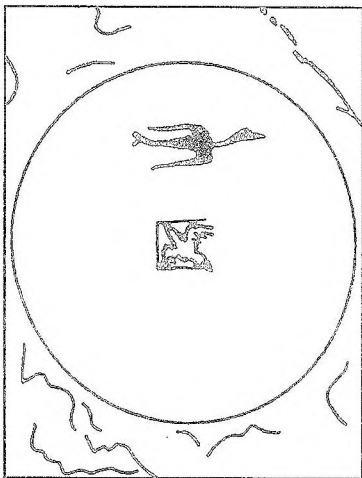


A Yang Li madártól a spektroszkópiáig

A Nap fotoszférájának szinte minden fontosabb jelenségét felfedezték a távcső csillagászati alkalmazását követő évtizedekben: a napfoltokat, fáklyákat, a granulációt már az 1630-as években ismerték. A 18. sz. végéig az is tisztázódott, hogy a napkorona és a protuberanciák is a Naphoz tartoznak. Számottevő új ismereteket a Nap fizikájáról a 19. sz. második felében az újabb észlelési módszerek – elsősorban a spektroszkópia – hozták.

A két korszak között nem csak átmenetet, hanem mérföldkövet is jelent a *napkitörések* felfedezése. Az első napkitörés-megfigyelés 1859-ben – éppen a tudományos színképelemzés kezdeti eredményeinek közlése idején – még fehér fényben történt, de a kitörések rendszeres észlelésére a spektroszkópia adott lehetőséget. Fontossá teszi a kitörések megismerését, hogy már az első alkalommal is feltűnt a közvetlen összefüggés a napjelenség és a *földmágneses háborgások* között. (A korábbi szakirodalomban a napkitöréseket többnyire a – latin eredetű – erupció, vagyis „kitörés” megnevezéssel, az újabb írások az angol flare – kiejtés szerint írva fler –, azaz „fellobbanás” kifejezéssel említik).

A kitörések általában erős, bonyolult mágneses térrel rendelkező, fejlődő, összetett napfoltcsoportok térségében lépnek fel. A vizuális színképtartományban főleg a hidrogén és az ionizált kalcium hullámhosszain mutató gyors sugárzásnövekedés, majd a valamivel lassúbb, de ugyancsak rövid idejű elhalványodás formájában jelentkeznek. A kifényesedés a környező hullámhosszúságú fotoszféra fényerősségéhez viszonyított, ezért általában csak a hidrogén ill. a kalcium fényében láthatók vagy fényképezhetők. Igen ritka az olyan fler, amely a napfelszín optikai sugárzásának integrált fényét felülmúlva, speciális segédműszer nélkül, egyszerű távcsöves észleléssel is megpillantható. Az ilyen kitöréseket, amelyek pl. nap-szűrőn, vagy napokuláron már láthatók, *fehér flereknek* nevezik. Újabbban azonban *Hu Csen-tao* kínai kutató felhívta a figyelmet arra, hogy néhány távol-keleti krónikából talán a fehér flerek szabadszemes megfigyelése is kiolvasható.



Napfolt és (talán) napkitörés jelképes ábrázolása egy Han-kori sírkamra falfestményén, a Kr. e. 1. századból

A Yang Li madár legendája

A kínai krónikákban eléggé gyakran szerepel a „*Napban látható háromlábú holló*”, amelyet ma már egyértelműen a szabad szemmel megpillantott napfoltokkal azonosítanak. Egy Keleti Han-kori (Kr. e. 48 és 7 közötti) előkelőséget rejtő sírkamra falán azonban érdekes ábrázolásra bukkantak. A Nap korongján, a szabadszemes napfoltot jelképező fekete madár alatt egy *kisebb fehér madár* is látható. Feltehetőleg ez a Yang Li

madár jelképe. A csodás Yang Li az európai fönix-madárhoz hasonlóan fényes tűzben elégye újra életre kel. A háromlábú fekete holló és a tűzben feltámadó Yang Li együttesen jelképezhet egy nagy szabadszemes napfoltcsoportot, a benne fellángoló óriás kitéréssel. Ezt a feltevést erősíti, hogy a J. A. Eddy által rekonstruált naptevékenységi hullámzás éppen ekkoriban igen erős aktivitást mutatott: az ún. „római maximum”-ot. (A naptevékenység tartósan erős időszaka az időszámításunk kezdetét megelőző és követő két-három évszázadban.)

