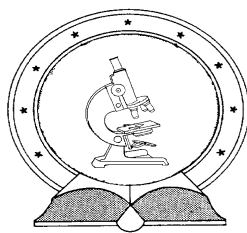


DE TTK



1949

**SZÍNTANI ISMERETEK OKTATÁSA ÉS  
A SZÍNÉRZÉKELÉSI KÉPESSÉG FEJLESZTÉSE  
INFORMATIKAI ESZKÖZÖK  
ALKALMAZÁSÁVAL**

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

Szerző: **Perge Erika**

Témavezető: Dr. Kocsis Imre

DEBRECENI EGYETEM

Természettudományi Doktori Tanács

Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2018

*Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi Doktori Tanács Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola Didaktika (szakmódszertan) programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.*

*Debrecen, 2018. január 15.*

.....  
*Perge Erika  
doktorjelölt*

*Tanúsítom, hogy Perge Erika doktorjelölt 2007-2018. között a fent megnevezett Doktori Iskola Didaktika programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.*

*Debrecen, 2018. január 15.*

.....  
*Dr. Kocsis Imre  
témavezető*

**SZÍNTANI ISMERETEK OKTATÁSA ÉS A  
SZÍNÉRZÉKELÉSI KÉPESSÉG FEJLESZTÉSE  
INFORMATIKAI ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSÁVAL**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében  
a Matematika- és Számítástudományok tudományágban

Írta: Perge Erika okleveles informatika szakos középiskolai tanár

Készült a Debreceni Egyetem Matematika- és Számítástudományok Doktori  
Iskolája  
Didaktika (szakmódszertan) programja keretében

Témavezető: Dr. Kocsis Imre

A doktori szigorlati bizottság:

elnök:	Dr. Maksa Gyula	.....
tagok:	Dr. Hortobágyi István	.....
	Dr. Bácsó Sándor	.....

A doktori szigorlat időpontja: 2016. május 17.

Az értekezés bírálói:

Dr.	.....	.....
Dr.	.....	.....
Dr.	.....	.....

A bírálóbizottság:

elnök:	Dr.	.....	.....
tagok:	Dr.	.....	.....
	Dr.	.....	.....
	Dr.	.....	.....
	Dr.	.....	.....

Az értekezés védésének időpontja: 20... ..

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Kocsis Imre főiskolai tanárnak a szakmai irányításáért, a kutatáshoz szükséges feltételeket biztosításáért, aki kritikai megjegyzéseivel folyamatosan és kitartóan segítette az előrehaladásomat.

Köszönetet szeretnék mondani a Matematika- és Számítástudományok Doktori Iskola vezetőinek, különös tekintettel Dr. Maksa Gyula egyetemi tanárnak a Didaktika (szakmódszertan) program vezetőjének tanácsaiért, tanulmányaim elvégzését segítő támogatásáért, útmutatásaiért.

Szeretnék köszönetet mondani Dr. Hirschler Róbertnek az AIC (Association Internationale de la Colour) Nemzetközi Színbizottság Színoktatás Munkacsoport vezetőjének, akitől a dolgozathoz tanulmányokat, könyveket, folyóiratokat kaptam, az írásaimhoz kapcsolódó nemzetközi publikációkra hívta fel a figyelmemet, aki beszélgetéseken és a levelein keresztül új horizontokat nyitott meg a kutatáshoz, segítette publikációim elkészítését és aki mindvégig a dolgozat megírására biztatott.

Köszönet illeti a Debreceni Egyetem Műszaki Karának és a Medgyessy Ferenc Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola vezetését, hogy támogatták a felmérések elkészítését, a kidolgozott módszer tesztelését. Külön szeretném megköszönni Prof. Puhl Antal DLA egyetemi tanárnak, hogy lehetővé tette a kutatáshoz szükséges Színdinamika című kurzusok megtartását építészmérnök hallgatók számára.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani Dr. Ambrus András ny. egyetemi docensnek, az ELTE Matematika és Módszertani Központ oktatójának, aki megismertetett a matematika didaktikai kutatások módszereivel.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm szeretett családomnak, gyerekeimnek kitartó támogatásukat, türelmüket és szeretetüket.

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>Bevezetés .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Elméleti háttér.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Színtan .....</b>	<b>5</b>
1.1.1. A szín fogalma, értelmezése.....	5
1.1.2. A szín érzékelésének folyamata .....	6
1.1.3. A színek jellemzése.....	10
1.1.4. A színkeverés.....	12
<b>1.2. Színelméletek, a színtan tudományának kialakulása .....</b>	<b>12</b>
1.2.1. Színelméletek .....	13
<b>2. A színérzékelés vizsgálata, fejlesztése .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. A színérzékelés vizsgálatának és fejlesztésének módszerei.....</b>	<b>27</b>
2.1.1. Pszeudo-izokromatikus tesztek.....	28
2.1.2. Anomaloszkópok .....	30
2.1.3. Sorba rendező tesztek.....	32
2.1.4. ISCC CAT .....	36
2.1.5. HVC.....	39
2.1.6. JCAT.....	41
2.1.7. A színérzékelés tesztek összehasolítása .....	43
2.1.8. Színérzékelés vizsgálata az oktatási intézményekben.....	44
<b>3. A szín-oktatás tartervi, tantárgyi környezete.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1. Szín-oktatás az alap- és középfokú oktatási intézményekben .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2. Szín-oktatása a felsőfokú oktatási intézményekben .....</b>	<b>47</b>
<b>4. A szín-oktatásra és színérzékelés képesség fejlesztésére     kidolgozott módszer .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. Színelméleti ismeretanyag .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Hagyományos eszközök a képességfejlesztésben.....</b>	<b>52</b>
4.2.1. Színkülönbség-érzékelő képesség fejlesztése .....	52
4.2.2. Színmeghatározó képesség fejlesztése .....	59
<b>4.3. Interaktív színelméleti oktatóprogram .....</b>	<b>61</b>
<b>4.4. Az oktatóprogram alkalmazása a képességfejlesztésben.....</b>	<b>63</b>
4.4.1. Színmeghatározó képesség fejlesztése .....	64
4.4.2. Színkülönbség-érzékelő képesség fejlesztése .....	66
4.4.3. Színhasználati képesség fejlesztése.....	70
<b>5. A kutatás főbb jellemzői .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1. A kutatás témája, célja .....</b>	<b>73</b>

5.2. A kutatás hipotézisei .....	73
5.3. A kutatás helye, ideje .....	74
5.4. A kutatás résztvevői .....	75
5.5. A kutatás felépítése.....	76
5.5.1. Tájékozódó felmérés.....	76
5.5.2. Oktatási módszer kidolgozása.....	76
5.5.3. Tanítási kísérlet, elő- és utóteszt .....	76
5.5.4. A kísérletben alkalmazott tanulástechnikák .....	77
6. Mérés, a kutatásban alkalmazott teszt.....	78
6.1. A világosság érzékelésének vizsgálata .....	78
6.2. A telítettség érzékelésének vizsgálata .....	79
6.3. Színkeverési feladat.....	80
6.4. Sorbarakási feladat .....	81
7. Képességfejlesztés eredményei.....	84
7.1. A világosságkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésének eredménye.....	84
7.2. A telítettségkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésének eredménye.....	87
8. Kutatási eredmények.....	90
8.1. Alkalmazott statisztikai eljárások, módszerek .....	90
8.2. A csoportok elő- és az utóteszt eredményeinek összehasonlítása .....	90
8.3. Az alkalmazott tanulási technikák eredményességének összehasonlítása .....	92
8.4. Nemek szerinti vizsgálat eredménye .....	93
8.5. Nemek szerinti összehasonlítás eredménye .....	94
9. Összegzés, a kutatás eredményességének értékelése.....	96
10. Summary.....	104
11. Irodalomjegyzék .....	111
12. Publikációs jegyzék.....	118

<b>1. Függelék: Pedagógiai, pszichológiai, didaktikai és informatikai ismertek .....</b>	<b>1</b>
1.1. Pedagógiai, pszichológiai tanuláselméletek .....	1
1.2. Didaktikai koncepciók.....	10
1.3. Számítógépek alkalmazása az oktatásban .....	12
1.4. Színrendszerek, színskálák .....	14
1.5. Irodalomjegyzék az 1. sz. Függelékhez .....	21
<b>2. Függelék: A színérzékelés vizsgálatának kutatási eredményei .....</b>	<b>24</b>
2.1. Az anomaloszkópok kutatási eredményei.....	24
2.2. A Farnsworth-Munsell 100 Hue Test kutatási eredményei.....	25
2.3. ISCC CAT kutatási eredményei.....	27
2.4. HVC kutatási eredményei.....	29
2.5. JCAT kutatási eredményei.....	30
2.6. Tesztek közötti egyezés a színérzékelés mérésében .....	31
2.7. Színérzékelés képesség mérhető-e? .....	32
2.8. Irodalomjegyzék a 2. sz. Függelékhez .....	34
<b>3. Függelék: A szín-oktatás története és helyszínei.....</b>	<b>36</b>
3.1. Szín-oktatás története és helyszínei a világban .....	36
3.2. Szín-oktatás története és helyszínei Magyarországon .....	42
3.3. Irodalomjegyzék a 3. sz. Függelékhez .....	47
<b>4. Függelék: Színek a különböző tudományterületek tükrében.....</b>	<b>48</b>
4.1. Irodalomjegyzék a 4. sz. Függelékhez .....	70



# Bevezetés

A szín-oktatás kutatásához a színek gyakorlati használata és a festészet oktatása révén jutottam el. Az általam irányított tanítási-tanulási folyamatot az alkalmazott elektronikus médiumok képalkotási formái befolyásolták, illetve az itt tárgyalt téma irányába vezették. Értekezésem témája a színekhez kapcsolódó ismeretszerzési folyamat tervezése, irányítása, egy logikailag összefüggő ismeretrendszer kialakítása, valamint a tanulók színérzékelés képességeinek mérése, fejlesztése informatikai eszközök alkalmazásával.

A kutatás célja egy új oktatási módszer kidolgozása, ezen belül egy tananyagcsomag kifejlesztése, gyakorlati megvalósítása, valamint a hallgatók magas színvonalú alkotó és tervező munkájához szükséges színérzékelési képességnek, ezen belül a színkülönbség-érzékelés és a színmeghatározó képesség eredményes fejlesztése egy saját fejlesztésű multimédiás szintani oktató szoftver alkalmazásával.

Tapasztalat szerint a színérzékelés fejleszthető, erre utal például az, hogy a színekkel valamilyen formában foglalkozók sokkal több színárnyalatot képesek megkülönböztetni, mint az átlagemberek. Történeti források is arra utalnak, hogy néhány évszázaddal ezelőtt sokkal kevesebb színárnyalatot tudtak az emberek megkülönböztetni, azaz *„az emberi szem színmegkülönböztető képessége rohamos fejlődésben van”* (Nemcsics, 1990, pp. 168).

Sok szakmában például a képzőművészetben, az iparművészetben, az építészetben, a marketingben, a látvány-, kiadvány- és terméktervezésben, az élelmiszer-, a közlekedés-, az autó-, a textil-, a festék- és a kozmetikai iparban, valamint a termékgyártás minden ágazatában a munka fontos eleme a létrehozott tárgyak, termékek, terek megfelelő színvilágának kialakítása. Az ehhez kapcsolódó mérnöki, művészeti és egyéb szakmai képzésekben ezért nagy hangsúlyt kell fektetni a színelméleti ismeretek elsajátítására és az ismeretek alkotó alkalmazásához szükséges képességek fejlesztésére, mert ezek hiánya gátolja a magas színvonalú munkavégzést (Sik Lányi, 2007).

A nem megfelelő színlátás Magyarországon több mint 100 foglalkozás esetében korlátozó, vagy kizáró tényező lehet (Venczel, 2001). Korunkban egyre több munkatevékenységnél szükség van a jó színlátásra. Egyébként teljesen egészséges fiatalokat kényszeríthet a színtévesztés arra, hogy további tanulmányait, megálmodott hivatását, esetleg a meglévő foglalkozását feladja. Megfelelően jó színlátók között bizonyos szakmák munkafolyamatainak a végzéséhez előnyt jelent a színérzékelés, ill. a színkülönbség-érzékelés képességének magas foka, ennek hiánya pedig gátolja a magas minőségű munka végzését.

A műszaki felsőoktatásban szembesülünk a középiskolát végzett fiatalok színekkel kapcsolatos ismereteinek hiányosságaival, különösen az építészet és a terméktervezés terén, a számítógépes grafika és a digitális képfeldolgozás felhasználási területein. A hiányosságok több szinten is

tapasztalható: a színekkel kapcsolatos alapismeretek, illetve a meglévő ismeretek egységgé rendeződésének hiánya, valamint a színérzékelő, színkülönbség-érzékelő képesség, az esztétikai érzék és a meglévő ismeretek alkalmazó képességének alacsony szintje. Gyakorló pedagógusként keresve a hatékonyabb tanítási-tanulási eljárásokat, a résztvevőket jobban motiváló eszközöket alkalmazó, képességfejlesztő módszer kidolgozásának szükségességét éreztem.

A tanítás-tanulás folyamatában már több mint két évtizede veszek részt aktívan, matematika-rajz és informatika szakos tanárként. Tanítási tapasztalataimat az oktatás minden szintjén gyűjtöttem, tanítottam művészeti általános iskolában, művészeti szakközépiskolában, művészeti magániskolában (ahol a festészet és grafika tanszak az általam kidolgozott és akkreditáltatott képzési és pedagógiai programmal indult). Jelenleg a Debreceni Egyetem Műszaki Karán oktatok Mérnöki informatika, Színdinamika és Megjelenítési technikák nevű tárgyakat, ami lehetőséget teremtett a módszer kifejlesztésére és kipróbálására.

Kutatási tevékenységem részét képezi egy szintani oktató és fejlesztő módszer kidolgozása. A kidolgozott oktatási módszer összehangolt módon kapcsolódik az informatikához, az informatikai eszközök alkalmazásához, mellyel a tanulók számára közelebb lehet hozni, meg lehet alapozni egyes informatikai tudományterületeket, pl. a komputergrafikát és a képfeldolgozást. Mivel a műszaki tervezési folyamatok a gyakorlatban ma már minden szakterületen elsősorban számítógépen történnek, a hallgatóknak ismerniük kell a számítógépes színhasználat módját, a különböző színtereket, a színkódolás lehetőségeit. A színes tervek, képek készítéséhez hallgatóinkat képessé kell tennünk érzéki, finom színhangzatok, színharmóniák létrehozására, kis színkülönbségek érzékelésére.

A módszer része egy saját fejlesztésű interaktív szintani oktatószoftver alkalmazása. A szoftver színérzékelés képességet fejlesztő moduljai, valamint az oktatásban történő hatékonyságát vizsgáló kísérletek eredményei bemutatásra kerülnek a disszertációban.

Az oktatási módszer egyedisége a színelméleti ismeretanyag tematikájának meghatározásában, valamint az ismeretek elsajátítását segítő eszközrendszer összeállításában, létrehozásában és azok alkalmazási módjában nyilvánul meg. A kutatás az eszközök kontrollált körülmények közti alkalmazására irányul, ahol a módszerünk hatékonysága mérhető. A kísérlet eredményei ismertetésre kerülnek a módszer hatékonyságára vonatkozóan.

A szintani ismeretek oktatása és a színérzékelés fejlesztését célzó kutatási projekt 2012 óta fut a Debreceni Egyetem Műszaki Karán. A szintani ismeretek feldolgozására és a képességek fejlesztésére kidolgozott módszerünket 28 órás kurzus keretében valósítjuk meg a mérnökképzés területén az Építésmérnöki, a Gépésmérnöki, az Építőmérnöki, a Mechatronikai mérnöki és a Műszaki menedzser szak képzésében, a Színdinamika és a Megjelenítési technikák tantárgy keretében. A kidolgozott

oktatási módszerünket a Medgyessy Ferenc Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola oktatói beépítették a tanórák programjába, és alkalmazzák a képzőművészeti képzésük festő, grafikus és fotós szakán.

#### *A disszertáció szerkezeti felépítése*

A dolgozat első része (1-3. fejezet) a színekhez és kutatásunkhoz kapcsolódó fellelhető szakanyagot foglalja össze.

Az **első fejezet** a disszertáció specifikus témájához nyújt bevezetést. Ismerteti a színtan alapjait, a színérzékelés folyamatát, a színek jellemzését, a színkeverés módjait, majd felvázolja a színtani ismeretek fejlődését, a színtudomány kialakulásának folyamatát.

A **második fejezet** a kutatási témához kapcsolódó, a színérzékelés vizsgálatára és a színérzékelő képesség fejlesztésére irányuló nemzetközi kutatásokban alkalmazott módszereket, eszközöket és azok alkalmazási módjait mutatja be.

A **harmadik fejezet** bemutatja a különböző iskolatípusokban a színelmélet témakör oktatásának jelenlegi magyarországi tantervi és tantárgyi helyzetét az alap-, a közép- és a felsőfokú oktatási intézményekben.

A dolgozat második része (4-10. fejezet) a saját kutatás leírását, folyamatát és eredményeit tartalmazza.

A **negyedik fejezet** bemutatja a szín-oktatásra és színérzékelés képesség fejlesztésére kidolgozott módszerünket, valamint a módszer részét képező saját fejlesztésű interaktív színtani oktatószoftverünket.

Az **ötödik fejezet** tartalmazza a kutatás főbb jellemzőit, témáját, célját, a kutatás hipotéziseit, helyét, idejét, résztvevőit, a kutatás felépítését, módszereit, a kutatási kísérletben alkalmazott tanulástechnikákat.

A **hatodik fejezet** bemutatja a méréshez alkalmazott tesztfeladatokat, valamint a teszttel mért adatok számszerűsítésnek módjait. Az alfejezetek felépítése követi a kutatásban alkalmazott tesztek típusait a világosság érzékelésének vizsgálatára, a telítettség érzékelésének vizsgálatára, a háromkomponensű színkeverési feladatokra és a sorba rakás típusú feladatokra vonatkozóan.

A **hetedik fejezet** ismerteti a képességfejlesztés hatékonyságát az elő- és utóteszt eredmények összehasonlításával, elemzésével.

A **nyolcadik fejezet** a kutatási eredmények részletes bemutatását, elemzését tartalmazza. Ismerteti az alkalmazott matematikai statisztikai eljárásokat, módszereket és azok eredményeit a kutatási kérdésekre vonatkozóan.

A **kilencedik fejezet** tartalmazza az összegzést, a kutatás eredményességének értékelését, ezek összevetését a kiindulási hipotézisekkel, a tapasztalatok összegzését, valamint a további kutatási lehetőségek felvázolását.

A **tizedik fejezet** angol nyelven tartalmazza az összegzést, a kutatás eredményességének értékelését, a tapasztalatok összegzését, ezek

összevetését a kiindulási hipotézisekkel, valamint a további kutatási lehetőségek felvázolását.

Az értekezést **Irodalomjegyzék, Publikációs jegyzék és Függelék** zárja.

Az **1. Függelék** bemutatja a disszertációhoz kapcsolódó pedagógiai, pszichológiai, didaktikai, informatikai tudományok elméleti hátterét, történeti vonatkozásait, továbbá az 1. fejezet szintani alapismereteit egészíti ki. Három alfejezet kitekintést nyújt a különböző tanuláselméletek, a didaktikai kutatási irányzatok és az informatikai eszközök iskolai alkalmazásába, a negyedik alfejezet a színrendszerekről és színskálákról nyújt ismertetőt.

A **2. Függelék** a színérzékelés vizsgálatában a világban alkalmazott módszerek és eszközök alkalmazásának eredményeit összegzi, a kutatási témához kapcsolódó, a képességfejlesztés területén végzett kutatások eddigi releváns eredményeit mutatja be.

A **3. Függelék** a színoktatás történetének fejlődését ismerteti. Összefoglalja a színoktatás különböző helyszíneit a világban és Magyarországon.

A **4. Függelék** szakirodalmi áttekintést nyújt a színekre vonatkozóan. Összegzi a különböző tudományterületek színekhez kapcsolódó irodalmát kronológiai sorrendben. A színekkel valamilyen formában, különböző megközelítésekből foglalkozó tudományterületeknek külön-külön is könyvtárnyi szakirodalma áll rendelkezésünkre, ebből nyújt válogatást ez a Függelék.

# 1. Elméleti háttér

A disszertáció témája pedagógiai, pszichológiai, didaktikai, informatikai és színelméleti ismerteket integrál, így a kapcsolódó tudományterületek igen szerteágazók. A kutatásunk szempontjából ezek közül kiemelt jelentőségű a színelméleti ismeretek kialakulása, fejlődése, valamint a színérzékelés képesség vizsgálatának alkalmazott eszközei, melyek ebben a fejezetben kerülnek bemutatásra.

## 1.1. Színtan

*„A szín élet. Színek nélkül halott lenne a világ.”  
/Johannes Itten/*

### 1.1.1. A szín fogalma, értelmezése

Színes világban élünk, körülöttünk minden színes. A színek gazdagabbá, szebbé teszik életünket; naponta dolgozunk színekkel, színes anyagokkal, s mégis, ha megkérdezzük tőlünk, mi is az a szín, könnyen zavarba jövünk.

A szín fogalma meglehetősen összetett, a színeket különböző szempontok szerint tárgyalhatjuk. A mindennapi életünkben, sőt még a szakemberek között is félreértést okozhat, hogy a szín kifejezést több fogalom megnevezésére is használjuk. Szóhasználatunkban a szembe behatoló látható sugárzást, valamint ennek következményeként létrejött tudattartalmat is színnek nevezzük.

A *Magyar Értelmező Szótár* szerinti definíció (csak az első fogalmat fejezi ki) „Tárgyaknak, jelenségeknek a fénysugarak visszaverésén alapuló, látással észlelhető tulajdonsága”.

A *Magyar Szabvány és a Nemzetközi Fénytechnikai Szótár* különbséget tesz a szín szóval jelölt két fogalom között: a szembe behatoló sugárzásnak azt a jellemzőjét, amelyet e sugárzás spektrális eloszlásának eltérése okozza, azt pszichofizikai színnek; míg a sugárzás által kiváltott tudattartalmat, érzékelt színnek nevezi.

A szakirodalomban a szín fogalmának tárgyalásakor találkozhatunk a színínger, színíngerület és színérzet kifejezésekkel.

A fizika szempontjából a szín az „**Inger**”, azaz a szembe behatoló és színérzetet keltő, fizikailag meghatározott, 380-780 nm hullámhosszúságú sugárzás, a látható fény, vagyis a színes fény (MSz 9620).

Fiziológiai szempontból a szín „**Ingerület**”, azaz a látás érzékszervében, a szemben egy vagy több fénysugár által kiváltott ingerület.

Pszichológiai szempontból a szín az „**Színérzet**”, azaz a látószerv idegpályáin továbbított ingerületek által az agykérgi látóközpontban létrejött érzet.

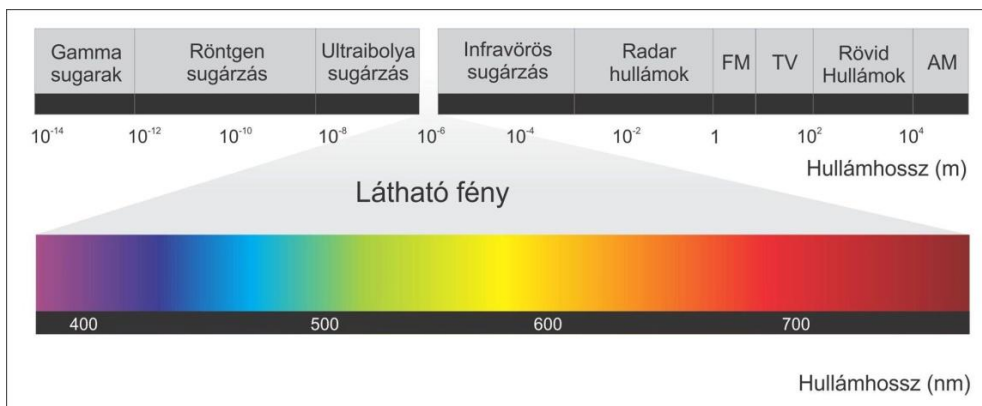
A pontos műszaki meghatározás ellenére a színek észlelete igen érdekes keveréke az egzakt (optikai, biofizikai) és a szubjektív (pszichikai) folyamatoknak.

Sekuler és Blake könyvében az olvasható, hogy „A szín az egyes fénysugarak azon képességéből ered, hogy az idegrendszerben bizonyos válaszokat eredményeznek”, tehát a szín „pszichológiai élmény” (Sekuler és Blake, 2000: 207 és 218). Sacks ehhez még hozzáteszi, hogy: „a színlátás összefügg saját kategorizációs és értékrendszerünkkel” (Sacks, 2004: 45–46).

### 1.1.2. A szín érzékelésének folyamata

*„Mind közül a legnehezebb dolog, noha a legkönnyebbnek tűnik: látni, ami a szemünk előtt van.” /Johann Wolfgang von Goethe/*

Az ember a külvilágról érzékszerveivel vesz tudomást. Öt érzékszervünk közül (látó-, halló-, tapintó-, ízlelő- és szaglószer) a legfontosabb a látás szerve, a szemünk. Az összes információ több mint 90 %-át ez továbbítja számunkra a környezetünkből. Szemünk a nappali fényben színesen látja a világot. Bár az emberi szem alapvetően a látható spektrumnak csak három tartományát: a vöröset, a zöldet és a kéket tudja megkülönböztetni, ebből a három színélményből a látási információt feldolgozó emberi agy több milliárdnyi színárnyalatot varázsol elénk. Azt szoktuk mondani, hogy a szemünkkel nézünk, de az agyunkkal látunk.



**1.1. ábra.** A látható fény hullámhossz tartománya az elektromágnes hullámok skáláján

A szín megjelenését fizikai, élettani és pszichológiai folyamatok teszik lehetővé. Fizikai feltétele, hogy a tárgyak felületéről fény verődjen vissza, az anyagminőségtől és a felület jellemzőitől függően. A színek a látható fény tartományában érzékelhetők (1.1. ábra).

A színes felületek színét az határozza meg, hogy a különböző hullámhosszúságú fényekből melyiket és abból mennyit ver vissza.

A látás fiziológiai háttere Sekuler–Blake alapján a következő „Az emberi szembe jutó fényt a retina fotoreceptorai alakítják át idegi jelekké” (Sekuler–Blake, 2000).

Elektromágneses sugárzás hullámhossz értéke nm-ben	Elektromágneses sugárzás által keltett színérzet
380-425	Ibolya
425-480	Kék
480-510	Kékes-zöld
510-540	Zöld
540-560	Sárgás-zöld
560-590	Sárga
590-640	Narancs
640-780	Vörös

### 1.1. táblázat. Hullámhossztartományok színérzetei

A színérzékelés fiziológiai feltétele a szem, az agyban található látóközpont, és a látóidegek sokasága, amely közvetíti a szem által begyűjtött információt a látóközpontba. A fényingert szemünk érzékeny ideghártyáján keresztül érzékeli az úgynevezett látósejtekkel. A retina érzékelő sejtjei (receptorai) a nappali látást szolgáló csapok és az éjszakai látást segítő pálcikák.

A színlátás (a Young–Helmholz elmélet vagy más néven háromszín-elmélet szerint) a háromféle csapban keletkező ingerületből alakul ki (Sekuler–Blake, 2005). Thomas Young angol orvos és fizikus 1802-ben kifejtette, hogy a színlátás trikromatikus természetének élettani alapjainak kell lennie. Feltételezte, hogy a látott színt három különböző érzékelő egység izgalmi állapotának viszonylagos erőssége határozza meg. Valószínűtlennek gondolta, hogy a retina minden egyes érzékeny pontja a végtelen számú különböző hullámhosszt érzéklni képes részecskét tartalmaz. Sokkal valószínűbb, hogy a közvetlenül érzékelhető hullámhosszak száma véges. A három fő szín érzékelését feltételezve a színkeverési kísérletek eredményei jól magyarázhatók.

A nappali látás receptorai a színlátás trikromatikus elméletének megfelelően a vörös (Red), a zöld (Green) és a kék (Blue) alapszínre érzékeny fotopigmenttel rendelkeznek (Boring 1892, König 1892). Ha az egyes csapsejtfajták által másodpercenként elnyelt fotonok számát a fény hullámhosszának függvényében ábrázoljuk, három harang alakú görbét kapunk. Szokásos jelölésük:

- **l** (long wave, protos, P). A látható fény hosszú hullámhosszakra érzékeny receptorainak megnevezése. A legnagyobb érzékenység hullámhossza ~570 nm.
- **m** (mid wave, deuterios, D). A közepes hullámhosszakra érzékeny receptorok megnevezése. A legnagyobb érzékenység hullámhossza ~535 nm.

- **s** (short wave, tritos, T). A rövid hullámhosszokra érzékeny receptorok megnevezése. A legnagyobb érzékenység hullámhossza ~445 nm.

A közeli infravörös fényt a látópigment-molekulák nem képesek elnyelni, a közeli ultraibolya fényt elnyelnék ugyan, de az nem éri el a retinát, mert a szaruhártyában és a szemlencsében elnyelődik.

A receptorok korong-membránján fényre érzékeny szerves anyagok fotopigmentek találhatóak, mely vegyületek fény hatására lebomlanak, és a sejtet elektromosan polarizálva létrehozzák a továbbterjedő elektromos ingerületet. Mielőtt az agy látóközpontjába kerül a jel, előzetes feldolgozásra kerül. A három fajta receptorból érkező jelek vörös-zöld és kék-sárga ellentétpárokra és egy világossági információt adó csatornájellé kódolódnak. Erről az ellenszín-elmélet ad számot, melyben a vörös és a zöld, valamint a sárga és a kék ellentétes színek (komplementer színek), és nem észlelhetők egyszerre.

Az ellenszín-elmélet szerint (Hering, 1878) látórendszerünk csak kétféle színérzékeny egységet tartalmaz: az egyik a vörös és a zöld színek látásáért felelős, míg a másik a kékért és a sárgáért, és mivel egy egység nem válaszolhat egyszerre kétféleképpen, nincs vöröseszöld, sem sárgáskék. Ha pedig az ellentétes színek (Hering-színek) egyensúlyban vannak, akkor fehéret látunk (Atkinson et al., 2005).

A legújabb kutatások egységesítették a két elméletet egy kétszintű elméletben úgy, hogy három csapból érkező ingerek táplálják a látórendszer magasabb szintjén elhelyezkedő ellenszín-egységeket; valóban léteznek ilyen ellenszín-sejtek a talamuszban (a köztiagy egyik részében), a retina és a látókéreg közötti idegi csomópontban (Atkinson et al., 1994: 121–122). Azaz a csapokból érkező jeleket egy akromatikus és két kromatikus rendszer dolgozza fel. Az előbbiben a hullámhossz információk elvesznek, ez felel a tárgyak láthatóságáért; a különféle csapok ingerlése közötti különbségeket pedig a kék-sárga és a vörös-zöld csatorna dolgozza fel (Sekuler–Blake, 2000: 230). A csatornajeleket ezek után az agy neurális hálózata dolgozza fel, létrehozva a végleges szín-, színezetdúság (telítettség) és világosság-érzetet.

Meg kell jegyeznünk, hogy a színérzet kiváltását pszichológiai tényezők (pl. emlékképek, a szemlélő érzelmi állapota, életkora) is befolyásolhatják. A színérzet megjelenéséhez nincs szükség feltétlenül színingerre, hanem attól teljesen függetlenül is megjelenhet, pl. képzeleti úton vagy álomállapotban. Azt is tudnunk kell, hogy a színinger kiváltásához sem kell minden esetben fénysugár; színingert a látóidegek másfajta izgatása (pl. ütés, elektromosság) is létrehozhat.

### **Színlátási hibák**

*Színtévesztésről* (anomáliáról) beszélünk, ha mind a három színérzékelő receptor működik, de valamelyik receptor típusal gond van, azaz a

receptorok nem működnek megfelelően vagy valamelyik típus érzékenysége lecsökken.

A színtévesztés örökletes rendellenesség. Európában, a felmérések szerint a férfiak 8%-a, a nők 0,5%-a öröklötten színtévesztő. Vannak szerzett színlátási zavarok is, de ezek általában valamely ártalom (alkoholizmus, mérgezések, betegségek) következményei, és ennek megszűnésekor el szoktak múlni.

Vörös színtévesztés esetén a vörös alapszín, zöld színtévesztés esetén pedig a zöld alapszín érzékelik sárgás árnyalatúnak. Így a vörös-zöld vakság az, amikor valaki a színek vöröstől zöldig terjedő tartományát a sárga szín különböző árnyalataiként érzékeli. A kék alapszín hibája nagyon ritka, a népesség mintegy 0,05%-ában fordul elő.

*Színvakságnak* (anopia) nevezzük, ha bármely típusú színérzékeny receptor hiányzik. A teljes színvak emberek a szürke árnyalatait tudják csak megkülönböztetni. A legutóbbi színlátás elmélet szerint a színvakságot a színtévesztés szélsőséges eseteként ismerik el.

A betegségek nevében feltüntetjük, mely szín érzékeléséért felelős receptorokban van eltérés.

*Trichromat* (ha mindhárom csaptípus megtalálható, a teljes színek közt látja az illető); *Protanomalía* (a vörös színtévesztés); *Deuteranomalía* (a zöld színtévesztés); *Tritanomalía* (a kék színtévesztés); *Dichromatía* (kétszínlátó, csak kétféle receptor van, a harmadik teljesen hiányzik); *Protanopia* (a vörös szín vakság, más néven vörös-negatív); *Deuteranopia* (a zöld szín vakság, más néven zöld-negatív); *Tritanopia* (a kék szín vakság, más néven kék-negatív); *Monochromatía* (esetében egyetlen típusú receptor található meg, általában a kék színre érzékeny receptorok maradnak meg); *Achromatía*, a teljes színvakság, ebben az esetben érintettek csak a szürke különböző árnyalatait tudják megkülönböztetni. (A szín érzékeléséért felelős összes receptor (csap) hiányzik: az illető csak homályos fekete-fehér képet lát. Jellemző a nagyon erős fényérzékenység is).

Elsőnek Maxwell dolgozott ki egy színmérő eljárást a 19. század közepén a színtévesztés típusának meghatározásához, amelyhez forgó színtárcsát alkalmazott, nevéhez fűződik két színtévesztő csoport elkülönítése, melyeket ma *zöld-negatív*, illetve *vörös-negatív* dikromatáknak (kétszínlátóknak) nevezünk. A hetvenes években további közvetlen bizonyítékokat sikerült találni arra, hogy a kétszínlátók retinájából valamelyik típusú csapsejt hiányzik. A színvakság és a színtévesztés mérésére Lord Rayleigh (1842–1919) angol fizikus, dolgozott ki először egy módszert a 19. század végén. Ezt a módszert, és az általa tervezett műszert, az anomaloszkópot napjainkban is használják.

Az újabb szakkönyvekben a színtévesztés más formáiról is olvashatunk. Ezek közül a legfontosabb az eset, amikor a színtévesztő személy látása sok szempontból a normál színlátóéhoz hasonlít. Ezeket Wyszecki extrém anomáloknak, Hurvich neuter-anomáloknak nevezi.

A színtévesztés a mindennapi életben komoly problémákat okozhat. Például a közúti jelzőtáblák, jelzőfények értelmezése a színtévesztő számára problematikus. Éppen ezért a színtévesztés diagnosztizálására standardizált tesztet dolgozott ki Shinobu Ishihara a tokiói egyetem professzora, melyet 1917-ben jelentetett meg először.

A rendellenesség kiküszöbölésére egy speciálisan erre tervezett filtert használnak. A réteget úgy tervezik, hogy a rajta áthaladó fény spektrumát oly módon változtassa meg, hogy az a színtévesztőben az épszínlátókhoz hasonló ingerületet váltsa ki.

### 1.1.3. A színek jellemzése

#### A színek pszichofizikai jellemzése

Az emberi szem a színeket háromdimenziós mennyiségként érzékeli. A színeknek három jellemzője van a színezet, a telítettség és a világosság (Atkinson et al., 1994: 117). Némely szakkönyvek, szoftverek szóhasználatában ezek az színárnyalat, telítettség és fényesség (pl. Sekuler-Blake, 2000: 207). E kifejezések és angol nyelvű megfelelőik:

- színezet/árnyalat Hue
- telítettség Saturation/Chroma
- világosság/fényesség Brightness/Lightness/Valeu

A **Színezet** a színek fő karaktere, a hétköznapi nyelvben általában ezt nevezzük „színeknek”, de ez nem elég pontos meghatározás, mert a „szín” sok egyebet is jelenthet (Nemcsics, 1990: 86). A színnévvel leírt minőségre utal, a látási érzetnek az a jellemzője, mely a szín megnevezését jelenti (pl. vörös, narancs, sárga, zöld, kékeszöld/türkiz, kék, lila és bíbor). A színezet változása önmagába visszatérő görbével írható le, amit színekörnek nevezünk.

A **Telítettség** két végpont között változó érték egy lineáris skálán: a tiszta szín és a vele azonos világosságú szürke között, vagyis a színnek a vele azonos világosságú szürkétől való távolságát mutatja meg. Kifejez élénkséget vagy tisztaságot, azaz hogy élénk vagy fakó/sápadt-e a szín, amit látunk. A szín telítettsége attól függ, hogy sok vagy kevés fehér, ill. szürke színt tartalmaz. A fehér, ill. szürke szín jelenléte ugyanis telítetlenséget okoz.

A **Világosság** a színnek az a tulajdonsága, mely az adott színelület fényűrűségével jellemezhető, a fény észlelt intenzitása/erőssége és mennyisége. Világosság-sötétség mértékét mutatja. A szín világossága a színes fénynek a környezethez viszonyított relatív intenzitásától függ. (A legnagyobb saját világosságú szín a citromsárga, a legnagyobb saját sötétségű szín az ultramarinkék.)

#### A színek tristimulusos jellemzése

A színek jellemzésének másik módszere tristimulusos módszer. A szem három alapérzetét, a vörös (R, red), a zöld (G, green) és a kék (B, blue) érzetet,

vagyis színösszetevőt adjuk meg és ezzel, illetve ezek additív keverékeivel jellemezzük a színérzetet. Grassmann törvénye szerint az additív színkeverés törvényszerűségei lehetővé teszik, hogy bármely tetszés szerinti színnel azonos színt kikeverjünk három alapszínből a vörös (R), zöld (G) és kék (B) alapszínt használatával. A színek additív jellemzésénél nincs fogalmunk a spektrális összetételről, hiszen Grassmann törvényének értelmében az additív színkeverés független az alapszínek spektrális jellemzőitől

### **A színek fizikai jellemzése**

A szemünkbe jutó színinger forrása lehet egy fényforrás színes fénye (fény-színek), és lehet egy színes felületről visszaverődő színes fény is (felület-színek). Bár mindkét szín esetében szín-ingerről van szó, és spektrálisan lehetnek teljesen egyformák is, a pszichofizikai jellemzők nem egészen azonosak.

A fény-színek intenzitása a fényforrás fényerejétől függ. A szemünk fényadaptációs képessége gyors, a fény-színek világosságát csak egymáshoz viszonyítva, relatív világosságként tudjuk értelmezni. A spektrálisan tiszta színek nagyon élénkek, telítettek, a széles spektrális reflexiós görbéjű színek fakóbbak, telítetlenebbek.

A festék-színek (felület-színek) előállításánál valamilyen színező anyagot (színezéket) szoktak összekeverni fehér színezékkal, ha világosítani akarják a színt, és fekete színezékkal, ha sötétíteni akarják. Mindkét esetben csökken a szín élénksége, tisztasága, telítettsége. Itt tehát a világosság és a telítettség között szoros összefüggés van.

### **A színigerek jellemzésére használt fogalmak**

Meg kell különböztetnünk először is a színigerek két nagy csoportját az akromatikus és a kromatikus színigereket.

*Akromatikus* az a színinger, mely nem vált ki színérzetet. Ekkor azt mondhatjuk, ennek a színingernek nincs színtartalma. Ilyenkor beszélünk fehér, fekete vagy szürke színről. Szürkeskála a semleges színek fehértől a feketéig tartó sorozata. A szürkeskálán a világosságérzet változása és a visszavert fény mennyiség viszonya nem lineáris.

*Kromatikus* színinger az olyan színinger, amelynek van színtartalma. Az ilyen ingerhez hozzákapcsolható egy fizikailag meghatározott hullámhossz (jellemző vagy kiegészítő hullámhossz). Jellemző hullámhossza annak a monokromatikus fényingernek a hullámhossza, amely a meghatározott akromatikus fényingerrel megfelelő arányban keverve a kérdéses színingerrel egyező színérzetet ad. Kiegészítő hullámhossz pedig annak a *monokromatikus* fényingernek a hullámhossza, amelyet a kérdéses színingerrel megfelelő arányban keverve akromatikus színigert eredményez.

Spektrum színekről akkor beszélünk, ha az adott színinger egy jól meghatározott keskeny hullámhossztartományba esik. A spektrum színek folytonosan mennek át egymásba, mégis szokás ezeket hétköznapi nevekkal illetni, ami megfelel az átlagos emberi érzékelésnek.

#### 1.1.4. A színkeverés

A színkeverésnek lapvetően két módszere ismert a szubtraktív színkeverés, amely az emberi szemtől függetlenül, a fények természetes spektrális módosulása útján jön létre, és az additív színkeverés, amely az emberi látórendszerben alakul ki.

##### **Az additív (összeadó) színkeverés – RGB**

Az additív színkeverés szabályait Grassmann törvényei foglalják össze:

- Az additív színkeverék csak az alapszínek színösszetevőitől függ, azok spektrális jellemzőitől nem.
- Egy szín additív kikeveréséhez három független alapszín szükséges.
- Az additív színkeverés folytonos. Az additív színkeverést egy háromszögben is szokták ábrázolni. A háromszögcsúcspontjain a három alapszín, a vörös (Red), a zöld (Green), és a kék (Blue) alapszín helyezük el. A vörös és a zöld szín additív keveréke a sárga (Y, Yellow), a vörös és kék additív keverékét, a lilát (P, purple), ill. a kék és zöld additív keverékét, a türkizt (T, turquoise). A három alapszín keveréke a fehér színt adja.

##### **Szubtraktív (kivonó) színkeverés – CMYK**

A szubtraktív színkeverés alapszínei a cián (Cyan), a bíbor (Magenta) és a sárga (Yellow). Az alapszínek teljes keveréke szürkésfekete színt ad. Valamely felületen való visszaverődéskor vagy szóródáskor a fénynyaláb bizonyos hullámhosszúságú összetevőit a felület elnyelheti (kivonhatja), ezért látjuk a fehér fényel megvilágított tárgyakat színesnek. A színes felület színének azt a színt érzékeljük, amely a megvilágítás spektrumából megmarad, azaz éppen azt, amit az adott felület nem nyel el. (Ez a kiegészítő színe lesz annak, amelyet a felület elnyelt.) Elméletileg a három alapszín együtt minden más szín előállítására képes, a nyomási technológia miatt azonban a nyomdászatban a nyomási pontosság és a megfelelő árnyalatterjedelem biztosítása érdekében feketét is használnak negyedik színeként.

### 1.2. Színelméletek, a színtan tudományának kialakulása

*„A színek nem egyszerűen csak vannak, nem egyszer s mindenkorra egyértelműen adottak, nem maguktól értetődőek olyannyira, hogy már nem érdemes mélyebben foglalkozni velük. Nem. A színek élnek: mozognak és mozdítanak, függésben vannak és függésbe hoznak, hatnak, hatalmasak, tudnak szolgálni és lenyűgözni.” /Josef Abers/*

Hogy milyen fontosak életünkben a színek, az is mutatja, hogy hány és hány tudós, fizikus, orvos, matematikus, festő, fiziológus, költő és filozófus kutatta az elmúlt évszázadok során a színek titkait. A különböző tudományágak képviselőinek eredményeiről beszámoló irodalmi anyag jellemzője a szempontok sokfélesége, tarkasága, heterogenitása.

## A színtudomány

- multidiszciplináris: mert több pillére van: a fizikai fénytán (optika), a látásemélet (pszichofizika) és a pszichológia;
- interdiszciplináris: mert a színtan határterületeket képez számos természet-, humán- és társadalomtudománnyal érintkezve.

Ma a színdinamika-tudomány foglalkozik az ember és a színes környezet objektív összefüggéseire vonatkozó ismeretekkel, valamint a tudatos színeskörnyezet-alkítást célzó elméleti és gyakorlati tevékenységek összességével (Nemcsics, 1990,1993).

A ma használatos színrendszerek főleg a 20. század alkotásai. Az ember több millió felületszint képes megkülönböztetni. Ahhoz, hogy ebben a halmazban el lehessen igazodni, már a legrégebbi időktől kezdve megkísérelték a színeket rendszerbe foglalni. 1977-ben alakult a Nemzetközi Színbizottság az AIC (Association Internationale de la Colour) a különböző színrendszerek és színűjtemények vizsgálatára. A vizsgálatok eredményeinek összefoglalása Billmeyer összeállításában az AIC kiadásában jelent meg 1986-ban, mely mintegy 435 publikáció ismertetését tartalmazza (Nemcsics, 1990. pp.58). Az alábbi fejezet az idevezető utat, a színtudomány fejlődését mutatja be.

### 1.2.1. Színelméletek

Már kr.e. 15000-ból származó barlangfestmények igazolják a színek használatát, a színezékek készítését.

Az **Egyiptomi** kultúrában (Kr.e. 3000) és a **Kínai** kultúrában (Kr.e. 2000) a színekhez már jelentéstartalmat is társítottak. A kínai kánon 5 alapszint határoz meg.

**Indiában** (Kr.e. 750) a hindu „*Upasinadok*” a színek közötti kapcsolatról ír. A vörös a tűz, a fehér a víz, a fekete a föld színe, minden más ennek a háromnak a kombinációja.

Az ephesusi **Theophrastus** könyve (Kr. e. 315) az egyik legelső ismert könyv a színekről.

**Hippokratész** (Kr. e. 460 - Kr. e. 377) Kr.e. 400-ban megvizsgálja a különbségeket a négy elem, illetve a négy folyadék a vörös vér, a sárga epe, a fekete epe és a nyálka között. Neve alatt fennmaradt írásokat tartalmazza a „*Corpus Hippocraticum*”. Legjelentősebb munkája az „*Aphorizmoi*”. Ezek az elméletek még 2000 évvel később is élnek.

**Püthagorasz** (Kr.e. 570 körül– Kr.e. 495) görög matematikus és filozófus megállapítja, hogy a harmónia számokkal kifejezhető.

**Platon** (Kr.e. 427– Kr.e. 347) görög filozófus „*Timaios*” című munkájában az őselemek és őszínek kapcsolatáról ír, melyről szintén olvashatunk **Empedocles, Epicurus és Democritus** írásaiban is.

**Arisztotelész** (Kr.e. 384 – Kr.e. 322) Míg a kínai kánon öt, addig az arisztotelészi rendszerezés négy alapszint határoz meg, az öt illetve négy őselemnek megfelelően. A szín keletkezésével kapcsolatban „De Coloribus” című munkájában így fogalmaz: „Ahol a sötétség és a fény találkozik, ott keletkeznek a színek.”

Az Arisztotelésztől származó modifikacionista elmélet lényege, hogy a színek a közeggel történő kölcsönhatás következtében a fény módosulásaként jönnek létre, így a szín a fény és a közeg kölcsönhatásából ered. Ő ír először a levegőperspektíváról, az ég színe a levegőt is elszínezi, és ez a távolban lévő hegyek vagy épületek színét is áthangolja. A legterjedelmesebb megmaradt görög írások a témáról Arisztotelésztől származnak.

Sok **római** írásban találunk említést a színek szerepéről Cicero, Varro, Virgil, Horace, Ovid, Livy and Albinovanus munkáiban.

**Vitruvius** (Kr. e. 80/70 körül– Kr. e. 15 után) római építész és hadmérnök, a „*De architectura*” című művében az alapszínekből kikeverhető színek és színárnyalatok kérdésével foglalkozik.

**Plinius** (Kr.e. 72) római természettudós, „*Naturalis Historia*” című, 37 kötetes munkájában összefoglalja az addigi ismereteket a színekről.

**Teophilus** (600 körül) kora középkori ötvös és szerzetes „*Diversarium Artium Scedula*” című munkájában a színárnyalatok létrehozásával, az árnyalatok megnevezésével foglalkozik. A mű első része a festészetről, második az üvegművességről, a harmadik az ötvösség technikájáról szól. Szabályos útmutatót ad arról, mit és hogyan kell festeni, milyen színeket kell használni, és azokat hogyan kell kikeverni.

A „*Lucca-kézirat*” a 9. századból származó festészeti technikákat bemutató mű.

A 10. századból származik a **Heraclius**nak tulajdonított traktátus egy része, ami „*A rómaiak festékei és művészetei*” címet viseli. A mű a könyv- és üvegfestészet technikai oldalát mutatja be meglehetősen alaposan, a fémek és drágakövek feldolgozása mellett a festékek előkészítését, receptúráját is részletezve. A három részből álló mű első két része maradt ránk a 10. századból, a harmadik rész a 12. századból származik. Könnyed stílusban, mintegy előadásszerűen közli ismereteit a festésről. Leírja, hogyan kell előkészíteni a fát, oszlopot festés előtt, hogyan kell a lenvásznak előkészíteni annak arannyal történő befestését megelőzően, aranyat hogyan kell pergamenre felfesteni, illetve milyen „trükkjei” vannak az arannyal való írásnak. Ismerteti a „*fő és köztes színek*” típusait. „*Egyes festékek fehérek, mások feketék, ismét mások ezek között vannak*”. Majd arról értekeznek, hogy hogyan kell őket alkalmazni, és hol lehet a Római Birodalomban fellelni őket, mely lelőhelyek rejtik a legjobb minőségű festékeket. Áttekinti, mely színek „*ellenkeznek egymással*”, hogyan lehet az egyes festékrétegeket egymásra helyezni és kikeverni.

Robert **Grosseteste** (kb.1175 –1253) az Oxfordi Egyetem kancellárja megalkotta saját színrendszerét – Arisztotelész „De sensu et sensibili” című munkájának fordítása során – kilépve a vonalból síkbeli ábrába, a színrendszerek új dimenzióját megnyitva. Ő különítette el elsőként a sötét-világos, a telt-tört, a kromatikus-nem kromatikus színeket (Bacon 1983).

**Al-Shirazi** (1236-1311) volt az első tudós, aki a szivárvány keletkezésének magyarázatában a fénytörésnek is helyet adott a fényvisszaverődés mellett.

**Vitellio** (1235—1290) a türingiai lengyel tudós, felfedezte a teljes visszaverődést és megmagyarázta a szivárvány keletkezését, de színeinek eredetéről nem adott számot.

Willelmus **Durandus** (1230-1296) a „*Rationale divinorum officiorum*” című művét 1286 körül írta. A keresztény liturgia szimbolikus magyarázatát adó könyve, melyet egészen a középkor végéig használtak, a középkori egyházi felfogás összegzésének tekinthető. Részletes, rendkívül pontos útmutatót ad arra vonatkozóan, hogy a templomi festményeken az egyes bibliai alakokat hogyan kell megfesteni, milyen formában lehet őket ábrázolni, milyen szimbólumoknak kell még szerepelnie a képen rajtuk kívül. Ezen szigorú szabályok liturgikus magyarázatát is megosztja olvasóival.

Cennino **Cennini** (1370-1440) 1390 körül írott „*Libro dell’arte*” című munkája szakmai kézikönyv. Összefoglalja az addig ismert művészi technikákat. Ír a színekről, a freskófestészet, az olajfestészet fogásairól, a ragasztók és a cementek összeállításáról. Bemutatja az aranyozás, a lakkozás trükkjeit, a fényekkel való játékot, valamint megosztja a mozaikokkal, üveggel kapcsolatos tudását is.

Leon Battista **Alberti** (1404-1472), az itáliai építész, festő, régész Grosseteste elméletét fejlesztette tovább. Egy négyzet négy sarkába helyezve a négy alapszín (vörös – a tűz színe, kék – a levegő színe, zöld – a víz színe, szürke – a föld színe), a négyzet oldalain pedig ezek keverékei találhatóak, a négyzet átlóiba helyezett két tengely mentén található a fekete és a fehér, minden színtől egyenlő távolságra. Erre a négyzetre helyezve egy dupla piramist, felvetve annak gondolatát, hogy a színeket csak háromdimenzióban lehet elhelyezni. Előbb latinul, „*De pictura*” (1435), majd olaszul „*Della pittura*” (1436) írt munkája újító térkompozíciós elképzelését tartalmazza. A későbbi színtest-színtér fogalom és megjelenítés is ide vezethető vissza. Ez a mű az első olyan írás, amely a festészetet a „szabad művészetekkel” azonos rangú művészetként mutatja be. A középkorban a festészet kézműves tevékenységnek számított, a reneszánszban az intellektuális tevékenysége miatt próbálták kiemelni a kézműves szférából. Festészetpedagógiai szempontból alapos tanácsokat ad, hogy milyen szempontokra kell ügyelni egy munka elkészítése folyamán (Alberti,1435).

**Leonardo** da Vinci (1452-1519). A legfontosabb reneszánsz színelmélettel foglalkozó festő, művész és tudós, a 15. és a 16. század fordulóján talán az első volt, aki tudományos alapossággal, a jelenségek gondos megfigyelésével kereste a színek, a fények és az árnyékok törvényszerűségeit. Megfigyeléseit a

színekről kéziratainak örököse, Francesco Melzi 1540 körül állította össze a mai formában. A „*Trattato della Pictura*” című munkájában, továbbfejlesztve Battista gondolatát, először különítette el az elsődleges és másodlagos színeket. A zöldet nehéz volt besorolnia a megfelelő kategóriába, mivel a kék és a sárga keveréke, tehát másodlagos, de mivel fizikai szempontból elsődleges, végül nem hagyta ki. Ez a kettősség végigkíséri a színek tanulmányozását. Munkájában a tapasztalat fontosságát hangsúlyozza, a festészet elméleti és gyakorlati jellegét próbálja összeegyeztetni. Munkájának az újszerűsége, hogy a természetben előforduló jelenségek ábrázolását közvetlen megfigyelésre alapozza. A mű második részében (A festő regulái) Leonardo a művészképzésről alapos rendszert épít fel (Leonardo, 1540).

Aron Sigfrid **Forsius** (1569-1624) finn filozófus, lelkész és természettudós. „*Physica*” című munkájában a színeket rendszerbe foglalta. 1611-ben írta le a ma ismert első olyan elméletet, amit színrendszernek nevezünk. A színeket gömbfelületen helyezte el. A gömb átmérőinek végpontjain a következő színpárok helyezkednek el: fekete-fehér (ez a két elsődleges szín, melyből minden más ered), vörös-kék, sárga-zöld, barna-szürke, bíbor-égbék, sápadtsárga-feketészöld, tüzessárga-kékeszöld, barna-kőrissárga.

Franciscus **Aguilonius** (1567-1617) belga matematikus és optikus. 1613-ban alkotta meg saját rendszerét, mely legelső elmélet, mely a vörös, kék és sárga lineárisan elhelyezett hármására épít, míg a keverési lehetőségeket ívekkel ábrázolja. Bevezette az egyszerű színek fogalmát, melyekből végtelen számú többi szín levezethető. Egyszerű szín öt volt vörös, kék, sárga, világosság, sötétség. Ezekből közvetlenül három vezethető le az arany, zöld, bíbor. Az „*Opticorum Libri Sex*” című művében színkeverési diagrammot készít és azok alapján színsorokat fest (Aguilonius, 1613).

Johannes **Kepler** (1571-1630) német matematikus és csillagász. 1611-ben megjelent „*Dioptrice*” (Optika) művében az optikát tudományos szinten tárgyalta. Fénytöréssel, a szem működésével foglalkozott.

Isaac **Newton** (1642-1727) angol fizikus. Newton azt állította (Arisztotelésszel szemben), hogy a színek nem a fény módosulásai, hanem fény részei, eredeti összetevői. Newton az optika, a fényfizika (teleszkóplencsék színhibájának megoldásának) kutatása közben jutott el a színek vizsgálatához

Prizmával a fehér fényt a spektrum színeire bontotta. Kísérletei megmutatták, hogy a fehér fény összetett. Tehát a színek nem a prizma módosító hatására jönnek létre, hanem a prizma elemeire bontja az eredetileg összetett fehér fényt. Bizonyítékként újra összekeverte az így létrejött nyalábokat egy fordított állású prizma segítségével újra fehér fényt kapunk. A fehér fényt, a prizmával, a spektrum színeire bontva keletkező elsődleges színek homogének, tovább már nem bonthatók. Az elemi színek összekeveréséből újabb, de már nem homogén színeket lehet létrehozni. Az egyes színekhez saját törésmutató tartozik, mely csakis azt a tartományt jellemzi. A kísérlet meggyőzi Newtont, hogy „*a fény olyan sugarakból áll, melyek különbözőképpen*

törnek meg”, vagyis a látszólag homogén fehér fény „különböző mértékben megtörő sugarak heterogén keveréke” (Newton, 1687).

Gondolatait még 1672-ben a londoni tudományos társaság számára levélben közli, viszont ez az 1685-ből való Principia könyveiből kimaradt; számunkra csak a fények és a színek elméletét tárgyaló anyag ismert, mely az 1665 és 1675 közötti kutatások eredménye. Bár 1704-ben megjelent az „*Optika vagy a fény visszavezetéséről, töréséről, elhajlásáról és színezése*” című értekezés, melyben meghatározta a fényelméletét. Megállapította, hogy a színélmény általában meghatározott hullámhosszakkal jellemezhető sugárzó energia eredménye, de azt is, hogy a bíbor színek önálló minőségek, annak ellenére, hogy nincs saját hullámhosszuk (Newman, 2010). Newton halála után, 1728-ban adták csak ki optikai írásait, benne a színelméleti előadását és levelét is „*Lectiones Opticae*” címmel.

Newton a szivárvány színeit kiegészítette az abban nem található, de a festőanyagok között akkor már létező bíbor (vagy lila) színnel. Észrevette, hogy a bíborok a spektrum két végén lévő színek keverékéből jönnek létre, így a színeket egy kör mentén helyezte el. Színkörében hét szín szerepel: vörös, narancs, sárga, zöld, indigó, kék és lila. Newton modellje teremtette meg a kapcsolatot az egy és a kétdimenziós színrendszerek között.

Newtonnal egy időben Christian **Huygens** (1629-1695) is kidolgozta a maga fény- és színelméletét. Huygens abból indult ki, hogy minden kölcsönhatás mechanikai kontaktus útján jön létre, és minden természeti jelenséget mechanikai jelenségekre kell visszavezetni. Ebből következett számára, hogy a fény terjedése valamely nagyon finom anyag, az éter részecskék mozgásállapot-változásának terjedése. Elképzelése szerint tehát a fény úgy terjed az éterben, mint a hang a levegőben, vagyis hullámként, azon belül is longitudinális hullám formájában. Meghatározta a fény terjedésének sebességét, mai ismereteinkhez képest is meglehetősen pontosan. Hullámelméletével magyarázni tudta a fény egyenes vonalú terjedését és a törési törvényt is (Alan,1973).

Jacques Cristophe **Le Blon** (1667–1741) frankfurti rézmetsző művész. A háromszín nyomás, azaz színes nyomtatás feltalálója. 1731-ben rájött, hogy három színnel, a sárga-vörös-kék színek egymásra nyomásával a színkör minden színét, sőt azok finom átmeneteit is meg tudja valósítani. Vele egy időben hasonló megoldásra jött rá egy kortársa, a párizsi **Gautier** is. Le Blon gyakorlati tapasztalatait nem öntötte elméletbe, ezt megtette helyette Harris (Lilien1985, Lowengard 2006).

Moses **Harris** (1731-1785) angol rézmetsző. A „*Natural System of Colours*” című munkájában 1776-ban megjelentette az első nyomtatott színköreit, melyek vörös-sárga-kék alapszínekből előállíthatók. Színeit egymás felett, négy színkör belsejében helyezte el, egy-egy színkörét 18-18 szektorra osztotta. Az egymást követő színkörökben az előző színkör másodlagos színei szerepelnek alapszínként. Így a színkör 72 részes. 20 telítettségi szintet ábrázolva, végül 360 színezetet tartalmaz. Az így létrejött

másodlagos színekkel harmadlagos színeket hoz létre, szintén 20 telítettségi szinttel, így 300 színezetet jelenít meg, vagyis összesen 660-at. A körök közepében ábrázolta, amit ma szubsztraktív keverésnek nevezünk, ami a legfontosabb megfigyelése, hogy a fekete létrehozható a három szín átfedésével (Harris, 1776).

Tobias **Mayer** (1723-1762) német matematikus. A színárnyalatok rendszerbe foglalásával 1758-ban létrehozta az első, szisztematikusan felépített színrendszerét. A kivonó színkeverés vörös-sárga-kék alapszíneiből kiindulva, háromszögformában a sarkainál rendezte el azokat, az alapszínek között 12 fokozatot vett fel a háromszög oldalain, belsejében pedig a keverékek keverékei voltak. Az egymás fölötti háromszögekben ugyanezen színek egyre világosabb árnyalatait helyezte. Mayer rendszere 910 szín ábrázolását tette lehetővé, melyről hátrahagyott kéziratai alapján 1775-ben megjelent „*De affinitate color commentatio*” című könyvben olvashatunk (Mayer 1775, Forbes 1980).

Johann Heinrich **Lambert** (1728-1777) német matematikus, fizikus. A színeket piramisba foglalható, egymás fölötti, egyre kisebb háromszögekbe rendezte el. Mayer munkáját kutatva, megalkotta saját modelljét. Az alsó háromszög csúcsain a sárga gumugutti, a karminpiros és a berlini kék, az alapháromszög közepén a fekete, a csúcsán a fehér helyezkedett el. Színgyűjteménye „*Beschreibung einer mit dem Caunischen Wachse ausgemalten Farben-Pyramide*” címmel jelent meg 1772-ben. Lambert abban bízott, hogy a textilkereskedők ennek a rendszernek a segítségével meg tudják állapítani, hogy minden szükséges színt raktáron tartják vagy nem, ill. milyen hiányzó színeket kell beszerezni. Remélte, hogy a festők és a nyomdászok inspirációt kapnak e rendszertől. Bemutatta, hogy a fény színei és az anyagok színei különbözőképpen viselkednek (Lambert, 1772).

A színvakság első pontos leírását a kémikus John **Dalton** (1766-1844) hagyta ránk, aki saját magán végezte megfigyeléseit a 18. század végén. Hatéves korában derült ki róla, hogy dikromata (színtévesztő). Jelentős kutatásokat végzett a színvakság és színtévesztés területén. Róla nevezik a színvakságot daltonizmusnak (Dalton, 1798).

James **Sowerby** (1757-1822) angol fizikus. Rendszerének leírását a „*New Elucidation of Colours, Original, Prismatic and material*” címen adta közre 1809-ben. Új színrendszert mutatott be, színtestjének színeit egymás fölött elcsúsztatott rombuszokban festette meg, melyhez a kék-sárga-piros alapszíneket használta. Színrendszere a kivonó színkeverésre épül, de munkájában az összeadó színkeverést is leírja, megállapítva, hogy annak alapszínei a vörös-kék-zöld (Sowerby, 1809).

Ugyanebben az időben Thomas **Young** (1773-1729) orvos, fizikus megjelentette a „*Trikromatikus látás elmélete*” című munkáját, mely szerint a szem minden színt három hullám kombinálásával generál, azaz a vörös-zöld-kék additív színek segítségével. Elméletét arra alapozta, hogy az emberi szem nem lehet képes szinte végtelen számú színt egyenként érzékelni. először a

vörös-sárga-kék színeket feltételezte, majd ezt később módosította. Az elméletet 1960-as években bizonyították be, egy főleg angol fiziologusokból és biokémikusokból álló kutatócsapat megtalálva a retinán a háromféle érzékelő cellát.

Philipp Otto **Runge** (1777-1810) német festőművész. Színrendszerét tartalmazó munkája a „*Farben-Kugel oder Construction des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zu einander, und ihrer vollständigen Affinität*” 1810-ben jelent meg. A színeket egy gömb felületén jelenítette meg modelljében 1809-ben. A gömb meridiánján a spektrum színeket és a bíborokat, az északi pólusra a fehéret, a délire a feketét helyezte. Az északi féltekén a fehérrel, a déli féltekén a feketével tört árnyalatok voltak (Runge, 1810). Ezt a tökéletes formát a 20. századig nem is tudták túlszárnyalni. Ezen túl a színharmóniákkal is foglalkozott.

Johannes Wolfgang von **Goethe** (1749-1832) a német író, „költőfejedelem”, grafikus, művészetteoretikus, természettudós. Az általa megalkotott színtan is legalább olyan nagy jelentőségű, mint Newton színelmélete. Az ő szemlélete az antik görögök modifikációs elmélethez állt közelebb. Kiindulása nem az arisztotelészi színelmélet volt, csak menet közben ébredt rá a hasonlóságra, és kezdte el a történeti előzmények kutatását.

„A színek a fény tettei és szenvedései.”

/Goethe, „Színtan” című művében/

Goethe hatrészes színekörét máig használja az oktatás. Newtonnal szemben Goethe csak három alapszínt írt le. A háromszög sarkaira helyezte e három színt, majd azokból származtatta a mellék- és a törtszíneket.

A 18. és 19. század fordulóján igen elmélyült színtani kutatást folytatott a színek fiziológiai-lélektani vonatkozásaiban. Elméletében a színeknek egyfajta érzelmi-morális jelentést adott. Alapvetően új megállapítása, hogy a színelmény, amely fizikailag meghatározható energiák mennyiségének eredménye, maga pszichikai energiák keltésére alkalmas, ezért a színek közötti összefüggések feltárása nemcsak a fizikai, hanem fiziológiai és pszichológiai feladat is. Párhuzamokat keresett az ember kedvelése és karaktere között. Fontos eleme munkájának a színérzékelés, az utóképek létrejötte és az utóképek színezetének vizsgálata, valamint a színek fiziológiai, pszichikai hatására és a szimultán és szukcesszív kontraszt színjelenségeire alapozott harmóniatana (Goethe, 1792).

Goethe korszakalkotó, máig érvényben lévő három részből álló „*Színtan*”-a 1810-ben „*Zur Farbenlehre*” néven jelent meg. Az első a „Didaktikai rész”, amiben a színek különféle fajtái, megjelenésük különféle módja és törvényszerűségeik találhatóak. A második rész Goethe vitája Newton színekről alkotott nézeteivel – ez a „Polemikus rész”. A harmadik pedig a két kötetre rúgó „Történeti rész”, melyben Goethe mindent egybegyűjtött, amit az ókortól az ő koráig a színekről írtak és mondtak (Goethe, 1810).

Goethe teljesen ellentmondott Newton interpretációjának, a Newton-féle fényszóródási elméletet haláláig perhorreszkálta saját tapasztalataira vonatkozólag. Az 1810-ben megjelent művét vitairatnak szánta a modern színfizika védelmében. Természetesen ez valódi vita nem lehetett, mivel két paradigmával van dolgunk.

Newton és követői, megtört fényként, a fény módosulásaként magyarázzák a színeket. Goethe bebizonyította, hogy a színek benne vannak a fényben, szerinte a színek a fény részei. A komplementer színek keverését sem a fényekkel, hanem a festékekkel végzi, eredményül pedig nem fehéret, hanem így mindig szürkét kap. A festékek keveréséről Newton csak röviden és homályosan beszél, mert számára a kiindulás a fény volt, a festékanyagok keveréséről pedig a 17. századi fizika még nem tudott magyarázatot adni (Huff, 1995).

Napjainkban már színelméleti közhely, hogy a három alapszín, vagy a komplementerek keverése fehéret, feketét vagy szürkét eredményez. A fények megfelelő keverése fehér fényt, a színszűrőké feketét, a színtesteké pedig szürkét. Ennek bizonyítása a színanalitikus technikákkal lehetséges. Az eltérő kiindulópontok miatt a newtoniánus és a goethei nézetek nem találkozhattak, csak a 20. század elején amikor a fizikában az atomelméletek új szakaszba léptek.

Ma már tudjuk, hogy bár Goethe és Newton teljesen eltérő véleményen voltak, mégis mindkettejük elmélete helytálló. Igazából egymás elméleteinek kiegészítői voltak. Newton a fény analízise érdekelte, Goethe a jelenségek minőségével foglalkozott. Míg Newton teljesen figyelmen kívül hagyta az embert, addig Goethe éppen ellenkezőleg, az ember oldaláról közelítette meg a kérdést és fiziológiai, pszichológiai kérdésekkel foglalkozott. A kettő együtt adja a mai színelméletek alapját.

Már Goethe is beszél – bár csak érintőlegesen – a színek optikai keveredéséről, az egymás mellé húzott színcsíkok összeolvadásáról (Goethe, 1983, pp.36.). Azok az elemek ugyanis, amelyek az összetett színt létrehozták, túlságosan kicsinyek ahhoz, hogy külön-külön láthatók legyenek. Ha sárga és kék port keverünk össze, akkor szabad szemmel zöldet látunk, bár nagyítóüveggel meg tudjuk még különböztetni egymástól a sárgát és a kéket. Összhatás mintegy két-háromméternyi távolságból: a keskeny kék és sárga csíkokkal vonalazott sík némi távolságból zöldnek tetszik. Az optikára vonatkozó „*Beitrag zur Optik*” című műve 1792-ben jelent meg.

Goethét világszerte inkább a költeményei miatt ünneplik, ő maga azonban nem irodalmi munkásságát tartotta maradandónak. Élete végén így írt „Színtan” című művében:

*„Mindazt, amit költőként alkottam, nem sokra tartom. Kiváló költők éltek koromban, még kiválóbbak előttem, s hasonlóan kiválóak fognak élni utánam. De hogy századomban a színtan bonyolult tudományában én vagyok az egyetlen, aki tudja az igazat, erre büszke vagyok.”*

Goethe ő maga oktatta tanítványát, Arthur **Schopenhauert** (1788-1860) színelméletre. Schopenhauer volt az első, aki szerint a színérzet létrejöttében az agyműködésnek igen jelentős szerepe van. Goethe színekörére építette a dualitás elvén (vörös-zöld, kék-narancs, ibolya-sárga) felépülő színharmonia elméletét, melyez a „*Theoria colorum physiologica*” című munkájában fejtett ki (Schopenhauer, 1830).

