

ORVOS-TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉRTESITŐ



AZ ERDÉLYI MUZEUM-EGYELET ORVOS-TERMÉSZETTUDOMÁNYI SZAK-
OSZTÁLYÁNAK SZAKÜLÉSEIRŐL ÉS NÉPSZERŰ ELŐADÁS AIRÓL.

III. NÉPSZERŰ SZAK.

VII. kötet.

1885.

I. füzet.

A FÉNY INTERFERENTIÁJA.

(1 könyomatú táblával.)

Abt Antaltól.

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

Mult télen egy népszerű előadást tartottam a hang interferentiájáról, vagyis azon tűneményekről, melyek észlelhetők, ha két olyan hang egymással találkozik, melyeknek magassága vagy is rezgési száma és ennél fogva hullámhossza is teljesen egyenlő, vagy egymástól csak keveset különböző. Az első esetben egyik hang a másikat erősíti vagy gyengíti a szerint, hogy milyen távolságban van egymástól a két hangforrás. A második esetben ugynevezett hanglebegések és hangütések támadnak, melyeknek száma a két interferáló hang rezgésszámának különbségével egyenlő.

E két hangvilla most egyenlően van hangolva, úgy hogy mindenik egy másodperc alatt 512 rezgést tesz és egy bizonyos magasságú c (c_1 - ut_1) hangot ad. Ha a két hangvillát a nyirettyűvel meghúrom, akkor a két hang teljesen összefoly egygyé, mely csak erőben különbözik a két villa egyes hangjától. Ha most egyik villát a másik felé tolom és vissza, akkor a hang erejében változás észlelhető. Ugyanily változást észlelhetünk, ha csak egy villát használok és azt egy szilárd laphoz közelítem, p. o. ezen táblához. Ha a viaszt az egyik hangvilláról leveszem és újból meghúrom a két hangvillát, akkor a hang egyenletes lefolyása eltűnt, ereje időnként fogy és nő,

hanglebegések és hangütések hallhatók. E tünemények a hang hullámelméletéből teljesen megfejtethők.

Ha feltehetném, hogy jelen előadásomnál ugyanazon hallgatókhoz van szerencsém, kik a múlt télen itt voltak és hogy azok mindazt, a mit akkor a hang interferenciájáról hallottak, el nem felejtették, akkor most egyenesen bele vághatnék a kitűzött tárgyamba, mert a fény interferenciája teljesen hasonló a hangéhoz, a mennyiben a fény is, ha új fény járul hozzá, a körülmények szerint vagy erősebb lesz, vagy gyengébb, vagy épen kioltatik.

Mint hogy ezen feltevések nem állanak, nem marad más hátra, mint a hullámozgásról egyet s mászt előre bocsátani, hogy tisztelt hallgatóim a bemutatandó tüneményeket meg is érthessék. Meglehet, hogy így egyes hallgatók előtt merő ismétlést mondok, a miért is azoknak elnézését kérem a többiek nevében.

A villát, hogy hangot adjon, dörgölni kell, vagy megütni. Ez által részecskéi mozgásba jönnek, egyensúly helyzetükbe törekedve, ide-oda rezegnek. Ezen rezgés hasonlít az inga lengéséhez, csak hogy ennél sokkal gyorsabb, így p. o. ezen villa 512 ilyen rezgést végez egy másodperc alatt. A villa rezgését nemcsak hallani lehet, hanem érezni is, ha kezünkkel megérintjük. Minden test, mely hangot ad, ilyen mozgásban van, a teljes csend a nyugalmat jelenti.

A villa mozgása terjed halló szervünkig, itt hasonló mozgást hoz létre, miáltal a hangot észre vesszük.

Az a kérdés most, hogy miként terjed a hang? úgy-e mint egy golyó, vagy mint az illatos testek, melyeknek részecskéi a térben valósággal tovább haladnak, vagy talán más módon? Hogy a villa egyes részecskéi, mialatt a hangot halljuk, attól el nem válnak, és a fülünket meg nem ütik, következik már abból, hogy a villának súlya nem csökken, bármeddig is szóljon. De a villa által megelőkött legközelebbi légrészecskék sem tesznek ilyen haladó mozgást, egyik sem éri el fülünket, mert ha így volna, akkor, mivel a hang egy másodperc alatt 340 m. útat tesz meg, a levegőben oly erős mozgás keletkeznék, mely a legerősebb vihart sokszorososan felülmulná. A hang úgy terjed, mint a víz hullámok.

Ha a nyugvó víztükörré vízesepp esik, vagy kő, akkor a kiszorított vírzészecskék körös-körül gyűrű alakban a vízszintes tükörön felül emelkednek, egy hullámhegy keletkezik. A hullámhegyet alkotó

vízrészecskék a megzavart egyensúlyt helyreállítandók, nehézségüknél fogva esnek és esés közben nyert gyorsaságuknál fogva a víztükör alá kerülnek, úgy hogy ott, a hol előbb hullámhegy volt, egy hullámvölgy keletkezik, mely körül a részecskék torlódása miatt új s nagyobb átmérőjű hullámhegy keletkezik. A gyűrűalakú hullámok tovaterjedése alatt mindig nagyobbak lesznek, de a hegy magassága illetőleg a völgy mélysége mind jobban kisebbedik és bizonyos távolságban egészen elenyészik. Ezen hullámos mozgásnál az egyes vízrészecskék helyett maradnak és itt írják le függőleges pályájukat egyensúly helyzetök körül, és mozgásukat a szomszéd részecskéknek átadva, nyugalomba jönnek.

A hang is hullámok által vezetetik tovább. A hangvilla körüli légréteg átveszi a villa rezgését, átadja a legközelebbi rétegnek és azzal visszatér, ez ismét a harmadik réteggel közli mozgását és így tovább rétegről-rétegre. Ezen továbbítása a mozgásnak rétegről rétegre hullámos mozgásnak nevezetik. A víz tükörén észlelhető hullámok a részecskék nehézségétől erednek és vízszintesen terjednek, a részecskék pedig függőleges pályákban mozognak.

Azon mozgás, mely a hangot tovább vezet, a közegnek, p. o. a levegő, vagy víz rugalmasságától ered. Ezen hanghullámok a víz-hullámoktól abban különböznek, hogy a részecskék rezgés iránya összeesik a hullám tovaterjedésének irányával, a részecskék ugynevezett longitudinál vagy hosszrezgéseket tesznek és a hullám egyik fele sűrűségekből, másik fele ritkulásokból áll, a sűrűségek a hullámhegynek, a ritkulások a völgynek felelnek meg.

