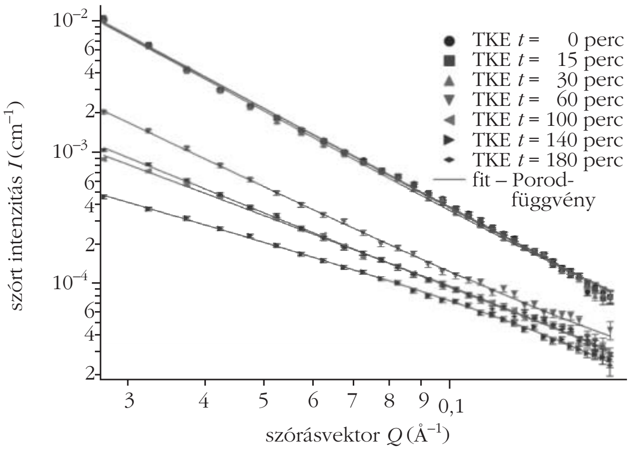
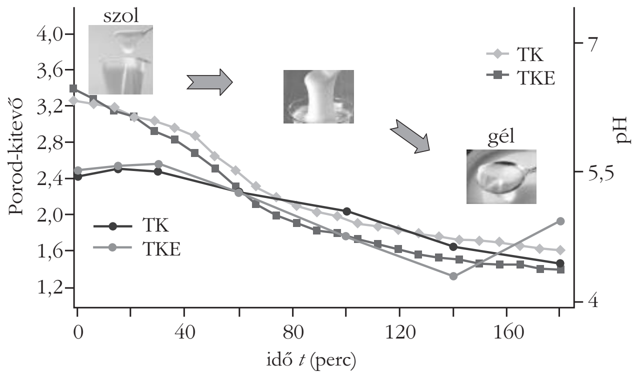


10. ábra. A joghurt erjedésének folyamatából vett, enzimkezelt minták kisszögű szórásgörbéi. A folyamatos vonal az illesztett modellgörbét (Porod-függvény) jelenti.



11. ábra. A transzglutamináz enzim hatása a joghurt erjedési folyamatára. Körökkel a Porod-kitevő, négyzetekkel a pH értékeinek változása látható.

mérséklet a használt joghurtkultúrákhoz. Az enzimkezelt minták esetében a megfelelő mérési pontok előtt 70 °C-on inaktiváltuk az enzimet, így végig tudtuk követni a mikrobiális transzglutamináz enzim hatását a tejsavas erjesztésre adott időpillanatokban, egészen a folyamat végéig.

A *10. ábrán* láthatók az erjedés folyamatából vett, enzimkezelt minták szórásgörbéi. A függőleges tengely a szórt intenzitást (cm^{-1}-ben kifejezett makroszkopikus differenciális hatáskeresztmetszet), a vízszintes tengely a szórásvektort adja meg. A görbék illesztéséből megkaptuk az úgynevezett Porod-kitevőt, amely az enzim hatására történő szerkezetváltozást jellemzi. A kisebb kitevő kompaktabb szerkezetre utal, az 1 és 2 közötti kitevő pedig a térhálós szerkezet jellemzője. A *11. ábrán* látható, hogy az enzimkezelt minta esetében a térhálós szerkezet hamarabb kialakul, mint a kontrollminta esetében, bár a pH mérések alapján a joghurtok hasonló ütemben savanyodtak. A joghurt alvadási folyamata során fellépő térszerkezeti változások neutronszintű megértése úttörő eredményt jelenthet az élelmiszertudomány területén és egyúttal választ kaphatunk arra is, miként módosítja a kialakuló gélszerkezetet az mTG enzim a folyamat során.

Következtetések

A kisszögű neutronszórás a nanoszerkezet-kutatás egyik hatékony és fontos módszere, más – azonos vagy hasonló mérettartományokat vizsgáló – módszerekkel együtt lehetőséget nyújt olyan problémák megoldására, amelyek mind tudományos, mind pedig gyakorlati – ipari, mezőgazdasági, orvosi, biztonságtechnikai stb. – szempontból fontos elemei a kutatásnak.

