

# HŐMÉRSEKLETMÉRÉS NAPFOGYATKOZÁSKOR

## – a kutatásalapú tanulás alkalmazása

Finta Zsanett – Szombathelyi Nagy Lajos Gimnázium, ELTE Fizika Doktori Iskola – Fizika Tanítása Program  
Mitre Zoltán – Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi és Műszaki Kar

Jelen írásunkban a kutatásalapú tanulás (KAT) módszerének egyik alkalmazását kívánjuk bemutatni mérési feladaton keresztül, kapcsolódva egy 2006-ban kezdődött kutatás eredményeihez. Először az eljárás módszertani hátterét ismertetjük, majd bemutatjuk a mérés menetét, az adatok feldolgozását. A mérés és a belőle levont következtetések egyaránt kapcsolódnak a fizika, a biológia és a természetföldrajz szakterületekhez.

### Bevezetés

Sajnálattal látjuk, hogy a diákok egyre csökkenő érdeklődést mutatnak a természettudományos szaktárgyak – közöttük a fizika – iránt. Ezen probléma lehetséges megoldásaként említik többek között a minél gyakoribb kísérletezést és mérést, valamint a tehetséggondozó szakkörök létrehozását. Esetünkben e kettő kombinációja valósult meg, ahol szakkörön résztvevő diákok végeztek kutatás jellegű tevékenységet, kapcsolódva egy újszerű pedagógiai irányzat célkitűzéseivel, amely lehetővé teszi, hogy a diákok számára kézzelfoghatóvá tegyünk a fizika tudományát.

A hullámtannal kapcsolatos jelenségek a középiskolai fizikatanítás meghatározó és – sajnos – a diákok számára nehezen érthető anyagrészei közé tartoznak, amelyet kísérletek, gyakorlati példák nélkül jól megtanítani szinte lehetetlen. A fény hullámtermészetének tanításához a középiskola kezdeti szakaszán a napsugárzás vizsgálata kapcsolható, ezt szem előtt tartva vé-

geztük a diákokkal az ehhez kapcsolódó mérést. A mérés módszertani jellegét szeretnénk hangsúlyozni, de céljaink között szerepelt, hogy ha lehet, a kapott eredményekből tudományos következtetéseket vonjunk le.

### A kutatási feladat megfogalmazása és a mérés menete

#### A mérés módszertani előkészítése

Sajnálatos tény, hogy a környezetfizika a kötelező gimnáziumi fizika tananyagának nem (vagy csak elenyésző mértékben) része. Az ide kapcsolódó hőszugárzás elmélete kiegészítő anyagként szerepel a 10. évfolyamos tankönyvekben, holott vizsgálata fontos szerepet tölt be 11. évfolyamon tanítandó kvantumfizika megalapozásánál. Abban azonban biztosak lehetünk, hogy a diákok rendelkeznek azokkal az ismeretekkel, hogy a légkör felmelegedésének forrása a Nap sugárzó energiája, illetve, hogy a földfelszíntől távolodva a levegő hőmérséklete egyre csökken. Már általános iskolában megismerik a hőmérséklet fogalmát és mérését, tudják, hogy a hőmérséklet a testek hőállapotát számszerűen – így mérhetően – jellemző fizikai mennyiség. Ezek az ismeretek később, a hőtan tárgyalásánál ismét felelevenítődnek.

A tanulók földrajzórán már a 9. osztályban megismerkednek a légköri jelenségekkel, és a jelenségeket irányító napsugárzással, valamint a rá vonatkozó fizikai törvényekkel. Megtanulják, hogy a sugárzó testek hőmérséklete és a kibocsátott hullámhossz között összefüggés áll fenn, minél nagyobb a sugárzó test hőmérséklete, annál rövidebb a sugárzás jellemző hullámhossza. A 6100 K felszíni hőmérsékletű Nap sugárzásának legnagyobb része a mikrométeres hullámhossztartományba esik. A napsugárzás, mint elektromágneses hullám spektrumát megismerve tudatában vannak, hogy a Naptól a látható, az ibolyántúli és az infravörös tartományokba eső sugárzás érkezik, és tudják azt is, hogy a sugárzás terjedéséhez időre van szükség. A sugárzás kapcsán már előkerül a hullámtannal kapcsolatba hozható néhány fogalom is (többnyire a visszaverődés, törés és elnyelődés). Tisztában vannak vele, hogy a földfelszínre eső sugárzás elnyelődve növeli a földfelszín termikus (belső) energiáját, majd visszasugárzódva alulról melegíti a levegőt. Tapasztalatból is tudják, hogy a hőmérséklet napi járása csak bizonyos időközönként követi a Nap járását, így napkelte után nem azonnal emelkedik a hőmérséklet. Az általunk vizsgált jelenség során szintén megfigyelhető az időközés a Nap eltakarásának folya-



