

gának alelnöki (1964–1967), majd elnöki tisztét (1967–1970). A kezdeményezésére megindított *Information Bulletin on Variable Stars* változócsillagászati gyorskiadványt annak 1961-ben megjelent első számától kezdve az MTA Csillagászati Kutatóintézetében szerkesztik és adják ki.

Bár az általa művelt kutatási téma viszonylag szűk területe volt az asztrofizikának, közismert volt Detrének a teljes csillagászatot átfogó naprakész tájékozottsága. Tudományos eredményeit mindmáig idézik a változócsillagokkal foglalkozó asztrofizikusok. Munkássága azért időtálló, mert mindig az abban az időszakban a legprecízebb

mérési technikát alkalmazta, és a megfigyelési adatok feldolgozása és értelmezése során ugyancsak a maximális pontosságra törekedett.

Detre László születésének centenáriumán az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézete – amelynek Detre több mint három évtizeden át igazgatója volt – emlékülést szervez. Az április 20-án sorra kerülő rendezvényen több olyan külföldi csillagász is részt vesz és előadást tart, aki egykor személyesen is szakmai kapcsolatban állt Detre Lászlóval.

Szabados László

RIBÁR BÉLA

1930–2006

Ribár Béla, az Újvidéki Egyetem professzora, a Szerb és a Vajdasági Tudományos Akadémia tagja és nem utolsósorban a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja, a vajdasági magyar tudományosság kiemelkedő alakja, mondhatjuk első számú szervezője és alakítója volt, 2006. március 22-én Újvidéken elhunyt.

Halálának körülményei bizonyos értelemben életét mintázzák. Márciusban részt vett az MTA Magyar Tudományosság Külföldön Elnöki Bizottság kolozsvári ülésén, de ott olyan szerencsétlenül esett el, hogy többé nem

épült fel: helikopterrel hazaszállítva alig két hetet élt még a baleset után, és otthon hunyt el.

Ribár Béla a kristályszerkezet-kutatás nemzetközileg elismert képviselője, neves nemzetközi folyóiratok szerkesztőbizottságának tagja, akinek közel kétszáz tudományos közleménye jelent meg, amelyekre mintegy ezer hivatkozás történt a nemzetközi irodalomban.

Ribár Bélát gyászolja a magyar és a szerb tudományos közösség és mindezen túl az egyetemes tudományosság.

Berényi Dénes

A FIZIKA TANÍTÁSA

KÉSZÍTSÜNK NAPÓRÁT!

A teljes napóra készítése kellemes és hasznos időtöltés. Az eredménye szép, amint azt példázza a címlapon is látható, a gyöngyösi Berze Nagy János Gimnázium egyik belső terasza felett található óra. A példa azt is mutatja, mit értünk teljes napórán: nem csupán az adott napon mutatja a napszakot, hanem az adott évszakon belül a dátumot is.

Azt hihetnénk, hogy napórát készíteni a legegyszerűbb dolog. Kell hozzá egy pálca, egy év türelem és folyamatos napsütés; ettől kezdve nincs más dolgunk, mint a pálca hegyének árnyékát időnként megjelölni. Ez a tapasztalati módszer azonban csak elvileg kivitelezhető: túlságosan fáradságos és bizonytalan is, hiszen felhős időben nem alkalmazható.

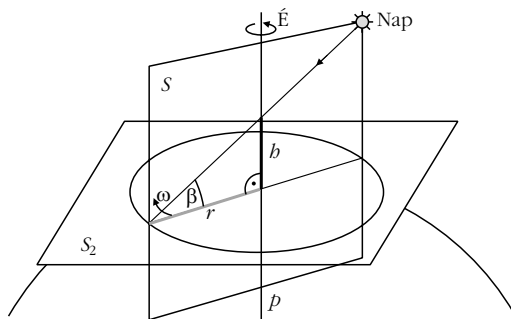
¹ Engem a Nap, benneteket az árnyék vezérel.

Kiss Miklós

Berze Nagy János Gimnázium, Gyöngyös

„Me Sol, vos umbra ducit.”¹

Napórát mégis készíthetünk egyszerűen! Ha ismerjük az árnyék mozgásának *fizikai hátterét*, a pálca hegyének árnyékát számolással meg is *jósolhatjuk*. (A napóra elkészítéséhez ugyan csupán mértani ismeretekre van szükség, azonban amögött, hogy az árnyék mozgása évről évre ugyanúgy megjósolható, a newtoni mechanika egyszerű törvényei vannak.) A Föld a Nap körül kis excentricitású ellipszispályán halad, melynek síkjára a Föld forgástengelye nem merőleges, hanem a merőlegeshez képest 23,5 fokkal elhajlik. A tengely iránya keringés közben nagyjából a Sarkcsillag felé mutat. Ebből adódik, hogy a Földről nézve a nyári napfordulók a Nap felé dől, téli napfordulók éppen ellenkező irányba, míg napéjegyenlőségek alkalmával a napsugarak irányára merőleges; az égen való haladás magassága az évszaktól függ. Nálunk sosem delel függőlegesen a Nap, hiszen



1. ábra. Napóra az Északi-sarkon

csak a Ráktérítőig jut el júniusban, ekkor a legnagyobb a delelés szöge, mintegy 66,5 fok, decemberben a legkisebb, ekkor csak 19,5 fok. A Földről nézve tehát úgy látjuk, hogy a Nap az egyenlítő síkjához képest egy év alatt egy teljes rezgést tesz meg 23,5 fokos amplitúdóval. Ez persze csak közelítés, mert a Föld pályája nem kör, de nem rossz közelítés. Ezzel a közelítéssel egy egészen jól „működő” napórát szerkeszthetünk.

