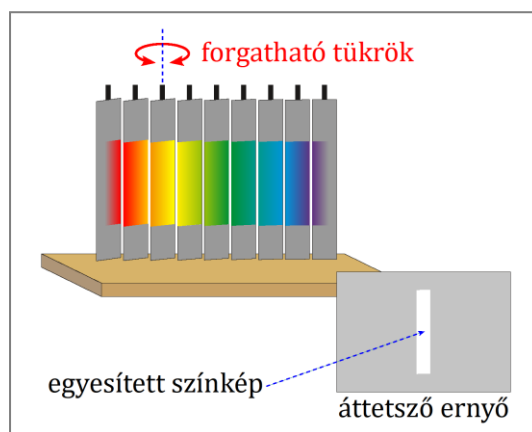


◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

## A színkeverés. A színlátás

A fény színekre bontásával ellentétes folyamat a színek egyesítése. *A különféle színű fénysugarak egyesítését additív színkeverésnek nevezzük.* A rajzon vázolt kísérletben a

folytonos színeképet egy olyan tükörsorozatra vetítettük, amely több keskeny, hossz tengelye körül forgatható tükörből állt. Az egyes tükörökről így gyakorlatilag egy-egy szín verődött vissza az ernyőre. A tüköröket úgy állítottuk be, hogy az összes tükör az ernyő ugyanazon helyére verje vissza a ráeső fényt. Ha ilyen módon a spektrum valamennyi színárnyalatát egyesítjük, egy fehér fényfolt jelenik meg az ernyőn. Hasonló



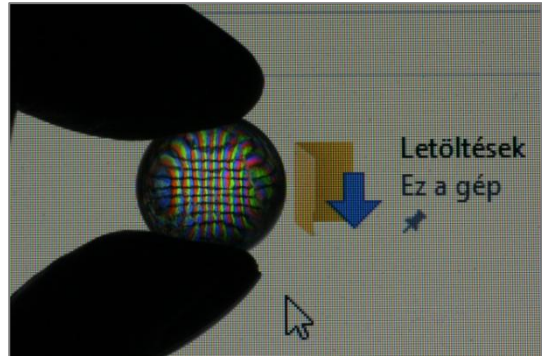
eredményhez jutunk akkor is, ha a színeképet más módszerrel egyesítjük: *A fehér fény felbontásával kapott folytonos színeképet valamennyi színárnyalatának additív keverésével fehér fényt kapunk.*

Ha az előző módon a tükörökkel csak néhány színárnyalatot egyesítünk, akkor ezeknek a színeknek a keveréke jelenik meg az ernyőn. Például a vörös és a zöld fény additív keverésével sárga színt kapunk. Ezt szemlélteti a képen látható kísérlet is. Megfigyelhető, hogy a fehér ernyőre vetített vörös és zöld fények keveréke sárgát eredményez.



Kísérletileg igazolható, hogy *három, jól megválasztott alapszínből, additív színkeveréssel a fehér szín előállítható.* Például a tükörsorozat megfelelő beállításával a vörös, zöld és kék fény összekeverésével is előállítható a fehér fény.

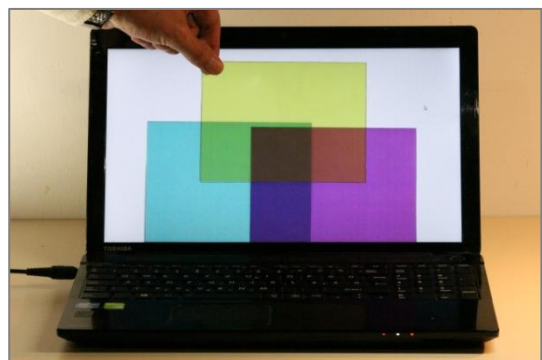
Additív színkeveréssel állítják elő a színeket a televíziók, monitorok és telefonok színes képernyőjén. A három alapszín fényerejének szabályozásával hozhatók létre a különféle színárnyalatok. Ezeknek az eszközöknek a képernyőjét nagyítón át megfigyelve jól láthatók a vörös, zöld és kék képpontok. (A jobb oldali kép eredeti változatát teljes méretre kinagyítva a fehér területen külön-külön is megfigyelhetők a vörös-zöld-kék képpontok, míg a sárga területeken csak vörös-zöld pontok láthatók.)