Finta Zsanett, a Szombathelyi Nagy Lajos Gimnázium matematika és fizika szakos tanára az ELTE TTK-n 2013-ban végzett matematika- és fizikatanárként. 2014 óta ELTE TTK Fizika Doktori Iskola – Fizika Tanítása Program hallgatója, kutatási témája a hullámtan tanítása.



Mitre Zoltán 2010 óta dolgozik a Nyugat-magyarországi Egyetem Természettudományi és Műszaki Karán. 2009 óta a Gothard AmatőrCsillagászati Egyesület titkára. 2007-től 2014-ig a Szlovák Központi Csillagvizsgálóval közös nemzetközi napfogyatkozás-elemző kutatóprogramban vett részt. 2010-től az NymE TTMK Karsztkutató Csoportjában geomorfológiai, geofizikai folyamatok kutatásával foglalkozik.



1. ábra. A környezet változását figyelő diákok csoportja (fotó: Finta Zsanett).

mata és a hőmérséklet változása között. Jól látszik tehát, hogy van mire építenünk, így nincs más dolgunk, mint az itt említett fogalmakat tehetséggondozó szakköri foglalkozás keretében a fizikai tartalmakat előtérbe helyezve felidézni, kiegészíteni, és a nap-sugárzásra vonatkozó ismereteket bevonjuk a fizika-tantárgy menetébe.

A 2006. március 29-i teljes napfogyatkozás adatainak elemzése során feltárt eredményeket kívánjuk igazolni diákokkal végzett mérés segítségével [1]. Tapasztalati tény, hogy napfogyatkozás esetén érezhetően csökken a levegő hőmérséklete. Emellett gyakran megfigyelhetjük a szél megerősödését, valamint

2. ábra. A jelenség láthatóságának térképe. A napfogyatkozás kezdetét (7:40,8 UT) ☉, míg a Földdel való utolsó kontaktust (11:50,2 UT) ☉ jelöli (forrás: Fred Espenak, NASA).



az állatok viselkedésének változását is. A mérés során a probléma komplexitását szeretnénk hangsúlyozni a diákoknak, és felhívni figyelmüket arra, hogy egy fizikai jelenség mennyi előre nem látható következményt hozhat magával [2].

Első lépésben fogalmazzuk meg, pontosan mit kívánunk vizsgálni a mérés során.

1) Észlelhető-e a hőmérséklet csökkenése a napfogyatkozás ideje alatt?

2) Hogyan változik a szélerősség a jelenség során?

3) Milyen egyéb változások figyelhetők meg a közvetlen környezetben – madárcsicsergés, kutyaugatás, fényérzet, rovarok viselkedése – (1. ábra)?

Kiindulásképpen meghatároztuk, milyen talajtípusok esetén vizsgálódunk: füves, erdős, homokos, aszfaltos és barna, növénytelen talaj. A tanulók 5 fős csoportokat alkottak. A diákok meghatározott magasságokban rögzítettek hagyományos hőmérőket, amelyhez létrát, vagy a mérési hely környezetében elhelyezkedő fát használtak fel. A hőmérők a direkt napfénytől védve voltak, a létrákat például több rétegben fehér lepedővel vontuk be, és a mérőeszközöket a Nappal áttellenes oldalra rögzítettük.

### A jelenség fizikai tartalma

A napfogyatkozás mindenki által jól ismert árnyékjelenség, ami akkor jön létre, amikor a Hold pontosan a Föld és a Nap közé kerül. Különböző típusait ismerjük: részleges, teljes, gyűrűs vagy hibrid napfogyatkozás. A napfogyatkozás jelenségével történő ismerkedés közben fontos volt felhívni a diákok figyelmét a megfigyelés veszélyeire, a helyes és biztonságos észlelés szabályaira. A 2015. március 20-i fogyatkozás alkalmával a teljesség sávja az Atlanti-óceán északi sarkkörhöz közeli vidékein volt (2. ábra). Magyarországon részleges, körülbelül 60%-os fogyatkozást figyelhettünk meg (3. ábra).

