

FÖLDRAJZI HELYMEGHATÁROZÁS A NAP SEGÍTSÉGÉVEL

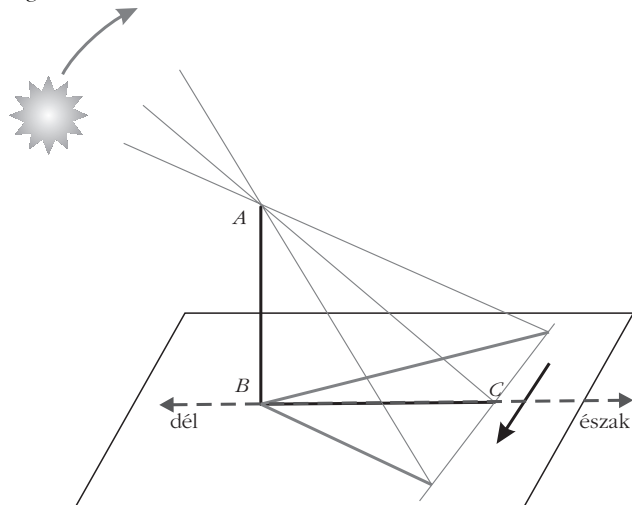
Baranyai Klára
Berzsenyi Dániel Gimnázium, Budapest

Azon szerencsések közé tartoztam, akik 2008-ban részt vehettek a magyar fizikatanárok csoportjának szervezett egyhetes továbbképzésen a CERN-ben. A kutatóintézetben szerzett élményeken túl utazás közben és a helyszínen is különböző méréseket végeztünk. A mérési feladatokat *Sükösd Csaba*, az utazás szervezője találta ki. Ő alakította ki a csoportokat is, és munkájukat szakmai tanácsokkal segítette. E cikk megírásához is sok értékes tanácsot adott. A mi csoportunk (tagjai: *Holányiné Seres M Ildikó, Honyek Gyula, Illés Dániel* és jómagam) feladata az volt, hogy földrajzi helyzetünket a Nap járásának segítségével határozza meg. Így ismerkedtem meg ezzel a méréssel.

Szinte automatikusan felvetődik a kérdés, hogy ma, a GPS (Globális Helymeghatározó Rendszer) korában, amikor kényelmesen, egy kis készülékkel bármikor egy gombnyomásra (ezred szögmásodperc pontossággal!) megtudhatjuk a helykoordinátáinkat, miért érdemes régi, bonyodalmasabb és pontatlanabb eljárással kísérletezni?

Ha tényleg csak a végeredmény érdekelne bennünket, nem lenne érdemes ezt a módszert választani. De ha a Föld mozgásáról, és ezzel összefüggésben a Nap járásáról szeretnénk többet megérteni, érdemes elmélyedni a módszerben, és megtapasztalni, hogy műholdak nélkül, egyetlen függőleges pálca árnyékát figyelve is egészen pontos eredményeket kaphatunk. Ezért érdemes ezt a mérést az iskolában is elvégezni a gyerekekkel.

1. ábra. A gnomón, a Nap árnyéka deleléskor, észak-dél irányban a legrövidebb.



A mérés elve

A földrajzi szélességi és hosszúsági koordináták meghatározásához egy órát, valamint egy függőleges pálcat használunk, amely árnyékát egy vízszintes lapra veti. Ez az úgynevezett gnomon. Az árnyék iránya és hossza a Nap járásával együtt változik.

