

MI A FÉNY?

A fénytünemények megfejtésére az első feltevést: a kiömlési vagy anyagi feltevést Newton állította fel a 17. század közepén. E feltevés szerint a fény a világító testekből kibocsátott, a világtéren s az összes átlátszó testeken keresztül haladó, rendkívül kicsiny, rugalmas anyagi részecskékből áll; a fény-anyagi részecskék a szem ideghártyájához ütődve a fény érzetét hozzák létre. A Newton-féle anyagi fényelmélet azonban már egyszerűbb fényjelenségek kielégítő megmagyarázására sem alkalmas. A mikor két testnek, közegnek (pl. levegőnek és víznek) határfelületére fénysugár esik, a fénysugár egy része visszaverődik, egy része behatol az új közegbe, de más lesz az iránya, azaz a fénysugár megtörik. A fénytörés megfejtésénél az anyagi elmélet arra a következtetésre jut, hogy a fény sűrűbb közegben nagyobb sebességgel halad, mint ritkább közegben, ami pedig ellenkezik a valósággal. A legnagyobb nehézséggel ez elmélet a fénytalálkozási jelenségeknél találkozunk. A fénytalálkozási jelenségek szerint fénysugár fénysugárral találkozáva bizonyos esetekben sötétséget is hozhat létre. Az anyagi fényelmélet e jelenség csoportnak közelítő magyarázatát sem képes adni, mert hiszen fényrészecske fényrészecskéhez ütődve csak nagyobb fényhatást létesíthet.

Az első, a fénytalálkozási jelenségeket is kielégítően megfejtő fényelmélet, az ú. n. hullám vagy rezgési fényelmélet megteremtői Huygens holland fizikus, Young angol orvos és Fresnel francia mérnök voltak (1680—1829 között). A hullám elmélet a fényjelenségeket a hangjelenségek analogiájára hullámmozgásból magyarázza, amely hullámmozgás a világító testből indul ki. A fény a világtérben is tovább terjed, ezért a fény érzetét keltő hullámmozgás anyaga nem lehet valamely közönséges anyagi test. Azt a rugalmas anyagot, mely a fény érzetét előidéző hullámmozgást tovább terjeszti, éthernek nevezzük. Az étherről feltesszük, hogy kitölti a testek apró kicsiny részei közötti hé-

zagokat s hogy kitölti az egész világtér. Az éthernek olyanféle hullámmozgása kelti a fényt, mint amilyen akkor keletkezik, ha állóvízbe követ dobunk. Arról a helyről, ahova a kő esett, közös középpontú körökben hullámok terjednek kifelé; a víz-részecskék, ahova a hullámozgás eljutott, a normális vízszin felé emelkednek s aztán leszállanak. Kereszt (vagy transzverzális) hullámozgás ez, azaz amíg vízszintes síkban terjed a hullámmozgás, a víz felszíne reá merőlegesen, függőlegesen mozog fel- és lefelé. A fényt a hullámmélelet szerint az éther részecskék hasonló kereszt-hullámozgása hozza létre s valamely színű fény jellemzője a hullámhosszúság, azaz az a távolság, amelyre eljut a hullámozgás egy rezgési idő¹ alatt. Hullámhosszúság helyett vehető jellemző tényezőnek a rezgésszám is, azaz az egy másodperc alatt végzett rezgések száma, ami a hullámhosszúsággal fordítva arányos. A közönséges fényben a rezgések a terjedés irányára merőleges összes irányokban történnek. A sarkított vagy polarizált fénynél az éther-részecskék egy meghatározott, a fény sugaron átmenő síkban végzik rezgéseiket. A sarkított fény megfejtése teszi szükségessé azt a feltevést, hogy az éther-részecskék rezgései merőlegesek a hullámozgás haladás irányára.

A fény lényegének megismerésére vonatkozólag rendkívül nagyjelentőségű volt a világító és a láthatatlan melegítő sugarak (hősugarak) azonosságának felismerése, továbbá annak a megállapítása, hogy a napnak látható színekéhez a láthatatlan hőhatású ultravörös sugarakból álló színekben kívül az ibolyán túl is csatlakozik egy láthatatlan színek, a kémiai hatású ultra-ibolya színek. E színek sugarainak hatása abban nyilvánul, hogy bizonyos vegyületeket elemeikre bontanak, bizonyos anyagokat vegyileg egyesítenek. Ha valamely helyen hő tűnik el s egy más helyen ismét felbukkan, akkor azt mondjuk, hogy a hő sugárzás révén jutott el egyik helyről a másikra. A Nap melege a világtéren és a Földet körülvevő levegőn át hősugárzás révén, hősugarak közvetítésével jut el a Földre. A kályha melege nemcsak a levegő részecskéinek közvetítésével, hanem hősugarakkal is terjed a szobában, a légüres elektromos lámpa izzó-fémszálnak hősugarai melegítik fel a lámpa üvegtörtejét stb. A hősugarakra vonatkozó kísérleti megfigyelések azt mu-

