Jegyzőkönyv

5.
Fajhő mérése

Készítette:
Bozsoki Péter,
másodéves fizikushallgató

1999. április 23., péntek

1. A mérés célja

Az ember a természetben legkorábban azokat a jelenségeket kezdte el megfigyelni, melyeket a közvetlen környezetében tapasztalt. Ezek a jelenségek egy része (mai besorolásunk szerint) a fizika azon részéhez tartozik, amit ma *termodinamikának* hívunk. Ezért a termodinamika ugyanúgy a klasszikus fizika része, mint pl. a mechanika.

A termodinamikán belül is az egyik legkorábban kialakult fogalmak közé tartozik *fajhő* fogalma. Eszerint a fajhő az anyagok azon tulajdonsága, hogy adott hő hatására miként változik az adott anyag hőmérséklete (egységnyi tömeg esetén). Jelen mérés során egy konkrét anyag ezen tulajdonságát vizsgáltam meg behatóbban.

2. A mérés elve

A fajhőt legegyszerűbben a definíciója alapján tudunk mérni: ismert tömegű anyaggal adott hőt közlünk és mérjük a hőmérsékletváltozást. A gyakorlati kivitelezésnél gondoskodni kell arról, hogy a közölt hőt valóban a minta vegye fel. Erre a célra legelterjedtebb módszer a *kaloriméter* alkalmazása. Mivel a kaloriméter alkatrészei is vesznek fel hőt, így a bevitt hőmennyiség még ideális szigetelés esetén sem egyedül a benne elhelyezett minta hőmérsékletének emelésére fordítódik. A kalometrikus méréseknél a kaloriméter által felvett hőt a kaloriméter hőkapacitásának (ν) meghatározásával vehetjük figyelembe.

3. A mérés kivitelezése

A mérést a csapokhoz közelebb eső mérőhelyen végeztem. Itt a kaloriméter elektromos kaloriméter volt, melyben a fűtőtest R=6,9 Ω volt.

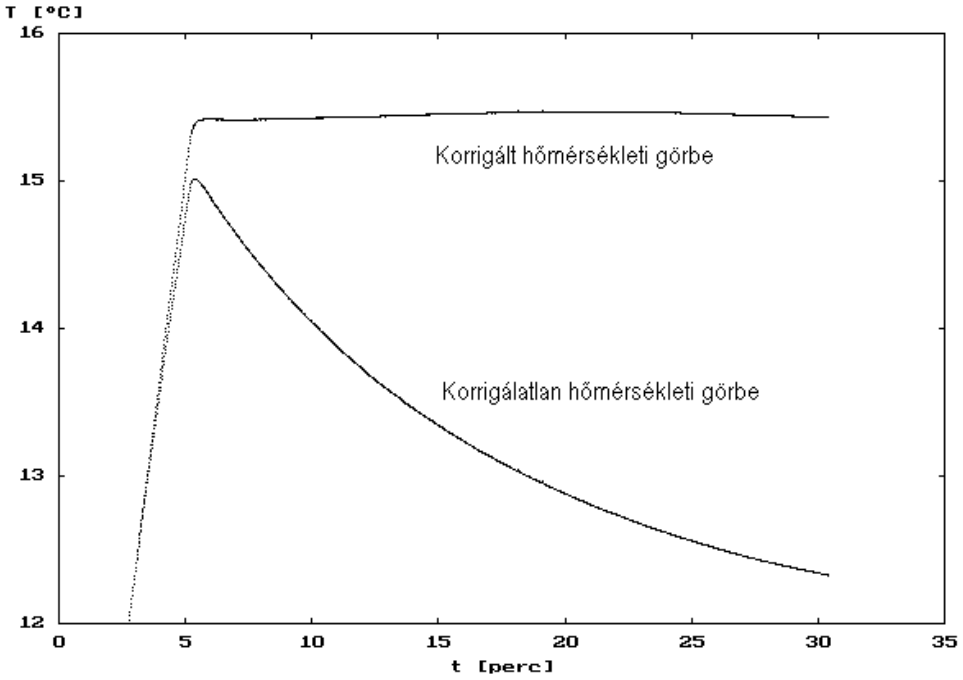
3.1. A kaloriméter hőkapacitásának meghatározása