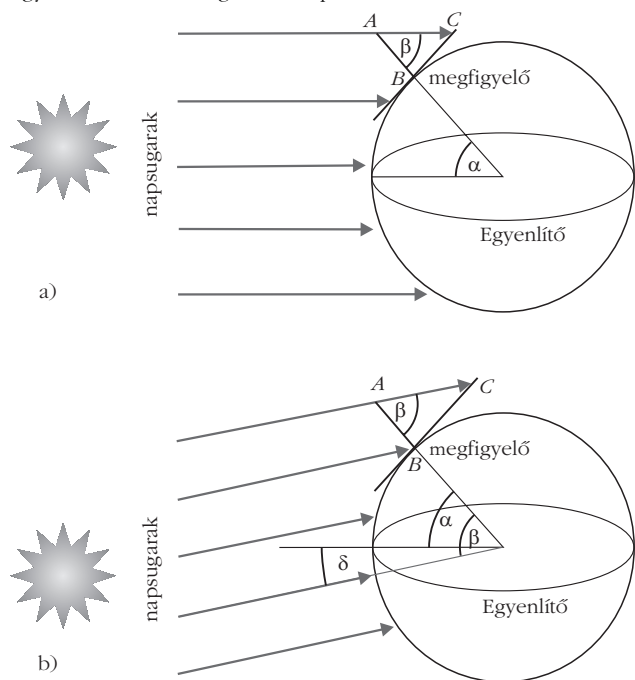
A gnomon árnyéka a Nap delelésekor lesz a legrövidebb. Ilyenkor az árnyék éppen észak-déli irányú (1. ábra).

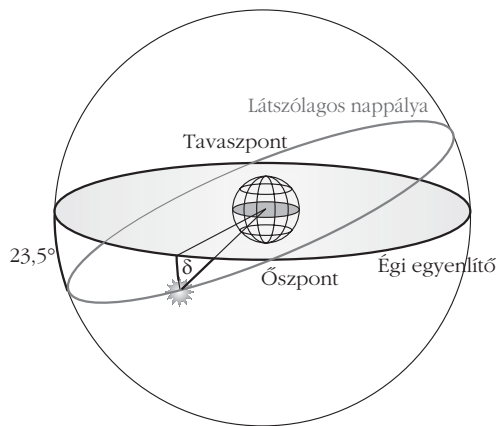
A földrajzi szélesség meghatározása

A földrajzi szélesség az a szög (lásd a 2. ábrán lévő α szöget), amit az Egyenlítő síkja és a megfigyelőt a Föld középpontjával összekötő szakasz (a Föld sugara) bezár.

Először tekintsünk el a Föld tengelyének ferdeségétől, azaz tegyük fel, hogy a Nap az Egyenlítő irányából süt. A földrajzi szélesség meghatározásához a Nap delelésekor keletkező (a torz méretarányú 2. ábrán és az 1. ábrán is látható) ABC derékszögű háromszög megfigyelése szükséges. Ennek AB oldala

2. ábra. a) A földrajzi szélesség meghatározása napéjegyenlőség idején. b) Azonban a Föld tengelyferdesége miatt általában nem az Egyenlítőre süt merőlegesen a Nap délben.





3. ábra. A Nap delelési pályája a Földről nézve egy év során.

maga a pálcá, BC oldala pedig az árnyék. Az oldalak hosszának ismeretében a háromszög szögei meghatározhatók. A háromszög megszerkesztése után méréssel, vagy szögfüggvények segítségével:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{BC}{AB}.$$

Ha tavaszi vagy őszi napéjegyenlőség idején végezzük el a mérést (2.a ábra), a Nap éppen az Egyenlítő fölött delel, tehát a Nap sugarai az Egyenlítő síkjával párhuzamosan érik a Földet. Ilyenkor az ABC háromszög β szöge megegyezik a megfigyelő helyzetét jellemző α szöggel, hiszen váltószögek.

Igy napéjegyenlőség idején az ABC háromszög β szöge éppen a földrajzi szélesség értékét adja meg.

Ha nem napéjegyenlőség idején mérünk, a Föld tengelyferdeségéből adódóan a napsugarak nem az Egyenlítő síkjával párhuzamosan érik a Földet. A 2.b ábra jelöléseit használva ilyenkor $\alpha = \beta - \delta$, ahol α a keresett földrajzi szélesség, β az ABC háromszögből általunk meghatározott szög, δ pedig az a szög, amit a napsugarak az egyenlítő síkjával bezárnak.

