

# Színpompás égi fények

*Írásunkban a légköroptikai jelenségek körét tekintjük át röviden. A csillagászati észleléseket is alapvetően érintik a légkör optikai tulajdonságai, és az ezekből következő érdekes, gyakran látványos mellékhatásokkal járó jelenségek. Az utóbbi hónapokban jól érezhetően megnőtt az érdeklődés az efféle jelenségek iránt amatőr csillagász körökben, így bizonyára hasznosak lesznek az alábbiak az érdeklődők számára.*

*E cikk a szerző sok éves búvárkodásának eredménye. A fotómelléklet képei sokféle légköroptikai jelenséget mutatnak be. Elsősorban hazai amatőr csillagászok képeiből válogattunk, arra törekedve, hogy minél többféle jelenséget mutassunk be. Olyan esetben, ahol egy fontosabb effektus kapcsán nem állt rendelkezésünkre hazai felvétel, ott internetes forrásból, vagy más gyűjteményből származó képet mutatunk be.*

A sokféle megjelenésű légköri tűnemények egységes rendszerbe foglalásához az adott jelenségek létrejöttét okozó fizikai hatásokat választottuk rendező elvként. Bár, mint látni fogjuk, némelyiküknél több fizikai alapjelenség együttesen fordul elő, de az adott jelenség legfőbb jellegzetességének létrejötte szempontjából domináns hatást alapul véve mégiscsak eléggé egyértelműen besorolhatóak. Bármilyen furcsa, de néhány jelenség egyes részletei még napjainkra sem tisztázták, ami arra is példa, hogy még hétköznapi – klasszikus fizikával magyarázható – jelenségek sincsenek teljesen leírva!

## Visszaverődési jelenségek

Talán ezek a legkevésbé különlegesek. Igazán nem is az égboltra tekintve látjuk őket, hanem a földfelszínen, sokszor közvetlen környezetünkben. Néhány képviselőjüket a különböző nyelvekben nagyon kedves megnevezésekkel illetik.

**1. Aranyhíd** (ezüsthíd). A szél által fodorozott, a látóirányunkkal különböző szögeket bezáró kis víz-felületelemekről visszaverődő napfény alkalmanként (helytől és időtől függően) változó alakzatot, mintázatot rajzoló fénylő fényfűzér nagyobb összefüggő vízfelületek felett. Leglátványosabb formája, amikor a Nap igen alacsonyan áll, ilyenkor a leg-

hosszabb – valóban „hídyszerű” megjeleneése van, mintha az észlelőt összekötné a Nappal. Ugyanez a Holddal inkább csak telihold idején látványos – ne feledjük, a Holdról visszaverődő napfény jóval gyengébb megvilágítást ad (még a telihold intenzitása is csak kb. milliomed része a Napénak).

**2. Fényjáték** (nem standard elnevezés, angolszász elnevezése: glint). Szintén a mozgó-rezgő folyadékfelületeken visszaverődő természetes vagy mesterséges fényforrások fényének torzult tükörképei által keltett furcsa, pillanatról pillanatra változó alakzatok. Folyóparti házak oldalán, uszodákban gyakran megfigyelhető... Sőt otthon, a napra kitett, folyamatosan ütögetett lavór vízzel is keltehetünk ilyen hatást szobánk falán, ill. mennyezetén.

**3. Dicsfény** (fénykör, heiligenschein, aureola). Hajnali párás gyepen figyelhető meg. A hátunk mögül tűző napfényben fejünk árnyéka (a Nappal átellenes, ún. antiszoláris pont) körül a szentképeken láthatóakhoz hasonló „dicsfény” tündököl. Benvenuto Celliniről feljegyezték, hogy amikor először tapasztalta a jelenséget, a saját géniuszának valamiféle földöntúli jelének gondolta. Mielőtt mi magunk is (részesévé válva e jelenségnek) megörülnénk e kitüntetett megkülönböztetésnek, próbáljuk meg kinyújtott kezünkben tartott fényképezőgéppel le-

fényképezni a fénylést... Azt fogjuk tapasztalni, hogy a fotón a fényképező berendezés körül fog fényesebben ragyogni a gyepek, nem a fejünk körül. Egyszóval minden megfigyelő a „saját” dicsfényt fogja észlelni. Hasonlóan a később tárgyalandó szivárványhoz!