A napóra nagyszerűsége abban rejlik, hogy nemcsak az időt, de a dátumot is mutatja az árnyék iránya és hossza segítségével. Ennek megértése érdekében a következőkben részletesen áttekintjük a különféle napórák mutatója árnyékának helyzetét. Egyelőre nem törődünk a nyári időszámítással és a zónaidővel; ezeket az alapok megértése után könnyen figyelembe vehetjük.

Az óraszög

Elsőként gondoljuk át a Föld forgásából adódó következményeket, amit legkönnyebben úgy tehetünk meg, hogy gondolatban az Északi-sarkra helyezzük magunkat [1].

Ha az Északi-sarkon állunk a nyári félévben (március 21. és szeptember 23. között), a Föld forgásából adódóan azt tapasztaljuk, hogy a Nap az égen egyenletesen körbejár. Június 22-ig napról napra magasabban halad, utána alacsonyabban. Az első és utolsó napon pedig a látóhatár peremén jár körbe. Egy napon belül a magasság nem változik számottevően, nyugodtan mondhatjuk, hogy körbejár 24 óra alatt. A szögsebesség $\omega = 360^\circ / 24 \text{ h}$, azaz 15 fokot halad óránként, egy fokot pedig négy perc alatt tesz meg.

Szúrjunk le most egy pálcát merőlegesen az Északi-sarkon. Az említettekéből adódóan a pálca árnyéka is egyenletesen körbejár a pálcára merőleges, az Északi-sarkon átmenő úgynevezett egyenlítői (ekvatoriális) síkon, 15 fokot haladva óránként. Egy nap alatt a pálca végpontja egy teljes kört jár be (1. ábra, az ábrákon használt jelöléseket a cikk végén összegezve megtalálhatjuk). A kör sugara hosszabb távon változik, a nyári napfordulónál a legkisebb ($r = b/\tan 23,5^\circ$, ahol b a pálca hossza, r a kör sugara). A nyári félév első és utolsó napján az árnyék hossza „végtelen”, a sikkal párhuzamosan beeső napsugarak következtében.

Minden napra igaz, hogy a pálca csúcsán átmenő napsugár és árnyék által kifeszített sík a Föld forgástengelye (poláris tengely) körül egyenletesen, a Földhöz képest keletről nyugatra a megadott szögsebességgel forog (1.

ábra). A továbbiakban ezt a síkot *óraszög-síknak* fogjuk nevezni, ez lesz számításaink egyik alapja. Az *óraszögön* pedig értsük az óraszög-síknak egy előre meghatározott helyzete és az adott időponthoz tartozó helyzete által bezárt szöget. Az előre meghatározandó viszonyítási helyzetet saját hosszúsági körünk észak–déli vonalával azonosítjuk. Magát a $\varphi = \omega t$ szöget ennek megfelelően mérhetjük nulla órától, de lehet 12 órától is mérni.

Ha átmegyünk Föld egy másik pontjára, például Gyöngyösre, akkor magunkkal visszük az egyenlítői és az óraszög-síkot. A Nap járását napkelte és napnyugta között ugyanolyannak látjuk itt is, illetve más szélességi körön minden ugyanígy adódik.

A napórák fajtái

Ha az előző szakaszban megadott pálcát használjuk árnyékvetőnek, vagyis helyzete a Föld forgástengelyével párhuzamos, a mutatópálcát *poláris* helyzetűnek nevezzük. A továbbiakban csak a poláris mutatójú napórát tárgyaljuk. A cikkhez kapcsolódó <http://www.berzenagy.sulinet.hu/mikola/km/napora> lapon kitérünk rá, hogy a másféle mutatóállású órák tárgyalása visszavezethető erre. (Minden később hivatkozott kiegészítés is itt található.)

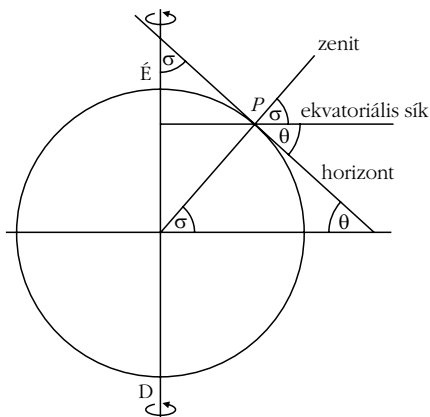
A számlap lehet sík, lehet henger alakú, vagy más is. Mi a síkszámlapú napórákat elemezzük. A számlapsík a legegyszerűbb esetben vízszintes. Ekkor az órabeosztás meghatározása meglehetősen egyszerű, azonban a dátum meghatározásához szükséges vonalak felrajzolása már komolyabb tervezést igényel. Falon elhelyezett napórák esetén a számlapsík függőleges, a fal tájolása azonban tetszőleges lehet. Az alapeset a kelet–nyugati tájolású fal, ami ritkán valósítható meg. Az általános tájolású függőleges helyzetű számlapsík megrajzolása térgeometriai megfontolásokat igényel. Lehet készíteni hordozható napórát is, amely meghatározott szélességi körre készül, előre meghatározott tájolóssal.

