

Jedlik Ányos: a fizikus, elektrotechnikus és tanár

(Forrás: Magyar Tudomány, 2001. No. 2. pp. 143–163.)

200 évvel ezelőtt, 1800-ban született a fizika kiemelkedő magyar kutatója és oktatója, Jedlik Ányos. A keresztségben az István nevet kapta, majd amikor belépett a bencés rendbe, szerzetesi neve Ányos lett. Tanulmányait szülőfalujában, a felvidéki Szímőn kezdte, azután Nagyszombaton, Pozsonyban, végül Pannonhalmán folytatta. 1822-ben a pesti Tudományegyetemen doktorált. Ott egyik szigorlati tárgya a fizika volt, s ez meghatározta pályafutását. Életét a fizika kutatásának és oktatásának szentelte. 53 éven át folytatott tanári munkát, tudományos tevékenységét pedig nyugalmazása után is folytatta, egészen 95 éves korában bekövetkezett haláláig. Mint oktató a fizika minden fejezetét tanította, de érdeklődése középpontjában a villamosságtan állt, legjelentősebb eredményeit ezen a területen érte el. Jedlik Ányos legalább annyira foglalkozott a villamosság alkalmazásának gyakorlati kérdéseivel, mint elméleti alapjaival. Bár 38 éven át a Tudományegyetem fizikaprofesszora volt, joggal tekinthetjük az első magyar elektrotechnikusnak is.

Jedlik, az elektrotechnikus

Jedlik születési éve egybeesik az elektrotechnikáéval, azaz a villamosság alkalmazásának kezdetével. A kezdetet az első gyakorlati célokra használható áramforrás, a galvánelem feltalálása jelenti. Alessandro Volta 1800. március 20-án, tehát alig 2 hónappal Jedlik születése után küldte el a Royal Society-nek a kémiai áramforrás, a Volta-oszlop, illetve a galvánelem leírását.

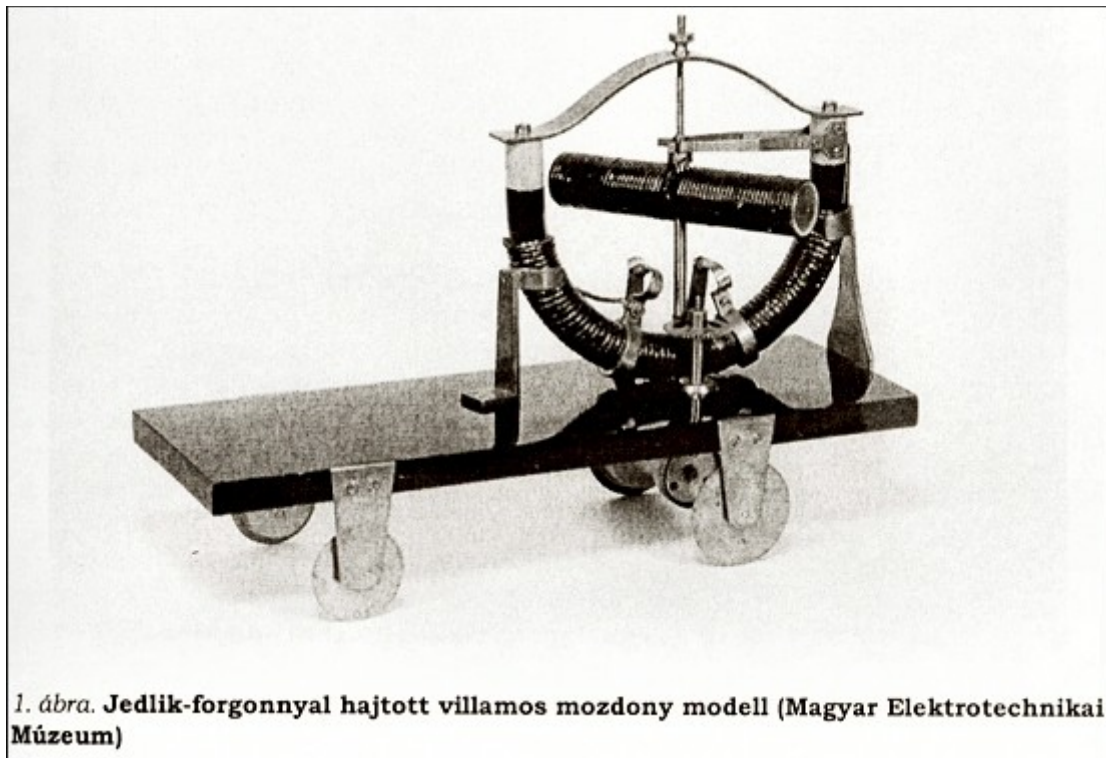
200 év távlatából visszatekintve már csupán egyenes vonalú, töretlen fejlődést látunk, amelyben a Volta-oszlop az elektromosságtan új fejezetét, az elektrodinamikát nyitotta meg, amely azután alapját képezte a villamosság gyakorlati alkalmazásának, az elektrotechnikának. Ebben a leegyszerűsített képben a régi kor tudományát az elektrosztatika, a 19. századot az elektrodinamika képviseli. A fizikában a régi, a mechanikán alapuló racionalista szemléletet a természetfilozófia váltotta fel, amely a különböző tudományokhoz tartozó jelenségek közötti összefüggéseket kereste. Az összefüggések keresésében már nem az anyag mozgása, hanem az energia átalakulása kapott prioritást. Kulcsszerephez jutott a Volta-féle elem, amelynek árama átalakulhat kémiai, mechanikai energiává, hővé. Utólag mindez logikus és áttekinthető, a valóságban azonban nem volt ilyen egyszerű a dolog.

A 18. század villamosságtana sem volt tisztán elektrosztatika, azaz a nyugvó töltések tudománya. Az úgynevezett elektrosztatikus kísérletekben is voltak mozgó töltések, azaz folyó áram. A dörzselektromos gépek is áramfejlesztő generátorok, bár áramuk csupán mikroamper (10^{-6} A) nagyságrendű. A leideni palackok kisütésekor viszont akár 100 A-es áramimpulzus is létrejöhet – igaz, hogy csak néhány mikroszekundum időtartamig. Elvben tehát nem volt kizárva az áram hatásainak észlelése. Történtek is ilyen észlelések, de a 18. század tudománya nem tudta felismerni jelentőségüket. Tapasztalták, hogy a leideni palack kisütő árama képes fémhuzal elolvasztására, sőt Pristley az olvasztási kísérletek alapján különbséget tudott tenni különböző fémek vezetőképessége között. A holland Troostwijk dörzselektromos gép áramával fel tudta bontani a vizet, az angol Pearson 1799-ben már kb. $0,1 \text{ cm}^3$ durranógázt tudott előállítani – igaz, ehhez a dörzsgépet 3 óra hosszat kellett forgatni. Franklin észlelte, hogy a villamos kisülés hatására a nem-mágneses acéltű mágnesessé vált. Hasonló jelenséget figyelt meg 1786-ban van Marum, de a kisülésnek csak mechanikai hatást tulajdonított, a mágneseződést a földmágnesség következményének tartotta. Észlelték tehát a villamosság kémiai, hő- és mágneses hatását, de ezekkel a Volta előtti kor tudománya semmit sem tudott kezdeni.

Volta oszlopa, majd poharas eleme néhány amperes, tehát a dörzsgépénél közel milliószor erősebb áramot adott. Kézenfekvő, hogy nagyobb lehetőség nyílt az áram hatásainak vizsgálatára – de nem csupán ez segítette a fejlődést. A természetfilozófia megfordította az észlelések és az elmélet sorrendjét: előre feltételezték és keresték a kapcsolatot a villamosság és az egyéb jelenségek között. Hosszas kísérletezés után 1820-ban észlelte Hans Christian Oersted, hogy a vezetőben folyó áram kitéríti a közelében lévő iránytűt. A mágneses hatást előre feltételezte, de eszközeinek tökéletlensége miatt közel két évtizedet kellett várni az eredményre. A kísérletet ezután szinte minden fizikai laboratóriumban megismételték. Így történt a Pesti Tudományegyetemen is. Az akkori fizikaprofesszor, Tomtsányi Ádám fizikatankönyvének (*Institutiones Physicae*) 1823-as második kiadásában már ismertette Oersted kísérletét. Nyilvánvaló, hogy a fiatal Jedlik 1822-ben, doktorálásakor birtokában volt minden olyan információnak, amit akkor az elektromágnességről tudni lehetett.

Az áram mágneses hatását már ismerték, de még sok kérdés tisztázatlan maradt. A legnagyobb meglepetést a villamos vezető mágneses erőterének nem várt szerkezete okozta. A hengerszimmetrikus térnek nincs definiált északi és déli pólusa, az iránytűre nem vonzó, hanem forgató erőt gyakorol. Ez zavart okozott a jelenség magyarázatában. Faraday térelmélete előtt, de még évtizedekkel utána is az emberek többsége különleges jelentőséget tulajdonított a mágneses pólusoknak. A korai villamosgépek kedvezőtlen konstrukciójának oka, hogy nem a zárt mágneskör, hanem a jól definiált pólusok kialakítására irányult a figyelem. Több mint fél évszázaddal később, 1885-ben a francia Goulard nyitott vasmagú szekunder generátorával szemben Zipernowsky, Déri és Bláthy magyar mérnökök zárt vasmagú transzformátora éppen azért tudott sikert aratni, mert el tudtak szakadni a pólusok kialakításának szinte kötelező gyakorlatától. Galileo Ferraris összehasonlító mérései kimutatták, hogy a pólus nélküli transzformátor fajlagos teljesítménye 3,4-szer nagyobb volt a pólusokkal rendelkező szekunder generátorénál.

A forgató hatás magyarázatára elméletek sora keletkezett. Oersted eleinte áram helyett a "conflictus electricus" kifejezést használta, amely szerint "a Volta elem két sarkáról jövő két ellentétes elektromosság tör egymásra", és ütközéskor örvénylő, "helikoidális" mozgást okoz. Ez a gondolat sokáig fennmaradt. A villanyvilágítás kezdetén a laikus nagyközönség még úgy gondolta, hogy a szénszál izzását a pozitív és negatív elektromosság összeütközése okozza. Prechtl és Schmidt ezzel szemben pólusokat kerestek a vezetékben. Elméletük, az úgynevezett transzverzális mágnesség szerint a huzal hosszirányában szétválik a mágnesség, és a huzal minden metszetében, annak két átellenes pontjában kialakul egy északi, illetve egy déli pólus. Ampère köráram-elmélete és Faraday térelmélete pólusok nélkül is magyarázatot adott az erő irányára, de az áramok erőtvényének megállapításához kísérletekre volt szükség. Ampère vezetőkeretekkel (lapos tekercsekkel), Faraday unipoláris szerkezetekkel, egy áramhurok és egy mágneses pólus között létrejövő forgató hatással foglalkozott.



