

FÜSTÖSS LÁSZLÓ

Az elektromágnesség maxwelli elméletének fogadtatása Magyarországon

A 19. század fizikájának alapvető eredménye a maxwelli elektrodinamika megalkotása és elfogadása. A hazai fogadtatás nyomon követése jó alkalmat jelent a befogadás folyamatának vizsgálatán keresztül a tudomány, a technika és az oktatás – esetünkben a fizika, a villamos ipar és a fizika oktatása sajátosságainak felmérésére.

Maxwell elméletének a magyar tudományra gyakorolt hatását az egyetemek megfelelő tanszékeinek tevékenységén keresztül mérhetjük le. Szélesebb kört alkottak a középiskolai tanárok. Azonban aktivitásukhoz teret csak 1893-tól kaptak, a Matematikai és Fizikai Társulat megalakulásával és a Társulat lapjának megindulásával. Az elmélet befogadásának tükröződése a korszak gimnáziumi tankönyveiben is tanulságos. Ugyancsak érdekes az ismeretterjesztés felemássága, amikor egy bonyolult elméletről próbál hírt adni. A Természettudományi Értesítőn túl a napilapokba már csak a rádiózás csodáiról kerülnek hírek, ahol megmagyarázni azt szokás, hogy ez a Hertz nem a szalámijáról híres.

KUHN és mások szerint is az új eszmék a tudományban a megelőző, majd a kortárs generációk kihalásával párhuzamosan terjednek el. Sokszor még ennél is jóval lassabban.

A 19. században a newtoni mechanika és gravitáció uralkodott a Földön és az Univerzumban. A század végéig az elektromosság és mágnesség mind szövevényesebbé váló törvényein is uralkodott, szemlélete és módszere révén. A Coulomb-törvény gyors elfogadása is annak volt köszönhető, hogy távolságfüggése a gravitációhoz hasonlóan $1/r^2$, nem pedig COULOMB meglehetősen pontatlan torziós méréseinek. A Coulomb-törvény a rúd-mágnesek pólusaira is érvényesnek találtatott, holott ilyesmi, mágneses monopólus nincs is. Azonban ami a gravitációhoz hasonlóan viselkedik, az beleillik a világgépbe, az nem csak szép, de feltehetően igaz is.

A 19. század közepére az elektromosság és mágnesség tudománya eljutott a fenomenológiai zártság állapotába. Az elektrosztatika GAUSS potenciálméletével képes volt az üres térben elhelyezett vezetők és töltések egzakt jellemzésére. Az áramok tudománya is számos eredménnyel büszkélkedhetett a VOLTA oszloptól a KIRCHHOFF törvényekig. Az OHM- és JOULE-törvény mellett az elektrolízis legfontosabb összefüggései is ismertek voltak.

Az áramok mágneses hatását 1820-ban ismerte fel OERSTED. 11 évvel később látott napvilágot Faraday törvénye az indukált feszültségről. Az alapjelenségek megismerése után hihetetlen gyorsasággal születtek meg az összefüggéseket leíró törvények, mintha csak az íróasztalfiókban készen vártak volna a megjelenés lehetőségére. BIOT, SAVART, AMPÈRE törvényei leírták az áramok kelte mágneses hatásokat, és 1848-ra WEBER felírta azt a potenciális energia kifejezést, amelyből a legáltalánosabb elektromágneses erők számíthatóak.

Ampère és Weber formulái sok értékes törvényszerűséget tartalmaztak, és hatásuk a kortársakra olyan nagy volt, hogy még a példaként szolgáló gravitációs törvényt is a Weber formulához próbálták igazítani.

MAXWELL elgondolása mindettől gyökeresen különbözött. Célkitűzése az volt, hogy FARADAY felfogását matematikailag megfogalmazza. Visszaemlékezve pályakezdésére, később ezt írta:

„Tisztában voltam azzal, hogy különbség van a jelenségek felfogása szempontjából a Faraday és a matematikusok által követett út közt, olyannyira, hogy egyik sem lenne elégedett a másik nyelvével. Azt is tudtam, hogy ez a különbség nem abból ered, hogy valamelyiküknek nincs igaza....Amint Faraday tanulmányozásával előrehaladtam, észrevettem, hogy a jelenségek ilyen felfogása szintén matematikai jellegű, ha nem is mutatkozik meg a szokásos matematikai szimbólumok felírásában.

