

egyenetlen terhelések kockázata szükségképpen nagyobb lenne, mint az egyenletes terheléseké, de azt valószínűsíti, hogy a radon által kiváltott rákkelvezés mechanizmusainak megértéséhez a lokálisan nagy dózisok hatását is szükséges vizsgálni.

Irodalom

1. Fehér István, Deme Sándor: *Sugárvédelem*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2010.

2. Madas B. G., Balásházy I.: Szerven belül egyenetlen dóziseloszlások és az LNT-modell. *Sugárvédelem* 6 (2013)7-14. http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/V6i1/Madas_V6i1.pdf
3. Balásházy I.: *Aeroszolok légúti kiülepedésének és a kis dózisok biofizikai hatásainak vizsgálata*. Doktori értekezés (DSc), Magyar Tudományos Akadémia, Budapest (2010) http://real-d.mtak.hu/239/4/Balashazy_Imre_5_Mu.pdf
4. Madas B. G.: *Az ionizáló sugárzás biológiai hatásainak szövet-szintű modellezése*. Doktori értekezés (PhD), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest (2012) http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2012/madas_b_g.pdf

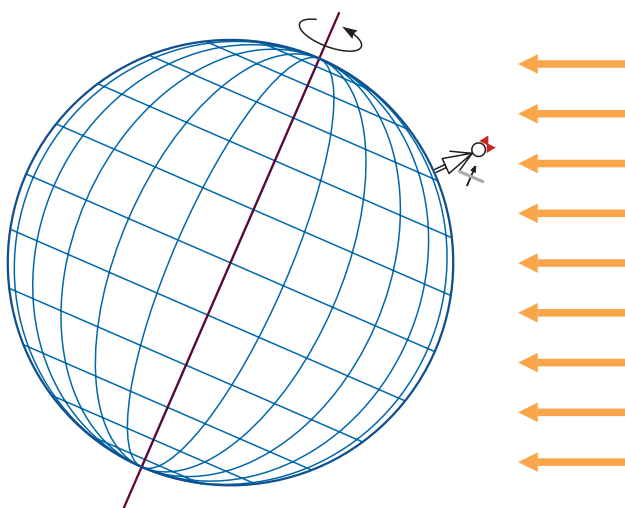
A FIZIKA TANÍTÁSA

KÉSZÍTSÜNK NAPÓRÁT CD-BŐL!

Bokor Nándor
BME, Fizikai Intézet

Az ekvatoriális napóra

A napóra legalább három és fél ezer éves múltra visszatekintő időmérő eszköz. Alapelve zseniálisan egyszerű. Központi csillagunk reggeltől estig folyamatosan változtatja helyét az égbolton (valójában a Föld forog a tengelye körül, de ezt nem kell tudni hozzá), és mivel ez a (látszólagos) mozgás megbízhatóan és kiszámíthatóan ismétlődik, időmérésre alkalmas. Az évezredek során megalkotott napórák sokfélesége, szépsége a mai szemlélőt is lenyűgözi. Túlnyomó többségük fény-árnyék jelenségen alapul: egy bot, az úgynevezett gnómon árnyékot vet egy megfelelően kalibrált skálára, és az árnyékot „óramutatóként” használva a skáláról leolvashatjuk az aktuális időt. Az épített környezet geometriai sajátosságaira gondolva érthető, hogy kertekben, parkokban általában vízszintes számlapú, míg paloták, templomok falára szerelve többnyire függőleges számlapú (sokszor művészi kivitelezésű) elrendezéssel találkozhatunk. Pedig a legegyszerűbb elvű, legkönnyebben érthető geometriát az *ekvatoriális* elrendezés adja: ilyenkor a napóra beskálázott számlapját nem vízszintesen és nem is függőlegesen, hanem az Egyenlítő síkjával párhuzamosan orientáljuk. (Az ekvatoriális napórák számlapja az egyenlítőnél függőleges, a sarkokon vízszintes, Budapesten pedig $90^\circ - 47,5^\circ = 42,5^\circ$ -os



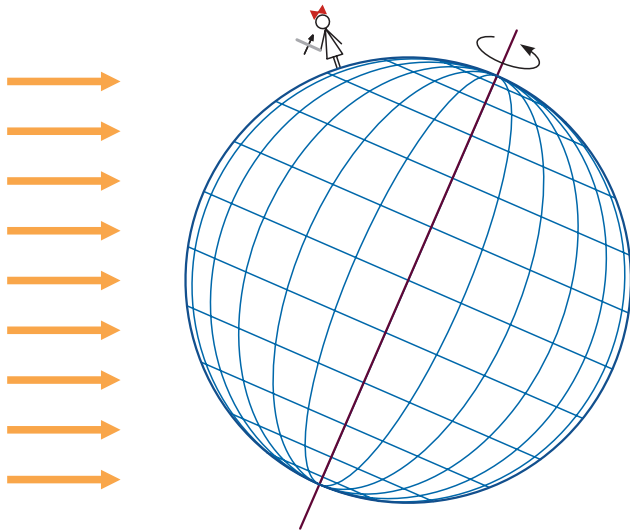
1. ábra. Az ekvatoriális napóra az északi féltekén, nyáron.

szöget zár be a vízszintessel.) Az 1. ábra egy ekvatoriális napórárt mutat az északi féltekén, nyári használat közben.

