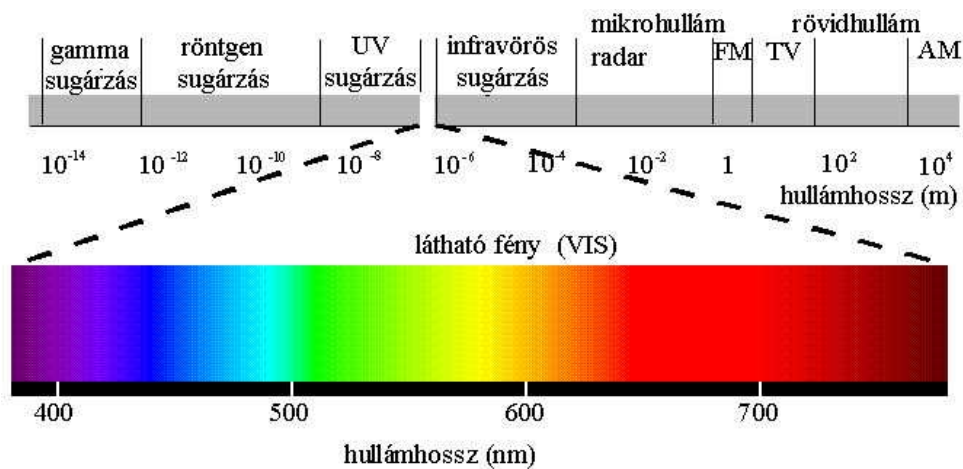


Szín mérés

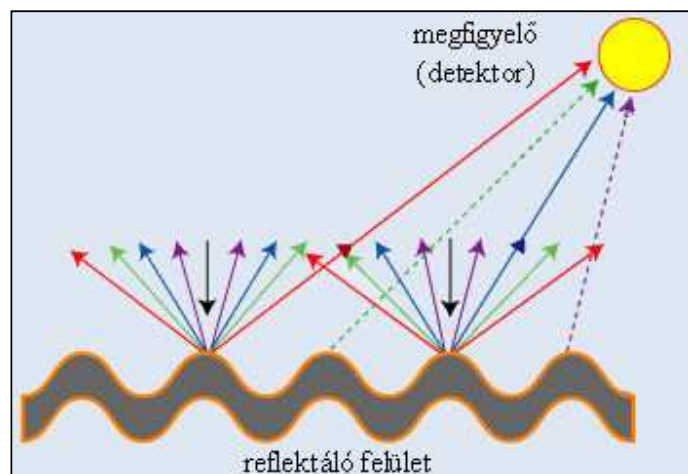
Színnek nevezzük a szemünkbe jutó 380-760 nm hullámhosszúságú elektromágneses sugárzást, amely a tudatunkban a szín érzetét kelti.



A szín fogalma, keletkezésének figyelembevételével az alábbiak szerint értelmezhető:

- **fizikailag**: a szín adott hullámhosszúságú (380-780 nm) elektromágneses sugárzás;
- **élettanilag**: a szín a látószervünkben a retinára jutó, különböző elektromágneses hullámhosszúságú fénysugarak fizikai behatása által okozott ideg ingerület, és annak idegrostokon való továbbítása a látókérgébe;
- **lélektanilag**: a szín a látószervünk idegrostjain továbbított ideg ingerület, a tudatunkban megjelenő színérzet.

Ahhoz, hogy a színeket érzékelni tudjunk három alapvető tényező szükséges: *fényforrás*, *megvilágított tárgy*, *érzékelő*. A szín érzékelése, detektálása a megvilágított tárgy felületéről visszaverődött, különböző hullámhosszúságú fény érzékelésével, mérésével lehetséges. A különböző színek azáltal keletkeznek, hogy a fehér fényvel megvilágított tárgy különböző mértékben abszorbeálja és reflektálja a különböző hullámhosszú fotonokat.



A színeknek három jellegzetes tulajdonsága van:

színezet /színesség/ (hue): a színek az a jellege, amit a közhasználatban piros, sárga, kék stb. nevezünk. Elsősorban a jellemző hullámhosszal meghatározott színinger.

telítettség /króma/ (colour saturation, vividness, colourfulness, chroma, intensity, weight, purity): a szín élénkségét jelenti. Azonos színezettségű, de a jellemző hullámhosszúságú színben eltérő fénysűrűségű színeket különböző telítettségűeknek, színezetdúságúaknak nevezünk.