Úgy találtam, hogy ezek a módszerek alkalmasak olyan matematikai formába öntésre, mely a hivatásos matematikusok igényeit is kielégíti. Faraday képzeletében az egész teret átszelő erővonalakat látott ott, ahol a matematikusok távolba ható erőcentrumokat láttak; Faraday közeget látott ott, ahol mások csak távolságokat láttak; Faraday a jelenségek okát a közegben haladó reális hatások terjedésében látta, míg mások megelégedtek a töltésekre hatást gyakorló távolható erő feltételezésével.”

A Faraday-féle erővonalak megjelenítésére Maxwell egy bonyolult mechanikai modellt alkotott, amelyben a rugalmas közeg örvényei elektromos töltéssel rendelkező görgőket mozgattak, és az így kialakított töltésmozgás és mechanikai feszültségek kapcsolata a villamos áram és az elektromágneses erők kölcsönhatását modellezték. A modell alapján az időben változó elektromos és mágneses terek kapcsolatából a fény sebességével terjedő hullámok fellépésére lehetett következtetni, valamint arra, hogy a fény maga is elektromágneses hullám. A mechanikai modellre a befejezéskor már nem volt szükség, hiszen készen állott az önálló elektromágneses teret leíró négy differenciálegyenlet, amely ugyanolyan alapvető szerepet játszik az újonnan megszületett elméletben, mint Newton axiómái a mechanikában.

Az elektromágneses fényelmélet Maxwell halála után a legteljesebb meg nem értéssel találkozott. Ez a meg nem értés kétoldalú volt: egyrészt a Maxwell-elmélet mellett, másrészt ellene irányult. Az ellene irányuló nézetek fellépése természetes, ez a távolható elmélet ellenérdekeltségéből adódott. A jóakarók között azonban akadtak néhányan, akik Maxwell elméletében a mechanikai étermodellt tartották lényegesnek, és azon fáradoztak, hogy ennek hiányosságait kiküszöböljék.

HELMHOLTZ az éter tulajdonságait a mechanika törvényeivel akarta leírni, ezért bízott Maxwell eredményeiben még annak halála után is, és biztatta tanítványát, a fiatal HEINRICH HERTZET a kísérleti áttörés keresésére. Hertz 1887-es kísérletsorozata után tehető fel a Maxwell-féle elektrodinamika elterjedésének kérdése. A kísérletek bizonyították, hogy az elektromágneses hullámok éppúgy viselkednek, mint a látható fény. Hertz kísérletei meggyőzték a fizikusokat Maxwell igazáról, az invenciózus továbbgondolókat pedig az elektromágneses hullámok alkalmazásában rejlő hatalmas lehetőségekről: 1895-ben az olasz MARCONI és az orosz POPOV egyre nagyobb távolságokat voltak képesek rádiójelekkel áthidalni.

Ettől az időponttól kezdve érdemes figyelni, hogyan talál követőkre az új szemléletet igénylő elmélet, illetve a gyakorlati alkalmazás lehetőségével kecsegtető kísérletek háttéréként meghúzódo maxwelli elektrodinamika.

A pesti tudományegyetem fizika professzora JEDLIK ÁNYOS volt, sok egyéb között a villanymotor és a dinamo-elv felfedezője. Közzétett írásaiban nem maradt nyoma, hogy hatással lett volna rá az elektromágnesség új felfogása.

Jedliket a majd ötven évvel fiatalabb EÖTVÖS LORÁND követte a pesti egyetemen. Eötvös az elméleti fizikát kívülállóként figyelte. ZEMPLÉN JOLÁN szerint: „Amikor az ifjú Eötvös Heidelberg után Königsbergbe kerül, az ott művelt elméleti fizika átmenetileg visszariasztotta nemcsak a fizikától, hanem még a laboratóriumi, kutatói pályától is. ...Eötvös Königsbergben – feltehetőleg – úgy érezte, hogy az ott űzött elméleti fizika meddő, kilátástalan, s megtanulni nagyon nehéz.”

Ennek nem mond ellent, hogy gravitációs munkái meghatározó elméleti következményekkel jártak. Maxwell elmélete azonban nem ragadta meg: „De mi volt a nyereség? Az eredeti feltevés helyett még összetettebb feltevések azon anyagot illetően, mely a hatás továbbvitelére szolgáljon.”

A pesti tudományegyetemen az elméleti fizika professzora 1878-tól ötven éven keresztül FRÖHLICH IZIDOR volt. Fiatalos hévvvel parázsba nyúlt, amikor a Műegyetemi Lapok 1876. évi 8. füzetében „Észrevételek Maxwell elektromágneses fényelméletéhez” címen írt közleményében

arra a következtetésre jutott, hogy „az elektromagnetikus fényelmélet alkalmazása jó elektrikus vezető közegekre tehát a tapasztalással egyenes ellentétben álló eredményekre vezet.”