1. ábra. Jedlik-forgonnyal hajtott villamos mozdony modell (Magyar Elektrotechnikai Múzeum)

Jedlik Ányos Ampère-féle kerettel és elektromágnessel végzett kísérleteket, amikor 1828-ban a győri gimnázium fizikumában módja nyílt a kutatómunkára. Az Ampère-keret és az elektromágnes között létrejövő forgatónyomaték azonban nem hoz létre folyamatos forgást. A tekercsek csupán elfordulnak, mágneses tengelyük egybeesésekor a nyomaték nullára csökken, a mozgás megszűnik. Jedlik elsőként ismerte fel, hogy az elektromágnesben folyó áram félfordulatonkénti irányváltásával folyamatos forgás valósítható meg. Az irányváltást higanyérintkezős kommutátorral biztosította. Nemcsak a folyamatos forgás elvét fedezte fel, hanem a megvalósítást módját is feltalálta, megalkotta az általa forgonnyak nevezett kommutátoros egyenáramú motort. Kiváló műszaki érzékre vall a higanyos kommutátor

alkalmazása. A közelmúltban végzett kísérletek tanúsága szerint ez volt az egyetlen út, amely sikerhez vezethetett. A vasmag nélküli Ampère-keret mágneses erőtere olyan gyenge, hogy a létrejövő nyomaték nem lenne képes egy szilárd érintkezős kommutátor súrlódását legyőzni. Jedlik kísérletét sajnos nem publikálta, abban a hiszemben, hogy a számára kézenfekvő megoldásra már mások is rájöttek. Ma már tudjuk: ő volt az első.

Későbbi forgonyai már vasmagos álló- és forgórésszel és rézlemezes, bronzkefés kommutátorral készültek. Ezek már munka végzésére alkalmas motorok voltak, amelyekkel különféle készülékeit hajtotta, sőt 1855-ben villamos mozdony modellt is épített. Ez azonban csak demonstrációs eszköz maradt, mert hiányzott a megfelelő, nagyteljesítményű áramforrás.

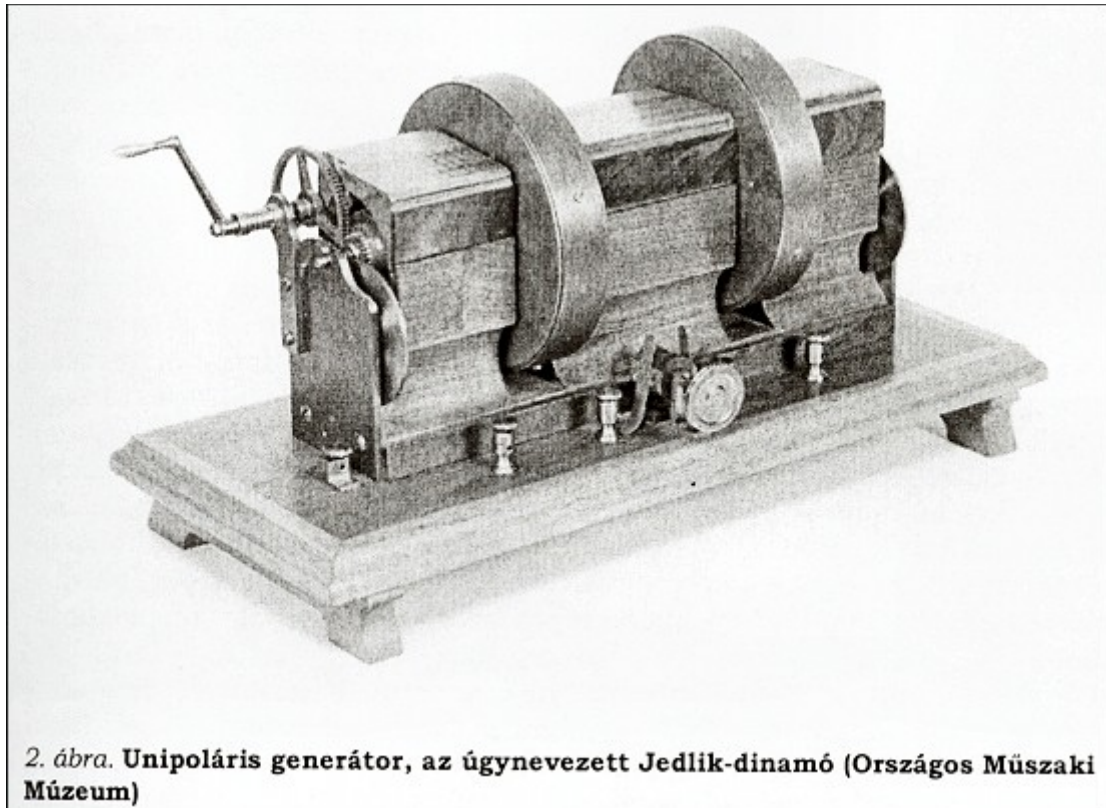
Áramforrások

Az elektrotechnika első évtizedeiben az egyetlen áramforrás az egyszerű galvánelem volt. Gyenge árama elegendő volt egy-egy távírógép működtetésére (tehát híradástechnikai célokra), de a motorok, ívlámpák nagyobb teljesítményt igényeltek. A megoldást az elemek tökéletesítésétől várták. Az 1840-es évektől Jedlik is bekapcsolódott ebbe a munkába, és jó két évtizeden át foglalkozott az elemek fejlesztésével. Akadémiai székfoglaló előadásában is ezt a kérdést elemezte.

Többféle elemmel kísérletezett, a legjobb eredményt a kétfolyadékos Bunsen-elem tökéletesítésével érte el. A Bunsen-elem negatív elektródja cinklemez, amely hígított kénsavban van, a pozitív pedig szénlap, koncentrált salétromsavban. A két folyadékot mázatlan agyaghenger választja el, amely átengedi ugyan a villamos töltést, de az áram útjába jelentős ellenállást gördít. Jedlik az agyaghenger helyett impregnált papírt használt, jelentősen csökkentve a telep belső ellenállását. Elemei akár 15-20 amper áramot is tudtak adni, 100 elemből álló telepének teljesítménye kW nagyságrendű volt. Ez már erősáramú áramforrás!

A feladatnak nemcsak az elméleti kérdéseivel foglalkozott, hanem részletesen leírta a gyártás technológiáját is. Ez kifejezetten műszaki fejlesztési munka volt. Pontos receptet adott a szénlapok készítéséhez szükséges massa összeállításához és gyártási utasítást a lemezek kiégetéséhez. Újfajta saválló anyagot kísérletezett ki a papírcellák kereteinek öntéséhez. A tartós üzem érdekében kidolgozta a savak üzem közben történő folyamatos cseréjének módját és eszközeit. Sok kísérlet eredménye volt a savakat elválasztó, vékony falú, mégis elfogadható szilárdságú papírcella. A konstrukció megérett a gyártásra.

A Jedlik-elem nem maradt csupán oktatási eszköz. Fiatalabb tanítványaival társaságot alapított az elemek gyártására. Ez tekinthető az első magyar elektrotechnikai vállalatnak. Elemeit bemutatta az 1855-ös párizsi világkiállításon is. Bár a vállalkozás pár év múlva megszűnt, a próbálkozás világosan bizonyítja, hogy Jedlik nem volt a gyakorlattól visszahúzó tudós. Hogy a vállalkozás nem vált a magyar villamosipar alapjává, annak az lehetett az oka, hogy akkoriban a villamosság még kuriózumnak számított. Még külföldről is kapott megrendelést, de sorozatgyártást lehetővé tevő üzletre nem került sor.



1860 körül már sejteni lehetett, hogy az erősáramú elektrotechnika áramforrása nem a galvánelem, hanem az elektromágneses indukción alapuló generátor lesz. Röviddel az indukció felfedezése után (Faraday, 1831) már készítettek mágnes-elektromos áramfejlesztőket, de ezek teljesítménye csekély, a galvánelemekénél is kisebb volt. Az 1850-es években sikerült ugyan 2-3 kW-os generátorokat építeni, de a teljesítményt csak a méretek növelésével tudták fokozni. E gépek tömege a több ezer kilogrammot is elérte. A gondot az erős mágnes hiánya okozta, a korabeli acél patkómágnesek csak gyenge mágneses teret tudtak létesíteni. A teljesítményt a mágnesek mennyiségével növelték, egy fennmaradt korabeli gépben 336 patkómágnes számolhatunk meg. Új utat kellett keresni.

Erős mágneses teret elektromágnessel elő tudtak állítani, de ennek táplálásához galvánelemre volt szükség. A dán Hjorth 1854-ben felvetette a gondolatot, hogy a mágneses teret a generátor saját áramával lehetne erősíteni, de még nem tudott elszakadni a permanens mágnes alkalmazásától, a villamos gerjesztést csak kiegészítésnek szánta. Mivel az állandó mágnes acélból készül, az elektromágnes viszont lágyvasat igényel, ez az ellentmondás eleve sikertelenségre ítélte a próbálkozást.

Elsőként Jedlik Ányos ismerte fel, hogy a permanens mágnes elhagyható, kizárólag elektromágnessel is építhető generátor, amelynek gerjesztése a gép által termelt árammal történhet. A földmágnesség következtében minden vasban van több-kevesebb megmaradó (remanens) mágnesség, amely lehetővé teszi a gerjesztési folyamat indulását. A gép induláskor csak csekély áramot termel, amely viszont erősíti a gerjesztést, a feszültség folyamatosan növekszik, egészen a vas részek mágneses telítődéséig. A generátor "felgerjed".

Ez a dinamó-elv, amelyet Jedlik 1861-ben vetett papírra. Az elsőbbségét bizonyító leírás megmaradt, de sajnos felfedezését nem publikálta. A dinamó-elvet Werner Siemens 1866-ban újra felfedezte és gyakorlati célra használható gépet is készített. A dinamó elnevezés is tőle származik.

