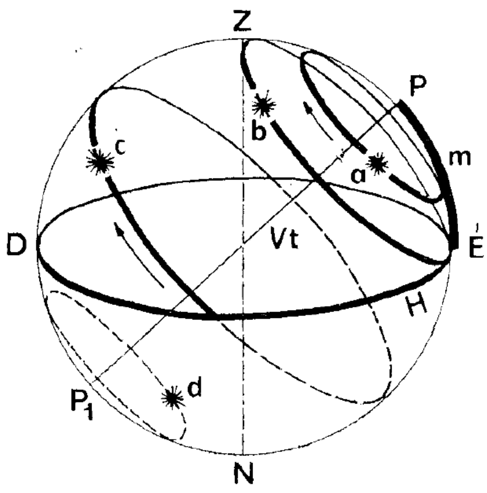
Csillagászati észlelési gyakorlatok I.
4. óra
Az éggömb látszólagos mozgása, csillagászati koordináta-rendszerek, a téli égbolt csillagképei

Hajdu Tamás & Perger Krisztina & Bőgner Rebeka & Császár Anna

2019. március 13.

1. Az éggömb látszólagos napi mozgása [1] [2]

Az éggömb mozgása látszólagos: a Föld tengely körüli forgásának a tükörképe. A tengelyforgás legfontosabb következménye a nappalok és éjszakák váltakozása, ami a Nap látszólagos mozgásával függ össze.
Az éggömb látszólag a világtengely körül forog (ami a Föld tengelyének meghosszabbítása). Ennek két végpontja az éggömb két pólusa, melyek közül mi csak az északi pólust látjuk.
A csillagok körpályákon mozognak az éggömbön, és a körpályák egymással párhuzamosak. Minél közelebb van egy csillag a pólushoz, annál kisebb kört ír le. A csillagok által leírt körök közös középpontja a pólus, amely maga mozdulatlan.
Ha elég a pólus megközelítő pontosságú meghatározása, akkor elég megkeresnünk a Sarkcsillagot, mely kb. egy fokkal tér el a pólustól. Az Egyenlítőnél az éggömb északi pólusát a horizont szélén, 0° magasságban látjuk, mely észak fele haladva egyre magasabbra emelkedik az éggömbön a horizont síkja fölé. Ahány foknyira távolodunk az Egyenlítőtől, annyi fok magasságban látható, tehát az Északi-sarkon pont 90° magasan lesz, a megfigyelő feje felett. **A sarkmagasság tehát egyenlő a földrajzi szélességgel (ϕ).**
Az égi pólus közelében levő csillagok teljes körpályája megfigyelhető, állandóan a horizont felett maradnak, és nem nyugszanak le. Ezek a cirkumpoláris csillagok.
A csillagok egymáshoz viszonyított helyzete ugyan változatlan, de a földrajzi szélesség változtatásával változnak a cirkumpoláris csillagok: különböző földrajzi szélességeken mások a cirkumpoláris és a kelő-nyugvó csillagok. Az Északi-sarkon minden látható csillag cirkumpoláris, az Egyenlítőn ezzel szemben nincs cirkumpoláris csillag.



Forrás: Köves: Csillagászati földrajz.

Összefoglalva:

- cirkumpolaritás az északi féltekén: $\delta \geq 90° - \phi$
- láthatóság az északi féltekén: $\delta > \phi - 90°$
- felkelő és lenyugvó csillagok: $\phi - 90° < \delta < 90° - \phi$
- nem megfigyelhető csillagok: $\delta < \phi - 90°$
- cirkumpolaritás a déli féltekén: $\delta \leq -90° + \phi$
- láthatóság a déli féltekén: $\delta < -\phi + 90°$

1.1. Feladat

Canberra (Ausztrália fővárosa) koordinátái: $\phi = 35°18'$, $\lambda = 149°07'$
Ottawa (Kanada fővárosa) koordinátái: $\phi = 45°25'$, $\lambda = 75°41'$
Quito (Ecuador fővárosa) koordinátái: $\phi = 0°14'$, $\lambda = 78°31'$.
Ezekből a városokból nézve milyen deklinációjú csillagok lesznek cirkumpolárisak, melyek fognak felkelni és lenyugodni, melyek lesznek egyáltalán nem láthatóak? Keress példát mindegyikre (csillag, csillagkép)!

