

Amikor leszáll az éj.

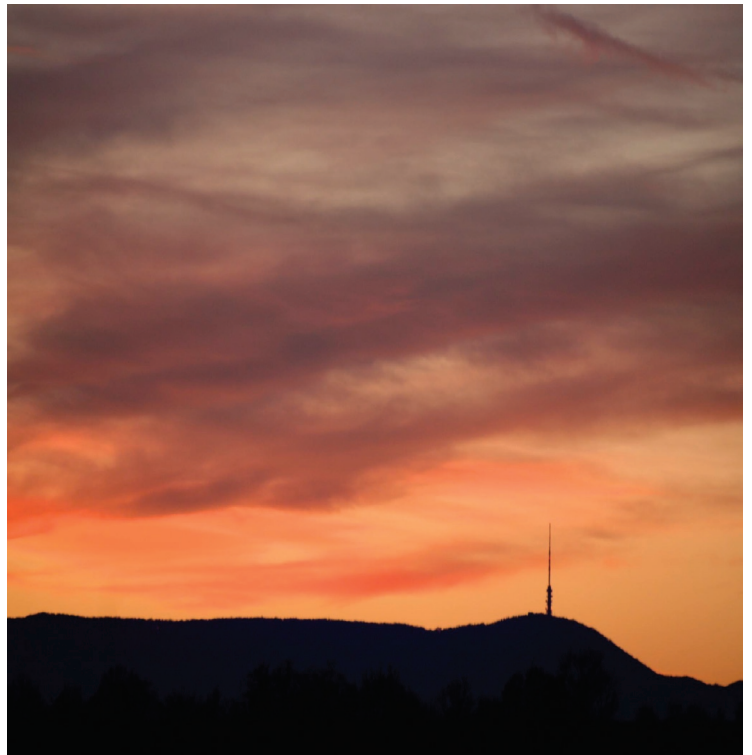
„Állok az ablak mellett éjszaka,
S a mérhetetlen messzeségen át
Szemembe gyűjtöm össze egy szelíd
Távoli csillag remegő sugarát.
Billió mérföldekről jött a fény,
Jött a jeges, fekete és kopár
Terek sötétjén lankadatlanul,
S ki tudja mennyi ezredéve már.
Egy égi üzenet, mely végre most
Hozzám talált, s szememben célhoz ért,
S boldogan hal meg amíg rácsukom
Fáradt pillám koporsófedelét.”

Tóth Árpád: *Lélektől lélekig* (részlet).

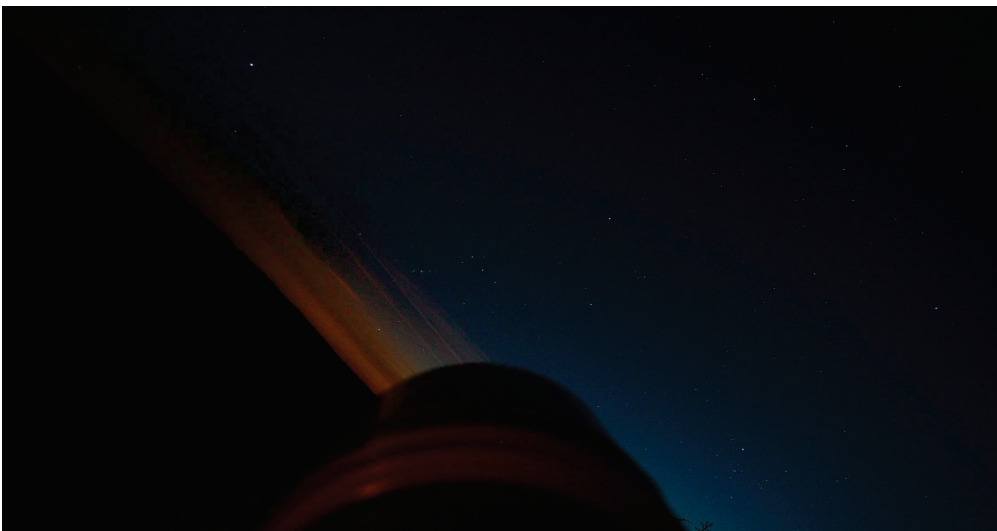
Naplementekor még élvezzük a fényt, a sokféle színben játszó ég alját, az égbolton úszó vörös-felhőket. Sokan úgy vélik, hogy a Nap hirtelen tűnik el. Mozgása akkor feltűnő, amikor valami tereptárgy van a korongja előtt, vagy annak közelében. Érzékszalódás áldozatai lettünk. A látszó mozgását van mihez viszonyítanunk. Alig több, mint két perc alatt süllyed a horizont pereme alá.

