közelítéssel fekete testnek tekinthető egy üreges test falán lévő kis nyílás (2. ábra), mivel a nyíláson bejutó sugárzásnak az üregből való kijövelele igen kis valószínűsége a nyílás kis mérete miatt. A fekete test jelentős szerepet



2. ábra



3. ábra

játszik a sugárzások tanulmányozásánál, mivel a rá vonatkozó törvények elméletileg levezethetőek, és a nem fekete testek esetén is hasznosíthatók.

1.2 A fekete test sugárzása

A fekete test által kisugárzott energia elméleti úton meghatározható. Az emisszióképesség hullámhossztól és a test hőmérsékletétől való függésére a kísérleti eredményekkel egyező összefüggést Max Planck vezette le itt nem részletezett megfontolások alapján (ekkor vezette be a foton fogalmát). Az összefüggés egyik gyakran használt alakja a következő:

$$\varepsilon_f(\lambda, T) = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1}. \quad (13)$$

Ez a *Planck-féle sugárzási törvény* (c_1 és c_2 állandók). Az emisszióképesség hullámhossz-függése néhány hőmérsékleten a 3. ábrán látható. Adott hőmérsékleten a fekete test emisszióképessége maximumot mutat. A maximumnak megfelelő hullámhossz növekvő hőmérséklettel csökken.

Az ábrán feltüntetett $\varepsilon_f(\lambda, T)$ mennyiség a fekete test által az egységnyi hullámhossz intervallumban (egységnyi felületről) kisugárzott teljesítményt adja meg. Ennek megfelelően a $d\lambda$ intervallumhoz tartozó teljesítmény

$$dE_f = \varepsilon_f(\lambda, T) d\lambda = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1} d\lambda. \quad (14)$$

Können belátható, hogy ennek számértékét az ábrán a bevonalkázott terület adja meg. A T hőmérsékletű fekete test egységnyi felületéről a teljes spektrumban kisugárzott teljesítmény (14) integrálásával kapható meg:

$$E_f(T) = \int_0^{\infty} \frac{c_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1} d\lambda. \quad (15)$$

Az integrálás eredménye a következő:

$$E_f(T) = \sigma T^4. \quad (16)$$

Ez a *Stefan-Boltzmann törvény*, mely szerint a T hőmérsékletű fekete test egységnyi felülete által egységnyi idő alatt kisugárzott teljes energia arányos a test hőmérsékletének negyedik hatványával. A törvényben szereplő σ állandó értéke $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$.

A Stefan-Boltzmann törvény a fekete test által minden irányban kisugárzott összteljesítményt adja meg. A tapasztalat szerint azonban egy felületről ugyanolyan térszögbe kisugárzott energia függ a felülethez viszonyított iránytól. A sugárzás intenzitásának irányfüggését fekete test esetén a Lambert-törvény adja meg, amely szerint egységnyi felület által a felület \mathbf{n} normálisával φ szöget bezáró irányban a $d\Omega$ térszögben egységnyi idő alatt kisugárzott energia (4. ábra):

$$dE_\varphi(T) = \frac{\sigma}{\pi} T^4 d\Omega \cos \varphi. \quad (17)$$

1.3 A nem fekete testek sugárzása

A fekete test sugárzására érvényes törvényszerűségeknek a valódi (nem fekete) testekre való alkalmazásánál igen fontos szerepet játszik az emisszió- és abszorpció képességek között fennálló alábbi tapasztalati törvény.

Különböző testek $\varepsilon_1(\lambda, T)$, $\varepsilon_2(\lambda, T)$, emisszióképességét és $a_1(\lambda, T)$, $a_2(\lambda, T)$, ... abszorpcióképességét megmérve, azt találjuk, hogy

$$\frac{\varepsilon_1(\lambda, T)}{a_1(\lambda, T)} = \frac{\varepsilon_2(\lambda, T)}{a_2(\lambda, T)} = \dots = \text{const.} \quad (18)$$

Ez a hőmérsékleti sugárzásra vonatkozó *Kirchhoff-törvény*.