Ez a szög az úgynevezett deklináció, ami az év során napról napra változik (3. ábra). Legnagyobb a nyári és a téli napforduló idején, amikor $\delta = \pm 23,5^\circ$.

A mérés napjára érvényes δ -értéket táblázatból kereshetjük ki (például a *Csillagászati Évkönyvből*), vagy leolvashatjuk az úgynevezett analemmáról is (lásd később).

A földrajzi hosszúság meghatározása

Az egyszerűség kedvéért először tekintsük úgy, mint ha a Föld a Nap körül körpályán, tehát állandó sebességgel haladna.

Megegyezés szerint Greenwichen megy át a 0. hosszúsági kör. A megfigyelő hosszúsági koordinátája az a φ szög, amit a megfigyelő helyén átmenő hosszúsági kör és a greenwichi 0. hosszúsági kör síkja alkot (4. ábra). Ennek a szögnek a meghatározására meg kell mérnünk, hogy mikor delelt a nap (vagyis az árnyék mikor volt a legrövidebb, mikor volt éppen észak-déli irányú).

Greenwichben pontosan 12 óra 0 perckor delel a Nap. A megfigyelő helyén korábban vagy később delel, éppen annyi idővel, amennyi idő alatt a Föld φ szöggel fordul el.

A Földön deleléstől delelésig átlagosan egy nap, azaz 24 óra telik el. Ennyi idő alatt a Föld valamivel több, mint 360° -ot fordul, vagyis 1 óra alatt hozzávetőlegesen 15° -ot. Ezért a Földön kijelölt időzónák elvileg 15° -onként követnék egymást, ha az országhatárokat nem lennének figyelemmel.

Az is kiszámítható, hogy a Földnek 1° -os elforduláshoz lényegében 4 percre van szüksége. Az időzónákat úgy jelölték ki, hogy a nyugati határukon 12 óra 0 perckor, a keleti határukon pedig 11 óra 0 perckor deleljen a Nap.

Ha mi a GMT+1 időzónában vagyunk, akkor földrajzi hosszúságunk a 15° és a 30° közé esik. A Nap pedig valamikor 11 óra x perckor fog delelni (4. ábra). (A nyári időszámítás szerint ehhez még egy órát hozzá kell adnunk, vagyis nyáron a delelés 12 óra x percre várható!)

Ez azt jelenti, hogy a 30. hosszúsági körtől $x/4$ fokkal vagyunk nyugatabbra, tehát a földrajzi hosszúságunk fokban kifejezve:

$$\varphi = 30 - \frac{x}{4}.$$

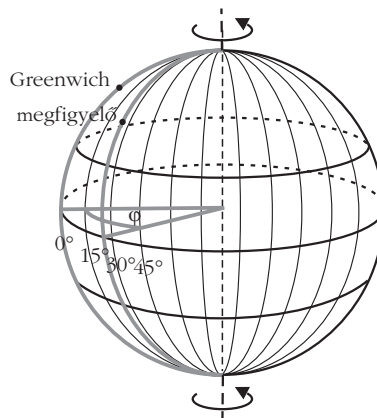
Ha a delelés időpontját meghatároztuk, akkor a földrajzi hosszúságot is megkaphatjuk a fenti képlet segítségével. (Nyilván a GMT+2, +3, ... időzónák esetén a 30° helyett 45° , 60° , ... írandó.)

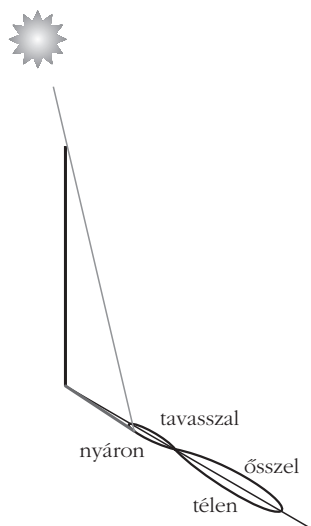
Korrekcó

A kapott eredmény azonban még nem pontos. Tegyük föl, hogy a földrajzi helyzetünknel fogva nálunk a Napnak 11 óra x perckor kellene delelnie. Ha egy éven át minden nap megfigyeljük a gnomón árnyékát 11 óra x perckor, azt látjuk, hogy az nem esik észak-déli irányba, vagyis a Nap 11 óra x perckor még vagy már nem delel (5. ábra).