A színkeverés másik módja azon alapul, hogy az anyagok a rájuk eső fehér fényből csak bizonyos színtartományokat engednek át, illetve csak bizonyos színtartományokat vernek vissza. Ezáltal az áthaladás, illetve visszaverődés utáni fényből egyes színtartományok hiányoznak. *Az olyan színkeverést, amelynek során a beeső fényből bizonyos színtartományokat kihagyunk, szubtraktív színkeverésnek nevezzük.* Például a zöld üvegben lévő vörösbort feketének látjuk. A borosüveg ugyanis a ráeső fehér fényből gyakorlatilag csak a zöld fényt engedi át, ezt azonban a vörösbort elnyeli.



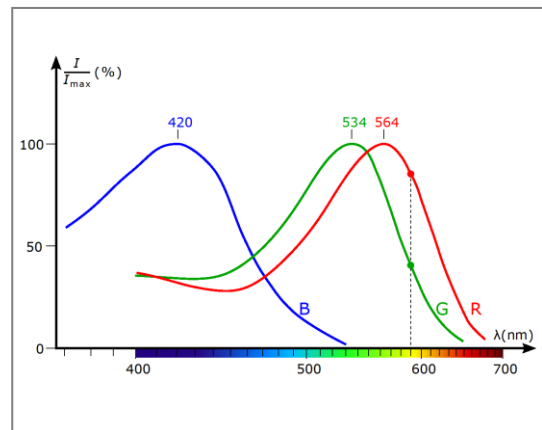
A fehér háttér elé helyezett színszűrők a színek egy-egy tartományát elnyelik, így ahol átfedik egymást, ott csak az adott színek szubtraktív keveréke jut át. A képen egy fehér képernyő elé helyezett zöldeskék, bíbor és sárga színszűrő együttese látható. Középen a három szín szubtraktív keverése feketét eredményez.



A szubtraktív színkeverést alkalmazzák a hagyományos színes fényképezésnél. A színes filmekben, illetve fényképeken három fényérzékeny réteg van, amelyek a megvilágítástól függő mértékben elszíneződnek. Ez a három színszűrő réteg a beeső fehér fényből bizonyos színtartományokat elnyel, így a kép az adott helyen olyan színűnek látszik, mint a megmaradó színek keveréke. A színes nyomtatásnál szintén a szubtraktív színkeveréssel hozzák létre a különféle színeket.

Az emberi színlátás ismeretében a színkeverés egyszerűen megmagyarázható. Szemünk a 380 nm ... 750 nm hullámhosszúságú fényt képes érzékelni. (A határok egyénekenként eltérők és az életkorral is változnak.) A számtalan színárnyalatot szemünkben azonban csak *háromféle érzékelősejt (csap)* érzékeli. A szemünkben található pálcikáknak nevezett érzékelősejtek bár jóval érzékenyebbek a csapoknál, de nem képesek a színeket megkülönböztetni.

A háromféle csap érzékenységi görbéit az ábra mutatja. Látható hogy közülük az egyik az 564 nm hullámhosszúságú, a másik az 534 nm hullámhosszúságú, míg a harmadik a 420 nm hullámhosszúságú fényre a legérzékenyebb. (A továbbiakban emiatt a csapok három fajtáját a rövideg kedvéért vörös, zöld és kék csapoknak nevezzük.) Megfigyelhető továbbá, hogy mindegyik fajta csap érzékeli az ezektől eltérő



hullámhosszúságú fényeket is. Minél inkább eltér azonban a fény hullámhossza a maximális érzékenységhez tartozó értéktől, annál gyengébb a csap érzékenysége. Például a vörös csapok az 564 nm hullámhosszúságú fényre a legérzékenyebbek, de az érzékenységük 500 nm-nél kb. a felére csökken.