Az ábrán szürke vonal jelzi a megfigyelő kezében tartott napóra kalibrált számlapját, amely párhuzamos az Egyenlítő síkjával. A számlap közepébe merőlegesen szúrt gnómon (az ábrán kis fekete egyenes nyíl) párhuzamos a Föld forgástengelyével, tehát a Sarkcsillag felé mutat. Az ábrán látható, hogy a gnómon felülről vet árnyékot a számlapra, tehát az időt a számlapra felülről ránézve lehet leolvasni. Mivel a Föld óránként 15° -os szöget fordul el a tengelye körül, a számlapra szabályosan, 15° -onként kell az óra-beosztásokat felrajzolni. (Megjegyzés: a helyzetet kicsit bonyolítja, hogy a Föld nem kör-, hanem ellipszispályán kering a Nap körül, ezért keringési sebessége nem állandó, illetve hogy forgástengelye nem merőleges a keringési síkra, hanem $23,5^\circ$ -os szöget zár be a merőlegessel. Ezek hatásáról később lesz szó.)



Bokor Nándor egyetemi docens a BME-n szerzett villamosmérnök diplomát 1993-ban, majd ugyanott fizikából PhD fokozatot 1999-ben. Munkájában – az optika számos területén végzett kutatásai mellett – legszívesebben a fizika, azon belül kiemelten a relativitáselmélet oktatásának pedagógiai kérdéseivel foglalkozik. Ez utóbbi témában számos publikációja jelent meg a *Fizikai Szemle*ben, valamint a *Physics Education* és a *European Journal of Physics* folyóiratokban.



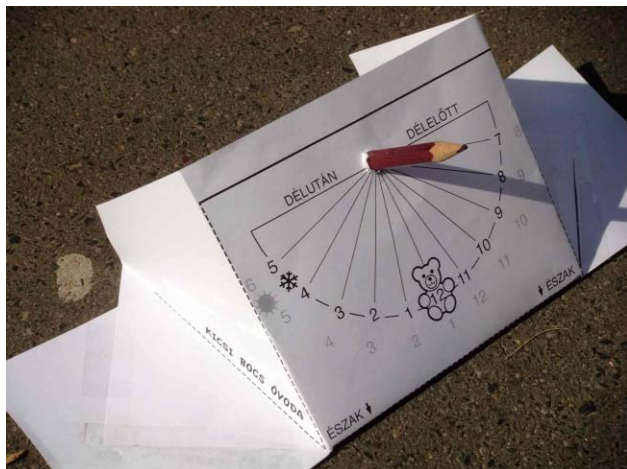
2. ábra. Az ekvatoriális napóra az északi féltekén, télen.

A 2. ábra ugyanezt a napórát fél évvel később, téli használat közben mutatja. (Az ábrán a felhasználó a kezében tartja az eszközt, de a gyakorlati használat úgy képzelendő el, hogy a napórát az 1. ábrának megfelelő tájolással letelepítettük egy szabadteri helyszínre, és most fél évvel később ismét ránézünk.) Mint az ábrán látható, a gnómon árnyéka télen alulról vetül a számlapra. A napfény számlapra felülről, illetve alulról érkezése közötti átmenetek a tavaszi és őszi nap-éj egyenlőség napjain történnek. Ezen a két napon a napfény sűrű beeséssel érkezik a számlap síkjára.

A számlapra alulról rávetülő árnyék okoz némi bonyodalmat, mert a napóra alá bebújni általában kényelmetlen. Vannak megoldások arra, hogy az időt ilyenkor is egyszerűen le tudjuk olvasni. Az egyik megoldás, ha a számlap áttetsző anyagból készül. Erre mutat példát a 3. kép.

Ezen a – ferencvárosi Kicsi Bocs óvoda nagycsoportosai számára tervezett – napórán a számlap egy egyszerű papírlap, amely áttetsző annyira, hogy a ceruza-gnómon árnyéka tisztán látható felülről a téli félévben is, amikor a fény a számlap alsó oldala felől

3. kép. Áttetsző számlapú napóra a téli használathoz.



