A LEBEGŐ KERÉK BEMUTATÁSA.

Dr. Martin Lajostól.

(Az V. táblán négy ábrával.)

Már öt éve mult, mióta „*A madár-repülés általános elmélete*" czímű értekezésem első részével e helyen nyilvánosság elé léptem; azóta még más négy folytatása következett. Mindenikben azokat a viszonyokat vizsgáltam, melyek a lebegő test súlya, a dolgozó szárny területe, a gyorsasága, a csapások száma s a mind ezekhez megkivántató mnnkafejlesztés közt fenállanak.

E számítások bizonyos részletei már régen múlt időkben keletkeztek. Czéljuk mindig az volt, hogy a mesterséges repülés törvényeit kikutassam a végre, hogy azok alapján repülő gépet lehessen szerkeszteni, mely a léghajózás kérdését teljesen megoldja. A számításom elméleti része a IV-ik közleménynyel ki lévén merítve, hozzáfogtam a gyakorlati kivitelhez. Még 1891-ben tettem egy fel és alá oscilláló szárnykészülékkel kisérletet; az első 64 cm.-nyi sugarú szárny huszonnégy másodperczenkénti csapásoknál letört, az oscilláló tömeg nem volt képes a fejlődő tehetlenségi nyomatékokat kitartani, erősebb szerkezetnél a tehetlenségi nyomaték megint anynyira megnövekedett, hogy kénytelen voltam az oscilláló szárny eszméjét a tehetlenség okozta munkaveszteségek miatt elejteni.

A kisérlet oscilláló szárnynyal nem sikerűlvén, átláttam, hogy a szárnycsapásonként meg-megújuló veszteségek kikerülésére okvetetlen szükséges, hogy az oscilláló mozgást folytonos körforgással pótoljam. Ezt elértem olyan szerkezettel, melynél a folytonosan körben forgatott szárny a körútjának csak bizonyos ψ szögtérén belűl marad kifeszítve, a körpálya többi ($360-\psi$ szögtérnyi) részén pedig be van vonva. A végre a körben forgó szárny oldala mellé egy igazító készüléket alkalmaztam, mely a ψ szögtérre lépő szárnyat kifeszíti, ellenben az abból kilépőt bevonja. És mivel a körben körűlvezetett szárny, ha ψ szögtérben mozog, mely csak kicsiny lehet, azt sokkal hamarább át fogja futni, mint a nálánál nagyobb: $360-\psi$ foknyi szögtért, nehogy a szárny activ működésére következő szünetelés a lebegést a sohasem szünetelő gravitatio negativ hatása miatt meghiusítsa, szükséges, hogy a dolgozó szárny tengelye egy másik hasonló alakú szárnyat kapjon, mely amazt felváltja, mihelyt az a ψ szögtért elhagyja. S mivel szükséges, ha e második szárny a ψ tért elhagyja, hogy egy harmadik azt pótolja s így folytatva egy negyedik a bevonuló harmadikat: kevés meggondolás után a lapátkerék eszméje előtt állunk. A szárnyak t. i. nem egyebek, mint a kerék kerületében körűlállított lapátok.

Ezt az eszmét *már előre jeleztem a multkori utolsó* V-dik közleményem végén, a melyben felteszem, hogy a forgási tengely m szárnyakkal van felszerelve, melyek a $\psi = 2\pi/m$ szögtéren belűl mindigki vannak feszítve, a többiek: $2\pi.\left(\frac{m-1}{m}\right)$ körút mentén bevonva maradnak. S mindjárt az alkalommal véghezvittem azon átalakításokat is, melyek az oscilláló szárnynál érvényes formulákban beállanak, ha az oscilláló mozgást folytonos körforgásra változtatjuk át s a lapátokat forgás közben majd bevonjuk, majd megint kinyújtjuk.

Ime, van szerencsém ez alkalommal az I. ábrában egy olyan szerkezetet bemutathatni, mely ezen eszme szerint készűlt. A kerék tizenkét lapátú.