„Mindazonáltal az elméletet e miatt teljesen elvetni vagy csak mellőzni is azért sem tanácsos, minthogy Boltzmann, Schiller, Silow, Root kísérleti dolgozatai kiderítették, hogy a Maxwell-elméletnek következtetései nem vezető dielektrikus közegekre nézve (szilárd testek, folyadékok, sőt még gázokra nézve is) a tapasztalással igen kielégítő összhangzásban vannak.” Fröhlich úgy gondolta, hogy a fémek esetében „...kevésbé lesz elegendő Maxwell elmélete, ily bonyolódott folyamatokról kielégítő magyarázatot adni.”

A Hertz-féle áttörés után Fröhlich a maxwelli felfogás hívének bizonyult, amikor 1892 március 3-án a Matematikai és Fizikai Társulat ülésén „Az energia mozgása az elektromágnesi térben” címmel kiválóan felépített előadást tartott ebben a szellemben.

„Bármiként legyen is a dolog, kétséget nem szenved, hogy a Faraday–Maxwell-féle felfogás e téren is teljesen megváltoztatja eddigi nézeteinket s a kísérleti vizsgálódásnak itt is nagyérdekű új irányt jelöl ki.”

A századfordulóig a műegyetemi fizika oktatásba Maxwell neve a Hertz kísérletek lábjegyzeteként került be. SCHULLER ALAJOS (1872-től a Kísérleti természettan tanára) 1896-ban a Természettudományi Közönyben egy olvasói kérdésre ezt válaszolja: „A fény több tekintetben kapcsolatos az elektromossággal; így a törési együttható kapcsolatban van az elektrosztatikai kapacitással, továbbá a polárosság síkja elfordul mágneses térben és a fénytünemények nagy része épen oly jól kimagyarázható elektromos rezgésekből, mint a rugalmasságból. Itt is, mint mindenütt, szoros kapcsolat mutatkozik a természet különböző jelenségei közt, a mi abból magyarázható, hogy ugyanazon anyagi részekből származnak.”

SZILY KÁLMÁN (1870-től 1889-ig az elméleti fizikai és analitikai mechanika ny. r. tanára) 1888-ban még a kérdőjelre helyezte a hangsúlyt: „...az elektromosság és a fény tárgyi okait egy eddig még ismeretlen azonosságból kell kimagyarázni. E feltevésre alapítja Maxwell a fény elektromágnesi elméletét, midőn felteszi, hogy az elektromosságot nem vezető közegekben az elektromágnesi háborítás (electromagnetic disturbance) ép azon törvény szerint terjed tova, mint a fény ugyanabban a közegben. Ide vonatkozó vizsgálatait Maxwell „A treatise on electricity and magnetism” című nagy munkájában (Oxford 1873) tette közzé. A mai fizika egyik legérdekesebb, legaktuálisabb kérdése, vajjon megállhat-e, és minő módosításokkal, a Maxwell-féle elektromágnesi fényelmélet?”

1892-ben RÉTHY MÓR (1891-től az analitikai mechanika és elméleti fizika tanára) „...tüzetesen megismertette Hertz német fizikus differenciál-egyenleteit, melyeknek az a jó oldaluk van, hogy bennök csupa olyan mekkoraság fordul elő, a melyek a Maxwell-félékkel szemben megfigyelés útján is meghatározhatók. Végre megmutatta, hogy miként adódnak ki ez egyenletekből a Coulomb-féle alaptörvények, a Kirchhoff-féle áramtörvények stb., nemkülönben, hogy miként foglalják magukban és pedig észleletek útján is igazolható következmények révén, a fényelmélet differenciál-egyenleteit, miből kitűnik, hogy a fény az elektromos vagy mágneses erők hullámzására vezethető vissza.”

A BLÁTHY-DÉRI-ZIPERNOWSKY-féle zárt vasmagos transzformátor és az ezen alapuló elektromos hálózat a Faraday és Maxwell által megalapozott közelhatás felfogás alapján született. A teljes Maxwell-elmélet továbbra is a fizika felségterülete maradt.

ABT ANTAL a Kolozsvári Egyetemen (1872-től a kísérleti fizika első professzora) ugyanabban a szellemben tanította a kísérleti természettant évtizedeken át, mint Jedlik Pesten, és a Maxwell-elmélet ugyanúgy nem foglalkoztatta.