Ebben a pillanatban kezdődik a *polgári szürkület*. Ez alatt – a nagyjából fél óráig tartó időszak során – egy könyv vagy újság betűit még el tudjuk olvasni.

Majd beköszönt a *navigációs szürkület*. Ez is hasonló ideig tart. A tereptárgyakat még meg tudjuk különböztetni. Már feltűnnek a legfényesebb csillagok és a bolygók. A légkörön szóródó napfény ereje folyamatosan csökken. Egyre több és több csillag tűnik fel.



A polgári szürkület vége, a navigációs szürkület kezdete.
(A szerző felvétele.)



A csillagászati szürkület kezdete.
A távcső fölött az Orion, tőle balra a Szíriusz, jobbra pedig a Bika jellegzetes V-alakú feje látható. A fényképezőgép követte a Föld forgását, ezért a csillagok pontszerűek. (A szerző felvétele.)

Az égbolt lassan feketévé változik. Nagyjából másfél órával napnyugta után már minden szabad szemmel megfigyelhető csillag ott pislákol az égen. Beköszöntött az éjszaka, leszállt az éj. (Napkelte előtt ugyanez történik, csak fordított sorrendben.)

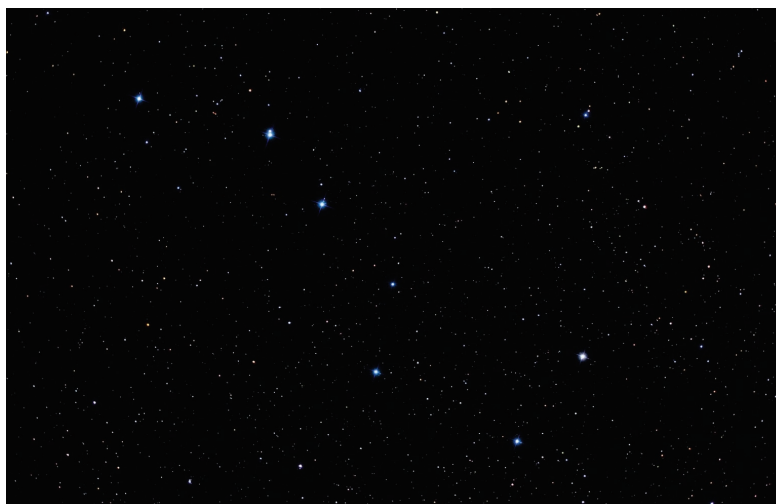
Az égbolt látványa – különösen holdtalan éjszakán, fényszennyezéstől mentes helyről szemlélve – megkapó. A rengeteg villódzó fénypont, melyek mintha egy bársonyos fekete kárpitra lennének erősítve, gyönyörű esztétikai élményt ad. Hirtelen nem is tudjuk, hogy hova kapjuk a tekintetünket. Tájékozódni kellene az égen, de hogyan? Honnan induljunk el, és merre haladjunk?



Az éjszakai égbolt egy része. A képen a Tejút csillagfelhői foltként jelennek meg. A középső, alsó részen a Nyilas tűnik fel. Ebben az irányban van galaxisunk centruma. A Föld forgása is látható (állókamerás felvétel). A kép sokkal csillagdúsabb lenne, ha nem szóltak volna közbe a lámpák. (A szerző felvétele.)

A csillagok sokaságát csillagképekbe (88) csoportosították. (Ez a Földről megfigyelhető összes csillagkép számát jelenti, a hazai égbolton ennél kevesebb látszik.) Miként lehet ezeket felismerni?

