

HOGYAN IS LÁSSUK A SZÍNEKET SZÍNVIZSGÁLATI PARADIGMÁK*

ZEMPLÉN GÁBOR

Budapesti Műszaki Egyetem, Tudományfilozófia Tanszék, Budapest
E-mail: zemplen@hps.elte.hu, gzemplen@drotposta.hu

A következő oldalakon annak a két elméletrendszernek a gyökereit vizsgálom meg, amelyek ma is dominálják a színről való gondolkodásunkat. A két – tentatív módon paradigmának nevezett – hozzáállást egy-egy tudománytörténeti mozzanat felvillantásával szeretném bevezetni, ezt követően azonban tágabb, általánosabb megfogalmazásra törekszem.

Newton első színelméleti tanulmányait felhasználva először az objektivistának nevezett felfogást mutatom be. Ennek fontos jellemzője, hogy a szín a világban „kész van” (vagyis a fény vagy a tárgy színes), és az, hogy a szembe jutó fény egyértelműen meghatározza, hogy milyen színt látok. Kicsit sarkítva: csak a látott van, a látó nem szerepel ebben a modellben, mintegy passzívul elszenvedi a látványt, amelyet konstitúciója, idegrendszere csak közvetít.

Másodikként a szubjektivista felfogást vizsgálom meg Goethe és Schopenhauer vitáján keresztül. Célom röviden összefoglalni, mi a következménye annak, ha a színeket „beemeljük” a látó idegrendszerébe, és a színek és egyes neurofiziológiai állapotok között reduktív megfeleltetéseket keresünk. Ez az előző elképzelés ellentéte, vagyis csak „látó” van, látott a szó igazi értelmében nincs is.

Ami mindkét módszer célja: egyértelmű ok-okozati összefüggést találni bizonyos fizikai mennyiségek és a színek között. A két paradigma rövid ismertetésén kívül célozom megmutatni, hogy hogyan próbálta az idén kétszázötven éve született Goethe (akinek természettudományos munkásságával a hazai tudománytörténet mostanáig igen mostohán bánt) mindkét csapdát elkerülni színelméleti írásaiban.

Kulcsszavak: színelmélet, látáselmélet, tudománytörténet, Newton, Goethe, Schopenhauer

* A cikk átdolgozott változata a Magyar Kognitív Tudományi Alapítvány hetedik konferenciáján 1999. február 3-án elhangzott előadásnak. Külön köszönettel tartozom Fehér Mártának, Kampis Györgynek, Pléh Csabának és a Láthatatlan Kollégiumnak a segítségért és biztatásért, Csibra Gergelynek nagyon hasznos észrevételeiért, továbbá az OTKA (F 03 2218) támogatásáért.

REDUKCIÓ FÉNYSUGÁRRA: AZ OBJEKTIVISTA FELFOGÁS

1. A tudományos közvélemény számára 1672-től „köztudott”, hogy a mindaddig egyszerűnek tartott fehér fény összetett, különböző törésmutatójú sugarakból áll, melyek színe a törésmutatóval együtt változik. Ez, a maga korában merész feltételezés Isaac Newton nevéhez fűződik. Newton első jelentős tudományos levelét, amely egy csapásra híressé tette, 1672. február 6-án olvasták fel a Royal Society ülésén. Bár eredeti szándéka csak az volt, hogy megvizsgálja: kiküszöbölhető-e a kromatikus aberráció – amelynek fellépése a távcsövekhez használt csiszolt lencsékben komoly gátja a képalkotásnak –, valójában ezzel a levéllel és egyéb optikai írásaival gyökeresen megváltoztatta a fényről és a színről alkotott elképzeléseket.

Már Descartes számára ismert volt, hogy a szférikus lencsék nem adnak pontos és éles képet. Newton korában tudták, hogy ez az ún. „szférikus aberráció” elméletileg leküzdhető, ha a lencséket más alakúra csiszolják. Newton azt ismerte fel, hogy a képalkotás még ebben az esetben sem pontos, mert maga a fény olyan tulajdonságú, hogy a lencsealaktól függetlenül is „aberrált” lesz a kép annak alapvetően heterogén jellege miatt. A kromatikus aberráció mértékét Newton jócskán túlbecsülte, ezért felhagyott a távcső lencséjének tökéletesítésével. Helyette kifejlesztette a tükrös teleszkópot (VR 349).

Érdekes és Newton egész hozzáállására jellemző, hogy bár nagyon jól tudta, a szem optikai apparátusként, fénytörő közegként fogható fel, nem tette fel ugyanazokat a kérdéseket a látással kapcsolatba, amelyeket a távcsőkészítésnél. Hogyan magyarázható az, hogy míg a távcsövek lencséinél fellép a kromatikus aberráció, addig a szemnél nem, kiváltképp, ha ez a fajta aberráció elméletileg sem küszöbölhető ki? Ez az 'objektivista' szemellenző általános volt a tizenhetedik–tizennyolcadik századi gondolkodókra, akik a szemet és a látást leginkább a *camera obscura* metaforájával magyarázták. Az igazi változást a romantika hozta, amikor a szubjektum, a megfigyelő vizsgálata kapott kiemelkedő figyelmet (CRARY, 1999, 40–115).

A változás egyik előfutára Leonhard Euler elméleti és John Dollond gyakorlati munkássága volt (FINK, 1991). Dollond 1753-ban készítette el az első akromatikus lencsét, megcáfolván ezzel Newton egyik alapkijelentését a színekkel kapcsolatos. Dollond éppen abból indult ki, hogy mivel a szemben nem tapasztalunk kromatikus aberrációt, azt biztosan ki lehet küszöbölni a csiszolt lencsék esetében is. Elképzelése hibás volt: a szem lencserendszere ugyanis nem korrigálja a kromatikus aberrációt (ahogyan azt Thomas Young az elsők közt felismerte); a problémát viszont sikerült megoldania. Ennek a történetnek további érdekes fejezetei is vannak. Külön tanulságos lenne a newtoni tanítás vagy a tükrös teleszkóp utóéletének vizsgálata, itt azonban csak Newton azon állításait vizsgálom, amelyek közvetlenül a színek mibenlétére vonatkoznak.

2. Newton – saját nézete szerint – 1672-es levelében pár oldallal megcáfolta a korban divatos modifikacionista tanokat, amelyek a színeket a fény és a közeg kölcsönhatásából eredeztették. Ezután arra tért rá, hogy saját teóriáját a híres *experimentum crucissal* bizonyítsa. A cáfolat és a bizonyítás korántsem kifogástalan, sok

kivetnivalót hagy maga után. (Részletesen lásd SEPPER, 1994, 27–39; hogy a döntő kísérlet mennyire döntő, lásd SEPPER, 1988, 130–142; illetve FEHÉR, 1985.) A kísérlet leírása szerint egy sötét szobában az apró lyukon keresztül bejutó napsugár először egy prizmára esik, majd ezen megtörve továbbhalad egy tábla felé. Ezen a második táblán szintén található egy apró nyílás, amelyen a fénynyaláb egy része átjutva egy második prizmára esik, majd ezen ismét megtörve egy fehér ernyőre vetül (VR 12–13, lásd még HALL, 1995, 59–69).