A Nap magassága

Az általunk választott, Földhöz rögzített vonatkoztatási rendszerben a Nap a nyári félévben az egyenlítő síkjával párhuzamos, a megfigyelés pontján átmenő egyenlítői sík felett, a téli félévben alatta helyezkedik el. Ha a Föld Nap körüli mozgását közelítőleg egyenletes körmozgásnak tekintjük (a sugár ingadozása az átlagtávolsághoz képest kisebb mint három és fél százalék), akkor a Nap elhelyezkedését az egyenlítői síkhoz képest a következő összefüggés adja meg:

$$\alpha = 23,5^\circ \sin \left[\frac{2\pi}{365,2422} (nap - 80) \right],$$

ahol *nap* adja meg, hogy az év hányadik napján vagyunk. Adott napon a Nap az így számított α szöggel az egyenlítői sík felett helyezkedik el pozitív α esetén, negatív α -ra pedig alatta. Március 21-e az év 80. napja. Ekkor,



2. ábra. A σ szélességi szög θ pótszögét zárja be a vízszintes sík az egyenlítői síkkal

továbbá szeptember 22-én $\alpha = 0$, ami ugyan nem teljesen pontosan, de jó közelítéssel igaz. A közelítés pontosságára becslést adunk meg a cikkhez kapcsolódó honlapon.

Itt érdemes kiemelni, hogy a két napéjegyenlőség alkalmával a Nap az egyenlítői síkban mozog, vagyis a napsugarak merőlegesek a Föld forgástengelyére, és így a napóra poláris mutatópálcájára is.

A földrajzi szélesség

Szükség lesz a földrajzi helyünk jellemzésére. A 2. ábrán a P pont jelöli helyünket. Itt σ a szélességi szög, θ pedig a 90° -ra kiegészítő pótszöge. A mi helyi koordináta-rendszerünket a vízszintes sík és a függőleges egyenes adja. Az egyszerűség kedvéért tekintsük függőlegesnek a Föld sugarának meghosszabbítását. A földrajzi szélesség figyelembevételével kapjuk a mutatópálca szögét a vízszintes síkhoz, illetve a helyi függőlegeshez: a horizonthoz képest σ , a függőleges egyeneshez képest θ .

Vízszintes síkú napóra

Minden további napórához alapvető az adott földrajzi helyen, vízszintes síkon elhelyezett poláris mutatójú napóra ismerete, ezért ezt tárgyaljuk elsőként. Ennek a napórának a síkja az adott helyen a földgömb érintősíkjával párhuzamos, vízszintes sík, amelyben a poláris mutatópálca árnyéka már nem jár egyenletesen.

A számolások alapja az *óraszög-henger*, amely a következőképpen adódik. Vegyünk egy olyan körhengert, amelynek szimmetriatengelye a poláris egyenes, a merőleges síkmetszete pedig az egyenlítői sík által kimetszett kör (3. ábra). A kör sugara legyen egységnyi, $|r| = 1$.

Metsszük el a vízszintes síkkal a hengert, úgy hogy a sík az egyenlítői kör középpontján menjen át (3. ábra). A henger a vízszintes síkból egy ellipszist metisz ki, amelynek kistengelye az egyenlítői kör kelet–nyugat irányú átmérője. Mint már említettük a Nap látszólagos mozgása során egy a poláris tengely körül forgó síkban az *óraszög-síkban* helyezkedik el. E síknak és a horizont síkjának metszészvonala adja meg a vízszintes óraszöget. Számoljuk ki a γ egyenlítői óraszög függvényében γ'

vízszintes óraszöget (3. ábra)! MÉRJÜK A SZÖGEKET A FORGÓ SÍK DÉLI HELYZETÉHEZ VISZONYÍTVÁ! Vegyünk fel mindkét síkban egy koordináta-rendszert, melyek x tengelye a közös kelet–nyugati egyenes kelet felé irányítva, az y tengelyeket metssze ki a déli napsík. Ekkor $\gamma = 180^\circ - \varphi$,

$$|x| = \sin \gamma, \quad |y| = \cos \gamma$$

és

$$|x'| = |x| = \sin \gamma, \quad y' = \frac{y}{\cos \theta}$$

ahonnan

$$r' = \sqrt{x'^2 + y'^2},$$

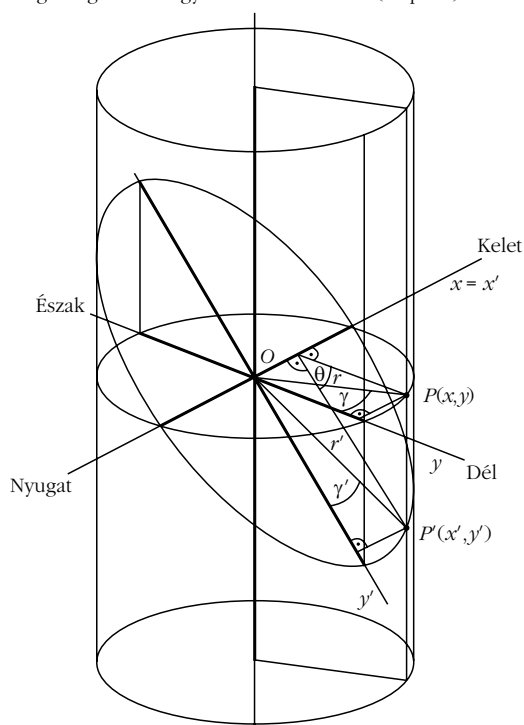
$$\begin{aligned} \gamma' &= \arctan\left(\frac{x'}{y'}\right) = \arctan\left(\frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} \cos \theta\right) \\ &= \arctan(\tan \gamma \cos \theta), \end{aligned}$$