Az *I. ábra* a kerék átmetszése, ha azt a keréktengelyen keresztűl menő síkkal vágjuk. PQ a keréktest, AC a bevont, BD a kinyújtott lapát, melyek C illetőleg D csapokon járnak. A lapátok C és D csapok körűl megvasalvák; e vasalásokból kiállanak az f és g illetőleg k és h igazító szögecskék. A kerék előtt áll szilárdan állítva a csésze alakú lapátvezető, melynek FK feneke egyuttal egyik csapágya a keréktengelynek ; FK lapot körűlveszi mn (bádogból készűlt s a fenékre ráforrasztott) hengerpalást, melynek felső szélét mn (3 mm. vastag) drót körülszegélyezi. Ez a drót tartja fogva a lapátok igazító szögecskéit.

A *II. ábra* a kerék homlokrajza, ha azt a lapátvezető oldaláról szemléljük, mely a kereket nagyobb részt eltakarja. FKLM a lapátvezető, FK és LM két egymásra merőleges átmérő, melyek a lapátvezető csészét négy quadransra osztják. LFM szegélyvonala félkör, LM az átmérője. LKM félellipsis; LM a nagy tengelye, KO a kis féltengelye. ABCD a keréktestnek a vezető által el nem takart kerülete, melybe a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 . . . a_{11} a_{12} lapátok be vannak akasztva. Az LFK félkörben álló a_4 a_5 a_6 a_7 a_8 a_9 a_{10} lapátokat a vezető bevonva tartja; a_4 ép most kezd (ha a kerék a nyíl irányában forog) a bevontak sorából kilépni; a_{10} ellenben épen most tért vissza a bevontak sorába. Az LKM félellipsisben időző lapátok közűl a_1 lapát egészen ki van nyújtva, az EK quadranson elhaladó a_3 a_2 lapátok felvonuló, a_{12} és a_{11} megint bevonuló félben vannak. Ilyen berendezésnél látni való, hogy a tizenkét lapátból mindig hét vesztegel s csak öt lapát van egyidejüleg működésben.

A mintakerék méretei a következők: a keréktest (koszorú) átmérője 112 mm., a kinyújtott lapát sugara 280 mm., a szélesség 45 mm., vastagsága 3 mm. A lapátok fenyőfából, a többi alkatrész bronszból, a tengelyek és csapok aczélból készűltek. A bronszból készűlt lapátvezetőnek félkör alakú része sugara 52 mm., ez elliptikus alakú rész kis féltengelye 42 mm.

A kerék egy 50 cm. hosszú és 10 cm. széles keretbe lett befoglalva úgy, hogy a lapátkerék a vezetővel együtt a keret egyik hosszoldala mellett helyet nyert. A kerék tengelye a kereten keresztűl volt vezetve s ezen a kereten belűl lévő része csigával volt felszerelve; ugyanazon keret másik felében alkalmazva volt a hajtó korong, mely hajtó-szíjjal elébbi csigával összekapcsolva volt. A hajtó-korong és csiga sugarai úgy viszonylottak egymáshoz, mint 4 : 1. — A hajtó-korong tengelyén egy vele szilárdan összekötött 40 mm. sugarú 85 mm. hosszú fahenger foglal helyet, melyre a hajtósúlyt hordozó zsineg reá van tekerve. E berendezés működése már most magától megérthető: ha a felhúzott hajtó-súly szabadon bocsáttatott, ez a hengert s azzal együtt a hajtó-korongot, ez megint a hajtószíjak közvetítésével a csigát s így hát végre magát a lapátkereket forgásba hozta. A forgás kezdetben meggyorsúl; a megindúlás pházisa véget ér, mihelyt a levegő ellenállása a meggyorsúló lapátokra a hajtó-súlylyal dynamikus egyensúlyba lép.

Ez volt azon mintakerék, mely f. é. julius hó elején a végre készült, hogy egyfelől az eszme kivihetőségét constatáljam s másfelől a kérdést tisztázzam, vajjon igazolja-e a tapasztalás a formulákat, melyeket én tisztán elméleti úton lefejtettem volt.