William **Herschel** (1738-1822) német csillagász észrevette, hogy a kísérleteiben használt fényforrás hőmérséklet-változást idéz elő. Ezzel felfedezte az infravörös (IR, „infrared”) hősugarakat (Herschel, 1822).

Johann **Ritter** (1776-1829) kémiai vizsgálatok alapján 1801-ben arra a következtetésre jutott, hogy a (látható) kék hullámhosszú fény frekvenciájánál létezik nagyobb frekvencia, amely atomi szinten hat, ezzel felfedezte az ultraibolya (UV = ultraviola) sugárzást.

Michel Eugene **Chevreul** (1786-1889) francia kémikus. Színrendszerében egy félgömb alapsíkjának kerületén helyezte el az tiszta színeket, a kör középpontjában a fehéret, a félgömb északi pólusán a feketét. Színekre 72 részes, színtestje félgömb alakú volt. A kör sugarain a három elsődleges alapszín mellett (vörös-sárga-kék), három másodlagos színt (narancs-zöld-ibolya), és további hat színekombinációt ábrázolt. Az egyes szektorokat további öt részre osztotta, a sugarakon pedig húsz osztást helyezett el, melyek a különböző világosságszinteket jelzik. Az egyes színek így számokkal jellemezhetők. Először írta le a szimultán kontraszt létrejöttének törvényeit. Színrendszerét 1839-ben adta közre „*De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des object colorés*” címmel. Rendszerének elterjedését a Francia Tudományos Akadémia is támogatta. A Goblin gyár igazgatójaként rájött, hogy a textilek színhatása nemcsak kémiai, hanem optikai eredetű is. Az első olyan elmélet, mely rámutatott az agy szerepére a színek érzékelésében (Chevreul, 1839).

Hermann Günter **Grassmann** (1809-1877) német matematikus, fizikus. Meghatározta az additív színkeverés törvényeit, melyek „*Zur Theorie der Farbmischung*” címmel jelentek meg (Grassmann, 1853).

James Clerk **Maxwell** (1831-1879) skót matematikus és fizikus. A Colorimetria alapja az 1855-ben megjelent „*Experiments on colour*” című és az 1860-ban megjelent „*On the Theory of compound colours*” munkája. A három spektrálszínből (vörös-zöld-kék) kiindulva bármely szín származtatható, feltételezve, hogy a fényinger lehet additív és szubsztraktív. A három színt egy háromszög csúcsaiba helyezte és egy görbe segítségével ábrázolta a színeket. Ez volt az első kétdimenziós színrendszer, mely pszichofizikai mérésen alapult. A fényelméletét, azaz az elektromágneses hullámok elméletét 1873-ban dolgozta ki. (Agoston, 87 pp. 48). A „*Tanulmány az elektromos és mágneses térről*” című munkájában közzétett Maxwell-egyenletek megjósolták az elektromágneses hullámok létezését, amely hullámokat csak a halála után fedeztek fel. Maxwell elsőnek dolgozott ki egy

színmérő eljárást, amelyhez forgó színtárcsát alkalmazott. Tárcsás színkeverési módszerét ma is használják (Maxwell 1855,1860,1873).

Hermann Ludvig **Helmholtz** (1821-1894) német fizikus és fiziológus a spektrum hullámhosszai és az általuk kiváltott színérzet kapcsolatát vizsgálta. A három alapszínre (vörös-zöld-kék) épített színinger tér és trikromatikus látáselmélet kidolgozója. Thomas Young 1802-es feltevésére építve, mely szerint a szemben háromféle receptor helyezkedik el, és ezek ingerlési mintázatának eredményeképp jön létre a színérzékelés. Ezt az elméletet nagyrészt figyelmen kívül hagyták, ám 50 évvel később Helmholtz kicsit módosította és behozta a köztudatba, így Young-Helmholtz-elméletként vált ismertté. A mai színelmélet alapját is ez a Young-Helmholtz-féle háromszínelmélet képezi (Helmholtz, 1856,1867). Összefoglaló munkája a „*Handbuch der Physiologischen Optic*” címen jelent meg 1860-ban.

William **Benson** (1855-1932) angol építész. A színeket kocka formában rendezte, a fő- és mellékszíneket, a fehéret és a feketét egy kocka sarkaiba, a belsejébe pedig a tört színeket, melyről a „*Principles of the Science of Colour, Consisely Stated To Aid and Promote Their Useful Application in the Decorative Art*” című könyvében ír (Benson, 1868).

Wilhelm von **Bezold** (1837-1907) német fizikus. Rendszerének színeit additív színkeverési összetevőkkel definiálta, háromszög alapú gúla formában, ahol a háromszög alapjának csúcsán a piros-zöld-kék színeket, közepén a fehéret, a gúla csúcspontjában pedig a feketét helyezte el. Színrendszerét „*Die Farbenlehre in Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe*” című munkájában írja le (Bezold, 1874).

Nicolas Odgen **Rood** (1831-1902) amerikai fizikus, az optikai színkeverés elméleti megalapozója. Ő volt az első, aki korongok forgatásával végzett kísérletek eredményeként alkotta meg színekörét. Színteste egy kettőskúp, melynek alapkörén a tiszta színek vannak, a komplementerek egymástól 180°-ra helyezkednek el. Az alsó csúcson van a fekete, a felsőn a fehér. A fehérrel és a feketével tört színek a kúpok felületén, a szürkével törtek a kúp belsejében helyezkednek el. 1879-ben megjelent munkája a „*Modern Chromatics, with Applications to Art and Industry*”. Alapkörének ábrázolását, ma is széleskörűen alkalmazzák. A hagyományos kör elrendezés mellett Rood publikált tudományosabb ábrázolást is, melyben oszlopokba rendezte a színeket.

Hermann **Ebbinghaus** (1850-1909) tanulóssal és emlékezettel foglalkozó kísérleti pszichológus. Kidolgozott színrendszere kettős piramis, melynek sarkain piros-sárga-zöld-kék szín, csúcsain a fehér és a fekete foglal helyet. „*Grundzüge der Psychologie*” című munkája 1902-ben jelent meg.

Robert **Ridgway** (1850-1929) amerikai természettudós. Kettős kúp formájú színrendszerét additív színkeveréssel hozta létre. Színeköre 36 telített színt tartalmaz. Szürke skálája a fehérrel és a feketével együtt kilenc lépésből áll. A színtestben 1115 szín van elhelyezve. Minden színt betűjelzéssel és számmal jellemez, a színekhez neveket is kapcsol (Ridgway 1912, Wyszecki1960).

A színgyűjtemény hátránya, hogy a sötét színekből aránytalanul sok mintát tartalmaz, színtere nem elég egyenletes és nem folytonos, nem veszi figyelembe a színek fajlagos világosságát és színrendszere nem követi az érzet szerinti változásokat. 1912-ben megjelent „*Color Standards and Color Nomenclature*” című színatlaszát ma is használják virágok, növények, rovarok színeinek jellemzésére.

Az 1920-as években Németországban, a híres Bauhaus iskolában, ahol a tantestület olyan szellemi nagyságokból állt, mint Itten, Albers, Kandisky, Mondrian, Klee, a technológia és a művészet teljesen egybeolvadt.

Johannes **Itten** (1888-1967) svájci festő, grafikus. 1961-ben kiadott „*Kunst der farbe, subjektives Erleben und objektives Erkennen als Wege zur Kunst*” tanulmánya, 1978-ban magyar nyelven is megjelent „*A színek művészete*” címen, melyben összefoglalta és oktatási célkitűzéssel bemutatta a színek között addig feltárt törvényeket. Művének időtállóságát bizonyítja, hogy a színtan területén mind a mai napig alapműnek számít írása. Áttekinti a színek harmóniájának kérdéseit, a szubjektív színhangzatokat, megismerteti konstruktív színelméletét. A tizenként osztatú színek mellett foglalkozik a színek keverésével, a színgömbbel, a színek összhangzattanával, a forma és szín kapcsolatával, a kompozícióval, illetve elmélyed az impresszív és az expresszív színelméletben.

A 20. században megfogalmazódott az igény a színek számszerűsítésére, mérésére, melynek eredményei a színrendszerek és a színskálák (ezek részletes bemutatása az 1.4. Függelékben található).

**Színrendszerek:** Munsell, Ostwald, CIE, CIELUV, CIELAB, CIE XYZ, RAL, OSA, LAB, DIN, NCS, Coloroid. Colorcurve, RGB, CMYK és a HSB színrendszer.

**Színskálák:** Pantone, HKS, ANPA, DIC Color, Toyo Color Finder, Trumatch színskála.

A **HSB rendszer** képezte kutatásunk alapját, mely az emberi színérzékelésen alapuló rendszer, a színlátás három fő jellemzőjét írja le.

*Hue* – színárnyalat: a testről visszaverődött vagy a testen áthaladt szín jellemzi. Értéke 0 és 360 (fok) közötti érték lehet, amely megmutatja, hogy a szabványos színhenger kerületirányában hány fokkal kell elfordulni az adott színárnyalatig. A mindennapi szóhasználatban a színárnyalat azonosítja a színeket, mint pl. vörös, narancs, lila.

*Saturation* – telítettség: a szín élénkségének jellemzője, a színtartalom és fehértartalom aránya. Értéke 0% (semleges: fehér, fekete, vagy szürke) és 100% (teljesen telített szín) között változik.

*Brightness* – világosság: a szín relatív világosságát és sötétségét jellemzi. Értéke 0% (fekete) és 100% (fehér) közötti lehet.

### **A színekkel foglalkozó nemzetközi szervezetek**

A **CIE** (Commission Internationale de l'Éclairage) Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság 1913-ban kezdte meg működését, székhelye ma

Bécsben található. Elsősorban a világítással kapcsolatos mérés technikai kérdésekkel foglalkozik, és ezen belül a színek mérés technikájával, a szín mérés szabványosításával.

A CIE az egész világra kiterjedő nonprofit szervezet. Minden 4. évben nemzetközi konferenciát, és azt követően szekciótalálkozókat tart. A konferenciát követő 2. évben pedig egy kisebb konferenciát (Interim Meeting) tartanak. 1964-ben egy „kiegészítő” szín mérő rendszert is bevezettek. Ezek a nemzetközi szabványok a magyar szabványokban is helyet kaptak (MSz 9620).

Az **AIC** (Association Internationale de la Couleur) a másik nagy nemzetközi színbizottság 1967-ben kezdte működését Washingtonban. Az AIC fő célja a színekkel kapcsolatos tudományos, művészeti, tervezési, ipari alkalmazási és oktatási munka koordinálása. Az AIC is négyévenként tartja nemzetközi konferenciáját, de a CIE-hez képest két év eltolással.

Az **ISCC** (Inter-Society Color Council) 1931-ben az Egyesült Államokban jött létre. Célja a színekhez kapcsolódó különböző szervezetek, érdekcsoportok koordinálása, a közös munka megteremtése. Tagjai szín alkalmazásának kutatásával, az ipari alkalmazással, tervezési, művészeti és pszichológiai vonatkozásaival foglalkoznak (pl. a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság, az Amerikai Művészek Szakmai Ligája, Amerikai Textilszínezők és Vegyészek Egyesülete, a Festék- és Lakkgyártás Egyesületek Szövetsége, a Mozgókép és Filmművészeti Egyesület). Az ISCC különböző technikai és gyakorlati tapasztalatokat kínál a sokféle színterület vonatkozásában. A képviselt iparágakban a mindennapi munkavégzés fontos része a színpárosítás és a színreprodukció tevékenysége.

Magyarország is részt vesz a színekkel kapcsolatos kutatásokban. A CIE és az AIC magyar szekcióin kívül a MTESZ-ben a kémikusok egyesületének is van egy jól működő **Kolorisztikai Bizottsága**, amely két évenként nemzetközi részvételű Kolorisztikai Szimpóziumot szervez.

A színtudomány ma sok szakma szerves részét képezi. A színek alkalmazása megjelenik a környezet alakításban, az épülethomlokzatok és belső terek számára nagymennyiségben gyártott festékek előállításában; a járműgyártásban alkalmazott fényezésben; valamint a textil-, a ruha-, a papír-, bőr-, az élelmiszer-, az építő-, a bútort- és a nyomdaipar számára készített színezékek viszonylatában. A számítógép segítségével alkotó filmes, fotográfus, építész, díszlet-, arculat- és jelmeztervező, grafikus színvonalas tevékenysége elképzelhetetlen a monitor és a nyomtató színeinek pontos ismerete nélkül.

A különböző szakmák magas színvonalú műveléséhez elengedhetetlen a jó színérzékelés. Ehhez kapcsolódik kutatási témánk, a színérzékelés vizsgálata és fejlesztése, melyhez egy fejlesztő módszert dolgoztunk ki.

## 2. A színérzékelés vizsgálata, fejlesztése

*„Oly könnyen látunk, hiszen csak ki kell nyitnunk a szemünket – és épp ez kendőzi el azt a tényt, hogy az agynak talán a legbonyolultabb működéséről van itt szó: ahhoz, hogy az érzékszervi adatok érzékeléssé váljanak, emlékképeket kell felidéznie, finom megkülönböztetéseket és összehasonlításokat kell tennie, logikai döntéseket kell hoznia.” /E. H. Gombrich/*

A színezés az iparban széles körben elterjedt. A termékek között manapság kevés olyan van, melynél a szín ne lenne fontos tényezője a végső, kívánatos megjelenésnek, a színállandóság általában alapkövetelmény. A gyártási folyamatban résztvevő személyek színkülönbség-érzékelő és színmeghatározó képessége ezért igen fontos.

A színérzékelő képességet úgy határozhatjuk meg, mint egy személy azon képességét, hogy finom szín-megkülönböztetési ítéleteket mondjon.

Az elmúlt évszázadban számos tesztet készítettek, a színlátó, színérzékelő képesség mértékének a meghatározására.

Ebben a fejezetben bemutatjuk a színérzékelési képesség, valamint a színkülönbség-érzékelés képesség mérésére, fejlesztésére szolgáló teszteket, azok alkalmazási módjait és kutatási eredményeit.

A színezést az ipar arra használja, hogy elérje a különböző anyagok, termékek megfelelő színét. Felvetődik a kérdés:

- Hogyan ellenőrzi az ipar ezeknek a termékeknek a színét?

A termék megjelenés ellenőrzésének leggyakoribb módja a vizuális vizsgálat, annak ellenére, hogy sokféle automatizált színkeverés irányító és színmérő eszköz van. Egy árucikket vizuálisan egy referencia mintával összevetve lehet ellenőrizni ahhoz, hogy lássuk a színmegfelelést.

A vizuális vizsgálat folyamata további kérdéseket vet fel:

- Ki végezheti a színellenőrzést? Hogyan lehetünk abban biztosak, hogy a vizsgáló személy képes az ellenőrzés elvégzésére?
- Mi a garancia arra, hogy a megfelelés, amelyet egy vizsgáló személy elfogad, nem lesz elvetve egy másik vizsgáló személy vagy a termékeket megvásárlók által?

Egy adott termék gyártása esetén a színminőség fenntartásának feltétele a született vagy szerzett színlátási hibákkal rendelkező személyek kizárása a pontos színpárosítást igénylő feladatokból. A színlátási hiányossággal vagy színlátási hibával rendelkező személyek közös vonása, hogy elfogadnak olyan színpárosításokat, melyeket normál színlátású társaik elvetnek (Cole, 1993).

A jó színlátás Magyarországon ma már több mint száz szakmában feltétele a foglalkoztatásnak. Ilyen szakmák az autó-, textil-, élelmiszeripar, kozmetikai

ipar, festés, kárpitozás, fodrászat, számítógépes tervezés. Szigorúbb a megítélés ott, ahol baleset- vagy életveszélyt okozhat pl. az elektromos szakmákban és a vegyiparban, a közlekedés biztonságához is kell a helyes színlátás, például a pilótának, hivatásos gépkocsivezetőnek, vasutasnak, matróznak, rendőrnek. A vadász is jobban kiismeri magát az erdőben, a katona biztosabban igazodik el a terepen, a térképeken, a gyógyszerész a pirulák, a krupié a zsetonok között.

A legtöbb olyan teszt, amelyet arra terveztek, hogy felfedje a színlátási hibákat felhasználja az anomáliás párosítás jelenségét. Széleskörű klinikai vizsgálati eredmények állnak rendelkezésre a diagnózis meghatározásához és a színlátási hibák kategorizálásához.

- Mi van azokkal, akiknek normál színlátása van?
- Lehetséges-e hogy két normál színlátású vizsgáló közül az egyik személy elfogadja, a másik pedig elveti ugyanazt a szín párosítást?

A legtöbb színlátási/színérzékelési vizsgálat a színlátási hibák diagnózisára összpontosított, és ezért nagyon kevés vagy semmilyen információt nem adnak a normál látású személyek színérzékelő képességének széles skálájáról.

Normál színlátó megfigyelők képességei közötti különbség abban mutatkozik meg, hogy milyen kicsi különbségeket képesek megkülönböztetni (Pickford 1951).

A színérzékelő alkalmassági vizsgálat kifejlesztésének a motivációja az iparban gyökerezik. Amikor új dolgozót alkalmaznak vagy egy alkalmazottat jobb színérzékelő képességet igénylő munkakörbe helyeznek át, akkor meg kell határozni, hogy ki a legmegfelelőbb személy a feladat (a színreprodukció) elvégzésére.

Az alkalmazó végső döntését kétségtelenül befolyásolja a pályázó korábbi munkatapasztalata, teljesítménye, de felvetődik újabb kérdés:

- Mi van a normál színlátó személy színérzékelő és színkülönbség-érzékelő képessége tekintetében?

A normál színlátó populációból azt meghatározni, hogy kiknek rendkívül jó, átlagos vagy esetleg gyenge a szín-megkülönböztető képessége, meglehetősen összetett feladat. Ez különösen fontos lenne a szín párosító és színvizsgálati munkát végző foglalkozások esetén, hiszen egy alkalmazó sem szeretne időt és pénzt fordítani azon emberek képzésére, akik gyenge színérzékelő vagy gyenge színkülönbség-érzékelő képességük következtében nem tudnak megfelelően jól vagy kiválóan teljesíteni.

A színlátási képesség tesztjei (általában néhány a konkrét feladat elvégzése szempontjából fontos kritériumot tartalmazó feladattal, feladatsorozattal) megpróbálják megbecsülni, milyen jó egy személy színdiszkriminációja, mely kicsi színkülönbségekre vonatkozó ítélet meghozatalát, vagy kimondását

igényli. Ezeknek az ítéleteknek a típusa a különféle tesztek vonatkozásában akár különböző is lehet.

A továbbiakban az iparban legelterjedtebb színlátási képességre vonatkozó vizsgálatokat, fejlődésük történetét és vizsgálati eredményeiket mutatjuk be.

## 2.1. A színérzékelés vizsgálatának és fejlesztésének módszerei

Színlátás tesztelésére már az 1700-as években tettek kísérletet Turberville és az őt követő néhány kutató. Dalton 1798-ban részletesen leírta a saját színmegítélését. Seebeck (1837) sokféle színes minták párosításával foglalkozott.

Színhasonlítást végzett Holmgren (1877) gyapjából készült fonalköteg felhasználásával; majd Abney (1906), Oliver (1902) és Edridge-Green (1920) kis gyöngyök vagy pelletek segítségével; Fridenberg (1903) pedig a kis négyzet alakú színes kartondarabokat alkalmazott. A színérzékelés vizsgálatának napjainkban is alkalmazott tesztek kidolgozására ezt követően került sor.

Ebben fejezetben részletezzük a színkülönbség-érzékelés képességének mérésére, valamint a színérzékelés képesség mérésére, fejlesztésére, illetve gyakorlására kidolgozott teszteket. A színkülönbség-érzékelés képességének mérésére szolgáló eszközök, tesztek:

- *Pseudoizokromatikus tesztek* (pöttyös táblák). Típusai: Ishihara, American Optical, Hardy-Rand-Rittler, Dvorine, F2, Ohkuma.
- *Anomaloszkópok* (Nagel, LED, Heidelbergi, Tomey, Oculus anomaloszkóp).
- *Sorba rendező tesztek* (Színdiszkriminációs vizsgálatok, tesztek). A teszt színmintáit kell sorba rendezni. Típusai:
  - Farnsworth-Munsell 100 Hue (FM 100) Test,
  - Farnsworth D15,
  - Desaturated D15,
  - Holmgren – Thompson („pamacs” teszt)
- *Lámpás tesztek* (Színidentifikációs vizsgálatok, tesztek). Színes lámpák által kibocsátott színínger meghatározása a feladat. Típusai: Lantern lámpák, Rodenstock lámpák, Holmes-Wright lámpák, Farnsworth lámpa (Falant) (USA), Beyne lámpa (Franciaország). Giles-Archer lámpák (Egyesült Királyság), Edridge-Green lámpa (Egyesült Királyság).

A színérzékelés képesség (vagyis a színjellemzők minél pontosabb megítélésének képessége) mérésére, fejlesztésére, illetve gyakorlásra szolgáló tesztek:

- ISCC-CAT (Colour Aptitude Test)
- HVC (Color Vision Skill Test)
- JCAT (Japanese Color Aptitude Test).

A felsorolt színtesztek szorosan kapcsolódnak a disszertáció témájához, hiszen a kutatás célja a színérzékelés, pontosabban a színkülönbség-érzékelés képességének és a színmeghatározó képességnek a vizsgálata, fejlesztése. A fejezet további része részletesen bemutatja a nemzetközi szakirodalomban megtalálható, színérzékelés vizsgálathoz, illetve képességfejlesztéshez használt teszteseteket.

### 2.1.1. Pszeudo-izokromatikus tesztek

A pszeudo-izokromatikus teszt

- a színkülönbség-érzékelés képességét vizsgálja.

Segítségével csak az állapítható meg, hogy a vizsgált személy ép színlátó, vagy színhibával rendelkező. Az eszköz nem alkalmas sem a normál színlátásúak kategorizálására, sem a színtévesztés súlyosságának és típusának meghatározására.

A pszeudoizokromatikus teszt-könyvek („pöttyös könyvek” vagy „babos könyvek”) olyan képgyűjtemények, amelyeket színes, kerek vagy szabálytalan alakú pontokból állítottak össze. Ezeken a képeken az átlagos megfigyelő bizonyos betűket, valamilyen számokat, vagy más alakokat lát kirajzolódni, míg ezek az ábrák a színtévesztők számára felismerhetetlenek maradnak.

A pontok színei, amelyekből az alakot, illetve a háttérrel kirakják, pszeudokromatikus párokat alkotnak. Ez azt jelenti, hogy világosságuk és telítettségük azonos, csak színárnyalatban különböznek egymástól.

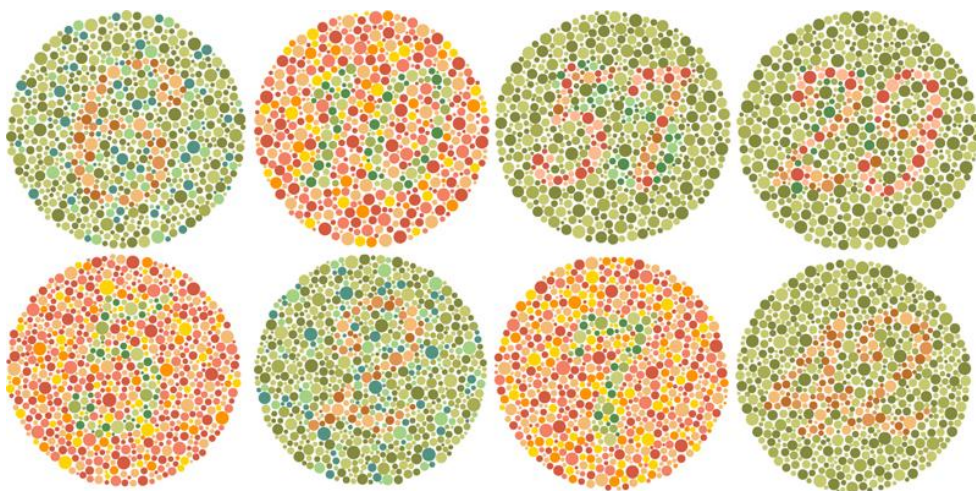
A vörös-zöld színtévesztés felismerésére szolgáló képeken általában narancssárga és sárga pontok alkotják a figurát, míg a háttér sárga és sárgászöld pontokból áll, vagy megfordítva.

A tesztlapokat olyan festékkel nyomtatják, amelyeket speciális festékanyagból, direkt keveréssel állítanak elő, ezért ezeket az ábrákat nem lehet színes nyomtatással tökéletesen reprodukálni. A pszeudoizokromatikus teszt-könyv viszonylag olcsó és kezelése egyszerű.

Nagyon fontos a tesztnél a megfelelő megvilágítás biztosítása. A legjobb megoldás halogén lámpa vagy kompakt fénycső alkalmazása. Azok a fénycsövek viszont, amelyek vonalas spektrumú fényt bocsátanak ki, („neoncső”), nem használhatók színlátás vizsgálatra. A megvilágítás diffúz, szórt fényű legyen. Ne világítsunk úgy, hogy a teszt-ábra csillogása zavarja a látást.

A vizsgálatok folyamán a kísérletben résztvevő személynek lehetőleg 15-20 képet kell azonosítani. Ha a vizsgálat során kettőnél több hibát követ el, szintévesztőnek tekinthetjük. A pseudoizokromatikus teszt csak egy, a szintévesztés kiszűrésére alkalmas módszerek közül. A teszt alapján nem lehet a szintévesztés típusára és súlyosságára következtetni, bár fel lehet tételezni, hogy aki több képet is elvét, rosszabb színlátással rendelkezik, mint az, aki kevesebbet hibázott.

Az Ishihara-féle tesztlapok 24 és 38 oldalas változatban kerülnek forgalomba.

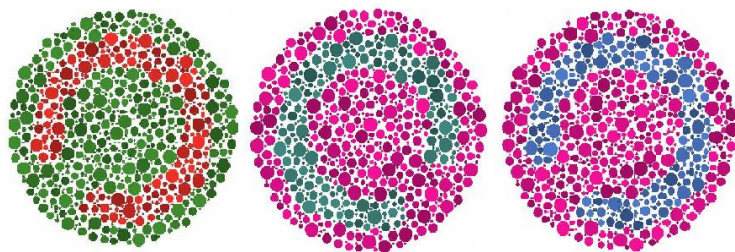


**2.1. ábra.** Ishihara teszt feladatai

<http://unlimitedmemory.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/ishihara38.pdf>

Legismertebb az **Ishihara** (Japán), **Velhagen** (Németország), **Rabkin** (Oroszország) és **Dvorine** (Amerika) által készített pseudoizokromatikus teszt-könyv.

Wenczel Klára nevéhez fűződik a **Színlátás Vizsgáló Atlasz** (Magyarország). Az Atlasz három sorozat képet tartalmaz. A sorozatok egyre nehezebbé váló sorrendben tartalmaznak pseudokromatikusán kidolgozott képeket (Wenczel, 2004).



**2.2. ábra.** Színlátás Vizsgáló Atlasz három sorozatának kezdő ábrája

Forrás: [http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/muszaki\\_optika/ch04.html#ch-IV.1.2](http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/muszaki_optika/ch04.html#ch-IV.1.2)

Az első képeken a pontok színe nagymértékben különbözik a háttérben lévő pontokétól, a kép könnyen felismerhető. Ezután képről-képre csökken a színkülönbség, és az utolsó képen a színkülönbség olyan csekély, hogy ezt a képet már csak rendkívül jó színérzékeléssel megáldott személyek képesek felismerni. Az Atlasz ezzel a három sorozattal lehetővé teszi a vörös-zöld szín megkülönböztetési hiba súlyosságának, és a szintévesztés típusának megállapítását is. Az Atlasszal teljes diagnózist állíthatunk fel. Az eredmények az esetek 96 %-ában azonosak az anomaloszkópos mérési eredményekkel.

## 2.1.2. Anomaloszkópok

Az anomaloszkóp alkalmazható

- a színkülönbség-érzékelés képességének a vizsgálatára,
  - a színlátási hibával rendelkezők szűrésére, valamint
  - a színlátási hibákkal rendelkezők kategorizálására.
- Kategóriák: 1 normál színlátás, 2 protanomália, 3 protanópia, 4 deuteranomália, 5 deuteranópia és a 6 akromatopszia.

Működési elve a fényszín keverése. A lítium vörös és a higany zöld felhasználásával a nátrium sárga kikeverése. Az anomaloszkóp segítségével három monokromatikus fény vetíthető egy ernyőre. A spektrum vöröstől zöldig terjedő tartományába eső színek elkülönítésének képességét vizsgálva az ernyő egyik felére vörös és zöld keverékét, a másik felére pedig sárgát vetítenek. A vizsgált személynek addig kell változtatnia a vörös és zöld szín keverékében a két szín arányát, valamint a sárga szín erősségét, amíg az ernyő két oldalán azonos színt nem lát. Ekkor a szemében lévő festékanyagok az ernyő mindkét feléről azonos mennyiségű fényt nyelnek el (Nagel, 1907; Ábrahám, 2006).

A keverési arány („anomális hányados”) megmutatja a színlátás zavar típusát és mértékét. A szintévesztő más arányban kever. A vörös tévesztő több vöröset, a zöld tévesztő több zöldet használ.

A normális színlátásúak a vörös és a zöld fényt egyaránt felhasználják ahhoz, hogy a keverékszint a sárgával azonosra tegyék. Akik szeméből hiányzik a vörös illetve a zöld festékanyag, azok bizonyos intenzitásértéknél a tiszta vörös és a tiszta zöld fényt is azonosnak látják a sárgával. Az eljárás során két további szintévesztési típusú is felismerhető. Ebben az esetben a normális színlátásúakhoz hasonlóan (de a dikromatáktól eltérően) a vörös és a zöld keverékét látták azonosnak a sárgával, de a keveréskor mindig valamilyen szokatlan arányú keveréket állítják elő. Az ún. vörös tévesztők a normális színlátásúaknál több vöröset, a zöld tévesztők több zöldet használtak. Ez annak a következménye, hogy a vörös- és zöldanomáliás, de mindhárom alapszínt látó személyek vörösre, illetve zöldre érzékeny sejtjeinek spektrális érzékenysége eltér a normálistól.

A különböző anomaloszkóp típusok elvi felépítése azonos, különbségek az optikai rendszerükben, általuk használt hullámhosszakban, a diagnosztizáló módszerben vagy a mérési eljárásokban lehetnek.



**2.3. ábra.** Nagel anomaloszkóp

Forrás: <http://keywordsuggest.org/gallery/1186291.html>

A **Nagel anomaloszkóp**ot 1907-ben W. A. Nagel tervezte, aki továbbfejlesztette Smidt 1955-ös terveit és beépítette a Lord Rayleigh által kidolgozott anomaloszkóp működési elvet. A legidősebb anomaloszkóp a Schmidt-Haensch gyárból származik.

Feladat: korong alsó-felső mező színét azonos színűre állítani.

A Nagel-anomaloszkóp látóterében a vizsgált személynek egy kör alakú, kettéosztott látómező felső ténfelére vetített, a Rayleigh jelentésnek megfelelően 545 nm-es vörös (R) és 670 nm-es zöld (G) monokromatikus fényt kell összekeverni, az eszköz bal oldalán található gomb segítségével, melyet a 0 és 73 közötti skálán kalibráltak. A két szín keverését addig kell végezni, míg a kevert szín a látómező alsó félterére vetített „cél-színnel”, azaz sárga monokromatikus fénnel (Y) azonosnak tűnik. A mező alsó fele fel van töltve 589 nm-es fénnel, amelynek a lumineszcenciája beállítható egy gombon keresztül a készülék jobb oldalán. Ha a látómező felső és alsó felét azonos színűnek és azonosan világosnak érzékelik, a mérőműszer kijelzőjén a szintévesztés az (R/G) vörös-zöld viszony és a sárga (Y) cél-szín intenzitása olvasható le. A keveréshez alkalmazott színek mennyiségéből következtetni lehet a színlátásra, illetve a vizsgált személy szintévesztésének fokára, a színlátási zavar mértékére. Normális színlátású résztvevők esetén a műszer  $R/G = 45$  és  $Y=15$  értéket mutat.

A szintévesztés vizsgálatára a legismertebb és a legpontosabbnak tartott készülék, mely a színínger diszkriminációs elvén működik. A Nagel anomaloszkópját standard vizsgálati formának tekintik a vörös-zöld színlátási defektusokhoz.

Az adminisztrációhoz javasolt különböző módszerekről olvashatunk a „*The Nagel Anomaloscope; what is the best method?*” címet viselő esszében, valamint Schmidt (1955) műve alapján született Helve 1972-es munkájában.

Más hasonló anomaloszkóp a **Pickford-Nicolson anomaloszkóp** (Pickford-Lakowski 1960, Lakowski 1971) és a **Neitz anomaloszkóp** (Ohta et al., 1980). A **Heidelbergi anomaloszkóp** egy modernebb változatot jelent, amelynek mérési adatai számítógépre vihetők, de a műszer számítógép nélkül is üzemeltethető, számszerű eredményt ad. A **HMC anomaloszkóp** ma a legmodernebb változat az OCULUS cégtől. Drága műszer, csak számítógéppel üzemeltethető. A japán **Tomey anomaloszkóp** nemcsak a Rayleigh színkeverést (vörös + zöld = sárga), hanem a Moreland színkeverést (kék + zöld = türkiz-zöld) is lehetővé teszi, ezáltal több információt szolgáltat a színtévesztésről, mint a normál anomaloszkóp.

A modern műszerek a színadaptáció elkerülése érdekében 10 másodpercenként fehér ingert vetítenek be. A modern anomaloszkópokban már digitális eredménykiértékelés van, az automatizált mérési folyamat után összegzi a beadott eredményeket és felállítja a diagnózist.

A vizsgálati eljárást Pickford és Lakowski részletezi (Pickford 1949,1951; Pickford-Lakowski, 1960).

### 2.1.3. Sorba rendező tesztek

A sorba rendező tesztek jól ismert típusai:

- a) Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt,
- b) Farnsworth D-15 teszt és a
- c) Desaturated 15 teszt.

#### a) A Farnsworth-Munsell 100 Hue Test (FM 100)

Farnsworth 1943-ban fejlesztette ki. Publikációiban részletesen bemutatja a tesztet és használatának módját (Farnsworth 1943,1957).

A teszt alkalmas:

- a színárnyalatok (Hue) közötti megkülönböztetés képesség vizsgálatára,
- a színhibával rendelkezők szűrésére, a színvakság típusának meghatározására,
- ép színlátású személyek kategorizálására.  
Kategóriák: kiváló, közepes, alacsony.

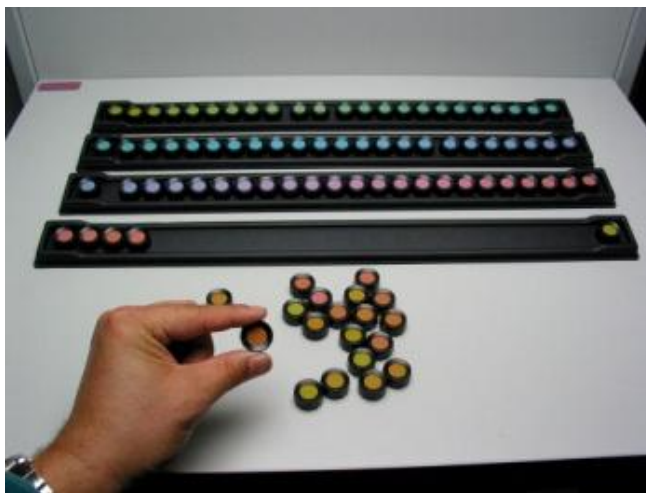
A teszthez készült eredeti kézikönyv leírja, hogy az egyik legfontosabb használati lehetősége a tesznek, hogy a normális színlátással rendelkező egyéneket tovább kategorizálja kiváló, közepes vagy alacsony szín-megkülönböztető képességű egyénekre. A kézikönyv tartalmaz egy listát

olyan lehetséges ipari helyzetekről, ahol ez a kategorizálás hasznos lehet (Farnsworth, 1957).

A teszt lényegében 85 mozgatható színes minta sorozatából áll (nem 100 db-ból, ahogy a neve sugallja). A színes mintákat 4 csoportra osztják, amelyek egyenként körülbelül 21 vagy 22 elemet tartalmaznak, és minden csoportot egy-egy hosszú dobozba helyeznek. A dobozok két végén fix, nem mozgatható színminta található. Az elől lévő megegyezik az előző sorozat utolsó színmintájával, míg a hátul lévő a következő sorozat első mintájával. A sorozat mintáiban megközelítőleg állandó a világosság és a telítettség értéke. Feladat a színmintákat árnyalat szerinti, egyenlő lépésközű sorozatba rendezni.

A színes mintadarabok két részből állnak. Az egyik a megfelelő árnyalatú Munsell papír, amelyeket egy fekete műanyag „sapkába/kupakba” foglalnak bele, így körülbelül 12 mm-nyi színes szakasz látszik, amelyet egy megközelítőleg 6 mm-nyi műanyag gyűrű vesz körül (Kinnear, 1970).

Minden sorozatot külön-külön összekevernek, majd a tesztalany feladata átrendezi az összekevert mintákat folyamatos színsorozattá, megfelelő sorrendbe, a két meghatározott színminta között.



**2.4. ábra.** Farnsworth-Munsell 100 Hue Test

*Forrás: <http://www1.appstate.edu/~kms/classes/psy3215/ColorBlind/Farnsworth-Munsell 100Hue.jpg>*

Más pontozási módszereket is ajánlott már az irodalom (Kinnear, 1970). Gyakran minden egyedi hibapontszámból kettőt kivonnak ez a lehetséges legkisebb pont, és ha ennek megfelelően összegzik a pontokat, akkor így 0 jöhet ki hibapontszámként, egy tökéletesen elrendezett sorozatból. Mivel a teljes hibapontszám az egyes sapkáknál tapasztalt hibák összegéből adódik, az alacsony pontszám azt mutatja, hogy a teszt során az alany kevés hibát vétett. A hibapontokat lehet egy sugaras ábra formájában ábrázolni, amelybe beleveszik, az egyes sapkáknál tapasztalt egyedi hibákat, ez megmutatja, hogy melyek voltak azok a területek, ha volt olyan, ahol az alany gyengén teljesített.

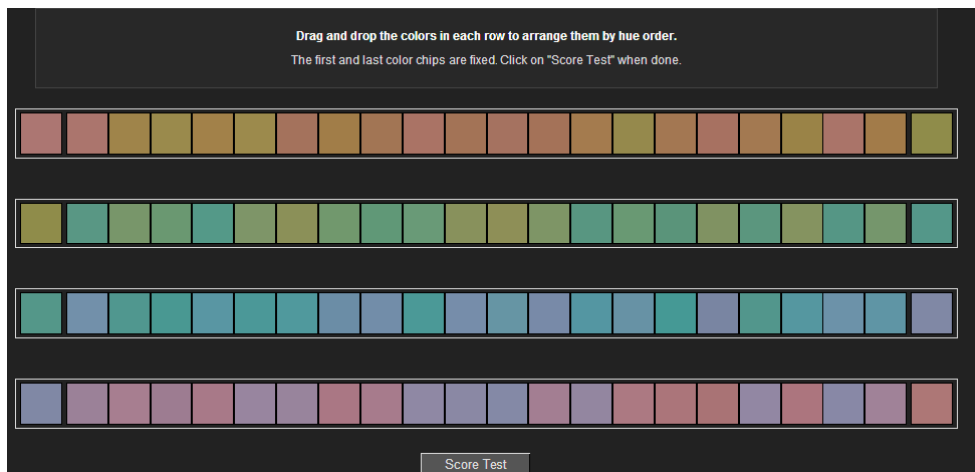
Lakowski 1966-ban elvégezte az F-M 100 sorozatban használt színek kolorimetrikus elemzését, és azt találta, hogy egy színekülönbség formula segítségével mérve a hozzávetőleges érzékelhető színekülönbségek a tesztben kicsi különbségek, de nem állandóak az egész tesztre vonatkozóan. Lakowski maga is rámutat az általa használt színekülönbségi kalkulációk korlátaira. A sorozat színekülönbségeinek vizsgálata azt mutatta meg, hogy a 43-63-as színminták helyes sorbarakása a legnehezebb olyan értelemben, hogy ezek között van a legkisebb számított különbség, míg a 85-21-es minták sorbarakása könnyűnek bizonyult (Lakowski 1966, 1968b).

Mivel a tesztalanyok kézzel mozgatják a színes mintákat, így valószínű, hogy a színes felszínek egy idő után bepiszkolódhatnak. De a korongokon lévő színeknek a használat ellenére keveset változik a telítettsége, ez abból következtethető, hogy nincs szignifikáns különbség azokban a pontszámokban, amiket új (még nem piszkos), illetve régi (piszkos, már használt) teszteken végeztek az alanyok. Ugyanakkor a felületek visszaverődési együtthatója lényegesen csökken a piszkolódással (Hill-Wade, 1982).

Mivel az alkalmazott színsorozatot úgy határozták meg, hogy az egyes sorozatok alszekciói azokban a régiókban találhatóak, ahol a különböző színlátási problémák jelentkezni szoktak, így a tesztnek nagy diagnosztikus értéke van mind a szerzett mind az öröklött színlátási defektusok diagnózisában.

A teszt online változata is elérhető.

Feladat: Színezet szerint helyes sorrendbe kell rakni az összekevert mintákat. A sorozat két vége rögzített.



### 2.5. ábra. Farnsworth-Munsell 100 Hue Test

Forrás: <https://www.filmsourcing.com/blog/2012/free-online-farnsworth-munsell-100-hue-test/>

## b) Farnsworth D-15

Az FM 100 Hue teszt egy rövidített változata. Összesen 15 színmintát kell sorba rendezni, az első rögzített mintától indulva.

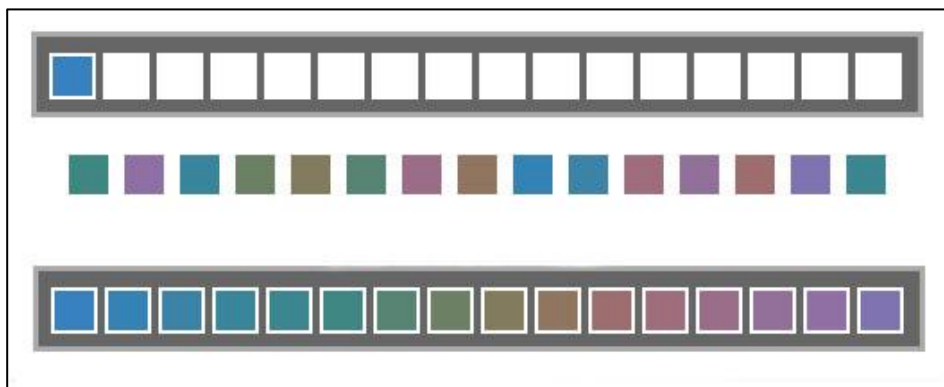
A teszt csak színlátási hibák (vörös-zöld és kék-sárga hiányosságok) szűrésére alkalmazható. Meghatározható a Dichromatia, a Protanopia, a Deuteranopia és a Tritanopia.



**2.6. ábra.** FarnsworthD-15 Test

Forrás: [http://www.idd.tu-darmstadt.de/media/fachgebiet\\_idd/forschungsdienstleistung/ausstattung\\_3/farnsworth.jpg](http://www.idd.tu-darmstadt.de/media/fachgebiet_idd/forschungsdienstleistung/ausstattung_3/farnsworth.jpg)  
[http://www1.appstate.edu/~kms/classes/psy3215/ColorBlind/Farnsworth\\_D15.jpg](http://www1.appstate.edu/~kms/classes/psy3215/ColorBlind/Farnsworth_D15.jpg)

A teszt online változata is elérhető: A fehér négyzetekbe kell bepakolni és helyes színezet sorrendbe rakni az összekevert mintákat a rögzített kezdeti mintától indulva.



**2.7. ábra.** FarnsworthD-15 Test

Forrás: <http://www.color-blindness.com/color-arrangement-test/>

### c) Desaturated D-15

Lanthony Desaturated D-15-ös tesztje hasonló a Farnsworth D-15-ös tesztjéhez. Lényeges különbség, hogy a színminták kevésbé telítettek, így ez a teszt sokkal nehezebb, ami lehetőséget biztosít finomabb színlátási hibák meghatározására. Itt is 15 színmintát kell sorba rendezni, az első rögzített mintától indulva.



**2.8. ábra.** Desaturated D-15-ös tesztje

Forrás: <https://colormax.org/lanthony-desaturated-d-15/>

#### 2.1.4. ISCC CAT

Az **Inter-Society Color Council Color Aptitude Test** (ISCC CAT) szerzői Forrest L. Dimmick színpaszichológus és Carl E. Foss színmérnök.

ISCC CAT vizsgálatára vonatkozó elemzések és információk nagy része Dimmick 1940 és 1950 között publikált műveiből származik.

A teszt alkalmazható

- telítettségi színdiszkrimináció vizsgálatára,
- színhibával rendelkezők szűrésére és
- ép színlátók kategorizálására.

Alkalmazott kategóriák a teszt különböző kiadásaiban:

1954	1964
kivételes	kiváló
nagyszerű/kiváló	
jó	megfelelő/elég jó
megfelelő/kielégítő	átlagos
alacsony/kétséges	elfogadható
	gyenge

**2.1. táblázat.** ISCC teszt kategóriái

A teszt eredeti ötlete az ISCC-ben született. A cél az volt, hogy meghatározzák annak a módját, hogyan lehet megbecsülni az ipari színpárosító képességek vonatkozásában a foglalkoztatottak alkalmasságát (Dimmick, 1946).

Kezdetben két nagyon finoman léptetett, kicsi különbségekkel operáló színtelítettségi sorozatot választottak ki (Dimmick, 1946). Azért a telítettségi sorozatra esett a választás, mert az iparban arra a fajta egyeztetésre vagy színfelismerésre van leggyakrabban szükség, ahol a különböző telítettségű

elemeket megfelelő léptékű különbségek választják el egymástól (Galbraith, 1954).

A színsorozatot úgy választották ki, hogy közel álljon vagy a protanóp (vörösszín-tévesztő) vagy a deuteranóp (zöldszín-tévesztő) ponthoz. Ezáltal az ISCC CAT alkalmazása lehetővé teszi a gyakori színlátási betegségek felismerését.

Dimmick alapvetően pszichológiai problémaként látja a színlátást, és így felismerte mindazokat a pszichológiai tényezőket, amelyek befolyásolják egy egyén teljesítményét (Dimmick, 1943). A tesztet tehát úgy állították be, hogy ne az alany pszichológiai képességét mérje, a színek közötti különbség érzékelésére, hanem azt, hogy hogyan képes használni a tesztalany a saját szín-megkülönböztető adottságát (Dimmick, 1946).

A teszt során a személyek által történő manipuláció fontos szerepet játszik a párosító technikák alkalmazásában. Különböző tesztelési folyamatokkal kísérleteztek, hogy a lehető legbiztosabb megítélési módhoz jussanak el.

Először kipróbálták, hogy a tesztalany maga rendezze a színmintákat egy rendezett sorba, de ez a feladat túl könnyűnek bizonyult (Dimmick, 1943). Ebben az esetben (amikor egy színhalmaz megfelelő színsorba rendezhető), ha az alany véletlenül eltérne ettől a kívánatos sorrendtől, ott már a két színminta között kétszer akkora különbség lenne, és ezt az alany könnyebben felismeri, ezért könnyű így a teszt (Tilleard, 1958).

Később egy előre meghatározott random sorozatot tesznek az alany elé különböző mintákból, és ehhez kell illeszteni egy vele pontosan megegyező színsorozatot (Dimmick, 1946). Ez nehezebbnek bizonyult és itt jobban szóródtak a hibapontszámok, de még ezen is lehetett tökéletes pontszámot szerezni. Ez részben annak volt köszönhető, hogy egyre csökkentek a lehetséges helyek, amiket ki kellett tölteni a beillesztett mintákkal, valamint annak, hogy a tesztalany újra átrendezhette, tehát kivethette és átpakolhatta a korábban már egyeztetett színmintákat.

Végül abban egyeztek meg a teszt készítői, hogy a színminták egyeztetése egyesével történjen úgy, hogy a színmintákat később kiveszik azért, hogy a további egyeztetési lehetőségek száma állandó maradjon. Ennek a tesztfolyamatnak az előzetes értékelése során 65 alannal azt kapták, hogy senki sem tudott tökéletes pontszámot elérni (Dimmick, 1946).

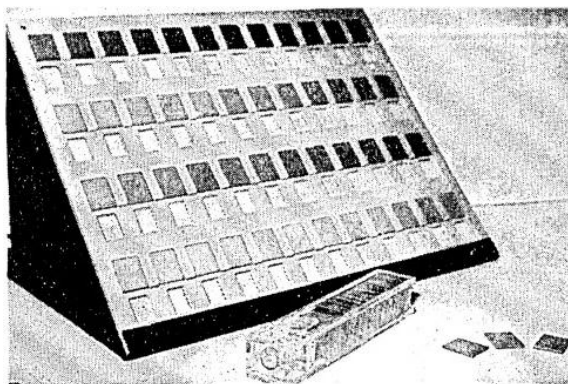
Eredetileg 80 egyeztetést tartalmazott a teszt, amire átlagosan másfél órára volt szükségük az alanyoknak. Az adatok újraelemzése azt mutatta, hogy csökkenteni lehet az egyeztetések számát 40-re anélkül, hogy nagymértékben megváltoztatná az eredmények eloszlását (Dimmick, 1946).

Az idő szabad felhasználhatóságát feladták, és fix 30 percet jelöltek ki az elvégzésére. Az idő rövidege miatt szükségessé vált, hogy a szabadon mozgatható mintákat mindig egy bizonyos sorrendben prezentálják.

1940-ben létrehozták a teszt első kísérleti formáját, amelyhez mellékeltek egy instrukciós kézikönyvet is (Dimmick, 1946). Ehhez a teszthez nem

mellékeltek próba teszt sorozatot. A szerzők úgy gondolták, hogy azt, hogy az alany mennyire képes gyorsan ráállni a feladatra és mennyi időbe kerül neki begyakorolni, az is magának a tesztproblémának a fontos része (Dimmick, 1943). Hasonlóképpen elismerték az alany intellektuális képességeinek hatását a teszten mért eredményre. Dimmick 1943-ban úgy vélte, hogy azok az alanyok, akiknek nagyon hasonló az élettani színlátási érzékenységük, de különböző az intellektuális képességük, valóban nagyon különböző eredményeket kell, hogy produkáljanak a gyakorlatban.

A teszt 1944-es kiadásában módosították a teszten látható korlátozott színárnyalat-intervallumot, valamint az alacsony telítettség értékeket (Dimmick, 1946).



**2.9. ábra.** *Inter-Society Color Council Color Aptitude Test 1952/53-as kiadása*  
Forrás: <https://www.osapublishing.org/josa>

Az ISCC CAT 1952/53-as kiadásában a színárnyalatok számát négyre növelték. Ez volt a vörös, a sárga, a zöld és a kék (Dimmick, 1956). A színminták világossága körülbelül egy 5-ös Munsell értéknek felelt meg. Ez azt jelenti, hogy hasonló egy akromatikus ingerhez, amely pont félúton van a fekete és a fehér között. Mind a négy színárnyalaton belül a telítettségi sorozat körülbelül 3-as Munsell értéktől 6-ig terjedt, nagyjából egyenlő léptékkel (Galbraith, 1954).

Minden sorozatban összesen 12 színminta volt semleges szürke háttér előtt. A színmintákat úgy készítették el, hogy a műanyag „zseton” darab egyik oldalára festéket vittek fel, és a festett felületet áttetsző műanyag réteggel vonták be. Ez megvédte a színmintát az esetleges sérülésektől, és egyúttal tükröződő sima felületet adott.

A vizsgálat idején a megvilágítás szögét 45 fokra, a megfigyelés szögét 90 fokra állították be (Galbraith, 1954). Ez azért volt fontos, mert a szögek lényeges eltérése ezektől az értékektől zavaró felületi tükröződések eredményezt.

Egy mintakiadóban tartották a még nem illesztett színmintákat, ami csak akkor adta ki a következő mintát, ha az előzőt már behelyezték. Ennek a megoldásnak két célja volt. Egyrészt a színmintákat az eredetileg

meghatározott, kvázi véletlenszerű sorrendben tartotta, amihez az alany nem nyúlhat hozzá, másrészt pedig így csak egy színmintát illeszthetett egyszerre az alany.

Összesen 40 pontozott egyeztetést kellett végeznie a tesztalanynak. A kísérleti kiadástól eltérően 8 zsetont gyakorló feladatnak szántak, ezeket nem pontozták és nem is kapcsoltak hozzá időkorlátot.

Kezdetben minden helyes egyeztetést ugyanannyi pontszámmal jutalmaztak, később ezt megváltoztatták. Először, kiértékeltek külön-külön a négy árnyalatsorozatot és meghatározták a tesztalanyok által végzett helyes egyeztetések átlagos számát. Az egyes színárnyalati sorozatokat normalizálták, hogy egymással összehasonlíthatóak legyenek az eredmények. Így megkapták az úgynevezett predikciós indexet (Dimmick,1956), ami azt mutatja meg, hogy az adott tesztalany mennyire helyesen egyeztetett az egész teszt során. Ezt követően ezekre a predikciós indexekre alapozták az egyes egyeztetésekhez tartozó pontértékeket. Így pontot lehetett kapni a helytelen, de csak kissé eltérő egyeztetésekre is.

Dimmick 1954-ben a pontszámok alapján a jó színlátók kategorizálására öt kategóriát javasolt, ezek az alacsony vagy kétséges, megfelelő, jó, nagyszerű vagy kiváló és kivételes.

Az ISCC CAT 1964-es kiadásában kategóriák száma nem változott, viszont a hozzájuk kapcsolódó elnevezésen változtattak. A kétséges kategória az elfogadható lett, a kielégítő kategória átlagos, a kiváló és kivételes kategóriát összevonva egyszerűen kiváló, valamint bevezettek egy új, a gyenge elnevezésű kategóriát 48-nál kevesebb pontszámúak részére (Dimmick és Horst, 1964).

Az ISCC CAT 1978-as kiadásában megváltoztatták a teszt nevét színegyeztesési érzékenység tesztre, javítottak a színminták vastagságán, az egyes minták colorimetriás jellemzőin (Graham személyes levelezéséből, 1994. július 4.). Ez a kiadás is ugyanazt a pontozási rendszert használta, mint az elődje.

### 2.1.5. HVC

A **Color Vision Skill Test** (HVC) először 1991-ben jelent meg, Graham fejlesztette ki (Graham - Carlson, 1991).

A teszt alkalmazható

- telítettség, világosság és színárnyalat színdiszkrimináció vizsgálatára,
- színhibával rendelkezők szűrésére és
- ép színlátók kategorizálására.

A HVC egy színpárosító teszt, amely hasonló az ISCC CAT-hez. Négy színárnyalat sorozatból áll, amelyek hasonlóak az ISCC CAT-ben alkalmazottakkal. A teszt 36 párosításból áll, sorozatonként 9 színmintával.

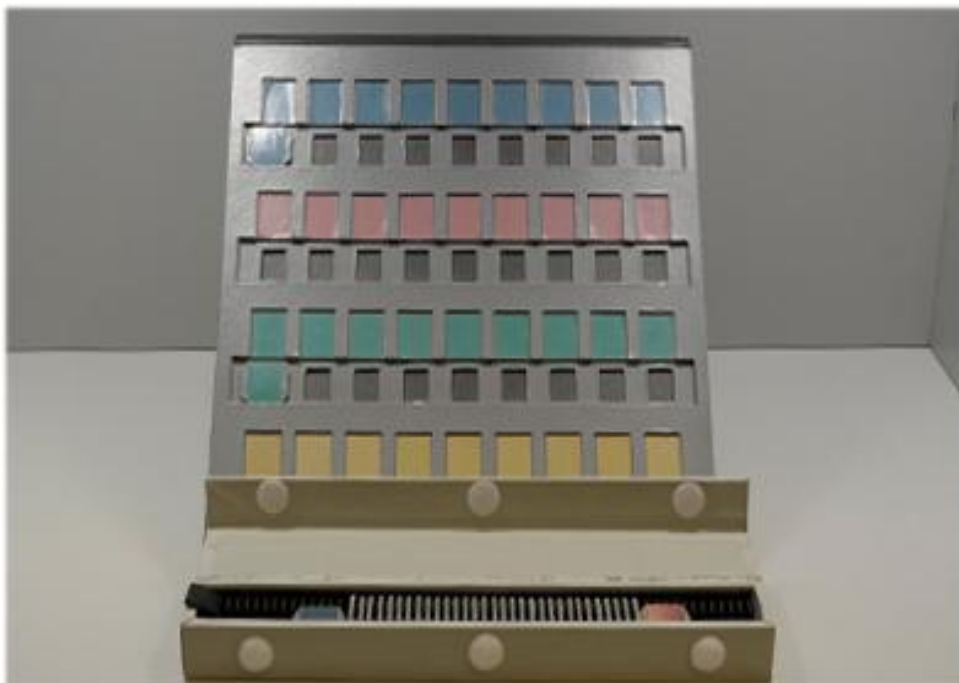
Minden színsorozat tartalmaz egy világosabb és egy sötétebb színmintát is (Graham személyes levelezéséből, 1994. július 16.).

Míg az ISCC CAT csak telítettséget vizsgál, a HVC teszteli a színminták világosság és színárnyalat diszkrimináció paramétereit is. Graham úgy látta, hogy ez jobban tükrözi az iparban található szokványos párosítást, mely előfordul az üzleti életben, a tudományban és a művészetben is (Graham, 1993).

A színminták műanyag borítását, amit az ISCC CAT-ben használnak, lecserélték egy csökkent tükröződésű nitro-cellulózzal burkolt papírral, de ugyanazokat a beállításokat ajánlják a megfigyelő, a fényforrás, illetve a teszt számára, amiket az ISCC CAT-ben is, hogy csökkentsék az esetleges fényvisszaverődést. Graham más mechanikus változtatásokat is végzett a tesztben, pl. kihagyta, hogy az ISCC CAT-ben alkalmazott színmintagyűjtőt, így minden minta szabadon található egy különálló semleges szürke háttérű táblán. A színminták színszennyezettségének csökkentése érdekében a minta elhelyezéséhez kesztyű használatát ajánlották, melynek színe a háttértáblával azonos szürke. A tesztmintákra a CIE  $L^*a^*b^*$   $10^\circ$  színtér használatos (Graham, 1993).

Hasonlóan az ISCC CAT pontozási rendszeréhez a pontos egyezések eredményezik a HVC tesztben is a legmagasabb pontszámot.

Az elérhető maximális pontszám 100. Az egyre nagyobb különbségek, tehát egyre rosszabb egyeztetések esetén a pontszám egyre közelebb áll a nullához.



**2.10. ábra.** Color Vision Skill Test teszt

Forrás: <https://sites.textiles.ncsu.edu/color-science-lab/facilities>

## 2.1.6. JCAT

A **Japan Colour Aptitude Test**-et (JCAT) 1975 körül a Japán Színkutató Központ tervezte meg és fejlesztette ki kereskedelmi forgalmazásra.

Az eredeti teszttel kapcsolatos szakirodalom nem áll rendelkezésre. Graham és Carlson 1991-es publikációjában a következő információkat találjuk.

A tesztet öt főbb alkotóelemre bontható, amelyek a következők:

### 1) *Shikimei test* (színmegnevezés)

Ez a tesztkomponens 50 színkártyából áll, amelyeket rendezetlenül terítettek ki egy asztalon. A teszt elvégzésének két módja volt: vagy a tesztet vezető adminisztrátor választ ki egy színezett kártyát, amelyet a tesztelő személy megnevez, vagy az adminisztrátor adja meg egy szín nevét, melynek megfelelő színkártyát a tesztelő kiválasztja.

### 2) *Iro No Kioku Nooryoku Jisshu* (színmemória)

Egy 85 színkártyából álló sorozatot használtak ehhez a teszthez, dupla csomag kártyával. A vizsgált személynek az volt a feladata, hogy kiválassza a dupla kártyarakásból ugyanazt a színmintát, amit a tesztvezető mutatott.

### 3) *HVC Kankaku Kuren* (a szín 3 tulajdonságának értékelése)

A teszt ezen komponense 72 pár színt használt, amelyben mindegyik pár csak egy tulajdonságban különbözött, színárnyalatban, világosságban vagy telítettségben. A személy feladata az volt, hogy helyesen írja le azt a tulajdonságot, amelyben a párok különböztek. A teszt skálázása a Munsell színrendszeren keresztül történt.

### 4) *Mokusoku Hokan Nooryok Jisshu* (színinterpoláció)

162 kártyát használtak fel, melyből mindegyik, három színes, 12,5 mm átmérőjű kört tartalmazott, ezek egy egyenes vonalban voltak elrendezve. A személy feladata az volt, hogy meghatározza azt a mennyiséget, amellyel a központi kör színe különbözött az oldalszárnynon lévő színek mindegyikétől. A helyes válasz a Munsell színrendszer alapján született.

### 5) *Santen Shikibetsu Hishoku Hoohoo* (háromszög differenciációja szín összehasonlítási vizsgálata)

96 színes kártyát használtak fel, ismét ezzel a három körrel, akárcsak az előbbi komponensben. Mindegyik prezentációban a színek közül kettő pontos párosítás volt, miközben a színek egyike egy kissé különbözött. A tesztet végző személy feladata az volt, hogy kiválassza a különböző mintákat mindegyik esetben. Ugyanazon színkülönbséget mutattak hatszor felhasználva a kártyákat, hogy variálják a különféle színek helyét. A személynek 6-ból legalább 5 esetben jól kellett elvégezni a színazonosítást.

Az egy döntés percenként elv alapján Graham és Carlson 1991-ben meghatározta, hogy a teszt befejezése legalább nyolc órát fog igényelni anélkül, hogy bárki pihenhetne. Ez nyilvánvalóan lehetetlenné teszi a tesztnek a klinikai és ipari környezetben történő használatát. Emellett a teszt

pontozása összetett és képzett vizsgáztatók jelenlétét igényli (Graham-Carlson, 1991).

### **Japanese Color Aptitude Test (új kiadás)**

1995-ben jelentette be a Japán Színkutató Intézet ennek a módosított Japán színképesség-mérési tesztnek a kiadását (Billmeyer-Kawakami, 1995). A tesztről részletesen Souma írásában is olvashatunk (Souma, 1994).

Megállapították, hogy ez olyan teszt, amely

- vizsgálja a személy színdiszkriminációs képességét,
- képzési eszköz a színdiszkriminációs képesség növeléséhez.

A teszt három különböző komponensből áll, amelyek a *Triangle Test* (háromszög teszt), a *Colour-Attributes Discrimination Test* (Szín-tulajdonság diszkriminációs teszt) és a *Magnitude Scaling Test* (Skálázó teszt).

#### *1) Triangle Test* (háromszög teszt)

A háromszög tesztet két csoportba osztották a feladat nehézsége szerint, melyeket a kezdő kártyáknak (24 db), illetve haladó dolgozói kártyáknak (24 db) hívtak. Mindegyik kártya három színmintát tartalmazott, amelyek közül egy kissé különbözött. A tesztet végző személy feladata az volt, hogy meghatározza a másik kettőtől eltérő színmintát. A vizsgált színek négy kategóriája a vörös, kék, sárga és zöld; ezen színek közeli értéket jelentenek ahhoz, amit a Nemzetközi Bizottság (CIE) javasol a színkülönbségek tanulmányozásához (Robertson, 1978). Mindegyik színre alkalmazva hat kártyát. A különböző kártyákon a színminták elrendezése különbözött, így a személy valójában ugyanazt a színdiszkriminációt végezte el hatszor. A megfelelő szint eléréséhez egy hiba volt megengedett. Annak esélye, hogy valaki találgatással teljesítse a feladatot 1:243.

#### *2) Colour-Attributes Discrimination Test* (szín-tulajdonság diszkriminációs teszt)

A diszkriminációs tesztben 30 színkártya állt rendelkezésre, melyeket két komponensre osztották, kezdő és haladó dolgozók csoportjára. Mindegyik kártya két színmintát tartalmazott, ami variálva volt egy bizonyos irányban a Munsell színtérben. A tesztet végző személynek meg kell állapítania, hogy melyik komponens (színárnyalat, világosság vagy telítettség) irányában van eltérés. A fixált szín mindegyik párnál vörös, kék, sárga, zöld vagy bíbor volt. A színeket a CIE értékrendnek megfelelően állapították meg  $L^*a^*b$  térben. A sárga volt a pozitív  $b^*$  tengelyen, miközben a többi szín egyenletesen volt elrendezve színárnyalat fok alapján. A kezdő kártyákon a színkülönbségek körülbelül kétszer akkoraak voltak, mint a haladó dolgozók kártyákon. A tesztet háromszor ismételték meg, ami azt jelentette, hogy valamennyi színkülönbséget hatszor ítélték meg a tesztalanyok. A kártyapaklinak volt egy ismétlése ugyanazon mintapárokból, csak a színminták elrendezése volt más. A hatból öt jó eredményt kellett elérni, hogy kiküszöböljék a találgatásnak a lehetőségét.

### 3) *Magnitude Scaling Test* (Skálázó teszt)

81 kártyából állt, amelyeket három színcsoportba piros, zöld és kék csoportra osztotta (vörös a pozitív  $a^*$  tengelyen a CIE  $L^*a^*b^*$  térben, miközben a többi szín egyenletesen volt térben kiterjesztve színszögek alapján). Háromszínű mintát kapcsoltak mindegyik kártyához. A tesztalany feladata megállapítani a színekülönbség nagyságát a végső és közbülső minták között, azon ismeret felhasználva, hogy különbség a kétvégű színminták közötti standard 10 egységnyi. A 27 kártyából mindegyik színcsoportban egyenlő számú kártyák voltak, amelyek változtak színárnyalatuk, világosságuk vagy telítettségük tekintetében, a központi értéktől 2-10-es eltéréssel. A személy teszteredményének pontszáma a tényleges és a tesztalany által megadott értékek közötti különbségek négyzetének összege.

A tesztek kutatási eredményeinek összegzését az 2. Függelék tartalmazza.

#### 2.1.7. A színérzékelés tesztek összehasonlítása

##### **Tesztek eredményeinek összehasonlítása**

A létrehozott és a mai napig alkalmazásban lévő tesztek (Anomaloszkópok, FM 100, ISCC CAT, HVC, JCAT) kutatási eredményei sok kérdésben ellentmondanak egymásnak, és eltérő értelmezésekre adnak lehetőséget. A mérések ugyan egyre finomodtak, a mérési eredmények az egyes szerzőknél mégis jelentős különbséget mutatnak.

Ez magyarázható azzal, hogy a különböző tesztek különböző céllal készültek, így a vizsgált tesztek a saját belső tényezőiket mérték. A vizsgált emberek színérzékenysége sem volt azonos, és a mérési körülmények is eltérőek lehettek.

##### **Adminisztrációs idő összehasonlítása**

A tesztek elvégzéséhez szükséges adminisztrációs idő nagy különbözőséget mutat a felsorolt tesztek esetén.

A HVC teszthez Graham 110 percig terjedő tesztidőt ír (Graham 1993).

Az ISCC CAT adminisztrálásra vonatkozóan Adams 112 percnyi tesztidőt határozott meg, amit később korlátozták 30 percre, az átlagos tesztidőtől 15 perccel kevesebbre (Adams, 1958).

Az F-M 100 általánosságban jelentősen gyorsabb volt ennél úgy, hogy párosításonként két percet javasolt normál teszt időtartamnak (Farnsworth, 1957).

Pickford-Nicolson anomaloszkópia alkalmazásakor egy színpárosítás (mely 3 komponensű), akár 20 percet is igénybe vehet normál színlátású személyek esetében (Lakowski, 1965).

A JCAT Japán színekészség vizsgálat elvégzéséhez Graham legalább 8 órányi teljesítési időt ír elő (Graham, 1993).

A felsorolt színpárosítási vizsgálatok esetében az adminisztrációs tesztidő hossza miatt a személyek tesztelése nehéz klinikai és ipari környezetben, továbbá az oktatási intézményekben történő alkalmazása is igen nehézkes.

### 2.1.8. Színérzékelés vizsgálata az oktatási intézményekben

Napjainkban Magyarországon a színlátási hiányossággal vagy színlátási hibával rendelkező gyerekeket rutinszerűen szűrik. Ezt a feladatot a nevelési és oktatási intézményekben az iskolaorvos és a védőnő végzi az Ishihara Színlátásvizsgáló Teszt alkalmazásával. Feladatuk a szűrés, majd a látáshibával rendelkező tanulók irányítása speciális szakvizsgálatokra, ahol a hiba típusát meghatározzák. A színlátási hibával rendelkező tanulók, így időben szembesülnek saját korlátaikkal, mely a számukra nem megfelelő pályaválasztást elkerülhetővé teszi.

A színhasználattal kapcsolatban megnövekedett ipari igények előrevetítik annak szükségességét, hogy már a munkavégzés megkezdése előtt, tehát az oktatási intézményekben megkezdődjön a tanulók színérzékelési képességének a fejlesztése. Az oktatási intézményekben a jó színlátóknak biztosítanunk kell a színérzékelő képességük fejlesztésének lehetőségét.

Az oktatásban szükséges a színérzékelő képesség fejlesztéséhez alkalmazható eszközök kialakítása, valamint egy könnyen használható és rövid tesztidőt igénylő színérzékelő teszt létrehozása.

