

megszilárdulást kontrolláló két alapvető folyamat – a kisebb hosszakat preferáló diffúzió és a kisebb görbületeket, azaz nagyobb távolságokat kedvelő kapillaritás – versengéseként a szerkezetben egy jellemző méretskála alakul ki, az anyagi és külső kontrollparamétereiktől függő, úgynevezett Jackson–Hunt-hullámhossz. A projekt keretében egy elméleti csoport által meghatározott, adott optikai tulajdonságokat biztosító eutektikus szerkezeteket valósítottunk meg, olyan anyagokban, ahol a két szilárd fázis optikai tulajdonságai jelentősen eltérők. Mi számítógépes szimulációkkal próbáltuk feltérképezni az adott szerkezet kialakításához szükséges paramétereket, míg egy kísérleti csoport ténylegesen előállította az adott szerkezetű anyagokat (8. ábra) [28].

Irodalom

15. Donald E. Stokes: *Pasteur's Quadrant – Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press, 1997.
16. László Gránásy, Tamás Pusztai, James A. Warren, Jack F. Douglas, Tamás Börzsönyi, Vincent Ferreiro: Growth of 'dizzy dendrites' in a random field of foreign particles. *Nature Materials* 2/2 (2003) 92–96.
17. László Gránásy, Tamás Pusztai, Tamás Börzsönyi, James A. Warren, Jack F. Douglas: A general mechanism of polycrystalline growth. *Nature Materials* 3/9 (2004) 645–650.
18. László Gránásy, Tamás Pusztai, György Tegze, James A. Warren, Jack F. Douglas: Growth and form of spherulites. *Physical Review E* 72/1 (2005) 011605.
19. Gránásy László, Pusztai Tamás, Börzsönyi Tamás: A polikristályos megszilárdulás térelméleti modellezése. *Fizikai Szemle* 55 (2005) 203–211.
20. Pusztai Tamás, Bortel Gábor, Tóth Gyula, Gránásy, László: Komplex kristálymorfológiák modellezése három dimenzióban. *Fizikai Szemle* 56 (2006) 412–415.
21. Gránásy László: Számítógépes anyagtudomány: Tűkristályoktól a komplex polikristályos alakzatokig. *Fizikai Szemle* 67 (2017) 403–406.
22. Andrzej Pawlak, Ewa Piorkowska: Crystallization of isotactic polypropylene in a temperature gradient. *Colloid and Polymer Science* 279/10 (2001) 939–946.
23. Silvère Akamatsu, Mikaël Perrut, Sabine Bottin-Rousseau, Gabriel Faivre: Spiral Two-Phase Dendrites. *Physical Review Letters* 104/5 (2010) 056101.
24. Tamás Pusztai, László Rátkai, Attila Szállás, László Gránásy: Spiraling eutectic dendrites. *Physical Review E* 87/3 (2013) 032401.
25. Szállás Attila, Rátkai László, Pusztai Tamás, Gránásy, László: Helikális mintázat eutektikus ötvözetekben. *Fizikai Szemle* 63 (2013) 333–337.
26. László Rátkai, Attila Szállás, Tamás Pusztai, Tetsuo Mohri, László Gránásy: Ternary eutectic dendrites: Pattern formation and scaling properties. *The Journal of Chemical Physics* 142/15 (2015) 154501.
27. László Gránásy, László Rátkai, Attila Szállás, Bálint Korbully, Gyula I. Tóth, László Környei, Tamás Pusztai: Phase-Field Modeling of Polycrystalline Solidification: From Needle Crystals to Spherulites – A Review. *Metallurgical and Materials Transactions A* 45 (2014) 1694–1719.
28. László Rátkai, Gyula I. Tóth, László Környei, Tamás Pusztai, László Gránásy: Phase-field modeling of eutectic structures on the nanoscale: the effect of anisotropy. *Journal of Materials Science* 52 (2017) 5544–5558.

KÉTSZÁLAS NAPÓRA – egy ritkaság Siófokon

Molnár János Albert
Siófok

A Siófokra tervezett napóra jellegét eleve meghatározta a hely sugallta alapötlet: az egyik árnyékvető szál a vízszintes eres és egy függőn a másik. A skála óravonalai az időegyenleg nyolcasával úgy vannak egybeszerkesztve, hogy azok látványos skálarajzot is alkotnak. Így a helyi idő szerint működő kétszálás napóra alkalmas a zónaközép szerinti időeltolódás és a valódi középideő pontos mutatójára. Azaz a napóra kétszálás rendszere és egyedi kialakítása miatt is „napórás szakmai” érdekesség, európai ritkaság. A most bemutatásra kerülő számítási módszer némi kiegészítéssel láncgörbe- vagy V alakú árnyékvető szálhoz is használható.



Molnár János Albert a BME-n szerzett villamosmérnöki oklevelet, ismereteit később más területekkel bővítette. 1965-től 2000. évi nyugdíjazásáig az olajiparban dolgozott. 1970-től oktat egyetemeken előadóként, az UNIDO szervezésében és a Gábor Dénes Főiskolán. 1980-ban doktori dolgozatával társul az Országos Mérésügyi Hivatal Gázipari Hitelesítési Szabályzatainak elkészítéséhez. 450 oldalas könyve a napórák hagyományos és újdonság értékű szakismereteinek monográfiája.

