

Newton

Az 1672-es levél, az első optikai viták és az
OPTIKA

Zemplén Gábor

Optikai munkák

- Korai kísérletek 1664-66
- Optikai előadások, első cikk, viták 1672
- „Megfigyelések”, „Hipotézis”
- „Optikai mechanika” (Principia I/XIV, Prop.94-6)
- OPTIKA: Előmunkák
 - 1687-8 (1689 Huygensnek említi)
 - 1691-2 (David Gregory látja 1694)
 - 1703 (Hooke 1703 márciusában hal meg)

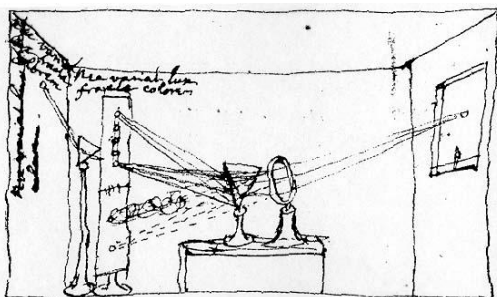
1. Az „Új elmélet”, 1672

- tükrös távcső
- első publikáció
 - Oldenburg: a plágiumot megakadályozandó kéri a beszámolót
 - Newton: a „színek matematizálásának” felfedezését írja le.
 - Javasolom, hogy vizsgáljanak meg és vegyék figyelembe egy filozófiai felfedezés beszámolóját, amely az említett távcső készítésére buzdított és ami, kétségem sincs felőle, sokkal nagyobb jelentőségűnek fog tűnni, mint az eszköz bemutatása, hiszen *ítéletem szerint a legkülönösebb ha nem a legszámottevőbb felfedezés a Természet működésével kapcsolatos mindezekig.* (Turnbull 1969: 35)
- saját nézete szerint 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 kísérlet leírása szerint egy sötét szobában az apró lyukon keresztül bejutó napsugár először egy prizma alá 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 prizma alá esik, majd ezen ismét megtörve egy fehér ernyőre vetül (VR 12-13, lásd még Hall 59-69).

- 1. rész. színek nincsenek megemlítve, csak a spektrum alakja: hosszúka, nem kerek.
- 5x olyan hosszú, mint széles – „extravagáns” alak.
 - ehhez a kor legmodernebb optikai elméleteit is ismerni kellett.
- Zavaró körülmények kizárása „döntő kísérlet” *Experimentum Crucis*



Késői kézirat rajz a döntő kísérletről



A levél szerkezete és célja

- Általános szín- és fényelmélet.
 - különböző törékénységű sugarak – új fizikai jellemző (elsőleges minőség) felfedezése
 - színek a fehér fény részei
 - a fehér fény felbontható heterogén sugarakra
 - elutasítja a modifikacionista elméleteket
 - elválasztva a fizikai felfedezést és a kromatikai elmélet
 - a kettőt egy döntő kísérlet kapcsolja össze – ez zárja ki a fényelmélet rivalis magyarázatait és erre épül a színelmélet
 - Pozitív döntés – „igazi ok” vera causa felfedésének lehetősége
 - Egy új „elsőleges minőség” felfedezése.
 - Hasonló Locke elképzeléséhez
 - Baconiánus szövegezés
 - Nem kísérletgyűjtemény, hanem kísérlet, mint érvelés része
 - Szakít a Boyle-i hagyománnyal
 - Nem példátlan de szokatlan a Királyi Társaság körében
 - A „matematikai” számú, Wren, Barrow
 - Korpuszkuláris elkötéleződés felszínre kerül (a fény test) – de a korban sok a pulzuselmélet
1. Fényelmélet
 1. Ajelenség
 2. Triviális hibák
 3. Rivális elméletek
 4. Döntő kísérlet
 2. Színelmélet
 1. Doktrína
 2. Konkúziók

Merész konklúzió

- „egy természetkutató aligha várná, hogy a tudományuk [a színeknek] matematikaivá váljon, és mégis én kijelentem, hogy éppoly bizonyosság van ebben, mint az optika bármely egyéb részében.” (Turnbull 1959: 96)
- „Mindezek alapján nem kétséges, hogy léteznek-e színek a sötétben, vagy hogy azok a tárgyak tulajdonságai-e, sőt talán az sem, hogy a fény anyagi-e”
 - „These things being so, it can be no longer disputed, whether there be colours in the dark, nor whether they be the qualities of the objects we see, no nor perhaps, whether Light be a body” (Newton 1671-72: 3085).

A kor új optikai jelenségei

- 1672 Newton: Spektrum ☺ (diszperzió)
- 1665 Hooke: 'vékony lemezek színei' ☺ (interferenciaszínek)
- 1665 Grimaldi: fényelhajlás ☺ (diffrakció)
- 1669 Erasmus Bartholin: kettős törés ☺
 - Az izoláltan kialakult elmélet még számos jelenséget nem tudott magyarázni
 - Más kutatók más, újonnan felfedezett jelenségből indultak ki – több ígéretes és fejlődő kutatási program
 - évtizedekig viták és támadások – Newton idegösszeroppanást is kap
- Hogyan lett Newton elmélete a „győztes”?
...még mindig csak majd...