Teleszkóptívet használva a fotón szinte egyenként is láthatjuk a cseppek fénylését. Ha kellően ügyesek vagyunk, egy alkalmas, egyenletes füves térséget nagyon finom vízperemmel beszórva, magunk is előidézhetjük a jelenséget.

**4. Ellenfény („oppozíciós effektus”).** Hasonló hatású a dicsfényhez, de száraz, porózus felületen vagy apró, szálas növényekkel borított terepen létrejövő visszaverési jelenség (feltétele, hogy kellően érdes, ill. viszonylag sok apró, véletlenszerűen elhelyezkedő felületelem borítsa a tekintetbe vett felszínt. Légkör nem szükséges hozzá (ilyenformán szigorúan véve nem is légköroptikai jelenség). Igazából ún. „árnyékhatás”: az antiszoláris irányban szinte minden sugár, ami a megfigyelőhöz érkezik, árnyékvetülés nélkül érkezik be, ám minél jobban távolodunk ettől az iránytól, egyre több felületelem van árnyékban, így az abból az irányból érkező átlagintenzitás egyre gyengébb. A megfigyelhető fénylés alig 1–1,5 fok sugarú). Megtalálhatjuk az Apollo-űrhajósok holdi képein ugyanúgy, mint a Mars-autók által készített felvételeken.

## Szórési jelenségek

Ezek között találjuk a leggyakoribb, leglétezőnapibb légköroptikai jelenségeket. Ezen pont alatt felsorolt valamennyi jelenség közös fizikai alapja az egyik legelső Nobel-díjas fizikusról elnevezett Rayleigh-féle fényszóródás.

1. **Az ég színe** (ill. ezzel együtt: vörös napkelte/napnyugta). Érdekes, hogy az ég kék színének magyarázatát Newton még nem tudta megadni. J. Tyndall

(1820–1893) ír fizikus laboratóriumi kísérletei hozták közelebb a helyes értelmezést. Amennyiben a fény terjedési közegét alkotó részecskék átlagos mérete a fény hullámhosszának nagyságrendjébe esik, az eredeti terjedési iránytól eltérő irányokba szóródó fény intenzitása a hullámhossz negyedik hatványával lesz arányos – azaz minél rövidebb hullámhosszú fényről van szó, annál jobban csökken az eredeti irányba továbbjutó fény intenzitása. A földi légkört alkotó molekulák ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ) mérete 0,2 nm körül van, így elvileg ibolyáskék színű az ég. Nagyon tiszta levegőjű helyeken, magashegységekben néha látni ilyet. Ne feledjük: a legtöbb optikai jelenségért és a földi élet életben maradásáért felelős légkör tömegének 50%-a a felszín feletti 5 km-es magasság alatt található! Ugyancsak emiatt a horizont közelében látszó (kelő-nyugvó) Nap és Hold színe, a sárgásfehér színkeverékből más irányokba kiszóródó nagymennyiségű kék hiánya miatt vöröses. Természetesen minél magasabbra emelkednek az égen, egyre kevesebb levegőn kell áthaladnia fényüknek, így egyre több kék maradhat „benn” az összetett sugárzás-keverékben. Azaz egyre sárgás-fehérebbek. Természetesen a Föld felszínéről nézve még a zenitben álló Nap és Hold színe is eltér a világűr légritka terében megfigyelhető szintől...

Persze az ég színét nem csupán a felsorolt molekulákon szóródó napfény okozza! Számptalan, nagy molekulájú szennyeződések (ipari, közlekedési égéstermék), valamint óhatatlanul mindig a légkörbe kerülő természetes (vulkánkitörésekkel, erős szelekkel magasba kerülő finom porszemcsék) és mesterséges szennyeződések alkotta ún. aeroszolok (lebegő szilárd és folyékony halmazállapotú szemcsék) szintén szóró hatásúak. Jellemző méretük 1 mm körüli, de sokkal nagyobbak is előfordulnak – így ezekre

már nem a Rayleigh-szóródás törvényszerűsége érvényesül. Kísérletileg már Tyndall is kimutatta, hogy egyre nagyobb ködrészecskék jelenlétekor a szórt fény kékes színe megszűnik. A pontos kép igen bonyolult, a kb. 0,5 mm-nél kicsit nagyobb sugarú részecskékre már jobban szóródik az 500 nm-es tartomány, míg kb. 0,6 mm-nél már a színek mélyvörös része. Ekkor a kelő és nyugvó Nap lenne kékes és az égbolt vöröses.