Jedlik és Siemens felfedezése független egymástól, sőt az az út is eltér, amelyen a felfedezésig eljutottak. Jedlik az addigi áramfejlesztőktől teljesen különböző, egysarkú (unipoláris) gépet készített, amelynek szerkezete Faraday egyik 1831-es kísérletén alapult. Ez a lehetőség feledésbe merült, mert a sokmenetű tekerccsel és kommutátorral készített heteropoláris generátorok sokkal nagyobb feszültséget adtak. A Faraday-kísérlet forgó réztárcsája egyetlen menetű tekercsnek felel meg. Jedlik felismerte, hogy a tárcsák számának növelésével elfogadható nagyságú feszültséget lehet fejleszteni. 24 tárcsás gépet készített, amelyben minden tárcsa egy-egy önálló feszültségforrásnak felel meg. A tárcsák pereméről az áramot higany érintkezővel vezette el. A tárcsák pereme és tengely közötti feszültségeket sorba kapcsolva a kapocsfeszültséget 24-szeresre növelte. A gép elektromágneseit galvánelemekkel táplálta, majd a következő lépés az öngerjesztéses kapcsolás leírása volt.

Ezt a gépet szokták "Jedlik-dinamó"-nak nevezni. Kísérleti és demonstrációs eszköz volt, amely azonban a mágneses kör kedvezőtlen kialakítása miatt valóságos öngerjesztéses üzemre még nem volt alkalmas. A problémát az okozta, hogy a mágneses erővonalak hosszú szakaszon a levegőben záródtak, ami a gerjesztés teljesítményigényét nagyon megnövelte, nagyobbra, mint amit a gép egyáltalán termelni tudott. További fejlesztésre volt szükség. Jedlik valószínűleg ezért késlekedett felfedezésének közzétételével. Jóval később, nyugdíjas éveiben ismét foglalkozott a dinamóval. Az úgynevezett győri dinamó megmaradt részegységeiből megállapítható, hogy kis légrésű, ferromágneses anyagban záródó mágneskörű gépet tervezett. Ez azonban már nem az alapelvek felfedezésének, hanem a dinamók tökéletesítésének korszaka volt.

Siemens egy soros gerjesztésű villanymotor vizsgálatából indult ki. Mérései során megállapította, hogy a forgó motor árama kisebb, mint az Ohm-törvényből adódnék. A Ohm-törvény szerint az áram a feszültségtől és a motor tekerceinek ellenállásától (a feszültség és ellenállás hányadosától) függ. Mivel sem a telep feszültsége, sem a tekercek ellenállása nem változott, egyetlen lehetséges magyarázatot talált: a forgó motorban (annak forgórészében) feszültség keletkezik, amelynek polaritása ellentétes a telepével, a két ellentétes irányú feszültség eredője kisebb, ezért azután kisebb lesz az áram is. Az elméletből az következik, hogy a forgórészben akkor is keletkezik feszültség, ha a gép tengelyét valamilyen mechanikus szerkezettel (kézi hajtókarral) forgatjuk. A feszültség áramot hoz létre a gerjesztő tekercsben és a gép kivezetései közé kapcsolt fogyasztóban. Ez a szemléletmód az alapja a mai villamosgép-elméletnek, amely nem húz éles határvonalat a motor és generátor közé, hanem ugyanazon gép két lehetséges üzemmódjának tekinti. Siemensnek valóban sikerült a külső erővel forgatott motorral áramot termelni, helyesebben: az egyenáramú gépet generátor üzemmódban működtetni.

A dinamó feltalálóinak sorában még két nevet meg kell említeni: 1866 végén, alig néhány héttel Siemens után, de tőle függetlenül két angol elektrotechnikus, Wheatstone és Varley szintén eljutott a dinamó-elvíg és működő gépet készített. A gép építésénél viszont a már ismert kis légrésű Siemens-féle elrendezést alkalmazták. A leírtakból kitűnik, hogy a dinamó megalkotása nem egyetlen feltaláló érdeme, de a feltalálók sorában kiemelkedő helye van Jedlik Ányosnak, aki legelőször jutott el a dinamó-elv felismeréséig.

Villamfeszítő

Jedlik nem csak az elektrodinamika, hanem az elektrosztatika területén is maradandót alkotott. Villamfeszítőnek nevezett feszültségsokszorozó kondenzátortelepét bemutatta a Magyar Orvosok és Természetvizsgálók 1863. évi vándorgyűlésén, majd tökéletesített változatát az 1873-as bécsi világkiállításon is. Leírása megjelent hazai és külföldi folyóiratokban, tehát a találmány nem maradt az ismeretlenség homályában, mint a forgony vagy a dinamó-elv. Érdekes, hogy napjainkra megfordult a dolog: Jedlik nevéhez szinte kötelezően kapcsolódik a dinamó, a maga idejében híres villamfeszítőről viszont alig esik szó.

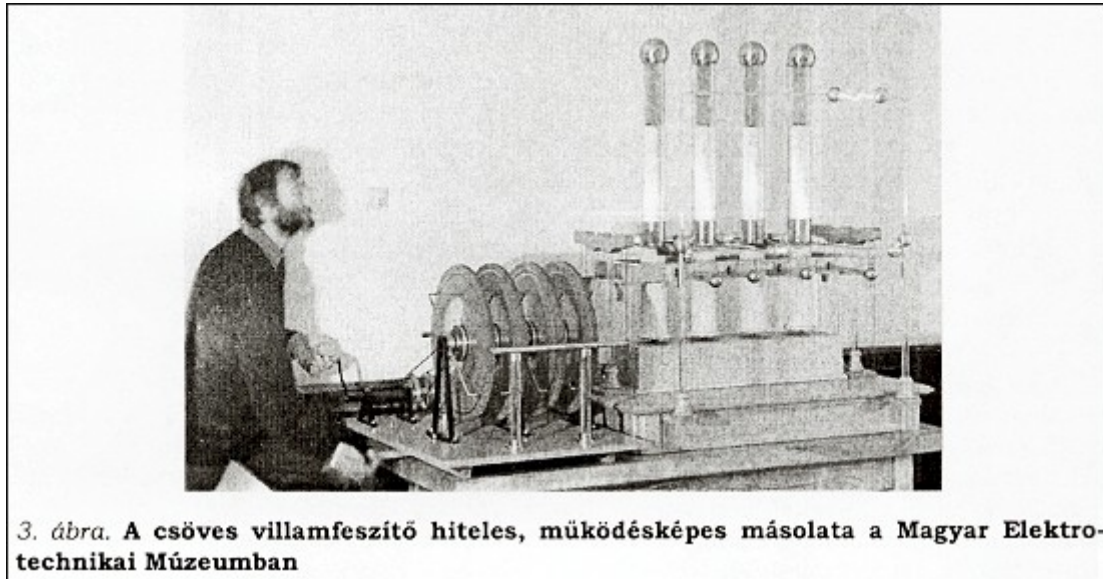
A 19. század közepén a fizikusok figyelme a villamos kisülések felé fordult. A villamosság lényegének megismerését a kisülések tanulmányozásától, a vezetékből kilépő töltések vizsgálatától várták. Valóban, 1859-ben Plücker felfedezte a katódsugarat, mai szóhasználat szerint elektronsugarat. 1897-ben J.J. Thomson nagyfeszültségű gázkisüléssel létrehozott elektronsugár segítségével fedezte fel a villamosság elemi részecskéjét, az elektront, pontosabban fogalmazva: meghatározta az elektron töltését és tömegét. Az elektron felfedezése volt az újkori atomfizika első lépése. A fizikusok és elektrotechnikusok közös célkitűzése volt minél nagyobb feszültségű és energiájú szikrák gerjesztése.

A nagyenergiájú kisülés keltésének eszköze az elektrodinamika korában is egy elektrosztatikai eszköz, a leideni palack, azaz a nagyfeszültségű kondenzátor maradt. A kondenzátor töltése valamilyen nagyfeszültségű áramforrással: dörzselektromos generátorral, influenciagéppel vagy szikrainduktorral történt. Ezek igen drága készülékek voltak, áruk a feszültséggel rohamosan növekedett. Az elérhető áru eszközök kb. 100 000 V feszültséget adtak, ez szabta meg a szikra hosszát, hiszen a kondenzátort legfeljebb a töltő áramforrás feszültségére lehetett feltölteni. Jedlik olyan kondenzátor-telep készítését tűzte ki célul, amely alkalmas a töltő feszültség többszörözésére.

A Volta-oszlop elrendezéséből, a galvánelemek sorbakapcsolásával történő feszültségnövelésből indult ki. A nagyfeszültségű áramforrással kondenzátorokat töltött fel, majd ezeket az elemekhez hasonlóan sorba kapcsolta, megsokszorozva a feszültséget. Természetesen a 100 kV-ra feltöltött leideni palackok párhuzamos-soros átkapcsolásához különleges szerkezetet kellett készíteni. Villamfeszítőnek nevezett berendezése 2 láb hosszú szikraközt tudott átütni.

1873-ban a kultuszminiszter felkérte az egyetemi tanárokat, hogy jelentős alkotásaikkal képviseljék a magyar tudományt a bécsi világkiállításon. Jedlik továbbfejlesztve találmányát,

megszerkesztette a csöves villamfeszítőt. Alapelve azonos volt a leideni palackos villamfeszítőével, de a hagyományos palackok helyett üvegcsöves rész-kondenzátorokból összeállított sűrítőket alkalmazott. A csöves kondenzátor kapacitása többszöröse az azonos méretű leideni palackénak. Két darab 4 kondenzátoros egységet összekapcsolva 80-90 cm-es szikrákat tudott gerjeszteni. A villamfeszítő a világkiállítás szenzációja lett, alkotóját a "Haladásért" éremmel tüntették ki. A villamfeszítő a mai kaszkád kapcsolású lökés generátorok őse.



