

A mérésekről

Segítség a mérések jobb megértéséhez

A mérés szót különféle értelemben használjuk, ami gyakran félreértésekhez vezet. A versenyeinken szigorúan "mérési feladat" az egyik rész, ami azt is üzeni, hogy jól körülhatárolt dolgokat kell elvégezni, és csak minimális előzetes ismeretet tételezünk fel.

Ismertetőnk legfőbb célja az, hogy elvárásainkat pontosítsuk, ugyanis a felsőoktatásból származó visszajelzések szerint a mérések körül kialakult fogalmi bizonytalanságok ott is zavart okoznak. Szeretnénk, ha a versenyzőinknek sikerülne ezen a téren is segítenünk, ezért az alábbi témaköröket érintjük.

- *Miért mérünk?*
- *Alapvető fogalmak*
- *A mérési hiba*
- *Hibaszámítás*
- *A mérések fajtái*
- *Hétköznapi – háztartási jellegű – mérések*
- *Műszaki jellegű mérések*
- *Tudományos célú mérések*
- *Társadalmi (célú) mérések – kutatások*
- *Oktatási célú mérések*
- *A tanulmányi versenyek mérései*
- *A Lánczos-versenyek mérési feladatai*

Ezt az anyagot a honlapon is megjelenítjük, és – a könnyebb használhatóság érdekében – nyomtatható változatát is közreadjuk.

Miért mérünk?

Az ember – más élőlényekhez hasonlóan – úgy alkalmazkodik a környezetéhez, hogy abból információkat szerez, és viselkedését ezek alapján megváltoztatva igyekszik az esélyeit növelni. Azzal, hogy az ember (durván) megváltoztatta a környezetét (és ezt mind a mai napig folytatja is), a saját érzékelési lehetőségei egyre inkább elégtelenné váltak; nagyobb pontosságú és olyan érzékelési tartományból származó információkra is szüksége lett, amelyek érzékszervei határán túlnőttek. Ezért "kitalálta", hogy a vizsgált dolog és a saját érzékszervei közé olyan "készített eszközt" iktat, amely lehetővé teszi e korlátok átlépését. Ezzel létrejött a mérőeszköz vagy mérőrendszer. Ezeket olykor "műszer" néven is emlegetjük.

Az természetes, hogy az eszközhez tartozik valamilyen eljárás is, amely lehetővé teszi az eszköz célirányú, célszerű használatát. Ezt a tevékenységet, folyamatot szokás mérés néven emlegetni.

A későbbiekben néhány jellegzetes mérési alkalmazást is megemlítenek.

Alapvető fogalmak

A fentiek szerint tehát a mérés célja mindig valamilyen információszerzés egy vizsgált (anyagi) rendszer tulajdonságairól; állapotáról, működéséről, szerkezetéről.

A mérés során mindig van egy vizsgált (anyagi) rendszer és egy mérőeszköz, és a "lánc végén" (ezt hatásláncnak is nevezik) az ember áll. E három dolgot és a közöttük létrejövő kapcsolatokat együtt a mérés rendszerének vagy mérési rendszernek szokás nevezni. Az nyilvánvaló, hogy a mérőeszköz és a vizsgált rendszer között kölcsönhatásnak kell lennie, ami – egyúttal – azt is jelenti, hogy a mérőeszköz is hat a vizsgált rendszerre, azaz az utóbbit a mérőeszköz bizonyosan befolyásolja, megváltoztatja. A mérőeszköz és az ember közötti kölcsönhatást általában természetesnek vesszük, de erre olykor komolyabb figyelmet is kell fordítani.

Könnyű látni, hogy a vizsgált (anyagi) rendszernek valamely kimenő jellemzője lesz a mérőeszköz bemeneti jellemzője, ez utóbbinak a kimeneti jellemzője pedig az ember által (is) érzékelhető jellemző lesz. Az viszont már nyilvánvaló, hogy nem ez a jellemző lesz fontos a számunkra, hanem az, hogy ez mit jelent. Az itt említett jellemzők (a mérőrendszer be- és kimenete) tehát jelentenek valamit, és ezért kellene nekünk, azaz ezeket a jellemzőket valójában jelekként kezeljük.