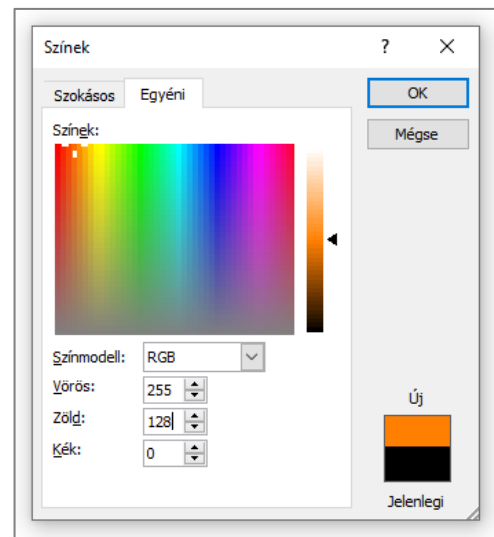
Fontos tény azonban, hogy a csap által létrehozott ingerületet csak az elnyelt fény erőssége határozza meg, az ingerület nem tartalmaz információt a hullámhosszról. Ha például 590 nm hullámhosszúságú sárga fény jut a szemünkbe, akkor az a vörös és a zöld csapokat is ingerli, ezek eredményképpen pedig sárga színt észlelünk. Ugyanezt a sárga színérzetet azonban vörös és zöld fény megfelelő arányú additív keverékével is ki lehet váltani. Ha ugyanis a vörös és zöld fény keveréke ugyanolyan mértékben ingerli a vörös és zöld csapokat, mint a sárga fény, akkor agyunk nem képes különbséget tenni a *vörös+zöld* keverék, illetve a *sárga* között. Bármely spektrumszínnél ugyanígy meghatározható, hogy az milyen mértékben ingerli a vörös, zöld és kék csapokat. Három jól megválasztott egyszínű fény (vörös+zöld+kék) megfelelő arányú additív keverésével ugyanezek az ingerek kiválthatók, ennek eredményeként pedig az adott spektrumszínt észleljük.

Fontos megjegyezni, hogy az állatok túlnyomó többsége érzékeli a fényt, de a többségük nem képes a színeket megkülönböztetni. Például a szarvasmarhák nem látnak színeket, tehát a közhiedelemmel ellentétben a vörös szín nem ingerli a bikákat.

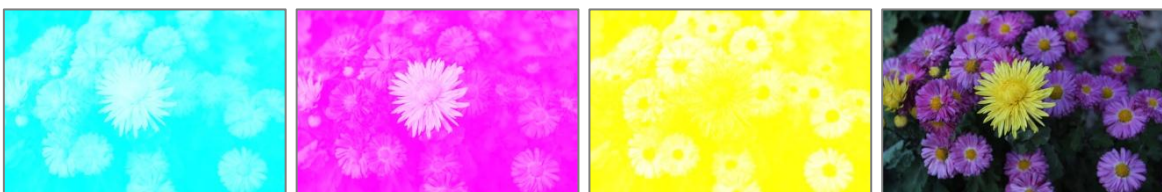
## Kiegészítések

1. Az *addíció* latin eredetű szó, jelentése összeadás. Az additív színkeverés tehát összeadó színkeverés, mert ilyenkor a különféle színű fénysugarakat összeadjuk, egyesítjük.
2. A *szubtrakció* szintén latin eredetű, jelentése kivonás. A szubtraktív színkeverés tehát kivonó színkeverés, mert ilyenkor a (többnyire fehér) fényből különféle színű fénysugarakat kivonunk, eltávolítunk.