Egy tudománytörténész sommázata

- „Newton 1672-es optikai cikkének első bekezdése optikai forradalom szükségességét jelenti be. Három oldallal később, megint egyetlen bekezdésben, a forradalom megtörténik. A cikk hátralevő oldalai részletesen megmagyarázzák: mindennek vége. ... Ez rossz forma volt. A dolgok nem úgy történnek, hogy egyszerűen beszél valaki, bejelenti elfogadott tudományos nézeteink alapvető inkonzisztenciáját, kijelenti a forradalom szükségességét, véghez viszi azt, és kísétál. Egyszerűen nem így kell csinálni az ilyeneket.” (Bechler 1974: 116-7)

2. Az optikai viták

- Transactions of the Royal Society
 - Henry Oldenburg
 - Oldenburg, a Királyi Társaság titkára többször is megnyugtatta Newtont felolvasott levelének elsősorú sikeréről és a pozitív visszajelzésekről.
 - Ennek ellenére 1676-ig, amíg Newton meg nem tiltotta az utolsó levelek publikálását és meg nem szakította hirtelen a levelezést, számos bírálat és kritika érkezett a *Philosophical Transactions* szerkesztőjéhez.
 - Mi kivétel nélkül találtak a kortársak „a tizenhetedik század talán legmegdöbbentőbb felfedezésében”? (Cantor 1996: 631).
 - Egyedül kidolgozott radikális elmélet
 - Rejtett matematika a sorok közt (mögött)
 - Különböző kritikák – nagyon különböző hozzáértésű emberektől
- Az első komoly vita egy tudományos folyóirat hasábjain

2.1 A bírálók

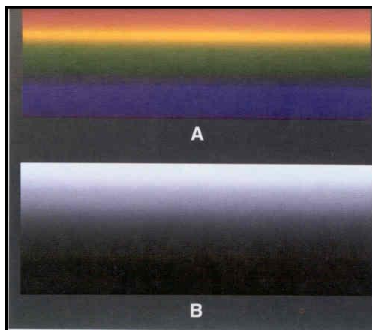
- Robert Hooke
- Christiaan Huygens
- Ignace Gaston Pardies
- John Gascoigne
- Anthony Lucas
- Francis Hall (Linus)
 - ismert természetfilozófusok, kísérletező jezsuita arisztoteliánusok, riválisok

2.2 A bírálatok. 1. Belső ellentmondások 2.2.1.1 „elsődleges színek” elkülönítése

- a 2. tétel szerint „a fénytörés egy bizonyos mértékéhez mindig ugyanaz a szín tartozik és ugyanazon színhez mindig egyazon mértékű törés.”
- A 6. tétel azonban kijelentette, hogy „Az elsődleges színekkel azonos *fajtájú* színek keveréssel is kialakíthatók...” (Newton 1672: 18, 21)
 - Christiaan Huygens kritikája – Newton nem fogadja el nyilvánosan a kritikát, de később finomabban fogalmaz

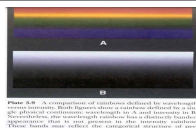
2.2.1.2 A színek számának és stabilitásának kérdése

- Több nagy híró kortárs (mint Robert Hooke vagy Christiaan Huygens) vélte úgy, hogy Newton a szükségesnél *több* szint tételez fel egyszerűnek, holott a színjelenségek magyarázhatók *mindössze két* egyszerű szín létrejöttével, amelyek további módosulásai hoznák létre a többi színt.
- A gazdaságosság elve (emlékszünk? Alexandriaia Héron) a kortársak szerint érv volt a modifikacionista elméletek mellett.
- Huygens azt is felvetette, hogy akár két egyszerű színből (mint a sárgából és a kékbl) elő lehet állítani a fehér színt, holott Newton kijelentése szerint a fehér
 - „Mindig csak keveredés eredménye, s előállításához valamennyi fent mondott elsődleges szín megfelelő arányú összekeverése szükséges.”
- Huygens igazát a tizenkilencedik század során Helmholtz igazolta.



A spektrum szabad szemmel nem homogén, hanem jól elkülönülő sávokat mutat

Plate 3.9 A comparison of rainbows defined by wavelength versus intensity. Both figures show a rainbow defined by a single physical continuum: wavelength in A and intensity in B. Nevertheless, the wavelength rainbow has a distinctly banded appearance that is not present in the intensity rainbow. These bands may reflect the categorical structure of perceived color.

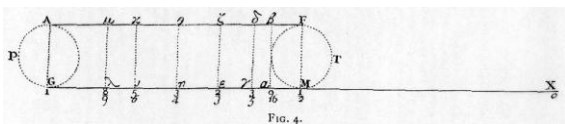


- Newton 2. tétele értelmében „A fénytörés bizonyos mértékéhez mindig ugyanaz a szín tartozik és ugyanazon színhez mindig egyazon mértékű törés”
 - az elmélet egy másodlagos minőséget (színt) egy elsődlegesre (fizikailag mérhető törekenységre) redukál
 - Később: “Lights which differ in colour also differ in degrees in refrangibility” *Proposition 1. Newton: Opticks, Book One, Part I.*

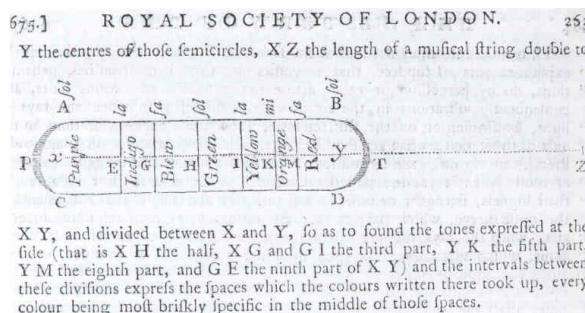
De akkor mi legyen a színsávokkal?

