

# AZ ÖTLETTŐL A MÉRÉSIG

## FROM IDEA TO MEASUREMENT

Egri Sándor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar, Kísérleti Fizikai Tanszék

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A cikkben az Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny harmadik fordulójára kifejlesztett két kísérlet születéséről számolok be. Az egyszerű ötlettel induló fejlesztési folyamat végül olyan két mérési feladatot eredményezett, (Mozgás vizsgálata potenciáltérben, szokatlanul viselkedő fizikai inga) amelyek elvégzése során a versenyzők próbára teheték képességeiket.*

### ABSTRACT

*The way of development of two measurements for third round of Hungarian National Physics Competition for secondary schools is presented. The development of the two measurements (investigation of the motion in a potential field and a pendulum with surprising behaviour) started from a common idea, and finally gave a good possibility for students to try their abilities in physics.*

### KULCSSZAVAK/KEYWORDS

mérés, tanulmányi verseny  
measurement, educational course

### MIÉRT KERÜLT SOR A MÉRÉSEKRE?

Az elmúlt években a Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszékén került sor az Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny harmadik, döntő fordulójára. A döntő kísérleti forduló, ahol az átlagosan 20 résztvevőnek egy mérési feladatot kellett elvégeznie illetve a méréssel kapcsolatos kérdésekre válaszolnia. A mérési feladatok kitalálása, a mérőhelyek kialakítása, a tényleges lebonyolítás és a dolgozatok javítása a tanszéken működő Szakmódszertan Csoport és a vele együttműködő kollegák feladata volt. (általában Isza Sándor, Sántháné Koczka Márta, Egri Sándor, Váradi Magdolna, Szillási Zoltán, Szabó Zsolt)

A munka egy ötletrohammal kezdődött. Mi legyen a mérési feladat? A kérdés megválaszolása során figyelembe kellett venni a rendelkezésre álló időt, pénzt, műhelykapacitást és saját belső igényeinket: a mérés legyen korrekt ugyanakkor érdekes, tartalmazzon valami újszerűt. A szűk keresztmetszet nagyon gyakorlatias volt: 20-25 lényegében azonos mérőhelyet kellett kialakítani, ami egyszerű jelenségekre és könnyen elkészíthető eszközökre irányította a figyelmünket.

### MOZGÁS VIZSGÁLATA POTENCIÁLTÉRZEN

A 2005/2006-os döntő feladata „Mozgás vizsgálata potenciáltérben” volt. A kiinduló ötletet az adta, hogy üveggolyóval játszottak otthon a gyermekeim. Én is gurítottam egyet, kettőt és megfigyeltem, hogy ha a golyót indításkor elhasznált háztartási fólia papírcsövén

keresztül vezetem, akkor nagyon pontosan ugyanazon a pályán tudom végigfuttatni újra és újra. Két golyót egymásután indítva, a második métereken át az első nyomvonalát követi és végül bele is ütközik az előtte haladóba. Ez tehát jól ismételtető, könnyen előidézhető jelenségnek tűnik, ami mérés alapjául is szolgálhat. De mit mérjünk?

Az ötlet továbbfejlesztése során a szórás kísérletek jutottak eszembe [1], papírkúpot kezdtem a golyókkal bombázni, ami már hasonlított egy igazi szórás kísérlethez. A kúp szélén haladó golyók kevésbé, a kúp palástjára jobban ráguruló golyók jobban eltértek eredeti haladási irányuktól.

A folyamatos kísérletek során a céltárgyként használt kútból az alapot képező deszkába mélyített egyébként kúp profilú gödör lett, de ekkor már a városban talált kellően kreatív asztalosmestert is bevontuk a fejlesztésbe. A golyók indításához kis rovátkolt lejtőt is készítettünk. Elkészült a jelenséget modellező számítógépes szimuláció is, ami numerikusan oldja meg a kúpfelületen tisztán gördülő golyó mozgásegyenletét különböző kezdeti feltételek mellett és kirajzolja a mozgás pályáját. A mérendő mennyiség a szórás kísérletnek megfelelően az eltérülés szöge, azaz a golyó haladási iránya szögének megváltozása volt a gödrön való áthaladás során.