Bevezető

Alighanem akkor kezdődhetett az ember „homo sapiens”-szé válása, amikor rájött arra, hogy van az idő és ennek mibenlétét kezdte firtatni. Hiszen az ősi, afrikai vagy európai barlangrajzok mozgásábrázolásaiban, az egyiptomi piramisok, meg a stonehenge-i és egyéb csillagvizsgáló építmények háttérében az idő létének megismerését, hatásainak firtatását fedezhetjük fel, akárcsak a bibliai, babilóniai vagy a görög bölcsek filozófiai feljegyzéseiben. Az időmérés ókori módszerei és lehetőségei, meg a mindennapi élet érdekei az ősi napórákban találkozáva öltöttek testet. A napórák évezredek átívelő fejlődése mindenkor a technika, a tudomány és filozófia éppen elért csúcseit mutatja, rögzíti. Így alakultak ki a különféle fajtájú és stílusú árnyékvetők és skálafelületek; a működésmódokat megalapozó csillagászati és matematikai ismeretek. A szoros filozófiai kapcsolat ma is jól látható maradványa a napórák gyakran népi bölcsességeket is közlő feliratai és jelképes festményei.

Mára a napórák – a hagyományok ápolásán, esztétikai elemeik vagy szakmai érdekességeik bemutatásán túli – eredeti feladata, az idő pontos mérése (és

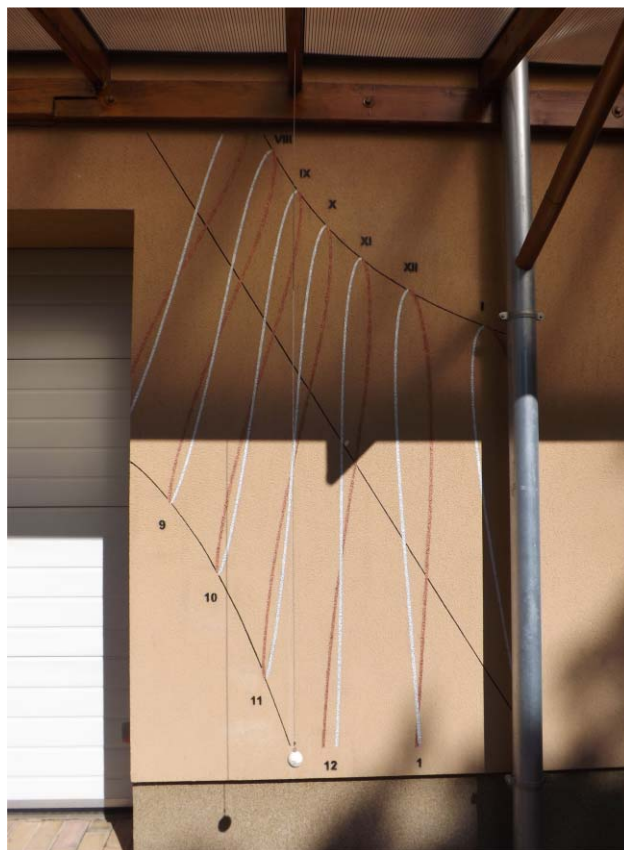
nem a *pontos idő* mérése!) gyakorlatilag elenyészett. Ám az újdonságokat kereső kutatói vágy maradandó. Ennek egyik nem régmúltbeli eredménye volt *Hugo Michnik* elzászi tanár dolgozata [7] 1923-ban az újfajta, kétszálás asztali napóráról. Ezzel szinte egyidős *Drágffy Sándor* érsekvadkerti földbirtokos 1925. évi bejelentésére kiadott Magyar Királyi Szabadalmi leírás egy gyűrűs napóráról. 1923 óta számtalan tanulmány [l. irodalomjegyzéket] látott napvilágot eleinte a kétszálás fal napóráról, majd 1980-tól az általános helyzetű kitérő egyenesek vagy térgörbék, meg egy tetszőleges helyzetű felületről álló „napóra” skálaszerkesztésének matematikai csemegéiről [1, 3]. Idővel – ingyenes amatőr, valamint profi igények kielégítésére alkalmas fizetős – számítógépes napóratervező csomagok is megjelentek a piacon (Sonne, Shadows, Orologi Solari stb.). Ennek ellenére Európában meglehetősen ritkán lehet kétszálás napórát látni. Magyarországon nyilvántartott, mintegy 800 napóra között egyelőre egy kétszálás sincs. Ismereteim szerint hozzánk legközelebbi az olaszországi Udine város szomszédságában lévő 2500 lakosú *Aiello del Friuli* falu ($\varphi = 45,87216^\circ$; $\lambda = -13,36474^\circ$) több, mint 120 darabos napóramúzeumában működik.

Egy nemrég épített siófoki társasház szerencsés módon olyanná lett, hogy falára nagyon kevés kiegészítéssel érdekes, kétszálás napórát lehetett készíteni. A ház építészeti adottságai és a napóra kivitelezési lehetőségei miatt csak függőleges és vízszintes árnyékvető szájak jöhettek számításba, mint szabadon választható alapparaméterek. Ugyanis adott az épület méternyi széles esővédő tetejének vízgyűjtő csatornája, ami egyúttal egy kétszálás napóra vízszintes keresztzálaként is kiválóan működik. A tető tartószerkezetének megfelelő pontjához rögzített és nehezzel terhelt zsinag meg pompás délköri árnyékvetője lett az így kialakított, 1. ábrán látható napórának. Már csak a skála hiányzott, csak ezt kellett megtervezni és elkészíteni.

Alapadatok

A napórák skálájának tervezésére számtalan elv és módszer ismeretes. Ezek ugyanazokat az alapvető földrajzi, valamint technikai-fizikai adatokat igénylik és körülbelül azonos jellegű és tartalmú skálaadatokat eredményeznek, de kényelmi és többlétszolgáltatásaikban jelentősen eltérnek egymástól. Valamennyi napórás számítás alapvetően a *belyi idő*, a *belyi középidejő* és a *zónaidő* közti kapcsolatok, no meg az *időpont* és az *időtartam* közti különbség szabatos ismeretét, az ezekhez tartozó *óraszög* – *időszög* megfelelő használatát igényli. Időszakonként még a *nyári időszámítás* okozta egy órányi eltolódást is figyelembe kell venni.