A delelés hol előbb, hol később következik be. Ennek oka az, hogy a Föld a Nap körüli pályáján az

4. ábra. A földrajzi hosszúság definíciója





5. ábra. A gnomón árnyékának változása a középido szerinti délben egy év során.

év során hol gyorsabban, hol lassabban halad. Így a Nap két delelése között nem pontosan 24 óra, hanem ennél egy kicsivel több vagy kevesebb telik el.

Az évnek csak négy olyan napja van, amikor a delelés éppen 11 óra x perckor, az úgynevezett középido szerinti délben következnek be: április 16-án, június 14-én, szeptember 1-jén és december 25-én. A többi napon korrekcióra van szükség, ez az időkiegyenlítés. A korrekció értékét táblázatból kereshetjük ki, vagy leolvashatjuk az úgynevezett analemmagörbéről.

A korrekció értéke maximálisan 16 perc sietés, vagy 14 perc késés. Ha a korrekciós táblázat szerint a mérés idején a Nap z perccel a középido szerinti dél előtt delel, és az órák szerint 11 óra y perckor volt a delelés, akkor a földrajzi hosszúságot fokokban a

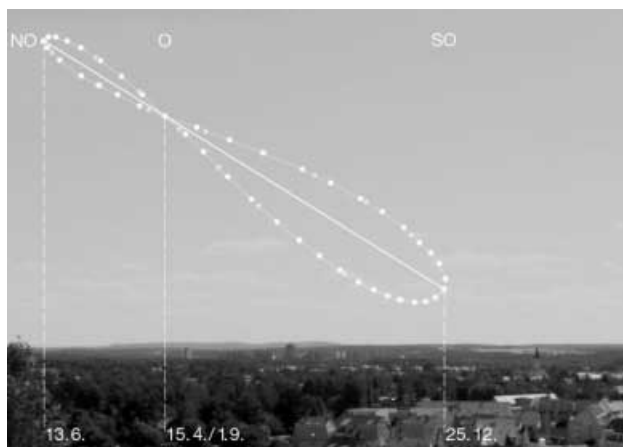
$$\varphi = 30 - \frac{y + z}{4}.$$

képlet határozza meg.

Az analemma

Az analemmagörbe kirajzolódik, ha minden nap a középido szerinti délben (11 óra x perckor) megjelöljük a gnomón árnyékának végét (5. ábra). Ekkor egy elnyújtott nyolcas alakú görbét kapunk. Ugyanígy megkapjuk az analemmát, ha a középido szerinti délben lefényképezzük a Napot úgy, hogy mindig ugyanarra a filmre exponálunk egy éven keresztül (6. ábra).

Az analemma grafikonjának (7. ábra) függőleges tengelyén a Nap deklinációja, vízszintes tengelyén az időkiegyenlítés értéke szerepel. A grafikonon így szintén az előzőekben megismert nyolcas alakú görbe látható. Minthogy ez az évek során alig-alig változik, még azt is fel lehet rajta tüntetni, hogy a grafikon egyes pontjai az évnek melyik napjához tartoznak. A grafikonnak ez a fajtája jól használható deklinációs táblázatként is.