- Newton megfigyelte 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).
- Neopüthagoreáus analógia - megerősítő hatású - a természet egyöntetűsége és harmóniája nyilvánul meg

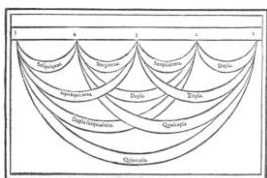
Ábra az Optikából



A színek harmóniája



A harmonikus arányok

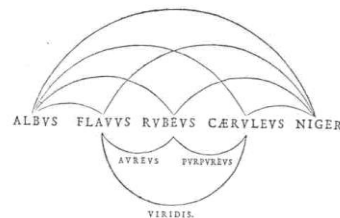


Giuseppe Zarlino, table of harmonic proportions (*Lezioni Harmoniche*, 1571) (182)

- 1573 (Giuseppe Zarlino)
- Püthagorasz
- Platonista hagyományban tovább él
- DE! Színek esetében Platon nem mer arányokról beszélni (Timaiosz)
- Arisztotelész viszont igen – *A lélekről*

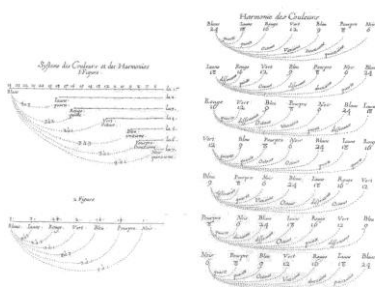
- d'Aguilon színskálája 1613

- a lineáris (arisztotelai / modifikacionista) színskálák gyakran a zenei harmóniákhoz hasonlóan voltak ábrázolva
- Fehértől feketéig skála, luminancia alapján (piros – zöld örök probléma)



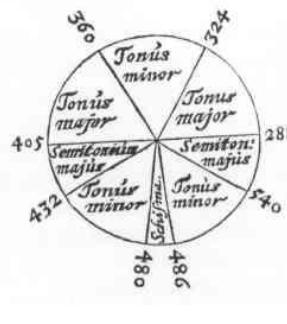
François d'Aguilon, colour scale (*Opticonum Libri Sex*, 1613). D'Aguilon introduces into the realm of colour the diagram of Pythagorean musical consonances as it had been shown in theoretical texts ever since Antiquity. His intention here was to show the relationships between colours, rather than suggest harmonies. (183)

Zenei harmóniák



- Marin Mersenne de la Chambre – zenei harmóniák és színek
- fehér: 24
- fekete: 6
- sárga: 18 (fehértől kvart)
- red: 16 (kvint)
- zöld 12 (oktáv)

- Tehát mind Newton előtt, mind Newton után gyakori a párhuzam
- A harmóniák Newton későbbt „színkör”-ében megjelennek
- Itt a közvetlen példa Descartes akusztikai diagramja



Newton színek az Optikából

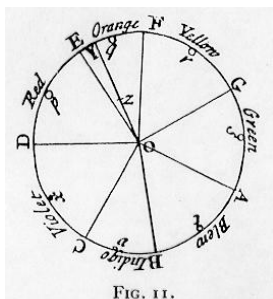


FIG. 11.

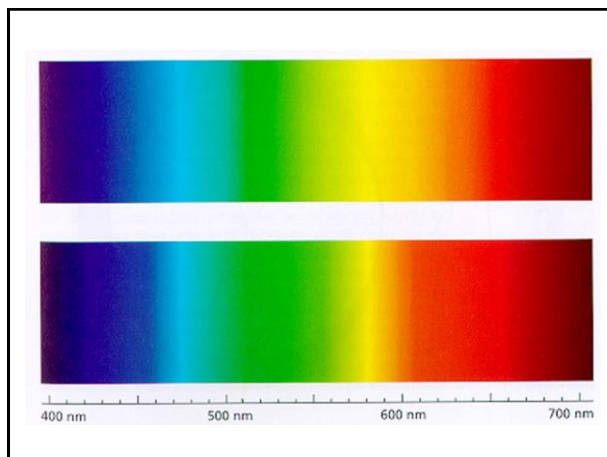
- A sávok felosztása a zenei analógiai alapján

Diszkrét vagy folytonos?

- A zenei analógia diszkrét színeket tételez fel.
- Hogyan lehet akkor igaz a már előbb idézett tétel, miszerint „ugyanazon színhez mindig egyazon mértékű törés” tartozik?
 - 5. tétel „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).