A hangvillának minden rezgése egy új hullámot kelt a levegőben; egyik a másikhoz csatlakozik, úgy hogy egy folytonos hullámsor keletkezik. Ezen villától tehát egy másodperc alatt 512 hullám ered, melyeknek összes hossza egyenlő a hang gyorsaságával, vagy is az 1 mp. alatt leírt útjával, tehát 16° -nyi hőmérsékletnél 340 méterrel. E szerint egy hullámnak a hossza $= 340:512=0.66$ meter, vagyis 66 centimeter. A legmélyebb C-nél (16 rezgés 1 mp.-ben) a hanghullám hossza a levegőben 21.25 meter. A zenében használt legmagasabb hangnál (4000 rezgés 1 mp.-ben) a hullám hossza 8.5 cmtr.

Ha két különböző pontból eredő víz-hullám úgy összejön, hogy egyiknek a hegye a másiknak a hegyével összeesik, akkor az eredő hullámhegy magassága egyenlő az összetalálkozó hullámok magassá-

gainak összegével. Ha ellenben az összetalálkozásnál egyik hullámnak a hegyei a másiknak völgyeivel összeesnek, akkor az eredő hullám magassága egyenlő a két hullám magasságainak különbségével és ha az utóbbi esetben az összeeső hullámok magasságai egyenlők, akkor a víztükör síma marad, egyik hullám a másikat megsemmisíti.

Ezen hullámtalálkozási vagy interferenz tünemények hanghullámoknál is észlelhetők és az előbbi kísérletnél észlelt hangintenzitási változások épen ebben lelnek megfejtésüket. A villától eredő hanghullámok a táblán visszaveretnek és a visszaverődött hullámok interferálnak a direct hullámokkal. Oly helyeken, hol sűrűdések sűrűdésekkel összeesnek, erősbül a hang, ellenben gyengül ott, a hol sűrűdések ritkulásokkal találkoznak.

A feltűnő hasonlat a fény és hangtünemények között, nevezetesen a fény és hang egyenes vonalú terjedésénél, továbbá a visszaverődésnél és törésnél, különösen az interferentiánál egyenesen arra mutat, hogy a fény is rezgésből áll, és hogy a fény is hullámokban terjed, mint a hang.

A fény interferenz-tüneményei, melyek előadásom tárgyát képezik, kiválóan olyan természetűek, hogy csak a hullámelméletről magyarázhatók. Minél behatóbban vizsgálták ezen tüneményeket, annál biztosabb alapot nyert a fény hullámelmélete.

Az első sejtelmet arról, hogy a fény hullámszerű mozgásból áll, Grimaldi-nál találjuk. Ő a jézsuita rend tagja volt, Bolognában lakott és kitartó buvárlatai által a fénytünemények körül néhány nevezetes felfedezéshez jutott.

Egyik nevezetes kísérlete abból állott, hogy a napfényt finom nyíláson keresztül a besötétített szobába vezette, a fénynyaláb útjába keskeny átlátszatlan testet tartva, ennek árnyékát fehér ernyőn felfogta. Az árnyékot vizsgálva, észrevette, hogy az jóval szélesebb, mint azt a fény egyenes vonalú terjedése kívánja, hogy tehát a fizikai árnyék a kiszámítható mértani árnyéknál jóval szélesebb. Továbbá észlelte, hogy az árnyékon kívül világos és sötét csíkok láthatók és hogy a világosak a közepén feketék, szélei pedig az árnyék felé kék, az ettől elfordított oldalon piros színűek. Erős napfénynél, ha a test szélessége sem igen nagy, sem igen kicsi, még az árnyékon belül is láthatók ilyen, a test szélével egyenközű csíkok.

A fény hullámzási elméletére nézve még fontosabb a következő

kísérlete. Két egymáshoz közel fekvő kis nyíláson keresztül sötét szobába napsugarakat bocsátott és azokat fehér papírral olyan távolságban fogta fel, hogy a két fényfolt egymást részben elfedte. Mind a két fényfolt a közepén világosabb, mint a szélén és az utóbbi közelebbi vizsgálatnál pirosasnak látszik. A két nyaláb által talált hely a legvilágosabb volt ugyan, de ennek szélén sötét helyeket észlelt, melyek kevésbé voltak megvilágítva azon helynél, hová csak az egyik nyaláb esett. Ezen sötét helyek azonnal eltűntek, a mint az egyik fénynyalábot átlátszatlan testtel visszatartotta.

Halála után két évvel megjelent munkájában olvasható, hogy egy megvilágított test sötétebb lehet, ha a reá eső fényhez újabb fény járul. Ezen nevezetes tétel a fényről a hullámzási elmélet csiráját foglalja magában. Habár sejtelve volt a fény hullámszerű terjedéséről, még sem tudott tisztába jönni az általa észlelt tűnemények megfejtésével.

Csak 1860 ban sikerült Young-nak a tűneményt az interferentia elve segítségével megfejtteni. Ezen híres angol physikussal egy időben Fresnel egy híres francia physikus vizsgálta behatóan a fény interferentiáját kísérletek által és számítás útján. Híres tükörkísérlete által döntőleg igazolta a már előbb említett tételt, hogy a fény fényhez hozzáadva sötétséget eredményezhet. Ő volt az első, ki a fény hullámhosszát meghatározta, úgy hogy őt méltán a fény hullámzási elmélete egyik alapvetőjének tekinthetjük.

A készülék, mely ezen kísérletre használtatik, két függőleges tükörből, AB és BC (1. idom), áll. Ezek fekete csiszolt üvegből vannak készítve és B élen érintkeznek egymással. Az egyik, BC , egy fatörmzshöz van erősítve és ezzel együtt R csavar által egy oszlophoz erősíthető. A másik tükör S csavar által B -él körül forgatható és oly állásba hozatik, hogy B' tükörrel igen tompa 180° -nál csak kevéssel nagyobb szögletet zárjon be.

A sötét szobába tükör segítségével vezetett napsugarak lencsével (L) egy pontban (P) (2. idom) egyesíttetnek úgy, hogy az ebből elágazó fénykúp a két tükörrre, AB és BC , essék. Az AB tükörrre eső fényugarak úgy veretnek vissza, mintha M pontból, mint ezen tükör képpontjából erednének. BC tükör szintén úgy veri vissza a sugarakat, mintha N képpontból jönnének. Az egyik tükörön visszavert sugarak mMm' kúpon, a másik tükörtől jövők pedig nNn' kúpon be-

löl fekszenek és mBn térben a kettőnek sugarai találkoznak egymással úgy, hogy $m'n'$ ernyőnek mn részére mind a két fénykúpból esnek sugarak.

