

4. *Kísérlet:* a) Keményítő + jóddalát = kék;

b) Kettétört kukoricaszemre jóddalátot cseppentek = kék. (A kukorica szemtermése sok keményítőt tartalmaz.)

Bemutatom a tarkaszemű kukoricacsövet. (Másfajta kukorica virágpora is hullott a bibére.)

Bemutatom a hiányos szemű csövet. (Nem hullott minden bibeszálra virágpor.)

III. Összefoglalás.

A tárgyalás menete szerint.

Jeges Sándor.

Természettan.

A szabadesés.

Tanítás a polg. fiúiskola III. osztályában.

A szabadesés egyik legnehezebb tétele a fizikának mind a tanuló, mind a tanár részére.

Nehéz a tanulónak, mert felületes rá gondolással lehetetlennek látszó tételt is tartalmaz, mint pl. azt, hogy könnyű és súlyos tárgy (legalább is légüres térben) egyenlő sebességgel esik (amin ne csodálkozzunk, hiszen Galilei-ig minden okos ember is ezt hitte). Nehéz azután a gyermeki elmének a feltétlenül szükséges sok szám közötti összefüggés megfigyelése. Ha egy rövid időre a 13 éves gyermeknél természetszerűleg beálló fáradság jelentkezik, elveszti a fonalat.

Nehéz a tanárnak azért, mert sok fáradozása dacára ismeri már a várható silány eredményt.

Nehézzé teheti a tételt a tankönyv és a tanár túlzott számtáblázat-követelménye. Fokozza ezt a rossz, vagy semmi kísérlet. A kettőnek együttes hatását volt alkalmam tapasztalni. A tanár elővéve az osztálykönyvet, végighúzta rajta a ceruzát, mondván: a lejtőn a test lassan indul és mindgyorsabban gurul le (Galilei-féle lejtő). Majd a táblára felírta a tankönyvben is szereplő táblázatokat (egyes mp-ekben megtett út, 1—2—3 stb. mp alatt megtett út, közép- és végsebességek). Megtörténvén az átmenet a szabadesésre, azzal a kérdéssel fejezte be az órát: értitek? Hát nem hiszem, hogy az utóbbi száz év alatt lett volna olyan bátor diák, aki a tanár gyöngyöző homlokát látva, ki merte volna mondani: nem! Nem is csodálom, ha ilyen esetben a tanárban elsüllyed a pedagógus és laikus módon vezeti le fe-

szültségét az iskolai villámhárítón, a diákon keresztül. Meg kell még jegyezni, hogy ez alatt az óra alatt a sokat emlegetett Galilei-féle lejtő elhagyottan támaszkodott falnak a szertárban.

A gyötrelmem itt még nem szűnt meg. A diák folytatta otthon. Miután a könyvben az illető leckerész mind a fentebb említett táblázatokot tartalmazta, kötelességének tartotta „bevágni“. Órányi hősi küzdelem után sírva jelentette ki, hogy ezt nemcsak hogy nem érti, de betanulni sem képes. Persze, az már diákos könnyelműség, hogy sem magát, sem jó tanárát nem okolta, hanem csak a fizikát gyűlölte meg. Pedig éppen ennek nem volna szabad bekövetkeznie! A tanuló és tanár gyötrelme a szabad esésnél megújul a következő órai feleltetésnél, az évközi, majd az évvégi ismétlésnél. Eredmény (tessék utána számolni): 4:5 a diák terhére (ő eggyel többször kínlódott). Istenem, milyen boldognak érzi magát, amikor viheti a könyvet az antikváriumba!

Nem nehéz a tanulást levonni. 1.) Kísérlet a fizika alapja (legalább is ezen a fokon). Leghasznosabb mindenkinek a saját kísérlete és annak feldolgozása, mert itt kényszerítve van a folytonos figyelemre s a lüktető figyelemgyengüléseknek egyénileg engedve, megpihenhet. 2.) A számtáblázatok a magyarázatnál ugyan nélkülözhetetlenek, de nem betanulandók, semmi helyük nincsen sem a tankönyvben, sem a beszámolásban. Ezeknél fontosabb, hasznosabb és könnyebben megjegyezhetőek a számtáblák szóban kifejezett eredményei. A tankönyveknek is szakítaniok kellene azzal a törekvéssel, hogy a tanárt helyettesítsék. Erre úgy sem képesek. A tankönyv ne legyen olyan, amely „magántanulásra is alkalmas“. Igazán „magántanulni“ 13–14 éves gyermek képtelen, ha ez alatt nem a „biflázást“ értjük. Tankönyveinknek általában még erős szakjellegük van a didaktika rovására. Mert hátha különben nem engedélyezi a felsőbb hatóság! 3.) Nem bízunk magunkat a tanulókból kikényszerített „értjük“ behódolásra, hanem minden részlet azonnali ismételtetésével meggyőződünk, igaz-e, hogy megértették. Így valószínűbb is, hogy a szellemi kihagyások miatt elmaradt tanulók pótolják a hiányt. Ez főként akkor szükséges, ha a kísérleteket és levezetéseket egyedül a tanár végzi.