A nappali égbolt színe a Föld különböző pontjain megfigyelve az észlelőhely környezetének pillanatnyi légköri összetételétől függ; irány szerint és időben is változhat. Mint az előbbieken láttuk, a nagyobb méretű szennyeződések sárgábbra színezik az eget. Szokásos nyári tapasztalat, hogy a meleg levegőben lebegő nagymennyiségű vízpára és a hozátapadó finom por miatt fakó, színtelen is lehet az ég. Szélsőséges esetben egészen opálos, tejszerű is lehet a kialakuló szín (az ún. fotokémiai szmog kialakulásával, pl. nagyvárosokban).

**2. Az égbolt polarizációja.** További izgalmas tény, hogy a szórt fény iránytól függően, részlegesen lineárisan polarizált is. Ez Rayleigh szóráselméletével is magyarázható (izotróp részecskéken szóródó fény úgy polarizálódik, hogy a tekintetbe vett sugár terjedési irányára merőlegesen szóródó fény szinte tökéletesen, a többi irányban részlegesen polarizálódik. A polarizáció síkja mindig olyan, amit a fény terjedési iránya és a vizsgált irány egyenese jelöl ki. Az égbolt szórt fényének polarizáltsági foka (mértéke, azaz a polarizálódott fény intenzitásának aránya az adott irányból érkező teljes fényintenzitáshoz képest) így várhatóan a legnagyobb a Naptól  $90^\circ$  szögtávolságra lévő irányokban, azoktól távolodva mind a Nap felé, mind az átlellenes (antiszoláris pont) irányba nulláig csökken. A valóságban ezek az ún. neutrális pontok  $15\text{--}20$  fokkal eltérő irányban

vannak. Mindezt egy egyszerű, a fotózásban is használatos polárszűrővel magunk is ellenőrizhetjük!

**3. Látástávolság.** Igazából nem „jelenség”, mégis a légköroptika egyik legfontosabb gyakorlati kérdése a vízszintes látástávolság kialakulásának kérdése. Az itt tárgyalt jelenségek sorába viszont mégiscsak besorolhatjuk a „rendkívüli horizontális látástávolságokat”. Mint-hogy ezt is elsősorban a szórás befolyásolja (gyakori téves elképzelés, hogy az elnyelődés, azaz abszorpció), ezért e fejezetnél említendő! A tipikus vízszintes talajmenti látástávolság  $5\text{--}8$  km, az ennél nagyobbak ritkák, a  $60$  km feletti talajmenti látástávolság pedig már rendkívülinek tekinthető. A Mátrából alkalmanként (évente  $3\text{--}4$  ízben) meg lehet figyelni a kb.  $120$  km-re lévő Magas-Tátra csúcsait (különösen tavasszal, hidegfrontok után, amikor a csúcsok még havasak, és a hó nagyobb reflexiója növeli a felületi fénysűrűséget)!

**4. Tyndall-jelenség.** A szeszélyes alakú felhők által megszárt napfénytől árnyékban lévő térrészekből nem érkezik felénk szórt fény, míg amerre akadálytalanul juthatott, onnan bőségesen. Az eredményül kapott kép a távlati hatás miatt többé-kevésbé szétartó fényes és sötétebb sávok rendszere. A sávok szinte végtelen számú variációban jelenhetnek meg!

**5. Krepuszkuális sugarak** (más néven „szürkületi sugarak”). Tulajdonképpen Tyndall-jelenség, csak különlegességét az adja meg, hogy a Nap már a látóhatár alatt van. Így a sugarak a napnyugta pontjától sugárzódnak szét, alulról felfele nyílnak szét. Még frenetikusabb a hatás! A Nap fényének „megszűrését” távoli hegycsúcsok, jól körülhatárolt felhők okozhatják.