Ezen a helyen függőleges sötét csíkok észlelhetők, melyek azonnal eltűnnek, a mint az egyik tükröt befedjük. Ez esetben csak egy tükrőnek a fénye esik az ernyőre és a megvilágítás mindenütt egyenlő. De a mint a borítékot a tükrőről elvesszük, azonnal láthatók a fekete csíkok.

Ebből látható, hogy a fény fényhez járulva, bizonyos körülmények között sötétséget idézhet elő.

Ha S esavar segélyével a két tükrő hajlásszöge kisebbítettik, akkor a sötét csíkok finomabbakká lesznek és egymáshoz közelebb esnek, míg végre egészen eltűnnek. Tisztán csak akkor láthatók, ha ezen szöglet közel áll a 180 fokhoz, vagyis ha a tükröképek, M és N , egymáshoz közel fekszenek.

Ha a két tükrön visszavert fénysugarakat ernyő helyett egyik szemünkkel felfogjuk, akkor a tűnemény sokkal tisztábban látszik és ezen észleleti módnál a fekete csíkok még gyenge fényforrásnál is észrevehetők. Így p. o. a natriumláng sárga fényénél a látmező tele van sárga és sötét csíkokkal.

A fény hullámzási elmélete szerint, melyből nemesak az említett, hanem mindenik fénytűnemény ellenmondás nélkül megfejthető, egy lángnak vagy bármely más fényforrásnak legkisebb részecskéi gen gyors rezgésben vannak. Ezen rezgéseket egy rendkívül finom és rugalmas anyag, mely az egész mindenséget betölti és aethernek neveztetik, rugalmasságánál fogva részecskéről részecskére tovább vezetű, miként a levegő a hangot tovaszállítja azon lényeges különbséggel, hogy az aetherrezgések a fénysugárra derékszögű irányban történnek. Míg tehát egy hanghullám vagy egy hangsugár sűrűdésekből és ritkulásokból áll, addig egy fénysugár valóságos hullámvonalokból van összetéve, mint azt a 3. idom egy bizonyos pillanatra előtűnteti; $ab'cd'e$ egy egész hullám, $ab'e$ egy hullámhegy, $cd'e$ egy hullámvölgy, ae a hullám hossza, melyen belől az aether-részecskék valamennyi phasist előtűntetik, melyeken egy részecske egy teljes rezgés alatt keresztül megy. bb' vagy dd' egy kirezgés nagysága vagy amplitudója. a, e, g, i valamint általában olyan aether-részecskék, melyek egymástól 1, 2, 3 stb. hullámhossznyi távolságra

fekszenek, megegyező phasisban vannak Ellenben a , c , f , és általában olyanok, melyeknek távolsága egymástól $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ stb. hullámhossz, ellenkező phasisban vagyis mozgási állapotban vannak.

Ezen feltevésekből, hogy a fény aetherrezgéséből áll, kiindulva, könnyű a Fresnel-féle tükörkísérletnél észlelhető tűneményeket a sugarak interferenciájából megfejtetni. Legyen ismét M , N (4. idom.) a két képpont, a honnan a sugarak EE ernyőre esnek, és ov egy az MN közepétől EE -re merőlegesen huzott vonal, akkor minthogy $Mv = Nv$, az ugyanazon fényforrástól jövő sugarak v pontban phasiskülönbség nélkül találkoznak és ennél fogva itt egymást erősítik, v -nél tehát világos csík látszik.

Az ernyő többi pontjainál az interferáló sugarak között útkülönbség van és pedig annál nagyobb, minél távolabb esik az illető pont egyik vagy másik oldalán. Valamely pont megvilágítása az ott találkozó sugarak útkülönbségétől függ. Péld. s pontnál, hol ezen különbség éppen fele a hullámhossznak, a sugarak ellenkező phassissal találkoznak, s egymást kioltják és itt sötét csík származik. v -től s -ig a fény ereje fokozatosan csökken; s -től v -ig ismét fokozatosan növekedik és itt, a hol a sugarak útkülönbsége annyi, mint egy hullámnak a hossza, tehát egy sugárnak a hegyei a másikkal a hegyeivel és szintúgy egyiknek a völgyei a másikkal a völgyeivel összeesnek, világos csík látszik. s' -nél, hol az útkülönbség $\frac{3}{2}$ hullámhossz, sötét csík keletkezik és így tovább; éppen így v -nek a másik oldalán is.

Egyszínű fényt használva, az interferenciátűnemény világos és sötét csíkokból áll, melyek a középen (v -nél) : gál nekbebbek és innen-től fogva mind a két oldal felé fokozatosan elhalványodnak. Ha a nap-sugarakat előbb vörös, azután kék üvegen átbocsátjuk, azt vesszük észre, hogy a csíkok a kék fénynek keskenyebbek és egymáshoz közelebb esők, mint a vörösnek; az első, második és stb. sötét csík a kék fénynek tehát közelebb esik v -hez, mint ugyanazon rangú csík a vörösnek. E szerint az útkülönbség az első csíkra nézve a kék fénynek kisebb, mint a vörösnek, a miből következik, hogy a kékszínű fény hullámhossza kisebb, mint a vörösé.

A fehér fényben előforduló színes sugarakat rendre így vizsgálva, kitűnik, hogy a fény hullámhossza a vöröstől a tőrékenyebb, ibolyáig fokozatosan csökken. Ezen okból, ha fehér fényt használunk ezen kísérletnél, a csíkok nem fehérék és feketék, hanem színesek

és csak a középben, a hol a különböző színű sugarak a legnagyobb fényerőben találkoznak, származik egy fehér csík.

A Fresnel-féle kísérletből nem csak azt tanuljuk, hogy a különböző színű sugaraknak más-más a hullámhossza, hanem általa a fényhullám hosszát meg is lehet határozni, ha ismerjük M_s és N_s útakat az első sötét csíkra nézve, mert ezeknek különbsége éppen fele a hullám hosszának. Fresnel ezen méréseket a piros fénynél megtette és annak hullámhosszát 0.000638 milliméternek találta. — Olyan kis mennyiség ez, melyet közvetlenül megmérni nem is lehet, a természetten mindazonáltal több módszert ismer, melyek segítségével más mennyiségek megmérése által a fény hullámhossza nagy pontossággal kiszámítható.