A napóra helyének földrajzi szélességi és hosszúsági (φ , λ) koordinátáját legegyszerűbben az internetes térképekről vagy kézi térképgépekről lehet leolvasni. Ennek eredménye a siófoki helyszínre: $\varphi = 46,9046^\circ$; $\lambda = -18,0514^\circ$.



1. ábra. A napóra fényképe, a kép készítésének ideje – mint leolvasható – nyári időszámítás szerint május 1. 9 óra 40 perc.

A skála tervezéséhez még szükséges geometriai alapadat a fal elfordulása. Ezt is sokféle módon lehet megmérni. Az adott esetben az volt a legegyszerűbb, hogy meghatároztam azt az időpontot, amikor a Nap a falat éppen merőleges irányból világítja. Ehhez a méréshez jól lehetett használni a nyitott garázs kapu függőleges ajtótokjának az ellenőrzött vízszintes aljzatbetonra vetett árnyékát és ellenőrzésképpen az ideiglenes helyre rögzített függőönét is. A mérés zónaidejéből lehetett a Nap sűrölási irányszögét, majd ebből a fal elfordulását kiszámítani. Ehhez egy csillagászati adatokat számító és kellően pontos számítógépes programot volt kényelmes használni. Több alkalommal végzett megfigyelések átlaga kellő pontossággal adja a fal irányát, azaz a kelet-nyugati iránytól való elfordulás α szögét. Ez az adott helyen $\alpha = -39,5^\circ$.

Az idő

Tudott, hogy a tengelye körül forgó Föld ellipszis alakú pályán kering a Nap körül. *Kepler* óta számszerűsíteni is tudjuk, hogy mennyivel lassabban halad naptávolban, és napközben mennyivel gyorsabban, mint az éves átlag. A Föld egyes helyein lévő napórák a forgó Földről látszó Nap napi 24 órás periodikus pályájából adódó árnyékhelyzet alapján a mindenkori, *valódi belyi idő* szerint működnek. Egy-egy adott helyen a Nap valamely delelése és a rákövetkező de-

lelése közti időtartam a Nap napi teljes körbefordulásához igazodóan szögértékben számolva mindig napi 360° . Eszerint lehet szögfokokkal mérni, illetve időszögben, óraszögben megadni a napi *időpontot*. Viszont a napi delelések közti *időtartamok* attól is függenek, hogy a Föld éves keringése során pályája melyik részén van és éppen milyen a forgástengely helyzete a Naphoz képest. Hiszen az adott hely deleléskor mindig a Nap felé fordul, miközben a Föld pályamenti naponkénti elmozdulásainak követkesei beleszámítanak a Naphoz viszonyított tengely körüli forgásának idejébe. A tengely ferdesége is befolyásolja a napok deleléstől delelésig tartó idejének hosszát. Így a Földről megfigyelt napi delelések közti időtartam éves periódusidővel folyamatosan változik, ráadásul a tengelyferdeség miatt ehhez a változáshoz még egy további, de fél éves periódusú járulék is társul. Így a valódi Nap szerinti nap hossza hol hosszabb, hol rövidebb a névleges napi 24 óránál.

Ezt az egyenletlenséget kiküszöbölendő, a gyakorlati élet igényei miatt meghatároztak egy kitalált (képzelt, közepes, kiegyenlített, fiktív) Napot a valódi helyett. Ez a képzelt Nap olyan, hogy a földi egyenlítő síkjában és egyenletesen jár körbe az év során, mert az egyenletesen folyó időt a Föld forgása szerint akarjuk mérni, azaz az egyenlítőn. Ez a kitalált Nap úgy mozog, hogy a Tavaszponton való átmenetének időpontja és helye mindig egybeesik a valódi Napéval. Azaz a valódi Nap és a kitalált Nap szerinti év hossza másodpercre egyenlő, miközben a valódi Nap hol a kitalált előtt jár, hol mögötte. E kitalált Nap szerinti, egyenletesen múló idő az egyes földrajzi helyekhez tartozó *kiegyenlített helyi idő*, rövidebben t_K helyi középideő. A t_K -középideő és a t_H valódi helyi idő különbségét, a $t_K - t_H = IE$ [időperc] különbséget *időegyenlegnek*, időegyenlítésnek (de helytelenül időegyenletnek!), raja nyomán nyolcas görbének (netán analemmának) is nevezik. Ugyanis az időegyenleg napi értékeit mutató függvény görbéje több helyi szélsőértékkel bír, más koordináta-rendszerbeli képe meg elnyúlt 8-as alakú. Nyelvektől és nemzeti szokásoktól függően találkozhatunk még az *EoT* = $-IE$ = $t_H - t_K$ = [szögfok] vagy [időperc] értelmezésekkel, meg az időfajtak esetén a *polgári idő*, *civil idő*, *óraidő*, *időszög* stb., illetve ezek latin, német, angol stb. változatlan (fordítás nélküli) átvételével is.

Az országos időjelzések (rádió, mobiltelefon) a *zónaközépek* kinevezett földrajzi helyek egyenletesen folyónak tekintett *középidéje* szerinti t_Z *zónaidő* [óó:pp:ss] értékét közlik. Eszerint járnak a gépi órák, az ennek megfelelő időpontokat bármikor meg tudjuk határozni. De mi a helyi idő értéke?

