

Légköri varázslatok

Nem ismerünk még egy olyan csodálatos égitestet az általunk eddig feltárt univerzumban, mint a Földünk.

A légkör 78%-át nitrogén, 21%-át pedig oxigén alkotja. A maradék 1%-nyi rész szén-dioxidot, argont és sok más kémiai összetevőt foglal magába. Atmoszféránk gömbhéjakból épül fel. A troposzférában élünk. Itt található a légkör tömegének nagyjából 80 százaléka. A sarkok közelében 10 kilométeres, az Egyenlítő közelében 16-18 kilométer magasságba nyúlik. Fölötte van a vékony rétegű tropopauza, majd következik a sztratoszféra, ahol az ég már ibolya színűre változik.

A troposzférában egyre feljebb haladva (pl. egy magas hegy csúcsára felmászva) folyamatosan csökken a légnyomás és a hőmérséklet értéke. Ráadásul az oxigén mennyiségének relatív értéke is zuhan. Az oxigén relatív atomtömege nagyobb a nitrogénénál, így egyre magasabbra emelkedve már az aránya folyamatosan kisebb lesz a nitrogénhez viszonyítva. Mindez azt mutatja, hogy az emberi életfeltételek annál jobban romlanak, minél inkább eltávolodunk a tengerszinttől.

A légköri molekulák még néhány száz kilométeres magasságban is jelen vannak, azután pedig a szó szerinti világűr következik.

A troposzférán át tekintve tanulmányozzuk az égitesteket. Ebben a rétegben varázslatos jelenségeknek lehetünk szemtanúi.

Miért kék színű a nappali égbolt?

Ez a légköri molekulákon történő fényszóródás eredménye. Lord Rayleigh (eredeti nevén John William Strutt – 1842-1919) angol fizikus állapította meg, hogy a szivárvány színeit tartalmazó napfényből a kék 16-szor jobban szóródik, mint a kb. kétszer nagyobb hullámhosszúságú vörös. A nappali tiszta ég kéksége függ csillagunk látóhatár fölötti magasságától. A megfigyelések szerint május és augusztus elején láthatjuk a „legkékebb” eget.

„Leonardo da Vinci, a régi festészetnek tudós nagymestere, aki még nem tudott a fehér fény összetett voltáról, azt hitte, hogy az ég kék színe a világűr fekete-ségének és a levegőben úszkáló fehér ködsemcsék keveréke. Bár ez a magyarázat egészen helytelen, abban az egyben mégis igaza volt a középkor lángelméjű tudósának, hogy a világűr fekete.” (Természettudományi ismeretek I. kötet, 1930.)

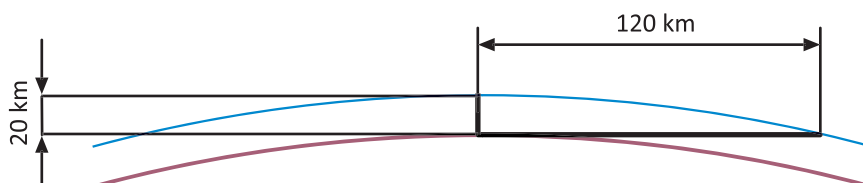
A Marson lévő égbolt vöröses színű a légkört döntően alkotó szén-dioxid miatt. A lemenő Nap körül kék színű területet látunk.

A Holdon az ég bársonyfekete, mivel égi szomszédunknak nincs légköre.

Miért vörös az ég alja?

A népi megfigyelések szerint, ha napnyugtakor vörös az ég alja, akkor másnap szeles időjárás várható. A tapasztalatra épülő időjárás előrejelzésnek van valóságalapja. Ez pedig az, hogy a látóhatár közeléből érkező fénysugarak egy vastag és poros légkörön át érkeznek hozzánk.

Ha fejünk fölé (zenit) tekintünk, akkor a légkörön át merőlegesen érkező fénysugarakat élvezhetjük. Ha azonban a látóhatár (horizont) irányába vetjük tekintetünket, a fénysugár kb. 120 kilométer utat tesz meg a légkörben.



Marsi naplemente. A bolygó felszínén kutatást végző Spirit terepjáró képén (JPL) jól megfigyelhető, hogy a napkorong látszó mérete lényegesen kisebb, mint a Földön. Ez nyilvánvaló, hiszen a Mars külső szomszédunk.