Mint hogy napsugarak most nem állanak rendelkezésemre, azért kísérleteimnél elektromos fényt fogok használni. Egy a mechanikai műhelyben földszint felállított dynamogép egy négy lóerejű gázmotor által gyorsan forgatva, erős villamáramot fejleszt, mely vastag rézdrótok által ide felvezettetik és ha ezen, két egymással érintkező széncsúcson keresztül megy, ezek izzásba jönnek és egymástól kissé eltávolítva, vakító fehér fényt árasztanak. Ezen kis gépezet (regulator), melylyel a két széndarab össze van kötve, szabályozza az izzó széncsúcsok távolságát. Ha a regulatort ezen bádog szekrénybe teszem és az egyik oldalon levő lencsét beállítom, akkor a szembe levő fehér ernyőn az izzó széncsúcsok fordított képe látható. Bennebb tolva a lencsét egyenközű sugarakat kapok.

Az említett Fresnel-féle tűkörkísérlet helyett, mely napsugarak hiányában kevésbé alkalmas arra, hogy a tüneményt ernyőre vetítve lehessen észlelni, a fény interferenciáját szappanbuborékon fogom tisztelt hallgatóimnak mutatni. E végre bemártom ezen üvegeső egyik végét szappanvízbe és miután kivettem belőle, befúvás által akkora buborékot állítok elő, mint egy kisebb narancs; most a cső egyik végét egyik ujjammal befogom és a buborékot a fénynyaládba tartva, lencsével annak nagyított tiszta képét vetítem az ernyőre. A buborék most szintelen, de csakhamar színes gyűrűk fejlődnek ki rajta, melyeknek színe és élénksége folyton változik, míg végre a buborék szétpattan és ezzel a szép színek is eltűnnek. Ha az elektromos lámpa fehér fényét, mielőtt a buborékra esik, piros üvegen hagyom keresztül menni, akkor a buborékon világos piros és sötét gyűrűk láthatók.

A színes gyűrűk kifejlődése akkor kezdődik, ha a buborékot képező vízhártya párolgás következtében igen vékonyná lett, mivel csak igen finom hártványon és lemezeken észlelhetők ezen szép színtümenények, melyeknek oka, mint a Fresnel-féle tükrökisérletnél a fénysugarak interferentiája.

Hallgatóim közül többen bizonyára azt fogják kérdezni, honnan jönnek ezen különböző színek, mikor a szappanbuborékra ilyen tiszta fehér fény esik. Egyszerű kísérlet megfogja győzni azokat, hogy a fehér fény színes sugarakból áll. Itt van egy színtelen üvegcúp, ezt most úgy tartom a lámpától jövő fénynyaládba, hogy a cúp tengelye párhuzamos legyen a vízszintes fénynyalábbal. A kútból kilépő sugarak színesek és a fehér ernyőn egy nagy köralakú színekép látszik, mely belől piros és kívül ibolyaszínű és a színek sorrendje belőlről¹ kifelé a következő: piros, narancs, sárga, zöld, sötét és világos kék; végre ibolya. Az átmenet egyik színről a másikra fokozatos. Ebből látható, hogy a fehér fény számtalan színes sugarakból áll, és hogy a sötétvörös sugarak a legkevésbé, a sötét ibolyák leginkább vannak megtörve, vagy is a beeső fehér sugarak irányából kihozva.

Mind ezen színes sugarak összes hatásukban a fehér fényt adják; ha p. o. azokat lencsével egyesítjük, az egyesülési pontban fehér fényt nyerünk. Ha egyes színek kizáratnak az összegből, akkor a megmaradt sugarak együttesen színes fényt adnak. Két olyan szín, mely együttvéve fehér színű fényt ad, kiegészítő, vagy complementar színnek neveztetik.

E szerint, ha fehér fény esik valamely testre, akkor bizonyo^s körülmények között színes fény keletkezhetik, mint p. o. elnyelés következtében, mitől a testek természetes színe függ, vagy interferentia által, mint a szappanbuborékoknál.

A fény hullámhosszából és annak gyorsaságából (300.000 kilométer egy másodperczen) kiszámíthatjuk a fény rezgési számát hasonló módon, mint a hangnál. A számítást megtéve, találjuk, hogy a sötétpiros fényben az aetherrészecskék 394·5 billió rezgést tesznek egy másodperc alatt, a sötét ibolyában pedig 763 billiót.

Ezen alkalommal ilyen buboréknak még egy másik tulajdonságára bátorkodom figyelmeztetni tisztelt hallgatóimat. A buborék nagysága csak azért nem változott a kísérlet ideje alatt, mivel az üvegcövet, melyen a buborék csüng, felül újjammal zárva tartottam. Ha

a csövet nyitom, eleinte alig vehető észre valami változás a buborék térfogatában, de nemsokára kissebbedni kezd, mintha kívülről összenyomatnék, vagy mintha a levegő belőle a csövön keresztül kiszivatnék. Minél kisebb lett a buborék, annál gyorsabban halad az összehúzódása és ha már igen kicsi, akkor robamosan huzódik össze egy vízcseppé. Ezen tüneményből látható, hogy a buborékot alkotó vízhártyának finomsága daczára bizonyos összetartó és összehúzó ereje van. A buborékban is olyan levegő van, mint a buborékon kívül, ennélfogva az összehúzódás oka nem lehet a körlég nyomása, hanem a hártya legkisebb részecskéinek vonzása egymásra. A folyadékok molekuláinak ezen hatása azoknak szabad felületén mindenütt észlelhető. Itt van egy kis gyűjtemény különböző mértani alakokból, melyek vékony drótból vannak készítve és azon egyensúly alakok tanulmányozására valók, a melyek a vízhártyák által képeztetnek, ha egyik vagy másik drótkészülék alkalmas folyadékba, pl. szappanos vízbe mártatik és ismét kihuzatik. Ha p. o. ezen tetraéder-alakot *abcd* (5. idom) nyelénél fogva ebbe a szappanos vízbe bemártom, azután kiviszem és a képet lencsével az ernyőre vetitem, a tetraéderen belől hat egyenes, a tetraéder súlypontjában (*o*) találkozó vízhártyát észlelhetünk. Ezen csinos és érdekes egyensúlyalakokat nagyon sokféle változatosságban észlelhetjük, ha Plateau szerint különböző drótalakokat használunk.