érkezik. Az ilyen – egész évben használható – napórák számlapját érdemes a téli és a nyári időszámításnak megfelelő órabeosztással is ellátni. A 3. kép napóráján a téli időszámítást fekete számokkal és hópihe-szimbólummal, a nyári időszámítást szürke számokkal és Nap-szimbólummal jeleztem.

Ekvatoriális CD-napóra

A cikk hátralevő részében egy olyan egyszerűen elkészíthető, elegáns elven működő napórát mutatok be – többféle változatban –, amely ekvatoriális elrendezésű, de a megszokottól eltérő módon, az optikai rácsra eső fény *elhajlását* (*diffrakcióját*) kihasználva mutatja a pontos időt [1]. A CD-k és DVD-k, mint adattárolók kora nagy valószínűséggel leáldozóban van, de reflexiós optikai rácsokként még sokáig nagyszerűen használhatók lesznek az oktatásban. A rácsrajzolatot az adattároláshoz kialakított sűrű, koncentrikus körök alkotják, amelyek távolsága, azaz a rácsállandó CD-ken 1600 nm, DVD-ken 740 nm, tehát a látható fény hullámhosszának (~400-700 nm) nagyságrendjébe esik, de annál nagyobb. Egy ilyen rácsot fehér fényvel megvilágítva a visszavert fény gyönyörű, szivárványszínű színek komponensekre felbontva érkezik a szemünkbe. Ráadásul – ami most számunkra különleges jelentőségű – a rácsvonalak körkörös geometriája miatt egy távoli pontszerű fényforrás diffrakciós képe *éles, sugárirányú vonalként* jelenik meg a CD vagy DVD felületén. A *CD-napóra* ezt az éles, sugárirányú fényvonalat használja „óramutatóként” egy kalibrált számlapon. A 4. képen egy ekvatoriális CD-napóra látható, szintén a Kicsi Bocs óvoda nagycsoportosainak tervezett számlappal, amint kevéssel délután fél 4 utáni időpontot mutat. (A Műegyetem F. épületét előrelátó módon pontosan észak-dél, kelet-nyugat tájolására építették, ezért napközben mindig lehet olyan ablakot találni, amelynek párkányához illesztve a napóra elülső éle könnyedén a pontos északi irányba állítható. Egy ilyen ablakpárkányon készült a fotó egy áprilisi dél-

4. ábra. Nyáron használható ekvatoriális CD-napóra.



utánon.) A geometriai elrendezés nagyon hasonlít a 3. képen szereplő hagyományos, gnómonos változathoz: a számlap – itt tehát maga a CD is – az Egyenlítő síkjával párhuzamos, és a „gnómon” – ez esetben a CD középpontját a megfigyelő szemével összekötő képzeletbeli egyenes – a Sarkcsillag felé mutat. Míg a hagyományos változat (3. kép) elkészítésekor külön ügyelni kell arra, hogy az árnyékot vető gnómon pontosan merőlegesen dőlje át a számlapot, a CD-napórán az ennek megfelelő követelmény, tehát hogy a számlapra pontosan *merőlegesen nézzünk rá*, minden erőfeszítés nélkül, egyszerűen teljesíthető. A CD csillogó felülete ugyanis tükrözi a megfigyelő arcát, tehát csak arra kell ügyelnünk, hogy a számlapot fél szemmel nézve a nyitott szemünk „tükörképe” épp a CD közepén levő lyukra essen.

A CD-napóra számlapját – ebben az alapváltozatban legalábbis – elég a nyári időszámítás szerinti óra-beosztással ellátni, mert szeptember 23-tól március 21-ig a Nap alulról világítja meg az átlátszatlan számlapot, és a napóra nem használható.

A helyi idő és zónaidő

Mint a 3. kép mutatja, a maci-szimbólummal is kiemelt 12-es osztás (nyári időszámításkor a délután 1 órás osztás) éppen északi irányba néz, tehát erre a számra akkor vetül a ceruza árnyéka, amikor a Nap pontosan dél felől süt. Ugyanez olvasható le a 4. képről, a csak nyári óraskálával ellátott CD-napóra számlapjáról is: a délután 1 órás – tehát a szokásos, téli időszámítás szerint déli 12 órának megfelelő – osztás éppen a számlap tetején van, tehát a fényes csík akkor mutat erre a számra, amikor a Nap pontosan déli irányból süt. Ez logikus, hiszen elvárjuk, hogy a Nap definíció szerint *délben* süssön *dél* felől, viszont így az óra nem egészen pontos. Ez a 12 óra ugyanis csupán az úgynevezett *helyi dél*. A helyi dél szemléletes, de mindennapi életünkben nem igazán hasznos fogalom. Hogy miért, annak megértéséhez elég arra gondolni, hogy a Föld forgása például Nyíregyházát 11 perccel előbb fordítja be a Naphoz képest ugyanabba a pozícióba, mint Budapestet, tehát Budapestben a helyi dél 11 perccel később érkezik el, mint Nyíregyházán. Szombathely még nyugatabbra fekszik, ott a helyi dél a budapestinél még 10 perccel később érkezik el. Amíg a közlekedési eszközök nem voltak túl gyorsak – a 19. század közepéig – ez nem okozott gondot, minden település a saját helyi deléhez igazított *helyi idő* szerint élte az életét. A vonatközlekedés nagy változást hozott: az utasok ép elméjének megőrzése – és a balesetek elkerülése – érdekében elkerülhetetlenné vált a sokféle helyi idő felváltása egyetlen *szabvány idővel*, az úgynevezett *vasútidővel*. Ilyen módon a vonaton utazóknak nem kellett állomásonként néhány perccel arrébb állítaniuk zsebórájukat, és nyilvánvaló volt, hogy ha a menetrendben szerepel egy időpont, az az egységesített vasútidőt jelenti. Korunkban, amikor akár föld-