Az 1672-es levél logikája szerint ez a kísérlet azért döntő, mert végképp tartahatalanná teszi a korban igen elterjedt modifikacionista elképzeléseket. Az ókori görögségig visszanyúló modifikacionista elméletek szerint ugyanis a színek – és így a prizmaszínek is – a fény módosulásai, *modifikációi*; színességüket nem magának a fénynek, hanem a fény és valamilyen közeg (sötétség, prizma vagy valami egyéb tényező) kölcsönhatásának köszönhetik. Így az *experimentum crucis* kizárja a magyarázatok egy egész osztályát, és egyben bizonyítja, hogy Newton elképzelése – miszerint a színes sugarakat a fehér fény már tartalmazza – igaz, a jelenséget pedig nem is lehet máshogy magyarázni, mint ahogyan azt Newton teszi. Ennek alapján Newton abszolút igazságtartalmúnak tartja egész elméletét, vagyis miután egy kérdésben meggyőződött saját igazáról és a rivális teóriák hamisságáról, saját elméletének többi részét is hasonlóan igaznak tartja. Ennek az érvelésnek számos hibája van, melyeket már többen leírtak (lásd pl. GOUK, 1994; SHAPIRO, 1993; HAKFOORT, 1994). Arra azonban nem szokták felhívni a figyelmet, hogy még ha el is fogadjuk, hogy ez az a kísérlet(sorozat), ahol a modifikacionista tanokat ki lehet /kell/ zárni, ebből akkor sem következik, hogy ez az elmélet adja az alapját minden színjelenség magyarázatának.

Newtonnál tehát az *experimentum crucis* jelentése diffúz, és nem csak a fényről alkotott elképzelések közötti döntést segíti elő, hanem implicit módon alapja lesz minden színnel kapcsolatos magyarázatnak. Ez olyan objektivista elköteleződést jelent, amely rejtve marad – egyes gondolkodóknál a mai napig –, és amelyet korunk szóhasználatával így fejezhetnénk ki: a látott színt egyértelműen meghatározza, hogy a fényt alkotó sugarak¹ milyen keveréke jut a szemünkbe egy tárgyról.

Így az *experimentum crucis* első táblájára vetülő színsor ontológiailag primerré válik mindenfajta szín vizsgálatakor, és ami ennél is nagyobb lehetőséget rejt magában: számszerűsíthető lesz. Newton 2. tétele értelmében „A fénytörés bizonyos mértékéhez mindig ugyanaz a szín tartozik és ugyanazon színhez mindig egyazon mértékű törés” (VR 18). Így az elmélet egy másodlagos minőséget (színt) egy elsődlegesre (fizikailag mérhető törekenységre) redukál. Hogy a szubjektív elemet ki lehessen küszöbölni, Newton behívta egyik segítőjét, hogy ellenőrizze más is

¹ Általában úgy tartják, Newton számára a fény korpuszkuláris, azonban egy későbbi levelében így nyilatkozik erről: „Egyszóval, ha én elfogadnék valamilyen hipotézist, akkor ez lenne az [Newton itt éterrezgés-hipotézisére hivatkozik], persze még nagyobb általánosságban megfogalmazva, tehát úgy, hogy ne tartalmazza annak meghatározását, mi is a fény, csupán annyit, hogy olyasmí, ami képes rezgésbe hozni az étert...” (VR 37) (kiemelés Z. G.). Mindegy azonban, hogy mit is gondolt Newton erről a témáról, mindenesetre következtetéseit a színek kérdésében tizenkilencedik századi hullámelméletet hirdetőik is átvették, így egyfajta „jogfolytonosság” figyelhető meg az objektivista szemlélet követőinél Newtontól egészen máig.

ugyanazt látja-e, mint ő (VR 67), majd meggyőződve arról, hogy a megfigyelések eltérései csekélyek, törvényét univerzálisnak tartotta.

3. Már Newton kortársai számos ötletes és Newton által csak félresöpört, de nem megválaszolt kérdést tettek fel, amelyek az elmélet gyengéit voltak hivatottak megmutatni. Ilyen volt például, hogy ha a különböző színű sugarak más és más fénytörésűek, akkor miért nem látunk egy vízzel telt kád alján egymás mellé lefektetett kék és piros csíkot egymástól elmozdulva, ha a víz síkjára nem merőlegesen nézünk?

Sokan és sokféle módon bírálták Newtont, de öregkorára, legtöbb támadóját túlélve, nézetei általánosan elfogadottá váltak. Az „isten Newton” ellenfelei nemigen jutottak szóhoz, és a legutóbbi időkig a tudománytörténet is mostohán bánt velük. Ma sem sokan ismerik pl. Anthony Lucas nevét – akire Goethe csak így utal színelmélet-történeti jegyzetében: „Antonius Lucas ... der erste helle Kopf unter den Gegnern Newtons”² –, pedig elsőként hívta fel a figyelmet az *experimentum crucisszal* kapcsolatos logikai hibára már 1676-ban (SEPPER, 1988, 159–161). És bár Newton ifjúkorának nagy tudósai, Huygens, Hooke és mások fenntartásokkal kezelték a vitathatatlanul nagy fizikus optikai nézeteit, ezek a következő generációk számára már megkérdőjelezhetetlen dogmákká váltak (PARK, 1997, 238). Olyannyira, hogy Georg Christoph Lichtenberg, göttingai tudós, Goethe közeli ismerőse, aki a jelen tanulmányban is szereplő *paradigma* kifejezést először használta mai, tudománytörténetben is alkalmazott értelmében, Newton optikai írásait említette példaként: „Nem látom be ugyanis, hogy miért ne vehetnénk Newton optikáját mintául egy fémkalcinációs elmélet számára. ... egy fizikából kiválasztott paradigma segédletével az ember eljuthatna a kanti filozófiához” (BÉKÉS, 1997, 23–24).

4. Vizsgáljuk meg először, valóban jól egyezik-e a tapasztalattal a színtörésmutató közötti szoros korreláció, amelyet Newton elmélete feltételez, majd azt, hogy a színjelenségek értelmezhetőek-e a tárgyról a szembe jutó fénysugarak eloszlásával.

