

# Vörös és fekete

Szinte a legelső dolog, amit egy újdonsült amatőrcsillagász megtanul: a szem éjszakai sötétadaptációjának megőrzése érdekében megfigyeléseink során minden esetben vörös fényű észlelőlámpát használunk. Saját észlelőlámpáját azután már ki-ki saját szempontjai alapján választja ki: az egyszerű, vörös szigetelőszalaggal akár több rétegben leragasztott hagyományos zseblámpától az egyszerű bicikli-hátsólámpán át a gyári, állítható fényerejű, kifejezetten amatőrcsillagászok számára készült eszközökig.

A Sky and Telescope 2016. júniusi számában igen érdekes cikk jelent meg a fény élettani hatásaival és a fényszennyezéssel az 1990-es évek vége óta foglalkozó Robert Dick professzor tollából (többek között a Nemzetközi Sötét Égbolt Szervezet IDA, International Dark-Sky Association) tagjaként a kanadai csillagoségbolt-parkok létrehozásában is közreműködött).

Elsősorban ismételjünk át néhány, a szemmel és a látással kapcsolatos alapfogalmat. Szemünkben a külvilág képét a szemlencse vetíti a retinára, amelyen alapvetően kétféle, fényre érzékeny fotoreceptor található. Fényre kevésbé érzékeny, színek megkülönböztetésére is képes csapok elsősorban a retina központi területén, sűrűn egymás mellett, nagy számban helyezkednek el, így nappali körülmények között meglehetősen jó, 1' körüli felbontást biztosítanak. A központi területtől kifelé haladva helyüket egyre inkább a pálcikák veszik át, amelyek fényre jóval érzékenyebbek, ugyanakkor „színvakok”. Emiatt alkalmazzuk az ún. elfordított látás technikáját halvány objektumok megfigyelésekor (azaz szándékosan nem a retina „nappal használatos”, csapokkal sűrűn borított területére, hanem a külső, érzékenyebb fotoreceptorokkal borított régiójára vetítjük a képet), illetve ugyancsak emiatt látjuk a legfényesebb objektumok

kivételével átlagos amatőrtávcsövön át célpontjainkat csupán szürkének.

Különböző fényviszonyok esetén különféle módon használjuk ezeket a receptorokat. Nappali fényviszonyok mellett a fényre kevésbé érzékeny, de igen jó felbontást adó csapok működnek. A beérkező fény mennyiségének csökkenésével, a szürkületi időszakban a csapok szerepét fokozatosan a pálcikák veszik át. Látásunkra nézve bizonyos szempontból ez a legjobb időszak: a pálcikák révén szemünk fényérzékenysége már fokozódik, de a még működő csapoknak köszönhetően a felbontás és némiképp a színérzékelés is megmarad. Éjszaka csupán a fényre érzékenyebb pálcikák dolgoznak.

Csillagászati megfigyelések során a sötéthez adaptálódott szem szempontjából mesterséges fény használata sosem jó. Mindazonáltal óhatatlanul szükségünk van rá: térképek leolvasásához, eszközök kezeléséhez, esetleg észlelés során elkallódott apró alkatrészek megtalálásához. A LED fényforrások rohamos terjedésével nappalainkra szinte egyeduralmukodóvá váltak a vörös színű LED-ekkel működő észlelőlámpák – de felmerül a kérdés: valóban ez a létező legjobb megoldás?

A vörös szín választása egyértelműnek tűnik. A vörös tartományában a nappali látás rendszere még kissé érzékenyebb is, mint az éjszakai látás pálcikáinak érzékenysége, ami azt jelenti, hogy vörös fényben már színeket érzékelve, a pálcikák sötétadaptációjának lényeges megzavarása nélkül láthatunk. Vörös fényben azonban meglehetősen nehéz lehet az olvasás.