Mivel ez a törvény a fekete testre is érvényes, melyre $a_f = 1$, bármely test emisszió- és abszorpció képességére teljesül, hogy

$$\frac{\varepsilon(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = \varepsilon_f(\lambda, T). \quad (19)$$

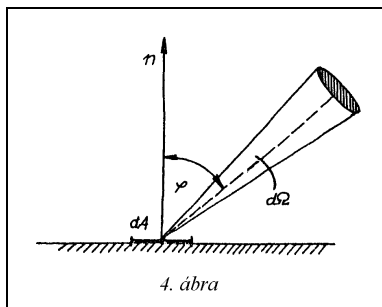
Vagyis a fekete test emisszió képességének ismeretében bármely test emisszió képessége kiszámítható, ha ismerjük annak abszorpció képességét is:

$$\varepsilon(\lambda, T) = a(\lambda, T) \varepsilon_f(\lambda, T). \quad (20)$$

Egy test hőmérsékleti sugárzásának jellemzésére gyakran használják a test ún. *relatív emissziós tényezőjét* (dimenzió nélküli, egynél nem nagyobb szám), vagy más néven *feketeségi fokát*, ami azt adja meg, hogy adott hőmérsékleten és hullámhosszon hogyan aránylik a test által kibocsátott teljesítmény a fekete test teljesítményéhez:

$$e(\lambda, T) = \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\varepsilon_f(\lambda, T)}. \quad (21)$$

A (19) és (21) egyenletek összevetéséből kiderül, hogy a test $a(\lambda, T)$ abszorpció képessége megegyezik az $e(\lambda, T)$ relatív emissziós tényezővel:



4. ábra

$$e(\lambda, T) = a(\lambda, T). \quad (22)$$

Az integrált emisszió képességet a (20) egyenlet integrálásával kapjuk meg:

$$E(T) = \int_0^\infty \varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \int_0^\infty a(\lambda, T) \varepsilon_f(\lambda, T) d\lambda. \quad (23)$$

Kiszámításához ismerni kell az $a(\lambda, T)$ függvényt, ami a feladatot eléggé megnehezíti. Szerencsére nem túl magas hőmérsékletű testek sugárzása esetén a legtöbb esetben a feladat egyszerűsíthető, mert a relatív emissziós tényező gyakorlatilag nem függ a hullámhossztól, azaz $e(\lambda, T) = e(T)$. Azokat a testeket, amelyekre ez az összefüggés fennáll, *szürke testeknek* nevezik. Tovább egyszerűsíti a helyzetet, hogy az általunk vizsgált hőmérsékleteken a szürke testek relatív emissziós tényezője gyakorlatilag független a hőmérséklettől, így $e(\lambda, T) = e(T) \approx e$. Ez a (20) egyenlet értelmében egyben azt is jelenti, hogy alacsony hőmérsékletű szürke testek esetén az abszorpció képességre is igaz mindaz, ami a relatív emissziós tényezőre, és érvényes az

$$a = e \quad (24)$$

összefüggés is.

A (23) és (24) összefüggés felhasználásával a test integrált emisszió képessége:

$$E(T) = a \int_0^\infty \varepsilon_f(\lambda, T) d\lambda = a E_f(T) = e E_f(T). \quad (25)$$

Behelyettesítve ide a fekete test ismert integrált emisszió képességét [Stefan-Boltzmann-törvény; (16) egyenlet], azt kapjuk, hogy

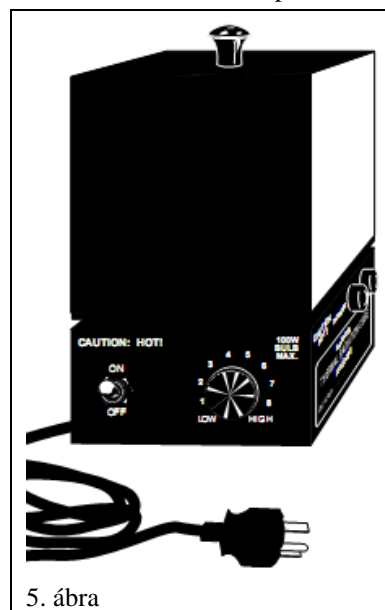
$$E(T) = e \sigma T^4. \quad (26)$$

Alacsony hőmérsékletű szürke test integrált emisszió képessége tehát csak egy konstans szorzóban különbözik a fekete testétől.

