

ERATOSZTENÉSZ-MÉRÉS

– egy 2200 éves mérés megismétlése

Történeti háttér

Kr. e. 200 táján az alexandriai *Eratoszthenész* Sziénében (ma Asszuán) járva különös jelenségre lett figyelmes: egy mély kútba tekintve meglátta a delelő nap fényét a vízben tükröződni. Ilyet otthon még soha nem látott, elgondolkodott hát, s felismerte a lehetőséget.

A kút fenekén megcsillanó napfényt azt jelenti, hogy a fényes égiteget a zenitben (vagyis éppen az észlelő feje fölött) jár. Alexandriában azért nem delel a Nap a zenitben, mert jóval északabbra (mai terminológiával a Ráktérítőtől északra) fekszik. A Föld gömb alakja ekkor már ismert volt, a holdfogyatkozások alkalmával ugyanis mindig körív alakú árnyéket vet a Holdra. Az átmérő tekintetében viszont csupán becslések születtek, igen nagy szórást mutatva. Ha sikerül azonos időpontban két különböző földrajzi helyen megmérni a Nap delelési magasságát, a szögek különbségéből és a mérési pontok távolságából a Föld kerülete meghatározható.

Az egyik mérési pont célszerűen Sziéné lett, hiszen itt már nem is volt szükség mérésre. A két mérés egyidejű megvalósítására a nagy távolság miatt nem volt mód, azt viszont tudni lehetett, hogy a Nap évről évre rendre ugyanazt az utat járja be az égbolton, így pontosan egy évvel később bizvást várhatjuk, hogy a kút fölött ismét a zenitben delel majd. Ekkor kell hát a második mérést elvégezni!

A mérésre tehát a következő évben került sor Alexandriában. Egy oszlop magasságát és az árnyék hosszát kellett megmérni, épp délben (1. ábra). Időmérésre pontosabb alkalmatosság híján napórát használhatunk, de ha ez sem áll rendelkezésünkre, elegendő a nap közben változó hosszúságú árnyék minimális hosszát megállapítani.

A mért adatok segítségével a keresett szög (a Nap zenittávolsága) megszerkeszthető. (Számításra nincs mód, hiszen a szögfüggvényeket majd csak 1000 év múlva fogják kitalálni, tangens táblázatot pedig 1600 év múlva készít *Regiomontanus* – talán épp Esztergomban.) A kapott

1. ábra. Eratoszthenész eredeti mérése



Nyerges Gyula

Zsigmondy Vilmos Gimn. és Informatikai Szki., Dorog

szöveget többször lemásolva Eratoszthenész megállapította, hogy az a teljes kör 1/50 része. A Föld kerülete tehát a két város távolságának éppen 50-szerese. A távolságot akkoriban sztadionban mérték, a naponta 100 sztadionnyi utat megtevő karaván 50 nap alatt ért Alexandriából Sziénébe, a távolság tehát 5000 sztadion, a Föld kerületére így 25000 sztadion adódott. (Az ógörög mértékegység-ek átváltását SI-re jelentős mértékben megnehezíti, hogy minden városállamnak különböző méretű volt a stadionja, aminek a kerülete távolságegységként szolgált. A 25000 sztadion 36000 és 46000 km közötti távolság, legvalószínűbb értéke 39375 km.)

A felhívás

A norvég GLOBE Europe a *Fizika Éve* alkalmából nemzetközi együttműködésre hívta fel a világ iskoláit. Az akció keretében május 25-én a Föld több tucat iskolájában mérték meg a delelő nap zenittávolságát. A kapott mérési adatok birtokában és a mérési pontok földrajzi helyének ismeretében Eratoszthenész módszerét követve megállapítható a Föld mérete.