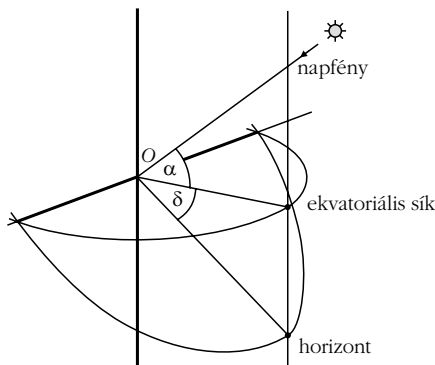
vagy ezzel egyenértékűen

$$\gamma' = \arcsin\left(\frac{x'}{r'}\right).$$

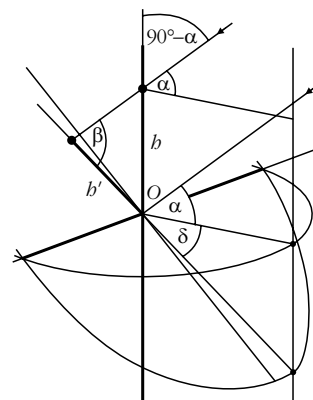
Ezzel meghatároztuk az óraszöget. A következő kérdés a *Nap magassága a horizont felett az óraszög-síkban*. Az óraszög-sík csak délben merőleges a vízszintes síkra. Egy adott nap a Nap az egyenlítői sík feletti magassága két szög összegeként adható meg: a napsugarak és az egyenlítői sík által bezárt a szög (egy napon belül állandónak vehető) és az a δ szög, amelyet az óraszög-síkból az adott pillanatban az egyenlítői és a vízszintes sík

3. ábra. Az óraszög-henger és az óraszög-sík metszete (kör), valamint az óraszög-henger és az egyenlítői sík metszete (ellipszis)





4. ábra. A Nap magasságát az óraszög-síkban meghatározó szögek



5. ábra. A mutató és árnyéka a vízszintes síkon

kimetsz (4. ábra). Ez utóbbi reggel és este hat órakeresztés, délben a földrajzi hely függvénye, például Gyöngyösön $42^{\circ}11'$. Ez a szög a POP' szög a 3. ábrán, nagysága $\delta = \arccos(r/r')$. A teljes napmagasság a horizont felett $\beta = \alpha + \delta$. Itt meg kell említeni, hogy a napóra csak akkor használható, ha $\beta > 0$, azaz a Nap a horizont felett van, ami nyári félévben már negatív δ esetén is teljesül, a téli félévben azonban α negatív, így csak δ megfelelően nagy értéke esetén következik be a napkelte.

Szóljunk most az árnyék hosszáról! A mutató a kezdőpontból (O) indul ki és poláris irányú. Árnyéka az óraszög-sík és a horizont metszéspontjára esik. Így a horizontális síkban az északi iránytól óraszögnyivel, γ -vel tér el, amikor az egyenlítői síkban γ -val. Az árnyék hosszát szinusztétellel számíthatjuk (5. ábra)

$$\frac{b'}{b} = \frac{\sin(90^{\circ} - \alpha)}{\sin \beta} = \frac{\cos \alpha}{\sin \beta},$$

ahonnan

$$b' = b \frac{\cos \alpha}{\sin \beta}.$$

Összegezve, a pálcá árnyéka γ -vel fordult el és hossza b' . Ezzel célunkat elértünk, meg tudjuk rajzolni a számlapsíknak a $\gamma(t)$ és a $b'(t)$ függvényekkel paraméteresen megadott vonalait úgy, hogy a napóra nem csak időt, de dátumot is mutasson. (Itt tehát t a teljes dátum.) Az árnyék óraszöge mutatja az időt. Itt meg is állhatunk, és máris egyszerű napórához jutunk. Nem horizontális építésű, de ilyen a chartres-i székesegyház napórája [3], vagy ilyen látható a fraknói vár egyik belső falán (lásd a képet). Ha az árnyék hosszát is figyelembe vesszük, a dátumot is megmutatja a napóra. Igaz a két szélső helyzetet leszámítva minden ponthoz két nap tartozik, de az évszak alapján el tudjuk dönteni, hol tartunk. A számlapon a szöget az északi iránytól mérjük, a távolságot az O kezdőponttól, és így elkészíthetjük a számlap beosztását.

A szögmérésnél pontosabban tudunk hosszúságot mérni, ezért a polár-koordinátákról célszerű áttérnünk derékszögű koordinátákra, $x' = b' \sin \gamma$, $y' = b' \cos \gamma$.

Az adott időhöz tartozó pontokat ebben a horizontális koordináta-rendszerben bejelölhetjük. Ha összekötjük az azonos időhöz tartozó pontokat, megkapjuk az óravonalakat, ha az azonos dátumú pontokat, akkor pedig a dátumvonalakat. Ehhez a napórához több már nem is kell,



Fraknó várának napórája 1645-től mutatja az időt (fotó: Kiss Miklós)

csak még helyesen tájolni és vízszintezni, és ha süt a Nap, már mutatja is az időt.