A kaloriméter hőkapacitásának meghatározásához a kaloriméter fűtőtestjére t ideig U feszültséget kapcsoltam. A fejlődött hő: $Q=(U^2/R)\cdot t$. A mérés során t=163,03±0,01 s és U=1,8650±0,0005 V volt, tehát Q=82,18±0,05 J ($\delta t+2\cdot\delta U=\delta Q\approx 6\cdot 10^{-4}$). Az *fki.exe* kiértékelő program segítségével meghatároztam a T_{korr} hőmérsékletet illetve az ε_0-t, mely az üres kaloriméterhez tartozó lehűlési paraméter. A két eredmény: T_{korr} =14,99±0,05 °C és **ε_0=0,084500±0,000027 min^{-1}** (r_2= 0,999942). Mivel T_{alap}=12,01±0,01 °C $\Rightarrow$ $\nu = \frac{Q_f}{\Delta T_f} = \frac{82{,}18J}{14{,}99^0C - 12{,}01^0C} = \frac{82{,}18}{2{,}98}\frac{J}{K} = 27{,}57\frac{J}{K}$,

ahol $\Delta T_f = T_{korr} - T_{alap}$. A hiba mértéke: $\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{\Delta Q}{Q} + \frac{\Delta T}{T} \approx 0{,}003 \Rightarrow$ **ν =27,57±0,08 J/K.**

A mért hőmérséklet-idő görbét illetve az ebből származtatott korrigált hőmérséklet-idő görbét az 1-es ábra tartalmazza.

Ábra 1



3.2. Fajhő mérése

A 6-os mintát T_{m0}=29,7±0,01 °C-ra előmelegítettem, majd beejtettem a T_{alap}=12,07±0,01 °C alaphőmérsékletű kaloriméterbe. Az *fki.exe* programmal elvégezve az utószakasz-analízist $\varepsilon_{\text{utószakasz}}$=0,061048±0,000010 min^{-1}-nak adódott (r_2=0,999969, $T_{egyensúlyi}$=15,80±0,05 °C). Végrehajtva az főszakasz-analízist is: $\varepsilon_{\text{főszakasz}}$=1,894162±0,006880 min^{-1} (r_2= 0,999249).

Ezen adatokból meghatározva a minta hőkapacitását: $C=cm=\dfrac{\left(T_{\text{egyensúlyi}}-T_{alap}\right)\nu}{\left(T_{m0}-T_{alap}\right)+\left(T_{alap}-T_{\text{egyensúlyi}}\right)\dfrac{\varepsilon_{\text{főszakasz}}}{\varepsilon_{\text{főszakasz}}-\varepsilon_0}}$

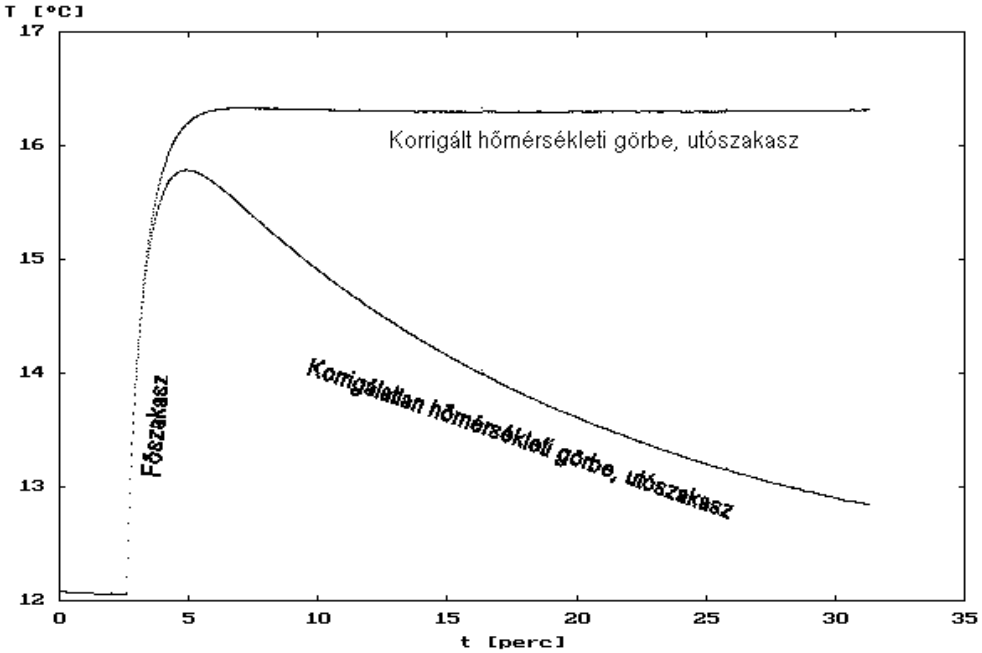
$$= = \frac{\left(15{,}8^0C-12{,}07^0C\right)\cdot 25{,}57\,\dfrac{J}{^0C}}{\left(29{,}7^0C-12{,}07^0C\right)+\left(12{,}07^0C-15{,}8^0C\right)\dfrac{1{,}894162}{1{,}894162-0{,}0845}} = 6{,}948657 \text{ J/°C}$$