Irodalom

1. Rosta L.: Neutronkutatások Magyarországon. *Nukleon 5* (2012) 124; http://mnt.kfki.hu/Nukleon/index.php?action=abstract&cikk=215
2. Cser L.: Kondenzált közegek vizsgálata neutronszórással, Typotex Kiadó, Budapest, 2010.
3. Len A.: Volfrám huzalok vizsgálata kisszögű neutronszórással. PhD értekezés, 2009, http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2009/len_a.pdf

A SIÓFOKI MÓLÓ NAPÓRÁJA

Molnár János
mérnök, Siófok

A történelem során mindig alapigény volt, hogy a láthatóan ismétlődő természeti jelenségeket (a Nap járását, a Hold és a csillagok változásait, a Nílus áradásait stb.) lehessen valamiféle óra- és naptárkészítés formájában csapdába fogni, azaz megismerni, rendszerbe foglalni. Ma már tudjuk, hogy a könnyen észlelhető csillagászati jelenségek ismétlődési idejei nem teszik lehetővé a viszonylag rövid távú (napi) és hosszabb távú (havi, évi) igények szerinti *egyszerű* rendszerbe foglalásukat, mert a számításba jövő mozgások (Nap, Hold, bolygók) periódusidejei nem összemérhetők, hányadosaik nem egészek. A hétköznapi életben is tapasztalható, hogy a nappalok hossza változik helytől, évszaktól függően; a szökőnapok rendszere 4 – 100 – 400 éves közelítő ciklusokat tartalmaz; a heteken belüli napnevek és hónapokon belüli napszámok csak 28 évente ismétlődnek. A Hold és a Nap együttes változásai legalább 19 éves, vagy inkább ennek többszöröse szerinti ismétlődésűek. Van tehát mit megfigyelni, megismerni Földünk mindennapi mozgáslátványából.

Az évszázadok folyamán az időmérés pontossága iránti igény egyre növekedett. A bibliai előidőkben józserével elegendő volt a reggel – délelőtt – délben – stb. részletezésű időmeghatározás. Később már a mindenkori nappal hosszának 12-ed részeként értelmezett órák szerint tartották számon az egyes eseményeket. Nyilván azért, mert nem volt igény a nagyobb pontosságra. Az ókori, csillagászatilag jól megalapozottan tervezett napórák már percnyi pontossággal mutatták a napi időt – akárcsak mai társaik. Ezért is adtak a 16–17. században a még sokkal pontatlanabb, kezdetleges gépórákhoz napórát: legyen mivel pontosítani. 1904-ben a pontossági „világcsúcsot” a napi 0,008 másodperces „járás” (hibakorlát) jelentette.

A Nap többé-kevésbé egyenletesnek tekinthető kelet–nyugat irányú látszólagos mozgása alapján, egy célszerűen megválasztott tárgy árnyékának hossza, illetve iránya számszerűsíthetően mutatja az idő napi múlását. A Föld tengelyforgásából adódik, hogy a Nap látszólagos mozgási síkjában egy óra alatt 360°/24 óra = 15 szögfokkal mozdul el. E mozgást számszerűsíteni képes szerkezet az idő mérésére, azaz óraként is alkalmazható „egyszerű” elrendezés a napóra.

A napórákat árnyékvetőjük, illetve a számlapjuk elhelyezkedése szerint csoportosíthatjuk. A legegyszerűbb „szerkezetű” napóra egy földbe szúrt, függőleges bot (a gnomon), amelynek árnyékát a vízszintes talajon lehet nyomon követni. Amilyen egyszerű ez a felépítés, olyan nehézkes a mérésre alkalmas számlap megszerkesztése. Bonyolultabb elrendezésűek azok a napórák, amelyek rúd alakú árnyékvetője a Föld forgástengelyével párhuzamos és a számlap a vízszinteshez viszonyítva valamilyen ferde, vagy függőleges síkban van. Ezekben az esetekben a napórák osztásközei nem egyenletesek, a skála osztásvonalait számításokkal lehet meghatározni.