Kidolgozott fejlesztő módszerünk része egy, az oktatási intézményekben használható színérzékelő teszt létrehozása, mely a 6. fejezetben kerül bemutatásra, valamint a színérzékelő képesség fejlesztését segítő eszközök kialakítása, mely a 4. fejezetben kerül bemutatásra.

### 3. A szín-oktatás tartervi, tantárgyi környezete

*„A vizuális nyelv minden más kommunikációs eszköznél hatékonyabban képes a tudást terjeszteni” /Kepes György/*

Az 1950-es évektől kezdődően már az alapfokú oktatásban is megjelent a színek alkalmazásának szerepe a tanítási-tanulási folyamatokban. A matematika tanulás terén például Georges Cuisenaire által létrehozott színesrúd készlet, vagy az olvasást segítő színes szó- és betűkártyák (pl. az 1960-as években a Cattego által létrehozott színes betűk).

A színek tudományában a közép és felsőfokú oktatás és a kutatás kapcsolódik a fizika-, biológia-, kémia-, pszichológia-, filozófia-, és orvostudományhoz, az állat- és növénytanhoz, valamint a számítástechnikához (a megjelenítési technológiákhoz alkalmazkodó színleíró rendszerek fejlesztéséhez).

Ebben a fejezetben bemutatjuk a szín-oktatás tartervi környezetét az alap-, a közép- és a felsőoktatás viszonylatában.

A szín-oktatás módszertanának szokásos témakörei a tananyagokban:

- A szín fogalma, értelmezése.
- A színek jellemzői. Színérzet (színezet, világosság, telítettség).
- A fény, a látható sugárzás.
- Látás, színlátás fiziológiai háttere, élettani vonatkozásai. Színlátás szerve, folyamata. A szem. A szín érzékelésének folyamata. A színes látás hibái, a hibák mérési módszerei és eszközei. A színes látás hibáinak korrekciója.
- A megvilágítás szerepe a színek kialakulásában. Fényforrások. Színhordó felület, fényvisszaverés. A színvisszaadás.
- A színkeverés (additív és szubtraktív színkeverés, HSB, RGB, CMYK).
- A szín-tudomány története. Színelméletek (Alberti, Leonardo, Newton, Lambert, Runge, Goethe [...] Grassmann, Maxwell [...] Munsell, Ostwald, Itten [...] Nemcsics).
- Színharmóniák,
- Színkontrasztok.
- Optikai illúziók, utóképek.
- A színek pszichológiai hatásai.
- Színskálák, színgyűjtemények.
- Színrendszerek (Az Ostwald, a Munsell, az NCS, a RAL és a Pantone színrendszer. A COLOROID színrendszer).
- A színmérés; színinger mérés.
- Színazonosítás.
- Világítástechnika.
- A színes képfeldolgozás alapjai.
- A számítógépes szín-kezelés. Színes monitorok; színes kivetítők.
- A színes nyomtatás elmélete és eszközei.

### 3.1. Szín-oktatás az alap- és középfokú oktatási intézményekben

Magyarországon a szín-oktatásra, a színtani ismeretek megismerésére, elsajátítására, alkotó alkalmazására a Nemzeti Alaptanterv elsősorban a Rajz- és vizuális kultúra tárgy keretében ad lehetőséget, valamint néhány órában a Fizika és a Biológia tantárgyak részét képezi, és érinti a Kémia tantárgyat.

#### Rajz- és vizuális kultúra tantárgy tantárgyi környezete

Rajz- és vizuális kultúra tantárgy az alapfokú oktatási intézmények minden évfolyamában kötelező tárgy (3.1. táblázat). Óraszámai 1-6. évfolyamban heti 1,5-2 óra, 7-8. évfolyamban heti 1-1 óra.

	1. évf.	2. évf.	3. évf.	4. évf.	5. évf.	6. évf.	7. évf.	8. évf.
Heti óraszám	1,5	1,5	2	1,5	1,5	1,5	1	1

**3.1. táblázat.** A kerettantervi koncepcióban a rajz és vizuális kultúra tantárgy kötelező óraszám előírásai az általános iskola 1-8. évfolyama számára

A szabályozás szerint a Rajz- és vizuális kultúra a gimnázium 9–10. évfolyamán heti 1-1 órában kötelező tantárgy (3.2. táblázat).

11-12. évfolyamban az érettségire készülők fakultációban tanulhatják ezt a tantárgyat heti 2 órában nem kötelező tárgyként (3.2. táblázatban 1\*-gal jelölve). 11–12. évfolyamon a művészetek műveltségterület tantárgyai közül (énekkör, dráma és tánc, vizuális kultúra, mozgóképkultúra és médiaismeret) az iskola döntheti el, hogy az adott órakeretből mely tantárgyakat és milyen arányban tanítja.

11–12. évfolyamon a „művészetek sáv” kötelező összes óraszámkerete heti 2 óra/évfolyam. Ennek megfelelően az iskola 11–12. évfolyamon a számára megfelelő jellemzőkkel ruházhatja fel a művészeti oktatását a megfelelő művészeti tantárgyak kiválasztásával, vagy akár komplex művészeti oktatásban gondolkodva alakíthatja ki a művészeti tantárgyak struktúráját a helyi tantervében. Ebből következik, hogy minden művészeti, így a vizuális kultúra tantárgy esetén is heti 2 óra/évfolyamra készült a kerettanterv, de ennek pontos tartalma függ az iskola pedagógiai programjától.

	9. évf.	10. évf.	11. évf.	12. évf.
Heti óraszám	1	1	1*	1*

**3.2. táblázat.** A kerettantervi koncepcióban a rajz és vizuális kultúra tantárgy kötelező óraszám előírásai a gimnáziumok 9-12. évfolyamai számára

Az általános és középiskolai rajzoktatás folyamán a tanulók a festékanyagok színeivel és azok jellemzőivel foglalkoznak (színezet, világosság, telítettség, hőfok), megismerik a szubsztraktív színkeverés tulajdonságait. Színharmóniákat, diszharmóniákat, szíkontrasztokat hoznak létre. „A NAT fejlesztési feladatainak alapján a vizuális kultúra tantárgy gyakorlati

tevékenységeinek fontos célja az érzéki tapasztalás [...] a közvetlen tapasztalatszerzés [...] az érzékelés érzékenységének fokozása.”

### **A fizika, biológia, kémia tantárgy tantárgyi környezete**

A szín-oktatáshoz a fizika tantárgy keretében a 11. évfolyamban a Fénytan (Elektromágneses hullámok, Optika) témakör kapcsolódik, mely foglalkozik a fényvel, az elektromágneses hullámokkal, fényhullámokkal. A fehér fényvel, a fénytöréssel, színelbontással, a spektrumszínekkel, színes fényekkel, fényszínek keverésével, az additív színkeveréssel (3.3. táblázat).

Biológia órákon megismerik a látás, színlátás élettani vonatkozásait, a színlátás szervét, folyamatát, a szem felépítését, működését, a színérzékelés folyamatát, szín-ingerek és a szín-észleletek közötti különbségeket. Szemünk és agyunk e csodálatos együttesének működésébe nyernek bepillantást.

Kémia órákon néhány kísérlettel, a tanulók megfigyelik az egyes reakciók során keletkező színváltozásokat (ehhez az észlelethez tudjuk kötni az elektron kötési energiákban lezajló változásait).

	5. évf.	6. évf.	7. évf.	8. évf.	9. évf.	10. évf.	11. évf.	12. évf.
Fizika	-	-	2	1	2	2	2	-
Biológia			1	1	-	2	2	2
Kémia	-	-	1	2	2	2		

**3.3. táblázat.** A kerettantervi koncepcióban a Fizika, Biológia és a Kémia tantárgy kötelező óraszám előírásai

## **3.2. Szín-oktatása a felsőfokú oktatási intézményekben**

A felsőoktatási intézményekben a hallgatók a választott képzésnek, szakiránynak megfelelően kapnak lehetőséget a szintani ismereteik bővítésére, alkotó alkalmazására, mely a minőségi munkavégzéshez elengedhetetlen. Az oktatott tananyag nem azonos a különböző egyetemeken, minden esetben specifikus, a szakmai képzéshez kötődő.

Ebben a fejezettrészben összegezzük Magyarország felsőoktatási intézményeiben működő szakjait, ahol valamilyen formában a szintan oktatása folyik:

**Állatorvostudományi Egyetem** (Biológia, Állatorvosi szak),

**Apor Vilmos Katolikus Főiskola** (Óvodapedagógus, Tanító szak),

**Budapesti Corvinus Egyetem** (Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Budapesti Gazdasági Egyetem** (Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Budapesti Metropolitan Egyetem** (Animáció, Design- és művészetelmélet, Divat- és textiltervezés, Építőművész, Fotográfia, Média design, Tervezőgrafika, Formatervező művész, Tervezőgrafika szak),

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem** (Villamosmérnöki, Építészmérnöki, Közlekedésmérnöki, Gépészmérnök, Mechatronikai mérnök,

Mérnökinformatikus, Vegyész-mérnöki, Forma- és terméktervező Mérnök, Forma- és Vizuális Környezettervező Mérnök, Színdinamikai Szakmérnöki és Színszakértői Szak, Fizika szak),

**Debreceni Egyetem** (Építészmérnöki, Villamosmérnöki, Vegyész-mérnöki, Mechatronikai mérnöki, Mérnökinformatikus, Élelmiszer-mérnöki, Kertészmérnöki, Élelmiszerbiztonsági és -minőségi mérnöki, Programtervező informatikus, Fizika, Biológia, Kémia, Pszichológia, Általános Orvos, Fogorvos, Gyógyszerész, Óvodapedagógus, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Debreceni Református Hittudományi Egyetem** (Tanító szak),

**Dunaújvárosi Egyetem** (Mérnökinformatikus, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár)

**Edutus Főiskola** (Mechatronikai mérnöki szak),

**Eötvös József Főiskola** (Programtervező informatikus, Pszichológia, Fizika, Biológia, Kémia, Pszichológia, Óvodapedagógus, Tanító, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Eszterházy Károly Egyetem** (Tervezőgrafika, Webdesigner, Animátor, Festő, Képgrafikus, Képkalkotás, Kertészmérnöki, Programtervező informatikus, Óvodapedagógus, Tanító, Fizika-, Biológia-, Kémia-, Rajztanár, Rajz- és vizuáliskultúra- tanár),

**Gábor Dénes Főiskola** (Mérnökinformatikus szak),

**Gál Ferenc Főiskola** (Óvodapedagógus, Tanító, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Kaposvári Egyetem** (Fotográfia, Látványtervezés, Óvodapedagógus, Tanító),

**Károli Gáspár Református Egyetem** (Pszichológia, Óvodapedagógus, Tanító, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Magyar Képzőművészeti Egyetem** (Festőművész, Grafikusművész, Szobrászművész, Restaurátor, Látványtervezés, Alkalmazott látványtervezés, Látványtervező művész szak, Képzőművészet-elmélet, Intermédia-művész, Kortárs művészetelméleti és kurátori ismeretek, Képzőművész-tanár szak),

**Miskolci Egyetem** (Villamosmérnöki, Mechatronikai mérnöki, Mérnökinformatikus, Programtervező informatikus szak),

**Moholy-Nagy Művészeti Egyetem** (Animáció, Design- és művészetelmélet, Designelmélet, Divat- és textiltervezés, Építőművészet, Építőművész, Formatervezés, Tárgyalkotás (fém-művesség, kerámia, üvegtervezés), Média design, Tervezőgrafika, Textiltervezés, Formatervező művész, Kerámia-tervezés, Fotográfia szak),

**Neumann János Egyetem** (Mérnökinformatikus, Kertészmérnöki, Óvodapedagógus, Tanító szak),

**Nyíregyházi Egyetem** (Programtervező informatikus, Közlekedésmérnöki, Biológia, Óvodapedagógus, Tanító, Biológia-, Kémia-, Fizika-, Rajz-tanár, Rajz- és vizuáliskultúra- tanár, Képkalkotás, Képi ábrázolás szak),

**Óbudai Egyetem** (Villamosmérnöki, Mérnökinformatikus, Ipari termék- és formatervező mérnök, Könnyűipari mérnök, Környezetmérnök, Kereskedelem és marketing, Mechatronikai mérnöki, Gépészmérnöki, Mérnök-tanár, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Pannon Egyetem** (Mérnökinformatikus, Villamosmérnöki, Vegyészmérnöki, Vegyész, Mechatronikai mérnöki, Gépészmérnöki, Anyagmérnöki, Biomérnöki, Kémia, Kertészmérnöki, Növényorvosi szak),

**Pázmány Péter Katolikus Egyetem** (Mérnökinformatikus, Pszichológia, Óvodapedagógus, Tanító szak),

**Pécsi Tudományegyetem** (Villamosmérnöki, Mérnökinformatikus, Építőművészet, Építészmérnöki, Építőművész, Programtervező informatikus, Pszichológia, Általános orvos, Fogorvos, Gyógyszerész, Tárgyalkotás, Kerámiatervezés, Festőművész, Szobrászművész, Grafikusművész, Tervezőgrafikus, Óvodapedagógus, Tanító, Fizika, Biológia, Kémia, Design- és vizuális művészet-tanár, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Sapientia Szerzetesi Hittudományi Főiskola** (Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak)

**Semmelweis Egyetem** (Általános orvos, Fogorvos, Gyógyszerész, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Soproni Egyetem** (Tervezőgrafika, Építőművészet, Formatervezés, Építőművész, Formatervező művész, Tervezőgrafika, Mechatronikai mérnöki, Óvodapedagógus, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Széchenyi István Egyetem** (Villamosmérnöki, Közlekedésmérnöki, Építészmérnöki, Mérnökinformatikus, Élelmiszermérnöki, Élelmiszerbiztonsági és -minőségi mérnöki, Növényorvosi, Mechatronikai mérnöki, Tanító, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Szegedi Tudományegyetem** (Mérnökinformatikus, Programtervező informatikus, Mechatronikai mérnöki, Fizika, Biológia, Kémia, Élelmiszermérnöki, Élelmiszerbiztonsági és minőségi mérnöki, Pszichológia, Általános orvos, Fogorvos, Gyógyszerész, Képzőművészet, Óvodapedagógus, Tanító, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Szent István Egyetem** (Építészmérnöki, Mechatronikai mérnöki, Tájépítés és kertművész, Kertészmérnöki, Tájrendező és kertépítő mérnöki, Élelmiszermérnöki, Élelmiszerbiztonsági és -minőségi mérnöki, Fizika-, Biológia-, Kémia-tanár szak),

**Színház- és Filmművészeti Egyetem** (Mozgóképfelvételek tervezése, Látványtervező művész, Filmrendező művész, Filmoperatőr művész szak).

A felsorolt felsőoktatási szakok (szakmák) irányultsága nagyon különböző, de közös bennük, hogy mindegyikben jó színírással rendelkező szakemberekre van szükség a magas színvonalú munkavégzéshez. Ez indokolja a színérzékelés képesség fejlesztésének szükségességét.

## 4. A szín-oktatásra és színérzékelés képesség fejlesztésére kidolgozott módszer

*„A jó tanítás nem annyira válaszok adása, mint inkább kérdések kölcsönös feltevése a tanár és a tanítvány között.”*

*/Josef Albers/*

Az oktatás olyan aktív folyamat, mely során mi pedagógusok különböző eszközök segítségével, a tananyagot, az érzékelés és a megfigyelés számára megragadhatóvá tesszük. Már Comenius a „Didactica Magna” című művében javasolja, hogy a dolgokat érzéki úton, tapasztalással, az értelem útján, saját gondolati mérlegeléssel, illetve mások véleménye útján ismertessük meg. Piaget szerint is (Piaget, 1970) *„szükségünk van sok olyan tapasztalatra, amelyek megszerzése során feltárulnak az adott jelenség sajátosságai, közös jegyei. Úgy kell tehát szervezni a tanítási-tanulási folyamatot, hogy a tanuló adekvát tevékenység során megszerezze a fogalom tapasztalati bázisát”.*

A 20. század második felétől számos didaktikai szempont új megvilágításba került, és az oktatás folyamatában egyre nagyobb hangsúlyt kapott. A számítógépek és az internet elterjedése az oktatási folyamatban új lehetőséget nyitott a didaktikai alapelvek hatékony alkalmazásához. Mivel a tervezési folyamat, a színes tervek, képek készítése a gyakorlatban ma már minden szakmában elsősorban számítógépen történik, ezért a hallgatóknak ismerniük kell a számítógépes színhasználat módját, a különböző színtereket, a színkódolás lehetőségeit.

A szintani ismeretek és készségek fejlesztését célzó kutatási projekt 2012 óta fut a Debreceni Egyetem Műszaki Karán.

A kutatási tevékenység fő része egy új oktatási, fejlesztő módszer kidolgozása a szakmai képzésben részt vevő hallgatók részére. A fejlesztő módszeren belül egy tananyagcsomag kifejlesztése, gyakorlati megvalósítása, valamint a hallgatók magas színvonalú alkotó és tervező munkájához szükséges képességeknek, a színérzékelésnek, ezen belül a színmeghatározó képességnek és a színkülönbség-érzékelő képességnek az eredményes fejlesztése.

Kidolgozott módszerünkben a színelméleti ismeretek oktatása szervesen, összehangolt módon kapcsolódik az informatikához, az informatikai eszközök alkalmazásához. A kidolgozott módszer része egy saját fejlesztésű interaktív szintani oktatószoftver.

Ebben a fejezetben kerül bemutatásra a számítógéppel támogatott képesség fejlesztésre és szín-oktatásra kifejlesztett saját oktatási módszerünk.

A kidolgozott oktatási módszerünk egyedisége a színelméleti ismeretanyag tematikájának meghatározásában, valamint az ismeretek elsajátítását segítő eszközrendszer összeállításában, létrehozásában és azok alkalmazási módjában nyilvánul meg.

Fejlesztő módszerünk célja:

- a színélméleti ismeretanyag elsajátítás hatékonyságának növelése,
- a színérzékelés képesség fejlesztése, ezen belül
  - a színmeghatározó képességnek és
  - a színkülönbség-érzékelő képesség
    - világosságkülönbség-érzékelés,
    - telítettségkülönbség-érzékelés eredményes fejlesztése.

A módszer sajátossága a képességfejlesztéshez használt eszközrendszer kialakítása és alkalmazása.

A képességfejlesztéshez használt eszközök két csoportja:

- hagyományos eszközök és
- egy saját fejlesztésű interaktív színtani oktatószoftver.

Ebben a fejezetben kerül bemutatásra a képességfejlesztéshez tervezett és létrehozott eszközök sokasága és azok alkalmazási módja.

## 4.1. Színélméleti ismeretanyag

*„Ha hallom elfelejtem. Ha látom, emlékszem rá. Ha csinálom megértem.” /Konfuciusz/*

Az elsajátításra kínált tananyag a lehető legtöbb nézőpontból közelíti meg a témát, támaszkodik a középfokú oktatásban szereplő, különböző tantárgyak (Rajz- és vizuális kultúra, Fizika, Biológia) oktatási tananyagaira. Az összeállított tananyag a tanult ismereteket összekapcsolja, rendszerezi, majd témaegységgé kovácsolja.

Az oktatási módszerünkhöz az alábbi ismeretköröket (tematikát) határoztuk meg:

- A szín fogalma, értelmezése.
- A színek jellemzői. Színezet (színezet, világosság, telítettség).
- A fény, a látható sugárzás.
- Látás, színlátás. Emberi fényérzékelés élettani, biokémiai alapjai.
- A látás élettani vonatkozásai. Színlátás szerve, a szem. A színérzékelés folyamata. A színes látás hibái, a hibák mérési módszerei és eszközei. A színes látás hibáinak korrekciója.
- A megvilágítás szerepe a színek kialakulásában. Fényforrások. Színhordó felület, fényvisszaverés. A színvisszaadás.
- A színkeverés (additív és szubtraktív színkeverés, HSB, RGB, CMYK).
- A szín-tudomány története. Színélméletek (Alberti, Leonardo, Newton, Lambert, Runge, Goethe [...] Grassmann, Maxwell [...] Munsell, Ostwald, Itten [...] Nemcsics).
- Színharmóniák.
- Színkontrasztok.
- Optikai illúziók, utóképek.
- A színek pszichológiai hatásai.
- Színskálák, színgyűjtemények.

- Színrendszerek (Az Ostwald, a Munsell, az NCS, a RAL és a Pantone színrendszer. A COLOROID színrendszer).

Az ismeretanyag általunk javasolt feldolgozása elsősorban a tapasztalásra épít, ezért az elméleti ismeretek összegzését, rendszerezését megelőzi a gyakorlat. A tanulás eredményességét befolyásoló hatások szempontjából lényeges, hogy a tanulókat cselekedtetve tanítsuk, hiszen a saját tapasztalat útján való ismeretelsajátítás a legmaradandóbb.

A fejlesztő programunkban a hagyományos eszközök mellett kihasználjuk a számítógépekben rejlő színmegjelenítési és színkezelési lehetőségeket. Oktatószoftverünkkel biztosítjuk a színelméleti ismeretek alkalmazásához szükséges készségek fejlesztésének lehetőségét.

## 4.2. Hagyományos eszközök a képességfejlesztésben

Az alábbiakban bemutatjuk a képességfejlesztés módját a hagyományos eszközök alkalmazásával. Az alkalmazott hagyományos eszközök: a festékek (akvarell, tempera, nyomdafesték), a színes fényű lámpák, a színes papírok, nyomtatott színkártyák, színes tablók, valamint a festékszínek keveréséhez egy forgó tárcsa, melyet egy centrifuga átalakításával hoztunk létre.

### 4.2.1. Színkülönbség-érzékelő képesség fejlesztése

Fejlesztő módszerünk egyik célja a hallgatók színkülönbség-érzékelő képességének fejlesztése, Célunk, hogy a hallgatók képesek legyenek kis különbségek érzékelésére is színezet, telítettség, világosság tekintetében az ehhez kapcsolódó színhasznító feladatok rendszeres végzésével.

Az egyik feladattípus az

- azonos színezetű - azonos telítettségű - különböző világosságú,
- különböző színezetű- azonos telítettségű - különböző világosságú,
- azonos színezetű – azonos világosságú - különböző telítettségű,
- különböző színezetű - azonos világosságú - különböző telítettségű,
- azonos színezetű - különböző telítettségű - különböző világosságú,
- színminták összehasonlítása.

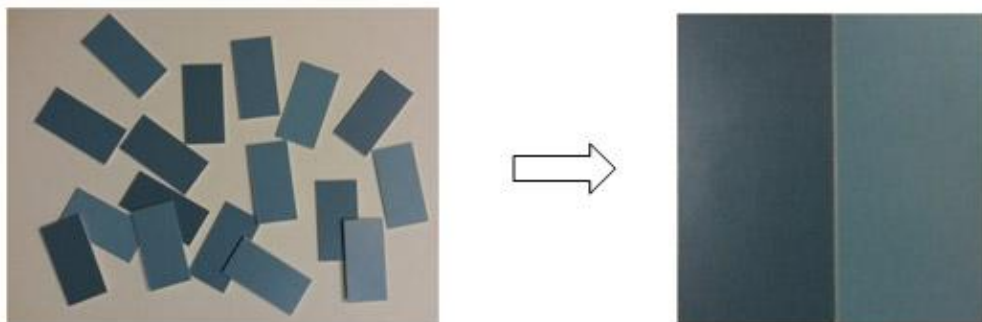
Másik feladattípus sorba rendezni a színmintákat világosság vagy telítettség szerint csökkenő vagy emelkedő sorrendben.

A kurzusokon a színhasznító feladatokhoz vagy a színgyűjtemények készítéséhez a festékekkel szemben előnyben részesítjük a színes papírokat vagy a nyomtatott színkártyákat. A papír a színek színezet, telítettségi és világossági értékének széles skálájának közvetlen felhasználására ad lehetőséget, amennyiben sokféle papírunk van, valamint többször is használhatjuk ugyanazt a színt, anélkül, hogy szín tulajdonságai vagy felületi adottságai megváltoznának.

**A színkülönbség érzékelés fejlesztése a világosságkülönbség- és a telítettségkülönbség-érzékelés fejlesztésére irányult az alábbi feladattípusok alkalmazásával:**

Feladat: Adott 17 db azonos színezetű, azonos telítettségű – különböző világosságú színminta, összekeverve, lefogatva. Minden minta mérete 5x10cm.

Húzz két mintát és dönts el, melyik a világosabb!



**4.1. ábra.** Különböző világosságú mintapár választása

A minták véletlenszerű választásával a két minta világosság értékének különbsége változó lesz. Előfordul, hogy csak nagyon kicsi a különbség a két minta között (nehéz a feladat), de az is előfordulhat, hogy nagy a különbség (könnyű a feladat).

A feladat nehézségét lehet fokozni:

- a kiadott mintasorral (a feladat egyre nehezebb, ha a 17 tagú mintasorban az egymást követő színminták világosság értékének a különbsége egyre kevesebb),
- a színminták összehasonlításakor a minták nem érintkezhetnek.

Feladat: Adott 17 db azonos színezetű, azonos telítettségű – különböző világosságú színminta, összekeverve. Minden minta mérete 5x10cm.

Rakd sorba a színmintákat a legvilágosabbtól a legsötétebbig!



**4.2. ábra.** Színmintákat befoglaló keret fekete mélyedéssel

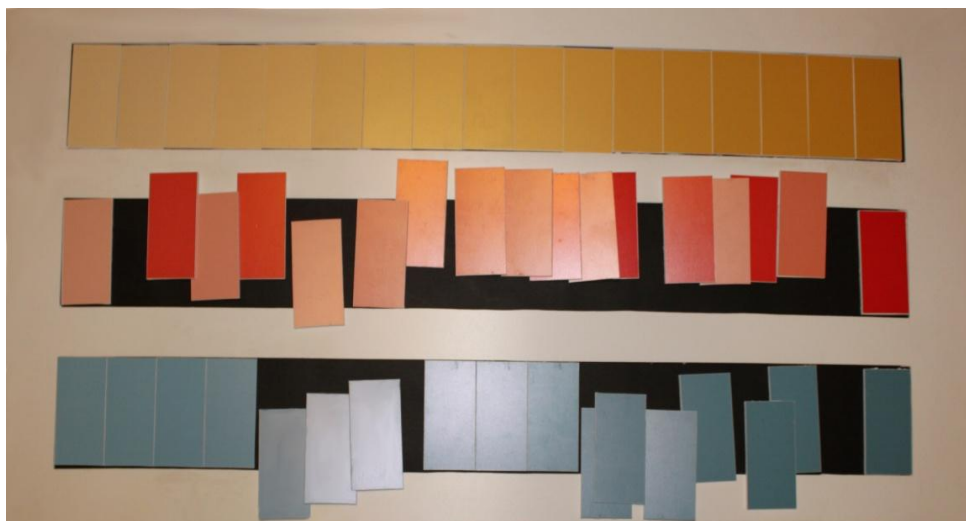
A színminták elhelyezésére egy fehér keretet használunk fekete vagy szürke mélyedéssel.



**4.3. ábra.** Különböző világosságú színminták

A feladat nehézségét lehet fokozni:

- a kiadott mintasorral (a feladat egyre nehezebb, ha a mintasorban az egymást követő színminták világosság értékének a különbsége egyre kevesebb),
- a minták elhelyezésének módjával (nehezebb a feladat, ha a mintaelemek nem érhetnek össze).



**4.4. ábra.** Különböző világosságú színminták sorbarendeve háromsoros keretben

Feladat: Adottak különböző színezetű és különböző világosságú színminták, valamint ezekkel megegyező világosságú szürkeárnyalatos párjaik.

Párosítsd össze a különböző világosságú színmintákat a szürkeárnyalatos mintákkal úgy, hogy azok világossági értéke azonos legyen! Méret 7x7 cm.



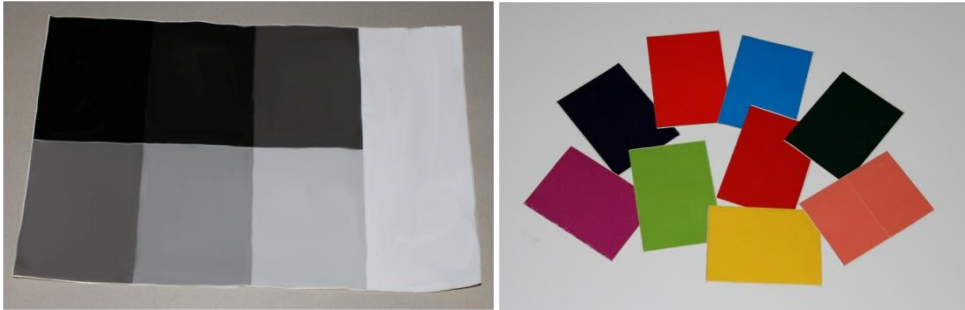
**4.5. ábra.** Színes és szürkeárnyalatos színminta párjaik

A feladat nehézségét lehet fokozni a kiadott mintasorral és azok párjaival, színes minták közötti egyre kisebb világosságkülönbséggel.



**4.6. ábra.** Színes és szürkeárnyalatos színminták párosítása

Feladat: A fehértől a feketéig terjedő 7 tagú szürkeskálán helyezd el a különböző színmintákat a világossági értéküknek megfelelően! Minta mérete 10x15 cm.



**4.7. ábra.** Szürkeskála színmintákkal

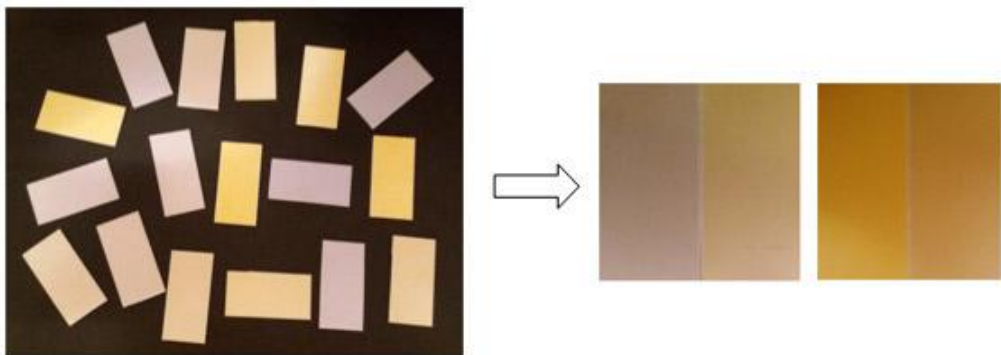
A feladat nehézségét lehet fokozni a kiadott mintasorral, ha azonos színezetű mintákról áttérünk különböző színezetű minták alkalmazására.



**4.8. ábra.** Színminták elhelyezése a szürkeskálán

Feladat: Adott 17 db, azonos színezetű, azonos világosságú – különböző telítettségű színminta, összekeverve, lefogatva. Minden minta mérete 5x10cm.

Húzz két mintát és dönts el, melyik a telítettebb!



**4.9. ábra.** Különböző telítettségű mintapár választása

A minták véletlenszerű választásával a két minta telítettség értékének a különbsége változó lesz. Előfordul, hogy csak nagyon kicsi a különbség a két minta között (nehéz a feladat), de az is előfordulhat, hogy nagy a különbség (könnyű a feladat).

A feladat nehézségét lehet fokozni a kiadott mintasorral. A feladat egyre nehezebb, ha a 17 tagú mintasorban az egymást követő színminták telítettség értékének a különbsége egyre kevesebb.

Feladat: Adott 17 db, azonos színezetű, azonos világosságú – különböző telítettségű színminta, összekeverve. Minden minta mérete 5x10cm.

Rakd sorba a mintákat a legtelítettebbtől a legtelítetlenebbig!



**4.10. ábra.** Különböző telítettségű színminták

A feladat nehézségét lehet fokozni:

- a kiadott mintasorral (a feladat egyre nehezebb, ha a 17 tagú mintasorban az egymást követő színminták telítettség értékének a különbsége egyre kevesebb),
- a minták elhelyezésének módjával (a mintaelemek nem érhetnek össze).



**4.11. ábra.** Különböző telítettségű színminták sorbarendezve

Feladat: Adott 25 db azonos színezetű, különböző telítettségű, különböző világosságú színminta, összekeverve.

Rendezd el a színmintákat 5x5-os elrendezésben úgy, hogy a világosak legyenek a legfelső sorban, a legsötétebbek a legalsó sorban, a legtelítettebbek a jobboldali szélső oszlopban, a legtelítetlenebbek a baloldali szélső oszlopban legyenek.



**4.12. ábra.** Különböző telítettségű és különböző világosságú színminták

A feladat nehézségét lehet fokozni a kiadott 25 elemű mintasorral. A feladat egyre nehezebb, ha a mintasorban az egymást követő színminták világosságú értékének és a telítettség értékének a különbsége egyre kisebb.



**4.13. ábra.** Különböző telítettségű és különböző világosságú színminták elrendezése

Hagyományos eszközökkel színinger egyeztetésre illetve telítettségi vagy világossági skálák létrehozására annyi kísérlet áll rendelkezésünkre, amennyi feladatot előkészítettünk festéssel vagy nyomtatással, így a kísérletek száma korlátozott.

#### 4.2.2. Színmeghatározó képesség fejlesztése

*„Gyakorlati tapasztalat, hogy bármely két vagy több színből keverés útján újabb színek hozhatók létre, vagy az, hogy bármely szín többféleképpen is kikeverhető. Tapasztalati tény az is, hogy megfelelő számú alapszín megfelelő arányú keverésével bármely szín előállítható, az alapszínekből valamely szín kétféle módon állítható elő, mégpedig additív és szubtraktív színkeveréssel” [Nemcsics].* Ez a színtan két színkeverési elmélete, melynek gyakorlati alkalmazása jelen van mindennapi életünkben.

A kurzus során a hagyományos módszerek alkalmazásával a színmeghatározó képesség fejlesztése a kétféle (additív és szubtraktív) színkeverési mód gyakorlásával valósul meg. A színkeverések törvényszerűségeit kísérletekkel próbáljuk megállapítani.

##### **Festékszín keverése**

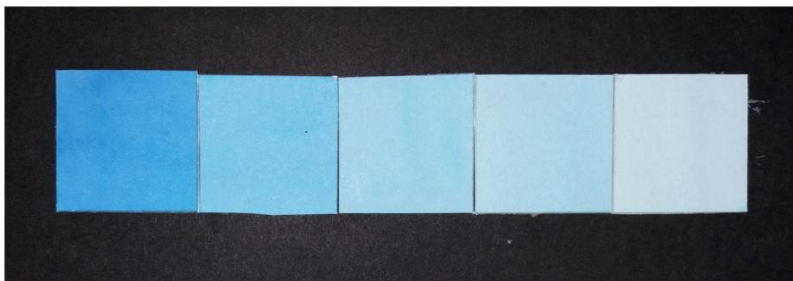
Feladat: A három alapszín felhasználásával, a színek különböző arányú alkalmazásával keverj ki színeket! Vizsgáld a keveréssel kialakult színeket!

A festékszín keveréséhez (szubtraktív színkeverés) egy színkeverő gépet használunk, melyet egy centrifugából készítettünk (4.14. ábra). Csak a három alapszín (Cyan, Magenta, Yellow) használva, tapasztalhatjuk és tanulmányozhatjuk a kevert színek keletkezését. A színkeverő gép vízszintes lapján helyezünk el a három alapszínből különböző mennyiséget, majd a keverés után vizsgáljuk a keletkezett kevert színt. A feladathoz legmegfelelőbb a három féle nyomdafesték.



**4.14. ábra.** Festékszín keverése festékkeverő géppel

Feladat: Festékek alkalmazásával hozz létre több elemből álló világossági skálát!!



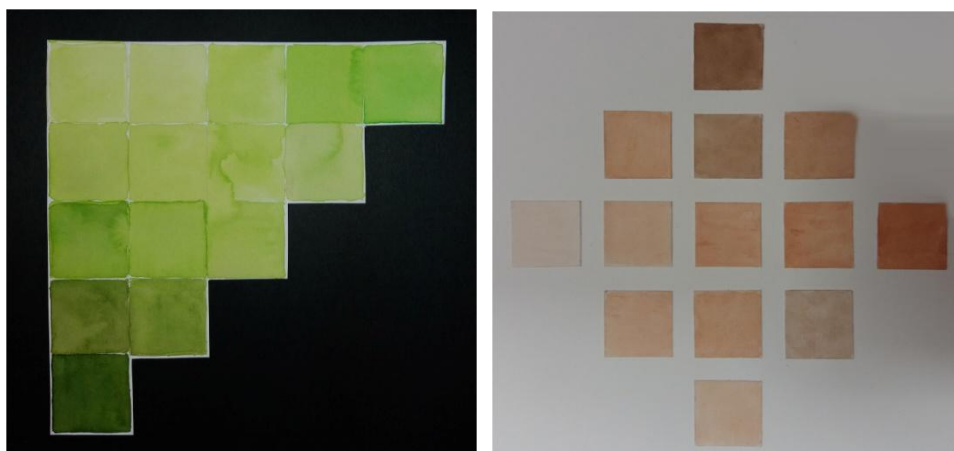
**4.15. ábra.** Festett világossági skála  
Forrás: Tanulói munka

Feladat: Festékek alkalmazásával hozz létre több elemből álló telítettségi skálát!!



**4.16. ábra.** Festett telítettségi skála  
Forrás: Tanulói munka

Feladat: Festékek alkalmazásával hozz létre különböző telítettségű és különböző világosságú színmintát, majd rendszerezd!



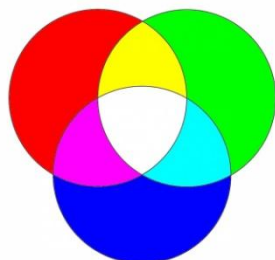
**4.17. ábra.** Különböző világosságú és különböző telítettségű festett színminták  
Forrás: Tanulói munka

## Fényszínek keverése

Feladat: A három alapszín felhasználásával keverj ki különböző színeket!

A fényszínek keveréséhez (additív színkeverés) három különböző színű (**R**ed, **G**reen, **B**lue) lámpát használtunk, a három alapszín. Két-két egymásra kerülő szín egy világosabbat hoz létre, a három szín egymással keverve fehéret ad eredményül (4.18. ábra).

Hasonló vizsgálatokat lehet végezni több projektor alkalmazásával, a keverendő színeket egymásra lehet vetíteni a három projektorral.



4.18. ábra. Fényszínek keverésének elve és a gyakorlata

### Problémák a hagyományos eszközök alkalmazásakor

Színinger egyeztetésre, illetve telítettségi vagy világossági skálák létrehozására hagyományos eszközökkel alkalmazásával annyi kísérlet áll rendelkezésünkre, amennyi feladatot előkészítettünk festéssel vagy nyomtatással, így a kísérletek száma korlátozott.

A festékkeverés eredménye a gyakorlatban nem lesz megfelelő, ha nem megfelelő a festék színminősége, az anyagminőség problémája félrevezető eredményt adhat. A színes lámpák alkalmazásakor pedig az a probléma, hogy nem tudjuk a színek intenzitását módosítani, eszközünk korlátozza a variációs lehetőségeket, ezért nem tudunk bármilyen színű fényt kikeverni.

A hagyományos eszközök alkalmazásakor jelentkező hibákat, korlátokat kiküszöbölhetjük, a valóság megismerését teljesebbé tehetjük a saját fejlesztésű oktatószoftverünk moduljainak alkalmazásával.

## 4.3. Interaktív színelméleti oktatóprogram

*„A számítástechnika alkalmazása egyénivé teszi a tanulási folyamatot” /Karvalics/*

Az informatikai eszközök és számítógépes programok alkalmazása új lehetőségeket teremtett az ismeretátadásban és az élményszerű ismeretszerzésben. A tanulók foglalkoztatásának olyan eszközrendszerét alakítottuk ki, mely egy időben több módját nyújtja az információszerzésnek, ezek kiegészítik egymást, és teljesebbé teszik a valós színviszonyok megismerését. Az oktatási módszer legfontosabb része egy saját fejlesztésű interaktív szintani oktató szoftver kidolgozása és alkalmazása.

A saját fejlesztésű multimédiás színtani oktatóprogramunk lehetőséget biztosít az alapvető, különböző tudományterületekről származó színtani ismeretek elsajátítására, megértésére, rendszerezésére, az ismeretek alkalmazására, továbbá a hallgatók színelismerő, színkülönbség-érzékelő és színmeghatározó képességének és a színhasználati készségnek a fejlesztésére (Perge, 2012).

Az oktatóprogram három fő részből áll, ezek a **Színelméleti ismeretek**, a **Gyakorló feladatok** és az **Ellenőrző kérdések**. Az elméleti és a gyakorlati rész modulokból épül fel (4.19. ábra).

1. Az elméleti rész moduljai: A színlátás szerve és folyamata (szem, agy működése), Egy kis fénytán (fény, elektromágneses sugárzás, fényvisszaverődés, fénytörés), Színkeverési elméletek (additív és szubtraktív színkeverés), Színek fő jellemzői (színezet, telítettség, világosság), Színrendszerek, Színgyűjtemények, Színkódolás, Színharmóniák, Színkontrasztok.

2. A gyakorló feladatok moduljai: Színkeverés HSB rendszerben, Színkeverés különböző színrendszerekben, Színinger egyeztetés, Színharmóniák, Színkontrasztok.

3. Ellenőrző kérdések tartoznak az elméleti részhez, valamint tesztek a gyakorló feladatokhoz.



**4.19. ábra.** A színelméleti oktatóprogram bejelentkező képe  
Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

A program fejlesztői környezeteként a Flash Action Script nyelvét használjuk, mely egyesíti a magas szintű programozási nyelvek hatékonyságát az animációk látványosságával, rendszerkövetelmény a HTML 4 kompatibilis böngésző. A tesztkérdések adatait is egy flash modul dolgozza fel, és

továbbítja egy publikus szerverre, ahol az adatok SQL adatbázisban tárolódnak.

Az oktatószoftver alkalmazásának előnyeit az alábbiak szerint határozzuk meg:

- lehetőséget biztosít az önálló kísérletek, gyakorlatok végzésére, az önálló ismeretszerzésre, az ismeretek rendszerezésére,
- változatos feladattípusokat tartalmaz,
- különböző nehézségi fokozatú feladatokat tartalmaz, érvényesül a fokozatosság elve,
- reprodukálásra van lehetőség,
- élményszerű, a színek jellemzőiről, hatásairól sok tapasztalás szerezhető rövid idő alatt,
- az oktatóprogram képes a különböző szintek közt bármilyen konverzióra,
- a Gyakorló feladatok moduljai színérzékelés képességfejlesztésre alkalmasak,
- a színmeghatározó képesség fejleszthető a „Színkeverés HSB rendszerben” és a „Színkeverés különböző színrendszerekben” modul alkalmazásával,
- a színkülönbség-érzékelő képesség fejleszthető a „Színinger egyeztetés I.-II.”, valamint a „Színsorozatok I.-II.-III.” modulok alkalmazásával.
- az oktatóprogramban rendelkezésünkre álló tesztek lehetővé teszik a tudás, a megszerzett képességek felmérését, ellenőrzését, a tanulási tevékenység értékelésének elektronikus támogatásával. A nagy létszámú csoportok teszt-alapú számonkérése komoly időmegtakarítással jár, megkönnyítheti az összehasonlítást, a felzárkóztatásra vagy épp tehetséggondozásra igényt tartó hallgatók kiválasztását, valamint a problémás tananyag-területek felismerését,
- egyszerű, könnyen használható,
- bármilyen szín, színegyüttes létrehozható, és ezek alkalmazása azonnal látható,
- valós időben változtathatjuk akár egy épülethomlokzat, egy belső tér, egy csendélet, egy grafika színes megjelenését, színharmóniák alkalmazásával,
- platform-független, felhasználóbarát.

#### 4.4. Az oktatóprogram alkalmazása a képességfejlesztésben

*„A tanulás legyen teljesen gyakorlatias, teljesen szóragoztató, ... olyan, hogy általa az iskola valóban a játék helyévé, vagyis az egész élet előjátékává váljon.” /Comenius/*

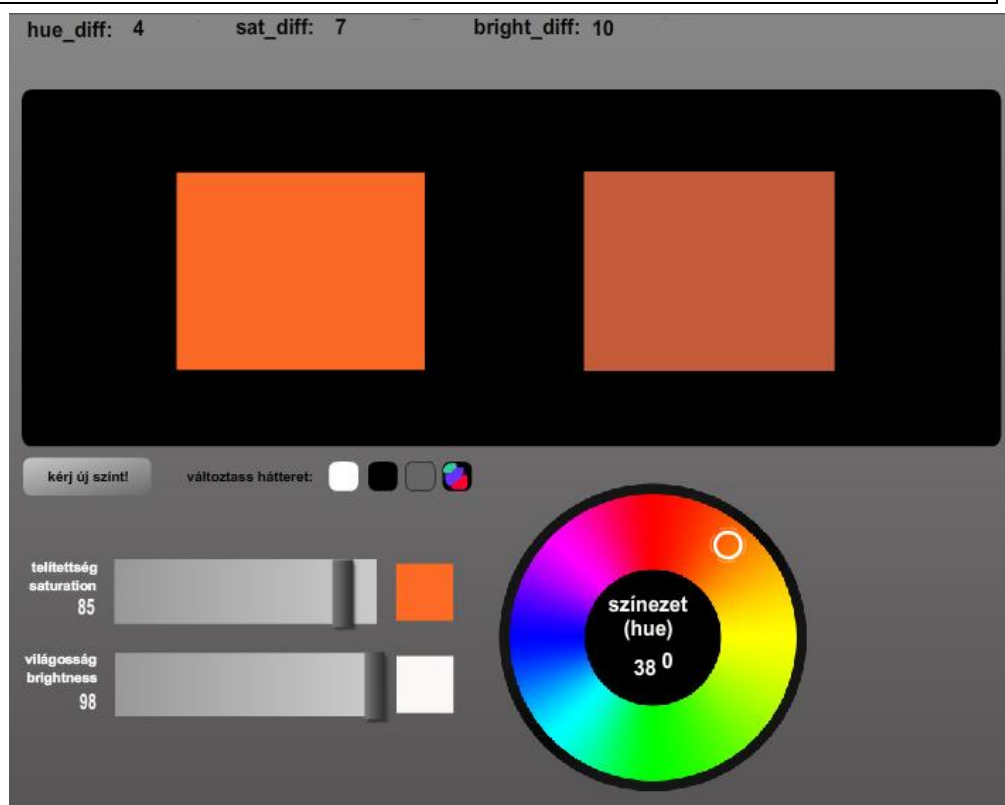
A hallgatók színmeghatározó és színkülönbség-érzékelő képességének fejlesztésére az oktatószoftver alábbi moduljait használtuk az oktatási kísérletben (Perge, 2012, 2015a).

#### 4.4.1. Színmeghatározó képesség fejlesztése

Az oktatószoftverünk színkeverési, színmeghatározó gyakorlatok végzésére HSB, RGB, CMY rendszerben is biztosít lehetőséget. Célunk a színjellemzők minél pontosabb megítélése (Perge, 2015a).

#### Színkeverés HSB rendszerben modul

Feladat: Határozd meg a színkör feletti jobb oldalon lévő téglalap színét a színezet, a világosság és a telítettség értékek megadásával!



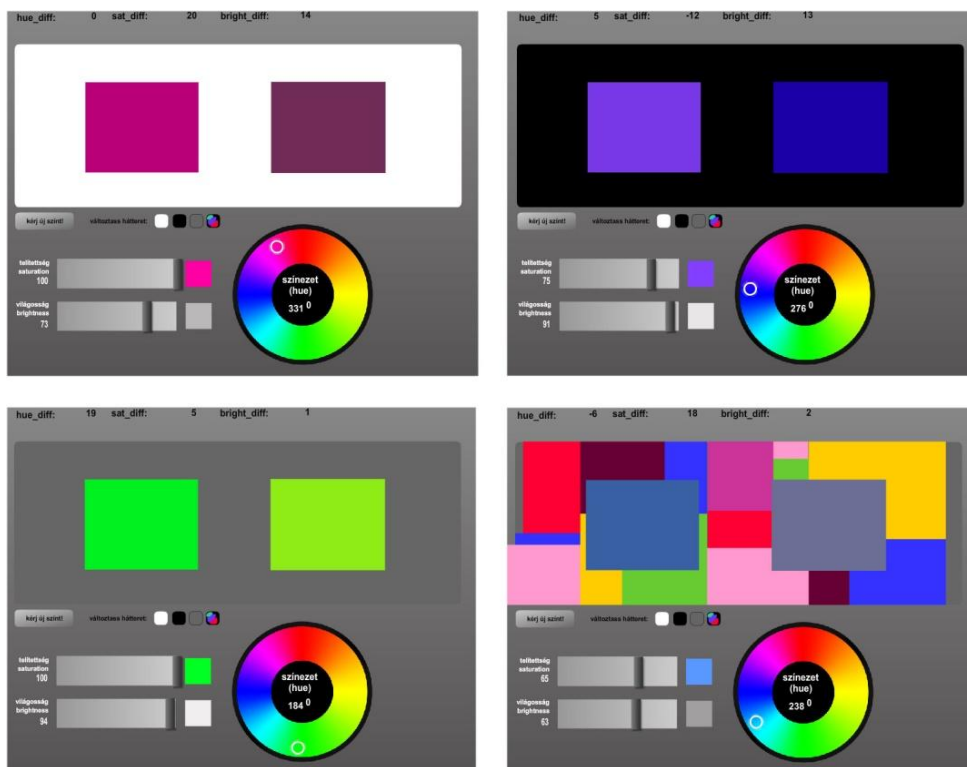
**4.20. ábra.** Az oktatóprogram HSB színkeverési felülete és alkalmazása

Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

A hallgatók kapnak egy színmintát, melyet ki kell keverniük. A modul panelján (4.20. ábra) a baloldalon látható téglalapban a számítógép által generált szín látható. A tanuló feladata, hogy a jobb oldalon látható téglalap színészleletét megfeleltesse a baloldalon látott színnel, a színek három fő jellemzőjének a színezet, telítettség, világosság értékének megadásával.

A színkeveréshez az ábrák alatt látható színekörből választható a színezet ( $0-360^\circ$ ), a színekörből balra elhelyezett vízszintes sávban csúszkák segítségével növelhető vagy csökkenthető a telítettség és a világosság értéke ( $0-100\%$ ).

A téglalapok mögötti (a 4.20. ábrán fekete) háttér módosítható fehér, fekete, szürke vagy tarka, színes háttérre a fekete sáv alatti színválasztó gombbal.



4.20. ábra. HSB színkeverési felületekülönbözőháttérszínekkel

Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

A kezdő színkeverőknek ez elég nehéz feladat, hiszen nehéz megállapítani, hogy a szín három jellemzője közül melyik, vagy melyek térnek el a megadottól, illetve hogy az eltérés mértéke milyen nagyságú és milyen irányú.

A 4.20. ábra legfelső részén látható az eltérés értéke a program által adott mintának a kikevert szín jellemzőinek (színezet, telítettség, világosság) számértékétől. A + ill. a - jel az eltérés irányát adja, ez a segítség kikapcsolható. Az eltérés értékei színkeverési gyakorlatok kezdeti szakaszában sok segítséget nyújtanak.

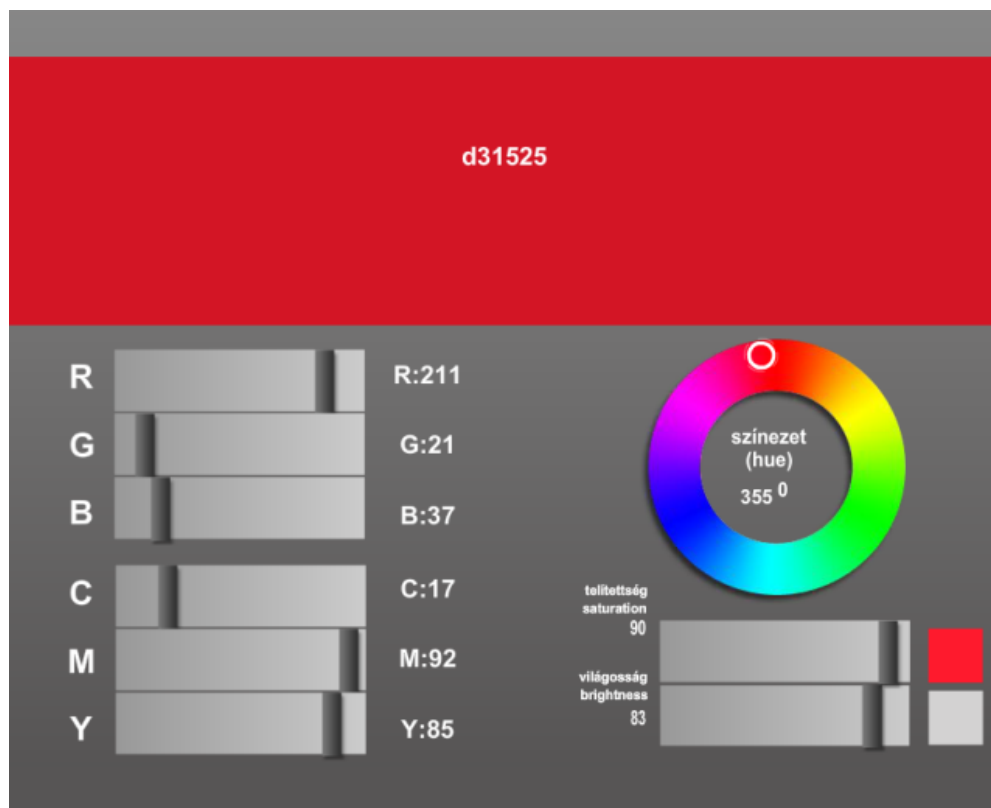
A kérj új színt nyomógombra klikkeléssel a program új színmintát generál.

### Színkeverés különböző (RGB, CMY, HSB) színrendszerekben modul

Az oktatóprogramban szimuláljuk a HSB, az additív és a szubtraktív színkeverést. A tanuló állíthatja a csúszkákon az egyes fényvetők

„fényintenzitását”, megfigyelheti a keletkező keverékszíneket, azok színcódjait (4.21. ábra). Itt lehetőségünk van a színek előállításának törvényszerűségeit bemutatni.

Az oktatóprogram biztosítja a színkeveréshez szükséges alapszíneket, azokat különböző intenzitásban, így biztosítja, hogy ezekkel bármely nekünk tetsző szín kikeverhető mindhárom színrendszerben.



**4.21. ábra.** Színkeverés különböző színrendszerekben  
Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

#### 4.4.2. Színkülönbség-érzékelő képesség fejlesztése

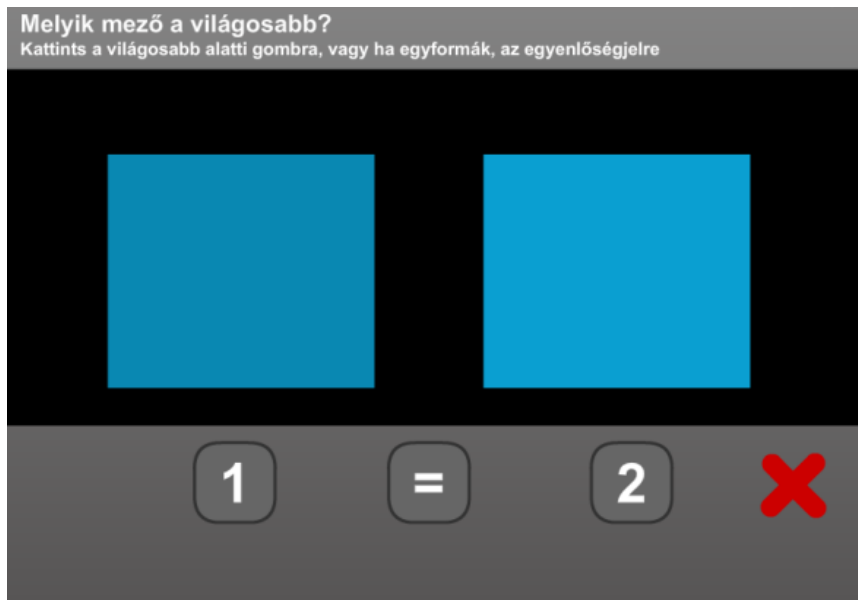
Színkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésére az oktatóprogramunknak a „Színinger egyeztetés”, valamint a „Színskála” modulja ad lehetőséget. Célunk a színjellemzők minél kisebb különbségének az érzékelése.

##### **Színinger egyeztetés modul**

Színinger egyeztetés feladat kitűzésére gyakorlatilag végtelen sok lehetőség áll rendelkezésünkre, akár a világossági, akár a telítettségi értékek különböznek.

Feladat: Döntsd el, hogy melyik színminta a világosabb!

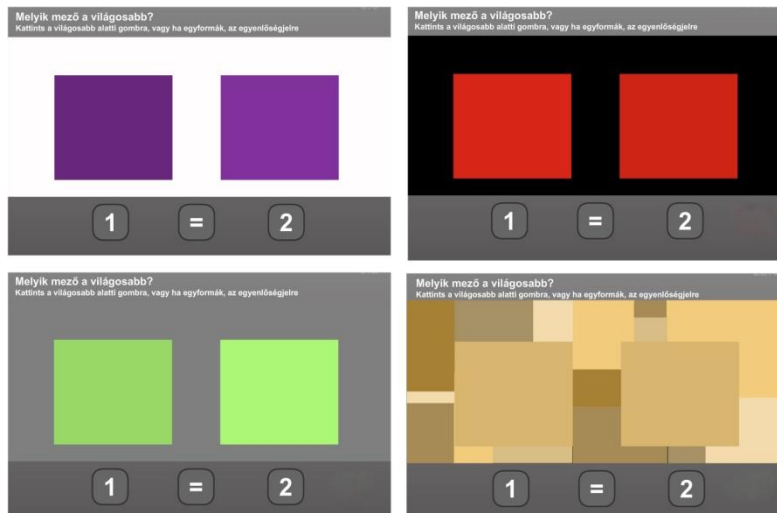
A program véletlenszerűen generál két azonos színezetű és azonos telítettségi értékű színmintát úgy, hogy az összehasonlítandó minták közötti világossági értékkülönbség egy meghatározott korlátok közé szorított véletlen szám.



4.22. ábra. Színínger egyeztetés az oktatóprogramban. Világosság különbség érzékelése

Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

A két színminta mögött húzódó háttér fekete, fehér, szürke vagy több mintából tevődik össze (4.23. ábra).

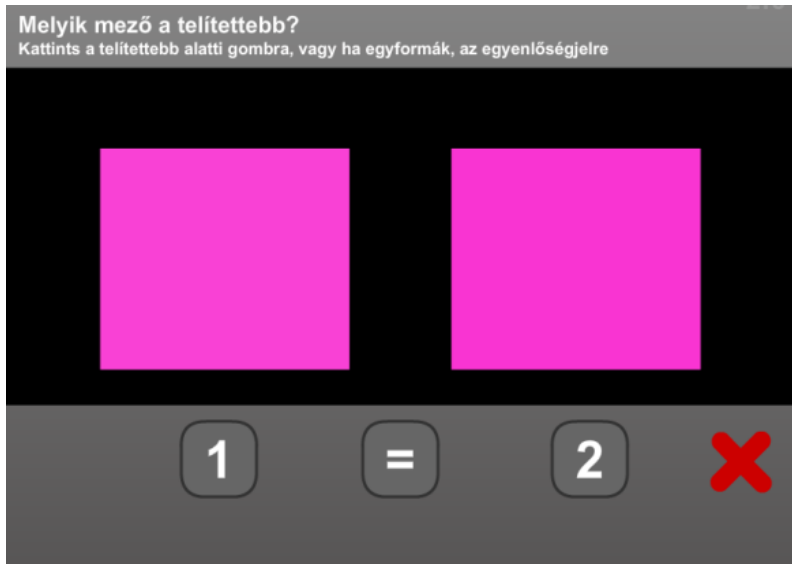


4.23. ábra. Színínger egyeztetés-Világosság különbség érzékelése különböző háttérrel

Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

Feladat: Döntsd el, hogy melyik minta a telítettebb!

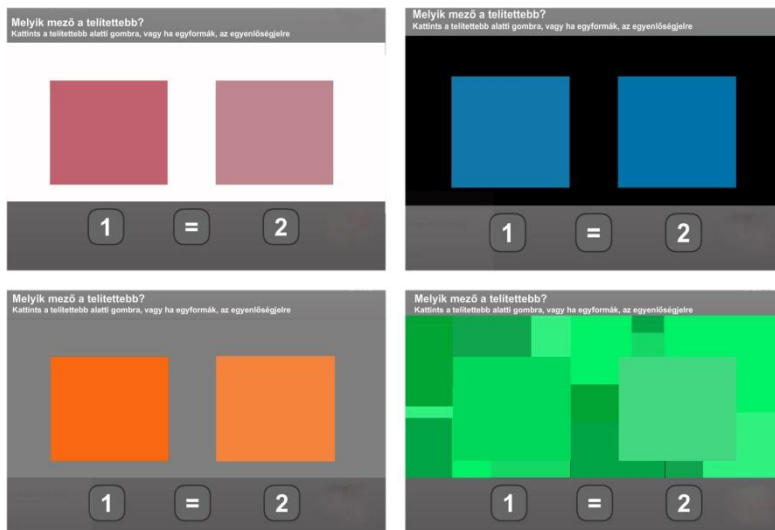
A program véletlenszerűen generál két azonos színezetű és azonos világossági értékű színmintát úgy, hogy az összehasonlítandó minták közötti telítettség értékkülönbség is egy meghatározott korlátok közé szorított véletlen szám (4.24. ábra).



4.24. ábra. Színínger egyeztetés az oktatóprogramban. Telítettség különbség érzékelése

Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

A két színminta mögött húzódó háttér fekete, fehér, szürke vagy több mintából tevődik össze (4.25. ábra).



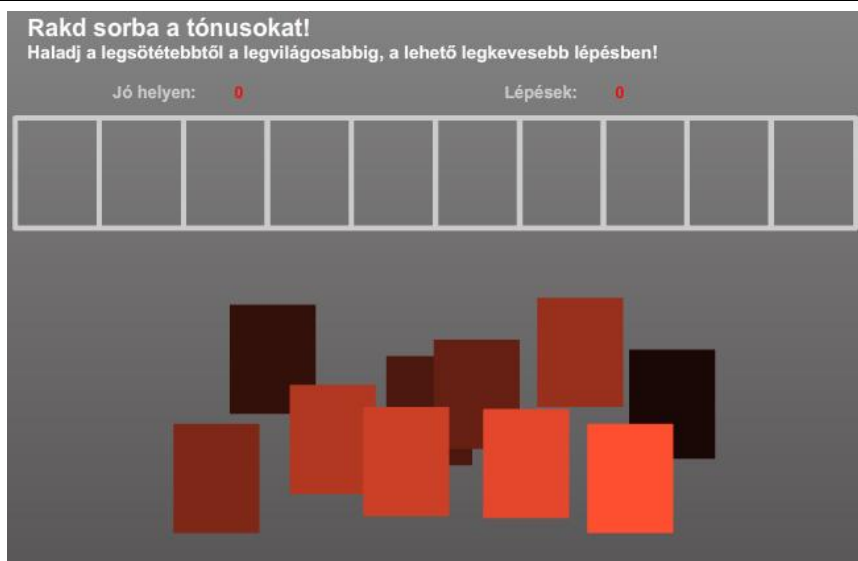
4.25. ábra. Színínger egyeztetés-Telítettség különbség érzékelése különböző háttérrel

Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

## Színskálák modul

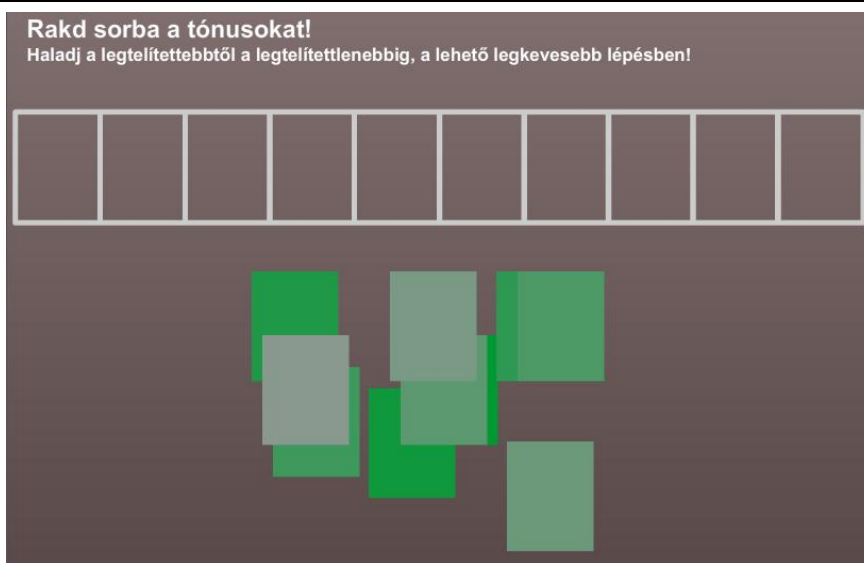
A szoftver generálja a színmintákat, valamint biztosítja a hozzá kapcsolódó elrendezési módot mindhárom feladattípusban.

Feladat: Rakd sorba a színmintákat világosság szerint a legsötétebbtől a legvilágosabbig! Fogd a színmintát és tedd a helyére!



**4.26. ábra.** Világossági skála az oktatóprogramban  
Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

Feladat: Rakd sorba a színmintákat telítettség szerint, a legtelítettebbtől a legtelítetlenebbig! Fogd a színmintát és tedd a helyére!



**4.27. ábra.** Telítettségi skála az oktatóprogramban  
Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

Feladat: Rakd sorba a színmintákat a megadott formában úgy, hogy a legvilágosabbak legyenek legfelül, a legsötétebbek legalul, a legtelítettebbek a baloldali szélső oszlopban, a legtelítettebbek a jobb oldali szélső oszlopban legyenek!

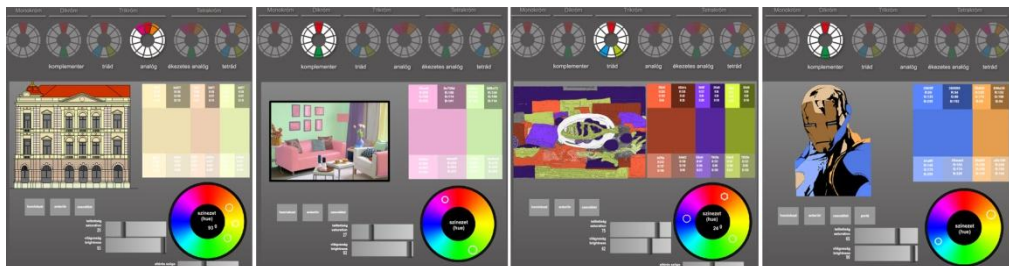


4.28. ábra. Világosság - Telítettségi 2D elrendezés az oktatóprogramban  
 Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

### 4.4.3. Színhasználati képesség fejlesztése

#### Színharmóniák modul

Az oktatóprogram lehetőséget biztosít a különböző harmóniatípusok megismerésére, azok alkalmazhatóságának vizsgálatára (4.29. ábra).



4.29. ábra. Különböző harmóniatípusok különböző témakörökben  
 Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

Oktatóprogramunk egyedisége abban rejlik, hogy a harmóniatípusnak megfelelő színminta gyűjtemény megjelenítésén túl, az általunk létrehozott színegyüttest képes különböző témakörök feldolgozásában azonnal érvényesíteni, megjeleníteni (4.29. ábra).



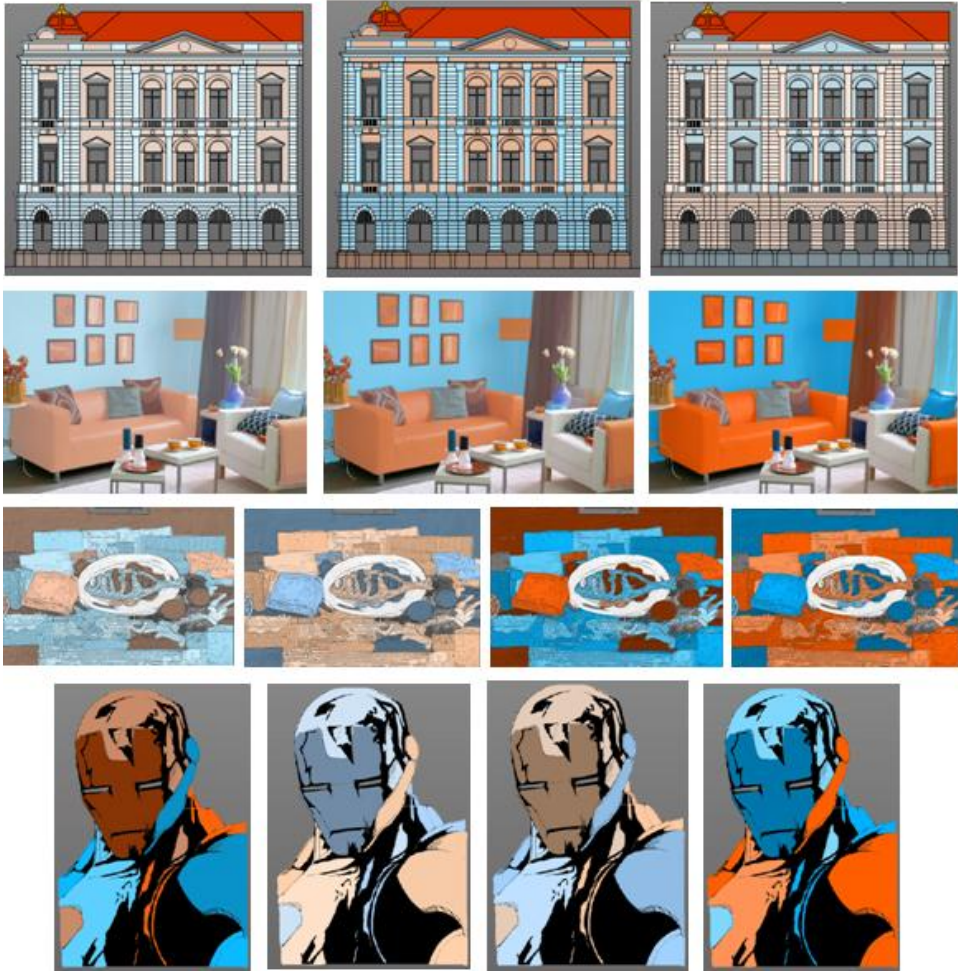
**4.30. ábra.** Monokróm harmónia különböző témakörökben

Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

A színekörből kiválasztva a színezetet, a program generál öt különböző telítettségű és különböző világosságú színmintát. A telítettségi és világossági értékeket a csúszkák segítségével választhatjuk. A színviszonylatok az épülethomlokozaton, a belső térben, a csendéletben és a grafika színes megjelenítésében azonnal láthatóak, tanulmányozhatóak (4.30. ábra).