Csen-tao úgy véli, hogy a régi kínai krónikák is megemlékeznek egyes fehér kitérésekről. A krónikákban ui. „a Nap lángszerű gázai”-ról, és „a Napban látható vörös gáz”-ról tesznek említést. Végeredményben nem zárható ki, hogy rendkívül fényes napkitörést már távcső nélkül is megfigyelhettek.

Carrington „egyedülálló jelensége”

A 19. sz. közepén ezek a kínai feljegyzések és falképek még ismeretlenek voltak. Ekkoriban fordult a megfigyelők figyelme a Nap felé. *Heinrich Schwabe* 1843-ban ismertette statisztikáját a napfoltok számának 10–11 éves hullámzásáról. *Rudolf Wolf* svájci csillagász 1848-ban kialakította a ma is használt napfoltrelatívszám számlálási módszerét. Világszerte egyre több észlelő figyelte főként a napfoltokat. Közéjük tartozott az angol *Richard Christopher Carrington* (1826–1875), egy vagyonos sörfőző család gyermeke.

Carrington a Durham Csillagvizsgálóban, majd saját házában berendezett magán-obszervatóriumában először a cirkumpoláris csillagok pontos, részletes katalógusát állította össze. A 3735, zömmel halvány csillagot tartalmazó jegyzék elkészítését a Királyi Csillagászati Társaság 1856-ban nagy aranyéremmel jutalmazta. Ekkor azonban Carrington már a napfoltok tanulmányozásával foglalkozott.

A 4,5 hüvelykes (11,4 cm-es) refraktorával 28 cm átmérőjű napképeket vetített ki, és azokon végezte méréseit (1853). Hét évi adatsorból kimutatta a foltok Nap-egyenlítőitől mért távolságának (a heliografikus szélességnek) változását a 11 éves naptevékenységi hullám során. (Ezt a jelenséget utóbb a német *Gustav Spörer* is felfedezte.) Pontos pozíciómérései alapján kimutatta, hogy az egyenlítőitől távolodva a fotoszféra forgása lassúbb, mint alacsony szélességeken (differenciális rotáció). A heliografikus hosszúság egyértelmű meghatározására bevezette a rotációk számlálását.

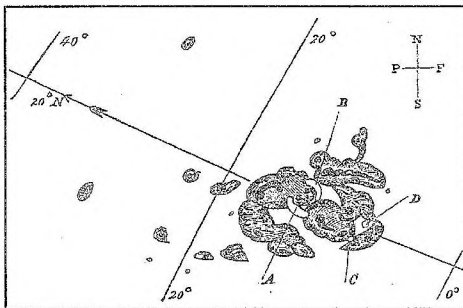
Rendszeres naprajz készítés során észlelte az első távcsővel megfigyelt fehér kitérést, 1859. szeptember 1-én. Greenwichi középideő szerint 11:18-kor vette észre, hogy az egyik, kiterjedt és összetett szerkezetű *foltcsoportban két ragyogó fényfolt jelent meg*. Naplójába ezeket jegyezte fel:

„Az első benyomásom az volt, hogy fénysugár hatol át az objektívnél felerősített [árnyékoló] ernyőn... az R.A. [rektaszenciális] finommozgatóval elmozdítva a képet, látnom kellett, hogy egy egészen másféle eseménynek vagyok a váratlan szemtanúja. Ezért a kronométer idejét feljegyeztem, látva pedig, hogy a kitérés igen gyorsan növekszik, így kissé kapkodva gyorsan elsi-ettem, hogy egy szemtanút hívjak magammal a látványossághoz, majd 60 másodperc múlva visszatérve megdöbbenésemre azt találtam, hogy már minden egészen megváltozott és elhalványodott!”.