Az egyenesen gyorsuló mozgás megfigyelésére néhány e fokra írt tankönyv a Galilei-féle lejtőt veszi fel, s azután tér át a szabad esésre. Ennek főképen az az oka, hogy a lejtőn lassúbb lévén a mozgás, egyszerű eszközzel is jól megfigyelhető, míg maga a szabadesés csak komplikált, e fokon nem használható eszközökön (Atwood-, Müller-, Wulf-féle készülékek). Egy óra alatt (45 perc!) azonban semmi esetre sem lehet eredményesen feldolgozni a lejtőn való mozgást és a szabadesést

együtt. Már pedig az idővel rendkívül takarékosan kell bánni, miután egy tanévben a legutóbbi évhez hasonlóan, nem számolhatunk a tanmenet nyomtatványon feltüntetett 105 órával (nyomatott akkor, amikor a tanév június 29-én zárult, a szünetek ritkábbak és rövidebbek voltak), hanem legfeljebb 93-mal. Leszámítva az ismétlésekre szükséges órákat, 80—82 tanítási órán kell elvégeznünk a tanterv által előírt és a tankönyvek által túlméretezett anyagot. Nem hogy új anyagot az eddigiehez hozzávenni nem lehet, hanem még az eddigiekből is bőven kirosztálni kellene. Vagy — amire nincs kilátás, — a heti óraszámot emelni.

Ajánlatos tehát elhagynunk a Galilei-féle lejtőt, s magát a szabadesést tárgyalni kísérlet alapján.

Itt hazai és külföldi tankönyvekben két eljárás vált szokássá. Az egyik szerint többemeletes épületben különböző magasságból ejtünk követ, hogy 1 és legalább 2 mp alatt megtett út hosszát megállapítsák a tanulók. Fogyatékosága ennek az, hogy nagyon durva hibával dolgozhatunk, megfelelő épület sem áll mindig és mindenütt rendelkezésünkre, a vándorlás idővesztéssel és rendetlenséggel jár. A másik eljárás, melyet tankönyvek ajánlanak, két zsinegre erősített súlyok ejtése. Egyiken a nehezékek egyenlő távolságra vannak erősítve, a másikon 1—4—9 stb. arányú távolságokban. Itt persze mérésről szó sem lehet.

Még egy megoldási mód kísért: a deduktív. Pillanatig ható (vagy egy pillanatban megszűnt) erő egyenletes mozgást hoz létre, állandóan ható állandó nagyságú erő tehát gyorsuló mozgást. Bármennyire ajánlják is a deduktív eljárást egyesek, régen eldöntött tény, hogy ez a gyermekfejlődési időpont nem alkalmas erre. Még az általában deduktívnek ismert matematikában is induktív utakat keresünk.

Megkísértem pár éven át magát a szabadesést tanteremben kísérletben bemutatni, megfigyeltetni és mérni (természetesen e foknak megfelelő és nem tudományos pontossággal). Persze, nem mp-es időtartamokkal, hanem annak részeivel. A menet nagy vonalaiban a következő:

1.) *Az eső test útja általában függőleges.* A kelet felé való eltérést csak akkor említhetnénk, ha a körmozgásról lett volna szó már. Ezt a Föld forgásának bizonyítékai közé kell utalnunk.

Hosszabb zsinegen függőont erősítünk fel, egészen közel hozzá pár centiméter fonálon kicsiny súlyos testet. Mielőtt ezt a cérnaszálat gyufával elégetnénk, a kísérletet röviden megbeszéljük. Párhuzamosan fog-e esni a függőlegessel a tárgy, vagy nem?

Könnyebb az esés okára rámutatni, ha a szabadesés tárgyalását megelőzte a súly, erő fogalma.

2.) *A levegő ellenállása néha nagyon eltéríti a függőlegestől az eső tárgyat.*

Könnyíti munkánkat, ha a szabadesés tárgyalását megelőzte a közegellenállás és súrlódás. Ezt előbb elintézni azért is ajánlatos, mert minden mozgást föltételező kísérletünkben (inga, egyszerű gépek) ott fognak szerepelni.