A prizma által létrejövő kép folyamatosnak látszik, és ebből az elmélet alapján az következik, hogy a végtelen számú (egymástól törésmutatójukban végtelen kis mértékben különböző) sugaraknak végtelen sokszínűnek kellene lenniük. Ezzel szemben akármilyen figyelmesen is szemléljük az ernyőre vetülő képet, azon csak kisszámú, egymástól csak vékony átmeneti sávokkal elválasztott színt látunk. Ez nem a mi kukacoskodásunk, Newton is megfigyelte, sőt a színsávok egymáshoz viszonyított arányát – a fény–hang analógiát felhasználva – párhuzamba is állította az oktáv hangjait megszólaltató húrrészek arányával: „... a teljes kép hossza... nagyjából ugyanolyan arányban osztódott fel, ahogyan egy húr (a közepe és a vége között), ha bejelöljük rajta azokat a helyeket, amelyek az oktáv hangjait megszólaltató húrrészeket határolják” (VR 67–68). Ez a neopüthagoreánus felhangú analógia Newton számára megerősítő hatású, hiszen ezen keresztül is a természet egyöntetősége és harmóniája nyilvánul meg.

² (LA 6:271): „Antonius Lucas, ... az első tisztafejű Newton ellenzői közül”.

A felfogás tehát diszkrét színeket tételez fel. Hogyan lehet akkor igaz a már előbb idézett tétel, miszerint „ugyanazon színhez mindig egyazon mértékű törés” tartozik? A diszkrét színsávok, amelyeket érzékelünk, nyilvánvalóan *különböző* törésmutatójú sugarakból állnak – különben nem sávoknak, hanem infinitezimálisan vékony csíkoknak látnánk őket.

Ez Newtont is zavarta, hiszen a már említett levél 5. tételében így fogalmaz: „Ennélfogva tehát kétféle szín létezik. Az egyik eredeti és egyszerű [ezek a prizmaszínek], a másik viszont összetett. Az eredeti, vagyis elsődleges színek: a vörös, a sárga, a zöld, a kék és a bíborlila, valamint a narancssárga, az indigókék és a közbülső színek végtelen sorozata” (VR 21). Tehát öt szín (első ránézésre általában így írják le a prizmaszíneket, vagyis „ez látszik”), ehhez hozzáadódik kettő (hogy az oktávanalógiához szükséges hét meglegyen), majd kiegészül végtelen sokra (amit ugyan nem látunk, de mivel a tételekből következik, úgy kell lennie). Tehát már Newton is különböző (összeegyeztethetetlen) módokon tárgyalja a spektrum színeit.

Lehetséges persze, hogy csak a képalkotás tökéletlensége miatt látunk ilyen kevés színt, és a kísérlet érzékenyebbé tételével az anomáliák kiküszöbölhetők. Ezt Newton maga is megpróbálja az *Opticks* első könyvének első részében, különböző, parallelogram, ék stb. alakú nyílásokkal cserélve fel az eredetileg kör alakú nyílást, amelyen át a Nap fénye bejut az elsötétített szobába (PO 162–172), de a színek így sem tűnnek egymásba folyamatosan átmenőnek. Mindezek ellenére az 1704-ben megjelenő *Opticks*-ban ismét leírja a korábban már említett oktávanalógiát: tehát míg dolgozik a spektrum színeinek jobb elválasztásán, megfelelőnek tartja a hét „alapszín” harmonikus elvek szerinti tárgyalását (NEWTON, 1952, 127; GOUK, 1994).

Ha a prizmán áthaladó fényt az eddiginél távolabb fogjuk fel, vagyis az ernyő és a prizma közötti távolságot növeljük, akkor a newtoni elmélet értelmében legalább ugyanannyi színt, de esetleg akár többet is láthatunk. A távolság növelésével ugyanis a különböző törékenyséjú sugarak jobb elválasztását várhatjuk, valamint azt, hogy „valódi” színük jobban látszik. A kísérletet elvégezve azonban legnagyobb megdöbbenésünkre az elkülöníthető színek számának *csökkenését* tapasztaljuk. A jól elkülöníthető öt (hét) szín helyett csak hármat látunk (vörös, zöld, bíborlila), tehát a spektrum nem további színekre bomlik, hanem egyszerűsödik, ez pedig szöges ellentétben áll az elmélettel.³

5. A fény törékenysége és a látott szín között felállított szigorú megfeleltetés tehát problematikus. Ám mielőtt túl korán elvetnénk az objektivista szemléletet, vizsgáljuk meg azt a ma is sokak által elfogadott hipotézist, amely szerint a testek szí-

³ Az eddig leírt felismerések – ha nem is ilyen sorrendben, de megtalálhatók Goethe szintannal foglalkozó írásaiban is. Kizárólag a prizmatikus színekkel foglalkozik két korai színelméleti írása, a *Beiträge zur Optik I–II*, az *Opticks* téziseinek bírálatát pedig a *Farbenlehre – Polemischer Teil* tartalmazza (magyar fordításuk jelenleg nincsen, de még Newton *Opticks*-a sem jelent meg teljes terjedelmében). Az egyetlen ok, amiért itt nem a szöveg szerinti Goethe bírálatot mutatom be, az az idő és terjedelem rövidegsége.

nét egyértelműen meghatározza az azokról visszavert és szemünkbe jutó fényt! Így a színes fény helyett vizsgáljuk a tárgyak színeit!

Hozzá tartozik az igazsághoz, hogy Newton szerint „...a természetes testek azért színesek, mert eltérő módon és mértékben verik vissza az egyik fajta fényt mint a másikat. Ily módon bármely test bármilyen színűvé tehető. A testeknek ugyanis nincs saját színük, hanem mindig olyan színűnek látszanak, amilyen színű fénnel megvilágítjuk őket; ... hogy pedig ez a valódi és teljes oka a testek színességének, az nyilvánvaló abból, hogy a testek nem képesek megváltoztatni vagy módosítani a rájuk eső különböző fajta sugarak színét, hanem mindig olyan színt öltenek, amilyenekkel megvilágítjuk őket” (VR 24). Az tehát, hogy mostantól a tárgyakról a szemünkbe jutó fényt vizsgáljuk, szigorúan véve már elszakadást jelent a newtoni tanoktól.

A tárgyak színeiről az alábbi kézenfekvőnek tűnő feltételezéseket tehetjük az objektivista elmélet szerint: ha a tárgyról a szembe jutó sugarak nem változnak, akkor a látott szín sem változik, valamint ha másfajta sugarak jutnak a szembe, akkor másfajta színeket látunk.