PFEIFFER PÉTERnek (1904-ben ny. rk. tanár, 1917-ben egy.-i ny. r. tanár) az elektromágneses hullámok tulajdonságai jelentették kutatásai gerincét. Ez derül ki legfontosabb dolgozatainak könyveinek címéből is: „Új módszer elektromos dispersio és absorptio mérésére dróthullámokkal” (Kolozsvár, 1901); „A váltakozó áramok és elektromos hullámok kísérleti tana” (Kolozsvár, 1903).

A kolozsvári egyetemen a matematikai fizika meghatározó alakja, FARKAS GYULA (1888-től 1915 végéig egy. ny. rendes tanár) mindent tudott, amit véleménye szerint egyetemi előadásaiban

szóba kellett hoznia. Nemcsak tanította a Faraday-Maxwell-féle elektrodinamikát, hanem a távlatnak megfelelő kritikát is mellékelte. Farkas szerint a Maxwell-elméletet „...csak formálisan lehet távolhatásokra alapítani, azaz pusztán matematikai külsőségek szerint, ámde fizikai tartalma a távolhatások tagadására vezet.”

Sokat tett az új fizikai eredmények megismertetéséért a kolozsvári egyetem magántanára, KÁROLY IRÉN, azaz Károly Iréneusz József. 1881-től Nagyváradon tanított. Az elektromágneses hullámok vizsgálatához akkoriban használt kohérert tökéletesítette és működését több dolgozatában elemezte. Valószínű, hogy Marconi előtt ismerte a drótnélküli távírás elvét, s 1895-től sikeres kísérleteket végzett a drótnélküli távíróval.

Úgy tűnik, hogy Károly Irén ott volt a rádiózás úttörői között, de erről itthon is kevesen vettek tudomást. Holott nemcsak a kohéres vizsgálatáról számolt be rendszeresen, de az elektromágneses hullámok vízbéli és elektrolitbeli terjedéséről tíz tanulmányt helyezett el a Matematikai és Fizikai Lapokban 1898 és 1904 között.

A maxwelli elektrodinamika részletekbe menő ismeretét a szaktudósokon kívül mástól nem várhatjuk el. De a tudomány változásának ismerői, a tudománytörténészek, az ismeretterjesztők, a középiskolai tanárok véleménye, nézetei sokat elárulnak egy új fizikai eszmerendszer elfogadottságáról, befogadásáról.

HELLER ÁGOST (természettudományi író, tudománytörténész, az MTA tagja) 1871-ben, a budai főreáliskola tanáraként számolt be a Crelle Journal nyomán „A villamosság mozgási egyenleteiről”:

„A Neumann és Weber-féle egyenleteken kívül Cl. Maxwell is állított fel az indukált áramokra törvényt...Helmholtz mind a 3 törvényt vizsgálat alá vetvén, arra az eredményre jön, hogy a Neumann törvény a valóságot legjobban megközelíti...Helmholtz 2 villanyáram egymásra való hatását egy általánosabb képlet által fejezi ki, mint Neumann, Weber és Maxwell. Ezen képletben egy állandó fordul elő, mely a longitudinal villanyhullámok terjedési sebességét foglalja magában...”

1887-ben Heller szerint: „Michael Faraday, londoni kovács fia, ki rendes iskolázás nélkül nőtt fel, az ő sajátosságos, az iskolai gondolkodás formáitól annyira elütő eszméivel mindig az energetika ösvényein haladt; sajátzerű gondolatalkotmányait csak most kezdik matematikai alakba önteni.” (Természettudományi Közlöny)

A körülírás a tettes megnevezése nélkül elismert fogás az érdeklődés fokozására. A „most kezdik” megfogalmazás 25 évvel a befejezés után viszont a szerző gyanakvására, bizonytalanságára utal.

BARTONIEK GÉZA (a budapesti polgári iskolai tanítóképző tanára, majd 1895-től az Eötvös József Kollégium igazgatója) 1889 május 22-én, alig fél évvel azután, hogy Hertz a berlini akadémián bemutatta kísérleteit, megismételte ezeket a kísérleteket Budapesten, a Természettudományi Társulat szakülésén.

Debrecenben, a Református Kollégiumban 1889 őszén K. KISS JÓZSEF természettan tanár székfoglaló előadásában Hertz működéséről írta: „E kísérletek után Hertz a távolhatás elvétől, amelynek bizonyítása céljából hajtotta végre jó részben kísérleteit, s a mely szerint eddig azokat magyarázta is – elpártolván, a Maxwell-féle fényelmélet követőjévé lett...Hertz kísérletei után a régiek több, mint kétezer éves álma, az utolsó tüneménycsoportnak a Maxwell-féle fényelméletben nyert megfejtésével, beteljesedettnek látszik, mivel ma már az electromágneses tüneményeket is rezgésekből állóknak tekintjük.”

