Fény, látás, színek, digitális színkódolás

Először is, hogyan működik a színlátás?

A szemünk két különböző típusú fényt[1] érzékelő sejttel rendelkezik: pálcikákkal és csapokkal. A retina fotóreceptorainak két típusa megosztja ezt a munkát, ezek különböző feladatokat végeznek el: a pálcikák lehetővé teszik számunkra, hogy egy bizonyos fényerősségig felfogjuk a fényerősség változásait. A szemünkben lévő pálcikák a szürkületi és éjszakai látás szempontjából nélkülözhetetlenek. Ezek teszik lehetővé, hogy gyengébb fényviszonyok között és sötétben is láthassunk. A csapok pedig a színek felismeréséért felelősek. Három különböző változatuk van, amelyek közül mindegyik más hullámhosszra reagál:

- Kék fényre reagáló csapok (S-csapok, az S a „short", rövid szóra utal; ezek a rövidebb hullámhosszúságokra reagálnak)
- Zöld fényre reagáló csapok (M-csapok, az M a „medium", közepes szóra utal; a közepes hullámhosszúságokhoz)
- Piros fényre reagáló csapok (L-csapok, az L a „long", hosszú szóra utal; a hosszabb hullámhosszúságokhoz)

És milyen hatással van ez a színlátásunkra? Ha egy felület például csak rövid hullámokat ver vissza, akkor az agyunknak az kéknek tűnik. Ha csak hosszú hullámok verődnek vissza, akkor piros színt látunk. A közepes hosszúságú fénysugarak zöldnek tűnnek. A vegyes színeket, mint sárgát, lilát, narancssárgát vagy ibolyát csak akkor érzékelünk, ha a felület különböző hosszúságú hullámokat ver vissza. Ha a különböző típusú csapok az összes hullámhosszúságot egyidejűleg fogják fel, akkor az agyunk fehér színt érzékel.

Ezen kívül azonban még egy másik fontos tényező is hatással van a színérzékelésünkre: a tárgyak nem csak visszaverik, hanem el is nyelik a fényt. Az érett cseresznye például azért olyan csodálatosan piros, mert a gyümölcs felülete elnyeli a zöld és a kék fényt, és csak a hosszú fényhullámokat veri vissza, azaz azokat,

[1] A fény az elektromágneses sugárzásnak az a hullámhossz tartománya, amit a szem érzékelni képes. Az ember esetében ez a kb. 380-780 nanométer közé eső értékeket jelenti.

amelyeket pirosként érzékelünk. Így az általunk észlelt szín a három – kék, zöld és piros – szín által elnyelt fény arányától és erősségétől függ.

A szemünk általában a 380 és 780 nanométer közötti fényspektrumot képes feldolgozni. Szemünk nem érzékeli a rövidebb (UV), és hosszabb (infravörös) hullámokat, azaz azokat, amelyek a látható fényspektrum alatt vagy felett vannak.

Miért kék az ég?

A napfény általában fehér, mert abban az összes szín azonos arányban van jelen. Ha egy prizma segítségével megtörjük a fénysugarat, akkor megcsodálhatjuk a fény teljes színspektrumát.

Ha a Nap az égen magasan jár, akkor a fény könnyen behatolhat a Föld légkörébe és elér minket is. A légkör a fénynek csak egy kis kék részét nyeli el, emiatt látjuk a Napot sárgának. Az éggel más a helyzet: a felhőtlen eget kéknek látjuk, mert a fény útja a légkörön keresztül viszonylag rövid. A levegőben lévő molekulák, mint például az oxigén- és nitrogénrészecskék megtörik a fénysugarat és szórják azt. A kék, rövidhullámú fény könnyebben törik, mint a nagy hullámhosszúságú piros fény. Mivel többnyire a kék fény verődik vissza, az eget kéknek látjuk. A fény útja a légkörön keresztül hosszabb, ha reggel vagy este a Nap alacsonyan jár az égen. Csak a piros, nagy hosszúhullámhosszúságú fény tud áthatolni. Ez az oka, hogy az eget pirosnak látjuk. Ha az eget felhők takarják, vagy a levegő porral teli vagy nyirkos, akkor a napfény teljesen visszaverődik, és nem törik. Az ég ezért hosszúhullámú fehér, rossz idő esetén pedig szürke színben mutatkozik. A Holdnak nincs légköre. A Holdon az ég fekete, mert a fénytörés nélkül éri el a Hold felszínét. A Holdon állva a napot ragyogó fehér színben látnánk.