3. ábra. A csöves villamfeszítő hiteles, működésképes másolata a Magyar Elektrotechnikai Múzeumban

A Volta-féle soros kapcsolás alkalmazása az elektrosztatikában teljesen új gondolat volt, a kondenzátorok kaszkád kapcsolásával történő feszültségnövelés feltalálója egyértelműen és kizárólag Jedlik Ányos. Ezt támasztja alá 1863-as levélváltása Poggendorffal, az *Annalen der Physik* szerkesztőjével. Bár Poggendorff a mechanikus párhuzamos-soros átkapcsoló szerkezetének újdonságát és az eredményt kétségbe vonta, azt elismerte, hogy az elektrosztatikában a kaszkád kapcsolást Jedlik alkalmazta először. Poggendorff nem ismerte fel, hogy a villamfeszítő legfontosabb újdonsága a kondenzátorok újfajta kapcsolása, amihez képest az átkapcsoló gépészeti megoldása alárendelt jelentőségű részletkérdés. A nemzetközi elismerést a bécsi világkiállítás hozta meg. Az angol *Engineering* című folyóirat Jedlikét minősítette a legérdekesebb elektrosztatikai készüléknek. A világkiállítás után 3 évvel, 1876-ban Ernst Mach 16 leideni palackkal épített hasonló készüléket, amelynek kísérleteihez híres hangtani kísérleteihez használta. Bár szerkezete részben eltérő kivitelű volt, cikkében utalt Jedlik berendezésére. A mai nagyfeszültségű laboratóriumok lökés generátorainak működése azonos elvű, de az átkapcsolás már nem mechanikus szerkezettel, hanem segédszikraközök átütésével történik. Jedlik alkotó szelleme nemcsak az elektrodinamikában, hanem az elektrosztatikában, a nagyfeszültségű technikában is tovább él.

Hullámtani kísérletei

Jedlik Ányos nevét elsősorban az elektromosság terén elért eredményei tették ismertté. Azonban voltak még fontos tudományterületek, amelyekben ugyancsak jelentős tevékenységet fejtett ki. Ezek közé tartozik a rezgés- és hullámtan.

A 19. századi fizikában az elektromosság mellett nagyon fontos szerep jutott a rezgések és hullámok tanulmányozásának. Huygens, aki Newton korpuszkulaelméletével szemben megalkotta hullámelméletét, nagyon jól használható módszert adott a fizikusok kezébe. Jedlik is olvasott Fresnel század eleji működéséről és Fraunhofer színeképeiről, amelyek azonban csak jelenség szinten voltak ismertek. A fizikusok feladata volt ezen tünemények magyarázata, a kutatásban és természetesen az oktatásban is. Hogy ezek a hullámtani törvényszerűségek (interferenciaképek) érthetők legyenek a hallgatók számára is, le kellett "lassítani", és amennyire lehetett, "fel kellett nagyítani" a jelenségeket. Ebben a munkában (is) jeleskedett Jedlik Ányos.

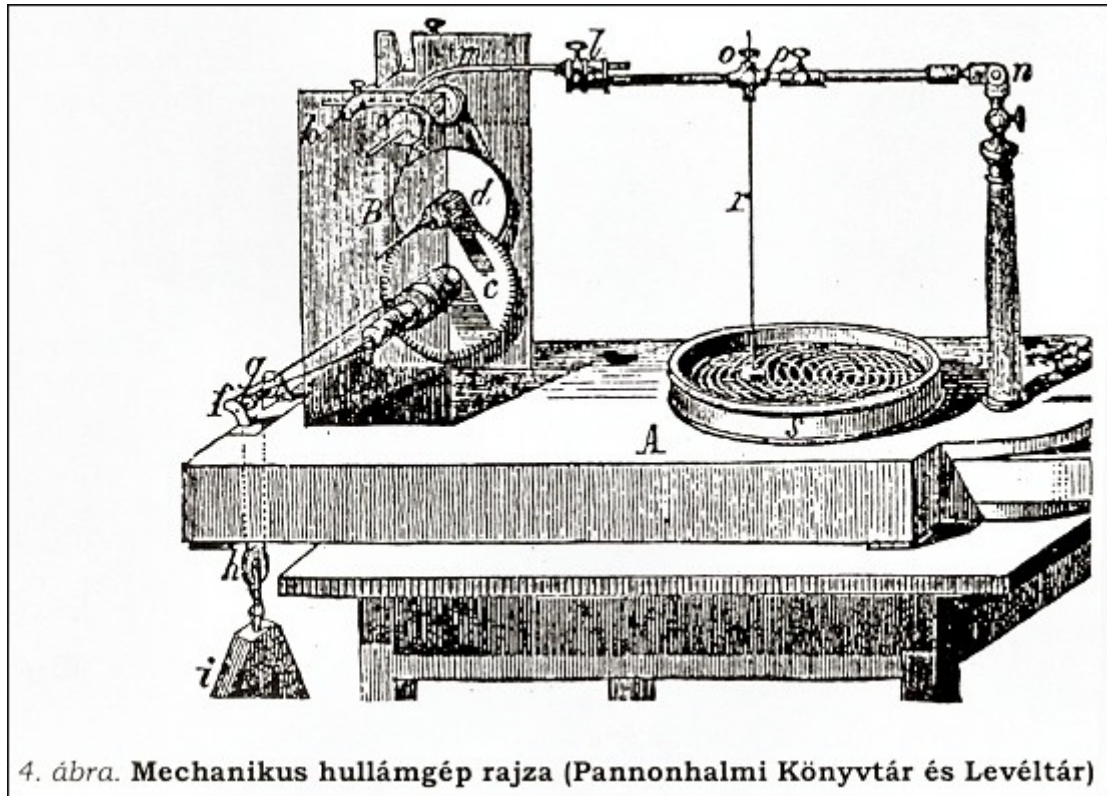
Hogy a kérdés régóta és sokat foglalkoztatta, mutatja az is, hogy jó néhány, ebben a témában használatos szakkifejezés és szóösszetétel általa került a magyar tudományos nyelvbe. Ferenczy szerint ezek a következők: vetület, kitérés, összetevő, eredő, merőleges, hullámelhajlás, hullámtalálkozás és hanglebegés.

A rezgések és hullámok témaköréből első kísérleteit 1844-ben a Természettudományi Társulat ülésén mutatta be. Nem sokkal később, 1847-ben, Sopronban, a Magyar Orvosok és Természetvizsgálók Vándorgyűlésén már saját készítésű mechanikus hullámgépével szerepelt. Szerkezetét 1850-ben megjelent Természettanában ismertette. Becsületességére jellemzően megírta, hogy erről a tárgyról a Weber testvéreknek már részletes munkája született. Jedlik hullámgépe tehát elvében nem új, viszont bemutatásokra jóval célszerűbb.

Nézzük meg alaposabban ezt az eszközt! A készülék alaplapján egy higannyal telt tál van. Az érdekes interferencia jelenségek a higany felszínén jelennek meg. A hullámokat a higany felszínét érintő pálca hozza létre. A megfelelő gerjesztést egy forgó, rovátkolt henger adja. A csatlakozás azonban nem egyszerű, így érdemes jobban odafigyelni rá. Jedlik egy üvegpálcát is közbeiktatott, hogy ennek tompára olvasztott vége érintkezzen a hengerrel, és csak ennek homorú vájzatába támaszkodott a gerjesztő szárat mozgató rúdvég. Ezzel sikerült javítani a rezgés szabályosságát és kiküszöbölni a zavaró hanghatást. Ugyancsak a szabályosabb rajzolat elérése érdekében a rovátkolt henger tengelyét nem fogaskerék-áttétellel, hanem tárcsán keresztül zsinórral forgattatta. A szerkezet egyenletes járását "iramkerék vagy szélfogó" segítségével oldotta meg. A szerkezetet egy cserélhető súly mozgatta. Ennek növelésével nagyobb frekvenciájú gerjesztés adódott, ami a higanyos tálban rövidebb hullámhosszt eredményezett.

A keletkező ábrák az edény alakjától és az alkalmazott gerjesztő test formájától függően változtak. Mivel a higanyos tál nem volt túl nagy, a kerületéről visszaverődő hullámok zavarként jelentkeztek. Ezt Jedliknek egy "karima" segítségével sikerült kiküszöbölni, amely,

ahogy ő fogalmazta: "addig tolatik, míg a higany fõlszínét meg nem érinti". A létrejövõ interferencia-képek bizonyára elbûvölték a professzort is, mert így írt azokról: "...az egymással számtalanszor találkozó hullámok igen érdekes hullámzási jeleneteket tüntetnek elõ, melyek hullámidomoknak neveztetnek, és a leghidegebb vérü szemlélõnek is kellemes látványul szolgálnak."

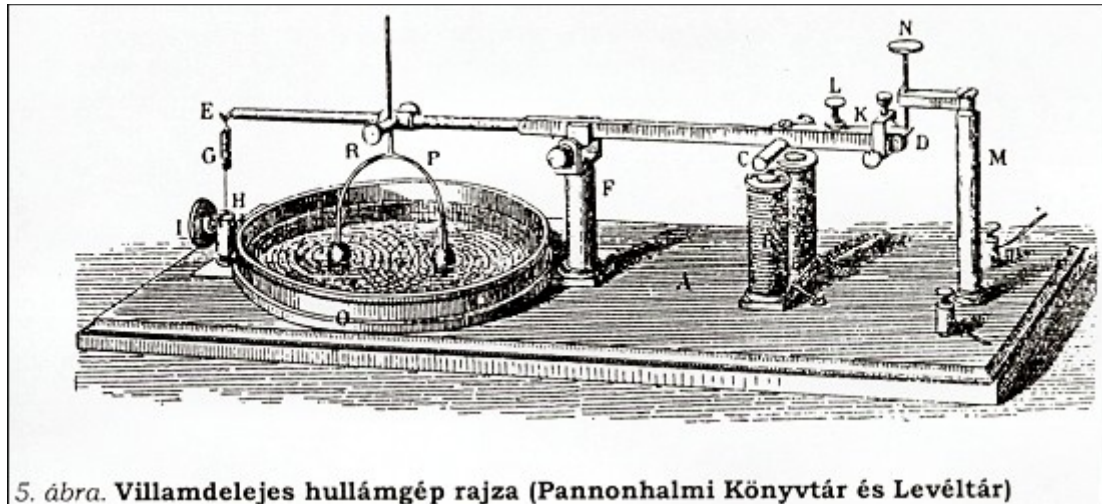


Igaza van Jedliknek. A kivetített kép tényleg élményszerű. A jelenség azonban csak közlelrõl látható. Ezért Jedlik – jó tanárként – a higany csillogó felületét kihasználva megoldotta a hullámképek kivetítését is, hogy hallgatói a padokból is láthassák.