Köralakú drótot használva ezen célra, egyenes vízhártyát nyerünk, melyen az interferenz-tüneményt, ernyőre vetítve, tisztábban lehet látni, mint egy szappanbuborékon, mivel ez utóbbinál a mellső és hátsó részek színei az ernyőn egymást részben elfedhetik. Egy ilyen drótot bemártok most a szappanvízbe, ismét kiviszem és azután merőlegesen tartva a fénynyalábra, lencsével a vízhártya tiszta képét állítom elő az ernyőn. Nemsokára láthatók a szép színes csíkok vagy piros fény használatánál felváltva, piros és kék csíkok. Ezen színtüneményt a hárt्यान keresztülmenő fény-sugarak idézik elő. Most a drótkört újra bemártom a szappanvízbe és azután ferdén állítom a fénynyalábra, egy másik lencsével pedig a hárt्यान visszavert sugarakat fogom fel és a lencse állását addig változtatom, míg ezen második ernyőn egy tiszta kép látszik. Ezen a színek sokkal élénkebbek, mint a másikon, minek okáról később fogok említést tenni. Minél finomabb lett a különben

színtelen hártya, annál ragyogóbbak az általa előidézett szemgyönyörködtető színek és csak az a kár, hogy épen akkor, mikor a legsebbebbek, a hártyaival együtt eltűnnek. Eszembe jut nagy költőnk híres bordala, melynek versszakai így végződnek :

Eloszlik, mint a buborék

S marad, mint volt, a puszta lég.

Ezen színtüneményekkel a physikában is sokat foglalkoztak, kivált Draper és Boyle és későbbben Hooke, a kinek sikerült a tüneeményt két üveglemez közé foglalt finom légrétegben állandósítani. A készülék két csiszolt üveglemezből áll, melyeknek átmérője körülbelül 7—8 centiméter. Az alsónak határlapjai párhuzamosak, a felső felül lapos, alul pedig domború, de a domborulat nagyon csekély és a kettő közt levő légréteg igen vékony, vastagsága a közepétől az üveg széle felé folytonosan növekedvén. A lemezek lábakkal ellátott fémkeretbe vannak foglalva és három csavarral úgy állíthatók be, hogy a gyűrűk kör alakúak legyenek és hogy közös, az üveg közepére eső középpontjuk legyen.

A physikai intézet készüléke nyéllel van ellátva, hogy alkalmas állványhoz erősítve, függőleges állásban is lehessen használni. Ennél a felső üveglemez (lapos-domború lencse) görbületi sugara 1429 milliméter. A készüléket most a vízszintes fénynyaláb útjába állítom úgy, hogy a párhuzamos sugarak ferdén találják és lencsékkel a reflectált és átmenő sugarak által előidézett interferenciaképet ernyőkre vetitem. Mind a két kép színes concentricus gyűrűkből áll, melyek a visszavert fényben sokkal élénkebbek, mint az átmenő fényben. Most oly üveglemezen hagyom előbb a fehér fényt keresztülmenni, mely csak piros sugarakat átbocsát. Mindkét gyűrűrendszer most váltakozva piros és sötét gyűrűkből áll; a visszavert sugarak képénél (6. idom) a közepén egy sötét folt látszik, azután egy piros gyűrű, ezt egy sötét gyűrű követi és így tovább; minél nagyobbak a gyűrűk, annál halványabbak, és bizonyos távolságban a közepétől egészen elenyésznek. Az átmenő fényben a gyűrűrendszer közepé világos és általában véve itt világos gyűrűk épen azon helyekre esnek, hol a reflectált fényben sötét gyűrűk láthatók.

A leírt színtünemények nappali szétszort fényben sokkal tisztábban észlelhetők, ha a készüléket vízszintes állásban a világosság felé tartva, úgy nézünk rá, hogy a visszavert sugarak szemünkbe

essenek. A közepén egy sötét folt látszik, körülötte színes gyűrűk, melyek egymástól sötét gyűrűk által vannak elválasztva és kifelé mind sűrűbbeké és halványabbakká lesznek. Homogén fényt használva p. o. vörös üvegen keresztül nézve, itt is felváltva világos és sötét gyűrűket látunk. Newton, ki ezen tűneményt behatóan vizsgálta és a gyűrűket megmérte, megállapította azon törvényt, mely szerint a világos és sötét gyűrűk átmérői növekednek, valamint azt is, hogyan függ valamely gyűrű átmérője a megfelelő légréteg vastagságától és a lencse görbületi sugarától. Fresnel későbbben Newton ezen méréseiből kiszámította a vörös fénynek hullámhosszát.

Hogy ezen tűneményeket megfejtessük, képzeljünk valamely átlátszó anyagból, péld. üvegből, egy igen vékony mindenütt egyenlő vastagságú lemezt, *MNPR* (7. idom), melyre párhuzamos fénysugarak esnek. Az egyik sugár, *ab*, részben visszaverődik *bo* irányban, részben megtöretik *bc* irányban és *c*-nél *ab*-vel párhuzamos irányban a lemezt elhagyja. Egy másik sugár p. o. *fd* olyan fekvésű lehet, hogy *dn* irányban megtörve és *nb* felé visszaverődve, *b*-nél a lemezt elhagyván az előbb említett *bo* sugárral összeesik. Ez a két interferáló sugár phasis különbségük szerint egymást erősítheti vagy gyengítheti. A phasis különbség azon út ($dn + nb$) hosszától függ, melyen az egyik sugár a lemezen belől halad. Ehez járul még egy félhullámhossznyi phasis különbség, mely onnan ered, hogy *ab* sugár sűrűbb közegen verődik vissza.

Ha p. o. az egyik sugár úthossza a lemezen a vörös fénynek egy félhullámhossza, akkor az összes útkülönbség annyi, mint egy hullámnak hossza, az összeeső sugarak tehát teljesen megegyező phasisban vannak és egy *o*-nál levő szem a lemezt piros fénynek világosnak vagyis pirosnak látja. Épen ilyen az eredmény, ha a lemez 3, 5, 7-szer vastagabb, mivel a belső út ez esetben 3, 5, 7-szerese a hullámhossz felének és az összes phasis különbség 2, 3, 4 stb. egész hullámhossz. Olyan vastagságú lemezeken pedig, hol a belső út 2, 4, 6 stb hullámhosszat tesz, a találkozó sugarak egymást kioltják; a lemez vörös világitásnál sötétnek látszik.

Ha fehér fény esik oly lemezre, mely vastagságánál fogva p. o. a vörös fényt egész hullámhosszal késlelteti, akkor a visszavert fényben ezen szín ki lesz oltva, és csak a többi, mivel más a hullámhossza, fog a szemre hatni; ennél fogva a lemez zöld, vagyis azon

színben látszik, mely a ki nem oltott sugarak összes hatásától ered. Ha pedig a lemez olyan vékony, hogy épen a sárga sugarakat kioltja, akkor fehér megvilágításnál kékek látszik.

