

Távcsőkészítés

Optikai alafogalmak V.

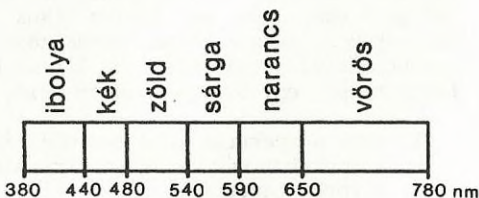
A színszűrők elmélete

Bolygóészlelésekre, de akár üstökösök megfigyelésére is ajánlott a színszűrők használata. Végy tehát pl. egy sárga szűrőt -- igen ám, de milyen sárgát? És egyáltalán: sárga-e a sárga minden esetben? Alább látni fogjuk, hogy a színszűrők alkalmazása összetett probléma, és nagy körültekintést igényel.

Egy kis színelmélet

Mint ismeretes, az elektromágneses tartománynak csak nagyon szűk sávját érzékeljük. Szemmel a kb. 380 nm és 780 nm közötti hullámhosszúságú hullámokat érzékeljük színeknek. Az 1. ábrán a fontosabb spektrum- (fő- vagy más néven tiszta) színeket tüntettük fel. A 2. ábra mutatja, hogy ebben a tartományban mekkora a szem érzékenysége. Fontossága miatt ezt táblázatban is összefoglaltuk.

λ_{nm}	V_λ
400	0,04
450	3,8
500	32,3
550	39,5
600	63,1
650	10,7
700	0,41
750	0,012



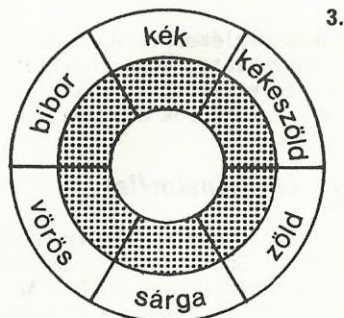
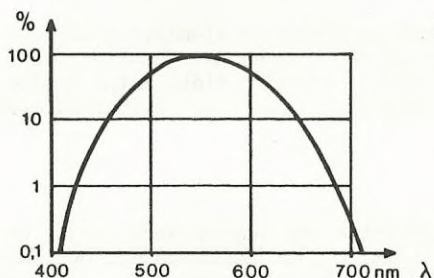
I. táblázat. Relatív láthatósági tényezők

1. ábra

Kétféle színről beszélhetünk: semleges és tarka színekről. Az előbbiekel (fehér, szürke, fekete) nem foglalkozunk -- ilyenek a fényszűrők. A tarka színek lehetnek tiszta (spektrum) színek vagy kevert színek. Az előbbieken esetében megadható a színre jellemző -- domináns -- hullámhossz, míg az utóbbiaknál ez nem mindig lehetséges (pl. bíbor).

A tarka színeknek három ismertetőjelük van: színárnyalat (vagyis szín), telítettség és világosság. Az utóbbi két fogalommal szintén nem foglalkozunk, mivel itt a tarka színhez fehér keveredik, ill. fehér jelenik meg mellette. A színeket telítettnek tekintjük (vagyis fehér nélkülinek), bár a kevert színeknél ez nem mindig így van. Alapszíneknek nevezzük azokat a színeket, amelyekből bármely más szín előállítható.

Kétféle színkeverés létezik: összeadó (additív) és kivonó (szubtraktív). Additív színkeverésnél az alapszíneket -- kéket, zöldet és vöröset -- tartalmazó fényeket egymásra vetítjük. A három egyenlő arányú alapszín összegeként fehér jön létre. Ha két alapszín adunk egyenlő arányban össze, akkor elsődleges mellékszíneket (továbbiakban: mellékszíneket) kapunk. Így keletkezik a zöldeskék (kék + zöld), a sárga (zöld + vörös) és a bíbor (kék + vörös). Mivel minden mellékszín két alapszín tartalmaz, a harmadik alapszín hozzákeverve fehéret kapunk. A mellékszín tehát a megfelelő alapszín komplementerjei. A 3. ábrán az összeadó színkeverés színeit egy hatrészes Ostwald-féle színekörben ábrázoltuk. Bár ez a megjelenítés pontatlanabb, mint a szokásos színháromszög, de a mi céljainknak jobban megfelel, mivel a kiegészítő színek könnyebben meghatározhatók (egymással szemben helyezkednek el).