Ennek oka, hogy bár nappali viszonyok között a sűrűn elhelyezkedő csapok révén szemünk felbontása eléri az 1'-et, szürkületben szemünk felbontása már csupán körülbelül fele ennek az értéknek, a pálcikák használatával pedig akár a nappali

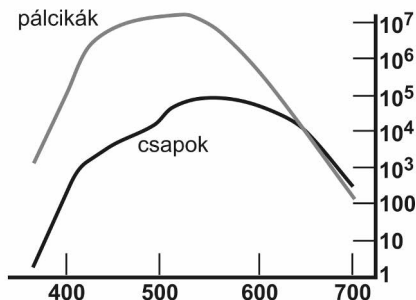
felbontásnál akár tízszer rosszabb is lehet. Márpedig egy szöveg olvasásához a normál olvasási távolságból 10'-nél jobb felbontásra van szükség.

A jelenség oka, hogy bár a csapoknál akár húszszor több pálcika található szemünkben, ezek a fotoreceptorok csoportokban dolgoznak. Több száz pálcika ingere jut el egyetlen ingerületként az agyunkba: ennek köszönhető, hogy igen érzékenyek, ugyanakkor a digitális kameráknál zajként ismert, esetleg egyes pálcikákról érkező hamis jelek kiátlagolódnak – ugyanakkor ennek következtében a csupán pálcikákkal történő látás felbontása a nappalinnál jóval rosszabb. Tehát például térkép olvasásához mindenképpen szükségünk van a csapokra is.

A csapok azonban szín érzékelésére is képesek. Szemünkben háromféle csap található meg, ezeket rendre L, M és S betűvel jelölik, a számukra érzékelhető fény hullámhosszának (L – Long, M – Middle, S – Short) megfelelően. Az L-csapok a vörös-sárga fényre érzékenyek, az érzékenység maximuma 560 nm körül van. Az M-csapok a sárgászöld (530 nm), míg az S-csapok a spektrum kék tartományára (420 nm) érzékenyek. Színérzékelésünket nagyban befolyásolja a különféle csapok számának aránya is: a csapok mindössze 6%-át adják az S (kékre érzékeny) csapok – ennek megfelelően a kék tartományban világító objektumokat meglehetősen gyengén látjuk. A három különféle csap megfelelő arányú ingerlésével pedig agyunk fehér fényt érzékel. Az éjszakai munkához szükséges fény szempontjából fontos az L és M csapok aránya is: egy átlagos észlelő szemében az L-csapok száma körülbelül kétszerese az M-csapok számának, bár ez egyénenként igen nagy szórást mutat – előfordul, hogy valakinek a szemében több M csap található, mint L. Mindhárom színes fotoreceptor érzékenysége csupán ezrede a pálcikák érzékenységének.

Az éjszakai munkához tehát a pálcikák érzékenysége és a csapok felbontása lenne ideális. Azonban a manapság elterjedt, sok észlelőlámpa alapjául szolgáló vörös

LED-ek csak rendkívül keskeny sávban (akár csupán 20 nm!) bocsátanak ki fényt, így ez a fény csupán az L-csapokat hozza ingerületbe. Ahhoz, hogy megfelelően lássunk, viszonylag sok vörös fényre van szükségünk. Mivel ebben a tartományban a sötétadaptálódott pálcikák érzékenysége közel azonos az L-csapok érzékenységgel, az olvasáshoz elegendő mennyiségű vörös fény már olyan sok lehet, hogy a pálcikákra is hatással van, azaz hiába használunk vörös fényt, sötétadaptációnk mégis romlik.

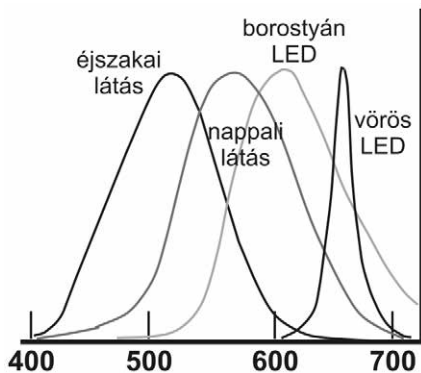


A nappali látás során használt csapok és az éjszaka során aktív pálcikák spektrális érzékenysége. Figyeljük meg, hogy vörösben az éjszaka „használt” pálcikák érzékenysége valamelyest elmarad a nappali látás során aktív csapokétól