A jel lényege, hogy önmagán túlmutat, valami másra utal. Eszerint a mérőrendszer vagy mérőeszköz mindig valamilyen jelátalakító: a vizsgált bemeneti jellemzőt, mint jelet (érzékelhető) kimeneti jellemzővé, jellé alakítja át. (Itt legalább egy utalás erejéig szólni kell arról, hogy nem minden esetben "látszik", hogy a mérőrendszer kimenete az embernek "szól", ugyanis előfordul, hogy egy mérőrendszer kimeneti jelének értékelését egy másik (technikai) rendszerre bizzuk. Így a hűtőszekrény hőmérőjének jelét is egy beavatkozásra képes berendezés dolgozza fel, és ha kell, elindítja, ha már nem kell, leállítja a hűtőgépész rész működését. Az önvezető autók esetén is hasonló a helyzet, és azt még valószínűleg el sem tudjuk képzelni, hogy a mesterséges intelligencia mit fog eredményezni. Mert például ha az okostelefonunkon megnézzük, hogy mennyi a (kinti) levegő hőmérséklete, akkor nem az általa mért értéket fogjuk látni, hanem egy óriási meteorológiai adatbázisból a földrajzi helyükre számított értéket kapunk a megfelelő hálózaton keresztül.)

Végül azt kell megjegyezni, hogy a jelátalakító (mérőeszköz) kimenete, azaz kimeneti jele lehet folytonos vagy diszkrét; utóbbi esetben az eszközt – kissé pongyolán, de jól érthetően – szokás digitálisnak is nevezni.

A mérési hiba

Egy méréssel általában a vizsgált (anyagi) rendszer valamely jellemzőjét (mint mennyiséget) szeretnénk megtudni, azaz egy mértékegységhez tartozó mérőszámot kell előállítanunk. A vizsgált jellemző pontos értékét keressük. Ezt sajnos elvi okok miatt nem lehet megtudni. A mérőeszköz ugyanis kölcsönhat a mért (anyagi) rendszerrel, amivel megváltoztatja azt, és ez eltérést okozhat a mért jellemzőben. Másrészt a mért rendszerre, a mérőrendszerre, de még az emberre is hatnak véletlenszerű hatások, amelyek az egész mérési rendszert megváltoztathatják. Ezt a "bizonytalan" helyzetet azzal oldjuk fel, hogy megadjuk a mérés "pontosságát", azt, hogy a mért jellemző úgynevezett "valódi értéke" és az általunk (a mérőeszközünk által) előállított úgynevezett "mért érték" mennyire térhet el egymástól.

Egy mérés hibája a mért érték és a valódi érték különbsége, pontosabban e különbség abszolút értéke, azaz a két mennyiség eltérése. Persze ezt sem ismerhetjük pontosan, ha ugyanis ismernénk, akkor kiszámítható volna a pontos érték is – legalábbis a kapott két érték egyike az volna. A megoldást e bizonytalanság korlátok közé szorítása adja.

A mérés rendszerének ismeretében azt meg lehet adni, hogy az imént említett hiba minél nem lehet nagyobb, azaz a mérési hibára korlátot adhatunk. Ennek neve "abszolút mérési hibakorlát". Ilyen hosszú formában persze nem használjuk a kifejezést; röviden abszolút hibát emlegetünk, hiszen már eleve tudjuk, hogy mérésről van szó, és azt is, hogy a hibára csak korlát adható meg. Az abszolút hiba mértékegysége mindig megegyezik a mért érték mértékegységével!