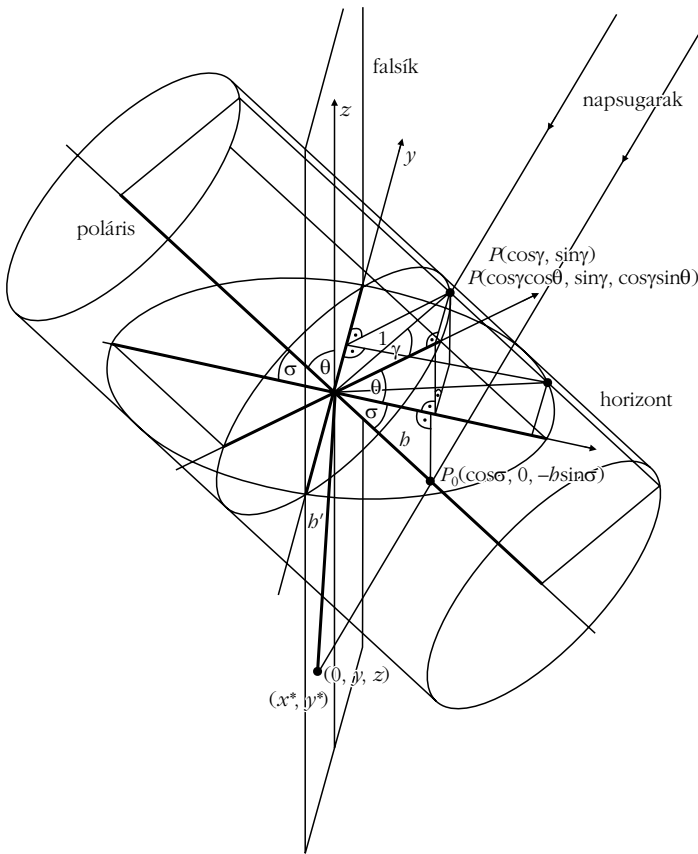
Az persze szükséges, hogy a számlap tényleg vízszintes legyen. A helyes tájolás pedig a földrajzi észak-déli beállítást jelenti. Alkalmos helyen ez a napóra napkelte-től napnyugtáig használható.

A bemutatott számítás helyettesíthető szerkesztéssel is, ha a kör síkját és az ellipszis síkját a metszéspontjuk körül egybeforgatjuk (merőleges affinitás). Így az óraszögeket tudjuk megszerkeszteni.

Függőleges síkú napóra

Gyakran célszerű az árnyékvető pálcát inkább a falhoz rögzíteni. Ilyenkor kézenfekvő, hogy a falon keletkezett árnyékot használjuk az idő megállapításához. Tekintsük át először azt a még mindig viszonylag egyszerű esetet, amikor a poláris helyzetű pálcát egy kelet-nyugat tájolású függőleges síkon (falon) helyeztük el (6. ábra).

A poláris árnyékvető pálcájú függőleges síkú napórák pálcája értelemszerűen lefelé mutat, tehát a fal síkjával θ szöget zár be. Ez a napóra csak reggel hat és este hat óra között használható, mert máskor vagy a sík mögött van a Nap (a nyári félévben) vagy a napkelte és a napnyugta a két időpont közé esik (a téli félévben). A kelet-nyugat tájolású, függőleges síkú napóra hasonlóan tárgyalható, mint a vízszintes síkú, azonban ezt az egyszerű tárgyalást már nem tudjuk továbbfejleszteni arra az esetre, ha a fal más tájolású. Ezért ezt a leírást csak a korábban jelzett honlapon helyeztük el. Inkább megadunk egy más tájolású falsíkra is általánosítható módszert, amely térmértant használ.



6. ábra. A függőleges falsík, a mutató és árnyékának helyzete az óraszög-hengerben.

Általánosítható módszer függőleges, kelet-nyugati síkra

A megfelelő síkok, egyenesek és vektorok térbeli egyenletével, koordinátaival számolunk. Röviden és szemléletesen a következőt kell látnunk. Az adott pillanathoz tartozó napsugár-egyenesek egyike átmegy a mutatópálca végpontján, és metszi a fal síkját. Ez a pont az árnyék végpontja, a kezdőpontja pedig a pálca rögzítési pontja.

A koordináta-rendszer y -tengelye a korábbiaktól eltérően mutasson nyugatról keletre, x -tengelye a horizonton délre, z -tengelye pedig legyen függőleges. A falsík egyenlete ebben a koordináta-rendszerben $x = 0$.

Szükségünk van még a mutató végpontján átmenő napsugár-egyenes egyenletére. A b hosszúságú árnyékvető pálca végpontjának koordinátái $(b \cos \sigma, 0, -b \sin \sigma)$. Határozzuk meg a napsugár egyenesének irányvektorát. Ehhez keressünk két pontot az egyenesen. Az egyik pont (P) legyen az óraszög-sík és az egyenlítői egységkör metszéspontja, a másik a horizont síkjára a Nap által vetített képe ugyanennek a pontnak (P''). A P pont koordinátái az egyenlítői síkban $(\cos \gamma, \sin \gamma)$. Koordináta-rendszerünkben ugyanennek a pontnak a koordinátái (6. ábra): $(\cos \gamma \cos \theta, \sin \gamma, \cos \gamma \sin \theta) = (\cos \gamma \cos \sigma, \sin \gamma, \cos \gamma \sin \sigma)$.

