

3. FEJEZET – ÉSZLELÉS

LÉPÉSRŐL LÉPÉSRE

1. Az égterület megkeresése — egy megfelelő térkép mellett nézzünk fel az égre, és keressük meg azt közelítőleg az égterületet, ahol a változó található. Itt térül meg igazán a csillagképek alapos megismerésére fordított idő. Használjuk az „a” vagy „b” skálájú térképeket, és forgassuk ezeket az ég látványának megfelelő szögbe.

2a. A változó megkeresése (keresőtávcsővel, vagy keresőeszközzel) — keressünk az „a” vagy „b” léptékű térképen egy kiindulásként használható fényes csillagot, amely minél közelebb esik a változóhoz. Nézzünk fel az égre, és próbáljuk megtalálni a kiszemelt fényes csillagot az égen. Ha nem látjuk szabad szemmel (például holdfény vagy más tényezők miatt), használjuk a keresőtávcsövet, vagy magát a távcsövet egy kis nagyítást adó okulárral. Tartsuk szem előtt, hogy a távcső optikai rendszerétől függően a csillagok egymáshoz viszonyított helyzete más lehet a távcsőben, mint amit szabad szemmel látunk. Fontos, hogy saját műszerünkkel megtanuljuk betájolni az égtájakat. A térképen szereplő halványabb csillagok elhelyezkedésével mindig ellenőrizzük, hogy a térképen kiszemelt csillagot sikerült-e beállítanunk.

Most kezdjük el lassan a csillagról-csillagra való ugrálást a változó irányában. Ennek során kis csillagcsoportokat szemelünk ki (aszterizmusnak nevezzük őket) a térképen, amelyeket megkeresünk a távcső látómezejében is. Amíg viszonylag otthonosan nem mozgunk egy adott csillagmezőben, viszonylag sok ide-oda pillantásra lesz szükségünk – először a térképre, aztán az égre, majd a keresőtávcsőbe, majd vissza a térképre és így tovább – egészen addig, amíg a változó közvetlen közelében levő területhez el nem jutunk. Szánjunk megfelelő időt a környezet ellenőrzésére. Néha sokat segít, ha előzőleg mi magunk kötjük össze vonalakkal a térképen a jellegzetes, kiszemelt kisebb csillagcsoportosulások tagjait.

2b. A változó megkeresése (GoTo-mechanikával) — ha műszerünk GoTo-mechanikán kapott helyet, ezt is használhatjuk a változó környezetének megtalálásához. Mielőtt használni kezdenénk ezt a funkciót, győződjünk meg arról, hogy a mechanika betanítása megfelelő pontossággal megtörtént. Célszerű a 2000-es évre érvényes koordinátákat használni a csillagok megkereséséhez. Előfordulhat, hogy a változót nem látjuk meg azonnal. Bár lehet, hogy a látómezőben van, először azonosítanunk

kell közvetlen környezetét. Gyakran hasznos a látómezőben, vagy annak környékén egy viszonylag fényes csillag, vagy jellegzetes aszterizmus kiszemelése, amelyet térképen is azonosíthatunk. Ettől az immár azonosított ponttól ezután folytathatjuk a csillagról-csillagra ugrást egészen a változóig.

3. Az összehasonlító azonosítása — amint a változócsillagot biztosan azonosítottuk a látómezőben, készen állunk a fényességbecslésre. Ennek során a változó fényességét ismert, állandó fényességű csillagokhoz viszonyítjuk. Ezek az összehasonlító csillagok (öh, vagy comp = comparison) általában a változó környezetében található a térképen. Keressük meg őket a távcsőben is, ismét csak ügyelve a helyes azonosításra.

4. Fényességbecslés — keressük meg a látómezőben azokat az összehasonlítókat, amelyek fényessége legközelebb áll a változóéhoz. Hacsak valamelyik összehasonlítót nem látjuk pontosan ugyanolyan fényesnek, mint a változót, interpolációt kell végeznünk két összehasonlító között. Válasszunk egy összehasonlítót, amelynek valamivel fényesebb, mint a változó, illetve egy másikat, amely kissé halványabb a célpontunknál. Ügyeljünk arra, hogy a kiválasztott két összehasonlító csillag fényessége között lehetőleg ne legyen túl nagy eltérés, célszerű 1 magnitúdó fényességkülönbségen belül levő összehasonlító-párt használni. A 3.1. ábrán bemutatott interpolációs gyakorlat segít az eljárás pontos menetének megértésében.

5. Az észlelés feljegyzése — A következő adatokat szükséges feljegyeznünk naplónkban, az észlelést követően a lehető leghamarabb:

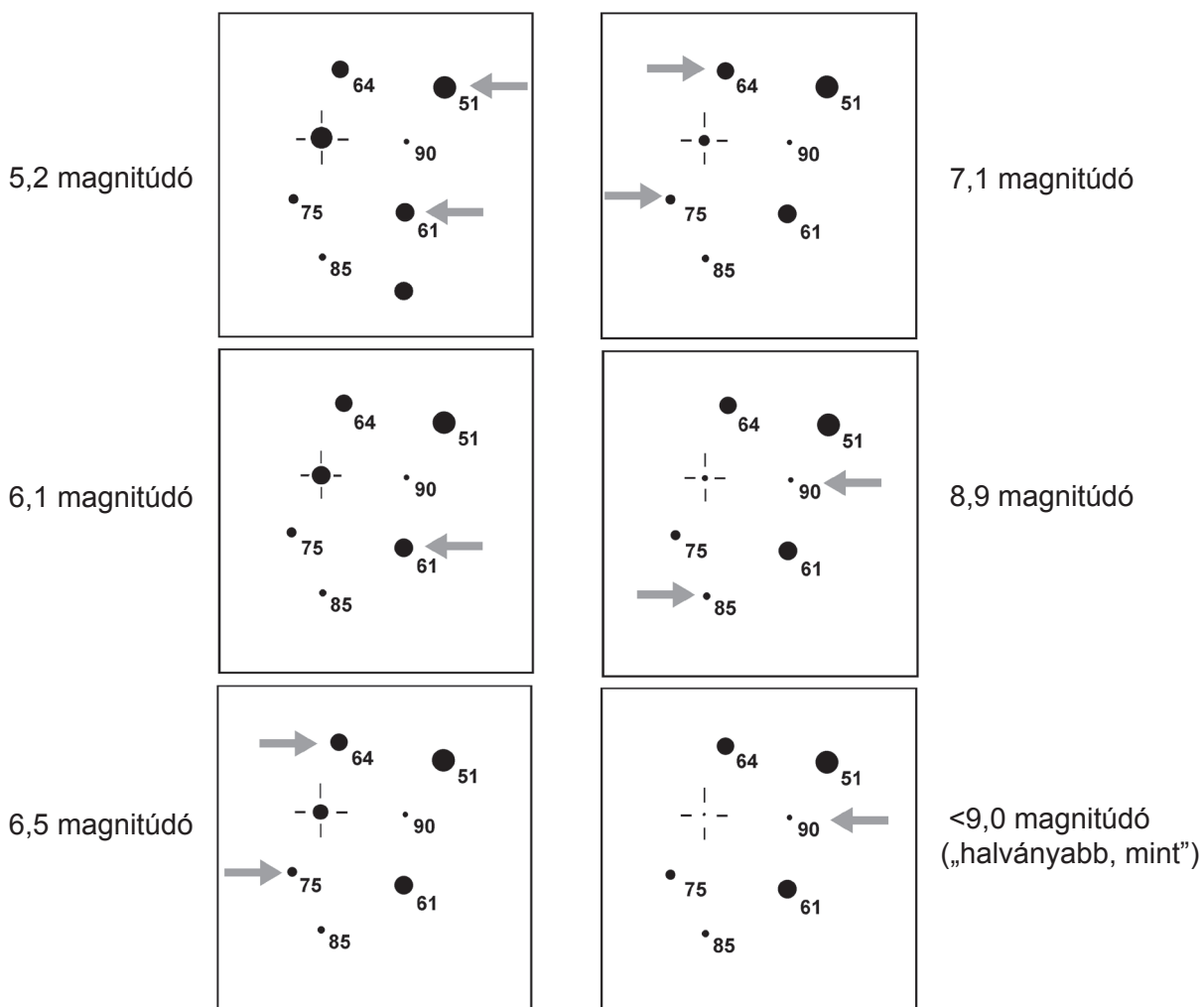
- a változó **neve és jele**
- az észlelés **dátuma és időpontja**
- a változó **fényessége**
- a fényességbecsléshez használt **összehasonlító és fényesség-értékeik**
- az azonosításhoz használt **térkép** azonosítója
- bármiféle egyéb, ez észlelést befolyásoló körülményre utaló **megjegyzés** (felhők, köd, holdfény, nagy szél, stb.)

6. A beszámoló elkészítése — Az észlelések beküldéséhez az AAVSO saját formátumot használ. Megfigyeléseinket számos módon eljuttathatjuk az AAVSO-hoz, ahogyan erről részletesen szól a 7. fejezet.

3.1. ábra — Interpolációs gyakorlatok

Az alábbi példák szemléltetik a változócsillag fényességét meghatározását szemléltetik az összehasonlító fényességének interpolációjával. Tartsuk szem előtt, hogy a távcsőben a csillagok fénypontokként látszanak, nem pedig a térképeken alkalmazott, eltérő méretű korongokként. Az interpolációhoz használt összehasonlító csillagokat a példákban nyilakkal jelöltük meg.

Ezen kívül az AAVSO honlapjáról letölthető „Távcsőszimulátor” (Telescope Simulator) segítségével is végezhetünk interpolációs gyakorlatot (<http://www.aavso.org/online-resources>).



TOVÁBBI ÉSZLELÉSI TIPPEK

A látómező

Fontos, hogy új észlelőként mindenekelőtt meghatározzuk a távcsövünkkel és különböző okulárjainkkal elérhető látómezők méretét. Állítsuk távcsövünket az égi egyenlítő közelébe, és kikapcsolt órágép mellett figyeljük meg, mennyi idő alatt halad át egy kiválasztott fényes csillag a látómező egyik peremétől a középponton át a másik peremig. Mivel az égi egyenlítő közelében a csillagok mozgásának sebessége 1 fok négy percenként, az átvonuláshoz szükséges időtartamból kiszámítható a látómező mérete. Például ha látómező közepén áthaladó csillagnak 2 percre volt szüksége az út megtételéhez, akkor a látómező mérete fél foknak adódik.