Szokás a mérés hibakorlátját úgy megadni, hogy a valódi érték milyen arányban térhet el a mért értéktől. Ekkor az abszolút hiba és a mért érték arányát adjuk meg, ami viszonyszám, tehát nincsen mértékegysége, de ez megadható százalékos alakban is. Neve "relatív mérési hibakorlát", de általában egyszerűen csak relatív hibát mondunk.

A részletek mellőzésével: ha azonos nemű (és mértékegységű) mennyiségeket összegezzünk (összeadás, kivonás), akkor a hozzájuk tartozó abszolút hibák is összeadódnak, ha két (nem feltétlenül azonos nemű) mennyiséget összeszorozunk, akkor relatív hibáik jó közelítéssel összeadódnak – ha azok nem túl nagyok. Egy mennyiségnek és a reciprokanak a relatív hibája viszont jó közelítéssel megegyezik.

A mérési hibáról később még esik szó.

FIGYELEM! A "szisztematikus mérési hiba" nem ide tartozik! A név és az értelmezés is arról szól, hogy valamit egyszerűen rosszul, hibásan csinálunk; a mérőrendszert nem a (gyártói) specifikációja szerint, azaz nem a rendeltetésének megfelelően használjuk.

Hibaszámitás

Talán ez okozza a legtöbb félreértést! Vannak olyan mérések, amelyekhez nem tudunk "közvetlenül mutató" mérőeszközt használni; ilyenek például a társadalmi mérések, de más példát is hozunk később. Ha több értéket kapunk egy vizsgált mennyiségre – jellemzően azért, mert többször vagy több eszközzel mérjük –, akkor az eredmények statisztikájával kell dolgoznunk, azaz a kapott mért értékeket statisztikus módszerekkel kell kezelni. Persze ezek a kapott értékek is már mérési hibával terhelték lehetnek, ami a helyzetet tovább bonyolítja, de ezzel az esettel itt egyáltalán nem foglalkozunk. Ha (feltételezhetjük, hogy) a kapott értékek pontosak, akkor "illik" ezek átlagát (számtani közepét) elfogadni, és a mért érték "megbízhatóságára" az ettől való eltérések (a különbségek abszolút értékének) átlagát megadni. (Utóbbi helyett olykor a kapott értékek szórását veszik alapul.) Szerencsétlen módon ezt az adatot is "abszolút (mérési) hiba" névvel illetik, és az előző pontban ismertetett módon ebből is származtatnak "relatív hibát". Ezek az adatok persze az egész mérési eljárásunk (eredményének) megbízhatóságát jellemzik, míg a fentebb említett – és a mérőeszköz gyártója által megadott – adat a mérőeszköz és a vele előírászerűen megvalósított mérési rendszer hibájának korlátját jelenti.

Nézzünk egy egyszerű, de talán jól érthető, mégis igen erős példát! Egy futó időeredményét akarjuk megmérni, és igyekszünk minél jobb, pontosabb és megbízhatóbb adatot előállítani. (Most ne foglalkozzunk azzal, hogy ennek mi lehet az értelme!) Ennek érdekében többen mérik az időt stopperórákkal. Legvalószínűbb és legpontosabb értéknek a mért adatok (valamilyen!) átlagát kell tekinteni, ami azt jelent, hogy a kapott adatokat statisztikai módszerekkel kell kezelni. Ha páratlan számú mérő volt, akkor (leggyakrabban) az általuk mért adatok átlagát (számtani közepét) tekintik "mért eredménynek", ha – kényszerűségből – páros számú ember mért, akkor egyikük (mondjuk iskolai körülmények között a testnevelő tanár) adatát duplán számítják (kétszeres súllyal veszik) bele. (Statisztikai szabályok miatt "illik" páratlan számú adattal dolgozni!) Végül azt adják meg, hogy a kapott adatok közül a "legjobban kilógó" mennyivel tér el az átlagtól. Ez az eltérés eléggé durva, erős korlátja lehet a végzett mérés pontosságának. Végül azt jegyezzük meg, hogy ennek az eljárásnak semmi köze a stopperok mérési hibáihoz, amivel azért nem szokás foglalkozni, mert "tapasztalatból" tudjuk, hogy baj nem a stopperokkal szokott lenni, hanem az emberekkel.