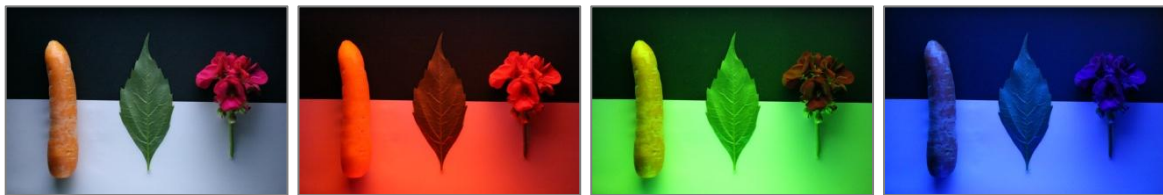
3. A színes televíziónál, monitoroknál, telefonok képernyőinél használt additív színkeverésnél a három alapszín a vörös, a zöld és a kék. Ezek angol elnevezése *red, green, blue*, ezért ezt a színkeverési módot a kezdőbetűk alapján gyakran RGB jelöli. Az RGB színbeállítást használja sok programnyelv, illetve program a képernyőn megjelenített alakzatok, betűk stb. színének megadásához. (A képen a 255, 128, 0 RGB kóddal beállított szín látható.)



4. A *színes fényképezésnél és a színes nyomtatásnál* alkalmazott kivonó színkeverésnél a három alapszín a *kékeszöld, a bíbor és a sárga*. Ezek angol elnevezése *cyan, magenta, yellow*, ezért ezt a színkeverési módot a kezdőbetűk alapján gyakran CMY jelöli. A nyomdák néha a három szín mellett fekete réteget is használnak, ezt a módot CMYK jelöli. (A K az angol key = kulcs szóra utal, mert a fekete réteg a kulcs, amely meghatározza, hogy hol mehet át fény, és hol nem.) A fehér papíron ezzel a három színnel tulajdonképpen három színszűrőt hoznak létre. A beeső, majd a papírról visszaverődő fény így kétszer áthalad ezeken, és így a festékrétegek szubtraktív keveréssel alakítják ki a színes képet. (A lenti első három képet egy-egy átlátszó fóliára nyomtatva, és a fóliákat egymásra helyezve a negyedik képet kapjuk. *Vigyázat! Csak erre a célra gyártott fóliát használjunk, különben a nyomtató károsodhat.*)



5. Az, hogy egy testet milyen színűnek látunk, az a testet megvilágító fény összetételétől is függ. Fehér fényben például a sárgarépat narancssárgának, a falevelet zöldnek, a muskátlit pirosnak látjuk, mert a róluk visszaverődő fénysugarak additív keverése narancsárga, zöld, illetve piros színt eredményez. Egyszínű vörös, zöld és kék fényben azonban ettől teljesen eltérő színeket észlelünk. Például a sárgarézában lévő *karotin* elnyeli az ibolya-kékeszöld tartományba eső fények nagy részét. Emiatt kék fényben a répa sötét, és zöld fényben is sötétebb, mint vörösben. Fehér fényben a sárgaréparól visszaverődő színek keveréke narancssárga lesz, így a répat narancssárgának látjuk.



A levélben lévő *klorofil* elnyeli az ibolya-kék és a narancs-vörös tartományba eső fények nagy részét. Emiatt vörös, illetve kék fényben a levél sötét, zöld fényben azonban világos. Fehér fényben a levélről visszaverődő színek keveréke zöld lesz.

(Hasonló kísérletekhez töltsünk le telefonunkra olyan alkalmazást, amellyel a telefon képernyőjét tetszőleges színűre állíthatjuk. Pl. a *Vieyra Software* által készített *Physics Toolbox Sensor Suite* csomag tartalmaz ilyen színgenerátor applikációt.)

6. A szemünk nagyon érzékeny és alkalmazkodóképes érzékszerv. A látottak feldolgozásában azonban az agynak is jelentős szerepe van. A szem és az agy együttes működése miatt általában akkor is helyesen észleljük a színeket, ha a megvilágító fény nem fehér. Agyunk ugyanis figyelembe veszi a test környezetét, illetve a korábbi tapasztalatokat is, és egy-egy test színének észlelésekor ezt is felhasználja. Például napkeltekor vagy alkonyatkor a színek jelentősen módosulnak, de a havat vagy a meszelt házfalat mégis fehérnek látjuk.