Szubtraktív színkeverésnél egy fényforrás van (fehér fényel), és ez elé kerülnek az alapszíneket tartalmazó szűrők. Itt az alapszín a kék, a sárga és a vörös, amelyek egyenlő arányú keverése feketét ad. A 4. ábrán látható színekörön feltüntetett mellékszín a zöld (kék + sárga), a narancs (sárga + vörös) és az ibolya (kék + vörös). A kiegészítő színpárok: kék-narancs, sárga-ibolya, vörös-zöld. Festékek összekeverésekor is kivonó (szubtraktív) színkeverés jön létre. Leegyszerűsítve elmondhatjuk, hogy egy felület (pl. egy bolygón) akkor zöld, ha a rá eső fehér fényből

1. csak a spektrum zöld tartományát veri vissza, a többit elnyeli;
2. a spektrum kék és sárga tartományát veri vissza, a többit elnyeli;
3. a vörös tartományt nyeli el, a többit visszaveri.

Elsődleges (primér) színekről beszélünk, ha azt egy fényforrás bocsátja ki -- ilyenek a csillagok színei. Másodlagos (szekundér) színek a felületről visszaverődő elektromágneses hullámok -- ezek pl. a bolygók, holdak felületének színei.

Ezek voltak a legfontosabb színelméleti ismeretek, a teljesség igénye nélkül és jelentős egyszerűsítésekkel.

A színszűrők fajtái

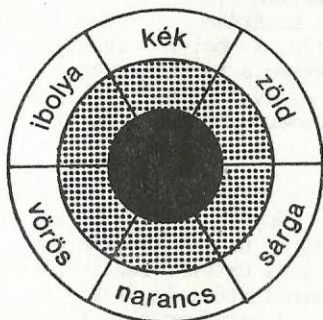
Nézzük -- még mindig elméleti vonatkozásban --, milyen szűrőkről beszélhetünk.

A monokromatikus kifejezést a későbbiekben természetesen nem szó szerint értjük (már csak azért sem, mert monokromatikus -- vagyis kizárólag egy

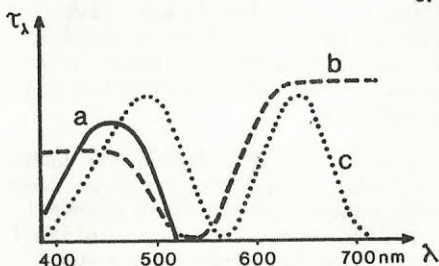
hullámhosszt tartalmazó elektromágneses hullám -- csak elméletben létezik). Monokromatikusnak tituláljuk azt a színt, amely a spektrum szűk -- rá jellemző -- tartományát tartalmazza; a fényintenzitásnak van egy domináns hullámhossza, és az intenzitás a spektrum közeli és távoli tartománya felé közel egyenletesen a nullára csökken. (A "monokromatikus" mégiscsak elegánsabb kifejezés, mint az "egyszínű"...)

Háromféle színszűrőt különböztetünk meg: pozitív, negatív és kevert szűrőt.

A pozitív szűrő monokromatikus, tehát a spektrumnak csak egy szűk tartományát engedi át. Az 5. ábra "a" görbéje egy kék szűrő karakterisztikája. Egy pozitív kék és egy szintén pozitív vörös egymásra helyezve feketét ad, vagyis az ilyen szűrők szubtraktív színkeverésre nem használhatóak, ezért ezeket additív szűrőknek nevezik. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy ez csak a használatra utal, hiszen minden fényűtbá helyezett szűrő a rajta keresztülvető spektrumból kivon. A negatív szűrő a rajta keresztülvető spektrum bizonyos szűk tartományát visszatartja. Az átengedett tartomány a visszatartott szín kiegészítő színe. Ilyen szűrőket használnak kivonó színkeverésre, ezért szubtraktív szűrőknek is nevezik őket. Az 5. ábra "b" görbéje egy bíbor szűrőt jellemez.