A napsugár P -n átmenő egyenes az OPP' síkban, a P'' pontban metszi a horizont síkját (7. ábra). Itt ketté kell vennünk a számításban a folytatást, aszerint, hogy a Nap az egyenlítői sík felett ($\alpha > 0$), vagy alatt ($\alpha < 0$) van. Ha $\alpha > 0$, akkor a 7. ábra bal oldali rajza alapján az OPP'' háromszögre a szinusztételt felírva:

$$|r''| = \frac{r''}{r} = \frac{\sin \alpha}{\sin(180^\circ - \beta)} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

A P'' pont az egyenlítői síkban van, tehát csak az

$$|x'| = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cos \gamma' \quad \text{és} \quad |y'| = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \sin \gamma'$$

koordinátái különböznek nullától.

A keresett irányvektor koordinátáit a P és P'' pontok koordinátáinak különbsége adja. A napsugár-egyenes paraméteres egyenletrendszere tehát (p valós paraméter)

$$\begin{aligned} x &= \left(\cos \gamma \sin \sigma - \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cos \gamma' \right) p + b \cos \sigma, \\ y &= \left(\sin \gamma - \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \sin \gamma' \right) p, \\ z &= \cos \gamma \cos \sigma p - b \sin \sigma. \end{aligned}$$

A falsíkból a napsugár kimetszi az árnyék végpontját, ezért vegyük a sík és egyenes metszéspontját, tehát az egyenes egyenletrendszeréből a falsík egyenletébe helyettesítve:

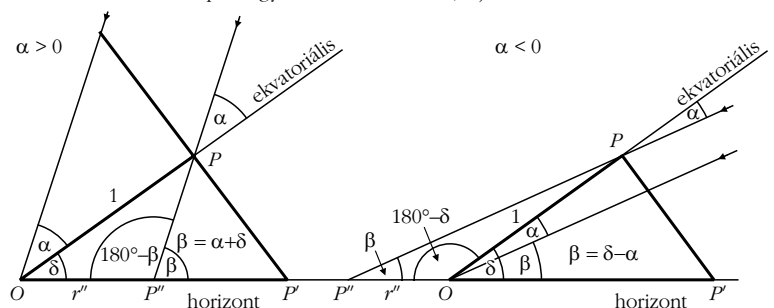
$$x = \left(\cos \gamma \sin \sigma - \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cos \gamma' \right) p + b \cos \sigma = 0,$$

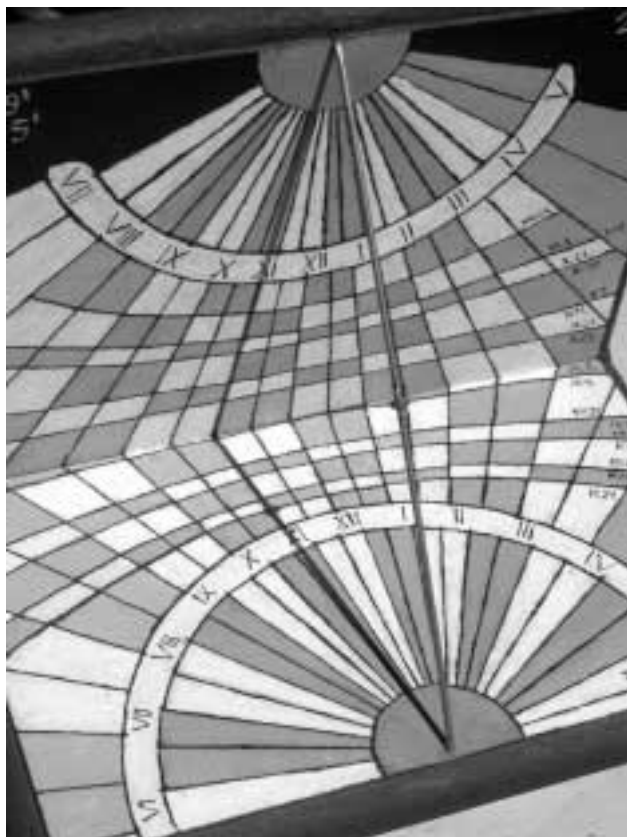
ahonnan

$$p = \frac{-b \cos \sigma}{\cos \gamma \sin \sigma - \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cos \gamma'}$$

adódik. Ezt behelyettesítve az y és z koordináták paraméteres kifejezésébe, megkapjuk az árnyék végpontjának koordinátáit a falsík természetes kétdimenziós koordináta-rendszerében, amelyek a számlapon a megjelölhetők.

7. ábra. Az óraszög-sík metszete az egyenlítői síkkal (OP egyenes) és a vízszintes síkkal (OP'' egyenes). A napsugár egyenesének irányvektora a PP'' irányított szakasz. A bal oldali ábrán a nap az egyenlítői sík felett van, a jobb oldalin alatta.





8. ábra. Kézi napóra június 21-én helyi idő, közép- és napidő szerint 11 órákor

Ha $\alpha < 0$, akkor is ugyanezekhez az összefüggésekhez jutunk, ha α -t előjelesen vesszük. A megfelelő ábrát azonban érdemes megtekintenünk a 7. ábrán jobbra. Az ábrán a szög előjelét nem vettük figyelembe, csak a feliratban jelöltük.