A képen a felénk néző falak többsége kékes árnyalatú, mert a kék égbolt fénye világítja meg őket. A balra néző falak a lenyugvó nap vörös fénye miatt rózsaszínűek. A képre rápillantva azonban ezek a különbségek nem tudatosulnak, minden meszelt házfalat fehérként észlelünk. A kép eredeti, kinagyított változatán mindez még jobban megfigyelhető.



Claude Monet (1840–1926) francia festő *Meules*, *Effet de Neige*, *Le Matin* (Szénakazlak, Hóeffektus, Reggel) című képén a felkelő nap által megvilágított hó rózsaszínű, de a hó árnyékos részei kékes árnyalatúak. Ennek ellenére a havat mindkét esetben fehérnek észleljük.



7. A színkeveréshez számos kísérlet található a *Fizikai Szemle* 2018/1. számának *Színes kísérletek egyszerűen* című cikkében: <http://fizikaiszemle.hu/szemle/tartalom/34>. A cikkben szereplő egyik kísérletről készült az *Additív színkeverés CD-tokokkal* című videó, amely itt is megnézhető: <https://www.youtube.com/watch?v=6wYl7XNLQrg>.

## Képek jegyzéke

	<p><b>Spektrumszínek egyesítése tükörsorral</b></p> <p>© <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0631.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0631.svg</a></p>
	<p><b>Vörös és zöld fény összegzése</b></p> <p>W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Additive_color_mixing.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Additive_color_mixing.jpg</a></p>
	<p><b>Monitor vörös-zöld-kék képpontjai</b></p> <p>© <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0880.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0880.jpg</a></p>
	<p><b>Vörösbor zöld üvegben</b></p> <p>W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bor_palackban.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bor_palackban.jpg</a></p>
	<p><b>Szubtraktív színkeverés színszűrőkkel</b></p> <p>W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CMY.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CMY.jpg</a></p>
	<p><b>A csapok színérzékenysége</b></p> <p>W <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0632.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0632.svg</a></p>
	<p><b>RGB színbeállítás egy programban</b></p> <p>© <a href="http://www.fizikakonyv.hu/fotok/0035.bmp">http://www.fizikakonyv.hu/fotok/0035.bmp</a></p>
	<p><b>Színes kép kékeszöld (cián) összetevője</b></p> <p>© <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0894.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0894.jpg</a></p>

	<p><b>Színes kép bíbor (magenta) összetevője</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0895.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0895.jpg</a></p>
	<p><b>Színes kép sárga összetevője</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0896.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0896.jpg</a></p>
	<p><b>Színes kép</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0893.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0893.jpg</a></p>
	<p><b>Sárgarépa, levél és piros muskátli fehér fényben</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0881.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0881.jpg</a></p>
	<p><b>Sárgarépa, levél és piros muskátli vörös fényben</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0882.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0882.jpg</a></p>
	<p><b>Sárgarépa, levél és piros muskátli zöld fényben</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0883.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0883.jpg</a></p>
	<p><b>Sárgarépa, levél és piros muskátli kék fényben</b>  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0884.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0884.jpg</a></p>
	<p><b>Fehér házfalak alkonyatkor</b>  W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Santorini_Sunset_(51275055105).jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Santorini_Sunset_(51275055105).jpg</a></p>



**Claude Monet *Szénakazlak, Hóeffektus, Reggel* című festménye**

**W** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Claude\\_Monet\\_\(French\\_-\\_Wheatstacks,\\_Snow\\_Effect,\\_Morning\\_-\\_Google\\_Art\\_Project.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Claude_Monet_(French_-_Wheatstacks,_Snow_Effect,_Morning_-_Google_Art_Project.jpg)

***Jelmagyarázat:***

**©** **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

**W** A *Wikimedia Commons*-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

◀	<a href="#">Tartalom</a>	<a href="#">Fogalmak</a>	<a href="#">Törvények</a>	<a href="#">Képletek</a>	<a href="#">Lexikon</a>	▶
---	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	---