

TAKÁCS GÁBOR
Budapest

Kis mennyiségek mérése

Közoktatás-politikai célkitűzéseink között a tanulói személyiség sokoldalú, komplex fejlesztése szerepel. Az iskolákban tanított ismeretek zöme azonban a tantárgyankénti csoportosítás rendszerében nagyrészt napjaink tudományrendszerét tükrözi. A tantárgyak ismeretanyaga kevés kivételtől eltekintve egy-egy tudományág tárgykörének szűkített változata. Ezért alakult ki az a helyzet, hogy a tanárok és a tanulók többsége egyaránt külön-külön tantárgyakban gondolkodik, és még a középfokú (esetleg felsőfokú) képzés végén sem szintetizálódnak a természettudományos ismeretek és összefüggések.¹ Ezen a kedvezőtlen helyzeten a tantervi koordináció módszertani eszközök propagálásával, az általános iskolában is szervezhető fakultációs foglalkozások nyújtotta lehetőségek kihasználásával, a komplex természettudományos szakkörök működtetésével javíthatunk.

Egy ilyen, több tantárgy (technika, matematika, fizika) ismeretanyagát is érintő témából, a kis mennyiségek mérési eljárásainak az általános iskolai tanulók életkori sajátosságaihoz igazodó szintű feldolgozásából mutatok be egy lehetséges változatot. Fakultációs foglalkozás, fizika- vagy komplex természettudományos szakkör anyagaként egyaránt választható ez a téma. A feldolgozás módja és mennyisége pedig a helyi adottságoknak, igényeknek megfelelően nyilván módosítható, csökkenthető, bővíthető.

A kis mennyiségek mérésének, a mérési hiba csökkentésének szokásos módszere a mérendő mennyiség többszörösének együttes mérése. Ez a módszer már a 4. osztályos Technika munkatankönyvben, mint a papír vastagságának mérési módszere szerepel.² A papírlap vastagságánál nagyobb mennyiséggel kezdve megbecsülhetjük, majd megmérhetjük egy pénzérme vastagságát. (A mérést mindig előzze meg a becslés, és kövesse a becslés és a mérés eredményeinek összehasonlítása!) Nyilván egy darab húszfilléres vastagságát vonalzóval nem lehet pontosan megmérni. Viszont tíz darab húszfilléres vastagságát együtt megmérve, majd az eredményt tízzel osztva, már jóval pontosabb értéket kapunk. A papír vastagságának mérését egy könyv (pl. tankönyv) lapjain gyakorolva, a célszerű eljárást feladatlapon irányíthatjuk:³

Milyen vastag a matematikatankönyved egy lapja?

Becslésed: mm.

Könyved egy lapjának vastagságát sok lap vastagságának összegéből határozhatod meg. Annyi lapot fogj össze, hogy a milliméterek száma egész szám legyen!

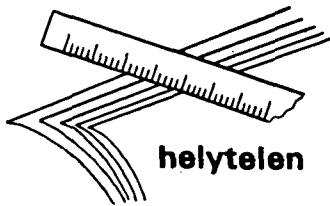
Az összefogott lapok vastagsága: mm

utolsó lap oldalszáma:

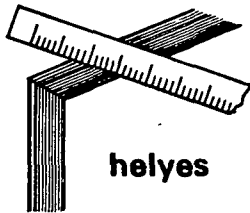
első lap oldalszáma:

lapok száma: (Figyelj!)

Egy könyvlap vastagsága: mm



helytelen



helyes

Hasonló elv alapján végezhetjük kis tömegű tárgyak tömegének mérését (pl. a kanadai nikkelből vert új tízforintos 8,83 gramm tömegű), periodikusan ismétlődő rövid időtartamok meghatározását.

Kicsi, egyformának tekinthető mennyiségek mérésére egy másik egyszerű példa a folyadékcsapp tömegének mérésére (például a felületi feszültség mérések a sztalagrométer használata) szolgáló módszer. Ha egy kapilláris csőből elég lassan csepegtetjük ki a folyadékot, akkor a cseppek száma megállapítható. Nyilván egy folyadékcsapp tömege az együttes tömeg és a cseppek számának hányadosaként adódik.