A velük való ismerkedést már a navigációs szürkület során érdemes elkezdni. (Napközben a *Stellarium* program révén megnézhetjük, hogy mit fogunk látni.) Kapható egy hatékony – mindentudó – csillagtérkép, a *planiszféra, amely kézi planetárium*. Beállítjuk a megfelelő időpontot, majd észak felé fordulunk vele, és máris látjuk, hogy mely csillagokat illetve csillagképeket hol pillanthatunk meg. Az éjjeli égbolt kitüntetett csillaga a *Polaris* (a *Sarkcsillag*), mely a Kis Medve (Ursa Minor, UMi) legfényesebb tagja. (A csillagkép hazai elnevezése Kis Göncölszekér, vagy Kis Göncöl.) A Sarkcsillag – mint neve is mutatja – azért játszik fontos szerepet, mert az egész égbolt körülötte látszik elfordulni. Tehát a Föld forgástengelye rajta áthalad. (A Sarkcsillag nagyon közel van a forgástengelyhez.) Megtalálásához a Nagy Göncölt kell csak felismernünk, amelyet könnyű azonosítani hét – jellegzetes formát adó – csillaga segítségével. A szekér két hátsó csillagán át egy képzeletbeli egyenest kell átfektetni, majd pedig a két csillag közötti távolságot ötször mérjük fel az egyenesre a zenit irányába, és ráakadunk a Sarkcsillagra. A rúdjának állása csillagóráként is szolgált. Számos pásztorkodással foglalkozó nép a rúd égi helyzete alapján meg tudta mondani, hogy hány óra van, helyi idő szerint.



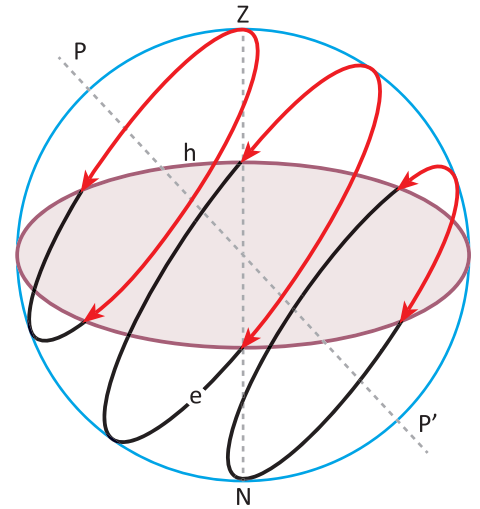
A Nagy Göncöl jellegzetes alakja. © Noel Carboni

Csillagászati földrajz

Tekintsünk úgy az égboltra, mintha egy nagy sugarú gömb lenne, az összes égitest pedig ennek felületén helyezkedne el. Ennek *éggömb* a neve. Az éggömb a Sarkcsillagon áthaladó tengely körül fordul el naponta. A Sarkcsillag látóhatár feletti magassága (északi félgömb) megegyezik a megfigyelőhely földrajzi szélességével! Ezt már az ókori utazók is tudták.

Az Északi-sarkon a Sarkcsillag hajsza hízán a zenitben, az Egyenlítőn pedig a látóhatáron tűnik fel. Ennek az a következménye, hogy az Északi-sarkon minden égitest a horizonttal párhuzamos köröket ír le. Az Egyenlítőn viszont mindegyikük a horizontra merőleges köríveken látszik mozogni. Az északi félteke más tájain a két szélső helyzet közötti égi pályát láthatjuk.

A csillagok íveinek hosszváltozása a mi földrajzi szélességünkön. Z=zenit, N=nadír – a talpunk alatt lévő pont, P és P' az északi és a déli égi pólus helye, melyen áthalad a Föld forgástengelye. A h a látóhatár, míg az e az égi egyenlítő körét jelöli. Ugyanez érvényes a Nap különböző évszakokban megtett ívhosszaira is.



Mint közismert, bármely földi pont helyzetét két koordinátával (szélesség és hosszúság) adhatjuk meg. Az Egyenlítő szélessége 0 fok, míg a kezdő délkör hosszúsági adata szintén 0 fok. Ez a Greenwich-en áthaladó főkör szögadata. (Főkörnek nevezzük mindazon köröket, melyek középpontja egybeesik a gömbével.) Ez a nulladik délkör. Az elnevezés a Nap delelésével függ össze. Ha ismeretlen hosszúságú földrajzi helyen vagyunk, akkor meg kell mérnünk azt, hogy ott a Nap mikor delel (ehhez pontos órára van szükség, amely a greenwech-i idő szerint mutatja az időt). A két idő különbsége pedig megadja a földrajzi hosszúság értékét. Tehát az éjjeli Sarkcsillag magasságának mérésével és a nappal végzett iménti méréssel meglehetősen pontosan meghatározható a földrajzi helyzetünk.