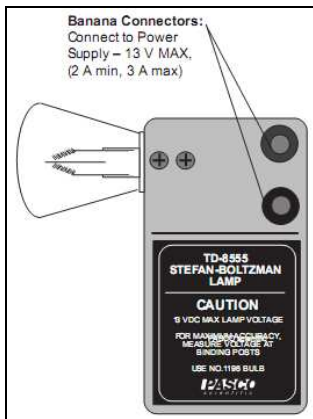
2. A kísérlet során alkalmazott eszközök.

2.1 A sugárforrások

Az alacsony hőmérsékletű sugárforrás egy alumínium kocka, négy különböző minőségű felülettel (feketere festett, matt alumínium, fehérre festett és polírozott alumínium), melynek hőmérséklete a szobahőmérséklettől kb. 120°C - ig változtatható (5. ábra). A kocka belsejében egy 100 W -os izzólámpa helyezkedik el, melynek teljesítményét egy forgatógomb segítségével változtatni tudjuk. A kocka hőmérsékletét egy beépített termisztor méri. A termisztor ellenállás hőmérséklet függését az 2. táblázat tartalmazza (ld. Függelék).



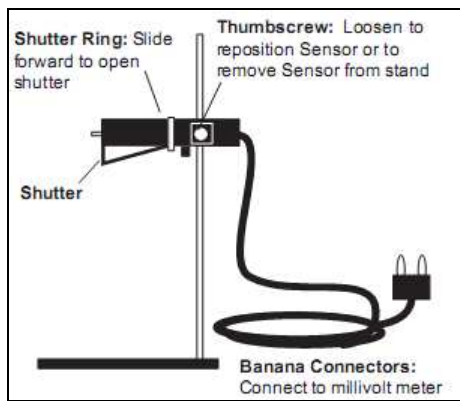
5. ábra



6. ábra

A sugárzó hőmérsékletét az 1. grafikon vagy a 1. táblázat segítségével határozhatjuk meg (ld. Függelék). Ehhez mérjük meg az izzó ellenállását szobahőmérsékleten és az aktuális hőmérsékleten!

2.2 A sugárzásérzékelő



7. ábra

A sugárzás érzékelésére egy termoelem szolgál, amelynek feszültsége arányos a rá érkező sugárzás intenzitásával (7. ábra). Spektrális érzékenysége egyenletes az infravörös tartományban (0,5 - 40 μm), és feszültsége néhány μV és 100 mV között változik.

A termoelemet fényzár védi; melyet csak a mérés idejére, lehetőleg rövid időre szabad kinyitni. Ez akadályozza meg a termoelem referenciapontjának hőmérsékletváltozását. Az érzékelő habszivacs lapkával is árnyékolható. Az érzékelő optimális helyzete egy állvány segítségével állítható be.

A magas hőmérsékletű sugárzó és a sugárzásérzékelő egy fából készült tartószerkezeten helyezkedik el. Az érzékelőt egy erre a célra készített hasábról lehet pontosan az izzólámpával szembe beállítani. Az érzékelő helyzete állandó, az izzót egy horonyban tolva lehet különböző távolságokra állítani.

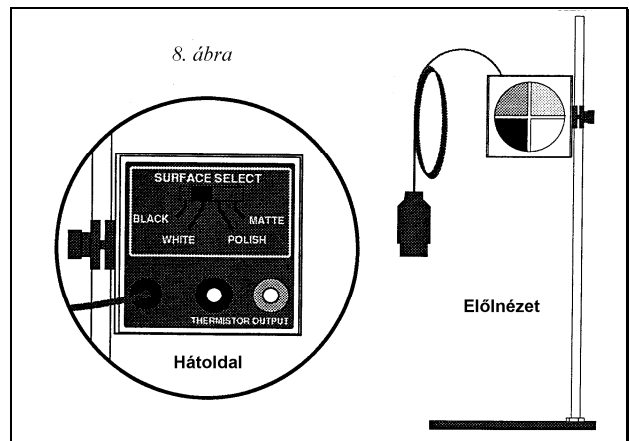
2.3 Az abszorpciómérő

Az abszorpciómérő négy különböző felületű részel rendelkezik: feketére festett, matt alumínium, fehérre festett és polírozott alumínium (8. ábra). A felületek hőmérsékletét egy - egy beépített termisztor méri. (A termisztor karakterisztikáját az 2. táblázat adja meg.) A vizsgálandó felületek termikusan jól szigeteltek, így a hőmérsékletük változását elsősorban a hőmérsékleti sugárzásból elnyelt energia határozza meg. A szerkezet hátoldalán levő toló-

Figyelem: mérés közben a kocka felülete forró lehet, érintésétől tartózkodjunk!

