

A feladat egy pohár víz felmelegedési sebességének, azaz a hőmérsékletváltozás gyorsaságának vizsgálatát kérte a rendszerre jellemző adatok függvényében. A mérést elvégzők többsége megmérte ugyan a hőmérséklet időbeli alakulását, grafikonon ábrázolta is azt, de nem következtetett a hőmérséklet változási *sebességére*, pedig ez lett volna a tulajdonképpeni feladat. (A fizikai mérések lényeges része az adatok elemzése, kiértékelése. A mérést végző általában nagyon sok, a kívülálló számára nehezen áttekinthető mérési adatot kap. Ezekből neki kell „kibogarásznia” a vizsgált jelenségre leginkább jellemző mennyiségeket, hogy ezeket tömör, áttekinthető formában a többiekkel is közölhesse.)

A víz hőmérsékletének változási sebességét mindössze a következő 7 versenyző határozta meg: *Biró István* (Marosvásárhely, Bolyai F. Líceum, 11. évf.), *Coc Károly* (Marosvásárhely, Bolyai F. Líceum, 11. évf.), *Geresdi Attila* (Pécs, Árpád Fejedelem Gimn., 12. évf.), *Mózer Tamás* (Hévíz, Bibó I. Gimn., 10. évf.), *Rárósi Ferenc* (Hódmezővásárhely, Bethlen G. Ref. Gimn., 11. évf.), *Sikó Lóránt* (Kecskemét, Bányai J. Gimn., 9. évf.) és *Vigh Máté* (Pécs, PTE Babits M. Gyak. Gimn., 10. évf.).

A mérés kivitelezésében a legnagyobb gondot a hőmérsékletmérés jelentette. A hőmérséklet mérésekor ugyanis le kell állítanunk a sütőt, meg kell kevernünk a vizet (hogy az mindenhol ugyanolyan hőmérsékletű legyen), és minél gyorsabban le kell olvassuk a hőmérő által mutatott értéket, ha el akarjuk kerülni a jelentős hővesztést. A kevergetés okozta idővesztést *Juhász Anikó* (Eger, Gárdonyi G. Ciszt. Gimn., 11. évf.) úgy tudta elkerülni, hogy kis fémkanalat tett a pohárba. A fém jó hővezető, ezért (ellentétben az elterjedt közhiedelemmel, miszerint „a mikrohullámú sütőbe semmiféle fémtárgyat nem szabad tenni”) ajánlatos folyadék melegítésekor egy fémkanalat is belerakni az edénybe¹. Igaz ugyan, hogy ekkor nem csak a víz, hanem a víz és a kanál együttes felmelegedésének sebességét mérjük, – de bizonyos összehasonlítások megtételére ez is alkalmas. Többen – nagyon helyesen – „előmelegített” hőmérőt használtak: egy olyan edényben tárolták a hőmérőt, amelyben a mérés várható eredményének megfelelő (ahhoz közeli) hőmérsékletű víz volt.

Kézenfekvő gondolat, hogy a vizet egészen a forrásig melegítjük, és az addig eltelt időt mérjük. A zubogó forrás jelensége a védőrácsan keresztül is észrevehető, így módon tehát elkerülhető a folyamatos hőmérőzés, ajtónyitogatás, hővesztés. *Orosz Gergő* (Miskolc, Földes F. Gimn., 12. évf.) mérési eredményei alapján megállapította, hogy a forrás beindulásához szükséges idő egyenesen arányos a víz mennyiségével. A „felforralós módszernek” azonban van egy buktatója. A forrás megindulásához parányi gőzbuborékokra is szükség van, s ezek a mikrohullámú sütőben melegített víz esetében sokkal nehezebben alakulnak ki, mint pl. a gázlángon, fémlábosban forrósított víznél. A „mikróban” történő melegítésnél az edény általában hidegebb, mint a folyadék, ezért a víz hőmérséklete forrás nélkül 100 °C fölé is emelkedhet, majd az erősen túlhevített víz hirtelen, szinte robbanásszerűen kezd el forrni; ezt pedig nyilván célszerű elkerülni!