2. Csillagászati koordináta-rendszerek

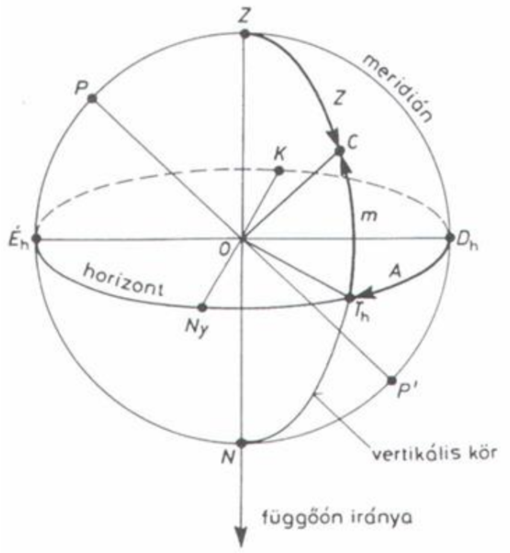
Ha a csillagok, a Nap és a Hold delelési és alsó delelési pontjait összekötjük, egy legnagyobb gömbi kört kapunk, ez a délkör, melynek síkja átmegy az álláspontunkon és a Föld középpontján is, a horizont körét pedig két pontban metszi: észak- és délpont. Ezek alapján könnyebbé válik az éggömbön való tájékozódás, egy égitest helyének kijelölése, amihez koordináta-rendszer szükséges.

A koordinátákat a csillagászatban a használatos szférikus koordinátarendszerek valamelyikében szokás megadni. Kezdőpontjuk, origójuk szerint lehetnek ezek topocentrikus (kp: megfigyelő), geocentrikus (kp: Föld kp-ja), baricentrikus (kp: Naprendszer tömegközéppontja), stb.
A rendszerek alapsíkját és ezen belül az alapirányt valamilyen fizikailag kitüntetett sík és irány fogja kijelölni.
A szélesség jellegű koordinátákat az alapsíktól számítjuk $\pm 90°$-ig, a hosszúság jellegűt az alapiránytól az alapsík mentén, egyezményes forgásiránnyal.

Fontosabb fogalmak:
Éggömb: tetszőleges sugarú, origó kp-ú gömb, melyre az égitestek helyzetét helyvektorok mentén vetítjük: a vetületi pont az égitest szférikus helye.
Zenit, nadír: a függőón által kijelölt csillagászati vertikális által kitűzött két ellentett irány.
Horizont (láthatár): A csillagászati vertikálisra merőleges, a koordináta-rendszer origóján átmenő sík, ill. az ezen sík által az éggömbből kimetszett főkör.
Égi pólusok: a Föld forgástengelyével párhuzamos, a koordináta-rendszer origóján átmenő tengely által az éggömbből kimetszett pontok, melyek körül az égbolt naponta megfordulni látszik. Az északi pólus láthatár feletti magassága megegyezik az illető hely földrajzi szélességével.
Égi egyenlítő: a Föld egyenlítői síkjával párhuzamos, a koordináta-rendszer origóján átmenő sík által az éggömbből kimetszett főkör. Az éggömböt északi és déli féltekére osztja.
Vertikális körök: a zeniten és a nadíron átmenő főkörök.
Órakörök: az égi pólusokon átmenő főkörök.
Meridián (délkör): az égi pólusokon átmenő vertikális kör (másként: a zeniten és nadíron átmenő órakör), a horizontot az észak- és délpontban metszi.
Ekliptika: a Föld Nap körüli pályájának síkjával párhuzamos, az origón átmenő sík, ill. az ezen sík által az éggömbből kimetszett főkör. A Nap egy év alatt látszólag körbejár az Ekliptika mentén az állócsillagokhoz képest.
Tavaszpont: az Égi egyenlítő és az Ekliptika azon metszéspontja, melyen áthaladva a Nap látszólagos évi mozgása során a déli félgömbről az északira lép át (márc. 21).
Csillagidő (sziderikus idő): a Tavaszpont óraszöge. Bármely α rektaszcenziójú és t óraszögű égitestre $t + \alpha = s$, ahol s a csillagidő.