**6. Antikrepuszkuális sugarak** („szürkületi ellensugarak”). Ez is Tyndall-jelenség, de a legritkább fajtája. Egy-egy

helyen évente 2–3 alkalommal fordulhat elő, különböző erősséggel. Az igazán látványos (kontrasztos) antikrepuszkuláris sugarak ritkák! Míg a krepuszkuláris sugarak nyugaton figyelhetőek meg, az anti-krepuszkuláris sugarak az átellesen pontban, és onnan sugárzódnak szét, szintén alulról felfelé szétnyílóan. Nehéz lefényképezni, mert igen gyenge a kontraszt a sötét és világos sávok között. Mivel a jelenség a megfigyelő és a napfény számára akadályt képező tereptárgyak (légköri objektumok) térségének aeroszol-mennyiségétől függ, néha egyszerre jelentkezik a „krepuszkuláris” sugárrendszerrel – így különös élményt nyújthat, ha a krepuszkuláris és anti-krepuszkuláris sugárrendszer pár egymáshoz sugara folytonosan átmegy a másikéba (a szerző már látott ilyet – de le is fotózni még halszemoptikával is nehéz).

## Törési jelenségek

1. Csillagászati refrakció (és a kelő-nyugvó Nap és Hold alaktorzulása). Ezt minden amatőrcsillagásznak illik ismereni! Lényege: a (földi léptékhez viszonyítva) végtelenben lévő „égi” objektumok fény sugarai a kintől befelé (fentről lefelé) egyre sűrűbb légrétegekbe történő belépés miatt (egyre inkább a beesési merőlegeshez közeledő törési szög miatt) a felszín közelében álló észlelő számára magasabban látszanak, mint amilyen szögben ténylegesen kellene... Azaz: a légkör fénytörése „megemeli” az égi objektumok helyét. A zenitben persze ez a hatás nem jelentkezik, viszont egyre alacsonyabbra tekintve egyre gyorsabb ütemben nő, a horizont irányában pedig a legerősebb: kb. fél fok. Emiatt pl. a Nap teljes korongja látható lehet, amikor pedig már a valóságban teljes terjedelmével lenyugodott! Így szélsőséges esetben az is előfordulhat, hogy a telihold és a nyugvó napkorong egyidejűleg a helyi látóhatár felett tartózkodik. A csillagá-

szati refrakciót közelítő formulákkal kezelhetjük asztrometriai és egyéb észleléseink során. Tulajdonképpen ide kell sorolnunk a napkorong kör alaktól való eltéréseit, torzulásait is.

2. Zöld sugár („green flash”, valamint kék- és vörös sugár, „red flash”). Mint hogy a levegőt alkotó gázkeveréknek is van diszperziója, a nyugvó napkorong különböző pontjairól a vastag, szferikus homogén gömbhéjából összetehető légkör rétegein keresztül érkező különböző hullámhosszú sugarai eltérő módon (eltérő irányokba) terjednek tova. A rövidebb hullámhosszúságokra a refrakció nagyobb, mint a hosszabbakra. Ezért a rövidebb hullámhosszú „képe” a Napnak magasabban lesz, mint a hosszabb. Míg középtájt az átlagos színkeverék sárgásfehéret ad ki, ritkán, de előfordulhat, hogy a felső perem a narancssárgából átfordulhat élénk zöld színbe is. Ez a „zöld sugár” jelensége. Hasonló hatás fordulhat elő az alsó (a nyugvó korongnak a horizonttal érintkező) pontján is, ott a korongnál is sokkal mélyebb vörös elszíneződés fordulhat elő, ami ráadásul a korong körívének a horizont vonalához történő ráfűződésével is együtt jár – ez az igen „vörös sugár” jelenség.

3. Novaja Zemlja-jelenség (oroszfennhatóság alatt álló szigetek nevéből). Csak a magasabb földrajzi szélességeken előforduló légköroptikai jelenség. A tartósan a látóhatár alatt (de ahhoz közel) lévő napkorong felső, keskeny részének a Föld görbületét követően ívelő torzult alakjaként írható le – illetve az egymás felett rétegződő többszörös hőmérsékleti „inverziós rétegek” miatt akár teljesen „felszeletelt” (szétdarabolódott csíkokként látszó) napkorong képe.

