

Csillagászati észlelés gyakorlatok 2.

2018. április 10.

Csillagok kelése és nyugvása, szürkület

Emlékeztető

- Az égbolton azok a csillagok **láthatók**, melyekre $\delta \geq \varphi - 90^\circ$.
- A **cirkumpoláris** csillagok (mindig láthatók) esetében $\delta \geq 90^\circ - \varphi$.
- Azok a csillagok, melyek deklinációja $90^\circ - \varphi > \delta > \varphi - 90^\circ$, **felkelnek és lenyugszanak**.
- Azok a csillagok, melyek deklinációja $\delta < \varphi - 90^\circ$, **nem láthatóak** az adott földrajzi szélességen.
- A horizontális és első egyenlítői koordinátarendszer között felírhatók az alábbiak (oldalra vonatkozó gömbi koszinusztétel, átváltó képlet):
$$\sin m = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$$
, valamint
$$\sin \delta = \sin \varphi \cdot \sin m - \cos \varphi \cdot \cos m \cdot \cos A$$
.
- az adott égitest delel, ha $t = 0^h$

1. Csillagok kelése és nyugvása

Azok a csillagok, melyek kelnek és nyugszanak, meghatározott időt töltenek a horizont felett. Ez az időtartam (vagy pálya) két egyenlő hosszúságú ívre osztható: az egyik a keléstől a delelésig (első kulmináció), a másik a deleléstől a nyugvásig tart.

Deleléskor az égitest óraszöge zérus ($t = 0^h$), amikor nyugszik $t = t_{ny}$, keléskor $t = t_k$.

A csillag kelésének/nyugvásának pillanatában a horizont feletti magassága $m = 0$, ezért a $\sin m = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$ az alábbi módon egyszerűsödik:

$$\cos t = -\tan \delta \tan \varphi$$

A két kapott óraszög közül a kisebbik érték tartozik a nyugváshoz, míg a nagyobbik a keléshez. Hasonlóképpen, a pozitív érték tartozik a nyugváshoz, a negatív a keléshez.

Ha a légkör fénytörő hatását, a **refrakciót** is figyelembe vesszük, az égitest már azelőtt látszik, mint elérné a horizontot. Ez Magyarországon $\sim 34'$. A nappal hosszának számításakor ezt figyelembe kell vennünk (a napkorong kiterjedése miatt, átmérője $32'$), ekkor a kifejezés az alábbiakban módosul:

$$\cos t = \frac{\sin(-50') - \sin \varphi \sin \delta_\odot}{\cos \varphi \cos \delta_\odot}$$

Az ív hosszának ($2 \cdot t$) meghatározásával megadhatjuk az égitest horizont felett töltött idejét (a Nap esetén ez a nappal hossza). A rektaszenció ismeretében az égitest meghatározott kelésének, nyugvásának és delelésének időpontját más időrendszerbe transzformálhatjuk.

Az alábbi táblázat szemlélteti a Nap koordinátáit nevezetes időpontokban. A napfordulókor a deklináció megegyezik az égi egyenlítő és az ekliptika által bezárt szöggel.

Időpont	α_{\odot}	δ_{\odot}	S_{\odot}
Tavaszi napéjegyenlőség	0 ^h	0°	12 ^h
Nyári napforduló	6 ^h	23,5°	18 ^h
Őszi napéjegyenlőség	12 ^h	0°	0 ^h
Téli napforduló	18 ^h	-23,5°	6 ^h

$$S_k = \alpha_k + t_k \quad S_{ny} = \alpha_{ny} + t_{ny}$$

Itt α_k és α_{ny} az égitest keléskor és nyugváskor aktuális rektaszenciói. Állócsillagok esetén megegyeznek, gyorsan mozgó égitestek esetén változnak.