A napóra helyének földrajzi hosszúsága és a hely zónaközépe (nálunk Görlitz, $\lambda_Z = -15^\circ$) közti különbségből számítható a

$$d\lambda = \lambda - \lambda_Z = 18,0514 - 15,00 = 3,051 \text{ [szögfok]} \approx$$

$$\approx 4 \cdot 3,051 = 12,206 \text{ [időperc]}$$

földrajzi hosszúságkülönbség. Itt a $d\lambda$ szögtávolság, a napóra λ és a zónaközép λ_Z helye ugyancsak fokok-

ban mérve. Ebből a szögtávolságból az az időkülönbség adódik, amennyivel több a napóra helyén a τ_H *valódi helyi idő* a zónaközép valódi helyi idejénél (ha a napóra a zónaközéptől keletre van). Ez a különbség egyébként megegyezik a napóra helyének és a zónaközépnek megfelelő középideők különbségével is. Emiatt szokás olyan napóraskálát is alkalmazni, amelyről ezzel a hosszúságkülönbséggel javított zónaközép szerinti középideőt lehet leolvasni. Ilyenkor ennyivel kisebb számok kerülnek a skálavonalra. Másként fogalmazva, ha a keleti $\lambda \geq 15^\circ$, akkor a skálavonalak az óramutató járásával ellentétes irányba kissé elfordulnak és picit az óravonalak szögtkülönbségei is módosulnak. Ha a zónaközép középidejéhez hozzászámítjuk az időszerű naptári napnak megfelelő IE [perc] *időegyenleg* értékét, megkapjuk a zónaközép t_H *helyi idejét*. Ha ehhez még hozzávesszük a földrajzi hosszúságkülönbségnek megfelelő $d\lambda$ időkülönbséget, a napóra helyén érvényes, az adott t_Z zónaidőnek megfelelő valódi helyi időt kapjuk. A Nap helyzet adatainak (m magassági szög, Az irányszög) meghatározásához ezt a t_H helyi középideőt kell még átszámítani a 4 perc/fok váltószámmal időszöggé. A valódi helyi időnek megfelelő τ_H *óraszög* esetén azt is figyelembe kell venni, hogy számítástechnikai kényelem miatt előírt feltétel a déli 12,00 órának megfelelő $\tau(12)$ *óraszög* = $0,00^\circ$. Így

$$\tau_H = 15 \cdot (t_Z - 12,00) + IE - d\lambda \text{ [fok,ff]}.$$

Az IE korrekciót is tartalmazó napórák skálavonalai már nem egyenesek, mint a helyi időt mutatóké, hanem elnyújtott 8-asra hajazó, vagy „S” alakú görbék adódnak óravonalaként.

A tervezés

A valódi Nap látszólagos napi pályáivének meghatározásához – és így a skálászámításokhoz – ismerni kell a Nap δ *deklínációértékét* is. Az IE [°] és δ [rad] *pontos* számítására hosszú – meg még hosszabb képletek ismeretesek [8]. A napóra tervezéséhez használt kellő pontosságú változatok:

$$IE = 0,0000075 + 0,001868 \cdot \cos P - 0,032077 \cdot \sin P - 0,014615 \cdot \cos(2P) - 0,040849 \cdot \sin(2P) \text{ [°]},$$

valamint

$$\delta = 0,006918 - 0,399912 \cdot \cos P + 0,070257 \cdot \sin P - 0,006758 \cdot \cos(2P) + 0,000907 \cdot \sin(2P) - 0,002697 \cdot \cos(3P) + 0,00148 \cdot \sin(3P) \text{ [rad]},$$

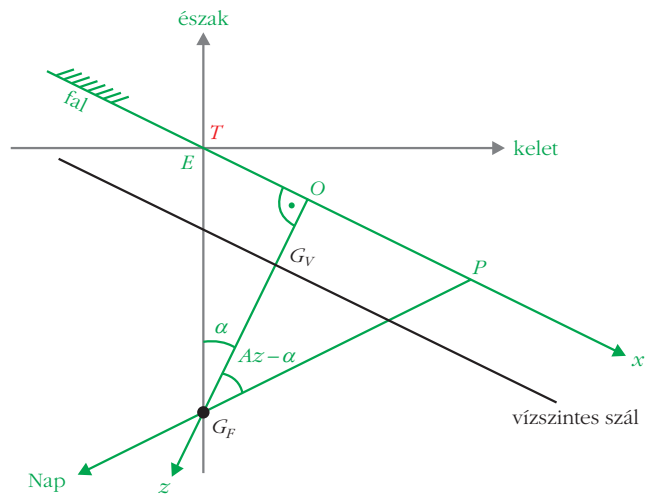
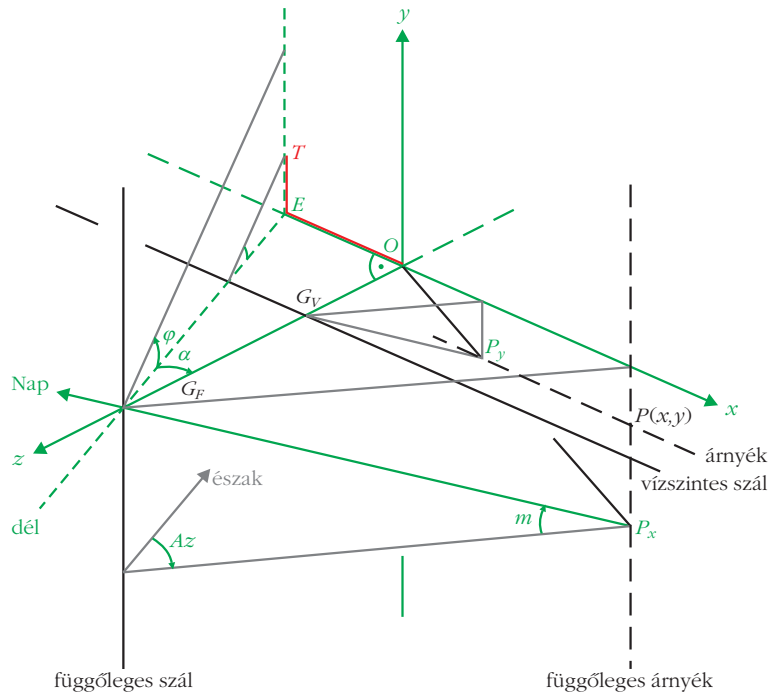
ahol

$$P = 2\pi \frac{D_i - 1}{365} \text{ [rad]}, \quad D_i = 1, 2, \dots, 365,$$

itt D_i a nap évbéli sorszámát jelöli, D_i (január 1.) = 1.