Egyenlő vastagságú színtelen lemez egész kiterjedésében egy színűnek látszik és pedig oly színben, mely vastagságának megfelelő. A Newton-féle üvegnél a két üveg közt fekvő vékony légréteg késlelteti a találkozó sugarak egyikét. Ezen réteg vastagsága az érintkezési helyen nulla, itt tehát az összes phasiskülönbség, mely a két különböző reflexiótól származik, egy félhullámhossz; a két sugár tehát itt egymást kioltja és azért ez a hely sötétnek látszik. Innentől fogva a légréteg vastagsága fokozatosan növekedik, és bizonyos távolságban köröskörül olyan, hogy ottegy bizonyos színre nézve a phasiskülönbség páratlan számú sokszorososa a hullám felének; e helyeken sötét gyűrűk látszanak; köztük a világosak fekszenek. Minél kisebb a használt fény hullámhossza, annál kisebbek az ugyanazon rendű gyűrűk átmérői és annál közelebb fekszenek azok egymáshoz.

Az üvegeken keresztül bocsátott fényben észlelt tűnemény is minden nehézség nélkül fejthető meg ezen elméletből, valamint az is, hogy az átbocsátott fénynél észlelt színek halványabbak, mint a visszavert fényben. Mivel a *cr* irányban találkozó sugarak (*ab*, *fd*) egyike a lemezben kétszeri visszaverődést szenvedve kisebb fényerővel bír, mint a másik, a miért is, ha mindjárt ellenkező phasisban vannak, egymást teljesen ki nem olthatják; holott a visszavert fényben mind a két sugár csak egyszer veretvén vissza, majdnem egyenlő fényerővel találkozik és egymást ennél fogva majdnem teljesen kioltja. A színek élénksége ezen oknál fogva az átbocsátott fényben nem lehet olyan, mint a reflectált fényben, a hol teljes az interferentia.

De a visszavert fényben is az üveg széle felé mind jobban elhalványodnak a színes gyűrűk és végre az egynemű fehér fényben egészen eltűnnek. Mivel a légréteg bizonyos vastagságánál már akkora az út hossza a lemezen belől, hogy az ezen haladott mindenféle színű sugarak a lemez elhagyásánál egymást páronkint erős bitik és összegükben a szemre a fehér fény benyomását okozzák.

A vékony lemezek színeit gyakran lehet észlelni ásványokon, p. o. a Calciton, előidézve azoknak finom hasadékaiban foglalt légrétegek által. Ha kevés terpentinolajat vízre öntünk, akkor a finom olaj réteg különböző színekben játszik. Ha üvegcső egyik végét a

a forrasztó lángban megolvasztunk és azután erős befúvás által hirtelen annyira felfujjuk, míg elszakadt, akkor ezen rendkívül finom üveghártya színesnek látszik és a színek a vastagság szerint különbözők.

Még egy másik nagy csoportjával a színes interferenztünetményeknek szeretném legalább nagyjában tisztelt hallgatóimmal megismertetni. A fény közönséges körülmények között átlátszatlan test mögé, ennek árnyékába nem kerülhet. Azonban bizonyos körülmények között a fényhullám megkerüli az átlátszatlan testet és az aether-részecskéket itt rezgésbe hozza úgy, hogy ennek árnyékában világos helyek láthatók. Ezen tüneményt, mint már előbb említettem, Grimaldi észlelte először, és a diffractió elnevezés, melyet neki adott, még ma is használatban van.

Észlelésére erősen világító fénypont vagy fényvonal szükséges. Ezeket úgy állíthatjuk elő, hogy egy hőmérőnek gömb vagy hengeralakú edényét vagy belől megkormosított gömb vagy hengeralakú üveget sötét szobában a napsugarakba tartjuk. Ha kártyapapírban tűvel egy finom nyílást szúrunk és ezen keresztül a fénypontra nézünk, akkor a középben egy fehér folt és a körül több színes gyűrű látszik. Ha pedig a papírban finom hosszukás nyílást vágunk ki és ezt a fényvonallal párhuzamosan tartva rajta keresztül az utóbbira nézünk, akkor egy világos csíkot és ennek mindkét oldalán keskeny színes csíkokat látunk, melyeknek fényereje a világos csíktól számítva folytonosan csökken.

Egyszerű színes fényt használva, felváltva világos és sötét csíkok láthatók (8. idom), melyeknek szélessége annál nagyobb, minél keskenyebb a nyílás. A világos csíkok nincsenek élesen elválasztva a sötétektől, hanem fokozatos átmenet van a világostól a sötét felé.

Különböző színű sugarakat használva, ugyanazon nyílásnál a sugarak törékenysége szerint különböző szélességű csíkokat észlelünk és pedig a legszélesebbeket az ibolya színű fényben. Ilyen csíkok észlelhetők egy keskeny testnek az árnyékában is.

Ezen tüneményt ernyőn is állíthatjuk elő és így észlelhetjük azt. E végre befedem az electromos lámpa nyílását egy sárgaréz lemezzel, melyben keskeny függőleges nyílás o (9. idom) van kivágva és az ezen keresztül menő fénynyalábat egy kis férnnyőre hagyom esni, melyben szintén ilyen nyílás (m) van kivágva. A néhány me-

ternyi távolságban levő fehér ernyőn (*EE*) látható kép egy fehér csíkból, és ennek két oldalán színes és sötét csíkokból áll. A közepén látható fehér csík legélénkebb és szélessége nagyobb, mint a része és növekedik, ha a nyílást egy csavar segélyével szűkebbre csinálom.

Most piros fényt használok; az ernyőn piros csíkok láthatók. Ha a nyílást fokozatosan tágítom, akkor az elhajlított sugarak már kisebb ferdeségnél is érhetnek el egy bizonyos phasis különbséget, a csíkok folyton közelednek egymáshoz és csakhamar oly finomakká lesznek, hogy észre sem vehetők. Ebből következik, hogy elhajlítási tünetmények csak igen keskeny nyílásoknál észlelhetők. Az így keletkező fényképek a nyílás alakjával változnak, és a milyen változatosak, olyan bámulatra gerjesztők is. Ha p. o. egyenoldalu négyszögön, melynek oldalai egymáshoz egyenlő szög alatt dülnek, keresztül egy a napsugaraktól talált sima felületű fémgömbre nézünk, akkor egy ilyen négyszögekből álló, a szivárvány színeiben tündöklő, ferde keresztet látunk. Három oldalú nyíláson keresztül egy hatsugaru csillag látszik, tündöklő kis fénypontokkal a sugarak között. Ha két vagy több egyenlő alaku és nagyságu ilyen nyílást egymás mellett alkalmazunk, akkor az előbbi képek többszörösen átszelve és kisebb fényképekre osztva látszanak. De bármilyen összetettek ezen képek, alakjaikat a hullámelmélet tételeiből ép oly biztosan lehet előre meghatározni, mint a világtestek mozgását a *Newton*-féle nehézkedési elméletből.