A vízszintes óra előnye, hogy a besugárzási viszonyoktól függően akár napkeltétől napnyugtáig is „működhet” egész évben. A függőleges óra „működési” ideje legjobb esetben naponta csak 12 óra lehet és ez is változik az évszakok függvényében. A hátrányt ellensúlyozhatja, hogy egész évben, éjjel-nappal nagyon látványos lehet. És napjainkban ez a napóra legfontosabb tulajdonsága: szép, érdekes díszítményeivel, ábráival, bonyolultnak tűnő skálavonalaival nemcsak ápolja a hagyományokat és erősíti a kapcsolatot az ember és a természet között, hanem mutatós ékítményként is szolgálhat.

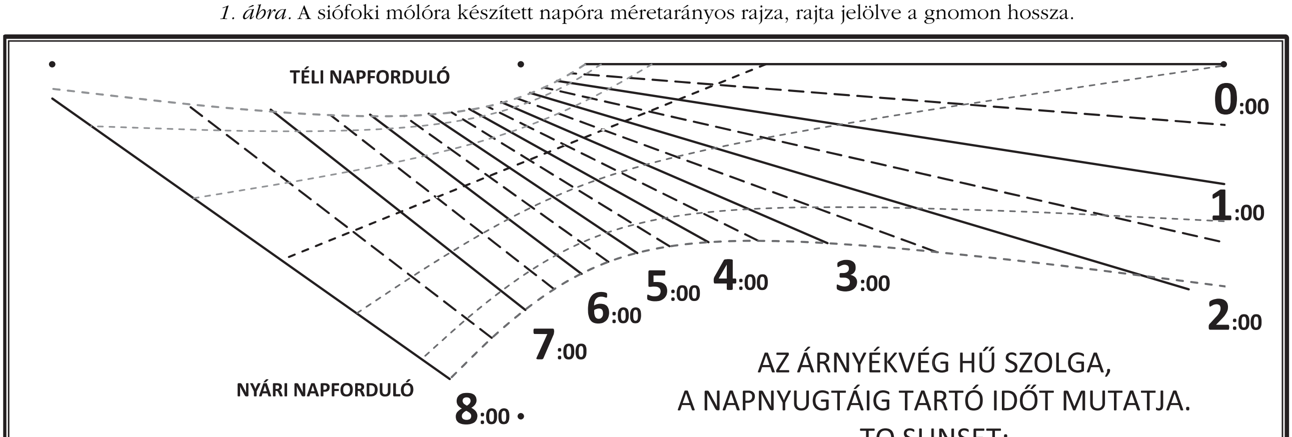
A fali dísznapórák felülete akár 10-40 négyzetméteres is lehet. Ezeknél gyakran megszakították az órákat jelölő vonalak: felső végük a téli alacsony napálláshoz, alsó végük a nyári magashoz illeszkedő hosszúságú és nem futnak bele a mutató döféspontjába.

A napórák működésével, skálaszerkesztéseivel az elmúlt évszázadokban igen sokan, igen alaposan foglalkoztak, a vonatkozó régi irodalmi források sora szinte végtelen. A korabeli ismeretek és lehetőségek miatt ezek az ismertetők gyakorlatilag a körzővel-vonalzóval végzendő geometriai szerkesztések leírását tartalmazzák. Elvben ezek a szerkesztések jól, a gyakorlatban különféle rajztechnikai, kényelmi okok miatt csak nehézkesen használhatók.

A Nap járásáról és ennek kapcsán az árnyék vándorlásáról, az idő méréséről, az órák számlálásának módjáról, kialakulásának történetéről könyvtárnyi kötetet írtak. Régen készített napórákon többfajta időszámítás szerinti skálákkal találkozhatunk. Ezért a Nap járása kapcsán foglalkozni kell a kelés-nyugvás idejével és helyével, mert ezek nemcsak a napóra működési idejét határozzák meg, hanem az óraszámlálás jellege ezekhez is köthető.