Jó tudósként igyekezett a jelenségek magyarázatát is megadni. Figyelve a hullámok haladását és a felszínen lévõ szennyezõdések elmozdulását, feltételezte, hogy a hullám kialakításában részt vevõ részecskék körpályán mozognak. Ennek mechanikai modelljeként szerkesztette meg a fogasléc által mozgatott fogaskeréksort, amelyik a "per ostillationes lineares", azaz az egyenes vonalú rezgésekbõl származó hullámok kialakulását és terjedését szemléltette.

Bár Jedlik 50 váltó forintot fizetett a mechanikus hullámgépért, nem kapott tökéletes ábrákat. Ezért kezdett egy másfajta, a fogaskerekeket kiküszõbölõ hullámkeltõ tervezésébe. Villamdelejes hullámgépét, amely elektromágneses áramszaggatókkal hozta létre a gerjesztõ-rezgést, Egerben mutatta be 1868 nyarán a Természettvzsgálóknak.

A szerkezetben csavarral feszíthető rugó segítségével lehetett a frekvenciát változtatni. Jedliknek még arra is volt gondja, hogy az alapzat rezgéseit is a minimálisra csökkentse. "...legalább is valami nemezlapot kell a tál és az alapzat közé csúsztatni" – ajánlotta.



Életrajzírója, Ferenczy Viktor az alábbiakban foglalta össze Jedlik ez irányú működését: „A tárgy fontossága miatt Jedlik állandó figyelemmel kísérte a külföldi hullámgépeket, melyek közül többet meg is szerzett. Mint természetkutató szívesebben vett volna műszereket, de felismerve a kísérletezés és a szemléltetés jelentőségét, elsőbbséget adott a tanárnak.”

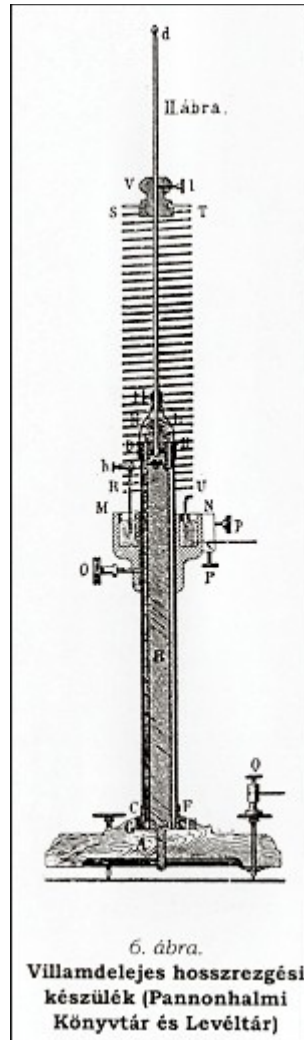
A folyadékok felületén kialakuló hullámképződmények még az egyszerűbb jelenségek közé tartoznak. Sokkal nehezebb feladat a rugalmas testek gyors lefolyású hosszrezgéseit bemutatni, modellezni.

Jedlik először Roget (1835) hosszrezgési spirálisával tett próbát. A tekercs meneteinek a gravitáció hatására történő távolság változását úgy akarta kiküszöbölni, hogy a vízszintesen elhelyezett tekercs minden menetét egy-egy vékony cérnára függesztette. A keletkező hosszrezgéssel a zárt, illetve nyitott ajaksíp rezgőképét tudta bemutatni. Bár a jelenséget ez az elrendezés is jól mutatta, Jedlik áttért a függőleges elrendezésre. Két további dolgot is módosított. Először is vastagabb rézhuzalból készítette a tekercset, hogy az megtartsa az alakját. Ezzel viszont nagyon merevvé vált a tekercs. Ezen úgy segített, hogy a tekercs üregébe elektromágnest helyezett, hogy a kialakuló rezgés kellő tágasságú legyen.

Az 1868-ban, Egerben bemutatott eszköz főbb elemei tehát az áramjárta, tetszőleges magasságban rögzíthető tekercs, a higanyos vályú, amibe az elektródok értek, illetve a tekercssel ellátott tartóoszlop.

Hogy minél több rezgési forma kijöhessen, 36 menetű tekercset alkalmazott. (Ennek osztói ugyanis: a 2, 3, 4, 6, 9, 12, és 18). Hogy a megfelelő rezgési forma kialakulhasson, Jedlik ügyes megoldással a hosszrezgő tekercsnek csak bizonyos számú alsó menetébe vezette az

áramot. Az áram hatására a tekercs összerándult, de ezzel egyben meg is szakadt az áram, hiszen a bal oldali érintkező kiemelkedett a higanyból, így a menetek visszaestek eredeti helyükre.



A tekercs végeinek megfelelő rögzítésével illetve szabadon hagyásával Jedliknek sikerült a mindkét végén zárt, az egyik végén nyitott másik végén zárt, illetve a mindkét végén nyitott légoszlop rezgési képét előállítania. Az áramcsatlakozás kellő megválasztásával a több csomópontos rezgést is meg tudta valósítani. Erről így írt cikkének befejezésében: "... ha be is van állítva bizonyos csomókkali rezgésre, a villamfolyam bevezetésével legtöbb esetben a csomó nélküli legegyszerűbb rezgést kezdi meg, amely azonban a kívánt ... rezgésre könnyen átváltoztatható, ha a tekercsnek azon tekerintése, melyre a képzelendő csomók legalsóbbikának esnie kell, gyöngéden megérintetik."

Külön szerkezetet igényelt a húrok és a hasáb alakú testek keresztrezgéseinek bemutatása. Jedlik ismét a tökéletest tűzte ki maga elé. Olyan eszköz volt a célja, amely még a kör alakú pálca (gyűrű) keresztrezgéseit is szemléltetni tudja. Elkészült villamdelejes keresztrezgési

készülékét 1869-ben, Fiumében mutatta be. Tömör rugalmas pálcák helyett szorosan csévéltekercsrugót használt, amelynek feszségét az aljára akasztott súlyokkal tudta változtatni. Ezzel elérte, hogy erőteljes rezgéseket tudott kelteni, valamint, hogy a csomók egyetlen pontra korlátozódtak. A duzzadóhelyek és a csomópontok jobb láthatósága érdekében egy mozgatható állványon lévő fehér ernyővel is kiegészítette a készüléket. Hogy különféle helyű gerjesztési lehetőségeket is meg lehessen valósítani, a rugót gerjesztő csatlakozást az egész rezgő rendszerrel bárhova be lehetett állítani.

Jedlik tehát megoldotta a két végén befogott húrok és a közepükön, illetve egyik végükön befogott rugalmas pálcák rezgésképének bemutatását. A gerjesztő tekercs és a rezgéseltető rendszer 90 fokos elforgatásával pedig a fél- vagy teljes kör alakú tekercsrugók gerjesztését is be tudta mutatni. Még arra is ügyelt, hogy ezek a befogott köríves tekercsrugók a gravitáció hatására el ne torzuljanak. Ennek elérésére megfelelő hosszúságú halcsontot dugott beléjük.

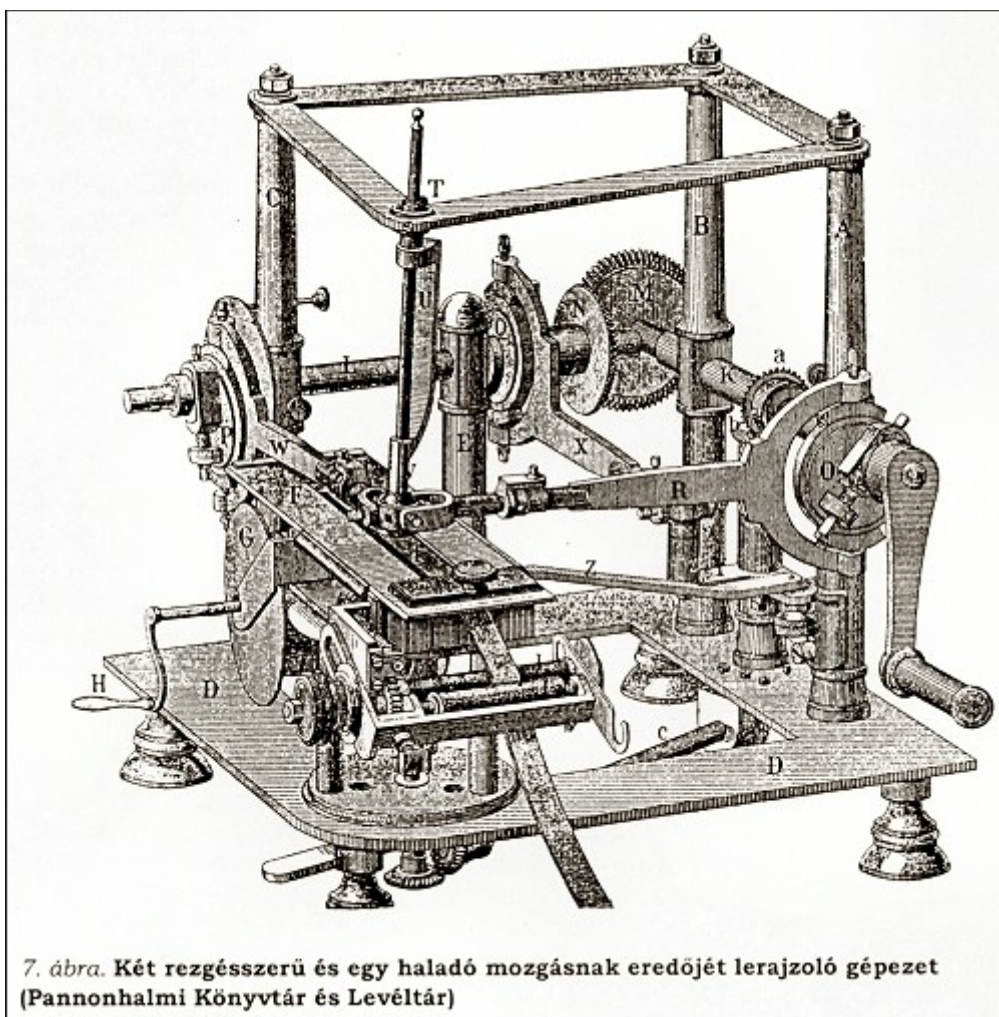
Jedlik mindegyik készüléke figyelmet érdemel, de ha egyet ki kellene emelni, Ferenczy szerint az a hosszrezgéseket előállító készülék lenne, „amellyel épen a nehezebb feladatot oldotta meg szép sikerrel”.

