

## Lilienthal-levelek Martin Lajoshoz

Korunk nagyszerű műszaki alkotásai nem előzmények nélkül jelentek meg: nemzedékek hosszú sorának törekvései, felismerései és eredményei építették azt az alapot, amelyről új teljesítmények felé képes lendülni az emberi elme. Ezért nemcsak a kegyelet, hanem a jövőt munkáló akarat is arra kötelez, hogy emlékezzünk az elődökre.

Nemrégem múlt száz esztendeje annak, hogy a kolozsvári tudományegyetem felsőmennyiség-tani katedrájára — Martin Lajos (1827—1897) személyében — olyan professzor került, aki tevékeny életének, munkásságának középpontjába az utolsó száz év legnagyobb problémája: az emberi repülés megoldásának feladatát tűzte. Újkori technikatörténetünk egyéb vonatkozásokban is jelentős eredményei fűződnek nevéhez, amelyről az időközben itt-ott megjelent néhány rövid közlemény még mindig nem tudta eléggé lefűjni a feledés porát, holott életműve nemcsak számontartását, hanem példaképpé emelését is feladatunkká tenné.

Különös hajlama volt a tudományos elmélet és a gyakorlati problémák összekapcsolására. Minden érdeklődését felkeltő gyakorlati kérdés elméleti megfontolásra — az ő szavaival: „matematikai lefejtésre“ — indította; és fordítva, az elvont levezetések értelmét és értékét gyakorlati alkalmazhatóságuk jelentette számára. *A modern értelemben vett kutató* egyik korai megtestesítője volt, akinek munkásságát is ismertetni reménytelen próbálkozás volna. Felidézése mégsem hiábavaló, mert figyelmeztet arra a tartozásra, amelyet csupán életművének részletes feltárása és értékelése egyenlíthet ki.

Még említett professzori kinevezése előtt kezdett első, a levegőnél nehezebb repülő gépe, a „légsikló“ megtervezéséhez, és kortársait megelőzve, a repüléssel-mélet műszakilag is tudományosan képzett művelőjévé vált. Sokat foglalkozott a különféle csavarfelületek számításának és szerkesztésének elméletével, sőt elméleti eredményeinek gyakorlati ellenőrzésével is. Különös érdeklődésre tarthatnak számot a jó hatásfokú hajócsavar szerkesztésére irányuló vizsgálatai. Ezzel kapcsolatos eredményeit *Erőműtani csavarfelületek* címmel mutatta be a Magyar Tudományos Akadémia előtt 1870-ben.

A „gőzszárny“ körül végzett kutatásaival eljutott a gőzturbina alapelvének korai megfogalmazásához (1874). Kár, hogy megvalósítására a gyakorlatban nem nyílt alkalma. A „szélszárny“ problémakörében azonban már tovább ment az elméletnél. Olyan szélmotor szerkesztésével kísérletezett, amely a szél szabad energiáját nagyüzemi mezőgazdasági öntözőberendezés üzemeltetésére hasznosíthatja. Az általa szerkesztett, Tiszafüreden üzembe állított, alulcsapó vízkerékhez hasonló „vízszintes szélkerék“ éveken át zavartalanul működött.

Egyetemi tanári működése során új munkakörként átvette az 1755-ben alapított „csillagda” vezetését, s e feladatát negyedszázadon át kiválóan ellátta. Konkoly-Thege Miklóssal, a kor ismert csillagászával a csillagda felszerelésére és munkájára vonatkozó levelezése külön is érdekeltő.

Még az 1848—49-es szabadságharc alatt, honvédtüzér korában ragadta meg figyelmét a rakéták kérdése. Az akkoriban általánosan használt „hadi röppentyűk” irányítása bizonytalan volt — és a kezelőre nézve szinte veszélyesebb, mint az ellenségre. A hadirakéták elméletével foglalkozva ismerte fel, hogy a hossz tengelye körül forgó rakéta biztosabban halad pályáján, és sebessége is fokozódik; kidolgozta tehát a forgó mozgást végző, súlypontját változtató repülő test röppályájának egyenletét, és megszerkesztette az első forgó rakétát. 1856-ban az osztrák hadsereg mérnökkari parancsnoksága megbízta a léggömb kormányozhatóvá tételének és hadászati alkalmazhatóságának tanulmányozásával. Martin nem hitt abban, hogy a léggömb kormányzása megoldható, a repülés problémája azonban megragadta, és végigkísérte egész életén.