Innen m= 14,3186·10^{-3} ± 10^{-7} kg felhasználásával: $\underline{\underline{\mathbf{c= 485 \pm 3}\ \dfrac{J}{kg\cdot K}}}$

$$\delta c=\frac{\Delta c}{c}=\frac{\Delta m}{m}+\frac{\Delta\nu}{\nu}+\frac{\Delta\left(\varepsilon_{\text{főszakasz}}-\varepsilon_0\right)}{\left(\varepsilon_{\text{főszakasz}}-\varepsilon_0\right)}+\frac{\Delta\varepsilon_{\text{főszakasz}}}{\varepsilon_{\text{főszakasz}}}+\frac{\Delta\left(T_{\text{egyensúlyi}}-T_{alap}\right)}{\left(T_{\text{egyensúlyi}}-T_{alap}\right)}+\frac{\Delta\left(T_{m0}-T_{alap}\right)}{\left(T_{m0}-T_{alap}\right)}\approx 0{,}006$$

A mintán mért hőmérséklet-idő görbét illetve az ebből származtatott korrigált hőmérséklet-idő görbét a 2-es ábra tartalmazza.

Ábra 2



3.3. A kaloriméter hőkapacitásának mérésének hibája

Mint a ***3.1.***-ben kiszámoltam a kaloriméter hőkapacitásának mérése $\delta v \approx 0{,}003$ nagyságú relatív hibával rendelkezik. Mivel $\delta v = \delta Q + \delta T = 2\delta U + \delta t + \delta T \approx 5{,}4\cdot 10^{-4} + 6{,}1\cdot 10^{-5} + 3{,}3\cdot 10^{-3}$, ezért a hőmérséklet mérésének a hibája a domináns hibaforrás ezen mérés során. Ha tudnánk egy nagyságrendet javítani a hőmérséklet mérési pontosságán, akkor a mérésünk relatív hibája is csökkenne egy nagyságrendet. További finomításhoz már a tápfeszültség beállítási pontosságát is növelni kellene.

Megjegyzés: A mérés során én a kaloriméter fűtőtestjének *R* ellenállását pontosnak vettem. A mérés készítésekor azonban ezt is legalább olyan pontosan ellenőrizni kell, hogy az esetleges hiba elhanyagolható legyen a többi hiba mellett. Azaz jelen esetben (ha 10^{-4} nagyságrendű relatív hibát szeretnénk elérni, akkor) ezt legalább 10^{-5} pontossággal meg kell mérni és a mért adattal kell számolni. Persze arról is meg kell győződni, hogy a hőmérséklet változásával az ellenállás értéke csak hibahatáron belül változik.

3.4. Mért fajhő hibája

A fentebb kiszámoltak alapján a mért fajhő relatív hibája $\delta v \approx 0{,}006$. Kiszámolva $\dfrac{\varepsilon_{\text{főszakasz}}}{\varepsilon_{\text{főszakasz}} - \varepsilon_{utószakasz}}$ értékét, az $\dfrac{1{,}894162}{1{,}894162 - 0{,}061048} \approx 1{,}0333$. Ez azt jelenti, hogy ez a relatív hiba hozzáadódik a ***3.2.***-ben számolt $\delta c = 0{,}006$-hoz, így a mért fajhő hibájában ez lesz a domináns hibatag.

Ennek tudatában módosítva a mért fajhő hibáját: $\underline{\underline{\mathbf{c = 485 \pm 15}\ \dfrac{J}{kg \cdot K}}}$. S ez az eredmény már hibahatáron belül "tudja" az acél táblázatban lévő fajhő értékét.