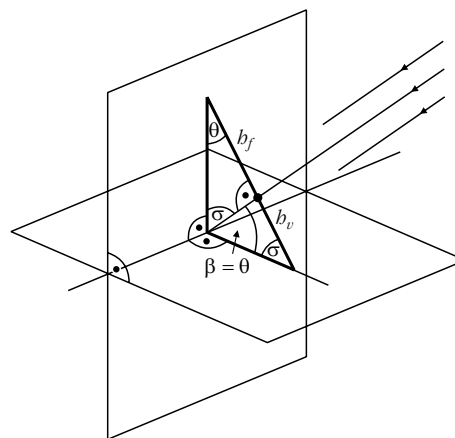
Asztali napóra

A 8. ábrán bemutatott asztali napóra a vízszintes és függőleges síkú óra kombinációja. Előnye, hogy kisebb helyen elfér, jobban illik a belső térhez. Én a soproni Stornó-ház gyűjteményében figyeltem fel egy ilyen napórára.

Lehetséges összeállítás a következő. Vesszünk két fél napórát: egy vízszintes és egy függőleges síkút. A mutatók párhuzamosak, illesszük össze a végpontjukat! Az illesztés helyét a pálcán kis vastagítással jelöljük. Külön előny, hogy mindkét napóra kevésbé elnyúlt részét használjuk így, nyáron a horizontális, télen a vertikális részt. Ez javítja a pontosságot!

A két napóra mutatójának hosszát megválaszthatjuk úgy, hogy a poláris mutatóra merőlegesen delelő Nap a két mutató egybeeső vastagított végpontjának árnyékát a két sík metszésvonalán hozza létre (9. ábra). Ez akkor következik be, amikor a Nap a horizont felett éppen $\beta = \delta_{\max} = \theta$ -ban delel, vagyis a tavaszi és az őszi napéjegyenlőségekkor. Az óraszög-vonalak a metszésvonalon találkoznak.

Másik célszerű választás a poláris mutató felezése. Az ilyen hordozható napóra részleteiről a megadott honlapon olvashatunk.



9. ábra. Az asztali napóra két mutatójának közös a végpontja

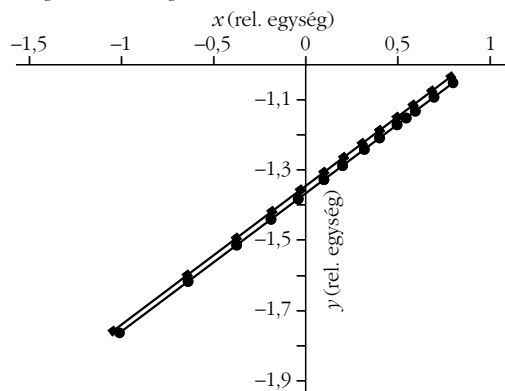
Helyi idő – zónaidő

Az eddigi megfontolások alapján kapott napóra mindig a helyi időt mutatja. Ha figyelembe vesszük a földrajzi hosszúságot, a zónaidőhöz illeszthetjük a napórát. Gyönyörsön például, közel a 20. hosszúsági körön 5 fokkal vagyunk a zónahatártól keletre, ezért 20 perccel előbb van a helyi dél, mint a zónaidő szerinti dél, vagyis a Nap itt 11:40-kor delel. Ezért, ha 20 perccel nagyobb óraszöggel számolunk, zónaidőt mutató napórához jutunk. A helyi idő délvonalát mindenképpen célszerű bejelölni, esetleg kettős beosztást készíteni. Erre példa a kézi napóránál lévő képen látható, a számokat jelző gyűrűkön kívül zónaidő, a dátumos részben helyi idő szerinti beosztás található (8. ábra).

Függőleges, elforgatott síkú napóra

Egy már meglévő épület síkjainak adott a helyzete. Gimnáziumunk déli falának síkja például 26,3 fokkal nyugat felé fordul. Ez már jelentős elfordulás a kelet–nyugati irányítású függőleges helyzethez képest, ezért jelentősen torzul a beosztás. Amint tudjuk a fal elfordulásának szögét, számolhatunk. De ki mondja meg a szöveget, és hihetünk-e neki? Ez az a kérdés, amit mérésrel kell meghatározni. De milyen szöveget mérjünk?

10. ábra. A mért és a számított egyenes párhuzamossága mutatja, hogy ez a jó szög a falsík elforgatásához



Napéjegenlőség alkalmával a mutató árnyékának végpontja egy egyenes mentén halad, mivel ilyenkor a Nap éppen az egyenlítői síkkal párhuzamos síkban mozog, és ennek a síknak a napóra síkjával való metszete a pálcaárnyék végpontjának a helye. Jelöljük be ezért ezen a napon (ősszel vagy tavasszal) a végpont helyét a falon többször. Ha az egyenesünk vízszintes, épületünk fala kelet–nyugati tájolású, ha nem, el van forgatva egy függőleges tengely körül. Ha az elforgatott falsíkot szeretnénk alkalmazni számlapnak, már bonyolultabb a napórávonalakat kiszámolni. A számítás alapján azonban megkaphatjuk a napéjegenlőséghez tartozó egyenest. Számításainkban a falsík elfordulását olyan szöggel kell figyelembe venni, hogy a mért és a számított egyenes meredeksége megegyezzen (10. ábra). Az ábrán nem fed egymást a mért és számított egyenes. Ennek az oka, az, hogy a mérőpálca végpontja nem ugyanott volt, mint a mutatópalcáé. (Igazából egy falra merőleges rúddal mértük meg a vonalat, mert nem is volt még mutatópalcánk.)

Az elforgatás szögének ismeretében meghatározottá vált az óra és dátumvonalak egyenlete. Az érdeklődők kedvéért a számítások a jelzett honlapon megtalálhatók.