Az „ideális” helyzet

- 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 törékenységű sugarak jobb elválását 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 hármát látunk (vörös, zöld, bíboriila), tehát a spektrum nem további színekre bomlik, hanem egyszerűsödik, ez pedig szöges ellentétben áll az elmélettel
 - (Ez későbbi kritika – Goethe – de a korban többen is megjegyezték, hogy a színek nem „stabilak” eléggé)



2.2.3 Módszertani problémák

- a *döntő kísérlet (experimentum crucis)* nem alkalmazható egy elmélet bizonyítására (Pardies)
 - a kor módszertana egy kísérletet legfeljebb mint cáfoló instanciát ismert el.
 - Hooke ötvözte először Bacon két kifejezését - először használta az *experimentum crucis* kifejezést
- Newton Hooke-tól és nem Francis Bacontól kölcsönözte a kifejezést
 - ?kötelező olvasmányok?

Lucas „tesztelési” javaslatai

- Lucas Newton elméletének tesztelésére tett javaslatokat.
 - Például az elméletből következett, hogy a vörös és kék fény eltérő törékenysége a lencserendszereknél is megjelenik. Mikroszkóp alatt vizsgálva kék és vörös selyemszöveteket azonban ez a fokális különbség nem jelentkezik.
 - szintén, kék és vörös lapok edény alján ugyanolyan mértékben tömek (oldalról nézve egyszerre lesznek láthatók, amikor vízzel feltöltjük az edényt)
- Lucas a színek keletkezésénél nem csak a fényt tekinti fontosnak, hanem a fény környezetét is:
 - „ha a nap mögött még fényesebb test lenne, akkor minden bizonnyal fordított sorrendben látnánk a spektrum színeit” (Turnbull 1960: 11).
- Newton radikálisan eltérő filozófiát vall a kísérletezésről: nem a kísérletek száma hanem a „súly” a döntő.

Kutatási módszertanok ütközése

- Newton kiemeli, hogy „demonstratív” kísérletek fellelése a fontos. A kísérletekre úgy tekint, mint egy szillogizmus egyes premisszáira: meg kell találnunk a helyes „mondatokat” ahhoz, hogy érvényes következtetéshez jussunk.
- Az így demonstrált tudás felfed valamit a természet mindeddig rejtett szerkezetéből — például az anyag új tulajdonságát, a fény törékenységét fedezhetjük fel. Ezzel a felfogással ütközött meg a jezsuiták arisztotelianizmusa - a világ szerkezetének alapvetően a tapasztalatokon keresztül kellett megnyilvánulnia.
- A keresztény arisztotelianizmus így sok szempontból nagyobb jelentőséget tulajdonított a tapasztalatoknak, mint az új, „kísérleti” filozófia (Tamny 1996). A Liège-i kollégium munkáját összefoglaló 1685-ös *Florus Anglo-Bavaricus* erről a következőket írja:
 - A filozófia oktatásában a professzorok nem csak a peripatetikus iskola doktrínáit tanítják három éven keresztül, hanem többen szorgoskodnak azon, hogy a természet titkait kísérleteken keresztül tárják fel, hogy diákjaink azon tudásterületeket is megismerjék, amelyeket, különösen Angliában, igen nagyra értékelnek. ... Nem hiányzik az algebra, az oszthatatlank módszereinek, vagy az apollóniusi küpszeletek vizsgálata... Általánosságban elmondható, hogy nincs olyan, akár fizikai akár matematikai felfedezés a Királyi Társaságnak, amelyet II. Károly alapított Londonban, amely ne lenne megvizsgálva és továbbfejlesztve kollégiumunkban (idézi Reilly 1962: 225)

2.2.4 Mérési problémák

- a Newton által megadott távolságban a prizma által vetített spektrum korántsem annyira elnyúlt, mint ahogyan azt Newton kijelenti (Lucas)
- Ha Newton komolyan veszi Lucas megjegyzéseit (amelyek meglepően jól egyeztek Newton saját, korábbi, csak jegyzetfüzetében fennmaradt adataival), akkor valószínűleg nem kell Dollondra 1758-ig várni az akromatikus (vagyis a kromatikus aberrációt kiküszöbölő) lencsék felfedezésével.
 - Newton 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 lencsésnél fellép a kromatikus aberráció, addig a szemnél nem, kiváltképp, ha ez a fajta aberráció elméletileg sem kiküszöbölhető ki?
- Dollond 1753-ban készítette el az első akromatikus lencsékét, megcáfolván ezzel Newton egyik alapkielentését 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.

Kis filozofálás

- A kísérletező milyen alapon dönti el, hogy az elmélet rossz, vagy csak nem „tökéletes” a kísérleti rendszer?
- Hogyan stabilizálhatók és tehetők robusztussá ezek a rendszerek? Talán válasz jövő órán – ezekből a vitákból azonban látszik, hogy itt még a prizma NEM vált olyan megbízható „tudás-generáló” mint a 18. század második felére.
 - Lucas, komolyan véve Newton kérését, valóban megvizsgálta „demonstratív”-e a döntő kísérlet. A kísérlet szillogisztikus formában (!) a következőképp hangzana:
 - Különböző színű sugarak egyforma beesési szög esetében különbözőképp törnek meg (maior).
 - A különböző törés a különböző színű sugarak különböző törékenységével magyarázható (minor).
 - Így különböző színű sugaraknak különböző a törékenysége, még egyforma beesési szög esetében is (konklúzió).
 - A premissák igazságának eldöntéséhez Lucas elvégezte a szükséges kísérleteket. Azonban, bár az ibolya sugarak valóban jobban törtek meg a vörös sugaraknál, kijelentette, hogy „a második prizma utáni ernyőn az ibolya sugarak mellett mindig számottevő vörös sugarat is találtam” (Turnbull 1960: 105).
 - „Kísérletező regresszusa” (Collins) – hogy tudjam mi a jó műszer tudnom kell a helyes eredményeket, hogy tudjam a helyes eredményeket, tudnom kell, hogy mi a jó műszer, stb...