A napi, illetve órai adatokat ezeknél pontosabban megadó képletekre csak a fal tájolásának méréséhez lehet szükség. A deklináció és az időegyenleg éves lefutását – tájékoztatóként – az interneten mellékelt (http://fizikaiszemle.hu/extra/1807molnar.xlsx) Excel munkalap ábrája mutatja.

A kétszálás napóra működésének vázlatos megismeréséhez és a skála tervezéséhez kiindulásul egy olyan derékszögű koordináta-rendszert vegyünk fel, amelynek függőleges, felfelé pozitív y és a vízszintes, jobbra pozitív x tengelye (és így az origója is) a fal síkjában van. Az x tengely magassági helyzetét úgy kell megválasztani, hogy az a fallal párhuzamos és a vízszintes árnyékvető szállal azonos magasságban legyen. A függőleges szál helyzete kijelöli a skálafelület azon szélességét, ami a szál árnyékfelfogó síktól (a faltól) való távolságából és a Nap vízszintes irányú pályáivéből határozható meg. A gyakorlatban a feladat éppen fordított volt: a fal skálafelületként működő szélességéhez kellett választani a szál faltól való távolságát. A Nap emelkedési mozgásából és az eresz helyzetéből adódó árnyékvándorlás mértéke szerencsére kellő összhangban volt a falrész felhasználható méreteivel. A felvett koordináta-rendszer falra merőleges z tengelye illeszkedik a függőleges szálhoz, amelynek faltól való távolsága az adott esetben $z = G_F = 44,7$ cm. Az eresz csatorna árnyékvető éle a faltól $z = G_V = 119,0$ cm távolságra és a talajszint felett $\sim 266,0$ cm magasságban van. A rendszer geometriai elrendezésének térbeli vázlatát és vízszintes vetületi nézetét a 2. ábra mutatja.



2. ábra. A térbeli elrendezés vázlatrajzai.

A számítások

A skála számítási munkájához célszerű Excel táblával dolgozni. Nemcsak a könnyen használható, beépített trigonometriai és egyéb függvényei, hanem a jól kezelhető rajzolási lehetőségei miatt is. A használt csillagászati és ábrázoló geometriai összefüggések részletezéseit, meg egyebeket is az irodalomjegyzék szerinti művek tartalmazzák.

Ismeretes, hogy a Nap vízszintes síkban értelmezett Az irányszögét a

$$\operatorname{tg} Az = \frac{\sin \tau}{\sin \varphi \cos \tau - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta}$$

képlettel határozhatjuk meg. A skálapontok sorozatos számításaihoz érdemes a

$$\operatorname{tg} \left(\frac{Az}{2} \right) = \frac{\cos m + \cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos \tau}{\cos \delta \sin \tau}$$

képlettel számolni, mert az inverz tangens függvény többértelmősége miatt a végeredményt tekintve ezzel lesz kevesebb gondunk.

A Nap magassági szögét a

$$\sin m = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau$$

képlettel számoljuk [9].

Az előkészítés után lássuk a szálárnyékok $P(x, y, t)$ metszéspontjának koordinátáit, azaz a skálapontokat. Az elvben végtelen hosszú, függőleges árnyékvető szál falon képződő árnyéka egész nap függőleges (és önmagával párhuzamos) marad, de a Nap vízszintes mozgásából adódóan balról-jobbra vándorol. Az árnyékvonalon mindenkor vízszintes x koordinátáját az

$$x = G_F \operatorname{tg} [Az(\tau) - \alpha]$$

összefüggés adja.

A vízszintes szál árnyékára az

$$y = \frac{-G_V \operatorname{tg} m}{\cos(Az - \alpha)} < 0$$

és a $-\infty < x < \infty$ összefüggések igazak, amelyek a 2. ábrából származtathatók.

Az óravonalak Z skálásögeire ugyan közvetlenül nincs szükség, de többféle módon is meghatározhatjuk az időegyenleges korrekciók alapját képező skála-egyenesek szöghelyzetét. Az Excel miatti numerikus módszer szerint a skálavonal két ismert pontjához tartozó koordinátákból a $\operatorname{tg} Z = \Delta x / \Delta y$ képlettel számolhatunk. Analitikusan a

$$\operatorname{tg} Z = \frac{G_F \cos \varphi}{G_V \cos \alpha} \frac{\operatorname{tg} \tau}{1 + \sin \varphi \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \tau},$$

$$x_T = G_F \operatorname{tg} \alpha,$$

$$y_T = G_V \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\cos \alpha}$$

képleteket használhatjuk, ahol τ a skálavonalhoz tartozó időszög, T a fiktív dőféspont. A március vége – október vége közti nyári időszakban a napóra egy órával kevesebbet mutat, mint például a mobiltelefon órája. Ezt egyszerűen, kettős feliratozással lehet kiegyenlíteni.

A munkalap

Ha csak az órás-félórás skálavonalak *egyeneseit* akarjuk felrajzolni, elég lenne például a deklinációs szög két szélsőértékéhez tartozó pontokkal foglalkozni. Mivel az időegyenleges korrekció az egyenes óravonalakat elnyújtott „S” alakú (vagy 8-asra hajazó) görbéké formálja, ezekhez a skálavonalak pontjait már sűrűbben kell kijelölni.