2.1. Horizontális

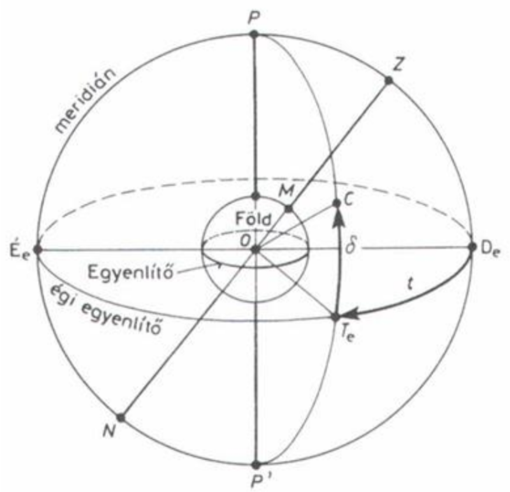
Más néven azimutális koordináta-rendszer. Alapsíkja a horizont, alapiránya a meridián déli metszéspontja. Koordinátái az azimut (Az) és a magasság (h). Mérésiránya negatív, vagyis az óramutató járásával megegyező. $0° - 360°$.



Forrás: Gábris-Marik-Szabó: Csillagászati földrajz.

2.2. I. Egyenlítői

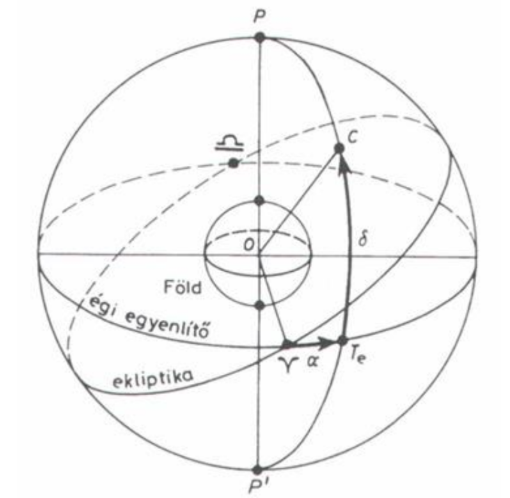
Alapsíkja az égi egyenlítő, alapiránya a meridián déli metszéspontja. Koordinátái az óraszög (t) és a deklináció (δ). Mérésiránya negatív. $0 - 24^h$.



Forrás: Gábris-Marik-Szabó: Csillagászati földrajz.

2.3. II. Egyenlítői

Alapsíkja az égi egyenlítő, alapiránya a tavaszpont. Koordinátái a rektaszcenzió (RA, α) és a deklináció (D, δ). Mérésiránya pozitív, vagyis az óramutató járásával ellentétes. $0 - 24^h$.



Forrás: Gábris-Marik-Szabó: Csillagászati földrajz.

2.4. Kiegészítés: galaktikus, szupergalaktikus koordináta-rendszerek

A galaktikus koordináta-rendszer alapsíkja a Tejút síkja, alapiránya a Tejútcentrum. Koordinátái a galaktikus hosszúság (l) és a galaktikus szélesség (b). Mérésiránya pozitív. $0 - 360°$.
A szupergalaktikus koordináta-rendszer alapsíkja a szupergalaktikus sík (ami a Virgo szuperhalmaz szimmetriasíkja), alapiránya a Tejút síkjának északi metszéspontja. Koordinátái a szupergalaktikus hosszúság (l_{SG}) és a szupergalaktikus szélesség (b_{SG}). Mérésiránya pozitív. $0 - 360°$.

Miért fontosak ezek a koordináta-rendszerek? A Naprendszeren kívüli objektumok koordinátáit a katalógusok rendszerint baricentrikus, II. ekvatoriális rendszerben vagy galaktikus vagy szupergalaktikus rendszerben adják meg. Naprendszerbeli objektumoknál gyakoribb a geo- vagy baricentrikus ekliptikai koordináták használata.

3. Gyakorló feladatok

1. A β Doradus klasszikus cefeida csillag látszó fényessége 3,63 magnitúdó, parallaxisa 3,14 mas.

   - Mekkora a távolsága?

$$d = \frac{1}{\pi} = \frac{1}{0,00314} = 318 \; pc$$

   - Mekkora az abszolút fényessége?

$$m - M = -5 + 5 \log d \quad \rightarrow \quad M = m + 5 - 5 \log d = -3,89^{mag}$$

   - Hány nap a periódusideje? Legyen a cefeida-parallaxis két konstansa: $B = -2,81$ és $C = -1,43$.