Az ősi *babiloni* időszámítási-óramérési módszer a nappali, illetve éjszakai félnapokat hosszuktól függetlenül 12-12 egyenlő részre osztotta, eszerint számlálta. A későbbi héber, majd az *itáliai*nak nevezett időmérési módszer már 24, egyenlő tartamú órára osztotta a természetes napot úgy, hogy hivatkozási kezdőpontjuk a napnyugta volt. Ezért az éjszakát a nap első részének tekintették, és így a Nap nyugtával van a napnak is vége. Egy-egy órányi idő hossza megegyezik a mai 60 percnyi időtartammal. Hagyományosan úgy nevezték meg az időt, hogy a lenyugvás előtti első óra, a lenyugvás előtti második óra, a lenyugvás előtti harmadik stb., azaz a mai szokás szellemében visszafelé számozták az óravonalakat. Ennek ugyanis közvetlen, jól értelmezhető tartalma volt és van ma is az időpont megadásán túl. Az így számolt idő megadja, hogy még hány órán át

1. ábra. A siófoki mólóra készített napóra méretarányos rajza, rajta jelölve a gnomon hossza.



2. ábra. A napóra felszerelése.

lehet látni, mennyi ideig lesz még világos, hiszen e rendszer kialakításakor a mécses és a fáklya luxuscikk volt, amely nemcsak drága, de rossz szagú is. Ez az időszámítási mód a közlekedési repülés területén manapság is előfordul. Ugyanis a komolyabb navigációs berendezések nélküli kis repülőgépek csak nappal, azaz a napnyugta előtt repülhetnek. Ezek számára adhat közvetlen adatot a még hátralévő repülési-hajózási időtartamról az ilyen fajta időszámítás.

Az effajta óraszámlálásnak van még egy jelentős előnye: mivel a Nap mindig a helyi délben delel és a megfelelő helyi időben kel és nyugszik, az ezekhez az időpontokhoz való igazodás esetén sem a zónaidő, sem az időegyenlet szerinti javításokra nincs szükség.

A napóra árnyékvonalainak szerkesztéséhez azt a módszert alkalmazzuk, hogy a kiválasztott függőleges falsíkra állított G hosszúságú, merőleges árnyékvető pálca, a gnomon csúcspontjához tartozó árnyékpont x, y koordinátáit számítjuk. A koordináta-rendszer síkja a fal síkja, kezdőpontja a gnomon talppontja, az x tengely a fal vízszintes egyenese és kelet felé pozitív, y a helyi délkör síkjában lévő függőleges és fölfelé pozitív. Ekkor

$$x = G \cdot \sin(A - \alpha),$$

$$y = -\frac{G \cdot \mathrm{tg}(m)}{\cos(A - \alpha)},$$

ahol $A(\tau, \phi, \delta)$ a Nap irányszöge a helyi délvonaltól mérve, $m(\tau, \phi, \delta)$ a Nap szögmagassága a vízszintes látóhatártól mérve, $P(\tau, \phi, \delta)$ egy segédváltozó, α a délnyugati irányba néző fal síkjának elfordulási szöge a K–Ny-i irányhoz képest, τ a Nap-járás időszöge, ϕ a hely földrajzi szélesség, δ a Nap deklinációja, továbbá

$$\mathrm{tg}A = \frac{\sin\tau}{P},$$

$$\sin m = \sin\delta \cdot \sin\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\tau,$$

$$P = \sin\phi \cdot \left(\cos\tau - \frac{\mathrm{tg}\delta}{\mathrm{tg}\phi}\right),$$

ha $P < 0$, $A = A + 180°$.

A Nap helyzetét és így a napi kelési-nyugvási idejét befolyásolja a Föld-tengely ferdesége. A sarkkörökön belül időszakosan nem kel fel, illetve nem nyugszik le a Nap, azaz ott nem működik „rendesen” egy napóra. Ezért e számításoknál a földrajzi szélességre vonatkozó korlát: $|\phi| < 90° - \delta_{max} = 66{,}56°$. E szélességek alatt napkeltétől napnyugtáig kap megvilágítást a szabadon álló árnyékvető. Ám a függőleges falra helyezett gnomon megvilágítását nemcsak a Nap, hanem a fal tájolása is befolyásolja, emiatt a fali napórák napi működési ideje rövidebb a vízszintes skálájú változatokénál. A fali napóra egyébként csak akkor működik, ha $|A - \alpha| < 90°$.