Hosszúságmérés pontossága növelésének másik szokásos módszere a nóniusz alkalmazása, amely a mérőeszköz szomszédos beosztásai közötti távolság (a skálarész) törtrészeinek pusztá beclslésénél pontosabb lehetőséget biztosít. Nóniusszal ellátott hosszúságmérő eszközök skálái beosztásának elve, használatának módja például dr. Budó Ágoston—dr. Pócza Jenő Kísérleti fizika I. tankönyv, (raktári szám: 4292/I.) 2. §-ában található. Csupán a tolmérő használatának gyakorlásával kapcsolatban említtem azt a tényt, hogy a tanulói kísérletekkel kapcsolatos méréseknél problémát szokott okozni a tanulók jártassága (járatlansága?) a mérőműszerek által mutatott értékek leolvasásában. Írásvetítőt használva, ha a mérőműszer kivetíthető modelljét mozgó alkatrészének mozgathatóan történő kiképzésével készítjük, akkor a műszer által mutatott érték leolvasását az egész osztállyal (csoporttal) egyidejűleg gyakoroltathatjuk. Elkészíthető azoknak a mérőeszközöknek a mozgó ábrája, illetve mérőműszereknek a skálája mozgatható mutatóval, amelynek a leolvasását be akarjuk gyakoroltatni. Ezek egyrészt lehetnek olyan réteges transzparensok, amelyek patentkapoccsal kapcsolódnak egymáshoz, s a kapocs mint középpont körül elforgathatók. Célszerű egy kis fóliakorongot a két lemez közé tenni, hogy az összekapcsolt fóliák forgatás közbeni sérülését elkerüljük. Másrészt készíthetők olyan többrétegű transzparensok, amelyeknél a középső réteg mozgatható. Például elkészíthető a tolmérő mozgatható nóniusszal. A tolmérő két mérőnyelve közé valódi tárgyak tehetők, amelyek mérete a vetített képen leolvasható.

Ha megmérjük, hogy mennyi idő alatt esik le valamely h magasságból a szabadon eső test, akkor a

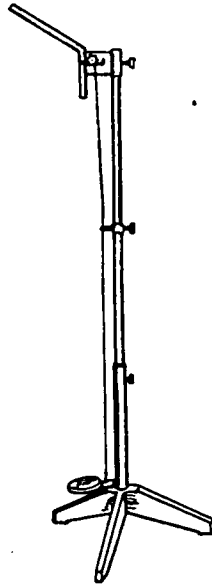
$$h = \frac{g}{2} t^2$$

összefüggésből számítható a szabadelés gyorsulása (a 8. osztályos fizika anyagában a szabadelés vizsgálata csak kvalitatíven szerepel!). Ha a testet nagy magasságból (pl. emeletről) ejtjük, akkor a levegő ellenállása már észrevehetően befolyásolhatja a mozgást. Kisebb magasság ($1 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$) esetén az esés nagyon rövid ideig tart, az esési időtartam pontos mérése gondot okoz (elektromos stopperóra használatát feltételezi). Ezért a Tanért L 1044 cikkszámom forgalmazott útsokszorozó ejtőgépet célszerű használni. Ezzel az eszközzel a szabadelés időtartamát és útját sokszorozhatjuk meg. Az útsokszorozó ejtőgép egy önműködő mechanikai félautomata vezérlőberendezés. A mérhető (és az eszköz méretei által megszabott határokig változtatható) magasságból

egymás után folytatólagosan tíz golyót ejtethünk le. A másodiktól kezdődően, mind-egyik golyó akkor kezd esni, mikor az előző golyó az ejtőlap alul elhelyezett, billenthető ütközőlapjához ütközik. Így tíz golyó esésének együttes időtartamát megmérve (ez már kézistopperral is elfogadható pontossággal mérhető, hiszen 5 s körüli mennyiség), majd tízzel osztva egy golyó esésének időtartama könnyen számítható.

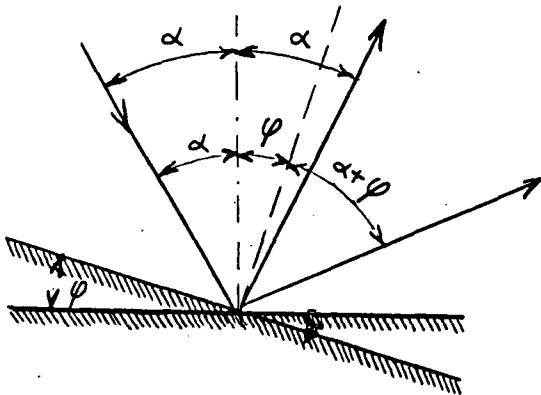
Kis mennyiségek mérésekor a mérőműszer érzékenysége növelésének hatásos és elterjedt módszere a fénymutató használata. Olyan eszközt konstruálva, amelynél a mérendő mennyiség változása egy siktükör bármilyen kicsi elfordulását eredményezi, a változás mértéke nagy pontossággal meghatározható. Ugyanis a tükör egészen kicsi elfordulásai is megmérhetők.