4. Szcintilláció. Kevert jelenség. A levegő különböző sűrűségű tartományai különböző optikai tulajdonságúak is (a törés mértékét megadó „törésmutató” összefügg a főbb fizikai állapotjelzőkkel:

hőmérséklettel, sűrűséggel). Mindaddig, amíg kisebb (méteres karakterisztikus méretű) tartományok térben és időben véletlenszerűen változó állapotúak, a különböző irányokban és időben lezajló törési folyamatok hatásai kiegyenlítik egymást, és a tárgyakra ugyan szemünkhöz elérnek a sugarak, de eltérő optikai hosszúságú úton, így pillanatról pillanatra eltérő mennyiségű fény nyelődik el, és szóródik ki az eredeti fényből. A következmény: rendszertelenül változó intenzitású és színű lesz a fény, és kissé az irányja is ingadozik (attól függően, hogy a szemünk elérése előtti utolsó néhány törés folyamánként éppen milyen irányból látjuk beérkezni az adott tárgyról érkező konkrét sugarat). Ez a szcintilláció jelensége. Legfeltűnőbbben pontszerű, távoli fényforrásoknál lehet észrevenni: éjszaka, csillagokat nézve („hunyorognak”). Nagyobb nagytávú távcsővel nézve még imbolyognak is.

**5. Délibáb (fata morgana, mirage).** Talán a legismertebb, legkevésbé bonyolult refrakciós effektus. Sokan tévesen visszaverődési jelenségnek gondolják, de a fizikai elv tisztán törés. Kialakulásakor a leglényegesebb momentum: legalábbis nagy léptékben rendezett, zavartalan homogén rétegekben elrendeződött legyen a levegő, hogy örvények ne keverjék össze nagyobb távolságokon a melegebb és hidegebb tartományokat. Két alapvető típusa van: az egyenes állású délibáb (amely csak megemeli a távoli tárgyak képét), és a fordított állású (tűkörkép) délibáb. A leképezésben részt vevő sugarak menetét szépen lehet modellezni különféle kezdőfeltételek megadásával. Mozdulatlan nyári forróságban jól ismert az aszfaltút, víz és száraz, homokos felületek (sivatag) fölött jelentkező délibáb jelenség, de extrém környezetekben a legmeglepőbb, érzéki csalódást is okozó délibábról is szóltak már beszámolóik!

**6. Szivárvány (rainbow és módosulatai: steambow, fogbow).** Talán a gyakoribb refrakciós jelenségek legszínpompásabbja. Számtalan nép mesevilágában szerepel. Magyarzatának alapelveit már tisztáztuk a „dicsfény” létrejötténél. A Nappal átellenben, ellenirányával (antiszoláris pont) fix szögeket bezáró, színeire bomló napfény alkotta íveket az aláhulló, közel gömb alakú vízcseppeken kétszer megtörő és egyszer (40–42 fokos ív) vagy kétszer (50–53 fokos ív) teljes visszaverődést szenvedő sugarak hozzák létre. Amint azt már Descartes is felismerte tizezernyi fénysugár kiserkesztésével: a vízcseppeken töréssel irányt változtató fény a legerősebb az ún. minimális szögeltérülés irányában. Ez a kb. 1,33 törésmutatójú víz esetében az antiszoláris iránnyal 42 fokot bezáró szivárványnak felel meg. A szivárvány azonban nem fehér: a víz, mint minden törés közeg, valamilyen mértékben „diszperz”, azaz a különböző hullámhosszakra kicsit más a törésmutatója, így törés után a különböző színű sugarak kicsit más szögben haladnak tovább, a csepp túlsó belső falán teljes visszaverődéssel ismét irányt változtatva, a másik víz/levegő határfelületen megint hullámhossztól függően kicsit ismét eltérő irányban haladnak tovább, a hullámhosszal folytonosan változó mértékben. Egyes irányokban hosszabb, másokban rövidebb hullámhosszúságú fénysugarakat látunk, így a színképi színek folytonos átmenete figyelhető meg egy közel két fokos szélességű ív peremei között. Megfelelő feltételek közepette elegendő fény érkezik a szemünkbe a másodlagos ívről is, amelyben az eggyel több teljes visszaverődés miatt a színek sorrendje ellentétes a „normál” 42 fokos ívével. A színek is szélesebb tartományban „kenődnek” szét: kb. 3 fokos szélességű az ív. Néhány megjegyzés a jelenséggel kapcsolatban: természetes szivár-

vány mindig csak 53,5 foknál alacsonyabban lévő napkorong esetén fordulhat elő. Délidőben a lábunk alatti irányban lévő antiszoláris pont körüli említett szög(ek)ben „mesterséges” szivárványt finoman permetező kerti locsoló slaggal hozhatunk létre, vagy szökőkutaknál megfelelő irányba nézve. A másik, hogy (hasonlóan a dicsfényhez) mindenki a „saját” szivárványát látja (ami következik abból a tényből is, hogy mindenkinek más-más az antiszoláris pontja).