Az éggömbön is vannak szélességi és hosszúsági körök, és ennek megfelelő koordináták. Vetítsük ki a földi Egyenlítőt az éggömbre. Ez lesz az *égi egyenlítő*.

Az éggömbön van egy másik fontos főkör, amelyen a Nap az év során halad. A neve: *ekliptika*. A két főkör egymást két pontban metszi – ezeket *tavaszpontnak* és *őszpontnak* nevezték el. A tavaszpontban van a Nap a tavaszi napéjegyenlőség napján (március 21.) és az őszpontban pedig szeptember 23-án (az őszi napéjegyenlőség időpontja). A tavaszponttól az őszpontig tartó félkörív az égi egyenlítő fölött, míg az őszponttól a tavaszpontig tartó körív az alatt helyezkedik el. Tehát az először említett időpontok között csillagunk mindig az égi egyenlítő fölött, majd pedig utána az alatt delel. (Ez a Föld minden pontjára érvényes!) A Nap június 21-én (a nyári napforduló) távolodik el a legnagyobb mértékben az égi egyenlítőtől. Ugyanez következik be a téli napforduló (december 21.) időpontjában is. A napforduló is „beszédese” kifejezés, hiszen nyáron és télen is az ezt követő napon a Nap delelési magassága csökkenni, illetve növekedni kezd. A csillagászati nyár kezdetén van a legrövidebb éjszaka, amely nálunk kb. 8 óra időtartamú. A csillagászati tél kezdetén pedig a leghosszabb az éjszaka, kb. 15 és fél óra. A csillagászati tavasz és őszi kezdőnapján pedig 12-12 óra a két napszak hossza. (A refrakció módosító hatását most hagyjuk figyelmen kívül.)

Az égi egyenlítő főköre a hazai égbolton 42,5 fok magasra emelkedik. (A Sarkcsillag 47,5 fok magasban van, így a 90 fokig 42,5 fok marad.) A látszó égi nappálya – az ekliptika – és az égi egyenlítő síkja 23,5 fokot zár be egymással. (Tehát a Föld forgástengelye 66,5 fokos szöget zár be a pályasíkkal.)

Következmények: a tavaszi- és az őszi napéjegyenlőség napján csillagunk delelési magassága 42,5 fok, hiszen az égi egyenlítőn tartózkodik. A nyári napfordulókor $42,5 + 23,5 = 66$ fok magasban áll. A téli időpontjában pedig $42,5 - 23,5 = 19$ fokon! Ezt az időszakot örökítette meg *Arany János*: *Az év utolján* című versében:

*Kifelé az évnek szekere rudja,
Pályáját a nap is csak robotban futja,
Csak azért jó fel, hogy a dolgát kivesse,
Ahol a reggel van, ott a dél, az este.*

Nagyszerűen fogalmazta meg a téli napforduló körüli napokban látható nappályát.

A Nap látszó égi útja (nappali ív) az év során folyamatosan más-más értékű lesz. A napéjegyenlőség dátumain ez az ív 180 fok hosszúságú, télen ez az érték lényegesen kisebb, a nyári időszakban pedig ezt jócskán felülmúlja. (Lásd a fenti ábrát!)

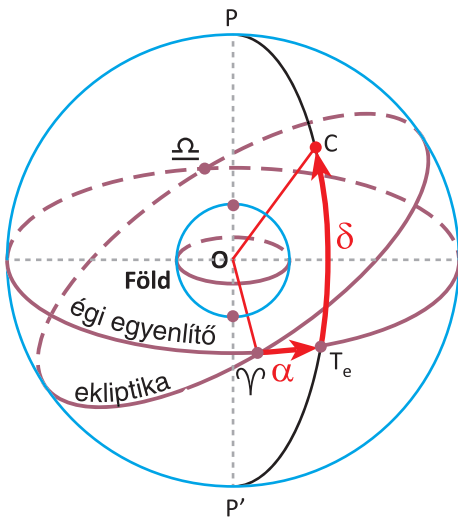
Tehát csillagunk $23,5 + 23,5 = 47$ fokos szögterületben „kalandozik” az égen. Ha rápillantunk a földgömbre, akkor a $23,5$ fokos szélességeken a *Rák*- (északon) és a *Baktérítőt* (délen) találjuk. Milyen lényegre törő elnevezések! Térítőkör, mivel ezek éggömbre vetített körei között látszik mozogni központi csillagunk az év során. Ez azt is jelenti, hogy a földrajzi térítőkörök közötti helyeken delel a Nap a zenitben.