Papírlap esési útját figyeljük meg. Ugyanazt a papírlapot gombóccá gyúrjuk. Súlyosabb lett ezzel? Ejtés. A kísérlet tanulságának megállapítása.

3.) *Különböző súlyú tárgyak egyenlő sebességgel esnek.*

20 cm-nyi célnaszálra kötök egy könnyebb és egy súlyosabb kis térfogatú tárgyat (egy porcellán vezeték tartó és egy katonai puska lövedék).

a) *A kísérlet előkészítése.* Mérjük le a két test súlyát! Egyik 5 g, a másik 15 g. Mit várna az ember? Jó magasan (2,5 m) villaalakú tartóra helyezem úgy, hogy egyik oldalon az egyik, másikon a másik tárgy lóg egyenlő magasságban a földtől. Nem kézzel bocsájtom útjukra a testeket, hanem a villa ágai közt elégetem a cérnát. Miért?

A padlóra ejtek egy golyót. Koppan. Mozdulatlanul azonnal megáll? Visszaugrik, több koppanást is hallunk egymásután. Melyikre kell figyelniünk? (Kezdők hibája, hogy ezt az előkészítést kihagyják, s e miatt a kísérletet meg kell ismételni. Ez idővesztéség.)

b) Most elégetjük a cérnaszálat, a megfigyelés eredményét megbeszéljük.

Ha van ejtőcsövünk és légszivattyunk, felhasználjuk. Időt nyerünk, ha már óra előtt kiritkítottuk a levegőt s megmutatjuk a különböző súlyú tárgyak esését 1.) légritka térben; 2. levegős térben. Nem tartom felétlenül szükségesnek.

A kísérlet eredménye meglepetést okoz. Hogyan lehet, hogy nagyon súlyos test, amelyre tehát a vonzóerő nagyobb, egyenlő sebességgel esik a kisebbel. Rá kell mutatnunk, hogy kétszer nagyobb súlyú golyónál nemcsak a vonzóerő kétszer nagyobb, hanem a mozgatandó tömeg is. Ajánlatos a következő példára mutatni. Három teljesen egyenlő fiú közül az egyik egymaga húz 100 kg összsúlyú kiskocsit, a másik kettő együtt 200 kg súlyút. Melyik kocsi fog gyorsabban haladni?

3. *A szabadesés időbeli lefolyása.*

Vajjon a szabadon eső test mozgása szabályos-e? Megvizsgálendő. Mit jelent az, hogy szabályos? Egyenletes. Tehát a második, harmadik, stb. negyed másodpercen akkora utakat fut be, mint az elsőben (miután a mp tört részeit fogjuk használni, az előkészítésben sem beszélek egész mp-ekről). Más sza-

bályosság nem lehetséges? Pl. minden következő időegységben az előbbinél kétszer hosszabb útat tesz meg.

Az időt gyors számolással fogom kimérni: null-egy-két; null-egy-két. Az egyik „null” szót hangosabban mondom ki, s ugyanakkor el fogom ejteni a golyót 40 cm magasból. Figyeljük meg, mikor ér asztallapot. Csak egyszer fog koppanni? Melyik koppanás számít? (Egyik kézzel egy méterrudat tartok függőlegesen az asztallapon, a másikban egy acélgolyót.) A kísérlet eredményeképpen megállapítjuk, hogy a golyó a nulltól egyig terjedő kicsiny idő alatt tette meg a 40 cm útat. Jegyezzük táblára: $7/25$ (0·28 mp) 40 cm.

Ha az esés egyenletes sebességű, akkor a null-egy és egy-két szavak között eltelő kétszer hosszabb idő alatt mennyi útat kell megtennie? Vizsgáljuk meg, így van-e?

A kísérletet megismétlem 80 cm magasból. Amikor a „két” szóból még csak a „k” hangzik el, már koppan a golyó. Miután mi ezt már előre tudjuk, ki is kell éleznünk a dolgot s nem mondjuk ki az egész szót. Másképp a vélemények meg fognak oszolni, aminek főoka az, hogy a tanulók a pontos megfigyelésben még nem gyakorlottak, különösen ha tételünk a fizikatanítás elején szerepel.

Megállapítjuk, hogy az esés nem egyenletes sebességű mozgás, a második időegység alatt 40 cm-nél nagyobb útat futna be. A tanulók által mindjárt ajánlott 120 cm-t megkísérelni nem ajánlatos, miután időmérésünk és a fültre-szemre bízott megfigyelés nem adhat kétséget nem tűrő választ.