A skála óravonalainak koordinátáihoz a legegyszerűbb út, ha először az év egyes D_i napjaihoz ($1 \leq D_i \leq 365$, $\Delta D \sim 5-10$ nap) tartozó δ_i Nap-deklináció és IE_i időegyenleg napi átlagos értékét határozzuk meg. Ezt követően az egyes napok t_j időpillanatbeli skálavonalaihoz (célszerűen $4 \leq j \leq 20$, $\Delta t \sim 15-60$ perc) a megfelelő $\tau_{ij}(D_i, IE_i, \lambda \text{ stb.})$ óraszögeket, valamint a Nap ezekhez tartozó m_{ij} magassági és Az_{ij} irányszögeit számoljuk ki. Majd ezeket felhasználva a szálak árnyékának metszéspontjait számoltatjuk. Végezetül egy-egy t óravonal köré a zónaidő szerint rajzolendő nyolcas görbe $P(t, x, y)_{ij}$ pontjainak koordinátáit kell meghatározni a (τ, m, A) értékcsoportha való hivatkozásokkal, majd ugyancsak egységenként kezelve másolgatni. A feltöltött kéthasábos (x, y) és a háromhasábos (τ, m, Az) értékcsoporthat célszerű együtt kezelni.

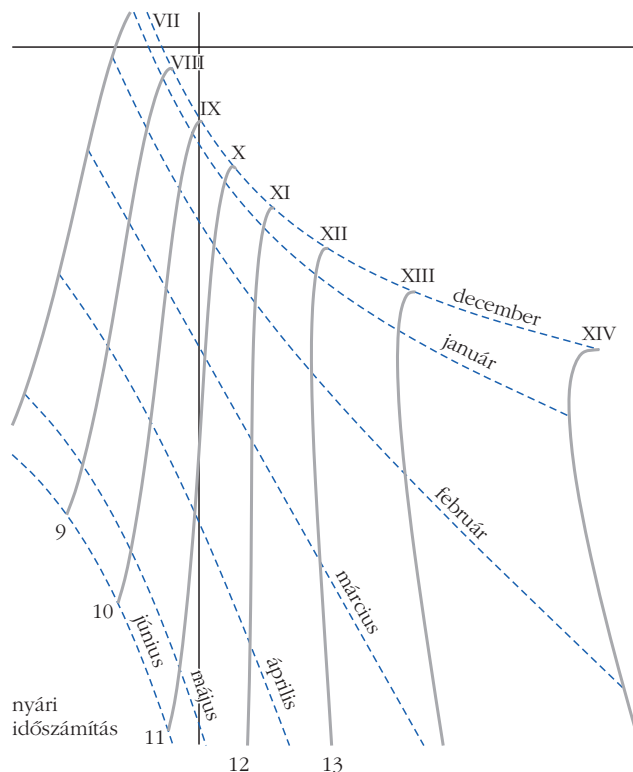
Ha elkészült az óravonalak $P(x, y)$ táblázata, jöhet a válogatás a Zodiákus hiperboláinak pontjaihoz. A meglévő részből kell összeválogatni a kívánt deklinációkhoz tartozó értékpárokat és a hivatkozásaikat olyan elrendezésű táblázatba kell összerendezni, ami

az Excel rajzolási igényét figyelembe veszi. Eme napi vonalak Nap deklinációjától függő sűrűsége erősen változó, ezért általában csak havi-kétheti gyakoriságú időközökkel érdemes felrajzolni. Még a nem túl sűrű és feliratozott íves óravonalak is nehezen értelmezhető kusza látványt eredményezhetnek. Ezért én csak a két állatövi jegyhez igazodó skálavonalat, azaz a téli és nyári napforduló szélső íveit és a tavaszi/őszi napégyenlőség egyenesét tettem a falra. További lehetőségként az Állatöv nevezetes osztáspontjaihoz tartozó $\pm(23,45; 20,31; 11,73)$ és a $0,0$ fokos deklinációk hét folytonos görbét, vagy a hónapok kezdőnapjához tartozó 12 görbének csak az óravonalakhoz tartozó pontjait érdemes rajzoltatni. Némi kiegészítő adatok miatt így a rajzfelületen körülbelül 25–30 görbe lesz.

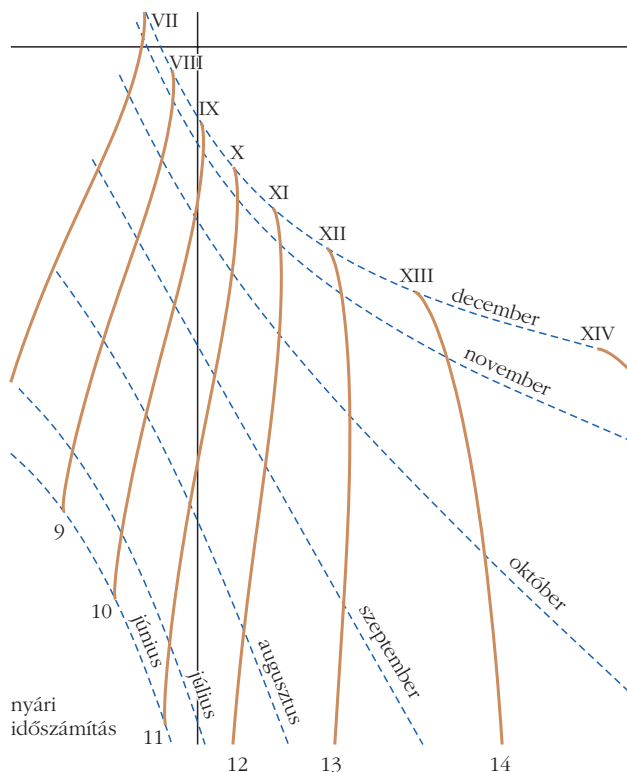
Az egyes órákhoz tartozó $P(x, y)$ oszloppárokat egyenként kell felvenni a tervezési menüfül adatmezejébe. Nyilván csak idő és türelem kérdése (az Excel bírja, rajzolási tudománya elegendő és jól is használható...), hogy az egész értékű skálavonalak mellé akár további fél- vagy negyedórás osztásvonalak kerüljenek. A hiperbolákat is ugyanígy egyenként kell beiktatni a tervezési menüfül adatmezejébe.