Szombathelyen a jelenség délelőtt 9 óra 36 perckor kezdődött és 11 óra 56 percig tartott, a maximális takarás 10 óra 45 perc körül következett be. A pontos időadatoknak – 9:35:51, 10:44:48 és 10:56:22 – a diákok előre utánanéztek.

A méréshez mindenütt azonos típusú, alkoholos hőmérőt használtunk, a hőmérőkről az egyes hőmérsékletértékek 0,5 °C pontossággal olvashatók le. Mindegyik hőmérőt azonos körülmények között tároltuk a mérés előtt. Mind az öt csapatnak 5 db hőmérőt osztottunk ki és a hőmérőket háromnegyed órával a mérés megkezdése előtt kihelyeztük a szabad levegőre.



3. ábra. Hidrogén-alfa fényben készült felvétel a jelenségről. A napkorong szélén protuberanciák is megfigyelhetők (fotó: Mitre Zoltán).

Néhány diák saját hőmérővel is dolgozott, az ő mérési adataikat is rögzítettük a jegyzőkönyvben. Ezzel is hangsúlyoztuk, hogy tudományos jellegű méréseket nem csak laboratóriumi eszközökkel és körülmények között lehet végezni.

#### A mérés menete és a kapott adatok feldolgozása

Az adatrögzítés a jelenség kezdete előtt bő fél órával (9:00) indult és a vége után nagyjából háromnegyed órával (12:40) fejeződött be. A jelenség előtt és után 5 percnként, a fogyatkozás ideje alatt 2 percnként rögzítettük az adatokat. A fogyatkozás maximuma (10:45) előtt és után – mindkét esetben negyed órán keresztül – a hőmérsékletértékeket percnként rögzítettük.

A jelenségtől független – annak kezdete előtt és vége után mért – hőmérsékletértékek rögzítésére azért volt szükség, mert azokra az idő függvényében jó közelítéssel olyan lineáris függvény illeszthető, amely mentén a hőmérséklet a napfogyatkozás nélkül változott volna. Természetesen e lineáris függvény illesztéséhez a fogyatkozás ideje alatt mért hőmérsékletértékeket nem használtuk fel. Korábbi vizsgálatok bizonyították, hogy a jelenség előtti és utáni napokon, szinte azonos időjárási körülmények között mért hőmérsékletértékek az illesztett lineáris függvény értékeihez teljesen hasonló módon alakultak [1].

A lineáris függvény illesztését követően meghatároztuk a *napsarlóterület-idő függvényét*. Ez a függvény fejezi ki azon terület nagyságát, amelyet a Hold a fogyatkozás során nem takar ki a Nap-korongból. A Holdat egy  $x$ -tengellyel párhuzamosan mozgó körlemezsel modelleztük, amely az  $y$ -tengely irányában, a fogyatkozásra jellemző értékkel eltolva halad el a koordináta-rendszer origójában elhelyezkedő, szintén körlemezként modellezett Nap előtt. A két égitest látszó szögátmérője kis mértékben tér csak el egymástól, ezért a függvény meghatározása során egyforma méretűnek, geometriailag egybevágó körlemeznek tekinthetjük azokat. Szintén az egyszerűbb számítás miatt a Hold és a Nap egybevágó körlemezének sugarát egységnyiinek vettük, mivel e függvénnyel a jelen-

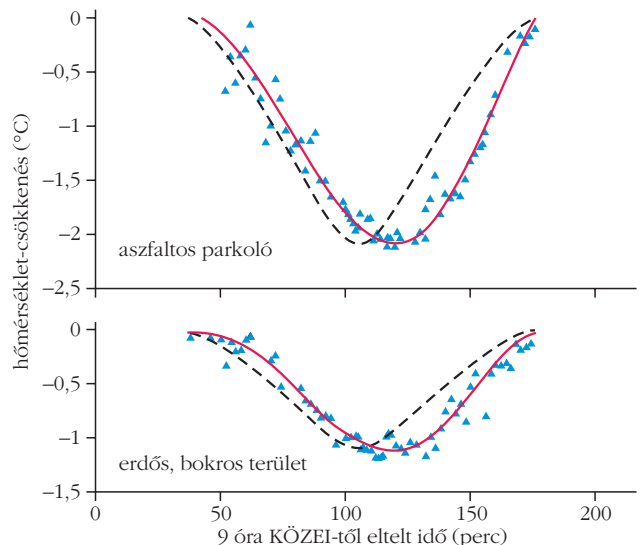
ség során bekövetkező fényváltozás arányait és ütemét kívánjuk modellezni az idő függvényében. A légköri konvekció miatt a hőmérséklet értékének változása késéssel követi a látszó napterület változását. Vizsgálatunk e késés kimutatására is irányult.