Miután a műszer látómezejét meghatároztuk, megfelelő méretű köröket rajzolunk a változó köré a térképen - ez később segíthet a látómező azonosításában. Megfelelő méretű lyukakkal ellátott kartonlap-darabokat, műanyaglemezből kivágott lyukakat, vagy vékony drótból hajlított hurkokat is

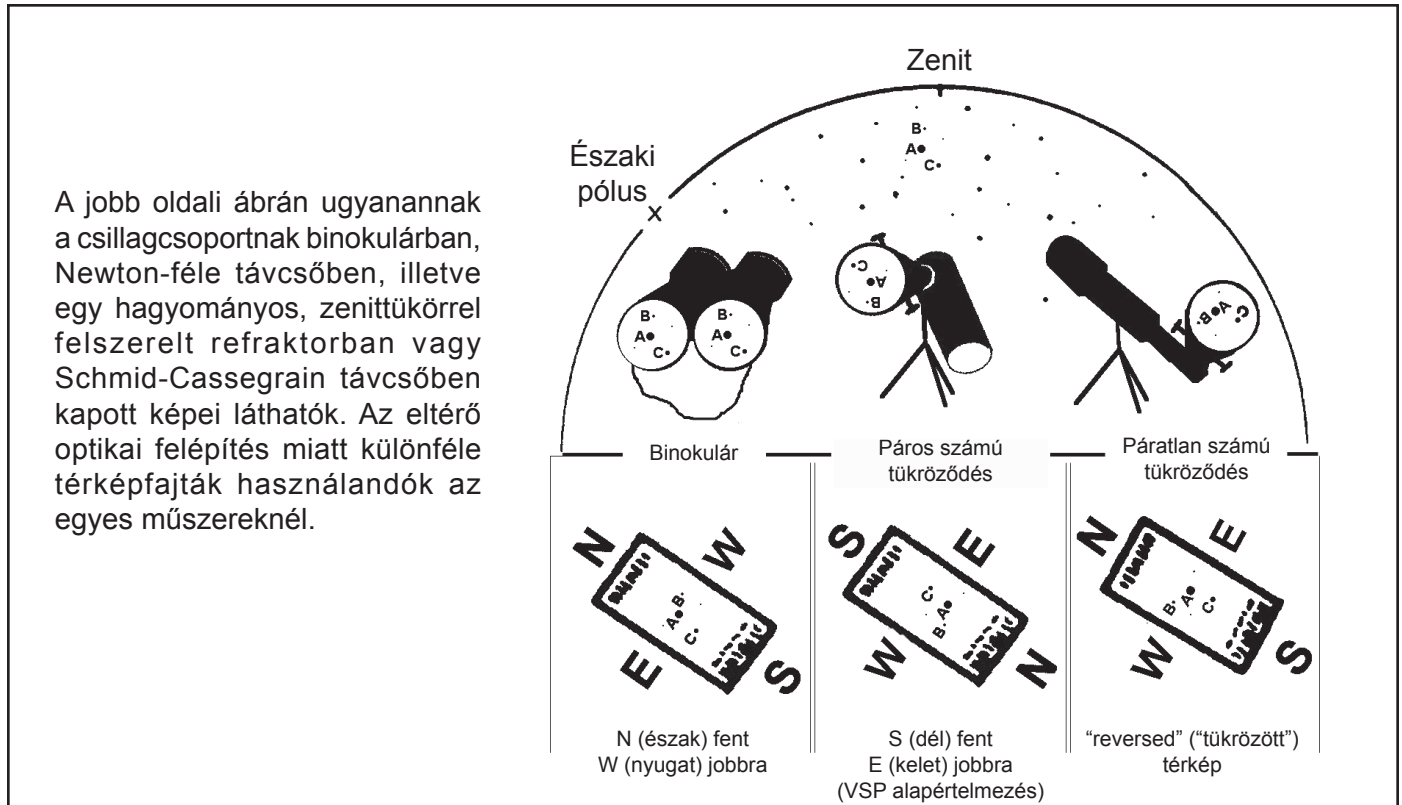
felhasználhatunk, melyeket a térképre helyezve mintegy szimulálhatjuk a távcsőben várható látómező méretét.

A térképek tájolása

A térképek használatához megfelelő tájolásuk elengedhetetlen, vagyis ismernünk kell az észak-dél, illetve kelet-nyugat irányt.

Ha binokulárral vagy szabad szemmel észlelünk, térképeinken észak felfelé, nyugat pedig jobbra legyen. Páros számú tükröző elemet tartalmazó műszer esetén (amikor a távcsőben megfordított képet kapunk), a térképeken dél van felül és kelet jobbra. Páratlan számú tükröző felülettel rendelkező távcső használatakor a műszerben megjelenő kép "talpán áll" (a fent és lent nem cserélődik fel), de kelet és nyugat felcserélődik. Ez utóbbi esetben célszerű az e célra rajzolt tükrözött térképeket felhasználni, amelyeken észak fent, kelet pedig jobbra található. A 3.2. ábrán tanulmányozható a különféle műszerekben látható kép tájolása.

3.2. ábra — Térképajták



Térképek tájolása

A használt térképektől függetlenül a változó környezetének a horizont síkjához viszonyított helyzete a Föld forgásával együtt folyamatosan változik. Térképünket a következő szempontok figyelembevételével tájoljuk:

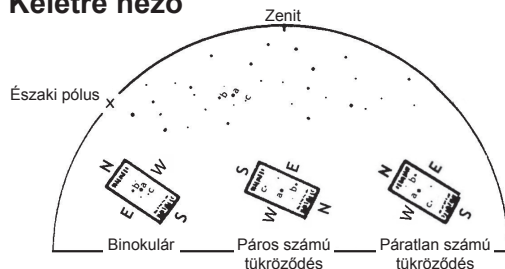
1. Forduljunk a változó irányába
2. Emeljük a térképet a változó közelébe

3. A szokványos „b”, és ennél részletesebb térképeknel forgassuk a térképet úgy, hogy a rajta levő „Dél” (S) jelzés a Polaris felé mutasson (a déli féltekén fordítva, a térképek „Észak” (N) jelölését kell a déli égi pólus felé fordítani). Ha „a” léptékű térképet vagy tükrözött (reversed) térképet használunk, északot kell a Polaris felé fordítani.