Vajon lehetséges volna-e szélesebb spektrumú fényforrás használatával az M-csapok igénybevétele, egyúttal a fény erősségének csökkentése, azaz a sötétadaptáció jobb megőrzése? A válaszhoz tudnunk kell az olvasáshoz szükséges fény körülbelüli mennyiségét, amely az olvasáshoz már elegendő, ugyanakkor még nincs észrevehető hatással a pálcikákra. A sötétadaptáció megőrzése lényegében annak az időtartamnak a minimálisra szorítását jelenti, amely után a pálcikák teljes mértékben regenerálódni tudnak fényhatás után. Ez az időtartam a fény erősségétől és a megvilágítás időtartamától függ: minél halványabb, és minél rövidebb idejű a fényhatás, annál jobb.

A szerző saját észlelési rutinja során kevesebb mint 1 perc telik el a csillagterkép olvasásának befejezésétől a távcsőhöz való visszafordulásig, illetve az okulárba való

ismételt betekintésig. A kérdés tehát az, ha maximum 1 perc áll rendelkezésre a pálcikák teljes regenerálódásához, milyen csekély fény mennyiséget alkalmazhatunk, amellyel még olvasásra is képesek vagyunk? Sajnos erre vonatkozó, részletes adatok nem álltak rendelkezésre, így a cikk szerzője saját magán végzett néhány egyszerű kísérletet. Az eredmények szerint a pálcikák visszanyerik eredeti érzékenységüket néhány másodpercnyi, telehold által megvilágított fehér papírlapról visszavert fény után (0,1 lux megvilágítás).



A nappali- és éjszakai látás érzékenysége, valamint a népszerű vörös, valamint a borostyán LED-ek fénykibocsátási spektruma. Figyeljük meg a vörös LED-ek igen keskeny spektrumát, amely tartományban ráadásul mind a nappali, mind az éjszakai látás igen alacsony hatékonysággal működik

A kényelmes olvasáshoz ennél mindegy tízszer nagyobb, 1 lux körüli megvilágítás volt szükséges, de még ez esetben sem volt észrevehetően hosszabb a regenerálódás időtartama. 1 lux megvilágításnál ugyanakkor már színek is sejthetőek, tehát ez az alsó határ, ahol a csapok is már működésbe lépnek. 3 lux körül és a felett azonban a pálcikák regenerálódása már észrevehetően sokkal hosszabb időt vett igénybe.

Tehát: a kényelmes olvasáshoz olyan fényre van szükség, amelynek erőssége 1 lux körüli (de mindenképpen 3 lux alatti), ugyanakkor a vörösre érzékeny L-csapok mellett már az M-csapokat is ingerületbe

hozza. A szerző ezt a fényt – egyébként igen esztétikus – borostyánnak, vagy gyertyafényhez hasonló színűnek érzékelte. Pontos mérési lehetőségek hiányában célszerű egy sárgás-narancsos színű megvilágítást adó lámpa fényét fokozatosan, lassan addig fokozni, amíg a fényénél kényelmesen olvasni tudunk.

Bár ez az eredmény jelentősen eltér az eddigi, tiszta vörös fényt előnyben részesítő szemlélettől, a kanadai sötétégbolt-parkokban már használják ezt a borostyánszínű megvilágítást.

A borostyánszínű megvilágítás nem csak az amatőrcsillagászok éjszakai életét könnyítheti meg, de segíthet a városi világítás esetében is. A régebben használt nagynyomású nátriumlámpák aranysárga színével szemben borostyánszínben a színek sokkal jobban megkülönböztethetők. Ennek oka, hogy míg az alkalmazott borostyánszínű megvilágítás folyamatos a spektrumban, a nátriumlámpák csupán a nátrium jellegzetes vonalaiban sugároznak, így fényüknél csak azok a színek ismerhetők fel, amelyek éppen egy adott vonallal egybeesnek. Még ennél is rosszabb a helyzet a fehér fényű LED-eknél: ezeknél a szintén vonalas kibocsátás szemünk számára fehérré tétele érdekében jelentős kibocsátást alkalmaznak a spektrum kék tartományában – pedig mint láttuk, a kék fény számunkra igen kevés információt ad, ellenben a sötétadaptációt teljesen tönkreteszi. Ennek eredményeképpen a borostyánszínű fénnel megvilágított területeken például az árnyékosabb részen is több részlet figyelhető meg, mind fehér LED-es megvilágítás esetén. (Az IDA jelenleg is kampányt folytat a kék szín ezen tulajdonságának tudatosítására.)