Miért kék a tenger?

A tenger kék színe két fő okból adódik: a víz saját abszorpciós és szórási tulajdonságaiból, valamint az ég kék színének visszaverődéséből. A tiszta víz elnyeli a vörös és sárga fénykomponenseket, míg a kék és ibolyaszínű fényt kevésbé, így a nagyobb víztömegek mély, kék színűnek látszanak. Emellett a felszínen megfigyelhető kék égbolt tükröződése is tovább fokozza a víz kék színét.

Színérzet

A fény hullámhossza meghatározza a hozzá társuló színérzetet. A tartomány alján helyezkedik el az ibolya szín (~380 nm), amit a kék, zöld, sárga, narancs és vörös (~780 nm) követ, ami egyben a skála végpontja is az ember számára. Más állatok esetében ez a tartomány szűkebb vagy tágabb lehet. (Például a rovarok képesek az ultraibolya, a kígyók az infravörös fény érzékelésére, a macskák viszont kevesebb színárnyalatot látnak, mint mi emberek.)

A tárgyak színét az határozza meg, hogy milyen hullámhosszú fényt nyelnek el, és milyent vernek vissza. Például a paradicsom azért piros, mert a benne található likopin pigment a piros színt veri vissza, míg a többit elnyeli. Az egyébként átlátszó víz pedig azért kék nagy tömegben, mert a víz részecskéivel ütköző fényrészecskék (fotonok) közül a nagyobb hullámhosszú, kisebb energiájú vöröses sugarak hamarabb elnyelődnek, míg az alacsonyabb hullámhosszú kékes sugarak a nagyobb energiájuk miatt többször is visszaverődnek, mielőtt végül ők is elnyelődnek.

Minden tárgyat olyan színűnek látunk, amilyen színű (hullámhosszú) fényt visszaver.

Színkeverés

A különböző színárnyalatok különböző hullámhosszú fényből tevődnek össze. A színek keverésénél viszont meg kell különböztetni a fényforrásból származó és a tárgyakról visszaverődő fényt.

A fényforrásból érkező különféle hullámhosszú fénysugarak színe összeadódik. Ha a fényforrás egyáltalán nem világít, akkor fekete színt látunk. Ha a fényforrás csak kék és piros fénnyel világít, akkor bíbor (magenta) színt látunk. Ha minden színárnyalat egyforma mennyiségben van jelen, akkor fehér fény alakul ki. Ezt nevezzük összeadó, vagy másnéven additív színkeverésnek.

A tárgyakról visszaverődő fényből azok az árnyalatok kivonódnak, amiket a tárgy elnyel. Ha az adott tárgy minden hullámhosszú fényt visszaver, akkor fehér színűnek látjuk. Ha a tárgy a zöld színt elnyeli, a pirosat és kéket pedig visszaveri, akkor bíbor színűnek látjuk. Ha pedig minden színárnyalatot elnyel, akkor fekete szín alakul ki. Ezt nevezzük kivonó, vagy másnéven szubsztraktív színkeverésnek.

Színkódolás

A színárnyalatok számszerűsítésére sokféle megoldás született.

RGB

Az RGB színmodell azt határozza meg, hogy a kibocsájtott fény milyen arányban tartalmazza a vörös (Red), a zöld (Green) és a kék (Blue) alapszíneket. Az RGB tehát összeadó színkeverésen alapul, amit az informatikában a kijelzőknél és LED fényforrásoknál szoktunk alkalmazni. Az RGB kódokat használjuk decimálisan és hexadecimálisan.

HSL

Az RGB színmodellt felfoghatjuk úgy is, mint egy háromdimenziós tér X, Y és Z tengelyeit. Ez a megközelítés viszont az ember számára nehezen átlátható. A számítógépes színpaletták általában ennek egy geometriailag transzformált verzióját szokták megjeleníteni kör vagy kiterített hengerpalást formájában.

A HSL színmodell szintén három értéket használ a teljes színárnyalat összeállításához, de az RGB-től eltérően nem az alapszínek mennyiségével dolgozik.