Pontosság, korrekciók

Ennél a napóránál a lehetőséghez képest egyszerű számítás, elkészítés volt a cél. A gyakorlatban nem kielégítő pontossággal működik, ha egy pontos órát szeretnénk vele helyettesíteni. A napórával azonban nem ez a célunk. A pontatlanság szabályos, a pontos idő és a napóra által mutatott idő közti különbségből adódik. Ennek fő oka a Föld keringési sebességének éves ingadozása a földpálya excentricitása miatt.

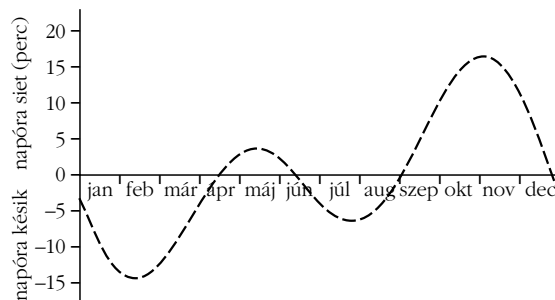
A kétféle idő kapcsolatát az úgynevezett időegyenlet adja meg [4]. Ennek a mi számításainkhoz igazodó alakja:

$$t = -7,7 \sin\left(\frac{nap}{365}\right) + 9,5 \sin\left(2 \frac{nap - 80}{365}\right),$$

ahol a t a delelés eltérése percben, a nap az adott nap sorszáma az év elejétől kezdve.

Az időegyenlet következtében a Nap hol a helyi dél előtt, hol utána delel itt Gyöngyösön (11:40-hez képest). Az eltéréseket a grafikon mutatja (11. ábra). Ha a helyi délhez ezt az időt hozzáadjuk, az éves delelési adatok kirajzolják az *analemmát*. Egészen pontosan a vízszintes napóránál szoktunk analemmáról beszélni, de a fogalom általánosítható más napórák esetére.

A nyolcas alakú görbe a címlap közepe táján (analemma) segítségével vehetjük figyelembe, hogy a napóra általában nem egészen az általunk használt időt mutatja. Egy évben a napóra csak négy napon mutatja pontosan az időt: április 15-én, június 13-án, szeptember 1-jén és december 25-én. Szeptembertől december végéig siet, azután április közepéig késik, majd június közepéig megint siet, és szeptember 1-jéig ismét késik. A sietés maximális értéke meghaladja a 16 percet, a késésé a 14 percet. A helyi dél 11:40-kor van az említett négy napon. Ilyen-



11. ábra. Az időegyenlet mutatja a napi középido (a „pontos” idő) és a napi idő (amit a napóra mutat) közötti különbséget

kor a pálca árnyéka, a mutató függőleges, azaz a piros egyenesre esik. Más napokon 11:40-kor az árnyék a „nyolcasra” (analemmára) kerül. Minden más időpont is ennek megfelelően jelenik meg.

Végezetül felsorolok a pontosságot befolyásoló néhány további problémát:

- a légköri fénytörés, különösen akkor, ha a Nap a horizonthoz közel van,
- a mutató vastagsága és a félárnyék,
- a felület nem teljesen sík, nem vízszintes, vagy nem függőleges,
- a függőleges nem merőleges a horizontra.

Ne felejtjük azonban, hogy a napóra elsődleges jelentősége nem pontossága, hanem kulturális és esztétikai értéke.



Köszönöm *Trócsányi Zoltánnak* a cikk gondos áttanulmányozását, tartalmának és formájának kialakításához adott hasznos ötleteit, tanácsait.

Jelölések

α : a Nap (delelési) magassága az egyenlítő felett, adott dátum mellett ($-23,5^\circ$ és $+23,5^\circ$ között változik), a napsugárnak az egyenlítő síkjával bezárt szöge

β : a Nap magassága a horizont felett az óraszög-síkban

γ : óraszög az egyenlítői síkban a déli irányhoz képest

γ' : óraszög a horizontális síkban a déli irányhoz képest, vagy óraszög a vertikális síkban a déli (függőleges) irányhoz képest, vagy óraszög a falsíkban a déli (függőleges) irányhoz képest

σ : szélességi szög, Gyöngyösön, $\sigma = 47^\circ 49'$

θ : a horizont és az egyenlítői sík szöge, Gyöngyösön $42^\circ 11'$ ($\theta = 90^\circ - \sigma$)

δ : a vízszintes és az egyenlítői sík között adott pillanatban az óraszög-sík által kimetszett szög, a Nap magasságával kapcsolatos, vízszintes napszöggörrekció

δ' : a függőleges és az egyenlítői sík között adott pillanatban az óraszög-sík által kimetszett szög, a Nap magasságával kapcsolatos, vertikális napszöggörrekció

Irodalom

1. SZÉCSÉNYI-NAGY GÁBOR: *Tájékozódás a csillagos égen* – Tankönyvkiadó, Budapest, 1979
2. VITRUVIUS: *Tíz könyv az építészetről* (Kilencedik könyv) – Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 1988
3. *Magyar nagylexikon* – Akadémiai Kiadó, illetve Magyar Nagylexikon Kiadó, Budapest, 1993–2004
4. MARIK MIKLÓS: *Csillagászat* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989
5. <http://www.analemma.com/SunGraph/index.html>
6. <http://www.sundials.co.uk/equation.htm>
7. <http://www.berze-nagy.sunline.hu/mikola/km/napora>