Newton reakciója

- Személyes támadásnak vette?
 - A kísérleteim igazsága forog kockán. Ezeketől függ elméletem, és ami még fontosabb, hitelem azzal kapcsolatban, hogy elővigyázatosan, pontosan és hűen közöltem vagy fogok közölni megfigyeléseket... (Turnbull 1960: 184)
- Visszavonult és elzárkózott a vitától, néhány levél közlését megtiltotta, holott Lucasnak írt válaszában elismerte:
 - a döntő kísérlet nem azt dönti el, hogy... különböző színű sugarak különféle törékenységek-e meg, hanem azt, hogy vannak-e különböző törékenységu sugarak...ha azt mondanám, hogy a különböző törékenységu sugaraknak nincs hozzájuk tartozó színe, minden ellenvetése semmis lenne. (Turnbull 1960: 257-8)
- „Hipotézis” a színekről – markáns korpuszkuális elmélet körvonalazódik.
- Idegösszeomlás – évekre elzárkózás a tudományos közélettől
- Alkímia, arianizmus, és még ki tudja mi...

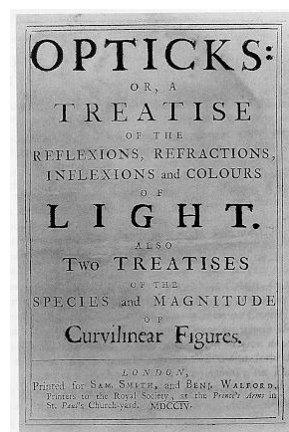
Newton

Az OPTIKA keletkezése és hatása

Zemplén Gábor

1704 - Optika

- Optika
 - a tükrözés, fénytörés, fényelhajlás és a színek magyarázata
- Matematikai szövegekkel kiegészítve
- Angolul
- Ki a szerző?
 - (a második kiadástól már olvasható Newton neve)



Kiadások

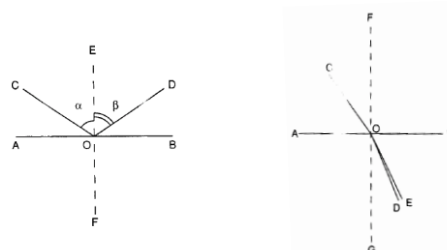
- Optice 1706 – 16 „kérdés” (Queries)
- Opticks 1717- 23 kérdés
- Optika 1721
- Optika 1730
 - szemben a Principiával, itt kevesebb változtatás az évek során.
 - A bővítés lazán szervezett „kérdések” alapján, pl.
 - Kettős törés 1706-tól csak itt
 - Számos optikától távoli terület említve – 18. sz. kémiára nagy hatás

Felépítés 1.

- Definíciók, axiómák (1703 óta nyomai az axiomatizálásnak)
 - „Ebben a könyvben nem az a célom, hogy a fény tulajdonságait feltevésekkel magyarázzam meg, hanem hogy ezeket ésszerűen leírjam és kísérletekkel alátámasszam.”
 - Def. 1. „Fénysugáron a fény legkisebb részét értem, éspedig azt, amelyik egyazon vonalban egymásután, vagy különböző vonalban egyidőben jelentkezik”
 - diszkontinuuus – nem folyamatos / matematikai absztrakció
 - analitikusan felbontható a fény
 - részecske vagy matematikai pont
 - 1676 Roemer a fény sebességét meghatározta

Felépítés 2.

- Def 2-3. Fénysugarak törékenysége, visszaverődési képessége (diszpozíciók)
- Def. 4-6 Beesési – vissz. ver. szög, szinuszok
- Def 7-8. Azonos törőerejű sugarak: egynemű. Ezek színei egyszerűek



Felépítés 3.

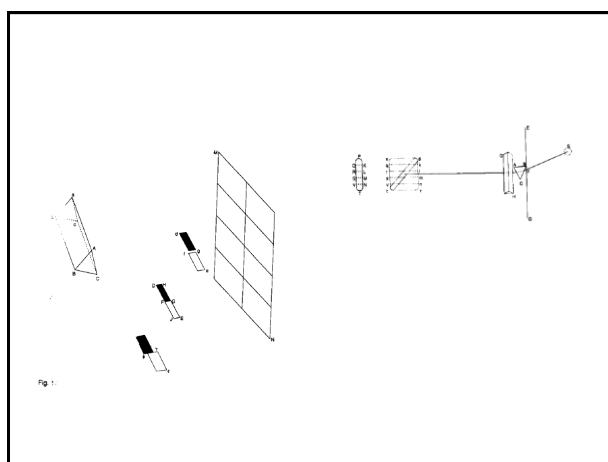
- Alaptételek
 - geometriai optika elfogadott törvényei
 - „katoptika” visszaverődés – beesési – visszaverődési szögek egyenlősége
 - „dioptrika” szinusz-törvény
 - képalkotás a szemben / *camera obscura*
- Hipotetiko-deduktív felépítés? NEM idealizált matematikai elmélet majd a következmények összehasonlítása a valósággal
- Induktív? NEM általánosítások a tapasztalatok alapján, hiszen elméleti előfeltevések beépítve már a legelején

Felépítés 4.