II.

Wellner brünni tanár, Parseval bajor hadnagy, Lilienthal berlini gépgyáros és mások abból a nézetből indúlnak ki, hogy a tengelyek körűl forgatott szárnyak ellenállása a gyorsaságok quadratumai, a munkájuk pedig ezek kubusai szerint növekedik. Azonban azon elvek szerint, melyeket „a madárrepülés általános elmélete" czímű értekezésemnek alapjáúl vettem volt, másként áll a dolog a lebegő testeknél. Itt ugyanis az merűl fel, hogy G teher, melyet a csapdosó szárny lebegve tart, a gyorsaságok cubusai, ellenben a munka a gyorsaságok quadratumai szerint növekedik. Ez amannak megfordítottja lévén, az a kérdés támad: melyik a kettő között a helyes? Ennek eldöntésére szolgál az első kisérlet, mely a III. ábrán körvonalozva van: *yuv* asztalon *fs* keret (léczekből) *sr* szorítóval verticalis állásban szilárdan fel volt állítva. Ezen *fs* keretben felfüggesztetett a mintakereket és hajtókorongot összefoglaló *ab* keret, úgy hogy az *o* csap körűl (mely egyuttal a hajtókorong forgási tengelye is volt s a végre úgy az *ab*, mint az *fs* keretek mindkét oldalain keresztűl volt vezetve) szabadon fel és alálenghetett. Hogy az *ab* keret magától horizontalis maradjon, *b* végébe a nehezebb *oa* rész kiegyenlítésére T súly akasztatott fel. Az *ab* keret e szerint tehát nem volt egyéb, mint balancier, mely o súlypontjában fel volt függesztve, s a körűl szabadon fel és alá járhatott.

A *gh* hajtókorong hengerére feltekert zsineg (madzag) az ablakív alatt alkalmazott *x* csigához volt felvezetve s onnan szabadon lelógva *S* hajtósúlyt hordozta. Már most magától megérthető a dolog: ha S hajtósúlyt szabadon bocsátjuk, ez *gh* korongot, ez megint *kl* csigával együtt a lapátkereket fogja megindítani. S hogy a kerék forgásánál fejlődő belső rázkódások gyengíttessenek, *ba* keretnek *a* vége $\alpha\beta$ rugómérleggel lett alátámasztva, mely *apq* könyökemeltyűnek *pq* karával AB kőrsectoron a fejlődő lökéseket kimutatta, nagyobb vagy kisebb kilengései szerint.

A tulajdonképeni kisérletet előkisérletek előzték meg, Hogy a forgás gyorsasága meghatároztassék, *cx* szalagon (III. ábra) *m* és *n* helyek, melyek egy méternyire voltak egymástól, színes jelekkel lettek kitűntetve; másfelől meghatároztatott, hogy hány forgást kell a lapátkeréknek végeznie, ha ezen egy meternyi útrész a hengerre rá- vagy arról letekerődik. A forgások száma 32-nek találtatott. Maga a kisérlet pedig csak abból állott, hogy az idő (másodperczekben) megfigyeltessék, a mely megkivántatik, hogy egy bizonyos S hajtósúly egy méterrel lesűlyedjen.

A kisérletnél tehát ismeretes volt S erő és t idő, abból lehetett L munkát és u forgásokat (egy másodperczben) meghatározni. Mert az előzetes meghatározások szerínt: $ut = 32$ és $h = 1$, végre $L = \frac{S \times 1^m}{t} = S/t$ volt. Ezeknek meghatározása után a kisérlet $S = 3$ kgnál megkezdődött. A 3 kgnál a gép ugyan magától lassan megindúlt, de valahányszor a hajtószíjak csomósabb helyei korong és csigához ütődtek; a mozgás fönakadt pillanatig, de nem sokára megint magától megindúlt. $S = 3^1/_2$ kg-nál a gép menése élénkebb volt, s a szíjjak csomói nem állították meg a menetet, habár azokat a menésben még érezni lehetett. Megjegyzendő most még, hogy a mintakerék súlya (beleszámítva az őt befogó keretet is) $= 3$ kg.