Carrington szerint a fényfoltok 5 perccel az első megpillantásuk után elhalványodtak. Helyzetük eközben a mellékelt rajzon A és B-vel jelölt pontokhoz képest a C és D

helyre tolódott. (Carrington eredeti rajza nyomán.) Az angol csillagász szerint a nagyobbik folt, a kivevítő ernyő méretei alapján a „Jupiterhez hasonló nagyságú” (a rajzról mérve valójában mintegy 56 000 km kiterjedésű volt). A leírás máig is mintaszerű a fehér kitérősekre.

Carrington a fény-felvilánást „egyedülálló nap-jelenségnek” nevezte. Szinte már a valószínűtlenség határát súrolja – az akkori napészlelők csekély számát tekintve –, hogy ugyanezt a jelenséget egy másik angol észlelő, Robert Hodgson is megpillantotta Highgate-ben. Egy 15 cm-es refraktorral, napokuláron és szűrőn át figyelte a nagy csoportot, és feljegyezte, hogy (a Carringtontal egyező időpontban) „a fény egy nagyon ragyogó csillaga, sokkal fényesebben a napfelszínnél, elvaktotta a [fényszűrővel] védett szemét, megvilágítva a környező foltok és szálak [fáklyák] felső szélét”. A fényfoltokat olyan ragyogónak becsülte, mint a Vega fénye az éjszakai égen.



Carrington rajza a nagy foltcsoportban észlelt ketős kitérőről (A, B) és azok elmozdulásáról (C, D)

Figyelemre méltó, hogy már Carrington felismerte: a kitérés nem magában a napfoltcsoportban, hanem felette, kiemelkedésként, a kromoszférában zajlott le.

Carrington és Hodgson is felfigyelt arra, hogy a napkitérést követően rendkívül erős nyugtalanság mutatkozott a földmágneses térben, a következő éjszaka északi fényt is megfigyeltek. Ezt a sarkifény-jelenséget szeptember 3-án a magyarországi Nyitráról is észlelték. Bizonyára ugyanennek a nagy napfoltcsoportnak egy korábbi nagy kitérése okozhatta 1859. augusztus 28/29. éjszakáján az Európa-szerte feltűnő északi fényt.

Nem hagyhatjuk említés nélkül a Harvard Obszervatórium (USA) napfizika-kutatójának, Donald H. Menzel (1901–1976) véleményét, amely szerint a fényfoltok nem flerek, hanem rendkívül fényes ív alakú protuberanciák voltak. Bár ez a nézet nem zárható ki, sőt példa is van hasonló jelenségre, a Carrington és Hodgson által leírt jelenség nagyon rövid élettartama, valamint a rákövetkező földi jelenségek sokkal inkább illenek rá a napkitérősekre.

Fényi Gyula „megforduló színképvonalai”

Carrington és Hodgson megfigyelését követően majdnem három évtizeden át nincsen adat napkitérősek megfigyeléséről. Pedig időközben nemcsak a napészlelők száma gyarapodott világszerte, hanem a kutatók egy új segédeszközhöz, a spektroszkóphoz jutottak. Maga a Nap természetes módon már az első színképmegfigyelők kedvelt objektuma volt. 1868-ban a nagy felbontású spektroszkópokkal lehetővé vált, hogy a protuberanciákat napfogyatkozáson kívül is folyamatosan megfigyeljék.

Már az első spektroszkópikusok is tanulmányozták a napfoltok színképét. Az általános kép – a vizuális észlelők számára – a sötét, elnyelési (abszorpciós, Fraunhofer-féle) vonalak kisebb-nagyobb kiszélesedése volt, amit igen helyesen a foltok belső

gázmozgásaival magyaráztak. Néhány esetben azonban azt tapasztalták, hogy a napfoltok belsejében a sötét vonalak „megfordulnak”, fényes kibocsátási vonalakká válnak. Az olasz *Lorenzo Respighi* egy tucat ilyen megfordított vonalat ismert fel (1870). Bár a megfordított vonalakról már korán arra következtettek, hogy azok a napfoltok fölött, az alsóbb rétegeknél erősebb gáztömegektől származnak, csak 1882-ben sikerült az amerikai *Charles A. Young*nak a napperemen valóban azonosítani egy kis protuberanciával. Ezek a megfordított vonalak aránylag tartósak, hosszú élettartamúak.