A kelés és nyugvás helye

Ha ismerjük az égitest deklinációját, az adott földrajzi szélességen meghatározhatjuk a kelés/nyugvás helyét az alábbi összefüggésből:

$$\sin \delta = \sin \varphi \cdot \sin m - \cos \varphi \cdot \cos m \cdot \cos A$$

. A magasságot ekkor $m = 0$ -nak tekintjük, így:

$$\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

A pozitív/kisebb érték (az óraszöghöz hasonlóan) a nyugvásra, a negatív/nagyobb pedig a kelésre vonatkozik. A Nap kelése/nyugvása esetén természetesen itt is figyelembe kell venni a **refrakciót**:

$$\cos A = \frac{-\sin \delta + \sin \varphi \sin(-50')}{\cos \varphi \cos(-50')}$$

2. Szürkület

Csillagászati fogalom, a nappal és az éjszaka közötti átmenetet jelenti. Megkülönböztetünk reggeli és esti szürkületet. Az előbbit a köznyelvben hajnalnak, az utóbbit esthajnalnak vagy alkonyatnak nevezik. Szürkületnek azt az időszakot nevezzük, amikor a Nap a látóhatár (azaz a 0° -os magasság) és -18° között tartózkodik. A szürkület három szakaszra oszlik.

Polgári szürkület

A hajnal utolsó és az alkonyat első szakasza; a Nap ilyenkor a látóhatár és -6° között tartózkodik. Nevét - némi áttétellel - onnan kapta, hogy ebben az időszakban felhőtlen időben jól lehet látni, és a szokásos tevékenységeinket végezhetjük, akár olvashatunk is. Az esti szürkület végén már be kell kapcsolni a világítást, és láthatóak a legfényesebb csillagok és bolygók. A horizont tisztán kivehető.

Navigációs szürkület

A navigációs szürkület azt az időszakot jelenti, amikor a Nap -6° és -12° között jár. Ilyenkor lámpa nélkül is tudunk tájékozódni a szabadban, de más tevékenységekhez általában már világításra van szükség. Az esti navigációs szürkület végén (illetve a reggeli kezdetén) jó időben a földi tárgyak körvonalai láthatóak, de a horizont már (még) elmosódott. Angolul nautical twilight (szó szerint tengerészeti szürkület) ennek a szakasznak a neve, amely arra utal, hogy ekkor már sok csillag látszik, és a jellegzetes csillagképek is kivehetőek, segítve ezzel a tengerészek tájékozódását, navigálását.

Csillagászati szürkület

Csillagászati szürkületnek azt az időszakot nevezzük, amikor a Nap -12° és -18° között jár. Ebben az intervallumban gyakorlatilag sötét van, és tiszta időben látható a csillagok többsége. A leghalványabb (6 magnitúdós) szabad szemmel látható csillagok és a halványabb mélyégobjektumok azonban nem láthatóak. Az esti csillagászati szürkület végére sötétedik be annyira, hogy minden megfigyelést el lehessen végezni; ekkor kezdődik az éjszaka.

A fenti definíciókban a Nap helyzete a **napkorong középpontjára** vonatkozik. Ez a pontosítás elsősorban a reggeli szürkület végének és az esti szürkület kezdetének a meghatározásakor fontos. A **refrakciót** számításba kell vennünk, ezért a polgári szürkület kezdete és vége $-50'$ és -6° (amivel természetesen az egész szürkület határai is $-50'$ és -18° lesznek).

A hajnalt és az alkonyatot a légköri fényszóródás jelenségének köszönhetjük. Amikor a felszínről nézve lemegy a Nap, a magasabb légrétegek még meg vannak világítva, és a szórt fény többé-kevésbé bevilágítja a felszínt is. Ebből következik, hogy szürkület csak azokon az égitesteken lehet, amelyeknek van légkörük; a légkörrel nem rendelkező égitesteken a nappal és az éjszaka között gyors átmenet zajlik. A szürkület időtartama függ a földrajzi szélességtől és a dátumtól is. $60,5^\circ$ feletti szélességeken a polgári szürkület akár egész éjszaka is tarthat: ilyenkor beszélünk **fehér éjszakáról**. Ugyanazon a napon a reggeli és az esti szürkület időtartama körülbelül (de nem percre pontosan) egyforma.