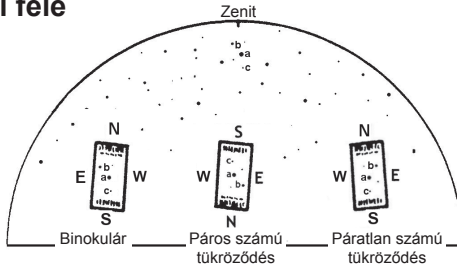
4. Helyezzük a térképet vissza az észleléshez legkényelmesebb helyzetbe annak elforgatása nélkül.

Északi félgömb

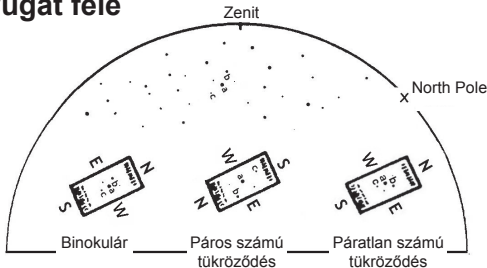
Keletre néző



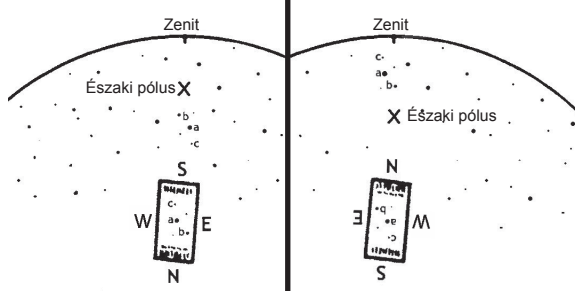
Dél felé



Nyugat felé



Észak felé – figyeljük meg a különbséget, amikor a változó az északi pólus (Polaris) alatt, illetve felett helyezkedik el. A bemutatott térképek „b” léptékűek.

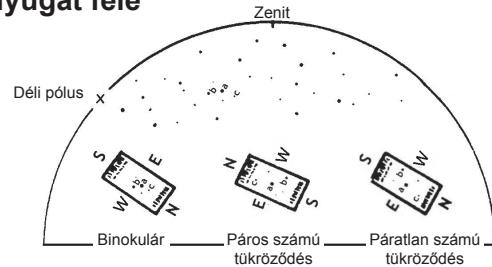


A változó a Sarkcsillag és a horizont között van

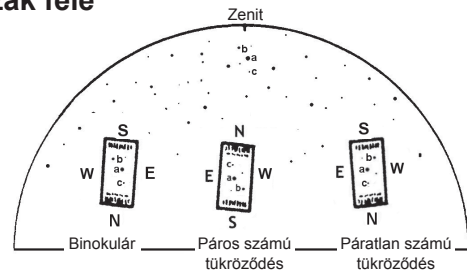
A változó a Sarkcsillag felett, a Polaris és a zenit között van

Déli félgömb

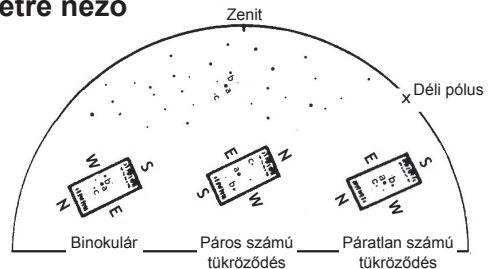
Nyugat felé



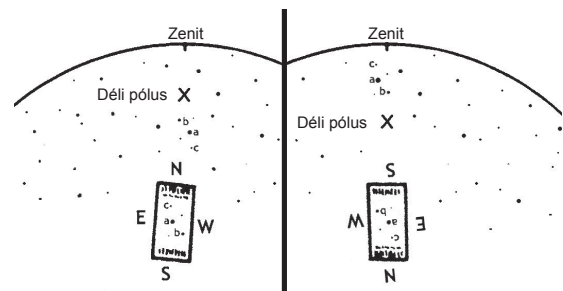
Észak felé



Keletre néző



Dél felé – figyeljük meg a különbséget, amikor a változó a déli északi pólus felett vagy alatt helyezkedik el. A bemutatott térképek „b” léptékűek.



A változó a déli égi pólus és a horizont között van

A változó a déli égi pólus és a zenit között van.

A magnitúdóskála

Kezdetben szokatlan lehet, hogy a magnitúdóskálán a növekvő számértékek egyre halványabb csillagokat jelölnek, azonban ezt könnyű megszokni. Sötét, tiszta égen a szabad szemmel látható leghalványabb csillagok 6-os fényrendűek. Az Antares, a Spica és a Pollux 1. fényrendűek (1 magnitúdósak), míg a fényes Arcturus és a Vega 0 magnitúdós. Az igen fényes Canopus -1 (mínusz 1) magnitúdós, míg az égbolt legfényesebb csillaga, a Szíriusz -1,5 magnitúdóval ragyog.

Az AAVSO térképeken az összehasonlító csillagok fényessége tizedmagnitúdóban, a tizedesjegy elhagyásával szerepel. Az apró tizedesjel ugyanis halvány csillagkorongokkal lenne összetéveszthető. Például a 84 és a 90 jelzés két olyan csillagot jelöl, amelyek fényessége 8,4 illetve 9,0 magnitúdó.

Az összehasonlító csillagok fényességét igen gondosan, különleges berendezésekkel határozták meg (írisz-fotométerekkel, fotoelektromos fotométerekkel, és töltéscsatolt eszközökkel (CCD)), ezeket használjuk alapként a változó fényességének meghatározásához. Fontos, hogy az észlelés során feljegyezzük a változó fényességének becsléséhez használt összehasonlítókat is.