Akik tehát eddig is hagyományos, izzószálakkal működő, de tompított, illetve vörösített fényű észlelőlámpát használtak, valószínűleg jó nyomon jártak az optimális észlelőlámpa kiválasztása tekintetében.

Folytatás a 97. oldalon!

világítják meg a ködöt. A köd koncentrikus körei a múltbeli sorozatos anyagkiáramlás emlékei. A köd 1920 és 1958 között 15 magnitúdóról 12–13 magnitúdóra fényesedett, ez magyarázhatja, hogy korábban nem fedezték fel. Mérete 15x30". Jelenleg már egy 20 cm-es távcsővel is felkereshető, 30 cm fölött már struktúra is látszik, 50 cm-essel és nagy nagytávval akár a „reflektorok” is észreve-

hetők. A kevés objektumok egyike, ahol a köd polarizációját is megfigyelhetjük.

2015.08.27. 50,8 T, 408x: A két lebernyeg jól látszik, a fényesebb körül egy halvány csepp alakú kóma van. Ugyanílyen csepp kisebb méretben a halvány körül észrevehető. Legfelül egymás mellett két csillagszerű fényes rész, közöttük a sötét sáv.

**Folytatás a 87. oldalról!**

Az izzószálak igen csekély mennyiségű kék fényt bocsátanak ki, a megfelelően tompított és vöröses színűre módosított fény pedig folyamatos spektrumú.

spektrumú sugárzást adnak (természetesen mindkét megoldásnál célszerű a lámpán finoman állítható erősségű fény kibocsátására alkalmassá tenni). Örömmel vennénk, ha Olvasóink is megosztanák tapasztalataikat észlelőlámpáikkal kapcsolatban!



Kínai gyártmányú LED-es észlelőlámpa

Ha pedig mindenképpen LED-ekre épülő észlelőlámpát szeretnénk, érdemes megfontolni vörös színű LED-ek helyett bors-tyánszínűek beépítését. A legtöbb gyártó kínálatában találhatunk ilyen fényforrásokat – érdekes módon a vörös LED-eknél jellemzően körülbelül tízszer magasabb áron. A megfelelő LED kiválasztásakor ügyeljünk rá, hogy 500 nm alatt semmiképpen ne bocsásson ki sugárzást, és a kibocsátás maximuma lehetőleg 590 nm körül legyen (a narancs és a sárga szín határvidéke). Amennyiben a jelentős kék kibocsátást blokkoló valamiféle szűrőt tudunk észlelőlámpánkba beépíteni, alkalmazhatunk 2200 K színhőmérsékletű fehér fényű LED-eket is, mivel a spektrum fennmaradó részében ezek is megfelelően széles



A vizuális észlelés klasszikus kellekei. Vörös színű észlelőlámpát évtizedeken át „mikuláspapír” vagy vörös szigetelőszalag segítségével készítettünk

Az újfajta észlelőlámpák valószínűleg nem fogják egyik napról a másikra kiszorítani a hagyományos vörös fényűeket. Ennél is fontosabb azonban, hogy a – már meglévő OTÉK-szabályozáson felül – Kolláth Zoltán jelenleg is azon fáradozik, hogy melegebb fényű fényforrások használata a megfelelő természetvédelmi törvénykezésbe is bekerüljön, csillagoségbolt-parkokban pedig a borostyánszínű világítás váljon elterjedté.

*A Sky and Telescope 2016. júniusi száma alapján: Molnár Péter*