Mindebből vonjuk le azt a következtetést, hogy a hibaszámítás egy igen bonyolult, és nem egyértelműen meghatározott eljárás, amelyet minden (bonyolultabb) mérés eredménye mellett illik részleteiben is megadni!

A mérések fajtái

A hétköznapi életünkben is rengeteget mérünk. Rendszerint nem is gondolunk erre, annyira természetes és megszokott tevékenységről van szó. Viszont zavarba ejtő a méréseink sokfélesége. Ez egyúttal azzal is jár, hogy a felhasznált mérési eredmények és a mögöttük lévő módszerek is igen széles skáláról kerülnek ki. Érdekes ebben a sokféleségben néhány jellegzetességet jobban szemügyre venni, a méréseket – különböző szempontok szerint – csoportosítani.

A következők a teljesség igénye nélkül kerültek ebbe az ismertetőbe, de remélhető, hogy az eligazodást lényegesen megkönnyítik.

Hétköznapi – háztartási jellegű – mérések

A mindennapi életben nem is gondolunk arra, hogy valamely tettünk, akciónk valójában mérés. Azt, hogy a konyhában sütés-főzés során kimérjük az alapanyagokat, még jól érzékeljük mérésnek, de ha az összeállítás – például a bögrés sütemények esetén – egy bögrével való összeöntögetéssel történik, akkor ez az érzésünk nagyon elhalványodik.

Nem nagyon gondolunk arra sem, hogy a hagyományos szobai és ablakhőmérő által mutatott értékeket 1 fok pontossággal olvassuk le, és csak a digitális hőmérők esetében vesszük észre, hogy a tizedfokok milyen érdekes "játékokat" mutatnak a változásaikkal, és persze ilyenkor is mérünk. Ugyanakkor természetesnek gondoljuk, hogy lázat mérni "kötelező" tized fokos pontossággal.

A digitális személymérleg mutatja ki, hogy a "testsúlyunk" mennyire ingadozó: egy pohár víz megivása néhány tized "kilós" növekedést okoz a mérés eredményében. Az analóg mérlegek esetében ez nem nagyon érzékelhető. (Itt azért illik arról is szólni, hogy a súlymérés eredménye tömegben kalibrált kijelzőn jelenik meg. Kihasználjuk, hogy földfelszíni körülmények között a nehézségi gyorsulás szórása igen kicsiny.)

A fizika tanításának "folklorjában" az elmúlt időszakban vált általánossá az a gondolat, hogy a hőmérők valójában a saját hőmérsékletüket mutatják. A mérés ugyanis úgy történik, hogy a hőmérőt közvetlen érintkezésbe hozzuk a vizsgált testtel, így "termikus kölcsönhatás" jön létre közöttük, melynek következtében a hőmérsékletük kiegyenlítődik. Ekkor (ettől kezdve) kell a hőmérő által mutatott értéket leolvasni. (Az itt külön érdekesség, hogy a hőmérséklet "kiegyenlítődő" – úgynevezett intenzív – mennyiség.) Izgalmasabb az, hogy közben a kereskedelmi forgalomban is megjelentek a "kontaktus nélküli" hőmérők, amelyek valami egészen más módon működnek.