Martin abból az alap gondolatból indult ki, hogy az emberi repülést a madár repülését utánzó mechanizmussal kell megoldani. Kora tudományos közvéleményének jó részével szemben azt állította, hogy a levegőnél nehezebb test repülése lehetséges: a madarak repülésében maga a természet mutat rá példát. Eleinte a madárszárny sikló mozgásában látta a megoldást — és ilyen irányú tanulmányaival a vitorlázó repülés egyik előfutárává vált. Később a szárny csapkodó mozgásának mechanikus utanzására, ún. „Ornithopter” szerkesztésére kerestett megoldást.

Első repülőgépét „légsikló”, majd egyszerűen „sikló” néven, 1870-ben kezdte tervezni. Eredményeit Kolozsvárott őrzött egykorú kézírata tartalmazza (*Entwurf der Flugmaschine Sikló, von Dr. L. Martin univers. Prof. in Klausenburg, az RSZK Akadémiája kolozsvári fiókjának történeti levéltárában*). Első kísérleti ornithopterét 1871—75 között építette, majd 1889—91 között „Sólyom” néven másik kísérleti gépet szerkesztett, melynek mechanikáját 1891-ben szabadalmaztatta.

Elképzelése szerint a gép törzséhez csuklósan csatlakozó szárnyak föl- s almozgatása a gépet felemeli, majd kellő magasságba érve a szárnyak megfelelő szögben tartásával lehetségessé válik a tovasiklás. Ebből az alap gondolatból indult ki egyébként a repülés csaknem mindegyik úttörő kísérletezője — Martin után jó negyedszázaddal a neves Otto Lilienthal (1848—1896) is. Repülőgép szárnymozgással való felemelkedése elvben valóban lehetséges: az „ornithopter” nem fantazmagória, megalkotása napjainkban is foglalkoztat egyes szakembereket. Martin korai kísérletei, majd az ezt követő próbálkozások azonban *akkor* nem sikerülhettek, mert még nem állt rendelkezésre megfelelő erőgép. Az úttörőknek a siklórepüléssel is csak úgy lehetett kísérletezniük, hogy valamilyen magaslatról tovalendülve lebegtek néhány percig. Ezt tette O. Lilienthal is, aki később életével fizetett vakmerő kísérleteiért. Martin, mint minden tudomására jutott repülő próbálkozást, figyelemmel kísérte Lilienthal tevékenységét is; eredményeire mintegy ellenőrzésként saját matematikai képleteit alkalmazta.

1891-ben Martin megküldte *Madárrepülés általános elmélete* című tanulmányának példányait a berlini Verein für Förderung der Luftschiffahrt szövetségnek, amelynek Lilienthal vezető személyisége volt, s ez alkalommal a kísérőlevélben megjegyzéseket fűzött Lilienthal *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst* című, 1890-ben kiadott művéhez. Lilienthal e recenziókra válaszolva levelezést kezdeményezett, s arra kérte Martint, magyarázza meg általa hibásnak vélt számításait. Lilienthal eddig nyilvánosságra nem hozott leveleit Martin családja — Martin Lajos halála után — egyéb iratokkal együtt 1913-ban a volt Erdélyi Múzeum Egyeslet-

nek adta át megőrzésre, ahonnan az RSZK Akadémiája kolozsvári fiókja levéltárának történeti részlegére került, s itt őrzik ma is. A nyilvánosságra hozásukhoz fűződő tudományos érdek indokolja, hogy egész terjedelmükben közreadjuk őket.

1.

Berlin, 1891. augusztus 13-án.

Igen Tisztelt Professor Úr!