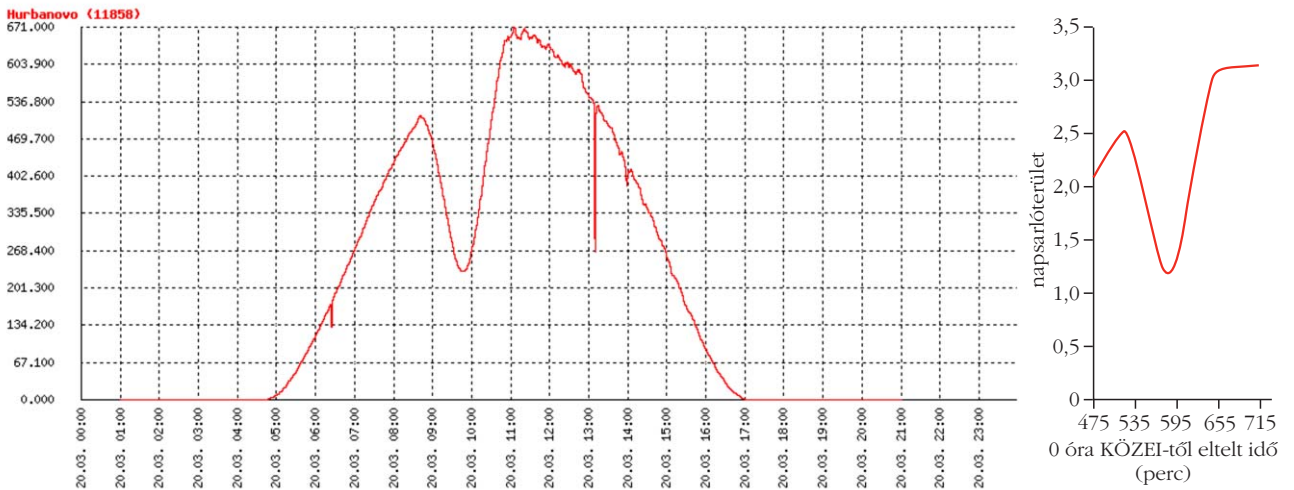
Ezt követően a hőmérséklet-visszaesés értékeit kellett meghatározni a mért hőmérsékletértékek és az illesztett lineáris függvény értékeinek különbségéből minden mérési időpontban. A kapott adatokra számítógéppel polinomot illesztettünk, így megkaptuk a hőmérsékletcsökkenés-idő függvényt, amelynek értékei a hőmérséklet-visszaesésről adnak információt, és ezáltal a napsarlóterület-idő függvénnyel is összehasonlíthatóvá vált. Megjegyezzük, hogy a közös koordináta-rendszerben való ábrázoláshoz és vizsgálathoz (4. ábra) a napsarlóterület-idő függvényt függőleges irányban transzformáltuk [1].

A napsarlóterület-idő függvény meghatározása során – amely a Nap sugárzásának mértékét is hivatott modellezni – több egyszerűsítést is alkalmaztunk, de mert a jelenség közepesen magas napállásnál következett be, a delelés idejét (azaz a legmagasabb Napállást) jóval megelőzően, ezért a légköri fénykioltással (extinkció) korrigáltuk a függvényt. Megnyugtató, hogy az így korrigált Napsarlóterület-idő függvény hasonlóságot mutat a pozsonyi Szlovák Hidrometeorológiai Intézet mérési adataiból kapott ábrával (5. ábra). Megjegyezzük, hogy korábbi vizsgálatok megmutatták, a függvény fénymérővel mért adatokkal is jó hasonlóságot mutat, ezáltal az összehasonlításhoz általunk kívánt pontosságú, azonban a nagyon precíz számításokhoz és a fényváltozás nagy pontosságú leírásához további tényezőket is figyelembe kell venni.

A hőmérséklet visszaesésének alakulását parkban, fák között, illetve az aszfaltos talaj felett is vizsgáltuk, ezen a két helyen volt a legkisebb, illetve a legnagyobb a visszaesés mértéke. A szaggatott vonallal jelölt függ-

4. ábra. A hőmérséklet-változás (háromszögek a mért értékek, folytonos vonal a rájuk illesztett függvény), valamint a napsarlóterület (szaggatott vonal) ábrázolása az idő függvényében két mérési terület adataira.