1. ábra: A kísérleti eszközök

A mérési feladat ezzel készen állt, már csak néhány kísérlettechnikai megoldást kellett kitalálnunk.

A legnagyobb problémát a gödörből kilépő golyó mozgásirányának meghatározása okozta.

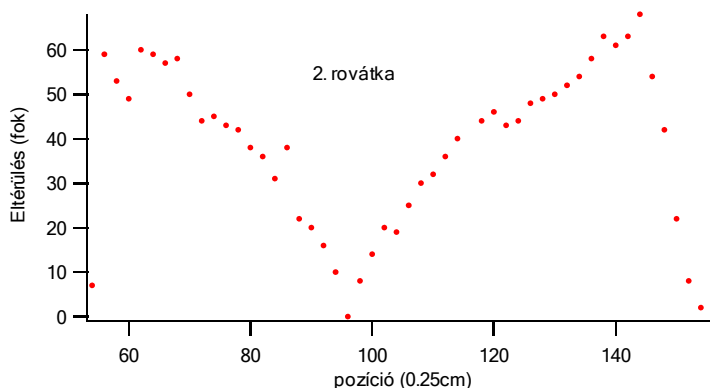
Ötleteink egy része alkalmatlannak bizonyult:

- Indigós papíron gurulva a golyó nyomot hagy, s ebből a sebesség iránya meghatározható (sajnos ez csak túl nagy golyónál működött).

- Ha a deszkán kicsiny bábukat helyezünk el, akkor a mozgásirány megállapítható abból, hogy a golyó melyik bábút üti el (Ekkor a mérési idő nagy része a bábuk állítgatásával telik).

Végül a golyó mozgásirányának vizuális megfigyelése bizonyult a legalkalmasabbnak. A versenyzőknek egy vonalzót kellett párhuzamosra állítani a golyó mozgásával. A vonalzó iránya megadja a haladás irányát is. A mérés során a tanulóknak különböző magasságból és a kúp középpontjától vett különböző távolságból kellett indítaniuk a golyókat és a távolság

függvényében mérniük az eltérés szögét. A grafikonok jellegzetes alakjából meg lehetett határozni a kúp közepének helyzetét és a kúp mélységét.



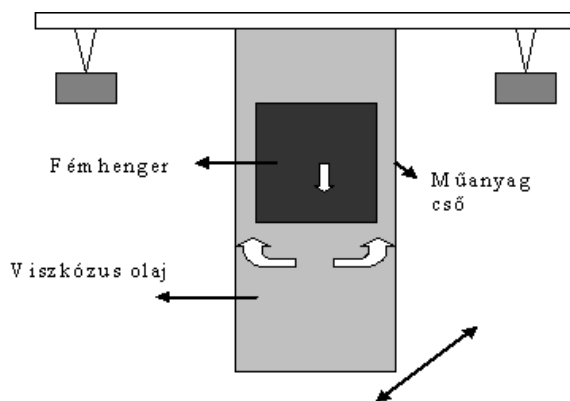
2. ábra: Az eltérés az indítólejtő deszka szélétől mért pozíciójának függvényében

Amikor a versenyzők a számítógépes program paramétereit változtatva maguk is elvégezték a pályák szimulációját és összehasonlították a mérési eredményekkel lényegében a valódi szórás kísérletek kutatási folyamatát játszották el.