B. A magas hőmérsékletű sugárzó egy izzólámpa - az ún. "Stefan - Boltzmann izzó" (6. ábra) amelynek hőmérséklete a rákapcsolt feszültség segítségével változtatható.

Figyelem: az izzóra maximum 12 V feszültséget kapcsoljon!



kapcsolóval lehet a kiválasztott szegmens termisztorát a kimeneti csatlakozókra kapcsolni.

Figyelem: az abszorpciómérőt ne melegítse 60 °C fölé!

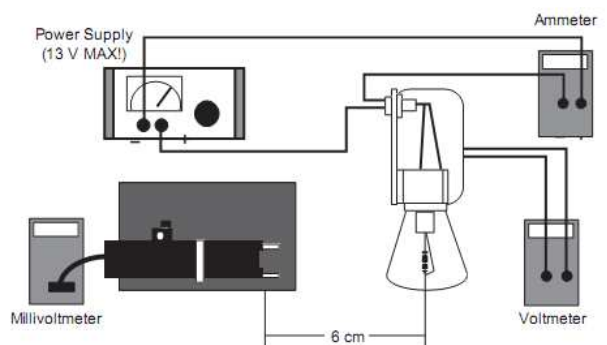
Mérési feladatok:

1. Mérje meg szobahőmérsékleten a "Stefan - Boltzmann izzó" és az alacsony hőmérsékletű sugárforrás érzékelő termisztorának "hideg" ellenállását! (Ezekre az adatokra később szüksége lesz.) Használják a négyponos ellenállásmérőt!

2. Ellenőrizze a Stefan - Boltzmann törvényt magas hőmérsékletű sugárforrás esetén!

Mérőeszközök: Stefan - Boltzmann izzó, tápegység (Ohmeg ST 255, 25V, 5A), 3 db multiméter, sugárzás detektor állványval, fa tartószerkezet.

A. Állítsa össze a 9. ábra szerinti mérési elrendezést. Az érzékelő és sugárforrás közötti távolság legyen 6 cm. Az izzó üzemi hőmérsékletét az átfolyó áram és a rajta eső feszültségből számított üzemi ellenállás valamint a volfram ellenállásának hőmérsékletfüggéséből számítjuk ki.



9. ábra

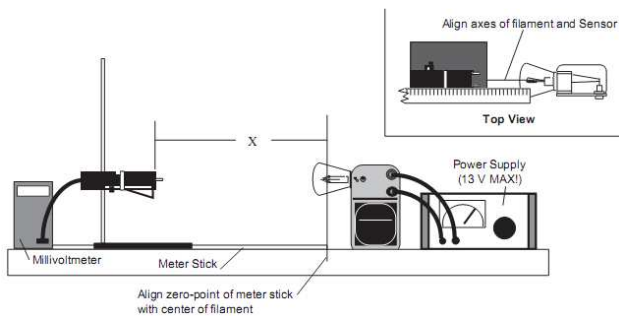
B. Kapcsolja be a lámpa tápegységét, majd a feszültséget fokozatosan 1V-os lépésekben emelje 12 V-ig. Mérje meg az izzón átfolyó áramot és a rajta eső feszültséget, valamint a sugárzásdetektor feszültségét! Ohm törvénye alapján számítsa az aktuális ellenállást és az izzó "hideg" ellenállásának ismeretében a 1. táblázat alapján határozza meg a hőmérsékletet! Vonja le a detektorfeszültségből a detektor ső-

tétáramához tartozó feszültséget, így a sugárzással arányos E_f kimenőjelet kap. Ábrázolja E_f -et T^4 függvényében! A sugárzásdetektorral ~ 1 s-ig mérjen és a két mérés közti szünetben gondosan árnyékolja le, hogy elkerülje az érzékelő felmelegedését!