Végre következő négy mérés hajtatott végre:

I) $S = 4$ kg $t = 40$ mp. II) $S = 5$ kg $t = 32$ mp. III) $S = 6$ kg $t = 27$ mp. IV) $S = 7$ kg $t = 23$ mp.

Ennélfogva a formula szerint: $L = S/t$ és $u = 32/t$ rendezve egymásután:

$L_1 = {}^4/_{40} = 0{\cdot}1$ $L_2 = {}^5/_{32} = 0{\cdot}15685$ $L_3 = {}^6/_{27} = 0{\cdot}22222$ és $L_4 = {}^7/_{23} = 0{\cdot}30435$ munkák és $u_1 = {}^{32}/_{40} = 0{\cdot}8$ $u_2 = {}^{32}/_{32} = 1{\cdot}0$ $u_3 = {}^{32}/_{27} = 1{\cdot}185185$ és $u_4 = {}^{32}/_{23} = 1{\cdot}39130$ forgások nyerettek.

A négy kisérletet combinálván, a munkákra nézve:

$L_1/L_2 = 0{\cdot}64$ $L_1/L_3 = 0{\cdot}45$ $L_1/L_4 = 0{\cdot}7031$ $L_2/L_4 = 0{\cdot}5133$ $L_3/L_4 = 0{\cdot}7300$.

Ellenben a forgásokra nézve:

$u_1/u_2 = 0{\cdot}8$ $u_1/u_3 = 0{\cdot}6749$ $u_1/u_4 = 0{\cdot}5606$ $u_2/u_3 = 0{\cdot}8438$ $u_2/u_4 = 0{\cdot}7187$ $u\ /u_4 = 0{\cdot}850$; ez utóbbi számsort quadratum- és cubusra emelvén, a quadratumok sora:

$(u_1/u_2)^2 = 0{\cdot}64$ $(u_1/u_3)^2 = 0{\cdot}4553$ $(u_1/u_3)^2 = 0{\cdot}3342$ $(u_2/u_3)^2 = 0{\cdot}7119$ $(u_2/u_4)^2 = 0{\cdot}5165$ $(u_3/u_4)^2 = 0{\cdot}7255$.

Ellenben a cubusok:

$(u_1/u_2)^2 = 0{\cdot}512$ $(u_1/u_3)^3 = 0{\cdot}3073$ $(u_1/u_4)^3 = 0{\cdot}1761$ $(u_2/u_3)^3 = 0{\cdot}6006$ $(u_2/u_4)^3 = 0{\cdot}37;3$ $(u_3/u_4)^3 = 0{\cdot}6141$.

Összehasonlítván a quadratumok és cubusok sorát a munkaviszonyok sorával, tapasztaljuk, hogy a munka, melyet a hajtósúly végez, a forgások quadratumai szerint növekedik, tehát áll az arány: $L : L_1 = u^2 : u_1^2$. Wellner, Parseval, Lilienthal és elvtársainak az állítása tehát meg van czáfolva.

III.

Kisérletem döntő; mert szerinte tény, hogy a munka nem a gyorsaság cubusa, hanem quadratuma szerint növekedik, tehát bizonyossá vált, hogy a levegő ellenállása a repdeső mozgásnál nem azt a törvényt követi, melyet folytonos forgásnál constatáltak. De ennek még más fontosabb következményei vannak.