5. ábra. A Nap globális sugárzása 2015. március 20-án, Ógyallán, és a fényváltozás modellezése a napsarlóterület változásával (forrás: SHMÚ).

vény a napsarló területének alakulását, a folytonos vonallal jelölt pedig a hőmérsékletértékeket mutatja. A különböző talajtípusoknál mutatkozó hőmérséklet-csökkenés és a fáziskésés is várakozásunknak megfelelően alakult. Megfigyelhetjük, hogy a növényzettel sűrűn borított részeken legkisebb a késés (4. ábra).

### Következtetések, tapasztalatok

A 2015. március 20-i részleges napfogyatkozás során a szakirodalomban olvasható teljesen hasonló jelenségeket sikerült megfigyelnünk. A hőmérséklet legnagyobb visszaesését (-2,1 °C) az aszfaltos talajon mérő csoport érzékelte, a legkisebb hőmérséklet-visszaesést pedig a parkos környezetben mérő csoport tapasztalta (-1,1 °C).

A hőmérséklet-változás fáziskéséssel követte a nap-sugárzás mértékének a változását, a korábbi vizsgálatok során leírtaknál megfelelően a jelenség végén vagy az előtt ez a fáziskésés megszűnt. Érdekes eredmény, hogy a totalitás után a hőmérséklet sokkal gyorsabban emelkedett a gyepes és a sima talajos területen, ott még a jelenség befejeződése előtt megszűnt a fáziskésés. A visszaesés maximális értéke a várakozásnak megfelelően az egyes területeknél kü-

lönböző fáziskéséssel következett be. A legkisebb késés (és egyben a legkisebb hőmérséklet-visszaesés) a túleveles növényzetű területen (10 perc) és a parkos területen (11 perc) következett be. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A környezeti és etológiai változásokat megfigyelve a diákok a hőmérséklet és a fényerősség jól érzékelhető csökkenéséről, a szél megerősödéséről és a madarak viselkedésében beálló változásokról számoltak be.

A március 20-i napfogyatkozás kapcsán a diákok részesei lehettek egy ritka jelenség tudományos vizsgálatának, tapasztalhatták a napsugárzás jól érzékelhető földi hatásait és a jelenség során bekövetkező változásokat. Erős motiváló erővel bírt, hogy az általuk kapott eredmények akár tudományos kutatás céljára is felhasználhatóvá válhatnak. A tanulók észrevehették, hogy tudományos jellegű mérést nem csak laboratóriumi körülmények között és drága eszközökkel lehet végezni. A mérés egyaránt rendelkezett módszertani és környezetfizikai célokkal, szem előtt tartva, hogy a környezeti megfigyelések eredményei jórészt szubjektív, egyéni tapasztalatokon alapulnak.

A diákok mérései segítségével egyértelműen sikerült kimutatni, hogy a különféle talajborítás és növényzet más-más módon hat a hőmérséklet változására. Ezzel kapcsolatos célirányos, részletes vizsgálat még nem történt a jelenséghez kötődően. A 2006-os törökországi méréskor is csupán annyit állapítottak meg, hogy a hőmérséklet visszaesése az eltérő környezetben (és nagy távolságra) dolgozó mérési csoportoknál különböző volt. A most nyert információ további kutatásokhoz, vizsgálati célkitűzésekhez, valamint a mikroklíma- és városklíma-kutatásokhoz is információkkal szolgálhat.

1. táblázat

**A maximális hőmérséklet-visszaesés és időpontkésés a legnagyobb fedés időpontjától**

helyszín jellege	maximális hőmérséklet-visszaesés [°C]	hőmérséklet-minimum időkésése (min)
fűves	-1,6	15
aszfaltos parkoló	-2,1	14
túleveles fás park	-1,4	10
sima talaj	-1,7	16
erdős, bokros	-1,1	11

### Irodalom

- Pintér P., Péntek K., Mitre Z.: Mathematical analysis of temperature results of the total solar eclipse on 29.03.2006. Zborník Referátov Z. 19. Celostátneho Slniečneho Seminara, Papradno 2008.
- Makra L., Horváth Sz., Puskás J., Sódar I.: Az 1999. évi teljes napfogyatkozás meteorológiai vonatkozásai Vas megyében. *Vási Szemle LIV/5* (2000) 704–714.