Az időmérés körül is vannak furcsaságok. Ha rápillantunk az óránkra (telefonunkra vagy más hasonló funkciójú eszközre), akkor valóban életünk időbeliségét igyekszünk megállapítani. Mikor történt egy esemény, hol tartunk az időben. Ha a (digitális vagy analóg) kijelzőn mondjuk éppen 7:52 látszik, akkor megállapítjuk, hogy már háromnegyed nyolc is elmúlt, azaz az időbeliség – az adott esetben – csak mintegy negyedóra (vagy annál alig szigorúbb) pontossággal érdekes. Egyéb esetekben a percnyi pontosság is általában elég; műsorrendeket leggyakrabban ilyen felbontással közölnek. Egészen más a helyzet az időtartamokkal! Hogy a magyar "óra" szó két értelemben is használatos, csak ritkán tűnik fel. Ugyanakkor például az angol, a német és az orosz nyelv is megkülönbözteti az időpont és az időtartam "óráját".

A hétköznapi mérések legnagyobb részére "bevett" megoldások léteznek, ebben a tekintetben hasonlatosak a (később tárgyalt) műszaki jellegű mérésekre, csak sokkal lazábban kezeljük őket a feltételek biztosításától az eredmények értelmezéséig, felhasználásáig.

Érdemes elgondolkodni, hogy mindezek a dolgok milyen széles értelmezési skálán helyezkednek el!

Műszaki jellegű mérések

Ide a (gyakorlati) szakterületek mérései sorolhatók. Főként az ipar, a műszaki területek, a mezőgazdaság, az egészségügy (orvoslás, gyógyítás) területeiről van szó, de ide tartozik a kereskedelem is, és ki tudja még mi. Ezekre a mérésekre szabványosított megoldás létezik, azaz a (mérési) feladatnak egységesen és következetesen alkalmazandó, írásban (is) rögzített megoldása van. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy létezik a mérés céljára használható (rendszerint iparilag gyártott, kalibrált és hitelesített) mérőeszköz is. Az ide sorolható mérések tehát azért is nevezhetők műszaki jellegűnek, mert van műszaki megoldásuk.

Ezeket a méréseket jobbra (ki)képzett emberek végzik, de többhöz különösebb végzettség sem kell. A műszaki jellegű mérések - a technológiák fejlődésével az igények növekedése miatt – gyakran kerülnek át a hétköznapi mérések körébe; ennek egyik látványos példája az időmérés, az órától a digitális eszközökig. A szabványos alkalmazás esetére a mérőeszköz gyártója erős hibakorlátot is megad, amelyet az eredmény felhasználása során kell alapul venni.

Tudományos célú mérések

Az ide sorolható mérések fő jellegzetessége, hogy (a tudomány számára is) ismeretlen dolgok kutatását szolgálják. Ebből adódik, hogy az ilyen mérésekre nincs bevett módszer, eljárás; "trükköket" kell alkalmazni. Fondorlatos módon mérnek szokásos eszközökkel bizonyos mennyiségeket, és ezeket egyedileg – általában statisztikus módszerekkel – feldolgozva állítanak elő teljesen újszerű eredményeket, amelyek lehetnek mért értékek, összefüggések és sok minden más is. Mindebből következik az is, hogy ilyen esetekben a mérési hiba korlátjáról keveset tudunk előzetesen mondani, ezért eleve többször kell mérni a vizsgált mennyiséget, majd az eredmények statisztikája alapján adhatunk becslést a mérés megbízhatóságára. Ilyen mérések esetén tehát nem a mérési hibakorlátot adhatjuk meg, hanem a mérés várható pontosságát, megbízhatóságát.

Itt merülhet fel alappal a "szisztematikus mérési hiba" kérdése, ugyanis a tudományos mérések – az ismeretlent kutatván – a szokásos megoldásokon kívül eső, nem szabványos megoldásokat alkalmaznak.

A tudománynak éppen ez a különleges tulajdonsága: már meglévő dolgokkal igyekszik ismeretlen dolgokat felfedezni, kutatni.

Az így keletkezett kutatási eredmények, felfedezések lesznek később a fejlesztések, innovációk alapjai.