A felhívás megismerése után elhatároztam, hogy megpróbálom a hazai részvételt megszervezni. Az akció angol nyelvű honlapját: (<http://www.naturfagsenteret.no/fysikk/eratosthenes>) Kiss László (Sydney) fordította magyarra. A magyar változat (2. ábra) a *Fizika Éve* magyar oldalain nyert elhelyezést (<http://wyp.csillagaszat.hu/files/eratosthenes/how.html>).

2. ábra. A mérésre felhívó magyar honlap





3. ábra. Bunsen-állvány árnyékának mérése

A mérésel kapcsolatban több kétely is napvilágot látott. Eratosztenész mérési pontjai, Alexandria és Szíéné nagyjából azonos meridiánon fekszenek. Megengedhető-e két olyan iskola adatainak összehasonlítása, amelyeknek eltér a földrajzi hosszúsága? Ez a probléma áthidalható, ha nem a két iskola távolságát, csupán a két ponthoz tartozó szélességi kör távolságát használjuk fel, cserében olyanok is részt vehetnek a mérésben, akik nem találnak partnert saját délkörükön. A másik probléma a távolságok számításával kapcsolatban merült fel. Ha a földrajzi koordináták felhasználásával határozzuk meg a szélességi körök távolságát, a számításához ismerni kell a Föld kerületét, vagyis pontosan azt a mennyiséget, amit a kísérlettel kívánunk meghatározni. Ennek feloldására azt javasoltuk, hogy a távolságot ne számításal, hanem a térképen való mérésel, az ottani lépték felhasználásával határozzák meg, hiszen a térképek alapvetően távolságmérési adatok alapján készültek (legalábbis Eratosztenész idejében).

A mérés

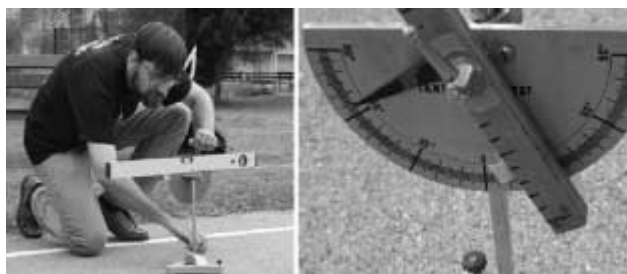
A mérést 2 időpontra hirdették meg.

Az első május 25. (ill. a 23–27. közötti időszak, hogy azok se maradjanak ki a mérésből, akiknél 25-én éppen borult az ég). 23-án „főpróbát” tartottunk az iskola kosárlabda-pályáján. Közép-európai idő szerint 11 és 13 óra között 3 módszerrel végeztünk méréseket:

1. Mérőpárok Bunsen-állvány árnyékát rajzolták 5 perces időközzel (3. ábra). Az állvány magasságának és az árnyék hosszának mérésével állapították meg a keresett szöveget.

2. Mikola-cső állványát alakítottuk át oly módon, hogy alkalmas legyen a mérésre. A szertárban talált törött Mikola-csővet eltávolítottuk a tartójából. A megmaradt faléceket a Nap irányába forgatva a mögé helyeztünk papírlapon minimális az árnyék mérete. Ekkor kell a hozzá tartozó szögmérőről leolvasni a Nap horizont feletti magasságát (4. ábra).

4. ábra. A Nap magasságának mérése Mikola-cső segítségével



3. Táblai szögmérőt egészítettünk ki függőőnnal. A „célzás” itt is árnyék-vizsgálattal történt.

A mérés végeztével még a helyszínen kiértékeltek és összehasonlítottuk a mérési eredményeket.

25-én elérkezett az „igazi” mérés időpontja. A két napal korábbi tapasztalatokon okulva pontosítottuk módszereinket, vízmértékkel ellenőriztük a Bunsen-állványok függőlegességét, GPS-vevővel pontosítottuk a mérési hely koordinátáit. Kipróbáltunk egy negyedik mérési módszert is, melynek ötlete a főpróba során fogalmazódott meg bennem:

4. A módszer tulajdonképpen az elsővel megegyező, csupán az eleve rendelkezésre álló kosárlabdapalánkot használtuk árnyékvetőnek.