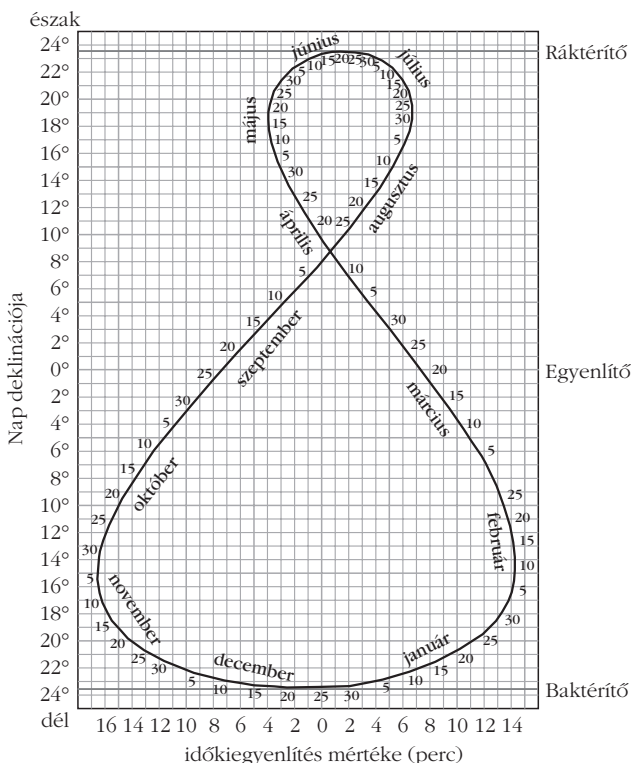


6. ábra. A Nap delelési pontja a középido szerinti délben egy év során (forrás: Wikipédia analemma oldala).

Gyakorlati tapasztalatok

A mérés során gnomónként jól használható bármilyen függőleges pálca, például egy vízszintezővel beállított Bunsen-állvány rúdja is. Nehézséget jelent az észak-déli irány pontos meghatározása. A mágneses iránytűket zavarhatják helyi tényezők (vagy a Bunsen-állványban lévő vas), és sokszor több iránytűvel próbálkozva eltérő irányokat kaphat a megfigyelő. A probléma kiküszöbölésére jó módszer, ha a pálca árnyékát hosszan figyeljük, a várható delelés előtt és után. A vízszintes lapon egy-két percenként megjelöljük a

7. ábra. Az analemma. A függőleges koordináta a Nap delelési szögének korrekciója (deklináció), a vízszintes koordináta pedig a Nap delelésének a középidohoz képesti „sietése”, illetve „késése” (forrás <http://www.ipgp.jussieu.fr/~tarantola/Icons/Analemma/index.html>).



pálca végpontjának helyét, följegyezzük mellé az észlelés időpontját is. Tapasztalhatjuk, hogy ilyenkor az árnyék vége közelítőleg egyenes mentén mozog. A gnomón talppontjából merőlegest állítva az egyenesre megkaphatjuk a legrövidebb árnyékot. A feljegyzett adatok segítségével elég pontosan megbecsülhetjük, hogy mikor volt a delelés.

Egy másik, érdekesebb, ám egy egész napos megfigyelést igénylő módszer az úgynevezett indiai kör, amivel az észak-déli irány nagyon pontosan meghatározható. Tapasztalataink szerint a mérés bizonytalansága mind a szélesség mind a hosszúság meghatározásakor $\pm 1^\circ$. Itt jó referencia egy GPS-készülék.

A mérés a középiskolában

A gyerekek a földrajzórakon megismerkednek a földrajzi koordinátákkal. Sok osztályban még a deklináció fogalmát is tanítják nekik. Természetesen tudják, hogy a Nap fölkel, delel, majd lenyugszik, és még azt is megtanulták, hogy nyáron magasabban jár, mint télen. De ezt, különösen egy nagyvárosban, sosem tapasztalják meg, ez a tudás a legjobb esetben is csak elméleti tudás marad. (Az általam megkérdezett gimnazista gyerekek

egy része úgy tudta, hogy délben az árnyékunk teljesen eltűnik, mert a Nap a fejünk fölött delel, ha télen talán nem is, de nyáron mindenképpen.)

Tulajdonképpen ez a mérés a földrajzóra tartozna. Ám a földrajzórák száma, ahogyan a fizikáé is, csökken. Ezért a földrajztanárok időhiány és bátortalanság miatt efféle mérésre nemigen kaphatóak. Maga a mérés mégiscsak leginkább a fizikához áll közel, az elmélete pedig geometriai képzelőerőt igényel. A legjobb megoldás a fizika- és a földrajztanár összefogása (nem is említve itt a divatos trendeket...).