A skálakép tervezésekor az év egészére, első, illetve második felére vonatkozó skálarész óravonalainak adattartományát a nyomtatás előtt ki kell választani. Ehhez a teljes évi táblázat megfelelő soraira kell korlátozni a rajzolandó részt. A váltást a képernyőn úgy lehet kényelmesen kivitelezni, ha egy külön oszlopba feltételtől függőként másoltatjuk a korrekcióra szánt IE időegyenlegrészét. Ehhez a váltáshoz a HAO logikai függvényeket lehet jól használni, akár csak a választható helyi és a zónaidő közti váltáshoz. A 3. ábrán látható skála esetén az azonos napi időbeli árnyékmeteszéspontok lefelé haladnak a december–június közti első félevesi időszakban, miközben a Nap deklinációja folyamatosan növekszik. A 4. ábra skálavonalain az azonos időbeli árnyékmeteszéspontok felfelé másznak a június–december közti második félevesi időszakban, amikor a Nap deklinációja csökken. A már említett – <http://fizikaiszemle.hu/extra/1807molnar.xlsx> webhelyen mellékelt – Excel munkalap táblázata a nyolcas korrekció jellegére kérdez: milyen legyen? *igen – nem – 1. félév – 2. félév – délben* válaszok közül szándékunk szerint kell választani. Választani kell a *belyi idő-zónaidő* szerinti skálázási lehetőségéből, továbbá külön kell nyilatkozni a félórás óravonalak kívánatos alakjáról is: *egyenes* vagy *nyolcas* legyen? Mindez, némi „macerás piszmozgást” igényel, de ettől az érdeklődőt megkíméli a mellékletként szereplő munkafüzet, csak az új alapadatokat kell beírni. Ezután mozgósítva az Excel rajzoló képességeit, a különálló munkalapon, lépték helyes, feliratozott stb. skálát kapunk. Ezt papírra nyomtatva rajzsablonként használhatjuk. Ám a fal feliratozását és díszítését gyorsabb és kényelmesebb közvetlenül, csak a falon megvalósítani.

A képernyőn már elfogadhatónak tűnő skálarajz két csapdát tartalmaz! A fő gondot az okozhatja, hogy az alkalmanként beírt (új) alapadatoktól függően a skála egyes óravonalaihoz tartozó néhány (x, y) értékpár 1-1



3. ábra. Az I. félévi skála rajza (a fényképen ezüst színű).



4. ábra. A II. félévi skála rajza (a fényképen bronz színű).

tagját ideiglenesen törölni kell, mert egyes görbék önmetsződését (arcsin, arctg stb.! és előjelek miatt) leg-egyszerűbben így lehet megszüntetni. Alkalmazható módszer az is, ha egyes vonalak rajzolási tartományát alkalmanként módosítjuk. A másik gond, hogy a (gép + képernyő + nyomtató) rendszer ritkán van pontosra kalibrálva. Ezért a papírra szánt, rajzsablonként használható nyomat x és y tengelyeinek léptékazonosságát ellenőrizni kell. Szükség esetén a kinyomtatott skálarajz méretarányát még a képernyőn kell megfelelőre, esetleg több lépésben is módosítani.

Magától értetődik – de azért érdemes külön is megjegyezni –, hogy mindezek a számítások és lehetőségek használhatók a $G_V = G_F$ esetben is, azaz egy hagyományos, elvben gnomon formájú árnyékvetőt alkalmazó fali napóra meglehetősen egyedül formájú megvalósításakor is.

További érdekes kiegészítés (alkalmazási lehetőség), ha az árnyékvető ereszt helyett valódi árnyékvető szálat (vékony, egyenes fém-pálcát, betonvasat vagy kötelet, láncot) használunk. Kisebb méretek esetén a végeinél megtámasztott fém-pálcát jó lehetőség, de ha behajlik, érdemes ténylegesen behajló, jól látható (parabolával közelíthető) láncgömböt alkalmazni. Ekkor a függőleges szálnál a falhoz közelebb, azzal párhuzamosan felfüggesztett lánc változó magassága miatt az árnyékponthoz korábban kiszámított y koordinátáját egy $+p_{4U}$ paraméterű járulékos másodfokú taggal kell növelni:

$$y = -\frac{G_V \operatorname{tg}(m)}{\cos(Az - \alpha)} + p_{4U} x^2.$$

Ha a lánc két végpontja közti távolság H [cm], a belő-gása B [cm], akkor

$$p_{4U} = \frac{4B}{H^2} \left(1 - \frac{G_V}{G_F} \right)^2.$$

Ha a lánc közepét kellő módon megterheljük, úgy az eredetileg vízszintes ($y = 0$ koordinátájú) árnyékvető szálat helyett az origóhoz illeszkedő V alakot kaphatunk. Ennek hatását egy $+p_{4V}$ paraméterű elsőfokú járulékos taggal kell figyelembe venni:

$$p_{4V} = \frac{2B}{H} \left(1 - \frac{G_V}{G_F} \right)$$

és ekkor

$$y = -\frac{G_V \operatorname{tg}(m)}{\cos(Az - \alpha)} + p_{4V} x.$$

Ezeket a változtatásokat a csatolt Excel táblázat *U skála* és *V skála* nevű munkalapjai tartalmazzák.

Zárszó

A siófoki kétszálal napóra terv szerint készített skála-vonalai papíralapon jelentek meg közvetlenül látható-fogható A4 méretű lapon, továbbá az Excel generálta vektoros formában digitális adathordozón. Ennek

alapján készült egy nagyítás 1:1 léptékű papírlap formájában. Ezt kellett a falra másolni, majd akrilfestékekkel felfesteni, hogy az 1. ábra szerinti fénykép elkészülhessen.