4.



5.

A kevert szűrő csak két keskeny (monokromatikus) tartományt enged át; a két szín additív keveréseként egy harmadik színt érzékelünk. Az 5. ábra "c" görbéjével jellemzett szűrő csak a vörös és kék tartományt engedi át és eredményként a sárgát kapjuk. (Egyébként a szemünkben minden esetben additív színkeverés útján válnak érzékelhetővé a színek, míg egy felület színe szubtraktív színkeverés folytán keletkezik.)

Most nézzük, hogy a fentieknek mi a gyakorlati haszna.

A cikk elején feltett kérdésre, vagyis hogy milyen -- ugyanolyan színárnyalatú -- sárga színt tudunk fehér fényből színszűrők segítségével előállítani, a következőképpen felelhetünk:

1. Pozitív szűrővel csak a kb. 550-580 nm közötti hullámhosszúságú tartományt engedjük át;
2. Negatív szűrővel csak a 480 nm-nél hosszabb hullámokat engedjük tovább (kiszűrjük az ibolya-kék tartományt);
3. Kevert szűrővel a zöld (490-540 nm) és a kék (440-480 nm) sávokat engedjük át, melyek a szemünkben -- additív keverés folytán -- sárga színérzetet keltenek;

4. Narancssárga és zöld szubtraktív szűrők egymásra helyezésevel, kivonó színkeverés eredményeként sárga színt kapunk. A 6. ábra szerint az így keletkezett szín domináns hullámhossza a sárgának megfelelő kb. 570 nm.

A színszűrők kiválasztása

A színszűrőnek két követelménynek kell megfelelnie (ha leszámítjuk az optikai elvárásokat, vagyis a minél nagyobb transzmissziót és minél jobb plánparalel kiképzést stb.):

1. a szűrő minél nagyobb mértékben engedje át a vizsgált tartományt, vagyis a szűrő áteresztési görbéje a lehető legközelebb álljon az észlelt szín karakterisztikájához;

2. a szűrő minél nagyobb mértékben tartsa vissza a nem vizsgált hullámhosszakot.

A két pont teljesülése esetén kapjuk a legnagyobb kontrasztot. A Kézikönyv is melegen ajánlja pl. a Mars észlelésére a színszűrőket. Azonban a fentiek alapján ezt pontosíthatjuk.

Az UV-szűrő (ami az ultraibolya tartományt tartja vissza) hatástalan -- a szem erre a tartományra teljesen érzéketlen (legfeljebb a szemben létrejövő lumineszcenciát "láthatjuk"), tehát kizárása sem járhat semmilyen előnnyel. Az ibolya és kék szubtraktív szűrők a bolygó felszínére oly jellemző vöröset vidáman átengedik. Mivel ezekben a tartományokban a szem érzékenysége amúgy is a sárga színhez viszonyítva néhány százalékos, a megfelelő kontraszt elérésére a légköri képződményekhez csak pozitív szűrőt használunk.

A Vénusz észlelésére is jók lehetnek a pozitív (monokromatikus) szűrők, mivel ezek jobban csökkentik a bolygó erős fényét; pl. a vörös szűrő teljesen kiküszöböli az ég kékségét, amennyiben nappali-szürkületi égnél észlelünk. Ugyanilyen megfontolásból a szürkületi üstökös-megfigyelésre is pozitív (sárga, narancs vagy vörös) szűrő használható a legjobban (a sárga mellett szól az, hogy ebben a tartományban a legérzékenyebb a szem). A pozitív szűrőknek van még egy jó tulajdonságuk: ezek szűrik ki legjobban a közvilágítást. Emissziós kódok megfigyelésére ajánlott szűrők sem lehetnek negatívak (vagyis szubtraktívak), csak pozitívak (monokromatikusak). Tehát ott használjunk pozitív szűrőt, ahol a megfigyelt objektumnak van egy domináns hullámhossza (erre hangoljuk a szűrőt), vagy a környezetet kívánjuk minél hatékonyabban elnyomni.