Az összetett rezgések vizsgálata a matematikában kezdődött. Lissajous 1855-től számos értekezésében foglalkozott a kérdéssel: hogyan lehet különböző rezgések eredőjét meghatározni. A Lissajous-idomok mechanikus eszközzel való megrajzoltatására szinte minden kísérletező megalkotta saját szerkezetét.

Jedlik a bizonytalanságok elkerülésére kúpkeres kényszerkapcsolatot alkalmazott az 1872-ben Herkulesfürdőn bemutatott gépében, a "Vibrograph"-ban. Cserélhető kúpkeresek fogszámarányával tudta meghatározni a merőleges rezgések frekvenciáinak arányát, excenterrel pedig az amplitúdót lehetett tetszőleges értékre állítani. Mivel az idős professzorban ismét érvényesült a szemléletes bemutatást előnyben részesítő tanár, azt is megoldotta, hogy bármilyen ütemben, a görbe kirajzolása közben is nyomon lehessen követni a folyamatot. Eleinte csak a Cardano-befogás által mozgatott pálca fényes vége rajzolta a levegőbe a Lissajous-idomot, majd később írószerkezettel egészítette ki gépét.

Egy másik elektromágneses gerjesztésű szerkezetében az idomokat a pálca végére szerelt tükörről visszaverődő fénysugár rajzolta a falra. Az összetett rezgéseket a gép újra és újra ismételte. Amennyiben pontos volt a beállítása, ezek a rajzolatok egymásra kerültek. Jedlikben ismét a teljességre törekvő tudós bukkant fel. Az 1874-ben, Győrött bemutatott új gépének elvi alapjait így ismertette: "... a két rezgési mozgásból keletkezendő Lissajous-féle idom részletei a hozzájuk járult haladó mozgás következtében ... szétvonatván, változékony szélességű és sajátságos görbületű vonal szabályszerű kanyarulatai által képzett szalagalaku út iratík le." A szerkezet két merőleges rezgés és egy haladó mozgás eredőjét rajzolta. Gyors átalakítás után két párhuzamos rezgés összeadására is képes volt a gép. Az összetett mozgás képét tú rajzolta kormozott üvegre. Szerencsére ezeket Jedlik vékony lakkréteggel vonta be, így eredeti ábrái megmaradtak.

A jelenség azonban olyan gyorsan zajlott le, hogy szemmel követni lehetetlen volt a folyamatot, valamint a kormozott üvegen megjelenő ábrák reprodukálása is nehézségbe ütközött. Ezért új szerkezet kialakításán gondolkodott a már nyugdíjas professzor. Máramaroszigeten 1876-ban mutatta be új eszközét, amely 1872-es gépének tökéletesített változata volt. Ezen már a kézzel hajtott – azaz kellően lassú mozgású – szerkezet maga rajzolta papírra a rezgésképet. A legnehezebb probléma a rajzasztal beállítása volt. Jedlik gépén ugyanis bármilyen szög alatti mozgásnál lehet rajzoltatni. Újabb nehézséget jelentett a párhuzamos rezgések előállításánál, hogy ott az egyik rezgést a rajzasztalnak kell végeznie. Kis alakú gépén mindezeket tökéletesen sikerült megvalósítani. Gépéhez különböző fogaskerékpárokat is gyártatott, hogy minél többféle rezgést elő tudjon állítani. A géppel később fizikus barátja és utóda, a bencés Palatin Gergely számos regisztrátumot készített.



Fény- és hőhullámok interferenciájának vizsgálata

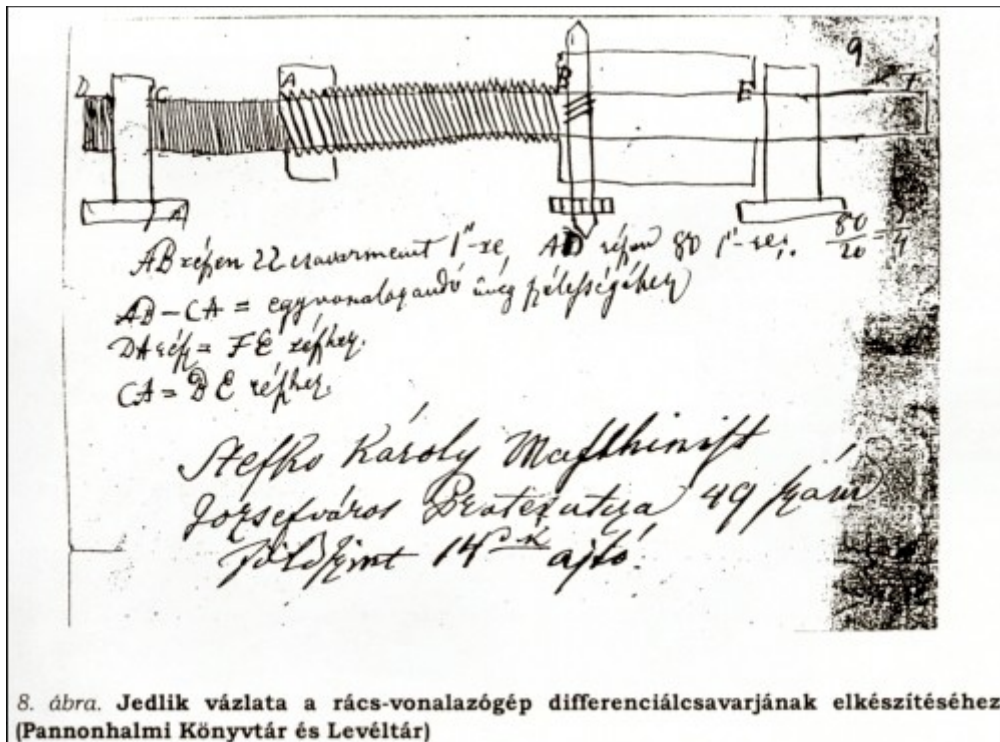
Hiányos lenne a téma bemutatása, ha a mechanikai hullámok vizsgálatára szorítkoznánk, hiszen Jedlik is csak magyarázó kísérleteknek szánta a higany felszínén kialakuló hullámtalálkozási képeket, amelyekkel a fény interferenciájának jelenségét lehet szemléletesen

módon érthetővé tenni. Másrészt, a teljes elektromágneses színek alapján a vizsgálatok körébe kell vonni Jedlik hőtani kutatásait is.

A fehér fény színeire való bontása Newton prizma óta ismert és könnyen megvalósítható feladat volt. Azonban nem volt semmiféle „etalon”, amivel a tudósok eredményeiket összevethették volna. Ezt a problémát oldotta meg, amikor a fizikusok észrevették, hogy a vékony résen áthaladó fény az ernyőn nemcsak egy csíkot rajzol, hanem mellette megjelennek a vékony, szivárványszínű elhajlási képek is. Több, szabályosan elhelyezkedő rész esetén a vonalak fényesebbé és így színükben gazdagabbá váltak. A rések sűrítésével a keletkező elhajlási képeket szélesebb sávra lehetett széthúzni. Az első használható rész-sorozatot, optikai rácst Fraunhofer készítette 1814-ben. Üveglapra ragasztott arany fóliát vágta át kemény acélpengével. Jedlik olvasta az ezeket tárgyaló cikkeket. Ennek elméletét felhasználva akarta tanítványainak a fény hullámtermészetét bemutatni, magyarázni. Jedlik kézírata, amely az egy résen lejátszódó jelenségből levezeti az optikai rács elvét, mutatja, hogy az elmélettel is tisztában volt, nem csupán átvette a leírt kísérleteket.

Már pozsonyi tanár korában vett egy vonalazógépet Prokesch műszerésztől, azonban a gép működésével nem volt megelégedve. A szerkezetet alaposabban megnézve azonnal feltűnik az eszköz néhány gyenge pontja. Először is kézzel kellett állítani minden egyes vonal meghúzása után. Másodsor a vonal húzásakor kézzel mozgatták a karcoló tűt. Ha pedig századmilliméterenként akartak vonalakat húzni, a rendszerbe bevitt hiba ezzel nagyjából meg is egyezett. Ez pedig azt jelenti, hogy a keletkező színekben nincsenek "tiszták" színek. Ekkor határozta el Jedlik egy saját, nagyon precízen dolgozó gép készítését. Készülékének meghatározó eleme egy differenciálcsovar, amit fogaskerék mozgat. Egy fog elmozdulás alatt a csavar menetemelkedésétől és a fogszámtól meghatározott mértékben mozdul el és viszi magával a vonalazandó üveggel együtt a szánt. Sok munkába és időbe került, míg a gép tökéletes lett. A gyártáson kívül Jedlik mindent maga végzett. Ő volt a tervezője, a folyamatos fejlesztője és az elkészült gép beszállítója is. A vonalazógép 1845 előtt már kész volt, de 1863-ig – amikor is egy vándor-mechanikus tönkretette – több mindent változtatott rajta. A gép úgy is tekinthető, mint a magyar finommechanika első nagypontosságú gyártmánya.

Az előzőekben szó volt különféle rezgésekről. Itt is előkerül a jelenség, de pillanatnyilag megoldandó problémaként. A gép működése során a hajtórudak felütközései kelthettek zavaró rezgéseket. Ezért Jedlik minden érintkezési helyhez rugókat tett. Ugyancsak rezgésforrás lehetett volna, amikor a leeresztett gyémánttű periódusonként felütközik a mozgatott üveglap szélén, majd a végén leesik róla. Ennek kiküszöbölésére – és a gyémánthegegy védelme érdekében – megoldotta a karcoló szár kellő időben történő letételét, illetve felemelését. Gépevel tetszőleges mintázatú rácsokat tudott készíteni. Megvalósította a kereszt rácsok készítését, a tetszőlegesen vonalazott rácsok gyártását, majd 1854-ben egy kiegészítő szerkezettel a körrácsok előállítását is. A szabályos működéshez nagyban hozzájárult, hogy az utolsó években az addig kézzel működtetett eszközt a "dinamóval", azaz motorként használt unipoláris géppel hajtotta. Az unipoláris motor nyomtatéka állandó, mentes a többpólusú villanymotorok nyomtatékának lüktetésétől.