A mérés kezdetekor némi aggodalomra adott okot a folyamatosan vonuló felhőzet, de hamarosan kitisztult, és a későbbiekben csupán 10 percre zavart meg minket egy kisebb felhő. Az egyhangú munkát színesítendő meghívtam *Tóth Tibor* barátomat, aki saját csillagászati távcsövével tartott Nap-bemutatót a mérés résztvevőinek, valamint a szünetekben a tanulóifjúságnak és az iskola érdeklődő dolgozóinak (5. ábra). Az igazgatótól a konyháig mindenki nagy örömmel fogadta a lehetőséget, és lelkesen hallgatták a napfoltokról szóló rögtönzött előadást.

Eredmények

A mért eredmények jó közelítéssel azonos értéket mutattak. A Nap zenittávolságára: $\alpha = 26^{\circ}30' \pm 30'$ adódott. Az adatok szórását véleményünk szerint az árnyékvető rudak vastagsága, valamint a napkorong kiterjedése (nem pontszerű, hanem fél fok átmérőjű fényforrás) okozta.

A következő napokban izgalommal vártuk az interneten megjelenő mérési eredményeket. A lassan gyűlő adatok közül a finn *Palokan Koulu* adatait használtuk fel. Az adatok összevetéséből 40 136 km jött ki a Föld kerületére.

5. ábra. Távcsöves Nap-bemutató az érdeklődőknek



Zsigmond Vilmos Gimnázium és Informatikai Szakközépiskola	
 2510 Dorog, Otkócs tér 3. Tel.: 33 - 421 - 675 Fax: 33 - 441 - 340 info@antares.dorog-gimn.sulinet.hu	
Eredmények	
2005-ben kört pályázati eredményei:	
1. díj	A T. és a S. osztály tanulóinak Zsuzsanna Székely (Cseh Köztársaság)
2. díj	Berki Valéria, Bón Kornél Szent László ÁPR, Boja
3. díj	Jan Kozma Gimnázium, Franštila Palad-ko, Veladsko Huziti (Cseh Köztársaság)
3. díj	Blanka Bácskai SEK Budapest, Óvoda Általános Iskola és Gimnázium, Budapest
3. díj	A T. S. osztály tanulóinak Ságodi Endre Általános Iskola, Győröcsény
4. díj	Pléhár György SEK Budapest, Óvoda Általános Iskola és Gimnázium, Budapest
Dicséret	Cosmin Poiana National College Carol I, Craiova (Románia)
Dicséret	Domazetová Kristína, Dolnáka Emília, Pedražková Viera, Popošík Ján, Popošík Milan, Szorgovicsi Angélica, Aesthalková Emília, Popošík Jakub Nko Nestor High School, Struga (Macedonia)
Dicséret	Jenescu Lina, Pihai Mihaila National College Carol I, Craiova (Románia)
Dicséret	Jang Saheon, Kwon Gmsong, Kim Gwanan, Kim Beokye, Kim Minsong, Park Seongun, Park Jinye, Jang Heonin, Cho Seungun Inan Middle School, Incheon (Korea)
Dicséret	Székely Dániel, Székely László, Nyúl János, Sereš Gábor Koncertművelői Református Iskola, Koncertművelői
Dicséret	Ragy Péter SEK Budapest, Óvoda Általános Iskola és Gimnázium, Budapest
Dicséret	Szabó Balázs, Mihal Radosó Zletenka (Lengyelország)
Dicséret	Zhang Shi Jia SEK Budapest, Óvoda Általános Iskola és Gimnázium, Budapest

6. ábra. A Pályázat végeredménye a Zsigmond Vilmos Gimnázium honlapján

Pályázat

Az akció népszerűsítése céljából pályázatot hirdettünk a mérésben részt vevő iskolák számára. Pályázni a méréssel kapcsolatos elektronikus publikációval (számítógépes prezentáció vagy videoklip) lehet. A pályaműveket október közepéig kellett beküldeni.