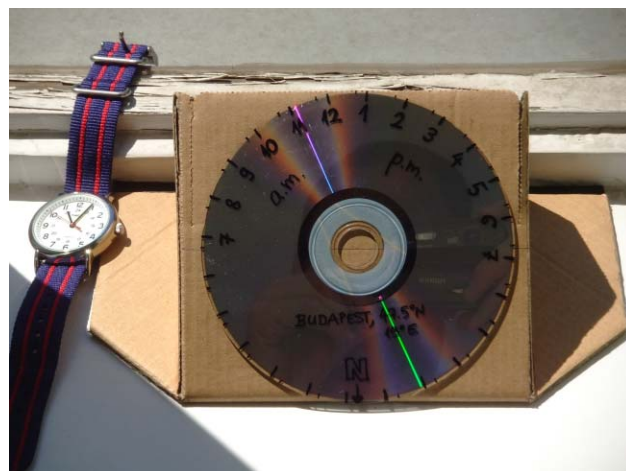
részek között is mindössze néhány óra az utazási idő (a kommunikáció pedig a másodperc törtresze alatt zajlik bármely két pont között), az egyes országok szabványidejét is összehangoljuk, és *zónaidőnek* nevezzük. A Nap ugyan mindenhol a helyi idő szerint „jár”, de életünket – a vonatok és repülőgépek menetrendjét, az egyetemi előadások kezdetét, a randevúkat – már a zónaidőhöz igazítjuk. (A szabványidő szélsőséges példája Kína, amelynek legkeletibb pontján majdnem 4 órával korábban van a helyi dél, mint legnyugatibb pontján, mégis egyetlen szabványidőt használ az egész ország.)

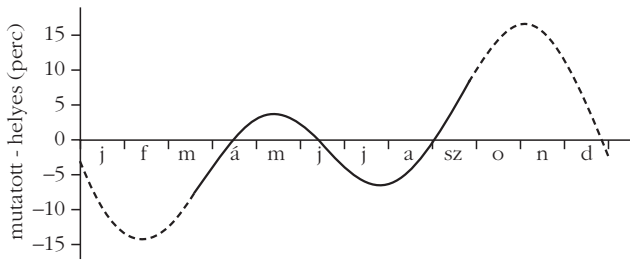
Egy napórától természetes elvárás, hogy ne a helyi időt, hanem a sokkal hasznosabb zónaidőt mutassa. Ennek érdekében a számlapon az óraskálát *el kell forgatni*. Budapest például a keleti szélesség 19°-án helyezkedik el. Ha pontosan a 15°-nál helyezkedne el, akkor a 0°-os hosszúsági körön fekvő Greenwich déli 12 órája előtt pontosan 1 órával lenne Budapesten a helyi dél, így azonban ennél mintegy

$$(19^\circ - 15^\circ) \frac{60 \text{ perc}}{15^\circ} = 16 \text{ perccel}$$

még *korábban*. Tehát a greenwichi 12 óra előtt pontosan 1 órával, abban pillanatban, amikor a budapestiek és általában a Magyarországon bárhol tartózkodók karórája egységesen éppen delet mutat – és amikor azt szeretnénk, hogy napóránk is delet mutasson –, akkor a Nap Budapesten már 16 perce kimozdult a pontos Dél-égtájnak megfelelő irányból, Nyugat felé. Emiatt napóránk számlapján az osztásokat a 4. képen látható korrigálatlan változathoz képest $19^\circ - 15^\circ = 4^\circ$ -kal a *későbbi* időpontok felé, azaz *az óramutató járásával megegyező irányba* el kell forgatni. Egy ilyen korrigált napórát mutat az 5. kép délelőtt 11 óra 5 perckor. Ezen a napórán a számlapot magára a CD-re rajzoltam. A kerületre rajzolt rövid vonalak az eredeti, helyi időnek megfelelő osztásokat jelzik, a hosszabb vonalak a számokkal együtt pedig a korrigált, elforgatott skálát, amelyről a zónaidőt olvashatjuk le.