Társadalmi (célú) mérések – kutatások

Ilyen méréseket a társadalmi működések irányítása céljából végeznek, de fontos tudni azt is, hogy a gazdaság irányításának is az itt keletkező eredmények az alapjai; valójában tehát társadalmi-gazdasági mérésekről van szó. E területre jellemző még egyfajta kettős szóhasználat (mérés – kutatás) is, aminek az az alapja, hogy bizonyos eredmények a tudományos kutatásokhoz hasonló (például) statisztikus módszerek révén állnak elő, ezért beszélünk közvélemény-kutatásról, de végül a mérés eredményét emlegetjük.

Gazdasági kutatások alapjait gyakran statisztikai adatok adják, amelyeket – természetesen – statisztikus módszerekkel dolgoznak fel.

Társadalmi jellegű mérések esetében a mérőrendszerekről kell szólni, ezek ugyanis nagyon szokatlanok, és alig tudunk róluk valamit. Itt a jelátalakító alapját a (társadalmi) minta adja, amely lehet reprezentatív vagy véletlen. Egy ezer fős reprezentatív minta akár néhány milliós népességről is igen jó (akár egy-két százaléknyi pontosságu) eredményt adhat, de ehhez úgy kell kiválasztani a minta egyedeit, hogy az arányok minél több szempontból jól tükrözzék a népesség arányait (reprezentálják a népességet, populációt). Persze különös figyelemmel kell lenni a mérendő jellemző(k) szempontjából fontosnak várt szempontokra. A véletlen mintába véletlenszerűen kiválasztott egyedek kerülnek. Itt a kiválasztás lehet kritikus, az adathalmaz rejthet ugyanis tendenciát; például a vonalas telefonnal rendelkezők listája. A véletlen mintáknak rendszerint nagyobbaknak kell lenniük ugyanolyan pontossághoz. A jelátalakító másik fontos része a kérdőív. Ezek összeállítása és megfogalmazása kritikus, mert rossz kérdésekre igen félrevezető válaszokat kaphatunk. Emeljünk ki egy szempontot: egyetlen (telefonos) kérdésre adott válaszok nem adnak megalapozott mérési eredményt; ilyen válasz csak szavazás esetén értelmes. A jelátalakító része a válaszok feldolgozásának módja is, az, hogy az egyes kérdésekre adott válaszokat milyen kimeneti jellemzőkbe számítjuk bele, és milyen súllyal. Ennek részletei már igen mély szakmai kérdéseket érintenek.

Oktatási célú mérések

Valószínűleg ez a legzavarosabb terület. Az oktatási és képzési célokhoz kapcsolódóan rengeteg változat használatos, de erről sajnos nagyon ritkán esik szó. A legtöbb nehézséget persze az okozza, hogy a célok sem kellőképpen tisztázottak, például azért, mert többet is kitűznek egyszerre – rendszerint rangsorolás nélkül.

Jellegzetes cél a motiváció, amikor a fő cél valamilyen téma felvezetése, előkészítése. Általános iskolában otthon elvégezhető mérési feladattal – a kinti levegő hőmérsékletének egy időszakban való rendszeres mérésével – időjárási téma készíthető elő. A felső tagozatban inkább előkészítés és törvények felismerése a cél. Gyakran már ekkor elkezdik a mérés alapjainak oktatását, ami a középiskolában már általában deklarált cél. Gimnáziumban inkább a tudományos, a szakképzésben inkább a szakmai mérések előkészítése és tanítása a cél. Olykor egy mérési eljárás megismertetése, illetve gyakoroltatása vagy egy konkrét mérőeszköz használatának megtanítása a tantervi cél. Az esetek nagy részében ezek keverednek is. Mindezekben – rejtett tantervi anyagként – a mérés elveinek tanítása is oktatási feladat. Ember legyen a talpán az a diák – de még tanár is –, aki ezek között eligazodik, és megtanulja, illetve képes megtanítani mindazt, amit a tanterv készítői és jóváhagyói belegondolnak.