A díjazottak természettudományos könyveket, informatikai eszközöket, és egy csillagászati távcsövet nyertek. A nyertesek listája megtekinthető a <http://antares.dorog-gimn.sulinet.hu/eratosthenes/eredmeny.html> honlapon (6. ábra).

FIZIKÁS HONLAPJAIM

A fizika tanítása ma már elképzelhetetlen az internet használata nélkül. Ha a tanítási órákon nem is alkalmazuk a világhálót, de az órákra történő felkészülés során mindenképpen célszerű a neten elérhető anyagokat is felhasználni, illetve a mások számára is hasznosítható eredményeket, segédanyagokat a hálózaton (is) közreadni. Ebből kiindulva hoztam létre én is azt a három honlapot, amelyek reményeim szerint ma már sok fizikatanár munkáját segítik.

A FizFotó honlap

Egy kép többet ér ezer szónál – tartja a szólás. Különösen igaz ez a jó minőségű, színes felvételekre. Sajnos anyagi megfontolások miatt a tankönyveimben [1] csak fekete-fehér fényképek találhatók, de a www.tar.hu/fizfoto cí-



7. ábra. A lelkes mérőcsapat

A mérés jelentősége

Az akcióban részt vevő tanulók egy valódi kísérlet részeseivé váltak. Megismerhették a mérés előkészítésével, lebonyolításával, kiértékelésével kapcsolatos munkát, a közben felmerülő esetleges problémákat. Ráadásul ez nem egy elszigetelt, hanem nemzetközi „projekt”, ami további érdekességgel és újabb tapasztalatokkal járt. A mérés alapvetően fizikai jellegű, szöveget kellett mérni, közvetlenül, vagy távolságmérésre visszavezetve. Az adatok kiértékeléséhez matematikai módszerekre van szükség, de ez a fizikai feladatoknál magától értetődő dolog. Az eredmények értelmezéséhez és feldolgozásához viszont csillagászati és földrajzi ismeretek szükségesek. Mivel egy 2200 éves mérés megismétléséről van szó, nem árt felfrissíteni történelmi ismereteinket, hogy a megfelelő korba helyezhessük a kísérletet. A nemzetközi együttműködés lebonyolításához az informatikában való jártasság és idegennyelv-ismeret szükséges. Az általunk kiírt pályázatban való részvételhez mindezek felett a vizuális kultúra alapismereteinek alkalmazása is nélkülözhetetlen. Bátran állíthatjuk tehát, hogy az Eratoszthenész-mérés valóban interdiszciplináris kaland volt valamennyi résztvevő tanuló (és pedagógus) számára.

Iffj. Zátanyi Sándor
Szent-Györgyi Albert Gimnázium, Békéscsaba

men található honlapon ezek a fotók színesben is elérhetők. A jpg-formátumú képek többnyire 856×684 képpont méretűek.

A *FizFotó* honlapon jelenleg (2006. január 3.) 653 fénykép van. A fotók a fizika főbb fejezetei szerinti csoportosításban találhatók. Egy kép azonban több témakörhöz is kapcsolódhat. A *FizF0034* jelű fotó például egy tűzijáték alkalmával készült. Ez a fénykép a *Mechanika* (pontrendszer fogalma) és a *Rezgések és Hullámok* (térbeli gömbhullám) témakör tanításához is felhasználható, ezért mindkét témakörnél szerepel.

Az asztallapra helyezett szappanbuborékot ábrázoló *FizF0068* képen szintén több jelenség megfigyelhető, így az a *Hőtan* és a *Fénytan* témakörnél is megtalálható.

A honlapra számos olyan kép is felkerült, amely a könyveimben nem szerepel ugyan, de kapcsolódik az azokban található valamelyik képhez. Például a *FizF0013* jelű kép