CZÓGLER ALAJOS (fizikatanár és tudománytörténész) 1892-ből való másfél oldalas beszámolója „Elektromos telegráf drót nélkül” címmel egy akkoriban is világosan reménytelen technikai vázlatról tudósít: „Régóta ismert dolog, hogy két vezető között az elektromos hatások dielektromos közegeken (szigetelőkön) át is terjedhetnek, sőt a Faraday-Maxwell-féle felfogás szerint e közegek tulajdonképpeni színterei az elektromos hatások érvényesülésének. A rezgőkör hosszú póznára tűzött síkkondenzátor lemeze adná ennek az elvi eszköznek a hangját, amit a másik lemez vesz...és ennél-

fogva ugyanezen állomás másodlagos tekercsét és telefonját váltakozó áramok futják át, úgy hogy a telefon, mindaddig, míg a feladó állomás áramkulcsa le van nyomva, folytonos hangokat ad, melyek az értelmi közlekedést lehetővé teszik.

Ezt a működőképesnek aligha képzelhető elrendezést csak úgy lehet hihetővé tenni, ha egy varázsló nevét tesszük mellé: Edison reményli, hogy lehetséges lesz az eljárást nagyobb távolságokra is, különösen pedig tavak és kisebb terjedelmű tengerek fölött sikeresen alkalmazni és ily módon a kábeleket fölöslegessé tenni. Ha Edisonnak volt köze a fenti elképzeléshez, 1892-ben csak mint futurológusnak lehetett.”

A századfordulóra az érdeklődő, világos fejű szakemberek értik és értékelik a maxwelli elektrodinamikát. MIKOLA SÁNDOR (matematika-fizikatanár, a kísérleti fizika gyakorlati oktatásának úttörője, az MTA tagja) ezt írta a Természettudományi Közlönyben 1901-ben: „*Faraday fölfogását nagy tanítványa, Maxwell építette tovább és igen nevezetes következtetésekre jutott, melyeket híres könyvében tett közzé (1862). E könyv 25 évig alig tett hatást a korabeli fizikusokra, részben azért, mert igen szokatlan és nehéz matematikai analízist használt, részben meg azért, mert következtetései igen merészeknek látszottak.*”

PÉCH ALADÁR (1873–1949) szintén matematika-fizika szakos tanár volt. A Középiskolai Matematikai Lapokban 1909-ben közzétett tanulmányának összegzése még így szól: „...A Faraday–Maxwell hipotézis első sorban kísérleti tényeken épült fel; magyarázataiban azonban lassanként nagyon komplikált lett, különösen igen bonyolódottakká váltak az éther szerkezetére vonatkozó feltevései.”

1910-ben az elektromágneses hullámok elméleti háttérét nem vitatta: „... kimutatták, hogy az elektromos hatások a térben hullámmozgással, véges idő alatt terjednek, megfelelően Faraday felfogásának; tehát nem távolbaható erők módjára. Azután megmutatták, hogy a terjedés sebessége egyenlőnek vehető a fény terjedési sebességével s az elektromos sugarak minden egyéb tekintetben is úgy viselkednek, mint a fénysugarak, amely eredmények Maxwell gondolatának helyességét igazolták.”

Hasonló szellemben kerültek a maxwelli eredmények a 20. század első évtizedében a legjobb tankönyvekbe. WAGNER ALAJOS főgimnáziumi igazgató (két évig volt Kolozsváron Abt Antal tanársegéde, majd hosszú ideig a budapesti gyakorló gimnáziumban tanított) 1909-ben megjelent tankönyvében olvashatjuk: „*Faraday és később Maxwell igyekezett a fényætherről szóló hypothesisit ebben az irányban kibővíteni és Maxwellnek, sikerült (1865) elméleti úton kimutatnia, hogy az elektromosságot az æther transversalis hullámai terjesztik tovább, s hogy e hullámok a fény sebességével haladnak tovább. Maxwell hypothesisét és a fénynek e hypothesisre alapított elektromágneses elméletét hathatósan támogatja az a körülmény, hogy a kísérletek a továbbterjedés sebességét az elmélettel megegyezőnek mutatják.*”

A mai napig így van, ahogy a 20. század elejére kialakult: a maxwelli elektrodinamika a fizikusok és villamosmérnökök tudománya, nincs a lényegét átadni képes népszerű változata.

A szerző címe:

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

Fizikai Intézet; 1111 Budapest, Budafoki út 8;

fustoss@hotmail.com