A vastag légrétegen áthaladó fényből kiszóródnak a kék és az annál rövidebb hullámhosszúságú fotonok, így a „maradékot” észleljük.

Ezért olyan színpompás az alkonyi- és a hajnali ég alja. A lenyugvó (felkelő) Napot és Holdat is mélyvörös és sárgás színben látjuk.



A lenyugvó telehold Rio de Janeiro egén. APOD/Babak Tafresi



A lángoló nyugati ég a szerző felvételén.

Különösen színpompás látványt élvezhetünk, ha valahol egy nagy erejű vulkánkitörés történt. A kilövellt hamu és por a sztratoszférába jut. A szennyezőanyagot a légáramlatok szétterítik. Így heteken át extra színgazdag naplementéknek lehetünk tanúi.

A másik ok a légköri fényelnyelés (extinkció). Minél vastagabb rétegen nézünk át, annál halványabbnak látjuk az égitestek fényét. A látóhatár közelében minden csillagot vörös színűnek látunk, ha látjuk egyáltalán. De ugyanezt tapasztaljuk, ha távoli földi fényforrást figyelünk meg a horizont közelében.

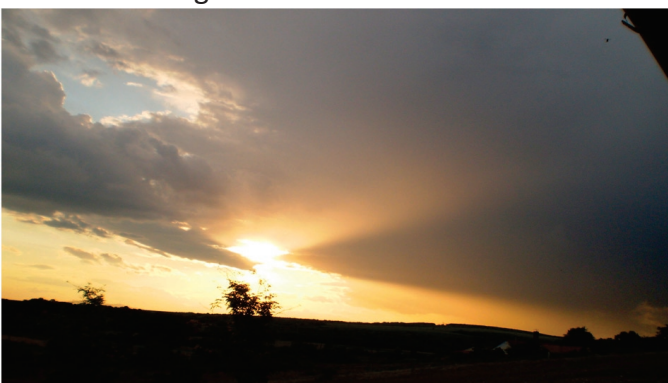
A fényelnyelésnek köszönhető, hogy a lemenő/felkelő Nap korongjára veszélytelenül tekinthetünk. **Csak ezekben a percekben lehet szabad szemmel történő megfigyelést végezni!**

További égi „varázslatok:

A nappali égen is vannak különleges fénytűnemények. Például ha két felhőréteg egymás fölött úgy helyezkedik el, hogy a feljebb fekvő árnyékot vet az alatta lévőre.



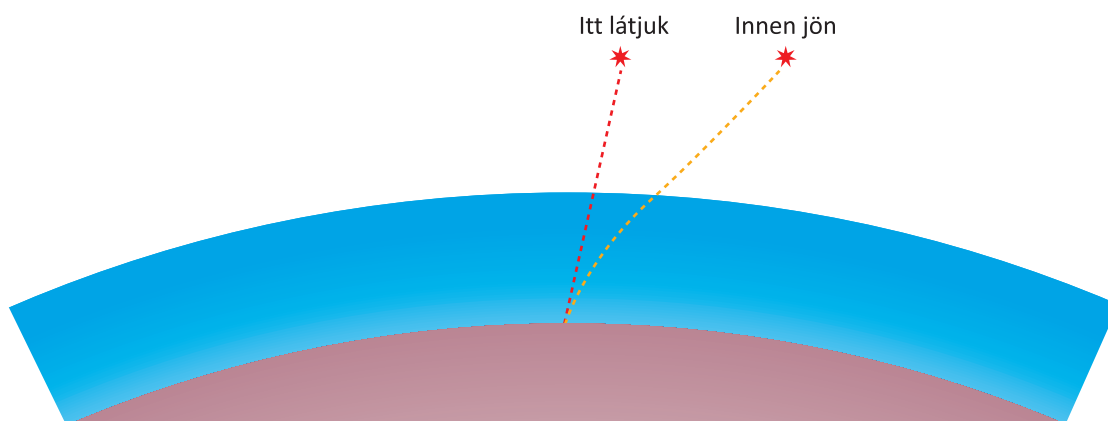
A másik érdekes jelenség a Tyndall. Ez a felhők peremén és résein átjutó napfény, amely sugaras szerkezetet hoz létre. Árnyéksávokról van szó. A látványt a fényszórás okozza. Magyarázatát John Tyndall (1820—1893) írfizikus adta meg.