A 19. sz. végének egyik legjelentősebb napészlelő csillagásza, *Fényi Gyula* (1845–1927) a kalocsai Haynald Observatóriumban 1885-től a protuberanciák rendszeres észlelése mellett gyakran vizsgálta át a napfoltokat is a nagy felbontóképességű *Browning-spektroszkóppal*. Az 1887. július 27-én délelőtt végzett átvizsgálás után a színképelemző készüléket egy feltűnő napfoltcsoport főfoltjára irányította, és a következőket tapasztalta: „*Július 27-én, 9: 45-kor [Greenwichi Közép-idő szerinti] egy kivételes jelenséget... figyeltem meg. A feltűnő nagy foltot hagytam áthaladni a résen. A C-vonal egy darabkája kicsúszott eredeti helyzetéből és a színkép kék vége felé tolódott. (...) A C-vonal megkettőzöttnek látszott*”.

A Doppler-hatás következtében keletkező hullámhossz eltolódásból a színkép vonalat okozó gázmozgásra 10:10-kor 136 km, 10:30-kor 140 km másodpercenkénti sebességet számolt. A leírás a következő sorokkal folytatódik:

„*Az eltolódásnak megfelelően a kromoszférának ez a része a látóirányba 140 km-es sebességgel mozog. (...) Ez a rendkívüli jelenség csak azzal magyarázható, hogy ezen a helyen a hidrogén akkora mennyiségben és olyan magas hőmérsékleten áramlott ki, hogy magának a fotoszférának a fénylését is túlragyogta a saját hullámhosszának fényében.*”

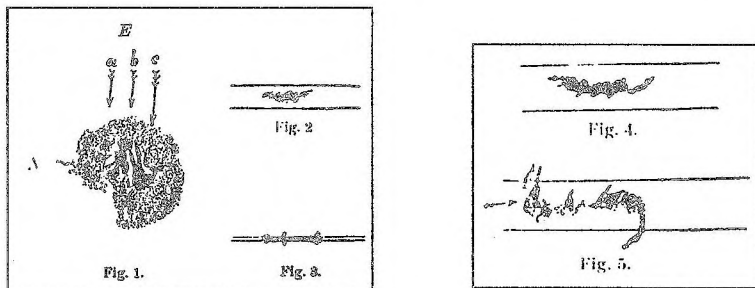
A fénylés helyén 11:15-kor „már semmi zavar sem volt észlelhető”. (Tehát a jelenség időtartama kb. másfél óra volt, ami megfelel a nagyon nagy napkitörések élettartamának.)

Minden amellettszól, hogy *Fényi Gyula* volt az első, aki 1887. július 27-én spektroszkóppal megfigyelt egy napkitörést, és annak adatait rögzítette. (*Fényi, J.: Protuberanzen Beobachtet im Jahre 1887... In: Publikationen des Haynald Observatoriums, VI. Heft, 1892. 15-16. o.*) Igen figyelemre méltó azonban az is, hogy *Fényi* az átforduló (fényes) hidrogén vonalat megkettőzve látta. Ez a vonalfelhasadás az erős mágneses tér következménye. *Pieter Zeemann* holland fizikus azonban csak egy évtizeddel utóbb állapította meg a mágneses tér hatását a fényforrás sugárzására. Megfogalmazásából kitűnik, hogy a kettőződést még nem tudta magyarázni. Helyesen ismerte fel azonban, hogy a hidrogénvonal fénylése a napfolt területén a kromoszféra magasabb hőmérsékletére utal. A jelenséget követően a földmágneses térben előbb lassú változás, majd 26 órával később erősebb nyugtalanság következett be.