A fénymutató használatából adódó lehetőségek egyszerű szemléltetésére megfelel a gyerekek „szembe tükrözéses” játékanak-tréfájának elemzése. Közvetlen tapasztalata a gyerekeknek, hogy a siktükör (amellyel társaik szemébe irányítják a fényt) egészen



kicsi elfordításakor is, a sugárnyaláb végén észlelhető fényfolt lényegesen elmozdul. A sugárnyaláb elmozdulása a tükörtől való távolság függvénye. Ha a tükörtől egy méter távolságra egy centiméternyit mozdul el a fénynyaláb, akkor tíz méter távolságra már egy deciméternyit.

A fénymutató használatával kapcsolatban megmutathatjuk azt is, hogy ha a siktükört a beesési síkra merőleges tengely körül φ szöggel elfordítjuk, akkor a visszavert fény sugar 2φ szöggel fordul el. Ugyanis (miként az ábráról leolvasható) a beesési szög és a visszaverődési szög is φ -vel lesz nagyobb. Esetleg szóba kerülhet az objektív és a szubjektív tükrölvasás⁴ is. A torziós ingákról (Coulomb, Cavendish, Eötvös) mint a fénymutató alkalmazásának szép példáiról is indokolt beszélnünk.



A siktükörről visszaverődő fénysugár elmozdulásának kis mennyiségek mérésére történő felhasználását a fény terjedési sebességének forgó tükörrel történt meghatározásával, Foucault 1849-ben végzett fizikatörténeti jelentőségű⁵ mérésének elemzésével célszerű befejeznünk. A forgó tükörrel Foucault $2,98 \cdot 10^8$ m/sec értéket kapott a fény terjedési sebességére. A forgótükör-módszerrel százmilliomod másodpercnyi időtartam mérhető 1%-os hibahatáron belül. Ennek magyarázata Öveges professzor által leírt⁶ módon az általános iskolások számára is könnyen érthető.

Mindezeket lezárhatjuk egy, a gyerekek fantáziáját megmozgató sebességméréssel: légpuskából kilőtt lövedék sebességének meghatározásával.⁷ Egy gyorsan forgó, ismert fordulatszámú elektromotor tengelyére erősített két papírkorongon (közvetlen közelről a motor tengelyével párhuzamosan) átlóve a lövedék által a papírkorongok távolságából számíthatjuk a lövedék sebességét. Ugyanis feltéve, hogy a papírkorongok távolsága Δs , a motor fordulatszáma n , a papírkorongon ütött lyukakat a korong közepével összekötő egyeneseknek az eredetileg nyugalomban levő korongok azonos helyzetű (például függőleges) sugaraival bezárt szöge φ_1 és φ_2 , akkor a lövedék sebessége:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \quad \text{ahol } \Delta t = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{360^\circ} \cdot \frac{1}{n}, \quad \text{ezért } v = \frac{\Delta s \cdot n \cdot 360^\circ}{\varphi_2 - \varphi_1}.$$

A légpuskalövedék sebességére 70 m/sec körüli érték várható.

IRODALOM

- [1] Fazekas György: Diákok és biológiateanárok véleménye a gimnáziumi természettudományos tantárgyakról és a matematikáról. Köznevelés, 1987. 20. szám 15–21. o.
- [2] Dr. Fekete János: Technika az általános iskola 4. osztálya számára. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985. (Hatodik kiadás.) 45. o.
- [3] Takács Gábor—Takács Gáborné: Matematika a kisegítő iskola 6. osztálya számára. Tankönyvkiadó, Budapest, 1986. 157. o.
- [4] Dr. Bodó Ágoston—dr. Mátrai Tibor: Kísérleti fizika III. Tankönyvkiadó, 1977. 37–38. o.
- [5] Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 1981. (2. bővített kiadás.) 301. o.
- [6] Öveges József: Az élő fizika. Gondolat Kiadó, Budapest, 1972. (4. kiadás.) 182. o.
- [7] G. P. Makejeva—M. Sz. Cedrik: Ki mit tud fizikából? Táncsics Könyvkiadó, Budapest, 1969. 30. o.