5. kép. A helyi és a zónaidő közti különbség korrigálása CD-napóra elforgatásával.





6. ábra. Az időegyenlet-korrektció grafikonja.

Az időegyenlet (időegyenleg, időkiegyenlítés)

Elkészítettük pontos ekvatoriális CD-napóránkat: a számlap dőlésszögét az adott szélességi körhöz igazítottuk, a számlap óraskáláját pedig a hosszúsági körnek megfelelően fordítottuk el. Napóránk az időt – körülbelül 5 perc leolvasási pontosságon belül – március végén, a Föld Nap körüli pályasebessége állandó lenne, és ha a Föld forgástengelye merőleges lenne a Nap körüli pálya síkjára. Ha így lenne, akkor egy adott helyre telepített napóra Naphoz viszonyított sebessége – ami a Föld pályasebességének és a Föld forgásából adódó kerületi sebességnek vektori összege – az év minden napján egy adott órában ugyanakkora lenne.

(1) A Föld azonban ellipszispályán kering a Nap körül, és emiatt a Nap körüli pályasebessége nem állandó (télen nagyobb, nyáron kisebb).

(2) A Föld forgástengelye nem merőleges a pálya síkjára, hanem attól $23,5^\circ$ -kal eltér, és emiatt a pályasebesség és a forgásból adódó kerületi sebesség az év különböző napjainak ugyanabban az órájában más és más szöget zár be egymással (például helyi déli 12 órakor a nyári és téli napforduló napján a két sebességvektor éppen ellentétes irányba mutat, az őszi és tavaszi nap-éj egyenlőség napján pedig $180^\circ - 23,5^\circ = 156,5^\circ$ -os szöget zár be egymással).

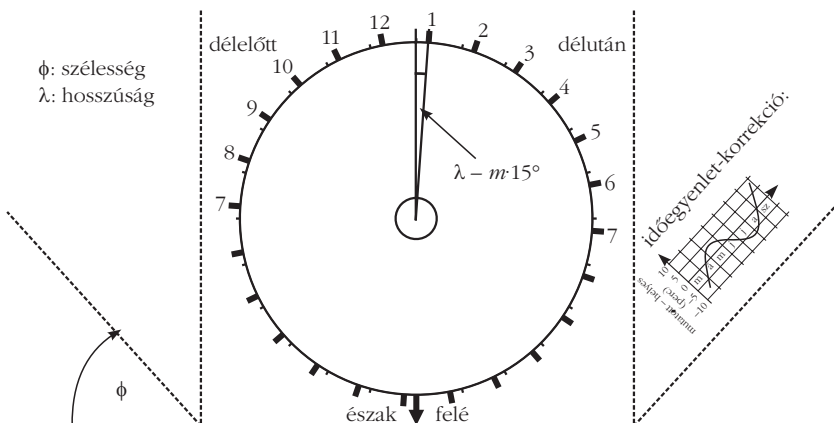
A fenti kétféle – éves, illetve körülbelül féléves periódussal rendelkező – hatás eredőjeként a Földön nyugvó megfigyelő Naphoz viszonyított sebessége *ingadozik* az év során, és ez azt okozza, hogy egy adott helyszínen az év folyamán nem pontosan 24 óránkénti periódussal van déli pozícióban a Nap. A

pontos számítások eredménye az úgynevezett *időegyenlet* [2], amelynek grafikonját a 6. ábra mutatja. A vízszintes tengelyen a hónapok szerepelnek, a függőleges tengelyen pedig az, hogy mekkora járulékos korrekcióra van szükség, hogy az 5. képen láthatóhoz hasonló napóráról valóban a helyes zónaidőt olvassuk le. A grafikon azon szakaszát, amely a tavaszi és az őszi nap-éj egyenlőség közé esik, folytonos vonallal rajzoltam: az átlátszatlan számlapú CD-napórán – amely csak a nyári félévben használható – az időegyenlet-grafikonnak csak ezt a szakaszát kell figyelembe vennünk. Az 5. fénykép például május 19-én készült, és a napóra számlapja körülbelül 11 óra 10 percet mutat rajta. A 6. ábra grafikonjáról látható, hogy ezen a napon a napóra a pontos időnél körülbelül 4 perccel többet mutat, tehát a pontos zónaidő körülbelül 11 óra 6 perc. Ez a következtetés a leolvasási pontosságon belül jól egyezik a képen a karóra által mutatott *valódi* pontos zónaidővel, 11 óra 5 perccel.