A fő szivárványon belül gyakran fényesebb az ég. Ez amiatt van, hogy sok fény sugar 42 foknál kisebb szögben lép ki a cseppekből. Ez a plusz fény hozzáadódik az abból az irányból jövő háttér- és előtér fényhez. 42 és 53 fok közötti szögben nem lépnek ki sugarak, így a fő- és mellékszivárvány között mindig sötét van („Alexander sötét sávja”). Ritkaság-számba megy, ha telihold környezetben sikerül valakinek „hold-szivárványt” lefényképezni (a Hold milliószeres halványabb fénye miatt már ilyet észrevenni is nagy kunszt)! Különösen izgalmas kérdés, hogy miért láthatunk oly sokféle szivárványt...? A szivárvány színeinek erőssége, az ív szélessége sok mindentől függ. Többek között a cseppek méretétől is, amely a tapasztalat szerint 50 nm-től akár 1–2 mm-ig is terjedhet.

A 42 fokos ív alján, az ibolya szín után gyakran még több, már nem is tiszta színekből álló sáv-sorozat is látszik – ezek az ún. „számfeletti ívek” nem törési, hanem elhajlási jelenség következményei.

Ritkán ködön, gőzön létrejövő szivárvány is megfigyelhető. Sötét nem csak a vízzel, hanem bármely más fénytörő anyaggal is lehet szivárványt kelteni: Jearl Walker nagy törésmutatójú cukorszirup-permettel és diodometánnal abnormálisan nagy sugarú szivárványjelenséget állított elő. A kulcs a cseppeket alkotó anyag optikai tulajdonsága: a törésmutató és diszperzió, valamint a

cseppek mérete, sűrűsége. Különleges megfigyeléseket tehetünk a színek láttható tartományán kívüli sugarak lefényképezésével is...

7. **Haló.** Talán a legizgalmasabb és egyben legösszetettebb refrakciós jelenség! Ehhez már nagy magasságokba kell ellátogatnunk: a felhők közé! –7 °C fölötti hőmérsékleten általában vízcseppek, túlhűlt vízcseppek alkotják a felhőket. Még –7 és –20 °C között is túlsúlyban vannak a túlhűlt vízcseppek. A szilárd fázis (jég) uralkodóvá válása a –20 °C alatti hőmérsékleteken történik. Végül, –39 °C alatt már csak szilárd fázis figyelhető meg! Eltérő fizikai viszonyok közepette más-más alakú jégkristályok jönnek létre: –30 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten szabályos, „prizma” alakú kristályos jég módosulat jön létre. –10 és –20 °C között hexagonális csillagok (a jól ismert bámulatos szépségű hópolyhek), –5 °C körül pedig hatlapú sokszögek (lemezek, tűk). Ezek különböző méretűek lehetnek, de jobbára három különböző fő típusba sorolhatók. Persze ha relatíve gyors átrendeződések, mozgások vannak a képződési helyükön, nemigen alakul ki tartós optikai jelenség. Ellenben ha viszonylagos nyugalom uralkodik a jégkristályok szintjén, akkor a különféle módosulatok különféle eloszlása, elfoglalt egyensúlyi helyzetei alakítják ki a megfigyelhető jelenséget. Pl. a lapos, hatszögletű módosulat egyensúlyi helyzetében kb. párhuzamosan lebeg a földfelszínnel. Még ha az összes ilyen kristály is pontosan így áll, még egy szabadsági foka van a beállásnak: a lapra merőleges tengely körüli elforgás, e tekintetben akárhogy állhatnak a kristályok. Viszont a fényjelenség létrejöttéhez alkalmas elhelyezkedésük elég sokan lehetnek ahhoz, hogy észlelhető erősségű fényt juttassanak irányukból az észlelőhöz. Legalább két felületen lezajló fénytörés hatása az, amit látunk. A legerő-

sebb intenzitású a fényforrás irányával 22 fokos szöget bezáró irányban.