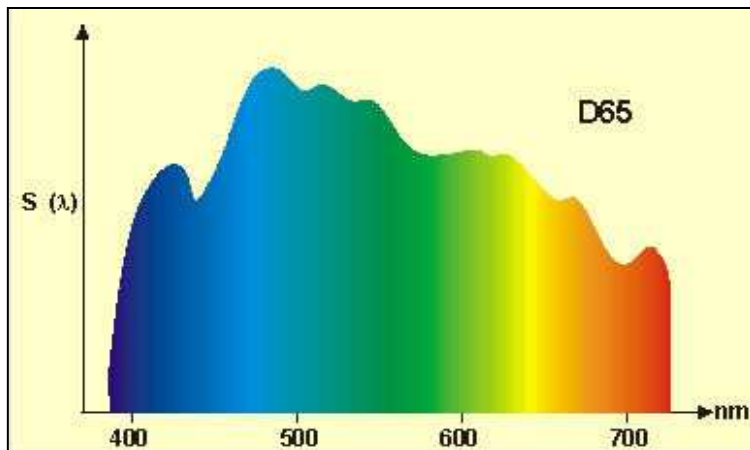
világosság /tónus/ (tone, lightness, brightness): a szín világosságát a mintáról a szemünkbe jutó fény mennyiségét jellemzi.

Két szín akkor azonos, ha mind a három tulajdonságuk megegyezik.

A színek vizuális értékelése erősen szubjektív, és az érzékletet befolyásolják a fényviszonyok (nappal, este, különböző fénycsövek), a környezet (világos, sötét, tarka, semleges), a megfigyelő fiziológiai tulajdonságai (pl. kor), pszichológiai okok (idegesség, nyugodtság, ízlés), valamint a vizsgálandó minták közötti színeltérés nagyságának pontatlan megítélése. Mindezek a tények hozzájárultak ahhoz, hogy megpróbálják a színt valamilyen módon mérhetővé tenni.

A **színmérés** feladata, hogy a fénysugarak által keltett **színérzetet rendszerbe foglalja**, és azt az **érzettel arányosan számokkal jellemezze**. Annak érdekében, hogy a szín műszeresen mérhető legyen, a színlátás feltételeit magába foglaló 3 tényező, azaz a fényforrás, a tárgy és a megfigyelő standardizálására, szabványosítására is szükség van.

Az átlagos és leggyakrabban előforduló **fényforrásokat** a CIE (Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) szabványosította. Ezek olyan fényforrások vagy megvilágítások, amelyeknek



ismert a spektrális energia-eloszlása.

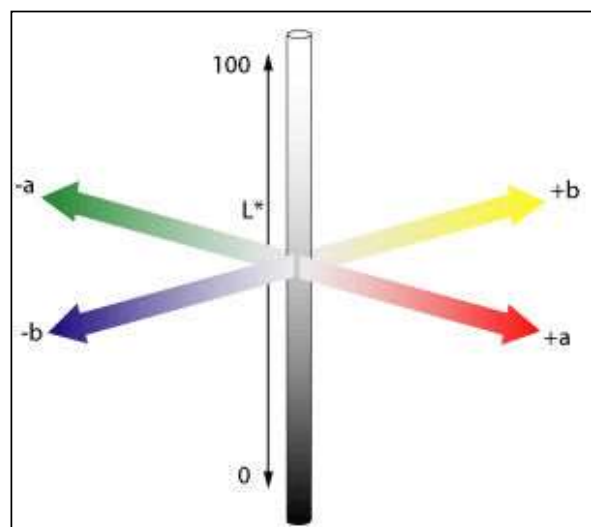
A leggyakrabban használt szabványosított fényforrások:

- **D65**: az átlagos nappali fényt reprezentálja, 6500 K színhőmérsékletű,
- **F11**: fluoreszkáló lámpa (kb. TL84), 4000 K színhőmérsékletű,
- **F2**: fluoreszkáló lámpa (kb. CWF), 4230 K színhőmérsékletű.

A **tárgy színét** alapvetően aszerint definiálták, hogy mennyi fényt ver vissza a tárgy az ideális fehér felülethez képest. A spektrofotométer a tárgyról visszavert fény mennyiségét méri a hullámhossz függvényében, általában 400–700 nm között. Minden egyes színnek egy adott reflexiós görbe felel meg. A reflexiós értékekből különböző fényforrásoknál különböző színmérő számok határozhatók meg, s ezzel a színtérben minden színhez egy pont rendelhető. A mérőberendezés vagy a látható fény teljes hullámhossztartományában, vagy kiválasztott hullámhosszknál méri a visszavert vagy áteresztett fény intenzitását. A korszerű spektrofotométerek a fényintenzitást megfelelően integrálják és ebből adják meg a színösszetevőket.