A magnitúdóskála logaritmikus, így egy adott csillagnál „kétszer halványabb” csillag fényessége nem egyszerűen kétszerese a fényesebb csillag magnitúdó-értékének (lásd: a jobb oldali szöveget a csillagok fényességének méréséről). Fontos, hogy észleléskor olyan összehasonlító csillagokat használjunk, amelyek fényessége nem tér el túlságosan egymástól – a különbség lehetőleg ne legyen több 0,5-0,6, legfeljebb 1 magnitúdónál.

Határfényesség

Az a legjobb, ha éppen akkora fénygyűjtő képességű műszert használunk, amelyben a változó még éppen kényelmesen, könnyen látható. Sokkal nagyobb teljesítményre képes távcsővel észlelve probléma lehet, hogy az adott fényességtartományban nem találunk a látómezőben, illetve annak közvetlen környezetében megfelelő összehasonlító csillagokat. 5 magnitúdónál fényesebb csillagokat szabad szemmel, 5 és 7 magnitúdó közöttieket keresőtávcsővel vagy nagylátómezejű binokulárral, 7 magnitúdó alatti változókat pedig nagyobb binokulárokkal vagy 80 mm-nél nagyobb nyílású távcsövekkel érdemes megfigyelni.

A fényességbecslést akkor lehet a legkönnyebben és egyúttal legpontosabban elvégezni, ha a csillag fényessége 2-4 magnitúdóval műszerünk határfényességén belül van.

Csillagok fényességének mérése

(Kivonat az AAVSO Változócsillagászati Kézikönyvből)

A látszó fényességek összehasonlítására használt mai módszer gyökerei az antik világba nyúlnak vissza. Az időszámításunk előtti második században élt Hipparkhosz görög csillagásznak tulajdonítják a csillagok fényrendekbe sorolását. A csillagképek legfényesebb csillagát „első fényrendűnek” nevezte. Időszámításunk szerint 140-ben Ptolemaiosz továbbfejlesztette Hipparkhosz rendszerét és egy 1-6-ig terjedő skálát alkalmazott a fényesség kifejezésére. Ebben 1 jelentette a legfényesebb, a 6 pedig a szabad szemmel még éppen látható leghalványabb csillagot.

Az 1800-as évek közepének csillagásza ezt a régi görög rendszert kissé módosították és pontosabb alapokra helyezték. Az új magnitúdóskálában egy 1. fényrendű csillag éppen 100-szor fényesebb egy 6 magnitúdós csillagnál. Ez az érték jó összhangban van az emberi szem tulajdonságaival, amely egy fényérték-különbséget 2,512-szeres fényességkülönbségként érzékel. Ilyen módon az 5 magnitúdó különbséget mint a valódi fényességben mutatkozó 100-szoros eltérést definiálták.

A fentiek ismeretében két objektum egymáshoz viszonyított fényességkülönbsége egyszerűen kiszámítható, ha a halványabb objektum magnitúdóban megadott fényességéből kivonjuk a fényesebb objektum magnitúdó-értékét, majd a 2,512-es számot az eredményül kapott értéknek megfelelő hatványra emeljük. Például a Vénusz és a Szíriusz fényességkülönbsége körülbelül 3 magnitúdó. Ez azt jelenti, hogy a Vénusz a Szíriusznál körülbelül $2,5^3$ -szor, vagyis 16-szor fényesebbnek tűnik az emberi szem számára. Más szavakkal 16 darab, Szíriusz fényességű csillagra volna szükség az ég egy adott pontján, hogy együttesen a Vénusz fényességével ragyogjanak.

Ezen a skálán néhány a nagyon fényes objektumok negatív magnitúdóértékeket kapnak, ugyanakkor a legnagyobb teljesítményű műszerek (mint például a Hubble Űrteleszkóp) akár +30 magnitúdóig is „lelátanak”.

Néhány objektum magnitúdóban kifejezett látszó fényessége:

Nap	-26.7	Szíriusz	-1.5
Telehold	-12.5	Vega	0.0
Vénusz	-4.6	Sarkcsillag	2.0

3.1. Táblázat – Hozzávetőleges határmagnitúdó-értékek

		szabad szem	binokulár	15cm	25cm	40cm
város	Átlagos,	3,2	6,0	10,5	12,0	13,0
	Legjobb	4,0	7,2	11,3	13,2	14,3
viszonylag sötét	Átlagos,	4,8	8,0	12,0	13,5	14,5
	Legjobb	5,5	9,9	12,9	14,3	15,4
teljesen sötét	Átlagos,	6,2	10,6	12,5	14,7	15,6
	Legjobb	6,7	11,2	13,4	15,6	16,5

Az alábbi táblázat különféle műszerekre általában érvényes határfényességeket találjuk. A saját megfigyelőhelyünkről valóban elérhető határfényesség nagyban függ az észlelési körülményektől, a távcső minőségétől és gyakorlottságunktól. Később hasonló összefoglaló táblázatot készíthetünk magunknak: egy részletes térkép segítségével meghatározzuk a műszerben még könnyen látható, ismert és állandó fényességű csillagok fényességeit.

Ha a változó környezetében igen halvány összehasonlító csillag van, fontos megbizonyosodni, hogy a két csillagot nem cseréljük-e fel véletlenül. Amennyiben a változó közel van a láthatóság határához vagy bármiféle kétely merül fel az azonosítással kapcsolatban, tüntessük fel ezt is az észlelésünk mellett.

A gyakorlott észlelő nem pazarol időt távcsöve határmagnitúdója alatti változókra.

A változó azonosítása

A legtöbb esetben a változó maga nem ötlík rögvést a szemünkbe a keresés során. Ennek oka, hogy a változó minimum- és maximumfényessége között szinte bárhol lehet, és általában nem feltűnően fényes.