Negatív szűrő akkor hatékony, ha észlelt objektumunk (akár egy bolygó részlete) spektruma a szubtraktív szűrőnk áteresztéséhez hasonlatos, tehát jellemzően egy szín hiányzik és a komplementerjét érzékeljük. Ebben az esetben csökken a vizsgált terület fénye a legkevésbé.

Kevert szűrő alkalmazása némi furfangot rejt magába, hiszen pl. egy monokromatikus sárga fényt egy sárga fényű kevert szűrővel tökéletesen el lehet nyomni, míg a szűrő a vöröset és zöldet átengedi, amit (ha mindkettő egyenlő arányban van jelen) sárgának fogunk észlelni. Tudni kell tehát, hogy kevert szűrőnk mely színeket engedi át (de biztosan nem bocsátja át a saját színének megfelelő hullámokat). Két szubtraktív szűrő egymásra helyezésevel lényegében egy pozitív szűrőt kapunk, mivel leszűkül az áteresztett tartomány. Hátrány a megnövekedett reflexió és fényelnyelés.

Mindent összevetve két sorozatot ajánlunk:

1. Pozitív szűrők, esetleg két-két szubtraktív szűrő összeépítésével nyert szűrők;
2. Negatív szűrők.

Először a pozitív szűrőket próbáljuk meg az észlelésnél (mint fentebb láttuk, sok esetben csak ezek a hatékonyak), mivel ezek adják a legjobb kontrasztot. Amennyiben túlságosan lecsökken a vizsgált terület fénye, akkor nyúlunk a negatív (szubtraktív) szűrők után.

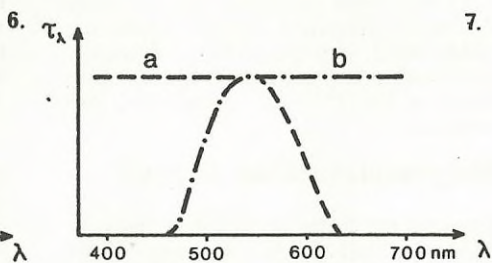
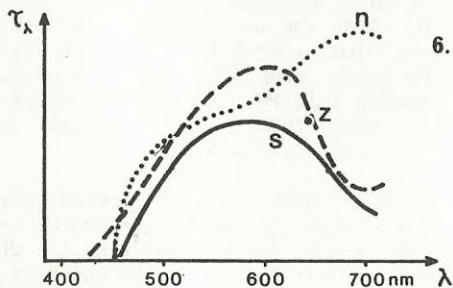
A kevert szűrők használata leleményességet igényel, de pl. egy sárga és egy kékeszöld kevert szűrő együtt monokromatikus (pozitív) zöld szűrőként működik.

Ajánlanak több esetben világos szűrőt, ezeknek azonban nincs sok értelme, mivel ez azt jelenti, hogy a színszűrő színe nem telített, vagyis fehéret tartalmaz. Ebből következik, hogy a fehér mint "alapzaj" felesleges; csak a kontrasztot csökkenti, mivel az elnyomni kívánt tartományból is átenged.

A színszűrők beszerzése

1. Pozitív szűrők: Legjobb az interferenciaszűrők, ill. a színes fotó-másoláshoz használt additív szűrők (ezek is lehetnek interferenciaszűrők). Ilyen kék, zöld és vörös szűrőt tartalmaz pl. az Autocolor készlet. Szintén erre a célra használatosak a KODAK Wratten szűrők (ezeket a Kézikönyv is ajánlja). A kék (Wratten 47 B) 400-500 nm közötti, a zöld (W 61) 500-600 nm közötti, a vörös (W 29) 600-700 nm közötti tartományt engedi át. Katalógusokban találunk olyan üvegszűrőket, amelyek bizonyos hullámhossz alatt vagy felett átteresztőek. Két ilyen szűrő 7. ábra szerinti párosításával monokromatikus szűrőt kapunk.

2. Negatív szűrők: A fekete-fehér fotózásnál előtétként használatos szubtraktív szűrők sok színben megtalálhatók, de törekedjünk tiszta színárnyalatot kiválasztani (ibolya, kék, zöld, sárga, narancs, vörös). A színes kopírfényeknél is használnak szubtraktív szűrőket (kékeszöld, sárga, bíbor) -- természetesen a zselatinszűrők használhatatlanok a mi céljainkra.