A CIELab-rendszer

A szín mérésére számos próbálkozás történt. Legáltalánosabban CIELAB(L^* a^* b^*) rendszer használatos, amely hazánkban is szabványosan elfogadott. Ez a rendszer 3D-színtérben elhelyezett koordinátákkal (L^* , a^* , b^*), színponttal jellemzi a minták színét. A **színezet** (hue) értékeit két vízszintes, egymásra merőleges tengelyen ábrázolja: a **vörös** ($a^* = 0$ - $+100$) – **zöld** ($a^* = 0$ - -100) valamint a **sárga** ($b^* = 0$ - $+100$) – **kék** ($b^* = 0$ - -100). Az ezekre merőleges függőleges tengelyen a **világosság** (L^* - lightness) számértéke szintén 0 (fekete) és 100 (fehér) között változik.



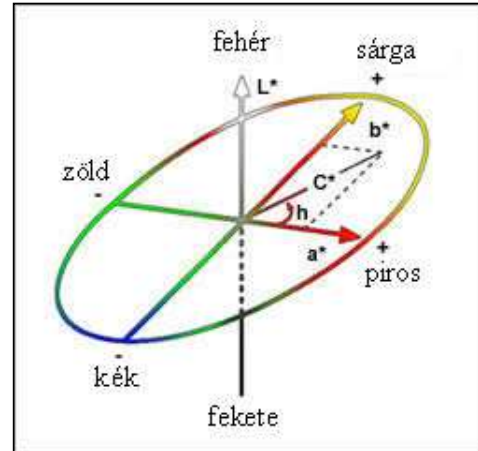
A minta színpont jellemzői a CIELab rendszerben

- A színpont **helye** a koordináta-rendszerben: a^* , b^* , L^* . Az $a = b = 0$ pontban a színezet nélküli minta világossága szürke tónuson belül változhat.
- A **telítettség** vagyis a króma (C^*_{ab}) - a világosság tengelytől való távolság - a színezeti értékek vektorszorzatával definiált, azaz az a^* és b^* befogók által meghatározott derékszögű háromszög átfogója:

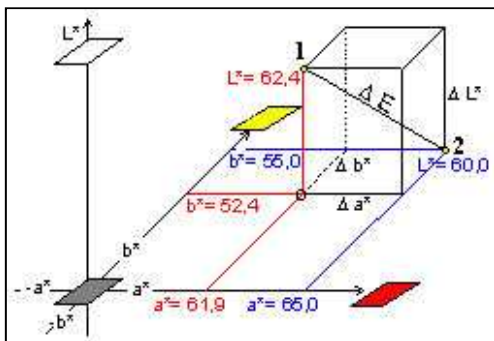
$$C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

- A **színezeti szög** (h°_{ab}) a színvektor irányának a vörös iránytól való elforgatását jelzi a színtérben:

$$h^\circ_{ab} = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$



- A vizsgálandó minta paramétereinek változását, vagy adott színmintától való eltérését a két színpont közötti térbeli távolsággal, a **teljes színekülönbséggel** (ΔE^*), lehet jellemezni. A teljes színekülönbség három összetevő változásából adódik össze: a világosság (ΔL^*), a króma (ΔC^*) és a színezet (ΔH^*) különbségéből.



A színpont térbeli megváltozását geometriailag a világosság-különbség-befogó (ΔL^*), valamint a vörös-zöld színezet ($\Delta a^* = a^*_2 - a^*_1$) és a kék-sárga színezet ($\Delta b^* = b^*_2 - b^*_1$) változásából eredő (o-2) befogó adatai szolgáltatják.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

A CIELab rendszerben mért teljes színekülönbség és vizuális színészlelés között az alábbi kapcsolat rendelhető:

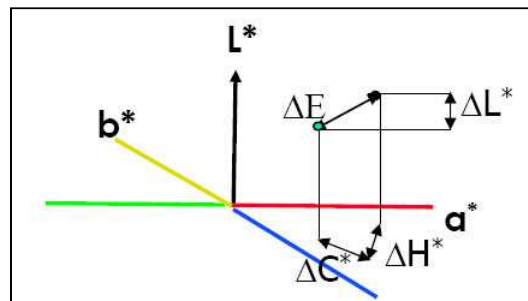
ΔE^*_{ab}	0 ... 0,5	0,5 ... 1,5	1,5 ... 3,0	3,0 ... 6,0	6,0 ... 12,0
szemmel a különbség	nem észrevehető	alig észrevehető	észrevehető	jól látható	nagy

- A színpont térbeli elmozdulása természetesen magával vonja a **színezet** megváltozását (ΔH^*) is. Így a teljes színekülönbségből a színezet értékét a következő összefüggés adja:

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{\Delta E^{*2} - \Delta L^{*2} - \Delta C^{*2}}$$

A színezet változáshoz előjelet is rendelnek az adott térszögben való változás irányának függvényében:

- ΔH^* pozitív, ha $a^*_1 b^*_2 - a^*_2 b^*_1 \leq 0$
- ΔH^* negatív, ha $a^*_1 b^*_2 - a^*_2 b^*_1 > 0$