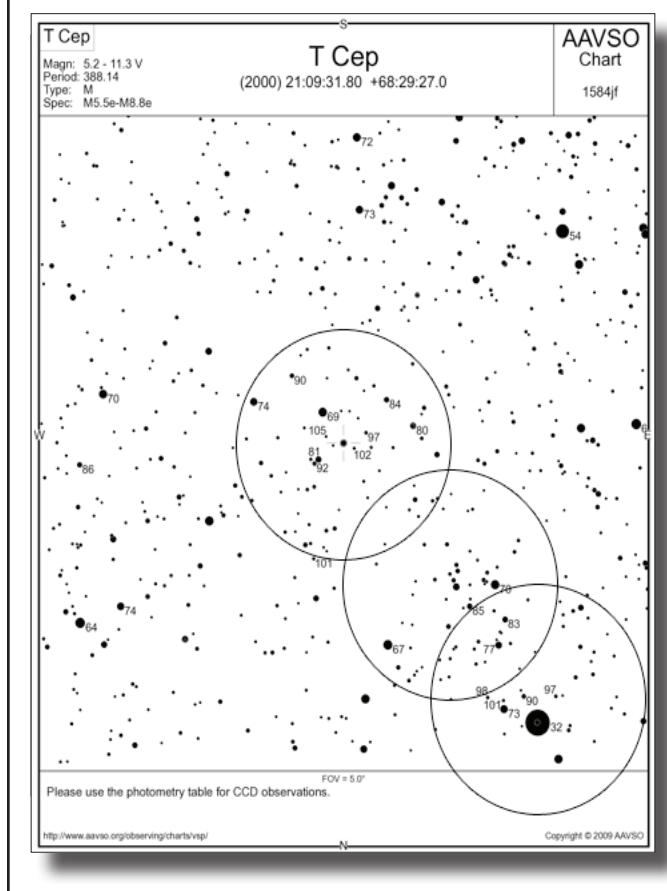
Amikor úgy gondoljuk, hogy megtaláltuk a változót, illetve annak környezetét, mindenképpen hasonlítsuk össze még egyszer az okulárban látott képet a térképpel. Ha olyan csillagokat találunk, amelyek nem egyeznek, könnyen megeshet, hogy rossz csillaghoz tévedtünk. Ekkor a változó keresését célszerű előlről kezdeni.

Nagy nagyítást adó okulárra is szükségünk lesz, ha a változó nagyon halvány, vagy zsúfolt csillagkörnyezetben van. Igen halvány célpontoknál akár „d”, vagy „e” léptékű térképeket is használunk kell a változó megfelelő azonosításához.

Fontos, hogy észlelés közben lazítsunk. Ha egy csillagot egy ésszerű időhatáron belül nem sikerül megtalálni, inkább ne erőltessük, ne fecséreljünk rá több időt. Jegyezzük fel a problémát, majd haladjunk tovább a következő csillagra. Észlelés után átnézhetjük térképeinket, és kideríthetjük, hol is tévedhettünk el a meg nem talált változók esetében. Következő észlelési alkalomkor próbáljuk meg ismét felkeresni.

3.3. ábra — Csillagról csillagra ugrálás

Az alábbi térkép egy tipikus útvonalat mutat be a kezdőcsillagként kiválasztott fényes béta Cepheitől a T Cep változóig. Figyeljük meg, hogy az észleléshez használt műszer látómezejét egymás átfedő körökként berajzoltuk a térképre, valamint a második látómező-körben levő aszterizmust felhasználjuk a T Cep-hez irány meghatározásához.



Az összehasonlító csillagok azonosítása

A fényességbecslés elvégzéséhez legalább két, de inkább több ismert fényességű összehasonlító csillagra van szükség. Amennyiben a kiválasztott összehasonlító csillagok közötti fényességeltérés igen nagy, például 0,5 magnitúdónál nagyobb, különös gonddal kell eljárni a fényességbecslés elvégzésekor, a két összehasonlító közötti fényességkülönbség „felosztásával” és annak megbecslésével, ezen a különbség-skálán hol helyezkedik el a változócsillag.

A változó fénybecslése

A legfontosabb szempont, hogy azt jegyezzük fel, amit látunk, függetlenül attól, hogy az összhangban van-e eddigi észleléseinkkel. Igyekezzünk minden alkalommal teljesen „tisztá lappal” indulni, ne befolyásoljanak előző észleléseink eredményei, vagy a csillag ismerete alapján annak vélelmezése, hogyan KELLENE a csillagnak éppen változnia.

Az észlelések elvégzésekor a következő három dologra célszerű összpontosítani:

A változó elhelyezkedése

A fényességbecslést a lehető legközelebb a látómező közepéhez kell elvégezni. A legtöbb távcső nem biztosít 100%-os megvilágítottságot a teljes látómezőben, emellett pedig a különféle optikai hibák is erőteljesebben jelentkeznek a látómező széle felé haladva.

Amennyiben a változó és az összehasonlító viszonylag közel helyezkedik el, a látómezőben igyekezzünk a középponttól egyelő távolságra helyezni őket a fényességbecslés elvégzésekor. Amennyiben távol vannak egymástól, ne szemléljük őket egyszerre, ehelyett felváltva helyezzük a változót és az összehasonlítót a látómező közepére. Ekkor esetenként jónéhány oda-vissza állásra is szükség lehet a pontos fényességbecsléshez.