A szoftver lehetőséget biztosít annak vizsgálatára, hogy egy harmóniatípuson belül a kiválasztott színezeteket milyen telítettséggel és milyen világossággal célszerű használni a választott témában (4.31. ábra). Így a megfigyelések, vizsgálódások diákjaink számára rengeteg tapasztalat szerzésére adnak lehetőséget, melyekből szerzett tudást felhasználhatnak később, a tervezési folyamatokban.

00000 R:000 G:000 B:000	00700 R:132 G:130 B:96	01000 R:161 G:171 B:100	00700 R:96 G:127 B:103	00000 R:000 G:000 B:000	00070 R:000 G:130 B:96	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000
00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000	00000 R:000 G:000 B:000



4.31.ábra. Dikróóm harmónia különböző témakörökben  
 Forrás: <http://szin.nyomas.hu>

## 5. A kutatás főbb jellemzői

### 5.1. A kutatás témája, célja

A kutatás célja a szintani ismeretek elsajátítása, és a hallgatók készségeinek fejlesztését szolgáló informatikai eszközök támogatására épülő oktatási módszer kidolgozása, bevezetése és az alkalmazásnak eredményességének vizsgálata a képességfejlesztésben.

Oktatási módszerünk fontos része egy saját fejlesztésű szintani oktatószoftver megtervezése, létrehozása, valamint az oktatási folyamatban történő alkalmazása.

Az oktatási kísérlet annak vizsgálatára irányult, hogy

- Fejleszthető-e az oktatási módszerünkkel ebben az életkorban a fiatalok színérzékelése?
- Az alkalmazott különböző tanulástechnikák befolyásolták-e a hallgatók képességfejlesztésének sikerességét?
- A képességfejlesztés eredményességében van-e különbség férfiak és a nők teljesítménye között?

### 5.2. A kutatás hipotézisei

Az alkalmazott fejlesztő módszer a hallgatók színérzékelési képességének, ezen belül a színkülönbség-érzékelés képességnek, valamint a színmeghatározó képességnek a fejlesztésére irányult.

A vizsgálatban az alábbi hipotézist és hozzá kapcsolódó alhipotéziseket fogalmaztuk meg a képességfejlesztés hatékonyságára vonatkozóan:

<b>H1. Kidolgozott oktatási módszerünkkel fejleszthető a tanulók színérzékelő képessége a vizsgált korosztályban.</b>
---

H1.1. A kidolgozott oktatási módszer alkalmas a vizsgált korosztályban a világosságkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésére.

H1.2. A kidolgozott oktatási módszer alkalmas a vizsgált korosztályban a telítettségkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésére.

H1.3. A kidolgozott oktatási módszer alkalmas a vizsgált korosztályban a színmeghatározó képesség fejlesztésére.

Az alábbi hipotézist és hozzá kapcsolódó alhipotéziseket fogalmaztuk meg a különböző tanulási technikák alkalmazásának hatását illetően a képességfejlesztés eredményességére vonatkozóan:

**H2. A képességfejlesztés eredményességét befolyásolják az alkalmazott különböző tanulástechnikák, eszközök.**

- H2.1. Az oktatásban a hagyományos eszközök használatának kiegészítése informatikai eszközökkel (oktatászoftver alkalmazásával) növeli a világosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének hatékonyságát.
- H2.2. Az oktatásban a hagyományos eszközök használatának kiegészítése informatikai eszközökkel (oktatászoftver alkalmazásával) növeli a telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének hatékonyságát.
- H2.3. Az oktatásban a hagyományos eszközök használatának kiegészítése informatikai eszközökkel (oktatászoftver alkalmazásával) növeli a színmeghatározó képesség fejlesztésének hatékonyságát.

Az alábbi hipotézist és hozzá kapcsolódó alhipotéziseket fogalmaztuk meg nemek szerinti vizsgálatban a képességfejlesztés vonatkozásában:

**H3. A képességfejlesztés eredményességében nincs különbség a férfiak és a nők teljesítménye között.**

- H3.1. A férfiak és a nők teljesítményének vizsgálatában nincs különbség a világosságkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésében.
- H3.2. A férfiak és a nők teljesítményének vizsgálatában nincs különbség a telítettségkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésében.
- H3.3. A férfiak és a nők teljesítményének vizsgálatában nincs különbség a színmeghatározó képesség fejlesztésében.

### 5.3. A kutatás helye, ideje

#### Kutatás helye

A kutatást a Debreceni Egyetem Műszaki Karán végeztük 2012-től kezdődően négy tanéven keresztül. A kutatásban részvevő csoportok mind a négy évben az **A** nevű kísérleti csoport és a **B** kontroll csoport volt. Ezt egészítette ki 2012-ben, a későbbiekben **C** csoport néven említett hallgatói csoport.

A kutatásba a 2012/13-as tanévben bekapcsolódtak a Debreceni Medgyessy Ferenc Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola fotós, grafikus és festő szakának tanulói, akik nyári gyakorlatuk idején ismerkedtek meg az oktatászoftverünkkel.

## Kutatás ideje

A Debreceni Egyetem Műszaki Karán az oktatási kísérlet minden évben 24 órás kurzus keretében valósult meg, egy-egy félév folyamán minden héten egyszer, összesen 12 alkalommal, alkalmanként 2 óra keretében.

A Debreceni Medgyessy Ferenc Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola tanulói nyári gyakorlatuk idején, szintén 24 órás kurzus keretében ismerkedtek meg a kidolgozott szín-oktatási módszerünkkel és a saját fejlesztésű szín-oktató szoftverünkkel. A 24 órás kurzust a szakmai gyakorlat idején teljesítették 4 alkalommal, alkalmankénti 6 óra keretében.

### 5.4. A kutatás résztvevői

A kísérletben összesen 270 fő vett részt (5.1. táblázat). Minden résztvevő 19-21 éves fiatal.

		Összes létszám	Férfi	Nő
2012	A	20	13	7
	B kontroll	9	5	4
	C	8	6	2
	D	33	14	19
		<b>70</b>	<b>38</b>	<b>32</b>
2013	A	41	27	14
	B kontroll	40	30	10
		<b>81</b>	<b>57</b>	<b>24</b>
2014	A	31	21	10
	B kontroll	27	9	18
		<b>58</b>	<b>30</b>	<b>28</b>
2015	A	43	32	11
	B kontroll	18	6	12
		<b>61</b>	<b>38</b>	<b>23</b>
	Összesen:	<b>270</b>	<b>163</b>	<b>107</b>

*5.1. táblázat. A kísérletben résztvevő csoportok létszáma és a résztvevők nemek szerint megoszlása.*

237 fő a Debreceni Egyetem Műszaki Karának építészmérnöki, gépészmérnöki, építőmérnöki, mechatronika mérnöki és műszaki menedzser szakos hallgatója (későbbiekben **A** kísérleti, **B** kontroll és **C** csoport).

33 fő a Debreceni Medgyessy Ferenc Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola fotós, grafikus és festő szakának tanulója (2012/13 tanévben a D csoport).

A kísérlet minden résztvevője normál színlátású fiatal. A szintévesztés szűrésére az Ishihara teszt szolgált.

## 5.5. A kutatás felépítése

A kutatási kísérlet 2011-ben tájékoztató felméréssel kezdődött. Ezt követte oktatási módszerünk kidolgozása, melyet tanítási kísérletben alkalmaztunk 2012-2016 között. A kontroll csoportos tanítási kísérletben a különböző csoportokban különböző tanulástechnikákat alkalmaztunk. A tanítási kísérlet elején és végén elő- ill. utótesztet irattunk, majd a mért adatokat feldolgoztuk elemeztük. Az eredményeket kiértékeljük.

### 5.5.1. Tájékoztató felmérés

A kutatás már a 2011-ben kezdődő tanévben elkezdődött, a Debreceni Egyetem Műszaki Karának hallgatói körében, a hallgatók színelméleti ismereteinek felméréseivel, a hiányosságok meghatározásával, a pillanatnyi színérzékelési képesség mérésével, a témához kapcsolódó szakirodalom feldolgozásával.

A 2011/12 tanévben felsőfokú tanulmányaikat kezdő mérnök szakos hallgatók színelméleti ismereteiről készült felmérés 2011 szeptemberében. A felmérésben 125 hallgató vett részt. A választ adó hallgatók 52%-a gimnáziumból, 38%-a szakközépiskolából érkezett (Perge, 2012).

### 5.5.2. Oktatási módszer kidolgozása

2011/12. tanévben került kidolgozásra az előző fejezetben bemutatott oktatási módszerünk és a a képességfejlesztéshez használt eszközrendszer.

A hagyományos eszközök mellett saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert terveztünk, hoztunk létre és teszteltünk.

### 5.5.3. Tanítási kísérlet, elő- és utótesztek

A kontroll csoportos tanítási kísérlet négy éven keresztül valósult meg 2012-16 között.

Először a 2012 szeptemberében induló Színdinamika kurzus keretében, majd 2013-14-15 években a Színdinamika, valamint a Megjelenítési technikák kurzus keretében valósult meg a Debreceni Egyetem Műszaki Karának építész-mérnöki, gépészmérnöki és műszaki menedzser szakos hallgatói részvételével (Perge, 2015a).

Kezdeként a 24 órás kurzus 1. hetében a hallgatók megírták a képességüket mérő előtesztet, ahol 2 óra állt rendelkezésükre a teszt megírására.

A 2-11. héten (tíz héten keresztül, heti két órában) folyt a tanítási kísérlet a képességfejlesztésre vonatkozóan, alkalmazva a kidolgozott oktatási módszerünket.

Zárásként a 12. héten a hallgatók megírták a képességüket mérő utótesztet, melyre szintén két óra állt rendelkezésükre.

#### 5.5.4. A kísérletben alkalmazott tanulástechnikák

A feldolgozott ismeretanyag, valamint a gyakorlati és tervezési feladatok azonosak voltak minden csoportban (színelméleti ismeretek, harmóniatípusok megismerése, alkalmazása, színkeverési gyakorlatok, színes tervezés), a csoportok tanulástechnikái azonban különböztek.

- Mind a négy évben a **B csoport** szerepelt kontroll csoportként, itt a tananyag elsajátítását és a készségfejlesztést csak hagyományos eszközökkel, anyagokkal segítettük.  
10 héten keresztül, hetente 90 percig foglalkoztak a hallgatók a képességfejlesztés hagyományos eszközeinek alkalmazásával, a 4.2. *Hagyományos eszközök a képességfejlesztésben* című fejezetben bemutatott feladattípusok hetenkénti ismétlésével.
- Az **A csoportban** a hagyományos eszközök alkalmazását kiegészítettük a saját fejlesztésű szintani oktatászoftver alkalmazásával, és egy professzionális képszerkesztő használatával.  
10 héten keresztül, hetente összesen 90 percig foglalkoztak a hallgatók a képességfejlesztés eszközeinek alkalmazásával. Ebből 60 percen keresztül a 4.4. *Az oktatóprogram alkalmazása a képességfejlesztésben* című fejezetben bemutatott feladattípusok hetenkénti ismétlésével és 30 percen keresztül 4.2. *Hagyományos eszközök a képességfejlesztésben* –című fejezetben bemutatott feladattípusok hetenkénti ismétlésével.
- 2012-ben a **C csoportban** a hagyományos eszközök alkalmazását csak egy képszerkesztő használatával egészítettük ki.  
10 héten keresztül, hetente 30 percig foglalkoztak a hallgatók a képességfejlesztés hagyományos eszközeinek alkalmazásával, a 4.2. *Hagyományos eszközök a képességfejlesztésben* című fejezetben bemutatott feladattípusok hetenkénti ismétlésével, ezt követően egy professzionális képszerkesztőt alkalmaztak tervezési feladatok végzéséhez.
- 2012-ben a **D csoportban** csak a saját fejlesztésű oktatóprogramunkat alkalmaztuk a Debreceni Medgyessy Ferenc Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola tanulói körében a 4.4. *Az oktatóprogram alkalmazása a képességfejlesztésben* című fejezetben bemutatott feladattípusok ismétlésével négy alkalommal, 4×45, 6×45, 6\*×45 és 4×45 percen keresztül.

## 6. Mérés, a kutatásban alkalmazott teszt

A méréseket saját fejlesztésű elő- és utótesztekkel végeztük. Az adatok feldolgozhatósága érdekében a mért adatokat számszerűsítettük (Perge, 2015a). A tesztkérdések adatait egy flash modul dolgozza fel és továbbítja egy publikus szerverre, ahol a mért adatok SQL adatbázisban tárolódnak.

A méréshez használt tesztben az alábbi négy feladattípust alkalmaztuk.

### 6.1. A világosság érzékelésének vizsgálata

A módszer fejlesztési célja, hogy a vizsgált személyek egyre kisebb világosságbeli különbségeket legyenek képesek érzékelni.

A tesztben olyan színpárokat alkalmaztunk, melyek között 0, 2, 4, 6, 8, 10, illetve 12%-os különbség van a HSB kód világosság érték tekintetében.

Feladat: Melyik színminta a világosabb?



6.1. ábra. 1. Tesztfeladat: Színinger egyeztetés

Forrás: <http://szin.nyomas.hu/tesztek>

A teszt összesen 48 db színpárosítást tartalmaz a világossági értékek vonatkozásában. A színminták mögötti háttér fekete, fehér, szürke vagy tarka. Minden háttérrel 12 db tesztfeladat szerepel.

A színkülönbség-érzékelő képesség szintjének felmérése világosság tekintetében „mutass rá” típusú teszttel történik. A lehetséges válaszok: az

első a világosabb, a második a világosabb, a két színminta azonos világosságú. A tesztben válaszként az 1-es, a 2-es vagy az = jelre kell klikkelni.

### Mért adatok számszerűsítése

A helyes válasz esetén az 1, helytelen válasz esetén a 0 értéket rögzítettük az adatbázisban.

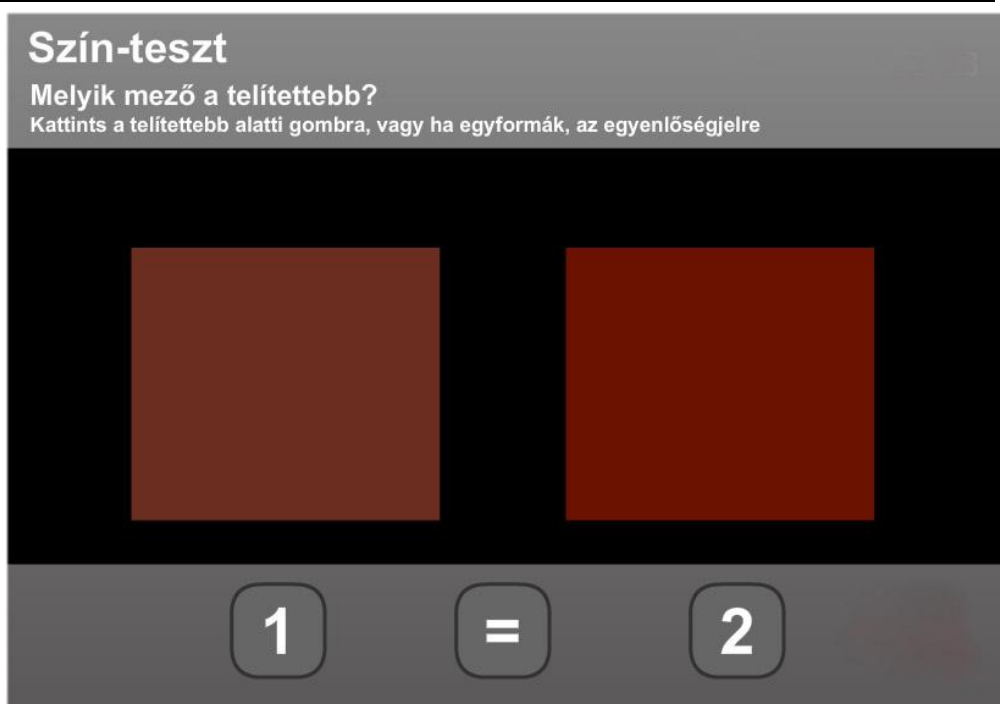
Az elemzésbe az adott személy esetén az utótesztek eredményösszegének és az előtesztek eredményösszegének különbsége került be (világosság differencia).

## 6.2. A telítettség érzékelésének vizsgálata

A vizsgálat ahhoz a fejlesztési célhoz tartozik, hogy a vizsgált személyek egyre kisebb telítettségbeli különbségeket legyenek képesek érzékelni.

A tesztben olyan színpárokat alkalmaztunk, melyek között 0, 5, 10, 15, 20, 25, illetve 30%-os különbség volt a HSB kód telítettség érték tekintetében.

Feladat: A megadott két színminta közül melyik a telítettebb?



**7.2. ábra.** 2. Tesztfeladat: Színinger egyeztetés  
Forrás: <http://szin.nyomas.hu/tesztek>

A teszt összesen 48 db színpárosítást tartalmaz a telítettségi értékek vonatkozásában. A színminták mögötti háttér fekete, fehér, szürke vagy tarka. Minden háttérrel 12 db tesztfeladat szerepel.

A színkülönbség-érzékelő képesség szintjének felmérése telítettség tekintetében a „mutass rá” típusú teszttel történik. A lehetséges válaszok: az első a telítettebb, a második a telítettebb, a két színminta azonos telítettségű. A tesztben válaszként az 1-es, a 2-es vagy az = jelre kell klikkelni.

### Mért adatok számszerűsítése

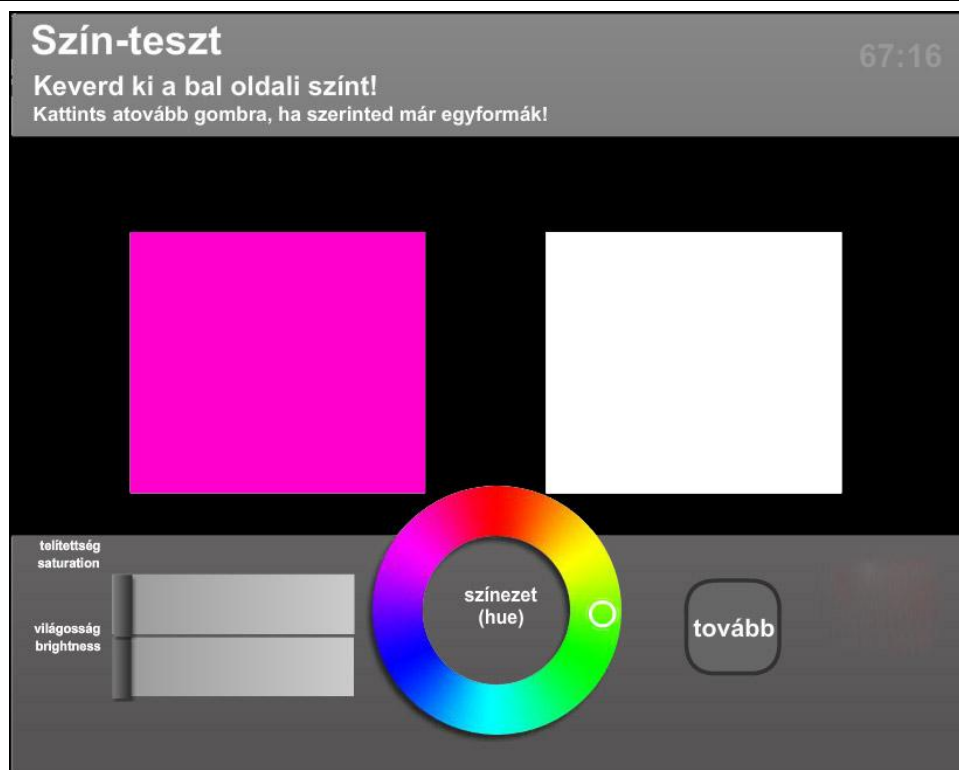
A helyes válasz esetén az 1, helytelen válasz esetén a 0 értéket rögzítettük az adatbázisban

Az elemzésbe az adott személy esetén az utótesztek eredményösszegének és az előtesztek eredményösszegének különbsége került be (telítettség differencia).

## 6.3. Színkeverési feladat

A vizsgálat fejlesztési célja, hogy a személyek pontosabban tudják meghatározni a színeket három jellemzőjük alapján, a színezet, telítettség, világosság értékeinek meghatározásával.

Feladat: Határozd meg a baloldalon lévő téglalap színét a színezet, a világosság és a telítettség értékek megadásával a jobb oldalon lévő téglalapban!



7.3. ábra. 3. Tesztfeladat: Színmeghatározás HSB rendszerben

Forrás: <http://szin.nyomas.hu/tesztek>

A színmeghatározó képesség szintjének felmérése a „határozd meg” típusú, nyílt teszttel történik: **„Keverd ki a bal oldali mezőben lévő színmintát!”** (7.3. ábra).

A teszt összesen 12 db színmeghatározást tartalmaz.

### Mért adatok számszerűsítése

A szoftver a tanuló által kikevert szín HSB (színezet, telítettség, világosság) színkódját rögzíti az adatbázisban.

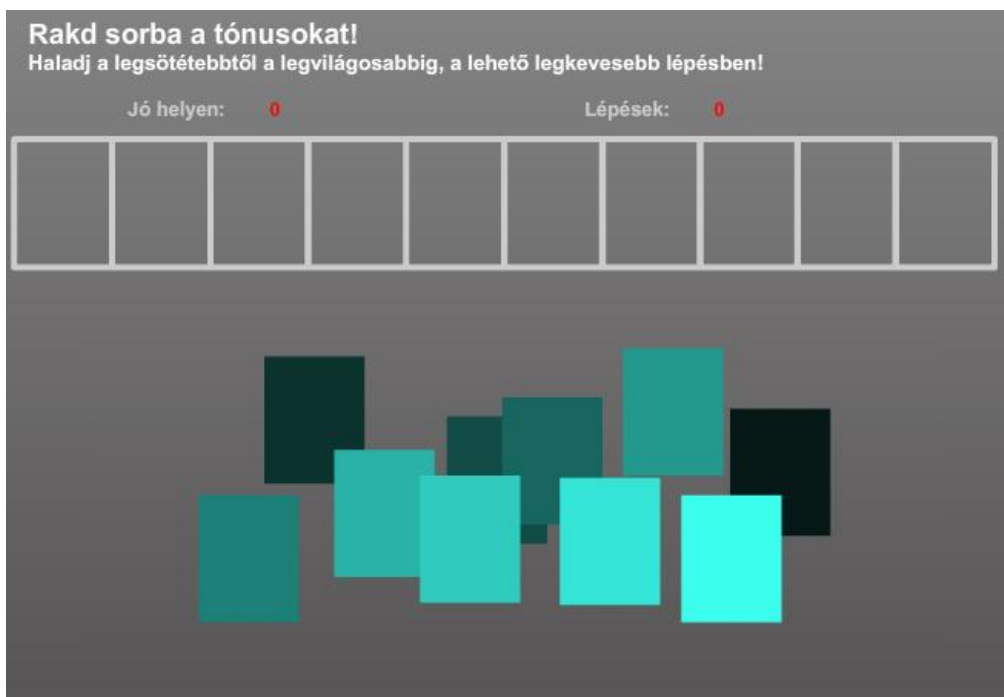
Elemzéskor a válaszhoz rendelt értéket a minta kódjában és a válasz kódjában a megfelelő 3-3 db komponens eltéréséből származtattuk, mint Euklideszi távolságot. A távolságok átlagát képezve, az elő és az utótesztek különbsége került be az elemzésbe az adott személy esetén (színkeverés differencia).

## 6.4. Sorbarakási feladat

A vizsgálat fejlesztési célja, hogy a tanulók egyre kisebb világosságbeli, ill. telítettségbeli különbségeket legyenek képesek érzékelni.

A színmegkülönböztető képesség szintjének mérése a megadott színminták világosság (7.4. ábra), majd telítettség (7.5. ábra), végül világosság – telítettség szerinti (7.6. ábra) rendezésével történik.

Feladat: Rakd sorba a színmintákat világosság szerint a legsötétebbtől a legvilágosabbig! Fogd a színmintát, és tedd a helyére!

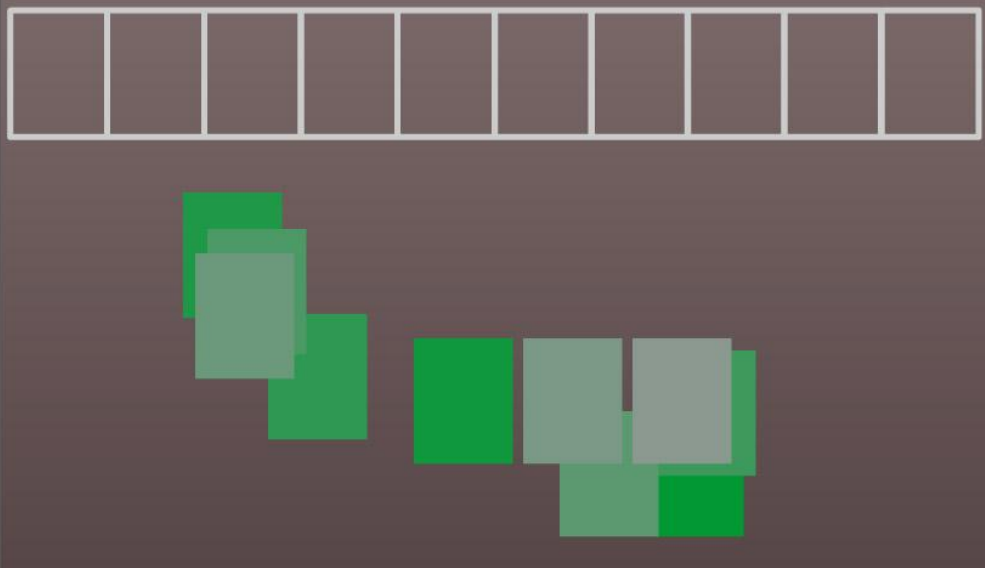


**7.4. ábra.** 4. a. Tesztfeladat: Világossági skála létrehozása  
Forrás: <http://szin.nyomas.hu/tesztek>

Feladat: Rakd sorba a színmintákat telítettség szerint, a legtelítettebbtől a legtelítetlenebbig! Fogd a színmintát, és tedd a helyére!

## Szín-teszt

Rakd sorba a tónusokat!  
Haladj a legtelítettebbtől a legtelítetlenebbig, a lehető legkevesebb lépésben!



7.5. ábra. 4.b. Tesztfeladat: Telítettségi skála

Forrás: <http://szin.nyomas.hu/tesztek>

A 4.a. 4.b. és a 4.c. típusú tesztben csak helyes válasz megadása esetén lehet a következő feladatra lépni.

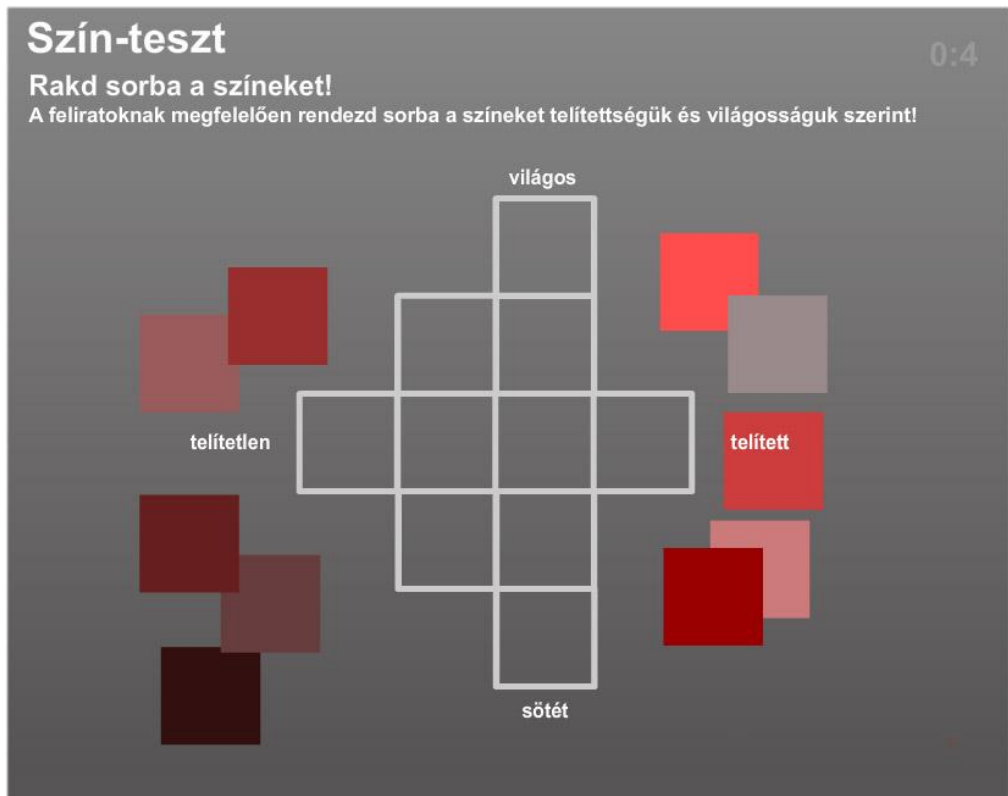
A teszt megoldása során egy személy három tesztfeladatot old meg, ezek eredményét rögzíti a szoftver.

### Mért adatok számszerűsítése

Az értékelés itt az alapján történik, hogy a tanuló hány lépésben tudja megadni a pontos választ, azaz hányszor fogja meg valamelyik mintát és helyezi egy adott helyre.

Mivel az első két feladat azonos nehézségű, a harmadik (7.6. ábra) pedig nehezebb feladat, elemzéskor az elő- és utótesztek eredményeinek súlyozott összegét képeztük 1-1-2 arányban, majd vettük az előtesztek és utótesztek súlyozott összegének különbségét (sorbarakás differencia).

Feladat: Rakd sorba a színmintákat a megadott formában úgy, hogy a legvilágosabbak legyenek legfelül, a legsötétebbek legalul, a legtelítettebbek a baloldali szélső oszlopban, a legtelítettebbek a jobb oldali szélső oszlopban legyenek! (7.6. ábra)



**7.6. ábra.** 4. c. Tesztfeladat: Világossági-telítettségi elrendezés

Forrás: <http://szin.nyomas.hu/tesztek>

Az elő- és az utótesztek megírására 2-2 óra állt a kutatásban résztvevők rendelkezésére. A szoftver mérte a felhasznált tesztidőt. A leggyorsabban végző tesztalany 17 percet töltött a megoldással, a leglassabb 79 percet.

## 7. Képességfejlesztés eredményei

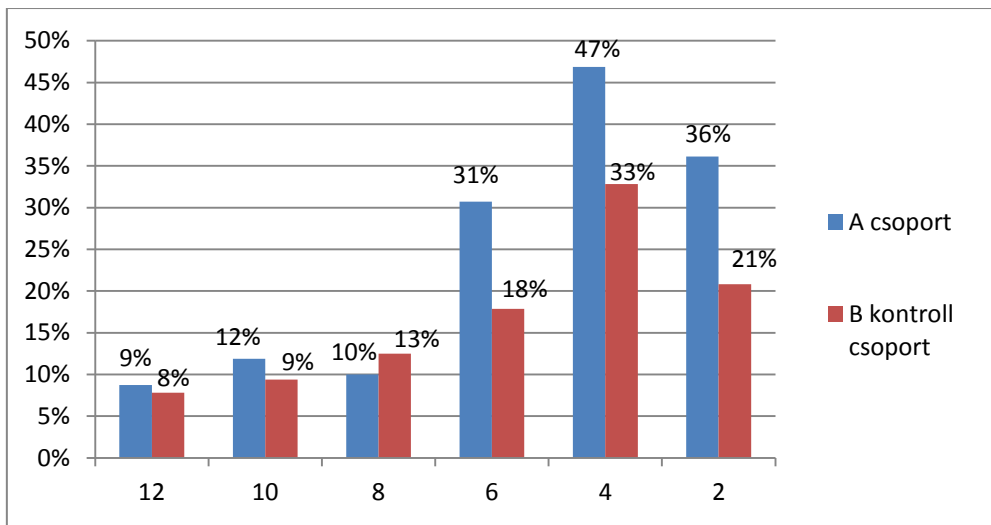
### 7.1. A világosságkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésének eredménye

Ebben a fejezetben összegezzük a világosságkülönbség érzékelésére irányuló kísérlet eredményeit az **A** kísérleti és a **B** kontroll csoport vonatkozásában.

A grafikonon leolvasható adatok megmutatják a teljesítményváltozás mértékét az elő- és utótesztek között.

A tesztben olyan színpárokat alkalmaztunk, melyek között 0, 2, 4, 6, 8, 10, illetve 12%-os különbség van a HSB kód világosság értékének tekintetében, az eltérés a grafikon vízszintes tengelyén látható.

#### A világosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2012. évi felmérésben



*7.1. ábra. A világosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2012. évi felmérésben*

2012-ben mind az **A** csoportban, mind a **B** kontroll csoportban teljesítménynövekedés figyelhető meg az elő- és utótesztek eredményeinek összehasonlításával.

A növekedés mértéke nagyobb a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is használó kísérleti **A** csoportban.

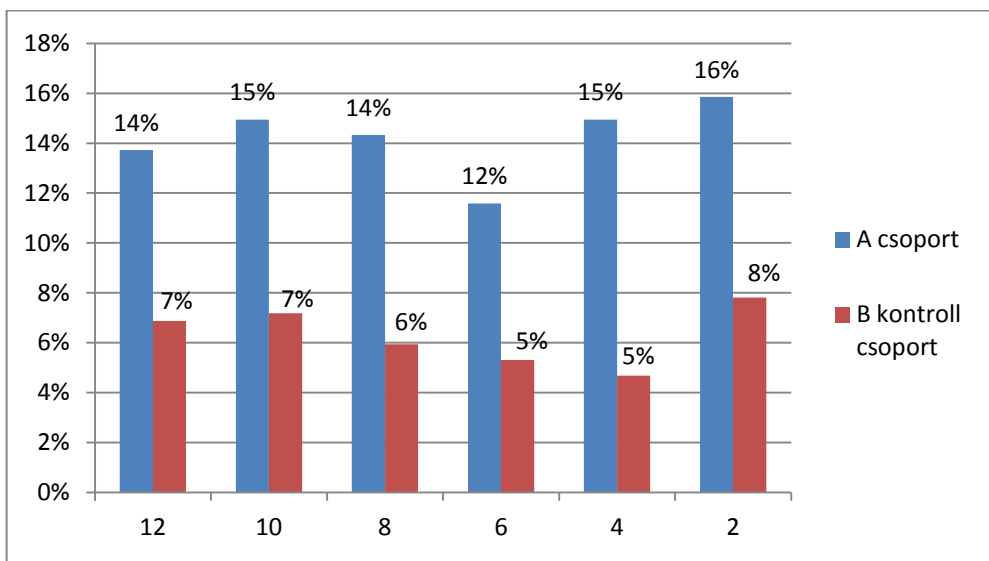
A teljesítménynövekedés mértéke a kis különbségű (4%, 2% ill. 6%) színmintapárok összehasonlítása esetén a legerőteljesebb mindkét csoportban (7.1. ábra).

### **A világhosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2013. évi felmérésben**

2013. évben az **A** kísérleti és a **B** kontroll csoportban is teljesítménynövekedés figyelhető meg az elő- és utótesztek eredményeinek összehasonlításával (7.2. ábra).

A növekedés mértéke nagyobb a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is használó kísérleti **A** csoportban.

Ebben az évben a teljesítménynövekedés mértékét egyik csoportban sem befolyásolta jelentősen a színminták közötti különbség nagysága.



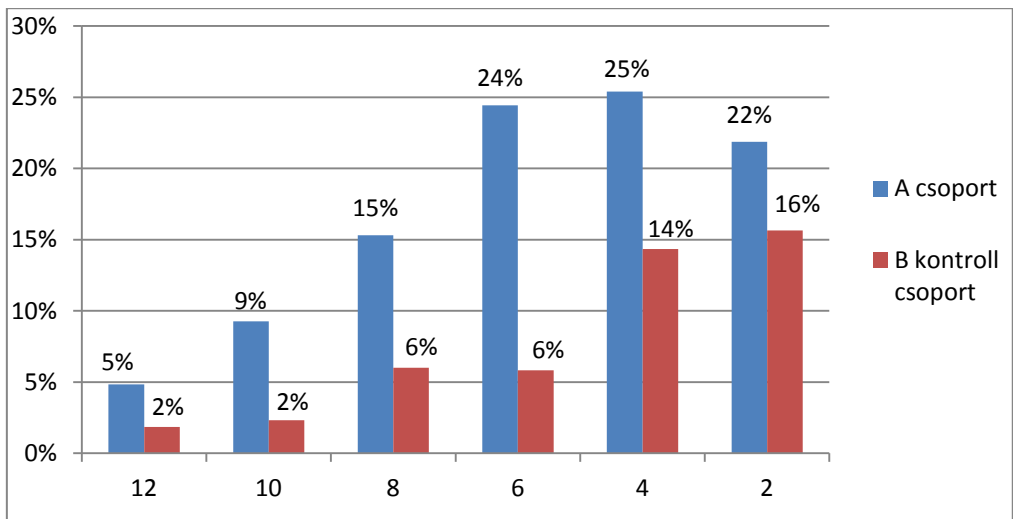
*7.2. ábra. A világhosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2013. évi felmérésben*

### **A világhosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2014. évi felmérésben**

2014. évben is növekedés figyelhető meg az elő- és utótesztek eredményeinek összehasonlításával az **A** és a **B** csoportok teljesítményében (7.3. ábra).

A növekedés mértéke nagyobb a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is használó kísérleti **A** csoportban.

A teljesítménynövekedés mértéke a kis különbségű (4%, 2% ill. 6%) színmintapárok összehasonlítása esetén a legerőteljesebb mindkét csoportban, hasonlóan a 2012. évi mérések eredményéhez.



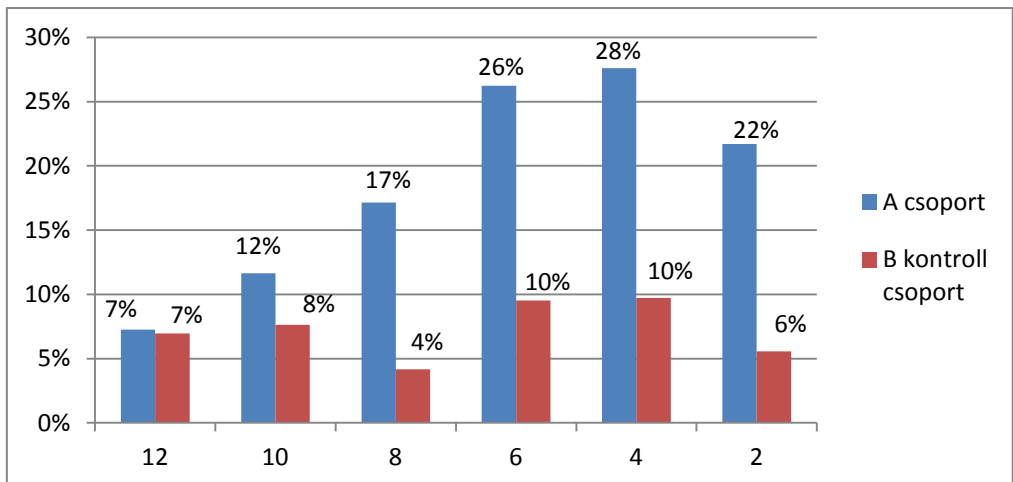
**7.3. ábra.** A világosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2014. évi felmérésben

### A világosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2015. évi felmérésben

2015. évben, az előző három év eredményeihez hasonlóan növekedés figyelhető meg az A és a B csoportok teljesítményében az elő- és utótesztek eredményeinek összehasonlításával (7.4. ábra).

A növekedés mértéke itt is nagyobb a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is használó kísérleti A csoportban.

A teljesítménynövekedés mértéke a kis különbségű (4%, 2% ill. 6%) színmintapárok összehasonlítása esetén a legerőteljesebb mindkét csoportban, hasonlóan a 2012. és 2013. évi mérések eredményéhez.



**7.4. ábra.** A világosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2015. évi felmérésben

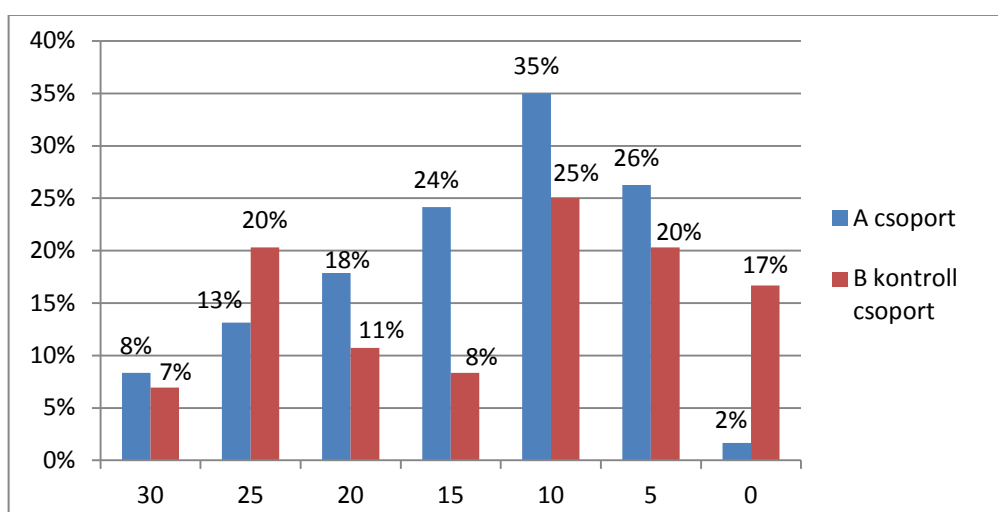
## 7.2. A telítettségkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésének eredménye

Ebben a fejezetben összegezzük a telítettségkülönbség-érzékelésre irányuló kísérlet eredményeit az **A** kísérleti és a **B** kontroll csoport vonatkozásában.

A grafikonon leolvasható adatok megmutatják a teljesítményváltozás mértékét az elő- és utótesztek között.

A tesztben olyan színpárokat alkalmaztunk, melyek között 0, 5, 10, 15, 20, 25, illetve 30%-os különbség volt a HSB kód telítettség értékének tekintetében, az eltérés a grafikon vízszintes tengelyén látható.

### A telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2012. évi felmérésben



7.5. ábra. A telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2012. évi felmérésben

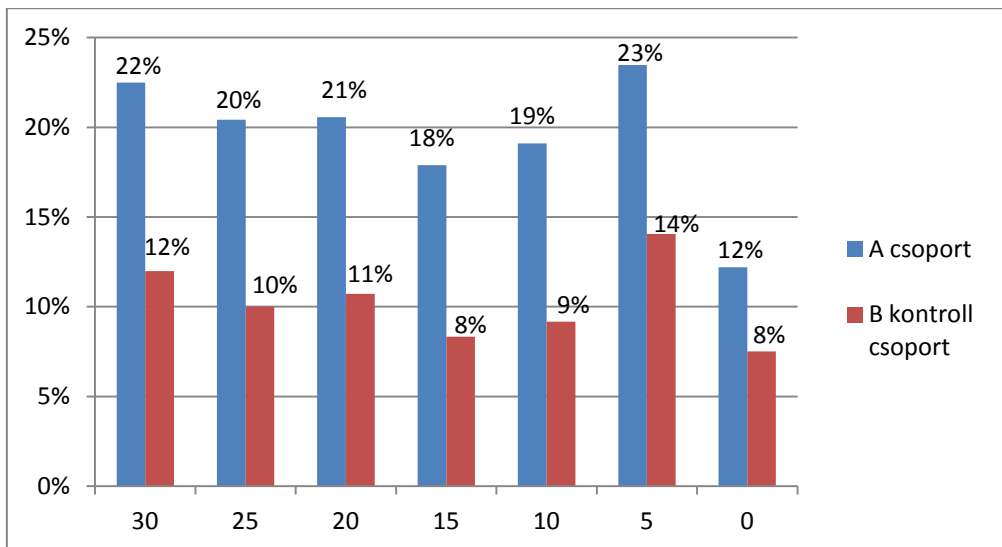
2012. évi telítettségkülönbség-érzékelés vizsgálat elő- és utótesztek eredményeinek összehasonlítása alapján az **A** kísérleti és a **B** kontroll csoportok teljesítményében növekedés figyelhető meg (7.5. ábra).

A növekedés mértéke nagyobb a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is használó kísérleti **A** csoportban.

A legnagyobb teljesítménynövekedés a 10%-os és az 5%-os telítettségi mintaeltérések esetén figyelhető meg.

### A telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2013. évi felmérésben

2013. évben az **A** kísérleti és a **B** kontroll csoportban is teljesítménynövekedés figyelhető meg az elő- és utótesztek eredményeinek összehasonlításával (7.6. ábra).

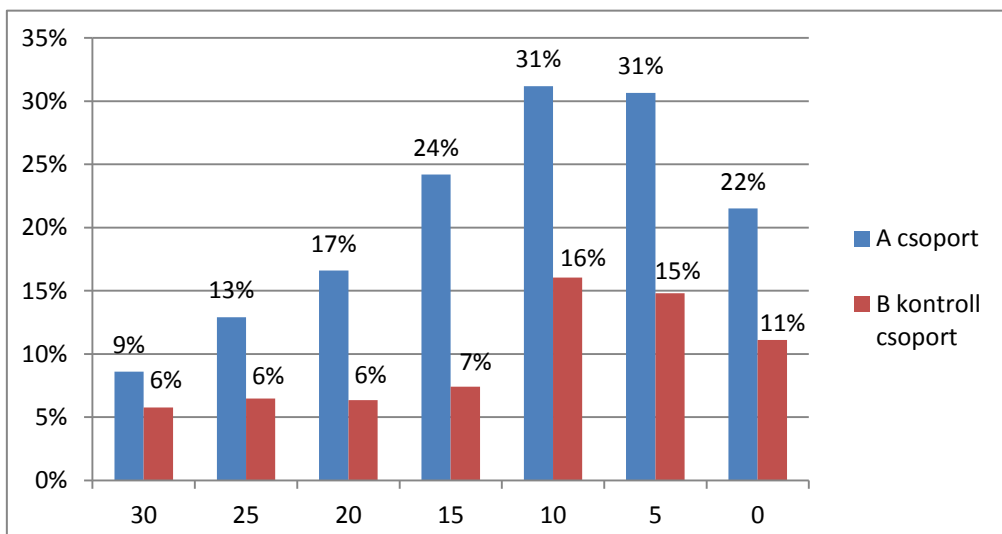


**7.6. ábra.** A telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2013. évi felmérésben

A növekedés mértéke nagyobb a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is használó kísérleti A csoportban.

Ebben az évben a teljesítménynövekedés mértékét egyik csoportban sem befolyásolta jelentősen a színminták közötti különbség nagysága, hasonlóan a világosságkülönbség-érzékelésben nyújtott teljesítményváltozáshoz.

### A telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2014. évi felmérésben



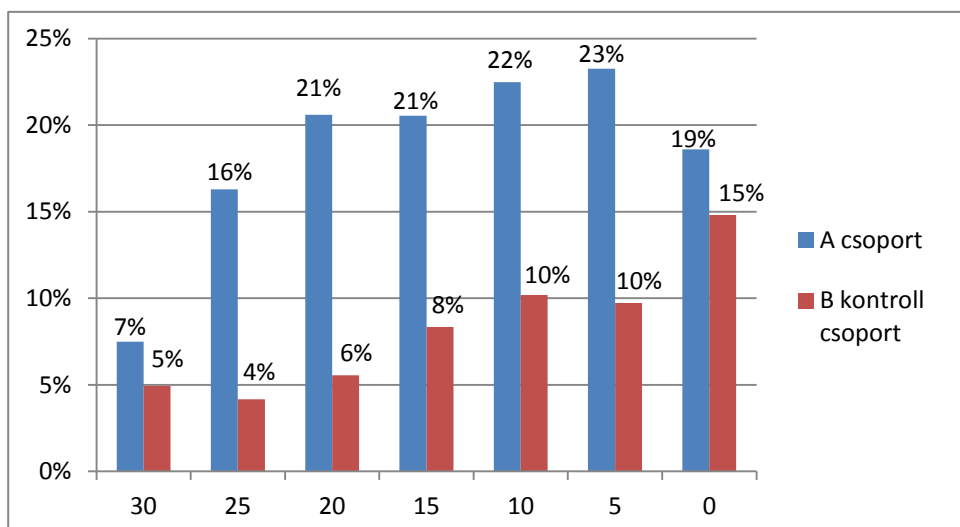
**7.7. ábra.** A telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2014. évi felmérésben

2014. évben is növekedés figyelhető meg az elő- és utótesztek eredményeinek összehasonlításával az **A** és a **B** csoportok teljesítményében (7.7. ábra).

A növekedés mértéke nagyobb a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is használó kísérleti **A** csoportban.

A teljesítménynövekedés mértéke a kis különbségű (5% és 10%) színmintapárok összehasonlítása esetén a legerőteljesebb mindkét csoportban, hasonlóan a 2012. évi mérések eredményéhez.

### **A telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2015. évi felmérésben**



**7.8. ábra.** A telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye a 2014. évi felmérésben

2015. évben is, az előző három év eredményeihez hasonlóan növekedés figyelhető meg az **A** és a **B** csoportok teljesítményében az elő- és utótesztek eredményeinek összehasonlításával (7.8. ábra).

A növekedés mértéke itt is nagyobb a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is használó kísérleti **A** csoportban.

A teljesítménynövekedés közel azonos mértékű az 5-25%-os különbségű mintapárok esetén mindkét csoportban.

Az **A** és **B** csoportok elő- és utótesz eredményeinek összehasonlításával látható, hogy van pozitív változás a színekülönbség-érzékelő képesség mértékében.

A további kérdés az, hogy statisztikailag igazolható-e, hogy az elő- és utótesztek eredményei közötti különbség szignifikáns?

## 8. Kutatási eredmények

A tesztekkel mért, számszerűsített és az adatbázisban rögzített adatok feldolgozását az SPSS (Statistical Package for Social Science) statisztikai szoftverrel végeztük.

A statisztikai eljárások alkalmazásának célja:

- igazolni a kidolgozott módszerünk és oktatószoftverünk hatékonyságát,
- felmérni az alkalmazott tanulási módszerek eredményessége közötti különbségeket a készségfejlesztésben,
- felmérni a férfiak és a nők teljesítménye közötti különbségeket a képességfejlesztésben.

### 8.1. Alkalmazott statisztikai eljárások, módszerek

A normalitásvizsgálat alapján a mért eredmények nem normalis eloszlású valószínűségi változóból származnak, ezért a nem-paraméteres próbák közül a Wilcoxon és a Mann-Whitney próbát alkalmaztuk (Perge, 2015a).

A próbák alkalmazásának a módja:

- Csoportonként megvizsgáltuk, hogy van-e szignifikáns különbség a csoportokban az elő- és utóteszteken elért eredmények különbözőt. (Wilcoxon próba)
- Vizsgáltuk, hogy van-e lényeges különbség a fejlesztés eredményességében a különböző tanulási technikákat alkalmazott csoportok között. Páronként hasonlítottuk össze a csoportok eredményeit. (Mann-Whitney próba).
- Nemek szerint vizsgáltuk, hogy a férfiak és a nők elő- és utótesztjeinek az eredményei szignifikánsan különböznek-e. (Wilcoxon próba).
- Vizsgáltuk, hogy van-e lényeges különbség a fejlesztés eredményességében a férfiak és a nők között (Mann-Whitney próba).

### 8.2. A csoportok elő- és az utóteszt eredményeinek összehasonlítása

A fejlesztő módszer eredményességét az elő- és utótesztek során kapott eredmények összehasonlításával értékeltük. Wilcoxon próbával csoportonként megvizsgáltuk, hogy a négy feladattípusban elért eredmények mediánjai szignifikánsan különböznek-e. A 8.1. táblázat tartalmazza a

Wilcoxon próbából (SPSS) kapott szignifikancia szinteket csoportonként és feladattípusonként.

		Világosság V <sub>1</sub> -V <sub>2</sub>	Telítettség T <sub>1</sub> -T <sub>2</sub>	Színkeverés K <sub>1</sub> -K <sub>2</sub>	Sorba rakás R <sub>1</sub> -R <sub>2</sub>
2012	A	0,000	0,000	0,000	0,000
	B kontroll	0,017	0,008	0,086	0,008
2013	A	0,000	0,000	0,000	0,000
	B kontroll	0,000	0,000	0,000	0,000
2014	A	0,000	0,000	0,000	0,000
	B kontroll	0,000	0,000	0,000	0,000
2015	A	0,000	0,000	0,000	0,000
	B kontroll	0,000	0,000	0,000	0,000

**8.1. táblázat.** Az **A** és **B** csoportok Wilcoxon próba (SPSS) szignifikancia szintjei feladattípusonként (az elő- és utótesztek eredményének összehasonlítása)

Az **A** kísérleti és a **B** kontroll csoportokban igen erős szignifikáns ( $p=0,000-0,018$ ) eltérés van az elő- és utótesztben nyújtott teljesítmények között a telítettség, a világosság, a színkeverés és a sorba rakás tekintetében egyaránt.

Egyetlen kivétel a 2012. évi **B** (kontroll) csoport eredménye színkeverés tekintetében, ahol csak tendencia mutatható ki. A 2012. évi **B** (kontroll) csoportban tapasztalt ( $p=0,086$ ) szignifikancia szint adódhat a csoport statisztikailag kis létszámából (9fő) (Perge, 2015a).

		Világosság V <sub>1</sub> -V <sub>2</sub>	Telítettség T <sub>1</sub> -T <sub>2</sub>	Színkeverés K <sub>1</sub> -K <sub>2</sub>	Sorba rakás R <sub>1</sub> -R <sub>2</sub>
2012	C	0,011	0,018	0,012	0,017
	D	0,000	0,000	0,000	0,000

**8.2. táblázat.** A **C** és **D** csoportok Wilcoxon próba (SPSS) szignifikancia szintjei feladattípusonként (az elő- és utótesztek eredményének összehasonlítása)

A **C** és **D** csoportokban igen erős szignifikáns ( $p=0,000-0,018$ ) eltérés van az elő- és utótesztben nyújtott teljesítmények között a telítettség, a világosság, a színkeverés és a sorba rakás tekintetében egyaránt (8.2. táblázat).

Az **A**, **B**, **C** és **D** csoportokban a képességfejlesztés hatékonysága statisztikai módszerekkel igazolást nyert. A kidolgozott fejlesztő módszerünk

alkalmazása hatékony a világoasságkülönbség-érzékelés, valamint a telítettséggkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésében.

### 8.3. Az alkalmazott tanulási technikák eredményességének összehasonlítása

Négy éven keresztül, minden évben volt egy **A** kísérleti és egy **B** kontroll csoport, ezen túl a kísérletben 2012-ben további két csoportban (**C** és **D** csoportban) alkalmaztunk különböző tanulási technikákat.

Azt vizsgáltuk meg a Mann-Whitney próbával, hogy van-e lényeges különbség a fejlesztés eredményességében a különböző tanulási technikák alkalmazása esetén.

A pontosabb összefüggések feltárása érdekében páronként hasonlítottuk össze az egymástól független csoportok eredményeit, hogy feltárjuk az alkalmazott informatikai eszközök hatását. A választott két mintát együtt rangsorolva vizsgáltuk, hogy a két rangszámösszeg közel azonos értékű vagy nem. Ezzel eldöntöttük, hogy a csoportok eredményessége között van-e szignifikáns különbség vagy nincs. A 8.3. táblázat tartalmazza a Mann-Whitney próbából (SPSS) kapott szignifikancia szinteket és rangszámokat. A (Mean Rank) rangszámok összehasonlítását csak abban az esetben vizsgáltuk, amikor szignifikáns különbség mutatkozott (Perge, 2015a).

			Világoasság	Telítettség	Színkeverés	Sorba rakás
2012	A-B	Szign.	0,034	0,010	0,008	0,069
		Rang	17,22>10,06	17,68>9,06	17,75>8,89	16,95>10,67
2013	A-B	Szign.	0,000	0,000	0,000	0,000
		Rang	58,24>23,3	52,01>29,71	53,29>28,4	54,43>27,24
2014	A-B	Szign.	0,000	0,000	0,000	0,001
		Rang	37,61>20,19	39,98>17,46	38,42>19,26	36,47>21,50
2015	A-B	Szign.	0,000	0,000	0,000	0,022
		Rang	37,31>15,92	36,7>17,39	36,23>18,5	32,8>16,69

#### **8.3. táblázat.** A Mann-Whitney próba (SPSS) szignifikanciaszintjei és rangszámai

A tanulói kísérletben a csoportok tanulás-módszertani eredményeit vizsgálva a próba alapján megállapítható, hogy 16-ból 15 esetben az **A** csoport (az informatikai eszközöket alkalmazók) eredménye szignifikánsan különbözik ( $p=0,000-0,034$ ) a **B** kontrollcsoport (csak hagyományos eszközöket alkalmazók) eredményétől mind a négy évben, mind a négy feladattípus tekintetében, az **A** csoport javára. Az egy kivétel a sorba rakás feladat esetén

adódott, ebben az esetben tendencia ( $p=0,069$ ) mutatható ki, szintén az **A** csoport javára.

Az informatikai eszközökkel támogatott (a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is alkalmazó) **A** csoport képességfejlesztésének hatékonysága igazolást nyert a csak hagyományos eszközöket alkalmazók csoportjának eredményeinek összehasonlításával.

A továbbiakban összehasonlítjuk a **C** és **D** csoport eredményeit egymással, valamint az **A** és **B** csoport eredményeivel (8.4. táblázat).

			Világosság	Telítettség	Színkeverés	Sorba rakás
2012	A-C	Szign.	0,182	0,199	0,021	0,409
		Rang			16,75>8,88	
	A-D	Szign.	0,079	0,143	0,388	0,588
		Rang	31.78>24.11			
	B-C	Szign.	0,541	0,37	0,541	0,888
		Rang				
	B-D	Szign.	0,928	0,318	0,052	0,546
		Rang			14,44<23,42	
	C-D	Szign.	0,373	0,859	0,186	0,1
		Rang				

**8.4. táblázat.** A Mann-Whitney próba (SPSS) szignifikanciaszintjei és rangszámai

A 2012. évi **A** csoport (az oktatószoftvert is alkalmazó) eredménye szignifikánsan különbözik a **C** csoport (az oktatószoftvert nem alkalmazó, de képszerkesztő szoftvert alkalmazók) eredményétől színkeverés tekintetében ( $p=0,021$ ). A színkeverés sikeresebb abban a csoportban, ahol a saját fejlesztésű oktatószoftvert is alkalmaztuk.

A 2012. évben végzett mérési eredmények alapján a többi csoport összehasonlításában (A-D, B-C, B-D, C-D) nem mutatható ki szignifikáns különbség.

Az **A** (az oktatószoftvert és a képszerkesztőt is alkalmazók) és a **D** (a csak oktatószoftvert alkalmazó) csoport eredménye között tendencia ( $p=0,079$ ) mutatható ki a világosság érzékelése tekintetében az **A** csoport tagjainak javára.

## 8.4. Nemek szerinti vizsgálat eredménye

Mind a tíz csoportra és mind a négy feladattípusra alkalmaztuk a Wilcoxon próbát abból a célból, hogy eldöntsük, hogy volt-e javulás férfiak és a nők teljesítményében az adott csoportban, az adott feladattípusban. A 8.5. táblázat tartalmazza a Wilcoxon próbából (SPSS) kapott szignifikancia szinteket.

A próba alapján megállapítható, hogy mind a négy évben, az **A** csoportban (az oktatószoftvert is alkalmazók), valamint 2012. évi **D** csoportban (a csak oktatószoftvert alkalmazók körében) a férfiak és a nők esetében is van szignifikáns különbség, mégpedig igen erős ( $p=0,000-0,018$ ) mind a négy feladattípus (a telítettség, a világosság, a színkeverés és a sorba rakás) tekintetében az elő- és az utótesztek eredményessége között (Perge, 2015a).

A 2013-14-15 években a **B** kontroll csoportban a férfiak és a nők esetében is szignifikáns különbség mutatható ki az elő- és az utótesztek eredményessége között két eset kivételével. Ebben a két esetben 2013-ban a Színkeverés-Nő ill. 2014-ben a Színkeverés-Férfi esetén tendencia ( $p=0,074$  ill.  $p=0,086$ ) mutatható ki.

A 2012. évi **B** (kontroll) és **C** csoportban tapasztalt szignifikancia szint adódhat a csoport statisztikailag kis létszámából, ezen belül a nők nagyon alacsony létszámából (4 ill. 2 fő).

		Világosság		Telítettség		Színkeverés		Sorba rakás	
		Férfi	Nő	Férfi	Nő	Férfi	Nő	Férfi	Nő
2012	A	0,003	0,018	0,001	0,017	0,001	0,018	0,006	0,018
	B kontroll	0,102	0,068	0,042	0,066	0,5	0,068	0,04	0,066
	C	0,027	0,18	0,043	0,18	0,028	0,18	0,046	0,18
	D	0,003	0,003	0,001	0,000	0,002	0,000	0,004	0,003

2013	A	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001
	B kontroll	0,000	0,016	0,000	0,005	0,000	0,074	0,000	0,025

2014	A	0,000	0,005	0,000	0,005	0,000	0,005	0,000	0,005
	B kontroll	0,011	0,000	0,007	0,000	0,086	0,000	0,028	0,003

2015	A	0,000	0,005	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003
	B kontroll	0,026	0,007	0,027	0,006	0,028	0,002	0,028	0,003

**8.5. táblázat.** A Wilcoxon próba (SPSS) szignifikancia szintjei

## 8.5. Nemek szerinti összehasonlítás eredménye

A férfiak és a nők eredményének az összehasonlítására a Mann-Whitney próbát alkalmaztuk. A próbával eldöntöttük, hogy a javulás mértékében volt-e különbség a férfiak és a nők között. A 8.6. táblázat tartalmazza a Mann-Whitney próbából (SPSS) kapott szignifikancia szinteket feladattípusonként.

A kísérlet eredménye azt mutatja, hogy a nemek teljesítménye között a csoportokban a 16 vizsgálatból jellemzően, 14 esetben nem mutatható ki

szignifikáns különbség. Ettől csak két esetben volt eltérés. A 2014. évi világossági különbségek érzékelésében mutatható ki szignifikáns különbség ( $p=0,038$ ), a férfiak javára. A 2013. évi mérésben a telítettségi különbségek érzékelésében tendencia ( $p=0,082$ ) mutatható ki a nemek teljesítménye között, mégpedig a nők javára (Perge, 2015a).

16-ból 14 esetben nincs szignifikáns különbség a nemek teljesítménye között telítettség, világosság, színkeverés és sorba rakás tekintetében sem.

		Világosság	Telítettség	Színkeverés	Sorba rakás
2012	Szign.	0,35	0,496	0,972	0,213
2013	Szign.	0,286	0,082	0,107	0,213
	Rang		38,05<48,0		
2014	Szign.	0,422	0,091	0,197	0,544
2015	Szign.	0,038	0,581	0,592	0,498
	Rang	34,66>24,96			

**8.6. táblázat.** A Mann-Whitney próba (SPSS) szignifikanciaszintjei és rangszámai

## 9. Összegzés, a kutatás eredményességének értékelése

Az oktatás, nevelés olyan aktív folyamat, mely során a pedagógusok különböző eszközök segítségével az érzékelés és a megfigyelés számára megragadhatóvá teszik a tananyagot. Az eszközök fejlődésével célszerű az oktatási módszereinket is megváltoztatni (Perge, 2007, 2008). Az informatikai eszközök és számítógépes programok alkalmazása új lehetőségeket teremtett az ismeretátadásban és az élményszerű ismeretszerzésben (Perge, 2012).

### **A kutatás témája**

A kutatás témája a szín-oktatás módszertanának fejlesztése és az alkalmazott módszer értékelése.

Bár a szintan különböző tudományterületekhez kapcsolódik, a színoktatás elemei egységes rendszeren belül kezelhetők.

### **A kutatás célja**

Kutatási tevékenységünk célja egy új szín-oktatási módszer kidolgozása, ezen belül a hallgatók magas színvonalú alkotó- és tervező munkájához szükséges képességeknek, a színmeghatározó képességnek és a színkülönbség-érzékelő képességnek eredményes fejlesztése (Perge, 2015a).

Az oktatási módszer egyedisége a színelméleti ismeretanyag tematikájának meghatározásában, valamint az ismeretek elsajátítását segítő eszközrendszer összeállításában, létrehozásában és azok alkalmazási módjában nyilvánul meg.

Az oktatási módszerünk kidolgozásakor törekedtünk az informatikai eszközök széles körű alkalmazására. Az új módszer része egy saját fejlesztésű, interaktív szintani oktatószoftver alkalmazása a képességfejlesztésben (Perge, 2015a, 2015b, 2015c).

Az oktatási módszerünket színekhez kötődő szakmák képzésében részt vevő hallgatók számára fejlesztettük. Kidolgozott módszerünket négy tanéven keresztül alkalmaztuk a Debreceni Egyetem Műszaki Karán a mérnökképzésben (az Építészmérnöki, a Gépészmérnöki, az Építőmérnöki, a Mechatronikai mérnöki és a Műszaki menedzser szak képzésében) részt vevő hallgatók körében, valamint a 2012/13-as tanévben a Medgyessy Ferenc Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola Képzőművészeti képzés Festő, Grafikus és Fotós szakán (Perge, 2015a).

Az alábbiakban bemutatjuk a kutatási tevékenységünket, a kutatás eredményeinek értékelését, ezek összevetését a kiindulási hipotézisekkel, a tapasztalatok összegzését, valamint felvázoljuk a további kutatási lehetőségeket.

## **Kutatási tevékenység**

A kutatási tevékenység két részből tevődik össze. Első része a színekhez és kutatásunkhoz kapcsolódó fellelhető szakanyag feldolgozása, rendszerezése, ezt a disszertáció 1-3. fejezete tartalmazza.

Az *első fejezet* a disszertáció specifikus témájához nyújt bevezetést. Ismerteti a színtan alapjait, a színérzékelés folyamatát, a színek jellemzését, a színkeverés módjait, majd felvázolja a színtani ismeretek fejlődését, a színtudomány kialakulásának folyamatát. A disszertációhoz kapcsolódó további tudományterületek (pedagógiai, pszichológiai, didaktikai és az informatika tudományok) elméleti háttere, történeti vonatkozásai az 1. Függelékben kaptak helyet.

A *második fejezet* a kutatási témához kapcsolódó, a színérzékelés vizsgálatára és a színérzékelő képesség fejlesztésére irányuló nemzetközi kutatásokban alkalmazott módszereket, eszközöket és azok alkalmazási módjait mutatja be.

A *harmadik fejezet* bemutatja a különböző iskolatípusokban a színelmélet témakör oktatásának jelenlegi magyarországi tantervi és tantárgyi helyzetét az alap-, a közép- és a felsőfokú oktatási intézményekben.

A kutatási tevékenység fő része a saját oktatási módszer kidolgozása és vizsgálata, melynek leírását, folyamatát és eredményeit a disszertáció második része (4-10. fejezet) tartalmazza.

A kidolgozott módszer célja az egyéni képességfejlesztés a színérzékelés területén informatikai eszközök alkalmazásával.

A *negyedik fejezet* bemutatja a szín-oktatásra és színérzékelés képesség fejlesztésére kidolgozott módszerünket, valamint a módszer részét képező saját fejlesztésű interaktív színtani oktatószoftverünket.

Az alkalmazott fejlesztő módszer a hallgatók színérzékelési képességének, ezen belül a színkülönbség-érzékelő (világosságkülönbség-érzékelő és telítettségkülönbség-érzékelő) képességnek, valamint a színmeghatározó képességnek fejlesztésére irányult.

Az *ötödik fejezet* tartalmazza a kutatás főbb jellemzőit, témáját, célját, a kutatás hipotéziseit, helyét, idejét, résztvevőit, a kutatás felépítését, módszereit, a kutatási kísérletben alkalmazott tanulástechnikákat. A kutatás során, 2012-16 között többcsoportos (kontroll csoportos) tanítási kísérletet végeztünk, összesen 270 fő részvételével képességfejlesztés céljából.

A *hatodik fejezet* bemutatja a méréshez alkalmazott tesztfeladatokat, valamint a teszttel mért adatok számszerűsítésnek módjait. Az alfejezetek felépítése követi a kutatásban alkalmazott tesztek típusait a világosság érzékelésének vizsgálatára, a telítettség érzékelésének vizsgálatára, a háromkomponensű színkeverési feladatokra és a sorbarakás típusú feladatokra vonatkozóan.

A *hetedik fejezet* ismerteti a képességfejlesztés hatékonyságát az elő- és utóteszt eredmények összehasonlításával, elemzésével.

A *nyolcadik fejezet* a kutatási eredmények részletes bemutatását, elemzését tartalmazza. Ismerteti az alkalmazott matematikai statisztikai eljárásokat, módszereket és azok eredményeit a kutatási kérdésekre vonatkozóan.