A fentiek figyelembevételével most már valóban elkészíthetjük teljesen helyesen működő és egyszerű CD-napóránkat. A tervrajzot – ϕ szélességi és λ hosszúsági körre – a 7. ábra mutatja.

Használati utasítás: a lakóhelyünknek megfelelő λ és ϕ hosszúsági és szélességi szögeket használva készítsük el a 7. ábrát A4-es méretben (a nagy kör CD-méretű legyen), és nyomtassuk ki. Ragasszuk rá egy kartonlapra, majd a két vastag vízszintes vonal mentén vágjuk be. Az öt szaggatott vonal mentén hajtsuk be, és ragasszuk össze belőle a 4–5. képeknek megfelelő elrendezést. Ügyeljünk arra, hogy a napóra két oldalsó felülete a ragasztás után pontosan függőleges legyen. (A 7. ábrán a jobb oldali oldallapra került az időegyenlet-korrektció grafikonja.) Így a számlap dőlésszöge a vízszinteshez képest $90^\circ - \phi$ lesz, azaz a napórát az alsó nyíl szerint észak felé befordítva a számlap párhuzamos lesz az Egyenlítő síkjával. A számlap skálázását a fent leírtaknak megfelelően készítsük el, azaz a teljesen szimmetrikus elrendezéshez képest akkora szöggel fordítsuk el, amennyivel a saját helyzetünk λ hosszúsági köre eltér az időzónánk közepét jelző (és a 15° egész számú többszöröseként felírható) hosszúsági körtől; ha a különbség pozitív, az óramutató járásával megegyező irányba, fordított

7. ábra. A teljesen helyesen működő, egyszerű CD-napóra tervrajza.



esetben az ellenkező irányba. Budapesten például $\lambda = 19^\circ$, és $m = 1$, tehát $\lambda - m \cdot 15^\circ = +4^\circ$, a skálát tehát az óramutató járásával megegyező irányba kell elforgatni. (A zónaidők szabványosításában nem csak észérvek döntöttek. Az egész-órás szabályhoz igazodó, Greenwich-hez képest +5 óras eltérést alkalmazó Pakisztán szomszédja, India például +5 és fél órával igazítja odébb óráját, Nepál pedig +5 óra 45 perccel. Az ilyen kivételes esetekre érvényes helyes számlapskálázás élvezetes agytornát kínáló probléma, amelyet megnégyez az olvasónak.)



8. kép. A CD hámozása.

Átlátszó, egész évben használható változat, szemléltető földgömbbel

A CD-napóra egyszerű, kisméretű, elegáns eszköz, de eddig leírt változatában csak a nyári félévben használható. Szerencsére ezen a hiányosságon is lehet segíteni. Az interneten számos oktató videó található arról, hogyan lehet az átlátszatlan réteget egy CD felületéről eltávolítani. A technika nagyon egyszerű: a nyomtatott rétegre késsel rövid karcolást kell ejteni, ezután a réteg celluxszal vagy más ragasztószalaggal a karcolt él mentén elkezdve könnyen lefejthető, amint a 8. kép mutatja.

Az eredményül kapott *átlátszó CD* transzmissziós és reflexiós optikai rácsként egyaránt működik, mégpedig szinte azonos diffrakciós hatásfokkal, azaz visszavert fényben és átmenő fényben szinte azonos fényerővel mutatja a szivárványszínű sugárirányú becsillogást. A számlapra ilyen CD-t szerelve napóránk *egész évben* használható lesz. A 9. kép egy ilyen, átlátszó CD-vel felszerelt napórát mutat.

Az 5. képpel összevetve látszik, hogy ezúttal a kartonvázon lyukakat vágtam, így a napsugarak a téli félévben eléri a CD alsó felületét. A 10. kép ugyanezt a napórát működés közben mutatja. A fénykép június 6-án készült. A számlapon leolvasott érték körülbelül 13 óra 50 perc (± 3 perc), amit a 6. ábra időegyenlet-grafikonjával korrigálva, tehát körülbelül 2 percet levonva jól visszkapjuk a karórán mutatott zónaidő-értéket.