Pozíciószög

Ahogy a változóról az összehasonlítóra vándorol tekintetünk, majd vissza, fontos fejünk mozgásának módja, illetve az esetleg használt zenittükör mozgásának módja. Igyekezzünk úgy végezni a mozgatót, hogy a két csillagot összekötő képzeletbeli vonal párhuzamos maradjon a saját két szemünket összekötő vonallal. Ennek elmulasztása esetén „pozíciószög-hibát” vétethetünk, amely akár fél magnitudónyi hibát vihet a fényességbecslésbe.

Purkinje-effektus

Határozott vörös színű változócsillagok megfigyelésekor a gyors rápillantás módszerével igyekezzünk fényességet becsülni ahelyett, hogy huzamosabb ideig szemléljük a változót. A Purkinje-effektus miatt a vörös színű csillagok fénye erősebb ingert vált ki a retinán hosszú idő alatt, így hosszas szemlélés alatt a vörös színű csillagok határozott kifényesedést mutatnak, amely a fényességbecslés pontosságát károsan befolyásolja.

A vörös csillagok esetében alkalmazható másik technika a fókuszon kívüli fényességbecslés. Ennek lényege, hogy az éles képet addig defókuszáljuk, amikor a csillagok színe már érzékelhetetlenné válik.

Ezzel elkerülhetjük a vörös fény okozta Purkinje-effektust. Amennyiben a vörös szín még a leginkább defókuszált állapotban is észlelhető, távcsövünk fénygyűjtő képessége túlságosan nagy. Ekkor használjunk kisebb műszert, vagy takarjuk le a távcső belépő nyílásának egy részét.

Halvány csillagok

Halvány csillagok esetében hasznos lehet elfordított látással elvégezni a fényességbecslést. Ehhez helyezzük a változót és az összehasonlítót a látómező közepére, miközben a látómező szélére koncentrálnunk, azaz a változót és az összehasonlítót csupán elfordított látással észleljük.

Amennyiben a változócsillag nem látható halványsága, pára vagy holdfény következtében, jegyezzük fel a látómezőben észrevehető leghalványabb csillag fényességét. Amennyiben például ez egy 11,5 magnitudós csillag, észlelésünket „<11,5”-ként jegyezhetjük fel. Ennek jelentése: a változó nem volt megfigyelhető, és minden bizonnyal halványabb, mint 11,5 magnitudó. A „<” jel jelentése tehát „halványabb, mint”.



Chris Stephan (SET) atlaszában keres

Feljegyzések

Egy összefűzött jegyzetfüzet jól használható az észlelések feljegyzésére. Észlelőnaplóinkat mindig őrizzük meg eredeti állapotukban. Bármiféle javítást, utólagos megjegyzést célszerű más színnel és megdátumozva bejegyezni, a későbbi félreértések elkerülése végett. A "fő" észlelőnaplónk mellett használhatunk egy kivehető lapos második füzetet is, például a havi összesítések, a beküldött észlelések másolatainak, körleveleknek és más hasznos információk tárolására. Számítógépes nyilvántartásunkról is érdemes a későbbi felhasználás céljából folyamatosan másolatokat készíteni.

Célszerű, ha észlelőnaplónkba feljegyezzük az észlelést zavaró körülményeket is, mint például jelen levő személyeket, fényeket, zajokat, vagy bármi más, ami koncentrációnkat megzavarhatja.

Ha bármilyen okból fényességbecslésünket bizonytalannak érezzük, ennek tényét és okát is jegyezzük fel.

Nagyon fontos, hogy a feljegyzéseinket úgy tároljuk, hogy a következő észlelés során ne legyenek „előrevárásaink”. Lehetőség szerint tehát ne legyenek könnyen láthatóak az előző észlelési eredmények. Gondoljunk arra, hogy az észlelés során minden megfigyelésünket az előző eredményektől teljesen függetlenül kell végeznünk.

Érdekes az észlelőnaplónk minden lapjának fejlécén feljegyezni az aktuális Julián-dátumot (lásd a 4. fejezetet), a teljes polgári dátumot és a hét napját is. Hasznos lehet a "kettős nap" formát alkalmazni, hogy elkerüljük a félreértéseket az éjfél előtt és után végzett megfigyelések esetében, pl.: JD2453647, 2005. október 3/4, kedd/szerda. Bármelyikben is vétünk hibát, a másik adat segít a tévedés javításában.

Ha több műszert használunk, tüntessük fel mindegyik észlelésnél a használt távcsövet is.

Gene Hanson (HSG) észlelőnaplójának részlete

DATE: 03/04-05/99

INST: 6 cm refr.

JD: 2451242

COND: Clear, Windy

VAR	DESIGN	TIME	MAGN	COMP	CHART	CODE	REMARKS
Z UMA	1151158	8:01A	8.1	79, 84	1756aa	W	

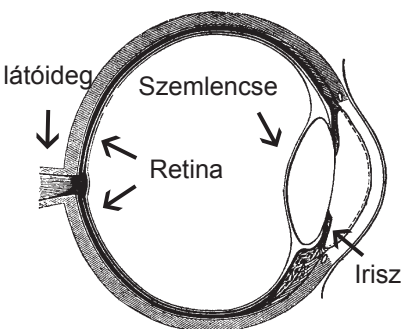
Csillagfény a szemünkben (Az AAVSO Változócsillagászat kézikönyvéből)