A statisztikai eljárások alkalmazásának célja igazolni a kidolgozott módszerünk és oktatászoftverünk hatékonyságát, felmérni az alkalmazott tanulási módszerek eredményessége közötti különbségeket a készségfejlesztésben valamint felmérni a férfiak és a nők teljesítménye közötti különbségeket a képességfejlesztésben.

A statisztikai próbák alkalmazásának a módja a következő volt:

- Wilcoxon próbával csoportonként megvizsgáltuk, hogy van-e szignifikáns különbség a csoportokban elért, elő- és utótesztek eredményei között.
- Mann-Whitney próbával vizsgáltuk, hogy van-e lényeges különbség a fejlesztés eredményességében a különböző tanulási technikákat alkalmazott csoportok között, páronként összehasonlítva a csoportok eredményeit.
- Wilcoxon próbával vizsgáltuk a férfiak és a nők elő- és utótesztjeinek az eredményeit, hogy nemek szerint szignifikánsan különböznek-e.
- Mann-Whitney próbával vizsgáltuk, hogy van-e lényeges különbség a fejlesztés eredményességében a férfiak és a nők között.

A *kilencedik* ill. a *tizedik fejezet* tartalmazza az összegzést, a kutatás eredményességének értékelését, ezek összevetését a kiindulási hipotézisekkel, a tapasztalatok összegzését, valamint a további kutatási lehetőségek felvázolását magyar illetve angol nyelven.

Az értekezést *Irodalomjegyzék*, *Publikációs jegyzék* és *Függelék* zárja.

Az *1. Függelék* bemutatja a disszertációhoz kapcsolódó pedagógiai, pszichológiai, didaktikai, informatikai tudományok elméleti hátterét, történeti vonatkozásait, továbbá az 1. fejezet szintani alapismereteit egészíti ki. Három alfejezet kitekintést nyújt a különböző tanuláselméletek, a didaktikai kutatási irányzatok és az informatikai eszközök iskolai alkalmazásába, a negyedik alfejezet a színrendszerekről és színiskálákról nyújt ismertetőt.

A *2. Függelék* a színérzékelés vizsgálatában a világban alkalmazott módszerek és eszközök alkalmazásának eredményeit összegzi, a kutatási témához kapcsolódó, a képességfejlesztés területén végzett kutatások eddigi releváns eredményeit mutatja be.

A *3. Függelék* a színoktatás történetének fejlődését ismerteti. Összefoglalja a színoktatás különböző helyszíneit a világban és Magyarországon.

A *4. Függelék* szakirodalmi áttekintést nyújt a színekre vonatkozóan. Összegzi a különböző tudományterületek színekhez kapcsolódó irodalmát kronológiai sorrendben. A színekkel valamilyen formában, különböző megközelítésekben foglalkozó tudományterületeknek külön-külön is könyvtárnyi szakirodalmat áll rendelkezésünkre, ebből nyújt válogatást ez a Függelék.

## A kutatás eredményei

A teljesítményváltozás mértékét az elő- és utótesztek eredménye közötti különbséggel határoztuk meg. A megfigyelés szerint világosságkülönbség- és telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének eredménye egyaránt pozitív változást eredményezett. Ennek alapján három hipotézist fogalmaztunk meg a módszer eredményességével kapcsolatban, és ezek helyességét statisztikai módszerekkel vizsgáltuk.

### 1. vizsgálat – a H1 hipotézis ellenőrzése

Wilcoxon próbával csoportonként megvizsgáltuk, hogy van-e szignifikáns különbség a csoportokban az elő- és utóteszteken elért eredmények között.

Wilcoxon próbával vizsgálva az elő- és utótesztben nyújtott teljesítmények között jellemzően igen erős szignifikáns ( $p=0,000-0,018$ ) eltérés van a telítettség, a világosság, a sorba rakás és a színkeverés tesztfeladat teljesítmény tekintetében egyaránt. Ez alól csak egy csoport eredménye volt kivétel.

A vizsgálat alátámasztja a H1 hipotézis és a hozzá kapcsolódó a H1.1, H1.2 és a H1.3 alhipotézisek helyességét. Így megállapítható, hogy a kidolgozott oktatási módszerünk alkalmas a színkülönbség-érzékelés, valamint a színmeghatározó képesség fejlesztésére.

A vizsgálat eredményeként az alábbi tézist és hozzá kapcsolódó altéziseket fogalmaztuk meg a képességfejlesztés hatékonyságára vonatkozóan:

<b>T1.Tézis</b>	<b>A kidolgozott oktatási módszerünkkel fejleszhető a tanulók színérzékelő képessége a vizsgált korosztályban.</b>
-----------------	--

- T1.1. A kidolgozott oktatási módszer alkalmas a vizsgált korosztályban a világosságkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésére.
- T1.2. A kidolgozott oktatási módszer alkalmas a vizsgált korosztályban a telítettségkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésére.
- T1.3. A kidolgozott oktatási módszer alkalmas a vizsgált korosztályban a színmeghatározó képesség fejlesztésére.

### 2. vizsgálat – a H2 hipotézis ellenőrzése

Mann-Whitney próbával vizsgáltuk, hogy van-e lényeges különbség a fejlesztés eredményességében a különböző tanulási technikákat alkalmazott csoportok között, páronként összehasonlítva a csoportok eredményeit.

A tanulói kísérletben a csoportok tanulás-módszertani eredményeit vizsgálva a Mann-Whitney próba alapján megállapítható, hogy 16-ból 15 esetben az informatikai eszközöket alkalmazók (A csoport) eredménye szignifikánsan különbözik ( $p=0,000-0,034$ ) a csak hagyományos eszközöket alkalmazók (B kontrollcsoport) eredményétől. A szignifikáns különbség az informatikai eszközöket is alkalmazók javára kimutatható mind a négy évben, mind a négy

feladattípus tekintetében egy kivétellel. Ez esetben tendencia ( $p=0,069$ ) mutatható ki az informatikai eszközöket alkalmazók javára a sorba rakás feladat esetén.

A vizsgálat alátámasztja a H.2 Hipotézis és a hozzá kapcsolódó H2.1. H2.2 és a H2.3 alhipotézisek helyességét. Az informatikai eszközökkel támogatott (a saját fejlesztésű szintani oktatószoftvert is alkalmazó) csoport színkülönbség-érzékelés, valamint a színmeghatározó képesség eredményesebb fejlesztése igazolást nyert a csak hagyományos eszközöket alkalmazók csoportjának eredményeinek összevetésével.

A vizsgálat eredményeként az alábbi tézist és hozzá kapcsolódó altéziseket fogalmaztuk meg a különböző tanulási technikák alkalmazásának hatását illetően a képességfejlesztés eredményességére vonatkozóan:

<b>T2.Tézis</b>	<b>A képességfejlesztés eredményességét befolyásolják az alkalmazott különböző tanulástechnikák, eszközök.</b>
-----------------	--

T2.1. Az oktatásban a hagyományos eszközök használatának kiegészítése informatikai eszközökkel (oktatószoftver alkalmazásával) növeli a világosságkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének hatékonyságát.

T2.2. Az oktatásban a hagyományos eszközök használatának kiegészítése informatikai eszközökkel (oktatószoftver alkalmazásával) növeli a telítettségkülönbség-érzékelés képesség fejlesztésének hatékonyságát.

T2.3. Az oktatásban a hagyományos eszközök használatának kiegészítése informatikai eszközökkel (oktatószoftver alkalmazásával) növeli a színmeghatározó képesség fejlesztésének hatékonyságát.

### *3. vizsgálat – a H3 hipotézis ellenőrzése*

Első lépésben a férfiak és a nők elő- és utótesztjeinek az eredményeit vizsgáltuk, hogy nemek szerint szignifikánsan különböznek-e. A férfiak és a nők teljesítményének vizsgálatában, az elő- és az utóteszt eredményessége között Wilcoxon próbával megállapítható, hogy igen erős szignifikáns különbség ( $p=0,000-0,018$ ) mutatható ki mind a négy évben az oktatószoftvert is alkalmazók (A csoport), valamint 2012. évben a csak oktatószoftvert alkalmazók (D csoport) körében. Igazolást nyert, hogy javulás mutatható ki a férfiak és a nők esetében is mind a négy feladattípus (telítettség, világosság, sorba rakás, színkeverés) eredményei tekintetében.

Ezt követően vizsgáltuk Mann-Whitney próbával, hogy van-e lényeges különbség a fejlesztés eredményességében a férfiak és a nők között. A kísérlet eredménye azt mutatja, hogy a nemek teljesítménye között a 16 vizsgált esetből 14-ben nem mutatható ki szignifikáns különbség a telítettség, világosság, sorba rakás és színkeverés tesztfeladat eredménye tekintetében. Ettől csak két esetben volt eltérés. 2014. évi világossági különbségek érzékelésében a férfiak javára mutatható ki szignifikáns különbség ( $p=0,038$ ).

A 2013. évi mérésben a telítettségi különbségek érzékelésében a nők javára mutatható ki tendencia ( $p=0,082$ ) a nemek teljesítménye között.

A vizsgálatok alátámasztják a H.3 hipotézis és a hozzá kapcsolódó H3.1, H3.2 és H3.3 alhipotézisek helyességét. A férfiak és a nők teljesítményének vizsgálatában nincs különbség a színekülönbség-érzékelő és a színmeghatározó képesség fejlesztésében a színek jellemző tulajdonságai tekintetében.

A vizsgálat eredményeként az alábbi tézist és hozzá kapcsolódó altéziseket fogalmaztuk meg a nemek szerinti vizsgálatban a képességfejlesztés vonatkozásában:

<b>T3.Tézis</b>	<b>A képességfejlesztés eredményességében nincs különbség a férfiak és a nők teljesítménye között.</b>
-----------------	--

T3.1. A férfiak és a nők teljesítményének vizsgálatában nincs különbség a világosságkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésében.

T3.2. A férfiak és a nők teljesítményének vizsgálatában nincs különbség a telítettségkülönbség-érzékelő képesség fejlesztésében.

T3.3. A férfiak és a nők teljesítményének vizsgálatában nincs különbség a színmeghatározó képesség fejlesztésében.

A tesztfeladatokra alapozott kísérleti eredmények alapján statisztikailag kimutatható, hogy a kidolgozott módszer hatékony a 19-21 éves korosztályban színmeghatározó és színekülönbség-érzékelő képességek (világosságkülönbség-érzékelés és telítettségkülönbség-érzékelés) fejlesztésében.

### **Vélemények, tapasztalatok**

A tanítási kísérlet zárásaként a „színekurzusok” végén visszajelzéseket gyűjtöttem a kísérletben résztvevőktől, ahol szabadon megfogalmazhatták véleményüket írásban a kurzusról, az ismeretanyag tematikájáról, az alkalmazott eszközökről, az oktatószoftverről. Az alábbi véleményeket fogalmazták meg:

- a foglalkozás izgalmas volt;
- élményekben, tapasztalásban nagyon gazdag, újszerű volt;
- érdekes volt, hogy ugyanazt a témát különböző tantárgyak felől közelítettük;
- „most jöttem rá, hogy ugyanarról a témáról tanultam középiskolában a különböző tantárgyak keretében”;
- feladatok változatosak voltak;
- az oktatóprogram könnyen használható, változatos és élményszerű;
- tetszettek a színes kártyák;
- nagyon jó volt a szoftver, otthon is használtam;

- az oktatóprogramot a családomnak is megmutattam, nekik is tetszett, a testvérem a weboldal-tervezéshez használja,
- az oktatóprogramot szívesen használnám a későbbiekben is az órákon;
- felüdülés volt ezen az órán lenni;
- végig játszottuk az órákat, közben meg tanultunk is.

### **Oktatási módszerünk elterjesztése**

A középiskolákban „Mini színekurzusok” keretében alkalmaztuk a szintani ismeretek és képességek fejlesztésére kidolgozott módszerünket, a kialakított eszközszerűnk, az interaktív szintani oktatószofverünket. (Perge, 2015b).

A mini színekurzusok a TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0048 számú „*Tudományos eredmények elismerése és disszeminációja a Debreceni Egyetem kutatói, oktatói és hallgatói által*” elnevezésű projekt keretében váltak ismertté. Alprojektünk címe a „*Színek, számok, formák, mozgások – mérnöki szemmel – Játékos betekintés a mérnöki alaptudományokba középiskolások számára*”, melynek egyik programeleme a „SZÍNJáték programelem” (Perge, 2014).

A „SZÍNJáték programelem” elnevezésű foglalkozásokat 2013-2015 években Hajdú-Bihar megye hat középiskolájában tartottuk (Ady Endre Gimnázium, KLTE Gyakorló Gimnáziuma, Fazekas Mihály Gimnázium, Medgyessy Ferenc Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola, Debreceni SZC Brassai Sámuel Gimnáziuma és Műszaki Szakgimnáziuma, Hajdúböszörményi Bocskai István Gimnázium).

A mini színekurzusokon 240 középiskolai tanuló vett részt. A foglalkozások 17 alkalommal, normál és rendhagyó tanórákon, valamint, szakkörök, speciális iskolai programok keretében valósultak meg. Egy-egy foglalkozás időtartalma 4×45 perc volt (Perge, 2015b).

A „SZÍNJáték programelemmel” megjelentünk a *Science on Stage* rendezvény magyarországi „fordulóján” az Agórában 2016-ban. Emellett az *Élményműhely mozgalom* szereplőivel közös programot mutattunk be az Ady Gimnáziumban 2016-ban, továbbá a *Kutatók éjszakáján* is rendszeresen szerepelünk.

A TÁMOP-4.2.2.B-15/1/KONV-2015-0001 számú „*Debreceni Egyetem tudományos képzési műhelyeinek támogatása*” nevű projekt szerves folytatása az előzőnek, ennek keretében folytattuk a foglalkozások megtartását, bővítve a középiskolák körét. A középiskolák igénylik a program folytatását és továbbfejlesztését, továbbá újabb iskolák is szeretnének bekapcsolódni.

A több éven át fejlesztett és tesztelt interaktív szintani oktatószofverünk és szintani fejlesztő módszerünk a tervezett kísérletek és a napi tapasztalatok, visszajelzések alapján egyaránt sikeresnek bizonyult. Alkalmazását ajánljuk a közép- és felsőoktatási intézményekben, valamint a szakmai képzésekben.

Kapcsolódva azokhoz a törekvésekhez, melyek a számítógépek tanulást segítő funkcióját hangsúlyozzák, a módszer széles körű alkalmazását javasoljuk. A

kidolgozott szintani oktatószoftverünk alkalmazását ajánljuk a középiskolákban is az informatika tantárgy oktatásába beépíteni. Ehhez a szoftvert elérhetővé kívánjuk tenni.

### **További kutatási lehetőségek**

A kutatás során gyűjtött adatok, ismeretanyag és a kidolgozott fejlesztő módszer az interaktív szín-oktató szoftverrel alapját képezik egy oktatást segítő, didaktikai szempontok szerint felépített szintani módszertani szakkönyvnek, ami hiánypótló lenne a magyar felsőoktatásban.

A disszertáció témájához kapcsolódó, a Függelékben bemutatott összefoglalók teljesebbé tétele külön kutatási téma lehet: a szín-oktatás helyszíneinek történeti áttekintése, a mérnöki, a fizika, a biológia és a pszichológia tudományok kapcsolódó eredményeinek, helyszínek feldolgozása.

A szintani oktatószoftver újabb modulok kidolgozásával teljesebbé tehető.

## 10. Summary

Education and teaching are active processes in which educators make teaching material more tangible for sensing and observation. It is practical to change teaching methods simultaneously with the development of means of education (Perge, 2007, 2008). Applying means of information technology and computer software offer new opportunities in education and experience-based learning (Perge, 2012).

### **Research theme**

The research theme is focused on developing colour teaching methods and evaluating the applied methods. Although teaching colours is related to different fields of science, its elements can be included in a unified system.

### **Aim of research**

The aim of our research is to elaborate new colour-teaching methods including faculties needed for developing high-standard creative and planning work, the ability of colour aptitude and of colour discrimination (Perge, 2015a).

The unique nature of our colour-teaching method is manifested in defining the syllabus of colour theory teaching material, compiling the means of facilitating studying, and in creating and applying them.

In elaborating the teaching methods we intended to apply the widest range of information technology. Part of the new method is applying an interactive colour-study teaching software, a development of our own (Perge, 2015a, 2015b, 2015c).

Our methods have been developed for students trained in professions related to colours. The methodology has been adapted to teaching engineers at the Faculty of Engineering Debrecen University, in Departments of Architecture, Mechanical Engineering, Civil Engineering, Mechatronic Engineering and Industrial Management for four terms, as well as for students of Fine Arts specialized in Painting, Graphic design and Photography in Ferenc Medgyessy Secondary-School of Arts in 2012/13 (Perge, 2015a).

Our research and its evaluation are outlined below and compared to the hypotheses formulated, with experiences summarized and potentials for further research outlined.

### **Research**

The research rests on two pillars; one including processing and classifying relevant literature related to colours and our research is part of Sections 1-3 of the dissertation.

*Section one* offers an introduction to the specific theme of the dissertation. It describes the foundations of colour studies, the process of colour aptitude,

the characteristics of colours, ways of blending colours, then it outlines the development of colour theory and the development of colour science. The theoretical background of other branches of science related to the dissertation, such as pedagogy, psychology, didactics and information technology, as well as their historical review are in Appendix 1.

*Section two* introduces the methods, tools applied in international research related to our own research, and is aimed at developing the capability of colour aptitude and its research.

*Section three* introduces the current situation of teaching colour theory in different kinds of schools, its place in the curriculum and its status as a subject in institutions of primary, secondary and higher education.

The main part of research concerns developing and testing a teaching method of our own, whose description, process and results are included in the second part of the dissertation, in sections 4-10.

The method elaborated aims at developing individual skills in colour aptitude by means of information technology.

*Section four* introduces our method developed for improving colour-teaching and developing colour aptitude, as well as our own interactive colour theory teaching software, which is part of the method.

The applied developing method is aimed at improving students' colour aptitude, or more specifically, colour-discrimination ability to distinguish brightness and saturation and their colour-defining skill.

*Section five* contains the major components, themes and goals of research, its hypotheses, venue, time, participants, the structure and methods of research as well as the technique applied in the research experiment. To develop abilities, altogether 270 participants were involved in a multi-group (with control-group) teaching experiment between 2012 and 2016.

*Section six* introduces the tests applied for measurement and methods of expressing data with the test. The structure of sub-sections follows suit of the test-types of research, to test sensing brightness, saturation, for three-component colour-blending tasks and sequencing tasks.

*Section seven* describes the efficiency of developing abilities, by comparing and analysing the results of pre- and post-tests.

*Section eight* provides a detailed introduction and analysis of research results and describes the mathematical, statistical procedures and their results related to the research questions.

The aim of adopting statistical procedures is to justify the efficiency of our method and educational software, to measure the differences between the results of teaching methods in skills development and measure the difference between the performance of men and women in developing abilities.

Statistical testing was carried out the following way:

- The Wilcoxon test was applied to examine group by group whether there was a significant difference between the results of pre- and post-tests in the different groups.
- The Man-Whitney test was used to see whether there was a significant difference between groups using different learning techniques, while comparing the results of groups in pairs.
- The Wilcoxon test was employed to test the pre- and post-tests of men and women to see if there was a significant difference by gender.
- The Mann-Whitney test was used to examine whether there was a significant difference in the efficiency of development between men and women.

*Sections nine and ten* summarize the dissertation, evaluate the research, compare the results achieved with the hypotheses formulated, summarize the experience gained and outline the potentials of further research both in English and Hungarian.

The final sections of the thesis are *Literature, Sources* and *Appendix*.

*Appendix 1* introduces the theoretical background of pedagogy, psychology, didactics and information technology as well as the historical background related to the thesis and complements the fundamentals of colour aptitude of Section one. Three sections provide an overview of different theories of studying, the application of didactic research trends and means of information technology in the classroom, while section four describes colour systems and colour scales.

*Appendix 2* summarizes the results of methods and tools applied globally in the field of colour aptitude, and introduces relevant results achieved in research in skills development.

*Appendix 3* gives an accurate description of the history of teaching colour theory and provides a comprehensive picture of places where colour theory is taught in Hungary and abroad.

*Appendix 4* gives an in-depth overview of literature related to colours and summarizes the literature of various relevant fields of science in chronological order. There is plenty of literature available focussing on colours one way or another from different aspects, some of which is included in this Appendix.

## **Results of research**

The rate of change in performance was defined by the difference between pre- and post-tests. It could be observed that developing abilities of sensing differences between brightness and saturation had equally improved. Owing to this, three hypotheses were formulated concerning the results of the method, which were checked with statistical methods.

### *Test 1 – checking hypothesis H1*

Each group was tested with the Wilcoxon test to see if there was any significant difference between the results of the groups in the pre- and post-tests. In fact, there were typically significant differences ( $p=0,000-0,018$ ) in the efficiency of tests related to saturation, brightness, sequencing and colour-blending, except for only one group.

The test confirms that hypothesis H1 and its underlying sub-hypotheses, H1.1, H1.2 and H1.3, were right. This also confirms the presumption that our teaching method was suitable for developing colour-aptitude and colour-matching. As a result of the test the following thesis and its relevant underlying sub-theses were formulated concerning the efficiency of developing abilities.

**Thesis T1. Students' colour-aptitude can be developed with our teaching method in the age-group examined by means of our teaching method.**

T1.1. The teaching method is suitable for developing the ability to sense brightness differences in the age-group tested.

T1.2. The teaching method is suitable for developing the ability to sense saturation differences in the age-group tested.

T1.3. The teaching method is suitable for developing the colour-matching ability in the age-group tested.

### *Test 2 – checking hypothesis H2*

The Mann-Whitney test was used to see if there was a significant difference between the results of development efficiency between groups applying different teaching-techniques, by comparing the results of groups in pairs.

It can be pointed out, based on the Mann-Whitney test, that in 15 cases out of 16 the results of group **A** using means of information technology were significantly different ( $p=0,000-0,034$ ) from those of group **B** only using traditional means. This significant difference can be shown in favour of those using means of information technology in all the four years in all four sorts of tasks except for one. In that particular case a tendency ( $p=0,069$ ) is manifest in favour of those using means of information technology in the sequencing task.

Hypothesis H2 and its related sub-hypotheses, H2.1, H2.2 and H2.3, are all confirmed to be right by the test. It was corroborated that the colour-aptitude of the group supported by information technology, using a colour-theory teaching software developed too, was better at colour-aptitude, than the one only using traditional means.

As a result of the test the following thesis and its relevant sub-theses were formulated concerning the effectiveness of various learning techniques as to how successfully abilities could be developed:

**Thesis T2. The success in developing abilities is influenced by the applied learning techniques and tools.**

- T2.1. Complementing traditional means in education with information technology such as teaching software, increases the efficiency of developing the ability to sense differences in brightness.
- T2.2. Complementing traditional means in education with information technology such as teaching software, increases the efficiency of developing the ability to sense differences in saturation.
- T2.3. Complementing traditional means in education with information technology such as teaching software, increases the efficiency of developing colour matching ability.

*Test 3 – checking hypothesis H3*

First, the results of pre- and post-tests of men and women were checked to see if they were significantly different. While checking the performance of men and women, it can be proved with the Wilcoxon-test that there is a significant difference ( $p=0,000-0,018$ ) between the pre- and post-tests between group **A** using the teaching software in a complementary way in all the four years, and group **D**, using only the teaching software in 2012.

A significant improvement could be observed with both men and women in all four tasks: saturation, brightness, sequencing and colour blending. Then, the Mann-Whitney test was used to see if there was any significant difference in efficient development between men and women. The results of the test show that there is no significant difference in 14 cases out of 16 between the two genders in terms of saturation, brightness, sequencing and colour-blending test results with only two exceptions. There was a significant difference ( $p=0,038$ ) in favour of men in sensing brightness differences in 2014, whereas there was a tendency ( $p=0,082$ ) in favour of women in sensing saturation differences in 2013.

It is confirmed by the tests that hypothesis H3 and its related sub-hypotheses, H3.1, H3.2 and H3.3, are right. No difference can be observed between the performance of men and women in the development of colour aptitude and colour-matching abilities in terms of characteristic properties of colours.

As a result of the test the following thesis and its related sub-theses were formulated as regards testing genders and developing abilities.

**Thesis T3. There is no difference between men and women in terms of performance.**

- T3.1. In testing men and women no difference can be observed in developing the ability to sense brightness-differences.
- T3.2. In testing men and women no difference can be observed in developing the ability to sense saturation-differences.

T3.3. In testing men and women no difference can be observed in developing the ability of colour-aptitude.

It can statistically be proved, based on experimental results of the tests, that the method elaborated is efficient in developing the colour-matching abilities and colour aptitude – sensing differences in brightness and saturation – in age-group 19-21.

### **Views and experiences**

To summarize the teaching experiment, I collected feedback from the participants at the end of the "Course on colours", where they could express their opinion in writing about the course, the syllabus of this field, the means applied and the teaching software. The opinions were as follows:

- the lessons were exciting,
- it was rich and new in experiences and the knowledge gained,
- it was interesting that the same theme was approached from various subjects,
- "I have just realized that I learnt about the same theme in various subjects in the secondary-school",
- the tasks were pretty varied,
- the teaching programme is easy to use, varied and enjoyable,
- I liked the colourful cards,
- the software was very good, so I used it at home too,
- I even described the software to my family; they liked it too, and my brother uses it for web-design,
- I would like to use teaching-programme in the lessons later-on too;
- I enjoyed being in the lessons;
- we played all the time in the lessons while studying.

### **Dissemination of our teaching method**

Colour-theory and our method to develop skills, our developed system of tools and our interactive colour-study teaching software were applied in 'Mini colour-courses' in the secondary-schools (Perge, 2015b).

The mini colour-courses became popular within the project TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0048 "Acknowledgment and dissemination of scientific results by researchers, staff and students". The title of our sub-project is "Colours, numbers, forms and motion from the aspect of an engineer – Playful insight into core engineering science for secondary-schools", with a programme-component "COLOURgame program component" (Perge, 2014).

"COLOURgame program component" lessons were held in six secondary-schools – Ady Endre Grammar-School, KLTE Training-School, Fazekas Mihály Grammar-School, Medgyessy Ferenc Grammar-School and Secondary School of Art, Brassai Sámuel Grammar-School and Technical Secondary-School of Debrecen SZC and Bocskai István Grammar-School in Hajdúböszörmény – in Hajdú-Bihar county in 2013-2015.

The mini-courses were attended by 240 secondary-school students. There were 17 normal and irregular lessons, and special classes too. Each lesson was 4×45 minutes long (Perge, 2015b).

The programme "COLOURgame" was introduced in the Hungarian event of Science on Stage in Agóra in 2016. In addition, we had a joint performance with the movement "Élményműhely" in Ady Endre Grammar-School in 2016, and we often attend the event 'Researchers' night'.

The project TÁMOP-4.2.2.B-15/1/KONV-2015-0001 aimed at "Supporting scientific training workshops of Debrecen University", the latest part of a series of projects, fostered our lessons extending the number of secondary-schools having a need for the programme to be continued and developed and new schools wish to join.

Our interactive colour-study teaching software, which has been developed and tested for years has proved successful both on the basis of designed experiments and daily experience and feedback. Its use is recommended in secondary-schools and in higher education as well as professional training.

In line with trends that emphasize the importance of complementary use of computers, we recommend that the method be used extensively. We also suggest that our colour-study teaching software be integrated into teaching information technology lessons in the secondary-schools too. To achieve that we wish to have our software widely available.

### **Potentials of further research**

The data gathered during the research, the knowledge gained, and the developing method elaborated, together with the interactive colour-teaching software form the basis of a specialist, didactic, methodology book on colour-theory and they might fill a niche in the Hungarian higher education.

Undoubtedly, further research might be carried out to provide a fuller picture of the relevant data presented in the Appendix, such as a historical review of places where colour-theory has been taught, related results of engineering, physics, biology, psychology, and processing places of education.

The colour-teaching software can largely be improved by developing new modules.

# 11. Irodalomjegyzék

- [1] Abney, W. (1913). *Researches in Colour Vision and the Trichromatic Theory*. London.
- [2] Agoston, G. A. (1979). *Color Theory and Its Application in Art and Design*. Heidelberg.
- [3] Aguilonius, F. (1613). *Opticorum libri*. Antwerpen, Jan Moretus widow & sons.
- [4] Alan, E. (1973). *Shapiro, Kinematic Optics: A Study of the Wave Theory of Light in the Seventeenth Century*. Archive for History of Exact Sciences. Vol. 11, No. 2/3 (31.XII.1973), pp. 134-266. Published by: Springer. Stable. URL: <http://www.jstor.org/stable/41133375>
- [5] Albers, J. (2006). *Színek kölcsönhatása*. Magyar Képzőművészeti Egyetem, Budapest.
- [6] Albers, J. (2006). *A látás didaktikájának alapjai*. Magyar Képzőművészeti Egyetem, Arktisz, 161. o. Maurer Dóra fordítása.
- [7] Alberti, L. B. (1435). *De Pictura*. (olasz nyelven: Della Pittura [1436], angol nyelven: On Painting. Penguin Classics. 1972. ISBN 978-0-14-043331-9)
- [8] Atkinson, R. L., Atkinson, R. C., Smith, E. E., Bem, D. J. (1994). *Pszichológia*. Osiris Kiadó, Budapest.
- [9] Atkinson, R. C., Hilgard, E. (2005). *Pszichológia*. Osiris Kiadó, Budapest, 131-168.
- [10] Bacon, R. (1983). *Roger Bacon's Philosophy of Nature*. David Charles editor, Oxford.
- [11] Benson, W. (1868). *Principles of the Science of Colour, Consisely Stated to Aid and Promote Their Useful Application in the Decorative Art*. London.
- [12] Bezold, W. (1874). *Die Farbenlehre in Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe*. Braunschweig.
- [13] Billmeyer, F. W. (1987). *Survey of Color Order Systems*. Color Research and Application 12, 173-186.
- [14] Billmeyer, F. W., Kawakami, G. (1995). *New edition of Japanese color aptitude test*. In ISCC New No.355.
- [15] Boring, E. G. (1892). *Sensation és percepció a History of Experimental Psychology*. New York.
- [16] Chevreul, M. E. (1839). *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des object colorés*. Paris.
- [17] Cole, B. L. (1993). *Does defective colour vision really matter?* In Colour Vision Deficiencies XI. B. Drum ed. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- [18] Dalton, J. (1798). *Extraordinary facts relating to the vision of colours*. Literary and Philosophical Society, Manchester.
- [19] Dimmick, F. L. (1943). *Symposium on color-blindness; methodology in test preparation*. Journal of the Optical Society of America. 33: 308-315
- [20] Dimmick, F. L. (1946). *A color aptitude test (1940)*. Experimental edition. J. Appl. Psychol. 39 (1946), 10-22.

- [21] Dimmick, F. L. (1954). ). *Factors in the application of the Color Aptitude Test*. Official Digest.
- [22] Dimmick, F. L. (1956). *Specifications and Calibration of the 1953 Edition of the Inter-Society Color Council Color Aptitude Test*. JOSA 46, 6 (1956) 89-93.
- [23] Dimmick, F. L. and Foss, C. E. (1964). *The Inter-Society Color Council Color Aptitude Test*. 1964 Edition Pennsylvania, Federation of Societies for Paint Technology.
- [24] Ebbinghaus, H. (1902). *Grundzüge der Psychologie*. Leipzig.
- [25] Eckermann, J. P. (1948). *Gespräche mit Goethe*. Moritz Schauenburg, Lahr  
Eckermann, J. P. (1973). *Beszélgetések Goethével*. Magyar Helikon.
- [26] Edridge-Green, F. W. (1920). *The Physiology of Vision, with Special Reference to Colour Blindness*. London.
- [27] Farnsworth, D. (1943). *The Farnsworth-Munsell 100 Hue and Dichotomous Tests for Color Vision*. JOSA, 33 568-578.
- [28] Farnsworth, D. (1957). *The Farnsworth-Munsell 100-Hue test for the examination of color discrimination*. Baltimore, Macbeth.
- [29] Forbes, E. G. (1980). *Tobias Mayer (1723-62): pioneer of enlightened science in Germany*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
- [30] Forsius S. A. (1952). *Physica*. Nils Johan editor, Uppsala.
- [31] Galbraith, M. (1954). *Color aptitude testing. Production Session, Annual Meeting*. Folding Paper Boks Association of America. Chicago.
- [32] Goethe J. W. (1792). *Beiträge zur Optik und Anfänge der Farbenlehre*. Weimar.
- [33] Goethe J. W. (1810). *Zur Farbenlehre*. 2 Bde. Cotta, Tübingen.
- [34] Goethe, J. W. (1983). *Szántan*. didaktikai rész. Johannes Pawlik összeállítása. Fordította: Rajnai László, Művészet és elmélet sorozat. Corvina Kiadó, Budapest.
- [35] Graham, L. A., Carlson, D. R. (1991). *Review and Comparison of Three Old and One New Color Vision Screening Test for Normal Observers*. Book of Papers (1991) National Technical Conference, AATCC, pp.133-1388.
- [36] Graham, L. A. (1993). *A New Color Vision Skill Test, Die Farbe*. 39 (1993) 1/6 p. 89-98.
- [37] Graham, L. A., Thieme L. (2002). *The HVS Color Vision Skill Test: A Technical Update*. Proc. SPIE 4421, 9th Congress of the International Colour Association, (6 June 2002); doi: 10.1117/12.464738.
- [38] Grassmann, H. G. (1853). *Zur Theorie der Farbenmischung*. Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. 89 (1) 69-84.
- [39] Harris, M. (1776). *Natural System of Colours*. / edited by Thomas Martyn, (1811) Natural System of Colours. London.
- [40] Helmholtz, H. (1855). *Über die Zusammensetzung von Spektralfarben*. ('On the homogeneous-mixture of spectral-colours'), Berlin.
- [41] Helmholtz, H. (1860). *Handbuch der Physiologischen Optik*. Band II, Sektion 20.
- [42] Helmholtz, H. (1867). *L'Optique physiologique*. ('Physiological optics') Paris.
- [43] Helve, J. (1972). *A comparative study of several diagnostic test of colour vision*

- used for measuring types and degress of congenital red-green defects. Acta Ophthalmologica Supplementum, 115. Copenhagen, Munksgaard.*
- [44] Hering E. K. (1878). *Zur Lehre vom Lichtsinne.* ('On the theory of the light-sense'), Vienna.
- [45] Herschel, W. (1822). *On the Absorption of Lights by Coloured Media, and on the Colours of the Prismatic Spectrum.* Edinburgh.
- [46] Hill, A. R. and Wade, K. (1982). *An evaluation of new and used F-M 100 Hue discs.* In Colour Vision Deficiencies VI. G. Verriest ed. The Hague, Dr W Junk Publishers.
- [47] Holmgren, F. (1877). *Om fargblindheten i dess förhällende till jernvags trafickenoch sjövasendet.* ('On colour-blindness and its relation to rail-and sea travel'), Uppsala.
- [48] Huff, E. B. (1995). *Az újkori színelmélet két paradigmája.* Magyar Filozófiai Szemle, XVI. évfolyam 2. szám
- [49] Itten, J. (1978). *A színek művészete.* tanulmányi kiadás, Corvina.
- [50] Itten, J. (1961). *Kunst der farbe, subjektives Erleben iund objektives Erkennen als Wege zur Kunst.* teljes illusztrált szöveg, Otto Maier Verlag Ravensburg.
- [51] Kinnear, P.R. (1970). *Proposals for scoring and assessing the 100-Hue test.* Vision research.10:423-433.
- [52] König, A., Dieterici, C. (1892). *Die in Grundempfindungen normalen und anomalen Farbsystemen.* Zeitschrift für Psychológia, 4. pp. 241-347.
- [53] Kuehni, R. G., Schwarz, A. (2008). *Color Ordered - A Survey of Color Order Systems from Antiquity to the Present.* Oxford University Press Inc., New York.
- [54] Lambert, J. H. (1772). *Beschreibung einer mit Calauischem Wachse ausgemalten Farben-Pyramide, wo die jeder Mischung Farbe aus Weiss und Drey Grundfarben angeordnet, dargelegt und derselben Berechnung und vielfacher Gebrauch gewiesen wird.* Berlin.
- [55] Lakowski, R. (1965). *Testing of colour vision in prospective printer's apprentices, and the problems this presents in selection.* British Journal of Phsiological Optics. 22: 1. 10-32.
- [56] Lakowski, R. (1966). *A critical evaluation of colour vision tests.* Br J Physiol Opt. 23. (3) pp.186-209.
- [57] Lakowski, R. (1968a). *Colour-matching ability- can it be measured.* Journal of the Society of Dyers and Colourists. 84: 3-9.
- [58] Lakowski, R. (1968b). *The Farnsworth-Munsell 100-Hue test.* The Ophthalmic Optician. 10:862-872.
- [59] Lakowski, R. (1969). *Theory and practice of colour Vision testing: A review.* Part 2. British Journal of Industrial Mediám, 26: 173-189, 265-288.
- [60] Lakowski, R. (1971). *Calibration, validation and population norms fór the Pickford-Nicolson Anomaloscope.* British Journal of Physiological Optics. 26: 166-182.
- [61] Leonardo da Vinci (1540). *Trattato della Pittura.* Stamperia de Romanis, Róma. /Trattato di Pittura di Leonardo Da Vinci. Tradotto per tutti in italiano moderno. Macro Edizioni.

- [62] Lilien, O. M. (1985). *Jacob Christoph Le Blon, 1667-1741: Inventor of three- and four colour printing*. Stuttgart: Hiersemann.
- [63] Lowengard, S. (2006). *Jacob Christoph Le Blon's system of three-color printing and weaving*. in *The Creation of Color in the 18th century Europe*, New York: Columbia University Press.
- [64] Malacara, D. (2011). *Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications*. Second Edition, SPIE Press, Bellingham, 20-96.
- [65] Maxwell, J. C. (1855). *Experiments on colour*. Transactions of the Royal Society Edinburgh 21, pp. 275-298.
- [66] Maxwell, J. C. (1860). *On the Theory of compound colours*. Philosophical Transactions 150, pp. 57-84.
- [67] Maxwell, J. C. (1873). *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford University Press, Oxford.
- [68] Mayer T. (1775). *De affinitate colorum commentatio*. ('Commentary on colour relationships'). Georg Christoph editor, Gottingen.
- [69] Melamud, A., Hagstrom S., Elias, T. I. (2004). *Color vision testing*. Ophthalmic Genetics, Vol. 25. No. 3, pp. 159-187.
- [70] Nemcsics, A. (1990). *Színdinamika*. Színes környezet tervezése. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [71] Nemcsics, A. (1993). *Colour Dynamics*. Ellis Horwood Limited, New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo. *Farbenlehre und Farbdynamik*. Musterschmidt Verlag, Göttingen, Zürich. 28-57., 238-322.
- [72] Newman, W. R. (2010). *Newton's Early Optical Theory and its Debt to Chymistry*. in Danielle Jacquart and Michel Hochmann, eds., *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts* (Geneva: Droz, 2010), pp. 283-307. A free access online version of this article can be found at the Chymistry of Isaac Newton project.
- [73] Newton, I. (1672). *The Optical*. Papers of Isaac Newton. Vol. 1: The Optical Lectures, 1670-1672, Cambridge University Press, 1984.
- [74] Newton, I. (1687). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica III*. Fordította: Fehér Márta (1977). *A világ rendszeréről és egyéb írások*. Budapest, Magyar Helikon.
- [75] Newton, I. (1704). *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light*. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures. Commentary by Nicholas Humez (Octavo ed.). Palo Alto, Calif.: Octavo.(1998). (Opticks was originally published in 1704). ISBN 1-891788-04-3.
- [76] Newton, I. (1728). *Lectiones Opticae*. annis 1669, 1670, 1671... London. Taken from the MS.deposited by Newton in the Cambridge University Library.
- [77] Nickerson, D., Granville, W. C. (1940). *Hue Sensibility to Dominant Wavelength Change*. JOSA, 30. 159-162.
- [78] Ohta, Y., Izutsu, Y., Miyamoto, T., Shimizu, K. (1980). *An experimental anomaloscope based on interference filter system, and test result*. In *colour Vision Deficiencies V*. G. Verriest ed. Bristol, Adam Hilger Ltd.
- [79] Paper, S. (1976). *An evaluative Study of Modern Technology in Education*.

- Cambridge.
- [80] Park, S. J., Fernandez, S. R., Taplin, L. (2000). *Evaluation and Correlation of Color Discrimination Abilities*. Munsell Color Science Laboratory Technical Report.
- [81] Perge, E. (2015a). *Application of a color education software to improve color aptitude*. Teaching Mathematics and Computer Science, 13/2. pp.267-285. ISSN1589-7389.
- [82] Perge, E. (2015b). *The experience of applying a method to develop the use of color theory*. Annales Mathematicae et Informaticae, 45. pp. 125-149.
- [83] Perge, E., Zichar, M. (2015c). *Computer assisted method for cognitive improvement of color aptitude*. Proceedings of 6th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications. Győr: IEEE, pp. 357-362. ISBN:978-1-4673-8128-4, Konferencia helye, ideje: Győr, 2015.10.19-21.
- [84] Perge, E. (2014). *Számítógéppel támogatott „SZÍNjáték” programelem*. Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education. Konferencia Debrecen: University of Debrecen Faculty of Engineering, 41-46. ISBN:978-963-473-628-8.
- [85] Perge, E. (2012). *Using educational multimedia-based software in teaching color theory to students of civil engineering*. Teaching Mathematics III. pp.103-111. ISBN 978-80-8084-955-9.
- [86] Perge, E. (2008). *Practical application of computer software in visual education*. Acta Didactica Napocensia, Volume 1 Number 2, pp. 50-55. ISSN 2065-1430.
- [87] Perge, E. (2007). *Using a computer to teach hand-drawing*. 7th International Conference on Applied Informatics, Eger, Hungary, January 28-31, Volume 1. pp. 275-282.
- [88] Piaget, J. (1970). *Válogatott tanulmányok*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- [89] Piaget, J. (1993). *Az értelem pszichológiája*. Gondolat kiadó, Budapest.
- [90] Pickford, R. W. (1946). *Factorial analysis of colour Vision*. *Naturé*. 157: 700.
- [91] Pickford, R. W. (1949). *Individual differences in colour vision and their measurement*. The Journal of Psychology. 27: 153-202.
- [92] Pickford, R. W. (1951). *Individual differences in colour vision*. London, Routledge and Kegan Paul.
- [93] Pickford, R. W., Lakowski, R. (1960). *The Pickford-Nicolson Anomaloscope*. British Journal of Physiological Optics. 17: 131-150.
- [94] Platon, *Timaios*. 67D-68C in der Stephanus-Numerierung.
- [95] Pléh, Cs. (1999). *A konstrukcionizmus és a pszichológia*. Iskolakultúra, 6.-7.
- [96] Plinius, S. C. (1999). *Naturalis historiae – Naturkunde*. Ed.: König – Winkler, Sammlung Tusculum. G. Artemis & Winkler. München – Zürich, 1974-1999.
- [97] Reinmann-Rothmeier, G., Mandl, H., Prenzl, M. (1994). *Computerunterstützte Lernumgebungen: Planung, Gestaltung und Bewertung*. Publicis-MCD-Verlag, Erlangen.
- [98] Ridgway, R. (1912). *Color Standards and Color Nomenclature*. Baltimore.
- [99] Rood, N. O. (1879), (1881). *Students' Text-book of Color; Or, Modern*

- Chromatics, with Applications to Art and Industry*. New York: D. Appleton and Company.
- [100] Rood, N. O. (1879). *Modern Chromatics with Application to Art and Industry*. Chicago.
- [101] Runge, P.O. (1810). *Farben-Kugel oder Construction des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zu einander, und ihrer vollständigen Affinität, mit angehängtem Versuch einer Ableitung der Harmonie in den Zusammenstellungen der Farben: mit einem Kupfer, und einer beygelegten Farbentafel*. Hamburg.
- [102] Sacks, O. (2004). *A színvak festő esete*. In: Sachs, Oliver (szerk.), *Antropológus a Marson*. Budapest, Osiris Kiadó, 19–59.
- [103] Schmidt, I. (1955). *Some problems related to testing color vision with the Nagel Anomaloscope*. *Journal of the Optical Society of America*. 45:7. 514-522.
- [104] Schopenhauert, A. (1830). *Theory of Colors*. (Theoria colorum physiologica). Redam, Leipzig.
- [105] Seebeck, T. (1837). *Ueber den bei manchen Personen vorkommenden Mangel an Farbensinn*. ('On the lack of colour-sensing occurring in certain persons'), Berlin.
- [106] Sekuler, R., Blake, R. (2000). *Észlelés*. Budapest, Osiris Kiadó.
- [107] Sekuler, R., Blake, R. (2005). *Perception*. McGraw-Hill Humanities Publisher, 5 edition, pp.45-122, pp. 205-240.
- [108] Sik Lányi, C., Kosztyán, Zs., Kránicz, B., Schanda, J., Navvab, M. (2007). *Using multimedia interactive e-teaching in color science*. *LEUKOS The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America*, 4(1): 71-82. ISSN1550-2724
- [109] Skinner, B. F. (1973). *A tanítás technológiája*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- [110] Souma, I. (1994). *Japanese Color Aptitude Test, New Edition*. Saitama, Japan Color Research Institute.
- [111] Sowerby, J. A. (1809). *A New Elucidation of Colours, Original, Prismatic, and Material: Showing their Concordance in Three Primitives, Yellow, Red, and Blue: and the Means of Producing, Measuring, and Mixing Them: with Some Observations on the Accuracy of Sir Isaac Newton*. London
- [112] Theophilus Presbyter. *Schedula diversarum artium*. Ilg, A. (Editor). In *Quellenschriften für Kunstgeschichte*, volume 7. Vienna, (1874).
- [113] Tilleard, D. L. (1958). *Color-aptitude test: an analysis of scores*. *Journal of the Oil and Colour Chemists Association*. 41:11. 797-806.
- [114] Tonnquist, G. (1986). *Das Natürliche Farbsystem NCS*. *DIN Mitteilungen*, 462-469.
- [115] Wenczel, K. (2004). *A színtévesztés mérése: a diagnózis*. *Foglalkozás Egészségügy*. 4: 29-34.
- [116] Vitruvius. *De architectura*. Fordítása: Tíz könyv az építészetéről. Fordította: Gulyás Dénes, Képzőművészeti Kiadó (1988).
- [117] Wyszecki, G. (1960). *Farbsysteme*. Göttingen.
- [118] Wyszecki, G., Stiles, W. S. (1967). *Color Science*. New York.

- [119] Wyszecki, G. and Fielder, G. H. (1971). *New color-matching ellipses*. Journal of the Optical Society of America. 61: 9. 1135-1152.
- [120] Wysecki, G. and Stiles, W. (1982). *Color Science: concepts and methods, quantitative data and formuláé*. ed. New York, John Wiley and Sons

## Tesztek

- [121] Color Curve Systems Inc., HVC Color Vision Skill Test - User's Manual , 1998.
- [122] Farnsworth, D. The Farnsworth-Munsell 100-Hue Test , Manual, 1957. New edition: Munsell Color, GretagMachbeth, Quick Guide to Operation FM Test , May 1997.
- [123] Ishihara's Tests for Colour-Blindness, 24 Plates Edition, Kanehara & Co., Tokyo: 1917.
- [124] Japan Color Research Institute, Japanese Color Aptitude Test - manual. December, 1994.
- [125] Tokyo Medical College Color Vision Test , First Edition, Murakami Color Research Laboratory, Tokyo: 1957.
- [126] Perge, E. <http://szin.nyomas.hu/tesztek>

## 12. Publikációs jegyzék

### Referált folyóiratban megjelent közlemények

- 1) Perge, E. (2015). *Application of a color education software to improve color aptitude*. Teaching Mathematics and Computer Science, 13/2. pp.267-285. ISSN1589-7389.  
Ref: Zentralblatt Mathematics Education Database ZNATH ME
- 2) Perge, E. (2015). *The experience of applying a method to develop the use of color theory*. Annales Mathematicae et Informaticae, 45. pp. 125-149.  
Ref.: Scopus, MathEduc.
- 3) Perge, E., Zichar, M. (2015). *Computer assisted method for cognitive improvement of color aptitude*. Proceedings of 6th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications. Győr: IEEE, pp. 357-362. ISBN:978-1-4673-8128-4, Konferencia helye, ideje: Győr, 2015.10.19-21.  
Ref.: Scopus.
- 4) Perge, E. (2012). *Using educational multimedia-based software in teaching color theory to students of civil engineering*. Teaching Mathematics III. pp.103-111. ISBN 978-80-8084-955-9,  
Ref.: Google Scholar, MathEduc.
- 5) Perge, E. (2008). *Practical application of computer software in visual education*. Acta Didactica Napocensia, Volume 1 Number 2, pp. 50-55. ISSN 2065-1430,  
Ref.: FIS Bildung Literaturdatenbank.
- 6) Perge, E. (2007). *Using a computer to teach hand-drawing*. 7th International Conference on Applied Informatics, Eger, Hungary, January 28-31, Volume 1. pp. 275-282.  
Ref.: MathEduc.

## Lektorált folyóiratban megjelent közlemények

- 7) Perge, E., Kocsis, I. (2008). *A számítógépek szerepe a tanítási-tanulási folyamatban*. GÉP, LIX.évfolyam, pp. 55-58. ISSN:0016-8572.
- 8) Perge, E. (2007). *Animation: a problem solving technique in engineering education*. Debreceni Műszaki Közlemények, VI. évfolyam 2. szám pp. 29-34. ISSN 1785-0622, ISSN 2060-6869.
- 9) Perge, E. (2007). *A színtan alapjaitól a nyomtatásig*. Debreceni Műszaki Közlemények, VI. évfolyam 1. szám pp. 111-123. ISSN 1785-0622, ISSN 2060-6869.

## Konferenciakiadványban megjelent közlemények

- 10) Perge, E. (2014). *Számítógéppel támogatott „SZÍNJÁTÉK” programelem*. Proceedings of the Conference on Problem-based Learning in Engineering Education. Konferencia Debrecen: University of Debrecen Faculty of Engineering, 41-46. ISBN:978-963-473-628-8.
- 11) Perge, E. (2011). *Informatika alkalmazási lehetőségei az építészmérnökök szakos hallgatók színdinamika tantárgyának képzésében*. „Building Services, Mechanical and Building Industry days” International Conference, 13-14 October 2011, Debrecen, Hungary, 1-11. ISBN:978-963-473-464-2.
- 12) Kiss Bacsó, L., Kulcsár, B., Perge, E. (2010). *Térinformatikai adatbázis kezelés hallgatói megközelítésének problémái*. „Building Services, Mechanical and Building Industry days” International Conference, 14-15 October 2010, Debrecen, Hungary, 287-293. ISBN:978-963-473-423-9.
- 13) Perge, E. (2009). *Színtani ismeretek oktatása mérnökhallgatók számára*. „Building Services, Mechanical and Building Industry days” International Conference, 15-16 October 2009, Debrecen, Hungary, 368-377. (ISBN:978-963-473-315-7)

## Konferenciaelőadások

- 14) Perge, E. (2015). *Színtani oktatóprogram alkalmazása a színérzékenység fejlesztésében mérnökhallgatók körében*. Matematika és Informatika Didaktikai Kutatások Konferencia. Szerbia, Újvidék, 2015.01.23 -25.
- 15) Perge, E. (2015). *Színtani ismeretek különböző tudományterületeken*. IX. Dr. Szegedi Ervin Megyei Fizikaverseny, Debrecen, 2015. március 21.
- 16) Perge, E. (2013). *Színtani oktatóprogram alkalmazása különböző szakmák képzésében*. Matematika és Informatika Didaktikai Kutatások Konferencia. Románia, Nagyvárad, 2013. január 25–27.

- 17) Perge, E. (2012). *Multimédiás színtani oktatóprogram alkalmazási lehetősége az építészmérnök szakos hallgatók képzésében.* Matematika és Informatika Didaktikai Kutatások Konferencia. Szlovákia, Lőcse, 2012. január 23–25.

## Poszterelőadások

- 18) Perge, E. (2015). „SZÍN-játék” programelem - játék a színekkel. In: Matematika és Informatika Didaktikai Kutatások Nemzetközi Konferencia. Konferencia helye, ideje: Újvidék, Szerbia. 2015. január 23-25.
- 19) Vinczéné-Varga, A., Kézi, Cs., Perge, E.: (2014). *Colour, numbers, shapes, motions – aspects of engineering.* Teaching Mathematics and Computer Science 12:(1) p.130. Researches in Didactics of Mathematics and Computer Sciences. Eger, Magyarország: 2014.01.24 -26.

## Digitális tananyagok

Dr. Papp Ildikó-Nagné Dr. Kondor Rita-Perge Erika-Árvainé Molnár Adrien (2015). *A térszemlélet fejlesztésének lehetőségei a műszaki képzés keretében.*

7. fejezet: *Axonometrikus ábrázolás* (Perge Erika)

8. fejezet: *Perspektívikus ábrázolás* (Perge Erika)

TÁMOP-4.1.2.B.2-13/1-2013-0002 – „A műszaki és humán szakterület szakmai pedagógusképzésének és képzők hálózatának fejlesztése”

[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412b2/2013-0002\\_a\\_terszemlelet\\_fejleszteseenek\\_lehetosegei\\_a\\_muszaki\\_kepzes\\_kereteben/TF/stfjs703g.htm](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412b2/2013-0002_a_terszemlelet_fejleszteseenek_lehetosegei_a_muszaki_kepzes_kereteben/TF/stfjs703g.htm)

[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412b2/2013-0002\\_a\\_terszemlelet\\_fejleszteseenek\\_lehetosegei\\_a\\_muszaki\\_kepzes\\_kereteben/TF/stfjs804g.htm](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412b2/2013-0002_a_terszemlelet_fejleszteseenek_lehetosegei_a_muszaki_kepzes_kereteben/TF/stfjs804g.htm)

# 1. Függelék: Pedagógiai, pszichológiai, didaktikai és informatikai ismertek

A szakirodalom feldolgozásában az 1. fejezetben összegzetteket kiegészítve, ebben a függelékben kerül bemutatásra a kutatáshoz kapcsolódó pedagógiai, pszichológiai, didaktikai, informatikai és színelméleti ismertek elméleti háttere.

## 1.1. Pedagógiai, pszichológiai tanuláselméletek

A tanulás fogalmát a tanuláspszichológiai elméletek eltérő módon definiálják (Kelemen, 1986), viszont mind hangsúlyozza, hogy a tanulás hosszabb távon ható, adaptív változást jelent (Nahalka, 2006).

A pedagógiában a tanulás mindenekelőtt ismeretek, készségek, képességek elsajátítását, kialakítását jelenti.

A tanulás szempontjából kiemelkedő szerepe van az emlékezetnek (Salamon, 1996), az információk rendelkezésre állásának és lehívhatóságának, valamint a gyakorlásnak is (Barkóczy–Putnoky, 1967).

A tanulással kapcsolatban számtalan koncepció látott napvilágot, melyeket tanuláselméleteknek nevezünk.

Ebben az alfejezetben bemutatásra kerül az ókor és középkor pedagógiai gondolkodására jellemző *ismeretátadás pedagógiája*, az empirizmus kialakulásával párhuzamosan megjelenő *szemléltetés pedagógiája*, a reformpedagógiai mozgalmak által inspirált *cselekvés pedagógiája* és a napjainkban formálódó *konstruktivizmus*. Hans Aebli 1951-ben megjelent leírása részletesen elemzi az első három didaktikai rendszert.

### **Az ismeretátadás pedagógiája**

Az ókorban és a középkorban a tanulás a mások által már feldolgozott ismertek elsajátítására korlátozódott. Az ismeretek forrása tehát már egy korábbi feldolgozási folyamat eredménye, a tanuló személy nem közvetlenül a tanulás valóságos tárgyával kerül kapcsolatba. A pedagógiai eljárásokat meghatározó fő alapelv a szövegtanulás, mely élőszóban előadott vagy olvasott ismeretek legtöbbször szó szerinti megtanulására, majd reprodukálására épül és a nagy dogmatikai rendszereken alapul. Az ismeretszerzés logikai megközelítése deduktív. A tekintély jelentős szerepet játszott az ismeretelsajátítás során. Az önállóság és a kreativitás a tanulás során nem kapott szerepet, hiszen annak volt jelentősége, hogy az ifjú milyen pontosan tudta felidézni a tanultakat.

Nahalka István szerint „a jelenlegi didaktika e korból örökölte a tudás tiszteletét, az érvelés deduktív logikáját, illetve a memoritert, ami napjainkban a legmodernebb tanuláselméletek által is használatos”.

A 17. századi európai gondolkodás lerázta magáról a középkori gondolkodás sajátosságait, terheit, és folytatta azt az irányt, mely a reneszánszban indult el

(Pléh, 2010). Ezen gondolatok mentén született meg a kor szellemét nagyban meghatározó két irányzat, a racionalizmus és az empirizmus. Mindkét irányzat közös vonása, hogy bízik a tudomány alapvető egységében, vallja, hogy a tudomány nyelvvel minden leírható továbbá, hogy el kell hagyni a tekintélyek tiszteletét és a könyvek előtti hajbókolást.

### **A szemléltetés pedagógiája**

A pedagógiai eljárásokat meghatározó fő alapelve a szemléltetés. A középpontban a szemléltető (pedagógus) áll.

A 17–18. században született, empirizmus tanuláselmélet lényege, hogy az ismeretszerzés az embert körülvevő valóságból származó információk elsősorban érzékszervek útján történő befogadása. Az empiristák legfontosabb módszertani nézete a megfigyelés elsődlegessége. Az egyes jelenségeket meg kell figyelni, minél többször, melyek szükségszerűen kikényszerítik az összefüggések észrevételét, aminek eredménye az általánosítás, absztrakció lesz, a megfigyelés eredményei mentén következtetést kell levonni. Az empirizmus logikája induktív, a megismerés folyamata az egyszerűtől a bonyolultabb felé, a konkrétól az absztrakt felé haladó (Forrai-Szegedi 1999, Laki 1998, Anderson 2005).

Az empirista tanulásfelfogás szerint a valóság, a megismerő érzékszervein keresztül hat a gyermekek tudatára, ami kezdetben tiszta lapnak tekinthető. Úgy vélik, hogy lelkünk születésünkkel olyan, mint egy üres tábla, amelyre életünk során folyamatosan, az észlelésen keresztül íródnak a fogalmak, gondolatok. A tudás tehát a megfigyelésen keresztül jut el hozzánk és ez az igazság megismerésének egyetlen módja.

Az empiristák közül ki kell emelnünk Francis Bacon, Thomas Hobbes, John Locke, George Berkeley, David Hume és John Stuart Mill nevét.

Az empirizmus hatást gyakorol Comenius, Rousseau, Pestalozzi pedagógiai gondolkodására. Ennek szellemében dolgozza ki Comenius szenzualista pedagógiáját.

Johannes Amos **Comenius** (1592-1670), cseh pedagógus. Pedagógiájának középpontjában a szemléltetés áll, mely arra szolgál, hogy a tanuló érzékszervein keresztül szerezzon ismereteket a valós világról és ne már mások által feldolgozott ismeretekkel találkozzon. Comenius 1632-ben megjelent „Didactica Magna” című művében javasolja, hogy a dolgokat érzéki úton, tapasztalással, az értelem és a saját gondolati mérlegelés útján ismertessük meg.

Az első pedagógus, aki szintézisbe foglalta kora pedagógiai és didaktikai módszereit. Értelmezésében a didaktika „mindenkit mindenre való megtanítás művészete”.

Comenius didaktikai elvei

- Szemléletesség módszere. A gyerekeknek ne csak verbális módon, hanem mindenféle szemléltető eszközzel tanítsák a különféle

tantárgyakat, minél több érzékszervet használjanak a tanulók a tananyag elsajátításánál.

- Comenius az 1653-ban megjelent „Orbis sensualium pictus” előszavában írja: „Adatassék a Gyermek kezeikbe, hadd gyönyörködtessek magokat a képeknek megnézésével kedvek szerint, hogy azokat voltaképpen megismerhessék, még otthon is, minekelőtte az Oskolában elküldtetnének.”
- Gondolkodásra nevelés elve. A tanulás ne csak magolás legyen, hanem a tanuló tanuljon meg önállóan gondolkodni.
- Egymásra épülő tananyag rendszere.
- A gyermekek korához igazított tananyag.
- A drámajáték hasznosságának elve. „Schola Ludus”- Az iskola, mint színjáték.

A gyermekközpontú oktatásban minden Jean-Jacques **Rousseau**-val kezdődött. Rousseau (1712-1778) francia felvilágosodás kori filozófus, író és zeneszerző. Szerinte csakis a gyermek a fontos az ismeretsajátítás folyamatában, nem pedig a tudás, és főleg nem a tanár. Jelszava „*Vissza a természethez!*”. Fontosnak tartja a gyermek természetes ösztöneit, érdeklődését és hajlamait. 1762-ben jelent meg „*Émile ou De l'éducation*” (Emil, avagy a nevelésről) című munkája.

A 20. század első évtizedében megszülető nagy pszichológiai iskolák (behaviorizmus, alaklélektan) új szempontokat hoztak a lélektani szemlélet alakulásához.

### **Az alaklélektan**

Az alaklélektan (németül: Gestaltpsychologie) a 20. század elején Németországban létrejövő és egészen a II. világháborúig meghatározó pszichológiai irányzata. Jeles képviselői Wolfgang Köhler, Kurt Koffka, Max Wertheimer és Kurt Lewin. A német Gestalt szó jelentése „alak”, azonban a Gestalt fogalomnak sokkal mélyebb gyökerei vannak a német filozófiai gondolkodásban (Kant, Goethe), és inkább valamilyen fejlődés, szerveződés, alkotás eredményeként értelmezhető (Tóth, 2004).

Az irányzat alap gondolata, hogy az egész több a részek összegénél, ami a tanulásról alkotott felfogásukat is meghatározza: az alaktan képviselői szerint a tanulás egybeszerveződés, azaz a benyomásaink nem egyszerűen összeadódnak, hanem egészszé állnak össze.

### **Behaviorizmus tanuláselmélete**

A behaviorizmus az angol behavior 'viselkedés' kifejezésből ered. Atyjának John **Watson** (1878-1958) amerikai pszichológust szokták tekinteni (a fogalom is tőle származik). 1913-ban „*Psychology as the*

*behaviorist views it*” (Ahogyan a behaviorista látja a pszichológiát) címen jelent meg tanulmánya.

A behaviorizmus irányzata a tanulást ingerre adott válaszok folyamatának tekinti, amelyet a(z emberi és állati) viselkedés vizsgálatán keresztül próbál felfedni. A tudat és az észlelés helyett a viselkedés került a pszichológiai érdeklődés középpontjába (Kardos, 1970).

A behaviorizmus empirikus alapját a **Thorndike** és Ivan **Pavlov** (1849-1936) által elvégzett állatkísérletek jelentették. Pavlov klasszikus kondicionálás elméletének lényege, hogy a velünk született feltétlen reflexekkel tanulás útján feltételes reflexeket lehet párosítani.

A különféle behaviorista irányzatok abban különböznek egymástól, hogy milyen jelentőséget tulajdonítanak a közvetlenül meg nem figyelhető (mentális) folyamatoknak és a szociális tényezőknek (Barkóczy-Putnoky 1967, Falus 2003).

A behaviorista szemlélet követői a tanuló személy belső folyamatainak nem szenteltek különösen nagy figyelmet. Szerintük a tanuló sokkal inkább irányítható a megfelelő teljesítmény jutalmazásán keresztül. Szerintük tanuló passzív (befogadó) szerepet játszik a folyamatban, míg a folyamat irányítója a tanár, aki adott esetben mind a tanulás tartalmát, mind pedig az elsajátítás lépéseit meghatározza (Blumstengel, 1998). Emiatt a behavioristák a komplexebb feladatokat kisebb elsajátítási egységekre bontották, amelyet a megtanulhatóság szempontjából optimális sorrendben kínáltak fel elsajátításra. A tananyag Skinner javaslata alapján ún. elemi tudásegységeket tartalmazó kisebb információs egységekből állt.

A behaviorizmus meghatározó képviselői John **Watson** (1878-1958) amerikai, Ivan **Pavlov** (1849-1936) orosz, Clark **Hull** (1884-1952) amerikai, Albert **Bandura** (1925-) kanadai, Edward **Tolman** (1886-1959) amerikai és Burrhus **Skinner** (1904-1990) amerikai pszichológusok (Barkóczy-Putnoky 1967, Tóth 2004, Boross 2010).

Skinnernek a tanulásról megfogalmazott nézete, hogy a tanulás olyan reakciók sorozataként fogható fel, amelyet a személy bizonyos ingerek és az erre adott válaszok, elvárt viselkedésformák megerősítésén keresztül sajátít el. *„Ha mindenáron metaforával akarjuk jellemezni a tanítást, akkor az instrukció (vagy az inkább rokon jelentésű konstrukció) szót használjuk. Ebben az értelemben mondjuk, hogy a tanító informálja a tanulót, amennyiben viselkedésének formát vagy alakot ad [...] a tanuló viselkedése nagyon valóságos értelemben is alakítható (konstruálható).”* (Skinner, 1973).

### **A cselekvés pedagógiája**

Ennek a tanulásfelfogásnak a lényege, hogy a középpontban a cselekvő gyermek áll. A tanuló nem az ismereteknek passzív befogadója, a külvilág hatásainak elszenvetője, hanem cselekvő, a külvilág folyamataiba beavatkozó

és e beavatkozás eredményeként fejlődő ember. A pedagógiai eljárásokat meghatározó fő alapelve a cselekvés és tevékenykedtetés.

A cselekvés pedagógiájának egyik vezéralakja John **Dewey** (1859-1952), azt vallotta, hogy a cselekvés a tanulás legfőbb eszköze. A gyerekeket saját tapasztalataik juttatják el a strukturált ismeretekig. Dewey szerint a gyermeket az életre kell felkészíteni, de ez a hagyományos iskolában nem lehetséges, a tankönyvközpontú iskolában nem alakítható ki a cselekvő ember.

*„Az ismeretszerzés készségének megtanítása a korszerű iskola alapvető feladata.”* Nem a sok, egymástól elszigetelt elméleti ismeret a fontos, hanem annak a készségnek a kialakítása, hogy a tanuló képes legyen problémákat, feladatokat önállóan megoldani, akadályokat legyőzni. Erre a képességre lesz szüksége felnőttkorában is, csak így válhat belőle cselekedni tudó, cselekedni képes felnőtt.

A tanulók konkrét, cselekvésekre épülő feladatmegoldása során találkozhat csak problémahelyzettel, problémával, amit egyénileg kell megoldania. Hipotéziseket kell felállítania, majd ezeket a gyakorlatban ki kell próbálnia, csak így juthat el a helyes megoldáshoz. Mindezek által nemcsak új ismerethez jut, hanem gyakorlatias, életszerű tudásra tesz szert, amelynek segítségével problémamegoldó képessége is fejlődik.

A Dewey-féle iskolakoncepció legszembetűnőbb sajátossága, hogy megszünteti a hagyományos osztálytermet a katedrával, az iskolapadokkal és a szokásos fali szemléltető eszközökkel. Ezek helyébe jól felszerelt laboratóriumokat, műhelyeket, műtermeket (festészet, szobrászat) zenetermeket kíván berendezni. Az iskolai tevékenység szerves részét alkotja a konyha és az ebédlő, valamint a könyvtár és a múzeum is.

A **gyermektanulmány** (pedológia) a korszak másik jelentős pedagógiai-pszichológiai irányzata. A múlt század utolsó évtizedében – Dewey koncepciójával párhuzamosan – szintén az Egyesült Államokból indult hódító útjára. A gyermektanulmány, mint tiszta tudomány a rész tudományok olyan sorát foglalja magába (pl. gyermekpszichológia, gyermekfiziológia), amelyek közvetlenül a gyermekre vonatkoznak. Később szorosan összefonódott a kibontakozó reformpedagógiával, s egyben pszichológiai-antropológiai megalapozást biztosított számára.

Édouard **Claparède** (1873-1940) a kialakult gyermektanulmányi mozgalom legjelentősebb képviselője. Elmélete szerint, mely a kísérleti gyermekpszichológia eredményein alapult, a pedagógiai folyamatok sikerének biztosítéka, a gyermeki funkciók, a gyermeki tulajdonságok alapos ismerete és az azokhoz való legnagyobb fokú alkalmazkodás.

Claparède szerint olyan iskolára, nevelésre van szükség, amely alkalmazkodik a gyermek szerepéhez, tevékenységeihez és az egyes gyermek egyéni sajátosságaihoz.

A klasszikus **reformpedagógiai elméletek** közös sajátossága, hogy a tanulásfelfogásokban az aktív, ismereteit, tudását a cselekvés során megszerző gyermek a legfontosabb. A gyermek, aki önálló, érdeklődő személyiség, partnere a nevelőnek, aktív közreműködője a tanulási folyamatnak.

Ellen **Key** (1849-1926) svéd tanítónő, akinek "*A gyermek évszázada*" (Barnetsårhundrade) címmel 1900-ban kiadott műve a reformpedagógia egyik első, fontos alapdokumentuma. Művében radikális, kíméletlen hangon ostromozza a korszak társadalmi-pedagógiai visszasságait. Alapgondolata mi a gyermek helye a korabeli társadalomban, miként lehet olyan új nevelési formákat megvalósítani, amelyek a jövő generációjának egészséges, emberhez méltó felneveléséhez elengedhetetlenül szükségesek lennének.