Ugyanakkor az Északi- és a Déli-sarkon az ottani csillagászati nyár kezdetén $23,5$ fok magasa fog állni a látóhatár fölött. A nappal és az éjszaka is pontosan fél évig fog tartani. A sarkkörök $23,5$ foknyira vannak a sarkoktól. Ezért ezeken a területeken nyáron, még éjfélkor is látható lesz a Nap (*fehér éjszakák*).

(A csillagászati és a meteorológiai évszakok kezdete eltérő. A meteorológiában március 1-jén kezdődik a tavasz, míg a csillagászat tavasz dátuma az a nap, amikor a Nap a tavaszpontba ér. Ez általában március 21. A többi évszak kezdetének dátuma is az iméntihez hasonló különbséget mutat. Az asztronómiában mindig a Nap látszó éves mozgását vesszük figyelembe.)

Röviden összefoglalva: *a Nap delelési magassága kizárólag a megfigyelő hely földrajzi szélességétől függ.*

Térjünk vissza az éggömbhöz! A földi szélességi és hosszúsági hálózat itt is megtalálható. Az északi és a déli égi póluson áthaladó azon főkör, amely egyúttal a tavaszpontot – és természetesen az ősypontot is – metszi az égi hosszúság kiinduló főköre. Az égi hosszúsági koordináta neve *rektaszenció*. Jele: *RA*, illetve α , mértékegysége: óra. Tehát minden égitest égi hosszúságának értékei 0 és 24 óra között vannak. (Egy órának 15 fok szögérték felel meg a földön használt időzónákhoz hasonlóan. $24 \times 15 = 360$ fok.) A rektaszenciót az égi egyenlítő síkjában mérjük. (Az időmértékeket át lehet számítani szögértékekre is. 1 idő óra 15 foknak, 4 idő perc 1 foknak, 1 idő perc 15 ívpercnak, 4 idő másodperc 1 ívpercnak felel meg, 1 idő másodperc pedig 15 ívmásodperc.)



Az égi egyenlítő síkja fölötti és alatti területen helyezkednek el a vele párhuzamos *égi szélességi körök*. Az égi szélességi koordináta neve: *deklináció*. Jele: *D*, illetve δ , mértékegysége: fok. A deklináció értéke tehát 90 és -90 fok között változhat.

Ennek megfelelően a *tavaszpont rektaszenciója 0 óra, deklinációja 0 fok*. Az *ősypont rektaszenciója 12 óra, deklinációja 0 nulla fok* – hiszen az égi egyenlítő síkjában van, csakúgy, mint a tavaszpont. Mivel az *ekliptika 23,5 fokos szöget zár be az égi egyenlítővel*, ezért a *nyári napforduló idején a Nap rektaszenciója 6 óra, deklinációja 23,5 fok*. A *téli napforduló napján pedig 18 óra és $-23,5$ fok az égi koordinátái*.

Az égi koordinátarendszer. *O* a Föld középpontja, *P* és *P'* a két égi pólus, *C* a csillag éggömbi helye, Υ a tavaszpont, Ω az ősypont, α a rektaszenció, δ pedig a deklináció értékét mutatja. *T_e* az egyenlítői talppont.

A precesszió és a nutáció.