Ezt a látványt magunk is létrehozhatjuk, ha egy lefüggönyözött, sötét szobában parányi lyukakon át engedjük be a Nap fényét. Ha egy kicsit felkavarjuk a padlón lévő port, akkor szép látványban lesz részünk. Ekkor a nagyon parányi porszemeket is észrevesszük, mert róluk visszaverődik a fény, sőt, a szemcsék tengely körüli forgása miatt még a visszavert fény erőssége is változik.

Melléknap, kettősnap, fényudvar (halo-jelenség), naposzlop. Sokszor előfordulnak, ha a fény- és időjárási körülmények megfelelőek.

Az éjjeli égen a Hold is létrehoz halo-jelnséget, ezt holdudvarnak hívjuk. A magyarázat: a magas légkörben lévő jégkristályok által okozott diszperzió. (Az üvegprizma a Nap fehér fényét felbontja. Ezek a szivárvány színei. A törésmutató – ami azt jellemzi, hogy az adott színű foton haladási iránya milyen mértékben változik meg a haladási iránya a prizmából kilépve – a különböző színű fénysugarakra eltérő mértékű. A legkevésbé a vörös, a legnagyobb mértékben az ibolya iránya módosul. Tehát a vörös színű sugarakra a törésmutató értéke a legkisebb, ezzel szemben az ibolya színűekre a legnagyobb. A többire – narancs, sárga, zöld, kék, indigó – a fenti két érték közötti jellemző. Ez pedig a fénytörésnek (refrakciónak) köszönhető.



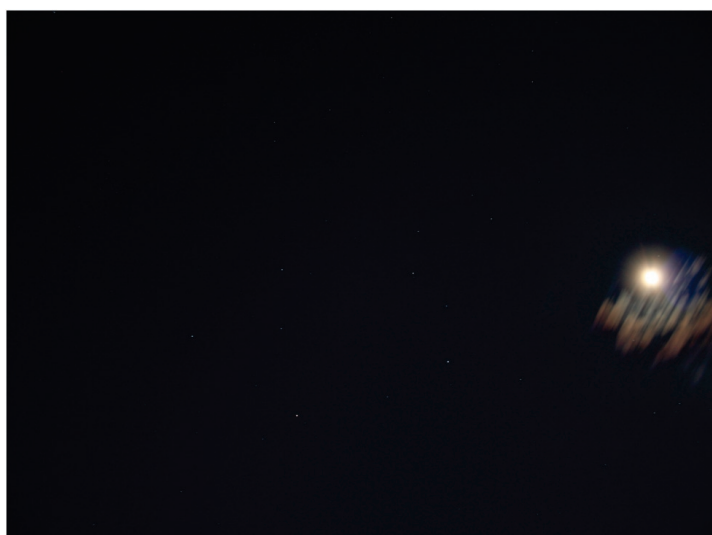
A fénysugár útja az egyre sűrűbbé váló légkörben. Az égitesteket nem abban az irányban látjuk, ahol a fénysugár belép a légkörbe.



Szivárvány. Az esőcseppeken – melyek apró prizmaként „működnek” – megtörik a Nap fénye. A törésmutató eltérését jól jelzi, hogy a vörös színű sáv van fent, és az ibolya legalul. Érdeemes figyelni arra, hogy a látvány körív alakú. (A szerző felvétele.)

A törésmutató mértékét a levegő hőmérséklete, páratartalma és nyomása is befolyásolja.

A Hold által létrehozott szivárvány. Az Oroszlán csillagkép legfényesebb tagjai – a kép középső részén – jól láthatók. A hasa alatt pedig a Mars bolygó vehető észre. (A szerző felvétele.)



Egy forró nyári napon a vasúti sínek fölött tekintve és az aszfaltos utat nézve remegni látjuk a levegőt, és azt vehetjük észre, mintha az útpálya vizes volna. Mindkét jelenség magyarázata a refrakció. A második esetben pedig a teljes visszaverődés jelensége látható. Ez utóbbit egyszerűen be lehet mutatni: egy átlátszó pohárba töltött vizet úgy kell alulról nézni, hogy a vízfelület alsó része ezüstösen csillogó legyen. Ekkor érzük el azt a visszaverődési szöveget, amely miatt így látjuk a víz alsó felületét. Ezután lehet beszélni a délibábról.