$$M = B \; \log P + C \quad \rightarrow \quad P = 10^{\frac{M-C}{B}} = 7,5 \; nap$$

2. A Mira kettőscsillag komponenseinek látszó fényessége 6,57 és 9,5 magnitúdó. Mekkora az összfényességük?

$$m_{A+B} = -2,5 \log \left(10^{-\frac{m_A}{2,5}} + 10^{-\frac{m_B}{2,5}} \right) = 6,5^{mag}$$

3. A Regulus (α Leo) abszolút fényessége -0,57 magnitúdó, távolsága 79,3 fényév. A Scheat (β Peg) abszolút fényessége -1,41 magnitúdó, távolsága 196 fényév. Melyik látszik fényesebbnek a Földről?

$$d \; [pc] = \frac{d \; [ly]}{3,26} \quad \rightarrow \quad d_R = 24,3 \; pc; \; d_S = 60,1 \; pc$$

$$m = -5 + 5 \log d + M \quad \rightarrow \quad m_R = 1,36^{mag}; \; d_S = 2,48^{mag}$$

   A Regulus látszik fényesebbnek (a magnitúdóskála fordított!).

4. Meg tudjuk-e figyelni a 18,7 látszó magnitúdójú Eris törpebolygót egy 500/1000-es távcsővel?

$$HMG = 6,5 + 2,5log\left[\left(\frac{D[mm]}{6}\right)^2\right] = 16,1^{mag}$$

Mivel a távcső határmagnitúdója $16,1^{\mathrm{mag}}$*, ezért nem tudjuk megfigyelni.*

7. Legalább mekkora legyen az átmérője a fél méteres hullámhosszon mérő rádiótávcsőnek, ha el akarjuk vele érni ugyanazt a felbontást, mint a 10 cm átmérőjű Newton-távcsővel? (Legyen az optikai észlelési tartomány 560 nm!)

$$\frac{D_o}{\lambda_o} = \frac{D_R}{\lambda_R} \rightarrow D_R = 89258,7143\ m$$

5. Az M98-as galaxisban felrobbant szupernóva H_α vonalát (656,28 nm) 6559,7 Angströmön mérjük. Mekkora sebességgel távolodik tőlünk a galaxis? (*3 pont: 2 pont a számolás, 1 pont a közeledés*)

$$\lambda_m = 6559,7 \times 0,1 = 655,97\ nm$$

$$\frac{\lambda_m - \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \quad \rightarrow \quad v = \frac{\lambda_m - \lambda}{\lambda} \times c = -141,7\ km/s$$

A galaxis 141,7 km/s-mal közeledik hozzánk.

6. A Mikulás ruhájának a színe legyen $\lambda = 650$ nm hullámhosszú. Látjuk-e a ruháját, ha a Mikulás 9000 km/s sebességgel távolodik tőlünk? (Tegyük fel, hogy a vörös és az infravörös hullámhosszak határa 700 nm!)

$$\frac{\lambda_m - \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \quad \rightarrow \quad \lambda_m = 669,5\ nm$$

Igen, látjuk.

És ha felgyorsít 25000 km/s-ra?

$$\lambda_m = 704,2\ nm$$

Ezt már nem fogjuk látni.

7. Legalább mekkora távcsőre lenne szükségünk ahhoz, hogy a 6,64 látszó magnitúdójú Ceres törpebolygót meg tudjuk figyelni?

6 mm pupillaátmérővel számolva:

$$HMG = 6,5 + 2,5log\left[\left(\frac{D}{6[mm]}\right)^2\right] \quad \rightarrow \quad 6 \times \sqrt[2]{10^{\frac{6,64-6,5}{2,5}}} = 6,4\ mm$$

És a 20,5 magnitúdós Sednához?

$$HMG = 6,5 + 2,5log\left[\left(\frac{D}{6[mm]}\right)^2\right] \quad \rightarrow \quad 6 \times \sqrt[2]{10^{\frac{20,5-6,5}{2,5}}} = 3785,7\ mm$$

Hivatkozások

[1] Cserepes-Petrovay: *Kozmikus fizika.* Egyetemi jegyzet. 2002

[2] Köves J.: *Csillagászati földrajz.* Tankönyvkiadó, Bp. 1975

[3] Bartha Lajos, *A csillagképek története és látnivalói*, szerk. Vizi Péter. Geobook Hungary Kiadó, 2010. ISBN 978 963 87835 7 8