A Föld forgástengelye nem merőleges a pályasíkra, hanem azzal $66,5$ fokos szöget zár be. Ezért a Nap és a Hold gravitációs hatása miatt bolygónk forgástengelye – egy forgó bűgöcsigához hasonló – billegő mozgást végez. A Nap gravitációs hatása okozza a *precesszióként* ismert jelenséget. Bolygónk forgástengelyére olyan *forgatónyomatékok* fejt ki, amely miatt a forgástengelyünk iránya kb. 26 ezer éves periódussal egy $23,5$ fok nyílásszögű kúp felületén körbefordul. Forgástengelyünket a pályasíkra merőlegesre „akarja” állítani. Minden forgó testnek van *perdűlete* (forgásmennyisége), amelynek időbeli változása megegyezik a forgatónyomaték nagyságával. Az égi pólus helyzete, tehát állandóan változik. Ezzel együtt a tavaszpont (az égi egyenlítő és az ekliptika egyik metszéspontja) folyamatosan vándorol az ekliptika körvonalán. Ezt már az ókori görög csillagászok is észrevették. Akkor még a Kosban volt ez az égi pont, ezért mind a mai napig ez a jele: ν . Ez a Kost jelöli. Ma a tavaszpont már a Halak csillagképben van. (26 ezer év alatt végighalad az ekliptikát magába foglaló csillagképek területén.) Így minden

csillagkatalógusban jelzik, hogy a koordináták mely időpontra (epochára) érvényesek. A precesszió hosszú periódusa miatt 50 évre kerekített koordinátákat tartalmaznak – pl. 1950.0, 2000.0. Érdekes két ilyen koordinátát ugyanarra a csillagra összehasonlítani. Az Oroszlán csillagkép (Leo) legfényesebb csillaga a Regulus. Az 1950.0 epochára vonatkozó koordinátái: RA = 10 óra 5 perc 58,6 másodperc, D = 12 fok 11 perc 56 másodperc. A 2000.0 epochára pedig: 10 óra 8 perc 20,9 másodperc, D = 11 fok 58 perc 3 másodperc. Jól látszanak a változások. (Az ókori görögök már oly pontosan meg tudták meghatározni a csillagok égi helyzetét mérni, hogy 150 év elteltével megállapították pozíciójuk változását.)

Földünk forgástengelye most a Sarkcsillag felé irányul, de kb. 12 ezer év múlva a nyári ég feltűnő csillaga, a Vega közelében lesz az északi égi pólus.

A tengely irányának változása klimatikus hatásokkal is jár.

Ne feledjük el a Hold hatását sem! Égi szomszédunk pályája a Földével 5 fokot zár be, azaz a forgatónyomatékából származó erő iránya a Napétól eltér. Az általa okozott hatás lényegesen kisebb mértékben módosítja forgástengelyünk irányát. Így a kúpfelületen való mozgása módosul. Ez a *nutáció*. Összetett mozgás alakul ki, melynek révén a kúpfelületre egy hullámvonal is rakódik, a nutáció okozta irányváltozás. Az összetett gravitációs hatás miatt a Hold és a Föld pályasíkjának metszésvonala 18,6 évenként körbefordul. (Ezzel a periódussal még találkozni fogunk.)

A precessziós periódus 1400 nutációs ritmust ölel fel.

Mely csillagokat láthatunk és melyeket nem?

A mi földrajzi szélességünkön az égi egyenlítő 42,5 fok magasságra emelkedik. Ennek megfelelően azok a csillagok még felbukkannak a látóhatáron, amelyek égi szélessége (deklinációja) -42,5 fok (a légköri fénytörő, iránymódosító hatást nem vesszük tekintetbe). A -43 fok deklinációjú égitesteket ezért sohasem pillanthatjuk meg, hacsak el nem utazunk tőlünk délebbre fekvő tájakra.

Az Egyenlítőn az összes (88) csillagkép látható. Az Északi-sarkon csak azok, amelyek deklinciója 0 és 90 fok közé esik, míg a délin a 0 és a -90 fok közöttiek.

Az Északi- és a Déli sark egén minden csillagkép *cirkumpoláris*, azaz *állandóan a látóhatár fölött marad*. A megfigyelő hely földrajzi szélességétől függ az is, hogy mely csillagok (csillagképek) sohasem süllyednek a horizont alá. Hazánkból azok a csillagok ilyenek, melyeknek deklinációja minimálisan 42,5 fok. A Kis- és a Nagy Göncöl, a Cassiopeia (Cas), a Cepheus (Cep), a Sárkány (Dra), a Zsiráf (Cam) tartozik ide, valamint a velük szomszédos csillagképek tagjai.

Ezek az alakzatok kiváló segítséget adnak a többi csillagkép megismeréséhez.