Ha a testek nem változtatják meg a rájuk eső fényt, csak a különböző törésmutatójú sugarakat különböző mértékben nyelik el, akkor homogén (vagyis azonos törésmutatójú) fénnel megvilágítva, a tárgyak színükben nem, csak „sötétségükben”, vagyis az adott fény elnyelési képességét illetően fognak különbözni, az objektivista paradigma szerint. A Helson–Judd-jelenség azonban pontosan ezt a triviálisnak tűnő feltételezést cáfolja meg. Homogén, vagyis spektrálisan tiszta vörös fényben egy szürke papírlap fehér háttér előtt kékeszöldnek, szürke háttérnél színtelennek, fekete háttérnél vörösnek tűnik. Másrésről megfigyelhető a színkonstancia jelensége, vagyis az az egyszerű tény, hogy egy fehér papírlapot fehérnek látunk különböző fényviszonyok között is, pedig a visszaverődő fény nyilvánvalóan más és más.⁴

Summázva tehát: a látott színek gyakran azonos körülmények között *sem*, más-kor viszont különböző körülmények között *is* azonosak. Bár a színkonstanciával a modern számítási elméletek már meg tudnak birkózni, az azonban, hogy ez a színkonstancia csak relatív, nagyon komoly kihívás a programozóknak. Ezenkívül a színjelenségek jelentős részét nem lehet megmagyarázni anélkül, hogy bizonyos (az objektivista paradigma szerint értelmezhetetlen) kapcsolatokat ne tételeznénk fel (mint komplementer színek, különböző színsorok, amelyek negatív, illetve pozitív utóképként jelennek meg). Rengeteg ilyen jelenség van, a tárgyak színei szemünk mozgásakor (perifériára kerülés) vagy a látószög csökkenésekor is változnak.

⁴ A színkonstanciáról részleteket lásd: GILCHRIST, 1979. A számítási elméleteket EYSENCK (1997) tárgyalja Marr modellje kapcsán, részletesebb leírását THOMPSON (1995) adja. A Helson–Judd jelenséghez – az eredeti cikk 1938-ban jelent meg – lásd THOMPSON, 1995, 99; BURWICK, 1986, 21–22. Ez utóbbi utal Goethe reakciójára is, aki nevetségesnek tartotta Newton feltételezését: „Der Versuch ist so einfach und läßt sich so leicht anstellen, daß die Falschheit dieser Angabe einem jeden leicht vor die Augen gebraucht werden kann“ (LA 5, Polemischer Teil § 446). A fiziológiai optika egyéb kérdéseire lásd TÁNCZOS, 1984.

Túlságosan nagy ára van tehát Newton úttörő kísérletének. Az eddig látottak alapján kimondható, hogy a másodlagos minőségként nyilvántartott színeket nem kifizetődő szilárdan egy elsődleges, vagyis könnyen számszerűsíthető minőséghez (a fényugarak törésmutatójához) kötni. Bár valóban nagy könnyebbség lenne, ha a színek ilyen epifenomének lennének csupán, a modell olyan kevés valós színérzékeléssel kapcsolatos jelenséget magyaráz meg, hogy célszerű másfajta magyarázatot keresni. Ahogyan azt az utóbbi években HARDIN megfogalmazta: „Az általunk látott színek létrejöttéhez szükséges mechanizmusok túl nagy része található meg az érzékelőben” (1990, 566); érdemes tehát a fizikán kívül a fizikumot, a szervezetet is figyelembe venni, amikor a színeket vizsgáljuk.

REDUKCIÓ AZ IDEGRENDSZERRE: A SZUBJEKTIVISTA PARADIGMA

1. A tizennyolcadik század végére már sok olyan jelenséget ismertek meg, amelyeket a newtoni elmélet nem magyarázott. Száz évvel Newton már említett cikke után egy kvéker meteorológus és vegyész, John Dalton előadásokat kezdett tartani egy furcsa betegségről, a színtévesztésről. Dalton és testvére maguk is színtévesztők voltak és „vörösvakságban” (anerythroptia) szenvedtek, amelyet egy ideig daltonizmusnak is hívtak.⁵

Newton, egy segítőjét megkérve, ellenőrizte, hogy ugyanazokat a színeket látják-e, és ennek alapján a színeket univerzálisnak tekintette. Kezdett azonban úgy tűnni, hogy mégsem mindenki számára azonosak és magától értetődőek, egyéni (idegrendszeri?) különbségek is fontosak lehetnek.

A színes árnyékok is nehezen magyarázható jelenségek voltak. Egy fehér és egy színes fényforrás által megvilágított tárgy ugyanis nem az elvárt színes és fekete árnyékokat veti, hanem egy színeset és annak komplementerét (a fekete helyett). Például fehér és vörös fényforrással megvilágítva egy tárgyat annak vörös, illetve zöld árnyékai lesznek.

Ez utóbbiakat Rumford gróf (alias Benjamin Thompson) egyszerűen csak optikai illúzióknak tekintette – ez tekinthető az általános hozzáállásnak. Inkább az különös, ahogyan GOETHE kifakadt ez ellen, szó szerint „istenkáromlásnak” tartva az ilyen kijelentéseket. (Így förmed Rumford grófra 1793–94-ben írt jegyzetében: „Es ist eine Gotteslästerung, zu sagen: daß einen optischen Betrug gebe“ [LA 3:93]). Elfogadhatatlannak tartotta, hogy saját érzéleteinket tévedésnek, hibának tartjuk, csak mert egy, a jelenségek szűk körének vizsgálata alapján elfogadott elmélet nem tud számot adni róluk.

2. Hogy az összes ismert színjelenség tárgyalható legyen, Goethe saját színelméletében (1806–1809) különválasztotta a fiziológiai eredetű színeket (ilyenek a már említett színes árnyékok vagy a színek és fényforrások keltette utóképek), a fizikai eredetű színeket, amelyek általában a közvetítő közeg hatásai (mai nevükön a

⁵ A BME Finommechanika és Optika tanszéke nemrégiben dolgozott ki egy olyan, 48 féle szemüvegből álló sorozatot, amivel az eddig gyógyíthatatlannak tűnő színtévesztés előnytelen velejárói jelentős része kiküszöbölhető. Kutatásaik összefoglalását lásd ÁBRAHÁM, SZAPPANOS, WENZEL (1998).

Faraday–Tyndall-jelenség vagy diszperzió, a refrakció, a diffrakció és az interferencia-színek), és a kémiai eredetű színeket, értvén ezalatt az anyagok, festékek színét (LA 4:25–202). Goethe számára a fiziológiai színek szubjektívnek, a kémiaiak objektívnek tekinthetők, a fizikaiak pedig egyfajta interakció termékei (ZEMPLÉN, 1999).