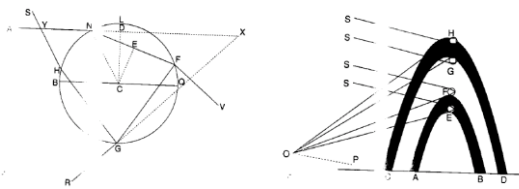
- I. könyv
 - törékenység problémája (1)
 - fehér fény és színek elmélete (2)
- II. könyv
 - vékony és vastag filmek színjelenségei
- III. könyv
 - diffrakció rövid vizsgálata és „kérdések”

I. könyv

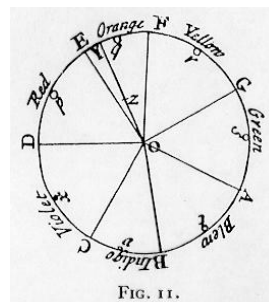
- A szinusz-törvény „megtartása” a kromatikus aberráció ellenére: különböző törékenységek bevezetése
- Akromatikus lencsék készítésének kizárása (Dollond, 1757)
- A színek „magyarázata”
 - polemikus – anti-modifikacionista érvek: korábban elfogadott nézetek *cáfolása*
 - majd „pozitív” elmélet
 - de feltételezi a *végtelen* különböző törékenységet és színt (ezt nem támasztja alá a tapasztalat)
 - Mai műszereken keresztül nézve a spektrumot is nehezen látunk színkülönbséget 40 Å (lila) és 90 Å (vörös) belül – kb 4 000 Å a látható tartomány (Raman mérései, de Munsell lapcskák egész jól sorba rakhatók 10 Å távolságokkal)
 - könnyen matematizálható színjelenségek vizsgálata (elmélet irányítja a tapasztalatot)
 - Szivárvány magyarázata
 - Színkeverés a színekkel:



A szivárvány



Newton színeköré az Optikából



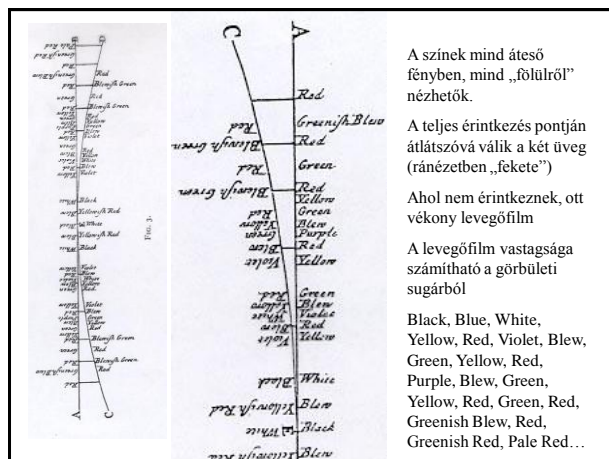
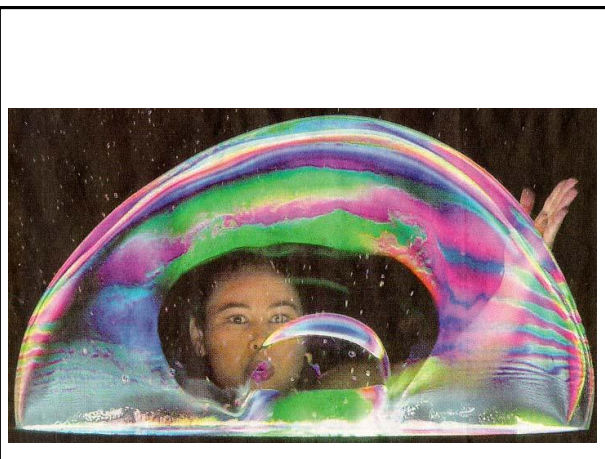
- A sávok felosztása a zenei analógiái alapján
- Színkeverés: egyensúlyozzuk ki a lapot (középen, tűn). A színek keverésekor az arányok szerinti súlyokat helyezzük a kör peremére (színek „közepére”), majd újra egyensúlyozzuk ki
- Kapunk a fehér (O) és egy adott szín között egy pontot
- komplementer színek nincsenek
- érvényes testek színeire is?