Tisztán törési jelenség! A mégoly komplex jelenség is szépen modellezhető a különböző beállítású, különféle alakú hatszögletű jégkristályok egyes lapjaira adott szögben beérkező fénysugár egyszerű vagy többszörös törés utáni továbbhaladási irányával. A haló legjellegzetesebb összetevő részei: a 22 fokos halógyűrű (ennek külső íve kék, a belső a vöröses – néha csak egy-egy része látható, az is csak percekig, a teljes 360 fokos ív tartós, 15–20 perces fennmaradása igen ritka, hazánkban évente 2–3 alkalommal figyelhető meg egy-egy adott helyen), valamint a ritkább, 46 fokos külső ív, a melléknap (angolszász elnevezése „sundog”) – kb. a horizonttal párhuzamosan, a 22 fokos fő gyűrűnek a Nap magasságában történő kifényesedése), a parhéla kör, a tangenciális ív és a horizontális ív. Ezek némelyike néha egyedül is jelentkezhet pl. a tangenciális ív, a naposzlop – „pillar” – és a melléknap), minden azon múlik, a jelenséget létrehozó felhőkomplexumban melyik kristálymódosulat milyen eloszlásban található. Különleges része a halójelenségnek a naposzlop (pillar), ami a Nap fölött függőlegesen, mintegy 5 fok magasságig emelkedő, fél fok széles fényoszlop. Érdekessége, hogy ellentétben a többi összetevővel, ez elsősorban reflexiók eredetű, ám olyannyira szerves része a halójelenségnek, hogy itt említjük.

A halójelenségre hidegfrontok előtt járó felhőzetnél számíthatunk, Magyarországon inkább tavasszal és ősszel fordul elő. Sarkvidéki övezetben nem ritka a teljes halókomplexum látványa sem!

## Elhajlási jelenségek

A legritkább, legrejtélyesebb légköroptikai jelenségek.

1. Számfeletti ívek (supernumerary arcs). A szivárványt kísérő jelenség. Fen-

tebb már megemlítettük. A vízcseppek pereménél elhajló fény különböző hullámhosszú összetevőinek eltérő útkülönbséggel történő találkozásából származó interferencia hozza létre.

2. Glória. A Nappal átellenben, az észlelő antiszoláris pontja körül (a fentebb már tárgyalt dicsfényhez hasonló módon, de nem növényi levelek felületén, hanem levegőben lebegő) finom eloszlású párcseppeken a kétszeres törés után visszafele jövő sugár különböző hullámhosszú összetevőinek kis útkülönbségek miatti interferenciája miatt kialakuló kör-szimmetrikus színes mintázat (gyűrű).

3. Irizáló felhők (iridescent clouds, más néven: coronae, korona, holdudvar). A Nap, illetve ritkán a telihold körül kis vízcseppeken ill. jégtűkön elhajló fény interferencia jelensége. Többnyire szimmetrikus, körszerűen veszi körül a Napot (Holdat), annak „koronájaként” tűnik fel. A népnyelvben a leggyakoribb elnevezés a Hold körül létrejövő elhajlási jelenséget illeti („udvara van a Holdnak”), feltehetőleg a Nap erős fénye miatt a Nap körüli hasonló jelenség nem volt ismeretes a szabadszemes észlelések alapján. Változatos színű lehet, a fényforrás közelében az előreszórás miatt fehéres színű, attól távolodva, amint csökken a szórt fény erőssége, láthatóvá válik a belül kék, kívül vörös elszíneződés. A Hold gyenge fénye miatt a színképi vöröstől ibolyáig terjedő színátmenet helyett csak kékés és sárgás színek figyelhetők meg. Az elhajlást okozó cseppecskék mérete függvényében kissé változó szögátmérője lehet a Nap és Hold körül. Az „irizáló felhők” esetében a Nap iránya közelébe kerülő (alkalmas méretű cseppeket tartalmazó) felhőkön változatos méretű és alakú erős elszíneződéseket láthatunk erősen elnyelő nap-szemüveggel szemlélve. Nyáron gyakori jelenség, de a szerző saját tapasztalata alapján az emberek túlnyomó többsége