Ha a napnyugtától visszafelé akarjuk számolni az egyenlő hosszúságú órákat, akkor a t = 0, 1, 2, 3, … óráknak megfelelő skálavonalakhoz a számításba veendő τ időszögeket a τ_{ny} napnyugvási időszögből kiindulva a

$$\cos(-\tau_{ny}) = -C_2 = -\mathrm{tg}\phi \cdot \mathrm{tg}\delta,$$

$$\tau = \tau_{ny} - t \cdot 15°$$

képletekkel kell meghatározni. Ha valódi babilóniai–itáliai skálázást akarunk csinálni, akkor a mindenkori napkeltétől a napnyugtáig tartó időszakot (a nappali világosság idejét) kell 12, változó hosszúságú órára osztani. Így a 15 fokos (= 360°/24) óraszöget tartalmazó képlet helyett a

$$\tau = \tau_{ny} \cdot \left(1 - \frac{t}{6}\right),$$

ahol $\pm t$ = 0, 1, 2, … 12 – összefüggéssel kell számolni. Igény esetén természetesen sűrűbb, fél-, negyedórás skálahálózatot is számolhatunk a kívánt időközökhöz igazodó t értékekkel.

A skála óravonalai egyenesek, így meghatározásukhoz elég két pontjukat ismerni. Célszerű, ha a téli és a nyári napfordulónak megfelelő $\delta = \pm 23{,}4°$-hoz tartozó szélső árnyékpontokkal adjuk meg az óravonalakat. Így egyúttal a téli-nyári hiperbolák is kirajzolódnak. Érdemes még a $\delta = 0$ értékkel egy harmadik pontot is felhasználni. Ezzel nemcsak a tavaszvonal pontjait fogjuk megkapni, hanem, ha túl távolra kerülne az óravonal végpontja, akkor az óravonal egyenesét a rajzfelületen belül könnyebben kirajzolhatjuk. Természetesen annak sincs akadálya, hogy az állatövi jegyeknek megfelelően, a havi gyakoriságú valamennyi hiperbolát kirajzoljuk. Legfeljebb még további négy, összesen tehát hét deklinációs értékkel (δ = ±23,4°; ±20°; ±11°; 0) kell elvégezni a számításokat például az Excel táblázatkezelő egy célszerűen összeállított munkalapján.

Ha a skálavonalak láthatóságával nem akarunk különösebben foglalkozni, akkor további megfontolni valónk nincs. Ha azt akarjuk, hogy csak azok a vonalrészek kerüljenek képernyőre-papírra, amelyek a valóságban a napórán ténylegesen látszanak, akkor az $m > 0$ feltételt még figyelembe kell vennünk x és y megjelenítésénél. Hiszen a látóhatár alatt lévő Nap nem látszik, így nem is vet árnyékot. Az $m < 0$ értékekhez tartozó x, y koordinátákat üres karakterrel célszerű helyettesíteni. A számításokat a táblázatkezelő munkalapján érdemes úgy szervezni, hogy a t idő függvényében és a 3–7 δ deklinációval, mint paraméterrel számolunk. A napóra működési korlátját jelentő $|A-\alpha| < 90°$ láthatósági korlátot is – az $m < 0$ feltételhez hasonlóan – be lehet iktatni.

A hiperbolák egyedi kirajzoltatásához kissé nehézkes módon, még egy külön létrehozott táblázatba kell bemásolni a megfelelő helyről vett t, x, y adatokat, ha nem elégedünk meg az óravonalakon lévő függvénypontok látványával. Ebben egy-egy skálavonalhoz (t időparaméterhez) kell hozzárendelni a 3–7 deklináció 3–7 darab x független változóját és ezekhez a 3–7 darab $y(x)$ függő változót. A táblázatkezelőt ezek után már rutinműveletekkel lehet rajzolásra bírni. A láthatósági feltétel miatt e második táblázatnak azokat a sorait, amelyekben az üres karakterek jelennek meg, nem törölni, hanem ideiglenesen elrejteni kell.