Ügyeljen arra, hogy az izzó ne kapjon 12 V-nál nagyobb feszültséget.

3. Határozza meg a pontszerű forrás sugárzási intenzitásának távolságfüggését!

Mérőeszközök: Stefan - Boltzmann izzó, tápegység (Ohmeg ST 255, 25V, 5A), 3 db multiméter, sugárzás detektor állvánnyal, fa tartószerkezet.



10. ábra

A. Állítsa össze a 10. ábra szerinti mérési elrendezést

B. Az előző mérésnél elért maximális üzemi feszültséget (12V) hagyja az izzón változatlanul bekapcsolva. Távolítsa az izzót a detektortól centiméterenként a lehetséges legtávolabbi pontig, mérje meg minden beállított távolságnál a sugárzásdetektor feszültségét. [Vonja le a detektor feszültség értékéből a detektor sötétáramához tartozó feszültséget, így a sugárzással arányos kimenőjelet (E_f) kap.] Ábrázolja E_f -et $1/x^2$ függvényében!

4. Ellenőrizze a Stefan - Boltzmann törvényt alacsony hőmérsékletű sugárforrás esetén! Határozza meg a sugárforrás felületeit jellemző abszorpciós és emissziós tényezőket!

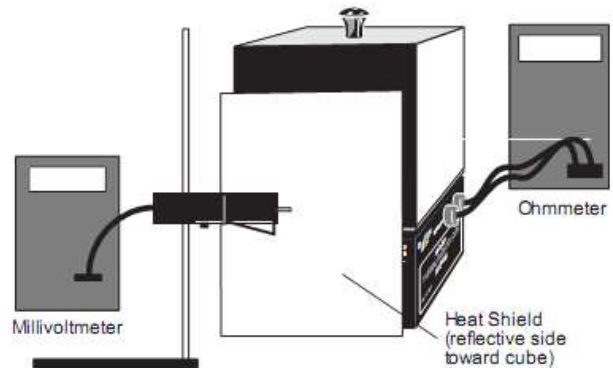
Mérőeszközök: Alacsony hőmérsékletű sugárforrás, sugárzásérzékelő + állvány, 2 db multiméter, stopper.

Állítsa össze a 11. ábrán látható elrendezést! A sugárzásérzékelő mérőfeje a sugárforrás lapjainak közepénél, attól kb. 3 - 4 cm távolságban legyen! A fűtés bekapcsolása előtt határozzuk meg a termisztor ellenállása alapján a környezet hőmérsékletét (T_0)! Kapcsolja a sugárforrás fűtését HIGH-állásba! 1 perc eltelte után olvassa le a fekete oldallal szembe állított detektor feszültségét (nyitott és zárt ablakkal), valamint a sugárforrás termisztorának ellenállását! 1 perc múlva ismételje meg a mérést a szomszédos felüle-

ten! Percenként változtatva a vizsgált felületet folytassa a vizsgálatot kb. fél órán keresztül! (Az egyes felületek 4 percnként kerülnek sorra.) A méréssorozat végére a sugárforrás eléri a véghőmérsékletet. A fűtést még ne kapcsolja ki!

Ábrázolja az egyes felületekre külön-külön E_f -et ($T_f^4 - T_0^4$) függvényében! Határozza meg a felületek relatív emissziós tényezőit! Értékelje ki a fekete felületen mért adatokból a detektor c együtthatóját (ld. alább)!

Megjegyzések: A detektor hőmérsékletét a ráeső sugárzási teljesítmény és a leadott sugárzási teljesítmény különbsége határozza meg. Az előbbi a forrás hőmérsékletének (T_f) negyedik hatványával arányos míg az utóbbi a detektor hőmérséklet (T_0) negyedik hatványával. Így a kimenőjel $U_{ki} = c (T_f^4 - T_0^4)$, ahol c állandó. [A 2. és 3. feladatoknál, ahol a forrás hőmérséklete 1000 - 3000 K között változott a detektor által kibocsátott sugárzást elhanyagolhattuk. Most azonban, a sugárforrás hőmérséklete 120 °C alatt van, így ez nem tehető meg.] Feltesszük, hogy az érzékelő szobahőmérsékleten van, aminek értékét az 1. pontban mért termisztor ellenállásból határozhatjuk meg. A sugárforrás hőmérséklete az alumínium kockában levő izzó áramával szabályozható. A skálával ellátott forgatógomb 5; 6,5; 8 és "HIGH" állásaihoz tartozó állandósult hőmérsékletek rendre ~ 80, 90, 100 és 110 °C.