Irodalom

1. Dominique Collin: Theorie sur le cadran solaire bifilaire vertical declinant. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 94/3 (2000) 95–111.
—: *Les cadrans solaires bifilaires a gnomons rectilignes quelconques*. Société Astronomique de France, Calais (2002)
—: Theorie sur le cadran solaire bifilaire généralisé. *Observations & Travaux* 55 (2003) 12–31.
—: *Vers une finalisation des cadrans bifilaires a fils rectilignes*. Société Astronomique de France, Nice (2005)
2. Peter Duffett-Smith: Practical astronomy with your calculator. Cambridge, University Press, Third edition 1988, reprint 1995.
3. G. Ferrari: A curious property of bifilar sundials. *The Compendium* 7/4 (2000) 11–16.
4. Rafael Soja Gaya: Application de la méthode analytique aux tracés de cadrans solaires bifilaires. *Analemma* 32
5. M. A. Hacar: Relojes de sol bifilares. *Analemma* 2 (1991) 16–19.
6. Lothar Loske: *Die Sonnenuhren*. Springer Verlag, Berlin (1970)
7. Hugo Michnik: Theorie einer bifilar-sonnenuhr. *Astronomische Nachrichten* 217/5190 (1923) 81–90.

8. Jean Meeus: *Astronomical formulae for calculators*. Willmann-Bell, Richmond (1988)
—: *Astronomical algorithms*. Willmann-Bell, Richmond (1991)
9. Molnár János: *A napórakról*. Kairosz kiadó, Budapest (2012)
10. J. Morenol Bores: Relojes bifilares horizontales. *Analemma* 18 (1997) 3–8.
—: Ampliación del concepto de relojes bifilares a relojes de dos superficies... *Analemma* 16 (1996) 3–7.
11. B. Rouxel: Cadrans bifilaires: étude géométrique. *Cadran Info de la CCS de la SAF* 9 (2004)
12. F. W. Sawyer: Bifilar gnomonic. *Journal of the British Astronomical Association* 88/4 (1978) 334–351.
—: *Of analemmas, mean time and the sundial*. Sciatheric Notes North American Sundial Society Press (1998)
13. Henz Schumacher: *Sonnenuhren*. Callwel (1985)
14. Arnold Zenkert: *Fascination sonnenuhr*. VEB Verlag Technik, Berlin (1984), Verlag Harri Deutsch, Thun (1995)

Hasznos internetcímek

<http://2.iap.fr>; <http://astro.unibas.ch>; <http://astrosurf.com>;
http://cadrans/_solaires.scg.ula; <http://nass.com>; <http://val.ca>;
<http://cadrans-solaires.org>; <http://de-zonnewijzerkring.nl>;
<http://gnomonica.org>; <http://infraroth.de>; <http://home2.scarlet.de>;
<http://members.kabsi.at>; <http://members.ping.at>; <http://sonne.de>;
<http://orologisolari.it>; <http://shadowspiro.com>; <http://wikipedia.hu>;
<http://sundials.co.uk>; <http://sundials.org>; <http://sundialsoc.org.uk>

TÍZ ÉVES AZ ELTE FIZIKA DOKTORI ISKOLA »FIZIKA TANÍTÁSA PROGRAMJA« GYAKORLÓ FIZIKATANÁROK SZÁMÁRA

Juhász András – ELTE Anyagfizikai Tanszék

Tél Tamás – ELTE Elméleti Fizikai Tanszék és MTA–ELTE Elméleti Fizikai Kutatócsoport

Az ELTE Fizikai Intézet Tanácsa és a Fizika Doktori Iskola 2007 tavaszán elfogadta a Fizika tanítása programot, mint a három korábbi kutatási programmal (anyagtudomány, részecskefizika és statisztikus fizika) egyenértékű, önálló doktori diszciplínát. Ezzel kifejezte, hogy a szakmódszertani képzést éppen olyan fontosnak tarja, mint a három nagy kutatási terület bármelyikét. A 2007–2008 tanévben szervezett formában elindult a fizikatanári doktori program. A cél olyan, a fizika tudományában és a szakmódszertan

területén egyaránt jól tájékozott szakemberek képzése, akik képesek a fizikatanítás megújítására, a diákok érdeklődésének felkeltésére, a magas szintű tehetséggondozásra, tananyagfejlesztésre, új tanítási programok és módszerek kidolgozására [1]. A célok – az eredményesnek tűnő első lépések megtétele után is – változatlanul aktuálisak. A folytatás szempontjából minden bizonnyal hasznos lehet az eltelt tíz év mérlegének elkészítése, a tapasztalatok összegzése. Az alábbiakban összefoglaljuk a doktori program dokumentált eredményeit, a 10 évnyi működés tapasztalatait, majd a képzésben résztvevők körében végzett felmérésünk eredményét ismertetjük.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tanárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.



Juhász András az ELTE Anyagfizikai Tanszék nyugalmazott egyetemi docense. Elsősorban fizikatanár-jelöltek szaktárgyi alapozásában és szakmódszertani képzésben dolgozott. Kutatómunkája is ehhez, valamint az anyagtudományhoz kapcsolódott. Több mint 160 tudományos cikke mellett szak- és ismeretterjesztő könyvek (társ) szerzője, szerkesztője. A Fizika Tanítása doktori program 2007-es megindításának kezdeményezője. 2016 óta az MTA–ELTE Fizika Tanítása Kutatócsoport tagja.



Tél Tamás az ELTE-n szerzett fizikus diplomát 1975-ben. Azóta – külföldi vendégkutatói tartózkodásaitól eltekintve – az ELTE Elméleti Fizikai tanszékén dolgozik különböző beosztásokban. Kutatási témái a nemegyensúlyi rendszerektől a klímadinamikáig terjednek. 2007 óta vezeti a Fizika tanítása doktori programot, 2011 óta az MTA–ELTE Elméleti Fizikai Kutatócsoportot. 2016 óta az MTA–ELTE Fizika Tanítása Kutatócsoport vezetője.