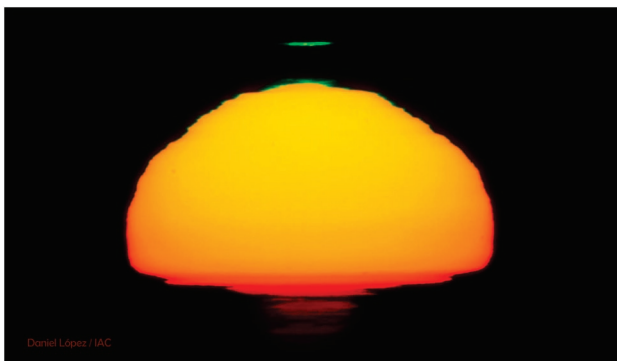
A fénytörés miatt a Nap és a Hold látszó alakja jelentősen megváltozik a látóhatár közelében.

A telehold torzult alakja a fénytörés „játéka”. APOD/Jean-Marc Audrin



A zenitből érkező fénysugarak irányváltozás nélkül érik el szemünket. Minden más irányból érkező fénysugár törést szenved, tehát az égitestet nem a valódi helyén figyeljük meg, hanem annál magasabb látóhatár fölötti magasságban.

A fénytörés mértéke egyre nagyobb értékű lesz a látóhatár felé közeledve. A horizonton pedig megegyezik a Nap és a telehold látszó méretével! Tehát mindkét égitestet már a látóhatár alá süllyedt, de még mindig ott látjuk őket. Ez azt eredményezi, hogy minden nap néhány percnyi „ajándék” napfényt kapunk – reggel és este. (Ez a magyarázata annak, hogy a napéjegyenlőségek időpontjában miért nem 12-12 óra az éjszaka és a nappal időtartama.) Pl. 2017-ben március 20-án délelőtt kezdődött a csillagászati tavasz (ekkor érte el a Nap a tavaszpontot – erről majd a későbbiekben), a Nap (Budapesten) 5 óra 46 perckor kelt és 17 óra 57 perckor nyugodott. Tehát 11 percet „ajándékozott” nekünk a refrakciós hatás.



A látóhatáron lévő napkorong. Jól látható valamennyi, korábban említett, légköri látványt módosító jelenség. A korong felső peremén és a fölött pedig egy ritka optikai tünet – a zöld villanás (green-flash) – figyelhető meg. Kedvező légköri viszonyok mellett is nagy szerencse kell ennek megörökítéséhez. APOD/Daniel López

Vibráló fényű csillagok

Ha feltekintünk az éjjeli égboltra, akkor a csillagok fényét vibrálni, reszketni, remegni, sziporkázni látjuk. A fényesebb csillagok esetén észrevesszük azt is, hogy a csillagról érkező fény színe folyamatosan – a szivárvány színeinek megfelelően – változik. Ha pedig távcsövön át nézünk egy csillagot, akkor égi helyzetét állandóan változóan észleljük, mintha „ugrálna”. Ezt a jelenséget szcintillációnak hívjuk.

A jelenség magyarázata a légkör fizikai állapotának folyamatos változása. A fölöttünk lévő légrétegek hőmérséklete, nyomása eltérő, ezért a törésmutató értéke sem egyforma, ráadásul a légkörben állandó turbulens (örvényes) áramlások vannak, amelyek úgy keverik össze a különböző nyomású és hőmérsékletű levegőt, mint ahogy egy fazékban főzés közben a fortyogó levesben lévő zöldségdarabok föl-lemerülnek.

Az „ugrálás” magyarázata pedig az, hogy a szemünket elérő fénysugár mindig más-más irányból érkezik. A csillagok oly távoliak, hogy pontszerű fényforrásoknak tekinthetők. Ez azt jelenti, hogy róluk egyetlen fénysugár éri el bolygónk légkörét.

A bolygók – csillagászati értelemben – közeli égitesteknek számítanak, róluk fénynyaláb érkezik, amely több párhuzamos fénysugárból áll. Így a szcintilláció okozta jelenség nem jön létre. Szabad szemmel nézve

a bolygók nyugodt fényű égitesteknek látszanak. Így lehet őket könnyen felismerni az égen, és persze kiemelkedő fényességük is segít ebben.

A szcintilláció a látóhatár felé közeledve egyre nagyobb mértékű lesz. Így a fényes Vénusz bolygót is csillogóan, villódzóan vesszük észre a horizont közelében.