¹ Rezgési idő az az idő, amely alatt egy részecske teljes rezgést végez, pl. amíg egy rezgő részecske nyugalmi helyéből felső szélső helyzetébe, onnan alsó szélső helyébe s innen nyugalmi helyébe jut.

latják, hogy a hősugaraknak a terjedési, visszaverődési, törési törvényei megegyeznek a fénysugarak törvényeivel. A prizma az összetett hősugarat éppúgy különböző törékenységű egyszínű (homogén) hősugarakra bontja, mint ahogy az összetett fehér fényt, pl. a Nap fényét felbontja vörös, narancssárga, zöld, kék és ibolya színekre. A hősugaraknál ugyanolyan hőtálalozási jelenségeket észleltek, mint a fénysugaraknál. A láthatatlan hő- és ultraibolya sugarak és a látható fénysugarak között a különbség csak az, hogy a hősugaraknak nagyobb, az ultraibolya sugaraknak kisebb hullámhosszúságuk van, mint a fénysugaraknak. A látható fénysugarak hullámhosszúsága 0'0004 milliméter (ibolya) és 0'0008 milliméter (vörös) között, az ultraibolyasugarak hullámhosszúsága 0'0004—0'0001 milliméter között, az ultravörös vagy hősugarak hullámhosszúsága 0'0008—0'3 milliméter között van.

A múlt század közepén az elektromos jelenségekre vonatkozó vizsgálataiban Maxwell angol fizikus Faraday angol fizikus kutatásaira támaszkodva azt a feltevést tette, hogy a fény elektromágneses hullám. Maxwell vizsgálatai alapján azt következtette, hogy minden elektromos hatás hullámszerűleg 300.000 km másodpercenkénti sebességgel terjed tovább a térben. Már Faraday is felismerte, hogy az elektromos hatások, pl. egy elektromossággal töltött vezetőnek egy másik elektromossággal töltött vezetőre gyakorolt hatása a két vezető között levő szigetelő anyag közvetítésével jut el egyik vezetőből a másikra. Ez a hatás nem közvetlen távolbahatás, amely a két vezető jelenlétével egyidejűleg azonnal fellép, hanem egy véges sebességgel terjedő erő, melynek a terjedéséhez idő kell, mivel a közegben részecskéről részecskére terjed. Valahányszor a tér valamely pontjában ható elektromos erő megváltozik, e pontban azonnal mágneses hatás is lép fel; viszont ha a mágneses erő változik meg, elektromos hatás is jelentkezik. Az elektromágneses hullám az elektromos és mágneses tér erősség¹ kereszt hullámozása s az elektromágneses hullámokban nemcsak egy periódusosan változó elektromos térerősség terjed tovább, hanem egy periódusosan változó mágneses térerősség is. Azáltal, hogy a hő- és fénysugárzás jelenségeit az elektromág-

¹ Egy tetszőszerinti pontban az elektromos, illetőleg mágneses térerősség alatt értjük az illető pontban gondolt pozitív egységnyi elektromos, illetőleg mágneses mennyiségre ható elektromos, illetőleg mágneses erőt.

neses jelenségek közé sorozzuk, nem magyarázzuk meg a hő és fénysugárzás jelenségeinek lényegét, elérjük azonban azt, hogy a fizikának két egymástól teljesen elkülönített részét, a fénytant és elektromosságtant egy résszé kötjük össze. Mindazon törvények tehát, melyek az egyik jelenség csoportra vonatkoznak, minden további vizsgálat nélkül érvényesek a másik jelenség csoportra is.

Maxwell elektromágneses hullámaint Hertz Heinrich német fizikus állította elé először. 1888—89-ben végezte Hertz alapvető kísérleteit, amelyekkel az elektromos hatásoknak véges sebességgel való terjedését bebizonyította; megállapította, hogy az elektromos hatások ugyanazzal a sebességgel terjednek tova, mint a fény. Ezenkívül kísérleteivel kimutatta, hogy a fény- és elektromágneses sugarak vagy hullámok összes lényeges tulajdonságaikban (visszaverődés, törés, találkozási jelenségek, sarkítás) megegyeznek. A hő- és fényhullámok és az elektromos hullámok (az elektromágneses hullámokat röviden elektromos hullámoknak nevezve) között a különbség az, hogy az elektromos hullámok hullámhosszúsága sokszor nagyobb. A 427. oldalon ismertetett színekép a kicsiny hullámhosszúságú sugarakat tartalmazó oldalán is kibővült későbbben az igen kicsiny hullámhosszúságú Röntgen-sugarak és a radioaktív anyagok még kisebb hullámhosszúságú gamma-sugaraik felfedezésével. A következő táblázat a különböző elektromágneses hullámok hullámhosszúságát mutatja levegőben mérve.