Első ránézésre egy ilyen beosztás ellen jogosnak tűnik a lelkes ifjú tanítvány, Schopenhauer kifogása, mely szerint, mivel színek látásakor a retina aktivitása változik, igazából az összes színjelenséget a „fiziológiai színek” fejezetben kellene tárgyalni. Schopenhauer 1813–14-ben együtt dolgozott Goethével Weimarban, ahová azért érkezett, hogy színelméletet tanuljon a mestertől (a részleteket lásd pl. OSTWALD, 1918; SAFRANSKI, 1996, 296–300, 306–318). Hamar elfordult azonban Goethe fenomenológiai leírásaitól és „ősjelenségeitől”, amelyek jelenség szintű természettörvények megfogalmazására törekedtek. Az először 1816-ban megjelenő *Über das Sehen und die Farben* [A látásról és színekről], bár alapvetően támaszkodott a Goethe által leírt jelenségekre, a tárgyalás módjában nagyban különbözött attól. Ahogyan azt az 1854-es második kiadásban leírta: „Igazi ősjelenség csupán a retinának az a szerves képessége, hogy idegi tevékenységét két, minőségileg ellentétes, hol egyenlő, hol egyenlőtlen részre ossza szét és jelenítse meg” (SCHOPENHAUER, é. n. XII: 11–159; SAFRANSKI, 1996, 309). Schopenhauer nézetei ma nagyrészt meghaladtak; senki sem próbálja a látott színeket pusztán retina-aktivitásnak tekinteni és ennek mértéke alapján adott színekhez számokat rendelni (a lila 1/4, a kék 1/3, a zöld és piros 1/2, a narancs 2/3, a sárga 3/4, míg a fehér 1, a fekete pedig 0).

Schopenhauer példája ugyan nem tekinthető általánosnak, még saját korában sem, hozzáállása azonban máig paradigmátikus az olyan kutatók körében, akik determinisztikus kapcsolatot keresnek az idegrendszer bizonyos állapotai és az érzékelt színek között. Az utóbbi években a Churchland-házaspár eliminatív materialista „neurofilozófiája” talán a leghíresebb (hírhedtebb?) kísérlet arra, hogy az egyéb megismerési folyamatokkal együtt a színpercepciót is neurológiai folyamatokra vezessük vissza, sőt, lehetőség szerint azokkal helyettesítsük. A házaspár azt hangsúlyozza, hogy „minden, megismerési folyamattal kapcsolatos kutatás végső soron visszavezethető lesz az idegrendszer sajátos önszerveződési törvényeire, a megismeréskutatás alapkérdései mintegy kimerülnek a helyes idegrendszeri modellálásban” (PLÉH, 1998, 103, 220). Paul CHURCHLAND olyan háromdimenziós érzetminőségtestet definiál egyik cikkében, ahol a tengelyek a különböző hullámhosszokon elnyelési maximumokat mutató csapok ingerületi állapotának mértékét mutatják (1986a: 11. ábra). Ez a redukálási kísérlet csak részleteiben különbözik Schopenhauerétől és, bár ezen valószínűleg maga is meglepődne, a jelen felosztás szerint így Churchland is a szubjektivisták paradigmatához tartozónak tekinthető.

Ma a kutatók nagy része nem képvisel ilyen szélsőséges álláspontot, és olyan funkcionális mechanizmusok leírására törekszik, amelyek magyarázatot adnak a színészlelés jelenségeire, de nem kísérik meg a színélmények közvetlen okait azonosítani. A szubjektivisták paradigma előbb említett képviselőiről azonban elmondható, hogy elképzeléseik szerint az észleletek (pl. színészlelet) közvetlenül redukálhatóak idegélettani működésekre.

3. A szubjektivista paradigma mellett a következő érvek szólnak. Egyrészt úgy tűnik, hogy a látott színek nem olyan függetlenek a látótól, mint az az objektivista szemléletből következett volna. Másrészt a fény objektív, „nézőtől független” fizikai tulajdonságai nem magyarázták a színek között érzékelt és kimutatott kapcsolatokat (komplementer színek, színkeverés, Bezold–Brücke-effektus stb.) Ezért nem „külső” fizikai jellemzők és a színek között érdemes kapcsolatot keresni, hanem „belső”, idegrendszerben mérhető jelenségek és a színek között.

A cél Schopenhauer (vagy Churchland) esetében tehát *másfajta* reduktív azonosságkeresés az idegrendszerben leírt neurofiziológiai állapotok és folyamatok, valamint a tapasztalt színek között. Míg az objektivista szemlélet kísérletek segítségével sarokba szoríthatóvá vált, addig ez első ránézésre szinte megtámadhatatlannak tűnik.

Azonban pontosan ez az erőssége az egyik gyengéje is. Az objektivista szemlélet ugyanis legalább prediktív volt (még ha ezeket a predikciókat nem is igazolta a tapasztalat), a szubjektivista szemlélet azonban önmagában nem mond semmit a jelenségekről (tehát nem is ütközhet semmilyen tapasztalattal), csak annyit, hogy azok az idegrendszer bizonyos állapotaira redukálhatók, így a kutatások egyfajta paradigmáját szolgáltatja. Ez egyben azt is jelenti, hogy ha valamilyen, színekkel kapcsolatos felismerés történik, akkor vagy már van olyan neurofiziológiai ismeretünk, amellyel ez összeköthető (ez esetben ez az összekötés megtörténik), vagy pedig nincs, ez azonban nem gyengíti a kiinduló hipotézist, hiszen nyugodtan hivatkozhatunk még hiányos ismereteinkre. Az ilyen, „amőbaszerű” elméletrendszerek nagyon hasznosak lehetnek a kutató számára, ugyanakkor jellegükénél fogva nemigen cáfolhatóak.

4. A szubjektivista (neurofiziológiai) elméletek egy színérzékeléssel kapcsolatos struktúrát próbálnak egy idegrendszeri „hardver”-struktúrával párosítani. Ha eléggé hasonlít a két „kapcsolási rajz”, akkor azt egymáshoz rendeltnek tekintik, anélkül, hogy bármi magyarázattal tudnának szolgálni arra vonatkozóan, miért ilyen a kapcsolat, illetve miben is áll a kapcsolat.

Mivel korunkban Schopenhauer színekről vallott nézetei nem nagy hatásúak, ezért a már említett Paul Churchland-féle színelmélet következményeit vizsgálom. Ez esetben az idegrendszer–színészleletek közötti kapcsolat a következőket jelenti. Az absztrakt, háromdimenziós szintestben távolságok mérhetőek, vagyis a színek közötti kapcsolatok megadhatóak. Valóban, a színreceptortérben egymáshoz közel található színeket hasonlóknak látjuk, a távoliakat azonban nem. Bármely koordináta kis változtatásával csak kevésbé változik az érzékelt szín, nincsenek szakadások, kontinuus a színváltozás. Ugyanakkor ez a szintest szintén nem prediktív, ha színek közötti kapcsolatokra kérdezzük rá (mint például komplementer színek), és nem tud választ adni az érzetminőségtest szegmentálására.⁶ Külön probléma, hogy a feltehetően hasonló perceptuális apparátussal rendelkező egyének is különbözőképpen bontják színekre e háromdimenziós szintestet: nemcsak a határok mások, hanem már a színmegnevezések száma is kultúránként jelentősen eltér

⁶ CHURCHLAND máshol (és később) az egész elméletet durván leegyszerűsítettnek tartja („badly oversimplified”, 1986b, 148), de mégis megemlíti mint fontos és jó példát.