A **művészetpedagógia** a századfordulón kibontakozó első jellegzetes reformtörekvés, amely a kor életérzésében, kultúra- és világfelfogásában gyökerezett. Ez az irányzat az életfilozófiának és a korszak modern művészeti törekvéseinek szellemi atmoszféráját sugározta, s egyben azoknak sajátos pedagógiai vetületet nyújtott. Hangsúlyozták, hogy az emberiség fejlődése során kétféle világ-megismerési formát alakított ki. Az egyik az *absztrakt* gondolkodás, amely a dolgokat önmagukban, környezetüktől függetlenül vizsgálja, a másik a *szemléletes*, konkrét gondolkodás, amely a dolgokat közvetlen, élő kapcsolataikban szemléli. Az elsőből született a tudomány, a másodikból a művészet. Az első kifejezési eszköze a szó, a másiké a rajz, ábrázolás, formázás. Az ember számára egyaránt fontos mindkét megismerési forma elsajátítása. Ezért a művészet, mint a valóság megismerésének sajátos formája, fontos nevelőeszköz is.

A mozgalom képviselői Julius **Langbehn** (1851-1907) német filozófus, Alfréd **Lichtwark** (1853-1914), művészettörténész.

A század első évtizedének végére mind jobban kiteljesedő reformpedagógiai mozgalom érdeklődése egyre fokozottabban a kisgyermek és kisiskolások nevelésnek kérdései felé fordult. Ennek jegyében született meg a kor természettudományos eredményeinek felhasználásával Maria Montessori és Ovide Decroly pedagógiai **természettudományos koncepciója**.

Maria **Montessori** (1870-1952) első olasz orvosnő Montessori-rendszer alapelvei: az aktív gyermeki tevékenység, a tevékenység szabadsága és a megfelelően kialakított eszközök és környezet.

A cselekvő alany maga a gyermek legyen. Az aktív gyermeki tevékenység segítségével a gyermek maga alkossa meg képzetait, fejlessze ki érzékszerveit, építse meg saját gondolatvilágát. A gyermek, mint személyiségének és tudásának építője. A jól megválasztott eszköz a cselekvés megindítója, irányítója. A tanár szerepének megváltozása, mely szerint a pedagógus nem ismeretközlő, hanem a tanulási folyamat megtervezője, segítője. A szabadság elve a gyermeki tevékenység közbeni szabadságot jelenti. A pedagógus feladata ennek a szisztematikus szabadságnak a módszeres megtervezése és

biztosítása, figyelembe véve, hogy a munkaalkalom és cél nélküli tevékenység veszélyes és káros lehet (Montessori 1930, Kurucz 1995).

### **Kognitívizmus tanuláselmélete**

Az 1960-70-es években a behaviorizmust fokozatosan felváltotta a kognitívizmus. A behaviorizmus az amerikai pszichológia meghatározó irányzata volt, így nem csoda, hogy az első kognitív elméletek arról, hogy tanulás közben mi zajlik az emberek fejében, európai pszichológusok nevéhez köthetők (Tóth, 2004).

A kognitív tanuláselmélet gyökerei jóval a kognitív forradalom előtt, a 20. század elején keresendők, és főként az alaklélektan képviselői (Wertheimer, Köhler, Koffka, Lewin), valamint Piaget és Bruner munkásságához köthetők.

Újra az ember belső működése felé fordult. A kutatás irányát egyre inkább a megismerés folyamatának vizsgálata határozta meg.

A 20. század második felében a kognitív tudományok rendszerének eredményeként kialakul az emberi értelem működésének információ feldolgozásként történő értelmezése (Pléh, 1998).

A kognitív tanulási modell által meghatározott időszakban, a tanulást magát alapvetően az információfeldolgozás folyamatának tekintik (Klimsa 1993, Baumgartner et al., 1994) és a feldolgozás eredményeképpen kerül sor a mentális sémák vagy modellek kialakítására. A kognitív tanulási elméletek egy másik irányzata, a felfedezésen alapuló tanulás.

### **Piaget kognitív fejlődéselemélete**

Jean Piaget (1896–1980) svájci pszichológus főleg a gyermek képességeinek fejlődését vizsgálta. Ő dolgozta ki az ismeretek és képességek kialakulási folyamatában a cselekvést központba állító elgondolások pszichológiai alapjait.

Piaget a fejlődéslélektan egyik legnagyobb hatású rendszerének megalkotója. A tanulásra vonatkozóan Piaget azt vallotta, hogy a gyermek vele született késztetést érez a tudás elsajátítására, amit a tanárnak fel kell(ene) ismernie. A gyermek egy kis tudós, aki kísérleteket hajt végre a környezetén, hogy ellenőrizze, mi fog történni. Elmélete szerint a gyerekek próbálkozásaik, érzékelésük, tapasztalataik segítségével saját megismerő mechanizmusukat alakítják, építik. A tudás tehát nem egy tiszta papíron megjelenő lenyomat, hanem az aktív tevékenység eredményeképpen létrejövő, a környezetére reagáló rendszer.

A tanulás szempontjából alapvető jelentőségű a cselekvés és a gondolkodás összefüggése. A gondolkodás kialakulását a tárgyakkal való külső cselekvésről a belső fogalmi műveletekre való átmenettel magyarázza. Szerinte a megismerés a való világ viszonyainak cselekvés segítségével történő belsővé válása.

A gyermek tanulási folyamata egy saját maga által konstruált belső kognitív struktúra kiépítését jelenti. Az ismeretszerzési folyamat két mozzanata az

asszimiláció és akkomodáció. Az asszimiláció során az egyén a külső környezeti hatásokat építi be a meglévő ismeretrendszerbe. Az akkomodáció során a meglévő kognitív sémáit módosítja, vagy új sémát hoz létre (Piaget, 1993).

Piaget legjelentősebb munkái a gyermeki gondolkodás logikai, szerveződési oldalát tárták fel. Különbséget tett konkrét és formális gondolkodás között. Elmélete szerint a gyermekkori gondolkodás fejlődése négy, egymásra épülő, egymástól minőségileg elhatárolható szakaszra bontható: a szenzomotoros fejlődés szakasza (kb. a születéstől a második életévig), a műveletek előtti szakasz (kb. a 2. életévtől a 6-7. életévig), a konkrét műveleti szakasz (kb. 6-7. életévtől a 12. életévig), a formális műveleti szakasz (kb. 12 éves kor után).

Elméletével sokan nem értenek egyet. Számos kísérletet végeztek annak bizonyítására, hogy az általa formálisnak nevezett problémákat a 12 év körüli életkornál korábbi életkorban is meg lehet ismerni. Mindennek ellenére az ő felosztását tekintik a fejlődésről való gondolkodás alapjának.

Piaget ismeretelméletével nem csak az addigi haladó reformpedagógiai nézetek rendszerbe foglalását végezte el, hanem alapot teremtett az őt követő legmodernebbnek tekinthető tanulásfelfogások kialakulásának, amit munkatársai, tanítványai hoztak létre.

Piaget ismeretelsajátításra vonatkozó elképzeléséből fejlődött ki a nyitott oktatás koncepciója, amelyet a következő ismérvekkel lehet jellemezni (Tóth 2004): nyitott tér, a munkáltatást segítő eszközök és anyagok, vegyes csoportok, a gyermek aktív szerepe a tanulásban, individualizált oktatás, diagnosztikus értékelés és brigádtanítás. Ezen jellemzők egy része az alaklélektan elméletéből ismert, mások a fentiekben bemutatott fejlődési szakaszokból következnek.

### **A felfedezéssel tanulás pedagógiája**

Jerome **Bruner** (1915-2016) amerikai pszichológus a felfedezéssel tanulás elméletével vált ismertté, amelynek lényege, hogy a tanulókat kell a figyelem középpontjába helyezni (tanulóközpontú oktatás), nem pedig az ismeretközvetítést, a tanulási folyamatot.

Bruner kognitív fejlődésemélete szerint a legfontosabb, hogy a tanulók átlássák a tananyag struktúráját, és ha ebben segítenek nekik, akkor jobban bevésszük az új ismeretek (Tóth, 2004). Szakít továbbá a programozott oktatás módszerével, amely szerinte hátráltatja az önálló gondolkodást, és a tanulók nem tudják a gyakorlatban alkalmazni a tanultakat. Ehelyett a tanulóknak önállóan megoldandó feladatokat, problémákat kell adni, amelyek helyes elvégzése által egyúttal az önbizalmuk, önértékelésük is nő, és később az életben is sikeresebben fogják megoldani a problémákat. A siker átélése újabb ismeretek elsajátítására fogja ösztönözni őket, tehát külön nem lesz szükség motiválásra.

Piaget-hoz hasonlóan Bruner is azt a nézetet képviseli, hogy a tanulók az önálló ismeretszerzés és problémamegoldás révén jobban megértik a tanultakat, mintha készen kapott ismereteket kérnének számon rajtuk.

Bruner koncepcióját a következő idézet foglalja össze (idézi Tóth, 2004: 121): *„Tanítani valakit nem azt jelenti, hogy a kész eredményeket az emlékezetébe vésetjük vele. Inkább azt, hogy megtanítjuk, miképpen vehet ő maga is részt abban a folyamatban, amely a tudás megszerzéséhez vezet. Valamely tantárgyat nem azért tanítunk, hogy e tárgyat tartalmazó kis könyvtárakat produkáljunk, hanem azért, hogy a tanulót a történetileg kialakult ismeretanyag önálló átgondolására serkentsük, arra hogy ő maga is részt vegyen az ismeretszerzés folyamatában.”*

A felfedező tanulás színteréül szolgáló nyitott oktatás legnagyobb hátránya, hogy szinte lehetetlen összeegyeztetni a mai teljesítményorientált iskolákkal, különösen a kötött, 45 perces órakeretekben nehéz megvalósítani az önálló gondolkodásra nevelést. A legélesebb kritikát éppen Skinner fogalmazta meg, eszerint a felfedező tanulás által a tanár igyekszik tehermentesíteni magát, és elkerülni a kudarc élményét. További problémát jelent, hogy az órán gyakran nem születik új felfedezés, a jó tanulók kisajátíthatják a felfedezés élményét, és eddig hitelt érdemlően sem sikerült bizonyítani, hogy a tanulók a felfedező tanulás által megtanult dolgokra jobban emlékeznének (Tóth, 2004).

### **Konstruktív pedagógia**

A konstruktív pedagógia ismeretelméleti alapja a konstruktivizmus, mely az 1970-es és 80-as években kialakult ismeretelméleti irányzat.

Azt a folyamatot vizsgálja, hogy mi történik az inger beérkezése és a válasz megfogalmazódása között. A konstruktivizmusban a fő hangsúly a tudás kialakulására helyeződik, míg a kognitívizmus a tudás feldolgozásával foglalkozik. A konstruktivisták a behaviorizmust élesen elutasítják.

A konstruktív pedagógia számos modern elemet olvasztott magába a fejlődéslélektanból, a kognitív pszichológiából, a szociológiából és a reformpedagógiák elméletéből.

A konstruktivizmus a tanulást nem a tudás átvitelének, hanem a tudás konstruálásának, azaz egy aktív folyamatnak tartja. Ennek legfontosabb mozzanata, hogy a tanuló az új információt a meglévő, rendszerezett ismereteinek segítségével értelmezi. A konstruktivista szemlélet szerint a tanuló a tudásnak nemcsak befogadója, hanem a korábban megszerzett ismeretei alapján létrehozója is. A tudás fokozza az ember biológiai értelemben vett adaptivitását és képessé teszi arra, hogy jobban alkalmazkodjon környezetéhez. A tudás nem a valóság fizikai lenyomata, tükörképe, hanem személyes konstrukció, mely a megismerő személy szubjektum terméke.

A konstruktív pedagógiai szemlélete szerint a tanítás célja nem az egyszerű tudásátadás, hanem optimális feltételek biztosítása ahhoz, hogy a gyerek tudása a személyes konstrukciókon keresztül létrejöjjön. A középpontban a

belső elméleteket működtető és cselekvő gyermek áll. A pedagógiai eljárásokat meghatározó fő alapelve a megelőző tudásra építés. A pedagógiai eljárások logikája dedukció és a fogalmi váltások.

A konstruktivisták szerint „nem léteznek a gyerekek értelmi fejlődésének minőségileg eltérő szakaszai, s nincsenek életkori sajátosságok sem” (Nahalka, 1997). Az újabb kísérleti eredmények hatására a konstruktivisták kritizálják Piaget szakaszos fejlődésmélettét is, bár ennek alapvető hatását a saját elméletükre, elismerik. Néhány szerző magát Piaget-t is „konstruktivistának” nevezi (Pléh, 1992). A konstruktivisták szerint Piaget-nek az a megállapítása, miszerint a gyermek fejlődése szigorúan meghatározott sorrendű szakaszokra oszlik, nem tartható, sokkal inkább áll az, hogy a maga szintjén gyakorlatilag bárki, életkortól függetlenül, megtanítható bármire, ha ehhez az érzékszervi és gyakorlati feltételek adottak.

A konstruktív pedagógia elvei a konstruálás elve, a *deduktivitás* elve, a szubjektivizmus elve, az adaptivitás elve, az aktivitás elve, a differenciálás elve és a kontextus elve.

A radikális konstruktivisták teljesen újraértelmezték a tanár, mint információközlő és folyamatirányító szerepét, és úgy tartották, feladata pusztán az önálló tanulás segítésére, feltételeinek megteremtésére korlátozódik.

## 1.2. Didaktikai koncepciók

*“Ha egy gyerek nem tud úgy tanulni, ahogy tanítjuk, akkor úgy kell tanítanunk, ahogy tud!” /Ignacio Nacho Estrada/*

A didaktika (vagy oktatástan) a görög didaszko (=tanítok) szóból származik, az oktatás, ill. tanítás elméletével foglalkozó tudomány. A pedagógiai tudomány (neveléstan) egyik ága, mely – a nevelés testi, értelmi és erkölcsi területei közül – az értelem képzésével foglalkozik (Herbart 1806, Fináczy 1935), és a tanításra-tanulásra vonatkozó törvényszerűségeket, alapelveket tárja fel és írja le.

A didaktika kifejezést Közép-Európában először Ratke (1571-1635) használta. A pedagógiai irodalomban 1632-től, Comenius „*Didactica Magna*” (Nagy Oktatástan) című könyvének megjelenése óta használják.

*„A didaktika az oktatás területén jelentkező elméleti és gyakorlati problematikák összességével foglalkozó szubdiszciplína (tudományág). A didaktika kritériumokat állít, útmutatást nyújt és mércét ad a cél - tartalom - folyamat - szervezés - módszer - és eszköz terén.” (Falus, 1998).*

A hétköznapi nyelvben „*tanítás*” és „*oktatás*” szinonimaként fordulnak elő, a didaktikai szakirodalom megkülönbözteti a két fogalmat, bár szerzőktől függően előfordulnak eltérő értelmezések. Az itthon többek között Fináczy Ernő és Imre Sándor által képviselt elgondolás („szűkebb értelmezés”) szerint az oktatás a tanítási folyamatnak csupán része, míg Nagy Sándor és Báthory

Zoltán szerint az oktatás a szélesebb körű, „tágabb” fogalom, és a tanítás és tanulás egységét jelenti (Falus, 1998).

A didaktika kitér a tanításra (a nevelő feladatára) és a tanulásra (a tanuló tevékenységére). Az oktatáselmélet magában foglalja mind a tanítás, mind a tanítás által irányított tanulás minden elméleti és gyakorlati problematikáját; az oktatás céljának, tartalmának, folyamatának, szervezeti formáinak, kereteinek, eszközeinek tudományos kifejezését; az alkalmazott pedagógiai módszerek és munkaformák rendszerezését.

A didaktika a gyakorlat számára kritériumokat állít, az ismeretek, jártasságok, készségek, viselkedésformák, attitűdök megszerzésének legcélravezetőbb módjaira vonatkozó szabályokat fogalmaz meg, s útmutatást nyújt a tanítás, tanulás értékeléséhez is.

**Didaktikai feladatok** az oktatás folyamatában: a figyelem felkeltése, a tanuló informálása a célról, előismeretek felidézése, az új ismeretek nyújtása, a tények, jelenségek sokoldalú elemzése, fogalomalkotás, következtetés absztrakciók, rendszerezés és rögzítés, alkalmazás, ellenőrzés és értékelés (Nagy, 1996). A tanítás-tanulás összefüggő folyamatának egységes lépései, amelyek hol önállóan, hol komplex módon jelentkeznek. Bármelyik didaktikai feladat elhanyagolása a tanulás eredményességét veszélyezteti.

Didaktika alapfogalmak

- **Tanítás-oktatás:** a tanulás céltudatos irányítása, irányítása, szabályozása, azoknak a tevékenységeknek a megszervezése, amelyek a teljesítményképes tudás elérése szempontjából szükségesek.
- **Tanulás:** a tanuló olyan aktív és produktív tevékenysége, amely a társadalmi műveltség, azaz az elméleti és gyakorlati ismeretek, jártasságok és készségek elsajátítása, képességek kialakulása, érzelmi és akarati tulajdonságok fejlődése, a magatartás alakulása révén járul hozzá a személyiség fejlődéséhez. (A tanulás-tanítás bipoláris feladat)
- **Ismeret:** a tanulás segítségével a valóságról szerzett tények, információk, fogalmak és a belőlük levont általánosítások egysége, törvényszerűségek, elméletek összessége. A megismerési folyamat eredményeként kialakuló pszichikus képződmény.
- **Képesség:** A képesség a cselekvésre, teljesítményre való alkalmasság, amelynek minőségét egyrészt az emberrel született adottságok, hajlamok, másrészt a környezeti hatások határozzák meg, és az emberi tevékenység folyamán alakul ki. Vannak ún. általános képességek (intelligencia, kreativitás), amelyek a tevékenységformák széles körében jutnak kifejezésre, és speciálisak, amelyek a tevékenység egy-egy területén fejtik ki hatásukat (pl. zenei képesség, kézügyesség).

- **Jártasság:** új feladatok, problémák megoldásának képessége, ismereteink alkotó alkalmazása, felhasználása útján. Maximálisan begyakorolt feladatmegoldás, ahol a törvények, szabályok felidézése szükséges
- **Készség:** a tudatos tevékenység automatizált komponense, mely sok gyakorlás során alakul ki. Pszichológiailag dinamikus sztereotípa, és maximálisan begyakorolt műveletvégzés. (Pl.: írás, számolás)

Az oktatás didaktikai vonatkozásai a 20. század második felétől egyre nagyobb hangsúlyt kaptak. Egyre több kutatásban, kísérletben foglalkoznak a közoktatásban folyó képességfejlesztéssel, és ezen a téren a magyar oktatáspolitikában is megfigyelhetők előremutató lépések. Nagy szerint *„Nagyobb gondot kell fordítani a készségek és képességek fejlesztésére”* (Nagy, 2003). A képesség fogalma Lénárd tömör meghatározásában *„a képesség az egyén olyan sajátosságainak együttese, amely megfelel egy bizonyos tevékenység követelményeinek és biztosítja e tevékenység elvégzésére az alkalmasságot”* (Lénárd, 1978). Fontos mozzanat tehát a képességben a gyakorlati megvalósítás és az alkalmazás.

### 1.3. Számítógépek alkalmazása az oktatásban

*„A számítógép olyan dolgokkal kapcsolatban kényszerít bennünket gondolkodásra, melyekről számítógép nélkül is rég el kellett volna gondolkodnunk.” /Schupp, H./*

Számos didaktikai szempont új megvilágításához nagymértékben hozzájárult a digitális számítógép és az internet iskolai elterjedése, melyek nyomán a figyelem középpontjába új tanítási, tanulási és értékelési módszerek kerültek.

A számítógépek megjelenése az iskolában Magyarországon 1982-ben kezdődött az iskolaszámítógép-program keretében. Ennek a programnak a keretében az általános és a középiskolák kaptak egy darab HT 1080Z, vagy VIDEOTON TV számítógépet központi forrásból finanszírozva. A 80-as évek második felében az iskolákban a számítógépek száma egyre gyarapodott. Megjelentek az ABC-80, PRIMO, Sinclair ZX Spectrum gépek, széles körben terjedt el a COMMODORE gépek használata (Horváth, 1986; Viszokay, 1986).

Az IKT (információs és kommunikációs technológia) oktatásbeli aktív jelenléte többet jelent a számítógépek használatánál. Magyarországon a 90-es évek óta vannak olyan törekvések, kezdeményezések, melyek az informatikai eszközök alkalmazásának minél szélesebb körű elterjesztését szorgalmazzák a hazai iskolarendszerben

A Soros Alapítvány 1995-ben indított Közoktatás-fejlesztési program stratégiájának fontos része volt a „Számítógépes iskola a nyílt társadalomért” részprogram.

Az 1997-ben indított „Sulinet Program” többéves működése alatt jelentős mennyiségű magyar nyelvű tananyag vált elérhetővé digitális formában. 1999-től multimédiás oktatási segédanyagok érhetők el a Sulinet honlap különböző rovataiban. A 2004 szeptemberében induló „Sulinet Digitális Tudásbázis” több műveltségterületen is hatalmas mennyiségű elektronikus tananyag, segédanyag elérhetőségét biztosítja a pedagógusok és a diákok számára.

A digitális pedagógia alkalmazása során a következő kérdések merülnek, merülhetnek fel:

- Mely tantárgy oktatásában használhatók a számítógéppel, számítógépes eszközökkel támogatott módszerek, és milyen módon?
- Az oktatási folyamat mely területein, mely korosztályok esetében van létjogosultsága az IKT eszközök alkalmazásának?
- Milyen módszerekkel, mely tananyagrészek, tartalmak közvetíthetők?
- Hogyan ötvözhető a számítógéppel segített tanítás és tanulás és a hagyományos pedagógia?
- Milyen hatásokkal alkalmazhatók a számítógépes eszközök, módszerek?
- Milyen képességű tanulók körében alkalmazhatók a számítógépek ismeretszerzésre?

Az informatikai eszközök oktatásban történő használatának előnyei (Szemánszky, 1997; Viszokay, 1986):

- Az internet segítségével a tanár és a diák hatalmas adatbázisból meríthet, és kis szervezéssel megvalósítható a kétoldalú vagy többoldalú kommunikáció.
- A multimédiás és prezentációkészítő szoftverek lehetőséget adnak a tanárnak arra, hogy saját, a nyomtatott könyvektől, fólíasorozatoktól független prezentációját elkészítse, valamint hogy mindezt látványosan és a világháló segítségével naprakészen bármikor újra felhasználhassa.
- Egy folyamat modellezése közben számos előnye mutatkozik meg. A hosszadalmas eljárások rövidíthetők, a jelenségek térbeli és időbeli korlátjai lecsökkennek.
- A virtuális kísérletek keretében használt eszközök, reakciók, vegyszerek „működtetése” nem veszélyes.
- Lehetőséget ad a különböző szimulált folyamatok megtervezéséhez a körülmények variálható, interaktív megválasztásával, akár nem hozzáférhető jelenségek is megjeleníthetők.
- A hagyományos táblai rajzzal szemben a grafikai ábrázolások számítógéppel igen gyorsak, szemléletesek, könnyen változtathatók.
- Az interaktivitás élményszerűvé teszi az informatikai eszközök használatát, az egyéni adatok és kérdések személyes jelleget adnak a tanulás folyamatának.

- A kérdésekre adott válaszok kiértékelhetők, a válaszok és a személyre szóló eredmények kinyomtathatók, és így a későbbi tanulás során újra felidézhetőek.
- Nem csak egy tanuló munkáját, hanem egy csoportot, esetleg egy egész osztályt is értékelni lehet, így gyors pedagógiai eredménymérésre is alkalmas.

Az iskolai oktatásban a hatékony szemléltetés, a tantárgy érdekessé tétele a pedagógus alapvető igénye. A számítógép felhasználása az ismeretterjesztésben és a képességfejlesztésben egyre nagyobb jelentőséggel bír. Az **oktatóprogramok** ezekre biztosítanak lehetőséget (Forgó, 2001).

Alapvető elvárás az oktatóprogramokkal szemben:

- a feldolgozandó anyagot bontsa kis egységekre,
- biztosítsa a tanuló aktív közreműködését,
- vezesse végig a tanulót az elsajátítandó tananyag láncolatán,
- tegye lehetővé a tanuló egyéni tempójában történő továbbhaladást,
- kínáljon a tanuló tudásszintjének megfelelő példákat, feladatokat,
- a fokozatosság elvét megtartva, egyre nehezedő feladattípusokat tartalmazzon,
- biztosítson ellenőrzési lehetőséget a tanulónak,
- legyen lehetőség tesztelni az ismeretelsajátítás szintjét.

Az oktatóprogramok előnyei:

- általa az információk több érzékszervünkön keresztül jutnak el hozzánk, így hatékonyabbá teheti az ismeretszerzést,
- motivál, növeli a kreativitást,
- jól szemléltet, illusztrációban, animációban gazdag,
- aktív tanulási folyamatot biztosít,
- használata minimális számítógépes ismeretet igényel.

## 1.4. Színrendszerek, színskálák

A 20. században megfogalmazódott az igény a színek számszerűsítésére, mérésére, melynek eredményei a színrendszerek és a színskálák. Ez az alfejezet a felsorolt színrendszereket, színskálákat mutatja be.

**Színrendszerek:** Munsell, Ostwald, CIE, CIELUV, CIELAB, CIE XYZ, RAL, OSA, LAB, DIN, NCS, Coloroid. Colorcurve, RGB, CMYK és a HSB színrendszer.

**Színskálák:** Pantone, HKS, ANPA, DIC Color, Toyo Color Finder, Trumatch színskála.

**Munsell színrendszer.** Albert Henry Munsell (1858-1918) amerikai festőművész 1905-ben mintegy 4000 tagból álló közel egyenközű színminta gyűjteményt és egy színrendszerezést dolgozott ki. A rendszer alapvetően az emberi színérzékelésre, a látási tapasztalatra alapul, melyben színeket a színezet (hue), a színtelítettség (chroma) és a világosság (value) írja le. Az 1905-ben megjelent „*Color Notation*”, majd az 1915-ben kiadott „*The Atlas of*

the Munsell Color System” című munkájában a színek elnevezésének egyértelműsítésére az egyes színeket betűkből és számokból álló kombinációk írják le, amelyek a fenti három ismérvből következnek.

Munsell célja az volt, hogy mind pszichofizikailag, mind fizikailag egyenlő léptékű legyen mindhárom dimenzióban. A Munsell színrendszerében a színek, érzet szerint megközelítően egyenlő távolságra vannak egymástól. Felismerte viszont, hogy kromatikus színek világossága olyan mértékben különbözik, hogy nem lehet az egyenlítő körül szekvenciálisan elhelyezni, így egy aszimmetrikus téridom alkalmas arra, hogy leírja színek kapcsolatát, melyet a „színek fája”-nak is neveznek.

A rendszert legkönnyebben egy hengerkoordináta-rendszerben képzelhetjük el. A színintenzitás/világosság a függőleges tengelyen a fekete és fehér közötti 10 fokozatban terjed. A színárnyalatokat öt alapszínre alapozta, melyek vörös (red) - sárga (yellow) - zöld (green) - kék (blue) - lila (purple). Ezek lettek az alapszínezetek, ehhez adott további öt, alapszínekből létrehozott keveréket. Az így létrehozott összesen 10 alap- és köztes szín mindegyikének 10-10 fokozata van, ezért a színeket egy 100 részre osztott körben helyezte el úgy, hogy magát a színt az 5-ös fokozat reprezentálja. A színtisztaságot/telítettséget a tiszta színárnyalat és a szürke szín keverésének mértéke adja, a tengelytől távolodva 12 vagy 14 fokozatban.

Az eredeti rendszer kisebb hiányosságait az 1929-ben megjelent „*Munsell Book of Color*” és későbbi kiadásai fokozatosan kiküszöbölték, az 1940-es évektől már optikai mérési eredményekre is támaszkodva (Munsell, 1942). A Munsell-színskála a kolorimetria nemzetközileg elfogadott színrendszere.

**Ostwald színrendszer.** Wilhelm Friedrich Ostwald (1853-1932) német, fizikus kémikus. Jelentős eredményeket ért el a fényérzékelés kutatásában. Kiadta 1916-ban a „*Die Farbenfibel*”, majd 1917-ben a „*Der Farbatlas*” című színtábláját. Ostwald színrendszere a Grassmann-törvényeken, az additív színkeverésen alapul.

Az Ostwald-féle színtest kettős körkúp, melynek csúcaiban a fehér és a fekete szín foglal helyet. Színrendszere minden mintát színezet, fehér és fekete tartalommal jellemez. Az újabban kiadott, Ostwald színgyűjteményekben a szürkescála 8 árnyalatot tartalmaz. Ostwald Hering négy alapszínét választotta a színek elkészítéséhez, de egymással szembe a komplementer színeket állította. Az eredetileg 100 részre osztott színekör a későbbi kiadásokban 24 színű. Rendszerében a különféle lehetséges árnyalatok a következőképpen vannak csoportosítva: alapszínek, világos színek (alapszín+fehér), sötét színek (alapszín+fekete), tompa színek (alapszín+fekete+fehér). A rendszer hibája, hogy érzet szerint nem egyenletes. Az Ostwald rendszert széles körben használták a művészetben, így történelmi jelentőséggel bír. Ez is (az NCS-hez hasonlóan) Hering ellentétes-színelméletén alapszik, de a Colorcurve rendszerhez hasonlóan ötvözi a színmegjelenési rendszert a színkeverési rendszerrel.

Mansell és Ostwald színrendszerén kívül sok színrendszer és színminta gyűjtemény ismeretes, melyeket az elmúlt évtizedekben hoztak létre. Szinte minden szakma kidolgozta a maga színmérési rendszerét a felhasználási területe (nyomdaipar, televízió, film, textilipar, számítástechnika) vonatkozásában, pl. CIE, CIELUV, CIELAB, OSA, RGB, HSB, HLS, CMY, CMYK, NTSC, PAL, SECAM. A legfontosabb színgyűjtemények a Coloroid, NCS, DIN, ISCC-NBS. Egy-egy színrendszer gyakorlatban való elterjedése függ összetevői minőségétől.

A **CIE Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság** (*Commission Internationale de L'Éclairage*) egyik fontos feladata módszerek és mérési technológiák kidolgozása a színek egyértelmű, objektív leírására és meghatározására.

**CIE színrendszer.** (*Commission Internationale de L'Éclairage*) A szervezet első, színmérő rendszerét a 1931-ben fogadta el, mely az additív színkeverésen alapuló trikromatikus rendszer. Alapszíneknek választottak a vörös (R) 700 nm, zöld (G) 546,1 nm és kék (B) 435,8 nm hullámhosszú monokromatikus fényt. A CIE színrendszere minden színhez R, G, B színekoordinátákat rendel, mely alapján értelmezett színértékek háromdimenziós vektorokkal ún. színvektorokkal ábrázolhatók. A színvektorok által kifesztett kúp alakú tér a színtér, a színkúpot metsző sík az ún. CIE-diagramm vagyis színháromszög. A színrendszer jellemzőinek az érzet szerinti eloszlásával való kapcsolatuk nem közvetlen és nem szemléletes. A **CIELUV** és **CIELAB** színrendszerek a CIE 1931-es érzet szerinti azonos távolságokra törekvő transzformációi (McLaren 1976). A **CIE XYZ színrendszer** elnevezése arra utal, hogy az alapszínek nem valós színek. Az alapszínek színárnyalata megegyezik az RGB alapszínek árnyalataival, viszont ennél telítettebbek. Mivel az alapszínek nem valós (virtuális) színek, a mérést elvégezni a szokásos módon nem lehet. Ezért csak számítással lehet meghatározni a színegyütthatókat (Wyszecki 1967, Judd 1975, Agoston 1979).

**RAL színrendszer.** (*Reichsausschuss für Lieferbedingungen*) Tervezési Rendszert 1976-ban a CIE dolgozta ki. Ezt a rendszert a szakmai színtervezéshez fejlesztették ki. 1688 színt tartalmaz, rendszerbe szervezve. Mindegyik színárnyalat 7 számjegyű különálló RAL színként van definiálva. Ezek jelzik a technológiailag mért színárnyalati, fényességi és színtelítettségi értékeket. A RAL színkör 360 színárnyalatot tartalmaz. Térbeli rendszerében a színárnyalatok a spektrális színek sorrendjében, körben vannak elrendezve, az elnevezés a szög-nagyságok alapján történik.

**OSA színrendszer.** (*Optical Society of America*) 1947 és 1977 között dolgozták ki Donald Judd vezetésével az Optical Society of America megbízásából. A színeket a világosság, a sárgaság és a zöldesség tekintetében jellemzi. Színgyűjteménye 645 színmintát tartalmaz, melyeknek meghatározták a CIE-XYZ rendszerbeli jellemzőit, de maga a rendszer nincs transzformációs kapcsolatban a CIE-XYZ rendszerrel (Wyszecki, 1960). Az OSA -t úgy tervezték, hogy két szomszédos minta közötti színkülönbség észlelete a tér mindhárom dimenziójában egyenlő legyen. A rendszer

háromdimenziós euklideszi geometriát használ, ahol  $l$ ,  $j$ ,  $g$  jelölik a világosságot, sárgás-kékességet, és vörös-zöldességet. A minták közötti egyenlő távolságot úgy tudták kialakítani, hogy a mintákat szabályos romboéder-mintába helyezték el, így minden mintának 12 szomszédja van. Ha ezeket összekötjük, akkor ezek egy kocka-oktaédert alkotnak. Ez lehetővé teszi a négyzetesen mintavételezett síkok több irányból való szemlélését.

**LAB színrendszer.** Billmeyer és Saltzman dolgozta ki 1981-ben. A színeket hasonló geometriai elrendezésben tartalmazza, mint az OSA színrendszer. A színeket jellemzi a világossága, sárgasága, kéksége, zöldessége és vörösségével. A rendszer lemond az érzet szerinti egyenlőközűségről, hogy a CIE-XYZ rendszerrel transzformációs kapcsolatot hozzon létre (Billmeyer, 1987).

**DIN színrendszer.** Richter 1944-ben közzétett a színeket érzet szerinti jellemzőkkel leíró színrendszere. 1953 óta német szabvány. A színek 24 érzet szerint megközelítően egyenlő részre osztja és a színárnyalatokat 1-24-ig számokkal jelöli. A DIN-Farbton a színezetnek, a DIN-Sattigungsstufe a telítettséget, együtt a színerősséget (Farbart) jellemzi. A színezet és a telítettség észleletileg egyenléptékű. Ezek a CIE színmérő rendszerben az  $x$  és  $y$  koordinátákkal jellemezhetők. A DIN-Dunkestufe a sötétségi fok, a testszín világosságára jellemző érték, mely matematikai összefüggésben áll a CIE  $Y$  színösszetevővel. A DIN és a CIE-XYZ rendszerek kapcsolatát táblázatosan rögzítették (Richter 1950, 1953, 1976). A rendszer a DIN Szín Táblázatban (Color Chart-ban) ölt testet, állandó Hue értékű lapokkal, négyzetes Darkness és Saturation mintavételezéssel, így az oszlopok azonos kromaticitást képviselnek, és árnyék sorozatot alkotnak (különböző szintű megvilágítás). Megmutatja, hogy a kromaticitásbeni különbségek észlelhetősége a sötétség növekedésével csökken. Az alsó sor bármely oldalon fekete.

**NCS színrendszert** (*Natural Colour System*) Hard és Sivik 1972-ben dolgozta ki Svédországban (Hard and Sivik, 1981), az 1953-ban kiadott Hesselgren színtáblájára építve, a Hering-Johansson ellentétes színelméletre alapozva (NCS Colour Atlas, 1978), figyelembe véve az emberi látás tulajdonságait. Alapgondolata, hogy hat elemi színészlelés van a fekete-fehér-sárga-vörös-kék-zöld és az összes többi színérzet ezekkel rokon. Az NCS színrendszer minden színt a hat megkülönböztetett színhez való hasonlóság fokával jellemez, de egy időben egy színt csak két színezethez hasonlít. A sárga és a kék, valamint a vörös és zöld egymást kizárja. A színi változók összege meghatározza az érzékelt szín NCS színezettségét, arányuk pedig annak színezetét. Az NCS rendszer geometriai formája szabályos szimmetrikus kettős kúp, melyen a fehér és a fekete a kúp két csúspontján fekszik, a másik négy kitüntetett színezet a telt színek körén egy négyzet csúspontjaiban foglal helyet (Hard 1975, Tonnquist 1986). A színekört négy részre bontja, ezen helyezi el az alapszíneket, a vöröset, sárgát, zöldet, és kéket egymással derékszöget bezárva úgy, hogy a sárga-kék, vörös-zöld párok egymással szemben legyenek. Ezt a kört osztja fel egyenlő részekre. Így, habár a kör

egyenlő felosztású, a színezétszlelet közötti különbség eltér a különböző kvadránsokban. Ennek oka, hogy pl. vizuálisan jobban elkülöníthető színek vannak a tiszta vörös és tiszta kék között, mint a tiszta sárga és tiszta kék között.

**Coloroid színrendszer.** Nemcsics Antal dolgozta ki, mely 1979-ben került végleges formájában publikálásra. (Nemcsics 1980, 1987; Billmeyer 1987). A Coloroid 2000 óta MSZ 7300 számú magyar szabvány. A színpreferencián alapul, a színharmónia-intervallumokra épül, így azok közé a rendszerek közé tartozik, amelyek esztétikailag egyenletes lépésközű skálák szerint rendezik a színeket, mellyel a fogyasztók ítéletét szakszerűen képes megfogalmazni (Nemcsics, 1990).

Építőipar színdinamikai tervezés módszereihez tartozik, elsősorban építészek számára tervezték a Budapesti Műszaki Egyetemen, de a mezőgazdaság és az élelmiszeripar területén dolgozók számára is lényeges kolorimetriai módszereket tartalmaz. A legfontosabb ilyen szempont: termékek kellemes, tetszetős külső formájával felkelteni a fogyasztó érdeklődését a termékek iránt.

A Coloroid rendszer kidolgozásához nagyszámú kísérletet végeztek. Az érzékszervi bírálatokhoz kifejlesztett szabványos kiértékelő szobában ülv kellett a kísérleti személyeknek ítéletet mondaniuk az általuk látott színélményről. A megfigyelt színes felületeket Maxwell-korongok formájában képezték ki. A válaszok eredményeként olyan színmérő rendszer alakult ki, amely világossági jellemzőjét és színszámait a CIE 1931 rendszerből származtatja, telítettségi jellemzőjét viszont Munselltől kölcsönzi. Fontos jellemzője, hogy a COLOROID színekör a színeket színszámok segítségével azonosítja; ezzel kiemelkedik a napjainkban használatos (CIE, CIELAB) színrendszerek közül.

**Colorcurve (színgörbe) rendszer.** 1992-ben fejlesztette ki Stanziola. Célja az volt, hogy olyan színkommunikációs rendszert hozzon létre, ami egyesít egy színmegjelenési és egy színkeverési rendszert. A rendszert úgy tervezték, hogy a színek meghatározhatók legyenek a rendszeren belül, aztán a mintához tartozó spektrális visszaverődési adatok felhasználhatóak legyenek a minták létrehozására különböző anyagokon és médiumokon. A rendszer a CIELAB színteret veszi alapul.

A rendszert két atlasz alkotja, amelyben a mintákat nitrocellulóz fénymázzal beborított papírra nyomják. A Master Atlasban 1200 minta kapott helyet 18 fényesség értékhez. A Gray and Pastel Atlasban további 956 minta található a szürke és pasztell közeli színeknek. Mivel a Colorcurve rendszert a minták spektrális visszaverődési karakterisztikája határozza meg, a megvilágító fényforrásnak mindaddig nincs jelentősége, amíg a minta spektrálisan egyezik. Ha sikerült spektrális egyezést elérni, akkor az elkészített minta egyezni fog a Colorcurve mintával minden fényforrás alatt. Ezt nem lehet elérni más rendszerekkel. A Hermann-háló hatás elkerülése miatt nem

négyzetes, hanem kör alakú mintát használnak, amelynek másik előnye, hogy nem zavaró, ha elfordul.

A felsorolt színrendszerek különböző módon, számokkal írják le a színeket.

A képfeldolgozás során a képek színadatait számok formájában tárolják. A színadatok tárolására többféle módszert kidolgoztak, ezek ismerete nélkül nem lehet a képfeldolgozás során a helyes színvisszaadást biztosítani. A színek pontos visszaadása rendkívül nehéz feladat. A nehézség oka az, hogy a különböző bemeneti és kimeneti eszközök (monitor, szkennerek, asztali nyomtató, nyomdagép, digitális fényképező, kivetítő stb.) más-más színtérrel rendelkeznek. Két eszköz közös színterén belül is a két eszköznek más-más a számérték és a szín megfeleltetése.

**RGB színrendszer** a számítógép monitorok megjelenítési módja. RGB rendszer elnevezése a vörös, zöld, kék színekre utal. Először, mint a képernyőre írandó szín megadási módja jelent meg, majd a szkennerekben is alkalmazták. A színes képernyő foszforai vörössel, zölddel és kékkel világítanak. Az *R*, a *G* és a *B* értékei nullától 255-ig terjedő számok, amelyeket 1–1 bájtton lehet tárolni. Nulla esetén nem világít az adott foszfor, 255 esetén maximális intenzitással világít. Hasonlóan a CIE rendszerhez, itt is összeadó (additív) színkeverés érvényesül. Lényeges eltérés az, hogy a CIE színrendszerrel az *R*, *G*, *B* színösszetevők monokromatikus fénysugarak, a képernyő alapszínei pedig összetettek. A másik lényeges eltérés az, hogy a CIE rendszerben lehetnek negatív értékű színegyütthatók, a képernyő vezérlőjele pedig csak pozitív szám lehet. A két különbség azt okozza, hogy a képernyő színtere kisebb, mint a CIE színrendszer színtere, azaz a CIE színrendszer ábrázolni képes a természetben előforduló szemmel érzékelhető összes színárnyalatot, míg a képernyőkön ennél kevesebb a megjeleníthető színek száma.

A szkennerek vörös, zöld és kék színszűrőkön keresztül tapogatták le a színes eredetiket, kézenfekvő tehát itt is az RGB rendszer használata. A képernyők RGB rendszerétől csak annyiban különbözik, hogy itt a színcsatornák nem csak 8 bit mélységűek lehetnek, hanem 12 vagy 16 bitesek is, azaz nem 256 fokozatot különböztetnek meg a minimum és maximum fényerő között, hanem 4096 vagy  $64K = 65536$  fokozatot. A kapott RGB értékeket befolyásolja az alkalmazott színszűrők spektrális átengedési függvénye, amit szoftveres úton korrigálni lehet.

**CMYK színrendszer** a nyomdai megjelenítés módja. A CMYK színrendszer elnevezése a nyomtatás alapszíneire utal: Cián (ciánkék), Magenta (bíbor), Yellow (sárga), Key (fekete). A négy mérőszám mindegyike 0 és 1 közötti értékkel rendelkezik, vagy ami ugyanaz, 0% és 100% közötti értékű lehet.

A **HSB rendszer** az emberi színérzékelésen alapuló rendszer, a színlátás három fő jellemzőjét írja le.

Hue – színárnyalat: a testről visszaverődött vagy a testen áthaladt színt jellemzi. Értéke 0 és 360 (fok) közötti érték lehet, amely megmutatja, hogy a

szabványos színhenger kerületirányában hány fokkal kell elfordulni az adott színárnyalatig. A mindennapi szóhasználatban a színárnyalat azonosítja a színeket, mint pl. vörös, narancs, lila.

Saturation – telítettség: a szín élénkségének jellemzője, a színtartalom és fehértartalom aránya. Értéke 0% (semleges: fehér, fekete, vagy szürke) és 100% (teljesen telített szín) között változik.

Brightness – világosság: a szín relatív világosságát és sötétségét jellemzi. Értéke 0% (fekete) és 100% (fehér) közötti lehet.

### **Színskálák, színgyűjtemények**

Sok olyan színspecifikációs rendszer létezik, ami nem teljesíti a színrendszerek követelményeit, de a gyakorlatban jól használható. Ezek a színgyűjteményeknek, színskálának olyan színek gyűjteményei, melyek előre definiált és pontosan leírt, sorbarendezett színeket tartalmaznak. A skála színei műszeresen ellenőrzött pontossággal készülnek és bármikor reprodukálhatóak tökéletesen megegyező módon. Lényegük, hogy bárhol és bármikor ugyanazt a színt használhassuk, amit már korábban alkalmaztunk. Ilyen színskálák készülnek az építőipar (homlokzat színe – HKS színskála), ruhaipar és a nyomdaipar számára is. Szakterülettől és földrajzi fekvéstől függően sok szabványosított színskála létezik.

- *A Pantone színskála.* A nyomdaiparban használt leggyakoribb színskála a Pantone skála. Ez a színgyűjtemény főleg olyan színeket tartalmaz, melyek nem keverhetők ki a 4 alapszínből (CMYK) – kikeverésük csak úgy lehetséges, hogy ha a 4 színben felüli alap, úgynevezett pigment színeket adunk hozzá.
- *HKS színskála.* A nyomdaiparban használatos, leginkább Európában.
- *ANPA színskála.* Az Amerikai Hírlapkiadók Szövetsége által kiválasztott 300 színből áll. Újságok direktszíneiként használják. (Direkt szín: előre kikevert szín, amit nem a négy alapszínből nyomtatnak, hanem először kikeverik a színt és nyomtatásnál csak ezt a már kikevert színt használják.)
- *DIC Color színskála.* 1280 CMYK direktszínt tartalmaz a DIC Process Color Note színekönyvtára. A színek a Dainippon Ink & Chemicals, Inc. által kiadott DIC színekatalógussal egyeztetetők (Tokió, Japán).
- *Toyo Color Finder színskála.* 1050 színt tartalmaz a Japánban legelterjedtebb nyomdafestékek alapján (Tokió, Japán).
- *Trumatch színskála.* Ez a színrendszer több mint 2000, számítógépen generált színhez nyújt kiszámítható CMYK színmintás egyezést. A Trumatch-színek a CMYK színtartomány teljes látható színterjedelmét egyenletesen lefedik. A Trumatch színeskereső minden színezethez akár 40 tónust és árnyalatot kínál, amelyek mindegyikét eredetileg négyszínnyomásos eljárással állították elő, így azok négy színből bármely elektronikus levilágító eszközön reprodukálhatók. (New York, USA).

## 1.5. Irodalomjegyzék az 1. sz. Függelékhez

### **Pedagógiai, pszichológiai, didaktikai és informatikai témakör irodalomjegyzéke:**

- [1] Aebli, H. (1951). *Didactique psychologique. Applications a la didactique de la psychologie de Jean Piaget.* Neuchatel, Paris. Delachaux et Niestlé.
- [2] Anderson, J. A. (2005). *A kommunikációelmélet ismeretelméleti alapjai.* Budapest, Typotex.
- [3] Barkóczy, I., Putnoky J. (1967). *Tanulás és motiváció.* Budapest, Tankönyvkiadó Vállalat.
- [4] Baumgartner, P., Payr, S. (1994): *Lernen mit Software.* Reihe Digitales Lernen. Österreichischer StudienVerlag, Innsbruck.
- [5] Bábosik I., Nádasdi M. (1991). *A pedagógiai kutatás módszerei.* Tankönyvkiadó, Budapest.
- [6] Boross, V. (2010). *Test - Tér - Jelentés 1.* Magyar Nyelvőr 133. évf. 1. sz.
- [7] Comenius (1632). *Didactica Magna.* Pécs, Seneca (Halász és Fiai, 1992).
- [8] Comenius (1653). *Orbis sensualium pictus.*
- [9] Csapó, B. (1992). *Kognitív pedagógia.* Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [10] Falus, I. (1998). *Didaktika.* Elméleti alapok a tanítás tanulásához. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- [11] Falus, I. (2003). *Az oktatás stratégiái és módszerei.* In: FALUS Iván (szerk.): *Didaktika. Elméleti alapok a tanítás tanulásához.* Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 2003, 243-293.
- [12] Fináczy, E. (1934). *Nevelésemlekek a XIX. században.* Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- [13] Fináczy, E. (1935). *Didaktika.* Budapest.
- [14] Forrai G., Szegedi P. (1999). *Tudományfilozófia.* Szöveggyűjtemény. Áron Kiadó, Budapest.
- [15] Forgó, S. (2001). *A multimédiás oktatóprogramok minőségének szerepe a média-kompetenciák kialakulásában.* Új Pedagógiai Szemle, 2001.07.08.
- [16] Herbart, J. F. (1806). *Allgemeine Pädagogik aus dem Zweck der Erziehung abgeleitet.* Általános pedagógia a nevelés céljából levezetve.
- [17] Hoffmann, O. (2005). *A számítógéppel támogatott tanulástól az e-learningig - A számítógéppel támogatott tanulás rövid története.* Neveléstörténet, 3-4. szám.
- [18] Horváth, G. (1986). *Számítógép az iskolában.* Comenius Tanítóképző Főiskola, Sárospatak.
- [19] Kardos, L. (1970). *Behaviorizmus.* A válogatást készítette és a bevezető tanulmányt írta Kardos. Lajos. Gondolat Könyvkiadó, Budapest.
- [20] Kelemen, L. (1986). *Pedagógiai pszichológia.* Budapest, Tankönyvkiadó.
- [21] Key, E. (1900). *Barnetsårhundrade. A gyermek évszázada.* Fordította Szilágyi Pál. Tk., Bp., 1976.
- [22] Klimsa, P. (1993). *Neue Medien und Weiterbildung: Anwendung und Nutzung in Lernprozessen der Weiterbildung.* Deutscher Studien Verlag, Weinheim.

- [23] Kurucz R. (1995). *A Montessori-pedagógia*. Veszprém.
- [24] Laki J. (1998). *Tudományfilozófia*. Osiris Kiadó, Budapest.
- [25] Lénárd, F. (1978). *A problémamegoldó gondolkodás*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [26] Montessori, M. (1930). *Módszerem kézikönyve*. Kisdednevelés, Budapest.
- [27] Nagy S. (1996). *Az oktatás folyamata és módszerei*. Budapest, ELTE.
- [28] Nagy, J. (2003). *Az eredményesebb képességfejlesztés feltételeiről és lehetőségeiről*. Iskolakultúra, 8. sz. 40-52.
- [29] Nahalka, I. (1997). *Konstruktív pedagógia*. Egy új paradigma a láthatáron III. Iskolakultúra, 1997/4. 3-21.
- [30] Nahalka, I. (2006). *Hatékony tanulás*. Budapest, ELTE PPK Neveléstudományi Intézet.
- [31] Piaget, J. (1993). *Az értelem pszichológiája*. Gondolat kiadó, Budapest.
- [32] Pléh, Cs. (1992): *Pszichológiatörténet*. Gondolat, Budapest.
- [33] Pléh, Cs. (1998). *Bevezetés a megismeréstudományba*. Tipotex Elektronikus Kiadó Kft., Budapest.
- [34] Pléh, Cs. (2010). *A lélektan története*. Budapest, Osiris.
- [35] Rousseau, J. J. (1782). *Émile, ou de l' éducation*. Edité par Deux-Ponts, Sanson 1782. Ambruss, G. (2011). Pozitívizmus in.: Boros G. (2011). *Filozófia*. Akadémiai kiadó. 939-955.
- [36] Salamon, J. (1996). *A megismerő tevékenység fejlődéslélektana*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- [37] Skinner, B. F. (1973). *A tanítás technológiája*. Budapest, Gondolat.
- [38] Szemánszki, K. (1997). *A számítógép, mint az oktatás segédeszköze*. Comenius Tanítóképző Főiskola, Sárospatak.
- [39] Tóth, L. (2004). *Pszichológia a tanításban*. Debrecen, Pedellus.
- [40] Veszprémi, L. (2000). *Didaktika*. APC Stúdió, Gyula.
- [41] Watson, J. B. (1913). *Psychology as the behaviorist views it*. Psychological Review, 20 (2), 158-177.
- [42] Viszokay, T. (1986). *Számítógép az oktatásban*. Comenius Tanítóképző Főiskola, Sárospatak.

**Színrendszerek, színskálák témakör irodalomjegyzéke:**

- [43] Billmeyer, F. W. (1987). *Survey of Color Order Systems*. Color Research and Application 12, 173-186.
- [44] Billmeyer, F. W., Kawakami, G. (1995). *New edition of Japanese color aptitude test*. In ISCC New No.355.
- [45] Hård, A. (1975). *A descriptive colour system with application for environmental design*. Man-Environment-Systems 5, 161-167.
- [46] Judd, D. B., Wyszecki, G. (1975). *Color in Business, Science, and Industry*. New York.
- [47] Long, J. T. *The New Munsell Student Color Set*, 3rd ed., Fairchild books: New York, 2011.

- [48] McLaren, K. (1976). *The development of the CIE 1976 (L\*a\*b\*) uniform colour space and colour-difference formula*. Journal of the Society of Dyers and Colourists 92, 338-341.
- [49] Munsell, A. H. (1905). *Color Notation*. Boston.
- [50] Munsell, A. H. (1915). *The Atlas of the Munsell Color System*. Boston.
- [51] Munsell, A. H. (1942). *Munsell Book of Color*. Munsell Colour Co., Baltimore.
- [52] *NCS Colour Atlas*. (1978). Stockholm.
- [53] NCS Complete Colour Exercises. description downloaded on 23/05/2015 from:[http://www.ncscolour.co.uk/products/individual\\_product\\_pages/colour-exercises.html](http://www.ncscolour.co.uk/products/individual_product_pages/colour-exercises.html)
- [54] Nemcsics, A. (1980). *The Coloroid Color Order System*. Color Research and Application 5, 113-120.
- [55] Nemcsics, A. (1987). *The Color Space of the Coloroid Color Order System*. Color Research and Application 12, 135-146.
- [56] Ostwald, W. (1916). *Die Farbenfibel*. Leipzig.
- [57] Ostwald, W. (1917). *Der Farbatlas*. Leipzig.
- [58] Richter, M. (1950). *Untersuchungen zur Aufstellung eines empfindungsgemäss*. Journal of Scientific Photographie, 45, pp.139-162.
- [59] Richter, M. (1953). *A szín a test DIN színrendszer*. The Color 2, pp.137.
- [60] Richter, M. (1976). *Bevezetés a Kolorimetriába*. Berlin.
- [61] Stanziola, R. (1992). *The Colorcurve system*.
- [62] Tonnquist, G. (1986). *Das Natürliche Farbsystem NCS*. DIN Mitteilungen, 462-469.
- [63] Višniak, G. P. and Fajnberg, I. S. (1998). *Colorcurve Systems Inc*, 1988.
- [64] Wyszecki, G. (1960). *Farbsysteme*. Göttingen.
- [65] Wyszecki, G., Stiles, W. S. (1967). *Color Science*. New York.

## 2. Függelék: A színérzékelés vizsgálatának kutatási eredményei

A színérzékelés területén az alapos kutatások szinte minden vizsgálati kérdésben egymásnak ellentmondó eredményekre jutottak, és számos egymással párhuzamos értelmezési lehetőség adott és bizonyított a kérdésben.

Magyar nyelvű szakirodalom a színekkel kapcsolatos nagyszámú kutatási terület közül csak kevéssel foglalkozik, gyakran csak az említés szintjén, és sok érdekes kérdésről egyáltalán nem is olvashatunk. Így van ez a színlátás vizsgálatának, színérzékelés fejlesztésének kutatásában is.

A 20. és 21. században felgyorsult a színekkel kapcsolatos ismeretek bővülése. A három színérzékelő receptor spektrális érzékenységének mérésére parányi intenzitású fényt vetítettek az élő emberi szembe, és a visszavert még csekélyebb intenzitású fény spektrumát bravúros méréstechnikával detektálták. A mérések egyre finomodtak, de a mérési eredmények az egyes szerzőknél jelentős különbségeket mutattak.

A létrehozott és a mai napig alkalmazásban lévő tesztek (FM 100, ISCC CAT, HVC, JCAT) kutatási eredményei sok kérdésben egymásnak ellentmondóak valamint gyenge megbízhatóságot fejeznek ki. Ez magyarázható azzal, hogy a különböző tesztek különböző céllal készültek, így a vizsgált tesztek a saját belső tényezőiket mérték. A vizsgált emberek színérzékenysége sem volt azonos, és a mérési körülmények is eltérőek lehettek.

A kidolgozott tesztek nemcsak mérésre, hanem gyakorlásra, a színérzékelés képesség fejlesztésére is alkalmazták. A vizsgálatok elő- és utótesztek formájában történtek. A fejezet további részében az anomaloszópok, FM 100, ISCC CAT, HVC és a JCAT teszteknek a kutatási eredményei kerülnek bemutatásra.

Ez a 2. Függelék Andrew J. Anderson „Colour aptitude: a critical review and the development of a new test procedure” 1996-ban megjelent angol nyelvű művének feldolgozásával készült.

### 2.1. Az anomaloszópok kutatási eredményei

Anomaloszópok vizsgálatára nagyon kevés adat van a teszt és újravégzett teszt elvégzésére vonatkozóan. Humanski és Shevell (1991) mérési vizsgálatot végzett el bizonyos faktorok hatásait illetően az anomaloszópiával készített variánsok vonatkozásában a Rayleigh párosítások esetében, de a munkájuk csak személyek közötti különbségekre vonatkoznak.

Pickford 1949-es művének nagy része a variációk vonatkozásában a színlátási normalitások tekintetében íródott, központjába helyezve az anomaloszópiás párosítást.

**Nagel-anomaloszkóp** használatában Schmidt 1955-ben megállapította, hogy nincs szignifikáns különbség az első és az ismételt teszt eredménye között.

Schmidt a középegyeztetési pont eloszlását elemezte különböző hibás színlátású, illetve normál színlátású csoportokban. Nincs pontos elemzés, a reprodukálhatóság tekintetében az egyeztetési intervallumra. A középegyeztetési pontra vonatkozóan volt egy kezdeti szignifikáns különbség, amit úgy értelmezett a szerző, mint egy tanulási effektust, de nem említi, hogy ez az effektus ugyancsak jelen volt-e az egyeztetési intervallum esetében is.

Az ismételt tesztek reprodukálhatóságára vonatkozóan ezzel az eszközzel kapcsolatban kevés más adat van. Bár Humanski és Shevell 1991-ben megmérték különböző faktorok hatásait az anomaloszkóp által kapott Reyleigh egyeztetések varianciájára, de az ő munkájuk csak alanyközi különbségeket vizsgált (azt vizsgálták, hogy az egyes alanyok mennyire teljesítettek másképp, és nem pedig azt, hogy az ismételt teszt során ugyanaz az alany mennyire kapott más eredményt).

Lakowski foglalkozott a **Pickford–Nicolson anomaloszkóp** hatékonyságával, vizsgálta, hogy az eszköz mennyire hatékonyan jósolja meg, az alanyok azon képességét, hogy egy vizuális colorimeter segítségével egyeztessenek színeket (Lakowski, 1968). Az anomaloszkóppal kapcsolatban Lakowski 1971-ben azt is felveti, hogy a tesztekben kapott eredményt kevésbé befolyásolja a színekkel kapcsolatos területen végzett munka vagy a tapasztalat, viszont jobban mutatja a tesztalany veleszületett színérzékelési képességét.

## 2.2. A Farnsworth-Munsell 100 Hue Test kutatási eredményei

Ellentmondó eredmények jelentek meg az irodalomban azzal kapcsolatban, hogy a megismételt F-M 100-as teszt eredménye szignifikáns-e az úgynevezett tanulási effektus tekintetében.

1994-ben Hardy és munkatársai vizsgálták, hogy a tanulásnak milyen hatása volt a tesztpontszám eredményére. Szignifikáns tanulási effektust találtak Jonckheere és Bower (1967) által leírt nonparametrikus tesztet használva.

Hat férfinál vizsgálták, hogy a teszt többszöri ismétlése során fejlődik-e a teljesítményük. Mindannyian egy szemmel végezték a tesztet. A tesztalanyok közül öten 17-szer ismételték meg a tesztet hat héten belül. Ez a statisztikai vizsgálat nem számol be arról, hogy pontosan hány újra tesztelésre volt szükség ahhoz, hogy ez a tanulási effektus jelentkezzen. A szerzők úgy érezték és az adatok látás utáni elemzésével mondták ki, hogy ez a tanulási effektus körülbelül öt vagy tíz újratestelés után teljessé válik, annak köszönhetően, hogy a teszt padlóhatást mutat (ez azt jelenti, hogy a nullánál jobb pontszám nem érhető el). Annak vizsgálatára, hogy valóban van-e ilyen padlóhatás három tesztalany ismételte meg a tesztet legalább további 15 alkalommal úgy, hogy egy semleges fényérzékeny szűrőn át nézték a színmintákat egy héten keresztül. Ismét szignifikáns tanulási effektust találtak. Mindezzel együtt ezen

eredmények jelentősége kétségbe vonható, hiszen viszonylag kicsi ez a mintaszám, így az eredmények interpretálhatósága kérdéses.

McLaren, aki 1966-ban hasonló tanulási effektusról számol be, de minderre csak anekdotikus bizonyítéka van, amelyet annak során szerzett, hogy a tesztet képzési hatékonyság vizsgálatára használta.

Reeves és munkatársai 1987-ben egy jobban megtervezett vizsgálatot végeztek. Úgy találták, hogy szignifikáns tanulás van jelen olyan egyéneknél, akiknek a színlátása normális. Az újabb teszteknel az átlagos fejlődés kilenc pont volt.

Fine és Koprıcık (1980), valamint Farnsworth (1957,1943) hasonlóképpen találtak valamilyen tanulási effektust a tesztben.

A korábbi eredményeknek ellentmondanak Stone és munkatársai 1993-ban publikált eredményei, akik úgy találták, hogy csak egy nagyon korai tanulási effektus jelentkezik. Farnsworth 1957-ben szintén erről számolt be.

De olyan szerzők is voltak pl. Chisolm és Verriest, akik egyáltalán nem találtak semmilyen tanulási effektust. Chisolm kutatásának esetében elképzelhető, hogy a tesztalanyoknál diagnosztizált változatos betegségek elfedték a tanulási effektus meglétét (Chisolm, 1969). Verriest és munkatársai ugyanakkor később már találtak szignifikáns tanulási effektust egy olyan kutatásban, amelyet egy szemmel végeztek az alanyok (Verriest, 1963).

A teszt és ismételt teszt hatékonyságát mérték egy klinikailag releváns módon Reeves és munkatársai 1987-ben. Az eredmények azt mutatták, hogy véletlenszerű lehet a változás, a pontszámban az elvárt átlagos 9 pontos változás körül. Craven (1993-ban) a jelérzékelési elmélet modelljét alkalmazta az F-M 100 tesztet végző megfigyelőre és azt találta, hogy 100 vagy annál kevesebb pont esetében egy alany pontszámának standard deviációja közel kétszerese az alany átlagos pontszámának négyzetgyökének. Ezek az eredmények jól beilleszkedtek Chisolm (1969) kutatásaiban, illetve a korábban publikált modellező irodalomba (Viktor, 1988). Összességében Craven (1993), Viktor (1988) és Chisolm (1969) eredményei azt sugallják, hogy a variabilitás növekszik, ahogy az átlagos hibapontszám növekszik.

Az F-M 100 teszt érvényességével kapcsolatban a legmeggyőzőbb eredmény magától Farnsworthtól származik 1957-ből. Három különböző csoportot hasonlított össze. Az egyik egy nem válogatott személyekből álló csoport, a másik ugyanarra a munkahelyre jelentkezők csoportja (akik színterellel kapcsolatos állásokra jelentkezték egy festégyárban) és a harmadik, egy professzionális színterellel foglalkozó személyek csoportja, különböző iparágakból, 3 és 20 év közötti tapasztalattal.

Az első csoport létszámát nem adta meg, a második csoportban 300 alany, a harmadik csoportban 150 alany vett részt (Farnsworth, 1957). Minden csoporton belül a legfelső 10 százalékot, illetve a legfelső 90 százalékot összehasonlítva azt találták, hogy a maximális teljes hibapontszám a tapasztalt csoportban négyszer alacsonyabb, mint a nem kiválasztott

csoportban. (csak egy kivétel volt az összehasonlításban). Minden összehasonlítás esetén a házon belüli pályázók csoportja köztes eredményt produkált a másik két csoport eredményéhez képest. Ami viszont nem világos ebből az eredményből, hogy vajon a csökkent pontérték a színipar területén kevesebb tapasztalatot jelent, vagy azt mutatja-e, hogy az egyes feladatok, munkakörök betöltéséhez milyen szintű színlátásra van szükség.

A teszt érvényességének megítéléséhez arra is szükség van, hogy más, esetleg nem a színekhez kapcsolódó faktorokat ítéljünk meg a F-M 100 teszten belül. Lakovszky (1989) megemlített néhány problémát, amely a teszthez kapcsolódó kognitív feladatokat érinti. A gyerekek esetében jelentkeznek például, akik a fiatal felnőttektől eltérően nem tudnak hosszú színsorozatokot kiértékelni (nem tudják, hogy a színek a vöröstől a sárgáig, aztán a narancssárgáig, majd a zöldig tartanak). Az időseknek is lehetnek problémái a teszttel, ami betudható a látásvesztésnek, rövid távú emlékezetvesztésnek, szervezési problémáknak, vagy a központi idegrendszer felsőbb szintjeinek működési problémáinak. Bár önmagába nézve nem valószínű, hogy fiatal gyerekeknek vagy nagyon idős embereknek kellene elvégezniük a tesztet valamilyen céllal, de ezek az eredmények mindenképpen mutatják azt, hogy bizonyos kognitív faktorok kihathatnak a tesztből kapott eredményekre.

Stone és munkatársai (1993-ban) kidolgoztak egy tesztfeladatot, amely hasonló az F-M 100-hoz, de nincs hozzá szükség szín-megkülönböztetésre és így ezekkel a normatív adatokkal ki lehet szűrni, azokat a személyeket, akik esetleg más okból teljesítenének rosszul a szín-megkülönböztető teszten, mint például a motiváció hiánya, fáradtság és a megértés hiánya.

A teszt nehézsége, hogy a jó színlátással rendelkező személyek között nem lehetséges további megkülönböztetés a teszt alapján, pedig a cél a színtani területen tapasztalattal rendelkező dolgozók számára a tökéletes pontok szerzése (Little, 1967; McLaren 1966). Farnsworth 1957-ben azt írta, hogy azon személyek számára, akik jó színlátással rendelkeznek, a személy kiválóságának a fokát nem az F-M 100 tesztel kell megítélni, hanem az ISCC CAT erre a megfelelő módszer.

### 2.3. ISCC CAT kutatási eredményei

Dimmic a tesz és az ismételt teszt elvégzésével 200 tesztalanyra nézve gyűjtött adatokat (Dimmick,1954). A tesztminták háromnegyede tíz, vagy annál kevesebb pontérték változást mutatott. A változások 95%-a körülbelül 20 ponton belül volt. A pontok egyenlő valószínűséggel változtak mindkét irányba, ez azt mutatja, hogy nem volt tanulási effektus. Dimmick arra vonatkozóan is szolgáltatott bizonyítékokat, hogy a további újratestelés egyre magasabb korrelációt eredményez, ha az eredményeket kombinálják az előző tesztek eredményével.

Ezzel szemben más szerzőktől származó reprodukálhatósági adatok kétséges jelentőségűek. Tilleard például 1958-ban csak néhány személyt tesztelt újra (nem adta meg, hogy pontosan hányat). A megvilágítási körülmények az

első tesztben időnként nem ugyanazok voltak, mint a másodikban. Összesen a pontváltozások 78%-a hat, vagy annál kevesebb pontérték volt. A teszt 1964-es kiadású kézikönyvében az a mondat szerepel, hogy a pontváltozás öt egységig valószínűleg jelentéktelen. De hogy ezt pontosan honnan vették, vagy mi támasztja ezt alá, az nincs meg a kézikönyvben (Dimmick, 1964). Cobb 1975-ben 11 személyt tesztelt újra, és a korrelációs koefficiens 0,203-nak találta.

Az ISCC CAT érvényességével kapcsolatosan eddig kevés kutatás készült. Adams és Tilleard 1958-ban úgy látta, hogy a teszt megfelelően méri azt, hogy a tesztalany mennyire pontosan képes az egyes színek egyeztetésére. Adams úgy érezte, hogy a veleszületett színérzékelési képességükön kívül sok más tényező, mint pl. a motiváció, az egészségi állapot, vagy a hozzáállás a teszthez befolyásolta a teszten elért pontszámot. Lakowski munkája 1969-ben a különböző pszichológiai, vagy lelki tényezőkkel kapcsolatban, amelyek befolyásolják a teszteredményt, ugyancsak azt sugallja, hogy nem a szín-megkülönböztető képesség az egyetlen, amely meghatározza egy tesztalany pontszámát.

Dimmick 1943-ban úgy adja meg a teszt célját, hogy a szem használatának képességét mérje, nem pedig csak egyszerűen a szem működését. Ez azt sugallja, hogy ez inkább egy szerzett tudást mér a színekkel kapcsolatban, a színérzékelés használatának képességét, nem pedig egyszerűen a színérzékelést. Ugyanakkor, ha a teszttel egy szerzett tudást mérnénk, akkor logikusnak tűnne azt feltételezni, hogy a munkahelyen szerzett tapasztalat befolyásolja a tesztalanyok pontszámát. Ennek ellenére Dimmick 1954-ben nem talált összefüggést több év tapasztalat és a teszten szerzett pontszám között azon alanyoknál, akiknek több éves tapasztalata volt a festékiparban és azoknál, akiknek nem.

Tilleard 1958-ban ugyancsak nem talált különbséget 120 olyan ember eredménye között, akik több évig dolgoztak a színes festékiparban és a saját vizsgált csoportjának eredményei között.

Mindezek az eredmények ellentmondanak annak az egyébként szintén bizonyítatlan állításnak, hogy a színegyeztetési tudás, a szerzett tudás a teszttel fejleszthető (Color Aptitude Test, 1952).

Hess 1957-ben igazolta a teszt hatékonyságát ipari körülmények között, bár egy kicsit megváltoztatta a tesztfolyamatot, hogy megpróbálja kiküszöbölni a gyengeségeit.