A sugárzás neve.	Hullámhosszúság milliméterekben
A rádium gamma-sugárzásának jelenleg ismeretes legkisebb hulláma — — — — —	0'000,000,007,2
Eddig mért legkeményebb Röntgen-színekép vonal	0'000,000,017,7
Eddig mért leglágyabb Röntgen-színekép vonal	0'000,001,23
Legrövidebb ultraibolya fénysugár — — — —	0'000,100
Legrövidebb látható kék fénysugár — — —	0'000,330
A látható színekép szélső vörös fénye — — —	0'000,780
Leghosszabb hősugarak — — — — — — —	0'313

Az eddig előállított elektromos hullámok hullámhosszúsága néhány milliméternél kezdődik és felfelé nincs határa.

Az emberi szem a különböző lehetséges elektromágneses hullámok közül csak egy kicsiny intervallumba eső (0'00033—0'00078 mm hullámhosszúságú) hullámokat lát, a többi elek-

tromágneses hullámok kimutatására különböző felfogó készülékek szolgálnak.

Az elektromágneses fényelmélet által a különböző fényjelenségekre megállapított törvények általában megegyeznek a Huygens-féle hullámelmélet által megállapított törvényekkel. Míg a Huygens-féle hullámelmélet szerint a fényben a rezgő éterrészcskék mozgási energiája terjed tovább, addig az elektromágneses fényelmélet szerint az elektromos és mágneses térerősség rezgészerű ingadozása révén tovaterjedő elektromágneses energia kelti a fényt; másfelől az elektromágneses fényelmélet jóval nagyobb jelenség csoportra vonatkozik, az elektromágneses fényelmélet szerint a látható fényjelenségek az elektromosjelenségek különös eseteivé válnak.

Az elektromágneses és a Huygens-féle hullámelméletből vont következtetések a 20. század elejéig teljesen megegyeztek a kísérleti megfigyelésekkel. Úgy látszott, hogy a hullámelmélet a fizika szilárd alapon álló elmélete marad. Hertz Heinrich, a korán elhalt lángeszű német fizikus 1889-ben tartott egyik előadásában a következőket mondja róla: „E dolgokban (t. i. a fény hullámelméletében) kételkedni többé nem lehet, e feltételeknek megcáfolása elképzelhetetlen a fizikusra nézve. A fény hullámelmélete emberileg szólva bizonyosság.” E bizonyosság azonban különösen az utolsó háromév vizsgálatai szerint meglehetősen kérdéses ma már.

Ha légtelen térben levő fémlapra ultraibolya fényt bocsátunk, a fémből elektromos részecskék: elektronok repülnek ki, ez a fényelektromos jelenség. A kirepülő elektronok sebessége független a fém hőmérsékletétől, állapotától. Feltehető tehát, hogy az elszakadó elektronok energiájukat a fémlapra eső fénytől s nem a fémlemeztől kapják. Hasonló hatás észlelhető a Röntgen-sugarakkal és a radioaktív anyagok gamma sugaraival végzett kísérleteknél. A kirepülő elektronok sebessége a kísérletek szerint független a fémmre eső fény erősségétől s annál nagyobb, minél kisebb hullámhosszúságú fény hatása alatt szakadtak el az elektronok. Honnan veszik a kirepülő elektronok mozgási energiájukat, amikor a beeső fény erőssége rendkívül kicsiny? A hullámelmélettel lehetetlen é jelenséget megfejtteni. A fényenergiának egyes helyeken fellépő felhalmozódására lenne szükség az elszakadt elektronok energiájának megfejtésénél. Ilyeszerű felhalmozódás azonban ellenkezik a fény hullám-

elméletével, mivel a hullámelmélet szerint az elektromágneses energia minden irányban egyenletesen terjed tovább.

A fényelektromos- jelenségeket Einstein A. német fizikus a fényquantumok hipotézisével magyarázza. E feltevés szerint a fény általában a sugárzó energia (azaz az elektromágneses hullámok energiája) nem hullámokban terjed tovább, hanem pontszerűen koncentrált quantumokban. Ezek a quantumok a fényquantumok, amelyek csak az illető fény színétől függenek s a fény sebességével terjednek minden irányban. A fényquantum elmélet alapján egyezik a Newton-féle kilövelési elmélettel; lényeges különbség közöttük az, hogy itt Newton fényanyagi részecskéi helyett pontszerűen koncentrált energiaquantumok szerepelnek. Egy a fémlaphoz ütődő fényquantum átadhatja energiáját valamelyik elektronnak s az elektron sebessége ugyanaz marad, bármilyen kicsiny a beeső fény erőssége, bármilyen nagy távolságra is van az illető fémlap a fényforrástól.