A csillagok szcintilláció okozta „ugrálása”, valamint a fénykioltó hatás (extinkció) is jól látszik ezen a pompás képen, melyet Babak Tafreshi készített. Előtérben Chilében felépített Cerro Tololo obszervatórium épületei láthatók. A hosszú expozíciós idő alatt a Föld elfordult a tengelye körül, így jellegzetes „csíkhúzó” kép lett a végeredmény. Az is megfigyelhető, hogy a fotó készítése során gépjárművek közlekedtek az obszervatórium körüli utakon. A felvétel 2016. október 22-én került fel az APOD-ra (a nap csillagászati képe című webhely). Ha ezt megkeressük, akkor a kép alatti szövegben a timelapse and video kiemelésre kattintva mindenkit elvarázsoló képsorok nyílnak meg. Az első kisfilm az előzőkben ismertetett refrakcióról szól.

A légköri heves áramlatok elmosás a távcsőben megfigyelhető Hold vagy bolygók finom képi részleteit. Ezért akkor érdemes megfigyeléseket végezni, amikor az atmoszféra nyugodt állapotú. Ez általában hidegfront után szokott lenni. Akkor a szél kisöpri a fölöttünk lévő légkörben lévő szilárd szennyezőanyagokat is. A légköri áramlások pedig „megnyugszanak”.

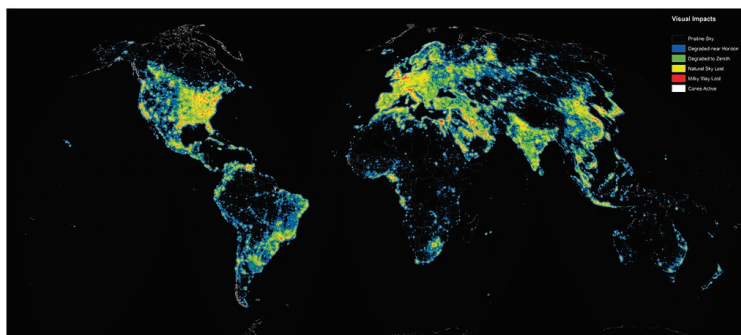
A távcsővel végzendő megfigyelések előtt – már jóval korábban – telepítsük ki a műszert a megfigyelő helyünkre. Át kell vennie a környezet hőmérsékletét (temperálás), hiszen a cső belsejében örvényes áramlás alakul ki, ha nem veszi fel időben a külső hőmérsékletet. Ez pedig élvezhetetlenné teszi a képet.

A nyugtalan légkör okozta hatást a Hold krátereinek peremén lehet nagyon jól észrevenni. Ekkor a fentebb említett remegést látjuk. Olyan, mintha egy hullámozó vízfelület alól szemlélnénk az égitest(-ek) képét.

A légköri rossz „varázslat”

Sajnos ez nem is varázslat, hanem a “mindent világítsunk ki” szemlélet eredménye. Ez a fényszennyezés.

A kivilágított égbolt. Az összeállítás a 2016-os állapotot mutatja. Érdekes egy kis időt rászánni az elemzésére. APOD/F. Fachi és munkatársai



Nem véletlen, hogy a csillagászati obszervatóriumok a településektől távol helyezkednek el. Ennek nemcsak a zavaró fények az okai, hanem kiemelt szerepet játszik az ún. asztróklima. Olyan helyet kell találni, ahol az időjárás szeszélyei a lehető legkevésbé befolyásolják a megfigyeléseket. Az sem mindegy, hogy milyen tengerszint feletti magasságban építik fel a kupolákat. Ezáltal egyre vékonyabb légrétegen át kell tekinteni, és sokkal hatékonyabban lehet pl. az infravörös tartományban érkező üzeneteket tanulmányozni.

Az emberiséget évezredek óta szoros kapocs fűzi az égbolton lévő égitestekhez. Ezt veszítjük el a fényszennyezés miatt. Egy városlakónak fogalma sincs arról, hogy milyen esztétikai élményt nyújt az éjjeli égen villódzó több ezernyi égi lámpás, a rajta áthúzódó Tejút, egy-egy felvillanó meteor látványa. Mindenkinek javaslom, keressen egy olyan helyet, ahol nincs minden bokor kivilágítva, és élvezze ezt a látványt!

Ne feledjük! Az emberiséget a csillagászat tanította meg gondolkodni!