Az emberi szem leginkább egy kifinomult kamerára emlékeztet. A szem beépített tisztító- és kenőrendszerrel rendelkezik, tartalmaz fénymérőt és automatikus keresőt, illetőleg folyamatos filmutánpótlással bír. A beérkező fény a szemgolyót fedő átlátszó részen, a szaruhártyán lép be, majd áthalad az átlátszó szemlencsén, amelyet apró izmok fognak körbe. A szemlencse előtti írisz a fényképezőgép blendéjéhez hasonlóan nyílik tágra, illetve húzódik össze, így szabályozva a szembe jutó fény mennyiségét. Az írisz általában a kor előrehaladtával összeszűkül: míg gyermekek és fiatal felnőttek esetében akár 7-8 mm-re is kinyílhat, addig 50 év felett nem szokatlan, hogy egészen 5 mm-re csökken maximális mérete, ami jelentősen csökkenti a szembe jutó fény mennyiségét. Egy 60 éves személy szemében például mindössze harmadannyi fény gyűlik össze, mint egy 30 éves egyénében. A szaruhártya és a szemlencse együtt mint egy változtatható fókuszú rendszer működik, amely a távoli objektumokról érkező fényt a szemgolyó belső, retinának nevezett felületére fókuszálja. A retina a hagyományos fényképezőgépekben használt film, illetve az digitális gépek képérzékelő szenzorának szerepét tölti be. Körülbelül 130 millió, fényre érzékeny sejtből áll, melyeket csapoknak és pálcikáknak nevezünk. A sejtekbe jutó fény fotokémiai reakciókat indít el, amelyek eredményeképp elektromos impulzusok jelennek meg a pálcikákhoz és csapokhoz kapcsolódó idegeken. A különálló sejtekből érkező jelek idegsejtek bonyolult hálózatán kapcsolódnak össze, majd a szemtől az agyba futó látóidegen haladnak keresztül. Amit valójában látunk, attól függ, mely pálcikákat és csapokat gerjesztette a beérkező fény, illetve hogy mely jeleket egyesítette és értelmezte agyunk. Szemünk igen bonyolult folyamat során dönti el, mely információt kell továbbküldenie az agyba, és melyeket hagyhat figyelmen kívül.

A csapok a retina fovea nevű területén találhatók. Az éles látás területe, a fovea egy körülbelül 0,3 mm átmérőjű terület, amely mintegy 10000 csapot tartalmaz, de nem található benne pálcika. Mindegyik csaphoz külön idegszál tartozik, amelyek az agyig futnak a látóidegben. A kis területen található nagy számú sejt révén a szem felbontóképessége itt a legjobb. Megfelelő mennyiségű fény esetén az ide vetülő képrészleten vagyunk képesek a legapróbb részletek feloldására. A nagy felbontóképesség mellett a különféle csapok más és más színű fényre érzékenyek. Ezek az idegsejtek ugyanakkor viszonylag nagy mennyiségű fényt igényelnek. Csillagászati megfigyelések során a beérkező fény sokszor ennél jóval kevesebb, így a csillagok színének észrevétele általában igen nehéz. A szemlencse áteresztőképessége is csökken a kor előrehaladtával. A kisgyermekek igen jó áteresztőképességű, tiszta szemlencséjén még a 3500 Angström hullámhosszúságú mély ibolyaszín is áthalad.

A foveán kívül a csapok száma fokozatosan csökken, a perifériális területeken a pálcikák válnak jellemzővé. Sűrűségük a retina külső felületén nagyjából megegyezik a csapok sűrűségével a foveában. Mivel csak körülbelül minden 100 pálcikához tartozik egy, az információ továbbításáért felelős idegszál, a felbontóképesség ezen a területen jóval alacsonyabb. Ugyanakkor a pálcikák ilyenén összekapcsolása révén a szem a halványabb fényforrásokra is érzékenyebb. Ennek tudatában használjuk fel az elfordított látás technikáját, amikor nem közvetlenül a célpontra, hanem amellé nézünk. Ekkor a szemlencse által alkotott kép nem a fovea területén jön létre, hanem a kevésbé jó felbontóképességű, ámde jóval érzékenyebb perifériális területen.

Az egészséges szem körülbelül 8 cm és a végtelen között bármilyen távolságban levő tárgyra képes fókuszálni.



A kamerákkal ellentétben, ahol a különböző távolságban levő tárgyak képét fix fókusz távolságú lencsékkel, a képtávolság változtatásával képezik le, a szemben a képtávolság állandó (kb. 2,1 cm – ez a távolság a szaruhártya és a retina között), de a szemlencse fókusza változtatható. Amikor a szem távoli objektumokra néz, a szemlencsét körülvevő izmok ellazulnak, így a szemlencse görbülete csökken, fókusz távolsága növekszik, így a távoli tárgy képe megjelenik a retinán. Ha a

szemlencse ebben a lapos állapotban marad, de a tárgy közelebb kerül, ekkor a tárgy képe a retina mögé kerül, így a retinán elmosódott kép alakul ki. Ennek elkerülésére a szemlencsét körülvevő izmok megfeszülnek, így a szemlencsét görbületének fokozásával csökkentik fókusz távolságát. A lecsökkent fókusszal a tárgy képe ismét előrébb kerül, vissza a retinára, és éles, tiszta képet ad. Szemünk azért fárad el sok olvasás után, mert ezek a szemlencsét a közelre nézéshez görbületen tartani kényszerített apró izmok elfáradnak.

A távolpont az a legnagyobb távolság, amelyben a tárgyakat a teljesen ellazult szemlencse még fókuszálni képes; a közelpont pedig az a pont, amelyről a legjobban meggömbített lencse még képet tud alkotni. Egészséges szem esetében a távolpont gyakorlatilag a végtelen (élesen látjuk a Holdat és a távoli csillagokat), míg a közelpont kb. 10 cm. Ez a zoom-optikánk azonban korral változik, általában a közelpont távolodik, egészen addig, hogy akár már 40 cm távolságban levő tárgyakat sem látunk élesen. Ez nehézséget okoz a térképek és a műszerek leolvasása terén. A korosodó szem lassan megváltoztatja az Univerzumról kapott képünket.