Felmerülhet egyéb kevert színek, pl. a másodlagos mellékszínnek körébe tartozó barna használata. Mivel a barna az ibolya (pontosabban lila) és a sárga kivonó színkeverése útján jön létre, továbbá az ibolya a vörös és a kék szubtraktív keveréseként keletkezik, felfogható úgy is, hogy a barna szín fekete + vörös (ugyanis a vörösnek kell nagyobb arányban jelen lennie

és a kék + sárga + vörös egyenlő a feketével). Tehát a barna színt vörös szűrővel lehet legjobban kiemelni (ez a domináns szín -- a fekete felesleges, hiszen az mindennek a fényét csökkenti és így nem javít a kontraszton).

Végül néhány szót arról, hogyan győződhetünk meg szűrőink áteresztéséről. A gyári katalógusokban megtaláljuk a szűrőspektrumot a transzparencia ill. denzitásértékkel (vagyis áteresztőképességgel). Egyéb úton beszerzett szűrőnél egy -- ha lehet, 60 fokal -- prizma, netán házilag barkácsoltszűrő vagy rácsos spektroszkóp segítségével győződhetünk meg az áteresztett tartományról. Na persze az igazi a spektrométerrel történő bemérés lenne...

Remélem, a cikk -- amely lényegesen leegyszerűsítve tálalja a színszűrés elméletét -- rávilágított arra, hogy egy színes üvegdarab még nem azonos egy használható színszűrővel. Törekedjünk arra, hogy a vizsgált színtartománynak megfelelő szűrőt válasszunk ki és lehetőség szerint feltétlenül szerezzünk be pozitív szűrőket; ehhez és a színszűrők használatához sok sikert kívánok.

VIRÁG PÁL

Programajánlat

MCSE ügyelet

Ügyeleteinket keddenként tartjuk a Műszaki Egyetem R Klubjában, 18 órától (Budapest, XI. ker., Műegyetem rakpart 9., a Petőfi-híd budai hídfőjénél).

Ráktanyai észlelőhétvégék

A szeptember 25-27-i és az október 22-25-i újholdas észlelőhétvégékre a korlátozott férőhely miatt mielőbb várjuk a jelentkezőket. Tagok számára éjszakánként 50 Ft a részvételi díj (nem tagoknak 100 Ft), mely összeg a ráktanyai munkák során ledolgozható (tereprendezés, favágás, építkezés, mosogatás stb.). Jelentkezés a 186-2313-as telefonon, eszténként.

Negyedszázados távcső

Szeptember 26-án ünneplik a székesfehérvári csillagda 30 cm-es főműszerének negyedszázados jubileumát. A Szabad Művelődés Háza tetején lévő csillagvizsgálóban 10:30-ra várják az érdeklődőket. A szervezők

mindenkit szeretettel látnak! A csillagvizsgáló a vasútállomástól a 13-as busszal közelíthető meg.

Kréta túra

Még lehet jelentkezni az október 16. és november 1. között szervezett krétei (Görögország) észlelőtúrára. Egyebek között a déli Tejút itthonról nem látható csodálatos objektumai is észlelhetők a kiváló krétei égen! Érdeklődni Hoffmann Jánosnál lehet (7621 Pécs, Kossuth L. u. 1.).

ELADÓ 1 db RT 7300S Videoton szintézeres rádiótuner (9000 Ft), 1 db 16 mm-es Huygens Zeiss-okulár (800 Ft), 1 db 154 mm átmérőjű, 1 m hosszú alumíniumcső (500 Ft), 1 db 145 mm belső átmérőjű, 130 cm hosszú, vastag falú PVC cső (500 Ft). Ponikli Péter, 2624 Szokolya, Hunyadi u. 14. tel.: (27) 75-047.

ELADÓ 100/880-as Varga-távcsőtükör segédtükörrel, 140/800-as főtükrös segédtükör és a Föld és Ég 152 db száma. Özse Balázs, 1181 Budapest, Hosszúház u. 4.

VENNÉK óragépes tengelykeresztet. Horváth László, 2360 Gyál, Toldy M. u. 1.