A francia *Etienne Leopold Trouvelot* (1824–1895) észlelt 1891-ben újból fehér flert egy napfoltcsoport területén. Ugyan ebben az évben *Henry Alexander Deslandres* (1853–1948) megszerkesztette a Napot egyetlen, szűk hullámtartományban, egyetlen „színbent” fényképező spektroheliószkópot lehetővé tette, hogy pl. egy egész napfoltcsoport területét, vagy a Nap teljes korongját pl. a hidrogén, vagy a kalcium sugárzásának valamely hullámhosszán megörökítse. A Napot egy színben (monokromatikusan) lefényképező spektroheliográfot tőle függetlenül 1889-ben az amerikai *Geor-*

ge Elery Hale (1868–1938) is megszerkesztette, és a chicagói Kenwood-magán-obszervatóriumban sikeresen alkalmazta .

Hale 1892. július 15-én észlelt először fotografikusan egy nagy napkitörést a spektroheliográfjával. Az általa készített fényképsorozat teljesen azonos Fényi Gyula vizuális észlelésének alapján készített leírásával.



Fényi rajza az 1908. augusztus 5-én megfigyelt „színkép vonal megfordulás”-ról a kép baloldalián látható napfoltnál. A 2. sz. ábra (Fig. 2) a fénylő gázáramlás képét mutatja 14:55-kor, a hidrogén vörös vonalának fényében (balra).

A napkitörés képe 15:17-kor (fent) és 15:26-kor (lent) Fényi rajzai szerint (jobbra)

Fényi Gyula, jóval szerényebb eszközökkel, tovább folytatta napfolt-színkép vizsgálatait. 1908. augusztus 5-én, 14:55 Greenwichi Időben egy nagy napfoltcsoport felett újból észlelte a hidrogén vörös vonalának átfordulását. A tág résen át az egész fénylő felhő előtűnt. Feljegyzése szerint 15:26-kor:

„...2:55-kor (ma használatos időszámítás szerint 14:55) Greenwichi Közép-időben spektroszkóppal vizsgáltam meg a foltot, és annak magja fölött egy rendkívül élénk átfordulást tapasztaltam, amely a H-alfa vonal felegyogása volt. ...[a rajzon] az a jelű nyíl nál még nincsen semmilyen átfordulás; a b alatt nagyon fényes volt; a c jelzésű alatti kiszélesedő részen ugyan csak élénk volt az átfordulás.”

A spektroszkóp rését tágabbra nyitva egy gyenge fényszűrőt alkalmazott a fényesség viszonyok meghatározására. A széles résen át nem csak a napfolt belsejét és a környező fotoszférát észlelhette:

„Ezzel a módszerrel... az egész fénylő alakzat látható az ábrán bemutatott formában. ...3:17-kor (15:17) a megfordulás rendkívül fényes volt, sokkal fényesebb mint a látómezőben a H α vonalat határoló fotoszféra, és így exact fénymérés vált lehetővé. (...) Újra kinyitottam a rést, és a szűrőn át a 4 ábrán bemutatott képet nagyon világosan és felismerhetően megörökítettem.”

A következő kép 15:26-kor készült, 16:05 GMT-kor a jelenség még látható volt. A fényességből a jelenség hőmérsékletét – összevetve korábbi protuberancia hőmérséklet becsléseivel – 24 000 fokra tette. (Megjegyzendő, hogy Fényi hőmérsékletbecs-

* Említést érdemel, hogy a monokromatikus napfényképező berendezés tervét már a német P. Carl Braun S.J., a kalocsai Haynald Csillagvizsgáló első igazgatója 1872–1885 között elkészítette, de a bonyolult és nagyon precíz eszközt nem tudta kivitelezni. Az elv elsőbbségét később G. E. Hale elismerte.

lései a valóságosnál jóval alacsonyabb értéket adtak.) (Fényi, J.: Beobachtung einer Eruption auf der Sonne. „Das Weltall“, 11. Jahrgang, Heft 1. 1910. október).