Az ISCC 1694-es kézikönyve hivatkozik arra az állításra, hogy a színek vizuális összehasonlítását tekintve egy képzett megfigyelőnek legalább 75 pontot kell elérni az ISCC színértékelési teszten, mivel lényeges tapasztalata van a papíralapú színegyeztetésben.

Tilleard elismeri, hogy vannak nehézségei az ISCC CAT eredmény meghatározásában, a munkahelyen használatos színegyeztetési képesség vonatkozásában. Különösen, ha figyelembe vesszük az összes tényezőt, ami a

munkahelyen a megfelelő szín eléréséhez szükséges pl. tapasztalat a festékanyagok viselkedésével kapcsolatban. Tilleard azt feltételezi, hogy egy olyan személy, aki kis különbségeket is jól meg tud különböztetni, az nagyobb eséllyel lesz sikeres munkahelyi környezetben is (Tilleard, 1958), így végül is alkalmasnak nyilvánítja ezt a tesztet a gyakorlati alkalmazásra a képzési alanyok számára.

## 2.4. HVC kutatási eredményei

Az alkalmazott tesztvizsgálat előzetes elemzését Graham 1993-ban közölte, a saját kutatásából, amelyben több mint 100 tesztalanyt alkalmazott, nyolc különböző ipari helyszínről. A csoportban senki sem volt 21 évesnél fiatalabb, így bevett később egy plusz csoportot, amely 11 és 13 év közötti általános iskolás diákokból állt. Érdekes megjegyezni azt, hogy kihagyta a 14-20 éves közötti populációt, akiktől esetleg elvárhatnánk, hogy megfeleljenek, illetve pályázzanak a színpárosító feladatokat kínáló ipari szektor állásaira.

Amikor azt elemezte, hogy van-e a kornak hatása a színegyeztető képességre, akkor azt látta, hogy nincs különbség a 20 és 35 év közöttiek, valamint a 35 és 65 év közöttiek csoportja között ( $p=0,01$ ). Ez általánosan nézve ellentmond a korábbi adatoknak, amelyek azt kutatják, hogy a korrallal gyengül a színkülönbség-érzékelő képesség (Verriest, 1963; Gilbert, 1957). Bár megjegyzésre érdemes Dimmick 1954-es közleménye, aki szintén nem talált semmilyen korfüggő jellemzőt, amikor az ISCC CAT-et használta.

Graham szerint azok az alanyok, akiknek az egészségi állapotával valamilyen probléma volt, például megfázás, fejfájás, vagy más átmeneti probléma, gyengébben teljesítettek a teszten. Bár erre vonatkozóan Graham közleménye nem ad meg adatot, vagy analízist, hogy ezt alátámassza. Az sincs megadva, hogy milyen módon jutott hozzá ehhez az információhoz. Valószínűleg mást kapnánk abban az esetben, ha azt mondjuk, hogy a teszt előtt mindenki jelentse, hogy az egészségi állapota nem 100%-os, szemben azzal, hogy azokat, akik esetleg gyengén teljesítettek, megkérdezzük, hogy egyébként rosszul érzik-e magukat. A két esetben eltérő arányban jelentenének egészségügyi problémát az emberek. Az egészségügyi állapotuk miatt kevesebb, mint öt tesztalany adata kikerült ki a vizsgálatból (Graham személyes levelezéséből, 1994. július 16.).

Graham azt is közölte, hogy azok az alanyok, akik idegesek voltak a vizsgázás miatt, gyakran, de nem minden esetben gyengén is teljesítettek (Graham, 1993). Két ilyen tesztalany eredményét vette ki emiatt a további analízisből (Graham személyes levelezése, 1994. július 16.).

A teszt megismétlésekor, egy rövid, 24-től 48 óráig terjedő periódust követően, az eredmények körülbelül három pont eltolódást mutattak (Graham, 1993). Körülbelül 20 tesztalany eredményét vizsgálták, hogy ezt az eltolódást meghatározzák. A leírtakban nem egyértelmű, hogy a kapott pontoknak a változása egy  $\pm 3$  pontos intervallumon belül, vagy  $\pm 1,5$  pontos intervallumon belül történt. Tehát, hogy az átlaghoz képest mozdult el 3

ponttal, vagy pedig a kapott két szélsőérték között volt az a három pont (bár mindkét esetben viszonylag alacsony értékről beszéltünk).

A céges alkalmazottak és a gyártási alkalmazottak tesztelése során öt különböző helyen szignifikáns különbséget találtak ( $p=0,01$ ) a HVC teszttel elért pontok között (Graham 1993). A céges alkalmazottaknak egy vagy legfeljebb öt színnel kapcsolatos döntést hoztak naponta, míg a gyártási alkalmazottaknak 5-től 50-ig terjedt naponta az ilyen döntéseik száma. A céges alkalmazottak átlagosan 54,5 pontot értek el a teszten, míg a gyártási alkalmazottak 66,5-öt. A kettő közötti különbség szignifikáns ( $p=0,01$ ). Ez azt támasztja alá, hogy a teszt inkább szerzett tudást, mintsem vele született színérzékelési képességet mér. Ugyanakkor a feladat, amit a HVC során végez a tesztalany, az lényegében ugyanaz, mint az ISCC CAT során végez. Valószínűtlennek tűnik, hogy az egyik teszt inkább érzékenységet mérjen, míg a másik teszt inkább szerzett tudást.

Tilleard 1958-ban és Dimmick 1954-ben mindketten azt publikálták, hogy nincs korreláció a területen szerzett tapasztalat és a színérzékelés képesség között, tehát a színérzékelési képesség nem fejleszthető tapasztalattal. Ezt az ISCC CAT segítségével mérték. Ez némileg ellentmond Graham eredményeinek, amit a HVC-vel kapott (Graham, 1993). (Nem feltétlenül arról van szó, hogy a színérzékelés képessége nem fejleszthető tapasztalattal, hanem arról, hogy aki valamilyen színekkel kapcsolatos szakterületen dolgozik, például gyártási pozícióban, az ott szerzett tapasztalata nem volt szignifikáns korrelációban a mért színérzékeléssel.)

Graham kettővel több színdimenziót mér, mint az ISCC CAT. Ennek ellenére az ő módszere nem követeli meg, hogy a tesztalany több egyeztetést végezzen, mint a CAT során. A HVC-ben 36 egyeztetés, az ISCC CAT során 40 egyeztetés történt. Első látásra logikusnak tűnik, hogy ha három színdimenziót tesztelünk egy helyett, de ugyanolyan pontossággal, mint azt az egyet, akkor háromszor annyi egyeztetési lépésre lenne szükség, különösen, ha nagyon hasonló pszichofizikai technikát alkalmazunk. Ilyen számú egyeztetéssel csak akkor lehet ugyanolyan pontosságot elérni, ha a három színdimenzió teljesen függ egymástól. Tehát például a színárnyalat csökkenése együtt jár egy ugyanakkora csökkenéssel a szín telítettségében és világosságában. Smith 1943-as munkája támogatja ezt a gondolatot a színek, színdimenziók összefüggésével kapcsolatban. Amennyiben a színdimenziók összefüggése valóban igazolódik, akkor tulajdonképpen a három különböző dimenzióra való külön tesztelés értelmetlennek nevezhető, hiszen nem ad több információt, mint a régebbi ISCC CAT.

## 2.5. JCAT kutatási eredményei

A teszt első alkotórészeiben használt színnevezések eléggé szubjektívnek tűnnek. Ahhoz, hogy a tesztalany jól teljesítsen a teszten, szükség lehet a tesztben használt színnevezések begyakorlására. Így a teszt nem igazán alkalmas naiv alanyok vizsgálatára, például olyanokra, akik valószínűleg

éppen munkát keresnek a színiparban. Az is problémás lehet, hogy a teszt a Munsell rendszert használja a helyes válaszokhoz, a 4-es számú alkomponensben. Ez a probléma a Munsell osztályozási rendszer egyenetlenségeinek köszönhető (Billmeyer Jr.-Bencuya, 1987; Ishak et al., 1970; Davidson-Friede, 1953).

A JCAT nem igazán alkalmazható általános klinikai közegben, vagy egy adott álláshelyre jelentkezők szűrésére. Ez azért van, mert a teszt maga meglehetősen hosszú időt vesz igénybe kb. 8 órát. Ráadásul angolul nem hozzáférhető sem a teszt kiértékelése független szakértők által, sem pedig összehasonlító vizsgálatok más hasonló tesztekkel. Összességében a teszt jól méri a színek közötti különbségek érzékelését (a háromszög teszt), a megkülönböztetést (a színtulajdonságok megkülönböztető tesztje), valamint a nagyság becslését, a színek mindhárom dimenziójának megfelelően – árnyalat, világosság és telítettség. Sajnálatos módon angolul nem hozzáférhető azzal kapcsolatos eredmény, hogy vajon mennyire fednek át ezeken a teszteken kapott eredmények a munkahelyi teljesítménnyel, vagy más hasonló tesztek eredményeivel. És arról sincs adat, hogy a gyakorlás mennyire hat ki a teszt eredményére, tehát hogy van-e tanulási effektus.

## 2.6. Tesztek közötti egyezés a színérzékelés mérésében

Viszonylag kevés tanulmány foglalkozik azzal, hogy meghatározza, hogy van-e egyezés a színérzékelés különböző tesztjei között.

Little 1967-ben pozitív, de nem szignifikáns korrelációt mutatott ki ( $r=0,102$ ) a 140 tesztalany esetében, ahol az eredményeket F-M 100 és ISCC CAT segítségével kapta. Green 1962-ben szintén ebből a két tesztből kapott eredményeket vetette össze, és erősebb korrelációt talált, 0,54-et. Azonban ez az eredmény sem volt szignifikáns a kis mintaszám miatt ( $n=13$ ). Érdekes, hogy maga Farnsworth sem számított arra, hogy az F-M 100 teszt különösebben erősen korrelálna más színlátási tesztekkel, mivel úgy határozta meg tesztjét, hogy egy bizonyos pszichológiai érzékenységet mérjen (Farnsworth 1957).

Hasonlóképpen kevesen foglalkoztak azzal, hogy meghatározzák, hogy valójában miért is látni ekkora különbségeket a különböző színérzékelési tesztek eredményei között.

Little 1967-ben arra jutott, amit Smith 1943-ban már közölt, hogy erős a korreláció a színek árnyalati és telítettségi adatainak megkülönböztetésében. Ez azt jelenti, hogy nem arról van szó, hogy a tesztek különböző színi aspektusokat mérnek, és ezért adnak különböző eredményt (hiszen az egyes színi aspektusok változásának mérése jól átfedett egymással), hanem szerinte a tesztelési technikák rovására írható a kapott eredmény (gyenge korreláció az F-M 100, és az ISCC CAT eredményei között).

Lakowski 1969-ben több forrásra hivatkozik, hogy megerősítse azt a gondolatot, hogy a színlátási tesztek közül kapott variancia nagy része

olyasmiből származik, ami specifikus az egyes tesztekre nézve, és így nem csak színérzékelést mér.

## 2.7. Színérzékelés képesség mérhető-e?

A kutatások arról számolnak be, hogy viszonylag ritkán jelenthetünk ki korrelációt a munkahelyi teljesítmény és a színérzékelési tesztek eredménye között.

Ennek egyik oka lehet az a nehézség, hogy egyensúlyba hozzuk ezt a két paramétert. A fentiekben áttekintettük az elérhető irodalom nagy részét. A legtöbb kutatás a teszt eredményeket vagy az általános teljesítménnyel vagy pedig az alkalmazottak rangsorolásával hozta összefüggésbe a színiparban. Ritkán vagy egyáltalán nem említik azokat a speciális megkülönböztető feladatokat, amelyeket egy munkahelyen az alanyoknak el kell tudni végezniük.

Kevés az eredmény azzal kapcsolatban, hogy az egyes színérzékelési tesztek mennyire jól fednek át egymással. Az eredmények általában azt mutatják, hogy nem nagyon fednek át (Little, 1967; Burnham és Clark, 1955) és arról is beszámolnak, hogy a színérzékelési tesztek valójában csak azt mérik, hogy valaki milyen jól teljesít az adott színérzékelési teszten (Lakovszky 1969).

Mindennek fényében nehezen érthető, hogy miért lenne korreláció aközött, hogy valaki milyen jól teljesít egy adott teszten, és hogy általában milyen jól teljesít a munkahelyén (Graham, 1993; Farnsworth, 1957). Arra számíthatnánk, hogy minél jobban arra koncentrál a színlátási teszt, amit tulajdonképpen a színiparban kell végezni az illetőnek, annál inkább meg kell legyen ez a korreláció. Különösen akkor lenne erős korreláció, ha a tesztet úgy tervezték, hogy minimalizálja a teszthez nem tartozó, például pszichológiai tényezők hatását, amelyek befolyással lehetnek a teszteredményre.

Lakovszky (1968a) idéz egy kutatást, amely azzal próbálkozott, hogy korrelációt állapítson meg a vizsgált személyek bizonyos tesztekben (F-M 100, ISCC CAT, Pickford-Nikolson anomaloszófia) nyújtott teljesítménye, valamint (koloriméter segítségével végzett) színpárosítás képessége között. A vizsgálat azt találta, hogy egyedül az anomaloszófiának volt akármilyen prediktív értéke, az hogy a tesztalany mennyire volt képes a színeket egyeztetni a vizuális koloriméteren, összevetve az ISCC CAT és a F-M 100 tesztekkel, mindkettő gyenge prediktív értékkel rendelkezett.

Összességében azt állapította meg Lakowski, hogy a komplex színeladatok mérésére a szín-megkülönböztető tesztek nem mondhatók elég érzékeny módszernek és a használatban lévő eszközök közül egyedül Pickford-Nikolson anomaloszófiának van valamennyi haszna. Mivel a koloriméter színegyeztetés egy nagyon speciális színipari feladat és viszonylag hasonlónak mondható ahhoz a feladathoz, amikor a tesztalany az anomaloszófiát használja, így nem tűnik meglepőnek, hogy az

anomaloszkópiának kapott eredménynek prediktív hatása van erre a feladatra nézve. Az általánosító megállapítás, hogy F-M 100 és ISCC CAT nem hasznos a komplex szituációk modellezésére, az valószínűleg túlzás. Talán ez alapján azt lehet állítani, hogy ezek a tesztek nem elég érzékenyek konkrétan ennek a komplex feladatnak a modellezésére.

Összességében az irodalom alapján túl kevés a bizonyíték arra, ami alapján azt mondhatnánk, hogy a színérzékelési tesztek jó összefüggést mutatnak a jelenlegi vagy lehetséges munkahelyi teljesítménnyel.

A legtöbb kutatás például (Farnsworth, 1957, Tiffin és Kuhn 1942) nem tudta egyértelműen megmondani, hogy a talált korrelációk a teszt eredmények és munkahelyi teljesítmény között azt jelzik-e, hogy

- egy jó eredmény a teszten, vagyis a már meglévő magas színérzékelési képesség, az valószínűleg jó munkahelyi teljesítményt jelent majd, vagy
- azok, akik jól teljesítenek, ill. régóta dolgoznak a munkahelyükön hasonlóan jók a tesztekben is,

így nem lehet eldönteni, hogy a tesztalanyoknak szerzett képessége van-e ezen a területen.

Tisztán elméleti alapok figyelembevételével logikusnak tűnik azt feltételezni, hogy aki meg tud különböztetni apró színkülönbségeket, az hatékonyabban tud elvégezni különböző ipari színegyeztetési és megkülönböztetési feladatokat is (Tilleard,1958-ban).

## 2.8. Irodalomjegyzék a 2. sz. Függelékhez

- [1] Billmeyer Jr, F. W., Bencuya, A. K. (1987). *Interrelation of the Natural Color System and the Munsell Color Order System*. COLOR research and application. 12: 5. 243-255.
- [2] Burnham, R. W. and Clark, J. R. (1955). *A test of hue memory*. The Journal of Applied Psychology. 39: 3. 164-172.
- [3] Chisholm, I. A. (1969). *An evaluation of the Farnsworth-Munsell 100 Hue test as a clinical tool in the investigation and management of ocular neurological deficit*. Transactions of the Ophthalmological Society of the United Kingdom. 89: 243-250.
- [4] Craven, B. J. (1993). *A model for the observer on the Farnsworth-Munsell 100 Hue test*. Investigative Ophthalmology and Vision Science. 34: 3. 507-511.
- [5] Davidson, H. R., Friede, E. (1953). *The size of acceptable color differences*. Journal of the Optical Society of America. 43: 7. 581-589.
- [6] Dimmick, F. L. (1954). *Factors in the application of the Color Aptitude Test*. Official Digest.
- [7] Dimmick, F. L., Foss, C. E. (1964). *The Inter-Society Color Council Color Aptitude Test*. 1964 Edition Pennsylvania, Federation of Societies for Paint Technology.
- [8] Farnsworth, D. (1943). *The Farnsworth-Munsell 100 Hue and Dichotomous Tests for Color Vision*. JOSA, 33 568-578.
- [9] Farnsworth, D. (1957). *The Farnsworth-Munsell 100-Hue test for the examination of color discrimination*. Baltimore, Macbeth.
- [10] Fine, B. J., Kobrick, J. L. (1980). *Field dependence, practice, and low illumination as related to the Farnsworth-Munsell 100-Hue test*. Perceptual and Motor Skills. 51: 1167-1177.
- [11] Graham, L. A. (1993). *A New Color Vision Skill Test, Die Farbe*. 39 (1993) 1/6 p. 89-98.
- [12] Green, M. (1962). *Results of testing a group of colour defective subjects with several tests of colour vision and colour aptitude*. Die Farbe II. 1: 6. 87-92.
- [12] Gilbert, J. G. (1957). *Age changes in color matching*. Journal of Gerontology. 12: Section B. 210- 215.
- [14] Hardy, K. J., Craven, B., Foster, D. H., Scarpello, J. H. B. (1994). *Extent and duration of practice effects on performance with the Farnsworth-Munsell 100-Hue test*. Ophthalmic and Physiological Optics. 14: July. 306-309.
- [15] Hess, M. (1957). *Personal experience with the ISCC Color Aptitude Test*. Journal of the Oil and Colour Chemists' Association. February: 136-156.
- [16] Humanski, R. A., Shevell, S. K. (1991). *Factors contributing to difference in Rayleighmatches of normal trichromats*. In Colour Vision Deficiencies X.B.Drum, J. D. Moreland and A. Serra ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- [17] Ishak, I. G. H., Bouma, H., Van Bussell, H. J. J. (1970). *Subjective estimates of colour attributes for surface colours*. Vision Research. 10: 489-500.
- [18] Jonckheere, A. R., Bower, G. H. (1967). *Non-parametric trend tests for learning*

- data*. The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology. 20: 2. 166-186.
- [19] Lakowski, R. (1968). *Colour-matching ability- can it be measured*. Journal of the Society of Dyers and Colourists. 84: 3-9.
- [20] Lakowski, R. (1969). *Theory and practice of colour Vision testing: A review*. Part 2. British Journal of Industrial Mediám, 26: 173-189, 265-288.
- [21] Lakowski, R. (1971). *Calibration, validation and population norms for the Pickford-Nicolson Anomaloscope*. British Journal of Physiological Optics. 26: 166-182.
- [22] Lakowski, R. (1989). *Uses and abuses of the Farnsworth-Munsell 100-Hue test*. In Colour Vision Defiáenáes IX. B. Drum and G. Verriest ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- [23] Little, A. C. (1967). *The measurement of color discrimination ability*. Color Engineering. May- June: 48-53.
- [24] McLaren, K. (1966). *Defective colour vision 2- Its diagnosis*. Journal of the Society of Dyers and Colourist. 82: 382-387.
- [25] Pickford, R. W. (1949). *Individual differences in colour vision and their measurement*. The Journal of Psychology. 27: 153-202.
- [26] Reeves, B.C., Hill, A. R., Aspinall, P.A. (1987). *The clinical significance of change*. 7: 4. 441- 446.
- [27] Schmidt, I. (1955). *Some problems related to testing color vision with the Nagel Anomaloscope*. Journal of the Optical Society of America. 45:7. 514-522.
- [28] Smith, H. C. (1943). *Age differences in color discrimination*. The Journal of General Psychology. 29: 191-226.
- [29] Tiffin, J., Kuhn, H. S. (1942). *Color discrimination in industry*. Archives of Ophthalmology. 28: 5. 851-859.
- [30] Stone, E. M., Nichols, B. E., Wolken, M. S., Montague, P. R., Thompson, H. S. (1993). *New normative data for the Farnsworth-Munsell 100-hue test*. In Colour Vision Deficiencies XI. B. Drum ed. Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- [31] Tilleard, D. L. (1958). *Color-aptitude test: an analysis of scores*. Journal of the Oil and Colour Chemists Association. 41:11. 797-806.
- [32] Verriest, G. (1963). *Further studies on acquired deficiency of color discrimination*. Journal of the Optical Society of America. 53: 1. 185-195.
- [33] Victor, J. D. (1988). *Evaluation of poor performance and asymmetry in the Farnsworth-Munsell 100-Hue test*. Investigative Ophthalmology and Visual Science. 29: 3. 476-481.

### 3. Függelék: A szín-oktatás története és helyszínei

A színekkel kapcsolatos ismeretanyag oktatása (tartalmában és módszereiben) történetileg szervesen összekapcsolódik a szakmák képzésével és azok helyszíneivel. Kiemelt jelentőségű a kötődése a művészeti képzéshez, a festészet- és a rajzoktatáshoz. Ebben a fejezetben a szín-oktatás történetét és fejlődését mutatjuk be az ókori kultúráktól kezdve a középkori kolostorokon, céheken át a reneszánsz kori akadémiákat felváltó 20. századi művészetoktatás helyszíneivel a világon, ill. Magyarországon.

#### 3.1. Szín-oktatás története és helyszínei a világban

A művészeti képzés kezdetekben a mester mellett történt, tőle tanulták meg a tanoncok és a segédek a szakma csínját-bínját. **Egyiptomban** az oktatás legfontosabb feladata az írnokok képzése volt, ahol a hieroglifák írása-festése már megkövetelt egy bizonyos festészeti képzettséget. Ebből a korból több emlék is maradt ránk a festők tevékenységéről, a festés fázisai szigorú szabályainak meghatározásáról. Ezek közül legfontosabb Horemheb sírjából származik. A ptolemaiوسي korból pedig az „Előírások a falfestészetre és az arányok alkotására” című „*edfui papiruszok*”.

A **görögök** különbséget tettek a kézművesség és a szabad művészetek között, mely az egész középkori gondolkodás meghatározójává vált. Az athéni filozófiai iskolában az esztétikai nevelés az oktatás szerves részét képezte, vázafestészetet tanítottak, mely komoly iparággá nőtte ki magát. A görög filozófusok a képzőművészetet mesterségnek, Platón nézetei alapján utánzó tevékenységnek nevezték. Platón a művészetekre, az esztétikai nevelésre vonatkozó nézeteit az államelméleti műveiben (Az állam, A törvények) fogalmazta meg. Arisztotelész az ő esztétikai nézeteinek hatására bevezette a rajzot, mint tantárgyat a gyerekek hét éves korától az irodalom, a nyelvtan, a zene és a testgyakorlás mellé.

A **Római Birodalom** iskoláiban a „Hét szabad művészetet” (grammatika, retorika, dialektika, aritmetika, geometria, asztronómia és a múzika) oktatták, melyeket a szabad római polgár gyakorolhatta. A képzőművészetet – görög példa alapján – mesterségnek tekintették. A művek szerzőinek nem a készítő, hanem a megrendelőt tartották. A késői római császárok műkedvelőként görög művészeket fogadtak gyermekeik festészeti képzésére.

A szentképek tisztelete negyedik század elejéről, Európa keleti részéből származik. Mivel az **ikonfestészetet** szigorú kötöttségek szabályozták, a különböző iskolákban mintakönyveket használtak, melyek tartalmazták a festési anyagokat, technikákat, a festékek elkészítésének módjait, összegezték és rendszereztek az ikonfestészeti témákat. Ezekre a mintakönyvekre, biztos útmutatókra egyre nagyobb szükség volt az egyház által szigorúan meghatározott előírások pontos betartásához. Az ikonfestő iskolák

feléledésére napjainkban Oroszországban (szentpétervári Teológiai Akadémia, a mirozsai kolostor), Olaszországban (seriatéi ikonfestő iskola) és Görögországban (az Athosz hegyen létrejött festőiskola) láthatunk példákat különféle egyházi, vallási központokban.

**Japánból** a Középkorból maradtak ránk az első oktatással kapcsolatos emlék. A 8-9. században már a buddhista festészet mellett a világi festészet is tért hódított. A világi festészet (az E-dokoro) központja a császári udvar volt, festészeti akadémiaként funkcionált. Legfontosabb feladata a paravánok, eltolható és állandó falak festéssel díszítése a palotákban. A 16. században a hagyományos japán festészeti technikák mellett a kínai tusfestés terjedt el. Ezzel párhuzamosan pedig az európai művészet elérhetővé és megismerhetővé vált. Ez a kettősség meghatározza a japán festészeti oktatást mind a mai napig. A hagyományos japán festészetnek a „nihonga”-nak a központja a *Japán Szépművészeti Akadémia*. Az európai stílusú festészetet „yoga” irányzat központja az 1876-ban alapított, a tokiói *Képzőművészeti Főiskola*, ahol olajfestészetet és akvarellt tanítanak.

**Európában, a középkori kolostorokban** az oktatás kezdetben meglehetősen kezdetleges volt. A cél jó kereszténnyé válni az írás-olvasás tanulásával, a szent szövegek megismerésével, értelmezésével. Az olvasás következménye, a könyvek, könyvtárak létrehozása volt. Az írástudatlanság csökkenésével egyre nagyobb szerepet kapott a hívők figyelmének Isten felé fordítása a művészetekkel. A szerzetesek kódexmásolással, iniciáléfestéssel töltötték az idejük jelentős részét, a tehetségesebbek festették a betűket. A bencés rend szabályai szerint a szerzeteseknek napi hét órát kellett kétkezi munkával tölteni, így képzett művészekké váltak a festészet, az üvegművesség, a bőrművesség területén. A későbbi időszakokban az oktatás alapját a hét szabad művészet jelentette. Számos kolostorban (Athelney, Fulda, Hildesheim, Cluny) művészeti iskolák jöttek létre, ahol a katedrálisok építéséhez szükséges szakmák (faragók, díszítők, festők) képzése folyt. A munkafolyamatok egyre bonyolultabbá, összetettebbé váltak, így kialakult az igény a mesterségbeli tudás, technika, munkafolyamat összegzésére, pontos leírására. A középkorban megjelentek az első, mesterségbeli tudást összegző és rendszerező mintakönyvek.

A középkorban a tanítási intézményekben, a kolostor falain belül és az egyházi iskolákban sem folyt képzőművészeti nevelés. Európa első egyetemét a Sorbonne Egyetemet a 13. században alapították Párizsban, melynek mintájára alakultak ki Európa többi egyeteme. Európa legrégebbi egyetemei közé tartozó Bécsi Egyetem 1365-ben nyílt meg. Ebben a korban az egyetemeken még nem volt vizuális nevelés.

Európában a 14. századtól kezdve alakultak az első **festőcéhek**. A képzőművészeti tanulmányokat a céhekben a tanítványok a mestertől sajátították el. Minden város festőcéhének (Firenze, Sienna, Köln, Bécs) megvolt a saját, egyedi jellegzetessége. Firenzében a patikusok és az orvosok céhében működtek a festők, mivel ők is egyfajta „méregkeverést” végeztek a

különböző színek előállításánál. A festőtanulók kb. 13 évesen kerültek a festőcéhbe, ahol tanulmányozták a színeket, festéket törtek, festő pácot készítettek, a festészeti munkák előkészítését végezték, a mesterségbeli precíz tudást a mesterüktől sajátították el 5-6 év alatt, majd mestermunka készítésével és a céh előtti bemutatásával válhattak mesterré. Így kezdte tanuló éveit Giotto, Michelangelo, Mantegna, Raffaello is (Efland, 1990). A középkori kelmefestészet a színek szeretetével jellemezhető. A nemesek vörös, skarlát, kék, narancs ruhákat viseltek. Amerika felfedezésével pedig még több új, izgalmas festék (pl. kármin, kékfa, katechu) került be a kelmefestők repertoárjába.

Agostino Carracci Európa legnagyobb hatású pedagógiai személyisége, akit az akadémiai hagyományok megteremtőjének is tartanak. Az 1582-ben alapított **magánakadémián** a Carracciak felélesztették Leonardo elképzeléseit, és biztosították azok továbbélését. Az emberi test egyes részleteiről gipszmodelleket készített tanítványai számára, analitikus mintakönyve pedig másoknak is példaként szolgált.

A reneszánsz korszak hatalmas változást hozott. A képzőművészek tevékenysége szabad művészetek részévé emelkedtek. A festőcéhek megjelenésével párhuzamosan megjelentek az első **képművészeti akadémia**k Itáliában.

Az akadémia szigorúan felépített tanmenete szerint a tanulás a mintakönyvek metszeteinek másolásával kezdődött, majd az antik szobrok rajzolásával folytatódott, és csak ezután láthatott hozzá a tanuló az élő modell után való rajzoláshoz és a festéshez. A művészeti akadémia képzése jó szakmai alapozást nyújtott a növendékek számára.

A nyomtatás és a gipszöntvények elterjedésével a másolható minták egyre szaporodtak (az 1888-as londoni National Art Library katalógusában több mint ötszáz mintakönyv szerepel). A mintakönyvek, valamint a híres művekről készült metszetek sokszorosításával a „közös vizuális szókincs”, a művészettudomány, az esztétikai értékrend egyre egységesebbé vált Európán belül.

Európa első **művészeti akadémia**ját (Accademia delle Arti del Disegno) Firenzében 1563-ban I. Cosimo herceg alapította, udvarának legprominensebb művészeinek összegyűjtésével. A Művészeti Akadémia feladata a Medici-állam művészeti életének felügyelete volt. Az akadémia hírnevét öregbítette Michelangelo Buonarroti, Giorgio Vasari, Benvenuto Cellini, Francesco da Sangallo, Agnolo Bronzino, Bartolomeo Ammannati, és Giambologna. A **Firenzei Akadémián** festészeti, szobrászati és építészeti oktatás kezdődött. A 16. század végén a **Bolognai Akadémia** emelkedik ki. 1784-től a **Firenzei Szépművészeti Akadémia** (Accademia de Belle Arti) egy fedél alá összevonta és felügyelte a város valamennyi rajzot oktató intézményét.

A **Németalföldön** a reformáció és ellenreformáció kora új irányt adott. Az ország két részre szakadt. Míg a déli részen a katolicizmus, addig az északi

részen a reformáció hódított. Megrendelőként a polgárság lépett a nemesség és az egyház helyébe, a festészet elvesztette vallási jellegét, jellemzővé vált portrék, életképek, tájképek elterjedése. A művészek itt is céhekbe tömörültek. A szigorú céhbeli kötöttségek hatására a művészek nem tudtak kitörni a kézműves szintről. Visszatérve a középkori tanonrendszerhez a művésztanár irányítása került előtérbe. Az akadémiai oktatás az itáliaihoz képest később jelenik meg, egy-egy kiemelkedő mester köré csoportosulva. Romeyn de Hooghe 1688-ban, Haarlemben már egy teljes, komplex iskolai programot dolgozott ki, melyben egy rajziskola megalapításának engedélyét kérvényezte.

Nemzetközi szinten **Belgiumban** működött a legtöbb akadémia (59 akadémia), tízezernél több növendékkel. Az „akadémia” elnevezés megtévesztő lehet, hiszen már hét éves gyerekeket is felvettek ezekbe az iskolákba, ahol valójában ipari jellegű tanodák működtek. Ez a művészeti oktatás az ország magas fejlettségű textil iparágához kapcsolódott.

A 17. században a **Francia Akadémiát** 1634-ben alapította Richelieu bíboros, XIII. Lajos király főminisztere. A Francia rajz-festés oktatásának igen nagy múltja van, kezdete a 13. századig nyúlik vissza. Az állami és királyi intézményként működő művészeti akadémiát, az **Ecole Nationale des Beaux-Arts** iskolát XIV. Lajos alapította. A király abszolút hatalommal bírt, a művészetek célja a király hatalmának hirdetése volt. A királyi udvar céheken kívülálló művészei egy akadémia létrehozatalát vetették fel, a megkövült céhek hatalmának kikerülésére. Ennek hatására jött létre 1648-ban a **Festészeti és Szobrászati Akadémia**, majd 1671-ben az Építészeti Akadémia. Az udvari művészeknek az akadémiába történő belépése kötelező volt, ahol a művészi munkát a király miniszterei felügyelték. A létrehozott szabályok betartása mindenki számára kötelező volt, így az akadémia egy esztétikai kánonrendszert tudott kialakítani és diktálni tagjai számára. Az akadémia a királyi manufaktúra ellenőrzéséért is felelős volt. Az akadémikusok tervezték a manufaktúrákban gyártott termékeket (pl. a gobelin szőnyegeket, serves-i porcelánokat). Le Bruna a király első festője, az akadémia titkára volt a felelős a dolgozók művészeti oktatásáért.

A 18. században a Párizsi Akadémia mintájára további intézmények jöttek létre, de már gazdasági indokok hatására, a gyárak felvirágoztatása céljából, ahol a dizájnnek már jelentős szerepet tulajdonítottak. 1720-ra tizenkilenc művészeti akadémia nyitotta meg kapuit Európában többek között **Firenzében, Milánóban, Bécsben, Rómában és Bolognában**, Spanyolországban 1713-ban a **Madridi Akadémia**, 1726-ban **Toulouse-ban**, majd 1729-ben **Edinburghban**. 1767 óta működik a német **Düsseldorfi Művészeti Akadémia**. Az egyik leghíresebb akadémia **Londonban a Királyi Művészeti Akadémia** (*Royal Academy of Arts*), melyet 1768-ban alapított Joshua Reynolds portréfestő vezetésével néhány művész, mely ma az egyik legelőkelőbb kiállító terem a világon. 1808-ban alapították a **Müncheni Képzőművészeti Akadémiát**, melynek elődje egy 1770-ben létrehozott rajziskola volt (Ernszt, 2009).

Oroszországban Nagy Péter idején merült fel először az akadémiai oktatás igénye. Kezdetben a Tudományos Akadémián indítottak egy képzőművészeti osztályt, majd 1757-ben megalapították a **Szentpétervári Képzőművészeti Akadémiát**.

Az amerikai kontinensen az Egyesült Államok első tudós társaságát Benjamin Franklin hozta létre 1743-ban, Amerikai Filozófiai Társaság néven, majd Művészeti Akadémiát 1785-ben **Mexikóban**, 1791-ben **Philadelphióban** alapítanak.

A **Bécsi Művészeti Akadémia** fénykorát az 1900-as évek elején élte. A művészeknek a társadalomban elismert helyet, értelmiségi rangot adott a diploma megszerzése. A növendékek többek között a történelmi rajz, történelmi festészet, történelmi kompozíció, tájképfestészet szakosztályban végezheték tanulmányaikat. Az akadémia növendéke volt Barabás Miklós is.

A művészeti akadémiák rangsorolásában a 19. század közepén változás történt. A század elején még Bécsbe, onnan Olaszországba (Velencébe, Firenzébe vagy Rómába) vándoroltak a művészhallgatók, addig a hatvanas években már a Münchener Művészeti Akadémia látogatása vált divattá, a 19. század végén pedig a párizsi Julián Akadémia.

A **Münchener Művészeti Akadémia** stílusnak pontosan körülhatárolt jellemzői voltak. A képzésben az elsődleges témakör a történelmi kompozíció (a vallásos téma is ide tartozott), majd ezt követte az arckép, csendélet, szobalátkép, városkép, tájkép rajzolása-festése. A festés fázisait pontosan meghatározták, melyet a növendékeknek követniük kellett. A látványt, négyzetekre osztott kartonra részletesen és pontosan meg kellett rajzolni előzetes vázlatok alapján. Ezt a rajzot kellett átvinni a bitumennel alapozott deszkára, majd ráfesteni a színeket és legvégül a lazúrokat. Ezt a fajta szakmai egyoldalúságot akadémiai modorosságnak tekintették, ami nem adott lehetőséget a művésznövendékeknek a szabad művészi kifejezésre. A Münchener Akadémia szellemisége egyéniségellenes volt. A növendékek keresték az akadémia mellett a magánműtermek, mesteriskolák nyújtotta új utakat, a művészi szabadságot. **Piloty mesteriskolája** elitképzést folytatott, nem kényszerítette rá a művésztanulókat saját témaválasztására és festői modorára. E mesteriskola kiemelkedő tanítványa volt Szinnyi Merse Pál és Benczúr Gyula. Az akadémiai képzés szüneteiben a müncheni fiatal művészek egy-egy jó festő társaságában, a szabadban, a hegyekben tájképet festettek (Keleti, 1870). Az akadémia növendékei voltak Szinnyi Merse Pál, Benczúr Gyula, Izsó Miklós, Csók István.

A **Düsseldorfi Művészeti Akadémia** háromosztályú. Az elemi osztály 1. évében a fő elfoglaltság a rajzeszközök használatának elsajátítása és az anatómiai lapok másolása volt. Az elemi osztály 2. évében a téma már antik szobrok másolása, majd élő alakok rajzolása, tanulmányrajzok ruha redőzéséről, aránytan, távlatlan, építészeti rajz és művészettörténet volt. A harmadik évben lehetett végezni a Művészeti szakosztályt, melynek festő szaka két alszakra bomlik. Az Alakfestés szakon történelmi-, életképek- és arckép festészeti osztály működött, a másik a

Tájkép- állat és építészeti festés szak. Az akadémiára jelentkezőknek a 12. életévet be kellett tölteni. Az elemi osztály első két évének elvégzését követően egy újabb szűrőn kellett átjutni a művészeti osztályba kerüléshez. A tehetséges, már rajzi ismeretekkel rendelkezőknek nem volt kötelező az összes szintet végigjárni, lehetőség volt egyből a művészeti osztályba (Maister-Class) felvételizni. A beküldött munkák alapján 4-8 heti próbaidő után döntött a tanári kar a művésznövendék felvételéről. A tanári kar felépítése egyszerű volt. Egy szakon belül dolgozott rendes tanár (a festő), a segédtanító és a mintakészítő (Keleti, 1870).

A harmadik jelentős akadémikus képzés Franciaországban a 19. században, az állami **École Nationale des Beaux-Arts**-ban folyt. Ebbe az iskolába 15-18 éves korúak jelentkezhetek. Felvételi vizsgát kellett tenniük és próbaművet beadniuk. Állami intézményként gazdag gyűjteménnyel rendelkezett (gipszöntvénytár, antik és reneszánsz szoborművek másolatai, kéziratok, metszetek, műtárgyak, könyvtár, bonctan, távlattan magyarázórajzai).

Mindhárom akadémia jó alapokat nyújtott a művésznövendékeknek és állami ösztöndíjak megszerzésére volt lehetőség. Legnagyobb hibájuk az egyéniségellenes képzési mód, a gyakorlatiatlanságuk. Ezen akadémiai képzés mellett a növendékek részt vehettek szabad szellemiségű magániskolák képzésében is, így mindenki megtalálhatta a neki megfelelő fejlődési lehetőséget a példakövető művészeket, akiktől új iránymutatásra leltek.

**Párizs** legjobban elismert művészeti magániskolája a **Julian Akadémia**, ahol a tanárok engedték az egyéniség szabad kibontakozását. Az akadémia növendékei voltak Csók István, Fényes, Tornyai, Gulácsi.

A 19. században az akadémiák működésével kialakult, hogy a művészeteket szabad mesterségnek, élethivatásnak tekintették.

Az akadémiai minták elleni küzdelem, a sémák elleni harc megkezdődött a 19. században, sokan úgy gondolták, hogy csak a természetet érdemes mintának venni, mások munkáit helytelen utánozni.

A 20. század legjelentősebb művészeti iskolája a **Bauhaus** elnevezésű műhely, mely 1919-1933-ig működött. Pedagógiai módszerei, elméleti tanításai és műhelygyakorlatai merőben új szemléletet képviseltek. Célja volt a különböző művészetek közötti egység megteremtése az építészetnek alárendelten, melynek része volt a festészet is. Üvegfestő és falfestő tanműhelyei is voltak. A művészt a kézműves magasabb szintjének tekinti. A Bauhaus iskolája oktatta a mesterek munkáit, de csak szín, forma és kompozíció tekintetében.

A Bauhauson belül nem alakul ki egységes oktatási koncepció. A Bauhaus kiemelkedő egyénisége Johannes Itten, aki a „*Színek művészete*” című művében összegezte a színtani ismereteket. Paul Klee a művészeti oktatásának alapjairól ír „*A pedagógiai vázlatkönyv*”-ben. Josef Albers oktatásmódszertana az volt, hogy a festéket mellőzve színes papírok felhasználásával másoltatta a festészet remekműveit. Vallja, hogy a művészeti nevelés az általános nevelés része kell, hogy legyen - minden oktatási szinten és ezt művésztanárral kell megvalósítani. Vaszilij Kandinszkij két irányt

különböztet meg: az egyik a festészetet öncélnak tekinti, a másik irány pedig túllép a festészet határain. Hangsúlyozza a „tudományos gondolkodásmód” fontosságát a festészetben. Moholy-Nagy László teljes oktatási programot ír elmélet és gyakorlati képzéssel. Három fő területet ölel fel a technikát, a művészetet és a tudományt. Három fő szakot indít: az építészet, gyártmánytervezés és a fénytechnikai műhely formájában, melyek mellett festészeti műhely is működik. Az oktatás része a kísérletezéssel, az érzékszervek működésének kitapasztalásával új látásmód kialakítása, az alkotóképesség felébresztése.

A 20. század elején megjelentek a dogmákat ledöntő, a művészetet újraértelmező avantgárd törekvések. A kivitelezésnél fontosabbá, alapkövetelménnyé vált az „újítás”. A művészet már nem ismer lehetetlent, épp az eddig meg nem hódított területek jelentik az igazi érdekességet. A művészetben belüli gyors változásokat az iskolák már nem tudták követni. Az új művészeti normák, a „legvadabb” művészeti irányzatok is hiába váltak elfogadottá, mire bekerült az iskolába, máris korszerűtlen volt. A modernista művészet paradoxona, hogy az újítás követelménye saját értékeinek érvényességét egyre inkább lerövidítette. A klisék ellen fellépő avantgárd művészet formái megjelenésüket követően hamarosan maguk is klisékké váltak. A modern és a posztmodern korszak nem tudott egységes oktatási koncepciót felmutatni.

### 3.2. Szín-oktatás története és helyszínei Magyarországon

A szín-oktatás a magyar közoktatásban összekapcsolódik a rajzoktatással, mégpedig annak szerves részét képezi. Az alábbi fejezet részben felvázjuk a magyar iskola rajzoktatás történetét, a rajztanárképzés alakulását.

A magyar oktatási életben a rajzoktatás intézményes rendszerének kialakítása

**I. Ratio Educationis** 1777-ben történő elfogadásához köthető. Mária Terézia jóváhagyásával a rajz bekerült az oktatandó iskolai tárgyak sorába.

A **II. Ratio** azonban a középfokú intézetekben megszüntette a rajzoktatást. E rendelkezés új irányt szabott és előírta, a líceumok és a királyi akadémiák székhelyén rajziskolákat szervezését. A létrehozott tankerületek székhelyén megalakultak az első rajziskolák az alábbi városokban: Pozsony (1775), Buda (1778), ahol az iparban alkalmazott rajzon kívül művészi rajzot is tanítottak, majd Nagyvárad (1777), Sopron (1778), Kassa (1781), Zágráb (1781), 1780-as évek eleje Nagykároly, Pécs (1786), Temesvár (1786), Győr (1787), Körmöcbánya (1787), Székesfehérvár (1788), Pest (1793), Fiume, Selmecbánya és Kőszeg (1796), Keszthely és Szeged (1799), Debrecen (1813). Kezdetben a középiskolai tanulók rajzi képzését az iparos tanulókkal közösen próbálták megoldani a rajziskolákban. Az iparos szakmát tanulók nem jártak az elsősorban nekik létrehozott rajziskolákba, ezért rendezni kellett az iskolába járás módját, a rajztanítás célkitűzéseit.

Az 1783-ban megjelent rendeletet szokták „**első rajztervnek**” is nevezni, mely alapos utasítást ad a rajztanítás szervezéséről, szabályairól, a vasárnapi iskola felállításáról az iparosok számára. A magyarországi rajzpedagógia nem volt elmaradott a korabeli európai rajztanítási módszerekhez képest, itt is a minták utáni oktatási módszert alkalmazták, mint a 19. század végéig Európában.

A rajziskola kezdetektől fogva feladatának tekintette a művészképzést is, hangsúlyt fektetett a festészeti technikák oktatására. Itt olajfestészetet is tanultak a növendékek. A rajziskolák 1846-ig Marastoni Jakab **Első Magyar Festészeti Akadémiájának** létrejöttéig úttörő szerepet játszott a művészképzés kezdő lépéseinek irányításában.

Az iskolai rajzoktatás további fejlődéséhez az **1868-as népiskolai törvény** járult hozzá. Az elemi népiskolára nézve a rajz tanítása nem szerepelt a kötelező tantárgyak között, de a többi iskolatípusban (felső népiskola, polgári iskola, tanítóképző) a rajz, mint kötelező iskolai tárgy szerepelt. A közoktatási reform következtében megváltozott a rajziskolák feladata is. A népoktatási törvény megjelenése után fokozódott a tanárszükséglet, mert a törvény elrendelte az állami tanítóképzők felállítását. A tanítóképző-intézetek tanárainak és ezen belül az ott tanító rajztanároknak a képzettsége és képesítése nagyon különböző volt. Korábban a rajztanárok egy része mérnöki, építészeti végzettségű, egy másik részük dilettáns rajzoló, vagy festő volt. Ezen Eötvös József úgy kívánt változtatni, hogy ösztöndíjat alapított külföldi tanulmányok céljára.

*Eötvös József* művelődéspolitikájának szerves része volt a művészetek felkarolása. A magyarországi képzőművészeti felsőoktatás megszervezésének igénye a 19. század közepére vált sürgetővé. Addig a magyar képzőművészek csak külföldi akadémiákon, tanintézményekben képezhették magukat, s mind fontosabb kérdéssé vált egy nemzeti művészeti tanintézet felállítása.

A rajztanítással és a rajztanárok képzésével kapcsolatos intézet alapításával Eötvös *Keleti Gusztáv*ot bízta meg. 1871-ben létrehozták a magyarországi képzőművészeti felsőoktatás országos központját az **Országos Magyar Mintarajztanodát**. Néhány évvel később **Országos Magyar Királyi Mintarajztanoda és Rajztanárképezde** nevet kapta. Az intézet igazgatója Keleti Gusztáv lett. A művésztanárok között volt Székely Bertalan, Izsó Miklós, Schulek Frigyes.

Az 1877-78-as tanévben, új tantervet és rajztanárvizsgálati szabályzatot léptettek életbe és megalakították az **Országos Rajztanárvizsgáló Bizottságot**.

1896-ban az Iparművészeti Iskola kivált az intézményből. A megmaradt tanodában újabb és újabb tantervi reformokat hoztak létre, a rajztanárjelöltek oktatását elválasztották a művészek képzésétől. A századfordulót követően egyre hangsúlyosabbá vált a csendélet és tájképfestészet tanítására. Az egy hónapi tartó kurzusokat Szolnok, Nagybánya és Kecskemét művésztelepein

tartottak. Ebben az időszakban jöttek létre az első **mesteriskolák**, a magasabb szintű művészképzés céljából.

1882-ben alapított **I. Számú Festészeti Mesteriskola** a táblafestészetre (Benczúr Gyula vezetésével), az 1897-ben alapított **II. számú Festészeti Mesteriskola** (Lotz Károly vezetésével) a freskófestésre szakosodott. 1885-ben a női növendékek oktatására külön **Női festőiskolát** hoztak létre.

1886-ban a rajztanárképzés idejét három évről négy évre emelték. Ez a rendelet eltérő követelményű szakvizsgával négyféle: rajztanári, rajztanítói, rajztanítónői és iparostanonc-iskolai oklevél kiadására jogosította az intézetet.

Az 1893. szeptember 30-án megjelent 41200. számú miniszteri rendelet, szabályozta a rajztanárok képesítését, a rendelet kimondta, hogy *„nyilvános középiskolánál, tanítóképzőnél, felső nép és polgári iskolánál, felsőbb leányiskolánál és ipariskolánál rajztanár, vagy rajztanítóul (rajztanítónőül) rendszeresített minőségben csak szabályszerűen képesített egyének alkalmazhatók”*.

1896-ban a nagybányai művésztelepen bontakozott ki a **Nagybányai Festőiskola** modern magyar festészetet elindító mozgalma. Szakitottak az akadémia elveivel, szabad művészeti iskolává alakult, ahol az új magyar festőgeneráció jelentős alakjai fordultak meg. Az iskola tagjai Ferenczi Károly, Csók István. Az iskola fő érdeme, hogy a naturalizmus és a plein air festészet eredményeit meghonosította.

A Mintarajztanoda 1908-tól **Országos Magyar Királyi Képzőművészeti Főiskola** néven működik.

1920-ban Lyka Károly vezetésével oktatási reformot hajtottak végre. A Magyar Királyi Képzőművészeti Főiskolán összevonták a rajztanár- és a művészképzés oktatását a művészképzésre helyezve a hangsúlyt, továbbá egy intézménnyé alakították a mesteriskolákat, a női festőiskolát és a mintarajziskolákat. Vaszary János a magyar szín-és formavilágot építette be az oktatásba, Csók István a modern művészetoktatást hangsúlyozta.

1930-tól a felvételi szabályzat értelmében *művészeti szakok* (festészet, szobrászat) és *tanári szakok* voltak a főiskolán. A tanári szakon belül középiskolai rajztanárképzés, polgári iskolai rajztanárképzés és tanítóképző-intézeti rajztanárképzés folyt. Az előző időkhöz viszonyítva a középiskolai rajztanárképzés ideje négy évről öt évre emelkedett és nemcsak középiskolára, hanem tanítóképző-intézetre, felső ipariskolára is adott képesítést. A szabályzat értelmében a tanítóképző-intézeti rajztanárképzés a négy éves polgári iskolai rajztanárképzésre épült és a képzés ötödik évét jelentette.

Az 1930. évi szabályzat az 1932/33-as tanévben lépett teljes egészében hatályba. A tanítóképző-intézeti tanárképzést, a polgári iskolai rajztanárok részére, a miniszter 1934. évi rendeletével egy évről két évre emelte. A

rendelet arról is intézkedett, hogy a középiskolai rajztanárok diplomájából töröljék a tanítóképző-intézetre szóló képesítés megjelölését.

1945-től **Magyar Képzőművészeti Főiskola** néven működő intézményben az iparművészképzés végleg megszűnik. Változtak a képzőművészeti szakok (freskó-, mozaikfestés, gobelintervezés) és elindult a restaurátorok képzése. Az intézmény 1971-ben egyetemi rangot kapva **Magyar Képzőművészeti Egyetem** néven működött tovább. Az Iparművészeti Iskolában a tanárképzés és a művészképzés területén is egyetemi szintű képzés kezdődött. Megindult a díszlet-és jelmeztervezői, majd a látványtervezői szak is. Az intézmény ma **Moholy-Nagy Művészeti Egyetem** néven működik.

A rajztanítás története a második világháborútól napjainkig sűrűn végbemenő paradigmaváltások feldolgozása egy újabb kutatás témája lehetne, amit jelen írásomban nem fejtek ki.

A Moholy-Nagy Művészeti Egyetemen kívül ma az ország alábbi négy egyetemén képeznek szín-oktatással foglalkozó **tanárokat** Rajz- és Vizuális kultúra szakon:

- **Szegedi Tudományegyetem** Juhász Gyula Pedagógusképző Karán

Szegedi Tudományegyetem Juhász Gyula Pedagógusképző Kara Magyarország legrégebbi tanárképző intézménye. A Tudományegyetem jogelődje az 1581. május 12-én Báthory István által alapított kolozsvári jezsuita kollégium. Egyetemi oktatás Mária Terézia idejétől kezdődik, majd II. József 1784-ben visszaminősítette akadémiai líceummá. 1872-ben megalapítják a Kolozsvári Tudományegyetemet. 1921-ben Szegedre költözik az akkor Ferenc József Tudományegyetem nevet viselő intézmény. A tanárképzés 1928-ban kerül Szegedre Klebelsberg Kuno kultuszminister reformjainak köszönhetően. 1940-ben az egyetem részben visszaköltözött Kolozsvárra, Szegeden pedig jogilag új egyetem, a Horthy Miklós Tudományegyetem létesül, mely 1962-től József Attila Tudományegyetem (JATE) néven, majd 2000-től Szegedi Tudományegyetem néven működik.

- **Pécsi Tudományegyetem** Művészeti Karán

Az egyetem címerében szereplő 1367-es évszám, az ország első egyetemére, I. Lajos király által Pécset alapított, középkori egyetemre utal, mely 1390 körül megszűnt. A városban egyetemi szintű képzés ezt követően csak a 20. században jelenik meg. A modern pécsi egyetem nem középkori elődjével jogfolytonos, hanem az egykori, pozsonyi Erzsébet Tudományegyetem jogutódja. A jelenleg működő Művészeti Kar a jogelődök különböző művészeti tanszékeiből 1996-ban alakult meg. Jelenleg a Festőművész Szakon, valamint a Képzőművész tanár szakon folyik szín-oktatással kapcsolatos képzés.

- **Eszterházy Károly Egyetem** Vizuális Művészeti Intézetében, Egerben

Az intézmény legkorábbi jogelődjét 1774-ben alapították Egerben Líceum néven. 1828-ban Pyrker János László érsek alapította meg az első magyar nyelvű tanítóképzőt Egri Érseki Tanítóképző néven. A Pedagógiai Főiskola 1949-ben költözött a Líceumba, ahol rajztanárok képzése kezdődött. Az

intézmény további nevei: 1962-től Egri Tanárképző Főiskola, 1969-től Ho Si Minh Tanárképző Főiskola, 1990-től Eszterházy Károly Tanárképző Főiskola, 2000. január 1-től 2016. június 30-ig pedig Eszterházy Károly Főiskola. Ma szín-oktatással kapcsolatos képzés a Rajz- és vizuális kultúra tanár szakon folyik.

- **Nyíregyházi Egyetem** Vizuális kultúra Intézetében

1962-ben kezdte meg működését Pedagógiai Főiskola Nyíregyházán. 1970-ben a főiskola egyesült az 1959-ben alapított Felsőfokú Tanítóképző Intézettel, 1972-ben felvette a Bessenyei György Tanárképző Főiskola nevet, 2000-től Nyíregyházi Főiskola, 2016-tól Nyíregyházi Egyetem néven működik. Kezdetben Rajztanár szakos, ma Vizuális- és környezetkultúra szak képzése folyik. Jelenleg szín-oktatással kapcsolatos képzés a Rajz-Vizuáliskultúra-Tanár és a Rajz- és vizuális kultúra tanár szakon folyik.

Az alábbi **Tanítóképző Intézetek**ben, napjainkban is folyik vizuális nevelés, melynek része a szín-oktatás tanítása.

- Apor Vilmos Katolikus Főiskola
- Debreceni Református Hittudományi Egyetem
- Eötvös József Főiskola
- Eötvös Loránd Tudományegyetem Tanító- és Óvóképző Kar
- Gál Ferenc Főiskola Pedagógiai Kar
- Kaposvári Egyetem Pedagógiai Kar
- Károli Gáspár Református Egyetem Tanítóképző Főiskolai Kar
- Nyugat-magyarországi Egyetem Berzsenyi Dániel Pedagógusképző Kar
- Pallasz Athéné Egyetem Pedagógusképző Kar
- Pázmány Péter Katolikus Egyetem Bölcsész- és Társadalomtudományi Kar
- Pécsi Tudományegyetem Kultúratudományi, Pedagógusképző és Vidékfejlesztési Kar
- Széchenyi István Egyetem Apáczai Csere János Kar
- Szegedi Tudományegyetem Juhász Gyula Pedagógusképző Kar

**Fizika tanárokat** képeznek az alábbi intézményekben, akik a fénytán oktatásával foglalkoznak:

- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Természettudományi Kar
- Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar
- Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar
- Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar
- Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar

**Biológia tanárokat** képeznek az alábbi intézményekben, akik színlátás, színérzékelés témaköröket oktatják

- Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar
- Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar

- Eszterházy Károly Egyetem Természettudományi Kar
- Nyíregyházi Egyetem
- Nyugat-magyarországi Egyetem Természettudományi és Műszaki Kar
- Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar
- Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar

### 3.3. Irodalomjegyzék a 3. sz. Függelékhez

- [1] Blaskó Majkó, K. (2004). *A Mintarajztanodától a Képzőművészeti Egyetemig*.  
<http://www.mke.hu/about/tortenet.php> (2017.06.25.)
- [2] Csöreg, É. (1991). *Rajzoktanításunk története*. Magyar Rajztanárok Országos Egyesülete, Budapest.
- [3] Efland, A. D. (1990). *A History of Art Education, Intellectual and Social Cirrents in Teaching the Visual Arts*. teachers College, Columbia University, New York and London.
- [4] Fináczy, E. (1985). *A középkori nevelés története*. Könyvértékesítő Vállalat, Bp.
- [5] Fináczy, E. (1986). *A középkori nevelés története*. Könyvértékesítő Vállalat, Bp.
- [6] Fináczy, E. (1986). *Az ókori nevelés története*. Könyvértékesítő Vállalat, Bp.
- [7] Fináczy, E. (1986). *A reneszánsz kori nevelés története*. Könyvértékesítő Vállalat, Bp.
- [8] Fináczy, E. (1986). *Az újkori nevelés története*. Könyvértékesítő Vállalat, Bp.
- [9] Kárpáti, A., Kossa, M. V. (1984). *A vizuális nevelés világszerte*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- [10] Menyhért, L. (2001). *A vizuális nevelés és művészképzés története vázlatokban*. Magyar Képzőművészeti Egyetem, Budapest.
- [11] Ney, F. (1852). *Az első magyar festészeti akadémiátt gyámollító társulat évkönyve*. I.füzet, 1846-1851., Pest, Emich és Eisenfels, Budapest.
- [12] Révész, E. (2002). *A Mintarajztanodától a Képzőművészeti Főiskoláig. A Képzőművészeti Főiskola első 50 éve (1871-1920)*. Új Művészet, 2002/3, 15-17.o.

## 4. Függelék: Színek a különböző tudományterületek tükrében

A színek alkalmazása sok szakma szerves részét képezi. A színállandóság alapkövetelménye megjelenik a környezetalakítás, az épülethomlokzat és belső terek számára nagymennyiségben gyártott festékek; a járműgyártás által felhasznált, katalógusokból rendelhető fényezés; a textil-, a ruha-, a papír-, bőr-, élelmiszer-, építő- és bútorigar, valamint a nyomdaipar számára készített színezék viszonylatában. A számítógép segítségével alkotó filmes, fotográfus, építész, díszlet-, arculat- és jelmeztervező, grafikus minőségi tevékenysége elképzelhetetlen a monitor, és ezzel párhuzamosan a nyomtató színeinek pontos ismerete nélkül. Számos kutatás a színek pszichológiájának megértését, a hatásmechanizmusok feltárását és mindezek gyakorlati alkalmazását helyezte előtérbe többek között a terméktervezés, a divat és a marketing igényeihez igazodva.

A színekkel valamilyen formában, különböző megközelítésekben foglalkozó tudományterületeknek külön-külön is könyvtárnyi szakirodalmi áll rendelkezésünkre. Európában, Ázsiában, és Amerikában a 20. század során – nem számolva a fordításokat és az újranyomásokat – a színekről több mint 1500 tudományos kötet jelent meg, ezek 2/3-át az évszázad közepe, 1950 után publikálták (Osborne, 2015). Ebből is jól látszik, hogy a publikációs tevékenység mennyire felgyorsult ezen a területen.

Jelen fejezetben áttekintjük a színekkel kapcsolatos bibliográfiát, és összegezzük a különböző korok és különböző szakterületek színekhez kapcsolódó legfontosabb eredményeit azzal a céllal, hogy rávilágítsunk a színek használatának sokoldalúságára és a különböző tudományterületeken történő vizsgálatára.

Ez a függelék Roy Osborne „*Books on Colour 1495-2015*” című angol nyelvű művének feldolgozásával készült.

Már a középkorból fennmaradt műalkotások bizonyítják a színelmélet ügyes alkalmazását. Sajnos kevés színelméleti munka maradt fenn ebből a korból, mivel a tudást nagyrészt szájhagyomány útján adták át sok generáción át a művészek, akik nem akarták vagy pedig tilos volt nekik terjeszteni a „titkokat”.

A 15. században kezdődik a nyomdászat története, mellyel a szövegek hozzáférhetőbbé váltak Aldo Manuzio hordozható octavo nyomtatott kötetének, Francesco Griffio betűtípusának, majd Gutenberg nyomdagépének köszönhetően. Ebben az időben az ismert színelméleti római szövegeket kiegészítették az addig ismeretlen görög szövegekkel is.

Az **1500-as években** körülbelül 40 olyan könyvet nyomtattak, amely jelentősen hozzá tett a színelmülethez. Ezeknek a fele latinul, kb. egy tucatot olaszul, négyet angolul, kettőt franciául és kettőt németül (Osborne, 2015).

Az első nyomtatott **fűvészkönyv** az „*Art der Gesundheit*” 1485-ben jelent meg, melynek ábrái a növények közvetlen megfigyelése útján készültek. A szerző utazásaira magával vitt egy festőt, az ő rajzai alapján egy fametsző mester készítette el a dúcokat. Jellemző azonban, hogy sem a festő, sem a metsző nevét nem jegyezték még fel. Brunfels 1530-ban kiadott híres fűvészkönyvének képeit rajzoló és metsző Hans Weiditz nevét az első kötetben már dicsőítő vers említi. Egy 1542-es herbáriumban pedig már nemcsak említik az illusztrációkat készítő festő, az átrajzoló és a metsző nevét, de a könyv végén arcképük is látható.

A legkorábról fennmaradt **festészeti mintakönyvet** 1538-ban Strasbourgban adták ki, a tartalma alapján főként a középkori hasonló jellegű művekre „rímelt”. Díszítő motívumokat, fantázia szülötteit, fejdíszeket, valamint az emberi test egyes részeit ábrázolta. Ugyancsak 1538-ban jelent meg Erhard Schön ennél korszerűbb mintakönyve, amelyben többek között olyan lapok szerepeltek, mint az emberi fej sémája különböző nézetekből, az emberi testet egyszerű formákra redukáló ábrák, amelyekhez Schön az inspirációt minden bizonnyal Dürer híres Drezdai Vázlatkönyvéből nyerte.

Pieter de Jode **mintakönyve** 1629-ben jelenik meg, amiben első ízben fedezhető fel az ún. „akadémiai alakrajz”. Ebben az emberi testet már a fényárnyék „játék” figyelembevételével, közvetlen megfigyelésekre alapozva ábrázolják.

Albertus Magnus és Thomas Aquinas építették be Aristotelész elméletét a katolikus doktrínába, amely körülbelül 300 évig meghatározta a tudományágat. Jelentős még Bingen St Hildegard „*Liber Scivias*” című munkája csak úgy, mint III. Ártatlan pápa liturnikus színekánonja (Conti 1534, Piazza 1682, Portmann 1974).

A keresztények természetesen elnyomták a pogány eredetű örökséget, de az ősi írások egy bizonyos részét megőrizték az arabok. Innen került elő Avicennától a „*Canon Medicinae*” az orvostudomány kánonja és az arab Ibn Al-Haytham optikai írása (Alhazen 1572, Lindberg, 1976). A színelméleti fogalmak már az arab költészetben is fellelhetők (Fischert, 1965).

Az egyetlen Quattrocentoból származó publikáció, ami teljes egészében a **színelméletről** szól Sicille-től származik 1420 körül íródott, amely a heraldikában, a címertanban vizsgálja meg a 7 tinktura alkalmazását. Az antik korszak **színelméleti** irodalmát rendszerezi írásaiban Equicla (1525), Baif (1526), Sicille (1527), Legh (1562), Ferne (1586), Dolce (1565), Occulti (1568), Rinaldi (1584), Calli (1595) és Alciati (1573).

A középkori színbolizmusról olvashatunk Portal 1837, Pugin 1844, Wackernagel 1872, Rolfe 1879, Haupt 1941, Pastoureau 1986, Gage 1993, Pavey 2003, Pleij 2004, Bucklow 2009 és Jones 2013 munkáiban. A kiadott könyvek közül egy tucat foglalkozik a **színszínbolizmussal** és a ruházaton alkalmazott színekkel (Morato, 1535).

A katolikus egyház 1559-ben közzétett Tiltott Könyvek listája nagyon sokáig akadályozta a tudományos felfedezések terjedését Dél-Európában. Északon nagyobb volt a szabadság különösen II. Rudolf udvarában. Prágában Arcimboldo feltalált egy színes-zenés térképet, kottát, majd Willebrord Snel megvizsgálta az áttetsző anyagok törési indexét. A fénytörésről olvashatunk Scarmiglioni (1601), Kepler (1604), Sedziwó (1604) és Boodt (1609) írásaiban. Az **optika** tudományáról olvashatunk Kepler írását követően Dioptrice (1611), Aguilo (1613), Scheiner (1619), Descartes (1637), Pélican (1645), Kircher (1646), Marci (1648), Cureau (1650), Priézac (1657), Voss (1662), Boyle (1664), Graindorge (1664), Grimaldi (1665), Barrow (1669), Fabri (1669), Zahn (1685), Fischer (1689) és Junge (1703) írásaiban.

A **kémia** ekkor még tudományként fejletlen volt bár fontos alapelveit már régóta használták a gyakorlatban például agyagégetésnél és az üvegekészítésnél, festékek, kozmetikumok készítésénél.

A gótikus katedrálisok ablakainak **üvegrománc** technikáját először Neri (1612) publikálta, majd Warrington (1848), Wyatt (1848), Saint (1913), Piccolpasso (1934) és Raguin (2003).

Az **1600-as években** nyomtatott 70 releváns könyv közül, kb. a 2/3-a foglalkozik a fény és a szín tudományával (Osborne, 2015). A többi írás művészi kézikönyv. Boutet (1673), La Fontaine (1679), Piles (1684), Gautier (1687), Dupuy (1699) francia nyelven, Jenner (1647) és Sanderson (1658) angol nyelven ad gyakorlati tanácsokat művészeknek és kézműveseknek.

Az 1600-as években született fontos tanulmányok a **festészet**ről Mander (1604), Peacham (1612), Carducho (1633), Boogert (1692), Bisagno (1642) és Pacheco (1649) munkái. 1651-ben Leonardo elméletének publikációja fordulópontot jelentett, a művészeket arra készítette, hogy újra megvizsgálják a művészi koncepcióikat (Dufresnoy 1668, Piles 1673, kontra Félibien 1676).

Az **1700-as években** a festészet presztízsét erősítette írásaival Elsum (1703), Lairesse (1707), Richardson (1715), Cröker (1719) és Algarotti (1749). Hogarth 1753-ban a korábbi festészeti tagmákat visszautasítja, és egy új sprektális palettát javasol Newton nyomán. Az okkert még használták elsődleges színeként (Bardwell, 1756), egészen addig, amíg meg nem erősítették újra, hogy a vörös, a sárga és a kék az elsődleges színek (Harris, 1766).

Az évszázad legnagyobb publikációs projektje a L' Encyclopédie, melyben van szó a színekről. 1751 és 1772 között íródott, Diderot és D'Alembert szerkesztésében.

Az 1700-as években Európában a színek képződéséről mintegy 110 szöveget publikáltak.

A legnagyobb hatású ezek közül, Newton 1704-ben megjelent prizmákkal kapcsolatos írása. Newton elméletét támogatták írásaikkal Roberts (1934), Cantor (1983), Crone (1999), Darrigol (2012), Gregory (1715), Gravesande (1723), Musschenbroeck (1734), Rowning (1734), Algarotti (1737), Martin

(1740), Euler (1746), Eberhard (1749), Harris (1775), Brougham (1796) és Jordan (1799), míg ellenzői voltak Line (1675), Mariotte (1681), Baniéres (1737), Castel (1743) és Gautier (1749). Newton felvetéseit a színek **percepciójával** kapcsolatban, szintén vizsgálta La Hire (1694), Melbranche (1699), Berkeley (1709), Le Clerc (1712), Funck (1716), Calandrini (1722) és Place (1738). Az **utóképekről** és a tranziens színekről először Castelli számolt be 1669-ben, majd olvashatunk Leclerc (1743), Hartley (1749), Porterfield (1759), Scherffer (1761), Harris (1766), Westfeld (1767), Schiffermüller (1772), Hassenfratz (1782), Darwin (1786), Palmer (1777), Carvalho (1787), Goethe (1791), Darwin (1794,) Thompson (1794), majd Pastore (1971) írásaiban.

A korai háromszínű **nyomtatással** kapcsolatban Le Blon (1725), Mortimer (1731) és Lilien (1985) munkáiban olvashatunk. Caraccioli 1760-ban színes tintával nyomtatott.

Az 1700-as években a **kémiáról** írt publikációkban elsődlegesen a kereskedelmi forgalomban is használt színes felületfestéssel foglalkozott Colbert (1671), Tallieri (1704), Hellot (1750), Miller (1758), Macquer (1763), Le Pileur (1776), Bischoff (1780) és Berthollet (1781).

Az 1800-as években a szövetfestők, nyomtatók, művészek és dekoratőrök által használt új színező anyagokkal foglalkozott írásaiban Hermbstädt (1802) 2 kötetben, Chevreul (1829), Leuchs (1829) 2 kötetben, Muston (1830), Vauquelin (1830), Field (1835), Bachhoffner (1837), Gonfréville (1848), Smith (1849), Napier (1852), Lefort (1855), Tschelnitz (1857), Sellers (1865) és Sansóne (1888).