Kimérünk a falon 160 cm-t, s ebből a magasságból ismételjük a kísérletet. Felírás:

$$2 \times 7/25 \quad (2 \times 0.28) \text{ mp} \qquad 160 \text{ cm.}$$

Tantermünk magassága 3·60 m. Épen ezért választottuk az alaptávolságot 40 cm-nek. Az előadó asztalra állított kis létráról elérem a mennyezetet. Aki veszély nélkül nem mehet fel a létrára, egy ügyesebb tanulót küldhet fel. A kísérletet megismétlem null-egy-két-rom, null-egy-két-rom számolás mellett. Felírás:

$$3 \times 7/25 \quad (3 \times 0.28) \text{ mp} \qquad 360 \text{ cm.}$$

Megjegyzések a kísérlethez. A számolásnak pattogó, kurta szavakban kell hangzania. A számolás sebességét előzőleg jól be kell gyakorolni. Ehhez segítségül felhasználhatjuk a metronómot, ha annak ingasúlyát a legmélyebb helyzetbe (a legutolsó-nak jelzett percenkénti 208 lengés alá) húzzuk. Ha metronóm nincs, egy kb. 8 cm-es kis fonálinga segít rajtunk. Tapasztalatom szerint közvetlenül a metronómot nem jó használni, mert ütése nem áll meg a kellő pillanatban, s ez a tanulók megfigyelését zavarja. Egy-egy kísérlet alatt a számolás folytatódólagosan

ismétlődik, amíg lelkileg elő nem készültünk a golyó nyugodt elbocsájtására. Tanárjelöltjeink kísérleteiben láttam, hogy a számolás alatt a golyót tartó kéz nagyon hajlamos az ütemes le-fel mozgásra, ami elbocsájtáskor lökést ad a golyónak. Ilyenkor azután a figyelem felhívása céljából hangosabban kiejtett „null“ szóra a kéz is nagyobbat lendül. Gyakorolnunk kell izmaink függetlenségét.

A négy kísérlet után levonjuk a következtetéseket, a szó-kásos számbeli feldolgozást elvégezzük. Az iskolai kísérletekben, az idő rövidege miatt, az induktív feldolgozás soha sem terjed 3—4 kísérletnél többre. A számadatok feldolgozása természetesen nem történhetik a tanár előadása és a tanulók szótlan figyelése mellett, hanem a tanár irányító kérdései alapján az osztály (tehát nem egyes kibökött tanuló) állapítja meg a törvényszerűségeket. A megadott mp-részeket vagy közönséges, vagy tizedestört formájában használjuk, de nem mindkettőben. Válasszunk ízlés, vagy meggyőződés szerint.

Amikor eljutunk addig, hogy egy időrész alatt $1 \times 1 \times 40$ cm-t, két időrész alatt $2 \times 2 \times 40$ cm-t stb. tesz meg az eső test, áttérhetünk az 1 mp alatt megtett út kiszámítására.

Hányszor több 1 mp, mint $7/25$ (0.28 mp)?

Számolás: $1:7/25 = 25/7 = 3.5 \dots$ -szer (vagy;

$100:28 = 3.5 \dots$ -szer). $3.5 \times 3.5 \times 40 = 490 \dots$ cm.

Követheti igazoló kísérlet 5 m magasból. Ha tanterünk magasabban van, olyan hosszú cérnaszálon lógatjuk a testet, hogy a földtől 5 m magasságban legyen. Időmérésre ekkor legalkalmasabb egy másodperc-inga számolás kíséretében.

A tanulók füzetébe kiemelve belekerül az 1.), 2.), 3.) pontnál kiemelt 3 mondat, azonkívül: 4.) a szabadon eső test az első mp-ben kb. 5 m-t tesz meg; 5.) mp-kint a sebesség 10 m-rel nő (gyorsulás); 6.) a befutott út = mp \times mp \times gyorsulás fele.

Ezek alapján a tanuló bármikor felépítheti a számsorokat azok betanulása nélkül.

Tanulókísérletre, a tárgy természeténél fogva a 2.) ponton kívül a többi ezen a fokon nem való. Az együttműködést azzal biztosítjuk, hogy sem megfigyelési adatokat, sem törvényszerűséget megállapító szöveget készen általában nem adunk, hanem a feldolgozásban kikényszerítjük a tanulók részvételét.

Megjegyezzük még, hogy Hahn nem tartja tanulógyakorlatra alkalmasnak a tételt és hangsúlyozza induktív tárgyalásának nehézségét. Poske szerint itt mérőkísérletet ne alkalmazunk.

A mérési pontosságot a gyermekhez szabtam. A gondolat-soron végigmegyünk, de nem kívánjuk a tanulóktól, hogy beszámolójukban újra visszaadják a tanítás minden lépését.

Matzko Gyula.