Ezt a napórát pedagógiai célokkal egy kis földgömbbel is kiegészítettem. Földgömbként egy – térképoltban kapható – szivacsból készült labdát használtam, amit az Egyenlítő síkjában késsel félbevágtam, és a két félgömböt megfelelően illesztve a CD felső, illetve alsó felületére ragasztottam. A kis labda természetesen nem komoly mérés-technikai eszköz: a hosszúsági és szélességi köröket, valamint az országokat elég pontatlanul nyomtatták rá. Szerencsés körülmény viszont, hogy a hosszúsági köröket éppen 15° -onként ábrázolja. Ez napóránk szempontjából ideális, hiszen – amint a 10. képen látható – a CD-re a sugárirányú



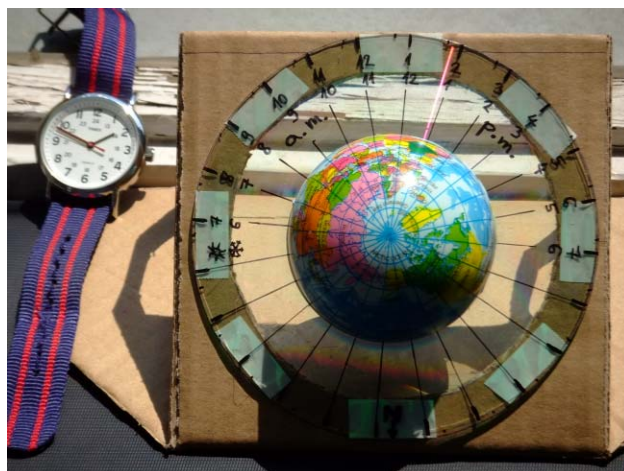
9. kép. A télen és nyáron is használható, átlátszó CD-napóra.

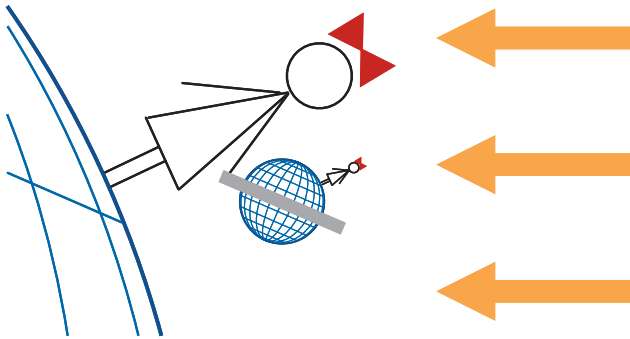
órábeosztásokat úgy tudtam rárajzolni, hogy azok felülről nézve épp a hosszúsági körök „meghosszabbításai” legyenek. A kis földgömb számos pedagógiai haszonnal jár:

1. A napóratervezés kérdéseit egyszerűen megfoghatóvá, szemléletesé teszi. A napóra számlapját párhuzamossá kell tenni az Egyenlítő síkjával? A kis földgömb ezt azonnal szemlélteti, hiszen a CD-számlappal a labdát pont az Egyenlítője mentén szeltük ketté. A hosszúsági körünknek megfelelő mértékben kell a számlap órábeosztását elforgatni? A földgömb labdán ez is egyszerűen leolvasható: úgy kell a labdát az észak-dél tengely körül beforgatni, hogy rányomatott lakóhelyünk *éppen a tetején legyen*. Ezután a CD-számlapra az órábeosztásokat úgy kell rárajzolni, hogy azok épp a kis földgömbön 15° -onként elhelyezkedő hosszúsági körök meghosszabbításai legyenek, és a rányomatott hosszúsági körök közül a saját zónaidőnknek megfelelő éppen a (téli időszámítás szerinti) déli 12 óras osztás felé mutasson.

2. Ellentétben az asztali szemléltetőeszközként használt földgömbökkel (amelyek tengelye általában $23,5^\circ$ -kal dől a függőlegeshez képest, és az asztal síkját képzeljük hozzá a Föld pályasíkjának) ez a kis labdaföldgömb *pontosan olyan tájolású a térben,*

10. kép. A napóra működés, azaz merőleges ránézés közben.





11. ábra. A napórára szerelt kis földgömb ugyanolyan tájolású a térben, mint a Föld.

mint a bolygó, amin élünk. Ha tehát a napórát budapesti használatra terveztük (vagyis ennek megfelelően választottuk a 7. ábrán λ és ϕ értékét), akkor Budapest parányi pöttye éppen a napórára szerelt kis földgömb tetején lesz, érintősíkja tehát vízszintes, azaz párhuzamos a talajjal, amin állunk. Ha a labda-Budapestbe merőlegesen gombostűt – vagy egy kis figurát – szúrunk, akkor a kis figura velünk párhuzamosan fog állni. Ezt a jelenséget a 11. ábra szemlélteti. Mivel a kis földgömb ugyanolyan tájolású, mint az igazi Föld, a ráeső napfény pontosan mutatja, hogy *mi történik ugyanabban az időpillanatban tényleges bolygónk és a Nap viszonylatában.* A kis földgömbön – mint kicsinyített maketten – leolvasható, hogy abban a pillanatban, amikor épp ránézünk, melyik hosszúsági kör mentén, mely országokban van helyi dél (ott, ahová a CD-n a becsillanó vonal mutat), vagy hol van éppen naplemente és napfelkelte (azon vonal mentén, ahol a labdaföldgömbön elválik a napfényes rész az árnyékban levőtől). A becsillanó vonallal átellenes irány (az árnyékban levő rész közepe) megmutatja, melyik délkör mentén van éppen helyi éjfél. A kis földgömbre ránézve láthatjuk, hogy – a nyári félévben – melyik északi szélességi kör fölött nem nyugszik le aznap a Nap, illetve – a téli félévben – melyik északi szélességi kör fölött nem kel fel aznap a Nap.