A különféle szürkületek kezdő és végpontját ebből számoljuk:

$$\sin m = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t$$

Az m helyébe a megfelelő „szürkületi” szöveget írjuk be.

$$\cos t_{\odot} = \frac{\sin m - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

Az így kapott óraszögből az $s = \alpha_{\odot} + t_{\odot}$ összefüggéssel számoljuk ki a keresett időpont csillagidejét, majd ezt tetszőleges időrendszerbe átranzformáljuk.

3. Feladatok

3.1. Az Aldebaran csillag mennyi ideig tartózkodott a horizont felett Budapestről észelve, ha koordinátái $\alpha = 4^{\text{h}}36^{\text{m}}$ és $\delta = 16^{\circ}31'$?

$$\cos t = -\tan \delta \tan \varphi = -0,32361$$

$$t = 108,88112^{\circ} = 7,25874^{\text{h}}$$

$$t_{\text{horizont felett}} = 2 \cdot t = 14,51749^{\text{h}}$$

Az Aldebaraan $14^{\text{h}}31^{\text{m}}3^{\text{s}}$ -et töltött a horizont felett.

3.2. Számoljuk ki a Merak csillag kelésének és nyugvásának idejét Budapesten!

$$\alpha = 11^{\text{h}}1^{\text{m}}50^{\text{s}}, \delta = +56^{\circ}22'56''$$

Mivel a deklinációra $\delta > 90^{\circ} - \varphi$, ezért a csillag cirkumpoláris: nem kel és nem nyugszik!

3.3. Számoljuk ki a Szíriusz kelésének irányát Budapesten!

$$\alpha = 6^{\text{h}}45^{\text{m}}9^{\text{s}}, \delta = -16^{\circ}42'58''$$

$$\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi} = 0,42575$$

$$A_1 = 64,80211 \quad \text{és} \quad A_2 = 295,19789$$

A Szíriusz $A = 295^{\circ}11'52''$ azimutnál kelt fel Budapesten (a keléshez a nagyobb szög tartozik).

3.4. Hány órakor kezdődik a csillagászati szürkület a téli napforduló idején Athénban? $\varphi = 37^{\circ}38'$ É, $\lambda = 23^{\circ}43'$ K, $S_{\text{G}}^0 = 6^{\text{h}}$

$$\cos t = \frac{\sin(-12^{\circ}) - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi} = 0,04895$$

$$t = 87,19425^{\circ} = 5,81295^{\text{h}}$$

$$S_{\text{Athén}}^{\text{szürkület}} = t + \alpha = 23,81295^{\text{h}}$$

$$S_{\text{G}}^{\text{szürkület}} = S_{\text{Athén}}^{\text{szürkület}} - \lambda[\text{h}] = 22,23184^{\text{h}}$$

$$\Delta S = S_{\text{G}}^{\text{szürkület}} - S_{\text{G}}^0 = 16,23184$$

$$\Delta S = \text{UT} \frac{\Delta s}{\Delta m} \rightarrow \text{UT} = 16,18758^{\text{h}}$$

$$\text{LT} = \text{UT} + 1 = 17,18758$$

Helyi idő szerint $\alpha = 17^{\text{h}}11^{\text{m}}15^{\text{s}}$ -kor kezdődött a csillagászati szürkület Athénban, a téli napfordulókor.

A 3.4.-es típusú feladat megoldásának lépései

1. $\cos t$ kiszámítása, majd t megadása
2. α és t ismeretében a szürkület/kelés/nyugvás csillagidejének megadása a városra: $S_{\text{hely}}^{\text{esemény}} = \alpha + t$
3. a greenwich-i csillagidő megadása az eseményre: $S_{\text{G}}^{\text{esemény}} = S_{\text{hely}}^{\text{esemény}} \pm \lambda[\text{h}]$
ha az adott város keletre van greenwichtől: $-\lambda$, ha nyugatra $+\lambda$
4. a greenwich-ben eltelt csillagidő megadása: $\Delta S = S_{\text{G}}^{\text{esemény}} - S_{\text{G}}^0$
5. a világidő kiszámítása az eltelt csillagidő alapján: $\text{UT} = \Delta S \frac{\Delta m}{\Delta s}$
6. a helyi idő kiszámítása az időzóna (esetleg NYISZ) alapján: $\text{LT} = \text{UT} + k$