A siófoki mólón lévő Angyal szobor talapzatára került napóra (lásd a címlapot) skálájához használt Excel-rajzot, mint a kivitelezés alapját, az *1. ábra* mutatja. A napóra az itáliai rendszerű számozásokhoz hasonló, de egyenletes óraközökkel és fekete színű skálaegyenesek segítségével az évszakok hosszához igazodóan azt mutatja, hogy hány óra van még hátra a Nap lenyugvásáig. A téli és a nyári napfordulók közti színes hiperbolaívek, a Nap évszakok szerinti mozgásához igazodóan az éppen esedékes hónapok/napok leolvasását (vagy másként értelmezve: a Nap éppen időszerű deklinációjának mértékét) teszik láthatóvá. A körülbelül 60×160 cm méretű napóra felszerelését a *2. ábra* ábra mutatja.

Irodalom

Molnár J.: *A napórákról.* Kairos, Budapest, 2012.

A FIZIKA TANÍTÁSA

A MAXWELL-EGYENLETEK INTEGRÁLIS ALAKJA IDŐBEN VÁLTOZÓ FELÜLETEK ESETÉN – I. RÉSZ

Gnädig Péter
ELTE Fizikai Intézet

A klasszikus elektrodinamika törvényeinek matematikai megfogalmazásával ismerkedő egyetemi hallgatók előtt jól ismert, hogy ezek a törvények kétféleképpen, differenciális és integrális formában is megadhatóak. Emlékeztetőül (a vákuumbeli esetre szorítkozva):

$$\mathrm{div}\,\boldsymbol{E} = \frac{1}{\varepsilon_0}\varrho, \qquad (1)$$

$$\mathrm{div}\,\boldsymbol{B} = 0, \qquad (2)$$

$$\mathrm{rot}\,\boldsymbol{E} = -\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}, \qquad (3)$$

$$\mathrm{rot}\,\boldsymbol{B} = \mu_0 \boldsymbol{j} + \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t}, \qquad (4)$$

illetve

$$\oint_F \boldsymbol{E}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F} = \int_V \frac{1}{\varepsilon_0}\varrho\,\mathrm{d}V, \qquad (1')$$

$$\oint_F \boldsymbol{B}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F} = 0, \qquad (2')$$

$$\oint_\Gamma \boldsymbol{E}\,\mathrm{d}\boldsymbol{r} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_S \boldsymbol{B}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F}, \qquad (3')$$

$$\oint_\Gamma \boldsymbol{B}\,\mathrm{d}\boldsymbol{r} = \mu_0\int_S \boldsymbol{j}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F} + \mu_0\varepsilon_0\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_S \boldsymbol{E}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F}. \qquad (4')$$

A fenti integrálokban F egy tetszőleges V térfogatot határoló *zárt* felület, Γ pedig egy tetszőleges S felület *zárt* határgörbéje. (A zárt felület normálvektorait „kifelé” irányítjuk, az S felület irányítása önkényes, de a Γ görbe irányítottsága a jobbkézszabálynak megfelelő kell legyen.)

Két – a továbbiak szempontjából fontos – dolgot kell még figyelembe vennünk:

1. A (3′) és (4′) integrálokban szereplő S felület időben állandó, rögzített helyzetű kell legyen, így az idő szerinti deriválás bevihető az integráljel alá:

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_S \boldsymbol{B}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F} = \int_S \frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F} \quad \text{és}$$
$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_S \boldsymbol{E}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F} = \int_S \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t}\,\mathrm{d}\boldsymbol{F}. \qquad (5)$$

2. A (4′) jobb oldalán szereplő két integrált *ugyanazon S* felületre végzendő el. (S egyébként a Γ határgörbére illeszkedő *tetszőleges* felület lehet.) A