A testek színei

- 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 fényel 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”

II. Könyv (1-2)

- Vékony filmek színei (hullám-interferencia)
 - 1675-6 Newton levelében elemzi és számításokat végez
- Kísérleti meghatározás és mérhetővé tétel – Hooke lehetetlennek tartotta
- Magyarázati modell folyamatosan változik
- Rövid összefoglaló



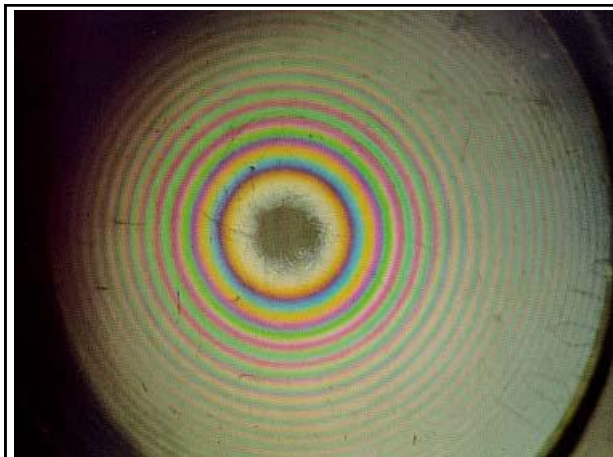
A színek mind átcső fényben, mind „fölről” nézhetők.

A teljes érintkezés pontján átlátszóvá válik a két üveg (ránézetben „fekete”)

Ahol nem érintkeznek, ott vékony levegőfilm

A levegőfilm vastagsága számítható a görbületi sugárból

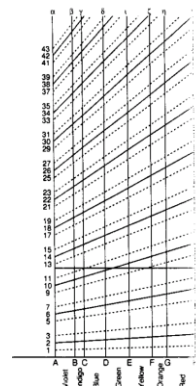
Black, Blue, White, Yellow, Red, Violet, Blew, Green, Yellow, Red, Purple, Blew, Green, Yellow, Red, Green, Red, Greenish Blew, Red, Greenish Red, Pale Red...



- az anyag nem, csak a vastagság számít
- zenei analógia ismét megjelenik – szó, lá, fá, szó, lá, mi, fá, szó „mint a következő számok négyzeteinek köbgyökei: $1 \frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ ”
- ezen arányok alapján nomográf „x” tengelye
- Ezekre a határokra merőlegesek állítása, majd beszámozás, majd a „0” ponttól egyenesek húzása

A nomográf

- A2 – a levegőréteg vastagsága ott, ahol a legintenzívebb a legtávolabbi lila szín az első sorozatban, A6 a másodikban, stb.
- A1-3 a színsáv vastagsága
- A sávok arányai: 1, 3, 5, 7 – számtani sor
- egy adott távolságnál (vízszintes vonal) megadható a szín
- Első sorozat G-je $1/160\,000$ hüvelyk



Számítások

- $d = (D^2/8R)$
 - d levegőréteg vastagsága
 - D a gyűrű átmérője
 - R planokonvex lencse sugara
- $d = m\lambda/2n$ (empirikusan meghatározott)
 - l – intervallum (m páratlan - világos, m páros – sötét)
 - n a film refrakciós indexe
- $2nd \cos r = (m+1/2) \lambda$

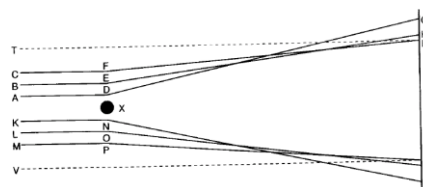
II. Könyv (3-4)

- Testek és a filmek színei közötti kapcsolat.
- A fény nem vibráció de vibrációkat kelt
 - a pórusok közti térben levő anyag (éter?) vibrál
- Fény hogyan verődik vissza?
- könnyű és nehéz áthaladási régiók – igen problémás, folyamatosan át- és átalakított elmélet

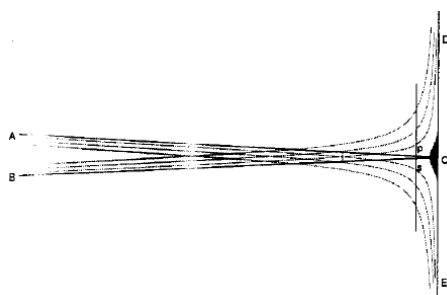
III. Könyv

- diffrakció vizsgálata (Newton inflexiónak nevezi)
 - diffrakció felbomlást sugall – mint modifikacionista színelméletek
 - inflexio – elhajlás
- hatóerő: rövid távon ható erő, amely kitéri a fényt útjából
- 1/280 hüvelyk vastag hajszál vizsgálata, 12 lábnyira réstől. Fal 10 cm-re: 1/28 hüvelyknyi árnyék

Hajszál és fényelhajlás



- Ismét új magyarázati forma: jelenség és magyarázat együttes bemutatása
- két kés egymás mellett – a köztük áthaladó fény által vetett árnyék



- Az alsó késről felfelé vetül a fény, a felsőről lefelé
 - Miért nem egyenlítik ki egymást az erők? (C körül miért van sötét folt)
- Newton – okosan – nem specifikálja az erőt
- A legkevésbé törékeny fény hajlítható leginkább és fordítva

Kérdések - Queries

- sok kémiai felvetés
- új területek összekapcsolása
 - fiziológia, alkímia, éterhipotézis
- kettős törés
 - „nincsen-e különböző oldala a fénysugaraknak, amelyek számos eredeti tulajdonságot tartalmaznak?”
- retorikai kérdések