(BERLIN, KAY, 1969; DEDRICK, 1998). A használt színfogalmak pedig befolyásolják, milyen könnyen ismerünk fel, illetve emlékezünk bizonyos színekre. Mi ilyenkor a megoldás: kiterjeszteni a színpercepcióért felelős kortikális területeket? Ezzel pontosan az elmélet legvonzóbb jellemzőjéről, a szigorúan reduktív jellegről mondunk le – és egy olyan, elmosódott határral rendelkező magyarázathoz jutunk, amely tetszés szerint bővíthető, plasztikusan mindig igazítható a legújabb tudományos eredményekhez. A mai kutatók inkább ez utóbbi utat választják, lemondva a jóval könnyebben cáfolható alternatívájáról.

A szubjektivista felfogást végiggondolva vagy nem megalapozott dichotómiához, vagy extrém szubjektivizmushoz jutunk. A dichotómia feltételezi, hogy a színek az agyban keletkeznek, nem az „objektív”, megfigyelőtől független világ részei, tehát szubjektívnek tekinthetők és így valamilyen objektív létező általi magyarázatra szorulnak. A színes tárgyak ezzel szemben valóságosak, éppúgy, mint a különböző frekvenciájú sugarak, amelyek felületükről a szemünkbe jutnak. Vagyis az észleletek egy része, például a látási, pontosabban a színészlelet szubjektívnek tekintendő (redukálható agyi állapotokra, és mint ilyen, idegrendszerünk jellegzetességeire jellemző, nem a külső világra), másik része, pl. a tapintási észlelet, bár szintén redukálható agyi állapotokra, mégis a „valós világról” szolgáltat információt. Ezenkívül bár szubjektívnek tekintünk bizonyos észleleteket (mondjuk a színeket), a kísérletezés során mégis objektívnek tekintjük az érzékelését (például a metszet hematoxilin-eozin festésekor megjelenő színeket), ami alapján a szubjektív jelenség mögötti (közvetlenül nem tapasztalható) valódi, objektívnek tartott jelenségre következtethetünk.

E szemlélet veszélyeinek meglátása volt Goethe ellenérzésének egyik fő oka. Ahogy maga állítja: „Hibánk az, hogy a bizonyosban kételkedünk s a bizonytalant rögzíteni kívánnánk. Természetbúvár-maximám: kitartani a bizonyosnál, ügyelni a bizonytalanra” (MuR 581).

CHURCHLAND esetében az általa elterjeszteni kívánt – és a pszichológiát kiváltó – neurofilozófia (1986b) az észleletek, színek és minden, megismerési folyamattal kapcsolatos ügyetlen kifejezésünk helyett 'valóságos', az idegrendszerben lejátszódó folyamatok megtalálását tartja a céljának. Így pontosan az előbb említett módon az észleletek egy részét kritikával kezeli, azonban ezen észleletek keletkezésének magyarázatához egy olyan világ leírását használja fel, amelyről szerzett ismereteit valóságosnak, objektívnek tekinti.

A szubjektivista álláspont következetes végiggondolása azonban extrém szubjektivizmushoz vezet, mint például SCHOPENHAUER esetében. Főművének, *A világ mint akarat és képzet*nek már első mondatában kijelenti: „Képzetem a világ: – olyan igazság ez, mely minden élő és megismerő lényre érvényesen vonatkozik...” (1991, 33). Az pedig, hogy az egész világ képzetté váljék, a természettudományban ritkán elfogadott álláspont.

Akármilyen hasznos is a szubjektivista paradigma, legnyilvánvalóbb tapasztalatunknak mond ellent, miszerint a tárgyak színesek (vagyis „színeik vannak”, tulajdonságuk tehát a színességük), valamint hogy ezek állandóak. Ha ezt azzal magyarázzuk, hogy mindez azért van, mert nagyon jó korrigáló mechanizmussal rendelkezik az idegrendszer, akkor (*petitio principii*-t elkövetve) önmagával magya-

rázzuk az elméletet. (Ez a körkörösség nem jelenti azt, hogy a szubjektivista paradigma nem fejlődhet, hiszen a rengeteg új megfigyelés, az új kísérleti módszerek mind növelhetik ismereteinket.)

5. Az eddigiek alapján úgy tűnik, Goethe színelmélete nem sorolható sem az objektivista, sem a szubjektivista paradigmához. Valóban, Goethe számára kétség sem férhetett ahhoz, hogy a színek *valóban* léteznek, nem redukálhatók más, mögöttes, valóságosabbnak feltételezett létezőkre, így kiindulópontja (amelyet jelen cikk valamelyest követni próbál) alapjaiban tér el az itt vázolt objektivista és szubjektivista szemlélettől. Ha valahol el kell kezdeni a színek kutatását, akkor Goethe szerint az maguknak a színeknek a vizsgálata, a cél pedig nem lehet más, mint az ezek között megfigyelhető kapcsolatok lehető legrészletesebb leírása. Saját színelméletében tehát a jelenségek nagyon pontos megfigyelésén kívül jelenség szintű törvényszerűségeket keresett.

Érdekes ezek közül legalább egynek az utóéletét felidézni, mert hazánkban általánosan elfogadott, hogy Goethe tudományos munkásságának jelentős része már korában is korszerűtlen volt (SCHÖNE, 1987; SHERRINGTON, 1949; és mások is hasonló nézeteket vallanak), illetve, ahogyan LUKÁCS Béla írja Goethe színtani munkáiról: „Goethe színelmélete már halála után egy nemzedékkel végérvényesen megdőlt. Azt hiszem, ha Goethe fizikus lett volna, megsejti, hogy nem a nyérő irányzatra tett” (1999, 1258).

Goethe színekörének szemben lévő pontjai (szándékosan) komplementer színek. Erre a síkra merőlegesen állítható egy tengely, amelynek egyik végpontján tiszta fehér, a másikon tiszta fekete található. Az első színgömböt ez alapján Philipp Otto Runge készítette 1806–1807-ben (BURWICK, 1986, 42–46). Ha az ekvatoriális síklapon kiválasztunk két tengelyt, az értelemszerűen piros–zöld, illetve kék–sárga végpontúnak adódik. A harmadik egy fekete–fehér végpontú tengely, és ezzel eljutunk a Hering nevével fémjelzett ellenszínelmélet egyik kiindulópontjához: a három pár antagonist receptor feltételező modellhez.

Úgy gondolhatnánk, mai ismereteink a látás posztreceptoros mechanizmusát illetően nagyon jó összhangban állnak ezzel az elképzeléssel. A múlt század egyik legnagyobb tudományos polémijában azonban ez az elképzelés lassan háttérbe szorult Helmholtz modelljével szemben. A múlt század ötvenes éveiben Helmholtz – Maxwellen keresztül – újra felfedezte Young 1801-ben megfogalmazott feltevését, miszerint minden látott szín előállításához elég három, akár monokromatikus (alap)szín.