A Léghajózási Szövetség vezetősége megküldte nekem az Ön előadását és augusztus 5-i becses kéziratát. Az előbbiért kifejezem Önnek legőszintébb köszönetemet. Ami levelét illeti, először is hangot kell adnom afölött érzett öröömnek, hogy a madárrepülésről szóló könyvemet oly beható vizsgálatra érdemesítette.

A szárnyas készülékemmel kapcsolatos számításában, amelyről szerkesztőségi tagként be kell számolnom a Szövetségnek, van azonban egy tévedés, amelyről talán jobb, ha először privát úton levelezünk, mielőtt sor kerül a vita közlésére.

Az alá nem támasztott repülő test egy szárnycsapás alatti esési magasságából Ön következtet arra a munkára, amelyet az emelő légellenállás létrehozására fel kell használni. Nekem úgy tűnik, hogy ez elvben nem helyes. Először is azért, mert az emelőmunka a szárny nagyság függvénye, amely az Ön képletében elő sem fordul. Minél nagyobbak a szárnyak, annál lassabban kell őket mozgatni és annál kisebb lesz az ehhez szükséges munka. Véleményem szerint a repüléshez szükséges munkát csak úgy lehet kiszámítani, hogy a szárny nagyságot vesszük alapul, és a felfelé nyomott szárnyak szükséges sebességét a keletkezett légellenállással, vagy ami ugyanaz, a megemelendő súllyal beszorozzuk. Az említett példában így jártam el, és a másodpercenkénti valódi mechanikai munkára 72 kgm-t kaptam.

Másodszor megengedhetetlennek tűnik nekem, hogy a repülési munkát a szárnycsapások számának függvényeként határozza meg, amikor azt mondja, hogy nem a szárnycsapások száma, hanem a szárnysebesség  $A = \frac{G \cdot g}{4n}$  mérvadó a munkára nézve. Szükségképpen mindegynek kell lennie, hogy egy másodperc alatt a szárnyakat egy méterrel, vagy kétszer egy fél méterrel mozgatom lefelé.

Az Ön képlete szerint azonban a repülési munka annál kisebb lesz, minél nagyobb a szárnycsapások száma, függetlenül attól, hogy nagyok-e vagy kicsik a szárnycsapások.

Legyen olyan kedves, közölje velem a véleményét ezekről a dolgokról.

Legőszintébb híve

Otto Lilienthal

2.

Otto Lilienthal Gépgyár  
Szakterület: veszélytelen gőzkazánok.  
Gőzgépek, fűtések, erőátvitel.

Berlin, 1891. augusztus 22-én.

S.O. Köpnickerstrasse 110.

Igen Tisztelt Professor Úr!

Értékes és kimerítő fejtegetéséiért fogadja legőszintébb köszönetemet. Levelének visszatérítése egy könyvelő elnézése miatt történt, s kérem ismételt elküldését. Végtelenül sajnálnám, ha első levelére írt válaszonak más jellege lett volna, mint a szigorúan tárgyilagos okfejtése. Ha Önnek úgy tűnt volna, biztosítom arról, hogy ez nem volt szándékomban, s csupán az a gondolat vezérel, hogy előmozdítsam az igazságot.

Nagyon örülnék, ha a kérdéses pontot tisztázhatnánk. 18-án kelt levelét a lehető legalaposabban áttanulmányoztam, és sokat törtem magam, hogy belássam okfejtése helyességét; sajnos, nem jutottam el odáig, hogy tiszta

tudattal és jó lelkiismerettel helyesként ismerhessem el az Ön  $A = \frac{G \cdot g}{4n}$

képletét. Nem hiszem, hogy nézeteink azonos alapon állanak, különben számításaink nem vezetnének oly különböző eredményekhez. S éppen az eredmény különbözősége az, amiről szó van. De hiszen csak egyikünknek lehet igaza. Az egyik oldalon tévedésnek kell lennie. Ön azt mondja, hogy az  $n$  nem elvont szám, s mégis úgy alkalmazza a képletet, hogy a másodpercenkénti szárnycsapások abszolút számát helyettesíti be. Ezzel az alkalmazással a képletnek mindig valamilyen helyes eredményhez kell vezetnie. Azt mondja, hogy készülékem két szárnycsapást végez másodpercenként, tehát  $n=2$ .