- A természetfilozófia fő feladata, hogy a jelenségekből induljon ki hipotézisek gyártása nélkül és dedukcióval megtalálja a hatások okait, míg el nem jutunk az első okhoz, amely bizonyára nem mechanikai; és az ilyen kérdések megválaszolása [a feladata] és nem az, hogy a világ működését [mechanism] feltárja.... Miért, hogy a természet nem végez felesleges munkát; és miért a világban látható rend és szépség? Mi végre vannak az üstökösök... Hogy lehet, hogy az állatok teste ily nagy művészettel lett előállítva és mi végre vannak különböző részeik? (Newton 1952: 369)

Az Optika fogadtatása

- langyos angliai fogadtatás
- Edmé Mariotte (bencés) kísérletei széles körben ismertek
 - (Lucashoz hasonlóan) a spektrum ibolya sugarainak további vizsgálatával vörös és sárga sugarakat talált.
- Sokan elfogadják a kísérleteket: pl. Nicolas Malebranche de azokat saját hullámelméletükkel magyarázhatónak tartották
- Leibniz 1709-ben kijelenti:
 - hogy az Académie Royale-ban elvégzett kísérletek ez ügyben igen nagy jelentőségűek lennének ... Azon a véleményen vagyok, hogy ha e színkísérleteket elvégeznék, sok olyan pontot találnának, amelyeket sem Newton sem Mariotte nem fedezett fel. Aki ezt a munkát elvégzi, nem dicsősten feladatot vállal magára. (Hall 1993: 204)

A kísérletek reprodukálása

- 1714 nyarán az angol Királyi Társaság tagjai (nem meglepő módon) meggyőzőnek találták John Theophilus Desaguliers bemutatóját
 - ez a kísérleti bemutató *nem* az eredeti newtoni kísérleti *beszámolót* igazolta, hanem megváltoztatott kísérleti beállításokat alkalmazva a kísérlet *konklúzióját* támasztotta alá.
- A következő évben egy Franciaországban nem látható napfogyatkozás miatt Londonba utazó francia tudóscsoport
 - egyértelműnek találták a megismételt kísérlet eredményeit.
- Ezt követően francia majd itáliai területeken is általános elfogadást nyertek Newton optikai kísérletei.
- A prizmából, a „bolondok Paradicsomából” megbizható és reprodukálható kísérleti eszköz lett (Schaffer 1989).

Egy új paradigma

- a 18. század egyik legfontosabb tudományos művévé vált Newton optikai munkája, számos költő verselte meg a diszperzió során megjelenő színeket (Nicolson 1963)
- Georg Christoph Lichtenberg, göttingai tudós, aki a *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 segítségével az ember eljuthatna a kanti filozófiához” (Békés 1997:23-24)

A testek színei

- 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”

Problémák a newtoni modellel

- 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 objektívista 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. Másrésztől megfigyelhető a szinkonstancia jelensége, vagyis az az egyszerű tény, hogy egy fehér papírlapot fehérnek látunk különböző fényviszonyok között is, pedig a visszaverődő fény nyilvánvalóan más és más
- a látott színek gyakran azonos körülmények között *sem*, máskor viszont különböző körülmények között is azonosak.

Egy új paradigma

- a 18. század egyik legfontosabb tudományos művévé vált Newton optikai munkája, számos költő verselte meg a diszperzió során megjelenő színeket (Nicolson 1963)
- Georg Christoph Lichtenberg, göttingai tudós, aki a *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 segítségével az ember eljuthatna a kanti filozófiához” (Békés 1997:23-24)

- a másodlagos minőségként nyilvántartott színeket nem kifizető szilárdan egy elsődleges, vagyis könnyen számszerűsíthető minőséghez (a fénysugarak 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

Kis irodalom

- VR Newton, Isaac. *A világ rendszeréről és egyéb írások*. 1977. Magyar Helikon
- PO Newton, Isaac: *A Principiából és az Optikából. Levelek Richard Bentleyhez*. 1981 Kriterion
- BÉKÉS, V. 1997. *A hiányzó paradigma*. Debrecen: Latin Betik
- BERLIN, B., KAY P. 1969 *Basic Color Terms: Their Universality and Evolution*. Berkeley, Los Angeles Uni. California Press.
- CRARY, J. 1999. *A megfigyelő módszerei. Látás és modernitás a 19. Században*. Osiris, Budapest
- DEDRICK, D. 1998 *Naming the Rainbow: Colour Language, Colour Science, and Culture* Kluwer
- GOUK, P. 1994. 'The harmonic roots of Newtonian science' in: *Let Newton be!* pp. 101-126 (ed. Fauvel, Flood, Shortland, Wilson) Oxford UP
- HAKFOORT, C. 1994. 'Newton's optics: the changing spectrum of science' in: *Let Newton be!* pp. 81-100 (ed. Fauvel, Flood, Shortland, Wilson) Oxford UP
- HALL, A. R. 1995. *All was light. An introduction to Newton's Opticks*. Oxford: Clarendon
- HARDIN, C.L. 1988. *Color for Philosophers. Unweaving the rainbow*. Cambridge, Indianapolis: Hackett Publishing Company. Foreword by Arthur Danto. Further thoughts, 1993
- 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.)
- SEPPER, D. L. 1994. *Newton's Optical Writings. A Guided Study*. New Brunswick: Rutgers University Press
- 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 Uni. Press
- THOMPSON, E. 1995. *Colour Vision. A Study in Cognitive Science and the Philosophy of Perception*. Routledge, New York, London.