A század végére már nagyon elmérgesedett a vita, amelynek részvevői nemcsak a színpercepció idegrendszeri mikéntjét értékelték különbözőképp, hanem a kontrasztadaptáció kialakulását, a látás nativista–empirista voltát, az optikai illúziók, a színkonstancia kérdését is (PLÉH, 2000, 160–162). Hering elméletének nyilvánvalóan volt alapja, az 1920-as évekre mégis háttérbe szorult, részben mert iskolája kihalt, tanítványai szétszóródtak. A ’bevett nézet’ egyre inkább helmholtziánus volt. E század negyvenes éveiben a színlátást kutatók szinte egyöntetűen a háromszín-elmélet keretein belül dolgoztak, Hering elméletét leginkább csak megemlítették a pszichológiakönyvek (TURNER, 1994, 266).

A polémiát az ötvenes években a Harvardon pszichológiatörténettel is foglalkozó Leo HURVITCH és a pszichológus Dorothea JAMESON újították fel. A rochesteri Kodak laboratóriumban a kor divatos kutatásaitól radikálisan eltérő munkájukban (1951, 1957) visszatértek Hering programjához. A magukat Hering szellemi tanítványainak valló, de azért tőle több ponton jelentősen eltérő kutatók ellenszín-elmélete ma a látásról szóló tankönyvek standard anyaga, és ezzel visszanyúlik (természetesen idegéletteni adalékokkal) egy több mint száz éves alapelképzeléshez (HARDIN, 1988).

Az egymással vitatkozó két kutatási program nagyon sok pontban eltért ugyan, de még több közös kiindulási alapjuk volt, ezért nem tekinthetők inkommensurábilisnak, és így paradigmatis ellenfeleknek (nagyon jó történeti összefoglalót ad az egész vitáról TURNER, 1994; a szintézis körüli bonyodalmakhoz pedig lásd TÁNCZOS, 1984, 75–141). Az utóbbi évtizedekben kialakult közös front is ezt támasztja alá. Meglepő azonban, hogy a fenomenológiai leírás után mennyit késett az ezeket elfogadható elméleti háttérrel összekapcsoló leírás, mutatva, hogy a szubjektivista elképzelés akármennyire vonzó is, megvalósítása sokszor komoly nehézségekbe ütközik. (Kérdéses, hogy mindig érdemes-e „várni” a megfelelő magyarázatokra, illetve, hogy meddig érdemes megtartani bizonyos, az idegrendszerről alkotott elképzeléseinket, ha azokat egyes korábbi ismereteink alátámasztják, de az anomáliák száma folyamatosan nő.)

Bár az előbbieken alapján látható, hogy a szubjektivista szemlélet és Goethe álláspontja között megfigyelhetőek kapcsolódási pontok (egyéb példák is felhozhatók lennének), ez azonban nem jelenti, hogy a két szemlélet azonos alapokon nyugodna. A mai pszichológiai, élettani kutatások Goethe elképzeléseinél sokkal instrumentálisabbak. Goethe számára azonban az érzékszervi észleletek léte és fontossága megkerülhetetlen, hiszen ezek végső soron minden kutatásunk alapjai. Nem kerülhetjük meg érzékszervi észleleteinket a világ tanulmányozásakor, és sohasem találhatunk 'bizonyosabbat' náluk, sem az „elsődleges minőségek” fizikai világa, sem az idegrendszer vagy az agy folyamatai nem lehetnek valóságosabbak, vagy biztosabb alapjai a kutatásnak.

KIÚT KERESÉSE SZKÜLLA ÉS KHARÜBDISZ KÖZÖTT

Felvetődik, mennyiben tudtunk meg többet az elmúlt századok során a színekről a két szemlélet segítségével. Az objektivista paradigma új tudományágak létrejöttét eredményezte; a modern spektroszkópia, az anyagmeghatározási módszerek, a csillagászat, a „látó” robotok kifejlesztése és számos egyéb terület elképzelhetetlen az itt megismert törvényszerűségek nélkül.

A szubjektivista módszer vizsgálódásai során elképesztő részletességgel ismerte meg az ember és egyes állatok (kétéltűek, méhek stb.) látószerveit és idegrendszerét, segítette mesterséges neuronhálózatok tervezését és modellezését. Ugyanakkor azonban azokat a megfigyeléseket, amelyeket a múlt század elején tettek, gyakran csak százötven év elteltével „fedezték fel”, vagyis illesztették megfelelően

kvantifikált módon egy, a kor tudományossága szerint elfogadható konceptuális rendszerbe.

Érdekes módon a két inkommenzurábilis paradigma máig él és eredményes, egyik sem tudta kiszorítani a másikat. Bár rendre vannak próbálkozások, közös front nem alakult ki, szemben a szubjektivista paradigmán belüli két rivális megközelítéssel. Egyik sem tudja kielégítően magyarázni a másik által megválasztott kérdéseket.

Bármelyik elméletet követjük is azonban, a színek meglepő módon „eltűnnek”, vagyis mindkét esetben epifenomenalizálódnak, és valami olyan, valóságosabbnak feltételezett létező által keletkező jelenségekké válnak, amelyekről közvetlenül nincs tapasztalatunk (színlátáskor se spektrális eloszlást, se vadul tüzelő neuronokat nem látunk, csak színeket). Így a tapasztalatokból felépített hipotézis válik valóságossá és ontológiailag primerré, a tapasztalás (amely egyébként ugyanaz, amelynek segítségével a hipotézist létrehoztuk) pedig másodlagossá. Goethe itt részleteiben nem tárgyalt tudománybírálatának ez az egyik leghangsúlyosabb pontja.

Számomra úgy tűnik, a magyarázóerőt előnyben részesítő elméletek kevésbé sikeresek a színek megismerésének fejlődésében, mint a fenomenalista próbálkozások. A goethei módszer, a színek vizsgálatakor a kvalitatív leírás szintjén megmaradva, a kutatás gyümölcsözőbb módját választotta korában, mint a kvantifikációra törekvő, redukcionista módszerek hívói.