40 kilót kell emelnie, vagy hordania, tehát  $G = 40$ ; ergo  $A = \frac{40 \cdot 9,81}{8} = 49$ .

Képletében mindig egy egészen makacs ellentmondásba ütközöm, és pedig a következőképpen. Feltételezzük, hogy készülékem szárnyait módosítanám, eszerint a szárnyak kb. azonos hosszúságúak maradnának, de a szélességüket  $1/4$ -ére csökkentenénk. Az egész felület ekkor az előzőnek egynegyede lenne. Hogy most ugyanazt a hordhatást elérhessem, a szárnyakat éppen kétszer olyan gyorsan kellene mozgatnom. Kétszeres sebesség esetén négyszeres emelő légellenállást kapok. De mivel a felület csupán  $1/4$ -e az előbbinek, ugyanazt a 40 kilós hordhatást érem el.

Tehát minden ugyanaz marad — a szárnyhossz, a csapások száma, a hordhatás —, csupán másodpercenként két szárnycsapás helyett négyet kellene tenni. Hogy ezáltal több vagy kevesebb munkát kell végezni, azt az

Ön képlete mondja meg, amelyben most  $n = 4$  és  $A = \frac{40 \cdot 9,81}{4 \cdot 4} = 24,5$ .

Kételkedem azonban abban, hogy az Ön saját nézete szerint, ha a kisebb szárnyakkal négy csapást végezek, ezzel kevesebb munkára van szükségem, mint hogyha másodpercenként két szárnycsapással megelégszem. A gyakorlat engem másra tanított. Hol van itt az ellentmondás? Nagyon kérem, mondja el erről a véleményét; hiszen képlete nem egy esetre, hanem minden esetre érvényes.

Ha megengedi, bátorodom erről alkotott véleményemet közölni. Am semmiképpen sem tartom magam csálhatatlannak, és megvetek mindenféle haszontalan polémiát; az igazság kedvéért csupán le akarom írni pontosan, mit gondolok erről az esetről, s tiszta szívemből kívánom, hogy azután Ön is közölje velem, mi a véleménye fejtegetéseimről. Így tisztázhatjuk leggyorsabban a dolgokat. Nem arról van szó, hogy kinek van igaza, hanem hogy mi az igazság és mi marad örökké igaz.

Ön a következőképpen érvel: ha az emelő légellenállás nem volna, akkor a test egy szárnycsapás alatt egy bizonyos távot zuhanna, úgyhogy ez a nehézségi erő munkáját bizonyítja. Ebből arra a következtetésre jut, hogy a légellenállás munkája vagy a repülési munka egyenlő a nehézkedési erőnek ezzel a munkájával, s ez véleményem szerint téves következtetés. Azt hiszem, nem lehet e két munkát azért összehasonlítani, hogy helyes következtetésekre jussunk. Repülés esetén a fő feltétel nem az, hogy bizonyos munkák kiegyenlítik egymást, hanem az, hogy bizonyos erők felelnek meg egymásnak, és én így határoznam meg: valamely test akkor repül, ha egy olyan, alulról fölfelé irányuló légellenállás hat rá, amely legalábbis egyenlő a test súlyával. Hogy ez a légellenállás miként keletkezik, az önmagában érdektelen: felszálló légáramlás vagy lefelé csapó szárnyak vagy oldalt fordított csavarok révén. Az alkalmazott eszköztől függ majd a kifejtendő munka. Repülés akkor jön létre, ha a két erő egyensúlyban van, a nehézkedési erő és a légellenállás. Az eredmény végül az, hogy a nehézkedési erő nem érvényesül, de ami nem jut érvényre, azzal én nem is számolhatok. Végletesen fogalmazva így lehetne mondani: valamely asztal akkor végez munkát, ha egy nehéz tárgy rajta fekszik; mert ha az asztal nem létezne, akkor a tárgy leesne, és a nehézkedési erő végezné el a megfelelő asztal-munkát. Kérem, ne vegye rossz néven ezt a hasonlatot, csak tülnöni akarok, hogy a lehető legélesebben jellemezhessek.