életében nem látott ilyet, sőt, még ha a figyelmüket fel is hívjuk a jelenségre, még csak el sem hiszik, hogy léteznek „színes felhők”. Sok esetben, mikor meg is mutatjuk, sokan még akkor sem látják színesnek – feltehetőleg az emberek kisebb hányada képes a Nap közelsége mellett gyengébb fénylésben színeket észre venni. Jól szemléltethető a jelenség létrejötte sűrű szövéssű fátyolon (vagy szabályos porszemek vékony rétegén) keresztül nézett távoli lámpa fényével.

## Egyéb légköroptikai jelenségek

Az eddig felsorolt jelenségekben a légkört alkotó anyagok mindig passzív résztvevői voltak az adott effektusnak. Léteznek azonban olyan légköroptikai jelenségek, amelyekben aktív szerepet játszanak a légkör összetevői, elsősorban atomjai, molekulái. Ide elsősorban két csoportot sorolhatunk:

**1. Elektromos jelenségek** (villám, Szt. Elmo-tüze stb.). Az elektromos kisülések során kialakuló, igen változatos, bonyolult alakú „ionizációs csatorna” mentén ionizálódó légköri atomok rekombinálódásakor kibocsátódó fény, és ennek a légköri aeroszolokon szóródó fénye látványos, soha sem ismétlődő alakzatú látványos, maximum néhány tized másodpercig tartó fényjelenséget okoz. Az oxigén jellegzetes kékes-lila emissziós vonalai miatt általában ilyen színű vilámlomok láthatunk. A nagyon ritkán megfigyelt „gömbvillámok” (a magyar népryelvben „matató ménkű” néven említik) a leírások szerint narancssárgák.

Hajók árboca és néha más (csúcsos) mesterséges tárgyak felülete közelében megjelenő kékeszöld fény a csúcshatás miatt jelentkező (szintén elektromos) fénylés.

**2. Északi fény** (sarki fény, aurora borealis és aurora australis – „déli” fény). A Napból érkező nagy sebességű, elektromosan töltött részecskék (elektronok,

protonok, nehezebb ionok) a Föld mágneses erőterének erővonalait követve az északi és déli mágneses pólusok körül, egészen a felszín közelébe érve, a sűrűbb levegőbe ütközve magasabb energiaszintekre gerjesztik a légkör atomjait. A nitrogén jellegzetes zöld, az oxigén kékes-lilás és pirosas színű vonalai miatt gyakran zöld, narancsos, lila színekben pompázó, sokféle alakzatot formázó fényjelenséget produkál. Szokásos megnevezése félvezető, mert a déli pólus környékén ugyanúgy előfordul! Eredete miatt nyilvánvalóan gyakoribb és intenzívebb a naptevékenységi maximum körüli években (11,5 évente). Ilyenkor nem ritka, hogy alacsonyabb földrajzi szélességekről is megfigyelhető – bár optimális légköri viszonyoknak kell teljesülni ahhoz, hogy a fényszóródás és elnyelődés ezt lehetővé tegye! Természetesen hazánkban a poláris régiótól való távolsága miatt legtöbbször a vörös színű ragyogás tud csak pompázni, és csupán a legfényesebb részei látszanak. Kivételes szerencsének tekinthető, hogy a legutóbbi évtizedek leglátványosabb sarki fénye (2003. november 20.) olyan intenzív volt, hogy a zöld fénylés is látszott, és még a zenithez közel is láthatóak voltak fénycsíkok!

Az itt bemutatott jelenségek rendszerezése legjobb tudásunk szerint teljes. Azonban ez korántsem jelenti azt, hogy igen ritkán előforduló esetleges további látványos jelenségek nem maradtak ki. Sőt még e területen is van felfedezni való! Célunk az volt, hogy az igen komplex jelenségekört áttekinthetően, rendszerezetten tárjuk az érdeklődők elé, a szép látvány mögötti fizikát megértessük, és a jövőben ezek értő megfigyelésére buzdítsunk. Érdemes időről időre az égre pillantani – bármikor csodás látvány tanúi lehetünk!

HEGEDÜS TIBOR