IRODALOM

- LA Goethe: *Die Schriften zur Naturwissenschaft*, herausgegeben im Auftrage der Deutschen Akademie der Naturforscher (Leopoldina), Weimar, 1947, Bd. 3–6.
- MuR Goethe: Maximák és Reflexiók. Magyarul in *Költészet és valóság*. Magyar Helikon, Budapest, 1965.
- VR Newton, Isaac: *A világ rendszeréről és egyéb írások*. Magyar Helikon, Budapest, 1977.
- PO Newton, Isaac: *A Principiából és az Optikából. Levelek Richard Bentleyhez*. Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, 1981.
- ÁBRAHÁM Gy., SZAPPANOS J., WENZEL K. (1998) Color Blindness can be corrected. Technical University of Budapest. *Research News*, 1, 2–5.
- BÉKÉS V. (1997) *A hiányzó paradigma*. Latin Betűk, Debrecen
- BERLIN, B., KAY, P. (1969) *Basic Color Terms: Their Universality and Evolution*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles
- BURWICK, F. (1986) *The Damnation of Newton: Goethe's Color Theory and Romantic Perception*. Walter de Gruyter, Berlin–New York
- CHURCHLAND, P. M. (1986a) Some reductive Strategies in Cognitive Neurobiology. *Mind*, 124, 289–309.
- CHURCHLAND, P. S. (1986b) *Neurophilosophy*. MIT Press, Cambridge
- CRARY, J. (1999) *A megfigyelő módszerei. Látás és modernitás a 19. században*. Osiris Kiadó, Budapest

- DEDRICK, D. (1998) *Naming the Rainbow: Colour Language, Colour Science, and Culture*. Kluwer Academic Publ. Group, Dordrecht, Boston
- EYSENCK, M. W., KEANE, M. T. (1997) *Kognitív pszichológia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- FEHÉR M. (1985) The Rise and Fall of Crucial Experiments. *Doxa*, 6, 59–99.
- FINK, K. J. (1991) *Goethe's History of Science*. Cambridge University Press, Cambridge
- GILCHRIST, A. (1979) The Perception of Surface Blacks and Whites. *Scientific American*, 3, 62–75.
- GOUK, P. (1994) The harmonic roots of Newtonian science. In Fauvel, F., Shortland, W. *Let Newton be!* 101–126. Oxford University Press, Oxford
- HAKFOORT, C. (1994) Newton's optics: the changing spectrum of science. In Fauvel, F., Shortland, W. (eds) *Let Newton be!* Oxford University Press, Oxford, 81–100.
- HALL, A. R. (1995) *All was light. An introduction to Newton's Opticks*. Clarendon Press, Oxford
- HARDIN, C. L. (1988) *Color for Philosophers. Unweaving the rainbow*. Hackett Publishing Company, Cambridge, Indianapolis. Foreword by Arthur Danto. Further thoughts, 1993
- HARDIN, C. L. (1990) Color and Illusion. In *Mind and Cognition: A Reader*. Basil Blackwell, Oxford
- HURVITCH, L., JAMESON, D. (1951) The Binocular Fusion of Yellow in Relation to Color Theories. *Science*, 114, 199–202.
- HURVITCH, L., JAMESON, D. (1957) An Opponent-Process Theory of Colour Vision. *Psychological Review*, 64, 384–404.
- LUKÁCS B. (1999) Goethe a zseniális dilettáns. *Magyar Tudomány*, 10, 1251–1258.
- NEWTON, I. (1952) *Opticks or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light*. Dover Publications. (Based on 4th ed., London; Foreword: Einstein, A.; Preface: Cohen, I. B.)
- OSTWALD, W. (1918) *Goethe, Schopenhauer und die Farbenlehre*. Unesma Verlag, Leipzig
- PARK, D. (1997) *The Fire Within the Eye. A Historical essay on the nature and meaning of light*. Princeton University Press, New Jersey
- PLÉH Cs. (1998) *Bevezetés a megismeréstudományba*. Typotex, Budapest
- PLÉH Cs. (2000) *A lélektan története*. Osiris Könyvkiadó, Budapest
- SAFRANSKI, R. (1996) *Schopenhauer és a filozófia tomboló évei*. Európa Könyvkiadó, Budapest
- SCHOPENHAUER, A. (é.n.) *Sämtliche Werke*. I–XII. Cotta, Stuttgart–Berlin
- SCHOPENHAUER, A. (1991) *A világ mint akarat és képzet*. Európa Könyvkiadó, Budapest
- SCHÖNE, A. (1987) *Goethes Farbentheologie*. C. H. Beck, München
- SEPPER, D. L. (1988) *Goethe contra Newton (Polemics and the project for a new science of color)*. Cambridge University Press, Cambridge
- SEPPER, D. L. (1994) *Newton's Optical Writings. A Guided Study*. Rutgers University Press, New Brunswick
- SHAPIRO, A. E. (1993) *Fits, Passions and Paroxysms. Physics, Method, and Chemistry and Newton's theories of colored bodies and fits of easy reflection*. Cambridge University Press, Cambridge

- SHERRINGTON, Sir C. (1949) *Goethe on Nature and Science*. Cambridge University Press, Cambridge
- TÁNCZOS ZS. (1984) *A látás alapfolyamatairól. A fiziológiai és pszichológiai optika néhány kérdése*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- THOMPSON, E. (1995) *Colour Vision. A Study in Cognitive Science and the Philosophy of Perception*. Routledge, New York–London
- TURNER, R. S. (1994) *In the Eye's Mind. Vision and the Helmholtz–Hering Controversy*. Princeton University Press, New Jersey
- ZEMPLÉN G. (1999) A természettudós Goethe. *Természet Világa*, 12, 552–556.

ON HOW TO SEE COLOURS – PARADIGMS IN THE HISTORY OF COLOUR-STUDIES

ZEMPLÉN, GÁBOR

The article investigates the roots of two – probably still the most popular – research traditions that, even today, shape our general conceptions about colours. These are introduced through specific examples from the history of science, but the aim is to reach more general conclusions.

First a so-called ‘objectivist’ attitude or paradigm is introduced via the early works of Newton (focusing on his early letters to the Royal Society in 1672 and 1675). This attitude is characterised by the attempt to find a deterministic relation between the experienced colours and certain physical properties of the light reaching the eye. It takes ‘colours for granted’, as independent (if secondary) qualities of the world; treating the viewer as passive in the act of seeing, the seen as something resembling the image cast in the camera obscura, and the nervous system as a simple translator or mediator between the seer and the seen.

Second, a ‘subjectivist’ account is investigated by using elements of the controversy between Schopenhauer and Goethe. The aim is to summarize the consequences of a neurophysiological subjectivism, the attempt to reduce colours to certain neurophysiological states. This, being the diametrical opposite of the previous attitude only takes the ‘seer’ into account, and neglects the ‘seen’.

Both these attempts aim at finding a one-to-one correspondence between certain quantifiable, physical properties and colours. The aim is to show that both have shortcomings: the first has strong predictive power, but these predictions are often false; the second is hardly predictive, only post-hoc, explanatory.

While drawing attention to these, to pay homage to the great poet-scientist born 250 years ago, Goethe’s alternative, phenomenological approach is introduced, whose scientific works have been much neglected in Hungary.

Key words: *theories of colour, theories of vision, history of science, Newton, Goethe, Schopenhauer*