Rácsai külföldön is ismertek és keresettek voltak. Ágense, Csapó írta Párizsból: Duboscq árulja rácsait, az amerikaiak is veszik, és örülnek, ha kapnak. Hogy miért, azt megvilágítja fizikustársa, a későbbi főapát, Kruesz Krizosztom 1855-ben kelt leveléből vett idézet: "Mult nyáron Kluman tanácsos nézte meg musaeumomat. E nagyon fenhéjazó férfiu, ki a magyarnak tudományosságáról tudni sem akart, ... úgy lépett be, hogy arcán a hivatalos megvetés és elfogultság gunymosolyát láttatá. ... A fénynél megállítottam. 'Szabadé mondám, egyik társunknak Jedlik egyetemi tanárnak vonalazott üvegeit bemutatnom?' ...kezébe veszi az üvegeket, midőn én hirtelen gyertyát gyújtaték 's az ablakokat bezáratám. Mély meglepetéssel állott ott a büszke ember! Az üvegeknek combinatioi még inkább érdekelték ugy, hogy 10 percig ki sem adta kezéből."

Optikai rácsai nagy pontosságú vonalazásukkal tehát távoli helyeken is ismertté tették Jedlik Ányos nevét. Az optikában azonban még egy találmánya volt: az 1865-ben közölt közel 90^0 -os fénytalálkozási tükörpár, amit 1886-os datálással Michelsonnak tulajdonítanak. Kezdetben Jedlik is Fresnel tükörpárját használta az interferencia bemutatására, amely azonban gyakran elhajlási csíkokat mutatott a fénytalálkozási kép helyett. Jedlik a két tükör érintkező széleinek hosszadalmas és esetleges beállítását egyszerűsítette le saját rendszerében.

Mi is a hő? – kérdezték sokan a múlt században. De a feltett kérdésre csak kevesen válaszoltak sikeresen. Jedlik közöttük volt. "A természetten jelen állapotában ... a meleg anyagok közé nem sorolatik, hanem az egész világon elterjedt lebegény (aether) valamivel nagyobb hullámú rezgésének állittatik, mint a minő a világosság származására szükséges." – írta Jedlik, könyvében, az 1850-ben kiadott Hőtanban. Majd így folytatja: "... a természetvizsgálók ... azon nagy hasonlatosságnál fogva, mely a meleg és a világosság között

létezik alaposan gyantíják, miként a meleg sugárainak sebessége vagy egyenlő a világosság sebességéhez, vagy attól nem sokban különbözik".

A fenti és egyéb hőtani megállapításait Jedlik a jelenségek bemutatásával igyekezett alátámasztani. Alapkísérletei a geometriai optikából ismert, azokkal párhuzamos gondolatmenetűek és felépítésűek voltak. Ezek azonban még magyarázhatók lennének a részecskeelmélettel is. Ami ebben a kérdésben egyértelműen dönt, az az interferencia kimutatása.

Az 1850-ben felvetett problémák és kérdések húsz évvel később már mint vizsgaanyag szerepelnek "a tanárképzési rendes növendékségért versenyzők számára", akik dr. Jedlik Ányos professzornál vizsgáztak. 1870-ben például a következőkre kellett választ adniuk: "1) Miképpen bizonyíthatók be a hősugarak különböző törékenysége és színezete? 2) Milyen úton-módon eszközölhető a hősugaraknak rezgésirányítása?"

A Jedlik-féle optikai rácsokat még évtizedeken át használták a magyar fizikusok. Ilyen rácsokkal készítette híres csillagászati felvételeit Herényben Gothard Jenő, sőt, még az 1950-es években is használatban volt néhány darab a Központi Fizikai Kutató Intézetben.

Jedlik, a tanár

Jedlik Ányos nemcsak az első magyar elektrotechnikus, nemcsak a Matematikai és Fizikai Társulat (a mai Eötvös és Bolyai Társulat) első számú tagja, hanem a fizika szakmódszertan megalapozója is. Ő az első tanár, akinek tanári munkássága kihatott a 20. század fizika oktatására. Jelképértékű, hogy Pannonhalmán is tanult, ott, ahol ezer éve megszületett a magyar iskola. Annak a rendnek a tagja lett, ahol először kezdtek tanítani Magyarországon.

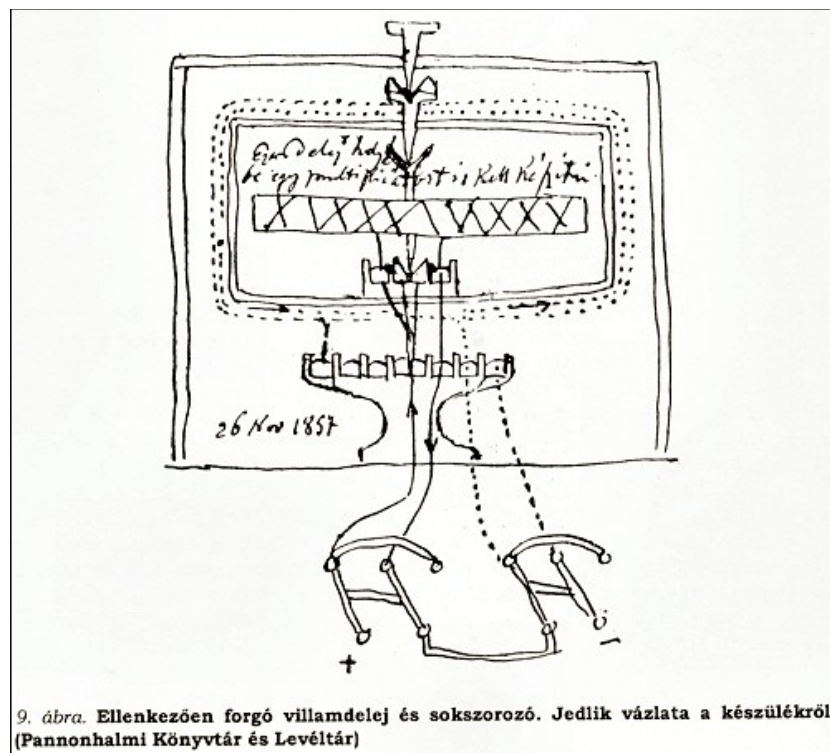
A mai magyarországi fizikatanárok egyenes- vagy oldalágon Jedlik Ányosig visszavezethetik tanári családfájukat. Jedlik és Eötvös Loránd összesen hét évet tanított együtt a budapesti egyetemen. Idősebb, tapasztalt, tekintélyes kollégától akaratlanul is tanul az ember. Ilyen értelemben tekinthetjük Eötvöst Jedlik tanítványának, a kísérletekre építő tanítás folytatójának. Az előadási kísérleteknél az érzékelhetőség, a jól láthatóság miatt nagy méretek, felfokozott hatások kellene. Nagyon valószínű, hogy Eötvös demonstrációs torziós ingájánál vagy a forgó mérleges, az Eötvös-hatást bemutató és a Föld forgási sebességét is mérő eszközénél a kitéréseknek a rezonancia segítségével történő felerősítése Jedlik hatás-sokszorozó berendezéseire vezethető vissza.

Mikola Sándor rövid ideig hallgatta Eötvös Loránd egyetemi előadásait, majd dolgozott ugyanabban a fizikai intézetben, ahol Eötvös – ha nem is közvetlenül a kezei alatt. Így biztos, hogy hatottak rá Eötvös egyetemi előadási kísérletei. Ez Mikola berendezéseinek elemzésével kimutatható. Mikola Sándor szertárát és módszereit Vermes Miklós vette át. Ő, miközben a csepeli Jedlik Ányos Gimnáziumban tanított, tanárgenerációkat oktatott a fizikatanítás módszertanára az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Közvetlenül vagy tanári kézikönyvein keresztül nevelte a közelmúlt fizikatanár társadalmát.

Jedlik felfedező tevékenysége is a tanítás vágyából fakadt: minden szóba jövő jelenséget meg akart mutatni tanítványainak. Készítette a szemléltető eszközöket, és eközben új dolgokat fedezett fel. Erre azért volt képes, mert igazán, mélyen, fogalmi szinten értette a fizikát. Megkockáztathatjuk, hogy elődei azért nem tudtak eredményesen tanítani, világos gondolatmenetű, jól tanulható tankönyvet írni, mert nem is értették igazán a fizikai törvényeket.

Jedlik benne élt Newton gondolatvilágában, és Wigner Jenőig előremutató látásmódja volt. Íme a bizonyíték: Jedlik az eszközök felhasználási módját is eláruló, 58 oldalas bekötött füzetében, az Ordo Experimentorumban latinul felsorolta azt a 292 előadási kísérletét, amelyre tanítása épült. Ezt a füzetet még Győrben, 1830 körül írta!

Az "Ordo" 289. kísérlete 1820-ból, Ampère-től ered: két párhuzamos, árammal átjárt vezető kölcsönhatása. Jedlik megértette a kölcsönhatás lényegét, a két vezető szimmetrikus szerepét. Természetes volt neki, hogy forgó mozgás létrehozásakor is két elektromágneket alkalmazzon: a vasmag nélküli szögletes tekercset, az ún. sokszorozót és az először lúdtoll-betétes, majd vasmagos tekercset, a villamdelejt. Megoldotta természetesen az áramváltás műszaki problémáját is. Mi azonban figyeljünk a tanárra! Az akció-reakció mechanikai elvét, a kölcsönhatást hangsúlyozza az elektromosság tanításakor. Ezért épít olyan motormodellt, ahol a sokszorozó tekercsben forog a villamdelej (1830), olyat, ahol a villamdelej körül forog a sokszorozó (1830), és végül olyat, ahol mindkét rész forog: ellenkezően forgó villamdelej és sokszorozó áramváltással és anélkül. Ez utóbbi csak 1857-ben, Pesten készült el, az elv és a többi eszköz azonban fellelhető a Győrben leírt "Ordo"-ban.