A 10. fényképen levő napóráról így például a pontos időn kívül az is leolvasható, hogy amikor a fotó készült, Anglia és Algéria egyes helyein helyi dél volt, Montréalban nemrég kelt csak fel a Nap, Pekingben már le is nyugodott, Alaszkától északra pedig éppen *fehér éjszaka* volt.

3. A kis földgömbre az *időzónák* – általában országhatárokat követő, bár néha igen szórakoztató rajzolatok mentén haladó – választvonalait is bejelölhetjük, így a napórával szemléltethető lesz akár a helyi idő és a zónaidő közötti különbség is.

Záró megjegyzések

A 10. képen látható átlátszó CD-napóra egész évben működik, tehát ha az időegyenlet-korrektációs grafikonnal el akarjuk látni, akkor a 6. ábrán látható teljes grafikont kell hozzá mellékelni.

A pontos leolvasáshoz erre a napórára is *pontosan merőleges irányban* kell ránézni. Itt azonban nem működik az a trükk, amit az 5. kép CD-napóráján használtunk, mert az átlátszó CD-ben arcunk tükörképe nem látszik jól (különösen, ha a számlap közepére ragasztottunk egy labdát). Ilyenkor nézőpontunkat úgy kell tájolni, hogy a kis földgömbön levő délkörök (hosszúsági körök) sugárirányú egyeneseknek, a szélességi körök koncentrikus köröknek látszódjának (10. kép). Ez a leolvasási mód azonban kevésbé pontos, mint a tükröződésen alapuló. Egy pontosabb megoldás az, ha a kis földgömb északi sarkába merőlegesen vékony tűt szúrunk. A helyes leolvasáshoz tartozó nézőpontot akkor kapjuk, ha félszemmel nézve ezt a tűt egyetlen pontnak látjuk.

A 10. képen érdekes felfedezést tehetünk. *A labdaföldgömb önmagában is napóra!* A Nap fehéren becsillanó kis foltja a kis földgömb felszínén éppúgy – bár kicsit nagyobb leolvasási pontatlansággal – jelzi az időt, mint a CD felületén megjelenő vékony diffrakciós csík. (Ez átlátszatlan földgömb esetén csak a nyári félévben működik, mert csak akkor látjuk felülről a Nap becsillanó foltját a kis földgömb északi féltekéjén.) Ha hajlandók vagyunk némi mérési pontosságot feláldozni a letisztultabb pedagógia kedvéért, akkor a CD-től akár meg is szabadulhatunk. Napóránk ekkor egyetlen kis földgömbből fog állni, amelyet pontosan abba az irányba tájolunk, amerre a valódi Földünk áll (11. ábra), számlapját pedig maga a kis földgömb adja, amelyen az órabeosztásokat egyszerűen a 15° -onként rányomtatott hosszúsági körökre kell ráírni. Elvében talán a legegyszerűbb, legletisztultabb napórát kapjuk így: mintegy lekicsinyítjük a Sarkcsillag felől Földünket szemlélő „isteni nézőpontot”. Ott a számlap a Föld (nálunk a helyes tájolású makettje), az óramutató pedig a Nap becsillogó képe, amint megvilágítja a Földet (nálunk annak makettjét).

Az egész cikkben azzal a – nem feltétlenül jogos – feltevéssel éltem, hogy a napóra használója az északi féltekén él. A déli féltekén működő CD-napóra-változatok végiggondolását a motivált olvasóra bízom.

Irodalom

1. M. Catamo, C. Lucarini: „Light as shadow – sundials without gnomons”, *Compendium. J. N. Am. Sundial Society* 3 (1999) 19–23.
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Equation_of_time

Szerkesztőség: 1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III., Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: elft@elft.hu

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős kiadó Groma István főtitkár, felelős szerkesztő Lendvai János főszerkesztő.

Kéziratokat nem örzünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulathoz vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyszámlán.

Megjelenik havonta (nyáron duplaszámmal), egyes szám ára: 900.- Ft (duplaszámé 1800.- Ft) + postaköltség.

HU ISSN 0015–3257 (nyomtatott) és **HU ISSN 1588–0540** (online)