11. ábra

5. Határozza meg az abszorpciómérő szegmenseit jellemző abszorpciós tényezőket!

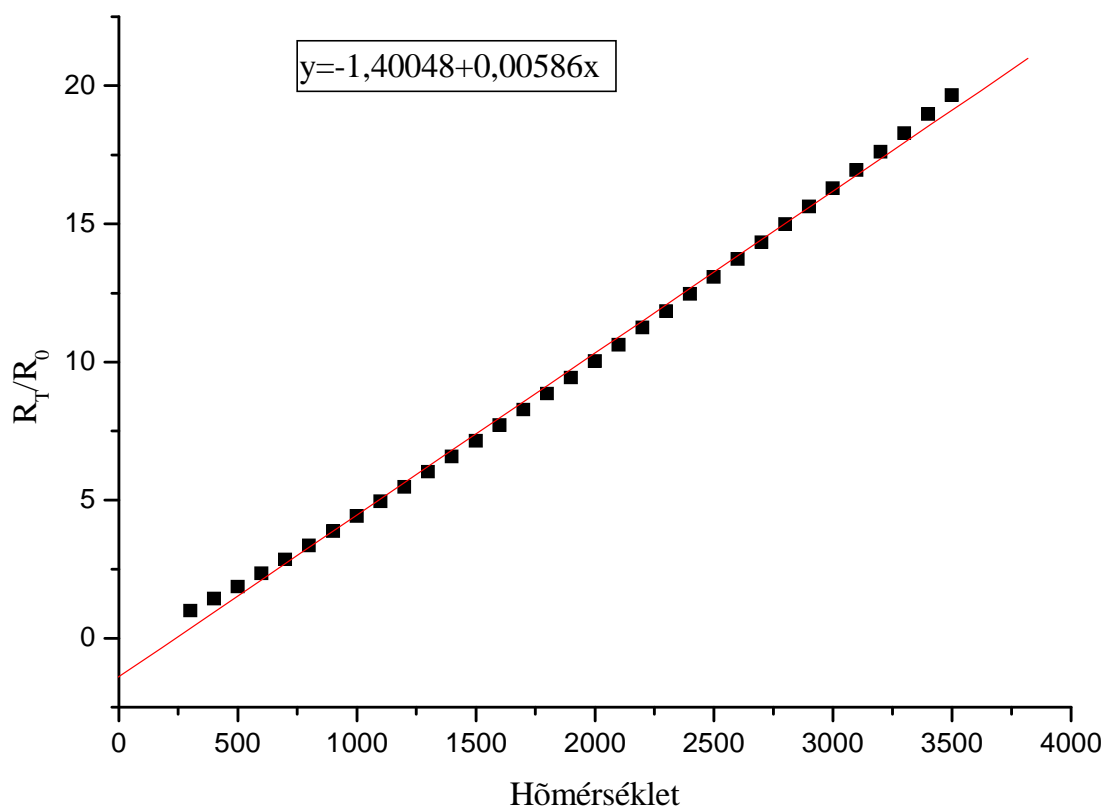
Megjegyzések: Távolítsa el a korábban használt sugárzásdetektort és cserélje fel az abszorpciómérő egységgel! Az abszorpciómérő állványát úgy állítsa be, hogy a mérőfej a sugárforrás középmagasságában legyen! Helyezze a mérőfejet a fekete felülettől 3 - 4 cm távolságba, majd a négy szegmenst 15 másodpercnként váltva kb. 10 percen át mérje a szegmensek hőmérsékletét mérő termisztorok ellenállását! Ábrázolja az egyes felületek hőmérsékletét az idő függvényében! Határozza meg a felületek (relatív) abszorpciós tényezőit!(Lásd 4. feladat.)