A versenyzők többféle mérőeszközt használtak: higanyos hőmérőt, alkoholos hőmérőt, elektromos hőmérőt, sőt, még infravörös sugárzást érzékelő berendezést is. Geresdi Attila megpróbált egy elektromos hőmérőt a mikrohullámú sütőben tartani, de azt tapasztalta, hogy a vezeték és a sütő fala között több centiméteres szikrák húztak át, amelyek még a vezeték szigetelését is leégették (!), – így maradt az „ajtónyitogatás”. Csak Coc Károlynak sikerült „belül” tartani a mérőeszközt: egy alkoholos hőmérőt rögzített a pohárhoz, „hogy az forgás közben ne boruljon ki”, de az ajtó nyitogatását ő sem tudta elkerülni.

Vigh Máté arra a következtetésre jutott, hogy csak olyan hőmérséklettartományban érdemes a változás sebességét mérni, amelyben az „jó közelítéssel” állandó. Először megvizsgálta a hőmérséklet időbeli változását, és azt tapasztalta, hogy az 50 °C és 80 °C között jó közelítéssel lineáris; ezért további méréseit ebben a tartományban végezte.

Biró István megfigyelte, hogy a mikrohullámú sütő csak a legnagyobb teljesítményfokozatnál működik folyamatosan, az alacsonyabb teljesítményértékek-nél meg-megszakítja a melegítést. Ezért kénytelen volt a kísérletet egyetlen (800 W-os) fokozatban elvégezni, – hiába szóltak egyéb érvek a lassabb melegítés mellett.

A mérési eredmények minden esetben azt mutatják, hogy a melegedés sebessége a víz mennyiségének növelésével csökken. Szemléltesse ezt Vigh Máté mérési adatait bemutató grafikon. Coc Károly megállapítása szerint a melegedés sebessége a víztömeg –0,94-edik hatványával arányos (sajnos a hatványkitevő hibáját nem adta meg), tehát jó közelítéssel fordítottan arányos a vízmennyiséggel.

¹Más fémdarabokat, huzalokat a készülékbe tenni, vagy a berendezést a használati utasítástól eltérő módon üzemeltetni nem szabad!

A pohár méreteitől és helyétől való függés nem ilyen egyértelmű. Többen jutottak arra az eredményre, hogy a mérési hibán belül a melegedési sebesség független a pohár méreteitől. Néhányan valamilyen gyenge függést véltek felfedezni a melegedés sebessége és a pohár átmérője között, de ennek megbízható igazolásához több és pontosabb mérésre lett volna szükség.

Hasonló a helyzet a pohárnak a forgótányéron elfoglalt helyével is. úgy tűnik, hogy a melegedési sebesség sokkal inkább függ a készülék márkájától, mint a pohár helyzetétől. Ahány sütő, annyiféle eredmény született. Van olyan

készülék, amelyik a tányér középpontjában melegít a leggyorsabban, van amelyik a szélén, és van olyan is, amelyik a tányér sugarának kb. a felénél. *Soós Gábor* (Kiskunhalas, Bibó I. Gimn., 11. évf.) nemcsak a forgótányér síkjában térképezte fel a mikrohullámú sütő teljesítményét, hanem 6, illetve 12 cm-rel magasabban is. Módszere ötletes és ugyanakkor nagyon egyszerű volt. Egy üveglapot vékonyan bekent margarinnal (egy kockamargarint húzott végig az üveg felületén), majd az üveglapot bizonyos magasságban a forgótányérjától „megfosztott” sütőbe helyezte. Melegítés hatására a margarin foltokban megolvadt, az üveglap átlátszóvá vált és szemmel láthatóan „kirajzolta” a különböző hőmérsékletű tartományokat. Megfigyelései szerint az üveglap mellé helyezett tárgyak (pl. edények) erősen befolyásolták a mintázatok alakját és elhelyezkedését. A sütő „egyenletessége” tehát erősen edény- és ételfüggő!

A mérési hibák nagyságrendjét a hőmérsékletmérés, annak is elsősorban a szisztematikus része (a hőmérő hőkapacitása, ajtónyitogatás stb.) határozza meg. Ezek mellett az időmérés és a térfogatmérés hibája elhanyagolható. Vigh Máté például a digitális hőmérő mérési pontosságát és a térfogatmérés hibáját is 0,5 százalékra becsülte. A kezdeti hőmérséklet beállításánál elkövetett hibára 2%-os, a végső hőmérséklet mérésénél elkövethető hibákra és egyes véletlenszerű események zavaró hatására ugyancsak 2–2 százalékos becslést adott. Mindezek összegeként a mérésének pontosságát 6–7%-osnak tekintette, és ezt alátámasztotta a ténylegesen mért adatok 4–5%-os szórása.