A 18. században indult ipari forradalom és a fejlődő vegyészet új technikákat, anyagokat és színezési eljárásokat hozott létre. Ekkor született számos új festék és pigment, egyebek között a porcelánművészet számára. A franciaországi Sèvres porcelán-manufaktúrájában (korábban szinte ismeretlen) ragyogó türkizkék, sárga, rózsaszín, zöld, sötétkék mázakat kísérleteztek ki.

Az 1800-as években színelmélettel kapcsolatban több, mint 430 eredeti könyvet és memoárt írtak és jól használható kézikönyvek jelentetett meg Bemiss (1806), Chaptal (1807), Packer (1816), Vincard (1820) és Partridge (1823).

Goethe, aki Newton legnagyobb ellenfele volt, színekkel kapcsolatos nézeteiről széleskörű **filozófiai** vitákat generált, melyről írt Schopenhauer (1815), Werneburg (1817), Graevell (1859), Baehr (1863), majd Schindler (1946), Lobeck (1950), Élie (1963), Burwick (1986), Proskauer (1986), Schöne (1987), Sepper (1988), Sölch (1998) és Nussbaumer (2008) is.

Az 1800-as években – leszámítva Turner, Delacoix és a késői impresszionisták eredményeit – a legjelentősebb előrehaladást a **fizikusok** produkálták. Herschel leírja az infravörös fény felfedezését, egy évvel később, 1801-ben Johann Wilhelm Ritter az ultrabolya fényt fedezi fel. A fizikai optika

kutatásának tovább haladásáról olvashatunk Young (1807), Reade (1816), Nobili (1820), Bourgeois (1821) 2 kötetében, Déal (1824), Crum (1830), Beuther (1833) és Doppler (1842) írásaiban. 1802-ben Fraunhofer kiterjesztette a spektroszkópiát egy olyan tudománnyá, amely alkalmas az elemi gázok azonosítására (Fraunhofer 1817). E témáról ír Brace (1901), Danzer (1972), Smyth (1865), Roscoe (1869), Schellen (1870) 2 kötetben, Watts (1872), Lockyer (1873), Capron (1877), Konkoly-Thege (1890) és Landauer (1898). A fény szelektív elnyelődésével kapcsolatban olvashatunk Brewster (1831), Exley (1834), Kyan (1838), Flammarion (1867), Nugent (1868), Pisko (1869), Tyndall (1873), Guillemin (1874), Wirght (1882), Whitmell (1888) írásaiban. Maxwell elméleteit az elektromágnesességről és a hullámokról megerősítette Hertz (1893), Thompson (1897), Crew (1900), Pilgrim (1901), Michelson (1902), Buchwald (1989) és Darrigol (2012).

További kutatások jelentek meg a **percepció**ról, színillúzióról, mint érdekes jelenségekről Venturi (1801), Goethe (1810), Petrini (1815), Klotz (1816), Purkinje (1823), Chevreul (1839), Szokalski (1841), Délicourt (1842), Lluch (1858), Fournet (1859), Gorham (1859), Plateau (1876), Albert (1882), Rosenstiehl (1884), Kirschmann (1890), Bouasse (1917), Feinbloom (1938) és Weckroth (1964) írásaiban. Pointilista színmozaikokat ajánlanak Lacouture (1890), Signac (1899) és Previati (1906), melyeket szinte az összes avangard festő kipróbál, akik Párizsban dolgoztak 1885 és 1915 között. Ennek tapasztalatairól ír Homer (1964), Seurat (1991), Ratliff (1992) és Roque (1997). Az absztrak művészetben az optikai keverésekkel kapcsolatban Pedrossa (1977), Varley (1980), Rector (1996), Cruz-Diez (2009), Anuszkiewicz (2010) és Whitaker (2011) írásaiban olvashatunk.

A 19. században **festészeti** instrukciókat fogalmaz meg Ibbetson (1803), az első női elméleti szerző Gartside (1805), majd Libert (1805), Klotz (1806), Clark (1807), Oram (1810), Burgess (1811), Hassell (1816), Klotz (1816), Varley (1820), Cloquet (1823), Smith (1825), Hayter (1826) és Runge (1850). Egyre nagyobb terjedelmű munkák jelennek meg pl. Massoul (1797), Wood (1797), Tingry (1803), Roux (1824) 3 kötetben, Burnet (1827), Lazzarini (1806) és Bossi (1821) írásai. A legtöbb szerző a vörös, sárga, kék elsődleges színelméletet propagálja, de Cawse (1822) és Bouvier (1827) visszatérnek a klasszikus (a portréfestéshez megfelelőbb) négy színű palettához. Más elsődleges színhasználatáról ír Phillips (1833), Perrot (1834), Wyrsh (1834), Fielding (1836), Ziegler (1852). Field 1835-ben leírja a három színű Metrochrome-t. A régi festészet, a freskók iránti érdeklődés újraéledése megfigyelhető Merimee (1830), Latilla (1842), Jaylor (1843) és Merrifield (1846) munkáiban. Más viktoriánus kori szerzők Willson (1842), Cave (1851), Simpson (1853), Sol (1849), Fielding (1854), Lluch (1858), Jaennicke (1878), Seemann (1881), Guichard (1882) 3 kötetben, Henry (1888), Leidel (1893), Ruskin (1879). Wilkinson (1891) 3 kötetben, Raymond (1899), Regnier (1865), Guerlin (1918) és Roux (1898) a színkeverésre és a harmóniára tesznek ajánlásokat.

A **színelméletről**, a színtudomány történetéről ír Marcucci (1816), Mérimée (1830) és Gullick (1859) is. Paillot 1828-ban, 9 kötetben egy jelentős terjedelmű művészettörténetet publikál, amelyben megemlékezik a természetfilozófiai és természettudomány történetéről is, kiegészítve Whewell (1837) 3 kötetes és Wilde (1838) 2 kötetes munkáit. Goethe történelmi jelentőségű függeléke 1810-ből összegyűjti a színtudomány irományának fontos példáit, például Telesio (1528) és Voss (1662) írásait. A művészetet és a tudományos elméleteket integráló szakkönyveket jelentet meg Brücke (1866), Blanc (1867), Schreiber (1868), Church (1872), Bezold (1874), Rood (1879), Libonis (1880), Armitage (1883), Bracquemond (1885), Guignet (1889) és Carlyle (2001).

A **kémia** területén, a mesterséges színezékek történetében jelentős az áttörés, amikor William Perkin elkészíti a movemjét 1856-ban. Az anilin festékek fejlődéséről ír Rowe (1938), Fox (1987), Travis (1993), Garfield (2000) és Dronsfield (2001). A festékek alkalmazásáról, a **szövetfestésről** Kekule (1859) 2 kötetben, Orison (1860), Dussauce (1863), Schatzentierger (1867) 2 kötetben, Haserick (1869), Bird (1875), Benedikt (1883), Hummel (1885), Sansone (1888) 2 kötetben, Tassart (1890), Guaita (1893), Knecht (1893) 2 kötetben, Perkin (1894), Schultz (1894), Lefevre (1896) 2 kötetben, Perkin (1918) és De Mitri (1919) írásaiban olvashatunk. A **felületfestés** általános történetével kapcsolatos írások Brunello (1968), Robinson (1969) és Engel (2009), valamint rövidebb beszámolók Beer (1959), McLaren (1983), Hope (1990), Renfrew (1999), Varichon (2000), Ball (2001) és Feeser (2012) írásai.

A **színnyomatás** viszonylag kis sikereket ért el rézmetszés, valamint a foltmaratás és a famegmunkálás területén, mivel egészen addig, amíg Senefelder fel nem találta a vitográfíát 1798-ban, addig nem tudtak igazán nagy területet egy homogén színnel egyszerűen tele nyomtatni. Erről az új technikáról ír Howard (1838) és Engelmann (1839). Az első művészettörténész, aki részletesen ír a színek alkalmazásáról a háromszín nyomtatásban John Ruskin volt, majd őt követte Eastlake (1847), Ruskin (1851), Byron (1930), Klein (1940), Turner (1969) és Gage (1993). A sokszínű nyomtatás további fejlődésével kapcsolatban ír Radde (1877), Noble (1881), Audsley (1883), Earthart (1892), Hoffmann (1892), Jenkins (1896), Steinheil (1896), Vidal (1903), Cornell (1934), Griffiths (1940), Bouregy (1955), Cooke (1955), Gaensslen (1959), Borowsky (1974), Bouté (1974), Emery (1993), Kuno (1999), Rogondino (2000), Cabarga (2001) és Krause (2002). A színek nyomtatásban való felhasználásának történetéről ír Burch (1910), Salaman (1913), Cate (1978), Friedman (1978), Lilien (1985), Field (1988), Gascoigne (1997), Dackerman (2002), Hunter (1918) és Sugden (1925). A nyomtatóban alkalmazott festékek történetéről ír Carvalho (1904), Lehner (1876), Andrés (1903), Seymour (1910), Underwood (1915), Bowles (1961), Yule (1967) és Wakemann (1975).

A díszítő művészetekben alkalmazható instrukciós kézikönyvek, amelyeket Bonanni (1720), Orellana (1755) és Watin (1772) nyomán írt Pincot (1811), Reynolds (1812), Riffault (1825), Whittock (1827) és Millar (1909). A

legkorábbi példájának szerzője Smith, 1676-ból. Az **épületek és a ruházatok dekorációjáról, díszítéséről** ír Pugin (1844), Wyatt (1848), Jones (1856), Audsly (1882), Twining (1849), Chevreul (1864), Racinet (1869, majd 1876), Speltz (1906), Solon (1924) és Bossert (1928).

Későbbi könyvek a **belső terek** készítéséről Hay (1828) írása, majd Vanherman (1829), Towers (1830), Arrowsmith (1840), Higgins (1841), Moore (1851), Minifi (1854), Lloyds (1860), Hay (1867), Savory (1870), Miller (1885), Facey (1886), Mills (1887), Pearce (1897) munkái.

A viktoriánus korszakban legalább 70 színekkel kapcsolatos, tájékoztató kézikönyvet nyomtattak.

A festés, **színezés** szabályok által meghatározható módszereiről ír Bengo (1851), Redgrave (1853), Ruskin (1857), Howard (1838), Blanchard (1841), Hundertpfund (1847), Field (1850), Rowbotham (1850), Ziegler (1852), Barnard (1855), Bacon (1866), Green (1871), Sully (1873), Cassagne (1875) és Muckley (1880).

A viktoriánus kor **szövetnyomtatásról** megjelent kézikönyveinek szerzői Tennett (1841), Gilroy (1845), Persoz (1846) 4 kötetben, Parnell (1849), Crookes (1874), Crace-Calvert (1876), Bregha (1880), Dépierre (1891) 5 kötetben, Lehne (1893), Rothwell (1897), Rawson (1901). Némelyikben szövetminták is találhatóak. A szövetnyomtatás történetéről szóló beszámolók Knecht (1912), Capey (1930), Robinson (1969) 2 kötetben, Meller (1991) és Broadbent (2001) munkái.

A korabeli **ruhadívatokkal** kapcsolatban ír Howard (1838), Adams (1862), Audsley (1863), Elveena (1878), Higgin (1880) és Schröder (1897). A ruházatok történetének beszámolóit megtalálhatók Burris-Meyer (1938), Cassin-Scott (1970) 2 kötetben, Batterberry (1977), Hope (1990), Breward (1995), Walch (1995), Tracy (2004), Weinberg (1918), Lovell (1922), Almalekh (1996) és Blaszczyk (2012) írásaiban. Az **ékszerek** történetéről olvashatunk Evans (1953) munkájában.

A **kozmetika** történetét feljegyzi Angeloglou (1970), Corson (1972), Gunn (1973), Salmon (1672), Glisson (1677), Jackson (1987), Licardi (1985), Mather (1794), Gray (2004), valamint Otterstätter - Bradley (2009).

Pestalozzi és Froebel a fiatalok kreatív képzését ajánlja. 1860-ban Levina Urbino (női szerző) publikál egy művészeti rekreációs könyvet, mellyel megalapozza a legkorábbi kategóriáját a színekkel kapcsolatos **tankönyveknek**, további osztálytermi használatra szánt könyvek Crocker (1883), Prang (1893), Chace (1896), Knipp (1897), Monachesi (1897), Van Helden (1902) írásai. Egyre több iskolai vagy főiskolai tankönyv foglalkozik a színek viszonyaival, a harmóniákkal, a designnal, a színes tervezéssel. Ezen könyvek szerzője Trzeschtkik (1871), Cross (1887), Tilton (1889), Bradley (1890), Philip (1899), Maycock (1985), Seidlitz (1900), Vanderpoel (1902), Lichtwark (1905), Vinall (1910), Holman (1913), Branch (1915), Carpenter (1915), Tallberg (1915), Snow (1918), Meyer (1921), Anderson (1933),

Tonks (1934), Doolittle (1940), Smedley (1955), Tritten (1968), Parker (1973), Jacobson (1975), Boos-Hamburger (1942), Boller (1947), Wilson (1949), Wagner-Koch (1987), Mäckler (1999)<sup>2</sup>, Collot (1993) és Benson (2004).

**Festési szótár** a „Society of Dyers” 1924-ben, majd 1956-ban jelent, melyben olvashatunk Slater (1870), Rawson (1901), Bersch (1902), Zerr (1906) munkáiról.

A festészet hagyományos módszereivel foglalkozó, a festmények megőrzésének témáját feldolgozó korai **kézikönyvek** szerzői Gullick (1859), Vibert (1891), Berger (1893) 4 kötetben, Parkhurst (1897), Toch (1907), Laurie (1914), Boigey (1923). Busset (1929), De Wild (1929), Maroger (1948), Dossie (1738).

**Dekorátorok** számára írt kézikönyvet Davidson (1875), Keim (1881), Guignet (1889), Gardner (1894), Jennings (1901), Hasluck (1908), Kelly (1920), Vanderwalker (1924), Miskella (1928).

A **művészet történetéről** és tartalmáról írt könyvet Letalle (1912), Moreau-Vauthier (1913), Brown (1915), Ross (1919), Speed (1924), Fletcher (1926), Fischer (1930), Schmid (1948), Feltgen (1952), Bazzi (1960) és Birren (1965).

A színelmélet **oktatásával** kapcsolatban vannak megjegyzések Paterson (1900), Barbiéri (1937), Barton (1939) és Savage (1940) írásaiban.

Irlen (1991) és Wilkins (2003) az vizsgálták, hogy a színek hogyan segítik az **olvasási készségeket**.

Young 1807-es munkája után a látás és az **optikai** élettani vonatkozásaival kapcsolatban ír Treviranus (1828), Dove (1852), Helmholtznál csúcsosodik ki 1856-ban, majd ír Brett (1858), Schultze (1866), Boll (1876), Kries (1882), Hunt (1892), Lichtwark (1905), Heine (1907), Abney (1973), Parsons (1915), Teevan (1961) és Sherman (1981).

A **látás** történetéről, valamint a szem működésének a kutatásáról olvashatunk Bartley (1941), Polyak (1957), Bergmans (1959), Teevan (1961), Lindberg (1976), Wasserman (1978), Uttal (1981), Crone (1992), Wade (1998), Ings & Lanthony (2012) műveiben. A retina érzékelésével kapcsolatban Hecht (1938), Walls (1942), Detwiler (1943), Willmer (1946), Granit (1947), Wright (1949), Dartnall (1957), Brindley (1960), Dayson (1962) 4 kötetben, Rushton (1962), Fein (1982), Zrenner (1983) és Frova (1984) írásaiban.

A **színlátás zavarokkal** kapcsolatos betegségekről először Smith ír 1738-ban, majd Huddart (1777), Palmer (1786) és Dalton (1798).

A **rendellenes színlátással** kapcsolatban tanulmányok jelentetett meg Brewster (1831), Seebeck (1837), Szokalski (1841), Tortima (1854) és Wilson (1855), de egészen Holmgren 1877-es munkájáig nem foglalkoztak igazán komolyan a színvakság jelenségével. Palmer 1777-ben felveti a retina esetleges rendellenességét, mint okot. A színlátás rendellenességeinek örökletes

természetét vizsgálta Kühn (1942), Waaler (1967), Cruz-Coke (1970), Pokorny (1979) és Foster (1991). Az időskorban bekövetkező szín érzékelés változásairól ír Weale (1963) és Wijk (2001).

Fechner 1860-as munkáját követően komoly előrelépések történtek a **percepció** szisztematikus vizsgálata területén Cornelius (1861), Brücke (1866), Bezold (1874), Hering (1878), Albert (1882), Abney (1891), Rutherford (1892), Lovibond (1893), Mauthner (1894) és Lane (1898) újraértékelték a látási illúziók természetét csakúgy, mint a színskálákat, amelyek mindenféle szubjektív színérzékelés és mérés alapjaiként szolgálnak. A bibliai és más ősi elméletekkel szemben álló alternatív elméletről ír Darwin "A fajok eredete" című munkájában.

Charles Darwint követően megvizsgálja a szín szerepét a természetben Tylor (1886), Poulton (1890), Beddard (1892), Verne (1930), Kingston (1933), Parker (1936), Fox (1953), Nett (1958), Fox (1960), Vuillaume (1969), Simon (1971), Hamilton (1973), Herav (1978), Burt (1979), Vevers (1985), Espejo (1996), Farrant (1999) és Parker (2005).

Az **állatok színe** és a fauna fontos téma Flayne (1814), Syme (1814) és Whittock (1829) publikációinak. Darwin hatására Allen (1879), Marty (1879), Schasler (1883), Hohegger (1884) és Lubbock (1888) összehasonlítja a rovarok, halak, madarak és emberek látását. Az állatok álcázásával kapcsolatban ír (hogyan tudnak a színnel beolvadni a környezetükben) Thayer (1909), Pycraft (1925), Cott (1940), Stephenson (1946), Ogle (1958), Frisch (1973), Fogden (1974), Ward (1979), Bamford (1992), Ferrari (1993), Hill (2006) 2 kötetben, Stevens (2011). A lovak színéről publikál Green (1974), Sponenberg (1996), Gower (1999) és Kollner (1791). A rovarok színéről ír Poulton (1890), Berthier (2003), Rosel (1746), Scopoli (1763) és Harris (1776). A növények szimbolizmusát megemlíti Rinaldi 1584-ben, majd Vulson (1649) és Pratt (1840). Pratt indítja el a viktoriánus kori divatot. A virágnyelvvel foglalkoznak Ingram (1870), Twining (1849), Delitzsch (1888), Melin (1940) és Kandeler (2003) publikációi.

A **növények színével** kapcsolatban ír Burgess (1811), Pratt (1844), Twining (1849), Martens (1862), Tylor (1886), Sachs (1892), Oberthur (1905), Verne (1930), Wilson (1938), Biesalski (1957), Eskin (1979), Fox (1979), Farrant (1997) és Lee (2007). A kerti designt mint tudományt újra alkotják Petzold 1853-ban és Jekyll 1908. Ezzel kapcsolatban olvashatunk Stebbing (1949), Thrower (1966), Austin (1998) és Horrocks (2012) írásaiban. Néhány virágszínjegyzék megtalálható Dalen (1992) és Huntingdon (2000) műveiben.

Terveztek **atlaszokat** a növények és állatok színmeghatározására Oberthur (1905), Ridgway (1912), Maerz (1930), Koster (1931), Seguy (1936), Wilson (1938), Du Pont (1950), American (1953), Palmer (1956), Biesalski (1957) & Smithe (1974) 3 kötetben, Edlin (1969) a fákról. A festett anyagokról készített atlaszt Textile (1916), Wilson (1934) és Harding (1956) 3 kötetben.

A természetben előforduló **drágakövek színének** megfigyeléséről készít tanulmányt Rood (1879), Newbigin (1898), Minnaert (1937), Harvey (1948),

Smithe (1974) 3 kötetben, DeLuca (1978), Cayeux (1981), Nassau (1983), Williamson (1983), Falk (1985), Lynch (1995), Hoeppe (1999), Parker (2005) és Lee (2007). Az **ásványok természetes színéről** részletesebben írt Hochheimer (1792), Haüy (1801), Brongniart (1802), Jameson (1805), Marcucci (1816), Bersch (1893), Monachesi (1897), Rose (1916), Rosch (1929), Chariot (1952), Przibram (1956), Kraissl (1981), Peckett (1992) és Evans (1953).

A **pszichológia** új ága jelent meg. Goethe (1810), Wundt (1874), Galton (1883) és William James (1890) azt vizsgálta, hogy a belső elmeállapot vagy lelkiállapot hogyan befolyásolja a színekre adott válaszokat. Az expresszionizmus festészete megerősítette a tudatos és a tudatalatti asszociációk szerepét a színek és az érzelmek között, melyről ír Kandinsky (1912), Steiner (1921), Allesch (1925), Jaensch (1930), Koch (1931), Klee (1956), Van Gogh (1961), Hofmann (1963), Matisse (1973), Spate (1979), Wagner-Koch (1987), Ballas (1997) és Senini (1997). Rorschach tintapaca tesztjéről (1920), mely pszichometrikus eszközként használja a színt Rorschach (1942) és Heald (1906) írásaiban olvashatunk. A színről, mint a gyermekkori fejlődés jelzőjéről ír Gale (1933), Dashiell (1931), Dorcus (1934), Lindberg (1938), Oldham (1940), Dubash (1944), Alschuler (1947), Lowenfeld (1954), Tampieri (1970) és Sharpe (1974). A színreferenciáról publikál Osgood (1929), Chandler (1934), Goldstein (1939), Birren (1940), Rhodes (1924), Krueger (1926) 3 kötetben, Wohlfarth (1986) és Magyar (2011).

Carl Jung 4 személyiség típusát alapul véve (1921), Max Luscher bevezetett egy személyiség tesztet 1948-ban melyről később ír Furrer (1953), Luscher (1962) és Pavey (2010). A **színpszichológia** képviselői Kargere (1949), Kouwer (1949), Birren (1952), Frieling (1954), Van der Waal (1954), Ratleff (1958), Frieling (1961), Birren (1962), Bopst (1964), Pfister (1964), Koch (1967), Goethe (1971), Sivik (1974), Beach (1988), Melia (1988), Widmann (1988), Heller (1989), Walker (1991), Pantie (1993), Fehrman (1995), Wright (1995), Sadka (2004), Brunelli (2010), Morton (2011) és Best (2012). Írásaik a temperamentummal kapcsolatosak, vizsgálják, hogy hogyan viszonyul a szín érzékelése a temperamentumhoz.

Ahogy a színek egyre elterjedtebbé váltak a **magazinokban, a csomagoláson** és a hirdetésekben a **színpszichológiát** kezdték alkalmazni a termékek eladhatóságának növelésére. Erre vonatkozó tanulmányok szerzői Engelhardt (1921), Luckiesh (1923), Knights (1926), Binder (1934), Birren (1935), Crisp (1938), Cheskin (1947), Longyear (1949), Many (1953), Biggs (1956), Birren (1956), Frieling (1957), Danger (1968), Deribdre (1969), Favre (1969), Birren (1978), Danger (1987) 3 kötetben, Favre (1979), Russell (1990) 4 kötetben, Berry (1991), Ktithé (1996), Luzzatto (2001) és Chu (2010).

A színes könyvborítók megjelenésével kapcsolatban ír Hardie (1906), Tooley (1954) és Waddleton (1993). A postai bélyegek színeinek osztályozásáról olvashatunk National (1884), Scott (1884) és Warhurst (1899) írásaiban.

A **design** és a tipográfia modern megközelítéséről ír Sheldon (1900), Trezise (1909), Andrews (1911), Verani (1919), Engelhardt (1921), Andrews (1929), Birren (1934), Wentzel (1983), Garcia (1986), Cook (1989), Zender (1994), Carter (2001), Field (2001), Ambrose (2005), Mehl (2013) és Opara (2013).

A  **fotomechanikai reprodukció** más megközelítései megtalálhatóak Martin (1923), Douglas (1931), Bouma (1945), Dourgnon (1951), Letouzey (1954), Hunt (1957), Engdahl (1962), Astrua (1970), Southworth (1974), Simon (1980), Bruno (1986), Hunt (1987), Eckstein (1991), Johnson (1996), Fairchild (1997), Daly (2002), Field (2004, 2013) írásaiban.

A **varrással** kapcsolatban ír Bastos (1846), Lockwood (1878), Delany (2009), Tonks (1935), McGown (1954), Justema (1971), Howard (1976), Box (2000), majd a **kötésről** Fassett (1988). A színes **hímzés** fontosságát hangsúlyozza Saint-Aubin 1770-ben még azelőtt, hogy a szövetnyomtatás vagy szövetfestés jobban elterjedt volna, később Bancroft (1794), Bastos (1846) és Delany (2009). A **szőt anyagok** színével kapcsolatban szövőművészek és kézművesek Bain (1935), Hicks (1937), Klein (1965), Windeknecht (1981) és Menz (2004) írásai jelennek meg. Színes szövetek tervezésének módjáról tesznek ajánlást Beaumont (1890), Watson (1912) és Birren (1980).

A vizsgálják a színpszichológia alkalmazását a **ruhákra** Hempstead (1931), Kellam (1933), Bun-is-Meyer (1935) és Chambers (1939). Suzanne Caygill kidolgozott egy 4 évszakos rendszert, majd 1942-ben megalapítja a színakadémiát, ahol személyre szabott színeket tanít a saját 4 évszakos rendszerének megfelelően, melyről Caygill (1980), Jackson (1980), Spillane (1991) publikál. Könyvek a ruhákról főként női szerzőktől Chambers (1951), Head (1959), Lauppi (1967), Quinn (1967), Eiseman (1983), Quant (1984), Rhodes (1984), Kumagai (1985), Delaunay (1991), Allen (1992), Jacques (1994), Fehrman (2000), Pagnucco (2002), Tracy (2004) származnak.

Egy **kémia** kurzusról publikál Venables 1933-ban. A 20. századi könyvek szerzői a festés **kémiájáról** Beacall (1915), Fierz-David (1921), Curtis (1929), Joachim (1934), Vickerstaff (1950), Venkataraman (1952) 8 kötetben, Lubs (1955), Peters (1963), Schaeffer (1963), Thurner (1965), Allen (1971), Gurr (1971), Bird (1975), Storey (1978), Gordon (1983), Zollinger (1987), Peters (1991), Aspland (1997), Bamfield (2001) és Chakraborty (2009).

A kereskedelmi forgalomban lévő **színezékekről** ír Jennison (1900), Sabin (1904), Hummel (1906), Ristenpart (1911), Vassart (1912), Ramsay (1917), Perkin (1918), Barnett (1919), Matthews (1920), Hewitt (1922), Thorpe (1923), Schiemann (1936), Stock (1953), Fabian (1980), Jaramillo (1988), Shore (1990), Peckett (1992), Herbst (1993), Ingamells (1993), Peters (1995), Ash (1996) 2 kötetben, Freeman (2000), Christie (2001) és Hunger (2003). A mesterséges selyem és műselyem festéséről ír Celikiz (1983), Lewis (1992), Mullin (1927) és Interessen (1938). A műanyagok és más szintetikus anyagok festése esetén a színek alkalmazásáról Webber (1979), Christie (1999), Harris (1999), Willer (2003) és Haunani (2009) publikál. A természetes színezékekkel való festést ajánlja Mayer (1924), Sisefsky (1952),

Bentley (1960), Adrosko (1971), Vinroot (1981), Liles (1990), Stramigioli (1991), McRae (1993), Schweppe (1994), Dean (1999), Hofenk (2004) és Cardon (2007).

Az egyes **színezékekről** külön-külön tanulmányok érhetőek el. A szerves vörös festékekkel foglalkozik Chaptal (1807), Sandberg (1994), a cochinal eredetű bíborral Greenfield (2005), a murex vagy tövises csiga testéből kivont festékekkel Reinhold (1970) és Edmonds (1999), a buzzer festékekkel Miller (1758) és Chenciner (2000), a kék festékekkel Philibert (1816), Hurry (1930), woad nevű fajtával, aminek a szárított és vermentált leveléből vonnak ki kék festékszint Perrottet (1842), indigo festékekkel Sandberg (1986) és Balfour-Paul (1990).

Olvashatunk az **üveg színezéséről** és festéséről Ballantine (1845), Warrington (1848), Winston (1849), Gillinder (1851), Holiday (1896), Saint (1913), Connick (1937), Weyl (1951), Bamford (1977) és Raguin (2003) munkáiban. A **mozaikokról** ír Wyatt (1848) és Merrifield (1849), a **kerámia zománcokról** Arclais (1758), Phorson (1776), Popelin-Ducarre (1866), Monachesi (1897), Piccoipasso (1934), Solon (1924), Parmelee (1949), Hopper (1984) és Stefanov (1988), a **tűzijátékok kémiajáról** Bate (1634), Phorson (1776), Weingart (1943) és Conkling (1985).

A festészetben alkalmazott **színezékek** 20. századi fejlődéséről ír Parry (1902), Hasluck (1905), Hall (1906), Holley (1908), Gardner (1911), Uebele (1913), Watson (1918), Coiffignier (1921), Doerner (1921), Weber (1923), Laurie (1926), Fox (1927), Dumas (1930), Rousset (1930), Hiler (1934), Joachim (1934), Magnier (1935) 3 kötetben, Mayer (1940), Gettens (1942), Remington (1946), Stock (1953), Constable (1954), Ricci (1954), Chatfield (1955), Morgans (1958), Turner (1967), Wehlte (1967), Patton (1973) 3 kötetben, Lyttle (1974), Feller (1986) 3 kötetben, Gottsegen (1987), Buxbaum (1993), Delamare (1999), Johnston-Feller (2001), Jennings (2003), Eastaugh (2004), Guineau (2005), Maxwell-Smith (2006), Ball (2001), Bomford (2000), Finlay (2002), Desalme (1910), Smith (1915), Bearn (1923), Miskella (1928), Mills (1962), Nylén (1965), Patterson (1967), Lewis (1987), Herbst (1993), Freeman (2000), Bamfield (2001) és Smith (2002).

A 20. századi **könyvek** közül több mint 200 a színelméletekről szól. Ezek célja, hogy a diákok számára megtanítsa a festészet és design, tervezés alapelveit beleértve a színharmóniák, színkeverések az optikai kontraszt és a minták elvét. A 200 oldal feletti komolyabb, terjedelmesebb példák művek szerzői Sala (1906), Frosterus (1920), Hein (1920), Biema (1930), Pierquin (1932), Guptill (1935), Koblo (1963), Brouwer (1968), Saxton (1981), Lewis (2009) és Luke (2012). A 100 és 200 oldal közötti kézikönyvek szerzői Hurst (1900), Vanderpoel (1902), Ward (1903), Rankin (1911, 1914), Carpenter (1915), Forichon (1916), Cutler (1919), Sargent (1923), Jacobs (1925), Gillum (1931), Graves (1941), Hiler (1942), Perez (1942), Milner (1948), Klappauf (1949), McDonald (1949), Nay (1955) és Thomas (1957). A festészetéről és a tervezéséről, 100 oldal alatti, rövidebb instrukciós könyvet írt Taylor (1908),

Holman (1913), Kiddier (1918), James (1920), Sachs (1927), Sargent (1927), Welling (1927), Bennett (1930), Btihler (1930), Dickson (1932), Birren (1934, 1939), Beaudeneau (1940), Doolittle (1940), Naef (1960), Schwarz (1968), Zakia (1974) 2 kötetben, Eschmann (1975), Geiger (1977), Wong (1986), Kriesberg (1986), Klaren (1996), Bergstrom (2008) és Woolman (2009). Ebbe a katalógusba tartoznak a festékkeveréssel és a szín megkülönböztetéssel foglalkozó kézikönyvek Hareux (1903), Jorgensen (1906), Barber (1907), Hatt (1908), Sanford (1910), Schipman (1936), Bustanoby (1939), Hummel (1950), Fer (1953), Fabri (1967), Catalano (1992), Van Wyk (1994), Lidzey (2002), Sidaway (2002), Edwards (2004), Edison (2008) és Collins (2011) művei.

A szín első teljes **története** Birren tollából jelenik meg 1941-ben, mely foglalkozik a festészettel, a látással, az optikával, a vallással, a gyógykezeléssel, zenével, természettel és pszichológiával is, vagyis a szín szerepével minden területen. Byron 1930-ban megvizsgálja a szimbolizmus szerepét a festészetben az antikvitástól a barokkig, Birren 1965-ben hasonló könyvet írt, de teljesebb kronológiával. Más hasonló kiadványok Gericke (1970), Rzepinska (1970), Strauss (1972), lmdahl (1987), Gage (1993), Pavey (2003), Givry (2011), Zuffi (2013) munkái. További történelmi perspektívát ajánlj Birren (1976), Dittmann (1987), Kemp (1990), Gage (2006), Best (2012), Varley (1980), Brusatin (1983), Cole (1993), Hope (1990), Hall (1992), Gage (1999), Riley (1995), Walravens (2006), Charnay (2011). Szépművészek érdekes kijelentéseit, mondatait, elveit tartalmazza Diehl (1945), Goldwater (1945), Jedlicka (1962), Sloane (1991), Mackler (1992) és Batchelor (2008) írása.

Az 1950-es évekre a Bauhaus elkezd befolyásolni a művészeti iskolákban zajló **oktatást** és az alapvető tervezési kurzusokat, melyekről olvashatunk Renner (1947), Klee (1956) 2 kötetében, Birren (1961), Hien (1961), Albers (1963), Kramer (1963), Ellinger (1963), Zeugner (1963), Verity (1967), Wick (1968), Pawlik (1969), Salemme (1970), Loeb (1971), Clulow (1972), Grob (1972), Marx (1973), Libby (1974), Enabnit (1975), Eschmann (1975), Ktippers (1978), Osborne (1980), Holden (1981), Pawlik (1981), De Grandis (1984), Buntinx (1985), Sidelinger (1985), Zwimpfer (1985), Parramon (1988), Dantzic (1990), Cumming (1991), Le Clair (1991), Dtichting (1996), Verbraeken (1997), továbbá Carter (2001), Feisner (2001), Koenig (2003), Pedrosa (2003), Sutherland (2003), Hornung (2004), Jung (2004), Osborne (2004), Pentak (2004), Ambrose (2005), Bleicher (2005), Breniaux (2006), Stone (2006), De Sausmarez (2008), Leland (2008), Bergantini (2010), Bachmann (2011), Bendin (2011), Corosz (2011), Arnkil (2012) és Belmonte (2012) munkáiban.

Egyes művészek színhasználati módját kiállítási katalógusokban dokumentálta Seitz (1965), Cousseau (1985), Tuchman (1986), Temkin (2008) és Cate (1978). További szövegek olvashatók, festőktől ill. festőkről Kandinsky (1912), Bazin (1920), Bernstein (1921), Macdonald-Wright (1924), Heaton (1929), Chase (1930), Rood (1941), Watson (1942), Armfield

(1945), Leheart (1945), Arentz (1953), Klee (1956), Itten (1961), Albers (1963), Hofmann (1963), Leger (1973), Matisse (1973), Albrecht (1974), Delaunay (1978), Levin (1978), Angerri (1977), Pedrosa (1977), Heron (1979), Gerstner (1981), Le Clair (1991), Arnkill (1995), Rector (1996), Sedgley (1996), Rozanova (2000), Osborne (2004), Turrell (2005), Cruz-Diet (2009), Anuszkiewicz (2010) és Whitaker (2011) írásaiban.

A színszínbólizmus sok érdekes területre is kiterjed. Conti (1534), Piazza (1682), Bayley (1912), Lauffer (1948) és Pavey (2009a) művei **liturgikus** előírások. Ősi héber és bibliai színemléteket találunk Alexander (1737) „Cruden’s Concordance” című írásában. A kabbalával Nickle (1889), Soares (1973), Sturzaker (1975) és Brenner (1982); a buddhista szín szimbolizmussal Bhattacharyya (1924), Leadbeater (1927), Chondron (1993) és Pavey (2009); a keresztény szimbolikával Delitzsch (1888), Walder (1926), Sexson (1938), Biesinger (1995) és Ferrer (1999). Más **teológiai** összefüggésekről Conroyról (1921), Hauptnál (1941), Case (1947), Riedel (1983), DuQuesne (1996); a teozófikus hatásokról Besant (1901), Kandinsky (1912), Steiner (1921), Whitten (1933), Hunt (1940), Hall (1976) és Tuchman (1986); az afrikai szimbolizmusról pedig Jacobson-Widding (1979) ír.

Papi **öltözékek** színeivel kapcsolatban Pugin (1844), Wood (1875), Rolfe (1879), Legg (1882), Barnes (1890) és Hope (1918) írásai foglalkoznak; a jogi területen alkalmazott ruházatról Hargreaves-Mawdsley (1963) ír 2 kötetben; a kutatók és orvosok ruházatában alkalmazott színekről Wissmann (1683), Wood (1875), Delitzsch (1888), Haycraft (1923), Baty (1934), Shaw (1966) és Smith (1970) ír 3 kötetben.

Nyomtatott szövegek a **heraldikáról, címertanról** Juliana Berners, Albans (1486) és Sicille (1495) Legh (1562), Ferne (1586), Menestrier (1661), Morgan (1666), Baigent (1864), Wade (1898), Ströhl (1899), Fox-Davies (1909), Dorling (1911), Milne (1893) és Wilson (1937) munkái.

A **zászló színekkel** kapcsolatos könyvek például Bowles 1768, Mills 1893, Huline 1897, Maury 1904, Gordon 1915, Pederson 1970, Crampton 1990 & Znamierowski 1999. Sicille 1527-ben a egyenruhák színével kapcsolatban ír. Hengeveld (1929) és Carter (1952) nemcsak a vasúti, hanem más közlekedési cégek egyenruháival is foglalkozik.

Az emberben eredetileg valószínűleg azért fejlődött ki a kifinomult színlátás, hogy felismerje a különböző **ételek** természetes színét. Érdekes módon ennek ellenére csak kevés könyvben, például Washington (1904), Hesse (1912), Abbott (1947), MacKinney (1962), Francis (1975), Eskin (1979), Marmion (1979), Hendry (1992), Hutchings (1993), Otterstater (1999), MacDougall (2002), Delgado-Vargas (2003), Hutchings (2003), Jacquot (2011) és Best (2012) írásaiban olvashatunk e témáról.

A **szivárvány** tudománya és szimbolizmusa említésre kerül Piccolomini (1540), Telesio (1570), Fleischer (1571), De Dominis (1611), Marci (1648), Line (1675), Newton (1704), Mant (1828), Capron (1879), Bishop (1893), Campbell (1886), Minnaert (1937), Boyer (1959), Graham (1975), Branley

(1978), Greenler (1980), Gage (1993), Blay (1995), Lee (2001), Bradley (2009) és Jones (2013) munkáiban.

A **szimbolizmus** és pszichológia közötti kapcsolattal foglalkozik Smits (1967), Riedel (1967), Widman (1988) és Volimar (2009). Érdemes megjegyezni, hogy a színek szimbolikája korszakfüggő, tehát bizonyos korszakokban, kultúrákban másképp és másképp használják, valamint funkciófüggő is, se nem konzisztens se nem általános. Vulson után megjelennek Portal (1837), Jones (1903), Warry (1904), Killick (1906), Bruce (1912), Luckiesh (1918), Hodges (1926), Byron (1930) és Powell (1931) kultúrafüggő szimbolizmussal kapcsolatos írásai. Lüscher (1962) és Pavey (2010) felveti, hogy a vörös, a sárga, a zöld és a kék a hagyományos alapárnyalatok. A vörösre koncentrálnak írásaikban Birren (1963a), Strauss (1972), Portmann (1974), Hall (1976), Rousseau (1980), Gross (1981), Frieling (1983), Braem (1985), Birren (1988), Heller (1989), Pastoureau (1989), Hope (1990), Ortiz (1992), Pastoureau (1992), Bruns (1997), Portenart (2000), Albert-Vanel (2009), Boccardi (2009), Bucklow (2009), Lasko (2012), Brugger (1998) és Busuttil (2000). A kéikkel foglalkozik Overath (1987), Gass (1991), Schuth (1995), Recio (1996), Jacquemin (2000), Pastoureau (2000), Mavor (2012), és Stewart (2013). Különböző színekkel foglalkozik Varley (1980), Jarman (1994), Theroux (1994, 1996) és Varichon (2000).

A színtudomány történetéről olvashatunk Wolf (1935), Ronchi (1939), Butterfield (1949), Halbertsma (1949), MacAdam (1970), Judd (1979), Waldman (1983), Sloane (1991), Crone (1992), Byrne (1997), Brebbia (2011) és Darrigol (2012) munkáiban.

A **geometriai optika** alapjait 1900-ra már lefektették, így ezen a területen az ezt követő kutatások már inkább a magas energiájú fizikával foglalkoznak. Maurice de Broglie a fotóelmélet modelljeivel foglalkozik, vagyis azt kutatta, amit Planck és Einstein dolgozott ki. Az elektronok hullámtermészetéről folytatta a kutatást Louis de Broglie, majd Maxwell (1873), Planck (1887), Wood (1905), Mach (1916), Schrodinger (1928) és Feynman (1988).

A **spektroszkópia** fejlődésével kapcsolatban ír Baker (1907), Johnson (1928), Beagg (1933), Dingle (1950), Mellon (1950), Rat (1953), Ljunggren (1961), Zaidel (1961), Wendlandt (1966), Kortijm (1969), Stearns (1969), Griffiths (1976), Denney (1987), továbbá Malin (1984), Guild (1956), Hutley (1982), Wilcox (1984) és Loewen (1997). Az optika más területén való előrelépések megtalálhatók Judd (1952), Heimendahl (1961), Burnham (1963), Billmeyer (1966), Wyszecski (1967), Hecht (1974), Martin (1974), Overheim (1982), Nassau (1998), Hardy (1936), Evans (1948), Gluck (1964), Tilley (2000) és Al- Azzawi (2007) írásaiban. A fény, mint **fizikai** jelenséggel foglalkozik Hurst (1900), Geigel (1913), Venables (1933), Buchwald (1955), Taylor (1962), Mueller (1966), Hellman (1967), Allen (1971), Rainwater (1971), Regler (1974), Agoston (1979), Rossotti (1983), Kuehni (1997),

Rossing (1999), Zollinger (1999), Zuppiroli (2001), Seve (2009), Parraman (2010) és Fairchild (2011).

A látás történetéről, valamint a szem működésének a kutatásáról ír Bartley (1941), Polyak (1957), Bergmans (1959), Teevan (1961), Lindberg (1976), Wasserman (1978), Uttal (1981), Crone (1992), Wade (1998), Ings (2012) és Lanthony (2012). Az **életteni** optika más területei kerülnek elő Frohlich (1921), Ostwald (1922), Peddie (1922), Ovio (1927), Ladd-Franklin (1929), Houstoun (1932), Luckiesh (1937), Southall (1937), Hecht (1938), Podesta (1941), Gothlin (1943), Le Grand (1948), Pirenne (1948), Walls (1952), Segal (1953), Ronchi (1955), Raman (1960), Walraven (1963), Malone (1964), Wright (1967), Weale (1968), Motokawa (1970), Haber (1973), Stiles (1978), Boynton (1979), Hurvich (1981), Jacobs (1981), Barlow (1982), Frova (1984), Hubei (1988), Serrano (1988), Wandell (1995), Backhaus (1998), Gegenfurtner (1999), Atchison (2000) és Ronchi (2013) munkáiban. A retina érzékelésével kapcsolatban ír Hecht (1938, 1942), Detwiler (1943), Willmer (1946), Granit (1947), Wright (1949), Dartnall (1957), Brindley (1960), Dayson (1962) 4 kötetben, Rushton (1962), Fein (1982), Zrenner (1983) és Frova (1984).

A **látás**, mint érzékelés szisztematikus analízise egészen John Locke (1690) munkájáig váratott magára. Fechner 1860-ban alapvetően újragondolja a témát és az általa írt percepció történetéből megtalálhatók gondolatok Boring (1929), Pastore (1971), Kaufman (1974), Sloane (1989), Hope (1990), Zajonc (1993), Wade (1998), Yantis (2001), Adams (2015) és Chirimuuta (2015) publikációiban. Speciális kutatást prezentál Roux (1898), Mayer (1903), Baird (1905), Rice (1906), Fernald (1909), GrUnder (1911), Mach (1916), Hogben (1924), Koch (1928), Kohler (1929), Muller (1930) 2 kötetben, Tinker (1932), Luckiesh (1937), Honore' (1938), Wright (1938), Vinacke (1942), Gothlin (1943), Hartridge (1949), Mellinger (1956), Gregory (1966), Sheppard (1968), Mundle (1971), Jameson (1972), Scientific (1972), Evans (1973), Haber (1973), Padgham (1975), Schiffman (1976), Pelissier (1979), Goldstein (1980), Izmailov (1980), Wilding (1982), Paritsis (1983), Zeki (1993), Gregory (1995), Thompson (1995), Davis (2000), Mausfeld (2003), Chalupa (2004), Valberg (2005), Schawelka (2007) és McCann (2011).

A színállandósággal kapcsolatban ír Palmer (1786), Katz (1911, 1935), Kardos (1934), Land (1977), Jaeger (1982), Land (1993), Walsh (1998) és Ebner (2007). A látásélességgel foglalkozik Rice (1906), Tinker (1932), Henning (1936), Luckiesh (1944) és Collins (1986).

A festékek gyártóit, nagyon érdekelte a pontos színmeghatározás. Jameson 1805-ben az Abraham Werner által ajánlott kategorizálási rendszert használja csakúgy, mint Syme 1814-ben, melyről olvashatunk Schreger (1805), Sowerby (1809), Steffens (1810), Gregoire (1812), Hay (1845), Fielding (1854) és Ebbinghaus (1897) munkáiban. A **színrendszerek** történetéről ír Wyszecki (1960), Japan (1964), Birren (1969), Silvestrini (1981), Gerritsen (1982), Hope (1990), Moreno (1996), Schwarz (1999),

Stromer (2000), Spillmann (2009) és Kuehni (2008), aki 165 rendszert katególizált. A 20. században legalább 40 új rendszert ajánlanak és ezek fő irányelve a kommunikálhatóság. Az legszélesebb körben alkalmazott rendszerek a Munsell (1905), Ostwald (1916) és az NCS (1979) rendszere, valamint Pantone (1963) skála.

A színek más osztályozási rendszeréről ír Cozanet (1903), Jorgenson (1906), Klincksieck (1908), Sanford (1910), Baumann (1912), Bourges (1918), Cutler (1919), Pope (1922), Jacobs (1923), Becke (1924), Maerz (1930), Johansson (1937), Burris-Meyer (1938), az *Ostwald*-ról Jacobson (1942), az *UCS*-ről Nickerson (1943), az *Ostwald*-ról Muller (1945), *Nu-Hue*-ről Martin (1946), az *Ostwald*-ról Plochere (1946), Villalobos (1947), Friel (1949), Hesselgren (1952), Hickethier (1952), Fer (1953), *Colorizer*-ről Binen (1955), *DIN*-ről Richter (1955), *Byraz*-ról Loynes (1959), Heimendahl (1961), Komerup (1961), *Ostwald*-ról Muller (1962), Birren (1963), *BSI*-ről British (1964), *PCC*-ről Japan 1964 National 1965 (Centroid), Schuitema 1965 (Syst-o-Color), Birren (1969), *ICI*-ről Imperial (1969), Kenkyujo (1971), Hickethier (1972), Kuppers (1972), Genitsen (1973), *Planetary*-ről Albert-Vanel (1974), Bouleau (1974), *UCS*-ről Optical (1974), *EuColor*-ről Eusemann (1975), *Chromaton*-ról Kenkyujo (1975), *BSI*-ről British (1976), *NCS*-ről Porter (1976), *ACC*-ről Akzo (1978), *Chroma Cosmos*-ról Kenyujó (1978), *ASTM*-ről Hunter (1980), Garau (1984), Nemcsics a *Pantone*-ről (1985) és a *Coloroid*-ről (1985), *NCS*-ről Dulux (1986), Kuppers (1987), Eiseman (1990), *Coloroid*-ről Nemcsics (1990), Rogondino (1990), Linton (1991), Emery (1993), *Proterra*-ról Georgia-Pacific (1995), Blake (1997), Vagni (2001), *Acuity*-ről Drew (2005), *Pantone*-ről Porter (2009) és Eiseman (2011).

**Színharmóniákat** bemutató atlaszokat ajánlanak Shibukawa (1983), Kobayashi (1984), Shibukawa (1984), Kobayashi (1991), Allen (1992), Chijiwa (1992), Sawahata (2001), Sutton (2004), Martin (2005) és Lewis (2009).

A **mesterséges álcázással** kapcsolatban Thayer 1909-es korai munkája után, Solomon (1920), Breckenridge (1942) és Behrens (2002). A **katonai felderítésről**, a környezet színeinek érzékelésének szerepéről ír Gibson 1950-ben, majd Gregory 1974-ben.

A mértékismeret fotometrikus területeivel, relatív- és abszolút méréssel foglalkozott Abney (1891), Lovibond (1893) és Pilgrim (1901). Őket követően a kolorimetrikus elveket vizsgálták Walsh (1926), Misch (1929) és Guild (1931), munkájukkal hozzá járulva egy additív színkeverés szabályain alapuló rendszer kidolgozásához, amit a **Commission Internationale de l'Eclairage** 1931-ben jóváhagyott, majd leírt Grassmann 1853-ban, Helmholtz 1855-ben és Maxwell 1857-ben.

A **CIE**-nek ezt a rendszerét terjesztették publikációikban Hardy (1936), Snell (1936) 2 kötetben, Hunter (1942), Wright (1944), Allport (1945), Bouma (1947), Gibson (1949), Buchmann-Olsen (1950), Judd (1950), Arens (1951), Judd (1952), Committee (1953), Kortilm (1955), Braun (1957) 3 kötetben, Hunt (1957), Thurner (1965), Wyszecki (1967), Merik (1968), Eynard

(1973), Hunter 1975, Richter 1976, Lozano 1978, Kowaliski 1978, Bartleson 1980, Chamberlin (1980), Hunter (1980), Mac-Adam (1981), Kuehni (1983), Hunt (1987), Koppers (1987), Malacara (1988), Dordet (1990), Trouve (1991), Peckett (1992), MacAdam (1993), Berger-Schunn (1994), Palazzi (1995), Voltz (1995), Seve (1996), Oleari (1998), Leclercq (2001), Malacara (2002), Klein (2004), Westland (2004), Ohta (2005), Gilabert (2007), Schanda (2007), Guirajani (2010) és Koenderink (2010). A fotometria történetéről ír Johnston (2001).

Az egyes **nyomdai** betűtípusok olvashatóságát megvizsgálta 1912-ben Le Courier du Livre (Párizsban), majd Chevreul (1839), Birren (1934) és Krause (2002). A képek érzékeléséről ír Stokes (1937), Ehrenzweig (1967), Leijonhielm (1967), Livingstone (2002), Osborne (2004), Hyman (2006) és Zuppiroli (2009). A **vizuális illúziók** természetéről ír Raehlmann (1902), Luckiesh (1922), Sinclair (1956), Graham (1965), Cornsweet (1970), Beck (1972), Robinson (1972), Kaufman (1974), Birren (1976), Varley (1980), Falk (1985), Hilbert (1987), Da Pos (1990), Davidoff (1991), Nurosi (2000) és Purves (2001).

A színekről a **filozófia** általános kontextusában ír Hardin (1988), Riley (1995), Byrne (1997), Le Rider (1997) és Stroud (1999); míg a speciális aspektusokból Brandt (1958), Wittgenstein (1977), Landesman (1989), Simondo (1990), Westphal (1991), Maund (1995), Hardin (1997), Meyer-Abich (2000), Tye (2000), Taussig (2009) és Cohen (2010); keleti perspektívákkal kapcsolatban Phillipps (1915), Leadbeater (1927), Chakravarti (1978), Portenart (2000) és Dusenbury (2015).

A vizuális **esztétikával** foglalkozik Utitz (1908), Rosenstiehl (1913), Meyer (1921), Pierquin (1932), Chandler (1934), Barbieri (1937), Schwarz (1999), Cohen (2010) és Brown (2012). Az egyes kultúrákban a szín változatos szerepéről publikál Wilkinson (1858), Phillipps (1915), Bruns (1957), Lopes (1959), Kramer (1963), Batterberry (1977), Knuf (1988), Gage (1993), Breward (1995), Harvey (1995), Luzzatto (1997), Dedrick (1998), Ferrer (1999), Batchelor (2000), Guimardes (2004), Pelissier (2006), Albert-Vanel (2009), Luzzatto (2009), Pastoureau (2010), Tan (2011), Valeur (2011), Horrocks (2012), Adams (2015) és Chirimuuta (2015).

Az **épületek külső színezéséről**, dekorációban használatos színek történetéről ír Ewald (1889) 2 kötetben, Corlette (1899), Speltz (1906) 3 kötetben, Ward (1913), Solon (1924), Bossert (1928), Moss (1994), Nemcsics (2002), a keleti építészetben használatos színekről Nader (1973) és Barry (1996) ír. Az épületek állagmegóvását dokumentálja Brino (1980) és Avila (1996). A modern építészetben való színhasználatról ír Baer (1912), Kropholler (1937), Gatz (1960, 1966), Onetto (1967), Pugno (1967), Faulkner (1971) Porter (1976), Knoepfli (1980), Porter (1982), Krewinkel (1985), Heer (1986), Ladau (1988), Jeanneret (1997), Koolhaas (2001), Servantie (2007) és Porter (2009). A városi színvilágok harmonizálására egy eredeti elméletet prezentál Lenclos 1982-ben, majd Hope 1990-ben. Az épített

környezetben való színelhasználásról ír Ohm (1958), Duttmann (1981), Foote (1983), Lancaster (1984), Spivak (1984), Linton (1985), Fillacier (1986), Mahnke (1987), Raimondo (1987), Beach (1988), Swirnoff (1988), Viola (1988), Hope (1990), Nemcsics (1990), Linton (1991), Taboas (1991), Taverne (1992), Nemcsics (1993), Lenclos (1995), Lancaster (1996), Mahnke (1996), Fridell (1997), Lendos (1999), Linton (1999), Rihlama (1999), Swirnoff (2000), Bremond (2002), Romanello (2002), Fridell (2003), Kopacz (2004), Meerwein (2007), Noury (2008), Zennaro (2002), Bahaman (2010), Rizzo (2010), Brand (2011), Best (2012), McLachlan (2012), Buether (2014) és Fridell (2014).

Az épített környezet **belső felületeinek színezéséről**, dekorációjáról jelentetett meg könyvet Fleury (1905), Duthie (1907), Hunter (1918), Feulner (1929), Birren (1963), Wilson (1973), Bristow (1996), Watch (1995), Elveena (1878) és Wharton (1897). A 20. század eleji hangulatot idézi írásaiban Clifford (1907), Duveen (1911), Crace (1912), Lovell (1922), Gloag (1924), Deshairs (1926), Simons (1929), Wright (1929). Held (1930), Holmes (1931), Patmore (1933), Ionides (1934), Storey (1937). A belső terek színvilágának kialakításáról ír McDonald (1940), Germaine (1946), Hayes (1948), Brown (1951), Zwinscher (1951), Carrington (1954), Deribere (1954), Hartogh (1954), Whitney (1956), Halford (1958), Halse (1968), Stier (1974), Eusemann (1975), Innes (1981), Healey (1982), Fillacier (1986), Stourton (1990), Linton (1991), Guild (1992), Kaufman (1992), Ayes (1994), Ashley (1995), Holtzschue (1995), Barker (1997), Blake (1997), Miller (1997), Pile (1997), Trucco (1998) és Sottsass (1999). A 2000 után megjelent, képekkel illusztrált sok interiőr design könyvek közül kiemelkedő Nemcsics (2004), Martin (2005) és Portillo (2009) munkái. A pszichológiának a színválasztásban játszó szerepéről ír Ketcham (1949), Frieling (1954), Birren (1969) és Eiseman (1998).

A **gyarak, iskolák és kórházak** dekorációjáról, **színes festéséről** publikál Weinberg (1918), Pool (1919), Sloan (1944), Ketcham (1958), Wilson (1960), Birren (1963), Gloag (1978) és Boulogne (1985). A biztonsági előírásoknak megfelelően a különböző színeket ajánl Birren 1955-ben, majd British (1987), Collins (1986) és Marberry (1995).

A színek alkalmazásának **az orvostudományban** és a gyógykezelésben hosszú története van, Hippocrates és Paracelsustól kezdődően egészen a jelen korig. Erről olvashatunk Cohn (1529), Ritze (1543), Page (1606), Savot (1609), Fludd (1629) és Glisson (1677) munkáiban. Az 1870-es években Észak-Amerikában Pleasonton (1876), Pancoast (1877) és Babbitt (1878) publikációikban ajánlják a fényt, mint egy gyógyító segítséget. További publikációkat jelentetett meg a fénykezelés, a **fényterápia** témában Charpentier (1888), Baraduc (1896), Irwin (1915), Pool (1919), Goodman (1926), Luckiesh (1926) A kórházakban és klinikákon alkalmazott fényterápiákról ír Iredell (1930), Heilmeyer (1933), Krusen (1933), Ghadiali (1934) 3 kötetben, Brunler (1935), Duggar (1936), Henning (1936), Howat (1938), Podolsky (1938), Goldstein (1939) és Spitler (1941). A későbbi

kutatások, amelyek a fény hatását vizsgálták az anyagcserére Seliger (1965), Ott (1973), Hollvich (1978), Kavner (1978), Kime (1980), Wurtman (1985), George (1990), Rosenthal (1990), Liberman (1991), Grossweiner (1994), Breiling (1996) és Ryberg (1999) írásai. Ryberg 2010-ben a fényterápia történetéről számol be.

Telesio 1528-as publikációja óta nagyon sok szöveg foglalkozik a szín **terminológiával és etimológiával** és újabban a szín **szemantikával**. Berlin 1969-es munkája egy kulcspublikáció az összehasonlító nyelvészetben, melyet Kay még jobban kifejtett 2009-ben. A **színek elnevezéseiről** hasznos listát ad Maerz (1930), Taylor (1948), Kelly (1955), Seufert (1955), Komerup (1963), Bidu-Vranceanu (1976), Kelly (1976), Heller (1989), Guillemard (1998), Paterson (2003), Seve (2007) és Jones (2013).

Az ókori és a modern színelméleti elnevezések megtalálhatók Schaffer (1769), Hay (1845), Chevreul (1861), Pratt (1898), Ott (1899), Warhurst (1899), Wood (1902) és Jodin (1903) írásaiban.

Terminológiai írásokat jelentetett meg Ridgway (1886), Saccardon (1891), Oberthür (1905), Koster (1931) és Wilson (1938). Szemantikai kutatásokról ír Grossman (1988), Biggam (1997), Dedrick (1998), Ohtsuki (2000) és Biggam (2012). A tudományos és technológiai kifejezések listája, szótárak Physical (1948), Inter-Society (1949), British (1953), Burnham (1963), Hope (1990), Southworth (1992) és Guineau (2005) írásait. A lexikonok Wilson (1949), Kenkyujo (1971), Kristol (1978), Tornay (1978), Hard (1984), Bennett (1988), Grossmann (1988), Espejo (1990), Ammer (1992), Saunders (1992), Wyler (1992), Hardin (1997), Mollard-Desfour (1998), Naddair (1999), Kerttula (2002) és Steinvall (2002) munkái. Az egyes kultúrák egyéni színnevezéseivel és szóhasználatával foglalkozik Elam (1932) és Loynes (1959).

A színek **paranormális** érzékeléséről ír Grumbine (1900), Eaves (1901), Besant (1901) és Leadbeater (1902), majd újraélesztve a régi középkori hiedelmet a színeknek **ezoterikus, spirituális** erejével kapcsolatban a 20. századi könyveiben ír Colville (1905), Balliett (1908) és Atkinson (1912). Az aurák színét és azok jelentését vizsgálja White (1928), Whitten (1933), Bailey (1936), Bagnall (1937), Kargere (1949), Clark (1975). Tansley (1984) és Cayce (1989).

A **szinesztézia** (ahol az egyik érzékszerv percepciója átfed egy másikéval) kutatásáról ír Galion (1883), Suarez (1890), Argelander (1927), Fraser-Harris (1928), Oldham (1940), Kamer (1949), Werthmiller (1950), Sanz (1985), Harrison (1997), Dann (1998) és Roberson (2004). A szinesztetikus tapasztalások egyike, amikor a **zene és a szín** asszociációjára kerül sor. A témával foglalkozik Poussin, Marsenne, Kircher és Newton. A szín-zene analógiáról megjelent korai könyvek Castel (1720), Banieres (1737), Junker (1778) és Hoffmann (1786), majd Field (1817), Jameson (1844), Valette (1861), MacDonald (1869), Hughes (1883), Campbell (1886), Bishop (1893), Favre (1900), Lescluze (1900), Schroder (1906) és Kandinsky (1912) munkái.

Érdeemes megemlíteni olyan kompozíciókat, mint „Skryabin Prometheus Symphony” (1910) és „Bliss’ Colour Symphony” (1922). Castel-től a „Clavecin oculaire” (1734), melyhez gyertyákat vagy olajlámpásokat használnak. A téma elektromos fényeket használó 20. századi gyakorlóí Rimington (1912), Klein (1926) és Hallock-Greenewalt (1946). Más **szín-hang** analógiákat ismerhetünk meg Gründer (1911), Maryon (1919), Kellogg (1920), Fletcher (1926), Anschitz (1927) 3 kötetében, Blanc-Gatti (1934), Karowski (1938), Sinnott (1939), Sargent-Florence (1940), Belmont (1944), Tickell (1948), Adams (1960), Micheli (1963), Loef (1974) és Gunther (2012) publikációiban. Pellegrino (1982) és Weibel (2006) publikációja tartalmazza a fényművészet történetét is.

**Fényforrások** (nem vetítő jellegű) felhasználása a művészetben megjelenik Wilfred (1971), Jones (1972), Kranz (1974), Manna (1974) Stern (1979), Sedgley (1995), Turrell (2005), Ribbat (2011) és Krebs (2012) írásaiban. Az **elektromos világítás** felfedezése egy nagyon jelentős tudományos és kulturális áttörés volt, ennek történetéről ír Hess (1969), Branley (1978) és Stern (1979). William Murdock a széngázás megvilágítást vezette be 1792-ben, de egészen 1879-ig kellett várni arra, hogy Swan és Edison egymástól függetlenül feltalálják a tartós izzószálas lámpákat. A **színek és a mesterséges megvilágítás** felhasználási lehetőségeiről ír Stokes (1884), Luckiesh (1917), Goodman (1926), Klein (1926), Luckiesh (1926), Sander (1926), Miller (1937), Evans (1948), Wilson (1953), Halford (1958), Ficandt (1964), Wyszeci (1967), Merik (1968), Henderson (1970), Holmes (1975), Kuehni (1983), Williamson (1983), Collins (1986), Smith (1986), Csele (2004), Wilson (1953), Kohler (1956), Tregenza (1998), Major (2005) és Zennaro (2012).

A **színházi megvilágításról** ír Ricciardi (1919), Williams (1954), Bentham (1968), Warfel (1981), Pilbrow (1997), Keller (1999) és Bergman (1977).

A **lézertechnológiával** kapcsolatban publikál (1977), Waldman (1983), Heavens (1991), Meschede (1999) és Csele (2004).

Maxwell 1861-ben dolgozta ki az **additív/összeadó** fotográfia rendszerének alapjait. Newman (1859), Wall (1861) és Caspar (1883) olyan módszereket írnak le, amelyek az egyszínű festékek kézzel való árnyalására vonatkoznak. Ezt követően Zenker (1868) és Vidal (1903) írnak a Photochrome nyomtatásról, Gabriel Lippmann és a Lumiere fivérek 1907-ben vezették be Autochrome additív/összeadó lemezeket, mellyel kapcsolatban ír Valenta (1894), Ackroyd (1896), Bonacini (1897), Du Hauron (1897), Huebl (1897), Vidal (1903), Holme (1908), Johnson (1909) és Cremier (1911). A **szubtraktív/kivonó** színkeverési folyamatokról ajánlásokat tett Cros 1869-ben és Du Hauron 1869-ben, de egyik szerző sem fejlesztette tovább az ötleteit. Erről ír Wall (1922) és Sobieszek (1979).

Kodachrome 1935-ös bevezetését követően, valamint az Agfacolor (1936) utáni fejlődésről és erről ír Spencer (1938), Bond (1947), Coote (1957), Thomson (1958), Wallace (1958), Evans (1959), Mees (1961), Deriberd

(1962), Hamer (1964), De Mare (1968), Feininger (1969), Mante (1970), Hedgecoe (1978), Nadler (1978), Bailey (1979), valamint Hirsh 1989-es publikációjában, amelynek későbbi 2004-es kiadásában már szó van a **digitális fotográfiáról, a fényképezésről** is, mely ekkorra már kezdte visszaszorítani a hagyományos kémiai módszereket. A fények reprodukciójával kapcsolatban találhatunk információkat Martin (1923), Hunt (1957), Yule (1967) és Astrua (1970) írásaiban. A színek felhasználása a fotográfiában, illetve annak története megtalálható Wall (1925), Friedman (1944), Siple (1951), Hunt (1957), Thomson (1958), Mason (1970), Coe (1978) és Coote (1993) írásaiban.

A **digitális képekről** írt könyvet MacDonald (2002), Fraser (2003), Grey (2004), Drew (2005), Lee (2005), Padova (2007) és MacLeod (2008).

Thomas 1969-ben egy rövid történeti áttekintést ad a színek használatáról a **moziban**. Ennél terjedelmesebb beszámolókat ír később Ryan (1977), Nowotny (1983), Koshofer (1988), Nodl (1995), Misek (2010) és Brown (2012). Az első nyilvános mozgóképvetítéseket a Lumiere fivérek mutatták be Párizsban, ezt 1 évvel később Georges Demeny vetítése követte az első kézzel árnyalt film volt ez. Albert Smith rendszerét, amely a színszűrők rotációján/forgatásán alapult Johnson írja le 1911-ben. Az ezt követő tricolour, tehát háromszínű folyamatok későbbi fejlődéséről ír Klein (1936), Huntley (1949), Baten (1980), Haines (1993) és Higgins (2007). 1952 után az additív technocolour legfőbb vetélytársa a szubtraktív Eastmancolor volt ; a későbbi mozitechnikai vagy vetítés technikai fejlődéssel kapcsolatban, illetve annak értékeléséről ír Paniagua (1929), Fernández (1949), Vivé (1953), Trimble (1954), Guarner (1962), Mehnert (1974), Aumont (1994), André (1995), Bellantoni (2005), Marschall (2005), Wohl (2008) és Brown (2012). Smith 1986-ban a moziban látott különleges filmtrükköket vizsgálja.

A **televízió** képmegjelenítő elvéről először 1910-ben Thorne Baker jelentetett meg egy könyvet a színes televízió egy nagyon alapvető rendszerét mutatta be John Logie Baird 1928-ban. Ennek fotomechanikai elvét tovább fejlesztette Peter Goldmark a CBS-nél, de nem ezt, hanem Vladimir Zworykin tisztán elektronikus RCA rendszerét választották nyilvános sugárzásra 1953-ban. Ez kompatibilis volt a már létező fekete-fehér sugárzási rendszerekkel. Korai könyvek a témában Vivié (1953) és Trimble (1954) könyve. Az NTSC rendszert magyarázza Fink (1955) és Carnt, aztán a PAL rendszert Patchett (1967), Townsend (1970), Hutson (1971), Kiver (1955), McIlwain (1956), Hunt (1957), Mayer (1967), Reed (1969), Mehnert (1974), Sproson (1983), Küppers (1985), Lang (1995) és Kang (1997).

A **számítógépeken** alkalmazott színekről az egyik legkorábbi szöveg Kuehni 1975-ös munkája. Steven Sasson ebben az évben fedezte fel a digitális fényképezőgépet. A számítógépes képernyőn történő tervezéssel kapcsolatban adnak tanácsot Hullfisch (2005), Norman (1990), Bourges (1997), Levkowitz (1997), Götz (1998), Mortimer (1998), Pring (2000) és Holzschlag (2001). A digitális képszerkesztésről és nyomtatásról további

információk található Grillo (1983), Hall (1989), Field (1990), White (1990), Giorgianni (1992), Klinker (1993), Florio (2001) és Baker - Miller (1992). A számítógépes tudomány további gyorsan fejlődő területeiről publikál Widdel (1992), Jacksonnál (1994), Götznel (1998), Sangwine (1998), Plataniotis (2000), MacDonald (2002), Sharma (2003), Stone (2003), Westland (2004), Ebner (2007) és Koenderink (2010). A digitális színes szerkesztéséről publikál Bartel (2003), Fraser (2003), Grey (2004), Drew (2005), Padova (2007), Morton (2011), Best (2012), Bodrogi (2012) és Fernandez-Maloigne (2012). Az első hatékony **színlátási teszt** Stilling (1876), Magnus (1878), Jeffries (1879), Wolfe (1879), Roberts (1880), Geissler (1882), Edridge-Green (1889), Ryerson (1889), Carter (1891), Strutt (1892), Jennings (1896), Lane (1898) nevéhez fűződik, majd folytatódik Scripture (1900), Baird (1905), Fernald (1909), Köllner (1912) és az első ázsiai hozzájáruló Ishihara (1917) és Müller (1924) kutatásaival. Ezeket a korai tesztek tekintik át Collins 1925-ben.

További kutatásokról olvashatunk Blum (1929), Oblath (1929), Pierce (1934), Rabkin (1936), American (1940), Wiltberger (1941), Dvorine (1944), Farnsworth (1947), Munsell (1915), After Walls (1942), Wright (1946), Pickford (1951), Links (1964), Kalmus (1965), Pinckers (1971), Fletcher (1985), Gouras (1991), Birch (1993), McIntyre (2002), Mollon (2003) és Lillo (2013) munkáiban.

#### 4.1. Irodalomjegyzék a 4. sz. Függelékhez

- [1] Osborne R. M. (2015). *Books on Colour 1495-2015*. History and Bibliography. Lulu Enterprises, Inc. Raleigh, USA, ISBN: 978-1-325-45971-0