A színmérés alkalmazása

Az ipari felhasználás terén döntően színellenőrzés, szín-összehasonlítás méréseket végeznek, amelynek során elsősorban a színekülönbség-számítást használják fel. A színminta és a hozzá hasonlító minta színekordinátáinak ismeretében a két színpont közötti térbeli távolság

kiszámítható. Fontos terület a bejövő termékek (alapanyag, színezékek, segédanyagok) színellenőrzése, színerősség mérése, a gyártásközi és végtermék ellenőrzés. A statisztikák összeállítása, trendanalízis elkészítése lehetővé teszi a reklamációs problémák egyszerűsítését (tűrészhatárok meghatározását), hozzájárul a gyártási tételek szín szerinti összeválogatásához, a színtartósági vizsgálatok értékeléséhez, valamint a fehér minták fehérségi fokának meghatározásához.

A színmérés a faanyag és különböző bevonatok vizsgálata esetén egyaránt használható, és viszonylag jó egyezést mutat a vizuális érzékeléssel. A színes bevonatok színellenőrzése mellett lehetőség van a termikus és fotodegradációs folyamatok nyomon követésére, pl. lakkok fényállóságának vagy védőképességének meghatározására.

Mérési feladat: Színmérés alkalmazása a degradációs folyamatok nyomonkövetésére



A gyakorlaton Minolta CM-2002 típusú spektrokolorimétert használunk, amely mobilis és laboratóriumi mérésekre egyaránt alkalmas készülék. Beépített mikroprocesszorával a különböző szabványok által definiált CIELab színkoordinátákat (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) közvetlenül meghatározza. Emellett számítógéphez kapcsolva, a vizsgált minta reflexiós spektrumát 400-700 nm intervallumban 10 nm-enként mért adatokból felrajzolja, a spektrális adatokat eltárolja és kiértékelő programja segítségével utólagos számításokat is lehetővé tesz.

A méréseket CIE D65-ös xenonlámpa megvilágítással, $d/0$ szabványos megvilágítási és mérési geometriával végezzük. (A mintára eső fény *diffúz* megvilágítást hoz létre; míg a visszavert fény 0 fokos szög alatt (merőlegesen) verődik vissza a vizsgált minta felületéről.)

Mérés kivitelezése: A készülék pontos kezelési utasításait, a mért adatok leolvasási módját a gyakorlatvezető a tanóra elején ismerteti. Kalibráció: A mérési sorozat megkezdése előtt a gyártó által hitelesített fehér etalonnal történik.

Mérési feladat: Faanyag termikus degradációs folyamatának nyomonkövetése színméréssel. Színezet egyenletességének vizsgálata faminta felületén

1. A natúr faminta felületén 5 különböző helyen végezze el a színkoordináták (L^* , a^* , b^*) meghatározását! A famintát helyezze a szárítószekrénybe 150°C -ra! Meghatározott időközönként (5, 10, 15, 20, 30, 45 perc) mérje le újra a színkoordinátákat!

2. Vizuális érzékelés alapján válassza ki a színes faminta színét legjobban megközelítő etalont a színsorozatból. Ennek felületén 5 különböző helyen végezze el a színkoordináták meghatározását. A faminta felületén (a hasáb azonos oldalán) végezzen 9 mérési pontban meghatározást! Az egyenletesség vizsgálata céljából a faminta felületét ossza hozzávetőlegesen egyenlő részekre, majd mindegyik részen mérje a L^* , a^* , b^* adatokat!

Számítás:

1. A kezeletlen famintán határozza meg a mért adatok (L^* , a^* , b^*) szórását!

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - x_{\text{átl}})^2 + (x_2 - x_{\text{átl}})^2 + \dots + (x_n - x_{\text{átl}})^2}{n - 1}}, \text{ ahol } n \text{ a mérések száma}$$

Számítsa ki a króma (C^*), valamint a színezeti szög (h°) értékét!

Számítsa ki minden adatra a világosság különbséget ($\Delta L^* = L^*_{\text{kezelt}} - L^*_{\text{kezeletlen}}$)! Grafikonon ábrázolja a faanyag világosság különbség változását a kezelési idő függvényében a termikusan degradált minta esetében! Értelmezze a kapott eredményeket!

2. Az etalonon, ill. a színes famintán határozza meg a mérési adatok szórását! A további számításokhoz a mért adatok átlagát használja! Jellemezze a faminta színinger jellemzőinek egyenletességét!

Számítsa ki a CIELAB króma (C^*), valamint a színezeti szög (h°) értékét!

Határozza meg az etalon és a faminta átlagaiból a ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔC^* , ΔE^* , ΔH^* értékét! Értelmezze a kapott eredményeket!

A számoláshoz használhat számítógépes segítséget (Excel), a munkalapot kinyomtatva mellékelje a jegyzőkönyvéhez!