Jedlik Ányos Természettan elemei (Első könyv. A súlyos testek' természettana. Pesten, a szerző' sajátja. 1850. Szöveg közé nyomtatott 384 fametszettel. Emich. XVI. 544 p) c. egyetemi tankönyvéért 1858-ban akadémiai nagyjutalmat, 200 aranyat és bronz emlékérmét kapott. A javaslat hangsúlyozta, hogy "a munkában ... az elvont törvények saját észleletek és kísérletek által újból megállapítva; sőt önálló vizsgálatokkal is bővítve" vannak, "miáltal az olvasó egyéb tünemények megfejtésére is képesítettik".



150 évvel ezelőtt még alkotó munkának, tudományos teljesítménynek tartották a színvonalas tankönyvírást. Jedlik Ányos tankönyve nagy előrelépést jelentett kortársainak hasonló műveihez képest. Tudományos felkészültsége és önálló kísérletező hajlama alapján meg tudta valósítani a bemutatott kísérleteken alapuló fizikatanítást. Ő alapozta meg a fizikatanításban a fokozatosság elvét.

Bizonyítékul immár harmadik szemszögből tekintsük ismét a haladó és a forgó mozgás egységes kezelését. Jedlik mechanika tankönyvében a Segner-kerék tanítása előtt a (jó közelítéssel) haladó mozgást követő sztatikus helyzetet mutat: hosszú fonálra vízzel telt palackot függeszt, a palack aljából jobbra ömlik ki a víz, a palack balra kilendül. Ahogyan Segner zsenialitása ezen elrendezésre alapozva megalkotta a turbina őseit, a Segner-kereket, ugyanúgy az Ampère-féle, ellentétesen elmozduló vezetőkkel végzett kísérlet után azonnal a villanymotor modelljének demonstrációja következett Jedliknél.

Jedlik nemcsak oktatott a budapesti egyetemen, hanem nevelt is. 16-18 éves fiatalok voltak a kezei alatt, rájuk fért a nevelés. 1846-ban dékánként és az egyetemi tanács tagjaként tervezetet készített a régi egyetemi épület átalakítására. Ebben a tervezetben az előadóterem és a szertár (a múzeum) egymás mellé helyezésének indoklásaként ezt írta: "a másodévi bölcsészetieknek a múzeumbai leeresztése meg nem fékezhető rohanásuk és tolakodásuk miatt veszedelmes és igen rendbontó".

Jedlik nevelt kötelességtudatra, szorgalmas munkára, viselkedésre: "Kedves Hallgatóimat ... arra kérem és intem, miszerint az előadásokra szabott órákat fontos akadály nélkül soha el ne mulasszák, az e helyen történendő értelmezéseket mindenben kellő figyelemmel és ha szükséges, jegyzetekkel is kísérjék. Egymás iránt mívelt társalgási szabályok szerint szelídséggel s barátságos modorral megelőzőleg viseltessenek, tanítóik és egyéb előjáróik iránt, kiknek minden gondjuk és fáradságuk önök előmenetére irányozvák, nem szolgál, hanem bizodalmat és szeretetet lehelő engedelmességgel és udvariassággal viseltessenek". (Tanévnyitó beszéd, Pest, 1845. okt. 8.) Buzdított "az egyetemi rend és fegyelem szoros megtartására", "erőfeszítésre", az akarat megerősítésére, "kitartó türelemre" (Tanévnyitó dékáni beszéd, 1846).

Barátságos és segítőkész volt hallgatóival. Külön foglalkozott a tehetségesekkel: Stoczek Józseffel, a későbbi műegyetemi tanárral, Antolik Károllyal, a "szikrarajzok – Bugát-díjas – magyar úttörőjével", Hamar Leóval, aki Jedlik társa lett galvánelem-gyártó vállalkozásukban, Bierbauer Lipóttal, az akkumulátor-szakértővel, Palatin Gergellyel, osztógépének tökéletesítőjével és Kunc Adolffal, a modern szemléletű kísérletező tanárral.

Különös gonddal végezte a tanárjelöltek felkészítését: az ötvenes évek elejétől kezdve vezette a fizikai gyakorlatokat. A Tanárvizsgáló Bizottmány tagjaként 1861-től nyugdíjazásáig 154 gimnáziumi tanárjelöltnek tűzött ki érdeklődéséhez és képességeihez illeszkedő vizsgatételt, amelyeket igen gondosan, írásban elemzett. Megpróbált kutatókat nevelni: a legjobbak részére saját kutatásaihoz kötődő "jutalomtételeket" tűzött ki.

Jedlik, az akadémikus

Eötvös Lorándot nemcsak demonstrációs kísérleteinek kifejlesztésében, hanem a tudományos munka végzésében is segítette Jedlik Ányos példája és hatása. Jelképértékű, a szellemi rokonságot mutatja, hogy a Magyar Tudományos Akadémia III. osztálya ugyanazon a napon, 1873. május 21-én emelte tiszteleti tagjai sorába Jedliket (31 szavazattal 2 ellen), amikor levelező taggá választotta Eötvöst (30 szavazattal 4 ellen). Ugyanekkor lett külső tag "Petzval József és Thompson Vilmos". Akkoriban csak meghatározott számú belföldi tiszteleti és rendes tagja és tetszőleges számú levelező és külső tagja lehetett az Akadémia egy-egy osztályának.

Előbb azonban egyetlen ülésen, az 1858. december 15-i délutánin megválasztották Jedliket (és Aranyt, Petzvalt) levelező és rendes tagnak. Köszönő levelét "1859. januarius 23-dikán" írta meg, "biztosítván a M. Tudományos Akadémiát, hogy a velejáró kötelességeknek is, amennyire hivatalom engedi, és csekély tehetségem képesít, egész készséggel megfelelni törekendek".

Akadémiai székfoglaló előadási kötelességét hamar, egy éven belül, 1859. november 14-én teljesítette. A villanytelepek egész működésének meghatározása c. székfoglaló előadása tudományos remekmű. Nyomtatásban megjelent az Akadémiai Értesítőben (Mat.), 19. kötet, 1859. p. 291-311. Történeti áttekintéssel kezdődik. Galvanitól indulva Volta, Davy, Jacobi

munkásságán át eljut az áram mágneses hatásának Oerstedtől eredő 1820-as felfedezéséig. Szól az elektromágnes 1826. évi feltalálásáról (Sturgeon), majd így folytatja. "Alig lőn Sturgeon felfödözése ismeretes, azonnal többfelől törekedtek a természetvizsgálók, a villamdelejek hatását erőművek hajtására is alkalmazni": Dal Negro, Pádua, 1831: kerékforgatás, Stratingh, Becker, 1835, Gröningen, illetve Botto Torino: kocsiminták, és még csak nem is céloz arra, hogy az első áramváltós, kettős elektromágnesű motormodellt ő alkotta meg valamikor az 1820-as évek végén. Hihetetlen türelemről, gondosságról, körültekintésről, találekonyyságról tanúskodik az egész írás. A telep által termelt teljes elektromos energiát durranógáz-fejlesztés segítségével méri, 12 azonos egységből álló, automatizált berendezéssel. Részletesen ír az érintői tájoló (tangens galvanométer) segítségével történő, az áram mágneses hatásán alapuló hitelesítésről, a lehetséges hibák elhárításáról.

A gáz összegyűjtésével történő jelösszegezés és -tárolás olyan zseniálisan új gondolat, hogy még 1946-ban is sikerre vitte Bay Zoltán kutatógárdájának első európai Hold-radar kísérletét. Félelmetes a hasonlóság Jedlik 12 részes összetett forgó Volta-métere és a 10 coulométerből (Volta-méterből) álló, forgókapcsolóval működő radarjel-összegezõ között. Bay Zoltán Jedliktól függetlenül alkotott, Jedlik 100-150 évre előre dolgozott.

Jedlik kötelességteljesítő, és a maga nemében aktív akadémikus volt: ha feladatot kapott, azt pontosan teljesítette. Még nyugdíjas korában Gyõrbõl is eljár az ülésekre, de ha nem kérték fel, akkor nem jelentkezett előadásra azokkal a témákkal, melyeket pedig 1862 és 1864 között összeírt magának: "Tartandó előadások tárgyai a m. Tud. Akademia előtt:" A tizennégy téma a vonalazó géptõl, elektromos kutatási eredményein át a vízhullámok képzõdésének magyarázatára szerkesztett gépéig terjed.

1852-ben minisztériumi felkérésre Schneider Aphorismen c. mûvét kellett bírálnia. Alkotó képzelete ekkor is megrendült: minden hivataltól távolálló, jól felszerelt kutatóintézettrõl álmodott. Tudjuk, hogy ehhez 100 évnek kellett eltelnie. Alapítási évek: Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest, 1950, Atommagkutató Intézet, Debrecen, 1954.

Az 1896. évi Akadémiai Almanach az MTA "beltaigjai életkoruk szerinti" felsorolása utolsó alkalommal kezdõdik Jedlik Ányossal. Az 1897. évi kötetben már az Akadémia halottai közt található a nevét. Eötvös Loránd 1897. május 9-én tartotta meg Jedlik Ányos emlékezete c. szép beszédét, amelyet az Akadémiai Értesítõ VIII. kötetének 6. füzetében közölt (273-289. o.). "Közöttünk már csak emléke él tovább, nem mint szellemóriásé, a kit csak bámulni tudnánk, hanem mint úttörõ munkásé, a kit követhetünk."

IRODALOM

Ferenczy Viktor: Jedlik Ányos István élete és alkotásai I-IV. (Győr, 1936-39.)

Fröhlich Izidor (szerk.): Báró Eötvös Loránd Emlékkönyv, (MTA, Bp., 1930.)

Holenda Barnabás: Jedlik életrajza (Matematikai és Fizikai Lapok, 1928. 23-39. o.)

Horváth Tibor: Jedlik Ányos villamfesztői mai szemmel (Technikatörténeti Szemle 5., 1970. 161-171. o.)

Király Árpád (szerk.): Jedlik Ányos emlékezete (Jedlik Ányos Társaság, Bp. 2000.)

Kovács László (szerk.): Fejezetek a magyar fizika elmúlt 100 esztendejéből, (ELFT, Bp., 1992.)

Mayer Farkas: Jedlik Ányos mint tanár, kézirat

Opitz László: Jedlik Ányos automatagépe (Technikatörténeti Szemle 7., 1973-74. 125-139. o.)

Régi Akadémiai Levéltár Jedlik-címzési