Ha az elébbi kisérleti sorozatban a felelkező S és u értékeket vizsgáljuk, azt tapasztaljuk, hogy $S : S_1 = u : u_1$; másfelől láttuk, hogy L és u értékekre nézve ez az arány áll: $L : L_1 = u^2 : u_1^2$. Ehhez csatlakozik még egy harmadik arány. A munka formulája, elméletem szerint, ez: $L = \frac{Gg}{2n}$. Ebből $G = \frac{2nL}{g}$ tehát: $G : G_1 = nL : n_1L_1$; ezt az elébbi proportióval összeszorozván, nyerjük: $G : G_1 = nu^2 : n_1 u_1^2$. Ámde a tizenkét lapátú keréknél, ha az u forgást tesz, $12u = n$ lapát jut működésre, ennélfogva áll a proportio: $n : n_1 = u : u_1$, ezt az elébbivel összeszorozván: $G : G_1 = u^3 : u_1^3$. Ebből következik utóvégre, hogy S L és G mennyiségek három ily alaku egyenlet:

$S = \alpha u$ $L = \beta u^2$ és $G = \gamma u^3$ által kifejeztetnek, a hol $\alpha\, \beta\, \gamma$ bizonyos constansok. Meghatározásukra szolgál következő eljárás: mivel ha $u = 1$, a 12 lapátu minta-keréknél: $S = 5$ és $L = 0{\cdot}15625$ volt: $\alpha = 5$ és $\beta = 0{\cdot}15625$, ennélfogva:

$S = 5u$ és $L = 0{\cdot}15625\, u^2$. Továbbá miután: $G = \frac{2nL}{g}$ és $n = 12u$ volt, tehát: $G = \frac{24uL}{g}$, miből ha G és L helyett: γu^3 és βu^2 tétetik:

$\gamma u^3 = \frac{24u\beta u^2}{g}$ azaz: $\gamma = \frac{24\beta}{g} = 0{\cdot}38242$ következik. A minta keréknél tehát a három formula ez:

$$S = 5u \quad L = 0{\cdot}15625u^2 \text{ és } G = 0{\cdot}38242u^3.$$

A két első formula tényleg már be van bizonyítva a kisérlet által; hogy a harmadik is bebizonyíttassék, a IV-ik ábrában körvonalozott kisérletet kellett megtenni.

BCD ötfokú lépcső A asztalon áll. CD lépcső-támasz K és L csapok segítségével KM és LN egyenlő hosszú karokkal, melyeket csapjai körűl tetszés szerint forgatni lehetett, felszereltetett. E karoknak M és N végeire lett a mintakerék kerete akasztva. Világos, hogy az így képzett KLMN négyszög a KM és LN karoknak minden állásánál mindig egyenközényt formál és MN oldala mindíg CD-vel párhúzamos, tehát ha ez vertikalis, amaz is mindig vertikalis marad. A lépcső tetejére CE lécz erősíttetett reá, melyről EM rugómérleg lecsüngött, mely alsó végével a mintakerék keretét tartotta. Ilyen berendezés mellett a mérleg a reá akasztott tehert directe kijelentette, s ha a megterhelésben változások beállottak, a mérleg mutatója ezt rögtön szemlélhetővé tette. Másfelől világos, hogy az így befogott mintakerék a forgásán kivűl még csak a vertikalisban fel vagy alá járhatott. A keret úgy lett azonban beakasztva, hogy a gh hajtókorong a lapátkerék alatt legyen. A hajtósúlyt tartó madzag most directe lecsüngött a hajtókerék hengeréről.

Az így előkészített apparatussal, melyet e pillanatban szerencsém van a t. szakosztálynak bemutatni, két rendbéli kisérlet tétetett. Az első sorozatbelieknél $S = 5$ kg, a másod sorozatbelieknél $S = 10$kg, az elsőnél a gyorsaság $u = 1$, a másodiknál $u = 2$ volt. Ha a felhuzott hajtósúlyt szabadon bocsátom, a rugómérleg sajátszerű rezgéseket indikál, melyek legnagyobb részt a már sokat zaklatott s észrevehetően kikopott kerékszerkezet rovására esnek úgy, hogy pontos mérésekről már alig lehet szó. És a mi a megfigyelést kényessé teszi, az egyfelől azon körűlmény, hogy a mérleg beosztása csak félkilogrammokat kitüntet s így a mérlegről legfeljebb $^1/_4$ kilogramm leolvasható volt; és másfelől, hogy a hajtósúly az alig egy metert kitevő esési oszlopot rövid pár mp. alatt lejárja. Igy ha $S =$ 5 kg az esés alig 30 mp-ig, s ha $S = 10$ kg volt alig 15 mp-ig tartott. Az egész megfigyelés végre csak arra szorítkozhatik, hogy a mérleg mutató legmagasabb állását megtudjuk, ha a súly teljes futásnak eredt.