Az Ön képletének voltaképpen minden közegre érvényesnek kellene lennie, mert az Ön felállítása szerint általános érvénye van. Ha az én készülékemmel vízben akarok repülni, akkor természetesen csak nagyon lassan kell csapnom a szárnyakkal, hogy ne süllyedjek el, még akkor is, ha túlsúlya a vízben 40 kiló lenne. Ennek a lassú szárnycsapásnak azonban az Ön képlete esetében, a nagyon kis  $n$  értékkel a nevezőben, nagyon nagy  $A$  mechanikai

munka lenne a következménye, ez pedig ismét nem egyezik a valósággal. Ez újabb ellentmondás, amelynek a tisztázására megkérném Önt, mielőtt a folyóirat szerkesztőségéhez irását eljuttathatom.

Legőszintébb híve  
Otto Lilienthal

3.

Berlin, 1891. augusztus 22-én.

Hogy milyen mechanikai munkát kell felhasználnunk a szükséges légel-  
lenállás létrehozására, az attól a közegtől függ, amelyben repülni akarok, s  
függ a szárnyak nagyságától, alakjától és mozgási módjától. Hogy a nehé-  
kedési erő milyen munkát végezne, ha a szárnyak nem működnének, annak  
véleményem szerint semmi köze a repülési munkához, amíg a szárnyak mű-  
ködnek. Azt sem tudom, hogy a d'Alembert-elvet hogyan hozzam összefüggésbe  
az Ön képletével, mert ha fel akarjuk állítani a repülő testen úgynevezett el-  
vesztett erők közötti statikus egyenletet, akkor a vizsgált rendszerhez hozzá  
kell számítanunk a körülvevő, mozgásba jövő légtömeget is. Nem a nehé-  
kedési erő emészti fel a repülési munkát, hanem az örvénylésbe hozott, kö-  
rülvevő légtömeg emészti fel a mechanikai repülési munkát. A lebegésben  
maradás tulajdonképpen mellékterméke a repülési munkának, amely a lég-  
ellenállás létrehozásában, illetve legyőzésében áll.

4.

Berlin, 1891. szeptember 11-én.  
S.O. Köpnickerstrasse 110.

Igen Tisztelt Professor Úr!

Legutóbbi levelemre még nem kaptam meg becses választát; nagyon  
örülök, ha értesítene véleményéről az én utóbbi észrevételeimet illetően.  
Rendkívül sokat jelent nekem jelen esetben az igazság kiderítése, és nagyon  
hálás lennék, ha nyíltan megírná, hogy helyeseknek, vagy téveseknek tartja-e  
következtetéseimet.

Legőszintébb tisztelettel  
Otto Lilienthal

5.

Martin Lajos Úrnak,  
a kolozsvári egyetem professzorának

Berlin, 1891. november 10-én.

Több utazás után csak ma jutok el két utóbbi levele megválaszolásához,  
s mindenekelőtt ki szeretném fejezni köszönetemet fáradozásáért, hogy szá-  
momra világossá tegye nézeteit. Bármily érdekesek is fejtegetései, mégsem si-  
került meggyőződnöm helyességükről. Ugyanis még mindig nem tudom be-  
látni, hogy a légellenállás s útját, amellyel a légellenállástól végzett mun-  
kát kiszámítja, hogyan teheti egyenlővé azzal az esési úttal, amelyet a test  
szárnycsapás nélkül ugyanabban az időben tenne meg. Ez véleményem sze-  
rint megengedhetetlen, s ebben rejlik a véleményeink közötti különbség lé-  
nyege.

Ezért azt hiszem, hogy elméleteink semmiképpen sem állnak azonos ala-  
pon, s csak akkor lehetnének egységesek, ha itt is fednék egymást, ami fej-  
tegetései után számomra nem tűnik lehetségesnek.

A Léghajózási Szövetség bizottságához írtézt levelét eljuttattam az  
illető címre, s Ön onnan kap majd további értesítést.

Tisztelettel  
Otto Lilienthal

Mészáros Vince—Nicolae Cordos