A fényelektromos jelenségek megfejtése azonban nem kényszerít szükségképen a fényquantumok feltevésére. A fényelektromos jelenségeket Lenárd Fülöp magyar származású német fizikus a kiváltási elmélettel magyarázza, amely szerint az elektronok az anyag belsejében különböző pályákon keringenek s a legkisebb fényhatás következtében lekötöttségükből megszabadulva meglevő mozgási energiájukkal repülnek ki.

A fényquantum elméletet erősen támogatják a fény keltési (emissziós) és fény elnyelési (abszorpciós) jelenségek. Bohr Niels dán fizikusnak¹ a kísérleti megfigyelések által feltűnő pontossággal igazolt atomelmélete szerint minden atomban bizonyos számú elektron kering az atommag körül. A mikor az elektron egy külső, nagyobb energiájú pályáról egy belső, kisebb energiájú pályára ugrik, a felszabaduló energia mint fényquantum repül tova a térben. A fény abszorpciójánál is szükségesnek látszik, hogy a tér bizonyos pontjaiban akkora fény energia (oly értékű fényquantum) legyen összegyűjtve, amennyi szükséges az elektronnak egy kisebb energiájú, belső pályáról egy nagyobb energiájú, külső pályára való átvitelére.

A fényquantum elmélet hatalmas támaszt nyert Compton Arthur angol fizikusnak 1923-ban közölt kísérleteivel. Compton kísérleteinek megértése végett tudnunk kell a következőket: Ha

¹ A Bohr-féle atomelmélet részletes ismertetését l. szerzőnek az „Erdélyi Irodalmi Szemle” 1924. évi 8—10. számában megjelent dolgozatában.

zárt üvegcsőbe az üvegcsőben levő levegőnek nagyfokú megritkítása után elektromos áramot vezetünk, az üvegcső belsejében elhelyezett fémlémezzel: az antikatódról indulnak ki a Röntgen-sugarak. Különböző fémeket véve antikatódnak a Röntgen-csőben, a keltett Röntgen-fény összetétele más és más lesz, a különböző antikatódoknak különböző Röntgen színe van. Compton igen kicsiny hullámhosszúságú, tehát kemény Röntgen-sugarat bocsátott kicsiny atom súlyú (szén, parafin) testre, e test: a radiator szétszórja minden irányban a reá-eső fényt. Megvizsgálva a radiatorra eső és a radiator által szétszórt Röntgen-fény hullámhosszúságát, azt találta, hogy a szétszórt Röntgen-fény hullámhosszúsága nagyobb, mint a beeső Röntgen-fényé. Összetett Röntgen-fénynél a Röntgen-színképnek a nagyobb hullámhosszúság felé való eltolódása lép fel. A Röntgen-fény hullámhosszúságának ezt a változását Compton-féle jelenségnek nevezhetjük. Compton után e jelenséget már más fizikusok is megfigyelték, úgyhogy a Compton-féle jelenség létezése minden kétségen felül áll.

A Röntgen-sugaraknak a radiator által létrehozott szétszórása lényegében fény visszaverődési jelenség. A fényvisszaverődésnél a hullámelmélet szerint a fény hullámhosszúsága változatlan marad s ezért a hullámelmélet képtelen a Compton-féle jelenséget megfejtetni. A fényquantum elmélet alapján a szétszórásnál fellépő hullámhosszúság változásra oly értéket kapunk, amely a Compton és mások kísérleti méréseivel teljesen egyezik. A látható fénysugarakra nézve a fényquantum elmélet szerint a Compton-féle jelenség észlelhetetlen kicsiny.

A Compton-féle jelenség ezidőszerint nem experimentum crucis ugyan a fényquantum elmélet mellett, mindenesetre azonban alapvető fontosságú a fény lényegének megismerésére nézve. A Compton-féle jelenségnek a fényquantum elmélet által adott egyszerű megfejtése által a fényquantum elmélet alkalmazhatósága lényegesen megnövekedett, a fényvisszaverődés, fénytörés, színszórás megfejtésére is alkalmas lett, viszont a hullámelmélet érvényességi területe jelentékenyen megkisebbedett. Egyedül a fénytalálkozási jelenségek azok, amelyeket csak a hullámelmélet képes megfejtetni, amelyeknél a fényquantum elmélet tanácstalanul áll. A további vizsgálatok fogják végérvényesen eldönteni, hogy a fényquantumok vagy a fényhullámok léteznek-e.

Dr. Széll Kálmán.