- A Hue, magyarul színárnyalat határozza meg a három alapszín egymáshoz viszonyított arányát. Az értéke 0-tól 360-ig terjedhet. (0°-nál helyezkedik el a vörös, 120°-nál a zöld, 240°-nál a kék, 360°-nál pedig újra a vörös.)
- A Saturation, magyarul telítettség határozza meg a szín élénkségét. Az értéke 0 és 100 közé eső szám, ahol a 0% szürke, a 100% pedig az a szín, amit a Hue érték meghatároz.
- A Lightness, magyarul világosság határozza meg a szín világosságát. Az értéke 0 és 100 közé eső szám, ahol a 0% a fekete, a 100% a fehér, az 50% pedig az a szín, amit a Hue és a Saturation együtt meghatároz.

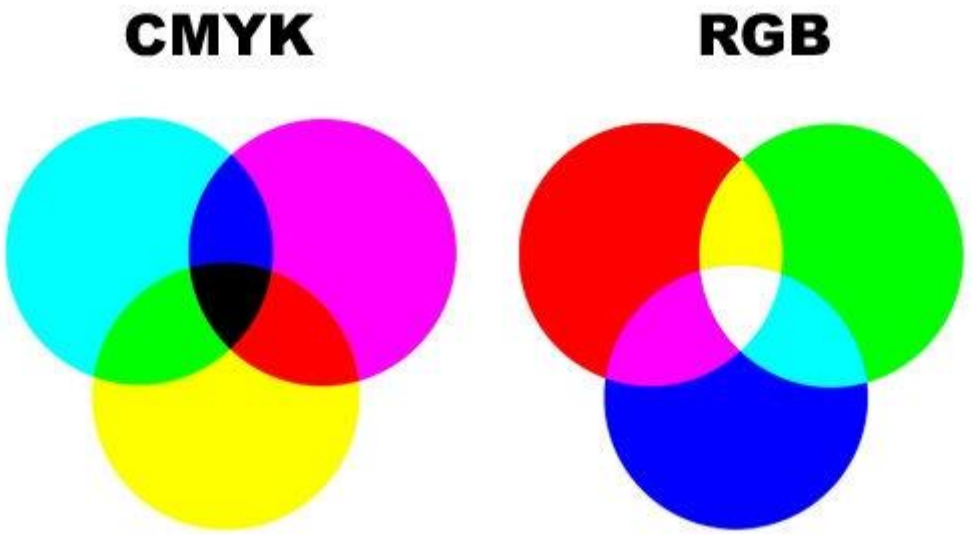
CMYK

A CMYK színmodell, az előző kettővel ellentétben kivonásos színkeverésen alapul, amit nyomtatásnál használunk. Az RGB-hez hasonlóan az alapszínek mennyiségével dolgozik, de az alapszínei a türkiz (Cyan), a bíbor (Magenta) és a sárga (Yellow). Bár elméletben a három szín egyenlő arányú keverékéből fekete szín jön létre, a

gyakorlatban a festékek vegyi összetétele miatt sötétbarna keletkezik, ezért külön fekete (blacK) hozzáadására van szükség.

Az alapszínek mennyiségét százalékos formában szoktuk megadni, ahol a 0% azt jelenti, hogy az adott szín egyáltalán nem található meg, a 100% pedig azt, hogy maximális mennyiségben megtalálható.

A CMYK színmodell gyakorlati alkalmazása miatt az átlátszóságot nem értelmezzük.



Az RGB és a CMYK színkeverés

A színmélység jelentése RGB 8, RGB 10, RGB 16, RGB 32

A fő különbség a színmélység: A 8 bites RGB színcsatornánként 256 árnyalatot tartalmaz, ami körülbelül 16,7 millió színt eredményez, míg a 10 bites RGB csatornánként 1024 árnyalatot tartalmaz, ami több mint egymilliárd szín megjelenítését teszi lehetővé. Ez a megnövelt színadatmennyiség 10 bitben simább színátmeneteket, nagyobb dinamikatartományt és nagyobb rugalmasságot biztosít a színkorrekció és -szerkesztés során, így különösen előnyös a nagy dinamikatartományú (HDR) tartalmak és a professzionális videoprodukció esetén, bár több tárhelyet és feldolgozási teljesítményt igényel, mint a 8 bites.

8 bites RGB

Színválaszték: 256 árnyalatot kínál a vörös, zöld és kék színből, összesen több mint 16,7 millió (256^3) színárnyalatot.

- Jellemzők: Elegendő a standard dinamikatartományú (SDR) tartalmakhoz és a fogyasztói szintű felhasználáshoz.
- Korlátozások: Látható sávozódás jelenhet meg a sima színátmeneteken (például az égbolton), ha az utómunka során jelentősen módosítják a színeket.