A legpompásabb szinképet észlelhetjük, ha párhuzamos fehér fénysugarakat egy hajlítási rácson hagyunk keresztül menni, vagyis oly üveglemezen, melyen gyémánttal párhuzamos, egymáshoz nagyon közel fekvő vonalok vannak bekarczolva. Itt van egy ilyen hajlítási rács, melyen a párhuzamos vonalok oly közel fekszenek egymáshoz, hogy épen 800 esik egy centimetryni hosszúságra. A távolság két karczolat között, vagyis egy elhajlító nyílásnak szélessége tehát $\frac{1}{800}$ cm. vagy $\frac{1}{80}$ millimeter. A rácst most függőleges állásban egy állványhoz erősítem, a nyíláson keresztül jött fénynyalábra merőlegesen beállítom és a sugarakat lencsével az ernyőn összegyűjtöm. A rácson átment elhajlított sugarak már nem fehérek, hanem különböző ragyogó színűek, a mint a *direct* megfigyelés mutatja.

Az elhajlított sugarakat a nagy fehér ernyővel felfogva, a pompás színtüneményt egész kiterjedésében észlelhetjük. A kép közepén OO -nál (10. idom) látható fehér csík az el nem hajlított sugaraknak felel meg. Ennek mindkét oldalán több rendbeli színekép $IP, I'P, I''P''$ látszik, melyekben a színek sorrendje ugyanaz, mint a szivárványnál, belső szélük ibolya, a külső piros színű. Az első színekép a legélénkebb és el van választva a másodiktól sötét tér által, a második már jóval halványabb és a harmadikat részben elfedi. Ha a fehér fényt, mielőtt a rácsra esik, színes üvegen átbo-csátom, akkor az ernyőn világos és sötét csíkokat észlelünk. Most piros fényt használok, és az első világos csík helyére (P) egy jegyet tétetek. Ha most piros fény helyett kék fényt használok, akkor az első kék csík már nem esik ugyanarra a helyre, mint előbb a piros féynél, hanem valamivel közelebb a középső csíkhöz. A két elsőrendű, valamint a két másodrendű színekép távolsága egymástól kisebb a kék féynél, mint a pirosnál, a mi a hullámméretnek tökéletesen megfelel. Ezen távolságot szögmértékben (fok, első- és másodpersz) kifejezve, távcsővel és pontos körosztással meg lehet mérni és abból, valamint a rács nyílásainak szélességéből a fényhullám hossza a legnagyobb pontossággal kiszámítható. Fraunhofer szerint, a ki először tett ilyen pontos méréseket, a fényhullám hossza a nap színeképének azon részében, melyet ő A vonallal jelölt, 0.000760 millimeter, az ibolyában pedig — H vonalnál — 0.000393 millimeter. A fényhullám hossza e szerint olyannyira kicsi, hogy p. o. a piros fényből (A vonal) 1315 ilyen hullám megyen egy millimeterre, és 2442 hullám az ibolyaszínű fényből (H).

Elhajlítási tünemények könnyen észlelhetők minden különös előkészület nélkül is. Ha szemet hunyorítva egy távoli láng felé nézünk, akkor ennek két oldalán egész sor színes lángkép látszik. Épen így, ha két ujj közti nyíláson át a láng felé nézünk és a nyílást az ujjaknak egymáshoz való közelítése által mind jobban szűkítjük. Ha éneklő madár tollán keresztül egy távoli lángra, vagy egy a napsugarak által megvilágított fénylő fémgolyó felé nézünk, akkor a fényforrás egy ferde kereszt közepén látszik, mely a szivárványszínekben tündöklő számos fényképből áll. Zsebkendőn vagy más szöveten keresztül látott elhajlítási képek egyenes kereszt karjainak irányában fekszenek.

Elhajlítási racsnál és általában rovátos felületen nem csak az átmenő, hanem a visszavert fényben is észlelhetők olyan szintünemények, melyek az elhajlított sugarak interferenciájából származnak, így p. o. a gyöngyháznál. Hogy ennek színjátéka csakugyan felületének rovátokosságától ered, bizonyítja az, hogy annak lenyomata fekete pecsétviaszon ugyanazon szintüneményt mutatja.

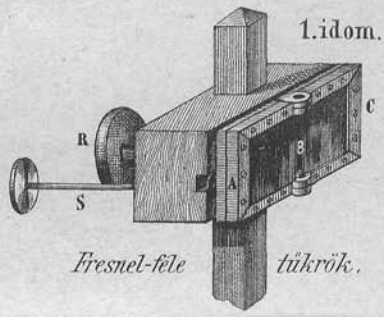
Az elhajlítási tüneményekhez tartozik továbbá a hold- és napudvar, vagyis azon színes fénykoszorú, melyet gyakran a hold, vagy a nap körül észlelhetünk, a mikor finom felhő vonja be az eget. Ha korpafümmaggal (semen *lycopodii*) behintett üveglemezen keresztül gyertyaláng felé nézünk, akkor a láng körül vöröses szegélyű világos fényfolt látszik, körülvéve néhány a szivárvány színeiben fénylő gyűrűkkel, melyek belől ibolya, kívül pedig piros színűek. Ezen, mondhatni mesterséges holdaknál a finom magszemek okozzák a köztük elhaladó fénysugarak elhajlítását. Ha ezen kísérlethez finomabb szemeket, p. o. a pöffetegomba (*Lycoperdon Bavista*) finom spóráját használjuk, akkor a színes gyűrűk nagyobbak lesznek, és pedig azon arányban, a melyben kisebb a porszemek átmérője. A színes gyűrűk kifejlődéséhez megkívántatik, hogy a szemesék egyenlő nagyok legyenek, mert egyébkint a különböző szívek egymásra esnek, és fehér fényt adnak.

A hold- és napudvarok is így keletkeznek. A fénysugarak elhajlítását a felhőt alkotó vízhólyagocskák okozzák, és a gyűrűk átmérőjéből, mely 1° és 4° közt változik, ki lehet számítani a hólyagocskák átmérőjét. Így találtatott, hogy ezek télen nagyobbak, mint nyáron. Eső közeledtével gyorsan nagyobbodnak a vízgolyócskák és a holdudvar összébb megy. Hogy napudvart ritkábban láthatunk, mint holdudvart, onnan van, mivel a nap erős fénye mellett a gyűrűk gyenge fényét észre nem vehetjük; de azonnal láthatókká válnak, ha a nap tükör képét vízfelületen, vagy üveglemezen észleljük.