Ezek miatt érdemes a mérési feladatot pontosan megfogalmazva leírni, és esetleg azt is belevenni, hogy a tanulónak mit kell megtanulnia belőle.

Itt talán illik szólni arról is, hogy az iskolákban, oktatási intézményekben a tanítási-tanulási folyamat eredményességének vizsgálatára is végeznek méréseket. Ezek javarészt a társadalmi célú mérésekre hasonlítanak, de az osztálykeretekben végzett mérés a dolgozat, sőt a felelés is eredményességi mérés. Ezek módszertanára itt nem térünk ki.

A tanulmányi versenyek mérései

A legtöbb vizsgán és versenyen az oktatási célok elérésének szintjét vizsgálják, beleértve a mérési elvek ismeretének és a gyakorlottságnak a szintjét is. Olykor szimulációs a mérés, amivel még az azonos feltételek is biztosíthatók. Itt a mérés végrehajtása a tanulás sikerességének az értékelésére szolgál; a mérést mérik. Ilyen helyzetekben leggyakrabban a tudományos célú mérések alapozása a cél, ezért általában jól reprodukálható folyamatot vagy állapotot méretnek, és elvárják, hogy a résztvevő (legalább) hármat mérjen akkor is, ha méréssorozatról van szó.

Az, hogy a mérés(ek) célja rendszerint itt sem tisztázott, már egyáltalán nem meglepő, de azt érdemes leszűrní, hogy a mérésre vonatkozó ismereteknek egyre nagyobb jelentőséget tulajdonít a társadalom, így az oktatás is.

A Lánczos-versenyek mérési feladatai

Versenyeink mérési feladataival a tudományos jellegű méréseket igyekszünk megalapozni. A felsőoktatásban ilyen alapismereteket várnak el, és a középfokú tanulmányokat lezáró vizsgákon is leginkább ilyen típusú ismereteket vizsgálnak. Igyekszünk a leírásokban minél pontosabban bemutatni a használatos eszközöket, a mérőelrendezéseket üzemkész állapotban rendelkezésre bocsájtani, megadni a mérési adatok feldolgozásának módját (átlagszámítás, grafikon típusa), és vázoljuk a végrehajtandó tevékenységeket. A versenyzőnek azt kell kitalálnia, hogy milyen táblázatba érdemes gyűjteni a mérési adatait, és hogy a grafikon tengelyein milyen beosztást célszerű használni. Eredményül egy (nem lineáris) grafikon várunk, és kérdezzük azt, hogy milyen tapasztalatokat szerzett, szűrt le a versenyző. Törvényszerűség levonásától, megfogalmazásától óva intünk mindenkit!

A reprodukálható dolgok esetén illik több (legalább három, de mindenképpen páratlan számú) mérést (mérési sorozatot) végezni, és az összetartozó értékek átlagával dolgozni. Van viszont nem reprodukálható dolog is; egy tányér forró leves, egy csésze forró tea adott kezdőállapotú kihűlése egyetlen egyszer megy végbe a történetük során, ugyanis a kezdőállapot (termikus szempontból) nem reprodukálható megfelelő időben kielégítő pontossággal.

Sosem kérünk hibaszámítást, bár a használt eszközök mellett erre legtöbbször volna mód, de a függvénykapcsolat vizsgálata esetén ennek csak korlátozott jelentősége lenne. A megbízhatóság becslése kissé érdekesebb lehetne, de ehhez komoly statisztikai ismeretek kellenének.

A fentiek alapján **kérjük a kollégákat**, illetve **a versenyzőket felkészítőket** arra, hogy – például a régebbi mérési feladatok alapján – beszéljék meg a diákokkal, hogy egy-egy feladat esetén milyen mérési táblázatot célszerű felvenni, és hogy az eredményeket milyen grafikonon érdemes ábrázolni. Essék szó a tengelyekről, a tengelyek skálázásáról és feliratairól, valamint a kapott görbéről egyaránt!