A mi pedig magát a megfigyelést illeti, ezt következőleg tettem meg. Legyen K a kerék önsúlya, S a hajtósúly és G a levegőnek u forgásnál fejlesztett n felhajtó ereje, akkor a mérleg állása: $M = K + S - G$, ebből: $G = (K + S) - M$.

Az első osztálybeli kisérletnél $S = 5$ és $K = 3$, tehát: $G = 8 - M$.

A második osztálybelinél $S = 10$ és $K = 3$, tehát: $G = 13 - M$.

Első esetben husz kisérlet tétetett és M = 7·5 ; 7·75 ; 7·5 ; 7.75 ; 7·75 ; 7·75 ; 7·75; 7·5 : 7·75 ; 7 5 ; 7·5; 7·75 ; 7·5; 7·75 ; 7·75 ; 7·5; 7·5 ; 7·75 ; 7·5 ; 7·75 ; 7 75, tehát : G = 0·5 ; 0·25 ; 0 5 ; 0·25 ; 0·25; 0·25 ; 0·5; 0·25; 0·5 ; 0·5 ; 0·25; 0·5; 0·25; 0·25 ; 0·5; 0·5; 0·25; 0·5 ; 0·25; 0·25; végre $\frac{\Sigma G}{20} = \frac{7{\cdot}25}{20} = 0{\cdot}362$

A második esetben négy kisérlet után: M = 10·5; 9·5 ; 10·25; 10·00, tehát : G = 2·5 ; 3·5 ; 2·75 ; 3·00, végre : $\frac{\Sigma G}{4} = 2{\cdot}938$. Ennélfogva : $G / G_1 = \frac{2{\cdot}938}{0{\cdot}362} = 8{\cdot}1$. Ámde e fennebbi szerint : $G_1 : G_1 = u^3 : u_1^3 = 1 : 8$. Ebből látni való, hogy a tapasztalás csakugyan az elméletet megközelíti.

A kisérletek megegyezvén a theoriával, még csak egy lépés van hátra.

A munkakerék $S = 5u$ hajtósúlyt szükségel és képes $G = 0{\cdot}38242\,u^3$ tehert lebegve tartani. A míg $G < S$ világos, hogy lebegésre tényleg gondolni nem lehet, a lebegéshez tehát szükséges, hogy legyen G legalább = S, ennek alapján áll az egyenlet:

$\alpha u = \gamma u^3$ azaz: $u^2 = \alpha / \gamma$ és $u = \sqrt{\alpha/\gamma}$. — A mintakerékre nézve: $\alpha = 5$ $\gamma = 0{\cdot}3224$, tehát $u = \sqrt{5/0{\cdot}38}$ $3{\cdot}61$; azaz a mintakerek 3·6 forgást igényel. hogy a hajtósúlyát lebegve tartsa. E hajtósúly pedig : $S = 5u = 18$ kg. És a hozzá megkivántató munka $L = \beta u^2 = 0{\cdot}15625 \times 13{\cdot}04 = 1{\cdot}83$ kg. m. — Négy ilyen kis kerék már képes volna egy embert lebegve tartani, mely 72 kg. teherképességhez csak 7·32 kg. m. tehát kereken $^1/_{10}$ lóerőnyi munkát szükségel.

E számításhoz azonban megjegyzem, hogy az — a mi magától világos — csak a mintakerékre alkalmazható. Más keréknél a constansok értékei mások, melyek úgy a lapátok száma, valamint nagysága szerint megváltoznak. De a mely változások taglalásába e helyen már nem bocsátkozom.