

A csöpögő csap cseppenéseinek időpontjai (valamely önkényesen kiválasztott kezdőponttól számítva) stopperrel, számítógép belső órájának felhasználásával, vagy fénykapu segítségével meghatározhatók, s az időpontok különbségéből a cseppek „követési távolsága” kiszámítható. A feladat ezen időközök mérése és jellemzése (tehát a mérési adatok feldolgozása, áttekinthető csoportosítása és bemutatása) volt.

A feladat szövege utalt rá, hogy az időközök *látszólag* egyenletesek, érdemes volt tehát az időtartamok *ingadozásait* vizsgálni. A véletlenszerűen változó jelenségek tanulmányozásakor a sok mérés átlagolása csökkenti az ingadozásokat; ez a mérés kiértékelésénél általában hasznos, hacsak nem éppen az ingadozások vizsgálata a mérés célja. Sok versenyző több (5–10) vízcsepp lecseppenésének összidejét mérte, vagy meghatározott idő (mondjuk 1 perc) alatt lecseppenő cseppek számát adta meg, s ezekből számolt átlagos időkülönbséget. Így viszonylag könnyen jutottak meglehetősen pontos *átlagolt* időtartamokhoz, de eközben elmosódott a cseppek időközzeinek egyedi változása, ingadozása.

A mérés pontosságát az időmérés pontossága határozza meg. Hacsak nem áll rendelkezésünkre automatizált berendezés (pl. fénykapuval vezérelt elektronikus időmérő), akkor célszerű a mérési hiba csökkentése érdekében „apró trükköket” alkalmazni. *Soós Péter* (Kiskunhalas, Bibó I. Gimn., 10. o.t.) a következő módon járt el. Egy teljes napig tartó mérése során a vízcsapot csak egyszer állította be, a továbbiakban nem ért hozzá. A vízcseppek alá egy felfordított, üres vajdobozt állított, hogy a leérkező vízcsepp hangosan koppanjon, így füllel is érzékelhetővé váljon. Feltételezte, hogy a vízcsap csepegésének üteme függ a hálózati víznyomástól (ami a többi lakás vízfogyasztásától is függően ingadozik). Egy kémcsőből és egy meghajlított vékony gumicsőből egyszerű berendezést állított össze, amellyel folyamatosan figyelni tudta a víznyomás ingadozását. A kémcsőbe (egy másik csapból) vékony sugárban folyamatosan vizet engedett, az egyik végével a vízbe merülő gumicsővön keresztül pedig kifolyhatott a víz a kémcsőből. A kifolyás sebessége függ a vízszint (egyensúlyi) magasságától, annak könnyen leolvasható értékéből pedig a befolyó víz sebességére, tehát a hálózati víznyomásra lehet következtetni.

A mérési adatok (időkülönbségek) birtokában a következő lépés az adatok feldolgozása, kiértékelése. A legtöbben a cseppenések sorszámának vagy a mérés kezdete (a csap beállítása) óta eltelt időnek a függvényében adták meg (ábrázolták) az időkülönbségek alakulását. Megállapították, hogy az időtartamok általában növekednek, tehát a cseppek egyre ritkábban követik egymást. Ez a tendencia nyilván nem folytatódhat sokáig. *Gáspár Merse Előd* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 12 o.t.) azt tapasztalta, hogy az időtartamok a cseppenések számának függvényében egy darabig monoton (nagyjából egyenletesen) növekednek, majd hirtelen lecsökken a két egymás utáni csepp közötti időkülönbség, ezután pedig ismét egyenletesen növekszik, s több fűrészfog” majdnem periodikusan követi egymást.

Másféle kiértékelési eljárást választott *Geresdi Attila* (Pécs, Árpád Fejedelem Gimn., 10. o.t.). Az  $n + 1$ -edik cseppenés utáni  $t_{n+1}$  időközt ábrázolta az előző  $t_n$  függvényében. A mérési eredmények a  $t_{n+1}(t_n)$  síkon különböző  $n$ -ekre pontok, vagy ha a mérési hibát is érzékeltetni akarjuk, akkor kis téglalapok lesznek. Ha a cseppek (közel) egyenlő időközökben követik egymást, akkor a pontsereg kis területen (egy kupacban) található. A pontkupac a diagram  $45^\circ$ -os egyenesén helyezkedik el, a csap elzártóságától függő helyen. Ezt mutatja az *(1. ábra)*. Ha a csapot annyira elzárjuk, hogy a cseppek kb. 0,2 s időközökben követik egymást, a kép lényegesen megváltozik. A mérési pontok a  $t_{n+1}(t_n)$  diagramon egy nagyobb tartományban szétszórva, „összevissza” helyezkednek el, a vízcseppek „kaotikusan” követik egymást *(2. ábra)*. A szabályos és a kaotikus tartományt közötti átmenetet a *3. ábrán* látható grafikonnal is illusztrálta Geresdi Attila. Ezen a cseppek közötti *átlagos időtartam* és az átlag körüli relatív ingadozás (relatív szórás) látható. Megfigyelhetjük, hogy  $t_{\text{átlag}} > 0,3$  s esetén a relatív ingadozás viszonylag kicsi és állandó, ha viszont  $t_{\text{átlag}} \approx 0,2$  s, az ingadozás lényegesen nagyobb.

*1. ábra*

*2. ábra*

### 3. ábra

Mások is megfigyelték, hogy bizonyos esetekben (bizonyos csapnyílás esetén) a cseppek úgy követik egymást, hogy az időközök periodikusan váltakozva egy rövidebb és egy hosszabb érték között „ugrálnak”. *Coc Károly* (Marosvásárhely, Bolyai F. Líceum 9. o.t.) egy kis villanymotor segítségével papírszalagot húzott el a vízcsap alatt. A vízcseppek nyomot hagytak a papírszalagon. A nyomok távolságát utólag lemérte, majd kiszámította a vízcseppek időkülönbségeket. Azt tapasztalta, hogy az átlagos vízhozamtól függően a cseppek többé-kevésbé egyenletesen is csepeghetnek, de (nagyobb

vízhozamnál) rendszertelenül, szemmel láthatóan erősen ingadozva is követhetik egymást.

Úgy is lehetett volna jellemezni az időtartamokat, hogy megadjuk az „eloszlásukat”. Ez annyit jelent, hogy bizonyos számú (lehetőleg jó sok) mérési adatot aszerint osztályozunk, hogy mennyi esik közülük egy bizonyos (pl. az 5 és az 5,5 másodperc közötti) időintervallumba. Az eloszlásdiagram „szélessége” az ingadozásokra jellemző, az egymás utáni időközök közötti kapcsolatot (az ún. korrelációt) azonban nem mutatja meg.

*Megjegyzés.* A cseppek követési idejének változatos alakulását több (részben még nem eléggé ismert) jelenség okozhatja. A kérdésről és a kaotikus jelenségek különböző megközelítési módjairól részletesebben olvashatunk *I. Stewart: A természet számai* (A matematikai képzelet irreális realitása) című könyvében (Kulturtrade Kiadó, 1995.).