### SZOKATLANUL VISELKEDŐ FIZIKAI INGA

A 2003/2004-es döntő alapötletét az a megfigyelés adta, hogy a hallgatók néha túlságosan is bíznak a versenyen, egyébként szabadon használható könyvekben, gyakran vakon követik az ott leírtakat. A fizikai inga [2] lengésideje kicsiny kitérések esetén állandó, nem függ a lengések tágasságától - olvasható egyébként helyesen a könyvekben. De hogyan lehetne olyan fizikai ingát készíteni, aminek a lengésideje változik, és mire következtetne a versenyző, ha ilyen módon az általa mért eredmény ellentmondásba kerülne a tankönyvi arany szabállyal? Bár a kiinduló gondolkodás kissé gonoszkodó, végül is a versenyzőknek eleve elárultuk a trükköt, de még így is maradt a mérés során megválaszolatlan kérdés elég.

A mérőeszközt a mechanika műhely dolgozóival közösen fejlesztettük ki. Egy bárhol kapható szabvány műanyag csőhöz olyan fémhengereket esztergáltunk, amelyek átmérője néhány milliméterrel kisebb volt a csőnek belső átmérőjénél. A csövet ezután megfelelő viszkozitású gépolajjal töltöttük fel és beletettük az alumínium hengert. A henger lassan süllyedni kezdett. A henger fala és a cső belső fala közti távolság valamint az olaj viszkozitásának függvényében a süllyedés igen lassú is lehet, el tudtuk érni pl. azt is, hogy a henger egy nap alatt süllyedjen a cső aljára. (A versenyhez ez túl lassú volt, ott kb. fél órás süllyedési időt állítottunk be.) Végül a cső két végét lezártuk és két fémtüskével fizikai ingát készítettünk belőle. A megfelelően meglengetett fizikai inga lengésideje így a láthatatlanul ám lassan süllyedő fémhenger miatt változott!



3. ábra: A változó lengésidejű fizikai inga elvi rajza

A mérési feladat alapját a lengési idő mérése jelentette, amit az indítástól eltelt idő függvényében kellett újra és újra megismételni. Az időt számítógéppel lehetett mérni - hamarabb került 25 számítógép, mint 25 stopper - és ugyanez a célprogram segítette a gyors kiértékelésben is.

A fizikai inga lengésideje:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot d}} \quad (1)$$

ahol  $T$  a lengésidő,  $m$  az inga tömege,  $g$  a nehézségi gyorsulás,  $d$  az inga tömegközéppontjának távolsága a forgástengelytől,  $I$  az inga forgástengelyre vonatkozó tehetetlenségi nyomatéka. A henger egyenletes süllyedése miatt a tömegközéppontnak a forgástengelytől mért távolsága az idővel lineárisan nő.

$$d = v \cdot t \quad (2)$$

ahol  $t$  az eltelt idő  $v$  pedig a süllyedő fémhenger sebességétől és a fémhenger valamint az olajjal töltött cső tömegének arányától függő állandó.

Az  $I$  tehetetlenségi nyomaték egy konstans (az olajjal töltött cső tehetetlenségi nyomatéka) és egy az idővel négyzetesen növekvő tag (a fémhenger forgástengelyre vonatkozó tehetetlenségi nyomatéka) összege.

Mivel az idővel négyzetesen növekvő tag kezdetben csak kismértékben változik ezért – meglepő módon – a fizikai inga lengésideje kezdetben csökken, és csak később kezd el növekedni.



4. ábra: A fizikai inga lengésidejének változása az idő függvényében egy alkalmasan választott paraméterekkel végzett számolás alapján.

Ezt a különös viselkedést nem sok versenyző ismerte fel illetve mérte meg, a többség a lengési idő folyamatos növekedését feltételezte.

### **IRODALOMJEGYZÉK**

1. E. Rutherford , The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles by Matter and the Structure of the Atom, Philos. Mag., vol 6, pp.21, 1909
2. D. S. Mills: The Physical Pendulum: A Computer-Augmented Laboratory Exercise, American Journal of Physics, vol 48, n 4, pp.314-16, 1980

### **SZERZŐK**

Dr. Egri Sándor, egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszék 4026 Debrecen, Bem tér 18/a, [egray@dragon.unideb.hu](mailto:egray@dragon.unideb.hu)