A mi iskolánkban a mérést először a matematika iránt fogékony gyerekek tehetséggondozó táborában végeztük el. Itt az elméleti előkészítés közösen zajlott, majd minden gyerek kézhez kapott egy rövid, szemléletes leírást a teendőkről. Ezután a gyerekek négyfős csoportokban mértek.

A mérés megszervezésének korlátja, hogy csak a negyedik vagy ötödik órákban, (nyári időszámításakor az ötödik vagy hatodik órában) a delelés idején, és csak napsütéses (lehetőleg meleg) időben lehet mérni.

De mindenképpen különleges és emlékezetes, sőt remélhetőleg tanulságos és élvezetes is a gyerekeknek. Ajánlani tudom a kollégáknak, hogy akár fizikaórán, akár osztálykiránduláson iktassák be a programba.

KÉTSZER 125 ÉV

Két jelentős magyar fizikus született 125 évvel ezelőtt. Noha mindketten a budapesti Királyi Magyar Tudományegyetem Bölcsészeti Karának matematika-fizika szakán szereztek tanári oklevelet, majd mintegy fél-száz évvel később ugyanezen az egyetemen tanítottak, pályájuk mégis nagyon eltérő. Ami közös, az a magyar történelem azonos korszaka, ám ezen belül igen különböző módon alkottak jelentőset.

Novobáztzy Károly

Temesvár, 1884. március 3. –
Budapest, 1967. december 20.

Középiskolai tanári működését Máramaroszigeten kezdte meg. Az I. világháború után került Budapestre, a Kölcsey Gimnáziumban tanított 1919-től negyedszázadon át. Idővel szakfelügyelő lett.

1945-ben, amikor a Tudományegyetem elméleti fizikai tanszékén a tanszékvezetői állás *Ortvay Rudolf* halálával megüresedett, az akkor 61 éves Novobáztzy Károlyt hívták meg erre a posztra. Ekkor lett a több tanszékét magába foglaló Fizikai Intézet vezetője is a Tudományegyetemen, amely 1950-től kezdve *Eötvös Loránd* nevét viseli.

Az egyetemen az elméleti fizika modern szemléletű oktatásának megvalósításában a döntő lépés az ő ne-

véhez fűződik, akár saját előadásai, akár a maga köré gyűjtött munkatársak irányítása révén. Ortvay Rudolfnak köszönhetően a kvantummechanika már szerepelt a tanárjelöltek tanrendjében, mégis Novobáztzyé az érdem, hogy a 20. század közepén az egyetemi tanrend tárgyait a kor szelleméhez igazította. Rendszeres, kötelező tárgyként szerepeltette a kvantummechanikát, a relativitáselméletet és az atommagfizikát is.

Kristálytiszt logikájú egyetemi előadásait idős korában is mindig fejből tartotta. Nagy ritkán vette elő a tárcájából apró papírra vetett „emlékeztetőjét”, hogy a számadatok pontosságát ellenőrizze. Előadásai egyszerű, jól érthető magyar nyelven hangzottak el. Fizikus egyetemi hallgatók, matematika-fizika szakos tanárjelöltek nemzedékei nevelkedtek előadásain, jegyzetein és tankönyvein. Amikor 1950 táján megindult a rendszeres magyar egyetemi tankönyvkiadás, az első kötetek között jelent meg az ő elektrodinamika, majd relativitáselmélet tankönyve.

A tanszék fiatal munkatársait az úgynevezett tanulószemináriumok rendszeres munkájába szervezte. Ám hamarosan ezek a szemináriumok olyan fórumokká váltak, amelyeken a friss kutatási eredmények első bemutatása és szakmai vitája zajlott. Csakhamar fogalommal váltak ezek a szerdai ülések, a „Puskin utcai szemináriumok”, amelyeken gyakran szerepeltek külföldi vendégek – az Ortvay Rudolf rendezte tanszéki