10 bites RGB

- Színválaszték: 1024 szintet kínál a vörös, zöld és kék színekhez, több mint 1 milliárd (1024^3) lehetséges színt hozva létre.
- Jellemzők: Jelentősen több színadatot rögzít, ami simább tónusátmeneteket és részletesebb színinformációkat eredményez.
- Simább színátmenetek: Csökkenti a sávosodást olyan területeken, mint az égbolt.
- Továbbfejlesztett szerkesztés: Több adatot biztosít a professzionális színkorrekcióhoz és szerkesztéshez a képminőség romlása nélkül.
- HDR tartalom: Alapvető fontosságú a nagy dinamikatartományú (HDR) tartalmaknál, amelyek nagyobb színmélységet igényelnek a sávosodás elkerülése érdekében.

RGB 16 bit

A Photoshopban az „RGB 16 bites” kifejezés a következőkre utal:16 bit/csatornánkénti színmélység, konkrétan 16 bites színmélység.

RGB 32 bit

A Photoshopban az „RGB 32 bites” kifejezés a következőkre utal:32 bit/csatornánkénti színmélység, konkrétan 32 bites színmélység, egy nagy dinamikatartományú (HDR) mód, amely széles színtartományt biztosít a normál fekete-fehéren túlmutató értékekkel A hagyományos 8 vagy 16 bites módokkal ellentétben, amelyek a tartományukon kívüli értékeket „kivágják”, a 32 bites mód tárolja ezeket, lehetővé téve a realisztikusabb fényhatásokat, valamint a kivágott csúcsfények és árnyékok helyreállítását az utómunkálatok során. Ez a mód jelentősen nagyobb fájlméretet hoz létre, és korlátozza egyes Photoshop-szűrők és korrekciós rétegek használatát, de ideális

speciális feladatokhoz, például HDR-képek készítéséhez és professzionális vizuális effektekhez.

A bitek száma megmutatja, hogy hány érték lehetséges színkomponensenként. Ez a bitmélységet adja meg BPC-ként (bit/komponens), ezt használja a Photoshop. A Windows ezzel szemben BPP-t (bit/pixel) használ, ezért 24 bites színeket fogsz látni, ami ugyanaz, mivel 3 színkomponens van: piros, zöld és kék.

Egy 8 bites fájl tehát 256 különböző szintet tesz lehetővé a vörös, 256-ot a zöld és 256-ot a kék tengelyen, mivel 2 a 8-on az 256 (2^8=256). Tehát, ha ezeket megszorozzuk, 16 77 216 lehetséges színt kapunk a fájl színterén belül (legtöbbször sRGB vagy AdobeRGB).

Egy 16 bites fájl ugyanígy működik, azzal a különbséggel, hogy minden komponens 65 536 érték egyikét veheti fel. Tehát minden pixel 48 bitet kap, ami 28 147 497 6710 656 (nagyjából 28 billió) lehetséges értéket ad a színtéren belül. Bár ez sokkal pontosabb, nem teszi lehetővé a színtéren kívüli színek ábrázolását, csak a színtéren belüli további variációkat.

Amikor egy 8 bites képet beillesztünk egy 16 bites képbe, semmi sem változik azonnal, mivel a forrásképünk 8 bites, tehát csak a 16 bites fájlban található 28 billió színből 16 millió közül választ ki színeket. Ezért nem látsz különbséget. Képzeljünk el egy 16 megapixeles 8 bites képet, amely mind a 16 millió színt tartalmazza. Ha beillesztjük egy 16 bites fájlba, a 16 bites fájl a lehetséges 28 billió színből csak 16 milliót fog felhasználni.

Ha most elkezdenéd manipulálni ezt a képet, torzítani, szűrőket alkalmazni stb., az eredmény kissé eltérne attól, mintha ugyanazokat a változtatásokat egy 8 bites képen alkalmaznád, mivel a manipuláció hatásainak kiszámításához szükséges számítások nagyobb pontossággal történnének.

Bár a kétszeres pontosság sok, a különbséget csak sok manipuláció után kezded igazán látni. A képernyőd valójában elrejti a különbség nagy részét, mivel a kijelzők túlnyomó többsége csak 8 bites színeket támogat, némelyik 10 bitet is, de ennyi. Minden extra bit ott van a számítások javítása érdekében, de a számítógépes képernyők korlátai miatt nem könnyen láthatók.