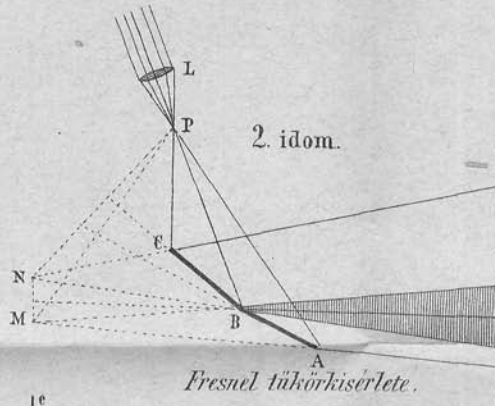
Végezetül még egy érdekes, de már ritkábban látható légköri fénytüneményre akarnám becses figyelmüket fordítani, az úgynevezett Brocken rémre. Ha hegytetőn állva, alig észrevehető ködtől körülvetetünk, mögöttünk a nap tisztán ragyog és alattunk hullámzó ködfátyol van, akkor árnyékképünket látszólag óriási nagyságban a ködfátyolon látjuk, a fejet színes gyűrűktől koszoruzva. Ezen gyűrűk is a napsugarak elhajlásától erednek, előidézve azon vízbuborékoktól,

melyek fejünk körül fekszenek és visszaveretve az alattunk elterülő ködfátyoltól. Hogy testünk árnyéka ily óriási nagyságban tűnik elő, az csak szemcsalódás, mert a napsugarak párhuzamosak lévén, az árnyék nem lehet nagyobb az árnyékvető testnél. Az árnyékot, habár a legközelebbi légrétegeken támad, mégis öntudatlanul az árnyék felfogására alkalmasabb távoli ködfátyolra képzeljük vetítve, és így ugyanazon látszög alatt sokkal nagyobbnak véljük azt.

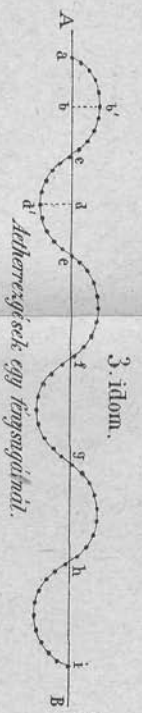
Ezen ködképet, mely nevét azon hegytől vette, melynek tetejéről először észleltetett, csak akkor lehet látni, ha az ember emelkedett szabad helyen áll és különösen napkelténél. Minden észlelő csak saját árnyékát látja fénykoszorúval körülvéve, de nem a szomszédját.



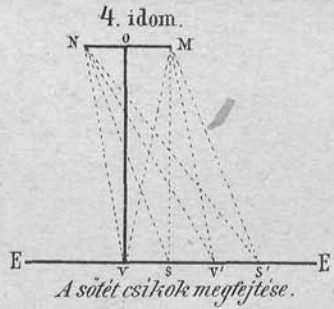
Fresnel-féle tükrök.



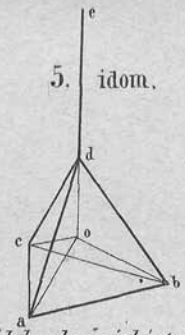
Fresnel tükrök kísérlete.



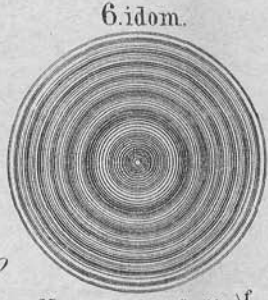
Alkalmazásuk egy fénysugárhoz.



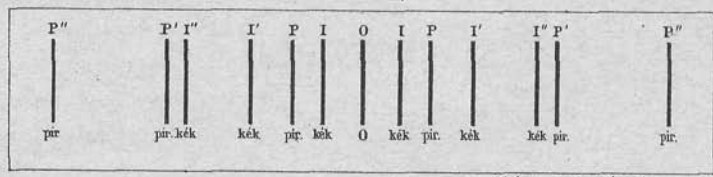
A sötét csíkok megfajtése.



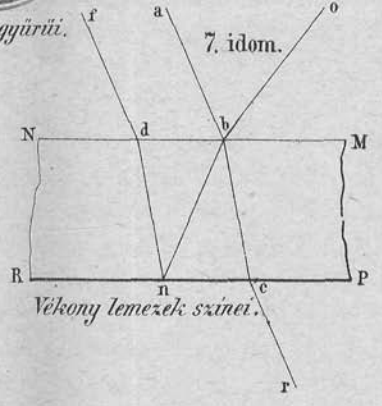
Egyensúlyban levő vízhártyák egy tetraéderen belől.



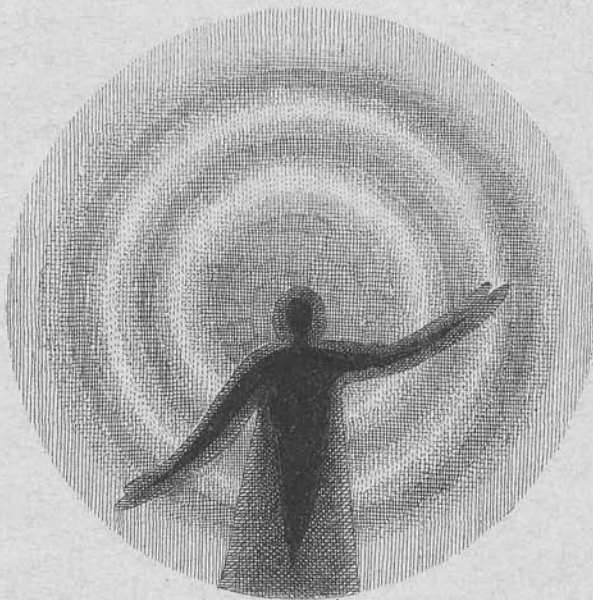
Newton színgyűrűi.



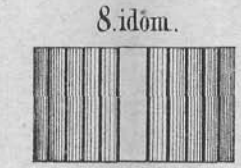
Rács színeképek.



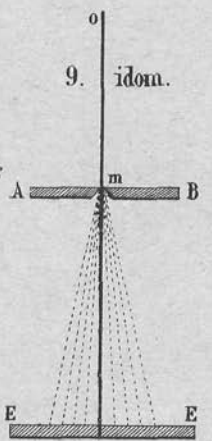
Vékony lemezek színei.



A Brockenrém.



Fényelhajtás hosszukás nyílás által.



Mérőegés átmetszet az elhajlító nyíláson keresztül.