Függelék:

A volfram fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggése

R/R _{300K}	Hőm (K)	ρ (Ω·m)	R/R _{300K}	Hőm (K)	ρ (Ω·m)	R/R _{300K}	Hőm (K)	ρ (Ω·m)	R/R _{300K}	Hőm (K)	ρ (Ω·m)
1,00	300	5,65·10 ⁻⁸	5,48	1200	30,96·10 ⁻⁸	10,6	2100	60,06·10 ⁻⁸	16,3	3000	92,04·10 ⁻⁸
1,43	400	8,06·10 ⁻⁸	6,03	1300	34,08·10 ⁻⁸	11,2	2200	63,48·10 ⁻⁸	17	3100	95,76·10 ⁻⁸
1,87	500	10,56·10 ⁻⁸	6,58	1400	37,19·10 ⁻⁸	11,8	2300	66,91·10 ⁻⁸	17,6	3200	99,54·10 ⁻⁸
2,34	600	13,23·10 ⁻⁸	7,14	1500	40,36·10 ⁻⁸	12,5	2400	70,39·10 ⁻⁸	18,3	3300	103,3·10 ⁻⁸
2,85	700	16,09·10 ⁻⁸	7,71	1600	43,55·10 ⁻⁸	13,1	2500	73,91·10 ⁻⁸	19	3400	107,2·10 ⁻⁸
3,36	800	19,00·10 ⁻⁸	8,28	1700	46,78·10 ⁻⁸	13,7	2600	77,49·10 ⁻⁸	19,7	3500	111,1·10 ⁻⁸
3,88	900	21,94·10 ⁻⁸	8,86	1800	50,05·10 ⁻⁸	14,3	2700	81,04·10 ⁻⁸	26,4	3600	115,0·10 ⁻⁸
4,41	1000	24,93·10 ⁻⁸	9,44	1900	53,35·10 ⁻⁸	15	2800	84,70·10 ⁻⁸			
4,95	1100	27,94·10 ⁻⁸	10	2000	56,67·10 ⁻⁸	15,6	2900	88,33·10 ⁻⁸			

1. táblázat



1. grafikon

Az alacsonyhőmérsékletű sugárforrásban és az abszorpciómérőben levő termisztor ellenállásának hőmérsékletfüggése									
Hőmérséklet (°C)	Ellenállás (Ω)	Hőmérséklet (°C)	Ellenállás (Ω)	Hőmérséklet (°C)	Ellenállás (Ω)	Hőmérséklet (°C)	Ellenállás (Ω)	Hőmérséklet (°C)	Ellenállás (Ω)
6	255 380	26	95 447	46	39 605	66	17 980	92	7 214,0
7	242 460	27	91 126	47	37 995	67	17 321	94	6 755,9
8	230 260	28	87 022	48	36 458	68	16 689	96	6 330,8
9	218 730	29	83 124	49	34 991	69	16 083	98	5 936,1
10	207 850	30	79 422	50	33 591	70	15 502	100	5 569,3
11	197 560	31	75 903	51	32 253	71	14 945	102	5 228,1
12	187 840	32	72 560	52	30 976	72	14 410	104	4 910,7
13	178 650	33	69 380	53	29 756	73	13 897	106	4 615,1
14	169 950	34	66 356	54	28 590	74	13 405	108	4 339,7
15	161 730	35	63 480	55	27 475	75	12 932	110	4 082,9
16	153 950	36	60 743	56	26 409	76	12 479	112	3 843,4
17	148 580	37	58 138	57	25 390	77	12 043	114	3 619,8
18	139 610	38	55 658	58	24 415	78	11 625	116	3 411,0
19	133 000	39	53 297	59	23 483	79	11 223	118	3 215,8
20	126 740	40	51 048	60	22 590	80	10 837	120	3 033,3
21	120 810	41	48 905	61	21 736	82	10 100	122	2 862,5
22	115 190	42	46 863	62	20 919	84	9 437,7	124	2 702,7
23	109 850	43	44 917	63	20 136	86	8 816,0	126	2 553,0
24	104 800	44	43 062	64	19 386	88	8 240,6	128	2 412,6
25	100 000	45	41 292	65	18 668	90	7 707,7	130	2 281,0
								132	2 157,6
								134	2 041,7

2. táblázat