Kétségtelennek tűnik, hogy Fényi Gyula ez alkalommal is egy napkitörést észlelt és örökített meg, a protuberancia spektroszkópot – akaratlanul is – spektroheliószkópiként alkalmazva. (A szabatos spektroheliószkópot G. E. Hale majd csak másfél évtized múlva szerkeszti meg!) Erre utal az is, hogy a jelenséget egy közepes földmágneses háborgás követte.

Végeredményben a leírásokból kitűnik, hogy Fényi Gyula Kalocsán elsőként észlelt színeképelemzéssel napkitörést, sőt egy másik ilyen eseményt később lerajzolt. Az utóbbi igen jellegzetes, és a Deslandres által Párizs-Meudonban, ill. Hale-tól a Kenwood Observatóriumban készült fényképekkel jól összehasonlítható. Úttörő jelentőségűnek azonban csak az első észlelését tekinthetjük. (Bár, ha tekintetbe vesszük, hogy a vizuális észlelésre alkalmas spektroheliográfot csak jóval később alkalmazták, Fényinek ez az észlelése is megelőzte korát!) Megjegyezzük, hogy Fényi Gyula itt felemlített két megfigyelése nem tartozik a fehér kitörések sorába, de kétségtelenül a legerősebb flerekhez sorolható.

A felsorolt adatokból azonban az is kitűnik, hogy a fehér fler nem olyan ritka jelenség, mint azt gyakran állítják. Rövid időtartama következtében azonban nehéz éppen azokat a perceket elcsípni, amikor jól látható. Mindenesetre a napkorong rendszeres átvizsgálása fehér kitörések megfigyelésére nem tűnik reménytelen feladatnak, inkább csak nagyon sok időt és türelmet kíván. Érdemes lenne az amatőr napészlelőknek nagyobb figyelmet fordítani a fehér kitörésekre. (A jelenség megítélésénél azonban nagyon óvatosan kell eljárni. Aránylag gyakori jelenség ui. a nagy, aktív foltok magjában – umbrájában -, ill. a penumbrájában fellépő világos sáv vagy folt, a „híd”. Ez az utóbbi jelenség azonban órákon, néha több napon át folyamatosan látszik, míg a fehér kitörés élettartama néhány perc, esetleg negyed- vagy félóra.)

BARTHA LAJOS

Címlapunkon: egy kép Sloan Digital Sky Survey-ből

A Sloan Digital Sky Survey célja, hogy az északi égbolt negyedének, 10000 négyzetfoknak minden objektumát, túlnyomórészt galaxisait és galaxishalmazait katalogizálja, 22 magnitúdós határfényességig. A program 1997-ben indult, tavaly júniusban 600 négyzetfok képei, adatbázisa vált nyilvánossá. Idén októberben a „második eresztés” (Second Release) után újabb 3000 négyzetfok jelenik meg az adatbázisban. Ez már, szerencsés egybeesés mellett, alkalmas szupernóvák, kisbolygóészlelések kontrolljára is. Az adatbázis leírását, használatát részletesen az októberi számban tárgyaljuk, most címlapunkon mintegy kedvcsinálónak az egyik (752-1-315) reprezentatív, 9,6x14 ívperces „égszeletet” mutatjuk be.

A kép tetején látható galaxis az UGC 7883, $V = 14,3$ magnitúdós, $1,5 \times 0,5$ ívperces Sc típusú spirál. A két nevesebb galaxishalmaz tagjai 17 magnitúdónál halványabbak, a legfényesebb tagok még éppen látszanak a Palomar DSS lemezein. A képen két kisbolygó is áthalad, gyors mozgásuk miatt bemozdultak, ezért egymás melletti kék és sárga korongnak látszanak. Az SDSS honlapjáról nem csak a részletes táblázatokat, színes képeket, de a nyers és „megtisztított” fits képeket is le lehet kérni. A gazdagon dokumentált, jól használható honlap címe: <http://skyserver.sdss.org/en>. (SzMGy)